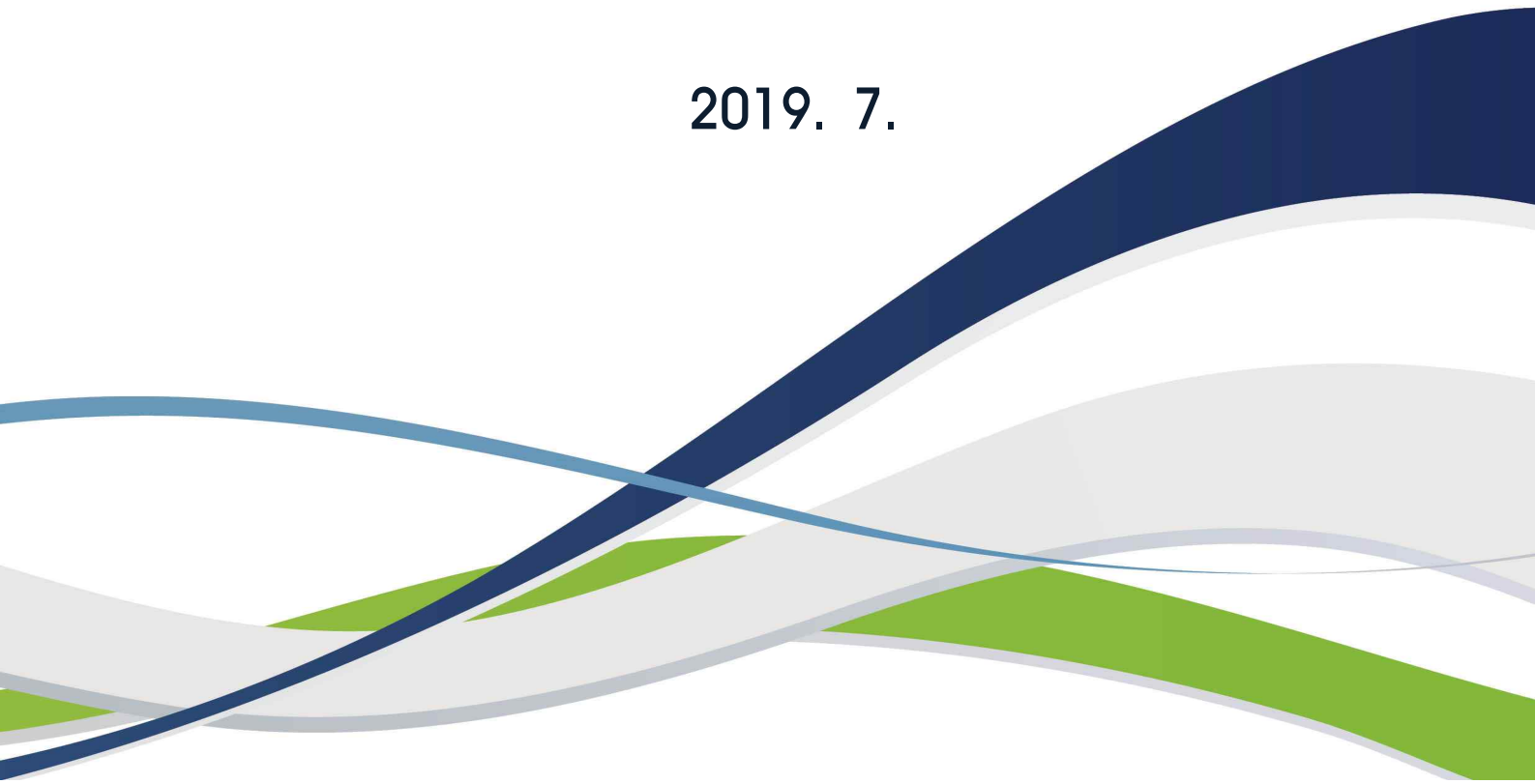
기획보고서

철도차량 부품개발 사업

2019. 7.





국토교통부
Ministry of Land, Infrastructure and Transport



국토교통
과학기술진흥원

목 차

제1장 사업 개요 ····· 1

제1절 사업 추진배경 ····· 1

제2절 정부추진 필요성 ····· 61

제3절 사업추진 시급성 ····· 91

제4절 사업기획 추진체계 및 경과 ····· 22

1. 사업기획 추진체계 ····· 22

2. 추진 경과 ····· 25

제5절 사업의 정의 ····· 03

1. 일반적 개념 ····· 03

2. 사업 개요 ····· 31

제2장 대내외 환경분석 ····· 53

제1절 메가트렌드 분석 ····· 53

제2절 국내·외 정책 동향 ····· 14

1. 국외 정책 동향 ····· 14

2. 국내 정책 동향 ····· 34

제3절 산업 및 시장 동향 ····· 15

1. 철도 산업 및 시장 동향 ····· 15

2. 철도차량 산업 및 시장 동향 ····· 45

3. 철도차량 부품 산업 동향 ····· 36

제4절 기술개발 동향 분석 ····· 97

1. 철도 기술개발 동향 ····· 97

2. 철도차량 및 부품 기술개발 동향 ····· 38

제3장 R&D 역량 분석 ····· 39

제1절 R&D 투자 및 관련 성과 ····· 39

제2절 철도차량부품 기술역량 분석 ····· 49

1. 기술수준 분석 ····· 49

2. 국산화율 분석 ····· 58

제3절 R&D 인프라 현황 ····· 63

1. 참여기관 현황 ····· 65

2. 연구시설 현황 ····· 66

제4절 이해관계자 의견 수렴 ····· 74

1. 철도차량 부품개발 사업 공청회 ····· 74

2. 철도부품 해외진출 촉진을 위한 산업체 간담회 ····· 75

3. 사업 참여의향 조사 ····· 83

제5절 R&D 역량분석 시사점 종합 ····· 91

제4장 선행사업 분석 ····· 96

제1절 선행사업 분석 개요 ····· 96

제2절 철도기술연구사업 개요 ····· 101

제3절 철도기술연구사업 성과분석 ····· 107

1. 철도기술력 향상 ····· 108

2. 경제적 효과 ····· 110

3. 사업 대표성과 ····· 111

4. 철도부품개발 주요성과 ····· 128

5. 철도부품 사업화 성과 ····· 138

제4절 철도기술연구사업 한계 및 반성 ····· 148

제5절 개선 방향 ····· 152

제5장 기술수요조사 ····· 97

제1절 철도차량 부품·장치체계 ····· 71

제2절 기술수요조사 ····· 91

제3절 국내·외 논문 동향분석 ····· 32

1. 논문 동향분석 개요 ····· 32

2. 부품분류별 논문동향 분석 ····· 52

제4절 국내·외 특허 동향분석 ····· 32

1. 특허 동향분석 개요 ····· 32

2. 부품분류별 특허동향 분석 ····· 62

3. 개발대상 부품별 지적재산권 확보전략 ····· 423

제5절 기술경쟁력 분석 ····· 32

1. 기술경쟁력 분석 개요 ····· 32

2. 논문경쟁력 분석 ····· 39

3. 특허경쟁력 분석 ····· 35

4. 기술경쟁력 종합분석 ····· 32

제6장 사업 기본방향 및 추진전략 ····· 743

제1절 사업 기본방향 ····· 74

1. 사업 기본방향 설정 프로세스 ····· 743

2. 사업의 기본방향 ····· 38

제2절 SWOT 분석을 통한 전략도출 ····· 653

제3절 비전 목표 및 중점 추진분야 ····· 753

1. 사업 비전 ····· 357

2. 사업목표 및 중점추진분야 ····· 853

제7장 세부기술 개발계획 ····· 12

제1절 총괄과제 ····· 31

1. 철도차량 부품 실용화 지원 총괄과제 ····· 273

제2절 중점분야1 시장진입형 부품 국산화 ····· 683

1. 고속철도용 댐퍼 개발 ····· 8

2. 고속철도용 공기스프링 개발 ····· 24

3. 고속철도용 반능동형 판토그래프 개발 ····· 834

4. 고속철도용 전두부 해치시스템 개발 ····· 974

5. 고속철도용 냉각팬 시스템 개발 ····· 115

6. 고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발 ····· 535

7. 고속철도용 모듈형 주회로 차단시스템 개발 ····· 265

8. 고속철도용 공조시스템 개발 ····· 85

9. 도시철도용 모듈형 출입문 표준화 개발 ····· 126

10. 도시철도용 모듈형 보조전원장치 개발 ····· 546

11. 저상트램용 관절장치 개발 ····· 36

제3절 중점분야2 미래시장 선도형 부품개발 ····· 807

1. 희토류 저감형 영구자석 동기전동기(고속철도용 추진제어시스템 경량·효율화) ····· 3····1··· 7

2. 마그네틱 기어드 방식 동력전달시스템(도시철도용 동력전달시스템 경량·효율화) ····· 8····4··· 7

3. ESS 일체형 추진제어시스템(도시철도용 추진제어시스템 경량·효율화) ····· 4···8·· 7

4. 컨버터 일체형 반도체 변압기(고속철도용 전력변환장치 경량·효율화) ····· 7···1·· 8

5. 외장코어형 컴팩트 주변압기(도시철도용 전력변환장치 경량·효율화) ····· 1···5·· 8

6. 개방형 네트워크 프로토콜 기반 통합제어플랫폼 (도시철도용 전장제어기기 상호호환성 확보 기술) ····· 7····· 8

7. 자동 연결·분리 시스템(물류차 입환 자동화 기술 개발) ····· 0·2· 9

제4절 통합이행 로드맵 ····· 9

1. 소요예산 ····· 97

2. 소요인력 ····· 95

3. 통합로드맵 ····· 90

4. 본 사업을 통한 성과물 ····· 9

제8장 사업 관리방안 ····· 95

제1절 사업추진체계 및 성과지표 설정 ····· 579
1. 사업추진체계 및 역할 ····· 97
2. 사업 성과목표·지표 ····· 98
3. 단계별 성과목표 및 성과지표 ····· 688
4. 사업 논리모형 설정 ····· 99
제2절 사업관리 전략 ····· 99
1. 사업관리 체계 및 프로세스 ····· 199
2. 사업관리 전략 ····· 992
3. 단계별 평가/관리 절차 및 기준 ····· 399
제3절 재원 조달 계획 ····· 1003

제9장 사업 타당성 분석 및 파급효과 ····· 101

제1절 정책적 타당성 ····· 1011
1. 정책의 일관성 및 추진체제 ····· 102
2. 국고지원의 적합성 ····· 1031
3. 사업 추진상의 위험요인 ····· 1035
제2절 과학기술적 타당성 ····· 1043
1. 과학기술 개발계획의 적절성 ····· 104
2. 과학기술 개발 성공가능성 ····· 109
3. 기존 사업과의 중복성 ····· 1038
제3절 경제적 타당성 ····· 1055
1. 분석개요 ····· 1105
2. 비용편익분석 전제조건 ····· 108
3. B/C분석 결과 ····· 1109
제4절 파급효과 분석 ····· 1146
1. 파급효과 분석 개요 ····· 1146
2. 경제적 파급효과 분석결과 ····· 119

[부록]

부록 1 참여의향 확인서 ····· 13
부록 2 세부과제별 연구비산정 근거 ····· 6
부록 3 개발부품 상세현황 ····· 11

[별책 보고서]

별책 1 세부과제별 RFP
별책 2 연구시설·장비별 구축계획서

표 목차

<표 I-1> 세계 주요국의 철도산업 육성 투자현황 ····· 3
<표 I-2> 국가 기간산업 간 파급효과 ····· 3
<표 I-3> 국내 철도차량산업 업체명 리스트 ····· 7
<표 I-4> 철도부품제조업 경영악화 사례 ····· 9
<표 I-5> 산업별 활동 기업수 및 신생/소멸 현황 ····· 10
<표 I-6> 차종별 / 차령별 현황('16.6기준) ····· 12
<표 I-7> 기획 및 자문위원회 구성 ····· 32
<표 II-1> 문재인 정부 100대 국정과제별 연관정책 ····· 34
<표 II-2> 제3차 철도산업발전기본계획 내 철도차량 부품 관련 과제 ····· 44
<표 II-3> 제3차 국가교통기술개발계획 내 철도차량 부품 관련 과제 ····· 46
<표 II-4> 철도부품 강소기업 육성방안 내 핵심부품 관련 분야 ····· 47
<표 II-5> 전 세계 지역별 철도 시장규모 ····· 51
<표 II-6> 분야별 철도시장 규모 ····· 52
<표 II-7> 철도차량별 철도시장 규모 ····· 57
<표 II-8> 세계 철도차량시장 업체별 점유현황 ····· 61
<표 II-9> 최근 5년간 철도차량 내수 및 수출금액 ····· 62
<표 II-10> 세계 철도차량부품 업체 분석 ····· 63
<표 II-11> 국내 철도차량 부품 공급업체 현황 ····· 72
<표 II-12> 철도부품시장 규모 추정 ····· 76
<표 II-13> 철도부품별 국내외 시장 규모 추정 ····· 76
<표 II-14> 철도 분야 중분류 기술분야 정의 및 범위 ····· 80
<표 II-15> 스페인 Talgo사의 AVRIL차량의 에너지 저감 ····· 84
<표 II-16> 각국 주요 고속철도차량 제원 ····· 85
<표 II-17> 무인시스템 노선 설치 사례 ····· 89
<표 III-1> 철도기술연구 분야 투자실적 및 계획 ····· 95
<표 III-2> 관련 분야 R&D 투자동향 ····· 96
<표 III-3> 철도기술연구사업 주요성과 ····· 97
<표 III-4> 철도차량부품 개발 연관기술 및 분야 ····· 101
<표 III-5> 철도차량부품 개발 관련 국가전략기술의 국내 기술수준 ····· 201
<표 III-6> 철도차량부품 개발 관련 국가전략기술의 연구주체별 기술수준 ····· 301

<표 III-7> 철도차량 부품별 기술격차 ····· 51 1
<표 III-8> 철도차량 부품 국산화 현황 ····· 91 1
<표 III-9> 2015년 수입품 상위 20개 ····· 12 1
<표 III-10> 2016년 수입품 상위 20개 ····· 22 1
<표 III-11> 한국철도공사 고속차량 도입계획 ····· 42 1
<표 III-12> 철도차량 주요부품 공급업체 현황 ····· 52 1
<표 III-13> 철도 관련 대학 및 대학원 인력 현황 ····· 92 1
<표 III-14> 관련 연구기관 및 연구분야 ····· 03 1
<표 III-15> 기관별 인력현황 ····· 23 1
<표 III-16> 철도부품 관련 주요 산학연 현황 ····· 33 1
<표 III-17> 설문조사 응답자 분포 ····· 54 1
<표 III-18> 유관기관 참여의향 업체현황 ····· 25 1
<표 III-19> 부품별 참여의향기관과 참여가능기관 ····· 65 1
<표 IV-1> 철도기술연구사업 전략체계 ····· 46 1
<표 IV-2> 철도 R&D 사업개편 내역 ····· 86 1
<표 IV-3> 철도기술연구사업 세부사업 추진내용 ····· 17 1
<표 IV-4> 철도기술연구사업 연도별 투입예산 현황 ····· 37 1
<표 IV-5> 철도기술연구사업 지원 현황 ····· 37 1
<표 IV-6> 철도기술연구사업 연구수행주체별 지원 현황 ····· 47 1
<표 IV-7> 연구수행주체별 과제 수 및 출연금 분포 현황 ····· 47 1
<표 IV-8> 철도기술 분야 상위계획·정책 및 사업반영 내용 ····· 57 1
<표 IV-9> 철도기술연구사업 중 철도부품 관련 과제 현황 ····· 67 1
<표 IV-10> 철도기술연구사업 중 부품개발로 인한 사업화 성과 ····· 38 1
<표 V-1> 기존 철도차량 관련 기술분류체계(안) ····· 79 1
<표 V-2> 기술수요조사 작성 기준 및 요청사항 ····· 00 2
<표 V-3> 기술수요조사 요청서 및 작성양식 ····· 10 2
<표 V-4> 수요기술 대상 업체 현황 ····· 20 2
<표 V-5> 수요조사대상 기관 업종현황 ····· 40 2
<표 V-6> 기술수요조사를 통한 주요장치별 최종 후보과제 현황 ····· 42 2
<표 V-7> 정량평가 검토항목 ····· 92 2
<표 V-8> 정성평가 검토항목 ····· 03 2
<표 V-9> 수요기술 검토의견에 따른 과제분류 현황 ····· 13 2
<표 V-10> 전문가 조사를 통한 우선순위 평가 결과 ····· 74 2
<표 V-11> 논문분석 대상 및 범위 ····· 35 2
<표 V-12> 분석대상 부품의 장치·부품 분류체계 ····· 45 2
<표 V-13> 장치·부품 분류체계 구분에 따른 부품별 최종 검색식 ····· 45 2
<표 V-14> 전두부-구간별 상위 출원인 ····· 77 2

<표 V-15> 출입문-구간별 상위 출원인 ····· 82
<표 V-16> 저상트램용 관절장치-구간별 상위 출원인 ····· 83
<표 V-17> 입환 자동화 시스템-구간별 상위 출원인 ····· 84
<표 V-18> 공조시스템-구간별 상위 출원인 ····· 85
<표 V-19> 냉각팬 시스템-구간별 상위 출원인 ····· 86
<표 V-20> 댐퍼-구간별 상위 출원인 ····· 89
<표 V-21> 공기스프링-구간별 상위 출원인 ····· 90
<표 V-22> 기어-구간별 상위 출원인 ····· 91
<표 V-23> 동기전동기-구간별 상위 출원인 ····· 93
<표 V-24> 제동디스크-구간별 상위 출원인 ····· 94
<표 V-25> 열차운전 및 속도제어-구간별 상위 출원인 ····· 95
<표 V-26> 견인 인버터-구간별 상위 출원인 ····· 96
<표 V-27> 판토그래프-구간별 상위 출원인 ····· 97
<표 V-28> 반도체 변압기-구간별 상위 출원인 ····· 98
<표 V-29> 주변압기-구간별 상위 출원인 ····· 99
<표 V-30> 주회로 차단기-구간별 상위 출원인 ····· 100
<표 V-31> 보조전원장치-구간별 상위 출원인 ····· 101
<표 V-32> 신청기술의 방어전략_댐퍼 ····· 102
<표 V-33> 신청기술의 방어전략_판토그래프 ····· 103
<표 V-34> 신청기술의 방어전략_공기스프링 ····· 104
<표 V-35> 신청기술의 방어전략_전두부해치 ····· 105
<표 V-36> 신청기술의 방어전략_냉각팬 ····· 106
<표 V-37> 신청기술의 방어전략_제동디스크/제동패드 ····· 107
<표 V-38> 신청기술의 방어전략_출입문 ····· 108
<표 V-39> 신청기술의 방어전략_주회로차단기 ····· 109
<표 V-40> 신청기술의 방어전략_공조시스템 ····· 110
<표 V-41> 신청기술의 방어전략_보조전원장치 ····· 111
<표 V-42> 신청기술의 방어전략_관절장치 ····· 112
<표 V-43> 신청기술의 방어전략_영구자석 동기전동기 ····· 113
<표 V-44> 신청기술의 방어전략_입환 자동화 시스템 ····· 114
<표 V-45> 논문분석 대상 및 구분 ····· 92 3
<표 V-46> 논문기술경쟁력 평가항목 ····· 03 3
<표 V-47> 시장진입형 부품군 논문활동도(BAI) ····· 113 3
<표 V-48> 미래시장 선도형 부품군 논문활동도(BAI) ····· 113 3
<표 V-49> 시장진입형 부품군 논문영향력(PCI) ····· 123 3
<표 V-50> 미래시장 선도형 부품군 논문영향력(PCI) ····· 123 3
<표 V-51> 시장진입형 부품군 논문집중도(BII) ····· 133 3

<표 V-52> 미래시장 선도형 부품군 논문집중도(BII) ····· 33
<표 V-53> 특허분석 대상 및 구분 ····· 53
<표 V-54> 특허기술경쟁력 평가항목 ····· 63
<표 V-55> 시장진입형 부품군 특허활동도(PAI) ····· 73
<표 V-56> 미래시장 선도형 부품군 특허활동도(PAI) ····· 73
<표 V-57> 시장진입형 부품군 특허집중도(PII) ····· 83
<표 V-58> 미래시장 선도형 부품군 특허집중도(PII) ····· 83
<표 V-59> 시장진입형 부품군 특허시장력(PMI) ····· 93
<표 V-60> 미래시장 선도형 부품군 특허시장력(PMI) ····· 93
<표 V-61> 시장진입형 부품군 특허시장력(PMI) ····· 04
<표 V-62> 미래시장 선도형 부품군 특허시장력(PMI) ····· 14
<표 V-63> 논문/특허 분석에 따른 국가별 기술경쟁력 ····· 34
<표 V-64> 핵심부품(후보과제)별 R&D 추진전략 방안도출 ····· 44
<표 VI-1> 현차시험 소요비용 및 기간 ····· 35
<표 VI-2> 국·내외 인증 지원 리스트 ····· 45
<표 VI-3> 비전 수립 Framework ····· 75
<표 VI-4> 국내 철도부품 관련 중소기업(37개) 매출액 현황 ····· 26
<표 VI-5> R&D 편익 발생효과를 고려한 연평균 성장률 추정 ····· 36
<표 VI-6> 본 R&D 사업효과를 고려한 점프업 기업 대상 ····· 56
<표 VI-7> 각 산업별 취업유발계수 ····· 76
<표 VI-8> 취업유발효과 분석 ····· 86
<표 VII-1> 차종별 임대 비용 ····· 37
<표 VII-2> 시험 인증 비용 ····· 47
<표 VII-3> 철도차량 현차시험 요청 시 제출서류 ····· 67
<표 VII-4> 철도운영기관 현차시험 전·후 절차 수행과정 ····· 77
<표 VII-5> 국·내외 인증 지원 리스트 ····· 38
<표 VII-6> 총 투자계획_총괄과제 ····· 48
<표 VII-7> 연구활동별 집행기준_총괄과제 ····· 48
<표 VII-8> 소요 인력 및 참여율_총괄과제 ····· 58
<표 VII-9> 중점분야1 세부과제 ····· 68
<표 VII-10> 수요처 요구사양 대비 목표사양 ····· 99
<표 VII-11> 부싱 특성 시험 방법 및 결과 ····· 10
<표 VII-12> 총 투자계획_댐퍼 ····· 31
<표 VII-13> 연구활동별 집행기준_댐퍼 ····· 31
<표 VII-14> 핵심기술별 연구개발비_댐퍼 ····· 41
<표 VII-15> 소요 인력 및 참여율_댐퍼 ····· 51
<표 VII-16> 국내 유사과제와의 차별성 및 연계방안(댐퍼)_1/4 ····· 71

<표 VII-17> 국내 유사과제와의 차별성 및 연계방안(댐퍼)_2/4 ····· 7 ··· 1 ··· 4
<표 VII-18> 국내 유사과제와의 차별성 및 연계방안(댐퍼)_3/4 ····· 8 ··· 1 ··· 4
<표 VII-19> 국내 유사과제와의 차별성 및 연계방안(댐퍼)_4/4 ····· 8 ··· 1 ··· 4
<표 VII-20> 선행사업 핵심기술 연계(댐퍼) ····· 9 ·· 1 ·· 4
<표 VII-21> 수요처 요구사양 대비 목표사양 ····· 5 ·· 2 · 4
<표 VII-22> 총 투자계획_공기스프링 ····· 3 · 3 4
<표 VII-23> 연구활동별 집행기준_공기스프링 ····· 3 ·· 3 · 4
<표 VII-24> 핵심기술별 연구개발비_공기스프링 ····· 4 ·· 3 · 4
<표 VII-25> 소요 인력 및 참여율_공기스프링 ····· 5 ·· 3 · 4
<표 VII-26> 국내 유사과제와의 차별성 및 연계방안(공기스프링)_1/2 ····· 6 ···· 3 ···· 4
<표 VII-27> 국내 유사과제와의 차별성 및 연계방안(공기스프링)_2/2 ····· 7 ···· 3 ···· 4
<표 VII-28> 선행사업 핵심기술 연계(공기스프링) ····· 7 ··· 3 ·· 4
<표 VII-29> 수요처 요구사양 대비 목표사양 ····· 3 · 5 · 4
<표 VII-30> 총 투자계획_판토그래프 ····· 0 · 7 · 4
<표 VII-31> 연구활동별 집행기준_판토그래프 ····· 0 ·· 7 ·· 4
<표 VII-32> 핵심기술별 연구개발비_판토그래프 ····· 1 ·· 7 ·· 4
<표 VII-33> 소요 인력 및 참여율_판토그래프 ····· 2 ·· 7 · 4
<표 VII-34> 국내 유사과제와의 차별성 및 연계방안(판토그래프)_1/7 ····· 5 ····· 7 ···· 4
<표 VII-35> 국내 유사과제와의 차별성 및 연계방안(판토그래프)_2/7 ····· 5 ····· 7 ···· 4
<표 VII-36> 국내 유사과제와의 차별성 및 연계방안(판토그래프)_3/7 ····· 6 ····· 7 ···· 4
<표 VII-37> 국내 유사과제와의 차별성 및 연계방안(판토그래프)_4/7 ····· 6 ····· 7 ···· 4
<표 VII-38> 국내 유사과제와의 차별성 및 연계방안(판토그래프)_5/7 ····· 7 ····· 7 ···· 4
<표 VII-39> 국내 유사과제와의 차별성 및 연계방안(판토그래프)_6/7 ····· 7 ····· 7 ···· 4
<표 VII-40> 국내 유사과제와의 차별성 및 연계방안(판토그래프)_7/7 ····· 8 ····· 7 ···· 4
<표 VII-41> 선행사업 핵심기술 연계(판토그래프) ····· 8 ··· 7 ·· 4
<표 VII-42> 해치 시스템 구성품 목록 ····· 9 · 7 4
<표 VII-43> 수요처 요구사양 대비 목표사양 ····· 9 ·· 8 · 4
<표 VII-44> 총 투자계획_전두부 해치 시스템 ····· 4 ·· 0 · 5
<표 VII-45> 연구활동별 집행기준_전두부 해치 시스템 ····· 4 ··· 0 ·· 5
<표 VII-46> 핵심기술별 연구개발비_전두부 해치 시스템 ····· 5 ··· 0 ·· 5
<표 VII-47> 소요 인력 및 참여율_전두부해치 ····· 6 ·· 0 · 5
<표 VII-48> 국내 유사과제와의 차별성 및 연계방안(전부두 해치 시스템)_1/3 ····· 8 ····· 0 ···· 5
<표 VII-49> 국내 유사과제와의 차별성 및 연계방안(전부두 해치 시스템)_2/3 ····· 9 ····· 0 ···· 5
<표 VII-50> 국내 유사과제와의 차별성 및 연계방안(전부두 해치 시스템)_3/3 ····· 9 ····· 0 ···· 5
<표 VII-51> 선행사업 핵심기술 연계(전두부 해치 시스템) ····· 0 ···· 1 ··· 5
<표 VII-52> 국내 고속철도차량 냉각팬 설치 현황 ····· 6 ·· 1 ·· 5
<표 VII-53> 수요처 요구사양 대비 목표사양 ····· 8 ·· 1 ·· 5

<표 VII-54> 총 투자계획_냉각팬 ····· 9-2 5
<표 VII-55> 연구활동별 집행기준_냉각팬 ····· 9-2- 5
<표 VII-56> 핵심기술별 연구개발비_냉각팬 ····· 0-3- 5
<표 VII-57> 소요 인력 및 참여율_냉각팬 ····· 1-3 5
<표 VII-58> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(냉각팬)_1/3 ····· 3-3- 5
<표 VII-59> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(냉각팬)_2/3 ····· 3-3- 5
<표 VII-60> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(냉각팬)_3/3 ····· 4-3- 5
<표 VII-61> 선행사업 핵심기술 연계(냉각팬) ····· 4-3- 5
<표 VII-62> 해외시장규모(제동디스크) ····· 9-3- 5
<표 VII-63> 해외시장 규모(제동패드) ····· 9-3- 5
<표 VII-64> 수요처 요구사양 대비 목표사양 ····· 3-4- 5
<표 VII-65> 총 투자계획_제동디스크 및 패드 ····· 3-5- 5
<표 VII-66> 연구활동별 집행기준_제동디스크 및 패드 ····· 3-5- 5
<표 VII-67> 핵심기술별 연구개발비_제동디스크 및 패드 ····· 4-5- 5
<표 VII-68> 소요 인력 및 참여율_제동디스크 및 제동패드 ····· 5-5- 5
<표 VII-69> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(제동디스크 및 패드)_1/7 ····· 8-5- 5
<표 VII-70> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(제동디스크 및 패드)_2/7 ····· 8-5- 5
<표 VII-71> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(제동디스크 및 패드)_3/7 ····· 9-5- 5
<표 VII-72> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(제동디스크 및 패드)_4/7 ····· 9-5- 5
<표 VII-73> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(제동디스크 및 패드)_5/7 ····· 0-6- 5
<표 VII-74> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(제동디스크 및 패드)_6/7 ····· 0-6- 5
<표 VII-75> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(제동디스크 및 패드)_7/7 ····· 1-6- 5
<표 VII-76> 선행사업 핵심기술 연계(제동디스크 및 패드) ····· 1-6- 5
<표 VII-77> 수요처 요구사양 대비 목표사양 ····· 5-7- 5
<표 VII-78> 신청기술의 방어전략_주회로차단기 ····· 1-9- 5
<표 VII-79> 총 투자계획_주회로차단시스템 ····· 2-9- 5
<표 VII-80> 연구활동별 집행기준_주회로차단시스템 ····· 2-9- 5
<표 VII-81> 핵심기술별 연구개발비_주회로차단시스템 ····· 3-9- 5
<표 VII-82> 소요 인력 및 참여율_주회로 차단시스템 ····· 4-9- 5
<표 VII-83> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(주회로차단시스템)_1/2 ····· 6-9- 5
<표 VII-84> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(주회로차단시스템)_2/2 ····· 6-9- 5
<표 VII-85> 선행사업 핵심기술 연계(주회로차단시스템) ····· 7-9- 5
<표 VII-86> 수요처 요구사양 대비 목표사양 ····· 5-0- 6
<표 VII-87> 공조시스템 성능 기준 및 시험규격 ····· 0-1- 6
<표 VII-88> 공조시스템 인증 획득 기준 ····· 1-1- 6
<표 VII-89> 총 투자계획_공조시스템 ····· 4-1- 6
<표 VII-90> 연구활동별 집행기준_공조시스템 ····· 4-1- 6

<표 VII-91> 핵심기술별 연구개발비_공조시스템 ····· 5 1 6
<표 VII-92> 소요 인력 및 참여율_공조시스템 ····· 6 1 6
<표 VII-93> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(공조시스템)_1/5 ····· 7 1 6
<표 VII-94> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(공조시스템)_2/5 ····· 8 1 6
<표 VII-95> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(공조시스템)_3/5 ····· 8 1 6
<표 VII-96> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(공조시스템)_4/5 ····· 9 1 6
<표 VII-97> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(공조시스템)_5/5 ····· 9 1 6
<표 VII-98> 선행사업 핵심기술 연계(공조시스템) ····· 0 2 6
<표 VII-99> 수요처 요구사양 대비 목표사양 ····· 7 2 6
<표 VII-100> 개발완료 후 출시 제품 ····· 3 3 6
<표 VII-101> 총 투자계획_출입문 ····· 8 3 6
<표 VII-102> 연구활동별 집행기준_출입문 ····· 8 3 6
<표 VII-103> 핵심기술별 연구개발비_출입문 ····· 9 3 6
<표 VII-104> 연구시설장비 필요성 및 사양_출입문 ····· 9 3 6
<표 VII-105> 연구시설장비 구축·활용 계획_출입문 ····· 0 4 6
<표 VII-106> 연구시설장비 소요예산_출입문 ····· 0 4 6
<표 VII-107> 소요 인력 및 참여율_출입문 ····· 0 4 6
<표 VII-108> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(출입문)_1/3 ····· 2 4 6
<표 VII-109> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(출입문)_2/3 ····· 3 4 6
<표 VII-110> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(출입문)_3/3 ····· 3 4 6
<표 VII-111> 선행사업 핵심기술 연계(출입문) ····· 4 4 6
<표 VII-112> 수요처 요구사양 대비 목표사양 ····· 9 5 6
<표 VII-113> 총 투자계획_보조전원장치 ····· 4 7 6
<표 VII-114> 연구활동별 집행기준_보조전원장치 ····· 4 7 6
<표 VII-115> 핵심기술별 연구개발비_보조전원장치 ····· 5 7 6
<표 VII-116> 소요 인력 및 참여율_보조전원장치 ····· 6 7 6
<표 VII-117> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(보조전원장치)_1/6 ····· 9 7 6
<표 VII-118> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(보조전원장치)_2/6 ····· 9 7 6
<표 VII-119> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(보조전원장치)_3/6 ····· 0 8 6
<표 VII-120> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(보조전원장치)_4/6 ····· 0 8 6
<표 VII-121> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(보조전원장치)_5/6 ····· 1 8 6
<표 VII-122> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(보조전원장치)_6/6 ····· 1 8 6
<표 VII-123> 선행사업 핵심기술 연계(보조전원장치) ····· 2 8 6
<표 VII-124> 수요처 요구사양 대비 목표사양 ····· 3 9 6
<표 VII-125> 총 투자계획_관절장치 ····· 1 0 7
<표 VII-126> 연구활동별 집행기준_관절장치 ····· 1 0 7
<표 VII-127> 핵심기술별 연구개발비_관절장치 ····· 2 0 7

<표 VII-128> 소요 인력 및 참여율_관절장치 ····· 307
<표 VII-129> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(저상트램용 관절장치) ····· 607
<표 VII-130> 선행사업 핵심기술 연계(저상트램용 관절장치) ····· 707
<표 VII-131> 중점분야2 세부과제 ····· 807
<표 VII-132> 국토교통 기술사업화지원사업 유형별 지원조건 ····· 017
<표 VII-133> 구매조건부 신제품개발사업 유형별 지원조건 ····· 117
<표 VII-134> 철도차량에 영구자석 동기전동기를 적용한 사례 ····· 817
<표 VII-135> 일본 도시바의 전동차 추진용 전동기 현황 ····· 027
<표 VII-136> 총 투자계획_동기전동기 ····· 737
<표 VII-137> 연구활동별 집행기준_동기전동기 ····· 837
<표 VII-138> 핵심기술별 연구개발비_동기전동기 ····· 837
<표 VII-139> 연구시설장비 필요성 및 사양_동기전동기 ····· 937
<표 VII-140> 연구시설장비 구축·활용 계획_동기전동기 ····· 047
<표 VII-141> 연구시설장비 소요예산_동기전동기 ····· 047
<표 VII-142> 소요 인력 및 참여율_동기전동기 ····· 147
<표 VII-143> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(동기전동기)_1/6 ····· 447
<표 VII-144> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(동기전동기)_2/6 ····· 447
<표 VII-145> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(동기전동기)_3/6 ····· 547
<표 VII-146> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(동기전동기)_4/6 ····· 547
<표 VII-147> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(동기전동기)_5/6 ····· 647
<표 VII-148> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(동기전동기)_6/6 ····· 647
<표 VII-149> 선행사업 핵심기술 연계(동기전동기) ····· 747
<표 VII-150> 서울 지하철(1~4호선) 전동차 노후화에 따른 교체 대상 물량 현황 ····· 157
<표 VII-151> 총 투자계획__마그네틱 추진제어시스템 ····· 777
<표 VII-152> 연구활동별 집행기준__마그네틱 추진제어시스템 ····· 777
<표 VII-153> 핵심기술별 연구개발비__마그네틱 추진제어시스템 ····· 877
<표 VII-154> 연구시설장비 필요성 및 사양_마그네틱 추진제어시스템 ····· 977
<표 VII-155> 연구시설장비 구축·활용 계획_마그네틱 추진제어시스템 ····· 977
<표 VII-156> 연구시설장비 소요예산_마그네틱 추진제어시스템 ····· 087
<표 VII-157> 소요 인력 및 참여율_마그네틱 추진제어시스템 ····· 087
<표 VII-158> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(마그네틱 추진제어시스템)_1/2 ····· 287
<표 VII-159> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(마그네틱 추진제어시스템)_2/2 ····· 387
<표 VII-160> 총 투자계획_ESS 에너지저장시스템 ····· 018
<표 VII-161> 연구활동별 집행기준_ESS 에너지저장시스템 ····· 018
<표 VII-162> 핵심기술별 연구개발비_ESS 추진제어시스템 ····· 118
<표 VII-163> 소요 인력 및 참여율_ESS 추진제어시스템 ····· 218
<표 VII-164> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(에너지 저장 시스템)_1/3 ····· 518

<표 VII-165> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(에너지 저장 시스템)_2/3 ····· 5 ····· 1 ···· 8
<표 VII-166> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(에너지 저장 시스템)_3/3 ····· 6 ····· 1 ···· 8
<표 VII-167> 동력 집중식, 동력 분산식 적용 주변압기 ····· 3 ··· 2 ·· 8
<표 VII-168> 총 투자계획_반도체 변압기 ····· 0 ·· 4 · 8
<표 VII-169> 연구활동별 집행기준_반도체 변압기 ····· 0 ··· 4 ·· 8
<표 VII-170> 핵심기술별 연구개발비_반도체 변압기 ····· 1 ··· 4 ·· 8
<표 VII-171> 연구시설장비 필요성 및 사양_반도체 변압기 ····· 2 ··· 4 ·· 8
<표 VII-172> 연구시설장비 구축・활용 계획 ····· 3 ·· 4 · 8
<표 VII-173> 연구시설장비 소요예산_반도체 변압기 ····· 4 ··· 4 ·· 8
<표 VII-174> 소요 인력 및 참여율_반도체변압기 ····· 5 ·· 4 · 8
<표 VII-175> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(반도체 변압기)_1/5 ····· 8 ···· 4 ···· 8
<표 VII-176> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(반도체 변압기)_2/5 ····· 8 ···· 4 ···· 8
<표 VII-177> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(반도체 변압기)_3/5 ····· 9 ···· 4 ···· 8
<표 VII-178> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(반도체 변압기)_4/5 ····· 9 ···· 4 ···· 8
<표 VII-179> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(반도체 변압기)_5/5 ····· 0 ···· 5 ···· 8
<표 VII-180> 선행사업 핵심기술 연계(반도체 변압기) ····· 0 ···· 5 ···· 8
<표 VII-181> 국내 철도차량 변압기 비교표 ····· 7 ·· 5 · 8
<표 VII-182> 총 투자계획_주변압기 ····· 0 · 7 8
<표 VII-183> 연구활동별 집행기준_주변압기 ····· 0 ··· 7 · 8
<표 VII-184> 핵심기술별 연구개발비_주변압기 ····· 1 ··· 7 · 8
<표 VII-185> 연구시설장비 필요성 및 사양 ····· 1 ··· 7 · 8
<표 VII-186> 연구시설장비 구축・활용 계획 ····· 2 ··· 7 · 8
<표 VII-187> 연구시설장비 소요예산_주변압기 ····· 3 ··· 7 · 8
<표 VII-188> 소요 인력 및 참여율_주변압기 ····· 3 ··· 7 · 8
<표 VII-189> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(주변압기)_1/5 ····· 6 ···· 7 ···· 8
<표 VII-190> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(주변압기)_2/5 ····· 6 ···· 7 ···· 8
<표 VII-191> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(주변압기)_3/5 ····· 7 ···· 7 ···· 8
<표 VII-192> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(주변압기)_4/5 ····· 7 ···· 7 ···· 8
<표 VII-193> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(주변압기)_5/5 ····· 8 ···· 7 ···· 8
<표 VII-194> 세계 차량시장규모 및 전망 ····· 7 · 8 · 8
<표 VII-195> 해외의 차량장치 기술 사례 ····· 9 · 8 · 8
<표 VII-196> 국내 차량시장 규모 및 전망 ····· 1 · 9 · 8
<표 VII-197> 총 투자계획_통합제어플랫폼 ····· 9 · 0 · 9
<표 VII-198> 연구활동별 집행기준_통합제어플랫폼 ····· 9 ··· 0 ·· 9
<표 VII-199> 핵심기술별 연구개발비_통합제어플랫폼 ····· 0 ··· 1 ··· 9
<표 VII-200> 연구시설장비 필요성 및 사양_통합제어플랫폼 ····· 1 ···· 1 ··· 9
<표 VII-201> 연구시설장비 구축・활용 계획_통합제어플랫폼 ····· 3 ···· 1 ··· 9

<표 VII-202> 연구시설장비 소요예산 ····· 319
<표 VII-203> 소요 인력 및 참여율_통합제어플랫폼 ····· 419
<표 VII-204> 철도통계연보-차량-연도별차량보유변천현황 ····· 519
<표 VII-205> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(통합제어플랫폼)_1/3 ····· 819
<표 VII-206> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(통합제어플랫폼)_2/3 ····· 919
<표 VII-207> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(통합제어플랫폼)_3/3 ····· 919
<표 VII-208> 총 투자계획_자동 연결·분리 시스템 ····· 059
<표 VII-209> 연구활동별 집행기준_자동 연결·분리 시스템 ····· 059
<표 VII-210> 핵심기술별 연구개발비_자동 연결·분리 시스템 ····· 159
<표 VII-211> 소요 인력 및 참여율_자동연결 분리 시스템 ····· 259
<표 VII-212> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(자동 연결·분리 시스템)_1/2 ····· 559
<표 VII-213> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(자동 연결·분리 시스템)_2/2 ····· 559
<표 VII-214> 선행사업 핵심기술 연계(자동 연결·분리 시스템) ····· 659
<표 VII-215> 총 소요예산 ····· 759
<표 VII-216> 예비타당성 검토결과 조정 소요예산 ····· 959
<표 VII-217> 선행 부품과제 연구비 현황 ····· 169
<표 VII-218> 총 소요인력 ····· 569
<표 VII-219> 총 과제별 참여율 ····· 769
<표 VII-220> 연구원별 적용기준 ····· 869
<표 VIII-1> 추진 주체별 역할 및 기능 ····· 979
<표 VIII-2> R&D 사업 유형 분류 ····· 189
<표 VIII-3> 사업 유형별 성과지표 ····· 189
<표 VIII-4> 성과 유형별 공통 지표 ····· 189
<표 VIII-5> 세부과제별 성과목표 ····· 289
<표 VIII-6> 성과목표·지표 설계 논리모형 ····· 389
<표 VIII-7> 연구 추진 절차 ····· 199
<표 VIII-8> 선정평가 기준(안) ····· 599
<표 VIII-9> 평가 지표 및 배점(안) ····· 2001
<표 VIII-10> 최근 5개년 국토교통 R&D 예산 현황 ····· 3001
<표 VIII-11> 국토교통 R&D 투자현황 ····· 4001
<표 VIII-12> 국토교통 R&D 가용 예산 예측 ····· 5001
<표 VIII-13> 재원분담 현황 ····· 601
<표 VIII-14> 동 사업의 투자 규모 ····· 701
<표 IX-1> 정책적 타당성 분석 항목 ····· 1101
<표 IX-2> 문재인 정부 100대 국정과제와의 부합성 ····· 2101
<표 IX-3> 제4차 과학기술기본계획과의 부합성 ····· 3101
<표 IX-4> 제3차 국가교통기술개발계획과의 부합성 ····· 4101

<표 Ⅸ-5> 제1차 국토교통과학기술연구개발 종합계획 ····· 41
<표 Ⅸ-6> 제3차 철도산업발전기본계획과의 부합성 ····· 51
<표 Ⅸ-7> 제3차 철도안전종합계획과의 부합성 ····· 51
<표 Ⅸ-8> 철도부품 강소기업 육성 R&D과의 부합성 ····· 61
<표 Ⅸ-9> 철도차량 부품개발 마스터플랜 부합성 ····· 61
<표 Ⅸ-10> 상위계획과의 부합성 검토결과 ····· 71
<표 Ⅸ-11> 상위계획과의 부합성 평가 ····· 12
<표 Ⅸ-12> 유관기관 참여의향 업체현황 ····· 72
<표 Ⅸ-13> 18개 부품별 참여의향 기관 및 참여가능기관 목록 ····· 92
<표 Ⅸ-14> 최근 5개년 국토교통 R&D 예산 현황 ····· 63
<표 Ⅸ-15> 국토교통 R&D 가용 예산 예측 ····· 73
<표 Ⅸ-16> WTO 보조금의 유형(2000년 1월1일 이후) ····· 93
<표 Ⅸ-17> WTO 보조금 위배사항 종합검토 ····· 04
<표 Ⅸ-18> WTO 관련 법률자문 검토의견서 ····· 14
<표 Ⅸ-19> 법적·제도적 위험요인 평가 ····· 24
<표 Ⅸ-20> 과학기술적 타당성 분석 항목 ····· 34
<표 Ⅸ-21> 기획위원 대표 전공 ····· 50
<표 Ⅸ-22> 국내 철도부품 관련 중소기업(37개) 매출액 현황 ····· 35
<표 Ⅸ-23> R&D 편익 발생효과를 고려한 연평균 성장률 추정 ····· 55
<표 Ⅸ-24> 본 R&D 사업효과를 고려한 점프업 기업 대상 ····· 65
<표 Ⅸ-25> 각 산업별 취업 유발계수 ····· 95
<표 Ⅸ-26> 취업유발효과 분석 ····· 96
<표 Ⅸ-27> 중점분야별 세부기술 개발계획 종합 ····· 16
<표 Ⅸ-28> 세부과제별 성과목표 ····· 66
<표 Ⅸ-29> 부품별 성능검증을 위한 연구장비 보유 현황 ····· 27
<표 Ⅸ-30> 철도차량 부품별 기술격차 ····· 47
<표 Ⅸ-31> 부품별 기술개발 성공가능성 분석 ····· 57
<표 Ⅸ-32> 부품별 기술성숙도(TRL) 전망 ····· 97
<표 Ⅸ-33> 국토교통부 기 추진사업과의 중복성 검토결과 ····· 18
<표 Ⅸ-34> 타 부처 추진사업과의 중복성 검토결과 ····· 28
<표 Ⅸ-35> 한국철도기술연구원 고유사업 현황('17년) ····· 48
<표 Ⅸ-36> 소재부품산업핵심기술개발사업 지원현황 ····· 68
<표 Ⅸ-37> 소재부품기술개발사업 투자액 및 과제수 ····· 78
<표 Ⅸ-38> 소재부품산업글로벌전문기술개발사업 지원현황 ····· 88
<표 Ⅸ-39> 미래성장동력 사업내 소재부품산업미래성장동력 지원현황 ····· 98
<표 Ⅸ-40> 소재부품기술개발사업 투자액 및 과제수 ····· 09
<표 Ⅸ-41> 자동차 및 철도차량 관련 착수년도 기준 unit 과제수 ····· 19

<표 Ⅸ-42> 자동차 및 철도차량 관련 과제 리스트 ····· 190
<표 Ⅸ-43> 본 사업 개발분야 유사/중복 과제 현황 ····· 590
<표 Ⅸ-44> R&D사업 편익 추정방법 분류 ····· 90
<표 Ⅸ-45> 과제별 투입 비용 ····· 90
<표 Ⅸ-46> 시설/장비 도입 비용 조정 결과 ····· 10
<표 Ⅸ-47> 과제별 장비 수량 및 비용 조정 내역 ····· 10
<표 Ⅸ-48> '18년 추진 실용화문턱과제 연구비 현황 ····· 20
<표 Ⅸ-49> 국토교통부 18년 추진 실용화문턱과제 연구비 현황 ····· 30
<표 Ⅸ-50> 연구개발 총 비용 추정 결과 ····· 40
<표 Ⅸ-51> 동 사업의 경제성 분석을 위한 총비용 ····· 50
<표 Ⅸ-52> 국내 철도운영기관의 차량 보유 현황 및 신규차량 도입계획 ····· 70
<표 Ⅸ-53> 편익요소 및 내용 ····· 90
<표 Ⅸ-54> 신규 도입을 통한 부품별 편익 ····· 90
<표 Ⅸ-55> 국내 신규차량 매출 효과 ····· 20
<표 Ⅸ-56> 신규차량 매출액 편익산정 기준 ····· 30
<표 Ⅸ-57> 시장 매출 창출 편익 시나리오 1안(사업화 성공률 100% 가정) ····· 40
<표 Ⅸ-58> 시장 매출 창출 편익 시나리오 2안(사업화 성공률 62.5% 가정) ····· 50
<표 Ⅸ-59> 부품별 유지보수 편익 세부요소 정리 ····· 60
<표 Ⅸ-60> 유지보수 비용 효과 ····· 70
<표 Ⅸ-61> 유지보수 매출액 편익산정 기준 ····· 70
<표 Ⅸ-62> 유지보수 시장 매출 창출 편익 시나리오 1안(사업화 성공률 100% 가정) ····· 80
<표 Ⅸ-63> 유지보수 시장 매출 창출 편익 시나리오 2안(사업화 성공률 62.5% 가정) ····· 80
<표 Ⅸ-64> 철도부품시장 규모 추정 ····· 90
<표 Ⅸ-65> 철도부품별 국내외 시장 규모 추정 ····· 90
<표 Ⅸ-66> 철도시장의 지역별 비중 ····· 10
<표 Ⅸ-67> 해외시장 18개 부품 관련시장 규모 ····· 10
<표 Ⅸ-68> 글로벌 철도차량제작사 매출규모 ····· 20
<표 Ⅸ-69> 현대로템 해외 수주현황 ····· 30
<표 Ⅸ-70> 해외 수출액 편익산정 기준 ····· 30
<표 Ⅸ-71> 해외 수출 편익 창출 시나리오 1안(최소 목표 2.4%) ····· 40
<표 Ⅸ-72> 해외 수출 편익 창출 시나리오 2안(공격적 목표 5%) ····· 40
<표 Ⅸ-73> 해외 수출 편익 창출 시나리오 2안(공격적 목표 7%) ····· 50
<표 Ⅸ-74> 국내 입환사고 현황 ····· 50
<표 Ⅸ-75> 연간 사고 비용 ····· 60
<표 Ⅸ-76> 현차시험 소요비용 및 기간 ····· 70
<표 Ⅸ-77> 철도산업의 국내시장 현황 및 전망 ····· 90
<표 Ⅸ-78> 국내기업(H사 기준)의 해외 수출 실적('17년) ····· 90

<표 Ⅸ-79> 세계시장 및 세부 분야별 시장 규모('15~'17년 3년 평균) ····· 0-4-1-1
<표 Ⅸ-80> 지역별 시장('15~'17년 3년 평균) ····· 0411
<표 Ⅸ-81> 철도분야 국가 R&D 투자현황 ····· 1411
<표 Ⅸ-82> 철도교통 분야의 정부 및 민간 R&D 투자규모('14~'16) ····· 2-4-1-1
<표 Ⅸ-83> 예비타당성조사 편익 추정의 기본방향 및 적용지표 ····· 3-4-1-1
<표 Ⅸ-84> 총편익 추정 결과(연도별) ····· 5411
<표 Ⅸ-85> 산업연관표의 기본구조 ····· 7411
<표 Ⅸ-86> 산업연관표의 산업분류 기준 ····· 8411
<표 Ⅸ-87> 각 산업별 유발계수 분석 ····· 9411
<표 Ⅸ-88> 산업유발효과 재산정 결과 ····· 2511

그림 목차

<그림 I-1> 철도산업의 미래 성장성 ····· 2
<그림 I-2> 글로벌 철도시장 규모 ····· 2
<그림 I-3> 국내 철도산업 구조 및 상호관계 ····· 4
<그림 I-4> 철도차량 주요부품 중 외산의존 부품 현황 ····· 5
<그림 I-5> 국내 철도부품산업 구조 ····· 6
<그림 I-6> 철도차량부품 산업생태계 ····· 6
<그림 I-7> 운영기관별 주요부품의 자체 성능기준(예시) ····· 8
<그림 I-8> KTX 돌려막기 문제점 참고자료 ····· 3 1
<그림 I-9> 철도부품개발 R&D예산 투입현황 및 비중 ····· 4 1
<그림 I-10> 국내 철도부품기업 종사자 수 비율 ····· 7 1
<그림 I-11> 사업기획 추진체계 구성 ····· 2 2
<그림 I-12> 3차 기술분과위원회('17.10.20) ····· 7 2
<그림 I-13> 4차 기획총괄위원회('18.02.09) ····· 8 2
<그림 I-14> 철도차량 부품개발 사업 공청회('18.02.28) ····· 9 2
<그림 I-15> 산업체 R&D 성공사례 발표 및 애로사항 논의('18.05.10) ····· 9 2
<그림 I-16> 철도차량 부품개발 사업 추진방향 ····· 2 3
<그림 II-1> 전 세계 철도 시장 전망(2021년) ····· 1 5
<그림 II-2> 세계 철도운송망 전망(2015~2022) ····· 2 5
<그림 II-3> 유럽 TSI 체계 ····· 4 5
<그림 II-4> TSI 인증 절차 ····· 5 5
<그림 II-5> 미국 철도차량 및 용품 안전인증 승인체계 및 절차 ····· 6 5
<그림 II-6> 해외 철도차량 시장 전망 ····· 8 5
<그림 II-7> 세계 철도차량제작사 현황 ····· 0 6
<그림 II-8> 현대로템 부문별 매출액 추이 및 전망 ····· 2 6
<그림 II-9> 국내 중소기업 주요 거래처 현황 ····· 4 7
<그림 II-10> AGV에 적용된 최신 철도차량 경량화 기술 ····· 3 8
<그림 II-11> 복합재료 샌드위치 패널을 이용한 철도차량 Roof 및 Front cabin (ACS 社) ····· 4 8
<그림 II-12> Fastech 360S 차량 ····· 6 8
<그림 II-13> 펜돌리노 차량인 ETR610 및 틸팅 기술 ····· 6 8
<그림 II-14> Bombardier의 Twindexx차량 ····· 7 8
<그림 II-15> Siemens의 Combino-Supra ····· 8 8

<그림 II-16> 가와사키 중공업의 SWIMO-X 와 Alstom의 Citadis ····· 9
<그림 III-1> 연차별 정부 및 국토교통 R&D 투자 규모 ····· 9
<그림 III-2> 연구주체 및 단계별 국토교통 R&D 투자 현황 ····· 9
<그림 III-3> '18년 국토교통 R&D 중점추진 방향 ····· 9
<그림 III-4> 국내외 철도차량부품 연관 기술수준 비교 ····· 1
<그림 III-5> '15년 철도교통 분야 기술수준 비교 ····· 1
<그림 III-6> '15년 철도교통 분야 기술발전단계 ····· 1
<그림 III-7> 국내외 차량기술 분야 기술성숙도 단계 ····· 1
<그림 III-8> 철도차량 부품 국산화율 ····· 1
<그림 III-9> 지역별 철도기술 관련 대학 및 대학원 분포 현황 ····· 1
<그림 III-10> 철도기술 관련 연구기관 직급별 전문인력 구성 현황 ····· 1
<그림 III-11> 철도운영기관 연도별 전문인력 보유 현황 ····· 1
<그림 III-12> 대차 동특성주행시험기 개략도 ····· 1
<그림 III-13> 제동 성능시험기 ····· 1
<그림 III-14> 드라이빙 기어 시험기 ····· 1
<그림 III-15> 스프링시험기 ····· 1
<그림 III-16> 판토그래프시험기 ····· 1
<그림 III-17> 추진장치 성능시험 설비 ····· 1
<그림 III-18> 견인전동기 성능시험기 ····· 1
<그림 III-19> EMI/EMC 챔버 ····· 1
<그림 III-20> 철도차량 부품개발 공청회 ····· 1
<그림 IV-1> 철도 R&D 투자 총액 추이 ····· 1
<그림 IV-2> 분야별 철도 R&D 투자 추이 ····· 1
<그림 IV-3> 철도분야 신규사업 추진계획(안) ····· 1
<그림 IV-4> 철도 기술력 발전 수준 ····· 1
<그림 IV-5> 국토교통 분야 기술수준 추이 ····· 1
<그림 IV-6> 철도기술연구사업 부품개발과제 R&D 및 실용화 절차 ····· 1
<그림 IV-7> 기존(As-is)사업 추진체계 ····· 1
<그림 IV-8> 본 R&D사업(To-be) 추진체계 ····· 1
<그림 V-1> 철도차량부품 기술분류체계 재정립(안) ····· 1
<그림 V-2> 철도차량부품 개발사업 최종 후보과제 도출 과정 ····· 1
<그림 V-3> 기술수요조사 및 후보과제 도출 절차 ····· 2
<그림 V-4> 전두부 관련 논문동향 ····· 2
<그림 V-5> 전두부 관련 주요 국가별 논문동향 ····· 2
<그림 V-6> 출입문 관련 논문동향 ····· 2
<그림 V-7> 출입문 관련 주요 국가별 논문동향 ····· 2
<그림 V-8> 연결기 관련 논문동향 ····· 2

<그림 V-9> 연결기 관련 주요 국가별 논문동향 ····· 95 2
<그림 V-10> 냉난방기 관련 논문동향 ····· 06 2
<그림 V-11> 냉난방기 관련 주요 국가별 논문동향 ····· 16 2
<그림 V-12> 댐퍼 관련 논문동향 ····· 16 2
<그림 V-13> 댐퍼 관련 주요 국가별 논문동향 ····· 26 2
<그림 V-14> 공기스프링 관련 논문동향 ····· 36 2
<그림 V-15> 공기스프링 관련 주요 국가별 논문동향 ····· 36 2
<그림 V-16> 기어 관련 논문동향 ····· 46 2
<그림 V-17> 기어 관련 주요 국가별 논문동향 ····· 46 2
<그림 V-18> 동기전동기 관련 논문동향 ····· 56 2
<그림 V-19> 동기전동기 관련 주요 국가별 논문동향 ····· 56 2
<그림 V-20> 제동디스크 관련 논문동향 ····· 66 2
<그림 V-21> 제동디스크 관련 주요 국가별 논문동향 ····· 66 2
<그림 V-22> 열차운전 및 속도제어 관련 논문동향 ····· 76 2
<그림 V-23> 열차운전 및 속도제어 관련 주요 국가별 논문동향 ····· 76 2
<그림 V-24> 견인인버터 관련 논문동향 ····· 86 2
<그림 V-25> 견인인버터 관련 주요 국가별 논문동향 ····· 86 2
<그림 V-26> 판토그래프 관련 논문동향 ····· 96 2
<그림 V-27> 판토그래프 관련 주요 국가별 논문동향 ····· 96 2
<그림 V-28> 변압기 관련 논문동향 ····· 07 2
<그림 V-29> 변압기 관련 주요 국가별 논문동향 ····· 07 2
<그림 V-30> 주회로차단기 관련 논문동향 ····· 17 2
<그림 V-31> 주회로차단기 관련 주요 국가별 논문동향 ····· 17 2
<그림 V-32> 보조전원장치 관련 논문동향 ····· 27 2
<그림 V-33> 보조전원장치 관련 주요 국가별 논문동향 ····· 27 2
<그림 V-34> 장치·부품 분류체계 구분에 따른 부품별 특허 검색식 ····· 47 2
<그림 V-35> 전두부 관련 특허동향 ····· 67 2
<그림 V-36> 전두부 관련 주요 국가별 특허동향 ····· 77 2
<그림 V-37> 전두부 관련 기술수명주기 동향 ····· 87 2
<그림 V-38> 출입문 관련 특허동향 ····· 97 2
<그림 V-39> 출입문 관련 주요 국가별 특허동향 ····· 08 2
<그림 V-40> 출입문 관련 기술수명주기 동향 ····· 18 2
<그림 V-41> 연결기 관련 특허동향 ····· 28 2
<그림 V-42> 연결기 관련 주요 국가별 특허동향 ····· 38 2
<그림 V-43> 연결기 관련 기술수명주기 동향 ····· 58 2
<그림 V-44> 냉난방기 관련 특허동향 ····· 68 2
<그림 V-45> 냉난방기 관련 주요 국가별 특허동향 ····· 68 2

<그림 V-46> 냉난방기 관련 기술수명주기 동향 ····· 98 2
<그림 V-47> 댐퍼 관련 특허동향 ····· 09 2
<그림 V-48> 댐퍼 관련 주요 국가별 특허동향 ····· 19 2
<그림 V-49> 댐퍼 관련 기술수명주기 동향 ····· 29 2
<그림 V-50> 공기스프링 관련 특허동향 ····· 39 2
<그림 V-51> 공기스프링 관련 주요 국가별 특허동향 ····· 39 2
<그림 V-52> 공기스프링 관련 기술수명주기 동향 ····· 59 2
<그림 V-53> 기어 관련 특허동향 ····· 69 2
<그림 V-54> 기어 관련 주요 국가별 특허동향 ····· 69 2
<그림 V-55> 기어 관련 기술수명주기 동향 ····· 89 2
<그림 V-56> 동기전동기 관련 특허동향 ····· 99 2
<그림 V-57> 동기전동기 관련 주요 국가별 특허동향 ····· 99 2
<그림 V-58> 동기전동기 관련 기술수명주기 동향 ····· 10 3
<그림 V-59> 제동디스크 관련 특허동향 ····· 20 3
<그림 V-60> 제동디스크 관련 주요 국가별 특허동향 ····· 20 3
<그림 V-61> 제동디스크 관련 기술수명주기 동향 ····· 40 3
<그림 V-62> 열차운전 및 속도제어 관련 특허동향 ····· 50 3
<그림 V-63> 열차운전 및 속도제어 관련 주요국가 특허동향 ····· 50 3
<그림 V-64> 열차운전 및 속도제어 관련 기술수명주기 동향 ····· 70 3
<그림 V-65> 견인인버터 관련 특허동향 ····· 80 3
<그림 V-66> 견인인버터 관련 주요국가 특허동향 ····· 80 3
<그림 V-67> 견인인버터 관련 기술수명주기 동향 ····· 01 3
<그림 V-68> 판토그래프 관련 특허동향 ····· 11 3
<그림 V-69> 판토그래프 관련 주요 국가별 특허동향 ····· 11 3
<그림 V-70> 판토그래프 관련 기술수명주기 동향 ····· 31 3
<그림 V-71> 견인 변압기 관련 특허동향 ····· 41 3
<그림 V-72> 견인 변압기 관련 주요 국가별 특허동향 ····· 41 3
<그림 V-73> 견인 변압기 관련 기술수명주기 동향 ····· 71 3
<그림 V-74> 주회로차단기 관련 특허동향 ····· 81 3
<그림 V-75> 주회로차단기 관련 주요 국가별 특허동향 ····· 81 3
<그림 V-76> 주회로차단기 관련 기술수명주기 동향 ····· 02 3
<그림 V-77> 보조전원장치 관련 특허동향 ····· 12 3
<그림 V-78> 보조전원장치 관련 주요 국가별 특허동향 ····· 12 3
<그림 V-79> 보조전원장치 관련 기술수명주기 동향 ····· 32 3
<그림 VI-1> 사업 방향성 설정 프로세스 ····· 74 3
<그림 VI-2> 철도차량부품산업 트렌드 변화 ····· 94 3
<그림 VI-3> 공동 현차 시험 및 인증 지원 전략 ····· 25 3

<그림 VI-4> 중점추진 분야 도출 체계도 ····· 85 3
<그림 VI-5> 중점분야 1 추진전략 및 주요 절차 ····· 95 3
<그림 VI-6> 중점분야 2 추진전략 및 주요 절차 ····· 06 3
<그림 VI-7> 비전체계도 ····· 163
<그림 VII-1> 통합일정계획 수립방안 ····· 57 3
<그림 VII-2> 시험인증 지원 프로세스 예시 ····· 87 3
<그림 VII-3> 수행 로드맵_총괄과제 ····· 28 3
<그림 VII-4> 중점분야 1 단계별 추진전략 ····· 78 3
<그림 VII-5> 댐퍼의 기능과 역할 ····· 98 3
<그림 VII-6> 일반적인 철도차량용 댐퍼의 구조 ····· 09 3
<그림 VII-7> 고속철도용 댐퍼 설치 위치 ····· 19 3
<그림 VII-8> 고속철도용 댐퍼 연구 개발 범위 ····· 79 3
<그림 VII-9> KTX 및 동력분산식 수입품의 감쇠력 제어 방식 ····· 99 3
<그림 VII-10> CAE 분석 관련 프로그램 소개 ····· 00 4
<그림 VII-11> 현차 계측 및 시험 관련 실 장착 모습 ····· 20 4
<그림 VII-12> 현차 계측 결과 예시 ····· 20 4
<그림 VII-13> 수행 로드맵_고속철도용 댐퍼 ····· 30 4
<그림 VII-14> 부품로드맵&산업생태계_댐퍼 ····· 40 4
<그림 VII-15> 개발완료 후 출시 제품 ····· 60 4
<그림 VII-16> 동력분산식 고속철도용 공기스프링 내부구조 ····· 52 4
<그림 VII-17> 공기스프링 피로 및 공기누설 시험 ····· 62 4
<그림 VII-18> 하중변화에 따른 공기스프링 거동분석 ····· 62 4
<그림 VII-19> 수행 로드맵_공기스프링 ····· 72 4
<그림 VII-20> 부품로드맵&산업생태계_공기스프링 ····· 82 4
<그림 VII-21> 일반적인 고속철도용 판토그래프 구조 ····· 83 4
<그림 VII-22> 판토그래프 설치 위치 ····· 93 4
<그림 VII-23> 판토그래프 관련 해외 연구 사례 및 요소기술 ····· 24 4
<그림 VII-24> 고속전철용 판토그래프 모델 ····· 34 4
<그림 VII-25> 판토그래프 부품에 복합재 적용 사례 ····· 34 4
<그림 VII-26> 상부암 복합재를 사용한 판토그래프 모델 ····· 34 4
<그림 VII-27> 고속전철용 집전판 전시 모델 ····· 44 4
<그림 VII-28> FASTECH360에 적용된 저소음형 판토그래프 및 집전판 ····· 44 4
<그림 VII-29> 판토그래프 능동제어 관련 연구 사례 ····· 44 4
<그림 VII-30> 신간선 모델을 개선한 CRH 고속철도용 판토그래프 ····· 54 4
<그림 VII-31> UNIFE의 TrioTRAIN 프로젝트 구조 ····· 54 4
<그림 VII-32> UIC 의 europac 프로그램 ····· 64 4
<그림 VII-33> 공기 흡입을 이용한 제어방법에 대한 풍동시험 ····· 64 4

<그림 VII-34> HEMU에 설치되어 시험 운행중인 판토그래프 ····· 74 4
<그림 VII-35> KTX(좌), KTX 산천(우) 적용 모델 ····· 84 4
<그림 VII-36> 한국형 고속전철(G7)용 판토그래프 형상 ····· 84 4
<그림 VII-37> 차세대 고속전철 판토그래프 모델 ····· 94 4
<그림 VII-38> 국내 개발 및 양산중인 판토그래프 모델 ····· 94 4
<그림 VII-39> 판토그래프 성능 검증을 위한 요구사항 ····· 05 4
<그림 VII-40> 상부암 복합재를 사용한 판토그래프 모델 ····· 35 4
<그림 VII-41> 접전헤드 부품 및 상부암 구성품 경량화 소재 적용 ····· 45 4
<그림 VII-42> 상부암 구조에 대한 복합재 적용 방안(예) ····· 45 4
<그림 VII-43> 판토그래프 구조물 최적화 ····· 55 4
<그림 VII-44> 판토그래프 운용 위치 ····· 55 4
<그림 VII-45> 판토그래프와 가선의 추종특성 분석 결과(예) ····· 65 4
<그림 VII-46> 판토그래프 유동해석의 예 ····· 65 4
<그림 VII-47> Lab 테스트를 통한 판토그래프 성능 검증 ····· 75 4
<그림 VII-48> 공력특성 및 접촉력 측정 ····· 75 4
<그림 VII-49> 압상력 제어장치와 접촉력 제어 기술 ····· 85 4
<그림 VII-50> 판토그래프 소음저감 및 성능향상 기술(일본) ····· 85 4
<그림 VII-51> 판토그래프 풍동시험을 통한 소음 성능 검증 ····· 95 4
<그림 VII-52> 요소별 마모량과의 상관관계 및 내마모시험기 ····· 95 4
<그림 VII-53> 일반적인 집전판 제작 공정 ····· 06 4
<그림 VII-54> 수행 로드맵_판토그래프 ····· 16 4
<그림 VII-55> 부품로드맵&산업생태계_판토그래프 ····· 26 4
<그림 VII-56> 개발완료 후 출시 제품 ····· 36 4
<그림 VII-57> 해치 시스템 구성 ····· 97 4
<그림 VII-58> 중련 연결 형상 ····· 08 4
<그림 VII-59> 중국 고속차량 해치 시스템(VOITH사) ····· 38 4
<그림 VII-60> 대만 고속차량 해치 시스템(VOITH사) ····· 48 4
<그림 VII-61> 스위스 고속차량 해치 시스템(VOITH사) ····· 48 4
<그림 VII-62> 독일 고속차량 해치 시스템(VOITH사) ····· 48 4
<그림 VII-63> 고속차량 해치 시스템(DELLNER사) ····· 58 4
<그림 VII-64> VOITH사 해치 커버 연구 ····· 58 4
<그림 VII-65> 국내 KTX 해치 시스템(VOITH사) ····· 68 4
<그림 VII-66> HEMU-400 해치 시스템 ····· 68 4
<그림 VII-67> 유리섬유강화플라스틱(GFRP) 구조 ····· 78 4
<그림 VII-68> 고속열차 소음 발생 주요 부위 ····· 09 4
<그림 VII-69> 동체 주위 유속 분포 해석 ····· 09 4
<그림 VII-70> 최적화를 위한 설계변수 및 해치 커버 형상 ····· 09 4

<그림 VII-71> 해치 커버 최적화에 따른 공기저항 분석 ····· 194
<그림 VII-72> 해치 모듈 시스템 개폐 형상 ····· 194
<그림 VII-73> 스크록 보호 커버 적용 형상 ····· 294
<그림 VII-74> 실린더 구조해석 ····· 394
<그림 VII-75> 진동 해석 ····· 394
<그림 VII-76> 제어 회로 ····· 494
<그림 VII-77> 공압 제어 장치 ····· 494
<그림 VII-78> 인쇄회로기판(PCB) ····· 594
<그림 VII-79> 해치 모듈 시스템 작동 FLOW CHART ····· 594
<그림 VII-80> 수행 로드맵_전두부 해치 시스템 ····· 694
<그림 VII-81> 부품로드맵&산업생태계_전두부 해치 시스템 ····· 794
<그림 VII-82> 개발완료 후 출시 제품 ····· 894
<그림 VII-83> 견인전동기 냉각팬 파손현상 사례 ····· 315
<그림 VII-84> 냉각팬 회전 시 유동 및 유동해석(예시) ····· 915
<그림 VII-85> 초경량 소재 적용 구조(예시) ····· 915
<그림 VII-86> 전동기 외함 냉각을 위한 설계해석(예시) ····· 025
<그림 VII-87> 수행 로드맵_냉각팬 ····· 125
<그림 VII-88> 부품로드맵&산업생태계_냉각팬 ····· 225
<그림 VII-89> 개발완료 후 출시 제품 ····· 325
<그림 VII-90> 동산분산식 기초 제동장치 예 ····· 535
<그림 VII-91> 제동유연패드 대표적 구조의 예 ····· 635
<그림 VII-92> 고속철도차량에 적용되는 국내 제동패드 현황 ····· 045
<그림 VII-93> 동력분산식 고속철도 디스크 ····· 045
<그림 VII-94> 동력분산식 고속철도용 제동패드 ····· 145
<그림 VII-95> 수행 로드맵_제동패드 및 제동디스크 ····· 545
<그림 VII-96> 수행 로드맵_제동패드 ····· 645
<그림 VII-97> 부품로드맵&산업생태계_제동디스크 ····· 745
<그림 VII-98> 개발완료 후 출시 제품 ····· 845
<그림 VII-99> KTX-산천용 주회로차단기의 설치 구조 ····· 265
<그림 VII-100> KTX-산천용 주회로차단기의 구조 ····· 365
<그림 VII-101> 선진사(Secheron) 모듈형 주회로차단기 구성 ····· 565
<그림 VII-102> 모듈형 주회로차단기 적용 ····· 565
<그림 VII-103> HEMU에 설치되어 시험 운행중인 주회로차단기 ····· 665
<그림 VII-104> 동력분산식 주회로차단기 선진사(좌) 및 국산품(우) 비교 ····· 865
<그림 VII-105> Secheron사 2016 INNO TRANS 출품작(상용화) ····· 075
<그림 VII-106> TYCO사 2014 INNO TRANS 출품작 (개발 중) ····· 175
<그림 VII-107> (좌)KTX, (우)KTX 산천 적용 모델 ····· 275

<그림 VII-108> (좌)화물형, (중)전동차형, (우)ITX 새마을 적용 모델 ····· 5
<그림 VII-109> (좌)Secheron사 모듈형 차단기 구조, (우)개발 Target ····· 5
<그림 VII-110> (좌)Secheron사 치수, (우)개발 Target 치수 ····· 5
<그림 VII-111> 주회로부 절연 해석 (예) ····· 5
<그림 VII-112> 주회로부 절연 성능 검증 (예) ····· 5
<그림 VII-113> 소형화 진공인터럽터의 설치 구조 ····· 5
<그림 VII-114> Secheron사 전자식 조작기 ····· 5
<그림 VII-115> (좌)간선형 주회로차단기 조작기, (우) 개발 Target ····· 5
<그림 VII-116> 전자식 조작기 해석 ····· 5
<그림 VII-117> 자중 방향 ····· 5
<그림 VII-118> 구조 해석 및 진동 성능 평가 ····· 5
<그림 VII-119> 여자전류 자속의 관계 ····· 5
<그림 VII-120> 상태감시의 구성 ····· 5
<그림 VII-121> 데이터 저장용 진단감시 시스템 구성 ····· 5
<그림 VII-122> 진단감시 데이터 ····· 5
<그림 VII-123> 모듈형 BOX 밀폐 기술 ····· 5
<그림 VII-124> 주회로 차단기 전계 해석 ····· 5
<그림 VII-125> 수행 로드맵_주회로차단기 ····· 5
<그림 VII-126> 부품로드맵&산업생태계_주회로차단기 ····· 5
<그림 VII-127> 개발완료 후 출시 제품 ····· 5
<그림 VII-128> 국내 철도운영사의 민원 원인 분석 사례 ····· 5
<그림 VII-129> Railway Specific Energy Consumption ····· 6
<그림 VII-130> Energy intensity reduction strategies ····· 6
<그림 VII-131> Low Profile 냉방장치의 예 ····· 6
<그림 VII-132> 국내 철도차량용 공조장치 ····· 6
<그림 VII-133> 동력분산식 공조시스템 개발(안) ····· 6
<그림 VII-134> 수행 로드맵_공조시스템 ····· 6
<그림 VII-135> 부품로드맵&산업생태계_공조시스템 ····· 6
<그림 VII-136> 기계식 전동차 출입문 동작제어회로 ····· 6
<그림 VII-137> 전기식 전동차 출입문 동작제어회로 ····· 6
<그림 VII-138> 출입문 및 구동장치 인터페이스 ····· 6
<그림 VII-139> 출입문 구동장치 형상 및 조립 표준화 ····· 6
<그림 VII-140> 출입문 제어장치 인터페이스 ····· 6
<그림 VII-141> 출입문 제어장치 하드웨어 인터페이스 ····· 6
<그림 VII-142> 수행 로드맵_출입문 ····· 6
<그림 VII-143> 부품로드맵&산업생태계_출입문 ····· 6
<그림 VII-144> 전동차량에서 보조전원장치의 위치 ····· 6

<그림 VII-145> 국내 도시철도용 보조전원장치 내부구성 ····· 74 6
<그림 VII-146> 유럽(PCS Rail AU1000 시리즈) 모듈형 보조전원장치 구조 ····· 74 6
<그림 VII-147> SMA사의 105kVA 모듈방식의 보조전원장치 ····· 05 6
<그림 VII-148> 모듈방식 보조전원장치의 내/외부 구성 및 연결도 ····· 15 6
<그림 VII-149> SMA사 Output inverter 모듈 외관 ····· 15 6
<그림 VII-150> PCS 시리즈의 다양한 입출력전압 및 용량 포트폴리오 ····· 25 6
<그림 VII-151> 도시바 2중계 보조전원장치 내부구성 ····· 25 6
<그림 VII-152> 도시바 2중계 보조전원장치(Dual SIV) 모델 외관 ····· 25 6
<그림 VII-153> 인도 AAL사, 전기기관차용 2×500kVA 보조전원장치 ····· 35 6
<그림 VII-154> 서울 7호선 적용 SIV 모델(Direct 2-level) ····· 45 6
<그림 VII-155> 일반 보조전원장치와 Middle stage 변환 적용의 차이점 ····· 45 6
<그림 VII-156> KTX용 객차전원장치(보조전원장치) 모델 ····· 55 6
<그림 VII-157> 모듈형 보조전원장치의 핵심기술 연구개발 범위 ····· 55 6
<그림 VII-158> 모듈형 보조전원장치 개념도(예) ····· 65 6
<그림 VII-159> 유지보수성을 고려한 모듈장치의 조립/해체 방법 연구(8200호대 예) ····· 95 6
<그림 VII-160> 보조전원장치 고장/재기동 제어시컨스 분석(예) ····· 06 6
<그림 VII-161> 정격전류/주파수에 따른 소자의 온도안정성 시뮬레이션 ····· 16 6
<그림 VII-162> 모듈구조를 위한 전력변환기용 최적화 소자 검증 ····· 16 6
<그림 VII-163> 모듈구조에 최적화된 게이트 드라이버 설계/제작 ····· 26 6
<그림 VII-164> 모듈구조 컨버터/인버터의 직/병렬 구현(예) ····· 26 6
<그림 VII-165> 모듈 PCB를 적용한 소형화된 전력제어기 구현(예) ····· 36 6
<그림 VII-166> 다중출력을 갖는 단위모듈용 제어전원장치 ····· 36 6
<그림 VII-167> 인버터의 병렬출력제어를 위한 DSP 알고리즘 개발 ····· 36 6
<그림 VII-168> 형상구조에 따른 냉각장치 열해석(예) ····· 46 6
<그림 VII-169> 수행 로드맵_보조전원장치 ····· 56 6
<그림 VII-170> 부품로드맵&산업생태계_보조전원장치 ····· 66 6
<그림 VII-171> 개발 완료 후 출시 제품 ····· 76 6
<그림 VII-172> 프랑스 파리에서 운행 중인 저상트램 ····· 38 6
<그림 VII-173> 저상 트램 및 관절장치 ····· 48 6
<그림 VII-174> 관절장치를 이용한 커브구간 및 구배구간 구동 원리 ····· 48 6
<그림 VII-175> 대표적인 관절장치의 예 ····· 68 6
<그림 VII-176> 저상 트램 현차 시험 시제차 및 시험장 궤도 ····· 68 6
<그림 VII-177> 트램 수출 관련 기사 ····· 78 6
<그림 VII-178> 트램의 관절장치 조립상태 ····· 88 6
<그림 VII-179> 관절장치 설계 및 해석 예 ····· 19 6
<그림 VII-180> 수행 로드맵_트램용 관절장치 ····· 59 6
<그림 VII-181> 부품로드맵&산업생태계_관절장치 ····· 69 6

<그림 VII-182> 해외 트램 사례 ····· 796
<그림 VII-183> 중점분야2 단계별 추진전략 ····· 907
<그림 VII-184> 철도공사 전철전력 사용량 ····· 617
<그림 VII-185> 일본 신칸센의 주전동기 비교 ····· 917
<그림 VII-186> 후지전기의 영구자석 동기전동기 및 차축 ····· 917
<그림 VII-187> 후지전기의 영구자석 동기전동기 적용 철도차량 ····· 917
<그림 VII-188> 세계 AC 전동기 개발 진행방향 ····· 127
<그림 VII-189> 미국 Oak Ridge Lab의 하이브리드 자동차용 5상 인버터 ····· 227
<그림 VII-190> 다상 추진시스템을 적용한 고출력 하이브리드 자동차 ····· 2227
<그림 VII-191> 국내 NEV용 In-wheel PMSM 제작 예 ····· 427
<그림 VII-192> 이중돌극형 영구자석 선형전동기 시제품(전기연구원, 2012) ····· 4227
<그림 VII-193> 선박추진용 36상, 12상 추진시스템 ····· 527
<그림 VII-194> 어뢰의 추진용 7상 추진시스템 ····· 527
<그림 VII-195> 영구자석 동기전동기에 대한 수치해석 사례 ····· 727
<그림 VII-196> 수행 로드맵_동기전동기 ····· 037
<그림 VII-197> 부품로드맵&산업생태계_동기전동기 ····· 137
<그림 VII-198> 기존 철도차량별 구동장치의 구조 및 현황 ····· 847
<그림 VII-199> 기계식 및 마그네틱 기어장치와 일체형 마그네틱 기어드 동기전동기 구조 ····· 9447
<그림 VII-200> 도시철도차량용 마그네틱 기어드 동기전동기 기술 설명 ····· 947
<그림 VII-201> 기존의 감속 구동장치 구조 ····· 057
<그림 VII-202> 기존 도시철도차량(전동차) 감속구동장치 손상 사례 ····· 1557
<그림 VII-203> VOITH사의 다양한 철도차량용 감속기 ····· 457
<그림 VII-204> Magnomatics사의 2~4kNm급 마그네틱 기어 일체형 동기전동기 적용 ····· 5557
<그림 VII-205> 영국 Magnomatics사의 마그네틱 기어드 동기전동기 개발 현황 ····· 5557
<그림 VII-206> 오사카 대학의 마그네틱 기어드 동기전동기 및 토크 측정을 위한 시험장치 ····· 5557
<그림 VII-207> 1kW급 마그네틱 기어 단면도 및 구성도 (동아대학교, 2013) ····· 6557
<그림 VII-208> 한국철도기술연구원의 철도차량용 영구자석동기전동기 개발 현황 ····· 7557
<그림 VII-209> 도시철도차량용 마그네틱 기어드 동기전동기 개발(안) ····· 9557
<그림 VII-210> 도시철도차량용 마그네틱 기어드 동기전동기의 설계 모델 ····· 2667
<그림 VII-211> 마그네틱 기어드 동기전동기의 2중 회전자 구조 스큐 적용(안) ····· 2667
<그림 VII-212> 구조 및 냉각시스템 설계 및 분석 구성도 ····· 367
<그림 VII-213> 동기전동기 및 제어기의 단품 및 조합 성능시험 장치 구성도 ····· 4667
<그림 VII-214> 마그네틱 기어드 동기전동기의 실 대차 적용 특성시험 설비 구성도 ····· 4667
<그림 VII-215> 수행 로드맵_마그네틱 동력전달시스템 ····· 667
<그림 VII-216> 부품로드맵&산업생태계_마그네틱 동력전달시스템 ····· 767
<그림 VII-217> 마그네틱 기어와 기어적용 PM Machine의 특허 기술 발전 동향 ····· 5777
<그림 VII-218> 현재 전동차의 추진제어시스템 구조 및 블록도 ····· 4887

<그림 VII-219> 추진제어시스템 설치 위치(10량 1편성 기준) ····· 5 ··· 8 ··· 7
<그림 VII-220> 에너지저장장치 일체형 추진제어시스템 개념도 ····· 5 ··· 8 ··· 7
<그림 VII-221> 철도차량(Rolling Stock) 시장 현황 ····· 0 ·· 9 · 7
<그림 VII-222> 일반철도차량 시장 현황 ····· 1 ·· 9 7
<그림 VII-223> 일반철도차량 시장 규모 ····· 1 ·· 9 7
<그림 VII-224> 도시철도차량 시장 현황 ····· 2 ·· 9 7
<그림 VII-225> 도시철도차량 시장 규모 ····· 3 ·· 9 7
<그림 VII-226> Rhein-Neckar 지역에 6량/편성의 하이브리드 경전철 ····· 3 ··· 9 ·· 7
<그림 VII-227> 지멘스의 Sitras HES(hybrid energy-storage system) ····· 4 ·· 9 · 7
<그림 VII-228> 알스톰의 CITADIS 경전철 ····· 4 ·· 9 · 7
<그림 VII-229> 철도총연 LH02 Hi-tram(하이! 트램) ····· 5 ··· 9 ·· 7
<그림 VII-230> Li-ion 배터리를 탑재한 하이브리드 디젤전동차 ····· 5 ···· 9 ··· 7
<그림 VII-231> 리조트 트레인 HB-E300계 ····· 6 ·· 9 · 7
<그림 VII-232> 추진제어장치 블록도 ····· 6 ·· 9 7
<그림 VII-233> 중량전철 추진제어장치 ····· 7 ·· 9 · 7
<그림 VII-234> 경량전철 추진제어장치 ····· 7 ·· 9 · 7
<그림 VII-235> 연구개발의 범위 ····· 8 · 9 7
<그림 VII-236> 인터리브드 양방향 DC/DC 컨버터 ····· 0 · 0 · 8
<그림 VII-237> ESS 일체형 추진제어시스템 개념도 ····· 0 ·· 0 · 8
<그림 VII-238> 수행 로드맵_ESS 일체형 추진제어시스템 ····· 3 ·· 0 ·· 8
<그림 VII-239> 부품로드맵&산업생태계_ESS 일체형 추진제어시스템 ····· 4 ···· 0 ··· 8
<그림 VII-240> 개발완료 후 출시 제품 ····· 6 · 0 8
<그림 VII-241> 기존 철도차량의 주전력 변환 시스템 ····· 7 ··· 1 ·· 8
<그림 VII-242> 철도차량용 반도체 변압기 기술 ····· 7 ··· 1 ·· 8
<그림 VII-243> 저주파 변압기의 무게 및 부피 분포 ····· 8 ··· 1 ·· 8
<그림 VII-244> 주변압기 고압권선 절연파괴 사례 및 발생현황(KTX-산천, 2016) ····· 9 ····· 1 ····· 8
<그림 VII-245> 유입식 변압기 적용 동력분산식 고속열차 ····· 1 ··· 2 ·· 8
<그림 VII-246> ABB의 철도차량용 반도체변압기 ····· 2 ·· 2 · 8
<그림 VII-247> Siemens의 고주파변압기 모듈 및 반도체변압기 시스템 블럭도 ····· 2 ···· 2 ··· 8
<그림 VII-248> Alstom의 철도차량용 반도체 변압기 개발 사례 ····· 2 ··· 2 ·· 8
<그림 VII-249> Bombardier의 철도차량용 반도체 변압기 개발 사례 ····· 3 ··· 2 ·· 8
<그림 VII-250> 1.9kV/127V, 2kVA 단상 반도체 변압기 ····· 4 ·· 2 · 8
<그림 VII-251> 3상변압기로 구성하기 위한 단상 모듈 ····· 5 ··· 2 ·· 8
<그림 VII-252> 양방향 1.9kV/127V, 2kVA 단상 반도체 변압기 구성회로 ····· 5 ··· 2 ··· 8
<그림 VII-253> 컨버터 일체형 반도체변압기 개발(안) ····· 6 ··· 2 ·· 8
<그림 VII-254> 반도체변압기가 적용된 분산형 고속열차 전력회로 구성예 ····· 6 ····· 2 ···· 8
<그림 VII-255> 철도차량용 적용 반도체 변압기 및 모듈 컨버터 사례(ETH PES lab) ····· 8 ····· 2 ····· 8

<그림 VII-256> 고주파 변압기 사례(좌:Siemens, 우: Bombardier) ····· 9-2- 8
<그림 VII-257> 구조설계에 따른 차폐효과 및 발열해석 사례 ····· 9-2- 8
<그림 VII-258> 반도체변압기가 적용된 분산형 고속열차 전력회로 구성예 ····· 0-3- 8
<그림 VII-259> 테스트베드 사례(구성품시험, 조합시험 및 시운전시험) ····· 0-3- 8
<그림 VII-260> 수행 로드맵_반도체 변압기 ····· 2-3- 8
<그림 VII-261> 부품로드맵&산업생태계_반도체 변압기 ····· 3-3- 8
<그림 VII-262> 개발제품이 적용된 분산형 고속열차 전력회로 구성 예시 ····· 5-3- 8
<그림 VII-263> 주행풍 냉각식 변압기 ····· 1-5 8
<그림 VII-264> 강제 냉각식 변압기(기존) ····· 1-5- 8
<그림 VII-265> 기존의 도시철도용 전동차 변압기 형상 및 구조 ····· 2-5- 8
<그림 VII-266> 냉각기 덕트 이물질 흡착 현상 ····· 2-5- 8
<그림 VII-267> 신간선용 주변압기의 경량화 ····· 4-5- 8
<그림 VII-268> 일본 시간선(좌) 및 재래선(우) 차량용 변압기 ····· 5-5- 8
<그림 VII-269> InnoTrans 2016에 전시된 ABB의 Effilight ····· 5-5- 8
<그림 VII-270> 차량용 변압기 효율 비교 ····· 5-5 8
<그림 VII-271> 변압기의 효율과 무게 ····· 6-5 8
<그림 VII-272> 수행 로드맵_주변압기 ····· 2-6 8
<그림 VII-273> 부품로드맵&산업생태계_주변압기 ····· 3-6- 8
<그림 VII-274> 국내 철도차량제어장치 최근 사양 비교 ····· 1-8- 8
<그림 VII-275> 5호선 차량시스템 계통도 및 노후된 제어보드 ····· 2-8- 8
<그림 VII-276> 전장제어기 요구사항과 국내 기술수준 현황 ····· 3-8- 8
<그림 VII-277> 봄바르디어의 모듈화되고 호환이 가능한 제어장치 제품들 ····· 8-8- 8
<그림 VII-278> 유럽 MODTRAIN 프로젝트 사례 ····· 9-8- 8
<그림 VII-279> 항공/자동차분야 호환을 위한 국제 프로젝트 FACE & AUTOSAR ····· 1-9- 8
<그림 VII-280> TROSAR 개발플랫폼의 구성 ····· 6-9 8
<그림 VII-281> 수행 로드맵_통합제어플랫폼 ····· 1-0- 9
<그림 VII-282> 부품로드맵&산업생태계_통합제어플랫폼 ····· 2-0- 9
<그림 VII-283> 사업전후 제어기 비용 구조(예시) ····· 6-1- 9
<그림 VII-284> 무선입환 시스템 구성도 ····· 0-2- 9
<그림 VII-285> 전자동 입환시스템(2단계) 기본 개념도 ····· 0-2- 9
<그림 VII-286> 전공연결장치 개념도 ····· 1-2 9
<그림 VII-287> 일대일로와 동북아 물류·경제 통합 개념도 ····· 4-2- 9
<그림 VII-288> Dellner사의 고속철 기관차 전두부의 연결기 ····· 4-2- 9
<그림 VII-289> Dellner사의 복합연결기 차량탑재 ····· 5-2- 9
<그림 VII-290> WABCO사의 Model N-2 복합연결기 ····· 5-2- 9
<그림 VII-291> Tomlinson사의 뉴욕 지하철에 적용된 복합연결기 ····· 6-2- 9
<그림 VII-292> Schadtenberg사의 ICE에 적용된 복합연결기 ····· 6-2- 9

<그림 VII-293> Schwab 형식의 복합연결기 ····· 7-29
<그림 VII-294> 공압연결기 2차 시제품의 시연-연결작업 진입 ····· 7-29
<그림 VII-295> 2차 시제품의 시연-연결작업 완료 ····· 8-29
<그림 VII-296> 기존 수동 연결 작업 절차 ····· 1-39
<그림 VII-297> 기존 수동 해방 작업 절차 ····· 2-39
<그림 VII-298> 컨트롤센터 기본 계략도 ····· 7-39
<그림 VII-299> 통신시스템 구성도 ····· 7-39
<그림 VII-300> 개발대상 자동연결기의 연결기 ····· 7-39
<그림 VII-301> 자동 연결 시나리오 ····· 8-39
<그림 VII-302> 자동 해방 시나리오 ····· 9-39
<그림 VII-303> 수행 로드맵_자동 연결·분리 시스템 ····· 1-49
<그림 VII-304> 부품로드맵&산업생태계_자동 연결·분리 시스템 ····· 2-49
<그림 VII-305> 선행사업 연계 기술로드맵 ····· 0-79
<그림 VII-306> 본 사업의 통합로드맵 ····· 1-79
<그림 VIII-1> 사업 참여 주체 간 역할 ····· 8-79
<그림 VIII-2> 추진주체 간 역할정립 및 연계방안 ····· 0-89
<그림 VIII-3> 성과발생 로직모형 및 편익지표 연계 Map ····· 4-89
<그림 VIII-4> 실용화 성공모델 전략 ····· 3-99
<그림 IX-1> 사업기획추진체계 구성 ····· 5201
<그림 IX-2> 공청회 설문조사 결과 ····· 6201
<그림 IX-3> 한국철도공사 참여가능기업 조사 결과 ····· 8201
<그림 IX-4> 현대로템 참여가능기업 조사 결과 ····· 8201
<그림 IX-5> 평균 개발비 및 매출액 대비 개발비 비중 ····· 8301
<그림 IX-6> 기획위원회 구성 체계 ····· 4401
<그림 IX-7> 본 R&D 사업의 문제/이슈 ····· 8401
<그림 IX-8> 중점추진 분야 도출 체계도 ····· 1501
<그림 IX-9> 비전체계도 ····· 3501
<그림 IX-10> 본 R&D 성과를 통한 장치·부품 구성도 ····· 3601
<그림 IX-11> 성과발생 로직모형 및 편익지표 연계 Map ····· 4601
<그림 IX-12> 통합로드맵 ····· 6501
<그림 IX-13> 지역별 철도 관련 대학 및 대학원 현황 ····· 9601
<그림 IX-14> 철도기술 관련 연구기관 직급별 전문인력 구성 현황 ····· 0-701
<그림 IX-15> 철도운영기관 전문인력 보유 현황 ····· 0701
<그림 IX-16> 주요 검토 항목 ····· 6011
<그림 IX-17> 세부 편익 및 비용 항목 ····· 6011
<그림 IX-18> 경제성분석 프로세스 ····· 7011
<그림 IX-19> 경제적 타당성 분석 과정 개략도 ····· 7011

철도차량 부품개발 사업

제1장 사업 개요

제1절 사업 추진배경
제2절 정부추진 필요성
제3절 사업추진 시급성
제4절 사업기획 추진체계 및 경과
제5절 사업의 정의

제1장 사업 개요

제1절 사업 추진배경

국가 기간교통망이자 기간산업

- 철도는 국가 또는 지방자치단체가 소유하고 운영자가 일정기간 운영권을 가지고 교통서비스를 제공하는 국가기간교통망이자 전기 등과 같이 사회적으로 반드시 필요하지만 생산규모가 크고 높은 비용 등으로 일종의 공공재임

- 이에 따라 철도의 건설, 산업육성, 공공성 제고 등은 국가의 책무에 해당하며, 철도산업발전기본법 등 관련법에 이에 관한 사항을 명시

  - **(문재인 정부 국정과제)** "국가기간교통망 공공성 강화 및 국토교통산업 경쟁력 강화"

철도산업발전기본법

제1조(목적) 이 법은 철도산업의 경쟁력을 높이고 발전기반을 조성함으로써 철도산업의 효율성 및 공익성의 향상과 국민경제의 발전에 이바지함을 목적으로 한다.

제4조(시책의 기본방향) ① 국가는 철도산업시책을 수립하여 시행함에 있어서 효율성과 공익적 기능을 고려하여야 한다.

② 국가는 에너지이용의 효율성, 환경친화성 및 수송효율성이 높은 철도의 역할이 국가의 건전한 발전과 국민의 교통편익 증진을 위하여 필수적인 요소임을 인식하여 적정한 철도수송분담의 목표를 설정하여 유지하고 이를 위한 철도시설을 확보하는 등 철도산업발전을 위한 여러 시책을 마련하여야 한다.

제8조(철도산업의 지원) 국가 및 지방자치단체는 철도산업의 육성·발전을 촉진하기 위하여 철도산업에 대한 재정·금융·세제·행정상의 지원을 할 수 있다.

- 유럽 등은 자국 철도산업 보호를 위해 높은 기술력을 바탕으로 국가가 인증제도를 활용하여 이를 시장진입장벽 역할을 하도록 지원 중

국가 성장동력 산업

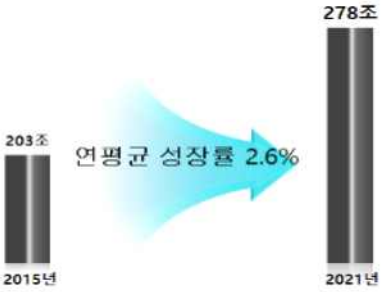
최후의 일격(coup de grace)

"바야흐로 철도의 시대가 왔다. BNSF 인수는 미국 미래에 대한 투자이다"

– 워렌 버핏

「미국 제2위 철도회사 주식에 440억 달러를 쏟아 붓는 버핏회장의 일생일대 투자!」

- 전세계 철도시장은 약 232조 규모('17.12. 기준)의 거대 시장이며, 특히 온실가스 배출 저감 의무 이행 등에 따른 친환경 교통수단으로서 연평균 2.6%의 성장이 예상되는 고성장 먹거리 산업임



<철도시장 규모>



<친환경 교통수단으로서의 철도>

*출처: WORLD RAIL MARKET STUDY (2016)

<그림 I-1> 철도산업의 미래 성장성

- 특히 철도차량 시장은 전체 시장의 61%를 차지하며, 신규차량 및 부품과 관련한 유지보수 시장은 연평균 3.2%의 고성장 산업분야로 유럽, 일본 등 철도선진국을 중심으로 시장선점을 위한 각축이 치열한 실정



*출처: 철도차량 산업협회 (2018.01)

<그림 I-2> 글로벌 철도시장 규모

- 특히 내연기관 중심의 자동차 등의 환경비용을 해결할 대체 교통수단의 필요성이 대두되면서 저탄소 친환경 교통수단으로 철도운송이 전 세계적으로 각광받고 있고, 그에 따라 철도산업의 시장성과 중요성이 증대되고 있는 추세

  - 세계 고속철도 노선 연장은 '14년 3만7천여km에서 '20년 6만7천여km로 2배 확충 예정이며, 중국은 8종8횡의 주간선을 강화하고 4종 4횡의 고속철도 건설 추진 중

〈표 Ⅰ-1〉 세계 주요국의 철도산업 육성 투자현황

EU	중국	일본
1조 159억원(7억 8천 유로)	7조 7,482억원(435억 위안) (항공우주 포함)	8조7천억원(9800억¥) (철도건설 포함)
출처: UNIFE(2014)	출처: 중국과학기술 비용투입 통계 공보(2015년)	출처: 해외철도 정책동향과 시사점 (2006년)

- 2만 여개의 부품으로 구성된 철도차량은 1만 여개인 자동차 보다 제조부문 생산유발 효과도 크며, 철도차량산업은 거대장치·시스템 산업으로서 전후방산업연관 효과와 고용 창출 등 국민경제에 미치는 파급효과가 큼

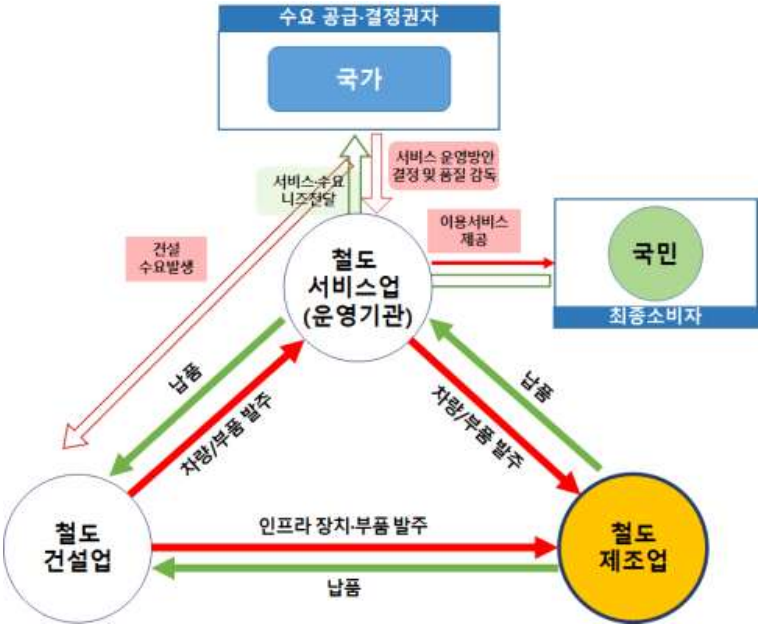
〈표 Ⅰ-2〉 국가 기간산업 간 파급효과

산업구분	생산유발계수	고용유발효과	세계시장규모	시장점유율
철도	1.50	6.8	약 200조원	약 2%
자동차	1.01	7.2	1,200조원	8~9%
조선	1.33	6.0	100조원	35~40%

*출처: 산업연관표 통계정보보고서, 한국은행(2017.12), 철도차량산업 발전을 위한 정책과제, 여의도연구원(2016.11)

국내 철도차량산업 생태계 붕괴 위기

- 철도산업은 건설(인프라), 차량, 운영 등을 포함한 복합 시스템 산업이며, 수요 공급의 결정권을 행사하는 정부 주도의 유기적인 복합 산업 생태계의 특성을 가짐



〈그림 I-3〉 국내 철도산업 구조 및 상호관계

- 건설의 경우 고속철도, 기존선 속도향상, 전철화 및 복선화 사업 등으로 지속적인 노선 건설 수요가 있고, 설계사 및 시공사 등을 중심으로 국내 시장을 독점함으로써 경쟁력 있는 생태계를 형성하고 있으나,

- 철도차량·부품산업의 경우 불규칙한 신차 발주물량, 해외 업체와의 경쟁 심화 등으로 시장 경쟁력확보에 어려움을 겪는 실정임

  - 세계 차량 시장 점유율은 2.4%(현대로템 10위)이나, 유럽·일본 등 선진국 간 경쟁 심화 및 중국 등 후발국의 추격으로 어려운 여건

※ 불규칙한 국내발주 : `12년 8,364억원, '13년 2,151억원, '14년 9,987억원

※ 중국산 철도차량 부품 국내 수입현황 : `15년 226억원, `16년 267억원, `17년 294억원

- 특히 정비업, 리모델링업 등 출고 新 시장(After Market) 조성 미흡으로 국내 차량제작사·부품업체는 신규차량 발주 및 차량제작사에 의존하는 구조임

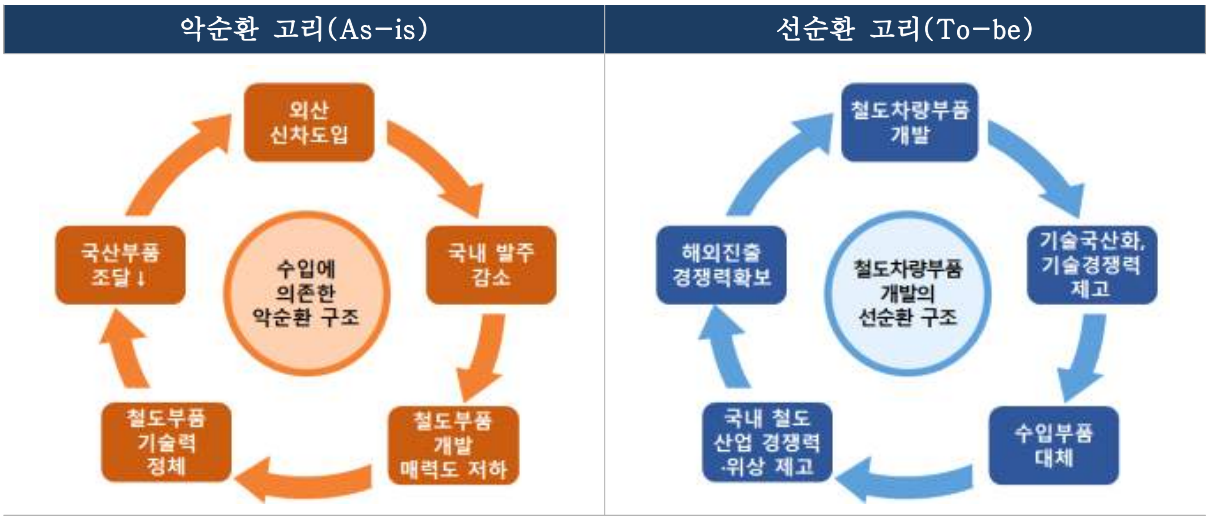
- 장기간(25~30년)의 품질안전 확보, 사후관리가 중요한 산업임에도 건실한 부품 공급망 및 산업생태계 구축이 어렵고, 그에 따른 유지보수용 부품 단종도 빈번하여 부품 적기 수급 곤란 및 과다한 구매비 지출

※ KTX 제어장치는 도입('05)시 가격에 비해 19배 상승('05년 1천만원 → '16년 1억 9천)

- 이에 따라 국내 개발 및 제작 차량의 경우도 기술적 난이도가 높거나 성능에 핵심적인 영향을 미치는 주요부품 등은 외산에 의존하게 되고, 이는 국내 기업의 경쟁력 약화, 투자축소 및 유지보수부품 및 신차 도입 시 국내 수급곤란에 따른 수입의존의 악순환으로 이어지는 실정임

<그림 I-4> 철도차량 주요부품 중 외산의존 부품 현황

No.	장치 또는 부품명(자재)	공급(제작)업체
1	집전장치 (판토그래프)	LEKOV(체코)
2	승강문 (도어 엔진 포함)	BODE(독일)
3	공기스프링 (Air bellow)	CONTITECH(독일)
	보조스프링 (Spring, auxilliary)	CONTITECH(독일)
	가이드 스프링	CONTITECH(독일)
4	차간 댐퍼	KONI(체코)
	1차 수직댐퍼 (동력대차용)	KONI(체코)
	1차 수직댐퍼 (단부/객차대차용)	KONI(체코)
	2차 수직댐퍼 (동력대차용)	KONI(체코)
	2차 수직댐퍼 (단부대차용)	KONI(체코)
	2차 횡 댐퍼 (동력/객차대차용)	KONI(체코)
	요 댐퍼 (동력/객차대차용)	KONI(체코)
5	주전력 변환장치	-
	주전력 변환장치 IGBT	미츠비씨(일본)
	주전력 변환장치 Gate Drive Unit	INPOWER(체코)
	주전력 변환장치 주접촉기	SECHERON(스위스)
	주전력 변환장치 필터 캐패시터	AVX(프랑스)
	주전력 변환장치 냉각팬	Rogenberg(독일)
6	주변압기	JST(프랑스)
	주변압기 Oil Pump	GEA(독일)
	주변압기 Cooler	Haugg(독일)
	주변압기 Cooling Fan	Solyvent(프랑스)
7	보조전력변환장치	-
	보조전력변환장치 냉각팬	ETRI ECOFIT(프랑스)
	보조전력변환장치 입/출력 컨택터	Mircoelecttrica-Scientifica(이태리)
	보조전력변환장치 필터 캐패시터	AVX(프랑스)
8	축전지 충전기	Semikron(독일)
	축전지 충전기 (동력차/객차) IGBT	Semikron(독일)
	축전지 충전기 (동력차/객차) 냉각팬	EBM(독일)
	축전지 충전기 (동력차/객차) 캐패시터	ELECTRONICON(독일)
	축전지 충전기 (동력차/객차) 주콘텍터	Schaltbau(독일)
9	차상 신호장치	ANSALDO(프랑스)
10	자동 연결기	SCHAKU(독일)
11	사이드 버퍼	AXTONE(폴란드)



〈그림 I-5〉 국내 철도부품산업 구조

철도차량산업 생태계의 중심인 중소기업

- 철도차량은 2만 여개에 달하는 부품으로 구성되는 시스템이며 완성차 업체를 중심으로 주요 장치와 그를 구성하는 단위부품 등을 개발·제작하는 수많은 중소기업으로 산업생태계가 형성되어 있음

- 즉, 철도차량산업생태계의 핵심 구성원은 중소·중견기업이며 이러한 중소·중견기업은 신규차량 또는 유지보수용 철도 부품의 판매를 통해 수익을 창출하는 구조임



〈그림 I-6〉 철도차량부품 산업생태계

● 공급(제작)업체 현황은 철도차량 기술수준[1] 자료에서 조달구분 내자 업체를 선별, 한국철도차량산업협회 회원사 목록[2]에서 보완

- 매출액 구간은 구분자별로 매출액 구간의 중복이 없도록 조정하였고, 변경된 업체명으로 작성함

※ 완성차 국내 매출액 구간: 500억~1조 → 약 700억원 ~ 1조원 대

※ 장 치 국내 매출액 구간: 10억~700억 미만 → 700억원 미만

※ 부 품 국내 매출액 구간: ~20억원 미만 → 20억원 미만

<표 I-3> 국내 철도차량산업 업체명 리스트

연번	업체명		구분
	당초	수정	
1	현대로템	현대로템㈜	완성차
2	우진산전	㈜우진산전	완성차
3	다원시스	다원시스	완성차
4	현대다이모스	현대다이모스㈜	장치
5	삼원FA	삼원에프에이㈜	장치
6	유진기공	유진기공산업㈜	장치
7	㈜성신RST	㈜성신RST	장치
8	호산씨텍	㈜호산씨텍	장치
9	㈜유진정공	㈜유진정공	장치
10	동양강철	㈜알루코	장치
11	한국화이바	한국화이바	부품
12	한국SJ	㈜한국에스제이	부품
13	거명인텍	거명인텍	부품
14	대원강업	대원강업	부품
15	가본실업	㈜가본	부품
16	대흥화학	대흥화학공업㈜	부품
17	로벤	㈜로벤	부품
18	제일데코	㈜제일데코	부품
19	한국SS	한국에스에스㈜	부품
20	JKA	㈜제이케이에이	부품
21	비츠로테크	㈜비츠로테크	부품
22	LAPP KOREA	(유)랍코리아	부품
23	범아기전	범아기전㈜	부품
24	경진부로아	경진부로아㈜	부품
25	한일전원	한일전원공업㈜	부품
26	소명	㈜소명	부품
27	흥일기업	흥일기업㈜	부품
28	금강기공	㈜금강기공	부품
29	메르센코리아	메르센코리아㈜	부품
30	인터콘시스템즈	인터콘시스템스㈜	부품
31	하나글로텍	㈜하나글로텍	부품

1) 철도차량 주요부품 공급업체 현황, 국토교통고시 제2016-102(국토교통부, 2016.03)
2) 한국철도차량산업협회, 철도차량 2018.1(제14호)

연번	업체명		구분
	당초	수정	
32	하이록코리아	하이록코리아㈜	부품
33	VCTech	㈜브이씨텍	부품
34	팩테크	㈜팩테크	부품
35	더선테크	㈜더선테크	부품
36	㈜삼오	㈜삼오	부품
37	삼정에스알㈜	삼정에스알㈜	부품
38	㈜다원프릭션	㈜다원프릭션	부품
39	㈜지에스하이텍	㈜지에스하이텍	부품
40	우진전기공업	우진전기공업	부품

높은 시장 진입장벽

- 철도차량의 수요는 자동차 등과 달리 철도서비스를 제공하는 운영사 독점으로 이러한 독점적 지위를 이용하여 운영사별로 차량·부품 품질에 관한 자체 기준 설정 및 납품실적 요구 등으로 납품 시까지 품질검증에 비용·기간 과다 소요
- 이로 인해 기존 철도부품 중소기업의 시장진입 곤란 및 경영악화를 초래하고 기술축적 및 경쟁력 있는 공급자 Pool 형성에 한계 요인으로 작용
- 또한 타 산업분야의 경쟁력 있는 기업의 철도산업 유입 기대 곤란

〈그림 I-7〉 운영기관별 주요부품의 자체 성능기준(예시)

No.	항 목	서울 메트로(200량)	KORAIL	홍콩 MTRC SCL	터키 예니카프 전동차
1	형식	회생제동병용, 디지털 전기지령 전기 연산식 공기 제동 (응하중부) 상용, 비상, 보완, 주차 및 정차 제동 구성		회생제동병용, 공/전 제동 상용, 보완, 주차 제동 구성	회생제동병용, 전기지령식 공/전 제동
2	제어	각 차량마다 제동제어장치 설치 32bit 이상의 마이크로프로세서 적용	각 차량마다 마이크로 프로세서 타입 (ECU) RS-232C Port 또는 USB2.0 Port	대차 단위 제어, SIL 2	차량 단위 제어
3	기초 제동 장치	구동대차: 답면 제동 부수대차: 차축 당 2개의 디스크 제동		Cast Iron 휠 디스크 제동	구동대차: 답면 제동 부수대차: 디스크 제동
4	비상 제동 조건	공기제동 만으로 작용 응하중 및 활주방지 기능			3회 연속 비상제동 체결 가능 GEBR: 최소 0.75m/s2
5	주차 제동 조건	스프링 작용식, 공기 완해 방식 운전실 대차에 축당 1개씩 설치		만차조건 @4% 구배 주차	@AW4 @4% 구배 주차
6	공기 공급 시스템				
A	Type	Oil-less, 피스톤 방식 2단 압축	Oil-free 피스톤 방식	Screw 방식	Oil-free 피스톤 방식
B	용량	980 l/min 이상		1,350 l/min	830 l/min
C	수량	4량/6량 편성: 2대, 10량 편성: 3대		9량 편성: 3대	4량 편성: 2대
D	구성	압축기, 주공기통, 제습기 및 기름 분리기	←	←	←
E	배관	스테인레스 강관, 동관 또는 동등 이상 (아연도금 강관 제외)			스테인레스 스틸
		공기압축기에서 공기건조기까지의 배관은 스테인리스 강관 또는 동등 이상			

〈표 Ⅰ-4〉 철도부품제조업 경영악화 사례

No.	기업명	산업명	도산사유	도산연도
1	에이스테크(주)	철도차량부품 및 관련 장치물 제조업	자금부족	2013.05.
2	에스피로지텍(주)	구성 부분품 제조업	자금부족	2017.11.
3	(주)협신궤도	철도차량부품 및 관련장치물 제조업	부도	2013.02.
4	(주)씨엔이노베이션	철도차량부품 및 관련장치물 제조업	자금부족	2017.09.
5	(주)에스엘테크	특수목적용 기계제조업	자금부족	2017.12.
6	덕산산업(주)	철도차량부품 및 관련장치물 제조업	자금부족	2013.02.
7	파웰테크윈(주)	특수목적용 기계제조업	자금부족	2018.03.
8	가야산업	철도차량부품 및 관련장치물 제조업	자금부족	2017.11.
9	태양상사	철도장비 제조업	자금부족	2014.11.
10	파주기계	일반목적용 기계제조업	자금부족	2017.08.
11	보창산업	철도차량부품 및 관련장치물 제조업	자금부족	2013.02.
12	한터기술	철도차량부품 및 관련장치물 제조업	자금부족	2018.06

*출처: 기업검색 키스라인 DB (www.kisline.com), 2018.

철도부품제조업 경영악화

- 철도산업 및 관련 부품소재 기업에 대한 정부차원의 연구개발 지원을 통해 기술개발 경쟁력을 제고하고, 상용화를 위한 현차실험 등 실증실험 체계 구축으로 혁신성장형 산업 생태계 조성 시급

  - 국내외 철도차량 수요 부품의 첨단화, 정밀화 등 부품제작 기술 및 성능 향상에 따른 기술역량 한계기업의 지속적인 경쟁력 약화 초래

  - 국내 철도차량 부품업체 중 85%이상이 20명 미만 사업장(`16년 기준)으로 기업 규모 영세성으로 기술경쟁력 향상을 통한 자생적 성장을 위한 산업 생태계 조성에 한계를 보이고 있는 상황

  - 국내 기술개발 경험 부족 및 현차 실증실험 기회 부족, 해당 부품 장수명 주기, 다품종 소량생산 구조에 따른 단기 수익성 부재로 기술개발 완료품에 대한 상용화 지연, 중단 사례 발생

- 철도장비 제조업은 자동차 및 트레일러, 기타 운송장비 등 타 업종과 소멸률은 비슷한 반면(6.3~9.1%), 신생률은 유독 낮은 수준(8.7%)임

  - 즉, 새로이 진입하는 기업은 적은 상황에서 지속적으로 휴폐업으로 인한 소멸기업이 많다는 의미로 산업 전반의 쇠퇴와 노후화, 산업 경쟁력 약화를 반증하고 있음

- 경영악화로 인한 도산 자체가 문제가 아니라, 본 사업 지원을 통해 지속적인 신규매출이 발생하고 시장에 진입할 기회를 갖게 될 경우 중소 부품업체도 경쟁력을 확보할 수 있고 철도산업 생태계 붕괴 예방 가능

<표 I-5> 산업별 활동 기업수 및 신생/소멸 현황

(단위: 개, %)

- 2016 기준

산업분류	활동		신생		소멸	
	2016	구성비	2016	신생률	2015	소멸률
전 체	5,775,996	100.0	876,414	15.2	640,124	11.5
C 제조업	502,662	8.7	48,850	9.7	40,445	8.2
30 자동차 및 트레일러	14,306	0.3	1,714	12.0	1,018	7.5
301 자동차용 엔진 및 자동차 제조	364	0.0	100	27.5	24	8.5
302 자동차 차체 및 트레일러	1136	0.0	159	14.0	9	9.1
303 자동차 부품	12806	0.2	1455	11.4	897	7.3
31 기타 운송장비	6969	0.1	1061	15.2	1422	19.2
311 선박 및 보트 건조업	5641	0.1	897	15.9	1338	21.7
312 철도장비 제조업	402	0.0	35	8.7	27	6.9
313 항공기, 우주선 및 부품 제조	396	0.0	65	16.4	22	6.3
319 그외 기타 운송장비	530	0.0	64	12.1	35	7.0

* 통계청, 기업생멸 행정통계(2017) 참조, 재편집

- 2015 기준

산업분류	활동		신생				소멸	
	2014	2015	2014	신생률	2015	신생률	2014	소멸률
전 체	5,558,767	5,553,564	842,789	15.2	813,202	14.6	776,516	14.0
C 제조업	487,541	495,493	53,619	11.0	49,907	10.1	40,947	8.4
30 자동차 및 트레일러	12,811	13,594	1,495	11.7	1,648	12.1	924	7.2
301 자동차용 엔진 및 자동차 제조	266	283	52	19.5	43	15.2	35	13.2
302 자동차 차체 및 트레일러	969	1,067	130	13.4	169	15.8	82	8.5
303 자동차 부품	11,576	12,244	1,313	11.3	1,436	11.7	807	7.0
31 기타 운송장비	7,408	7,425	1,967	26.6	1,382	18.6	1,317	17.8
311 선박 및 보트 건조업	6,236	6,178	1,826	29.3	1,218	19.7	1,233	19.8
312 철도장비 제조업	384	393	45	11.7	42	10.7	27	7.0
313 항공기, 우주선 및 부품 제조	314	351	43	13.7	54	15.4	17	5.4
319 그외 기타 운송장비	474	503	53	11.2	68	13.5	40	8.4

* 통계청, 기업생멸 행정통계(2016) 참조, 재편집

● 도산(휴폐업) 기업의 철도분야 국가 R&D 지원이력

No	기업명	산업명	도산사유	도산 연도	철도분야 국가R&D 참여여부
1	에이스테크(주)	철도차량부품 및 관련 장치물 제조업	자금부족	2013.05.	참여 (주1)
2	에스피로지텍(주)	구성 부분품 제조업	자금부족	2017.11.	해당없음
3	(주)협신궤도	철도차량부품 및 관련장치물 제조업	부도	2013.02.	해당없음
4	(주)씨엔이노베이션	철도차량부품 및 관련장치물 제조업	자금부족	2017.09.	해당없음
5	(주)에스엘테크	특수목적용 기계제조업	자금부족	2017.12.	해당없음
6	덕산산업(주)	철도차량부품 및 관련장치물 제조업	자금부족	2013.02.	해당없음
7	파웰테크윈(주)	특수목적용 기계제조업	자금부족	2018.03.	참여 (주2)
8	가야산업	철도차량부품 및 관련장치물 제조업	자금부족	2017.11.	해당없음
9	태양상사	철도장비 제조업	자금부족	2014.11.	해당없음
10	파주기계	일반목적용 기계제조업	자금부족	2017.08.	해당없음
11	보창산업	철도차량부품 및 관련장치물 제조업	자금부족	2013.02.	해당없음
12	한터기술	철도차량부품 및 관련장치물 제조업	자금부족	2018.06	참여 (주3)

[주1. 에이스테크_전기전자분야]

NO	과제명(한글)	시작일자	종료일자	지원부처명
1	복합소재를 이용한 인젝션 몰딩공법 모바일 부품 개발	2011-11	2012-10	중소기업청
2	도전성 / 비도전성 물질을 이용한 미세패턴 기술개발	2007-06	2010-05	산업자원부

[주2. 파웰테크윈_자동차분야]

NO	과제명(한글)	시작일자	종료일자	지원부처명
1	자동차용 소모품 전자 종합관리기 수출용 제품 디자인 개발?	2010-07	2010-08	지식경제부
2	IV(Intelligent Vehicle)를 위한 센서 상태판단 시스템 개발	2010-07	2013-04	교육과학기술부
3	LCD형 자동차소모품관리기 개발	2007-06	2010-05	중소기업청
4	가공기 기어모듈 원격관리시스템	2007-10	2008-05	산업자원부

[주3. 한터기술_철도분야]

NO	과제명(한글)	시작일자	종료일자	지원부처명
1	철도차량 배선절감을 위한 TCN 기술개발	2015-06	2019-02	국토교통부
2	모터카용 Low Cost ATP 기술 개발	2012-04	2014-04	국토교통부
3	철도용 통합 영상 및 데이터 전송장치 개발	2007-06	2009-05	중소기업청
4	Eurobalise Transmission System	2004-10	2007-09	산업자원부

철도 안전 위협

- 철도차량은 2만 여개의 부품으로 구성되어 부품품질이 안전을 좌우*하나, 부품기업이 영세하고 기술력 미흡 등으로 양질의 부품을 적기 공급받기 어려움

※ 5년간('12-'16년) 발생한 운행장애 중 차량관련 장애가 58.5%

- 특히 안전과 직결되는 외산 주요부품 중 일부는 행정적 소요기간 및 납품기간 등으로 최대 24개월까지 소요되는 경우가 있어, 유지보수용 부품 재고가 부족한 사례가 발생하고 예비차 부품을 돌려막기하여 국민안전에 심각한 위험요인으로 작용

돌려막기, 저가 외산품 긴급수혈 사용 사례

○ 주로 폐차 직전 상태의 차량 또는 투입 대기 중인 차량 부품을 돌려막기 하고 있으며,

○ 폐차 직전의 차량 부품의 경우 안전을 담보할 수 없고 예비 차량 부품 돌려막기 시 긴급 상황 발생 시 예비차량 투입 불가능

☞ **'돌려막기'**는 철도차량 부품 재고가 없어 예비 또는 폐차 상태인 철도차량 부품을 활용한 사례로 철도산업의 기술력 문제를 제기한 내용이 아니며, 국내 납품가능 업체가 부재함으로써 수입부품의 단종, 납품지연 등에 따른 부품수급상의 불가피한 산업구조 설명한

장애사례		내용
부품 돌려막기	2014년	KTX 차량 부품 재고가 없어 폐차 직전인 KTX 차량 부품을 떼어 그대로 사용한 사례가 올 한해만 17개 품목, 39건
	2015년	67건의 부품 돌려막기 사례 지적
외산불량 부품공급	2016년	무궁화호 외산의존 부품 중 디젤엔진 관련 핵심부품 8종을 중국산 저가 부품으로 속여 납품하려던 사례 발생

*출처: 국회 국토교통위 박완수 의원 제출자료 2016

○ 주요 외산 주요부품 중 일부는 이미 단종되거나, 수입 절차 및 납품 소요기간 등으로 최대 24개월까지 소요되는 경우가 있음

- 수입에 의존할 수 밖에 없는 부품조달 시장에서 수입 부품가의 상승은 국내 운영사의 자금부담 초래

※ KTX 제어장치 가격 19배 상승('05년 1천만원 → '16년 1억 9천)

○ 유지보수용 부품 재고에 고질적인 수급불균형에 따른 주요 부품의 돌려막기는 국민안전에 심각한 위험요인으로 작용

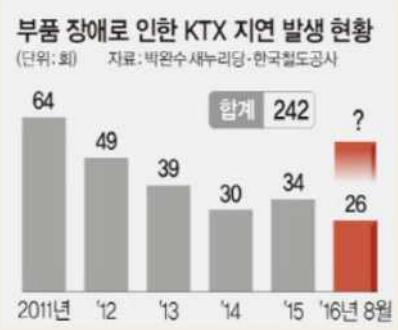
☞ 선순환적 철도차량 산업생태계를 조성하고 효율적인 부품공급망 구축을 목표로 수행하고자 하는 본 사업은 노후 철도차량 증가에 따른 부품 교체 수요 적기 대응으로 국민의 안전과 국내 철도산업 성장을 견인할 수 있을 것으로 평가됨

<그림 I-8> KTX 돌려막기 문제점 참고자료

폐차 부품 떼내 신차에… KTX '돌려막기 고질병'

- 2005년 이어 올 39건 또 적발
- 충전·공기정화 장치 단종되자 예비 열차·폐차서 떼어내 운행
- 20년 이상된 차량 32.8%차지, 체계적 부품조달계획 마련해야

KTX 차량 부품 재고가 없어 예비 또는 폐차 상태인 KTX 차량 부품을 사용한 사례가 올 한해만 17개 품목, 39건에 이르는 것으로 나타났다.



국회 국토교통위원회 박완수(새누리당) 의원이 28일 한국철도공사(코레일) 제출 자료를 분석한 결과, 부품을 재사용한 39건 가운데는 KTX 차량에 필요한 충전장치나 객차 내 공기정화장치가 단종되자 또 다른 KTX에 붙어있던 충전장치나 정화장치를 떼어내 운행하는 사례가 있었다. 감사원은 지난 2005년에도 67건의 '부품 돌려막기' 사례를 적발했는데 11년이 지난 지금까지 개선되지 않고 있는 것이다. 품절을 포함해 부품 장애로 인해 KTX 차량이 지연된 것은 2011년부터 올 8월까지 6년간 무려 242회에 달하는 것으로 집계됐다.

부품 재활용은 주로 폐차 상태의 KTX나 투입 대기 중인 KTX를 통해 이뤄지는데 폐차 부품의 경우 안전을 담보할 수 없고, 예비 차량의 부품을 사용하면 긴급 상황 발생 시 투입이 불가능하다고 박 의원은 지적했다.

박 의원은 이런 위험성에도 불구하고 부품 돌려막기가 일어나는 이유에 대해 안정적인 부품 공급망이 형성될 수 없는 시장 구조를 꼽았다. 낮은 가격을 제시하는 업체에 공급 기회를 주는 '최저가 입찰제'를 바탕으로 부품 공급이 이뤄지다 보니 일부 대형업체만 생존하고, 결과적으로 부품 단종에 신속히 대처할 수 없다는 것이다.

특히 2만2775량의 철도 차량 가운데 20년 이상 된 낡은 차량이 7477량(32.8%)이나 되기 때문에 체계적인 부품 조달 계획을 마련하지 않을 경우 앞으로도 승객의 안전을 위협하는 부품 돌려막기가 되풀이될 가능성이 높다고 박 의원은 강조했다.

박 의원은 "안정적인 부품 공급망과 체계적인 조달 계획이 필요하다"며 "영세 부품업체의 육성을 위해 조달방식을 개선하고, 단종된 외국산 부품의 국산화 개발을 위해 힘써야 한다"고 지적했다. 그는 또 "우리나라의 경우 부품 제작·설계 인증절차가 유럽 등과 비교해 생략된 경우가 많은 것으로 파악됐다"며 "평가 기준을 국제적 수준으로 끌어올려야 한다"고 강조했다.

문화일보, 2016년 09월 28일(水) 자 기사참조

철도차량·부품산업 지원 한계

- **국토부가 제작, 정비, 관리, 전문인력 등 철도산업의 육성을 위한 법·제도를 운영, 국가 재원 투입 등을 시행하였으나, 대부분 노후 인프라의 개량 등에 대한 투자로 중소·중견 제조기업 중심의 산업 육성에는 한계**

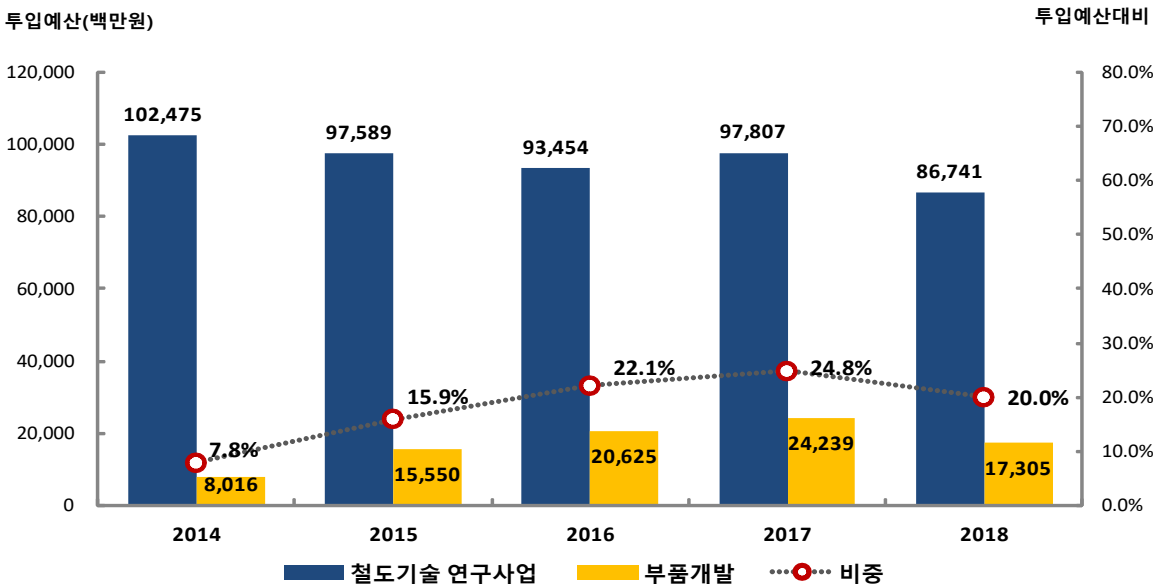
"철도제조업 전반에 대한 체계적 육성이 이루어지지 않아, 산업 생태계 조성 및 철도차량 시스템 등 종합적 경쟁력 강화 미흡"

"실용화를 위한 단기적 연구개발이 주로 이루어져 미래성장 동력 확보를 위한 핵심기술의 장기적 연구개발은 미흡"

"또한 연구개발부터 사업화까지 체계적인 지원방안이 미흡하여 R&D 개발품의 사업화율이 낮고, 수출경쟁력도 악화"

출처: 철도분야 최상위 법정계획인 '제3차 철도산업발전 기본계획(2016~2020)' 중 발췌

- 제품 시장진입 지원을 통한 부품 중소기업의 육성에 가장 직접적 효과 기대가 가능한 국가 R&D의 경우 과거 차량시스템 개발 중심이었고 부품 국산화 및 경쟁력 확보를 위한 지원은 여전히 단편적이고 미흡한 수준



〈그림 I-9〉 철도부품개발 R&D예산 투입현황 및 비중

- 철도기술연구사업 중 철도부품 분야 지원 비중은 18% 수준에 불과(최근 5년)

- 철도산업의 근간이 되는 중소기업의 경쟁력 강화를 위한 부품기술 개발의 중요성을 인식하고 '13년 이후 국토부의 부품 R&D 지원을 통한 중소기업 지원 정책*으로 지속 지원 확대 노력

※ 「철도부품 강소기업 육성 R&D 지원 방안('13.11)」, 「철도차량산업육성대책('16.8)」, 「철도차량 부품개발 마스터플랜('17.12)」 등

철도분야 유일한 국가 R&D 사업의 일몰

- 체계적인 기획을 통한 실용화지원전략 미흡, 산발적인 개발 대상품 선정 등 추진체계의 한계와 제한적인 예산에도 불구하고 '철도기술연구사업'을 통해 차축베어링 등 일부 부품의 경우 국산화 및 해외진출 사례 도출

  - 그러나 일몰연장신청 검토결과 R&D 지원필요성은 인정되나 사업목표 부적절, 체계적 계획과 성과지원체계 미흡, 단편적이고 산발적인 부품 개발 등을 지적받았으며 그에 따라 '19년 일몰 확정

▣ 일몰 연장신청 검토결과('17.12, 과학기술정보통신부)

– (사업목표의 합리성) **철도분야 강소기업의 기술경쟁력 제고**한다는 다소 **상징적인 방향성**을 가지고 추진되어 전략 목표의 경우 '세계시장 점유율' 등 R&D 사업을 통한 기여도 판단이 제한적인 **거시적인 지표**를 **사용**하여 **적절성이 낮음**

– (연장요청사유 적절성) 신규과제의 예산규모는 1,532억원으로 **일몰기간 연장을 통해 추진하기에 과도함**

– (사업목적·목표 명확화) 친환경 대중교통 수단으로서 **지속적인 연구개발의 필요성이 인정**되며, 철도시설 관리 및 유지 등 공공기관의 역할과 밀접한 관련이 있는 분야 중심으로 **신규사업 기획** 권고. 단, **중점지원분야를 선정하여 사업의 효과성 제고** 필요

– (내역사업2: 철도 소재부품장치 고도화) 추진하고자 하는 도시철도차량 부품경량화, 인터페이스 표준화, 개방형 플랫폼 개발연구는 예산규모(지정공모 3개 과제 총 597억, 자유공모 2개과제 총 275억)의 근거와 상세계획이 마련되지 않아 일몰연장을 통해 시급히 추진하기에 미흡한 것으로 판단됨

– (추진체계 개편) **정부와 민간의 역할을 구분**하고, 내역사업 및 과제의 발굴에 최종적인 수요자의 의견 반영을 통해 참여도를 높이는 것이 필요함. 또한, **정부와 유관 공공기관, 민간 철도제작사 간의 역할을 명확**히 하여 추진 권고

제2절 정부추진 필요성

철도차량산업의 특성

◈ 거대장치산업으로 장기간 대규모 투자 소요
◈ 제조·정비·운송·건설 등 전후방 산업 연관성이 큰 산업
◈ 차량·부품소재·신호·제어·통신 등 첨단기술 복합체
◈ 국가 기간교통망으로서 자동차, 선박산업 보다 파급효과가 큰 산업
◈ 長수명주기(약30년) 및 수요독점적 산업으로 수급 불안정
◈ 공공성 및 리스크가 상대적으로 큰 산업으로 정부 지원 필요

[철도차량산업육성대책(국토부, '16.8) 中]

공공성과 파급효과가 높은 국가 중요 산업

- 철도는 생산유발효과, 전후방산업연관효과 및 고용창출 효과가 크고 국가 기간교통망으로서 공공성이 높은 거대장치·시스템 산업으로서 국가 차원에서 결코 포기할 수 없는 기간산업임

  - (문재인 정부 국정과제) "국가기간교통망 공공성 강화 및 국토교통산업 경쟁력 강화"

  ※ 철도차량산업 영향력계수(후방효과) 1.097, 취업유발계수(10억원 당 취업자 수, 특수목적용 기계분야 적용 시) 7.7 등

  *출처: 철도차량산업 발전을 위한 정책과제, 여의도연구원(2016.11)

- 미국 및 일본 등이 조선산업에 투자를 축소하는 등 산업 육성에 소극적이었던 결과 시장 경쟁력과 점유율을 상실하였고 추후 국가 전략산업임을 인식하여 막대한 자본을 투입한 사례 고려시 지속적인 철도산업 육성 필요

  - (미국) 조선시장 점유율 83%(1943년) → 5%(70년대), 최근 우리나라 전체 조선공업 자본의 2배 투자로 산업경쟁력 회복 노력

  - (일본) 조선시장 점유율 40%대(80년대) → 10%안팎(2000년대), 조선산업 하강 예측으로 투자 축소

- 특히 거대·장치시스템 산업으로 다양한 주체가 복잡한 가치사슬로 연결되어 있고 대규모 설비투자 등이 필요하여 **산업생태계** 붕괴 시 **복원**을 위해서는 **막대한 비용**과 **긴 시간**이 **필요**

4차 산업혁명 시대의 성장동력 산업으로 육성·활용

- 제4차 산업혁명 기술이 거대 장치산업인 철도로 집약될 가능성이 높아 철도산업을 국가경제 발전의 새로운 성장동력으로 활용 필요

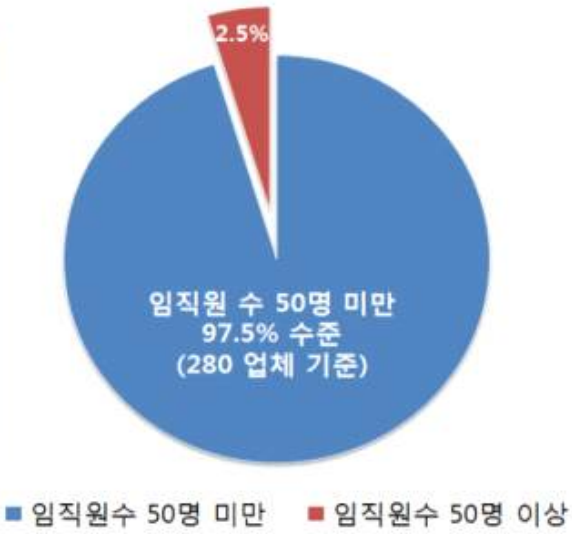
  - 전 세계적으로 증가하는 고속철도 건설 수요 증가 추세에서 철도선진국은 경제적 파급력이 높은 철도사업의 해외수주에 적극 참여

- 국가경제에 미치는 철도의 파급효과와 거대시장이자 성장성이 높은 산업임을 고려시 자생가능한 선순환 산업생태계 조성을 통해 궁극적으로 세계시장에서 선진국과 경쟁 가능한 수준에 도달 필요

자생형 철도산업생태계 조성을 위한 효과적 수단으로서의 부품개발 지원

- 국내 철도차량 부품기업은 50인 미만의 업체가 97.5%에 달하는 전형적인 중소기업 중심의 산업생태계임

임직원 수(명)	업체 수(개)
1 - 4명	128
5 - 9명	87
10 - 19명	23
20 - 49명	35
50 - 99명	3
100 - 299명	4



*출처: 전국사업체 조사(2016년 통계청)

〈그림 I-10〉 국내 철도부품기업 종사자 수 비율

- 이는 완성차 업체가 차량 성능 및 신뢰성에 직접적인 영향이 높은 주요 부품은 검증된 해외 제품을 적용하고 국내 부품업체들은 낮은 채산성으로 자체 기술개발 보다는 해외 기술을 도입하여 제작·납품해온 결과

  - 이에 따라 중소기업은 우수인력 확보나 기술개발 투자에 여력이 없어 신차 또는 유지보수 부품 구매 시 국내 부품을 조달할 수 없고 결국 다시금 외산에 의존하는 악순환을 초래

- 따라서 시장진입장벽이 높고 수익실현 리스크가 큰 산업으로 향후 자생가능하고 선순환 구조의 생태계 구축을 위한 정부의 중장기적이고 체계적 지원 필요

  - 특히 대부분의 부품기업은 경험과 예산 부족 등으로 시장진입에 요구되는 국내·외 인증획득에 어려움을 겪고 있어, 안전성과 품질 확보를 위한 인증제도*를 운영하는 국가의 지원이 필요

※ 철도용품형식승인 : 운행과 직결된 용품 7종 우선 적용('17.12), 향후 형식승인 대상용품 확대 예정

- 철도산업을 공공재의 개념으로 접근해 정부 차원에서 철도차량·부품 산업생태계의 주춧돌인 중소기업들이 경쟁력을 갖추도록 돕고 이를 통해 건전하고 **자생 가능**한 **산업생태계**를 **조성**할 필요

  - 정부의 철도산업 육성을 위한 법·제도 등과 더불어 **부품중소기업**의 **경쟁력 제고**에 가장 효과적인 수단으로 **철도부품**의 **개발**과 체계적인 **성능검증·인증획득활동**을 **지원**함으로써 개발 부품의 시장진입을 돕고,

  - 납품실적 확보, 인증획득 등을 토대로 향후 세계시장에서 경쟁할 수 있도록 정부의 적극적인 R&D 투자 필요

제3절 사업추진 시급성

철도부품 실용화 지원체계 소실방지 및 부품중소기업 지속지원을 위한 단절 없는 지원 필요

- 상징적인 사업목표설정, 장기간에 걸친 사업기간 등의 문제로 철도부품개발 및 부품중소기업 지원을 중점추진분야로 설정하여 지원하던 철도기술연구사업은'19년 일몰 확정

  - 지적한 선행사업의 한계에도 불구하고 전동차용 구동기어, 차상단말기 등이 상용화되었고, 부품매출 225억원 발생 등 우수성과가 도출되고 있으며, 국산화율 향상이라는 소기의 성과 달성

▣ 철도기술연구사업 부품R&D 대표성과
- 「LTE-R 차상단말기」 한국철도공사 납품, 19.9억원 매출 발생(회명정보통신, '17년)
- 「능동조향시스템 구동모터」 ㈜바텍 공급계약으로 3억 원 매출 발생(제이모션(주), '16년)
- 「KTX OBCS」 한국철도공사 납품, 6.5억원 매출 발생(인터콘시스템스, '13년) 등

  - 특히 자동차 등 타 산업분야의 경쟁력 있는 업체의 철도분야 신규유입을 유도하여 산업생태계 다양화 사례도 발생

▣ '(주)베어링아트' 사례
- 기존 주력분야 : 자동차용 베어링, 건설기계 및 풍력발전 베어링 개발
- 참여과제명(기간) : 철도차량용 차축베어링 설계 및 제작기술개발 ('14.08.29~'18.10.28)
- 개발품 : 전동차/일반/고속철도용 차축베어링 개발
- 실용화성과
  - (국내) 운영기관(수요처: 한국철도공사)에 전동차베어링 총 8종 초도 납품으로 매출액 600만원 발생. 과제 종료 후, 초도 납품 실적으로 바탕으로 본격 실용화 실시 예정
  - (미국) 철도협회 품질인증 가승인 예정

- 또한 협의체 구성, 시험선로 구축, 수요처 참여 확대 및 검·인증 지원 등의 실용화 지원체계를 마련해가고 있는 시점에서 사업 일몰로 인한 단절시, 연구 인력뿐 아니라 지원체계도 소실될 우려가 높아 지속 지원 필요

  - 수요기반의 개발 대상 부품 선정과 수요처 요구조건을 개발사양 등에 반영하기 위한 운영기관 주축의 '철도 건설 및 운영기관 기술협의체' 및 他산업 우수기업 유치 등을 위한 '철도차량산업 발전협의회*' 운영 중

※ 운영기관, 철도협회, 교통대학, 차량 및 부품기업 등 23개 기관 참여 중('16.12~)

  - 시험차량 및 시험선로·시험시설 등을 지원하기 위한 종합시험선로 구축(13km, 2,406억 예산 투입'18.12 완공 예정)

- 최근 일부 부품개발 과제의 경우 성능 및 신뢰성 검증을 위한 SIL 등 인증 획득 활동과 운영기관 참여를 통한 현차시험 등을 연구내용에 반영하여 추진 중

● 또한 '17년부터 중소기업의 기 보유 기술의 시장진입 지원을 위한 수요처 참여 의무형 중소기업 전용 '실용화 문턱 지원*' 과제 추진

※ '17년 6개 과제, '18년 3개 과제 선정 (약 20억원 내외/개, 3년)

세계 철도시장 경쟁 심화 및 중국 등 후발국가의 맹추격으로 시장 상실 우려

● 독일, 프랑스, 미국 등은 중소부품 기업을 육성하기 위해 지원 프로그램 등을 통해 기술개발을 집중 지원하는 것은 물론, 높은 기술력을 바탕으로 국가가 인증제도*를 활용하여 이를 시장 진입장벽의 역할을 하도록 간접 지원 중

※ (독일) DIN규격(차량 및 부품용접검정), IRIS, 각종 품질, 안전, 환경경영 인증 요구

● 또한 해외 철도 부품기업은 경쟁력제고 및 세계시장 선점을 위해 경쟁업체 M&A* 등을 통해 대형화하는 추세

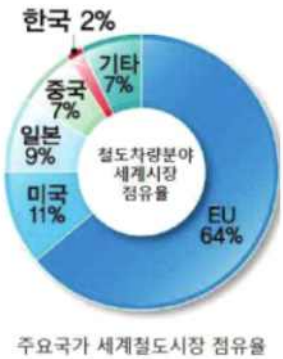
※ 세계 철도부품 규모 2위 업체인 Wabtec(브레이크, 승강문 등 제작)이 3위 Faiveley(연결기, 창문, 에너지효율화 장치 등 제작) 인수

※ Knorr-Bremse(獨, '15년 매출액 7조원), Wabtec(美 3.6조원), Faiveley(佛, 1조3천억)

● 특히 중국은 국가의 전폭적인 지원을 바탕으로 대규모 철도 인프라 구축* 및 자국기술 적용 비율 규제 적용 등으로, 외산 기술의 진입을 국가 차원에서 막고 급속도로 기술력 축적 및 시장 진출 확대 중

※ 8종8횡 주간선 강화, 4종4횡 고속철도 건설





주요국가 세계철도시장 점유율

*출처 : 중국 철도산업은 '초고속 성장', 한국은 '존폐 위기' 기로(중앙일보, '15.4)

● 따라서 국내 철도시장을 보호하고 철도시장에서 국내 철도차량·부품 기업들이 경쟁력을 갖기 위해서는 보다 적극적인 투자가 필요한 시점임

노후 철도차량 증가에 따른 교체 수요 적기 대응 필요

- 국토부는 정밀안전진단 기준을 강화('16)하여 안전성이 미흡한 노후차량 적기교체를 유도하고 있어 차량교체수요 지속 발생·증가 중이며, 이에 따라 교체 시 부품수요와 유지보수용 부품 수요도 지속 발생

  - '16년 기준 차령 25년 이상 노후차량은 약 10% 수준이며 '20년에는 노후차량 비율은 33% 수준에 달할 전망임 (전체 차종 기준)

<표 I-6> 차종별 / 차령별 현황('16.6기준)

(단위 : 량)

차종별	보유량	기대수명	차령별 현황						
			0~5년	6~10년	11~15년	16~20년	21~25년	26~30년	31년 이상
고속차량	1,380	30년	270	190	920				
일반차량	200	30년	87	28	55	2		3	25
	1,643	25년	163	29	257	622	454	97	21
	131	20년				109	22		
전동차	8,138	25년	444	1,488	1,164	2,053	2,260	645	84
	72	30년		72					
경전철	110	30년	30	80					
화물차량	11,101	30년	117	483	3,103	3,532	2,641	1,225	
합 계	**22,775**		**1,111**	**2,370**	**5,499**	**6,318**	**5,377**	**1,970**	**130**

* 기대수명 : 고속차량 30년, 전동차 25년, 객차 25년, 디젤기관차 25년, 디젤동차 20년 등
* 출처 : 철도차량산업육성대책(국토부, '16.8)

- 주요 부품의 경우 신차 적용 시 10년 이상 동일 제품의 지속적인 공급을 수반하므로 연구성과의 시장안착 기회를 상실하지 않기 위해서는 노후차량의 교체수요를 고려한 적기 개발 필요

  ※ The Contractor shall sell spare parts compatible with original equipment on the train or equivalent and adaptable product, **during 10 years** after Full System Commissioning [경부선 KTX 납품계약서 중 발췌]

- 또한 노후화된 부품으로 인한 고장 및 사고가 증가할 것으로 예상되어 품질이 입증되고 가격경쟁력을 확보한 부품의 조속한 국산화 개발로 부품 교체 수요 신속 대응 필요

  ※ 무궁화호 디젤엔진 핵심부품 중국산 저가부품 공급 적발 사례(2016)

  ※ 재고 부족 KTX 차량부품의 폐차 KTX 부품 사용 사례(2014, 2005)

제4절 사업기획 추진체계 및 경과

1. 사업기획 추진체계

■ 참여 주체 및 역할

● 철도차량 부품개발사업 기획을 위해 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원, 전문가로 구성된 총괄기획위원회가 협력하여 체계적인 사업기획을 추진

- **(국토교통부)** 강소기업 육성방안, 철도차량 부품 마스터플랜 수립을 통하여 철도차량부품 산업육성과 부품개발계획의 중요성을 강조

※ 공청회, 산업체 간담회 등을 통해 산업 전반에 대한 종합적 의견 수렴

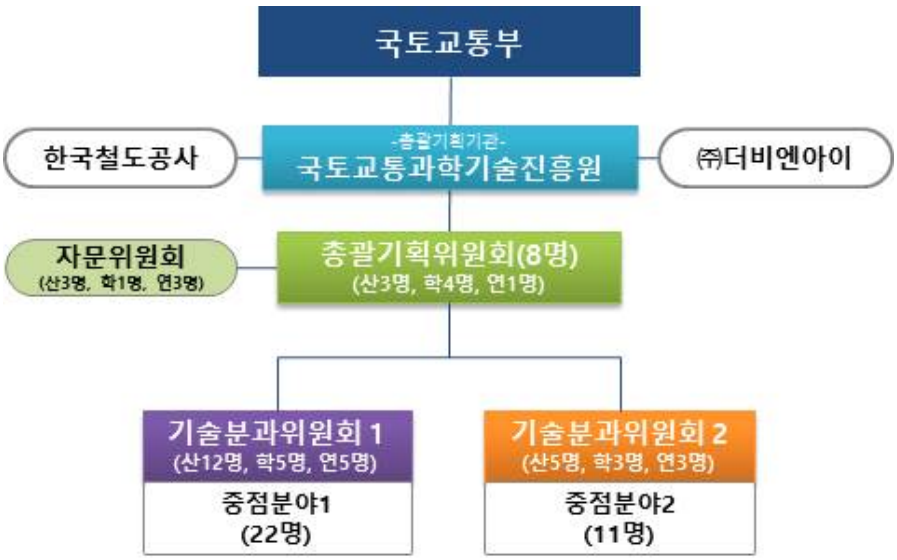
- **(국토교통과학기술진흥원)** 연구개발사업의 전체적인 추진일정 조율 및 기획보고서 작성 방향설정 등을 위한 전담 기획팀을 운영

※ 기획지원: 한국철도공사(환경분석 중심)와 (주)더비엔아이(타당성분석 중심)

- **(총괄기획위원회)** 산·학·연·관의 전문가로 구성된 총괄기획위원회는, 과제 발굴, 목표 설정, 로드맵 및 상용화 전략 수립 등 기획보고서 전반을 검토

- **(자문위원회)** 정책, 경제, 기술 등을 중심으로 검토 및 자문

- **(기술분과위원회)** 세부 기술분야 목표, 추진전략 등 상세기획 추진



〈그림 I-11〉 사업기획 추진체계 구성

사업추진은 산업계를 중심으로 하고 Top-Down 필요성을 적절히 배치

- **(산)** 280여개의 부품 개발 기업들을 대상으로 공청회, 수요조사 등을 통해 기업 Needs 발굴 및 애로사항 청취 등 기술개발 전반에 대한 종합적 의견수렴
  - 분야별 우선순위를 도출하여 최종 적용하였고 이에 대한 결과를 공청회를 통하여 기업들과 소통

※ 우선순위 평가기준 : 기술요소(시급성, 실현가능성, 중요성), 산업요소(시장규모, 수출가능성, 정부지원 타당성)

- **(학연)** 철도차량 부품 세부 전공 분야별 전문가 기획위원회 구성을 통해 철도차량 부품 전 분야에 대한 다양한 연구자들의 의견수렴 실시
  - 기술수요조사(4회) 및 전문가 검토회의(4회)를 통하여 철도차량 부품개발 수요기술 점검 및 최종 후보과제 선정

- **(관)** 강소기업 육성방안, 마스터플랜 기획 등을 통하여 부처차원에서 추진해야 할 목표들을 해당 사업에 반영하고 이를 통한 국고지원의 당위성을 확인, 이후 산학연 의견반영을 통한 정책 추진

- 기획 및 자문위원회는 전문분야 및 소속기관 유형을 고려하여 균형감 있게 구성하되, 본 사업의 목적을 고려하여 산업체 비중을 높게 구성
  - 산업체 23명(48%), 학계 13명(27%), 연구계 12명(25%)등 총 48명으로 구성

〈표 Ⅰ-7〉 기획 및 자문위원회 구성

No.	이름	소속	직위	전문분야	협의체 구분	
총괄기획위원회_(8명)						
1	권혁빈	한국교통대학교	교수	기계공학/유체기술	학	총괄위원장
2	김철수	한국교통대학교	교수	기계공학/차량기술	학	분과위원장 겸직
3	최규형	서울과학기술대	교수	전기공학/전력기술	학	분과위원장 겸직
4	조근태	성균관대	교수	기술경영	학	-
5	정호성	한국철도기술연구원	박사	전기공학/신호기술	연	-
6	최성수	한국철도공사	과장	기계공학/소음진동기술	산(운)	-
7	김현종	㈜윕스	센터장	산업공학/기술경영	산(기)	-
8	박상민	㈜네오R&S	이사	경제학/기술경영	산(기)	-

No.	이름	소속	직위	전문분야	협의체 구분	
기술분과위원회_(33명)						
1	김기남	유전기공산업	이사	기계공학/동력•기어기술	산	
2	김남호	㈜만도	–	기계공학/진동기술	산	
3	김상영	㈜SR	–	철도차량운전	산	
4	김재현	오텍캐리어	–	공조기술	산	
5	나종태	다원프릭션	부장	금속공학/제동기술	산	
6	박광복	(주)성신알에스티	기술이사	기계공학/철도차량기술	산	
7	이오선	㈜다원시스	–	전력변환기술	산	
8	이재익	인터콘시스템스	–	전자통신기술	산	
9	진희수	주식회사 레보텍	부사장	전자공학/전자제어기술	산	
10	장노규	한국철도공사	–	철도차량운전	산(운영)	
11	정구인	서울교통공사	–	공업경영	산(운영)	중점분야1 (22명)
12	김필환	현대로템㈜	–	차량제작기술	산(차량)	
13	김석원	철도기술연구원	–	기계공학/제동기술	연	
14	신동현	자동차부품연구원	센터장	메카트로닉스공학/전자장치기술	연	
15	이강미	철도기술연구원	–	전자공학/열차제어통신	연	
16	한형석	한국기계연구원	센터장	기계공학/차량운동기술	연	
17	허덕재	고등기술연구원연구조합	연구위원	시스템공학/운동•구조기술	연	
18	권혁빈	국립한국교통대학교	교수	기계공학/유체기술	학	
19	김용현	한국폴리텍대학	교수	기계공학/소음진동기술	학	
20	김철수	국립한국교통대학교	교수	기계공학/차량기술	학	
21	박병덕	경북대학교	교수	에너지공학/공조기술	학	
22	이승일	한국교통대학교산학협력단	박사	기계공학/소음진동기술	학	
23	박상옥	(주)디투엔지니어링	전무	전기신호공학/전력전자기술	산	
24	유상진	비츠로테크	–	기계공학	산	
25	전병진	㈜우진산전	–	전력변환기술	산	
26	윤선준	한국철도공사	–	철도차량	산(운영)	
27	민평오	현대로템㈜	–	전기공학/차량제어기술	산(차량)	
28	김명룡	철도기술연구원	–	전기공학	연	중점분야2 (11명)
29	박도영	한국기계연구원	실장	자기부상시스템기술	연	
30	이상택	전자부품연구원	연구위원	전기공학/추진제어기술	연	
31	박찬배	국립한국교통대학교	교수	전자공학/추진시스템기술	학	
32	정광석	국립한국교통대학교	교수	기계공학/제어계측기술	학	
33	최규형	서울과학기술대	교수	전기공학/전력기술	학	
자문위원회_(7명)						
1	오동훈	㈜테크노베이션파트너스	대표	과학기술학/과학기술정책	산(기)	–
2	유경만	과학기술전략연구소	대표	과학기술학/과학기술정책	산(기)	–
3	이기종	이니씽크	대표	과학기술학/과학기술정책	산(기)	–
4	한영준	농림식품기술기획평가원	실장	과학기술학/과학기술정책	연	–
5	김세한	전자통신연구원	실장	정보통신기술	연	–
6	김현	한국교통대학교	교수	토목공학/철도안전방재기술	학	–
7	박준혁	한국철도기술연구원	박사	기계공학/동역학 및 제어기술	연	–

산(산업체, (운)영기관, (차)량 제작사, (기)획 전문기관 포함), 학(대학 및 대학원), 연(연구기관)으로 구성

2. 추진 경과

기획과제 수행

- **'16. 09. 23 ~ '16. 10. 07 : 1차 기술수요조사 시행**
  - 목적: 철도부품 R&D 사전 기획을 위한 산·학·연 대상 수요조사
  - 주요내용: 철도부품관련 전분야에 대한 업계별 사전 R&D 수요 발굴을 통해서 34개 수요기술 도출
  - 대상: 철도협회 회원사, 학계, 출연연, 철도운영기관, 철도학회 회원 등 약 74개사

- **'16. 11. 02 : 기획연구과제 착수보고회 및 자문회의**
  - 목적: 연구목표 및 주요 내용, 추진체계 및 일정 등 연구방향성 논의
  - 주요내용: 세부 업무 도출 및 각 기관별 업무 분장 검토, 연구개발에 따른 후보과제 도출 및 과제 추진방안 점검
  - 대상: 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원, 기획연구과제 책임자, 외부전문가 등 9명

- **'16. 11. 10 : 1차 총괄기획위원회**
  - 목적: 착수보고 및 자문결과 보고/중점분야 후보군 도출을 위한 이슈 토론
  - 주요내용: 사업명, 중점추진분야, 사업방향 관련 논리 마련/이슈 조사에서 중점추진분야 도출까지의 절차(안) 협의
  - 대상: 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원, 기획연구과제 검토위원, 참여 연구기관 및 연구책임자 등 10명

- **'16. 11. 22 ~ '17. 03. 17 : 특허기술 동향조사**
  - 목적: 철도차량 부품 R&D 사업 기획을 위한 부품별 특허기술 동향조사
  - 주요내용: 철도차량 부품별 특허기술 동향조사결과 분석 및 결과 검토
  - 대상: 한국지식재산전략원 및 특허사무소, 참여연구기관 연구 책임자

- **'17. 02. 02 : 2차 총괄기획위원회**
  - 목적: R&D 기획 방향성 정립 및 1차 수요조사 결과 검토
  - 주요내용: 1차 수요조사를 기반으로 기존 사업과의 유사 중복성 검토 및 특허기술 기반의 R&D 방향성 논의
  - 대상: 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원, 기획연구과제 검토위원, 참여 연구기관 및 연구책임자 등 10명

- **'17. 03. 21 : 3차 총괄기획위원회**
  - 목적: 기획연구 수행 중간결과(필요성, 성공가능성, 자원투입계획 등)에 대한 단계별 타당성 검토
  - 주요내용: 요소기술 수준, 국내 연구 인프라 및 역량 분석 결과, 연구개발 방향성 등을 종합적으로 고려하여 기술개발 성공 가능여부 검토
  - 대상: 국토과학기술진흥원, 한국산업기술진흥원, 한국과학기술평가원, 성균관대학교, 참여 연구기관 및 연구책임자 6명

- **'17. 05. 30 ~ '17. 06. 13 : 2차 기술수요조사**
  - 목적: 철도부품 R&D 사업 기획을 위한 산·학·연 대상 수요 발굴
  - 주요내용: 철도차량 수입 100% 부품군 대상, 업계별 R&D 수요 발굴
  - 대상: 철도관련분야(철도운영기관, 기업체, 연구소, 학계 등) 전문가 13명

- **'17. 07. 06 : 1차 기술분과위원회**
  - 목적: 1~2차 기술수요조사 결과 조정·통폐합에 따른 전문가 의견 검토
  - 주요내용: 기술의 중복성, 경제성 등을 검토하여 과제 통폐합 및 추가 기술수요 조사 발굴 방안 논의
  - 대상: 국토교통과학기술진흥원, 한국철도기술연구원, 현대로템, 한국철도공사 등 6명

- **'17. 07. 31 ~ '17. 08. 07 : 3차 기술수요조사**
  - 목적: 철도부품 R&D 사업 기획을 위한 산·학·연 대상 수요조사
  - 주요내용: 철도차량 성능 향상을 위한 수요 품목군을 대상으로 업계별 R&D 수요 발굴
  - 대상: 철도차량관련 유관기관 및 학계, 산업체 등 100명

- **'17. 09. 22 ~ '17. 10. 13 : 4차 기술수요조사**
  - 목적: 철도부품 R&D 사업 기획을 위한 신규과제 발굴
  - 주요내용: 철도차량 수출유망 품목군을 대상으로 업계별 R&D 수요조사 시행
  - 대상: 철도차량관련 유관기관 및 학계, 산업체 등 100명

- **'17. 09. 27 : 2차 기술분과위원회**
  - 목적: 신규 과제 발굴, 기존과제 기술검토 및 전문가 자문
  - 주요내용: 중점분야별 과제 매칭 및 과제명의 적절성 검토, 과제별 우선순위 선정 결과 검토, 신규 과제 발굴을 위한 아이템 개발 회의
  - 대상: 국토교통부, 한국철도기술연구원, 철도차량 관련 유관기관 및 업체 등 총 22명 참석

- **'17. 10. 20 : 3차 기술분과위원회**
  - 목적: 중점분야별 세부과제 및 기존 기술과의 중복성 검토
  - 주요내용: 중점분야 조정 및 후보과제 통폐합 논의
  - 대상: 철도차량관련 유관기관 및 학계, 산업체 등 30명 참석



<그림 I-12> 3차 기술분과위원회('17.10.20)

- **'17. 10. 23 : 1차 자문회의**
  - 목적: 예타 사업 추진 및 기술성 평가 관련 자문
  - 대상: 철도차량관련 유관기관 및 학계, 산업체 등 전문가 10명

- **'17. 11. 28 : 2차 자문회의**
  - 목적: 본 사업기획 전반에 대한 타당성 검토
  - 주요내용: 기획 과제의 정책적, 기술적 타당성, 우선순위 도출 경위 검토
  - 대상: 철도차량관련 유관기관 및 학계, 산업체 등 전문가 10명

- **'18. 02. 07 : 4차 기술분과위원회 세부과제 검토회의**
  - 목적: 18개 부품별 세부 과제 개발 방향성 점검 및 타당성 검토
  - 주요내용: 18개 부품별 상세 기획 보고서 검토 및 분과별 토의
  - 대상: 철도차량관련 유관기관 및 학계, 산업체 등 전문가 20명

- **'18. 02. 09 : 4차 기획총괄위원회**
  - 목적: 예타 기획 보고서 전반에 걸친 검토사항 및 개선 방향 논의
  - 주요내용: 중점분야 및 세부과제 도출 경위, 성과목표 및 지표간 연계성 검토
  - 대상: 철도차량관련 유관기관 및 학계 등 전문가 6명



<그림 I-13> 4차 기획총괄위원회('18.02.09)

● ‘18. 02. 28 : 철도차량 부품개발 사업 공청회

- 목적: 철도차량 부품산업 육성 및 해외진출 계획 육성전략 마련
- 주요내용: 산학연 전문가 패널 및 공개토론 등 다양한 이해관계자 의견수렴을 통해 철도차량 부품산업 육성 및 해외진출을 위한 방향성 논의
- 대상: 철도운영사, 차량제작사, 부품제작사, 대학, 출연연, 관련 학회 및 협회, 지자체 등 총 약 200명 참석




〈그림 I-14〉 철도차량 부품개발 사업 공청회('18.02.28)

● ‘18. 05. 10 : 철도부품 해외진출 촉진을 위한 산업체 간담회

- 목적: 철도 R&D를 통한 해외진출 기업 및 예정 부품기업들의 성공사례 공유 및 제도 개선 사항 발굴
- 주요내용: 해외시장 진출 기업의 성공사례 공유, 해외 진출 시 애로사항 및 해소방안 논의
- 대상: 국토교통부(3명), 국토교통과학기술진흥원(4명), 만도, 유진기공, 베어링아트, 상신브레이크 등 산업계(11명) 참석




〈그림 I-15〉 산업체 R&D 성공사례 발표 및 애로사항 논의('18.05.10)

제5절 사업의 정의

1. 일반적 개념

철도차량 정의

- 철도차량은 철도의 선로 위를 운행할 목적으로 제조된 동력차·객차·화차 및 특수차 등으로 정의

철도차량부품 정의

- 철도안전법에서는 철도시설 및 철도차량 등에 사용되는 부품·기기·장치 등을 철도용품으로 규정[3)]
- 철도용품 중에 철도차량 등에 사용되는 부품·기기·장치로 규정

<산업관점에서의 정의>

○ 철도차량 산업은 여객 또는 화물을 운송하는데 필요한 동력차 등 철도차량 및 이와 관련된 운영·지원체계가 유기적으로 구성된 운송체계로, 인명과 재산을 안전하게 수송하기 위한 수단으로 막대한 자본과 기술이 요구되는 기간산업[4)]

○ 철도차량 산업은 부품산업을 기반으로 각종 부품들을 모아 차량을 완성시키는 것으로 부품단위의 성능 및 신뢰성이 차량의 안정성과 품질에 직접적인 영향을 미침

○ 철도차량 부품산업은 동력차, 객차, 화차 및 특수차 등 철도차량에 사용되는 부품과 관련 장치물을 제조하는 산업으로 규정

○ '철도장비 제조업(C311)'은 철도 및 궤도용의 기관차, 탄수차 및 기타 철도차량을 제조하는 '기관차 및 기타 철도차량 제조업(C31201)'과 기관차 및 철도차량 전용부품을 제조하는 산업활동과 철도, 도로, 주차시설, 항만 등에서 사용되는 기계식 및 전자기계식의 교통안전용 기기 및 통제용 기기를 제조하는 '철도차량부품 및 관련 장치물 제조업(C31202)'으로 구분[5)]

3) 철도안전법 제2조 정의
4) 2010 지식경제백서, 제15절 철도차량산업
5) 표준산업분류체계

2. 사업 개요

사업의 정의

- 본 사업은 국내 철도부품기업의 시장경쟁력 제고 및 그를 통해 궁극적으로 자생가능한 부품산업생태계를 조성하기 위해 외산의존형 부품의 국산화 및 시장선도형 고성능 **부품 개발** 및 **성능검증을 지원**하는 R&D 사업임

사업의 목적

- 철도차량부품개발 및 성능검증 지원을 통한 중소기업 중심의 자생가능 선순환 산업생태계 조성

사업의 유형

- 중장기 산업기술개발 사업

사업의 범위

- 부품의 설계·제작·성능시험, 현장적용성 검증을 위한 현차시험 및 국내외 시장진출을 위한 인증획득활동 등 중소기업의 지속가능한 자생력 확보를 위한 기술개발 및 실용화 활동을 지원

- **단기 시장진입형 부품의 국산화 개발**

  - 해외의존도가 높고 향후 신차 또는 유지보수용 시장이 확보된 철도차량부품을 선별하여 수요처의 니즈를 반영한 설계·제작·성능검증 등을 전주기적으로 지원함으로써 국내부품기업의 경쟁력 제고 및 이를 통한 해외시장 진출기반 마련

- **미래 시장 선점을 위한 선도형 부품개발**

  - ICT, 신소재 적용 경량화 등 첨단기술을 활용하여 향후 철도차량부품에 요구될 것으로 예상되는 수준의 효율과 성능에 대응 가능한 시장 선도형 부품의 개발 및 기술확보

사업 추진방향

- 연구성과의 상용화 연계 강화를 위한 체계적인 사업기획을 통한 과제발굴, 전주기에 걸친 유관기관 간 협조체계 구축

  - 기존 부품개발 R&D의 경우 개발 수요의 제기가 주로 부품기업을 통해 이루어져 수요처의 니즈 반영이 미흡하였고, 그에 따라 수요처 요구사항에 대한 파악이 곤란

  - 또한 기업주도의 개발 시 현차시험 등에 대한 운영기관의 협조가 어려워 연구성과가 실용화로 이어지지 못하고 사장되는 사례가 발생

  - 따라서 본 사업은 사업기획 과정에서 수요처의 니즈를 반영하여 개발대상 부품을 선정하고, 개발 전과정에 걸쳐 수요처 및 인증시험기관 등 관련기관이 사업에 참여하여 체계적으로 현차시험, 인증획득지원 등의 실용화 지원

  - 특히 공동현차시험을 통해 부품의 성능검증을 보다 효율적이고 체계적으로 수행



〈그림 Ⅰ-16〉 철도차량 부품개발 사업 추진방향

철도차량 부품개발 사업

제2장 대내외 환경분석

제1절 메가트렌드 분석
제2절 국내·외 정책 동향
제3절 산업 및 시장 동향
제4절 기술개발 동향 분석

제2장 대내외 환경분석

제1절 메가트렌드 분석

인구구조 및 사회 환경의 변화[6)]

- **(고령화 사회)** 핵가족화, 1인가구의 증대, 평균수명 증가 등 고령화 사회로 진입함에 따라 개인의 삶의 질에 대한 관심 증가

  - 교통약자의 증가로 이동 환승 등이 편리한 철도서비스의 중요성 증대

  ※ 65세 이상 노인 비율이 2020년 약 16%(고령사회), 2030년 약 25%(초고령사회), 2040년 약 33%

- **(도시인구의 증가)** 도시화가 가속되고 지속적인 인구 집중이 예상되며, 주말 여가를 즐기기 위한 Second-Home 수요의 발생으로 도시 간 빠른 연결이 가능한 철도 네트워크의 중요성 증대

  - 도시의 고밀도화로 도로교통 혼잡이 증가하여 효율적 공간 활용 요구 증대
  - 수도권 과밀화·광역화에 따라 광역도시권 통행량 증가 예상
  - 레저 문화 지속 확산 등 라이프 스타일의 변화로 지역 간 이동 증가
  - 도시환경에 부합하는 친환경 철도교통수단 등장

  ※ 세계적으로 도시 인구수는 증가 예상, 아시아 도시 인구는 전체 인구의 47.5%(2015년) → 60%(2040년)

As-Is		To-Be
Stn to Stn(역 ↔ 역 이동 서비스)	⟹	Door to Door (집 앞 ↔ 목적지)

6) 장래인구추계: 2010~2060(통계청, 2011.)

인구구조 및 사회 환경변화에 따른 대응방향

- 고령화 사회 및 교통약자에 대비한 선진국 수준의 교통서비스 제공을 추진하여 편리한 철도 이용환경 조성 필요
  - 장애인, 노약자를 포함한 모든 승객의 편의성을 고려한 부품개발 필요
- 또한, 철도수요가 증가함에 따라 접근성, 연계·환승, 운영환경 문제가 대두되고 있어 편안하고 안락한 철도환경 구현 요구
  - 차량 주행제어 기술, 저진동 부품 기술개발 필요
- 안전한 철도차량 출입문, 쾌적한 공조장치, 능동형 추진제어시스템 등 개발

과학기술의 발전 및 기술 융·복합

- **(첨단 국토교통기술 등장)** 첨단기술과의 융·복합, 빅데이터 활용 등 신개념 국토교통 기술 개발을 통한 맞춤형 서비스 등장
  - 자율주행 자동차, PRT(Personal Rapid Transit) 등 지능화되고 개인화된 교통수단의 보편화
- **(첨단기술의 적용)** 무인화, 자동화, 초연결(네트워크) 등의 첨단기술을 바탕으로 활발한 기술 융합이 나타남
  - 나노기술, 신소재, AI, IoT 등이 융·복합된 부품 개발로 신뢰성 및 유지보수성 향상
  - 증강현실, 가상현실 기술의 철도접목, 무인운전 철도, 여객 및 화물운송, 철도와 타 교통 간 다차원의 멀티모달 교통수단 등장

As-Is		To-Be
자동화, 무인화 추진 단계	⟹	AI, ICT 기술 융·복합을 통한 능동형 철도시스템으로의 전환

과학기술의 발전 및 기술 융복합 변화에 따른 대응방향

- 4차 산업혁명 시대에 따른 AI, 빅데이터, ICT 등에 기반한 첨단 기술융복합화 필요
  - ICT, IoT 융복합 지능형 철도차량 제어시스템 기술 및 주행환경을 고려한 무인 자율주행기술 등 관련 부품 개발
- 마그네틱 활용 추진제어장치, 원격 입환자동화 시스템 등 ICT 복합 철도 부품 개발 필요

글로벌 경제사회

- **(대륙별 경제권 형성)** 보호 무역주의의 대두, 후발주자의 급성장 등으로 제조업 중심의 성장 둔화, 글로벌 경제 통합, 글로벌 공급사슬 관리 중요성 증대로 국가 간 경쟁이 심화되고 있음
  - 2018년 중미 5개국과의 FTA 발효로 총 58개국과 16개 FTA가 발효될 전망으로 시장 확대에 대한 대비 필요
- **(고용변화)** 4차 산업혁명 시대 도래로 융·복합 산업으로 전환이 가속화되어 융·복합 분야에 대한 고용창출이 지속적으로 증가할 것으로 예상
  - 경제구조 재편으로 기능직과 비숙련 일자리는 크게 감소하고 지식정보, 교육, 문화, 관광, 여가 등이 접목된 새로운 일자리 창출 예상

※ 문재인정부 100대 과제 중 최우선 순위로 일자리 창출 공약

  - 철도차량 관련 다국적 기업 등의 출현으로 세계 철도시장 수주 경쟁 치열
  - 철도분야 국제 표준화 확대
- **(인력이동의 글로벌화)** 글로벌 거버넌스 체계 구축으로 다국적 인재등용 활성화 등 인력 교류에 따른 국가 간 이동수요 증가
  - 초고속 열차의 등장으로 전 세계 일일생활권 가능

As-Is		To-Be
국내 운행	⇒	대륙철도 연결
고속열차 운영		대륙간 이동을 위한 초고속 열차 운영

글로벌 경제사회 대응방향

- 글로벌 경쟁체제 돌입으로 특정 국가 및 기업의 핵심기술과 시장 독과점으로 후발국가의 초기 시장 진입 어려움
- 철도차량 전장제어기 개방형 프로토콜 개발, 기능 안전등급별 제어기 플랫폼 개발, 철도차량 최적운행패턴을 고려한 TCMS 개발, 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈 및 제어장치 등 개발 필요
- 국내 형식승인 및 국제인증 등을 지원하여 글로벌 철도시장 진입 교두보 마련

지속발전 가능한 환경

- **(환경오염의 증가)** 경제발전에 따른 대기, 토양, 해양 및 지하수 오염 등 환경오염 심화
  - 온실가스, 소음 등 환경영향이 최소화되는 철도교통 필요성 증가
  - 친환경, 고효율 교통수단 활성화로 환경문제 해소
  - 이산화탄소, 미세먼지 저감을 위한 규제대책 및 관련 기술개발 필요
- **(고효율 기술개발 확대)** 화석 에너지 자원 고갈에 대응하기 위해 신재생 에너지 비율을 높이고 에너지 효율을 향상시키는 등 친환경 체계로 전환
  - 풍력, 바이오, 태양광 등 신재생에너지 비율 확대
- **(친환경 기술개발 가속)** 지구온난화에 의한 환경기준 강화 등으로 친환경 기술개발 가속화
  - 기후변화에 따른 철도재난, 재해 대응 요구강화
  - 철도분야 온실가스 배출량 의무 규제로 친환경 철도차량 등장
  - 환경오염 저감을 위한 철도차량, 인프라의 환경영향 최소화 요구

As-Is	⟹	To-Be
전기, 화석에너지에 의존		신재생에너지 적용 확대 생애주기 동안 환경 친화적인 차량으로 전환

지속발전 가능한 환경 대응방향

- 지구 온난화, 에너지 고갈 등에 대비해 친환경적이고 지속가능한 철도기술 수요가 증가 하고 있으며 2020년까지 수송 분야 온실가스 배출량 BAU대비 34.3% 감축 목표를 달성하기 위한 고효율 부품 기술개발 필요

  - 신재생에너지 및 청정에너지를 적용할 수 있는 친환경 부품 개발

- 고효율, 고안전성 희토류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기, 고효율 외장코어형 컴팩트 주변압기, 차량 경량화를 위한 모듈형 보조전원장치 등 부품 개발

안전 및 보안 강화

- **(재난재해 대비)** 기상이변으로 대규모 재해가 발생하고 국제질서 다극화에 따른 테러위험이 증가하고 있어 시설물 감시 강화 필요

  - 지구 온난화로 예상치 못한 자연재해 발생 및 피해규모 증가

  - 지진 등 자연재해 위험 증가로 철도에서의 대비 강화 요구

  - IT기술 발전, 인터넷 보급에 따른 사이버테러 위협

  - 고속화에 따른 사고 시 대규모 인명, 재산 피해 우려

- **(한반도 통일시대)** 막대한 통일비용, 통일관련 기반 구축 메가 프로젝트

  - 남북통일 시대를 대비해서 노후인프라 급속개량, 시스템 통합 등 통일대비 기술개발 필요

  - 아시아~유럽 교통, 물류 대동맥인 유라시아 철도 운송망 활성화

- **(실시간 모니터링 강화)** 포항 지진 등 안전문제에 대한 요구사항이 증가하고 있어 근본적인 대책 마련 필요

  - 주요 시설물에 대한 실시간 모니터링으로 이상 징후 발생 시 적기에 대응하는 기술개발 필요

As-Is		To-Be
테러, 기상이변으로 인한 자연재해에 취약	⇒	철도 보안 시스템 확립
		실시간 감시체계로 전환
		내진 설계 등 환경변화에 부합하는 수준으로 기준 조정

안전 및 보안 강화 대응방향

- 안전하고 신뢰도 높은 철도서비스를 제공하기 위해 ICT 융복합 기술을 적용하는 등 철도안전성 향상을 위한 지속적인 기술개발 필요
  - 철도차량 및 인프라에 대한 고도화된 유지보수 기술개발을 통해 운영 중 유지보수를 병행하여 24시간 안전한 철도서비스 제공 필요
  - 철도사고 및 재난 발생 시 긴급 복구 및 대응에 필요한 기술개발 필요
- DDos 공격, GPS 교란 등 사이버공격이 증가하고 있어 국민의 안전한 이동권 보장을 위해 첨단기술을 적용한 철도보안 기술개발 필요
  - 철도시스템에 악성코드 감염사례가 보고되는 등 더 이상 철도분야도안전하지 않아 사이버 공격 및 외부침입 등을 예방하는 보안 기술개발 필요
- IoT 기반 사전진단예측 및 위험도 관리, 무인이동체 감시 사고/재난 감지 열차능동제어, 철도검사 및 검측 고도화 관련 부품개발

제2절 국내·외 정책 동향

1. 국외 정책 동향

유럽연합(EU)

- **ERRAC"Strategic Rail research agenda 2020[7] & road map 2050"[8]**

  - **(비전)** 효율적인 도시교통, 끊김 없고 통합된 고속여객 서비스, Door-to-door 화물 서비스 제공을 통한 유럽교통시스템에서의 철도 역할 증대

  - **(추진분야)** 지능형 이동수단, 에너지 및 환경, 개인안전, 표준화 및 시험인증, 경쟁력 있는 실행기술, 전략 및 경제성, 인프라 등

  - **(세부 추진내용)** 철도차량부품과 관련하여 유럽 인증절차 확산을 위해 에너지 감시, 전력손실을 최소화하기 위한 고효율, 고안전성 희토류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기 개발, 고효율 외장코어형 컴팩트 주변압기 등 부품 개발이 필요한 제품의 조속한 승인에 대한 내용을 제시

- **유럽철도연합/국제철도연맹(CER/UIC) 철도 2030~2050 전략[9]**

  - **(목적)** 2030년 이후 지속가능한 이동성(Sustainable mobility) 지향

  - **(목표)** 이산화탄소 배출량 50% 감소를 위해 Carbon-free 열차운영, 에너지 소비량 30~50% 감소, 질소산화물 및 PM10 배출량 감소, 환경적으로 수용 가능한 소음 수준 유지 등

  - **(추진전략)** 그린 에너지 사용, 에너지 효율성 향상, 노선 전철화 확충 및 저탄소 기술개발 등 환경정책에 기반한 철도정책 및 전략을 제시

- **유럽위원회(EC) 교통관리 정책 – 철도 네트워크와 교통관리[10]**

  - **(목표)** 신뢰성 높은 유럽 통합철도시스템 구축을 위한 관리측면 강조

  - **(추진전략)** 통합철도교통관리(감독 및 제조적 측면), 기술적 상호 운영성 개선(유지보수, 안전 측면)에 대한 내용을 제시

7) Strategic rail research and innovaton agenda(ERRAC, 2014.10.)
8) Rail route 2050: the sustainable backbone of the single european transport area(ERRAC, 2012.)
9) Challenge 2050(CER·UIC·EIM, 2013.02.) and A global vision for railway development(UIC, 2015.)
10) Europe 2020(European commission, 2010.03.) and Horizon 2020 in brief(European commission, 2014.)

프랑스

- PREDIT 4 - 교통분야 연구프로그램 (2012)[11]
  - **(목표)** 수송 관련 기술개발 및 서비스 강화를 위한 공공정책 추진
  - **(연구분야)** 에너지 및 환경, 철도 수송품질 및 안전, 새로운 교통시스템 및 서비스, 물류 및 화물운송, ICT 통합 등을 통한 수송산업 경쟁력 확보, 수송정책 관련 연구

영국

- 철도기술발전계획(HLOS: High level output specification) – CP5 (2014~2019)[12]
  - **(목표)** 주요노선의 승객화물 노선의 고용량 전철화, 주요 도시 간 수용용량 증가 및 여정시간 감소, 노동자의 더 넓은 일터로의 접근이 가능하도록 주요도시지역으로의 통근 실현, 항구와 공항으로의 철도연결 개선

독일

- 독일연방교육부 – 이동성과 수송(Mobility and transport) (2003)[13]
  - **(목표)** 지속가능성, 효율화/안전/고객지향, 교통 분야 국제경쟁력 향상
  - **(연구분야)** 지능형 교통 네트워크, 철도 및 수로를 통한 화물 수송 증대, 빠르고 안락하며, 환경 친화적인 철도서비스, 지속가능형 교통시스템을 위한 건강, 환경, 자원보호, 안전과 보안 및 이동성에 대한 연구프로그램 등
- Hightech strategy(HTS) 2020(2010)[14]
  - **(연구분야)** 기후변화 및 에너지, 보건 및 영양공급, **이동성**, **보안**, 정보통신

일본

- RTRI Research map 2009 (2015~2019)[15]
  - **(추진방향)** 고속화와 수송력 증강을 위해 안전하고 친환경적이며, 고효율 에너지형 저비용의 철도 개발
  - **(추진분야)** 안전하고 신뢰성 높은 철도, 차량 제작부터 폐기까지 전 과정 환경성평가를 통한 자원 리사이클, 고효율 에너지형 저비용 철도 무가선 및 소음진동 저감과 승하차가 편리한 철도 개발

11) Programme de travail 2008 - 2012(PREDIT 4, 2012.)
12) RAILWAYS ACT 2005 STATEMENT(Department for transport, 2014.)
13) Mobility and transport(Akademie Rheinland GmbH, 2003.)
14) 독일 첨단기술전략HTS 2020(보고자료)
15) Railway technology newsletter No.53(JR, 2015.12.)

2. 국내 정책 동향

문재인 정부 국정운영 5개년 계획

- 국민의 나라 정의로운 대한민국을 국정비전으로 국민이 주인인 정부, 더불어 잘사는 경제, 내 삶을 책임지는 국가, 고르게 발전하는 지역, 평화와 번영의 한반도 등 5대 목표 제시[16)]

  - 상기의 국정비전과 국정목표를 추진하기 위한 구체적인 방안으로 20대 전략과 100대 국정과제를 도출

  - 20대 추진전략 중 「서민과 중산층을 위한 민생경제」, 「중소벤처가 주도하는 창업과 혁신성장」, 「과학기술 발전이 선도하는 4차 산업혁명」 추진 전략에 부합

  - 100대 국정과제 중 「국가기관교통망 공공성 강화 및 국토교통산업 경쟁력 강화」에 해당

<표 II-1> 문재인 정부 100대 국정과제별 연관정책

국정목표	20대 추진전략	철도차량 부품 관련 분야
더불어 잘사는 경제	서민과 중산층을 위한 민생경제	- 국가기간교통망 공공성 강화 및 국토교통산업 경쟁력 강화 ·(SOC 안정강화) 17년 노후 철도차량시설개선을 위한 중장기 개량 계획 수립 등
	과학기술 발전이 선도하는 4차 산업혁명	- 고부가가치 창출 미래형 신산업 발굴육성 ·(첨단기술 산업) 첨단 신소재부품 개발 등
	활력이 넘치는 공정경제	- 더불어 발전하는 대·중소기업 상생 협력 ·(공정거래 환경 조성) 대·중소기업 간 성장모델을 통한 상생협력 기반 구축
	중소벤처가 주도하는 창업과 혁신성장	- 중소기업의 튼튼한 성장 환경 구축 ·(중소기업 수출역량 강화) 해외 수출 지원체계 마련

*출처: 문재인 정부 국정운영 5개년 계획(국정기획자문위원회, 2017.)

제4차 과학기술기본계획(2018~2022)[17)]

- **(추진전략)** ①미래도전을 위한 과학기술역량 확충, ②혁신이 활발히 일어나는 과학기술 생태계 조성, ③과학기술이 선도하는 신산업·일자리 창출, ④과학기술이 만드는 모두가 행복한 사회

- **(중점추진내용)** 과학기술이 꿈꾸는 미래세상을 ①풍요로운 세상, ②편리한 세상, ③행복한 세상, ④자연과 함께하는 세상의 4가지로 제시

  - 스마트 교통물류시스템 구축을 위해 중점 국가전략기술에 첨단철도기술 포함

16) 문재인정부 국정운영 5개년 계획(국정기획자문위원회, 2017.)
17) 제4차 과학기술기본계획(안) 보도자료 (과학기술정보통신부, 2017.12.)

제3차 철도산업발전기본계획(2016~2020)[18]

- **(목적)** 철도교통과 철도산업 관련 정책을 종합하고 체계화하는 국가종합계획으로 국가기간교통망계획, 중기 교통시설투자계획, 국가교통기술개발계획 등과 연계

- **(추진목표)** 철도공공분야 거버넌스 개편, 철도운영, 철도건설, 철도안전, 철도산업생태계 분야로 구분하여 국민 행복과 경제성장을 견인하는 글로벌 수준의 철도산업 육성

  - 철도산업생태계 분야에서 부품산업 및 After market 육성을 통한 제작관리 경쟁력을 강화, 한국형 첨단 신호시스템 개발 및 구축, 미래 선도형 R&D 추진 및 제도개선을 토대로 선진국 대비 철도기술력 향상(15년, 83.1% → 20년, 90%), 미래 선도형 철도기술 비중 점진 확대 목표

<표 II-2> 제3차 철도산업발전기본계획 내 철도차량 부품 관련 과제

분야	주요 추진과제	철도차량 핵심부품 관련 분야
철도 산업 생태계	부품산업 경쟁력 강화	– (핵심부품개발) 시장성, 중요도 등이 높은 핵심부품의 국산화 및 고도화를 위한 연구개발 지속적 확대(現 12개 → 20년 22개) 고속일반철도 베어링, 도시철도 베어링, 댐퍼, 표준형 연결기, 강체 전차선로, LED 전조등, 모듈형 IGBT, 보호계전기, RPSD, 부품 표준모듈, 전력변환장치, 절연애자 등 – (부품강소기업 육성) 핵심부품 개발에 중견중소 부품업체를 참여시켜 기술경쟁력을 갖춘 강소기업 육성(現 7개 → 20년 12개) – (시장개척 지원) 세계적 기준에 적합한 연구개발을 추진하고, 유럽 TSI 인증 등 국제인증도 사전에 획득하여 국외진출 지원 – (표준화 모듈화 추진) 다품종 소량생산의 비효율을 해소하기 위해 차종별 공통 활용 가능한 표준부품·모듈 개발 및 국가표준 제정
	철도차량 After Market 조성	– (정비시장 조성) 차량 제작자, 부품업체에게 안정적 수익구조를 제공하고, 차량, 부품, 정비 연계수출을 위해 정비시장 조성 추진.
	신호시스템 국산화 및 경쟁력 제고	– (한국형 신호시스템 개발) 차량/부품/신호 패키지 국외진출을 위해 LTE기반 한국형 신호시스템을 개발하여 국내 적용 – (국가경쟁력 확보) 국외진출 시 경쟁력을 확보하기 위해 표준화해 국제인증을 획득하고, 신호시스템용 LTE 기술은 국제표준으로 추진

*출처: 2016~2020년도 제3차 철도산업발전기본계획(국토교통부, 2017.02.)

국가기간교통망계획(2001~2020) 2차 수정계획[19]

- **(목적)** 국가종합교통체계의 효율적인 구축방향을 제시하는 국가계획으로, 육상해상항공 교통정책과 도로, 철도, 공항, 항만 등 교통시설 계획 추진

- **(추진전략)** 부문 간 효율적 스톡조정을 통한 국가경쟁력 강화, 교통연계성 강화를 위한 인터모달리즘 구현, 국가경쟁력 강화를 위한 21세기 글로벌 교통물류 강국 실현, 저탄소 녹색성장형 교통체계 구축, 교통기본권 확보를 위한 선진국 수준의 교통서비스 제공

18) 제3차 철도산업발전기본계획(2016~2020)(국토교통부, 2017.02.)
19) 국가기간교통망계획 제2차 수정계획(2001~2020)(국토해양부, 2010.)

- 철도관련 추진과제로 간선철도망 고속화 및 전철화, 국토의 균형발전 촉진하는 교통체계 구축, KTX 역세권 교통연계거점 구축, 철도 중심의 물류네트워크 구축, 남북 교통망 구축, 미래형 첨단 녹색교통수단 개발 및 활성화, 교통수단별 교통안전체계 구축 등 포함

제3차 철도안전종합계획(2016~2020)[20]

- **(목적)** 「철도안전법」 제5조에 근거하여 향후 5년간의 철도안전정책의 방향을 제시하는 국가종합계획으로 "국민이 안심하고 신뢰하는 인명 중시 철도안전 구현"이라는 비전 달성을 목표로 함

- **(주요 추진과제)** 2020년까지 대형철도사고 제로화, 철도사고 30% 감소를 목표로 6가지 정책방향 수립

  - 국민이 안심하는 철도운행안전 확보 및 철도안전산업 활성화를 위한 부품 안전품질 확보, 철도안전 고도화를 위한 R&D 확대 내용과 연계

※ ① 자발적 안전관리 정착, ② 안전한 철도 기반 시설(인프라) 확충, ③ 국민이 안심하는 운행안전 확보, ④ 재난대응 역량 강화, ⑤ 안전산업 활성화, ⑥ 안전정책 추진기반 강화

제4차 국토종합계획 수정계획(2011~2020)[21]

- **(목적)** 기후변화 등 국토를 둘러싼 전 세계적 메가트렌드에 선제적으로 대응하고 새로운 정책기조 변화와 이슈를 국토계획에 접목

- **(목표)** 경쟁력 있는 통합국토, 지속가능한 친환경 국토, 품격 있는 매력국토, 세계로 향한 열린 국토

- **(추진전략)** 국토경쟁력 제고를 위한 지역특화 및 광역적 협력강화, 자연친화적이고 안전한 국토 공간 조성, 쾌적하고 문화적인 도시주거환경 조성, 녹색교통·국토정보 통합네트워크 구축, 세계로 열린 신성장 해양국토 기반 구축, 초국경적 국토경영기반 구축

  - 녹색교통·국토정보 통합네트워크 구축 내 추진과제로 철도네트워크 확충, 거점도시 내 광역급행 교통망 정비, 탄소배출 저감형 교통수단 개발 및 관리 추진 등 포함

20) 제3차 철도안전종합계획(2016~2020)(국토교통부, 2016.06.)
21) 제4차 국토종합계획 수정계획(2011-2020)(대한민국정부, 2011.)

제3차 국가교통기술개발계획(2014~2018)[22]

- **(목적)** 국가기간교통망계획(2001~2020)에서 새로운 국가교통기술개발 과제와 투자규모 등이 제시됨에 따라 이를 효과적으로 달성하기 위한 구체적인 개발계획 수립 필요

- **(추진목표)** 철도뿐만 아니라 도로/자동차, 물류, 항공, 해운/항만 분야의 지능화(Smarter), 안전(Safer), 환경(Green)를 통해, 2018년 선진 교통기술 강국 진입 목표

  - 특히, 철도는 선진국 대비 교통기술수준을 95% 달성, 열차운행 100만km당 사고건수 10% 저감, 철도 수송용량 20% 확대, 수송 분담률 20% 향상을 목표로 설정

  - 중점추진분야는 빠르고 지능적인 철도, 안전하고 편리한 철도, 정확하고 경제적인 철도로 각 분야별 추진과제 제시

<표 II-3> 제3차 국가교통기술개발계획 내 철도차량 부품 관련 과제

추진분야	추진과제	철도차량 핵심부품 관련 분야
정확하고 경제적인 철도	철도 핵심부품 기술개발	- 도시철도 핵심부품 국산화 및 장치 고도화 개발 1단계 - 도시철도 역사 운영 효율화 및 상태기반 유지보수 기술개발 - 고속철도 피크전력 저감기술개발
	철도운영 및 유지관리 기술개발	- 유지보수 비용 저감을 위한 기술개발
	철도건설비 및 환경비용 저감 기술개발	- 비용절감을 위한 철도 부품 기술개발

*출처: 제3차 국가교통기술개발계획(국토교통부, 2014.07.~2018.)

제3차 국가철도망구축계획(2016~2025)[23]

- **(목적)** 철도투자를 효율적, 체계적으로 수행하기 위하여 중장기 국가철도망 구축계획을 수립

- **(주요 추진과제)** 용량부족 해소, 단절구간 연결 등 철도운영 효율성 제고, 전국 주요거점을 2시간대로 연결, 대도시권 통근시간을 30분 이내로 단축, 안전하고 이용하기 편리한 시설 조성, 산업경쟁력 강화를 위한 철도물류 활성화, 통일시대를 대비한 한반도 통합철도망 구축 대비

제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(2018~2027)[24]

- **(개요)** 국토교통 과학기술에 관한 장기적이고 종합적인 정책방향을 설정하고 중장기 투자 전략을 정하는 법정 종합계획

22) 제3차 국가교통기술개발계획(2014~2018)(국토교통부, 2014.07.)
23) 제3차 국가철도망 구축계획(2016~2025)(국토교통부, 2016.06.)
24) 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(2018~2027)(국토교통부, 2018.06)

- **(추진전략)** 4차 산업혁명 대응 혁신성장동력 육성, 기술융합을 통한 새로운 가치창출, 사람 중심 국토교통 기술개발, 미래지향적 R&D 시스템 도입의 4대 추진 전략

  – '기존 수송시스템 혁심기술 도입' 실천과제 중 철도부품의 국산화 및 고도화, 미래선도형 부품 개발을 통한 철도의 전략산업화 내용에 부합

국토교통 R&D 중장기 전략(2014~2023)[25]

- **(목표)** 국토교통 기술을 통한 국민행복 및 글로벌 가치를 창조하기 위해 2023년까지 7만 5천개 일자리 창출, 11개 세계 선도기술 및 8개 글로벌 기업 육성, 재해 및 사고 20% 저감 등을 목표로 설정

- **(추진전략)** 비전실현을 위한 국토교통 4대 전략 및 10대 중점 프로젝트를 발굴하여 집중 지원

  - 10대 중점프로젝트 중 철도 관련하여 스마트 철도교통시스템을 추진하여 도시 간, 도시 내 생활교통수단으로서 수송성, 정시성 및 친환경이 뛰어난 철도교통시스템의 안전성, 경제성 및 효율성을 제고하기 위한 제반기술 확보를 목표로 설정

국토부 철도부품 강소기업 육성 R&D 지원방안(2013)[26]

- **(목표)** 체계적인 강소기업 육성, 연구성과의 사업화 지원, 안정적 부품시장 조성

- **(추진전략)** 유망기술 발굴부터 검증, 상용화, 해외진출까지 패키지 R&D 지원

  - 베어링, 고휘도 LED 전조등 등 세계시장 진출이 가능하고 충분한 시장규모를 가진 해외 진출 유망 아이템을 중점 개발

  - R&D를 중소기업과 발주자 등 수요자 중심으로 재편하고, 중소기업의 참여비율 확대 추진

<표 II-4> 철도부품 강소기업 육성방안 내 핵심부품 관련 분야

추진과제	철도차량 부품 관련 분야
체계적인 강소기업 육성	– **(부품개발 Master plan수립)** 시장성, 필요성, 시급성, 개발 가능성을 고려하여 핵심부품을 선정하고, 부품개발 Master plan수립하며, 강소기업 전문성 강화를 위해 핵심부품을 지정하여, 선택과 집중을 통한 특화된 업체군 형성 – **(중소기업 R&D 별도사업화)** 철도R&D 사업체계 개편시, '철도소재 부품장치 고도화'를 독립사업화하여 차별화된 R&D 기획 및 지원 추진
연구성과의 사업화 지원	– **(부품 After market 조성)** 노후철도차량 개조개량 등 리모델링 허용을 통해 부품 수요도 증대
안정적 부품시장 조성	– **(부품 수급정보 공유)** 부품업체의 경영여건 개선, 운영사–부품업체간 협의체 구성

*출처: 철도부품 강소기업 육성방안(국토교통부, 2016.06.)

25) 국토교통 R&D 중장기 전략(2014~2023)(국토교통부, 2014.07.)
26) 철도부품 강소기업 육성 R&D 지원방안 (국토교통부, 2013.06.)

국토부 철도차량산업 육성방안(2016년)[27]

- **(추진목적)** 철도차량산업의 실태를 진단하여, 중장기 비전과 목표 하에 철도차량산업 육성방안을 수립하고, 신성장동력 산업으로 발굴육성 추진

- **(중점분야)** 글로벌 철도차량 제작사 육성, 부품강소기업 육성 및 공급망 관리, 글로벌 선도형 R&D 경쟁력 강화, 국내 시장 창출 및 국외수주 확대, 제도적 지원 강화

  - 철도부품관련 핵심과제로 부품 강소기업 육성을 제안하였으며, 부품의 경우 차량의 성능품질을 좌우하므로 부품강소기업을 지정하여 세계 일류기업으로 육성하고 양질의 일자리 창출을 목표로 설정

  - 또한, 부품업체의 전문성 강화를 위해 핵심부품의 지정으로 특화된 업체 군 형성이 필요하며, 세계적 기술을 보유하고 있는 ICT, 전철전력분야와 연계한 전력제어장치 등 핵심 전장품 발굴 등 지원 필요성 제시

국토부 철도차량 부품개발 마스터플랜(17년)[28]

- **(중점분야)** 기술수준, 시장규모, 해외수출가능성 등을 고려, 수입대체품 개발, 기술고도화를 통한 해외진출, 미래선도형 기술개발로 철도부품개발 3대 중점분야를 설정하고 18개 추진과제 도출

- **(추진체계)** "철도차량산업 발전협의회"를 구성하여 참여기업 확대 및 운영 정례화를 통한 종합적 의견을 수렴하고, 자동차·항공 등 他산업 우수기업도 적극 유치할 방침임

  - 부품 실용화 기반 확대를 위해 수요기관(공사, 공단 등)과 부품업체간 공동 개발을 통해 수요 발굴-시제품 개발-현차시험-실용화의 선순환을 촉진할 계획임

  - 또한, 1단계 개발 완료('22년) 이후 중간점검을 통해 사업화 유망품목 등 중심으로 개발 대상 및 일정 조정·보완을 통해 부품 R&D 평가·환류를 지속적으로 추진할 계획임

※ 수입대체품(5품목) : 고속용 판토그래프, 도시철도용 공기스프링, 냉각팬, 분산식 댐퍼류, 잔두부해차시스템

※ 국내 기술고도화를 통한 해외진출(6품목) : 제동패드&제동슈, 도시철도용 출입문 모듈, 트램용 관절장치, 주회로 차단시스템 등

※ 미래 선도형 원천기술 개발(7품목) : 마그네틱 추진제어시스템, 컨버터 일체형 반도체 변압기, 동기전동기, 입환 자동화 시스템 등

27) 철도차량산업 육성방안(국토교통부, 2016.06.)
28) 철도차량 부품개발 마스터플랜 (국토교통부, 2017.12.)

< 그간 정책 추진 성과 및 한계 >

○ 주요성과

- '04~'17년간 차량 개발에 5,907억원, 부품개발에 약 1,998억원 투자, KTX-산천 등의 국산화로 총 1조 7,600억원 매출 발생

- **('13년 이전)** KTX-산천(353억), HEMU(670억), 자기부상열차(2,880억) 등 차량시스템에 주력, 부품은 부수적 개발(차량개발비 5,427억, 부품 712억)

- 기타 중기청 구매조건부 사업('16년, 76개)을 통해서도 개발 추진

- **('13년 이후)** 강소기업 R&D 지원방안('13.06.) 등 통해 제작업체·운영자간 공동개발-검증-실용화 모델을 도입하여 부품개발(24개, 1,285억원 투입)

※ 4개 완료(직접 구동모터, 차축베어링, 차상단말기, 구동기어), 20개 개발 중

- 개발 완료된 부품에서 매출 실적 90억원 달성, 3개 품목은 성과 가시화

○ 평가 및 한계

- Bottom up 방식의 개발 대상부품 발굴로 철도차량부품산업 차원의 필요성 및 시급성을 고려하지 못하였고, 중장기 계획부재로 지원확대에 어려움 발생

- 또한, 중소기업 차원에서 실증시험과 신뢰성 평가를 위한 테스트베드가 필요하며, 국외시장 및 수요자 등에 대한 정보제공 등에 대한 애로사항이 해결되지 않는 상황

- 부품 실용화를 위한 성공적인 모델을 구축하여 모든 부품 개발에 적용하여 국산화율 향상이라는 소기의 성과를 달성하였으나 국내 철도차량부품 시장의 규모가 작고(연간 7천억) 민간의 R&D투자도 미미하여 안정적인 부품산업 생태계 구축 성과 미흡

○ 후속조치

- 강소기업육성 및 부품 국산화 품목 확대를 위한 전략수립을 통해 철도운영사의 R&D 참여를 적극 유도하고 부품의 개발과 함께 성능요구조건의 검증과 국제인증 획득 등을 종합적으로 지원 필요

정책동향 분석결과

- 국내 정책동향을 살펴보면, 철도 선진국 대비 운행장애 및 사고율 저감 등 안전성 향상, 정확하고 경제적인 철도정책 추진 및 일자리 창출 요구

  - 국가교통정책인 「제3차 국가교통기술개발계획」의 목표인 '정확하고 경제적인 철도'에 부합하기 위해 안전성 향상 등 실현 필요

  - 「문재인 정부 100대 국정과제」 중 국정목표 '더불어 잘사는 경제'에서 공공부문 및 중소기업 일자리 창출이 주요 국정과제로 선정되었고, 타 산업에 비해 경제적 파급효과가 큰 철도차량부품 산업육성 필요

- 「제3차 철도산업발전기본계획」 등 국내 철도 R&D 동향을 살펴보면, 철도핵심부품 개발 및 부품 강소기업 육성 등을 통해 부품산업 경쟁력 강화 요구

- 유럽의 경우, 상호 호환성 강화 측면에서 부품 인증의 필요성을 제시하였고, 친환경 고효율의 지속가능한 철도를 지향하며, 유지보수와 안전 측면을 고려한 기술개발을 목표로 설정

- 또한, 자국 철도산업 보호를 강화하고 국외진출을 용이하게 하는 법규, 기술규정, 안전 인증체계 등이 특화되어 있어 철도기술 관련 정책 추진시 인증제도 등을 철도차량산업 측면에서도 중요하게 활용

  - 특히, 유럽은'유럽철도상호운영 기술표준 TSI(Transportation Safety Institute)'를 제정하여 기업이 개발한 제품의 인터페이스를 표준화시켜 기업의 시장진출 확대

- 친환경 부품 개발에 대한 필요성 제시(이산화탄소 발생 감소 등), 기존 철도 분야에 ICT 융복합 강화, 수송/운송 효과 증대를 위한 다양한 연구개발이 반영되기 위한 내용을 포함

제3절 산업 및 시장 동향

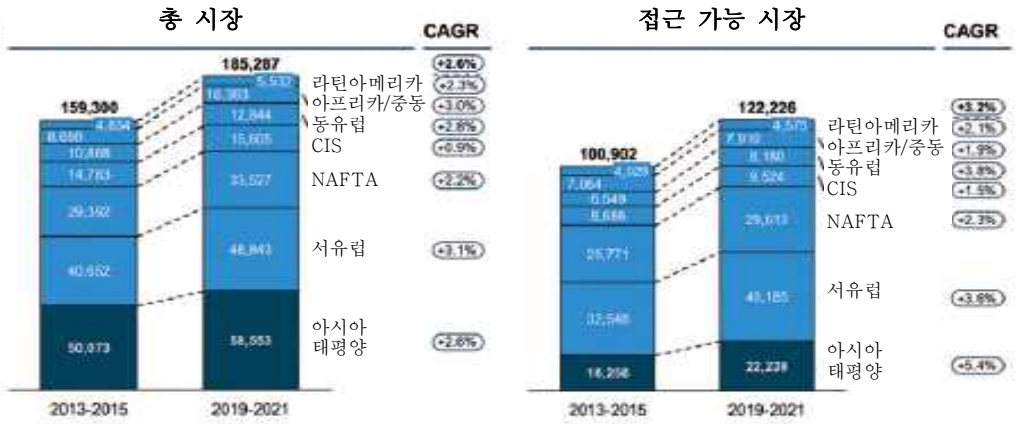
1. 철도 산업 및 시장 동향

해외 철도 산업 및 시장 동향

- 해외 철도분야 총 시장은 2015년 기준으로 연평균 1,593억 유로(약 203조 원)이며, 2021년까지 2.6%씩 성장하여 약 1,853억 유로(약 236조원) 전망[29)]

※ 환율: (1유로 = 1279.72원), 2015.1.2. 매매기준율 적용

세계 철도 시장은 향후 6년(2021년)동안 증가 추세



(단위: 백만 유로)

*출처: World rail market study(UNIFE, 2016.)

<그림 II-1> 전 세계 철도 시장 전망(2021년)

- 지역별 시장규모를 살펴보면, 아시아(31%), 서유럽(26%), 북미(18%) 순이며, 연간 성장률은 서유럽(3.1%), 아프리카/중동(3%), 아시아(2.6%) 순의 규모로 형성됨

<표 II-5> 전 세계 지역별 철도 시장규모

(단위: 조 원)

구분	전세계	아시아	서유럽	북미	CIS	동유럽	아프리카/중동	남미
시장규모 (비중)	203 (100%)	63 (31%)	52 (26%)	37 (18%)	19 (9%)	14 (7%)	11 (5%)	6 (3%)
성장률	2.6%	2.6%	3.1%	2.2%	0.9%	2.8%	3.0%	2.3%

*출처: World rail market study(UNIFE, 2016)

29) World rail market study(UNIFE, 2016)

- 분야별 시장규모는 차량이 68조 원으로 33.7%를 차지하고, 인프라가 38조 원으로 18.6%, 신호통신이 18조 원으로 8.8%를 차지함

<표 II-6> 분야별 철도시장 규모

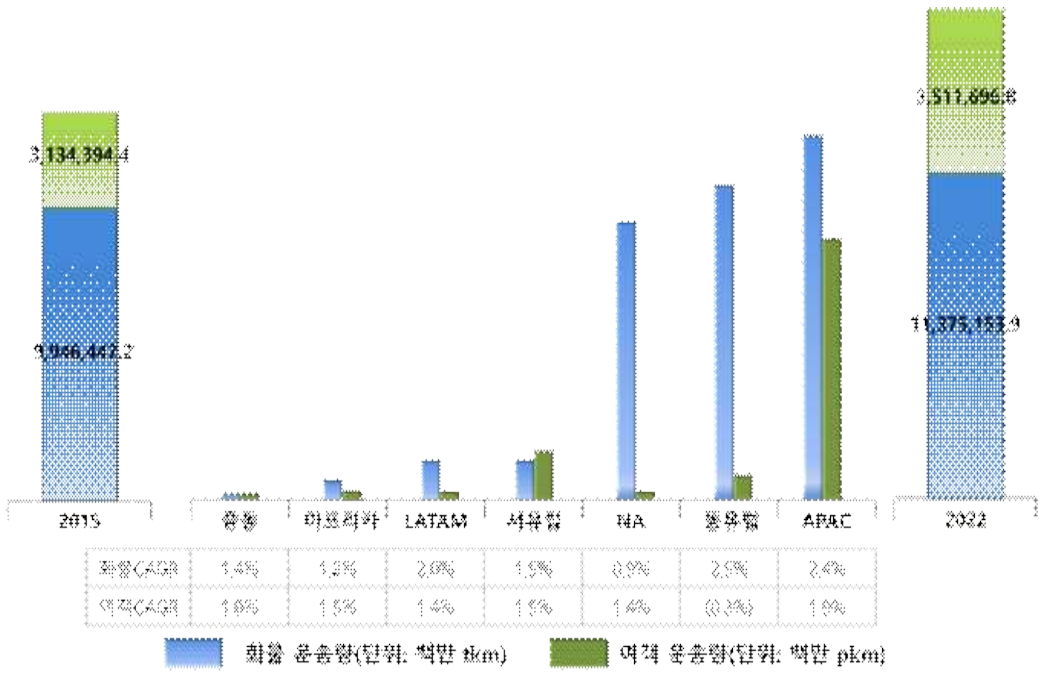
(단위: 조 원)

구분	합계	서비스	철도차량	인프라	신호통신	턴키
시장규모 (비중)	203 (100%)	78 (38.5%)	68 (33.7%)	38 (18.6%)	18 (8.8%)	1 (0.4%)
성장 전망률	2.6%	2.9%	1.9%	2.8%	2.9%	5.6%

*출처: World rail market study(UNIFE, 2016)

- 세계철도 운송량 전망을 살펴보면, 인도는 아시아 내에서 가장 빠르게 성장하는 철도 시장으로 예상됨

- 중동의 철도교통 성장은 GCC(Gulf Cooperation Council)[30] 철도 프로젝트가 지연됨에 따라 늦춰지고 있으며, APAC(Asia Pacific Activities Conference)[31]는 여객 및 화물 철도 운송량 증가 전망



*출처: Global rail market outlook(Frost&sullivan, 2016)

<그림 II-2> 세계 철도운송망 전망(2015~2022)

30) 걸프 협력 회의(페르시아만 연안 6개국 협력기구)
31) 아시아 태평양 활동회의

국내 철도 산업 및 시장동향

- 국내 철도산업은 연간 약 11.6조 원으로, 철도 제조업 2.8조원, 철도 운영업 3.2조원, 철도건설업 5.7조 원의 규모를 형성[32)]

  - 현재 국내 철도차량 산업의 경우에는 국내 발주 및 외국 OEM(위탁생산)에 의존하고 있어 국내 업체의 세계시장 점유율은 4% 이하 수준

  - 또한, 철도차량 산업은 2016년 기준 280개 업체에 3,263명이 고용되어 있고, 2015년 기준 총 2.8조원(차량 2.1조원, 부품 0.7조 원)의 매출이 발생[33)]

  - 특히, 완성차 제작사는 독과점 구조인 반면, 부품업체는 대부분이 중소기업(16년, 전체 부품업체 중 97.5%가 50인 미만)으로 구성

32) 경제총조사(통계청, 2015)
33) 전국사업체조사(종사자규모별 사업체수, 통계청 2016)

2. 철도차량 산업 및 시장 동향

해외 철도차량 산업 및 시장동향

1) 국가별 동향

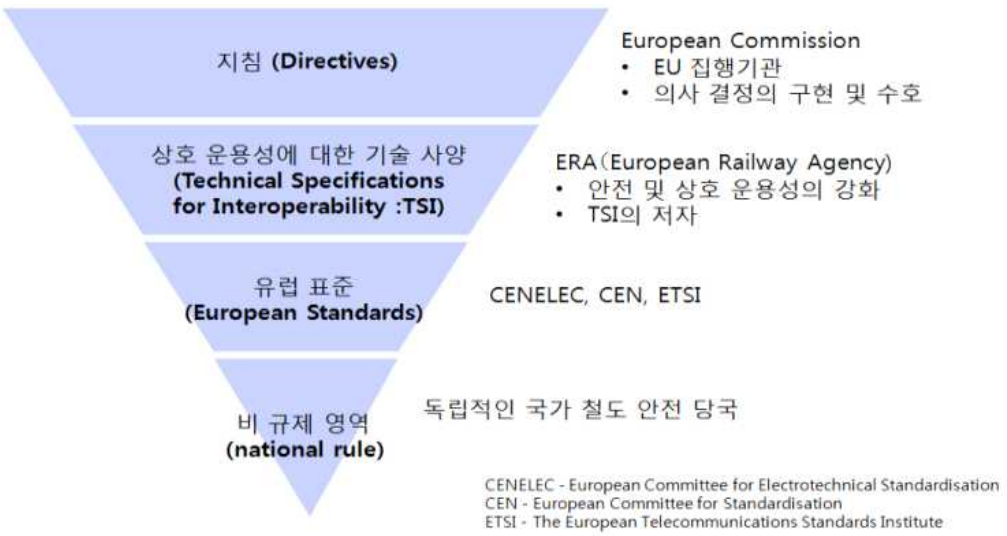
- **(EU)** 프랑스, 독일 등 전통적인 철도강국 기반을 토대로 정부와 민간의 역할 분담하에 산업 경쟁력 강화 및 시장 확대

  - **(프랑스)** 고속차량, 첨단 경전철 등 고부가가치 차종 집중, GE(미) 신호사업부 인수 등으로 기술력 제고 및 국외 진출 확대

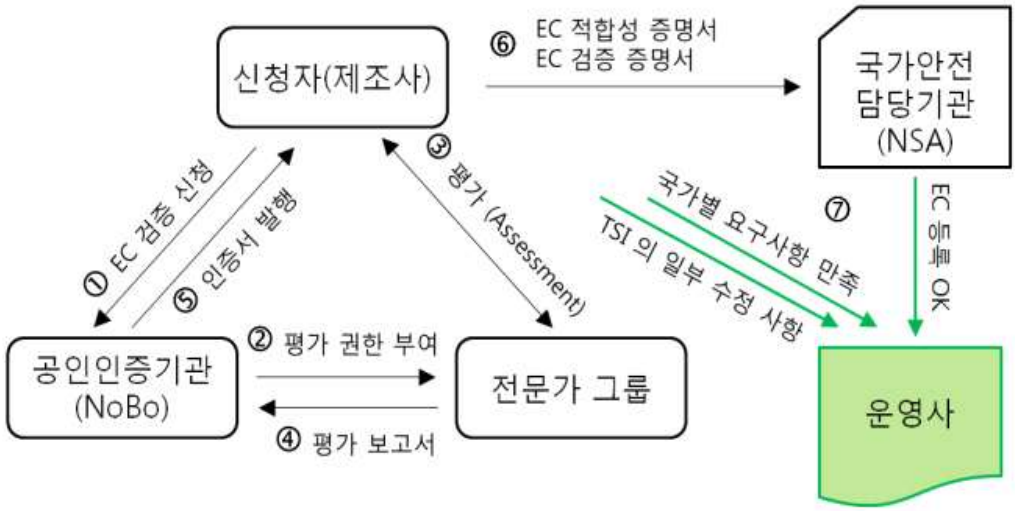
  - **(독일)** 앞선 신호 기술력을 기반으로 철도시스템의 매출 비중이 높으며, 차량 및 신호를 결합한 패키지형 제품으로 국외진출을 추진

  - **(스페인)** 경제위기(2011년)을 타개하기 위해 북미 등 국외진출에 집중하여 국외 생산기지 확충, 합작투자 및 전략적 제휴 등 추진

  - **(유럽연합)** 시장경제에 충실한 경쟁시장을 조성, R&D 투자 등 정책을 추진함. 특히, 기술장벽 등 산업보호 및 경쟁력 강화를 위해 유럽철도 상호운영 기술 표준을 제정하여 엄격한 품질 및 환경규정 및 품질안전인증 요구



<그림 II-3> 유럽 TSI 체계



〈그림 II-4〉 TSI 인증 절차

- **(일본)** 내수 위주의 산업정책과 병행하여 국외시장 진출에 집중하고 있으며, 경쟁정책과 규제, 지원 등 다양한 시책을 추진 중

  - Hitachi[34], Kawassaki 등 7개 차량제작사가 협업 및 공동생산을 통해 세계시장에 참여하는 일종의 국가 공동브랜드를 형성

  - 품질 안전 확보 및 산업보호를 위해 운영사의 R&D 참여 및 수의계약 체계 구축, 일본 국가규격(JIS)인증 및 24시간 사후관리체계 요구

  - 개발원조 방식의 중고차량 국외 수출 및 현지 MRO 시장 선점, 민관 국외수주 지원 등을 통해 국외 진출을 추진 중

- **(중국)** 사회주의 경제기반으로 정부 주도의 거대 내수시장 형성, 국산화/현지화/기술이전 등 경쟁력 향상, 국외시장 진출을 추진 중

  - 규모의 경제, 중복성 제거, 국외진출 집중 지원 등을 위해 2개 차량 제작사(CNR, CSR)을 합병(15년, CRRC)하여 세계고속철도 시장의 약 50% 점유

  - 폐쇄적인 시장 구조로 국외 제품일 경우, 현지화율 70% 이상, 중국기업과 공동응찰 등을 요구하여 내수시장 확보

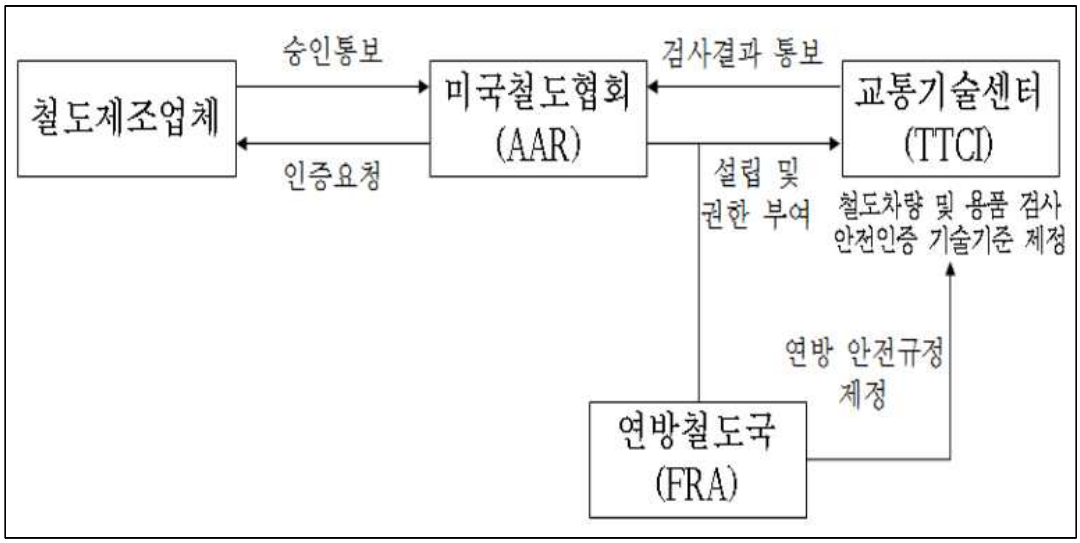
  - 정부주도의 국외진출을 추진하고, 차량시설 등의 국가표준 제정 및 품질 안전인증을 도입

34) Hitachi: 유럽진출을 위해 Ansaldo STS(신호) 및 Ansaldo Breda(차량) 인수(15년), 글로벌 본사의 영국 이전(14년) 등 글로벌 거점을 확대

- **(미국)** 민간 주도의 국외진출(디젤기관차) 및 품질안전체계 구축으로 시장경제에 따라 정부는 정보제공 및 일부 R&D 등 보조역할을 수행

  - GE: 디젤기관차의 세계적 경쟁력을 바탕으로, Alstom과의 공동 생산, R&D 등 전략적 제휴를 통해 경쟁력 강화 및 국외진출 추진 중

  - 기본적인 안전, 환경규정은 정부가 제시하고 있으나, 업계로 구성된 미국철도협회의 규격 및 품질 인증을 중심으로 품질 안전을 확보



〈그림 II-5〉 미국 철도차량 및 용품 안전인증 승인체계 및 절차

2) 차종별 산업동향

- **(산업 전망)** 해외 철도차량 차종별 산업 동향은 고속철도(19%), 일반철도(45%), 도시철도(13%), 멀티플 유닛(17%) 등으로 비중을 차지하고 있으며 그 중 일반철도가 가장 큰 비중 점유

  - 연간 성장률은 고속철도(1.8%), 도시철도(4.3%), 경전철(6.8%), 멀티플 유닛(5.3%) 순의 시장규모 차지

<표 II-7> 철도차량별 철도시장 규모

구분	합계	고속철도	일반철도	도시철도	멀티플유닛	경전철	AS
시장규모 (비중)	68.조 (100%)	13 (19%)	31 (45%)	9 (13%)	11 (14%)	3 (5%)	1 (1%)
성장 전망률	1.9%	1.8%	-1.0%	4.3%	5.3%	6.8%	3.5%

*출처: World rail market study(UNIFE, 2016.)

- 철도차량시장은 도시철도 수요를 기반으로 2016년 기준 1.9%가 성장할 것으로 기대되고 있으며, 경전철에 대한 수요가 28억 유로(약 3.6조원)에서 41억 유로(약 5.2조원)로 증가 전망

  ※ 자동시스템 공급량도 3.5% 증가하면서 시장성장에 동력을 제공할 것으로 분석

- **(고속철도차량)** '13년부터'15년까지 3년간 연평균 세계 고속철도차량 시장규모는 100.93억 유로(약 12.8조 원)이며, 32,914량이 운영되고 있음

  - 권역별 세계 고속철도차량 시장은 아시아, 서유럽이 각각 54.5%, 43.9%로 전 세계 고속철도차량 시장의 대부분을 차지하고 있음

  ※ 15년 기준, 세계 운영 중인 고속철도 차량 32,914량 중 98.4%가 서유럽과 아시아에 집중되어 있으며, 향후 중동 권역에서 고속철도 차량이 신규로 운영될 전망
  (출처: World rail market study,UNIFE, 2016.)

  - 전 세계 고속철도 차량은 향후 250km/h 초과 ~ 300km/h 이하 차량 운영 비중은 소폭 감소하고, 250km/h 이하 차량 운영 비중이 소폭 확대될 것으로 전망

  - 아시아 태평양은 2015년에 고속철도 차량이 각각 1,800량 및 290량이 증가해 세계시장 성장에서 절반 이상의 비중을 차지했는데, 일본의 새로운 신칸센 편성 서비스 시작 및 중국의 새 고속차량이 반영되어 있음. 서유럽은 고속차량이 520량 추가되며 소폭 증가[29]

29) World rail market study(UNIFE, 2016)

- 세계 고속철도시장은 2021년 112.06억 유로(약 14.3조 원)에 이를 것으로 전망되며, 특히 고속열차의 75%이상이 운영효율성과 경제성이 뛰어난 동력분산식 시스템으로 형성 전망

※ 국내에서는 동력분산식 고속열차(HEMU-430X)을 개발하였고, 세계 주요철도 국가들은 동력분산식 고속열차 기술개발과 시장선점에 매진하고 있어 적극적인 대응 필요

- **(일반철도차량)** '13년부터 '15년까지 3년간 연평균 세계 일반철도차량 시장규모는 약 240.51억 유로(약 30.6조 원)에 해당

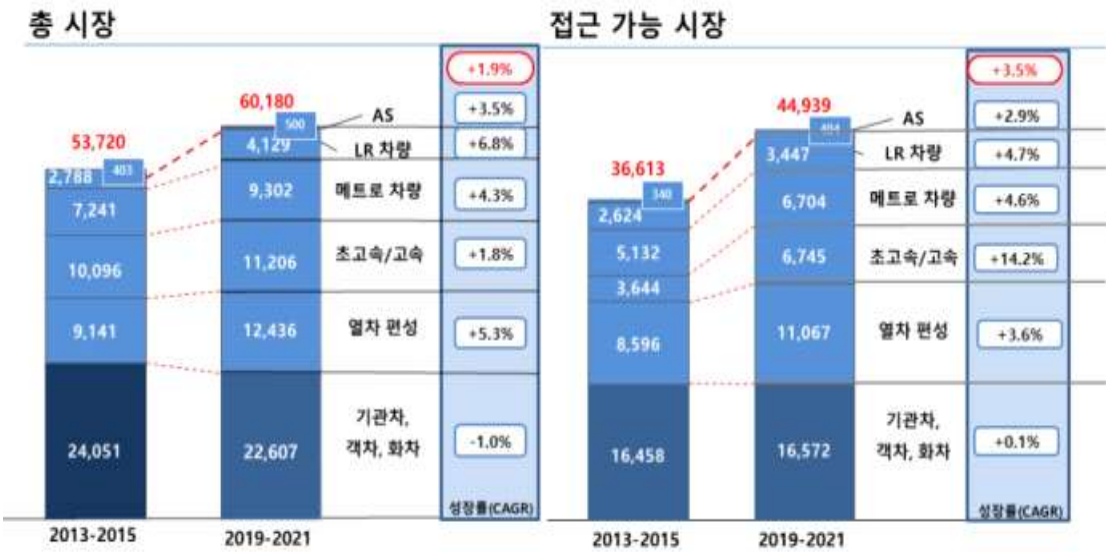
- 일반철도차량 중 객차는 아시아, 서유럽, 독립국가연합[30]은 각각 54.3%, 18.5%, 14.7%로 전 세계 객차시장의 87.5%를 점유하고 있음

- **(도시철도차량)** '13년부터 '15년까지 3년간 연평균 세계 도시철도차량 시장규모는 72.41억 유로(약 9.2조 원)임

- 권역별 세계 도시철도차량 시장은 아시아, 서유럽이 각각 39.6%, 22.0%로 전 세계 도시철도차량 시장의 절반 이상 점유

※ '15년 기준 권역별 도시철도차량 보유량수는 91,000량이며, 비중은 아시아, 서유럽, 나프타, CIS가 각각 39.6%, 22.0%, 18.7%, 8.8%로 전 세계 도시철도차량 시장의 89% 이상을 차지

- 2021년 해외 철도차량 분야 시장은 약 555.51억 유로(약 70.7조 원) 규모 추정



*출처: World rail market study(UNIFE, 2016.

〈그림 II-6〉 해외 철도차량 시장 전망

30) 소비에트 연방 해체 이후 결성된 9개 나라로 러시아, 벨로루시, 몰도바, 카자흐스탄, 우즈베키스탄, 타자키스탄, 키르기스스탄, 아르메니아, 아제르바이젠공화국(2009.12 기준)

국내 철도차량 산업 동향

- 철도차량 산업은 국내업계 생산능력의 40% 이하 수준으로 국외수출 없이는 기업경영 자체가 어려운 실정이며, 수출물량의 국산부품 적용률도 50% 이하 [31]

- 또한, 철도차량 시장구조를 살펴보면, 국내 특정 제작사의 공급독점, 운영사의 수요독점 등 쌍방 독점적 시장구조로 경쟁제한 등 시장기능 작동에 한계가 발생

  - (공급측면) 국내 독점시장 안주로 자체 R&D 미흡, 시장 변화 둔감, 글로벌 협력 및 집중/특화/혁신 미흡 등 독점의 폐단 발생

  - (수요측면) 독점적 지위를 이용하여 운영사별로 차량 및 부품 품질에 관한 자체 기준 설정 등 품질 검증에 비용 및 기간 과다 소요 등 비효율 발생

- 국내 철도차량 수출실적은 2010년 이후, 16.6월까지 연평균 1.1조원을 수주(16년 점유율 2.4%), 국내 철도차량 차종별로는 전동차(77%), 디젤동차(10%) 수준으로 수주하였으며, 지역별로는 아시아(33%), 유럽(31%, 터키), 북미(12%) 순으로 점유[32]

  - 고속철도, 일반철도, 전동차, 경전철 등 다양한 차종의 국외 수출 역량을 갖춘 차량업체로 현대로템이 있으나 중국중차(CRRC)의 저가 수주공세와 글로벌 업체인 봄바르디어, 지멘스, 알스톰, 일본 히타치 등의 영업력과 기술력에 고전

국내 철도차량 차종별 산업 동향

- 국내 철도망에서 운영 중인 철도차량 차종별로 현황을 살펴보면, 2017년 기준 고속차량 1,630량, 기관차 456량, 전동차 8,591량, 객차 920량, 화차 10,865량 등으로 나타나는 실정[33]

- **(고속철도)** 국내의 경우 1,630량이 운영 중으로 그 중 핵심부품의 국산화율은 30% 수준으로 수출사례 없음

  - 차체모듈, 피뢰기 등 전기부품, 대차 모듈, 댐퍼 및 부쉬류, 차축 등 고속철도차량 핵심부품 국산화가 필요하며, 이를 통해 고속철도차량 수출시 부품 국산화율을 제고하여 외화유출절감 및 기술자립 기반 확보 필요

  - 현대로템과 철도연은 터키 고속철 사업 수주 및 수행을 위한 MOU('16)를 체결하여 해외 진출 노력 중

  - 국내 동력집중형 고속열차(KTX) 대체 수요가 1,304량, 호남고속철도 및 준고속철도 노선 신규수요가 282량으로 국내 고속철도차량(EMU) 예상 매출규모는 약 6조원 규모로 추정

  - 동력분산식 고속열차(HEMU)를 국내 개발하였으나, 추진장치 등 핵심 장치는 외산 의존

31) 국내 철도차량산업 발전을 위한 고찰(한국철도학회 철도저널 18(2), 2015.04.)
32) 철도산업 해외수출 지원방안(국토교통부, 2016.)
33) 연도별 철도차량 도입 및 보유현황(국토교통부, 2017.)

- **(전동차)** 국내 전동차 품질기술가격은 세계적인 경쟁력을 확보하고 있으나 최근 중국 업체의 저가 공세로 고전 중임. 특히 기술이 평준화되고 보편화되어 업체들의 경쟁이 매우 치열함

  - 국내 철도망에서 운영 중인 철도차량 차종별 중 전동차는 8,591량[34]으로 가장 높은 비율을 차지하고 있으며, 국외 수출실적 또한 높은 실정

  ※ 터키 전동차 300량 수주(2016년)[35]

  - 전동차의 핵심기술인 추진제어·제동 기술, 무인운전 기술 등은 경쟁력이 있으나 가격이 중국 업체에 열세이고 기술은 봄바르디어 등 선진 업체에 대해서는 열세인 상황

  ※ 2015년 기준 철도차량제작사의 시장매출액은 중국중차(CRRC) 332.7억 유로(약 42.3조 원), 캐나다 봄바르디어 96.1억 유로(약 12.2조 원), 프랑스 알스톰 66.9억 유로(약 8.5조 원), GE 42.9억 유로(약 5.5조 원) 등임[36]

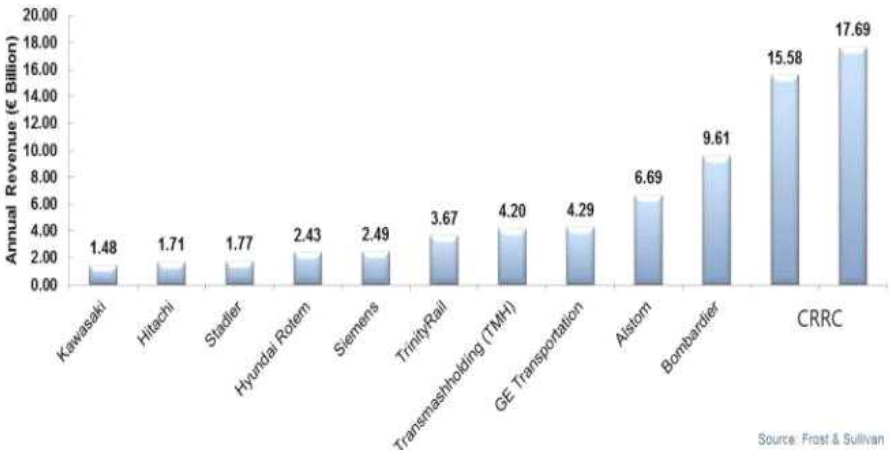
  - 국내 전동차 시장의 경쟁력을 향상하기 위하여 무인 운전, 고효율 전장품, 경량화 첨단소재 기술 적용을 통하여 고급화를 달성하고 소재부품 표준화 개발, 핵심부품 표준화 모듈화 개발로 품질과 가격 경쟁력 확보 필요

  - 전동차 주요부품인 고효율 전장품 등 관련 부품 개발을 통해 호환성 및 안전성 확보 필요

해외 철도차량 제작사 현황

- 세계 철도차량시장 매출의 약 50%를 중국 중차(CRRC)가 차지하며, 철도차량시장은 도시철도 수요를 기반으로 1.9%가 성장할 것으로 기대

  - 2016년 기준, 경전철에 대한 수요가 28억 유로(약 3.6조 원)에서 41억 유로(약 5.2조 원)로 증가 전망[37]



*출처: Global rail market outlook(Frost&sullivan, 2016)

<그림 II-7> 세계 철도차량제작사 현황

34) 연도별 철도차량 도입 및 보유현황(국토교통부, 2017.)
35) 현대로템, 코레일, 철도연과 무인운전 시스템 개량 MOU(서울경제, 2016.11.02.)
36) Global rail market outlook(Frost&sullivan, 2016.)
37) World rail market study(UNIFE, 2016)

● 국외 철도차량 시장의 경우에는 CRRC, 알스톰, 봄바르디어 등 상위 10개사가 대부분 차지(국내 철도차량제작사의 경우 2~3%)

<표 II-8> 세계 철도차량시장 업체별 점유현황

(2015년 기준)

순위	차량제작사	국가	철도차량시장 매출액(십억 유로)
1	CRRC	중국	33.2
2	Bombardier	캐나다	9.61
3	Alstom	프랑스	6.69
4	GE	미국	4.29
5	TMH	러시아	4.20
6	Trinity	미국	3.67
7	Siemens	독일	2.49
8	Hyundai rotem	대한민국	2.43
9	Stadler	스위스	1.77
10	Hitachi	일본	1.71
11	Kawasaki	일본	1.48

*출처: Global rail market outlook(Frost&sullivan, 2016.)

국내 철도차량 제작사 현황

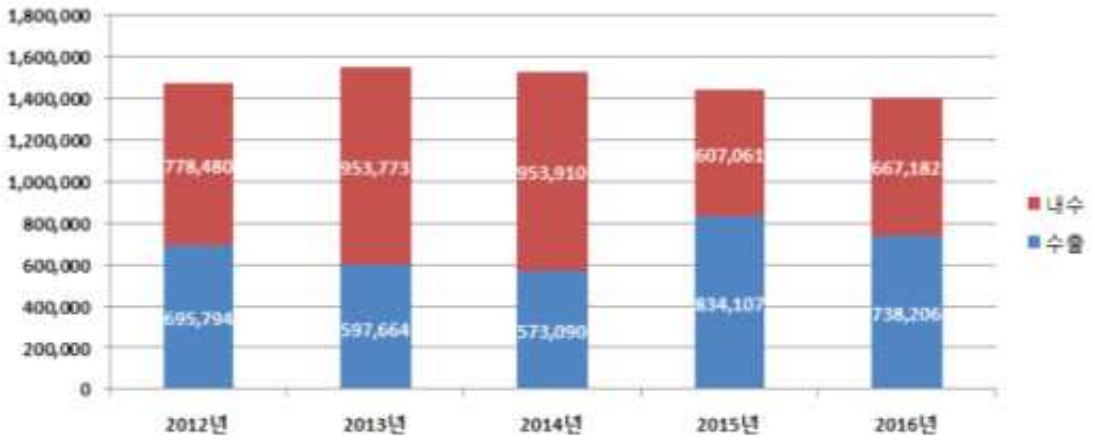
● 국내 철도시장은 연간 약 11.6조원[38], 철도차량시장은 연간 2조 8천억 원[39]으로 철도차량 2.1조 원(75%), 철도부품 7천억 원(25%)으로 구성

- 철도차량 내수시장은 운영사의 적자 등으로 노후차량 대체투자 부족, 신규투자 감소, 발주정보 공유 부족 등으로 물량이 적고 불규칙[40]

● 국내 철도차량은 90% 이상 시장을 현대로템이 점유하고 있음

- 현대로템의 세계 철도차량시장 점유율은 약 2.4%인 것으로 나타남.또한, 국내보다 국외에서 많은 수주를 달성하였고, 주요 수출국은 필리핀, 인도, 터키 등 신흥국 위주로 주로 전동차 수출

38) 철도산업 해외수출 지원방안(국토교통부, 2016.)
39) 철도차량 및 부품 제조업 매출액(경제 총조사, 통계청 2015.)
40) 철도차량협의회, 2017.



*출처: 현대로템 영업보고서(2013~2016)

〈그림 II-8〉 현대로템 부문별 매출액 추이 및 전망

- 국내 철도차량부품 산업은 현재 정비업, 리모델링업 등 출고 후 시장(After Sales market) 조성이 미흡하여 국내 차량제작사 및 부품업체는 신규차량 발주에만 의존
- 또한, 국내 철도차량제작사는 유럽, 일본 등 선진국 간 경쟁 심화 및 중국 등 후발국의 추격으로 여건이 어려운 상황

〈표 II-9〉 최근 5년간 철도차량 내수 및 수출금액

(단위: 백만원)

구분	2012	2013	2014	2015	2016
수출	695,794	597,664	573,090	834,107	738,206
내수	778,480	953,773	953,910	607,061	667,182

*출처: 현대로템 영업보고서(2013~2016)

3. 철도차량 부품 산업 동향

해외 철도차량 부품 산업 동향

- 세계 철도차량부품 산업현황을 살펴보면, 유럽 철도차량 공업협회(UNIFE) 중심의 품질관리체계(IRIS) 등록업체 분석 결과, 특정 품목(추진, 제동, 신호/정보, 출입문, 연결기 등)의 독점현상이 뚜렷함[41]

<표 II-10> 세계 철도차량부품 업체 분석

구분	등록업체 비율
Car body	3.9%
Carbody fittings	19.5%
Guidance	5.4%
Power system	5.7%
Propulsion	3.5%
Auxiliary systems	5.3%
Braking system	3.5%
Interiors	9.3%
On board vehicle control	4.4%
Passenger information system	2.1%
Communication system	2.0%
Cabling and cabinets	5.2%
Door system	2.2%
HVAC	2.5%
Tilt system	0.4%
Lighting	1.2%
Coupler	1.5%
Rolling stock	4.9%
Infrastructure	2.8%
Single railway components	14.9%

*출처: 철도부품 강소기업 육성방안 정책실행 계획수립 기획보고서(국토교통과학기술진흥원, 2017.08.)

41) 철도부품 강소기업 육성방안 정책실행 계획수립 기획보고서(국토교통과학기술진흥원, 2017.08.)

- 기술력 및 품질안전 요구에 따라 전문성이 있는 부품업체의 중요성이 증대되고 있으며, 전장품 등 핵심부품의 고부가가치화 추세

  - 세계 부품업체 상위 3개사(Knorr, Wabtec, Faiveley)의 2014년 매출액은 약 12조 원으로 현대로템 철도분야 매출액(2014년 기준)의 8배 수준

- **(유럽)** 일부 업체가 부품기술을 주도하고 있으며, 관련 전후방산업이 발달한 일본도 전장품 등 핵심부품 공급 중

  - (마그네틱기어전동기) Magnomatics 사 마카와트 머신의 추진용 300kw급 마그네틱 기어 일체형 영구자석 동기전동기 시제품 개발

  - (반도체변압기) 스위스 ABB 1.2MVA 개발 및 전기기관차 적용 운영(`13년)

  - (포켓타입 도어) 독일 Bode사 세계시장 주도, 광역철도용 고성능 기밀의 고상홈 포켓슬라이딩 도어

  - (트램용 관절장치) 독일, Hubner사의 전세계 시장 대부분을 차지

- **(프랑스)** 부품업체의 집중 육성 등을 위해 철도 Cluster transalley를 구축(2004)하였으며, 매년 프랑스 철도부품의 약 40%를 생산하며, 부품기업 100여개 및 종사자 1만 명이 입주

  - 기술발전 속도가 빠르며 차량의 성능을 좌우하는 전장품은 `15~`20년마다 교체가 필요하여 안정적인 After Sales market 수요를 형성

※ 전장품은 전체 차량 가액 중 30~50% 차지(고속차량 30%, 전동차 49%)

- 세계 After Sales market 확대에 따라 글로벌 업체들은 시장에 적극 참여

  - 차량제작사, 전문정비업체의 정비시장 점유율이 높아지고 있으며, 특히 차량제작사는 수익구조 다변화를 위해 정비시장에 적극 참여

  - 아시아 개발도상국을 중심으로 노후차량의 리모델링이 증가하며, 소형 및 틈새시장으로 국내 업체 진출 중

  - 운행거리 등에 따른 차량단위 정비에서 부품교체주기 설정 등 부품단위 정비로 이행하는 추세로 After Sales market 수요가 증대될 전망

철도차량 부품개발 사업 적용 가능성

- 철도 시장 현황

  - **(유지·보수시장 성장)** 차량 유지보수시장(After-Sales)은 2018년 72조원*에서 2021년 95.04조원으로 연평균 성장률 3.2% 기대

※ 2018년 기준 세계 철도시장 232조원의 31%

  - **(철도 부품 업계 경쟁)** 선진 철도 부품 업체는 브랜드 확대* 추진

※ (美) wabtec은 Faiveley Transportation(프랑스), Relay Monitoring System(호주), Railroad Controls(미국) 등의 인수를 통해 다양한 브랜드를 운영하면서 현지 합작사 등을 설립

- 철도 부품의 특징

  - (시장) 철도 차량의 긴 운행시간 및 운행거리에 따른 높은 A/S 비용*

* 소비 업체들의 경험을 통해 축적된 특정 부품 브랜드 선호도 및 충성도가 높아, 일부 부품 업체들은 정비서비스 사업까지 강화

  - (제품) 철도 차량 부품 요구성능 중 내구성*이 중요

* 철도 차량 부품의 내구성 저하는 유지비 상승과 운휴 손실 증가 초래

- 주요 철도 부품업체 전략과 시사점

  - (기술력 강화) 철도부품사업을 전문화하기 위하여 주력상품에 집중

* (Knorr-Bremse) 자동차 전자제어 브레이크 시스템(EBS) 개발(약 27억원)

  - (서비스사업 확대) 선진 부품기업들은 안정적인 매출 기반을 위해 A/S와 컨설팅 서비스로 사업영역 확장

  - (철도차량 전장품 기술개발 강화) 통신인터페이스를 통한 분산제어시스템 및 실시간 차량상태 모니터링 시스템 개발

* 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터, AI 등 IT기술 발달로 전장부품 간 자율적인 정보교환 가능

  - (신흥시장 진출) 로컬업체와 합작사를 설립하여 거래 네트워크 및 현지 경영 노하우 습득 후 지분을 인수하거나 직접 투자형태로 현지 개발·생산·영업 체제 강화

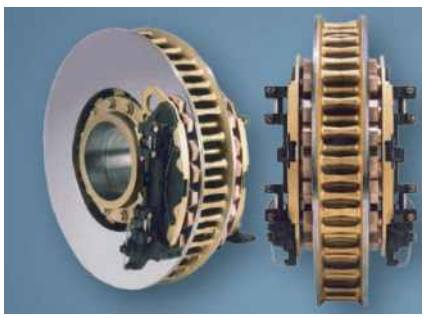
선도기업 현황

① Knorr-Bremse(독일)

● 기업개요

구분	기업개요 내용
설립	1905년 설립(게오르크 크노르)
소재지	Moosacher Str. 80 80809 Munich Germany
임직원	27,000명
매출액	60억 유로(한화 약 7.6조원)
현황	1905년 게오르크 크노르, K1 크노르 브레이크 발명 1918년 KK 화물열차 브레이크 개발 1922년 유럽 최초 상용차 브레이크 장착 및 특허 등록 1931년 열차용 HiK 브레이크 시스템 UIC 인증 획득 1991년 ICE 1 고속열차용 전자-공기식 보조브레이크 시스템 장착 2002년 미국 자동차 브레이크 부품업체(Bendix) 인수 및 미국 시장 공략 2015년 뮌헨 신규 테스트 및 연구개발 센터 설립

● 주력제품 : 브레이크 시스템, 도어시스템, 운전자 보조시스템, HVAC, 와이퍼 등

구분		비고
브레이크시스템		브레이크 디스크, 캘리퍼, 패드 등
도어시스템		슬라이딩 도어, 제어기, 안전발판 등

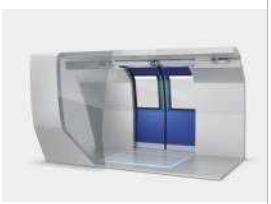
구분		비고
운전자 보조시스템		On-board 시스템, 주행 시뮬레이터 등
HVAC		에너지절약, 모래 필터링 등
와이퍼		와이퍼, 구동시스템 등

● 기술개발 전략

- (사업전문화) 자동차 전자제어 브레이크 시스템(EBS) 개발(약 27억원)

※ 헝가리 부다페스트 대학과 공동 연구(EU지원금: 약 18억원)

- (최근 개발 제품)

구분				
품명	Flexpad® Silent	Oil-free Compressor	SNAKE entrance system	Smartio®
사진				
특징	· 높은 마찰계수 · 소음저감(no squealing)	· 오일 사용 안 함 · 소음 및 진동 최소화	· 빠른 개폐 시간 · 적은 유지관리 비용	· 배선절감 · 유연한 I/O모듈구성

② Wabtec(미국)

● 기업개요

구분	기업개요 내용
설립	1869년 Westinghouse Brake Company 설립
소재지	Wilmerding, Pennsylvania, USA
임직원	18,000명
매출액	33억 달러(한화 약 3조 6천억원)
현황	1869년 Westinghouse Brake Company 설립 1972년 자회사 Motive Power Industries가 Morrison Knudsen 그룹의 철도 시스템과 Boise의 제조 시설 구매 1994년 Morrison Knudsen이 자회사 MK Rail Corporation 설립 2010년 3월 Wabtec 철도 신호 설계 및 건설 회사인 Xorail 인수 2010년 10월 Wabtec 철도 장비 제조업체인 Bach-Simpson Corp.과 G&B Specialties를 인수 2010년 11월 Wabtec은 철도 및 발전 시장 Swiger Coil Systems의 견인 전동기 및 전기 코일 제조업체인 오하이오 클리브랜드의 모든 자산 인수 2015년 7월 Wabtec은 Faiveley Transport를 부채 포함하여 18 억 달러 현금 및 주식 거래 매입

● 주력제품 : 브레이크 시스템, 차량 연결기, 집전장치, HVAC 등

구분		비고
브레이크시스템		마이크로프로세서 기반 유압 브레이크 시스템
차량 연결기		너클, 브라켓, 핀 등

구분		비고
집전장치		
HVAC		모터 오버홀, 컨트롤 패널 교체 등

● 기술개발 전략

- (브랜드 확대) wabtec은 Faiveley Transportation(프랑스), Relay Monitoring System(호주) 등의 인수를 통해 다양한 브랜드를 운영

※ 보유 브랜드간의 제작 부품을 공용화하여 원가경쟁력 제고 가능

③ Faively Transport(프랑스)

● 기업개요

구분	기업개요
	내용
설립	1919년 설립(루이스 페브레)
소재지	Gennevilliers, France
임직원	6,000명
매출액	11억 유로(한화 약 1조 4천억원)
현황	1919년 설립 1923년 판토그래프 발명 1930년 자동 도어 메카니즘 판매 1951년 에어컨디셔닝 유닛 개발 2004년 브레이크 회사 SAB WABCO 인수 2015년 7월 Faiveley Transport는 Wabtec에게 부채 포함하여 18 억 달러 현금 및 주식 매각됨

● 주력제품 : 판토그래프, 브레이크 시스템, 도어 시스템 등

구분		비고
판토그래프		–
브레이크시스템		브레이크 디스크, 패드 등
도어시스템		–
차량 연결기		–

● 기술개발 전략

- (현지 영업·생산 체제 강화) 철도 부품의 품질과 생산성 향상을 위한 생산시설을 체코 현지 plzen 지역에 설립

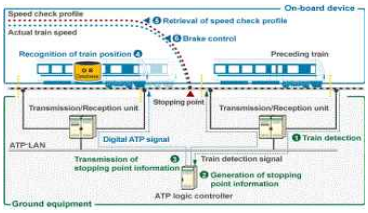
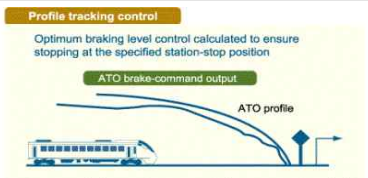
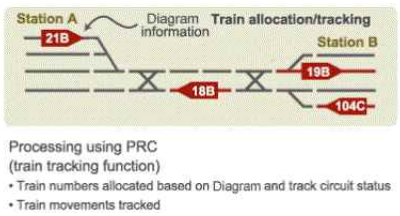
④ Hitachi(일본)

● 기업개요

구분	기업개요
	내용
설립	1910년 설립
소재지	Chiyoda-ku, Tokyo, Japan
임직원	33만명(히타치 제작소 전체 인원)
매출액	10조엔(한화 약 115조원)

현황	1910년 설립 1920년 증기기관차 개발 1964년 도쿄 모노레일 개발 1964년 신칸센 시리즈 0 개발 2005년 철도 유지관리 사업 영국 진출 2007년 디젤-리튬이온 배터리 하이브리드 기차 최초 운영 2015년 Ansaldo STS 인수

- 주력제품 : ATP(Autonomous Train Protection) 시스템, ATO(Autonomous Train Operation) 시스템, 교통량관리 시스템, SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition) 등

구분		비고
ATP		디지털 ATP
ATO		–
교통량관리 시스템		–
SCADA		–

- 기술개발 전략

  - 철도신호 분야 세계2위 기업 Ansaldo STS를 인수하여 자체 보유기술과 이탈리아 기업 판로 및 실적을 융합해 경쟁력 제고

  - 국제협력기구(JICA)의 무상 자금 협력으로 미얀마 간설 철도 일부구간 철도 신호 시스템 계약 체결

국내 철도차량 부품 산업 동향

- 국내 철도차량 부품업체는 총 280개 업체 중 97.5%인 273개 업체가 종업원수 50명 미만, 85%인 238개 업체가 20명 미만 사업장(`16년 기준)으로 영세하여 안정적 부품 공급망 형성 한계

국내 철도부품 생산 기업 현황

- 국내 철도부품 기업 49개에 대한 생산품목, 규모(매출액), 개발비*, 경상개발비** 분석

* 새로운 제품이나 기술의 개발 또는 개량을 위하여 지출하는 금액으로 미래지향적 R&D 투자비중 검토 시 활용

** 연구비 활동과 관련하여 지출한 비용으로 R&D 단기 투자 비중 파악 등에 활용

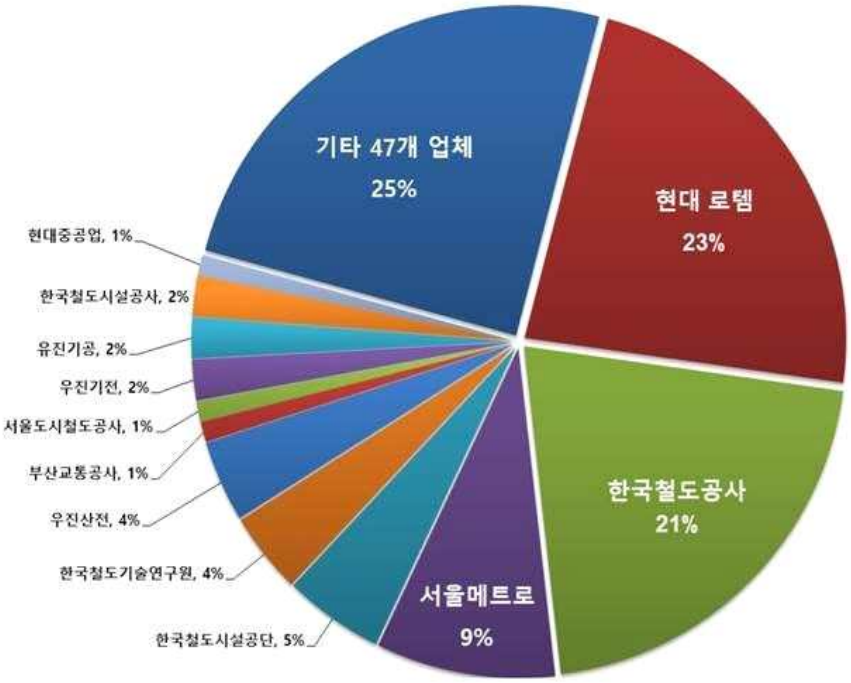
<표 II-11> 국내 철도차량 부품 공급업체 현황

No.	공급(제작)업체명	부품구분	매출액(백만원)						R&D 투자비중	
			'13	'14	'15	'16	'17	CAGR	단기	중장기
1	㈜알루코	알루미늄 프로파일	1,525	1,130	787	499	309	-3%	0.01%	0.39%
2	㈜지씨엠물산	전두부 카바	431	272	225	-	-	-3%	1.27%	2.69%
3	㈜한국에스제이	머드플랩	-	-	-	-	-	-10%	0.30%	0.00%
4	거명인텍	단열재	-	-	-	72	-	5%	2.20%	2.01%
5	대원강업	객실의자	8,050	10,801	1,005	9,517	9,517	-1%	3.47%	1.08%
6	㈜가본	선반	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	-	5%	0.00%	0.00%
7	대흥화학공업㈜	접착제	302	477	404	476	494	1%	2.21%	2.45%
8	㈜로벤	자판기	1,675	1,588	1,504	1,272	1,131	-18%	4.46%	14.89%
9	㈜우진산전	객실 모니터	10,499	15,601	21,549	28,219	25,939	-2%	0.18%	15.32%
10	㈜제일데코	카페트 (언더레이)	-	-	-	-	-	16%	0.00%	0.00%
11	한국에스에스㈜	바닥 합판	18	11	3	0	0	-0.5%	0.35%	0.09%
12	㈜호산씨텍	오물처리 및 급수장치 (제어기 포함)	-	-	-	-	-	-14%	0.00%	0.00%
13	엘에스전선㈜	방송 및 네트워크 케이블	26,408	22,284	22,747	20,097	21,675	-3%	1.10%	0.80%
14	㈜제이케이에이	실내등 LED	564	404	243	82	-	-22%	8.14%	5.37%
15	㈜비츠로테크	주회로차단기	-	761	699	881	1,035	-15%	6.26%	0.93%
16	㈜우진기전	25kV라인 차단스위치	392	612	811	1,472	1,543	1%	2.80%	3.72%
17	(유)랍코리아	고압케이블 (25kV 제외)	-	-	-	-	-	-2%	1.19%	0.00%
18	범아기전㈜	운전대 판넬	-	-	-	-	-	0%	6.36%	0.00%
19	삼원에프에이㈜	운전대 판넬	-	-	-	-	-	8%	4.68%	0.00%
20	경진부로아㈜	견인전동기 팬	-	-	-	-	-	-5%	2.38%	0.00%
21	한일전원공업㈜	전류용 변압기 (CT, 350A/1A)	-	-	-	-	-	15%	0.00%	0.00%
22	대양전기공업㈜	고/저압 END BOX (Cable 및 coupler 포함)	4,332	4,999	5,498	5,455	4,244	-1%	5.48%	4.03%
23	㈜씨에스아이엔테크	화재감지장치 (수신기 포함)	-	120	96	72	48	2%	13.76%	0.79%

No.	공급(제작)업체명	부품구분	매출액(백만원)						R&D 투자비중	
			'13	'14	'15	'16	'17	CAGR	단기	중장기
24	㈜소명	객실 출입문 (도어 엔진 포함)	-	790	1,767	2,047	-	72%	8.82%	39.77%
25	㈜주은기공	동력실 Side door	98	74	51	27	3	6%	1.33%	1.92%
26	흥일기업㈜	객차 단부문 (T1,T8)	1,445	1,016	981	946	1,036	-2%	0.87%	3.01%
27	피피지에스에스씨㈜	도장	-	-	-	-	-	-7%	0.02%	0.00%
28	조광페인트㈜	도장	-	-	-	-	-	2%	0.63%	0.00%
29	㈜케이씨씨	도장	-	-	-	-	-	5%	2.48%	0.00%
30	현대다이모스㈜	감속장치 (TRIPOD 포함)	3,632	1,091	151	2,300	1,330	14%	0.73%	0.08%
31	㈜금강기공	CENTER PIVOT	-	-	-	-	-	4%	0.00%	0.00%
32	메르센코리아㈜	접지브러쉬 (Earth, Return Current, Equipped)	-	-	-	-	-	10%	0.04%	0.00%
33	㈜신명금속	액슬박스 케이스 (axle box case)	-	-	-	-	-	-6%	0.77%	0.00%
34	벽진㈜	액슬박스 케이스 (axle box case)	-	-	-	-	-	5%	2.34%	0.00%
35	유진기공산업㈜	제동디스크	777	748	710	787	778	-11%	0.23%	1.39%
36	인터콘시스템스㈜	헌팅 센서	-	-	-	-	-	17%	17.29%	0.00%
37	현대로템㈜	대차프레임	128,806	159,856	135,983	122,089	114,180	-6%	0.22%	4.85%
38	㈜파카하니핀커넥터	고압공기제동호스	-	-	-	-	-	-5%	0.83%	0.00%
39	㈜하나글로텍	압력 공기통(50L, 57L, 77L, 160L, 168L, 250L)	-	-	-	-	-	2%	0.00%	0.00%
40	하이록코리아㈜	배관단품	-	-	-	-	-	-1%	1.42%	0.00%
41	㈜대흥기업	주전력 변환장치 Stack Ass'y	656	866	832	964	650	-2%	0.67%	7.55%
42	㈜브이씨텍	주전력 변환장치 냉각용팬 인버터	0	0	0	0	0	0%	10.63%	0.00%
43	㈜팩테크	축전지 충전기 (동력차/객차)	282	211	141	70	0	17%	24.18%	2.30%
44	㈜더선테크	축전지 (동력차)	1,076	1,422	1,847	1,847	-	22%	0.18%	31.76%
45	모토로라솔루션코리아㈜	열차 무선장치 (VRM850 / KMDT420)	-	-	-	-	-	-7%	0.02%	0.00%
46	샬롬엔지니어링㈜	열차 방호장치	1,305	1,223	1,271	1,654	-	4%	0.00%	16.71%
47	㈜한터기술	차상 신호 화면장치 (MMI)	2,447	3,699	4,652	3,931	-	-3%	1.09%	24.18%
48	대신금속㈜	알루미늄주물 (캐링링,고정링,에어백 서포트,갱웨이프레임)	1,073	3,695	2,877	4,483	4,710	-3%	0.44%	8.08%
49	영일씨앤씨	알루미늄주물 (캐링링,고정링,에어백 서포트,갱웨이프레임)	-	-	-	-	-	2%	0.00%	0.00%

*출처: KISLINE_기업현황 조회(2018.4.30)

● 국내 부품중소기업의 주요 거래처는 현대로템, 한국철도공사, 서울교통공사, 한국철도시설공단, 우진산전 등이며 완성차업체 및 소수의 철도운영기관 등으로 거래처 편중



*출처: 철도부품 강소기업 육성방안 정책실행 계획수립 기획보고서(국토교통과학기술진흥원, 2017.08.)

〈그림 II-9〉 국내 중소기업 주요 거래처 현황

● 국내 철도차량부품은 2010년 이후 연평균 부품 수출이 3,400억 원으로(2015년 점유율 1.5%) 수출은 주로 국외진출 국산차량의 유지보수용이며, 일부 부품은 기술력 부족과 발주처 요구로 유럽, 일본에서 수입 중[42)]

- 국내 철도차량의 해외 시장점유율은 2.4%이며, 철도차량부품 시장점유율은 1.3%인 수준으로 이는 수출한 완성차의 유지보수 용도로 부품수출이 이루어지고 있음을 의미함

● 정부는 철도차량부품 강소기업 육성을 지원하고 있으며, 철도차량부품 개발 확대 지원 추진 중[43)]

* 22개 품목('20년) → 50개 품목('30년)

- 고속일반철도 베어링, 도시철도 베어링, 댐퍼, 표준형 연결기, 강체 전차선로, LED 전조등, 모듈형 IGBT, 보호계전기, RPSD, 부품 표준모듈, 전력변환장치, 절연애자 등

● 철도차량 일부 부품업체는 세계적인 기술력을 보유하고 있으나 대부분 경쟁력이 부족하고, 전장품 등 고부가가치 기술은 국외의존 상태

42) 철도산업 해외수출 지원방안(국토교통부, 2016.)
43) 철도부품 강소기업 육성방안(국토교통부, 2013~2016.)

- (차량제작사) 신호, 연결기, 제동, 승객설비(도어, 에어컨, 갱웨이, 유리, 바닥재), 방송설비, 드라이빙 기어, 공기스프링, 차축/차륜, 댐퍼, 고무류, 차축베어링, 추진인버터, 보조전원장치, 주변압기 등

- (철도운영기관) 고속철도용 제동장치, 고속철도용 승강문, 고속철도용 운전실 제어장치, 전기기관차용 제동장치, 전기기관차용 열차제어정보장치 등

- 현재 국내부품업체는 다수의 영세한 부품업체로 구성되어 있어 내수시장 의존도가 높고 차량제작사에 종속되어 있는 상태

- ICT, IoT, AI, 스마트 센싱 기술 등을 융합하여 고부가가치 전장품(전기,제어), 정밀가공기술과 첨단소재를 활용한 제동·구동장치 등 특화된 업체군을 형성하여 국제경쟁력을 갖춘 강소기업 육성을 통한 철도차량부품 자립화 필요

- 또한, 철도차량부품은 차량 가액에서 차지하는 비중이 높고 성능·품질을 좌우하며, 유지보수를 위한 사후시장(After Sales markets)이 지속적으로 창출되는 유망 분야로 안정적 부품시장 조성 필요

국내외 철도차량 부품 시장 동향

- 철도차량부품 산업과 관련된 시장자료는 국내외에 조사 되고 있지 않지만, 철도차량 완성차 업체의 부품 단가와 차량 단가등을 분석하여 추산 가능

  - 해외 철도시장 분석 자료는 UNIFE사에서 제공하는 World rail market 활용

  - 국내 철도차량 분석은 철도공사 등 운영사의 내부자료를 통하여 파악

- 국내 철도차량부품 시장 규모를 살펴보면, 연간 철도차량 약 2.1조원, 철도부품 약 7천억원 등 2.8조원 수준이며, 철도차량 내수시장 규모는 세계 철도차량 시장(약 68조원)의 3% 정도의 소규모 시장임

  - 전체 부품별 원가비중*을 바탕으로 국내외 철도부품시장 규모 추정치를 반영하여 주요 부품의 개별 규모를 산출

※ 국내 구성 비중(차량 58.8 : 부품 41.2)을 반영하여 해외 철도차량부품시장 규모 추정

<표 II-12> 철도부품시장 규모 추정

(단위 : 조 원)

구분	철도 시장 규모	철도차량시장			비고
		철도차량(a)	철도부품(b)	철도차량시장 규모(c=a+b)	
해외	203.0	68.0	26.0	94.0	a, b 국내 비중을 활용하여 추정
국내	11.6	2.11)	0.72)	2.83)	-

*출처: 1), 2), 3) 철도차량산업 육성방안 공청회(2016) 자료를 토대로 연구진 재구성(BNI)

※ 부품별 시장규모 조사는 국내·외 관련자료 부재로 부품별 원가비중을 활용하여 산출

- 차체 등 주요 부품을 제외하면 차량제어장치, 보조전원장치 등은 해외시장이 크고 연결기, 스프링, 공기조화장치 등은 국내시장이 크게 나타남

<표 II-13> 철도부품별 국내외 시장 규모 추정

(단위 : 억 원)

장치·부품구분	상세부품	해외시장규모	국내시장규모
대차	대차 프레임	3,444	80
	대차 베어링	998	23
	대차/차체 연결장치 (Link arm, Center pivot)	1,964	46
	윤축 (차륜, 차축)	4,043	94
	도유기 (고체 및 액체 도유기)	42	1
차체	동력차	8,400	98
	부수차	12,600	147
연결기 시스템	전두부 연결기 (열차간 연결기)	497	9
	차량간 연결기	7,811	139
	벨로우즈	4,112	73
	엔드프레임	110	2
	건널판	166	3
	싸이드베리어	1,104	20
현가장치	스프링 (Coil Spring, Air Spring)	1,639	167
	댐퍼 (Vertical oil damper, Yaw damper)	761	78
제동장치	제동제어장치	5,996	64
	활주방지장치	1,208	13
	휠디스크	2,645	28
	차축 디스크	3,602	39
	제동마찰재 (브레이크 제동 패드)	479	5
	제동캘리퍼	4,811	52
	주공기압축기	1,915	21
	보조공기압축기	251	3
	제동제어유닛 (BCU)	1,915	21

장치·부품구분	상세부품	해외시장규모	국내시장규모
급전장치	판토그래프	889	56
	주회로차단기	2,711	170
	차량용 피뢰기	300	19
HVAC	공기조화장치 (객차, 동력차)	2,190	179
	공기조화장치 제어기(객차, 동력차)	300	25
	공기조화장치 히터(객차, 동력차)	210	17
	증발기팬용 인버터(객차)	300	25
추진시스템	견인전동기	10,152	29
보조전원장치	주전력변환장치	37,732	109
	동력전달장치	15,313	44
	주변압기	20,389	59
	계기용 변압기	846	2
	계기용 변류기	169	0
	컨버터 인버터 일체형 AC 전원장치 (보조전력 변환장치)	3,240	98
	전력저장장치 (축전지)	1,215	37
	컨버터 일체형 DC전원장치 (축전기 충전기)	2,430	74
	연결장치 (컨넥터, 케이블)	1,215	37
차내 장치	내장재	20,895	86
	출입문	11,940	49
	객실유리	5,672	23
	의자	21,194	87
운전실 지원설비	운전실의자	660	5
	전면창	2,640	20
	열차무선(Train-Radio)	4,323	32
	방송, 표시기 통합시스템(Infortainment)	15,741	117
	이벤트 레코더	5,940	44
	주간제어기	726	5
	운전대 패널	2,970	22
차량진단제어장치 (TDCS)	CCU	8,190	96
	VCU	7,140	83
	MMI	2,730	32
	GCU	2,310	27
	대차헌팅 감지 장치	630	7
차상신호시스템	차상 ATP/ATC/ATS 시스템	12,375	184
	차상신호 안테나	2,475	37
	차상신호 화면장치	825	12
	인터페이스 케이블	825	12

*출처: 국토교통기술수준조사 보고서(국토부, 2015.)차량시스템의 부품별 원가비중을 바탕으로 시장규모 추정

철도시장 및 산업동향 분석 결과

- 전체 철도시장 중 차량 시장이 약 33.7%를 형성하고 있어 차량과 부품의 개발이 중요하며, 특히 아시아와 서유럽의 시장이 전체 시장의 약 57%로 유럽과 아시아 시장에 대한 전략이 필요

- 차종별로는 일반철도 시장의 비중이 45%로 가장 비중이 크나, 연간성장률을 보면 고속철도와 도시철도, 경전철 분야가 중요하고, 특히, 한국은 몇안되는 고속철도 제작 능력을 가지고 있는 국가로 경쟁력이 있을 뿐만 아니라, 국내 도시철도 기술력도 세계적 수준으로 고속철도와 도시철도, 경전철 등에 대한 부품기술력 확보가 중요

- 특히 세계 고속철도의 75% 이상이 운영효율성과 경제성이 뛰어난 동력 분산식 시스템을 사용할 것이 예상되고, 국내 역시 동력 분산식 EMU 고속차량이 곧 도입될 예정이므로, 동력분산식 차량에 도입될 부품 기술력 확보 필요

- 부품 중에서도 차량제작사와 운영사가 해외에 의존 부품인 제동장치, 연결기, 승객설비, 스프링, 댐퍼류, 베어링, 보조전원장치 등에 대한 국내기술력 확보 노력 절실

- 또한 전동차의 경쟁력 향상을 위해 무인운전, 고효율 전장품, 경량화를 위한 기술개발 등은 물론 부품의 표준화 모듈화 개발을 통한 가격 경쟁력 확보도 중요

- 특히, 부품의 시장규모 등을 고려시 차량제어장치 및 보조전원장치, 그리고 연결기, 스프링, 공기조화장치 등에 대한 개발시 시장성 확보도 동시에 가능할 것으로 보임

제4절 기술개발 동향 분석

1. 철도 기술개발 동향

1.1 철도 기술분야

■ **철도교통기술분야는 철도교통분야를 구성하는 시스템 구성요소에 따라 철도차량, 철도시설, 철도운영 및 환경으로 구분[44)]**

● **(철도차량 기술)** 전용 궤도 위를 주행할 수 있는 차량의 설계, 제작, 시험평가, 유지관리를 위한 기술로 운행속도 및 운행방식, 운행지역에 따라 고속철도, 일반철도, 도시철도 차량기술로 구분

- **(고속철도차량 기술)** 200km/h 이상의 최대 주행속도와 단수 또는 다수의 동력장치를 갖는 차량의 설계, 제작, 시험평가, 유지관리를 위한 기술
- **(일반철도차량 기술)** 200km/h 미만 최대 주행속도를 갖는 도시철도를 제외한 차량의 설계, 제작, 시험평가, 유지관리를 위한 기술
- **(도시철도차량 기술)** 도시교통의 원활한 소통을 위하여 도시교통권역에서 운영하는 철도로서 중량전철, 경량전철(AGT, 모노레일), 노면전차를 설계, 제작, 시험평가, 유지관리 하는 기술

● **(철도시설 기술)** 철도의 선로, 역사 및 철도운영을 위한 건축물의 설계, 시공, 유지관리 관련 제반 기술로, 철도노반/궤도 기술, 철도 교량/터널/역사 기술, 전철/전력 기술, 신호/통신 기술로 구분

- 철도노반 기술은 궤도를 지지하는 도상 및 노반에 대한 설계, 시공, 유지관리에 필요한 관련 기술
- 철도궤도 기술은 철도하중을 지지하는 궤도구조, 궤도구성품, 궤도시스템, 철도선형과 궤도유지관리와 관련된 기술
- 철도교량/터널/역사 기술은 궤도를 지지하거나 선로를 확보하기 위한 철도구조물의 설계, 시공, 유지관리에 필요한 관련 기술
- 전철/전력 기술은 열차에 전기에너지를 공급하기 위하여 선로에 설치되는 전차선로, 급전, 배전 등 전력공급 설비, 역사 전력공급설비, 에너지 변환설비 등에 필요한 제반 기술

44) 철도기술을 구분한 SCI Verkehr 분류 기준 참고, "The Worldwide Market For Railway Technology 2012", SCI Verkehr

- 신호/통신 기술은 철도의 특성에 적합한 각종 통신설비를 효율적으로 사용하여 열차의 운행 간격, 열차 진로, 운전 보안 및 정보화 설비를 취급하는 종합적인 열차 제어 및 철도 통신 시스템 엔지니어링 기술

- **(철도운영 및 환경 기술)** 차량·시설물 운영을 최적화하고 운영상의 이상 발생 시 경제적, 환경적 피해를 최소화하는 한편 최단 시간 내에 원래의 기능 회복 및 사후관리 할 수 있도록 하도록 체계·절차·기술로, 철도운영 및 안전, 철도환경, 철도시스템 유지관리 기술로 구분

  - 철도운영 및 안전 기술은 차량·시설물 여건을 고려하여 운영·유지보수의 계획·절차를 수립하고 운영·유지보수 현황 및 결과를 관리할 뿐만 아니라 사고 또는 재해 메커니즘을 규명하고, 피해를 저감시키거나 사고를 방지하기 위한 제반 체계 구현 기술

  - 철도환경 기술은 철도가 환경에 미치는 부하의 정량화 및 최소화를 위해 철도의 계획·건설·운영 단계에서 자원사용과 배분을 최적화하고 철도건설·운영으로 인한 환경오염을 복원하기 위해 요구되는 기술

  - 철도시스템 유지관리 기술은 철도교통시스템의 수명주기 비용 최소화 및 최적화와 경제성 및 안전성 향상을 위해 차량, 시설물, 운영시스템의 상태를 상시 모니터링하고 최적으로 유지관리하기 위한 기술

<표 II-14> 철도 분야 중분류 기술분야 정의 및 범위

철도차량	– 전용 궤도 위를 주행할 수 있는 차량의 설계, 설계, 제작, 시험평가, 유지관리를 위한 기술
철도시설	– 철도의 선로, 역시설 및 철도운영을 위한 건축물의 설계, 시공, 유지관리 관련 제반기술
철도운영 및 환경	– 차량·시설물 운영을 최적화 하고 운영 상의 이상 발생 시 경제적, 환경적 피해저감을 최소화하는 한편 최단 시간 내에 원래의 기능 회복 및 사후관리할 수 있도록 하기 위한 체계·절차·기술

*출처 : 2015 국토교통 R&D 동향조사(국토교통과학기술진흥원, 2015)

1.2 철도 기술개발 동향

■ 철도교통은 친환경 고효율 에너지, 대량수송이 가능한 효율적 교통수단 확대를 추구하는 전 세계적 교통정책 방향성에 부합하는 교통수단으로 중요성이 증대

- 철도교통은 온실가스 배출량이 적은 친환경 교통수단으로 각광
- 철도교통은 대량수송이 가능한 교통수단으로 도시화에 따른 지역간 이동, 글로벌화에 따른 인접 국가 간 이동 교통수단으로 활용성이 증대
  - 고밀도시화에 따라 도시 간 이동 및 대도시 내 대규모 승객 수송이 가능한 철도교통 보급이 확대될 것으로 전망
  - 유라시아 이니셔티브 등 글로벌화가 진전됨에 따라 국가 간 경제활동 교류는 더욱 활발해지며, 경제활동을 지원하는 기초 인프라로 효과적인 수송시스템 요구

※ 유라시아 이니셔티브와 함께 한국과 중국을 해저터널로 연결하는 철도사업이 검토

■ 철도교통기술은 속도향상, 에너지 소비절감을 목적으로 첨단 과학기술과 융복합기술 적용이 확대

- 철도교통의 속도향상 노력은 차륜-레일(Wheel-rail) 방식 기존 고속철도 차량, 자기부상 방식을 대상으로 진행 중
  - 기존 고속철도 차량의 시험노선에서의 최고속도는 프랑스 574km/h, 중국 487km/h, 일본 443km/h, 한국 421km/h로 파악
  - 자기부상 철도는 상하이 자기부상철도가 430km/h로 운영 중(전 세계에서 유일한 상업운영 사례, 독일 기술 도입)이며, 일본은 시험노선에서 603km/h의 기록 보유(2015년 4월)
- 승객과 화물의 이동에 필요한 에너지 소비를 최소화하기 위한 경량신소재의 철도차량 적용을 위한 연구 진행
  - 복합재 및 첨단 경량 신소재를 활용한 초경량 철도교통시스템이 개발되고 친환경 소재를 활용한 고효율 대용량 연료전지 기술이 개발되어 미래형 철도 등에 활용될 것으로 예측
  - `20년까지 철도에너지를 10%이상 절감시키고자 하는 ORISIS[45]등 추진하였으며, 그 결과로 최근 철도차량 에너지소비량 산정기준 마련

45) 랜섬웨어 변종 바이러스 방지

- 일본은 `00년부터 연료전지의 철도적용에 대한 지속적인 연구를 수행하여 `06년 고체분자형 100kW급 연료전지 시험차량을 개발한바 있으며, 중국은 `13년 1월 150kW급 수소연료전지 기관차 운행 성공

- 향후 철도분야에서도 수소 등 대체연료를 활용한 연료전지 시스템과 수소의 생산, 저장 공급할 수 있는 스테이션 기술이 개발될 것으로 예측

해외 철도시장에서 기술력에 기반 한 주요 선진국의 시장 장악이 공고한 가운데 중국이 새로운 강자로 대두되는 등 경쟁 심화

- 전세계 주요 철도차량, 궤도/노반, 전철/전력, 신호/통신분야 시장은 독일의 Siemens, 프랑스의 Alstom 등의 선진기업들 점유비중이 매우 높음

- 중국은 정부 주도로 대규모 철도 인프라를 구축하는 한편, 자국 기업의 기술력을 선진국 수준까지 제고하기 위한 정책을 적극적으로 추진

- 낮은 인건비와 자국 내 풍부한 철도건설 수요를 바탕으로 값싼 양질의 부품공급체계를 완성하여 국내 부품시장 점유율 지속 상승 중

해외철도 시장 진출확대를 위해 시장 수요에 적합한 기술개발 지속 추진 필요

- 국내에서는 독자적으로 고속철도 차량, 무가선 트램 등 핵심철도기술 개발과 해외진출 확대를 위한 정책적 지원을 지속적 추진

- 국내 철도산업의 해외진출 미흡원인으로 현지화 역량 및 최적화된 해외 수요 대응 역량 미흡이 가장 큰 원인으로 지적

2. 철도차량 및 부품 기술개발 동향

2.1 고속철도 기술개발 동향

■ **속도향상에 따른 궤도 부담 하중 최소화 및 에너지 소비량 감소를 위해 알루미늄 차체, 복합재료 적용 확대, 구성부품 단일화 등 차량 경량화 집중**

- **(일본)** 신간선 0계부터 100계까지 차량 경량화를 위해 알루미늄 차체를 적용[46]
- **(프랑스)** Alstom은 `07년 350km/h급 고속열차인 AGV 개발시 첨단소재를 적용하여 차량 경량화를 달성
  - AGV는 첨단소재인 탄소섬유 복합소재를 차체 단부의 관절부위에 적용하여 각 차량 당 700kg 경량화
  - 고장력강 및 고출력 경량 구동모터기술을 적용하여 대차중량 24.3% 경량화
  - 전장품의 고효율 및 고출력화를 통해 경량화를 달성하여 경쟁기종 대비 70톤 경량화 실현 및 15% 에너지 절감



*출처 : 2015 국토교통 R&D 동향조사(국토교통과학기술진흥원, 2015)

<그림 II-10> AGV에 적용된 최신 철도차량 경량화 기술

46) 경쟁력을 지지하는 기반재료 알루미늄 동향, 글로벌동향브리핑(2014.11.)

- **(독일)** Fraunhofer IFAM에서는 금속경량화를 위해서 알루미늄 foam과 이를 판재와 결합한 샌드위치 경량구조물을 개발하였고, Fraunhofer ICT에서는 고 탄성률, 내 충격성을 갖는 폴리우레탄 기반 샌드위치 복합재(polyurethane-based sandwich material) 개발[47)]
  - 새롭게 개발된 소재의 시연을 위해 객차 아래 디젤엔진 하우징(diesel engine housings, 트랙과 차량사이)을 대상으로 선정하였으며 기존 중량의 35%, 기존 제조비용 30% 감소를 목표로 설정
  - 샌드위치 복합재는 철로 주변의 자갈 혹은 돌에 의한 충격으로부터 엔진을 보호하고, 엔진으로부터 새어나온 오일의 외부유출방지, 화재방지 효과 보유
  - 디젤엔진 하우징(diesel engine housings)의 안정성을 위해 샌드위치 구조(sandwich construction)를 채택
- **(스페인)** 철도차량 제작사인 Talgo는 '12년 개발된 최고속도 380km/h급 고속열차 AVRIL에 복합소재를 사용하여 전체 중량의 약 15%, 에너지 소비량 31% 절감

<표 II-15> 스페인 Talgo사의 AVRIL차량의 에너지 저감

특성	S10Y-4	S10Z	XYZ	AVRL
차량길이(m)	200	200	200	200
중량 (톤)	425	425	422	295
좌석	499	499	509	545
에너지소모/km (kWh/km)	15.4	14.2	15.2	12.4
에너지소모/좌석/100km (kWh/s/100km)	3.1	2.8	3.0	2.3
수명주기동안 에너지 비용 (억 원)	177	165	176	153

*출처: 2015 국토교통 R&D 동향조사(국토교통과학기술진흥원, 2015)

- **(스위스)** ACS사는 철도차량용 복합재료 샌드위치 패널을 이용한 철도차량 Roof와 Front Cabin을 개발하여 양산화를 진행



*출처: 2015 국토교통 R&D 동향조사(국토교통과학기술진흥원, 2015)

<그림 II-11> 복합재료 샌드위치 패널을 이용한 철도차량 Roof 및 Front cabin (ACS 社)

47) Building lightweight trains (Science Daily, 2012.3.28.)

속도증가(300→350㎞/h), 수송능력 향상, 축중 경감 등을 고려하여 고효율 동력분산 기술 적용 확대

- 동력배치 방식별 차량 구매조달 비중은 동력분산식 차량이 80% 이상을 차지하며, '14년~'20년 도입계획에도 분산식 차량의 비중은 약 83% 수준을 차지할 것으로 전망
- **(일본)** 연약한 화산지형으로 구성된 지반조건과 역간 거리가 짧은 운영환경을 고려하여 동력분산식으로 운영

※ 차세대 고속철도시스템 실용화기반구축사업 기획보고서(국토교통과학기술진흥원, 2012.8)

- 동력분산식은 동력장치가 각 차륜으로 배분되어 동력집중식에 비해 량당 중량은 가벼운 이점 보유
- 동력분산식은 가속력이 우수하여 역간 거리가 짧은 운영환경에 유리
- 360km/h급 'FASTECH 360' 동력분산식 차량을 개발하여 시험에 활용

※ 반면, 프랑스는 국토의 약 70%가 평야이고, 정차역이 적어 장거리 수송에 적합하도록 최초 TGV를 동력집중식으로 개발

- **(프랑스)** 기존 TGV 시스템의 장점과 일본 신간선의 장점을 결합하여 동력분산식, 능동 현가장치, 와전류 제동 등을 채택한 360km/h급 차세대 'AGV' 동력분산식 차량 개발
- **(독일)** 동력집중식 모델인 ICE-1, ICE-2 이후 동력분산식 모델로 전환하여 차량 제작
  - 동력분산식으로 변경을 통해 선로의 구배 등 노선조건 및 유지보수성 향상과 축중 감소에 성공
- **(중국)** 동력분산식 고속열차를 개발하여 자국시장 공급 및 해외진출을 추진

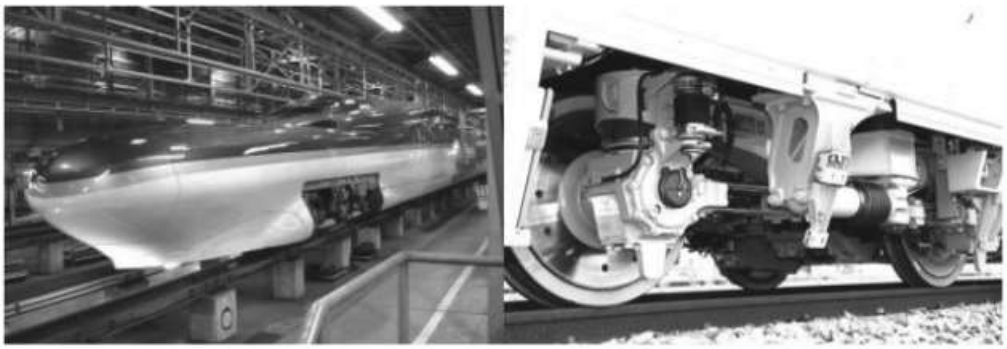
<표 II-16> 각국 주요 고속철도차량 제원

구분	AGV	CRH-3C	CRH-2C (380 허셰)	CRH-5A	Velaro D	AVRIL	500계
국가	프랑스	중국	중국	중국	독일	스페인	일본
영업년도(년)	2012	2008	2008	2007	2012	-	-
운행속도	360	350	300/350	250	350	380	300
시험속도	-	394.3	394.2	275	403.7	380	350.4
편성길이	253	200.67	201.4	211.5	-	200	404
동력방식	분산동력	분산동력	분산동력	분산동력	분산동력	분산동력	분산동력
축중	11.3	20.3	18.6	10.8/10.9	17	-	10.8

*출처 : 2015 국토교통 R&D 동향조사(국토교통과학기술진흥원, 2015)

■ **실내 환경 쾌적성 향상, 승차감 향상, 내부구조 및 인테리어 편의성 향상 등 승객만족도 향상을 위한 기술을 적용**

● **(일본)** FASTECH360S 시험차량을 통해 터널 미기압 저감, 대차커버/포장/판토그래프 등에서 발생하는 소음저감, 능동형 현가장치를 통한 고속주행 승차감 향상, 차체경사장치를 통한 곡선통과 시 승차감 향상기술 등 적용[48]



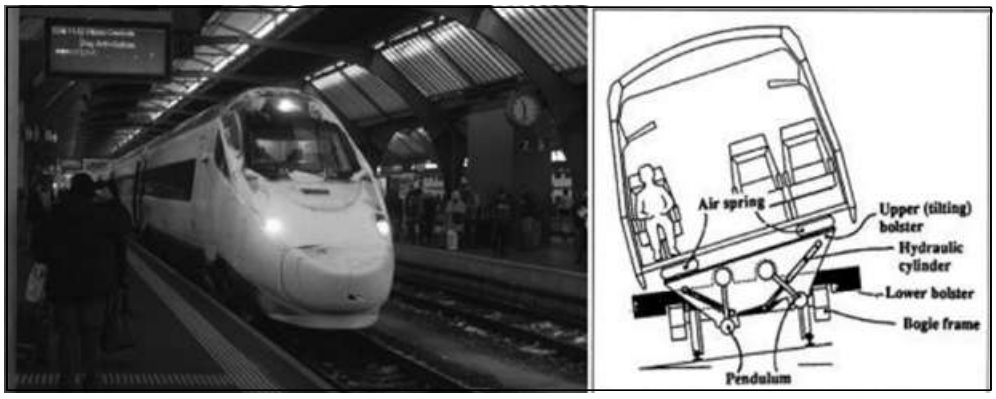
*출처: 2015 국토교통 R&D 동향조사(국토교통과학기술진흥원, 2015)

<그림 II-12> Fastech 360S 차량

2.2 일반철도 기술개발 동향

■ **기존 일반철도 노선의 열차 운영속도를 높이기 위해 틸팅 기술이 적용된 차량이 개발되었으며, 궤도선형이 불리한 국가 등에서 채택, 운영 중**

● **(이탈리아)** FIAT를 중심으로 추진된 컨소시엄은 틸팅기술이 접목된 펜돌리노 차량을 개발하여 자국 및 세계 각국으로 기술지원 및 차량수출[49]



*출처: 2015 국토교통 R&D 동향조사(국토교통과학기술진흥원, 2015)

<그림 II-13> 펜돌리노 차량인 ETR610 및 틸팅 기술

48) 해외고속철도 기술발전 동향 및 우리나라 발전방향 연구, 국토교통부, 2010.1
49) https://mirror.enha.kr/wiki/ICE%20T, (엔하위키 미러, 2015.1.)

- **(독일)** Siemens는 ICE-T를 개발하였으며, 독일과 오스트리아의 일반철도망에서의 고속화 운행을 시작

- **(일본)** 자국의 틸팅열차 TEMU2000을 대만에 수출하여 '14년부터 타이페이-타이둥 구간에서 운행을 시작[50]

- **(대만)** 철도국(TRA)은 신형 틸팅전동차인 푸요우마호(TEMU2000형)를 도입하여 노선 속도를 100km/h에서 130km/h로 향상

■ **기존 차량 대비 1.5배의 승객 수송이 가능한 복층열차는 유럽, 미국 주요 도시를 중심으로 통근용으로 운영되고 있으며, 기존시설물과의 간섭과 승객편의를 고려한 내부 구조 설계, 축중저감, 고속주행 및 에너지효율화 기술 등이 주요 이슈**

- **(캐나다)** Bombardier는 고효율 대차시스템과 승객의 편의성을 고려한 복층열차 내부 구조를 적용한 Twindexx차량 기술을 보유하고 있으며, 스위스, 덴마크, 폴란드, 독일, 룩셈부르크, 이스라엘 등에 납품하여 운영[51]

  - Bombardier의 Twindexx차량은 고효율 대차시스템을 적용하여 기존 차량보다 에너지 소비량을 50%가량 저감하였으며, 최고속도 230km/h까지 주행이 가능하도록 개발

  - Twindexx차량의 축중은 18.3t으로 KTX축중(17t)과 유사한 수준이며, Twindexx차량은 터널 내 압력으로 인해 발생하는 승객의 불쾌감을 최소화할 수 있도록 설계



*출처: 2015 국토교통 R&D 동향조사(국토교통과학기술진흥원, 2015)

〈그림 II-14〉 Bombardier의 Twindexx차량

50) http://www.railway.gov.tw/ko/index.aspx(타이완 철로국, 2015.3.26.)
51) http://www.bombardier.com/(Bombardier, 2015.)

2.3 도시철도 기술개발 동향

도시철도차량은 역간 거리가 짧아 주행장치 가속성능 향상 및 경량화 등을 통한 표정속도 향상 기술개발 중

- **(일본)** 한신철도는 도심내 완행열차 속도 향상을 위해 최고속도 개선 대신 가감속력 개선으로 속도향상을 도모

  - 한신 철도는 오사카(우메다)에서 고베(모토마치)까지 운행하며, 일본의 주요 민간 철도 회사 중 영업연장이 가장 짧고(50km, 1역당 평균 거리 1km 미만) 운행빈도가 높음

  - 5001형 전동차는 기동가속도 4.5km/h/s, 상용감속도 5.0km/h/s로 최고의 가감속 성능을 갖는 차량

- **(독일)** Siemens가 제작한 Combino-Supra는 현재 가장 긴 트램(6섹션, 53.99m)이며, 모터, 기어, 대차 등의 재구성을 통한 경량화로, 100~110km/h 속도까지 운행가능[52)]



*출처: 2015 국토교통 R&D 동향조사(국토교통과학기술진흥원, 2015)

〈그림 II-15〉 Siemens의 Combino-Supra

52) http://en.wikipedia.org/wiki/Avenio, (기준 2015.3)

도시철도 차량의 무인 운전을 위한 다양한 기술개발이 추진 중

- 도시철도 무인운전시스템은 전 세계 100여개 노선에서 운영 중[53)]
  - 무인운전 시스템은 철도사고의 주요 원인이 되는 기관사의 인적오류를 제거하여 안전성을 제고하는 시스템임

〈표 II-17〉 무인시스템 노선 설치 사례

국가	도시	노선
미국	마이에미/라스베가스	모노레일
	잭슨빌/디트로이트	LIM
일본	도쿄/나고야	유리카모메선/리니모선
스위스	로잔	Line M2
프랑스	파리	Line 1, 14
	파리/리용	Line 14/Line D
독일	뉘른베르크	Line U2, U3
스페인	바르셀로나	L9, L10, L11
대만	타이베이	Mucha Line(VAL)
중국	홍콩	DRL
싱가포르	싱가포르	North-East Line, Circle Line
UAE	두바이	Metro

*출처: 2015 국토교통 R&D 동향조사(국토교통과학기술진흥원, 2015)

일본, 프랑스 등에서 무가선 트램을 운영 중

- **(일본)** 가와사키 중공업은 하이브리드 저상트램을 개발(`08년)하였으며 에너지 활용율 제고 노력 중
  - 하이브리드 저상트램은 저상 배터리 구동 트램으로, 가선 지역에서 충전하고 무가선 지역에서 배터리가 구동되는 하이브리드 차량
  - SWIMO-X는 실제 노선 시험을 준비 하고 있는데, 기존 전력을 재이용하여 소비 전력량을 현재 대비 20% 절감 가능
- **(프랑스)** Alstom은 니켈수소 배터리를 사용하는 Citadis를 개발하여 무가선 구간을 일부 운행 중[54)]

53) http://www.shinbundang.co.kr/(신분당선- 무인운전 소개, 2015.4.6.)
54) http://www.therailengineer.com)(railengineer- Trams without wires, 2015.2.5.)



*출처: 2015 국토교통 R&D 동향조사(국토교통과학기술진흥원, 2015)

<그림 II-16> 가와사키 중공업의 SWIMO-X 와 Alstom의 Citadis

기술개발 동향 분석 결과

- 철도교통기술은 속도향상, 에너지 소비절감, 승객 편의성 향상을 목적으로 첨단 과학기술과 융복합기술 적용이 점차 확대되는 추세임

  - 철도차량의 속도증가(300→350㎞/h), 수송능력 향상, 축중 경감 등을 고려하여 고효율 동력분산 기술 적용이 확대

  - 속도향상에 따른 궤도 부담 하중 최소화 및 에너지 소비량 감소를 위해 알루미늄 차체, 복합재료 적용 확대, 구성부품 단일화 등 차량 경량화 집중

  ※ 일본, 프랑스 등에서는 에너지 효율성(소비전력량 현재대비 20% 절감 가능) 제고를 위한 하이브리드 철도차량(무가선 트램)을 일부 개발·운영 중

  - 실내 환경 쾌적성 향상, 승차감 향상, 내부구조 및 인테리어 편의성 향상 등 승객만족도 향상을 위한 기술개발이 확대 추진 중

- 국내 철도산업은 고속철도 차량, 무가선 트램 등 핵심철도기술 개발과 해외진출 확대를 위한 정책적 지원을 지속 추진해 오고 있으나 해외 진출 시 현지화 역량 및 최적화된 해외 수요 대응 역량이 미흡

  - 철도차량 선진국의 기술 트랜드를 고려, 시장 수요에 적합한 부품개발 등 해외철도 시장 진출 확대를 위한 지속적인 R&D 추진 필요

- Test-Bed를 추가 구축할 필요 없이 효율적 연구 수행 가능

철도차량 부품개발 사업

제3장 R&D 역량 분석

제1절 R&D 투자 및 관련 성과
제2절 철도차량부품 기술역량 분석
제3절 R&D 인프라 현황
제4절 이해관계자 의견 수렴
제5절 R&D 역량분석 시사점 종합

제3장 R&D 역량 분석

제1절 R&D 투자 및 관련 성과

국토교통 분야

● **(투자 현황)** 국토교통 R&D 예산은 최근 10년 동안 연평균 2.9%씩 확대되는 추세

- '18년 예산은 5,058억원(전년대비 6.8% 증가)으로 정부 R&D 예산(19.6조원)의 2.6%



*출처 : 2018년도 국토교통과학기술 연구개발사업 시행계획 (국토교통부, 2017.12.)

<그림 III-1> 연차별 정부 및 국토교통 R&D 투자 규모

- 중소·중견기업(33.4%), 출연(연)(25.4%), 대학(24.6%) 순으로 R&D를 수행 중이며, 개발(66.2%), 응용(20.0%) 분야를 중심으로 투자



*출처 : 2018년도 국토교통과학기술 연구개발사업 시행계획 (국토교통부, 2017.12.)

<그림 III-2> 연구주체 및 단계별 국토교통 R&D 투자 현황

● **(중점추진 방향)** 국토교통 R&D분야는 과학기술을 통한 국민생활 안전 확보 및 일자리 창출 기반 마련을 목표로 추진 중

- 3대 전략 방향(신성장 동력 창출, 경제성장 재도약, 쾌적·안전한 국토조성)하에 6대 추진전략(4차 산업혁명 선도, 서비스산업 육성, 지진예방 대응, 해외시장 진출, 중소기업 육성, 미세먼지 감축)으로 구성

- 본 사업은 4차 산업혁명 선도, 해외시장 진출, 중소기업 육성 측면에서 국토교통 R&D 추진 방향과 크게 부합함에 따라 철도차량부품 개발을 통한 국민생활 안전 확보 및 일자리 창출에 기여할 것으로 기대



*출처 : 2018년도 국토교통과학기술 연구개발사업 시행계획 (국토교통부, 2017.12.)

〈그림 Ⅲ-3〉 '18년 국토교통 R&D 중점추진 방향

● **(세부 추진계획)** 국토교통 R&D는 국토기술부문(건설관리, 물관리, 국토공간정보, 국가전략프로젝트 등), 교통기술부문(교통물류, 철도기술, 항공안전기술 등), 기반구축부문(기술촉진, 사업화지원, 지역특성화, 성과활용지원, 운영지원사업, 정책연구 등)으로 크게 구분되어 시행되고 있음

철도기술연구 분야

- **(투자 현황)** '18년 기준, 35개 과제의 연구개발 지원을 위해 867억원 투자 계획 수립하였으나 국토교통 타 기술부문 사업예산이 대부분 증가한 것에 반해, 철도기술연구 R&D 예산은 전년대비 130.26억원 축소된 실정

  - 철도 수송력 향상 기술(150억원), 철도 안전·편의 향상 기술(250억원), 철도 건설·운영비 절감 기술(287억원), 철도 소재·부품·장치 고도화 기술(173억원) 개발을 위한 R&D 비용 확보

- **(중점추진 방향)** 철도망 확대 및 노후화에 대응한 철도 운행 안전향상을 위한 사전모의 기술·피해예방 기술, 철도산업 경쟁력 강화를 위한 중소기업 중심의 부품·장치 개발 등 신규 추진

- **(세부 추진계획)** 기술 융복합을 통한 고정밀·자동화 검측시스템 및 안전관제시스템, 철도망의 효율적 건설·유지보수를 위한 최적설계·시공 기술 및 성과확산을 위한 실증연구 지속 지원

<표 III-1> 철도기술연구 분야 투자실적 및 계획

(단위 : 백만원)

구 분	'08~'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19~
철도기술연구사업	675,303	102,475	97,589	93,454	97,807	86,741	157,658
철도 수송력 향상 기술	492,049	50,688	29,514	21,533	17,693	15,700	32,420
철도 안전·편의 향상 기술	90,586	21,712	24,725	24,678	31,058	25,024	56,256
철도 건설·운영비 절감 기술	21,262	22,059	27,800	26,618	24,817	28,712	20,570
철도 소재·부품·장치 고도화 기술	71,406	8,016	15,550	20,625	24,239	17,305	48,412

철도 소재·부품·장치 고도화 기술 분야

- **(투자 현황)** 본 사업 영역(철도부품 R&D)에 해당하는 철도소재·부품·장치 고도화 기술 분야 R&D 예산은 2018년 기준 173.05억 원으로 설정

  - '18년 철도소재·부품·장치 고도화 기술 R&D 예산은 전년대비 69.34억 원이 축소되었으며, 국토교통 R&D 예산 중 3%의 비중만을 차지 하는 등 투자 규모가 미미한 실정

- **(중점추진 방향)** 유지보수 수요가 많은 핵심부품에 대한 국산화 및 표준화, 수요처 맞춤형 중소·중견기업 보유기술의 성능·신뢰성 검증 지원

  - **(고부가가치 철도핵심부품 기술)** 중소·중견기업 위주의 철도부품 산업 경쟁력 강화를 위한 고부가가치 부품의 국산화 및 부품의 표준화·모듈화 개발(종료 1개, 계속 1개, 신규 2개)

※ 기존 다품종·소량 생산 방식에서 탈피하여 부품간 호환성을 확보하고 모듈화하여 운영사의 유지보수성 및 부품 제조사의 생산성 개선

- **(실용화 문턱 지원)** 중소기업 보유기술의 시장진입 활성화 및 참여기관 다변화를 위해 신기술의 성능개선 및 검증 등을 지원하는 Bottom-up 방식 실용화 지원과제 추진 (계속 6개, 신규 3개)

<표 III-2> 관련 분야 R&D 투자동향

(단위 : 억 원, %)

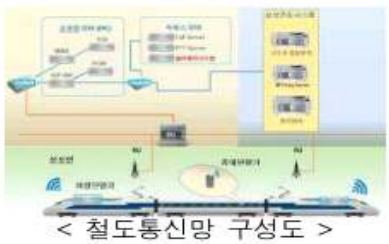
구분	2017(A)	2018(B)	'17년 대비(B-A)
정부 R&D 예산	194,615	196,681	2,066
국토교통 R&D 예산	4,738	5,058	320
철도기술연구 R&D 예산	997.67	867.41	△130.26
철도소재·부품·장치 고도화 기술 R&D 예산	**242.39**	**173.05**	**△69.34**
(국토교통 R&D/ 철도 부품 R&D) 비율(%)	5%	3%	△2%

- 정부 R&D 및 국토교통 R&D 예산은 지속적으로 증가하는 반면, 철도차량부품 관련 R&D 예산은 감소 추세

철도기술연구사업 주요성과

- 철도기술연구 사업 성과와 연계한 부품개발 추진 필요
  - 동력분산형 고속열차(EMU) 사업화에 따른 핵심부품 국산화 및 성능향상 필요
  - LTE 기반 철도통신시스템 및 열차제어시스템 사업화와 더불어 IoT 등 ICT 기술을 접목한 부품 개발 필요
  - 저상트램 해외 수출 계약 체결 관련 부품 국산화 R&D 추진 필요

<표 III-3> 철도기술연구사업 주요성과

주요성과	비고
① 차세대 동력분산형 고속열차(HEMU) 사업화 ○ 준고속선용 EMU-250 19편성(114량, 3,614억원) 및 고속선용 EMU-320 2편성(16량, 590억원) 납품계약 체결('16.6월 및 12월) ○ 대한민국 기술대상 국무총리상 수상('16.11	 < 차세대 동력분산형 고속열차 >
② 상하개폐식 승강장 안전문 사업화 ○ 오송차량기지 고속철도 건널목('15.3) 시범적용 ○ 프랑스 국영철도 SNCF 납품계약 체결(53억원, '17.10)	 < 상하개폐식 승강장 안전문 >
③ LTE 기반 철도통신시스템 및 열차제어시스템 사업화 ○ 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템신림선 도입 확정('15.9) ○ 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 한국철도표준규격(KRS) 채택('15.12) ○ LTE 기반 철도통신시스템(LTE-R) 부산1호선(190억원, '17.4) 및 원강선(400억원, '17년 말) 적용	 < 철도통신망 구성도 >
④ 도시형자기부상철도 실용화 ○ 세계 2번째 무인운전 도시형자기부상철도 개통('16.2) * '16.2.3 상업운행 후 일평균 약 2,700여명이 이용 중('16.2.3~'16.9.5 동안 약 58.3만명 이용) ○ 코스타리카 산호세(San José)주 통합교통시스템 개선사업 참여를 위한 MOU체결('17.10)	 < 도시형자기부상열차 >

주요성과	비고
⑤ 저상트램 해외 수출 ○ 터키 안탈리아(Antalya)시 발주 저상트램 차량(유가선방식) 18편성(90량, 386억원) 납품계약 체결('15.10)	 < 무가선 저상트램 >
⑥ 한국형 표준 고무차륜 경량전철(K-AGT) 사업화 ○ 부산 2호선 노포-북정 구간 18량 도입 확정 (약 250억원 규모, '15.3)	 < 한국형 경량전철 K-AGT >
⑦ 고속철도용 전차선 사업화 ○ 400km/h급 전차선 시스템 한국철도시설공단 납품('15.4) * 브래킷, 장력조정장치, 균압드로퍼 등 약 55억원 규모	 < 400km/h급 전차선 시스템 >
⑧ 고속철도용 방음벽 및 흡음블럭 실용화 ○ 대한민국 발명특허대전 금상 수상('16.11) ○ 호남고속선 소음 취약구간 시범적용('17.11)	 < 고속철도용 방음벽 및 흡음블럭 >
⑨ 도시철도용 차축베어링 실용화 ○ 현차시험을 통한 신뢰성 검증 완료('16.10) ○ 초도품 납품 계약 체결('17.11) * 기존 NSK社 대비 약 40% 저렴	 < 도시철도용 차축베어링 >
⑩ 철도차량 시험규격 정비 및 기술기준 마련 ○ 차량·궤도·환경분야 철도용품 인증을 위한 시험규격 및 인증체계 표준 채택 * 「철도차량형식승인·제작자승인·완성검사시행지침」 개정('15.9) * 「철도차량 기술기준」 개정('16.3, '17.3)	 < 국토부 고시 제2017-138호 >

제2절 철도차량부품 기술역량 분석

1. 기술수준 분석

국가전략 연관 기술수준

- 철도차량부품 개발과 관련된 연관기술의 기술수준을 검토하기 위하여 매 2년 주기로 평가되는 「120개 국가전략 기술수준평가」[55]를 활용하여 분석

  - 120개 국가전략기술(10대 기술분야) 중 철도차량부품 개발 방향성과 부합하는 핵심기술 8개를 선정

  - 주요 5개국(한국, 중국, 일본, EU, 미국)간의 기술수준 및 기술격차 비교

※ 해당 평가는 10대 분야(①전자·정보·통신, ②의료, ③바이오, ④기계·제조·공정, ⑤에너지·자원·극한기술, ⑥항공·우주, ⑦환경·지구·해양, ⑧나노·소재, ⑨건설·교통, ⑩재난·재해·안전) 120개 핵심기술로 구성

<120개 국가전략 기술수준평가>

○ 국가전략기술*은 과학기술기본계획** 수립 시 필요한 중점과학기술 목록을 제시하고 과학기술 기획 및 정책 수립을 위한 기초자료로 활용

* 향후 5년간 투자 방향, 생태계 조성, 인프라 구축, 인력 양성, 제도 개선 등 모든 과학기술 정책의 근간이 될 수 있는 기술 목록 제공

** 우리나라 과학기술혁신정책의 비전, 목표, 방향 등을 제시하는 중장기 발전전략, 각 부처 과학기술 관련 정책의 수립·추진방향을 제시하는 최상의 계획

○ 「120개 국가전략 기술수준평가*」에서는 국가 과학기술 전반에 대한 내용을 포함하고 있어 철도차량부품 개발기술과는 직접적인 연관성이 낮을 수 있으나,

* 10대 분야(①전자·정보·통신, ②의료, ③바이오, ④기계·제조·공정, ⑤에너지·자원·극한기술, ⑥항공·우주, ⑦환경·지구·해양, ⑧나노·소재, ⑨건설·교통, ⑩재난·재해·안전) 120개 핵심기술로 구성

☞ 본 기획에서는 메가트렌드 분석, 대내외 환경분석 등을 통해 **에너지 효율성 제고, 친환경, 경량화, 내구성 향상, 고부가가치 부품 개발** 등의 부품개발 트렌드를 도출 하였으며, 120대 국가전략기술과의 연관성을 검토

55) 2016년 기술수준평가, KISTEP, 2017

○ 본 사업은 철도차량 부품을 개발하는 응용·개발연구 분야에 해당되나 타 산업분야 핵심기술과의 연계를 통해서도 추진이 가능한 바, 철도차량 부품 트렌드에 부합하는 타 분야 기술까지 확장하여 연계성을 검토

☞ 따라서, 본 사업과 관련성이 높은 국가전략기술 8개 분야의 주요 국가별 기술수준 및 기술격차 분석을 통해 국내외 철도차량 부품기술의 간접적 기술역량을 확인

〈 국가전략기술 내 철도차량부품 개발 관련 국내 기술수준 〉

(단위: %)

철도차량 부품개발 트렌드		국가전략 기술 분야	연관성	관련기술	기초연구 수준	응용·개발 연구	기술수준 (평균)
에너지 효율성 향상	≫	에너지·자원·극한기술	○	55. 스마트그리드 기술	88.2	92	**90.1**
			○	56. 환경친화형 고성능 전력수송기술	85.2	91	**88.1**
			○	57. 고효율 전지기술	79.6	87.9	**83.8**
			△	72. 차세대 가속기기술	67.5	68.8	**68.2**
			○	74. 기계적 에너지 저장기술	75	75.2	**75.1**
친환경	≫	환경·지구·해양	○	91. 온실가스 감축 통합관리기술	76	77	**76.5**
경량화, 내구성 향상	≫	나노·소재	○	95. 첨단 소재기술 (나노구조 제어 무기·탄소소재)	79.4	80.8	**80.1**
고부가가치 부품 개발	≫	건설·교통	◎	106. 첨단철도기술	77.5	78.5	**78**
평균					**78.70**	**81.81**	**80.27**

※ 연관성 : ◎(매우높음), ○(높음), △(보통)

- **(에너지·자원·극한기술)** 21개 기술 가운데 5개 기술이 철도차량부품 개발 분야와 연관성이 높음
  - '스마트그리드 기술','환경친화형 고성능 전력수송기술','고효율 전지기술','차세대 가속기 기술', '기계적 에너지 저장기술'은 에너지 효율성 제고를 위한 부품개발 사업과 연관이 있음
- **(환경·지구·해양)** 11개 기술 가운데 1개 기술이 철도차량부품 개발 분야와 연관성이 있음
  - '온실가스 감축 통합관리기술'은 친환경 부품 개발 분야와 유사성이 높음
- **(나노·소재)** 5개 기술 가운데 1개 기술이 철도차량부품 개발 분야와 연관성이 있음
  - '첨단 소재기술'은 경량화, 내구성 향상 등 신소재 접목을 통한 철도차량부품 개발 분야와 연관성이 높음
- **(건설·교통)** 16개 기술 가운데 1개 기술이 철도차량부품 개발 분야와 연관성이 있음

- '첨단철도기술'은 본 사업의 목적인 고부가가치 철도차량부품 개발을 위한 필수적인 기술로서 높음

〈표 III-4〉 철도차량부품 개발 연관기술 및 분야

분야	연관성	기술	부품개발방향성
에너지·자원·극한 기술	높음	55. 스마트그리드 기술	에너지 효율성 제고
	높음	56. 환경친화형 고성능 전력수송기술	
	높음	57. 고효율 전지기술	
	보통	72. 차세대 가속기기술	
	높음	74. 기계적 에너지 저장기술	
환경·지구·해양	높음	91. 온실가스 감축 통합관리기술	친환경
나노·소재	높음	95. 첨단 소재기술(나노구조제어 무기·탄소소재)	경량화,내구성 향상
건설·교통	높음	106. 첨단철도기술	고부가가치 부품 개발

- **(국가별)** 철도차량부품 개발 사업과 관련성이 높은 국가전략기술 8개의 주요 국가별 기술수준 및 기술격차 평균을 통해 국내외 기술수준을 비교 분석함

  - 8개의 국가전략기술 중 대부분 미국에서 최고 기술수준을 보유하고 있어 총괄 최고 기술수준을 미국으로 설정하였으나 「기계적 에너지 저장기술」, 「첨단철도기술」 분야의 경우 최고 기술수준 보유국은 EU인 것으로 나타남

  - 2016년 기준 철도차량부품 연관기술 관련 최고 기술수준 보유국은 미국으로 100%, EU는 95.3%, 일본은 95.2%, 한국은 80.0%, 중국은 73.0%로 분석

  - 또한, 최고 기술수준 보유국 미국을 중심으로 EU와는 0.8년, 일본과 0.9년, 한국과 3.9년, 중국과는 5년의 기술격차가 발생하고 있음

- 철도차량부품 개발 관련 국내 8개 연관기술은 기술수준 및 기술격차 모두 미국, EU, 일본의 뒤를 쫓고 있으며 중국을 앞서나가고 있는 것으로 분석



*출처 :2016년 기술수준평가, KISTEP, 2017

〈그림 III-4〉 국내외 철도차량부품 연관 기술수준 비교

● **(연구단계별)** 철도차량부품 개발사업과 연관성이 있는 국가전략기술 8개를 기반으로 기초연구 수준과 응용·개발연구 수준으로 나누어 기술수준을 분석

- 국내 기초연구 수준은 67.5~88.2%, 응용·개발연구 수준은 68.8~92%에 분포
- 기초연구 수준이 높은 기술은 '스마트그리드 기술'(88.2%) 및 '환경친화형 고성능 전력수송기술'(85.2%)이며 상대적으로 낮은 기술은 '차세대 가속기 기술(67.5%)로 분석
- 해당 분야별 기술들 모두 응용·개발연구 수준이 기초연구 수준보다 높은 것으로 분석

<표 III-5> 철도차량부품 개발 관련 국가전략기술의 국내 기술수준

(단위: %)

분야	기술	기술수준	기초연구 수준	응용·개발 연구
에너지·자원·극한기술	55. 스마트그리드 기술	90.1	88.2	92
	56. 환경친화형 고성능 전력수송기술	88.1	85.2	91
	57. 고효율 전지기술	83.8	79.6	87.9
	72. 차세대 가속기기술	68.2	67.5	68.8
	74. 기계적 에너지 저장기술	75.1	75	75.2
환경·지구·해양	91. 온실가스 감축 통합관리기술	76.5	76	77
나노·소재	95. 첨단 소재기술(나노구조제어 무기·탄소소재)	80.1	79.4	80.8
건설·교통	106. 첨단철도기술	78	77.5	78.5
평균		80.27	78.70	81.81

● **(연구주체별)** 철도차량부품 개발 관련 국가전략기술 국내 기술수준 평균은 연구계가 80.3%로 가장 높고, 중소기업이 70.3%로 가장 낮은 것으로 분석

- 대기업은 '고효율 전지기술'(86.3%)에서 국내 최고의 기술수준을 보유
- 중소기업은 타 주체에 비해 모든 기술분야에서 기술수준이 낮은 것으로 분석
- 연구계는'스마트그리드 기술','고효율 전지기술'을 제외한 모든 기술분야에서 타 주체들보다 월등히 높은 기술수준을 보유하고 있음
- 학계의 경우 '스마트그리드 기술'에 대한 기술수준이 높음

〈표 III-6〉 철도차량부품 개발 관련 국가전략기술의 연구주체별 기술수준

(단위: %)

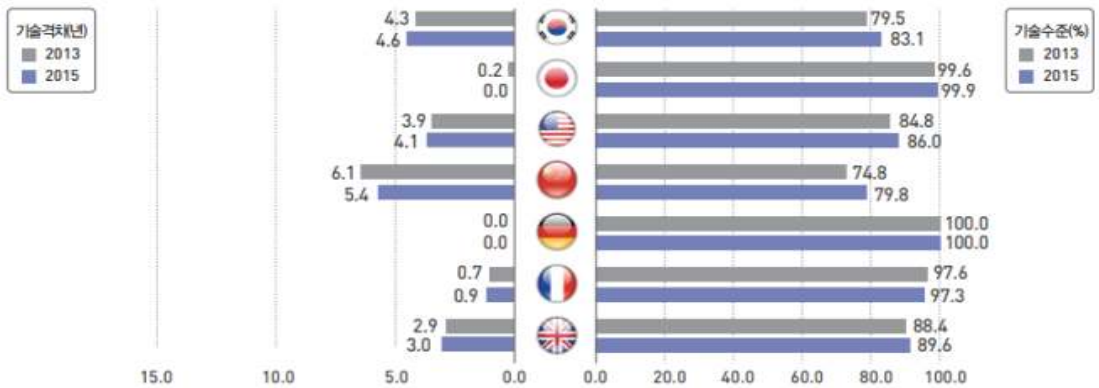
분야	기술	대기업	중소기업	연구계	학계
에너지·자원·극한기술	55. 스마트그리드 기술	87.0	83.2	87.8	88.3
	56. 환경친화형 고성능 전력수송기술	85.0	75.4	85.8	85.2
	57. 고효율 전지기술	86.3	74.0	82.4	80.0
	72. 차세대 가속기기술	60.3	64.9	71.3	68.5
	74. 기계적 에너지 저장기술	71.0	63.5	78.5	66.7
환경·지구·해양	91. 온실가스 감축 통합관리기술	69.0	59.0	76.8	76.8
나노·소재	95. 첨단 소재기술(나노구조제어 무기·탄소소재)	78.4	71.1	79.9	79.6
건설·교통	106. 첨단철도기술	75.2	71.3	77.8	73.0
평균		76.71	70.30	80.36	77.87

철도교통분야 기술수준

- 2015년 철도교통분야 기술수준을 살펴보면, 한국의 기술수준(기술격차, 순위)은 최고기술 보유국(독일) 대비 83.1% (4.8년, 6위) 수준임
  - 철도교통분야 기술수준 분석은 철도차량, 철도시설, 철도운영 및 환경 분야 평균치로 분석
  - 한국의 기술수준은 '13년 동 조사 대비 3.6% 향상되었으나 기술격차는 0.3년으로 확대됨

※ 한국의 경우 '13년 기술격차 4.3년에서 '15년 4.6년으로 확대

  - 일본의 경우, 최고기술 보유국(독일) 대비 기술수준 및 기술격차가 99.9%와 0년으로 대등한 수준인 것으로 분석됨



*출처 :2015년 국토교통 기술수준조사보고서, 국토교통과학기술진흥원

〈그림 III-5〉 '15년 철도교통 분야 기술수준 비교

<산업기술수준조사>

○ 한국 산업기술의 현 발전수준을 진단하여 국가 기술확보 전략 설정시 근거자료로 활용되는 「산업기술수준조사*」 내용

* 산업기술개발사업 과제 기획을 위한 산업기술의 수요·수준 및 전망에 관한 조사

** 산촉법 시행규칙(제10조) 및 산업기술혁신사업 공통운영요령(제17조)에 의거하여 '11년부터 2년마다 추진

○ 「산업기술수준조사」에서는 온라인 설문조사 및 기술분야별 전문가 델파이 조사기법을 활용하여 총 26개 산업기술* 분야(소분류 407개 기술)에 대한 기술수준을 분석

* 산업기술 분야는 **신산업(4개), 시스템산업(9개), 소재부품산업(10개), 4차산업(3개)**로 구성

** 기술수준조사 분석대상 **국가는 미국, 유럽, 일본, 중국, 한국** 포함

< 산업기술수준조사 분석대상 >

구분	신산업	시스템산업	소재부품산업	4차산업
분석 대상	바이오의약	첨단기계	시스템반도체	IoT(사물인터넷)
	나노융합	첨단장비	반도체공정/장비	빅데이터
	지식서비스	메티칼디바이스	디스플레이	AI(인공지능)
	디자인	로봇	금속재료	
		그린카	화학공정	
		스마트카	세라믹	
		조선해양	섬유의류	
		엔지니어링	뿌리기술	
		스마트전자	산업융합	
			임베디드SW	
	4개	**9개**	**10개**	**3개**

○ **(조사내용)** 상대적 기술수준, 국가 간 기술격차, 최고기술 보유국, 기술별 중요도(중요도, 시급성, 파급효과), 기술수준 제공방안 등을 제

○ **(국가간)** 기술수준은 미국(100) > 유럽(96.2) > 일본(96.0) > 한국(83.8) > 중국(74.9)순이며, `15년 이후 비슷한 수준을 유지

- 미국은 전체 26개 기술분야 중 17개 분야에서 최고기술 보유
- 미국(100) 대비 한국의 기술수준 추이는 `13년(83.9) → `15년(84.0) → `17년(83.8)으로 국가별 기술 수준의 큰 변동은 없음
- 최고기술국(미국)과의 기술격차는 유럽(0.3년) < 일본(0.4년) < 한국(1.5년) < 중국(2.3년)순이며, 미국과 한국의 기술격차 추이는 `13년(1.4년) → `15년(1.5년) → `17년(1.5년)으로 비슷한 수준

〈 국가별 최고 기술수준 보유 분야 〉

구분	미국	일본	유럽
국가별 최고 기술수준 보유 분야	스마트카, 바이오의약, 지식서비스, 나노융합, 시스템반도체, 반도체공정/장비, 금속재료, 산업융합, 임베디드SW, 첨단기계, 메디칼디바이스, 엔지니어링, 스마트전자, 섬유의류, IOT(사물인터넷), 빅데이터, 인공지능	그린카, 디스플레이, 화학공정, 세라믹, 뿌리기술, 지능형로봇	디자인, 첨단장비, 섬유의류, 조선해양
	17개	6개	4개

○ 산업 기술분야 26개 분류에 대한 국가별 기술수준 및 기술격차 현황

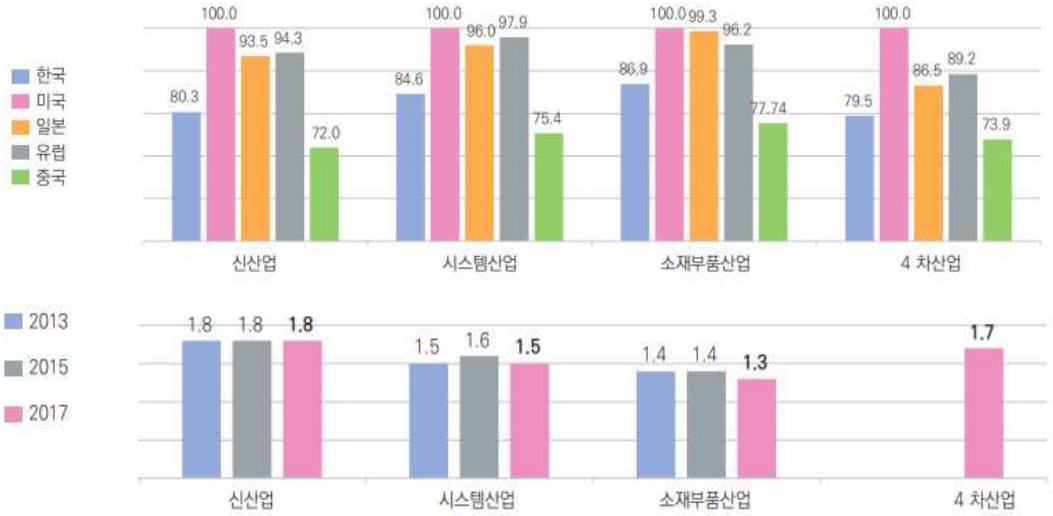
구분	기술분야 (대분류명)	응답 (개)	기술수준 (%)					격차기간 (년)				
			한국	미국	일본	유럽	중국	한국	미국	일본	유럽	중국
	평 균	24,831	83.1	100.0	94.3	95.0	74.8	1.6	0.0	0.5	0.4	2.3
1	바이오의약	992	77.4	100.0	88.1	90.8	70.4	2.2	0.0	1.1	0.9	3.0
2	나노융합	1,280	81.4	100.0	95.5	92.5	73.7	1.7	0.0	0.3	0.6	2.3
3	지식서비스	1,804	80.4	100.0	93.3	95.3	71.5	1.8	0.0	0.7	0.5	2.4
4	엔지니어링	765	80.3	100.0	92.5	95.6	71.1	2.2	0.0	0.8	0.4	3.0
5	디자인	910	84.8	99.9	95.4	100.0	71.7	1.4	0.1	0.4	0.0	2.6
6	뿌리기술	789	85.4	94.3	100.0	97.9	76.1	1.6	0.6	0.0	0.2	2.6
7	금속재료	690	80.2	100.0	96.8	97.2	77.0	2.1	0.0	0.3	0.3	2.5
8	화학공정	997	86.4	98.7	100.0	95.7	76.4	1.6	0.0	0.0	0.3	2.4
9	세라믹	660	83.9	96.7	100.0	94.2	77.4	1.6	0.3	0.0	0.6	2.3
10	섬유의류	893	85.7	100.0	99.8	100.0	76.2	1.3	0.0	0.0	0.0	2.2
11	시스템반도체	413	80.8	100.0	89.6	91.0	74.2	1.8	0.0	0.8	0.7	2.4
12	반도체공정/장비	451	90.4	100.0	97.1	89.8	75.1	1.0	0.0	0.2	0.8	2.2
13	디스플레이	630	96.4	93.6	100.0	87.9	81.0	0.4	0.4	0.0	1.0	1.7
14	산업융합	1,783	81.5	100.0	91.5	93.0	72.8	1.6	0.0	0.7	0.5	2.4
15	임베디드SW	686	76.6	100.0	86.5	88.6	72.6	1.8	0.0	1.0	0.9	2.2
16	스마트카	971	82.1	100.0	93.9	98.3	72.6	1.5	0.0	0.5	0.1	2.4
17	그린카	615	90.0	97.6	100.0	98.9	78.4	1.1	0.1	0.0	0.1	1.9
18	조선해양	529	82.3	91.2	91.1	100.0	70.1	1.7	0.9	0.9	0.0	2.8
19	첨단기계	686	82.5	100.0	96.8	97.5	73.5	1.8	0.0	0.3	0.2	2.6
20	첨단장비	1,341	84.6	99.7	99.9	100.0	75.6	1.7	0.0	0.1	0.0	2.5
21	메디칼디바이스	807	78.4	100.0	89.5	94.2	70.5	2.1	0.0	1.1	0.7	2.9
22	지능형로봇	549	85.0	98.9	100.0	96.3	76.3	1.3	0.0	0.0	0.2	2.0
23	스마트전자	1,067	83.5	100.0	93.9	94.2	78.4	0.9	0.0	0.4	0.5	1.5
24	IoT(사물인터넷)	2,435	82.9	100.0	88.8	91.0	75.7	1.4	0.0	0.8	0.7	2.0
25	빅데이터	1,056	78.2	100.0	84.7	87.6	72.8	1.7	0.0	1.1	1.0	2.2
26	AI(인공지능)	1,032	75.8	100.0	84.8	87.8	72.2	2.2	0.0	1.4	1.1	2.4

*출처 : 2017 산업기술수준조사, 한국산업기술평가관리원(2018.02)

○ (산업 부문별) 기술수준 및 기술격차 또한 `15년 이후 비슷한 수준을 유지

- 신산업(80.3, 1.8년), 시스템산업(84.6, 1.5년), 소재부품산업(86.9, 1.3년), 4차산업(79.5, 1.7년) 수준

〈 산업별 상대 기술수준 및 기술격차 〉



○ 산업부문별 기술수준 및 기술격차 상세현황

구분	기술분야 (대분류명)	응답 (개)	기술수준 (%)					격차기간 (년)				
			한국	미국	일본	유럽	중국	한국	미국	일본	유럽	중국
신산업	**평 균**	**4,986**	**80.3**	**100.0**	**93.5**	**94.3**	**72.0**	**1.8**	**0.0**	**0.6**	**0.5**	**2.5**
	바이오의약	992	77.4	100.0	88.1	90.8	70.4	2.2	0.0	1.1	0.9	3.0
	지식서비스	1,804	80.4	100.0	93.3	95.3	71.5	1.8	0.0	0.7	0.5	2.4
	나노융합	1,280	81.4	100.0	95.5	92.5	73.7	1.7	0.0	0.3	0.6	2.3
	디자인	910	**84.8**	99.9	95.4	100.0	71.7	1.4	0.1	0.4	0.0	2.6
시스템 산업	**평 균**	**7,330**	**84.6**	**100.0**	**96.0**	**97.9**	**75.4**	**1.5**	**0.0**	**0.4**	**0.2**	**2.3**
	첨단기계	686	82.5	100.0	96.8	97.5	73.5	1.8	0.0	0.3	0.2	2.6
	첨단장비	1,341	84.6	99.7	99.9	100.0	75.6	1.7	0.0	0.1	0.0	2.5
	메디칼디바이스	807	**78.4**	100.0	89.5	94.2	70.5	2.1	0.0	1.1	0.7	2.9
	지능형로봇	549	85.0	98.9	100.0	96.3	76.3	1.3	0.0	0.0	0.2	2.0
	스마트카	971	82.1	100.0	93.9	98.3	72.6	1.5	0.0	0.5	0.1	2.4
	그린카	615	**90.0**	97.6	100.0	98.9	78.4	1.1	0.1	0.0	0.1	1.9
	조선해양	529	82.3	91.2	91.1	100.0	70.1	1.7	0.9	0.9	0.0	2.8
	엔지니어링	765	80.3	100.0	92.5	95.6	71.1	2.2	0.0	0.8	0.4	3.0
	스마트전자	1,067	83.5	100.0	93.9	94.2	78.4	0.9	0.0	0.4	0.5	1.5
소재 부품 산업	**평 균**	**7,992**	**86.9**	**100.0**	**99.3**	**96.2**	**77.7**	**1.3**	**0.0**	**0.1**	**0.3**	**2.1**
	시스템반도체	413	80.8	100.0	89.6	91.0	74.2	1.8	0.0	0.8	0.7	2.4
	반도체공정/장비	451	90.4	100.0	97.1	89.8	75.1	1.0	0.0	0.2	0.8	2.2
	디스플레이	630	**96.4**	93.6	100.0	87.9	81.0	0.4	0.4	0.0	1.0	1.7
	금속재료	690	80.2	100.0	96.8	97.2	77.0	2.1	0.0	0.3	0.3	2.5
	화학공정	997	86.4	98.7	100.0	95.7	76.4	1.6	0.0	0.0	0.3	2.4
	세라믹	660	83.9	96.7	100.0	94.2	77.4	1.6	0.3	0.0	0.6	2.3
	섬유의류	893	85.7	100.0	99.8	100.0	76.2	1.3	0.0	0.0	0.0	2.2
	뿌리기술	789	85.4	94.3	100.0	97.9	76.1	1.6	0.6	0.0	0.2	2.6
	산업융합	1,783	81.5	100.0	91.5	93.0	72.8	1.6	0.0	0.7	0.5	2.4
	임베디드SW	686	**76.6**	100.0	86.5	88.6	72.6	1.8	0.0	1.0	0.9	2.2
4차 산업	**평 균**	**4,523**	**79.5**	**100.0**	**86.5**	**89.2**	**73.9**	1.7	0.0	**1.1**	**0.9**	**2.2**
	IoT(사물인터넷)	2,435	**82.9**	100.0	88.8	91.0	75.7	1.4	0.0	0.8	0.7	2.0
	빅데이터(Bigdata)	1,056	78.2	100.0	84.7	87.6	72.8	1.7	0.0	1.1	1.0	2.2
	AI(인공지능)	1,032	**75.8**	100.0	84.8	87.8	72.2	2.2	0.0	1.4	1.1	2.4

※ 4대 산업내 한국의 기술수준이 높은 분야, 낮은 분야

*출처 : 2017 산업기술수준조사, 한국산업기술평가관리원(2018.02)

○ (한국의 위기) 한국은 기술수준 1위인 기술분야가 지속적 감소하고 있으며 일본과의 기술수준 차이는 확대, 중국과의 차이는 감소되는 경향

* 407개 소분류 중 한국 1위 분야 개수 : '13년(20개) → '15년(13개) → '17년(6개)
**(일본-한국) '13년(11.0) →'17년(12.2) / (한국-중국) '13년(12.5) →'17년(8.9)로 감소

〈 연도별 한국의 상대적 기술수준 〉

구분	상대 기술수준				
	일본	<차이>	한국	<차이>	중국
2013년	94.9	11	83.9	12.5	71.4
2015년	96.8	12.8	84.0	9.5	74.5
2017년	96.0	12.2	83.8	8.9	74.9

○ (철도 관련 산업) 총 4개 산업분류 중 철도 관련 분야는 시스템산업 및 소재부품산업이 해당

〈 철도 관련 산업 〉

산업분류	대분류	철도부품 연관성
신산업(4개)	바이오의약	-
	나노융합	-
	지식서비스	-
	디자인	-
시스템산업(9개)	첨단기계	◎
	첨단장비	◎
	메티칼디바이스	-
	로봇	-
	그린카	○
	스마트카	○
	조선해양	△
	엔지니어링	◎
	스마트전자	○
소재부품산업(10개)	시스템반도체	△
	반도체공정/정비	-
	디스플레이	-
	금속재료	◎
	화학공정	△
	세라믹	◎
	섬유의류	-
	뿌리기술	△
	산업융합	◎
	임베디드SW	◎
4차산업(3개)	IoT(사물인터넷)	○
	빅데이터	○
	AI(인공지능)	△

※ 연관성 : ◎(매우높음), ○(높음), △(보통), -(없음)

○ 시스템산업 내 철도차량 부품과 연관된 산업의 기술수준 및 격차는 첨단장비(84.6, 1.7년), 첨단기계(82.5, 1.8년), 엔지니어링(80.3, 2.2년)순으로 산업평균(84.6, 1.5년)보다 다소 하회하는 것으로 분석

○ 소재부품산업 내 철도차량 부품과 연관된 산업의 기술수준 및 격차는 세라믹(83.9, 1.6년), 산업융합(81.5, 1.6년), 금속재료(80.2, 2.1년), 임베디드SW(76.6, 1.8년)순으로 모두 산업평균(86.9, 1.3년)보다 하회하는 것으로 분석

< 철도부품 연관산업의 기술수준 및 기술격차 현황 >

산업분류	대분류	기술수준					기술격차				
		한국	미국	일본	유럽	중국	한국	미국	일본	유럽	중국
시스템산업	그린카	90	97.6	100	98.9	78.4	1.1	0.1	0	0.1	1.9
	지능형로봇	85	98.9	100	96.3	76.3	1.3	0	0	0.2	2
	첨단장비	84.6	99.7	99.9	100	75.6	1.7	0	0.1	0	2.5
	스마트전자	83.5	100	93.9	94.2	78.4	0.9	0	0.4	0.5	1.5
	첨단기계	82.5	100	96.8	97.5	73.5	1.8	0	0.3	0.2	2.6
	조선해양	82.3	91.2	91.1	100	70.1	1.7	0.9	0.9	0	2.8
	스마트카	82.1	100	93.9	98.3	72.6	1.5	0	0.5	0.1	2.4
	엔지니어링	80.3	100	92.5	95.6	71.1	2.2	0	0.8	0.4	3
	메디칼디바이스	78.4	100	89.5	94.2	70.5	2.1	0	1.1	0.7	2.9
	평균	**84.6**	**100**	**96.0**	**97.9**	**75.4**	**1.5**	**0.0**	**0.4**	**0.2**	**2.3**
소재 부품산업	디스플레이	96.4	93.6	100	87.9	81	0.4	0.4	0	1	1.7
	반도체공정/장비	90.4	100	97.1	89.8	75.1	1	0	0.2	0.8	2.2
	화학공정	86.4	98.7	100	95.7	76.4	1.6	0	0	0.3	2.4
	섬유의류	85.7	100	99.8	100	76.2	1.3	0	0	0	2.2
	뿌리기술	85.4	94.3	100	97.9	76.1	1.6	0.6	0	0.2	2.6
	세라믹	83.9	96.7	100	94.2	77.4	1.6	0.3	0	0.6	2.3
	산업융합	81.5	100	91.5	93	72.8	1.6	0	0.7	0.5	2.4
	시스템반도체	80.8	100	89.6	91	74.2	1.8	0	0.8	0.7	2.4
	금속재료	80.2	100	96.8	97.2	77	2.1	0	0.3	0.3	2.5
	임베디드SW	76.6	100	86.5	88.6	72.6	1.8	0	1	0.9	2.2
	평균	**86.9**	**100**	**99.3**	**96.2**	**77.7**	**1.3**	**0**	**0.1**	**0.3**	**2.1**

*출처 : 2017 산업기술수준조사, 한국산업기술평가관리원(2018.02)

☞ 철도차량산업과 유사한 시스템산업 및 소재부품산업은 여전히 미국, 유럽, 일본 등과 기술수준 및 격차가 있으며, 중국과의 격차는 축소 추세로 국내 기술수준 향상 요구

○ (기술격차 해소방안) 산업기술수준조사에서는 분야별 전문가를 대상으로 기술격차 해소방안에 대한 설문조사*를 시행하였으며, 이에 대한 결과를 수렴하여 철도차량 부품개발 사업 추진 시 반영

* R&D 투자재원 확대(1순위), 산업/시장 활성화(2순위), 산학연 공동연구 강화(3순위)순으로 조사

☞ 철도차량 부품산업 경쟁력 향상을 위해서는 R&D 투자재원의 지속적인 확대와 산업/시장 활성화, 산학연 공동연구 강화 전략을 통한 R&D사업 추진 필요

〈 기술격차 해소를 위한 설문응답 결과 〉



*출처 : 2017 산업기술수준조사, 한국산업기술평가관리원(2018.02)

철도차량별 기술수준

- '15년 철도차량분야의 최고기술 보유국은 독일이며, 한국은 최고기술 보유국 대비 81.6%의 기술수준을 갖추고 있음
  - 독일은 Siemens를 필두로 우수한 고속철도차량기술 보유하고 있으며 도시철도차량 분야를 제외하고 전 차종에서 최고기술력을 보유
- **(고속철도)** 최고기술 보유국(독일) 대비 국내 기술수준은 83.2%이며 기술격차는 4.5년이 발생하고 있음
  - 속도향상에 따른 궤도 부담하중 경감 및 에너지 소비량 감소를 위해 알루미늄 차체, 복합재료 적용확대, 구성부품 단일화 등 차량 경량화가 이루어지고 있는 추세임
  - 속도향상, 수송능력 향상, 축중 경감 등을 고려한 동력분산 기술 등 주요 기술 적용이 확대되고 있음
  - 국내는 최고 430km/h 운행이 가능한 동력분산식 차량을 개발하였으며, 실용화 및 안정화에 주안점을 두고 실용화 기술개발에 매진중
  - 기 개발되고 있는 고속철도 차량기술의 사업화뿐만 아니라 기술선도를 위한 고속화 기초원천 분야에 대한 연구가 필수적
- **(도시철도)** 최고기술 보유국(독일) 대비 국내 기술수준은 86.2%, 기술격차는 3.7년 발생

- 선진국에서는 역간 거리가 짧은 도시철도의 성능향상을 위해 가속성능향상, 경량화 등을 추구하고 있으며, 무인운전기술과 배터리를 이용한 무가선 트램 개발 중

- 국내에서는 바이모달트램 기술개발사업을 통해 무인운전, 정밀주행, 친환경에너지로 주행되는 차량이 개발되었으며, 인천 청라지구 등에 적용을 앞두고 있음

- 향후 광역도시간 대용량의 2층 광역급행철도의 보급이 예상됨에 따라 2층 도시철도 전동차 국산화, 사업화 연구 및 응용개발, 산학연 공동연구를 통한 신품개발 필요

● **(일반철도)** 최고기술 보유국(독일) 대비 국내 기술수준은 83.4%, 기술격차는 4.7년 발생

- 해외에서는 수송효율성 향상 및 일반선에서 고속주행을 목적으로 Double Deck차량과 틸팅차량 운용 중

- 국내에서도 Double Deck차량과 틸팅차량 기술이 개발완료 되었으며, Double Deck의 경우 경춘선에서 운용 중이나 틸팅차량의 경우 인프라의 직선화가 이루어지면서 국내에서 수요처를 찾기 어려운 상황

- 일반철도 차량은 관련 기술을 확보하고 있으므로 사업화 연계개발이 우선적으로 필요하며, 사업화 외에도 응용개발이나 산학연 공동연구를 통해 신품 개발 및 국산화가 필요

● **(자기부상철도)** 최고기술 보유국(일본) 대비 국내 기술수준은 72.7%, 7.6년의 기술격차가 발생하고 있어 철도차량 중 가장 낮은 단계의 기술력 보유

- 독일에서 초고속 자기부상열차를 개발하여 중국에 적용하였으나 이후 초고속 자기부상 철도차량 건설은 이루어지고 있지 않으며, 일본에서는 초고속 자기부상열차 기술개발에 집중하여'20년대에 상용노선 구축을 목표로 하고 있음

- 항공기보다 빠른 신개념의 진공튜브 자기부상열차에 대한 개념이 발표되고 연구에 착수 중

- 초고속 자기부상 철도분야의 독자적인 기술확보를 위해 기초원천기술과 원천기술 검증을 위한 연구장비 및 인프라분야에 대한 지속적 투자가 필수적임

● **(기술발전 단계)** 최고기술 보유국의 기술 발전단계는 대부분 성숙기와 안정기 사이에 위치하고 있으며 국내의 철도기술은 성장기와 성숙기 사이에 위치

- 자기부상, 신호/통신, 철도환경 분야에서는 상대적으로 취약

- 첨단플랫폼(자기부상, 하이퍼튜브 등)과 신호/통신 분야에서 기술격차 큼



*출처 :2015년 국토교통 기술수준조사보고서, 국토교통과학기술진흥원

<그림 III-6> '15년 철도교통 분야 기술발전단계

<2015년 국토교통 기술수준조사보고서>

○ (목적) KAIA에서는 국토교통분야 기술수준 및 경쟁력 분석을 통해 향후 R&D의 전략적 방향을 모색하고 기술정책 수립, 신규과제 발굴에 기여하기 위한 목적으로 기술수준조사를 시행

○ (대상) 한국을 포함한 주요선진·경쟁국(6개국)의 국토교통분야 9개 대분류, 32개 중분류, 113개 소분류에 대한 기술수준 및 경쟁력을 분석내용을 포함

- 조사는 기술수준 측정지표, 전략적 중요도지표, 기술수명주기, 기술격차 해소방안에 대한 9개 세부지표에 대해 수행

< 국토교통 기술분류체계 상 본 R&D 사업 관련 기술 >

대분류	중분류	소분류
A. 건축	· 사람, 물품, 설비를 안전하고 효율적으로 수용하기 위한 건축물에 관련된 기술로서 주거 및 단지조성기술, 첨단/융복합 건축물 기술, 초대형/특수건축물 기술, 건축물 성능향상 기술을 포함	
	A1. 주거 및 단지 건축	A11. 주거건축/ A12. 단지건축
	A2. 첨단/융복합건축	A21. 녹색건축/ A22. ICT 융복합건축
	A3. 초대형/특수건축	A31. 초고층(복합건축)/ A32. 대공간 건축/ A33. 특수환경 건축/ A34. 전동건축
	A4. 건축물 성능향상	A41. 건축물 리모델링/ A42. 건출물구조/안전/보안/성능 A43. 건축물 유지관리/ A44. 건축물 설계/시공성능/ A46. 건축 재료성능

대분류	중분류	소분류
B. 도시	· 도시를 구성하는 물리적 공간요소와 이를 계획 및 관리하는 기술로 도시인프라 구축·관리 및 운영, 도시재생, 공간정보 기술을 포함	
	B1. 도시 인프라 구축관리 및 운영	B11. 도시 인프라 의사결정지원/ B2. 도시 재난·재해 대응/ B13. ICT 융복합 도시구축 및 관리
	B2. 도시재생	B21. 도시공개공지 및 녹지조성/ B22. 커뮤니티기반 도시재생
	B3. 공간정보	B31. 3차원 도시공간정보/ B32. 지리정보체계/원격탐사
C. 시설물	· 교량, 터널, 사면, 항만 등 사회기반시설을 경제적·안정적으로 설계·시공하고 유지관리를 통해 성능을 유지시키기 위한 제반기술을 포함	
	C1. 교량	C11. 강구조 및 합성구조 교량/ C12. 콘크리트 구조 및 콘크리트 교량/ C13. 신소재 복합재료 구조교 및 특수교량
	C2. 터널 및 지하공간	C21. 육상터널/ C22. 해저/침매터널/ C23. 부유식 터널/ C24. 대심도 터널/ C25. 지하대공간
	C3. 사면/지반조사/기초	C31. 사면보호/보강/유지관리/ C32. 지반조사/개량/ C33. 육상 및 해상기초/흙막이 구조물 및 지하벽체
	C4. 항만 및 해양구조물	C41. 해양준설/매립/ C42. 항만 및 해안구조물/ C43. 수중구조물/ C44. 인공섬
	C5. 특수구조물	C51. 고압, 극저온 구조물/ C52. 방호구조물(방탄/방폭)/ C53. 우주구조물
D. 플랜트	· 발전소나 정유공장과 같이 기계와 장치를 설치하여 생산자가 목적으로 하는 원료 또는 중간재, 최종 제품을 제조할 수 있는 생산설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술	
	D1. 발전플랜트	D11. 화력발전/ D12. 원자력발전/ D13. 핵융합발전/ D14. 수력발전
	D2. 자원개발플랜트	D21. 석탄가스화/ D22. 오일샌스셰일가스추출/ D23. 심해저자원개발/ D24. 자원이송/스테이션/ D25. 가스플랜트
	D3. 신재생에너지 플랜트	D31. 풍력발전/ D32. 해양에너지/ D33. 바이오가스화/ D34. 태양광/태양열발전/ D35. 지열발전/ D36. 수소생산/인프라
	D4. 담수처리 및 환경플랜트	D41. 해양담수화/ D42. 폐기물처리/ D43. 수처리/ D44. 대기오염방지 및 CCS
E. 수자원	· 물과 관련하여 인간이 활용할 수 있는 용수를 공급하고, 빈발하는 홍수에 대응하며 삶의 질 향상에 따라 사회적으로 요구되는 친환경적 하천복원기술	
	E1. 용수이용	E11. 지표수/ E12. 지하수/ E13. 수처리/ E14. 상하구도 관망/ E15. 우수 및 용수재이용
	E2. 하천	E21. 하천 및 수리시설/ E22. 생태하천/ E23. 통합수자원관리/ E24. 수자원 모니터링
	E3. 수재해	E31. 통합홍수관리/ E32. 홍수예측 및 대응/ E33. 가뭄예측 및 대응
F. 도로교통	· 도로를 이용하는 여객이나 화물의 이동을 위한 기술로서 자동차, 도로 및 교통시설, 교통계획 및 운영, 교통안전 및 환경기술을 포함	
	F1. 자동차	F11. 자동차 안전 향상/ F12. 친환경 자동차/ F13. IT융합 자동차
	F2. 도로 및 교통시설	F21. 도로설계 및 구조/ F22. 도로포장/ F23. 도로시공 및 유지관리/ F24. 도로교통 안전시설
	F3. 교통계획 및 운영	F31. 교통계획 및 평가/ F32. 교통 운영 및 정보관리/ F33. 대중교통 및 연계환승 체계
	F4. 교통안전 및 환경	F41. 교통안전/ F42. 교통약자 편의/ F43. 교통환경
G. 철도교통	· 전용용지에 토공, 교량, 터널 등으로 구성되는 노반을 조성한 후에 궤도를 부설하고	

대분류	중분류	소분류
	그 위를 기계적, 전기적 또는 기타 동력으로 차량을 운행하여 일시에 대량의 여객과 화물을 수송하기 위한 차량/시설물/운영기술	
	G1. 철도차량	G11. 일반철도차량/ G21. 고속철도차량/ G13. 자기부상철도차량/ G14. 도시철도차량
	G2. 철도시설	G21. 철도노반/ G22. 철도궤도/ G23. 철도교량/터널/역사 /G24. 전철/전력/ G25. 신호/통신
	G3. 철도운영 및 환경	G31. 철도운영 및 안전/ G32. 철도환경/ G33. 철도시스템 유지관리
H. 항공교통	· 항공기를 통해 이루어지는 수송교통을 의미하며 항공교통기술은 항공교통시스템을 구성하는 요소기술로 항공기기술, 항행기술, 항공안전기술, 공항기술을 포함	
	H1. 항공기	H11. 비행기 제작·인증/ H12. 무인 항공기 제작·인증 H13. 회전익 항공기 제작·인증/ H14. 항공기정비/개조
	H2. 항행(CNS/ATM)	H21. 통신/항법/감시/ H22. 교통관리
	H3. 항공안전	H31. 사고예방 및 피해저감/ H32. 운항안전
	H4. 공항	H41. 공항시설 및 운영/ H42. 공항보안 및 안전
I. 물류	· 수송시스템의 고효율화 및 단절없는 물류교통체계구축을 위한 기술로 운송, 운송지원시스템 기술을 포함	
	I1. 운송	I11. 육상운송/ I12. 수상운송/ I13. 항공운송/ I14. 복합운송
	I2. 운송지원시스템	I21. 보관/ I22. 하역/ I23. 포장/ I24. 물류정보

*출처 : 2015 국토교통 기술수준조사 보고서(국토교통과학기술진흥원, 2015.12)

○ (도출배경) 고속철도의 경우, 속도향상에 따른 부담하중 경감 및 에너지 소비량 감소를 위해 신소재(알루미늄 차체, 복합재료 등) 적용 확대가 필요하며, 구성부품의 단일화 등 차량 경량화가 요구

- 속도향상, 수송능력 향상, 축중 경감 등을 고려하여 고효율 동력분산 기술 적용 확대 필요

〈 차종별 기술수준 도출배경 〉

소분류	도출배경
일반철도 차량	◦ 해외에서는 수송효율성 향상 및 일반선에서 고속주행을 목적으로 Double Deck차량과 틸팅차량이 운용중 ◦ 국내에서도 Double Deck차량과 틸팅차량 기술이 개발완료되었으며, Double Deck의 경우 경춘선에서 운용 중이나, 틸팅차량의 경우 인프라의 직선화가 이루어지면서, 국내에서 수요처를 찾기 어려운 상황
고속철도 차량	◦ 속도향상에 따른 궤도 부담하중 경감 및 에너지 소비량 감소를 위해 알루미늄 차체, 복합재료 적용확대, 구성부품 단일화 등 차량 경량화가 이루어지고 있음 ◦ 속도향상, 수송능력 향상, 축중 경감 등을 고려하여 고효율 동력분산 기술 적용이 확대 ◦ 과거 과시적인 속도경쟁이 이루어졌으나, 역간격, 에너지 소모량 등에서 350Km/h가 최적 속도로 보고 에너지 저감 및 승차감 향상에 초점을 두고 기술개발 ◦ 국내는 최고 430Km/h 운행이 가능한 동력분산차량을 개발하였으며, 실용화 및 안정화에 주안점을 두고 실용화 기술개발
자기부상 철도차량	◦ 독일에서 초고속 자기부상열차를 개발하여 중국에 적용하였으나 이후 초고속 자기부상철도차량 건설은 이루어지고 있지 않으며, 일본에서는 초고속 자기부상열차 기술개발에 집중하여 '20년대에 상용노선 구축을 목표 ◦ 항공기보다 빠른 신개념의 진공튜브 자기부상열차에 대한 개념이 발표되고 연구에 착수 중 ◦ 국내에서는 중저속 도심지 자기부상열차를 개발하여 인천 영종도에서 상용노선 운행 예정
도시철도 차량	◦ 선진국에서는 역간 거리가 짧은 도시철도의 성능향상을 위해 가속성능향상, 경량화 등을 추구하고 있으며, 무인운전기술과 배터리를 이용한 무가선 트램개발 중 ◦ 국내에서는 바이모달트램 기술개발사업을 통해 무인운전, 정밀주행, 친환경에너지로 주행되는 차량이 개발되었으며, 인천 청라지구 등에 적용을 앞두고 있음

○ (기술수준) 기획보고서 내 차량별 기술수준 분석 내용 제시

〈 철도차량 기술수준 및 경쟁력 현황 〉



*출처 : 2015 국토교통 기술수준조사 보고서(국토교통과학기술진흥원, 2015.12)

○ (기술격차 해소방안) 철도차량 관련 기술 경쟁력 향상을 위해서는 사업화 연계개발, 응용기술개발, 산학연 공동연구를 통한 신품 개발 및 국산화가 필요

〈 차종별 기술격차 해소방안 〉

철도차량	일반철도 차량	- 일반철도 차량은 관련 기술을 확보하고 있으므로 사업화 연계개발이 우선적으로 필요하며, 사업화 외에도 응용개발이나 산학연 공동연구를 통해 신품 개발 및 국산화가 필요
	고속철도 차량	- 향후 실제 사업화 시점과 연계된 개발이 필요하고, HSR350, HEMU430x등 기존 고속철도 차량 기술개발을 통해 습득한 지식을 토대로한 응용개발 연구 추진이 필요 - 고속철도 차량은 선로, 환경 등의 안전이 우선되어야 하므로 최종 성능확인, 시험규격, 표준화 규격 관련연구가 필요 - 고속선 선로용량 증대를 위한 2층고속열차와 20년 뒤 초고속 신선 개통후 현고속선을 운행할 고속화물열차의 고속철도 차량개발이 필요 - 기 개발되고 있는 고속철도 차량기술의 사업화 뿐만아니라 기술선도를 위한 고속화 기초원천 분야에 대한 연구가 필수적
	자기부상 철도차량	- 국내 도시형 자기부상 철도차량 기술은 실용화 단계에 있으나, 독일, 일본 등의 500km/h이상 초고속 자기부상 철도차량 기술수준은 초기단계로 기초원천 연구부터 수행하되, 수십km이상의 시험선이 필요하므로 20년 뒤 현재 고속선을 대체할 초고속 신선계획과 연계된 사업화개발이 필요하며, 이와 관련된 연구장비 및 인프라 개발이 동반되어야 함 - 초고속 자기부상 철도분야의 독자적인 기술확보를 위해 기초원천기술과 원천기술 검증을 위한 연구장비 및 인프라분야에 대한 투자가 필수적 - 도시형 자기부상 철도의 경우 사업화 연계개발이 필요
	도시철도 차량	- 사업화 연구 및 응용개발, 산학연 공동연구를 통해 신품개발이 필요 - 향후 광역도시간 대용량의 2층 광역급행 철도의 보급이 예상되며, 도시철도 전동차 국산화, K-AGT 연구등을 통해 습득한 지식을 토대로한 응용개발 연구 및 도입시기 등 사업화 시점과 연계된 개발, 이를 지원하기 위한 정책 및 제도연구가 필요

☞ 「국토교통 기술수준분석」은 국토교통 전 분야에 대한 과학기술 수준조사를 수행함에 따라 철도부품산업과 관련된 세부적인 기술수준을 파악하기는 어려우나, 철도차량 기술수준에 대한 객관적 정보에 근거한 투자전략 수집을 통해 R&D 추진 시 당위성 확보가 가능할 것으로 사료

철도차량 부품별 기술수준

- 국토교통부 연구성과에 해당하는 「430km/h급 고속열차(HEMU-430X) 실용화 기술개발」(철도연, '12.11~'15.12) 과제 내 「고속철도 기술수준 분석연구(2015)」 결과를 활용하여 철도차량 부품별 기술격차 및 기술성숙도를 분석

- 철도차량 시스템을 구성하는 세부 부품 중 차량연결기(49.8%), 현가장치(64.2%), 윤축(65.3%)의 기술수준은 국내평균(75.7%)에 비해 매우 낮은 실정으로 기술추격 전략을 통한 부품 기술력 확보가 시급한 품목군임

  - 해당 부품들의 기술격차는 7.4년으로 전체 부품 기술격차 4.6년을 크게 상회하고 있음

- 차내공조 및 견인전동기(83.5%), 차량 진단제어 시스템(80.6%), 대차프레임(80.0%) 관련 기술은 세계수준에 근접함에 따라 향후 기술선도 전략을 통한 부품 개발을 통해 해외진출이 가능할 것으로 기대

  - 해당 부품들의 기술격차는 4년으로 전체 부품 기술격차 4.6년 보다 낮아 응용·개발 기술 확보가 요구되는 품목군임

〈표 III-7〉 철도차량 부품별 기술격차

철도차량	상세기술	최고기술국 대비(%)	기술격차(년)
차량 대차/차체 기술	대차/차체 해석 및 설계기술	79.6	4.5
	차량 전두부 기술	78.6	3.6
	대차/차체 소재기술	79.0	5.1
	대차/차체 압출 및 금형기술	75.6	4.8
	대차프레임 기술	80.0	4.4
	현가장치 기술	64.2	7.4
	윤축기술	65.3	8.2
	차량 연결기 기술	49.8	6.7
제동기술	제동해석 및 설계기술	78.1	3.7
	기초제동장치 기술	76.4	4.9
	공기제동 기술	81.5	3.4
	전기제동 기술	76.9	3.8
추진제어기술	동력전달장치 기술	77.2	4.5
	견인전동기 기술	83.5	3.4
	주전력 변환장치 기술	75.2	4.0
	변압기 기술	73.4	4.2
급전기술	판토그래프 기술	73.8	4.7
	주회로차단기 기술	75.2	5.3
	보조전원공급 기술	79.9	3.2
차내설비기술	차내공조 기술	83.5	3.4
	의장기술	75.1	3.7
	운전지원시스템 기술	71.9	4.9
차량제어 및 신호기술	차량 진단제어 시스템 기술	80.6	4.1
	차상 신호시스템 기술	77.2	5.0

철도차량	상세기술	최고기술국 대비(%)	기술격차(년)
차량시스템 엔지니어링	차량시스템 설계 및 요구사항 관리기술	74.6	5.5
	차량 인터페이스 및 통합기술	76.2	5.0
	차량 기능분석 및 성능관리기술	76.2	4.6
	차량 시험평가기술	82.2	3.1
	차량시스템 기술·일정·비용 관리기술	74.1	3.9

*출처: 고속철도 기술수준 분석연구, 한국철도기술연구원, 2015

- 국내외 차량기술 분야 기술성숙도의 경우 해외는 TRL 8 단계 수준이나 국내는 시작품 제작 및 일부 성능평가가 수행되는 5~6단계 수준에 머무르고 있음

  - 해외는 TRL 8단계인 사업화 이전 단계로 시제품 제작 및 표준화 수행 등에 주력하고 있음

  - 국내 철도차량부품은 기술추격 전략을 통한 R&D 사업 추진을 통해 시제품 제작 시 신뢰성 확보는 물론 신기술의 검증/인증/표준화 체계 마련 등이 수반되어 함



*출처: 고속철도 기술수준 분석연구, 한국철도기술연구원, 2015

〈그림 III-7〉 국내외 차량기술 분야 기술성숙도 단계

<고속철도 기술수준 분석연구(2015)>

○ 기획보고서 내 「고속철도 기술수준 분석연구(2015)*」 결과를 활용하여 철도차량 부품 관련 기술격차 및 기술성숙도를 분석을 시행한바 있음

* 국토교통부 R&D 과제인 「430km/h급 고속열차(HEMU-430X) 실용화 기술개발」(철도연, '12.11~'15.12)의 연구성과

○ 철도차량 시스템을 구성하는 세부 부품 중 차량연결기(49.8%), 현가장치(64.2%), 윤축(65.3%)의 기술수준은 국내평균(75.7%)에 비해 매우 낮은 실정으로 기술추격 전략을 통한 부품 기술력 확보가 시급한 품목군임

- 해당 부품들의 기술격차는 7.4년으로 전체 부품 기술격차 4.6년을 크게 상회하고 있음

○ 차내공조 및 견인전동기(83.5%), 차량 진단제어 시스템(80.6%), 대차프레임(80.0%) 관련 기술은 세계수준에 근접함에 따라 향후 기술선도 전략을 통한 부품 개발 추진 필요

- 해당 부품들의 기술격차는 4년으로 전체 부품 기술격차 4.6년 보다 낮아 응용·개발 기술 확보가 요구되는 품목군임

〈 철도차량 부품 관련 기술수준 및 격차 〉

철도차량	상세기술	기술수준(%)	기술격차(년)
차량 대차/차체 기술	대차/차체 해석 및 설계기술	79.6	4.5
	차량 전두부 기술	78.6	3.6
	대차/차체 소재기술	79.0	5.1
	대차/차체 압출 및 금형기술	75.6	4.8
	대차프레임 기술	80.0	4.4
	현가장치 기술	64.2	7.4
	윤축기술	65.3	8.2
	차량 연결기 기술	49.8	6.7
제동기술	제동해석 및 설계기술	78.1	3.7
	기초제동장치 기술	76.4	4.9
	공기제동 기술	81.5	3.4
	전기제동 기술	76.9	3.8
추진제어기술	동력전달장치 기술	77.2	4.5
	견인전동기 기술	83.5	3.4
	주전력 변환장치 기술	75.2	4.0
	변압기 기술	73.4	4.2
급전기술	판토그래프 기술	73.8	4.7
	주회로차단기 기술	75.2	5.3
	보조전원공급 기술	79.9	3.2
차내설비기술	차내공조 기술	83.5	3.4
	의장기술	75.1	3.7
	운전지원시스템 기술	71.9	4.9
차량제어 및 신호기술	차량 진단제어 시스템 기술	80.6	4.1
	차상 신호시스템 기술	77.2	5.0
차량시스템 엔지니어링	차량시스템 설계 및 요구사항 관리기술	74.6	5.5
	차량 인터페이스 및 통합기술	76.2	5.0
	차량 기능분석 및 성능관리기술	76.2	4.6
	차량 시험평가기술	82.2	3.1
	차량시스템 기술·일정·비용 관리기술	74.1	3.9
평균		**75.7**	**4.6**

*출처: 고속철도 기술수준 분석연구, 한국철도기술연구원, 2015

2. 국산화율 분석

- 철도차량부품 국산화율은 전체 84.5% 수준으로 차량분야의 세부분야 부품 중 차량진단제어장치(TCMS), 차체, 차내장치, 차상신호 시스템, 차상안전장치, HVAC 부품의 국산화율은 90%를 상회하고 있으나, 연결기 시스템, 보조전원장치, 대차, 현가장치의 국산화율은 50% 미만인 수준

  - 현가장치 중 댐퍼류, 스프링의 고무류는 수입적용
  - 댐퍼(Vertical oil damper, Yaw damper)는 기술력 부족으로 수입적용
  - 대차장치 중 대차 베어링, 윤축, 도유기는 국내 기술부족으로 수입적용
  - 보조전원장치 중 축전기, 연결장치를 제외하고 국내 생산적용
  - 보조전력변환장치, 축전기 충전기에 사용되는 IGBT, capacitor, sensor 수입적용
  - 연결기 시스템 중 전두부연결기, 차량 간 연결기 수입적용



〈그림 III-8〉 철도차량 부품 국산화율

*출처 : 고속철도 기술수준 및 국산화율 분석보고서, KAIA, 2015

<표 III-8> 철도차량 부품 국산화 현황

구분	상세부품	국산화율	국산화현황
대차	대차프레임	100%	-
	대차베어링	0%	-
	대차/차체 연결장치 (Link arm, Center pivot)	66%	-
	윤축(차륜, 차축)	0%	· 윤축은 BONATRANS에서 수입
	도유기(고체 및 액체 도유기)	0%	· 곡선감지식 그리스타입 도유기
차체	동력차	100%	-
	부수차	100%	-
연결기 시스템	전두부연결기(열차간연결기)	0%	· 전두부연결기는 voith 수입
	차량간연결기	0%	· voith 수입
	벨로우즈	90%	· 벨로우즈 원자재인 실리콘은 전량수입
	엔드프레임		· 엔드프레임은 AL소재로 '12년 현차 설치 완료
	건널판	100%	-
	싸이드베리어	100%	· NEOPRENE RUBBER 소재
현가장치	스프링(CoilSpring,AirSpring)	80%	· 코일스프링은 국내 제작 · 에어스프링의 경우 고무류는 독일 (콘티테크)에서 수입
	댐퍼(Vertical oil damper, Yaw damper)	0%	· 댐퍼는 KONI에서 수입 · 과도한 하중과 30년 내구수명의 환경조건을 만족하는 국산화댐퍼는 없음 · 오리피스식 오일댐퍼
제동장치	제동제어장치	100%	-
	활주방지장치	100%	· 양산 시제품공급 및 활주방지 밸브 국산화 진행완료
	휠디스크	100%	· 휠디스크는 차세대 고속철도사업에서 국산화 개발 완료되어 (430km/h 안정화 사업과제)에서 현차시험을 통해 신뢰성 확보 및 안전성 검증 중임
	차축디스크	100%	-
	제동마찰재(브레이크제동패드)	0%	· 국내 기반기술 미비로 사업초기부터 수입적용 검토 · 국산화 개발완료되어 (430km/h 안정화 사업과제, HEMU 안정화 과제)에서 현차시험
	제동캘리퍼	100%	· 국산화 개발완료되어 430km/h 안정화 사업과제에서 현차시험
	주공기압축기	100%	
	보조공기압축기	100%	
	제동제어유닛(BCU)	100%	
차상 급전장치	판토그래프	0%	· 차세대 고속철도에 현차 적용
	주회로차단기	100%	· 동작 소음저감연구 필요 · 진동 및 충격에 의한 부품 보완 필요
	차량용피뢰기	0%	· ABB사에서 수입
HVAC	공기조화장치(객차,동력차)	92%	· 왕복동식압축기,Bristol · 횡형압축기 ,Hitachi, Copeland · 팽창밸브,Parker,Emerson

구분	상세부품	국산화율	국산화현황
			· Dual Pressure Switch, Alco, sagynomiya
	공기조화장치제어기(객차,동력차)	85%	· 철도차량 제어기의 IC 대부분 수입 의존
	공기조화장치히터(객차,동력차)	100%	–
	증발기팬용인버터(객차)	85%	· 철도차량 제어기의 IC 대부분 수입 의존
추진 시스템	견인전동기	90%	· 베어링, 속도센서 및 주요 절연자재는 대부분 수입
	주전력변환장치	100%	–
	동력전달장치	90%	· 동력전달축(커플링)수입 · 감속구동장치는 국산화 독자개발완료
	주변압기	43%	· 국제전기 국산화 연구
	계기용변압기	90%	· 고압부싱 (애자; Bushing)는 헝가리 제품 수입
	계기용변류기	100%	–
보조 전원장치	컨버터인버터일체형 AC전원장치 (보조전력변환장치)	53%	· IGBT, capacitor, sensor 등은 전량수입 · IGBT는 국내 대부분 산업에서 수입 (미쯔비시, ABB, 인피니언, 세미크론 등)
	전력저장장치(축전지)	0%	–
	컨버터컨버터일체형DC전원장치 (축전기충전기)	56%	· IGBT, capacitor, sensor 등은 전량수입
	연결장치(컨넥터,케이블)	0%	–
차내장치	내장재	100%	–
	출입문	80%	· 모터, 스위치, 단자대, 타이밍벨트는 수입
	객실유리	100%	–
	의자	100%	· 경량화 연구 필요
운전실 지원설비	운전실의자	100%	· 모듈화 설계기술 필요
	전면창	0%	· 수요, 기술력, 시험설비 구축 어려움
	열차무선(Train-Radio)	10%	· Radio 5종 (voice3종, data2종)은 기지국과의 호환성 문제로 국외업체 국내자사 납품(모토로라)
	방송, 표시기 통합시스템(Infortainment)	100%	–
	이벤트레코더	100%	–
	주간제어기	80%	· potentiometer, snap s/w는 국외에서 수입
	운전대패널	100%	–
차량진단 제어장치 (TCMS)	CCU	98%	· CPU 및 일부소자 외산
	VCU	98%	· CPU 및 일부소자 외산
	MMI	98%	· CPU 및 일부소자 외산
	GCU	98%	· CPU 및 일부소자 외산
	대차헌팅감지장치	100%	–
차상신호 시스템	차상ATP/ATC/ATS시스템	97%	· ATP 시스템의 경우 신뢰도, 사후지원 등의 문제로 일부 상용보드 (SBC, Single board computer) 수입 사용
	차상신호안테나	100%	–
	차상신호화면장치	100%	–
	인터페이스케이블	0%	· 인터페이스 케이블은 수입

**출처 : 고속철도 기술수준 및 국산화율 분석보고서, KAIA, 2015

주요 수입부품 분석

- 한국철도공사의 '15~'16년 유지보수용 수입현황 중 수입금액 비중이 높은 상위 20개 부품(모듈)의 수입금액 및 수입사유에 대한 분석을 실시하였으며, 본 사업 개발대상 부품과 매칭하여 제시함

<표 III-9> 2015년 수입품 상위 20개

순위	차종	품목명	수입액 (백만원)	수입사유	주요 수입국 (생산기업)	개발대상 부품
1	KTX	(패드)고속철도차량기초제동장치	3,088	고급기술 부족 (국내기술부족)	BECORIT(독) COFREN(이)	1-6 (제동디스크 및 패드)
2	KTX산천	(전두부해치)고속철도차량전두부장치	2,421	고급기술 부족 (국내기술부족)	BOITH(독)	1-4 (전두부해치)
3	KTX산천	(전두부해치)프런트모듈조립체	1,580	고급기술 부족 (국내기술부족)	BOITH(독)	1-4 (전두부해치)
4	KTX산천	(공조장치)고속철도객차공기조화제어장치	1,514	전략적 수입 (유지보수 주기 등)	MERAK(프)	1-8 (공조시스템)
5	KTX	(공조장치)고속철도객차공기조화제어장치	1,056	전략적 수입 (유지보수 주기 등)	MERAK(프)	1-8 (공조시스템)
6	KTX	(댐퍼)고속철도차량댐퍼장치	991	고급기술 부족 (국내기술부족)	DISPEN(프) KONI(체)	1-1 (댐퍼)
7	KTX	(냉각팬)고속철도차량견인전동기	840	전략적 수입 (유지보수 주기 등)	SNCF(프) SIEMENS(독)	1-5 (냉각팬)
8	KTX	(디스크)브레이크류	676	고급기술 부족 (국내기술부족)	POLY(프) IBRE(프)	1-6 (제동디스크 및 패드)
9	KTX	(공조장치)고속철도동력차공기조화장치	617	전략적 수입 (유지보수 주기 등)	MERAK(프)	1-8 (공조시스템)
10	KTX	(공기스프링)완충기	490	전략적 수입 (유지보수 주기 등)	CONTITECH(독) PAULSTRA(미)	1-2 (공기스프링)
11	KTX	(댐퍼)완충기	480	고급기술 부족 (국내기술부족)	DISPEN(프) KONI(체)	1-1 (댐퍼)
12	KTX	(공기스프링)고속철도객차공압현수장치	432	전략적 수입 (유지보수 주기 등)	CONTITECH(독) PAULSTRA(미)	1-2 (공기스프링)

순위	차종	품목명	수입액 (백만원)	수입사유	주요 수입국 (생산기업)	개발대상 부품
13	KTX	(냉각팬)고속철도차량주변압기냉각장치	350	전략적 수입 (유지보수 주기 등)	SNCF(프) SIEMENS(독)	1-5 (냉각팬)
14	KTX	(판토그래프)고속철도차량팬터그래프	338	고급기술 부족 (국내기술부족)	FAIVELEY(프) SCHUNK(오)	1-3 (판토그래프)
15	KTX	(패드)콜렉터패드	327	고급기술 부족 (국내기술부족)	BECORIT(독) COFREN(이)	1-6 (제동디스크 및 패드)
16	KTX산천	(제동디스크)고속철도동력차대차	311	고급기술 부족 (국내기술부족)	POLY(프) IBRE(프)	1-6 (제동디스크 및 패드)
17	KTX산천	(패드)고속철도패드	248	고급기술 부족 (국내기술부족)	BECORIT(독) COFREN(이)	1-6 (제동디스크 및 패드)
18	KTX산천	(판토그래프)고속철도차량팬터그래프	198	고급기술 부족 (국내기술부족)	FAIVELEY(프) SCHUNK(오)	1-3 (판토그래프)
19	KTX	(공조장치)고속철도차량공기조화냉각장치	126	전략적 수입 (유지보수 주기 등)	MERAK(프)	1-8 (공조시스템)
20	KTX산천	(냉각팬)장비냉각팬	97	전략적 수입 (유지보수 주기 등)	SNCF(프) SIEMENS(독)	1-5 (냉각팬)

*한국철도공사 내부 부품관리명 기준

〈표 III-10〉 2016년 수입품 상위 20개

순위	차종	품목명	수입액 (백만원)	수입사유	주요 수입국 (생산기업)	개발대상 부품
1	KTX	(패드)고속철도차량기초제동장치	2,224	고급기술 부족 (국내기술부족)	BECORIT(독) COFREN(이)	1-6 (제동디스크 및 패드)
2	KTX	(댐퍼)고속철도차량댐퍼장치	1,986	고급기술 부족 (국내기술부족)	DISPEN(프) KONI(체)	1-1 (댐퍼)
3	KTX	(공조장치)고속철도객차공기조화제어장치	1,913	전략적 수입 (유지보수 주기 등)	MERAK(프)	1-8 (공조시스템)
4	KTX	(제동디스크)고속철도객차대차	1,858	고급기술 부족 (국내기술부족)	POLY(프) IBRE(프)	1-6 (제동디스크 및 패드)
5	KTX	(판토그래프)고속철도차량팬터그래프	1,439	고급기술 부족 (국내기술부족)	FAIVELEY(프) SCHUNK(오)	1-3 (판토그래프)

순위	차종	품목명	수입액 (백만원)	수입사유	주요 수입국 (생산기업)	개발대상 부품
6	KTX산천	(댐퍼)고속철도동력차연결장치	1,179	고급기술 부족 (국내기술부족)	DISPEN(프) KONI(체)	1-1 (댐퍼)
7	KTX	(주회로차단기)고속철도차량지붕전원장치	997	전략적 수입 (유지보수 주기 등)	SECHERON(이)	1-7 (주회로차단기)
8	KTX	(공조장치)고속철도동력차공기조화장치	845	전략적 수입 (유지보수 주기 등)	MERAK(프)	1-8 (공조시스템)
9	KTX산천	(전두부해치)고속철도차량전두부장치	607	고급기술 부족 (국내기술부족)	BOITH(독)	1-4 (전두부해치)
10	KTX산천	(판토그래프)고속철도차량팬터그래프	416	고급기술 부족 (국내기술부족)	FAIVELEY(프) SCHUNK(오)	1-3 (판토그래프)
11	KTX	(전두부해치)고속철도차량전두부장치	379	고급기술 부족 (국내기술부족)	BOITH(독)	1-4 (전두부해치)
12	KTX산천	(공조장치)고속철도동력차공기조화장치	374	전략적 수입 (유지보수 주기 등)	MERAK(프)	1-8 (공조시스템)
13	KTX	(패드)브레이크류	308	고급기술 부족 (국내기술부족)	BECORIT(독) COFREN(이)	1-6 (제동디스크 및 패드)
14	KTX	(공기스프링)고속철도객차공압현수장치	285	전략적 수입 (유지보수 주기 등)	CONTITECH(독) PAULSTRA(미)	1-2 (공기스프링)
15	KTX산천	(냉각팬)장비냉각팬	185	전략적 수입 (유지보수 주기 등)	SNCF(프) SIEMENS(독)	1-5 (냉각팬)
16	KTX산천	(댐퍼)고속철도차량댐퍼장치	162	고급기술 부족 (국내기술부족)	DISPEN(프) KONI(체)	1-1 (댐퍼)
17	KTX산천	(공기스프링)철도용스프링	120	전략적 수입 (유지보수 주기 등)	CONTITECH(독) PAULSTRA(미)	1-2 (공기스프링)
18	KTX산천	(제동디스크)고속철도동력차대차	102	고급기술 부족 (국내기술부족)	POLY(프) IBRE(프)	1-6 (제동디스크 및 패드)
19	KTX산천	(댐퍼)철도용완충장치	62	고급기술 부족 (국내기술부족)	DISPEN(프) KONI(체)	1-1 (댐퍼)
20	KTX산천	(냉각팬)고속철도차량보조블록	38	전략적 수입 (유지보수 주기 등)	SNCF(프) SIEMENS(독)	1-5 (냉각팬)

*한국철도공사 내부 부품관리명 기준

- 상기 표는 2015년, 2016년 한국철도공사에서 수입한 기존 2개 차종(KTX, KTX-산천)의 유지보수용 부품 물량에 국한

  - KTX-원강(150량), KTX-호남(220량), SRT차량(100량)의 부품별 유지보수주기가 도래 될 경우 수입 물량은 증가 될 예정

  - 2020년부터 추가 도입되는 동력분산식 고속차량(EMU-250) 31편성 186량 및 동력분산식 고속차량(EMU-300) 26편성 208량의 유지보수용 부품의 수요량은 확대 될 것으로 예측됨

  - 향후 KTX 고속차량(920량)의 대·폐차 시기가 도래되는 2033년부터 신규 차량용과 유지보수용 부품의 수요가 확대 될 전망

<표 III-11> 한국철도공사 고속차량 도입계획

(단위: 대)

구분	'20~'30	'31~	비고
신 조	394	-	EMU-250/300
대·폐차	-	1,630	KTX, KTX-산천 등

- 또한 한국철도공사 외 서울교통공사 등 타 철도운영기관의 유지보수용 부품 수입물량까지 고려시 실제 수요는 클 것으로 추정

제3절 R&D 인프라 현황

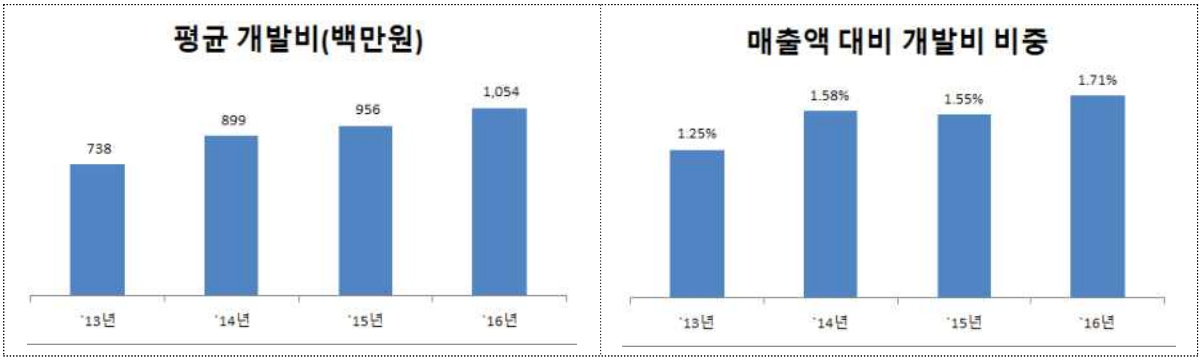
1. 참여기관 현황

산업계(기업체)

- 철도차량 기술기준[1]에서 정한 최소 조립단위 부품(자재) 기준에 따라 주요부품 총 151품목 관련 제작업체는 총 74개社가 존재하며 이중 국내 업체는 총 49개

  - 현대로템(대차프레임, 견인전동기, 보조 전력전환장치), 유진기공(제동디스크, 살사장치), 비츠로테크(주회로 차단기), 우진산전(방송장치, 객차 배전반) 등에서 철도차량 주요부품을 생산 중

- 철도차량부품 개발 중소기업의 연구개발에 투입하는 비용은 연평균 10.5억원으로 나타나 기업의 민간부담금 규모를 감당할 수 있는 수준임



*출처 : 철도공사 부품업체 현황(2016.)

〈표 III-12〉 철도차량 주요부품 공급업체 현황

순번		장치 또는 부품명(자재)		조달 구분	공급(제작)업체
1	차체 및 설비				
	1-1	차체장치			
		1-1-1	알루미늄 프로파일	내자	동양강철
		1-1-2	전두부 카바	내자	한국화이바
		1-1-3	머드플랩	내자	한국SJ
	1-2	차내설비			
		1-2-1	단열재	내자	거명인텍
		1-2-2	객실의자	내자	대원강업

1) 철도차량기술기준, 국토교통고시 제2016-102(국토교통부, 2016.03.)

		1-2-3	접이식 의자	내자	대원강업
		1-2-4	선반	내자	가본실업
		1-2-5	접착제	내자	대흥화학
		1-2-6	자판기	내자	로벤
		1-2-8	객실 모니터	내자	우진산전
		1-2-9	표시기류 (행선지, 객차번호, 승무원)	내자	우진산전
		1-2-10	카페트 (언더레이)	내자	제일데코
		1-2-11	바닥재	내자	제일데코
		1-2-12	내장판	내자	한국화이바
		1-2-13	바닥 합판	내자	한국SS
		1-2-14	오물처리 및 급수장치 (제어기 포함)	내자	호산씨텍
		1-2-15	일반 화장실 모듈	내자	한국화이바
		1-2-16	장애인 화장실 모듈	내자	한국화이바
		1-2-17	수유실 모듈	내자	한국화이바
		1-2-18	방송 및 네트워크 케이블	내·외자	LS전선, Nexans(독·프), Prvsmian(프랑스), Huber+Suhner(스위스)
		1-2-19	실내등 LED	내자	JKA
		1-2-20	독서등 (Reading Lamp)	내자	JKA
	1-3	지붕장치			
		1-3-1	주회로차단기	내자	비츠로테크
		1-3-2	피뢰기	내자	비츠로테크
		1-3-3	접지스위치	내자	비츠로테크
		1-3-4	25kV라인 차단스위치	내자	우진기전
		1-3-5	지붕 고압케이블 전원 연결장치	내자	우진기전
		1-3-7	고압케이블 (25kV 제외)	내자	LAPP KOREA
	1-4	운전실장치			
		1-4-1	운전대 판넬	내자	범아기전, 삼원FA
		1-4-2	주간제어기	내자	우진기전
		1-4-3	방송장치	내자	우진산전
		1-4-4	창닦이 장치	외자	BROT(프랑스)
		1-4-5	속도지령장치	외자	FAIVELEY(프랑스)
		1-4-6	기적 (High, LOW)	외자	FBO(프랑스)
	1-5	전기장치			
		1-5-1	견인전동기 팬	내자	경진부로아
		1-5-2	전압용 변압기 (PT, 25KV/100V)	내자	우진기전
		1-5-3	절연 변압기 (100V / 100V)	내자	우진기전
		1-5-4	전류용 변압기 (CT , 350A/1A)	내자	한일전원
		1-5-5	단상 변압기 (6.5 / 10.5 KVA)	내자	한일전원
		1-5-6	고/저압 END BOX (Cable 및 coupler 포함)	내자	대양전기
		1-5-7	전조등	내자	JKA
		1-5-8	Reactor	내자	한일전원
		1-5-9	객차 배전반 (ECTR)	내자	우진산전

		1-5-10	동력차 배전반	내자	우진산전
		1-5-11	저압케이블	내자	LAPP KOREA
		1-5-12	화재감지장치 (수신기 포함)	내자	CSINTECH
	1-6	출입문장치			
		1-6-1	객실 출입문 (도어 엔진 포함)	내자	소명
		1-6-2	동력실 Side door	내자	주은기공
		1-6-3	객차 단부문 (T1,T8)	내자	흥일기업
	1-7	기타			
		1-7-1	도장	내자	PPG코리아, 조광페인트, KCC
2	주행장치				
	2-1		감속장치 (TRIPOD 포함)	내자	현대다이모스
	2-2		CENTER PIVOT	내·외자	금강기공, FECR(프랑스)
	2-3		CENTER PIVOT, EQUALIZER	내·외자	금강기공, FECR(프랑스)
	2-4		리액션암 서포트 (Support, Reaction Arm)	내자	금강기공
	2-5		내측 스프링 (동력대차용 1차코일 스프링)	내자	대원강업
	2-6		외측 스프링 (동력대차용)	내자	대원강업
	2-7		내측 스프링 (단부대차용)	내자	대원강업
	2-8		외측 스프링 (단부대차용 1차코일 스프링)	내자	대원강업
	2-9		내측 스프링 (객차대차용)	내자	대원강업
	2-10		외측 스프링 (객차대차용 1차코일 스프링)	내자	대원강업
	2-11		2차 코일 스프링 (동력대차용)	내자	대원강업
	2-12		안티롤바 조립체 (bar, equipped)	내자	대원강업
	2-13		접지브러쉬 (Earth, Return Current, Equipped)	내자	메르센코리아
	2-14		액슬박스 케이스 (axle box case)	내자	신명금속, 벽진
	2-15		액슬박스 하우징 (Axle box Housing)	내자	신명금속, 벽진
	2-16		액슬박스 피봇하우징 (Housing, axle box, pivot)	내자	신명금속, 벽진
	2-17		제동디스크	내자	유진기공
	2-18		답면제동장치	내자	유진기공
	2-19		제동 실린더	내자	유진기공
	2-20		제동 캘리퍼	내자	유진기공
	2-21		헌팅 센서	내자	인터콘시스템즈
	2-32		방진고무 (Joint, Resilent)	외자	PAULSTRA(프랑스)
	2-33		액체 도유기	외자	REBS(독일)
	2-34		Wheel set (동력차용)	외자	LUCCHINIRS(이태리)
	2-35		대차프레임	내자	현대로템
3	제동장치				
	3-1		제동 블렌딩 제어장치 (BBCU)	내자	유진기공
	3-2		구원제동 제어장치 (BTCU)	내자	유진기공
	3-3		제동 전자제어 장치 (ECU)	내자	유진기공
	3-4		구원제동 장치 (BTU)	내자	유진기공
	3-5		제동표시기 (SINGLE, DOUBLE)	내자	유진기공

	3-6		전공전환밸브 (EPL, EPRV)	내자	유진기공
	3-7		활주방지밸브	내자	유진기공
	3-8		속도센서 (PHS7-2C, PHS7-6C, PHS7-HYS2C)	내자	유진기공
	3-9		살사장치 (Sanding Control Panel)	내자	유진기공
	3-10		RACK,AIR SUPPLY M0DULE	내자	유진기공
	3-11		주공기 압축기	내자	유진기공
	3-12		보조공기 압축기	내자	유진기공
	3-13		트윈타워 공기 건조기	내자	유진기공
	3-14		고압공기제동호스	내·외자	파카하니핀, ESPA(프), FBO(프)
	3-15		압력 공기통 (50L, 57L, 77L, 160L, 168L, 250L)	내자	하나글로텍
	3-16		레벨링 밸브	외자	KNORR(독일)
	3-17		배관단품	내자	하이록코리아
	3-18		제동레버/보조제동레버	내자	우진기전
4	추진제어장치				
	4-1		주전력 변환장치	내자	현대로템
	4-2		주전력 변환장치 Stack Ass'y	내자	대흥기업
	4-3		주전력 변환장치 냉각용팬 인버터	내자	VCTech
	4-4		주전력 변환장치 제어기	내자	VCTech
	4-14		견인전동기	내자	현대로템
5	보조전원장치				
	5-1		보조전력변환장치	내자	현대로템
	5-5		보조전력변환장치 Stack Ass'y	내자	VCTech
	5-6		보조전력변환장치 제어기	내자	VCTech
	5-7		보조전력변환장치 52kVA 보조인버터	내자	VCTech
	5-8		축전지 충전기 (동력차/객차)	내자	팩테크
	5-13		객차용인버터	내자	현대로템
	5-15		축전지 (동력차)	내자	더선테크
	5-16		440V AC필터박스	내자	VCTech
6	차상신호장치				
	6-1		열차 무선장치 (VRM850 / KMDT420)	내자	모토로라
	6-2		열차 방호장치	내자	샬롬엔지니어링
	6-3		차상 신호 화면장치 (MMI)	내자	한터기술
7	종합제어장치				
	7-1		중앙제어장치 (CCU)	내자	현대로템
	7-2		단말제어장치 (VCU)	내자	현대로템
	7-3		화면장치 (DU)	내자	현대로템
8	연결장치				
	8-1		알루미늄주물 (캐링링,고정링,에어백서포트,갱웨이프레임)	내자	대신금속, 영일CNC
	8-2		Bellows	내자	한국SJ

철도기술 관련 대학 및 대학원

- 지역별 철도 관련 대학 및 대학원은 총 14개 대학, 33개 학과로 구성되어 있으며 매년 모집정원은 총 5,945명에 해당
  - 관련학과 주요 전공분야는 철도경영, 철도기관사, 철도전기, 철도시설, 철도차량, 철도토목, 철도통신, 운송물류 등으로 세분화되어 있음

<표 III-13> 철도 관련 대학 및 대학원 인력 현황

지역	대학명	관련 학과	모집정원(명)
서울 (15)	서울과학기술대학교	철도전문대학원	15
경기 (280)	한국교통대학교	철도경영·물류·컴퓨터학부	62
		철도공학부	123
	국제대학교	철도전기과	95
충북 (265)	대원대학교	철도건설과	161
		철도경영과	104
경북 (2,047)	경북전문대학교	철도경영과	145
		철도전기기관사과	231
		철도건설과	34
	경북보건대학교	철도경영과	129
	동양대학교	철도경영학과	350
		철도운전제어학과	396
		철도기계시스템학과	258
		철도건설안전공학과	86
		철도전기융합학과	75
	가톨릭상지대학교	철도운전시스템과	29
		철도전기과(3년제)	165
	경일대학교	철도학과	142
		철도전기공학	7
전남 (64)	순천제일대학교	철도운수설비과	64
대전 (3,101)	우송대학교	철도경영학과	568
		철도전기시스템학과	514
		철도차량시스템학과	427
		철도건설시스템학부	418
		물류시스템학과	280
		철도시스템학과(대학원)	17
		철도전기시스템공학과(대학원)	34
		철도건설시스템학과(대학원)	35
	우송정보대학	철도교통학부	414
		철도토목과	228
	배재대학교	건설환경·철도공학과	166
광주 (173)	송원대학교	철도운수경영학과	117
		철도운전시스템학과	56
총 계			5,945

*출처: KRIC 철도통계, 철도산업정보센터(2018.5.), 각 대학별 홈페이지 참조(2018.5. 기준)

- 철도기술 관련 대학 및 대학원 연구인력은 일부 지역(강원, 제주 등)을 제외한 나머지 권역에 분포하고 있으며 대학별 세부 교육과정에 따라 우수인력이 배출되고 있어 학계의 연구 인력은 충분한 것으로 판단됨

  - 대학별 지리적 분포 및 모집정원 특성 상 대전(52%), 경북(34%), 경기(5%), 충북(5%), 광주(3%), 서울(0.3%) 순으로 철도기술 관련 인력 양성



*출처: KRIC 철도통계, 철도산업정보센터(2018.5.), 각 대학별 홈페이지 참조(2018.5. 기준)

<그림 III-9> 지역별 철도기술 관련 대학 및 대학원 분포 현황

연구기관

- 철도차량부품 산업 특성을 고려한 국내 연구기관은 정부출연 연구기관, 시험인증기관, 유사 연구기관(자동차 분야) 등으로 구분

  - 철도산업 이외에도 기계, 전자통신, 자동차 등 유사한 분야 연구기관과의 유기적 연계를 통해 R&D 사업 추진이 가능할 것으로 기대

<표 III-14> 관련 연구기관 및 연구분야

구분	기관명	기관 역할	관련 사업 분야	연구인력 현황
공공기관 (정부출연 연구기관)	한국철도 기술연구원	• 철도정책의 수립·시행에 관한 조사 • 철도기술의 연구개발 및 육성	– 430km/급 차세대 고속열차, 자기부상열차, 차세대 전동차, 경량전철 시스템, 무가선 저상트램, 바이모달 트램, 미니트램(PRT) 등 실용화 기술개발	267
	한국교통 연구원	• 교통 정책 연구 개발	– 광역급행철도, 고속철도산업연구 등 관련 기술 개발	99
	한국기계 연구원	• 기계 분야의 산업원천 기술 개발 • 신뢰성 평가, 시험평가 등 수행	– 자기부상, 선형추진 등의 기술을 바탕으로 자기부상열차 및 친환경수송시스템 기술개발	395

구분	기관명	기관 역할	관련 사업 분야	연구인력 현황
	한국전자통신연구원	• 정보통산전자분야기술개발	– 통신과 컴퓨터, 유선과 무선, 방송과 통신 등 기존의 기술과 산업, 서비스, 네트워크 등 융복합 기술 개발	1,749
	한국생산기술연구원	• 중소·중견기업의 기술 경쟁력 향상 • 실용화 중심 생산기술 개발 • 제품 실용화 지원	– 친환경·고기능 경량금속(Al, Mg, Ti) 공정기술 – 반도체, 모바일부품 배선형성 및 IT, 자동차, 기계 표면처리 기술	304
	전자부품연구원	• 전자부품 관련 첨단기술 개발	– 리튬이차전지의 열안전성 향상 및 급속충천을 위한 전지 제조 기술로 모바일 스마트기기, 전기자동차 등의 전원 핵심기술	322
기타기관	자동차부품연구원	• 자동차 첨단부품 연구개발 • 산업체 생산기술 보급	– 자동차 관련 소재기술, 융합시스템, 신뢰성 연구분야 – 전장 부품 및 시스템 개발 – 전력 변환시스템, 에너지저장시스템, 제어기 및 센서 등 철도분야 접목	275
시험인증기관	한국산업기술시험원	• 시험평가기술 개발 및 지원 • 품질인증 등 해외진출 지원	– 철도차량부품 시험 및 성능평가 – 철도차량부품 관련 국내외 인증획득 지원	331
총 계				3,742

*출처: 직급별 인원수 현황, 공공기관 경영정보 공개시스템(2018.05.)

● 철도차량 부품개발 관련 연구기관 및 시험인증기관의 전문인력은 2018년도 기준, 총 3,742명을 보유하고 있어 본 사업을 추진하기 위한 충분한 연구계 인력을 확보하고 있음

- 관련 연구기관의 직급별 전문인력은 책임급 2,006명(55%), 선임급 1,189명(33%), 전임/원급 463명(13%)로 구성

※ 각 기관별 공시자료 특성 및 자료의 일관성을 위해 직급별(책임, 선임, 주임, 원급) 구분으로 데이터 구성



*출처: KRIC 철도통계, 철도산업정보센터(2018.5.), 각 대학별 홈페이지 참조(2018.5. 기준)

〈그림 III-10〉 철도기술 관련 연구기관 직급별 전문인력 구성 현황

철도운영기관

- 철도 관련 운영기관은 총 15곳으로 종사자 78,896명(2018년 기준)으로 구성
  - 공사, 공단, 지자체 등 다양한 철도운영기관이 존재함에 따라 R&D 추진 시 관련 연구인력 확보가 충분히 가능할 것으로 기대

〈표 III-15〉 기관별 인력현황

기관	2014년(명)	2015년(명)	2016년(명)	2017년(명)	2018년(명)
한국철도시설공단	1,385	1,376	1,428	1,435	1,440
한국철도공사	27,816	27,129	27,127	27,682	27,524
교통안전공단	514	304	308	314	314
서울교통공사	9,136	9,135	9,507	16,048	16,013
부산교통공사	6,539	6,506	6,542	17,489	22,928
대구도시철도공사	3,763	3,732	3,823	3,860	3,911
대전도시철도공사	2,307	2,381	2,456	2,521	2,505
광주도시철도공사	565	573	578	584	581
인천교통공사	545	542	880	878	889
공항철도	1,144	1,147	1,445	1,534	1,527
서울메트로9	521	521	510	510	510
서울9호선운영	12	12	17	17	18
부산김해경전철	562	562	590	626	626
용인경량전철	0	0	0	103	103
의정부경전철	0	0	0	7	7
합 계	**54,809**	**53,920**	**55,211**	**73,608**	**78,896**

*출처: KRIC 철도통계, 철도산업정보센터(2018.5.)



*출처: KRIC 철도통계, 철도산업정보센터(2018.5.), 각 대학별 홈페이지 참조(2018.5. 기준)

〈그림 III-11〉 철도운영기관 연도별 전문인력 보유 현황

기관유형별 국내 철도부품 기술 역량

- (산) 철도차량 부품개발과 관련한 주요 연구분야로 철도교통기술, 자동차/철도차량 부문에서 우수한 기술 및 성과를 보유한 산업체 존재

※ 철도교통기술 분야(㈜우진산전 등), 자동차/철도차량 분야(상신브레이크, 다원프릭션, 유진기공산업(주) 등)

- (학) 자동차/철도차량 분야는 물론 고분자재료, 반도체 소자/시스템, 요소부품 등 다양한 전공분야 및 우수한 연구기반(인력, 장비 등)을 보유한 대학 및 대학원 등이 존재

※ 자동차/철도차량 및 고분자재료 분야(한국교통대학교 등), 반도체소자/시스템 분야(서울과학기술대학교 등), 요소부품(한국국제대학교 등)

- (연) 철도교통기술, 자동차/철도차량, 정밀생산/기계, 에너지 등을 중점연구하는 정부출연연구기관 및 전문생산기술연구소 등이 존재

※ 철도교통기술 분야(한국철도기술연구원 등), 정밀생산/기계 분야(한국기계연구원, 한국생산기술연구원 등), 에너지(한국기계연구원 등)

- (시험인증) 철도차량 부품 관련 시험 및 인증 지원이 가능하며 제품의 품질 및 성능 검증을 갖춘 시험/검사기관이 존재

※ 성능시험(한국산업기술시험원, 한국건설생활환경시험연구원 등), 형식승인(한국철도기술연구원, 한국철도차량엔지니어링 등)

<표 III-16> 철도부품 관련 주요 산학연 현황

기관 유형	기관 및 업체명	연구분야(국가 R&D 참여 현황 '18년기준)			최근 철도부품 기술 관련 주요성과
		1순위	2순위	3순위	
산	㈜우진산전	철도교통기술	자동차/철도차량	에너지/자원	✓ 전기기관차(8200호대) 주변환장치 및 종합제어장치 실용화 기술개발(23.0억원) ✓ 도시철도차량용 비상방송 및 비상조명 모듈 개발 및 표준화 연구(13.5억원)
		36.5억원(42.15%)	18.0억원(20.79%)	16.3억원(18.82%)	
산	상신브레이크	자동차/철도차량	–	–	✓ 안전 규제 대응 및 사고 방지를 위한 상용차용 공압식 차량 안정성 제어(ESC, Electronic Stability Control) 시스템 개발(18.7억원)
		18.7억원(100%)	–	–	
산	다원프릭션	자동차/철도차량	–	–	✓ (2세부)동력집중식 고속철도용 표준 호환형 고성능 제동 유연패드 및 제동 슈 기술개발(2.6억원)
		2.6억원(100%)			

기관 유형	기관 및 업체명	연구분야(국가 R&D 참여 현황 '18년기준)			최근 철도부품 기술 관련 주요성과
		1순위	2순위	3순위	
산	유진기공산업㈜	자동차/철도차량	에너지/환경기계	–	✓ 도시철도차량용 주공기압축기 모듈 개발 및 표준화 연구(15.3억원) ✓ 동력분산식 고속철도용 고내구성 감속기 기술개발(2.6억원)
		17.9억원 (59.67%)	12.1억원 (40.33%)		
학	서울과학기술대학교	로봇/자동화기계	측정표준/시험평가	반도체 소자/시스템	✓ 에너지 저장 장치 기능을 갖는 친환경 자동차용 통합 배터리 충전기 개발(1.0억원) ✓ 3상 전력변환기의 강인 모델예측제어 기법에 관한 연구(0.5억원)
		9.5억원 (5.39%)	5.9억원 (3.35%)	4.1억원 (2.33%)	
학	한국교통대학교	자동차/철도차량	고분자재료	이동통신	✓ 매입형 영구자석 동기전동기의 파라미터 근사 실시간 추적기법을 적용한 새로운 센서리스 제어 기법 개발(0.6억원) ✓ 전기자동차 구동용 마그네틱 기어 일체형 동기전동기 설계 기법 연구(0.4억원)
		5.7억원 (4.14%)	5.0억원 (3.63%)	3.4억원 (2.47%)	
학	한국국제대학교	섬유제조	요소부품	–	✓ 독립형 전기 유압 액츄에이터의 연구 개발(0.3억원)
		1.0(62.5%)	0.2(12.5%)	–	
(출연)연	한국철도기술연구원	철도교통기술	물류기술	자동차/철도차량	✓ 무선급전 경전철 시스템 통합 및 운용기술개발(40.7억원) ✓ 무선급전 경전철 차량 인터페이스 기술개발(33.5억원) ✓ 동력분산형 고속열차 진동저감 및 활주방지장치(WSP) 고도화 기술개발(31.9억원) 등 18개 과제
		438.2억원 (76.08%)	43.1억원 (7.48%)	40.3억원 (7%)	
(출연)연	한국기계연구원	에너지/자원	나노/마이크로 기계시스템	정밀생산기계	✓ 150kWh급 전기자동차 배터리팩 상변화 열관리 기술 개발(6.0억원) ✓ 미래 신재생에너지의 효율적 운용을 위한 단주기 ESS용 4C급 리튬 이차전지 탄소 복합체 음극소재 제조 및 공정기술 개발(4.3억원)
		96.3억원 (35.88%)	64.9억원 (24.18%)	35.9억원 (13.38%)	
(출연)연	한국생산기술연구원	정밀생산기계	산업/일반기계	로봇/자동화기계	✓ 탄소섬유복합재(CFRP) 가공시스템 개발(74.2억원) ✓ IE4급 전동기용 융복합 생산기술 개발(14.7억원)
		209.8억원 (27.95%)	59.8억원 (7.97%)	52.6억원 (7.01%)	
시험인증	한국산업기술시험원	자동차/철도차량	측정표준/시험평가기술	원전건설/운영기술	✓ 철도차량 부품 및 모듈의 적합성 검증 기술 연구(5.7억원)
		44.6억원 (27.55%)	30.5억원 (18.84%)	24.7억원 (15.26%)	
시험인증	한국건설생활환경시험연구원	온실가스처리	재난안전장비	자동차/철도차량	✓ 특수목적형 자동차 튜닝 클러스터 구축사업(28.9억원)
		75.4억원 (41%)	34.1억원 (18.54%)	28.9억원 (15.72%)	

산학연 협력 전략

- 기존 연구자 중심의 기술 수요 발굴을 수요처(차량제작사 또는 운영기관)의 실수요 기반으로 전환하여 연구성과의 실용화 가능성 제고

- 특히 Bottom-up식 품목 선정이 아닌 실수요 기반의 대상 부품을 선정함으로서 해당 부품을 개발할 수 있는 역량을 확보한 중소·중견기업이 주도적으로 R&D를 수행할 수 있도록 설계

※ 중점분야1은 주관연구기관을 중소·중견기업으로 한정

- 또한 출연연 등 연구기관들은 기술을 개발하여 기업에 이전하는 등 공급자 역할에만 국한되었던 한계를 탈피하여 중소기업이 주관으로 개발하는 과제에 공동기관으로 참여하여 기업과 시장이 원하는 기술을 개발할 수 있도록 사업을 설계함

- 사업내 철도운영기관 협의체를 구성·운영 함으로써 기업과 출연연 개발 기술과 제품이 R&D 전주기에 걸쳐 시장요구사양을 만족하고 성능이 검증되어 성과가 실용화될 수 있도록 추진

2. 연구시설 현황

철도종합시험선로

- 고속철도차량, 일반철도차량, 도시철도차량(AC/DC)에 대해 최고속도 250km/h까지 운행하면서 종합적인 시험을 실시할 수 있는 시험선로가 현재 건설중이며, 2018년 말 완공 예정

구분	통합통제센터	급전구분소/시험편의동	전철변전소	DC변전소	터널	교량	Test-Bed
개소	1	1	1	2	6	8	1
연면적(연장)	1,342m2	403m2	2,164m2	1,128m2	(4,2km)	(1,4km)	(155m)
층수	B1~지상2층	B1~지상1층	B1~지상4층	1층	-	-	-





시험항목(198개 항목, 447종)

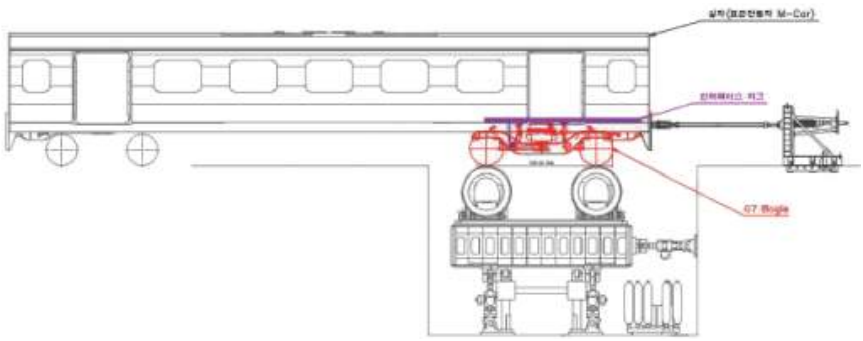
- 차량분야 : 59개 항목 170종
- 궤도분야 : 37개 항목 74종
- 노반분야 : 9개 항목 15종
- 교량분야 : 5개 항목 10종
- 전철전력분야 : 37개 항목 73종
- 신호분야 : 26개 항목 40종
- 소음분야 : 8개 항목 43종
- 공력분야 : 5개 항목 10종
- 통신분야 : 12개 항목 12종

- 연구개발의 결과물을 상용화하기 위해서는 안전성 확보를 위하여 현차시험을 해야하는데 이를 위한 선로가 구비되어 있어 인프라 구축 비용을 절감할 수 있으며, 기업의 비용 부담을 완화할 수 있음

대차 동특성 주행시험기

- 유압가진시스템 등을 구성하여 실제 열차가 영업선에서 주행하는 것과 동일한 조건을 구현함으로써 1 Bogie 또는 1 Car에 대한 동특성 메커니즘을 평가하기 위한 장비 보유

  - 열차 주행 시 궤도틀림 등으로 인하여 대차에 전달되는 진동특성 등의 연구를 위해, 시험실 내에서 레일에 해당하는 궤조륜 시스템과 궤도 틀림 검증 가능



<그림 III-12> 대차 동특성주행시험기 개략도

주요사양	• 최고시험속도 : 420km/h • 최대축하중 : 20ton • 시험대상 : 2축대차 1량 및 차량 1량(Half Carbody 방식) • 축간거리 : 1400~3500mm까지 유동적으로 시험가능 • 궤조륜 직경 : 1376mm • One Table 가진방식

제동 성능시험기

- 열차 주행 중 비상제동 및 상용제동 시 열차를 정지할 수 있도록 하는 각종 제동장치 부품(제동디스크, 제륜자 등)의 성능을 평가하기 위한 장비 보유

  - 실차의 기계 제동 마찰특성을 정량적으로 모의할 수 있으며, 재현계측이 가능하므로 시험 대상물의 분석이 쉽고 비교검토가 용이하여 시험평가 및 철도차량 제동시스템의 연구 개발 측정 가능



〈그림 III-13〉 제동 성능시험기

주요사양	• 최대 구동토크 : 2,527Nm • 최대 구동속도 : 2500RPM(400km/hr, Φ860mm 기준) • 최대 제동토크 : 25,000Nm • 디스크 제륜자 압부력 : 30kN×2 • 답면 제륜자 압부력 : 60kN×2

드라이빙 기어 시험기

- 고속전철 및 전동차용 감속구동장치의 부하에 따른 성능 측정과 내구성을 평가하기 위한 시험장비 보유

  - 진동, 소음, 누유, 기어 강도, 온도, 베어링 이상유무, 기계 효율 특성 점검 가능



〈그림 III-14〉 드라이빙 기어 시험기

주요사양	• 입출력모터 : 1300kW(690V) • 입출력 모터 : 1300kW(690V) • 토크 : 57,000Nm

스프링시험기

- 철도차량 1, 2차 현수장치(스프링, 댐퍼, 부쉬류 등)에 대한 특성 및 성능 분석을 위한 시험장치 보유

  - 스프링 특성, 댐퍼 특성, 부쉬, 고무류 특성시험 적용 가능



〈그림 Ⅲ-15〉 스프링시험기

주요사양	• 스프링 시험기 : 수직 액추에이터, 수평액추에이터 • 댐퍼시험기 : 수평 액추에이터

판토그래프시험기

- 전차선으로부터 열차에 전력을 공급하는 판토그래프의 인증시험, 형식시험 및 전수시험 등의 각종 정적특성시험과 내구성 시험 및 판토그래프 동적거동 평가 등의 연구개발을 위한 장비 보유



〈그림 Ⅲ-16〉 판토그래프시험기

주요사양	• 유압가진기 : 용량-20kN, 최대진폭-1mm, 최대주파수-50Hz • 가속도센서 : 최대가속도-50G

추진장치 성능시험설비

- 추진장치 성능시험설비는 추진인버터와 전동기의 조합인 피시험체의 성능시험을 실시하며, 추진장치의 개발 또는 형식인증 단계에서 추진장치의 성능시험 검증 장비 보유



〈그림 III-17〉 추진장치 성능시험 설비

주요사양	• 교류전원설비 : 정격 3000kVA, 25kVA 단상 AC, 2500kW 상평형 장치 • 직류전원설비 : 정격전압 750V/1500V, 제어범위 450V~1000V, 900V~2000V • 부하설비 : 660kW 4대 유도전동기, 인버터제어방식, 4상한토크/속도제어 • 제어 및 DAS 설비 : Rackmount PC with Windows OS, Local Control System, Data Report/저장기록

견인전동기 성능시험기

- 철도차량용 Traction Motor의 성능시험을 위해 실제 차량과 동일한 제어환경을 구성하여 Traction Motor의 전반적인 기능과 성능을 확인하고, 차량운행조건에 대한 특성시험 수행 가능



〈그림 III-18〉 견인전동기 성능시험기

주요사양	• 부하발전기 : 660kW 농형유도전동기 2대 • 제어장치 : 백터제어 인버터 • 제어방식 : 토크/속도제어

ATC시험기

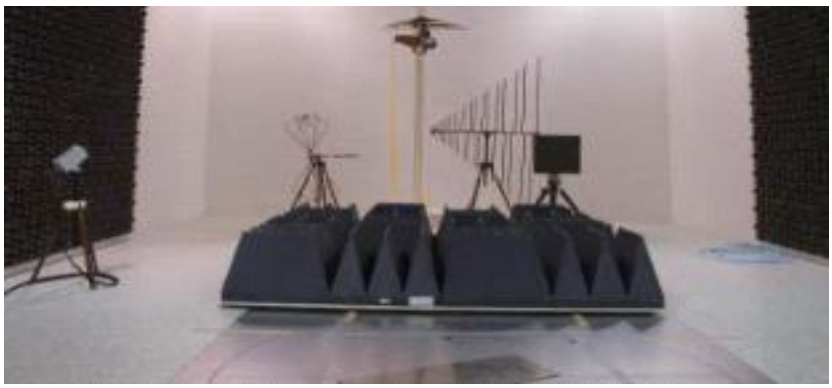
- 열차의 안전을 확보해주는 ATC시스템 차상제어장치의 기능을 시험 및 분석하기 위한 연구시험장비로 철도신호시스템의 운용환경시험을 위한 온습도진동 복합시험기 보유

주요사양	• 진동시험기 24kN, 5~2500Hz – ATC 차상기능시험설비 • VXI MainFrame, Embedded Controller, Switch Matrix • Digital Oscilloscope, Multi Function Synthesizer, Pulse Generator Dynamic Signal Analyzer, Frequency Response Analyzer ATC 차상기능시험설비 제어기 • Pentium-III Dual CPU 1GHz, 256M RAM

EMI/EMC 챔버

- 전자파 적합성(EMC) 시험을 위해 주변 전자파의 영향을 받지 않는 전자파 차폐실 및 균일한 전자계를 형성하기 위한 장비 보유

  - 전자파 무반사실을 설치하고 전자파 장해(EMI) 측정 시스템 및 전자파 내성(EMS) 시험 시스템을 구성하여 철도 차량 용품의 전자파 적합성 시험에 관한 국제 규격(IEC 62236-3-2/ EN 50121-3-2)의 시험 가능



<그림 III-19> EMI/EMC 챔버

주요사양	• CISPR 11, IEC 61000-4-3 • 전자파 반무반사실, 전자파 차폐실 • Radiated Emission(3m), Conducted Emission 측정 시스템 • 방사 내성 시험, 전도 내성 시험 시스템 • 정전기 방전 시험 시스템 • 전원 설비 용량 : DC 150V/ 40A, AC 단상 300V/ 50A

중형화재 성능평가 장비(룸코너)

- 의자 세트 및 내장판 벽체 등 중규모 화재에 대한 발열량, 플래시오버 현상 평가 설비 보유

주요사양	• ISO 9705 & Furniture Calorimeter Tester • 조립체 단위의 화재거동, 발열량, 발연량 평가 설비 – ISO 9705, ASTM E 1537, ASTM E 603, prEN 14390

피로시험기(250KN)

- 각종 재료 및 철도용품의 물리적 특성 및 철도차량 부품의 피로시험, 철도 관련 금속, 고무 등의 피로시험 및 하중시험 스프링계수시험, 수직수평하중시험 등 평가 가능

주요사양	• Hydrostatic bearing type 엑츄에이터 – 정적하중 :± 300kN(동 : ± 250kN) • 정밀도 : ± 0.05% 이상, 과하중 : ±150% 이상 • 유압서보밸브 및 분배기, 유압공급장치 및 유압공급분배기 – 사용압력 21Mpa(3,000psi, 210bar)이상

공기제동시험기

- Brake Shoe 및 제동 디스크 라이닝의 실물 제동시험 보유

주요사양	• UIC 541-3, UIC 541-4 • KRS BR 0007 (비석면 디스크 브레이크 라이닝) • KRCS B242-02 (철계 제동라이닝) • KRCS B244-02 (합성제륜자) • KRS BR 0005 (철도차량용 주철제 제륜자) • KRCS B006 (레진제륜자)

3차원측정기

- 철도용품의 품질인증, 성능시험, 일반시험에서의 외관 및 치수검사

주요사양	• 터치 시그널 프로브를 이용 치수 측정 가능 • 컴팩트형 다목적 스캐닝 프로브를 이용하여 치수 측정 가능 • 프로브 자동 교환 • 정밀도 : 0.0002mm

제4절 이해관계자 의견 수렴

1. 철도차량 부품개발 사업 공청회

개요

- 목 적 : 철도차량 부품산업 육성 및 해외진출을 위한 산학연 전문가 패널토론 및 의견수렴
- 일 시 : '18.02.28(수), 13:00 ~ 16:30
- 참 석 : 철도운영사, 차량제작사, 부품제작사, 대학, 출연연, 관련 학회 및 협회 등 총 약 150명 참석
- 패 널 : 이종우(철도전문대학원 원장), 문대섭(한국철도학회장), 김천곤(한국철도공사 차량시스템처장), 최종찬(전자부품연구원 수석), 이병석(현대로템 고문), 김상용(우진산전 부회장), 이재영(유진기공산업 대표이사), 조현준(철도운행안전 과장) 등 전문가 8명 참석

추진목적

- 철도차량 부품개발 사업 추진방안 및 추진과제 안내
- 철도차량 부품산업 활성화를 위한 토론회

주요 토론내용 및 의견

- **(총평)** 국내 철도산업은 타 산업분야(항공, 자동차, 선박 등)와 더불어 국내 기술수준이 세계적 기술수준에 근접함에 따라 산학연과 국토부가 역량을 결집하여 철도부품 기술개발 추진 필요
  - 기술개발 부품의 현차 시험을 위한 시험선로 확보 등 국내 철도산업 발전 및 해외 진출을 위해서는 부품업체간 기술경쟁과 운영기관과 정부의 주도적인 역할 필요
- **(전문기술 확보)** 분야별 특화된 전문기술과 안전인증 수행 경험 등을 확보한 기업이 기술개발을 주도하여 개발된 부품이 해외 진출이 가능하도록 노력 필요
  - 연구개발 기간 내에 국내·외인증 등을 획득하기 위해 인증전문 기관의 적극적인 부품개발 지원체계 마련

- **(철도부품 유지보수시스템 개선)** 유지보수시스템 개선을 위한 연구개발 및 부품업체 기술경쟁력 제고를 위한 부품산업 육성 필요

  - 철도부품이 CBM[2]기반 유지보수 체제로 전환되고 있어 부품상태가 지속적으로 모니터링 가능하도록 기술개발 추진

  - 해외 사례(중국, 독일, 프랑스 등)와 같이 부품별 복수업체를 개발하여 기술경쟁을 통한 부품품질 향상 유도

- **(미래기술적용 철도부품 개발)** AI, IoT, 신소재 등 비약적인 발전이 예상되므로 철도산업의 변화를 예측한 연구개발 필요

  - 자율주행자동차 등 미래시장에서 경쟁하게 될 기술에 대응한 고객서비스 측면을 고려한 기술개발

- **(철도부품 품질 및 신뢰성 확보)** 철도부품 산업 육성을 위해 철도부품업체에서 인증을 획득할 수 있도록 연구개발 지원

  - 연구개발 기간 내에 국내외 인증획득이 가능하도록 기간 및 연구개발비 고려 필요

  - 부품개발 기업의 재무 건전성 등을 평가하여 개발이후 기술이 사장되지 않도록 보완방안 마련 필요

- **(철도부품 개발 협력모델 구축)** 부품기업, 차량기업, 운영기관이 협력하여 연구개발 사업을 수행하여야만 실용화가 가능하며 해당 부품의 해외 진출까지 추진 가능

  - 국내 및 해외 수출 시 납품실적 요구로 부품개발단계부터 차량기업 및 운영기관 참여로 부품 신뢰도 향상

■ 설문조사 개요

- 조사일시 : 2018년 2월 28일
- 조사대상 : 산업계, 학계, 연구계 및 정부부처, 공사·공단 등 85명
- 응답자 수 : 50건(응답률 58.8%)

2) CBM(Condition Based Maintenance) : 상태기반 유지보수 체계, 유무선으로 수집되는 자산의 상태 데이터를 바탕으로 상태를 분석하고 고장 시점을 미리 예지하여 적절한 시점에 유지보수를 함으로써 손실을 최소화할 수 있는 보전 방법

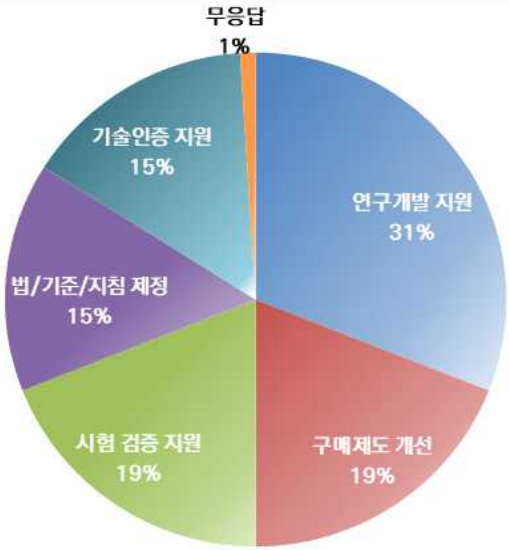
<표 III-17> 설문조사 응답자 분포

응답자 특성		설문조사	
		응답자 수(단위: 명)	비율(단위: %)
전체		50	100
기관구분	산업계	23	46
	학계	3	6
	연구계	9	18
	기타	13	26
	무응답	2	4
지역	수도권	35	70
	충청권	8	16
	강원권	1	2
	영남권	2	4
	호남제주권	1	2
	무응답	3	6

설문조사 결과

- 철도차량 부품산업의 육성을 위하여 가장 필요한 정부지원으로 **'연구개발 지원'**을 꼽았고, 그 이유로는 **'해외의존부품의 국산화'**에 대한 많은 필요성을 제시

Q1. 정부지원이 필요한 분야

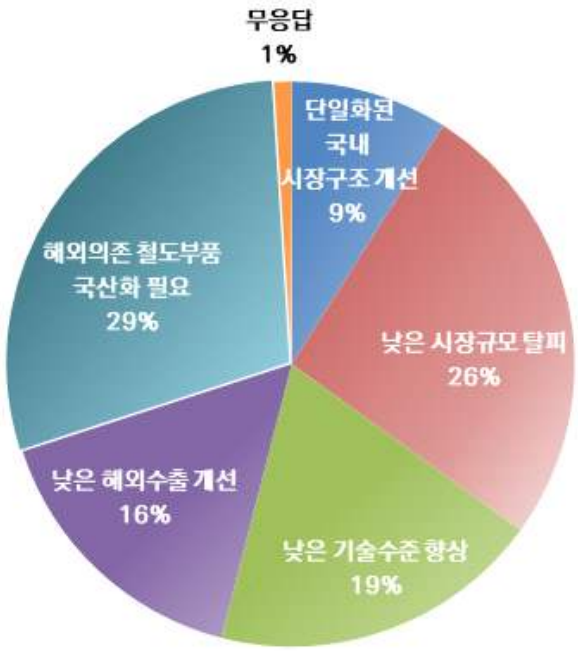


구분	연구개발 지원	구매제도 개선	시험 검증 지원	법/기준/지침 제정	기술인증 지원	무응답
응답 수* (건)	27	17	17	13	13	1
비율 (%)	31	19	19	15	15	1

* 복수응답

- 철도차량 부품산업의 육성을 위하여 정부지원이 필요한 분야에 대한 설문 응답으로는 연구개발 지원(32%), 구매제도 개선(19%), 시험 검증 지원(18%), 법/기준/지침 제정(15%), 기술인증 지원(14%) 순으로 나타남

Q2. 정부지원이 필요한 이유



구분 (이유)	단일화된 국내 시장구조 개선	낮은 시장규모 탈피	낮은 기술수준 향상	낮은 해외수출 개선	해외의존 철도부품 국산화 필요	무응답
응답 수* (건)	8	22	16	14	**25**	1
비율 (%)	9	26	19	16	**29**	1

* 복수응답

- 철도차량 부품산업의 육성을 위하여 정부지원이 필요한 이유에 대한 응답으로는 해외의존 철도부품 국산화 필요(31%), 낮은 시장 규모 탈피(24%), 낮은 기술수준 향상(19%), 낮은 해외수출 개선(14%), 단일화된 국내 시장구조 개선(10%) 순으로 나타남

● 기존 국가연구개발 사업 추진 시 다양한 관점별(기술적, 기업/기관 운영, 산업/시장, 제도/정책 등) 애로사항을 도출함으로써 향후 R&D 추진 시 적극적 개선요소로 활용

- **기술적 관점**에서 철도차량 부품개발 시, 가장 큰 사업화 애로사항으로,**'현장여건 및 실용성이 고려되지 않은 기술개발'**을 꼽음

구분	기술의 혁신성 부족	선행특허로 인한 기술경쟁력 저하	기존 장치 및 시스템과의 호환성 부족	현장여건 및 실용성이 고려되지 않은 기술	기타	무응답
응답 수* (건)	7	6	16	**9**	7	8
비율 (%)	13.2	11.3	30.2	**17.0**	13.2	15.1

* 복수응답

- **기업, 기관 운영 관점**에서 철도차량 부품개발 시, 가장 큰 애로사항으로, **사업화 성공 불확실성에 대한 '위험 부담'**을 꼽음

구분	전문인력 부족 및 수준 미흡	기술개발에 따른 자금 부족	마케팅, 홍보 등 사업화 역량 미흡	사업화 성공 불확실성에 대한 위험부담	기타	무응답
응답 수* (건)	13	10	3	**23**	1	5
비율 (%)	23.6	18.2	5.5	**41.8**	1.8	9.1

* 복수응답

- **산업/시장 관점**에서 철도차량 부품개발 시, 가장 큰 애로사항으로, **시장 진입장벽이 높고 견제가 심한'폐쇄적 시장'**을 꼽음

구분	시험검증의 어려움	신규부품 적용의 위험부담	신규부품의 낮은 인지도	폐쇄적 시장	기타	무응답
응답 수* (건)	16	14	3	**16**	4	3
비율 (%)	28.6	25.0	5.4	**28.6**	7.1	5.4

* 복수응답

- **제도/정책 관점**에서 철도차량 부품개발 시, 가장 큰 애로사항으로, **운영기관의 납품실적 요구 등 새로운 부품 적용이 어려운'발주 제도'**를 꼽음

구분	법/정책으로 인한 사업화 한계	신규 부품 적용이 어려운 발주제도	제품검증 및 인증제도의 중복	정부/지자체 정책 및 노선 계획 변경	기타	무응답
응답 수* (건)	15	**26**	9	1	1	7
비율 (%)	25.4	**44.1**	15.3	1.7	1.7	11.9

* 복수응답

- **국토교통 R&D**에서 **철도차량 부품개발** 시, 가장 큰 애로사항으로 **철도 운영기관의 '소극적 참여'**를 꼽음

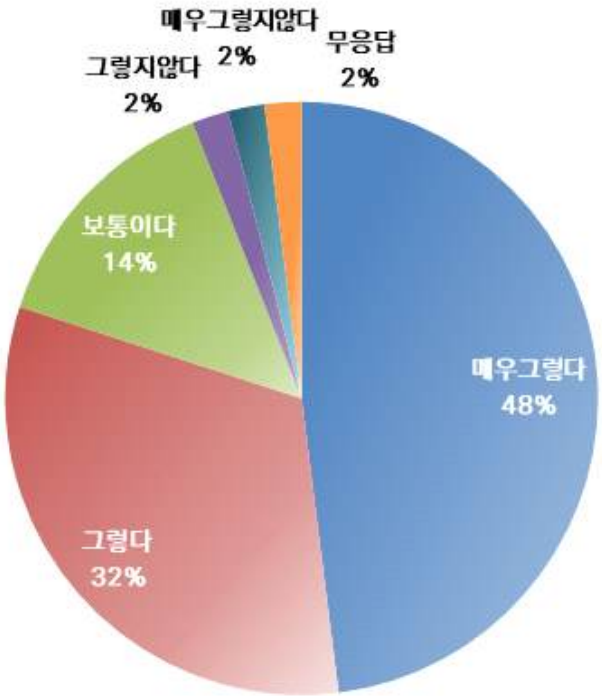
구분	R&D 성과물의 보유 규정의 불합리	출연연, 대학 등 연구자의 기술지원 부족	R&D 지원예산 및 지원기간 미흡	철도 운영 기관의 소극적 참여	기타	무응답
응답 수* (건)	3	6	16	**23**	1	6
비율 (%)	5.5	10.9	29.1	**41.8**	1.8	10.9

* 복수응답

● 그 외, 향후 철도차량 부품개발 사업 추진 시 다양한 이해관계자들의 관심 유도 및 적극적 참여의사를 확인함에 따라 R&D 추진 시 성공가능성 확보

- 향후 철도차량 부품개발 사업 추진 시, 80%의 연구개발 참여 의사* 확인

Q8. 향후 철도차량 부품개발 사업 추진 시 연구개발 참여 의사



구분	매우 그렇다	그렇다	보통이다	그렇지 않다	매우 그렇지 않다	무응답
응답자 수 (명)	**24**	**16**	7	1	1	1
비율 (%)	**48**	**32**	14	2	2	2

* 복수응답

※ '보통이다', '그렇지 않다' 등 부정적인 답변 및 무응답 제외



〈그림 Ⅲ-20〉 철도차량 부품개발 공청회

2. 철도부품 해외진출 촉진을 위한 산업체 간담회

개요

- 목 적 : 철도 R&D를 통해 해외시장에 진출하였거나 진출 예정 부품기업들의 성공사례 공유 및 제도개선 사항 발굴
- 일 시 : '18.05.10(목), 09:30 ~ 12:30
- 참 석 : 국토교통부(3명) : 철도안전정책관, 철도운행안전과장, 담당관
  국토진흥원(4명) : 기획6팀(3명), 철도실장
  산업계(11명) : 만도, 유진기공, 베어링아트, 상신브레이크, 다원프릭션, 우진산전, 디투엔지니어링, 삼표, 대아티아이 관계자

주요 논의 내용

- 해외시장 진출 기업의 성공사례 공유
- 해외 진출 시 애로사항 및 해소방안 논의

산업체 건의 내용

- **(현차시험 및 검·인증 체계)** 중견·중소기업 단위에서 현차시험, 검·인증 등 수행 시 발생하는 애로사항 건의 및 개선 요청

※ 철도분야의 특수성(장시간 시험 및 인증 등)에 따른 시간·비용의 부담과 국·내외 발주처 별 상이한 '규격', '현차시험조건' 및 '검·인증 요구사양'

- **(베어링아트)** 미국 화차시장 진출을 위한 시험·인증 비용에 대해 정부차원의 비용 지원 요청
- **(다원프릭션)** 철도분야의 시험인증은 요구기준이 높고 절차가 복잡하므로, 항공 산업과 같은 '원스톱 인증시스템' 구축·지원을 요청

※ 중소기업에서 요청 시, 전체적인 시험·인증 절차 지원 시스템 필요

- **(대아티아이)** 해외인증 획득 절차의 간소화를 위한 정부차원의 지원 요청

※ 국가별로 규격·인증요구 사항이 상이하고 복잡함을 해소하기 위해 상호인증 노력 필요

- **(디투엔지니어링)** '지속적으로 사용하고 있는 부품에 대해서는 형식승인의 면제' 등 시험·인증에 대한 탄력적 지원 방안이 필요하며, 시험 인프라(테스트베드/장비) 지원 확대 요구

- **(판로개척)** 해외진출을 위한 홍보 및 체계화 된 정보 제공

  - **(유진기공)** 'InnoTrans' 전시회 등과 같이, 글로벌 발주처를 대상으로 성과물을 홍보할 수 있는 다양한 기회 확대 필요

  - **(디투엔지니어링)** 'InnoTrans'에 참가한 일본의 경우와 같이, 정부주도의 국가관 마련을 통해 기업들의 홍보 활동 지원 필요

  - **(상신브레이크)** 해외의 규격, 입찰 프로세스 등 전문정보를 DB로 구축·공유하여, 체계와 정보가 부족한 중소기업체들의 해외진출에 지원

  - **(대아티아이)** 각 기관 마다 제공하는'발주국 정부 및 사업 관련 인력풀'정보가 상이하며, 유관기관과의 협업을 통해 통합된 정보 마련 요청

- **(R&D지원 확대)** 연구 성과물의 활용을 높일 수 있도록'구매 조건부과제' 마련 등 국가 R&D사업 차원에서 사업화 지원 확대 요구

  - **(유진기공)** R&D 결과물을 활용할 수요가 있을 경우, 차량 발주 시 우선적용을 검토할 수 있도록 명문화 또는 수요처 내부 규정 보완 필요

  - **(우진산전)** R&D사업 개발품을 대상으로 사용실적 확보를 위한 제도적 절차 마련 요청

  - **(디투엔지니어링)** 중소기업벤처부 구매조건부 과제와 유사한 과제 지원 확대 필요

  - **(삼표)** 국가R&D 참여실적 및 연구성과물에 대한 인센티브 필요

  - **(만도)** '현차시험 준비 및 실시' 기간을 고려하여 과제수행기간 조정 필요

3. 사업 참여의향 조사

유관기관의 관심과 잠재 수요 확인

- 철도차량부품 R&D사업에 대한 관심도와 참여의사를 확인하기 위해 부품단위 세부과제를 수행할 부품업체와 실용화지원 총괄과제를 수행할 운영기관, 시험인증기관 등을 대상으로 참여의향 조사('18.03.16 ~'18.07.09)

〈표 III-18〉 유관기관 참여의향 업체현황

구분	부품기업	운영기관	시험인증기관	완성차업체
기관수	25개	6개	2개	4개
기관명	• 다원프릭션 • STR 엔지니어링 • 인터콘시스템스㈜ • ㈜베어링아트 • ㈜브이씨텍 • ㈜우진산전* • 디투엔지니어링 • 만도 • 상신브레이크 • 유경제어주식회사 • 카템 • ㈜아이티베인 • 케이티엠엔지니어링 • 태일송풍기 • ㈜티앤머티리얼스 • 유진기공산업㈜ • 이경산전㈜ • 국제전기 • 동성테크 • 로텍 • 씨티이텍 • 아이엠디 • 이스턴알앤이 • 제룡산업 • 화인정밀	• 한국철도공사 • 공항철도㈜ • 서울교통공사 • 부산교통공사 • 광주도시철도공사 • 대전도시철도공사	• 한국산업기술시험원 • 한국철도기술연구원	• 현대로템 • ㈜다원시스 • 성신알에스티 • ㈜우진산전(중복)*
참여 의향서				

※ 해당 내용 상세내역은 「부록 참여의향 확인서」 참조

- 부품단위 세부과제 수행을 위한 민간기업 및 실용화지원 총괄과제를 수행할 운영기관, 완성차업체, 시험인증기관 모두 본 사업에 대한 관심 및 참여의지가 높은 것으로 확인

● 본 사업기획에 참여의향을 밝힌 기관들은 기업부설연구소 또는 연구개발전담부서를 모두 보유함에 따라 R&D 수행을 위한 역량을 충분히 갖춘 것으로 판단

No.	참여의향기관	연구소명(전담부서명)	연구분야	R&D 역량 보유 여부
1	국제전기	기업부설연구소	전기·전자	O
2	다원시스	기업부설연구소	전기·전자	O
3	다윈프릭션	TRIBOLOGY기술연구소	소재	O
4	대전도시철도공사	연구개발원	도시철도	O
5	동성테크	기업부설연구소	환경	O
6	디투엔지니어링	전력기술연구소	전기·전자	O
7	로텍	기술연구소	전기·전자	O
8	만도	DAS Center	기계	O
9	베어링아트	부설기술연구소	기계	O
10	부산교통공사	기술연구소	철도교통	O
11	브이씨텍	기술연구소	전기·전자	O
12	상신브레이크	기술연구소	기계	O
13	서울교통공사	도시철도연구원	기타	O
14	시티이텍	부설연구소	전기·전자	O
15	아이엠디	기업부설연구소	공학(엔지니어링)	O
16	아이티베인	기업부설연구소	SW개발공급	O
17	우진산전	철도차량 기술연구소	기계	O
18	유경제어	부설 기술연구소	전기·전자	O
19	유진기공산업	산업용컴프레서 기술연구소	기계	O
20	이경산전	연구전담조직	인버터	O
21	이스턴알앤이	연구소	철도부품, 객화차	O
22	인터콘시스템즈	기술연구소	열차제어·OBCS	O
23	제룡산업	기업부설연구소	금속	O
24	카템	기술연구소	자동차부품, 공작기계	O
25	케이티엠엔지니어링	케이티엠엔지니어링(주)연구소	기계	O
26	태일송풍기	기술부	산업용 팬	O
27	티앤머티리얼스	(주)티앤머티리얼스 기업부설연구소	전기·전자	O
28	한국산업기술시험원	철도부품평가센터, 신교통혁신연구소, 연구기획본부 등	시험인증	O
29	한국철도공사	한국철도공사 연구원	공학(엔지니어링)	O
30	한국철도기술연구원	첨단철도기술기획실	철도	O
31	현대로템	현대로템(주)플랜트설비기술연구소	기계	O
32	화인정밀	화인정밀(주) 연구소	기계	O
33	STR엔지니어링	기계 및 배관설계그룹	기계	O

부품별 참여의향

- 아래는 인식조사(설문조사)시 과제별 참여의향을 조사한 결과를 정리한 표이며, 이와 별도로 운영기관, 업체, 출연연 등을 대상으로 사업참여의향서를 제출 받음

응답 수*(건)

순번	연구과제명	구분					
		산		학	연	기타	소계
		중소·중견기업	대기업				
1-1	동력분산식 고속철도용 현가장치 개발	1	-	-	3	1	5
1-2	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발	1	-	-	1	1	3
1-3	고속철도용 공기스프링 국산화 개발	-	1	-	2	1	4
1-4	고내구성 전두부 해치 시스템 개발	2	-	-	1	2	5
1-5	신소재(고내구성) 적용 냉각팬 시스템 개발	1	-	-	2	1	4
1-6	고속철도용 고성능 제동디스크 및 패드 개발	5	1	-	3	2	11
1-7	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈화 개발	2	2	-	2	2	8
1-8	IoT기반 지능형 모듈타입의 주회로차단시스템 개발	3	-	1	2	3	9
1-9	친환경 컴팩트형 공조시스템 개발	-	-	-	2	1	3
1-10	철도차량용 모듈방식의 보조전원장치 개발	2	1	3	1	4	11
1-11	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트램용 관절장치 개발	1	-	-	1	-	2
2-1	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 개발	1	-	-	2	-	3
2-2	고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발	4	1	1	2	3	11
2-3	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 개발	2	1	2	-	2	7
2-4	고효율, 고안전성 희토류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기 개발	2	1	-	1	1	5
2-5	철도차량 입환 자동화 시스템 개발	-	-	2	2	2	6
2-6	에너지 저장 시스템 일체형 추진제어시스템 개발	2	1	1	3	2	9
2-7	도시철도용 고효율 외장코어형 컴팩트 주변압기 개발	4	1	-	2	1	8

* 복수응답

참여의향 부품기업(25개) 현황 ('16년 기준)

순번	기업명	종업원 수 (해당년도)	2016년 기업 매출액(억원)	철도차량 관련 매출액(억원)	철도차량 생산 주요 제품명
1	다원프릭션	96명(2018년)	188.1	확인불가	고속철도용 브레이크 패드
2	STR 엔지니어링*	확인불가	확인불가	확인불가	확인불가
3	인터콘시스템스㈜	98명(2018년)	164.1	확인불가	철도차량 진단, 제어시스템
4	㈜베어링아트	774명(2018년)	3,154.9	확인불가	현가장치
5	㈜브이씨텍	64명(2017년)	206.2	확인불가	철도차량제어장치
6	㈜우진산전	328명(2018년)	1,368.5	668	추진제어장치,보조전원장치
7	디투엔지니어링	235명(2018년)	460.9	확인불가	주회로 차단시스템
8	만도	4,274명(2018년)	31,416.2	확인불가	고속철도용 현가장치
9	상신브레이크	676명(2018년)	3,013.8	확인불가	브레이크패드
10	유경제어주식회사	128명(2017년)	329.0	확인불가	연동장치
11	카템**	확인불가	1.9	확인불가	고속철도용 브레이크디스크
12	㈜아이티베인	11명(2016년)	26.3	확인불가	전장제어SW
13	케이티엠엔지니어링	16명(2017년)	22.3	확인불가	고속철도용 모터류
14	태일송풍기	29명(2017년)	139.2	확인불가	송풍기 및 배기장치
15	㈜티앤머티리얼스***	확인불가	0.2	확인불가	방열부품
16	유진기공산업㈜	228명(2017년)	638.7	268	자동제어장치
17	이경산전㈜	7명(2016년)	12.3	확인불가	전기, 전력 변환장치
18	국제전기	99명(2017년)	259.0	확인불가	변압기, 배전반
19	동성테크㈜	43명(2018년)	197.4	확인불가	제동장치
20	로텍	26명(2016년)	40.4	확인불가	전동기
21	씨티이텍	99명(2014년)	167.2	확인불가	변압기, 배전반
22	아이엠디****	2명(2018년)	확인불가	확인불가	엔지니어링
23	이스턴알앤이㈜	15명(2018년)	114.8	확인불가	차륜, 차축
24	제룡산업	40명(2018년)	352.1	확인불가	송배전
25	화인정밀	6명(2017년)	8.7	확인불가	전두부 해치

* 2번 STR엔지니어링: 업체 검색 불가
** 11번 카템: 2017년 정보 활용(신설법인)
*** 15번 (주)티앤머티리얼스: 2012년 정보 활용
****22번 아이엠디: 매출액 확인 불가

유관기관의 관심과 잠재 수요 확인

- 다양한 기관 대상의 폭넓은 수요조사 및 기술분과위원회 및 기획위원회를 통한 공정한 최종 과제 선정

  - 수요조사시 철도운영기관 등 실수요처의 니즈가 반영될 수 있도록 한국철도공사, 서울교통공사 등 15개 운영기관을 포함하였고, 산업계 외 출연연 및 학계의 의견도 수렴될 수 있도록 연구기관 9개, 학회 17개, 대학 29개 등에 대해 4회에 걸쳐 폭넓게 수요를 조사하였음

  - 시급성, 정부지원 타당성 등의 평가항목을 정하여 산·학·연 고르게 구성(산48%, 학27%, 연25%)된 기획위원회 및 기술분과위원회에서 공정하게 우선순위를 도출하였음

- 공청회('18.2) 및 간담회('18.5) 실시 후 2회('18.3, '18.7)에 걸쳐 산·학·연을 대상으로 사업 참여의향을 조사하였으며, 그 결과 부품업체 25개, 철도운영기관 6개, 시험인증기관 2개, 완성차업체 4개 등에서 사업참여의향을 제시함

  - 참여의향서를 제출하지는 않았으나 공청회시 실시한 설문조사에서 참여희망 과제를 밝혔거나 현대로템/한국철도공사 등 수요처 납품실적 등 고려시 참여가 가능할 것으로 판단되는 기관

〈표 III-19〉 부품별 참여의향기관과 참여가능기관

분야		과제명	수요제안기관	참여의향기관	참여가능기관
		총괄과제	-	한국철도공사 한국철도기술연구원 한국산업기술시험원 부산교통공사 대전도시철도공사 현대로템 ㈜우진산전 ㈜다원시스	서울교통공사 공항철도(주) 광주도시철도공사
중점분야 1	1	고속철도용 댐퍼 개발	한국철도공사	만도 케이티엠엔지니어링(주) ㈜아이티베인 한국철도공사	KOBA 정경유압
	2	고속철도용 공기스프링 개발	한국철도공사	케이티엠엔지니어링(주) 한국철도공사	화승엑스윌 대원강업
	3	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발	철도기술연구원	㈜아이티베인 ㈜티앤머티리얼스 유진기공산업(주) 한국철도공사	유진기공산업(주) ㈜우진산전

분야		과제명	수요제안기관	참여의향기관	참여가능기관
	4	고속철도용 전두부 해치시스템 개발	화인정밀	화인정밀 ㈜카템 한국철도공사	한국화이바 유진기공산업(주) 에이디에스레일
	5	고속철도용 냉각팬 시스템 개발	코레일	케이티엠엔지니어링(주) ㈜태일송풍기 유진기공산업(주) 한국철도공사	㈜수성 경진브로아
	6	고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발	다윈프릭션	다윈프릭션 케이티엠엔지니어링(주) ㈜동성테크 베어링아트 이스턴알앤이(주) ㈜카템 상신브레이크 한국철도기술연구원 유진기공산업(주) 한국철도공사	우진정밀
	7	고속철도용 모듈형 주회로 차단시스템 개발	비츠로테크	디투엔지니어링 ㈜아이티베인 한국철도공사	비츠로테크 태희네볼루션 ㈜수성 ㈜우진산전
	8	고속철도용 공조시스템 개발	오텍캐리어	케이티엠엔지니어링(주) 한국철도공사	하이에어코리아 태희네볼루션 KB오토택 캐이알택 하이에어코리아 에이디에스레일 주식회사 남지공조
	9	도시철도용 모듈형 출입문 표준화 개발	인터콘시스템즈	STR엔지니어링 케이티엠엔지니어링(주) ㈜아이티베인 제룡산업 인터콘시스템즈 한국철도기술연구원 서울교통공사 한국철도공사	네오트랜스 에이디에스레일 인터콘시스템즈 흥일기업 일성자동화
	10	도시철도용 모듈형 보조전원장치 개발	이경산전	㈜브이씨텍 ㈜시티이텍 ㈜아이티베인 이경산전(주) ㈜우진산전 현대로템 한국철도공사	퓩테크 에스티씨 제이케이에이
	11	저상트램용 관절장치 개발	우진정밀	이스턴알앤이(주) 제룡산업	우진정밀 신형이엔지

분야		과제명	수요제안기관	참여의향기관	참여가능기관
					성신RST 유진기공산업(주)
중점분야 2	1	희토류 저감형 영구자석 동기전동기	철도기술연구원	아이엠디 케이티엠엔지니어링(주) 베어링아트 ㈜아이티베인 철도기술연구원 ㈜우진산전 현대로템 한국철도공사	한성정공 맥시스
	2	마그네틱 기어드 방식 동력전달시스템	한국교통대학교	로텍 ㈜브이씨텍 ㈜아이티베인 아이엠디	동림산업 `다이모스 동림산업
	3	ESS 일체형 추진제어시스템	우진산전	㈜브이씨텍 ㈜시티이텍 ㈜아이티베인 우진산전 현대로템 서울교통공사	푸름 대홍기업
	4	컨버터 일체형 반도체변압기	철도기술연구원	㈜시티이텍 ㈜아이티베인 ㈜티앤머티리얼스 철도기술연구원 국제전기 아이엠디 현대로템 서울교통공사 한국철도공사	태희네볼루션 현대중공업 케이피일렉트릭 효성
	5	외장코어형 컴팩트 주변압기	철도기술연구원	㈜아이티베인 ㈜티앤머티리얼스 철도기술연구원 국제전기 아이엠디 한국철도공사	네오트랜스 태희네볼루션 현대중공업 케이피일렉트릭 효성
	6	개방형 네트워크 프로토콜 기반 통합제어플랫폼	철도기술연구원	STR엔지니어링 ㈜시티이텍 제룡산업 철도기술연구원 ㈜우진산전 현대로템	태희네볼루션 인터콘시스템즈
	7	자동 연결·분리 시스템	한국철도공사	유경제어(주) 이스턴알앤이(주) 한국철도공사	스마텍 유진기공산업(주) 씨에스아이엔테크

제5절 R&D 역량분석 시사점 종합

R&D 투자 역량

- 국토교통 R&D 예산은 최근 10년 동안 연평균 2.9%씩 확대되는 추세이며 `18년 예산은 5,058억원(전년대비 6.8% 증가)으로 정부 R&D 예산(19.6조원)의 2.6%를 차지
  - 반면, 본 사업의 R&D 영역에 해당하는 철도기술연구 R&D 예산은 전년대비 130.26억 원, 철도소재·부품·장치 고도화 기술 R&D 예산은 69.34억 원이 축소된 상황임

기술역량

- **(철도교통)** 2015년 기술수준(기술격차, 순위)은 최고기술 보유국(독일) 대비 83.1%(4.8년, 6위) 수준임
  - 기술수준은 '13년 대비 3.6% 향상되었고 기술격차는 0.3년(2013년: 4.3년→2015년: 4.6년)으로 다소 확대
  - 따라서 기술격차를 해소하기 위해서는 지속적인 R&D 투자 확대 필요
- **(철도차량)** 2015년 기준, 최고기술 보유국은 독일이며, 한국은 최고기술 보유국 대비 평균 81.6%의 기술수준을 갖추고 있음
  - 독일은 Siemens를 필두로 세계 최고수준의 고속철도차량기술을 보유하고 있으며, 도시철도차량 분야를 제외하고 전 차종에서 최고기술력을 보유
  - 세계 최고수준의 철도차량기술 확보를 위해서는 성능 및 신뢰성 확보는 물론 체계적인 신기술 검인증 및 표준화 등이 수반되어야 함
- **(철도차량 부품)** 철도차량부품의 경우 지속적인 지원을 통해 상당 수준의 국산화를 달성했음에도 불구하고, 여전히 차량 성능 및 신뢰성에 직결되는 일부 핵심부품의 경우 외산에 의존하고 있어 차량산업 및 부품산업 경쟁력 제고를 위해서는 지속 지원 필요
  - 차량연결기(49.8%), 현가장치(64.2%), 윤축(65.3%)의 기술수준은 국내평균(75.7%)에 비해 매우 낮은 실정으로 기술추격 전략을 통한 부품 기술력 확보가 시급한 품목군으로 분석됨
  - 특히, 차축, 전두부연결기, 차량연결기, 댐퍼, 브레이크 패드, 전력저장장치, 연결장치 등은 100% 수입에 의존하고 있어 시장상황 등 고려하여 국산화 추진 필요
  - 반면, 차내공조 및 견인전동기(83.5%), 차량 진단제어 시스템(80.6%), 대차프레임(80.0%) 관련 기술은 세계수준에 근접함에 따라 향후 기술선도 전략을 통한 부품 개발을 통해 해외진출이 가능할 것으로 기대

R&D 인프라 역량

- **(산업체)** 철도차량 기술기준에서 정한 주요부품(총 151품목) 관련 국내 생산·공급이 가능한 업체는 49개 업체 존재
  - 현대로템(대차프레임, 견인전동기), 유진기공(제동디스크, 살사장치), 비츠로테크(주회로 차단기) 등을 중심으로 철도차량 주요부품 상당수는 국내 생산·공급이 가능하나,
  - 판토그래프(체코), 공기스프링(독일), 댐퍼(체코), 주변압기(프랑스) 등 일부 핵심부품의 경우 해외제품에 의존하고 있어 R&D 추진을 통한 국산화 제품의 기술경쟁력 확보가 요구됨
- **(대학 및 대학원)** 철도관련 대학 및 대학원은 지역별로 비교적 균등하게 분포되고 있으며 다양한 철도 전공 학과, 특성화 전문대학원 개설 등으로 우수한 연구인력 확보가 가능
- **(연구기관)** 철도차량부품 산업 특성을 고려한 국내 연구기관은 정부출연 연구기관, 시험인증기관, 유사 연구기관(자동차 분야) 등이 존재
  - 철도산업 이외에도 기계, 전자통신, 자동차 등 유사한 분야 연구기관과의 유기적 연계를 통해 R&D 사업 추진이 가능할 것으로 기대
- **(철도운영기관)** 철도차량부품 사업은 연구개발에만 국한되는 것이 아닌 현차시험, 시험인증 등 실증사업을 통해 성공적 수행이 가능함에 따라 다양한 철도운영기관들과의 사업 연계 추진 필요
- **(연구시설)** 과거 수행된 철도기술 연구개발 사업을 통하여, 다양한 시험 인프라가 구축되어 있어 향후 부품 개발을 위한 R&D 사업 추진 시 실증 Test-Bed를 추가 구축할 필요 없이 효율적 연구 수행 가능

산업계 참여의지 확인

- **(공청회)** 철도차량 부품산업의 성공적인 R&D 추진을 위해서는 정부 및 산·학·연과의 유기적인 협력체계 구축을 통한 기술개발 추진 필요
  - 철도차량 부품산업의 특수성 상, 정부, 부품기업, 차량기업, 운영기관이 협력하여 연구개발 사업을 수행하여야만 실용화가 가능
- **(산업체 간담회)** 철도차량 부품개발 사업 추진 시, R&D에 대한 실용화 확산을 위해 현차시험 및 검·인증 체계 지원 등 국가적 차원의 적극적 지원 확대 요구
- 사업 참여의향 조사 결과 부품기업(25개), 철도운영기관(6개), 시험인증기관(2개), 완성차 업체(4개) 등 다양한 유관기관의 사업에 대한 관심 및 참여의지가 높은 것을 확인

철도차량 부품개발 사업

제4장 선행사업 분석

제1절 선행사업 분석 개요
제2절 철도기술연구사업 개요
제3절 철도기술연구사업 성과분석
제4절 철도기술연구사업 한계 및 반성
제5절 개선 방향

제4장 선행사업 분석

제1절 선행사업 분석 개요

선행사업과 신규사업의 차별성 및 세부과제별 단위에서 연계·활용이 가능한 사항을 체계적으로 제시하고자 함

- 선행사업과 신규사업의 사업목적, 지원대상, 기술분야, 추진방법 등 분석하여 차별성을 제시
- 선행사업에서 도출된 성과물 등에 대한 분석 및 연계·협력 방안 제시

선행사업의 성과를 종합적으로 분석하여 신규 사업의 방향성 설정

- 본 사업의 선행사업인 '철도기술연구사업'의 성과 및 한계를 분석하여 사업의 방향성을 결정
- 기존 철도기술연구사업에 대한 중소기업들의 정책적 수요를 흡수할 수 있도록 장점 극대화 및 한계점 보완 등 사업의 기획 추진 방향 설정
- 선행 사업의 성과점검을 통해 사업의 실효성을 분석하고, 신규사업의 전반적인 기획 방향을 제시하는 종합적인 개선방안 제시

제2절 철도기술연구사업 개요

사업 목적 및 목표

- 철도기술연구사업은 '국민행복을 위한 빠르고 안전하고 경제적인 철도시스템 개발 및 강소기업 기술경쟁력 제고를 통한 철도산업의 고부가가치 창조형 신성장 동력으로 육성'을 목적으로 추진

비전

국민의 행복을 위한 **빠르고 안전하고 경제적인 철도 개발**
– 철도교통 경쟁력 향상을 통한 수송분담률 제고
철도산업을 **고부가가치 창조형 신성장 동력으로 육성**
– 세계 일류 철도기술을 확보하여 일자리 창출을 통해 국가 경제에 기여

목표

중기 전략(2014~2018)	장기 전략(2019~2023)
▪ 철도 수송분담률 27% 달성, 철도수송 효율 15% 향상 ▪ 열차운행 100만km당 사고 건수 10% 저감 ▪ 철도 건설·운영유지비 5% 절감 ▪ 철도부품 강소기업 3개 육성, 양질의 일자리 1천개 이상 창출	▪ 철도 수송분담률 30% 달성, 세계시장 점유율 4% 달성 ▪ 열차운행 100만km당 사고 건수 20% 저감 ▪ 철도 건설·운영유지비 10% 절감 ▪ 철도부품 강소기업 5개 육성, 세계 일등 철도부품 5개 이상 확보

전략

중점 분야	세부기술 분야
철도 수송력 향상 기술	▪ 대용량 고속화 철도기술 ▪ ICT기반 고밀도 철도기술 ▪ 신개념 철도 추진·제어 기술
철도 안전·편의 향상 기술	▪ 철도사고 예방·대응 기술 ▪ 철도 안전인증체계 지원기술 ▪ 여객 편의성 및 쾌적성 향상기술
철도 건설·운영비 절감 기술	▪ 철도 운영 및 유지관리 기술 ▪ 저비용 철도 인프라 건설기술 ▪ 친환경 철도 기술
철도 소재·부품·장치 고도화 기술	▪ 고부가가치 철도핵심부품 기술

〈표 Ⅳ-1〉 철도기술연구사업 전략체계

사업추진 지원근거

- 「철도산업발전기본법」(개정 2017.1.17., 법률 제14547호) 제11조 및 제13조, 「철도안전법」(개정 2017.8.9., 법률 제14868호) 제68조, 「도시철도법」(개정 2017.7.26., 법률 제14839호) 제22조, 「국가통합교통체계효율화법」(개정 2017.3.30., 법률 제14113호) 제98조, 「국토교통과학기술 육성법」(법률 제14545호)에 의거하여 추진
  - 「철도산업발전기본법」 제11조(철도기술의 진흥 등) 및 제13조(국제협력 및 해외진출 촉진)
  - 「철도안전법」 제68조(철도안전기술의 진흥)
  - 「도시철도법」 제22조(정부 지원 등)
  - 「국가통합교통체계효율화법」 제98조(교통기술 연구·개발사업의 추진)
  - 「국토교통과학기술 육성법」 등

철도산업발전기본법

제11조(철도기술의 진흥 등)

① 국토교통부장관은 철도기술의 진흥 및 육성을 위하여 철도기술전반에 대한 연구 및 개발에 노력하여야 한다.
② 국토교통부장관은 제1항의 규정에 의한 연구 및 개발을 촉진하기 위하여 이를 전문으로 연구하는 기관 또는 단체를 지도·육성하여야 한다.
③ 국가는 철도기술의 진흥을 위하여 철도시험·연구개발시설 및 부지 등 국유재산을 과학기술분야 정부출연연구기관 등의 설립·운영 및 육성에 관한법률에 의한 한국철도기술연구원에 무상으로 대부·양여하거나 사용·수익하게 할 수 있다.

제13조(국제협력 및 해외진출 촉진)

① 국토교통부장관은 철도산업에 관한 국제적 동향을 파악하고 국제협력을 촉진하여야 한다.
② 국가는 철도산업의 국제협력 및 해외시장 진출을 추진하기 위하여 관련 기술 및 인력의 국제교류, 국제표준화, 국제공동연구개발 등의 사업을 지원할 수 있다.

철도안전법

제68조(철도안전기술의 진흥)

국토교통부장관은 철도안전에 관한 기술의 진흥을 위하여 연구·개발의 촉진 및 그 성과의 보급 등 필요한 시책을 마련하여 추진하여야 한다.

〈도시철도법〉

제22조(정부 지원 등)

③ 정부는 도시철도기술의 발전을 위하여 대통령령으로 정하는 도시철도기술을 연구하는 기관 또는 단체(이하 "연구기관등"이라 한다)에 보조 등 재정적 지원을 할 수 있다.

④ 지방자치단체는 제1항에 따라 정부의 지원을 받은 경우 도시철도기술의 발전을 위하여 대통령령으로 정하는 바에 따라 연구기관등에 보조하거나 출연(出捐)할 수 있다.

〈국가통합교통체계효율화법〉

제98조(교통기술 연구·개발사업의 추진)

① 국토교통부장관은 국가교통기술개발계획 등을 효율적으로 추진하기 위하여 연도별·분야별 교통기술 연구·개발과제를 선정하여 다음 각 호의 기관 또는 단체 등과 협약을 맺어 교통기술 연구·개발사업을 하게 할 수 있다.

1. 국공립연구기관
2. 「특정연구기관 육성법」 제2조에 따른 특정연구기관
3. 「고등교육법」 제2조에 따른 학교
4. 「기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률」 제14조제1항제2호에 따른 기업부설연구소 중 교통기술 분야의 연구인력을 항상 확보하고 있는 기업부설연구소
5. 「민법」 또는 다른 법률에 따라 설립된 법인으로서 교통 관련 연구를 하는 법인
6. 그 밖에 대통령령으로 정하는 교통기술 분야의 연구기관 또는 단체

② 국토교통부장관은 교통기술 연구·개발사업을 효율적으로 추진하기 위하여 필요한 경우에는 분야별 전담기관을 지정하고 협약을 맺어 그 기관으로 하여금 교통기술 연구·개발사업의 기획·평가 및 관리 등의 업무를 담당하게 할 수 있다.

③ 제1항에 따른 교통기술 연구·개발사업에 필요한 비용과 제2항에 따른 기획·평가 및 관리 등의 업무를 담당하는 비용은 제1항 및 제2항에 따른 협약으로 정하는 바에 따라 정부 또는 정부 외의 자의 출연금과 그 밖에 기업의 기술개발비로 충당한다.

④ 국토교통부장관은 매년 제2항에 따른 분야별 전담기관의 장이 담당하는 교통기술 연구·개발사업에 대하여 조사·분석 및 평가(이하 "평가등"이라 한다)를 하여야 한다.

⑤ 제2항에 따른 분야별 전담기관은 평가등의 결과를 반영하여 교통기술 연구·개발사업을 추진하여야 한다.

국토교통과학기술 육성법

제1조(목적) 이 법은 국토교통과학기술 육성을 위한 기반을 조성하여 산업의 경쟁력을 강화함으로써 국민경제의 지속적인 발전과 국민의 삶의 질 향상에 이바지함을 목적으로 한다.

제8조(연구개발사업의 추진) ① 국토교통부장관은 종합계획을 효율적으로 추진하기 위하여 국토교통과학기술 연구개발사업을 할 수 있다.

추진경과

- ’07년부터 ’12년까지 ‘미래철도기술개발사업’과 ‘미래도시철도기술개발사업’으로 구분하여 추진
- ’13년부터 상기 두 사업을 ‘철도기술연구사업’으로 통합하여 추진 중이며, ’07년부터 ’17년까지의 총 투자액은 약 1조원 규모

‘07.03 : ‘미래철도기술개발사업’, ‘미래도시철도기술개발사업’ 추진

‘07.12 : 철도분야 전략프로젝트와 중점과제 발굴 등을 포함한 「건설교통 R&D 중장기 기본계획(’08～’12)」 수립

‘12.05 : 중장기 투자전략 제시를 위한 「건설교통 R&D 중장기계획(’13～’17)」 수립 및 R&D 사업체계 변경

‘13.03 : ‘미래철도기술개발사업’과 ‘미래도시철도기술개발사업’을 ‘철도기술연구사업’으로 통합하여 추진

‘13.06 : 「철도 R&D 비전」 및 「철도강소기업 육성전략」 발표

‘13.06 : 「국토교통 R&D 중장기 전략(’14～’18)」 수립

‘14.03 : ‘철도 수송력 향상 기술’, ‘철도 소재·부품·장치 고도화 기술’, ‘철도 안전·편의 향상 기술’, ‘철도 건설·운영비 절감 기술’ 등 4개 중점분야에 대한 중장기 계획 수립

‘16.12 : ‘정부 R&D 사업 일몰제’ 도입에 따른 사업체계 개편(안) 수립

– ①고부가가치 철도차량 기술개발 사업 ②철도 유지·관리 자동화 기술개발 사업 ③고성능·저비용 철도 인프라 구축 기술개발 사업 ④**철도 부품·장치 자립화 기술개발 사업** 등 4개 단위 사업으로 개편

※ 고부가가치 철도차량 기술개발사업 기획 (`17.7～`19.1)

※ 철도 유지·관리 자동화 기술개발사업 기획 (`17.7～`19.1)

※ 성능·저비용 철도인프라 구축 기술개발사업 기획 (`17.7～`19.1).

– 본 ‘철도차량 부품개발 사업’은 선행사업 중 ‘소재·부품·장치 고도화’ 분야에서 개별적으로 지원하던 철도부품개발을 실용화 가능성, 예상시장규모 등과 수요처의 업계의 니즈를 반영하여 체계적으로 지원하고자 기획함

– 차량시스템, 유지관리기술, 인프라분야 기술 등은 별도의 사업기획 중이며, 그와 관련한 일부 기초원천 연구도 포함될 예정임

<표 Ⅳ-2> 철도 R&D 사업개편 내역

연도	2002~2006	2007~2012	2013~
사업명	■ 고속철도기술개발사업 ■ 기존선속도향상기술개발 ■ 철도종합안전기술개발 ■ 도시철도표준화기술개발	■ 미래철도기술개발사업 ■ 미래도시철도기술개발사업	■ 철도기술연구사업
주요 내용	■ 개별 과제단위 추진	■ 고속철도, 일반철도, 도시 철도 등 3개 분야 – 차세대 고속철도 기술개발, 한국형 틸팅열차 개발, 도시형 자기부상열차 실용화 등	■ 4대 중점분야 추진 – 철도 수송력 향상 기술 – 철도 안전·편의 향상 기술 – 철도 건설·운영비 절감 기술 – 철도 소재·부품·장치 고도화 기술

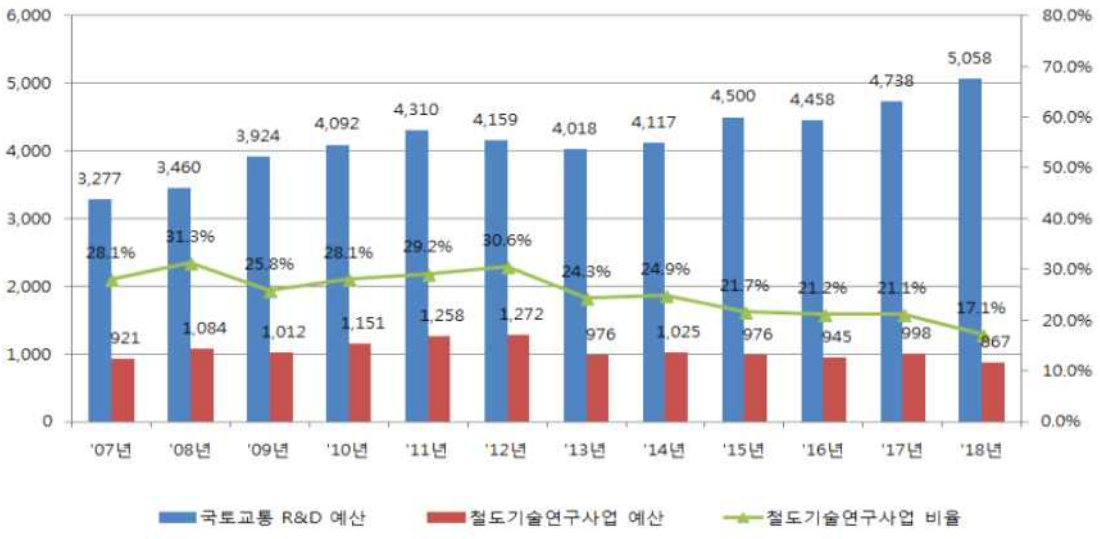
사업 추진 현황

철도 R&D 투자 총액 추이

- '07년부터 '17년까지 철도 R&D 연평균 투자액은 1,056억원이며, 이는 같은 기간 국토부 R&D 투자금액의 25.8%를 차지(19개 사업 중 최대규모)

※ 국토교통R&D 연평균 투자액('07~'17) : 4,096억원

- 전략 R&D(VC-10, `06~`12년)인 동력분산식 고속열차(`07~`11년, 669억원)와 자기부상열차 개발(`06~`12년 2,880억원) 당시 철도 R&D 투자비중은 국토교통 R&D의 30% 내외였으나 이후 감소추세



<그림 Ⅳ-1> 철도 R&D 투자 총액 추이

● 분야별 철도 R&D 투자 추이

- 정부의 장기 계속사업 일몰제 시행으로 기존 '철도기술연구사업'은 '19년 일몰됨에 따라 이에 대응하여 4개 사업으로 개편 추진('16.12, 국과위)

- 철도기술연구사업은 '수송력 향상', '안전·편의 향상', '건설·운영비 절감', '소재·부품·장치 고도화' 등 4개 중점분야로 추진하였으며, 이를 고려하여 4개 분야를 개별 사업으로 기획추진

※ 사업체계 개편로드맵(안)

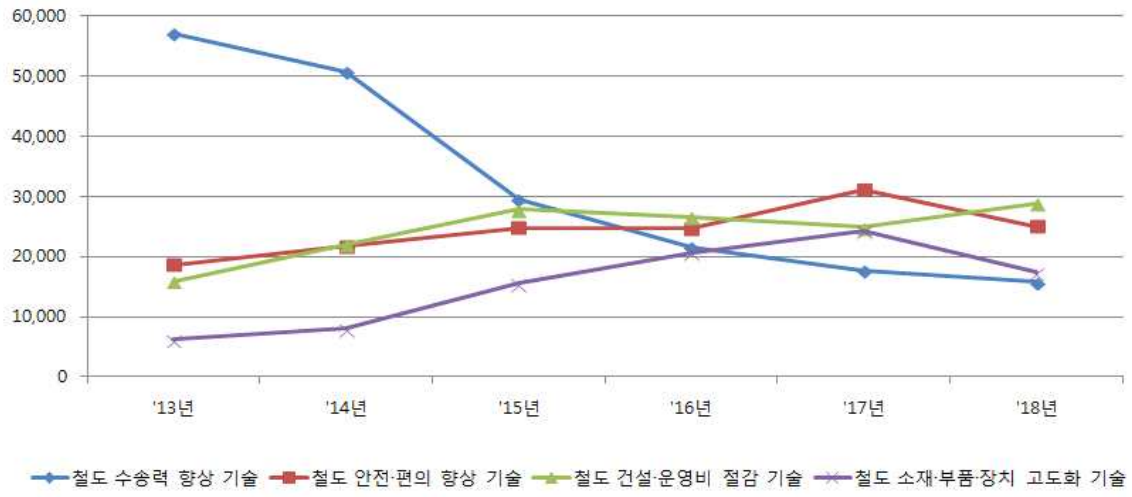


- **(철도 수송력 향상 기술)** `13년 이후 지속적으로 감소하여 '18년에는 157억원으로 축소

- **(철도 안전편의 향상 기술)** '13년 186억원을 지원하여 매년 240억원 내외로 투자하였고 '18년에는 250억원 지원

- **(철도 건설운영비 절감 기술)** '13년 159억원을 지원하여 매년 소폭 증가하여 '18년에는 287억원 지원

- **(철도 소재부품· 장치 고도화 기술)** 동 기간('13~'18) 투자액이 가장 큰 폭으로 증가한 분야로서 '13년 62억원에서 '17년 242억원으로 최대치를 지원하였으나, '18년 173억원으로 감소



(단위: 백만원)

구 분	'08~'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19~
철도기술연구사업	675,303	102,475	97,589	93,454	97,807	86,741	157,658
철도 수송력 향상 기술	492,049	50,688	29,514	21,533	17,693	15,700	32,420
철도 안전·편의 향상 기술	90,586	21,712	24,725	24,678	31,058	25,024	56,256
철도 건설·운영비 절감 기술	21,262	22,059	27,800	26,618	24,817	28,712	20,570
철도 소재·부품·장치 고도화 기술	71,406	8,016	15,550	20,625	24,239	17,305	48,412

<그림 Ⅳ-2> 분야별 철도 R&D 투자 추이

철도기술연구사업 중점지원 분야별 추진 방향

- 철도 수송력 향상 기술
  - (추진방향) 철도 수송분담률 제고를 위해 한계에 달한 선로용량 확대를 위한 고밀도 운행기술, 중·소 교통수요에 대응 가능한 신형식 경전철시스템 개발 지원
  - (필요성) 신규노선 건설 등에는 막대한 예산이 소요되므로, 기존 인프라를 최소한으로 개량하여 고속화하고 한정된 선로에 고밀도 운행이 가능토록 함으로써 최소한의 비용으로 수송력 향상 가능
- 철도 안전·편의 향상 기술
  - (추진방향) 제2차 재난 및 안전관리기술개발 종합계획, 철도안전혁신대책('15.8) 등 정부정책과 연계한 국민안전 확보를 위한 ICT 활용 실시간 안전감시시스템, 안전성능 검증 인프라 구축 등 지원

- (필요성) 철도망 확대 건설, 기존선 고속화 등에 따른 철도 총연장이 증가와 차량 및 인프라 노후화에 따른 철도사고가 빈번하고 있어 국민 불신 해소 및 이용편의 향상을 위한 R&D 지속 지원 필요

※ 여수 무궁화호 탈선사고('16.4.22), 노량진역 전동차 탈선사고('16.5.9) 발생

● 철도 건설·운영비 절감 기술

- (추진방향) 철도안전혁신대책('15.8), 제3차 국가철도망 구축계획 등에 따른 운영·유지보수 효율화, 노후 인프라의 경제적인 개량 등을 위한 기술개발 지원

- (필요성) 고속화, 고밀도 운행, 시설 노후화 등으로 유지보수 소요와 비용투입이 지속 증가 중으로, 최소 인력과 비용으로 유지보수 및 개량을 할 수 있는 검측장비 자동화 기술, 개량기술 확보 필요

※ 국내 도시철도 노선 중에서 20년 이상 노후화 노선은 57%(408km) 수준

● 철도 소재·부품·장치 고도화 기술

- (추진방향) 철도분야 강소기업 육성 및 일자리 창출 등 정부정책과 연관성이 높은 부품개발 과제 적극 발굴 및 지원 확대

- (필요성) 주요 철도부품은 기술력 부족, 높은 시장진입장벽, 협소한 시장규모 등으로 상당수 외산에 의존 중으로 중소기업 육성 및 해외시장 진출을 위해서는 정부의 R&D 지원 필요

〈표 Ⅳ-3〉 철도기술연구사업 세부사업 추진내용

분야	사업 목적	사업 주요내용
철도 수송력 향상 기술	• 철도의 대용량·고속화와 고밀도 운행을 통한 철도 수송분담률 향상 • 신개념 철도 추진·제어 기술 개발을 통한 철도 산업·기술 경쟁력 제고 및 해외시장 진출 도모	• 기존 인프라를 활용하여 철도 수송분담률을 제고하기 위한 차량 및 인프라 고속화, 대용량화, 고밀도 운행 기술개발
철도 안전·편의 향상 기술	• 철도사고 발생을 원천 차단하여 철도 안전을 확보하고, 철도 이용객 혼잡도·접근성을 개선하는 등 철도 이용의 편의성과 쾌적성 향상	• ICT 융합을 통한 선제적 재난·재해 감시/예방 기술 및 혼잡도 개선 등 철도 이용객 편의성 향상 기술 개발
철도 건설·운영비 절감 기술	• 경제적인 방법으로 철도망을 확충하고 유지보수비·에너지 절감 등 철도 운영 효율화를 통한 철도교통 경쟁력 강화	• 경제적인 철도망 확충을 위한 최적 설계·시공·개량 기술 및 유지보수를 위한 검측 등 운영효율화 기술
철도 소재·부품·장치 고도화 기술	• 철도 운영 및 유지보수 효율화를 위한 철도 핵심부품·장치의 설계 및 제작기술, 신뢰성 확보 기술 등의 개발로 철도부품 강소기업 육성 및 해외시장 부품 경쟁력 확보	• 철도산업 경쟁력 제고를 위한 철도 핵심부품 국산화를 통한 강소기업 육성

*출처: 국토교통과학기술진흥원(2016), 2016년 국토교통기술연구개발사업 시행계획

대형 브랜드 사업 지속 발굴

- 하이퍼튜브시스템, T2T기반 열차제어시스템 등 미래 철도산업을 선도할 대형 브랜드 사업을 지속 발굴하여 추진 예정



<그림 Ⅳ-3> 철도분야 신규사업 추진계획(안)

사업 예산 투입현황

- 철도기술연구사업은 '16년 934.54억원이 지원되었으며, '14년 사업 개편 이후 최근 '16년까지 총 2,935.18억원의 예산이 투입됨으로써 개편 이전('11년~'13년) 예산인 3,505.91억원 보다 크게 감소

  - 사업개편 이전('11년~'13년)에 비해 사업개편 이후('14년~'16년) 570.73억원 감소된 예산이 투입

  - 사업 개편('14년) 이후 '16년 기준으로 '14년 대비 정부출연금이 −8.80% 감소

<표 IV−4> 철도기술연구사업 연도별 투입예산 현황

(단위: 백만원)

'11년	'12년	'13년	'14년	'15년	'16년
125,770	127,194	97,627	102,475	97,589	93,454



*출처: 국토교통과학기술진흥원(2016), 2016년 국토교통기술연구개발사업 시행계획

사업 지원 현황

- 철도기술연구사업은 '14년~'16년까지 총 276개 과제에 총 2,935.18억 원을 지원하였으며, 과제당 정부출연금은 매년 약 10.6억 원으로 나타남

<표 IV−5> 철도기술연구사업 지원 현황

구분	2014	2015	2016	총계	평균
지원과제 수(건)	94	87	95	276	92.0
정부출연금(억 원)	1,024.75	975.89	934.54	2,935.18	978.39
과제당 정부출연금(억 원)	10.9	11.2	9.8	10.6	10.7

*출처: 국토교통과학기술진흥원(2016), NTIS 기준 과제정보

연구수행주체(지원대상)별 지원과제 현황

- 최근 3년간('14년~'16년) 연구수행주체별 지원과제 비중은 출연연구소(138건, 50.0%), 대기업(공기업 포함)(68건, 24.6%), 중소·중견기업(43건, 15.6%), 대학(20건, 7.2%), 기타(7건, 2.5%) 순

  - (연도별 추이) 지원과제 수 기준 최근 3년간 출연(연)의 수행 과제수 비중이 감소(56.4%('14) → 50.6%('15) → 43.2%('6))한 반면, 대기업, 중소·중견기업 및 대학의 수행 과제수 비중은 증가한 것으로 파악

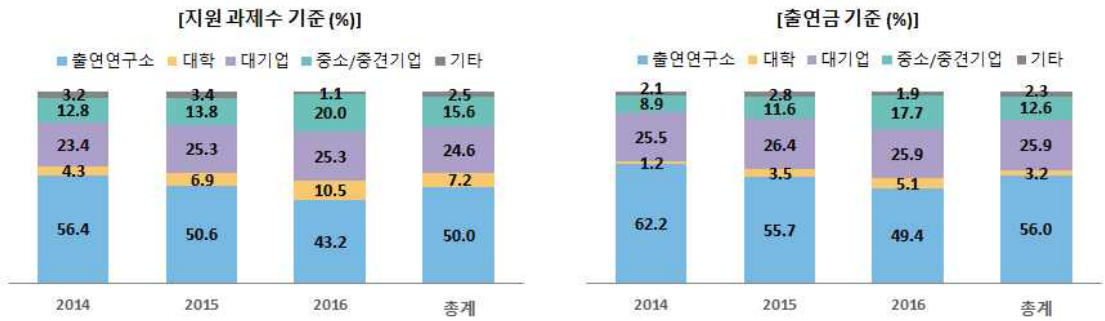
- 연구개발사업 참여 주체(주관연구기관 기준) 중 중소기업 비중은 출연연에 비해 낮아 향후 중소기업이 주도적으로 주관연구기관으로서 과제를 수행할 수 있도록 중소기업 주도형 과제의 적극 추진 필요

<표 Ⅳ-6> 철도기술연구사업 연구수행주체별 지원 현황

(단위: 건, 억 원)

구분	2014		2015		2016		합계	
	건수	금액	건수	금액	건수	금액	건수	금액
출연연구소	53	637.62	44	543.67	41	461.68	138	1642.97
대학	4	12.57	6	34.21	10	47.43	20	94.21
대기업	22	261.50	22	257.75	24	242.20	68	761.45
중소/중견기업	12	91.56	12	112.77	19	165.08	43	369.41
기타	3	21.50	3	27.49	1	18.15	7	67.14
합계	94	1,024.75	87	975.89	95	934.54	276	2,935.18

*출처: 국토교통과학기술진흥원(2016), NTIS 기준 과제정보



*출처: 국토교통과학기술진흥원(2016), NTIS 기준 과제정보

<표 Ⅳ-7> 연구수행주체별 과제 수 및 출연금 분포 현황

철도기술연구사업의 상위계획과의 연계성

- 철도기술연구사업은 국정운영 관련 계획과 국가 기본계획, 국토교통부 계획 등 상위계획 상세 추진내용과 밀접한 내용들로 구성

<표 Ⅳ-8> 철도기술 분야 상위계획 · 정책 및 사업반영 내용

상위 계획		사업 반영 내용
국가 기본 계획	「제3차 과학기술기본계획('13~'17)」 • (High2) 국가전략기술 개발 – IT융합 신산업 창출 – 스마트 물류·교통시스템 구축화	• **빠르고 지능적인 철도('14년)** – 新교통시스템 기술 • **철도 수송력 향상 기술('15년)** – ICT기반 고밀도 철도기술
관련 부처 · 합동 계획	「국토교통 R&D 중장기 전략 ('14~'18)」 • 글로벌시장 선도, 융·복합 • 신산업 창출기반 조성, 안전하고 편리한 국토공간 조성, 국민생활 복지 향상을 기본방향으로 10대 중점 프로젝트 중 스마트 철도교통시스템이 포함	• **빠르고 지능적인 철도('14년)** – 新교통시스템 기술 – 주요 부품 국산화 기술 • **철도 수송력 향상 기술('15년)** – ICT기반 고밀도 철도기술 • **철도 안전·편의 향상기술('15년)** – 철도사고 예방·대응 기술 • **철도 소재·부품·장치 고도화기술('15년)** – 고부가가치 철도핵심부품기술
	「철도부품 강소기업 육성 R&D 지원」 • 제1차 철도부품 강소기업 육성 R&D 시행기획안은 '13~'17년 5개년 간 철도 R&D 지원에 639억 원의 예산을 투입해 '17년까지 철도부품 강소기업 3개 이상, 양질의 일자리 1천개 이상 창출을 목표로 함 – 철도 핵심부품 국산화, 저비용 스크린도어 개발, 차세대 열차 무선제어·통신시스템 개발 등 철도부품의 다면적인 R&D 육성 지향 – 스마트자율협력 도로시스템, 정밀위치 결정 교통인프라 기술, 무인항공기 안전운항기술 기획 등 차세대 국토교통 먹거리 창출 관련 연구관리 강화 필요성 증대	• **수요자 중심의 과제 발굴('14년)** – 운영기관–기업 연계를 통한 해외진출 유망아이템 발굴 • **중소기업 맞춤형 R&D 확대('14년)** – 중소기업 참여 확대 – 전문인력 양성 • **R&D 제도 정비 및 인프라 구축 ('14~16년)** • **R&D 지원체계 구축('14년)** – 창업 및 사업화 지원센터 (진흥원) 설치 – 지속적인 철도 시장 및 기술동향 조사체계 구축
	「철도안전 혁신대책」 • 100여년 철도의 낡은 안전체계에서 벗어나 시대적 여건에 걸맞는 철도안전 3.0 혁신패러다임으로 전환 • 과거답습식의 단편적·임시방편적 안전관리에서 혁신적 사고와 검토방식 통한 창조형 안전관리체계 구축	• **철도안정성 향상('13년)** • **안전하고 편리한 철도('14년)** • **철도 안전·편의 향상기술('15년)** • **철도사고 예방·대응기술('15년)** • **철도 안전인증체계 지원기술('15년)**

철도부품개발 지원과제 현황

- 지원과제 현황분석 결과, 총 14개 과제가 철도부품개발과 관련된 과제였으며, 강소기업 전략이 나온 `13년 이후로 7개과제가 전략적으로 추진되어 왔음

  - 대부분 외산의존 부품의 국산화 목적의 부품개발 과제이나, '18년 신규추진하는 도시철도차량 추진시스템 효율향상 등은 차량시스템의 성능향상 및 미래시장을 고려한 선도형 기술개발 목적임

<표 IV-9> 철도기술연구사업 중 철도부품 관련 과제 현황

구분	과제명	해당년도	과제규모	주요내용
1	차세대 객차용 청정시스템 개발 (철도기술연구원)	2003~2008	일반	온도, 습도 최적화 및 외부 유입먼지 제거를 위한 객차용 청정시스템 기술개발
2	차세대 전철시스템 에너지 회생장치 개발 (철도기술연구원)	2003~2008	일반	직류 1,500V 전철 시스템의 회생전력을 흡수하여 재활용 기술 개발
3	경부고속열차(KTX) 차량컴퓨터제어장치(OBCS)개발 (현대로템(주))	2005~2009	일반	KTX차량용 차상컴퓨터 제어장치 시제품과 시뮬레이터 제작 기술개발
4	차세대 첨단 도시철도시스템 기술개발 (철도기술연구원)	2005~2011	일반	차세대 첨단 도시철도시스템의 기술개발 부품(직접구동전동기(DDM), 에너지저장시스템, 무인 운영 시뮬레이터, 화상처리식 검지시스템) 개발
5	고속철도 차량용 제동시스템 및 제동장치 기술개발 (한국철도공사)	2009~2011	일반	KTX 제동장치 기술개발은 동력차, 동력객차, 객차에서 제동공압을 제어하는 제동작용장치 기술개발로 운전실에서 제동 취급 시 각 차량의 제동장치에 공압을 전달하는 장치 개발
6	최신 반도체 소자를 이용한 고속철도 차량용 추진제어 기술개발(한국철도공사)	2009~2012	일반	KTX 차량의 추진제어장치에 대한 국산화 기술개발
7	철도 핵심부품 및 장치 기술개발 1단계(한국철도공사)	2011~2014	연구단	동력집중식 고속열차 승강문 시스템 국산화개발, 고속열차용 차축발열검지장치 기술개발, 철도차량 검수고 자동검사장치 고도화 기술개발, 고속열차용 감속기 모니터링시스템 기술개발, 전기관차(8200호대) 추진시스템 성능향상 기술개발
8	도시철도 핵심부품 국산화 및 장치 고도화 개발 1단계 (한국철도공사, ㈜우진산전, 제이케이에이(JKA))	2013~2017	연구단	도시철도차량 차축베어링 국산화 개발, 전동차 동력제어용 모듈형 IGBT 개발, 고휘도 LED 전조등 개발, 전동차 온보드 전기에너지 저장기술 기술개발
9	철도 핵심부품 및 장치 기술개발 2단계 (한국철도공사, ㈜평일, 만도, 유진기공산업(주))	2014~2018	연구단	교류 철도용 통합 보호계전시스템 기술개발, 250km/h급 강체전차선로 개발, KTX 및 8200대 전기기관차용 댐퍼류 기술개발, 대용량 에너지 흡수장치가 적용된 TSI 표준형 연결기 시스템개발, EN12080 대응 철도 차량용 차축베어링 국산화 기술개발

구분	과제명	해당년도	과제규모	주요내용
10	철도차량 부품호환 및 표준모듈 개발 (상신브레이크, 아이비티, ㈜스마텍, (주)우진산전)	2015~2020	연구단	도시철도차량용 제동마찰재 개발, 축전지·충전기 개발, 제동작용장치 개발, 주공기압축기 개발, 비상방송 및 비상조명장치 등 부품호환 및 표준모듈 기술개발
11	전기기관차(8200호대) 보조전원장치 실용화 기술개발 (한국철도공사)	2016~2017	일반	8200호대 전기기관차용 2중계 보조전원장치 기술개발
12	전기기관차 (8200호대) 주변환장치 및 종합제어장치 실용화 기술개발 ((주)우진산전)	2016~2018	일반	해외 수입에 의존하고 있는 8200호대 전기기관차용 추진제어장치 국산화 및 성능 검증
13	에너지효율 향상을 위한 도시철도차량용 추진시스템 개발 (철도기술연구원)	2018~2021	연구단	도시철도차량의 에너지 및 운영비 절감을 위한 컨버터 일체형 경량 주변압기, 희토류 저감형 영구자석 동기전동기 등 전동차용 경량·고효율 추진시스템 개발
14	고속철도 해외의존 부품·장치 국산화 기술개발	2018~2022	연구단	고속철도용 제동디스크, 감속시스템 및 능동형 밸런서 기술개발

제3절 철도기술연구사업 성과분석

1. 철도기술력 향상

■ **(기술수준) 국내 철도 기술력은 최고기술보유국 대비 `13년 79.5%에서 `17년 82.5%로 3.0% 개선됐으나, 기술격차는 4.5년에서 4.8년으로 0.3년 확대**

※ (출처) 2015 국토교통 기술수준조사 보고서('15.12, 국토교통과학기술진흥원) / 2017 철도교통 기술수준조사 중간보고서('17.12, 한국철도기술연구원)

- **(철도차량)** 최고기술보유국은 독일이며 한국은 '13년 대비 4.3% 상승(77.5→81.8%)하였고, 특히 자기부상철도차량 분야는 큰 폭으로 상승

※ 자기부상철도차량 분야 : 65 → 81.7%

- **(철도시설)** 독일이 가장 앞선 기술을 보유하고 있으며, 한국의 경우 통신 및 열차제어 기술 확보 등이 반영되어 '13년 대비 6.1% 상승(80.3→86.4%)

※ 독일은 역사건설 기술을 제외한 10개 소분류 기술에서 최고 기술을 확보

- **(운영·환경)** 가장 앞선 기술을 확보한 국가는 독일이며, 한국의 기술수준은 79.2%로 '13년 대비 0.8% 상승(78.4→79.2%)



<그림 Ⅳ-4> 철도 기술력 발전 수준

■ **(기술자립도) R&D가 본격화되기 이전인 `08년에는 총 142개 철도기술 세부분야 중 기술자립 비중은 8%에 불과했으나 `15년에는 63%로 증가**

※ 동력분산식 고속철도 차량, 도시형자기부상철도차량, 고속·도시철도 부품, 노반, 전철/전력 등 기술분야에서 기술자립 달성

※ (출처) 국토교통 분야 기술수준 상세분석 보고('16.7, 국토교통과학기술진흥원)

- `08년 기술선도 분야는 전무했으나 `15년에는 기술선도 분야 13%로 확대

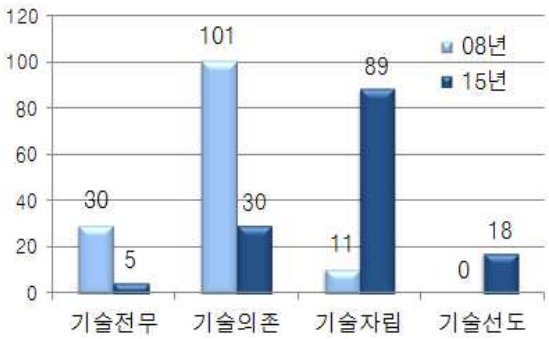
※ 도시철도 차체·추진시스템, 무가선트램 추진시스템, 고가구조물, 이용정보 제공 기술 등

- 총 142개 세부기술 중 동력분산식 고속철도 등 20개 세부분야는 2단계 이상 기술수준이 향상된 것으로 평가

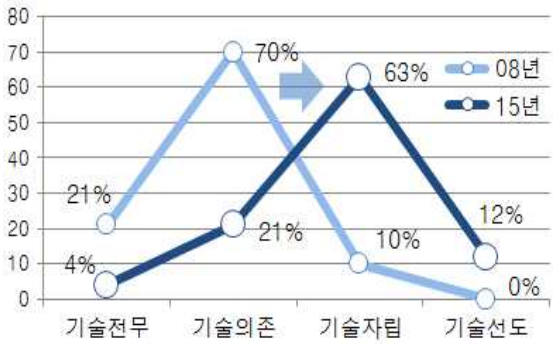
  - **(기술전무 → 기술자립)** 동력분산식 고속철도 차량기술, 열차제어 개량기술, 사고예방 및 피해저감 기술, 장애·사고 예측 기술 등 7개 기술

  - **(기술의존 → 기술선도)** BIM 기반 인프라 관리기술, 차륜진동 저감 기술, 철도교량 고가구조물 기술, 자갈궤도 기술 등 12개 기술

  - **(기술전무 → 기술선도)** 스킬소음 저감 방음레일 1개 기술



<세부기술 기술수준(개수)>



<세부기술 기술수준(비중,%)>

*출처 : 국토교통 분야 기술수준 상세분석 보고('16.7, 국토교통과학기술진흥원)

<그림 Ⅳ-5> 국토교통 분야 기술수준 추이

2. 경제적 효과

■ **(수입대체효과) 기술자립을 통해 외국 제품보다 낮은 가격으로 제품을 생산·공급하여 총 2,235억원의 수입대체효과 발생**

※ KTX-산천 차량구입비 총 1,385억원 절감(기존 KTX 대비 6% 저렴) 등

※ 선로전환기용 모터, 통합데이터 전송시스템 등 국산화로 약 280억원 절감

● 수입대체를 통한 부품 구입가격 절감으로 철도운영사의 운영비용 절감 및 부품 중소기업의 매출증가

※ (사례1) KTX 차량컴퓨터 제어장치 개발로 외국 제품보다 45% 저렴하게 공급가능하여 향후 30년간 유지보수비 906억원 절감, 중소기업 매출 2,114억원 발생

※ (사례2) 도시철도 역사 및 터널 내진 성능 보강시스템 개발 및 서울교통공사 적용을 통해 '22년까지 총 900억원 수준의 수입대체 효과가 발생될 것으로 기대됨

● 수입대체가 이뤄지지 못하더라도 국내에서도 제품을 생산하게 되면서 외국기업과 경쟁을 통해 차량가격 등을 인하하는 효과 발생

※ 경량전철(K-AGT) 기술을 확보함으로써 외산차량 도입시 30% 가격인하 효과

※ (의정부 경전철 : 량당 14억원, 총 420억원 절감, 용인경전철 : 량당 5억원 총 150억원 절감)

■ **(수출 증가) 무가선저상트램* 등 철도 차량, 신호·통신 시스템(KRTCS L3 도시철도) 등 해외수출 성과**

※ 터키 이즈미르시('14.8, 38편성 837억원), 안탈리아시('15.10, 18편성 886억원) 계약 체결

※ 필리핀 마닐라 도시철도 신호교체 사업에 KRTCS 공급으로 190억원 매출 발생('16.7)

● 중소기업이 주관연구기관으로 개발한 부품 분야에서도 에너지저장장치, 로프 타입 스크린도어 등 수출 성과

※ DC 1,500V급 에너지저장시스템 중국 광저우 메트로 6호선 1개 납품(`14.12, 5억원)

※ 일본 츠키미노역 하선 적용(`13.7, 3억원), 프랑스 SNCF에 납품 계약 체결(`17.10, 53억원)

■ **(기술료 수입 등) `15년까지 철도분야 R&D 성과물의 기술이전료 수익(94건, 244억원)은 국토부 기술이전료 중 최고치(41%)**

※ 도시철도표준화 기술(63억원), 자기부상열차(18억원), 고속철도 궤도복원 기술(13억원), 유도급전 시스템(8억원) 등

3. 사업 대표성과

	○ 한국형 고속열차(KTX-II) 개발 및 사업화 – 한국형 고속열차 240량(7,600억원) 납품 및 경부·호남선 영업운행('10.3), 호남선 신규 220량(6,600억원) 계약체결('12.1) – 코레일, SRT에 경부, 호남 및 원강선 등에 '10년 6월부터 총 710량(약 2조 3,000억원 규모) 납품계약 체결
	○ 차세대 동력분산형 고속열차(HEMU) 사업화 – 최고속도 421.4km/h(세계 4위), 누적 시험주행 10만km 달성 – 대한민국 기술대상 국무총리상 수상('16.11) – 준고속선 EMU-250 114량(3,614억원) 납품계약 체결('16.6, '16.12) 및 고속선 EMU-320 16량(590억원) 납품계약 체결('16.12)
	○ 상하개폐식 승강장 안전문 사업화 – 대구 문양역('13.1), 일본 츠키미노역('14.1), 오송차량기지 고속철도 건널목('15.3) 시범적용 – 프랑스 국영철도 SNCF 납품계약 체결(53억원, '17.10)
	○ LTE 기반 철도통신시스템 및 열차제어시스템 사업화 – 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 신림선 도입 확정('15.9) 및 한국철도표준규격(KRS) 채택('15.12) – LTE 기반 철도통신시스템(LTE-R) 부산1호선(190억원, '17.4) 및 원강선(400억원, '17년 말) 적용
	○ 도시형자기부상철도 실용화 – 세계 2번째 무인운전 도시형자기부상철도 개통('16.2) * '16.2.3 상업운행 후 일평균 약 2,700여명이 이용 중('16.2.3~'16.9.5 동안 약 58.3만명 이용) – 코스타리카 통합교통시스템 개선사업 MOU체결('17.10)
	○ 저상트램 해외 수출 – 터키 이즈미르시 발주 저상트램 차량(유가선방식) 190량(865억원) 납품계약 체결('14.8) – 터키 안탈리아시 발주 저상트램 차량(유가선방식) 90량(386억원) 납품계약 체결('15.10)
	○ 한국형 표준 고무차륜 경량전철(K-AGT) 사업화 – 부산 4호선 미남-반송 구간 102량(1,417억원) 납품('11.3) – 부산 2호선 노포-북정 구간 18량 도입(약 250억원 규모, '15.3) – 서울시 신림선, 광주 2호선 납품계약 체결 예정('18.1)
	○ 고속철도용 전차선 사업화 – 400km/h급 전차선 시스템 한국철도시설공단 납품('15.4) * 브래킷, 장력조정장치, 균압드로퍼 등 약 55억원 규모
	○ 고속철도용 방음벽 및 흡음블럭 실용화 – 대한민국 발명특허대전 금상 수상('16.11) – 호남고속선 소음 취약구간 시범적용('17.11

4. 철도부품개발 주요성과

철도기술연구사업을 통하여 부품 개발이 중소기업의 매출 상승으로 이어진 구체적 내용들을 검토하여 본 사업의 성공이 산업에 미치는 영향을 확인

- 철도부품개발과제를 통해 중소기업들은 새로운 매출원을 확보하고 있으며, 다른산업에서 철도산업으로 진입할 수 있는 기회를 얻고 있으나,
- 개발 후 상용화까지 성능 및 신뢰성 입증을 위한 비용과 시간 리스크가 높아 국가차원의 전략적 지원 필요

성과명	전동차용 저소음 구동기어
성과 창출자	이현철 유진기공산업(주)
과제명	전동차용 저소음 구동기어 개발
성과의 우수성/ 차별성	• 주행속도 80 km/h에서 96 dB 이하, 110 km/h에서 104 dB 이하의 소음레벨 달성을 목표로 개발된 저소음 구동기어에 대한 사업화 추진 • 현대로템이 수행한 터키 예니카프 68량 전동차 프로젝트에 204Set 공급 계약 • 80 km/h 조건에서 수행한 소음시험에서 93.3 dB 달성. 국내 전동차 내구연한에 따라 교체되는 차량과 차량제작사의 해외 프로젝트에 추가로 적용 • 국내 전동차 소음 기준 강화에 따른 코레일 전동차 적용
성과의 파급효과	• 연 매출 20.4억원의 고정 매출 발생(2017년) • R&D 투자비용 총 4억원으로 투자대비 효과 B/C ratio 5 달성 • 유진기공 2017년 매출 487억 중 전체 매출의 4%를 해당 사업을 통하여 신규 매출원으로 확보

성과명	차상단말기
성과 창출자	김기승 회명정보통신㈜
과제명	LTE_R 차상단말기 개발
성과의 우수성/ 차별성	• 일반(광역) 및 고속철도 운영속도에서 적용 가능한 철도전용 무선통신시스템 개발 • LTE-R 기반 휴대단말기, 차상단말기, 기존 무선망(VHF, TRS-Astro, Tetra)과의 연동 기술 개발 • 혹서, 혹한, 폭우, 폭설 등의 기후환경 및 사이즈, 중량, 기능, 성능 등의 운영환경을 고려한 철도 무선 통신시스템을 개발
성과의 파급효과	• 연 매출 19.9억원의 고정 매출 발생(2017년) • R&D 투자비용 총 7.3억원으로 투자대비 효과 B/C ratio 2.7 달성 • (주)회명정보통신 2017년 매출 150억 중 전체 매출의 13%를 해당 사업을 통하여 신규 매출원으로 확보

5. 철도부품 사업화 성과

■ 철도기술연구사업의 철도부품 사업화 성과는 총 40건으로 나타나고 있으며 매출 성과는 225억원

- 40건의 성과 중 매출액 확인 단계의 성과는 10개이며, 이는 부품개발 후 현차시험 등 성능 및 신뢰성 검증에 상당시일이 소요됨에 따라 성과가 실제 상용화로 이어지기까지 **추가적인 노력**이 **필요**하다는 의미임

  - 설문조사 등에서 해당업체들은 개발 후 수요처의 성능기준을 충족하기 위한 현차시험 등의 비용과 운영기관 협조 문제에 상당한 곤란을 겪고 있다고 토로함

<표 IV-10> 철도기술연구사업 중 부품개발로 인한 사업화 성과

(단위 : 백만원)

번호	세부 과제명	부품명	개발업체	과제시작시점 (년, 월)	진행 상태	연구비	매출액
1	경부고속열차(KTX) 차량 컴퓨터제어장치(OBCS) 개발	차량컴퓨터제어장치 (OBCS) 개발	인터콘 시스템스(주)	'05.6-	종료	1,488	650
2	에너지저장시스템 기술개발	주변환장치 (에너지저장장치)	㈜우진산전	'06.10	종료	2,000	5,786
3	열차 운행속도 및 정보 기록장치의 기술개발	이벤트 레코드	㈜한터기술	'07.7	종료	255	1,115
4	고속철도 전차선로 차상 검측시스템 기술개발	전차선로변형 자동 검측 시스템	투아이시스	'10.12.	종료	1,350	3,381
5	차세대 전동차 신뢰성 평가	회생에너지 저장장치	(주)우진산전	'11.12.	종료	4,758	2,280
6	도시철도용 차축베어링 개발	도시철도용 차축베어링	한국철도 공사	'13.12.	종료	4,660	7
7	전동차용 저소음 구동기어 개발	구동기어	유진기공 산업㈜	'13.12.	종료	427	2,040
8	LTE_R기반 차상단말기 개발	LTE_R 차상단말기	회명정보 통신㈜	'13.12.	종료	736	1,990
9	농동조향시스템 시제품 제작	DD모터	제이모션㈜	'13.12.	종료	1,140	30
10	RPSD(로프형 승강장 안전도어) 국제표준 인증 및 상용화 기술개발	RPSD 국제표준 인증 및 상용화 기술	한국교통 연구원	'13.12.	종료	5,933	5,267
11	전동차 동력제어용 모듈형 IGBT 개발	전동차 동력제어용 모듈형 IGBT	우진산전	'13.12.	종료	5,506	-
12	고휘도(100만 칸델라급) LED 전조등 개발	고휘도(100만 칸델라급) LED전조등	JKA	'13.12.	종료	3,891	-

번호	세부 과제명	부품명	개발업체	과제시작시점 (년, 월)	진행 상태	연구비	매출액
13	시간동기화 기능을 갖는 교류철도용 통합 보호계전시스템 기술 개발	교류 철도용 통합 보호계전 시스템	한국철도 공사	'14.8.	진행중	2,799	-
14	대용량 대용량 에너지 흡수장치가 적용된 TSI 표준형 연결기 시스템 개발	대용량에너지 흡수장치 적용된 TSI 표준형 연결기 시스템	유진기공 산업㈜	'14.8.	진행중	3,547	-
15	250km/h급 강체 전차선로 개발	강체전차선로	㈜평일	'14.8.	진행중	4,721	-
16	KTX 및 8200호대 전기기관차용 댐퍼류 기술 개발	전기기관차용 댐퍼류	㈜만도	'14.8.	진행중	3,099	-
17	EN 12080 대응 철도차량용 차축베어링 국산화 기술 개발	철도차량용 차축 베어링 국산화 기술	한국 철도공사	'14.8.	진행중	7,199	-
18	도시철도 직류급전용 양방향 전력변환장치(더블컨버터) 개발	도시철도 직류급전용 양방향 전력변환장치 (더블컨버터)	㈜다원시스	'14.12.	진행중	4,000	-
19	기능성 나노코팅 및 구조개선을 통한 일반/도시철도용 절연애자 내구성 향상기술 개발	기능성 나노코팅 및 일반/도시철도 절연애자 내구성 향상	㈜리폼테크	'14.12.	진행중	2,000	-
20	전기기관차(8200호대) 주변환장치 및 종합제어장치 실용화 기술개발	전기기관차 추진제어장치 및 종합제어장치 실용화 기술	우진산전	'16.4.	진행중	4,800	-
21	전기기관차(8200호대) 보조전원장치 실용화 기술개발	전기기관차 보조전원장치 실용화 기술	한국 철도공사	'16.4.	진행중	2,000	-
22	철도차량 배선절감을 위한 TCN 기술개발	철도차량 배선절감을 위한 TCN 기술	한터기술	'15.6.	진행중	2,300	-
23	철도차량 운전실 배선절감을 위한 통신기반 주간제어기 개발	철도차량 운전실 배선절감을 위한 통신기반 주간제어기	우진기전	'16.6-	진행중	540	-
24	철도차량 배선절감을 위한 무선전송 기술개발	철도차량 배선절감을 위한 무선전공 기술	크리 웨이브	'16.6	진행중	870	-
25	화물철도 상호운영을 위한 화차 연결기 및 제동장치 개발	남북 및 접경지역 화차 연결장치 기술	㈜천호 케스팅	'16.7	진행중	790	-
26		화차 제동장치 기술	유진기공 산업(주)	'16.7	진행중	1,360	-

번호	세부 과제명	부품명	개발업체	과제시작시점 (년, 월)	진행 상태	연구비	매출액
27		화차 연결기 어댑터 기술	리앤테크(주)	'16.7	진행중	1,900	-
28	도시철도차량용 제동마찰재 개발 및 표준화 연구	도시철도차량용 제동마찰재	상신 브레이크	'17.1	진행중	3,200	-
29	도시철도차량용 축전지·충전기 개발 및 표준화 연구	도시철도차량용 축전지·충전기	아이비티	'17.1.	진행중	1,500	-
30	도시철도차량용 제동작용장치 모듈 개발 및 표준화 연구	도시철도차량용 제동작용장치 모듈	스마텍	'17.1	진행중	4,000	-
31	도시철도차량용 주공기압축기 모듈 개발 및 표준화 연구	도시철도차량용 주공기압축기 모듈	유진기공 산업㈜	'17.1	진행중	3,500	-
32	도시철도차량용 비상방송 및 비상조명 모듈 개발 및 표준화 연구	도시철도차량용 비상방송 및 비상조명 모듈	우진산전	'17.1	진행중	3,000	-
33	무가선 저상트램 실증	지붕탑재형 배터리시스템 개발	㈜코캄	'17.9	진행중	800	-
34		대용량 안전 충전장치 기술 개발	㈜원파워	'17.9	진행중	800	-
35	고속화차용 스윙모션 대차시스템 실용화 개발	고속화차용 스윙모션 대차시스템 시제품 제작	이스턴 알앤이(주)	'17.9	진행중	2,370	-
36	고속열차(KTX-1) 도어 및 스텝 시스템 국산화 실용화 연구	승강문 6SET제작	흥일기업(주)	'17.9	진행중	2,355	-
37	공진형 보조전원장치 실용화 사업	공진형 보조전원장치 개발	㈜브이씨텍	'17.9	진행중	1,550	-
38	PCM 나노복합소재 기반 능동형 냉각시스템 요소기술 개발	PCM 나노복합소재 합성 공정기술	한국철도 기술연구원	'17.10	진행중	574	-
39	EFG형식(전단변형방식) 피봇형 고무완충기 핵심원천 기술개발	EFG형식 (전단변형방식) 피봇형 고무완충기 개발	㈜원파워	'17.10	진행중	669	-
40	고속철도 차량용 전기식 와이퍼시스템 개발	전기식 와이퍼시스템 개발	한국철도 기술연구원	'17.10	진행중	879	-
계							22,546

제4절 철도기술연구사업 한계 및 반성

철도 부품·장치 개발분야 R&D 일몰('19년)

- 철도부품장치분야 R&D가 내역사업으로 포함된 '**철도기술연구사업**'은 '19년 일몰대상 사업으로 지정되어, '17년 일몰연장신청을 하였으나, 검토결과 당초 일몰시점 준수로 **'19년 일몰**

  – (사업목표) **사업목표**가 **상징적**이고 철도수송분담률 제고 등과 같이 지나치게 **거시적인 지표**로 설정됨

  ☞ (제언) 친환경 대중교통 수단으로서 **지속 연구개발 필요성 인정**되며, **신규사업 기획 권고**

  – (철도 소재부품장치 고도화 내역사업) 일몰 연장요청 과제의 **상세계획 미흡**

  ☞ (제언) 과제발굴에 **최종 수요자 의견을 반영**하고 유관**기관간 역할 명확히** 하여 추진 권고

  ☞ (제언) 사업에 특화된 평가지표를 개발하고 **중장기적 목표 설정** 필요

- (시사점) 중장기적인 사업 비전과 목표를 설정하고 그에 부합하며 수요자의 의견이 반영된 개발 대상을 선정하고, 효과적으로 사업목표를 달성하기 위해 기관간 유기적인 역할 분배를 고려한 사업추진체계로 **신규사업**을 **기획하여 추진 필요**

일몰연장 적절성 검토 주요내용

– **(사업목표의 합리성)** '철도산업을 고부가가치 창조형 신성장동력으로 육성하기 위해 경제적인 철도시스템을 개발하고 철도분야 강소기업의 기술경쟁력 제고'한다는 다소 상징적인 방향성을 가지고 추진되어 관련 기술을 모두 포함하는 등 **해당 분야가 광범위함**. 전략 목표의 경우 '철도수송 분담율', '세계시장 점유율' 등 R&D 사업을 통한 기여도 판단이 제한적인 거시적인 지표를 사용하여 적절성이 낮음

– **(연장요청사유 적절성)** '글로벌 어젠다 대응 필요성과 투자공백 방지'라는 연장요청 사유는 일몰제도 취지와 계속과제 종료시점('22년까지)을 고려할 때 적절성이 낮으며, 계획하고 있는 **신규과제의 예산규모는 1,532억원으로 일몰기간 연장을 통해 추진하기에 과도함**. 일몰 후 잔여예산 규모가 큰 계속과제의 적기 종료를 추진하는 것이 성과 창출 면에서 효율적일 것으로 판단됨

– **(내역사업: 철도 소재부품장치 고도화)** 추진하고자 하는 도시철도차량 부품경량화, 인터페이스 표준화, 개방형 플랫폼 개발연구는 예산규모(지정공모 3개 과제 총 597억, 자유공모 2개과제 총 275억)의 근거와 **상세계획이 마련되지 않아** 일몰연장을 통해 시급히 추진하기에 미흡한 것으로 판단됨

[정 책 제 언]

○ **(사업목적·목표 명확화)** 친환경 대중교통 수단으로서 지속적인 연구개발의 필요성이 인정되며, 철도시설 관리 및 유지 등 공공기관의 역할과 밀접한 관련이 있는 분야 중심으로 신규사업 기획이 권고됨. 단, 중점지원분야를 선정하여 사업의 효과성을 제고하는 것이 필요

○ **(추진체계 개편)** 정부와 민간의 역할을 구분하고, 내역사업 및 과제의 발굴에 최종적인 수요자의 의견 반영을 통해 참여도를 높이는 것이 필요함. 또한, 정부와 유관 공공기관, 민간 철도제작사 간의 역할을 명확히 하여 추진 권고

○ **(평가방법 개선)** 효과적인 성과관리 기반 하에 사업에 특화된 평가지표 개발 및 중장기적 목표 설정이 필요함

수요 및 시장기반 전략적 과제발굴 미흡

- 기존 철도기술연구사업은 부품·장치개발을 위한 전용사업이 아니며, 내역사업 목표가 '강소기업 육성'과 같은 중장기 선언적인 목표만으로 설정되어 있어 목표달성을 위한 전략적 아이템 발굴 및 선정이 미흡

- 사업목표 연계성에 대한 고려 없이 리스크가 적고 단기에 개발이 가능한 부품 위주로 제작사가 수요를 제기하고,

- 제안 수요가 선정되는 과정에서 구체적인 사업화 가능성 및 수요처의 구매의지 등보다는 기술성 위주로 판단

  ※ 신규과제 선정항목 : 기술성 70%, 사업성 30%

- 매년 과제가 선정·공고되는 과정에서 수요처의 중장기 수요, 관련 시장의 규모 등에 대한 고려가 미흡하였고, 그에 따른 수요처의 관심과 참여도가 낮아 부품 개발 후 실제 구매로 연계될 확률이 낮음

- 특히 안전성 및 신뢰성 입증을 위해 수요처의 요구조건에 대한 파악과 수요처 협조를 통한 현차시험 등을 실시하는데 R&D 개발 후 상당 시일과 비용이 소요됨에 따라 제작사 주도의 성과 실용화에 한계 존재

- 수요처(운영기관)도 해당 부품의 필요성을 인정하여 참여하고자 하는 경우가 있으나, 개별 부품단위 산발적 과제추진으로 다수의 과제에 분산참여하는 방식에 부담을 느껴 과제참여 및 협조 기피

  ※ 8200호대 전기기관차 주변환장치 및 보조전원장치 등 운영기관의 관련 부품 소요가 시급한 경우 운영기관 주도로 수요제기 및 과제추진

☞ **(시사점)** 체계적인 철도부품 R&D**사업기획**을 통해 **수요 및 시장기반**의 **과제**를 **발굴**하고, 사업에 **수요처**가 효과적으로 **참여**할 수 있는 **추진체계** 마련 필요

장기적인 시장전망 및 연구인프라 미고려로 인한 사업화 지연·실패

- 철도 차량시장의 발주일정, 유지보수시장의 교체일정 등을 고려하지 않은 개발자 위주의 R&D 추진으로 인해 기술적 성과가 우수함에도 사업화에 실패하는 사례 발생

※ 특정 부품에 대한 수요발생 시점과 개발시점의 시간차로 인해 R&D가 성공적으로 완료된 제품도 사업화 실패(철도운영기관은 유지보수 등을 위해 확보한 기존 부품이 있는 경우 재고 소진 뒤에야 신규 개발품 구매 가능)

▣ 연구성과 적용시장 미고려로 인한 연구성과 사장 사례

– 「KTX 감속기 모니터링 시스템」(연구기간 '11~'14): 신규제작 "동력집중식" 고속열차에 적용이 가능한 기술이나, 비용(개당 2억원)이 고가이고 '16년 이후 "동력분산식" 고속열차 위주로 신규차량이 발주되어 사업화 실패

▣ 연구성과 교체수요 시기 오판으로 인한 연구성과 사장 사례

– 「차축발열검지장치」(연구기간 '11~'14): 기존 제품대비 기술사양, 신뢰성/내구성 우수하나 연구 종료전 기대 수요처인 경부고속 1단계(126억원)의 교체가 완료('14년)되어, 사업화 실패(10년간 교체수요 전무)

- 짧은 개발기간(2~3년)과 단품 위주의 R&D, 검증기간 부족으로 상업성 높은 시스템형 연구성과의 도출이나 충분한 신뢰성 확보에 한계

※ 철도부품업체는 개발품의 성능을 입증하는 서류로서 단품 시험성적서 혹은 3개월 가량의 단기 현차 시험 성적서를 제출하는 경우가 많으나, 철도 운영기관은 해당 서류만으로는 제품의 신뢰성 불인정

- 기술의 개발에 필요한 예산을 적기에 투자하지 못하거나, 기술검증에 필요한 철도차량을 사전에 확보하지 못하여 연구개발 장기화

▣ 예산 지원 미흡으로 인한 사업화 지연 사례

– 「전기기관차(8200호대) 추진시스템 성능향상 기술개발」(연구기간 '13~'14) 시 예산부족으로 인한 현차시험 미실시

– 이후 후속연구 「전기기관차(8200호대) 주변환장치 및 종합제어장치 실용화 기술개발」(연구기간 '16~'18)를 추가로 지원하여 성능검증 완료

☞ **(시사점)** 부품 공급 및 수요시장의 일치를 위해 **시장 진입시점을 고려하여 R&D 과제를 발굴지원**하고, 신뢰성 검증을 연구기간내 완료할 수 있도록 **충분한 연구기간 확보 및 예산 지원** 필요

기술개발 성과물에 대한 테스트베드 및 초기시장(Reference Market) 제공 미흡

- 기존 철도부품 R&D는 소형개별과제 위주로 추진되어 운영기관(한국철도공사, 서울교통공사 등)이 다수과제에 소액의 연구비로 소극적으로 참여
- 철도 운영기관은 부품구매시 실제 운영상황과 동일한 환경에서 검증된 신뢰성 평가결과를 요구하고 있으나, 철도 운영기관의 테스트베드 제공없는 중소기업 단독 연구로는 기술검증 불가

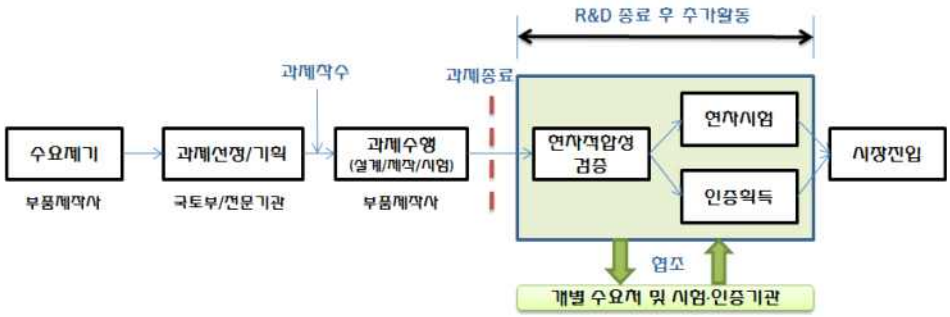
※ 고속철도 주요부품장치 변경시 철도운영기관은 시운전 35,000km 이상, 12개월 이상의 현차시험을 통한 신뢰성 검증을 요구하나, 중소기업이 수억~수십억에 이르는 검증비용을 투입하는 것은 현실적으로 불가능

- 신규 철도부품의 해외진출을 위해서는 구매실적 확보가 필수적이나, 국내 철도운영기관이 아니면 초기시장 진입이 어려움

☞ **(시사점)** 철도운영기관 등 **수요처가 포함된 체계적인 R&D 추진**으로 시험차량 및 선로를 확보하고, **충분한 기간동안 예측가능한 신뢰성 검증과 초기시장 제공**으로 연구성과의 상용화 가능성 향상 필요

사업화를 위한 전주기적 유기적 실용화지원체계 미흡

- 과제추진주체(주관기관) 및 컨소시엄 구성원칙 등을 명확히 하지 않아, 실제 수요자인 완성차업체 또는 운영기관의 과제 참여가 미흡하였고, 이에 따라 설계단계부터 수요자의 요구사항 고려 부족
- 특히 현차시험 등 수요처 요구조건 검증절차와 인증획득활동 등이 과제수행기간 중 과업범위로 포함되지 않고, 단순 부품개발 및 단품 성능시험에 그치는 경우가 많아
- 과제종료 후 R&D 개발품에 대한 추가적인 인증획득 및 현차시험 등의 사업화 활동을 수행해야만 시장진입이 가능
- 그러나 현실적으로 운영사의 예비편성 부족, 안전에 대한 우려 등과 높은 비용과 기간 등으로 중소 부품업체의 개발품에 대한 운영기관의 현차시험 협조 등을 기대하기는 매우 어려운 실정임



〈그림 Ⅳ-6〉 철도기술연구사업 부품개발과제 R&D 및 실용화 절차

– 주요 철도차량 부품의 경우 개발품은 4계절 현차시험을 거쳐야 하며,

– 차종별 임대비용등을 분석한 결과, 고속철도 114억원, 전동차량 27억원 등의 현차시험용 차량임대료와 추가적인 시험비용이 발생하나 이는 중소기업이 부담하기에는 과도한 수준으로 실용화의 장애요인으로 작용

☞ **(시사점)** 요구조건 도출부터 요구조건 충족 입증까지 **실용화**를 위한 **전주기 활동**을 **과업기간내 수행**토록 하고, 사업체계내에서 운영기관 및 인증시험기관과의 유기적 협조가 가능한 **체계적인 실용화 지원체계 구축** 필요

※ 차량 임대 비용(1년 기준)

○ 철도차량 부품의 경우 개발품은 4계절 시험을 거쳐야 함

– 한국철도공사 '철도차량 임대업무 처리지침'에 따라 산출

– 1일 왕복거리

· KTX : 1일 경부고속선 2왕복으로 설정

· KTX-산천 : 1일 경부고속선 2왕복으로 설정

· ITX-새마을 : 1일 경부선 1왕복으로 설정

· 전동차 : 1일 1호선(인천-소요산) 1.5왕복으로 설정

– 부가적인 재료비 및 부가가치세 별도

차종별 임대비용

(단위:백만원)

차종	동력비	경비	임대비	계
KTX(20량)	2,305	1,031	14,795	18,131
KTX-산천(10량)	1,109	1,143	9,233	**11,485**
ITX-새마을(6량)	2,082	612	4,785	7,479
전동차(8량)	243	513	2,036	**2,792**

(제도) 정부의 실효성 있는 철도산업 육성 지원을 위한 제도개선 필요

● (정부) 철도산업 육성을 위한 법과 제도*를 운영 중이나 R&D 개발품이 실제 구매로 연결될 수 있도록 하는 등의 민간이 체감할 수 있는 실행방안 마련은 미흡

* 철도산업발전기본법, 철도산업발전기본계획, 철도차량 부품개발 마스터플랜 등

- 철도제조사 경쟁력 강화를 위한 지원방안 대부분이 R&D 지원에 국한되어 있고, R&D로 개발한 기술·제품의 실용화 제고 방안 미흡

- 실 수요처(발주처)인 철도운영기관이 국내 부품중소기업 육성을 위해 국가 R&D에 공동 참여시 공기업 경영평가 지표에 R&D 개발품 사용실적을 반영하는 등 **인센티브 제공 방안 마련 필요**

● (운영기관) 국내 제조사와 공동으로 개발하여 성능 및 신뢰성이 검증된 부품에 대한 우선 구매 지원제도의 확대, 의무 구매기간 지정 등을 통해 개발품이 실용화 될 수 있도록 지원 필요

- 또한 중장기 부품 구매계획을 수립하고 이를 공유함으로써, 부품의 단종 예방 및 부품 중소기업의 제품 개발 및 생산계획 수립 지원 필요

■ **(인력양성·교육) 형식승인제도 및 국제인증 획득 요구의 효과적 이행을 위한 전문인력의 양성 필요**

● 철도차량 및 용품의 경쟁력과 안전성 향상를 위해 형식승인제도가 시행('14.3) 되었고 국제인증 획득 요구가 증가하고 있으나, 국내 기업의 노하우 및 전문인력은 매우 부족한 실정

- 공인기관(한국철도기술연구원 등)에서 신청기관 대상으로 검사 프로세스 중 일부 지원을 하고 있으나, 공식 컨설팅 프로그램 및 교육훈련 프로그램 등을 통해 기업의 전문성 제고 및 전문인력 양성 필요

■ **(시장 개척) 제한된 국내시장만으로는 철도산업의 지속가능한 성장에 한계가 명확하기에 개발품에 대한 국제인증 획득과 국내 납품실적 확보를 토대로 해외시장 적극 진출 필요**

● (정부 및 인증기관) 철도제조사들이 국내에서 인증 획득시 해외시장 진출이 용이할 수 있도록 국내 형식승인 기술기준 등의 국제 기준 부합화를 제고하고 철도 안전인증의 국제상호인정 협력체계 구축 필요

※ 승강기의 경우 유럽과 인증에 대해 상호인정(국내시험/기술자료 인정)

● (부품기업) 제품 개발단계에서 국제인증(SIL, TSI 등)을 고려하여 설계·시험하고 인증 획득 후 국내 시장뿐 아니라 해외 프로젝트에도 적극 제안함으로써 해당 분야에서 제품의 경쟁력 제고

- 협소한 국내시장에 국한되지 않고 세계시장에 적극 진출함으로써 규모의 경제를 구현하고 이를 통해 기술개발에 재투자하여 지속가능한 성장 도모 필요

제5절 개선 방향

차별성 및 개선방향

구분	철도기술연구사업	본사업
대상	개발 차량시스템 관련 부품 위주	차종무관 개발 우선선위가 높은 부품 위주
과제발굴	기술지향 제작사기반	시장지향 수요처기반
	단편적·산발적 매년 제안되는 아이템 중 사업 예산 고려 일부 선정	체계적·목적지향 단기시장진입 또는 미래시장선도 등 목적별 품목 선별
참여기관	제한없음 자유로운 산학연 컨소시엄	목적에 따른 주관기관 조건 (시장진입형) 중소·중견기업 주관 (시장선도형) 중소·중견기업 또는 출연연 주관
지원범위	설계·제작·단품성능시험	설계·제작·단품성능시험 + 현차시험, 인증획득활동
성능검증	운영기관 협조를 통한 개별 현차시험 등	개발일정을 고려하여 공동현차시험 실시
실용화 지원체계	없음 일부 개별 과제내 운영기관 참여	총괄과제 운영기관, 완성차업체, 시험인증기관으로 구성
특징	기술개발 후 사업화를 위한 추가 활동(운영기관 협조 현차 시험 등) 필요	사업내 전주기적 실용화지원으로 사업 종료 후 즉시 시장진입 가능
성과지표	사업목표 연계 미흡	사업목표와 연계된 지표 할당
성과목표	제안자 설정	사전기획을 통한 목표 부여

(아이템 발굴 및 선정) 사업목표 및 중점추진분야와 연계한 전략적 과제발굴

- 부품중소기업 중심의 산업생태계의 건전화를 위해 중점분야를 단기 시장진입형 품목과 장기 시장경쟁력 확보를 위한 품목 개발로 구분하고
- 철도차량부품 기술분류체계를 마련하여 4회에 걸쳐 수요처를 포함한 산·학·연 수요조사 실시
- Bottom-up으로 조사된 부품개발 수요를 운영기관 등 수요처가 참여한 기획위원회를 통해 시장성, 중복성, 기술성 등을 고려하여 과제선정
- 특히 국내 신규차량 도입계획, 부품 교체주기 등을 고려한 품목 선정으로 수요와 공급 불일치에 따른 연구성과 사장 방지

☞ **사업목표 실현을 위한 수요기반의 과제발굴 (18개 품목)**

(지원대상 명확화) 사업목적을 고려한 중점분야별 지원대상 구체화

- 기존 철도기술연구사업에서는 주관기관 및 컨소시엄 구성 제약조건이 별도로 없었으나, 본 사업은 사업목적을 고려하여 주관기관을 시장진입형 품목은 중소중견기업, 시장선도형 품목은 기업 또는 출연연으로 한정

※ 철도기술연구사업 중 '실용화 문턱 지원' 과제의 경우 주관을 중소·중견기업으로 제한하고, 수요처의 참여 의무화한 점에 착안

☞ **실제 사업화의 주체 주도로 R&D를 추진함으로써 연구성과의 소유권이 사업화 주체에 귀속토록 하고, 단순 하청업체로 전락하지 않도록 유도**

(실용화를 위한 토탈패키지 지원) R&D 완료 후 시장진입에 소요되는 기간 최소화를 위한 실용화 전주기 활동 지원

- R&D 수행 후 현차시험 등의 수요처 요구조건 입증, 인증획득 등 추가 실용화를 위한 활동으로 개발품이 사업화되기까지 상당기간 소요되고, 시장진입 시점 실기로 연구성과가 사장되는 점을 고려하여,
- 부품 개발단계에서 수요처의 요구조건이 반영될 수 있도록 하고, 단품 단위 성능시험 후 과업기간 중 현차시험 및 인증획득 활동을 통합 지원토록 하여 연구성과의 실용화 가능성 제고 및 시장진입 시점 단축

■ (체계적 실용화 지원체계 구축) 운영기관, 시험인증기관 및 완성차 업체가 참여하는 '총괄과제'를 두어 개발대상 전체 부품에 대한 통합 관리·지원

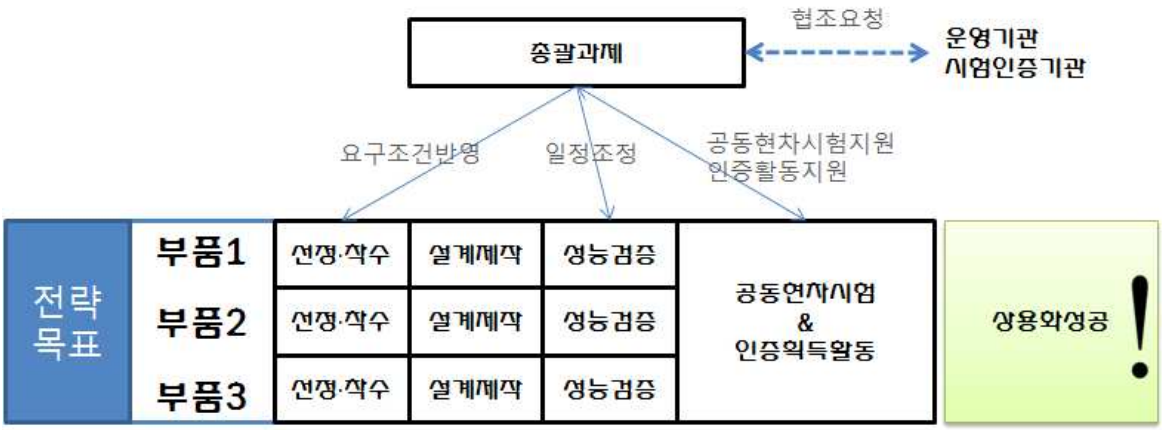
- 개별 부품단위 산발적이고 비효율적인 현차시험 등을 지양하고, 현차시험 소요시점, 인증획득시점 등을 고려하여 개발일정 수립

- 18개 개발품목별 현차시험 절차 및 방법, 필요 인증의 종류와 절차 등을 총괄과제 주도로 Top-Down 방식으로 가이드라인을 제공하여, 공동현차시험을 실시하는 등 체계적이고 효율적인 실용화 지원

☞ 공동현차시험(고속철도, 도시철도 구분 실시), 국내외 시장 요구 인증의 체계적인 획득 활동 수행으로 비용·시간 절감



<그림 Ⅳ-7> 기존(As-is)사업 추진체계



<그림 Ⅳ-8> 본 R&D사업(To-be) 추진체계

철도차량 부품개발 사업

제5장 기술수요조사

제1절 철도차량 부품·장치체계
제2절 기술수요조사
제3절 국내·외 논문 동향분석
제4절 국내·외 특허 동향분석
제5절 기술경쟁력 분석

제5장 기술수요조사

제1절 철도차량 부품·장치체계

철도차량 부품 장치 전개 프로세스

- 철도차량 부품만의 체계화된 기술분류체계가 존재하지 않아 기존 철도차량 구분에 대한 자료 검토를 통해 철도차량부품 고유의 기술분류체계를 도출함

  - 국토교통과학기술진흥원에서 실용화 문턱 과제 추진을 위해 내부적으로 보유한 「철도분야 기술분류 체계(안)」을 1차적으로 분석
  - 철도차량 분야의 경우, 크게 6개의 기술(2차 분류)로 구성되며, 하부 19개 세부 기술(3차 분류)을 포함
  - 해당 분류체계는 철도차량 기술 및 장치·부품 등이 혼재되어 구성됨으로써 명확한 철도차량부품에 대한 분류가 어려움
  - 세부기술(키워드)로 구분된 항목은 대부분 철도차량 부품에 해당되어 보다 명확한 기술분류체계 정립을 위해 면밀한 검토 수행

<표 V-1> 기존 철도차량 관련 기술분류체계(안)

1차 분류	2차 분류	3차 분류	세부기술(키워드)
1.철도차량	101.차체	10101.차체구조설계 및 해석기술	– 차체설계, 차체구조, 차량동역학 등
		10102.차체부품 및 내장재	– 전두부, 운전실, 창(유리), 출입문, 연결기, 연결통로, 샤시재료, 바닥재료 등
		10103.편의시설	– 냉난방기, 조명, 객실의자, 승객정보 등
	102.대차	10201.대차프레임	– 대차구조체, 대차재료, 조향장치 등
		10202.윤축장치	– 베어링, 베어링박스, 윤축, 차축, 차륜, 차축박스 등
		10203.현가장치	– 댐퍼, 공기스프링, 고무스프링, 나사선스프링 등
		10204.동력전달장치	– 기어박스, 기어, 커플링
	103.열차 추진장치	10301.견인전동기	– 유도전동기, 직류전동기, 선형유도전동기, PM전동기, 동기전동기 등
		10302.기타에너지 구동장치	– 디젤, 제트터빈, 핵융합 등
	104.열차제동장치	10401.기초제동장치 및 제어	– 답면제동, 디스크제동, 제동디스크, 슈, 마찰재
		10402.제동계통	– 공기압축기, 유압압축기 등
		10403.전기 및 특수제동장치	– 완전전기제동, 와전류제동장치, 공기저항제동장치
	105.열차제어장치	10501.차량제어장치	– 열차운전 및 속도제어(TCMS, OBCS 등), 자동화제어
		10502.차상신호장치	– ATS, ATC, ATO, ATP 등
		10203.추진제어장치	– 모터블록, 견인인버터, 제어유니트
	106.열차 집전 및 전장	10601.집전장치	– 판토그래프, 집전판 등
		10602.전력변환장치	– 견인 변압기, 견인 리액터, 교직절환장치
		10603.차단기	– 고속도회로차단기, 진공차단기, 단류기, 피뢰기 등 보호기류
		10604.전기계통 및 전장품	– 보조전원장치, 축전지, 객차전원공급장치

- 철도차량 구분을 위해 「철도차량 기술기준[1]」과 기존 기술분류체계를 참조하여 철도차량을 구성하는 장치·부품 구분으로 기술분류체계 도출

  - 철도차량은 고속철도, 일반철도, 도시철도로 세분화하여 6개의 대분류, 18개 중분류, 67개 소분류 항목으로 구성

  - 대분류 : 철도차량 구성 및 운행에 직접적인 영향을 미치는 핵심장치로 구성

  - 중분류 : 대분류 핵심장치를 구성하고 하위 부품을 포괄하는 장치로 구성

  - 소분류 : 중분류 장치를 구성하기 위한 세부 부품으로 구성

  - 구성기술간 연계성 : 대분류(대차)–중분류(현가장치)–소분류(댐퍼, 공기스프링 등)

※ 기존 기술분류체계 상에 존재하는 구조설계 및 해석기술 등은 제외

〈그림 V-1〉 철도차량부품 기술분류체계 재정립(안)



- 본 사업에 적합한 철도차량부품 기술분류체계 재정립(안)을 도출함으로써, 수요기술조사, 논문/특허동향 조사, 세부기술 방향성 정립 기준으로 활용

1) 철도차량 기술기준 개정, (국토교통부, 2017.03.)

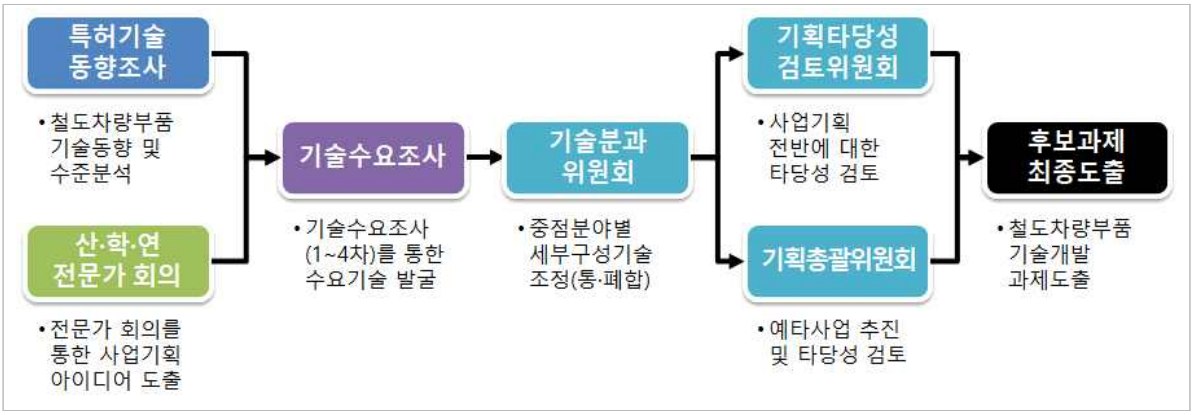
제2절 기술수요조사

기술수요조사 개요

- 수요기술을 도출하기 위해 총 4회에 걸친 델파이 조사 및 이메일 조사를 병행하여 83건의 후보과제 Pool을 확보하고 최종 18개 세부기술 과제를 선정
  - **(조사목적)** : 철도차량 부품 개발사업 세부개발과제 도출
  - **(조사대상)** : 철도차량 부품 산업 종사자, 운영기관, 출연연 및 대학 전문가 등 5,000여명

※ (수요조사대상) : 한국철도공사, 서울교통공사 등 운영기관 15개, 한국철도기술연구원 등 연구기관 9개, 한국철도학회 등 관련 학회 17개, 한국교통대학교 등 29개 관련 대학, LS 전선 등 관련 업체 219개

  - **(조사방식)** 델파이 조사 및 이메일 조사 병행 수요기술 발굴
- 기술수요조사 결과 취합(1~4차)을 통해, 중점분야 및 주요장치 구분에 따른 후보과제 83개 발굴
  - **(해외수출)** 동력집중식 고속철도용 제동디스크 기술개발 外 19개 과제
  - **(수입대체)** 고속철도용(EMU) 댐퍼 국산화 기술개발 外 42개 과제
  - **(기술선도)** 철도차량용 통합형 전력변환장치 기술 개발 外 22개 과제
- 세부기술 분야는 산·학·연 전문가 기술수요조사와 전문가 기획위원회 운영을 병행하여 우선순위가 높은 기술분야를 선정



〈그림 V-2〉 철도차량부품 개발사업 최종 후보과제 도출 과정

● 기술수요조사 항목 구성

〈표 V-2〉 기술수요조사 작성 기준 및 요청사항

구성항목	작성 기준 및 요청사항
제안자 정보	성명, 소속기관 등 제안자 기초정보 작성
제안 분야	연구개발 분야 선택 기재
과제규모	연구단, 일반과제 등 과제규모 선택 기재
과제명	연구목표 및 내용을 함축하는 과제명 기재, 한글/영문 핵심키워드 작성
연구개발목표	수준성능 및 품질에 대한 달성목표 등을 정량적으로 작성
기술개발 및 산업/시장동향, 기술수준 현황	최근 5년 이내의 자료를 바탕으로 국내외 시장/기술/기술수준 등을 작성
기존기술 활용방안	기 추진된 정부/민간 기술과의 연계 방안 작성
기술개발 필요성	기술개발의 시의성, 적절성, 필요성 등 작성
주요연구개발내용	연구개발 결과(제품, 프로세스, 시스템, 핵심기술 등)에 대한 구체적 기술
정부지원의 타당성	경제·산업·정책적 중요도를 기술
기술확보 전략	공동연구, 산·학·연 협력 등 연구추진 전략 제시
기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물의 형태 및 수요자 활용방안 제시
연구개발 과제의 규모	총 연구기간, 연구비, 소요인력 등 제시
기대효과 및 파급효과	연구개발을 통한 경제적·기술적·정책적 파급효과 등 작성

기술수요조사 양식

<표 V-3> 기술수요조사 요청서 및 작성양식

기술수요조사 요청서

「철도 부품·장치 자립화 기술개발」

사업기획 기술수요조사

안녕하십니까?

바쁘신데도 불구하고 본 기술수요조사에 귀중한 시간을 내주신 것에 대해 진심으로 감사드립니다.

우리 한국철도공사는 **국토교통부**와 **국토교통과학기술진흥원**이 발주한 국토교통기획연구사업인 **「차세대 철도핵심부품장치 기술개발 사업기획 및 강소기업 육성을 위한 전략수립」** 과제를 수주하여 수행 중에 있습니다.

본 과제에서는 **국가연구개발사업 효율화 방안(미래부, '15.10월)**에 따라 모든 **기존 장기계속사업이 일몰제 적용대상**이 되고 국토교통과학기술진흥원의 철도기술연구사업 또한 종료가 예정되어 있습니다.

이에 본 과제에서 차기 철도기술연구사업을 기획한 후 예비타당성 평가를 반드시 거쳐야 **철도 부품과 관련된 신규과제 수행이 가능하게 됩니다.**

바쁘시더라도 향후 철도 부품분야의 기술발전을 위해서 협조해 주시기를 부탁드리며, 참여해주시는 모든 분들께 감사의 말씀을 전합니다.

2017. 5.

한국철도공사 연구원장 한 광 덕
국토교통과학기술진흥원 철도실장 김 대 환
연구책임자 최 성 수
TEL) 042-615-5412, 5413

기술수요조사 작성양식

기술수요조사

제안자 정보	성명	소속기관 및 부서명
	연락처	E-mail
제안 분야	① 차량 □ ② 궤도 □ ③ 전철전력 □ ④ 신호통신 □ ⑤ 기타 □	
과제규모	① 연구반 □ ② 일반과제 □	
1. 과제명	※연구목표 및 내용을 함축하여 구체적으로 작성 ex) 기존 철도운행고의 수리방법 검속고개를 수행 이용시 파손된 차량 및 고객보호 개발 ex) 연구결과의 : 차량DB과의 및 차량DB(에서) 개발 등 2개 이상 서로다른 통합개발부품고 인터페이스 검증 부품의 통합 개발 가능 일반과제 : 검증 DB활용 대한 개발	
	핵심키워드 (한글)	
	핵심키워드 (영문)	
2. 연구개발목표	※연구개발과제의 수준성능 및 품질에 대한 정성목표를 가능한 정량적으로 작성 ex) 결속고정시간(4~8시간) 감축 등	
3. 기술개발 및 산업/시장 동향, 기술수준 검토	※연구개발과제의 기술개발 동향 및 산업/시장 동향, 규모에 대하여 작성 동향은 최대한 5년 이내의 최근자료를 바탕으로 작성 ※국내외 제품별 기술현황에 대하여 작성 ※기술수준은 현장 부품의 현의 최고기술력(를 100으로 하여 최우 및 기타 국가 기술수준 작성	
	기술수준	한국 / 일본 / 미국 / 중국 / 독일 / 프랑스 / 영국
		% / % / % / % / % / % / %
4. 기존기술 활용방안	※기술이 수행된 국가연구개발사업, 타기관에서 기개발된 기술 등과의 중복 및 연계가 필요한 경우 이를 수행 방안 작성	

기술수요조사 우선순위 평가서 양식

No.	중점분야	차종	과제명	우선순위 기준(5점 척도)						합계	순위
				시급성	실현 가능성	중요성	시장 규모	수출 가능성	정부지원 타당성		
1	국산화	고속	고속철도용 HVAC 시스템 기술 개발							0	
2	국산화	고속	고속철도용 친환경 및 컴팩트형 공조시스템 개발							0	
3	국산화	고속	고효율 살사시스템 기술개발							0	
4	국산화	고속	고무완충기가 통합된 고속철 연결기용 buffer 및 시뮬레이션 툴 개발							0	
5	국산화	고속	친환경 및 유지/보수 비용 절감 Oil Free 공기압축기 개발							0	
6	국산화	고속	공기역학 전두부 구조 형상 최적 설계 프로그램 개발							0	
7	국산화	고속	동력집중식 고속철도용 제동패드 및 제동슈 국산화 기술개발							0	
...											
70	안전	화차	화차 적재 하중 표시기 개발							0	

수요조사 대상 기업 범위

- 본 사업은 철도산업 분야뿐 아니라 타 산업분야 기관까지도 대상으로 수요조사를 실시함

  - (조사대상) 한국철도공사, 서울교통공사 등 운영기관 15개, 한국철도기술연구원 등 연구기관 9개, 한국철도학회 등 관련 학회 17개, 한국교통대학교 등 29개 관련 대학, LS 전선 등 관련 업체 214개 등

<표 V-4> 수요기술 대상 업체 현황

No.	기업명	No.	기업명	No.	기업명	No.	기업명	No.	기업명
1	가본	44	디투엔지니어링	87	슝크카본금속	130	주식회사 나인에코	173	한국크노르브레이크
2	갑을오토텍	45	랍코리아	88	승리산업	131	주식회사 삼삼 엠지에스아이㈜	174	한국하우톤
3	거명인텍	46	래보텍	89	신명금속	132	주식회사 이영	175	한국화이바
4	경성야금	47	로윈	90	신우이엔지주식회사	133	주식회사 한성테크	176	한세엔지니어링
5	경진부로아	48	리앤테크㈜	91	신형이앤지	134	㈜신우이앤디	177	한진시스텍
6	고구려엔지니어링	49	만도	92	씨그널정보통신	135	㈜아이비티	178	헤로스테크
7	구영에스피	50	만희기전	93	씨에스아이엔테크	136	㈜아이티베인	179	혁신전공사
8	국제산업	51	매크로엔지니어링	94	아원	137	㈜오성기공	180	현대기공
9	국제전기	52	매크로이에스아이	95	아이스퀘	138	㈜우진산전 기술연구소	181	현대다이모스
10	극동정공	53	맥시스	96	아이키산업	139	주은기공	182	현대로템
11	금강기공	54	메르센코리아	97	알루코	140	㈜제이케이에이	183	현대모비스
12	금산엠엔이	55	모젠코리아	98	암페놀-대신전자정밀	141	지엠테크	184	현대스틸
13	금성공조플랜트	56	바노(AEC)	99	에이디에스레일	142	진양오일씰	185	현대중공업
14	금호전력	57	바이브록	100	엔피에스이십일	143	진양테크	186	현성기업
15	기성테크	58	범한산업주식회사	101	영일 CNC	144	진우정공	187	현우시스템
16	나노옵틱(주)	59	베스트 F.A	102	영풍아이알	145	진인	188	형제금속산업사
17	나노지오이엔씨	60	벽진	103	오성기전	146	창민테크론	189	호산씨텍
18	낙원	61	부경	104	오코	147	천경기업	190	호이트한국
19	남성테크	62	비엔텍아이엔씨	105	오텍캐리어㈜	148	천주산업	191	홍인
20	뉴텍알에스아이	63	비엔티시스템	106	우진기전	149	카템	192	회명정보통신
21	뉴템즈	64	비츠로씨앤씨	107	우진전기공업	150	케이비아이테크	193	효성전기주식회사
22	다원프릭션	65	비츠로테크	108	우진정밀	151	케이에프이앤이	194	흥일기업
23	대경기업	66	사라다	109	웨이브엠	152	케이오비에이	195	(주)아한P&E
24	대경중공업	67	삼공전기공업	110	유경제어주식회사	153	케이티엠엔지니어링	196	(주)이산
25	대아정공	68	삼영기계	111	유앤아이 솔루션즈	154	코아텍	197	ATX
26	대양전기공업	69	삼오	112	유진기공산업㈜	155	콘티넨탈오토모티브시스템	198	CSIN Tech
27	대원강업	70	삼원FA	113	유진정공	156	타이코 레이켐	199	CS에너텍
28	대원씨티에스㈜	71	삼익키리우	114	이건산전㈜	157	태림산업	200	D&I Tech
29	대일정공	72	삼정에스알	115	이경산전	158	태산ENG	201	DMSR

No.	기업명	No.	기업명	No.	기업명	No.	기업명	No.	기업명
30	대청C&C	73	삼표이앤씨	116	이레산업	159	투아이시스(2isys)	202	GS네오텍
31	대호에이엘	74	상신브레이크㈜	117	이루온	160	티에스이엔지	203	H2K솔루션
32	대흥기업	75	새영테크놀로지	118	이지파워	161	파앤텍	204	HKT베어링
33	더선테크	76	샬롬엔지니어링	119	인터엠	162	파워넥스	205	KB오토시스
34	덕성	77	서울텔레콤	120	인터콘시스템스㈜	163	팩테크	206	LS전선
35	델타캐스트	78	선우도장	121	인텍전기전자㈜	164	평일	207	S&T중공업
36	도흥공업사	79	선우전자	122	일성자동화	165	포스코ICT	208	SC솔루션
37	동산엔지니어링	80	성신RST	123	일윤	166	푸름	209	SG SERVO
38	동성중공업	81	성주엠아이	124	제노보	167	피앤에이파워시스템	210	SK C&C
39	동아전장	82	성진테크	125	제이케이에이	168	하나글로텍	211	STR 엔지니어링
40	동영이엔지	83	세방전지	126	제일데코	169	하이록코리아	212	Stucke Energy
41	디알에스테크	84	세안정기	127	㈜다원시스	170	한국에스에스	213	TSR
42	디에스솔라	85	세종알티씨	128	㈜베어링아트	171	한국전기통신	214	WSM
43	디케이락	86	소명	129	㈜브이씨텍	172	한국전파기지국	총 214개 기업 대상	

- 특히, 철도차량과 유사한 자동차 산업뿐만 아니라 전기전자, 소재부품, 산업용 전력부품, 통신, 임베디드 등 다양한 산업군을 조사대상으로 선정함으로써 기술융합 및 타 산업 분야 유관기업의 참여 확대 유도

※ **자동차**(베어링아트, 갑을오토텍, 현대모비스 등), **소재**(한국화이바 등). **공기조화장치**(오텍캐리어, 만도 등), **산업용 제조부품**(ATX, 하이록코리아 등), **전력부품**(비츠로테크 등), **통신**(씨그널정보통신 등), **임베디드**(SC솔류션, 아이테베인, 포스코ICT 등)

- 철도분야 기업 외 소재, 전력, 통신, 전기전자 등 다양한 산업군의 업체(214개)를 포함하여 기술수요조사 실시

- 주력 업종이 철도 분야*인 기업은 54개(25.2%)임

* 기관차 및 기타 철도차량 제조업, 철도궤도 전문공사업, 철도제어시스템 관련분야 제조업, 철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업, 철도차량 엔지니어링 등 기타 엔지니어링서비스 해당 기업(표준산업분류 기준)

- 수요조사 대상기업은 철도차량 부품 이외에도 전기/제어, 금속, 항공기, 자동차, 조선, 통신/SW 등 다양한 업종을 보유한 기업들로 관련 산업 분야의 참여 확산 가능

- 해당 업종 및 주요 생산제품/품목은 NICE평가정보(kisline) DB 참조

- 철도차량 관련 제품/품목은 한국철도차량협회 회원사 DB 등을 활용하여 작성

<표 V-5> 수요조사대상 기관 업종현황

No.	기업명	업종(표준산업분류 10차)	주요 생산제품/품목	철도차량 관련 제품/품목
1	가본	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	차량부품(의장설비품),기계가공품,차량검수정비용설비,전기전자부품 제조	기관차 및 철도차량부품 제조, 철도차량용 시험설비, 기계가공품, 전지전자 부품제조
2	갑을오토텍	자동차용 신품 부품 제조업	차량용공기조절기,자동차부품(차량용에어컨,라지에이터) 제조/부동산 임대	승상용 차량과 중장비등의 공조(HVAC)와 동력계통 냉각장치 및 빌딩, 전기장치의 냉각 제품
3	거명인텍	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	차량부품,사출성형 제조	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조
4	경성야금	전기 공급 및 제어장치 제조업	전기 공급 및 제어장치 제조	전기 공급 및 제어장치 제조
5	경진부로아	산업용 송풍기 및 배기장치 제조업	송풍기,에어커튼,공조기,모터,철도용품 제조/부동산 임대	산업용 송풍기 및 배기장치 제조
6	고구려엔지니어링	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	차량방송장치,전자제어장치,철도차량기계부품 제조/무역/철도차량 유지보수,소프트웨어 개발,공급	제조부품, 철도차량기계부품
7	구영에스피	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도차량부품,네임프레이트,스크린인쇄물,건축마감재,광고물,산업안전표지 제조/네임프레이트(명판) 인쇄	실크스크린 인쇄, 부식, 조각, 실사출력, 컷팅 제품 생산
8	국제산업	콘크리트 및 철근 공사업	철근콘크리트공사,철물공사,도장공사/도로안전표지판 제조	차량용 및 산업용 그리고 생활용 무전기, 무선중계기, 통신시스템, 안테나, 특수광경등, 비상등, 싸인보드, 고소작업대 등 생산 및 제작 납품
9	국제전기	변압기 제조업	변압기,전기변환장치(무정전전원장치,전기집진기용 고압전원장치),배전반,자동제어반 제조	전자 및 전기 중전기기 제조
10	극동정공	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도차량부품 제조, 도소매	철도제작부품
11	금강기공	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도차량부품,방위산업부품,자동차부품 제조/공장 임대	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조
12	금산엠엔이	전기용 기계·장비 및 관련 기자재 도매업	캠스위치,압력,온도스위치,터미널 블럭,푸쉬버튼,산업용스위치 도매,오파,제조	전기용 기계·장비 및 관련 기자재 도매
13	금성공조플랜트	공기 조화장치 제조업	공조기,제빙기,냉동기 제조/기계설비공사	공기 조화장치 제조

No.	기업명	업종(표준산업분류 10차)	주요 생산제품/품목	철도차량 관련 제품/품목
14	금호전력	내부 전기배선 공사업	전기공사,철도신호공사/전기경보,신호장치 제조	일반전기 공사
15	기성테크	금속 열처리업	금속열처리,도금	금속 열처리
16	나노옵틱㈜	안경, 사진장비 및 광학용품 도매업	렌즈,계측장비,열화상카메라,센서 도소매,제조/소프트웨어 개발	안경, 사진장비 및 광학용품 도매
17	나노지오이엔씨	건물 및 토목 엔지니어링 서비스업	토목설계,지반조사,시공	건물 및 토목 엔지니어링 서비스
18	낙원	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도차량부품,자동차부품,가전제품부품,에스컬레이터부품 제조,도소매	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조
19	남성테크	금속 절삭기계 제조업	절삭공구기계 제조,도소매	절삭가공 및 유사처리
20	뉴텍알에스아이	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도차량부품(기차바퀴,화차,전동차바퀴) 제조,도매,무역/철도차량수리	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조
21	뉴템즈	산업용 냉장 및 냉동 장비 제조업	산업용냉동기,고압가스기기 제조,도매/냉동기계설비공사	산업용 냉장 및 냉동 장비 제조
22	다원프릭션	항공기용 부품 제조업	항공기기계부품,굴삭기유압펌프부품,항공기,전차 브레이크디스크 제조,도매,무역/기술용역	항공기, 군용전차, 고속전철등의 고성능 마찰재 및 유압펌프의 실린더 블록 제조
23	대경기업	탭, 밸브 및 유사장치 제조업	유압밸브 제조,무역	기계, 부품 제조
24	대경중공업	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도차량부품,철구조물,산업기계 제조	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업
25	대아정공	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	전동차부품,자동차부품,전기차 하이브리드카부품,공작기계,부품 제조	철도차량부품 제작, 각종 철구조물 및 산업기기 제작
26	대양전기공업	선박 구성 부분품 제조업	해상용 조명등기구,함정용 전자시스템,배전반류 제조	전기·전자 생산 및 제작
27	대원강업	자동차용 신품 조향장치 및 현가 장치 제조업	차량용스프링,기계부속,시트,타이어체인,합성수지제품,철도용스파이크 제조,도매	기계 부품 제작
28	대원씨티에스㈜	컴퓨터 및 주변장치, 소프트웨어 도매업	컴퓨터,주변기기 도소매/전자상거래	컴퓨터 및 주변장치, 소프트웨어 도매
29	대일정공	주형 및 금형 제조업	다이캐스팅금형(클러치하우징,백미러) 제조	주형 및 금형 제조
30	대청C&C	건설 및 채광용 기계장비 제조업	중장비부품,차량부품 제조	콘크리트, 시멘트 제조
31	대호에이엘	알루미늄 압연, 압출 및 연신제품 제조업	알루미늄 환절판 제조,도매,무역	알루미늄 압연, 압출 및 연신제품 제조
32	대흥기업	증류기, 열교환기 및 가스발생기 제조업	열교환기,전자부품,반도체냉각기 제조	증류기, 열교환기 및 가스발생기 제조

No.	기업명	업종(표준산업분류 10차)	주요 생산제품/품목	철도차량 관련 제품/품목
33	더선테크	운송장비용 조명장치 제조업	LED조명기구(철도용 조명장치),전광판광고조명,전구,램프,배터리,축전지,철도차량용품 제조	운송장비용 조명장치 제조
34	덕성	플라스틱 합성피혁 제조업	플라스틱레자,합성수지,합성피혁 제조,도매	플라스틱 합성피혁 제조
35	델타캐스트	알루미늄주물 주조업	알루미늄주물(자동차부품,기계부품) 제조	알루미늄주물 주조
36	도흥공업사	강주물 주조업	산업기기부품 강주물 주조/비주거용건물 임대	강주물 주조
37	동산엔지니어링	엔지니어링 서비스업	전기설계,감리용역/냉난방설비도소매,수출입/전기공사,소방시설공사	항공기, 군용전차, 고속전철 등의 고성능 마찰재 및 유압펌프의 실린더 블록 등
38	동성중공업	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도차량부품,중기 제조	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조
39	동아전장	전지 및 케이블 도매업	전자부품 도매	전지 및 케이블 도매
40	동영이엔지	기관차 및 기타 철도차량 제조업	소사장제(기차) 제조	철도차량부품 제작, 각종 철구조물 및 산업기기 제작
41	디알에스테크	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도차량 창닦이기기,부품제조/에너지절전형 진단/전기공사	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조
42	디에스솔라	태양력 발전업	태양광 발전업	태양력 발전
43	디케이락	탭, 밸브 및 유사장치 제조업	플랜지형 볼밸브,기관이송관용 3방향밸브,체크밸브,배관자재 제조	철도차량, 발전소, 조선소 등에 들어가는 탭, 밸브 및 유사장치, 반도체 제조
44	디투엔지니어링	일반전기 공사업	전기공사,정보통신공사,소방시설공사/설계,감리용역/수배전반 제조/전기철물,일반자재 도소매,무역	일반전기 공사
45	랍코리아	기타 절연선 및 케이블 제조업	케이블(전선) 제조,도소매,무역/엔지니어링	기타 절연선 및 케이블 제조
46	래보텍	물질 검사, 측정 및 분석기구 제조업	이화학기구,실험용 기기 제조,도매	이화학기구, 실험용 기기 제조/도매 등 물질 검사, 측정 및 분석기구 제조업체
47	로윈	기관차 및 기타 철도차량 제조업	철도차량 개조,제조(전동차,경전철,객차,화차,디젤기관차)	기관차 및 기타 철도차량 제조
48	리앤테크㈜	철도차량 엔지니어링 등 기타 엔지니어링 서비스업체	철도장비제조	철도차량 엔지니어링 등 기타 엔지니어링 서비스업체
49	만도	자동차용 신품 조향장치 및 현가 장치 제조업	자동차부품(제동장치,조향장치,현가장치) 제조,판매/부동산 임대	자동차용 신품 조향장치 및 현가 장치 제조
50	만희기전	전기용 기계·장비 및 관련 기자재 도매업	산업용 전지전자제품(센서,스위치,타이머,커넥터) 도매,제조/부동산 임대	전기용 기계·장비 및 관련 기자재 도매

No.	기업명	업종(표준산업분류 10차)	주요 생산제품/품목	철도차량 관련 제품/품목
51	매크로엔지니어링	엔지니어링 서비스업	철도차량(전동차) 설계	철도차량 설계, 전자매뉴얼, 특화솔루션 개발
52	매크로이에스아이	응용 소프트웨어 개발 및 공급업	철도차량설계소프트웨어 개발,공급	응용 소프트웨어 개발 및 공급업
53	맥시스	전동기 및 발전기 제조업	서보모터 제조	전동기 및 발전기 제조
54	메르센 코리아	전기용 탄소제품 및 절연제품 제조업	카본브러쉬,특수카본,철도차량,전기,전자부품 제조/무역	Carbon과 Graphite,그리고 Fuse산업분야, 신생에너지 산업부분,화학분야의 응용기술 개발 외
55	모젠코리아	전동기 및 발전기 제조업	모터,발전기,전기전자,정밀기계 제조,도소매,무역,컨설팅	전동기 및 발전기 제조
56	바노(AEC)	의료기기 도매업	계측기기(진동,소음 분석장비) 도매,오퍼	진동소음 관련 분석장비 측정장비 국내에 판매 및 유지보수
57	바이브록	볼트 및 너트류 제조업	기계부품(풀림방지너트),철도용품 제조,도매,무역	볼트 및 너트류 제조
58	범한산업주식회사	기체 펌프 및 압축기 제조업	고압공기압축기,기계부품,연료전지 제조/기계,선박용기자재 도소매/부동산 임대/압축기정비 수리	선박과 발전설비용고압 압축기 개발 생산
59	베스트 F.A	일반목적용 기계 제조업	용접자동화기계(용접기자재) 제조,도매,무역	부품 산업 용접기제조
60	벽진	자동차용 신품 조향장치 및 현가 장치 제조업	자동차부품(실린더헤드,플라이휠하우징),총포탄약류,철도차량부품,항공기피스크 제조	자동차용 신품 조향장치 및 현가 장치 제조업
61	부경	항공기용 부품 제조업	항공기부품,일반기계부품 제조	항공기용 부품 제조업
62	비엔텍아이엔씨	건물 및 토목 엔지니어링 서비스업	건축,토목 엔지니어링,연구용역,공학,소프트웨어 개발,공급/전자상거래	건물 및 토목 엔지니어링 서비스업
63	비엔티시스템	전기 공급 및 제어장치 제조업	전기 공급 및 제어장치 제조업	전기 공급 및 제어장치 제조업
64	비츠로씨앤씨	전기경보 및 신호장치 제조업	전기경보,신호장치,전기제어장비,철도차량부품,변압기,통신장비 제조/SW 개발,공급,컴퓨터시스템 유지보수,감리,측량	전기경보 및 신호장치 제조
65	비츠로테크	전기경보 및 신호장치 제조업	지주회사/진공차단기,기중차단기,주상가스개폐기,자동절체개폐기,전기공급제어장치 제조,도매/우주발사체부품사업/산업폐기물사업	차단기와 개폐기류, 전력부품 제조
66	사라다	내부 통신배선 공사업	CCTV설비공사/CCTV 제조/컴퓨터,주변기기 도매/소프트웨어 개발	정보처리 기업, 제조 관련 소프트웨어 제작

No.	기업명	업종(표준산업분류 10차)	주요 생산제품/품목	철도차량 관련 제품/품목
67	삼공 전기공업	운송장비용 조명장치 제조업	차량용,철도차량용 조명장치,LED조명등 제조,도매/부동산 임대	자동차,철도차량,선박등 램프,형광등,조명등 생산
68	삼영기계	선박 구성 부분품 제조업	선박용 엔진부품,철도용 기관부품,크린룸,3D프린터출력 제조,무역/태양광발전소	선박 구성 부분품 제조
69	삼오	운송장비 조립용 플라스틱제품 제조업	강화플라스틱 자동차부품,철도차량전두부,철도내장판,플라스틱성형제품 제조	강화 철 플라스틱 제조
70	삼원FA	전기 공급 및 제어장치 제조업	전기 공급 및 제어장치 제조	전기 공급 및 제어장치 제조
71	삼익키리우	자동차용 신품 부품 제조업	차량용브레이크디스크,수송기계 제조/부동산 임대	자동차용 신품 부품 제조
72	삼정에스알	1차 철강 제조업	철강,산업기계 제조/철강제품,산업기계,철도차량부품 도소매	1차 철강 제조
73	삼표이앤씨	철도궤도 전문공사업	철도궤도공사,지붕판금건축물 조립공사/철도궤도용품 제조,도소매	철도궤도 전문 공사
74	상신 브레이크㈜	자동차용 신품 조향장치 및 현가 장치 제조업	자동차 브레이크 슈 어셈블리,브레이크패드 제조/군납업,무역/부동산 임대	자동차용 신품 조향장치 및 현가 장치 제조업
75	새영 테크놀로지	통신·방송장비 및 부품 도매업	전자통신기기 도소매,무역/기술용역	통신·방송장비 및 부품 도매업
76	샬롬 엔지니어링	기기용 자동측정 및 제어장치 제조업	열차자동정지장치(ATS),열차자동제어장치(ATC),신호검측장치,열차후부감시장치,전기경보 제조	기기용 자동측정 및 제어장치 제조업
77	서울텔레콤	유선 통신장비 제조업	유선통신장치 제조,도소매	유선 통신장비 제조업
78	선우도장	기관차 및 기타 철도차량 제조업	철도차량 제조	기관차 및 기타 철도차량 제조업
79	선우전자	자동차용 신품 부품 제조업	자동차부품,차량조명,전기장치 제조	제조 및 차량 부품
80	성신RST	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도차량,부품,철도보선장비,산업기계 제조	철도 차량의 주행장치 부품 제작과 주행장치 일체, 완성차 제작
81	성주엠아이	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도차량부품,산업용차량,중장비차량부품 제조/부동산 임대	철도차량,플랜트,산업기계,건설기계 부품 및 부분품, 레이저가공 금형 제작, 생산
82	성진테크	주형 및 금형 제조업	자동차부품(다이캐스팅 금형) 제조	주형 및 금형 제조
83	세방전지	축전지 제조업	자동차용,산업용 축전지(연축전지) 제조,판매	전자 미 전기 축전지 제조
84	세안정기	건설 및 채광용 기계장비 제조업	중장비부품,철도차량부품 제조	건설 및 채광용 기계장비 제조
85	세종알티씨	강주물 주조업	특수강주물 제조	주형 및 금형 제조
86	소명	내부 전기배선 공사업	전기공사	내부 전기배선 공사

No.	기업명	업종(표준산업분류 10차)	주요 생산제품/품목	철도차량 관련 제품/품목
87	슝크카본금속	카본제조	1차금속제조	카본브러쉬·팬타그라프 제조업체, 1차금속 제조
88	승리산업	자동차 엔진용 신품 부품 제조업	전동차 엔진,자동차부품,전자부품,모터,철도차량부품 제조,도매,무역	전자부품, 산업 부품 제조 및 생산
89	신명금속	강주물 주조업	특수강주물 제조	특수 주강품 생산
90	신우이엔지 주식회사	철도제어시스템 관련분야 제조업	열차 자동제어,안전운행관련 시스템,도록 교통제어 설비 및 생산 납품	철도 신호설비, 열차제어시스템
91	신형이앤지	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도차량부품(통로연결막,닥트,그릴류,단품류) 제조	철도차량 부품 생산
92	씨그널정보통신	컴퓨터 및 주변장치, 소프트웨어 도매업	기타 무선 통신장비 제조	기타 무선 통신장비 제조
93	씨에스아이엔테크	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도차량부품(화재감지장치,신호장치),소각로 제조/정보통신공사,철근콘크리트공사/부동산 임대	제조/철도차량부품
94	아원	차량용 및 중앙집중식 윤활장치 제조	차량용 및 중앙집중식 윤활장치 제조	차량용 및 중앙집중식 윤활장치 제조
95	아이스퀵	기타 전자부품 제조업	전자부품 제조/EMC기술자문/부동산임대	전자부품 제조
96	아이키산업	1차 금속제품 및 금속광물 도매업	1차 금속제품 및 금속광물 도매업	1차 금속제품 및 금속광물 도매
97	알루코	알루미늄 압연, 압출 및 연신제품 제조업	알루미늄제품,샷시 제조	알루미늄 압연, 압출 및 연신제품 제조
98	암페놀-대신전자정밀	전기회로 개폐, 보호장치 제조업	커넥터,전자통신부품 제조,도소매	전기회로 개폐, 보호장치 제조
99	에이디에스레일	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도차량부품 제조	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조
100	엔피에스이십일	발광 다이오드 제조업	다이오드트랜지스터,유사반도체,전자집적회로 제조,도매	발광 다이오드 제조
101	영일 CNC	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도차량부품 제조	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조
102	영풍아이알	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도차량부품,하우징 제조	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조
103	오성기전	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도차량부품(철도차량용 완충부품,제어시스템전기공급장치,밧데리박스,판넬),배전용(기기용),전기회로개폐기 제조	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조
104	오코	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도차량내장재,풍력넛셀외장제,의료장비부품(CT촬영배드) 제조	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조
105	오텍캐리어㈜	공기 조화장치 제조업	냉난방기기,공조제품 제조,도소매,무역,A/S	공기 조화장치 제조

No.	기업명	업종(표준산업분류 10차)	주요 생산제품/품목	철도차량 관련 제품/품목
106	우진기전	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도차량부품,전기전자부품,유무선통신기기 제조/부동산 임대/정보처리	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조
107	우진 전기공업	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도차량부품,전동차용 실내송풍기,배전반 제조	철도차량 부품
108	우진정밀	자동차용 신품 조향장치 및 현가 장치 제조업	자동차부품(프로펠라샤루트,송풍기,너클,액슬,유니버셜조인트,화이널드라이브,브레이크밴드) 제조,판매	자동차용 신품 조향장치 및 현가 장치 제조
109	웨이브엠	응용 소프트웨어 개발 및 공급업	소프트웨어자문(차량IT융합,물류IT융합),개발,컴퓨터시설관리,온라인정보제공,데이터베이스,자료처리	응용 소프트웨어 개발 및 공급업
110	유경제어주식회사	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도신호시스템,연동장치,건널목보안장치,궤도회로장치 제조	철도신호시스템,연동장치,건널목보안장치,궤도회로장치 제조 등 철도차량부품 및 관련장치물 제조업체
111	유앤아이솔루션즈	컴퓨터 및 주변장치, 소프트웨어 도매업	자동화시스템TEST측정장비/전기전자기기 제조/도매/무역,통합시스템 구축/하드웨어 개발 등 전자기 측정, 시험 및 분석기구 제조,소프트웨어개발	자동화시스템TEST측정장비/전기전자기기 제조/도매/무역,통합시스템 구축/하드웨어 개발 등 전자기 측정, 시험 및 분석기구 제조업체
112	유진기공산업㈜	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도차량부품(전동차부품,객화차부품),자동제어장치,구동장치,산업용콤프레샤,자동차부품 제조,무역,오파	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조
113	유진정공	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도차량부품,철도신호기 제조	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조
114	이건산전㈜	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도차량부품,통신장비,인쇄회로기판(PCB) 제조/전기,전자부품 도소매,무역	철도차량부품/통신장비/인쇄회로기판(PCB) 제조,전기/전자 부품 도소매/무역 등 철도차량부품 및 관련장치물 제조업체
115	이경산전	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도차량용전기,전력변환장치,전동차용신호장치,산업전력변환장치(인버터) 제조	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조
116	이레산업	페인트, 창호 및 기타 건설자재 소매업	수도부속,욕실자재	페인트, 창호 및 기타 건설자재 소매
117	이루온	응용 소프트웨어 개발 및 공급업	소프트웨어 자문,개발,공급/통신장비 도매,제조	응용 소프트웨어 개발 및 공급업(유무선 통신솔루션 전문업체, 모바일 무선데이타 서비스 시스템)
118	이지파워	에너지 저장장치 제조업	전기변환장치 제조 등 기타 발전기 및 전기변환장치 제조	에너지 저장장치 제조
119	인터엠	기타 음향기기 제조업	스피커,녹음기,방송수신기,종합방송기기,오디오,방송용앰프,오디오믹서,CCTV카메라,모니	기타 음향기기 제조

No.	기업명	업종(표준산업분류 10차)	주요 생산제품/품목	철도차량 관련 제품/품목
			터 제조,도매	
120	인터콘시스템스㈜	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도차량부품(철도차량 진단,제어시스템) 제조/전기,전자,통신기기 도소매,수출입/전기전자통신엔지니어링	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조
121	인텍전기전자㈜	전기회로 개폐, 보호장치 제조업	전기개폐기,차단기,니크로저(전봇대용 전기장비),고장구간표시기,수배전반,통신기기 제조,도매,무역/전기공사,정보통신공사	전기회로 개폐, 보호장치 제조
122	일성자동화	금속 문, 창, 셔터 및 관련제품 제조업	공장용고속자동문,슬라이딩도어,어닝,철도차량부품 제조,도매,무역/창호공사,철구조물공사	금속 문, 창, 셔터 및 관련제품 제조
123	일윤	특수목적용 기계 제조업	공장자동화설비,물질검사,측정,분석기구 제조	그 외 기타 특수목적용 기계 제조
124	제노보	속도계 및 적산계기 제조업	속도계,적산계기 제조	확인불가
125	제이케이에이	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도차량부품(LED조명),조명기기,전동차조명,전기장치,철도관련신호장치,전자관 제조/전선케이블,전기용기계장비 도매/개발엔지니어링	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조
126	제일데코	커튼 및 유사제품 제조업	커튼,바닥재,섬유(모켓트) 제조,도소매/실내건축내장공사	커튼 및 유사제품 제조
127	㈜다원시스	전기회로 개폐, 보호장치 제조업	전원공급장치,전력변환장치류(유도용해로,핵융합전원,산업용 정류기,모듈레이터,펄스 파워서플라이,플라즈마 파워서플라이,직류 파워서플라이) 제조,도매	전기회로 개폐, 보호장치 제조
128	㈜베어링아트	자동차용 신품 부품 제조업	자동차,산업용부품 제조,가공,판매	자동차부품 제조
129	㈜브이씨텍	배전반 및 전기 자동제어반 제조업	전기전자제어장치,철도차량제어장치,전기차량제어장치(골프카,소방차용) 제조	전기전자제어장치,철도차량제어장치,전기차량제어장치(골프카,소방차용) 제조 등 배전반 및 전기자동제어반 제조업체
130	주식회사나인에코	환경 관련 엔지니어링 서비스업	환경관련 엔지니어링/용역	환경관련 엔지니어링, 용역 등 환경컨설팅 및 관련 엔지니어링 서비스업체
131	삼삼엠지에스아이㈜	수송용 운송장비 도매업	철도차량보수부품(엔진,모터) 도매	수송용 운송장비 도매
132	주식회사이영	전기회로 개폐, 보호장치 제조업	전원공급장치(닥트타입 트로이바,열수축제품,고압퓨즈),자동화전기제품 제조,오파	전기회로 개폐, 보호장치 제조
133	주식회사한성테크	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도신호기,부품,금속탱크,통신,전자부품,일반철물 제조	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조

No.	기업명	업종(표준산업분류 10차)	주요 생산제품/품목	철도차량 관련 제품/품목
134	㈜신우이앤디	기기용 자동측정 및 제어장치 제조업	자동제어장치(방산용 안정화기기),안전장치 제조/전자기기 도매/소프트웨어개발/학술연구용역	자동제어장치(방산용 안정화기기),안전장치 제조/전자기기 도매/소프트웨어개발/학술연구용역 등 기기용 자동측정 및 제어장치 제조업체
135	㈜아이비티	축전지 제조업	니켈카드뮴축전지,밧데리,세라믹파우더,전기기기 제조,도소매,무역(수출)	화학물질, 제품제조
136	㈜아이티베인	응용 소프트웨어 개발 및 공급업	소프트웨어 개발	소프트웨어 개발 등 응용소프트웨어 개발 및 공급업체
137	㈜오성기공	전동기 및 발전기 제조업	선박용발전기프레임,중장비부품,산업기계 제조	선박용발전기프레임,중장비부품,산업기계 제조 등 전동기 및 발전기 제조업체
138	㈜우진산전기술연구소	전동차 전장품 생산 전문업체	열차 추진제어, 보조전원, 차단기, 콘택터 등	철도차량 전장품 및 경량전철 제작
139	주은기공	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도차량부품(철도화자용제동장치),환경설비산업기계 제조,무역/부동산 임대	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조
140	㈜제이케이에이	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도차량부품(LED조명),조명기기,전동차조명,전기장치,철도관련신호장치,전자관 제조/전선케이블,전기용기계장비 도매/개발엔지니어링	철도차량부품(LED조명), 조명기기, 전동차조명, 전기장치, 철도관련신호장치, 전자관 제조, 전선케이블/전기용기계장비 도매, 개발엔지니어링 등 철도차량부품 및 관련장치물 제조업체
141	지엠테크	수송용 운송장비 도매업	철도차량보수부품(엔진,모터) 도매,무역/철도 유지보수,기술용역	수송용 운송장비 도매
142	진양오일씰	산업용 그 외 비경화 고무제품 제조업	자동차부품(산업용고무제품,오일씰),전자부품 제조	산업용 그 외 비경화 고무제품 제조
143	진양테크	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도차량부품,키스톤플레이트,루프판넬,상용차량부품,조선기자재 제조/철재가구 도매/부동산 임대	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조
144	진우정공	자동차용 신품 조향장치 및 현가 장치 제조업	자동차부품(U-Bolt) 제조	자동차용 신품 조향장치 및 현가 장치 제조
145	진인	광고물 문안, 도안, 설계 등 작성업	광고물 작성	광고물 문안, 도안, 설계 등 작성
146	창민테크론	천막, 텐트 및 유사 제품 제조업	초고온단열재,장비커버,스트랩,자동차부품,항공기부품,천막,캔버스,세폭직물,보호용케이스 제조	천막, 텐트 및 유사 제품 제조
147	천경기업	철도궤도 전문공사업	철도궤도공사/건설재료,철도용품 제조,도소매,무역/건설기계 임대	철도궤도 전문공사

No.	기업명	업종(표준산업분류 10차)	주요 생산제품/품목	철도차량 관련 제품/품목
148	천주산업	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도차량설비 제조/소사장제	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조
149	카템	자동차용 전용 신품 부품 판매업	자동차 용품,부품 도소매,전자상거래	자동차용 전용 신품 부품 판매
150	케이비아이테크	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도차량부품(손잡이,창문,선반,시트,히터커버,히터) 제조	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조
151	케이에프이앤이	기타 공학 연구개발업	환경에너지공학(녹생교통물류,생물성연소유해물질처리,폐열회수장치) 연구개발	기타 공학 연구개발
152	케이오비에이	그 외 기타 특수목적용 기계 제조업	충격완충기,유압부품 제조,도소매/부동산 임대	그 외 기타 특수목적용 기계 제조
153	케이티엠엔지니어링	의료기기 도매업	설비측정계측장비(가속도계,스트레인게이지,다이나모메타)도소매,제조,개발,기술용역/부동산 임대	의료기기 도매
154	코아텍	자동차용 신품 동력전달장치 제조업	자동차부품,금형,전자부품 제조	자동차용 신품 동력전달장치 제조
155	콘티넨탈오토모티브시스템	자동차 엔진용 신품 부품 제조업	자동차엔진부품(전자제어식연료분사장치,전자제어장치),자동차부품 제조,도매,무역	자동차 엔진용 신품 부품 제조
156	타이코레이켐	전기회로 개폐, 보호장치 제조업	전기회로 개폐,보호,접속장치,전기용기계장비,피복연선,케이블 제조,도매,무역	전기회로 개폐, 보호장치 제조
157	태림산업	자동차용 신품 조향장치 및 현가 장치 제조업	자동차 조향장치부품 제조	자동차용 신품 조향장치 및 현가 장치 제조
158	태산ENG	유리 및 창호 공사업	창호공사,철물설치공사/금속조립구조재,일반철물 제조	유리 및 창호 공사
159	투아이시스(2isys)	기타 측정, 시험, 항해, 제어 및 정밀기기 제조업	전기장치(전차선높이편위측정기),전력자동화장치,통신기기 제조,도소매/소프트웨어 개발,공급	기타 측정, 시험, 항해, 제어 및 정밀기기 제조
160	티에스이엔지	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도차량부품,중장비부품,선박기관의장부품 제조	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조
161	파앤텍	철물, 금속 파스너 및 수공구 도매업	리벳,볼트,공구 도매	철물, 금속 파스너 및 수공구 도매
162	파워넥스	인쇄회로기판용 적층판 제조업	인쇄회로기판,전자부품,무정전전원장치,냉각기,전원공급장치 제조/산업용기계,장비 도매,무역,임대	인쇄회로기판용 적층판 제조
163	팩테크	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도차량부품,전기변환장치,제어장치 제조/부동산 임대/소프트웨어 개발	전원장치와 컨트롤러 전문

No.	기업명	업종(표준산업분류 10차)	주요 생산제품/품목	철도차량 관련 제품/품목
164	평일	배전반 및 전기 자동제어반 제조업	고압케이블연결기기,폴리머현수애자류,고속전철,경전철용 접속,절연장치,폴리머피뢰기 제조,판매/전기공사	배전반 및 전기 자동제어반 제조
165	포스코ICT	IT&엔지니어링 전문업체	오토메이션, 스마트그리드 등	IT&엔지니어링 전문업체, 오토메이션, 스마트그리드 등 서비스 안내
166	푸름	전자저항기 제조업	제동저항기,제동유니트 제조,도매	전자저항기 제조
167	피앤에이파워시스템	전기회로 개폐, 보호장치 제조업	전기회로 개폐기 제조,도매	전기회로 개폐, 보호장치 제조
168	하나글로텍	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도차량부품 제조	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조
169	하이록 코리아	주철관 제조업	관이음쇠,후렌지밸브,유니온, 닛불 제조,판매	주철관 제조
170	한국 에스에스	그 외 기타 나무제품 제조업	철도차량 목재판넬,학교용마루,가구 제조/실내건축공사	그 외 기타 나무제품 제조
171	한국 전기통신	기타 무선 통신장비 제조업	무선통신기기 제조	무선통신장비
172	한국 전파기지국	무선 및 위성 통신업	PCS공용기지국 관리(유지,보수),시스템 개발/정보통신공사/통신장비 도매	무선 및 위성 통신
173	한국크노르 브레이크	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	기관차,철도차량부품,승강장스크린도어 제조/수출입	철도와 상업용 차량을 위한 브레이크 시스템
174	한국하우톤	윤활유 및 그리스 제조업	특수윤활유(금속가공유,산업유),방청도료,그리스 제조,도소매/식품,의약품원료, 화장품원료 도매,무역	윤활유 및 그리스 제조업
175	한국화이바	1차 유리제품, 유리섬유 및 광학용 유리 제조업	유리섬유,탄소섬유,합성수지, 유리섬유소재항공기부품,철도 차량내장재 부품 제조,도매,수출	복합재료 및 생산설비, 시험장비까지 자체 개발, 생산
176	한세 엔지니어링	전자기 측정, 시험 및 분석기구 제조업	철도 시험장비 제작/소프트웨어 자문	전자기 측정, 시험 및 분석기구 제조업
177	한진시스텍	그 외 기타 금속가공업	기계부품,방산부품 가공,치공구 제조	그 외 기타 금속가공
178	헤로스테크	내부 통신배선 공사업	정보통신공사/안전시설물 제조,유지보수/소프트웨어 개발,공급	내부 통신배선 공사
179	혁신전공사	전기경보 및 신호장치 제조업	철도신호용품(전자연동장치,AF궤도회로장치) 제조/전기공사(선로통신,전송통신),정보통신공사,소방공사	전기경보 및 신호장치 제조

No.	기업명	업종(표준산업분류 10차)	주요 생산제품/품목	철도차량 관련 제품/품목
180	현대기공	주형 및 금형 제조업	주형 및 금형 제조	주형 및 금형 제조
181	현대 다이모스	자동차용 신품 부품 제조업	자동차부품(파워트레인,시트, 수동변속기,엑슬) 제조,판매	자동차부품 생산, 판매
182	현대로템	기관차 및 기타 철도차량 제조업	철도차량,부품,특수중기,부품, 산업기계,산업용보일러,항공기계부분품 제조,판매,수출입,관련기술용역	기관차 및 기타 철도차량 제조
183	현대모비스	자동차용 신품 부품 제조업	자동차A/S용 부품,컨테이너,특수중기,산업기계제품 생산,판매,부품모듈화,부품수출사업,환경/플랜트사업,특수중기부문(컨테이너)	자동차용 신품 부품 제조
184	현대스틸	1차 철강 제조업	스테인레스판재 제조/부동산임대	1차 철강 제조업
185	현대중공업	강선 건조업	선박,해양구조물,엔진,펌프 전동기,중전기,중장비 제조/자동창고,물류시스템	강선 건조업
186	현성기업	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도차량부품 제조	철도차량, 선박, 산업기계외 철조구조물 특수제관 제조
187	현우시스템	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도차량부품 제조,설계엔지니어링,개발/번역/무역	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조
188	형제금속산업사	주형 및 금형 제조업	금형(자동차부품,선박부품),기계부품,산업기계 제조/부동산임대	주형 및 금형 제조
189	호산씨텍	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도차량부품,관련장치물 제조	철도차량부품
190	호이트한국	수송용 운송장비 도매업	철도차량부품(동력전달장치), 산업부품 도매,오퍼	철도차량, 지역난방과 발전, 상용차량, 제철/제강 및 일반기계분야의 전자제어지식 결합 제품공급
191	홍인	선박 구성 부분품 제조업	조선기자재,케이블트레이,건축기자재,도장,표면처리,전기기자재 제조/무역,유통	선박 구성 부분품 제조
192	회명정보통신	통신·방송장비 및 부품 도매업	무선통신장비,컴퓨터산업장비(TRS장비,MOBIL SYSTEM) 도소매,무역	통신·방송장비 및 부품 도매
193	효성전기주식회사	전동기 및 발전기 제조업	차량용 소형전동기(자동차히타,쿨러용모타,진공청소기,소형모타) 제조,도매/주택 임대/경영컨설팅	자동차 모터 제조
194	흥일기업	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	고속철도차량부품,방위산업부품(대공포,자주포,장갑차),공작기계카바류(철판),자동차부품 제조	공작기계Cover, 방위산업부품, 자동차부품

No.	기업명	업종(표준산업분류 10차)	주요 생산제품/품목	철도차량 관련 제품/품목
195	(주)아한P&E	건설·광업용 기계 및 장비 도매업	건설,광업용 기계,장비 도매	-
196	(주)이산	철물, 금속 파스너 및 수공구 도매업	볼트,너트 도매,무역	철물, 금속 파스너 및 수공구 도매
197	ATX	소화물 전문 운송업	소화물 전문 운송	소화물 전문 운송
198	CSIN Tech	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도차량부품(화재감지장치,신호장치),소각로 제조/정보통신공사,철근콘크리트공사/부동산 임대	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조
199	CS에너텍	비철금속 제련, 정련 및 합금 제조업	비철금속(황산니켈),합금철 제조,도소매	무선통신 부품 및 시스템 연구 개발업체, 제품, 연구소 소개, 투자정보, 채용정보 제공
200	D&I Tech	선박 구성 부분품 제조업	선박의장품 제조,도소매	벨트 외 제작
201	DMSR	고무제품 제조업	고무제품,선박,차량부품 제조	고무제품 제조
202	GS네오텍	일반전기 공사업	전기공사,유무선통신케이블공사,소방설비공사,산업플랜트공사,정보통신,인터넷사업	전자 및 전기 공사
203	H2K솔루션	물질 검사, 측정 및 분석기구 제조업	특수실험기기(화재안전분야 제품,측정,분석),산업기계,차폐도어,특수도어 제조,판매/안전평가수행	산업용 기계제조
204	HKT베어링	구름베어링 제조업	분할 베어링(연속주조 설비용 로울러 베어링) 제조,도소매,수출/부동산 임대	분할 베어링(연속주조 설비용 로울러 베어링) 제조, 볼베어링 및 롤러베어링 제조업체
205	KB오토시스	자동차용 신품 부품 제조업	자동차부품(브레이크 패드,라이닝) 제조,무역	철도 및 자동차용 신품 부품 제조
206	LS전선	종이 원지, 판지, 종이상자 도매업	기타 도매	케이블, 알루미늄, 배선 등 전선 제작
207	S&T중공업	자동차용 신품 동력전달장치 제조업	자동차부품(동력전달장치 등),공작기계(CNC선반 등),사출성형기 제조	차륜, 차축, 윤축 조립 및 기타 차량의 부분품 공급, 기계장비 부품
208	SC솔루션	시스템 소프트웨어 개발 및 공급업	소프트웨어개발,시스템통합,정보통신	컴퓨터프로그래밍, 정보서비스, 소프트웨어개발
209	SG SERVO	탭, 밸브 및 유사장치 제조업	유압밸브,유입기기,펌프,압축기,철도차량부품,항공기부품 제조	탭, 밸브 및 유사장치 제조업
210	SK C&C	금융, 통신,반도체, 에너지 화학, 물류 서비스 등 서비스 제공	IT아웃소싱, 시스템통합, 산업별 솔루션, Smart IT/ICT	IT기술개발, ICT산업 주도
211	STR 엔지니어링	엔지니어링 서비스업	엔지니어링	-
212	Stucke Energy	전기회로 개폐, 보호장치 제조업	디지탈 보호계전기(사이맵,하이맵) 제조	전기회로 개폐, 보호장치 제조업
213	TSR	산업용 그 외 비경화 고무제품 제조업	자동차용 방진고무제품,합성고무 제조,도소매	산업용 비경화 고무제품 제조업
214	WSM	철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	철도차량부품,자동차부품,리프팅마그네트 제조	-

기술수요조사 세부 추진경과

1차~4차 수요조사 및 우선순위 도출 절차 및 경위

기술수요조사(1~3차)	⇨	우선순위도출(1차)	⇨	기술수요조사(4차)	⇨	우선순위도출(2차)
(일시)'16.9,'17.5, '17.7 (조사대상)부품업체 74개사 및 철도 R&D 참여인력 (결과)1차 34개, 2차 30개, 3차 6개 등 총 70개 후보과제 도출		(일시)'17.8 (대상)1~3차 수요조사 **70개** 후보과제 (주체)한국철도공사, 철도연 등 유관기관 전문가 22명 (방법)6개 평가지표(5점척도)를 통한 **정량** 평가		(일시)'17.9 (조사대상)출연연, 대학 및 업계 등 100명 (결과)4차 13개 후보과제 도출		(일시)'17.9.27 (대상)4차 수요조사 **13개** 후보과제 (주체)한국철도공사, 철도연 등 유관기관 전문가 22명 (방법)6개 평가지표(5점척도)를 통한 **정량** 평가

⇨	우선순위도출(3차)	⇨	상위 18개 과제	⇨	우선순위도출(4차)
1, 2차 우선순위 도출 결과 취합(83개)	(일시)'17.10.20 (대상)**83개** 후보과제 (주체)기술분과위원회 30명 (방법)과제명 조정 및 중복여부, 내용부족 여부 등 **정성**판단 및 위원회 의견수렴		**상위 18개 과제** 국토부 정책(안) 반영 * 철도차량 부품개발 마스터플랜('17.12)		(일시)'17.10.23 (대상)**83개** 후보과제 (주체)총괄기획위원회 10명 (방법)1~3차 우선순위 도출 결과 및 국토부 정책(안)을 고려한 최종 추진대상과제 선정(**18개**)

기술수요조사 현황 종합

차종 \ 회차	1차	2차	3차	4차	합계
고속	19	11	2	7	39
도시 (전동차, 경전철, 트램 포함)	7	15	4	4	30
일반 (물류, 화차 포함)	8	4	–	2	14
소계	34	30	6	13	83

● 1차 기술수요조사 실시

- `16.09.23~10.07 : 기술분류체계를 기반으로 철도차량부품 전분야에 대한 1차 수요기술 조사 실시
  (조사대상) 철도부ㄷ품 납품 업체 74개사 대상
  (조사결과) 기술수요 34개 기술 발굴

기술수요조사	차종	과제명
1차	고속	고속철도용 친환경 및 컴팩트형 공조시스템 개발
1차	고속	고무완충기가 통합된 고속철 연결기용 buffer 및 시뮬레이션 툴 개발
1차	고속	친환경 및 유지/보수 비용 절감 Oil Free 공기압축기 개발
1차	고속	공기역학 전두부 구조 형상 최적설계 프로그램 개발
1차	고속	동력집중식 고속철도용 제동패드 및 제동슈 국산화 기술개발
1차	고속	고속철도차량(KTX/KTX-산천) 운영비 절감 및 안전성 향상을 위한 대차페어링 실용화
1차	고속	모듈형 주회로차단시스템
1차	고속	고속철도차량 추진용 견인전동기 및 추진장치의 신뢰성 개선 및 운영효율 고도화 기술개발
1차	고속	고속 철도차량용 감속기용 베어링 국산화 개발
1차	고속	고속차량 송풍전동기 상태감시장치 및 초경량 송풍팬 개발
1차	고속	고속차량용 감속기 베어링
1차	고속	전기기관차 냉각시스템 기술 개발
1차	고속	동력분산식 철도차량 동력전달 시스템 개발
1차	고속	고속차량용 Maintenace Free(무보수) 1, 2차 수직댐퍼
1차	전동차	철도차량용 통합형 전력변환장치 기술 개발
1차	경전철	저상트램용 고성능 유압제동시스템 개발
1차	경전철	저상트램용 고내구성 구동시스템 개발
1차	일반	열차 내 공기 질 개선과 인체에 유해한 바이러스 제거 및 감염 예방 장치 개발
1차	일반	철도차량용 초절전 친환경 냉방장치 기술 개발
1차	일반	크래쉬타입 및 리버서블타입 버퍼가 통합된 트램용 다단 버퍼 개발
1차	화차	EN15551 규격의 Side Buffer 기술사업화를 위한 버퍼 개발 및 공인 시험인증 획득
1차	화차	물류차량용 전원공급장치(차축발전기) 개발
1차	화차	신개념 고속화차 시스템 기술 개발
1차	고속	철도 차량 전력변환장치용 차세대 반도체 파워 모듈 개발
1차	고속	고속열차의 마찰제동 한계 극복을 위한 비접촉식 공력제동 시스템 개발
1차	고속	고속철도용 보조전원장치 경량화를 위한 WBG소자 적용기술 개발
1차	고속	고속열차용 고출력 1C1M 추진제어장치 기술 개발
1차	전동차	기존 제동장치와 호환성을 갖는 전기기계식 제동엑츄에이터 및 제동ECU 개발
1차	전동차	SiC 전력반도체 기반 차세대 전력변환모듈장치 개발
1차	일반	초음파 신호 측정을 통한 차축베어링의 결함 감시 관제시스템 개발
1차	고속	철도차량용 차륜 성능향상 기술 개발
1차	고속	기밀성 확보 및 소음저감을 위한 준고속철도용(GTX 등) 포켓 슬라이딩 방식 출입문 개발
1차	일반	디젤기관차 배기가스 저감장치 기술개발
1차	트램	크래쉬타입 및 리버서블타입 버퍼가 통합된 트램용 다단 버퍼 개발

● 1차 기술수요조사 검토

- `17.02.02 : 전문가 자문회의를 통한 1차 기술수요 검토
  (조사대상) 철도공사 외 7인
  (자문 내용) 수요조사 대상의 폭넓은 확대 필요, 유사 중복 기술 검토, 사업의 필요성에 입각한 해외 의존 부품으로 대상을 한정하여 새롭게 조사 필요

No.	회차	차종	후보과제명
1	1차	고속	동력분산식 고속철도용 제동패드 및 제동패드 국산화 기술개발
2	1차	고속	고속철도용 친환경 및 컴팩트형 공조시스템 개발
3	1차	고속	고속차량 송풍전동기 상태감시장치 및 초경량 송풍팬 개발
4	1차	트램	저상트램용 고성능 유압제동시스템 개발
5	1차	고속	기밀성 확보 및 소음저감을 위한 준고속철도용(GTX 등) 포켓 슬라이딩 방식 출입문 개발
6	1차	고속	동력분산식 철도차량 동력전달 시스템 개발
7	1차	고속	고속철도용 보조전원장치 경량화를 위한 WBG소자 적용기술 개발
8	1차	트램	저상트램용 고내구성 구동시스템 개발
9	1차	경전철	철도차량용 통합형 전력변환장치 기술 개발
10	1차	고속	고속 철도차량용 감속기용 베어링 국산화 개발
11	1차	고속	철도차량용 차륜 성능향상 기술 개발
12	1차	전동차	철도 차량 전력변환장치용 차세대 반도체 파워 모듈 개발
13	1차	고속	고속차량용 Maintenace Free(무보수) 1, 2차 수직댐퍼
14	1차	고속	모듈형 주회로차단시스템
15	1차	일반	열차 내 공기 질 개선과 인체에 유해한 바이러스 제거 및 감염 예방 장치 개발
16	1차	고속	고속차량용 감속기 베어링
17	1차	전동차	SiC 전력반도체 기반 차세대 전력변환모듈장치 개발
18	1차	전동차	기존 제동장치와 호환성을 갖는 전기기계식 제동엑츄에이터 및 제동ECU 개발
19	1차	고속	고속열차용 고출력 1C1M 추진제어장치 기술 개발
20	1차	고속	친환경 및 유지/보수 비용 절감 Oil Free 공기압축기 개발
21	1차	고속	고속철도차량 추진용 견인전동기 및 추진장치의 신뢰성 개선 및 운영효율 고도화 기술개발
22	1차	화차	신개념 고속화차 시스템 기술 개발
23	1차	일반	디젤기관차 배기가스 저감장치 기술개발
24	1차	일반	철도차량용 초절전 친환경 냉방장치 기술 개발
25	1차	일반	초음파 신호 측정을 통한 차축 베어링의 결함 감시 관제시스템 개발
26	1차	고속	고속열차의 마찰제동 한계 극복을 위한 비접촉식 공력제동 시스템 개발
27	1차	화차	화차 적재 하중 표시기 개발
28	1차	고속	고속철도차량(KTX/KTX-산천) 운영비 절감 및 안전성 향상을 위한 대차페어링 실용화
29	1차	화차	EN15551 규격의 Side Buffer 기술사업화를 위한 버퍼 개발 및 공인 시험인증 획득
30	1차	고속	전기기관차 냉각시스템 기술 개발
31	1차	고속	고무완충기가 통합된 고속철 연결기용 buffer 및 시뮬레이션 툴 개발
32	1차	화차	물류차량용 전원공급장치(차축발전기) 개발
33	1차	고속	공기역학 전두부 구조 형상 최적설계 프로그램 개발
34	1차	트램	크래쉬타입 및 리버서블타입 버퍼가 통합된 트램용 다단 버퍼 개발

● 2차 기술수요조사 실시

- `17.05.30~06.13 : 수입 100% 부품에 대한 2차 수요기술 발굴
  (조사대상) 철도부품 납품 업체 74개 외 철도관련 과제 참여 연구인원 등 국토교통과학기술진흥원 DB 활용
  (조사결과) 해외 의존 부품개발 기술수요 발굴 30개 기술 확인

기술수요조사	차종	과제명
2차	고속	고속철도용 HVAC 시스템 기술개발
2차	고속	고효율 살사시스템 기술개발
2차	고속	대차 소음 저감을 위한 불연재질 흡음블럭 개발
2차	고속	고속철도용(EMU) 댐퍼 국산화 기술개발
2차	고속	철도차량용 모듈형 주회로차단시스템 개발
2차	전동차	도시철도차량용 냉방장치 연구개발
2차	전동차	도시철도용 친환경 저소음 공조시스템 개발
2차	전동차	통합형 주간제어기(원핸들 타입)장치 국산화 개발
2차	전동차	도시철도용 공기스프링 국산화 기술개발
2차	전동차	도시철도용 덮개형 판토그래프 개발
2차	전동차	전기식 스크류타입 판토그래프 상승장치 개발
2차	경전철	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트램용 관절장치 개발
2차	경전철	노면트램용 전두부 충돌에너지 흡수 부재 개발
2차	화차	자동연결 및 분리가 되는 물류차량용 자동연결기 개발(공기연결 포함)
2차	고속	고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체변압기 개발
2차	고속	고효율, 고안전성 희토류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기 개발
2차	고속	주행환경을 고려한 스마트 주행시스템 기술개발
2차	전동차	이미지프로세싱 및 레이다를 이용한 철도차량 입환운전 보조장치 개발
2차	전동차	첨단소재 적용 도시철도차량 및 부품 경량화 기술 개발
2차	전동차	차세대 열차 High-End Safety System 개발
2차	전동차	도시철도용 고효율 외장코어형 컴팩트 주변압기 기술 개발
2차	일반	열차 안전운행 지원을 위한 열차 운전 첨단지원 시스템 기술개발
2차	고속	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 개발
2차	고속	동절기 철도교통 안전 확보 및 기능 유지를 위한 핵심기술 개발
2차	전동차	도시철도용 방송통신장치 일원화를 위한 방송통신 통합제어장치 모듈 개발
2차	전동차	도시철도차량 운전실 표준화 기술개발
2차	전동차	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈 및 제어장치 개발
742차	전동차	도시철도용 화재감시장치 표준모듈화 개발
2차	경전철	트램용 보조 전원 장치의 가격 경쟁력 및 경량화 구현을 위한 내부 장치 구성의 모듈화
2차	일반	철도차량 최적운행패턴을 고려한 TCMS 개발

● 2차 기술수요조사 검토

- `17.07.06 : 1차기술분과위원회 검토
(자문위원회) 철도기술분야 7명 및 경영분야(경제성 검토) 2명 등 총 9명
(자문 내용) 기술의 중복성, 경제성 등을 검토하여 수입대체 이외에도 해외 의존 부품과의 경쟁력 향상을 위한 기술 개발 필요성 발의

No.	회차	차종	후보과제명
1	2차	고속	고속철도용(EMU) 댐퍼 국산화 기술개발
2	2차	전동차	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈 및 제어장치 개발
3	2차	고속	철도차량용 모듈형 주회로차단시스템 개발
4	2차	고속	고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체변압기 개발
5	2차	고속	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 개발
6	2차	고속	고속철도용 공기스프링 국산화 기술개발
7	2차	고속	고효율, 고안전성 희토류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기 개발
8	2차	물류	이미지프로세싱 및 레이다를 이용한 철도차량 입환운전 보조장치 개발
9	2차	전동차	도시철도용 고효율 외장코어형 컴팩트 주변압기 기술 개발
10	2차	트램	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트램용 관절장치 개발
11	2차	고속	주행환경을 고려한 스마트 주행시스템 기술개발
12	2차	고속	고효율 살사시스템 기술개발
13	2차	전동차	도시철도용 친환경 저소음 공조시스템 개발
14	2차	전동차	통합형 주간제어기(원핸들 타입)장치 국산화 개발
15	2차	전동차	첨단소재 적용 도시철도차량 및 부품 경량화 기술 개발
16	2차	일반	철도차량 최적운행패턴을 고려한 TCMS 개발
17	2차	고속	고속철도용 HVAC 시스템 기술개발
18	2차	고속	동절기 철도교통 안전 확보 및 기능 유지를 위한 핵심기술 개발
19	2차	전동차	도시철도용 화재감시장치 표준모듈화 개발
20	2차	전동차	도시철도차량 운전실 표준화 기술개발
21	2차	전동차	도시철도용 방송통신장치 일원화를 위한 방송통신 통합제어장치 모듈 개발
22	2차	일반	열차안전운행지원을위한열차운전첨단지원시스템기술개발
23	2차	전동차	도시철도차량용 냉방장치 연구개발
24	2차	전동차	차세대 열차 High-End Safety System 개발
25	2차	화차	자동연결 및 분리가 되는 물류차량용 자동연결기 개발(공기연결 포함)
26	2차	고속	대차 소음 저감을 위한 불연재질 흡음블럭 개발
27	2차	트램	노면트램용전두부충돌에너지흡수부재개발
28	2차	전동차	전기식 스크류타입 판토그래프 상승장치 개발
29	2차	트램	트램용 보조 전원 장치의 가격 경쟁력 및 경량화 구현을 위한 내부 장치 구성의 모듈화
30	2차	전동차	도시철도용 덮개형 판토그래프 개발

● 3차 기술수요조사 실시

- `17.07.31 : 성능 향상 수요 품목에 대한 3차 수요기술
(조사대상) 철도부품 납품 업체 74개 외 철도관련 과제 참여 연구인원 등 국토교통과학기술진흥원 DB 활용
(조사결과) 미래 부품 시장 선도를 위한 고성능 부품기술 수요 6개 발굴

기술수요조사	차종	과제명
3차	고속	동력분산형(EMU) 고속철도차량 소결 브레이크패드 개발
3차	전동차	경량 저소음 판토그래프 개발
3차	전동차	전동차 VVVF인버터 / SIV용 필터 캐패시터 국산화
3차	전동차	철도차량용 마그네틱 추진시스템 기술개발
3차	전동차	도시철도용 전기기계식 제동장치 핵심기술 개발
3차	전동차	광센서를 이용한 전동차 출입문 장애물 검지 장치

● 3차 기술수요조사 검토

- `17.09.27 : 2차기술분과위원회 검토
(대상) 국토교통부, 한국철도기술연구원, 철도차량 관련 유관기관 및 업체 등 총 22명 참석
(목적) 신규 과제 발굴, 기존과제 기술검토 및 전문가 자문
(주요내용) 중점분야별 과제 매칭 및 과제명의 적절성 검토, 과제별 우선순위 선정 결과 검토, 신규 과제 발굴을 위한 아이템 개발 회의

No.	회차	차종	후보과제명
1	3차	전동차	철도차량용 마그네틱 추진시스템 기술개발
2	3차	전동차	도시철도용 전기기계식 제동장치 핵심기술 개발
3	3차	전동차	전동차 VVVF인버터 / SIV 용 필터 캐패시터 국산화
4	3차	전동차	광센서를 이용한 전동차 출입문 장애물 검지 장치
5	3차	고속	동력분산형(EMU) 고속철도차량 소결 브레이크패드 개발
6	3차	고속	내구성 및 내마모성이 우수한 철도의 판토그래프 습판(Pantograph slider)용 금속함침 탄소/탄소 복합재의 개발

● 4차 기술수요조사 실시

- `17.09.22~10.13 : 수출유망 품목에 대한 4차 수요기술 발굴
(조사대상) 철도차량관련 유관기관 및 학계, 산업체 등 100명
(조사결과) 철도차량 수출유망 품목군 13개 신규과제 발굴 최종 83개 과제 리스트 구축

회차	차종	후보과제명
4차	고속	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발
4차	고속	해치모듈 및 제어기 구성품
4차	고속	철도차량용 플러그아웃 포켓슬라이딩 출입문 개발
4차	고속	자가진단 기능을 가진 카본 블레이드 구동모터 냉각 송풍기 개발
4차	고속	인공지능 알고리즘 기반의 철도차량 예방정비시스템 개발
4차	고속	고속 철도차량 내부 실내 환경 (소음, 진동, 온도) 모니터링 모듈 기술개발
4차	고속	휠체어 경사판 개발
4차	일반	모듈방식의 2중계화에 의한 보조전원장치의 신뢰성 및 유지보수성 향상 기술 개발
4차	일반	철도차량내의 재난재해 경고 및 실시간 대기환경 모니터링을 위한 모바일용 가스센서 시스템 개발
4차	전동차	회생에너지 저장 기능을 겸비한 일체형 추진제어시스템 기술개발
4차	전동차	비젼 및 레이져를 활용한 열차용 장애물접근경보장치 개발
4차	전동차	전동차 동력장치용 모듈형 IGBT C/I STACK 실용화 연구
4차	트램	철도차량 동력용 축전지 모듈화 기술 개발

● 4차 기술수요조사 전문가 검토

- `17.10.20 : 3차기술분과위원회 검토
(대상) 철도차량관련 유관기관 및 학계, 산업체 등 30명 참석
(목적) 신규 과제 발굴, 기존과제 기술검토 및 전문가 자문
(주요내용) 후보과제 내용 검토 및 통폐합 논의를 통하여 83개 과제에 대한 사전 조정

No.	회차	차종	후보과제명
1	4차	고속	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발
2	4차	전동차	회생에너지 저장 기능을 겸비한 일체형 추진제어시스템 기술개발
3	4차	고속	해치모듈 및 제어기 구성품
4	4차	일반	모듈방식의 2중계화에 의한 보조전원장치의 신뢰성 및 유지보수성 향상 기술 개발

No.	회차	차종	후보과제명
5	4차	트램	철도차량 동력용 축전지 모듈화 기술 개발
6	4차	고속	철도차량용 플러그아웃 포켓슬라이딩 출입문 개발
7	4차	고속	자가진단 기능을 가진 카본 블레이드 구동모터 냉각 송풍기 개발
8	4차	전동차	비젼 및 레이져를 활용한 열차용 장애물접근경보장치 개발
9	4차	고속	인공지능 알고리즘 기반의 철도차량 예방정비시스템 개발
10	4차	고속	고속 철도차량 내부 실내 환경 (소음, 진동, 온도) 모니터링 모듈 기술개발
11	4차	일반	철도차량내의 재난재해 경고 및 실시간 대기환경 모니터링을 위한 모바일용 가스센서 시스템 개발
12	4차	전동차	전동차 동력장치용 모듈형 IGBT C/I STACK 실용화 연구
13	4차	고속	휠체어 경사판 개발

● 최종 후보과제 검토

- `17.10.23 : 1차 기획총괄위원회를 통한 중점분야 및 후보과제 간 연계성 검토
(대상) 철도차량관련 유관기관 및 학계, 산업체 등 전문가 10명
(목적) 예타 사업 추진 및 기술성 평가 관련 자문
(주요내용) 과제 기획의 타당성 및 적절성 검토 등 전문가 의견 수렴 및 3차 기술분과 위원회 검토내용을 바탕으로 최종 후보과제 18개 확정

<표 V-6> 기술수요조사를 통한 주요장치별 최종 후보과제 현황

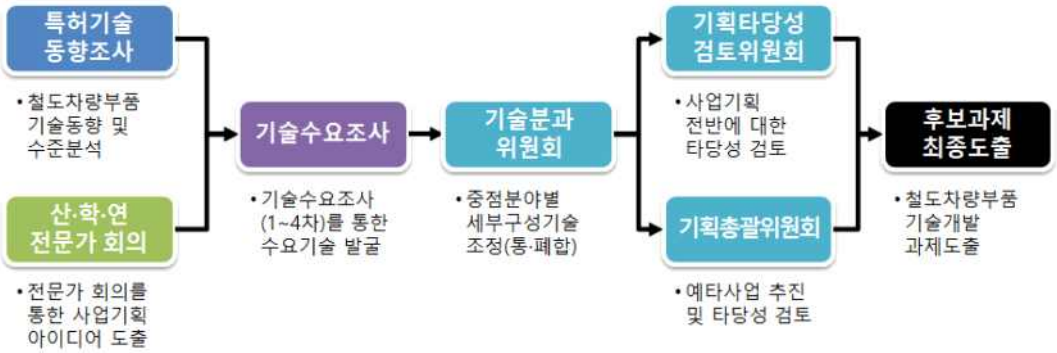
No.	차종	주요장치	부품	후보과제명
1	고속	기초제동장치 및 제어	제동디스크 및 패드	동력분산식 고속철도용 고성능 제동디스크 및 패드 개발
2	고속	차체부품 및 내장재	출입문	고 기밀성 및 저소음 철도용(GTX 등) 포켓 슬라이딩 방식 출입문 개발
3	고속	주행장치	살사장치	친환경 신소재 적용 살사시스템 개발
4	고속	차량제어장치	열차운전 및 속도제어	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 개발
5	고속	기초제동장치 및 제어	제동패드	동력분산형(EMU) 고속철도차량 소결 브레이크패드 개발
6	고속	제동계통	공기압축기	친환경 및 유지/보수 비용절감 Oil Free 공기압축기 개발
7	고속	전기 및 특수제동장치	공기저항 제동장치	고속열차의 마찰제동 한계 극복을 위한 비접촉식 공력제동 시스템 개발

No.	차종	주요장치	부품	후보과제명
8	고속	차체 부품 및 내장재	연결기	고무완충기가 통합된 고속철 연결기용 buffer 및 시뮬레이션 툴 개발
9	일반	차량제어장치	열차운전 및 속도제어	철도차량 최적운행패턴을 고려한 TCMS 개발
10	전동차	편의시설	승객정보	도시철도용 방송통신장치 일원화를 위한 방송통신 통합제어장치 모듈 개발
11	전동차	차체부품 및 내장재	출입문	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈 및 제어장치 개발
12	전동차	전기 및 특수제동장치	완전전기제동	도시철도용 전기기계식 제동장치 핵심기술 개발
13	전동차	전기 및 특수제동장치	완전전기제동	기존 제동장치와 호환성을 갖는 전기기계식 제동액츄에이터 및 제동ECU 개발
14	전동차	차체부품 및 내장재	출입문	광센서를 이용한 전동차 출입문 장애물 감지 장치
15	전동차	차체부품 및 내장재	연결기	철도차량 입환 자동화 기술개발
16	전동차	승객정보계통	경보기	비젼 및 레이저를 활용한 열차용 장애물접근경보장치 개발
17	고속	승객정보계통	설정기	고속 철도차량 내부 실내 환경 (소음, 진동, 온도) 모니터링 모듈 기술개발
18	일반	승객정보계통	설정기	철도차량내의 재난재해 경고 및 실시간 대기환경 모니터링을 위한 모바일용 가스센서 시스템 개발
19	고속	차체부품 및 내장재	출입문	철도차량용 플러그아웃 포켓슬라이딩 출입문 개발
20	고속	기타	장애인경사판	휠체어 경사판 개발
21	고속	현가장치	댐퍼	고속철도용(EMU) 댐퍼 국산화 기술개발
22	고속	주행장치	차체 인터페이스	주행환경을 고려한 스마트 주행시스템 기술개발
23	고속	동력전달장치	기어	준고속차량용 드라이빙 기어 개발
24	고속	편의시설	냉난방기	친환경 컴팩트형 공조시스템 개발
25	고속	윤축장치	베어링	고속 철도차량용 감속기용 베어링 국산화 개발
26	고속	윤축장치	차륜	철도차량용 차륜 성능향상 기술 개발
27	고속	현가장치	댐퍼	고속차량용 Maintenace Free(무보수) 1, 2차 수직댐퍼
28	고속	윤축장치	베어링	고속차량용 감속기 베어링
29	고속	편의시설	냉난방기	고속철도용 HVAC 시스템 기술개발
30	고속	차량제어장치	자동화제어	동절기 철도교통 안전 확보 및 기능 유지를 위한 핵심기술 개발
31	고속	현가장치	판토그래프	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발
32	고속	대차프레임	대차재료	고속철도차량(KTX/KTX-산천) 운영비 절감 및 안전성 향상을 위한 대차페어링 실용화

No.	차종	주요장치	부품	후보과제명
33	고속	편의시설	냉난방기	신소재(고내구성) 적용 냉각팬 시스템 개발
34	고속	대차프레임	대차구조체	대차 소음 저감을 위한 불연재질 흡음블럭 개발
35	고속	편의시설	냉난방기	전기기관차 냉각시스템 기술 개발
36	고속	차체부품 및 내장재	전두부	공기역학 전두부 구조 형상 최적설계 프로그램 개발
37	일반	치량제어장치	자동화제어	열차 내 공기 질 개선과 인체에 유해한 바이러스 제거 및 감염 예방 장치 개발
38	일반	대차프레임	조향장치	열차 안전운행 지원을 위한 열차 운전첨단 지원시스템 기술개발
39	일반	편의시설	냉방장치	철도차량용 초절전 친환경 냉방장치 기술 개발
40	일반	윤축장치	차축	초음파 신호 측정을 통한 차축 베어링의 결함 감시 관제시스템 개발
41	전동차	편의시설	냉방장치	도시철도용 친환경 저소음 공조시스템 개발
42	전동차	대차프레임	대차구조체	첨단소재 적용 도시철도차량 및 부품 경량화 기술 개발
43	전동차	현가장치	공기스프링	도시철도용 공기스프링 국산화 기술개발
44	전동차	편의시설	냉방장치	도시철도차량용 냉방장치 연구개발
45	전동차	집전장치	판토그래프	전기식 스크류타입 판토그래프 상승장치 개발
46	전동차	집전장치	판토그래프	도시철도용 덮개형 판토그래프 개발
47	트램	제동계통	유압압축기	저상트램용 고성능 유압제동시스템 개발
48	화차	대차프레임	대차구조체	신개념 고속화차 시스템 기술 개발
49	화차	기타	기타	화차 적재 하중 표시기 개발
50	고속	집전장치	판토그래프	내구성 및 내마모성이 우수한 철도의 펜토그래프 습판(Pantograph slider)용 금속함침 탄소/탄소 복합재의 개발
51	고속	편의시설	냉방장치	자가진단 기능을 가진 카본 블레이드 구동모터 냉각 송풍기 개발
52	경전철	전력변환장치	견인변압기	철도차량용 통합형 전력변환장치 기술 개발
53	고속	전기계통 및 전장품	보조전원장치	철도차량용신소재(WBG,SIC등)적용보조전원장치기술개발
54	고속	전력변환장치	견인 변압기	고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체변압기 개발
55	고속	견인전동기	동기전동기	고효율, 고안전성 희토류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기 개발
56	고속	차단기	고속도 회로차단기	지능형 모듈타입의 주회로차단시스템 개발
57	고속	차단기	고속도 회로차단기	모듈형 주회로차단시스템
58	고속	추진제어장치	모터블록	고속열차용 고출력 1C1M 추진제어장치 기술 개발
59	고속	견인전동기	동기전동기	고속철도차량 추진용 견인전동기 및 추진장치의 신뢰성 개선 및 운영효율 고도화 기술개발

No.	차종	주요장치	부품	후보과제명
60	일반	기타	기타	디젤기관차 배기가스 저감장치 기술개발
61	전동차	동력전달장치	기어	철도차량용 마그네틱 추진시스템 기술개발
62	전동차	기타	기타	무접점 통신방식 통합형 주간제어기 개발
63	전동차	전력변환장치	견인 변압기	도시철도용 고효율 외장코어형 컴팩트 주변압기 기술 개발
64	전동차	전기계통 및 전장품	보조전원장치	철도 차량 전력변환장치용 차세대 반도체 파워 모듈 개발
65	전동차	전기계통 및 전장품	보조전원장치	전동차 VVVF인버터 / SIV용 필터 캐패시터 국산화
66	전동차	전기계통 및 전장품	보조전원장치	SiC 전력반도체 기반 차세대 전력변환모듈장치 개발
67	전동차	편의시설	승객정보	도시철도용 화재감시장치 표준 모듈화 개발
68	전동차	차체부품 및 내장지	운전실	도시철도차량 운전실 표준화 기술개발
69	전동차	차량제어장치	자동화제어	차세대 열차 High-End Safety System 개발
70	트램	차체부품 및 내장재	연결기	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트램용 관절장치 개발
71	트램	제동계통	공기압축기	저상트램용 고내구성 구동시스템 개발
72	트램	차체부품 및 내장재	전두부	노면 트램용 전두부 충돌에너지 흡수부재 개발
73	트램	전기계통 및 전장품	보조전원장치	트램용 보조 전원 장치의 가격경쟁력 및 경량화 구현을 위한 내부 장치 구성의 모듈화
74	트램	차체부품 및 내장재	전두부	크래쉬타입 및 리버서블타입 버퍼가 통합된 트램용 다단 버퍼 개발
75	화차	차체부품 및 내장재	연결기	자동연결 및 분리가 되는 물류차량용 자동연결기 개발(공기연결 포함)
76	화차	차체부품 및 내장재	전두부	EN15551 규격의 Side Buffer 기술사업화를 위한 버퍼 개발 및 공인 시험인증 획득
77	화차	전기계통 및 전장품	객차 전원공급장치	물류차량용 전원공급장치(차축발전기) 개발
78	전동차	추진제어장치	견인인버터	회생에너지 저장 기능을 겸비한 일체형 추진제어시스템 기술개발
79	고속	차체부품 및 내장재	전두부	해치모듈 및 제어기 구성품
80	일반	전기계통 및 전장품	보조전원장치	모듈방식의 2중계화에 의한 보조전원장치의 신뢰성 및 유지보수성 향상 기술 개발
81	전동차	추진제어장치	견인인버터	전동차 동력장치용 모듈형 IGBT C/I STACK 실용화 연구
82	고속	차량제어장치	자동화제어	인공지능 알고리즘 기반의 철도차량 예방정비시스템 개발
83	트램	전기계통 및 전장품	축전지	철도차량 동력용 축전지 모듈화 기술 개발

과제 우선순위 도출 절차



〈그림 V-3〉 기술수요조사 및 후보과제 도출 절차

- 기술분과 위원회에서 중복, 폐기, 유사, 후보과제 군 등으로 분류·조정하여 수요기술(83개)에 대한 중복검토 및 통폐합

  - 우선적으로 중복과제는 제외후 초기 수요기술 대상 중복 여부 판단은 기술분과 위원회 정성적 평가방식으로 제외하였으나, 추후 후보과제에 대한 중복성 검토는 NTIS를 통해 검증

  - 연구개발 내용 부실, 사업성 부족 등에 해당 시 폐기(제외)로 분류

- 수요기술 간 내용의 유사성, 시급성, 파급효과 등을 종합적으로 고려하여 유사과제는 병합 또는 폐기(제외) 등으로 분류

- 후보과제 선정은 기획총괄위원회에서 수요기술 우선순위결과 및 기술분과위원회의 검토의견을 종합적으로 고려하여 선정(18개)

  - 83개 수요기술 대상 분류·조정 및 사유(검토의견) [첨부3] 참조

정량적 및 정성적 평가 방법

- 기술수요조사를 기반으로 한 **정량적 평가**와 기술분과위원회를 통한 **정성적 평가**를 토대로 최종 18개 후보과제를 선정

  - **(정량적 평가)** 기술수요조사에 대한 기술적, 산업적 평가요소를 고려하여 5점 척도 평가 시행

  - **(정성적 평가)** 분과별 기획위원회를 대상으로 연구과제명, 주요 연구내용, 연구개발 목표 등을 종합적으로 제시하여 평가

정량평가를 통한 과제 우선순위 도출

- (평가방법) 시급성, 실현가능성, 중요성 등 6개 평가항목별 5점 척도로 평가하여 점수 합산

- (평가기준) 6개 평가항목별 가이드라인을 참고하여 리커트척도(Likert scale) 조사 방식으로 1~5점 점수 부여

<표 V-7> 정량평가 검토항목

평가항목	평가 가이드라인
시급성	○ 국내외 시장, 기술 동향 및 국가적 차원에서 기술개발의 시급성(시간적 긴급성) 평가 – 기술추종(혹은 선도) 속도, 기술 개발시 시장 진입 시기, 기술 개발에 따른 기술 우위 등을 종합적으로 고려
실현가능성	○ 개발된 국내 기술의 현장적용 가능성, 제품의 양산가능성, 국내활용 활성화 여부, 기술개발의 난이도 등을 고려하여 국내 산업적용 가능성 평가
중요성	○ 국내외 시장, 기술 동향, 기술의 혁신성 및 기술의 완성도(수준) 등을 고려하여 기술개발의 중요도 평가
시장규모	○ 관련 업계의 생산성 향상 효과, 국내 기술수요 및 시장규모 고려하여 관련업계의 생산유발 및 생산성 향상, 수입대체 효과 등 기술개발의 직접적인 경제성 효과 평가
수출가능성	○ 국외 시장규모와 국내기술의 가격 경쟁력 등 고려하여 수출 가능성 평가
정부지원 타당성	○ 국가 정책과의 연계성 여부 등을 고려하여 국가 주도의 기술개발 필요성을 평가

* 세부 평가항목별 1~5점으로 평가(5점: 매우 높음 – 4점: 높음 – 3점: 보통 – 2점: 낮음 – 1점: 매우 낮음)

- (검토자료) 후보과제별 기술수요조사서와 관련 산업 및 기술동향, 특허논문 기초 분석 결과를 제공하여 각 평가항목 관련 내용을 충분히 숙지, 검토할 수 있도록 조치

● **(1차 정량적 평가)** 1~3차 기술수요조사 결과를 바탕으로 후보과제 우선순위 도출

- 민간 전문가를 중심으로 기술적 요소(시급성, 실현가능성, 중요성)와 산업적 요소 (시장규모, 수출가능성, 정부지원 타당성)에 대해 검토하여 우선순위 평가

- 기 간 : 2017.08.28 ~ 2017.09.01

- 대 상 : 철도공사 및 철도기술연구원 보유 전문가 Pool 활용

● **(2차 정량적 평가)** 4차 기술수요조사 결과 반영, 후보과제 우선순위 재도출

- 1차 정량적 평가결과와 신규 발굴 4개 과제에 대한 기술적 요소(시급성, 실현가능성, 중요성)와 산업적 요소(시장규모, 수출가능성, 정부지원 타당성)를 재검토하여 우선순위 도출

- 기　간 : 2017.09.27.

- 대　상 : 국토교통부, 한국철도기술연구원, 철도차량 관련 유관기관 및 업체 등 총 22명

정성평가를 통한 과제 우선순위 도출

- (평가방법) 1,2차 정량평가한 후보과제(83개)에 대한 기술분과위원간 논의를 통한 검토의견* 도출 및 과제명 조정

  * 선행과제와의 중복여부, 내용부실 여부, 사업성부족 여부, 유사후보과제 통합 검토 등

- (평가기준) 수요기술 관련 자료 제시 후 4가지 검토항목에 따라 검토 시행

<표 V-8> 정성평가 검토항목

검토항목	검토방법
중복	(검토자료) 철도차량 부품관련 선행과제 리스트 및 연구내용 (검토방법) 유사품목 개발 선행과제 개발 부품의 적용대상, 목표성능 등을 검토 후 기술분과위원회 논의를 통한 중복여부 판단
내용의 충실성	(검토자료) 후보과제별 기술수요조사서 (검토방법) 기술수요조사서의 작성항목별 내용의 구체성 및 충실성을 검토하여 기술분과위원회 의견수렴에 의한 부실여부 판단
사업성	(검토자료) 후보과제별 기술수요조사서 (검토방법) 기술수요조사서의 시장동향, 성과활용방안, 파급효과 항목을 검토하여 개발시 기대수요가 충분한지를 판단
후보과제간 유사성	(검토자료) 후보과제별 기술수요조사서 (검토방법) 기술수요조사서 연구목표, 연구내용 및 적용대상 등을 검토하여 후보과제간 유사성이 높은 경우 유사과제 중 대표과제를 제외한 후보과제는 제외

- (검토자료) 후보과제 리스트, 과제별 기술수요조사서, 선행과제리스트 및 연구내용

- **(3차 정성적 평가)** 기술분과위원회(민간전문가)에서 후보과제 우선순위 도출 결과에 따른 후보과제 도출

- 기술수요조사 결과에 따른 기술검토 및 후보과제명(네이밍) 조정

- 기　간 : 2017.10.20.

- 대　상 : 철도차량관련 유관기관 및 학계, 산업체 등 30명 참석

● **(4차 정성적 평가)** 기획총괄위원회에서 최종 후보과제 18개 확정

- 기 간 : 2017.10.23.

- 대 상 : 국토부 및 기획총괄위원회(철도차량 관련 유관기관 및 학계, 산업체 등 전문가 구성) 10명

우선순위 평가 대상

● 수요기술 검토의견에 따른 과제분류 현황

<표 V-9> 수요기술 검토의견에 따른 과제분류 현황

No.	차종	부품	수요과제명	검토의견	분류
1	고속	냉방장치	친환경 컴팩트형 공조시스템 개발	EMU250 옥상형 공조장치 개발 내용으로 에너지 효율 향상 기여 가능	후보 (과제선정)
2	고속	제동패드	동력집중식 고속철도용 제동디스크 및 제동패드 기술개발	KTX-1은 수입품과 국산품 반반, KTX-산천은 수입이므로 개발 필요	후보 (과제선정)
3	고속	댐퍼	고속철도용(EMU) 댐퍼 국산화 기술개발	EMU250 일반대차의 댐퍼(수직, 횡, 요) 국산화 개발 필요	후보 (과제선정)
4	고속	주회로 차단기	지능형 모듈타입의 주회로차단 시스템 개발	동력분산식 고속철도용 CT, PT 등이 포함된 모듈형 주회로 차단기 개발 필요	후보 (과제선정
5	고속	냉각팬	신소재(고내구성) 적용 냉각팬 시스템 개발	신소재 접목을 통한 경량화 기술 확보 필요	후보 (과제선정)
6	경전철	추진제어 인버터	철도차량용 통합형 전력변환장치 기술 개발	경전철용 추진제어인버터와 보조전원장치가 통합된 전력변환장치 개발 필요	후보 (과제선정)
7	고속	공기 스프링	고속철도용 공기스프링 국산화 기술개발	전량 수입에 의존하고 있는 도시철도용 공기스프링 국산화 개발 필요	후보 (과제선정)
8	고속	판토 그래프	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발	집전성능 향상을 위한 구조체 경량화 및 공력설계 적용으로 소음 저감기술 확보 필요	후보 (과제선정)
9	트램	관절장치	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트램용 관절장치 개발	5량 편성용 트램의 관절(베어링, 댐퍼) 장치 국산화 개발 필요	후보 (과제선정)
10	고속	주변압기	고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체변압기 개발	고속철도용 컨버터 일체형 주변압기 개발 필요	후보 (과제선정)
11	고속	견인 전동기	고효율, 고안전성 희토류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기 개발	5상 인버터로 고효율 경량화된 희토류 저감형 영구자석 동기전동기(PMSM) 개발 필요	후보 (과제선정)
12	전동차	운전장치	철도차량 입환 자동화 기술개발	무선입환장치와 병행하여 기술 고도화 필요	후보 (과제선정)
13	전동차	견인 전동기	철도차량용 마그네틱 추진시스템 기술개발	기계식 감속기 대신 마그네틱기어 일체형 동기전동기(210kw급) 선진기술 확보 필요	후보 (과제선정)
14	전동차	주변압기	도시철도용 고효율 외장코어형 컴팩트 주변압기 기술 개발	도시철도용 외장코어방식의 주변압기 개발로 경량화 및 안전성 향상 기여 가능	후보 (과제선정)
15	고속	소프트 웨어	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼개발	철도차량 전장제어기 플랫폼 개발 필요	후보 (과제선정)
16	전동차	도어	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈 및 제어장치 개발	도시철도용 승강문의 표준 구동장치, 비상개방장치, 제어장치 개발 필요	후보 (과제선정)

No.	차종	부품	수요과제명	검토의견	분류
17	전동차	보조 전원장치	회생에너지 저장 기능을 겸비한 일체형 추진제어시스템 기술개발	보조전원장치 유사 개발과제 내용과 병합하여 추진 필요	후보 (과제선정)
18	고속	연결기	해치모듈 및 제어기 구성품	전두부해치 유사과제와 병합하여 개발 필요	후보 (과제선정)
19	고속	대차	대차 소음 저감을 위한 불연재질 흡음블럭 개발	저소음 경량 흡음블럭 개발내용으로 기술검토 필요	후보 (후순위)
20	고속	감속기	준고속차량용 드라이빙 기어 개발	준고속(GTX급) 드라이빙 기어 개발	후보 (후순위)
21	전동차	주간 제어기	무접점 통신방식 통합형 주간제어기 개발	기존전동차량의 2핸들방식에서 1핸들방식	후보 (후순위)
22	전동차	판토 그래프	전기식 스크류타입 판토그래프 상승장치 개발	보조공기 대신 스크류타입모터를 이용한 판토그래프 상승장치 개발로 내용 보강 필요	후보 (후순위)
23	트램	버퍼	노면트램용전두부충돌에너지 흡수부재개발	트램용 전두부 충돌 대비 흡수재 개발 내용으로 36번과제와 병합 필요	후보 (후순위)
24	트램	제동장치	저상트램용 고성능 유압제동 시스템 개발	공압제동보다 응답특성이 빠르고 경량화 할 수 있는 트램용 유압제동시스템 개발	후보 (후순위)
25	트램	감속기	저상트램용 고내구성 구동 시스템 개발	트램용 고내구성 2단 구동기어 개발	후보 (후순위)
26	트램	버퍼	크래쉬타입 및 리버서블타입 버퍼가 통합된 트램용 다단 버퍼 개발	트램용 전두부 버퍼 개발내용으로 사업성 검토 필요	후보 (후순위)
27	고속	도어	고 기밀성 및 저소음 철도용 (GTX 등) 포켓 슬라이딩 방식 출입문 개발	구조간단하고 기밀성능을 갖춘 포켓슬라이딩방식의 승강문 개발(고/저상 겸용)	후보 (후순위)
28	전동차	방송	도시철도용 방송통신장치 일원화를 위한 방송통신 통합제어장치 모듈 개발	방송, 객실표시기, CCTV 등 방송 관련장치의 제어 일원화를 위한 통합 방송시스템 제어기 개발 (방송장치 고장율 높음)	후보 (후순위)
29	트램	보조 전원장치	트램용 보조 전원 장치의 가격 경쟁력 및 경량화 구현을 위한 내부 장치 구성의 모듈화	트램용 보조전원장치의 모듈화 및 경량화 기술개발 내용으로 검토 필요 (개발 내용 부족)	후보 (후순위)
30	일반	중앙 제어장치	철도차량 최적운행패턴을 고려한 TCMS 개발	전기기관차용 지능형 TCMS 개발 내용이며, 구체적인 개발 내용 필요	후보 (후순위)
31	고속	냉방장치	고속철도용 HVAC 시스템 기술개발	에너지 절약형 냉방장치 개발로 연구내용이 부족하며, 2번 과제와 병합 필요	유사(병합)
32	고속	공기 압축기	친환경 및 유지/보수 비용 절감 Oil Free 공기압축기 개발	도시철도 오일 프리 공기압축기 개발 중	유사(폐기)
33	고속	소프트 웨어	공기역학 전두부 구조 형상 최적설계 프로그램 개발	기존 HEMU 설계 프로세스 활용하여 공기역학적 형상설계 프로그램 개발로 사업성 및 타 프로그램 활용성 검토 필요	유사(병합)
34	고속	주회로 차단기	모듈형 주회로차단시스템	자가진단형 주회로차단기 제어기 개발	유사(병합)
35	고속	견인 전동기	고속철도차량 추진용 견인전동기 및 추진장치의 신뢰성 개선 및 운영효율 고도화 기술개발	견인전동기 및 구동제어시스템 고장진단기술 개발로 차·지상 조기검출 모듈 개발과제와 유사함	유사(폐기)
36	고속	냉각팬	전기기관차 냉각시스템 기술 개발	전기기관차용 견인전동기 및 보조전원장치 송풍기 등 냉각시스템 개발내용으로 단기소형과제 추진 예정	유사(병합)
37	고속	댐퍼	고속차량용 Maintenace Free (무보수) 1, 2차 수직댐퍼	기존 KTX-산천용 댐퍼로 KTX-1 댐퍼 개발 시 호환 가능	유사(폐기)
38	전동차	냉방장치	도시철도차량용 냉방장치 연구개발	저소음 공조장치와 병합 필요	유사(병합)
39	전동차	냉방장치	도시철도용 친환경 저소음	고속차량용 공조장치 개발과 병합	유사(병합)

No.	차종	부품	수요과제명	검토의견	분류
			공조시스템 개발	또는 단독 개발 필요	
40	전동차	판토그래프	도시철도용 덮개형 판토그래프 개발	주습판 결빙 방지 위한 덮개형 판토그래프 개발(연구내용 보강 필요)	유사(병합)
41	전동차	보조전원장치	전동차 VVVF인버터/SIV 용 필터 캐패시터 국산화	보조전원장치 개발과제와 병합하여 개발 필요	유사(병합)
42	일반	냉방장치	열차 내 공기 질 개선과 인체에 유해한 바이러스 제거 및 감염 예방 장치 개발	2번 22번과제 연구내용에 포함 가능	유사(병합)
43	일반	냉방장치	철도차량용 초절전 친환경 냉방장치 기술 개발	2번 22번과제 연구내용에 포함 가능	유사(병합)
44	전동차	보조전원장치	철도 차량 전력변환장치용 차세대 반도체 파워 모듈 개발	고효율 고내구성 파워모듈 (1700V/1000A, 3300V/450A) AlSiC 개발	유사(병합)
45	고속	제동장치	고속열차의 마찰제동 한계 극복을 위한 비접촉식 공력제동 시스템 개발	공력을 통한 제동시스템 개발내용으로 기술적 검토 필요	유사(폐기)
46	전동차	제동장치	기존 제동장치와 호환성을 갖는 전기기계식 제동엑츄에이터 및 제동ECU 개발	전기기계식제동ECU 및 제동 액츄에이터개발로 기존개발 과제와 유사함	유사(폐기)
47	전동차	보조전원장치	SiC 전력반도체 기반 차세대 전력변환모듈장치 개발	에너지효율 개선 및 경량 SIC 전략변환모듈 개발 (SIC소자 개발업체 필요)	유사(병합)
48	일반	차축	초음파 신호 측정을 통한 차축 베어링의 결함 감시 관제시스템 개발	차축베어링결함감지시스템은차·지상조기검출모듈개발과제와유사함	유사(폐기)
49	전동차	제동장치	도시철도용 전기기계식 제동장치 핵심기술 개발	전기기계식제동ECU및제동액츄에이터 개발로기존개발과제와유사함	유사(폐기)
50	전동차	도어	광센서를 이용한 전동차 출입문 장애물 검지 장치	광센서를 도입한 전동차 출입문 개발 (60, 64번 과제 개발 시 연구내용 추가 필요)	유사(병합)
51	전동차	보조전원장치	모듈방식의 2중계화에 의한 보조전원장치의 신뢰성 및 유지보수성 향상 기술 개발	보조전원장치 모듈화 과제와 유사 병합 필요	유사(병합)
52	고속	판토그래프	내구성 및 내마모성이 우수한 철도의 펜토그래프 습판(Pantograph slider)용 금속함침 탄소/탄소 복합재의 개발	판토그래프 유사과제와 병합하여 개발 필요	유사(병합)
53	고속	냉각팬	자가진단 기능을 가진 카본 블레이드 구동모터 냉각 송풍기 개발	냉각팬 유사과제와 병합하여 개발 필요	유사(병합)
54	트램	보조전원장치	철도차량 동력용 축전지 모듈화 기술 개발	보조전원장치 모듈화 과제와의 유사성으로 인해 병합	유사(병합)
55	고속	도어	철도차량용 플러그아웃 포켓슬라이딩 출입문 개발	도어 개발 과제와 병합하여 개발 필요	유사(병합)
56	고속	연결기	고무완충기가 통합된 고속철 연결기용 buffer 및 시뮬레이션 툴 개발	EFG완충재대체고무완충재개발 내용으로 단기소형과제 개발과 중복성 검토 필요	중복 (17년과제)
57	고속	제동패드	동력분산형(EMU) 고속철도차량 소결 브레이크패드 개발	18년도 과제 수행 예정	중복 (18년과제)
58	고속	감속기	고속 철도차량용 감속기용 베어링 국산화 개발	18년도 과제 수행 예정	중복 (18년과제)
59	고속	감속기	고속차량용 감속기 베어링	18년도 과제 수행 예정	중복 (18년과제)
60	고속	대차	주행환경을 고려한 스마트 주행시스템 기술개발	고부가가치 철도차량 개발사업 과제	중복 (타기획과제)
61	전동차	대차	첨단소재 적용 도시철도차량 및 부	고강도 알루미늄, 탄소섬유 복합소재	중복

No.	차종	부품	수요과제명	검토의견	분류
			품 경량화 기술 개발	로 대차 경량화 개발	(타기획과제)
62	고속	기타	동절기 철도교통 안전 확보 및 기능 유지를 위한 핵심기술 개발	고속철도차량용 De-icing 고효율 분사제어 기술 개발	중복 (18년과제)
63	고속	살사장치	친환경 신소재 적용 살사시스템 개발	기존모래대신 세라믹소재를 사용한 살사장치 개발로 공전 및 활주방지, 제동거리 단축	폐기 (사업성부족)
64	고속	대차 페어링	고속철도차량(KTX/KTX-산천) 운영비 절감 및 안전성 향상을 위한 대차페어링 실용화	대차페어링 설치 시 유지보수성이 떨어져 사업성 부족	폐기 (사업성부족)
65	화차	연결기	자동연결 및 분리가 되는 물류차량용 자동연결기 개발(공기연결 포함)	화차용 전기연결기 등이 포함된 연결 시스템 개발내용으로 사업성 부족	폐기 (사업성부족)
66	화차	버퍼	EN15551 규격의 Side Buffer 기술사업화를 위한 버퍼 개발 및 공인 시험인증 획득	화차 및 기관차 버퍼 개발로 사업성 부족	폐기 (사업성부족)
67	화차	기타	물류차량용 전원공급장치 (차축발전기) 개발	화차용 전원공급장치 개발내용이며, 차축발전기의 사업성 재검토 필요	폐기 (내용부족)
68	화차	대차	신개념 고속화차 시스템 기술 개발	150km/h급 스윙모션 고속화차 대차 개발 내용으로 국내 사업성 검토 필요	폐기 (사업성부족)
69	고속	보조 전원장치	철도차량용신소재(WBG,SIC등)적용 보조전원장치 기술 개발	전력반도체 소자 적용을 통한 고효율 경량 보조전원장치 개발로 내용 보강 필요	폐기 (내용부족)
70	고속	주전력 변환	고속열차용 고출력 1C1M 추진 제어장치 기술 개발	KTX-산천 원강선 차량에 도입되어 있음	폐기 (내용부족)
71	전동차	운전 보조장치	차세대 열차 High-End Safety System 개발	고정밀 차세대 열차속도 및 운행거리 측정 도플러레이더 시스템 개발 (기술 검토 필요)	폐기 (내용부족)
72	일반	전조등	열차안전운행지원을 위한 열차 운전 첨단지원 시스템 기술 개발	헤드업 디스플레이와 지능형 전조등 시스템 개발내용으로 기술적 검토 필요	폐기 (사업성부족)
73	고속	차륜	철도차량용 차륜 성능향상 기술 개발	차륜 국산화 개발로 사업성 부족	폐기 (사업성부족)
74	전동차	운전실	도시철도차량 운전실 표준화 기술개발	표준화된 운전실 기기 배치 기준 및 디스플레이 개발 내용으로 사업성 검토 필요	폐기 (내용부족)
75	전동차	화재 감시장치	도시철도용 화재감시장치 표준 모듈화 개발	도시철도용 표준모듈형 화재감시장치 개발내용으로 사업성 부족	폐기 (사업성부족)
76	일반	기타	디젤기관차 배기가스 저감장치 기술개발	사업 대상 부합 여부 검토 필요	폐기 (사업성부족)
77	화차	기타	화차 적재 하중 표시기 개발	화차용 적재 화물 중량 표시기 개발 내용이며, 연구내용 부족	폐기 (내용부족)
78	전동차	기타	전동차 동력장치용 모듈형 IGBT C/I STACK 실용화 연구	사업 대상 부합 여부 검토 필요	폐기 (사업성부족)
79	전동차	기타	비젼 및 레이져를 활용한 열차용 장애물접근경보장치 개발	연구개발 내용의 부재	폐기 (내용부족)
80	고속	기타	인공지능 알고리즘 기반의 철도차량 예방정비시스템 개발	연구개발 내용의 부재	폐기 (내용부족)
81	고속	기타	고속 철도차량 내부 실내 환경 (소음, 진동, 온도) 모니터링 모듈 기술개발	연구개발 내용의 부재	폐기 (내용부족)
82	일반	기타	철도차량내의 재난재해 경고 및 실시간 대기환경 모니터링을 위한 모바일용 가스센서 시스템 개발	연구개발 내용의 부재	폐기 (내용부족)
83	고속	기타	휠체어 경사판 개발	아이디어는 좋으나 사업성 부재	폐기 (사업성부족)

● 수요기술 검토의견에 따른 과제분류 세부현황

순위	회차	차종	부품 분류	수요조사 과제명 (후보과제명)	과제명 (조정안)	검토의견 (3차 우선순위)	검토의견에 따른 분류	정량평가 점수
1	1차	고속	제동디스크 및 패드	동력분산식 고속철도용 제동패드 및 제동패드 국산화 기술개발	동력분산식 고속철도용 고성능 제동디스크 및 패드 개발	KTX-1은 수입품과 국산품 반반, KTX-산천은 수입이므로 개발 필요	선정	22.4
2	2차	고속	댐퍼	고속철도용(EMU) 댐퍼 국산화 기술개발	동력분산식 고속철도용 현가장치 기술개발	EMU250 일반대차의 댐퍼(수직, 횡, 요) 국산화 개발 필요	선정	22.2
3	3차	도시	기어	철도차량용 마그네틱 추진시스템 기술개발	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 기술개발	기계식 감속기 대신 마그네틱기어 일체형 동기전동기(210kw급) 선진기술 확보 필요	선정	22.2
4	2차	도시	출입문	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈 및 제어장치 개발	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈화 개발	도시철도용 승강문의 표준 구동장치, 비상개방장치, 제어장치 개발 필요	선정	22.1
5	2차	고속	고속도 회로차단기	철도차량용 모듈형 주회로차단시스템 개발	IoT기반지능형모듈타입의 주회로차단시스템개발	동력분산식 고속철도용 CT, PT 등이 포함된 모듈형 주회로 차단기 개발 필요	선정	21.9
6	2차	고속	견인 변압기	고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체변압기 개발	고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체변압기 개발	고속철도용 컨버터 일체형 주변압기 개발 필요	선정	21.8

순위	회차	차종	부품 분류	수요조사 과제명 (후보과제명)	과제명 (조정안)	검토의견 (3차 우선순위)	검토의견에 따른 분류	정량평가 점수
7	2차	고속	열차운전및속도제어	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 개발	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 개발	철도차량 전장제어기 플랫폼 개발 필요	선정	21.8
8	1차	고속	판토그래프	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발	집전성능 향상을 위한 구조체 경량화 및 공력설계 적용으로 소음 저감기술 확보 필요	선정	21.7
9	1차	고속	냉난방기	고속철도용 친환경 및 컴팩트형 공조시스템 개발	친환경컴팩트형 공조시스템 개발	EMU250 옥상형 공조장치 개발 내용으로 에너지 효율 향상 기여 가능	선정	21.7
10	2차	고속	공기스프링	고속철도용 공기스프링 국산화 기술개발	고속철도용 공기스프링 국산화 기술개발	전량 수입에 의존하고 있는 도시철도용 공기스프링 국산화 개발 필요	선정	21.6
11	2차	고속	동기전동기	고효율, 고안전성 희토류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기 개발	고효율,고안전성희토류저감형고속철도영구자석동기전동기개발	5상 인버터로 고효율 경량화 된 희토류 저감형 영구자석 동기전동기(PMSM) 개발 필요	선정	21.6
12	2차	일반	연결기	이미지프로세싱 및 레이다를 이용한 철도차량 입환운전 보조장치 개발	철도차량 입환 자동화 기술개발	무선입환장치와 병행하여 기술 고도화 필요	선정	21.6
13	4차	도시	견인인버터	회생에너지 저장 기능을 겸비한 일체형 추진제어시스템 기술개발	에너지저장 시스템 일체형 추진제어시스템 개발	보조전원장치 유사 개발과제 내용과 병합하여 추진 필요	선정	21.5

순위	회차	차종	부품 분류	수요조사 과제명 (후보과제명)	과제명 (조정안)	검토의견 (3차 우선순위)	검토의견에 따른 분류	정량평가 점수
14	4차	고속	전두부	해치모듈 및 제어기 구성품	고내구성전두부해치시스템 개발	전두부해치 유사과제와 병합하여 개발 필요	선정	21.4
15	4차	일반	보조전원장치	모듈방식의 2중계화에 의한 보조전원장치의 신뢰성 및 유지보수성 향상 기술 개발	철도차량용모듈방식의2중화보조전원장치기술개발	보조전원장치 모듈화 유사과제와 병합하여 추진 필요	선정	21.4
16	2차	도시	견인 변압기	도시철도용 고효율 외장코어형 컴팩트 주변압기 기술 개발	도시철도용 고효율 외장코어형 컴팩트 주변압기 기술 개발	도시철도용 외장코어방식의 주변압기 개발로 경량화 및 안전성 향상 기여 가능	선정	21.4
17	1차	고속	냉난방기	고속차량 송풍전동기 상태감시장치 및 초경량 송풍팬 개발	신소재(고내구성)적용냉각팬시스템개발	신소재 접목을 통한 경량화 기술 확보 필요	선정	21.3
18	2차	도시	연결기	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트램용 관절장치 개발	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트램용 관절장치 개발	5량 편성용 트램의 관절(베어링, 댐퍼) 장치 국산화 개발 필요	선정	21.2
19	4차	도시	축전지	철도차량 동력용 축전지 모듈화 기술 개발	철도차량 동력용 축전지 모듈화 기술 개발	보조전원장치 모듈화 과제와의 유사성으로 인해 병합	선정	21.1
20	4차	고속	출입문	철도차량용 플러그아웃 포켓슬라이딩 출입문 개발	철도차량용 플러그아웃 포켓슬라이딩 출입문 개발	도어 개발 과제와 병합하여 개발 필요	유사(병합)	21.1
21	1차	도시	유압압축기	저상트램용 고성능 유압제동시스템 개발	저상트램용 고성능 유압제동시스템 개발	공압제동보다 응답특성이 빠르고 경량화 할 수 있는트램용 유압제동시스템	유사(병합)	21.1

순위	회차	차종	부품 분류	수요조사 과제명 (후보과제명)	과제명 (조정안)	검토의견 (3차 우선순위)	검토의견에 따른 분류	정량평가 점수
22	1차	고속	출입문	기밀성 확보 및 소음저감을 위한 준고속철도용(GTX 등) 포켓 슬라이딩 방식 출입문 개발	기밀성 확보 및 소음저감을 위한 준고속철도용(GTX 등) 포켓 슬라이딩 방식 출입문 개발	구조간단하고 기밀성능을 갖춘 포켓슬라이딩방식의 승강문 개발(고/저상 겸용)	연구내용 부족	21.1
23	2차	고속	차체 인터페이스	주행환경을 고려한 스마트 주행시스템 기술개발	주행환경을 고려한 스마트 주행시스템 기술개발	고부가가치 철도차량 개발사업 과제내용과 중복	연구내용 부족	21
24	1차	고속	기어	동력분산식 철도차량 동력전달 시스템 개발	준고속차량용 드라이빙 기어 개발	준고속(GTX급) 드라이빙기어 개발내용으로 검토 필요	중복	21
25	1차	고속	보조전원장치	고속철도용 보조전원장치 경량화를 위한 WBG소자 적용기술 개발	철도차량용신소재(WBG,SIC등)적용보조전원장치기술 개발	전력반도체 소자 적용을 통한 고효율 경량 보조전원장치 개발로 내용 보강 필요	연구내용 부족	20.8
26	2차	고속	살사장치	고효율 살사시스템 기술개발	친환경 신소재 적용 살사시스템 개발	기존모래대신세라믹소재를사용한살사장치개발로공전및활주방지,제동거리단축	연구내용 부족	20.7
27	1차	도시	공기압축기	저상트램용 고내구성 구동시스템 개발	저상트램용 고내구성 구동시스템 개발	트램용 고내구성 2단 구동기어 개발	연구내용 부족	20.6
28	1차	고속	냉난방기	고속철도용 친환경 및 컴팩트형 공조시스템 개발	고속철도용 친환경 및 컴팩트형 공조시스템 개발	고속차량용 공조장치 개발과 병합 또는 단독 개발 필요	연구내용 부족	20.5
29	2차	도시	기타	통합형 주간제어기(원핸들 타입)장치 국산화 개발	무접점 통신방식 통합형 주간제어기 개발	기존전동차량의2핸들방식에서1핸들방식	유사(병합)	19.9

순위	회차	차종	부품 분류	수요조사 과제명 (후보과제명)	과제명 (조정안)	검토의견 (3차 우선순위)	검토의견에 따른 분류	정량평가 점수
30	1차	도시	보조전원장치	철도차량용 통합형 전력변환장치 기술 개발	철도차량용 통합형 전력변환장치 기술 개발	경전철용 추진제어인버터와 보조전원장치가 통합된 전력변환장치 개발 필요	연구내용 부족	19.8
31	1차	고속	베어링	고속 철도차량용 감속기용 베어링 국산화 개발	고속 철도차량용 감속기용 베어링 국산화 개발	18년도 과제 수행 예정	유사(병합)	19.7
32	1차	고속	차륜	철도차량용 차륜 성능향상 기술 개발	철도차량용 차륜 성능향상 기술 개발	차륜 국산화 개발로 사업성 부족	중복	19.6
33	1차	도시	견인변압기	철도 차량 전력변환장치용 차세대 반도체 파워 모듈 개발	철도 차량 전력변환장치용 차세대 반도체 파워 모듈 개발	고효율 고내구성 파워모듈(1700V/1000A, 3300V/450A) AlSiC 개발	사업성 검토 필요	19.6
34	1차	고속	댐퍼	고속차량용 Maintenace Free(무보수) 1, 2차 수직댐퍼	고속차량용MaintenaceFree(무보수)1, 2차수직댐퍼	기존 KTX-산천용 댐퍼로 KTX-1 댐퍼 개발 시 호환 가능	유사(병합)	19.5
35	2차	도시	대차구조체	첨단소재 적용 도시철도차량 및 부품 경량화 기술 개발	첨단소재 적용 도시철도차량 및 부품 경량화 기술 개발	고강도 알루미늄, 탄소섬유 복합소재로 대차 경량화 개발	유사(병합)	19.5
36	1차	고속	고속도 회로차단기	모듈형 주회로차단시스템	모듈형 주회로차단시스템	자가진단형 주회로차단기 제어기 개발	중복	19.4
37	1차	일반	자동화 제어	열차 내 공기질 개선과 인체에 유해한 바이러스 제거 및 감염 예방 장치 개발	열차 내 공기질 개선과 인체에 유해한 바이러스 제거 및 감염 예방 장치 개발	냉방장치 과제 포함여부 검토 필요	유사(병합)	19.4

순위	회차	차종	부품 분류	수요조사 과제명 (후보과제명)	과제명 (조정안)	검토의견 (3차 우선순위)	검토의견에 따른 분류	정량평가 점수
38	2차	일반	열차운전및속도제어	철도차량 최적운행패턴을 고려한 TCMS 개발	철도차량 최적운행패턴을 고려한 TCMS 개발	전기기관차용 지능형 TCMS 개발내용이며, 구체적인 개발내용 필요	유사(병합)	19.4
39	3차	도시	완전전기제동	도시철도용 전기기계식 제동장치 핵심기술 개발	도시철도용 전기기계식 제동장치 핵심기술 개발	전기기계식제동ECU및제동액츄에이터개발로기존 개발과제와유사	연구내용 부족	19.3
40	3차	도시	보조전원장치	전동차 VVVF인버터 / SIV 용 필터 캐패시터 국산화	전동차VVVF 인버터/SIV용 필터캐패시터 국산화	보조전원장치 개발과제와 병합하여 개발 필요	유사(병합)	19.3
41	1차	고속	베어링	고속차량용 감속기 베어링	고속차량용 감속기 베어링	18년도 과제 수행 예정	유사(병합)	19.3
42	1차	도시	보조전원장치	SiC 전력반도체 기반 차세대 전력변환모듈장치 개발	SiC 전력반도체기반차세대전력변환모듈장치 개발	에너지효율 개선 및 경량 SIC 전략변환모듈 개발(SIC소자 개발업체 필요)	중복	19.3
43	2차	고속	냉난방기	고속철도용 HVAC 시스템 기술개발	고속철도용HVAC시스템기술개발	에너지 절약형 냉방장치 개발로 연구내용이 부족하며, 유사과제와 병합 필요	유사(병합)	19.2
44	1차	도시	완전전기제동	기존 제동장치와 호환성을 갖는 전기기계식 제동엑츄에이터 및 제동ECU 개발	기존 제동장치와 호환성을 갖는 전기기계식 제동엑츄에이터 및 제동ECU 개발	전기기계식제동ECU및제동액츄에이터개발로기존 개발과제와유사함	유사(병합)	19.2
45	1차	고속	모터블록	고속열차용 고출력 1C1M 추진제어장치	고속열차용고출력1C1M추진제어장치기	KTX-산천 원강선 차량에 도입되어 있음	유사(병합)	19.2

순위	회차	차종	부품 분류	수요조사 과제명 (후보과제명)	과제명 (조정안)	검토의견 (3차 우선순위)	검토의견에 따른 분류	정량평가 점수
				기술 개발	술개발			
46	3차	도시	출입문	광센서를 이용한 전동차 출입문 장애물 검지 장치	광센서를 이용한 전동차 출입문 장애물 검지 장치	광센서를 도입한 전동차 출입문 개발개발 시 연구내용 추가 검토 필요)	중복	19.1
47	3차	고속	제동디스크 및 패드	동력분산형(EMU) 고속철도차량 소결 브레이크패드 개발	동력분산형(EMU)고속철도차량소결브레이크 패드개발	18년도 과제 수행 예정	연구내용 부족	19
48	2차	고속	자동화 제어	동절기 철도교통 안전 확보 및 기능 유지를 위한 핵심기술 개발	동절기 철도교통 안전 확보 및 기능 유지를 위한 핵심기술 개발	고속철도차량용 De-icing 고효율 분사제어 기술 개발	중복	18.9
49	2차	도시	승객정보	도시철도용 화재감시장치 표준모듈화 개발	도시철도용 화재감시장치 표준 모듈화 개발	도시철도용 표준모듈형 화재감시장치 개발내용으로 사업성 부족	중복	18.9
50	1차	고속	공기압축기	친환경 및 유지/보수 비용 절감 Oil Free 공기압축기 개발	친환경및유지/보수비용절감OilFree공기압축기개발	도시철도 오일프리 공기압축기 개발 중	사업성 검토 필요	18.9
51	2차	도시	운전실	도시철도차량 운전실 표준화 기술개발	도시철도차량 운전실 표준화 기술개발	표준화된 운전실 기기 배치 기준 및 디스플레이 개발내용으로 사업성 검토 필요	유사(병합)	18.8
52	2차	도시	승객정보	도시철도용 방송통신장치 일원화를 위한 방송통신	도시철도용 방송통신장치 일원화를 위한	방송, 객실표시기, CCTV 등 방송관련장치의	사업성 검토 필요	18.8

순위	회차	차종	부품 분류	수요조사 과제명 (후보과제명)	과제명 (조정안)	검토의견 (3차 우선순위)	검토의견에 따른 분류	정량평가 점수
				통합제어장치 모듈 개발	방송통신 통합제어장치 모듈 개발	제어 일원화를 위한 통합방송시스템 제어기 개발(방송장치 고장율 높음)		
53	1차	고속	동기전동기	고속철도차량 추진용 견인전동기 및 추진장치의 신뢰성 개선 및 운영효율 고도화 기술개발	고속철도차량 추진용 견인전동기 및 추진장치의 신뢰성 개선 및 운영효율 고도화 기술개발	견인전동기 및 구동제어시스템 고장진단기술 개발로 차·지상 조기검출 모듈 개발과제와 유사함	연구내용 부족	18.7
54	1차	일반	대차구조체	신개념 고속화차 시스템 기술 개발	신개념 고속화차 시스템 기술 개발	150km/h급 스윙모션 고속화차 대차 개발 내용으로 국내 사업성 검토 필요	유사(병합)	18.7
55	1차	일반	기타	디젤기관차 배기가스 저감장치 기술개발	디젤기관차 배기가스 저감장치 기술개발	사업 대상 부합 여부 검토 필요	사업성 검토 필요	18.7
56	2차	일반	조향장치	열차안전운행지원을위한열차운전첨단지원 시스템기술개발	열차안전운행 지원을위한열 차운전첨단지원 시스템기술개발	헤드업 디스플레이와 지능형 전조등 시스템 개발내용으로 기술적 검토 필요	사업성 검토 필요	18.7
57	1차	일반	냉난방기	철도차량용 초절전 친환경 냉방장치 기술 개발	철도차량용 초절전 친환경 냉방장치 기술 개발	냉방장치 과제 포함여부 검토 필요	사업성 검토 필요	18.5
58	1차	일반	차축	초음파 신호 측정을 통한 차축 베어링의	초음파 신호 측정을 통한 차축	차축베어링결함 감지시스템은차·지상조기검출모	유사(병합)	18.5

순위	회차	차종	부품 분류	수요조사 과제명 (후보과제명)	과제명 (조정안)	검토의견 (3차 우선순위)	검토의견에 따른 분류	정량평가 점수
				결함 감시 관제시스템 개발	베어링의 결함 감시 관제시스템 개발	듈개발과제와유사함		
59	1차	고속	공기저항 제동장치	고속열차의 마찰제동 한계 극복을 위한 비접촉식 공력제동 시스템 개발	고속열차의 마찰제동 한계 극복을 위한 비접촉식 공력제동 시스템 개발	공력을 통한 제동시스템 개발내용으로 기술적 검토 필요	유사(병합)	18.5
60	2차	도시	냉방장치	도시철도차량용 냉방장치 연구개발	도시철도차량용 냉방장치 연구개발	저소음 공조장치와 병합 필요	유사(병합)	18.4
61	1차	일반	기타	화차 적재 하중 표시기 개발	화차 적재 하중 표시기 개발	화차용 적재 화물 중량 표시기 개발내용이며, 연구내용 부족	유사(병합)	18.4
62	2차	도시	자동화제어	차세대 열차 High-End Safety System 개발	차세대열차High-EndSafetySystem개발	고정밀 차세대 열차속도 및 운행거리 측정 도플러레이더 시스템 개발(기술 검토 필요)	연구내용 부족	18
63	2차	일반	연결기	자동연결 및 분리가 되는 물류차량용 자동연결기 개발(공기연결 포함)	자동연결 및 분리가 되는 물류차량용 자동연결기 개발(공기연결 포함)	화차용 전기연결기 등이 포함된 연결시스템 개발내용으로 사업성 부족	연구내용 부족	18
64	1차	고속	대차재료	고속철도차량(KTX/KTX-산천) 운영비 절감 및 안전성 향상을 위한 대차페어링 실용화	고속철도차량(KTX/KTX-산천)운영비 절감및안전성 향상을위한대차페어링실용화	대차페어링 설치 시 유지보수성이 떨어져 사업성 부족	사업성 검토 필요	17.8

순위	회차	차종	부품 분류	수요조사 과제명 (후보과제명)	과제명 (조정안)	검토의견 (3차 우선순위)	검토의견에 따른 분류	정량평가 점수
65	1차	일반	전두부	EN15551 규격의 Side Buffer 기술사업화를 위한 버퍼 개발 및 공인 시험인증 획득	EN15551 규격의SideBuffer기술사업화를위한버퍼개발및공인시험인증획득	화차 및 기관차 버퍼 개발로 사업성 부족	사업성 검토 필요	17.6
66	2차	고속	대차구조체	대차 소음 저감을 위한 불연재질 흡음블럭개발	대차 소음 저감을 위한 불연재질 흡음블럭개발	저소음 경량 흡음블럭 개발내용으로 기술검토필요	사업성 검토 필요	17.5
67	1차	고속	냉난방기	전기기관차 냉각시스템 기술 개발	전기기관차 냉각시스템 기술 개발	전기기관차용 견인전동기및 보조전원장치 송풍기 등 냉각시스템 개발내용으로 단기소형과제 추진 예정	연구내용 부족	17.3
68	1차	고속	연결기	고무완충기가 통합된 고속철 연결기용 buffer 및 시뮬레이션 툴 개발	고무완충기가 통합된 고속철 연결기용 buffer 및 시뮬레이션 툴 개발	EFG완충재대체 고무완충재개발 내용으로 단기소형과제 개발과 중복성 검토 필요	유사(병합)	17
69	2차	도시	전두부	노면트램용전두부충돌에너지흡수부재개발	노면트램용전두부충돌에너지흡수부재개발	트램용 전두부 충돌 대비 흡수재 개발 내용으로 유사과제와 병합 필요	중복	16.7
70	2차	도시	판토그래프	전기식 스크류타입 판토그래프 상승장치 개발	전기식 스크류타입 판토그래프 상승장치 개발	보조공기대신 스크류타입 모터를이용한 판토그래프 상승장치 개발로 내용 보강 필요	유사(병합)	16.7

순위	회차	차종	부품 분류	수요조사 과제명 (후보과제명)	과제명 (조정안)	검토의견 (3차 우선순위)	검토의견에 따른 분류	정량평가 점수
71	1차	일반	객차 전원공급장치	물류차량용 전원공급장치(차축발전기) 개발	물류차량용 전원공급장치(차축발전기) 개발	화차용전원공급장치개발내용이며, 차축발전기의사업성재검토필요	연구내용 부족	16.7
72	1차	고속	전두부	공기역학 전두부 구조 형상 최적설계 프로그램 개발	공기역학 전두부 구조 형상 최적설계 프로그램 개발	기존 HEMU 설계 프로세스 활용하여 공기역학적 형상설계 프로그램 개발로 사업성 및 타 프로그램 활용성 검토 필요	연구내용 부족	16.7
73	2차	도시	보조전원장치	트램용 보조전원 장치의 가격 경쟁력 및 경량화 구현을 위한 내부 장치 구성의 모듈화	트램용 보조전원 장치의 가격 경쟁력 및 경량화 구현을 위한 내부 장치 구성의 모듈화	트램용 보조전원장치의 모듈화 및 경량화 기술개발 내용으로 검토 필요(개발 내용 부족)	유사(병합)	16.3
74	2차	도시	판토그래프	도시철도용 덮개형 판토그래프 개발	도시철도용 덮개형 판토그래프 개발	주습판 결빙 방지 위한 덮개형 판토그래프 개발(연구내용 보강 필요)	연구내용 부족	16.3
75	1차	도시	전두부	크래쉬타입 및 리버서블타입 버퍼가 통합된 트램용 다단 버퍼 개발	크래쉬타입 및 리버서블타입 버퍼가 통합된 트램용 다단 버퍼 개발	트램용 전두부 버퍼 개발내용으로 사업성 검토 필요	유사(병합)	15.9
76	4차	고속	냉방장치	자가진단 기능을 가진 카본 블레이드 구동모터 냉각 송풍기 개발	자가진단 기능을 가진 카본 블레이드 구동모터 냉각 송풍기 개발	냉각팬 유사과제와 병합하여 개발 필요	사업성 검토 필요	15.7

순위	회차	차종	부품 분류	수요조사 과제명 (후보과제명)	과제명 (조정안)	검토의견 (3차 우선순위)	검토의견에 따른 분류	정량평가 점수
77	4차	도시	출입문	비젼 및 레이져를 활용한 열차용 장애물접근경보 장치개발	비젼 및 레이져를 활용한 열차용 장애물접근경보장치개발	연구개발 내용의 부재	유사(병합)	15.6
78	4차	고속	자동화 제어	인공지능 알고리즘 기반의 철도차량 예방정비시스템 개발	인공지능 알고리즘 기반의 철도차량 예방정비시스템 개발	연구개발 내용의 부재	연구내용 부족	15.4
79	4차	고속	설정기	고속 철도차량 내부 실내 환경 (소음, 진동, 온도) 모니터링 모듈 기술개발	고속철도차량 내부실내환경 (소음,진동,온도)모니터링 모듈기술개발	연구개발 내용의 부재	연구내용 부족	15.3
80	4차	일반	설정기	철도차량내의 재난재해 경고 및 실시간 대기환경 모니터링을 위한 모바일용 가스센서 시스템 개발	철도차량내의 재난재해 경고 및 실시간 대기환경 모니터링을 위한 모바일용 가스센서 시스템 개발	연구개발 내용의 부재	연구내용 부족	14.7
81	4차	도시	견인인버터	전동차 동력장치용 모듈형 IGBT C/I STACK 실용화 연구	전동차동력장치용모듈형IGBTC/ISTACK실용화연구	사업 대상 부합 여부 검토 필요	연구내용 부족	14.5
82	3차	고속	판토그래프	내구성 및 내마모성이 우수한 철도의 판토그래프 습판(Pantograph slider)용 금속함침 탄소/탄소 복합재의 개발	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발	집전성능 향상을 위한 구조체 경량화 및 공력설계 적용으로 소음 저감기술 확보 필요	사업성 검토 필요	13
83	4차	고속	장애인 경사판	휠체어 경사판 개발	휠체어 경사판 개발	아이디어는 좋으나 사업성 부재	연구내용 부족	13

우선순위 평가 결과(상위 18개)

- 전문가조사를 통한 우선순위 평가 결과(상위 18개)

  - 차종구분 : 도시(전동차, 경전철, 트램 포함), 일반(물류, 화차 포함)

<표 V-10> 전문가 조사를 통한 우선순위 평가 결과

순위	차종	주요장치	부품	후보과제명	시급성	실현가능성	중요성	시장규모	수출가능성	정부지원타당성	종합점수
1	고속	기초제동장치 및 제어	제동디스크 및 패드	동력분산식 고속철도용 고성능 제동디스크 및 패드 개발	3.9	4	4	3.5	3.4	3.6	22.4
2	고속	현가장치	댐퍼	동력분산식 고속철도용 현가장치 기술개발	3.9	3.8	3.8	3.5	3.5	3.7	22.2
3	전동차	동력전달장치	기어	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 기술개발	3.7	3.8	3.7	3.7	3.6	3.7	22.2
4	전동차	차체부품 및 내장재	출입문	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈화 개발	3.7	3.7	3.7	3.7	3.6	3.7	22.1
5	고속	차단기	고속도회로 차단기	IoT기반 지능형 모듈타입의 주회로차단시스템 개발	3.7	3.8	3.8	3.6	3.4	3.6	21.9
6	고속	전력변환장치	견인 변압기	고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체변압기 개발	3.6	3.7	3.8	3.6	3.4	3.7	21.8
7	고속	차량제어장치	열차운전 및 속도제어	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 개발	3.6	3.6	3.7	3.7	3.6	3.6	21.8
8	고속	현가장치	판토그래프	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발	3.6	3.7	3.7	3.6	3.5	3.6	21.7
9	전동차	편의시설	냉난방기	친환경컴팩트형 공조시스템 개발	3.6	4	3.5	3.5	3.7	3.4	21.7
10	고속	현가장치	공기스프링	고속철도용 공기스프링 국산화 기술개발	3.6	3.8	3.6	3.6	3.5	3.5	21.6
11	고속	견인전동기	동기전동기	고효율, 고안전성 희토류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기 개발	3.6	3.7	3.6	3.5	3.5	3.7	21.6
12	물류	차체부품 및 내장재	연결기	철도차량 입환 자동화 기술개발	3.7	3.7	3.5	3.6	3.6	3.5	21.6
13	전동차	추진제어장치	견인인버터	에너지저장 시스템 일체형 추진제어시스템 개발	3.6	3.8	3.7	3.4	3.4	3.6	21.5
14	고속	차체부품 및 내장재	전두부	고내구성 전두부 해치 시스템 개발	3.7	3.9	3.7	3.4	3.3	3.4	21.4
15	일반	전기계통 및 전장품	보조전원장치	철도차량용 모듈방식의 2중화 보조전원장치 기술개발	3.6	3.5	3.6	3.7	3.7	3.5	21.4

순위	차종	주요장치	부품	후보과제명	시급성	실현가능성	중요성	시장규모	수출가능성	정부지원타당성	종합점수
16	전동차	전력변환장치	견인변압기	도시철도용 고효율 외장코어형 컴팩트 주변압기 기술 개발	3.8	3.6	3.6	3.5	3.4	3.5	21.4
17	고속	편의시설	냉난방기	신소재(고내구성) 적용 냉각팬 시스템 개발	3.6	3.8	3.5	3.5	3.5	3.4	21.3
18	트램	차체부품 및 내장재	연결기	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트램용 관절장치 개발	3.6	3.9	3.8	3.6	3.6	3.8	21.2
19	트램	전기계통 및 전장품	축전지	철도차량 동력용 축전지 모듈화 기술 개발	3.6	4	3.8	3.8	3.8	3.8	21.1
20	고속	차체부품 및 내장재	출입문	철도차량용 플러그아웃 포켓 슬라이딩 출입문 개발	3.7	3.8	3.8	3.7	3.6	3.7	21.1
21	트램	제동계통	유압압축기	저상트램용 고성능 유압제동 시스템 개발	3.6	3.8	3.7	3.5	3.5	3.7	21.1
22	고속	차체부품 및 내장재	출입문	기밀성 확보 및 소음저감을 위한 준고속철도용(GTX 등) 포켓 슬라이딩 방식 출입문 개발	3.5	3.7	3.6	3.5	3.4	3.5	21.1
23	고속	주행장치	차체 인터페이스	주행환경을 고려한 스마트 주행시스템 기술개발	3.5	3.7	3.7	3.1	3.2	3.8	21
24	고속	동력전달장치	기어	준고속차량용 드라이빙 기어 개발	3.5	3.7	3.7	3.4	3.3	3.5	21
25	고속	전기계통 및 전장품	보조전원장치	철도차량용 신소재(WBG,SIC 등) 적용 보조전원장치 기술 개발	3.6	3.5	3.5	3.4	3.4	3.4	20.8
26	고속	주행장치	살사장치	친환경 신소재 적용 살사시스템 개발	3.3	4	3.6	3.2	3.1	3.4	20.7
27	트램	제동계통	공기압축기	저상트램용 고내구성 구동시스템 개발	3.5	3.6	3.4	3.3	3.3	3.4	20.6
28	고속	편의시설	냉난방기	고속철도용 친환경 및 컴팩트형 공조시스템 개발	3.3	4.1	3.4	3.3	3.2	3.2	20.5
29	전동차	기타	기타	무접점 통신방식 통합형 주간제어기 개발	3.4	3.5	3.3	3.2	3.2	3.3	19.9
30	경전철	전기계통 및 전장품	보조전원장치	철도차량용 통합형 전력변환장치 기술 개발	3.2	3.7	3.5	3.2	3	3.3	19.8
31	고속	윤축장치	베어링	고속 철도차량용 감속기용 베어링 국산화 개발	3.5	3.5	3.4	3.1	3	3.2	19.7
32	고속	윤축장치	차륜	철도차량용 차륜 성능향상 기술 개발	3.3	3.3	3.5	3.3	3	3.3	19.6
33	전동차	전력변환장치	견인변압기	철도 차량 전력변환장치용 차세대 반도체 파워 모듈 개발	3.4	3.1	3.5	3.3	2.9	3.4	19.6

순위	차종	주요장치	부품	후보과제명	시급성	실현가능성	중요성	시장규모	수출가능성	정부지원타당성	종합점수
34	고속	현가장치	댐퍼	고속차량용 Maintenace Free(무보수) 1, 2차 수직댐퍼	3.3	3.6	3.4	3.1	2.8	3.3	19.5
35	전동차	대차 프레임	대차 구조체	첨단소재 적용 도시철도차량 및 부품 경량화 기술 개발	3.2	3.3	3.5	3.3	3	3.2	19.5
36	고속	차단기	고속도회로 차단기	모듈형 주회로차단시스템	3.3	3.7	3.4	3.1	2.8	3.1	19.4
37	일반	차량제어장치	자동화제어	열차 내 공기 질 개선과 인체에 유해한 바이러스 제거 및 감염 예방 장치 개발	3.3	3.3	3.4	3	2.9	3.4	19.4
38	일반	차량제어장치	열차운전 및 속도제어	철도차량 최적운행패턴을 고려한 TCMS 개발	3.4	3.7	3.5	2.9	2.8	3.2	19.4
39	전동차	전기 및 특수제동장치	완전전기제동	도시철도용 전기기계식 제동장치 핵심기술 개발	3.2	3.5	3.4	3.2	2.8	3.2	19.3
40	전동차	전기계통 및 전장품	보조전원장치	전동차 VVVF인버터 / SIV용 필터 캐패시터 국산화	3.3	3.7	3.3	3.1	2.8	3.1	19.3
41	고속	윤축장치	베어링	고속차량용 감속기 베어링	3.3	3.5	3.3	3.1	2.9	3.2	19.3
42	전동차	전기계통 및 전장품	보조전원장치	SiC 전력반도체 기반 차세대 전력변환모듈장치 개발	3.3	3.3	3.4	3.2	2.9	3.2	19.3
43	고속	편의시설	냉난방기	고속철도용 HVAC 시스템 기술개발	3.1	4.1	3.2	3.1	2.8	2.9	19.2
44	전동차	전기 및 특수제동장치	완전전기제동	기존 제동장치와 호환성을 갖는 전기기계식 제동엑츄에이터 및 제동ECU 개발	3.2	3.4	3.3	3	3	3.2	19.2
45	고속	추진제어장치	모터블록	고속열차용 고출력 1C1M 추진제어장치 기술 개발	3.2	3.6	3.4	3.1	2.9	3	19.2
46	전동차	차체부품 및 내장재	출입문	광센서를 이용한 전동차 출입문 장애물 검지 장치	3.1	3.7	3.6	2.9	2.7	3.1	19.1
47	고속	기초제동장치 및 제어	제동디스크 및 패드	동력분산형(EMU) 고속철도차량 소결 브레이크패드 개발	3.3	3.4	3.3	3	3	3.1	19
48	고속	차량제어장치	자동화제어	동절기 철도교통 안전 확보 및 기능 유지를 위한 핵심기술 개발	3.3	3.3	3.5	2.8	2.8	3.2	18.9
49	전동차	편의시설	승객정보	도시철도용 화재감시장치 표준 모듈화 개발	3.2	3.6	3.4	2.9	2.7	3.1	18.9
50	고속	제동계통	공기압축기	친환경 및 유지/보수 비용 절감 Oil Free 공기압축기 개발	3.2	3.6	3.3	2.9	2.7	3.2	18.9
51	전동차	차체부품 및 내장	운전실	도시철도차량 운전실 표준화 기술개발	3.1	3.6	3.3	3	2.7	3.2	18.8

순위	차종	주요장치	부품	후보과제명	시급성	실현가능성	중요성	시장규모	수출가능성	정부지원타당성	종합점수
		재									
52	전동차	편의시설	승객정보	도시철도용 방송통신장치 일원화를 위한 방송통신 통합제어장치 모듈 개발	3.1	3.3	3.2	3	3.1	3.1	18.8
53	고속	견인전동기	동기전동기	고속철도차량 추진용 견인전동기 및 추진장치의 신뢰성 개선 및 운영효율 고도화 기술개발	3.3	3.3	3.4	2.8	2.7	3.2	18.7
54	화차	대차프레임	대차구조체	신개념 고속화차 시스템 기술개발	3.1	3.5	3.2	3	2.7	3.2	18.7
55	일반	기타	기타	디젤기관차 배기가스 저감장치 기술개발	3.4	3.5	3.3	2.6	2.7	3.3	18.7
56	일반	대차프레임	조향장치	열차 안전운행 지원을 위한 열차운전첨단지원시스템 기술개발	3.1	3.5	3.3	2.8	2.8	3.1	18.7
57	일반	편의시설	냉난방기	철도차량용 초절전 친환경 냉방장치 기술 개발	3.1	3.5	3.2	3.1	2.7	3	18.5
58	일반	윤축장치	차축	초음파 신호 측정을 통한 차축 베어링의 결함 감시 관제시스템 개발	3.2	3.3	3.4	2.8	2.8	3.1	18.5
59	고속	전기 및 특수제동장치	공기저항제동장치	고속열차의 마찰제동 한계 극복을 위한 비접촉식 공력제동 시스템 개발	3.1	3.3	3.3	2.9	2.7	3.2	18.5
60	전동차	편의시설	냉방장치	도시철도차량용 냉방장치 연구개발	2.9	3.7	3.1	3.2	2.8	2.7	18.4
61	화차	기타	기타	화차 적재 하중 표시기 개발	3	3.9	3.1	2.8	2.5	3.1	18.4
62	전동차	차량제어장치	자동화제어	차세대 열차 High-End Safety System 개발	3	3.2	3.2	2.8	2.6	3.2	18
63	화차	차체부품 및 내장재	연결기	자동연결 및 분리가 되는 물류차량용 자동연결기 개발 (공기연결 포함)	2.9	3.3	3.1	2.9	2.7	3	18
64	고속	대차프레임	대차재료	고속철도차량(KTX/KTX-산천) 운영비 절감 및 안전성 향상을 위한 대차페어링 실용화	3.2	3.7	3.1	2.5	2.4	2.9	17.8
65	화차	차체부품 및 내장재	전두부	EN15551 규격의 Side Buffer 기술사업화를 위한 버퍼 개발 및 공인 시험인증 획득	3	3.5	3.2	2.6	2.5	2.8	17.6
66	고속	대차프레임	대차구조체	대차 소음 저감을 위한 불연재질 흡음블럭 개발	3	3.3	3.1	2.7	2.6	2.9	17.5
67	고속	편의시설	냉난방기	전기기관차 냉각시스템 기술개발	3	3.4	3	2.6	2.5	2.8	17.3
68	고속	차체부품 및 내장재	연결기	고무완충기가 통합된 고속철 연결기용 buffer 및 시뮬레이션 툴 개발	3	3.5	3	2.4	2.3	2.8	17
69	트램	차체부품	전두부	노면트램용 전두부	2.6	3.2	3	2.4	2.6	2.9	16.7

순위	차종	주요장치	부품	후보과제명	시급성	실현가능성	중요성	시장규모	수출가능성	정부지원타당성	종합점수
		및 내장재		충돌에너지 흡수부재 개발							
70	전동차	현가장치	판토그래프	전기식 스크류타입 판토그래프 상승장치 개발	2.7	3.4	2.9	2.7	2.5	2.7	16.7
71	화차	전기계통 및 전장품	객차 전원공급장치	물류차량용 전원공급장치(차축발전기) 개발	2.8	3.1	2.8	2.6	2.5	2.9	16.7
72	고속	차체부품 및 내장재	전두부	공기역학 전두부 구조 형상 최적설계 프로그램 개발	2.7	3.3	3.2	2.4	2.2	2.9	16.7
73	트램	전기계통 및 전장품	보조전원장치	트램용 보조 전원 장치의 가격 경쟁력 및 경량화 구현을 위한 내부 장치 구성의 모듈화	2.7	3.2	2.9	2.5	2.4	2.7	16.3
74	전동차	집전장치	판토그래프	도시철도용 덮개형 판토그래프 개발	2.7	3.3	2.8	2.6	2.3	2.6	16.3
75	트램	차체부품 및 내장재	전두부	크래쉬타입 및 리버서블타입 버퍼가 통합된 트램용 다단 버퍼 개발	2.5	3.1	2.8	2.5	2.4	2.6	15.9
76	고속	편의시설	냉방장치	자가진단 기능을 가진 카본 블레이드 구동모터 냉각 송풍기 개발	2.6	2.7	2.7	2.7	2.5	2.5	15.7
77	전동차	차체부품 및 내장재	출입문	비젼 및 레이져를 활용한 열차용 장애물접근경보장치 개발	2.6	2.8	2.6	2.6	2.3	2.6	15.6
78	고속	차량제어장치	자동화제어	인공지능 알고리즘 기반의 철도차량 예방정비시스템 개발	2.6	2.8	2.6	2.4	2.4	2.6	15.4
79	고속	승객정보계통	설정기	고속 철도차량 내부 실내 환경(소음, 진동, 온도) 모니터링 모듈 기술개발	2.6	2.7	2.6	2.5	2.4	2.6	15.3
80	일반	승객정보계통	설정기	철도차량내의 재난재해 경고 및 실시간 대기환경 모니터링을 위한 모바일용 가스센서 시스템 개발	2.3	2.6	2.6	2.4	2.3	2.5	14.7
81	전동차	추진제어장치	견인인버터	전동차 동력장치용 모듈형 IGBT C/I STACK 실용화 연구	2.4	2.6	2.5	2.4	2.2	2.5	14.5
82	고속	집전장치	판토그래프	내구성 및 내마모성이 우수한 철도의 판토그래프 습판(Pantograph slider)용 금속 함침 탄소/탄소 복합재의 개발	2.2	2.5	2.3	2	1.9	2.2	13
83	고속	기타	장애인 경사판	휠체어 경사판 개발	2.2	2.5	2.3	2	1.9	2.1	13

● 전문가조사를 통한 우선순위 평가 세부 결과

순위	회차	차종	부품분류	우선순위선정 과제명 (조정안)	최종 조정 과제명 (과제번호 매칭)
1	1차	고속	제동디스크 및 패드	동력분산식 고속철도용 고성능 제동디스크 및 패드 개발	1-6 고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발
2	2차	고속	댐퍼	동력분산식 고속철도용 현가장치 기술개발	1-1 고속철도용 댐퍼 개발
3	3차	도시	기어	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 기술개발	2-2 마그네틱 기어드 방식 동력전달시스템
4	2차	도시	출입문	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈화 개발	1-9 도시철도용 모듈형 출입문 표준화 개발
5	2차	고속	고속도회로 차단기	IoT기반지능형모듈타입의주회로 차단시스템개발	1-7 고속철도용 모듈형 주회로 차단시스템 개발
6	2차	고속	견인 변압기	고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체변압기 개발	2-4 컨버터 일체형 반도체변압기
7	2차	고속	열차운전및 속도제어	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 개발	2-6 개방형 네트워크 포로토콜 기반 통합제어 플랫폼
8	4차	고속	판토그래프	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발	1-3 고속철도용 반능동형 판토그래프 개발
9	2차	도시	냉난방기	친환경컴팩트형 공조시스템 개발	1-8 고속철도용 공조시스템 개발
10	2차	고속	공기스프링	고속철도용 공기스프링 국산화 기술개발	1-2 고속철도용 공기스프링 개발
11	2차	고속	동기전동기	고효율,고안전성희토류저감형고속철도영구자석동기전동기개발	2-1 희토류 저감형 영구자석 동기전동기
12	2차	일반	연결기	철도차량 입환 자동화 기술개발	2-7 자동 연결·분리 시스템
13	4차	도시	견인인버터	에너지저장 시스템 일체형 추진제어시스템 개발	2-3 ESS 일체형 추진제어시스템
14	4차	고속	전두부	고내구성전두부해치시스템개발	1-4 고속철도용 전두부 해치시스템 개발
15	4차	일반	보조전원장치	철도차량용모듈방식의2중화보조전원장치기술개발	1-10 도시철도용 모듈형 보조전원장치 개발
16	2차	도시	견인 변압기	도시철도용 고효율 외장코어형 컴팩트 주변압기 기술 개발	2-5 외장코어형 컴팩트 주변압기
17	1차	고속	냉난방기	신소재(고내구성)적용냉각팬 시스템개발	1-5 고속철도용 냉각팬 시스템 개발
18	2차	도시	연결기	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트램용 관절장치 개발	1-11 저상트램용 관절장치 개발

제3절 국내·외 논문 동향분석

1. 논문 동향분석 개요

분석 목적

- 철도차량부품 개발사업은 Top-down 기획 방향성을 기반으로 철도차량 핵심부품에 대한 논문동향을 분석함으로써 R&D 방향성을 정립
  - 국내외 연도별, 부품별 논문동향 분석 등을 통해 국내 기술수준을 정량적으로 분석함으로써 철도차량 부품별 R&D 추진 방향성을 도출

분석범위

- 국내외 철도차량 부품에 대한 논문 동향을 분석하기 위하여 SCOPUS 사이트를 활용하여 최종 DB 구축
  - 사업 기획과 관련된 핵심 부품 후보과제를 기반으로 관련 키워드 및 검색리스트를 기반으로 논문동향 분석 시행
  - 논문 분석대상 국가는 철도차량기술 보유국인 한국, 미국, 일본, 프랑스, 독일 및 중국 등 상위 6개 국가를 대상으로 선정
  - 논문분석의 기간의 경우 최근 20년간(1997~2017년) 논문 활동을 근간으로 설정

<표 V-11> 논문분석 대상 및 범위

국가	내용	분석구간	검색범위
한국	SCOPUS	1997.01 ~ 2017.02	게재된 논문 전체문서
미국			
일본			
독일			
프랑스			
중국			

- 철도차량 장치·부품 분류체계를 기반으로 전략적 중요도가 높은 분야별 핵심 부품군을 구분하여 각 분류별 논문정량분석 및 지표분석을 실시

  - 분석대상은 철도차량 부품장치 기술개발 사업 기술분야에서 국내외 정책적, 기술적으로 이슈가 되는 사안을 기반으로 구성

  - 장치·부품 분류체계(대분류 6개, 중분류 12개, 소분류 15개) 기준에 따른 핵심부품 구성 현황은 다음과 같음

<표 V-12> 분석대상 부품의 장치 · 부품 분류체계

대분류	중분류(장치)	소분류(부품)
차체	차체부품 및 내장재	전두부
		출입문
		연결기
	편의시설	냉난방기
대차	현가장치	댐퍼
		공기스프링
	동력전달장치	기어
열차 추진장비	견인전동기	동기전동기
열차제동장치	기초제동장치 및 제어	제동디스크
열차제어장치	차량제어장치	열차운전 및 속도제어(TCM/OBCS)
	추진제어장치	견인인버터
열차 집전 및 전장	집전장치	판토그래프
	전력변환장치	견인 변압기
	차단기	주회로차단기
	전기계통 및 전장품	보조전원장치

  - 논문분석을 위한 핵심 키워드는 기획 총괄위원회와의 최종 협의를 통해 도출하였으며, 도출한 키워드를 조합하여 소분류별 검색식을 작성

<표 V-13> 장치 · 부품 분류체계 구분에 따른 부품별 최종 검색식

No.	소분류(부품)	논문 검색식
1	전두부	((high-speed OR rapid-transit OR "high speed" OR "rapid transit") W/5 (railroad OR railway OR train OR subway OR metro OR locomotive)) AND (hatch OR coupler) AND PUBYEAR > 1997 AND PUBYEAR < 2019)
2	출입문	ALL ((door AND (locomotive OR train OR metro OR subway OR rail) AND ("pocket sliding" OR (plug W/4 sliding) OR "rolling stock" OR "motor door" OR "motion detection" OR (multiple W/4 unit)))) AND PUBYEAR > 1997 AND PUBYEAR < 2019
3	연결기	ALL ((locomotive OR railway OR rail-way OR railroad OR rail-road OR train) W/2 (wireless* OR remot* OR automatic*) W/2 (shunting* OR shunt* OR control*)) AND PUBYEAR > 1997 AND PUBYEAR < 2019

No.	소분류(부품)	논문 검색식
4	냉난방기	ALL ((locomotive OR train OR metro OR subway OR rail) AND (ventilation OR "air conditioner" OR ((air) W/2 (circulation OR conditioner OR cooler OR cooling OR chiller))) AND ("inverter compressor" OR "air volume control" OR "heat pump")) AND PUBYEAR > 1997 AND PUBYEAR < 2019
5	댐퍼	(ALL (((high-speed OR rapid-transit OR "high speed" OR "rapid transit") W/5 (railroad OR railway OR train OR subway OR metro OR locomotive))) AND PUBYEAR > 1997 AND PUBYEAR < 2019) AND (ALL ((((distribute OR dispersion) W/5 (power OR traction OR energy)) OR distributed-power OR distributed-tranction OR "distributed power" OR "distributed traction" OR power-dispersion OR "power dispersion")) AND PUBYEAR > 1997 AND PUBYEAR < 2019)
6	공기스프링	ALL (((high-speed OR rapid-transit OR "high speed" OR "rapid transit") W/5 (railroad OR railway OR train OR subway OR metro OR locomotive)) AND (((air) W/3 (spring*)) OR airspring OR air-spring OR "air spring" OR diaphragm)) AND PUBYEAR > 1997 AND PUBYEAR < 2019
7	기어	((locomotive OR railway OR rail-way OR railroad OR rail-road OR train) AND (gearless OR ((magnet* OR non-contact*) W/2 (gear)))) AND PUBYEAR > 1997 AND PUBYEAR < 2019
8	동기전동기	ALL ((rare) W/2 (earth)) and ((permanent*) W/2 (magnet*)) and ((synchro*) W/2 (motor*)) AND PUBYEAR > 1997 AND PUBYEAR < 2019
9	제동디스크	(("brake pad" OR "brake shoe" OR "braking shoe" OR "disk type") AND ("rolling stock" OR friction OR material OR "multiple unit") AND (locomotive OR train OR metro OR subway)) AND PUBYEAR > 1997 AND PUBYEAR < 2019
10	열차운전 및 속도제어 (TCM/OBCS)	ALL (locomotive OR railway OR rail-way OR railroad OR rail-road OR train) and (((integrat*) W/3 (control OR controller)) OR TROSAR) AND PUBYEAR > 1997 AND PUBYEAR < 2019
11	견인인버터	ALL ((propulsion*) W/2 (control* OR system*)) and (ESS* OR ((energy) W/2 (storag*))) AND PUBYEAR > 1997 AND PUBYEAR < 2019
12	판토그래프	ALL ((((high-speed OR rapid-transit OR "high speed" OR "rapid transit") W/5 (railroad OR railway OR train OR subway OR metro OR locomotive)) AND (semi-active OR "semi active") AND (pantograph OR pantagraph))) AND PUBYEAR > 1997 AND PUBYEAR < 2019
13	견인 변압기	ALL ((highspeed OR high-speed OR rapid) W/3 (locomotive OR railway OR rail-way OR railroad OR rail-road OR train OR rail)) and (converter* OR transformer OR power) AND PUBYEAR > 1997 AND PUBYEAR < 2019
14	주회로차단기	ALL (((circuit W/4 breaker) AND (iot OR intelligent OR modular OR "rolling stock" OR "phase control" OR "diagnostic monitoring" OR solenoid OR "multiple unit") AND (locomotive OR train OR metro OR subway OR rail))) AND PUBYEAR > 1997 AND PUBYEAR < 2019
15	보조전원장치	ALL ("Auxiliary power supply") and (locomotive OR train OR metro OR subway OR rail) AND PUBYEAR > 1997 AND PUBYEAR < 2019

2. 부품분류별 논문동향 분석

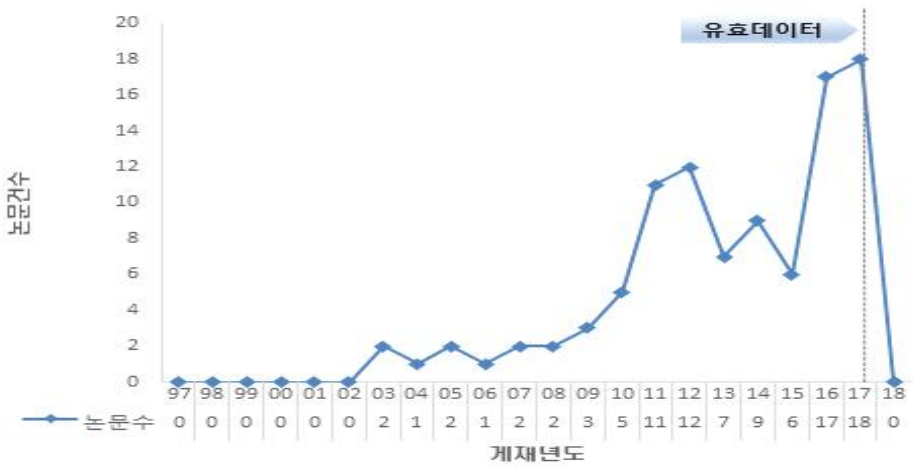
2.1 차체 부문

전두부

● 연도별 논문 동향

- 전두부 부품과 관련하여 논문게재 수는 총 98건으로 2017년도의 경우 18.37%의 가장 많은 비중을 차지하는 것으로 조사

- 2007년 이후 논문 게재의 건수는 증가하는 추세이며, 이후 2011년의 논문 건수는 전년도 대비 약 45.45%의 비율로 급증 추세



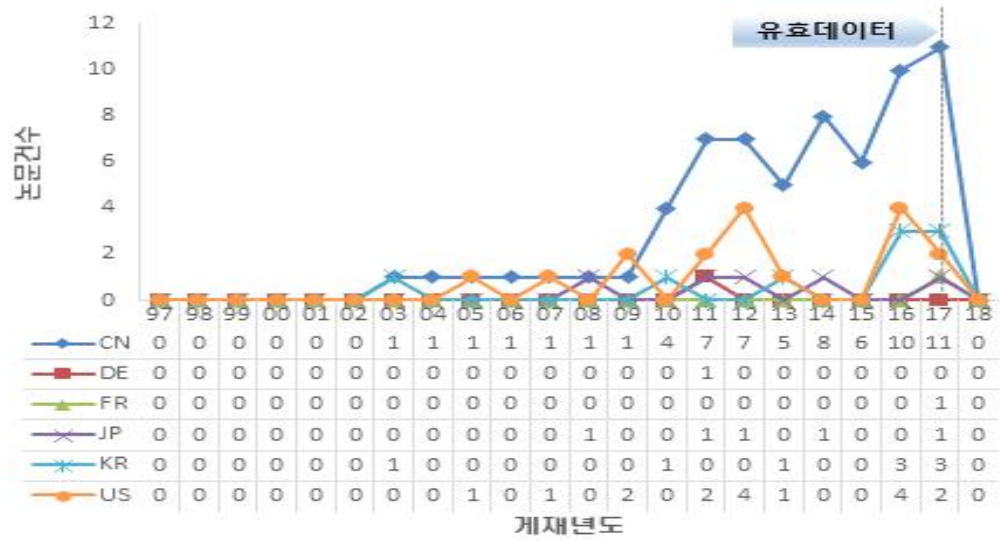
<그림 V-4> 전두부 관련 논문동향

● 주요 국가별 논문 동향

- 주요 국가별 논문 게재의 건수를 비교해본 결과, 중국이 65건(66.33%)의 비중으로 타 나라 대비 약 2배 이상의 비중으로 많은 수의 논문을 게재하는 것으로 조사

- 중국을 뒤이어 미국 17건(17.35%), 한국 9건(9.18%), 일본 5건(5.10%), 독일, 프랑스 각 1건(1.02%)의 논문을 발표하는 것으로 조사

- 중국의 경우, 연도별 추이와 교차분석 시 지속적으로 증가하고 있으며 전두부 관련 연구개발이 2001년부터 본격적으로 이루어지는 것으로 분석



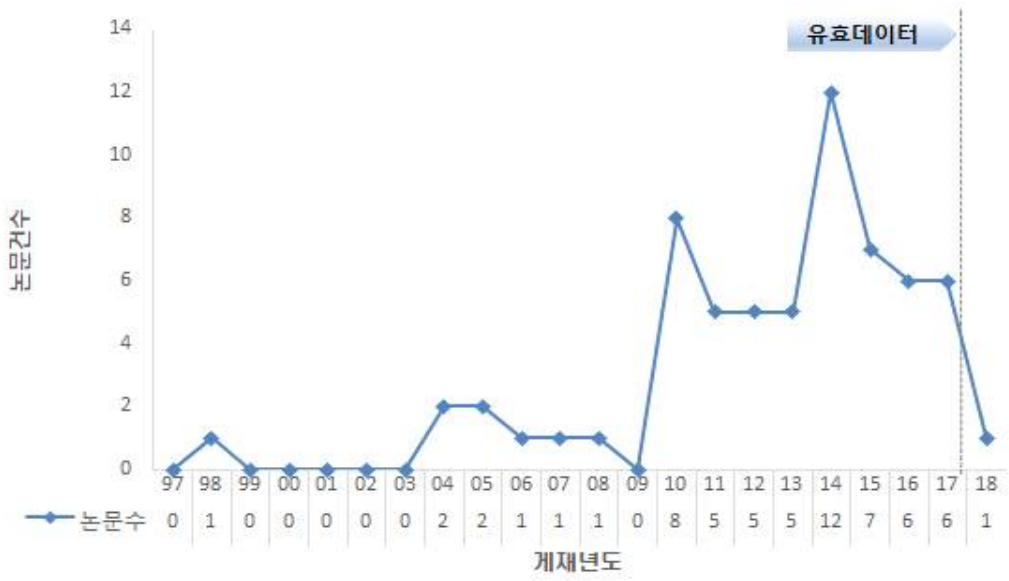
〈그림 V-5〉 전두부 관련 주요 국가별 논문동향

출입문

● 연도별 논문 동향

- 출입문 부품 관련 논문 수는 총 63건으로 그 중, 2014년 12건(19.05%)으로 가장 많은 비중을 차지하는 것으로 조사

- 2014년 이후 출입문에 관련한 논문 수가 감소하는 추세로 보아 출입문 관련 논문 게재는 2014년과 비교하였을 때 감소 중

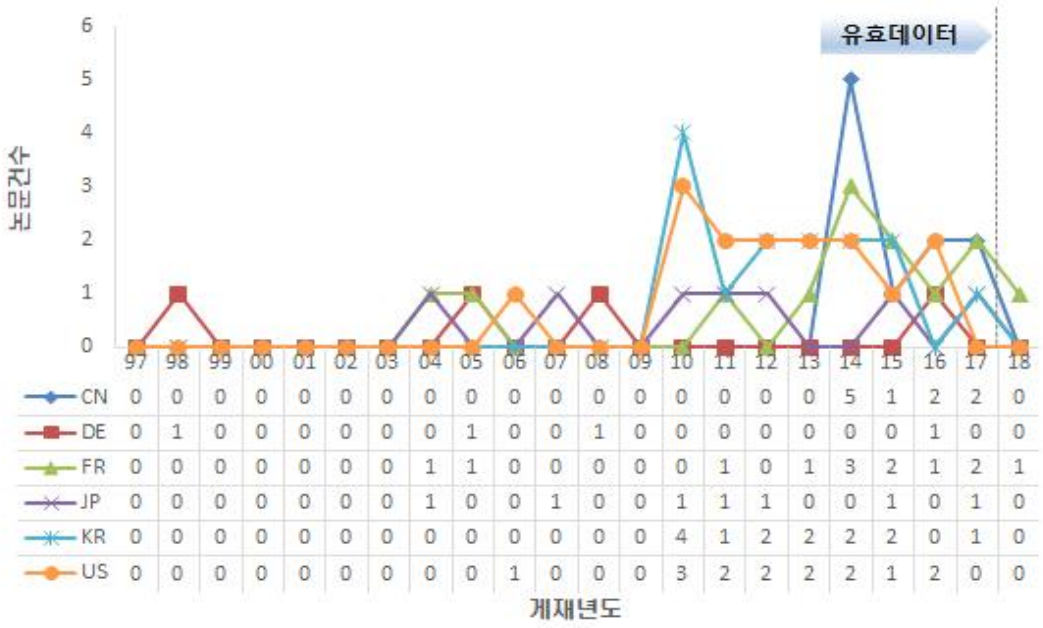


〈그림 V-6〉 출입문 관련 논문동향

● 주요 국가별 논문 동향

- 출입문 관련 논문 중 미국이 15건(23.81%)으로 가장 많은 논문을 게재한 것으로 조사되었으며, 뒤이어 한국 14건(22.22%), 프랑스 13건(20.63%), 중국 10건(15.87%), 일본 7건(11.11%)의 순으로 조사

- 한국의 출입문 관련 논문은 2010년도 이후로 감소하는 추세이나, 중국, 프랑스 등 선진국에서 논문 게재 수는 증가하는 양상을 보임



〈그림 V-7〉 출입문 관련 주요 국가별 논문동향

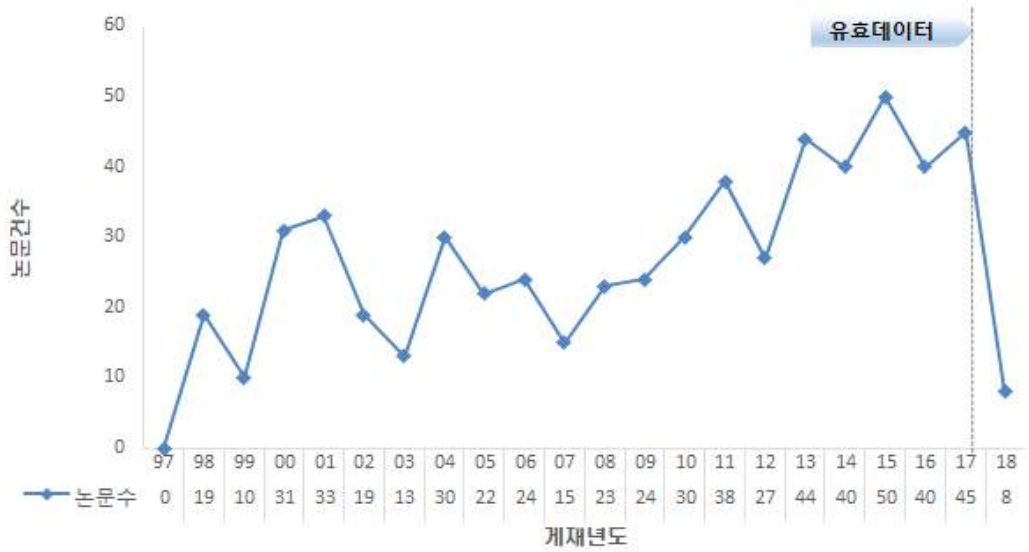
연결기

● 연도별 논문 동향

- 연결기 논문의 경우 관절장치와 입환 자동화 시스템에 관련된 논문을 대상으로 연도별 논문 추이 조사

- 연결기에 관련된 논문 건수는 총 585건으로 자동연결시스템에 관련된 기술로 관련 논문 건수 조사

- 2007~2011년(5개년) 동안 약 연평균 26%의 증가율을 보이고 있으며, 가장 높은 비중의 논문이 게재된 2015년의 경우 50건(8.55%)인 것으로 조사

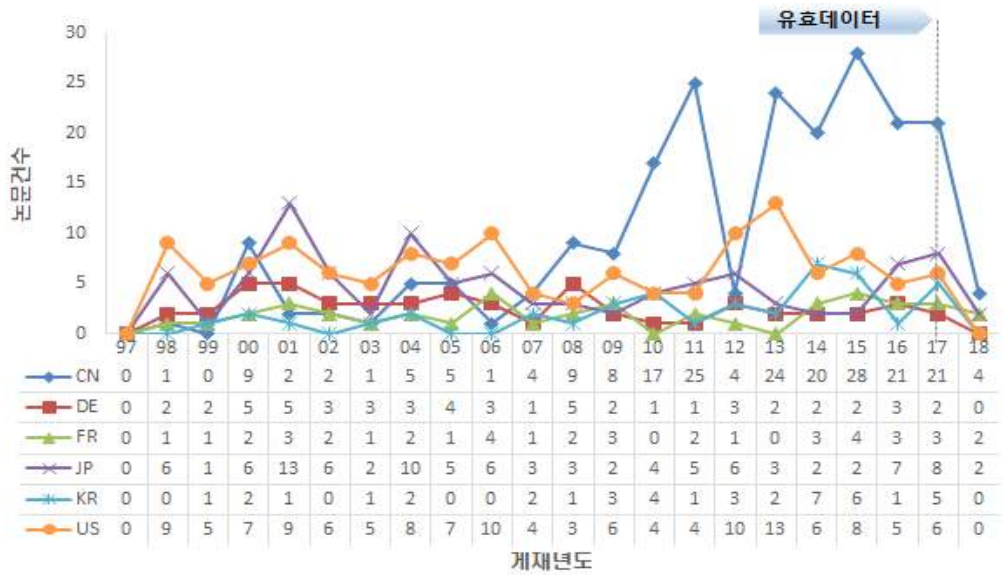


〈그림 V-8〉 연결기 관련 논문동향

● 주요 국가별 논문 동향

- 연결기 관련 논문 게재 수가 가장 많은 비중을 차지하는 국가는 중국 211건(36.07%)으로 조사

- 중국을 뒤이어 미국 135건(23.08%), 일본 102건(17.44%), 독일 54건(9.23%)의 비중을 차지하며 한국의 경우 42건(7.18%)의 낮은 비중 차지



〈그림 V-9〉 연결기 관련 주요 국가별 논문동향

냉난방기

- 연도별 논문 동향

  - 냉난방기 논문 게재 수의 경우 공조시스템 부품과 냉각팬 부품에 관련한 논문을 대상으로 조사

  - 냉난방기 관련 논문게재 수는 총 103건으로 2000~2017년 동안 꾸준하게 증가 추세를 보임

  - 최근 2017년의 경우 20건(19.42%)의 비중을 차지하며 냉난방기에 관련한 논문의 수가 증가하는 것으로 조사

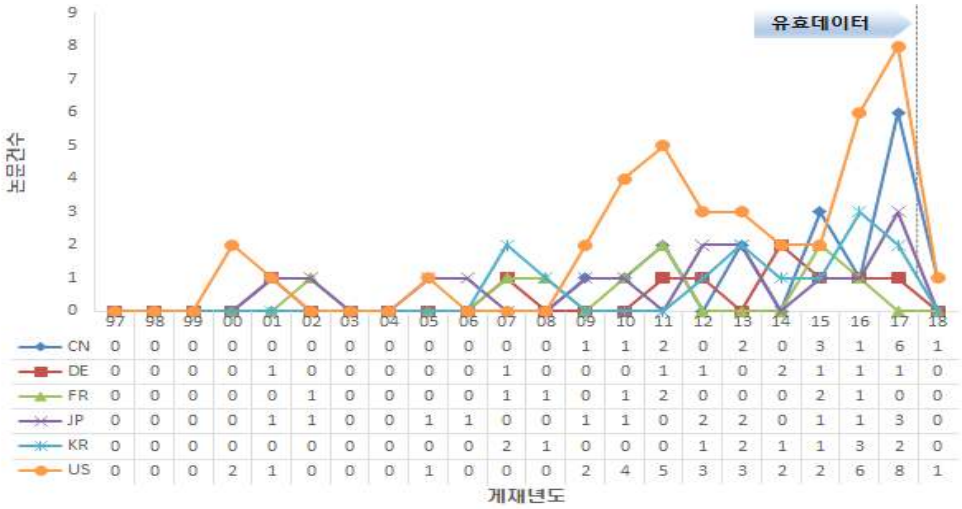


<그림 V-10> 냉난방기 관련 논문동향

- 주요 국가별 논문 동향

  - 냉난방기 논문의 수는 미국이 40건(38.83%)의 비중을 차지하고 뒤이어 중국 17건(16.5%), 일본 15건(14.56%), 한국 13건(12.62%), 독일 및 프랑스 각 9건(8.74%)의 비중을 차지하는 것으로 조사

  - 미국과 중국은 2011년과 최근 2017년에 냉난방기에 관련한 논문건수는 증가 추세로 한국의 경우 미국, 중국, 일본과 비교하였을 때 연구개발의 수가 저조한 것으로 분석



<그림 V-11> 냉난방기 관련 주요 국가별 논문동향

2.2 대차 부문

댐퍼

- 연도별 논문 동향

  - 댐퍼의 연도별 논문 건수는 전체 46건으로 조사되었으며 꾸준하게 증가하거나 감소하는 동향을 보이지 않는 것으로 보아 데이터의 양이 충분하지 않거나 일정한 주기로 현가장치를 개발하는 것으로 분석

  - 2017년 댐퍼관련 논문 게재 비중은 7건(15.22%)으로 2014년도와 논문 건수가 동일한 것으로 조사

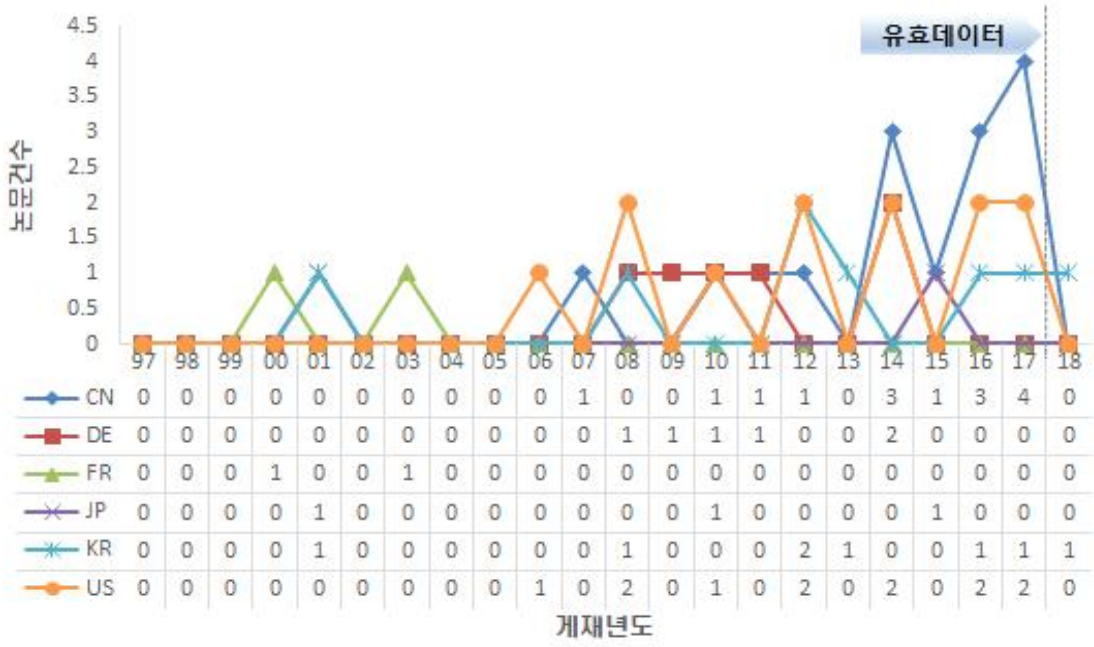


<그림 V-12> 댐퍼 관련 논문동향

● 주요 국가별 논문 동향

- 댐퍼에 관련된 논문은 중국이 15건(32.61%)으로 가장 많은 비중을 차지하고 있으며, 뒤이어 미국 12건(26.09%), 한국 8건(17.39%), 독일 6건(13.04%), 일본 3건(6.52%), 프랑스 2건(4.35%)의 비중 차지

- 2014년을 기점으로 댐퍼 관련 논문이 급증한 것으로 조사되었으며, 중국 및 미국의 경우, 전체 논문 건수 중 58.70%의 비중으로 일본, 한국, 독일, 프랑스와 비교하였을 때 약 2배 이상의 논문을 게재하는 것으로 조사



〈그림 V-13〉 댐퍼 관련 주요 국가별 논문동향

공기스프링

● 연도별 논문 동향

- 공기스프링 관련 논문 건수는 총 99건으로 조사되었으며 2014년 18건(18.18%)의 비중으로 가장 높은 수치를 나타냄

- 2010년의 경우 전년도 대비 약 3배 이상 논문 게재 수가 증가한 것으로 보아 이후 승차감 향상을 위한 고내구성 관련 연구가 활발히 진행된 것으로 분석

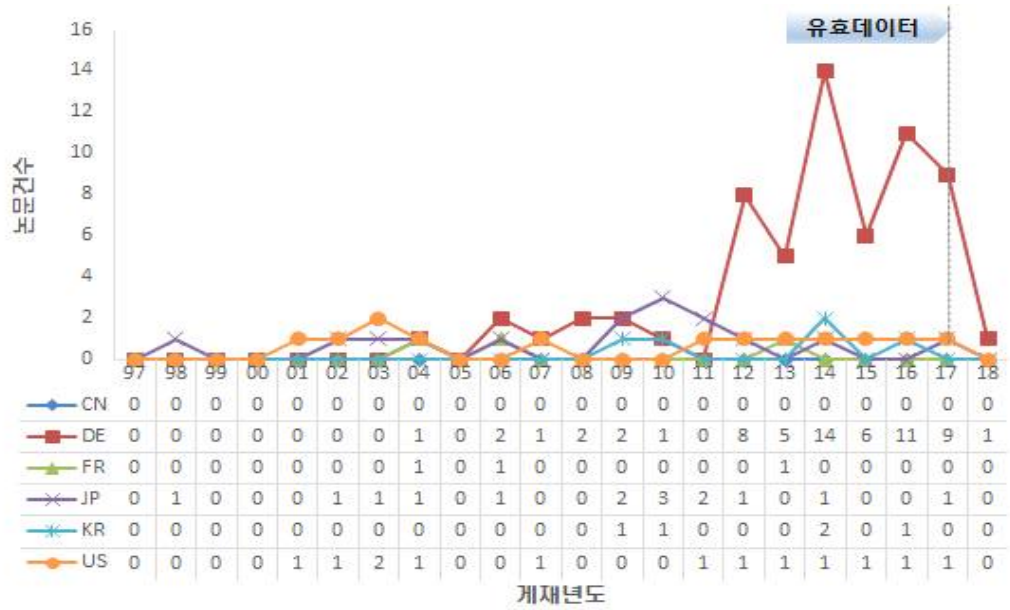


〈그림 V-14〉 공기스프링 관련 논문동향

● 주요 국가별 논문 동향

- 공기스프링 관련 논문은 독일이 63건(63.64%)의 비중을 차지하며 미국 및 아시아와 비교하였을 때 가장 많은 논문을 게재한 것으로 조사

- 독일을 뒤이어 일본 15건(15.15%), 미국13건(13.13%), 한국 5건(5.05%)의 순으로 한국의 경우 아직 공기스프링에 관련한 논문 게재가 저조한 것으로 분석

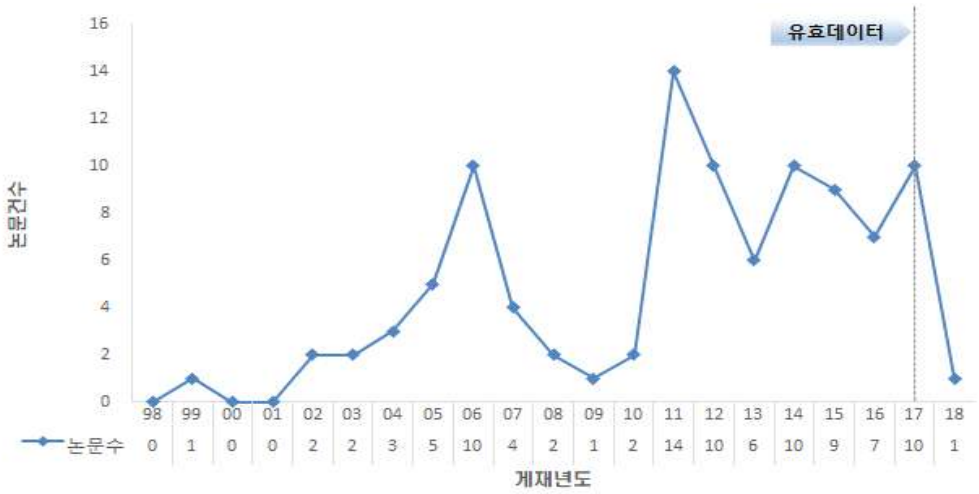


〈그림 V-15〉 공기스프링 관련 주요 국가별 논문동향

기어

연도별 논문 동향

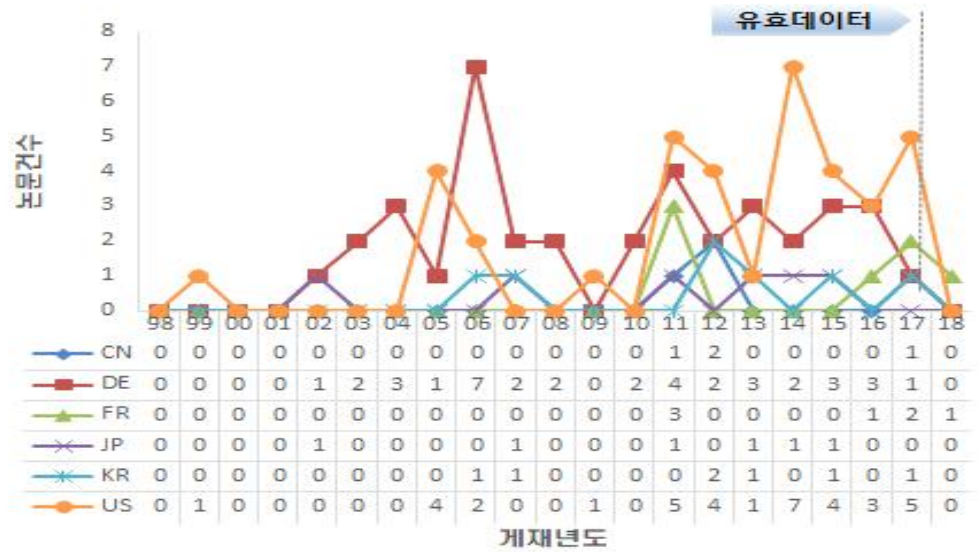
- 2018년까지 게재된 총 논문 건수는 99건으로 2007년부터 2010년까지 감소하였으나 이후 다시 증가하는 추세로 조사됨



<그림 V-16> 기어 관련 논문동향

주요 국가별 논문 동향

- 총 99건의 논문 중 한국 7건(7.07%), 일본 6건(6.06%), 중국 4건(4.04%), 독일 38건(38.38%), 프랑스 7건(7.07%), 미국 37건(37.37%)인 것으로 나타남



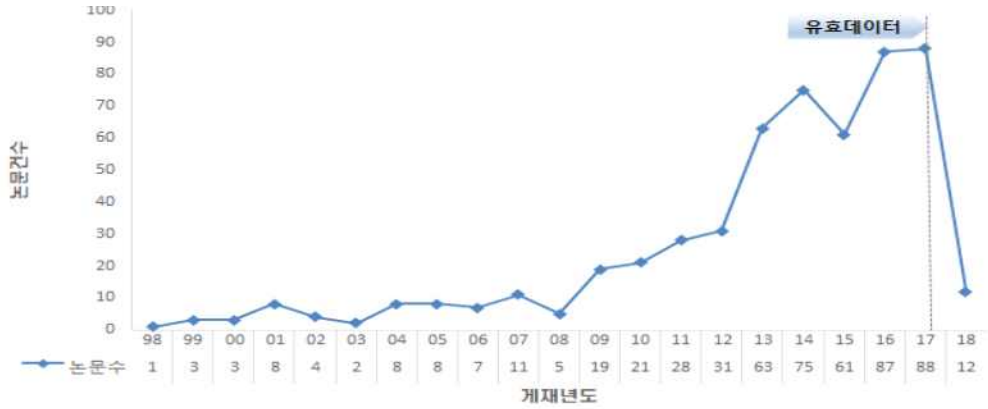
<그림 V-17> 기어 관련 주요 국가별 논문동향

2.3 열차 추진장비 부문

동기전동기

- 연도별 논문 동향

  - 2018년까지 게재된 총 논문 건수는 545건으로 1998년부터 2017년까지 연평균 26.6%의 증가율로 지속적으로 증가하고 있는 것으로 조사됨

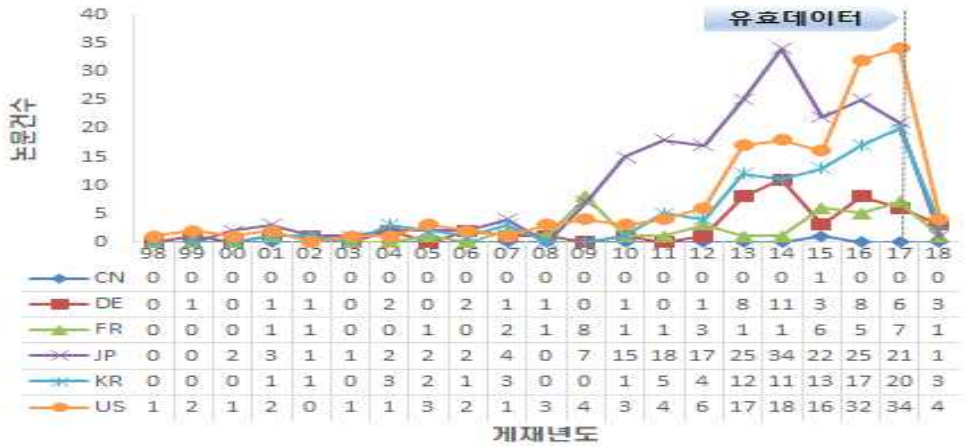


〈그림 V-18〉 동기전동기 관련 논문동향

- 주요 국가별 논문 동향

  - 총 553건의 논문 중 한국 97건(17.80%), 일본 202건(37.06%), 중국 1건(0.18%), 독일 50건(9.17%), 프랑스 40건(7.34%), 미국 155건(28.44%)인 것으로 나타남

  - 최근 5년간 한국, 일본, 미국의 논문 건수가 급증한 것으로 나타남



〈그림 V-19〉 동기전동기 관련 주요 국가별 논문동향

2.4 열차 제동장치 부문

제동디스크

- 연도별 논문 동향

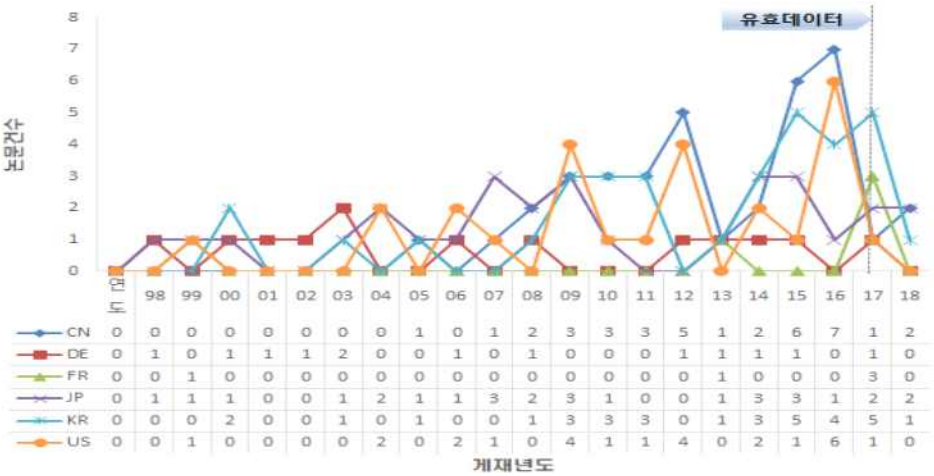
  - 2018년까지 게재된 총 논문 건수는 143건으로 1998년부터 2017년까지 연평균 10.4%의 증가율로 지속적으로 증가하고 있는 것으로 조사됨



<그림 V-20> 제동디스크 관련 논문동향

- 주요 국가별 논문 동향

  - 총 143건의 논문 중 한국 33건(23.08%), 일본 29건(20.28%), 중국 37건(25.87%), 독일 13건(9.09%), 프랑스 5건(3.5%), 미국 26건(18.18%)인 것으로 나타남



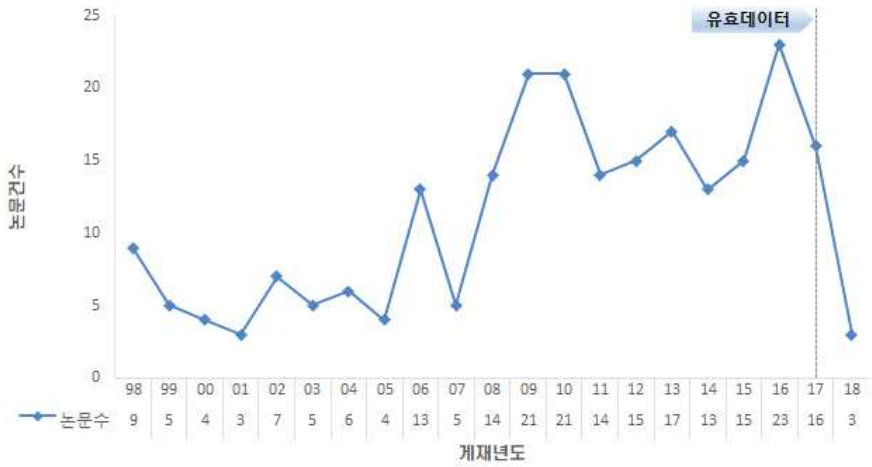
<그림 V-21> 제동디스크 관련 주요 국가별 논문동향

2.5 열차 제어장치 부문

열차운전 및 속도제어(TCMS/OBCS)

- 연도별 논문 동향

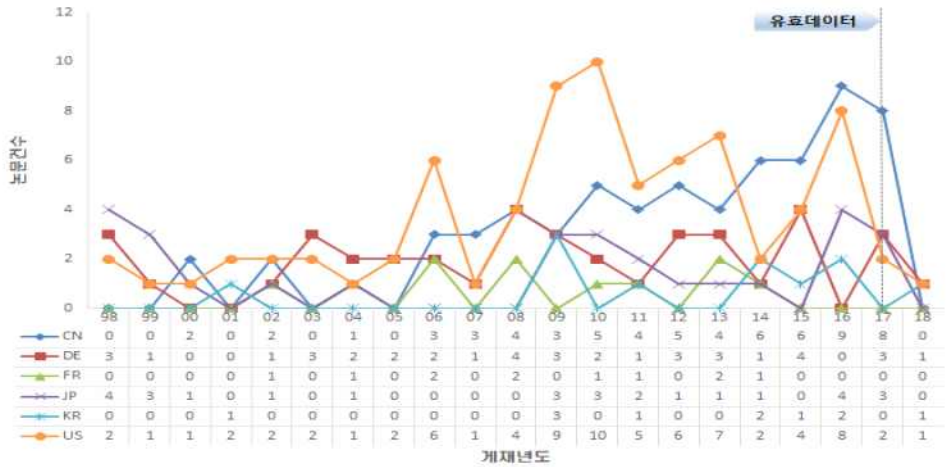
  - 2018년까지 게재된 총 논문 건수는 233건으로 1998년부터 2017년까지 연평균 3.1%의 증가율로 증가한 것으로 조사됨



<그림 V-22> 열차운전 및 속도제어 관련 논문동향

- 주요 국가별 논문 동향

  - 총 233건의 논문 중 한국 11건(4.72%), 일본 28건(12.02%), 중국 65건(27.90%), 독일 40건(17.17%), 프랑스 11건(4.72%), 미국 78건(33.48%)인 것으로 나타남

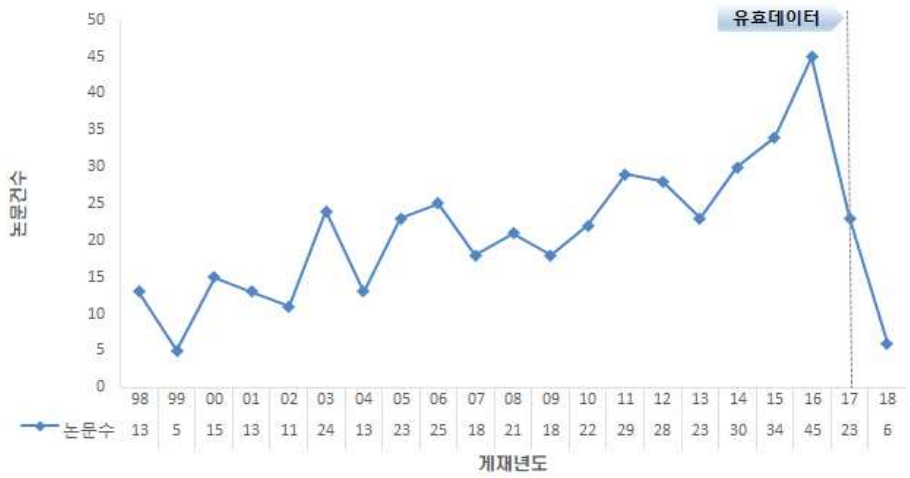


<그림 V-23> 열차운전 및 속도제어 관련 주요 국가별 논문동향

견인인버터

● 연도별 논문 동향

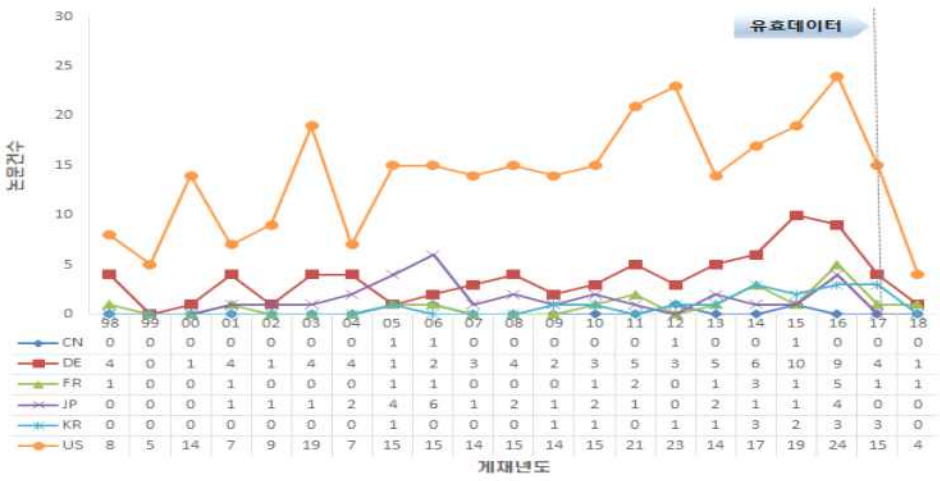
- 2018년까지 게재된 총 논문 건수는 439건으로 1998년부터 2016년까지 연평균 3.0%의 증가율로 지속적으로 증가한 것으로 조사됨



〈그림 V-24〉 견인인버터 관련 논문동향

● 주요 국가별 논문 동향

- 총 439건의 논문 중 한국 16건(3.64%), 일본 30건(6.83%), 중국 4건(0.91%), 독일 76건(17.31%), 프랑스 19건(4.33%), 미국 294건(66.97%)으로, 미국이 2/3를 차지하는 것으로 나타남



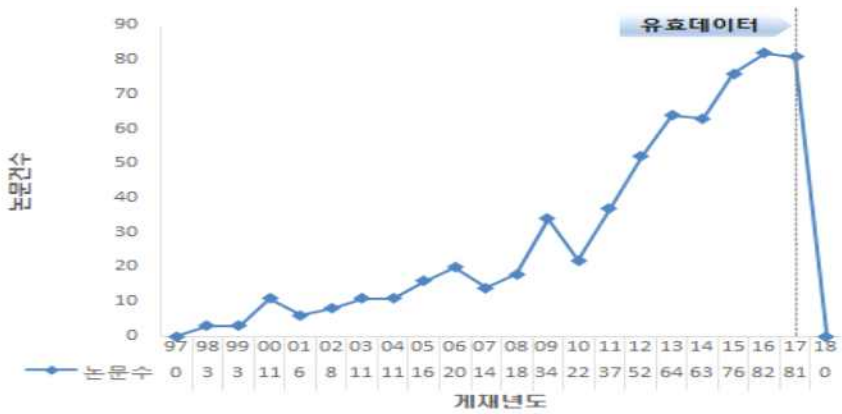
〈그림 V-25〉 견인인버터 관련 주요 국가별 논문동향

2.6 열차 집전 및 전장 부문

판토그래프

- 연도별 논문 동향

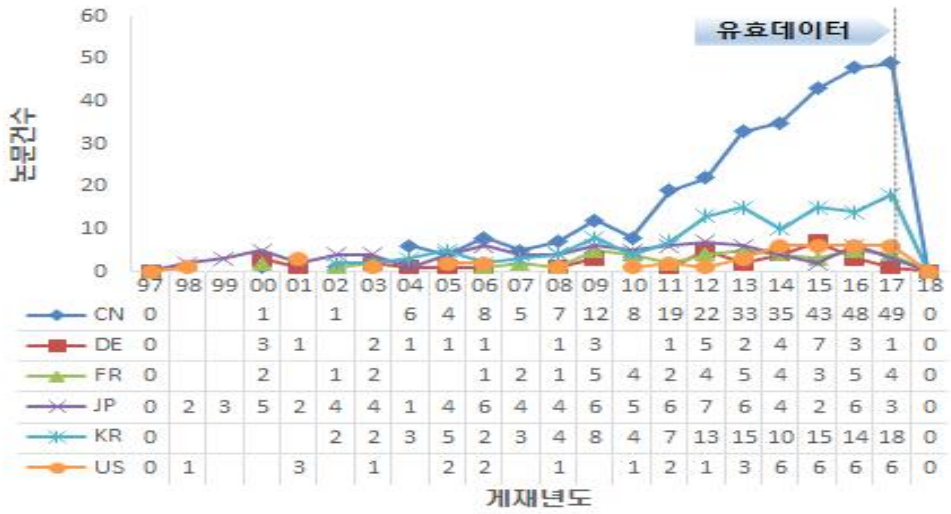
  - 판토그래프 생산 기술의 논문 출원활동은 전체적으로 증가하는 추세를 보이고 있으며, 한국은 증가 추세 하에 등락을 반복하고 있음



<그림 V-26> 판토그래프 관련 논문동향

- 주요 국가별 논문 동향

  - 판토그래프 조사기간 대상 논문 632건에 대하여 중국 논문이 301건으로 전체의 47.63%로 활발한 투고활동이 이루어지고 있음



<그림 V-27> 판토그래프 관련 주요 국가별 논문동향

변압기

● 연도별 논문 동향

- 변압기 생산 기술의 논문 출원활동은 전체적으로 증가하는 추세를 보이고 있으며, 한국은 증가 추세 하에 등락을 반복하고 있음



<그림 V-28> 변압기 관련 논문동향

● 주요 국가별 논문 동향

- 변압기 조사기간 대상 논문 1,130건 전체에 대한 각 국가의 연도별 논문동향에서, 중국 논문이 592건으로 전체의 52.39%로써 변압기 생산 시장에서 가장 활발한 투고 활동이 이루어지고 있음

- 한국의 경우 총 122건으로 전체 대비 10.80%의 비중을 차지

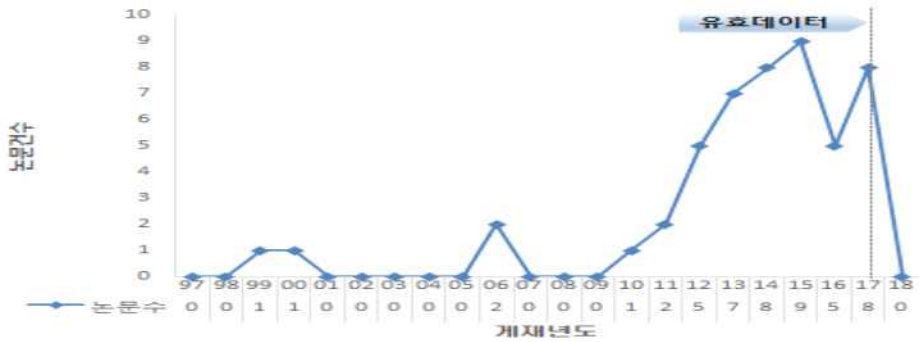


<그림 V-29> 변압기 관련 주요 국가별 논문동향

주회로차단기

연도별 논문 동향

- 주회로차단기 생산 기술의 논문 출원활동은 전체적으로 증가하는 추세를 보이고 있으며, 한국은 2012년 이후로 논문을 비교적 꾸준히 출원하고 있음



〈그림 V-30〉 주회로차단기 관련 논문동향

주요 국가별 논문 동향

- 주회로차단기 조사기간 대상 논문 49건 전체에 대한 각 국가의 연도별 논문동향에서, 미국 논문이 24건으로 전체의 48.97%로써 주회로차단기 생산 시장에서 가장 활발한 투고활동이 이루어지고 있음

- 한국의 경우 총 6건으로 전체 대비 12.24%의 비중을 차지



〈그림 V-31〉 주회로차단기 관련 주요 국가별 논문동향

보조전원장치

● 연도별 논문 동향

- 보조전원장치 생산 기술의 논문 출원활동은 전체적으로 증가하는 추세를 보이고 있으며, 한국 또한 간헐적으로 논문 출원활동을 지속하는 중

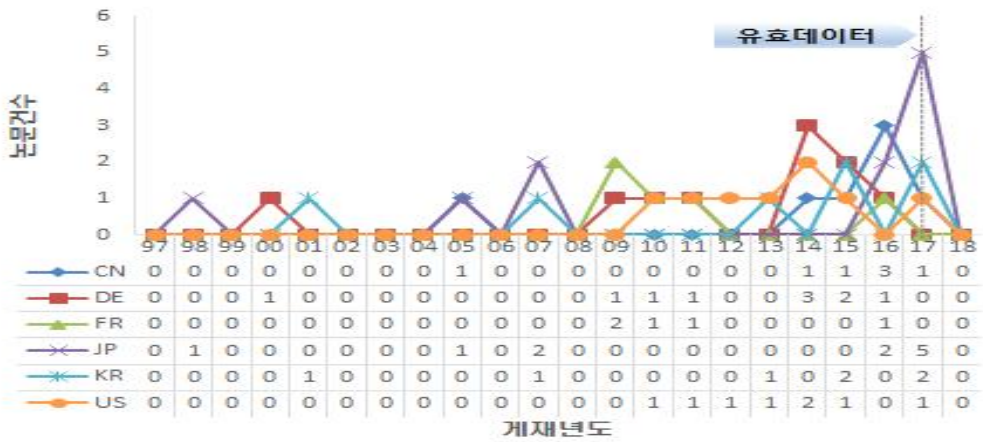


〈그림 V-32〉 보조전원장치 관련 논문동향

● 주요 국가별 논문 동향

- 보조전원장치 조사기간 대상 논문 48건 전체에 대한 각 국가의 연도별 논문동향에서, 일본 논문이 11건으로 전체의 22.91%로써 보조전원장치 생산 시장에서 가장 활발한 투고활동이 이루어지고 있음

- 한국의 경우 총 7건으로 전체 대비 14.58%의 비중을 차지



〈그림 V-33〉 보조전원장치 관련 주요 국가별 논문동향

제4절 국내·외 특허 동향분석

1. 특허 동향분석 개요

분석 목적

- 철도차량 핵심부품에 대한 특허동향을 분석함으로써 R&D 추진 방향 정립
  - 연도별, 국가별 특허동향 및 상위 출원인 분석, 기술수명주기 분석을 실시함으로써 철도차량기술 보유국의 시장 점유율을 파악
  - 객관적인 구간별 특허 분석 데이터를 기반으로 본 사업의 타당성을 마련하고 핵심부품 기술개발의 전략적 방향성 수립

특허분석 방법 및 범위

- 철도차량 장치·부품 구분에 따른 핵심부품별 키워드 및 검색리스트를 제시하고, 기술별 검색식 및 스크리닝 절차를 통해 최종 DB구축
- 조사대상은 철도차량 장치·부품 체계도 기준에 따라 논문분석 대상과 동일하게 구성
  - 철도차량 장치·부품 분류체계(대분류 6개, 중분류 12개, 소분류 15개) 기준에 따라 핵심부품군을 도출

※ 특허분석대상 핵심부품 매칭현황은 논문분석 대상과 동일하므로 논문동향 분석 대상 참조

- 본 특허분석의 범위는 1996년부터 2015년까지 출원 공개 또는 등록 특허를 대상으로 분석
  - 특허분석 범위는 특허정보의 정보 범위, 조사기간, 출원국가, 대상문헌 및 정보조사에 사용되는 특허정보 DB 내용 포함
- 본 사업 관련 부품의 특허분석을 위하여 선정된 핵심부품의 검색식은 아래와 표와 같음

<그림 V-34> 장치 · 부품 분류체계 구분에 따른 부품별 특허 검색식

No.	핵심부품 (후보과제)	특허 검색식
1	전두부	(철도* railroad* railway* 선로* 기차* train* 열차* subway* metro* locomotiv* 기관차* 메트로* 매트로*) and (hatch* 해치*) and (B61* B60*).ipc.
2	출입문	(도시철도* 지하철* metro subway underground-railway ((언더그라운드* 지하* undergroud transport* 수송* 이송* transit) near2 (rail* 레일* 래일*)) LRT 경전철* tram 트램* 노면전차* (노면* adj2 전차*)).KEY. and (출입문* 도어* 슬라이딩도어* 슬라이드도어* door sliding-door slide-door ((플러그인* 플러그-인* plug-in plugin) adj2 (sliding slide door 도어* 슬라이드* 슬라이딩*)) 탑승문*)
3	연결기	((철도* 열차* 기차* 기관차* locomotive railway rail-way railroad rail-road train rail) near2 (무선* 자동* 원격* wireless* remot* automatic*) near2 (shunting* shunt* 입환* 제어* control*))
4	냉난방기	(열차* 기차* 기관차* locomotive railway rail-way railroad rail-road train 트래인* rail 도시철도* 지하철* metro subway underground-railway ((언더그라운드* 지하* undergroud transport* 수송* 이송* transit) near2 (rail* 레일* 래일*)) LRT 경전철* tram 트램* 노면전차* (노면* adj2 전차*)).KEY. and (공조* ventilat* 공기순환* 환기* 환풍* air-conditioner 냉방* ((공기* air 에어*) adj2 (순환* 환류* circulat* conditioner cool* 쿨링* 쿨러* chiller 칠러* 칠링*))) and ((친환경냉매* 대체냉매* ((alternative environment* 친환경* 환경친화* 대체*) adj2 (냉매* refrigerant*))) OR (초소형* 소형* 컴팩트* 콤팩트* subminiature miniature "small size" compact* 경량* 초경량* ((light 라이트*) adj1 (weight* 무게*))))
5	댐퍼	(고속철도* ((고속* high-speed* rapid-transit* ((high* rapid*) adj (speed* transit*)) "high speed" "rapid transit" 빠른*) near5 (철도* railroad* railway* 선로* 기차* train* 열차* subway* metro* locomotiv* 기관차* 메트로* 매트로*))) and (((distribut* 분산* dispersion* 확산*) near10 (동력* power* 파워* traction* 힘* 파우어* 에너지* energ*)) "동력 분산" distributed-power* "distributed power" distributed-tranction* "distributed traction" 동력-분산* power-dispersion "power dispersion" 현가* suspension* 서스펜* 서스팬* 댐퍼* damp* 제진* 흡진* 완충* 댐핑*)
6	공기스프링	(고속철도* ((고속* high-speed* rapid-transit* ((high* 하이 rapid* 빠른) adj (speed* transit* 스피드* 속도*)) "high speed" "rapid transit" 빠른* 하이스피드* 하이-스피드*) near5 (철도* railroad* railway* 선로* 기차* train* 열차* subway* metro* locomotiv* 기관차* 메트로* 매트로*))) and (공기스프링* ((air 에어* 공기*) adj (스프링* spring*)) airspring* air-spring* 공기-스프링* 에어-스프링* 에어스프링* 다이어프램* diaphragm* 다이아프램* 진동막* 진동판* 격판*) and (B61* B60*).ipc.
7	기어	(열차* 기차* 기관차* locomotive railway rail-way railroad rail-road train 트래인* 트레인*) and (기어리스* gearless 기어레스* ((magnet* 마그넷* 마그네틱* 자석* 비접촉* non-contact*) adj2 (gear 기어* 추진*)))
8	동기전동기	(희토류* 히토류* (rare near2 earth)) and ((영구* 퍼머넌* 파나넌* permanent*) adj2 (자석* 마그넷* magnet*)) and ((동기* 싱크* synchro*) near2 (모터* 전동* motor*))

No.	핵심부품 (후보과제)	특허 검색식
9	제동디스크	(고속철* 고속기관차* 고속열차* 고속기차* ((고속* highspeed high-speed rapid) adj3 (철도* 열차* 기차* 기관차* locomotive railway rail-way railroad rail-road train 트래인* rail))).KEY. and (((제동* 브레이* brake braking) near3 (pad disk shoe 패드* 디스크* 슈)) 제동패드* 브레이크패드* 제동디스크* 브레이크디스크* 제동슈* 브레이크슈*)
10	열차운전 및 속도제어 (TCM/OBCS)	((((external adj core) 외장*) adj2 (type 타입*)) 외장타입* 컴팩트* 소형* 작은* 사이즈* 크기* size* compact* small* minimiz*) and (변압기* 트랜스* 도란스* 트렌스* transformer*) and (철도* 열차* 도시철도* 기차* 기관차* locomotive railway rail-way railroad rail-road train 트래인* rail 트레인* subway*)
11	견인인버터	((((external adj core) 외장*) adj2 (type 타입*)) 외장타입* 컴팩트* 소형* 작은* 사이즈* 크기* size* compact* small* minimiz*) and (변압기* 트랜스* 도란스* 트렌스* transformer*) and (철도* 열차* 도시철도* 기차* 기관차* locomotive railway rail-way railroad rail-road train 트래인* rail 트레인* subway*)
12	판토그래프	(고속철도* ((고속* high-speed* rapid-transit* ((high* 하이 rapid* 빠른) adj (speed* transit* 스피드* 속도*)) "high speed" "rapid transit" 빠른* 하이스피드* 하이-스피드*) near5 (철도* railroad* railway* 선로* 기차* train* 열차* subway* metro* locomotiv* 기관차* 메트로* 매트로*))) and (반능동* ((semi* 세미* 반 준) adj2 (activ* 액티브* 능동* 엑티브*)) semi-activ* 준능동* 반-능동* 준-능동* 판토그래프* 판토그래프* pantograph* pantagraph* 집전* 판토그라픽* 팬터그라픽* 판토그랩* 팬터그랩* 집전판*)
13	견인 변압기	(고속철도* 고속기관차* 고속열차* 고속기차* ((고속* highspeed high-speed rapid) adj3 (철도* 열차* 기차* 기관차* locomotive railway rail-way railroad rail-road train 트래인* rail 트레인*))) and (converter* 컨버터* 변압* transformer power 파워* 전력*)
14	주회로 차단시스템	(열차* 기차* 기관차* locomotive railway rail-way railroad rail-road train 트래인* rail 도시철도* 지하철* metro subway underground-railway ((언더그라운드* 지하* undergroud transport* 수송* 이송* transit) near2 (rail* 레일* 래일*)) LRT 경전철* tram 트램* 노면전차* (노면* adj2 전차*)).KEY. and ((회로* 써킷* circuit*) near6 (원격제어* 원격진단* 원격감시* 진단감시* ((원격* remote) adj2 (제어* 컨트롤* 감시* 진단* 관리* supervisory* management* control* diagnosis* observation)) telecontrol telemeter monitoring*)) and (IOT 아이오티* 사물인터넷* 인터넷* internet 지능형* 인텔리전트* 인텔리젼트* intelligent)
15	보조전원장치	(열차* 기차* 기관차* locomotive railway rail-way railroad rail-road train 트래인* rail 도시철도* 지하철* metro subway underground-railway ((언더그라운드* 지하* undergroud transport* 수송* 이송* transit) near2 (rail* 레일* 래일*)) LRT 경전철* tram 트램* 노면전차* (노면* adj2 전차*)).KEY. and (보조전원* ((보조* Auxiliary) adj2 (전원* power*)))

2. 부품분류별 특허동향 분석

2.1 차체 부문

전두부

● 연도별 특허 동향

- 전두부 관련 특허 출원 건수는 총 261건으로 2011년과 2014년에서 각 29건(11.11%)로 가장 높은 건수를 차지하는 것으로 조사

- 전두부와 관련하여 증가 추세에 있으며 2009~2011년(2년간) 특허 건수는 약 80% 급증한 것으로 조사



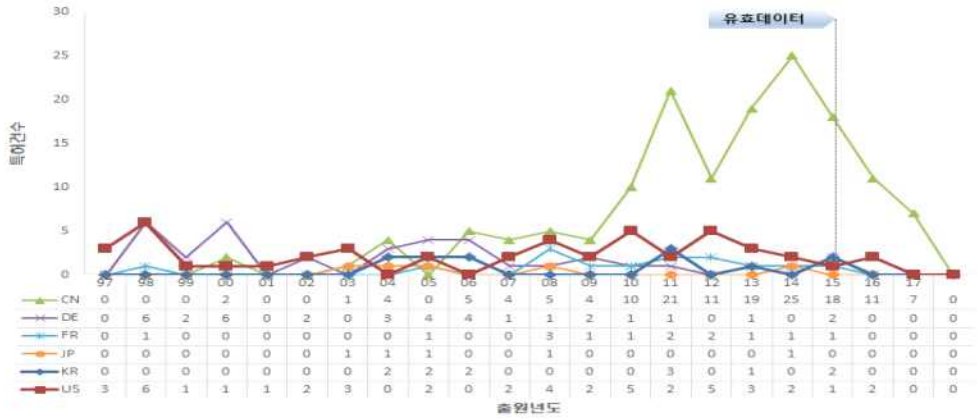
<그림 V-35> 전두부 관련 특허동향

● 주요 국가별 특허 동향

- 전두부 해치시스템의 특허 출원은 중국에서 147건(56.32%)로 가장 높은 비중을 차지하고 뒤이어 미국 47건(18.01%), 독일 36건(13.79%), 한국 12건(4.6%), 프랑스 14건(5.36%), 일본 5건(1.92%)로 조사

- 중국을 제외한 아시아 한국, 일본에서 전두부 해치시스템에 관련한 특허 출원 건수가 저조한 것으로 조사

- 중국특허의 출원건수와 출원인 수의 급격한 상승 추세인 것으로 보아 급격한 기술 개발이 진행 중인 것으로 분석



〈그림 V-36〉 전두부 관련 주요 국가별 특허동향

● 상위 출원인 분석

- 1~3구간 동안 Siemens 등의 독일 출원인이 강세를 보였으나, 4구간 들어서 중국의 CRRC가 많은 출원을 보이며 압도적인 차이로 1위를 차지하고 있으며, 본 기술분야의 경우, 다른 기술분야 대비 일본국적의 출원인의 출원량이 저조한 것으로 보임

- 한국 출원인의 경우, 한국철도연구원을 중심으로 1~3구간에서는 한국 국적의 출원인이 TOP10에 포진되어 있으나, 4구간 들어서 한국출원인이 TOP10내에 진입하지 못함

- 시장진입형 R&D 전략 수립을 통한 상대국과의 기술격차 해소 필요

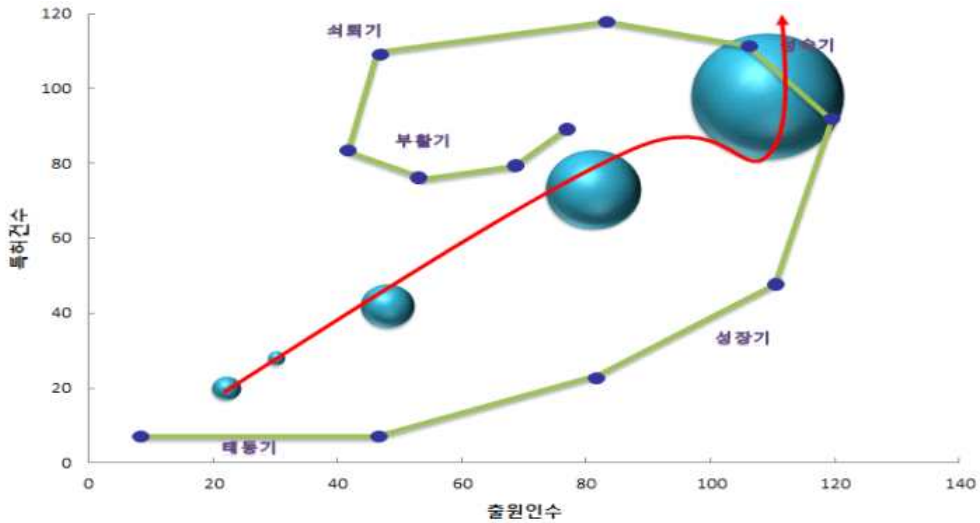
〈표 V-14〉 전두부-구간별 상위 출원인

1구간(1996~2000)				2구간(2001~2005)				3구간(2006~2010)				4구간(2011~2015)			
순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수
1	Daimler	독일	3	1	Siemens	독일	5	1	Siemens	독일	14	1	CRRC	중국	99
2	Wabtec	독일	2	2	Bombardier	캐나다	3	2	CRRC	중국	8	2	Wabtec	독일	7
3	Ireco	미국	2	3	GE	미국	3	3	GE	미국	7	3	MITSUBISHI	일본	6
4	Brose Fahrzeugteile	독일	2	4	Brose Fahrzeugteile	독일	2	4	Wabtec	독일	7	4	Bombardier	캐나다	4
5	GE	미국	2	5	Transpec	독일	2	5	Brose Fahrzeugteile	독일	2	5	VALEO	프랑스	4
6	WAGON AUTOMOTIVE	미국	2	6	한국철도기술연구원	한국	1	6	한국철도기술연구원	한국	2	6	Siemens	독일	3
7	Aerd Transportation Products	미국	2	7	HITACHI	일본	1	7	Alstom	프랑스	2	7	Voith Patent	독일	3
8	HITACHI	일본	1	8	TOSHIBA	일본	1	8	한국기계연구원	한국	2	8	ZF FRIEDRICHSHAFEN	독일	3
9	현대모비스	한국	1	9	Kawasaki	일본	1	9	MITSUBISHI	일본	1	9	Alstom	프랑스	2
10	Siemens	독일	1	10	Daimler	독일	1	10	TOSHIBA	일본	1	10	TOSHIBA	일본	1

● 기술수명주기 분석

- 전두부 기술수명주기는 1구간(1997~2000년)과 비교하였을 때 증가하는 추세로 5구간(2013~2017년)과 비교하였을 때 약 9.3배 상승

- 출원인 수의 경우 기술의 성숙기로 진입하고 있는 것으로 보아, 전두부 해치시스템에 관련한 특허 활발하게 진행 중인 것으로 분석



1구간('97~'00)			2구간('01~'04)			3구간('05~'08)			4구간('09~'12)			5구간('13~'17)		
출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수
30	28	28	22	20	48	48	42	90	81	73	163	109	98	261

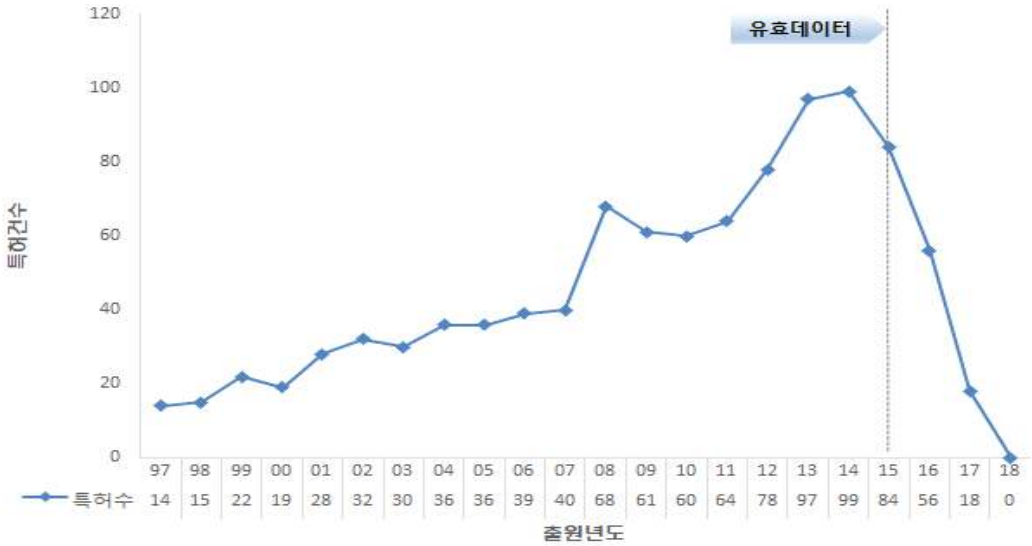
<그림 V-37> 전두부 관련 기술수명주기 동향

출입문

연도별 특허 동향

- 출입문 특허 출원 건수는 총 996건으로 조사되었으며 2008년 68건(6.83%)을 기점으로 출입문 관련 특허 건수가 급상승한 것으로 조사

- 안전성에 관련한 출입문 기술이 대두되면서 2009년 61건 이후 증가하는 추세로 안정기에 접어든 것으로 분석



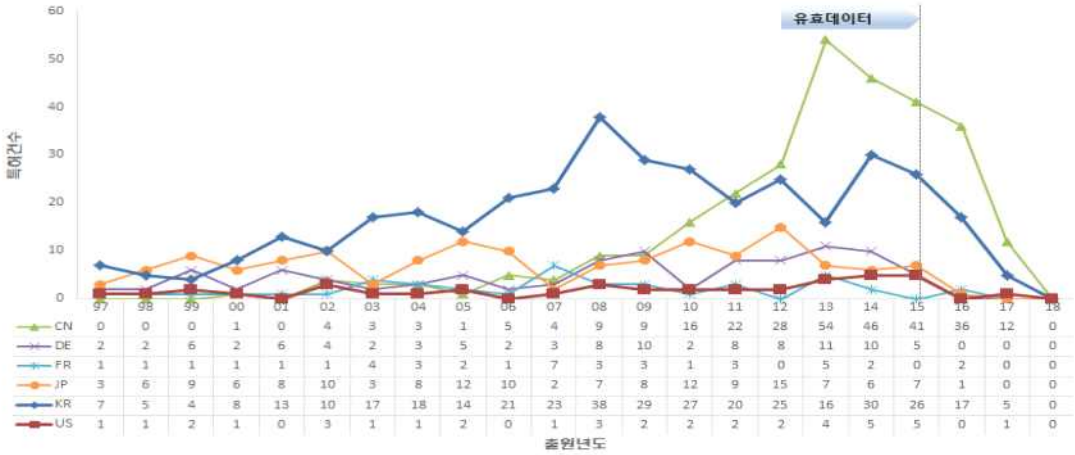
<그림 V-38> 출입문 관련 특허동향

주요 국가별 특허 동향

- 출입문 관련 특허 996건중 한국이 373건(37.45%)의 건수를 뒤이어 중국 294건(29.52%), 일본 149건(14.96%), 독일 99건(9.94%), 프랑스 42건(4.22%), 미국 39건(3.92%)이 뒤를 이음

- 아시아(중국, 일본, 한국)에서 출입문에 관련한 특허 건수가 강세를 보이는 것으로 분석

- 출입문 모듈 분석은 한국이 373건(37.45%)로 강세의 동향을 보이고 있으며 특히 2008년에는 38건으로 타 나라와 비교하였을 때 약 2배 이상의 특허를 출원하는 것으로 분석



<그림 V-39> 출입문 관련 주요 국가별 특허동향

● 상위 출원인 분석

- 전반적으로 일본국적의 출원인이 TOP10내에 많이 포진되어 강세를 보이고 있으나, Siemens, Bombardier, Alstom 등의 주요업체가 최상위권을 차지

- 다만, 4구간의 경우, 중국의 CRRC가 1위를 차지하고, 한국의 한국철도기술연구원이 5위를 차지하며 새로운 강자로 부상하고 있음

- 시장진입형 R&D 전략 수립 시, 중국과의 기술격차를 해소하고 성장 가능성이 기대되는 부품군에 해당

<표 V-15> 출입문-구간별 상위 출원인

1구간(1996~2000)				2구간(2001~2005)				3구간(2006~2010)				4구간(2011~2015)			
순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수
1	HITACHI	일본	9	1	Siemens	독일	14	1	Alstom	프랑스	21	1	CRRC	중국	75
2	Kawasaki	일본	6	2	Alstom	프랑스	12	2	Bombardier	캐나다	16	2	Siemens	독일	28
3	Siemens	독일	5	3	Kawasaki	일본	11	3	HITACHI	일본	13	3	Bombardier	캐나다	20
4	대우전자	한국	5	4	HITACHI	일본	8	4	CRRC	중국	12	4	Japan Transfort Eng.	일본	10
5	GM	미국	4	5	MITSUBISHI	일본	8	5	Siemens	독일	11	5	한국철도기술연구원	한국	9
6	Alstom	프랑스	4	6	Railway Technical Research	일본	7	6	Nippon Sharyo	일본	6	6	Alstom	프랑스	9
7	MITSUBISHI	일본	4	7	Bombardier	캐나다	7	7	Kawasaki	일본	6	7	MITSUBISHI	일본	8
8	TOSHIBA	일본	3	8	TOSHIBA	일본	2	8	Railway Technical Research	일본	5	8	Kawasaki	일본	7
9	KINKI SHARYO	일본	2	9	KINKI SHARYO	일본	1	9	MITSUBISHI	일본	5	9	KINKI SHARYO	일본	6
10	Bombardier	캐나다	2	10	Nippon Sharyo	일본	1	10	한국철도기술연구원	한국	3	10	HITACHI	일본	5

● 기술수명주기 분석

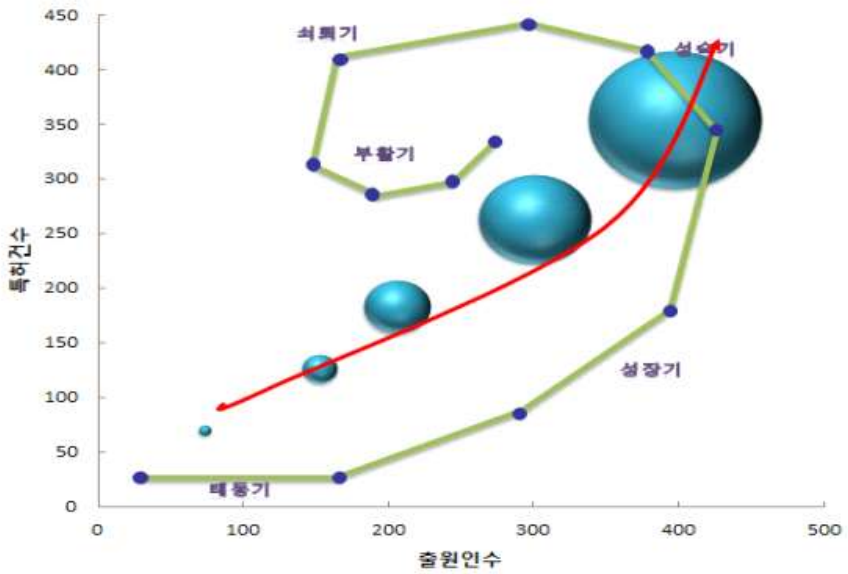
- 출입문 포트폴리오 분석 결과 출원인 수와 출원건수의 지속적인 증가인 추세로 누적 특허건수는 467건으로 조사

- 1구간(1997~2000년)과 5구간(2013~2017년) 구간을 특허 건수를 비교하였을 때, 1구간의 누적 건수인 70건과 비교하였을 때, 5구간에는 약 10배 이상 증가한 것으로 분석

- 이는 성숙기의 시기 이르고 있는 것으로 출입문에 관련한 투자와 특허 개발이 진행되고 있는 것으로 분석

- 1구간(1997~2000년)과 5구간(2013~2017년) 구간의 출원인 수를 비교한 결과 1구간 74건과 5구간 398의 출원인 수로 약 5배 이상 증가

- 관련 특허 출원과 더불어 출원인 수의 활발한 연구의 질과 양이 증가하고 있는 것으로 분석



1구간('97~'00)			2구간('01~'04)			3구간('05~'08)			4구간('09~'12)			5구간('13~'17)		
출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수
74	70	70	153	126	196	206	183	379	301	263	642	398	354	996

〈그림 V-40〉 출입문 관련 기술수명주기 동향

연결기

연도별 특허 동향

- 연결기 관련 특허는 관절장치와 입환 자동화시스템 기술을 대상으로 특허 출원건수 및 출원인 수를 조사

- 총 특허 출원건수는 769건으로 2014년 71건(9.23%)의 가장 큰 비중을 차지하고 있는 것으로 조사

- 약 2년의 주기를 가지며 특허의 출원건수가 상승하고 있으며 타 기술에 비하여 관련 특허 출원 건수의 비중이 높음



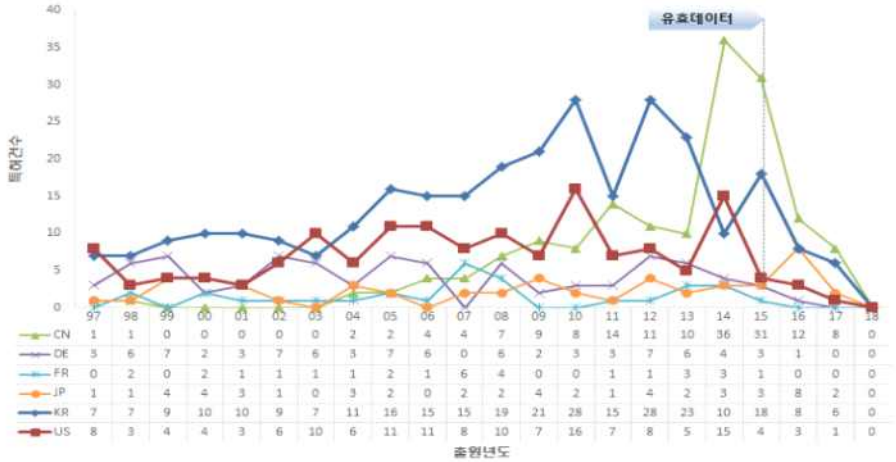
〈그림 V-41〉 연결기 관련 특허동향

주요 국가별 특허 동향

- 총 769건의 특허 출원건수 중 한국이 292건(37.97%)건으로 가장 많은 비중을 차지하고 뒤이어 중국 160건(20.81%), 미국 150건(19.51%), 독일 85건(11.05%), 프랑스 30건(3.90%)의 순으로 조사

- 한국 및 중국의 비중이 약 38%를 차지하는 것으로 보아 아시아에서 연결기 관련 특허 출원건수가 많은 것으로 분석

- 중국은 2013년 10건에서 2014년 36건으로 1년간 약 3.6배의 특허를 출원한 것으로 보아 최근 중국의 연결기관련 투자가 활발하게 이루어지고 있는 것으로 분석



〈그림 V-42〉 연결기 관련 주요 국가별 특허동향

● 상위 출원인 분석

- 전반적으로 이미 트램을 운영중인 서구권을 중심으로 출원이 진행되었으며, 특히, 프랑스의 Alstom, 독일의 Siemens, 캐나다의 Bambardier가 강세
- 3구간 들어서, 한국의 철도기술연구원, 현대엔지니어링, 현대로템이 새롭게 TOP10에 진입하여 3구간에 활발한 연구가 시작된 것으로 보여지며, 4구간에 들어서 중국의 CRRC가 다른 분야와 같이 많은 출원이 진행되며 1위를 차지
- 한국 출원인으로는 3~4구간에서 한국철도기술연구원, 현대로템, 현대엔지니어링이 TOP10에 포함되어 있어 시장진입형 R&D 추진 시 해외 시장 진출 등 성장이 기대되는 부품군에 해당

〈표 V-16〉 저상트램용 관절장치-구간별 상위 출원인

1구간(1996~2000)				2구간(2001~2005)				3구간(2006~2010)				4구간(2011~2015)			
순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수
1	Alstom	프랑스	3	1	Siemens	독일	5	1	Alstom	프랑스	14	1	CRRC	중국	24
2	Siemens	독일	3	2	Alstom	프랑스	4	2	한국철도기술연구원	한국	8	2	Alstom	프랑스	8
3	Bombardier	캐나다	3	3	RAILTECH	프랑스	3	3	Siemens	독일	4	3	한국철도기술연구원	한국	8
4	ABB	독일	3	4	STRABAG	독일	3	4	Bombardier	캐나다	3	4	Bombardier	캐나다	7
5	DWA	독일	1	5	PLASTIFORM'S	프랑스	2	5	GE	미국	2	5	GE	미국	2
6	THYSSEN KRUPP	독일	1	6	HELION	프랑스	2	6	MITSUBISHI	일본	2	6	BLUETRAM	프랑스	2
7	Folsom Metal Products	미국	1	7	EDILON SEDRA GMBH	독일	1	7	CRRC	중국	1	7	Siemens	독일	2
8	Spedition Kübler GmbH	독일	1	8	Schaeffler	독일	1	8	현대엔지니어링	한국	1	8	현대로템	한국	2
9	Schaeffler	독일	1	9	Dresdner Verkehrsbetriebe	독일	1	9	현대로템	한국	1	9	MITSUBISHI	일본	1
10	Pfleiderer Infrastrukturtechnik	독일	1	10	MAURER FRIEDRICH SOEHNE	독일	1	10	Wirthwein AG	독일	1	10	NANJING UNIV	중국	1

- 한국철도기술연구원은 1구간에서 10위(1건), 2구간에서 2위(10건), 3구간에서 2위(11건), 4구간에서 2위(21)로 입환 자동화 시스템 분야에서 랭킹 2위를 유지하고 있으며 출원건도 꾸준히 상승하는 경향을 보임

- 미국의 GE는 2구간과 3구간에서 각각 19건, 20건으로 가장 많이 출원

- 4구간에서는 중국의 CRRC가 31건의 출원건으로 다른 출원인보다 상대적으로 많은 건을 출원하였으며, 이는 CRRC가 최근들어 입환 자동화 시스템 분야에 기술개발 활동을 많이 하고 있는 것으로 보여짐

- 국내의 경우, 최근 해당 부품에 대한 기술력을 점차 확보함에 따라 미래 잠재시장 선점을 위한 미래시장 선도형 R&D 추진 필요

<표 V-17> 입환 자동화 시스템-구간별 상위 출원인

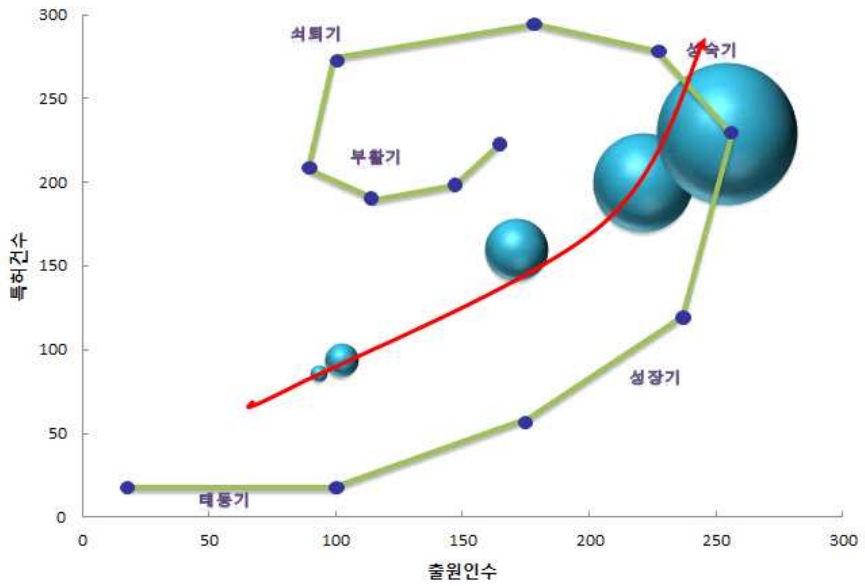
1구간(1996~2000)				2구간(2001~2005)				3구간(2006~2010)				4구간(2011~2015)			
순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수
1	HITACHI	일본	9	1	GE	미국	19	1	GE	미국	20	1	CRRC	중국	31
2	LS산전	한국	5	2	한국철도기술연구원	한국	10	2	한국철도기술연구원	한국	11	2	한국철도기술연구원	한국	21
3	Railway Technical Research	일본	3	3	HITACHI	일본	7	3	Siemens	독일	9	3	Siemens	독일	17
4	DAIMLER	독일	3	4	샬롬엔지니어링	한국	5	4	MTU	독일	8	4	현대로템	한국	9
5	Lohr	프랑스	3	5	Siemens	독일	5	5	MITSUBISHI	일본	6	5	GE	미국	8
6	Siemens	독일	3	6	신우이엔지	한국	4	6	TOSHIBA	일본	6	6	MITSUBISHI	일본	5
7	GE	미국	2	7	New York Air Brake	미국	3	7	현대로템	한국	5	7	HITACHI	일본	4
8	TOSHIBA	일본	1	8	Control Chief	미국	3	8	현대중공업	한국	4	8	샬롬엔지니어링	한국	3
9	Wabtec	미국	1	9	LS산전	한국	2	9	New York Air Brake	미국	4	9	Railway Technical Research	일본	3
10	한국철도기술연구원	한국	1	10	Railway Technical Research	일본	2	10	HITACHI	일본	3	10	서울메트로	한국	3

● 기술수명주기 분석

- 연결기 기술수명주기는 1구간(1997~2000년)과 비교하였을 때 증가하는 추세로 5구간(2013~2017년)과 비교하였을 때 특허 출원건수는 약 9배 상승한 것으로 조사

- 기술수명주기의 2~3구간의 급상승한 추세로 보아 성숙기 이전의 단계로 연결기에 관련한 특허 개발이 활발하게 이루어지는 것으로 분석

- 성장기에 해당하는 2구간(2011~2004년)에서 3구간(2005~2008년)의 출원인 수는 102명에서 171명으로 약 2배 이상의 증가 추세를 보임



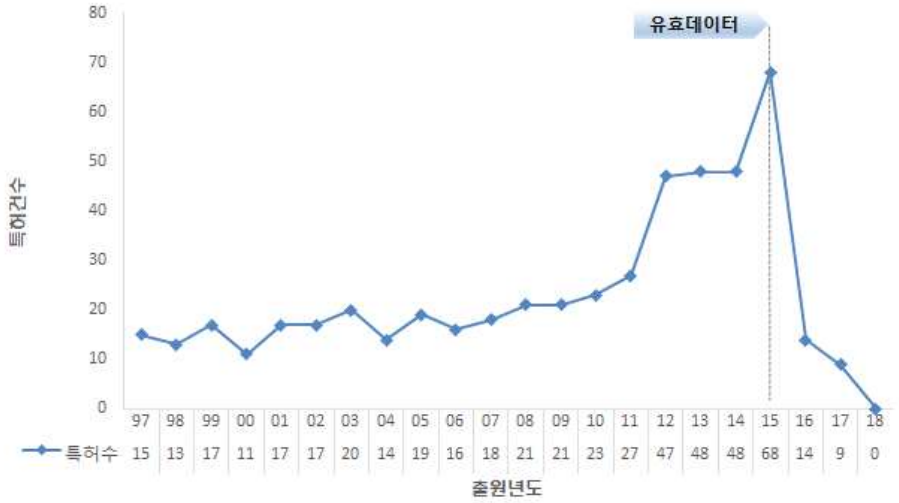
1구간('97~'00)			2구간('01~'04)			3구간('05~'08)			4구간('09~'12)			5구간('13~'17)		
출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수
93	86	86	102	94	180	171	160	340	221	200	540	254	229	769

<그림 V-43> 연결기 관련 기술수명주기 동향

냉난방기

연도별 특허 동향

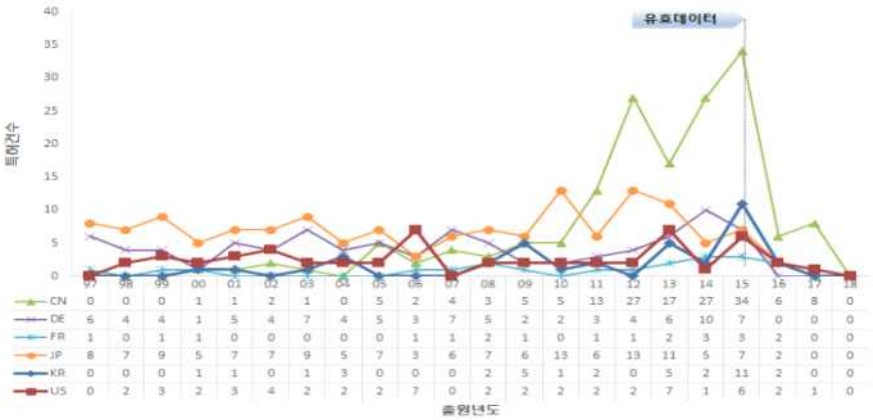
- 냉난방기 기술과 관련하여 공조시스템기술 및 냉각팬 기술을 포함하여 연도별 특허 출원 건수를 대상으로 분석
- 총 관련 특허 출원건수는 503건으로 2011년 27건(5.37%) 이후부터 2012년 47건(9.34%)의 급격한 상승 추세를 보임
- 냉난방기 관련 2015년 68건(13.52%)로 가장 많은 비중을 차지하는 것으로 조사



<그림 V-44> 냉난방기 관련 특허동향

주요 국가별 특허 동향

- 총 503건의 특허 중 중국 161건(32.01%)로 가장 많은 비중을 차지하고 있으며, 뒤이어 일본 143건(28.43%), 독일 89건(17.69%), 미국 54건(10.74%), 한국 36건(7.16%), 프랑스 20건(3.98%)의 순으로 조사



<그림 V-45> 냉난방기 관련 주요 국가별 특허동향

- 중국 및 일본 주요 아시아에서 선두로 냉난방기 관련 특허 출원이 이루어지고 있으며, 냉난방기 특허 건수는 아시아권 비중이 50% 이상 차지하1고 있는 것으로 분석

● 상위 출원인 분석

- 전반적으로 일본이 강세를 보이고 있으며 그 중 Hitachi는 1구간에서 3구간까지 1위를 차지하였으나, 4구간에서 중국의 CRRC의 활발한 특허출원 활동으로 3위를 차지하며 약간의 하락세를 보임

- 다만, 4구간 중국의 CRRC를 제외한 구간별 1~3위를 Hitachi, Mitsubishi, Nippon sharyo 등의 일본 출원인이 차지

- 한국 출원인으로는 2구간에서 1개(한국철도기술연구원), 3구간에서 1개(한국철도기술연구원)가 있으며, 다른 기술 분야에 비해 한국 출원인의 활동이 저조함에 따라 시장진입형 R&D 추진 전략 수립 마련 필요

〈표 V-18〉 공조시스템-구간별 상위 출원인

1구간(1996~2000)				2구간(2001~2005)				3구간(2006~2010)				4구간(2011~2015)			
순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수
1	HITACHI	일본	24	1	HITACHI	일본	22	1	HITACHI	일본	10	1	CRRC	중국	72
2	MITSUBISHI	일본	4	2	Kawasaki	일본	4	2	MITSUBISHI	일본	7	2	MITSUBISHI	일본	16
3	Kawasaki	일본	3	3	Nippon Sharyo	일본	4	3	Nippon Sharyo	일본	6	3	HITACHI	일본	12
4	DAIMLER	독일	2	4	MITSUBISHI	일본	3	4	Alstom	프랑스	4	4	TOSHIBA	일본	8
5	Nippon Sharyo	일본	2	5	CRRC	중국	2	5	Bombardier	캐나다	3	5	Nippon Sharyo	일본	8
6	TOSHIBA	일본	1	6	Siemens	독일	2	6	KINKI SHARYO	일본	2	6	Siemens	독일	8
7	CENTRAL JAPAN RAILWAY	일본	1	7	Alstom	프랑스	2	7	TOSHIBA	일본	2	7	Kawasaki	일본	5
8	WABCO	독일	1	8	Bombardier	캐나다	2	8	CRRC	중국	1	8	Bombardier	캐나다	5
9	GE	미국	1	9	한국철도기술연구원	한국	1	9	Kawasaki	일본	1	9	Japan Transfort Eng.	일본	2
10	KINKI SHARYO	일본	1	10	TOSHIBA	일본	1	10	한국철도기술 연구원	한국	1	10	Alstom	프랑스	2

- 독일의 Siemens, 프랑스의 Alstom, 미국의 GE 등이 전반적으로 많은 출원량을 보이고 있었으나, 4구간에 들어서 중국의 CRRC 및 한국의 한국철도연구원의 약진으로 4구간의 순위를 내주었음

- 한국 출원인으로는 한국철도기술연구원이 4구간에서, 한국기계연구원이 3구간에서 Top10에 포함되어 있음

- 시장진입형 R&D 추진 전략 수립 시 성장이 기대되는 부품임

<표 V-19> 냉각팬 시스템-구간별 상위 출원인

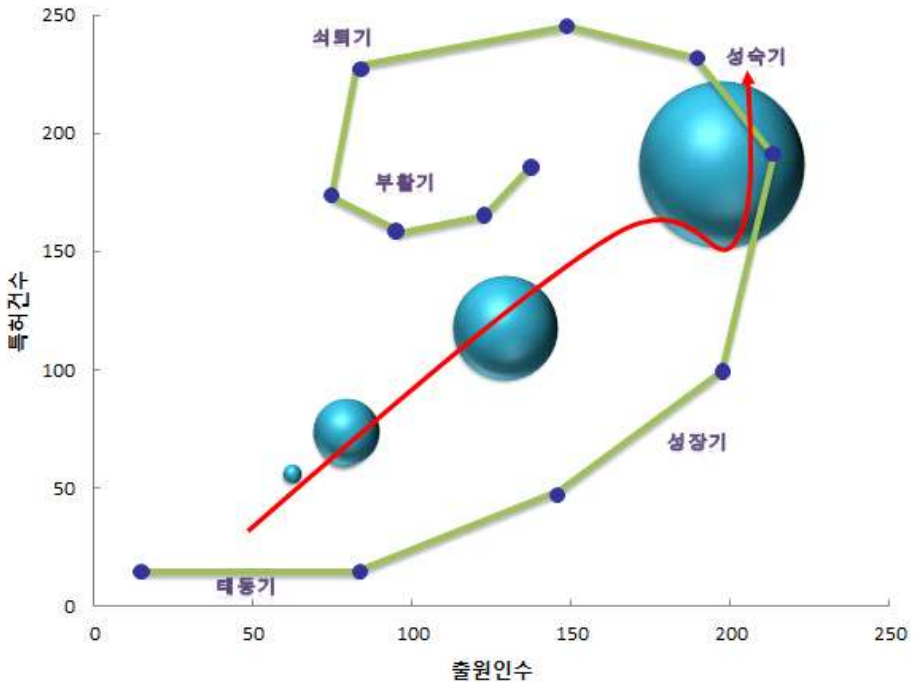
1구간(1996~2000)				2구간(2001~2005)				3구간(2006~2010)				4구간(2011~2015)			
순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수
1	KNORR BREMSE	독일	2	1	Siemens	독일	6	1	Siemens	독일	12	1	CRRC	중국	80
2	Alstom	프랑스	1	2	GE	미국	5	2	Bombardier	캐나다	6	2	한국철도기술연구원	한국	12
3	HITACHI	일본	1	3	Voith Turbo	독일	4	3	TOSHIBA	일본	3	3	Siemens	독일	11
4	Voith Turbo	독일	1	4	Alstom	프랑스	3	4	Alstom	프랑스	3	4	TOSHIBA	일본	5
5	GE	미국	1	5	Bombardier	캐나다	2	5	GE	미국	3	5	Bombardier	캐나다	5
6	Pierburg AG	미국	1	6	TOSHIBA	일본	3	6	MITSUBISHI	일본	3	6	VALEO	프랑스	4
7	Railway Technical Research	일본	1	7	CRRC	중국	1	7	Voith Patent	독일	2	7	Alstom	프랑스	4
8	TEMIC Automotive Electric Motors GmbH	독일	1	8	BERU	독일	1	8	CRRC	중국	2	8	HITACHI	일본	3
9	System Antriebstechnik Dresden GmbH	독일	1	9	HITACHI	일본	1	9	HITACHI	일본	2	9	ZF FRIEDRICHSHAFEN	독일	3
10	LEISTRITZ AG	독일	1	10	Daimler	독일	1	10	한국기계연구원	한국	2	10	MITSUBISHI	일본	3

● 기술수명주기 분석

- 특허 출원 누적건수는 총 503건으로 1구간(1997~2000년)의 특허건수 56건보다 약 9배 상승한 것으로 조사

- 출원인 수는 3구간(2005~2008년) 79건에서 4구간(2009~2012년)에 129건으로 급격한 증가의 추세를 보임

- 성장기 형태의 기술수명주기를 보이고있으며, 중국 및 일본 아시아권에서 주도적으로 선도하는 것으로 분석



1구간('97~'00)			2구간('01~'04)			3구간('05~'08)			4구간('09~'12)			5구간('13~'17)		
출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수
62	56	56	78	68	124	79	74	198	129	118	316	197	187	503

<그림 V-46> 냉난방기 관련 기술수명주기 동향

2.2 대차 부문

댐퍼

- 연도별 특허 동향

  - 댐퍼 관련 특허 출원 건수는 총 518건으로, 최근 2014년 61건(11.78%)으로 가장 높은 비중을 차지하는 것으로 조사

  - 1997~2015년까지 연평균 13.1%의 증가율을 보이며 댐퍼 관련 특허출원은 증가 추세를 보임



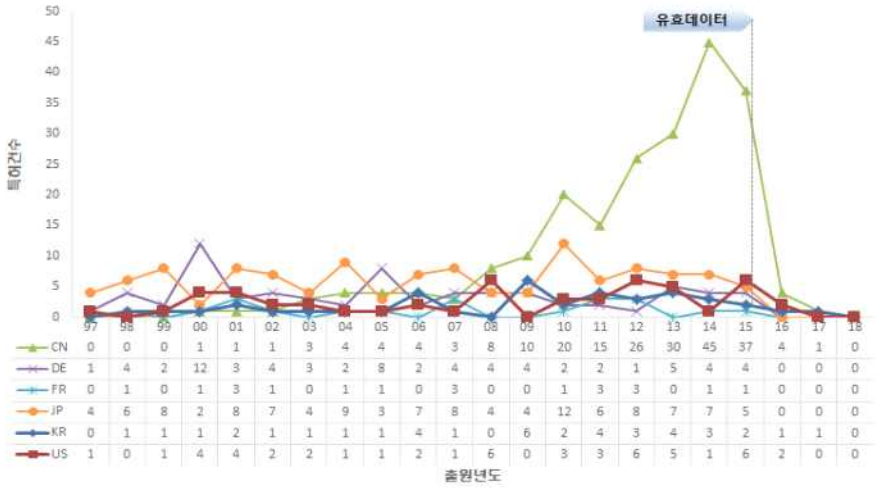
<그림 V-47> 댐퍼 관련 특허동향

- 주요 국가별 특허 동향

  - 총 518건의 특허 건수 중 중국은 217건(41.89%)으로 가장 많은 비중을 차지하고 있으며, 뒤이어 일본 119건(22.97%), 독일 71건(13.71%), 미국 51건(9.87%)의 순으로 조사

  - 연도별 특허동향과 유사하게 2014년에 중국과 일본의 급격한 특허 출원으로 인하여 총 61건의 특허를 출원

  - 아시아의 활발한 특허 출원과 비교하였을 때 유럽(독일 및 프랑스)의 경우, 약 17%의 낮은 비중의 특허를 출시한 것으로 분석



〈그림 V-48〉 댐퍼 관련 주요 국가별 특허동향

● 상위 출원인 분석

- 1~2 구간의 경우, Siemens, Alstom Bombardier, Hitachi 등의 글로벌 철도차량 주요업체가 상위권을 유지하고 있었으나, CRRC가 3구간에서 등장 후, 3~4구간의 최다 출원인의 위치를 선점

- 한국철도기술연구원의 경우, 2구간에서 9위, 3구간에서 8위, 4구간에서 6위를 차지하며 꾸준한 상승세를 보이고 있음에 따라 시장진입형 전략 수립을 통해 상위국과의 기술 격차 해소 필요

〈표 V-20〉 댐퍼-구간별 상위 출원인

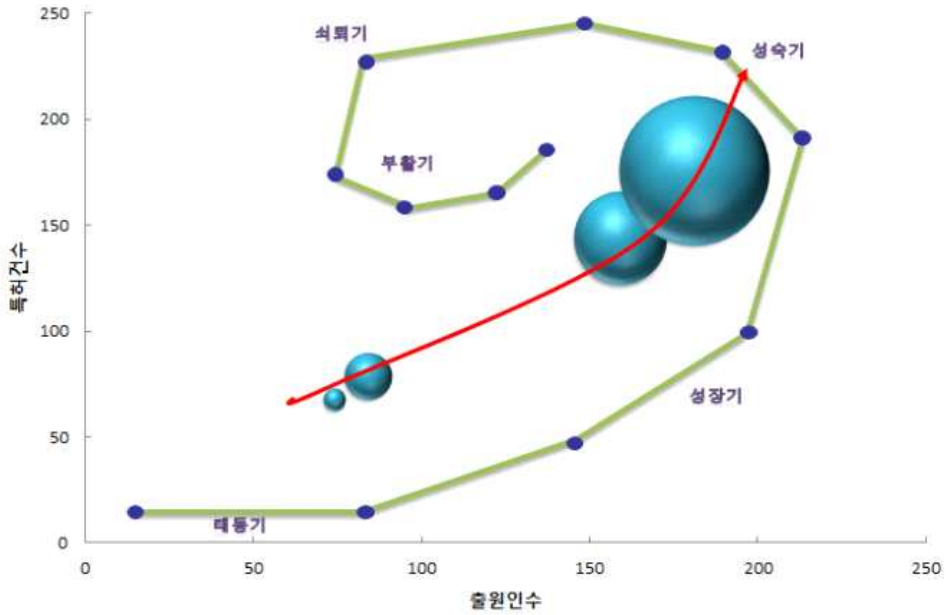
1구간(1996~2000)				2구간(2001~2005)				3구간(2006~2010)				4구간(2011~2015)			
순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수
1	Siemens	독일	10	1	Siemens	독일	16	1	CRRC	중국	27	1	CRRC	중국	131
2	Alstom	프랑스	8	2	Bombardier	캐나다	12	2	Alstom	프랑스	17	2	Bombardier	캐나다	20
3	HITACHI	일본	7	3	Alstom	프랑스	11	3	Bombardier	캐나다	15	3	Alstom	프랑스	13
4	Nippon Sharyo	일본	6	4	HITACHI	일본	9	4	Nippon Sharyo	일본	9	4	Siemens	독일	11
5	Bombardier	캐나다	6	5	Nippon Sharyo	일본	9	5	Siemens	독일	7	5	HITACHI	일본	11
6	MITSUBISHI	일본	5	6	Railway Technical Research	일본	6	6	Railway Technical Research	일본	7	6	한국철도기술연구원	한국	9
7	Railway Technical Research	일본	5	7	CRRC	중국	4	7	HITACHI	일본	6	7	Railway Technical Research	일본	7
8	TOSHIBA	일본	3	8	Kawasaki	일본	4	8	한국철도기술연구원	한국	5	8	Nippon Sharyo	일본	7
9	한국기계연구원	한국	1	9	한국철도기술연구원	한국	3	9	Kawasaki	일본	5	9	KINKI SHARYO	일본	4
10	CENTRAL JAPAN RAILWAY	일본	1	10	KINKI SHARYO	일본	2	10	GE	미국	4	10	MITSUBISHI	일본	4

● 기술수명주기 분석

- 댐퍼의 기술수명주기는 5구간(2013~2017년)에서 출원인 수 181명, 1구간(1997~2000년)의 출원인 수 60명과 비교 시, 33%의 차이를 보임

- 댐퍼의 기술수명주기는 5구간(2013~2017년)에서 특허건수 176건으로 1구간(1997~2000년)의 특허건수 51건과 비교 시, 29%의 구간별 차이를 보임

- 현재 댐퍼관련 기술은 성장기에서 성숙기로 넘어가는 단계로, 유효특허인 2015년 이후 기술개발의 방향성이 두드러질 것으로 분석



1구간('97~'00)			2구간('01~'04)			3구간('05~'08)			4구간('09~'12)			5구간('13~'17)		
출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수
60	51	51	74	68	119	84	79	198	159	144	342	181	176	518

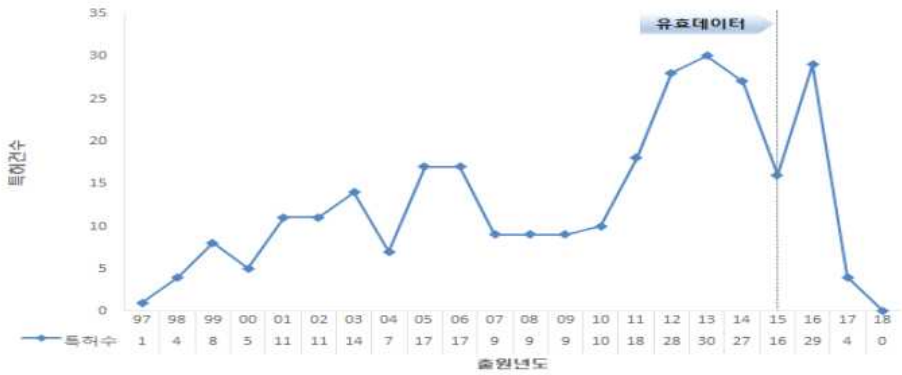
<그림 V-49> 댐퍼 관련 기술수명주기 동향

공기스프링

연도별 특허 동향

- 공기스프링 관련 특허는 총 284건으로 조사되었으며, 2013년 30건(10.56%)에서 급격한 특허의 출원이 이루어진 것으로 조사

- 2014년 27건(9.51%)로 특허의 출원이 하락한 형태의 모습으로 보이나 전체적으로 공기스프링에 관련하여 특허는 증가 추세인 것으로 분석

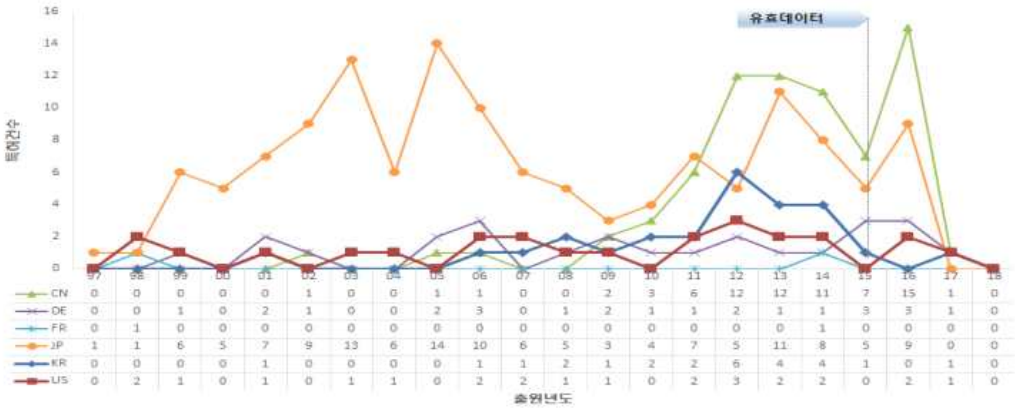


〈그림 V-50〉 공기스프링 관련 특허동향

주요 국가별 특허 동향

- 총 284건의 특허에서 일본 135건(47.54%)의 가장 많은 비중을 차지하고 있고 뒤이어 중국 72건(25.35%), 한국 26건(9.15%)로 주를 이룸

- 일본, 중국, 한국 아시아권에서 공기스프링과 관련한 특허가 주를 이루고 있는 것으로 분석되었으며 반면 유럽권 독일 및 프랑스에서는 약 9%의 비중 차지



〈그림 V-51〉 공기스프링 관련 주요 국가별 특허동향

● 상위 출원인 분석

- Hitach, RTR, Kawasaki 중공업 등의 일본업체의 강세가 1~3구간까지 지속되다 중국의 CRRC가 4구간에서 많은 출원량을 보이며 1위를 차지

- 중국의 CRRC가 1위를 차지하였지만, 일본 출원인의 강세는 4구간에서도 이어져 2~4위의 출원인이 일본 국적의 출원인으로 구성되어 있으며, 한국 국적의 출원인은 4구간에 들어서 한국철도 기술연구원과 현대로템이 TOP10 내에 진입

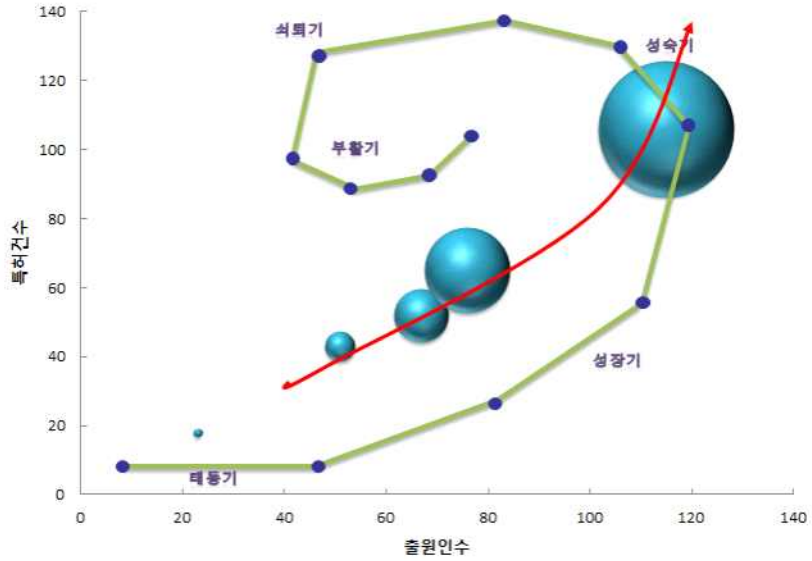
- 시장진입형 R&D 전략 수립 시, 시장 성장 가능성이 기대되는 부품에 해당

〈표 V-21〉 공기스프링-구간별 상위 출원인

1구간(1996~2000)				2구간(2001~2005)				3구간(2006~2010)				4구간(2011~2015)			
순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수
1	HITACHI	일본	8	1	HITACHI	일본	20	1	Railway Technical Research	일본	17	1	CRRC	중국	42
2	Nippon Sharyo	일본	5	2	Nippon Sharyo	일본	9	2	Kawasaki	일본	5	2	Nippon Sharyo	일본	17
3	Railway Technical Research	일본	4	3	Kawasaki	일본	7	3	Nippon Sharyo	일본	5	3	Kawasaki	일본	11
4	Kawasaki	일본	2	4	CENTRAL JAPAN RAILWAY	일본	7	4	Siemens	독일	4	4	Railway Technical Research	일본	6
5	Alstom	프랑스	2	5	Railway Technical Research	일본	4	5	CRRC	중국	4	5	Siemens	독일	6
6	Bombardier	캐나다	1	6	KINKI SHARYO	일본	2	6	HITACHI	일본	4	6	HITACHI	일본	4
7	대우중공업	한국	1	7	Bombardier	캐나다	2	7	Automotive Technologies International	독일	3	7	한국철도기술연구원	한국	4
8	TOSHIBA	일본	1	8	EAST JAPAN RAILWAY	일본	2	8	HOKKAIDO RAILWAY	일본	3	8	Bombardier	캐나다	3
9	한국기계연구원	한국	1	9	Siemens	독일	2	9	Alstom	프랑스	3	9	현대로템	한국	1
10	MITSUBISHI	일본	1	10	MITSUBISHI	일본	1	10	TOSHIBA	일본	3	10	Alstom	프랑스	1

● 기술수명주기 분석

- 포트폴리오 분석을 통하여 3구간(2005~2009년)에서 성장기의 모습을 보이며, 이후 4구간(2009~2012년)에서는 성숙기에 해당하는 것으로 조사



1구간('97~'00)			2구간('01~'04)			3구간('05~'08)			4구간('09~'12)			5구간('13~'17)		
출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수
23	18	18	51	43	61	67	52	113	76	65	178	115	106	284

〈그림 V-52〉 공기스프링 관련 기술수명주기 동향

기어

- 연도별 특허 동향

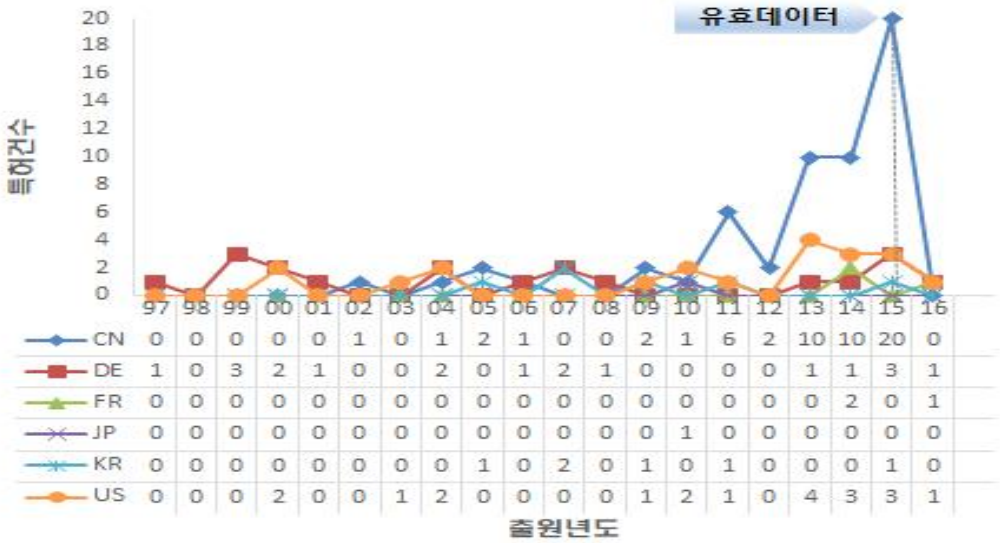
  - 총 출원특허 건수는 105건으로 1997년부터 2015년까지 연평균 17.9%의 증가율로 지속적으로 증가하고 있는 것으로 분석



<그림 V-53> 기어 관련 특허동향

- 주요 국가별 특허 동향

  - 총 105건의 특허 중 한국 6건(5.71%), 일본 1건(0.95%), 중국 56건(53.33%), 독일 19건(18.10%), 프랑스 3건(2.86%), 미국 20건(19.05%)인 것으로 나타남



<그림 V-54> 기어 관련 주요 국가별 특허동향

● 상위 출원인 분석

- 중국 출원인인 CRRC는 4구간에서 45건의 출원으로 랭킹 1위를 차지함
- 한국 출원인으로는 3구간에서 1개(한국기계연구원), 4구간에서 1개(한국기계연구원)를 차지하고 있어 단기적 시장선점은 어려운 부품군에 해당
- 최근 구간별 출원 특성상 높은 순위에 해당되는 등 기술력은 일부 보유하고 있음에 따라 미래 지향적 차원에서 미래시장 선도형 R&D 전략 추진 필요

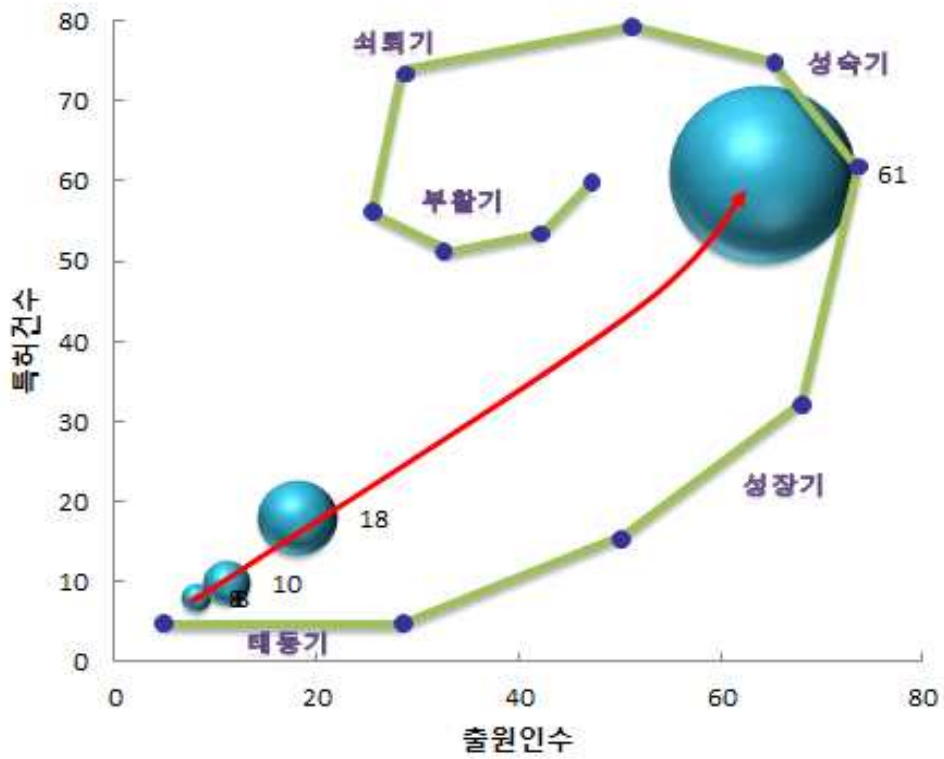
<표 V-22> 기어-구간별 상위 출원인

1구간(1996~2000)				2구간(2001~2005)				3구간(2006~2010)				4구간(2011~2015)			
순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수
1	KNORR BREMSE	독일	1	1	Simens	독일	4	1	Simens	독일	4	1	CRRC	중국	45
2	Alstom	프랑스	1	2	GE	미국	2	2	한국기계연구원	한국	2	2	VALEO	프랑스	4
3	Railway Technical Research	일본	1	3	Bomgardier	캐나다	1	3	Wabtec	미국	1	3	MITSUBISHI	일본	3
4	GE	미국	1	4	DAIMLER	독일	1	4	GE	미국	1	4	ZF	독일	2
5	BOSCH	독일	1	5	HITACHI	일본	1	5	CRRC	중국	1	5	Siemens	독일	2
6	Nippon Sharyo	일본	1	6	KNORR BREMSE	독일	1	6	MITSUBISHI	일본	1	6	KRONES	독일	1
7	BERU	독일	1	7	MITSUBISHI	일본	1	7	BERU	독일	1	7	EATON	아일랜드	1
8	Kawasaki	일본	1	8	Railway Technical Research	일본	1	8	Railway Technical Research	일본	1	8	Schaeffler	독일	1
9	Lohr	프랑스	1	9	BERU	독일	1	9	Tianli Railway Locomotive	중국	1	9	TOSHIBA	일본	1
10	wabtec	미국	1	10	DENSO	일본	1	10	Compact Dynamics	독일	1	10	한국기계연구원	한국	1

● 기술수명주기 분석

- 기어 관련 기술수명주기를 살펴보면 2016년 누적 논문건수는 105건으로 2000년 대비 97건 증가한 것으로 조사됨

- 기어 관련 기술수명주기에 대입하여 살펴보면 성숙기 단계에 돌입한 것으로 나타남



1구간('97~'00)			2구간('01~'04)			3구간('05~'08)			4구간('09~'12)			5구간('13~'17)		
출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수
8	8	8	8	8	16	11	10	26	18	18	44	64	61	105

<그림 V-55> 기어 관련 기술수명주기 동향

2.3 열차 추진장비 부문

동기전동기

- 연도별 특허 동향

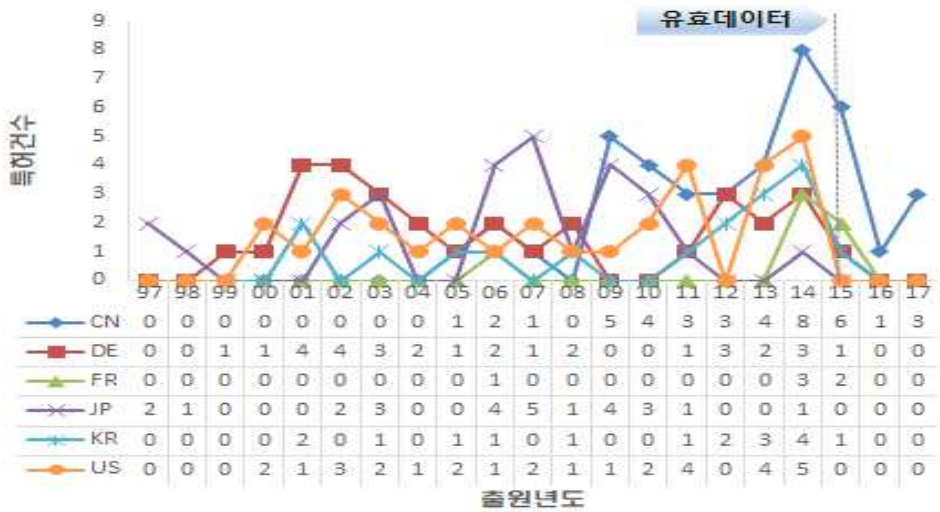
  - 총 출원특허 건수는 153건으로 1997년부터 증가와 감소를 반복하였으며, 2014년 전년대비 85%로 급증함



<그림 V-56> 동기전동기 관련 특허동향

- 주요 국가별 특허 동향

  - 총 153건의 특허 중 한국 17건(11.11%), 일본 27건(17.65%), 중국 41건(26.80%), 독일 31건(20.26%), 프랑스 6건(3.92%), 미국 31건(20.26%)인 것으로 나타남



<그림 V-57> 동기전동기 관련 주요 국가별 특허동향

● 상위출원인 분석

- 전반적으로 일본이 강세를 보이고 있으며 그 중 Railway Technical Research는 1~3 구간에서 랭킹 3위 안에 꾸준히 유지 했지만, 4구간에서는 상위 출원인을 유지하지 못함

- 독일의 Siemens는 1구간에서 6위(1건), 2구간에서 1위(6건), 3구간에서 5위(2건), 4구간에서 6위(3건)로 순위는 변동이 있으나 전 구간에 걸쳐 꾸준히 출원하는 경향을 보임

- 한국 출원인으로는 4구간에서 1개(전자부품연구원)가 출원되어 상대국에 비해 연구활동이 미진한 상태이나 최근 보유한 기술력을 바탕으로 미래시장 선점을 위한 미래시장 선도형 R&D 추진 필요

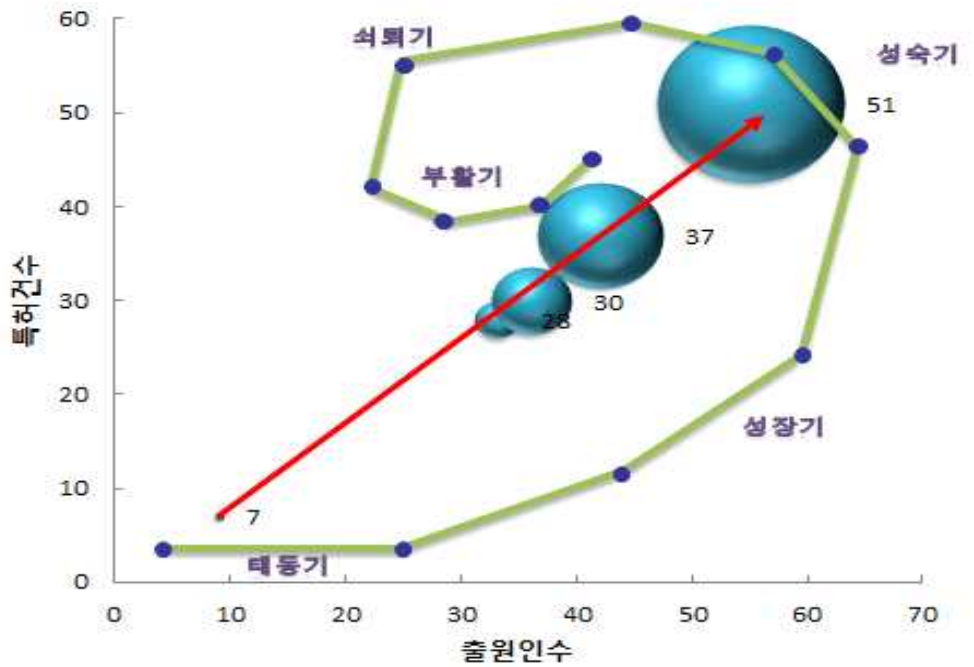
〈표 V-23〉 동기전동기-구간별 상위 출원인

1구간(1996~2000)				2구간(2001~2005)				3구간(2006~2010)				4구간(2011~2015)			
순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수
1	Railway Technical Research	일본	2	1	Siemens	독일	6	1	TOSHIBA	일본	10	1	Brose Fahrzeugteile	독일	5
2	Reliance Electric	일본	1	2	MATSUSHITA	일본	4	2	HITACHI	일본	7	2	Alstom	프랑스	4
3	HITACHI	일본	1	3	Railway Technical Research	일본	4	3	MITSUBISHI	일본	4	3	전자부품연구원	한국	4
4	MATSUSHITA	일본	1	4	DENSO	일본	3	4	Railway Technical Research	일본	3	4	CRRC	중국	4
5	GE	미국	1	5	Reliance Electric	일본	2	5	Siemens	독일	2	5	HITACHI	일본	3
6	Siemens	독일	1	6	SEW-EURODRIVE	독일	2	6	Kawasaki	일본	1	6	Siemens	독일	3
7	Bombardier	캐나다	1	7	ROTEK	독일	1	7	MATSUSHITA	일본	1	7	Bombardier	캐나다	2
8	SANYO ELECTRIC	일본	1	8	KSB	독일	1	8	Alstom	프랑스	1	8	DENSO	일본	2
9	TOSHIBA	일본	1	9	HITACHI	일본	1	9	GE	미국	1	9	GE	미국	2
10	MITSUBISHI	일본	1	10	MITSUBISHI	일본	1	10	Schaeffler	독일	1	10	MITSUBISHI	일본	2

● 기술수명주기 분석

- 동기전동기 관련 기술수명주기를 살펴보면 2017년 누적 논문건수는 153건으로 2000년 대비 146건 증가한 것으로 조사됨

- 동기전동기 관련 기술수명주기에 대입하여 살펴보면 성숙기 단계에 돌입한 것으로 나타남



1구간('97~'00)			2구간('01~'04)			3구간('05~'08)			4구간('09~'12)			5구간('13~'17)		
출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수
9	7	7	33	28	35	36	30	65	42	37	102	55	51	153

〈그림 V-58〉 동기전동기 관련 기술수명주기 동향

2.4 열차 제동장치 부문

제동디스크

- 연도별 특허 동향

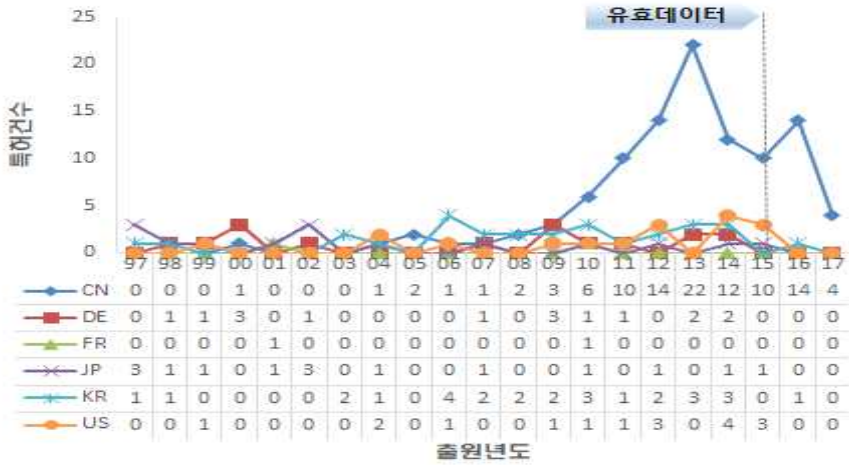
  - 총 출원특허 건수는 181건으로 1997년부터 2013년까지 꾸준히 증가하였으나, 최근 감소하는 추세임



〈그림 V-59〉 제동디스크 관련 특허동향

- 주요 국가별 특허 동향

  - 총 181건의 특허 중 한국 28건(15.47%), 일본 15건(8.29%), 중국 103건(56.91%), 독일 16건(8.84%), 프랑스 2건(1.10%), 미국 17건(9.39%)으로 중국의 특허 출원 건수가 절반이상을 차지하는 것으로 나타남



〈그림 V-60〉 제동디스크 관련 주요 국가별 특허동향

● 상위 출원인 분석

- 1구간의 경우, 일본과 독일국적 출원인이 상대적으로 높은 순위에 위치하고 있으나, 2구간에 들어서 한국, 미국 국적의 출원인의 출원량이 증가하기 시작하여, 3~4구간의 경우, 중국의 CRRC의 약진과 더불어 다양한 국적의 출원인들의 활동이 두드러짐

- 또한, 중국의 CRRC의 경우, 다른 기술분야와 같이 3구간에 처음 TOP10에 진입하여 4구간에 들어서 다른 출원인의 출원량을 압도하며 1위를 차지하고 있음

- 한국 출원인으로는 한국철도기술연구원을 중심으로 현대로템, 한국기계연구원 등에서 TOP10에 진입하였으나 중국 부품에 대한 기술종속 및 격차 해소를 위해 시장진입형 R&D전략 수립 필요

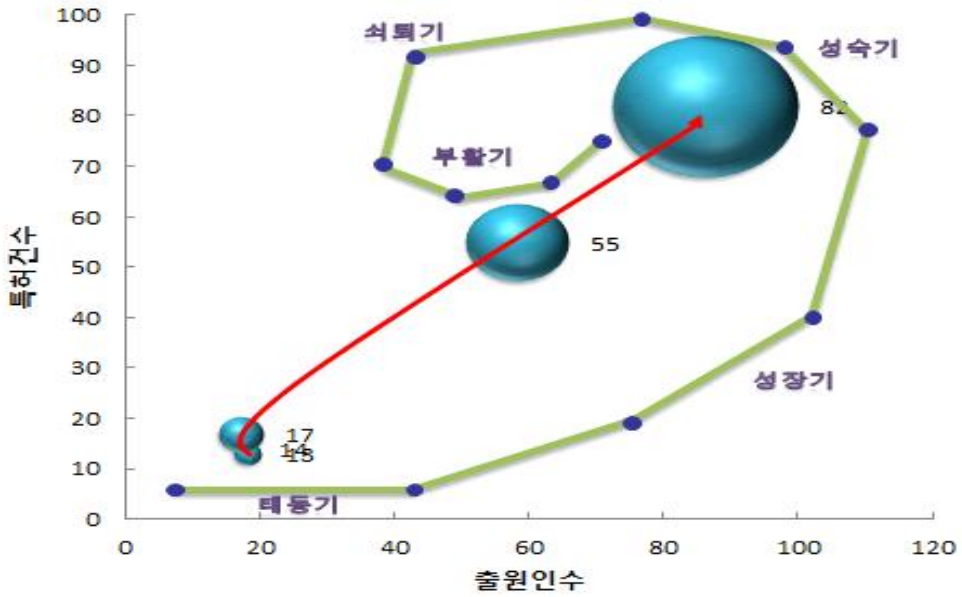
〈표 V-24〉 제동디스크-구간별 상위 출원인

1구간(1996~2000)				2구간(2001~2005)				3구간(2006~2010)				4구간(2011~2015)			
순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수
1	TOSHIBA	일본	2	1	Siemens	독일	4	1	Siemens	독일	6	1	CRRC	중국	69
2	Railway Technical Research	일본	2	2	Wabtec	독일	4	2	CRRC	중국	5	2	Wabtec	독일	6
3	HITACHI	일본	2	3	Railway Technical Research	일본	3	3	Wabtec	미국	5	3	NIPPON STEEL	일본	6
4	Siemens	독일	1	4	한국철도기술연구원	한국	3	4	Railway Technical Research	일본	2	4	Siemens	캐나다	5
5	GE-Harris Railway Electronics	미국	1	5	GE	미국	2	5	한국철도기술연구원	한국	2	5	VALEO	프랑스	5
6	Bombardier	캐나다	1	6	MITSUBISHI	일본	1	6	한국기계연구원	한국	2	6	MITSUBISHI	독일	3
7	LEISTRITZ AG	독일	1	7	Bombardier	캐나다	1	7	MITSUBISHI	일본	2	7	TOSHIBA	독일	2
8	EAST JAPAN RAILWAY	일본	1	8	Honeywell	미국	1	8	현대중공업	한국	2	8	ZF FRIEDRICHSHAFEN	독일	2
9	KNORR BREMSE	독일	1	9	AGCO	미국	1	9	Alstom	프랑스	1	9	KNORR BREMSE	프랑스	2
10	System Antriebstechnik Dresden GmbH	독일	1	10	KINKI SHARYO	일본	1	10	현대로템	한국	1	10	Alstom	일본	1

● 기술수명주기 분석

- 제동디스크 관련 기술수명주기를 살펴보면 2017년 누적 논문건수는 181건으로 2000년 대비 167건 증가한 것으로 조사됨

- 제동디스크 관련 기술수명주기에 대입하여 살펴보면 성숙기 단계에 돌입한 것으로 나타남



1구간('97~'00)			2구간('01~'04)			3구간('05~'08)			4구간('09~'12)			5구간('13~'17)		
출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수
18	14	14	18	13	27	17	17	44	58	55	99	86	82	181

〈그림 V-61〉 제동디스크 관련 기술수명주기 동향

2.5 열차 제어장치 부문

열차운전 및 속도제어(TCMS/OBCS)

● 연도별 특허 동향

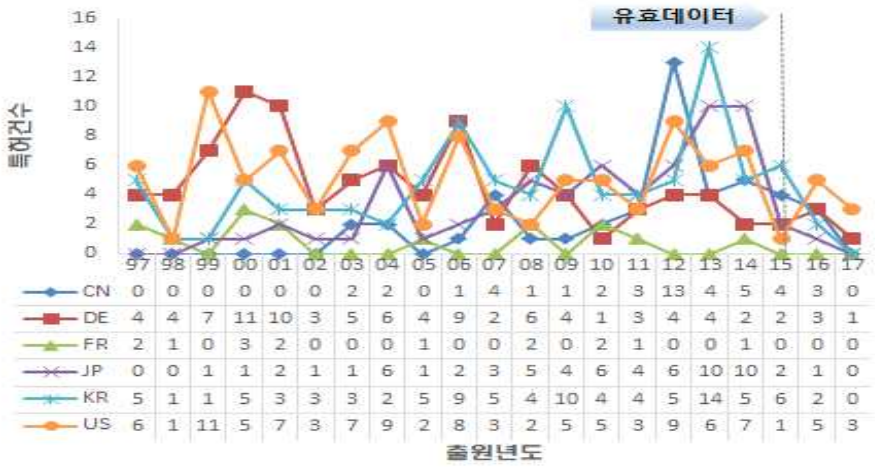
- 총 출원특허 건수는 425건으로 1997년부터 2013년까지 꾸준히 증가한 것으로 조사됨



<그림 V-62> 열차운전 및 속도제어 관련 특허동향

● 주요 국가별 특허 동향

- 총 425건의 특허 중 한국 96건(22.59%), 일본 66건(15.53%), 중국 45건(10.59%), 독일 95건(22.35%), 프랑스 15건(3.53%), 미국 108건(25.41%)으로 나타남



<그림 V-63> 열차운전 및 속도제어 관련 주요국가 특허동향

● 상위출원인 분석

- Railway Technical Research는 3~4 구간에서 10건 이상의 출원을 하는 등 지속적으로 열차운전 및 속도제어 관련 특허 출원 활동 중

- 한국 출원인으로는 2구간에서 2개(샬롬엔지니어링, 신우이엔지), 3구간에서 3개(한국철도기술연구원, 한터기술, 현대로템), 4구간에서 3개(한국철도기술연구원, 대아티아이, 한국철도공사)를 차지

- 해당 부품의 경우, 국내도 일정 부분의 기술력을 보유함에 따라 미래시장 선점을 위한 미래시장 선도형 R&D 추진 전략 필요

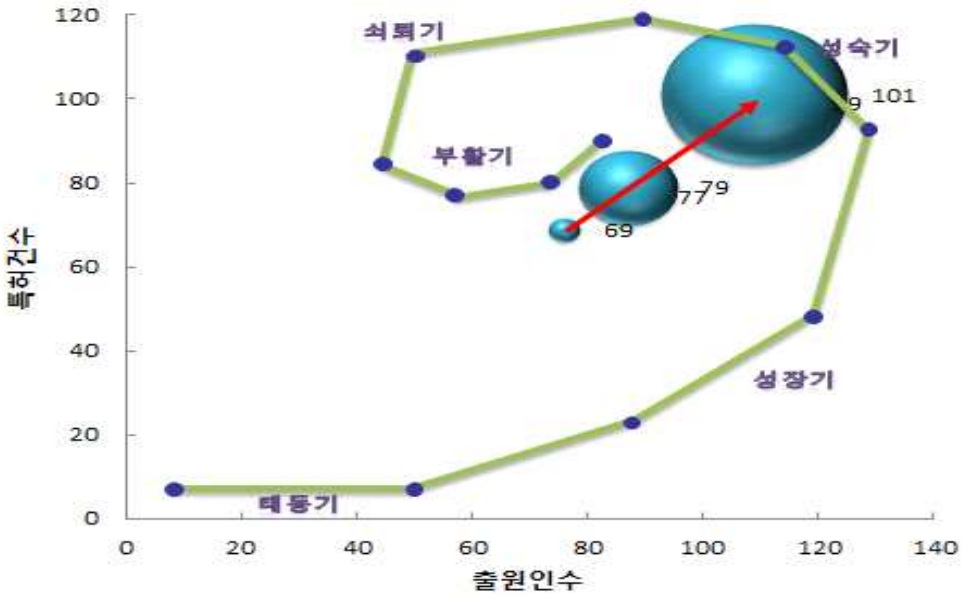
〈표 V-25〉 열차운전 및 속도제어-구간별 상위 출원인

1구간(1996~2000)				2구간(2001~2005)				3구간(2006~2010)				4구간(2011~2015)			
순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수
1	BOSCH	독일	10	1	GE	미국	8	1	Railway Technical Research	일본	13	1	Railway Technical Research	일본	24
2	Siemens	독일	7	2	샬롬 엔지니어링	한국	6	2	GE	미국	9	2	CRRC	중국	19
3	DAIMLER	독일	3	3	Bombardier	캐나다	6	3	Siemens	독일	7	3	Siemens	독일	8
4	YAMAHA	일본	3	4	DENSO	일본	5	4	Bombardier	캐나다	7	4	한국철도기술연구원	한국	8
5	BERU	독일	3	5	Railway Technical Research	일본	4	5	한국철도기술연구원	한국	6	5	Bombardier	캐나다	5
6	Wabtec	미국	2	6	Siemens	독일	3	6	한터기술	한국	5	6	MITSUBISHI	일본	4
7	GE	미국	2	7	KNORR BREMSE	독일	3	7	Alstom	프랑스	3	7	GE	미국	3
8	HITACHI	일본	2	8	신우이엔지	한국	3	8	HITACHI	일본	3	8	대아티아이	한국	3
9	Alstom	프랑스	1	9	HITACHI	일본	2	9	MITSUBISHI	일본	3	9	한국철도공사	한국	3
10	Eisenbahntechnik	독일	1	10	BOSCH	독일	2	10	현대로템	한국	3	10	HITACHI	일본	2

● 기술수명주기 분석

- 열차운전 및 속도제어 관련 기술수명주기를 살펴보면 2017년 누적 논문건수는 425건으로 2000년 대비 356건 증가한 것으로 조사됨

- 열차운전 및 속도제어 관련 기술수명주기에 대입하여 살펴보면 성숙기 단계에 돌입한 것으로 나타남



1구간('97~'00)			2구간('01~'04)			3구간('05~'08)			4구간('09~'12)			5구간('13~'17)		
출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수
76	69	69	86	77	146	87	79	225	106	99	324	109	101	425

<그림 V-64> 열차운전 및 속도제어 관련 기술수명주기 동향

견인인버터

● 연도별 특허 동향

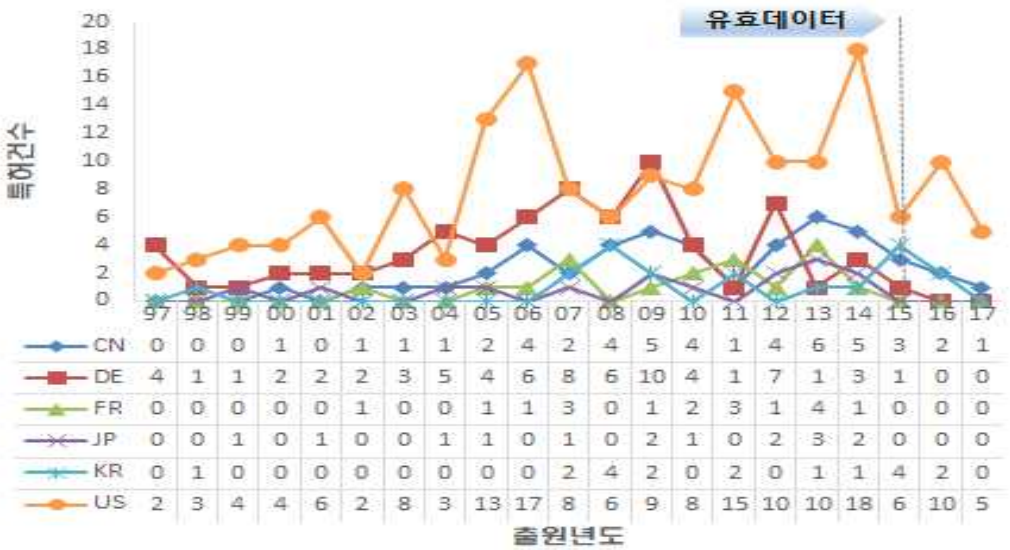
- 총 출원특허 건수는 337건으로 1997년부터 2014년까지 꾸준히 증가한 것으로 조사됨



〈그림 V-65〉 견인인버터 관련 특허동향

● 주요 국가별 특허 동향

- 총 337건의 특허 중 한국 19건(5.64%), 일본 15건(4.45%), 중국 47건(13.95%), 독일 71건(21.07%), 프랑스 18건(5.34%), 미국 167건(49.55%)으로 미국이 절반정도 차지하는 것으로 조사됨



〈그림 V-66〉 견인인버터 관련 주요국가 특허동향

● 상위 출원인 분석

- Siemens는 1구간에서 1위(5건), 2구간에서 2위(7건), 3구간에서 1위(26건), 4구간에서 6위(3건)로 1~3구간까지는 출원 건이 꾸준히 상승하다가 4구간에서 하락세를 보임

- GE는 1구간에서 2위(4건), 2구간에서 1위(25건), 3구간에서 2위(22건), 4구간에서 1위(25건)로 출원 건이 꾸준히 상승하는 경향을 보임

- 한국 출원인으로는 3구간에서 1개(한국철도기술연구원)가 출원 사례 등으로 단기적인 시장 선점을 어려울 것으로 판단됨에 따라 미래 시장 선점을 위한 미래시장 선도형 R&D 추진 필요

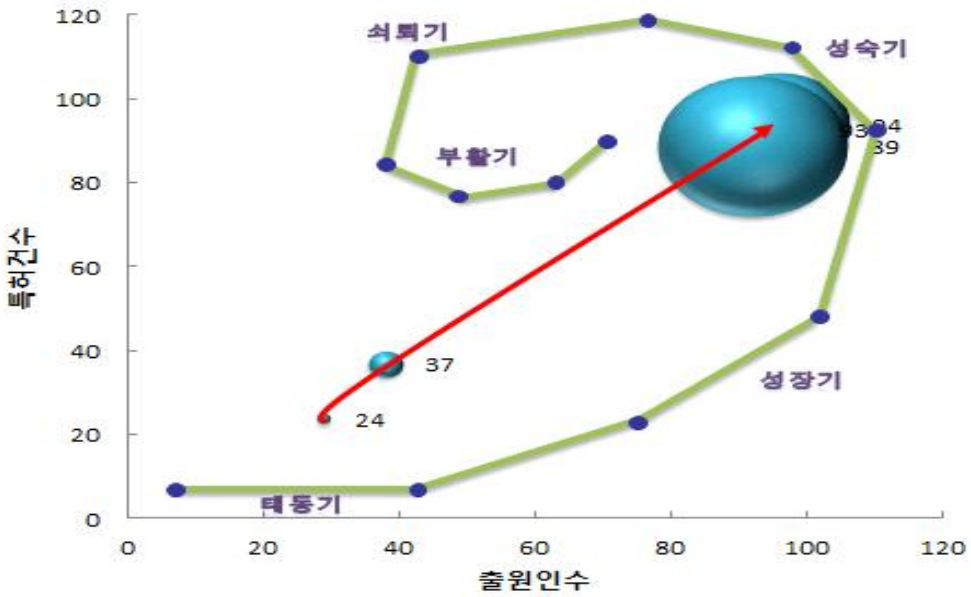
〈표 V-26〉 견인 인버터-구간별 상위 출원인

1구간(1996~2000)				2구간(2001~2005)				3구간(2006~2010)				4구간(2011~2015)			
순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수
1	Siemens	독일	5	1	GE	미국	25	1	Siemens	독일	26	1	GE	미국	25
2	GE	미국	4	2	Siemens	독일	7	2	GE	미국	22	2	CRRC	중국	11
3	Southwest Research Institute	미국	2	3	Bombardier	캐나다	6	3	AFS Trinity Power	미국	11	3	BOSCH	독일	8
4	Thyssen Nordseewerke	독일	2	4	Alstom	프랑스	2	4	Alstom	프랑스	5	4	MITSUBISHI	일본	7
5	Sanshin Kogyo	일본	1	5	HITACHI	일본	2	5	MITSUBISHI	일본	3	5	Alstom	프랑스	6
6	Alstom	프랑스	1	6	Raytheon	미국	1	6	Bombardier	캐나다	3	6	Siemens	독일	3
7	Central Japan Railway	일본	1	7	IRISBUS	프랑스	1	7	HITACHI	일본	3	7	Bombardier	캐나다	3
8	DAIMLER	독일	1	8	Southwest Research Institute	미국	1	8	한국철도기술연구원	한국	2	8	TOSHIBA	일본	2
9	Rohr	미국	1	9	MITSUBISHI	일본	1	9	Railpower	캐나다	1	9	HITACHI	일본	1
10	HITACHI	일본	1	10	Central Japan Railway	일본	1	10	CRRC	중국	1	10	Arcimoto	미국	1

● 기술수명주기 분석

- 견인인버터 관련 기술수명주기를 살펴보면 2017년 누적 논문건수는 337건으로 2000년 대비 313건 증가한 것으로 조사됨

- 견인인버터 관련 기술수명주기에 대입하여 살펴보면 성숙기 단계에 돌입한 것으로 나타남



1구간('97~'00)			2구간('01~'04)			3구간('05~'08)			4구간('09~'12)			5구간('13~'17)		
출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수
29	24	24	38	37	61	95	93	154	96	94	248	92	89	337

〈그림 V-67〉 견인인버터 관련 기술수명주기 동향

2.6 열차 집전 및 전장 부문

판토그래프

● 연도별 특허 동향

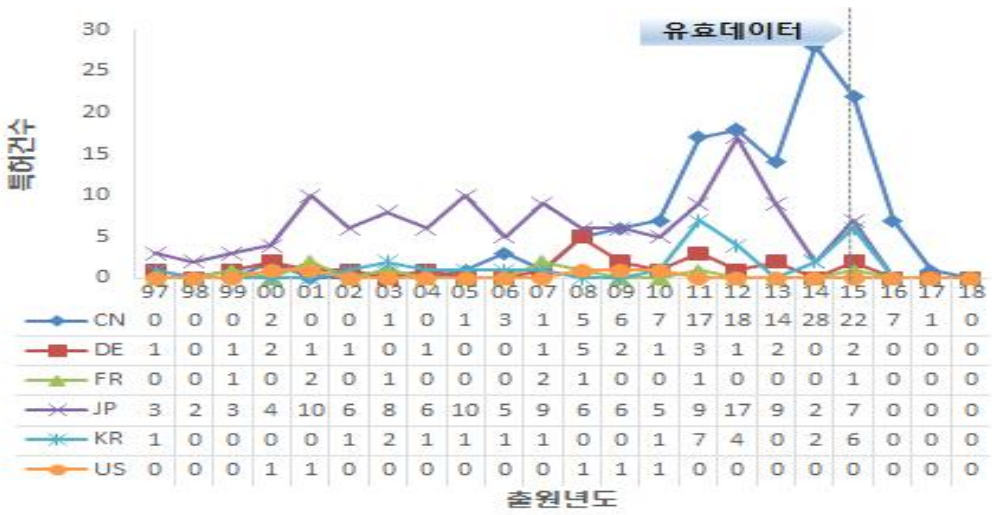
- 총 출원특허 건수는 326건으로 1997년부터 2015년까지 연평균 10.67%의 증가율로 증가하는 추세



〈그림 V-68〉 판토그래프 관련 특허동향

● 주요 국가별 특허 동향

- 총 326건의 특허 중 한국 28건(8.59%), 일본 127건(38.96%), 중국 133건(40.80%), 독일 24건(7.36%), 프랑스 9건(2.76%), 미국 5건(1.53%)인 것으로 나타남



〈그림 V-69〉 판토그래프 관련 주요 국가별 특허동향

● 상위출원인 분석

- 전반적으로 일본이 강세를 보이고 있으며, Hitachi와 Railway Technical Research (이하 RTR)가 1~3구간 1위와 2위를 번갈아 차지하였으나, 중국의 CRRC가 4구간에 들어 많은 출원량을 보이며 기술적 우위를 차지

- 한국의 한국철도기술연구원의 경우, 2~4구간에 있어서 꾸준한 출원량을 보이며 TOP10 내에 위치하고 있으며, 4구간의 경우, TOP3에 진입하여 최근 더욱 활발한 출원 활동을 진행하고 있음

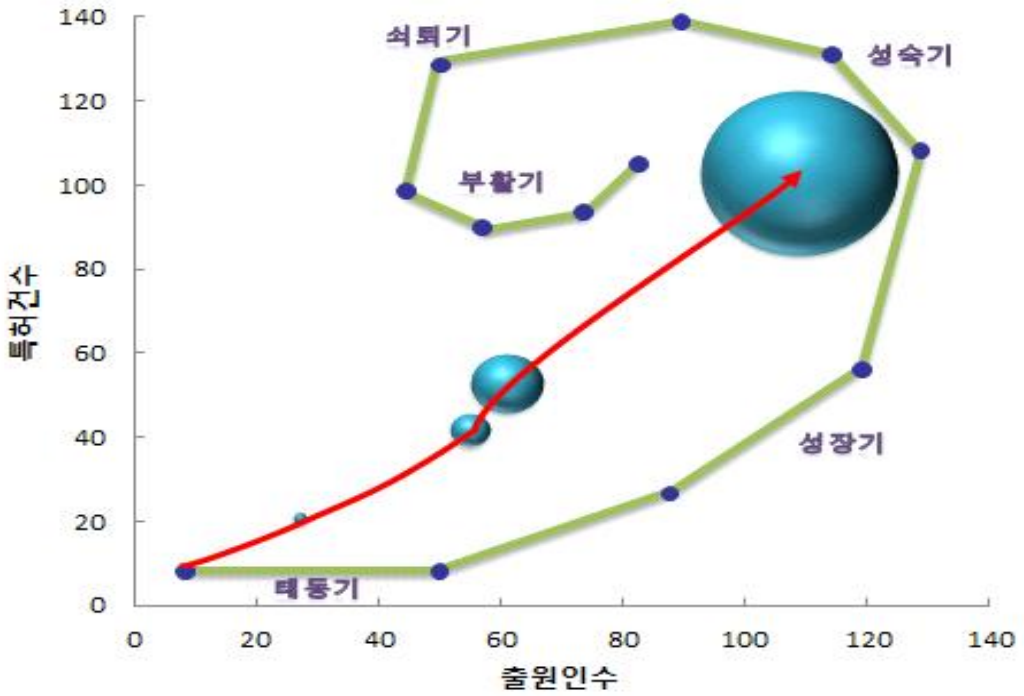
- 해당 부품의 경우, 시장진입형 전략 수립을 통한 지속적인 R&D 추진 시 단기간 내에 해외시장 진출 등 시장선점이 가능할 것으로 기대

〈표 V-27〉 판토그래프-구간별 상위 출원인

1구간(1996~2000)				2구간(2001~2005)				3구간(2006~2010)				4구간(2011~2015)			
순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수
1	HITACHI	일본	7	1	Railway Technical Research	일본	13	1	HITACHI	일본	12	1	CRRC	중국	72
2	Alstom	프랑스	4	2	HITACHI	일본	11	2	Railway Technical Research	일본	8	2	HITACHI	일본	16
3	Siemens	독일	3	3	Siemens	독일	5	3	TOSHIBA	일본	8	3	한국철도기술연구원	한국	12
4	Bombardier	캐나다	2	4	TOSHIBA	일본	4	4	CRRC	중국	6	4	Siemens	독일	8
5	Railway Technical Research	일본	2	5	한국철도기술연구원	한국	3	5	Siemens	독일	5	5	Kawasaki	일본	8
6	MITSUBISHI	일본	2	6	KINKI SHARYO	일본	3	6	Bombardier	캐나다	5	6	Railway Technical Research	일본	8
7	대우중공업	한국	1	7	MITSUBISHI	일본	3	7	Alstom	프랑스	5	7	MITSUBISHI	일본	5
8	KINKI SHARYO	일본	1	8	CENTRAL JAPAN RAILWAY	일본	2	8	한국철도기술연구원	한국	2	8	KINKI SHARYO	일본	5
9	Shanghai Jiao Tong University	중국	1	9	현대중공업	한국	1	9	CENTRAL JAPAN RAILWAY	일본	1	9	Alstom	프랑스	2
10	TAIYUAN UNIVERSITY	중국	1	10	Kawasaki	일본	1	10	현대중공업	한국	1	10	LS CABLE	한국	2

● 기술수명주기 분석

- 판토그래프 관련 기술수명주기를 살펴보면 2017년 누적 특허건수는 326건으로 2000년 대비 305건 증가한 것으로 조사됨



1구간('97~'00)			2구간('01~'04)			3구간('05~'08)			4구간('09~'12)			5구간('13~'17)		
출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수
27	21	21	55	42	63	61	53	116	113	107	223	109	103	326

〈그림 V-70〉 판토그래프 관련 기술수명주기 동향

견인 변압기

연도별 특허 동향

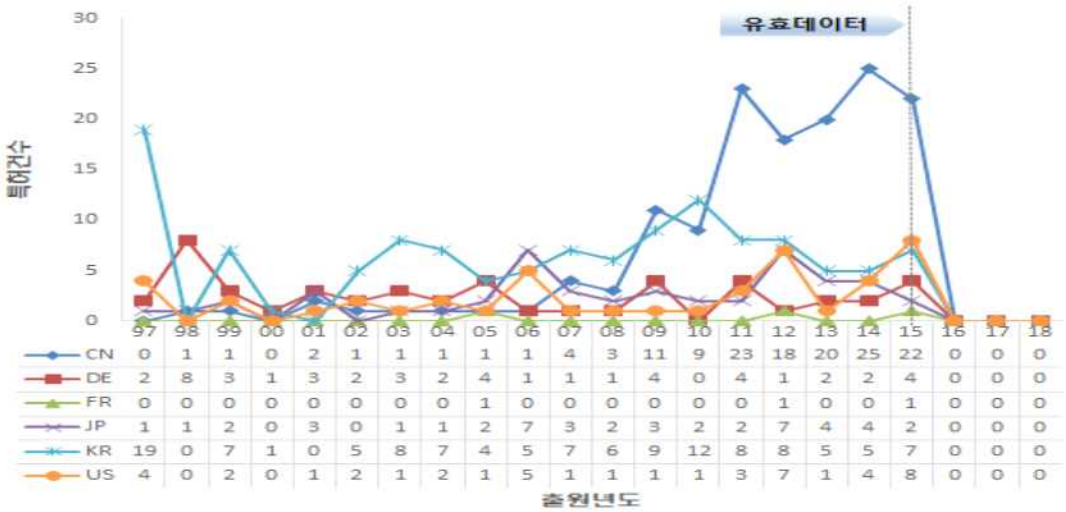
- 총 출원특허 건수는 410건으로 1997년부터 2000년까지는 감소하였지만 이후로 2015년까지 증가 추세를 보여 연평균 2.67% 증가함



<그림 V-71> 견인 변압기 관련 특허동향

주요 국가별 특허 동향

- 총 410건의 특허 중 한국 123건(30.0%), 일본 47건(11.46%), 중국 144건(35.12%), 독일 48건(11.71%), 프랑스 3건(0.73%), 미국 45건(10.98%)인 것으로 나타남



<그림 V-72> 견인 변압기 관련 주요 국가별 특허동향

● 상위출원인 분석

- 반도체 변압기의 경우, 전반적으로 일본이 강세를 보이고 있지만, 1구간에서는 독일이, 2구간에서는 한국이 새롭게 상위 출원인을 차지하면서, 해당 기술에 대한 특허 출원이 점차 다양한 국가에서 이루어지는 추세임

- TOSHIBA는 2~4 구간에서 다수의 출원을 하는 등 지속적으로 고속철 일체형 반도체 변압기 개발 관련 특허의 출원 활동을 보여주고 있음

- 다양한 국가에서 특허 출원이 이루어지는 추세 등을 미루어 볼 때 미래 선도형 기술로 관심이 고조되고 있는 것으로 판단됨에 따라 미래시장 선도형 R&D 추진 전략 필요

<표 V-28> 반도체 변압기-구간별 상위 출원인

1구간(1996~2000)				2구간(2001~2005)				3구간(2006~2010)				4구간(2011~2015)			
순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수
1	Siemens	독일	3	1	한국철도기술연구원	한국	8	1	TOSHIBA	일본	9	1	HITACHI	일본	9
2	SCubert, Werner, Dr.med.	독일	2	2	TOSHIBA	일본	3	2	현대중공업	한국	3	2	TOSHIBA	일본	8
3	DEUTSCHE BAHN	독일	1	3	현대중공업	한국	3	3	한국철도기술연구원	한국	3	3	한국철도기술연구원	한국	5
4	STN ATLAS	독일	1	4	샬롬엔지니어링	한국	1	4	HITACHI	일본	3	4	Bombardier	캐나다	3
5	KNORR BREMSE	독일	1	5	Siemens	독일	1	5	현대로템	한국	3	5	Siemens	독일	3
6	Railway Technical Research	일본	1	6	HITACHI	일본	1	6	Siemens	독일	2	6	한국철도공사	한국	2
7	Schober, Hans	독일	1	7	WALTER BAU	독일	1	7	MITSUBISHI	일본	2	7	현대로템	한국	2
8	Nippone Steel	일본	1	8	Nippon Sharyo	일본	1	8	한국철도시설공단	한국	2	8	KNORR BREMSE	독일	1
9	MITSUBISHI	일본	1	9	FAIVELEY TRANSPORT	프랑스	1	9	Hunan University	중국	1	9	Nippon Steel	일본	1
10	HITACHI	일본	1	10	Volkmar Scharf	독일	1	10	KNORR BREMSE	독일	1	10	Central Japan Railway	일본	1

- 주변압기의 경우, 1구간에서는 Siemens(3건), 2구간에서는 Alstom(3건), 3구간에서는 한국철도기술연구원(5건), 4구간에서는 CRRC(31건)가 각각 1위를 차지

- 중국의 CRRC는 특히, 4구간에서만 31건으로 다른 출원인들 보다 압도적인 출원 경향을 보여줌

- 한국 출원인으로는 1구간에서 1개(한국철도기술연구원), 2구간에서 3개(한국철도기술연구원, 한국철도공사, 샬롬엔지니어링), 3구간에서 2개(한국철도기술연구원, 현대중공업), 4구간에서는 2개(한국철도기술연구원, 신우이엔지)의 출원 사례 존재

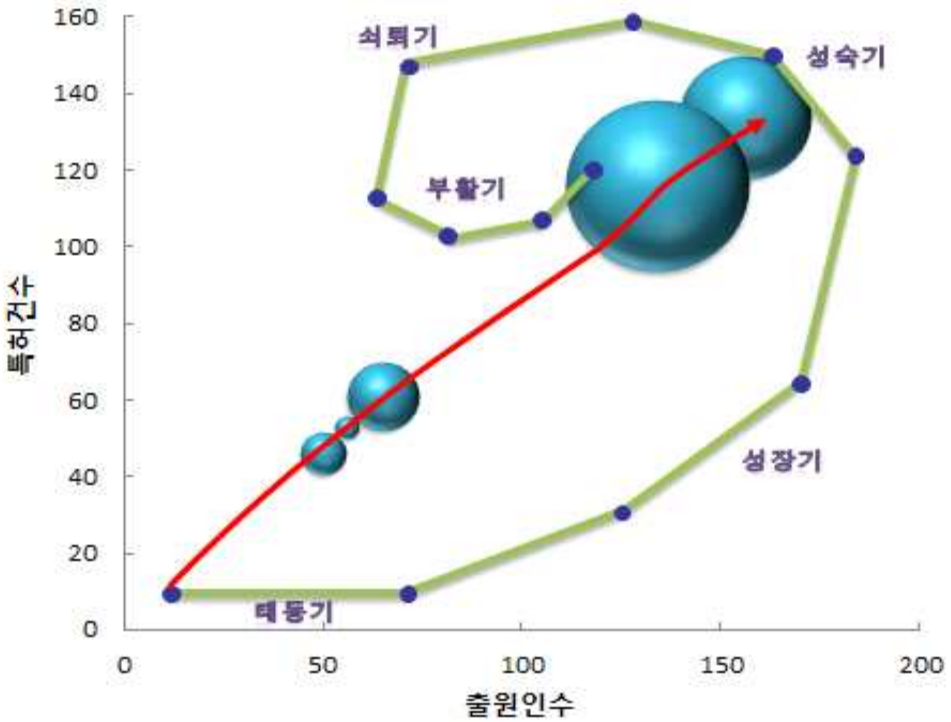
- 최근 국내의 특허출원 순위 등을 미루어 볼 때 해당 부품에 대한 기술력은 일정수준 보유한 것으로 판단됨에 따라 미래시장 선점을 위한 미래시장 선도형 R&D 추진 필요

<표 V-29> 주변압기-구간별 상위 출원인

1구간(1996~2000)				2구간(2001~2005)				3구간(2006~2010)				4구간(2011~2015)			
순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수
1	Siemens	독일	3	1	Alstom	프랑스	3	1	한국철도기술연구원	한국	5	1	CRRC	중국	31
2	Alstom	프랑스	1	2	Siemens	독일	2	2	TOSHIBA	일본	3	2	TOSHIBA	일본	5
3	TOSHIBA	일본	1	3	TOSHIBA	일본	2	3	Northern Power Systems	미국	3	3	한국철도기술연구원	한국	3
4	Contitech	독일	1	4	한국철도기술연구원	한국	2	4	Bombardier	캐나다	3	4	Siemens	독일	3
5	DAIMLER	독일	1	5	HITACHI	일본	2	5	MITSUBISHI	일본	2	5	HITACHI	일본	3
6	Watlow	미국	1	6	한국철도공사	한국	1	6	Hunan University	중국	2	6	Bombardier	캐나다	2
7	East Japan Railway	일본	1	7	샬롬엔지니어링	한국	1	7	Tsinghua University	중국	1	7	China Railway Eryuan Engineering	중국	2
8	한국철도기술연구원	한국	1	8	MITSUBISHI	일본	1	8	Dachi Electric	중국	1	8	BOSCH	독일	1
9	HITACHI	일본	1	9	Medtronic	미국	1	9	HITACHI	일본	1	9	신우이엔지	한국	1
10	MITSUBISHI	일본	1	10	Northern Power Systems	미국	1	10	현대중공업	한국	1	10	GE	미국	1

● 기술수명주기 분석

- 판토그래프 관련 기술수명주기를 살펴보면 2017년 누적 특허건수는 410건으로 2000년 대비 357건 증가한 것으로 조사됨



1구간('97~'00)			2구간('01~'04)			3구간('05~'08)			4구간('09~'12)			5구간('13~'17)		
출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수
56	53	53	50	46	99	65	61	160	156	134	294	134	116	410

<그림 V-73> 견인 변압기 관련 기술수명주기 동향

주회로차단기

- 연도별 특허 동향

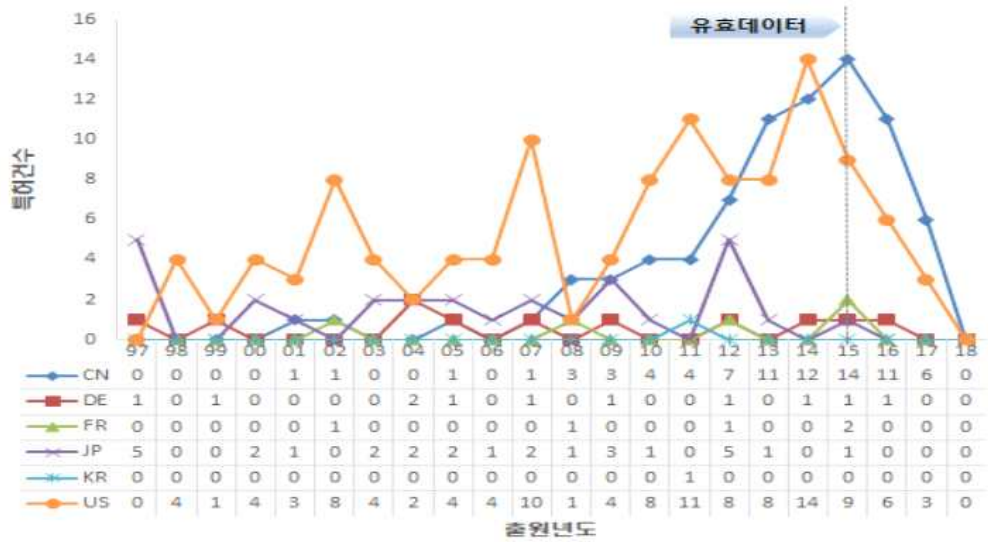
  - 총 출원특허 건수는 241건으로 1997년부터 2015년까지 연평균 7.81%의 증가율로 증가하는 추세



<그림 V-74> 주회로차단기 관련 특허동향

- 주요 국가별 특허 동향

  - 총 241건의 특허 중 한국 1건(0.41%), 일본 29건(12.03%), 중국 79건(32.78%), 독일 11건(4.56%), 프랑스 5건(2.07%), 미국 116건(48.13%)인 것으로 나타남



<그림 V-75> 주회로차단기 관련 주요 국가별 특허동향

● 상위출원인 분석

- 전반적으로 다른 기술분야에 비해 연구기관(Califonia Univ., RTR 등)의 출원활동이 상대적으로 활발하게 진행되고 있으며, 1~3구간은 미국, 일본, 유럽을 중심으로 출원이 진행되었으나, 4구간에 들어서 중국 출원인의 활동이 증가

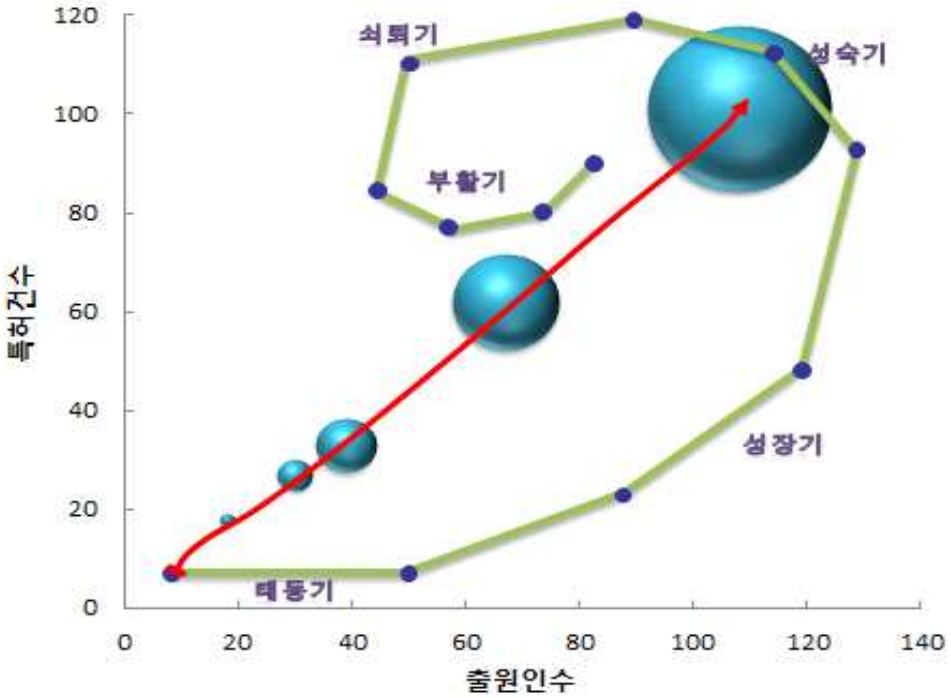
- 한국 출원인은 전 구간에 있어서 아직 TOP10에 포함되어 있지 않아 상위국의 기술력에 종속될 우려가 있으므로 시장진입형 R&D 전략 수립을 통한 보다 활발한 연구개발이 요구

〈표 V-30〉 주회로 차단기-구간별 상위 출원인

1구간(1996~2000)				2구간(2001~2005)				3구간(2006~2010)				4구간(2011~2015)			
순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수
1	Case Western Reserve University	미국	4	1	Mike's Train House, Inc.	미국	6	1	HITACHI	일본	5	1	CRRC	중국	19
2	HITACHI	일본	3	2	Automotive Technologies International	미국	4	2	Automotive Technologies International	미국	2	2	TOSHIBA	일본	5
3	TOSHIBA	일본	2	3	TOSHIBA	일본	3	3	CRRC	중국	2	3	MITSUBISHI	일본	3
4	Kawasaki	일본	2	4	Railway Technical Research	일본	2	4	Hangzhou Chuanglian Electron Technology	중국	2	4	California UNIV	미국	3
5	Siemens	독일	1	5	Siemens	독일	2	5	TOSHIBA	일본	1	5	HITACHI	일본	2
6	New York Air Brake	미국	1	6	MITSUBISHI	일본	1	6	MITSUBISHI	일본	1	6	Siemens	독일	1
7	Mike's Train House, Inc.	미국	1	7	EAST JAPAN RAILWAY	일본	1	7	Railway Technical Research	일본	1	7	Railway Technical Research	일본	1
8	Cisco Technology	미국	1	8	Alstom	프랑스	1	8	Mike's Train House, Inc.	미국	1	8	GE	미국	1
9	SGS-Thomson Microelectronics S.A.	프랑스	1	9	BOSCH	독일	1	9	Wabtec	독일	1	9	Fuzhou University	중국	1
10	GE Harris Railway Electronics LLC	미국	1	10	DELPHI TECHNOLOGIES	미국	1	10	GE	미국	1	10	East China Jiaotong University	중국	1

● 기술수명주기 분석

- 주회로차단기 관련 기술수명주기를 살펴보면 2017년 누적 특허건수는 241건으로 2000년 대비 223건 증가한 것으로 조사됨



1구간('97~'00)			2구간('01~'04)			3구간('05~'08)			4구간('09~'12)			5구간('13~'17)		
출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수
18	18	18	30	27	45	39	33	78	67	62	140	108	101	241

〈그림 V-76〉 주회로차단기 관련 기술수명주기 동향

보조전원장치

● 연도별 특허 동향

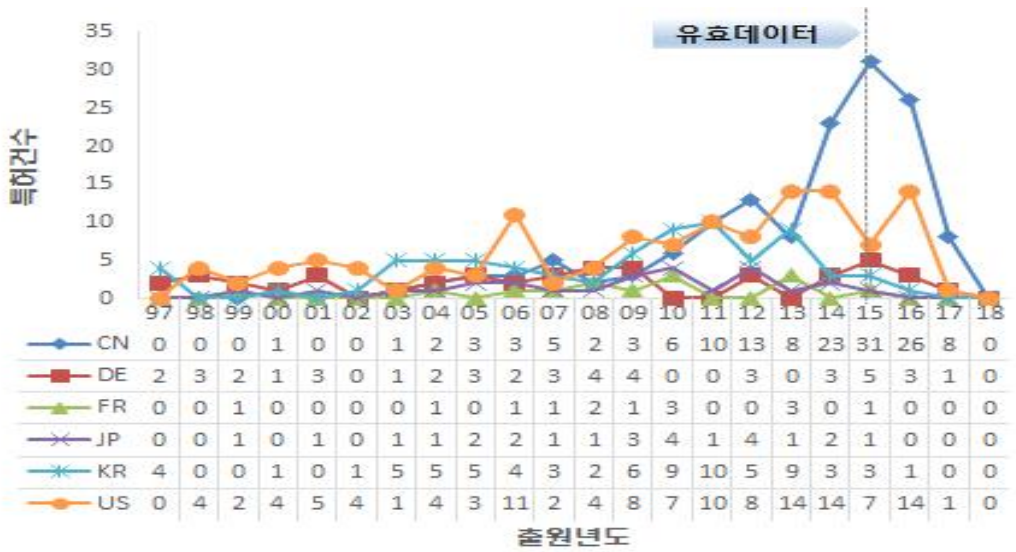
- 총 출원특허 건수는 433건으로 1997년부터 2015년까지 연평균 10.96%의 증가율로 증가하는 추세



〈그림 V-77〉 보조전원장치 관련 특허동향

● 주요 국가별 특허 동향

- 총 433건의 특허 중 한국 76건(17.55%), 일본 26건(6.0%), 중국 145건(33.49%), 독일 45건(10.39%), 프랑스 14건(3.23%), 미국 127건(29.33%)인 것으로 나타남



〈그림 V-78〉 보조전원장치 관련 주요 국가별 특허동향

● 상위출원인 분석

- 1구간에 있어서, 독일의 Siemens와 프랑스의 Alstom이 1위를 차지하였으나, 2~3구간에 들어서 한국의 철도기술연구원, 현대로템의 약진으로, 한국 출원인이 2구간 이후 상위권을 차지

- 특히 현대로템의 경우, 2~4구간에 걸쳐 꾸준히 상위권에 랭크되어 있으며, 4구간에서 중국의 CRRC의 약진으로 랭킹이 다소 떨어진 4위를 차지

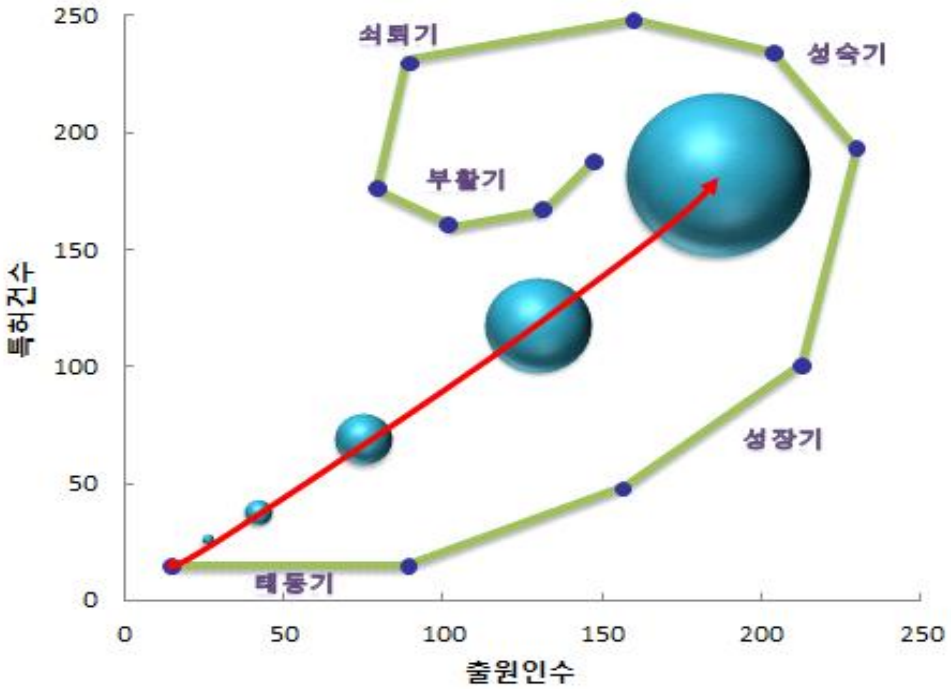
- 한국 출원인으로는 2구간의 한국철도기술연구원과 현대로템, 3구간과 4구간에서는 현대로템이 포함되어 있어 시장진입형 R&D 추진 시 상위국과의 기술격차 해소가 가능할 것으로 기대

〈표 V-31〉 보조전원장치-구간별 상위 출원인

1구간(1996~2000)				2구간(2001~2005)				3구간(2006~2010)				4구간(2011~2015)			
순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수	순위	출원인	국가	건수
1	Siemens	독일	3	1	GE	미국	5	1	현대로템	한국	8	1	CRRC	중국	54
2	Alstom	프랑스	3	2	한국철도기술연구원	한국	4	2	HITACHI	일본	6	2	HITACHI	일본	13
3	GE	미국	3	3	TOSHIBA	일본	3	3	TOSHIBA	일본	5	3	MITSUBISHI	일본	11
4	대우중공업	한국	3	4	MITSUBISHI	일본	3	4	Alstom	프랑스	4	4	현대로템	한국	10
5	Atlas Model Railroad	미국	1	5	샬롬 엔지니어링	한국	2	5	Siemens	독일	4	5	Bright Energy Storage Technologies	미국	9
6	HITACHI	일본	1	6	현대로템	한국	2	6	MITSUBISHI	일본	3	6	TOSHIBA	일본	3
7	TOSHIBA	일본	1	7	Siemens	독일	1	7	Railpower	캐나다	2	7	GM	미국	3
8	DAIMLER	독일	1	8	Voith Turbo	독일	1	8	ZF FRIEDRICH SHAFEN	독일	2	8	ZF FRIEDRICH SHAFEN	독일	3
9	Railpower	캐나다	1	9	Bombardier	캐나다	1	9	WABCO	독일	2	9	GE	미국	3
10	ThyssenKrupp	독일	1	10	DAIMLER	독일	1	10	GE	미국	1	10	KNORR BREMSE	독일	2

● 기술수명주기 분석

- 보조전원장치 관련 기술수명주기를 살펴보면 2017년 누적 특허건수는 433건으로 2000년 대비 407건 증가한 것으로 조사됨



1구간('97~'00)			2구간('01~'04)			3구간('05~'08)			4구간('09~'12)			5구간('13~'17)		
출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수	출원인수	특허건수	누적특허건수
26	26	26	42	38	64	75	69	133	130	118	251	186	182	433

〈그림 V-79〉 보조전원장치 관련 기술수명주기 동향

3. 개발대상 부품별 지적재산권 확보전략

[댐퍼]

- 관련성이 높은 4개 특허에 대해 침해할 가능성이 있는 경우에는 사전에 타사 특허에 대한 대응방안을 마련

〈표 V-32〉 신청기술의 방어전략_댐퍼

선행특허기술명	방어전략
P-1 철도차량용 흡음방진재(materials of soundproofing and dustproofing for rail vehicles)	· 댐퍼 부싱의 진동 특성을 고려한 제어기술 확보로 단순 흠음방진재를 활용한 기술개발과는 차별화
P-2 고속열차의 선두차량용 완충구조체(Shock-absorbing structure for leading car of high speed train)	· 댐퍼 부싱의 진동 특성을 고려한 제어기술 확보로 충격 흡수를 위한 완충구조체 개발과는 차별화
P-5 궤도 지지강성 측정장치(Apparatus for measuring stiffness of track)	· 댐퍼 고유 특성 및 감쇠력 제어 성능 향상 기술개발로 고속철도 차량의 완충수단 측정장치 개발과는 차별
P-9 가변저항을 사용한 가변 감쇠력 댐퍼 및 이를 구비한 진동 시스템(DAMPER FOR GENERATING VARIABLE DAMPING FORCE USING VARIABLE RESISTOR, AND VIBRATION SYSTEM HAVING THE SAME)	· 누유 방지 기술이 접목된 오일 댐퍼의 특성 및 제어 기술개발로 단순 오일댐퍼를 활용한 구조체 제작기술과는 차별화

[판토그래프]

- 관련성이 높은 2개 특허에 대해서는 방어전략이 필요하며, 타사의 특허를 침해할 가능성이 있는 경우에는 사전에 타사 특허에 대한 대응방안을 마련

〈표 V-33〉 신청기술의 방어전략_판토그래프

선행특허기술명	방어전략
P-3 탄소 코팅이 적용된 탄소섬유층(CARBON FIBER LAYER WITH CARBON COATING)	· 탄소소재를 접목하는 코팅기술에 해당됨에 따라 본 과제에서 검토하는 복합소재를 적용한 상부암 제작과는 차별성 존재
P-16 공력소음 저감을 위한 팬 헤드 부착물을 구비하는 고속 열차용 판토그래프(Pantograph for high-speed train provided with pan head attachment for reducing aerodynamic noise)	· 팬 헤드 이외에도 상부암, 관절장치, 집전판 등 소음 발생에 기인하는 요소부품에 대한 최적 설계 기술을 마련하는 측면에서 차별화

[공기스프링]

- 관련성이 높은 하기 특허에 대해 방어전략이 필요하며, 타사의 특허를 침해할 가능성이 있는 경우에는 사전에 타사 특허에 대한 대응방안을 마련

〈표 V-34〉 신청기술의 방어전략_공기스프링

선행특허기술명	방어전략
P-6 공기 스프링 장치(AIR SPRING DEVICE)	· 철도차량의 승차감 향상을 위해 다이어프램 최적 설계, 가공 기술을 접목한 고도화된 공기스프링을 개발하는 측면에서 기존 기술과 차별

[전두부해치]

- 관련성이 높은 하기 특허에 대해 방어전략이 필요하며, 타사의 특허를 침해할 가능성이 있는 경우에는 사전에 타사 특허에 대한 대응방안을 마련

〈표 V-35〉 신청기술의 방어전략_전두부해치

선행특허기술명	방어전략
P-1 액티브 후드 리프트 시스템(Active hood lift system)	· 철도차량 주행 시 충격 흡수 및 완화를 위한 설계 기술이라는 측면에서 일부 관련 기술이 존재하고 있으나 전두부 해치커버 관련 제작기술과는 차별화

[냉각팬]

- 관련성이 높은 2개 특허에 대해서는 방어전략이 필요하며, 타사의 특허를 침해할 가능성이 있는 경우에는 사전에 타사 특허에 대한 대응방안을 마련

〈표 V-36〉 신청기술의 방어전략_냉각팬

선행특허기술명	방어전략
P-5 지능성 냉각패드 및 이의 제조방법(Intelligent cooling pad and a method of fabricating the same)	· 탄소나노튜브를 활용한 가전용 냉각패드 제조기술로 철도차량용 냉각팬 제작기술과는 차별성 존재
P-7 섬유 접착용 조성물 및 이를 이용한 직물(A composition for coating fiber and a fabric using the same)	· 열가소성 및 내구성 향상을 위한 섬유 접착용 제조기술이나 냉각팬 설계 및 제작기술과는 차별

[제동디스크/제동패드]

- 관련성이 높은 하기 특허에 대해 방어전략이 필요하며, 타사의 특허를 침해할 가능성이 있는 경우에는 사전에 타사 특허에 대한 대응방안을 마련

〈표 V-37〉 신청기술의 방어전략_제동디스크/제동패드

선행특허기술명	방어전략
P-6 고속 철도용 소결 마찰재(SINTERED FRICTION MATERIAL FOR HIGH-SPEED RAIL)	· 제동디스크의 내열/내마모성을 고려한 마찰재 선정 및 배합 기술과 더불어 센싱 기술이 가미된 제동 제어기술을 접목함으로써 기존 기술과 차별

[출입문]

- 관련성이 높은 하기 특허에 대해 방어전략이 필요하며, 타사의 특허를 침해할 가능성이 있는 경우에는 사전에 타사 특허에 대한 대응방안을 마련

〈표 V-38〉 신청기술의 방어전략_출입문

선행특허기술명	방어전략
P-21 철도차량의 자동문 제어 시스템(Auto-Door Control System of Railroad Vehicle)	· 도시철도용 출입문 제어기술뿐만 아니라 다양한 특성을 고려한 설계 및 제작기술의 표준화 기술개발로 기존 기술과의 차별성 확보 가능

[주회로차단기]

- 관련성이 높은 하기 특허에 대해 방어전략이 필요하며, 타사의 특허를 침해할 가능성이 있는 경우에는 사전에 타사 특허에 대한 대응방안을 마련

〈표 V-39〉 신청기술의 방어전략_주회로차단기

선행특허기술명	방어전략
P-1 하나 이상의 표적 영상촬영을 통하여 수평 및 수직의 변위를 측정하는 시스템 장치(multiple target for camera system and horizontal or vertical displacement measurement system apparatus)	· IoT 등 센서를 활용한 데이터 전송 및 원격제어 기술을 개발함으로써 기존 기술과 차별성 확보

[공조시스템]

- 관련성이 높은 2개 특허에 대해서는 방어전략이 필요하며, 타사의 특허를 침해할 가능성이 있는 경우에는 사전에 타사 특허에 대한 대응방안을 마련

〈표 V-40〉 신청기술의 방어전략_공조시스템

선행특허기술명	방어전략
P-2 철도차량의 냉난방장치(AIR COOLING AND HEATING SYSTEM FOR RAILWAY VEHICLE)	· 철도차량 공조시스템의 에너지 저감 및 객실 쾌적성 향상 제어 기술을 접목함으로써 기존 공조시스템의 제어기술과 차별성 존재
P-3 철도 차량용 에어 덕트(AIR-DUCT FOR RAILWAY CAR)	· 객실 쾌적성 향상을 위한 제어 알고리즘 개발로 기존 기술과 차별성 확보

[보조전원장치]

- 신청기술의 사업화와 관련하여, 분쟁 가능성이 높은 특허에 대해서는 방어전략이 필요하며, 타사의 특허를 침해할 가능성이 있는 경우에는 사전에 타사 특허에 대한 대응방안을 마련

〈표 V-41〉 신청기술의 방어전략_보조전원장치

선행특허기술명	방어전략
P-5 철도차량의 보조전원장치 고속차단기 구동장치 및 그의제어 방법(APPARATUS FOR OPERATING IVHB OF AN AUXILIARY POWER SUPPLY IN RAILWAY VEHICLE)	· 모듈형 보조전원장치 개발을 통한 단위부품별 제어 알고리즘 기술을 접목하여 기존 기술과 차별화
P-7 8200호대 전기기관차 보조전원장치의 전력스택(No. 8200 electric locomotive auxiliary power supply of the device stack)	· 전 차종 사용이 가능한 보조전원장치 개발 및 전력스택 기술 접목으로 기존 기술과의 차별성 확보 가능
P-9 전동차용 부하 분산 보조전원시스템 및 보조전원 공급 방법(STATIC INVERTER SYSTEM OF TRAIN)	· 전 차종 접목 가능한 차종별 제어 시컨스 기술 접목으로 차별화
P-10 철도 차량용 보조 전원 장치(ASSISTANT POWER SUPPLYING APPARATUS FOR RAILWAY VEHICLE)	· 모듈형 보조전원장치 개발을 통한 단위별 병렬제어 알고리즘 기술 접목으로 차별성 확보

[관절장치]

- 관련성이 높은 하기 특허에 대해 방어전략이 필요하며, 타사의 특허를 침해할 가능성이 있는 경우에는 사전에 타사 특허에 대한 대응방안을 마련

<표 V-42> 신청기술의 방어전략_관절장치

선행특허기술명	방어전략
P-7 호이스트용 구동 조립체 및 장치(DRIVE ASSEMBLY AND APPARATUS FOR HOIST)	· 기존 트램 구동 조립체 및 장치의 구조적 설계 기술은 관절장치 제작기술과는 상이함에 따라 차별적 권리 확보 가능

[영구자석 동기전동기]

- 신청기술의 사업화와 관련하여, 분쟁 가능성이 높은 특허에 대해서는 방어전략이 필요하며, 타사의 특허를 침해할 가능성이 있는 경우에는 사전에 타사 특허에 대한 대응방안을 마련

<표 V-43> 신청기술의 방어전략_영구자석 동기전동기

선행특허기술명	방어전략
P-2 영구자석 동기 모터(PERMANENT MAGNET SYSCHRONOUS MOTOR)	· 철도차량 특성에 적합한 희토류 저감형 영구자석 동기전동기 개발로 차별화된 지적재산권 확보
P-4 영구 자석 동기식 모터 및 동력 보조 조향 시스템(PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MOTOR AND POWER-ASSISTED STEERING SYSTEM)	· 5상 인버터 구조의 동기전동기 개발로 기존 기술과의 차별성 확보

[입환 자동화 시스템]

- 신청기술의 사업화와 관련하여, 분쟁 가능성이 높은 특허에 대해서는 방어전략이 필요하며, 타사의 특허를 침해할 가능성이 있는 경우에는 사전에 타사 특허에 대한 대응방안을 마련

<표 V-44> 신청기술의 방어전략_입환 자동화 시스템

선행특허기술명	방어전략
P-2 열차 무결성 모니터링 시스템(Train Integrity Monitoring System)	· IoT 기반의 컨트롤센터 및 대차 간 정보연계 시스템 구축으로 기존 무선 송수신 기술과의 차별성 및 권리 확보 가능

제5절 기술경쟁력 분석

1. 기술경쟁력 분석 개요

- 기술수요조사에 대한 전문가 우선순위 평가 결과를 기반으로 최종 선정된 18개 세부기술 개발과제를 대상으로 논문/특허 기술경쟁력분석을 시행하여 본 사업의 연구개발 방향성 및 중점 추진분야 설정

  - 논문/특허 기술경쟁력 분석 대상은 기술수요조사 우선순위 평가를 통해 도출된 18개 부품 기술로 한정

  - 철도차량부품 산업 특성이 반영된 기술분류체계 상 다수의 부품기술이 상존함에 따라 본 사업에서는 기술적 요소(시급성, 실현가능성, 중요성)와 산업적 요소(시장규모, 수출가능성, 정부지원 타당성)가 중요한 핵심 부품만을 선정하여 기술경쟁력 분석 시행

2. 논문경쟁력 분석

- **(범 위)** 본 논문동향조사는 1997년부터 2017년까지 최근 20년간 게재된 한국, 미국, 일본, 독일, 프랑스, 중국 논문에 대하여 기술경쟁력 평가 실시

  - 철도차량부품의 경우 사전 기술수요 검토의견을 기반으로 시장진입형과 미래시장 선도형 부품군으로 세분화하여 상세 분석 실시

<표 V-45> 논문분석 대상 및 구분

국가	내용	분석구간	검색범위
한국	SCOPUS	1997.01 ~ 2017.02	게재된 논문 전체문서
미국			
일본			
독일			
프랑스			
중국			

- **(시장진입형)** 부품개발 관련 총 논문건수는 1,359건 도출
  - 세부 부품별로는 현가장치(46건), 판토그래프(632건), 공기스프링(99건), 전두부 해치시스템(98건), 냉각팬(48건), 제동디스크 및 패드(143건), 출입문(63건), 주회로 차단 시스템(49건), 공조시스템(55건), 보조전원장치(48건), 관절장치(78건)으로 나타남
- **(미래시장 선도형)** 부품개발 관련 총 논문건수는 2,857건 도출
  - 세부 부품별로는 마그네틱 추진제어시스템(99건), 반도체 변압기(928건), 통합제어시스템(233건), 동기전동기(545건), 입환 자동화시스템 (507건), 추진제어시스템(439건), 주변압기(106건)으로 나타남

분석 지표

- 논문기술경쟁력 분석을 위한 평가항목은 양적지표(논문 활동도, 논문집중도)와 질적지표(논문 영향력)로 구분하여 평가

<표 V-46> 논문기술경쟁력 평가항목

평가항목	평가항목	항목설명
논문 활동도(BAI) (Bibliometric Activity Index)	(절대적) 논문건수	■ 논문 게재 건수 ■ 논문활동도$_{ij} = \frac{T_{ij}}{\sum_{j=1}^{nt} T_{ij}}$ (T_{ij}는 i기술에 대한 j국가의 논문 수, nt는 전체 국가 수)
논문 영향력(BCI) (Bibliometric Citation Index)	영향력지수 (Impact factor)	■ 해당국가 논문의 질적 수준을 다른 국가와 상대적으로 비교할 수 있는 정보 제공 ■ 논문영향력$_{ij} = \frac{CT_{ij}}{\sum_{j=1}^{nt} CT_{ij}}$ (CT_{ij}는 i기술에 대한 j국가의 논문 피인용수, nt는 전체 국가 수)
논문 집중도(BII) (Bibliometric Intensity Index)	(상대적) 논문건수	■ 해당국가가 다른 국가와 비교하여 상대적으로 어떠한 기술분야에 기술혁신 활동을 집중하고 있는가에 대한 정보를 제공 ■ 논문집중도$_{ij} = \frac{(T_{ij}/\sum_{j=1}^{nt} T_{ij})}{(\sum_{i=1}^{mt} T_{ij}/\sum_{i=1}^{mt}\sum_{j=1}^{nt} T_{ij})}$ (T_{ij}는 i기술에 대한 j국가의 논문 수, nt는 전체 국가 수, mt는 전체 기술 수)

논문활동도(BAI)

- **(시장진입형)** 철도차량부품 관련 국가별 논문 게재수를 분석한 결과 중국(534건), 미국(240건), 한국(228건), 일본(180건), 독일(94건), 프랑스(93건) 순으로 나타남

  - 논문활동도(BAI)는 중국(0.39)이 가장 높으며 그 다음으로는 미국(0.18), 한국(0.17), 일본(0.13) 순이었으며 독일(0.07)/프랑스(0.07)는 동일하게 나타남

<표 V-47> 시장진입형 부품군 논문활동도(BAI)

국가명 / 부품명	CN	US	KR	JP	DE	FR	합계
현가장치	0.33	0.26	0.17	0.07	0.13	0.04	1.00
판토그래프	0.48	0.06	0.20	0.13	0.06	0.07	1.00
공기스프링 개발	0.64	0.13	0.05	0.15	0.00	0.03	1.00
전두부 해지시스템	0.66	0.17	0.09	0.05	0.01	0.01	1.00
냉각팬 시스템	0.29	0.31	0.23	0.13	0.02	0.02	1.00
제동디스크 및 패드	0.26	0.18	0.23	0.20	0.09	0.03	1.00
출입문	0.16	0.24	0.22	0.11	0.06	0.21	1.00
주회로 차단 시스템	0.18	0.49	0.12	0.10	0.08	0.02	1.00
공조시스템	0.05	0.45	0.04	0.16	0.15	0.15	1.00
보조전원장치	0.15	0.17	0.15	0.23	0.21	0.10	1.00
관절장치	0.00	0.56	0.10	0.08	0.14	0.12	1.00
합계	0.39	0.18	0.17	0.13	0.07	0.07	1.00

- **(미래시장 선도형)** 철도차량부품 관련 국가별 논문 게재수를 분석한 결과 중국(877건), 미국(785건), 일본(445건), 독일(300건), 한국(287건), 프랑스(163건) 순으로 나타남

  - 논문활동도(BAI)에서도 중국(0.31)이 가장 높으며 그 다음으로는 미국(0.27), 일본(0.16), 독일(0.11), 한국(0.10), 프랑스(0.06) 순으로 나타남

<표 V-48> 미래시장 선도형 부품군 논문활동도(BAI)

국가명 / 부품명	CN	US	KR	JP	DE	FR	합계
추진제어시스템	0.04	0.37	0.07	0.06	0.38	0.07	1.00
반도체 변압기	0.62	0.11	0.12	0.07	0.04	0.04	1.00
통합제어시스템	0.28	0.33	0.05	0.12	0.17	0.05	1.00
동기전동기	0	0.28	0.18	0.37	0.09	0.07	1.00
입환 자동화시스템	0.42	0.18	0.07	0.19	0.08	0.06	1.00
추진제어 시스템	0.01	0.67	0.04	0.07	0.17	0.04	1.00
주변압기	0.14	0.27	0.13	0.15	0.11	0.19	1.00
합계	0.31	0.27	0.1	0.16	0.11	0.06	1.00

논문영향력(BCI)

- **(시장진입형)** 부품 관련 논문의 피인용수를 분석한 결과, 미국(4,743건), 중국(2,238건), 독일(2,238건), 한국(1,811건), 프랑스(1,792건), 일본(1,720건) 순으로 나타남

  - 논문영향력은 미국(0.35), 중국/독일(0.17), 한국/프랑스/일본(0.13) 등의 순으로 분석됨

〈표 V-49〉 시장진입형 부품군 논문영향력(PCI)

국가명 / 부품명	CN	US	KR	JP	DE	FR	합계
현가장치	0.10	0.48	0.26	0.04	0.03	0.09	1.00
판토그래프	0.25	0.14	0.22	0.20	0.08	0.11	1.00
공기스프링 개발	0.61	0.12	0.05	0.18	0.00	0.03	1.00
전두부 해지시스템	0.54	0.32	0.13	0.01	0.00	0.00	1.00
냉각팬 시스템	0.08	0.35	0.36	0.19	0.01	0.01	1.00
제동디스크 및 패드	0.10	0.39	0.12	0.15	0.23	0.01	1.00
출입문	0.03	0.90	0.04	0.02	0.00	0.01	1.00
주회로 차단 시스템	0.01	0.63	0.00	0.03	0.32	0.00	1.00
공조시스템	0.00	0.34	0.03	0.07	0.10	0.46	1.00
보조전원장치	0.01	0.13	0.16	0.03	0.48	0.18	1.00
관절장치	0.00	0.61	0.02	0.19	0.16	0.02	1.00
합계	0.17	0.35	0.13	0.13	0.17	0.13	1.00

- **(미래시장 선도형)** 부품 관련 논문의 피인용수를 분석한 결과, 미국(8,153건), 독일(4,003건), 중국(3,137건), 한국(2,427건), 일본(2,073건), 프랑스(2,048건) 순으로 나타남

  - 논문영향력은 미국(0.37), 독일(0.18), 중국(0.14), 한국(0.11), 일본/프랑스(0.09) 등의 순으로 분석됨

〈표 V-50〉 미래시장 선도형 부품군 논문영향력(PCI)

국가명 / 부품명	CN	US	KR	JP	DE	FR	합계
추진제어시스템	0.01	0.48	0.31	0.01	0.01	0.2	1.00
반도체 변압기	0.39	0.15	0.06	0.21	0.13	0.06	1.00
통합제어시스템	0.17	0.44	0.32	0.03	0.04	0.01	1.00
동기전동기	0	0.31	0.05	0.14	0.4	0.1	1.00
입환 자동화시스템	0.37	0.23	0.11	0.02	0.11	0.16	1.00
추진제어 시스템	0	0.67	0.11	0.02	0.14	0.06	1.00
주변압기	0.04	0.3	0.2	0.1	0.14	0.22	1.00
합계	0.14	0.37	0.11	0.09	0.18	0.09	1.00

논문집중도(BII)

- **(시장진입형)** 부품군에 해당하는 국가별 논문집중도의 경우, 중국은 전두부 해치시스템 개발(1.72), 미국은 관절장치 개발(3.19), 한국은 제동디스크 및 패드 개발(1.38)에 대한 논문연구가 집중되는 경향을 보임

  - 일본과 독일은 보조전원장치 개발에 집중하고 있으며, 프랑스는 출입문 표준화 연구에 집중

〈표 V-51〉 시장진입형 부품군 논문집중도(BII)

부품명 \ 국가명	CN	US	KR	JP	DE	FR	합계
현가장치	0.85	1.48	1.04	0.49	1.89	0.64	1.00
판토그래프	1.24	0.37	1.18	1.00	0.82	1.04	1.00
공기스프링 개발	1.65	0.74	0.30	1.14	0.00	0.44	1.00
전두부 해지시스템	1.72	0.98	0.55	0.39	0.15	0.15	1.00
냉각팬 시스템	0.76	1.77	1.37	0.94	0.30	0.30	1.00
제동디스크 및 패드	0.67	1.03	1.38	1.53	1.31	0.51	1.00
출입문	0.41	1.35	1.32	0.84	0.92	3.02	1.00
주회로 차단 시스템	0.48	2.77	0.73	0.77	1.18	0.30	1.00
공조시스템	0.14	2.57	0.22	1.24	2.10	2.13	1.00
보조전원장치	0.38	0.94	0.87	1.73	3.01	1.52	1.00
관절장치	0.00	3.19	0.61	0.58	2.04	1.69	1.00
합계	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

- **(미래시장 선도형)** 부품군에 해당하는 국가별 논문집중도의 경우, 미국은 추진제어 시스템(2.44), 중국은 반도체 변압기(2.03), 일본은 동기전동기(2.38)연구에 집중하고 있는 경향을 보임

  - 그 외, 독일은 추진제어시스템(3.66), 프랑스는 주변압기 개발(3.31), 한국과 일본은 동기전동기 개발(1.77)에 가장 집중하고 있음

〈표 V-52〉 미래시장 선도형 부품군 논문집중도(BII)

부품명 \ 국가명	CN	US	KR	JP	DE	FR	합계
추진제어시스템	0.13	1.36	0.7	0.39	3.66	1.24	1.00
반도체 변압기	2.03	0.4	1.16	0.46	0.42	0.64	1.00
통합제어시스템	0.91	1.22	0.47	0.77	1.63	0.83	1.00
동기전동기	0.01	1.04	1.77	2.38	0.87	1.29	1.00
입환 자동화시스템	1.36	0.65	0.67	1.22	0.81	1.11	1.00
추진제어 시스템	0.03	2.44	0.36	0.44	1.65	0.76	1.00
주변압기	0.46	1	1.31	0.97	1.08	3.31	1.00
합계	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

논문기술경쟁력 종합

- 한국의 논문기술경쟁력은 현재 중하위권에 해당되며, 주요국과 대등한 논문기술경쟁력 확보를 위해서는 양적·질적으로 경쟁력 있는 논문들이 지속적으로 발표될 수 있도록 R&D 투자가 필요할 것으로 판단됨

  - **(시장진입형)** 철도차량부품 관련 유효 논문은 1,359건이며 6개국 중 한국은 논문활동도 3위, 논문영향력 4위로 평가되었고, 논문집중도에서는 제동디스크 및 패드 개발(1.38)에 가장 집중되는 경향을 보임

  - **(미래시장 선도형)** 철도차량부품 관련 유효 논문은 2,857건으로 6개국 중 한국은 논문활동도 5위, 논문영향력 4위로 평가되었고, 논문집중도에서는 동기전동기 개발(1.77)에 가장 집중되는 경향을 보임

- 논문기술경쟁력 분석 내용과 하기의 특허경쟁력 분석 내용을 바탕으로 각 부품의 국가별 선도그룹을 분석하여 Fast-Mover(미래선도), First-follower(기술자립) 전략을 수립

3. 특허경쟁력 분석

분석 개요

- **(범 위)** 특허기술동향조사는 2018년 2월까지 출원 공개 및 등록된 한국, 미국, 일본, 유럽(독일, 프랑스) 및 중국 등 6개 국가 특허를 대상으로 분석

  - 철도차량부품 개발사업 기획시 제출된 중분류 및 소분류 기술 체계를 기준으로 정량분석 및 지표분석을 실시

  - 2016년 이후에 출원한 특허는 미공개 구간임을 감안하여 이를 제외한 2016년 이전의 유효한 특허들 중 최근 20년간(1996~2015년)의 유효특허 총 2,065건에 대해 분석함

  - 특허 분석에서는 중분류별 부품기술에 관한 개별 검색 및 노이즈 제거 수행

<표 V-53> 특허분석 대상 및 구분

국가	특허구분	사용DB	전체분석기간
한국	공개특허	WIPSON, WINTELIPS	~2018.02.15
	등록특허		~2018.02.15
미국	공개특허		2001.03.15.~2018.02.15
	등록특허		~2018.02.15
일본	공개특허, 공표/재공표		~2018.02.15
	PAJ		~2018.02.15
	특허공고/등록		~2018.02.15
독일	공개특허		~2018.02.15
	등록특허		~2018.02.15
프랑스	공개특허		~2018.02.15
	등록특허		~2018.02.15
중국	공개특허		~2018.02.15
	등록특허		~2018.02.15

- **(시장진입형)** 부품개발 관련 총 특허건수는 4,808건 도출

  - 세부 부품별로는 현가장치(311건), 판토그래프(181건), 공기스프링(350건), 전두부 해치 시스템(467건), 냉각팬(355건), 제동디스크 및 패드(218건), 출입문(1,052건), 주회로 차단시스템(247건), 공조시스템 (311건), 보조전원장치(687건), 관절장치(629건)으로 나타남

● **(미래시장 선도형)** 부품개발 관련 총 특허건수는 3,816건 도출

- 세부 부품별로는 추진제어시스템(111건), 반도체 변압기(257건), 통합제어시스템(706건), 동기전동기(212건), 입환 자동화시스템(1,076건), 추진제어 시스템(430건), 주변압기(1,024건)으로 나타남

분석 지표

● 특허기술경쟁력 분석을 위한 평가항목은 양적지표(특허 활동도, 특허집중도)와 질적지표(특허시장력, 특허영향력)로 구분하여 평가

<표 V-54> 특허기술경쟁력 평가항목

평가항목	평가항목	항목설명
특허활동도 (PAI) (Patent Activity Index)	(절대적) 특허출원건수	■ 특허청이 발행한 공개/등록 특허공보 수에 근거하여 절대적 특허출원 수 ■ $\text{특허활동도}_{ij} = \frac{P_{ij}}{\sum_{j=1}^{nt} P_{ij}}$ (P_{ij}는 i기술에 대한 j국가의 특허출원 수, nt는 전체 국가 수)
특허집중도 (PII) (Patent Intensity Index)	(상대적) 특허출원건수	■ 해당국가가 다른 국가와 비교하여 상대적으로 어떠한 기술분야에 기술혁신 활동을 집중하고 있는가에 대한 정보를 제공 ■ $\text{특허집중도}_{ij} = \frac{(P_{ij} / \sum_{j=1}^{nt} P_{ij})}{(\sum_{i=1}^{mt} P_{ij} / \sum_{i=1}^{mt}\sum_{j=1}^{nt} P_{ij})}$ (P_{ij}는 i기술에 대한 j국가의 특허출원 수, nt는 전체 국가 수, mt는 전체 기술 수)
특허시장력 (PMI) (Patent Market-power Index)	특허패밀리수	■ 해당국가에서 상업적인 이익 또는 기술경쟁 관계에 있을 때에만 해외에 특허를 출원하므로 Family Patent 국가수가 많을 때에는 특허를 통한 시장성이 크다고 판단되어 이를 특허시장력의 지표로 사용 ■ $\text{특허시장력}_{ij} = \frac{(FP_{ij} / P_{ij})}{(\sum_{j=1}^{nt} FP_{ij} / \sum_{j=1}^{nt} P_{ij})}$ (FP_{ij}는 i기술에 대한 j국가의 패밀리특허국가수, P_{ij}는 i기술에 대한 j국가의 특허출원 수, nt는 전체 국가 수)
특허영향력 (PCI) (Patent Citation Index)	피인용 특허출원건수	■ 본 특허가 향후에 발생하는 특허에 얼마나 응용되고 있는가를 파악하는 지표로 특허의 영향력을 측정, 피인용특허 정보가 있는 미국특허를 대상으로 함 ■ $\text{특허영향력}_{ij} = \frac{(CP_{ij} / RP_{ij})}{(\sum_{j=1}^{nt} CP_{ij} / \sum_{j=1}^{nt} RP_{ij})}$ (CP_{ij}는 i기술에 대한 j국가의 특허 피인용수, RP_{ij}는 i기술에 대한 j국가의 등록특허 수, nt는 전체 국가 수)

특허활동도(PAI)

- **(시장진입형)** 철도차량부품 관련 특허 출원수를 분석한 결과 한국(656건), 중국(612건), 미국(343건), 독일(285건), 프랑스(106건), 일본(63건) 순으로 나타남

  - 특허활동도(PAI)에서도 한국(0.32)과 중국(0.30)이 압도적으로 높으며, 그 다음으로는 미국(0.17), 독일(0.14), 프랑스(0.05), 일본(0.03)순임

〈표 V-55〉 시장진입형 부품군 특허활동도(PAI)

국가명 / 부품명	CN	US	KR	JP	DE	FR	합계
현가장치	0.41	0.29	0.05	0.21	0.04	0.00	1.00
판토그래프	0.35	0.59	0.00	0.02	0.02	0.01	1.00
공기스프링 개발	0.27	0.30	0.15	0.14	0.02	0.12	1.00
전두부 해지시스템	0.07	0.33	0.22	0.28	0.08	0.01	1.00
냉각팬 시스템	0.18	0.09	0.21	0.38	0.13	0.01	1.00
제동디스크 및 패드	0.21	0.61	0.00	0.11	0.00	0.07	1.00
출입문	0.62	0.27	0.02	0.04	0.04	0.00	1.00
주회로 차단 시스템	0.01	0.28	0.63	0.05	0.02	0.01	1.00
공조시스템	0.09	0.49	0.14	0.22	0.03	0.04	1.00
보조전원장치	0.20	0.27	0.25	0.15	0.05	0.09	1.00
관절장치	0.31	0.07	0.23	0.25	0.14	0.01	1.00
합계	0.32	0.30	0.17	0.14	0.05	0.03	1.00

- **(미래시장 선도형)** 철도차량부품 관련 특허 출원수를 분석한 결과 한국(396건), 미국(316건), 중국(221건), 독일(213건), 일본(79건), 프랑스(41건) 순으로 나타남

  - 특허활동도(PAI)에서도 한국(0.31)이 가장 높게 나타났으며, 그 다음 미국(0.25), 중국(0.17), 독일(0.17), 일본(0.06), 프랑스(0.03)순으로 나타남

〈표 V-56〉 미래시장 선도형 부품군 특허활동도(PAI)

국가명 / 부품명	CN	US	KR	JP	DE	FR	합계
추진제어시스템	0.18	0.06	0.24	0.39	0.12	0	1.00
반도체 변압기	0.65	0.08	0.06	0.15	0.01	0.04	1.00
통합제어시스템	0.32	0.05	0.23	0.3	0.03	0.08	1.00
동기전동기	0.1	0.29	0.07	0.22	0.04	0.28	1.00
입환 자동화시스템	0.49	0.13	0.2	0.1	0.02	0.06	1.00
추진제어 시스템	0.04	0.01	0.72	0.16	0.07	0.01	1.00
주변압기	0.16	0.57	0.13	0.1	0.02	0.01	1.00
합계	0.31	0.17	0.25	0.17	0.03	0.06	1.00

특허집중도(PII)

- **(시장진입형)** 철도차량부품 관련 각 국가별 특허집중도를 살펴보면, 한국은 출입문(1.96), 중국은 제동디스크 및 패드(2.07), 미국은 주회로 차단 시스템 (3.81)에 특허가 집중화 되고 있음

  - 그 외 독일은 냉각팬(2.75), 프랑스는 관절장치(2.65), 일본은 공기스프링(3.81)에 특허 경쟁이 집중화 되고 있는 것으로 나타남

<표 V-57> 시장진입형 부품군 특허집중도(PII)

국가명 / 부품명	CN	US	KR	JP	DE	FR	합계
현가장치	1.28	0.96	0.31	1.55	0.80	0.00	1.00
판토그래프	1.10	2.00	0.00	0.17	0.45	0.38	1.00
공기스프링 개발	0.84	1.02	0.91	1.01	0.45	3.81	1.00
전두부 해지시스템	0.23	1.10	1.34	2.06	1.56	0.40	1.00
냉각팬 시스템	0.57	0.30	1.26	2.75	2.53	0.33	1.00
제동디스크 및 패드	0.66	2.07	0.00	0.76	0.00	2.30	1.00
출입문	1.96	0.90	0.14	0.31	0.80	0.16	1.00
주회로 차단 시스템	0.02	0.93	3.81	0.37	0.44	0.37	1.00
공조시스템	0.28	1.64	0.87	1.57	0.53	1.18	1.00
보조전원장치	0.62	0.92	1.48	1.08	0.97	2.81	1.00
관절장치	0.97	0.23	1.38	1.83	2.65	0.20	1.00
합계	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

- **(미래시장 선도형)** 철도차량부품 관련 각 국가별 특허집중도를 살펴보면, 한국은 반도체 변압기(2.08), 미국은 추진제어 시스템(2.89), 중국은 주변압기(3.29)에 가장 집중되는 경향을 보임

  - 그 외 독일과 프랑스는 추진제어시스템(2.34, 3.74)에, 일본은 동기전동기 (4.46)에 특허가 집중되고 있음

<표 V-58> 미래시장 선도형 부품군 특허집중도(PII)

국가명 / 부품명	CN	US	KR	JP	DE	FR	합계
추진제어시스템	0.58	0.35	0.97	2.34	3.74	0	1.00
반도체 변압기	2.08	0.47	0.25	0.92	0.32	0.66	1.00
통합제어시스템	1.03	0.29	0.91	1.76	0.83	1.23	1.00
동기전동기	0.33	1.65	0.29	1.29	1.27	4.46	1.00
입환 자동화시스템	1.57	0.73	0.81	0.59	0.71	0.94	1.00
추진제어 시스템	0.12	0.03	2.89	0.92	2.06	0.18	1.00
주변압기	0.53	3.29	0.52	0.57	0.6	0.23	1.00
합계	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

특허시장력(PMI)

- **(시장진입형)** 철도차량부품 관련 특허의 패밀리특허 국가 수를 분석한 결과, 미국(1,392건), 독일(894건), 중국(776건), 한국(744건), 프랑스(403건), 일본(339건) 순으로 나타남
  - 특허의 패밀리특허 국가 수를 출원수로 나눈 결과, 일본(5.38), 미국(4.06), 프랑스(3.80), 독일(3.14), 중국(1.27), 한국(1.13)순인 것으로 분석됨
  - 특허시장력은 일본(2.44), 미국(1.84), 프랑스(1.73), 독일(1.42), 중국(0.58), 한국(0.51)의 순으로 나타남

〈표 V-59〉 시장진입형 부품군 특허시장력(PMI)

국가명 / 부품명	CN	US	KR	JP	DE	FR	합계
현가장치	0.77	1.12	1.18	1.21	1.14	0.00	1.00
판토그래프	1.06	0.95	0.00	0.83	0.83	2.50	1.00
공기스프링 개발	0.49	0.47	1.97	1.10	1.28	2.12	1.00
전두부 해지시스템	0.39	0.49	1.42	1.44	0.84	1.57	1.00
냉각팬 시스템	0.35	0.33	1.54	1.09	1.19	1.49	1.00
제동디스크 및 패드	0.68	0.78	0.00	1.04	0.00	3.85	1.00
출입문	0.78	0.91	3.57	2.09	2.11	3.05	1.00
주회로 차단 시스템	0.36	0.42	1.23	0.84	1.09	3.08	1.00
공조시스템	0.53	0.54	2.21	1.34	0.70	1.72	1.00
보조전원장치	0.43	0.51	1.37	1.09	2.30	1.87	1.00
관절장치	0.32	0.32	1.67	1.18	1.36	0.00	1.00
합계	0.51	0.58	1.84	1.42	1.73	2.44	1.00

- **(미래시장 선도형)** 철도차량부품 분석대상 특허의 패밀리특허 국가 수를 분석한 결과, 미국(1,345건), 독일(702건), 한국(489건), 일본(389건), 중국(342건), 프랑스(155건) 순으로 나타남
  - 특허의 패밀리특허 국가수를 출원수로 나눈 결과, 일본(4.91), 프랑스(4.54), 미국(4.41), 독일(3.91), 중국(1.49), 한국(1.33)의 순으로 나타남
  - 특허시장력은 일본(1.70), 프랑스(1.57), 미국(1.53), 독일(1.35), 중국(0.52), 한국(0.46)의 순으로 나타남

〈표 V-60〉 미래시장 선도형 부품군 특허시장력(PMI)

국가명 / 부품명	CN	US	KR	JP	DE	FR	합계
추진제어시스템	0.39	0.33	1.86	0.89	0.91	0	1.00
반도체 변압기	0.72	0.94	1.14	1.32	2.05	3.93	1.00
통합제어시스템	0.39	0.82	1.38	1.26	1.61	1.32	1.00
동기전동기	0.5	0.48	1.9	1.1	0.44	1.5	1.00
입환 자동화시스템	0.5	0.5	1.8	1.57	2.62	1.96	1.00
추진제어 시스템	0.23	0.46	0.99	1.2	1.1	1.04	1.00
주변압기	1.11	0.63	1.85	1.48	1.51	3.01	1.00
합계	0.46	0.52	1.53	1.35	1.57	1.7	1.00

특허영향력(PCI)

- **(시장진입형)** 철도차량부품 관련 특허의 피인용수 합계를 도출한 결과, 미국(7,095건), 프랑스(663건), 일본(413건), 독일(209건), 중국(14건), 한국(13건) 순으로 나타남

  - 관련 등록특허의 수로는 미국(306건), 독일(41건), 일본(27건), 중국(16건), 프랑스(12건), 한국(3건)의 순으로 나타남

  - 특허의 피인용수를 관련 등록특허수로 나눈 결과 프랑스(55.25), 미국(23.19), 일본(15.30), 독일(5.10), 한국(4.33), 중국(0.88) 순으로 나타남

  - 특허영향력은 프랑스(2.66), 미국(1.12), 일본(0.74), 독일(0.25), 한국(0.21), 중국(0.04) 순으로 분석됨

〈표 V-61〉 시장진입형 부품군 특허시장력(PMI)

국가명 / 부품명	CN	US	KR	JP	DE	FR	합계
현가장치	–	0.05	1.82	0.38	–	–	1.00
판토그래프	0.67	–	–	–	–	1.33	1.00
공기스프링 개발	–	0.05	1.57	0.21	–	0.45	1.00
전두부 해지시스템	–	–	1.11	0.30	–	–	1.00
냉각팬 시스템	–	–	1.23	0.28	0.00	–	1.00
제동디스크 및 패드	–	1.75	–	0.00	–	0.00	1.00
출입문	–	0.08	1.53	0.08	0.27	–	1.00
주회로 차단 시스템	–	0.08	1.01	0.44	0.80	1.78	1.00
공조시스템	–	–	0.78	1.74	–	0.91	1.00
보조전원장치	0.36	0.08	1.31	0.08	0.50	0.78	1.00
관절장치	–	–	0.88	0.26	2.56	–	1.00
합계	0.21	0.04	1.12	0.25	2.66	0.74	1.00

- **(미래시장 선도형)** 철도차량부품 관련 분석대상 특허의 등록특허의 수로는 미국(240건), 독일(34건), 일본(33건), 프랑스(7건), 중국(5건),한국(2건)의 순으로 나타남

  - 분석대상 특허의 피인용수를 관련 등록특허의 수로 나눈 결과, 미국(21.32), 일본(13.55), 프랑스(13.14), 독일(7.94), 중국(6.80), 한국(6.00) 순으로 나타남

  - 특허영향력은 미국(1.15), 일본(0.73), 프랑스(0.71), 독일(0.43), 중국(0.37),한국(0.32) 순인 것으로 분석됨

〈표 V-62〉 미래시장 선도형 부품군 특허시장력(PMI)

부품명 \ 국가명	CN	US	KR	JP	DE	FR	합계
추진제어시스템	-	-	0.98	-	-	-	1.00
반도체 변압기	-	-	0.8	0.64	-	2.56	1.00
통합제어시스템	0	0.17	1.21	0.54	2.11	0.71	1.00
동기전동기	-	-	0.86	0.13	-	1.17	1.00
입환 자동화시스템	-	-	1.21	0.35	0.5	0.37	1.00
추진제어 시스템	-	-	1.07	0.19	0.08	0.95	1.00
주변압기	0.69	0.33	1.23	0.52	-	-	1.00
합계	0.32	0.37	1.15	0.43	0.71	0.73	1.00

특허기술경쟁력 종합

- 다른 국가에 비해 한국에서의 특허기술경쟁력은 비교적 낮을 수 있으나, 특허활동도가 높은 만큼 향후 한국에서의 특허기술경쟁력은 충분히 상승될 것으로 판단

- 향후 특허시장력을 확보하기 위해서는 국내출원에 국한하지 않고 적극적인 해외출원을 통한 패밀리특허 확보가 필요할 것으로 사료됨

  - **(시장진입형)** 주요 6개국의 유효 특허 2,065건 중 한국은 특허활동도 부문에서는 1위로 나타났으나 특허시장력 부문은 최하위인 6위를 차지하였고, 특허영향력은 5위로 낮게 평가 됨

  - 특히, 한국은 출입문(1.96)관련 특허에 가장 집중되는 경향을 보임

  - **(미래시장 선도형)** 철도차량부품 관련 유효특허 1,266건 중 특허활동도는 1위로 분석되었으나, 특허시장력은 주요 6개국 중 최하위인 6위를 차지하였고, 특허영향력도 최하위인 6위로 평가됨

  - 한국은 반도체 변압기 개발(2.08)에 특허가 집중되고 있음

4. 기술경쟁력 종합분석

■ 기술경쟁력 평가지표(양적/질적)에 대한 가중치를 달리 부여하여, 18개 철도차량 부품 논문 및 특허분석 결과에 따른 국가별 기술경쟁력 도출

- 기술경쟁력 : 논문경쟁력(40%), 특허경쟁력(60%) 가중치 적용
- 논문경쟁력 : 논문활동도(30%), 논문집중도(30%), 논문영향력(40%) 가중치 적용
- 특허경쟁력 : 특허활동도(20%), 특허집중도(20%), 특허시장력(30%), 특허영향력(30%) 가중치 적용

※ 논문/특허 기술경쟁력 분석을 위해 논문보다는 특허지표에, 양적 지표보다는 질적 지표에 가중치를 높게 부여하였으며 최종 가중치 비율은 총괄기획위원회에서 최종 합의 후 결정

- 논문/특허 분석을 통하여 18개 부품기술의 개발 방향성, 신기술의 동향 등을 파악하고, 상세 개발계획에 반영
- 기존 특허들의 기술 개발 범위를 회피하거나, 개발 방향성을 확인하고 상용화시 걸림돌이 될 수 있는 핵심 특허에 대해서는 방어 전략을 확인하여 향후 상용화, 사업화에 대비

- 해당전략을 바탕으로 사업화를 위한 IP 전략을 반영

〈표 V-63〉 논문/특허 분석에 따른 국가별 기술경쟁력

소분류(부품)	기술경쟁력(최고기술 100% 기준)					
	KR	CN	US	DE	FR	JP
현가장치	61%	59%	100%	86%	45%	10%
판토그래프	72%	79%	12%	33%	41%	100%
공기스프링 개발	20%	56%	62%	24%	25%	100%
전두부 해지시스템	20%	100%	80%	58%	35%	37%
냉각팬 시스템	46%	28%	100%	61%	53%	48%
제동디스크 및 패드	51%	70%	36%	53%	11%	100%
출입문	48%	28%	100%	40%	74%	48%
주회로 차단 시스템	13%	22%	100%	34%	28%	68%
공조시스템	14%	30%	100%	87%	48%	66%
보조전원장치	30%	24%	63%	66%	65%	100%
관절장치	19%	5%	100%	50%	76%	9%
추진제어시스템	26%	12%	83%	100%	73%	5%
반도체 변압기	39%	51%	27%	31%	29%	100%
통합제어시스템	36%	44%	100%	79%	77%	58%
동기전동기	36%	18%	54%	43%	34%	100%
입환 자동화시스템	46%	57%	80%	57%	100%	74%
추진제어 시스템	10%	7%	100%	48%	44%	34%
주변압기	56%	67%	100%	56%	73%	67%

- 18개 부품 중 미국(9개), 일본(6개), 중국, 독일, 프랑스(1개)에서 철도차량부품 선진기술을 보유하고 있는 것으로 나타남

- 국내 철도차량부품기술 개발의 경우 시장진입형, 미래시장 선도형 R&D 추진전략을 통하여 선진국 수준의 기술경쟁력 확보와 세계시장 선도를 위한 대책 마련이 필요

핵심부품별 R&D 추진 전략 설정

- 철도차량 핵심부품에 대한 논문/특허의 양적/질적 수준을 종합적으로 고려하여 관련 부품의 R&D 추진 전략 방향을 설정

  - 단기 성장 가능성이 높고 상대국과의 기술격차 해소가 요구되는 부품군의 경우, “시장진입형 국산화”R&D 추진 품목으로 설정

  - 관련 기술 보유 선도국과의 양/질적 성과 차이는 존재하지만 최근 기술력 보유 현황을 바탕으로 장기적 관점에서 미래 시장선점이 가능할 것으로 기대되는 품목의 경우 “미래 시장선도형”품목으로 설정

- 논문/특허 기술경쟁력 분석 시 해당 부품별 R&D 추진 전략을 적용하여 보다 양적/질적 지표 중심의 면밀한 정량적 분석 결과를 반영

〈표 V-64〉 핵심부품(후보과제)별 R&D 추진전략 방안도출

대분류	중분류(장치)	소분류(부품)	핵심부품(후보과제)	R&D 추진 전략
차체	차체부품 및 내장재	전두부	전두부 해치	시장진입형
		출입문	출입문	시장진입형
		연결기	관절장치	시장진입형
			입환자동화시스템	시장진입형
	편의시설	냉난방기	공조시스템	시장진입형
			냉각팬	시장진입형
대차	현가장치	댐퍼	댐퍼	시장진입형
		공기스프링	공기스프링	시장진입형
	동력전달장치	기어	(마그네틱) 추진제어시스템	미래시장 선도형
열차 추진 장비	견인전동기	동기전동기	동기전동기	미래시장 선도형
열차 제동장치	기초제동장치 및 제어	제동디스크	제동디스크 및 패드	시장진입형
열차 제어장치	차량제어장치	열차운전 및 속도제어 (TCM/OBCS)	통합제어시스템	미래시장 선도형
	추진제어장치	견인인버터	(에너지저장) 추진제어시스템	미래시장 선도형
열차 집전 및 전장	집전장치	판토그래프	판토그래프	시장진입형
	전력변환장치	견인 변압기	반도체변압기	미래시장 선도형
			주변압기	미래시장 선도형
	차단기	고속도회로 차단기	주회로차단시스템	시장진입형
	전기계통 및 전장품	보조전원장치	보조전원장치	시장진입형

철도차량 부품개발 사업

제6장 사업 기본방향 및 추진전략

제1절 사업 기본방향
제2절 SWOT 분석을 통한 전략도출
제3절 비전 목표 및 중점 추진분야

제6장 사업 기본방향 및 추진전략

제1절 사업 기본방향

1. 사업 기본방향 설정 프로세스

- 본 사업의 기본방향 설정을 위해 메가트렌드 분석, 국내외 환경분석(정책, 산업, 법·제도, 기술), 국가정책 방향성 등을 종합적으로 고려

  - 철도차량부품 관련 메가트렌드 분석을 통한 사회 현안, 미래 이슈를 도출하고, 사회 현안 해결 및 미래 이슈 대응을 위한 사업 전략 분야를 설정

  - 국내외 환경분석(기술동향, 정책 및 투자동향, 법/제도 등)에 따른 분석을 실시하고, 철도차량부품 관련 신정부 정책방향 및 상위계획 검토 등 정책 실천 수단을 검토하여, 사업추진 방향성과 핵심전략 도출

- 중점추진분야 도출에 앞서 합리성, 객관성, 사업 가능성 등을 확보하기 위하여 체계적 사전 절차 수행과 기술수요조사 등을 통한 사업 기획의 정합성을 제고

  - Top-Down/Bottom-Up 방식을 통한 관련 분야 전문가들의 현장 수요를 반영하고 기획위원회, 자문위원회 등 산학연 분야별 전문가들의 의견 수렴 및 검증을 통해 중점 추진분야를 선정



<그림 VI-1> 사업 방향성 설정 프로세스

2. 사업의 기본방향

국가 상위계획 지원을 위한 R&D 사업 추진으로 일자리창출, 중소기업 경쟁력 제고 등 철도차량부품산업 육성 추진

- 최근 정부 국정목표 중 '더불어 잘사는 경제'와 '내 삶을 책임지는 국가'를 강조하고 있으며 이를 통해 국가 산업 발전 및 국민 삶의 질 향상 요구
  - 본 사업의 경우'더불어 잘사는 경제'분야에서 소득 주도 성장을 위한 일자리 창출, 과학기술 발전이 선도하는 4차 산업혁명, 중소벤처가 주도하는 창업과 혁신성장 등 국정전략과의 연계성 확보
  - '내 삶을 책임지는 국가' 부문에서는 국민 안전과 생명을 지키는 안심사회 구현을 위한 국정전략과 부합
- 부품기술 개발을 주도할 수 있는 신규 인력의 배출과 해당인력의 산업계 진출을 통하여 철도부품 분야의 고급인재 양성 및 핵심 일자리를 창출
- 국가 교통기술 정책은 안전, 환경, 지능화를 통한 선진 교통기술 강국을 목표로 하고 있으며, 철도차량부품 산업 육성을 통한 기술 자립 및 미래 선도형 기술 확보
  - 제3차 철도산업발전기본계획 등 상위정책에서는 철도산업생태계의 부품산업 및 After Sales market 육성 등 철도부품 경쟁력 향상 요구
- 철도부품산업의 발전을 위해 법·제도, 금융지원을 비롯한 종합적인 지원이 요구됨에 따라 주요 실천 수단으로써 R&D 사업도 병행 추진

부품 중소기업 성장 발판 마련을 위한 단기 시장진입이 가능한 부품 국산화

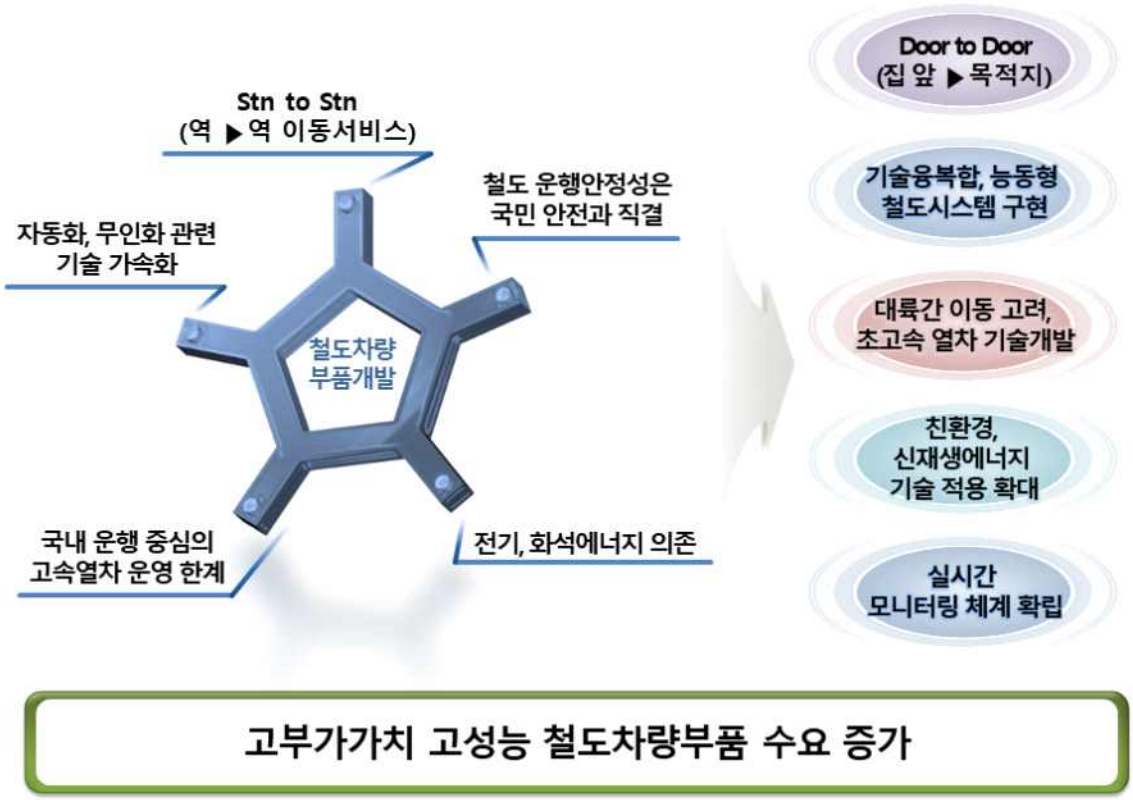
- 국민생활과 밀접한 국토교통 R&D 사업의 특성을 고려하여 사회현안 등을 해결하기 위한 공공 R&D 추진
  - **(정책측면)** 철도 선진국 대비 기술수준 향상, 장애/사고 안전 향상, 건전한 부품공급망 구축 등과 관련한 정책 추진
  - **(경제측면)** 시장성장 전망과 노후차량 대체 수요에 적기 대응하여 시장안착 기회 포착 필요
  - **(사회측면)** 도시 및 고속철도 교통의 활성화에 따라 국민의 안전과 직결된 운행 안전성 및 편의성 요구 증대와 국가 공공재인 철도산업의 안정적인 산업 생태계 발전이 요구됨

지속 가능한 자생가능 산업생태계 조성을 위한 미래 시장선도형 부품개발

- 철도차량부품 관련 미래사회 변화 전망을 위한 메가트렌드 분석을 실시하고 이에 대응하기 위한 기술 니즈 도출

  - 사회문화, 과학기술, 경제, 환경, 정책 분야 미래사회 변화 모습을 예측하고, 이에 따른 철도기술의 미래모습을 전망

  - 또한, 철도차량부품 산업의 트렌드 변화를 예측하며, 이에 적합한 미래이슈 및 핵심 키워드 도출



〈그림 VI-2〉 철도차량부품산업 트렌드 변화

제2절 SWOT 분석을 통한 전략도출

SWOT 전략 도출

- 메가트렌드, 산업현황, 기술동향, R&D 역량 등을 종합적으로 고려하여 SWOT 분석을 통한 본 사업의 전략 방향 도출

외부요인 / 내부요인	O (기회)	T (위협)
	■ 화석연료의 고갈로 지구환경 개선 필요성이 대두됨에 따라 고효율 친환경 부품 개발 필요 ■ 수출용 철도차량 등 세계 시장에 대비한 기술개발 필요 ■ 기술확보시 세계시장 개척이 가능하므로 내수 및 수출시장 확대 ■ 안정적인 국내시장 확보 (운영사에 개발 부품 적용가능) ■ 국내 형식인증을 바탕으로 국외 시장 진출가능 ■ 기존 차량의 차량 연한 마감으로 신규 차량 도입이 필요 ■ 기존 부품의 유지보수 시장 증가	■ 철도부품 선진국은 차세대 부품을 위한 기술개발 실시 ■ 자국의 부품 수요 정책 등 보호무역주의가 팽배 ■ 연구개발이 늦어질 경우 국내 시장의 잠식은 물론 향후 차량 수출 차질 우려 ■ 미래시장 선점을 위한 기술력 확보에 많은 시간 소요 ■ 고부가가치 핵심기술 부재
S (강점)	**SO 전략 추진방향**	**ST 전략 추진방향**
■ 고속철도, 경량전철 등 세계적 수준의 철도차량 제작기술 보유 ■ 국내 업체들이 대용량 에너지 저장장치 상용화 기술 선도 ■ 고속철도차량은 수요가 많고, 고효율 운전이 가능하여 장기 경제성 우수 ■ 차량설계, 제작, 시험, 평가 기술력 확보 ■ KTX, KTX산천 등 철도차량 제작 및 운영경험 ■ 체계적인 국내 형식인증 체계 보유	■ 기 연구개발 과제의 기술력을 바탕으로 전략 부품의 기술개발 성공 가능성 높음 ■ 국내 표준화 및 인증 (성능중심 체계구축)으로 일부 해외 인증 연계 가능 ■ 세계수준의 고속철도, 경량전철 기술을 바탕으로, IT기술 융합을 통해 국내외 시장에서 TEST-BED 구축 용이	■ 기업과 운영기관 차원에서 필요한 기술을 선정 ■ 투자·개발한 기술을 실용화 할 수 있는 환경조성 ■ 차량 제작경험 및 기술 능력보유로 핵심기술 개발과 세계 시장 개척을 위한 실용화 전략 수립 ■ 고효율 친환경성 철도차량부품 기술 보급계획 마련
W (약점)	**WO 전략 추진방향**	**WT 전략 추진방향**
■ 기존 국산화 부품 이외의 핵심 부품은 해외기술 종속 ■ 운영 교체 주기가 길어 수요가 불규칙하여 민간의 기술개발 투자 어려움 ■ 민간기반의 기술간 융합 미흡 ■ 완성품 조립생산 위주의 중급 기술로 고급기술 부재 ■ 부품 중소기업의 고정적인 매출원 부재 ■ 기술개발 필요성은 인식하고 있지만 투자 인색 (좁은 시장과 독과점적 구조) ■ 부품개발시 시험인증 비용 과다 소요	■ 해외의존도가 높은 부품의 빠른 국산화 대체 가능 ■ 중소기업 자생 성장 동력 확보를 위한 고부가가치 부품 개발 ■ 부품개발시 비용이 많이 들어가는 인증을 통합 관리 ■ 개별적으로 이뤄지는 현차 시험을 통합적으로 수행 ■ 신규 시장의 개척을 위해 국내 철도망에 조기에 투입하여 검증 후 취약기술 보완을 통해 신규 시장 진입	■ 고효율 친환경 차량의 융복합 기술개발을 위한 제도적 기반 마련 ■ 기술 선진국과 동등 이상의 성능을 갖는 수출용 철도차량 부품 개발 ■ 산학연 협력체계 구축·활용

사업 추진 전략 도출

- 기업중심으로 학·연이 지원하는 사업체계, 단계별 발전전략, 네트워크 구성을 통한 사업 후 기술보급 전략, 현차시험을 포함하는 Test-Bed, 미래기술 기반의 수출전략 품목 육성 전략으로 구성

SWOT 전략	4대 사업 추진 전략
■ 기업과 운영기관 차원에서 필요한 기술을 선정 ■ 투자·개발한 기술을 실용화 할 수 있는 환경조성 ■ 차량 제작경험 및 기술 능력보유로 핵심기술 개발과 세계시장 개척을 위한 실용화 전략 수립 ■ 고효율 친환경성 철도차량부품 기술 보급계획 마련 ■ 부품개발 시 비용이 많이 들어가는 인증을 통합 관리 ■ 개별적으로 이뤄지는 현차시험을 통합적으로 수행	**1. 체계적 실용화지원체계 구축** · 운영기관, 차량제작사 및 인증기관을 참여토록 하여 **수요기반 부품선정, 인증 획득활동 및 공동현차시험 등 지원**
■ 기존 연구개발 과제 수행 등 축적된 기술력을 바탕으로 신규 부품 기술개발 시 성공가능성 높음 ■ 국내 표준화 및 인증(성능중심 체계구축)으로 일부 해외 인증 연계 가능 ■ 세계수준의 고속철도, 경량전철기술을 바탕으로, IT기술 융합을 통해 국내외 시장에서 TEST-BED 구축 용이	**2. 기존 인프라 활용** · 시험선 및 유관기관 협의체 등 기존 유무형 인프라 적극 활용
■ 해외의존도가 높은 부품의 빠른 국산화 대체 가능 ■ 기존 차량의 차량연한 마감으로 신규차량 도입과 유지보수 시장 증가 등의 신규 시장 대응 필요 ■ 중소기업 자생 성장 동력 확보를 위한 고부가가치 부품 개발 ■ 부품개발시 비용이 많이 들어가는 인증을 통합 관리 ■ 개별적으로 이뤄지는 현차시험을 통합적으로 수행 ■ 신규 시장의 개척을 위해 국내 철도망에 조기에 투입하여 검증 후 취약기술 보완을 통해 신규 시장 진입	**3. 신속 시장진입형 부품개발 지원으로 시장경쟁력 제고** · 국내시장이 확보된 부품의 국산화를 통한 참여 중소부품기업 경쟁력 제고
■ 고효율 친환경 차량의 융복합 기술개발을 위한 제도적 기반 마련 ■ 기술 선진국과 동등 이상의 성능을 갖는 수출용 철도차량 부품 개발 ■ 산학연 협력체계 구축·활용	**4. 선진국 수준의 고성능 차량부품 개발로 미래시장 장기경쟁력 확보** · ICT 융합등 4차산업 관련 기술력을 바탕으로 미래 수출전략 품목 육성

철도운영기관, 차량제작사, 인증기관을 사업추진체계에 포함하여 전주기적이고 체계적인 실용화 지원체계 구축

- 개발품의 실용화 가능성을 극대화하기 위해 부품단위 개발과제뿐 아니라, 완성차업체, 철도운영기관 등 수요처와 시험인증기관 등을 사업 내 총괄과제에 포함하여 설계부터 인증 획득까지 **유기적인 지원·협조** 추진

  - R&D 사업화를 위해서는 수요기반의 아이템 선정, 수요처의 요구가 반영된 설계·제작·성능검증이 필수적임

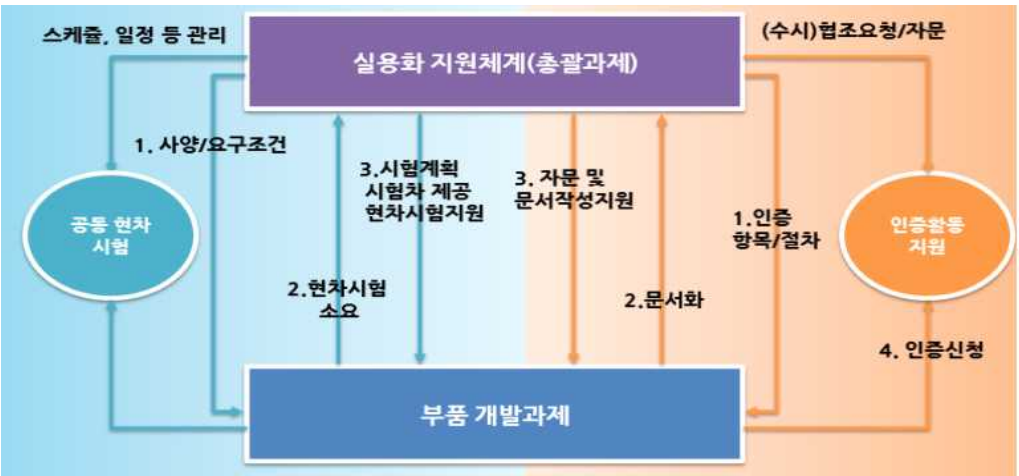
  - 개별 기업이 부품개발 시 수요처 요구조건 확인, 성능검증시험 협조 등이 대단히 어려운 실정

  - 특히, 철도부품의 경우 안전성과 신뢰성 입증을 위해 운영기관별로 상이한 자체 품질기준을 가지고 있어 사전에 수요처의 성능기준 등에 대한 정확한 파악 및 설계 반영, 시험계획 수립 등이 필요하고,

  - 부품별 현차시험 일정을 고려한 추진일정을 설계하여 개발품을 차종별로 분류 후 공동으로 일괄 현차시험을 실시함으로써 효율 극대화

※ 일괄 현차시험용 차량 임대 및 공동시험으로 비용 절감 및 운영기관 협조 용이

  - 또한, 시장 진입을 위해 요구되는 인증도 개별 기업차원에서 획득하기에 많은 시간과 비용이 소요되어 인증을 획득 하기 보다는 단순 제작하여 소량 납품에 그치는 경우가 많아 설계단계부터 부품별 필요한 인증을 고려토록 하고 인증획득활동을 체계적으로 지원 필요



〈그림 Ⅵ-3〉 공동 현차 시험 및 인증 지원 전략

<표 Ⅵ-1> 현차시험 소요비용 및 기간

분야	과제 번호	개발부품	대상 차종	임대	비임대	소요 비용 (억원)	소요 기간 (월)	총 소요 예산
중점분야 1	1	고속철도용 댐퍼 개발	고속차량		V		14	
	2	고속철도용 공기스프링 개발	고속차량		V		14	
	3	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발	고속차량	V		114	14	
	4	고속철도용 전두부 해치시스템 개발	고속차량		V		14	
	5	고속철도용 냉각팬 시스템 개발	고속차량	V		114	14	
	6	고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발	고속차량		V		14	
	7	고속철도용 모듈형 주회로 차단시스템 개발	고속차량	V		114	14	
	8	고속철도용 공조시스템 개발	고속차량		V		14	
	9	도시철도용 모듈형 출입문 표준화 개발	도시철도	V		27	14	
	10	도시철도용 모듈형 보조전원장치 개발	도시철도	V		27	14	
	11	저상트램용 관절장치 개발	도시철도		V			

※ 임대 및 비임대 근거(한국철도공사 '철도차량 임대업무처리 지침' 적용)

* ***적용범위 : 각종 시운전, 영업 및 연구 활동 등을 위한 철도차량의 임대업무 처리에 관한 사항***

- 임대 : 개발부품의 문제로 인한 철도사고, 열차사고 등 대국민 불편 대상
- 비임대 : 개발부품의 문제로 인한 여객서비스나 운행 장애 등 지장이 없는 부품대상
  (운영기관과의 협의과정에서 '임대'로 변경 가능)

※ 소요비용 산출근거(한국철도공사 '철도차량 임대업무 처리지침' 적용)

- 고속차량 : KTX-산천차량 10량 기준
- 도시철도차량 : 전동차 8량 기준

※ 현차 시험 기간 선정(한국철도공사 '철도차량 부품국산화업무관리 절차서' 적용)

- 부품 중요도 및 계절적 영향 등을 심의회의에서 결정
- KTX 및 8200호대 전기기관차용 댐퍼 14개월 현차 시험 적용(한국철도공사)

<표 VI-2> 국·내외 인증 지원 리스트

분야	과제 번호	세부과제명	대상 차종	국내		국외			
				강제 (안전인증)	품질인증	국제 규격	호환성 인증 (유럽)	안전 인증	품질 인증
				형식승인[1]	NEP/NET/K/ GS/고효율[2]	UIC[3]	TSI[4]	SIL[5]	ISO/TS2 2163[6]
중점분야 1	1	고속철도용 댐퍼 개발	EMU	√	√				√
	2	고속철도용 공기스프링 개발	EMU	√	√				√
	3	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발	EMU/ 산천		√		√		√
	4	고속철도용 전두부 해치시스템 개발	EMU/ 산천		√				√
	5	고속철도용 냉각팬 시스템 개발	EMU/ 산천		√				√
	6	고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발	EMU	√	√	√			√
	7	고속철도용 모듈형 주회로 차단시스템 개발	EMU/ 산천		√		√	√	√
	8	고속철도용 공조시스템 개발	EMU		√				√
	9	도시철도용 모듈형 출입문 표준화 개발	전동차		√			√	√
	10	도시철도용 모듈형 보조전원장치 개발	전동차		√				√
	11	저상트램용 관절장치 개발	트램		√				√
소계				4*	11	1	2	2	11
중점분야 2	1	희토류 저감형 영구자석 동기전동기 (고속철도용 추진제어시스템 경량·효율화)	EMU		√				√
	2	마그네틱 기어드 방식 동력전달시스템 (도시철도용 동력전달시스템 경량·효율화)	전동차		√				√
	3	ESS 일체형 추진제어시스템 (도시철도용 추진제어시스템 경량·효율화)	전동차		√			√	√
	4	컨버터 일체형 반도체변압기 (고속철도용 전력변환장치 경량·효율화)	EMU		√				√
	5	외장코어형 컴팩트 주변압기 (도시철도용 전력변환장치 경량·효율화)	전동차		√				√
	6	개방형 네트워크 프로토콜 기반 통합제어플랫폼 (도시철도용 전장제어기기 상호호환성 확보 기술)	전동차		√			√	√
	7	자동 연결·분리 시스템 (물류차 입환 자동화 기술 개발)	화차	√	√				√
소계				1	7	0	0	2	7
합계				5	18	1	2	4	18

※ 본 R&D 사업은 과업의 특성 및 범위를 고려하여 국내 강제인증(형식승인 대상 품목, 5건)과 해외 인증(SIL 안전인증 대상 품목, 2건, 품질인증(ISO/TS 22163, 18건) 우선 획득을 고려하여 최종 성과지표를 설정

* 댐퍼 및 공기스프링의 경우, 철도용품 형식승인 예고 품목으로 추후 형식승인 품목 지정 확대 가능. 또한, 제동디스크 및 제동패드의 경우, 개별 형식승인 대상으로 각각 인증 획득 필요

※ 단, 중점분야 2의 경우 TRL 6단계 추진 연구임을 감안하여 국내-안전인증(형식승인), 국외-품질인증(ISO/TS 22163)획득만을 목표로 하며 추가 해외 안전인증(SIL) 등은 후속실용화를 통해 획득 가능

1) **형식승인** : 「철도안전법 시행규칙」(이하 "규칙"이라 한다) 제48조제1항에 따라 철도차량의 설계가 기술기준에 적합한 지를 검증하기 위해 수행되는 설계적합성검사, 합치성검사, 차량형식시험을 의미

2) **NEP, NEP, KS, GS, 고효율** : 품질인증과 관련된 임의인증으로 제품 등과 같은 평가대상이 정해진 표준이나 기술규정 등에 적합하다는 평가를 받음으로써 조달청 우수제품으로 인정하는 인증제도, NEP(신제품), NEP(신기술), K(산업표준), GS(소프트웨어품질), 고효율(에너지기자재) 인증을 의미

3) **UIC** : 국제철도연맹(UIC)에서 제정한 국제 규격 인증

사업추진 효율성 제고를 위한 기존 인프라 활용

- 철도차량 및 부품 등의 성능검증이 가능한 종합시험선로*가 구축 예정('18.12, 오송)이며, 선행 R&D사업 등을 통해 성능 및 안전성 검증시험을 위한 시험설비가 구축되어 있어 이를 적극 활용

※ 고속철도차량, 일반철도차량, 도시철도차량(AC/DC)에 대해 최고속도 250km/h까지 운행하면서 종합적인 시험을 실시할 수 있는 시험선로

- 기존 인프라를 활용하여 성능검증단계를 시제품 성능검증, 인터페이스 검증, 현차시험의 3단계로 추진

  - (1단계) 시제품에 대한 기능, 신뢰성 성능 검정(시험설비 활용)
  - (2단계) 다른 구성품 및 부품과 연계하여 시스템의 기능, 성능, 신뢰성 검증
  - (3단계) 실제 차량시스템에 적용하여 운행조건에서의 관련된 모든 기능, 성능, 신뢰성 검증(종합시험선로 활용)



시험항목(198개 항목, 447종)

- 차량분야 : 59개 항목 170종
- 궤도분야 : 37개 항목 74종
- 노반분야 : 9개 항목 15종
- 교량분야 : 5개 항목 10종
- 전철전력분야 : 37개 항목 73종
- 신호분야 : 26개 항목 40종
- 소음분야 : 8개 항목 43종
- 공력분야 : 5개 항목 10종
- 통신분야 : 12개 항목 12종

4) **TSI** : 유럽연합규정에 따른 철도운영호환성 평가 및 인증
5) **SIL** : 안전성 평가 및 안전 무결성 인증으로 열차 안전에 치명적 영향을 미칠 수 있는 신호시스템, 연동장치, 출입문 등이 인증대상에 해당
6) ISO/TS 22163 : UNIFE(유럽산업연합)에서 제정한 철도품질경영시스템 인증으로 (구)IRIS 인증 포함

신속 시장진입형 부품개발 지원

- 개발품이 사업종료 후 바로 시장에 진입할 수 있도록 상용화를 위한 전주기 프로세스를 사업 내에서 완결성 있게 추진함으로써 실용화 제고 및 사업 효과 극대화

  - 설계·제작 및 부품 성능시험의 기존 R&D가 개발 후 상용화되기까지 오랜 시간이 소요되고 시장진입에 실패하는 원인이 수요처의 니즈 파악 미흡, 성능요구조건 입증을 위한 추가활동 등임을 고려

  - 개발 즉시 구매로 이어질 수 있는 시장이 확보된 부품을 수요에 기반하여 선정하고, 이를 상용화까지 전 주기적으로 지원

  - 사업기간내 성능 및 신뢰성 입증을 완료함으로써 구매 연계가 용이하고 국내 납품실적 확보를 통해 향후 해외시장 진출 기반마련

  - 이를 통해 부품중소기업의 매출신장, 연구개발 투자확대, 기술력 확보 및 시장경쟁력 제고 도모

고성능 부품개발을 위한 기술확보로 미래 시장 선점 및 지속가능성 확보

- IoT, 첨단 소재 적용 경량화, 반도체 활용 고효율 기술 등을 확보하고 이를 철도차량 부품에 적용함으로써 단기 경쟁력 뿐만 아닌 지속가능한 경쟁력을 확보할 수 있도록 추진

  - 현재 관련 시장이 없거나 미미하므로 설계제작 및 성능검증 기술확보에 주력하고 향후 시장진입을 위한 현차시험 등은 시장조사 등을 거쳐 후속 연구 등으로 추진

제3절 비전 목표 및 중점 추진분야

1. 사업 비전

■ 국가차원의 철도산업 중요도, 철도의 공공성, 국내외 시장전망 및 철도산업육성 관련 정부정책 등을 고려하여 비전 설정

- 철도는 국가의 기간교통망이자 대중교통수단으로 공공성이 높은 교통수단
- 친환경 교통수단으로 각광을 받으며 전 세계적인 투자확대 및 시장확대로 경쟁격화 및 후발국가 추격 심화
- 국내 철도차량부품산업 생태계의 주 구성원인 부품기업은 협조한 내수시장규모, 높은 시장진입 장벽 등으로 시장경쟁력이 낮은 실정
- 정부는 철도산업의 중요성과 필요성을 인정하여 철도산업발전기본계획 등 법정계획, 부처 산업육성 계획 등을 수립하여 지원 중

〈표 Ⅵ-3〉 비전 수립 Framework

수립과정	주요 내용	수행 방법
비전 설계	· 비전 정의 규명 · 비전 구성요소 파악	· 관련 문헌 조사
기존 비전 분석	· 국내·외 유사 비전 분석 · 기존 국토부 비전분석	· 국내·외 사례 조사
비전 수립	· 비전 설계 및 검토	· 브레인 스토밍
목표 수립	· 비전 연계 목표 설정 · 정량적 목표 제시	· 브레인 스토밍

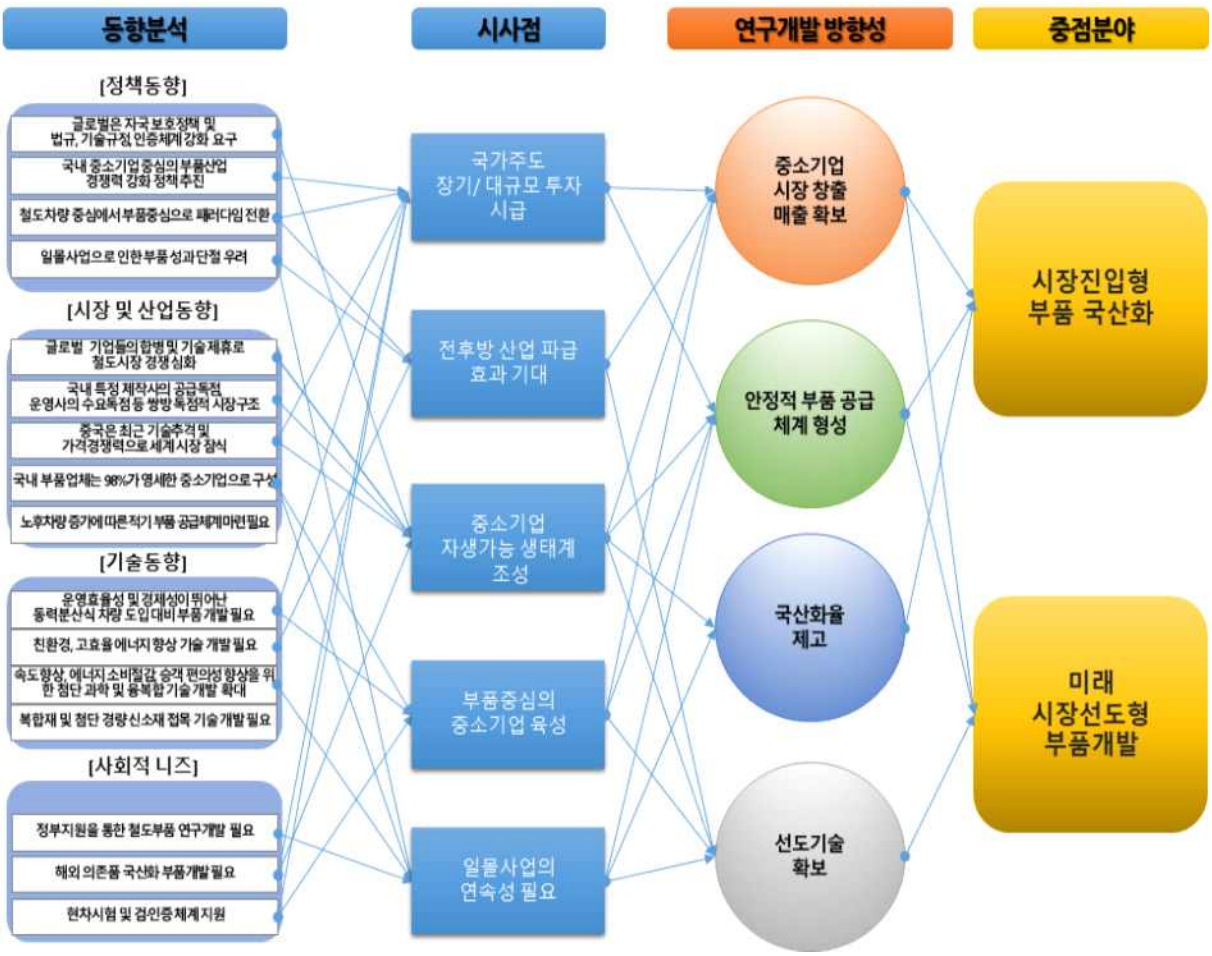
2. 사업목표 및 중점추진분야

철도차량 부품산업 관련 동향 분석 결과를 토대로 시장진입형 부품 국산화 및 미래 시장선도형 부품개발을 위한 2대 중점 추진분야 선정

- 철도차량 부품산업 관련, 정책, 시장/산업, 기술, 사회적 니즈 결과를 반영하여 시사점 및 연구개발 방향성 도출

  - 단기 성장 가능성 및 수입대체를 위한 국내"시장진입형" 부품 군으로, 국산화 부품 개발 분야로 설정

  - 장기적 관점에서 미래 시장선점이 가능할 것으로 기대되는 "선도형" 부품 품목군으로 향후 시장선점을 위한 기술선도 부품 개발 분야로 설정



〈그림 Ⅵ-4〉 중점추진 분야 도출 체계도

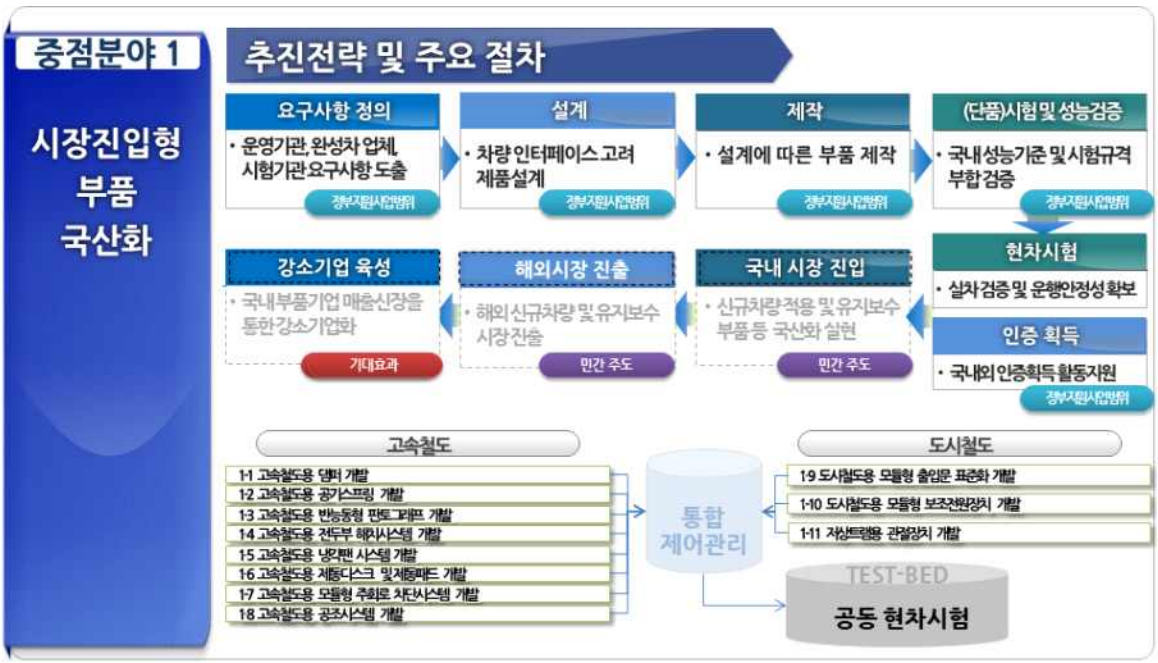
(중점분야 1) 시장진입형 부품 국산화

- **(정의)** 수입의존도가 높고 철도차량 부품을 TRL 8까지 개발 및 성능검증을 지원함으로써 부품국산화 및 국내 시장진입, 안정적 국내 공급망 구축, 납품실적 확보를 통한 해외 시장 진출 기반 마련

- **(추진 방향)** 완성차업체 또는 운영기관의 요구조건을 부품개발시 설계에 사전 반영하고, 설계단계부터 국내외 인증을 고려하여 시장진입을 위한 조건을 개발기간 중 충족하여 단기 시장진입 추진

  - 수요처 요구사항 정의→설계반영→제작→성능시험·검증→현차시험 및 인증활동의 일련의 상용화를 위한 전주기 프로세스를 정립하고, 현차시험 지원 등 단계별 총괄과제와의 협력을 통해 연구성과의 실용화 제고

- **(기대 효과)** 국산화를 통한 수입대체 등 적기 시장진입으로 중소부품기업의 매출 신장 및 경쟁력 향상



<그림 VI-5> 중점분야 1 추진전략 및 주요 절차

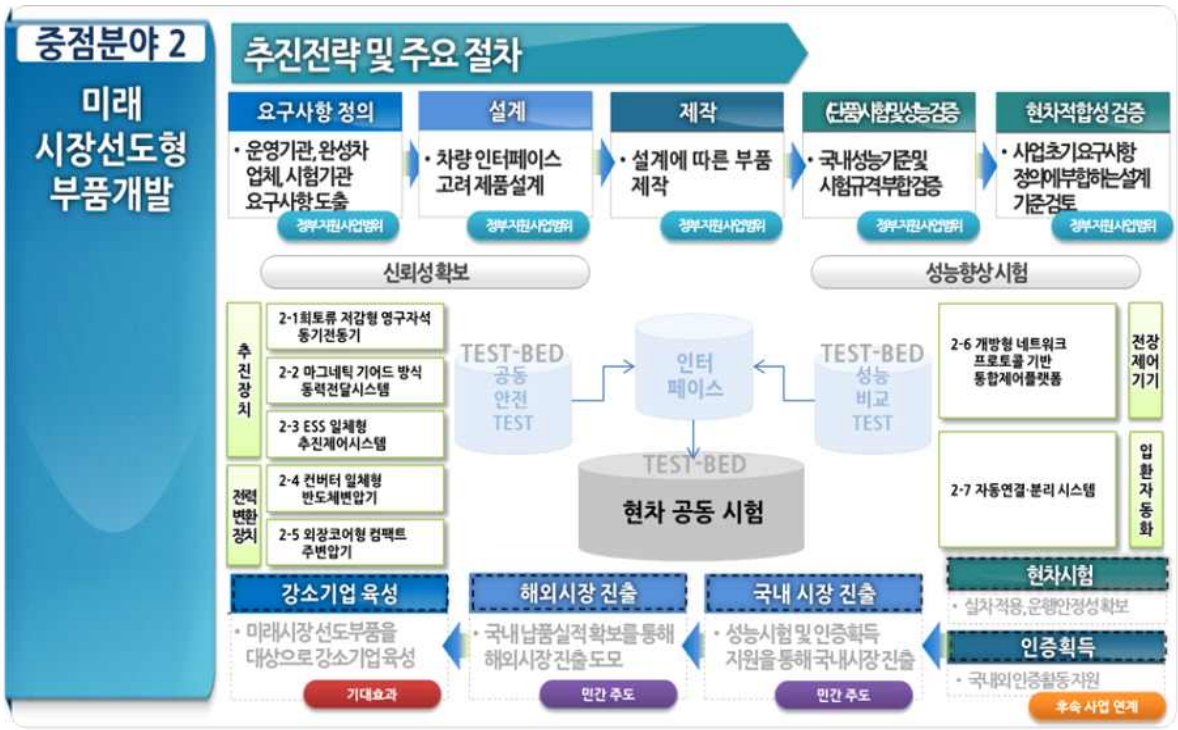
(중점분야 2) 미래 시장선도형 부품개발

- **(정의)** 향후 시장 선도가 가능하고 시장규모가 클 것으로 예상되는 부품을 선별하여 TRL 6까지 기술개발을 지원함으로써 철도부품시장에서의 경쟁력을 제고하고 세계시장 진출기반 마련

- **(추진 방향)** 완성차업체 또는 해외시장의 요구성능을 파악하여 경량화 소재, IoT 기술 등을 접목한 미래시장 선도형 고성능 철도차량 부품 개발 추진

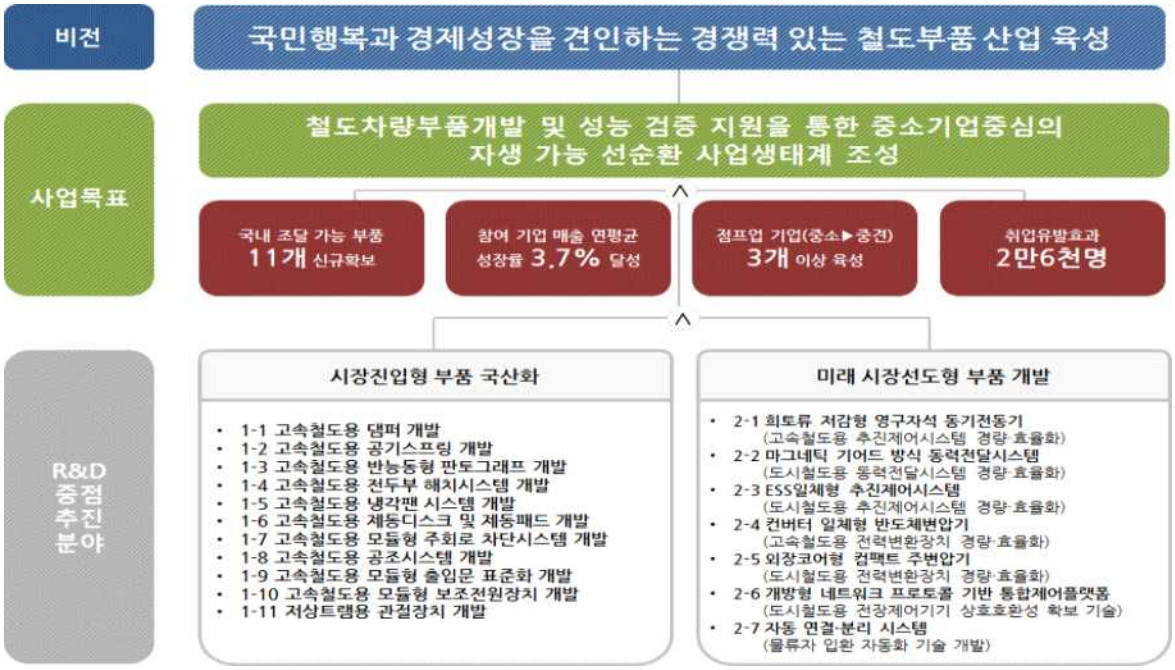
  - 기술 확보를 위해 특허 등 지적 재산권의 질적 수준을 높이고 해외 시장에서 요구하는 인증 등을 고려하여 개발 및 성능검증

  - 현차적합성검증까지 수행하고, 이후 실용화를 위한 현차시험 등은 후속연구 또는 민간 주도 수행



〈그림 Ⅵ-6〉 중점분야 2 추진전략 및 주요 절차

비전체계도



<그림 Ⅵ-7> 비전체계도

목표 ① 국내 조달가능 부품 11개 신규 확보

- 외산 의존 주요 부품 11개를 국산화하여 중소부품기업의 먹거리 신규창출 및 성능검증된 부품의 안정적 국내 조달

목표 ② 참여기업 매출 연평균 성장률 3.7% 달성

- 본 사업은 중소기업 중심의 철도부품 산업생태계 조성 및 기술경쟁력 제고를 목표로 함에 따라 국내 철도부품 중소기업의 신규시장 진입을 통한 매출 증대를 사업목표로 설정하고, 그에 대한 지표는 매출증가율로 설정하였음

  - 사업목표로 제시한 참여기업 매출 연평균 성장률(CAGR)은 각 운영사의 연도별 차량 구매 현황*, 차량별 교체주기**, 제품당 부품단가, 차량 편성별 부품 소요 수량 등을 종합적으로 고려하여 본 사업으로 인한 편익(수입대체, 유지보수 부품 매출) 추정결과 반영

    * 한국철도공사, SRT, 서울교통공사, 부산교통공사, 인천교통공사, 대구도시철도공사, 대전교통공사, 광주도시철도공사 차량 보유현황 및 신규차량 도입계획 활용
    ** 고속차량 교체주기(30년), 전동차 교체주기(25년) 고려

  - 철도부품 공급업체 37개사의 최근 10년('08년~'17년)간 연도별 평균 매출액(①) 산정 결과 국내 철도부품 중소기업 매출 성장률은 1.9%임

<표 VI-4> 국내 철도부품 관련 중소기업(37개) 매출액 현황

(단위 : 백만원)

기업명	매출액('08)	매출액('13)	매출액('14)	매출액('15)	매출액('16)	매출액('17)
CSINTECH	3,255	12,143	6,442	11,173	17,132	13,243
JKA	-	7,301	7,766	7,761	4,565	2,715
LAPP KOREA	31,107	63,772	49,017	61,714	59,225	58,017
VCTech	7,926	13,619	15,433	17,655	20,624	13,598
가본실업	6,439	9,235	9,372	8,698	10,893	11,350
거명인텍	725	3,553	3,740	4,215	4,951	4,376
경진부로아	18,145	19,999	17,125	16,530	19,360	16,525
금강기공	4,229	5,345	9,652	9,889	6,037	-
대신금속	30,477	43,874	44,189	49,057	43,249	39,082
대홍기업	3,916	11,504	13,312	11,407	12,183	10,786
대흥화학	18,715	17,064	16,788	17,108	17,674	18,108
더선테크	-	2,808	4,464	5,536	5,409	6,151
로벤	-	15,498	11,330	8,159	6,156	7,009
메르센코리아	32,741	30,350	32,740	29,768	33,917	44,125
모토로라	-	19,814	22,415	22,150	20,322	14,946
범아기전	1,774	3,266	3,582	3,929	3,253	3,210
벽진	-	11,395	12,625	16,059	16,450	13,960
비츠로테크	51,406	-	-	119,884	103,230	86,734
삼원FA	51,131	43,628	41,038	42,676	51,131	60,243
샬롬엔지니어링	-	8,561	7,055	5,736	9,489	9,946
소명	-	1,431	3,631	3,132	7,241	-
신명금속	5,956	9,730	9,655	7,143	7,980	7,621
영일CNC	4,061	1,649	2,407	2,281	2,442	1,802
우진기전	23,577	25,335	25,004	28,707	26,188	26,882
유진기공	19,065	78,891	57,146	59,758	63,870	48,766
인터콘시스템즈	3,406	8,734	15,434	13,016	13,841	16,408
제일테코	1,600	3,600	5,508	3,092	5,107	6,429
주은기공	716	3,000	2,070	2,552	3,630	3,819
팩테크	3,051	4,301	5,474	8,027	7,942	7,998
하나글로텍	5,183	6,051	8,726	6,928	7,428	6,644
한국SJ	8,323	5,391	5,601	5,009	4,979	3,480
한국SS	4,472	6,591	8,379	7,647	6,442	6,469
한국화이바	15,700	9,200	13,493	12,440	10,098	8,095
한일전원	-	5,870	8,305	10,046	8,941	-
한터기술	9,544	16,238	15,004	18,201	18,179	14,207
호산씨텍	-	3,375	2,369	-	-	1,867
흥일기업	65,010	30,327	37,669	28,008	27,253	28,017
대상 기업 수	(평균) 매출액					
총 37개	15,416	15,623	15,388	19,030	19,078	18,313

*출처: KISLINE_기업현황 조회(2018.4.30.)

- 우선 최근 10년('08~'17년)간 철도부품 기업의 연평균 성장률(1.9%)을 반영하여 선형 회귀모형에 따라 2040년까지의 매출액(②)을 추정

- 본 사업을 통해 새로이 창출되는 매출액을 편익기간('28~'40)에 반영하여 '28년부터 '40년까지의 예상 매출액(③)을 산정

  - 편익 기간동안 발생하는 부품당 연간 매출액 : 104.56억원

※ 산출방식 = {(신규차량 부품 매출액/18개 부품) + (유지보수 부품 매출액/11개 부품)}/편익기간(13년)

  - 상기 매출액은 사업화 성공률 100% 적용시의 결과이며 이 경우 '28년~'40년 매출 증가율(③)은 4.6%(CAGR)임

- 그러나 실제 연구성과가 사업화로 이어지는 리스크를 고려시 본 사업의 B/C분석에 적용한 시나리오와 같이 사업화 성공률을 다소 낮게 설정(62.5%)함이 타당

  - 이 경우 본 사업으로 신규 발생하는 매출 편익*은 줄어들어 '28년~'40년 매출 증가율(④)은 3.7%(CAGR)로 계산됨

※ 산출방식: {(신규차량 부품 매출액/18개 부품) + (유지보수 부품 매출액/11개 부품)}/편익기간(13년) * 62.5%

  - 따라서 사업목표로 참여기업의 연평균 매출 증가율 3.7% 제시

<표 VI-5> R&D 편익 발생효과를 고려한 연평균 성장률 추정

기준년도	①평균 매출액 ('08~'17)	② 현추세 평균매출액 추정 ('18~'40)	③본 사업 편익 반영시 예상 평균매출액 ('28~'40)		CAGR ('28~'40)
			사업화 성공률 ③ 100%	사업화 성공률 ④ 62.5%	
2008	15,416	CAGR ('08~'17) 1.9% 적용시 40년까지 기업 매출액 추정	철도부품 R&D 편익 발생 기간('28~'40년)에 부품 당 연평균 편익(증분) 반영	철도부품 R&D 편익 발생 기간('28~'40년)에 부품 당 연평균 편익(증분) 반영	-
2013	15,623				
2014	15,388				
2015	19,030				
2016	19,078				
2017	18,313				
2018	-	18,661			
2019		19,015			
2020		19,376			
2021		19,745			

2022		20,120			
2023		20,502			
2024		20,891			
2025		21,288			
2026		21,693			
2027		22,105			
2028		22,525	32,981	29,060	본 R&D 사업목표 연평균성장률 3.7% 설정
2029		22,953	33,409	29,488	
2030		23,389	33,845	29,924	
2031		23,834	34,289	30,368	
2032		24,286	34,742	30,821	
2033		24,748	35,204	31,283	
2034		25,218	35,674	31,753	
2035		25,697	36,153	32,232	
2036		26,185	36,641	32,720	
2037		26,683	37,139	33,218	
2038		27,190	37,646	33,725	
2039		27,707	38,162	34,241	
2040		28,233	38,689	34,768	

목표 ③ 점프업 기업(중소→중견) 3개 이상 육성

- 본 사업에서 사업목표로 설정한 점프업 기업의 정의는 중소기업의 기술경쟁력을 강화하여 중견기업으로 스케일업 시키고자 하는 상징적 의미를 내포

  - 중견기업 정의 및 판단기준은 한국중견기업연합회 정의를 참조하였으며, 산업분류 상 '자동차 및 트레일러 제조업(C30)'의 3년 평균 매출 1,000억원 초과로 정의

- '16년 기준 연매출 1,000억원 초과 부품기업은 1개에 불과하나, 본 사업을 통한 사업목표(연평균 성장률 3.7%) 달성 시, 2040년에 1,000억원 매출 규모로 성장 가능한 기업은 최대 4개 가량으로 추정

<표 VI-6> 본 R&D 사업효과를 고려한 점프업 기업 대상

(단위:백만원)

NO.	기업명	매출액		
		'16년 현재	CAGR 1.9% 적용시 '40년 추정매출액	CAGR 3.7% 적용시 '40년 추정매출액
1	영일씨앤씨	2,442	3,836	5,840
2	범아기전㈜	3,253	5,111	7,780
3	㈜주은기공	3,630	5,703	8,682
4	㈜제이케이에이	4,565	7,172	10,918
5	거명인텍	4,951	7,778	11,841
6	㈜한국에스제이	4,979	7,822	11,908
7	㈜제일데코	5,107	8,023	12,214
8	㈜더선테크	5,409	8,498	12,936
9	㈜금강기공	6,037	9,484	14,438
10	㈜로벤	6,156	9,671	14,723
11	한국에스에스㈜	6,442	10,120	15,407
12	㈜소명	7,241	11,376	17,318
13	㈜하나글로텍	7,428	11,670	17,765
14	㈜팩테크	7,942	12,477	18,994
15	㈜신명금속	7,980	12,537	19,085
16	한일전원공업㈜	8,941	14,046	21,383
17	샬롬엔지니어링㈜	9,489	14,907	22,694
18	㈜지씨엠물산	10,098	15,864	24,150
19	㈜가본	10,893	17,113	26,052
20	㈜대홍기업	12,183	19,140	29,137
21	인터콘시스템스㈜	13,841	21,744	33,102
22	벽진㈜	16,450	25,843	39,342
23	㈜씨에스아이엔테크	17,132	26,915	40,973
24	대흥화학공업㈜	17,674	27,766	42,269
25	경진부로아㈜	19,360	30,415	43,477
26	모토로라솔루션	20,322	31,926	46,302
27	㈜브이씨텍	20,624	32,401	48,602
28	㈜우진기전	26,188	41,142	49,325
29	흥일기업㈜	27,253	42,815	62,631
30	메르센코리아㈜	33,917	53,284	65,179
31	대신금속㈜	43,249	67,945	81,116
32	삼원에프에이㈜	51,131	80,328	103,435
33	랍코리아	59,225	93,043	122,285
34	유진기공산업㈜	63,870	100,341	141,643
35	㈜비츠로테크	103,230	162,176	152,752

● 따라서 삼원에프에이, 유진기공산업(주) 등 3개社 가량이 중소기업에서 중견기업으로 점프업 할 수 있을 것으로 예상됨

번호	기업명	기업내 사업영역	영역별 매출비중	'16년 매출액	'16년 철도관련 매출 비중
32	삼원에프에이㈜	1. 자동제어기기 및 전자지불단말기	100%	51,131	100%
33	랍코리아	1. 케이블	99.9%	59,225	100%
		2. 기타	0.1%		
34	유진기공산업㈜	1. 산업용 컴프레셔	30.3%	63,870	69.7%
		2. 철도차량 부품	69.7%		
35	㈜비츠로테크	1. 고압차단기	2.0%	103,230	70%
		2. 고압개폐기	2.9%		
		3. 저압차단기	4.7%		
		4. 저압개폐기	10.9%		
		5. 수배전반	6.2%		
		6. 기타	10.7%		
		7. 우주항공	19.3%		
		8. Li 전지 외	43.3%		

* 출처: KISLINE, 2018.12

목표 ④ 취업유발효과 26,000명

● 취업유발효과 산정 근거

- 2개 이상의 산업과 연관성이 있을 경우 각 관련 산업별 매출액 비중을 분리하여 각각 취업유발계수를 적용하여 취업유발효과를 추정

- 단, 연관 산업별 매출액 분리가 곤란할 경우 각 산업별 취업유발계수를 평균하여 산출함

  * 근거 : CG(Computer Graphic) 연관 산업의 경제적 파급효과 분석, 2017.11.15.

■ (취업유발효과) CG 연관 산업, 타 산업 대비 높은 두 자릿수의 일자리 창출

- ▲영상, 오디오물 제작 및 배금 산업의 취업유발계수는 14.3명, ▲소프트웨어 개발 공급 산업의 취업유발계수는 13.8명으로 조사되었으며, 2개 산업의 취업유발계수(피고용 임금근로자 + 고용주 + 자영업자)의 가중평균은 14.1명으로 나타남

- 이는 10억 원의 재화를 생산할 때 직·간접적으로 14.1명의 일자리를 창출하는 것을 의미하며, 반도체 산업(3.6명), 자동차 산업(8.6명), 금융 산업(9.6명) 대비 높은 취업 유발효과를 창출

신업연관표 분류 (소분류)		취업유발계수	매출액 비중 (가중치)	산술평균	가중평균
CG 연관 산업	영상, 오디오물 제작 및 배급	14.3	57.6%	14.1	**14.1**
	소프트웨어개발공급	13.8	42.4%		
비교 업종	반도체	3.6			
	자동차	8.6			
	금융	9.6			

*출처: 한국은행 '산업연관표' 활용

*출처 : CG(Computer Graphic) 연관 산업의 경제적 파급효과 분석, 2017.11.15.

- 본 사업과 관련이 높은 산업은 운송장비 제조업, 정밀기기 제조업, 정보통신 및 방송업, 사업지원 서비스업 등이며 해당 산업의 취업유발계수는 아래와 같음

〈표 Ⅵ-7〉 각 산업별 취업유발계수

산업구분	취업유발계수 (명/10억원)
운송장비 제조업	13.924627
정밀기기 제조업	8.640361
정보통신 및 방송업	12.668943
사업지원 서비스	28.271366

- 본 사업의 부품별 관련 산업을 매칭하여 부품별 취업유발계수를 평균으로 산출한 후, 기대매출(편익)과 곱하여 취업유발효과 산출

- 취업유발효과 26,836명

<표 VI-8> 취업유발효과 분석

18대 부품	운송장비 제조업	정밀기기 제조업	정보통신 방송업	사업지원 서비스	유발 매출액 (신규차량, 유지보수)	취업 유발계수 (명/10억원)	취업유발 효과
고속철도용 댐퍼 개발	○				383.5	13.9	533.1
고속철도용 공기스프링 개발		○			152	8.6	130.7
고속철도용 반능동형 판토그래프 개발	○	○			1,034	11.3	1168.4
고속철도용 전두부 해치시스템 개발	○	○			407	11.3	459.9
고속철도용 냉각팬 시스템 개발	○				1,570	13.9	2182.3
고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발	○	○			1,482	11.3	1674.7
고속철도용 모듈형 주회로 차단시스템 개발	○	○	○		299	11.7	349.8
고속철도용 공조시스템 개발	○		○		902	13.3	1199.7
도시철도용 모듈형 출입문 표준화 개발	○				1,890	13.9	2627.1
도시철도용 모듈형 보조전원장치 개발			○		2,659	12.7	3376.9
저상트램용 관절장치 개발	○				288	13.9	400.3
희토류 저감형 영구자석 동기전동기 (고속철도용 추진제어시스템 경량·효율화)	○	○			1,184	11.3	1337.9
마그네틱 기어드 방식 동력전달시스템 (도시철도용 동력전달시스템 경량·효율화)	○	○			2,420	11.3	2734.6
ESS 일체형 추진제어시스템 (도시철도용 추진제어시스템 경량·효율화)	○		○		3,713	13.3	4938.3
컨버터 일체형 반도체변압기 (고속철도용 전력변환장치 경량·효율화)	○		○		740	13.3	984.2
외장코어형 컴팩트 주변압기 (도시철도용 전력변환장치 경량·효율화)	○		○		972	13.3	1292.8
개방형 네트워크 프로토콜 기반 통합제어플랫폼 (도시철도용 전장제어기기 상호호환성 확보 기술)			○	○	518	20.5	1061.9
자동 연결·분리 시스템 (물류차 입환 자동화 기술 개발)			○	○	187	20.5	383.4
합 계	–	–	–	–	20,800.5	–	26,836

철도차량 부품개발 사업

제7장 세부기술 개발계획

제1절 총괄과제

제2절 중점분야① 시장진입형 부품 국산화

제3절 중점분야② 미래시장 선도형 부품 개발

제7장 세부기술 개발계획

제1절 총괄과제

정의

- 수요·관계처(철도운영기관, 차량제작사, 시험인증기관) 요구사항과 부품연구개발의 목표(성능 및 조건 등)를 정의하고 중·소단위 부품기업에서 수행하기 어려운 시험 및 인증 획득·활동 등을 종합적으로 지원3

추진방향

- 수요처, 시험인증기관 등이 참여하여 부품단위 세부과제 연구성과가 실용화 될 수 있도록 개발 일정 통합관리, 시험·인증절차의 체계적인 지원 등 수행

세부전략

- (철도운영기관, 차량제작사) 부품별 요구사항 및 성능시험 기준 정의, 공동현차시험 지원(차량 임대 협의 및 일정 조정 등)
- (시험인증 기관) 부품별 검·인증 요구사항 조사/분석 및 인증 획득활동 지원

예산규모

- 총 39.6억원(1단계 19.8억원 / 2단계 19.8억원)으로 추진

No.	사업비 규모(단위: 억 원)						
	1단계			2단계			합계
	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
총괄	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	39.6
합계	19.8			19.8			

1. 철도차량 부품 실용화 지원 총괄과제

1.1 총괄과제 배경 및 필요성

가. 총괄과제 배경

현황 및 문제점

- 본 사업의 선행사업인 '철도기술연구사업'의 부품개발 과제의 경우 연구기관의 개별적인 개발로 수요처 요구사항 반영, 인증대상 정의 부재 등으로 연구성과가 실용화되지 않고 사장되는 경우 빈번

▣ **기존 부품연구개발 사례 1**
- 과제명 : 철도 핵심부품 및 장치 기술개발 1단계
- 과제구성체계
  - 1세부 : 고속열차 승강문시스템 국산화 개발
  - 2세부 : 고속열차용 차축발열검지장치 개발
  - 3세부 : 철도차량 검수고 자동검사장치 고도화
  - 4세부 : 고속열차용 감속기 모니터링시스템 개발
  - 1 총괄과제(운영비) : 연구단 운영비 과제

▣ **기존 부품연구개발 사례 2**
- 과제명 : 철도 핵심부품 및 장치 기술개발 2단계
- 과제구성체계
  - 1세부 : 시간동기화 기능을 갖는 교류철도용 통합 보호계전시스템 기술 개발
  - 2세부 : 250km/h급 강체 전차선로 개발
  - 3세부 : KTX 및 8200호대 전기기관차용 댐퍼류 기술 개발
  - 4세부 : 대용량 대용량 에너지 흡수장치가 적용된 TSI 표준형 연결기 시스템 개발
  - 5세부 : EN 12080 대응 철도차량용 차축베어링 국산화 기술 개발
  - 6세부 : 철도 소재·부품 융합연구센터
  - 7세부 : 철도 소재·부품 융합연구센터
  - 1 총괄과제 (운영비) : 연구단 운영비 과제

- 부품연구개발에 참여하는 주요 연구기관인 중·소단위 부품기업의 경우 시험 및 인증 절차를 자체 수행하기 어려움

  - 국내 수요기관(철도운영기관, 차량제작사 등) 납품의 전제조건인 현차시험 시스템 구축 미흡

  ※ 현차시험 : 철도운영기관(한국철도공사, 서울교통공사 등)에서 활용 가능 여부를 확인하기 위해 마련한 운영기관의 요구사항(시험)

- 시험 인증절차의 이해도 부족 및 기술자료(규격서, 절차서, 사양서 등), 연구시설·장비, 전문인력 등 인프라 부족

● 부품 성능목표, 신뢰성목표, 인증요구사항 등 수요처(철도운영기관, 차량제작사)별 요구사항이 상이하고 다양하여 연구성과 실용화에 어려움을 겪음

- 기존 부품R&D 추진 시 부품 개발까지만 지원하여 실용화에 어려움
- 실용화·사업화를 위한 구체적인 기술개발사양 확정 어려움

나. 총괄과제 필요성

● 세부과제 간 상호협력 및 세부연구일정 등을 조정·관리

- 기술 개발 역량 및 자원이 부족한 중·소단위 철도부품기업에 대해 연구 초기부터 일정관리 및 애로사항 해소를 위한 지원 등 통합(총괄)관리 역할 수행

● 부품개발업체에서 단독으로 진행하기 어려운 현차시험 및 인증에 대해 전주기적으로 지원

- 시간과 비용, 운영사의 협조 도출 어려움 등으로 현차성능검증에 한계를 가진 부품기업들을 대상으로 공동현차시험 등 지원 및 관리

- 특히, 국산화를 목표로 하는 '중점분야1'의 11개 과제에 대해 동시 연구종료 및 공동현차시험 착수 가능하도록, 국내 수요기관이 총괄과제에 참여하여 일괄 관리·지원함으로써 연구참여 기업들의 시험절차 상 중복되는 시간·비용 대폭 축소 가능

※ 개별적으로 현차시험(14개월 4계절 동안 시험) 수행 시, 차량임대비(고속철도차량 KTX 약 180억, 도시철도차량 약 28억 등) 중복 발생

<표 VII-1> 차종별 임대 비용

(단위 : 백만원)

구분	차종	동력비	경비	임대비	계
고속철도 차량	KTX(20량)	2,305	1,031	14,795	18,131
	KTX-산천(10량)	1,109	1,143	9,233	11,485
도시철도 찰야	전동차(8량)	243	513	2,036	2,792

※ 출처: 한국철도공사 '철도차량 임대업 처리지침'에 근유거하여 산출

- 개발 부품별로 시험인증 비용은 상이할 수 있으나, 통상적으로 연구비의 30% 정도 수준으로 부품개발업체 단위에서 자체 부담이 어려움

※ 인프라(장비 및 시험기관 소속 전문인력) 사용 비용 등이 커서, 시험인증을 위해 중소기업에서 개별적으로 부담하기 어려움

<표 VII-2> 시험 인증 비용

(단위 : 백만원)

사업	과제명	정부출연 연구비	시험인증비	비율
철도기술 연구사업	대용량 에너지 흡수장치가 적용된 유럽 표준형 연결기 시스템 개발	3,547	959	27%
	도시철도용 차축베어링 개발	3,758	1,344	36%
	도시철도차량용 제동마찰재 개발 및 표준화 연구	3,200	927	29%
	도시철도차량용 제동작용장치 모듈 개발 및 표준화 연구	4,360	1,200	28%

※ 차량 임대비 제외

- 국내 수요기관(철도운영기관, 차량제작사 등)의 요구사항과 관련규격의 요구사항을 종합하여 부품개발에 반영하여 연구성과물의 실용화·사업화를 유도

  - 이를 바탕으로 수요처에 연구성과물을 단계적으로 납품

  - 국내 납품실적을 바탕으로 해외시장 진출 추진

※ 해외 철도운영기관 및 철도차량제작사에서는 계약 진행을 위해 동일 차종에 대한 납품실적 요구

1.2 총괄과제 수행 주체 및 범위

통합 관리 역할

- **(철도운영기관/차량제작사)**
  - 부품별 요구사항 조사·분석 및 조정
  - 현차시험, 인증획득 등을 고려한 부품별 추진일정 및 세부관리방안 마련
  - 연구개발 활동을 최소단위까지 업무를 분할(WBS)하여 연구성과물, 수행기간, 책임자, 일정 계획을 종합하여 통합일정계획을 수립 및 관리



〈그림 VII-1〉 통합일정계획 수립방안

  - 기술 개발 과정에서의 장애 요소를 사전에 발굴하여 관리
  - 도출된 연구성과물(기본/상세설계/최종 시험평가 사양서 등) 관리

- **(시험인증기관)**
  - 부품별 요구 인증 조사·분석 및 대상 인증 확정
  - 인증 절차 정의 및 인증획득 추진일정 마련
  - 중소·중견기업 대상 교육 추진계획 마련 등

시험 및 인증 지원 역할

(철도운영기관)

- 차종별(고속차량-EMU/산천, 도시철도) 현차시험 수행을 위해 운행조건, 시험방안, 평가방법 조사 및 정의
- 부품별 현차시험 및 평가절차서 마련
- 현차적합성 검증 및 현차시험 절차 지원
- 현차시험 결과 분석지원
- 현차시험 전·후 복잡한 운영기관의 요구사항을 통합 관리
- 현차시험을 위한 차량 및 테스트베드 확보를 위한 운영기관 등과의 협력체계 구축 등

<표 VII-3> 철도차량 현차시험 요청 시 제출서류

구분	제출목록	제출시기	
		현차시험 전	현차시험 후
1	현차시험 계획서	제출	좌동
2	현차시험 검토서	〃	〃
3	검사 및 시험계획 (Inspection and Test Plan)	〃	〃
4	공장시험 절차서 (Factory Test Procedure)	〃	〃
5	정적시험 절차서	〃	〃
6	정적시험 보고서	서식(양식)	결과보고서
7	동적시험 절차서	제출	좌동
8	동적시험 보고서	서식(양식)	결과보고서
9	정기검사 및 기능시험	계획서	결과보고서
10	설계 자료	제출	좌동
11	제품 기술사양서	〃	〃
12	부품 용량계산서	〃	〃
13	주요부품 List 및 Datasheet	〃	〃
14	정비 지침서(시험기간, 정비목적)	〃	〃
15	회로설계 도면	〃	〃
16	기구설계 도면	〃	〃
17	공인기관 시험성적서 (EMI, EMC 진동 등)	〃	좌동
18	현차시험 측정결과 (Raw data포함)	미제출	결과 제출
19	기타사항 (고장분석 및 중간보고)	〃	보고서 제출
20	TBO 기준 단계별 가속성능시험 보고서 현차시험 전 제출 현차시험 후 비교결과 제출	제출	〃

*출처: 한국철도공사 '철도차량 부품국산화업무관리 절차서'

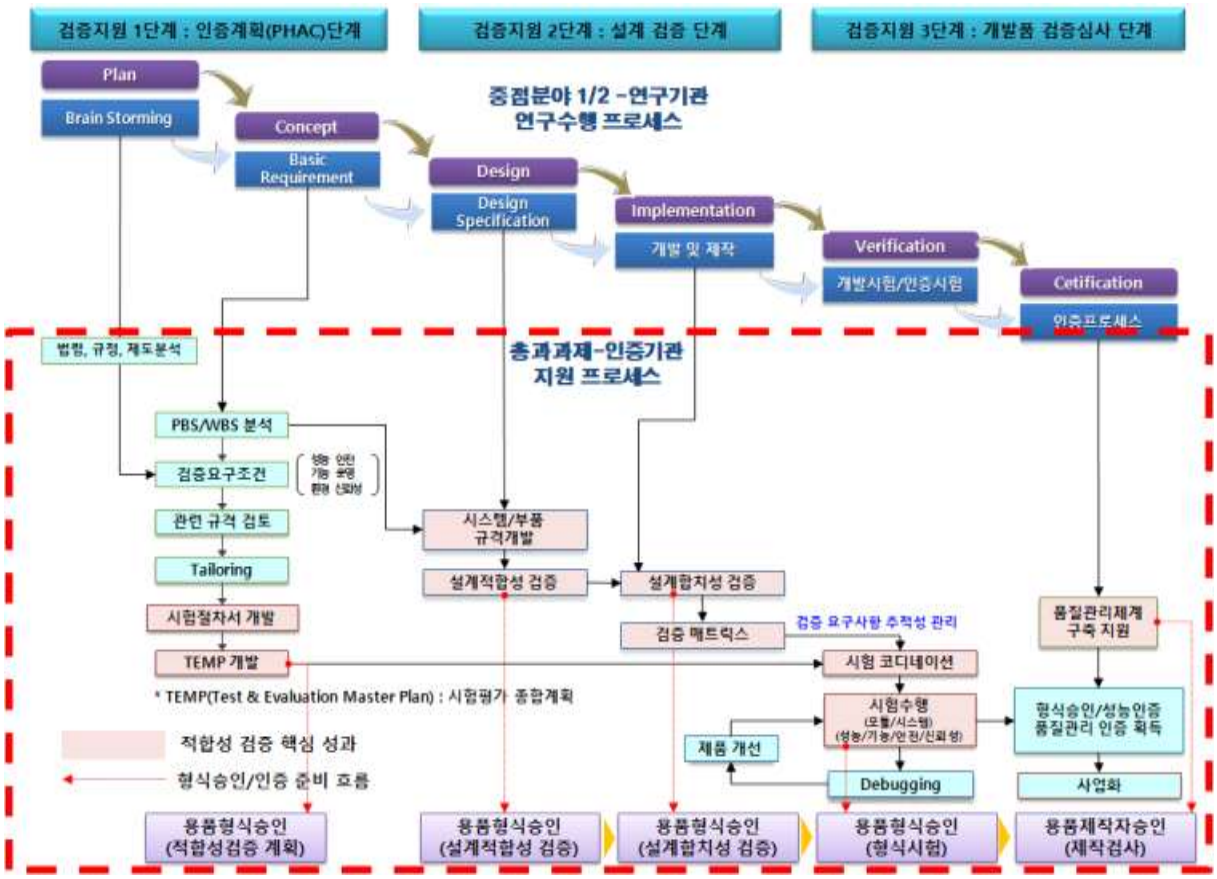
〈표 VII-4〉 철도운영기관 현차시험 전 · 후 절차 수행과정

단계	세부 프로세스
기술수요조사	국산화 수요조사 국산화 대상신청 대상 검토 과제신청 요청 심의회의 과제접수 과제 선정
과제선정 결과 및 추진	과제선정결과 통보 및 추진진행 선정결과 회신 선정결과 회신
과제기술검토	기술 접수 검토 요청 기술 검토 심의회의 검토결과 회신 검토결과 송부
현차시험	현차시험요청 현차시험 절차검토 현차시험 기술검토 결과 회신 현차시험 시행 및 결과보고
기타협조사항 (현장조사/구매계획)	협조요청 및 시행 협조시행 협조시행
과제완료 및 규격제정	평가결과 및 완료통보 결과 회신 결과 회신 ※구매조건부과제 규격서 제정요청 ※국가연구개발과제 실용화 시 규격서 제정요청 규격서 재정 절차에 따름

*출처: 한국철도공사 '철도차량 부품국산화업무관리 절차서'

- **(시험인증 기관)** 부품별 인증 요구사항 조사/분석 및 지원
  - 시험·인증 전문기관의 전문인력 지원
  - 부품별 국내·외 요구인증 조사 및 분석
  - 부품별 적합성 검증 및 인증 관련 규격 조사·분석

- 협업체계 구성 및 인증활동 지원
- 부품별 국내·외 인증 관련 서류작성 등 수행 지원
- 부품별 국내·외 기술사양서 및 인증 규격 등 업데이트 지원



<그림 VII-2> 시험인증 지원 프로세스 예시

실용화 지원 역할

- **(철도운영기관/차량제작사)** 수요처 요구사항을 부품개발에 반영하여, 연구성과물이 국내 수요기관에 단계적으로 납품될 수 있도록 지원
  - 부품별 수요처 조사를 포함한 성과 실용화 계획 수립
  - 철도차량 운영기관(한국철도공사, 서울교통공사 등), 철도차량제작사 등 대상으로 제품 설명회 개최 및 실용화 유도
  - 부품별 국내외 발주처와의 사전협의 및 구매계획 조사 등

1.3 연구개발 목표 및 내용

가. 연구목표

- 중소·중견기업 중심의 자생가능한 선순환 철도차량 부품산업 생태계 조성을 위한 주요 철도부품의 개발, 성능검증 및 인증획득 지원

나. 연구내용

사업단 총괄관리

- 부품별 운영기관, 구매기관의 요구사항 조사·분석 및 조정
- 부품별 성능목표 달성을 확인하기 위한 적합성 검증 항목 및 절차 정립
- 부품별 수출, 납품 시 요구되는 인증 조사·분석, 대상 인증 확정
- 연차별 사업단 추진일정 및 세부관리방안 마련
  - 세부과제별 연구개발 일정 및 공정관리
  - 세부과제별 성과지표·목표 관리 및 성과 조사·분석
- 공동현차시험을 위한 현차시험추진계획 수립 및 절차 정립
  - 현차시험용 차량 및 테스트베드 제공가능 기관과의 협력을 통한 체계적이고 효율적인 검증 지원체계 구축

성과관리 및 실용화지원

- 운영기관, 차량제작기관 등 수요처 조사를 포함한 연구성과 실용화 계획수립
- 실용화 촉진을 위한 구매·발주 등 관련 제도개선(안) 도출, 부처 정책수립 지원
- 철도차량부품 규격서, 사양서, 시험절차서 등의 개발지원 및 관리
- 성과 실용화를 위한 부품별 발주처와 사전협의, 구매계획 조사

기술지원 및 교육

- 국내·외 인증획득을 위한 기술지원(컨설팅) 계획 수립 및 실시
- 글로벌인증제도, 국제인증 획득에 필요한 국제철도규격 등에 대한 정기 교육프로그램 설계 및 교육실시

다. 연차별 연구내용

- 1차년도
  - 중점분야1 부품별 요구사항 조사·분석 및 조정
- 2차년도
  - 중점분야2 부품별 요구사항 조사·분석 및 조정
  - 부품별 적합성 검증항목 및 절차 정립
  - 부품별 요구 인증 조사·분석 및 대상인증 확정
  - 인증제도 및 획득활동 관련 교육훈련 계획 수립
- 3차년도
  - 규격서, 사양서, 시험절차서 등의 개발지원 및 관리
  - 공동 현차시험 추진계획 수립
  - 현차시험을 위한 운영기관 협조체계 마련

- 성과 실용화 촉진을 위한 부품 구매·발주 제도개선(안) 연구
- 인증획득 활동 기술지원
- 국제철도규격, 글로벌 인증제도 등 관련 교육

● 4차년도

- 규격서, 사양서, 시험절차서 등의 개발지원 및 관리
- 인증획득 활동 기술지원
- 성과 실용화 촉진을 위한 부품 구매·발주 제도개선(안) 도출
- 국제철도규격, 글로벌 인증제도 등 관련 교육

● 5차년도

- 현차시험 및 결과분석 지원
- 부품별 수요처 조사를 포함한 연구성과 실용화 계획 수립
- 인증획득 활동 기술지원
- 국제철도규격, 글로벌 인증제도 등 관련 교육

● 6차년도

- 인증획득 활동 기술지원
- 연구성과 실용화를 위한 수요처 대상 설명회 등 성과홍보
- 중점분야2 부품 현차적합성 검증 지원



<그림 VII-3> 수행 로드맵_총괄과제

1.4 사업화 추진 전략

- 기본 추진방향
  - 국내 중소·중견 제조사 참여를 통한 철도부품산업 활성화
  - 효율적인 현차시험 등을 위해 운영기관 등과의 업무협약(MOU 등) 추진
  - 시험인증기관과의 협력을 통한 시험인증 기술지원 제공
  - 연구성과의 실용화 제고를 위해 수요처(운영기관 및 완성차업체) 대상 성과설명회 개최
  - 국내외 시장조사, 수요기업 및 구매계획 등 조사
- (국내) 중점분야 1 부품에 대해서는 성능검증 및 현차시험 완료를 통한 국내시장 진입을 지원하고, 중점분야 2 부품에 대하여 차량제작기관 및 운영기관 요구사항 반영을 통한 신규 개발 적용 추진
- (해외) 국제인증(SIL, TSI 등) 획득 및 국내 납품 실적을 바탕으로 해외수요기관(해외철도 운영기관, 완성차업체) 대상 수출을 위한 홍보 지원

〈표 VII-5〉 국·내외 인증 지원 리스트

분야	과제 번호	세부과제명	대상 차종	국내		국외			
				강제 (안전인증)	품질인증	국제 규격	호환성 인증 (유럽)	안전인증	품질 인증
				형식승인	NEP/NET/K /GS/고효율	UIC	TSI	SIL	ISO/TS 22163
중점분야 1	1	고속철도용 댐퍼 개발	EMU	√	√				√
	2	고속철도용 공기스프링 개발	EMU	√	√				√
	3	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발	EMU/ 산천		√		√		√
	4	고속철도용 전두부 해치시스템 개발	EMU/ 산천		√				√
	5	고속철도용 냉각팬 시스템 개발	EMU/ 산천		√				√
	6	고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발	EMU	√	√	√			√
	7	고속철도용 모듈형 주회로 차단시스템 개발	EMU/ 산천		√		√	√	√
	8	고속철도용 공조시스템 개발	EMU		√				√
	9	도시철도용 모듈형 출입문 표준화 개발	전동차		√			√	√
	10	도시철도용 모듈형 보조전원장치 개발	전동차		√				√
	11	저상트램용 관절장치 개발	트램		√				√
소계				4*	11	1	2	2	11
중점분야 2	1	희토류 저감형 영구자석 동기전동기 (고속철도용 추진제어시스템 경량·효율화)	EMU		√				√
	2	마그네틱 기어드 방식 동력전달시스템 (도시철도용 동력전달시스템 경량·효율화)	전동차		√				√
	3	ESS 일체형 추진제어시스템 (도시철도용 추진제어시스템 경량·효율화)	전동차		√			√	√
	4	컨버터 일체형 반도체변압기 (고속철도용 전력변환장치 경량·효율화)	EMU		√				√
	5	외장코어형 컴팩트 주변압기 (도시철도용 전력변환장치 경량·효율화)	전동차		√				√
	6	개방형 네트워크 프로토콜 기반 통합 제어플랫폼 (도시철도용 전장제어기기 상호호환성 확보 기술)	전동차		√				√
	7	자동 연결·분리 시스템 (물류차 입환 자동화 기술 개발)	화차	√	√				√
소계				1	7	0	0	1	7
합계				5	18	1	2	3	18

※ 본 R&D 사업은 과업의 특성 및 범위를 고려하여 국내 강제인증(형식승인 대상 품목, 5건)과 해외 인증(SIL 안전인증 대상 품목, 2건, 품질인증(ISO/TS 22163, 18건) 우선 획득을 고려하여 최종 성과지표를 설정

* 댐퍼 및 공기스프링의 경우, 철도용품 형식승인 예고 품목으로 추후 형식승인 품목 지정 확대 가능. 또한, 제동디스크 및 제동패드의 경우, 개별 형식승인 대상으로 각각 인증 획득 필요

※ 단, 중점분야 2의 경우 TRL 6단계 추진 연구임을 감안하여 국내-안전인증(형식승인), 국외-품질인증(ISO/TS 22163)획득만을 목표로 하며 추가 해외 안전인증(SIL) 등은 후속실용화를 통해 획득 가능

※ 인증별 상세 정의는 「제6장 기본방향 및 추진전략」 p.272 참조

1.5 투자계획

가. 투자 규모

- 총 39.6억 원/6년 중 정부출연금 19.8억 원(50%) 대비 민간부담금 19.8억 원(50%)으로 구성된 정부주도 사업추진

<표 VII-6> 총 투자계획_총괄과제

(단위 : 억 원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	총계
정 부	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	19.8
민 간	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	19.8
합 계	**6.6**	**6.6**	**6.6**	**6.6**	**6.6**	**6.6**	**39.6**

나. 소요 재원

- 연구개발 소요재원은 전체 소요재원 중 연구개발비가 100%로 39.6억 원을 소요

<표 VII-7> 연구활동별 집행기준_총괄과제

(단위: 억 원)

구분		총사업비				비율
대항목	소항목	국고	지방비	민간	합계	
1. 연구개발		19.8	-	19.8	39.6	100%
2. 연구시설 및 장비	시설	-	-	-	-	-
	장비	-	-	-	-	-
3. 기타(Feedback R&D 포함)		-	-	-	-	-
합계		**19.8**	**-**	**19.8**	**39.6**	**100%**

다. 소요인력

- 각 세부과제에 대한 지속적인 관리 및 지원을 위해 매년 동일한 인력 배치
- 참여율은 방향설정 및 의사결정을 수행할 책임급은 30%, 시험 및 인증 지원을 수행할 선임급을 30%, 요구사항 정의 및 기술자료(규격서, 절차서, 사양서 등) DB화를 수행할 원급은 39%로 설정하였으며, 이는 실질적인 업무를 수행할 선임급 및 원급 비중을 높게 산정

<표 VII-8> 소요 인력 및 참여율_총괄과제

(단위: M/Y, %)

과제	직급	2020		2021		2022		2023		2024		2025		합계(명)
		투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	
총괄	책임연구원	2	30%	2	30%	2	30%	2	30%	2	30%	2	30%	12
	선임연구원	2	30%	2	30%	2	30%	2	30%	2	30%	2	30%	12
	연구원	4	39%	4	39%	4	39%	4	39%	4	39%	4	39%	24
	소계	8	-	8	-	8	-	8	-	8	-	8	-	48
연도별 합계(명)		**8**	**-**	**8**	**-**	**8**	**-**	**8**	**-**	**8**	**-**	**8**	**-**	**48**

1.6 파급 효과

(시장경제적) 현차시험 공동 추진을 통한 중복 비용 절감

- 개발부품별 단품에 대한 현차시험 시 소요되는 임대비 대비 255억 절감
  - 고속차량 임대비 228억, 도시철도차량 임대비 27억 절감

(과학기술적) 부품 성능 검·인증 기술관리 체계 구축

- 개발부품의 성능규격, 부품사양, 운영기관 발주사양서, 국내·외 인증을 위한 시험절차서 등 검증·인증 자료를 DB화하여 타 부품개발에 활용 가능

(사회문화적) 운행안정성 및 신뢰성 확보로 국민안전에 기여

- 연구개발과정에서 부품연구기관의 시험 및 인증 취득을 지원, 관리하면서 연구개발부품의 안정성·신뢰성 확보에 기여

제2절 중점분야1 시장진입형 부품 국산화

정의

- 수입의존도가 높은 철도차량 부품을 TRL 8까지 개발을 지원함으로써 부품국산화 및 국내 시장진입, 안정적 국내 공급망 구축, 납품실적 확보를 통한 해외시장 진출 기반 마련

추진방향

- 국내 수요처(운영기관 또는 완성차업체)의 요구조건을 연구수행 초기에 반영하고, 설계단계부터 국내외 인증을 고려하여 시장진입을 위한 조건을 개발기간 중 충족하여 단기 시장진입 추진

세부전략

- 중점분야1의 11개 세부과제는 시험인증 등을 지원하는 총괄과제와 추진일정, 요구사항, 시험인증항목 등을 협의하여 과제 종료시 연구성과가 즉시 실용화 될 수 있도록 추진

〈표 VII-9〉 중점분야1 세부과제

분야	No.	차종		세부과제
시장진입형 부품 국산화	1	고속	EMU	고속철도용 댐퍼 개발
	2		EMU	고속철도용 공기스프링 개발
	3		EMU/산천	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발
	4		EMU/산천	고속철도용 전두부 해치시스템 개발
	5		EMU/산천	고속철도용 냉각팬 시스템 개발
	6		EMU	고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발
	7		EMU/산천	고속철도용 모듈형 주회로 차단시스템 개발
	8		EMU	고속철도용 공조시스템 개발
	9	도시	전동차	도시철도용 모듈형 출입문 표준화 개발
	10		전동차	도시철도용 모듈형 보조전원장치 개발
	11		트램	저상트램용 관절장치 개발

- 총괄과제는 각 부품별 수요처의 요구사항이 반영되도록 지원하고, 각 세부과제에서 시험·인증을 수행할 수 있도록 일정 관리

  - 요구사항 정의→설계반영→제작→성능시험·검증→현차시험 및 인증활동의 일련의

상용화를 위한 전주기 프로세스가 진행되도록 지원

- 중복비용 절감 및 시험수행의 효율성 향상의 목적으로 추진하는 공동 현차시험(3차년도 후반 일괄 착수)을 위해 세부과제 일정관리



주요 절차	내 용
요구사항 정의	운영기관, 완성차업체, 시험기관의 요구사항 도출 ※ 요구사항 정의 단계부터 해외 진출 고려
⇩	
설계	요구사항을 만족시키고 차량 인터페이스 고려한 제품 설계
⇩	
제작	설계에 따른 부품 제작
⇩	
시험 및 성능검증	국내 성능기준 및 시험규격에 부합하는지 검증
⇩	
현차시험	실제 차량에 장착하여 운행하면서 실증 실시
⇩	
국내 시장 진입	신규차량에 적용, 유지보수 부품으로 활용
⇩	
해외 인증	국제 철도 품질관리체계 인증 획득
⇩	
해외 시장 진출	해외 신규차량 및 유지보수 시장 진출

<그림 VII-4> 중점분야 1 단계별 추진전략

중점분야1 세부기술개발과제 선정 및 연구내용 혁신성

- 중점분야1은 수입의존도가 높은 부품의 국산화 개발로 기존 부품 성능 및 신뢰성 수준에 기반하여 성능목표를 설정

- 또한 단순 외산 대체를 넘어 경쟁력 제고 및 차량 성능향상을 위해 첨단 소재기술, IT 등을 활용한 기존 대비 성능향상 추구

- 첨단소재 기술

  - **(판토그래프)** 집전성능 및 추종특성에 영향을 미치는 상부암 경량화(△10%)를 위해 탄소복합재(CRFP) 적용

  - **(전두부해치)** 외부충격와 내화성 확보를 위한 고강도 복합소재(GFRP : Glass Fiber Reinforced Plastic) 적용

※ 기존형상 대비 공기저항 △3%

  - **(냉각팬)** 기존 알루미늄 소재 송풍팬을 초경량 카본화이버 소재로 대체하여 경량화(△30%)

- IT / IoT

  - **(냉각팬)** 예방유지보수를 위해 고장코드 TDCS 전송*을 통한 실시간 상태감시 기술 적용

    * 특정 주파수 대역을 벗어난 가속도가 일정시간 이상 발생시 고장코드 전송

  - **(주회로차단기)** 위상제어 모듈 및 진단감시 모듈의 측정 데이터*를 GSM(Global System for Mobile communication)기반 원격 통신을 통해 전송하여 진단감시에 활용

    * 진공 인터럽터 진공도, BOX 내부온습도, 차단기 구동부 상태 등

예산규모

- 11개 부품을 총 635.8억원(1단계 311억원 / 2단계 324.8억원)으로 추진

No.	사업비 규모(단위: 억원)						
	1단계			2단계			합계
	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
1-1	-	8.00	20.00	16.00	16.00	-	60.00
1-2	-	9.34	13.34	13.34	10.67	-	46.69
1-3	-	12.00	18.70	24.00	12.00	-	66.70
1-4	-	-	15.60	23.60	21.30	-	60.50
1-5	-	8.70	16.00	11.20	4.10	-	40.00
1-6	11.67	11.67	14.34	11.67	18.34	-	67.69
1-7	8.21	11.91	18.03	13.71	8.16	-	60.02
1-8	10.70	13.30	16.00	16.00	10.70	-	66.70
1-9	-	-	8.14	24.27	12.54	-	44.95
1-10	-	10.80	20.00	13.20	12.00	-	56.00
1-11	-	16.00	18.55	16.00	16.00	-	66.55
합계	**30.58**	**101.72**	**178.70**	**182.99**	**141.81**	**0.00**	**635.80**
	311.00			**324.8**			

1. 고속철도용 댐퍼 개발

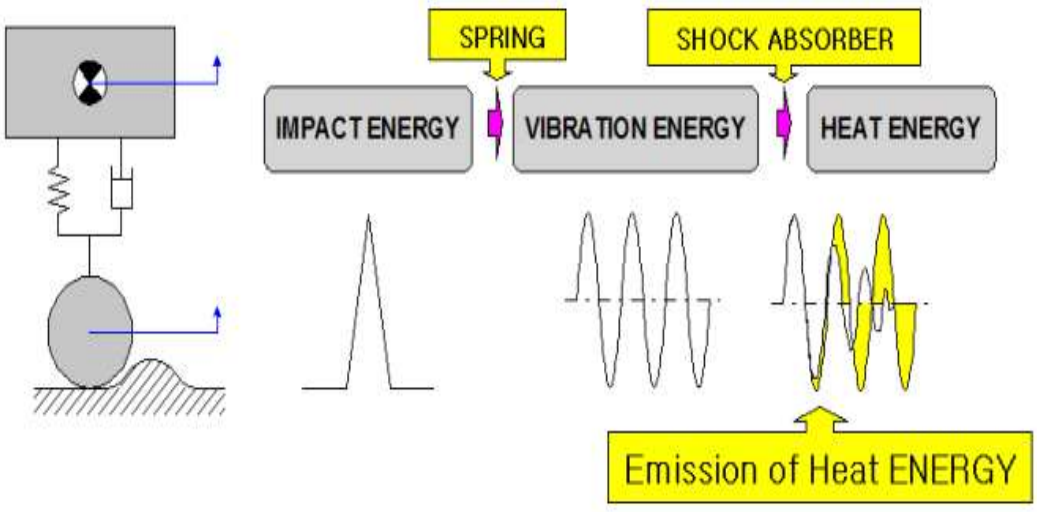
1.1 연구개발 배경 및 필요성

가. 기술의 정의

현가장치(댐퍼)의 정의

부품의 기능 및 역할

- 댐퍼는 노면 등 외부 충격에 의한 스프링의 진동을 완화함으로써 승차감을 좋게 하고, 차체 파손을 방지하며 차량에 과대 부하가 가해지지 않도록 하기 위한 기능을 수행
- 스프링의 탄성에너지를 댐퍼 내부의 유체를 이용하여 열에너지로 변환시켜 차량의 운동을 감소시키는 역할
- 차체 수명을 연장시키고 스프링의 손상을 방지하여 유지보수비용을 절감
- 차륜의 접지력을 증대시켜 제동 효과를 증가



<그림 VII-5> 댐퍼의 기능과 역할

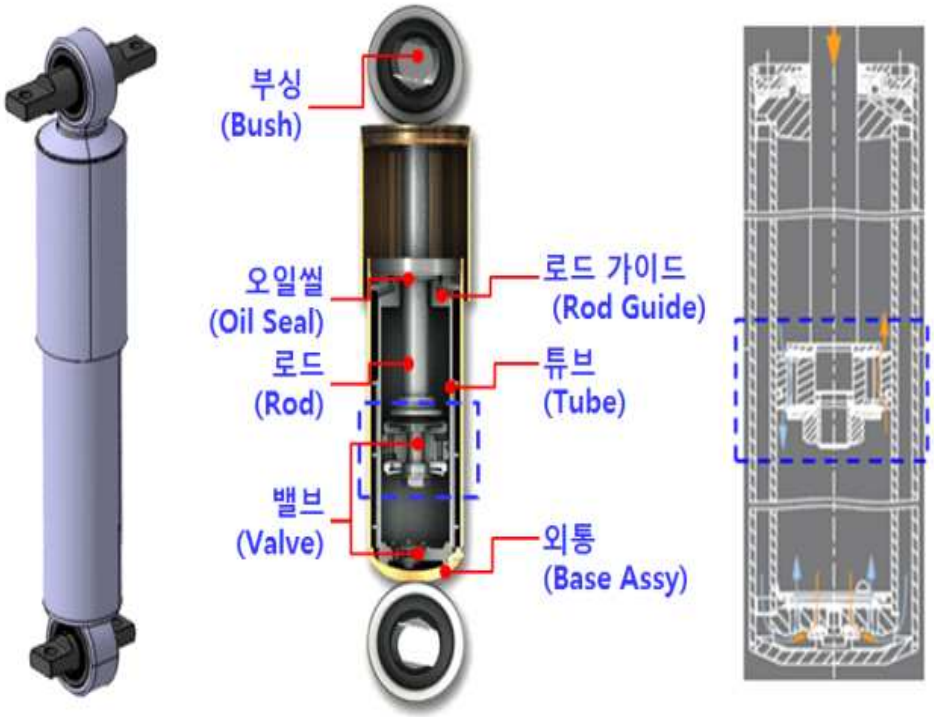
- 댐퍼는 부싱, 오일 씰, 로드가이드, 로드, 튜브, 외통, 밸브 등으로 구성되어 있으며, 댐퍼 내부에는 일정 점도를 가진 오일이 충진

- 댐퍼의 감쇠력 특성을 결정하는 핵심부품은 밸브이며, 감쇠력 특성에 따라 차량의 승차감 및 주행안정성이 결정됨

- 댐퍼의 특성을 고려하여 내구력을 향상 시킬 수 있도록 형상 설계

- 댐퍼 내부의 오일 누유를 방지하고 외부 이물질 등의 침투를 막기 위해 기밀성 및 추종성이 뛰어나도록 오일씰 설계

- 선로의 진동을 댐퍼로 전달하고 댐퍼에서 감쇠시킨 진동을 차체에 전달해 주는 방진 특성 및 내구성이 뛰어난 부싱 설계 필요



〈그림 Ⅶ-6〉 일반적인 철도차량용 댐퍼의 구조

- 댐퍼는 일반적으로 차량 편성에서 아래 그림과 같이 주행장치 및 차체간에 설치되어 운행되며, 주행장치는 동력차, 동력객차, 객차용으로 구분

◆ KTX 차량 구성 : 1편성 (20량) = 동력차 (2량) + 동력객차 (2량) + 객차 (16량)



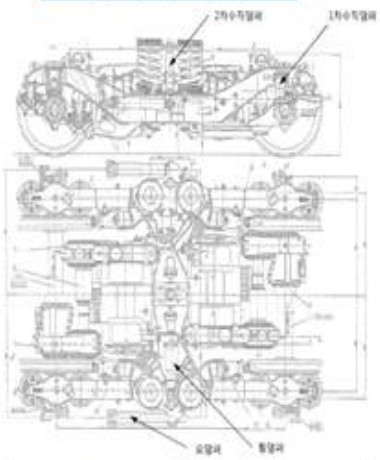
동력차 | 동력객차 | 객차 | 객차 | 동력객차 | 동력차

1량 1량 16량 1량 1량



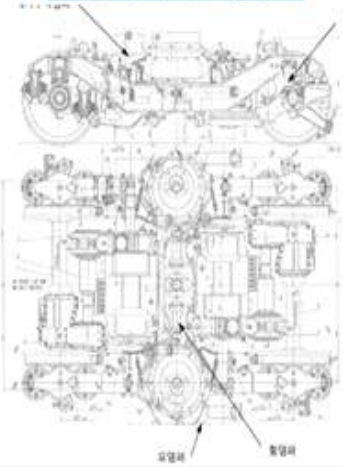
◆ 대차별 댐퍼 장착위치 및 수량 (총 댐퍼 수 : 260개/1편성)

동력차 대차



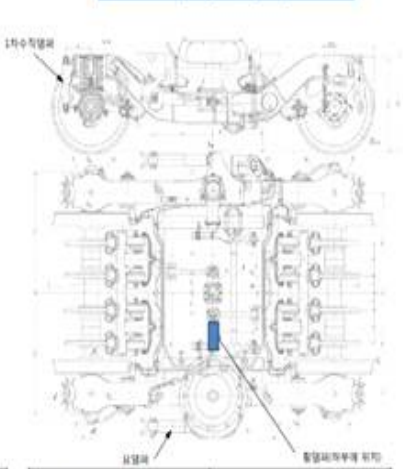
댐퍼사양	수량
1차 수직댐퍼	4
2차 수직댐퍼	2
횡댐퍼	1
요댐퍼	2

동력객차 대차



댐퍼사양	수량
1차 수직댐퍼	4
2차 수직댐퍼	2
횡댐퍼	2
요댐퍼	2

객차 대차



댐퍼사양	수량
1차 수직댐퍼	4
횡댐퍼	1
요댐퍼	2

* 객차 사이 : 차체간 댐퍼 (상, 2개), (하, 2개)
안티롤댐퍼 (1개)

〈그림 Ⅶ-7〉 고속철도용 댐퍼 설치 위치

- 인장/압축 행정 감쇠력 제어 밸브 기술
  - 차종에 따른 요구조건을 만족할 수 있도록 밸브의 유로구조상에 조정 가능한 인자(Tunability)를 반영하고, 밸브의 내구력을 확보할 수 있는 감쇠력 제어 기술
- 오일 누유 방지 기술
  - 댐퍼 작동 중 습동부(로드 및 오일 씰)사이의 손상을 최소화하여 누유를 방지하는 기술
- 방진 및 내구력 향상 부싱 개발 기술
  - 부싱의 방진 특성을 구현하고, 내구력을 확보하기 위한 기술
- 감쇠력 (Damping Force)
  - 댐퍼의 저항력으로 진동이 스프링의 진폭을 시간의 경과에 따라 감소하게 하는 힘
- 방진
  - 진동이 구조물에 전달되는 것을 막음

나. 연구개발 배경

현황 및 문제점

- 고속철도용 현가장치는 선진국 주도형 부품으로, 현재 국내에서는 해외부품[KONI社(네덜란드), Dispen社(프랑스)]을 100% 수입하고 있어, 내구 수명에 따른 교체시 장시간 소요
  - 유지보수에 유리하고 감쇠력 유지에 용이한 댐퍼 구조 개발이 요구됨
  - 국내 4계절별 특성(여름 고온, 겨울 저온)에 따라 댐퍼 오일 씰의 씰링 성능 및 부싱의 변형특성이 달라 국내 환경에 최적화된 댐퍼개발 필요
  - 한국뿐만 아니라 전 세계적으로 고속철도 운행이 증가함에 따라 고속철도용 댐퍼 수요도 증가할 것으로 예상되므로 수입대체 및 해외시장 진출을 위해 조속히 기술자립 필요

※ 해외시장 규모: 해외 여객차량 보유 (233,002량) × 객차당 댐퍼 평균 장착수량 (14본) × 댐퍼 평균가격 (800,000원) / 평균 정비 주기 (4년) = 6,520억원

- 기술적 한계 및 문제점

  - 철도차량 댐퍼류는 유럽, 미국, 일본, 최근 중국을 포함한 4개국이 세계 철도 시장의 80%를 점유하고 있는 전형적인 철도 선진국 주도형 산업구조

  - 우리나라의 철도차량기술은 전체적으로 세계 최고 수준 기술 대비 약 81%수준이며, 기술 격차는 약 7년으로 나타남

  - 댐퍼류 개발 시 현차시험을 통하여 성능을 검증하여야 하나 시험 차량 확보에 어려움

※ 국토교통기술수준분석(국토교통 기술수준분석 총괄보고서), 국토교통과학기술진흥원, 2015

시사점

- 주요 철도 차량용 댐퍼 제조사는 KONI 社(네덜란드), KYB 社(일본), ZF Sachs 社(독일), Dispen 社(프랑스)등으로 고속철도차량, 군사용 차량 등 고 감쇠력 특수 댐퍼에 대한 지속적인 기술 개발 투자를 통해 높은 기술 수준을 확보

- 국내 기술개발 시장 구조, 유지보수 정책 및 정비제도 여건으로 댐퍼의 국산화 및 실용화 지연

  - 기술 개발자와 수요자의 공동연구, 기술검증 미흡과 이로 인한 연구 기간 장기화로 인한 실용화 지연

  - 철도차량용 댐퍼 산업은 다품종 소량 생산 구조로 국내 시장이 협소하여 단기적으로 수익성을 확보하기에는 한계가 있음

  - 운영기관과 철도차량 제작업체의 협력을 통한 국산화 기술개발 및 정부부처의 체계적 지원과 육성이 필요하나 현재 수준은 기술개발 초기단계에 불과

- 국내 사계절 특성 및 해외 수출 등을 고려하여 댐퍼의 내환경 성능을 개선하여 극한조건(−45℃/+80℃) 온도에서도 씰링 성능 및 내구성을 유지 할 수 있는 댐퍼 개발 필요

- 현차 검증은 KTX-산천 및 SRT 차량에 개발품을 설치하여 1년(4계절) 이상 현차시험을 통하여 댐퍼 성능 검증

- 동력 분산식 고속철도용 현가장치(댐퍼류) 개발이 성공할 경우 국내 철도운영사의 안정적인 부품 공급 및 구매단가 절감이 가능하고 유지보수 문제 발생 시 즉각적인 대응이 가능하며, 국내 시장을 기반으로 해외 시장 진출도 가능할 것으로 판단되므로 시급히 추진 필요

다. 연구개발 필요성

과학기술적 중요성

- 수송기계 특성상 사고 유발 가능성 존재
  - 철도차량과 같은 수송기계는 주행 시 불규칙한 노면이나 돌출부에 의한 충격, 차량의 가감속 및 선회 등 주행 조건에 따라 현가장치 스프링이 진동하면서 운동에너지가 발생
  - 진동 현상이 반복되면 기계적 피로가 누적되고 차체와 부품이 손상되는 것은 물론 부품체결이 이완되어 주행 시 불안정성이 커지고 대형사고의 위험이 증가할 수 있음
- 에너지 효율 및 특성
  - 오일 댐퍼는 소형, 경량으로 큰 에너지를 소산시킬 수 있으며 속도에 대한 감쇠력 특성 조절이 용이한 장점이 있음
  - 대차 후레임과 볼스타 사이에 연결되어 차량의 주행 안정성 및 좌우/수직 방향 하중을 감쇠시키는 역할을 수행함
  - 주행 중에 발생 또한 재생되는 차체의 진동을 감쇠 및 억제하고 충격에너지를 적절히 분산시키기 위해 설계 감쇠 성능이 수명기간동안 지속적으로 유지되는 것이 중요함
  - 오일 댐퍼(Oil Damper)는 철도차량에 가해지는 진동이나 충격에 의한 운동 에너지를 열에너지로 전환하여 에너지를 소산시키는 부품임
  - 승차감을 향상시키고 주행 안정성을 확보하며, 차체 각 부를 보호하는 역할을 함
- 국산화 오일 댐퍼 부재로 인한 문제점 존재
  - 해외 선진국 대비 국내 기술력 격차가 존재하여 향후 차량 개발을 위한 표준형 댐퍼 선 개발이 필요
  - 기존 해외 부품 사용 시 물품 조달에 장시간 소요되어 내구 수명에 따른 원활한 현가장치 부품 교체 애로

시장경제적 필요성

- 기존 제품의 기능을 유지, 충분히 호환 가능한 제품, 원활한 공급처 확보와 외화절감 가능
  - 기존 동력집중식 고속철도 오일댐퍼의 경우, 국내 기술부재로 인해 전량 해외 수입하고 있어 연간 외화 유출 규모는 약 50억원 규모임

- 신규 시장 매출액 규모는 약 446억원(연간 약 30억원)

※ 향후 2025년부터 2040년까지 EMU-250,300 450편성 3,600량 편성예정으로 제품 단가 0.124억원/Set 기준으로 시장규모는 446억원(연간 약30억원)

※ 출처: 철도차량 및 주요부품 중장기 구매계획 알림, 국토부 철도운행안전과-3214

- 오일 댐퍼는 내구 수명에 따라 적절한 교체가 필요한 부품이며, 장기적으로 대체품을 보유하여 안정적인 공급이 이루어져야하나, 해외제품을 수입하기 때문에 조달 시기 및 공급에 문제가 발생될 수 있음

- 국산화 개발 성공 시 물품 수급에 장시간 소요 및 구매비용 상승 등 유지보수에 애로사항을 해결함으로써 운영기관 측면에서 유지보수, 부품수급 등의 문제점 극복 가능

사회문화적 필요성

- 차량에 미치는 진동이나 충격을 완화하는 댐퍼류 기술개발을 통해 승객 승차감 향상 및 주행 안정성 확보 필요

  - 철도차량은 주행 시 선로상태 및 차량 가감속 등의 영향으로 진동이 반복되어 댐퍼의 불안정성이 커질 경우 대형사고 위험이 있어 안전성 향상을 위한 정부의 체계적 지원 필요

  - 운영환경의 계절적 특성(하절기 고온, 동절기 저온)에 따른 부품 영향을 최소화하기 위한 성능 향상을 통해 안정적인 열차운영 환경 제공

1.2 국내외 시장 및 연구개발 동향

가. 국외 시장 및 연구개발 동향

- 해외 댐퍼 시장 규모는 연간 약 6,520 억원으로 추정되며, 철도차량 댐퍼류는 유럽, 미국, 일본, 중국이 세계 철도 시장의 80% 점유

  - 해외 여객차량 보유 (233,002량) × 객차당 댐퍼 평균 장착수량 (14본) × 댐퍼 평균 가격 (800,000원) / 평균 정비 주기 (4년) = 6,520억원

  - 철도 차량용 댐퍼 주요 제조사는 KONI 社(네덜란드), ZF Sachs 社(독일), Dispen 社(프랑스) 등으로 고속철도차량, 군사용 차량 등 고 감쇠력 특수 댐퍼에 대한 높은 기술 수준 확보

- 승객 승차감과 밀접한 능동 현가 기술은 일본, 독일, 스웨덴 등 철도 선진국에서 고속철도에 적용 중

- 일본에서는 신칸센 일부 열차 1등실에 공압 액추에이터를 적용한 능동 현가 시스템을 적용하여 횡 진동을 약 50% 저감하는 효과를 보이고 있음

- 독일에서도 승차감 개선을 위해 Hydro-pneumatic 액추에이터를 사용하여 횡·수직 방향 승차감을 제어하고 있음

- 캐나다의 봄바르디어사는 ALS를 EMU(Electric Multiple Unit)형 틸팅 열차에 적용

나. 국내 시장 및 연구개발 동향

- 우리나라의 철도차량기술은 전체적으로 세계 최고 수준 기술 대비 약 81%수준이며, 기술 격차는 약 7년으로 확인

※ 출처 : 국토교통기술수준분석(국토교통 기술수준분석 총괄보고서), 국토교통과학기술진흥원, 2015

- 부문별 시장규모로는 제3차 국가철도망구축계획이 시행되는 동안 고속철도 7.8조원, 일반철도 38.4조원, 광역철도 24.2조원 소요될 전망

- 최근 국내 기술로 개발된 핵심부품·장치로의 대체를 운영기관 자체적으로 추진 중에 있거나 계획 중에 있으며, 융합기술로 신규 개발된 핵심부품/장치의 수요는 일정기간 지속될 전망

- 국내 시장의 경우, 기존 동력집중식과 동력분산식 고속철도 차량용 오일댐퍼는 전량 수입중이며, 동력분산식 댐퍼류는 약 446억원(연간 약 30억원) 규모로 예상되나 향후 지속적으로 증가될 것임

- 향후 2025년부터 2040년까지 EMU-250,300 450편성 3,600량 편성예정으로 제품 단가 0.124억원/Set 기준으로 시장규모는 446억원

- 기술 개발자와 수요자의 연계 미흡, 원활한 수요 부재 및 개발 기간 장기화 등으로 신기술, 신제품 실용화 어려움

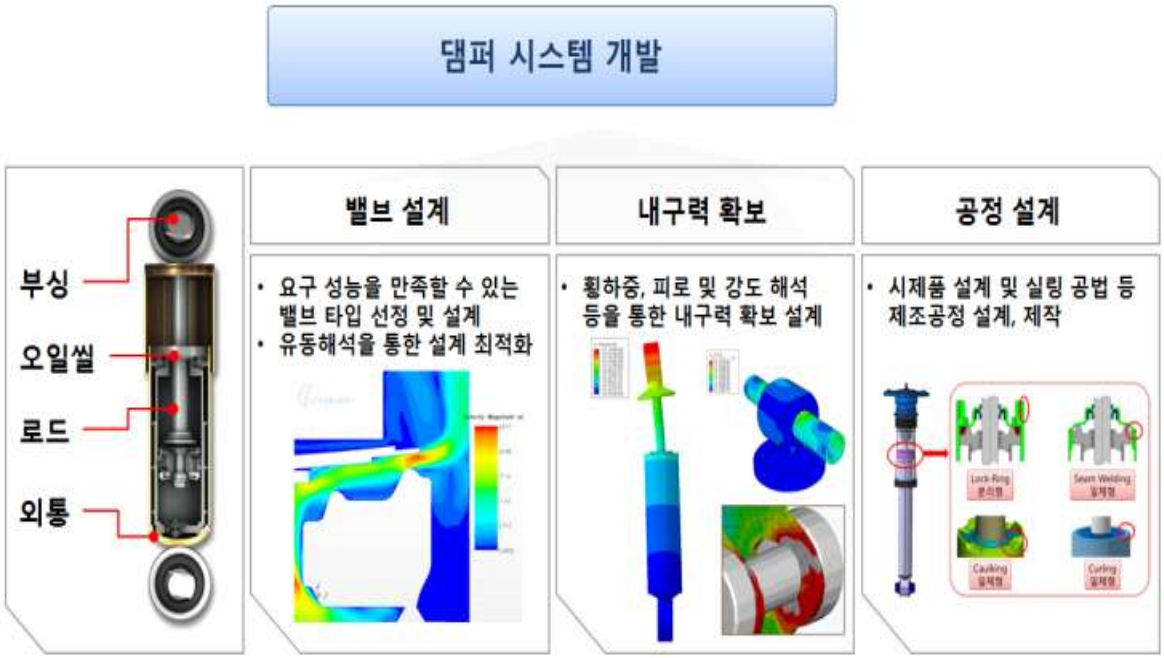
- 철도 댐퍼 부품 산업은 다품종 소량 생산 구조이며, 국내 시장이 작아 중소기업이 기술개발에 소극적임(임직원 50인 이하의 중소업체 규모)

※ 출처 : 철도부품 강소기업 육성방안 수립(국토교통부, 2016)

- 2013~2017 건설교통 R&D 중장기 계획"에서는 외국기술 의존 심화, 고장원인분석 및 해결지연으로 인한 운행차질 초래 등 장기적 관점에서 핵심기술 국산화와 인증 등 철도 안정성을 확보하는 기술개발 필요성 및 연구내용을 제시하였으며, 특히 고속철도 주요부품에 대해서는 국산화 필요 기술로 명시

1.3 연구개발 범위

- 동력분산식 고속차량용 댐퍼(수직1차, 수직2차, 횡, 요) 시스템 설계 및 제작
  - 댐퍼의 성능을 확보하기 위한 밸브 시스템 개발
  - 저온 및 고온 환경조건을 고려하여 누유를 방지할 수 있는 오일 씰 및 씰링부 구조 설계
  - 장착부로부터 전달되는 충격을 흡수하고 지속적 성능을 유지하기 위한 상하 장착부 부싱 설계
  - 댐퍼 시스템 및 주요 부품 제조를 위한 공정기술 개발
- 개발품의 신뢰성 확보를 위한 시험인증
  - 개발품의 피로수명, 내구성 등 성능시험
  - 실용화 및 해외진출을 위한 성능 인증 획득
  - 운행조건을 고려한 현차시험 실시



〈그림 VII-8〉 고속철도용 댐퍼 연구 개발 범위

1.4 연구개발 내용

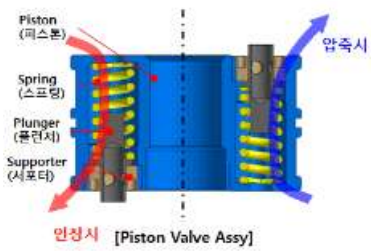
가. 연구개발 목표

- 전량 수입하고 있는 댐퍼류의 국산화 개발을 통해 향후 댐퍼 유지 보수 시 안정적인 부품 공급 및 해외 경쟁력 확보

나. 연구개발 핵심 내용

핵심(구성) 기술명	핵심(구성) 기술 주요내용
인장/압축행정 감쇠력 제어 밸브기술	– 압축행정과 인장행정의 감쇠력을 동시에 조정할 수 있는 밸브 구조 – 댐퍼의 내구 시험 기준을 만족할 수 있는 밸브 – 댐퍼의 최소 길이 조건에 부합하는 밸브 길이
오일누유 방지기술	– 영하 45℃ 또는 +80℃ 온도 조건에서 오일 누유가 발생하지 않는 오일 씰
방진 및 내구력 향상 부싱 개발	– EMU-250 부싱의 진동 특성 만족 (Stiffness, 축직각 방향, 회전방향, 굽힘방향) – EMU-250 댐퍼 내구력과 동일한 내구력 확보

다. 핵심 기술별 As-is/To-be

핵심 기술	As-is	To-be	현재 TRL	목표 TRL
인장/압축 행정 감쇠력 제어 밸브기술	– 압축/인장행정 감쇠력 별도 조정 – 댐퍼 밸브 길이에 따라 댐퍼 최소길이 불만족  [Piston Valve Assy]	– 압축/인장행정 감쇠력 동시제어 밸브 개발 – 댐퍼 밸브 내구시험 기준마련 – 댐퍼 최소길이 적용 Compact Size 밸브 개발 	TRL4	TRL8
오일누유 방지 기술	– Oil Seal 내환경 성능 – 35℃ 오일 누유 없음 – 70℃ 오일 누유 없음 	– Oil Seal 내환경 성능 – 45℃ 오일 누유 없음 – 80℃ 오일 누유 없음 	TRL4	TRL8
내구성 특성	– 수직 댐퍼 : 30~50만km 이상 – 횡/요 댐퍼 : 100만 km 이상	– 내구성 20% 향상 – 수직댐퍼 : 36~60만km – 횡/요댐퍼 : 120만km	TRL4	TRL8

〈표 VII-10〉 수요처 요구사양 대비 목표사양

부품명	수요처 발주사양	본 사업 목표사양	비고
고속철도용 댐퍼	·조인트강성 1차 수직댐퍼 20 kN/mm ± 20% 2차 수직댐퍼 20 kN/mm ± 20% 횡댐퍼 20 kN/mm ± 20% 요댐퍼 75 kN/mm ± 20%	·조인트강성 1차 수직댐퍼 20 kN/mm ± 20% 2차 수직댐퍼 20 kN/mm ± 20% 횡댐퍼 20 kN/mm ± 20% 요댐퍼 75 kN/mm ± 20% ·승차감지수 2.0이하	·승차감지수 2.0이하 반영 *UIC-518 등 국제기준 적용

라. 세부 기술 및 내용

인장/압축 행정 감쇠력 제어 밸브 기술

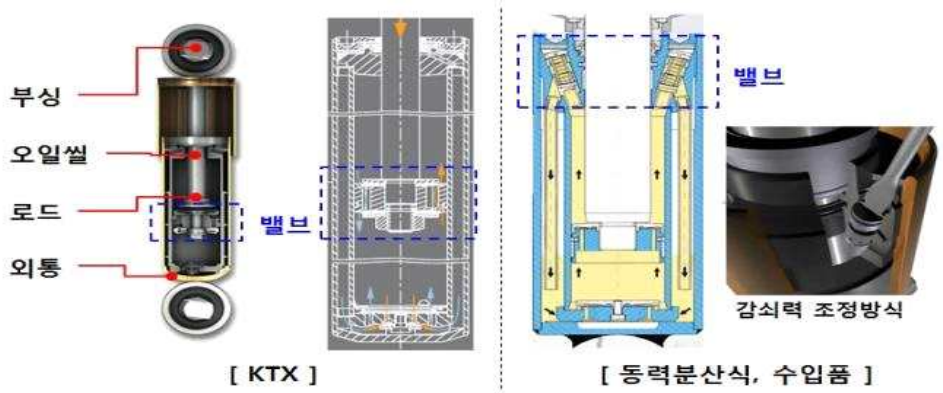
- 댐퍼의 감쇠력 특성을 결정짓는 핵심 부품은 밸브

  - 댐퍼의 감쇠력은 철도차량의 특성에 따라 특성화 되어 있고, 감쇠력 특성에 따라 차량의 승차감 및 주행안정성이 결정됨

  - 차량의 특성에 맞게 요구조건을 만족할 수 있어야 하고, 이러한 요구조건을 원활하게 만족하기 위해서는 밸브의 유로구조상 조정 가능한 Factor(Tunability)가 많아야 함

  - 댐퍼의 특성을 고려하여 내구력 향상을 위한 형상을 구현해야 함

  - 철도차량용 댐퍼의 경우 차량구조 및 유지보수 특성을 고려한 형태의 밸브를 신규로 개발해야 함



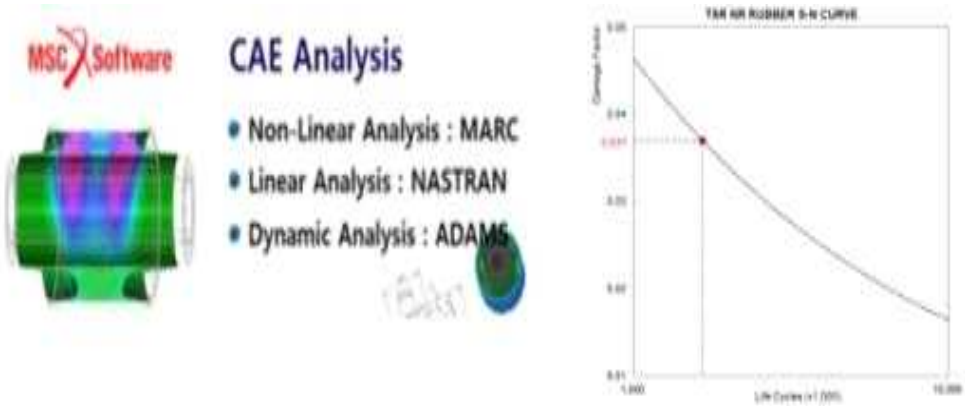
〈그림 VII-9〉 KTX 및 동력분산식 수입품의 감쇠력 제어 방식

오일누유 방지 기술

- 철도차량용 댐퍼는 장기간 사용 시 댐퍼의 내부 오일이 외부로 유출되는 오일 누유 현상 발생
  - 내부의 오일이 외부로 유출될 경우 댐퍼의 가장 중요한 성능인 감쇠력을 유실하는 현상 발생
  - 오일 누유를 방지하기 위해서는 댐퍼 작동 중 습동부(로드 및 오일 씰) 사이의 손상을 최소화하여 오일 리크 방지기술이 확보 되어야 함
- 국내는 4계절이 뚜렷함에 따라 기계 부품의 가용 온도 범위가 폭넓게 요구됨
  - 오일 씰(Oil Seal)의 경우 한겨울의 낮은 온도 또는 한여름의 높은 온도에서 기밀성을 잃고 오일 누유가 발생할 수 있음
- 댐퍼는 외부 먼지가 댐퍼 내부로 침투되어 오일 씰이 손상될 수 있으므로 기밀성이 높은 새로운 오일 씰(Oil Seal) 개발 필요

방진 및 내구력 향상 부싱 개발 기술

- 차량의 운행 조건에 부합하는 부싱의 방진 특성을 구현하고, 내구력을 확보하기 위해 재질 선정 및 형상 설계

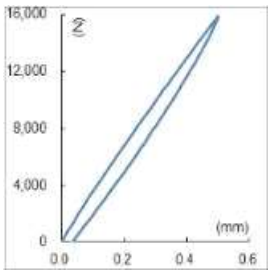
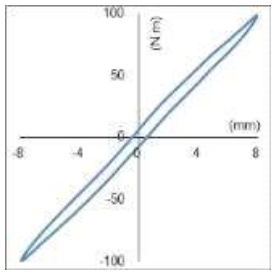
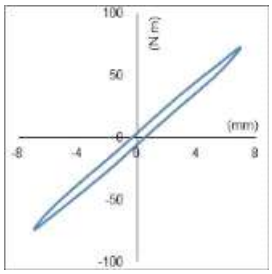


<그림 VII-10> CAE 분석 관련 프로그램 소개

- 댐퍼류 부싱은 선로의 진동을 댐퍼로 전달하고 댐퍼에서 감쇠시킨 진동을 차체로 전달해 주는 역할을 함
- 부싱 설계 시 진동을 억제해 주는 방진 특성과 반복적인 하중을 지탱하여 줄 수 있는 내구성 고려 필요

- 부싱의 특성은 1차적으로 철도차량의 요구조건에 따라 축직각방향, 회전방향, 굽힘 방향으로 3가지 특성이 제공되며 이에 부합하는 특성을 구현하기 위한 부싱 재질 및 치수 설계가 이루어져야 함

<표 VII-11> 부싱 특성 시험 방법 및 결과

시험방향	축직각	회전방향	굽힘방향
시험방법	 동특성 시험기 사기노미야(일본)	 회전강성 시험기 MTS (미국)	 회전강성 시험기 MTS (미국)
시험하중	20,000N	±8deg	±8deg
속도	5mm/분	40deg/분	40deg/분
측정구간	1,000~10,000N	±6deg	±6deg
시험결과	**축직각 특성**	**회전방향 특성**	**굽힘방향 특성**
	 33,260 N/mm	 12.5 Nm/deg	 10.5 Nm/deg

- 기존 철도차량 댐퍼의 경우 오일 누유 및 부싱의 파손이 주로 발생하고 있으며, 이 경우 댐퍼 전체를 교체해야 하는 문제 발생

  - 댐퍼 국산화 개발 시 댐퍼 뿐 만 아니라 상하 장착부 부싱의 개발 또한 동시에 진행 필요

환경 성능 검증 기술

- 저온 및 고온조건에서 댐퍼의 진동 특성을 고려한 시험 검증 필요

  - 댐퍼는 차량의 외부에 장착되어 성능 및 내구력을 확보해야 하는 제품으로 온도 조건에 따라 댐퍼의 성능 및 내구력이 영향을 받게 됨

- 상기 성능 검증 기술은 저온조건(극한조건, -45℃)과 고온조건(극한조건, +80℃)에서도 댐퍼가 성능 및 내구력을 확보하고 있는지 검증

● 개발된 댐퍼는 EMU-250 철도차량에 적용하는 것은 물론 향후 해외시장 진출을 위한 검인증 필요

- 철도차량은 4계절 운행을 하고 있으며 운행조건은 -20 ℃ 전후 또는 +60 ℃ 전후 (운행 선로 온도조건)

- 국산화 개발 시 해외 수출지역의 극한조건을 고려한 제품 설계 및 검증이 필수적으로 선행되어야 하며, 이러한 극한조건을 검증하기 위해 적합한 시험규격 도출 및 성능검증 수행 필요

현차시험 검증 기술

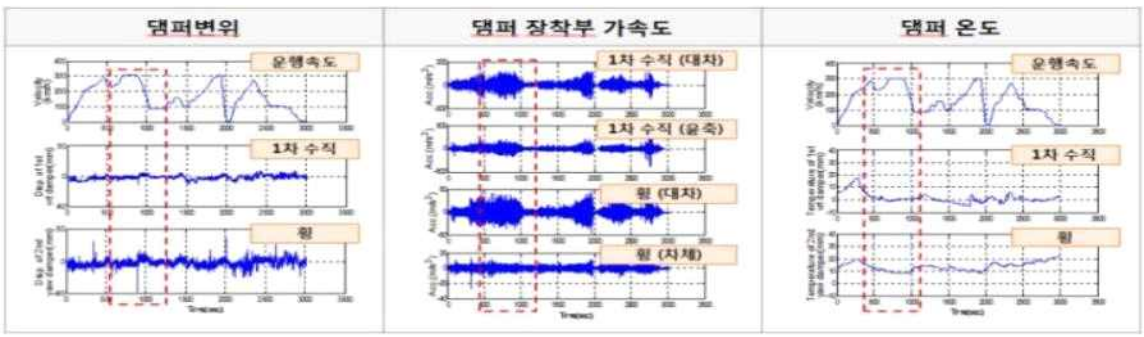
● 선로 주행 조건 및 실환경 조건에서 댐퍼 개발품 장착에 따른 차량거동 분석 및 신뢰성 검증

- EMU-250에 개발품을 장착하고 종합시험선로에서 차량 적합성 시험 실시

- 실제 운영 선로에서 개발품의 동적거동 및 내구력 검증



<그림 VII-11> 현차 계측 및 시험 관련 실 장착 모습



<그림 VII-12> 현차 계측 결과 예시

마. 연차별/단계별 수행 목표 및 내용

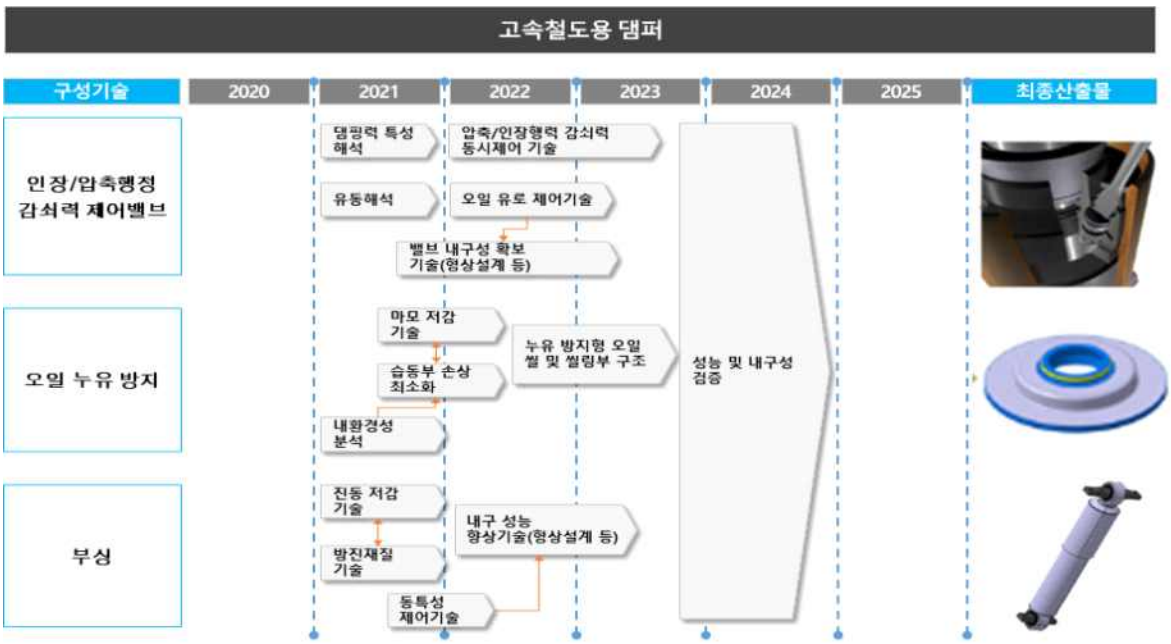
● 연차별 주요 연구내용

연차	기술 개발 목표	기술 개발 내용
1차년도	수입품 벤치마킹 재료 개발	– 요구사항 정의 – EMU-250 수입품 댐퍼류의 성능, 구조, 재질 분석 – 저온 및 고온 특성에 맞는 재료 개발
2차년도	설계 및 해석 시작품 제작	– 밸브 유로해석 및 설계 – 오일 씰, 부싱 구조해석 및 설계 – 밸브, 오일 씰, 부싱 등 시작품 제작
3차년도	시제품 제작 성능 시험	– 밸브, 오일 씰, 부싱 등 시제품 제작 – 내구성 시험, 성능시험, 환경 시험 – 현차 시험을 위한 인터페이스 조정
4차년도	현차시험	– 실선로 4계절 현차 시험 – 시험결과 모니터링 – ISO 품질 관리 체계 인증

바. 수행 로드맵

● 각 핵심기술별로 연차별 연구개발 내용은 아래와 같음

- 1차년도 선행기술 조사 및 기본설계
- 2차년도 부품 상세 설계 및 시작품 제작
- 3차년도 성능 및 내구성 시험
- 4차년도 현차시험 및 검증



〈그림 VII-13〉 수행 로드맵_고속철도용 댐퍼



<그림 Ⅶ-14> 부품로드맵&산업생태계_댐퍼

사. 핵심 기술 확보 전략

핵심(구성) 기술	핵심 기술 확보 전략					
	공공 협력	민간 협력	자체 개발	해외 도입	국내 도입	기타
인장/압축 행정 감쇠력 제어 기술			●			
오일 누유 방지 기술		◐	●			
방진 및 내구력 향상 부싱 개발 기술		◐	●			
성능 및 내구 검증 기술	◐		●			

- 공공협력: 국가 또는 공공기관이 보유 중인 기술 및 인프라와 연계
- 민간협력: 타기업에서 보유 중인 기술 및 인프라와 연계
- 자체개발: 기업이 보유한 기술 및 인프라 활용
- 해외도입: 선진국 또는 해외 선도 기업이 보유중인 기술을 이전 받아 활용
- 국내도입: 국내 기업이 보유한 기술을 이전 받아 활용

1.5 사업화 및 자립화 전략

가. 기술개발 완료 후 시장 출시가 가능한 기술 및 제품

- (개별 부품 판매) 고속철도용 현가장치(댐퍼류) 시장에서 신규 시장 진입 및 유지 보수품에 대한 수입대체 등 파급효과가 클 것으로 예상

고속 철도용 댐퍼	인장/압축 감쇠력 제어기술	오일 누유 방지 기술
		

<그림 VII-15> 개발완료 후 출시 제품

- (신규 차량 보급) 고속철도용 댐퍼는 국내외 신규 고속철도차량에 적용 가능
- (유지보수 시장) 고속철도용 댐퍼는 차량별 형상, 요구되는 감쇠력 사양 등이 유사하여 철도운영기관과의 협의를 통해 공용품으로 출시도 가능할 것으로 예상되며, 장착부가 상이하더라도 감쇠력을 발생시키는 밸브 기술 및 Sealing기술, 방진 및 내구력 향상 부싱 개발 기술 등은 동일하게 적용이 가능함

나. 국내외 시험인증 전략

- 성능 기준 및 시험규격
  - 동력분산식 고속철도용 현가장치(댐퍼)는 인장/압축행정 감쇠력 제어 밸브 기술 및 오일 누유 방지 기술을 확보해야 하며, 제품의 품질 확보를 위한 내구성능 및 내환경 성능이 확보된 제품 개발 필요

순번	성능항목	기준	적용 기준 및 규격	비고
1	조인트 (고무 부싱) 성능	• 반경방향(Radial) 특성 – 요댐퍼 : 75 ± 20 % (kN/mm) – 횡댐퍼 : 20 ± 20 % (kN/mm) – 1차수직댐퍼 : 20 ± 20 % (kN/mm) – 2차수직댐퍼 : 20 ± 20 % (kN/mm)	KRTS-VE-Part 81 KRS RN 0006 KRS RN 0021	–
		• 원추방향(Conical) 특성		

순번	성능항목	기준	적용 기준 및 규격	비고
		– 요댐퍼 : 10° 이상 (≤ 275 N.m) – 횡댐퍼 : 12° 이상 (≤ 250 N.m) – 1차수직댐퍼 : 12° 이상 (≤ 250 N.m) – 2차수직댐퍼 : 12° 이상 (≤ 250 N.m)		
		• 비틀림방향(Torsional) 특성 – 요댐퍼 : 12° 이상 (≤ 275 N.m) – 횡댐퍼 : 16° 이상 (≤ 100 N.m) – 1차수직댐퍼 : 19° 이상 (≤ 100 N.m) – 2차수직댐퍼 : 16° 이상 (≤ 250 N.m)		
2	댐퍼 감쇠력 성능	• 요댐퍼 – 0.006 m/s일 때, 8,500 ~ 11,500 N – 0.012 m/s일 때, 17,000 ~ 23,000 N – 0.2 m/s일 때, 22,950 ~ 31,050 N	KRTS-VE-Part 81 KS R 9234	–
		• 횡댐퍼 – 0.1 m/s일 때, 1,700 ~ 2,300 N – 0.3 m/s일 때, 4,250 ~ 5,750 N		
		• 1차수직댐퍼 – 0.1 m/s일 때, 850 ~ 1,150 N – 0.3 m/s일 때, 2,550 ~ 3,450 N		
		• 2차수직댐퍼 – 0.1 m/s일 때, 1,700 ~ 2,300 N – 0.15 m/s일 때, 2,550 ~ 3,450 N		
3	오일 누유 성능	• 인장 및 압축 20 cycle 반복 후 기름의 누설이 없어야 함	KRTS-VE-Part 81 EN 13802	–
4	저온 및 고온 성능	• 온도 : -35 ~ 70 ℃ • 감쇠력 – 요댐퍼 : 0.012 m/s일 때, 17,000 ~ 23,000 N – 횡댐퍼 : 0.1 m/s일 때, 1,700 ~ 2,300 N – 1차수직댐퍼 : 0.3 m/s일 때, 2,550 ~ 3,450 N – 2차수직댐퍼 : 0.15 m/s일 때, 2,550 ~ 3,450 N	KRTS-VE-Part 81 EN 13802	24시간 노출, 네 번째 사이클에서 작용력/변위 곡선 작성
5	내구 성능	• 요댐퍼 – 최소 1,000 시간 – 설치 조건 : 최소 1° – 진폭(mm) : 25 이상 – 속도(m/s) : 0.006, 0.012, 0.2 조합 – 시험 종료 후 4회 인장 압축 반복 시 감쇠력 시험 결과 기준의 ± 25 % 이내	KS R 9234 KRS RN 0006 KRS RN 0021	–
		• 1차수직댐퍼 – 최소 1,000 시간		

순번	성능항목	기준	적용 기준 및 규격	비고
		– 설치 조건 : 수직 – 진폭(mm) : 25 이상 – 속도(m/s) : 0.1, 0.3 조합 – 시험 종료 후 4회 인장 압축 반복 시 감쇠력 시험 결과 기준의 ± 25 % 이내		
6	승차감 성능	• 승차감 지수 : 2.0 이하	UIC 518 EN 14363	–

● 현가장치(댐퍼) 인증 획득

- 현가장치(댐퍼)는 개발 제품에 대한 신기술, 신제품 등 성능인증에 대한 임의인증 획득이 요구됨
- 또한 향후 해외수출 기반을 확보하기 위하여 ISO 국제철도 품질관리체계 인증 획득 필요

순번	인증 내용	인증 기관	기준	비고
1	성능인증(NEP, NET, EPC, K마크 등)	· 산업부 · 국토부 · 중기부 등	· 국내외 규격 및 성능 관련 자체 규격	임의인증 (개발 제품에 대한 신기술, 신제품, 성능인증 등)
2	ISO 품질관리체계 인증	· 국내외 제3자 적합성인증기관	· ISO/TS 22163	임의인증 (철도 부품 제작자 품질관리체계 인증)

다. 단계별 시장 진입 전략

● 고속 철도용 현가장치(댐퍼류) 개발 완료시 단계별 시장 진입 전략은 다음과 같음

구분	단기 전략	중장기 전략
출시 제품	고속철도용 댐퍼	고속철도용 댐퍼, 내환경 성능 개선 오일씰, 방진 및 내구 개선 부싱
진입 분야	보수용 제품 (내구연한 도래 교체품)	국내 및 해외 신규 고속철도용 댐퍼
타겟	코레일, SRT등	현대로템 등

- 단기 전략으로 A/S 보수용 제품(내구연한 도래 교체품)에 대한 납품 실적 확보
- 성능 및 원가 경쟁력 확보를 통한 국내 수요자(코레일, SR 등) 확보
- 중장기 전략으로 국내 철도 운영기관 상용화 실적 기반으로 신규 프로젝트에 대한 제안 및 국내외 신규 시장 진출 추진

라. 지적 재산권 확보전략

핵심기술별 특성을 바탕으로 지적 재산권 확보 전략을 수립

- 인장/압축행정 감쇠력 제어 밸브기술 확보 전략
  - 댐퍼의 감쇠력은 철도차량에 따라서 특성화 되어있고, 감쇠력 특성에 따라 차량의 승차감 및 주행안정성이 결정되는 중요한 요소로 각 차량 특성 요구조건에 일치하는 기술 필요
  - 따라서 댐퍼의 요구조건을 원활하게 만족시키기 위해서 밸브의 유로구조상 조정이 가능한 Factor(Tunability) 확보 필요
  - 철도차량용 댐퍼의 경우, 차량구조 및 유지보수 특성을 고려한 형태의 밸브를 신규기술로 개발 확보
- 오일 누유 방지기술 확보 전략
  - 철도차량용 댐퍼는 장기간 사용 시 댐퍼의 내부 오일이 외부로 유출되는 오일 누유 현상이 발생한다면 댐퍼의 가장 중요한 감쇠력을 유실하는 현상 발생
  - 따라서 오일 누유를 방지하기 위해서 댐퍼 작종 중 습동부(로드 및 오일 씰) 사이의 손상을 최소화하여 오일리크 방지기술 확보 필요
  - 댐퍼는 외부 먼지가 댐퍼 내부로 침투되어 오일 씰의 손상이 발생하는 경우도 있으므로 기밀성이 높은 새로운 오일 씰 개발 필요
- 방진 및 내구력 향상 부싱 개발 전략
  - 차량의 운행 조건에 부합하는 부싱의 방진 특성을 구현하고, 내구력을 확보하기 위해 재질선정 및 형상의 설계를 진동을 억제해주는 방진 특성과 반복적인 하중을 지탱하여 줄 수 있는 내구성을 고려하여 설계
  - 기존 철도차량 댐퍼의 경우, 오일 누유 및 부싱의 파손 시 댐퍼 전체를 교체해야하는 문제점을 방지하기 위하여 초기 댐퍼 개발 시 댐퍼 상하 장착부 부싱의 개발 필요

1) 지식재산권 신청기술의 정의

순번	기술의 명칭	확보가능 특허	건수	등록시점
1	인장/압축행정 감쇠력 제어 밸브기술	– 압축행정과 인장행정의 감쇠력을 동시에 조정할 수 있는 밸브 구조 – 댐퍼의 내구 시험 기준을 만족할 수 있는 밸브 – 댐퍼의 최소 길이 조건에 부합하는 밸브 길이	3	2020년
2	오일누유 방지기술	– 영하 45℃ 또는 +80℃ 온도 조건에서 오일 누유가 발생하지 않는 오일씰	1	2021년
3	방진 및 내구력 향상 부싱 개발	– EMU-250 부싱의 진동 특성 만족 (Stiffness, 축직각 방향, 회전방향, 굽힘방향)	1	2023년
합계		–	5	–

2) 선행기술조사를 통한 차별성 검토

- 댐퍼 관련 특허동향 조사 결과를 토대로 등록특허 기준, 존속기간 유예 등을 고려, 해당 과제와 유사한 특허 9개를 도출하여 비교 분석 수행

선행특허 기술명		주요기술과의 차별성			본 기술과의 차별성
		1	2	3	
P-1	철도차량용 흡음방진재(materials of soundproofing and dustproofing for rail vehicles)	●	○	◐	운전실의 하부프레임 및 바닥재 사이에 개재되어 외부로부터 유입되는 진동 및 소음을 감쇄하기 위한 철도차량용 흡음방진재 개발 연구로 본 기술개발과는 차별화
P-2	고속열차의 선두차량용 완충구조체 (Shock-absorbing structure for leading car of high speed train)	○	●	◐	고속열차 선두차량의 선단부에 설치되어 상기 선두차량이 장애물과 충돌시의 충격을 흡수하는 완충구조체에 관한 연구로 댐퍼 기술개발과는 차별

선행특허 기술명		주요기술과의 차별성			본 기술과의 차별성
		1	2	3	
P-3	주행시험대를 이용한 관절대차의 주행안정성 시험장치(Apparatus for testing the driving stability of the articulated bogies using the drive testing stand)	●	○	○	주행시험대를 이용한 관절대차의 주행안정성 시험장치 개발로 철도차량 댐퍼의 감쇠력 제어 기술개발과는 차별
P-4	철도차량의 휠과 레일 실험장치의 보호커버(Wheel of railway vehicle and rail experiment protect cover)	○	○	○	철도차량의 휠과 레일에서 발생하는 소음 흡음 및 차음을 위한 보호커버 개발에 관한 연구로 인장 및 압축행정 감쇠력 제어 기술이 요구되는 댐퍼 기술개발과는 무관
P-5	궤도 지지강성 측정장치(Apparatus for measuring stiffness of track)	○	○	◐	궤도 지지강성 측정을 위한 장치를 개발하여 고속철도의 완충수단의 한계를 파악하고 유지보수의 효율을 향상시키기 위한 연구이나 내구력 향상기술과 일부 관련성이 존재
P-6	철도차량용 조향장치(Steering mechanism for railway vehicle)	○	●	○	철도차량의 주행성능을 향상하기 위한 조향장치 개발기술로 오일댐퍼가 결합된 구조이나 오일댐퍼의 특성 및 성능향상 기술개발과는 무관
P-7	고속철도용 프리스트레스 침목의 구조(Pre-stress block structure for high-speed railroad)	○	○	○	철도차량으로부터 레일을 통해 가해지는 충격에너지를 효과적으로 흡수하고 저항 강도를 향상시키기 위한 프리스트레스 침목 구조 기술 개발로 댐퍼의 성능향상 기술과는 무관
P-8	충격 완충 기능을 갖는 철도 차량용 시트(Impact reducing seat of rail vehicles)	○	○	○	충격 완충 기능을 갖는 철도 차량용 시트 개발에 관한 기술로 댐퍼 성능향상 기술과는 무관
P-9	가변저항을 사용한 가변 감쇠력 댐퍼 및 이를 구비한 진동 시스템(DAMPER FOR GENERATING VARIABLE DAMPING FORCE USING VARIABLE RESISTOR, AND VIBRATION SYSTEM HAVING THE SAME)	◐	●	○	외부 전원 투입없이 가변 감쇠력을 향상시키기 위해 전자기 액추에이터를 댐퍼로 사용한 기술개발로 오일댐퍼의 성능향상을 위한 기술개발과는 차별화

※ ○: 관련성 낮음, ◐: 일부 유사, ●: 차별성 높음

3) 보유 지적재산의 보강 전략[1)]

- 기존 현가장치(댐퍼) 관련 특허는 흡음방진재 개발을 통한 진동 및 소음 감쇄, 가변 감쇠력 향상을 위한 장치개발 등에만 집중됨

  - 댐퍼 밸브, 부싱 등 구조적 성능향상을 위한 제어 기술과 내구력 향상기술 등 현가장치 고유의 핵심 기술 미확보에 따라 본 사업을 통한 기술력 확보 필요

보 강 전 략	
문 제 점	**해 결 방 안**
· 연관성이 일부 존재하는 4건의 등록특허는 흡음방진을 통한 주행 성능향상 및 가변 감쇠력 향상을 위한 기술로 구분되나, 댐퍼 제어기술을 통한 성능향상 및 시제품 제작 등에 대한 권리 부재	· 댐퍼의 구조적 설계 및 성능제어, 누유방지 기술이 접목된 오일댐퍼를 제작함으로써 선행기술 대비 차별성 및 진보성이 뛰어나 권리확보가 가능
회 피 전 략	
문 제 점	**해 결 방 안**
· 현가장치의 흡수부재 개발을 통한 진동 및 소음 감쇄, 가변 감쇠력 향상 장치 개발 등으로 철도차량 주행성능 확보 기술로 활용	· 철도차량의 주행성능 향상을 위해 댐퍼의 구조적 특성 및 제어기술 접목, 성능검증 수행, 주요 부품에 대한 최적 설계 기준 마련 측면에서 기존 특허기술의 회피 가능

4) 신청기술의 방어전략

- 신청기술의 사업화와 관련하여, 분쟁 가능성이 높은 특허에 대해서는 방어전략이 필요하며, 타사의 특허를 침해할 가능성이 있는 경우에는 사전에 타사 특허에 대한 대응방안을 마련

선행특허기술명	방어전략
P-1 철도차량용 흡음방진재(materials of soundproofing and dustproofing for rail vehicles)	· 댐퍼 부싱의 진동 특성을 고려한 제어기술 확보로 단순 흠음방진재를 활용한 기술개발과는 차별화
P-2 고속열차의 선두차량용 완충구조체 (Shock-absorbing structure for leading car of high speed train)	· 댐퍼 부싱의 진동 특성을 고려한 제어기술 확보로 충격 흡수를 위한 완충구조체 개발과는 차별화
P-5 궤도 지지강성 측정장치(Apparatus for measuring stiffness of track)	· 댐퍼 고유 특성 및 감쇠력 제어 성능 향상 기술개발로 고속철도 차량의 완충수단 측정장치 개발과는 차별
P-9 가변저항을 사용한 가변 감쇠력 댐퍼 및 이를 구비한 진동 시스템(DAMPER FOR GENERATING VARIABLE DAMPING FORCE USING VARIABLE RESISTOR, AND VIBRATION SYSTEM HAVING THE SAME)	· 누유 방지 기술이 접목된 오일 댐퍼의 특성 및 제어 기술개발로 단순 오일댐퍼를 활용한 구조체 제작 기술과는 차별화

1) 타사가 보유한 선행 특허와의 침해 문제를 해결하기 위한 전략을 서술. 특허분쟁 가능성이 보이는 특허가 인용문헌으로 검색될 경우 검색특허가 현재 유효하게 존속하고 있는지를 검토하고(존속기간, 연차료), 분쟁 가능성의 정도를 “관련도”로 나타냄

1.6 투자계획

가. 투자 규모

- 총 60.00억 원/4년 중 정부출연금 45.00억 원(75%) 대비 민간부담금 15.00억 원(25%)규모로 사업추진

<표 VII-12> 총 투자계획_댐퍼

(단위 : 억 원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	총계
정 부	-	6.00	15.00	12.00	12.00	-	45.00
민 간	-	2.00	5.00	4.00	4.00	-	15.00
합 계	-	8.00	20.00	16.00	16.00	-	60.00

나. 소요 재원

- 동력분산식 고속철도용 부품개발을 위한 연구개발 소요재원은 전체 소요재원 중 연구개발비가 100%로 60억 원 소요

<표 VII-13> 연구활동별 집행기준_댐퍼

(단위: 억 원)

구분		총사업비				비율
대항목	소항목	국고	지방비	민간	합계	
1. 연구개발		45.0	-	15.0	60.0	100%
2. 연구시설 및 장비	시설	-	-	-	-	-
	장비	-	-	-	-	-
3. 기타(Feedback R&D 포함)		-	-	-	-	-
합계		45.0	-	15.0	60.0	100%

다. 소요 예산 산출근거

핵심기술별 연구개발비

- 구성기술별 연구개발비 내역은 다음과 같음

<표 VII-14> 핵심기술별 연구개발비_댐퍼

(단위 : 억 원)

과제명	구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	총계
댐퍼 부품 및 시스템 개발	인장/압축행정 감쇠력 제어 밸브기술	정 부	-	3.60	9.00	7.20	7.20	-	27.00
		민 간	-	1.20	3.00	2.40	2.40	-	9.00
		소 계	-	4.80	12.00	9.60	9.60	-	36.00
	오일누유 방지기술	정 부	-	0.90	2.20	1.80	1.80	-	6.70
		민 간	-	0.30	0.70	0.60	0.60	-	2.20
		소 계	-	1.20	2.90	2.40	2.40	-	8.90
	방진 및 내구력 향상 부싱 개발	정 부	-	1.50	3.80	3.00	3.00	-	11.30
		민 간	-	0.50	1.30	1.00	1.00	-	3.80
		소 계	-	2.00	5.10	4.00	4.00	-	15.10
합 계			**-**	**8.00**	**20.00**	**16.00**	**16.00**	**-**	**60.00**

라. 소요인력

- 1차년도에는 수입품 벤치마킹 및 재료 개발, 2차년도에는 설계 및 시작품 제작, 3차년도에는 시제품 제작 및 성능시험, 4차년도는 실제 차량에 장착하여 신뢰성을 시험하는 절차로 진행

- 2차년도에 과제의 성공을 결정하는 설계 및 시작품 제작이 진행되므로 인력을 가장 많이 투입하며, 3차년도와 4차년도에는 시험결과에 따라 부품을 수정·보완하고 지속적인 모니터링에 필요한 소요 인력 반영

<표 VII-15> 소요 인력 및 참여율_댐퍼

(단위: M/Y, %)

과제	핵심구성기술	직급	2020		2021		2022		2023		2024		2025		합계 (명)
			투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	
1-1	인장/압축행정 감쇠력 제어밸브 기술	책임연구원	-	-	1	20%	5	20%	3	20%	3	30%	-	-	12
		선임연구원	-	-	3	45%	8	50%	7	50%	6	40%	-	-	24
		연구원	-	-	5	30%	6	30%	4	35%	7	35%	-	-	22
		소계	-	-	9	-	19	-	14	-	16	-	-	-	58
	오일누유 방지기술	책임연구원	-	-	1	10%	1	20%	1	10%	1	20%	-	-	4
		선임연구원	-	-	3	15%	2	40%	2	25%	1	25%	-	-	8
		연구원	-	-	1	10%	2	40%	4	25%	3	40%	-	-	10
		소계	-	-	5	-	5	-	7	-	5	-	-	-	22
	방진 및 내구력 향상 부싱 개발	책임연구원	-		1	10%	2	20%	1	20%	1	20%	-		5
		선임연구원	-	-	2	15%	4	40%	2	50%	2	45%	-	-	10
		연구원	-	-	5	20%	5	20%	3	45%	5	30%	-	-	18
		소계	-	-	8	-	11	-	6	-	8	-	-	-	33
연도별 합계(명)			-	-	22	-	35	-	27	-	29	-	-	-	113

1.7 파급 효과

(시장경제적) 국산화 개발을 통한 수입대체 및 유지보수 시장 진출

- 동력분산식 고속철도차량의 현가장치 신규 매출 확보

  - 철도차량용 현가장치인 댐퍼의 경우 타 부품에 비해 호환성이 높아 국내외 시장 진출 가능성이 매우 높음

  - 신규시장매출액: 약 446억원, 연간 약 30억원

  - 유지보수시장매출액: 약 446억원, 연간 약 30억원

  ※ 출처: 철도차량 및 주요부품 중장기 구매계획 알림, 국토부 철도운행안전과-3214

(과학기술적) 내구성, 성능, 신뢰성 확보된 댐퍼 100% 국산화 기술 개발

- 원천기술 확보를 통한 기술자립 실현

  - 누유 방지를 위한 씰링 기술 확보

  - 습동부 마찰 표면 재질 개선을 통한 내구성 향상 기술 확보

  - 장착부의 내구성 향상 및 충격 흡수 성능 증대를 위한 부싱 기술 확보

- 댐퍼 변형을 방지하고 강성을 유지할 수 있는 외통 기술 확보
- 내구성 확보 및 수명 향상을 위한 제조 기술(설계·공정) 확보

● 기술종속으로 문제 발생 시 자체 해결이 불가능하였으나 기술자립으로 적기 대응 가능

- 국내형 동력분산식 고속철도용 현가장치 댐퍼부품 유지보수 용이성 확보

(사회문화적) 운행안정성 및 신뢰성 확보로 국민안전에 기여

● 자체 고장원인분석 및 성능개량 등이 가능하여 열차의 주행 안정성 향상 가능

- 고 신뢰성 댐퍼의 적용으로 차량 진동을 효율적으로 제어하여 차량의 고장에 따른 사고위험 감소로 국민 안전 향상

1.8 유사·중복성 검토 및 연계추진 방안

가. 유사과제 현황(NTIS)

No.	과제기간	부처명	사업명	내역사업명	과제명
1	2010~2015	산업통상자원부	그린카 등 수송시스템산업원천기술개발	철도차량용 능동현가장치 기술개발	철도차량 능동형 현가시스템 기반기술 및 성능시험 기술개발
2	2010~2015	산업통상자원부	그린카 등 수송시스템산업원천기술개발	철도차량용 능동현가장치 기술개발	철도차량 반능동 현가장치용 대용량 MR 댐퍼 개발
3	2010~2015	산업통상자원부	그린카 등 수송시스템산업원천기술개발	철도차량용 능동현가장치 기술개발	철도차량용 능동현가장치 기술개발
4	2014~2018	국토교통부	철도기술연구사업	철도기술연구사업	KTX 및 8200호대 전기기관차용 댐퍼류 기술 개발

나. 차별성 및 연계 추진방안

- 본 연구개발 과제에서는 동력분산식 고속철도차량용 댐퍼(수직1, 수직2차, 횡, 요) 시스템 설계 및 주요 부품 제조를 위한 공정기술 개발 과제로 기존 연구과제와의 중복성은 없음

  - 저온 및 고온 환경조건을 고려하여 누유를 방지할 수 있는 오일 씰 및 씰링부, 부싱 설계 등 성능검증을 위한 현차시험을 포함하여 4계절 실제 운행이 가능한 동력분산식 고속철도용 댐퍼를 개발하는 측면에서 기존 기술과의 차별성 존재

〈표 Ⅶ-16〉 국내 유사과제와의 차별성 및 연계방안(댐퍼)_1/4

본 사업 과제명	고속철도용 댐퍼 개발		
기존 유사과제명	철도차량 능동형 현가시스템 기반기술 및 성능시험 기술개발('10~'15)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 철도차량용 능동형 현가시스템 기술 개발	■ 동력분산식 고속차량용 댐퍼(수직1차, 수직2차, 횡, 요) 시스템 설계 및 제작	■ 동력분산식(HEMU-430) 차량을 타겟으로 댐퍼 시스템 설계 및 제작 기술 확보
과제규모	■ 20.1억원	■ 60억원	-
관련부처	■ 산업통상자원부	■ 국토교통부	-
TRL단계	■ 1~4단계(기초연구 및 실험)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ 철도차량의 능동현가장치용 대용량 전자기 선형 액추에이터의 하드웨어 최적 설계 및 컨트롤러 개발, 통합 설계툴 개발 및 제어 알고리즘 개발	■ 동력분산식 고속차량을 타겟으로 저온 및 고온 환경조건을 고려한 누유 방지 오일씰 및 씰링부 구조 설계	■ 운영환경의 계절적 특성(하절기: 고온, 동절기: 저온)을 고려한 동력분산식 댐퍼 개발로 자립부품 개발 및 성능향상 기술 확보 가능
기존 기술과의 연계방안	■ 기존 철도차량에 적용된 능동형 현가시스템 설계 및 구조 해석 기술 적용 가능성 검토		

〈표 Ⅶ-17〉 국내 유사과제와의 차별성 및 연계방안(댐퍼)_2/4

본 사업 과제명	고속철도용 댐퍼 개발		
기존 유사과제명	철도차량 반능동 현가장치용 대용량 MR 댐퍼 개발('10~'15)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 철도차량용 경량화/대용량 MR 댐퍼 개발	■ 동력분산식 고속차량용 댐퍼(수직1차, 수직2차, 횡, 요) 시스템 설계 및 제작	■ 동력분산식(HEMU-430) 차량을 타겟으로 댐퍼 시스템 설계 및 제작 기술 확보
과제규모	■ 10.2억원	■ 60억원	-
관련부처	■ 산업통상자원부	■ 국토교통부	-
TRL단계	■ 1~4단계(기초연구 및 실험)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ 철도차량의 고속화에 따른 승객 승차감 및 주행 안정성 저하를 개선하기 위하여 대차와 열차 사이에 반능동 현가장치를 개발/적용	■ 동력분산식 고속차량을 타겟으로 저온 및 고온 환경조건을 고려한 누유 방지 오일씰 및 씰링부 구조 설계	■ 운영환경의 계절적 특성(하절기: 고온, 동절기: 저온)을 고려한 동력분산식 댐퍼 개발로 자립부품 개발 및 성능향상 기술 확보 가능
기존 기술과의 연계방안	■ 기존 철도차량 반능동형 현가장치에 적용된 승차감 및 주행 안정성 저하 기술 적용성 검토		

<표 VII-18> 국내 유사과제와의 차별성 및 연계방안(댐퍼)_3/4

본 사업 과제명	고속철도용 댐퍼 개발		
기존 유사과제명	철도차량용 능동현가장치 기술개발('10~'15)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 철도차량용 능동현가시스템 기술 개발	■ 동력분산식 고속차량용 댐퍼(수직1차, 수직2차, 횡, 요) 시스템 설계 및 제작	■ 동력분산식(HEMU-430) 차량을 타겟으로 댐퍼 시스템 설계 및 제작 기술 확보
과제규모	■ 0.9억원	■ 60억원	-
관련부처	■ 산업통상자원부	■ 국토교통부	-
TRL단계	■ 1~4단계(기초연구 및 실험)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ 승객 체감진동 20% 저감용 반능동현가장치 기술개발 ■ 승객 체감진동 40% 저감용 능동현가장치 기술개발	■ 동력분산식 고속차량을 타겟으로 저온 및 고온 환경조건을 고려한 누유 방지 오일씰 및 씰링부 구조 설계	■ 운영환경의 계절적 특성(하절기: 고온, 동절기: 저온)을 고려한 동력분산식 댐퍼 개발로 자립부품 개발 및 성능향상 기술 확보 가능
기존 기술과의 연계방안	■ 승객 체감진동 저감을 위한 반능동형 현가장치 기술 검토 및 연계		

<표 VII-19> 국내 유사과제와의 차별성 및 연계방안(댐퍼)_4/4

본 사업 과제명	고속철도용 댐퍼 개발		
기존 유사과제명	KTX 및 8200호대 전기기관차용 댐퍼류 기술 개발('14~'18)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ KTX 및 8200호대 전기기관차용 댐퍼류 기술 개발	■ 동력분산식 고속차량용 댐퍼(수직1, 수직2차, 횡, 요) 시스템 설계 및 제작	■ 동력분산식(HEMU-430) 차량을 타겟으로 댐퍼 시스템 설계 및 제작 기술 확보
과제규모	■ 38.4억원	■ 60억원	-
관련부처	■ 국토교통부	■ 국토교통부	-
TRL단계	■ 1~4단계(기초연구 및 실험)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ KTX 고속철도 및 8200호대 전기기관차용 오일 댐퍼 설계 기술 확보 및 국산화 기술 확보	■ 동력분산식 고속차량을 타겟으로 저온 및 고온 환경조건을 고려한 누유 방지 오일 씰 및 씰링부 구조 설계	■ 운영환경의 계절적 특성(하절기: 고온, 동절기: 저온)을 고려한 동력분산식 댐퍼 개발로 자립부품 개발 및 성능향상 기술 확보 가능
기존 기술과의 연계방안	■ 기존 KTX 오일 댐퍼 설계 기술 연계 검토		

다. 선행사업 핵심기술과의 연계성 검토

- 국토교통부 철도기술 연구개발사업을 통해 확보한 핵심기술을 기반으로 본 사업 개발부품 구성기술과의 연계방안을 검토

  - 기존, 동력집중식 차량 댐퍼 오일 점성저항 댐핑 기술을 접목하여 동력분산식 댐퍼 오일 밸브 제어기술 활용 및 연계 가능

※ 기존 사업의 핵심기술과 본 연구개발 사업 부품별 구성기술간의 연계는 제7장 「세부기술 개발계획」 내 제4절 「3.통합로드맵」 참조

〈표 VII-20〉 선행사업 핵심기술 연계(댐퍼)

본 사업 과제명	**고속철도용 댐퍼 개발**
기존 유사과제명	**KTX 및 8200호대 전기기관차용 댐퍼류 기술 개발('14~'18)**
핵심 기술명	동력집중식 차량 댐퍼 오일 점성저항 댐핑 기술
▼	
본 과제 구성 기술명	**동력분산식 댐퍼 오일 밸브 제어기술**
기존 기술과의 연계방안	■ 동력분산식 댐퍼 오일 밸브 제어기술, 오리피스 설계 및 오일 씰링 형상 최적화 기술에 연계

2. 고속철도용 공기스프링 개발

2.1 연구개발 배경 및 필요성

가. 기술의 정의

기술의 정의

- 부품의 기능 및 역할
  - 고속철도차량이 선로위를 고속으로 주행시 주행장치, 레일, 차체와의 진동을 감쇠하는 기능
  - 고속철도차량의 운행중 선로 및 분기기 등에서 발생되는 마찰 진동의 영향 최소화 필요
- 주행장치
  - 철도차량 차체의 하부에 위치하여 동력전달장치, 현수장치, 차륜, 차축 등을 포함하여 선로위를 주행하는 장치
- 현수장치
  - 선로와 주행장치간의 마찰로 인한 진동의 영향을 최소화하기 위해 설치된 진동흡수장치 (댐퍼, 스프링 등)

나. 연구개발 배경

현황 및 문제점

- 고속철도용 공기스프링은 국내 기술이 없어 전량 해외 수입 중
  - 도시철도분야는 공기스프링은 국산화 연구를 수행하였으나 품질문제로 제작 및 납품이 중단된 상태로, 현재 전 철도차량의 공기스프링은 전량 해외 수입에 의존
  - 신규 차량 및 내구 연한이 경과된 공기스프링에 대해 향후 교체물량이 증가될 것으로 예상되어 운행안전성 확보를 위해 국산화 개발 필요

※ 기대수명 : 15년 이상, 교체주기: 불량 시 교체(10년)



고속철도차량 공기스프링 조립체



공기스프링 벨로우즈

시사점

- 해외에서는 주요 자동차 타이어 제작사가 철도차량용 공기스프링의 설계 및 제작 기술을 보유하고, 철도차량에 공급중
- 국내의 경우 전동차분야의 공기스프링을 기술 개발하여 적용한 사례는 있으나, 고속철도 차량용 공기스프링의 기술개발연구는 전무한 상황임
- 따라서, 고속철도차량용 공기스프링의 개발이 성공할 경우 국내 신규차량 및 유지보수 시장과 해외시장 진출이 가능할 것으로 판단되므로 시급히 추진 필요

다. 연구개발 필요성

과학기술적 중요성

- 국내 제작기술이 없어 전량 해외에서 수입하는 공기스프링에 대하여 기술개발을 통한 공기스프링 국산화 추진
  - 동력분산식 고속철도 공기스프링의 경우, 국내 기술부재로 인해 전량 해외 수입에 의존하고 있어 원활한 유지보수 공급처 확보 곤란
- 기술 부재에 따른 고장 시 분석 불가로 추가 시간 및 비용이 소모됨
  - 해외 부품 사용시 물품 조달에 장시간 소요되어 내구 수명에 따른 원활한 공기스프링 부품 교체가 불가능
- 해외 수출을 통한 국가 경쟁력 향상 및 기술선진화
  - 공기스프링은 제작사에 따르면 15년 간 수명을 보장하고 있으나, 운영환경에 따라 10년 주기로 교체가 필요한 부품이며, 장기적으로 대체품을 보유하여 안정적인 공급이 이루어져야하나, 해외제품을 수입에 따라 조달 시기 및 공급에 문제가 발생될 수 있음
  - 국산화 개발 성공 시 물품 수급에 장시간 소요 및 구매비용 상승 등 유지보수에 애로사항을 해결함으로써 철도운영기관 입장에서 유지보수, 물품수급 등의 문제점을 극복할 수 있음

시장경제적 필요성

- 동력분산식 고속철도차량용 공기스프링 개발을 통한 신규시장 진출
  - 향후 2040년까지 신규차량 185편성이 예상되며, 편성당 10ea의 부품을 0.7억원 단가로 공급할 경우 129.5억원의 신규시장 발생

※ 출처: 철도차량 및 주요부품 중장기 구매계획 알림, 국토부 철도운행안전과-3214

- 국내 유지보수 시장에서 TBO 관련 개발품 적용을 통한 시장 확보
  - KTX차량 920량 1,748개, KTX-산천차량 1,136개의 교체 대상에 적용가능
  - 국내 시장 납품 후 해외 신규 차량 및 유지보수시장 진출로 확대

사회문화적 필요성

- 공기스프링은 대차 프레임과 차체 사이에 연결되어 차량의 주행 안정성과 승차감에 영향을 끼치는 핵심부품으로 국산 제작 기술 필요
  - 공기스프링은 큰 에너지를 소산시킬 수 있고 속도에 대한 감쇠력 특성 조절이 가능한 핵심 기술로 승객의 탑승에 따라 승차감 향상을 위한 자체 밸런싱 구현 가능
  - 외부 환경에 대응할 수 있는 기술 개발을 통해 가용성을 높이고 안전성을 향상시켜 열차 운영 효율 향상에 기여

2.2 국내외 시장 및 연구개발 동향

가. 국외 시장 및 연구개발 동향

- 세계 시장 규모 : 약 64,442억원
  - 128,885량(기관차) × 1 SET/량 × 약 0.5억원/SET

※ 출처: UIC, Frost & Sullivan

- 공기스프링의 해외 시장 규모는 연간 약 420억원으로 추정되며, 독일, 일본 등이 세계 철도 시장의 대부분을 점유하고 있는 전형적인 철도 선진국 주도형 산업구조임
  - 주요 철도 차량용 공기스프링 제조사는 콘티텍 社(독일), 폴스트라 社(미국), 브릿지스톤 社(일본) 등으로 주로 자동차용 타이어를 제조하고 있는 부품제작사로써 고속철도차량 및 일반철도차량의 공기스프링에 대한 높은 기술 수준을 확보하고 있음
- 승객 승차감 서비스와 밀접한 현가장치는 독일, 미국, 일본 등 철도 선진국에서 보유
  - (독일) 콘티텍 社는 공기스프링 시스템 분야에서 세계적인 선도자 역할을 담당하고 있으며, 50년 이상 제품 공급 중
  - (일본) 브릿지스톤 社는 1931년부터 시작되어 자동차 타이어와 공기스프링을 생산하고 있으며, 높은 신뢰성을 필요로 하는 공기스프링의 핵심 기술을 보유 하고 있음

나. 국내 시장 및 연구개발 동향

- 공기스프링의 국내 시장 규모는 신규 및 유지보수 시장을 포함하여 약 152억원으로 추정되며, 기존 동력집중식 고속철도 공기스프링은 KTX 920량 1,748개 전량 Contitech社와 Paulstra社에서 수입
  - 기존 KTX-산천은 710량 기준 1,136개가 장착되어 있으며, 향후 국내 동력분산식 고속차량 도입 시 국내기술 부재로 외화유출이 예상
- 기존 도시철도용 공기스프링은 한국기계연구원과 국내 기업에서 2003년 개발 성공하여 전동차 30량에 공급 되었으나 기업 도산으로 공기스프링 기술 개발이 중단된 상태임
  - EMU-250의 공기스프링에는 Contitech社의 제품이 선정되어 설계 단계에 있으며, 국내 합작으로 되어 있으나 수입품으로 분류
  - 철도차량용 공기스프링의 경우 해외 부품제작사들과 같이 자동차 타이어 제작사에서 주로 생산하고 있어 개발을 위해 국내 자동차 타이어 제작사와 협의하였으나 대기업의 사업성과 국가 연구과제의 기피 현상으로 개발의지가 부족한 상태임
- 차세대 고속열차는 동력분산식을 적용 채택하여 수요가 점차 늘어날 전망임에 따라 고속철도용 공기스프링의 사용 및 적용 범위 확대 예상
  - 한국철도공사에서 경강선, 중앙선 등에 도입 예정인 EMU-250 고속열차의 공기스프링에는 Contitech社의 제품이 선정되어 설계 단계에 있으며, 국내 합작으로 되어 있으나 수입품으로 분류

2.3 연구개발 범위

동력분산식 고속철도차량용 공기스프링 핵심 기술개발

- 고속철도차량 운행환경 최적화 공기스프링 개발
  - 250km/h급 동력분산식 고속철도차량 공기스프링 설계/해석 기술 개발
  - 250km/h급 동력분산식 고속철도차량 공기스프링 제작 기술 개발
- 개발품의 신뢰성 확보를 위한 시험인증
  - EN13597(피로성능), EN 14817(밸브 기능성능), EN 13597(내압성능) 성능 만족을 위하여 요구하는 시뮬레이션 수행

- 실용화 및 해외진출을 위한 국내외 성능 인증 획득(기술기준 등)
- 실제 운행조건에서 성능검증을 위한 현차시험 실시(승차감 및 진동)

2.4 연구개발 내용

가. 연구개발 목표

● 동력분산식 고속철도차량용 공기스프링 국산화 기술 개발

- 선진사 공기스프링 벤치마킹을 통한 구성부품의 성능 향상 설계
- 선진사 공기스프링의 형상 및 상호호환성 확보 제작 기술
- 공기스프링 내구성 및 외부 환경영향을 최소화하는 성능 검증 기술

나. 연구개발 핵심 내용

핵심(구성) 기술명	핵심(구성) 기술 주요내용
다이어프램 고무배합 및 성형 기술	– 다이어프램 구조설계, 배합설계, 보강재 설계 기술 – 다이어프램 접착, 가공, 조립 기술 – 다이어프램 가황, 가열, 금형 등 성형 기술 – 보조스프링의 최적 접합 기술
공기스프링 강성 최적화 기술	– 비선형 전산해석을 통한 공기스프링 강성설계 최적화
하중변화에 따른 승차감 향상 기술	– 하중변화에 따른 승차감 향상 기술 – 차량 운영환경에 따른 진동 및 충격에너지 특성 조정기술

다. 핵심 기술별 As-is/To-be

핵심 기술	As-is	To-be	현재 TRL	목표 TRL
다이어프램 고무배합 및 성형 기술	– 파괴시험 조건 (1.74Mpa 이상) 만족	– 압력시험 조건(20kpa 이하) 만족 – 기밀시험 조건(20kpa 이하) 만족 – 파괴시험 조건(2Mpa 이상) 만족	TRL 4	TRL 8
공기스프링 강성 최적화 기술	– 수직 특성값 242N/mm	– 수직 정적탄성율 조건 (310N/mm+/-10%) 만족 – 좌우 동적탄성율 조건 (152N/mm+/-15% at +/-10mm, 1Hz) 만족	TRL 5	TRL 8
하중변화에 따른 승차감 향상 기술	– 신축시험 조건(각 부에 이상 없을 것) 만족	– 신축시험 조건(각 부에 이상 없을 것) 만족	TRL 4	TRL 8

〈표 VII-21〉 수요처 요구사양 대비 목표사양

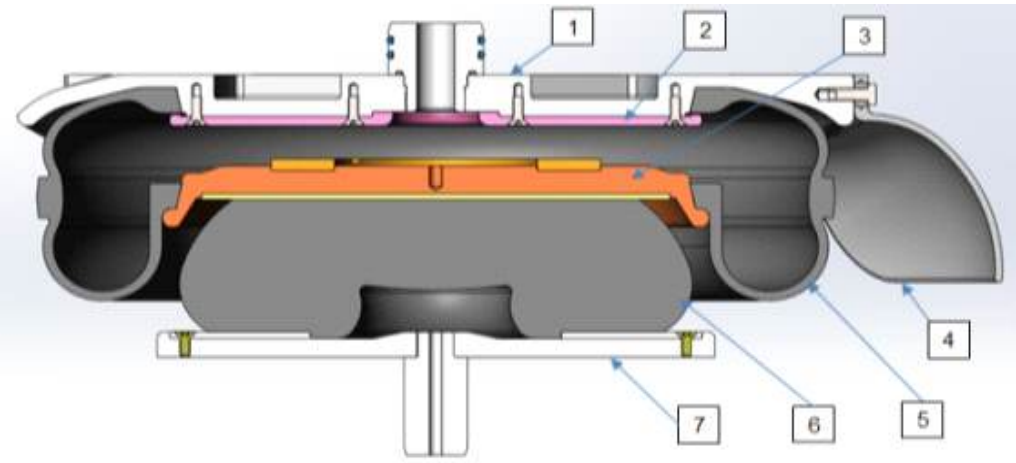
부품명	수요처 발주사양	본 사업 목표사양	비고
고속철도용 공기스프링	·파열성능 1.96Mpa 시 성능유지 ·피로성능 정적축하중 20만회 ·기밀성능 최대압력 120% ·내환경성능 -45~80℃ ·내구성능 수직(10*106회) 수평(5*106회)	·파열성능 1.96Mpa 시 성능유지 ·피로성능 정적축하중 20만회 ·기밀성능 최대압력 120% ·내환경성능 -45~80℃ ·내구성능 수직(10*106회) 수평(5*106회)	·수입품 동등수준

라. 세부 기술 및 내용

■ 다이어프램 고무배합 및 성형 기술

● 다이어프램 구조설계, 배합설계, 보강재 설계, 접착, 가공, 조립 기술

- 고무소재 특성 최적화를 위한 소재 배합 및 성능 구현 제작기술



〈그림 VII-16〉 동력분산식 고속철도용 공기스프링 내부구조

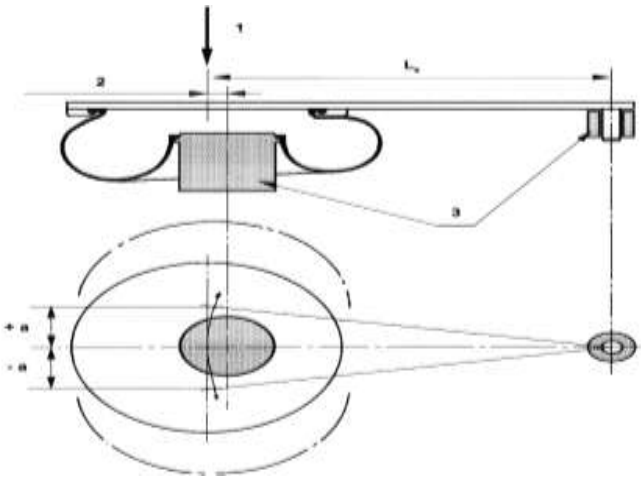
● 다이어프램 가황, 가열, 금형 등 성형 기술

● 보조스프링의 최적 접합 기술

- 금속 및 고무재질의 이종 소재간 최적화 접합 기술

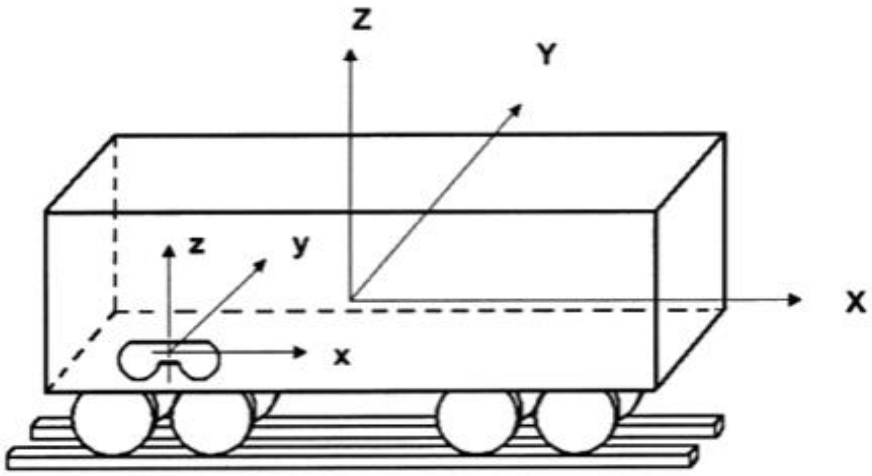
공기스프링 강성 최적화 기술

- 비선형 전산해석을 통한 공기스프링 강성설계 최적화
  - 차량 운영 조건을 고려한 공기스프링 성능 최적화 기술



<그림 VII-17> 공기스프링 피로 및 공기누설 시험

- 하중변화에 따른 승차감 향상 기술
  - 차량 운영환경에 따른 진동 및 충격에너지 특성을 조정하여 승차감 향상 기술



<그림 VII-18> 하중변화에 따른 공기스프링 거동분석

마. 연차별/단계별 수행 목표 및 내용

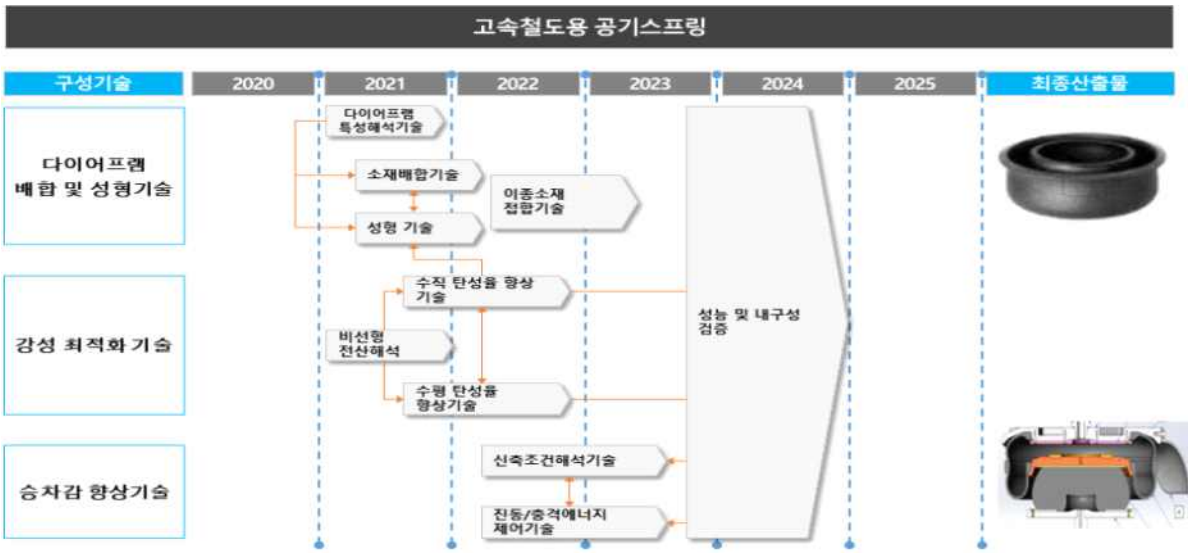
● 연차별 주요 연구내용

연차	기술 개발 목표	기술 개발 내용
1차년도	기본 및 상세설계	– 요구사항 정의 – 기본 및 상세설계 – 강성설계 최적화 – 재질 배합
2차년도	시작품 제작	– 다이어프램 접착 및 가공 – 다이어프램 금형, 가열 등 성형 – 보조스프링 접합
3차년도	시제품 제작 성능 시험	– 공기스프링 시제품 제작 – 성능시험, 환경 시험 – 현차시험을 위한 인터페이스 조정
4차년도	현차시험	– 실선로 4계절 현차 시험 – 시험결과 모니터링 – ISO품질 관리 체계 인증

바. 연구개발 로드맵

● 각 핵심기술별로 연차별 연구개발 내용은 아래와 같음

- 1차년도 재질배합 및 성형, 설계
- 2차년도 부품 상세 설계 및 시작품 제작
- 3차년도 성능검증
- 4차년도 현차시험



〈그림 Ⅶ-19〉 수행 로드맵_공기스프링



<그림 Ⅶ-20> 부품로드맵&산업생태계_공기스프링

사. 핵심 기술 확보 전략

핵심(구성) 기술	핵심 기술 확보 전략					
	공공 협력	민간 협력	자체 개발	해외 도입	국내 도입	기타
다이어프램 고무배합 및 성형 기술	◐		●			
공기스프링 강성 최적화 기술	◐		●			
하중변화에 따른 승차감 향상 기술	◐		●			

- 공공협력: 국가 또는 공공기관이 보유 중인 기술 및 인프라와 연계
- 민간협력: 타기업에서 보유 중인 기술 및 인프라와 연계
- 자체개발: 기업이 보유한 기술 및 인프라 활용
- 해외도입: 선진국 또는 해외 선도 기업이 보유중인 기술을 이전 받아 활용
- 국내도입: 국내 기업이 보유한 기술을 이전 받아 활용

2.5 사업화 및 자립화 전략

가. 기술개발 완료 후 시장 출시가 가능한 기술 및 제품

- (개별 부품 판매) 고속철도용 공기스프링 시장에서 신규 시장 진입 등 유지보수품에 대한 수입대체 등 파급효과가 클 것으로 예상
- (신규 차량 보급) 고속철도용 공기스프링은 국내외 신규 고속전철에 제안 가능
- (유지보수 시장) 공기스프링은 선택적으로 운영사의 요구조건에 따라 적용 가능

나. 국내외 시험인증

- 성능 기준 및 시험규격
  - 공기스프링은 다이어프램의 파열 및 피로성능, 밸브의 기밀 성능을 포함, 공기스프링 시스템의 내압, 내환경 성능을 확보해야 하며, 제품의 품질 확보를 위한 내구성능이 확보된 제품 개발 필요

순번	성능항목	기준	적용 침 참고 규격	비고
1	다이어프램 파열 성능	· 1.96 MPa 이하에서 누수 및 파손이 없을 것	EN 13597 KRS RN 0002-17R KS R 9243	-
2	다이어프램 피로 성능	· 최소 정적 축하중에 해당하는 내압 적용, 20만회 이상	EN 13597	-
3	다이어프램 기밀성능	· 최대작동압력의 130%를 초과하는 압력에서 최소 30초간 기밀 유지	EN 13597 KS R 9243	-

순번	성능항목	기준	적용 침 참고 규격	비고
		· 최대작동압력의 90%를 초과하는 압력에서 최소 10분간 기밀 유지		
4	밸브 기밀성능	· 최대 작동압력의 120%	EN 14817	–
5	밸브 내진동·내충격 성능	· 1종 B class	EN 14817 IEC 61373	–
6	내압성능	· 내압 750 kPa 이상	EN 13597 KS R 9243 KRS RN 0002-17R	–
7	내환경성능	· 온도 : -45 ~ 80℃ · 습도 : 95 % RH. · 오존 : 50±5 pphm/40℃ · 방수방진 : IP55	EN 13597 EN 14817 KS R 8243 ISO 1817 IEC 60077	내환경 시험 후 기밀, 신축 및 수직지지하중 시험 실시
8	내구성능	· 수직방향 : 10×10^6회 · 수평방향 : 5×10^6회	EN 13597 KS R 8243	–

● 공기스프링 인증 획득

- 공기스프링 시스템은 향후 국내외 시장진출 기반을 확보하기 위하여 ISO 22163 국제철도 품질관리체계 인증 획득 필요

순번	인증 내용	인증 기관	기준	비고
1	성능인증 (NEP, NET, EPC, K마크 등)	· 산업부 · 국토부 · 중기부 등	· 국내외 규격 및 성능 관련 자체 규격	임의인증(개발 제품에 대한 신기술, 신제품, 성능인증 등)
2	ISO 품질관리체계 인증	· 제3자 적합성인증기관	· ISO 9001 · ISO/TS 22163	임의인증 (제작자 품질관리체계 인증)

다. 단계별 시장 진입 전략

● 고속철도용 공기스프링 개발 완료시 단계별 시장 진입 전략은 다음과 같음

구분	단기 전략	중장기 전략
출시 제품	공기스프링	공기스프링
진입 분야	동력분산식 고속차량	국내 동력집중식 고속차량 및 해외 고속차량
타겟	코레일, SRT 등	현대로템 등

- 단기 전략으로 국내 동력분산식 고속철도 관련 공기스프링 대한 TBO 및 유지보수품에 대한 대응을 통하여 실적 확보

- LCC 비용 저감을 통하여 국내 수요자(코레일, SR등) 확보 및 성능 검증 추진

- 중장기 전략으로 성능 검증후, 신규 프로젝트에 대한 공기스프링 제안 및 국내외 신규 시장 진출 추진

라. 지적 재산권 확보전략

핵심기술별 특성을 바탕으로 지적 재산권 확보 전략을 수립

- 다이어프램 고무배합 및 성형 기술 전략

  - 다이어프램의 구조설계·배합설계·보강재 설계·접착·가공·조립 기술을 활용하여 고무소재 특성을 최적화 할 수 있는 소재 배합 및 성능 확보 필요

  - 다이어프램 가황·가열·금형 등 성형 기술을 구현하고, 보조스프링의 접합 기술을 활용하여 금속 및 고무재질의 이종 소재간 접합 확보 필요

- 공기스프링 강성 최적화 기술 전략

  - 공기스프링의 성능은 차량 운영조건을 고려하여 제작되어야하므로 비선형 전산해석과 강성설계를 고려하여 공기스프링 고도화 구현 확보 요구

  - 하중변화의 변화로 인하여 차량의 진동 및 충격에너지 특성을 조정하여 승차감 향상 조절 기술 설계 요구

1) 지식재산권 신청기술의 정의

순번	기술의 명칭	확보가능 특허	건수	등록시점
1	다이어프램 고무배합 및 성형 기술	– 다이어프램 구조설계, 배합설계, 보강재 설계 기술 – 다이어프램 접착, 가공, 조립 기술 – 다이어프램 가황, 가열, 금형 등 성형 기술	3	2023년
2	공기스프링 강성 최적화 기술	– 비선형 전산해석을 통한 공기스프링 강성설계 최적화 – 보조스프링의 최적 접합 기술	2	2023년
3	하중변화에 따른 승차감 향상 기술	– 충격에너지 특성을 반영한 공압 제어 기술	1	2023년
합계		–	**6**	–

2) 선행기술조사를 통한 차별성 검토

- 공기스프링 관련 특허동향 조사 결과를 토대로 등록특허 기준, 존속기간 유예 등을 고려, 해당 과제와 유사한 특허 6개를 도출하여 비교 분석 수행

선행특허 기술명	주요기술과의차별성			본 기술과의 차별성
	1	2	3	
P-1 철도차량용 볼스터(Bolster for railway vehicle)	●	○	◐	해당 과제는 승차감 향상을 위한 철도차량용 볼스터에 관한 것으로 공기스프링 개발과는 차별
P-2 표면진동을 이용한 철도차량용 공기저항 감소장치(Device for decreasing a resistance in railroad vehicle using a surface vibration)	○	●	●	철도차량용 공기저항 감소장치 개발 기술로 공기스프링 구조설계와는 차별화
P-3 공기부상열차(pneumatic levitation train)	●	○	○	공기부상열차를 위한 공기압부상베어링 기술개발로 공기스프링 구조설계와는 무관
P-4 강체전차선 브래킷(R-Bar bracket)	○	○	○	강체전차선 브래킷에 관한 연구로 공기스프링 구조설계와는 상이
P-5 전동차 탑재 분사장치(LOADING SPRINKLER SYSTEM OF ELECTROMOTIVE CAR)	○	●	○	전동차 탑재 분사장치 개발기술로 공기스프링 구조설계와는 상이
P-6 공기 스프링 장치(AIR SPRING DEVICE)	○	◐	○	단순 공기스프링 장치 개발기술로 구조설계 및 최적 접합기술과는 차별화

※ ○: 관련성 낮음, ◐: 일부 유사, ●: 차별성 높음

3) 보유 지적재산의 보강 전략

- 기존 공기스프링 관련 특허는 승차감 향상을 위한 일부 부품 개발이 이루어지고 있으나 공기스프링을 구성하는 해당 부품의 최적 구조설계는 미진한 상황으로 공기스프링 성능향상을 위한 고도화된 부품 개발 차원에서 차별성 존재

보 강 전 략	
문 제 점	**해 결 방 안**
· 연관성이 일부 존재하는 1건의 등록특허는 공기스프링 장치 시제품 제작에 관한 기술이나 단순 구조적 장치 설계 기술에 해당	· 다이어프램의 고무배합 및 성형기술을 접목한 공기스프링 최적 설계를 통해 기존 기술 대비 차별성 및 진보성이 뛰어나 권리확보가 가능
회 피 전 략	
문 제 점	**해 결 방 안**
-	· 철도차량의 승차감 향상을 위한 주요 부품에 대한 최적 설계 기술을 접목하여 공기스프링 시제품을 제작함으로써 기존 특허기술과 회피 가능

4) 신청기술의 방어전략

- 신청기술의 사업화와 관련하여, 분쟁 가능성이 높은 특허에 대해서는 방어전략이 필요하며, 타사의 특허를 침해할 가능성이 있는 경우에는 사전에 타사 특허에 대한 대응방안을 마련

선행특허기술명	방어전략
P-6 공기 스프링 장치(AIR SPRING DEVICE)	· 철도차량의 승차감 향상을 위해 다이어프램 최적 설계, 가공 기술을 접목한 고도화된 공기스프링을 개발하는 측면에서 기존 기술과 차별

2.6 투자계획

가. 투자 규모

- 총 46.69억 원/4년 중 정부출연금 35.00억 원(75%) 대비 민간부담금 11.69억원(25%)으로 구성된 정부주도 사업추진

<표 VII-22> 총 투자계획_공기스프링

(단위 : 억 원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	총계
정 부	-	7.00	10.00	10.00	8.00	-	35.00
민 간	-	2.34	3.34	3.34	2.67	-	11.69
합 계	**-**	**9.34**	**13.34**	**13.34**	**10.67**	**-**	**46.69**

나. 소요 재원

- 공기스프링 부품개발을 위한 연구개발 소요재원은 전체 소요재원 중 연구개발비가 100%로 46.69억원을 소요

<표 VII-23> 연구활동별 집행기준_공기스프링

(단위: 억 원)

구분		총사업비				비율
대항목	소항목	국고	지방비	민간	합계	
1. 연구개발		35.00	-	11.69	46.69	100%
2. 연구시설 및 장비	시설		-	-	-	-
	장비	-	-	-	-	-
3. 기타(Feedback R&D 포함)		-	-	-	-	-
합계		**35.00**	**-**	**11.69**	**46.69**	**100%**

다. 소요 예산 산출근거

핵심기술별 연구개발비

- 구성기술별 연구개발비 내역은 다음과 같음

<표 VII-24> 핵심기술별 연구개발비_공기스프링

(단위 : 억 원)

과제명	구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	총계
고속 철도용 공기 스프링 개발	다이어프램 고무배합 및 성형 기술	정 부	-	2.50	3.50	3.50	2.50	-	12.00
		민 간	-	0.80	1.20	1.20	0.90	-	4.10
		소 계	-	3.30	4.70	4.70	3.40	-	16.10
	공기스프링 강성 최적화 기술	정 부	-	2.50	3.50	3.50	2.50	-	12.00
		민 간	-	0.80	1.20	1.20	0.90	-	4.10
		소 계	-	3.30	4.70	4.70	3.40	-	16.10
	하중변화에 따른 승차감 향상 기술	정 부	-	2.00	3.00	3.00	3.00	-	11.00
		민 간	-	0.74	0.94	0.94	0.87	-	3.49
		소 계	-	2.74	3.94	3.94	3.87	-	14.49
합 계			**-**	**9.34**	**13.34**	**13.34**	**10.67**	**-**	**46.69**

라. 소요인력

- 1차년도에는 기본설계, 2차년도에는 상세설계 및 시작품 제작, 3차년도에는 시제품 제작 및 성능시험, 4차년도는 실제 차량에 장착하여 신뢰성을 시험하는 절차로 진행

- 2차년도와 3차년도에 과제의 성공을 결정하는 설계 및 시작품 제작이 진행되므로 인력을 가장 많이 투입하며, 4차년도에는 시험결과에 따라 부품을 수정·보완하고 지속적인 모니터링에 필요한 소요 인력 반영

〈표 VII-25〉 소요 인력 및 참여율_공기스프링

(단위: M/Y, %)

과제	핵심구성기술	직급	2020		2021		2022		2023		2024		2025		합계 (명)
			투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	
1-2	다이어프램 고무배합 및 성형기술	책임연구원	-	-	1	30%	3	25%	3	25%	1	30%	-	-	8
		선임연구원	-	-	2	30%	4	20%	4	20%	3	25%	-	-	13
		연구원	-	-	3	40%	4	30%	4	30%	3	35%	-	-	14
		소계	-	-	6	-	11	-	11	-	7	-	-	-	35
	공기스프링 강성 최적화 기술	책임연구원	-	-	1	30%	3	25%	3	25%	1	30%	-	-	8
		선임연구원	-	-	2	30%	4	20%	4	20%	3	25%	-	-	13
		연구원	-	-	3	40%	4	30%	4	30%	3	35%	-	-	14
		소계	-	-	6	-	11	-	11	-	7	-	-	-	35
	하중변화에 따른 승차감 향상 기술	책임연구원	-	-	1	15%	1	20%	1	20%	1	30%	-	-	4
		선임연구원	-	-	2	20%	4	20%	4	20%	3	30%	-	-	13
		연구원	-	-	3	45%	4	40%	4	40%	4	30%	-	-	15
		소계	-	-	6	-	9	-	9	-	8	-	-	-	32
연도별 합계			-	-	18	-	31	-	31	-	22	-	-	-	102

2.7 파급 효과

(시장경제적) 국산화 개발을 통한 수입대체 및 유지보수 시장 진출

- 해외에서 전량 수입하고 있는 고속철도용 공기스프링을 국산화 하여 수입대체효과 발생
- 부품 조달기간 단축 및 낮은 구매단가로 인한 유지보수 비용 절감효과
  - 신규시장매출액: 약 89억원(연간 약 5.9억원)
  - 유지보수매출액: 약 63억원, 연간 약 4.2억원(공기스프링 교체)

(과학기술적) 내구성, 성능 확보된 공기스프링 국산화 기술 개발

- 공기스프링 제작 기술력 축적 및 타 장치(코니컬스프링 등 기타 러버류) 응용 개발이 가능한 원천기술 확보
- 선진국 주도의 공기스프링 기술 종속 탈피 및 해외 철도시장 확보

(사회문화적) 운행안정성 및 신뢰성 확보로 국민안전에 기여

- 고속철도용 공기스프링 국산화, 성능평가, 품질인증 획득을 통한 철도 운행안정성 확보 가능
- 고속철도차량 공기스프링 산업의 효율화를 추구하여 관련 기술 산업의 발전에 기여하며, 공기스프링 관련 전문 기술 인력 양성으로 고용 촉진에 기여함
- 승객 안전이 최우선시 되는 고속철도용 공기스프링을 개발하여 철도차량의 안전성을 확보함

2.8 유사 · 중복성 검토 및 연계추진 방안

가. 유사과제 현황

No.	과제기간	부처명	사업명	내역사업명	과제명
1	2001~2003	산업 통상자원부	표준화 기술개발사업	-	철도차량용 공기스프링 시험방법
2	2006~2009	과학기술 정보통신부	특정기초연구 지원사업	특정기초연구	공압 제진대 설계 및 능동제어 기술 개발

나. 차별성 및 연계 추진방안

- 본 연구개발 과제에서는 동력분산식 고속철도차량 250km/h급 공기스프링 설계/해석 기술 확보 및 시제품 제작 측면에서 기존 연구과제와의 중복성 없음

  - 기존 연구된 기술을 토대로 동력분산식 고속철도차량의 공기스프링다이어프램 고무 배합 및 성형 기술, 강성 최적화 기술 적용 측면에서 기존연구와 차별성 존재

<표 VII-26> 국내 유사과제와의 차별성 및 연계방안(공기스프링)_1/2

본 사업 과제명	고속철도용 공기스프링 개발		
기존 유사과제명	철도차량용 공기스프링 시험방법('01~'03)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 철도차량용 공기스프링 시험방법 한국산업규격(안) 개발	■ 고속철도 차량용 공기스프링 국산화 개발 ■ 다이어프램, 압력밸브, 논 리턴 밸브 등 설계 및 제작기술 확보	■ 기존 과제는 차량(승용/철도)용 등 유사 공압스프링에 대한 기초연구사업으로 연구개발 대상(고속철도용) 및 연구개발 수준(시작품 및 실용화) 측면에서 차별성 존재
과제규모	■ 0.8억원	■ 46.69억원	-
관련부처	■ 산업통상자원부	■ 국토교통부	-
TRL단계	■ 3~4단계(기본성능 실험)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ 철도차량용 공기스프링 주요 성능 및 특성 분석 - 주요 요구성능, 시험항목, 시험방법 결정 - 시험항목별 시험시스템 구성 및 시험실시	■ 동력분산식 고속철도차량용 공기스프링 국산화 기술 개발 ■ 선진 공기스프링의 형상 및 상호호환성 확보 제작 기술 ■ 공기스프링 내구성 및 외부 환경영향을 최소화하는 성능 검증 기술	■ 고속철도차량 운행환경 최적화 공기스프링 개발 ■ 250km/h급 동력분산식 고속철도차량 공기스프링 설계/해석 기술 확보 ■ 250km/h급 동력분산식 고속철도차량 공기스프링 제작
기존 기술과의 연계 방안	■ 기존 철도차량용 공기스프링 한국산업규격(안) 검토		

〈표 VII-27〉 국내 유사과제와의 차별성 및 연계방안(공기스프링)_2/2

본 사업 과제명	고속철도용 공기스프링 개발		
기존 유사과제명	공압 제진대 설계 및 능동제어 기술 개발('06~'09)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 진동절연성능을 향상시킬 수 있는 수동제어설계 기술을 확립하고, 수동적 진동제어 한계를 극복할 수 있는 능동제어기법을 개발/적용	■ 고속철도차량용 공기스프링 국산화 개발 ■ 다이어프램, 압력밸브, 논리턴밸브 등 설계 및 제작기술 확보	■ 기존 과제는 차량(승용/철도)용 등 유사 공압스프링에 대한 기초연구사업으로 연구개발 대상(고속철도용) 및 연구개발 수준(시작품 및 실용화) 측면에서 차별성 존재
과제규모	■ 2.4억원	■ 46.69억원	–
관련부처	■ 과학기술정보통신부	■ 국토교통부	–
TRL단계	■ 1~4단계(기초연구 및 실험)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	–
과제목표	■ 공압스프링 감쇠요소(capillary tube/porous materials) 특성화 및 설계, 공기밀봉용 점탄성 다이아프램 해석/설계 ■ 차량(승용/철도)용 등 유사 공압스프링에 대한 능동 공압제어 기술의 응용 가능성 제시	■ 동력분산식 고속철도차량용 공기스프링 국산화 기술 개발 ■ 선진 공기스프링의 형상 및 상호호환성 확보 제작 기술 ■ 공기스프링 내구성 및 외부 환경영향을 최소화하는 성능 검증 기술	■ 고속철도차량 운행환경 최적화 공기스프링 개발 ■ 250km/h급 동력분산식 고속철도차량 공기스프링 설계/해석 기술 확보 ■ 250km/h급 동력분산식 고속철도차량 공기스프링 제작
기존 기술과의 연계방안	■ 기존 차량의 다이어프램 해설/설계, 공압제어 기술 적용성 검토		

다. 선행사업 핵심기술과의 연계성 검토

- 국토교통부 철도기술 연구개발사업을 통해 확보한 핵심기술을 기반으로 본 사업 개발부품 구성기술과의 연계방안을 검토

  - 기존, 공기스프링 공기밀봉 다이어프램 해석 및 설계기술을 접목하여 공기스프링 다이어프램 소재배합 및 성형기술 등에 활용 및 연계 가능

※ 기존 사업의 핵심기술과 본 연구개발 사업 부품별 구성기술간의 연계는 제7장 「세부기술 개발계획」 내 제4절 「3.통합로드맵」 참조

〈표 VII-28〉 선행사업 핵심기술 연계(공기스프링)

본 사업 과제명	고속철도용 공기스프링 개발
기존 유사과제명	철도차량용 공기스프링 개발, 전동차용('01~'03)
핵심 기술명	공기밀봉 다이어프램 해석 및 설계기술
▼	
본 과제 구성 기술명	공기스프링 다이어프램 소재배합 및 성형기술
기존 기술과의 연계방안	■ 공기스프링 다이어프램 소재배합 및 성형기술, 공기스프링 및 보조스프링 공압누설방지 기술, 공기스프링 압력 변화에 따른 능동형 승차감 공압 제어기술에 연계

3. 고속철도용 반능동형 판토그래프 개발

3.1 연구개발 배경 및 필요성

가. 기술의 정의

판토그래프의 정의

- 부품의 기능 및 역할

  - 판토그래프는 전기가 흐르는 가선에 접촉하여 전기를 차량에 설치된 전기장치에 공급하는 기능을 수행

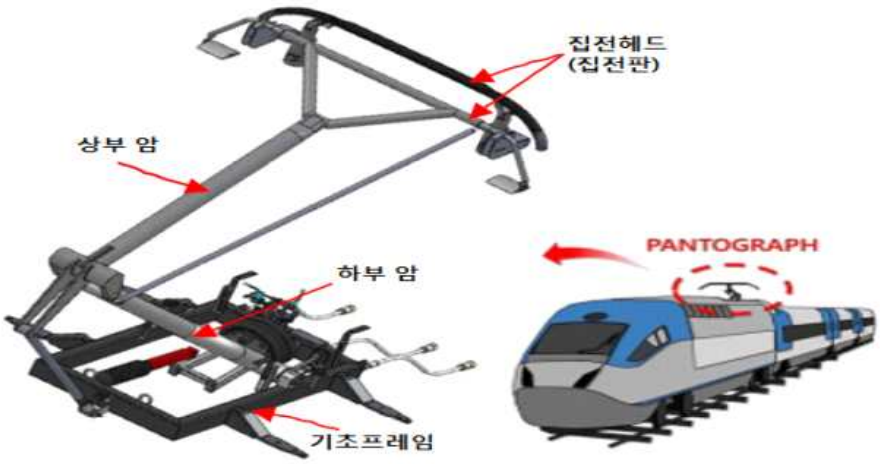
  - 차량에 고품질의 전기를 공급하기 위해서는 이선이나 아크 발생 최소화 요구

  - 판토그래프는 기초프레임, 하부 암, 상부 암, 그리고 집전판을 포함한 집전헤드로 구성

  - 판토그래프 반 능동형 제어장치는 판토그래프에 공급되는 공기압력을 제어해서 최적의 접촉력 확보 필요

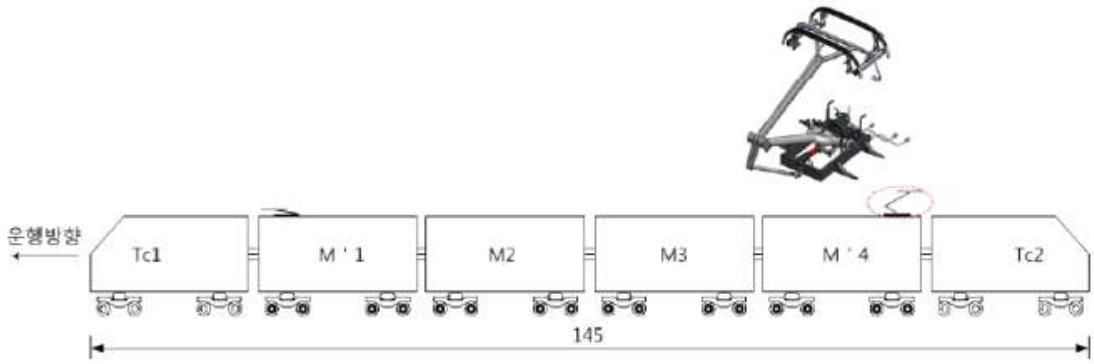
  - 집전판을 포함한 집전헤드는 공력 소음을 최적화 하고 가선으로부터 전기를 안정적으로 집전하여 차량에 공급할 수 있도록 설계

  - 기초프레임은 판토그래프를 차량의 지붕에 설치할 수 있도록 설계 되어 있으며, 하부 암과 상부 암은 판토그래프가 가선의 높이 변화를 추종하고 최대 가선 높이에서도 집전이 가능하도록 링크 구조로 설계



〈그림 VII-21〉 일반적인 고속철도용 판토그래프 구조

- 판토그래프는 차량 편성에서 아래 그림과 같이 편성당 2개가 설치되어 운행방향에 따라 한 개의 판토그래프를 사용하여 운행



〈그림 VII-22〉 판토그래프 설치 위치

● 반능동형 제어기술

- 전차선의 높이 및 차량의 속도에 따라 판토그래프에 공급되는 공기 압력을 제어해서 최적의 압상력을 확보할 수 있도록 제어하기 위한 기술

● 압상력

- 판토그래프가 전차선을 밀어올리는 힘

● 중련 운행

- 기관차를 두 대 이상 연결하여 운행하는 방식

나. 연구개발 배경

■ 현황 및 문제점

● 고속철도용 판토그래프는 구조물 개발뿐만 아니라 안정적인 집전성능을 확보하기 위해 속도와 운행조건에 따른 압상력 제어 등 시스템엔지니어링 측면에서 검토되어야 하나 개발경험 부족으로 전량 수입에 의존

- 고속철도차량 판토그래프: 연간 약 19억 원(12편성/년) 수입 중

- 판토그래프 집전판 또한 전량 수입품을 사용하고 있으며, 집전판은 소모품 특성상 해외 조달문제 발생

- 집전판은 8.5 만 km 이상 사용 가능 필요

※ KTX-산천 판토그래프: 연간 0.8억원(1 SET), 집전판: 연간 약 17억원(800개) 수입

※ 판토그래프 TBO 교환주기 8년으로 차량 수명 도래까지 2회 교체 필요

- 한국뿐만 아니라 전 세계적으로 고속철도 운행이 증가함에 따라 판토그래프의 수요도 증가할 것으로 예상되므로 수입대체 및 해외시장 진출을 위해 조속히 기술자립 필요

● 기술적 한계 및 문제점

- 중련운행시 후행 판토그래프에 전달되는 가선의 파동에 대응할 수 있는 성능 확보에 기술적 한계

- 제품 개발시 현차시험을 통하여 성능을 검증하여야 하나 시험 차량에 대한 확보에 어려움 존재

시사점

● 해외 고속철도를 운행하고 있는 선진국에서는 운영노선에 적합한 판토그래프 전용 기술을 보유하고 있으며, 지속적으로 기술개발에 투자

● 국내에서는 G7, 구매조건부신제품개발사업 등으로 고속차량용 판토그래프 개발을 진행되었지만, 판토그래프의 구조 경량화, 압상력 제어 기술, 소음 저감 기술 등은 미흡한 상황

● G7 판토그래프의 경우 집전 높이가 낮아서(약 1,500mm) 문제가 되었던 부분은 판토그래프의 구조설계변경을 통하여 2,300mm 범위까지 집전할 수 있도록 개선함

● 중련에 대한 현차 검증은 KTX-산천 및 SRT 차량에 개발품을 설치하여 1년(4개절 포함) 이상 현차시험을 통하여 성능 검증 예정임

● 고속철도용 반능동형 판토그래프 개발이 성공할 경우 판토그래프의 집전성능을 향상시킬 수 있으며, 구조의 경량화 및 소음 저감 기술 보유로 국내 시장 및 해외 시장 진출이 가능할 것으로 판단되므로 시급히 추진 필요

다. 연구개발 필요성

과학기술적 중요성

- 차량의 속도향상을 위해서는 차량의 성능뿐만 아니라 판토그래프의 집전성능도 향상되어야 하며, 가선과의 상호작용(Interaction)에 대한 시뮬레이션과 계측기술에 대한 기술력 확보 필요

  - 판토그래프와 가선과의 상호작용에 대한 시뮬레이션 신뢰성 확보를 통하여 인프라(가선)에 대한 성능 검증 및 유지보수를 위한 모니터링 등에 관련기술을 확대 적용 가능

- 중련 운행조건에 따른 판토그래프의 집전성능 확보

  - 유연한 열차 편성으로 운영비 절감 및 선로 용량 최적 활용

  - 집전판과 가선의 상호작용에 대한 연구를 통하여 가선(인프라)에 대한 유지보수 비용을 저감할 수 있는 집전판 개발

시장경제적 필요성

- 고속철도용 능동형 판토그래프 개발을 통한 신규 시장 진출

  - 향후 2040년까지 신규차량 185편성이 예상되며, 편성당 2ea의 부품을 0.7억원 단가로 공급할 경우 259억원의 시장규모 예상

  ※ 출처: 철도차량 및 주요부품 중장기 구매계획 알림, 국토부 철도운행안전과-3214

- 국내 유지보수 시장에서 TBO 관련 개발품 적용을 통한 시장 확보

  - KTX-산천 판토그래프: 연간 0.8억원(1 SET), 집전판: 연간 약 17억원(800개) 수입 대체

- 해외 시장 진출을 통한 신규 수요 창출

  - 세계 시장 규모: 약 64,442억원 (128,885량(기관차) × 1 SET/량 × 약 0.5억원/SET)

  ※ 출처: UIC, Frost & Sullivan

  - 개선 모델 및 유지보수 비용 저감형 개선 제안을 통하여 유지보수 관련 틈새 시장 진출

사회문화적 필요성

- 「열차 안전운행」 이라는 국민의 지속적인 Needs를 반영하기 위해 경량의 반능동형 판토그래프 국산 제작 기술 필요

  - 외부 환경에 대응할 수 있는 기술 개발을 통하여 가용성을 높이고 안전성을 향상시켜 열차 운영효율 향상에 기여

  - 소음 및 아크 저감을 통하여 승객 및 주변환경에 미치는 안락감을 향상시키고 철도차량의 안전성 확보

3.2 국내외 시장 및 연구개발 동향

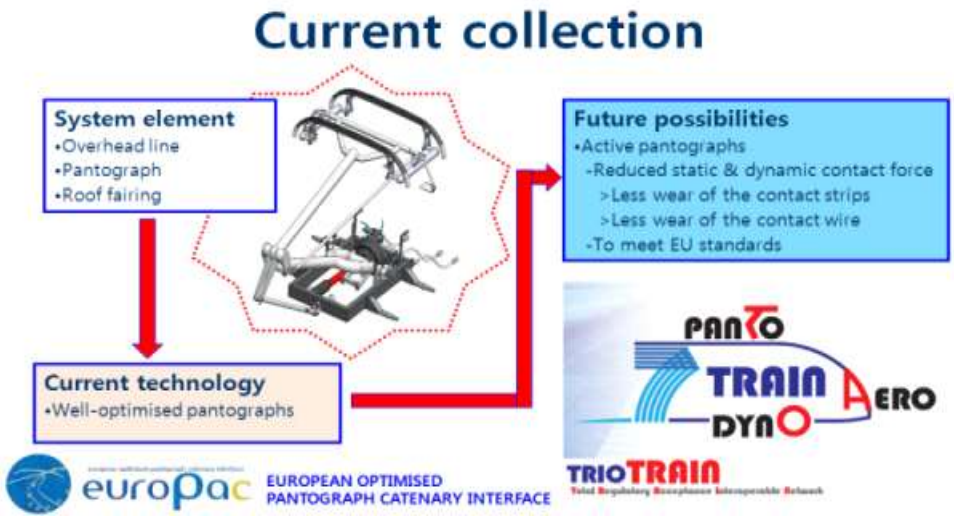
가. 국외 시장 및 연구개발 동향

- 세계 시장 규모 : 약 64,442억원 (128,885량(기관차) × 1 SET/량 × 약 0.5억원/SET)

  ※ 출처: UIC, Frost & Sullivan

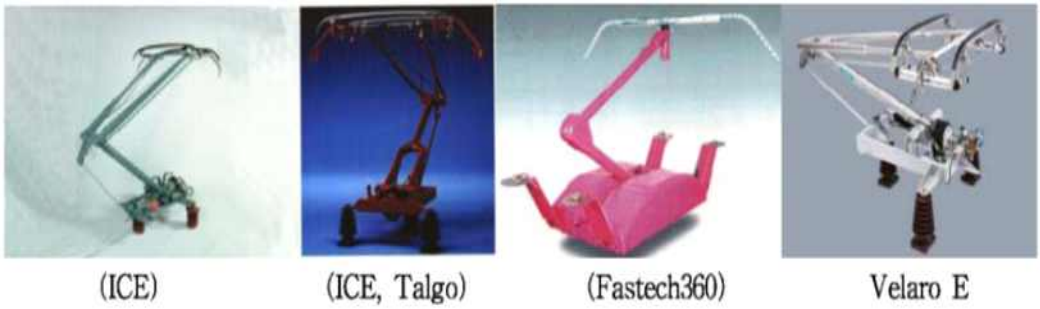
- 판토그래프 관련 세계시장은 프랑스의 Faiveley(체코 Lekov 포함), 독일의 STEMMANN-TECHNIK, 오스트리아 Schunk 등에서 선점하고 있으며, 일본의 경우 해외 업체의 접근이 불가능한 시장 구조를 형성

- 프랑스, 독일 등 고속철도 운영국은 철도차량의 「전차선으로부터 얼마나 안전하고 빠르게 전기에너지를 받는가」 하는 집전성능 연구 및 워킹그룹 활동이 활발히 진행 중



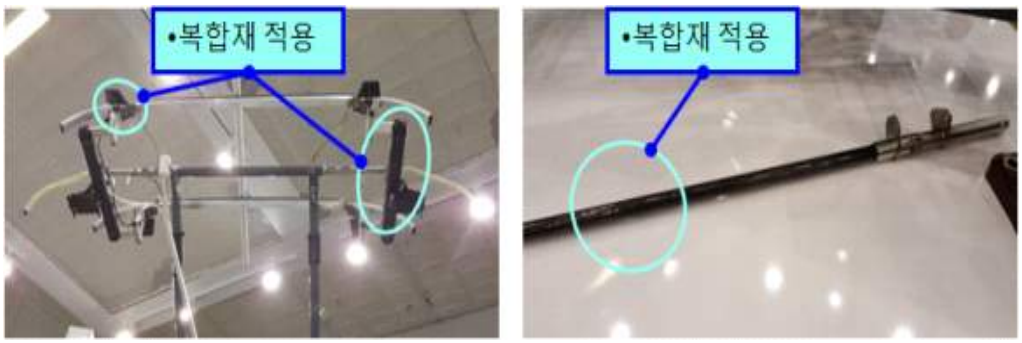
〈그림 Ⅶ-23〉 판토그래프 관련 해외 연구 사례 및 요소기술

● 철도 선진국들은 고속차량별로 판토그래프 대표 모델을 확보



〈그림 VII-24〉 고속전철용 판토그래프 모델

- (오스트리아) Schunk의 경우 요소부품에 복합재 적용



〈그림 VII-25〉 판토그래프 부품에 복합재 적용 사례

- (프랑스) Faiveley 사의 경우, CFRP 소재를 이용한 경량 판토그래프 개발



〈그림 VII-26〉 상부암 복합재를 사용한 판토그래프 모델

- (영국) Morgan의 경우 고속철도용 집전판 개발(중국에서 운행중인 CRH에서 현차시험 진행 중)



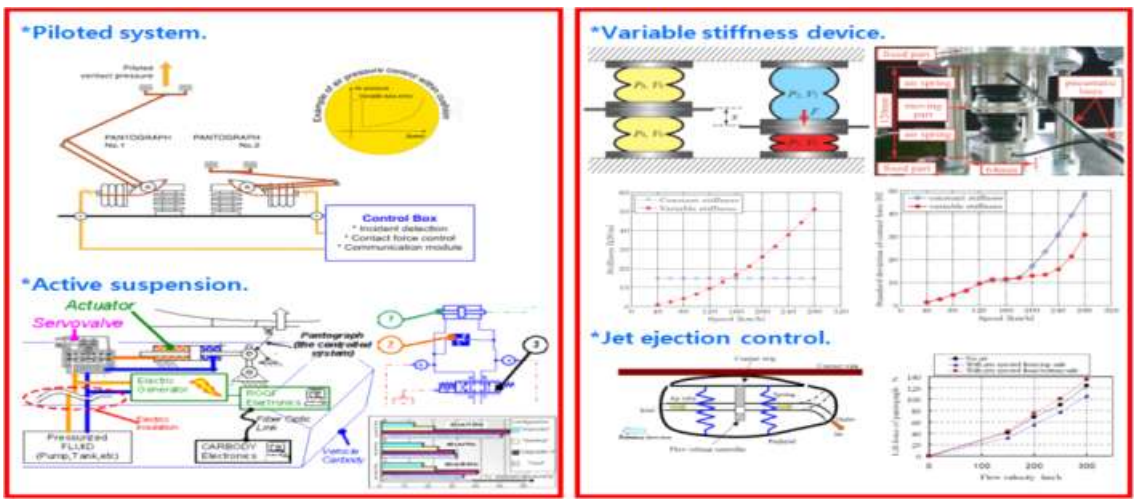
〈그림 VII-27〉 고속전철용 집전판 전시 모델

- 일본의 경우 RTRI(일본철도총연), 차량 운영사(JR), 제작업체가 협동으로 활발한 연구진행



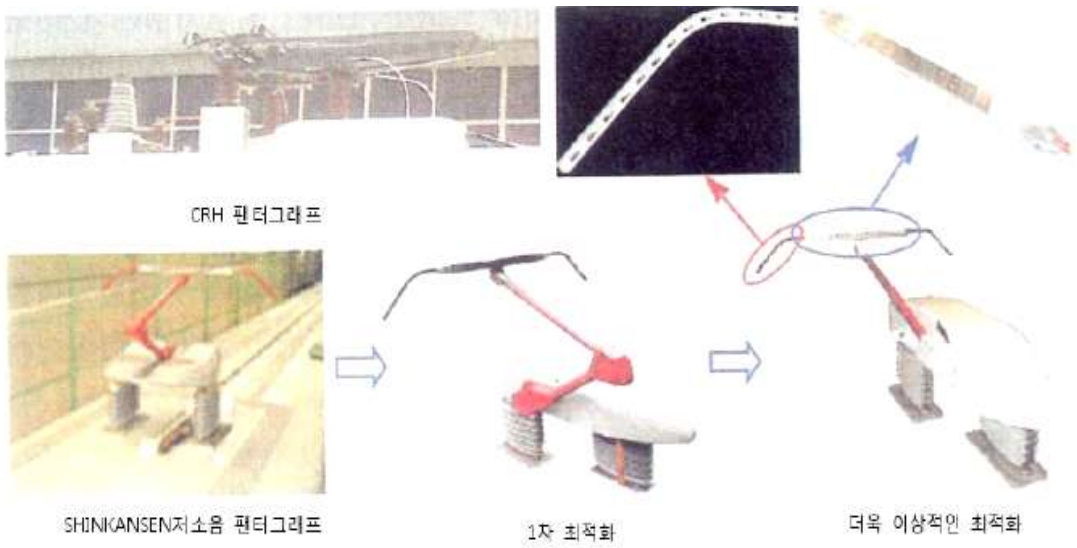
〈그림 VII-28〉 FASTECH360에 적용된 저소음형 판토그래프 및 집전판

- (일본) RTRI, 속도 향상에 따른 다양한 최적제어 관련 R&D 활성화



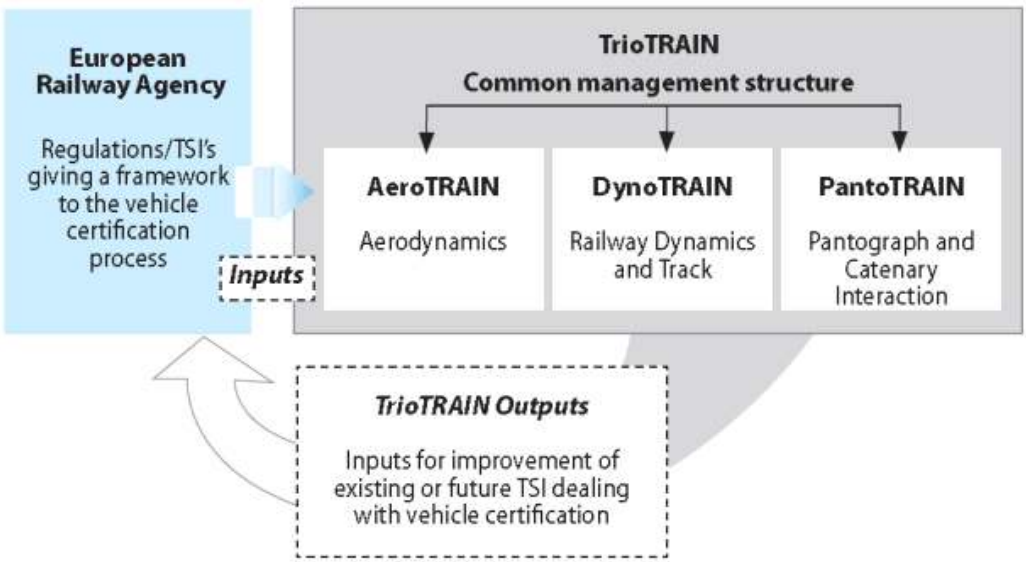
〈그림 VII-29〉 판토그래프 능동제어 관련 연구 사례

- (중국) CRH 고속철도를 개발하면서 세계 각국의 고속철도용 판토그래프 제품을 분석하고 개선하여 최적화 모델을 생산



<그림 VII-30> 신간선 모델을 개선한 CRH 고속철도용 판토그래프

- EU의 UNIFE 에서는 철도차량과 윕 인터페이스가 발생하는 중요 항목에 대하여 TrioTRAIN 연구를 진행
- R&D에 36개월 동안 3.63백만 유로를 투자



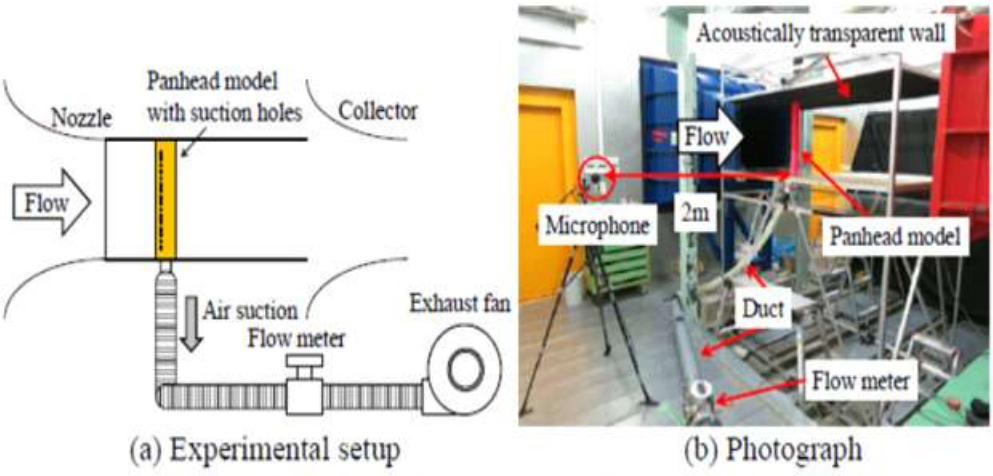
<그림 VII-31> UNIFE의 TrioTRAIN 프로젝트 구조

- europac(european optimised pantograph catenary interface overhead line measuring system) 에서는 Overhead line measuring system에 대한 연구를 수행



<그림 VII-32> UIC 의 europac 프로그램

- SHIFT2RAIL 프로젝트에서도 222M€를 투자하여 인터페이스 관련 R&D를 추진 중
- RTRI 에서는 판토그래프의 성능 향상 과 소음저감을 위한 다양한 연구개발을 산학연 협동으로 지속적으로 수행



<그림 VII-33> 공기 흡입을 이용한 제어방법에 대한 풍동시험

나. 국내 시장 및 연구개발 동향

- 국내 고속철도는 프랑스 TGV 시스템 도입 이후, 국내 기술로 KTX-산천, HEMU를 개발하여 국내 고속철도차량 시장이 확장 중

  - 향후 2040년까지 신규차량 185편성이 예상되며, 편성당 2ea의 부품을 0.7억원 단가로 공급할 경우 259억원의 시장규모 예상

  - 또한, 철도차량의 집전성능은 고속철도운영의 품질을 결정하는 중요한 요소로 판토그래프의 시장 규모도 점차 확대될 전망

※ 전동차 및 200km/h 급 간선형에 적용되는 판토그래프는 국내 생산 중

- G7 고속전철 기술개발 과제에서 고속철도용 판토그래프를 국내 최초로 개발하였으나 집전높이 문제로 실용화 실패

- 차세대 고속전철 기술개발 과제에서도 고속철도용 판토그래프 기술개발을 수행하였으나 중련요구조건에 대한 실차 검증 미흡으로 실용화 실패



〈그림 VII-34〉 HEMU에 설치되어 시험 운행중인 판토그래프

- 따라서, 국내 고속전철에는 프랑스 Faiveley 제품이 적용되고 있으며, 국내 경쟁업체가 없어 고가의 가격으로 제품을 구매



<그림 VII-35> KTX(좌), KTX 산천(우) 적용 모델

- 고속전철용 판토그래프는 단순한 판토그래프라는 국내 현실상 관련 기술이나 경험이 부족한 실정이며 구조물 개발에 국한되는 것이 아닌 시스템엔지니어링 설계 측면이 고려되어야 함
  - 소음의 경우 차량의 Roof 구조물과 연관성을 검토하여야 최적의 효과창출 가능
  - 판토그래프 집전성능 향상을 위하여 집전헤드를 경량화하는 기술 개발 추진 필요
- G7 고속전철 기술개발 과제에서 판토그래프 개발 진행(한국생산기술연구원 주관)
  - 집전높이 부적합(개발 모델은 고속선 전용으로 가선 높이가 최대 1,500mm 까지 집전 가능)
  - 실제 운용(실용화)을 위해서는 최대 2,300mm 높이까지 집전이 가능하도록 개발 필요



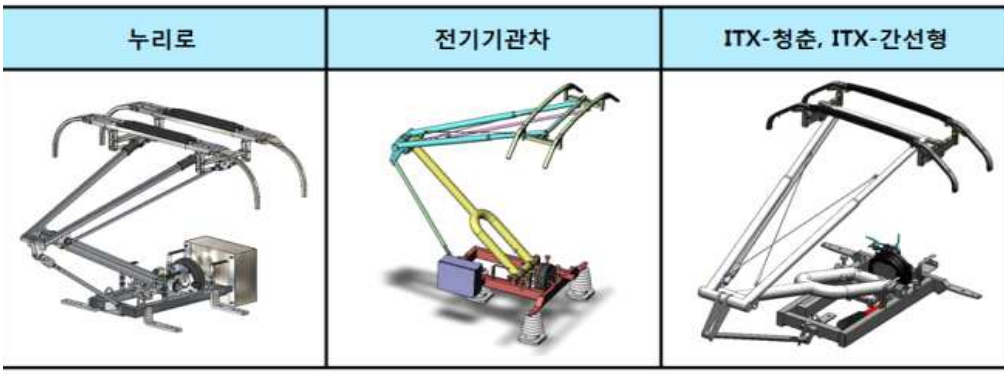
<그림 VII-36> 한국형 고속전철(G7)용 판토그래프 형상

- 차세대 고속전철 기술개발 과제에서 판토그래프 개발 진행
  - 중련에서의 집전 성능 미확보와 실적 문제로 실용화 실패



〈그림 Ⅶ-37〉 차세대 고속전철 판토그래프 모델

- 2013~2017 건설교통 R&D 중장기 계획"에서는 외국기술 의존 심화, 고장원인분석 및 해결지연으로 인한 운행차질 초래 등 장기적 관점에서 핵심기술 국산화와 인증 등 철도 안정성을 확보하는 기술개발 필요성 및 연구내용을 제시하였으며, 특히 고속철도 주요 부품 국산화 필요 기술로 명시
- 판토그래프 구조변경으로는 요구성능에 한계가 있기 때문에, 판토그래프 최적 성능을 위해서는 복합재와 알루미늄을 함께 사용하는 구조에 대한 연구가 일부 진행
- 판토그래프 집전성능 향상을 위하여 집전헤드를 경량화하려는 다양한 기술 접목을 추진
- 200 km/h 급 판토그래프 및 ITX-청춘, ITX-새마을, 8200대 전기관차 및 8500대 화물전기기관차용 판토그래프 양산 진행



〈그림 Ⅶ-38〉 국내 개발 및 양산중인 판토그래프 모델

3.3 연구개발 범위

- 동력분산식 고속철도용 반능동형 판토그래프 설계 및 제작
  - 판토그래프 동특성에 따른 구조 경량화 모델 개발
  - 국내 가선시스템과의 상호관계(Interaction) 분석 및 중련 운행을 고려한 최적의 모델 설계 및 제작
  - 공력소음 및 집전성능 향상을 위한 집전헤드 조립체에 대한 공력 해석 및 구조 설계
  - 반 능동형 제어장치 및 공압제어장치 개발
  - EN50367에 따른 성능 검증을 통하여 최적의 성능 확보
  - 집전성능(EN50405)을 만족할 수 있는 집전판 개발
- 개발품의 신뢰성 확보를 위한 시험인증
  - EN50318 및 성능 만족을 위하여 요구하는 시뮬레이션 수행

순서	규격	제목	설명	비고
1	EN50318	Railway applications – Current collection system – Validation of **simulation of the dynamic interaction** between Pantograph and overhead contact line	팬터그래프 설계 정보(M,C,K)를 이용하여 적합성을 검증한다.	Simulation 프로그램 검증.
2	EN50367	Railway applications – Current collection system – **Technical criteria** for the interaction between pantograph and overhead line (to achieve free access)	팬터그래프에 대한 성능 기준.	이선율, 접촉력, 팬터그래프 배치, 집전헤드 프로파일등을 규정.
3	EN50405	Railway applications – Current collection system – Pantographs, **testing methods** for **carbon contact strips**	집전판에 대한 성능 기준.	
4	EN50206-1 (IEC60494-1)	Railway applications – Rolling stock – Pantographs; **Characteristics and tests** – Part 1: Pantographs for main line vehicles	팬터그래프에 대한 시험 기준.	EN50206-2; metros and light rail vehicles
5	EN50317	Railway applications – Current collection system – Requirements for and validation of **measurements** of the dynamic interaction between Pantograph and overhead contact line	이선율 측정 방법.	

<그림 VII-39> 판토그래프 성능 검증을 위한 요구사항

- 실용화 및 해외진출을 위한 국내외 성능 인증 획득(기술기준 등)
- 실제 운행조건에서 성능검증을 위한 현차시험 실시(접촉력 및 아크 측정)

3.4 연구개발 내용

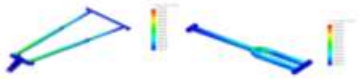
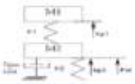
가. 연구개발 목표

- 집전성능 향상을 위한 구조 경량화 및 반능동형 제어기술 개발을 통해서 중련운행 요구조건에 부합되는 성능 확보

나. 연구개발 핵심 내용

핵심(구성) 기술명	핵심(구성) 기술 주요내용
판토그래프 구조 경량화 기술	– 복합재 적용을 통한 상부암 구조 경량화 – KTX 산천 대비 상부암 등가 질량 10% 저감 – 3수준 Mass modeling을 통한 최적의 형상 설계
중련에 따른 집전 성능 향상 기술	– KTX 산천 대비 동등 이상의 집전성능 향상 – 반 능동형 제어장치를 적용한 최적 제어
소음 저감 기술	– 구조체 경량화 및 집전헤드 최적화 설계 – KTX 산천 대비 풍동시험에서 등가 소음 3dB 저감
고내구성 및 내마모성 집전판 설계 기술	– 탄소 복합재료 배합 설계 기술 – 탄소 복합재료 제작 및 금속 함침 기술 – 기존 제품과 LCC 비교 평가

다. 핵심 기술별 As-is/To-be

핵심 기술	As-is	To-be	현재 TRL	목표 TRL
판토그래프 구조 경량화 기술	• 상하부암 AL 구조  • 상하부암 등가 질량 : 약 18,987 kg (KTX-산천 기준)  구분 / 설명 / 값 M1 Panhead mass 9.1 kg M2 First floor mobile mass 18,978 kg K1 Stiffness of panhead suspension 6000 N/m K2 Stiffness of first floor 1 N/m	• 상부암 경량화 구조(복합재) • 동일한 강성과 안전성 확보  	TRL 4	TRL 8
중련에 따른 집전 성능 향상 기술	• 목표 속도 : 300km/h. • 집전성능 : 통계적 최소접촉력 ≥ 0N. •이선율 : 0.0083%(HEMU 시험결과) •집전성능 분석 	• 목표 속도 : 300km/h. • 집전성능 : 통계적 최소접촉력 ≥ 46N, • 혹은 이선율 ≤ 0.0637% (KTX-산천 단편성 측정 결과) •중련 운행시 요구조건 만족.	TRL 5	TRL 8
소음 저감 기술	• 집전 헤드 : 2 Strip.  • 집전판 중량 구분 / KTX-산천 (기존) / HEMU 적용 모델 (경량화) 중량 (g) / 4,065 / 2,400 제작사 (국가) / Faiveley (프랑스) Pantrac (독일) / Hoffmann (오스트리아)	• 집전 헤드 : 1 Strip.  • Knee 구조 최적화.  • CX 판토그라프 대비 등가소음 3dB 저감.	TRL 4	TRL 8
고내구성 및 내마모성 집전판 설계 기술	• 집전판 형상.  • 집전판 수명 보증 수명 : 85,000 km(EN 50367 규격) (집전판 두께 17mm, 마모량 : 0.2 mm per 1,000 km).	• 집전판 형상.  • 집전판 수명 보증 수명 : 약 100,000 km 목표. (20% 성능 개선).	TRL 4	TRL 8

〈표 VII-29〉 수요처 요구사양 대비 목표사양

부품명	수요처 발주사양	본 사업 목표사양	비고
고속철도용 반능동 판토그래프	·집전장치 내환경성능 −35~45℃ ·횡강성 300N시 30mm 이내 변위 ·내구성능 승하강 (75*103회) 현가장치(1.2*106회)	·집전장치 내환경성능 −35~45℃·횡강성 300N시 30mm 이내 변위 ·내구성능 승하강 (75*103회) 현가장치(1.2*106회) ·85,000km 운행 시 마모량 17mm · 등가소음 3dB저감	·85,000km 운행 시 마모량 17mm(마모량 기준 반영) ·등가소음 3dB 저감

라. 세부 기술 및 내용

판토그래프 구조 경량화 기술

- 판토그래프 집전성능에 영향을 미치는 상부암 등가 질량 저감 기술 개발

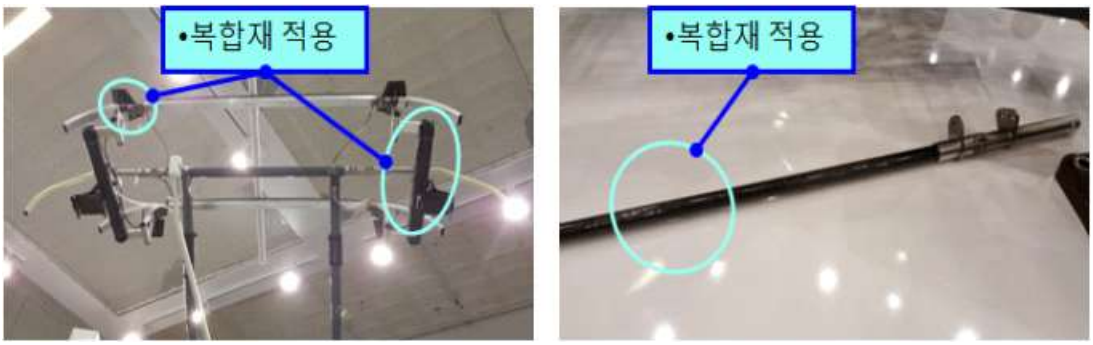
  - 집전성능 및 추종특성에 영향을 미치는 상부암의 질량을 최적화하여 집전 성능 향상 (등가질량 10% 저감)

  - Faiveley 는 2014년 독일 베를린에서 열린 Innotrans에서 복합재(CRFP) 를 적용하여 단위 부품 단순화 및 경량화 모델 전시



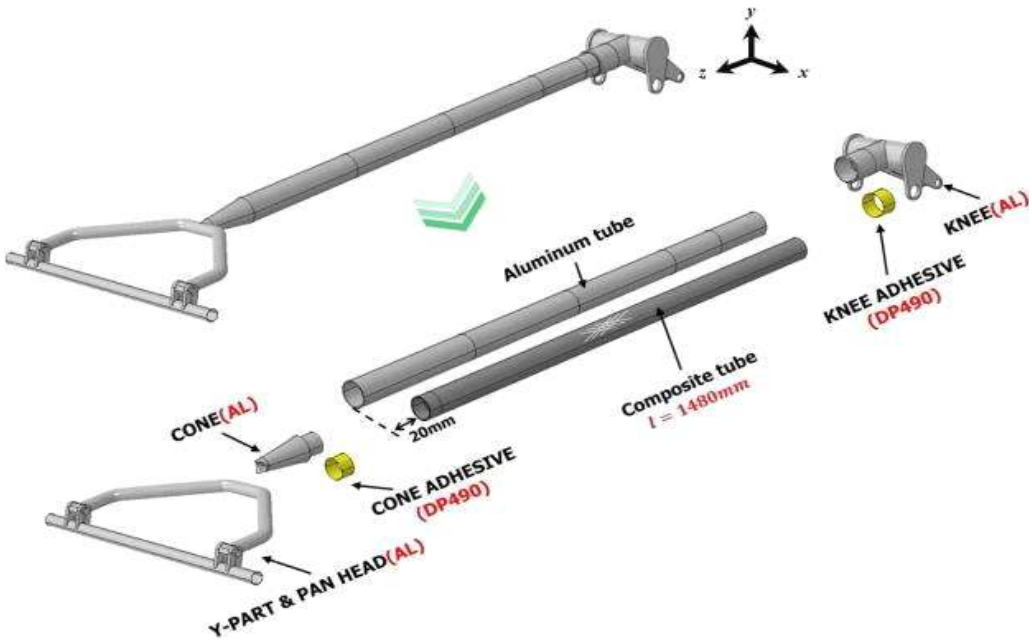
〈그림 VII-40〉 상부암 복합재를 사용한 판토그래프 모델

- Schunk는 2016년 독일 베를린에서 열린 Innotrans에서 집전헤드와 링크 구조에 복합재(CRFP) 를 적용한 모델 전시



〈그림 Ⅶ-41〉 접전헤드 부품 및 상부암 구성품 경량화 소재 적용

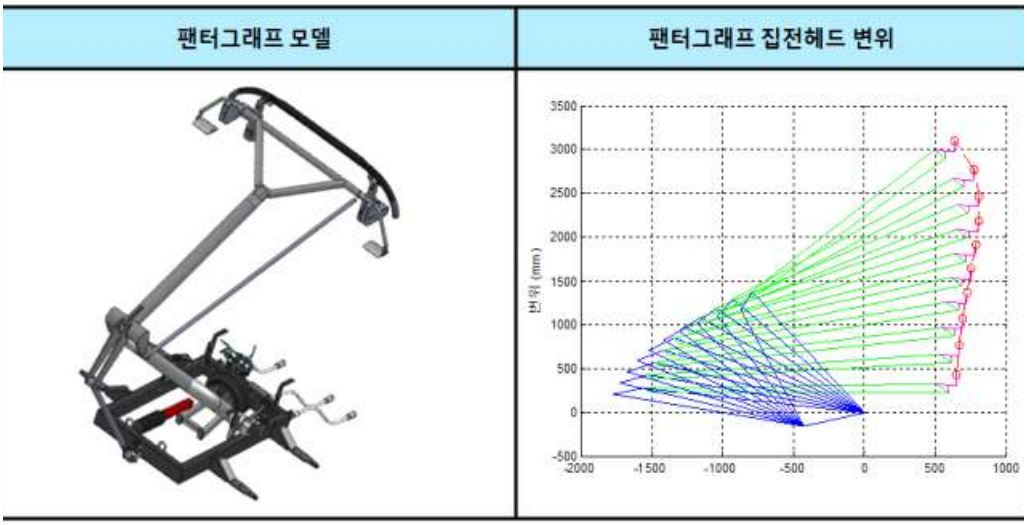
- 상부암등에 복합재 및 접착 기술(본딩)을 적용하여 알루미늄과 복합재 (CFRP)를 조립한 경량화 모델 적용



〈그림 Ⅶ-42〉 상부암 구조에 대한 복합재 적용 방안(예)

● 판토그래프 상승 및 하강시 집전헤드 경로 최적화 기술

- 전용 기구학 프로그램을 이용하여 집전헤드 경로 최적화
- 상부암 및 하부암 길이 및 링크 구조 최적화
- 집전헤드 최적 위치 제어

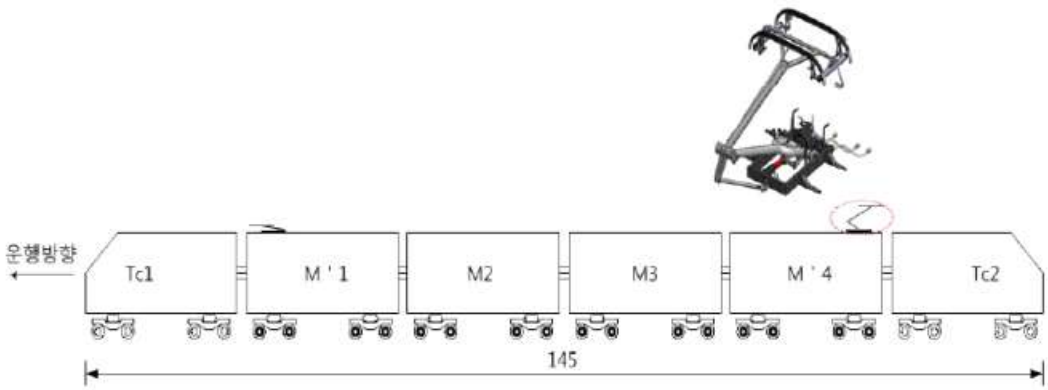


〈그림 Ⅶ-43〉 판토그래프 구조물 최적화

중련에 따른 집전 성능 향상 기술

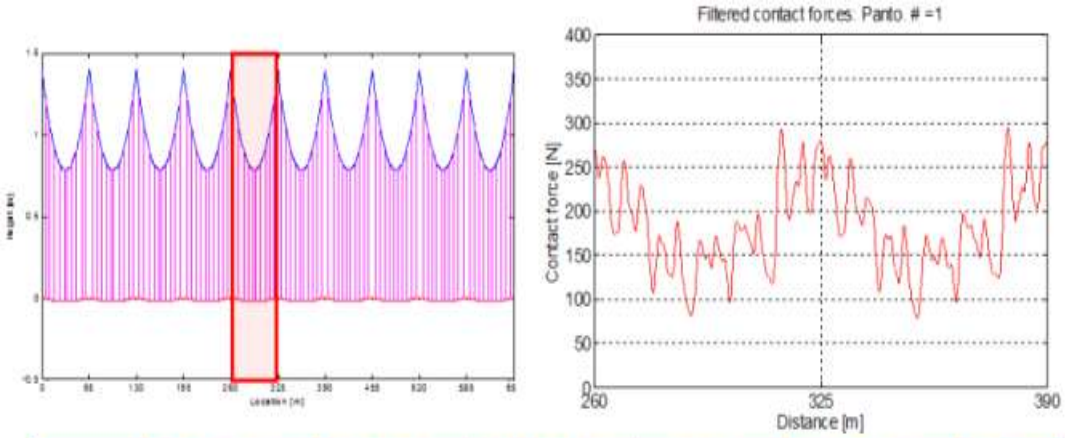
- 차량 운행조건(단편성 및 중련 편성)에 따른 집전 성능 해석 기술

  - 판토그래프 운용 위치에 따른 집전성능 최적화



〈그림 Ⅶ-44〉 판토그래프 운용 위치

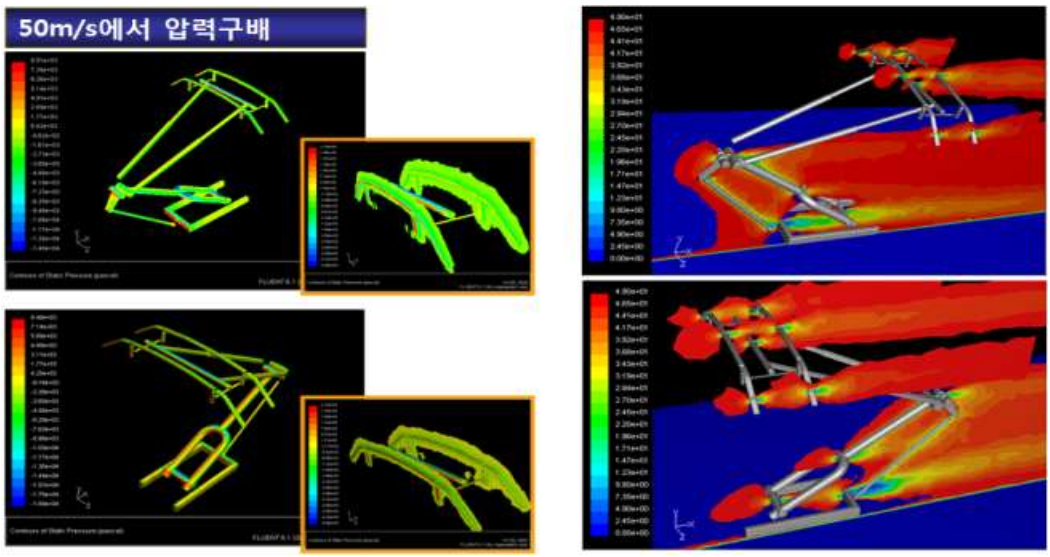
- EN 요구조건에 따른 집전장치와 가선의 상호작용 검증



구분	평균접촉력 (N, F_m)	표준편차 (N, σ)	최소접촉력 (N, F_m- σ)	압상량 (mm)	최대접촉력 (N, F_{max})	장력 (kN)
EL-YP400G	180.9	50.0	77.1	80	293.6	26
기준	< 200	-	> Positive	< 200 (EN 50119)	< 350 (EN 50119)	-

〈그림 VII-45〉 판토그래프와 가선의 추종특성 분석 결과(예)

- 전산해석(CFD)을 통한 양력 최적화



〈그림 VII-46〉 판토그래프 유동해석의 예

- 판토그래프에 대한 정적 시험 및 동적 거동 확인을 위한 Lab 테스트를 통한 판토그래프 성능 검증



〈그림 Ⅶ-47〉 Lab 테스트를 통한 판토그래프 성능 검증

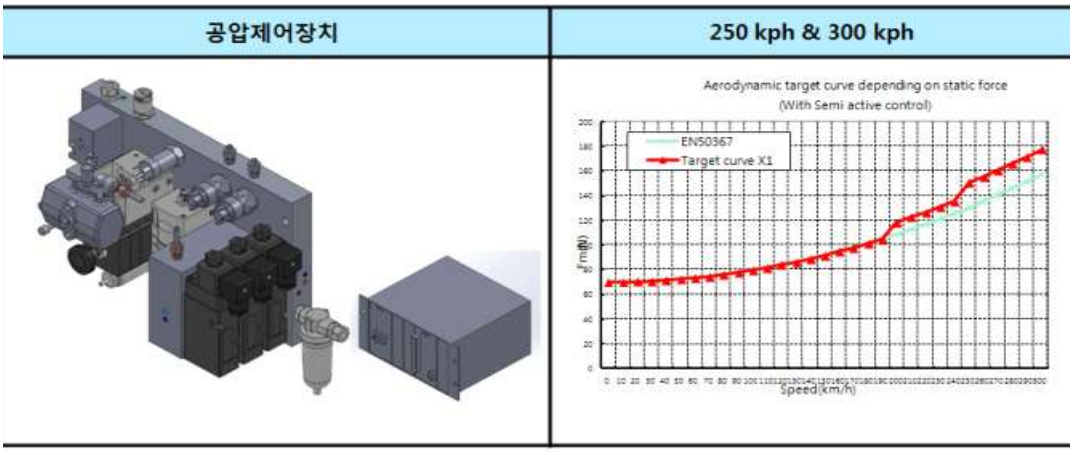
- 판토그래프 성능 검증을 위하여 실차에서 접촉력 및 아크 측정



〈그림 Ⅶ-48〉 공력특성 및 접촉력 측정

● 판토그래프 반 능동형 제어 기술

- 중련운행시 선행 차량과 후행 차량의 압상력을 개별적으로 제어해서 후행 차량의 가선 파동 영향에도 집전 성능 확보



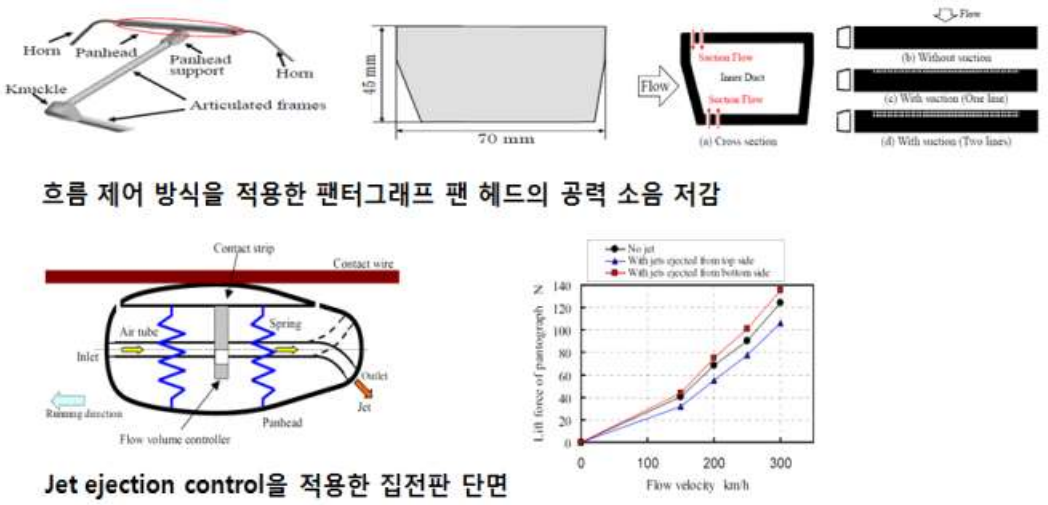
〈그림 Ⅶ-49〉 압상력 제어장치와 접촉력 제어 기술

- 접촉력 측정을 통해 이선이 발생할 수 있는 속도대역에서 압상력을 제어할 수 있는 반 능동형 제어 기술

■ 소음 저감 기술

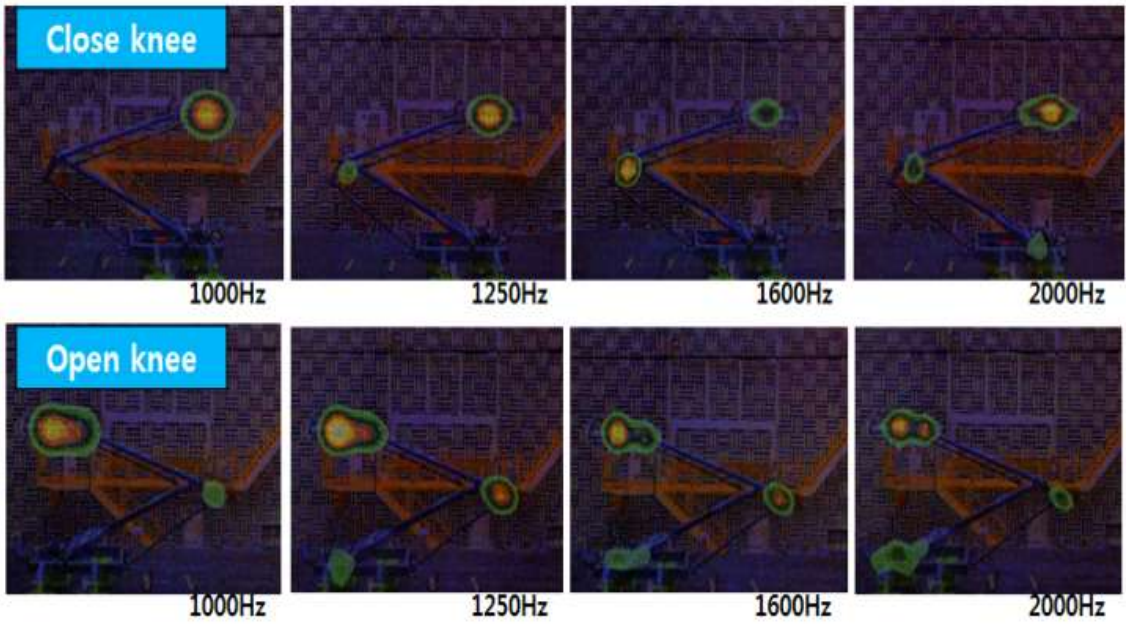
● 상부암, 관절장치, 집전헤드, 집전판 등 소음관련 주요부품 최적 설계를 통한 소음 저감 기술

- 풍동시험으로 소음 발생에 기인하는 요소부품에 대한 최적 설계를 통해 소음 저감



〈그림 Ⅶ-50〉 판토그래프 소음저감 및 성능향상 기술(일본)

- 풍동시험을 통한 성능 검증 추진



〈그림 VII-51〉 판토그래프 풍동시험을 통한 소음 성능 검증

고내구성 및 내마모성 집전판 설계 기술

- 탄소 복합재료 배합 설계 기술

  - 전기차 구동에 필요한 대전류가 흐르기 때문에 부재의 발열, 변형 등이 발생하지 않도록 충분한 전류용량 확보 필요

- 탄소 복합재료 제작 및 금속 함침 기술

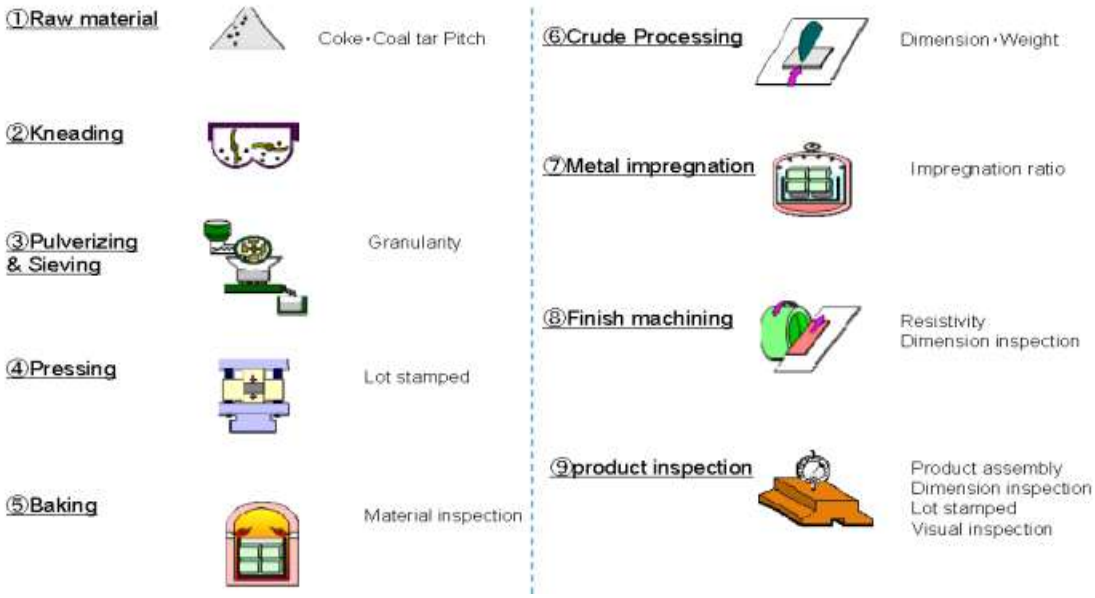
  - 가선과 기계적으로 접촉하기 때문에 집전판의 내마모 성능 고려 필요

  - 요소별 마모량과의 상관관계 분석을 통하여 최적의 요구조건 선정



〈그림 VII-52〉 요소별 마모량과의 상관관계 및 내마모시험기

- 일반적인 집전판 제작 공정 준수



〈그림 Ⅶ-53〉 일반적인 집전판 제작 공정

마. 연차별/단계별 수행 목표 및 내용

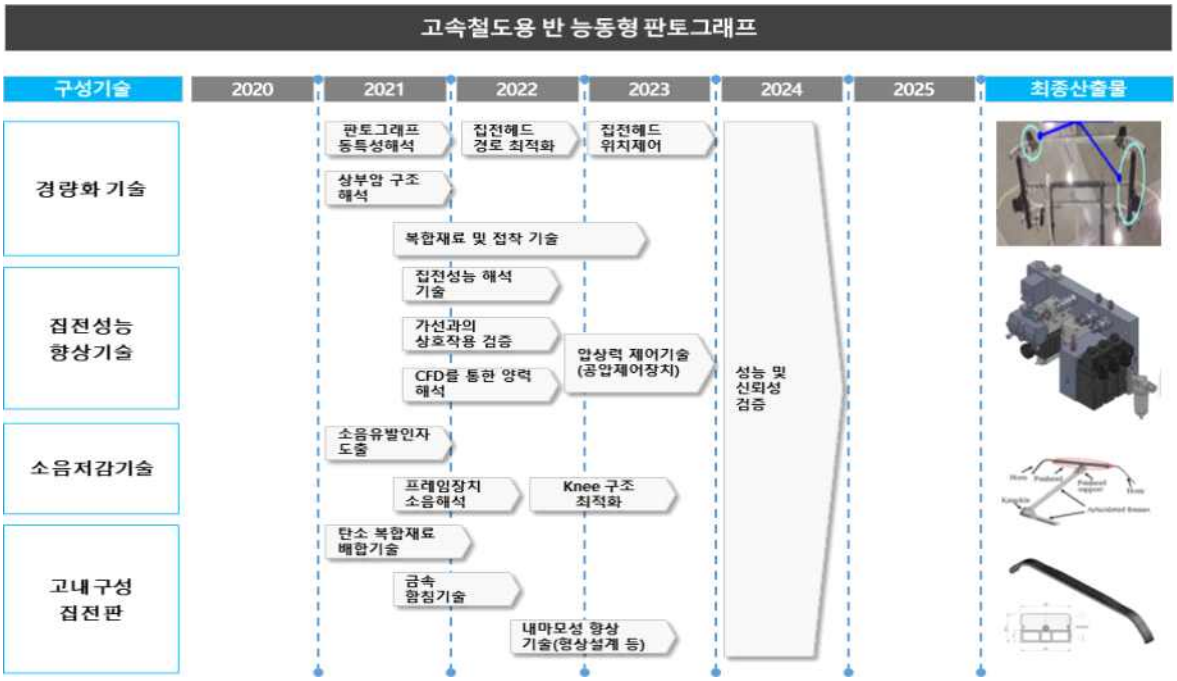
● 연차별 주요 연구내용

연차	기술 개발 목표	기술 개발 내용
1차년도	구조체 형상검토 기본설계	- 요구사항 정의 - 소음 저감을 위한 구조체 형상 설계 - 구조체 및 공압제어장치 기본설계
2차년도	상세 설계 시작품 제작	- 구조체 및 공압제어장치 시작품 제작 - 구조체 및 공압제어장치 공장시험 - 판토그래프 상세설계
3차년도	시제품 제작 성능 시험	- 판토그래프 시제품 제작 - 성능시험, 환경 시험 - 현차시험을 위한 인터페이스 조정
4차년도	현차시험	- 실선로 4계절 현차 시험 - 중련운전 성능 시험 - 시험결과 모니터링 - ISO품질 관리 체계 인증, 성능 인증

바. 수행 로드맵

● 각 핵심기술별로 연차별 연구개발 내용은 아래와 같음

- 1차년도 기본설계 및 인터페이스, 2차년도 부품 상세 설계 및 시작품 제작, 3차년도 시작품 평가, 4차년도 고속차량(중련) 성능평가 및 결과 모니터링



〈그림 VII-54〉 수행 로드맵_판토그래프



〈그림 Ⅶ-55〉 부품로드맵&산업생태계_판토그래프

사. 핵심 기술 확보 전략

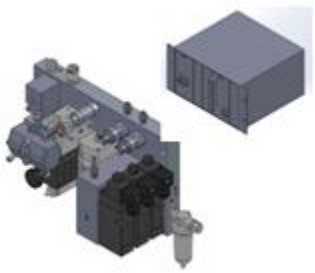
핵심(구성) 기술	핵심 기술 확보 전략					
	공공 협력	민간 협력	자체 개발	해외 도입	국내 도입	기타
판토그래프 구조 경량화 기술	◐		●			
중련에 따른 집전 성능 향상 기술	◐		●			
소음 저감 기술	◐		●			
고내구성 및 내마모성 집전판 설계 기술		◐	●			

- 공공협력: 국가 또는 공공기관이 보유 중인 기술 및 인프라와 연계
- 민간협력: 타기업에서 보유 중인 기술 및 인프라와 연계
- 자체개발: 기업이 보유한 기술 및 인프라 활용
- 해외도입: 선진국 또는 해외 선도 기업이 보유중인 기술을 이전 받아 활용
- 국내도입: 국내 기업이 보유한 기술을 이전 받아 활용

3.5 사업화 및 자립화 전략

가. 기술개발 완료 후 시장 출시가 가능한 기술 및 제품

- (개별 부품 판매) 고속철도용 판토그래프 시장에서 신규 시장 진입 등 유지보수품에 대한 수입대체 등 파급효과가 클 것으로 예상

판토그래프	반능동형 공압제어장치	집전판
		

〈그림 Ⅶ-56〉 개발완료 후 출시 제품

- (신규 차량 보급) 고속철도용 판토그래프는 국내외 신규 고속전철에 제안 가능
- (유지보수 시장) 반능동형 공압제어장치는 선택적으로 차량사의 요구조건에 따라 적용 가능
- (유지보수 시장) 집전판의 경우 국내 유지보수품 및 해외 신규 수요 대응 가능

나. 국내외 시험인증 전략

● 성능 기준 및 시험규격

- 판토그래프는 공압제어장치의 기밀, 진동성능 및 전자기적 인터페이스와 집전판의 장수명, 판토그래프 프레임의 강성 및 중련운행 시 집전성능 등 확보 필요

순번	성능항목	기준	적용 기준 및 규격	비고
1	제어유니트 기밀 성능	· 압축공기 8 Bar 공급 시 공기누설이 없어야 함	IEC 60494-1	-
2	제어유니트 내환경성능	· 온도 : -35 ~ 70 ℃ · 습도 : 95 % RH. · 진동 및 충격 : 1종 B class	IEC 60068-2 IEC 61373	-
3	제어유니트 전자기적합성	· 서지 내성 : 레벨3, B등급 · 접촉정전기방전 내성 : 레벨3, B등급 · 기중정전기방전 내성 : 레벨3, B등급 · 과도버스트 내성 : 레벨4, A등급 · 전자파방사 내성 : 레벨3, A등급 · 전자파전도 내성 : 레벨3, A등급 · 전자파방사 장해 : 1그룹, A등급 · 전자파전도 장해 : 1그룹, A등급	IEC 62236-3-2 IEC 61000-4 CISPR 11	-
4	집전판 수명	· 85,000 km 운영 시 마모량 17 mm	EN 50367	-
5	집전장치 내환경 성능	· -35 ℃ ~ 45 ℃, 대기습도에서 원활히 동작	IEC 60494-1	-
6	집전장치 횡강성	· 측면에 300 N 가할 시 변위 30 mm 이하여야 하며 영구적인 변형이 없어야 함	IEC 62486 IEC 60494-1	-
7	집전장치 전류집전성능	· 정적상태, AC 전원에서 최대 80 A 집전	EN 62486	Carbon 습판의 경우 별도 고려
8	중련운행 시 접촉성능	· 평균접촉력(Fmean) : 200 N · 통계적 최소접촉력(Fmean-3σ) : 0 N 이상 · 통계적 최대접촉력(Fmean+3σ) : 350 N · 압상량 : 200 mm	UIC 794 EN 50119	-
9	집전장치 내구성능	· 승/하강 내구성능 : 75×10^3 회 · 현가장치 내구성능 : 1.2×10^6 회	IEC 60494-1	-

※ ◯: 관련성 낮음, ◐: 일부 유사, ●: 차별성 높음

● 판토그래프 인증 획득

- 판토그래프는 향후 국내외 시장진출 기반을 확보하기 위하여 ISO/TS 22163 국제철도 품질관리체계 인증 우선 획득 필요

순번	인증 내용	인증 기관	기준	비고
1	성능인증 (NEP, NET, EPC, K마크 등)	· 산업부 · 국토부 · 중기부 등	· 국내외 규격 및 성능 관련 자체 규격	임의인증(개발 제품에 대한 신기술, 신제품, 성능인증 등)
2	ISO 품질관리체계 인증	· 제3자 적합성인증기관	· ISO 9001 · ISO/TS 22163	임의인증 (제작자 품질관리체계 인증)
3	유럽 TSI	· 유럽 철도청(ERA)	· COMMISSION REGULATION (EU) No 1302/2014	유럽 진출 시 강제인증 (Declaration of Conformity)

다. 단계별 시장 진입 전략

● 고속철도용 반능동형 판토그래프 개발 완료시 단계별 시장 진입 전략은 다음과 같음

구분	단기 전략	중장기 전략
출시 제품	판토그래프, 집전판	판토그래프, 반능동형 공압제어장치, 집전판
진입 분야	국내 고속전철 TBO 분야	국내 신규 고속전철 및 해외 고속전철
타겟	코레일, SRT 등	현대로템 등

- 단기 전략으로 국내 고속철도 관련 판토그래프에 대한 TBO 및 유지보수품에 대한 대응을 통하여 실적 확보

- LCC 비용 저감을 통하여 국내 수요자(코레일, SR등) 확보 및 성능 검증 추진

- 중장기 전략으로 성능 검증후, 신규 프로젝트에 대한 판토그래프 제안 및 국내외 신규 시장 진출 추진

라. 지적 재산권 확보전략

■ 핵심기술별 특성을 바탕으로 지적 재산권 확보 전략을 수립

● 판토그래프 구조 경량화 기술 확보 전략

- 판토그래프 집전성능은 상승 및 하강시 상부암 및 하부암 길이 및 링크 구조 등 집전 헤드의 경로와 밀접한 관련성이 존재함에 따라 전용 기구학 프로그램을 이용한 집전 헤드 최적 위치제어 원천기술 확보 필수

- 판토그래프의 집전성능 및 추종특성에 영향을 미치는 상부암의 등가질량의 10% 저감을 목표로 복합재(CRFP) 적용을 통한 단위 부품의 단순화 및 경량화 모델 설계 제작 기술 확보

● 중련에 따른 집전 성능 향상 기술 확보 전략

- 차량 운행조건(단편성 및 중련 편성)에 따른 집전 성능 해설 기술의 호환성 확보를 위해 EN 요구조건에 따른 집전장치와 가선의 상호작용 검증 및 해설 기술 확보 필요

- 판토그래프에 대한 정적 시험 및 동적 거동 확인을 위한 Lab 테스트 시행을 통해 성능 검증(접촉력 및 아크 측정) 확보 필요

- 접촉력 측정을 통해 이선이 발생할 수 있는 속도대역에서의 압상력 제어 기술 설계로 판토그래프 반 능동형 제어 기술 확보

● 소음 저감 기술 확보 전략

- 판토그래프를 구성하는 주요 부품(상부암, 관절장치, 집전헤드, 집전판 등)에 대한 풍동시험 시행으로 소음 발생에 기인하는 요소부품에 대한 최적 설계 기술 마련

● 고내구성 및 내마모성 집전판 설계 기술 확보 전략

- 고압의 전류가 흐르는 판토그래프의 특성으로 인한 발열 및 변형 등의 문제를 방지하기 위한 배합 설계 및 금속 함침 기술을 확보하여 내구성 및 마모성 향상 관련 지재권 확보

1) 지식재산권 신청기술의 정의

순번	기술의 명칭	확보가능 특허	건수	등록시점
1	판토그래프 구조 경량화	· 집전 성능 향상을 위한 상부암 등가질량 저감기술 · 구조체 경량화 및 집전헤드 최적화 설계기법	2	2021년
2	중련에 따른 집전 성능 향상	· 반능동형 제어장치를 적용한 최적 제어기술	1	2021년
3	소음 저감	· 풍동시험을 통한 판토그래프 요소부품 최적 설계 기법	1	2021년
4	고내구성 및 내마모성 집전판 설계	· 탄소 복합재료 제작 및 금속 함침 기술	1	2022년
합계		–	**5**	–

2) 선행기술조사를 통한 차별성 검토

- 판토그래프 관련 특허동향 조사 결과를 토대로 등록특허 기준, 존속기간 유예 등을 고려, 해당 과제와 유사한 특허 16개를 도출하여 비교 분석 수행

선행특허 기술명	주요기술과의 차별성				본 기술과의 차별성
	1	2	3	4	
P-1 고속열차의 운전실 주요제어장치 연동회로(interlock circuit for main control device in cab of the high-speed train)	●	○	○	○	해당 과제는 운전실 주요제어장치 연동회로에 관한 것으로 본 기술개발과는 무관
P-2 명도 변화에 영향을 받지 않는 전차선의 동적 편위 검출 방법(A METHOD OF ROBUST TO THE BRIGHTNESS CHANGE FOR DETECTING A DYNAMIC DECLINATION OF CATENARY)	○	●	○	○	카메라 및 센서를 통한 영상획득 및 명도변화에 따른 전차선 편위 검출기술로 본 기술과 무관
P-3 탄소 코팅이 적용된 탄소섬유층(CARBON FIBER LAYER WITH CARBON COATING)	●	○	○	●	탄소소재를 접목하는 점에서 다소 유사하나 단순 탄소박막층 코팅기술에 해당됨에 따라 본 기술과는 차별화
P-4 2층 열차의 차체(Body of double deck railway vehicle)	○	○	○	○	2층 열차의 차체 구조에 해당하는 기술로 본 기술과 연관성 없음
P-5 열차의 판토그라프 센서계측장치의 전원공급시스템(Power Supply System for Sensor Measurement Device of Pantograph of Train)	○	◐	○	○	판토그래프 접촉력 측정장치에 관련된 기술로 본 기술과 일부 연계 가능
P-6 철도 차량용 판토그라프(Pantograph for railway vehicle)	○	●	○	○	집전판과 전기 공급선과의 접촉 유지기술 확보에 치중
P-7 전기철도 차량 집전장치 접촉력 측정 센서(A measuring system of force sensor for current collection equipment in a electric train)	○	◐	○	○	판토그래프 접촉력 측정장치에 관련된 기술로 본 기술과 일부 연계 가능

선행특허 기술명	주요기술과의 차별성				본 기술과의 차별성
	1	2	3	4	
P-8 광전증배관을 이용한 전차선과 판토그래프간의 아크광 검측장치(Measurement Apparatus Of Arc Light Between Contact Wire And Pantograph Using Photomultiplier)	○	○	○	◐	아크광을 이용한 이선률 검측기술로 본 과제와 일부 연계 가능
P-9 고속철도 판토그래프용 능동형 높이 상승 제한 장치(Active type heigh limit apparatus for high speedrailway pantograph)	○	●	○	○	기존선과 고속선 운행모드에 따라서 판토그래프의 높이상승 제한/해제 모드 자동화 기술이접목 되었으나 본 과제와는 연계성 없음
P-10 전차선로 경간 내 전차선 탄성도 측정장치(Measuring device of elasticity in a span for overhead line)	○	◐	○	○	가선에 관한 연구내용으로 판토그래프 기술개발과는 관련성 없음
P-11 고속열차 집전장치용 양력조절장치(A lift adjustment equipment for using pantograph of high-speed a train)	○	○	○	◐	판토그래프 양력조절장치 기술로 본 과제와 연계 가능
P-12 고속 철도용 급집전 장치 및 공진 튜닝 방법(High Power Charging And Pick-up Apparatus And Resonance Tuning Method for Same)	○	○	○	●	전자기 유도 원리를 적용하여 무선으로 전력을 공급하기 위한 급전장치 개발 기술로 본 과제와는 차별
P-13 집전체 승강 장치와 무접촉 전력 집전 거리 조절 장치 및 방법(LIFTING DEVICE OF PICK-UP PANEL AND APPARATUS FOR ADJUSTING DISTANCE OF CONTACTLESS POWER PICK-UP, AND METHOD FOR THEREFOR)	○	●	○	○	집전체에 유도전력이 유기될 수 있는 급전 위치를 감지하는 급전 위치 감지 시스템으로 본 기술과 차별
P-14 전차선로의 가고조절용 가동브래킷(AN MOVABLE BRACKET FOR FOR ELECTRIC RAILWAY)	●	●	○	○	가고조절이 가능한 가동브래킷을 활용한 전차선 관련 기술로 본 과제와 차별
P-15 고속철도 판토그래프 카본 습판 자동화 가공 설비 및 그 가공 방법(AUTOMATIC MACHINING DEVICE FOR HIGH-SPEED RAIL PANTOGRAPH CARBON CONTACT STRIP AND MACHINING METHOD THEREFOR)	○	●	○	●	판토그래프 집전판 유지보수를 위한 자동화 가공 설비 및 가공 방법으로 본 과제와 연관성 없음
P-16 공력소음 저감을 위한 팬 헤드 부착물을 구비하는 고속 열차용 판토그래프(Pantograph for high-speed train provided with pan head attachment for reducing aerodynamic noise)	○	○	◐	○	유선형 구조를 가진 팬 헤드의 부착으로 공력소음 저감에 관련된 기술로 연관성 존재

※ ○: 관련성 낮음, ◐: 일부 유사, ●: 차별성 높음

3) 보유 지적재산의 보강 전략[2)]

- 기존 판토그래프 관련 특허는 시제품 제작 및 센서를 통한 측정기술 등에만 집중되어 있는 반면, 해당 부품 개발을 통한 지적 재산권 확보기술은 구조 경량화, 집전 성능 향상, 소음 저감, 내구성 및 마모성 향상 설계, 국내외 인증 획득 측면에서 차별성 존재

보 강 전 략	
문 제 점	**해 결 방 안**
· 연관성이 일부 존재하는 6건의 등록특허는 신청기술과 관련된 집전능력 향상, 소음 저감 적용 가능 기술이나, 추가 기술과의 연계를 통한 시제품 제작 등에 대한 권리 부재	· 핵심기술로 구성된 신청기술들은 각각 반능동형 제어 기술이 접목된 하나의 판토그래프 제작으로 묶어 진행함으로써 선행기술 대비 차별성 및 진보성이 뛰어나 권리확보가 가능
회 피 전 략	
문 제 점	**해 결 방 안**
· 집전능력 향상 기술을 위해 탄성도 측정기술을 적용하고 있으며 유선형 구조를 가진 팬 헤드 부착 기술 개발로 공력소음 저감에 활용	· 집전능력 향상을 위해 접촉력 및 아크 측정 등을 통한 성능검증을 수행하며 소음 발생에 기인하는 주요 부품에 대한 최적 설계 기술을 마련하는 측면에서 기존 특허기술과 회피 가능

4) 신청기술의 방어전략

- 신청기술의 사업화와 관련하여, 분쟁 가능성이 높은 특허에 대해서는 방어전략이 필요하며, 타사의 특허를 침해할 가능성이 있는 경우에는 사전에 타사 특허에 대한 대응방안을 마련

선행특허기술명	방어전략
P-3 탄소 코팅이 적용된 탄소섬유층(CARBON FIBER LAYER WITH CARBON COATING)	· 탄소소재를 접목하는 코팅기술에 해당됨에 따라 본 과제에서 검토하는 복합소재를 적용한 상부암 제작과는 차별성 존재
P-16 공력소음 저감을 위한 팬 헤드 부착물을 구비하는 고속 열차용 판토그래프 (Pantograph for high-speed train provided with pan head attachment for reducing aerodynamic noise)	· 팬 헤드 이외에도 상부암, 관절장치, 집전판 등 소음 발생에 기인하는 요소부품에 대한 최적 설계 기술을 마련하는 측면에서 차별화

2) 타사가 보유한 선행 특허와의 침해 문제를 해결하기 위한 전략을 서술. 특허분쟁 가능성이 보이는 특허가 인용문헌으로 검색될 경우 검색특허가 현재 유효하게 존속하고 있는지를 검토하고(존속기간, 연차료), 분쟁 가능성의 정도를 “관련도”로 나타냄(존속 여부와 함께, 사업화국가 vs 등록국가, 신청기술 vs 청구범위를 비교).

3.6 투자계획

가. 투자 규모

- 총 66.70억 원/4년 중 정부출연금 50.02억 원(75%) 대비 민간부담금 16.68억 원(25%)으로 구성된 정부주도 사업추진

<표 VII-30> 총 투자계획_판토그래프

(단위 : 억 원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	총계
정 부	-	9.00	14.02	18.00	9.00	-	50.02
민 간	-	3.00	4.68	6.00	3.00	-	16.68
합 계	**-**	**12.00**	**18.70**	**24.00**	**12.00**	**-**	**66.70**

나. 소요 재원

- 판토그래프 부품개발을 위한 연구개발 소요재원은 전체 소요재원 중 연구개발비가 100%로 66.7억 원을 소요

<표 VII-31> 연구활동별 집행기준_판토그래프

(단위: 억 원)

구분		총사업비				비율
대항목	소항목	국고	지방비	민간	합계	
1. 연구개발		50.02	-	16.68	66.7	100.0%
2. 연구시설 및 장비	시설	-	-	-	-	-
	장비	-	-	-	-	-
3. 기타(Feedback R&D 포함)		-	-	-	-	-
합계		**50.02**	**-**	**16.7**	**66.7**	**100.0%**

다. 소요 예산 산출근거

핵심기술별 연구개발비

- 구성기술별 연구개발비 내역은 다음과 같음

〈표 VII-32〉 핵심기술별 연구개발비_판토그래프

(단위 : 억 원)

과제명	구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	총계
고속 철도용 반능동형 팬터그래프 개발	판토그래프 구조 경량화 기술	정 부	-	3.50	5.62	7.20	3.50	-	19.82
		민 간	-	1.20	1.88	2.40	1.20	-	6.68
		소 계	-	4.70	7.50	9.60	4.70	-	26.50
	증련에 따른 집전 성능 향상 기술	정 부	-	1.40	2.10	2.70	1.40	-	7.60
		민 간	-	0.50	0.70	0.90	0.50	-	2.60
		소 계	-	1.90	2.80	3.60	1.90	-	10.20
	소음 저감 기술	정 부	-	1.40	2.10	2.70	1.40	-	7.60
		민 간	-	0.50	0.70	0.90	0.50	-	2.60
		소 계	-	1.90	2.80	3.60	1.90	-	10.20
	고내구성 및 내마모성 집전판 설계 기술	정 부	-	2.70	4.20	5.40	2.70	-	15.00
		민 간	-	0.80	1.40	1.80	0.80	-	4.80
		소 계	-	3.50	5.60	7.20	3.50	-	19.80
합 계			-	12.00	18.70	24.00	12.00	-	66.70

라. 소요인력

- 1차년도에는 기본설계, 2차년도에는 상세설계 및 시작품 제작, 3차년도에는 시제품 제작 및 성능시험, 4차년도는 실제 차량에 장착하여 신뢰성을 시험하는 절차로 진행
- 3차년도에 과제의 성공을 결정하는 설계 및 시작품 제작이 진행되므로 인력을 가장 많이 투입하며, 4차년도에는 시험결과에 따라 부품을 수정·보완하고 지속적인 모니터링에 필요한 소요 인력 반영

<표 VII-33> 소요 인력 및 참여율_판토그래프

(단위: M/Y, %)

과제	핵심구성기술	직급	2020		2021		2022		2023		2024		2025		합계 (명)
			투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	
1-3	판토그래프 구조 경량화 기술	책임연구원	-	-	2	30%	3	40%	3	40%	2	30%	-	-	10
		선임연구원	-	-	5	30%	4	30%	4	50%	5	30%	-	-	18
		연구원	-	-	2	20%	5	40%	5	50%	2	20%	-	-	14
		소계	-	-	9	-	12	-	12	-	9	-	-	-	42
	중련에 따른 집전 성능 향상 기술	책임연구원	-	-	1	35%	1	30%	1	40%	1	35%	-	-	4
		선임연구원	-	-	1	30%	1	35%	3	30%	1	30%	-	-	6
		연구원	-	-	1	40%	4	30%	4	20%	1	40%	-	-	10
		소계	-	-	3	-	6	-	8	-	3	-	-	-	20
	소음 저감 기술	책임연구원	-	-	1	35%	1	30%	1	40%	1	35%	-	-	4
		선임연구원	-	-	1	30%	1	35%	3	30%	1	30%	-	-	6
		연구원	-	-	1	40%	4	30%	4	20%	1	40%	-	-	10
		소계	-	-	3	-	6	-	8	-	3	-	-	-	20
	고내구성 및 내마모성 집전판 설계 기술	책임연구원	-	-	1	0.3	2	0.4	3	0.4	1	0.3	-	-	7
		선임연구원	-	-	2	0.35	4	0.4	3	0.45	2	0.35	-	-	11
		연구원	-	-	4	0.3	2	0.3	5	0.3	4	0.3	-	-	15
		소계	-	-	7	-	8	-	11	-	7	-	-	-	33
연도별 합계			**-**	**-**	**22**		**5**		**39**		**22**		**-**	**-**	**115**

3.7 파급 효과

(시장경제적) 국산화 개발을 통한 수입대체 및 유지보수 시장 진출

- 고속철도용(200km/h 급) 간선형 및 전동차용 판토그래프 생산기술 개발을 통해 가격 경쟁력 확보 및 국내외 시장 진출 가능

  - 신규시장매출액: 약 259억원, 연간 약 17.3억원(판토그래프)

  - 유지보수매출액: 약 259억원, 연간 약 17.3억원(판토그래프)

  - 유지보수매출액: 약 516억원, 연간 약 21억원(집전판)

  ※ 출처: 철도차량 및 주요부품 중장기 구매계획 알림, 국토부 철도운행안전과-3214

  ※ 철도차량부품_공급다변화를_위한_기술개발_설명회_발표자료, 한국철도공사, 2017

(과학기술적) 경량화되고 중련운전이 가능한 100% 국산화 기술 개발

- 경량의 판토그래프 개발적용으로 인해 안전한 집전이 가능하고, 전차선과 판토그래프간의 아크 발생이 적어 효율적인 유지보수 가능

  - 유연한 열차 편성으로 운영비 절감 가능

(사회문화적) 운행안전성 및 신뢰성 확보로 국민안전에 기여

- 판토그래프의 무게를 줄여 외부 환경적 요인에 따른 기구적인 안정성을 확보하며, 열차의 속도와 관계된 제약 조건을 해결할 수 있으며, 외부환경에 의한 파손 예방으로 열차 안전에 기여 가능

- 판토그래프의 공력소음 저감(3 dB)으로 승객의 승차감(소음) 개선

3.8 유사·중복성 검토 및 연계추진 방안

가. 유사과제 현황

No.	과제기간	부처명	사업명	내역사업명	과제명
1	2006	과학기술 정보통신부	한국철도기술연구원 연구운영비지원	-	철도시스템 성능향상 기술연구
2	2005	과학기술 정보통신부	한국철도기술연구원 연구운영비지원	-	철도 시스템 선진화 기술 연구
3	2009~2011	산업통상 자원부	한국철도기술연구원 연구운영비지원	편리성 및 고속화 기술개발	고속화 차량 인프라 인터페이스 기반기술 개발
4	2012~2015	국토교통부	미래철도 기술개발사업	-	고속열차용 저소음/저저항 판토그래프 공력설계 기술 및 풀스케일 판토그래프 형상 개발
5	2015~2017	과학기술 정보통신부	한국철도기술연구원 연구운영비지원	세계시장 선도형 첨단고속철도 및 인프라 개발	경량 저소음 판토그래프 개발
6	2016~2017	과학기술 정보통신부	한국철도기술연구원 연구운영비지원	기술이전 및 실용화 촉진을 위한 산업계 연계 기술 개발	다기능 Vision 기반 집전상태 검측기술 실용화 연구
7	2017~2019	과학기술 정보통신부	한국철도기술연구원 연구운영비지원	세계시장 선도형 첨단고속철도 및 인프라 개발	차세대 주행추진 시스템 핵심기술개발

나. 차별성 및 연계 추진방안

- 본 연구개발 과제에서는 동력분산식 고속철도차량의 반능동형 제어기술을 적용하여 중련 운행 시 선행 차량과 후행 차량의 압상력을 개별적으로 제어함으로써 후행 차량의 가선 파동 영향에도 집전 성능을 확보할 수 있도록 개발하고자 하는 연구로 중복성은 없음

  - 기존 연구된 기술을 토대로 동력분산식 고속철도차량의 판토그래프 구조 경량화 기술, 반능동형 제어기술, 소음 저감 기술 등 기존의 연구와는 기술의 차별성이 있음

<표 VII-34> 국내 유사과제와의 차별성 및 연계방안(판토그래프)_1/7

본 사업 과제명	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발		
기존 유사과제명	철도시스템 성능향상 기술연구('06)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 고속선 판토그래프 정적 및 동적시험절차 수립	■ 동력분산식 고속철도용 반능동형 판토그래프 설계 및 제작	■ 동력분산식 고속철도차량의 구조 경량화 기술, 반능동형 제어기술, 소음 저감 기술 확보 차원에서 차별성 존재
과제규모	■ 28.5억원	■ 66.70억원	-
관련부처	■ 과학기술정보통신부	■ 국토교통부	-
TRL단계	■ 1~2단계(기초연구)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ 고속차량 소음/진동 저감 방안 및 저감 기준치 제시	■ 공력 성능 최적화를 위한 경량화 설계 및 소재 적용을 통한 반능동형 판토그래프 개발	■ 국내 고속용 반능동형 판토그래프 개발 ·공력 성능 최적화를 위한 경량화 설계 및 경량화 소재 적용 ·판토그래프 제어 FCB(Force control unit) 및 공압 제어 유니트 개발
기존 기술과의 연계방안	■ 고속차량 판토그래프 개발을 위한 소음/진동 저감 기술 연계 검토		

<표 VII-35> 국내 유사과제와의 차별성 및 연계방안(판토그래프)_2/7

본 사업 과제명	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발		
기존 유사과제명	철도 시스템 선진화 기술 연구('05)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 판토그래프 공장성능평가(안) 도출, 판토그래프 개발을 위한 시험 성능평가 시험기술 연구	■ 동력분산식 고속철도용 반능동형 판토그래프 설계 및 제작	■ 동력분산식 고속철도차량의 구조 경량화 기술, 반능동형 제어기술, 소음 저감 기술 확보 차원에서 차별성 존재
과제규모	■ 33.8억원	■ 66.70억원	-
관련부처	■ 과학기술정보통신부	■ 국토교통부	-
TRL단계	■ 1~2단계(기초연구)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ 판토그래프 공장성능평가(안) 도출 및 액티브 제어 판토그래프/전차선로 상호작용 해석용 프로그램 개발	■ 공력 성능 최적화를 위한 경량화 설계 및 소재 적용을 통한 반능동형 판토그래프 개발	■ 국내 고속용 반능동형 판토그래프 개발 ·공력 성능 최적화를 위한 경량화 설계 및 경량화 소재 적용 ·판토그래프 제어 FCB(Force control unit) 및 공압 제어 유니트 개발
기존 기술과의 연계방안	■ 판토그래프 성능평가 기준 및 상호작용 해석 프로그램 적용성 검토		

<표 VII-36> 국내 유사과제와의 차별성 및 연계방안(판토그래프)_3/7

본 사업 과제명	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발		
기존 유사과제명	고속화 차량 인프라 인터페이스 기반기술 개발('09~'11)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 초고속용 판토그래프 집전판 및 전차선로 핵심부품의 성능평가 기술 확보	■ 동력분산식 고속철도용 반능동형 판토그래프 설계 및 제작	■ 동력분산식 고속철도차량의 구조 경량화 기술, 반능동형 제어기술, 소음 저감 기술 확보 차원에서 차별성 존재
과제규모	■ 12억원	■ 66.70억원	-
관련부처	■ 산업통상자원부	■ 국토교통부	-
TRL단계	■ 1~2단계(기초연구)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ 400km/h 고속화에 대응한 차량 인프라 인터페이스 핵심 문제 해결을 위한 해석기술 및 현장시험기술 확보	■ 공력 성능 최적화를 위한 경량화 설계 및 소재 적용을 통한 반능동형 판토그래프 개발	■ 국내 고속용 반능동형 판토그래프 개발 ·공력 성능 최적화를 위한 경량화 설계 및 경량화 소재 적용 ·판토그래프 제어 FCB(Force control unit) 및 공압 제어 유니트 개발
기존 기술과의 연계방안	■ 고속철도용 차량 인프라 간 인터페이스 연계 및 해석기술 적용성 검토		

<표 VII-37> 국내 유사과제와의 차별성 및 연계방안(판토그래프)_4/7

본 사업 과제명	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발		
기존 유사과제명	고속열차용 저소음/저저항 판토그래프 공력설계 기술 및 풀스케일 판토그래프 형상 개발('12~'15)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 고속열차용 판토그래프의 공력소음과 공기저항 데이터베이스를 구축 및 공력성능 검증	■ 동력분산식 고속철도용 반능동형 판토그래프 설계 및 제작	■ 동력분산식 고속철도차량의 구조 경량화 기술, 반능동형 제어기술, 소음 저감 기술 확보 차원에서 차별성 존재
과제규모	■ 26억원	■ 66.70억원	-
관련부처	■ 국토교통부	■ 국토교통부	-
TRL단계	■ 3~4단계(기본 성능실험)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ 고속열차용 저소음, 저저항 판토그래프 공력설계 기술 확보 및 풀스케일 판토그래프 형상 모델의 시험 검증(공기저항 10% 감소)	■ 공력 성능 최적화를 위한 경량화 설계 및 소재 적용을 통한 반능동형 판토그래프 개발	■ 국내 고속용 반능동형 판토그래프 개발 ·공력 성능 최적화를 위한 경량화 설계 및 경량화 소재 적용 ·판토그래프 제어 FCB(Force control unit) 및 공압 제어 유니트 개발
기존 기술과의 연계방안	■ 고속철도용 저소음, 저저항 판토그래프 공력설계 기술 적용성 검토		

<표 VII-38> 국내 유사과제와의 차별성 및 연계방안(판토그래프)_5/7

본 사업 과제명	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발		
기존 유사과제명	경량 저소음 판토그래프 개발('15~'17)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 경량 저소음 판토그래프 개발(집전판 소재개발 제외)	■ 동력분산식 고속철도용 반능동형 판토그래프 설계 및 제작	■ 동력분산식 고속철도차량의 구조 경량화 기술, 반능동형 제어기술, 소음 저감 기술 확보 차원에서 차별성 존재
과제규모	■ 13.6억원	■ 66.70억원	-
관련부처	■ 과학기술정보통신부	■ 국토교통부	-
TRL단계	■ 5~6단계(시작품)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ 프랑스 CX 판토그래프 대비 성능(경량화, 소음) 동등 이상 부품 개발 ■ 적용차량 : KTX-산천 혹은 KTX	■ 공력 성능 최적화를 위한 경량화 설계 및 소재 적용을 통한 반능동형 판토그래프 개발	■ 국내 고속용 반능동형 판토그래프 개발 ·공력 성능 최적화를 위한 경량화 설계 및 경량화 소재 적용 ·판토그래프 제어 FCB(Force control unit) 및 공압 제어 유니트 개발
기존 기술과의 연계방안	■ 프랑스 CX 판토그래프 성능(경량화, 소음) 검증결과 및 설계기술 검토		

<표 VII-39> 국내 유사과제와의 차별성 및 연계방안(판토그래프)_6/7

본 사업 과제명	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발		
기존 유사과제명	다기능 Vision 기반 집전상태 검측기술 실용화 연구('16~'17)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ Vision 기반 차상 집전상태 다기능 검측 시스템 실용화	■ 동력분산식 고속철도용 반능동형 판토그래프 설계 및 제작	■ 동력분산식 고속철도차량의 구조 경량화 기술, 반능동형 제어기술, 소음 저감 기술 확보 차원에서 차별성 존재
과제규모	■ 3.1억원	■ 66.70억원	-
관련부처	■ 과학기술정보통신부	■ 국토교통부	-
TRL단계	■ 5~6단계(시작품)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ Vision 기반 기술의 융합을 통해 집전상태 검측시스템개발	■ 공력 성능 최적화를 위한 경량화 설계 및 소재 적용을 통한 반능동형 판토그래프 개발	■ 국내 고속용 반능동형 판토그래프 개발 ·공력 성능 최적화를 위한 경량화 설계 및 경량화 소재 적용 ·판토그래프 제어 FCB(Force control unit) 및 공압 제어 유니트 개발
기존 기술과의 연계방안	■ 판토그래프 집전상태 검측시스템 연계 활용성 검토		

〈표 Ⅶ-40〉 국내 유사과제와의 차별성 및 연계방안(판토그래프)_7/7

본 사업 과제명	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발		
기존 유사과제명	차세대 주행추진 시스템 핵심기술개발('17~'19)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 경량 저소음 판토그래프 개발 (집전판 소재개발 제외)	■ 동력분산식 고속철도용 반능동형 판토그래프 설계 및 제작	■ 동력분산식 고속철도차량의 구조 경량화 기술, 반능동형 제어기술, 소음 저감 기술 확보 차원에서 차별성 존재
과제규모	■ 27억원	■ 66.70억원	-
관련부처	■ 과학기술정보통신부	■ 국토교통부	-
TRL단계	■ 5~6단계(시작품)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ 세계 최고수준 판토그래프(CX) 대비 소음 3dB 저감	■ 공력 성능 최적화를 위한 경량화 설계 및 소재 적용을 통한 반능동형 판토그래프 개발	■ 국내 고속용 반능동형 판토그래프 개발 ·공력 성능 최적화를 위한 경량화 설계 및 경량화 소재 적용 ·판토그래프 제어 FCB(Force control unit) 및 공압 제어 유니트 개발
기존 기술과의 연계방안	■ 프랑스 CX 판토그래프 소음 저감을 위한 설계 및 평가해석 기술 검토		

다. 선행사업 핵심기술과의 연계성 검토

- 국토교통부 철도기술 연구개발사업을 통해 확보한 핵심기술을 기반으로 본 사업 개발부품 구성기술과의 연계방안을 검토

  - 기존, 판토그래프 공기저항 기술, 공력소음 저감 및 집전상태 검측 기술을 접목하여 판토그래프 공력성능 최적화를 위한 경량화 설계기술 등에 활용 및 연계 가능

※ 기존 사업의 핵심기술과 본 연구개발 사업 부품별 구성기술간의 연계는 제7장 「세부기술 개발계획」 내 제4절 「3.통합로드맵」 참조

〈표 Ⅶ-41〉 선행사업 핵심기술 연계(판토그래프)

본 사업 과제명	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발
기존 유사과제명	KTX 판토그래프 개발('06~'10)
핵심 기술명	판토그래프 공기저항 기술, 공력소음 저감 기술 및 집전상태 검측 기술
▼	
본 과제 구성 기술명	판토그래프 공력성능 최적화를 위한 경량화 설계기술
기존 기술과의 연계방안	■ 판토그래프 공력성능 최적화를 위한 경량화 설계기술, 경량화 소재 기술, 반 능동형 제어를 위한 판토그래프 제어유니트 설계기술개발에 연계

4. 고속철도용 전두부 해치시스템 개발

4.1 연구개발 배경 및 필요성

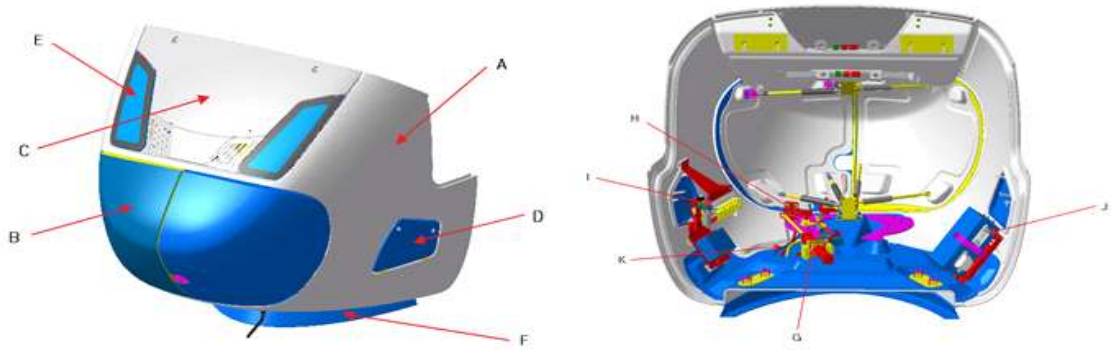
가. 기술의 정의

해치시스템 정의

- 부품의 기능 및 역할

  - 고속차량 동력차 전방의 노즈부에 위치하여 해치 커버의 개폐 동작과 함께 중련연결 운행을 위한 제어 기능을 수행하는 해치모듈 및 제어기

  - 노즈링부, 해치커버, 중앙/사이드 점검 커버 및 하부 스포일러 등의 구조적인 부분과 공압실린더, 전조등부, 공압제어장치 및 제어기 등으로 구성



〈그림 VII-57〉 해치 시스템 구성

〈표 VII-42〉 해치 시스템 구성품 목록

구분	품명	재질	구분	품명	재질
A	노즈링부	GFRP	G	공압실린더	ASSY 품
B	해치커버	GFRP	H	잠금장치	STEEL
C	중앙점검커버	GFRP	I	공압제어장치	ASSY 품
D	사이드점검커버	GFRP	J	제어기	ASSY 품
E	전조등 부	GFRP+유리	K	기타연결부품	ASSY 품
F	하부스포일러	GFRP	-	-	-

● 핵심기술

- 해치 시스템 작동 간 공압/전기·전자를 동시에 컨트롤하는 통합 제어 기술이 필요
- 고속 운행 간 차량의 공기 저항을 최소화하기 위해서 공기역학을 고려한 CAE 분석 Data를 기반으로 해치 커버 형상을 설계
- 커플러 돌출 상태에서의 중련연결 운행 간 닫힘 및 고속 운행 간 해치 열림을 방지하는 이중안전구조 설계
- 내구력 확보를 위한 작동 부(실린더 등) 방진 설계와 고속차량 진동 및 충격 특성을 고려한 구조 설계

● 중련 운행

- 기관차를 두 대 이상 연결하여 운행하는 방식



〈그림 VII-58〉 중련 연결 형상

나. 연구개발 배경

■ 현황 및 문제점

● 전두부 해치 시스템은 고도의 기술력이 요구되는 품목으로 국내 개발 경험 부족과 기술력의 한계로 전량 독일의 보이스(VOITH)사에서 수입

- 해치 시스템 구성품 단가는 제어기 약 0.31억원, 해치커버 약 0.26억원, 구동장치 약 0.09억 등 1 SET 당 0.65억원이 소요되며, 기존 KTX 46편성, KTX-산천 24편성, KTX-산천(호남) 22편성, KTX-산천(원강) 15편성에 해외수입품을 공급할 경우 139.1억원의 외화 유출 예상

※ 출처: 한국철도공사 '철도차량부품 공급 다변화를 위한 기술개발 설명회'

- 부품자체가 해외에서 수입되어 발주에서 입고까지 조달기간이 장기간 소요되고 있으며, 불필요한 재고보유 문제와 유지보수용 부품이 단종되는 경우도 빈번하게 발생

- 고장 시 원 제작사의 부품 수급이 늦어져 운영사의 고장 부품 수리에 많은 곤란을 겪고 있는 실정임

- 해치 시스템의 국산화를 통해 부품의 적기 조달과 품질 확보로 유지보수 비용 절감 및 외화 유출 방지을 방지하고 조속한 기술자립이 필요함

- 기술적 한계 및 문제점

  - 전기신호를 통한 공압 시스템 제어의 기술적 한계

  - 기계/전기/전자/유체공학 분야의 통합에 대한 기술적 한계가 있으며 제품 개발 시 현차 시험을 통하여 성능을 검증하여야 하나 시험 차량에 대한 확보에 어려움 있음

시사점

- 해외 업체가 전 세계 해치 시스템 시장을 선도하고 있으며 해외 철도 사업 영역 확대하면서 다양한 해치 시스템 개발에 나서고 있는 실정임

- 국내에서 철도 사업의 시장 규모는 점차 확대되는 추세이나 해치 시스템에 대한 개발 및 연구는 전무한 상황임

- 국내외에서 철도차량이 고도화 및 고속화 되면서 해치 시스템 수요가 증가

- 기존 차량의 해치커버 형상을 보다 공기역학적으로 최적화 하여 차량의 효율 및 내구성을 증대시키고 소음저감, 내부 구성품의 교체 횟수 감소로 차량의 경쟁력 확보

- 고속철도차량용 해치 시스템 개발이 성공할 경우 원천 기술 보유와 가격 경쟁력으로 국내 시장 및 해외 시장 진출이 가능할 것으로 판단되므로 시급한 추진이 필요

다. 연구개발 필요성

과학기술적 중요성

- 국내 최초의 고속철도 차량용 해치 시스템 개발을 통해 기존 선진국 주도의 시장에서 국내 기술로 재편 가능

  - 본 연구가 성공적으로 수행될 경우 기존의 수입품을 대체할 수 있는 고효율, 고내구성 및 저가격의 해치 시스템 상용화가 이루어짐과 동시에 해외 기술 종속에서 탈피가 가능

  - 고속철도 해치 시스템의 기술개발을 통해 도시철도 연결기, 화차 연결기 등의 설계, 제작 및 제어시스템에 기술적 파급효과가 직/간접적으로 발생할 것으로 예상되며, 이에 따라 철도산업의 기술경쟁력 재고 및 개발품에 대한 응용기술 확대를 기대함

시장경제적 필요성

- 고내구성 전두부 해치 시스템 국산화를 통한 신규시장 진출

  - 고속철도차량용 해치 시스템은 전량 수입에 의존하고 있어 모든 제조가 국외에서 이루어지며 높은 단가를 형성함

  - 국산화 시 국산화율은 90%이상으로 순수 국내 기술로 제작이 예상됨

  - 향후 2040년까지 신규차량 185편성이 예상되며, 편성당 2ea의 부품을 0.65억원 단가로 공급할 경우 240.5억원의 시장규모 예상

  ※ 출처: 철도차량 및 주요부품 중장기 구매계획 알림, 국토부 철도운행안전과-3214

- 기 도입된 고속차량용 해치 시스템 유지보수 시장 확보

  - KTX 46편성, KTX-산천 24편성, KTX-산천(호남) 22편성, KTX-산천(원강) 15편성에 국산화 제품 적용 가능

  ※ 출처: 한국철도공사 '철도차량부품 공급 다변화를 위한 기술개발 설명회'

- 해외 시장 진출을 통한 신규 수요 창출

  - 국내 기술로 제작된 해치 시스템의 해외 시장 판로 확보를 통한 기술력 선도 및 국가 경쟁력 상승

사회문화적 필요성

- 열차의 승차감, 안전운행, 효율 개선을 위해 고내구성 전두부 해치 시스템 국산화 개발 필요
  - 외부 환경에 대응할 수 있는 기술 개발을 통하여 내구성을 높이고 안전성을 향상시켜 열차 운영 효율 향상에 기여
  - 공력 및 소음 감소를 통해 열차의 승차감을 개선하여 승객의 만족도 향상
- 원천 기술 및 신뢰성 확보를 통한 국가 신인도 제고 및 국가 경쟁력 향상

4.2 국내외 시장 및 연구개발 동향

가. 국외 시장 및 연구개발 동향

- 국외 시장규모
  - 고속철도용에 적용되는 해치 시스템의 세계 시장은 보이스(VOITH)사와 델너(DELLNER)사가 양분하고 있음
  - 보이스(VOITH)사의 해치 시스템은 전 세계적으로 60%이상의 지배적인 점유율을 확보하고 있으며, 세계 고속철도 차량의 약46%를 점유하고 있는 중국, 약6%를 점유하고 있는 독일, 약2%를 점유하고 있는 한국 등에 적용



〈그림 VII-59〉 중국 고속차량 해치 시스템(VOITH사)



<그림 VII-60> 대만 고속차량 해치 시스템(VOITH사)



<그림 VII-61> 스위스 고속차량 해치 시스템(VOITH사)



<그림 VII-62> 독일 고속차량 해치 시스템(VOITH사)

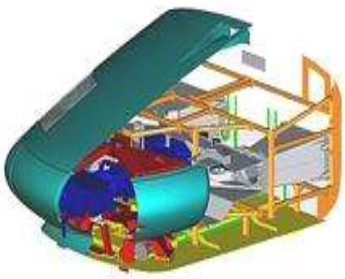


<그림 VII-63> 고속차량 해치 시스템(DELLNER사)

- 국가별 고속철도 사업 증가에 따라 해치 시스템의 수요도 급증하고 있으며, 중국 CRRC, 캐나다 봄바르디어, 프랑스 알스톰, 미국 GE 등 철도차량사는 달라도 해치 시스템은 대부분 보이스(VOITH)사와 델너(DELLNER)사의 제품을 사용하고 있어 부품 단위의 기술력 및 가격 경쟁력 확보로 시장진출이 가능한 분야임

- 독일 VOITH사 해치 커버 형상 연구

  - 독일 VOITH사에서는 고속 차량용 해치 커버의 경량화, 충격 흡수기능, 친환경적 제품 개발을 위해 지속적으로 연구 개발 중임



Front Covers

Front covers are being used more and more often for building highspeed trains. The have the advantage of being easily and quickly replaceable, reducing installation and repair consts as well as out-of-service times.

They are adapted to the requirements of aerodynamics and the vehicle appearance. They can be combined with the fitting of shock absorbing features, automatic rectractable couplers, nose flaps and the assicated operating gear. Minor impacts are cushioned without permanent deformation by the use of suitable materials and shaping.

<그림 VII-64> VOITH사 해치 커버 연구

나. 국내 시장 및 연구개발 동향

- 국내 시장규모

  - 국내의 경우 고속철도용 전두부 해치시스템은 독일의 보이스(VOITH)사에서 전량 수입되고 있으며, 그 시장규모는 국내고속철도 전량에 해당됨



Front End System Including Nose Flaps, KTX II, Korea

We were involved in the development of the Korean KTX II highspeed train from as early as the design phase. The individual components were sychronized with each other early in the process. The result, a system consisting of a front nose, type 10 coupling and controller, is impressive with perfect aerodynamic properties even at 350 km/h. Simple interfaces with the vehicle and the special design of the front nose enable rapid installation and make maintenance considerably easier.



Special Features

- The self-supporting structure of the front nose does not require a framework construction, it is lightweight and helps to significantly reduce engineering and production effort
- The front nose is delivered fully assembled and adjusted, it can be mounted on the vehicle with just a few bolts
- All components satisfy the stringent Korean fire prevention regulations

<그림 VII-65> 국내 KTX 해치 시스템(VOITH사)

  - 현재 전두부 해치 시스템의 수요는 꾸준히 증가되고 있으나 국내 원천기술 부재로 외화 유출이 큼

- 연구 개발 동향

  - 국내 해치 시스템에 대한 연구 개발은 전무한 상황이고, 향후 도입 예정인 HEMU 프로젝트에 적용될 해치 시스템 역시 독일 VOITH사의 제품을 고려중임



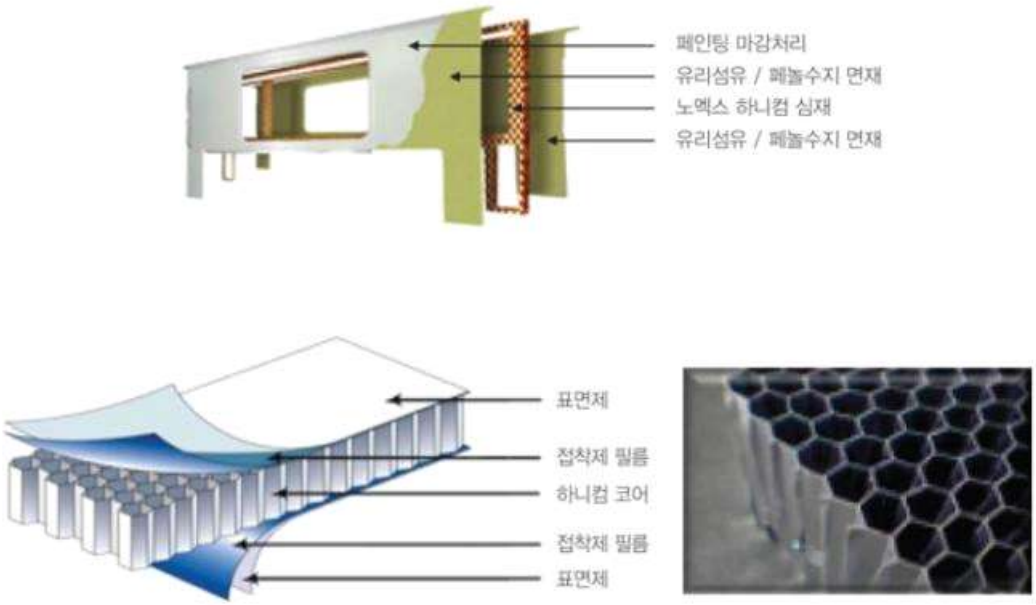
Front End System Including Nose Flaps HEMU 400, Korea:

Thrill of speed: Presently, the HEMU 400 undergoes thorough tests in South Korea. On the test track the highspeed train is supposed to reach more than 400 km/h. The intended series train, the next generation KTX, is planned to go into service in 2015, operating at a speed of more than 350 km/h.

A multiple stage energy absorption concept ensures highest safety: Damper and deformation tube in the coupler as well as additional frame-mounted deformation elements meet all the requirements of the EN 15227.

<그림 VII-66> HEMU-400 해치 시스템

- 해치 시스템의 구성품인 해치 커버의 내구강도 및 경량화를 위한 재질에 관한 연구는 국내에서 지속적으로 진행중



〈그림 VII-67〉 유리섬유강화플라스틱(GFRP) 구조

● 국내 시장동향

- 전 세계 고속철도시장에서 국내 기업의 시장 점유율은 매우 낮아 향후 세계시장의 점유율 높이기 위해서라도 다양한 부품에 대하여 국산화 기술개발로 제품 단가 인하와 품질 향상을 지속해야 됨

- 국내의 고속철도시장은 철도교통의 수요급증으로 신규 고속철도 구매에 따른 해치 시스템의 수요도 증가하는 추세이며, 국산화개발로 원가인하와 기술력을 확보하고, 향후 고속철도차량의 수출을 위해 부품산업의 경쟁력확보가 시급한 실정임

4.3 연구개발 범위

● 고속철도용 전두부 해치 시스템 설계 및 제작

- 고속철도 운행 간 공기저항을 최소화 하는 공기역학적 해치 커버 형상 설계

- 고내구성을 위한 높은 수준의 IP등급 구동장치(실린더 및 전동기) 설계

- 고효율 공압 회로 설계 및 동력 손실을 최소화 하는 기밀 설계

- 차량의 진동 및 충격에 강한 재질 선정 및 CAE 분석에 의한 구조 설계
- 열악한 환경조건(저온, 고온, 다습 등)에서의 제품 성능을 발휘하는 전자/공압 제어기 설계

● 개발품의 신뢰성 확보를 위한 시험인증

- 성능시험, 환경시험, 제어기 EMC/EMI 시험, 내구성 시험을 통한 제품 신뢰성 확보
- 실용화 및 해외진출을 위한 국내외 성능 인증 획득(기술기준 등)
- 실제 운행조건에서 성능검증을 위한 현차시험 실시(전자/공압 제어 기능, 해치 커버 개폐작동 및 비상 작동 등)

4.4 연구개발 내용

가. 연구개발 목표

● 고속철도용 해치 시스템(제어기, 해치커버, 구동장치) 국산화 개발 및 표준화를 통해 원천기술을 확보하며, 향후 국산화 적용으로 인한 수입대체효과, 원가절감효과, 안정적 부품 공급 및 유지보수성 증대로 국가 경쟁력 확보

나. 연구개발 핵심 내용

핵심(구성) 기술명	핵심(구성) 기술 주요내용
공기역학적 해치 커버 제작 기술	· 고속철도 운행 간 발생하는 공기 저항을 최소화는 Surface 형상 · 운행 간 전두부 공기압력으로부터 최대한 기밀을 유지하는 해치 커버/인터페이스 구조 · 복합재료 기술 – 외부 충격에 강한 고강도 재료 적용 – 철도차량 안전기준에 부합하는 화재 위험 등급 재료 적용
내구성능 향상 구동장치 개발	· 유해먼지 및 이물질로부터 보호 기능을 가진 구동장치 개발 · 고속철도차량 전두부의 진동 및 충격 특성 만족 · 마찰력을 최소화한 공압 실린더
고효율 전자/공압 제어 기술	· 공압 실린더 작동 부 및 배관 부에서 발생하는 에너지 손실을 최소화한 최적화된 공압 회로 · 국내 4계절 특성(고온, 저온)을 고려한 전자/공압 제어기 개발 · 보호 회로 및 Sensing 기술이 탑재된 PCB

다. 핵심 기술별 As-is/To-be

핵심 기술	As-is	To-be	현재 TRL	목표 TRL
공기역학적 해치 커버 제작 기술	공기 저항 저감 : 0%(기존 형상)	공기 저항 저감 : -3%(기존 대비)	TRL 4	TRL 8
	해치 커버 닫힘 시 유격 존재 : 진동, 소음, 이물질 유입 발생	해치 커버 닫힘 시 유격 해소 : Edge Rubber 적용으로 진동, 소음, 이물질 유입 감소	TRL 4	TRL 8
내구성능 향상 구동장치 개발	공압 실린더, 내구성 16,000회	스트록 보호커버 적용 공압 실린더, 내구성 20,000회(약 25%증대)	TRL 4	TRL 8
	공압 누설량 : 0.20bars 이하	공압 누설량 : 0.18bars 이하(약 10% 감소)	TRL 4	TRL 8
고효율 전자/공압 제어 기술	제어기 온도 특성 : -35℃ ~ 70℃	제어기 온도 특성 : -40℃ ~ 75℃	TRL 4	TRL 8

<표 VII-43> 수요처 요구사양 대비 목표사양

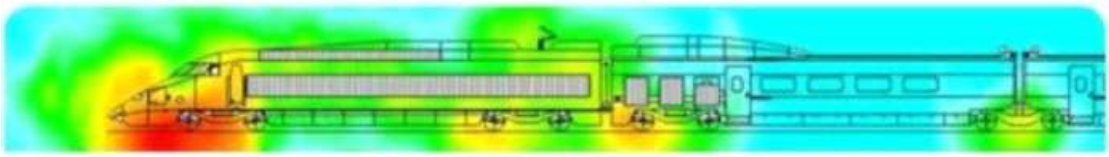
부품명	수요처 발주사양	본 사업 목표사양	비고
고속철도용 전두부 해치시스템	·최대평균열방출율 : MARHE ≤ 60 ·연기밀도 Ds(1.5 min) ≤ 100 Ds(4.0 min) ≤ 200 ·독성지수 : R ≤ 3.0	·최대평균열방출율 : MARHE ≤ 90 ·연기밀도 Ds(1.5 min) ≤ 100 Ds(4.0 min) ≤ 200 ·독성지수 : R ≤ 3.2	·열방출율 ≤ 30 ↑ ·R ≤ 0.2 ↑

라. 세부 기술 및 내용

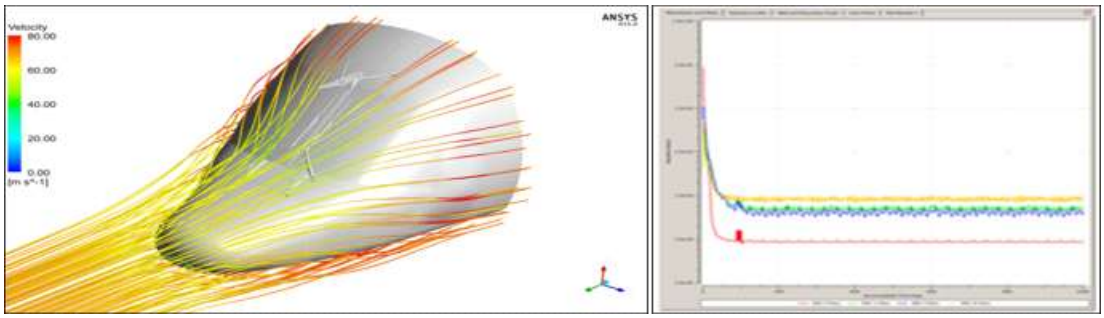
공기역학적 해치 커버 제작 기술

- 공기저항 저감 해치 커버 형상 적용

  - 고속철도차량 특성상 고속운행 시 공기와의 마찰이 가장 큰 부위는 전면부로 해치 커버 형상 최적화는 공기저항을 최소화하여 차량의 효율을 높이고 소음을 저감하는 핵심임

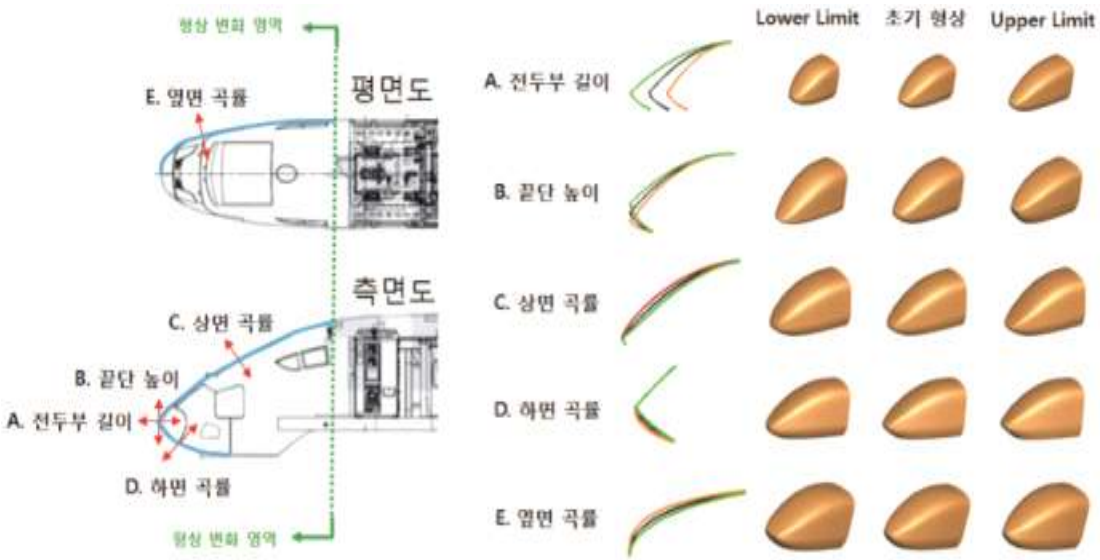


〈그림 VII-68〉 고속열차 소음 발생 주요 부위

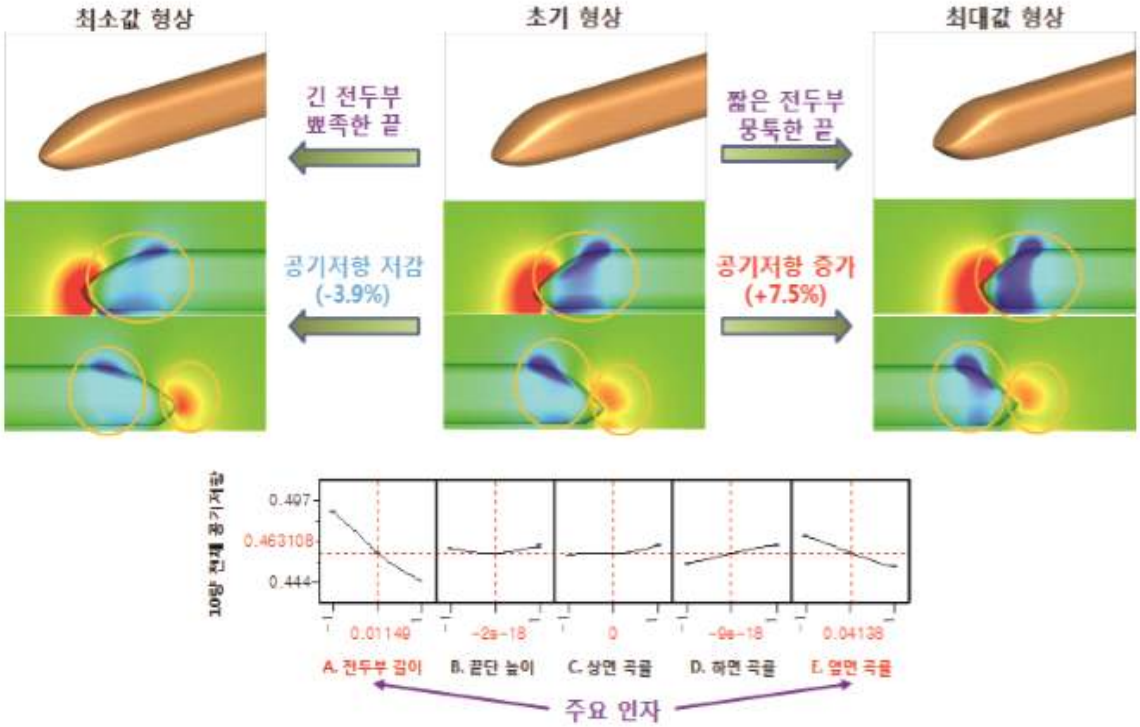


〈그림 VII-69〉 동체 주위 유속 분포 해석

  - 전두부 최적설계변수는 전두부 길이, 끝단 높이, 상면 곡률, 하면 곡율, 옆면 곡율이며, 각 변수의 변화에 따라 전두부의 3차원 형상이 결정됨



〈그림 VII-70〉 최적화를 위한 설계변수 및 해치 커버 형상

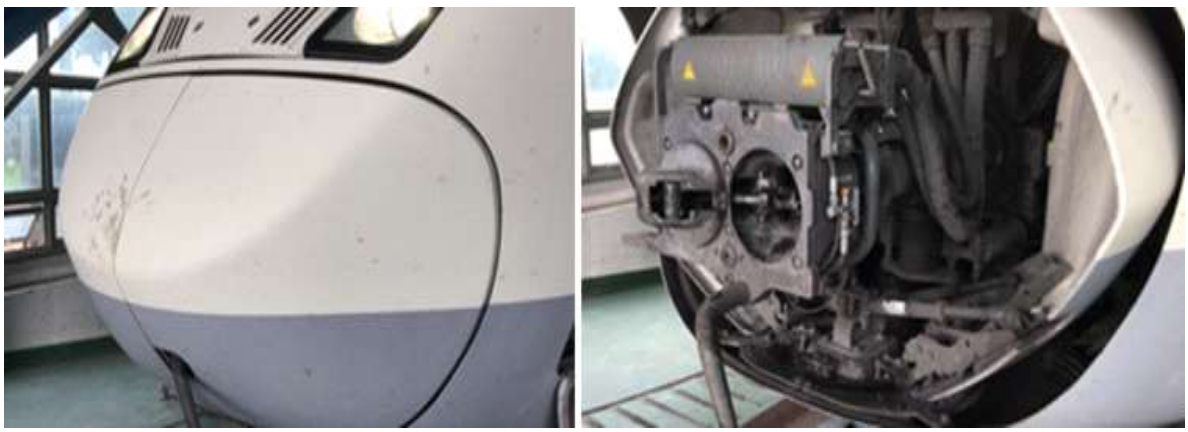


〈그림 VII-71〉 해치 커버 최적화에 따른 공기저항 분석

- 전두부 최적화 설계 시 기존 대비 약 3% 이상의 공기저항 저감 효과 발생하며 이는 열차의 속도에 따른 에너지소모와 직결

● 해치 커버 기밀 유지

- 해치 커버 구조간에 edge Rubber을 적용 하여 커버 간 유격 때문에 발생하는 진동과 소음을 차단하며 닫힘 시 틈새를 최소화하여 먼지 등 각종 이물질 유입 방지로 전두부 내에 장착된 구성품 보호 및 내구 수명 증대



〈그림 VII-72〉 해치 모듈 시스템 개폐 형상

● 복합 재료 기술

- 외부 충격에 강한 고강도 복합재 적용

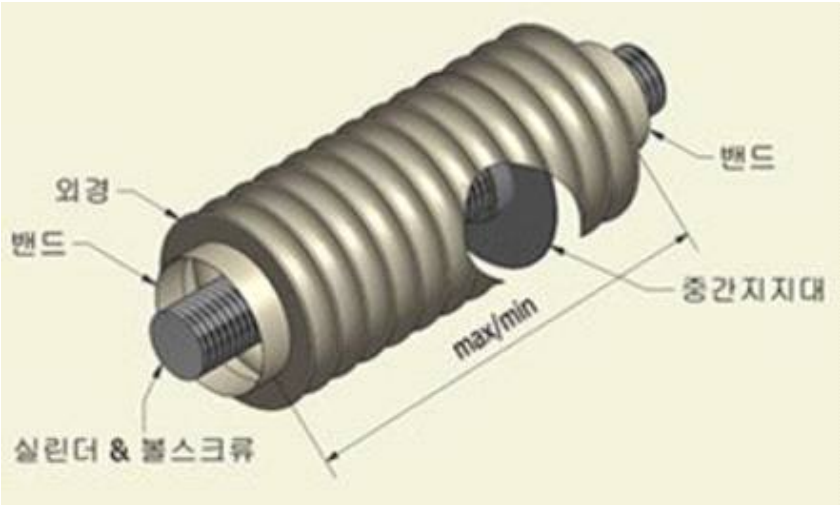
항목		기준
GFRP(Glass Fiber Reinforced Plastic)	인장	강도(MPa) ≥ 196
	굴곡	강도(MPa) ≥ 255
		강성(GPa) ≥ 12
	압축	강도(MPa) ≥ 216

- 철도차량 안전기준에 부합하는 화재 위험 4등급 복합재 적용

항목		기준
GFRP(Glass Fiber Reinforced Plastic)	최대평균열발열률	MARHS(Kw/m²) ≤ 60
	화염전파	CFE(Kw/m²) ≥ 15
	연기 밀도	Ds (1.5min) ≤ 100
		Ds (4min) ≤ 200
	독성 지수	R ≤ 3.0

내구성능 향상 구동장치 개발

● 스트록 보호커버가 적용된 실린더



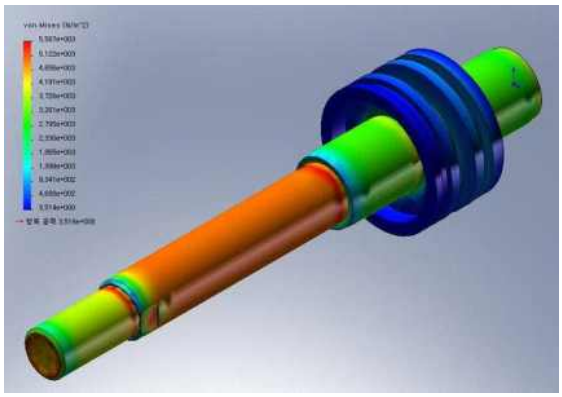
<그림 VII-73> 스크록 보호 커버 적용 형상

- 실린더 작동부에 유입되는 유해먼지 및 이물질은 내구수명 저하 및 고장의 원인이 됨에 따라 이를 보호할 수 있는 기술 필요

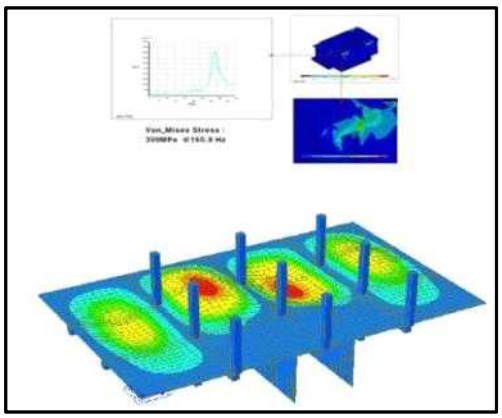
- 실린더의 작동 간 행정거리에 따른 수축/팽창이 가능한 스트록 보호커버의 개발로 실린더 보호 가능

● 전두부의 진동 및 충격 특성 만족(X, Y ,Z 축 정/역방향)

- 운행환경의 영향에 따라 진동 및 충격의 특성은 CAE 분석을 통해 확인하고 이를 고려한 재질 선정 및 구조 설계로 내구성능 확보



<그림 VII-74> 실린더 구조해석

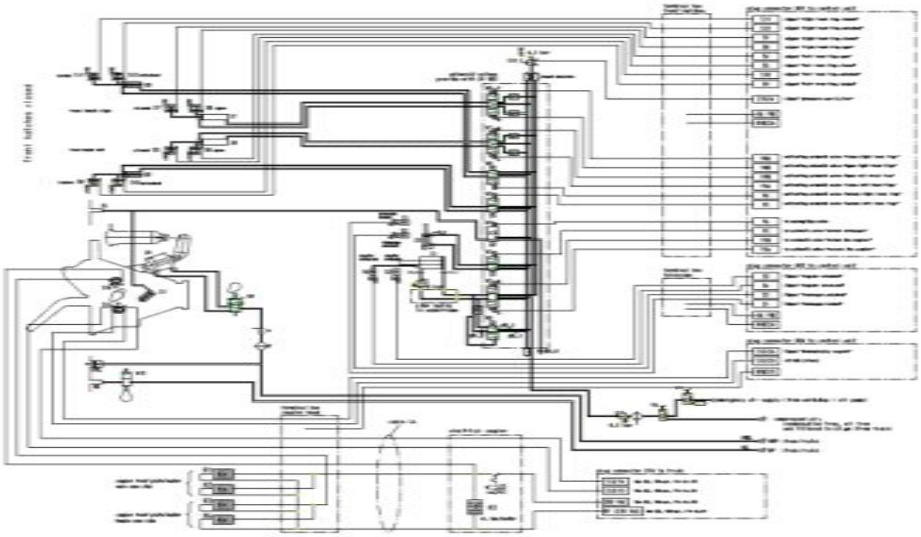


<그림 VII-75> 진동 해석

고효율 전자/공압 제어 기술

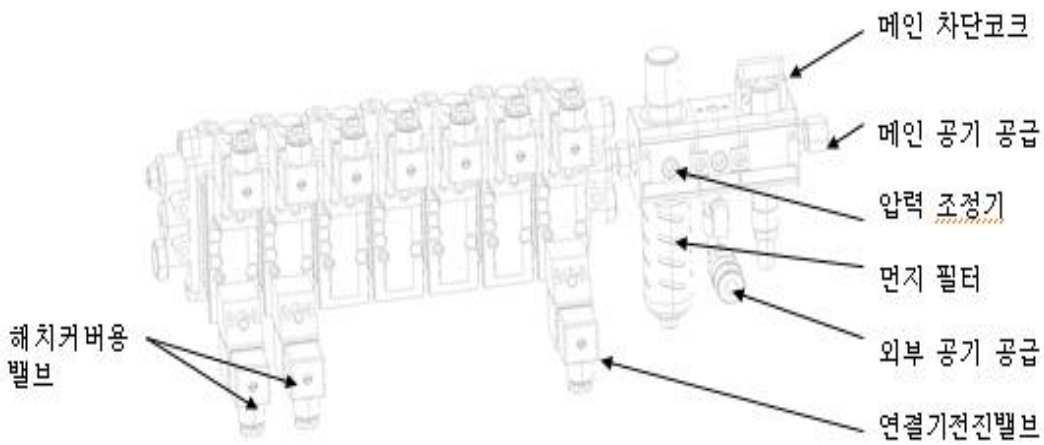
● 전자/공압 제어 회로 개발

- 최적화된 공압 배관 Line을 통해 에너지 손실 최소화하는 공압 제어 회로



<그림 Ⅶ-76> 제어 회로

- 공압 제어 장치 개발
  - 해치 커버 개폐작동 및 주요 구동장치를 제어하는 모든 공압 밸브가 포함되어 있으며 자동/수동 조작이 가능한 제어 장치

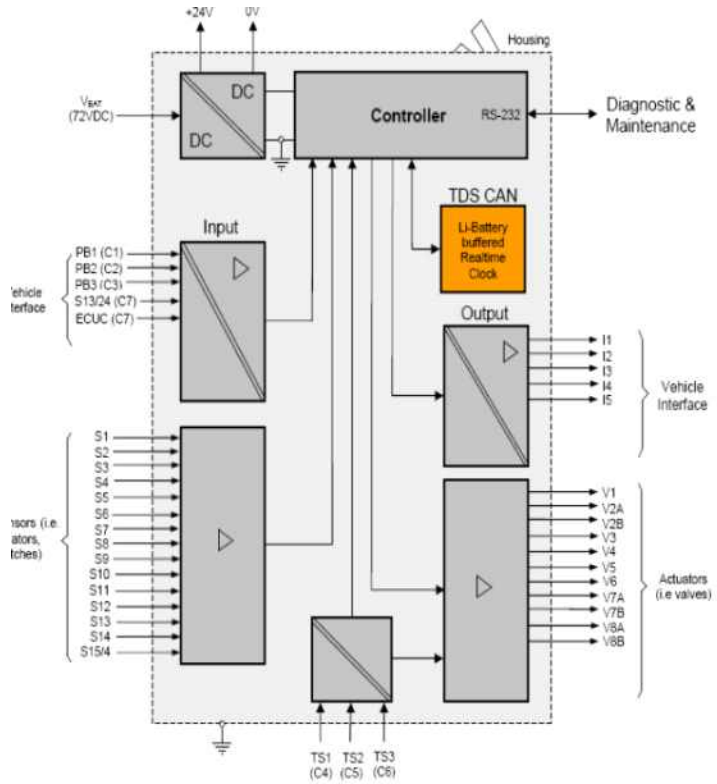


<그림 Ⅶ-77> 공압 제어 장치

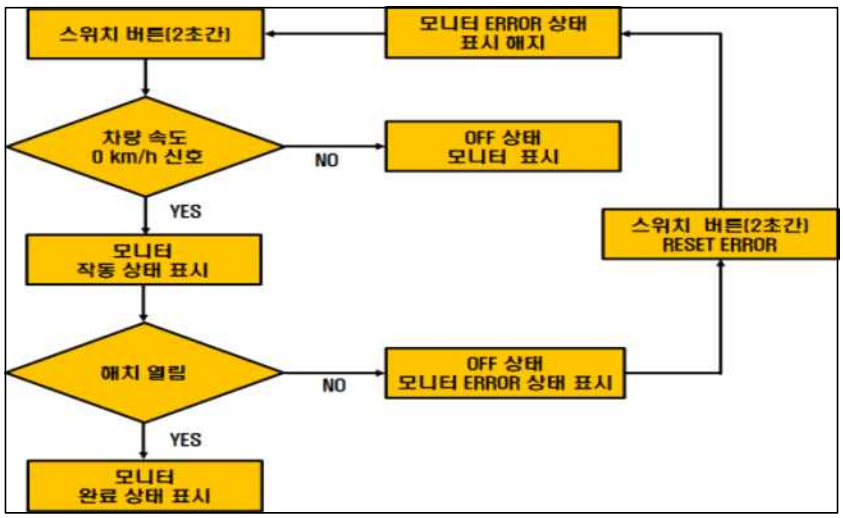
- 마찰력을 최소화한 공압 실린더
  - 해치 커버 작동에 필요한 최소한의 동력을 고려한 튜브의 내부 체적 설계(과잉 설계 지양)
- 보호 회로 및 Sensing 기술이 탑재된 인쇄회로기판(PCB)

- 입력 신호에 따른 작동 STEP간 개별 오작동을 감지할 수 있는 Sensing 회로 구성 및 프로그램 탑재

- 해치 시스템의 작동 상태를 확인하는 Sensing 회로, 이와 연계된 모니터링이 가능한 디스플레이 장치 개발



〈그림 VII-78〉 인쇄회로기판(PCB)



〈그림 VII-79〉 해치 모듈 시스템 작동 FLOW CHART

마. 연차별/단계별 수행 목표 및 내용

● 연차별 주요 연구내용

연차	기술 개발 목표	기술 개발 내용
1차년도	기본설계 상세설계	· 요구사항 정의 · CAE 분석 및 형상 설계 · 구동장치 및 공압제어장치 회로 설계 · 제어기 및 제어 전원장치 설계 · 실증 데이터 확보를 위한 인프라 구축 · 품질 신뢰성 및 성능 평가 방안 설립
2차년도	시제품 제작 신뢰성 평가	· 해치커버, 제어기, 구동장치 시제품 제작 · 성능시험, 환경시험, 내구성 시험 · 현차시험을 위한 인터페이스 조정
3차년도	현차 시험	· 실선로 4계절 현차 시험 · RAMS 분석 · 시험결과 모니터링 · 시스템 공정 표준화 정립 · ISO 품질관리 체계 인증, 성능 인증

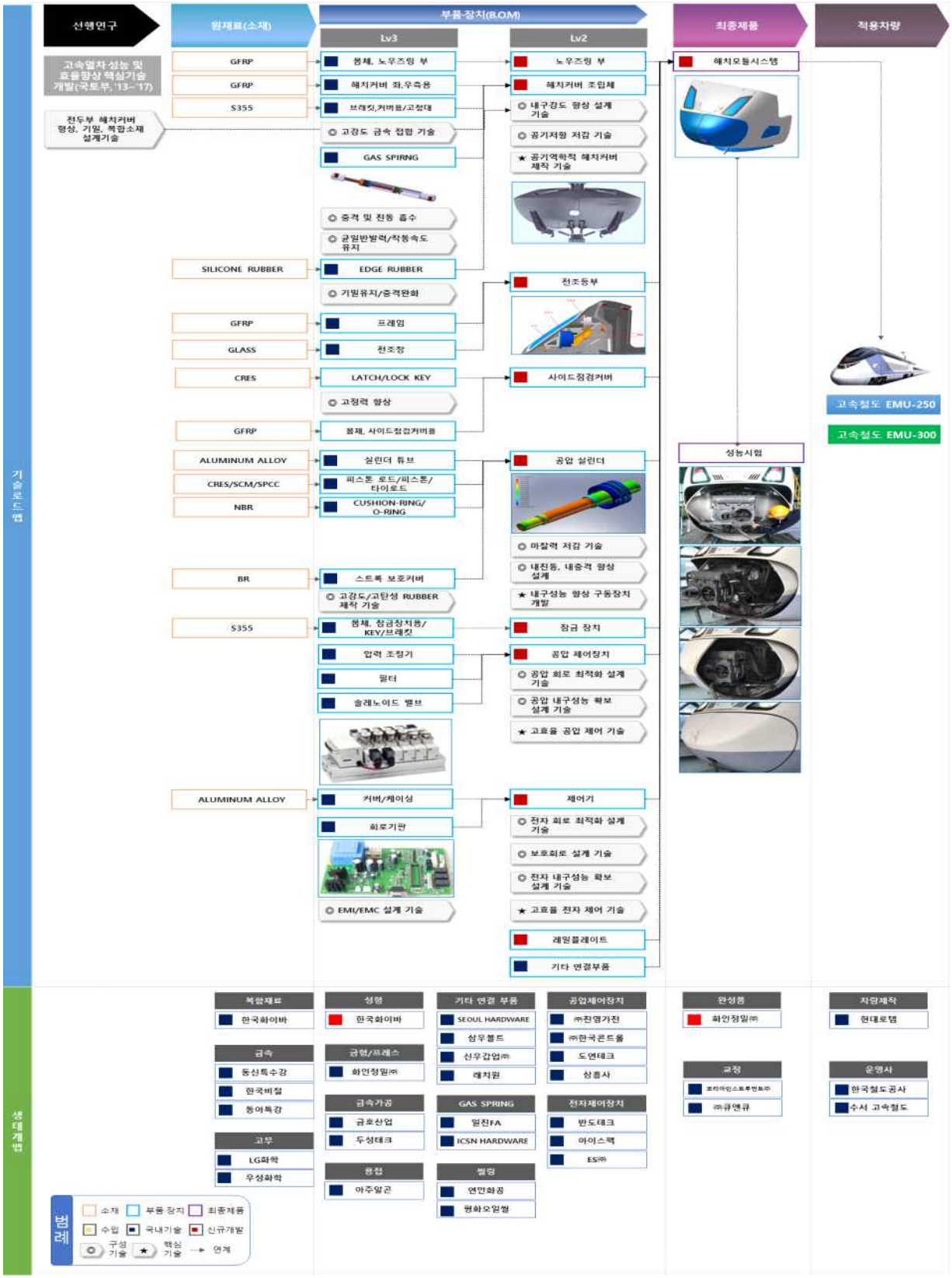
바. 수행 로드맵

● 각 핵심기술별로 연차별 연구개발 내용은 아래와 같음

- 1차년도 요구도 분석, 기본/상세 설계 및 품질보증 절차 확립
- 2차년도 시제품 제작 및 신뢰성 평가
- 3차년도 현차 시험 및 인증



〈그림 VII-80〉 수행 로드맵_전두부 해치 시스템



〈그림 Ⅶ-81〉 부품로드맵&산업생태계_전두부 해치 시스템

사. 핵심 기술 확보 전략

핵심(구성) 기술	핵심 기술 확보 전략					
	공공 협력	민간 협력	자체 개발	해외 도입	국내 도입	기타
공기역학적 해치 커버 제작 기술	◐	◐	●			
내구성능 향상 구동장치 개발	◐		●			
고효율 전자/공압 제어 기술	◐		●			

- 공공협력: 국가 또는 공공기관이 보유 중인 기술 및 인프라와 연계
- 민간협력: 타기업에서 보유 중인 기술 및 인프라와 연계
- 자체개발: 기업이 보유한 기술 및 인프라 활용
- 해외도입: 선진국 또는 해외 선도 기업이 보유중인 기술을 이전 받아 활용
- 국내도입: 국내 기업이 보유한 기술을 이전 받아 활용

4.5 사업화 및 자립화 전략

가. 기술개발 완료 후 시장 출시가 가능한 기술 및 제품

- (개별 부품 판매) 고속철도용 해치 시스템 시장에서 수입품을 국산화품으로 대체하여 원가 절감 및 수입대체 효과 등 파급효과가 클 것으로 예상

해치 커버	공압 제어장치	시스템 제어기
		

〈그림 VII-82〉 개발완료 후 출시 제품

- (신규 차량 보급) 국내외 신규 고속철도 차량에 적용 가능
- (유지보수 시장) 해치 커버를 포함한 개별 구성품들은 국내 유지보수품으로 적용 가능

나. 국내외 시험인증 전략

- 성능 기준 및 시험규격
  - 전두부 해치 시스템은 내구성, 환경, 재질, 기밀유지, 연결기와의 기계적 호환, 제어기기 전자파적합성 등에 대한 품질 확보 필요

순번	성능항목	기준	적용 기준 및 규격
1	해치커버 모듈 내구성능	· 해치커버 공력저항 · 공력특성 : $C_{DESIGN} \geq C_{MEASURE}$	KRTS VE Part 31 KS C IEC 61133 IEC 62498-1 IEC 14067
2	해치커버 개폐내구 성능	· 16,000 Cycles 시험 실시	
3	해치커버 모듈 내환경 성능	· 온도 : -25 ~ 85 ℃ · 습도 : 95% · 진동 및 충격 : 1종 B Class	IEC 60068-2 IEC 61373
4	해치커버 재질 성능	· 최대 평균열방출율(kW/m^2, @50kW/m^2) : ≤ 90 · 소화점 임계열류량(kW/m^2) : ≥ 10 · 독성지수(R) : ≤ 3.2	ISO 5660-1 ISO 5658-2 BS 6853 Annex B2
5	해치커버 기밀(Gas Leak)유지 성능	· 연기밀도(1.5 / 4.0 min) : ≤ 100 / ≤ 200	ASTM E 662
6	기계적 호환성	· 연결기 수평 최대 회전각 : ± 19.6° · 연결기 수직 최대 회전각 : ± 5.8°	KRTS-VE-Part 31
7	해치모듈 시스템 제어기기 전자파적합성	· 전도 : ≤ 99 dBuV/m · 방사 : ≤ 57 dBuV · 서지내성 : 레벨 3, B등급 · 접촉정전기방전 내성 : 레벨 3, B등급 · 기중정전기방전 내성 : 레벨 4, B등급 · 과도버스트 내성 – 레벨 3(전원), A등급 – 레벨 4(입출력 신호), A등급 · 전자파전도 내성(입출력신호) : 레벨 3, A등급 · 전자파방사 내성(표면단자) : 레벨 3, A등급	EN55011 IEC 62236-3-2 IEC 61000-4

● 인증 획득

- 고내구성 전두부 해치 시스템 인증은 국내·외 제품 인증과 시스템인증으로 구분할 수 있으며, 제품 인증의 경우 철도안전법의 안전품목 기술기준에 대한 인증이 필수적으로 요구되며, 시스템 인증의 경우 해외 수출 기반을 확보하기 위해 ISO/TS 22163 등 국제 철도 품질관리체계 인증 획득 필요

순번	인증 내용	인증 기관	기준	비고
1	성능인증(NEP, NET, EPC, K마크 등)	· 산업부 · 국토부 · 중기부 등	· 국내외 규격 및 성능 관련 자체 규격	임의인증(개발 제품에 대한 신기술, 신제품, 성능인증 등)
2	ISO 품질관리체계 인증	· 제3자 적합성인증기관	· ISO/TS 22163	임의인증(일반 산업 및 철도 부품 제작자 품질관리체계 인증)

다. 단계별 시장 진입 전략

● 고속철도용 해치 시스템 개발 완료 시 단계별 시장 진입 전략은 아래와 같음

구분	단기 전략	중장기 전략
출시 제품	해치 커버, 공압 제어장치	신규 철도 차량별 해치 시스템
진입 분야	국내 고속전철 TBO 분야	국내외 고속철도
타겟	현대로템, 코레일, SR 등	해외 시장

- 해치모듈의 출시 단계에서 기술 개발된 핵심 요소 공정을 세분화하고 모듈화 하여 국내 고속철도 차량에 적용

- 초기에는 내수시장을 중심으로 고속철도 및 준 고속철도 등의 고객을 발굴하고 중장기적으로 신규 고속철도 개발 차량에 적용함과 동시에 KOTRA 등 해외 공관 및 철도관련 전시회를 활용하여 해외시장 공략을 적극 추진

라. 지적 재산권 확보전략

핵심기술별 특성을 바탕으로 지적 재산권 확보 전략을 수립

- 공기역학적 해치 커버 제작 기술 전략
  - 철도의 고속운행시 공기와의 마찰이 가장 큰 전면부 해치 커버의 경우, 공기저항을 최소화하고 차량의 효율을 높일 수 있도록 동체 주위 유속 분포를 반영하고, 개폐시 커플러와의 인터페이스 여부를 고려하여 기술 확보
  - 전면부 해치 커버의 구조 틈새를 최소화하고 닫힘 상태에서는 기밀 유지를 통해 외부로부터 이물질이 유입되는 것을 방지하여 전두부 구성품 보호 및 내구 수명이 증대될 수 있도록 기술 마련
- 내구성능 향상 구동장치 개발 전략
  - 실린더 작동부에 유입되는 유해먼지 및 이물질은 내구수명 저하 및 고장의 원인이므로, 실린더의 작동시 스트록 보호커퍼의 개발함으로써 실린더 보호 기술 반영
  - 철도의 진동 및 충격 특성은 CAE 분석을 통해서 확인하고 이를 고려하여 내구성능을 확보
- 고효율 전자/공압 제어 기술 전략
  - 공압 실린더 내 피스톤 작동 시 발생하는 Risk를 최소화할 수 있도록 공압 회로 설계 및 O-rign/Seal 기술 개발
  - 해치 커버 작동에 필요한 최소한의 동력을 고려하여 마찰력을 최소화한 공압 실린더 기술 확보
  - 오작동이 발생한 작동 구간을 Sensing 하고 프로그램으로 확인할 수 있는 보호회로 및 Sensing 기술이 탑재된 PCB 기술 마련

1) 지식재산권 신청기술의 정의

순번	기술의 명칭	확보가능 특허	건수	등록시점
1	**공기역학적 해치 커버 제작 기술**	· 고속차량 운행 간 발생하는 공기 저항을 최소화는 Surface 형상 · 운행 간 전두부 공기압력으로부터 최대한 기밀을 유지하는 해치 커버/인터페이스 구조	2	2021년
2	**내구성능 향상 구동장치 개발**	· 유해먼지 및 이물질로부터 보호 기능을 가진 구동장치 개발 · 동력분산식 고속차량 전두부의 진동 및 충격특성 만족	2	2022년
3	**고효율 전자/공압 제어 기술**	· 공압 실린더 작동 부 및 배관 부에서 발생하는 에너지 손실을 최소화 한 최적화된 공압 회로 · 마찰력을 최소화한 공압 실린더	2	2023년
합계		–	**6**	–

2) 선행기술조사를 통한 차별성 검토

- 전두부해치 관련 특허동향 조사 결과를 토대로 등록특허 기준, 존속기간 유예 등을 고려, 해당 과제와 유사한 특허 1개를 도출하여 비교 분석 수행

선행특허 기술명	주요기술과의 차별성			본 기술과의 차별성
	1	2	3	
P-1 액티브 후드 리프트 시스템 (Active hood lift system)	●	○	○	철도차량의 충격 흡수 완화를 위한 액티브 후드 리프트 시스템 개발 기술로 최적 설계 기술을 접목한 해치 커버 제작 기술과는 차별

※ ○: 관련성 낮음, ◐: 일부 유사, ●: 차별성 높음

3) 보유 지적재산의 보강 전략

- 기존 전두부해치 관련 특허는 철도차량의 충격 흡수 완화를 위한 후드 리프트 기술이 개발되었으나 공기역학 및 내구성, 공압 제어 기술이 접목된 전두부 해치커버 제작과는 차별성 존재

보 강 전 략	
문 제 점	해 결 방 안
· 철도차량의 충격 흡수 완화를 위한 관련 기술이 일부 개발	· 철도차량의 충격 흡수 완화를 위해 공기역학 및 내구성, 공압 제어 기술 등이 접목된 전두부 해치커버 완성품을 제작함으로써 권리성 확보 가능

회 피 전 략	
문 제 점	해 결 방 안
· 철도차량의 충격 흡수 완화를 위한 관련 기술이 일부 개발	· 공기역학적 설계 및 내구성 향상 기술을 접목한 전두부 해치커버 특허는 부재한 실정으로 완성품 제작을 통한 권리성 확보 가능

4) 신청기술의 방어전략

- 신청기술의 사업화와 관련하여, 분쟁 가능성이 높은 특허에 대해서는 방어전략이 필요하며, 타사의 특허를 침해할 가능성이 있는 경우에는 사전에 타사 특허에 대한 대응방안을 마련

선행특허기술명	방어전략
P-1 액티브 후드 리프트 시스템(Active hood lift system)	· 철도차량 주행 시 충격 흡수 및 완화를 위한 설계 기술이라는 측면에서 일부 관련 기술이 존재하고 있으나 전두부 해치커버 관련 제작기술과는 차별화

4.6 투자계획

가. 투자 규모

- 총 60.50억 원/3년 중 정부출연금 45.30억 원(75%) 대비 민간부담금 15.20억 원(25%)으로 구성된 정부주도 사업추진

<표 VII-44> 총 투자계획_전두부 해치 시스템

(단위 : 억 원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	총계
정 부	-	-	11.70	17.70	15.90		45.30
민 간	-	-	3.90	5.90	5.40		15.20
합 계	**-**	**-**	**15.60**	**23.60**	**21.30**		**60.50**

나. 소요 재원

- 연구활동별 집행기준은 다음과 같음

<표 VII-45> 연구활동별 집행기준_전두부 해치 시스템

(단위: 억 원)

구분		총사업비				비율
대항목	소항목	국고	지방비	민간	합계	
1. 연구개발		45.30	-	15.20	60.50	100%
2. 연구시설 및 장비	시설	-	-	-	-	-
	장비	-	-	-	-	-
3. 기타(Feedback R&D 포함)		-	-	-	-	-
합계		**45.30**	**-**	**15.20**	**60.50**	**100%**

다. 소요 예산 산출근거

핵심기술별 연구개발비

- 핵심기술별 연구개발비 내역은 다음과 같음

<표 VII-46> 핵심기술별 연구개발비_전두부 해치 시스템

(단위 : 억 원)

과제명	구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	총계
고속철도용 전두부 해치시스템 개발	공기역학적 해치 커버 제작 기술	정 부	-	-	2.30	3.50	3.20	-	9.00
		민 간	-	-	0.80	1.20	1.10	-	3.10
		소 계	-	-	3.10	4.70	4.30	-	12.10
	내구성능 향상 구동 장치 개발	정 부	-	-	5.90	8.90	8.00	-	22.80
		민 간	-	-	2.00	3.00	2.70	-	7.70
		소 계	-	-	7.90	11.90	10.70	-	30.50
	고효율 전자/공압 제어 기술	정 부	-	-	3.50	5.30	4.70	-	13.50
		민 간	-	-	1.10	1.70	1.60	-	4.40
		소 계	-	-	4.60	7.00	6.30	-	17.90
합 계			**-**	**-**	**15.60**	**23.60**	**21.30**	**-**	**60.50**

라. 소요인력

- 1차년도에는 기본 및 상세설계, 2차년도에는 시제품 제작과 신뢰성 평가, 3차년도에는 실제 차량에 장착하여 시험하는 현차 시험 절차로 진행

- 2차년도에 시제품 제작과 신뢰성 평가 등 가장 많은 과업이 진행되고, 3차년도에는 시험결과에 따라 부품을 수정·보완하고 지속적인 모니터링에 필요한 소요 인력 반영

〈표 VII-47〉 소요 인력 및 참여율_전두부해치

(단위: M/Y, %)

과제	핵심구성기술	직급	2020		2021		2022		2023		2024		2025		합계 (명)
			투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	
1-4	공기역학적 해치 커버 제작 기술	책임연구원	-	-	-	-	1	30%	2	30%	2	35%	-	-	5
		선임연구원	-	-	-	-	1	40%	5	30%	2	45%	-	-	8
		연구원	-	-	-	-	3	45%	2	20%	2	40%	-	-	7
		소계	-	-	-	-	5	-	9	-	6	-	-	-	20
	내구성능 향상 구동장치 개발	책임연구원	-	-	-	-	3	40%	3	50%	3	50%	-	-	9
		선임연구원	-	-	-	-	5	35%	5	50%	3	40%	-	-	13
		연구원	-	-	-	-	5	30%	6	50%	8	50%	-	-	19
		소계	-	-	-	-	13	-	14	-	14	-	-	-	41
	고효율 전자/공압 제어 기술	책임연구원	-	-	-	-	2	30%	2	40%	2	40%	-	-	6
		선임연구원	-	-	-	-	2	45%	5	50%	5	40%	-	-	12
		연구원	-	-	-	-	3	40%	2	20%	2	30%	-	-	7
		소계	-	-	-	-	7	-	9	-	9	-	-	-	25
연도별 합계			**-**	**-**	**-**	**-**	**25**	**-**	**32**	**-**	**29**	**-**	**-**	**-**	**86**

4.7 파급 효과

(시장경제적) 해치 시스템 국산화를 통한 국내외 신규시장 창출

- 해치 시스템의 국산화로 발생하는 수입대체 효과는 고속철도 중장기 계획에 따라 신규 차량 적용으로 약 240.5억 이상이 될 것으로 판단됨

  - 향후 2040년까지 신규차량 185편성이 예상되며, 편성당 2ea의 부품을 0.65억원 단가로 공급할 경우 240.5억원의 시장규모 예상

※ 출처: 철도차량 및 주요부품 중장기 구매계획 알림, 국토부 철도운행안전과-3214

- 기 도입된 고속차량용 해치 시스템 유지보수 시장 확보

  - 기존 KTX 46편성, KTX-산천 24편성, KTX-산천(호남) 22편성, KTX-산천(원강) 15편성에 해외수입품을 국산화 제품으로 대체 가능하며 편성당 2ea의 부품을 0.65억원의 단가로 공급할 경우 139.1억원의 유지보수 시장 규모 예상

※ 출처: 한국철도공사 '철도차량부품 공급 다변화를 위한 기술개발 설명회'

- 철도차량 유지/운용 비용 감소

  - 국산화 개발을 통해 부품 조달 기간이 감소하고 불필요한 재고 문제 및 부품 단종 문제를 해결함으로써 철도차량 관리기관의 유지/운용 비용 감소 예상

(과학기술적) 국내 최초의 고속철도 차량용 해치모듈 시스템 개발

- 직접 파급효과는 기존 철도기술의 위치검지 장치, 유무선 통신설비 등 신호/통신 등에 영향을 미치게 되며, 간접 파급효과는 타산업인 전자기, 통신, 제어기술 및 지능형 기술에 파급효과가 발생할 것으로 전망됨

- 종합적인 설계기술과 핵심부품 생산 및 시험·평가기술을 향상시켜 항공산업, 조선산업 및 국방산업 분야의 설계기술 발전에도 파급효과가 예상되며, 해치모듈 시스템은 전자, 공압, 전자부품, 자동제어, 소재, 소프트웨어 및 계측기 등 첨단산업기술 분야에 파급효과가 상당할 것으로 판단됨

(사회문화적) 고용 창출 및 사회적 파급 효과

- 본 사업과제를 통해 고속철도 차량용 해치 모듈 핵심기술 이전을 통해 중소기업 및 협력업체 인재 육성

- 과제 수행 및 상용화를 위한 인력 고용에 따른 직접 고용 창출

- 개발 종료 후 상용화를 통한 사업 실적 대비 간접 고용 창출

  - 신규시장매출액: 약 240.5억원, 유지보수매출액: 139.1억원에 따라 약 330.2명의 간접 고용 창출 효과 발생

※ 출처: 한국고용정보원 '취업/고용 유발계수-0.87/억원

- 철도 부품의 시험/인증기술 향상에 따라 안전한 철도차량을 공급하여 국민 안전성 및 이동성 향상에 기여

4.8 유사·중복성 검토 및 연계추진 방안

가. 유사과제 현황

No.	과제기간	부처명	사업명	내역사업명	과제명
1	2003~2004	국토교통부	철도기술 연구개발비	-	기존선 속도향상 실용기술개발
2	2005~2010	국토교통부	철도종합 안전기술개발	-	철도차량 충돌 안전성능 평가 및 피해저감 기술 개발
3	2013~2017	국토교통부	철도기술 연구사업	철도 수송력 향상 기술	고속열차 성능 및 효율 향상 핵심기술 개발

나. 차별성 및 연계 추진방안

- 본 연구개발 과제에서는 동력분산식 고속철도차량 해치모듈(제어기, 해치커버, 구동장치) 국산화 및 표준화 원천기술 확보측면에서 기존 연구와 중복성은 없음

  - 동력분산식 고속철도차량의 전두부 해치시스템 공기역학적 해치커버 제작 기술, 내구성능 향상 구동장치 개발, 고효율 전자/공압 제어 기술 적용 측면에서 기존 연구와 기술적 차별성 존재

<표 VII-48> 국내 유사과제와의 차별성 및 연계방안(전부두 해치 시스템)_1/3

본 사업 과제명	고속철도용 전두부 해치시스템 개발		
기존 유사과제명	기존선 속도향상 실용기술개발('03~'04)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 전두부 형상, 실내 디자인, 감속장치, 판토그래프, 연결기 인터페이스 상세설계와 틸팅 동력학 및 제어	■ 고속철도용 해치모듈(제어기, 해치커버, 구동장치) 국산화 및 표준화를 통한 원천기술 확보	■ 본 연구는 고속철도차량의 전두부 해치에 대한 표준화 및 호환성 기술 확보측면에서 차별화
과제규모	■ 105.5억원	■ 60.50억원	-
관련부처	■ 국토교통부	■ 국토교통부	-
TRL단계	■ 1~4단계(기초연구 및 실험)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ 철도 속도향상과 네트워크화에 대비하는 한편, 기존선 속도 향상기술에 있어서 선진국 의존기술에서 탈피	■ 고속철도용(EMU-250) 공압작동용 해치모듈시스템 개발 ■ 고속차량 운행 간 공기저항을 최소화하는 공기역학적 해치 커버 형상 설계	■ 국제공인규격(EN, ICE 등) 부합 고속철도차량 해치모듈 시스템 국산화 개발
기존 기술과의 연계방안	■ 기존 전두부 해치 시스템 상세설계 및 인터페이스 제어 기술 검토		

<표 VII-49> 국내 유사과제와의 차별성 및 연계방안(전부두 해치 시스템)_2/3

본 사업 과제명	고속철도용 전두부 해치시스템 개발		
기존 유사과제명	철도차량 충돌 안전성능 평가 및 피해저감 기술 개발('05~'10)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 충돌안전 설계기술 및 성능평가기술 개발	■ 고속철도용 해치모듈(제어기, 해치커버, 구동장치) 국산화 및 표준화를 통한 원천기술 확보	■ 본 연구는 고속철도차량의 전두부 해치에 대한 표준화 및 호환성 확보 가능
과제규모	■ 24.5억원	■ 60.50억원	-
관련부처	■ 국토교통부	■ 국토교통부	-
TRL단계	■ 3~6단계(성능평가 및 시작품)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ 고속철도 전두부 및 객차단부 충돌에너지 흡수 구조 개발	■ 고속철도용(EMU-250) 공압작동용 해치모듈시스템 개발 ■ 고속차량 운행 간 공기저항을 최소화하는 공기역학적 해치 커버 형상 설계	■ 국제공인규격(EN, ICE 등) 부합 고속철도차량 해치모듈 시스템 국산화 개발
기존 기술과의 연계방안	■ 전두부 해치시스템 충돌안전 설계 및 평가기술 적용성 검토		

<표 VII-50> 국내 유사과제와의 차별성 및 연계방안(전부두 해치 시스템)_3/3

본 사업 과제명	고속철도용 전두부 해치시스템 개발		
기존 유사과제명	고속열차 성능 및 효율 향상 핵심기술 개발('13년~'16년)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 고속열차 성능 및 효율 향상을 위한 핵심기술 및 시험평가 기술 개발	■ 고속철도용 해치모듈(제어기, 해치커버, 구동장치) 국산화 및 표준화를 통한 원천기술 확보	■ 본 연구는 고속철도차량의 전두부 해치에 대한 표준화 및 호환성을 확보 가능
과제규모	■ 5.5억원	■ 60.50억원	-
관련부처	■ 국토교통부	■ 국토교통부	-
TRL단계	■ 5~7단계(시작품 및 실용화)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ 공기저항 저감기술 개발 · 능동적 공기저항 저감기술 개발 · 차체 유선형화 기술개발 ■ 신개념 다목적 전두부형상 최적설계 기술개발	■ 고속철도용(EMU-250) 공압작동용 해치모듈시스템 개발 ■ 고속차량 운행 간 공기저항을 최소화하는 공기역학적 해치 커버 형상 설계	■ 국제공인규격(EN, ICE 등) 부합 고속철도차량 해치모듈 시스템 국산화 개발
기존 기술과의 연계방안	■ 공기저항 저감을 위한 전두부 해치시스템 설계 및 시험평가 기술 적용성 검토		

다. 선행사업 핵심기술과의 연계성 검토

- 국토교통부 철도기술 연구개발사업을 통해 확보한 핵심기술을 기반으로 본 사업 개발부품 구성기술과의 연계방안을 검토

  - 기존, 전두부형상 최적설계, 공기저항 저감 기술을 접목하여 전두부 해치커버 형상/기밀/복합소재 설계 기술 등에 활용 및 연계 가능

※ 기존 사업의 핵심기술과 본 연구개발 사업 부품별 구성기술간의 연계는 제7장 「세부기술 개발계획」 내 제4절 「3.통합로드맵」 참조

〈표 VII-51〉 선행사업 핵심기술 연계(전두부 해치 시스템)

본 사업 과제명	**고속철도용 전두부 해치 시스템 개발**
기존 유사과제명	**고속열차 성능 및 효율 향상 핵심기술 개발('13~'16)**
핵심 기술명	전두부형상 최적설계 기술, 공기저항 저감기술
▼	
본 과제 구성 기술명	**전두부 해치커버 형상/기밀/복합소재 설계기술**
기존 기술과의 연계방안	■ 전두부 해치커버 형상/기밀/복합소재 설계기술, 전두부 공기저항 저감을 위한 해치시스템 설계 및 시험평가 기술, 전두부 장치간 인터페이스 형상 설계 및 구조해석 기술, 전두부 해치시스템 충돌안전 설계 및 평가 기술개발에 연계

5. 고속철도용 냉각팬 시스템 개발

5.1 연구개발 배경 및 필요성

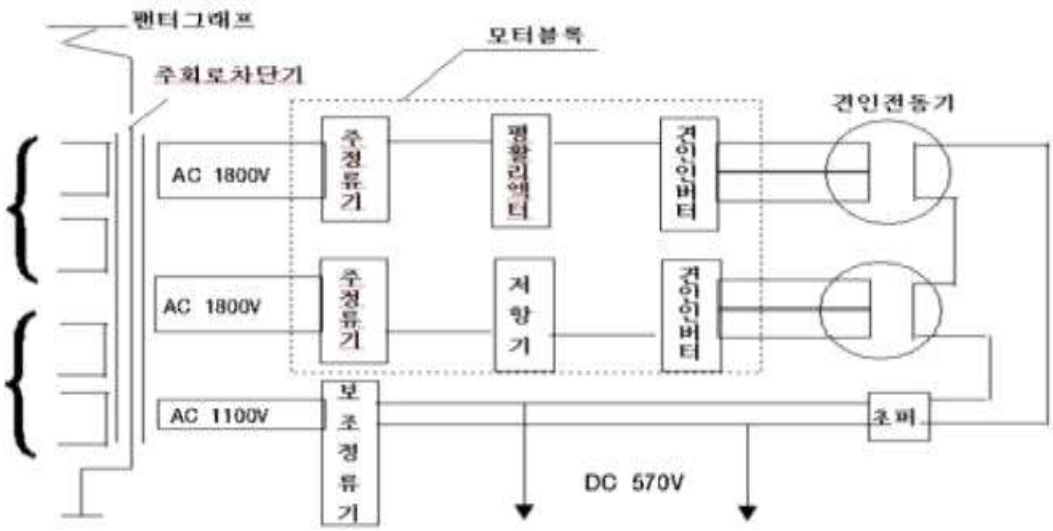
가. 기술의 정의

냉각팬 시스템 정의

- 부품의 기능 및 역할

  - 고속차량은 전차선으로부터 고압(25kv이상)의 전원을 지붕의 팬터그래프로 공급하여 자체 변압기장치를 통해 전력변환장치, 보조전원장치 및 객차인버터 등에 전원을 공급하는 전력 공급시스템으로 구성

  - 고속차량 동력차에 설치된 주변압기, 주전력변환장치, 보조전원장치, 견인전동기의 전력변환 등에서 발생되는 기기의 작동 열을 외부로 송출하여 내부 소자를 냉각시키는 역할을 수행





견인전동기용 냉각송풍기



모터블럭용 냉각송풍기



주변압기용 냉각송풍기

- KTX차량 1개 편성에는 34개의 냉각팬을 설치하여 운용 중이며, KTX-산천차량 1개 편성에는 26개의 냉각팬을 설치하여 운용하고 있음

● 주변압기

- 전차선으로 25,000V의 전원을 공급받아 차량의 전력변환장치와 보조전원장치로 2차 전압을 공급하는 장치로 고속차량 1대당 2개의 주변압기가 설치·운용

- KTX차량 1개 편성 및 KTX-산천차량 1개 편성의 주변압기에는 6개의 냉각팬을 설치하여 운용하고 있음

● 전력변환장치

- 주변압기로부터 2차 전원(AC1,800V)를 공급받아 기관사의 열차 조작에 따라 차량의 속도를 가감속하는 장치로 1개의 전력변환장치가 2개의 견인전동기를 제어

- KTX차량 1개 편성의 전력변환장치에는 12개의 냉각팬을 설치하여 운용 중이며, KTX-산천차량 1개 편성의 전력변환장치에는 8개의 냉각팬을 설치하여 운용하고 있음

● 보조전원장치

- 주변압기로부터 2차 전원(AC1,100V)를 공급받아 견인전동기의 계자전류, 모터블럭의 환기팬, 주변압기 오일팬, 공기압축기 및 객차에 전원을 공급

- KTX차량 1개 편성 및 KTX-산천차량 1개 편성의 보조전원장치에는 4개의 냉각팬을 설치하여 운용하고 있음

● 견인전동기

- 전력변환장치에서 제공받은 전류량과 주파수에 따라 견인전동기가 회전하고 1차축 동력전달장치로 기계적 회전력을 전달하는 장치

- KTX차량 1개 편성의 견인전동기에는 12개의 냉각팬을 설치하여 운용 중이며, KTX-산천차량 1개 편성의 견인전동기에는 8개의 냉각팬을 설치하여 운용하고 있음

나. 연구개발 배경

현황 및 문제점

- KTX차량 도입 시 전량 외자로 도입된 고속차량용 냉각팬은 국내 고속열차의 운행 특성 상 잦은 가감속 등의 속도 변환에 따른 송풍팬에 부하가 집중되어 피로도가 누적되는 현상으로 송풍팬 파손 및 진동, 소음이 지속적 발생

  - 최초 금속(Fe) 소재에서 알루미늄 소재의 송풍팬으로 국산화하여 교체하였으나, 열차 운행 중 발생되는 진동 등의 영향으로 송풍팬 파손이 지속적으로 발생

※ 차량시스템 안정화 기술개발('02~'07)과제의 주변압기 냉각용 팬 국산화 개발

- 기술적 한계 및 문제점

  - 현재 고속열차용 송풍팬의 정비는 300만km 주기마다 분해 정비를 시행하고 있으나, 일상적인 단순검사 방식으로는 냉각팬의 상태를 정밀하게 진단할 수 없어 고장예방 효과가 낮음

  - 냉각팬의 분해정비에 소요되는 재료비, 인건비 등 비용 발생에 따른 문제가 지속되어 송풍팬의 소재 변경 등을 통한 내구성 향상 등 원천적 기술개발을 통한 문제해결 필요

시사점

- 고속으로 운행되는 열차의 진동과 전력 공급시스템에서 발생되는 작동 열 등의 영향으로 인한 냉각팬의 파손 현상이 지속되고 있음

  - 금속계 소재의 송풍팬 제조 공정상 판재 용접 시 고열로 인한 균열, 변형 등의 문제점 발생

  - 금속계 재질의 냉각팬의 제조 및 운영 과정에서의 피로누적에 의한 파손 현상을 해소하기 위한 대책 필요



<그림 VII-83> 견인전동기 냉각팬 파손현상 사례

- 현재, 프랑스 철도 SNCF에서 카본 소재의 송풍 팬을 개발하여 현차 시험을 완료하였고, TGV시리즈에 상용화하여 8년 이상의 기간 동안 별도의 고장 및 정비 없이 사용 중에 있으며, 경량화를 통해 소음, 진동을 최소화하여 제품 수명 연장을 확보 하였으며,

- 국내에서 상용화한 냉각 팬의 제조기술을 활용하여 초경량 카본 소재로 송풍 팬을 제작하여, 구조의 경량화 및 진동 저감 등의 기술 보유로 국내 시장 및 해외 시장 진출이 가능할 것으로 판단되므로 시급히 추진 필요

다. 연구개발 필요성

과학기술적 중요성

- 고속차량의 전력변환장치(MB, AuxB, MTF) 및 견인 전동기에 사용되는 송풍 전동기와 팬은 고장 및 손상으로 인한 차량 장애가 빈번하게 발생함에도 분해정비주기(300만km)를 제외하고는 고장을 사전에 방지할 수 있는 과학적 유지보수기법 부재

- 고속차량 운영환경에 의한 냉각팬에 부가되는 밴딩 및 고 중량체의 회전으로 인한 반복 피로손상 및 전동기 과부하로 인한 베어링 소손 및 전동기 소손의 예방대책 마련 필요

- 냉각 팬류의 잦은 교체 등에 소요되는 비용 절감과 목표 신뢰율을 만족 할 수 있도록 실시간 상태감시 장비를 개발하여 기존의 분해정비주기 정비 체계를 상태감시를 통한 조건적 예방유지보수로 전환하고 경량의 팬을 개발하여 전동기와 팬의 수명 개선 필요

- 상태감시를 통한 조건적 예방유지보수로 팬의 손상을 원칙적으로 차단하고 전동기의 베어링의 부하를 경감시켜 전동기의 수명을 연장하고, 전동기 외형도 철판구조에서 알루미늄 다이캐스팅을 적용하여 경량화 및 냉각효과 극대화하여 효율 및 수명을 연장함으로서 고속차량 운영 경쟁력 확보 가능

시장경제적 필요성

- 고속차량용 신소재 냉각 송풍 팬 개발을 통한 시장 진출

  - 국내 고속차량 냉각 송풍 팬은 약3,400개로 10~12년으로 분해정비주기 및 교환주기가 도래되어 편성당 120ea의 부품을 약1,800만원 단가로 공급할 경우 약600억원의 시장 규모 예상

※ 출처: 철도차량 및 주요부품 중장기 구매계획 알림, 국토부 철도운행안전과-3214

- 이미 고속철도 선진국은 경량화 제품을 적용하였으며, 기존시장과 신규시장 형성에 따른 경쟁력 확보를 위해 개선 모델 및 유지보수 비용 저감형 개선 제안을 통하여 시장 진출

사회문화적 필요성

- 「열차 안전운행」 이라는 국민의 지속적인 Needs를 반영하기 위해 경량의 냉각 팬 국산 제작 기술 필요

  - 운영 환경에 대응할 수 있는 기술 개발을 통하여 가용성을 높이고 안전성을 향상시켜 열차 운영효율 향상에 기여

  - 냉각팬 자체의 진동 저감 및 구성품의 경량화 설계를 통한 차량 부하 감소로 승객 및 주변 환경에 미치는 안락감을 향상시키고 철도차량의 운행 안전성 확보

5.2 국내외 시장 및 연구개발 동향

가. 국외 시장 및 연구개발 동향

- 국외 시장규모

  - 세계 고속철도차량 시장규모는 '13년부터 '15년까지 3년간 연평균 100.93억 유로(약 12.8조 원) 규모이며, '21년 112.06억 유로('14.3조 원)에 이를 것으로 전망

  - 따라서 고속철도차량의 전력 공급시스템의 냉각팬에 대한 수요도 증가할 것으로 전망

- 국가별 고속철도 사업 증가에 따른 냉각 팬 시스템 수요 급증

  - (프랑스) 고속차량에 적용되는 냉각팬 시스템의 경량화를 통한 소음 및 진동 최소화와 제품수명 연장을 목표로 프랑스 철도 SNCF가 주도하여 개발하였으며, 시제품을 현차에 시험하고 TGV시리즈에 8년 동안 고장 및 정비없이 사용 중에 있음

  - (독일) 지멘스(Siemens)와 크리우스 마페이(Krauss Maffei)사가 공동으로 개발한 3세대형 유로스프린터에 고성능 견인전동기 4개를 장착하여 기관차로는 최고속도인 357km/h를 달성하는 등 견인전동기의 성능향상과 냉각기술을 지속적으로 개발하여 유럽 각국에 전파

나. 국내 시장 및 연구개발 동향

- 국내 시장 규모

  - KTX차량 도입 이후 자체 기술력으로 KTX-산천 등 신규 고속차량을 지속적으로 개발하여 국내 고속철도 시장이 확장 중

- 국내 고속차량에 적용중인 냉각 팬류는 약3,400개 수준으로 향후 10~12년 내 분해 정비 및 유지보수주기를 고려 시 전체 시장은 약600억원 규모로 추정

● 국내 기존 고속열차에 적용된 알루미늄 송풍팬 현황

- 기존 송풍팬은 국내 업체에서 기술개발을 통해 알루미늄 판재를 적용한 냉각 팬을 KTX, KTX-산천, 원강, 호남 등 고속차량에 적용

- 그러나, 금속재질의 특성상 진동 등의 운행환경에 의한 피로누적 현상을 원천적으로 해소할 수는 없는 상태에서 KTX차량 전력시스템 냉각팬의 진동 등 피로누적에 의한 파손 문제 발생

- 제품 경량화를 위해 특수 소재의 카본 적용을 검토는 하였으나 초기 금형 투자비로 문제로 개발이 진행되지 않음

- 유지보수시 상태 점검을 통해 임펠라는 지속적 교환을 하고 있으며, 전동기 베어링도 부분품으로 유지 보수하고 있는 실정이나, 송풍팬 제품 품질 향상을 위한 추가 구조적, 기계적, 생산적 개선은 미미한 수준

- 현재 적용되어 운영 중인 송풍팬 제품에서의 구조적 결함이 지속적 발생되고 있으며 유지보수 진행 중

- 최근에는 국내 고속열차는 동력집중식에서 동력분산식(EMU)으로 전환되고 있으나, 송풍팬 경량화, 냉각성능 향상기술, 상태감시 기술 등은 동력집중식과, 동력분산식 모두 사용이 가능함

<표 Ⅶ-52> 국내 고속철도차량 냉각팬 설치 현황

구 분	KTX(46편성)	산천(24편성)	산천2(32편성)	원강(15편성)	합계
견인전동기	552개 (@12개/편성)	192개 (@8개/편성)	256개 (@8개/편성)	120개 (@8개/편성)	1,120
전력변환장치 (모터블럭)	552개 (@12개/편성)	192개 (@8개/편성)	256개 (@8개/편성)	120개 (@8개/편성)	1,120
보조전원장치 (보조블럭)	184개 (@4개/편성)	96개 (@4개/편성)	128개 (@4개/편성)	60개 (@4개/편성)	468
주변압기	276개 (@6개/편성)	144개 (@6개/편성)	192개 (@6개/편성)	90개 (@6개/편성)	702
합계	**1,564**	**624**	**832**	**390**	**3,410**

*출처: 국내 고속철도차량 냉각팬 설치 현황(참고)

5.3 연구개발 범위

- 고속차량용 초경량 냉각 팬 설계 및 제작
  - 냉각 팬 동특성에 따른 구조 경량화 모델 개발
  - 국내 운영환경과의 상호관계(Interaction) 분석 및 차종별 운행특성을 고려한 최적의 모델 설계 및 제작
  - 진동 저감 및 냉각성능 향상을 위한 냉각 팬 공력해석 및 구조 설계
  - 주변압기, 전력변환장치, 보조전원장치 및 견인전동기 특성에 최적화된 냉각 팬 구조 설계
- 개발품의 신뢰성 확보를 위한 시험인증
  - IEC61373의 성능 만족을 위한 온도, 습도, 진동 및 충격시험 시뮬레이션 수행
  - 실용화 및 해외진출을 위한 국내외 성능인증 획득(기술기준 등)
  - 실제 운행조건에서 성능검증을 위한 현차시험 실시(풍량성능 및 소음성능)

5.4 연구개발 내용

가. 연구개발 목표

- 체계적 예방유지보수를 대신할 수 있는 실시간 상태감시 장치를 통한 조건적 예방 유지보수로 전환을 위한 상태감시 장치 개발 및 송풍전동기 수명연장을 위한 초경량 카본 송풍팬 개발
- 전동기 외함을 알루미늄 다이케스팅으로 제작 경량화 및 전동기 자체 냉각 효과를 극대화하여 전동기 수명 연장
- 가속도센서와 필터로 구성된 상태감시장치로 특정주파수 대역 감시로 자체 상태 표시기 및 TDCS와의 통신 프로토콜 운영하며 기존 전동기에 키트 형태로 장착할 수 있도록 제작

나. 연구개발 핵심 내용

핵심(구성) 기술명	핵심(구성) 기술 주요내용
상태감시 기술	– 가속도센서와 필터 조합의 감시시스템 구성 – 차량컴퓨터장치와 실시간 상호통신 모니터링 기술
송풍팬 경량화	– 송풍팬 소재 다변화를 통한 구성품 경량화 – 송풍팬 성능 효율 향상을 위한 블레이드 설계 기술
냉각성능 향상기술	– 최적 냉각팬 구조 설계 및 자체 냉각기능 설계 – 전동기 외함 소재 다변화를 통한 경량화

다. 핵심 기술별 As-is/To-be

핵심 기술	As-is		To-be	현재 TRL	목표 TRL
	국내	국외			
상태감시 기술	열감지 방식 아날로그 방식	고장코드 TDCS 전송	고장코드 TDCS 전송	TRL3	TRL8
송풍팬 경량화	일반철 + 알루미늄	카본화이버 소재	특수 카본 화이버 소재	TRL3	TRL8
전동기 냉각기술	일반 철	알루미늄 주물	알루미늄 다이케스팅	TRL3	TRL8

<표 VII-53> 수요처 요구사양 대비 목표사양

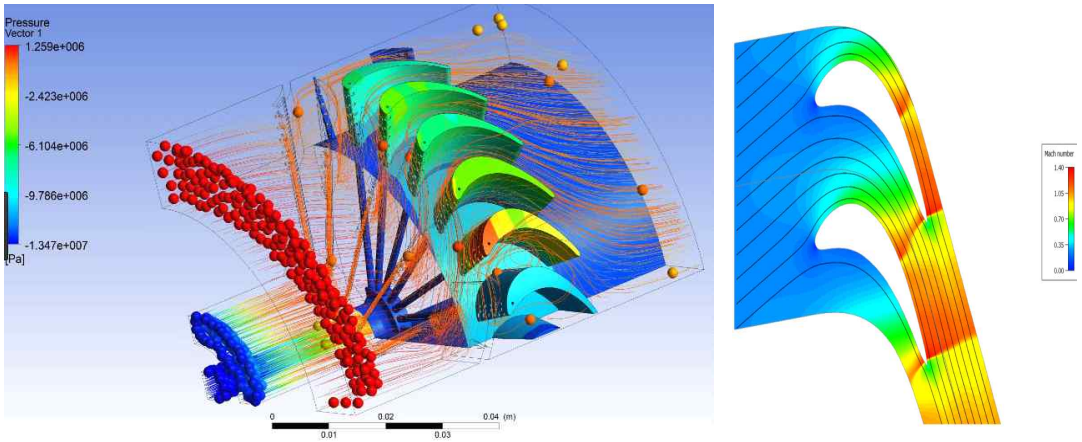
부품명	수요처 발주사양	본 사업 목표사양	비고
고속철도용 냉각팬 시스템	·풍량 600L/s±4% 소음 ≦98dB(A)@1m ·냉각팬 : 알루미늄	·풍량 600L/s±4% ·소음 ≦98dB(A)@1m ·냉각팬 : 카본 화이버	·냉각팬 소재 개선으로 30% 경량화

라. 세부 기술 및 내용

상태감시 기술

- 실시간 상태 감시를 통한 조건적 예방 보수 체계 확립

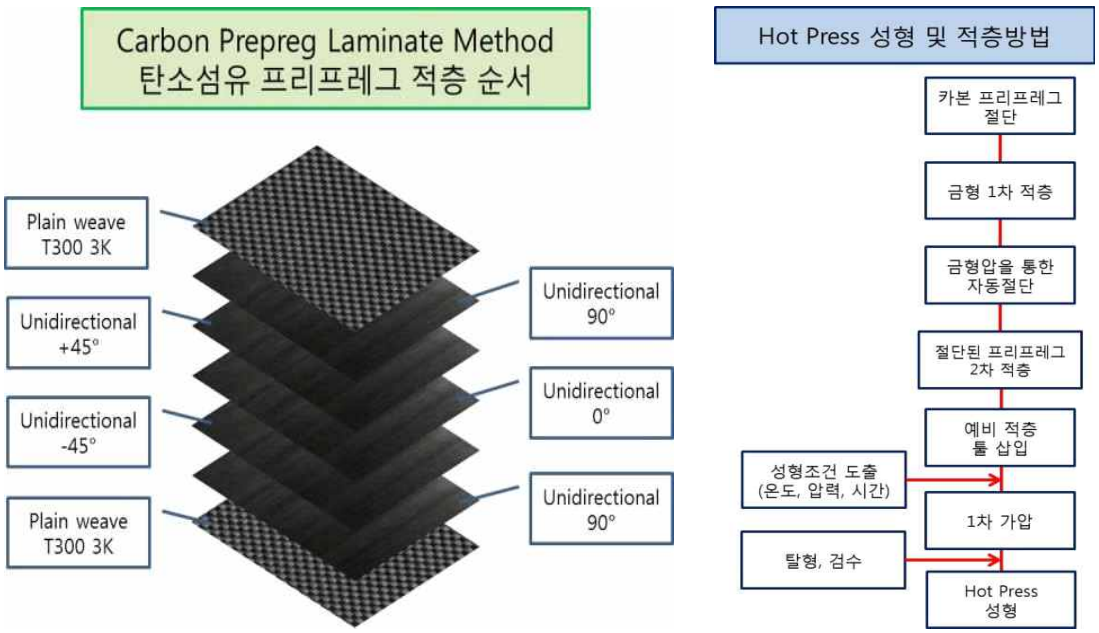
  - 특정 주파수 대역을 벗어난 가속도가 일정시간 이상 발생 시 고장 코드를 TDCS로 전송하여 자체 상태 표시기 및 TDCS와의 통신 프로토콜로 운영하며 기존 전동기에 KIT 형태로 장착할 수 있도록 개발



<그림 VII-84> 냉각팬 회전 시 유동 및 유동해석(예시)

송풍팬 경량화 기술

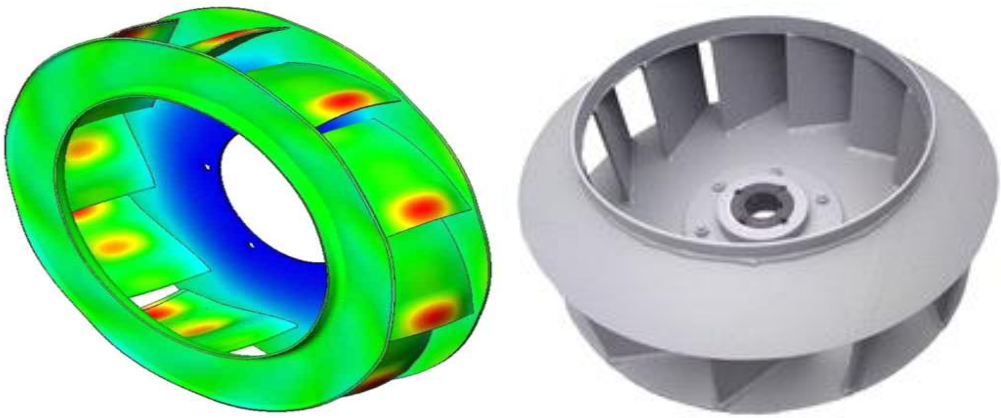
- 초경량(카본 화이버) 소재 적용으로 30%이상 중량 감소
  - 저소음과 경량화된 Airfoil Blade의 최적화된 설계 및 금형개발
  - 불규칙한 두께 하이브리드 섬유 적층 개발과 시편 테스트를 통한 성형 조건 확립
  - Hot Press 성형공법 개발과 대량 생산할 수 있는 성형공법 개발
  - 경량화된 제품 생산 개발



<그림 VII-85> 초경량 소재 적용 구조(예시)

냉각성능 향상기술

- 전동기 본체 (후레임) 알루미늄 다이케스팅 적용을 통한 효율성 극대화
  - 냉각성능 향상을 위한 외함 재질 변경
  - 냉각성능을 향상시킬 수 있는 전동기 외함 구조 설계
  - 외부 이물질로 인한 내부부품 소손 및 파손방지 기술



<그림 VII-86> 전동기 외함 냉각을 위한 설계해석(예시)

마. 연차별/단계별 수행 목표 및 내용

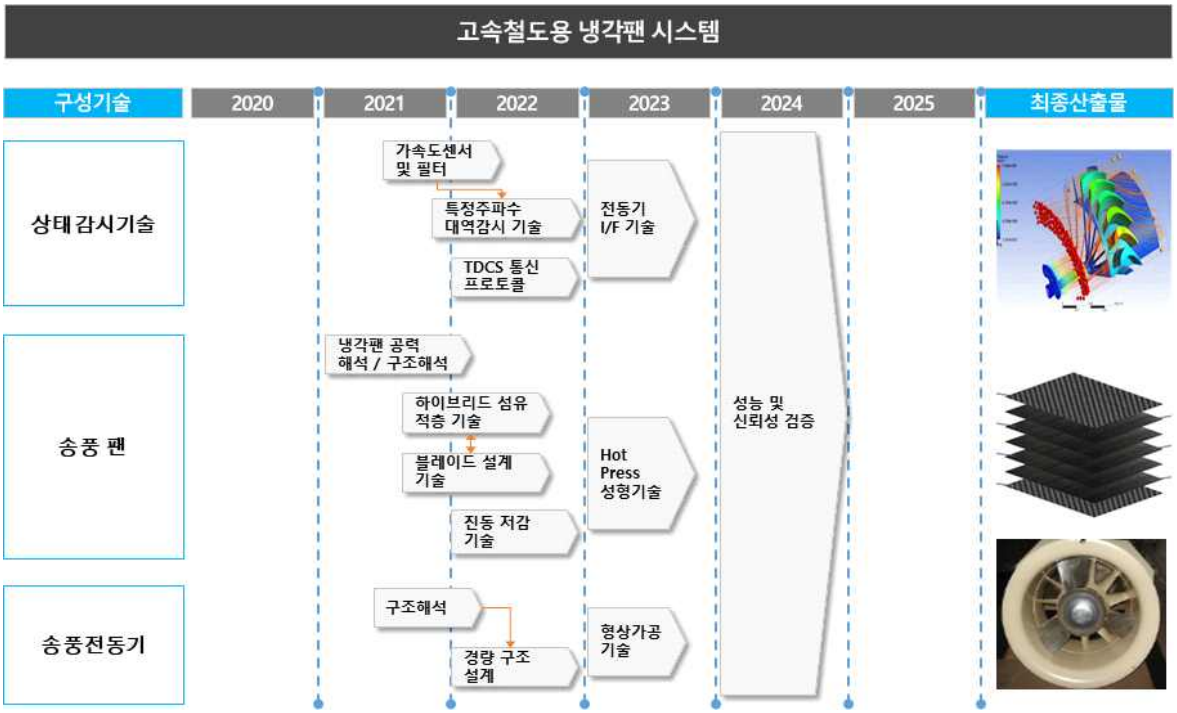
- 연차별 주요 연구내용

연차	기술 개발 목표	기술 개발 내용
1차년도	기본 및 상세설계	– 요구사항 정의 – 전동기 외통 및 냉각팬 설계 – 상태감시장치 설계
2차년도	시작품 제작	– 송풍전동기 및 냉각팬 시작품 제작 – 상태감시장치 시작품 제작
3차년도	시제품 제작 성능 시험	– 송풍전동기 및 냉각팬 시제품 제작 – 상태감시장치 시제품 제작 – 성능시험, 환경 시험 – 현차시험을 위한 인터페이스 조정
4차년도	현차시험	– 실선로 4계절 현차 시험 – 시험결과 모니터링 – ISO품질 관리 체계 인증

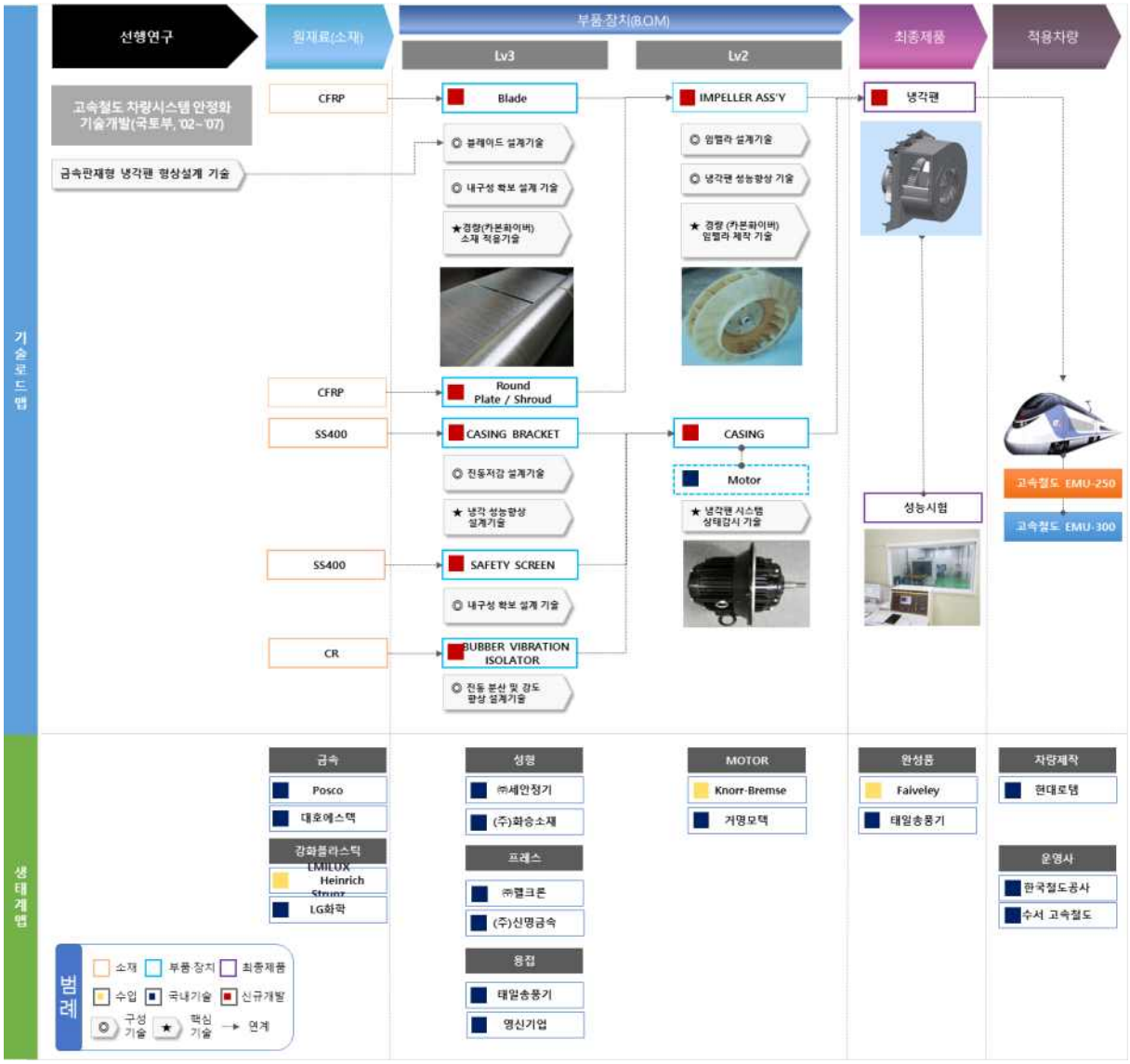
바. 수행 로드맵

● 각 핵심기술별로 연차별 연구개발 내용은 아래와 같음

- 1차년도 기본 및 상세설계
- 2차년도 시작품 제작
- 3차년도 성능 및 환경시험
- 4차년도 현차시험 및 결과분석



〈그림 Ⅶ-87〉 수행 로드맵_냉각팬



〈그림 Ⅶ-88〉 부품로드맵&산업생태계_냉각팬

사. 핵심 기술 확보 전략

핵심(구성) 기술	핵심 기술 확보 전략					
	공공 협력	민간 협력	자체 개발	해외 도입	국내 도입	기타
상태감시 기술	◐		●			
송풍팬 경량화	◐					
전동기 냉각기술	◐		●			

- 공공협력: 국가 또는 공공기관이 보유 중인 기술 및 인프라와 연계
- 민간협력: 타기업에서 보유 중인 기술 및 인프라와 연계
- 자체개발: 기업이 보유한 기술 및 인프라 활용
- 해외도입: 선진국 또는 해외 선도 기업이 보유중인 기술을 이전 받아 활용
- 국내도입: 국내 기업이 보유한 기술을 이전 받아 활용

5.5 사업화 및 자립화 전략

가. 기술개발 완료 후 시장 출시가 가능한 기술 및 제품

- (개별 부품 판매) 고속철도용 냉각팬 시장에서 신규 시장 진입 등 유지보수품에 대한 수입대체 등 파급효과가 클 것으로 예상

견인전동기 냉각송풍기	모터블럭 냉각송풍기	주변압기 냉각송풍기
		

<그림 Ⅶ-89> 개발완료 후 출시 제품

- (신규 차량 보급) 고속철도용 신소재 적용 냉각팬 시스템은 국내외 신규 고속전철에 제안 가능
- (유지보수 시장) 신소재 적용 냉각팬 시스템은 차량사의 요구조건에 따라 적용 가능
- (유지보수 시장) 국내 동력집중식 고속철도차량의 유지보수품 및 해외 수요 대응 가능

나. 국내외 시험인증 전략

● 성능 기준 및 시험규격

- 신소재 적용 냉각팬 시스템의 내환경성능, 풍량성능 및 소음성능, 발런싱 성능, 전동기 성능 등 확보 필요

순번	항목	기준	적용 참고 규격	비고
1	냉각팬 시스템 풍량	· 풍량 : 600 L/s ± 4%	KS B 6311	
2	냉각팬 시스템 내환경	· 온도 : −35 ~ 85 ℃ · 습도 : 0 ~ 95% · 진동 및 충격 시험 : 1종 B Class 적용	IEC 61373	제어기기포함
3	냉각팬 시스템 소음	· 소음 : ≤ 98 dB(A) @1m	KS B 6361	
3	냉각팬 시스템 밸런싱	· 편심량 : ≤ 0.4g	KS B 6311 ISO 1940−1	−
4	전동기	· 전류 : ≤ 25A · 온도 : ≤−40℃ · 역율 : ≥ 90 % · 효율 : ≥ 92 % · 진동 : 2.8 m/s 이하 · 소음 : 최대 80 dB(A)@1m	KS C 4204 ISO 10816	−
5	전동기 환경	· 온도 : −25 ~ 70 ℃ · 습도 : 0 ~ 95 % · 진동충격 : 1종 A Class	IEC 60571 IEC 61373 IEC 60034−5	−

● 인증 획득

순번	인증 내용	인증 기관	기준	비고
1	성능인증(NEP, NET, EPC, K마크 등)	· 산업부 · 국토부 · 중기부 등	· 국내외 규격 및 성능 관련 자체 규격	임의인증(개발 제품에 대한 신기술, 신제품, 성능인증 등)
2	ISO 품질관리체계 인증	· 국내외 제3자 적합성인증기관	· ISO/TS 22163	임의인증(일반 산업 및 철도 부품 제작자 품질관리체계 인증)

다. 단계별 시장 진입 전략

● 고속철도용 신소재 적용 냉각팬 시스템 개발 완료시 단계별 시장 진입 전략은 다음과 같음

구분	단기 전략	중장기 전략
출시 제품	모터블럭, 견인전동기, 보조전원장치, 주변압기 냉각팬	모터블럭, 견인전동기, 보조전원장치, 주변압기 냉각팬
진입 분야	국내 동력분산식 고속차량분야	국내 동력집중식 고속차량분야 및 해외 고속철도차량
타겟	코레일, SR 등	현대로템 등

- 단기 전략으로 국내 동력분산식 고속철도 관련 냉각팬 시스템에 대한 TBO 및 유지보수품에 대한 대응을 통하여 실적 확보

- LCC 비용 저감을 통하여 국내 수요자(코레일, SR등) 확보 및 성능 검증 추진

- 중장기 전략으로 성능 검증후, 신규 프로젝트에 대한 냉각팬 시스템 제안 및 국내외 신규 시장 진출 추진

라. 지적 재산권 확보전략

핵심기술별 특성을 바탕으로 지적 재산권 확보 전략을 수립

- 송풍기 냉각팬 경량화 기술 전략

  - 냉각팬의 초경량 소재를 개발하기 위하여 카본섬유를 활용하여 무게를 최소화시키며 소재의 선정시 고도화된 연구전략 필요

  - 기존 냉각팬 대비 중량은 30% 감소된 초경량(카본섬유) 소재를 선정하여 송풍기의 냉각팬 경량화 기술 마련

  - 복합재료 Prepreg을 적용하여 원사소재 선정 및 직물조직의 연구결과를 기반으로 복합재료용 직물 물성분석 및 제작 공정 기술 마련

  - 송풍기 냉각팬의 경량화된 제품을 생산할 수 있도록 최적화 설계와 Hot Press 성형공법 개발 및 대량생산 성형공법 개발 추진

- 설계 및 해석 기술 전략

  - 유한요소해석을 통한 블레이드의 최적 설계와 Airfoil 타입의 송풍기 블레이드 연구기술 마련

- CFRP(Carbon Fiber Reinforcement Plastic) 및 하이브리드 FRP용제 직물 구조 연구기술 수립 필요

● 상태 감시 진단 기술 전략

- 송풍기 고장 진단을 위한 가속도 센서와 TDCS 전송 통신프로토콜 기술을 마련하여 송풍기 냉각팬의 감시와 진단이 가능한 기술 전략 수립

● 송풍기 및 송풍기 냉각팬 성능검증 전략

- 송풍기 조립체에 대한 성능시험의 절차를 통해서 송풍기 조립체 시제품에 대한 신뢰성과 안전성 제고 기술 마련

- 송풍기 냉각팬의 현차 시험을 통해 안전성 확보

1) 지식재산권 신청기술의 정의

순번	기술의 명칭	확보가능 특허	건수	등록시점
1	송풍기 냉각팬 경량화 기술	– 원사별 시직 테스트를 통한 복합재료용 직물 물성 분석 및 제직 공정 기술 – 저소음 및 경량화 Airfoil Blade의 최적화 설계	2	2022년
2	설계 및 해석 기술	– Airfoil 타입의 송풍기 조립 모델 유동해석 기술 – CFRP(Carbon Fiber Reinforcement Plastic) 및 하이브리드 FRP용제 직물 구조설계	2	2023년
3	상태 감시 진단 기술	– 송풍기 고장 진단을 위한 가속도 센서와 TDCS 전송 통신프로토콜 기술	1	2024년
합계		–	5	–

2) 선행기술조사를 통한 차별성 검토

● 초경량 냉각팬 관련 특허동향 조사 결과를 토대로 등록특허 기준, 존속기간 유예 등을 고려, 해당 과제와 유사한 특허 7개를 도출하여 비교 분석 수행

선행특허 기술명	주요기술과의 차별성				본 기술과의 차별성
	1	2	3	4	

선행특허 기술명		주요기술과의 차별성				본 기술과의 차별성
		1	2	3	4	
P-1	열응력 완화장치 및 완화방법 (APPARATUS AND METHOD FOR REDUCING THERMAL STRESS)	●	○	○	○	해당 기술은 복합소재에 결합 시 열응력 완화를 위한 원천 기술 개발로 냉각팬 경량화 및 설계기술과는 차별성 존재
P-2	탄소섬유로 구성된 하우징 구조의 직결구동방식 견인전동기를 구비한 대차(A railway vehicles truck equipped with direct drive motor with carbon fiber fabric housing)	○	●	○	○	탄소섬유를 활용하여 경량화 부품 개발측면에서는 일부 유사하나 냉각팬 최적 설계기술과는 차별성 존재
P-3	탄소분말을 포함하는 수지재료를 이용한 프레임 구조의 직결구동방식 견인전동기를 구비한 전동차용 대차(A railway vehicles truck equipped with direct drive motor with carbon fiber fabric frame)	●	○	○	●	탄소분말을 포함하는 수지재료를 이용한 경량화 부품 개발 측면에서는 일부 유사하나 냉각팬 최적 설계기술과는 차별성 존재
P-4	탄소섬유로 구성된 차축을 포함한 전동차용 직결구동방식 견인전동기(A carbon fiber fabric shaft in A railway car direct drive motor's rotor)	○	○	○	○	탄소섬유를 활용하여 경량화 부품 개발측면에서는 일부 유사하나 냉각팬 최적 설계기술과는 차별성 존재
P-5	지능성 냉각패드 및 이의 제조방법 (Intelligent cooling pad and a method of fabricating the same)	○	◐	○	○	탄소나노튜브를 이용한 냉각패드 원천기술 개발로 냉각팬 최적 설계기술과는 차별화
P-6	단결정 제조용 상부히터, 단결정 제조장치 및 단결정 제조방법 (UPPER HEATER FOR MANUFACTURING SINGLE CRYSTAL, SINGLE CRYSTAL MANUFACTURING APPARATUS AND SINGLE CRYSTAL MANUFACTURING METHOD)	○	●	○	○	상부히터의 산소농도 제어성능 향상을 위한 개발기술로 냉각팬 최적설계 기술과는 차별성 존재
P-7	섬유 접착용 조성물 및 이를 이용한 직물(A composition for coating fiber and a fabric using the same)	○	◐	○	○	열가소성 및 열안정제를 포함한 섬유 접착용 조성물 개발 기술로 냉각팬 최적설계 기술과 차별

※ ○: 관련성 낮음, ◐: 일부 유사, ●: 차별성 높음

3) 보유 지적재산의 보강 전략

- 기존 냉각팬 관련 특허는 탄소섬유를 활용한 경량화 제작기술 등에만 집중되어 있는 반면, 냉각팬 블레이드의 최적설계, 상태진단이 가능한 센서측정 기술 등이 접목된 냉각팬 시제품 개발 측면에서 차별성 존재

보 강 전 략	
문 제 점	해 결 방 안
· 연관성이 일부 존재하는 2건의 등록특허는 탄소나노튜브를 활용한 경량화 제작기술 및 열가소성 수지 접착용 기술이나 냉각팬 시제품 개발을 위한 설계 등에 대한 권리 부재	· 탄소섬유를 활용한 냉각팬 설계기술 및 상태진단이 가능한 센서 측정 기술을 접목함으로써 냉각팬 시제품 개발 시 기존 기술과의 차별적인 권리확보 가능
회 피 전 략	
문 제 점	해 결 방 안
· 탄소섬유를 활용한 소재 및 제작 기술 등으로 부품 경량화에 활용	· 냉각팬 특성에 적합한 탄소소재 섬유 선정 및 설계 기술 확보를 위해 원사별 시직 테스트를 통한 복합재료용 직물 물성분석 및 제직 공정 기술을 접목함으로써 냉각팬 경량화 제작 기술 권리 확보 가능

4) 신청기술의 방어전략

- 신청기술의 사업화와 관련하여, 분쟁 가능성이 높은 특허에 대해서는 방어전략이 필요하며, 타사의 특허를 침해할 가능성이 있는 경우에는 사전에 타사 특허에 대한 대응방안을 마련

선행특허기술명	방어전략
P-5 지능성 냉각패드 및 이의 제조방법(Intelligent cooling pad and a method of fabricating the same)	· 탄소나노튜브를 활용한 가전용 냉각패드 제조기술로 철도차량용 냉각팬 제작기술과는 차별성 존재
P-7 섬유 접착용 조성물 및 이를 이용한 직물(A composition for coating fiber and a fabric using the same)	· 열가소성 및 내구성 향상을 위한 섬유 접착용 제조기술이나 냉각팬 설계 및 제작기술과는 차별

5.6 투자계획

가. 투자 규모

- 총 40.00억 원/4년 중 정부출연금 29.92억 원(75%) 대비 민간부담금 10.08억원(25%)으로 구성된 정부주도 사업추진

<표 VII-54> 총 투자계획_냉각팬

(단위 : 억 원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	총계
정 부	-	6.52	12.00	8.40	3.00	-	29.92
민 간	-	2.18	4.00	2.80	1.10	-	10.08
합 계	**-**	**8.70**	**16.00**	**11.20**	**4.10**	**-**	**40.00**

나. 소요 재원

- 냉각팬 시스템 부품개발을 위한 연구개발 소요재원은 전체 소요재원 중 연구개발비가 100%로 40.0억 원

<표 VII-55> 연구활동별 집행기준_냉각팬

(단위: 억 원)

구분		총사업비				비율
대항목	소항목	국고	지방비	민간	합계	
1. 연구개발		29.92	-	10.08	40.00	100%
2. 연구시설 및 장비	시설	-	-	-	-	-
	장비	-	-	-	-	-
3. 기타(Feedback R&D 포함)		-	-	-	-	-
합계		**29.92**	**-**	**10.08**	**40.00**	**100%**

다. 소요 예산 산출근거

핵심기술별 연구개발비

- 구성기술별 연구개발비 내역은 다음과 같음

<표 VII-56> 핵심기술별 연구개발비_냉각팬

(단위 : 억 원)

과제명	구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	총계
고속 철도용 냉각팬 시스템 개발	상태감시 기술	정 부	-	1.12	2.40	1.60	0.80	-	5.92
		민 간	-	0.54	1.10	0.40	0.25	-	2.29
		소 계	-	1.66	3.50	2.00	1.05	-	8.21
	송풍팬 경량화	정 부	-	4.60	6.30	4.90	1.50	-	17.30
		민 간	-	1.22	2.10	1.65	0.60	-	5.57
		소 계	-	5.82	8.40	6.55	2.10	-	22.87
	전동기 냉각기술	정 부	-	0.80	3.30	1.90	0.70	-	6.70
		민 간	-	0.42	0.80	0.75	0.25	-	2.22
		소 계	-	1.22	4.10	2.65	0.95	-	8.92
합 계			**-**	**8.70**	**16.00**	**11.20**	**4.10**	**-**	**40.00**

라. 소요인력

- 1차년도에는 기본 및 상세설계, 2차년도에는 시작품 제작, 3차년도에는 시제품 제작과 성능시험, 4차년도에는 실제 차량에 장착하여 신뢰성을 시험하는 절차로 진행

- 2차년도에 주요 부품들의 시작품 제작이 진행되므로 실제 제작업무를 담당할 원급인력을 가장 많이 투입하며, 3차년도와 4차년도에는 시험결과에 따라 부품을 수정·보완하고 지속적인 모니터링에 필요한 소요 인력 반영

<표 VII-57> 소요 인력 및 참여율_냉각팬

(단위: M/Y, %)

과제	핵심구성기술	직급	2020		2021		2022		2023		2024		2025		합계 (명)
			투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	
1-5	상태감시 기술	책임연구원	-	-	1	20%	1	40%	1	30%	1	10%	-	-	4
		선임연구원	-	-	2	25%	2	40%	2	25%	2	15%	-	-	8
		연구원	-	-	2	10%	2	45%	2	15%	2	10%	-	-	8
		소계	-	-	5	-	5	-	5	-	5	-	-	-	20
	송풍팬 경량화	책임연구원	-	-	2	30%	3	40%	2	40%	1	30%	-	-	8
		선임연구원	-	-	3	40%	5	40%	3	40%	2	25%	-	-	13
		연구원	-	-	5	35%	5	30%	5	40%	2	20%	-	-	17
		소계	-	-	10	-	13	-	10	-	5	-	-	-	38
	전동기 냉각기술	책임연구원	-	-	1	20%	1	50%	1	40%	1	10%	-	-	4
		선임연구원	-	-	2	15%	3	30%	1	40%	2	10%	-	-	8
		연구원	-	-	1	15%	3	35%	2	40%	2	15%	-	-	8
		소계	-	-	4	-	7	-	4	-	5	-	-	-	20
연도별 합계			**-**	**-**	**19**	**-**	**25**	**-**	**19**	**-**	**15**	**-**	**-**	**-**	**78**

5.7 파급 효과

(시장 경제적) 카본섬유를 적용한 송풍팬 및 냉각팬을 경량화로 국내외 고속철도 전력시스템용 냉각팬 시장 진출

- 신규시장매출액: 총 약 612억원(연간 약 40.8억원)
  - 주변압기냉각팬: 185편성 × 6EA/편성 × 0.027억원(단가)
  - 모터블럭냉각팬: 185편성 × 8EA/편성 × 0.1억원(단가)
  - 보조블럭냉각팬: 185편성 × 4EA/편성 × 0.09억원(단가)
  - 견인전동기냉각팬: 185편성 × 16EA/편성 × 0.124억원(단가)
- 유지보수시장매출액: 총 약 958억원(연간 약 63.9억원)
  - 주변압기냉각팬: [(46편성 × 12EA/편성)+(71편성 × 6EA/편성)+(57편성 × 6EA/편성) × 0.027억원(단가)
  - 모터블럭냉각팬: [(46편성 × 12EA/편성)+(71편성 × 8EA/편성)+(57편성 × 8EA/편성) × 0.1억원(단가)
  - 보조블럭냉각팬: [(46편성 × 4EA/편성)+(71편성 × 4EA/편성)+(57편성 × 4EA/편성) × 0.09억원(단가)

- 견인전동기냉각팬: [(46편성 × 12EA/편성)+(71편성 × 8EA/편성)+(57편성 × 16EA/편성) × 0.124억원(단가)

■ **(과학기술적) 국내외 철도 및 타분야 대상으로 복합소재 신소재 기술전파**

● 본 과제의 성공적인 수행을 통해 획득한 기술을 기반으로 융복합 소재 기자재를 타분야(공조기, 환기분야)에 상용화 기술 전파

- 냉각팬류 상태감시를 통한 예방적 유지보수 적용 기술의 타산업분야 확대 적용 가능

■ **(사회 문화적) 냉각성능 안정성 확보로 열차 안전운행에 기여**

● 고효율, 고성능, 경량화, 상태감시를 통한 에너지 절감 및 적정 유지보수 시행에 따른 열차 안전운행에 기여 가능

5.8 유사·중복성 검토 및 연계추진 방안

가. 유사과제 현황

No.	과제기간	부처명	사업명	내역사업명	과제명
1	2002~2007	국토교통부	고속철도 기술개발	-	차량시스템 안정화 기술개발
2	2013~2016	국토교통부	철도기술 연구사업	철도 안전성 편의 향상 기술	전동차 소음저감 기술 개발
3	2017~2018	과학기술 정보통신부	한국철도기술 연구원 연구운영비지원	기술이전 및 실용화 촉진을 위한 산업계 연계 기술 개발	자연냉각방식 도시철도차량용 주변압기 개발

나. 차별성 및 연계 추진방안

- 본 연구개발 과제에서는 저소음 초경량 소재인 카본섬유를 적용한 송풍팬 및 냉각팬을 경량화하는 과제로 기존 연구와 중복성 없음

  - 냉각팬 및 송풍전동기 외통을 신소재(알루미늄 재질)로 변경하여 경량화 및 냉각효율을 극대화하고 사전고장감시를 위한 상태감시시스템을 적용하는 측면에서 기존 연구와 기술적 차별성 존재

〈표 VII-58〉 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(냉각팬)_1/3

본 사업 과제명	고속철도용 냉각팬 시스템 개발		
기존 유사과제명	차량시스템 안정화 기술개발('02~'07)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 주변압기 냉각용 팬 국산화 개발	■ 신소재(고내구성) 적용 초경량 냉각팬 시스템 개발	■ 신소재(알루미늄) 다이캐스팅 재질 적용 기술개발 및 상태이상 진단이 가능한 냉각팬 개발로 기술적 차별성 존재
과제규모	■ 52억원	■ 40억원	-
TRL단계	■ 7~8단계(신뢰성 평가)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ 한국형 고속철도시스템의 신뢰성 확보로 안정화 및 실용화 기술개발	■ 저소음 초경량 송풍기 및 냉각팬 시제품 개발 및 성능평가 기술 확보	■ 신소재 적용 냉각팬 시스템 개발로 경량화 및 냉각효율 극대화
기존 기술과의 연계방안	■ 기존 냉각팬 국산화 부품의 성능 기준 검토		

〈표 VII-59〉 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(냉각팬)_2/3

본 사업 과제명	고속철도용 냉각팬 시스템 개발		
기존 유사과제명	전동차 소음저감 기술 개발('13~'17)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 저소음 냉각팬을 적용한 도시철도용 견인전동기 개발	■ 신소재(고내구성) 적용 초경량 냉각팬 시스템 개발	■ 신소재(알루미늄) 다이캐스팅 재질 적용 기술개발 및 상태이상 진단이 가능한 냉각팬 개발로 기술적 차별성 존재
과제규모	■ 23.8억원	■ 40억원	-
TRL단계	■ 5~6단계(시작품)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ 공기기인 및 구조기인 소음을 종합적으로 해석 가능한 모델 기술 확보	■ 저소음 초경량 송풍기 및 냉각팬 시제품 개발 및 성능평가 기술 확보	■ 신소재 적용 냉각팬 시스템 개발로 경량화 및 냉각효율 극대화
기존 기술과의 연계방안	■ 냉각팬 소음 저감을 위한 해석 모델 기술 검토		

〈표 VII-60〉 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(냉각팬)_3/3

본 사업 과제명	고속철도용 냉각팬 시스템 개발		
기존 유사과제명	자연냉각방식 도시철도차량용 주변압기 개발('17~'18)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 절연유 냉각팬 고장이 없는 자연냉각 방식 및 누유가 발생하지 않는 도시 철도 차량용 주변압기 개발	■ 신소재(고내구성) 적용 초경량 냉각팬 시스템 개발	■ 신소재(알루미늄) 다이캐스팅 재질 적용 기술개발 및 상태이상 진단이 가능한 냉각팬 개발로 기술적 차별성 존재
과제규모	■ 1.9억원	■ 40억원	-
TRL단계	■ 1~4단계(개발 및 실험)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ 전계해석 및 절연시험을 통한코일 및 코아의 최적 설계 ■ 냉각기 구조 설계 및 제작	■ 저소음 초경량 송풍기 및 냉각팬 시제품 개발 및 성능평가 기술 확보	■ 신소재 적용 냉각팬 시스템 개발로 경량화 및 냉각효율 극대화
기존 기술과의 연계방안	■ 자연냉각 방식 및 누유 발생 저감을 위한 냉각기 구조 설계 기준 검토		

다. 선행사업 핵심기술과의 연계성 검토

- 국토교통부 철도기술 연구개발사업을 통해 확보한 핵심기술을 기반으로 본 사업 개발부품 구성기술과의 연계방안을 검토

  - 기존, 금속 판재(Fe, Al)형 냉각 팬 최적설계 기술을 접목하여 냉각팬 저소음/초경량 소재(카본 계열 등) 적용 기술 등에 활용 및 연계 가능

※ 기존 사업의 핵심기술과 본 연구개발 사업 부품별 구성기술간의 연계는 제7장 「세부기술 개발계획」 내 제4절 「3.통합로드맵」 참조

〈표 VII-61〉 선행사업 핵심기술 연계(냉각팬)

본 사업 과제명	고속철도용 냉각팬 시스템 개발
기존 유사과제명	KTX 송풍기 모터팬류 개발('07~'09)
핵심 기술명	금속 판재(Fe, Al)형 냉각 팬 최적설계 기술
▼	
본 과제 구성 기술명	저소음/초경량 소재(카본계열 등) 적용 기술
기존 기술과의 연계방안	■ 냉각 팬 및 전동기 인터페이스 기술, 냉각 팬 형상 설계 및 냉각 덕트 구조해석 기술, 저소음/초경량 소재(카본계열 등) 적용 기술개발에 연계

6. 고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발

6.1 연구개발 배경 및 필요성

가. 기술의 정의

제동디스크와 제동패드의 정의

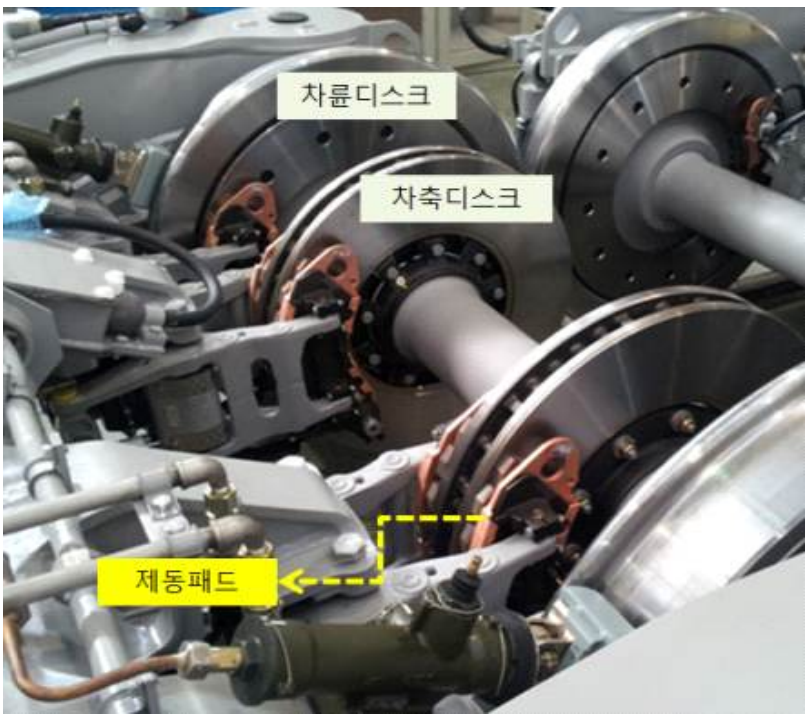
- 기능 및 역할

  - 고속철도차량 제동장치는 전기제동과 기계 제동으로 나뉘고, 기계 제동 장치는 차륜(Wheel) 디스크 제동장치와 차축(Axle) 디스크 제동장치로 구분됨

  - 차륜 디스크 제동장치는 객차 대차의 차륜(Wheel) 측면에 장착된 디스크에 제동패드가 수직방향으로 접촉제동

  - 차축 디스크는 차륜의 회전축에 연결 장착된 디스크에 제동패드가 수직방향으로 접촉 제동

  - 제동디스크 및 패드는 차량의 운동에너지를 마찰열로 변환·소산시켜 차량을 감속 시키거나 목표위치에 정지시키는 역할을 통해 차량의 운행시간단축과 안전운행에 직결되는 핵심 부품 기술임



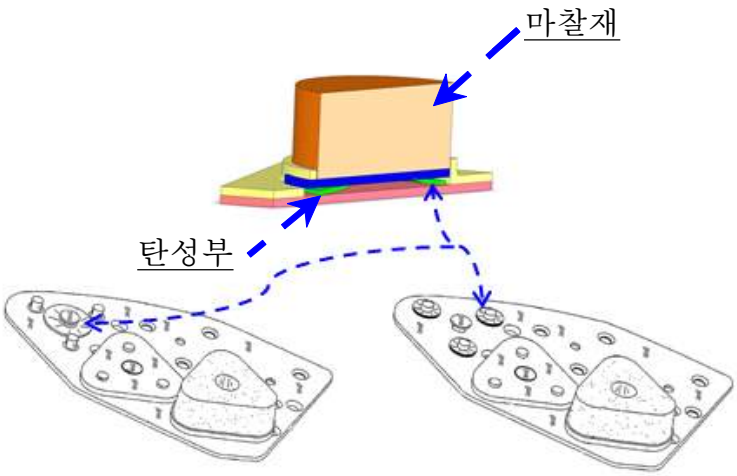
〈그림 Ⅶ-90〉 동산분산식 기초 제동장치 예

- 금속 소결 마찰재

  - Cu, Fe 금속분말 기지(Matrix)에 세라믹(SiO2, Al2O3, ZrSiO4, SiC 등)이나 경질 금속(Mo, Cr, Fe-Cr 등)과 같은 마찰조정제(Friction Modifier)와 흑연(Graphite), CaF2, MoS2와 같은 윤활제(Lubricant)가 분산되어 열처리된 복합재료로 고에너지·고하중의 제동에 사용되는 마찰재

- 제동 유연패드

- 제동시, 디스크와 패드 간 균일접촉 할 수 있도록 유연도(Flexibility)를 부여한 패드



〈그림 VII-91〉 제동유연패드 대표적 구조의 예

- 동력집중식과 동력분산식 철도차량

  - 동력원의 배치타입에 따라 동력집중식과 동력분산식으로 구분

  - 동력집중식은 열차 앞뒤의 기관차에만 동력원이 배치된 차량이고, 동력분산식은 열차를 구성하는 각각의 차량마다 동력원이 분산 배치된 차량

나. 연구개발 배경

현황 및 문제점

- 250km/h급 이상의 동력집중식 제동디스크 및 제동패드의 경우 소음 및 마모 수명, 제동디스크 열손상 등 품질 문제로 수입에 의존 중

- 고속철도차량의 제동디스크 및 제동패드 파손 시 차륜 손상으로 이어져 열차운행 중단, 탈선 등 치명적인 안전사고 발생 가능

- 수입품의 경우 제품하자가 발생되더라도 국내기술력이 없어 즉각적인 보수나 개선이 어려움

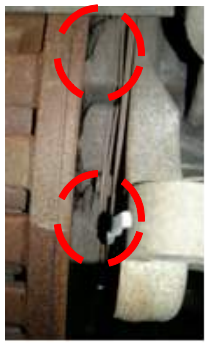
  - 고속철도차량의 제동디스크 및 제동패드 파손 시 제동디스크 및 차륜 손상으로 이어져 열차운행 중단, 탈선 등 치명적인 안전사고 발생 가능

- 국내 제동패드 개발은 제품사양기반의 마찰성능(마찰계수, 마모량) 중심으로 진행되었고, 성능 및 신뢰도 기반의 연구개발 미흡



< 제동디스크 열 크랙 예 >





< 제동패드 마찰재 탈락 예 >

시사점

- 고속철도용 제동디스크와 제동패드 시장은 고속철도 운영국가의 기업에서 시장의 90% 이상을 점유하고 있으며, UIC 규격화, 지식재산권 등으로 후발업체들의 시장진입 장벽 존재

- 2004년 KTX 차량의 도입이후 부품개발업체의 지속적인 연구개발로 제동디스크와 제동패드의 기술력이 축적되어 있어 해외기술의 종속에서 벗어나 기술자립단계로 진입 할 수 있는 시기로 정부지원이 절실한 상태임

- 연구개발 단계부터 국제규격 인증획득 또는 그에 준하는 인증을 획득하여 기술자립 후 해외시장 진출 필요

- 국산화 개발 성공 시, 수요자의 요구에 신속하고 유연한 대응이 가능할 것으로 판단되며 부품의 수명이 향상됨에 따라 운영 가용성이 향상되고 유지보수비용 절감이 예상됨

다. 연구개발 필요성

과학기술적 중요성

- 시속 300km 의 고속으로 운행하는 차량을 정차시키기 위해서는 약 3km 정도의 제동거리가 필요하며, 차량의 안전에 미치는 영향이 큰 중요기술임
- 정부지원 연구 사업으로 디스크 형상 설계에 대해서는 부분적으로 국산기술 확보가 되었으나 제동디스크 소재는 국내 기술 기반이 미약함
- 고속차량의 국산화(산천과 호남선)로 제동에너지는 KTX 차량대비 1. 5배정도 증가되어 제동부품의 열손상의 문제해결을 위한제동디스크와 제동패드 개발을 연계하여 시스템적인 개발이 필요

시장 경제적 필요성

- KTX-산천 기준 약 3,024개의 제동디스크가 전량 수입되어 적용되어 있으며 5년~10년 이내 교체가 필요함
- 해외 제작사들은 제동디스크 교체품 발생시 신품보다 2~3배 높은 가격을 요구할 수 있음
- 제동디스크는 고속차량의 교체 부품 중 수량이 가장 많고 가격이 높아 조기 기술개발을 통해 유지/보수비용의 절감은 물론 외화 지출 비용을 낮추어야 됨

사회문화적 필요성

- 안전에 대한 인식 전환
  - 국민소득향상으로 삶의 질을 중시하고 시간 가치에 대한 중요성이 부각되어 고속철도 이용이 지속적으로 증가하는 추세임
  - 현재, 해외업체는 기술적 독점을 내세워 제품판매에만 치중하고 하자발생(Field claim)시 적극적으로 대응하지 않고 있음
  - 국민이 요구하는 안전수준을 확보하고 고속철도 운행안정성 강화 및 해외시장 진출을 위해 고속철도 제동장치의 개발이 시급함
  - 또한, 고속철도의 안전문제는 중차대한 사회복지문제이며, 고속철도의 사용률 증가뿐만 아니라 해외시장 진출을 위한 철도안전의 신뢰성 확보가 요구되고 있는 실정임

6.2 국내외 시장 및 연구개발 동향

가. 국외 시장 및 연구개발 동향

● 국외시장규모

- 고속철도용 제동디스크의 해외시장은 제동시스템 전문업체인 Knorr(독일)와 Faiveley(프랑스), Poli(프랑스), IBRE(프랑스), SAFE METAL(프랑스)이 대부분을 점유

〈표 VII-62〉 해외시장규모(제동디스크)

구분	2010년	2015년
해외시장규모(억원)	714	928

- 고속철도용 제동패드의 해외시장은 Knorr(독일), Becorit(독일), Cofren(이태리)에서 대부분을 점유하고 있음

〈표 VII-63〉 해외시장 규모(제동패드)

구분		2008	2012	2015	2020
해외시장규모 (억원)	중국	6,807	8,008	8,800	10,120
	유럽 등	5,718	6,727	7,392	8,501
소계		12,525	14,735	16,192	18,621

* 출처 : 중국철로국
 - 산출근거 : 2014-2019 중국고속철 제동 시장 투자분석 및 발전 전망 연구보고
* 출처 : UIC
 - 산출근거: Annual Rolling stock Markets by Region, Current and Projections to 2016

● 전 세계적으로 고속철도에 많은 투자가 이루어지고 있으며, 제동장치의 마찰재 또한 수요가 급격히 증가되고 있어 해외 선진업체에서는 마찰재와 상대재의 보호측면에서 열 발산이 용이하면서도 고속에서도 고 마찰계수를 유지할 수 있는 기술 개발 및 상용화 생산이 진행 중임

- 독일 Knorr社의 제동디스크 개발은 300km/h급까지는 Nodular cast iron을 적용, 400km/h까지는 Cast steel을 적용하고 400km/h 이상은 세라믹 디스크를 적용

나. 국내 시장 및 연구개발 동향

● 국내시장규모

- 국내 고속철도 제동디스크의 시장규모는 2010년 약 54억원에서 연간 6.7% 증가하여 2015년 70억 원으로 성장

- 향후 2040년까지 EMU-250,300 185편성 1,110량 발주예정으로 시장규모는 9,435억 원으로 추산됨

- KTX의 제동디스크는 Faiveley(프랑스)와 IBRE(프랑스)사에서 공급하고 있으며, KTX-산천의 제동디스크는 Poli(프랑스)사에서 공급하고 있음

구분	KTX (도입차량)	KTX-산천		KTX-경강선
		산천	호남선(수서)	
차량 사진				
제동패드	 [국산화제품 제동패드]		 [수입품 제동패드]	

<그림 VII-92> 고속철도차량에 적용되는 국내 제동패드 현황

- 동력분산식 고속철도 디스크는 SAFE METAL(프랑스)사의 제동디스크를 적용함



<그림 VII-93> 동력분산식 고속철도 디스크

- 국내 고속철도 제동패드의 시장규모는 2018년 약 67억 원이며, 2040년까지 약 144억 원으로 성장할 것으로 추정됨

※ 산출근거 : 제3차국가철도망구축계획주요내용(국토교통부)

- KTX 제동패드는 일부 국산화제품을 사용하고 있으나 60%이상은 Cofren(이태리)사의 제동패드를 사용하고, KTX-산천은 전량 Cofren(이태리)사의 제동패드를 사용함
- 동력분산식 고속차량은 Becorit(독일)사의 제동패드가 적용됨



<그림 VII-94> 동력분산식 고속철도용 제동패드

6.3 연구개발 범위

- 제동디스크 및 마찰재 개발기술
  - 제동조건을 고려한 제동디스크 및 마찰재의 소재선정
  - 마찰재의 조성(Formulation)설계 및 배합기술
  - 제동디스크 및 마찰재 제조공정의 설계변수 추출 및 제어기술
  - 마찰·마모 특성에 영향을 미치는 인자 및 측정법 도출
- 구조 해석 및 설계 기술
  - 해석을 통한 설계 데이터 획득 기술
  - 마찰재 선정, 제동디스크 및 마찰재 형상 설계 데이터
  - 유한요소 해석(응력해석 및 열 해석)
- 제동디스크 및 제동패드 제작 생산기술
- 성능평가(인증)기술 및 통합(안)
  - 성능평가(인증) 기술

- 유한요소 해석과 마찰성능 평가의 비교
- 소음측정 및 분석 기술 지원
- 공인인증기관 인증획득

6.4 연구개발 내용

가. 연구개발 목표

- 전량 수입하고 있는 제동디스크와 패드의 국산화 개발을 통해 향후 유지 보수 시 안정적인 부품 공급 및 해외 경쟁력 확보

나. 연구개발 핵심 내용

핵심(구성) 기술명	핵심(구성) 기술 주요내용
제동디스크 및 제동패드 개발기술	– 제동디스크 내열 내마모성 재질선정
	– 제동패드 마찰재의 조성(Formulation)설계
	– 제동디스크 및 제동패드 마찰재 제조공정의 설계변수 추출 및 제어기술
	– 마찰·마모 특성에 영향을 미치는 인자 및 측정법 도출
구조해석, 설계 및 제작 기술	– 해석을 통한 설계 데이터 획득 기술
	– 제동디스크 및 제동패드 설계 기술
	– 유한요소 해석(응력 및 열 해석)
	– 제동디스크 및 제동패드 제작 생산기술
성능평가기술 및 인증	– 성능평가기술
	– 유한요소 해석과 마찰 성능평가의 비교
	– 인증획득

다. 핵심 기술별 As-is/To-be

핵심 기술	As-is	To-be	현재 TRL	목표 TRL
제동디스크 및 제동패드 개발기술	제동디스크 : 수입(프랑스,Safe metal) 제동패드 : 수입(독일, Becorit)	제동디스크: 국산화 제동패드: 국산화	TRL 4	TRL 8
구조해석, 설계 및 제작 기술	독자적인 기술이 반영된 제동디스크와 제동패드 브랜드(Brand) 없음	글로벌한 제동디스크와 제동패드 브랜드(Brand) 개발	TRL 4	TRL 8
성능평가기술 및 인증	인증된 제동디스크와 제동패드 없음	제동디스크와 제동패드 인증획득	TRL 4	TRL 8

<표 VII-64> 수요처 요구사양 대비 목표사양

부품명	수요처 발주사양	본 사업 목표사양	비고
고속철도용 제동디스크/제동패드	(제동디스크) ·내구성능 : 없음 ·밸런싱 17gm이내 ·인장강도:1,050~1,200 MPa	(제동디스크) ·내구성능: 4ton/disc 총 제동횟수 494회 이후 평균마모량 44.5㎛ 미만 ·밸런싱 17gm이내 인장강도:1,030~1,250 MPa	·내구성능 기준 마련 ·인장강도 상향

라. 세부 기술 및 내용

제동디스크 및 패드 마찰재 배합 기술

- 제동디스크 소재 기술
  - 요구 제동력 이상의 제동능력이 보장되는 내열 내마모 재질 선정
  - 선정된 재료에 대해 열 피로에 의해 열손상이 최소화 되도록 열처리를 통해 재료의 미세조직 제어
- 제동패드의 마찰재 조성 기술
  - 제동시스템에서 요구하는 마찰특성을 확보하기 위해 마찰재료 선정
  - 마찰 마모 특성에 영향을 미치는 인자는 원재료의 입자분포 및 형태, 마찰재 조성(Formulation), 마찰재 배합 기술, 제조공정 조건 제어
  - 인자들은 독립적으로 존재하지 않고, 상호반응하며 다양하게 연결 결합되어 있음
  - 마찰재 기술은 마찰재와 제동디스크의 마찰경계에서의 일어나는 마찰 마모 특성에 영향을 미치는 인자 및 측정법 도출·제어하는 기술임

구조해석 및 설계 기술

- 해석을 통한 설계 데이터 획득 기술
  - 제동디스크와 제동패드의 기계 및 재질특성을 입력하여 마찰 면에서의 온도분포, 열응력 분포, 열 변형 거동 등을 이용하여 유한요소 해석

- 제동디스크 및 제동패드 설계 기술
  - 제동시스템이 요구하는 범위 내에서 내구성을 확보하고, 제동 마찰열 분산을 위한 최적 설계 구현
  - 분해 및 조립 등 유지보수 특성을 고려한 구조로 개발
- 유한요소 해석(응력 및 열해석)
  - 제동디스크와 제동패드 간 접촉 압력에 따른 응력 분포와 마찰열 분포와 마찰열 소산
- 제동디스크 및 제동패드 제작 생산 기술
  - 제품 양산 시 제어가능하고 신뢰성 확보 가능한 생산 기술

성능평가(인증) 기술

- 차량의 요구조건에 따라 관성동력시험기(Full scale dynamometer)로 평가하는 형식시험(Type test)과 실제 차량에서 현차시험 평가 기술

- 성능평가 기술
  - 형식시험(Type test): 마찰계수, 마모량, 제동소음, 디스크 공격성(열 손상), 내구성 등 평가
  - 현차시험(Field test): 비상제동시험, 수명 평가, 제동소음 평가, 디스크 공격성(열 손상) 평가, 내구성 등 평가
- 유한요소 해석과 마찰성능 평가의 비교
  - 해석모델과 성능평가 결과로 상호연관성(correlation)에 대한 평가 및 독자적인 구조설계 기술 확보
- 인증획득
  - 철도용품형식인증

마. 연차별/단계별 수행 목표 및 내용

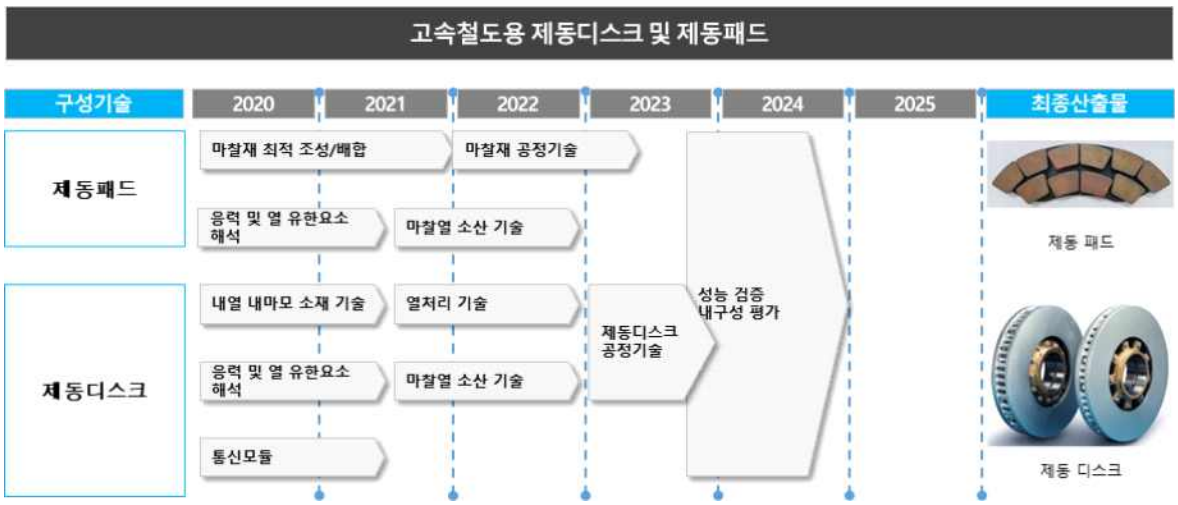
● 연차별 주요 연구내용

연차	기술 개발 목표	기술 개발 내용
1차년도	개념설계 기본설계	– 국외 선진 기술 동향 조사 – 벤치마킹 – 개념설계
2차년도	상세설계 시작품 제작	– 유한요소해석 – 상세설계 – 시작품 설계 및 제작
3차년도	시제품 제작 성능 시험	– 정적/동적 특성 스크린 시험 : 해석(설계)과 성능평가 간 상관관계분석 – 시험결과를 반영한 설계 보완 연구 – 성능시험(공인기관)
4차년도	종합성능시험	– 시제품 종합성능시험 – 정적신뢰성 시험 – 설계보완 및 고도화 연구
5차년도	인증획득 현차시험	– 철도용품 형식승인 인증획득 – 현차시험 결과를 반영한 설계보완 및 확정연구

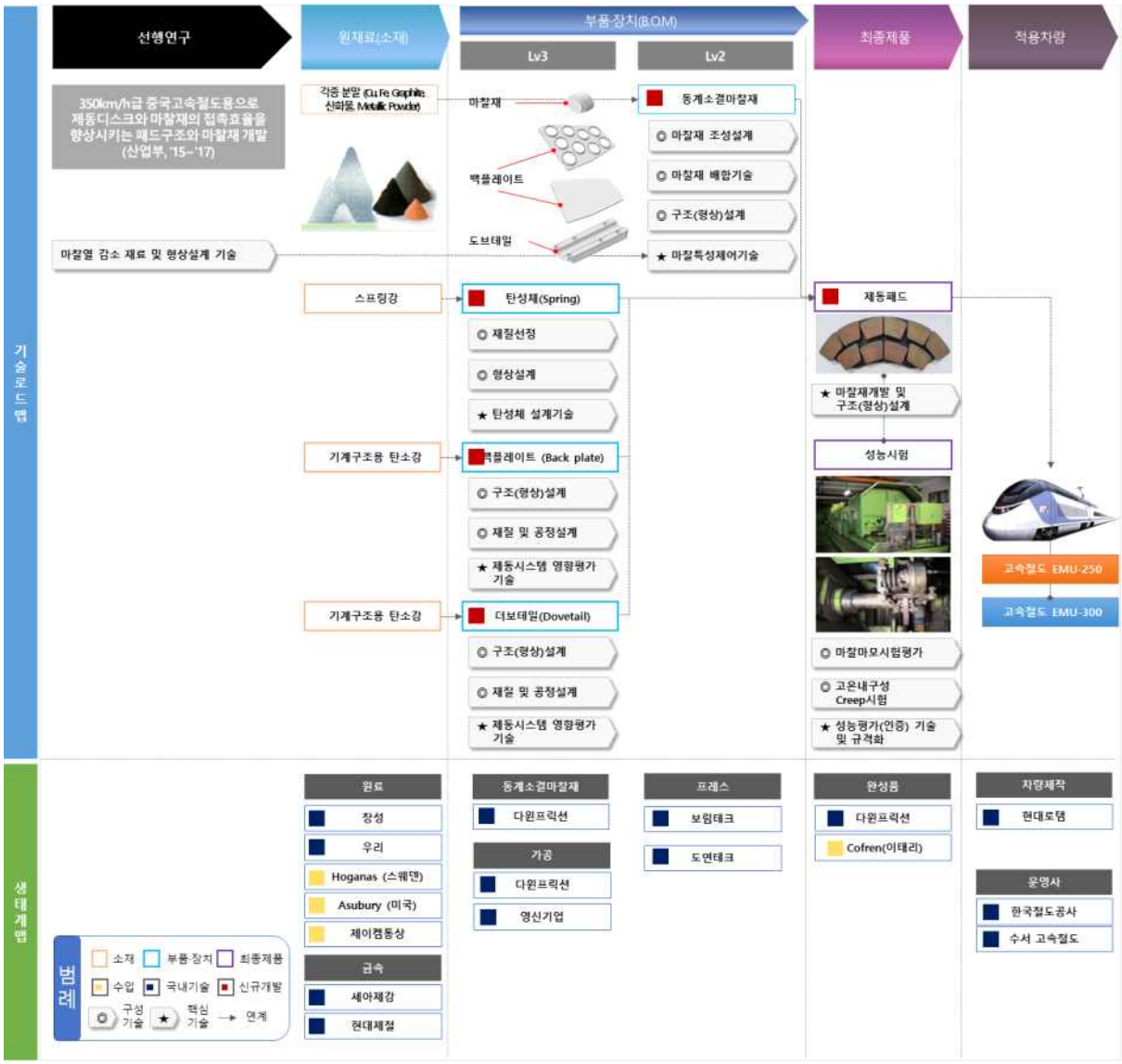
바. 수행 로드맵

● 각 핵심기술별로 연차별 연구개발 내용은 아래와 같음

- 1차년도 기본설계
- 2차년도 상세설계 및 시작품 제작
- 3차년도 시제품 제작 및 성능평가(형식시험)
- 4차년도 종합성능시험
- 5차년도 인증획득 및 현차시험



〈그림 VII-95〉 수행 로드맵_제동패드 및 제동디스크



〈그림 Ⅶ-96〉 수행 로드맵_제동패드



〈그림 VII-97〉 부품로드맵&산업생태계_제동디스크

사. 핵심 기술 확보 전략

핵심(구성) 기술		핵심 기술 확보 전략					
		공공 협력	민간 협력	자체 개발	해외 도입	국내 도입	기타
제동디스크 및 제동패드 개발기술	제동조건을 고려한 제동디스크 소재 선정		◐	●			
	제동패드의 마찰재 조성(Formulation)설계			●			
	제조공정의 설계변수 추출 및 제어기술		◐	●			
	마찰 마모 특성에 영향을 미치는 인자 및 측정법 도출	◐		●			
구조해석, 설계 및 제작 기술	해석을 통한 설계 데이터 획득 기술; 마찰재 선정 및 마찰재 형상 설계 데이타	◐		●			
	제동디스크 및 제동패드 설계기술			●			
	유한요소해석(응력해석 및 열 해석)	◐		●			
	제동디스크 및 제동패드 제작 생산기술		◐	●			
성능평가기술 및 인증	성능평가기술	◐		●			
	유한요소해석과 마찰성능평가의 비교	◐		●			
	인증	◐		●			

- 공공협력: 국가 또는 공공기관이 보유 중인 기술 및 인프라와 연계
- 민간협력: 타 기업에서 보유 중인 기술 및 인프라와 연계
- 자체개발: 기업이 보유한 기술 및 인프라 활용
- 해외도입: 선진국 또는 해외 선도 기업이 보유중인 기술을 이전 받아 활용
- 국내도입: 국내 기업이 보유한 기술을 이전 받아 활용

6.5 사업화 및 자립화 전략

가. 기술개발 완료 후 시장 출시가 가능한 기술 및 제품

- (개별 부품 판매) 동력분산형 고속철도용 제동패드/제동디스크 해외시장 판매 (단, 조건은 인증 획득으로 입찰 및 판매자격 부여된 경우에 한함)

주요부품명	핵심 기술명	핵심 기술명
제동패드 	마찰재 조성 및 공정기술	구조설계기술
제동디스크 	소재 및 공정기술	구조설계기술

<그림 VII-98> 개발완료 후 출시 제품

- (신규 차량 보급) 동력분산식 고속차량 (EMU-250, EMU-300) 2040년까지 1,110량 발주예정 : 총 시장규모는 9,435억원
- (유지보수 시장) 동력분산식 고속차량 (EMU-250, EMU-300) 유지보수시 활용 : 연간 137억원

나. 국내외 시험인증 전략

- 성능 기준 및 시험규격
  - 고속철도용 고내구성 제동디스크 및 제동패드 개발은 마찰, 내구, 결합, 재료 및 재질, 온도, 환경 등의 성능이 확보된 제품의 개발을 통한 품질 확보 필요

[고속철도용 제동패드]

순번	성능항목	기준	적용 참고 규격	비고
1	마찰성능	평균마찰계수(μ) : 0.30~0.45	철도용품 기술기준 (KRTS-CO-Part3, 최신본) 또는 UIC 541-3 (8 Edition, 최신본) 적용	Nominal line
2		마모량 : 0.35 cm3/MJ		-
3		디스크 온도편차 : 2.0 이하		운용사/차량제작사와 협의
4	전단강도	1,400 daN 이상		-
5	차량정차 소음	정차소음 기준 : ≤ 107 dB(A) (차량진입속도 : 77 km/h 기준)	ISO 1996	-
6	비상제동 시험	3,300m이내	고속철도차량기술기준 (KRTS-VE-Part31)	-

[고속철도용 제동디스크]

순번	성능항목	기준	적용 참고 규격	비고
1	제동디스크마찰성능	- 제동하중 4 ton/disc, 46회 제동 후 냉간 상태에서 균열이 없어야 함	-	-
2	제동디스크 내구성능	- 제동하중 4 ton/disc, 총 제동횟수 494회 이후 평균 마모량 44.5 ㎛ 미만	KRS-BR-0003-13(R)	-
3	제동디스크 재질 및 재료성능	- 화학성분 : 시험 후 규격에 제시된 화학성분을 만족해야 함. - 항복강도 : ≥ 600 MPa - 인장강도(상온) : 1,030 ~ 1,250 MPa - 연신율 : ≥ 16 % - 충격흡수량(샤르피 충격) : ≥ 20 J - 경도 : 331 ~ 388 HB	KRS-BR-0003-13(R) KS D 1652 KS D 1801 KS B 0801 KS D 0802 KS D 0810 KS D 0805 ASTM-E21 EN 14535-1~3	-
4	제동디스크 밸런싱성능	- 차축디스크 밸런싱 : < 17 gm - 차륜디스크 밸런싱 : < 7 gm	-	-

● 고내구성 제동패드 및 제동디스크 시스템 인증 획득

- 고속철도용 고내구성 제동패드 및 제동디스크 개발 인증은 국내외 제품 인증과 시스템인증으로 구분되며, 제품 인증은 필수적으로 철도용품 형식승인을 받아야 하며, 시스템 인증은 해외 수출 기반을 확보하기 위해 ISO/TS 22163 등 품질관리체계 인증 획득 필요

순번	인증 내용	인증 기관	기준	비고
1	국내 성능인증 (NEP, NET, EPC, K마크 등)	· 산업부 · 국토부 · 중기부 등	· 국내외 규격 및 성능 관련 자체 규격	임의인증(개발 제품에 대한 신기술, 신제품, 성능인증 등)
2	철도안전법 형식승인	· 국토부	· 철도용품 기술기준 (제동패드, 제동디스크) · 안전품목 검사기준 (25.제동마찰재, 26. 제동디스크)	강제인증
3	ISO 품질관리체계 인증	· 제3자 적합성인증기관	· ISO 9001:2015 · ISO/TS 22163	임의인증(제작자 품질관리체계 인증)
4	국외 성능인증	· 국제철도연맹(UIC)	· UIC 541-3 · EN 14535 1~3	임의인증

다. 단계별 시장 진입 전략

● 전량 수입하고 있는 제동디스크와 제동패드의 국산화 개발 완료시 단계별 시장 진입 전략은 다음과 같음

구분	단기 전략	중장기 전략
출시 제품	제동디스크, 제동패드	제동디스크, 제동패드
진입 분야	국내 동력분산식 고속철도 기초제동장치 유지보수	국내 신규 동력분산식 고속철도 및 해외 동력분산식 고속철도
타겟	코레일(유지보수 시장)	현대로템, 중국중차, 프랑스 SNCF 등

- 단기 전략으로는 국내 동력분산식 고속철도 기초제동장치 유지 보수품에 대한 대응을 통하여 실적 확보

- LCC 비용저감을 통하여 국내 수요자(코레일) 확보 및 성능 검증 추진

- 중장기 전략으로 성능 검증 후, 국내외 고속철도 차량제작사의 신규프로젝트 계약시 제동디스크 및 제동패드 제안, 국내외 신규시장 진출

라. 지적 재산권 확보전략

핵심 기술별 특성을 바탕으로 지적 재산권 확보 전략을 수립

- 기존 지적 재산권 검토 결과
  - 고속철도 마찰마모에 대한 기초연구성과는 공개되지 않고 지적재산권 형태로 공개중
  - 고속철도사업의 선진국인 유럽, 일본 등을 필두로 하여 고속철도용 제동디스크의 연구를 통하여 성능이 향상되었고, 특히 제동부품의 구조에 대한 형상 및 체결 메커니즘에 대한 특허출원이 대부분을 차지하고 양산에 성공한 많은 사례를 가지고 있음
  - 대표적인 지식재산권은 코프렌(독일), 페더럴-모굴(영국), 크노르(독일)가 가지고 있으며, 코프렌과 크노르는 실제 상업화 적용
- 관련 기존 지적 재산권 가능성 검토 결과 및 신규 지적 재산권 확보 전략은 다음과 같음
  - 구조설계는 선도업체의 형상 변경을 통해 회피 설계
  - 회피 설계를 통해 신규 특허 출원

1) 지식재산권 신청기술의 정의

순번	기술의 명칭	확보가능 특허	건수	등록시점
1	제동디스크 및 패드 개발기술	· 마찰재 배열 설계기술 · 디스크 이종 재료간 최적화 설계기술	2	2023년
2	구조해석 및 설계/ 제작기술	· 마찰재 체결구조 설계기술 · 디스크 타입별 구조해석 설계 및 제작기술	2	2023년
3	성능평가 향상 기술	· 디스크 냉각성능 향상 체결구조 제작기술	1	2023년
합계		-	5	-

2) 선행기술조사를 통한 차별성 검토

- 제동패드 관련 특허 동향 조사 결과를 토대로 등록특허 기준, 존속기간 유예 등을 고려, 해당과제와 유사한 특허 3개를 도출하여 비교 분석 수행

선행특허 기술명	주요기술과의 차별성			본 기술과의 차별성
	1	2	3	
선로분야에서 이용되고, 마찰요소를 가지는 개선된 디스크 브레이크 패드	○	○	○	마찰재 체결구조 설계기법의 유연구조 기존방식 특허 회피하여 본 기술개발과는 무관함
마찰패드	○	○	○	마찰재 체결구조 설계기법의 유연구조 기존방식 특허 회피하여 본 기술개발과는 무관함
Brake Lining for the disk brake of a vehicle	○	○	○	마찰재 체결구조 설계기법의 유연구조 기존방식 특허 회피하여 본 기술개발과는 무관함

※ ○: 관련성 낮음, ◐: 일부 유사, ●: 차별성 높음

3) 보유 지적재산의 보강 전략[3)]

- 기존 제동패드 관련 특허는 마찰재 체결구조 설계기법의 유연구조 구현방식이 주를 이루고 열화에 따른 탄성력 손실의 문제점을 가지고 있음.

- 해당 부품 개발을 통한 지적 재산권 확보기술은 탄성력 손실의 문제점을 개선하는 점에서 차별성 존재

보 강 전 략	
문 제 점	**해 결 방 안**
· 기존 특허는 탄성력 손실	· 핵심기술로 구성된 신청기술들은 기존 특허의 탄성력 손실문제를 근본적으로 해결 가능함
회 피 전 략	
문 제 점	**해 결 방 안**
· 마찰재 체결구조 설계기법의 유연구조는 압부력에 1:1대응에 불리함	· 해당 부품 개발의 유연구조는 압부력에 1:1대응에 가능함

4) 신청기술의 방어전략

- 신청기술의 사업화와 관련하여, 타사의 특허 침해 가능성이 없음

3) 타사가 보유한 선행 특허와의 침해 문제를 해결하기 위한 전략을 서술. 특허분쟁 가능성이 보이는 특허가 인용문헌으로 검색될 경우 검색특허가 현재 유효하게 존속하고 있는지를 검토하고(존속기간, 연차료), 분쟁 가능성의 정도를 “관련도”로 나타냄(존속 여부와 함께, 사업화국가 vs 등록국가, 신청기술 vs 청구범위를 비교)

6.6 투자계획

가. 투자 규모

- 총 67.69억 원/5년 중 정부출연금 50.69억 원(75%) 대비 민간부담금 17.00억 원(25%) 으로 구성된 정부주도 사업추진

<표 VII-65> 총 투자계획_제동디스크 및 패드

(단위 : 억 원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	총계
정 부	8.70	8.75	10.70	8.70	13.84	-	50.69
민 간	2.97	2.92	3.64	2.97	4.50	-	17.00
합 계	**11.67**	**11.67**	**14.34**	**11.67**	**18.34**	**-**	**67.69**

나. 소요 재원

- 제동디스크와 제동패드 부품개발을 위한 연구개발 소요 재원은 전체 소요 재원 중 연구개발비가 100%로 67.7억 원을 소요

<표 VII-66> 연구활동별 집행기준_제동디스크 및 패드

(단위: 억 원)

구분		총사업비				비율
대항목	소항목	국고	지방비	민간	합계	
1. 연구개발		50.69	–	17.00	67.69	100.0%
2. 연구시설 및 장비	시설	–	–	–	–	–
	장비	–	–	–	–	–
3. 기타(Feedback R&D 포함)		–	–	–	–	–
합계		**50.69**	**–**	**17.00**	**67.69**	**100.0%**

다. 소요 예산 산출근거

핵심기술별 연구개발비

- 구성기술별 연구개발비 내역은 다음과 같음

<표 VII-67> 핵심기술별 연구개발비_제동디스크 및 패드

(단위 : 억 원)

과제명	구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	총계
고속 철도용 제동 디스크 및 제동패드 개발	제동디스크 및 패드 (마찰재) 재질	정 부	8.70	-	-	-	-	-	8.70
		민 간	2.97	-	-	-	-	-	2.97
		소 계	11.67	-	-	-	-	-	11.67
	구조해석 및 설계	정 부	-	8.75	7.50	4.35	-	-	20.60
		민 간	-	2.92	2.54	1.49	-	-	6.95
		소 계	-	11.67	10.04	5.84	-	-	27.55
	성능평가 (인증)기술 및 규격화	정 부	-	-	3.20	4.35	13.84	-	21.39
		민 간	-	-	1.10	1.48	4.5	-	7.08
		소 계	-	-	4.30	5.83	18.34	-	28.47
합 계			**11.67**	**11.67**	**14.34**	**11.67**	**18.34**	**-**	**67.69**

라. 소요인력

- 1차년도에는 기본설계, 2차년도에는 상세설계 및 시작품 제작, 3차년도에는 시제품 제작 및 성능시험, 4차년도에는 종합성능시험, 5차년도는 현차시험 및 결과분석
- 3차년도와 4차년도에 과제의 성공을 결정하는 설계 및 시작품 제작이 진행되므로 인력을 가장 많이 투입하며, 5차년도에는 시험결과에 따라 부품을 수정·보완하고 지속적인 모니터링에 필요한 소요 인력 반영

<표 VII-68> 소요 인력 및 참여율_제동디스크 및 제동패드

(단위: M/Y, %)

과제	핵심구성기술	직급	2020		2021		2022		2023		2024		2025		합계 (명)
			투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	
1-6	제동디스크 및 패드 (마찰재)재질	책임연구원	4	45%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
		선임연구원	4	60%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
		연구원	4	60%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
		소계	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12
	구조해석 및 설계	책임연구원	-	-	4	45%	1	40%	2	30%	-	-	-	-	7
		선임연구원	-	-	4	60%	6	55%	2	40%	-	-	-	-	12
		연구원	-	-	4	60%	7	35%	6	40%	-	-	-	-	17
		소계	-	-	12	-	14	-	10	-	-	-	-	-	36
	성능평가 (인증)기술 및 규격화	책임연구원	-	-	-	-	1	50%	2	30%	4	60%	-	-	7
		선임연구원	-	-	-	-	3	30%	2	40%	6	65%	-	-	11
		연구원	-	-	-	-	3	40%	6	40%	8	55%	-	-	17
		소계	-	-	-	-	7	-	10	-	18	-	-	-	35
연도별 합계			**12**	**-**	**12**	**-**	**21**	**-**	**20**	**-**	**18**	**-**	**-**	**-**	**83**

6.7 파급 효과

(시장 경제적) 국산화 개발을 통한 수입대체 및 유지보수 시장 진출

- 본 과제를 통하여 개발된 제품이 제동디스크의 보호까지 이어진다면 디스크와 차륜의 삭정횟수 절감, 교체비용 절감을 통하여 추가적인 운영 예산절감이 발생할 것으로 예상

  - 신규시장매출액: 약 943억 원(연간 약 62.9억 원)

  - 유지보수매출액: 약 539억 원(연간 약 36억 원)

  ※ 출처: 철도차량 및 주요부품 중장기 구매계획 알림, 국토부 철도운행안전과-3214

(과학기술적) 고내구성, 성능, 신뢰성 확보된 국산화 기술 개발

- 제동장치 요소부품의 핵심이라고 할 수 있는 마찰 마모이론 체계정립, 열 유동 및 압력 해석을 통한 메커니즘을 분석, 설계변수 추출, 정확한 성능시험 평가능력 등 고도의 기술경쟁력 확보

- 국내기술이 단순 제품생산 기술수준에서 벗어나 시스템 엔지니어링 수준으로 진입하게 되어 세계적인 철도관련 제동전문 기업들과 경쟁할 수 있는 독자적인 설계기술 확보

(사회문화적) 운행안전성 및 신뢰성 확보로 국민안전에 기여

- 고속철도 차량의 제동디스크와 차륜의 보호는 차량안전과 직결되고 이로 인해 고속철도 차량의 안전율에 대한 신뢰도가 상승할 것으로 예상되며, 안전성 높은 이동수단으로 자리매김이 예상됨

6.8 유사·중복성 검토 및 연계추진 방안

가. 유사과제 현황

No.	과제기간	부처명	사업명	내역사업명	과제명
1	'05~'06	산업자원부	부품소재종합기술지원	부품소재종합기술지원	고속전철용 브레이크 패드의 브레이킹 소음개선 기술지원
2	'05~'07	중소기업청	중소기업상용화기술지원	중소기업상용화기술지원	고속차량 브레이크패드
3	'13~'15	중소기업청	중소기업상용화기술지원	중소기업상용화기술지원	중고속(180km/h급)철도차량용 친환경 고성능 제동라이닝 국산화
4	'13~'14	한국산업단지공단	산업집적지경쟁력강화사업	산업집적지경쟁력강화사업	고속철도 차량용 디스크보호용 플렉서블 제동라이닝 개발
5	'14~'16	국토교통부	국토교통기술사업화지원	국토교통기술사업화지원	해외 고속철도(CRH5) 소결 브레이크 패드 개발
6	'15~'17	한국산업단지공단	산업집적지경쟁력강화사업	산업집적지경쟁력강화사업	350km/h급 중국고속철도용으로 제동디스크와 마찰재의 접촉효율을 향상시키는 패드구조와 마찰재 개발
7	'16~'20	국토교통부	철도기술연구사업	철도기술연구사업	도시철도차량용 제동마찰재 개발 및 표준화 연구
8	'14~'16	국토교통부	미래철도기술개발사업	미래철도기술개발사업	고속차량용 내열 합금 주강 디스크 기술개발

나. 차별성 및 연계 추진방안

- 기존 국내에서의 선행 연구는 운용사의 요구에 의해 국산화 개발로 수입된 제품을 벤치마킹하여 제품사양위주 또는 향후 사업화를 위한 시험 검증 연구로만 진행되었음
- 본 연구개발 과제는 제동디스크와 제동패드를 시스템 단위로 개발하는 과제로 기존 단품위주의 개발과는 차별성이 있음
- 동력분산식 제동디스크 및 제동패드 국산화 개발은 성능과 적용분야에 있어 국내에서의 선행연구가 없으며, 제동디스크와 제동패드의 인터페이스 기술을 획득할 수 있어 차별성이 있음

<표 VII-69> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(제동디스크 및 패드)_1/7

본 사업 과제명	고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발		
기존 유사과제명	고속차량용 내열 합금 주강 디스크 기술개발('12~'14)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 고속철도 차량용 제동디스크 국산화	■ 동력분산식 고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발	■ 동력분산식 제동디스크 및 제동패드 선행연구 결과 없음
과제규모	■ 2.1억원	■ 67.69억원	-
TRL단계	■ 5~6단계(시작품)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ 제동디스크 방열판 형상 개선 ■ 일체형 디스크로 내마모, 패드 수명 향상	■ 전량 수입하고 있는 제동디스크 및 패드의 국산화 개발을 통해 향후 유지보수시 안정적인 부품 공급 및 해외 경쟁력 확보	■ 동력분산식 고속철도용 제동디스크 및 제동패드 국산화 개발
기존 기술과의 연계방안	■ 기존 차량에 적합하게 설계된 제동디스크 및 제동패드의 내마모성 성능 기준 검토		

<표 VII-70> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(제동디스크 및 패드)_2/7

본 사업 과제명	고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발		
기존 유사과제명	기존 철도부품 국산화 및 성능향상 기술개발('13~'16)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 복합재 제동디스크 원천기술 개발	■ 동력분산식 고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발	■ 동력분산식 제동디스크 및 제동패드 선행연구 결과 없음
과제규모	■ 21억원	■ 67.69억원	-
TRL단계	■ 5~7단계(시제품)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ KTX 감속기/주변압기 및 변전소 교류급전계통 보호장치 국산화 개발	■ 전량 수입하고 있는 제동디스크 및 패드의 국산화 개발을 통해 향후 유지보수시 안정적인 부품 공급 및 해외 경쟁력 확보	■ 동력분산식 고속철도용 제동디스크 및 제동패드 국산화 개발
기존 기술과의 연계방안	■ 복합재를 활용한 제동디스크 설계 기술 및 성능 검토		

<표 VII-71> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(제동디스크 및 패드)_3/7

본 사업 과제명	고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발		
기존 유사과제명	탄소 복합재 제동디스크 원천기술 개발('13~'16)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 탄소 복합재 (C/C-SiC) 제동 디스크 원천기술 개발	■ 동력분산식 고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발	■ 동력분산식 제동디스크 및 제동패드 선행연구 결과 없음
과제규모	■ 2.8억원	■ 67.69억원	-
TRL단계	■ 5~6단계(시작품)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ C/C-SiC-X 복합재 제동디스크 시제품 개발 및 성능평가	■ 전량 수입하고 있는 제동디스크 및 패드의 국산화 개발을 통해 향후 유지보수 시 안정적인 부품 공급 및 해외 경쟁력 확보	■ 동력분산식 고속철도용 제동디스크 및 제동패드 국산화 개발
기존 기술과의 연계방안	■ 탄소 복합재(C/C-SiC)를 적용한 제동디스크 설계 기술 및 성능평가 검토		

<표 VII-72> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(제동디스크 및 패드)_4/7

본 사업 과제명	고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발		
기존 유사과제명	중고속(180km/h급) 철도차량용 친환경 고성능 제동라이닝 국산화('13~'15)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 플렉서블 제동라이닝 구조 최적화 설계개발	■ 동력분산식 고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발	■ 동력분산식 제동디스크 및 제동패드 선행연구 결과 없음
과제규모	■ 3.5억원	■ 67.69억원	-
TRL단계	■ 1~4단계(기초연구 및 실험)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ 고속다이나모시험평가를 통해 금속계 제동라이닝의 개발 효과 확인	■ 전량 수입하고 있는 제동디스크 및 패드의 국산화 개발을 통해 향후 유지보수 시 안정적인 부품 공급 및 해외 경쟁력 확보	■ 동력분산식 고속철도용 제동디스크 및 제동패드 국산화 개발
기존 기술과의 연계방안	■ 플렉서블 제동라이닝 구조 해석 기술 및 고속다이나모 시험평가 결과 검토		

<표 VII-73> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(제동디스크 및 패드)_5/7

본 사업 과제명	고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발		
기존 유사과제명	해외 고속철도(CRH2, CRH5) 소결 브레이크 패드 개발('14~'16)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ CRH2와 CRH5 고속철 브레이크 패드 개발	■ 동력분산식 고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발	■ 동력분산식 제동디스크 및 제동패드 선행연구 결과 없음
과제규모	■ 3.7억원	■ 67.69억원	-
TRL단계	■ 1~4단계(기초연구 및 실험)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ CRH2와 CRH5 브레이크 패드 개발을 통한 중국 공인 다이나모 시험 및 중국 현차시험 수행	■ 전량 수입하고 있는 제동디스크 및 패드의 국산화 개발을 통해 향후 유지보수 시 안정적인 부품 공급 및 해외 경쟁력 확보	■ 동력분산식 고속철도용 제동디스크 및 제동패드 국산화 개발
기존 기술과의 연계방안	■ CRH2와 CRH5 브레이크 패드 개발 및 중국 다이나모 시험 및 현차시험 결과 검토		

<표 VII-74> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(제동디스크 및 패드)_6/7

본 사업 과제명	고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발		
기존 유사과제명	350km/h급 중국고속철도용으로 제동디스크와 마찰재의 접촉효율을 향상시키는 패드구조와 마찰재 개발('15~'17)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 고성능 제동장치 및 제동 패드 개발	■ 동력분산식 고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발	■ 동력분산식 제동디스크 및 제동패드 선행연구 결과 없음
과제규모	■ 7.8억원	■ 67.69억원	-
TRL단계	■ 9단계(사업화)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ '350km/h급 중국고속철도용으로 제동디스크와 마찰재의 접촉효율을 향상시키는 패드구조와 마찰재 개발	■ 전량 수입하고 있는 제동디스크 및 패드의 국산화 개발을 통해 향후 유지보수 시 안정적인 부품 공급 및 해외 경쟁력 확보	■ 동력분산식 고속철도용 제동디스크 및 제동패드 국산화 개발
기존 기술과의 연계방안	■ 기존 350km/h급 제동디스크 및 마찰재 접촉효율 성능 검토		

〈표 VII-75〉 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(제동디스크 및 패드)_7/7

본 사업 과제명	고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발		
기존 유사과제명	철도차량의 성능향상을 위한 핵심기술 개발('15~'18)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ KTX-산천 제동디스크 균열검출시스템 제작/시험 및 디스크/패드의 열거동 해석	■ 동력분산식 고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발	■ 동력분산식 제동디스크 및 제동패드 선행연구 결과 없음
과제규모	■ 13.2억원	■ 67.69억원	-
TRL단계	■ 1~2단계(기초연구)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ 제동디스크 열균열 분석을 통한 유지보수 기준정립 및 제동패드의 최적형상 설계	■ 전량 수입하고 있는 제동디스크 및 패드의 국산화 개발을 통해 향후 유지보수 시 안정적인 부품 공급 및 해외 경쟁력 확보	■ 동력분산식 고속철도용 제동 디스크 및 제동패드 국산화 개발
기존 기술과의 연계방안	■ 제동디스크 및 패드 마찰재의 열거동 마모특성 해석기술 검토		

다. 선행사업 핵심기술과의 연계성 검토

- 국토교통부 철도기술 연구개발사업을 통해 확보한 핵심기술을 기반으로 본 사업 개발부품 구성기술과의 연계방안을 검토

  - 기존, KTX 제동패드 개발을 통해 확보한 마찰열 감소 재료선정 기술, 재동소음 저감기술과 KTX 제동디스크 내마모성 기술, 복합소재 적용 설계 기술 등을 접목하여 내마모성 제동마찰재 설계 및 형상 기술 및 동력분산식 내열/내마모성 재질 제동디스크 복합소재 설계 기술 등에 활용 및 연계 가능

※ 기존 사업의 핵심기술과 본 연구개발 사업 부품별 구성기술간의 연계는 제7장 「세부기술 개발계획」 내 제4절 「3.통합로드맵」 참조

〈표 VII-76〉 선행사업 핵심기술 연계(제동디스크 및 패드)

본 사업 과제명	고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발	
기존 유사과제명	KTX 제동패드 개발('05~'07)	KTX 제동디스크 개발('08~'10)
핵심 기술명	마찰열 감소 재료선정 기술, 제동소음 저감기술	제동디스크 내마모성 기술, 복합소재 적용 제동디스크 설계 기술
▼		
본 과제 구성 기술명	내마모성 제동마찰재 설계 및 형상 기술	동력분산식 내열/내마모성 재질 제동디스크 복합소재 설계기술
기존 기술과의 연계방안	■ 내마모성 제동마찰재 설계 및 형상 기술, 속도대역별 마찰계수 및 성능 유지 기술개발에 연계	■ 동력분산식 내열/내마모성 재질 제동디스크 복합소재 설계기술, 발열 소재 및 열반점 예방기술, 차축 및 차륜형 제동디스크 설계 및 성능시험 기술개발에 연계

7. 고속철도용 모듈형 주회로 차단시스템 개발

7.1 연구개발 배경 및 필요성

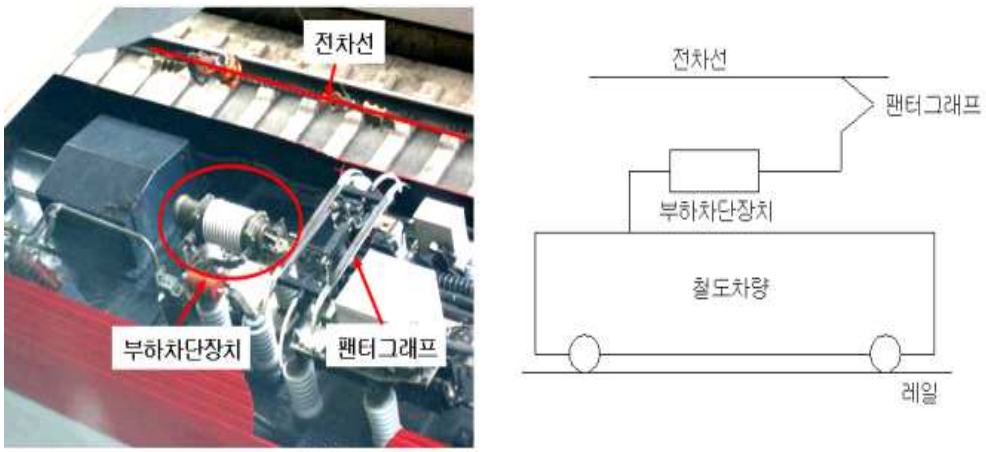
가. 기술의 정의

주회로차단기의 정의

- 부품의 기능 및 역할

  - (평상시) 주회로차단기는 팬터그래프를 경유한 전차선 전원의 통전 및 차량 내부 장치에 공급하는 전원을 개폐하는 기능을 수행

  - (이상시) 단락/지락 사고 및 주변압기 회로 이상으로 발생하는 과전류를 신속하게 차단하여 차량보호 및 사고의 파급확대를 방지하는 기능을 수행



〈그림 Ⅶ-99〉 KTX-산천용 주회로차단기의 설치 구조

  - (구성) 주회로차단기는 진공 인터럽터(V.I[4], 이하)를 포함하는 진공차단부와 진공차단부의 Close/Open 동작을 위한 조작기구부와 동작을 위한 신호 및 압력을 제어하는 제어부로 구성

  - 진공차단부의 핵심 부품인 진공 인터럽터는 전원의 통전과 차단을 담당하는 부품으로 진공상태의 높은 절연내력과 전자기력을 이용한 아크소호성능을 바탕으로 차단기의 소형화 및 경량화가 가능하나 해당 성능을 유지하기 위해서는 진공인터럽터 동작 수명내에 고진공도(高眞空度) 유지, 개폐접점의 내구성 등의 고신뢰성이 요구됨

4) Vacuum Interrupter의 약자로 차단부 구성의 핵심부품, 세라믹관내에 고정 및 가동전극, 아크실드, 벨로우즈 등을 구성하여 진공상태에서 전원의 통전 및 차단기능을 구현

- 진공 인터럽터

  - 전기적 접점을 진공에서 구성하여 절연능력을 향상시킨 제품으로 평시에는 양호한 도체로 전력을 공급하고, 과부하 및 단락사고시에는 대전류를 신속히 차단하여 절연을 확보하는 기기

  - 전원의 통전과 차단을 담당하는 부품으로 진공상태의 높은 절연내력과 전자기력을 이용한 아크소호성능을 바탕으로 차단기의 소형화 및 경량화가 가능

  - 운행 중인 고속차량의 내부에 안정적인 전원 공급과 이상/사고 전원의 차단 책무수행을 위하여 메커니즘의 기계적 구동의 안정성 및 진공인터럽터의 전기적 차단 성능, 동작 수명내에 고진공도(高眞空度) 유지, 개폐접점의 내구성 등에 대한 고품질의 신뢰성 요구

- 진공차단부

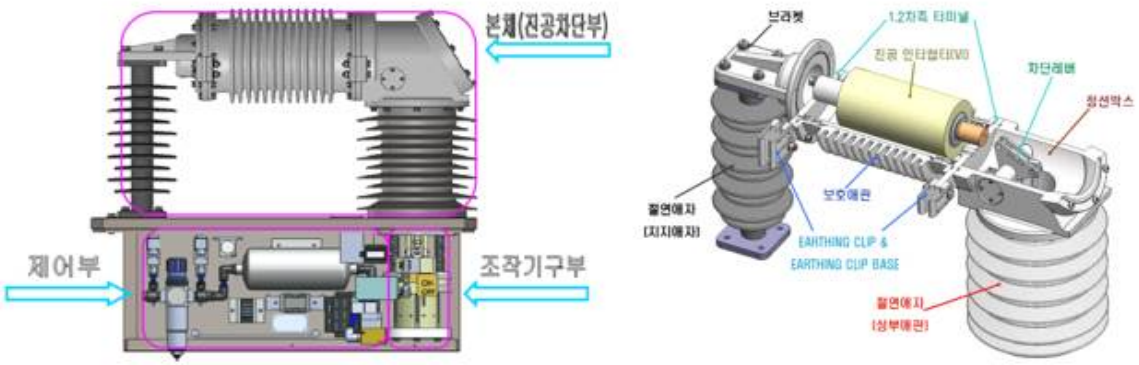
  - 진공인터럽터와 진공인터럽터를 외부 습기 및 빗물로부터 보호하는 보호애관과 이를 지지하는 절연애자 등으로 구성

- 조작기구부

  - 진공인터럽터를 동작시키기 위한 구동부와 구동상태(Close/Open)의 유지를 위한 구동 유지부로 구성

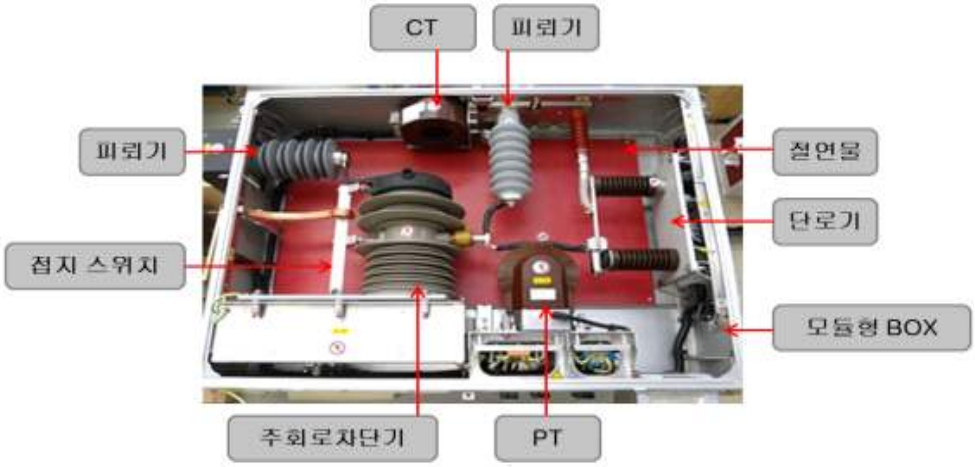
- 제어부

  - 규정동작책무를 수행하도록 하는 동작신호제어부와 동작전원의 안정적 제공을 위한 전원부로 구성

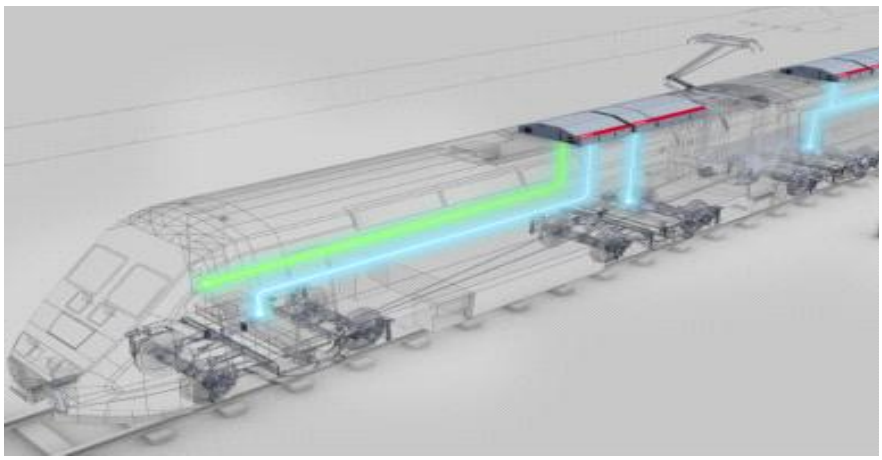


〈그림 Ⅶ-100〉 KTX-산천용 주회로차단기의 구조

- C.T(Current Transformer) 및 P.T(Potential Transformer)
  - 안전을 위하여 상대적으로 높은 1차측 전원의 전압 및 전류를 일정 비율로 변압/변류하여 1차측 전압/전류를 크기 및 파형을 측정하기위한 장치
  - 전류 변환은 C.T, 전압 변환은 P.T로 수행
- 피뢰기 (Lighting Arrester)
  - 낙뢰 또는 전력계통에 발생 혹은 유도된 이상 전압의 파고값을 저감시키기 위하여 에너지의 일부 또는 전부를 방전시키고, 방전 후에는 도전로를 차단하여 절연을 회복시키는 기능을 가진 보호 장치
- 단로기(Disconnect Switch)
  - 무부하상태(전기가 통하지 않는 상태)에서 주회로의 접속을 변경하기 위해 회로를 개폐하는 장치, 주회로 차단기로 차단된 선로를 안전 등을 위해 구간을 분리하기 위하여 설치하는 스위치
- 접지스위치(Earthing Switch)
  - 회로의 접지측에 접속하여 회로를 접지선에서 끊는 스위치, 차단된 선로(기기)에서 작업 등의 진행시 선로 재투입에 의한 사고를 방지하기 위하여 선로(기기)를 접지시키는 스위치
- 모듈타입의 주회로차단기
  - 펜터그래프 후단, 변압기 전단의 외부로 노출되는 전기장치를 단일 Box에 내장(內裝)하여 모듈화 하는 기술
  - 단일 Box내에 각종 기기를 모두 통합 설치하여 외부 상황 변화(기온, 습도, 눈 또는 비, 압력 등)에 의한 영향을 최소화하고 외부로부터의 충격(주행 중 충격가능한 돌, 이물질, 조류 등)으로부터 보호하여 제품의 신뢰성 및 전력공급안정성 확보
  - 단일 Box 모듈내 내장(內裝)은 주회로차단기, C.T, P.T, 피뢰기, 단로기, 접지스위치와 상기 부품의 절연을 위한 절연애자 및 절연판 등으로 구성



〈그림 Ⅶ-101〉 선진사(Secheron) 모듈형 주회로차단기 구성



〈그림 Ⅶ-102〉 모듈형 주회로차단기 적용

- IoT 기반 지능형 시스템

  - 투입/차단시 전기적 파형을 실시간으로 탐지하여 차단부 손상을 최소화하는 파형 위치에서 차단을 실시하여 차단부 손상을 최소화하는 위상제어 기술

  - 진공 인터럽터의 진공도 감시, Box 내부 온도/습도 감시, 차단기 구동부 상태 감시를 통하여 주회로차단기의 동작 신뢰성을 확보하고 고장 가능성을 사전에 감지할 수 있는 진담감시 기술

  - GSM(Global System for Mobile communications[5])기반 원격 통신 기술 및 30일간 핵심 데이터 저장 기술을 통해 외부에서 주회로차단기 상태를 확인할 수 있는 진단감시 시스템

5) GSM : 전세계에서 가장 널리 사용되는 이동통신시스템으로 종합정보통신망(ISDN)과 연결되어 모뎀을 사용하지 않고도 통신이 가능한 표준규격

나. 연구개발 배경

현황 및 문제점

- KTX-산천을 포함한 국내 모든 주회로차단기의 경우 최초 도입시 수입재 사용하였으나, 지속적인 국산화를 추진하여 전량 국산제품으로 대체하였음
- 하지만 기존의 동력집중식 열차(고속철도용(KTX-산천)) 주회로 차단기는 제어부가 차량 내부로 인입되어 설치한 제품으로 이로 인해 주회로 차단기의 동작시 발생되는 충격, 진동, 소음 등이 인근 객실로 유입되어 승객 불편을 초래
- 동력분산식 철도차량은 상기의 동력집중식 차량에 적용된 주회로차단기의 문제점을 해결하기 위해 주회로차단기의 제어부를 차량 외부에 설치 예정
- 동력분산식 고속열차로 개발하였던 HEMU 430X의 차량에 지붕 탑재형 주회로차단기를 설치한 사례가 있으나, 동력집중식 주회로차단기를 그대로 지붕에 설치한 타입으로 동작소음 및 충격음이 객실로 유입되는 문제점 발생



<그림 VII-103> HEMU에 설치되어 시험 운행중인 주회로차단기

- 또한 전력공급장치부분의 부품류가 비(非)모듈타입으로 구성되어 노출되어 있는 구조로, 유지보수시 애로사항의 빈번 발생
- 이에 따라 고속으로 운행하는 철도차량의 특성상 외부 환경으로부터 주회로차단기를 보호하는 기술이 필요

- 동력분산식 고속열차용 주회로차단기의 개발이 지연되어 다시 수입재가 국내시장에 진출하여 시장을 선점하는 상황임
- 해외에서는 Secheron사를 선두로 모듈형 주회로차단기가 상용화되어 있으나, 옥외용 전기장치를 일원화하는 기술개발 경험 부족으로 국내의 동력분산식(EMU)[6] 차량의

주회로차단기는 전량 수입에 의존

- EMU-250 주회로차단기 : 42 Set, 약 19억원 수입 진행 중
- 모듈형 주회로차단기를 구성하는 C.T, P.T, 피뢰기, 단로기, 접지스위치 등 전량 Secheron사 제품으로 적용 필수 상황
- 전세계적 열차 형태는 동력분산식(EMU) 열차로 제작되는 추세로, 수입대체 및 해외 시장 선점을 위해 조속한 기술자립 필요

기술적 한계 및 문제점

- 제한된 공간(열차 상부)에서 전기적 절연성능의 확보와 동시에 부품간 고도의 집적화를 이루는 기술적 한계

  - Secheron사의 경우 현재 상용화에 성공하였으며, 후발주자로 개발하는 상황에서 기술적 장점의 추가 제공을 위해 상태감시시스템이 결합된 IoT 기반 지능형 제품개발을 고려, 하지만 전세계적으로 주회로차단기에 해당기능의 상용화 이력이 존재하지 않아 방향성 설정에 대한 난이도 존재

  - 주회로차단기의 경우 1년 약 96Set의 발주 수준(비츠로테크 사내 통계_2012~2016)이며, 연매출 약 10억원 수준으로 수십억원의 개발비용 감당에 대한 현실적 장벽 존재

  - 제품 개발시 제품의 운영신뢰성 확보를 위해 현차시험이 필수 상황이나, 비용 및 현차 적용차량의 확보에 대한 어려움이 있음

시사점

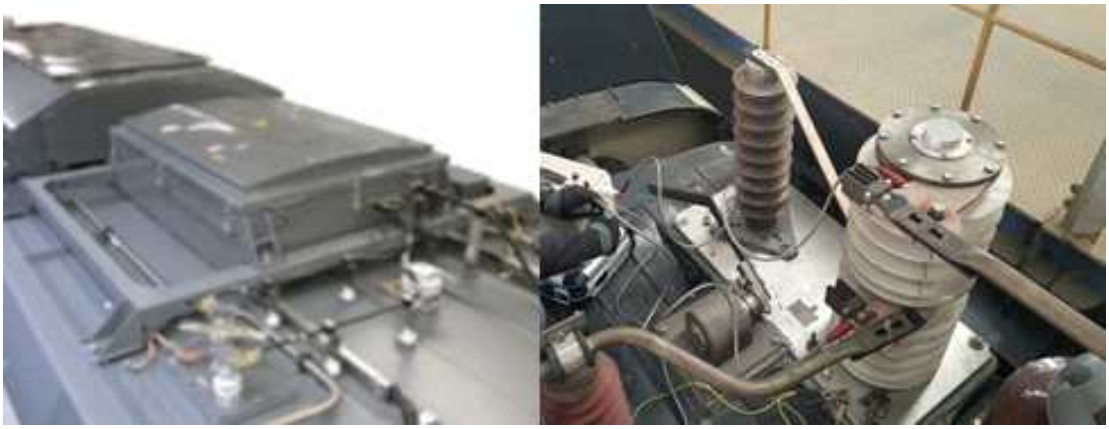
- 해외에서는 동력분산식 고속철도차량용 주회로 차단시스템의 모듈화 기술을 연구하여 상용화, 일부 선진업체가 철도부품시장을 선점하고 있는 상태

- KTX-산천을 포함한 국내 모든 주회로차단기의 경우 최초 도입시 수입재 사용하였으나, 지속적인 국산화를 추진하여 전량 국산제품으로 대체하였음

  - 하지만 동력분산식 고속열차용 주회로차단기의 개발이 지연되어 다시 수입재가 국내 시장에 진출하여 시장을 선점하는 상황임

6) 동력분산식(EMU, Electric Multiple Unit의 약자) 열차 : 기존 열차는 열차의 앞과 뒤에 동력장치가 달려있어 열차를 끌어주는 개념이나, 동력분산식은 열차 량마다 동력장치를 설치해 공간을 아끼고 가속과 감속 성능이 뛰어난 분산배치 형태의 열차

- 주회로 차단기의 실시간 상태감시기능을 구비한 동력분산식 고속철도차량용 모듈형 주회로 차단시스템의 국내 개발이 성공할 경우 국내 시장의 수입대체 및 신규 해외시장 진출을 통한 신규 수출시장의 확보가 가능할 것으로 판단



<그림 VII-104> 동력분산식 주회로차단기 선진사(좌) 및 국산품(우) 비교

다. 연구개발 필요성

과학기술적 중요성

- 국내 동력분산식 고속철도 차량에 적용 가능한 모듈타입 국산화 주회로차단기술 개발에 따른 기술 자립화

  - 모듈화 주회로 차단시스템 구축을 통한 열차 상부 전력공급기기의 Compact화 및 전력공급기기의를 외부 충격으로부터 보호하여, 전력계통 공급안전성 향상

  - 순수 국산화 기술개발성공을 통한 선진국 주도의 모듈형 주회로 차단시스템 기술 종속 탈피 및 고장이나 장애발생시 긴급 상황대처와 유지보수 가능

- IoT 기능 통합 주회로차단기술 개발에 따른 실시간 상태감시 및 Before Service 대응 현실화

  - 주회로차단기 및 관련 전력기기의 실시간 상태감시기능 구현을 통해 정기적으로 시행되는 유지보수의 최소화 및 최적화가 가능하며 유지보수 비용 및 시간 절감 가능

  - 주회로 차단기의 상태 감시(진공 인터럽터의 진공도 이상, 절연성능, 환경변화(온/습도), 동작 Travel curve 분석 등) 기능을 바탕으로 현 제품의 Trend를 분석하고 이를 통해 주회로차단기 사고 발생이전 Before Service를 구현할 수 있도록 함으로써 사고발생을 미연에 방지

- 주회로 차단기의 위상제어기능을 통해 개폐에 의한 과도현상, 즉 Close시의 돌입전류(inrush current), Open시의 재단전류(chopping current)와 재점호(reignition)현상에 따른 과도전압 발생현상 저감

- 차단기를 최적의 위상에서 동작이 가능하도록 제어함으로써 차단기 개폐시 발생하는 장애현상을 감소시키고, 전기적 스트레스를 저감함으로써 제품의 수명을 연장시켜 전력품질의 향상 및 유지보수 저감 가능

- 상태 데이터의 축적 및 Trend 분석/비교를 통한 데이터 분석 능력 향상에 따른 주회로 차단기를 비롯한 기타 장치의 고장 여부 판정에도 기술확대 적용 가능

시장경제적 필요성

- 국산화 개발을 통한 수입대체 및 신규 시장 창출

  - 전세계 고속철도차량의 75%이상이 동력분산식이며, 최근 제작된 고속열차는 모두 동력분산식의 고속철도차량임

  ※ 출처 : World rail market study (UNIFE, 2016)

  - EMU차량에 적용되는 Secheron사 제품의 국산제품 대체를 통한 해외수입비용 절감
  - 신규시장매출액 : 약 185억원 (연간 약 12.3억원)

- 국내 유지보수 시장에서 EMU용 주회로차단기 개발품 적용을 통한 유지보수비용 절감 및 기간 단축 가능

  - 유지보수매출액 : 약 114억원 (연간 약 7.6억원)

- IoT 기능 결합된 차단기술 개발에 따른 신규 시장 개척 및 세계 시장 선점

  - 현, IoT 기반 상태감시기능 주회로차단기 개발이력 없음, 세계최초 해당부문 기술개발을 통한 수출시장 판로 확보, 비교우위선점 및 제품기능 차별성 부여

사회문화적 필요성

- 동력분산형 고속철도 시장이 지속적으로 확대되는 국제적 추세에서 국내의 철도차량 해당부문에 대한 동반 성장에 따른 고용 증대예상

  - 학계 및 산업계의 모듈형 주회로 차단시스템 관련 인력 확충 가능

  - 상태감시, 모듈화 관련 해당기능 확대에 따른 성과확산으로 전기기기산업 활성화에 기여

- Before Service 및 국내 제작사 대처에 의한 전력품질 안정성 확보
  - IoT 기능에 의해 문제 사항을 사전에 인지 및 방지 가능, 실시간 상태감시를 통해 고장을 미연에 방지함으로써 실계통의 고장파급확률을 감소시켜 전력품질의 향상 및 전력품질 안정성 증대에 기여
  - 국산화 제품 제작/설치에 따라 만일에 발생할 수 있는 이상 발생시 신속하고 적극적인 대응을 통한 고객의 물적/인적 낭비 최소화 가능

7.2 국내외 시장 및 연구개발 동향

가. 국외 시장 및 연구개발 동향

- '13년부터 '15년까지 3년간 연평균 세계 고속철도차량 시장규모는 100.93억 유로(약 12.8조원)이며, 32,914량이 운영되고 있음
  - 또한 준고속 편성 열차는 182,600량이 운영중임

※ 출처 : World rail market study (UNIFE, 2016)

- 고속철도차량 및 준고속 편성열차에 주회로 차단시스템이 2Set 적용으로 가정하면, 2015년 기준으로 고속철도차량 약 3,291편성(10량/편성 기준 추정) 및 준고속 편성열차 22,825편성(8량/편성 기준 추정)으로 총 세계시장 규모는 약 26,116억원 수준의 시장임

- 전세계 철도운송 실적을 보면 화물, 승객, 도시철도 모두 증가세를 나타내며, 이와 기반을 같이하고 있는 철도차량 시장 역시 지속적으로 증가할 것으로 판단됨



<그림 VII-105> Secheron사 2016 INNO TRANS 출품작(상용화)

- Secheron사의 모듈형 주회로차단기의 제품개발/상용화 성공(Modbox)

- 기술 안정화를 위한 개선 작업 진행 중 (절연로드 등)



〈그림 VII-106〉 TYCO사 2014 INNO TRANS 출품작 (개발 중)

- TYCO사의 경우 주회로차단기를 단독으로 보호할 수 있는 형태로 제품 개발 진행 중 (케이블 인입 및 외부 구성품 역시 외부 환경으로부터 보호하는 방향으로 개발 진행)

나. 국내 시장 및 연구개발 동향

- 동력분산식 고속차량의 주회로차단시스템의 국내시장규모는 약 299억원이며, 국내 전기철도차량은 고속철도와 간선철도를 대체하는 동력분산식 철도차량(EMU)으로 변화되고 있음

  - 향후 2040년까지 EMU-250, 300 185편성 1,110량 편성예정으로 제품 단가 0.05억원/Set 기준으로 시장은 185억원 규모

- 국내 고속열차 신규시장 예상규모로는 2040년까지 EMU 고속철도차량 약 185편성(1,110량, 6량/편성 기준 추정) 규모로 370 SET, 약 185억원 규모이며, 향후 고속철도 및 간선철도에도 적용 가능할 것으로 판단됨

※ 연도별 철도차량 도입 및 보유현황(국토교통부, 2017)

- 국내 동력분산식 열차에는 현재 Secheron 제품이 적용되고 있으며, 국내 개발업체가 없어 고가의 가격으로 전량 제품 수입/설치



<그림 VII-107> (좌)KTX, (우)KTX 산천 적용 모델

- 현재 양산중인 고속전철용 주회로차단기는 해외 제품을 국산화에 성공하여 납품중이나 동력분산형 고속철도의 기술요구사항(통합 모듈형)을 만족시킬 수 없어 신규 개발이 불가피

  - 수요처의 모듈타입에 대한 요구가 지속되고 있으며, 현재 국내 기술로는 고압모듈박스의 방수 등급(IP 56 수준)에 대한 성능도 미흡한 실정



<그림 VII-108> (좌)화물형, (중)전동차형, (우)ITX 새마을 적용 모델

- 국내 상용화 완료된 주회로차단기의 경우 총 4type이 존재하나 동력분산형 고속철도의 기술 요구조건을 만족시킬 수 있는 제품은 현재 없음

  - 기술요구사항인 통합 모듈형 Box개발 추진 필요 (객실 소음, 진동 등의 단점극복 및 개방형 구조에 따른 외부충격가능성 배제)

  - 동력분산식의 단점인'유지보수 점검개수 증가'는 IoT 기반 지능형 상태감시 기능의 구현을 통해 극복

7.3 연구개발 범위

- 동력분산식 고속차량용 모듈형 주회로차단기 기술 개발
  - 한정된 공간에서 전장품을 단일/모듈화할 수 있는 Compact형 주회로차단기 개발
  - 정격 전류에서 전기적 수명 10만회를 만족시킬 수 있는 고수명 진공 인터럽터 기술 개발
  - 모듈형 BOX 내에 구성된 전력기기의 안정적인 성능을 확보할 수 있는 Compact/최적화된 절연 기술 개발
  - 차량 진동 조건을 만족하는 방진기능의 모듈형 Box 구조 개발

- 모듈형 주회로차단기 제어 및 상태 감시 기술 개발
  - 투입/차단 지연 편차를 제어하여 차단부 손상을 최소화하는 위상제어 기술 개발
  - 진공 인터럽터의 진공도, 내부 온/습도 등 주회로 차단기의 상태를 감시하여 위험요소를 사전 방지 가능한 진단감시 기술 개발
  - 위상제어 모듈 및 진단감시 모듈에 축적된 DATA를 원격 통신 및 데이터 저장, Trend 분석을 통한 Before Service 기능 구현이 가능한 시스템 개발

- 개발품의 신뢰성 확보를 위한 시험인증
  - 모듈형 BOX의 방수/방진 성능 시험
  - 주회로 차단기의 피로수명, 내구성 등 성능시험
  - 실제 운행조건에서 성능검증을 위한 현차 시험
  - 상태감시 모듈의 전자파 간섭에 대한 성능 시험

7.4 연구개발 내용

가. 연구개발 목표

- 운영 환경 극복을 위한 모듈형 주회로 차단시스템과 상태감시 진단 기술 개발을 통해 주회로차단기 상태의 신뢰도를 향상시키고 운행 요구조건에 부합되는 성능 확보

나. 연구개발 핵심 내용

핵심(구성) 기술명	핵심(구성) 기술 주요내용
주회로차단기 기술 개발	* 주회로부 소형화 기술 개발 – 주회로부의 소형화에 따른 전기적 절연기술 개발 – 최소/최적화된 차단부를 제공하는 진공 인터럽터 COMPACT화 * 전자식 조작기 기술 개발 – 구동력 일원화(공압 배제)를 위한 전자식(솔레노이드) 조작기 및 동작 신뢰성 확보 기술 개발 * 진동 저항 기술 개발 – 자중 방향 변경에 따른 주회로부 및 주회로차단기의 진동 저항 기술 개발
IoT 제어 모듈 개발	* 위상제어 기술 개발 – 투입시 돌입전류 제어기술 개발 개방시 개폐서지 최소화기술 개발 * 진단감시 기술 개발 – 진공 인터럽터의 진공도 감시, 차단기 상태 감시 등 감시용 모듈 기술 개발 * 진단감시 시스템 기술 개발 – 위상제어 모듈 실시간 통신 연계 기술 개발 – 진단감시 모듈 실시간 통신 연계 기술 개발 – GSM 기반 원격통신기술 및 30일간 핵심 데이터 저장 기술 개발
모듈형 BOX 기술 개발	* 모듈형 Box 밀폐 기술 개발 – 대형 중량물의 밀폐력 확보를 위한 패킹 기술 개발 – 응결 등 대기 환경 조정을 위한 공조 기술 개발 * 모듈형 Box 절연 기술 개발 – 소형화된 공간에서 부품간 절연성능 확보를 위한 최적/Compact화 구성 기술 개발

다. 핵심 기술별 As-is/To-be

세부내용	As - Is		To-Be	현재 TRL	목표 TRL
	국내	국외			
주회로 차단기	약 800mm 길이 주회로부(KTX-산천)	-	- 600mm 이하 일체형 보호관 - 충격내전압 175BIL, 내전압 75kV의 절연성능 보장 - 수평·수직형 설치 가능, 동일성능 발휘 주회로부 - 29kV, 1,000A, COMPACT 진공인터럽터	TRL 4	TRL 8
조작방식	공기 조작	솔레노이드 조작	솔레노이드 조작	TRL 4	TRL 8
모듈형 BOX	 옥상장치 설치구조 (동력집중식)	 옥상장치 설치구조 (동력분산식)	 모듈형 BOX 구조	TRL 4	TRL 8
위상제어 모듈	-	-	- 위상제어 모듈 제어기에 의한 주회로차단기 투입 지연 편차(0.1msec 이내) 알고리즘 개발 - 가선 전압, 주파수 및 부하전류에 대한 고정밀 계측	TRL 4	TRL 8
진단감시 시스템	-	-	- 진공인터럽터 진공도 상시 감시 - Partial Discharge 측정 / 감시 - 조작기 동작 및 모듈 내부온도/습도 감시 - 주회로차단기 제어전원 및 조작기 전자석 코일 전류 감시 - 10Mbps Ethernet 기반 실시간 감시 / 제어 통신 구축	TRL 4	TRL 8

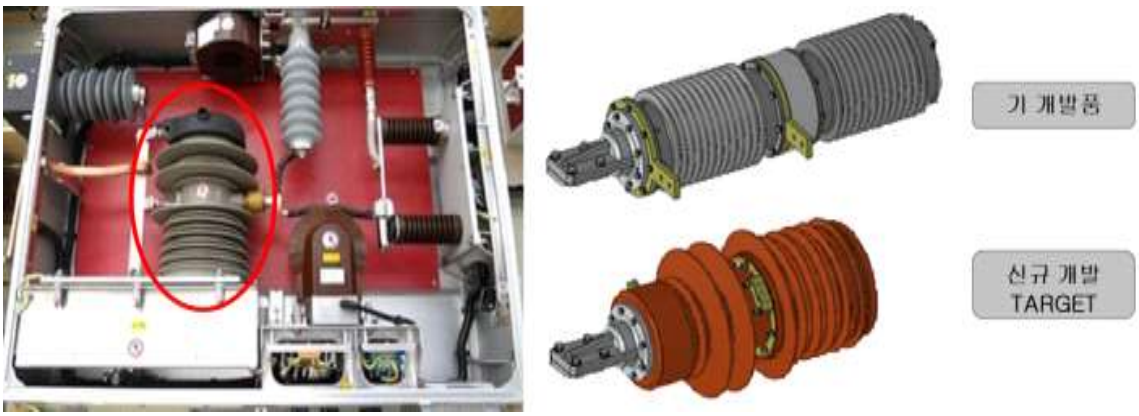
<표 VII-77> 수요처 요구사양 대비 목표사양

부품명	수요처 발주사양	본 사업 목표사양	비고
고속철도용 모듈형 주회로 차단시스템	·내환경성능 -40~70℃ ·정격충격내전압: 170kV ·주회로동작부 800mm	·내환경성능 -40~80℃ ·정격충격내전압:175kV ·주회로동작부 600mm ·주회로차단기 투입지연 편차 제어(0.1m/sec 이내)	·동작한계 10℃↑ ·충격내전압 5kV ↑ ·주회로동작부 소형화(△200mm) 신뢰성 확보 ·주회로차단기 신뢰성 확보

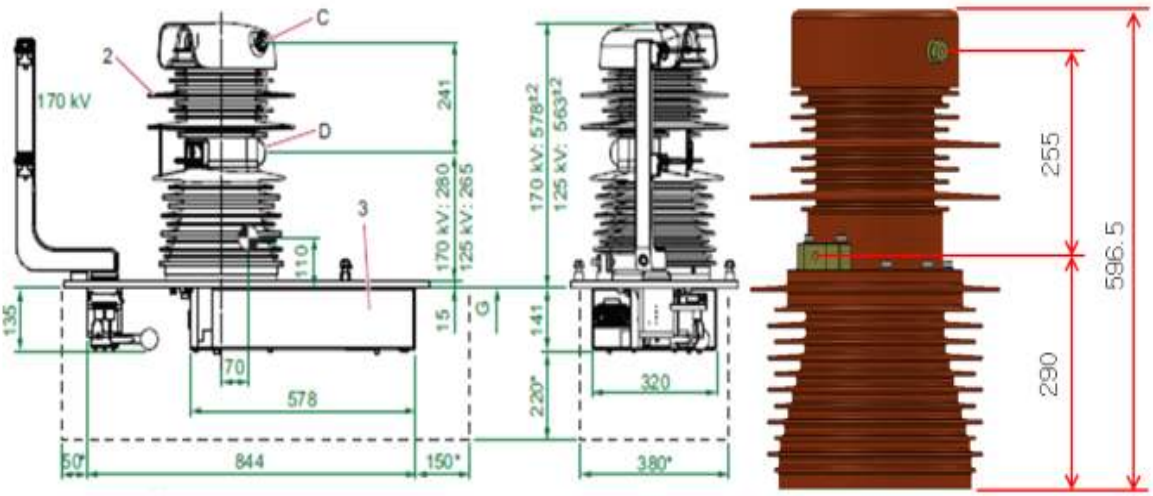
라. 세부 기술 및 내용

주회로부 소형화 기술

- 열차 상부 공간에 설치 가능한 소형화된 주회로 차단기 기술 개발
  - 차단기 소형화 기술의 핵심은 주회로부 소형화를 통해 가능
  - 주회로부 소형화는 절연 기술 및 차단부인 진공 인터럽터의 소형화 기술이 선행적으로 확보되어야함

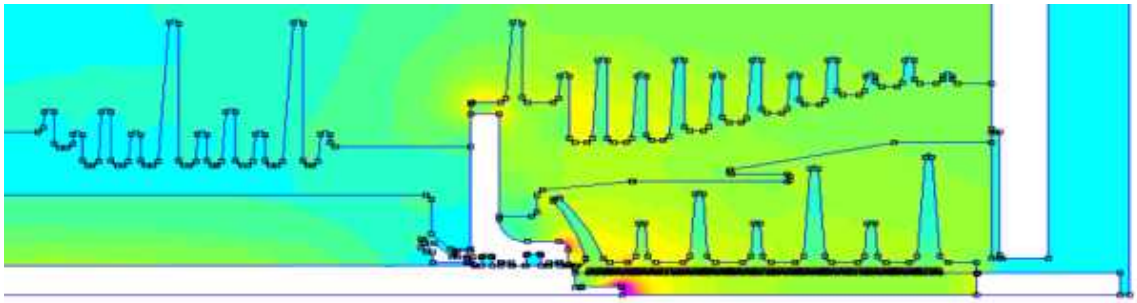


〈그림 VII-109〉 (좌)Secheron사 모듈형 차단기 구조, (우)개발 Target

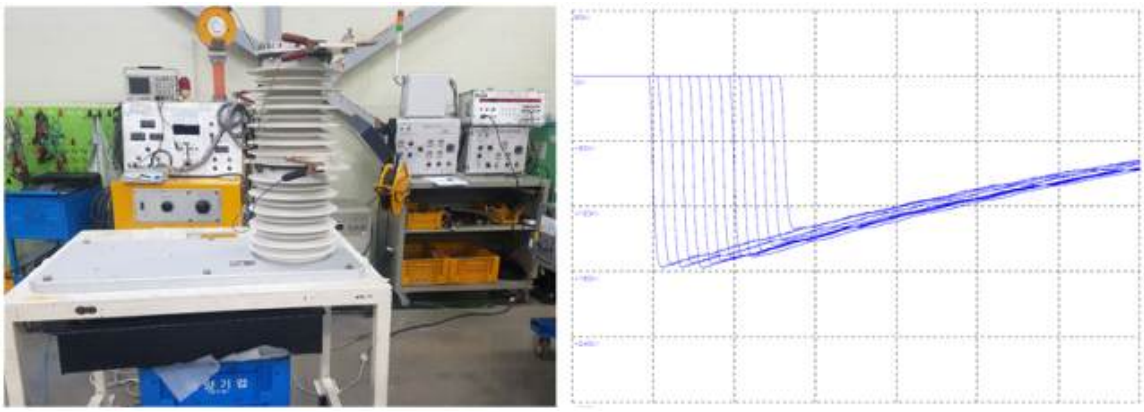


〈그림 VII-110〉 (좌)Secheron사 치수, (우)개발 Target 치수

- 모듈형 Box내에 설치하기 위해서는 주회로부는 600mm 이하로 구성되어야 하며, 이에 따라 통전부 절연에 대한 설계/해석/평가 기술이 필수적으로 요구됨



<그림 VII-111> 주회로부 절연 해석 (예)



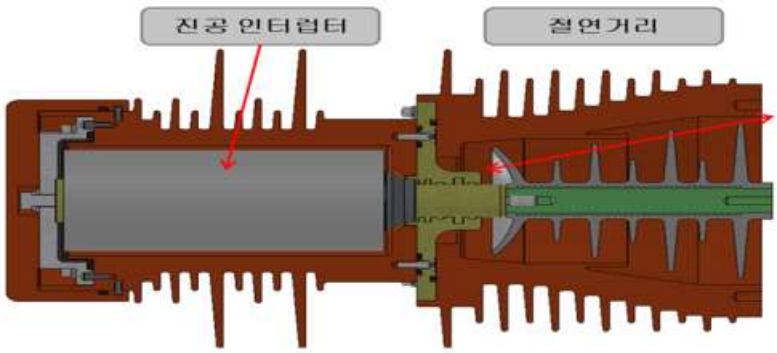
<그림 VII-112> 주회로부 절연 성능 검증 (예)

- 소형화 및 전기적 수명 10만회 보증 가능한 진공인터럽터 개발

  - EMU-250의 기술사양서상 전기적 수명 10만회 명기

  - 현재 양산 중인 국산 주회로차단기에 적용된 진공 인터럽터의 전기적 수명은 3만회로 명기되어 있어 전기적 수명의 연장이 필수

  - 전기적 차단부인 진공 인터럽터의 접점부와 벨로우즈의 내구성 향상을 통해 전기적 수명 연장 가능



<그림 VII-113> 소형화 진공인터럽터의 설치 구조

전자식 조작기 기술

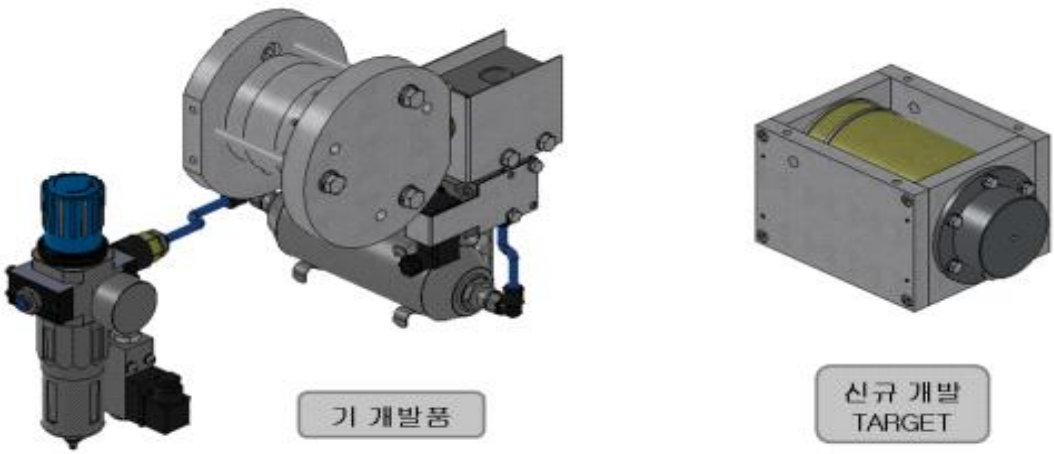
- 조작부 소형화 및 제어소스 일원화를 위한 전자식 조작기 기술 개발

  - 국산 차단기는 공압 및 전기의 이원화된 제어 소스를 사용하며, 이에 의한 내부 구성품의 수량 증가 및 대형화 문제

  - 제어 소스 일원화된 조작기를 통한 조작기구부 부피 축소



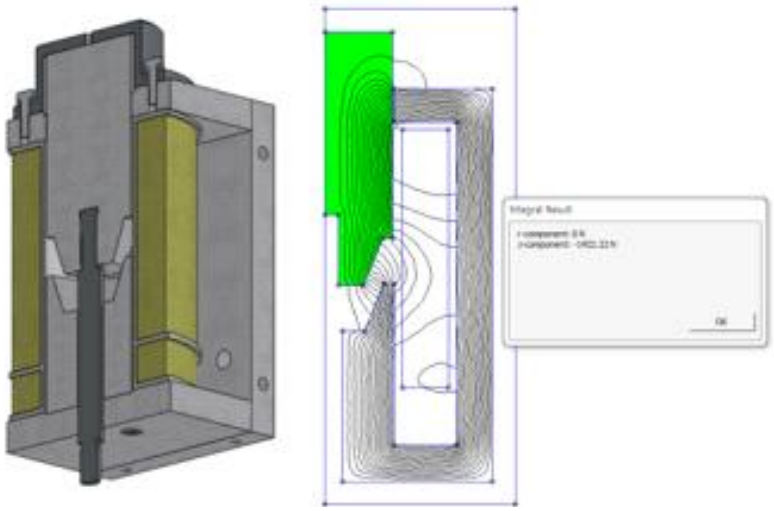
<그림 VII-114> Secheron사 전자식 조작기



<그림 VII-115> (좌)간선형 주회로차단기 조작기, (우) 개발 Target

  - 제어 소스의 일원화에 따른 부품의 수량감소로 정비 및 동작 신뢰성 향상

  - 공압 대비 전자식 조작기의 구동 신뢰성 확보를 위한 해석 기술



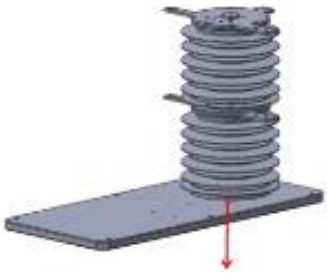
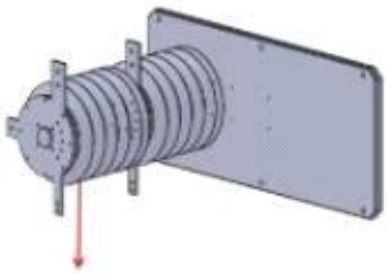
<그림 VII-116> 전자식 조작기 해석

- 기계적 수명 25만회 확보를 위한 내구성 시험 및 투입/개방 속도 확보를 위한 개폐 특성 시험

진동 저항 기술

- 진동에 대한 성능을 검증하고 다변화하는 환경적 상황에 대한 동작 신뢰도를 위한 진동 저항 기술

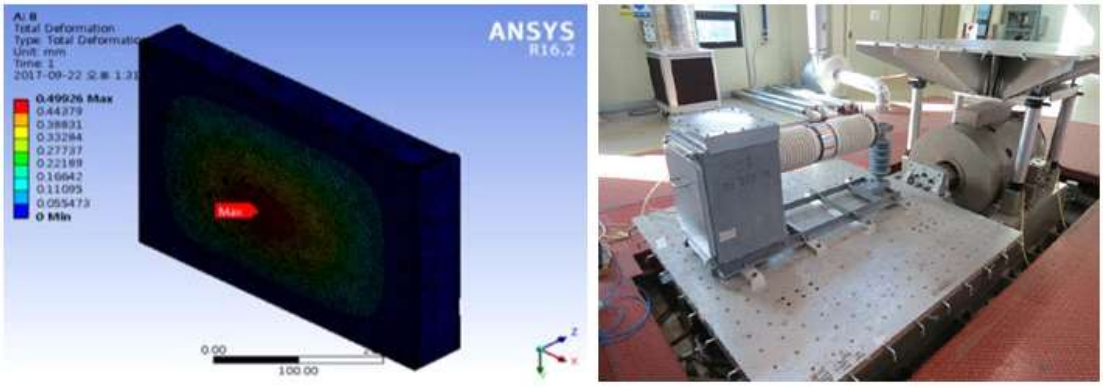
- 모듈형 BOX 삽입에 의한 자중방향 변경 및 이에 따른 성능 확보용 해석 기술

일반적 주회로 차단기의 자중 방향	모듈형 주회로차단기의 자중 방향
	

<그림 VII-117> 자중 방향

- 측면 고정에 따른 고정부의 구조적 설계 및 신뢰성 확보를 위한 구조 해석 기술

- 주회로 차단기의 진동 시험을 통한 성능 평가



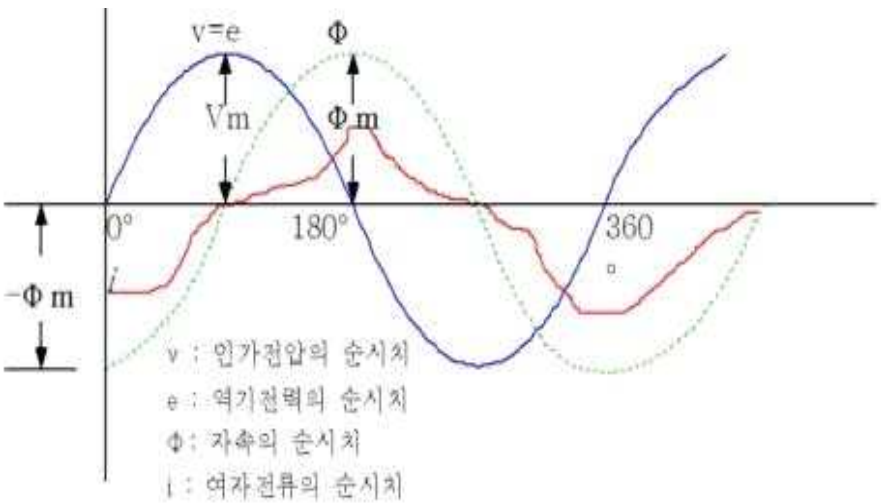
〈그림 VII-118〉 구조 해석 및 진동 성능 평가

위상제어 기술

- 주회로 차단기 차단부의 손상 최소화로 수명을 보장하고, 개폐 서지 최소화에 따른 구성품의 신뢰성 확보 기술

  - 돌입시 가선전압의 위상이 90° 또는 270°인 시점에서 주회로 차단기 투입 동작이 수행되도록 하는 제어 기술로 투입시 발생하는 돌입전류에 따른 구성품 영향 최소화 기술

  - 부하전류의 위상을 상시 감시하고 주회로 차단기 개방 시 기구적 동작 시간을 고려하여 개폐서지가 최소가 되도록 부하전류가 0점인 0° 또는 180° 시점에서 주회로 차단기 개방 동작이 수행되도록 하는 제어 기술



〈그림 VII-119〉 여자전류 자속의 관계

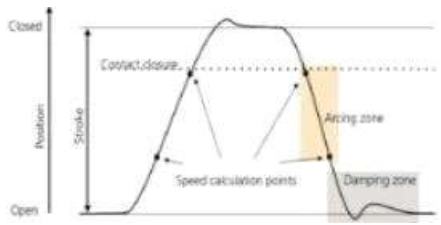
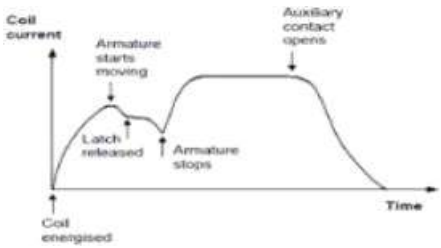
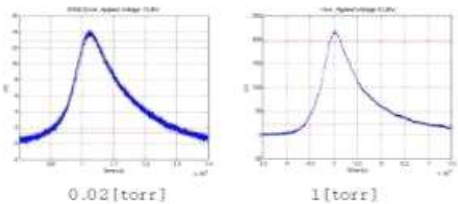
  - 가선전압/전류 위상 감시를 위한 10kHz 이상의 Sample Rate 확보

  - 제어기에 의한 주회로 차단기 투입 지연 편차 0.1msec 이내 만족을 위한 알고리즘 기술 개발

- 제어기에 의한 주회로 차단기 차단 지연 편차 0.1msec 이내 만족을 위한 알고리즘 기술 개발
- 가선 전압, 주파수 및 부하 전류에 대한 고정밀 계측 기술 개발

진단감시 기술

- 실시간으로 차단기의 상태를 확인하여 발생가능한 문제점(차단기 오동작, 차단부 수명 등)을 사전에 방지 가능하게 하는 기술
  - 진공 인터럽터 진공도 감시 모듈, Partial Discharge 측정/감시 모듈, 조작기 동작 및 내부 온도/습도 감시 모듈, 주회로 차단기 제어전원 및 조작기 전자석 코일 전류 감시 모듈 개발
  - 모듈 상호간 간섭 최소화 및 현차 상태 기준 데이터 확보

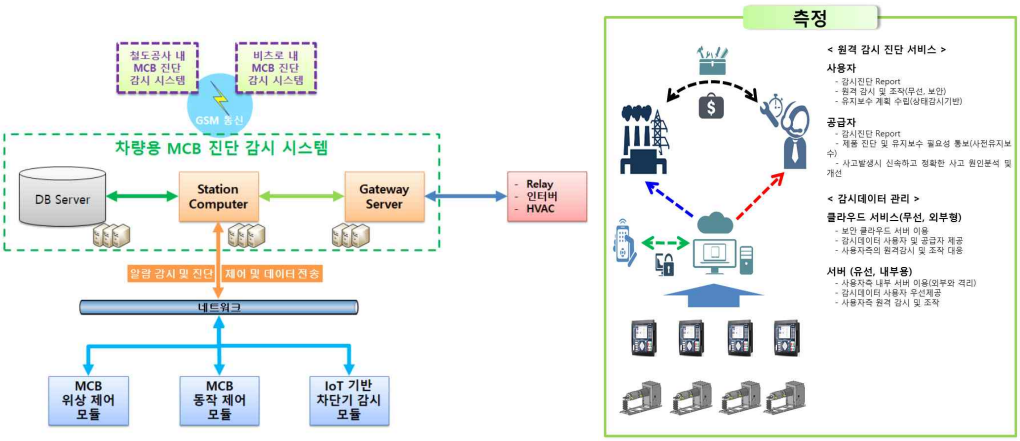
접점 동작 진단	코일 전류 파형 진단
	
원격 온도 감시	**진공 인터럽터 진공도 감시**
	

<그림 Ⅶ-120> 상태감시의 구성

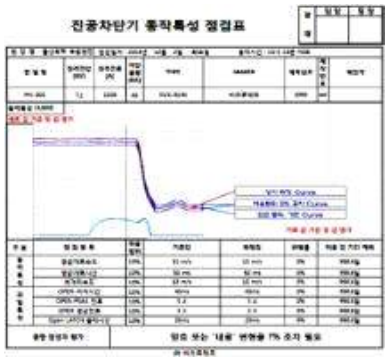
진단감시 시스템 기술

- 차량과 서버간의 통신을 통해 데이터를 축적하고, 축적된 데이터를 분석하여 고장 발생 가능한 상황을 사전에 해결할 수 있는 기술
  - 범용적으로 쓰이는 상용 SCADA/HMI 제품들이 다수 존재 하나 차량 감시에 특화된 제품은 없으며, GSM 등의 통신을 이용한 이중/삼중화 시스템 기술 개발

- 위상제어 모듈 및 진단감시 모듈과 실시간 통신 연계 기술 개발
- 30일간 핵심 데이터 저장 및 분석을 통한 고장 예방



<그림 VII-121> 데이터 저장용 진단감시 시스템 구성

차단기 상태감시 HMI	차단기 동작감시 보고서
	

<그림 VII-122> 진단감시 데이터

모듈형 BOX 밀폐 기술

- 주회로 차단기 및 내부 구성품의 동작 성능상 대기 환경에 의한 영향 최소화 기술
  - IP56 등급의 방수/방진 성능 확보 필수
  - 장기간 사용 및 특성의 변화가 없는 패킹 기술 개발
  - 대기 외 밀폐형 BOX 내부의 온/습도 차이 발생 시 내부 응결이 발생 가능하므로, 방수/방진의 성능을 유지하며 공조 성능 확보

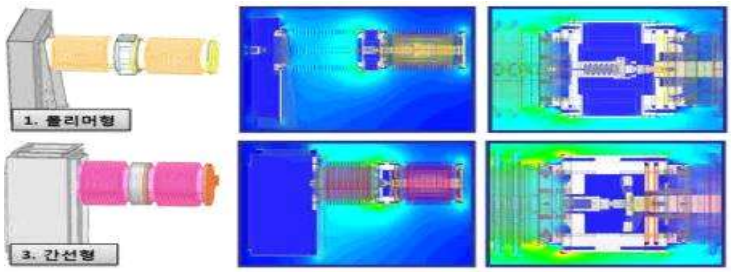


<그림 VII-123> 모듈형 BOX 밀폐 기술

모듈형 BOX 절연 기술

- CT, PT를 포함한 내부 구성품간 최적화된 배치를 가능하게 하는 절연거리, 절연물 등 절연 기술

  - 절연성능 확인을 위한 성능 시험 외 설계 단계에서의 전계 해석 및 해석치 보정 기술 확보



<그림 VII-124> 주회로 차단기 전계 해석

  - 절연물을 사용하여 절연거리를 감소시키기 위한 절연물 성능 확보

마. 연차별/단계별 수행 목표 및 내용

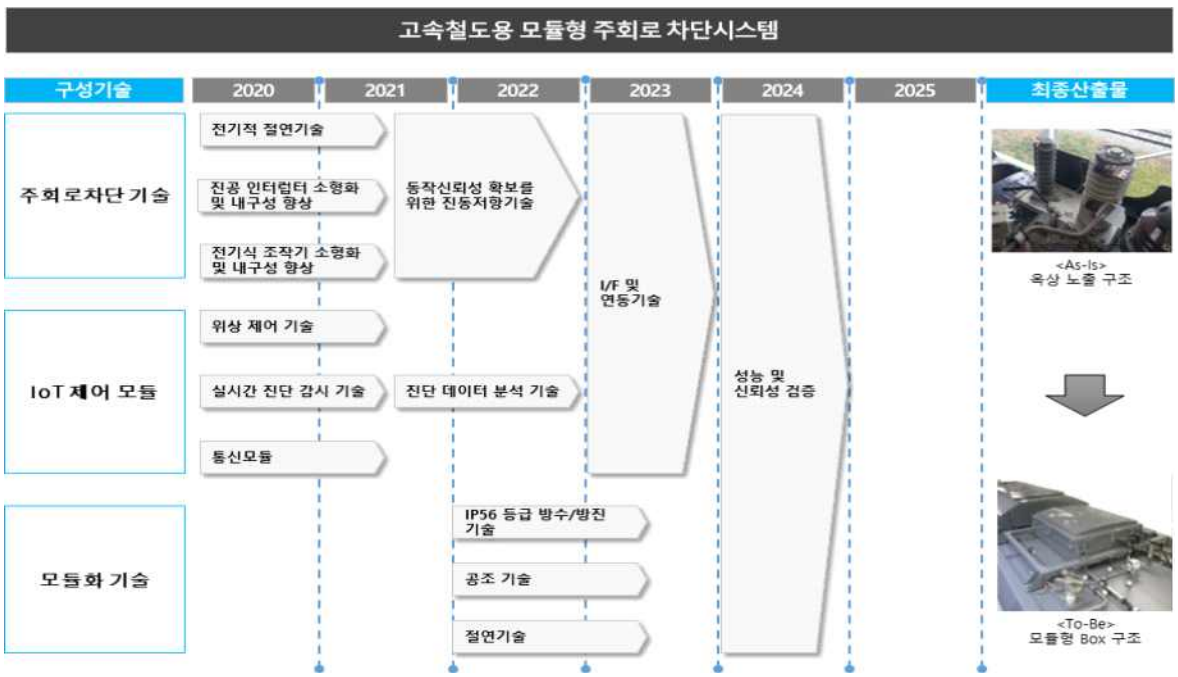
- 연차별 주요 연구내용

연차	기술 개발 목표	기술 개발 내용
1차년도	하위 구성품 설계/제작/성능평가	- 요구사항 정의 - VI 신규 설계 및 성능 검증 - 솔레노이드 신규 설계 및 성능 검증 - 위상제어, 진단감시 모듈 상세 설계
2차년도	상위 구성품 설계/제작/성능평가	- 일체형 주회로부 개발 - 주회로차단기의 진동 저항 설계/해석 - 조작기(조작기구부) 개발 - 위상제어 편차보상 알고리즘 개발 - GSM 기반 통신 모듈 개발

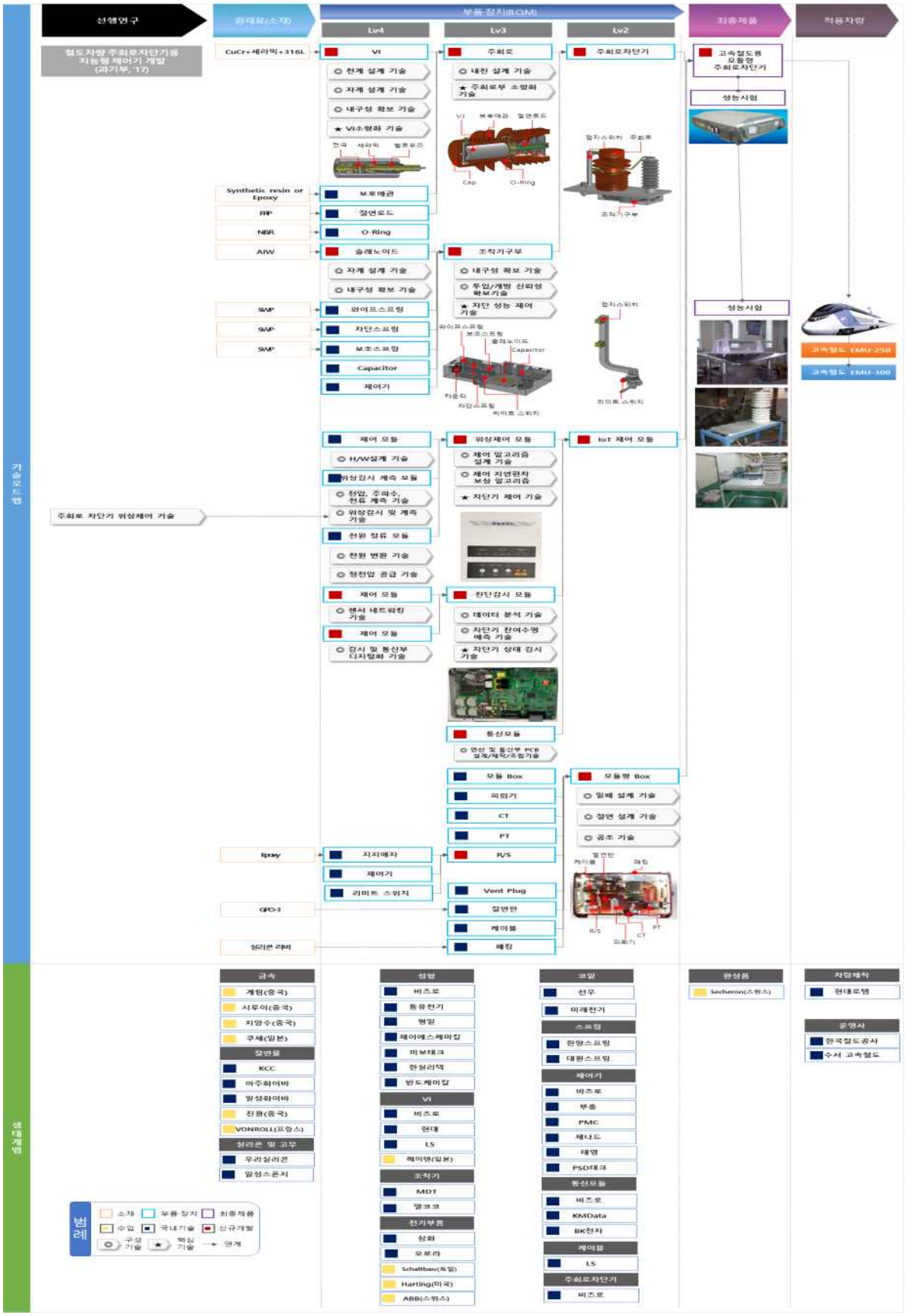
연차	기술 개발 목표	기술 개발 내용
3차년도	통합 모듈 설계/제작	– 진단감시 시스템 설계 – 진단 및 감시/제어 시스템 개발 – 모듈형 BOX 밀폐 및 절연 설계/제작 – 위상제어, 감시 모듈의 철도 규격 환경시험
4차년도	시제품 제작 성능 시험	– 주회로 차단기 형식시험 – 진단감시 시스템 연계 주회로 차단기 동작 신뢰성 확보 – 모듈형 BOX 구조 진동 저항 설계/해석
5차년도	현차시험	– 실선로 4계절 현차 시험 – 시험결과 모니터링 – 시험 결과 피드백 및 개선

바. 수행 로드맵

- 각 핵심기술별로 연차별 연구개발 내용은 아래와 같음
  - 1차년도 하위 부품 상세 설계 및 시작품 제작
  - 2차년도 상위 부품 상세 설계 및 시작품 제작
  - 3차년도 부품간 모듈화 및 시작품 제작/평가
  - 4차년도 현차시험
  - 5차년도 현차 시험 결과 모니터링, 개선



〈그림 Ⅶ-125〉 수행 로드맵_주회로차단기



〈그림 Ⅶ-126〉 부품로드맵&산업생태계_주회로차단기

사. 핵심 기술 확보 전략

핵심(구성) 기술	핵심 기술 확보 전략					
	공공 협력	민간 협력	자체 개발	해외 도입	국내 도입	기타
주회로차단기 기술 개발		◐	●			
IoT 제어 모듈 개발		◐	●		○	
모듈형 Box 기술 개발			●		○	

- 공공협력: 국가 또는 공공기관이 보유 중인 기술 및 인프라와 연계
- 민간협력: 타기업에서 보유 중인 기술 및 인프라와 연계
- 자체개발: 기업이 보유한 기술 및 인프라 활용
- 해외도입: 선진국 또는 해외 선도 기업이 보유중인 기술을 이전 받아 활용
- 국내도입: 국내 기업이 보유한 기술을 이전 받아 활용

7.5 사업화 및 자립화 전략

가. 기술개발 완료 후 시장 출시가 가능한 기술 및 제품

- (개별 부품 판매) 주회로 차단기 개별 판매를 통해 국내 4type으로 분류되는 주회로 차단기의 일괄적 대체로 인한 유지보수 등 파급효과가 클 것으로 예상

주회로차단기	감시 /위상제어 모듈 및 데이터 서버	모듈형 BOX
		

<그림 VII-127> 개발완료 후 출시 제품

- (신규 차량 보급) IoT 기능을 포함하는 주회로 차단기는 전 세계적으로 부재이며, 이를 장점으로 국외 신규 동력분산형 고속철도 시장에 진입 가능

- (신규 차량 보급) Secheron사 제품으로 공급 중인 국내 EMU 차량에 국산품으로 대체 가능
- (신규 차량 보급) 타사 주회로 차단기상 진단감시 모듈 및 위상제어 모듈의 적용으로 신규 수요 창출 가능

나. 국내외 시험인증 전략

- 성능 기준 및 시험규격
  - 모듈형 주회로 차단기는 동작 신뢰성(기계적/전기적 내구성)과 사고에 따른 이상 전압/전류를 정상 차단하는 성능 확보 필요

순번	성능항목	기준	적용 기준 및 규격	비고
1	기계적 수명	· 무부하 250,000회 · 부하 200회	KS C IEC 60077-4	
2	절연 시험	· 상용주파 내전압 75kV · 충격파 내전압 시험 175 kV	KS C IEC 60077-1	
3	동작 한계	· 허용온도 -40℃ ~ 80℃에서 각 20회 동작	KS C IEC 60077-1	
4	차단 한계	· 단락시험 20kA · 단시간 시험 20kA	IEC 62271-100	
5	내환경성능	· 온도 : -40 ~ 80℃ · 방수방진 : IP56 · 진동 및 충격 : 1종 B등급	KS C IEC 60077-1 KS C IEC 60060-1 KS R 9144	
6	기능안전 성능	· 10-9≧허용가능위험율(THR)≧ 10-8	IEC 61508	
7	EMC	· 과도 버스트 민감도 시험 · 전도 민감도 시험 · 전도 방사 시험	BS EN 50121-1	

- 인증 획득
  - 주회로 차단시스템은 향후 해외수출의 기반을 마련하기 위하여 ISO 22163에 의거한 국제철도 품질관리체계 인증 우선 획득 요구

순번	인증 내용	인증 기관	기준	비고
1	성능인증 (NEP, NET, EPC, K마크 등)	· 산업부 · 국토부 · 중기부 등	· 국내외 규격 및 성능 관련 자체 규격	임의인증 (개발제품에 대한 신기술, 신제품, 성능인증 등)
2	ISO 품질관리체계 인증	· 국내외 제3자 적합성 인증기관	· ISO/TS 22163	임의인증 (철도 부품 제작자 품질관리 체계 인증)
3	소프트웨어(GS)인증	· 과학기술통신부	· 국내외 규격 및 성능 관련 자체 규격	임의인증 (소프트웨어 품질 인증)
4	유럽 TSI	· 유럽 철도청 (ERA)	· COMMISSION REGULATION (EU) No 1302/2014	유럽 진출 시 강제인증 (Declaration of Conformity)
5	SIL 인증	· 제3자 적합성인증기관	· IEC 62278 · IEC 62279 · IEC 62425	임의인증 (개발 시스템에 대한 안전 무결성 인증)

다. 단계별 시장 진입 전략

- IoT 기반 지능형 모듈타입의 주회로 차단시스템의 개발 완료시 단계별 시장 진입 전략은 다음과 같음

구분	단기 전략	중장기 전략
출시 제품	주회로 차단기, 모듈형 BOX	주회로 차단기, 감시&제어 모듈, 모듈형 BOX
진입 분야	국내 EMU 준고속전철 분야	국내 신규 EMU 준고속전철 및 해외 EMU 준고속전철
타겟	코레일	현대로템 등

- 단기 전략으로 국내 Secheron사 제품으로 공급 진행 중인 EMU 준고속전철 차량의 후속 프로젝트에 대체제로 최초 시장 진입

- 중장기 전략으로 성능 검증 후, 검증 성능을 기반으로 현대로템 등을 통한 Local 수출 형식으로 해외시장 진입

라. 지적 재산권 확보전략

핵심기술별 특성을 바탕으로 지적 재산권 확보 전략을 수립

- 주회로차단기 기술 개발

  - 주회로부 소형화 기술은 절연 기술 및 차단부인 진공 인터럽터(V.I)의 소형화 기술이 선행적으로 확보한 후, 주회로부 소형화 핵심 개발 추진

  - 모듈형 BOX에 설치하기 전, 주회로부는 600mm이하로 구성되도록 통전부에 대한 절연 기술 확보 전략 추진

  - 소형화된 주회로부에 맞춰, 전기적 차단부인 진공 인터럽터(V.I)가 소형화가 되어야하며, 전기적 성능의 저하 발생을 저감 기술 확보

  - 주회로차단기 소형화를 위하여 기존 기술의 공압을 배제하고 전자식 조작기로 제어 장치를 일원화함으로써 부품의 단순화 기술 마련

  - 진동에 대한 성능을 검증하고, 다변화하는 환경적 상황에 대한 동작 신뢰도를 높이기 위하여 주회로차단기의 자중방향을 측면방향으로 변경하여 진동 성능 확보 기술 마련

- IoT 제어 모듈 개발

  - 주회로차단기 개방시 기구적 동작 시간을 고려하여 개폐서지가 최소가 되도록 부하전류가 0점인 0°또는 180°시점에서 주회로차단기 개방 동작이 수행되도록 하는 제어 기술 확보

  - 실시간으로 차단기의 상태를 확인하여 차단기 오동작·차단부 수명 등 문제점을 사전에 방지가 가능하도록 하는 기술 확보

  - 범용적으로 쓰이는 상용 SCADA/HMI 제품들이 다수 존재 하나 차량 감시에 특화된 제품은 없으므로, GSM 등의 통신을 이용한 이중/삼중화 시스템 기술 개발

- 모듈형 Box 기술 개발

  - 주회로차단기의 경우 내부 구성품이 대기 환경에 영향을 최소화하기 위하여 IP56 등급의 방수/방진 성능이 되는 밀폐 BOX 기술 개발

  - CT, PT를 포함한 내부 구성품간 최적화된 배치가 가능하도록 절연거리와 절연물 사이 조정

1) 지식재산권 신청기술의 정의

순번	기술의 명칭	확보가능 특허	건수	등록시점
1	**주회로차단기 기술 개발**	– 구동력 일원화(공압 배제)를 위한 전자식(솔레노이드) 조작기 동작 및 신뢰성 확보 기술	1	2021년
2	**IoT 제어 모듈 개발**	– 위상제어 모듈 실시간 통신 연계 기술 – 진단감시 모듈 실시간 통신 연계 기술 – GSM 기븐 원격 통신 기술	3	2024년
3	**모듈형 Box 기술 개발**	– 대형 중량물의 밀폐력 확보를 위한 패킹 기술 – 응결 등 대기 환경 조정을 위한 공조 기술 – 소형화를 위한 절연성능이 확보된 최적 배치 기술	3	2025년
합계		–	**7**	-

2) 선행기술조사를 통한 차별성 검토

- 주회로차단기 관련 특허동향 조사 결과를 토대로 등록특허 기준, 존속기간 유예 등을 고려, 해당 과제와 유사한 특허 1개를 도출하여 비교 분석 수행

선행특허 기술명		주요기술과의 차별성			본 기술과의 차별성
		1	2	3	
P-1	하나 이상의 표적 영상촬영을 통하여 수평 및 수직의 변위를 측정하는 시스템 장치(multiple target for camera system and horizontal or vertical displacement measurement system apparatus)	●	◐	○	해당 과제는 무선 송신 및 수신회로를 통한 제어장치 개발기술로 주회로 차단 시스템 개발과는 차별성 존재

※ ○: 관련성 낮음, ◐: 일부 유사, ●: 차별성 높음

3) 보유 지적재산의 보강 전략

- 기존 주회로차단기 관련 유사 특허는 미흡한 상황으로 모듈형 BOX 형태의 소형화 기술 및 원격제어 기술 개발이 필요

보 강 전 략	
문 제 점	**해 결 방 안**
· 철도차량 타 부품 장치 개발에 적용된 무선 송수신 제어 기술이 일부 상존	· 모듈형 BOX 형태의 소형화 기술 및 원격제어 기술이 접목된 주회로차단 시스템 국산화 개발을 통해 기존 기술과의 차별성 및 권리 확보 가능
회 피 전 략	
문 제 점	**해 결 방 안**
-	· IoT 등 센서를 활용한 무선원격제어 기술을 접목하여 모듈형 BOX 형태의 주회로차단시스템을 개발함으로써 권리성 확보

4) 신청기술의 방어전략

- 신청기술의 사업화와 관련하여, 분쟁 가능성이 높은 특허에 대해서는 방어전략이 필요하며, 타사의 특허를 침해할 가능성이 있는 경우에는 사전에 타사 특허에 대한 대응방안을 마련

<표 VII-78> 신청기술의 방어전략_주회로차단기

선행특허기술명	방어전략
P-1 하나 이상의 표적 영상촬영을 통하여 수평 및 수직의 변위를 측정하는 시스템장치(multiple target for camera system and horizontal or vertical displacement measurement system apparatus)	· IoT 등 센서를 활용한 데이터 전송 및 원격제어 기술을 개발함으로써 기존 기술과 차별성 확보

7.6 투자계획

가. 투자 규모

- 총 60.02억 원/5년 중 정부출연금 44.94억 원(75%) 대비 민간부담금 15.08억 원(25%)으로 구성된 정부주도 사업추진

<표 VII-79> 총 투자계획_주회로차단시스템

(단위 : 억 원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	총계
정 부	6.10	8.93	13.50	10.31	6.10	-	44.94
민 간	2.11	2.98	4.53	3.40	2.06	-	15.08
합 계	8.21	11.91	18.03	13.71	8.16	-	60.02

나. 소요 재원

- IoT 기반 지능형 모듈타입의 주회로 차단시스템의 연구개발 소요재원은 전체 소요재원 중 연구개발비가 100%로 60.02억 원을 소요

<표 VII-80> 연구활동별 집행기준_주회로차단시스템

(단위: 억 원)

구분		총사업비				비율
대항목	소항목	국고	지방비	민간	합계	
1. 연구개발		44.94	–	15.08	60.02	100.0%
2. 연구시설 및 장비	시설	–	–	–	–	–
	장비	–	–	–	–	–
3. 기타(Feedback R&D 포함)		–	–	–	–	–
합계		**44.94**	–	**15.08**	**60.02**	**100.0%**

다. 소요 예산 산출근거

핵심기술별 연구개발비

- 구성기술별 연구개발비 내역은 다음과 같음

<표 VII-81> 핵심기술별 연구개발비_주회로차단시스템

(단위 : 억 원)

과제명	구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	총계
고속 철도용 모듈형 주회로 차단 시스템 개발	주회로 차단기 기술 개발	정 부	2.00	3.00	3.50	6.03	2.50	-	17.03
		민 간	0.78	1.10	1.30	1.77	0.86	-	5.81
		소 계	2.78	4.10	4.80	7.80	3.36	-	22.84
	IOT 제어모듈 개발	정 부	4.10	5.93	6.80	1.80	1.90	-	20.53
		민 간	1.33	1.88	2.15	0.80	0.64	-	6.80
		소 계	5.43	7.81	8.95	2.60	2.54	-	27.33
	모듈형 BOX 기술 개발	정 부	-	-	3.20	2.48	1.70	-	7.38
		민 간	-	-	1.08	0.83	0.56	-	2.47
		소 계	-	-	4.28	3.31	2.26	-	9.85
합 계			8.21	11.91	18.03	13.71	8.16	-	60.02

라. 소요인력

- 1차년도에는 기본설계, 2차년도에는 상세설계 및 시작품 제작, 3차년도에는 부품 간 모듈화 및 시작품 제작, 4차년도는 시작품 평가 및 현차시험, 5차년도는 현차시험 결과 분석 및 수정하는 절차로 진행.

- 2차년도와 4차년도까지 과제의 성공을 결정하는 상세설계 및 시작품 제작, 성능평가가 진행되므로 인력을 가장 많이 투입하며, 5차년도에는 시험결과에 따라 부품을 수정·보완하고 지속적인 모니터링에 필요한 소요 인력 반영

<표 VII-82> 소요 인력 및 참여율_주회로 차단시스템

(단위: M/Y, %)

과제	핵심구성기술	직급	2020		2021		2022		2023		2024		2025		합계 (명)
			투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	
1-7	주회로 차단기 기술개발	책임연구원	1	30%	1	40%	2	30%	2	50%	1	40%	-	-	7
		선임연구원	2	40%	3	30%	3	45%	3	45%	2	35%	-	-	13
		연구원	2	25%	3	40%	2	35%	4	60%	3	30%	-	-	14
		소계	5	-	7	37%	7	-	9	-	6	-	-	-	34
	IOT 제어모듈 개발	책임연구원	2	40%	2	40%	2	40%	1	40%	1	40%	-	-	8
		선임연구원	2	50%	4	50%	5	50%	3	25%	3	20%	-	-	17
		연구원	3	45%	4	45%	5	40%	1	20%	2	20%	-	-	15
		소계	7	-	10	45%	12	-	5	-	6	-	-	-	40
	모듈형 BOX 기술개발	책임연구원	-	-	-	-	2	40%	1	30%	1	40%	-	-	4
		선임연구원	-	-	-	-	2	35%	2	30%	1	30%	-	-	5
		연구원	-	-	-	-	2	45%	3	40%	2	30%	-	-	7
		소계	-	-	-	-	6	-	6	-	4	-	-	-	16
연도별 합계			12	-	17	-	25	-	20	-	16	-	-	-	90

7.7 파급 효과

(시장경제적) 국산화 개발을 통한 수입대체 및 유지보수 시장 진출

- 동력분산식 모듈형 주회로차단기 기술개발을 통해 가격경쟁력 확보 및 국내외 시장 진출 가능

  - 신규진출 가능 시장(EMU250, EMU300) : 연간 약 13.8억원

  ※ (총 발주 규모 306량, 2량당 주회로차단기 1대 설치, Secheron 구매 단가 약 4,500만원 기준)

  - 국산화 가능 시장(KTX) : 연간 약 5.3억원

  - 유지보수매출액 : 연간 약 3.4억원

  ※ 출처 : 철도차량 및 주요부품 중장기 구매계획 알림, 국토부 철도운행안전과-3214

  ※ 출처 : 철도차량부품_공급다변화를_위한_기술개발_설명회_발표자료, 한국철도공사, 2017

(과학기술적) 내구성, 성능, 신뢰성 확보된 주회로 차단시스템 국산화 기술 개발

- 주요 선진국 주도의 기존 모듈형 주회로 차단시스템 도입으로 고장이나 장애시 대처가 어려운 부분 해소 가능
  - 지붕고압장치 소형화를 통한 모듈화 주회로 차단시스템 구축 가능
  - 주회로 차단기 단품 혹은 외부 노출을 방지하여 전체 전기계통의 보호를 통한 안전성 향상
  - 선진국 주도의 모듈형 주회로 차단시스템 기술 종속 탈피 및 해외 철도시장 확보

(사회문화적) 신규 시장 진출로 양질의 일자리 창출

- 분산형 고속철도 시장이 지속적으로 확대되고 있어 주회로 차단기 시장도 성장하여 고용 증대 가능
  - 학계 및 산업계의 모듈형 주회로 차단시스템관련 인력 확충 가능

7.8 유사·중복성 검토 및 연계추진 방안

가. 유사과제 현황

No.	과제기간	부처명	사업명	내역사업명	과제명
1	2012~2014	국토교통부	미래철도 기술개발사업	-	도시철도차량 동력제어장치 개량 사업
2	2017	과학기술 정보통신부	한국철도기술 연구원 연구운영비지원	기술이전 및 실용화 촉진을 위한 산업계 연계기술 개발	철도차량 주회로차단기용 지능형 제어기 개발

나. 차별성 및 연계 추진방안

- 본 연구개발 과제는 주회로 차단시스템의 부품을 소형화하여 모듈형으로 차량의 상부에 설치하고 동작상태를 감시하는 진단기술이 적용된 주회로 차단시스템을 개발하고자 하는 연구
  - 기존의 연구와는 기술의 차별성이 있으며, 국내에서 연구개발과제 진행된 이력이 없어 중복성은 없음

<표 VII-83> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(주회로차단시스템)_1/2

본 사업 과제명	고속철도용 모듈형 주회로 차단시스템 개발		
기존 유사과제명	도시철도차량 동력제어장치 개량 사업('12~'14)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ INVERTER MODULE & CONVERTER MODULE의 차단 시험 및 검사 기준 설정	■ 방수, 방진, 절연 성능이 확보된 철도 차량용 모듈형 주회로 차단시스템 개발	■ 본 과제에서는 주회로차단기 시스템을 외부로부터 완전 격리시켜 충격/진동/소음을 방지하는 기술과 사전 고장을 진단할 수 있는 진단기술이 적용된 지능형 모듈타입의 주회로 차단시스템 개발로기존 과제와 차별성 존재
과제규모	■ 4.1억원	■ 60.02억원	-
TRL단계	■ 3~6단계(실험 및 시작품)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ 추진제어장치의 기술축척에 따른 신규 차량용의 설계기술 확보	■ 상태감시 시스템을 갖춘 동력분산식 모듈형 주회로 차단기 개발	■ IoT를 기반으로한 주회로차단시스템의 특성 모니터링을 통해 교유 전압 파형 제어 및 관련 데이터 수집
기존 기술과의 연계방안	■ 추진제어장치의 기술축척에 따른 신규 차량용 설계 기술 확보		

<표 VII-84> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(주회로차단시스템)_2/2

본 사업 과제명	고속철도용 모듈형 주회로 차단시스템 개발		
기존 유사과제명	철도차량 주회로차단기용 지능형 제어기 개발(2017)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 주회로차단기용 지능형 제어기 시제품 개발	■ 방수, 방진, 절연 성능이 확보된 철도 차량용 모듈형 주회로 차단시스템 개발	■ 기존 과제는 지능형 주회로차단기용 제어기 시제품 개발에만 치중되어 본 과제인 모듈타입의 시제품 개발 및 성능 표준화와는 차별성 존재
과제규모	■ 1.3억원	■ 60.02억원	-
TRL단계	■ 5~6단계(시작품)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ 전차선 공급전원의 위상각에 따라 차단기 개폐시점을 능동적으로 제어하는 주회로 차단기용 지능형 제어기 개발	■ 상태감시 시스템을 갖춘 동력분산식 모듈형 주회로 차단기 개발	-
기존 기술과의 연계방안	■ 기존 주회로차단기용 기능형 제어기 시제품 성능 확보		

다. 선행사업 핵심기술과의 연계성 검토

- 국토교통부 철도기술 연구개발사업을 통해 확보한 핵심기술을 기반으로 본 사업 개발부품 구성기술과의 연계방안을 검토

  - 기존, 고속철도용 주회로 차단기 동작 개폐시점 능동 제어기술을 접목하여 주회로 차단기 위상제어 기술 등에 활용 및 연계 가능

※ 기존 사업의 핵심기술과 본 연구개발 사업 부품별 구성기술간의 연계는 제7장 「세부기술 개발계획」 내 제4절 「3.통합로드맵」 참조

〈표 VII-85〉 선행사업 핵심기술 연계(주회로차단시스템)

본 사업 과제명	**고속철도용 모듈형 주회로 차단시스템 개발**
기존 유사과제명	**고속철도용 자기진단형 주회로차단기 개발('07~'11)**
핵심 기술명	주회로 차단기 동작 개폐시점 능동 제어기술
▼	
본 과제 구성 기술명	**주회로 차단기 위상제어 기술**
기존 기술과의 연계방안	■ IoT 기반 주회로 차단기 동작 개폐시점 상태감시 기술, 주회로 차단기 위상제어 기술, 주회로 차단기 구성부품 모듈화 패키징 기술개발에 연계

8. 고속철도용 공조시스템 개발

8.1 연구개발 배경 및 필요성

가. 기술의 정의

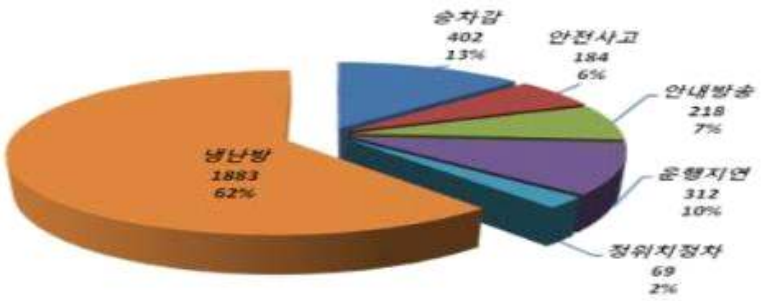
공조시스템의 정의

- 부품의 기능 및 역할
  - 공조시스템은 철도차량의 상부 혹은 하부에 설치되어 객실 및 복도의 온도에 따라 객실내 냉난방장치의 온도를 조절하는 기능을 수행
  - 객실내 쾌적한 온도 환경 제공을 위해 철도차량 외부 공기 및 열차 내부 순환공기의 실내 공기의 질을 적정하게 유지하는 역할을 수행
  - 공조시스템은 객실당 1개 또는 2개의 개별 시스템으로 구성되어 한 개의 공조시스템에 문제가 생겼을 때에도 인근 공조시스템이 보완적인 기능을 수행하여 지속적인 객실 서비스를 제공함

나. 연구개발 배경

현황 및 문제점

- 철도차량 선진국(일본, 프랑스 등)은 첨단기술을 적용한 냉방장치를 적용중에 있으나, 국내는 해당 기술이 부재로 수출 및 일부 철도차량에는 해외 제품을 적용
- 철도차량 이용승객 민원 중 60% 이상(여름철 90%이상 차지)이 객실의 냉난방 관련임
- 따라서, 에너지 절감 및 이용승객 만족도 향상을 위해 친환경 공조시스템 개발이 필요하며, 국산화 개발을 통한 수입대체와 향후 해외시장 진출을 통한 부가가치 및 일자리 창출 필요



〈그림 VII-128〉 국내 철도운영사의 민원 원인 분석 사례

시사점

- 해외에서는 인버터 구동방식의 공조시스템을 이미 개발하여 상용화 하였고, 고속철도차량에 적용되어 활용중임
- 국내에서는 공조시스템의 에너지 효율 규제가 없어 정속형 압축기가 적용된 공조시스템만 적용하여 운영하고 있어 에너지 비용 증가 및 환경 문제가 발생하고 있음
- 따라서, 철도차량에 적용하기 위한 지붕탑재형 인버터 구동방식의 공조시스템 기술개발을 통하여 국내 시장 확보 및 해외 시장 진출이 가능할 것으로 판단되므로 신속한 추진 필요

다. 연구개발 필요성

과학기술적 중요성

- (냉방장치 제어 방식의 변경 필요) 현재 국내 철도차량에 적용된 냉방장치의 압축기는 대부분 ON-OFF 제어 방식으로 기동 부하 시 많은 전력에너지를 소비함
  - 냉방기의 동작 여부에 따라 객실의 온도가 급격하게 변화하기 때문에 승객이 느끼는 온열 쾌적성도 크게 저하됨
- (인버터 제어 방식을 적용한 냉방장치 개발 필요) 최근 해외 철도 운영사는 철도운영 시 소요되는 비용을 절감하기 위하여 신규 철도차량 발주 시 냉방 에너지 사용량을 일정 수준 이하로 강제로 규제하고 있음
  - 차량 제조사에서 요구 수준을 만족시키지 못 할 경우 막대한 계약위반 부과금으로 제작된 차량의 20년 운영기준으로 초과 부과되는 전기 요금을 요구하고 있는 실정임
  - 해외 제작사는 ON-OFF 제어 정속형 방식이 아닌 인버터 제어 방식의 냉방장치를 적용하여 냉난방 에너지 사용량을 최소화하고 있는 추세임
- (국내 제작 업체의 기술 향상 필요) 현재 철도차량용 냉방장치 제작사인 일본의 미쓰비시 社, 도시바 社 등은 이미 인버터 제어 방식 제품 개발완료
  - 일본 신간센 고속철도차량에는 물론 해외에 수출하는 차량에도 널리 적용하고 있으나, 국내 철도차량 냉방장치 제작사는 철도차량용 인버터 제어 방식 냉방장치 기술이 없어 국제 경쟁력이 약한 실정
  - 이로 인해 국내 철도차량 제작사에서 해외 수출차량에도 국내 업체 제품이 아닌 일본이나 프랑스 등 철도 선진국 업체의 제품을 적용하여 수출하고 있으므로 국내 업체의 기술력 향상이 매우 시급함

시장경제적 필요성

- 동력분산식 고속철도차량용 공조시스템에 연구개발된 공조시스템적용 및 고속철도차량에 납품하여 매출 확보

  - 신규시장매출액: 약 666억원(연간 약 44.4억원)

  - 유지보수매출액: 약 236억원(연간 약 15.8억원)

  ※ 출처: 철도차량 및 주요부품 중장기 구매계획 알림, 국토부 철도운행안전과-3214

- 해외 철도차량용 공조시스템에 국내 연구개발 및 납품실적을 활용하여 신규 시장 확보

사회문화적 필요성

- (고효율, 공기질 향상을 위한 HVAC 개발 필요) 2014년 환경부에서 '대중교통 차량의 제작·운행 관리지침'을 제정하여 철도차량 객실의 실내 공기 질을 관리

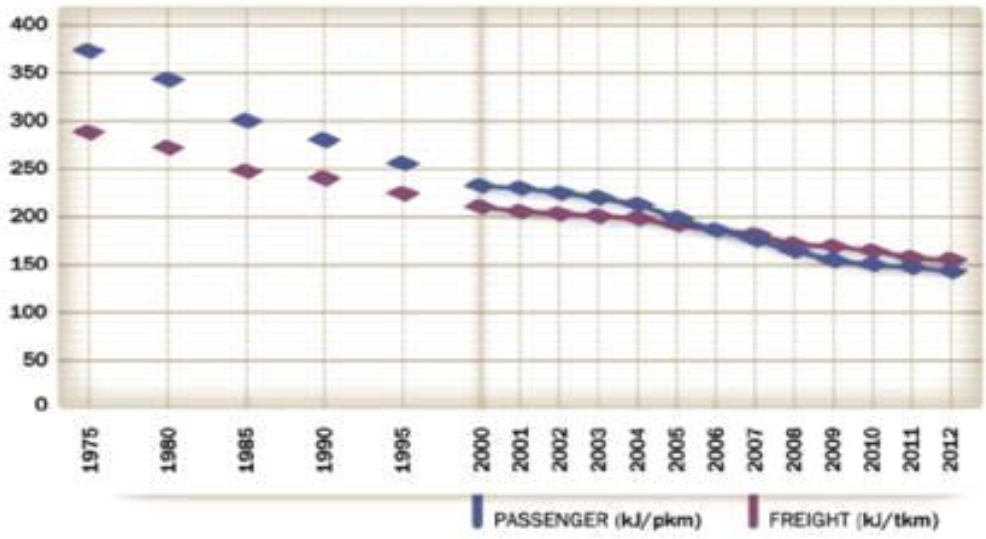
- 객실의 실내 공기 질을 쾌적하게 유지하기 위해서는 객실 내부의 이산화탄소 및 미세먼지 등의 오염물질을 외부로 배출하고, 신선한 외기를 지속적으로 객실에 공급해주는 환기량 확대 필요

  - 이 때 신선공기의 유입에 따른 승객의 온열쾌적성 저하를 방지하기 위해서는 더 많은 냉난방 에너지를 사용하여야 하므로 냉난방 에너지를 절감함과 동시에 승객의 온열쾌적성을 향상시키고, 실내 공기질도 획기적으로 개선하는 기술의 개발이 필요함

8.2 국내외 시장 및 연구개발 동향

가. 국외 시장 및 연구개발 동향

- 전 세계적으로 철도 운영사들의 에너지 사용량 절감에 대한 관심이 급증하여 철도차량용 냉방장치의 에너지 효율성 증대 요청이 크게 늘어나고 있음



*출처 : Elaboration by IEA and Susdef based on IEA Mobility Model and UIC(2014a)

〈그림 VII-129〉 Railway Specific Energy Consumption

- 해외 제조사의 경우, 에너지 절약을 위해 팬을 구동하는 모터는 물론, 냉방장치에서 가장 많은 전력을 소모하는 압축기에 인버터 구동 방식을 적용하고 있음



*출처 : Elaboration by Susdef based on UIC EVENT

〈그림 VII-130〉 Energy intensity reduction strategies

나. 국내 시장 및 연구개발 동향

- 국내 고속철도차량 공조시스템 경우 동력분산식 고속철도차량 도입기준으로 신규 및 유지보수용으로 향후 15년간 약 902억원 규모임

- 국내 도시 철도용 냉방장치의 경우, 약 30~40 kW 냉방용량을 가진 Low-profile (약 300mm 높이)의 제품을 제공하여, 무게 절감 및 에너지 효율을 높이고 있으며, 터널 등의 건설비 절감에도 기여하고 있음



	Example 1	Example 2	Example 3
Cooling power	30 kW	38 kW	41 kW
Heating power	16 kW	0 kW	0 kW
Outline dimensions (LxWxH) mm	3120x1570x300	3370x1570x300	3495x1630x310
Weight	578 kg	560 kg	682 kg
Frame/Covers material	Stainless Steel / Al	Stainless Steel	Stainless Steel
Coils material	Cu-Cu	Cu-Al	Cu-Al
Supply air	3057 m³/h	3400 m³/h	3700 m³/h

*출처 : HVAC Platform for Metro Applications by MERAK

<그림 VII-131> Low Profile 냉방장치의 예

- 국내 철도 차량 냉방장치의 에너지 효율 규제가 없음에 따라 ON-OFF 구동 방식의 정속형 압축기가 적용된 냉방장치가 적용되고 있음

  - 이러한 냉방장치는 에너지 효율이 떨어지는 단점뿐만 아니라 냉방 효율, 소음/진동, 차량 실내 공기질 등이 최적화 되지 않고 단순 냉방 능력만을 만족시키는 제품이 주로 생산되고 있음

- 국내 고속철도차량의 경우 과거 KTX 도입 시 적용된 하부 장착형 기술을 기반으로 현재 운영중인 동력집중식 고속철도차량에도 모두 하부 장착형 제품을 적용하고 있음

  - 그러나, 하부 장착형은 현재 전 세계적으로 사용되고 있는 지붕 장착형 제품으로 기술적 대체가 어려워 신규 개발이 필요함

- 국내 제품군 중 에너지 효율성 증가를 위하여 증발기/응축기 팬용 인버터가 적용된 사례는 있으나, 에너지 효율을 극대화 할 수 있는 압축기용 인버터 기술이 적용된 사례는 없음

- 국내에서는 저가 수주를 통한 저가 제품 납품에 초점을 맞춤에 따라 최신사양의 신기술이 적용된 제품 개발 실적 부족

  - 해외수출 시 해외 요구 성능을 만족하기 위해 국내 제품 대한 기술 및 납품 실적이 없어 전반적으로 사업의 범위가 점차 위축되는 실정

전동차용	고속철도용



*출처 : Elaboration by Susdef based on UIC EVENT

<그림 VII-132> 국내 철도차량용 공조장치

8.3 연구개발 범위

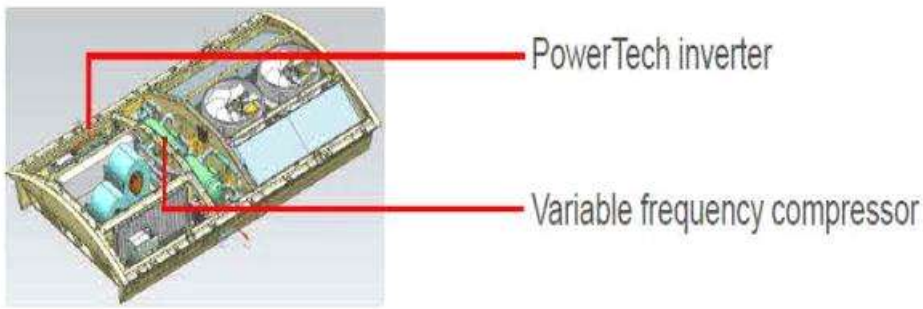
에너지 절약형 고속철도차량용 컴팩트 공조시스템 기술개발

- 동력분산식 고속철도차량의 지붕탑재형 소형화된 공조시스템

  - 컴팩트형 공조시스템(냉방용량: 40,000kcal/h, 난방용량: 25,800kcal/h) 설계/해석 기술개발

  - 컴팩트형 공조시스템 제작 기술개발

  - 컴팩트형 공조시스템의 냉난방 소음/진동 등 성능평가 기술 개발



<그림 VII-133> 동력분산식 공조시스템 개발(안)

- 개발품의 신뢰성 확보를 위한 시험인증
  - EN14750-1/2(냉난방능력성능), EN14813-1(송풍량 성능), EN14813-2(소비전력성능)의 성능 만족을 위한 시뮬레이션 수행
  - 실용화 및 해외진출을 위한 국내외 성능 인증 획득(기술기준 등)
  - 실제 운행조건에서 성능검증을 위한 현차시험 실시(냉난방성능)

8.4 연구개발 내용

가. 연구개발 목표

동력분산식 고속철도차량용 컴팩트 공조시스템 개발

- 기존 공조시스템 대비 용적 30% 절감 및 동등수준 냉난방 성능(냉방용량: 40,000kcal/h, 난방용량: 25,800kcal/h) 유지
- 에너지 절약형 공조시스템 및 제어기 개발
- 인버터 제어방식을 적용한 공조시스템 개발
- 고효율, 공기질 향상을 위한 공조시스템 개발
- 제어기 및 제어 알고리즘 개발

나. 연구개발 핵심 내용

핵심(구성) 기술명	핵심(구성) 기술 주요내용
에너지 저감 기술	– 실부하 대응 부분부하 운전을 통한 에너지 저감 – 가변형 팽창 밸브 적용을 통한 사이클 최적화
객실 쾌적성 향상 기술	– 객실 정숙성 및 쾌적성 향상을 위한 저소음 증발기 및 응축기 팬 기술 – 이산화탄소 농도 감지를 통한 신선 공기량 조절 – 실내 환경과 연동한 운전으로 객실 온열 쾌적성 확보 – 실내 공기질 관리를 위한 필터 기술 개발
공조시스템 제어 기술	– 통합 모듈형 제어기 개발 – 주요부품 용량 제어 드라이브 개발 – 용량 제어 알고리즘 개발 – 공기질 제어 알고리즘 개발 – 온열 쾌적성 제어 알고리즘 개발 – 운전 데이터 베이스 구축 및 상용화 기반 확보

다. 핵심 기술별 As-is/To-be

핵심 기술	As-is	To-be	현재 TRL	목표 TRL
에너지 저감 기술	소비전력 정격출력의 ±5% 이내	소비전력 정격출력의 ±3% 이내	TRL 4	TRL 8
객실 쾌적성 향상 기술	증발기용 송풍량 성능 900CMH ±5 응축기용 3,000CMH 이상	증발기용 송풍량 성능 1,000CMH ±5 응축기용 3,300CMH 이상	TRL 4	TRL 8
공조시스템 제어 기술	공조장치 효율 95% 이상	공조장치 효율 96% 이상	TRL 4	TRL 8

<표 VII-86> 수요처 요구사양 대비 목표사양

부품명	수요처 발주사양	본 사업 목표사양	비고
고속철도용 공조시스템	·냉방성능 : 40,000kcal/h ·난방성능 : 25,800kcal/h ·소비전력 : 29.5+10% 이하 ·송풍기밀 : : 3,600Pa 가압후 1,350Pa까지 18초이상 ·소음성능 : 65dBA이하	·냉방성능 : 40,000kcal/h ·난방성능 : 25,800kcal/h ·소비전력 : 29.5+5% 이하 ·송풍기밀 : 3,000Pa가압후 100Pa까지 8초이상 ·소음성능 : 65dBA이하	· 소비전력 +5% 향상 · 송풍계통 기밀성능 기준향상 · 소음성능 동등수준 확보

라. 세부 기술 및 내용에너지 저감 기술

- 실부하 대응 부분부하 운전을 통한 에너지 저감 기술
  - 인버터용 압축기 적용기술 및 압축기용 인버터 구동 기술
  - 증발기, 응축기, 배기 팬용 인버터 기술
- 가변형 팽창 밸브 적용을 통한 사이클 최적화 기술
  - 가변형 팽창 밸브 및 고효율 열교환기 적용 기술
  - 에너지 절약형 배기 공기 덕트 설계 기술

객실 쾌적성 향상 기술

- 객실 정숙성 및 쾌적성 향상을 위한 저소음 증발기 및 응축기 팬 기술
- 이산화탄소 농도 감지를 통한 신선 공기량 조절 기술
  - 신선 공기량 조절용 댐퍼 적용 기술
  - 배기 팬 및 공기 덕트 설계 적용 기술
- 실내 환경과 연동한 운전으로 객실 온열 쾌적성 확보
  - 한서감(PMV) 및 예상 불만족률(PPD) 지수 알고리즘 개발
- 실내 공기 질 관리를 위한 필터링 기술

공조시스템 제어 기술

- 공조시스템 통합관리를 위한 제어기 개발
  - 공조시스템 모듈별 제어기 개발 및 통합화
- 주요부품 용량 제어 드라이브 개발
  - 고효율 인버터 드라이브 및 제어 알고리즘 개발
- 공기질 및 온열 쾌적성 제어 알고리즘 개발
  - 실내 공기질 개선을 위한 신선 공기 및 배기 공기량 조절 알고리즘 개발
- 운전 데이터 베이스 구축 및 상용화 기반 확보
- 철도차량 공조시스템 시제품 신뢰성 시험 및 성능 검증

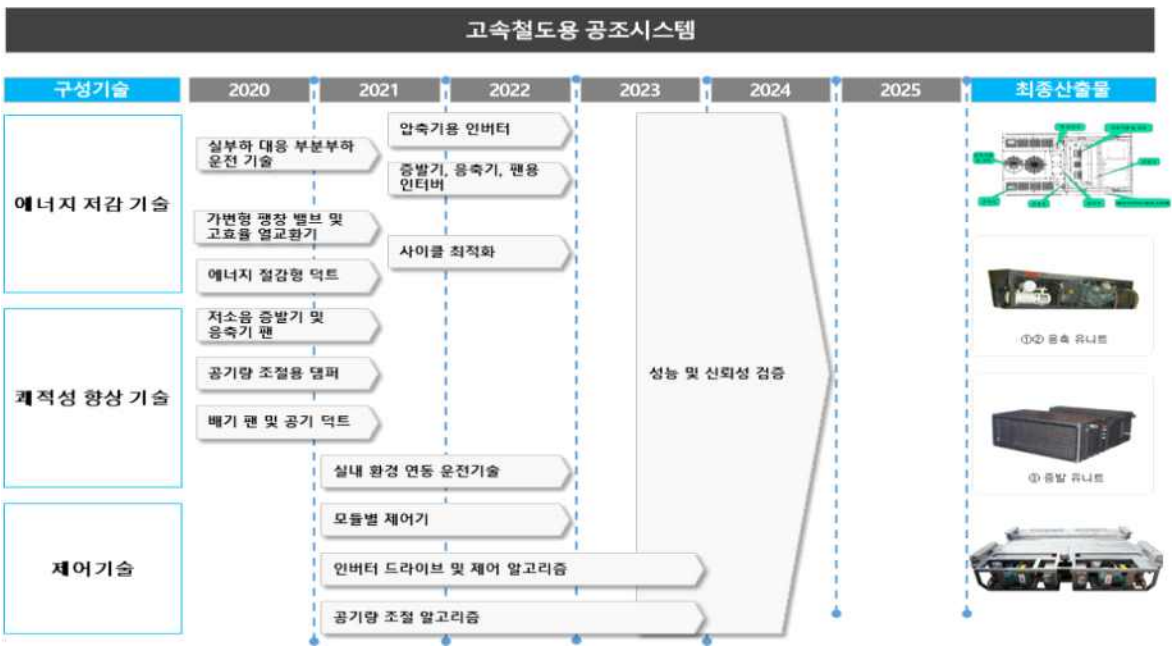
마. 연차별/단계별 수행 목표 및 내용

연차	기술 개발 목표	기술 개발 내용
1차년도	기본설계	– 요구사항 정의 – 냉방장치 및 제어기 설계 – 인버터 드라이브 설계 – 제어 알고리즘 설계

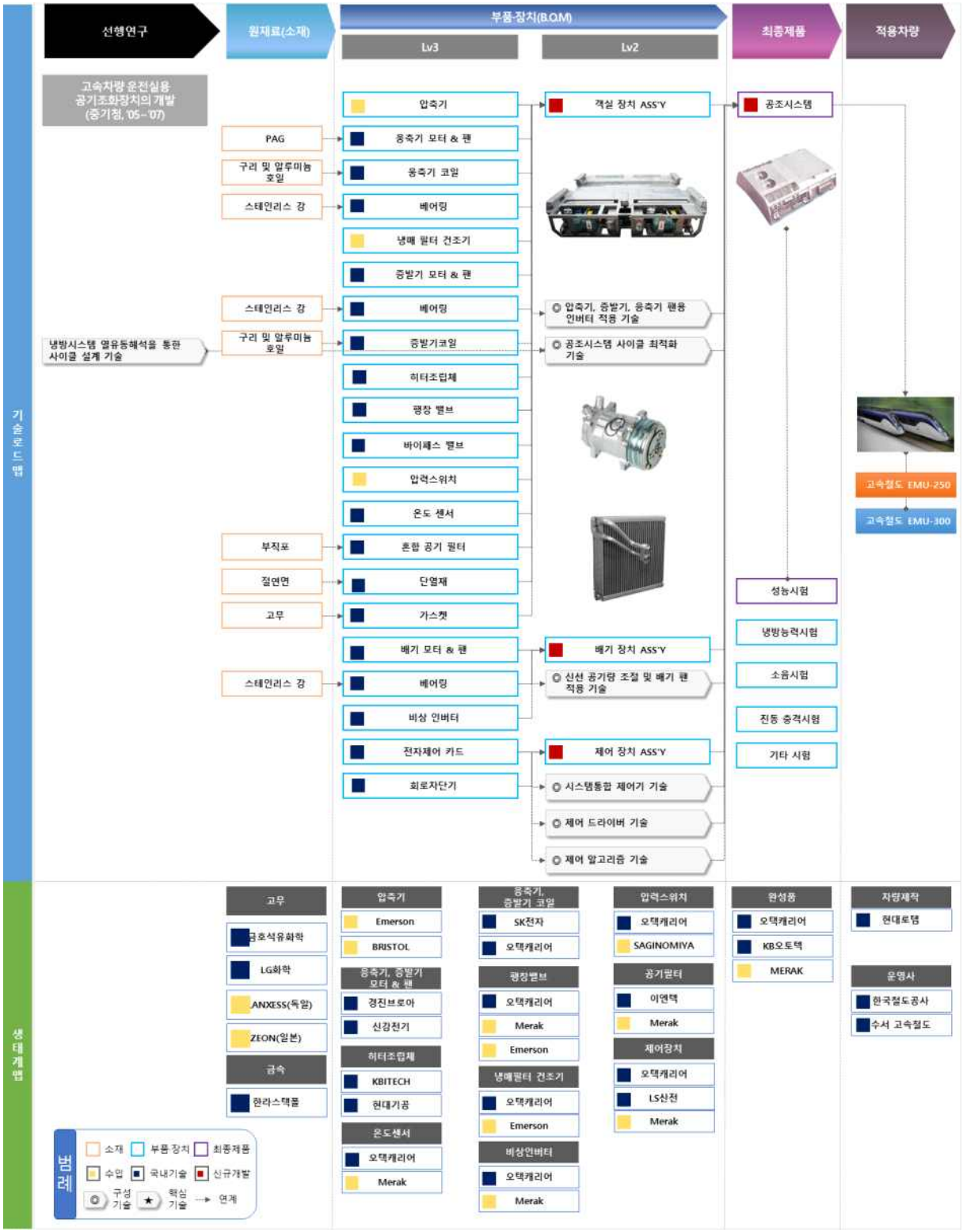
연차	기술 개발 목표	기술 개발 내용
2차년도	상세설계 시작품 제작	- 냉방장치 제작 - 제어기 제작 - 제어 알고리즘 안정성 평가
3차년도	시제품 제작 단위 차량시험	- 냉방장치 및 제어기 시제품 제작 - 성능 시험 - 단위 차량 장착 시험 - 냉방성능, 소음 및 진동 시험
4차년도	종합성능시험	- 완성차 장착 시험 - 조합 시험
5차년도	현차시험 및 분석	- 실선로 4계절 현차 시험 - 현차 및 성능검증 종합분석 - ISO품질 관리 체계 인증, 소프트웨어 인증

바. 수행 로드맵

- 각 핵심기술별로 연차별 연구개발 내용은 아래와 같음
  - 1차년도 선행기술조사 및 기본설계
  - 2차년도 부품상세설계 및 시작품 제작
  - 3~4차년도 단품 및 시제품 종합성능시험
  - 5차년도 현차시험 및 분석



<그림 VII-134> 수행 로드맵_공조시스템



〈그림 Ⅶ-135〉 부품로드맵&산업생태계_공조시스템

사. 핵심 기술 확보 전략

핵심(구성) 기술	핵심 기술 확보 전략					
	공공 협력	민간 협력	자체 개발	해외 도입	국내 도입	기타
에너지 저감 기술	◐		●			
객실 쾌적성 향상 기술	◐		●			
공조시스템 제어 기술	◐		●			

- 공공협력: 국가 또는 공공기관이 보유 중인 기술 및 인프라와 연계
- 민간협력: 타기업에서 보유 중인 기술 및 인프라와 연계
- 자체개발: 기업이 보유한 기술 및 인프라 활용
- 해외도입: 선진국 또는 해외 선도 기업이 보유중인 기술을 이전 받아 활용
- 국내도입: 국내 기업이 보유한 기술을 이전 받아 활용

8.5 사업화 및 자립화 전략

가. 기술개발 완료 후 시장 출시가 가능한 기술 및 제품

- (개별 부품 판매) 동력분산형 고속철도용 공조시스템 시장에서 신규 시장 진입 등 유지보수품에 대한 수입대체 등 파급효과가 클 것으로 예상
- (신규 차량 보급) 동력분산식 공조시스템 국내외 신규 고속철도차량 제안 가능
- (유지보수 시장) 에너지 저감형 공조시스템장치는 선택적으로 차량사의 요구조건에 따라 적용 가능

나. 국내외 시험인증 전략

- 성능 기준 및 시험규격
  - 공조시스템은 냉·난방 능력을 포함하여 공조시스템의 냉매압력 및 누설, 송풍계통 기밀 및 송풍량, 열교환기 내압, 안전장치 작동, 소비 전력, 소음, 내환경, 전기적합성 성능을 확보된 제품 개발 필요

<표 VII-87> 공조시스템 성능 기준 및 시험규격

순번	성능항목	기준	적용 침 참고 규격	비고
1	냉·난방 능력성능	· 냉방능력 : 5 kW/Unit (4,300kcal/hr) ·난방능력 : 6 kW/Unit (5,160 kcal/hr)	KS R 1053 EN 14750-1 EN 14750-2 KRTS-VE-Part51	-
2	냉매압력 및 누설 성능	·고압 : 12~17 kg/㎠G ·저압 : 1~6k g/㎠G ·감도 : 0.1 g/1000 hr(누설 미발생)	KRTS-VE-Part51 JIS E6602	-
3	송풍계통 기밀성능	·3,000 Pa로 가압하여 100 Pa 까지 떨어지는 시간을 측정하되 그 값이 8초 이상	KRTS-VE-Part51	-
4	송풍량성능	·응축기용 : 3,060 CMH이상 ·증발기용 : 900 CMH ± 5%	EN14813-1 EN14750-1 EN13129-1 KS C 9306	
5	열교환기 내압성능	·2746 kPa(28 kg/㎠)G, 5분 이상	KRTS-VE-Part51	-
6	안전장치 작동성능	·1차: 80℃ ± 10℃ ·2차: 120℃ ± 10℃ 범위 내 에서 안전장치 작동될 것.	KRTS-VE-Part51	-
7	소비전력성능	·정격 출력의 ±5% 이내	EN 14813-2 EN 13129-2	
8	소음성능	·연속 구동 : 65 dB 이하	KS C 1502 JIS C 1502 JIS C 1505	-
9	내환경성능	·온도 : -35℃ ~ 70℃ ·습도 : 0~95% RH. ·진동 및 충격 : 2종 B class ·방수 : 200 mm/h 물을 10분간 살포 ·효율 : 95% 이상	IEC 60571 KS R 9197 KS C 0704 IEC 62236-3-2 IEC 61000-4 KS R 9144 JIS E 6602	온도시험 진동시험 충격시험 방수시험 효율시험
10	전자기적합성	· 서지 내성 : 레벨3, B등급 · 접촉정전기방전 내성 : 레벨3, B등급 · 기중정전기방전 내성 : 레벨3, B등급 · 과도버스트 내성 : 레벨4, A등급 · 전자파방사 내성 : 레벨3, A등급 · 전자파전도 내성 : 레벨3, A등급 · 전자파방사 장해 : 1그룹, A등급 · 전자파전도 장해 : 1그룹, A등급	IEC 61000-4 KS C 9610 KS C CISPR11	-

● 공조시스템 인증 획득

- 공조시스템은 고효율관련 인증, 성능인증, 제어소프트웨어에 대해서는 소프트웨어 인증을 획득하여야 하며, 향후 해외수출 기반을 확보하기 위하여 ISO 22163 국제철도 품질관리체계 인증 획득 요구

〈표 VII-88〉 공조시스템 인증 획득 기준

순번	인증 내용	인증 기관	기준	비고
1	성능인증 (NEP, NET, AHRI, K마크 등)	· 산업부 · 국토부 · 중기부 등	· 국내외 규격 및 성능 관련 자체 규격	임의인증(개발 제품에 대한 신기술, 신제품, 성능인증 등)
2	고효율에너지 기자재인증제도	· 산업부	· 제품 및 공장 심사 자체 규격	임의인증(에너지효율 및 품질 시험 검사에 대한 인증)
3	소프트웨어(GS) 인증	· 과학기술통신부	· 국내외 규격 및 성능 관련 자체 규격	임의인증 (소프트웨어 품질 인증)
4	ISO 품질관리체계 인증	· 제3자 적합성인증기관	· ISO/TS 22163	임의인증(철도 부품 제작자 품질관리체계 인증)

다. 단계별 시장 진입 전략

● 동력분산식 고속철도용 공조시스템 개발 완료시 단계별 시장 진입 전략은 다음과 같음

구분	단기 전략	중장기 전략
출시 제품	공조시스템	공조시스템
진입 분야	국내 동력분산식 고속전철 TBO 분야	국내 신규 고속전철 및 해외 고속전철
타겟	코레일, SRT 등	현대로템 등

- 단기 전략으로 국내 동력분산식 고속철도차량 관련 공조시스템에 대한 TBO 및 유지보수품에 대한 대응을 통하여 실적 확보
- LCC 비용 저감을 통하여 국내 수요자(코레일, SR등) 확보 및 성능 검증 추진
- 중장기 전략으로 성능 검증후, 신규 프로젝트에 대한 공조시스템 제안 및 국내외 신규 시장 진출 추진

라. 지적 재산권 확보전략

핵심기술별 특성을 바탕으로 지적 재산권 확보 전략을 수립

- 에너지 저감 기술 전략
  - 인버터용 압축기 적용기술과 압축기용 인버터 구동 기술을 활용하여 실부하시 부분부하 운전을 통한 에너지 저감 기술 구현
  - 가변형 팽창 밸브 및 고효율 열교환기 적용 기술을 적용하여 밸브 사이클의 최적화 기술 적용
- 객실 쾌적성 향상 기술 전략
  - 객실의 정숙성·쾌적성 향상을 위하여 저소음 증발기와 응축기 팬이 가동될 수 있도록 조절 기술 확보
  - 실내 환경 및 객실의 온열 쾌적성 확보를 위하여 한서감(PMV) 및 예상 불만족률(PPD) 지수 알고리즘 기술 개발 확보
- 공조시스템 제어 기술 전략
  - 실내 공기질 개선을 위하여 신선 공기 및 배기 공기량 조절 알고리즘이 가능한 온열 쾌적성 제어 알고리즘 개발 확보

1) 지식재산권 신청기술의 정의

순번	기술의 명칭	확보가능 특허	건수	등록시점
1	에너지 저감 기술	– 가변형 팽창 밸브 적용을 통한 사이클 최적화 기술	1	2022년
2	객실 쾌적성 향상 기술	– 객실 정숙성 및 쾌적성 향상을 위한 저소음 증발기 및 응축기 팬 설계기술 – 이산화탄소 농도 감지를 통한 신선 공기량 조절기술	2	2023년
3	공조시스템 제어 기술	– 주요부품 용량 제어용 드라이브 제작기술 – 용량 제어 알고리즘 기술 – 공기질 제어 알고리즘 기술 – 온열 쾌적성 제어 알고리즘 제어기술	4	2024년
합계		–	7	–

2) 선행기술조사를 통한 차별성 검토

- 공조시스템 관련 특허동향 조사 결과를 토대로 등록특허 기준, 존속기간 유예 등을 고려, 해당 과제와 유사한 특허 3개를 도출하여 비교 분석 수행

3) 보유 지적재산의 보강 전략

- 기존 공조시스템 관련 특허는 냉난방장치의 소형화 및 구성품 제작기술 등에만 집중되어 있어 공조시스템의 에너지 저감 및 객실 쾌적성 향상을 위한 제어기술 개발 필요

보 강 전 략	
문 제 점	**해 결 방 안**
· 연관성이 일부 존재하는 2건의 등록 특허는 공조시스템 관련 개발 기술이나, 에너지 저감 및 객실 쾌적성 향상 기술과의 연계를 통한 시제품 제작 등에 대한 권리 부재	· 공조시스템 제어기술 뿐만아니라 에너지 저감 및 객실 쾌적성 향상 기술을 접목한 시제품 개발로 선행기술 대비 차별성 및 진보성이 뛰어나 권리확보 가능
회 피 전 략	
문 제 점	**해 결 방 안**
· 공조시스템의 제어 기술 및 공기 유입 시 활용되는 에어덕트의 상용화 기술 상존	· 철도차량 공조시스템의 내부 공기질 향상을 위한 알고리즘 개발 및 제어기술 접목으로 기존 특허기술 회피 가능

4) 신청기술의 방어전략

- 신청기술의 사업화와 관련하여, 분쟁 가능성이 높은 특허에 대해서는 방어전략이 필요하며, 타사의 특허를 침해할 가능성이 있는 경우에는 사전에 타사 특허에 대한 대응방안을 마련

선행특허기술명	방어전략
P-2 철도차량의 냉난방장치(AIR COOLING AND HEATING SYSTEM FOR RAILWAY VEHICLE)	· 철도차량 공조시스템의 에너지 저감 및 객실 쾌적성 향상 제어 기술을 접목함으로써 기존 공조시스템의 제어기술과 차별성 존재
P-3 철도 차량용 에어 덕트(AIR-DUCT FOR RAILWAY CAR)	· 객실 쾌적성 향상을 위한 제어 알고리즘 개발로 기존 기술과 차별성 확보

8.6 투자계획

가. 투자 규모

- 총 66.70억 원/5년 중 정부출연금 49.98억 원(75%) 대비 민간부담금 16.72억 원(25%)으로 구성된 정부주도 사업추진

<표 VII-89> 총 투자계획_공조시스템

(단위 : 억 원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	총계
정 부	8.00	9.98	12.00	12.00	8.00	-	49.98
민 간	2.70	3.32	4.00	4.00	2.70	-	16.72
합 계	**10.70**	**13.30**	**16.00**	**16.00**	**10.70**	**-**	**66.70**

나. 소요 재원

- 공조시스템 개발을 위한 연구개발 소요재원은 전체 소요재원 중 연구개발비가 82.9%로 55.32억 원을 소요

<표 VII-90> 연구활동별 집행기준_공조시스템

(단위: 억 원)

구분		총사업비				비율
대항목	소항목	국고	지방비	민간	합계	
1. 연구개발		40.98	–	14.34	55.32	82.9%
2. 연구시설 및 장비	시설	–	–	–	–	–
	장비	–	–	–	–	–
3. 기타(Feedback R&D 포함)		9.00	–	2.38	11.38	17.1%
합계		**49.98**	**-**	**16.72**	**66.70**	**100.0%**

다. 소요 예산 산출근거

핵심기술별 연구개발비

- 구성기술별 연구개발비 내역은 다음과 같음

<표 VII-91> 핵심기술별 연구개발비_공조시스템

(단위 : 억 원)

과제명	구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	총계
고속 철도용 공조 시스템 개발	에너지 절약형 냉방장치 개발	정 부	3.00	3.68	4.00	4.00	3.00	-	17.68
		민 간	0.90	1.02	1.40	1.40	0.90	-	5.62
		소 계	3.90	4.70	5.40	5.40	3.90	-	23.30
	객실 쾌적성 향상	정 부	3.00	3.30	4.00	4.00	3.00	-	17.30
		민 간	0.90	1.10	1.40	1.40	0.90	-	5.70
		소 계	3.90	4.40	5.40	5.40	3.90	-	23.00
	제어기 및 제어 알고리즘 개발	정 부	2.00	3.00	4.00	4.00	2.00	-	15.00
		민 간	0.90	1.20	1.20	1.20	0.90	-	5.40
		소 계	2.90	4.20	5.20	5.20	2.90	-	20.40
합 계			**10.70**	**13.30**	**16.00**	**16.00**	**10.70**	**-**	**66.70**

라. 소요인력

- 1차년도에는 기본설계, 2차년도에는 상세설계 및 시작품 제작, 3차년도에는 시제품 제작 및 단위차량 시험, 4차년도에는 완성차 장착 및 조합시험, 5차년도에는 실제 차량에 장착하여 신뢰성을 시험하는 절차로 진행

- 3차년도에 주요 부품들의 시제품 제작 및 단위 차량 시험 등이 진행되므로 인력을 가장 많이 투입하며, 4차년도와 5차년도에는 시험결과에 따라 부품을 수정·보완하고 지속적인 모니터링에 필요한 소요 인력 반영

〈표 VII-92〉 소요 인력 및 참여율_공조시스템

(단위: M/Y, %)

과제	핵심구성기술	직급	2020		2021		2022		2023		2024		2025		합계 (명)
			투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	
1-8	에너지 절약형 냉방장치개발	책임연구원	1	30%	1	40%	1	40%	1	40%	1	30%	-	-	5
		선임연구원	3	35%	3	50%	4	40%	4	40%	3	35%	-	-	17
		연구원	3	35%	2	40%	3	40%	3	40%	3	35%	-	-	14
		소계	7	-	6	-	8	-	8	-	7	-	-	-	36
	객실 쾌적성 향상	책임연구원	1	30%	1	30%	1	40%	1	40%	1	30%	-	-	5
		선임연구원	3	35%	4	30%	4	40%	4	40%	3	35%	-	-	18
		연구원	3	35%	3	40%	3	40%	3	40%	3	35%	-	-	15
		소계	7	-	8	-	8	-	8	-	7	-	-	-	38
	제어기 및 제어 알고리즘 개발	책임연구원	1	30%	1	35%	1	40%	1	40%	1	30%	-	-	5
		선임연구원	2	30%	3	45%	3	50%	3	50%	2	30%	-	-	13
		연구원	2	45%	2	35%	3	40%	3	40%	2	45%	-	-	12
		소계	5	-	6	-	7	-	7	-	5	-	-	-	30
연도별 합계			19	-	20	-	23	-	23	-	19	-	-	-	104

8.7 파급효과

(시장경제적) 국산화 개발을 통한 수입대체 및 유지보수 시장 진출

- 동력분산식 고속철도차량용 공조시스템 신규 매출 확보(향후 15년간)
  - 신규시장매출액: 약 666억원(연간 약 44.4억원)
  - 유지보수매출액: 약 236억원(연간 약 15.8억원)

(과학기술적) 인버터 제어방식 적용 공조시스템 국산화 기술 개발

- 인버터 제어방식 기술 개발을 통한 국내 냉난방기 제작사의 기술력 확보
  - 철도차량용 공조시스템 설계 및 제작에 대한 선진국 주도의 공조시스템 기술 종속 탈피
- 환경부의 대중교통수단 실내 공기 질 기준을 만족시킴으로써 법으로 제정된 대중교통수단 실내 공기 질 기준 확보
  - 쾌적한 실내 공기 질 관리 제어 로직은 타 교통수단 확대적용 가능
  - 철도차량용 공조시스템 제어 로직 개발로 인한 전기에너지 사용량 20% 이상 절감 가능

(사회문화적) 신규 시장 진출로 양질의 일자리 창출

- 수입대체 및 해외 시장 진출에 따른 고용 증대 가능
  - 학계 및 산업계의 고속철도차량용 공조시스템 부분 인력 확충

8.8 유사중복성 검토 및 연계추진 방안

가. 유사과제 현황

No.	과제기간	부처명	사업명	내역사업명	과제명
1	2003~2008	국토교통부	미래철도 기술개발	-	차세대 객차용 청정시스템 개발
2	2005~2007	중소기업청	중소기업 상용화기술지원	-	고속차량 운전실용 공기조화장치의 개발
3	2007~2009	중소기업청	중소기업 상용화기술지원	구매조건부 신제품개발사업	KTX객차 공조장치용 제어카드(EL-CD) 및 증발기 송풍인버터(CV-EP) 국산화개발
4	2009~2014	과학기술정보통신부	첨단융합 기술개발	실내공간 에코청정화 원천기술개발	실내 이산화탄소 저감기술 및 공기감염 예측기술 개발
5	2013	중소기업청	제품공정 개선기술개발	-	20,000kcal급 전동차 냉난방 개조 시스템

나. 차별성 및 연계 추진방안

- 본 연구개발 과제는 지붕탑재형 동력분산식 고속철도차량용 공조시스템을 개발하고자 하는 연구로 기존 연구와 중복성 없음

  - 기존 선행 연구는 철도차량용 냉방장치의 냉매의 대체 사용을 위한 연구가 시행된 사례가 있었으나, 단순하게 냉매를 교환하여 냉방장치의 효율과 성능만을 연구함에 따라 동력분산식 공조시스템 개발과는 차별성 존재

<표 VII-93> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(공조시스템)_1/5

본 사업 과제명	고속철도용 공조시스템 개발		
기존 유사과제명	차세대 객차용 청정시스템 개발('03~'08)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 객차용 청정 시스템 제작	■ 인버터 제어 방식 컴팩트형 공조시스템 개발	■ 기존 과제는 온도, 습도 제어를 위한 최적화 제어 기술만 연구
과제규모	■ 25.7억원	■ 66.70억원	-
TRL단계	■ 5~7단계(시제품 성능평가)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ 청정 개념을 도입한 HVAC를 제작하여 온도, 습도 등 최적화	■ 에너지 절약형 공조시스템 및 제어기 국산화 개발	■ 에너지 절약형 공조시스템 및 제어기 국산화 개발
기존 기술과의 연계방안	■ 객차용 공조시스템의 온도, 습도 제어기술 검토		

〈표 Ⅶ-94〉 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(공조시스템)_2/5

본 사업 과제명	고속철도용 공조시스템 개발		
기존 유사과제명	고속차량 운전실용 공기조화장치의 개발('05~'07)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 고속철도차량 동력차 운전실용 공기조화장치 국산화 개발	■ 인버터 제어 방식 컴팩트형 공조시스템 개발	■ 기존 과제는 운전실 냉방 시스템 설계에 관한 연구로 본 과제와 차별성 존재
과제규모	■ 3.1억원	■ 66.70억원	–
TRL단계	■ 1~4단계(기초연구 및 실험)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	–
과제목표	■ 운전실 냉방시스템 관련 열/유동해석, 요소부품과 사이클 설계 및 시스템 국산화 개발	■ 에너지 절약형 공조시스템 및 제어기 국산화 개발	■ 에너지 절약형 공조시스템 및 제어기 국산화 개발
기존 기술과의 연계방안	■ 냉방시스템 관련 열/유동해석기술 및 요소 부품간 사이클 설계 제작 기술 검토		

〈표 Ⅶ-95〉 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(공조시스템)_3/5

본 사업 과제명	고속철도용 공조시스템 개발		
기존 유사과제명	KTX객차 공조장치용 제어카드(EL-CD) 및 증발기 송풍인버터(CV-EP) 국산화개발('07~'09)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ KTX객차 공조장치용 제어카드(EL-CD) 및 증발기 송풍인버터(CV-EP)국산화 개발	■ 인버터 제어 방식 컴팩트형 공조시스템 개발	■ 기존 차량 대상 객차 공조장치의 제어기술 및 성능향상 기술에만 치중함에 따라 에너지 향상을 위한 컴팩트형 공조시스템 개발 사업과는 차별성 존재
과제규모	■ 1.5억원	■ 66.70억원	–
TRL단계	■ 5~7단계(시제품 성능평가)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	–
과제목표	■ 객차공조장치 제어기능 및 성능개선을 통한 신뢰성 확보	■ 에너지 절약형 공조시스템 및 제어기 국산화 개발	■ 냉·난방 능력을 포함하여 공조시스템의 냉매압력 및 누설, 송풍계통 기밀 및 송풍량, 열교환기 내압, 안전장치 작동, 소비 전력, 소음, 내환경, 전기적합성 성능을 확보된 제품 개발
기존 기술과의 연계방안	■ 공조시스템 제어기술 및 성능개선 결과 검토		

<표 VII-96> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(공조시스템)_4/5

본 사업 과제명	고속철도용 공조시스템 개발		
기존 유사과제명	실내 이산화탄소 저감기술 및 공기감염 예측기술 개발('09~'14)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 실내공간용 CO2 저감시스템 원천기술 개발	■ 인버터 제어 방식 컴팩트형 공조시스템 개발	■ 기존 연구의 경우 이산화탄소 저감 및 공기감염 예측기반의 기술만 접목
과제규모	■ 12.9억원	■ 66.70억원	-
TRL단계	■ 1~4단계(기초연구 및 실험)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ 이산화탄소 (CO2)와 부유미생물 등 저감기술 및 감염예측기술 개발	■ 에너지 절약형 공조시스템 및 제어기 국산화 개발	■ 냉·난방 능력을 포함하여 공조시스템의 냉매압력 및 누설, 송풍계통 기밀 및 송풍량, 열교환기 내압, 안전장치 작동, 소비전력, 소음, 내환경, 전기적합성 성능을 확보된 제품 개발
기존 기술과의 연계방안	■ 실내 공조시스템 CO2 저감을 위한 기술 적용성 검토		

<표 VII-97> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(공조시스템)_5/5

본 사업 과제명	고속철도용 공조시스템 개발		
기존 유사과제명	20,000kcal급 전동차 냉난방 개조 시스템(2013)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 20,000kcal급 전동차 냉난방 개조 시스템 개발	■ 인버터 제어 방식 컴팩트형 공조시스템 개발	■ 기존 차량 대상 객차 공조장치의 제어기술 및 성능향상 기술에만 치중함에 따라 에너지 향상을 위한 컴팩트형 공조시스템 개발 사업과는 차별성 존재
과제규모	■ 0.6억원	■ 66.70억원	-
TRL단계	■ 5~6단계(시제품 성능평가)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ 공기청정에 필요한 압력손실 대응 위한 증발기팬 최적화	■ 에너지 절약형 공조시스템 및 제어기 국산화 개발	■ 냉·난방 능력을 포함하여 공조시스템의 냉매압력 및 누설, 송풍계통 기밀 및 송풍량, 열교환기 내압, 안전장치 작동, 소비 전력, 소음, 내환경, 전기적합성 성능을 확보된 제품 개발
기존 기술과의 연계방안	■ 공조시스템 공기청정을 위한 증발기팬 성능 검토		

다. 선행사업 핵심기술과의 연계성 검토

- 국토교통부 철도기술 연구개발사업을 통해 확보한 핵심기술을 기반으로 본 사업 개발부품 구성기술과의 연계방안을 검토

  - 기존, 운전실 냉방시스템 열/유동해석, 요소부품과 냉방장치 사이클 설계 기술을 접목하여 공조시스템 통합 모듈 제어기술 등에 활용 및 연계 가능

※ 기존 사업의 핵심기술과 본 연구개발 사업 부품별 구성기술간의 연계는 제7장 「세부기술 개발계획」 내 제4절 「3.통합로드맵」 참조

〈표 VII-98〉 선행사업 핵심기술 연계(공조시스템)

본 사업 과제명	**고속철도용 공조시스템 개발**
기존 유사과제명	**고속차량 운전실용 공기조화기 개발('05~'08)**
핵심 기술명	운전실 냉방시스템 열/유동해석, 요소부품과 냉방장치 사이클 설계 기술
▼	
본 과제 구성 기술명	**공조시스템 통합 모듈 제어기술**
기존 기술과의 연계방안	■ 인버터 제어형 압축기 공조시스템 설계 및 제작기술, 공조시스템 통합 모듈 제어기술, CO2 저감 및 공기조절 알고리즘 설계 및 제작기술개발에 연계

9. 도시철도용 모듈형 출입문 표준화 개발

9.1 연구개발 배경 및 필요성

가. 기술의 정의

도시철도 출입문 정의

- 부품의 기능 및 역할
  - 도시철도 차량의 출입문은 승객의 안전한 승하차를 위해 설치된 시스템 장치로 기관사나 승무원의 조작에 의해 개폐되는 기능을 수행
  - 전동차 운행 중에는 기관사나 승무원의 조작에 의해서도 강제로 열리지 않도록 설계가 되었으며, 이례사항 발생 시에 승객이나 승무원의 비상장치 취급 시에만 해당 출입문을 임의로 열리도록 설계
  - 도시철도차량의 출입문 시스템은 철도 운영기관 특성에 따라 객차당 출입문의 수량 차이, 운행 노선에 따른 개폐방식의 차이, 부품별 용량의 차이 등으로 시스템이 상이함

전동차 표준 출입문 관련 핵심 기술

- 구동장치
  - 출입문 판넬을 좌우로 이동시켜 출입문을 개폐시키는 장치
  - 전기식 출입문의 경우 모터의 회전력으로 출입문을 동작시킴
  - 모터 회전력을 전달하는 방법에 따라 스크루 타입, 벨트 타입 등으로 구분함
- 잠금장치
  - 닫힘상태에서 전원 차단 시 출입문 판넬을 기계적으로 잠그는 장치
  - 각 출입문 제작사마다 고유의 잠금장치를 적용하고 있음
  - 기존업체의 특허를 회피하면서 신뢰성 및 유지보수성이 향상된 표준 잠금장치를 적용할 필요가 있음
- 안내장치
  - 출입문 판넬이 좌우로 이동하면서 개폐 동작을 할 때 정확한 위치로 움직일 수 있도록 안내하는 구성품

- 상부 레일, 트롤리, 롤러 등으로 구성되며, 트롤리는 출입문 판넬에 직접 고정됨
- 레일과 롤러는 그 단면 형상에 따라 여러 가지 타입으로 구분함
- 이물질 유입을 방지하고 파손이 적으며 탈락의 우려가 없는 최적의 설계안을 도출할 필요가 있음

● 비상핸들

- 전동차 운행중 비상시 승객 및 승무원이 출입문을 수동으로 열고 탈출할 수 있도록 하는 장치
- 실내용 비상핸들은 각 출입문마다 설치되며, 실외용은 차량마다 선택적으로 적용하는 경우가 많음
- 차량이 정지한 후 비상핸들을 당기면 보덴 케이블을 통해 비상핸들의 작동력이 잠금장치로 전달되어 잠금장치가 수동으로 개방됨. 이후 승객이 수동으로 출입문 판넬을 열고 탈출

● 제어장치 (DCU : Door Control Unit)

- 전기적 신호를 통해 출입문을 제어하는 장치
- 출입문 작동 조건을 판단하고 운전실의 지령에 따라 출입문 구동 모터에 출입문 개폐를 위한 전원을 인가하여 출입문을 동작시킴
- 동작 감지 스위치 등 내부 신호를 종합하여 출입문 상태를 차량으로 전송, 출입문의 상태 정보를 차량 진단장치로 전송

나. 연구개발 배경

현황 및 문제점

● 현재까지 적용된 전동차 출입문의 사양은 각 운영기관별로 상이하며, 각 노선의 특성에 따라 출입문에 요구되는 조건이 다르며, 출입문 설계시 이를 반영하여 제작됨

● 출입문 사양의 혼재로 인해 출입문 제작사에서는 개별 출입문에 관한 설계 정보 및 생산 정보를 별도로 관리해야 하며, 부품 제작사에서는 다품종 소량 생산으로 인해 제작비가 과다하게 소요됨

● 또한, 각 노선별 예비품 또한 각각의 사양을 가지게 되며, 부품간 호환성이 없음

- 다품종의 예비품을 구비해야 함에 따라 유사시 예비품 수급에 문제가 발생할 수 있으며, 예비품 교체의 장애로 인해 차량 노후화 가속 및 이로 인한 고장 발생이 증가하여 승객 안전에 심각한 문제가 발생할 수 있음

시사점

- 국내 철도 운영기관은 운행노선 특성을 반영한 출입문 시스템을 적용하여 각 노선마다 출입문 시스템이 상이한 용량으로 설계·제작되었음
- 철도 운영기관마다 상이한 출입문 시스템을 적용함에 따라 부품조달 및 차종별 부품 관리의 어려움이 발생
- 출입문 시스템 표준화 및 모듈화 기술개발을 통해 운영기관의 안정적 부품수급 지원 필요

다. 연구개발 필요성

과학기술적 중요성

- 출입문 관련 규격을 면밀히 검토하여 출입문에 필수적으로 요구되는 사양을 만족시키고, 신뢰성 및 안전성을 저해할 수 있는 사양을 점진적으로 배제하여 출입문 시스템의 완성도 확보 필요
  - 도시철도차량 출입문 시스템의 표준화 기술을 일반열차 및 고속열차 출입문 시스템 표준화에 확대 적용 가능

시장경제적 중요성

- 전동차를 운영하는 기관마다 출입문 사양이 달라 출입문 제작사에서는 그 요구사양에 부합하는 출입문 시스템을 별도로 개발해야 하며 이를 위한 개발비 또한 별도로 투입됨
  - 도시철도용 출입문은 철도차량 도입 시 여러 기업의 제품들이 보급되어 서로 부품간 호환이 되지 않아 노후부품의 수급 및 교체 시기 지연으로 안전사고의 우려가 있으므로, 이를 해소할 필요가 있음

※ 국내 : 인터콘시스템스, ADSRail, 흥일기업 등

※ 해외 : Faiveley, Bode, IFE, 커티스(캐나다) 등

- 전동차 출입문의 표준 사양을 제정하여 시행함으로써 출입문 개발에 불필요하게 소요되는 개발비를 절감하고, 그 비용을 출입문의 완성도를 높이는 일에 투입하여 제품의 품질을 향상함

사회문화적 중요성

- 철도차량 핵심 구성품인 출입문에 대한 사양을 통합하고 최적화를 위해 철도차량 출입문 설계 기술의 표준을 제시하고, 개발하여 완성도 제고
- 출입문의 경우 승객이 철도차량을 이용하는 과정에서 상시 접촉하는 구성품으로 승객 안전과 철도차량의 감성 품질을 좌우하는 핵심 구성품
- 출입문 표준화 기술개발을 통해 출입문의 품질을 향상시키고 철도차량 전반에 관한 소비자의 신뢰도를 제고

9.2 국내외 시장 및 연구개발 동향

가. 국외 시장 및 연구개발 동향

- 도시철도는 아시아태평양 지역의 성장세가 가장 큼
  - 중국과 인도의 도시철도 차량공급이 큰 폭으로 증가
  - 도시철도 시장규모는 연간 기준 약 12조 원으로 시아태평양의 메트로 차량 및 자동 시스템 수요가 지속적으로 커질 것으로 전망
- 선진 업체에 의한 기술 및 시장 과점 상태 (Faiveely, Bode, IFE 등)
  - 철도차량 사업시 철도 운영기관이 출입문 공급업체를 미리 지정하여 공급을 요구하는 사례가 많음
  - 각 출입문 제작사마다 고유의 출입문 시스템을 보유하고 있으나 출입문 시스템 요구 규격 외의 부가기능은 생략화 및 최소화 추세

나. 국내 시장 및 연구개발 동향

- 전동차 운영사별 출입문 관련 요구사항 상이
  - 다품종 소량 생산에 따른 개발비 과다, 경쟁력 약화
  - 출입문 시스템 관련 이해 부족에 따른 설계상의 누락 또는 과설계 사례 상존

- 영세 업체 위주의 생산 및 공급
  - 소규모의 제작사에서 출입문을 공급하고 있어, 성능향상을 위한 연구 개발에 대한 투자를 지속적으로 진행하기가 어려움
- 국내 철도차량 출입문 사양 적용 현황
  - 철도 운영기관은 신뢰성이 검증된 기존 시스템을 선호하고 있고 입찰시 실적 위주의 평가로 신규업체의 시장 진입에 장벽 존재
  - 시스템의 변경은 기존 시스템에서의 결함을 개선하는 방향으로 점진적으로 이루어지는 경우가 대부분임
  - 시스템의 변경은 기존 시스템에서의 결함을 개선하는 방향으로 이루어지는 경우가 대부분임

9.3 연구개발 범위

- 도시철도차량 출입문 사양 표준화
  - 도시철도 출입문 구조 경량화 모델 개발
  - 국내 전동차 출입문사양을 분석하여 최적 표준모델 설계 및 제작
  - 출입문 구성품(구동장치/잠금장치/안내장치/비상핸들/제어장치) 개발
  - IEC 62236에 따른 성능검증을 통한 최적의 성능 확보
  - 응답성능(IEC61069)을 만족할 수 있는 출입문 개발
- 개발품의 신뢰성 확보를 위한 시험인증
  - IEC61508 및 성능만족을 위하여 요구하는 시뮬레이션 수행
  - 실용화 및 해외진출을 위한 국내외 성능인증 획득(기술기준 등)
  - 실제 운행조건에서 성능검증을 위한 현차시험 실시(신호 및 비상)

9.4 연구개발 내용

가. 연구개발 목표

- 도시철도차량 출입문 장치 표준 사양 정립 및 시제품 개발
  - 구동방식 : 전기식 / 구동스크루 및 구동너트
  - 열림감지 : 열림감지 스위치 병렬 적용
  - 통신방식 : RS-485 / MVB / Ethernet(모듈화) 선택 적용 가능
- 표준화 출입문 시스템을 위한 세부 장치 규격 표준화 제정
  - 출입문 시스템 구동장치 규격 표준화
  - 출입문 시스템 비상개방장치 규격 표준화
  - 출입문 시스템 제어장치 규격 표준화
- 출입문 시스템 적용성 확보
  - 호환성 극대화 및 모듈화된 출입문 시스템 개발
  - 안전성 확보를 위한 시스템 통합, 안전성 레벨 개발 분석
  - 신뢰성 확보를 위한 표준 시험방안 수립

나. 연구개발 핵심 내용

핵심(구성) 기술명	핵심(구성) 기술 주요내용
출입문 시스템 구동장치 사양 표준화 개발	– 출입문 시스템 사양 표준화 / 통합 – 출입문 잠금장치 사양 표준화 / 통합 – 출입문 동작 감지장치 사양 표준화 / 통합 – 출입문 안내장치 사양 표준화 / 통합
출입문 시스템 비상개방장치 사양 표준화 개발	– 출입문 비상개방장치 사양 표준화
출입문 시스템 제어장치 사양 표준화 개발	– 출입문 제어장치 하드웨어 사양 표준화 / 통합 – 출입문 제어장이 소프트웨어 사양 표준화 / 통합 – 출입문 제어장치 인터페이스 사양 표준화 / 통합

다. 핵심 기술별 As-is/To-be

핵심 기술	As-is	To-be	현재 TRL	목표 TRL
출입문 시스템 구동장치 사양 표준화/통합	- 시행청별 개별 사양 적용 - 시행청별 사양간 호환성 없음 (기계적/전기적)	- 전동차 출입문 구동장치 표준 사양품 적용 - 각 시행청 전동차 출입문 구동장치 호환성 확보 (기계적 / 전기적)	TRL4	TRL8
출입문 시스템 비상개방장치 사양 표준화	- 시행청별 개별 사양 적용 - 시행청별 사양간 호환성 없음	- 전동차 출입문비상개방장치 표준 사양품 적용 적용 - 각 시행청 전동차 출입문간 비상개방장치 호환성 확보 (기계적 / 전기적)	TRL4	TRL8
출입문 시스템 제어장치 사양 표준화/통합	- 시행청별 개별 사양 적용 - 시행청별 사양간 호환성 없음 (기계적/전기적)	- 전동차용 출입문 제어장치 표준 사양품 적용 적용 - 각 시행청 전동차 출입문간 제어장치 호환성 확보 (기계적 / 전기적)	TRL4	TRL8

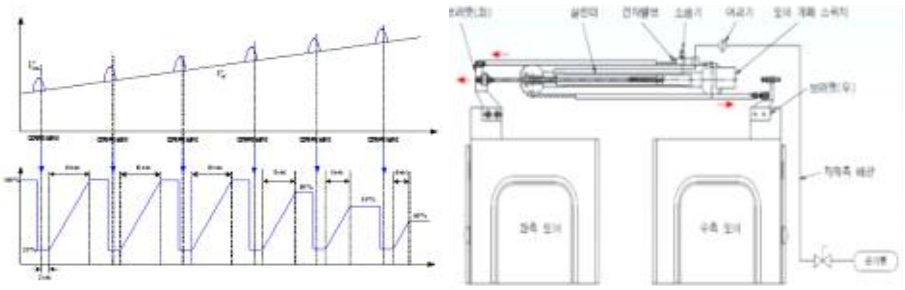
<표 VII-99> 수요처 요구사양 대비 목표사양

부품명	수요처 발주사양	본 사업 목표사양	비고
도시철도용 모듈형 출입문 표준화	·내환경성능 -25~70℃ ·습도범위: 0~95% · 공 급 전 압 : DC100V(70~110V) ·동작기준(조정가능) 열림시간 2.5±0.5sec 닫힘시간 3.0±0.5sec ·DCU 이중계 전환기준 : 없음	내환경성능 -40~80℃ ·습도범위: 0~95% · 공 급 전 압 : DC100V(70~110V) ·동작기준(조정가능) 열림시간 2.5±0.5sec 닫힘시간 3.0±0.5sec ·DCU 이중계 전환기준 : 10ms 이내	·동작한계 -15~10℃ ↑ ·DCU 전환기준 마련

라. 세부 기술 및 내용

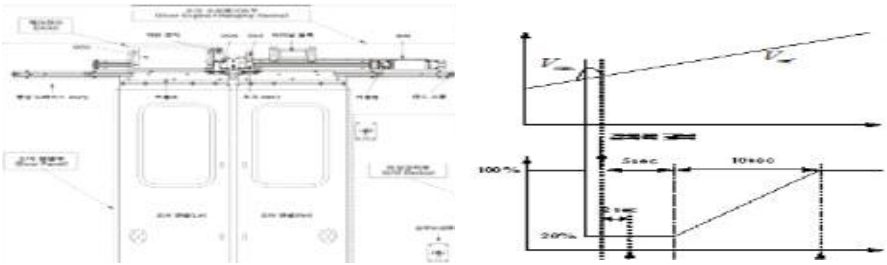
표준 출입문 시스템 및 구동장치 기술개발

- 출입문 시스템 사양 표준화 및 통합을 위한 해석 및 설계 기술



<그림 Ⅶ-136> 기계식 전동차 출입문 동작제어회로

- 출입문 시스템의 성능 조사 분석과 요구사양 해석 기술



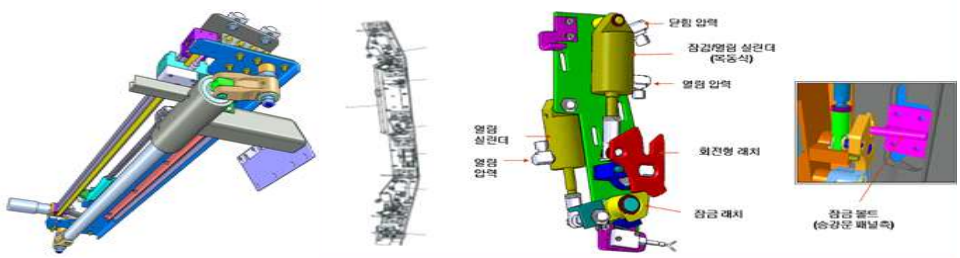
<그림 Ⅶ-137> 전기식 전동차 출입문 동작제어회로

- 출입문 시스템 최적화 설계를 위한 해석방법 개발
- 출입문 시스템 장치간 인터페이스 구현을 위한 장치별 설계 기준 개발



<그림 Ⅶ-138> 출입문 및 구동장치 인터페이스

- 재료, 구조, 시스템 개선 등을 통한 구동장치 표준화 기술
  - 전기적/기계적 조건을 고려한 구동장치 최적 재질 선정 기술
  - 장치간 형상 및 조립을 고려한 모듈화 인터페이스 구조 설계 기술

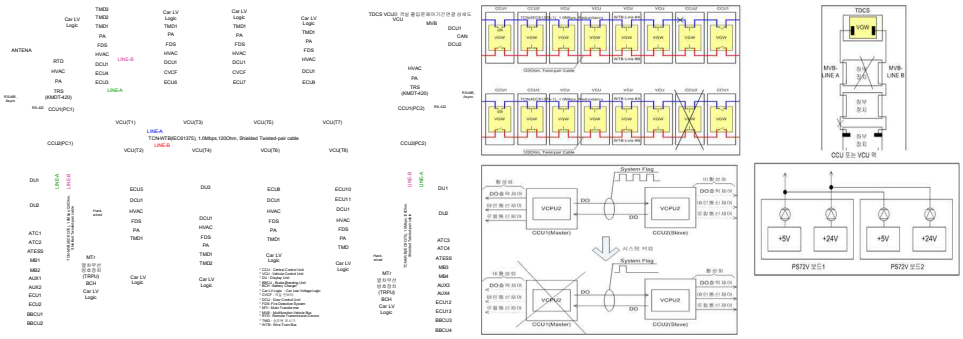


〈그림 VII-139〉 출입문 구동장치 형상 및 조립 표준화

  - 정상 및 비상시 정상 동작이 가능한 구동장치 redundancy 시스템 설계 및 제작 기술

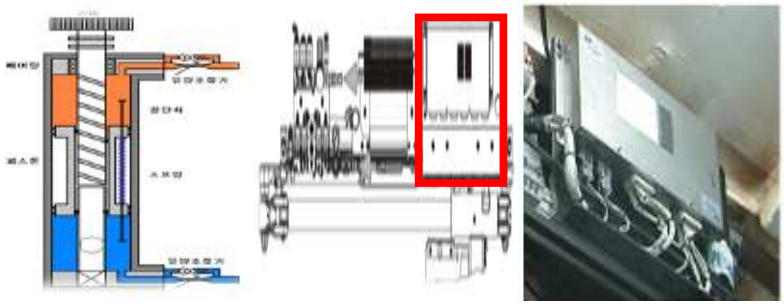
출입문 시스템 표준 제어장치 기술개발

- 출입문 시스템 제어장치(DCU) 사양 표준화 기술
  - 출입문 시스템 및 차량간 제어 SW 최적화를 위한 인터페이스 설계 및 제작 기술



〈그림 VII-140〉 출입문 제어장치 인터페이스

- 출입문 시스템 제어장치 HW 표준 인터페이스 제작 및 시험평가 기술



<그림 VII-141> 출입문 제어장치 하드웨어 인터페이스

- 차량과 출입문 시스템간 실시간 통신상태 진단 및 제어기술

마. 연차별/단계별 수행 목표 및 내용

연차	기술 개발 목표	기술 개발 내용
1차년도	출압문 장치 표준사양 정립 및 기본설계	– 출입문 시스템 및 장치별 요구사항 정의 – 출입문 장치 설계 기준 정립 – 출입문 구동장치, 비상 개방장치, 제어장치 기본설계
2차년도	출입문 장치 상세설계 및 시제품 제작	– 출입문 구동장치, 비상 개방장치, 제어장치 상세설계 – 출입문 구동장치, 비상 개방장치, 제어장치 시제품 제작 – 시험장치내 조립 및 기능 시험
3차년도	출입문 장치 현차시험 및 표준화 방안 제시	– 출입문 장치 내구성 시험 (시험장치 내) – 출입문 장치 현차 설치 및 기능 시험 – 출입문 장치 현차 성능 평가 – 표준 기술사양 작성

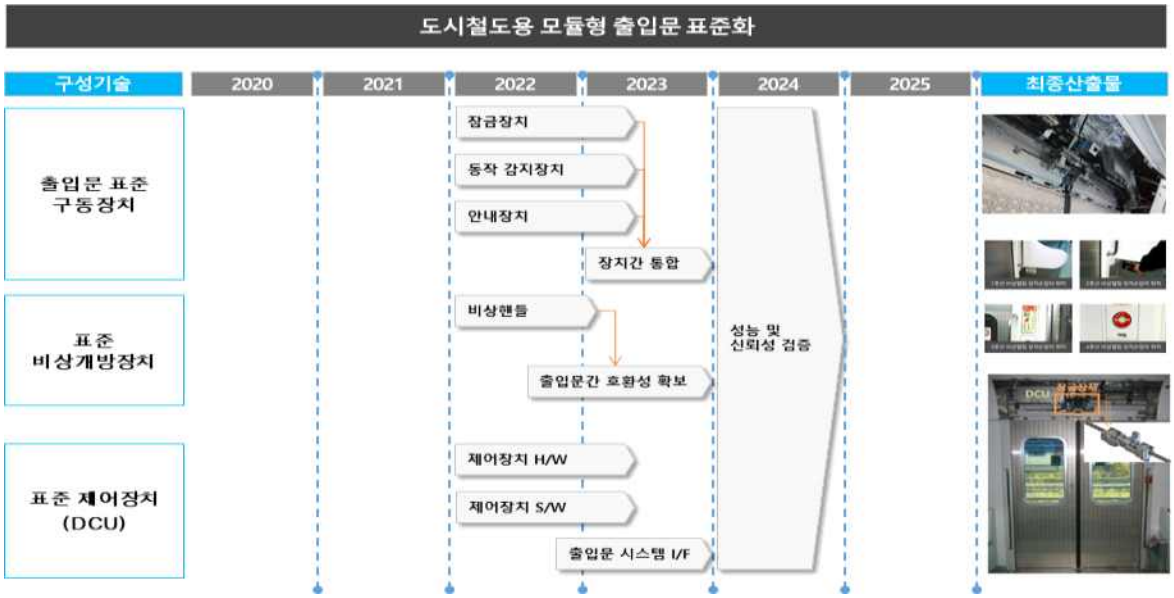
바. 수행 로드맵

● 각 핵심기술별로 연차별 연구개발 내용은 아래와 같음

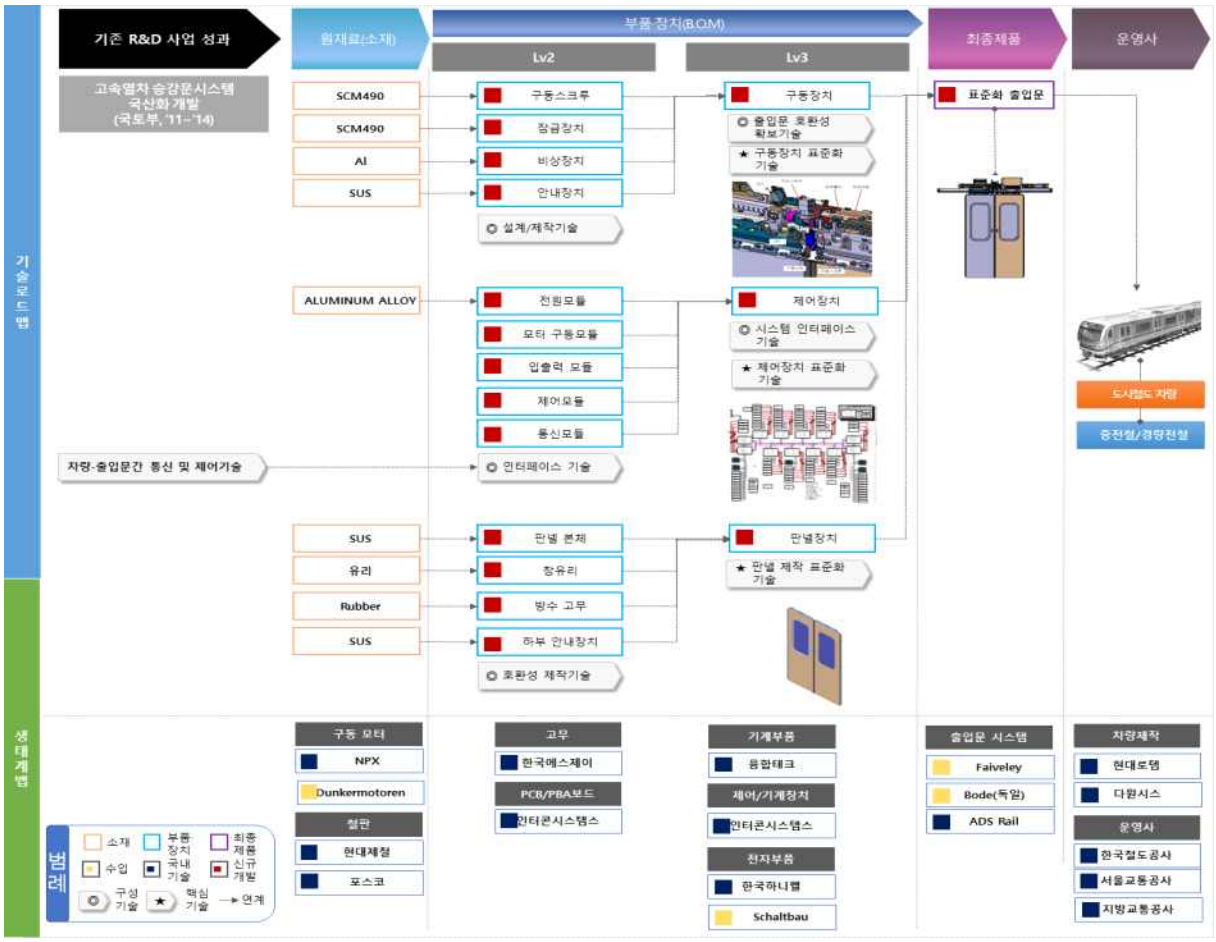
- 1차년도 기본설계 및 인터페이스 설계

- 2차년도 상세설계 및 시제품 제작, 성능평가

- 3차년도 현차시험 및 표준화 방안 제시



<그림 VII-142> 수행 로드맵_출입문



<그림 VII-143> 부품로드맵&산업생태계_출입문

사. 핵심 기술 확보 전략

핵심(구성) 기술	핵심 기술 확보 전략					
	공공 협력	민간 협력	자체 개발	해외 도입	국내 도입	기타
출입문 시스템 구동장치 사양 표준화/통합			●			
출입문 시스템 비상개방장치 사양 표준화			●			
출입문 시스템 제어장치 사양 표준화/통합			●			

- 공공협력: 국가 또는 공공기관이 보유 중인 기술 및 인프라와 연계
- 민간협력: 타기업에서 보유 중인 기술 및 인프라와 연계
- 자체개발: 기업이 보유한 기술 및 인프라 활용
- 해외도입: 선진국 또는 해외 선도 기업이 보유중인 기술을 이전 받아 활용
- 국내도입: 국내 기업이 보유한 기술을 이전 받아 활용

9.5 사업화 및 자립화 전략

가. 기술개발 완료 후 시장 출시가 가능한 기술 및 제품

- (개별 부품 판매) 도시철도용 표준 출입문 시스템
  - 철도 운영기관별 개별 요구사항 통합
  - EN14752 (철도차량 출입문 관련 국제 규격) 요구사항 만족
  - 출입문 시스템간 장치 및 인터페이스 호환성 확보

<표 VII-100> 개발완료 후 출시 제품

주요부품명	핵심 기술명	핵심 기술명
표준 구동장치	표준사양 잠금장치	표준사양 감지 장치
표준 비상개방장치	표준사양 비상 개방장치	
표준 제어장치	표준사양 HW/SW	표준사양 인터페이스

- (신규 차량 보급) 철도 운영사의 향후 도시철도 차량 발주시 표준화 출입문 시스템을 의무화 하여 단가하락 및 향후 유지보수 비용 절감 가능
- (유지보수 시장) 현재 철도 운영사에서 보유중인 도시철도용 출입문 시스템 1회 교체시 3,040억원 매출 발생 예상

나. 국내외 시험인증 전략

- 성능 기준 및 시험규격
  - 도시철도차량 출입문은 전자기적 안전성능, 응답성능 및 구동모터 내구성능, 출입문 판넬 강성 등 확보 필요

순번	성능항목	기준	적용 기준 및 규격	비고
1	출입문 판넬 강도 성능	· 차량 내부 조합 하중 : 전체표면 2.5 kPa 압력 + 0.1 m × 0.1 m 면적의 0.8 kN 수직하중	KRTS-VE-Part51	
2	출입문 중앙부 휨 강도 성능	· 중앙 집중 하중 - 최대휨량 588 N에서 3 mm 이하, 980 N에서 5 mm 이하 최대잔류변형량 0.5 mm 이하 · 반복 하중 - 980 N, 행정 5 mm, 10만회 반복 - 최대휨량 5 mm 이하, 최대잔류변형량 0.5 mm 이하	KRS CB 0001-15(R)	
3	전자기적 안전 성능	· 서지 내성 : 레벨 3, B 등급 · 접촉정전기방전 내성 : 레벨 3, B 등급 · 기중정전기방전 내성 : 레벨 3, B 등급 · 과도버스트 내성 : 레벨 4, A 등급 · 전자파방사 내성 : 레벨 3, A 등급 · 전자파전도 내성 : 레벨 3, A 등급 · 전자파방사 장해 : 1 그룹, A 등급 · 전자파전도 장해 : 1 그룹, A 등급	IEC 62236-3-2 IEC 61000-4 KS C 9610 CISPR 11	
4	응답 성능	· TCMS 인터페이스 응답시간 : 10 ms 이내 · 이중계 전환 : 10 ms 이내	IEC 61069	
5	내환경 성능	· 온도 : -40 ~ 80 ℃ · 습도 : 0 ~ 95 % · 진동충격 : 1종 B Class · 모터 IP 등급 : 54	IEC 60571 IEC 61373 IEC 60034-5	
6	내구 성능	· DCU 내구 성능 : 1,500,000 cycles · 개폐장치 내구 성능 : 300,000 cycle	KS R 9246 KS R 9247	5,000회마다 장애물 감지 시험 실시 (DCU)
7	기능안전 성능	· $10^{-9} \geq$ 허용 가능 위험율(THR) $\geq 10^{-8}$	IEC 61508	

● 인증 획득

- 출입문은 SIL(안전무결성기준) 인증이 필수적으로 요구되며, 향후 국내외 시장진출 기반을 확보하기 위하여 국제철도 품질관리체계 인증 획득 필요

순번	인증 내용	인증 기관	기준	비고
1	성능인증 (NEP, NET, EPC, K마크 등)	· 산업부 · 국토부 · 중기부 등	· 국내외 규격 및 성능 관련 자체 규격	임의인증(개발 제품에 대한 신기술, 신제품, 성능인증 등)
2	SIL 인증	· 제3자 독립안전성 평가, 인증기관	· IEC 61508 · IEC 62278	임의인증(소프트웨어, 하드웨어에 대한 기능안전 인증)
3	ISO 품질관리체계 인증	· 제3자 적합성인증기관	· ISO/TS 22163	임의인증(철도 부품 제작자 품질관리체계 인증)

다. 단계별 시장 진입 전략

● 도시철도용 표준화 출입문 시스템 개발 완료시 단계별 시장 진입 전략은 다음과 같음

구분	단기 전략	중장기 전략
출시 제품	도시철도용 출입문 표준화 모델	고속열차/객차 출입문 표준화 모델
진입 분야	도시철도용 (전동차)	고속열차 / 객차
타겟	국내 철도차량 출입문 시장	해외 철도차량 출입문 시장

- 단기 전략으로 국내 도시철도 출입문 시스템을 표준화하여 신규차량 및 유지보수품에 대한 대응을 통해 실적 확보

- 중장기 전략으로 기술개발을 통해 고속철도 및 일반철도 차량의 출입문을 표준화하여 국내외 신규시장 진출 추진

라. 지적 재산권 확보전략

핵심기술별 특성을 바탕으로 지적 재산권 확보 전략을 수립

- 출입문 시스템 표준 구동장치 기술개발 전략
  - 동력차단시 출입문을 잠그는 잠금장치 설계 방안에 대하여 연구하고 출입문에 관련한 표준설계 기술 확보
  - 출입문에 관련한 제어가 가능하도록 동작을 감지할 수 있는 감지장치 설치와 시스템을 수립하여 설계 방안 기술 마련
  - 출입문 안전도·성능에 관련한 안내장치를 설계하고, 제작 추진 연구개발
- 출입문 시스템 표준 비상 개방장치 기술개발 전략
  - 출입문의 비상개방장치 표준화 방안에 대하여 연구하고 비상 상황에서도 표준방안에 대하여 습득만 되어있다면 사용이 가능하도록 기술 전략 마련
- 출입문 시스템 표준 제어장치 기술개발 전략
  - 출입문 제어장치 하드웨어 및 소프트웨어 표준화 설계기술 확보 필요
  - 차량 시스템과 출입문 사이에 작용하는 인터페이스 적용 기술 개발 필요

1) 지식재산권 신청기술의 정의

순번	기술의 명칭	확보가능 특허	건수	등록시점
1	출입문 시스템 표준 구동장치	– 구동 및 잠금장치 통합제어 기술 – 구동 및 안내장치 통합제어 기술	2	2020년
2	출입문 시스템 표준 비상개방장치	– 비상개방장치 형상 및 제어기술	1	2021년
3	출입문 시스템 표준 제어장치	– 출입문 시스템 통합 제어 기술 – 출입문 시스템 신호 인터페이스 기술	2	2022년
합계		–	5	–

2) 선행기술조사를 통한 차별성 검토

- 출입문 관련 특허동향 조사 결과를 토대로 등록특허 기준, 존속기간 유예 등을 고려, 해당 과제와 유사한 특허 4개를 도출하여 비교 분석 수행

선행특허 기술명		주요기술과의 차별성			본 기술과의 차별성
		1	2	3	
P-5	프리즈매틱 코어 금속을 적용한 도시철도차량 전동차 출입문 (Applications of metallic prismatic cores to entrance doors of electric cars)	●	●	○	프리즈매틱 코어 금속을 적용한 도시철도차량 출입문 설계 및 제작 기술로 출입문 표준화 제작기술과는 차별성 존재
P-6	규칙적 다공질 금속을 적용한 도시철도차량 전동차 출입문(An entrance door of electric cars employing periodic cellular metals)	●	●	○	다공질 금속을 적용한 도시철도차량 출입문 설계 및 제작 기술로출입문 표준화 제작기술과는 차별성 존재
P-15	출입문 자동 개폐장치(EQUIPMENT OPENING AND SHUTTING AUTOMATIC DOOR)	●	○	●	범용적인 출입문 자동 개폐장치 기술로 철도차량용 출입문 표준화 제작기술과는 차별
P-21	철도차량의 자동문 제어 시스템 (Auto-Door Control System of Railroad Vehicle)	●	○	◐	도시철도차량용 자동문 제어기술로 일부 관련성이 존재하나 다양한 출입문 요건 등을 고려한 표준화 설계/제작 기술과는 차별

※ ○: 관련성 낮음, ◐: 일부 유사, ●: 차별성 높음

3) 보유 지적재산의 보강 전략

- 기존 출입문 관련 특허는 다양한 금속 재질 및 출입문 설계/제작 기술이 상이함에 따라 다양한 출입문 요건을 고려한 표준화 설계/제작 기술개발로 이종 간 설계기술의 연계성 확보 가능

보 강 전 략	
문 제 점	해 결 방 안
· 연관성이 일부 존재하는 1건의 등록특허는 다양한 재질을 활용한 설계 및 제작기술로 출입문 표준화 등에 대한 권리 부재	· 다양한 출입문 요건을 고려한 표준화 설계/제작 기술 개발로 이종 간 설계기술이 접목된 출입문의 연계활용 등 권리 확보 가능
회 피 전 략	
문 제 점	해 결 방 안
· 다양한 재질을 활용한 출입문 설계/제작기술 상존	· 센싱 기술을 접목한 출입문 동작감지 적용과 다양한 출입문 설계 요건을 고려한 이종 출입문 간 연계성 등 표준화 설계/제작 기술로 기존기술과의 차별성 확보

4) 신청기술의 방어전략

- 신청기술의 사업화와 관련하여, 분쟁 가능성이 높은 특허에 대해서는 방어전략이 필요하며, 타사의 특허를 침해할 가능성이 있는 경우에는 사전에 타사 특허에 대한 대응방안을 마련

선행특허기술명	방어전략
P-21 철도차량의 자동문 제어 시스템 (Auto-DoorControl System of Railroad Vehicle)	· 도시철도용 출입문 제어기술뿐만 아니라 다양한 특성을 고려한 설계 및 제작기술의 표준화 기술개발로 기존 기술과의 차별성 확보 가능

9.6 투자계획

가. 투자 규모

- 총 44.95억 원/3년 중 정부출연금 33.70억 원(75%) 대비 민간부담금 11.25억 원(25%)으로 구성된 정부주도 사업추진

<표 VII-101> 총 투자계획_출입문

(단위 : 억 원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	총계
정 부	-	-	6.04	18.22	9.44	-	33.70
민 간	-	-	2.10	6.05	3.10	-	11.25
합 계	**-**	**-**	**8.14**	**24.27**	**12.54**	**-**	**44.95**

나. 소요 재원

- 도시철도 출입문 부품개발을 위한 연구개발 소요재원은 전체 소요재원 중 연구개발비가 85.1%로 38.25억 원을 소요

<표 VII-102> 연구활동별 집행기준_출입문

(단위: 억 원)

구분		총사업비				비율
대항목	소항목	국고	지방비	민간	합계	
1. 연구개발		25.70	-	7.67	33.70	75.0%
2. 연구시설 및 장비	시설	-	-	-	-	-
	장비	1.20	-	-	1.20	2.7%
3. 기타(Feedback R&D 포함)		8.00	-	2.38	10.05	22.4%
합계		**33.70**	**-**	**11.25**	**44.95**	**100.0%**

다. 소요 예산 산출근거

핵심기술별 연구개발비

- 구성기술별 연구개발비 내역은 다음과 같음

<표 VII-103> 핵심기술별 연구개발비_출입문

(단위 : 억 원)

과제명	구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	총계
도시 철도용 모듈형 출입문 표준화 개발	출입문 시스템 표준 구동장치	정 부	-	-	2.70	8.08	4.10	-	14.88
		민 간	-	-	0.92	2.70	1.35	-	4.97
		소 계	-	-	3.62	10.80	5.45	-	19.87
	출입문 시스템 표준 비상 개방장치	정 부	-	-	0.64	3.37	2.00	-	6.01
		민 간	-	-	0.25	1.10	0.63	-	1.98
		소 계	-	-	0.89	4.47	2.63	-	7.99
	출입문 시스템 표준 제어장치	정 부	-	-	2.70	6.77	3.34	-	12.81
		민 간	-	-	0.93	2.25	1.12	-	4.30
		소 계	-	-	3.63	9.02	4.46	-	17.11
합 계			**-**	**-**	**8.14**	**24.27**	**12.54**	**-**	**44.95**

연구시설 및 장비 소요예산 산출 근거

- 구축·활용 계획인 연구시설 및 장비는 다음과 같음

<표 VII-104> 연구시설장비 필요성 및 사양_출입문

장비명	구축필요성			시험규격	사양
	내용	시험적용 대상			
		개발부품	부품상세		
비상 개방장치 시험 장비	비상개방 장치의 기능 및 내구성 시험을 위한 측정/기록 장비	출입문	비상 개방장치	철도안전법 (철도차량 기술기준 Part.51.) / EN14752	코레일 전동차 출입문 I/F (표준화 검토 대상)

<표 VII-105> 연구시설장비 구축·활용 계획_출입문

장비명	구축계획	활용계획	수요 기업명	단가 (억원)
비상개방장치 시험 장비	비상장치 기능 및 내구 시험 가능	표준화 비상장치 양산단계 시험 장비로 활용	연구수행 기관	1.2

<표 VII-106> 연구시설장비 소요예산_출입문

(단위: 억 원)

주요 시설 및 장비명	2020	2021	2022	2023	2024	2025	장비가액
비상개방장치 시험 장비	-	-	1.2	-	-	-	1.2
합계	**-**	**-**	**1.2**	**-**	**-**	**-**	**1.2**

라. 소요인력

- 1차년도에는 기본설계, 2차년도에는 상세설계, 시제품 제작 및 성능시험, 3차년도에는 실제 차량에 장착하여 신뢰성을 시험하는 절차로 진행
- 2차년도에 주요 부품들의 상세설계 및 시제품 제작, 성능시험이 진행되므로 인력을 가장 많이 투입하며, 3차년도에는 시험결과에 따라 부품을 수정·보완하고 지속적인 모니터링에 필요한 소요 인력 반영

<표 VII-107> 소요 인력 및 참여율_출입문

(단위: M/Y, %)

과제	핵심구성기술	직급	2020		2021		2022		2023		2024		2025		합계 (명)
			투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	
1-9	출입문 시스템 표준구동장치	책임연구원	-	-	-	-	1	35%	2	55%	1	50%	-	-	4
		선임연구원	-	-	-	-	3	30%	5	55%	3	50%	-	-	11
		연구원	-	-	-	-	3	30%	5	50%	3	40%	-	-	11
		소계	-	-	-	-	7	-	12	-	7	-	-	-	26
	출입문 시스템 표준비상 개방장치	책임연구원	-	-	-	-	1	20%	1	45%	1	30%	-	-	3
		선임연구원	-	-	-	-	1	10%	2	55%	2	25%	-	-	5
		연구원	-	-	-	-	2	10%	2	55%	2	40%	-	-	6
		소계	-	-	-	-	4	-	5	-	5	-	-	-	14
	출입문 시스템 표준제어장치	책임연구원	-	-	-	-	1	35%	2	55%	1	30%	-	-	4
		선임연구원	-	-	-	-	3	30%	3	60%	3	50%	-	-	9
		연구원	-	-	-	-	3	30%	5	50%	2	40%	-	-	10
		소계	-	-	-	-	7	-	10	-	6	-	-	-	23
연도별 합계			**-**	**-**	**-**	**-**	**18**	**-**	**27**	**-**	**18**	**-**	**-**	**-**	**63**

9.7 파급 효과

(시장 경제적) 다양한 사양으로 적용된 도시철도용 출입문 시스템을 통합된 사양으로 적용함으로써 설계 및 제작에 소요되는 비용 감소

- 예상매출액: 약 3,040억원
  - 출입문 단가: 0.05억원, 8개소/량, 보유수량: 약 7,598량
  - 한국철도공사: 2,410량(2015년 기준), 서울교통공사 614편성(5,188량) 보유(2016년 기준)
- 유지보수에 소요되는 부품들의 사양을 통합함으로 유지보수를 위한 부품 및 비용을 절감하여 차량 운용상의 효율성을 높임

(과학기술적) 철도 운영기관별로 각각 적용되고 있는 도시철도용 출입문의 사양을 통합하여 최적의 출입문 사양을 도출

- 다품종 소량 생산시의 설계 자원의 낭비를 없애고 출입문 설계의 완성도를 높이고 안전성과 신뢰성을 확보
- 철도 운영기관간 상호 호환할 수 있는 출입문 부품의 기술개발을 통해 향후 고속철도 및 일반철도분야의 출입문 표준화 기술에 적용 가능

(사회문화적) 승객 안전이 최우선시 되는 도시철도용 표준화 출입문 시스템을 개발하여 철도차량의 안전성 확보

- 도시철도차량의 출입문 표준화를 통한 기구적인 안정성을 확보하여 철도 운영기관의 열차 안전에 기여하고, 승객 이용 편리성 향상

9.8 유사·중복성 검토 및 연계추진 방안

가. 유사과제 현황

- 기존 국내에서의 선행 연구는 고속철도차량용 승강문 개발을 위한 연구개발 사례가 있었으나,
  - 고속차량의 승강문은 전량 외산 수입으로 국내 대체품 기술개발의 목적이 있었으며, 성능사양이 도시철도용과는 상이

No.	과제기간	부처명	사업명	내역사업명	과제명
1	2009~2010	국토교통부	미래철도 기술개발사업	-	저상/고상 플랫홈 겸용 승강시스템 기술개발 기획
2	2011~2014	국토교통부	철도기술 연구사업	철도 핵심부품 및 장치 기술개발 1단계	철도 핵심부품 및 장치 기술개발 1단계
3	2011~2014	국토교통부	철도기술 연구사업	철도 핵심부품 및 장치 기술개발 1단계	고속열차 승강문시스템 국산화 개발
4	2017~2019	국토교통부	철도기술 연구사업	철도기술 연구사업	고속열차(KTX-1) 도어 및 스텝 시스템 국산화 실용화 연구

나. 차별성 및 연계 추진방안

- 본 연구개발 과제는 도시철도차종별 다종다양한 출입문 시스템에 대한 표준화를 통한 호환성을 확보하기 위한 연구로,
  - 기존의 승강문 및 일부 부품 기술개발 연구와는 상이하며, 국내에서 연구개발 과제로 진행된 이력은 없음

<표 VII-108> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(출입문)_1/3

본 사업 과제명	도시철도용 모듈형 출입문 표준화 개발		
기존 유사과제명	저상/고상 플랫홈 겸용 승강시스템 기술개발 기획('09~'10)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 저상/고상 플랫홈 겸용 승강시스템 기술개발	■ 도시철도차량 간 상호호환성을 확보한 표준화 출입문 핵심 기술개발	■ 열차 승강문의 저상/고상 겸용 기술 개발로 도시철도차량 모듈형 출입문 표준화와 차별
과제규모	■ 0.8억원	■ 44.95억원	-
TRL단계	■ 1~2단계(기초연구)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ 저상/고상 겸용 승강시스템 적용성 검토	■ 도시철도차량의 모듈화된 출입문 시스템 개발로 표준화 및 시스템 적용성 확보	-
기존 기술과의 연계방안	■ 기존 승강문시스템의 기술개발 규격 및 적용성 결과 검토		

<표 VII-109> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(출입문)_2/3

본 사업 과제명	도시철도용 모듈형 출입문 표준화 개발		
기존 유사과제명	철도 핵심부품 및 장치 기술개발 1단계('11~'14)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 고속열차(KTX) 승강문 시스템 국산화 개발	■ 도시철도차량 간 상호호환성을 확보한 표준화 출입문 핵심 기술개발	■ 도시철도차량 모듈형 출입문 표준화 개발로 고속철도 차량용 승강문 시스템과는 차별
과제규모	■ 46.8억원	■ 44.95억원	-
TRL단계	■ 5~7단계(시작품)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ 승강문시스템 개발을 위한 시제품 제작 및 시험	■ 도시철도차량의 모듈화된 출입문 시스템 개발로 표준화 및 시스템 적용성 확보	-
기존 기술과의 연계방안	■ 기존 고속열차(KTX) 승강문시스템 시제품의 제작기술 및 성능시험 결과 검토		

<표 VII-110> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(출입문)_3/3

본 사업 과제명	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈화 개발		
기존 유사과제명	고속열차(KTX-1) 도어 및 스텝 시스템 국산화 실용화 연구('17~'19)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 고속열차(KTX-1) 승강문시스템 주요 부품장치 1:1 실용화	■ 도시철도차량 간 상호호환성을 확보한 표준화 출입문 핵심 기술개발	■ 고속철도차량의 승강문을 실용화 기술개발하는 연구로 도시철도차량 모듈형 출입문 표준화 개발과는 차별
과제규모	■ 17.4억원	■ 44.95억원	-
TRL단계	■ 7~8단계(실용화)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ 승강문 시스템 제작 : 주요 부품장치 1:1 실용화시스템 적용성 검토	■ 도시철도차량의 모듈화된 출입문 시스템 개발로 표준화 및 시스템 적용성 확보	-
기존 기술과의 연계방안	■ 기존 승강문 시스템 실용화 제작 기준 및 적용성 검토		

다. 선행사업 핵심기술과의 연계성 검토

- 국토교통부 철도기술 연구개발사업을 통해 확보한 핵심기술을 기반으로 본 사업 개발부품 구성기술과의 연계방안을 검토

  - 기존, 전기식 출입문 개폐제어시스템 설계 · 운영기술, 차량과 인프라간 통신 및 제어 연동 기술을 접목하여 차량과 출입문 시스템간 실시간 통신상태 진단 및 제어기술 등에 활용 및 연계 가능

※ 기존 사업의 핵심기술과 본 연구개발 사업 부품별 구성기술간의 연계는 제7장 「세부기술 개발계획」 내 제4절 「3.통합로드맵」 참조

〈표 VII-111〉 선행사업 핵심기술 연계(출입문)

본 사업 과제명	**도시철도용 모듈형 출입문 표준화 개발**
기존 유사과제명	**도시형자기부상열차사업('06~'12)**
핵심 기술명	전기식 출입문 개폐제어시스템 설계 · 운영기술, 차량과 인프라간 통신 및 제어 연동기술
▼	
본 과제 구성 기술명	**차량과 출입문 시스템간 실시간 통신상태 진단 및 제어기술**
기존 기술과의 연계방안	■ 출입문 시스템과 차량간 제어 S/W 최적화 인터페이스 설계 및 제작기술, 차량과 출입문 시스템간 실시간 통신상태 진단 및 제어기술개발에 연계

10. 도시철도용 모듈형 보조전원장치 개발

10.1 연구개발 배경 및 필요성

가. 기술의 정의

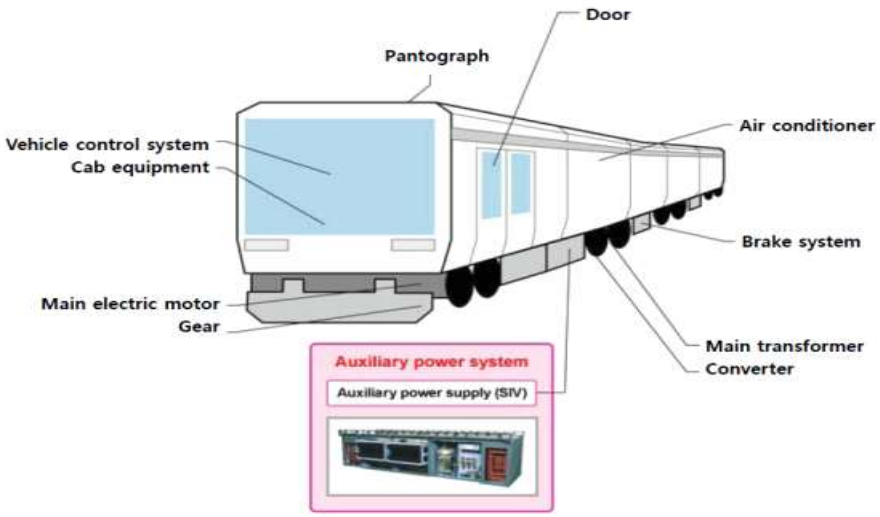
보조전원장치 정의

- **부품의 기능 및 역할**

  - 보조전원장치는 추진제어장치를 제외한 차량 내의 전원시설, 즉 추진제어 및 변압기의 송풍전원, 냉각용 전동기, 공기압축기, 공조장치, 축전지, 각종 제어장치의 제어전원 및 기타 승객편의시설의 전원공급을 담당하는 차량 주요 장치임

  - 특히 보조전원장치의 주부하인 송풍전원 및 냉각용 전동기 구동은 차량의 운행에 직접적인 영향을 미치므로 보조전원장치의 성능 및 신뢰성이 매우 중요

  - 6량 이상의 철도차량 편성방식에서는 최소한 2대 이상의 보조전원장치가 배치되며 1대에 고장이 발생하면 정상장치에서 기능을 수행하도록 하여 차량의 운행중단을 방지



〈그림 Ⅶ-144〉 전동차량에서 보조전원장치의 위치

- 국내에서는 주로 고정부하를 대상으로 하는 CVCF 방식의 SIV가 전동차량의 보조전원장치로 사용되고 있으나 국외에서는 CVCF를 포함하여 VVVF 혼합방식의 APS가 보조전원장치로 인식되고 있음

※ 전동차 보조전원장치 구성: 10량/편성 3대, 6~8량/편성 2대, 4량/편성 1~2대

- CVCF vs. VVVF 방식
  - CVCF(Constant voltage constant frequency) 인버터의 출력으로 고정된 주파수 및 전압을 발생하는 제어방식
  - VVVF(Variable voltage variable frequency) 가변주파수, 가변전압 형식의 제어방식으로 추진제어와 유사
- SIV vs. APS
  - SIV(Static inverter)는 CVCF 형식의 정지형 보조전원장치의 명칭, 주로 일본 차량 형식에서 사용되는 용어
  - APS(Auxiliary power supply)는 출력의 형식과 무관하게 보조전원장치를 부르는 일반 명칭

나. 연구개발 배경

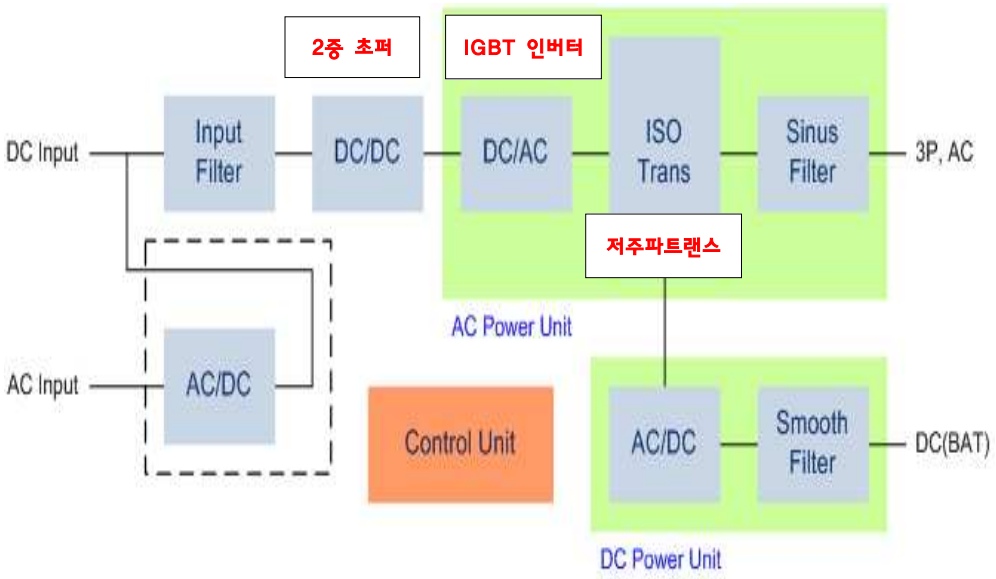
현황 및 문제점

- 보조전원장치는 일부 부품에 대해서만 성능이 개선된 부품을 적용하여 운용 중으로 장치 자체의 신뢰성이 낮아 최근에 운용되고 있는 철도차량에서 조차 보조전원장치 고장으로 인한 운행중단 자주 발생

※ YTN 2014.11.15. '대전 부근에서 고장이 난 ITX-새마을호 열차를 조사한 결과 2대의 보조전원장치가 모두 고장 난 것으로 확인'

※ 하절기 온도 스트레스로 인한 고장이 자주 발생하여 승객불편 초래 [한국산학기술학회논문지 제18권 제3호, 2017]

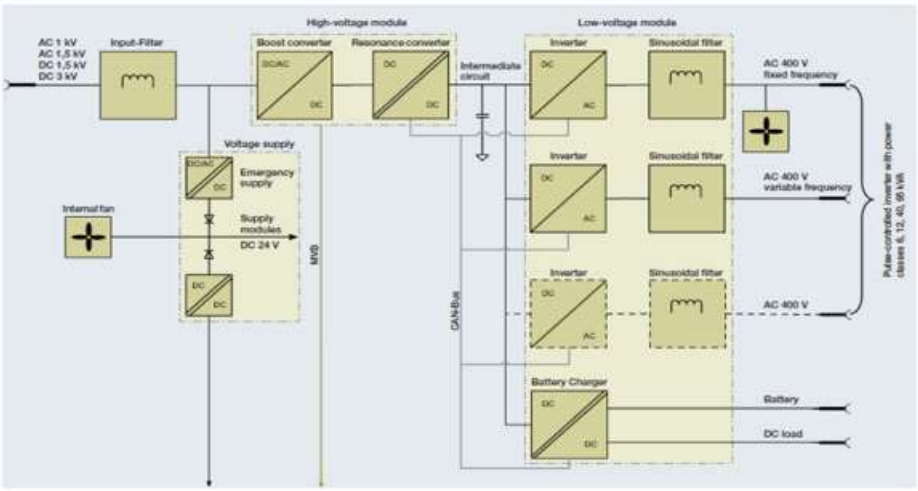
  - 80년대 후반에 국외에서 도입된 보조전원장치는 전력용 트랜지스터와 Zig-zag 트랜스포머를 이용한 인버터 부분만 IGBT(Insulated gate bipolar transistor) 소자로 변경되었을 뿐 전단에 2중 초퍼(Chopper)를 채택하고 후단에 저주파 트랜스포머를 사용한 기본 구조는 변함이 없이 현재까지 적용되고 있음
  - 이에 따라 보조전원장치의 신뢰성 문제로 일부 지선에서 운용되고 있는 4량1편성의 철도차량에서 조차 2대의 SIV를 적용하여 운용하고 있음(일본의 철도차량은 1대의 보조전원장치만 사용)



〈그림 VII-145〉 국내 도시철도용 보조전원장치 내부구성

● 기술적 한계 및 문제점

- 보조전원장치는 주 변환기(Traction inverter)와 동일하게 차량의 핵심부품이나 장치의 중요도에 비하여 국내에서는 특별한 기술개발이 이루어지지 않음



〈그림 VII-146〉 유럽(PCS Rail AU1000 시리즈) 모듈형 보조전원장치 구조

- 유럽에서는 보조전원장치의 내부를 기능별로 모듈화하고 입출력전압 및 용량에 대하여 마치 레고 블럭의 조립처럼 매우 탄력적으로 적용하는 전력변환기술이 이미 상용화된 반면 국내에서는 연구 자체가 전무함

시사점

- 낙후된 보조전원장치 기술수준
  - 현시점에서 보조전원장치 기술은 유럽방식에 비하여 5~8년 이상, 일본방식과도 4년 이상 격차가 있으며, 원인은 투자 부족과 장기적 전략 부재임
  - 국내 부품제작사의 한계성으로 인해 기업의 의지만으로 새로운 제품개발이 이루어지기 힘든 환경임
- 개선이 시급한 제품개발 여건
  - 신규 전동차량이 발주되어도 독자개발품에 대한 신뢰성 우려(운영기관) 및 경제성(저가 구매 우선, 차량제작사) 등으로 인해 기존과 동일한 사양을 갖는 보조전원장치를 채택함으로써 차량성능 향상 저해
  - 이에 따라 부품제작사의 기술력에 대한 변별성은 저하되고 주로 경제성의 논리로만 수주가 이루어져 낙후된 기술이 발전할 여력이 없음
  - 한편 철도차량 차종별 및 운영기관별 부품의 표준화 미비로 제작상의 비효율이 계속적으로 누적
- 기술발전이 없는 보조전원장치로 인하여 철도차량의 신뢰성, 효율성 및 유지보수성이 개선되지 못함
- 국내외 과도한 기술격차로 인해 독자적인 부품수출은 거의 불가능한 상황이므로 시급히 기술개발 추진 필요
  - 한국형 모듈화·경량화 보조전원장치 신기술 개발 필요

다. 연구개발 필요성

과학기술적 중요성

- 복잡한 부품과 다양한 기술로 연결된 철도차량의 특성상 요소기술의 고른 발전이 아닌 특정기술(주변환장치 기술)의 발전만으로는 철도차량 전체의 신뢰성, 안정성, 유지보수성 향상 등을 기대할 수 없음
  - 모듈방식과 공진형 기술을 채택한 유럽방식의 보조전원장치들에 비하면 현재 국내에서 사용되는 기술은 최소 5~8년 이상 뒤져 있는 매우 심각한 상황임
- 보조전원장치의 요소기술 즉, 회로구성, 제어기술, 센싱기술, 유지보수 편의용 소프트웨어

기술 등 대부분의 기술에 대한 개선이 필요

- 철도차량용 전기장치 기술은 산업전반에서 타 산업에 미치는 파급도가 높아서 개발된 요소기술은 전기자동차 및 신재생 전력 변환 기술을 비롯한 제조업 전반으로 확대 가능

시장경제적 필요성

- 국산제품의 경우 국외의 여타 보조전원장치들에 비해 비교 하위에 있는 현실상 국내발주사의 채택이 아니면 독자적인 수출은 거의 불가능함

  - 국내 기술은 첨단 유럽기술에 비하여 최소한 5년 이상 뒤떨어져 있으며 회로방식도 과거 형식이 계속되어 신기술을 개발하지 않는 한 해외 업체와의 기술경쟁력에서 도태될 수밖에 없는 현실임

- 국내 전동차량 7,631량(2015년 기준) 중에서 1,845량이 노후차량(코레일 433량, 서울교통공사 1호선 64량, 2호선 480량, 3호선 150량, 4호선 418량, 부산시 1호선 300량 등)으로 향후 연속적인 교체물량 대기 중

  - 신규 전동차 324편성이 도입될 경우 부품 단가 1.2 억원 3Set가 도입될 경우 보조전원장치의 시장 규모는 1,014 억원으로 추산됨

※ 출처: 철도차량 및 주요부품 중장기 구매계획 알림, 국토부 철도운행안전과-3214

- 이에 따라 선진시장과의 기술 간격의 차이를 줄이고 저가기술에 의한 국내시장 잠식을 타계하기 위해서라도 시급한 기술개발이 절실히 필요한 시점임

사회문화적 필요성

- 모듈형 보조전원장치 신제품 개발의 성공을 통한 기업의 매출 상승 및 일자리 창출은 고용안정성 확보 차원에서도 매우 바람직한 방향임

  - 현재 국내의 철도관련 제조업체의 94%가 50인 미만의 중소기업이며 대부분 영세한 환경에서 매출확보와 신기술개발에 노력하고 있음

※ 출처: KAIA(2013), [철도 주요시스템 및 부품 국산화 기술개발 기획보고서]

- 보조전원장치는 대부분 사용자 직접편의시설(에어컨, 히터, 객실 등구류, 기타 제어전원)에 전원을 공급하므로 고장이 발생하면 가장 먼저 승객 불편이 증가하게 되므로 신뢰성이 높은 장치의 개발은 사용자의 만족과도 직접적으로 연관이 있는 중요 분야임

  - 소음저감, 전력출력 품질개선 및 신뢰성 향상을 통하여 승객의 편의성을 향상시키고 철도차량의 안전성 확보 필요

10.2 국내외 시장 및 연구개발 동향

가. 국외 시장 및 연구개발 동향

- 세계 시장 규모 : 약 1.1조원 (72조(차량시장규모) × 50%(전동차비중) × 3%(보조전원장치)

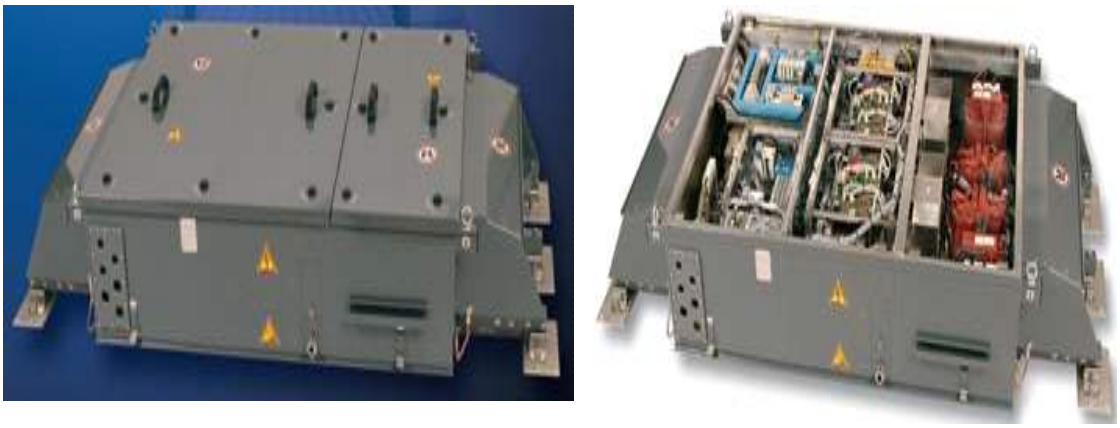
※ 출처: 철도산업 소재·부품기업 육성전략 방안 연구, [한국철도학회:KSR2015A206]

- 도시철도차량은 프랑스 Alstom, 중국의 CNR, CSR이 전 세계 도시철도차량 시장의 44%를 차지함

※ 출처: KAIA(2015), [2015 국토교통 R&D 동향조사]

- 보조전원장치 관련 세계시장은 효율성을 중요시하며 내부 구성품을 단위모듈로 적용한 유럽방식과 신뢰성 위주의 장치구성을 추구하는 일본방식으로 분류됨

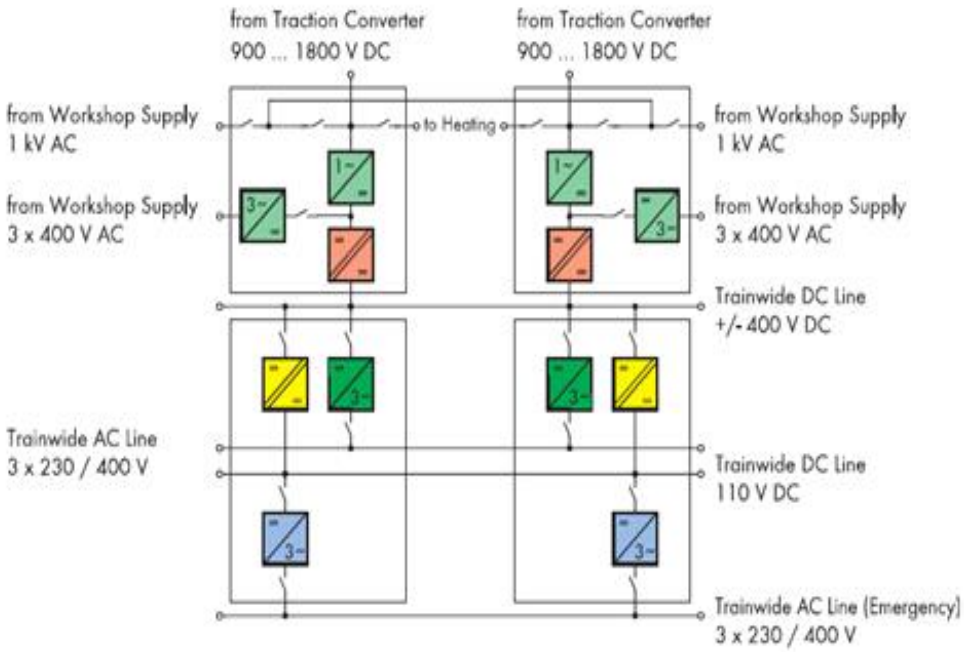
- (독일) SMA사에서는 내부구조를 모듈형식으로 제작한 105kVA급 경량화 보조전원장치를 개발하였음



<그림 VII-147> SMA사의 105kVA 모듈방식의 보조전원장치

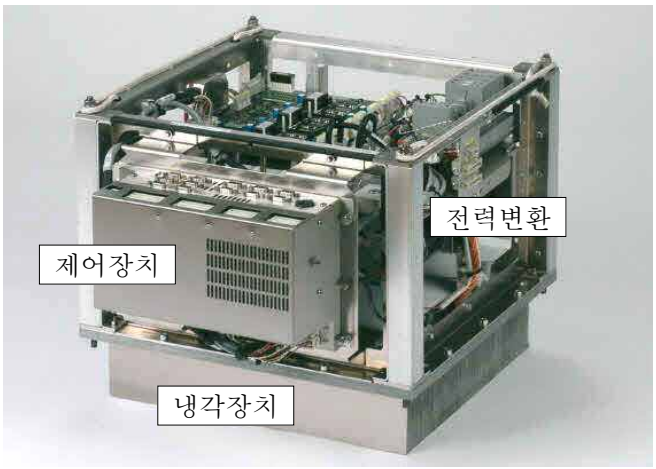
- Input converter와 Output converter의 2개 외함으로 나누어 구성함

- 특이사항으로 Input 컨버터의 출력인 DC400V를 차량내 공통 DC 버스로 사용하고 Output 컨버터의 3상 AC400V도 병렬로 구성하여 별도의 연장급전 회로의 복잡성을 제거함



〈그림 VII-148〉 모듈방식 보조전원장치의 내/외부 구성 및 연결도

- 용접하지 않은 알루미늄 외함을 적용하고 강제공냉방식을 적용하여 초경량화장치(total 1,020kg)를 제작함



〈그림 VII-149〉 SMA사 Output inverter 모듈 외관

- (독일) 전력변환기 전문제작사인 PCS사에서도 내부구조를 모듈형식으로 제작한 다양한 용량의 보조전원장치를 시리즈 형식으로 개발하였음

- 모듈형식의 구성으로 동일한 회로(모듈)를 적용하여 지붕설치/바닥설치/실내설치가 가능한 보조전원장치 기술을 개발함

- 역시 병렬운전이 가능한 교류출력전압 동기화방식을 채택하여 용량의 한계를 해결함

PCS Rail power supply systems - types:

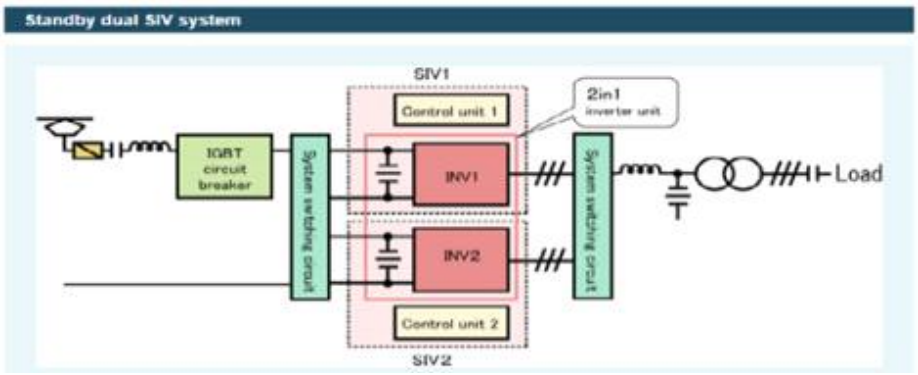
Type	Input Voltage (kV)	Underfloor/ Roof/ Interior	Power AC (kVA)	Voltage AC (V)	Power DC (kW)	Voltage DC (V)	Dimensions (L/W/H mm)	Mass (kg)
PCS Rail AU 1110	AC 1	I	37/7,5/7,5	400/230	6	24	1655/470/1200	445
PCS Rail AU 1120	AC 1	I	40/12/12/5	400/230	7	24	1655/470/1200	427
PCS Rail AU 1130	AC 1	I	30	400/230	10	24	1700/900/1400	900
PCS Rail AU 1140	AC 1	I	65/65/5/5/0,75	400/230	7	24	2200/470/1200	670
PCS Rail AU 1210	DC 1,5	U	150	400/230	15	110	1900/462/1534	1300
PCS Rail AU 1310	AC 1/ DC 1,5/ DC 3	D I	40/7/7	400/230	7	24	1003/1450/809 1458/470/120	650 350
PCS Rail AU 1450	AC 0,35	U	80/80/30/10	400/230	2 x 10	110	2200/1450/600 2200/1450/600	840 890
PCS Rail AU 1460	AC 0,4	I	60/60/ 60/7,5	400	5	24	1450/460/1080 1450/460/1080	300 315

〈그림 VII-150〉 PCS 시리즈의 다양한 입출력전압 및 용량 포트폴리오

- (일본) 도시바의 2중화 보조전원장치 내부 기능 중에서 고장이 빈번히 발생하는 일부 요소(인버터부, 제어기, 전원장치 등)를 2중계로 개선하고 고장확률이 낮은 부분은 공유시킴으로써 신뢰성을 향상시킨 장치를 Dual SIV라는 명칭으로 공급하고 있음

  - 신뢰성 향상 방법으로 운용 중에 1대는 Activated, 나머지는 Standby 상태로 대기하며 고장 발생 시 장치가 신속히 절체 됨

  - 모듈방식과는 다른 개념(동일한 냉각장치 사용 등)을 적용한 2중화 방법을 개발하였으며 신뢰성 향상의 방법으로 가능한 장치의 구성이 간소화 될 수 있도록 하였음



〈그림 VII-151〉 도시바 2중계 보조전원장치 내부구성



〈그림 VII-152〉 도시바 2중계 보조전원장치(Dual SIV) 모델 외관

- (인도) 새로운 철도시장으로 떠오르고 있는 인도에서는 현지사정에 특화된 대형 보조전원장치를 2중화하여 객차에 전원을 공급하였음



〈그림 VII-153〉 인도 AAL사, 전기기관차용 2×500kVA 보조전원장치

- 장거리 노선(대륙횡단열차)의 고급객차에 상용전원을 공급하기 위해 개발된 발전차량 대체용 대용량 보조전원장치가 현재 시험적으로 사용되고 있음

- 후진국으로 인식된 제3국 기술임을 고려하면 현재 국내 보조전원장치 제작기술 및 운용기술은 매우 낮은 수준으로 인식됨

나. 국내 시장 및 연구개발 동향

- 국내에는 서울을 비롯한 광역지자체에서 대규모 도시철도차량을 운영(도시철도 6개, 민간 7개 기관) 중이며 8,390량(2016년 기준)의 전동차량이 운영 중임

※ 출처: 한국철도공사 자료, 2016년

- 통상 10량1편성의 전동차량의 경우 3대의 보조전원장치가 사용됨을 감안하면 현시점에서 국내에는 최소한 2,300대 이상의 전동차량용 보조전원장치가 운용 중이며,

- 전동차 신규 324편성이 도입되어 부품 단가 1.2 억원 3Set가 도입될 경우 부품 시장규모는 1,014억원으로 추산됨

※ 출처: 철도차량 및 주요부품 중장기 구매계획 알림, 국토부 철도운행안전과-3214

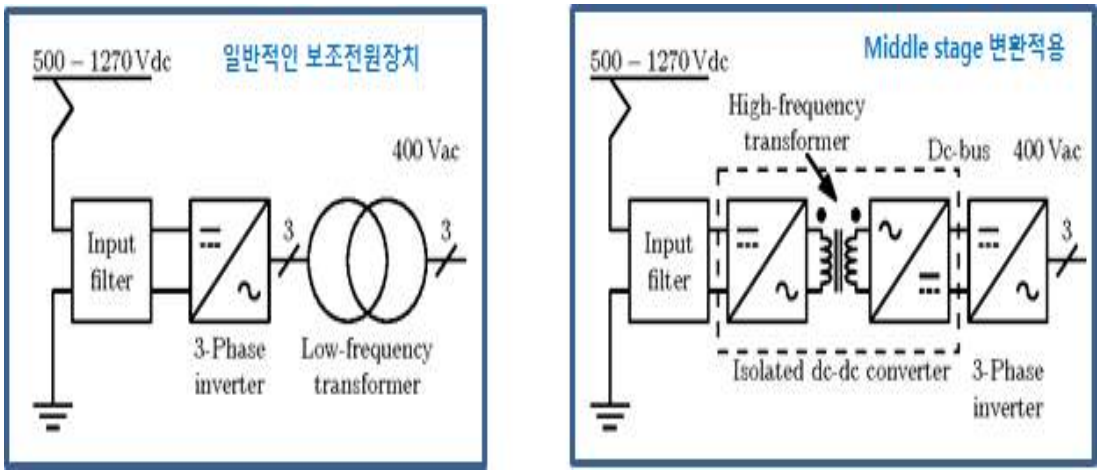
- 90년대 초반 IGBT를 적용한 전동차용 180kVA급 보조전원장치(2중 초퍼 + 2-level 인버터)가 개발된 이 후에 초퍼부를 제거하고 고전압 IGBT를 사용한 Direct 2-level SIV를 개발한 바 있으나 국내에서 보조전원장치의 독립적인 연구 개발은 매우 미미한 상태임



<그림 VII-154> 서울 7호선 적용 SIV 모델(Direct 2-level)

※ Direct 2-level 모델에서 초퍼장치 부재로 필터 캐패시터부의 공진이 자주 발생하는 문제 보고됨 [2012, 철도학회 논문집(KRS2012A248)]

- 최근 공진형 컨버터 기술이 적용된 Middle stage 변환기술(DC Link 전압을 고주파수로 절연하는 방식) 개발이 시도되고 있지만 현재까지 완성제품의 판매는 보고된 바 없음



<그림 VII-155> 일반 보조전원장치와 Middle stage 변환 적용의 차이점

- 고속철도차량(KTX-1, KTX-산천)용 보조전원장치는 도시철도차량과는 상이한 내부 하드웨어 구조를 가지고 있음

  - 동력집중방식의 고속철도차량은 동력차에 위치한 보조변환컨버터를 사용한 후 편성을 공통으로 관통하는 570Vdc 또는 670Vdc를 발생시켜 객차에 위치한 객차전원장치에서 3상 440Vac를 생산하는 구조임



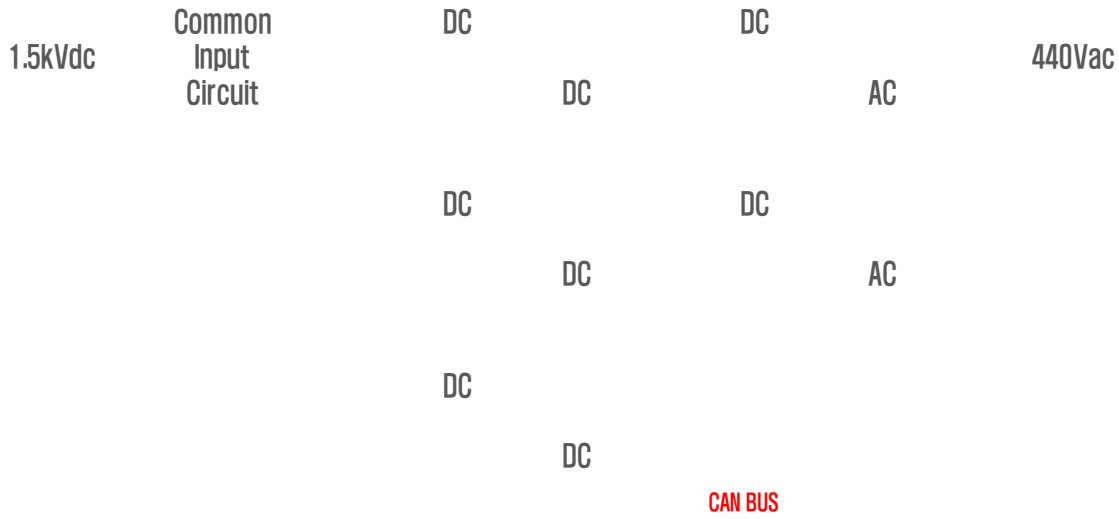
〈그림 VII-156〉 KTX용 객차전원장치(보조전원장치) 모델

10.3 연구개발 범위

- 도시철도차량 운영 효율 향상을 위한 100kVA 단위 모듈타입의 보조전원장치 및 하부기술 개발
  - 100kVA 단위구조를 갖는 컨버터, 인버터 전력스택의 모듈화 기술 개발
  - 단위기기를 위한 제어장치 모듈화 제작 기술 개발
  - 신뢰성 향상을 위한 보조전원장치 제어 알고리즘 및 전력스택간의 병렬운전 알고리즘 개발
  - 냉각시스템의 효율향상을 위한 최적화 구조 및 방식 기술개발



〈그림 VII-157〉 모듈형 보조전원장치의 핵심기술 연구개발 범위



<그림 Ⅶ-158> 모듈형 보조전원장치 개념도(예)

- 개발품의 신뢰성 확보를 위한 시험 인증
  - IEC 60571(온도시험 국제규격), IEC 61287(철도차량용 전력변환기 성능 및 시험 국제규격) 등 성능보증을 위한 시험평가
  - 현차시험을 포함한 각종 성능시험을 시행하여 개발품의 안전성, 신뢰성, 유용성 등을 평가
  - 실용화 및 해외진출을 위한 국내외 성능 인증 획득

10.4 연구개발 내용

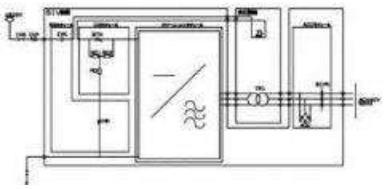
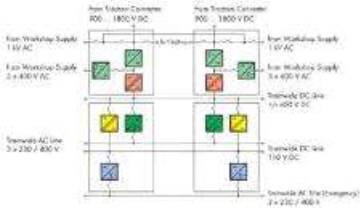
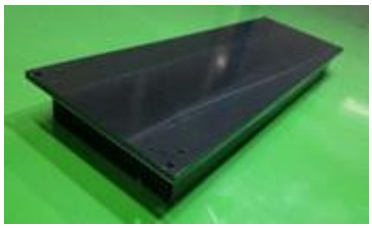
가. 연구개발 목표

- 전동차량용 100kVA 단위 모듈형식 보조전원장치 개발
  - 100kVA급 모듈을 직/병렬로 구성하고 출력방식도 기존의 CVCF에서 CVCF/VVVF 겸용의 향상된 전력변환기술 개발
  - 고주파수 전력변환 적용으로 기존의 2~2.5톤 중량장치를 1.5톤 내외로 경량화

나. 연구개발 핵심 내용

핵심(구성) 기술명	핵심(구성) 기술 주요내용
보조전원장치 모듈화 기술	– 내부 구조 모듈화 방안 연구 – 내부 구조 최적화 구성방안 연구 – 장치간 단독/병렬 운전 연구 – 고장 시 스위치오버방법 연구 – 경량화/저소음화 연구 – 차량 제어시컨스 연구
모듈형 전력스택 기술	– 100kVA 단위모듈스택 구조 연구 – 컨버터 모듈스택 개발 – 인버터 모듈스택 개발 – 고신뢰 게이트 드라이버장치 개발 – 모듈 직/병렬 연결기술 개발
제어기 모듈화 기술	– 단위 제어기 기술개발 – 단위 제어전원장치 기술개발 – 병렬운전 알고리즘 개발
최적화 냉각기술	– 최적화 냉각방식 연구 – 모듈간 공용화 기술개발 – 냉각성능 최대화 기술개발

다. 핵심 기술별 As-is/To-be

핵심 기술	As-is	To-be	현재 TRL	목표 TRL
보조전원장치 모듈화 기술개발	- 전력변환기 병렬운전 불가 - 용량 180kVA 단일제어 - 기능별 모듈화 없음 	- 전력변환기 병렬운전 가능 - 용량 200kVA(100kVA×2) - 컨버터/인버터 모듈 구조 	TRL 4	TRL 8
모듈형 전력스택 기술개발	- 모듈개념 없음 - 직/병렬 연결기술 없음 - 내부기기간 구분 모호 - 공간분할 우선 구조 	- 컨버터, 인버터 스택모듈 개발 - 100kVA 단위모듈스택 구성 - 개별 독립제어 구현 - 모듈간 순환전류 최소화기술 개발 	TRL 4	TRL 8
모듈형 제어기 기술개발	- 통합 제어기 개념 - 병렬운전 알고리즘 없음 - 내부 장치간 통신 없음 	- 개별 모듈제어 컴퓨터 - 병렬운전 알고리즘 연구 - 장치간 고속통신(1Mbps) 개발 	TRL 4	TRL 8
최적화 냉각장치 기술개발	- 자연 냉각방식 사용 - 냉각장치 크기 상이 	- 경량화/소형화 고려한 냉각장치 기술개발 - 냉각장치 공용화 연구 	TRL 5	TRL 8

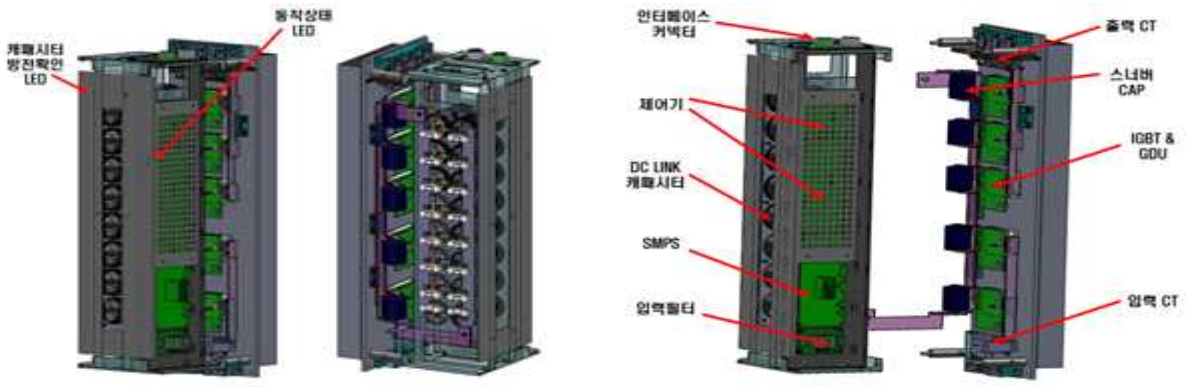
〈표 VII-112〉 수요처 요구사양 대비 목표사양

부품명	수요처 발주사양	본 사업 목표사양	비고
도시철도용 모듈형 보조전원장치	·내환경성능 : -35~70℃ ·정격용량 : 250kVA ·정격전압 : AC440V(±3%) ·왜율 : 3%이하 ·효율 : 88%이상	·내환경성능 : -25~45℃ ·정격용량 : 180kVA ·정격전압 : AC440V(±3%) ·왜율 : 3%이하 ·효율 : 92%이상	·100kVA*2 소형모듈화 ·2~2.5톤 → 약1.5톤 경량 ·효율 4% 향상

라. 세부 기술 및 내용

보조전원장치 모듈화 기술개발

- 내부 구조 모듈화 방안 연구
  - 입력필터, 초기충전장치, 컨버터, 인버터 및 출력회로로 구성된 보조전원장치를 위한 모듈화 기기 선정, 공용장치 모듈화 연구
- 내부 구조 최적화 구성방안 연구
  - 단위 구성을 위한 모듈의 내부구조 및 소요기기 최적화 연구
  - 모듈간의 최적화된 조립/해체 방안 연구



〈그림 VII-159〉 유지보수성을 고려한 모듈장치의 조립/해체 방법 연구(8200호대 예)

- 장치간 단독/병렬 운전 연구

- 단위 전력용량을 초과하는 변환장치에 대한 병렬운전 방법 연구
- 병렬 기기간 상호 간섭의 최소화 연구

● 고장 시 스위치오버방법 연구

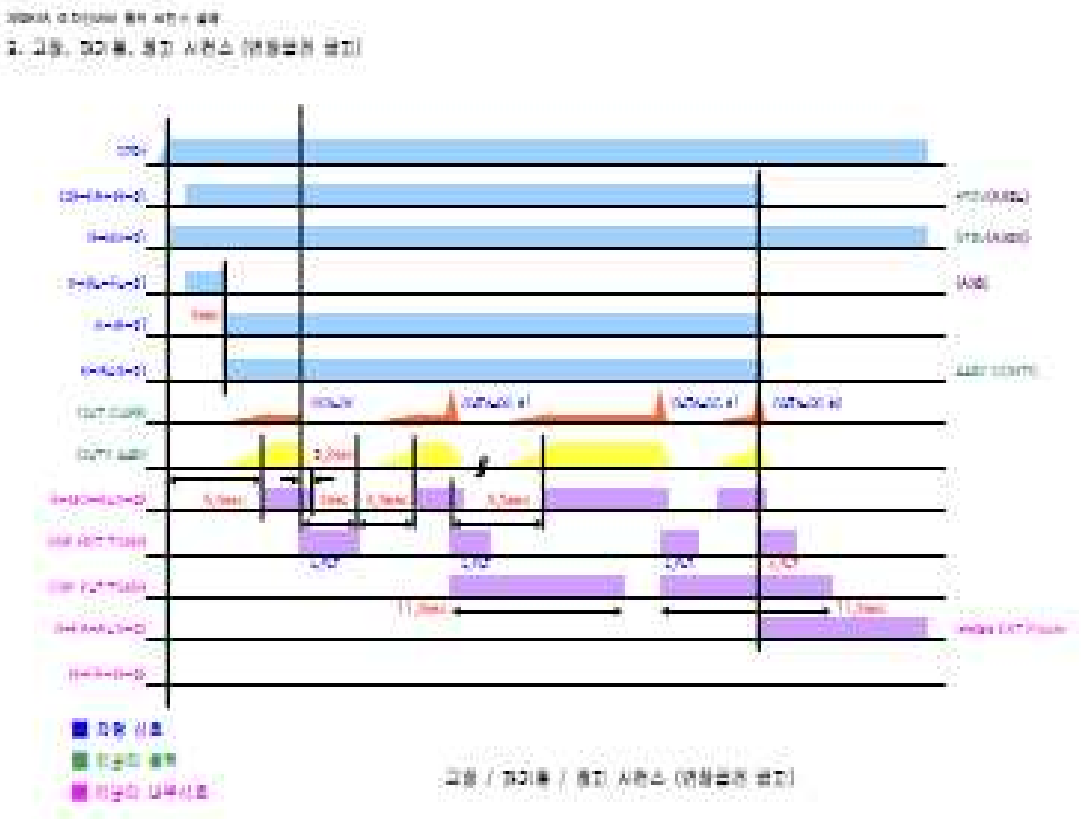
- 파워 온라인 상태에서 고장 발생된 병렬장치의 안전한 분리방법 도출 및 성능검증 연구

● 경량화/저소음화 연구

- 구조물의 경량화 연구
- 고주파수 변환기술 채택 시 발생하는 소음 저감을 위한 매체 선정 및 노이즈 쉴딩 기술 검토

● 차량 제어 시컨스 연구

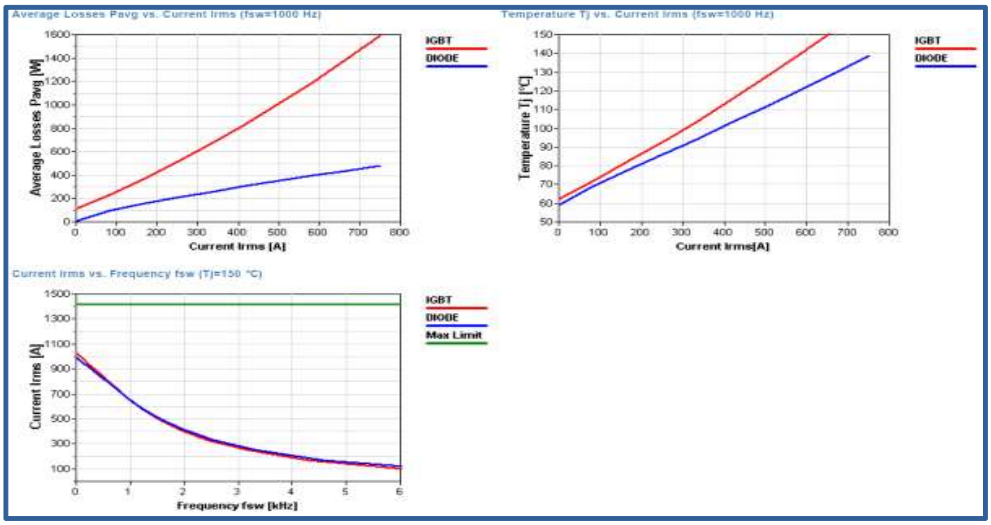
- 기존 전동차량용 보조전원장치와 호환 가능한 모듈통합제어 시컨스 연구 및 구현



<그림 VII-160> 보조전원장치 고장/재기동 제어시컨스 분석(예)

모듈형 전력스택 기술개발

- 100kVA 단위 모듈스택 구조 연구
  - 3차원 형상구조 해석을 통한 100kVA 단위 전력변환기의 효율적인 구성 검증
  - 전 생애주기비용(LCC, Life cycle cost) 검토를 통한 내부 구성품 최적화, 비용 최소화 연구
  - 동작조건 시뮬레이션을 수행하여 사용소자의 안전성 검증



<그림 VII-161> 정격전류/주파수에 따른 소자의 온도안정성 시뮬레이션

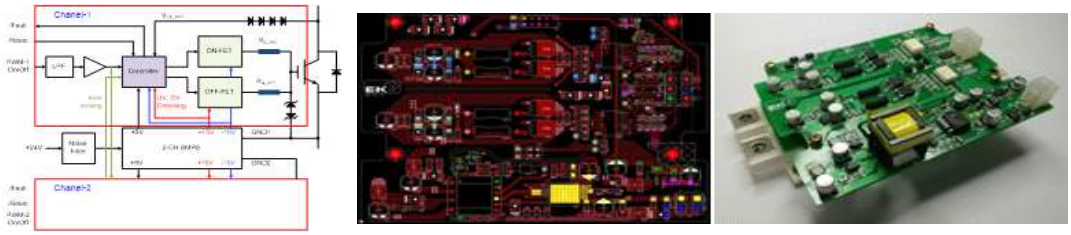
- 컨버터/인버터 모듈스택 개발
  - 사용소자(IGBT, SiC 등)의 성능비교를 통한 모듈의 유지보수성, 안정성 검증연구

검토 IGBT	내부구조	특징	비고	형상
62mm	Single	• 보편적인 사용 가능 • Arm구성은 약간 복잡 • 방열성능은 가장 우세 • 주로 보수품에 적용	지멘스 1단계 시작품	
EconoDUAL3	Dual	• 인버터, UPS등 산업용으로 많이 사용 • 작은 바닥면적으로 인하여 냉각방식의 선정이 매우 중요 • 버스바의 형상이 대폭 단순해짐 • 일체형 GDU 사용 가능	산업용으로 많이 사용	
PrimePACK2	Dual	• 철도, 선박, 태양광, 풍력발전 등에서 적용 • 타제품에 비해 비교적 고가제품 • 비교적 넓은 바닥면적	최근모델, 고가제품	

<그림 VII-162> 모듈구조를 위한 전력변환기용 최적화 소자 검증

● 고신뢰 게이트 드라이브장치 개발

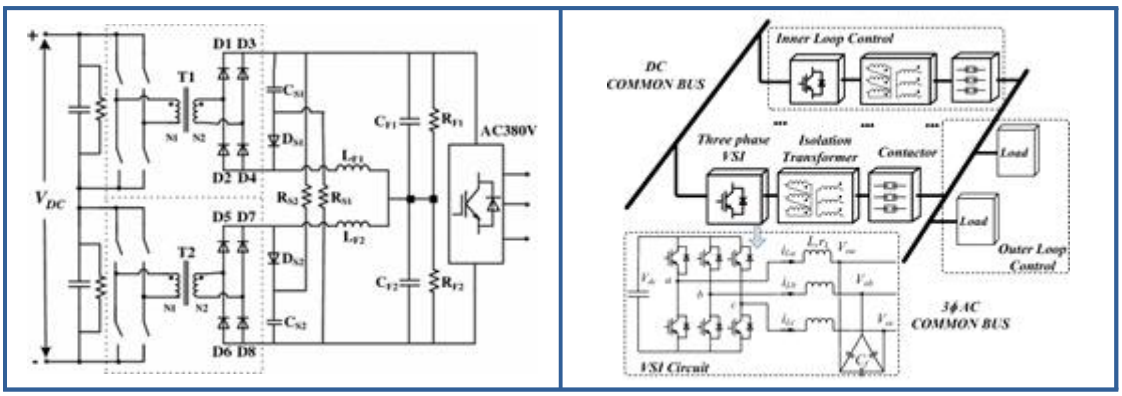
- 모듈구조에 적합한 소형화된 고신뢰성 게이트 구동장치의 기술개발



〈그림 VII-163〉 모듈구조에 최적화된 게이트 드라이버 설계/제작

● 모듈 직/병렬 연결기술 개발

- 컨버터/인버터 모듈의 특성에 부합하는 최적화된 모듈 연결기술의 연구, 알고리즘 개발 및 구현



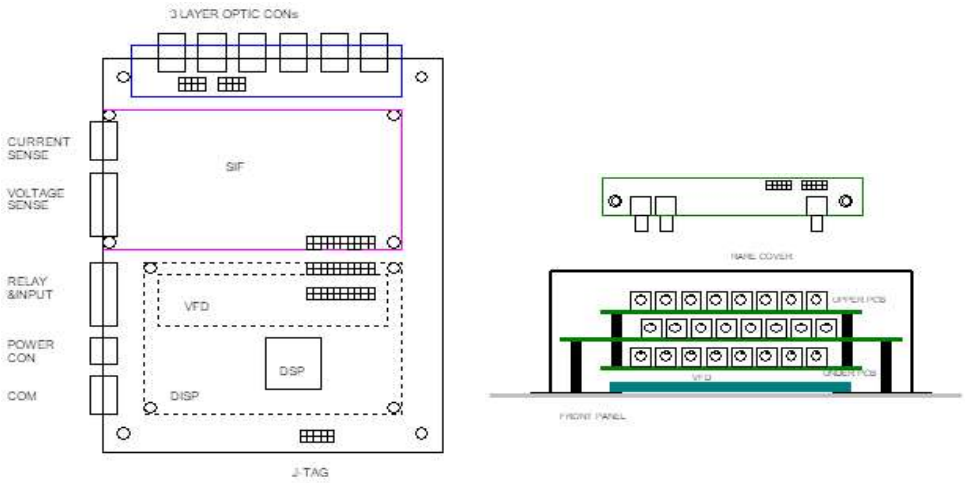
〈그림 VII-164〉 모듈구조 컨버터/인버터의 직/병렬 구현(예)

모듈형 제어기 기술개발

● 단위 제어기 기술개발

- 전력변환기에 최적화된 DSC(Digital signal controller)를 적용한 단위 제어기 기술개발

- 축약된 회로기능을 구현하여 기존의 복잡한 Rack 구조에서 PCB 스택킹 기술을 적용한 제어장치 소형화 기술 개발



〈그림 VII-165〉 모듈 PCB를 적용한 소형화된 전력제어기 구현(예)

- 단위 제어전원장치 기술개발

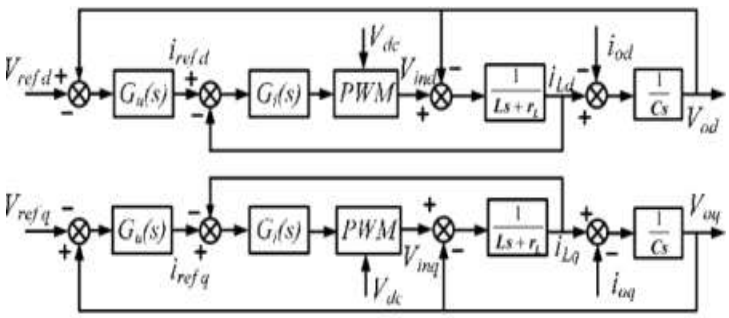
  - 다중출력 SMPS 기술개발 또는 검증된 전력모듈장치를 적용한 제어전원부의 안정화 기술 개발

  - 전력모듈에 공용으로 사용이 가능한 소형/경량화 고신뢰성 전원장치 기술 개발



〈그림 VII-166〉 다중출력을 갖는 단위모듈용 제어전원장치

- 병렬운전 알고리즘 개발



〈그림 VII-167〉 인버터의 병렬출력제어를 위한 DSP 알고리즘 개발

- DSC의 고속 연산능력을 활용한 최신 전력변환 알고리즘의 적용 및 소프트웨어 구현, 성능검증

- 전력장치간의 순환전류가 최소화되도록 알고리즘을 개발하여 불필요한 리액턴스의 추가를 방지하고 이로 인한 장치경량화 획득

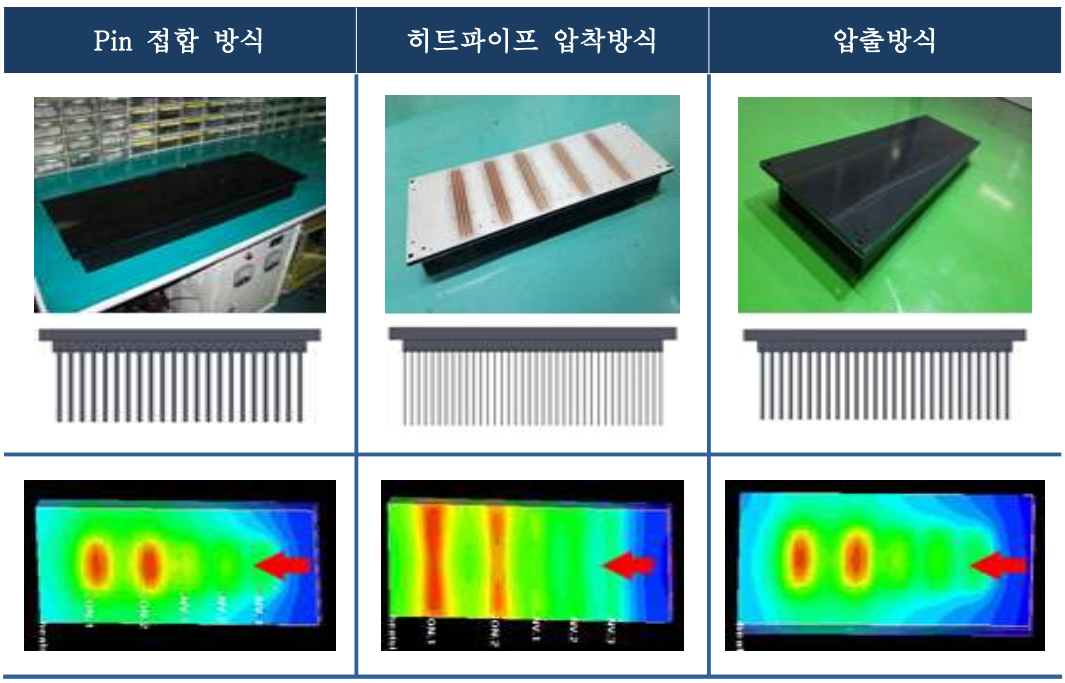
최적화 냉각장치 기술개발

- 모듈간 공용화 기술개발

  - 컨버터, 인버터 형식에 따른 크기 및 형상이 각각인 방열기는 지양하고 히트싱크 또는 히트파이프로 이루어진 공용 냉각장치를 개발하여 비용절감 및 유지보수성 극대화 추구

- 냉각성능 최대화 기술개발

  - 모듈형 전력변환기에 최적화된 냉각베이스 구조물, 냉각핀의 형상, 수량 등에 대한 3차원 시뮬레이션 수행



〈그림 Ⅶ-168〉 형상구조에 따른 냉각장치 열해석(예)

  - 냉각장치의 성능평가를 위해 장치 제작 전에 형상에 따른 열해석을 실시하여 냉각효과 검증

마. 연차별/단계별 수행 목표 및 내용

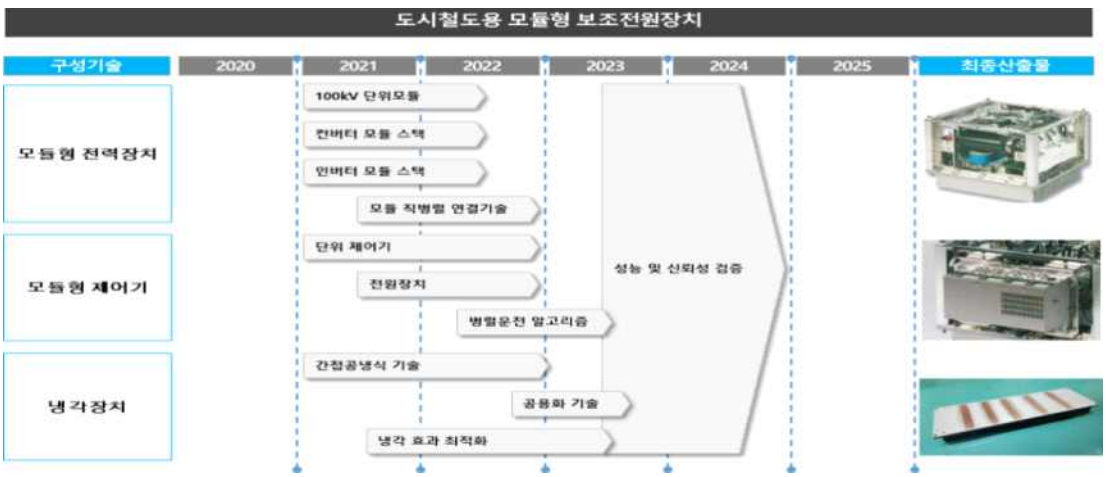
● 연차별 주요 연구내용

연차	기술 개발 목표	기술 개발 내용
1차년도	개념설계 기본설계	– 요구사항 정의 – 보조전원장치 모듈화, 경량화 방안 – 충방전회로 설계 – 컨버터, 인터버 모듈 스택 개념 설계 – 단위 제어기 및 제어 전원장치 설계 – 냉각방식 개념 설계
2차년도	상세설계 시작품 제작	– 경량화 외함 및 기구부 설계 – 출력필터회로 제작 – 컨버터 및 인버터 모듈 스택 제작 – 트랜스포머 회로 제작 – 전원장치 제작
3차년도	시제품 제작 성능 평가	– 보조전원장치 성능시험 – 컨버터 및 인버터 성능시험 – 내구성시험, 환경시험 – 현차 시험을 위한 인터페이스 조정
4차년도	현차시험	– 운행선로 4계절 현차 시험 – 시험결과 모니터링 – ISO품질 관리 체계 인증

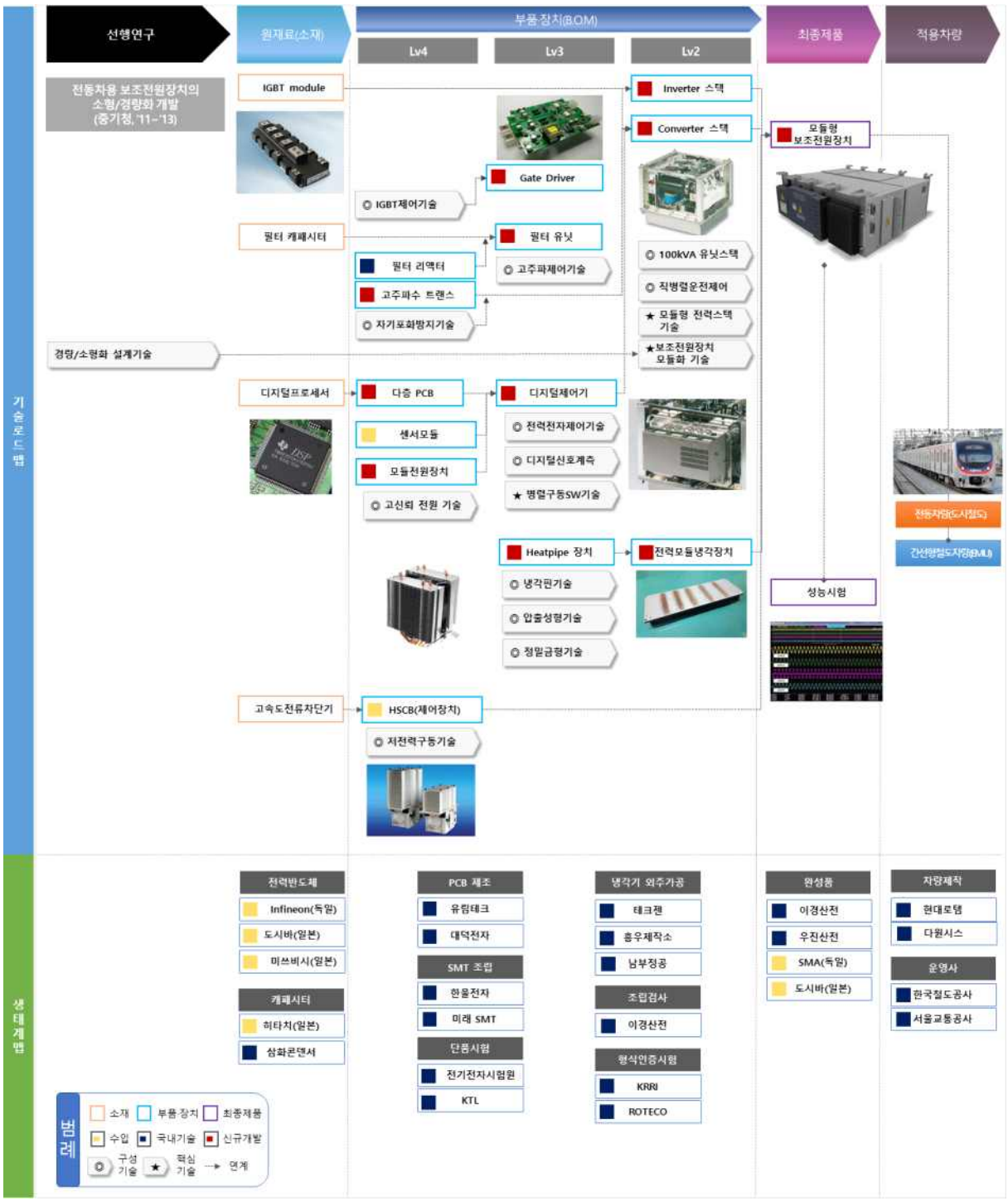
바. 수행 로드맵

● 각 핵심기술별로 연차별 연구개발 내용은 아래와 같음

- 1차년도 보조전원장치 설계 및 모듈화 연구
- 2차년도 부품 상세 설계 및 시작품 제작
- 3차년도 시제품 제작 및 성능 평가
- 4차년도 현차시험 및 검증



〈그림 Ⅶ-169〉 수행 로드맵_보조전원장치



〈그림 Ⅶ-170〉 부품로드맵&산업생태계_보조전원장치

사. 핵심 기술 확보 전략

핵심(구성) 기술	핵심 기술 확보 전략					
	공공 협력	민간 협력	자체 개발	해외 도입	국내 도입	기타
보조전원장치 모듈화 기술	◐		●			
모듈형 전력스택 기술	◐		●			
제어기 모듈화 기술	◐		●			
최적화 냉각 기술	◐	◐	●			

- 공공협력: 국가 또는 공공기관이 보유 중인 기술 및 인프라와 연계
- 민간협력: 타기업에서 보유 중인 기술 및 인프라와 연계
- 자체개발: 기업이 보유한 기술 및 인프라 활용
- 해외도입: 선진국 또는 해외 선도 기업이 보유중인 기술을 이전 받아 활용
- 국내도입: 국내 기업이 보유한 기술을 이전 받아 활용

10.5 사업화 및 자립화 전략

가. 기술개발 완료 후 시장 출시가 가능한 기술 및 제품

- (개별 부품 판매) 국내에만 현재 2,300여대의 보조전원장치가 운용중이며 전동차량 수명 30년, TBO 주기 15~20년을 고려할 때 최소한 30% 이상(약 700대 가량)의 유지보수용 부품 필요

모듈적용 보조전원장치	컨버터/인버터 전력모듈	모듈용 단위제어장치
		

<그림 VII-171> 개발 완료 후 출시 제품

- (신규 차량 보급) 전동차 신규 324편성 도입 예정이며 편성당 2~3 대씩의 보조전원장치 수요 예상(900대 이상의 신규물량 대기)

- (유지보수 시장) 한국철도공사, 서울교통공사 및 각 지자체에서 운영중인 전동차량에 유지보수를 위한 단위부품으로의 공급 가능

나. 국내외 시험인증 전략

● 성능 기준 및 시험규격

- 보조전원장치는 운전성능, 부하성능, 전압변동, 방수, 온도, 전자기적합성 등의 성능을 확보하여야 함

순번	성능항목	기준	적용 참고 규격	비고
1	전압 성능	· 입력 전압 조건 DC 1500V 및 AC 900V (가선전압 AC 25kV) · 교류출력 용량 : 180 kVA 이상 전압 : AC 440 V ± 3% 이내 정격 주파수 : 60 Hz ± 1% 이내 왜율 : 3 % 이하 · 직류출력 정격 : 30 kW 이상 전압 변동 : DC 100 V ± 3% 이내 · 제어전원 전격 전압 : DC 100 V 전압 변동 범위 : DC 70 ~ 110 V 이내	KS C IEC 60571 KS C IEC 61287-1 KS C IEC 61287-2 KS R 9156 KS R 9158	
2	효율	· 92 % 이상(DC 1500 V 조건)	KS C IEC 60571 KS C IEC 61287 KS R 9156 KS R 9158	정격 입출력 조건
3	전압변동 성능	· 성능항목 전압 변동 조건 : 최소 입력 전압, 정격 입력 전압, 최대 입력 전압 시험 입력 DC 전압 : 1,200 V, 1,500 V, 1,800 V 시험 조건 : 10%, 50%, 100% · 성능기준 전압 : AC 440 V ± 3 % 주파수 : 60 Hz (±1%) 왜율 : 3 % 이하 DC 100 V (± 3%)	KS C IEC 60571 KS C IEC 61287-1 KS C IEC 61287-2 KS R 9156 KS R 9158	
4	내환경 성능	· 온도 : -35 ~ 70 ℃ · 습도 : 0 ~ 95 % · 진동충격 : 1종 B Class · 방수방진 : IPx5	IEC 60571 IEC 61373 IEC 60034-5 IEC 60529	
5	온도성능	· 제어기 : ⊿T < 40[℃] · 입력 필터 리액터 코일 : ⊿T < 130[℃] · 그 외 소자 : ⊿T < 100[℃]	KS C IEC 60571 KS C IEC 61287-1 KS C IEC 61287-2 KS R 9156 KS R 9158	-

순번	성능항목	기준	적용 참고 규격	비고
6	전자기 적합성	· 정전기 방전 내성 : B등급 · 전기자기 방사 내성 : A등급 · 전기적 빠른 과도현상 내성 : A등급 · 서지 내성 : A등급 · 전자기장 전도 내성 : A등급	EN 61000-4 EN 55011	통신, 제어, 전원 조건에 따라서 등급이 결정

- 인증 획득

  - 보조전원장치는 기능 및 성능에 대한 규격에 적합한 성능 인증을 획득하여야 하며, 이와 함께 향후 해외수출 기반을 확보하기 위하여 ISO 22163 국제철도 품질관리체계 인증 획득 요구됨

순번	인증 내용	인증 기관	기준	비고
1	성능인증 (NEP, NET, EPC, K마크 등)	· 산업통상자원부 · 국토교통부 · 중기기업벤처부 등	· 국내외 규격 및 성능 관련 자체 규격	임의인증(개발 제품에 대한 신기술, 신제품, 성능인증 등)
2	ISO 품질관리체계 인증	· ISO	· ISO/TS 22163	임의인증(철도 부품 제작자 품질관리체계 인증)

다. 단계별 시장 진입 전략

- 철도차량용 모듈형 보조전원장치의 개발 완료시 단계별 시장 진입 전략은 다음과 같음

구분	단기 전략	중장기 전략
출시 제품	전력변환모듈, 모듈형 보조전원장치	모듈형 보조전원장치
진입 분야	유지보수용 구성부품 교체, TBO 주기에 따른 장치교체물량	국내 신규전동차량 및 해외전동차량
타겟	코레일, 서울교통공사 등	차량제작사(현대로템 등)

  - 단기 전략으로 국내 도시철도용 보조전원장치에 대한 TBO 및 유지보수품에 대한 대응을 통하여 실적 확보

  - 중장기 전략으로 장치의 성능 검증 후, 신규 전동차량에 대한 모듈형 보조전원장치 제안 및 국내외 신규 시장 진출 추진

라. 지적 재산권 확보전략

핵심기술별 특성을 바탕으로 지적 재산권 확보 전략을 수립

- 보조전원장치 모듈화 기술 전략
  - 보조전원장치의 모듈화방법은 경량화·저소음을 구현할 수 있는 방안으로 연구하고, 최종적으로 경제성을 고려하여 기존차량과 신규차량 모두에 적용할 수 있는 통합 제어시컨스 기술 개발 확보 필요
  - 초퍼, 인버터 및 저주파수 트랜스포머로 구성된 기존의 일률적인 하드웨어 토폴로지를 벗어나 다양한 입력형식에 대한 다양한 출력형식의 대응이라는 측면에서 지적재산권 확보 추진
- 전력스택 모듈화 기술 전략
  - 기존 190kVA SIV에서 모듈형 200kVA SIV를 개발함으로서 모듈 직·병렬 연결이 모두 가능한 기술 개발과 100kVA 단위모듈스택 구조 기술 확보
- 제어기 모듈화 기술 전략
  - 32비트 단위의 제어 컴퓨터 및 독립제어전원장치의 설계를 통해 제어기 모듈화 기술 개발 확보
- 최적 냉각 기술 전략
  - 경량화·소량화를 고려하여 냉각장치를 구성하고 각 모듈간 공용화가 가능하도록 기술 개발 확보
  - 강제공랭에 의한 간접열교환방식의 기술개발 확보

1) 지식재산권 신청기술의 정의

순번	기술의 명칭	확보가능 특허	건수	등록시점
1	**보조전원장치 모듈화 기술**	– 내부 부품 최적화 기술 – 저소음 제어 시컨스 기술	2	2022년
2	**전력스택 모듈화 기술**	– 100kVA 단위 모듈스택 구조 기술 – 모듈 직/병렬 연결기술	2	2023년
3	**제어기 모듈화 기술**	– 단위 제어 전원장치 개발 기술 – 병렬운전 모듈화 알고리즘 기술	2	2024년
4	**최적 냉각 기술**	– 모듈부품 냉각방식 최적화 기술	1	2024년
합계		–	**7**	-

2) 선행기술조사를 통한 차별성 검토

- 보조전원장치 관련 특허동향 조사 결과를 토대로 등록특허 기준, 존속기간 유예 등을 고려, 해당 과제와 유사한 특허 10개를 도출하여 비교 분석 수행

선행특허 기술명		주요기술과의 차별성				본 기술과의 차별성
		1	2	3	4	
P-1	철도차량의 연장급전 제어회로 및 그 철도차량(Extension supply control circuit of railroad car and the railroad car)	●	○	○	○	철도차량 보조전원장치의 고장시 연장급전을 수동으로 제어하는 기술로 병렬운전 알고리즘 개발을 통한 제어기 모듈화 기술개발과는 차별
P-2	보조전원장치 BCU 보드의 IC 소손 방지회로 및 그 철도차량(SIV BCU board IC protection circuit and the rail car)	○	●	○	○	보조전원장치 BCU보드의 IC 소손방지회로에 관한 기술로 보조전원장치 전력스택 및 단위 제어기 모듈화 기술과는 차별성 존재
P-3	철도차량용 보조전원장치의 출력전압 순시제어장치(INSTANT CONTROL APPARATUS OF OUTPUT VOLTAGE OF AUXILIARY POWER SUPPLY FOR RAILWAY CAR)	●	○	○	●	보조전원장치의 출력전압 순시제어장치 개발 기술로 보조전원장치 모듈화 기술과는 차별성 존재
P-4	자기부상열차의 보조전원장치(AUXILIARY POWER SUPPLY OF MAGNETICALLY LEVITATED VEHICLE)	○	○	○	○	철도차량 종류에 따른 보조전원장치 특성이 상이하므로 기존 과제와 차별
P-5	철도차량의 보조전원장치 고속차단기 구동장치 및 그의제어 방법(APPARATUS FOR OPERATING IVHB OF AN AUXILIARY POWER SUPPLY IN RAILWAY VEHICLE)	○	◐	○	○	보조전원장치 고속차단기를 구성하는 구동릴레이 코일에 대한 제어방법 개발 기술로 모든 차량에 적용가능한 모듈형 보조전원장치 개발과는 차별성 존재
P-6	전동차에서의 배터리 과온방지 보조전원장치(SUPPLEMENTARY POWER SUPPLY FOR PREVENTING A BATTERY FROM OVER-HEATING IN THE TRAIN)	○	●	○	○	전동차 보조전원장치의 배터리 충전기의 과온방지 기술로 병렬운전이 가능한 모듈방식의 보조전원장치 개발과는 상이

선행특허 기술명		주요기술과의 차별성				본 기술과의 차별성
		1	2	3	4	
P-7	8200호대 전기기관차 보조전원장치의 전력스택(No. 8200 electric locomotive auxiliary power supply of the device stack)	○	◐	○	○	8200호대 전기기관차를 대상으로 하는 보조전원장치 전력스택 설계 기술로 모듈방식의 전 차종 모두 적용이 가능한 보조전원장치 개발과는 차별성 존재
P-8	전동차 보조전원 공급 시스템 및 방법(STATIC INVERTER SYSTEM OF TRAIN)	○	●	○	○	보조전원장치에서 공급되는 고압의 직류전원을 에어컨 동작을 위한 저압의 구형파로 변환하는 설계 기술로 모듈화를 통한 직/병렬 연결기술 개발과는 차별성 존재
P-9	전동차용 부하 분산 보조전원시스템 및 보조전원 공급 방법(STATIC INVERTER SYSTEM OF TRAIN)	○	◐	○	○	전동차용 부하 분산 보조전원장치 개발 기술로 모든차량에 접목가능한 차종별 제어시컨스 기술이 접목된 본 과제와는 차별성 존재
P-10	철도 차량용 보조 전원 장치(ASSISTANT POWER SUPPLYING APPARATUS FOR RAILWAY VEHICLE)	○	○	○	◐	플라잉 캐패시터에 병렬로 연결되는 철도차량 보조연결장치 개발에 관한 기술로 전력스택, 제어기술 모듈화 및 최적 냉각기술이 접목된 보조전원장치 개발과는 차별성 존재

※ ○: 관련성 낮음, ◐: 일부 유사, ●: 차별성 높음

3) 보유 지적재산의 보강 전략

- 기존 보조전원장치 관련 특허는 차량별로 제한적인 병렬제어 설계기술 및 구동방법 등이 개발되었으나 전 차종 적용이 가능한 모듈방식의 통합 보조전원장치 시퀀스 제어기술을 개발함으로 기술적 차별성 확보 가능

보 강 전 략	
문 제 점	해 결 방 안
· 연관성이 일부 존재하는 4건의 등록특허는 신청기술과 관련된 전력스택 제어, 병렬 제어 기술 등이 일부 상존하고 있으나 모듈방식을 통한 시제품 제작에 대한 권리 부재	· 전 차종 접목이 가능한 보조전원장치 개발로 직/병렬 운전 알고리즘 접목, 모듈화 등을 통한 시제품 제작으로 선행기술 대비 차별화된 권리 확보 가능
회 피 전 략	
문 제 점	해 결 방 안
· 2중화 방식의 전기기관차량용 보조전원장치의 경우 동일 전력변환기를 2중으로 사용하는 방식이 본 과제와 유사	· 보조전원장치 설계 및 제어기술 이외에도 전 차종 접목 가능 기술 및 최적 냉각기술 접목을 통한 시제품 개발로 기존 특허기술과의 회피 가능

4) 신청기술의 방어전략

- 신청기술의 사업화와 관련하여, 분쟁 가능성이 높은 특허에 대해서는 방어전략이 필요하며, 타사의 특허를 침해할 가능성이 있는 경우에는 사전에 타사 특허에 대한 대응방안을 마련

선행특허기술명	방어전략
P-5 철도차량의 보조전원장치 고속차단기 구동장치 및 그의제어 방법(APPARATUS FOR OPERATING IVHB OF AN AUXILIARY POWER SUPPLY IN RAILWAY VEHICLE)	· 모듈형 보조전원장치 개발을 통한 단위부품별 제어 알고리즘 기술을 접목하여 기존 기술과 차별화
P-7 8200호대 전기기관차 보조전원장치의 전력스택(No. 8200 electric locomotive auxiliary power supply of the device stack)	· 전 차종 사용이 가능한 보조전원장치 개발 및 전력스택 기술 접목으로 기존 기술과의 차별성 확보 가능
P-9 전동차용 부하 분산 보조전원시스템 및 보조전원 공급 방법(STATIC INVERTER SYSTEM OF TRAIN)	· 전 차종 접목 가능한 차종별 제어 시컨스 기술 접목으로 차별화
P-10 철도 차량용 보조 전원 장치(ASSISTANT POWER SUPPLYING APPARATUS FOR RAILWAY VEHICLE)	· 모듈형 보조전원장치 개발을 통한 단위별 병렬제어 알고리즘 기술 접목으로 차별성 확보

10.6 투자계획

가. 투자 규모

- 총 56.00억원/4년 중 정부출연금 42.00억원(75%) 대비 민간부담금 14.00억원(25%)으로 구성된 정부주도 사업추진

<표 VII-113> 총 투자계획_보조전원장치

(단위 : 억 원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	총계
정 부	-	8.10	15.00	9.90	9.00	-	42.00
민 간	-	2.70	5.00	3.30	3.00	-	14.00
합 계	**-**	**10.80**	**20.00**	**13.20**	**12.00**	**-**	**56.00**

나. 소요 재원

- 모듈형 보조전원장치 부품개발을 위한 연구개발 소요재원은 전체 소요재원 중 연구개발비가 100%로 56억 원을 소요.

<표 VII-114> 연구활동별 집행기준_보조전원장치

(단위: 억 원)

구분		총사업비				비율
대항목	소항목	국고	지방비	민간	합계	
1. 연구개발		42.00	-	14.00	56.00	100%
2. 연구시설 및 장비	시설	-	-	-	-	-
	장비	-	-	-	-	-
3. 기타(Feedback R&D 포함)		-	-	-	-	-
합계		42.00	-	14.00	56.00	100%

다. 소요 예산 산출근거

핵심기술별 연구개발비

- 구성기술별 연구개발비 내역은 다음과 같음

<표 VII-115> 핵심기술별 연구개발비_보조전원장치

(단위 : 억 원)

과제명	구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	총계
도시철도용 모듈형 보조전원 장치개발	보조전원장치 모듈화 기술	정 부	-	3.20	6.00	3.90	3.00	-	16.10
		민 간	-	1.10	2.00	1.30	1.00	-	5.40
		소 계	-	4.30	8.00	5.20	4.00	-	21.50
	전력스택 모듈화 기술	정 부	-	2.40	4.50	3.00	3.00	-	12.90
		민 간	-	0.80	1.50	1.00	1.00	-	4.30
		소 계	-	3.20	6.00	4.00	4.00	-	17.20
	제어기 모듈화 기술	정 부	-	1.70	3.00	2.00	2.00	-	8.70
		민 간	-	0.60	1.00	0.70	0.70	-	3.00
		소 계	-	2.30	4.00	2.70	2.70	-	11.70
	최적 냉각 기술	정 부	-	0.80	1.50	1.00	1.00	-	4.30
		민 간	-	0.20	0.50	0.30	0.30	-	1.30
		소 계	-	1.00	2.00	1.30	1.30	-	5.60
합 계			**-**	**10.80**	**20.00**	**13.20**	**12.00**	**-**	**56.00**

라. 소요인력

- 1차년도에는 개념설계 및 기본설계, 2차년도에는 상세설계 및 시작품 제작, 3차년도에는 시제품 제작 및 성능시험, 4차년도에는 실제 차량에 장착하여 신뢰성을 시험하는 절차로 진행
- 2차년도에 주요 부품들의 상세설계 및 시작품 제작, 3차년도에 시제품 제작 및 성능시험 등이 진행되므로 인력을 가장 많이 투입하며, 4차년도에는 시험결과에 따라 부품을 수정·보완하고 지속적인 모니터링에 필요한 소요 인력 반영

<표 VII-116> 소요 인력 및 참여율_보조전원장치

(단위: M/Y, %)

과제	핵심구성기술	직급	2020		2021		2022		2023		2024		2025		합계 (명)
			투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	
1-10	보조전원장치 모듈화기술	책임연구원	-	-	1	35%	1	50%	1	40%	1	40%	-	-	4
		선임연구원	-	-	3	40%	5	60%	3	50%	4	30%	-	-	15
		연구원	-	-	3	35%	3	35%	4	30%	2	35%	-	-	12
		소계	-	-	7	-	9	-	8	-	7	-	-	-	31
	전력스택 모듈화 기술	책임연구원	-	-	1	30%	1	35%	1	40%	1	40%	-	-	4
		선임연구원	-	-	2	40%	4	45%	4	30%	4	30%	-	-	14
		연구원	-	-	2	40%	3	50%	2	35%	2	35%	-	-	9
		소계	-	-	5	-	8	-	7	-	7	-	-	-	27
	제어기 모듈화 기술	책임연구원	-	-	1	30%	1	40%	1	30%	1	30%	-	-	4
		선임연구원	-	-	1	35%	4	30%	2	30%	2	30%	-	-	9
		연구원	-	-	2	40%	2	35%	2	35%	2	35%	-	-	8
		소계	-	-	4	-	7	-	5	-	5	-	-	-	21
	최적 냉각 기술	책임연구원	-	-	1	0.25	1	0.3	1	0.3	1	0.3	-	-	4
		선임연구원	-	-	1	0.1	1	0.3	1	0.2	1	0.2	-	-	4
		연구원	-	-	2	0.1	2	0.3	2	0.1	2	0.1	-	-	8
		소계	-	-	4	-	4	-	4	-	4	-	-	-	16
연도별 합계			**-**	**-**	**20**		**28**		**24**		**23**		**-**	**-**	**95**

10.7 파급 효과

(시장경제적) 국산화 개발을 통한 선진시장과의 기술간격 축소, 수입대체 및 유지보수 시장 진출

- 전력부의 모듈형식을 적용한 보조전원장치의 기술개발을 통해 가격경쟁력 확보 및 국내외 시장의 적극적인 진출 가능
  - 신규시장매출액: 약 1,14억원, 연간 약 67.6억원(모듈형 보조전원장치)/15년간
  - 유지보수매출액: 약 840억원, 연간 약 42억원(TBO 교체물량)/20년간

※ 출처: 철도차량 및 주요부품 중장기 구매계획 알림, 국토부 철도운행안전과-3214

(과학기술적) 복잡한 부품과 다양한 기술로 연결된 철도차량의 특성상 요소기술의 고른 발전을 통해 차량전체의 신뢰성, 안정성, 유지보수성의 향상 기대

- 유럽방식에 비해 5~8년 뒤져 있는 보조전원장치의 기술격차 해소
- 정격전력의 자유로운 증대/축소 기술은 향후 트램, 경전철, 간선형 전기버스 등에 유연한 보조전원장치 관련 기술파급이 가능

(사회문화적) 운행안전성 및 신뢰성 확보로 국민 편의성 향상에 기여

- 보조전원장치는 대부분 사용자 직접 편의시설이므로 신뢰성 높은 장치는 사용자의 만족도 향상과 직접적 연관 있음
  - 소음저감, 출력품질 개선 및 신뢰성 향상을 통하여 승객 및 주변환경에 미치는 안락감 향상, 철도차량의 안전성 확보
- 국내 제조기업의 매출증대는 고용안정성 향상에 매우 바람직

10.8 유사·중복성 검토 및 연계추진 방안

가. 유사과제 현황

No.	과제기간	부처명	사업명	내역사업명	과제명
1	2011~2013	중소기업청	중소기업 기술혁신개발	-	전동차용 보조전원장치의 소형/경량화 개발
2	2012~2014	국토교통부	미래철도 기술개발사업	-	도시철도차량 동력제어장치 개량 사업
3	2015~2018	산업통상 자원부	에너지수요관리 핵심기술개발	에너지수요관리핵심기술개발(R&D)	SiC 전력용 파워모듈을 이용한 190kVA급 철도차량용 고효율 전력 인버터 및 시스템 적용 기술개발
4	2016~2017	과학기술정보통신부	한국철도기술연구원 연구운영비지원	기술이전 및 실용화 촉진을 위한 산업계 연계 기술개발	철도차량용 APS 병렬운전 기술개발
5	2016~2018	국토교통부	철도기술 연구사업	철도기술 연구사업	전기기관차(8200호대) 보조전원장치 실용화 기술개발
6	2017~2019	국토교통부	철도기술 연구사업	철도기술 연구사업	공진형 보조전원장치 실용화 사업

나. 차별성 및 연계 추진방안

- 기존 연구는 전동차용 보조전원장치의 소량/경량화 개발로 컨버터의 중량을 경량화 하였으나 본 연구개발에서 모듈형 전력스택 개발을 통한 도시철도차량용 보조전원장치를 개발하는 점에 있어 차별성 존재

  - 최근 전력전자기기 및 각종 전동기를 효과적으로 제어하기 위한 전용 DSC(Digital signal controller)가 출시되고 있으므로 이를 이용하여 모듈형 전력변환장치 전용 제어기의 개발로 연계 가능

<표 VII-117> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(보조전원장치)_1/6

본 사업 과제명	도시철도형 모듈형 보조전원장치 개발		
기존 유사과제명	전동차용 보조전원장치의 소형/경량화 개발('11~'13)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 철도차량용 보조전원장치소형·경량화 개발	■ 모듈방식의 보조전원장치 개발	■ 기존 과제는 보조전원장치의 소형/경량화 개발 과제로 본 과제인 모듈형태의 부품 개발과는 차별성 존재
과제규모	■ 2.5억원	■ 56억원	-
TRL단계	■ 5~6단계(시작품 개발)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ 철도차량용 보조전원장치 소형·경량화 개발	■ 도시철도차량 운행 효율 향상을 위한 100kVA 단위 모듈타입의 보조전원장치 개발	■ 운전 성능, 부하 성능, 전압변동, 방수, 온도 등의 성능이 확보된 보조전원장치 개발
기존 기술과의 연계방안	■ 보조전원장치 소형/경량화 기술 적용성 검토		

<표 VII-118> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(보조전원장치)_2/6

본 사업 과제명	도시철도형 모듈형 보조전원장치 개발		
기존 유사과제명	도시철도차량 동력제어장치 개량 사업('12~'14)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ GTO형 추진제어장치를 IGBT 모듈형 소자로 부분(INVERTER MODULE & CONVERTER MODULE) 개량품에 대한 제품 개발	■ 모듈방식의 보조전원장치 개발	■ 기존 과제는 모듈형 소자를 활용한 보조전원장치 원천기술 확보 연구로 시제품 인증 및 표준화가 이루어지는 본 사업과 차별성 존재
과제규모	■ 4.1억원	■ 56억원	-
TRL단계	■ 5~6단계(시작품 개발)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ 추진제어장치의 기술축척에 따른 신규 차량용의 설계기술 확보	■ 도시철도차량 운행 효율 향상을 위한 100kVA 단위 모듈타입의 보조전원장치 개발	■ 운전 성능, 부하 성능, 전압변동, 방수, 온도 등의 성능이 확보된 보조전원장치 개발
기존 기술과의 연계방안	■ 모듈형 추진제어장치 개발을 위한 기술축척 설계 기술 검토		

<표 Ⅶ-119> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(보조전원장치)_3/6

본 사업 과제명	도시철도형 모듈형 보조전원장치 개발		
기존 유사과제명	SiC 전력용 파워모듈을 이용한 190kVA급 철도차량용 고효율 전력인버터 및 시스템 적용 기술개발('15~'18)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ SiC 전력인버터 제작	■ 모듈방식의 보조전원장치 개발	■ 본 과제는 단순 소자 적용을 통한 부품 개발이 아닌 공진형 고주파 기술을 적용한 경량화 기술 개발 측면에서 차별성 존재
과제규모	■ 20억원	■ 56억원	-
TRL단계	■ 5~7단계(성능 및 신뢰성 평가)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ SiC 전력 인버터 설계제작을 통한 성능 및 신뢰성 확보	■ 도시철도차량 운행 효율 향상을 위한 100kVA 단위 모듈타입의 보조전원장치 개발	■ 운전 성능, 부하 성능, 전압변동, 방수, 온도 등의 성능이 확보된 보조전원장치 개발
기존 기술과의 연계방안	■ SiC 신소자를 활용한 전력인버터 설계제작 기술 및 성능 검토		

<표 Ⅶ-120> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(보조전원장치)_4/6

본 사업 과제명	도시철도형 모듈형 보조전원장치 개발		
기존 유사과제명	철도차량용 APS 병렬운전 기술개발('16~'17)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 고효율·경량화 철도차량용 APS 시제품 제작	■ 모듈방식의 보조전원장치 개발	■ 본 과제는 병렬방식의 보조전원장치 개발과 더불어 성능시험 및 표준화 기술개발로 차별성 존재
과제규모	■ 0.9억원	■ 56억원	-
TRL단계	■ 7단계(시제품 신뢰성평가)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ 철도차량용 APS 병렬운전 기술개발 및 성능시험을 통한 신뢰성 확보	■ 도시철도차량 운행 효율 향상을 위한 100kVA 단위 모듈타입의 보조전원장치 개발	■ 운전 성능, 부하 성능, 전압변동, 방수, 온도 등의 성능이 확보된 보조전원장치 개발
기존 기술과의 연계방안	■ APS 병렬운전 기술을 적용한 부품 성능결과 검토		

<표 VII-121> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(보조전원장치)_5/6

본 사업 과제명	도시철도형 모듈형 보조전원장치 개발		
기존 유사과제명	전기기관차(8200호대) 보조전원장치 실용화 기술개발('16~'18)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 80KVA*2급 보조전원장치와 호환 가능한 90KVA*2급 보조전원장치 실용화 기술개발	■ 모듈방식의 보조전원장치 개발	■ 기존과제는 보조전원장치의 2중화 구조 개발 기술로 본 과제의 모듈방식 적용을 통한 부품 개발과 차별성 존재
과제규모	■ 18억원	■ 56억원	-
TRL단계	■ 5~7단계(시제품 제작 및 평가)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ 컨버터/인버터 장치 보완 개선 기술개발	■ 도시철도차량 운행 효율 향상을 위한 100kVA 단위 모듈타입의 보조전원장치 개발	■ 운전 성능, 부하 성능, 전압변동, 방수, 온도 등의 성능이 확보된 보조전원장치 개발
기존 기술과의 연계방안	■ 객차설비에 공급되는 보조전원장치의 전압 주파수 형태 및 공급방식 검토		

<표 VII-122> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(보조전원장치)_6/6

본 사업 과제명	도시철도형 모듈형 보조전원장치 개발		
기존 유사과제명	공진형 보조전원장치 실용화 사업('17~'19)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 공진형 보조전원장치 기술의 운영실증	■ 모듈방식의 보조전원장치 개발	■ 기존 과제는 차세대 공진형 보조전원장치 개발을 위한 시험 및 실증과제이나 최신기술인 모듈방식과는 차별성 존재
과제규모 (연평균)	■ 7.2억원	■ 56억원	-
TRL단계	■ 7단계(시제품 성능평가)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ 차세대 보조전원장치 제작, 시험 및 실증	■ 도시철도차량 운행 효율 향상을 위한 100kVA 단위 모듈타입의 보조전원장치 개발	■ 운전 성능, 부하 성능, 전압변동, 방수, 온도 등의 성능이 확보된 보조전원장치 개발
기존 기술과의 연계방안	■ 공진형 보조전원장치 제작 설계기술, 시제품 성능평가 결과 검토		

다. 선행사업 핵심기술과의 연계성 검토

- 국토교통부 철도기술 연구개발사업을 통해 확보한 핵심기술을 기반으로 본 사업 개발부품 구성기술과의 연계방안을 검토

  - 기존, 전동차용 보조전원장치 경량/소형화 장치 설계기술, 고주파 적용 전력변환 기술, 공진형 컨버터 설계 기술을 접목하여 고용량 100kVA급 * 2급 모듈형 직/병렬 구성 기술 등에 활용 및 연계 가능

※ 기존 사업의 핵심기술과 본 연구개발 사업 부품별 구성기술간의 연계는 제7장 「세부기술 개발계획」 내 제4절 「3.통합로드맵」 참조

〈표 VII-123〉 선행사업 핵심기술 연계(보조전원장치)

본 사업 과제명	**도시철도용 모듈형 보조전원장치 개발**
기존 유사과제명	**전동차용 보조전원공급장치 경량화·소형화 개발**
핵심 기술명	경량/소형화 장치 설계기술, 고주파 적용 전력변환 기술, 공진형 컨버터 설계 기술
▼	
본 과제 구성 기술명	**고용량 100kVA급 * 2급 모듈형 직/병렬 구성 기술**
기존 기술과의 연계방안	■ 고용량 100kVA급 * 2급 모듈형 직/병렬 구성 기술, 컨버터/인버터 스택 개별제어 알고리즘 기술, 보조전원장치 및 전력스택, 제어장치 모듈간 공용화 기술개발에 연계

11. 저상트램용 관절장치 개발

11.1 연구개발 배경 및 필요성

가. 기술의 정의

신교통수단 트램의 정의

- 저상트램(노면전차)는 도로상의 일부에 부설한 레일 위를 주행하는 노면전차로 프랑스 파리, 홍콩 등지에서 흔한 교통수단으로 활용

  - 유럽 등 선진국에서는 이미 일반화된 친환경 도심지 대중교통수단으로 버스 3대 이상의 수송능력을 가지며 지하철의 약 1/5, 고가경전철의 1/2 정도의 비용으로 건설 및 운영이 가능

  - 현재, 전세계 약 150개 도시 400여 노선이 운행 중이며 도심재생의 수단으로도 활용되어 연 5% 이상의 성장세로 도입이 증가하고 있으며 국내에서도 서울, 대전, 수원 등 10여개 지자체에서 도입을 추진 중임



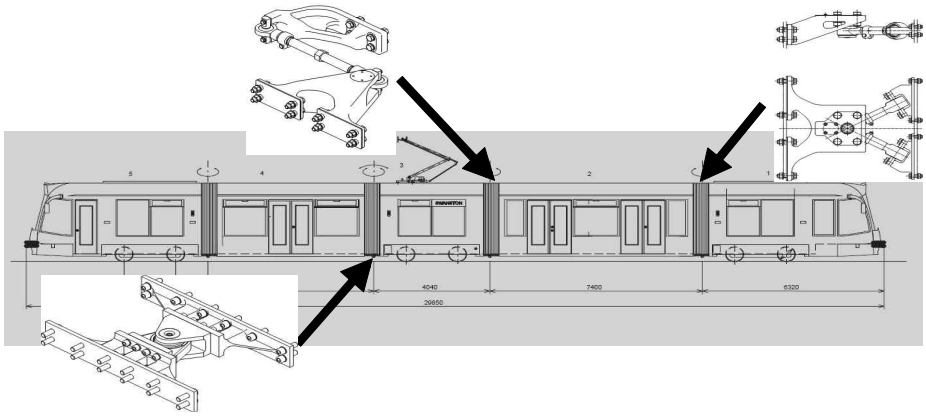
〈그림 VII-172〉 프랑스 파리에서 운행 중인 저상트램

관절장치의 기능 및 역할

- 저상트램용 관절장치는 차량 간 연결 목적뿐만 아니라 승객을 위한 내부 공간 확보를 목적으로 하는 비대차(non bogie) 차량(공중에 떠 바쳐지는 2, 4번째 차량)의 하중을 지탱해야 하는 복합기능을 가지고 있는 중요한 부품임

- 상하부가 1set 으로 이루어져 Roll, Yaw 및 Pitch의 운동기능을 가지고 있고 일반 열차 선로보다 급커브 및 경사구간인 도로상에서 차량을 안전하게 구동하여 탈선을 방지하는 기능도 가지고 있음

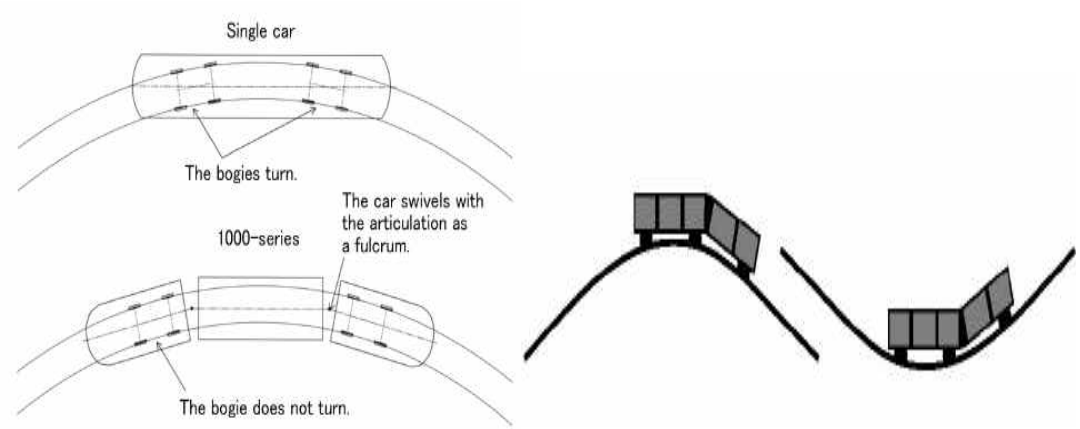
- 트램이 곡선 구간 등을 운행할 때 인체의 관절처럼 변형하면서 기차의 형태를 유지하며 굴절 운동시키는 장치를 특별히 관절장치라 표현함



〈그림 VII-173〉 저상 트램 및 관절장치

관절장치의 원리

- 일반적인 열차(지하철 등)는 좌측 상부와 같이 차량 1칸에 2개의 대차(bogie)가 배치되어 구동되는데 이러한 구조로는 도심지 도로의 커브를 원활하게 운행하지 못함
  - 이러한 문제를 해결하기 위해 관절장치를 이용하여 중간 차량의 대차를 제거함으로서 도로상 커브(반경 50m 이하)에서도 구동이 가능함(대차의 피봇 기능을 관절장치가 대신함)
  - 유사하게 일반 열차선로보다 급한 도로상 급구배 구간에서도 원활하게 피치각 구동 가능
- 아울러 승차감을 확보하기 위한 기능과 충격을 흡수하는 기능도 가질 수 있는 다 기능 관절장치도 개발되고 있으며 이는 저상트램 차량의 기능 중 아주 중요하고 필수적 부품임



〈그림 VII-174〉 관절장치를 이용한 커브구간 및 구배구간 구동 원리

관절장치의 개요

- 저상트램은 일반적으로 복잡한 도심에 적용되는 경우가 많으며 이에 따른 작은 곡선 반경의 노선을 주행할 수 있어야 되는데 이때 조건에 따라 수개의 차체사이에 관절장치(Articulation)가 연결되어 견인역할을 하는 핵심 부품임

  - 관절장치는 아래의 그림과 같이 크게 상부관절 (upper articulation)과 하부관절로 (lower articulation) 나누어지며 상부관절은 다시 기능에 따라 Panhard type과 Hinged type으로 나뉨

  - 상부 Articulation 중 힌지타입은 두 차체의 상부에 설치되며 수직축방향의 회전운동을 하며, 하부 Articulation과 조합으로 차체 간에 발생하는 요잉(Yawing: Z축 중심의 회전운동, 곡선주행 시 차량의 앞뒤가 좌우로 움직이는 현상)운동을 허용하며 수평곡선 구간을 원활히 주행할 수 있음

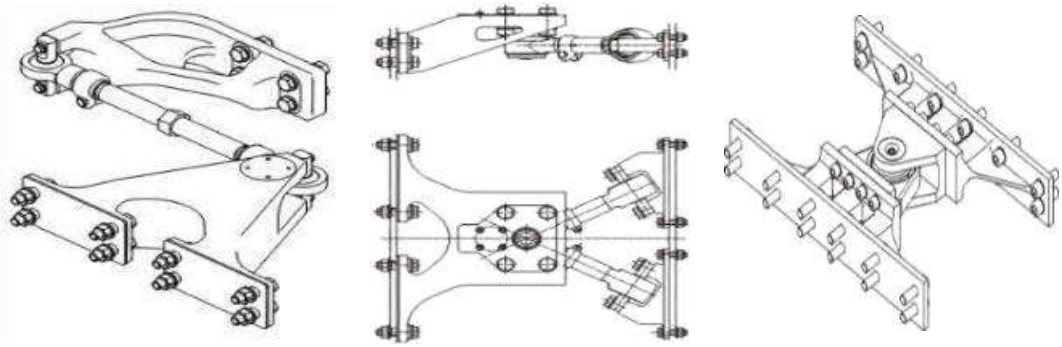
  - 피치타입은 수직축 방향의 회전운동 이 외에도 진행방향의 병진운동도 허용하는 특성이 있으며 하부관절과 조합하여 설치 시 피칭(pitching: 차량의 앞뒤가 시소처럼 상하로 움직이는 현상)운동을 허용하여 상하 구배구간의 주행이 가능함

  - 상부 관절장치는 주로 차량의 pitching 와 rolling 등과 같은 운동 시 충격을 흡수하고 승객이 느끼는 저크(jerk)을 감소시키는 역할을 하게 되므로 댐퍼를 장착하고 차량 간의 상대 운동을 제어함

  - 하부 Articulation은 차량 주행방향의 하중, 횡 방향 및 수직방향으로의 하중을 모두 지지하는 장치로 차체의 언더 프레임 높이에 설치되며 차량을 이어주는 연결고리 역할수행

  - 하부 Articulation은 차량주행 시 발생하는 피칭, 롤링 등의 운동을 허용하지만 내부에 설치된 탄성 베어링으로 인하여 Vehicle 간의 상대운동을 제한하면서 곡선트랙을 돌 때 운동을 조절하고 vehicle 간에 발생하는 상대적인 압축 및 인장하중 그리고 수평하중까지 견디는 중요한 역할을 함

  - 아래의 그림은 상부 Articulation의 Panhard type과 Hinged type의 대표적인 형상과 하부 Articulation을 나타냄 또한, 하부 Articulation은 수평방향 하중 500 kN까지 견디는 관절장치임



상부 Panhard type　　상부 Hinged type　　하부 Articulation

〈그림 VII-175〉 대표적인 관절장치의 예

나. 연구개발 배경

현황 및 문제점

- 기술 개발 현황

  - 국내는 저상용 트램 자체가 도입 단계라 아직 저상트램용 관절장치의 생산은 이루어지고 있지 않으며 국내 개발 적용을 통해 인지도를 올려나간다면 해외시장은 매우 넓다고 볼 수 있음

  - 현재 저상용 트램 관절장치는 독일의 Hubner가 전 세계시장의 가장 많은 부분을 차지하여 인지도가 높은 편이고, 중국 등 일부 국가 등에서 나머지 시장을 나누고 있는 실정임

  - 다행히 국내에 관절장치를 현차 시험 할 수 있는 시제차 및 시험궤도가 있어 기술개발의 매우 유리한 상황으로 판단됨



〈그림 VII-176〉 저상 트램 현차 시험 시제차 및 시험장 궤도

문제점

- 관절 장치 원천 기술 미확보로 인한 문제점

  - (기술적 측면) 이미 해외 수많은 국가에서 저상 트램용 관절 장치의 독자적인 모델을 보유하고 있으며, 그 시장이 점차 확대되고 있으나, 국내에서는 아직까지 국산화가 추진되고 있지 않고 있음

  - 차량 간의 연결고리인 관절장치는 트램의 핵심적인 기술로서 트램 특성 상 주로 도로를 따라 급곡선 및 급구배 주행을 해야 하기 때문에 추후 트램 수요에 대비하여 부품 국산화가 필히 이루어져야 함

  - 특히 국내외 신규시장을 개척해 나가기 위해서는 경쟁력 있는 국산화 모델을 독자적으로 개발이 필요

  - 또한 관절장치에 대한 핵심 부품의 제작기술이 없어 트램운행시 관절장치에 문제가 발생할 경우 일반 승객의 불편 초래

  - (경제적 측면) 현대로템에서는 이미 트램의 수출을 진행한 상태이나, 핵심장치인 관절장치는 수입품으로 적용되었으며, 향후 국내 도입될 트램에도 수입품이 그대로 적용된다면 국고 유출 및 막대한 경제적 손실을 야기할 수 있음

  - 고가의 관절장치가 해외전량 의존해야 되고 국고 해외유출이 향후에도 지속적으로 이루어질 전망이라 부품국산화 개발의 시급성이 요구됨

  - 터키에 수출된 저상 트램 : 38편성 (5량 1편성 – 관절장치 4SET)

※ 수입 관절 장치 비용 : 약 3천만 원

※ 터키 수출 트램의 관절장치 비용 : 38편성 X 3천만 원 X 4SET

※ 45억 원(해외 유출 국고)

※ 총 트램 수출 비용 : 837억 원


기업 ·

현대로템, 837억원 저상 트램 5량 수주...첫 해외 트램 수출

기사

현대로템은 7일 터키 건설사인 귈레르막(Gulermak)과 6050만유로(837억원) 규모 저상 트램(노면 전차) 38편성(5량 1편성)에 대한 공급계약을 체결했다고 8일 밝혔다. 우리업체가 해외 시장에서 트램을 수주한 것은 이번이 처음이다.

〈그림 VII-177〉 트램 수출 관련 기사

- 국내 예정 및 계획(지자체)

- 12개 지자체 (예상), 20편성 (5량 1편성 – 관절장치 4SET)

- 수입 관절 장치 비용 : 약 3천만 원

- 향후 관절 장치 수입품 : 12지자체 X 20편성 X 3천만 원 X 4SET : 240억 원(해외 유출 국고)

- 위와 같이 이미 수출된 트램의 경우 45억 원 이상의 관절장치가 수입품으로 장착되어 불필요한 국고가 유출되었고, 향후 국내 시장에서는 240억 원 이상의 막대한 국고가 유출될 상태임



〈그림 VII-178〉 트램의 관절장치 조립상태

- 트램의 국산화 개발이 이루어지지 않으면 향후에도 지속적인 국고의 해외유출이 이루어짐에 따라 시급히 기술개발에 따른 국산화가 이루어 져야 함

시사점

- 저상트램은 차량 바닥면의 저상화로 휠체어, 유모차 등 교통약자 승하차 용이하고 급곡선 성능이 우수하여 기존 도심의 차도에서도 운행 가능하며, 초기 건설비 및 운영비가 저렴(경전철의 1/2, 중전철의 1/5 이하 수준)하여 국내외 시장이 확대되고 있음

- 따라서 트램의 국산화 개발이 이루어지지 않으면 향후에도 지속적인 국고의 해외유출이 이루어짐에 따라 시급히 기술개발에 따른 국산화 필요

- 저상트램의 핵심기술인 관절장치의 국산화로 향후 국내시장뿐만 아니라 해외시장 진출 시 시장의 규모가 광범위할 것으로 예측됨

다. 연구개발 필요성

과학기술적 중요성

- 국내 최초 저상트램용 관절장치 국산개발 및 설계, 시험, 기반기술 확보
- 해외 부품에 대한 재설계 및 성능분석을 통한 부품의 경량화 및 공용화 설계기반 구축
- 핵심 부품의 국산화를 완성하여 국내제품의 국산화율을 높이며 나아가 해외시장 진출을 위한 독자 모델 확보
- 핵심부품인 관절장치를 개발함으로써 국내 도시환경에 맞는 트램 제작

시장경제적 중요성

- 저상 트램(노면전차)은 버스 3대 이상의 수송능력을 가지며 건설비가 저상 트램은 약230억원/km 정도로 지하철의 약 1/5, 고가 경전철의 1/2 정도의 비용으로 건설 및 운영이 가능하여 EU 및 선진국에서는 이미 일반화된 친환경 도심지 대중 교통수단임
- 현재, 전 세계 약 150개 도시 400여 노선이 운행 중이며 도심재생의 수단으로도 활용되어 연 5% 이상의 성장세로 도입이 증가하고 있으며, 국내에서도 서울, 대전, 수원 등 10여개 지자체에서 도입을 추진 중임

정책적 타당성

- 국내 서울, 대전, 수원 등 국내 10여개 이상 지자체에서 무가선 저상 트램 도입을 적극 추진하고 있어 새로운 시장 확대가 예상됨
- 관절장치의 경우 해외 부품수입에 전량 의존해야만 하는 실정이며 수입품 대체로 인한 막대한 국고가 유출 되며, 해외제품 사용으로 인한 물품수급 및 자체 유지보수가 불가함
- 특히, 최근 터키에 수출한 저상 트램의 관절장치도 모두 해외부품구매를 통해 납품하고 있는 실정

사회문화적 중요성

- 녹색교통수단으로 떠오르고 있는 무가선 트램은 매연이 없고 도로와 차의 바닥 높이가 낮아 승하차를 위한 별도의 시설없이 유모차나 휠체어 등 교통약자를 배려한 친환경 교통수단임
- 교통 혼잡을 해결할 방법으로 자가용을 위해서는 도로를 무한정 확대해야 하지만 이는 도시공간의 비효율 활동과 도시 내의 단절을 유발해 현실적으로 불가능한 방법임

- 현대사회의 트램의 최종 목표는 교통 혼잡에서 나아가 더 나은 대중교통을 공급함과 동시에 도로 공급을 줄여 도로투자가 다시 혼잡을 낳는 악순환의 고리를 끊을 수 있음

11.2 국내외 시장 및 연구개발 동향

가. 국외 시장 및 연구 개발 동향

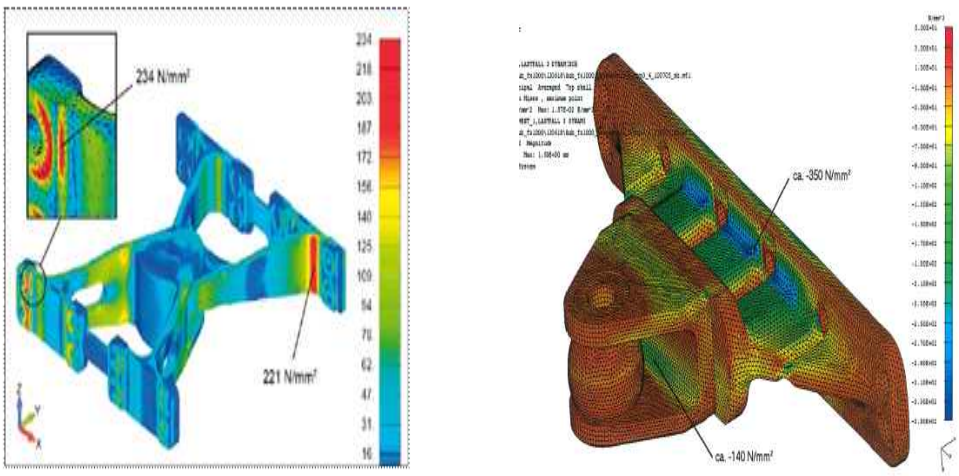
- 유럽, 아시아, 미주 등 전 세계적으로 388개 도시에서 트램 운행 중임
- 2000년 이래 78개 시스템이 새롭게 운행을 시작하였으며, 현재 건설 중이거나 계획 중인 노선 또한 다수 존재
- 현대식 노면전차의 부흥은 1980년대 이후 프랑스 소도시로부터 시작되어 유럽 전역 대도시권으로 점차 확대

나. 국내 시장 및 연구개발 동향

- 국내 서울, 대전, 수원 등 국내 10여개 이상 지자체에서 무가선 저상 트램 도입을 적극 추진하고 있어 수년 안에 새로운 시장 확대가 예상됨
  - 그러나 현재 국내 도입되어 운영되고 있는 사례가 없어 트램 관련 핵심 부품 장치들의 산업생태계가 미비하며 해외업체의 부품수입에 전량 의존해야만 하는 실정임
  - 특히, 최근 터키에 수출한 저상 트램의 관절장치도 모두 해외부품 구매를 통해 납품하고 있는 실정임
- 저상 트램용 관절장치는 고가로 수입대체 효과가 크며 향후 국내 시장뿐만 아니라 해외 시장 진출 시 시장의 규모가 광범위할 것을 예측됨

11.3 연구개발 범위

- 국산형 관절장치 시제품 개발
  - 관절장치 동특성에 따른 모델 개발
  - 국내 운영노선과의 상호관계를 분석하여 최적의 모델 설계 및 제작
  - 주행소음 및 차량간 연결 안전성에 대한 해석 및 구조 설계
  - 견인 및 제동시 차량간 충격저감을 위한 내충격성 성능 해석 및 설계



<그림 VII-179> 관절장치 설계 및 해석 예

- 개발품의 신뢰성 확보를 위한 시험인증
  - EN 15020(정적 및 동적 강도 성능), EN15227(에너지 흡수성능) 확보를 위한 시뮬레이션 수행
  - 실용화 및 해외진출을 위한 국내외 성능 인증 획득(기술기준 등)
  - 실제 운행조건에서 성능검증을 위한 현차시험 실시(동적거동 등)

11.4 연구개발 내용

가. 연구개발 목표

- 국내 트램 시장의 산업기반을 한단계 높이고, 트램용 관절장치 국산화를 통한 독보적인 모델을 확보하여 신규 시장을 창출하고 국내의 새로운 산업 생태계 구축

나. 연구개발 핵심 내용

핵심(구성) 기술명	핵심(구성) 기술 주요내용
트램 곡선 추종성 기술 확보	– 관절장치 상하 연동 기구부 설계 기술개발 – 고강도/고내구성 관절장치용 베어링부 개발 – 운행환경(곡선반경, 차량제원)에 따른 관절장치 시스템 엔지니어링 기술개발 – 회전성능 극대화 기술(측정 지그 및 인터페이스 설계기술)
단위부품별 시제품 제작 및 성능검증	– 부품별(상·하부 관절장치, 베어링부, 댐퍼부) 시제품 제작 – 부품별 CAE를 통한 엔지니어링 기술확보 – 경량화 설계기술 확보
관절장치 성능평가 기술 확보	– (부품규격서 작성) 향후 발주처 구매 사양 및 정부기관 법제화 대비 – 정하중 강도 및 내구성 피로강도 성능평가 기술 – (충격성능평가) 사고 시 차량기지까지 안전하게 구원할 수 있도록 내충격성 평가 – (충격량 산정) EN 15227에 의해 충돌사고 시 충격량 산출 (부품 시험 및 해석수행) – (곡선 추종성 현차시험) 곡선구간 반경 25미터, 반경 50미터 등에서 실차 장착 시험 – (내구성 현차시험) 최대속도 70km/h 1,000km에 대한 안전성검증 모니터링 평가 기술
생산기술 및 제품경쟁력 확보	– (생산성 연구) 양산체계 최적화 – (가격경쟁력 확보) 생산성 및 경제적 제작 방안 확보 – (수입품 대체) 가격경쟁력 및 마케팅

다. 핵심 기술별 As-is/To-be

핵심 기술	As-is	To-be	현재 TRL	목표 TRL
트램 회전 성능	– 현재 국외품 최대 37도	– 최대 42도까지 국내 개발	TRL 4	TRL 8
트램 곡선 추종성	– 현재 국외품 최대 25m 곡선 추종	– 최대 25m까지 국내 개발	TRL 4	TRL 8
정적강도 및 동적 강도	– 정적강도 국외품 : 500 kN – 동적강도 국외품 : 50 kN	– 정적강도 : 550 kN – 동적강도 : 50 kN 까지 국내 개발	TRL 4	TRL 8
내충격성 및 중량	– 내충격성 국외품 : 35 km/h – 중량 : 250 kg	– 내충격성 : 35 km/h – 중량 : 225 kg까지 국내 개발	TRL 4	TRL 8

〈표 VII-124〉 수요처 요구사양 대비 목표사양

부품명	수요처 발주사양	본 사업 목표사양	비고
저상트램용 관절장치	·회전성능 : 37° ·정적강도 : 500kN ·중량 : 245kg	·회전성능 : 37° ·정적강도 : 550kN ·중량 : 225kg	·정적강도 10% 향상 ·관절장치 중량 저감

라. 세부 기술 및 내용

■ 저상트램용 관절장치 설계

- 관절장치 상하 연동 기구부 설계
- 고강도/고내구성 관절장치용 베어링부 설계
- 회전성능 극대화 기술(측정지그 및 인터페이스 설계기술)
- 부품별 유한요소해석

■ 관절장치 시제품 제작

- 상부관절장치(댐퍼부) 시제품 제작
- 하부관절장치(베어링부) 시제품 제작

■ 관절장치 검증

- 부품규격서 작성
  - 발주처 구매 사양 및 정부 기관 법제화 대비
- 정하중 강도 및 내구성 피로강도 성능평가 기술
- 충격성능평가
  - 사고시 차량기지까지 안전하게 구원할 수 있도록 내충격성 평가
- 충격량 산정
  - EN15227에 의한 충돌사고 시 충격량 산출 (부품시험 및 해석수행)

- 곡선 추종성 시뮬레이션 및 현차시험
  - 곡선구간 반경 25m, 반경 50m 등에서 실차 장착 시험
- 내구성 시뮬레이션 및 현차시험
  - 직선구간 최대속도 70km/h, 곡선구간 15km/h (반경 50m)
  - 1,000km 마일리지에서 건전성 평가 기술

트램시스템 기술

- 실증노선 설계 및 구축
  - 트램 기술 실증, 인증체계, 법제도 등의 시범적 반영 등의 기술적 필수요건을 갖춘 노선선정을 위한 사전 타당성 기준 마련
  - 트램사업의 파급효과 및 홍보를 최대화할 수 있는 노선선정 기준 도출
  - 실증노선 구축을 앞당길 수 있는 빠르고 공정한 선정절차 적용
- 상용 protocol 구축 및 시범운영
  - 트램 차량 설계 및 구축
  - 트램시스템 검증 및 시운전
  - 차량 및 인프라 등 제반 기술 및 시설기준, 인증제도
- 트램차량 상용화 기술
  - 배터리 기술, 지상충전장치 기술, 차량 전장품 개선 기술

트램 운영 및 유지보수 기술

- 국내 표준 운영 유지 모델 개발
  - 한국형 표준 운영계획 수립, 모델 개발 및 유지보수 매뉴얼 제작
  - 안전관리 기준 개발 및 매뉴얼 제작
  - 트램 운영 및 유지보수 실증 매뉴얼 및 지원시스템 개발
  - 해외 선진운영체계 교육프로그램 개발
  - 트램 운전면허 체계 구축

마. 연차별/단계별 수행 목표 및 내용

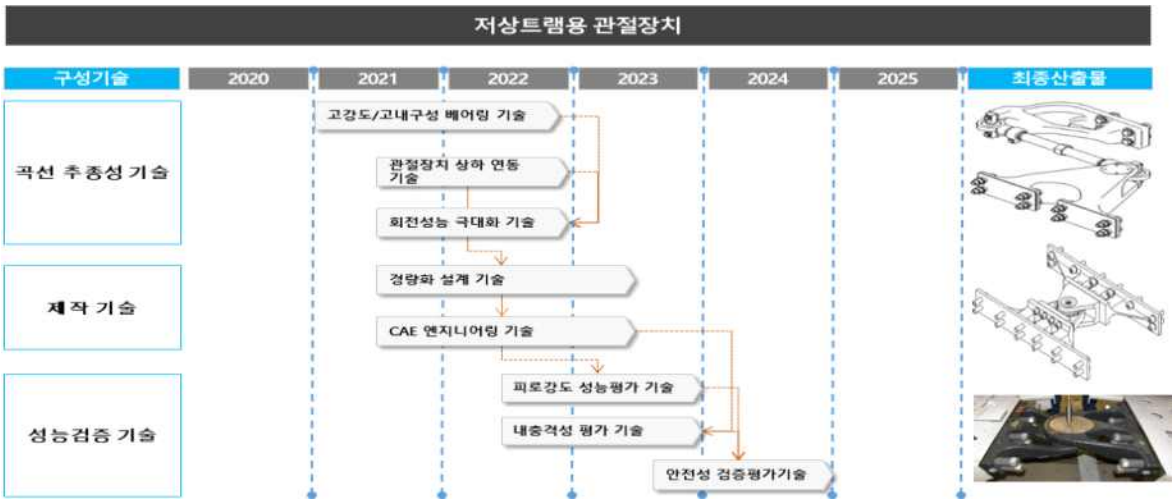
● 연차별 주요 연구내용

연차	기술 개발 목표	기술 개발 내용
1차년도	구조체 형상검토 기본설계	– 요구사항 정의 – 요소 관절부품 형상설계 – 구조체 및 연결장치 기본설계
2차년도	상세설계 시작품 제작	– 구조체 및 연결장치 시작품 제작 – 구조체 및 연결장치 공장시험 – 관절장치 상세설계
3차년도	시제품 제작 성능시험	– 관절장치 시제품 제작 – 성능시험, 환경시험 – 실차 적용을 위한 인터페이스 조정
4차년도	현차시험	– 실차 주행 시험으로 성능 입증 – 실차 시험결과 모니터링 – ISO품질 관리 체계 인증, 성능 인증

바. 수행 로드맵

● 독자적인 국산화 모델을 개발하고 실차시험을 통해 신뢰성 확보를 병행하여 해외 수입품을 대체 할 수 있는 기능 및 성능 확보

- 1차년도 기본설계 및 인터페이스
- 2차년도 부품 상세설계 및 시작품 제작
- 3차년도 시작품 성능평가
- 4차년도 실차 성능평가 및 결과 모니터링



〈그림 VII-180〉 수행 로드맵_트램용 관절장치



〈그림 Ⅶ-181〉 부품로드맵&산업생태계_관절장치

사. 핵심 기술 확보 전략

핵심(구성) 기술	핵심 기술 확보 전략					
	공공 협력	민간 협력	자체 개발	해외 도입	국내 도입	기타
관절장치 설계			●			
관절장치 CAE 해석	●		●			
인터페이스 설계	●		●			
금형 및 단품 개발		●	●			
요소 부품 단품 성능평가			●			
도입품과 비교 분석			●	●		
시작품 개발			●			
시작품 성능 평가		●	●			
실차 주행 성능 시험 평가	●		●			
요소 부품 설계 개선안 도출	●		●			
CAE 개선모델 해석	●		●			
개선품 성능 평가		●	●			
실차 주행 시험 평가	●		●			
인터페이스 개선 및 장착 평가	●		●			
형식승인 및 규격 확정	●		●			

- 공공협력: 국가 또는 공공기관이 보유 중인 기술 및 인프라와 연계
- 민간협력: 타기업에서 보유 중인 기술 및 인프라와 연계
- 자체개발: 기업이 보유한 기술 및 인프라 활용
- 해외도입: 선진국 또는 해외 선도 기업이 보유중인 기술을 이전 받아 활용
- 국내도입: 국내 기업이 보유한 기술을 이전 받아 활용

11.5 사업화 및 자립화 전략

가. 기술개발 완료 후 시장 출시가 가능한 기술 및 제품

- 현재까지 국내에서는 개발 되지 않은 트램용 관절장치를 독자적인 모델을 통한 국산화 개발을 통해 국내 시장 개척 및 해외마케팅 전개를 통하여 부처 및 기술혁신기관의 해외 마케팅 지원사업 등을 활용한 판로 확보, 해외 신인도 제고와 장기적인 홍보 효과 극대화



<그림 VII-182> 해외 트램 사례

나. 국내외 시험인증 전략

● 성능 기준 및 시험규격

- 관절장치는 회전 및 강도성능, 내충격성, 에너지 흡수성능 등 확보 필요

순번	성능항목	기준	적용 기준 및 규격	비고
1	회전 성능	• 회전 각도 : 37°	–	–
2	강도 성능	• 정적 강도 : 500 kN • 동적 강도 : 50 kN	EN 15227 EN 16019 EN 15020	–
3	내충격성 성능	• 35 km/h 충격에 이상이 없을 것	EN 15227	–
4	에너지 흡수 성능	• 충격량 : 530 kJ (에너지 흡수 용량)	EN 15227	–

● 관절장치 인증 획득

- 관절장치는 향후 철도용품 형식승인 기술기준(안)의 제정에 따라 철도안전법 철도용품 형식승인이 필수적으로 요구되며, 향후 국내외 시장진출 기반을 확보하기 위하여 ISO/TS 22163 국제철도 품질관리체계 인증 획득 필요

순번	인증 내용	인증 기관	기준	비고
1	성능인증 (NEP, NET, EPC, K마크 등)	· 산업부 · 국토부 · 중기부 등	· 국내외 규격 및 성능 관련 자체 규격	임의인증(개발 제품에 대한 신기술, 신제품, 성능인증 등)
2	ISO 품질관리체계 인증	· 제3자 적합성인증기관	· ISO/TS 22163	임의인증(철도 부품 제작자 품질관리체계 인증)

다. 단계별 시장 진입 전략

● 트램용 국산화 독자모델 시제품 출시단계에서 기술 개발된 핵심 요소 공정을 세분화하고 모듈화하여 국내 트램시장에 진입하고, 해외 전시회를 통해 국산화 모델을 소개 및 사업 아이템으로 활용 함

● 초기에는 내수 시장을 중심으로 마케팅을 극대화하고 중기적으로 정부 부처의 네트워크 및 KOTRA 등 해외공관을 이용하여 시장 공략을 적극 추진

구분	단기 전략	중장기 전략
출시 제품	트램용 관절장치 독자 모델	고성능 저중량 트램용 관절장치 독자 모델
진입 분야	철차 분야	철차 분야
타겟	국내 트램 시장	해외 트램 시장

라. 지적 재산권 확보전략

핵심기술별 특성을 바탕으로 지적 재산권 확보 전략을 수립

- 트램 곡선 추종성 기술 전략

  - 관절장치는 노면에 설치된 궤도에 운행되는 정상트램의 차량별 연결과 회전을 가능하게 해주는 장치로 곡선반경이 작은 노선에서도 주행할 수 있도록 관절장치의 상하 연동 기구부, 베어링부 등 설계 기술 확보

- 관절장치 제작 기술 전략

  - 저상트램(5량/편성)의 표준 편성과 사양 선정을 명확히 규제하고, 관절장치의 설계·생산·평가 기술을 개발함으로써 상하부 관절장치, 베어링부, 댐퍼부 제작 기술 확보 필요

- 관절장치 성능평가 기술 전략

  - 관절장치의 성능평가는 내구성·안정성 등 측면에서 충격성 평가할 수 있는 기술로 강도, 내구성 측면에서 기술 필요

  - 충돌사고 시 충격량을 산정(EN 15227) 기술을 확보하고 실차 시험과 모니터링 평가로 관절장치 성능평가 기술 확보

  - 곡선반경 25미터, 50미터 등에서 실차 시험이 가능한 곡선 추종성 성능평가 기술 확보

  - 최대속도 70km/h에서 1000km 안전성에 대한 모니터링 평가를 통하여 내구성 평가 실시

1) 지식재산권 신청기술의 정의

순번	기술의 명칭	확보가능 특허	건수	등록시점
1	트램 곡선 추종성 기술	– 관절장치 상하 연동 기구부, 고강도/고내구성 관절장치용 베어링부 설계 기술 – 운행환경(곡선반경, 차량제원)에 따른 관절장치 시스템엔지니어링 기술	2	2022년
2	관절장치 제작 기술	– 상하부 관절장치, 베어링부, 댐퍼부 제작기술	1	2023년
3	관절장치 성능평가 기술	– 정하중 강도 및 내구성 피로강도 성능평가 기술 – 충돌사고 시 충격량 산정(EN 15227) 기술	2	2024년
합계		–	5	–

2) 선행기술조사를 통한 차별성 검토

- 관절장치 관련 특허동향 조사 결과를 토대로 등록특허 기준, 존속기간 유예 등을 고려, 해당 과제와 유사한 특허 3개를 도출하여 비교 분석 수행

선행특허 기술명		주요기술과의 차별성				본 기술과의 차별성
		1	2	3	4	
P-4	토크 리미트 기능을 가지는 바이모달 트램의 구동장치(traction motor having Torque limit function of Bimodal Tram)	○	○	○	○	바이모달 트램 구동장치 개발에 관한 기술로 관절장치 기술 개발과는 무관
P-6	트램 분기기용 선로전환장치(switch device for tram turnout)	○	●	○	○	트램 분기기용 선로전환장치에 관한 기술로 관절장치 기술과는 차별성 존재
P-7	호이스트용 구동 조립체 및 장치(DRIVE ASSEMBLY AND APPARATUS FOR HOIST)	○	◐	○	○	모터 트랜스미션과 커플링 스플 구조 및 조립 기술로 관절장치 개발과는 차별성 존재

※ ○: 관련성 낮음, ◐: 일부 유사, ●: 차별성 높음

3) 보유 지적재산의 보강 전략

- 현재까지 국내에서는 개발되지 않은 트램용 관절장치의 독자적인 모델 개발로 국산화를 통한 지적재산권 확보 필요

보 강 전 략	
문 제 점	해 결 방 안
· 연관성이 일부 존재하는 1건의 등록특허는 구동 조립체 및 장치기술에 관한 일부 권리 존재	· 곡선추종성 기술 접목을 통한 트램용 관절장치 개발로 및 권리확보가 가능
회 피 전 략	
문 제 점	해 결 방 안
–	· 트램의 곡선추종성을 고려한 관절장치 최적 설계 기술 마련으로 권리 확보 가능

4) 신청기술의 방어전략

- 신청기술의 사업화와 관련하여, 분쟁 가능성이 높은 특허에 대해서는 방어전략이 필요하며, 타사의 특허를 침해할 가능성이 있는 경우에는 사전에 타사 특허에 대한 대응방안을 마련

선행특허기술명	방어전략
P-7 호이스트용 구동 조립체 및 장치(DRIVE ASSEMBLY AND APPARATUS FOR HOIST)	· 기존 트램 구동 조립체 및 장치의 구조적 설계 기술은 관절장치 제작기술과는 상이함에 따라 차별적 권리 확보 가능

11.6 투자계획

가. 투자 규모

- 총 66.55억 원/4년 중 정부출연금 49.90억 원(75%) 대비 민간부담금 16.65억 원(25%)으로 구성된 정부주도 사업추진

<표 VII-125> 총 투자계획_관절장치

(단위 : 억 원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	총계
정 부	-	12.00	13.90	12.00	12.00	-	49.90
민 간	-	4.00	4.65	4.00	4.00	-	16.65
합 계	**-**	**16.00**	**18.55**	**16.00**	**16.00**	**-**	**66.55**

나. 소요 재원

- 관절장치 부품개발을 위한 연구개발 소요재원은 전체 소요재원 중 연구개발비가 77.5%로 51.57억 원을 소요

<표 VII-126> 연구활동별 집행기준_관절장치

(단위: 억 원)

구분		총사업비				비율
대항목	소항목	국고	지방비	민간	합계	
1. 연구개발		49.90	-	1.67	51.57	77.5%
2. 연구시설 및 장비	시설	-	-	-	-	0.0%
	장비	-	-	14.98	14.98	22.5%
3. 기타(Feedback R&D 포함)		-	-	-	-	0.0%
합계		**49.90**	**-**	**16.65**	**66.55**	**100.0%**

다. 소요 예산 산출근거

핵심기술별 연구개발비

- 구성기술별 연구개발비 내역은 다음과 같음

<표 VII-127> 핵심기술별 연구개발비_관절장치

(단위 : 억 원)

과제명	구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	총계
저상 트램용 관절장치 개발	트램 곡선 추종성 기술	정 부	-	3.00	3.70	3.00	3.00	-	12.70
		민 간	-	1.00	1.25	1.00	1.00	-	4.25
		소 계	-	4.00	4.95	4.00	4.00	-	16.95
	관절장치 제작 기술	정 부	-	3.00	3.40	3.00	3.00	-	12.40
		민 간	-	1.00	1.20	1.00	1.00	-	4.20
		소 계	-	4.00	4.60	4.00	4.00	-	16.60
	관절장치 성능평가 기술	정 부	-	3.00	3.40	3.00	3.00	-	12.40
		민 간	-	1.00	1.20	1.00	1.00	-	4.20
		소 계	-	4.00	4.60	4.00	4.00	-	16.60
	최적 냉각 기술	정 부	-	3.00	3.40	3.00	3.00	-	12.40
		민 간	-	1.00	1.00	1.00	1.00	-	4.00
		소 계	-	4.00	4.40	4.00	4.00	-	16.40
합 계			**-**	**16.00**	**18.55**	**16.00**	**16.00**	**-**	**66.55**

연구시설 및 장비 소요예산 산출 근거

- 민간부담금 100%(14.98억원) 구축예정으로 해당없음

라. 소요인력

- 1차년도에는 기본 및 상세설계, 2차년도에는 시작품 제작, 3차년도에는 시제품 제작 및 성능시험, 4차년도에는 실제 차량에 장착하여 신뢰성을 시험하는 절차로 진행

- 2차년도에 주요 부품들의 시작품 제작, 3차년도에 시제품 제작 및 성능시험 등이 진행되므로 인력을 가장 많이 투입하며, 4차년도에는 시험결과에 따라 부품을 수정·보완하고 지속적인 모니터링에 필요한 소요 인력 반영

〈표 VII-128〉 소요 인력 및 참여율_관절장치

(단위: M/Y, %)

과제	핵심구성기술	직급	2020		2021		2022		2023		2024		2025		합계 (명)
			투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	
1-11	트램 곡선 추종성 기술	책임연구원	-	-	1	35%	1	40%	1	35%	1	35%	-	-	4
		선임연구원	-	-	3	40%	3	55%	3	40%	3	40%	-	-	12
		연구원	-	-	3	25%	2	40%	3	25%	3	25%	-	-	11
		소계	-	-	7	-	6	-	7	-	7	-	-	-	27
	관절장치 제작 기술	책임연구원	-	-	1	35%	1	40%	1	35%	1	35%	-	-	4
		선임연구원	-	-	3	40%	3	50%	3	40%	3	40%	-	-	12
		연구원	-	-	3	25%	2	35%	3	25%	3	25%	-	-	11
		소계	-	-	7	-	6	-	7	-	7	-	-	-	27
	관절장치 성능평가 기술	책임연구원	-	-	1	35%	1	40%	1	35%	1	35%	-	-	4
		선임연구원	-	-	3	40%	3	50%	3	40%	3	40%	-	-	12
		연구원	-	-	3	25%	2	35%	3	25%	3	25%	-	-	11
		소계	-	-	7	-	6	-	7	-	7	-	-	-	27
	최적 냉각 기술	책임연구원	-	-	1	0.35	1	0.5	1	0.35	1	0.35	-	-	4
		선임연구원	-	-	3	0.4	3	0.45	3	0.4	3	0.4	-	-	12
		연구원	-	-	3	0.25	2	0.3	3	0.25	3	0.25	-	-	11
		소계	-	-	7	-	6	-	7	-	7	-	-	-	27
연도별 합계			**-**	**-**	**28**	**-**	**24**	**-**	**28**	**-**	**28**	**-**	**-**	**-**	**108**

11.7 파급 효과

■ **(시장경제적 효과)** 미래 교통수단을 주도할 성장 동력 교통수단 트램

- 친환경적인 교통수단인 트램의 국내 판로 참여 고부가가치적 사업

  - 국내 서울, 대전, 수원 등 국내 12여개 이상 지자체에서 무가선 저상트램 도입을 추진하고 있어 수년 안에 새로운 시장 확대가 예상

  - 저상트램용 관절장치는 고가제품으로 수입대체 효과가 크며, 향후 국내시장 뿐만 아니라 해외시장 진출시 시장의 규모가 광범위 예측

- 신규시장매출액: 약 288억원(연간 약 19.2억원)

  - 240편성 × 4 SET/편성 × 0.3억원(관절장치 단가)

- 저상트램 신규 도입 추정: 2026~2040년까지 240편성(1,200량, 5량/편성 기준)

국내 트램 예상 수요 도출근거

☐ 편성수 산정식 : N = (T+t)*2/P + 예비편성수

* N : 편성수, T : 시·종착역간 소요시간(분), t : 양단역 회차시간(분), P : 최소 운전시격(분)

☐ 가정 : 표정속도 20km/h, 최소 운전시격 7분, 양단역 회차시간 5분

☐ 6km 노선의 소요편성수 산출 예시

노선길이 (km)	표정속도 (km/h)	시,종착역간 소요시분	양단역의 회차시분	최소운전시격	운용편성수	예비편성	총편성수
6	20	18	5	7	7	2	9

☐ 국내 지자체 트램사업 추진현황 및 예상편성수

< 국내 지자체 트램사업 추진현황('17.6기준) >

도시/노선명	노선연장	비용 (억원)	현황	NPV (억원)	IRR(%)	B/C	AHP	소요편성수
수원 도시철도 1호선	6.0km	1,763	-도철구축망계획승인 -민자제안 PIMAC 검토	-	-	0.85	-	9
대전 도시철도 2호선	36.0km	6,649	-노선별기본계획 변경신청	3.5	5.06	1.001	-	37
서울 위례경전철	5.4km	1,800	-도철구축망계획승인 -민자제안 PIMAC 검토	-186	4.1	0.92	-	9
화성								
동탄1호선	22.6km	7,692	-도철구축망계획 변경 신청	-	-	1.09	-	24
동탄2호선	17.1km	2,274		-	-	0.86	-	19
성남시								
성남1호선	10.4km	2,382	-도철구축망계획 변경 신청	-	-	0.7	-	13
성남2호선	13.7km	3,538		-	-	1.02	-	16
시흥시 오이도연결선	6.55	1,760	-도철구축망계획 신청	-	-	0.74	-	10
부천시 1호선	9.09	2,381	-도철구축망계획 신청	-	-	0.92	-	12
인천시			-					
영종내부순환선 1단계	14.8	4,438	-도철구축망계획 신청	-	-	1.03	0.494	17
송도내부순환선 1단계	7.4	1,590		-	-	0.76	0.422	10
부산시			-					
강서선	21.3km	5,241	-도철구축망계획 심의통과 (국토위)	314	5.7	1.047	0.5	23
C-bay-park선	9.1km	5,002		-439	4.3	0.920	0.43	12
정관선	12.8km	3,755		-461	3.9	0.896	0.31	15
울산시 도시철도1호선	16km	-	-도철구축망계획 용역	-	-	1.18	-	18
합계								244

*출처 : 국토교통부 R&D과제 연구성과인 "무가선 저상트램 실증 기획연구 보고서,2017.

* 소요편성수는 산정식으로 계산한 값임

- 관절장치 단가: 약 0.3억원(12개 지자체 240편성, 4SET/편성 기준)

● 해외신규시장매출액: 연간 약 8억원(2030년 기준, 해외트램시장 연간 63편성(315량) 4SET/편성, 예상점유율 10%)

- 수입 대체 효과
- 20%로 절감 효과를 목표로 진행 계획
- 수입 관절 장치 비용 : 약 3천만원

● 국외시장

- 16년 국외 트램 판매 시장 : 3조원 (추정)
- 16년 국외 트램 판매 수 : 1,000대 (추정)
- 17년 이후 판매 예상 : 년간 10% 성장 예상됨

● 해외 관절 장치의 시장 가치

- 향후 5년간 : 1년후 1,100대 , 2년후 1,200대 , 3년후 1,300대 , 4년후 1,400대, 5년 후 6,500대 이상의 트램 시장이 예상
- 누적 예상 수량 6,500대
- 시장 가치 : 6,500대 × 4 × 3천만원 = 7,800억원(예상)(년간 1,560억원)
- 사업 완료 1년 후 국외 시장 진출 목표 : 5 % = 78억원(년간)
- 사업 완료 5년 후 국외 시장 진출 목표 : 20 % = 312억원(년간)

■ **(과학기술적 효과) 미래용 교통 수단 트램의 사업 기반 미리로 인해 국가적 트램용 핵심 기술의 선도 주자가 되고 R&D 및 과학기술 역량 강화**

● 해외 도입부품의 역설계를 통해 제품의 특성을 파악하고 국내 트램 시험장에서 주도적인 평가 시험을 통해 기술 확보

■ **(사회문화적 효과)** 사회적·국가적·글로벌 이슈인 CO2 배출 문제 해결을 위한 트램의 도입으로 인하여 친환경적인 교통 수단으로 많은 교통 인원의 수용으로 교통문제와 환경 문제 해결 가능

■ **(타 산업 파급효과)** 트램용 핵심 부품의 관절 장치 개발로 인한 미래 교통 수단의 수입 대체 품목의 국산화 산업 패러다임을 주도할 산업기반

● 글로벌 경쟁력을 갖춘 트램용 관절 장치 개발 성공으로 인하여 다른 핵심 부품의 국산화 개발로 세계시장 선점이 가능한 글로벌 철도 산업으로 창출 및 육성함으로써 미래 산업을 구조조정

11.8 유사·중복성 검토 및 연계추진 방안

가. 유사과제 현황

No.	과제기간	부처명	사업명	내역사업명	과제명
1	2009~2011	중소기업청	중소기업 상용화기술개발	-	KTX 객차용 차체-대차 연결장치 국산화 개발

나. 차별성 및 연계 추진방안

- 기존 선행 연구는 무가선 저상트램 시스템 개발연구들로 저상트램 배터리의 성능 개선과 현차시험 위주로 개발됨에 따라 본 과제인 고강도 경량화된 모듈타입의 관절장치 개발 과제와는 차별성 존재 국내에서 연구개발과제로 진행된 이력이 없음

<표 VII-129> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(저상트램용 관절장치)

본 사업 과제명	저상트램용 관절장치 개발		
기존 유사과제명	KTX 객차용 차체-대차 연결장치 국산화 개발('09~'11)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 한국형 고속전철의 차체-대차 연결장치 개발	■ 저상트램용 관절장치 제작 및 성능평가 기술 개발	■ 기존과제는 차체 및 대차와의 연결장치 연구개발로 본 과제인 저상트램용 관절장치 개발과는 차별성 존재
과제규모	■ 6억원	■ 66.55억원	-
TRL단계	■ 3~5단계(성능평가 실험)	■ 5~8단계(시작품 제작 및 실용화)	-
과제목표	■ 현 KTX 차체-대차 연결장치 동등 이상의 부품 성능 및 수명 확보	■ 저상 트램용 관절장치의 국산화 개발	■ 곡선 추종성 및 내구성 성능이 확보된 저상 트램용 관절장치 개발
기존 기술과의 연계방안	■ 연결장치 부품의 설계 및 성능기준 검토		

다. 선행사업 핵심기술과의 연계성 검토

- 국토교통부 철도기술 연구개발사업을 통해 확보한 핵심기술을 기반으로 본 사업 개발부품 구성기술과의 연계방안을 검토

  - 기존, 운행 구간별(직선/곡선) 주행장치 조향제어기술, 차륜 횡압 저감 기술을 접목하여 차량/관절장치 간 상하연결 기구부 설계 기술등에 활용 및 연계 가능

※ 기존 사업의 핵심기술과 본 연구개발 사업 부품별 구성기술간의 연계는 제7장 「세부기술 개발계획」 내 제4절 「3.통합로드맵」 참조

<표 VII-130> 선행사업 핵심기술 연계(저상트램용 관절장치)

본 사업 과제명	**저상트램용 관절장치 개발**
기존 유사과제명	**차륜/레일의 마모저감을 위한 능동조향대차 기술 개발('13~'18)**
핵심 기술명	운행 구간별(직선/곡선) 주행장치 조향제어기술, 차륜 횡압 저감 기술
▼	
본 과제 구성 기술명	**차량/관절장치 간 상하연결 기구부 설계기술**
기존 기술과의 연계방안	■ 차량/관절장치 간 상하연결 기구부 설계기술, 관절장치 충격흡수 구조해석 기술, 최소 곡선 반경(R25)용 관절장치 설계 및 제작기술, 차륜과 선로간 횡압력저감 기술개발에 연계

제3절 중점분야2 미래시장 선도형 부품개발

정의

- 향후 시장 선도가 가능하고 시장규모가 클 것으로 예상되는 부품을 선별하여 TRL 5~6까지 기술개발을 지원함으로써 철도부품시장에서의 경쟁력을 제고하고 세계시장 진출기반 마련

추진방향

- 완성차업체 또는 해외시장의 요구성능을 파악하여 경량화 소재, IoT 기술 등을 접목한 미래 시장 선도형 고성능 철도차량 부품 개발 추진

세부전략

- 중점분야2의 7개 세부과제는 총괄과제의 부품별 수요처 요구사항 및 시험인증 대상, 공동현차적합성 검증시험 등을 위한 추진일정을 협의하여 추진

<표 VII-131> 중점분야2 세부과제

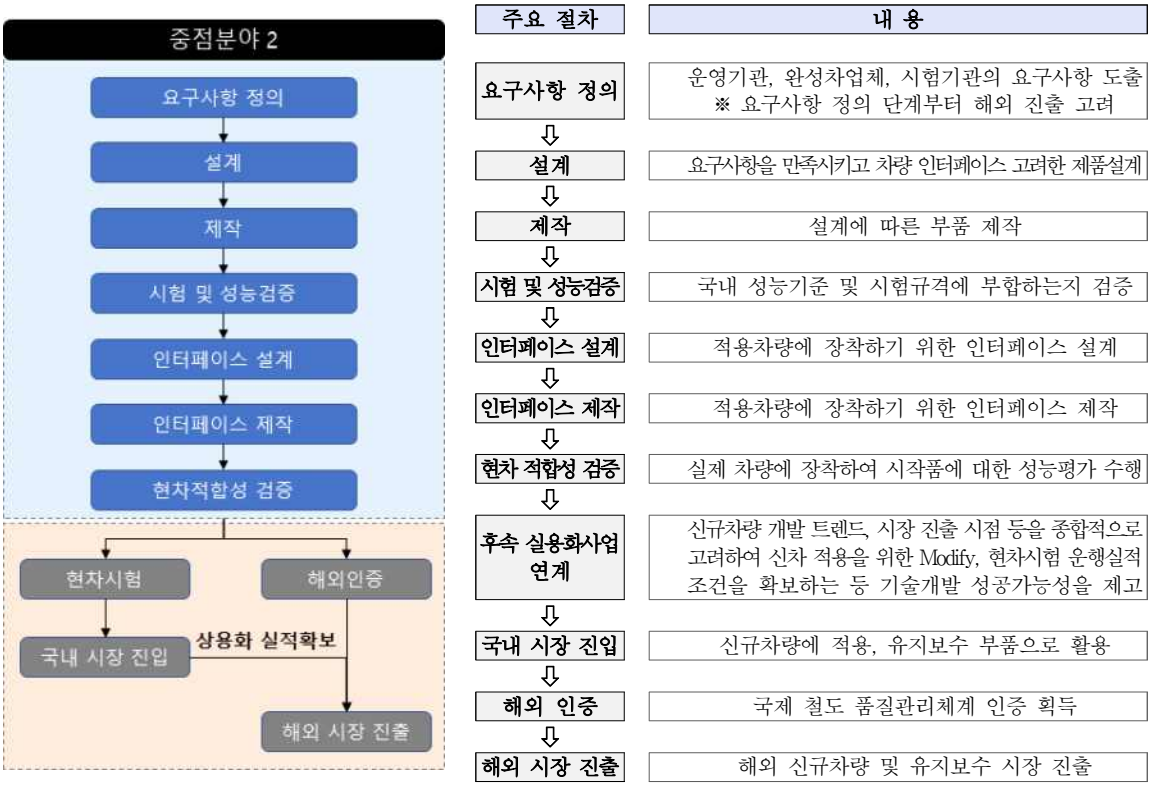
분야		No.	차종		세부과제
미래 시장 선도형 부품 개발	추진 장치	1	고속	EMU	희토류 저감형 영구자석 동기전동기 (고속철도용 추진제어시스템 경량·효율화)
		2	도시	전동차	마그네틱 기어드 방식 동력전달시스템 (도시철도용 동력전달시스템 경량·효율화)
		3	도시	전동차	ESS 일체형 추진제어시스템 (도시철도용 추진제어시스템 경량·효율화)
	전력 변환 장치	4	고속	EMU	컨버터 일체형 반도체변압기 (고속철도용 전력변환장치 경량·효율화)
		5	도시	전동차	외장코어형 컴팩트 주변압기 (도시철도용 전력변환장치 경량·효율화)
	전장 제어 기기	6	도시	전동차	개방형 네트워크 프로토콜 기반 통합제어플랫폼 (도시철도용 전장제어기기 상호호환성 확보 기술)
	입화 자동화	7	물류	화차	자동 연결·분리 시스템 (물류차 입환 자동화 기술 개발)

- 총괄과제는 철도분야 관계처(철도운영기관, 차량제작사, 인증기관 등)의 요구사항이 각 부품별 설계 등에 반영되도록 지원하고, 체계적인 시험 및 인증절차 수행을 지원

  - 부품별 단품 및 구성품에 대한 인터페이스 설계·제작 요구사항이 반영되도록 지원

  - 기술확보를 위해 특허 등 지적재산권의 질적 수준을 높이고, 해외 시장에서 요구하는 인증 등을 고려하여 개발 및 성능검증 지원

- 시장 요구 시 선제적 대응을 위해, 기술확보(현차적합성검증 단계)까지 완료



<그림 VII-183> 중점분야2 단계별 추진전략

- 단, 본 사업에서는 중점분야2의 경우 신규차량 트렌드 및 미래선도 기술 우선 확보 측면에서 TRL 6단계까지 진행되는 점을 감안하여 실용화(TRL 7~8) 단계에 해당하는 현차시험 운행실적 확보 등은 정부, 민간 후속 실용화 추진을 통해 시장진입 가능성 제고

  - 후속 실용화연계 사업은 국고지원으로 추진할 시, 국토교통부의 「국토교통기술사업화 지원사업」과 중소벤처기업부의 「구매조건부 신제품개발사업」 등과의 연계를 우선 고려하되, 민간 주도의 자체 사업화를 통해서도 실용화 가능

※ 단, 후속 실용화 추진 시 소요되는 추가비용은 일몰대상 사업이기는 하나 지원 성격이 가장 유사한 국토교통부 철도기술연구사업의 「실용화문턱과제」 비용으로 추산

  - **(국토교통기술사업화지원사업)** : 공공기관 및 중소기업이 보유한 국토교통분야 연구개발 결과의 기술이전을 통해 실질적인 산업적 성과(미래신성장동력 확보, 강소기업 육성 등)를 창출할 수 있도록 지원하는 사업

※ 사업추진 근거 : 「국토교통과학기술 육성법」, 「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정(대통령령)」, 「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 시행규칙(과학기술정보통신부령)」, 「국토교통소관 연구개발사업 운영규정」, 「국토교통 연구개발사업 관리지침」 등에 의거

※ 지원내용 : 국토교통 R&D 지원분야를 대상으로 ① 공공기술 중소기업 이전 및 사업화, ② 중소기업 보유기술 사업화, ③ 국토교통 안전기술 사업화, ④ 서비스 R&D 융합기술 사업화 등을 지원

※ 지원가능 분야 : 철도차량 부품개발사업 후속실용화 연계 검토 대상으로는 ① 공공기술 중소기업 이전 및 사업화, ② 중소기업 보유기술 사업화 분야 지원 가능

※ 연구비 규모 및 기간 : 4년 이내, 총 정부출연금 30억원 미만 지원 가능

〈표 VII-132〉 국토교통 기술사업화지원사업 유형별 지원조건

지원유형 (품목지정형 자유공모)	① 공공기술 중소기업 이전 및 사업화	② 중소기업 보유기술 사업화	③ 국토교통 안전기술 사업화	④ 서비스 R&D 융합 기술 사업화
연구분야	**대학·출연연, 공사(단) 등 공공연구기관으로부터 이전받은 기술의 사업화**	**중소기업이 자체 보유한 기술의 사업화**	사회기반시설의 안전성 확보와 화재, 교통사고, 재난·재해 등사전 예방이 가능한 기술의 사업화	기존 R&D 시제품 성과에 ICT 기반 유지관리 기술 적용 등 사용자 맞춤형 서비스 기술의 사업화
총 연구기간	4년 이내			
지원범위	**- 총 정부출연금 30억원 미만** - '18년 정부출연금 6억원 이내 - 정부출연금은 총 연구비의 60% 이내(민간부담금 40% 이상)			
기타사항	대학, 출연연과 체결한 기술이전계약서(또는 기술실시의향서) 필요			

*출처 : '18년 국토교통기술사업화지원사업 시행계획, 국토교통과학기술진흥원(2018)

- **(구매조건부 신제품개발사업)** : 국내·외 수요처 및 투자기업의 구매 수요가 있는 중소기업의 기술개발을 지원함으로써 중소기업의 기술 경쟁력 제고와 판로 확보를 통한 기업성장을 제고하는 사업

※ 지정공모 방식 : ① 국내 수요처-대·중견기업, 일부 중소기업, 공공기관, 정부, 지자체 등에서 구매의사를 밝히고 기술개발을 제안하는 과제 ② 민관공통투자-R&D협력펀드 조성에 참여한 투자기업에서 구매의사를 밝히고 기술개발을 제안하는 과제

※ 지원대상 : 수요처(투자기업)에서 제안한 기술개발을 수행할 능력이 있고 수요처(투자기업)의 구매동의서, 추천서, 개발요청서류를 발급받은 중소기업

※ 지원부분 : 개발과제의 기술개발 및 시제품 제작(목형제작(Mock up), 시험분석, 성능인증, 디자인 등)에 필요한 자금

※ 연구비 규모 및 기간 : 국내수요처 과제의 경우, 최대 2년, 5억원 이내(연간 2.5억원) 지원

〈표 Ⅶ-133〉 구매조건부 신제품개발사업 유형별 지원조건

(단위: 억 원)

세부과제명	개발기간 및 지원한도	출연금	민간부담금	
			중소기업	수요처(투자기업)
국내수요처과제	**최대 2년, 5억원 이내 (연간 2.5억)**	총 사업비의 60% 이내	25% 이상 (현금 60% 이상)	15% 이상 (현금 20% 이상)
해외수요처과제	최대 2년, 5억원 이내 (연간 2.5억)	총 사업비의 65% 이내	35% 이상 (현금 60% 이상)	-
민관공통투자과제	최대 2년, 10억원 이내 (정부+투자기업)	총 사업비의 75% 이내 (정부+투자기업)	25% 이상 (현금 60% 이상)	대기업, 공공기관 37.5% 이내, 중견기업 30%이내

*출처 : '18년 구매조건부 신제품개발사업 시행계획, 중소벤처기업부(2018)

- **(후속실용화사업 추진)** 사업종료 1년 전(2024년) 중점분야2에 해당하는 부품의 R&D 성과 및 시장여건(시장 성숙도, 차세대 신차도입 계획 등)을 고려하여 추가 현차시험을 통한 운행실적 확보, 해외인증획득 활동지원 등 TRL 8 수준까지의 후속실용화를 지원하는 국토교통부 후속 실용화 R&D 사업 기획을 통한 연계 검토

중점분야2 세부기술개발과제 선정 및 연구내용 혁신성

- 중점분야2는 해외 선진사의 부품개발 동향, 경량화 및 에너지 효율향상 추구의 미래 철도차량 트렌드 등을 고려하고 시장진출시 파급효과가 큰 추진장치, 전력변환장치 등 핵심부품 위주로 선정

- (고속철도용 영구자석식 동기전동기) 고가의 희토류 영구자석 사용을 최소화하면서도 경량화 및 효율향상이 가능한 동기전동기 개발을 위해 reductance 토크 활용 기술 등을 적용하며, 해외 제품의 경우 도시철도용만 개발됨

※ 기존 유도전동 대비 부피 및 중량 20% 저감, 인버터 기대수명 1.5배 향상

- (마그네틱 기어드 방식 동력전달장치) 비접촉식 마그네틱 기어 방식이 철도에 적용된 사례가 없으며, 기존 기계식 감속기 대비 소음/진동을 획기적으로 저감하고 경량화 가능한 혁신 기술임

- (ESS 일체형 추진제어시스템) 회생전력 수용을 위한 ESS가 기존에는 별도 설치되어 있고, 차상용 ESS와 추진제어시스템 일체형은 국내외 전무

※ 분리방식 대비 중량 15% 저감

- (컨버터 일체형 반도체 변압기) 기존 개별 설치되는 변압기와 컨버터를 반도체 소자를 활용하여 일체화함으로써 소형경량화 가능하며, 지멘스 등이 기술은 보유하고 있으나 아직까지 실용화되지 않음

※ 전력회로 30% 경량화/소형화

- (외장코어형 컴팩트 주변압기) 기존 냉각기가 필요한 강제냉각방식과 달리 변압기 코어를 외함 밖으로 노출시킴으로써 냉각기가 불필요한 자연냉각방식의 주변압기 개발

  - 현재 일본은 개발하여 신간선 차량에 적용 중이며, 유럽은 ABB사에서 개발한 상태로 기술확보 및 실용화 추진 필요

※ 기존 유입식 변압기 대비 손실 10% 감소, 중량 20% 저감

- (자동 연결·분리 시스템) 국내 열차 분리결합은 수동방식이나, 미국 등은 무선 원격조종 장치(OCU : Operater Control Unit)를 개발하여 활용 중

  - 그러나 원격 자동입환을 위한 화차용 연결기와 원격감시 및 제어를 위한 컨트롤 센터는 전세계적으로 기술개발이 전무한 실정

  - 위치센서, 무선통신 등 첨단기술의 융합

예산규모

- 7개 부품을 총 1,141.01억원(1단계 364.94억원 / 2단계 776.07억원)으로 추진

No.	사업비 규모(단위: 억원)						
	1단계			2단계			합계
	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
2-1	-	20.00	34.67	50.32	31.36	24.00	160.35
2-2	-	12.00	16.00	16.00	20.00	24.00	88.00
2-3	-	-	10.80	18.40	24.30	13.20	66.70
2-4	-	19.80	40.90	46.50	46.50	31.90	185.60
2-5	-	-	12.00	17.34	26.67	17.34	73.35
2-6	-	39.17	99.60	107.66	77.12	56.46	380.01
2-7	-	13.00	47.00	47.00	47.00	33.00	187.00
합계	**-**	**103.97**	**260.97**	**303.22**	**272.95**	**199.90**	**1,141.01**
	364.94			**776.07**			

1. 희토류 저감형 영구자석 동기전동기(고속철도용 추진제어시스템 경량·효율화)

1.1 연구개발 배경 및 필요성

가. 기술의 정의

영구자석 동기전동기의 정의

- 부품의 기능 및 역할

  - (추진시스템) 전차선에서 전류를 공급받아 견인전동기를 회전시켜 나오는 힘을 차륜에 전달하여 필요한 추진력을 얻는 원리로 동작하며, 견인전동기와 견인전동기 제어를 위한 전력변환장치(인버터)로 구성

  - (견인전동기) 열차에 탑재된 주변압기를 통해 공급되는 전기에너지를 기계에너지로 변환하여 열차의 진행에 필요한 견인력을 공급하며, 고속열차에는 주로 유도전동기와 영구자석형 동기전동기가 견인전동기로 사용

  - (인버터) 철도차량의 주변압기와 견인 동기전동기 사이에 설치되어 견인 동기전동기에 전력을 공급하며, 전동기의 회전 속도 및 토크 등을 제어

- 핵심기술에 대한 정의

  - 고속철도에 견인력을 제공하기 위한 전동기로 영구자석 동기전동기를 채용하고 다상 방식을 적용하여 영구자석 동기전동기의 안전성 향상

  - 영구자석 동기전동기 최적설계를 통해 고가의 희토류 영구자석의 사용량을 저감하는 기술을 개발하여 전동기의 단가를 절감하고 에너지 효율 향상 및 경량화 달성

  - 다상 영구자석 동기전동기 제어용 인버터 설계 및 인버터 효율 향상, 안정성 향상 기술

- 용어 정의

  - (동기전동기) 동작원리에 따라 전동기는 크게 직류전동기, 유도전동기, 동기전동기로 나눌 수 있으며, 동기전동기는 외측의 고정자가 만들어내는 회전자계와 중심의 회전체가 같은 속도로 회전하는 방식

  - (영구자석 동기전동기) 동기전동기가 동작하기 위해서는 회전체가 일정한 자기장을

생성하여야 하는데, 이러한 자기장을 권선이 아닌 영구자석을 이용하여 생성하는 방식으로, 효율 측면에서 우수

- (희토류 영구자석) 사마리움 코발트, 네오디뮴 등 희토류를 포함하는 영구자석으로 높은 성능을 가지지만 동시에 고가의 합금

- (인버터) 직류를 교류로 바꾸기 위한 전기적 장치

나. 연구개발 배경

현황 및 문제점

- 추진시스템 기술은 철도차량에 있어 가장 중요한 주행 성능에 직접적인 영향을 끼치는 기술로 철도산업의 경쟁력 및 기술 수준을 결정하는 핵심 요소기술임

  - 철도 선진국들은 모두 추진시스템 기술을 보유하고 있음

- 추진시스템 관련 부품은 철도차량의 각 구성부품 가운데 상당 부분의 중량(차량 중량의 약 20%)과 부피(차량 설치 기기의 50% 이상)를 차지하고 있으며, 철도차량 주행 에너지의 90% 이상을 소비하는 대전력 기기로 구성되어 있어, 추진시스템의 경량화 및 효율향상은 철도차량의 운행 에너지 효율 향상과 직결됨

- 기존의 철도차량용 구동 장치는 주로 3상 유도전동기 시스템으로 구성되어 있으며, 유도전동기는 최대 효율에 제한이 있어(최대 92%) 유도전동기 기반의 추진시스템은 시스템 크기 및 무게를 줄이는데 한계가 있음

- 기존의 3상 구동방식은 전동기 또는 인버터의 한상에서 고장이 발생하였을 때 전체 시스템이 동작 불가하여 안전성이 낮고, 다상 구동방식에 비해 소음, 제어정밀도 등 측면에서 불리함으로 대안 마련 필요

시사점

- 철도차량 수요자인 철도운영기관은 성능신뢰성 등을 이유로 해외제품을 선호하고 있으며, 국내 제어장치 기업은 영세성과 기술력부족 등으로 기술개발을 기피하는 악순환이 반복됨

  - 신제품 개발 시에도 신뢰성 평가기반 부재, 마케팅 역량 부족으로 시장진입 어려움

  - 차량제어기는 현차 적용을 통하여 신뢰성을 인정하므로, 신규 제어기 제작사의 신뢰성 평가를 위한 시험·테스트 지원이 가능한 국내기관이 없음

- 철도차량의 소비에너지 및 중량 저감을 위하여 영구자석 동기전동기의 적용 및 고효율화를 위한 연구가 유럽, 일본을 중심으로 활발히 진행중이며, 혁신적으로 무게를 줄이기 위한 영구자석 동기전동기의 연구에 집중되고 있음

  - 최적성능의 보증 및 무게 절감을 위해 가장 높은 에너지를 갖는 영구자석을 사용한 영구자석 동기전동기의 설계 적용

  - 전동기의 기본 성능, 냉각성능 및 보수성을 고려한 영구자석 동기전동기의 극 조합 및 냉각 구조의 최적화

  - 영구자석 동기전동기의 조립 구조 및 신뢰성 확보를 위한 구조 연구 필요

다. 연구개발 필요성

과학기술적 중요성

- 추진시스템 기술은 철도차량의 가장 중요한 기능인 차량이 주행을 할 수 있도록 가속 및 감속을 담당함

- 철도산업의 경쟁력 및 기술 수준을 결정하는 핵심 요소기술

- 철도분야의 세계적인 대표 기업들은 모두 추진시스템기술을 보유하고 있으며, 추진시스템 기술을 선도하는 기업이 소속된 국가가 현재의 철도선진국으로 나타남

- 국내 철도차량 부품산업을 추종형 산업에서 선도형, 신성장 동력산업으로 전환할 수 있는 대표적인 미래선도형 기술개발 과제임

  - 프랑스, 독일, 일본 등에 있는 철도 선진기업의 경우 철도차량용 추진시스템의 안정성과 효율을 개선하기 위한 발전을 거듭하고 있는 반면 국내의 철도차량 추진시스템은 종래 기술의 틀에서 벗어나지 못하고 있는 실정

  - 안정성 향상 및 경량화 등 성능 개선, 유지보수 효율 향상을 위한 기술개발이 뒤쳐질 경우 또다시 철도산업이 외국기술에 종속될 가능성 있음

- 기존의 철도차량용 구동 장치는 주로 3상 유도전동기 시스템으로 구성되어 낮은 효율과 큰 부피를 가짐

  - 대부분의 철도 선진국들은 영구자석을 이용한 동기전동기를 적용하여 높은 효율과 출력밀도를 갖는 추진시스템을 개발하여 적용 중임

- 기존 구동장치의 구조적 한계성

- 유도전동기 기반의 추진시스템은 시스템 크기 및 무게를 줄이는데 한계가 있음
- 기존의 3상 구동방식은 전동기 또는 인버터의 한상에서 고장이 발생하였을 때 전체 시스템이 동작 불가하므로 안전성이 낮음

● 기존 구동장치의 성능적 한계성

- 견인전동기로 유도전동기에 따른 저효율 (최대 92%) 문제
- 3상 전동기와 인버터를 적용한 3상 시스템은 5상 시스템에 비하여 토크 리플이 약 60% 높으므로 진동과 소음 저감에 취약함
- 3상 구동 인버터는 인가할 수 있는 전압벡터가 8개이므로 32개의 인가 전압벡터를 갖는 5상 인버터에 비하여 제어 정밀도가 매우 낮음

● 최근 철도차량 견인전동기로 고효율, 경량화가 가능한 영구자석 동기전동기(PMSM)로의 개선 연구가 활발히 진행되고 있으며, 희토류 영구자석의 경우 가격상승과 저온에서의 영구자석 성능 저하에 따라 희토류 저감형 동기전동기의 개발 및 성능향상 연구가 필요

● 기존의 3상 구동 인버터는 고장에 취약한 구조를 가지고 있으므로 추진시스템의 안정성 향상과 고장 발생 시 3상으로 전환하여 비상운전 모드로 구동이 가능한 5상 시스템 도입이 필요함

시장경제적 필요성

● 추진제어시스템은 철도차량의 각 구성부품 가운데 중량(차량 중량의 약 20%), 부피(차량 설치 기기의 50% 이상)를 차지하고 있으며, 철도차량 주행 에너지의 90% 이상을 담당하는 대전력 기기로, 추진시스템의 경량화 및 효율향상은 철도차량의 운행 에너지 효율 향상과 직결됨

- 국내 철도분야 전력사용량 매년 급격한 증가 추세로 철도 전력 사용량의 2/3를 차지하는 전철전력이 매년 증가 추세이며, 특히 KTX가 도입된 2004년 이후 전철전력 사용량 증가율이 이전 15년에 비해 2.4배로 급증하고 있어 에너지 절약을 위한 대책이 시급



(인용 : 한국철도공사 전철전력사용량, 『철도통계연보』 2010)

〈그림 Ⅶ-184〉 철도공사 전철전력 사용량

- 철도에너지 증가에 따른 대책으로 철도시스템 구축 시 차량 부품 경량화를 세계적으로 추진하고 있으며 Talgo AVRIL 차량의 경우 차량 30% 경량화를 통해 약 18%의 에너지 절감 효과를 달성하였음

- 철도 현장 중심의 국내 철도기술 수준을 높여 열차이용의 안전성 및 유지보수성을 확보하여야 하나 철도기술은 선진국 대비 차량분야 83.5%('20), 시설분야 89.2%('20), 운영 및 환경분야 91.5%('20) 로 예상하고 있어 시급히 철도차량 분야에 기술개발이 필요함

- 대표적인 친환경 교통수단인 철도차량은 운행의 안정성 및 정시성 확보와 함께 유지보수 비용의 절감은 반드시 이루어져야 할 과제임

사회문화적 필요성

- 신형식의 견인전동기 설계 및 제어 기술 향상과 더불어 관련 전자제어 산업과 상용 전기차(버스, 트럭 등)산업에 활용 가능 등 파급효과 기대

- 견인전동기 및 전장품 관련 설계/제어/시험평가 전문인력 양성

- 학계, 산업계의 대용량 철도 추진시스템 관련 인력 확충 및 산업계 기술이전에 의한 신시장 창출과 일자리 창출에 기여

1.2 국내외 시장 및 연구개발 동향

가. 국외 시장 및 연구개발 동향

영구자석 동기전동기(PMSM : Permanent Magnet Synchronous Motor)

- 해외의 경우 소형 경량화 및 소비전력량 저감, 우수한 유지보수성 및 소음 특성을 갖춘 영구자석 동기전동기에 대한 수많은 연구 개발이 진행 중이며, 이를 토대로 다양한 철도견인용 전동기의 개발이 진행 중임

<표 VII-134> 철도차량에 영구자석 동기전동기를 적용한 사례

Operator	Trains	Manufacturer
NTV	25 x AGV high speed trainsets	Alstom
SBB	59 Twindexx double-dec EMUs	Bombardier
SNCF	31 x Citadis-Dualis tram-train vehicle	Alstom
SNCF	Regiolis EMUs - framework contract	Alstom
SNCF	Omneo EMUs - framework contract	Bombardier
Praha	15T ForCity low-floor tram	Skoda
Tokyo Metro	Series 16000 EMUs	Kawasaki
JR East	Series E331 EMUs for Tokyo services	Toshiba
Prototypes and other test trains		
Müchen U-Bahn	C19 metro trainset with Syntegra bogies	Siemens
China	Fuel Cell loco prototype	CNR Yongji
Sweden	Gröna Taget research EMU	Bombardier
Turkey	Citadis X04 low-floor tram	Alstom
Japan	Gauge-Changing Train 2	-

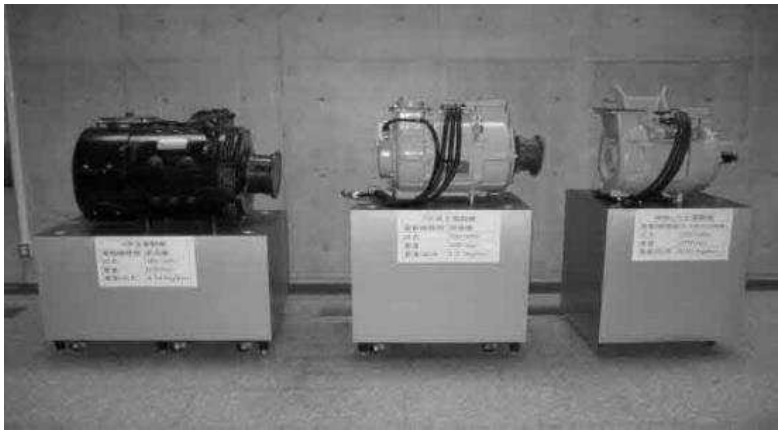
- JR-east는 1995년부터 21C형 도심전차용 추진시스템을 후지전기와 공동 개발하고 있으며, 내전형(Inner-Rotor) 방식 영구자석동기전동기(PMSM)을 채용하여 경량화 및 저가격화 뿐만 아니라 유지보수 필요성을 최소화함으로써 다음과 같은 효과를 얻고 있음

  - 전동기 정토크 영역을 확장하여 철심을 경량화하고, 기술적 최적화를 통해 25%의 경량화를 달성

  - 고성능 Nd계 희토류 자석을 사용하고, 온도에 의한 영구감자 방지를 위해 냉각효율 향상을 도모

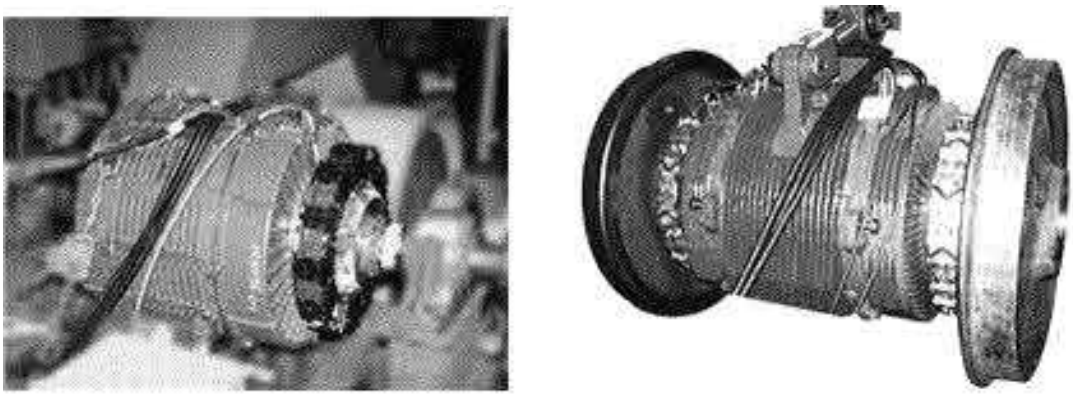
  - 분말자성코어 및 대형 자석을 사용하여 조립 및 제작공정 단순화를 통한 원가경쟁력 확보

  - 전폐자냉식 및 윤활 Grease를 사용하지 않도록 설계하여 13년 무보수 추구



<그림 VII-185> 일본 신칸센의 주전동기 비교

- 도시바는 1992년부터 단순소형화, 경량화 및 에너지절감, 유지보수 최소화를 목표로 고속철도, 도시철도 및 지하철용 영구자석 동기전동기를 개발하기 시작하여 2006년 도시철도에 200kW급 DDM의 사업화를 시작으로 양산 모델을 다각화하고 있음



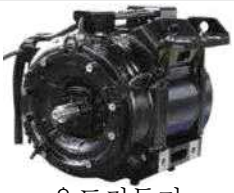
<그림 VII-186> 후지전기의 영구자석 동기전동기 및 차축

- 도시바의 영구자석 동기전동기는 2006년 JR-East에 우선 채택되어 사용하였고, 2009년에 도쿄지하철(주)에 양산 적용되었으며, 2010년에는 일본화물철도(주)의 기관차에도 실차 적용



<그림 VII-187> 후지전기의 영구자석 동기전동기 적용 철도차량

<표 VII-135> 일본 도시바의 전동차 추진용 전동기 현황

적용 전동차	전동기 형식	입력 전압 (V) 및 출력 전력 (kW)	도입 년도
키타-오사카 큐코 철도 9000호대	 영구자석 동기전동기	DC 750 170	2014년~
도쿄 메트로 1000호대	 영구자석 동기전동기	DC 600 120	2011년~
도쿄 메트로 16000호대	 영구자석 동기전동기	DC 1,500 205	2010년~
한큐 철도 1000호대	 영구자석 동기전동기	DC 1500 190	2013년~
도쿄 급행 전철 7500·7550호대	 유도전동기	DC 1500 190	2012년~

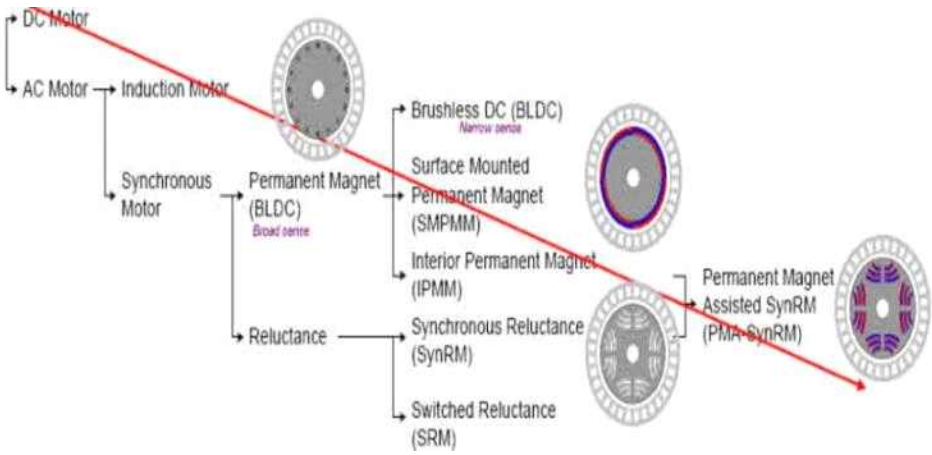
- 도시바는 2010년 이후 영구자석 동기전동기를 일본의 도시철도의 전동차에 도입하기 시작하였으며 미국 및 브라질의 수출형 모델에는 유도전동기를 적용하여 자국의 첨단 추진시스템에 대한 기술보호를 하고 있음

- 2012년 도쿄 급행 전철에 적용한 유도전동기를 제외한 2010년 이후의 일본 내의 모든 도시철도의 추진용 전동기는 영구자석 동기전동기이며 유도전동기와 영구자석 동기전동기의 적용 비율은 80:20으로 조사되었음차용 전동기를 개발하여 적용중이며 독일의 BMW도 하이브리드 및 전기자동차의 추진용 전동기에 적용하고 있음

희토류 영구자석 동기전동기

- 희토류 영구자석의 가격 상승과 고속에서의 제어성능 향상을 위해 근 5년간 하이브리드 및 전기자동차에 적용되는 전동기의 형태는 희토류 영구자석의 사용을 저감하고 회전자의 릴럭턴스 토크를 최대화하여 높은 기동토크와 고속에서의 제어성능을 향상하는 연구가 추진 중

- Toyota 및 Honda에서 영구자석 저감형 동기전동기인 PMa-SynRM이 개발되어 30kW급 하이브리드 자동차용 전동기에 적용중이며 독일의 BMW도 하이브리드 및 전기자동차의 추진용 전동기에 적용하고 있음



〈그림 Ⅶ-188〉 세계 AC 전동기 개발 진행방향

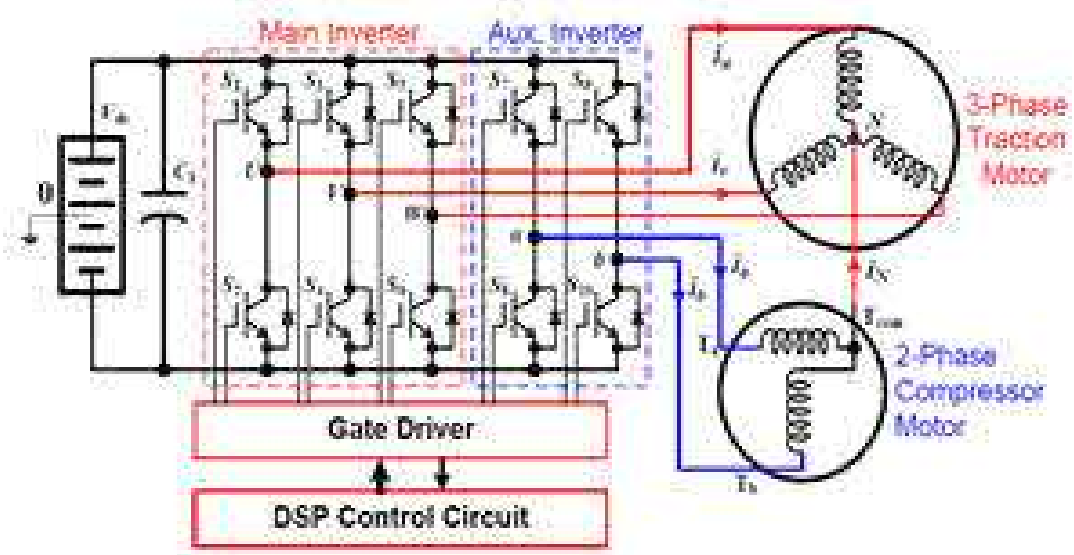
5상 동기전동기

- 최근 전 세계적으로 활발히 연구가 진행되고 있는 5상 동기전동기는 3상 동기전동기에 비해 같은 출력 토크를 생성하기 위한 정격전류가 60%이므로 3상에 비하여 상대적으로 자속 쇄교수(Flux linkage)가 낮으며 영구자석에서 발생하는 역기전력이 낮아 고출력 고속회전을 요구하는 철도추진 시스템에 유리함

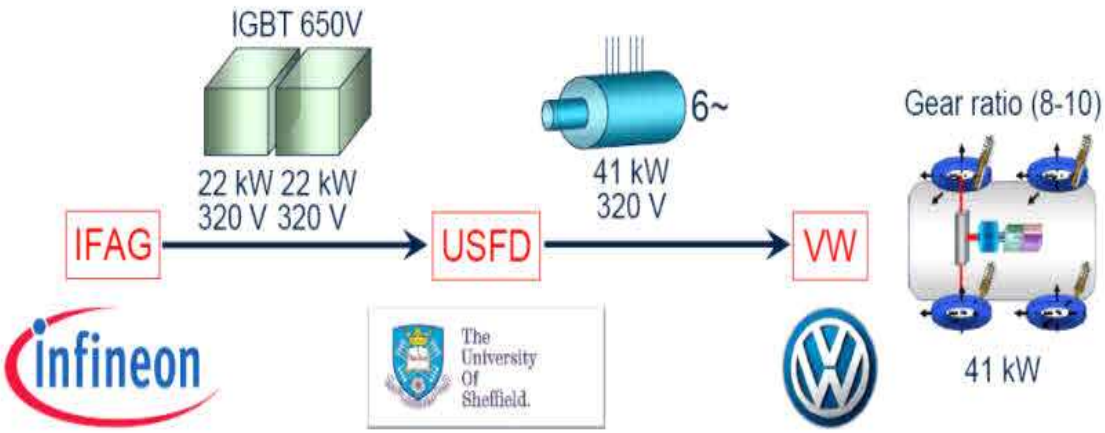
- 인버터 또는 전동기의 한상이 고장 시 나머지 2상으로 구동할 수 없는 구조를 개선하여 고장 발생 등 상황에 대한 시스템의 안전성 향상을 위해서 2상 구동 기술의 개발 혹은 5상 이상의 다상구조에 대한 개발이 미국의 국가연구소인 Oak Ridge Lab 중심으로 이루어지고 있음

  - 5상 이상의 추진시스템을 위한 인버터는 고주파 노이즈 저감을 통한 타 시스템의 신뢰성 확보와 한상이 동작하지 않는 고장상황에서도 동작이 가능하도록 다상 시스템이 사용되고 있는 미국의 해군용 선박 추진시스템과 항공분야 그리고 야전의 전원 사용을 위한 발전기 시스템 등에 다양하게 적용되고 있음

- 또한 최근의 하이브리드 및 전기자동차용 추진시스템에도 5상 이상의 인버터를 적용하는 연구들이 활발하게 진행 중임



<그림 VII-189> 미국 Oak Ridge Lab의 하이브리드 자동차용 5상 인버터



<그림 VII-190> 다상 추진시스템을 적용한 고출력 하이브리드 자동차

나. 국내 시장 및 연구개발 동향

견인전동기 및 영구자석 동기전동기

- 1974년 지하철 개통 시 저항제어방식의 DC 직권전동기 차량이 일본 히타치에서 제작되어 도입되었으며, 1977년부터 대우중공업에서 조립하기 시작하였고 일부 부품은 일본 미츠비시의 제품을 채용

- 국내의 전동차량의 기술수준은 1970년대 직류직권전동기, 1980년대 유도전동기로 발전하여 약 30년 동안 유도전동기 단계에서 머물러 있음

  - 기존 유도전동기는 효율이 최대 92%로 낮고, 외부 공기로 냉각하는 방식으로 이물질로 인한 유지보수 비용이 많이 소요되는 구조임

- 전력전자 및 최신 제어기술의 발전에 따라 소형, 경량화 및 고효율화를 위하여 기존의 유도 전동기에서 효율과 출력 밀도가 우수한 영구자석 동기전동기로 대체하는 연구가 활발히 진행 중임

  - 고속철도의 경우, KTX는 권선형 동기전동기를 채용하였으며, 한국형 고속열차 KTX-산천에는 유도전동기를 채용함

  - 동력분산식 고속열차인 HEMU는 1C4M의 유도전동기와 1C1M의 영구자석 동기전동기를 병행하여 채용하였으나, 국내에서는 철도차량용 추진시스템의 고출력 고밀도화 기술에 대한 구체적인 연구실적은 없음

- 국내 고출력밀도 추진시스템 핵심요소기술에 대한 연구는 전기자동차를 중심으로 중점 수행되고 있음

  - 현대자동차에서 하이브리드 자동차 견인용 모터로서 일본에서 도입한 영구자석 매입형 동기전동기를 적용하여 고효율 운전을 위해 개발을 진행 중에 있으나 그 외의 분야에서 적용은 거의 전무한 상태임

  - 현대자동차, 효성중공업, LG이노텍 등을 중심으로 자동차 견인용 영구자석전동기의 개발이 이루어지고 있으나, 대부분 내전형(Inner rotor type)의 영구자석 매입형 동기전동기로서 가격이 비싸고 낮은 온도에서의 영구자석 성능저하 및 고속에서의 높은 역기전력에 의한 제어성능 저하의 단점을 가지고 있음



<그림 VII-191> 국내 NEV용 In-wheel PMSM 제작 예

희토류 영구자석 동기전동기

- 희토류 저감형 동기전동기는 최근 희토류 영구자석 가격의 급격한 상승으로 인해 기존의 매입형 영구자석 동기전동기를 대체하는 형태의 전동기로 개발되고 있음
  - 10kW 미만급의 경우, 단위 부피당 토크를 유도전동기에 비하여 4%~5% 가량 크다는 장점이 있어, LG전자, 현대자동차, 전자부품연구원 등을 중심으로 소형가전 혹은 자동차 등에 적용하기 위한 연구가 이루어지고 있으며, 에어컨 실외기 팬(LG전자), 런닝머신(두비원(주))등에서 적용한 사례가 있음
- 2012년 전기연구원에서 희토류 저감형 이중 돌극형 선형전동기를 개발하여 정밀위치 제어응용 시스템, 직접구동 장거리 반송시스템, 자동화장비, 반도체/디스플레이 제조 장비의 이송용 구동기, 검사장비의 이송계, 로봇 등 다방면에 활용될 수 있을 것으로 기대하고 있으며 희토류 영구자석 40%를 저감



<그림 VII-192> 이중돌극형 영구자석 선형전동기 시제품(전기연구원, 2012)

5상 동기전동기

- 5상 이상의 다상 추진시스템은 주로 저소음과 고신뢰성이 요구되는 선박용 추진시스템과 저소음 및 고토크가 요구되는 잠수함 무기체계에 적용되고 있음
- 국내 해군에서 개발한 어뢰용 7상 추진용 전동기를 개발하여 적용중이며, 선박용 36상 및 12상 영구자석형 동기전동기와 인버터 추진시스템을 적용



〈그림 VII-193〉 선박추진용 36상, 12상 추진시스템



〈그림 VII-194〉 어뢰의 추진용 7상 추진시스템

1.3 연구개발 범위

- 고속철도용 고효율 고안정성 영구자석 동기전동기 개발
  - 고효율, 고안전성의 다상 영구자석 동기전동기 기술 개발
  - 영구자석 동기전동기 희토류 영구자석 저감 기술 개발
- 고속철도용 영구자석 동기전동기 제어를 위한 인버터 개발
  - 고속철도용 다상 견인전동기 제어를 위한 인버터 개발
  - 견인전동기 제어용 인버터 고효율화 기술 개발
- 고속철도용 영구자석 동기전동기 추진시스템 실용화 기술 개발
  - 고속철도용 영구자석 견인전동기 제작 기술 개발
  - 영구자석 동기전동기 추진시스템의 부품, 단품, 조합시험 및 실차적용시험

1.4 연구개발 내용

가. 연구개발 목표

- 고속철도용 고효율, 고안정성 희토류 저감형 고속철도 추진시스템 개발
  - 96% 이상 고효율 450kW급 다상 희토류 저감형 동기전동기 개발
  - 95% 이상 고효율 500kW급 다상 인버터 개발

나. 연구개발 핵심 내용

핵심(구성) 기술명	핵심(구성) 기술 주요내용
고속철도용 고효율 고안정성 영구자석 동기전동기 개발	– 고속철도 차량용 영구자석 동기전동기 전기적(자기장, 절연, 등가정수 추출 등) 및 기계적(내구성, 진동, 열 등) 해석 및 설계 기술 – 재료, 구조, 냉각시스템 개선 등을 통한 영구자석 동기전동기 효율 향상 기술 – 다상 구조 도입을 통한 영구자석 동기전동기 안정성 향상 기술 – 희토류 영구자석 사용량 감소에 따른 최적 영구자석 선정기술
고속철도용 영구자석 동기전동기 제어를 위한 인버터 개발	– 고속철도용 영구자석 동기전동기의 효율적 제어를 위한 인버터 해석 및 설계 기술 – 소자, 알고리즘 개선 등을 통한 인버터 효율 향상 기술 – 다상 동기전동기 제어 기술
고속철도용 영구자석 동기전동기 추진시스템 실용화 기술 개발	– 양산성을 고려한 고속철도용 영구자석 동기전동기 제작 기술 – 전동기 및 인버터 패키징 및 차량 인터페이스 기술 – 고속철도용 영구자석 동기전동기 성능검증 기술

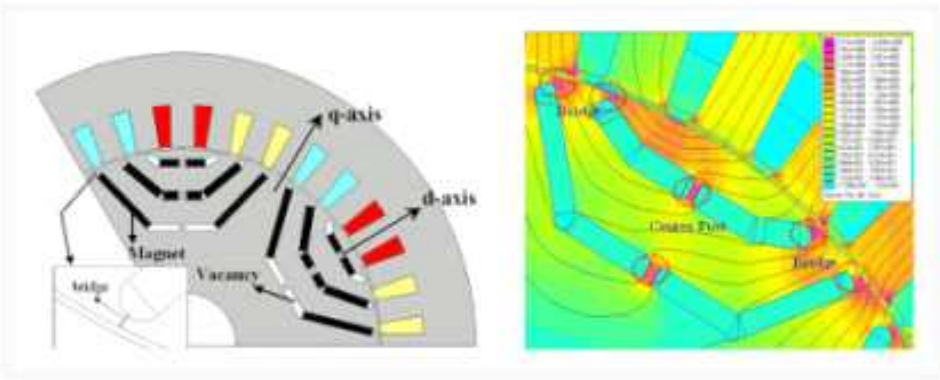
다. 핵심 기술별 As-is/To-be

핵심 기술	As-is	To-be	현재 TRL	목표 TRL
고속철도용 고효율 고안정성 영구자석 동기전동기 개발	– 3상 유도전동기 시스템 – 낮은 효율(최대 92% 수준) – 큰 부피 및 무게 – 1상 고장 시 전체 시스템 동작 불가	– 다상 영구자석 동기전동기 – 높은 효율 (최대 97% 수준) – 3상 유도기 대비 15% 경량화 – 낮은 토크 리플 – 1상 고장 시 비상운전 가능	TRL3	TRL6
고속철도용 영구자석 동기전동기 제어를 위한 인버터 개발	– 3상 유도기 제어용 인버터 – 제어 정밀도 낮음 – 고장 발생에 취약	– 다상 영구자석 동기전동기 제어용 인버터 – 제어 정밀도 높음 – 1상 고장 시 비상운전 가능	TRL3	TRL6
고속철도용 영구자석 동기전동기 추진시스템 실용화 기술 개발	– 국내 고속철도용 영구자석 동기전동기 실용화 사례 없음	– 국내 고속철도용 영구자석 동기전동기 실용화를 위한 제작 기술 및 성능검증 기술 확보	TRL3	TRL6

라. 세부 기술 및 내용

고속철도용 고효율 고안정성 영구자석 동기전동기 개발

- 고속철도 차량용 영구자석 동기전동기 전기적(자기장, 절연, 등가정수 추출 등) 및 기계적(내구성, 진동, 열 등) 해석 및 설계 기술
  - 영구자석 동기전동기에 대한 수치해석(유한요소법 등)을 통한 자기장 해석 및 그에 따른 전동기 성능특성(토크-속도) 해석



〈그림 VII-195〉 영구자석 동기전동기에 대한 수치해석 사례

  - 회전자의 고속회전에 변형 및 내구성 해석
  - 토크리플 등으로 인한 전동기 진동해석
  - 열차 운영 프로파일을 고려한 전동기 온도 상승 예측
  - 전기적, 기계적 해석을 유기적으로 수행하는 멀티피직스 해석
  - 제어 시스템 설계에 필요한 동기전동기 등가 정수 추출
  - 빠른 최적화 설계를 위한 등가회로법 등 해석 방법 개발
  - 고속철도용 영구자석 동기전동기 최적화 설계 기법
- 재료, 구조, 냉각시스템 개선 등을 통한 영구자석 동기전동기 효율 향상 기술
  - 고속철도 견인전동기 성능 특성에 적합한 철심 재료 적용 및 적층 설계를 통해 철손 저감, 내구성 향상
  - 회전자 및 고정자 형상 최적설계를 통한 효율향상, 토크리플 저감, 경량화
  - 최적 권선 방식 연구를 통한 효율 향상 및 부피 저감

- 최적 냉각 방식 선정, 방열 구조 설계를 통한 최적 냉각 시스템 설계

● 다상 구조 도입을 통한 영구자석 동기전동기 안정성 향상 기술

- 비상 운전을 고려한 다상 구조 최적 설계
- 다상 권선 엔드와인딩 최적화 설계

● 희토류 영구자석 사용량 감소에 따른 최적 영구자석 선정기술

- 영구자석 특성(자성 특성, 내열성, 내구성, 단가 등) 분석을 통한 최적 영구자석 선정
- 리럭턴스 토크 활용을 통한 희토류 영구자석 저감 방안 연구

고속철도용 영구자석 동기전동기 제어를 위한 인버터 개발

● 고속철도용 영구자석 동기전동기의 효율적 제어를 위한 인버터 알고리즘 기술

- 고속철도용 영구자석 동기전동기의 효율적 제어를 위한 고정밀 위치 센싱 기술 개발
- 제어 정밀도 확보를 통한 동기전동기 운전 효율 향상

소자, 알고리즘 개선 등을 통한 인버터 효율 향상 기술

- 스위칭 손실이 적은 소자 적용을 통한 스위칭 손실 저감
- 스위칭 기법 연구를 통한 스위칭 손실 저감

● 다상 동기전동기 제어 기술

- 다상 동기전동기 특성을 고려한 제어 기법 연구
- 비상운전을 고려한 인버터 설계

고속철도용 영구자석 동기전동기 추진시스템 실용화 기술 개발

● 양산성을 고려한 고속철도용 영구자석 동기전동기 제작 기술

- 철심 적층, 영구자석 착자, 공극유지 등 희토류 저감형 동기전동기 제작공정기술 개발
- 유지보수 편의성을 고려한 전동기 구조 설계 연구

● 전동기 및 인버터 패키징 및 차량 인터페이스 기술

- 고속철도 운영환경(온도, 먼지, 습도, 진동 등)을 고려한 전동기 및 인버터 패키징 및 취부 기술 개발
- 차량 전력시스템 및 제어 시스템과의 인터페이스 기술

- 고속철도용 영구자석 동기전동기 추진시스템 성능검증 기술
  - 구성 부품 성능검증 시험, 전동기 및 인버터 단품 성능검증 시험
  - 고속철도용 영구자석 동기전동기 추진시스템 조합성능시험 및 평가기술 개발
  - 시제품 현차적용 시험을 통한 성능평가 및 신뢰성평가

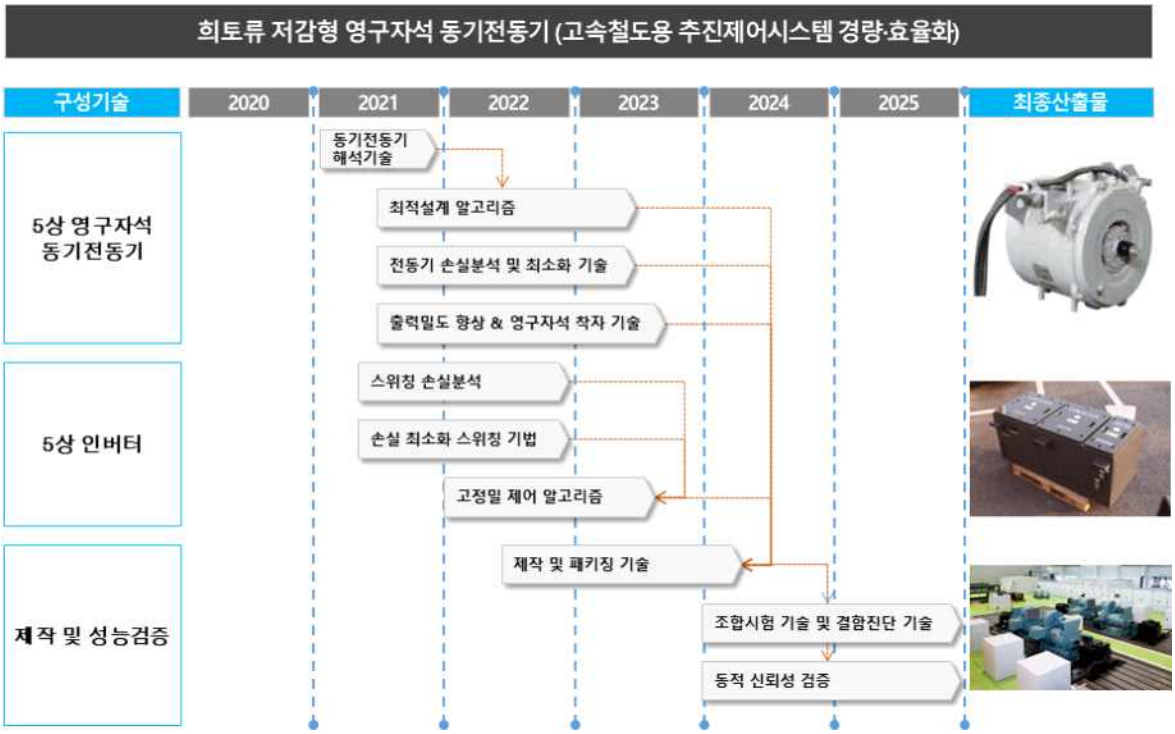
마. 연차별/단계별 수행 목표 및 내용

- 연차별 주요 연구내용

연차	기술 개발 목표	기술 개발 내용
1차년도	조사 및 분석 기본설계	– 선행기술 검토 및 분석 – 적용 차량 선정 – 요구사항 정의 – 전동기 및 인버터 기본설계
2차년도	상세설계 및 시작품 제작	– 전동기 및 인버터 상세설계 – 전동기 및 인버터 시작품 제작 – 시작품 자체시험
3차년도	시작품 보완설계 및 시제품 제작	– 시작품 자체시험 결과 분석 – 시작품 문제점 보완설계 – 시제품 제작 및 자체시험
4차년도	시제품 단품/조합시험 및 시험 실 환경 신뢰성 시험	– 전동기 및 인버터 시제품 단품시험 – 전동기 및 인버터 시제품 조합시험 – 현차적용을 위한 시제품 제작
5차년도	현차적합성검증	– 현차검증 Test Bed 구축 – 동기전동기 추진시스템 시제품 현차적용 시험 – 시험결과 모니터링

바. 수행 로드맵

- 각 핵심기술별로 연차별 연구개발 내용은 아래와 같음
  - 1차년도 선행기술 조사 및 기본설계
  - 2차년도 부품 상세 설계 및 시작품 제작
  - 3차년도 보완설계 및 시제품 제작
  - 4차년도 단품/조합시험 및 시험실 환경 신뢰성 시험
  - 5차년도 현차 검증을 통한 성능평가



〈그림 Ⅶ-196〉 수행 로드맵_동기전동기



<그림 Ⅶ-197> 부품로드맵&산업생태계_동기전동기

사. 핵심 기술 확보 전략

핵심(구성) 기술	핵심 기술 확보 전략					
	공공 협력	민간 협력	자체 개발	해외 도입	국내 도입	기타
희토류 저감형 동기전동기 해석기술	◐		●		◐	
희토류 저감형 동기전동기 최적설계 기술	◐		●		◐	
희토류 저감형 동기전동기 효율 향상 기술	●		●		◐	
희토류 저감형 동기전동기 출력밀도 향상 기술	●		●		◐	
희토류 저감형 동기전동기 제작 기술	●		●		◐	
인버터 효율 향상 기술	●		●		◐	
5상 인버터 제어 기술	●		●		◐	

- 공공협력: 국가 또는 공공기관이 보유 중인 기술 및 인프라와 연계
- 민간협력: 타기업에서 보유 중인 기술 및 인프라와 연계
- 자체개발: 기업이 보유한 기술 및 인프라 활용
- 해외도입: 선진국 또는 해외 선도 기업이 보유중인 기술을 이전 받아 활용
- 국내도입: 국내 기업이 보유한 기술을 이전 받아 활용

1.5 사업화 및 자립화 전략

가. 기술개발 완료 후 시장 출시가 가능한 기술 및 제품

- (개별 부품 판매) 영구자석 동기전동기 및 인버터 개별 판매 가능
- (신규 차량 보급) 신규 고속철도 차량용 영구자석 동기전동기 및 인버터
- (유지보수 시장) 현재의 고속철도 유도기를 대체하는 영구자석 동기전동기 및 인버터

나. 국내외 시험인증 전략

- 성능 기준 및 시험규격
  - 영구자석 동기전동기는 고효율, 고안정성 다상 희토류 저감형 동기전동기 및 인버터를 개발하는 것으로서 전동기의 출력, 효율, 정밀도에 대한 성능 확보 필요

순번	성능항목	기준	적용 침 참고 규격	비고
1	온도 상승	· 73 ℃ 이하 (권선부)	IEC 60349-2	-
2	출력 용량	· 전동기 : 450 kW 이상 · 인버터 : 500 kW 이상	IEC 60349-2	-
3	출력토크 및 회전수	· 토 크 : 2,100 Nm 이하 · 회전수 : 5,000 rpm 이하	IEC 60349-2 IEC 61377	-
4	출력 밀도	· 0.9 kW/kg 이상	IEC 60349-2	-
5	효율	· 전동기 : 96 % 이상 · 인버터 : 95 % 이상	IEC 60349-2	-
6	제어 정밀도	· 98 % 이상	IEC 60349-2	-
7	소음 성능	· 105 dB(A)@1m, 최대 RPM	IEC 60349-2 ISO/R 1680	-
8	진동 성능	· 2.8 mm/s 이하	IEC 60349-1 IEC 60034-14	-
9	절연 등급	· H종 (180 ℃ 이하)	IEC 60349-2 IEC 60085	-

● 영구자석 동기전동기 인증 획득

- 철도용 영구자석 동기전동기는 향후 해외수출의 기반을 마련하기 위하여 ISO 22163에 의거한 국제철도 품질관리체계 인증 획득 필요

순번	인증 내용	인증 기관	기준	비고
1	성능인증 (NEP, NET, EPC, K마크 등)	· 산업부 · 국토부 · 중기부 등	· 국내외 규격 및 성능 관련 자체 규격	임의인증(개발 제품에 대한 신기술, 신제품, 성능인증 등)
2	ISO 품질관리체계 인증	· 제3자 적합성인증기관	· ISO/TS 22163	임의인증 (철도 부품 제작자 품질관리 체계 인증)

다. 단계별 시장 진입 전략

- 철도 운영기관 참여를 유도하여 기술개발 및 실증 단계에서 수요처의 의견을 적극 반영하고, 홍보 및 기술이전을 통해 실용화 확산 노력
- 초기에는 현존 차량의 유도기를 대체하여 새로운 추진시스템의 유효성을 검증하고 시장을 개척
- 중장기적으로는 향후 개발되는 차량에 새로운 추진시스템을 포함시켜 최적설계를 진행하여 최적 효율을 달성하고 시장을 확대
- 초기에는 고속철도 분야에 적용되지만, 중장기적으로는 개발된 설계/제작 솔루션을 활용한 출력 다변화를 통해 철도 차량 전반으로 시장을 확대

구분	단기 전략	중장기 전략
출시 제품	희토류 저감형 영구자석 동기기 및 5상 인버터	희토류 저감형 영구자석 동기기 및 5상 인버터 설계/제작 솔루션
진입 분야	고속철도 분야	철도 전반
타겟	기존 3상 유도기 추진시스템 대체	고속철도, 도시철도, 중전철, 경정철, 트램 등의 추진시스템

라. 지적 재산권 확보전략

핵심기술별 특성을 바탕으로 지적 재산권 확보 전략을 수립

- 희토류 저감형 동기전동기 개발 전략
  - FEM 등 수치해석기법 및 해석적기법을 이용하여 희토류 저감형 동기전동기 해석기술 개발 및 적용
  - 전동기 손실분석 및 손실 최소화가 가능하도록 고효율 전동기 개발과 영구자석 구조, 권선법, 자성재료 등을 고려하여 출력밀도 향상 방법 기술 확보하고 최적화 기법을 활용하여 최적설계 알고리즘 적용

● 고효율 5상 인버터 개발 전략

- 스위칭 손실 분석 및 손실 최소화 스위칭 기법 연구 등을 통해 인버터 효율을 향상시키고 5상 인버터 제어 알고리즘을 개발하여 고정밀이 가능한 동기전동기 기술 확보

- 철도의 진동 및 충격의 특성은 CAE 분석을 통해서 확인하고 이를 고려하여 내구성능을 확보 필요

1) 지식재산권 신청기술의 정의

순번	기술의 명칭	확보가능 특허	건수	등록시점
1	희토류 저감형 동기전동기 개발	– 희토류 저감형 동기전동기 해석기술 – 희토류 저감형 동기전동기 최적설계 기술 – 희토류 저감형 동기전동기 효율 향상 기술 – 희토류 저감형 동기전동기 출력밀도 향상 기술 – 희토류 저감형 동기전동기 제작 기술	5	2022년
2	고효율 5상 인버터 개발	– 인버터 효율 향상 기술 – 5상 인버터 제어 기술	2	2025년
합계		–	**7**	–

2) 선행기술조사를 통한 차별성 검토

● 영구자석 동기전동기 관련 특허동향 조사 결과를 토대로 등록특허 기준, 존속기간 유예 등을 고려, 해당 과제와 유사한 특허 5개를 도출하여 비교 분석 수행

선행특허 기술명		주요기술과의 차별성		본 기술과의 차별성
		1	2	
P-1	영구자석 매입형 동기전동기 및 이의 회전자 지지 장치(Interior permanent magnet synchronous motor and apparatus for supporting rotor thereof)	●	○	해당 과제는 영구자석 매입형 동기전동기 및 회전자 지지장치개발에 관한 기술이나 본 과제에서 다루는 희토류 저감형 동기전동기 개발과는 차별성 존재
P-2	영구자석 동기 모터(PERMANENT MAGNET SYSCHRONOUS MOTOR)	○	◐	해당 과제는 희토류 저감을 위한 구동 시스템 개발 기술이나 전기자동차용으로 철도차량 동기전동기 기술과는 차별

선행특허 기술명		주요기술과의 차별성		본 기술과의 차별성
		1	2	
P-3	횡방향 공극이 추가된 영구자석형 동기 전동기(Interior permanent magnet synchronous motor adding transverse air-gap)	●	○	영구자석을 활용한 동기전동기 공극 성능 향상 기술로 희토류 저감을 위한 저감형 동기전동기 개발과는 차별
P-4	영구 자석 동기식 모터 및 동력 보조 조향 시스템(PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MOTOR AND POWER-ASSISTED STEERING SYSTEM)	○	◐	영구자석을 활용한 3상 전기 모터에 관한 기술로 본 과제에서 개발하고자하는 5상 인버터 개발과는 차별성 존재
P-5	영구 자석형 동기 모터 (PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MOTOR)	○	●	영구 자석형 동기 모터의 내성, 토오크 특성 확보 기술이나 희토류 저감을 위한 5상 인버터 개발기술과는 차별

※ ○: 관련성 낮음, ◐: 일부 유사, ●: 차별성 높음

3) 보유 지적재산의 보강 전략

- 기존 영구자석 동기전동기 관련 특허는 전기자동차용 구동시스템 개발에 집중되어 있는 반면, 관련 기술을 활용한 철도차량용 부품 개발은 미진한 상황

  - 철도차량 특성에 적합한 희토류 저감 기술 및 5상 인버터 기술을 접목한 영구자석 동기전동기 기술 개발 등 미래시장 선점을 위한 지식재산권 확보 전략 마련 필요

보 강 전 략	
문 제 점	해 결 방 안
· 연관성이 일부 존재하는 2건의 등록특허는 전기자동차용 희토류 저감 동기전동기 및 3상인버터 동기전동기 제작 기술이나, 관련기술의 철도차량 부품 제작 등에 대한 권리 부재	· 5상인버터 제작 기술을 접목한 영구자석 동기전동기 기술 개발로 이전 기술과의 차별성 확보 등 권리 확보 가능
회 피 전 략	
문 제 점	해 결 방 안
· 전기자동차 부품 기술에 희토류 저감을 위한 동기전동기 개발 기술이 이미 상존	· 철도차량 특성에 적합한 영구자석 동기전동기 희토류 저감 기술 접목 및 5상인버터 제작 기술 등을 통해 권리성 확보 가능

4) 신청기술의 방어전략

- 신청기술의 사업화와 관련하여, 분쟁 가능성이 높은 특허에 대해서는 방어전략이 필요하며, 타사의 특허를 침해할 가능성이 있는 경우에는 사전에 특허회피 전략 및 타사 특허에 대한 대응방안 마련

선행특허기술명	방어전략
P-2 영구자석 동기 모터(PERMANENT MAGNET SYSCHRONOUS MOTOR)	· 철도차량 특성에 적합한 희토류 저감형 영구자석 동기전동기 개발로 차별화된 지적재산권 확보
P-4 영구 자석 동기식 모터 및 동력 보조 조향 시스템(PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MOTOR AND POWER-ASSISTED STEERING SYSTEM)	· 5상 인버터 구조의 동기전동기 개발로 기존 기술과의 차별성 확보

1.6 투자계획

가. 투자 규모

- 총 160.35억원/5년 중 정부출연금 120.20억원(75%) 대비 민간부담금 40.15억원(25%)으로 구성된 정부주도 사업추진

<표 VII-136> 총 투자계획_동기전동기

(단위 : 억 원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	총계
정 부	-	15.00	26.00	37.70	23.50	18.00	120.20
민 간	-	5.00	8.67	12.62	7.86	6.00	40.15
합 계	-	20.00	34.67	50.32	31.36	24.00	160.35

나. 소요 재원

- 동기전동기 개발을 위한 연구개발 소요재원은 전체 소요재원 중 연구개발비가 78.2%로 125.37억 원을 소요

<표 VII-137> 연구활동별 집행기준_동기전동기

(단위: 억 원)

구분		총사업비				비율
대항목	소항목	국고	지방비	민간	합계	
1. 연구개발		105.88	-	35.37	141.25	88%
2. 연구시설 및 장비	시설	-	-	-	-	-
	장비	14.32	-	4.78	19.1	12%
3. 기타(Feedback R&D 포함)		-	-	-	-	-
합계		**120.2**	**-**	**40.15**	**160.35**	**100%**

다. 소요 예산 산출근거

핵심기술별 연구개발비

- 구성기술별 연구개발비 내역은 다음과 같음

<표 VII-138> 핵심기술별 연구개발비_동기전동기

(단위 : 억 원)

과제명	구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	총계
희토류 저감형 영구자석 동기 전동기	희토류 저감형 동기전동기 기술	정 부	-	5.00	8.00	9.70	6.00	5.00	33.70
		민 간	-	1.67	2.67	3.25	2.00	1.67	11.26
		소 계	-	6.67	10.67	12.95	8.00	6.67	44.96
	5상인버터 설계 및 전동기 구동 기술	정 부	-	5.00	7.74	12.00	7.75	5.00	37.49
		민 간	-	1.67	2.58	4.00	2.60	1.67	12.52
		소 계	-	6.67	10.32	16.00	10.35	6.67	50.01
	운용기술 및 성능검증 기술	정 부	-	5.00	10.26	16.00	9.75	8.00	49.01
		민 간	-	1.66	3.42	5.37	3.26	2.66	16.37
		소 계	-	6.66	13.68	21.37	13.01	10.66	65.38
합 계			**-**	**20.00**	**34.67**	**50.32**	**31.36**	**24.00**	**160.35**

연구시설 및 장비 소요예산 산출 근거

- 구축·활용 계획인 연구시설 및 장비는 다음과 같음

<표 VII-139> 연구시설장비 필요성 및 사양_동기전동기

장비명	구축필요성			시험규격	사양
	내용	시험적용 대상			
		개발부품	부품상세		
동기 전동기 관련 계측기	입출력, 온도 등 성능지표 측정에 필요	견인전동기	희토류 저감형 5상 영구자석 동기전동기	IEC 60349-2	- high resolution 토크 계측 - high resolution 회전속도 계측 - 데이터 로깅 기능
유동해석 SW	냉각 구조 수치해석에 필요			-	- 자연냉각, 강제통풍, 수냉 등 조건에 맞춘 열해석 기능 등이 수행가능한 S/W
전자장 해석 SW	전동기의 자기장 해석/설계에 필요				- 2D/3D 모델링 및 Adaptive mesh - 2D/3D steady state 뭉 transient magnetic field analysis - core loss analysis
M-G set H/W	전동기 성능시험에 쓰일 M-G Set 구성요소				- 시험대상 최소/최대 토크, 최소/최대 속도를 만족 - high resolution 제어 가능 - 자체 토크리플 최소화
M-G set 제어기	전동기 성능시험에 쓰일 M-G Set 구성요소			IEC 60349-2	- high speed response - torque-speed pattern input - high resolution 제어
제어기 설계 SW	제어기 설계에 필요한 SW	견인전동기 구동용 인버터	희토류 저감형 5상 영구자석 동기전동기 제어용 5상 인버터	-	- block diagram design - automatic code generation - continuous testing
인버터 관련 계측기	인버터 성능지표 측정에 필요			IEC 60349-2	- 인버터 및 전동기 입출력단 전압/전류 계측 - 전동기 토크/회전 계측 - 진동/소음 계측 - 온도 계측
시험용 장치	추진시스템 차량 적용시험에 필요				- 데이터 모니터링/로깅 - 데이터 분석 - 동작오류 감지 및 시스템 차단

<표 VII-140> 연구시설장비 구축·활용 계획_동기전동기

장비명	구축계획	활용계획	수요 기업명	단가 (억원)
동기전동기 관련 계측기	신규구축	전동기 성능 시험	연구수행 기관	1.3
유동해석 SW		냉각 구조 해석		2
전자장 해석 SW		전동기 자기장 해석		2
M-G set H/W		전동기 성능시험		5
M-G set 제어기		전동기 성능시험		3
제어기 설계 SW		제어기 설계		1.5
인버터 관련 계측기		인버터 성능시험		2.3
시험용 장치		추진시스템 차량적용 시험		2

<표 VII-141> 연구시설장비 소요예산_동기전동기

(단위: 억 원)

주요 시설 및 장비명	2020	2021	2022	2023	2024	2025	장비가액
계측기	-	1.3	-	-	-	-	1.3
유동해석 SW	-	2	-	-	-	-	2
전자장 해석 SW	-	2	-	-	-	-	2
M-G set H/W	-	2	3	-	-	-	5
M-G set 제어기	-	1	2	-	-	-	3
제어기 설계 SW	-	1.5	-	-	-	-	1.5
계측기	-	1	1.3	-	-	-	2.3
시험용 장치	-	-	-	1	1	-	2
합 계	**-**	**10.8**	**6.3**	**1**	**1**	**-**	**19.1**

라. 소요인력

- 1차년도에는 조사 및 분석, 기본설계, 2차년도에는 상세설계 및 시작품 제작, 3차년도에는 보완설계 및 시제품 제작, 4차년도와 5차년도에는 시제품에 대한 각종 성능시험을 진행하는 일정으로 추진
- 2차년도와 3차년도에 주요 부품들의 상세설계 및 보완설계에 많은 연구인력이 투입되며, 3차년도에는 시제품 제작과 자체시험도 포함되어 있어 가장 많은 인원이 투입될 것으로 예상
- 4차년도와 단품/조합 성능시험 및 시험실 환경 신뢰성시험을 위한 시험 시스템 구축 및 시험 진행에 필요한 인원수를 배치, 5차년도에는 현차시험을 위한 테스트베드 운영 및 현차시험 상주 인력을 고려하여 소요 인력 산정

<표 VII-142> 소요 인력 및 참여율_동기전동기

(단위: M/Y, %)

과제	핵심구성기술	직급	2020		2021		2022		2023		2024		2025		합계 (명)
			투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	
2-1	희토류 저감형 동기전동기 기술	책임연구원	-	-	1	50%	2	60%	3	50%	1	50%	1	50%	8
		선임연구원	-	-	3	55%	4	60%	6	55%	5	50%	3	55%	21
		연구원	-	-	4	50%	5	55%	6	45%	4	45%	4	50%	23
		소계	-	-	8	-	11	-	15	-	10	-	8	-	52
	5상인버터 설계 및 전동기 구동 기술	책임연구원	-	-	1	50%	2	55%	3	50%	2	60%	1	50%	9
		선임연구원	-	-	3	55%	5	60%	5	55%	6	50%	3	55%	22
		연구원	-	-	4	50%	5	35%	10	60%	4	40%	4	50%	27
		소계	-	-	8	-	12	-	18	-	12	-	8	-	58
	운용기술 및 성능검증 기술	책임연구원	-	-	1	50%	3	60%	6	60%	3	50%	2	60%	15
		선임연구원	-	-	3	55%	5	55%	10	40%	6	55%	4	60%	28
		연구원	-	-	4	50%	7	50%	11	40%	6	45%	5	55%	33
		소계	-	-	8	-	15	-	27	-	15	-	11	-	76
연도별 합계			**-**	**-**	**24**	**-**	**38**	**-**	**60**	**-**	**37**	**-**	**27**	**-**	**186**

1.7 파급 효과

(시장경제적) 에너지 효율 및 유지보수 비용 절감

- 기존의 자기 통풍식 견인전동기가 가지고 있는 유지보수 문제 해결이 가능하여 경제적인 추진시스템 구축 가능

  - 신규시장매출액: 약 1,184억원(연간 약 78.9억원)

  ※ 185편성 × 16SET/편성 × 0.4억원/SET(단가)

  ※ 2026~2040년까지 동력분산식 고속차량 도입 추정

  - 5상 희토류 저감형 동기전동기 도입 시 연간 1,400천원/량 비용절감(16.1% 절감)

  ※ 기존 3상 유도전동기 유지보수 비용은 7,300천원/량

  - 5상 인버터를 적용할 경우 기존 3상 인버터의 60% 수준의 전류 소요되며, 리플전류 또한 감소되어 기대수명 약 1.5배 증가

  - 추진시스템 고효율화 및 경량화에 따른 운영기관 에너지 약 3.3% 수준 절감 (기존 추진시스템은 차량 주행에너지의 90%를 소비함)

- 철도차량의 하중저감에 의한 인프라 시공 및 유지보수 비용 저감 가능

- 전기철도의 핵심인 추진시스템의 고부가가치 창출 및 해외 시장 진출 가능

(과학기술적) 고효율, 고안정성으로 차별화된 추진시스템 핵심기술 확보

- 첨단 기술을 접목한 고효율, 고안정성으로 차별화된 추진시스템 핵심기술 확보

- 고효율 고안정성 희토류 저감형 영구자석 동기전동기 및 인버터를 적용한 철도차량의 효율향상 및 안정성 향상

  - 기존 유도전동기와 비교하여 고정자 외경 및 적층길이를 저감할 수 있으며 부피와 중량을 각각 20% 가량 저감

  - 5상의 인버터는 리플전류가 30% 가량 감소되며 고조파 성분의 감소에 따라 인버터의 기대수명을 약 1.5배 증가시킬 수 있으므로 추진시스템에서 가장 고장율이 높은 인버터의 안정성을 크게 개선시키는 효과 기대

(사회문화적) 신규 시장 진출로 양질의 일자리 창출

- 학계 및 산업계 대용량 철도 추진시스템 관련 인력 확충
- 신규시장 진입 및 향후 상용전기차(버스, 트럭 등)에 활용이 가능하여 양질의 일자리 창출 가능

1.8 유사·중복성 검토 및 연계추진 방안

가. 유사과제 현황

No.	과제기간	부처명	사업명	내역사업명	과제명
1	2009~2011	산업통상 자원부	에너지자원 기술개발지원	초고속 전동기 시스템 개발	초고속 전동기 시스템 개발
2	2013~2016	과학기술 정보통신부	이공학개인 기초연구지원	기본연구지원	영구자석 동기기에서 발생하는 전자기 잡음의 모델링 및 저감에 관한 연구
3	2015	중소기업청	연구장비 공동활용지원	연구장비공동활용 지원	소형 전기자동차용 구동전동기(매입형 영구자석 동기전동기)의 성능 및 신뢰성 확보
4	2015~2018	과학기술 정보통신부	지역혁신 창의인력양성사업	지역혁신창의 인력양성	미래도시철도차량용 슈퍼프리미엄급 IPMSM 개발 및 성능평가/운용기술 인력양성
5	2017~2019	과학기술 정보통신부	한국철도기술 연구원 연구운영비지원	세계시장 선도형 첨단고속철도 및 인프라 개발	차세대 주행추진 시스템 핵심기술개발
6	2018~2021	국토교통부	국토교통 기술사업화지원	국토교통 기술사업화지원	영구자석에 의한 누설자속 최소화 기술 적용을 통한 도시철도용 견인 전동기 및 추진제어시스템 기술개발

나. 차별성 및 연계 추진방안

- 기존 연구의 경우, 차세대 동기전동기 개발을 위한 기초 연구에만 국한되어 본 과제인 희토류 저감형 동기전동기 기술개발과는 중복성 없음

<표 VII-143> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(동기전동기)_1/6

본 사업 과제명	희토류 저감형 영구자석 동기전동기		
기존 유사과제명	초고속 전동기 시스템 개발('09~'11)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 초고속 전동기의 응용기술(터보송풍기/압축기) 및 시스템 통합기술 개발	■ 희토류 저감형 5상 동기전동기 및 인버터 개발	■ 기존 연구의 경우, 차세대 동기전동기 개발을 위한 기초연구에만 국한
과제규모	■ 0.3억원	■ 160.35억원	-
TRL단계	■ 1~4단계(기초연구 및 실험)	■ 5~6단계(시제품 제작 및 평가)	-
과제목표	■ 응용시스템 적용을 고려한 전동기 구동부 개발 제작	■ 효율 96% 이상, 450 kW급 5상 희토류 저감형 동기전동기 설계/제작 및 성능검증 기술 확보	■ 희토류 저감형 동기전동기 개발 및 5상 인버터 제어 알고리즘 개발
기존 기술과의 연계방안	■ 영구자석 동기전동기 개발을 위한 기초연구 결과 검토		

<표 VII-144> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(동기전동기)_2/6

본 사업 과제명	희토류 저감형 영구자석 동기전동기		
기존 유사과제명	영구자석 동기기에서 발생하는 전자기 잡음의 모델링 및 저감에 관한 연구('13~'16)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 영구자석 동기기에서 발생하는 광대역의 전도성 및 방사성 전자기 잡음을 해석하기 위한 효율적인 전자기장 해석 기법 개발	■ 희토류 저감형 5상 동기전동기 및 인버터 개발	■ 기존 연구의 경우, 영구자석 동기전동기 전도성 및 전자기 잡음 해석 기술에만 국한
과제규모	■ 0.5억원	■ 160.35억원	-
TRL단계	■ 1~4단계(기초연구 및 실험)	■ 5~6단계(시제품 제작 및 평가)	-
과제목표	■ 전동기의 잡음 발생을 최소화시키는 최적 설계기법을 개발	■ 효율 96% 이상, 450 kW급 5상 희토류 저감형 동기전동기 설계/제작 및 성능검증 기술 확보	■ 희토류 저감형 동기전동기 개발 및 5상 인버터 제어 알고리즘 개발
기존 기술과의 연계방안	■ 영구자석 동기전동기 개발을 위한 기초연구 결과 검토		

<표 VII-145> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(동기전동기)_3/6

본 사업 과제명	희토류 저감형 영구자석 동기전동기		
기존 유사과제명	소형 전기자동차용 구동전동기(매입형 영구자석 동기전동기)의 성능 및 신뢰성 확보('2015)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 매입형 영구자석 동기전동기 기술개발	■ 희토류 저감형 5상 동기전동기 및 인버터 개발	■ 기존 과제는 전기자동차용 영구자석 동기전동기 개발 과제로 본 과제인 철도차량 적용 과제와는 차별성 존재
과제규모	■ 0.2억원	■ 160.35억원	-
TRL단계	■ 3~4단계(기본성능실험)	■ 5~6단계(시제품 제작 및 평가)	-
과제목표	■ 7kW 매입형 영구자석 동기전동기의 각 운전영역별 출력 및 효율향상 시험	■ 효율 96% 이상, 450 kW급 5상 희토류 저감형 동기전동기 설계/제작 및 성능검증 기술 확보	■ 희토류 저감형 5상구조의 인버터 제어기술 확보
기존 기술과의 연계방안	■ 영구자석 동기전동기 개발을 위한 기초연구 결과 검토		

<표 VII-146> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(동기전동기)_4/6

본 사업 과제명	희토류 저감형 영구자석 동기전동기		
기존 유사과제명	미래도시철도차량용 슈퍼프리미엄급 IPMSM 개발 및 성능평가/운용기술 인력양성('15~'18)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 미래도시철도차량용 슈퍼프리미엄급 IPMSM 개발 및 성능평가	■ 희토류 저감형 5상 동기전동기 및 인버터 개발	■ 본과제는 희토류 저감형 5상인버터 회로 및 제어가 가능한 부품개발로 기존과제와 차별성 존재
과제규모	■ 2.3억원	■ 160.35억원	-
TRL단계	■ 5~6단계(시작품)	■ 5~6단계(시제품 제작 및 평가)	-
과제목표	■ 유도전동기 대비 출력밀도 30% 향상, 효율 98% 이상의 고출력 밀도/슈퍼프리미엄급 IPMSM 설계 기술 확보	■ 효율 96% 이상, 450 kW급 5상 희토류 저감형 동기전동기 설계/제작 및 성능검증 기술 확보	■ 희토류 저감형 5상구조의 인버터 제어기술 확보
기존 기술과의 연계방안	■ 영구자석 동기전동기 개발을 위한 기초연구 결과 검토		

<표 VII-147> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(동기전동기)_5/6

본 사업 과제명	희토류 저감형 영구자석 동기전동기		
기존 유사과제명	차세대 주행추진 시스템 핵심기술개발('17~'19)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 영구자석 동기전동기 성능 개선 및 제어기술 개발	■ 희토류 저감형 5상 동기전동기 및 인버터 개발	■ 기존 과제는 유도전동기의 단순 성능개선을 위한 과제로 본과제의 희토류 저감형 동기전동기 개발과는 차별성 존재
과제규모	■ 27억원	■ 160.35억원	-
TRL단계	■ 5~6단계(시작품 성능평가)	■ 5~6단계(시제품 제작 및 평가)	-
과제목표	■ 기존 고속철도 유도전동기 및 추진장치 대비 추진에너지 13% 및 전동기 유지보수비용 30% 절감	■ 효율 96% 이상, 450 kW급 5상 희토류 저감형 동기전동기 설계/제작 및 성능검증 기술 확보	■ 희토류 저감형 5상구조의 인버터 제어기술 확보
기존 기술과의 연계방안	■ 영구자석 동기전동기 개발을 위한 기초연구 결과 검토		

<표 VII-148> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(동기전동기)_6/6

본 사업 과제명	희토류 저감형 영구자석 동기전동기		
기존 유사과제명	영구자석에 의한 누설자속 최소화 기술 적용을 통한 도시철도용 견인 전동기 및 추진제어시스템 기술개발('18~'21)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 일체형 Rib와 Web을 적용한 도시철도차량 견인용 IPM 전동기 개발	■ 희토류 저감형 5상 동기전동기 및 인버터 개발	■ 기존 과제는 유도전동기의 단순 성능개선을 위한 과제로 본과제의 희토류 저감형 동기전동기 개발과는 차별성 존재
과제규모	■ 8.2억원	■ 160.35억원	-
TRL단계	■ 5~6단계(시작품 성능평가)	■ 5~6단계(시제품 제작 및 평가)	-
과제목표	■ 유도전동기 대비 전동기 설계 오차 5%이내, 효율 97% 이상, 역률 89% 이상 개선	■ 효율 96% 이상, 450 kW급 5상 희토류 저감형 동기전동기 설계/제작 및 성능검증 기술 확보	■ 희토류 저감형 5상구조의 인버터 제어기술 확보
기존 기술과의 연계방안	■ 영구자석 동기전동기 개발을 위한 기초연구 결과 검토		

다. 선행사업 핵심기술과의 연계성 검토

- 국토교통부 철도기술 연구개발사업을 통해 확보한 핵심기술을 기반으로 본 사업 개발부품 구성기술과의 연계방안을 검토

  - 기존, 자기회로 및 권선분포 최적화 설계, 영구자석 동기전동기 전자기 시스템 설계 및 특성해석 기술, 영구자석 동기전동기 구동제어 기술을 접목하여 희토류 저감형 5상 동기전동기 전기적/기계적 해석 및 설계 기술 등에 활용 및 연계 가능

※ 기존 사업의 핵심기술과 본 연구개발 사업 부품별 구성기술간의 연계는 제7장 「세부기술 개발계획」 내 제4절 「3.통합로드맵」 참조

〈표 VII-149〉 선행사업 핵심기술 연계(동기전동기)

본 사업 과제명	**희토류 저감형 영구자석 동기전동기**
기존 유사과제명	**도시철도차량용 컨버터 일체형 경량 반도체 변압기 및 경량 고효율 영구자석 동기전동기 개발('18~'21)**
핵심 기술명	자기회로 및 권선분포 최적화 설계, 영구자석 동기전동기 전자기 시스템 설계 및 특성해석 기술, 영구자석 동기전동기 구동제어기술
▼	
본 과제 구성 기술명	**희토류 저감형 5상 동기전동기 전기적/기계적 해석 및 설계 기술**
기존 기술과의 연계방안	■ 희토류 저감형 5상 동기전동기 전기적/기계적 해석 및 설계 기술, 전동기 성능특성 해석 설계기술, 전동기 방열구조 냉각시스템 설계 및 제작 기술, 인버터 알고리즘 설계 및 고정밀 위치센싱, 운전효율 향상 기술개발에 연계

2. 마그네틱 기어드 방식 동력전달시스템(도시철도용 동력전달시스템 경량·효율화)

2.1 연구개발 배경 및 필요성

가. 기술의 정의

철도차량용 마그네틱 추진제어시스템의 정의

- 부품의 기능 및 역할

  - 기존 철도차량은 저속·고토크 영역에서의 차축의 운전이 요구되고 있으며, 이를 만족시키기 위해 고속·저토크 견인전동기에 기계식 기어(감속기)를 결합함으로써 속도-토크 조건을 만족시키고 있음

  - 현재 철도차량용 구동장치는 견인전동기, 1단 또는 2단의 기계적 감속기와 휠로 구성되어 있으나 기계식 기어는 기계적 접촉으로 인한 효율 감소, 유지보수 증가, 소음진동 발생 등 여러 가지 문제가 발생

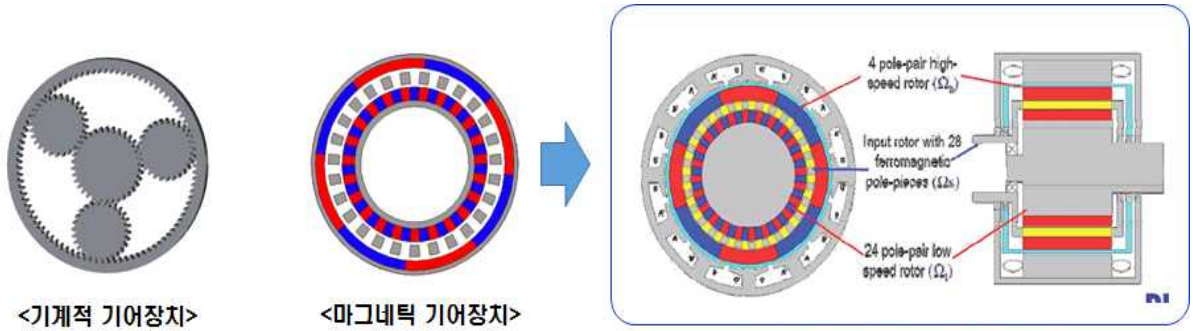


〈그림 VII-198〉 기존 철도차량별 구동장치의 구조 및 현황

  - 미래형 철도차량용 구동장치는 마그네틱 기어 기술이 적용된 비접촉식 감속기와 영구자석형 동기전동기가 일체화되어 기어비 만큼의 속도 차이가 발생되는 2중 회전자를

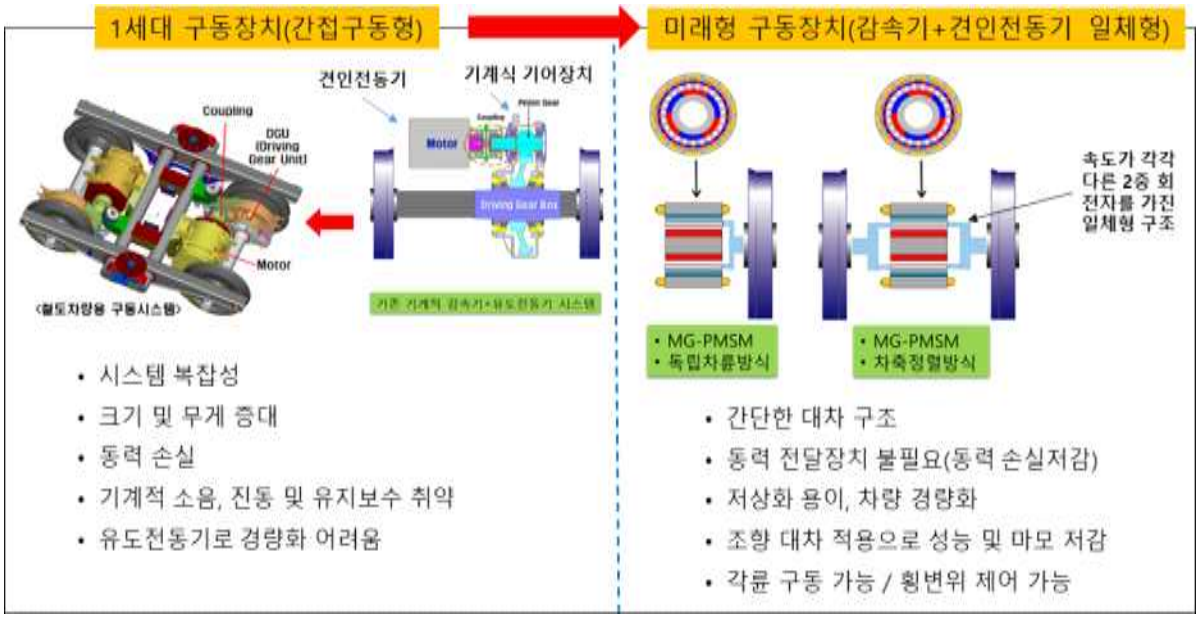
갖는 구동장치임

- 마그네틱 기어와 영구자석형 동기전동기를 구조적으로 결합한 마그네틱 기어드 전동기는 기계식 기어로 인한 손실이 없고, 유도전동기+기계식 기어 시스템 또는 영구자석형 동기전동기+기계식 기어 시스템보다 효율이 높음



<기계적 기어장치> <마그네틱 기어장치> <일체형 마그네틱 기어드 동기모터>

〈그림 Ⅶ-199〉 기계식 및 마그네틱 기어장치와 일체형 마그네틱 기어드 동기전동기 구조



〈그림 Ⅶ-200〉 도시철도차량용 마그네틱 기어드 동기전동기 기술 설명

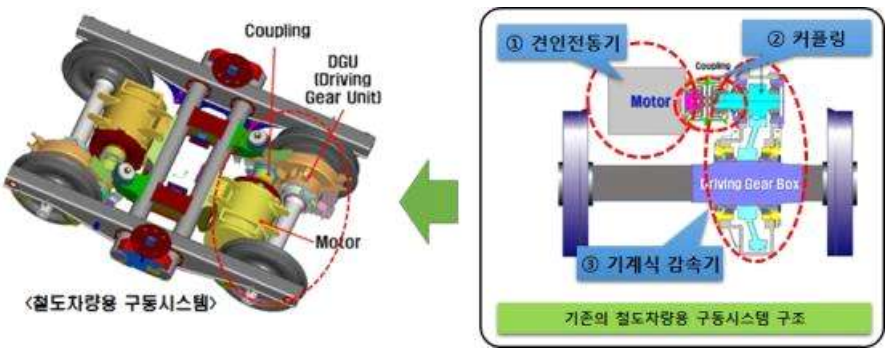
나. 연구개발 배경

현황 및 문제점

- 기존 철도차량용 구동장치의 구조적 한계성

  - 기존의 철도차량용 구동장치는 견인전동기에서 발생되는 고속/저회전력을 기계적 감속기를 통해 휠에 저속/고회전력으로 전달하는 방식임

  - 견인전동기, 1단 또는 2단의 기계적 감속기와 휠로 구성되어 시스템이 복잡하고, 견인전동기가 감속기를 통해서 차축에 병렬로 연결되는 구조이므로 Transmission Oil 및 기계적 소음/진동 문제 발생



<그림 VII-201> 기존의 감속 구동장치 구조

  - 기계적 감속기는 고장(손상) 발생 시, 열차 운행이 중단 되는 등 파급 효과크기 때문에 기계적 가동부위의 성능확보를 위하여 감속기 기어 치의 마모에 대한 지속적 유지보수를 필요로 함

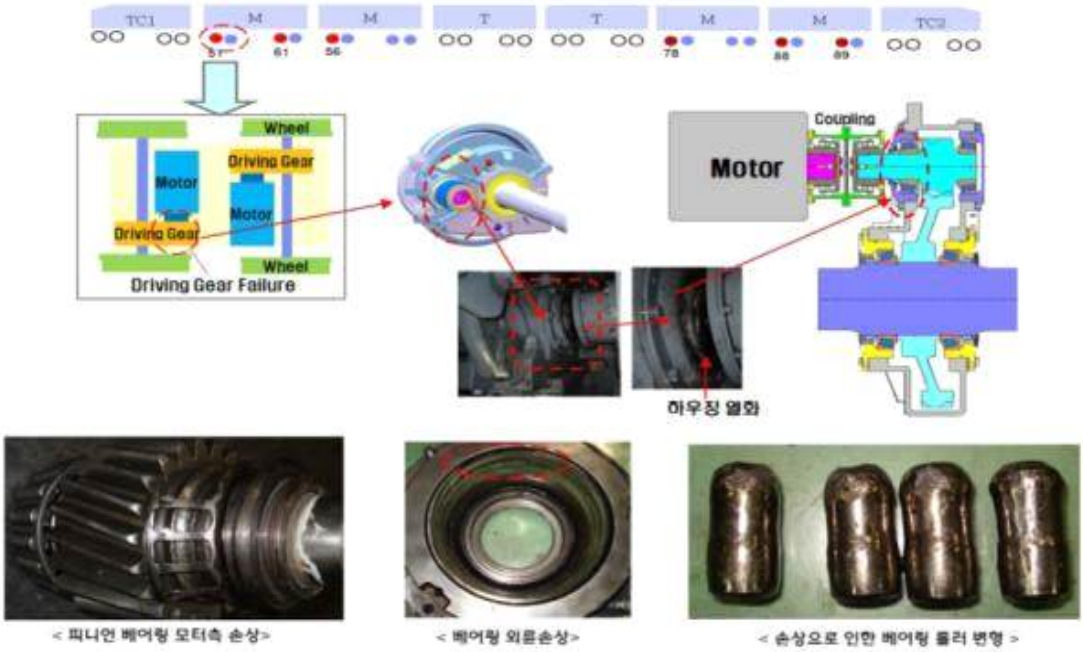
※ 기어마모, 베어링 손상 등 고장 잠재요인과, 윤활유의 사용에 따른 환경문제 우려 감속기 불량으로 인한 장애 사례 : 21건 (KTX, 2004 ~ 2014)

※ 열차운행 중단 사고로 인한 경제적 손실 : 660억/년(2건 기준)

  - 서울 도시철도용 전동차의 57%가 사용된지 21년 이상된 노후전동차이며, 향후 지속적으로 감속기/견인전동기를 포함한 구동장치 부분에서의 장애 발생이 예상됨

※ 2014~2017년 간 서울 지하철에서 발생한 사고와 운행 장애는 총 43건 (2014년 7건, 2015년 8건, 2016년 17건, 2017년 상반기 11건)

※ 운행장애와 사고의 주요원인 : 시설과 전동차 노후화(차량 부품장애(32.6%), 신호설비 등 장애(20.9%))



〈그림 VII-202〉 기존 도시철도차량(전동차) 감속구동장치 손상 사례

〈표 VII-150〉 서울 지하철(1~4호선) 전동차 노후화에 따른 교체 대상 물량 현황

구분	합계	1차 (2014~2018년)	2차 (2016~2020년)	3차 (2018~2022년)	4차 이후 (2019년 ~)
교체물량	총 1,250량 1호선 : 160 2호선 : 470 3호선 : 150 4호선 : 470	200량 (2호선)	224량 (2호선)	196량 2호선 : 46 3호선 : 150	630량 1호선 : 160 4호선 : 470
소요예산	17,820억원	2,700억원	3,024억원	2,646억원	9.450억원

● 기존 철도차량용 구동장치의 성능적 한계성

- 기존 견인전동기는 유도전동기에 따른 저효율(최대 92%) 문제와 기계적 감속기로 인한 추가적인 동력손실(약 3%)이 발생하고 있으며, 일부 차종에는 구동장치에 Overload Protection을 위한 장치가 필요

기존 유도전동기+기계적 감속기 효율	마그네틱 기어드 동기전동기 효율
92% × 97.5% = 89.7%	92% (▲2.3%)

- 최근 고효율, 경량화가 가능한 영구자석 동기전동기(PMSM)로 개선하는 연구가 활발히 진행되고 있지만 여전히 기계적 감속기를 사용하고 있음

시사점

- 기존 철도차량용 구동장치의 구조적, 성능적 한계에 따라 미래형 철도차량용 구동장치는 마그네틱 기어 기술이 적용된 비접촉식 감속기와 영구자석형 동기전동기가 일체화된 마그네틱 기어드 동기전동기가 도입될 것으로 예상됨
- 마그네틱 기어와 영구자석형 동기전동기를 구조적으로 결합한 마그네틱 기어드 전동기는 기존 구동장치의 원천적인 문제점 해소 가능
- 마그네틱 기어드 동기전동기는 기계식 기어로 인한 손실이 제거되어 유도전동기+기계식 기어 시스템과 영구자석형 동기전동기+기계식 기어 시스템보다 높은 효율을 보일 것으로 예상됨
- 기어비 만큼의 속도 차이가 발생되는 2중 회전자를 갖는 마그네틱 기어드 동기전동기를 철도차량용 구동장치로의 적용을 위한 기술 개발 필요

다. 연구개발 필요성

과학기술적 중요성

- 미래형 철도차량용 구동장치는 마그네틱 기어 기술이 적용된 비접촉식 감속기와 영구자석형 동기전동기가 일체화되어 기어비 만큼의 속도 차이가 발생되는 2중 회전자를 갖는 마그네틱 기어드 동기전동기로 대체될 것으로 예상됨
- 세계 최초 마그네틱 기어드 동기전동기 개발로 세계 시장 선점 및 선진국 주도의 기존 동기전동기 시장을 우리 기술로 재편 가능
  - 비접촉 방식의 감속기가 일체화된 시스템으로 소형 경량화된 시스템 구축 가능
  - 대차 및 차륜 등 지지구조물의 크기 소형화가 가능하며, 차량의 저상화 및 경량화를 통해 전체 차량시스템 효율 증대 가능
  - 선진국 주도의 마그네틱 기어드 동기전동기 기술 종속 탈피 및 미래 시장선도형 기술 확보

시장경제적 필요성

- 유지보수 주기 증가에 따른 철도차량의 가용성 향상
  - 마그네틱 기어드 동기전동기는 비접촉 동력전달이 특징으로 전폐형 구조를 가지고 있어 기존 부품 대비 윤활유의 주기적인 정비와 치차 등에 대한 정비 불필요하여 유지보수 주기 3배 증가 가능
  - 비접촉 동력전달로 예방정비에 따른 고유가용성 향상, 고장처치 시간을 포함하는 성취 가용성 향상, 행정소요시간의 단축 및 보수품의 대기시간을 포함하는 운영가용성 향상이 예상
- 철도차량용 구동장치 부분의 신규 매출 확보
  - 전기철도의 핵심인 추진시스템의 신기술 확보로 신규 고부가가치 창출 및 관련 기술의 해외 수출 가능
  - 신규시장매출액: 약 2,420억원(연간 약 161.3억원)
- 기존 도시철도차량용 유도전동기와 비교하여 높은 출력밀도와 크기, 중량 등이 축소되어 에너지 효율 향상에 따른 운영비 및 유지보수비 절감 가능

사회문화적 필요성

- 「열차 안전운행」 이라는 국민의 지속적인 Needs를 반영하기 위해 미래형 철도차량용 구동장치 기술의 개발이 필요
  - 기존 철도차량용 구동시스템 대비 마그네틱 기어드 동기전동기 적용으로 철도차량의 가용성을 높이고 안전성을 향상시켜 열차 운영효율 향상에 기여
  - 마그네틱 기어드 동기전동기를 적용하여 대차 및 차륜 등 철도차량의 경량화 및 소형화가 가능하며, 이를 통해 차량의 승차감 및 안락감을 향상 가능
- 국내외의 전동차 신규 시장 창출에 따른 고용 증대 및 철도 산업 발전에 기여
  - 학계 및 산업계의 대용량 철도 추진시스템 관련 인력 확충

2.2 국내외 시장 및 연구개발 동향

가. 국외 시장 및 연구개발 동향

시장규모

- 국외 철도차량의 시장규모는 2015년 기준 약 72조원, 그 중 추진시스템 시장(전기차량 가격의 약 20% 로 추산)은 약 9조원 규모임

※ (출처: 철도차량 제11호(2015.01))

- 국외 기계식 감속기 시장 규모는 2010년 기준 풍력용으로만 약 43억 달러 수준이며, 2011년~2015년 연평균 10.6% 성장하여, 2015년에 65억 달러의 시장 규모가 형성됨

- 국외 베어링 시장 규모는 2012년 기준 약 4,663조원 규모로, SKF, Shaeffler, NSK, NTN, JTEKT, 후지코시가 전체의 70% 가량을 차지하고 있으며, 2016년에는 시장 규모 전망치가 950억 달러로 추정

- 국외 철도 분야 기계식 감속기 시장은 거의 유럽(독일)의 감속기 제작사인 VOITH가 주도

- VOITH사는 최근 최고속도 440km/h까지 주행이 가능한 고속철도용 감속기를 개발하였으며, 그 이상의 속도대역까지도 주행이 가능한 감속기 개발 진행


고속철도용


간선철도용


경전철용

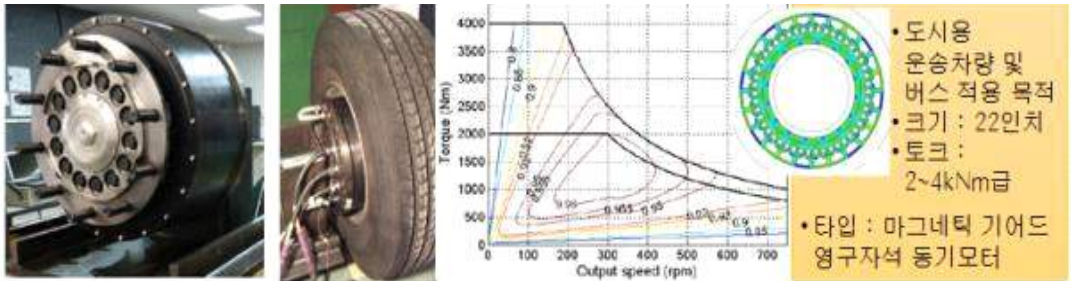

도시철도용

〈그림 VII-203〉 VOITH사의 다양한 철도차량용 감속기

연구개발 동향

- 전기자동차나 풍력발전 분야에서 마그네틱 기어에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으나 철도차량용 마그네틱 기어 및 마그네틱 기어드 동기전동기가 견인전동기용으로 실용화된 사례는 없음

- 영국의 Magnomatics사는 마그네틱 기어와 마그네틱 기어드 동기전동기 관련 특허를 다수 보유하고 있으며, 도시용 운송차량 및 버스 등에 적용이 가능한 22인치, 2~4kNm급 마그네틱 기어드 영구자석 동기전동기가 적용된 Direct Drive wheel-Motor 시제품 개발함



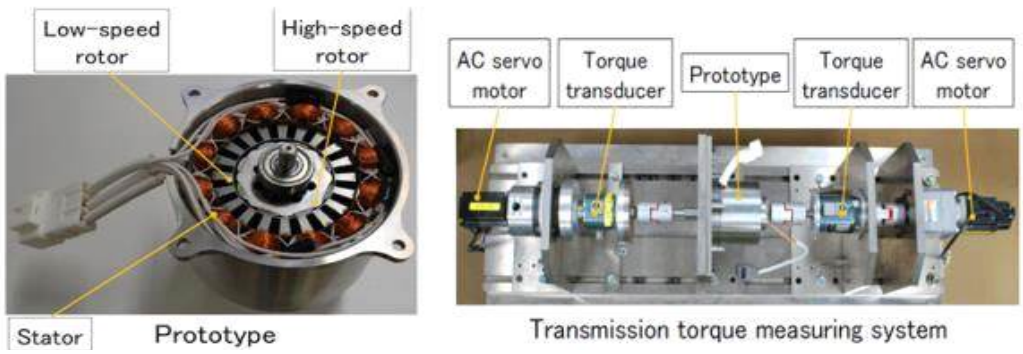
〈그림 Ⅶ-204〉 Magnomatics사의 2~4kNm급 마그네틱 기어 일체형 동기전동기 적용

- Magnomatics사는 2016년에 Rolls-Royce사와 ATB Laurence Scott사와 공동 협력하여 2MW급 이상의 선박이나 잠수함 추진용 대형 마그네틱 기어드 동기전동기 개발을 위한 25억원 규모의 프로젝트를 착수

Design	1	2/3	4	5	6
Product Code	PDD30	PDD85/100	PDD650	PDD2k	PDD16k
Power (kW)	0.25	4	24	65	300
Cont. Torque (Nm)	30	80/100	650	2000	16,000
Rated Speed (rpm)	300	1000	350	350	180
Diameter (m)	0.14	0.18/0.2	0.305	0.46	0.87
Active length (m)	0.03	0.045	2 X 0.065	0.195	2 X 0.175
Active Mass (kg)	2.5	8/10	60	150	1177
Continuous Torque Density –active (Nm/m³)	64,960	69,862	68,435	85,000	76,900
Specific Torque Density - active (Nm/kg)	12	10.6	10.8	20.0	13.6
Cooling	Totally Enclosed	Totally Enclosed	Oil-filled, water immersed	Water jacket – low flow coolant or naturally cooled	
Typical applications	E-bikes, E-scooters	Flight surface actuation, Small electric vehicle hub drives	Marine propulsion	Wheel hub drive for commercial HEV, Defence Land, Rail Traction	Marine propulsion

〈그림 Ⅶ-205〉 영국 Magnomatics사의 마그네틱 기어드 동기전동기 개발 현황

- 일본 오사카 대학에서 2010년 이후로 일반적인 Radial-gap 타입의 마그네틱 기어뿐만 아니라, Axial-gap 타입의 마그네틱 기어 및 마그네틱 기어드 동기전동기 시제품을 제작하여 성능을 입증함



〈그림 Ⅶ-206〉 오사카 대학의 마그네틱 기어드 동기전동기 및 토크 측정을 위한 시험장치

나. 국내 시장 및 연구개발 동향

국내 시장규모

- 마그네틱 기어드 동기전동기 도입에 따른 유지보수 비용 감소는 5.2백만원/량으로 기존 대비 16.1%에 해당하는 년간 1백만원/량이 절감될 것으로 예측됨

  - 2040년까지 전동차 발주계획에 따른 시장규모는 2,420억원으로 추산됨

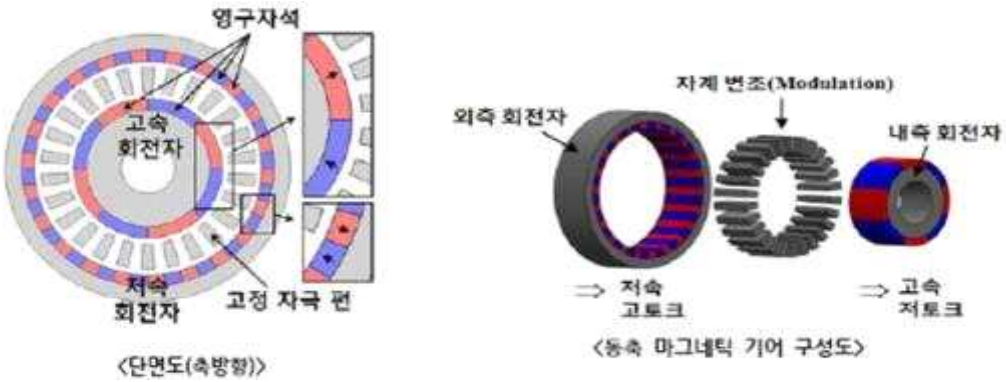
※ 출처: 철도차량 및 주요부품 중장기 구매계획 알림, 국토부 철도운행안전과-3214

연구개발 동향

- 국내에서 마그네틱 기어나 영구자석 동기전동기에 대한 개별적인 연구는 다수 진행되었으나, 마그네틱 기어드 영구자석 동기전동기에 대한 연구 경험은 없음

- 마그네틱 기어 관련 연구는 주로 대학에서 진행이 되었으며, 대부분 설계단계까지 진행

  - 2012~2013년 교육과학기술부 지원으로 동아대학교에서 “고출력 저진동 풍력발전기용 마그네틱 기어 개발”을 통해 1kW급 동축 마그네틱 기어 개발

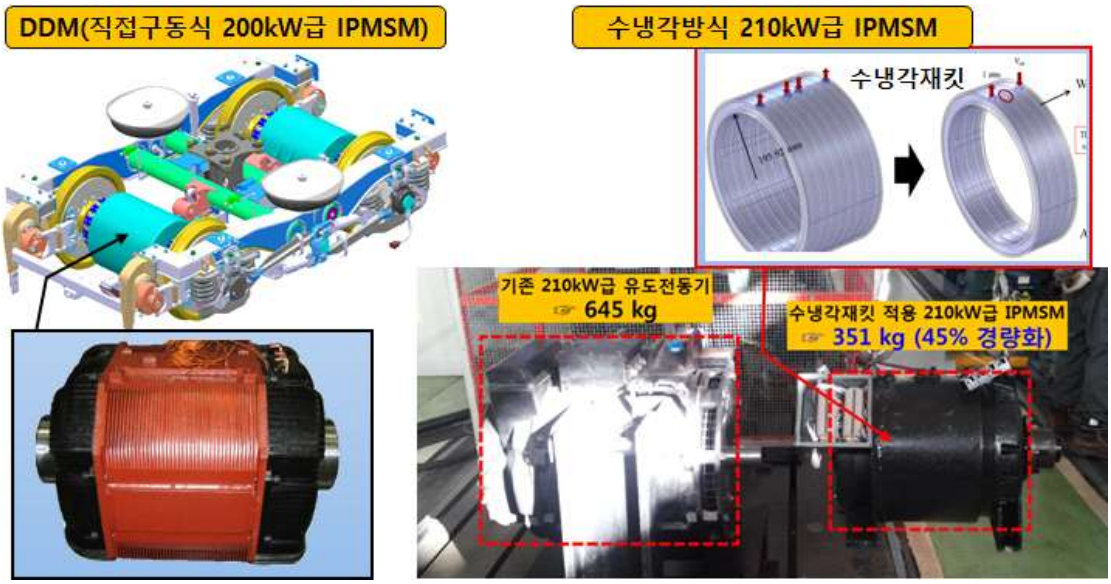


<그림 VII-207> 1kW급 마그네틱 기어 단면도 및 구성도 (동아대학교, 2013)

  - 2013~2016년 교육과학기술부 지원으로 한국교통대학교에서 “고기어비/고전달토크 구현 가능 마그네틱 기어” 과제를 통해 모듈레이터 개념을 이용한 비접촉식 마그네트 기어의 개념 정립, 이론 전개, 분석, 최적화 그리고 하드웨어 구현과 검증 수행

  - 2014~2017년 미래창조과학부 지원으로 충남대학교에서 “고속 영구자석 전동기의 비접촉 기계부하 결합을 위한 마그네틱 디바이스 설계기술 개발” 과제를 통해 고속 회전용 영구자석 자기 커플링 기술 개발

- 철도차량 견인용 영구자석 동기전동기는 최근 한국철도기술연구원과 한양대학교에서 경전철용 110kW급부터 고속철도용 410kW급까지 다양한 용량의 동기전동기 개발을 수행함



〈그림 Ⅶ-208〉 한국철도기술연구원의 철도차량용 영구자석동기전동기 개발 현황

- 견인용 영구자석 동기전동기에 대한 연구 동향은 과거에는 전동기의 최적 설계에 치우쳐 있었지만, 최근에는 냉각방식 및 최적 제어알고리즘 연구로 전환되고 있으며, 희토류 가격의 불안정성으로 희토류 저감 또는 Free한 동기전동기의 연구도 이루어지고 있음

시사점

- 해외에서는 풍력발전기나 전기자동차용 마그네틱 기어나 영구자석 동기전동기 개발은 진행되었으나 철도차량에 적용하기 위한 시도는 미흡한 상황임

- 국내에서 마그네틱 기어나 영구자석 동기전동기에 대한 개별적인 학술 연구는 다수 진행되었지만, 마그네틱 기어 일체형 동기전동기에 대한 연구는 전무한 상황임

- 따라서, 철도차량용 마그네틱 기어드 동기전동기 개발이 성공할 경우 세계 최초로 소형화, 경량화, 고효율 전동기 기술 보유로 국내 시장 및 해외 시장 진출이 가능할 것으로 판단되므로 시급히 추진 필요

  - 태양광 발전시스템의 구동장치, 풍력 발전장치 등 관련 산업으로의 파급효과가 클 것으로 예상됨

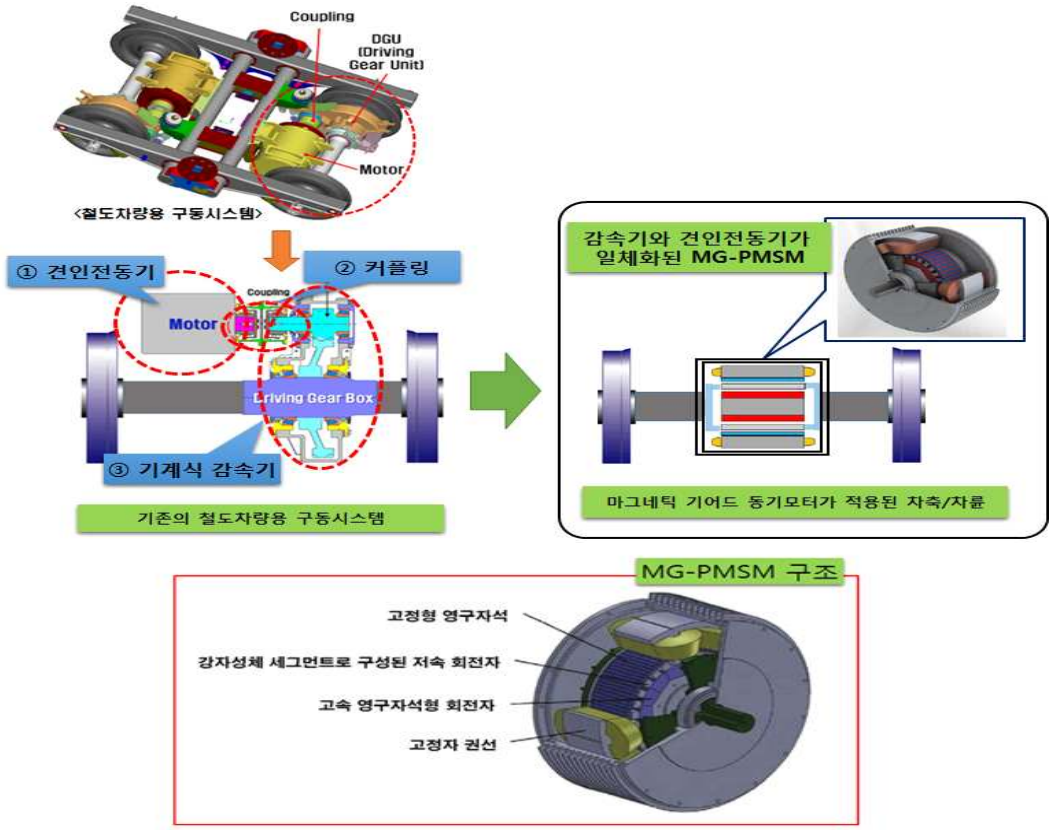
2.3 연구개발 범위

세계 최초의 210kW급 도시철도차량용 마그네틱 기어드 동기전동기 핵심기술개발

- 기존의 210kW급 도시철도차량용 견인전동기(유도전동기)와 기계식 1단 감속기를 대체하기 위한 기술로써, 마그네틱 기어 기술이 적용된 비접촉식 마그네틱 감속기와 영구자석형 동기전동기가 일체화된 마그네틱 기어드 동기전동기 시스템 개발

- 도시철도차량용 마그네틱 기어드 동기전동기 및 구동용 제어기 설계 기술
  - 마그네틱 기어드 동기전동기의 성능을 확보하기 위한 전자계 및 구조해석 설계
  - 손실 분석을 통한 철손/동손 최소화 방안 연구
  - 출력밀도 향상을 위한 영구자석 구조, 권선법 및 자성재료 분석 연구
  - 최적 설계를 위한 Multi-physics(전자계해석·열해석·유동해석·구조해석) 분석 기법 정립 및 최적화 모델 도출
  - 고정밀/고속응성 속도제어기술 개발을 통하여 마그네틱 기어드 동기전동기 구동용 고효율 제어기 기술 개발
  - 도시철도차량용 마그네틱 기어드 동기전동기 구조 및 냉각시스템 설계/제작 기술
  - 2중 회전자 모델에 대한 고신뢰성 확보를 위한 내·외측 회전체 구조 설계 및 강성 확보 기술 개발
  - 외측 회전자용 폴피스 및 하우징 제작 기술 개발 및 차륜-마그네틱 기어드 동기전동기 연결을 위한 윤축일체형 기술 개발 및 신뢰성 확보 기술 개발
  - 전폐형 2중 회전자 모델의 열해석 메커니즘 분석을 통하여 마그네틱 기어드 동기전동기 개발품의 냉각방식 선정 및 하우징 제작 기술 개발

- 개발품의 신뢰성 확보를 위한 성능시험 및 평가기술
  - 철도차량용 견인전동기 성능시험에 준하는 개발품의 단품 및 조합 성능시험 및 평가
  - 마그네틱 기어드 동기전동기의 실 대차 적용 실차 조건 성능시험을 위한 실 대차 및 차량 인터페이스 제작
  - 마그네틱 기어드 동기전동기의 실 대차 적용 실차 조건에서의 성능시험 및 평가



<그림 Ⅶ-209> 도시철도차량용 마그네틱 기어드 동기전동기 개발(안)

2.4 연구개발 내용

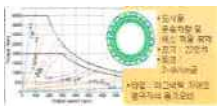
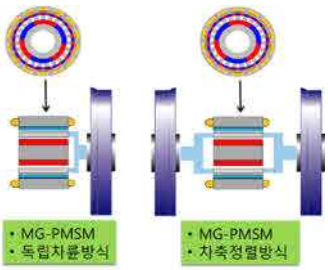
가. 연구개발 목표

- 도시철도차량 경량화를 위한 신개념 구동용 210kW급 마그네틱 기어드 동기전동기 기술 개발
  - (토크 및 회전속도) 고속부 402Nm, 5,000rpm / 저속부 2,312Nm, 870rpm
  - (효율 및 출력밀도) 효율 92%(감속 기어부 포함), 출력밀도 기존 대비 15% 이상 개선

나. 연구개발 핵심 내용

핵심(구성) 기술명	핵심(구성) 기술 주요내용
마그네틱 기어드 동기전동기 설계/해석 기술	– 부하조건에 따른 용량 산정 연구 – 핵심요소기술 분석 및 방식 선정 연구 – 기초 및 상세 설계 연구 – 효율 및 출력밀도 향상 연구 – 최적 설계 연구
제어 알고리즘 및 구동 드라이버 기술	– 핵심요소기술 분석 및 방식 선정 연구 – 제어 알고리즘 개발 – 고정밀 제어기법 개발 – 효율 및 출력밀도 향상 연구
구조 및 냉각시스템 설계 기술	– 기구 설계 기술 연구 – 냉각시스템 설계 기술 연구 – 2중 회전자 제작 기술 개발 – 윤축일체형 기술 개발 – 냉각시스템 적용 하우징 제작 기술 개발
단품/실차 적용 성능평가시험 및 인터페이스/실용화 기술	– 마그네틱 기어드 동기전동기+드라이브 일체화 기술 – 윤축 커플링 기술 개발 – 대차시스템 연계 인터페이스 기술 – 실대차 제작 및 전동기 취부 최적화 기술 – 시제품의 단품 성능 시험 및 평가 – 시제품 조합시험 및 평가 – 수정 보완 및 재시험을 통한 성능 목표 검증 – 실대차 적용 실차 조건에서의 성능 시험 및 평가 – 수정 보완 및 재시험을 통한 성능 목표 검증

다. 핵심 기술별 As-is/To-be

핵심기술	As-Is		To-Be	현재 TRL	목표 TRL
	국내	국외			
구조 및 형식	국내 도시철도차량은 유도전동기+기계적 감속기로 구성된 구동장치 적용 중   <기존 구조>	자동차, 철도 등 견인용으로 단품 개발 사례만 있고, 적용 사례는 없음 (Magnometics사)   <65kW급 마그네틱 기어드 동기전동기 단품>	감속기능 포함 마그네틱 기어드 동기전동기 적용 구동장치 속도가 다른 2중 회전자를 가진 일체형 구조 마그네틱 기어드 동기전동기 차축에 직결 구조   <마그네틱 기어드 동기전동기 및 적용 구동장치의 구조>	TRL 2	TRL 6
기계적 감속기 필요여부	필요	불필요 (일체형 구조)	불필요 (일체형 구조)	TRL 2	TRL 6
냉각방식	자기통풍식	자기통풍식 또는 수냉식	자기 통풍식 또는 수냉식	TRL 2	TRL 6
견인전동기 출력	200~210kW	65 kW	210kW	TRL 2	TRL 6
토크	견인전동기 출력부 402 Nm 감속기 출력부 2,312 Nm	고속부 확인불가 저속부 2,000Nm	고속부 402Nm 저속부 2,312Nm	TRL 2	TRL 6
회전수	견인전동기 출력부 5,000 rpm 감속기 출력부 870 rpm	고속부 확인불가 저속부 350rpm	고속부 5,000rpm 저속부 870rpm	TRL 2	TRL 6
효율	92 % (감속기어 손실 제외)	92 % 이상 (기어 손실 포함)	92% 이상 (기어 손실 포함)	TRL 2	TRL 6
출력밀도	0.33 kW/Kg	0.43 kW/Kg	0.43 kW/Kg 이상	TRL 2	TRL 6

라. 세부 기술 및 내용

마그네틱 기어드 동기전동기 설계/해석 기술

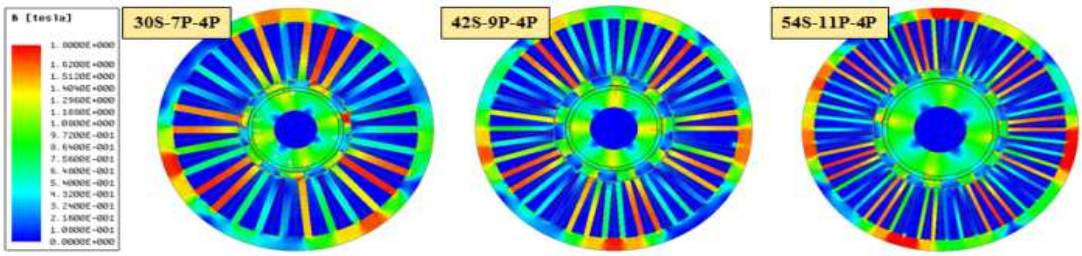
- 전자기해석과 구조해석을 기반으로 하는 마그네틱 기어드 동기전동기 설계 기술 개발
- 마그네틱 기어드 동기전동기의 성능 확보를 위한 손실 분석

※ 고정자/회전자 및 폴피스에서의 철손/동손/와전류손 최소화 방안 연구

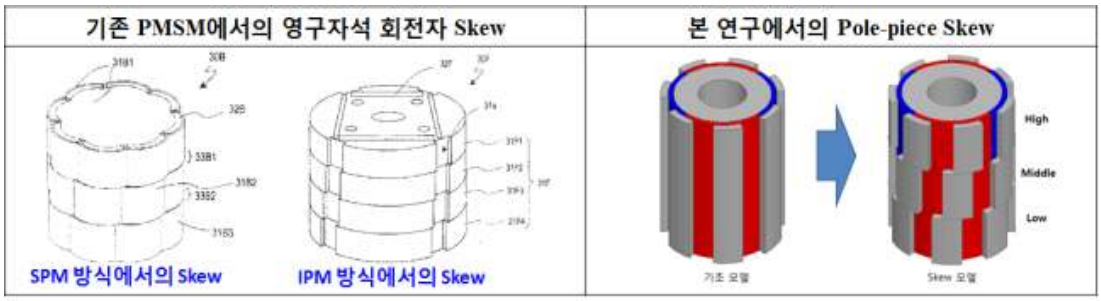
- 출력밀도 향상을 위한 설계 파라미터 분석

※ 영구자석의 구조, 고정자 권선법 및 자성재료의 분석

- 전자계해석, 열해석, 동해석, 구조해석 등을 통한 최적화 설계



<그림 VII-210> 도시철도차량용 마그네틱 기어드 동기전동기의 설계 모델



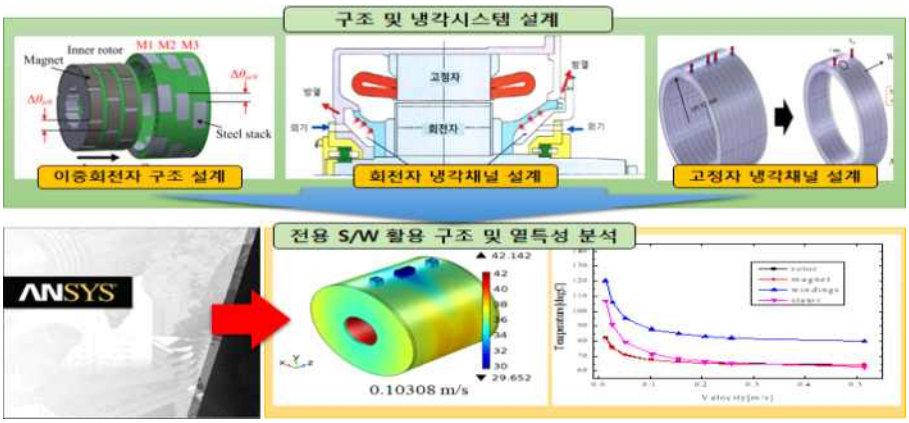
<그림 VII-211> 마그네틱 기어드 동기전동기의 2중 회전자 구조 스큐 적용(안)

제어 알고리즘 및 구동 드라이버 기술

- 속도가 서로 다른 2중 회전자 구조의 제어 알고리즘 및 구동 드라이버 기술
  - 고정밀/고속응성 속도제어가 가능한 알고리즘 개발
  - 고정밀 제어로 구동효율이 향상된 제어기 개발

구조 및 냉각시스템 설계 기술

- 2중 회전자 모델의 고신뢰성 회전체 구조 설계 및 강성 확보 기술
  - 2중 회전자 구조의 강성 및 안전/안정성 해석 기법 연구
  - 2중 회전자 중 외측 회전자용 폴피스 및 폴피스용 하우징 개발
  - 회전 속도가 다른 2중 회전자 구조에 적합한 베어링 개발
  - 냉각시스템 설계 기술
  - 전폐형 2중 회전자 모델의 열해석 메커니즘 분석을 통한 냉각시스템 용량 및 방식 선정
  - 유동해석을 통한 설계 및 성능 검증



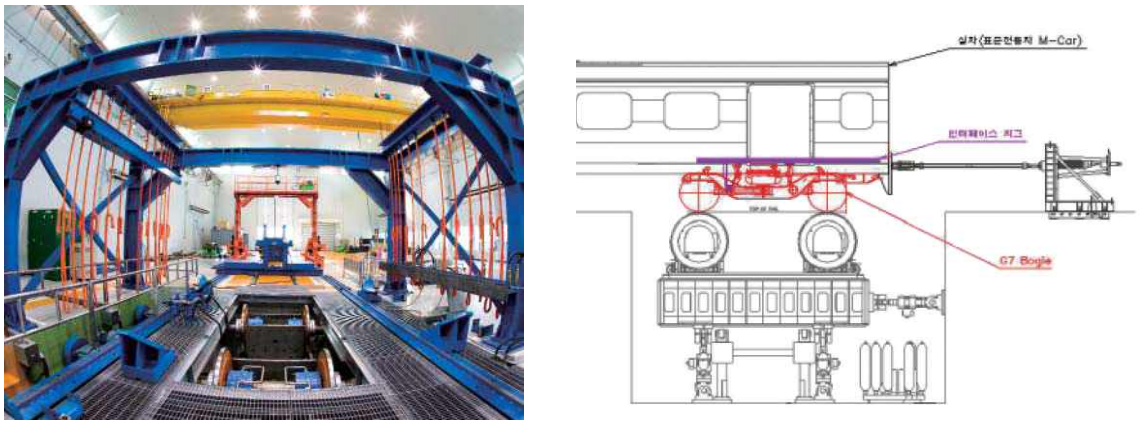
〈그림 VII-212〉 구조 및 냉각시스템 설계 및 분석 구성도

실차 적용 성능평가시험 및 인터페이스/실용화 기술

- 대차 인터페이스 및 실용화를 위한 신뢰성 확보 기술
  - 마그네틱 기어드 동기전동기와 윤축이 동축 구조로 체결이 되어야 하므로 윤축 커플링 개발
  - 대차시스템과의 연계 인터페이스 기술 개발
- 개발품 성능평가 및 신뢰성 확보방안 연구
  - 개발품 단품 및 종합 성능 시험/평가
  - 실차 조건의 시험설비를 통한 성능 시험 및 평가



<그림 VII-213> 동기전동기 및 제어기의 단품 및 조합 성능시험 장치 구성도



<그림 VII-214> 마그네틱 기어드 동기전동기의 실 대차 적용 특성시험 설비 구성도

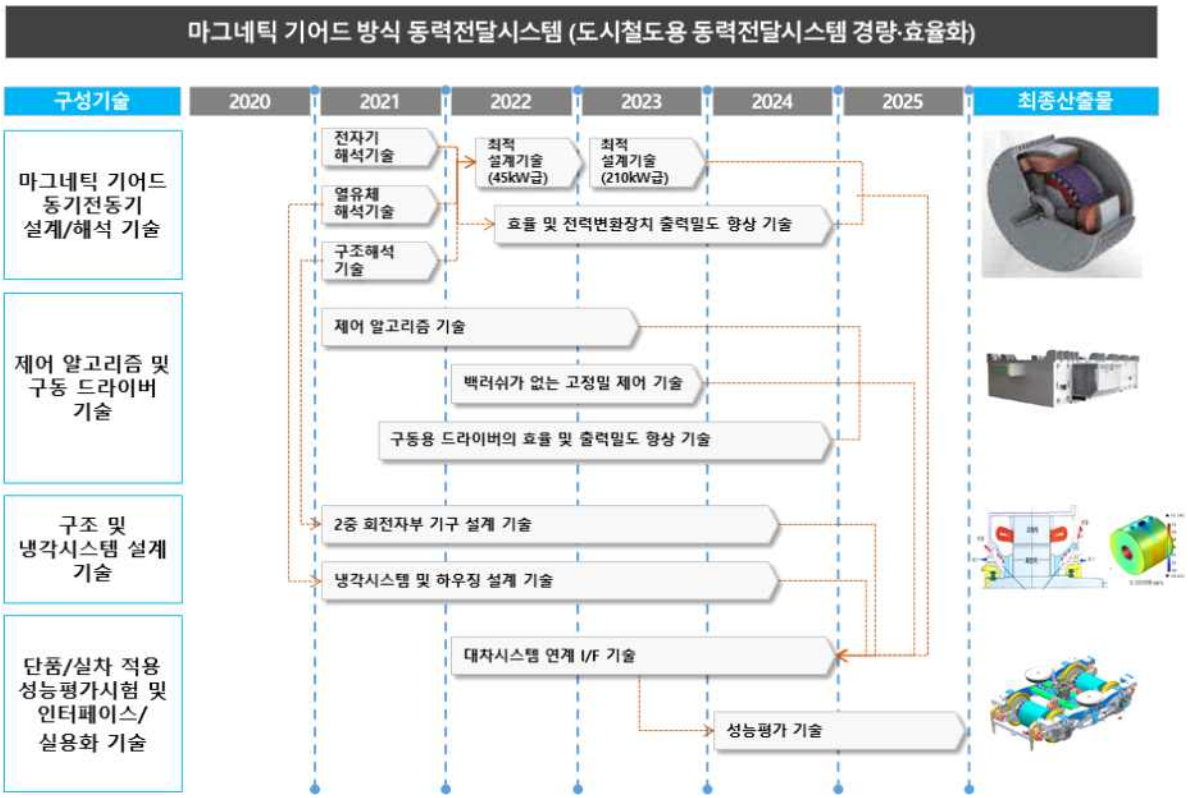
마. 연차별/단계별 수행 목표 및 내용

연차별 주요 연구내용

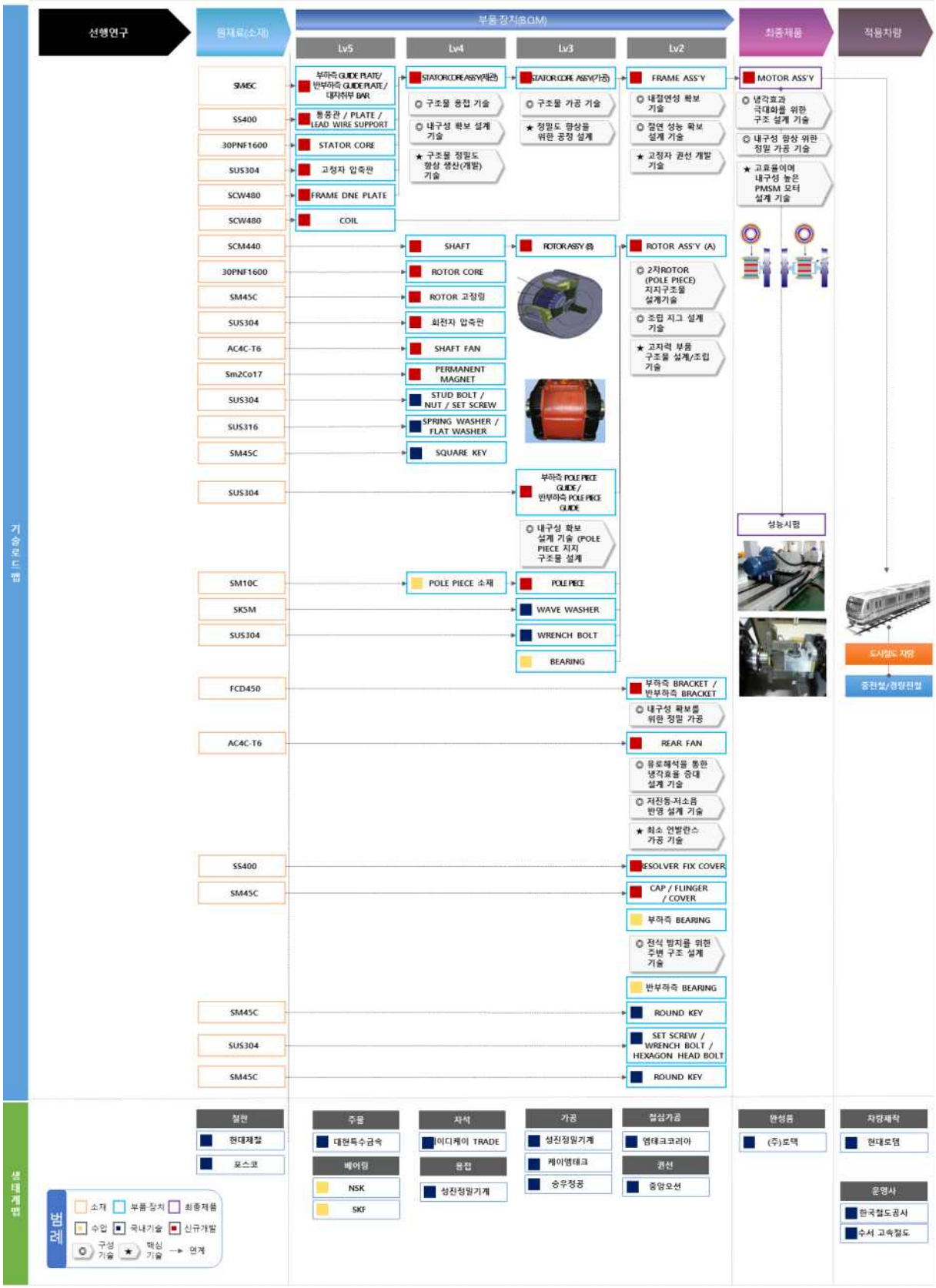
연차	기술 개발 목표	기술 개발 내용
1차년도	마그네틱 기어드 동기전동기 및 구동드라이버 기본설계 연구	– 선행기술 검토 및 분석 연구 – 핵심요소기술 분석 및 방식 선정 연구 – 마그네틱 기어드 동기전동기 설계 기법 연구 – 구조 및 냉각시스템 설계 기술 연구 – 마그네틱 기어드 동기전동기의 제어 기법 연구 – 2중 회전자 구조 제작 기술 개발 – 소형 시제품(10kW급) 샘플 제작 및 설계기법 유효성 검증 시험
2차년도	상세 설계 및 냉각 기술 연구	– 45kW급 마그네틱 기어드 동기전동기(1차 시제품) 기초/상세 설계 연구 – 마그네틱 기어드 동기전동기 최적 설계 연구 – 마그네틱 기어드 동기전동기 효율 향상 및 출력밀도 향상 연구 – 고정밀 제어기법 개발 및 제어 효율 향상 연구 – 마그네틱 기어드 동기전동기 전용 전력변환장치 출력밀도 향상 연구 – 냉각시스템 적용 하우징 최적 설계 기술 연구 – 45kW급 시제품 제작 및 성능 평가 기술 확보 연구 – 대차시스템 연계 인터페이스 기술 개발
3차년도	시제품 제작 및 대차 적용을 위한 인터페이스 연구	– 210kW급 마그네틱 기어드 동기전동기(2차 시제품) 설계 연구 – 마그네틱 기어드 동기전동기의 2중 회전자와 대차의 윤축 체결을 위한 커플링 연계 기초 기술 연구 – 냉각시스템 적용 하우징 제작 기술 개발 – 210kW급 시제품 제작 및 성능 평가 기술 확보 연구 – 대차시스템 연계 인터페이스 기술 개발
4차년도	마그네틱 기어드 동기전동기 및 구동드라이버 시제품의 단품 및 조합성능시험	– 210kW급 마그네틱 기어드 동기전동기 및 구동 드라이브 시제품 단품 성능시험 및 평가 – 210kW급 마그네틱 기어드 동기전동기 및 구동 드라이브 시제품 조합 시험 및 평가 – 실 대차 적용 실차 조건 성능시험을 위한 실 대차 및 차량 인터페이스 제작 – 마그네틱 기어드 동기전동기의 실 대차 적용 실차 조건에서의 성능시험 방안 연구
5차년도	마그네틱 기어드 동기전동기 및 구동드라이버 시제품의 실 대차 적용 성능시험	– 210kW급 마그네틱 기어드 동기전동기/구동 드라이브 구성품의 대차 취부/조립 – 마그네틱 기어드 동기전동기의 실 대차 적용 실차 조건에서의 성능시험 및 평가 – 성능평가를 통한 수정 보완 사항 및 최종 210kW급 마그네틱 기어드 동기전동기 모델 도출

바. 수행 로드맵

- 각 핵심기술별로 연차별 연구개발 내용은 아래와 같음
  - 1차년도 기본설계 연구
  - 2차년도 상세 설계 및 냉각 기술 연구
  - 3차년도 시제품 제작 및 대차 적용을 위한 인터페이스 연구
  - 4차년도 시제품의 단품 및 조합성능시험
  - 5차년도 시제품의 실 대차 적용 성능시험



<그림 VII-215> 수행 로드맵_마그네틱 동력전달시스템



<그림 VII-216> 부품로드맵&산업생태계_마그네틱 동력전달시스템

사. 핵심 기술 확보 전략

핵심(구성) 기술		핵심 기술 확보 전략					
		공공 협력	민간 협력	자체 개발	해외 도입	국내 도입	기타
마그네틱 기어드 동기전동기 설계/해석 기술	210kW급 마그네틱 기어드 동기전동기의 기초/상세 및 최적 설계 기법 개발	◐		●			
	마그네틱 기어드 동기전동기의 효율 및 출력밀도 향상 기법 개발	◐		●			
제어 알고리즘 및 구동 드라이버 기술	210kW급 마그네틱 기어드 동기전동기 구동을 위한 전용 제어 알고리즘 기술 개발	◐		●			
	백러쉬가 없는 고정밀 제어기법 개발	◐		●			
	구동용 드라이브의 효율 및 출력밀도 향상 기법 개발	◐		●			
구조 및 냉각시스템 설계 기술	210kW급 마그네틱 기어드 동기전동기의 2중 회전자부 기구 설계 기술	◐		●			
	냉각시스템 및 하우징 설계 기술	◐		●			
단품/실차 적용 성능평가시험 및 인터페이스/실용화 기술	대차시스템 연계 인터페이스 기술 (윤축일체형 기술 개발)	●		◐			
	시제품의 단품 및 조합 성능시험 및 평가 기술	●		◐			
	시제품의 실 대차 적용 실차 조건에서의 성능평가 기술	●		◐			

- 공공협력: 국가 또는 공공기관이 보유 중인 기술 및 인프라와 연계
- 민간협력: 타기업에서 보유 중인 기술 및 인프라와 연계
- 자체개발: 기업이 보유한 기술 및 인프라 활용
- 해외도입: 선진국 또는 해외 선도 기업이 보유중인 기술을 이전 받아 활용
- 국내도입: 국내 기업이 보유한 기술을 이전 받아 활용

2.5 사업화 및 자립화 전략

가. 기술개발 완료 후 시장 출시가 가능한 기술 및 제품

- 도시철도차량용 신개념 210kW급 마그네틱 기어드 동기전동기 상용화 기술 확보가 가능
- (개별 부품 판매) 철도차량용 추진시스템 시장에서 신규 시장 진입 등 유지보수품에 대한 수입대체 등 파급효과가 클 것으로 예상

기존 도시철도차량의 구동장치 사양	기술 개발 후 확보 기술 및 출시제품
평행 1단 감속기 + 농형 유도전동기 	마그네틱 기어드 동기전동기 
▪ 냉각방식 : 자기 통풍식 ▪ 견인전동기 출력 : 210 kW ▪ 감속비 : 5.75 ▪ 토크 : 견인전동기 출력부 402 Nm / 감속기 출력부 2,312 Nm ▪ 회전수 : 견인전동기 출력부 5,000 rpm / 감속기 출력부 870 rpm ▪ 효율 : 92 % (감속기어 손실 제외) ▪ 부피 : 57.33 L (견인전동기) / 48.12 L (기어박스) ▪ 견인전동기 중량 : 645 kg (견인전동기) / 440kg (기어박스) ▪ 출력밀도 : 0.33 kW/Kg	▪ 냉각방식 : 자기 통풍식 또는 수냉식 ▪ 견인전동기 출력 : 210 kW ▪ 감속비 : 5.75 ▪ 토크 : 고속부 402 Nm / 저속부 2,312 Nm ▪ 회전수 : 고속부 5,000 rpm / 저속부 870 rpm ▪ 효율 : 92% 이상 (기어 손실 포함) ▪ 부피 : 57L 이하 (기어 포함) ▪ 견인전동기 중량 : 525 kg 이하 (기어 포함) (20% 이상 개선) ▪ 출력밀도 : 0.40 kW/Kg 이상 (20% 이상 개선)

나. 국내외 시험인증 전략

● 성능 기준 및 시험규격

- 철도차량용으로 마그네틱 기어드 동기전동기 관련 전용 국내외 시험 규격은 현재까지 없는 상황

- 기존의 철도차량용 추진시스템 관련 국내외 시험 규격에 준하여 성능 시험 기준 및 규격 마련이 필요

- 마그네틱 추진제어시스템 관련 성능 기준 및 시험규격 항목은 소음 및 진동, 추진 효율, 출력 용량, 토크 및 온도 상승 등이며, 성능 확보를 통하여 안전 및 내구성능이 우수한 철도차량용 마그네틱 기어드 동기전동기 개발 기술 확보

순번	성능항목	기준	적용 기준 및 규격	비고
1	소음성능	· 전동기 : 최대 RPM에서 음압 100 dB(A) 이하 · 구동기어 : 최대 RPM에서 음압 103 dB(A) 이하	KRTS-VE-Part51 5.2.6.2 IEC 60349-2 ISO/R 1680	-
2	진동성능	· 전동기 : 최대 RPM에서 2.8 mm/s 이하 · 견인전동기(과속) : 최고속도의 120% 속도 2분 운전 시 이상 진동 및 이상 음 없음 · 구동기어 : 최대 RPM에서 2.8 mm/s 이하	KRTS-VE-Part51 5.2.6.2 IEC 60349-2	-
3	추진 효율	· 시스템 효율 : 92% 이상	IEC 61377 GB 30253 GB/T 27744	-
4	전동기 출력 용량	· 210 kW 이상	IEC 60349-2 IEC 61287-1 GB/T 13139	-
5	출력 토크 및 회전수	· 고속 : 402 Nm, 5,000 RPM · 저속 : 2,312 Nm, 870 RPM	IEC 61377 IEC 60349-2 GB/T 13139	-
6	온도 상승	· 전동기 : 80 ℃ 이하 · 구동기어 : 90 ℃ 이하	IEC 60349-2 IEC 61377	-
7	내환경 성능	· 온도 : -40 ~ 80 ℃ · 습도 : 0 ~ 95 % · 진동충격 : 2종	IEC 60571 IEC 61373 IEC 60034-5	-
8	견인전동기 특성	· 전력 : 200 kW 이상 · 온도 등급 : C 등급	KRTS-VE-Part51 5.2.6.2 IEC 60349-2 KS C 4202	-

● 마그네틱 추진제어시스템 인증 획득

- 마그네틱 추진제어시스템은 향후 해외수출 기반을 확보하기 위하여 ISO 22163 국제철도 품질관리체계 인증 획득 필요

순번	인증 내용	인증 기관	기준	비고
1	성능인증 (NEP, NET, EPC, K마크 등)	· 산업통상자원부 · 국토교통부 · 중소기업벤처부 등	· 국내외 규격 및 성능 관련 자체 규격	임의인증(개발 제품에 대한 신기술, 신제품, 성능인증 등)
2	ISO 품질관리체계 인증	· 제3자 적합성인증기관	· ISO/TS 22163	임의인증 (철도 부품 제작자 품질관리 체계 인증)

다. 단계별 시장 진입 전략

● 철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 개발 완료시 단계별 시장 진입 전략은 다음과 같음

구분	단기 전략	중장기 전략
출시 제품	210kW급 마그네틱 기어드 동기전동기	60kW급/400kW급 마그네틱 기어드 동기전동기
진입 분야	도시철도차량용 구동시스템 분야	경량전철 및 고속철도용 구동시스템 분야
타겟	기존의 감속기/견인전동기로 구성된 도시철도차량용 구동시스템 대체	기존의 감속기/견인전동기로 구성된 경량전철 및 고속철도차량용 구동시스템 대체

- 단기 전략으로 국내 도시철도차량용 구동시스템 관련 210kW급 마그네틱 기어드 동기전동기 기술을 확보하여 기계적 감속기+견인전동기로 구성된 기존의 구동시스템 대체

- 중장기 전략으로 국내 경량전철 및 고속철도용 구동시스템 관련 60kW급/400kW급 마그네틱 기어드 동기전동기 시장으로 확대하여 기존의 구동시스템 대체 및 국내외 신규 시장 진출 추진

라. 지적 재산권 확보전략

핵심기술별 특성을 바탕으로 지적 재산권 확보 전략을 수립

- 설계/해석 기술 전략
  - 마그네틱 기어드 동기전동기는 속도가 서로 다른 2중 회전자 구조이므로 전자기해석과 구조해석을 기반으로 설계 기술개발 전략 수립
  - 마그네틱 기어드 동기전동기의 손실 분석원인을 파악하고, 출력밀도를 향상시키는 설계 파라미터 분석 기술 확보
- 제어 알고리즘 및 구동 드라이버 기술 전략
  - 고정밀 제어로 구동효율이 향상된 제어기 개발 및 속도제어가 가능한 알고리즘 개발을 통하여 2중 회전자 구조의 토크 손실이 없는 구동 드라이버 기술 개발 확보
- 구조 및 냉각시스템 설계 기술 전략
  - 2중 회전자 모델의 고신뢰성 회전체 구조를 설계하는 전략으로 2중 회전자 구조의 강성 및 안전성에 대하여 해석 기법을 연구
  - 2중 회전자 중 외측에 해당되는 회전자용 폴피스 및 폴피스용 하우징 기술 개발 및 제작 기술 확보
- 단품/실차 적용 성능평가시험 및 인터페이스/실용화 기술 전략
  - 대차 인터페이스 및 실용화를 위하여 마그네틱 기어드 동기전동기와 육축이 동축 구조로 체결되어야 하므로 윤축 커플링 개발 확보
  - 개발품 성능평가 및 신뢰성 확보를 위하여 개발품들의 종합적인 성능을 시험하고 평가 시스템 구축

1) 지식재산권 신청기술의 정의

순번	기술의 명칭	확보가능 특허	건수	등록시점
1	설계/해석 기술	▪ 고속 회전자에 포함되는 영구자석의 최적 및 강인 설계 기술 ▪ 고속 회전자에 포함되는 영구자석을 기존의 SPM 방식이 아닌 IPM 방식으로 변경하는 기술	2	2021년
2	제어 알고리즘 및 구동 드라이버 기술	▪ 2중 회전자 구조의 토크 손실이 없는 구동 제어 알고리즘 기술	1	2022년
3	구조 및 냉각시스템 설계 기술	▪ 2중 회전자 모델의 고신뢰성 회전체 구조를 설계하는 전략으로 2중 회전자 구조의 강성 및 안전성 확보 기술 ▪ 2중 회전자 중 외측에 해당되는 회전자용 폴피스 및 폴피스용 하우징 기술 및 제작 기술 ▪ 2중 회전자의 저속부와 윤축 일체형 기술 ▪ 2중 회전자 구조의 베어링 안착 구조 및 신규 냉각 채널 설계 기술	4	2023년
4	단품/실차 적용 성능평가 시험 및 인터페이스/실용화 기술	▪ 마그네틱 기어드 동기전동기+드라이브 일체화 기술 ▪ 마그네틱 기어드 동기전동기와 대차시스템 연계 인터페이스 기술 ▪ 마그네틱 기어드 동기전동기 적용 추진시스템의 성능 시험 및 평가 기술	3	2024년
합계		–	10	–

2) 선행기술조사를 통한 차별성 검토

- 마그네틱 추진제어시스템 관련 특허동향 조사 결과를 토대로 등록특허 기준, 존속기간 유예 등을 고려, 해당 과제와 유사한 특허 6개를 도출하여 비교 분석 수행

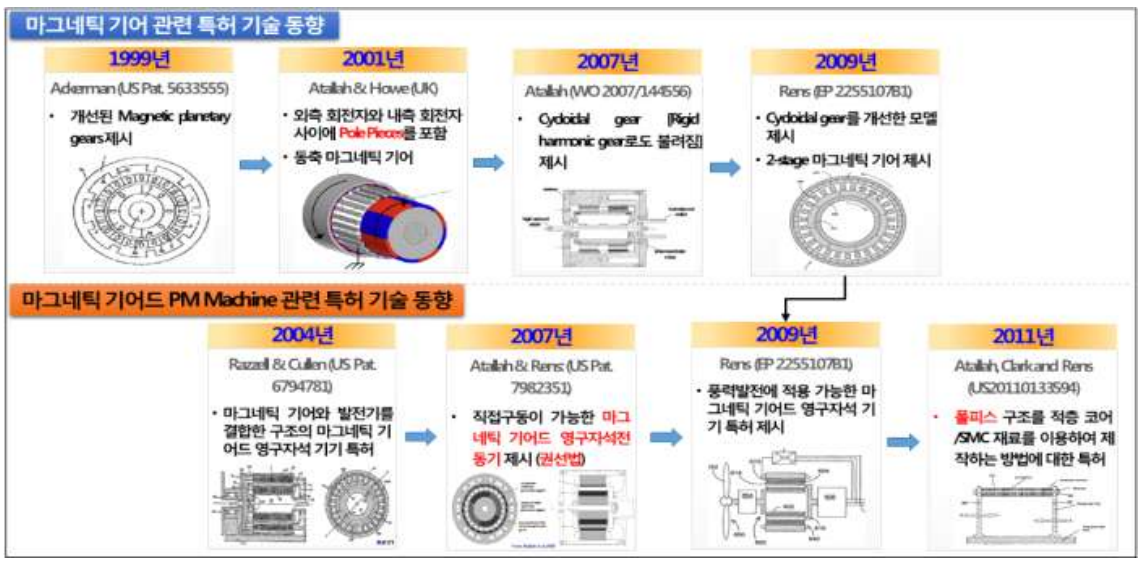
선행특허 기술명		주요기술과의 차별성				본 기술과의 차별성
		1	2	3	4	
P-1	수평배열형 마그네틱 기어를 이용한 컨베이어 (Conveyor with a horizontal array-type magnetic gear) (KR101059255B1)	◐	○	◐	○	마그네틱 기어를 활용한 컨베이어 관련 기술로써 제어 및 성능시험 기술과는 차별성 존재
P-2	영구자석 기어조합체 및 이를 이용한 컨베이어 (Magnet gear assembly and conveyor using the same) (KR20030038242A)	◐	○	◐	○	영구자석만으로 구성된 마그네틱 기어 조합체 활용 컨베이어 시스템에 관한 기술로 본 기술과는 구성 및 성능시험에서 차별성 존재
P-3	마그네틱 기어를 이용한 대면적 객체 이송용 컨베이어(Conveyor for large size object using magnetic gear)(KR20110061539A)	◐	○	◐	○	마그네틱 기어를 활용한 대면적 객체 이송용 컨베이어 관련 기술로써 제어 및 성능시험 기술과는 차별성 존재
P-4	마그네틱 기어 컨베이어 (Magnetic gear conveyer) (KR20090120702A)	◐	○	◐	○	마그네틱 기어를 활용한 컨베이어 관련 기술로써 제어 및 성능시험 기술과는 차별성 존재
P-5	속도 가변형 마그네틱 기어 (Variable magnetic gears) (US20110037333A1)	◐	●	◐	◐	마그네틱 기어의 고속측과 저속측 사이의 기어비를 외측 전기자에서 제어할 수 있는 구조의 속도 가변형 마그네틱 기어 관련 기술로써 제어 측면에서 차별성 존재
P-6	마그네틱 기어 응용 전기기기 (Electrical machine) (US7982351B2)	◐	●	◐	◐	마그네틱 기어의 고속측과 저속측 사이의 기어비를 외측 전기자에서 제어할 수 있는 구조의 속도 가변형 마그네틱 기어 관련 기술로써 제어 측면에서 차별성 존재
P-7	마그네틱 기어드 동기모터 (Magnetic pole-piece structure)(US20110133594A1)	◐	◐	◐	●	마그네틱 기어나 마그네틱 기어드 동기전동기에 있어서 중요한 부분 중 하나인 폴피스 구조와 관련된 특허로써, 적층 코어를 적용하는 방법이나 SMC 재료를 이용하여 제작하는 방법에 대한 특허로써 대용량에 적용하기 힘든 구조를 다루고 있기 때문에 응용 및 실용화 관련 기술 측면에서 차별성 높음

선행특허 기술명		주요기술과의 차별성				본 기술과의 차별성
		1	2	3	4	
P-8	마그네틱 기어와 이를 이용한 동력분할전달장치(Magnetic gear and power split transmission using such)(EP2390994A1)	◐	●	●	◐	마그네틱 기어의 고속측과 저속측 사이의 기어비를 외측 전기자에서 제어할 수 있는 구조의 속도 가변형 마그네틱 기어 관련 기술로써 제어 및 구조 측면에서 차별성 존재
P-9	연속 제어가 가능한 마그네틱 기어 (Continously controllable magnetodynamic gear) (US7723886B2)	◐	◐	◐	◐	마그네틱 기어의 고속측과 저속측 사이의 기어비를 외측 전기자에서 연속적으로 제어할 수 있는 구조의 연속제어형 마그네틱 기어 관련 기술로써 내측 회전자의 영구자석이 SPM 형태로써 구조 응용 및 실용화 관련 기술 측면에서 차별성 존재

※ ○: 관련성 낮음, ◐: 일부 유사, ●: 차별성 높음

3) 보유 지적재산의 보강 전략

- 도시철도차량용 마그네틱 기어드 동기전동기 기술 개발을 위한 핵심 원천 기술은 다음과 같음
  - 마그네틱 기어드 동기전동기의 2중 회전자 구조 제작 기술
  - 고속 회전자에 포함되는 영구자석의 최적 및 강인 설계 기술
  - 마그네틱 기어드 동기전동기의 기구적/열적 신뢰성 확보 기술



<그림 VII-217> 마그네틱 기어와 기어적용 PM Machine의 특허 기술 발전 동향

- 기존 마그네틱 추진제어시스템 관련 특허는 2중 회전자 구조 및 제작 기술에 관한 원천기술 연구로 관련 기술을 접목한 시제품 제작은 부재한 실정임에 따라 신규 기술 개발을 통한 지적재산권 확보 필요

- 신규 특허 획득 전략

  - 고속 회전자에 포함되는 영구자석은 기존의 SPM 방식을 IPM 방식으로 가져가면 회피 및 신규 특허 확보 가능

  - 2중 회전자 구조의 베어링 안착 구조 및 신규 냉각 채널 설계를 통해 신규 특허 출원 가능

보 강 전 략	
문 제 점	해 결 방 안
· 마그네틱 기어 기술을 활용한 추진력 기술은 현재 원천기술 확보 수준에 해당	· 마그네틱 추진력 기술을 기반으로 추진제어시스템의 설계, 인터페이스, 제작을 통해 신기술에 대한 권리확보가 가능
회 피 전 략	
문 제 점	해 결 방 안
· 현재까지 마그네틱 기어 기술을 활용한 추진력 기술은 소형 시스템에 국한되어 기술 개발이 이루어졌기 때문에 철도차량과 같은 대형 시스템에 적용 경험이 거의 전무한 상황	· 철도차량용 대용량 유도전동기 및 영구자석형 동기전동기 적용 추진시스템 기술 개발 경험을 기반으로 마그네틱 기어드 동기전동기 적용 추진제어 시스템 신기술에 대한 권리확보 가능

4) 신청기술의 방어전략

- 신청기술의 사업화와 관련하여, 분쟁 가능성이 높은 특허에 대해서는 방어 전략이 필요하며, 타사의 특허를 침해할 가능성이 있는 경우에는 사전에 타사 특허에 대한 대응방안을 마련

- 기존 지적 재산권 검토 결과 특허 회피 전략은 다음과 같음

  - 마그네틱 기어드 동기전동기의 2중 회전자 구조 제작 기술에서 2중 회전자 구조 자체의 특허는 무효논리 개발로 대응 가능

  - 2중 회전자 중 저속 회전자의 폴피스에 대한 특허는 형상 변경을 통해 회피 설계 가능

선행특허기술명	방어전략
마그네틱 기어드 동기전동기의 2중 회전자 구조 제작 기술	▪ 2중 회전자 구조 자체의 특허는 무효논리 개발로 대응이 가능 ▪ 2중 회전자 중 저속 회전자의 폴피스에 대한 특허는 형상 변경을 통해 회피 설계가 가능
고속 회전자에 포함되는 영구자석의 최적 및 강인 설계 기술	▪ 고속 회전자에 포함되는 영구자석은 기존의 SPM 방식을 IPM 방식으로 가져가면 회피 및 신규 특허 확보 설계가 가능
마그네틱 기어드 동기전동기의 기구적/열적 신뢰성 확보 기술	▪ 2중 회전자 구조의 베어링 안착 구조 및 신규 냉각 채널 설계를 통하여 신규 특허 출원이 가능

2.6 투자계획

가. 투자 규모

- 총 88.00억 원/5년 중 정부출연금 66.00억 원(75%) 대비 민간부담금 22.00억 원(25%)으로 구성된 정부주도 사업추진

<표 VII-151> 총 투자계획_마그네틱 추진제어시스템

(단위 : 억 원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	총계
정 부	-	9.00	12.00	12.00	15.00	18.00	66.00
민 간	-	3.00	4.00	4.00	5.00	6.00	22.00
합 계	-	12.00	16.00	16.00	20.00	24.00	88.00

나. 소요 재원

- 마그네틱 추진제어시스템 개발을 위한 연구개발 소요재원은 전체 소요재원 중 연구개발비가 84%로 74.00억 원을 소요

<표 VII-152> 연구활동별 집행기준_마그네틱 추진제어시스템

(단위: 억 원)

구분		총사업비				비율
대항목	소항목	국고	지방비	민간	합계	
1. 연구개발		52.00	-	22.00	74.00	84.1%
2. 연구시설 및 장비	시설	-	-	-	-	0.0%
	장비	14.00	-	-	14.00	15.9%
3. 기타(Feedback R&D 포함)		-	-	-	-	0.0%
합계		**66.00**	**-**	**22.00**	**88.00**	**100.0%**

다. 소요 예산 산출근거

핵심기술별 연구개발비

- 구성기술별 연구개발비 내역은 다음과 같음

〈표 VII-153〉 핵심기술별 연구개발비_마그네틱 추진제어시스템

(단위 : 억 원)

과제명	구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	총계
마그네틱 기어드 방식 동력전달 시스템	마그네틱 기어드 동기전동기의 설계/해석 기술 개발	정 부	-	3.00	4.20	3.50	3.50	3.00	17.20
		민 간	-	1.00	1.40	1.17	1.17	1.00	5.74
		소 계	-	4.00	5.60	4.67	4.67	4.00	22.94
	마그네틱 기어드 동기전동기의 제어 알고리즘 및 구동 드라이버 기술 개발	정 부	-	2.50	3.30	3.50	4.50	4.00	17.80
		민 간	-	0.83	1.10	1.16	1.50	1.33	5.92
		소 계	-	3.33	4.40	4.66	6.00	5.33	23.72
	마그네틱 기어드 동기전동기의 구조 및 냉각성능 확보 기술 개발	정 부	-	2.00	2.00	2.00	2.00	3.00	11.00
		민 간	-	0.67	0.67	0.67	0.67	1.00	3.68
		소 계	-	2.67	2.67	2.67	2.67	4.00	14.68
	단품/실차 적용 성능 평가시험 및 인터페이스/실용화 기술	정 부	-	1.50	2.50	3.00	5.00	8.00	20.00
		민 간	-	0.50	0.83	1.00	1.66	2.67	6.66
		소 계	-	2.00	3.33	4.00	6.66	10.67	26.66
합 계			**-**	**12.00**	**16.00**	**16.00**	**20.00**	**24.00**	**88.00**

연구시설 및 장비 소요예산 산출 근거

- 구축·활용 계획인 연구시설 및 장비는 다음과 같음

<표 VII-154> 연구시설장비 필요성 및 사양_마그네틱 추진제어시스템

장비명	구축필요성			시험규격	사양
	내용	시험적용 대상			
		개발부품	부품상세		
M-G Set 성능시험기	마그네틱 추진제어 시스템의 성능 시험용 M-G Set 장비	MGM/ 구동용 제어기	-	- IEC 61377 - IEC 60349-2 - IEC 61287-1	- 용량 : 300kW급 - Max 회전속도 : 7,000rpm - Max Load : 1,000Nm - 이중회전자 체결구조 등
전자기해석 S/W	전자기해석 S/W tool	MGM/ 구동용 제어기	-	-	- 과도 상태, 자동화된 등가 회로 모델 생성을 통한 정전기/전류 흐름 분석 기능 등이 가능한 해석 프로그램
제어기 설계 S/W	제어기 설계 S/W tool	MGM/ 구동용 제어기	-	-	- 안티와인드업을 포함한 PID 제어 기능 포함 - 설정값 추적을 위한 2자유도 PID 제어 기능 등 포함
열해석 S/W	열해석을 위한 S/W tool	MGM/ 구동용 제어기	-	-	- Transient & Steady State 등 해석 - Incompressible/ Compressible 등 해석 - Laminar and Turbulent Flows 등 해석이 가능한 프로그램
해석용 서버	해석 Tool 구동용 서버 PC	MGM/ 구동용 제어기	-	-	- 병렬 연산 가능형

<표 VII-155> 연구시설장비 구축·활용 계획_마그네틱 추진제어시스템

장비명	구축계획	활용계획	수요 기업명	단가 (억원)
M-G Set 성능시험기	신규구축 (구매)	- 마그네틱 추진제어시스템의 실차량 적용시험 전 단계까지 성능시험용으로 장기간 활용	연구수행 기관	9
전자기해석 S/W		- 시제품 설계 및 보완 단계에서 활용		1.5
제어기 설계S/W				1.5
열해석 S/W				1.5
해석용 서버				0.5

<표 VII-156> 연구시설장비 소요예산_마그네틱 추진제어시스템

(단위: 억 원)

주요 시설 및 장비명	2020	2021	2022	2023	2024	2025	장비가액
M-G Set 성능시험기	-	-	3.0	4.0	2.0	-	9.0
전자기해석 S/W	-	1.5	-	-	-	-	1.5
제어기 설계 S/W	-	-	1.5	-	-	-	1.5
열해석 S/W	-	1.5	-	-	-	-	1.5
해석용 서버	-	0.5	-	-	-	-	0.5
합계	**-**	**3.5**	**4.5**	**4**	**2**	**-**	**14**

라. 소요인력

- 1차년도에는 조사 및 분석, 소형 시작품 제작, 2차년도에는 기본 및 상세설계, 1차 시제품 제작, 3차년도에는 2차 시제품 제작 및 인터페이스 설계, 4차년도에는 성능시험 및 조합시험, 5차년도에는 실제 차량에 장착하여 신뢰성을 시험하고 수정 보완을 통한 마그네틱 기어드 동기전동기 모델을 도출하는 절차로 진행

- 2차년도와 3차년도에 주요 부품들의 시제품 제작이 진행되므로 인력을 많이 투입하며, 4차년도에는 성능시험과 조합시험을 실시하고 그 결과를 반영하여 부품을 수정·보완하므로 가장 많은 인력 투입

<표 VII-157> 소요 인력 및 참여율_마그네틱 추진제어시스템

(단위: M/Y, %)

과제	핵심구성기술	직급	2020		2021		2022		2023		2024		2025		합계 (명)
			투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	
2-2	마그네틱 기어드 동기전동기의 설계/해석 기술 개발	책임연구원	-	-	1	35%	2	40%	2	30%	2	30%	1	35%	8
		선임연구원	-	-	3	40%	4	35%	4	35%	4	35%	3	40%	18
		연구원	-	-	3	25%	3	30%	2	25%	2	25%	3	25%	13
		소계	-	-	7	-	9	-	8	-	8	-	7	-	39
	마그네틱 기어드 동기전동기의 제어 알고리즘 및 구동 드라이버 기술 개발	책임연구원	-	-	1	40%	1	40%	2	30%	2	40%	2	45%	8
		선임연구원	-	-	2	40%	3	45%	4	35%	3	50%	2	40%	14
		연구원	-	-	3	25%	3	25%	2	25%	3	35%	4	35%	15
		소계	-	-	6	-	7	-	8	-	8	-	8	-	37
	마그네틱 기어드 동기전동기의 구조 및 냉각성능 확보 기술 개발	책임연구원	-	-	1	40%	1	40%	1	40%	1	40%	1	35%	5
		선임연구원	-	-	2	30%	2	30%	2	30%	2	30%	3	40%	11
		연구원	-	-	2	25%	2	25%	2	25%	2	25%	3	25%	11
		소계	-	-	5	-	5	-	5	-	5	-	7	-	27
	단품/실차 적용 성능평가시험 및 인터페이스/실용화 기술	책임연구원	-	-	1	0.3	1	0.4	1	0.35	1	0.5	2	60%	6
		선임연구원	-	-	1	0.3	2	0.4	3	0.4	3	0.55	4	60%	13
		연구원	-	-	2	0.3	3	0.25	3	0.25	4	0.5	5	55%	17
		소계	-	-	4	-	6	-	7	-	8	-	11	-	36
연도별 합계			**-**	**-**	**22**	**-**	**27**	**-**	**28**	**-**	**29**	**-**	**33**	**-**	**139**

2.7 파급 효과

(시장경제적) 신기술 접목으로 국내외 신규시장 창출

- 철도차량용 구동장치 부분의 신규 매출 확보
  - 전기철도의 핵심인 추진시스템의 신기술 확보로 신규 고부가가치 창출 및 관련 기술의 해외 수출 가능
  - 신규시장매출액: 약 2,420억원(연간 약 161.3억원)
- 기존의 기계식 감속기가 가지고 있는 크기, 중량 등의 문제 해결이 가능하여 유지보수비 및 에너지 절감 가능

(과학기술적) 세계 최초로 철도차량용 마그네틱 기어드 동기전동기 개발

- 선진국 주도의 기존 동기전동기 시장을 우리 기술로 재편 가능
  - 비접촉 방식의 감속기가 일체화된 시스템으로 소형 경량화된 시스템 구축 가능
  - 대차 및 차륜 등 지지구조물의 크기의 소형화가 가능하며, 차량의 저상화 및 경량화를 통해 전체 차량시스템 효율 증대 가능
  - 선진국 주도의 마그네틱 기어드 동기전동기 기술 종속 탈피 및 미래 시장선도형 기술 확보

(사회문화적) 신규 시장 진출로 양질의 일자리 창출

- 신규 시장 창출에 따른 고용 증대 가능
- 학계 및 산업계의 대용량 철도 추진시스템 관련 인력 확충

2.8 유사·중복성 검토 및 연계추진 방안

가. 유사과제 현황

No.	과제기간	부처명	사업명	내역사업명	과제명
1	2015~2016	국토교통부	국토교통 연구기획	국토교통 연구기획	철도차량 안정성 향상 및 경량화를 위한 추진시스템 기술개발 기획
2	2016~2019	과학기술정보통신부	이공학개인기초연구지원	기본연구지원	전기자동차 구동용 마그네틱 기어 일체형 동기전동기 설계 기법 연구

나. 차별성 및 연계 추진방안

- 기존 선행 연구는 풍력발전기용 기계적 증속기를 대체하기 위한 마그네틱 기어 및 고기어비/고전달토크 구현 연구로 단순히 기계적 감속기어를 마그네틱 기어로 대체한 연구사례만 존재

  - 본 과제에서는 철도차량 분야에 기계적 감속기와 견인전동기로 구성된 구동장치를 마그네틱 기어로 대체할 수 있는 기술개발로 기존 연구와의 차별성 존재

<표 VII-158> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(마그네틱 추진제어시스템)_1/2

본 사업 과제명	마그네틱 기어드 방식 동력전달시스템		
기존 유사과제명	철도차량 안정성 향상 및 경량화를 위한 추진시스템 기술개발 기획('15~'16)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 철도차량용 감속기에 마그네틱 기어 적용 기술개발	■ 210kW급 도시철도차량용 마그네틱 기어드 동기전동기 핵심기술개발	■ 기존 과제는 마그네틱 기어 적용 기술개발을 위한 기초연구에만 국한
과제규모	■ 0.7억원	■ 72억원	-
TRL단계	■ 1~2단계(기초연구)	■ 5~6단계(시작품 제작 및 성능평가)	-
과제목표	■ 마그네틱 기어 등의 최신 기술을 적용하여 50%의 경량화 및 에너지 절감, 안정성 향상을 위한 기술개발	■ 도시철도차량 경량화를 위한 신개념 구동용 210kW급 마그네틱 기어드 동기전동기 기술 확보	■ 소음 및 진동, 추진 효율, 출력 용량 및 토크 등의 성능을 확보한 차세대(마그네틱) 추진제어시스템 개발 기술력 확보
기존 기술과의 연계방안	■ 마그네틱 기어 적용 기술 개발을 위한 기초 연구사례 검토		

〈표 Ⅶ-159〉 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(마그네틱 추진제어시스템)_2/2

본 사업 과제명	마그네틱 기어드 방식 동력전달시스템		
기존 유사과제명	전기자동차 구동용 마그네틱 기어 일체형 동기전동기 설계 기법 연구('16~'19)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 1kW급 마그네틱 기어 일체형 동기전동기 설계 기법 및 기초 설계 연구	■ 210kW급 도시철도차량용 마그네틱 기어드 동기전동기 핵심기술개발	■ 마그네틱 기어드 기술을 접목한 동기전동기 기초 설계 기법 연구에만 국한
과제규모	■ 0.7억원	■ 72억원	-
TRL단계	■ 1~2단계(기초연구)	■ 5~6단계(시작품 제작 및 성능평가)	-
과제목표	■ 비접촉 방식의 마그네틱 기어와 고효율의 영구자석 동기모터가 일체화된 마그네틱 기어드 동기모터 원천기술 개발	■ 도시철도차량 경량화를 위한 신개념 구동용 210kW급 마그네틱 기어드 동기전동기 기술 확보	■ 소음 및 진동, 추진 효율, 출력 용량 및 토크 등의 성능을 확보한 차세대(마그네틱) 추진제어시스템 개발 기술력 확보
기존 기술과의 연계방안	■ 마그네틱 기어드 동기모터 기초설계 기술 검토		

다. 선행사업 핵심기술과의 연계성 검토

- 해당 부품은 미래선도형 기술개발 분야로 기존 사업과의 연계 대상 고려 기술은 미존재

3. ESS 일체형 추진제어시스템(도시철도용 추진제어시스템 경량·효율화)

3.1 연구개발 배경 및 필요성

가. 기술의 정의

추진제어시스템 정의

- 부품기능 및 역할

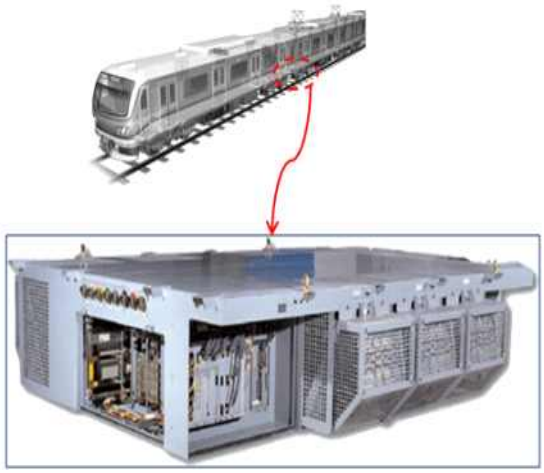
  - 철도차량용 추진제어장치는 대차와 연동된 모터를 제어하고, 추진 및 회생제동을 하여 전동차량의 움직임을 직접적으로 제어하는 핵심장치

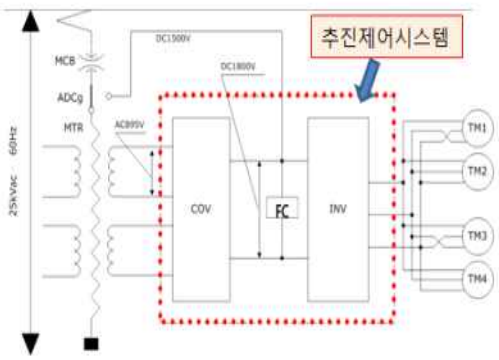
  - 추진제어장치는 주회로 가선전원(AC25,000V/DC1,500V)을 입력받아 운전명령에 따라 추진력 및 제동력을 연산하여 이에 상응하는 견인전동기(TM, Traction Motor)의 전원을 제어하여 전동차의 견인력 및 제동력을 발생하는 핵심 전장품

  - 추진제어시스템은 가선전압(추진제어시스템 입력전압)에 따라 AC 추진제어시스템(Converter/Inverter, C/I)과 DC 추진제어시스템(VVVF Inverter)으로 분류

※ (교류) 입력전압이 주변압기를 통해 추진제어시스템으로 입력하게 되면, Converter가 DC전원으로 일정하게 출력시키며, DC전원을 입력받은 Inverter는 전력소자의 스위칭을 제어하여 견인전동기에 전류를 출력시킴

※ (직류) 입력전압이 Converter 후단으로 직접 입력하게 되며, 이 전원은 FC(Filter Capacitor)에 축적이 되어 Inverter가 전력소자의 스위칭을 제어하여 견인전동기에 전류를 출력시킴

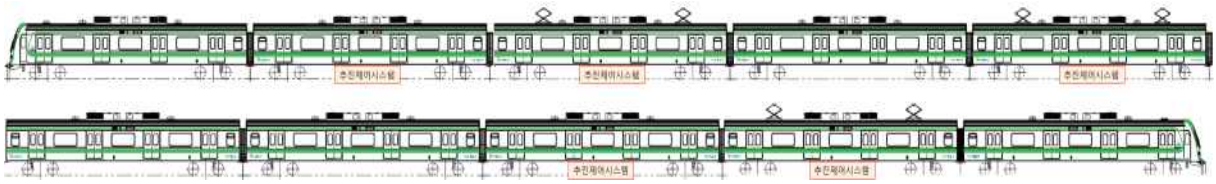




〈그림 VII-218〉 현재 전동차의 추진제어시스템 구조 및 블록도

- 추진제어장치는 입력 전원의 투입 및 차단, DC부하를 방전시키는 기능을 하는 접촉기부, 단상교류를 직류로 변환하는 PWM 컨버터부, 과전압 및 과전류 등을 보호하는 보호회로부, VVVF 제어를 담당하는 PWM 인버터부 및 제어기와 계전기를 동작하는 Relay unit, Power supply unit 등으로 구성

- 추진제어장치는 차량 편성(10량 1편성)에서 아래 그림과 같이 5개가 설치되어 운행되고 있으며, 차량 편성에 따라 설치 수량은 차이가 있음



- 10량 1편성 : Tc - M - M' - T - M' - T - T - M - M' - Tc

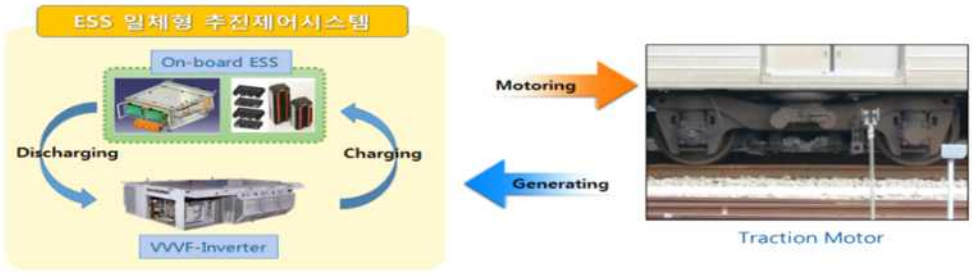
〈그림 VII-219〉 추진제어시스템 설치 위치(10량 1편성 기준)

● 핵심기술에 대한 정의

- 현재 철도차량은 에너지 효율향상을 위해 제동시 견인전동기가 발전기로 작동하여 회생전력을 생산하고, 전차선을 통해 다른 전동차에 보내주거나 다시 활용하기 위해서 에너지저장장치에 저장하고 있음

- 기존 회생전력을 수용할 수 있는 에너지저장시스템(ESS)은 추진시스템과 별도로 분리되어 있고, 차량실내 전원용으로 전력을 사용하도록 되어있으며, 본 연구는 추진시스템 자체에서 회생전력을 저장하고 직접 활용할 수 있도록 하는 일체형 시스템 개발임

- ESS 일체형 추진제어시스템은 회생시 발생하는 회생에너지를 추진제어시스템에서 직접 저장하였다가 추진시 저장된 에너지를 직접 활용할 수 있도록 설계하며, 차량 시스템의 효율 향상을 위해 시스템의 경량화가 가능하도록 설계 필요



〈그림 VII-220〉 에너지저장장치 일체형 추진제어시스템 개념도

- 용어 정의

  - (에너지저장장치 일체형 추진제어시스템) 회생시 발생하는 회생에너지를 추진제어 시스템에서 직접 저장하였다가 추진시 저장된 에너지를 직접 활용할 수 있도록 개발하므로 효율적인 회생에너지 활용과 철도전기에너지를 저감하기 위한 기술

  - (에너지저장장치) 생산된 전기를 저장장치(배터리 등)에 저장했다가 전력이 필요할 때 공급하여 전력 사용 효율 향상 도모(Energy Storage System, ESS)

  - (지상용 ESS) 차량 회생시 발생하는 회생에너지를 전철변전소 등에 설치된 ESS에 저장하였다가 가선으로 전력을 공급하는 시스템

  - (차상용 ESS) 회생시 발생하는 회생에너지를 가선으로 보내는 것이 아니라 차량에 설치된 ESS에 저장하였다가 차량 추진시 전력을 공급하여 에너지 사용량을 저감시키는 장치

  - (회생제동) 제동시 견인전동기는 제동력에 의해 발전기로 작동시켜 발생된 전력을 저항기의 열로 소비시키지 않고 전차선으로 되돌려 보내는 방식

나. 연구개발 배경

현황 및 문제점

- 국내외적으로 환경적인 문제 이슈로 교통분야에서도 화석연료 에너지를 절감하기 위한 친환경 자동차 기술개발이 활발하게 이루어지고 있으며, 상용화 단계에 있음

- 특히 국내외 철도분야에서도 에너지 절감을 위하여 변전소용 ESS가 개발되어 이미 상용화되었으며, 차상용 ESS는 국외에서는 무가선 트램 등으로 상용화단계에 있으나, 국내에서는 연구개발 단계임

- 철도차량의 에너지 절감을 위해서는 차상용 ESS에 대한 개발이 필수적이므로 기술종속을 탈피하고 세계시장을 선도하기 위해 시급히 기술 개발 필요

- 기술적 한계 및 문제점

  - 전기에너지를 사용하는 전기동차의 효율 향상을 위해, 기존의 직류직권 전동기의 저항제어 차량을 교류전동기와 인버터에 의한 회생제동 차량으로 대체하고 있으나, 차량에 탑재된 판토그래프, 변압기, 컨버터, 인버터 등의 전력변환기기의 효율 향상에는 한계가 있음

  - 기술선진국에서도 이미 회생제동에서 발생한 전기에너지를 가선에 되돌리지 않고 다음번 주행에 직접 사용하는 전동차 온보드 에너지저장장치를 개발하여 상용 중에 있음

  - 차상용 에너지저장시스템(ESS)을 차량에 탑재하여 운영하는 경우 차량중량 증가로 인해 차량시스템 효율과 직결되기에 시스템 경량화/최소화가 요구됨

  - 차상용 ESS와 추진제어시스템 일체형 시스템은 국내외적으로 전무하며, 차세대 친환경 스마트 하이브리드 전동차의 핵심기술로써 연구개발이 요구됨

  - 제품 개발시 현차시험을 통하여 성능평가 및 신뢰성 검증하여야 하나 시험 차량 확보에 대한 어려움이 있음

시사점

- 우리나라는 2020년까지 국가온실가스 감축을 배출전망치 대비 최대 30% 절감 목표를 확정

- 주요 운송시스템인 철도분야에서는 전 세계적으로 고효율, 고성능의 운영시스템, 에너지 절감, CO2 배출 저감 등 환경 친화적인 시스템 개발이 주요한 이슈로 부각

  - 국가 온실가스 배출의 17%를 차지하고 있는 교통부문에서 온실가스를 2020년까지 배출전망치 대비 33~37% 감축 필요

  - 국토교통 R&D 중장기 전략('14~'23)"에서는 철도차량 경량화, 철도에너지 효율 극대화를 통한 철도분야 에너지 소비량을 2018년까지 2014년 대비 10%, 2023년까지 20% 저감을 목표로 제시

- 차량 경량화를 위해 도시철도 차량의 경량화를 위한 부품 및 시스템 개발이 요구되고 있음

  - 세계적 개발 트렌드에 따라 에너지절감과 고효율성을 달성하기 위해서는 고효율 추진제어시스템을 개발 및 상용화가 필요함

  - 도시철도 차량의 경량화는 추진동력 절감, 진동·소음 저감, 궤도 유지보수비 절감, 재료비 절감 등의 효과 창출

- 우리나라 도시철도 차량의 경량화 대부분은 차량 및 부품 제작사에서 제품의 원가를 낮출 목적으로 추진되어 도시철도 차량의 경량화 기술은 선진국보다 발전 속도가 낮음

- 차상용 ESS와 추진제어시스템 일체형 시스템은 국내외적으로 전무하며, 차세대 친환경 스마트 하이브리드 전동차의 핵심기술로써 연구개발이 필요함

- 효율적인 회생에너지 활용과 철도 전기에너지 저감을 위한 에너지 저장시스템 일체형 추진제어시스템 기술 개발 필요

다. 연구개발 필요성

과학기술적 중요성

- 차상 전력변환 및 차량 추진제어장치 진단 기술 개발 요구 증대

  - 철도차량의 견인전동기가 DC 전동기에서 유도전동기, 동기전동기로의 기술 전환에 따라 차상전력변환기술에 있어서도 지속적인 기술 전환이 이루어지고 있는 추세

  - 최근 전력용 소자의 고집적도, 대용량화에 따라 전력변환기술에 있어서도 고속화, 소형화, 대용량화가 이루어지고 있으며, 고속 스위칭 기술 및 전압/주파수 가변을 통한 속도제어 방식이 핵심기술로 대두

  - 대학 및 기업을 중심으로 차상전력변환장치의 소형화 및 경량화 설계 및 제어기술 연구가 진행 중이며, 환경적인 측면에서 고속 스위칭에 따른 소음 저감 연구가 활발히 진행 중

  - 차상전력변환 기술에 있어서는, 최근 철도차량의 고속화, 제어성능 향상을 위하여 소형경량화 및 신뢰도 확보를 위한 설계 제작상의 기술이 요구되며 차량 운행환경 및 발생고조파를 고려한 시험 및 대책 기술이 필요

- 기존 차상용 ESS는 별도 시스템으로 차량에 탑재되어 운영되는 시스템으로 ESS 탑재 시에 증가되는 차량 중량은 시스템 효율과 직결되기에 시스템 경량화/최소화 연구가 필요함

시장경제적 필요성

- 전동차는 1일 평균 수송인원이 1천만명에 이르는 대규모 운송수단이고 최근 도시철도용 전기요금이 10% 이상 상승하고 있으므로 소비전력량을 기존 대비 15% 줄일 경우 철도차량 운영에 따른 경비가 절감되므로 해마다 상승하는 국민의 교통비 부담을 경감할 수 있는 국민 경제적 기술이라 할 수 있음

- 에너지 저장장치를 탑재할 경우 단지 차량 중량의 1/20 수준의 무게 정도만 증가하여 약 1.5% 정도 전력비가 증가하지만, 전동차 소비전력량 최대 15%를 절감 가능하여 차량 운행시 소요되는 전기에너지를 줄일 수 있는 장점이 있음

- 전동차의 제동 시 순간적으로 발생되는 회생에너지를 전동차에서 직접 저장하여 가선에서 손실이 발생하지 않게 하고, 저장된 에너지를 필요시 다시 사용하도록 하는 기술력확보가 절실히 필요함

  - 따라서 낭비되는 회생에너지 재활용과 차량 중량 최소화를 위해 ESS 일체형 추진제어시스템 개발은 필수적임

사회문화적 필요성

- 전 세계적으로 기후변화로 상징되는 환경위기와 고유가로 대표되는 자원위기에 동시 직면하였고 석유에너지의 고갈과 환경오염에 의한 지구온난화를 방지하기 위한 도쿄의정서가 발효됨에 따라 CO2 배출을 억제하기 위한 신재생에너지 및 개발이 시급한 과제로 대두되고 있음

  - 이에 발맞추어 국내외의 일반산업 및 철도산업 분야에서는 친환경 에너지원의 발전 비중 증가와 에너지저장장치의 활용을 대안으로 수립하여 활발한 연구가 진행 중에 있음

- 전동차는 제동시에 생성되는 전기에너지를 효율적으로 사용하기 위해 회전 운동 에너지를 전기에너지로 회수하여 가선에 되돌리는 회생제동 기술을 적용하고 있으나 회생에너지 대부분이 활용되지 못하고 낭비되고 있음

- 유럽의 경우, ERRAC(European Rail Research Advisory Council)는 미래 철도연구를 수행하기 European railway energy roadmap: towards 2030 로드맵을 구체적이고 상세하게 제시하고 있음

  - ESS 일체형 추진제어시스템은 탄소 제로화 및 에너지 효율화를 위한 에너지 절감 기술로서 가장 높은 중요성을 가지면서 반드시 개발해야 할 기술로 제시

3.2 국내외 시장 및 연구개발 동향

가. 국외 시장 및 연구개발 동향

- 세계시장의 신규 전동차량 도입에 대한 예상 시장규모는 년간 약 5,244량 수준일 것으로 판단됨

- 전동차(EMU) : 157,036량 × 1.9% = 2,983량 수준 예상

- 도시철도차량 : 119,000량 × 1.9% = 2,261량 수준 예상

※ 세계 철도시장의 경우 연간 약 1.9% 성장 예상

※ 2015년 기준으로 전동차(EMU)의 경우 시장규모는 약 15만7천량 수준이며, 도시철도차량은 약 119,000량 수준임

※ 출처 : UNIFE, World rail market study (forecast 2016 to 2021)

- 신규 전동차량 도입에 따른 추진제어장치에 대한 예상 시장규모는 년간 약 7,079억원 규모로 예상됨

- 전동차(EMU) : 2,983량 × 2.7억원 = 4,027억원 예상

- 도시철도차량 : 2,261량 × 2.7억원 = 3,052억원 예상

※ 차량의 구성은 추진제어장치가 설치된 차량의 차량구성에 50%를 차지한다고 가정하고 추진제어장치 1대당 2.7억원으로 가정하여 시장규모 산출함 (국내 도시철도차량 구성은 10량 1편성의 경우 5대의 추진제어장치가 장착되어 있음)

※ 추진제어장치의 가격은 현재 판매되고 있는 가격 수준으로 추진제어장치 1대당 약 2.7억

※ 추진제어장치는 차량의 추진에 필요한 전동기의 제어를 위해 필요한 장치로 현재 전동차의 경우 2량당 1량에 4개의 전동기가 설치되어 있음

- 전체 철도차량 시장은 최근 도시철도차량 수요에 힘입어 1.9 %의 성장을 지속 할 것으로 예상됨

- 경량전철 차량에 대한 수요는 현재시장에서 연간 28억 유로에서 미래시장 (6.8 % 성장)으로 연평균 41억 유로로 크게 증가 할 것으로 예상됨

- 또한, Metro 차량은 앞으로 4.3%로 크게 증가 할 것으로 예상되어 전체시장 성장을 주도할 것임

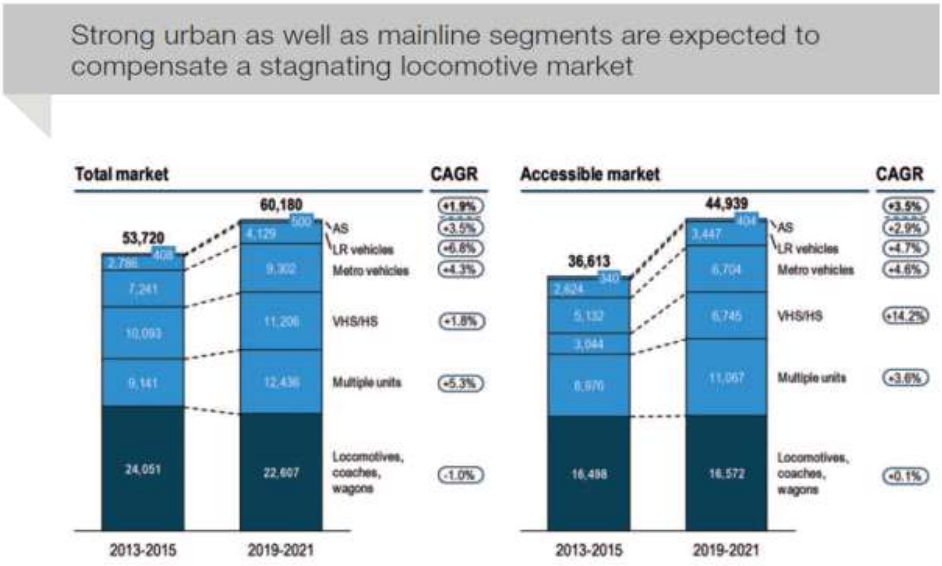


Figure 55: Average rolling stock market volumes, projections by sub-segment p.a. [EUR m]

<그림 VII-221> 철도차량(Rolling Stock) 시장 현황

● 일반철도차량은 전 세계적으로 18만 2천 600대가 운영 중

- 가장 광범위하게 운영되고 있는 차량형식이 전동차(EMU, Electric Multiple Unit)로, 운영 중인 일반철도차량의 86%이상을 차지하고 있음

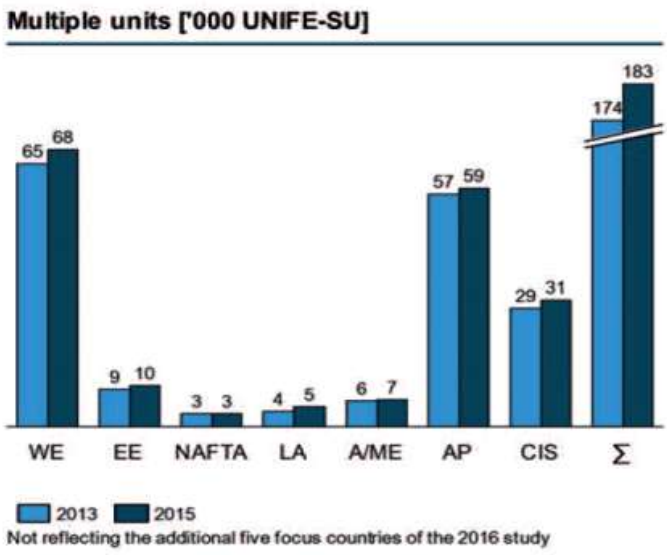


Figure 7: Installed base of multiple units

<그림 VII-222> 일반철도차량 시장 현황

- 서유럽은 전체 전동차(EMU) 시장 수요의 62%를 차지하는 대표적인 전동차의 가장 큰 시장임

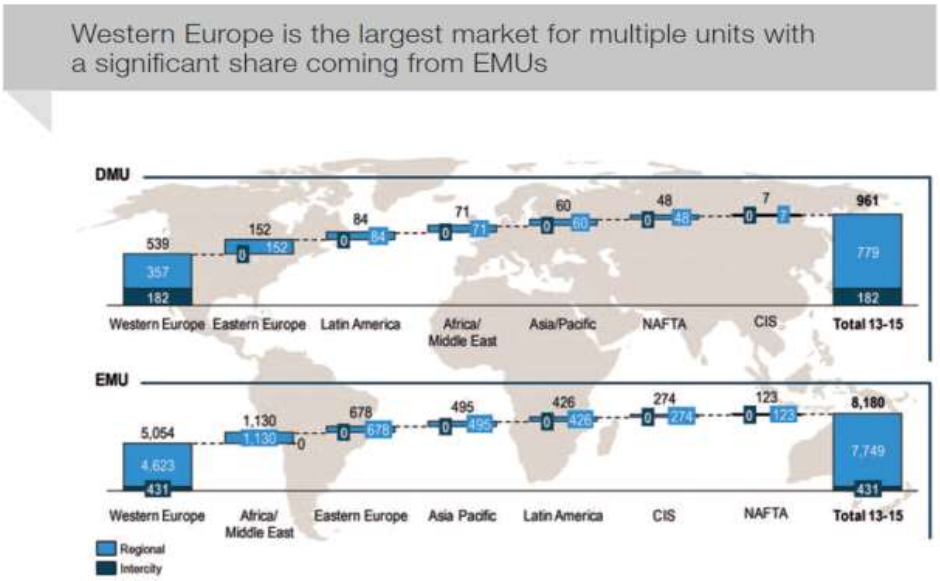


Figure 32: Market volumes for multiple units [EUR m p.a.]

<그림 VII-223> 일반철도차량 시장 규모

- 2013~2015년 사이 도시철도부문에서 8,000대 이상의 차량 증가되면서 크게 성장하였으며, 대부분 Metro 차량이 차지하고 있음

  - 도시철도에서 가장 빠르게 성장하고 있는 차량의 형태는 운전자 없는 무인운전 차량이 Metro 차량이 상당부분을 차지하고 있음

  - 중국과 인도의 지하철 부문 성장으로 인해 크게 증가한 아시아 태평양 지역 외에도, 도시철도시장은 다른 지역에서도 비교적 안정적으로 유지되고 있음

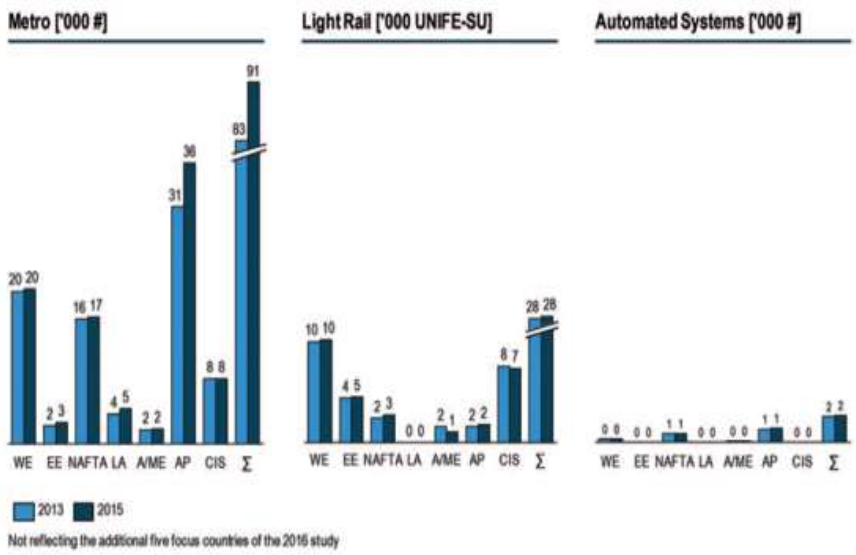


Figure 12: Development of urban units 2013–2015

<그림 VII-224> 도시철도차량 시장 현황

- 현재 시장에서 도시철도차량의 총 시장 규모는 아시아 태평양 지역 수요의 큰 부분을 차지하며 약 104억 EUR에 달함

- 최근 Metro 차량의 주요 수요와 프로젝트는 인도의 델리 지하철 공사뿐만 아니라 중국 광저우 메트로에 의해 진행됨

- 무인운전 Metro 차량의 비율은 전체 지하철의 약 19%를 차지했지만, 이 수치는 점차 증가할 것으로 예상됨

- 특히, 새로운 Metro 시스템에 투자하는 신흥 시장은 델리 지하철 7호선, 8호선, 리야드 지하철 등과 같은 지하철 자동화 시스템에 큰 관심을 보이고 있음

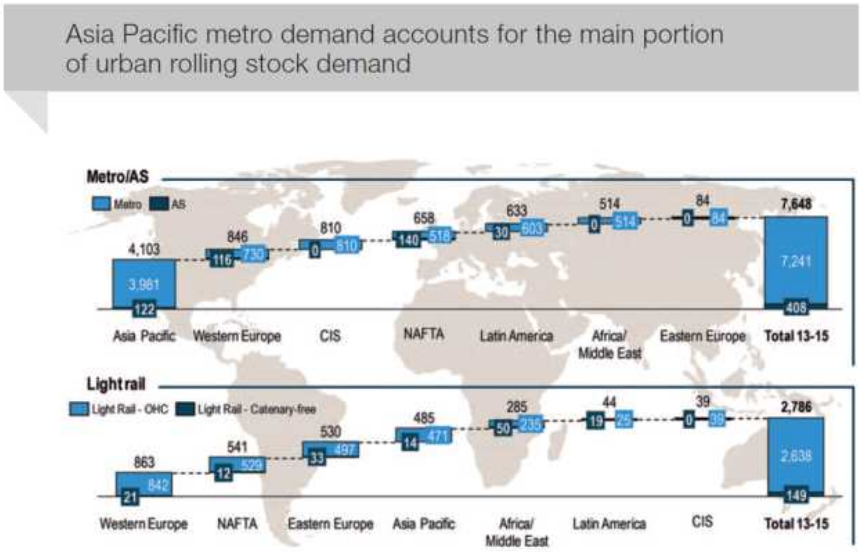


Figure 33: Market volumes for urban vehicles [EUR m p. a.]

〈그림 VII-225〉 도시철도차량 시장 규모

- 봄바르디어 사는 2003년 독일 Manheim의 경전철에 전기이중층 커패시터를 탑재한 에너지저장장치를 선보였음

  - 직류 가선전압 750V를 공급받아 운전되는 이 경전철은 저장매체 (1900mm X 950mm X 450mm) x 2set의 크기를 갖고 954kg의 무게와 2kWh의 에너지를 저장할 수 있는 에너지저장장치를 탑재

  - 제동 시 회수되는 전력을 차량에 저장하여 재사용하는 방식으로 기존 차량에 비해 20% 에너지를 절감하고 있음



〈그림 VII-226〉 Rhein-Neckar 지역에 6량/편성의 하이브리드 경전철

- 독일의 지멘스사는 회생에너지 저장이 가능한 750V급 차량을 개발 및 시범운영

  - 회생에너지 저장이 가능한 750V급 18kWh 용량의 고밀도 Ni-MH 배터리(826kg, 1670mm x 1025mm x 517mm)와 0.85kWh 용량의 슈퍼캐패시터(820kg, 2000mm x 1520mm x 630mm)를 이용

  - 운행 중 가선으로부터 에너지를 저장하고 가선이 없는 구간에서 저장된 에너지를 사용하는 방식의 차량을 개발하여, 포르투갈의 Almada와 Seixal간에서 시험 운행하고 있음



<그림 VII-227> 지멘스의 Sitras HES(hybrid energy-storage system)

- 알스톰사는 에너지저장장치로 750V 4kWh 용량의 Ni-MH 배터리를 탑재한 하이브리드 경전철을 프랑스 니스에서 최대속도 30km/h로 시운전에 성공

  - 최대 1km까지 무 가선으로 운행을 할 수 있는 도심형차량으로 정차 역에서 충전하여 다음 역까지 저장된 전기에너지로 운행하는 방식임

  - 제동 시 발생하는 순간적인 에너지를 고속 충/방전하여 에너지를 절감하는 목적이 아니라 고밀도 배터리를 사용하여 무가선 구간에서 운행하기 위한 것임



<그림 VII-228> 알스톰의 CITADIS 경전철

- 일본의 경우, 전동차의 전체 에너지 중에 주에너지원(엔진)에서 60%를 공급하고, 나머지는 회생에너지 활용을 통한 배터리에서 상시적으로 공급하는 하이브리드 전동차 시스템 개발

  - 2007년 10월에 철도종합연구소에서 공개된 가선 배터리 하이브리드 (가선리스) LRV 「Hi-tram(하이! 트램)」, 2009년 12월에 JR 동일본의 가선-리튬이온 이차전지에 의한 가선 배터리 하이브리드 시험차 「스마트 전지군」이 가선 구간에서는 회생 실효 방지 기능에 의한 회생 에너지량 증대로 에너지 절약 주행을 하고, 무가선 구간에서는 차량용 배터리의 에너지로 가선레스 주행 중에 있음



〈그림 Ⅶ-229〉 철도총연 LH02 Hi-tram(하이! 트램)

- 일본의 히타치 사는 2007년 동 일본 철도와 1500VDC, 15.2kWh의 Li-ion 배터리 (611mm x 318mm x 103mm)를 탑재한 전동기 보조(MA) 하이브리드 시스템을 개발

  - Koumi선에서 하이브리드 철도 차량으로서 세계 최초로 운행

  - 기존의 디젤동차보다 10%의 연료를 절감하고, 운행 시 발생하는 가청소음을 30dB 감소하였으며, 유해물질 배출을 60% 저감하는 친환경차량을 개발하여 운행 중에 있음



〈그림 Ⅶ-230〉 Li-ion 배터리를 탑재한 하이브리드 디젤전동차

- 리조트 트레인 HB-E300계 대상 하이브리드 구동 시스템을 개발

  - 아오모리현(쓰가루선, 오미나토선), 아키타현(고노선), 나가노현(시노노이선, 오이토선)에서 운용되어, 에너지 절약화나 정숙성의 향상 등 환경 부하 저감에 공헌하고 있음



<그림 VII-231> 리조트 트레인 HB-E300계

나. 국내 시장 및 연구개발 동향

- 2040년까지 신규 전동차량 도입으로 발생되는 시장은 3,713억원 규모

  - M5량 예상 매출 : 신규 197 편성 × 5 Set × 2.7억원 = 2,660억원

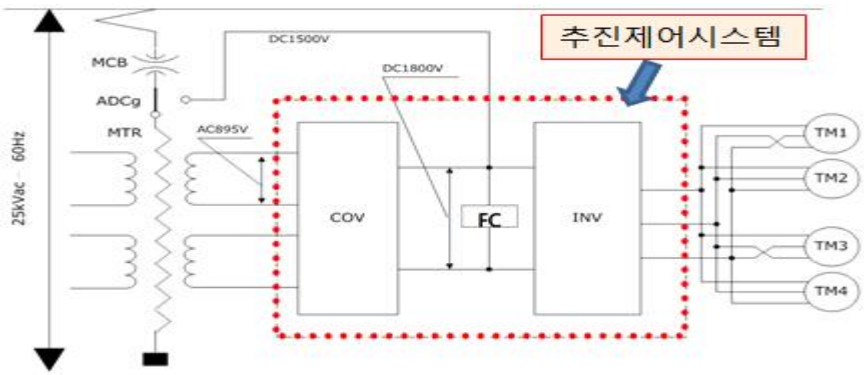
  - M4량 예상 매출 : 신규 53 편성 × 4 Set × 2.7억원 = 572억원

  - M3량 예상 매출 : 신규 30 편성 × 3 Set × 2.7억원 = 243억원

  - M2량 예상 매출 : 신규 44 편성 × 2 Set × 2.7억원 = 238억원

  ※ 출처: 철도차량 및 주요부품 중장기 구매계획 알림, 국토부 철도운행안전과-3214

- 추진제어시스템은 주회로 가선전원을 입력받아 운전지령에 따른, 추진력 및 제동력을 연산하여, 이에 상응하는 견인전동기의 전원을 제어하여 전동차의 견인력을 발생시키는 장치



<그림 VII-232> 추진제어장치 블록도

- 근래에는 대용량의 IGBT 전력스위칭소자가 개발되어 보편화되고 있는 단계로 이러한 기반 기술의 발전으로 철도차량 구동을 위한 추진제어시스템에서도 적용하는 추세에 있음

  - 이러한 전력반도체를 적용함으로써 회로의 구성을 단순화하여 사이즈를 줄이고 안정성 및 경제성을 갖춘 추진제어시스템의 개발 가능



〈그림 VII-233〉 중량전철 추진제어장치



〈그림 VII-234〉 경량전철 추진제어장치

- 추진제어시스템은 가선전압(추진제어시스템 입력전압)에 따라 AC 추진제어시스템(Converter/Inverter, C/I)과 DC 추진제어시스템(VVVF Inverter)으로 분류

- 현재 국내 기술로는 지상 설치용 ESS장치를 운영하고 있으나, 차상에서 회생에너지를 수용할 수 있는 시스템으로 운영 되지 않고 있으며, 따라서 현차의 추진 제어시스템과 일체형의 ESS장치가 개발이 필요함

- 기존 차상용 ESS는 별도 시스템으로 차량에 탑재되어 운영되는 시스템으로 ESS 탑재 시에 증가되는 차량 중량은 시스템 효율과 직결되기에 시스템 경량화/최소화 연구가 필요함

- 차상용 ESS와 추진제어시스템 일체형 시스템은 국내외적으로 전무하며, 차세대 친환경 스마트 하이브리드 전동차의 핵심기술로써 연구개발이 필요함

3.3 연구개발 범위

- (에너지 절감 및 가선 안정화) 전동차에서 발생된 회생에너지를 활용하여 에너지 절감을 극대화할 수 있는 ESS 일체형 추진제어시스템 개발
  - 추진제어장치 탑제용 에너지저장장치 및 전력변환장치 개발
  - 경량화를 위한 시스템 구조 소형화 기술 및 방열시스템 기술
  - EMS(Energy management system), 시스템 토플로지 및 제어알고리즘 개발
  - 차량 시스템과의 인터페이스 기술



〈그림 Ⅶ-235〉 연구개발의 범위

3.4 연구개발 내용

가. 연구개발 목표

- 효율적인 회생에너지 활용과 철도 전기에너지 저감을 위한 온보드 에너지 저장시스템 일체형 추진제어시스템 기술 개발
  - 철도 전기에너지 저감 : 기존 전동차 소비전력량 대비 약 15% 저감
  - 전동차 중량 최소화 : 기존 인버터 + 분리형 온보드 에너지 저장시스템 대비 약 15% 저감

나. 연구개발 핵심 내용

핵심(구성) 기술명	핵심(구성) 기술 주요내용
ESS 기능 일체형 전력변환장치 설계 기술	– 차상 온보드 에너지저장장치 기능을 탑재한 하이브리드 전력변환장치 설계 기술 (고효율/초소형 DC/AC 컨버터 개발) – 기존 추진제어장치와 별도의 온보드 ESS를 탑재하여 사용하던 것을 추진제어시스템에 일체형으로 ESS 기능을 탑재하기 위한 ESS 설계 기술 – 철도 전기에너지 저감 : 기존 전동차 소비전력량 대비 약 15% 저감 – ESS 일체형 추진제어장치용 EMS 개발
경량화를 위한 시스템 구조 소형화 기술 및 방열시스템 기술	– 기존 추진제어장치와 별도의 온보드 ESS를 설치하던 것을 일체형으로 개발함에 따라 시스템 구조의 경량화 기술 개발 및 방열시스템 기술 개발 – 전동차 중량 최소화 : 기존 인버터 + 분리형 온보드 에너지 저장시스템 대비 약 15% 저감
시스템 토플로지 및 제어알고리즘	– ESS 기능 탑재 전력변환장치에 대한 시스템 토플로지 및 제어알고리즘 개발
차량 시스템과의 인터페이스 기술	– 차량 시스템과 ESS 기능 탑재 전력변환장치의 인터페이스 기술 개발

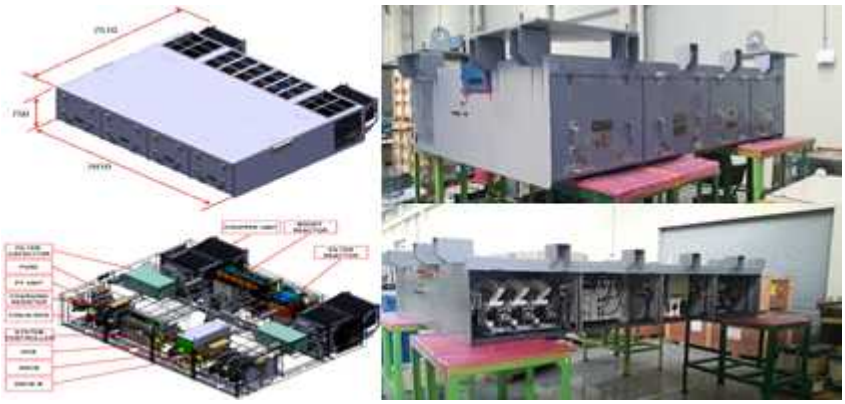
다. 핵심 기술별 As-is/To-be

핵심 기술	As-is	To-be	현재 TRL	목표 TRL
ESS 기능 일체형 전력변환장치 설계 기술	– 전동차 제동시 발생하는 회생에너지를 차상에서 직접 저장하는 기술이 없어 전동차 사용에너지의 약 30% 이상이 사라지고 있음 – 현재 전동차 하부의 제한된 공간 및 최대 1,000kW 및 3.4kWh를 20초 이내에 순간적으로 저장할 수 있는 전력변환장치와 저장매체가 각각 별도로 개발됨 	– 기존 시스템의 경량화/효율성 증대 필요에 따라 추진제어장치와 에너지저장장치가 결합된 하이브리드 추진제어시스템 개발 – 철도 전기에너지 저감 : 기존 전동차 소비전력량 대비 약 15% 저감 	TRL 2	TRL 6
경량화를 위한 시스템 구조 소형화 기술 및 방열시스템 기술	– 기존 차상용 ESS는 별도 시스템으로 차량에 탑재되어 운영되는 시스템으로 연구개발 됨에 따라 차량 중량 증가 원인이 됨	– 전동차 중량의 최소화를 위하여 추진제어장치와 에너지저장장치 일체형(기존 인버터 + 분리형 온보드 에너지 저장시스템)으로 개발하여 기존시스템 대비 약 15% 저감	TRL 2	TRL 6
시스템 토플로지 및 제어알고리즘	– 기존 차상용 ESS 저장매체에 대한 인터리브드 알고리즘 개발	– ESS 기능 탑재된 전력변환장치에 대한 시스템 토플로지 및 제어알고리즘 개발	TRL 2	TRL 6
차량 시스템과의 인터페이스 기술	– 현재 차량 하부의 제한된 공간에 설치할 수 있는 기술이 없으므로 차량 상부 또는 실내에 설치하고 있어 절연 및 승객 안전에 문제가 있음	– 차량 시스템과 ESS 기능 탑재 전력변환장치의 인터페이스 기술 개발 – 일체형으로 장착됨에 따라 장치별 개별 제어방식으로 활용 가능	TRL 3	TRL 6

라. 세부 기술 및 내용

ESS 기능 일체형 전력변환장치 설계 기술

- 차상 온보드 에너지저장장치 기능을 탑재한 하이브리드 전력변환장치 설계 기술 (고효율/초소형 DC/AC 컨버터 개발)



<그림 VII-236> 인터리브드 양방향 DC/DC 컨버터

- 기존 추진제어장치와 별도의 온보드 ESS를 탑재하여 사용하던 것을 추진제어시스템에 일체형으로 ESS 기능을 탑재하기 위한 ESS 설계 기술

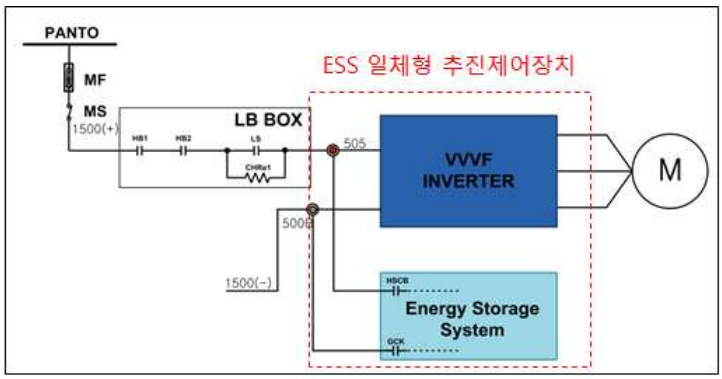


<그림 VII-237> ESS 일체형 추진제어시스템 개념도

- 철도 전기에너지 저감 : 기존 전동차 소비전력량 대비 약 15% 저감
- ESS 일체형 추진제어장치용 EMS 개발

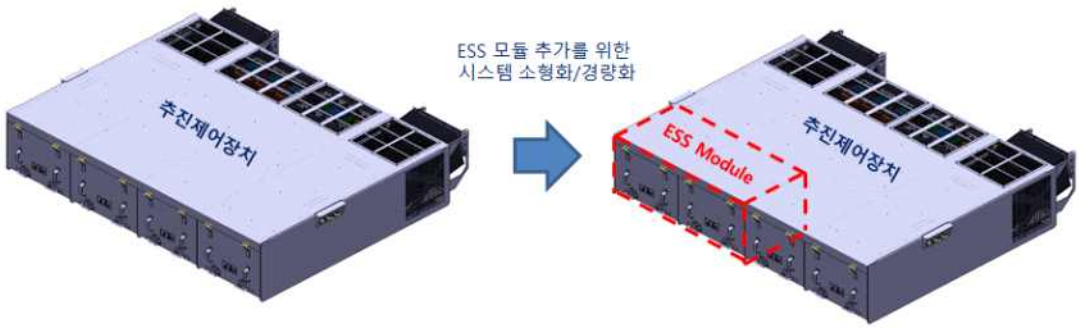
경량화를 위한 시스템 구조 소형화 기술 및 방열시스템 기술

- 기존 추진제어장치와 별도의 온보드 ESS를 설치하던 것을 일체형으로 개발함에 따라 시스템 구조의 경량화 기술 개발 및 방열시스템 기술 개발





- 전동차 중량 최소화 : 기존 인버터 + 분리형 온보드 에너지 저장시스템 대비 약 15% 저감



시스템 토플로지 및 제어알고리즘

- ESS 기능 탑재 전력변환장치에 대한 시스템 토플로지 및 제어알고리즘 개발

차량 시스템과의 인터페이스 기술

- 차량 시스템과 ESS 기능 탑재 전력변환장치의 인터페이스 기술 개발

마. 연차별/단계별 수행 목표 및 내용

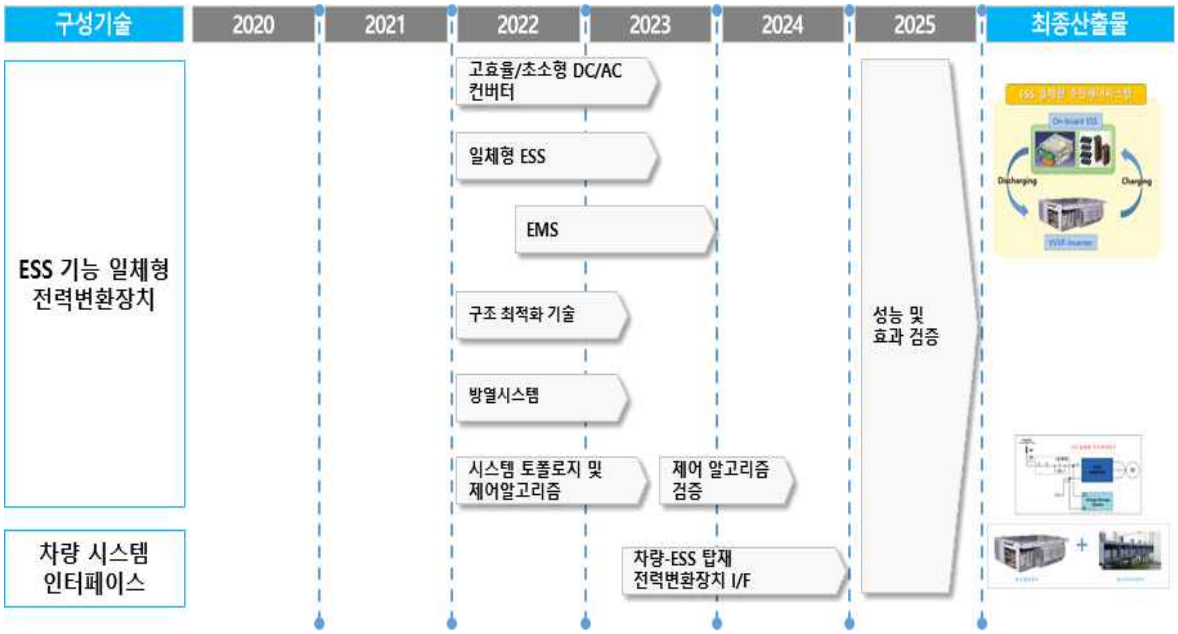
● 연차별 주요 연구내용

연차	기술 개발 목표	기술 개발 내용
1차년도	기술조사 및 분석 기본설계	• 국내외 관련 기술 자료 수집 및 분석 • 탑재용 전동차 시스템 자료 조사 및 분석 • ESS 기능을 구비한 고효율/초소형 DC-AC 컨버터 기본설계 • 시스템 토폴로지 연구 • 전력 시뮬레이션 수행 • 기존 전동차 시스템과의 인터페이스 기본설계
2차년도	상세설계 시작품 제작 성능시험	• ESS 기능을 구비한 고효율/초소형 DC-AC 컨버터 상세설계 • 시스템 구조 및 방열시스템 설계 : 구조 해석 및 열 해석 • 에너지 저장매체 특성 분석, 적합성 연구 및 선정 • 시스템 토폴로지 선정 및 제어 알고리즘 반영 설계 • EMS(Energy Management System) H/W, S/W 설계 • 시스템 용량 축소형 Proto Type 제작 • 시스템 토폴로지 및 제어 알고리즘 검증 시험 • 기존 전동차 시스템과의 인터페이스 상세설계
3차년도	시제품 제작 성능시험 통합시험	• ESS 일체형 추진제어시스템 제작 : Proto Type 결과 반영 • 시스템 부피 및 중량 최소화 • ESS 일체형 추진제어시스템 시험 : Proto Type 결과 반영 • 제어 알고리즘 보완 및 최적화 • 시험용 전동차 탑재를 위한 추진시스템 보완 검토 및 반영
4차년도	인터페이스 시험 현차 시험	• 시스템 제어 S/W 및 제어회로 기기 시험 • 기존 전동차 전장품과의 인터페이스 시험 • ESS 일체형 추진제어시스템 현차 적합성 검증

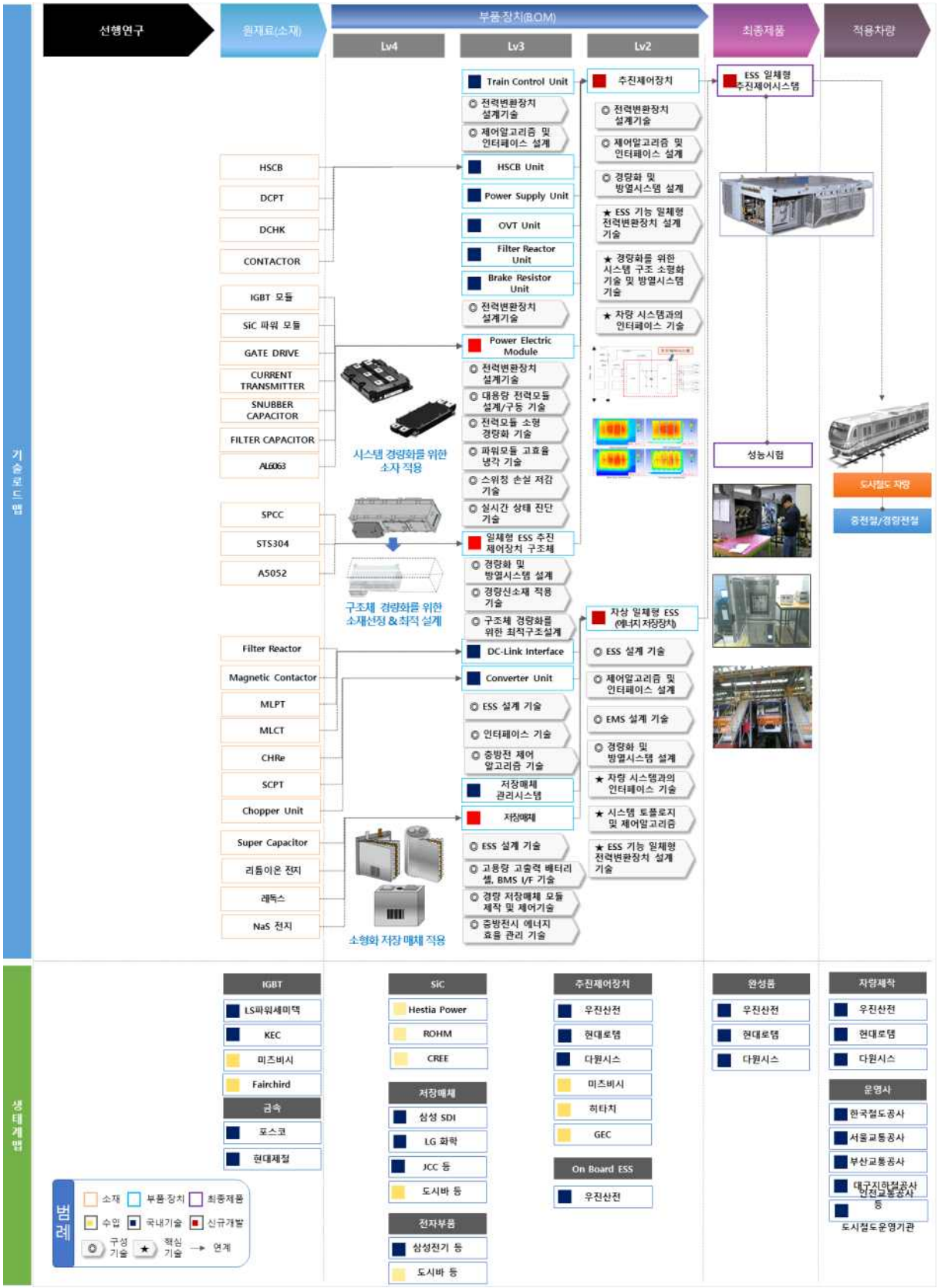
바. 수행 로드맵

● 각 핵심기술별로 연차별 연구개발 내용은 아래와 같음

- 1차년도 선행기술 조사 및 기본설계
- 2차년도 부품 상세 설계 및 시작품 제작
- 3차년도 성능 및 내구성 시험
- 4차년도 현차시험 및 검증



〈그림 VII-238〉 수행 로드맵_ESS 일체형 추진제어시스템



<그림 VII-239> 부품로드맵&산업생태계_ESS 일체형 추진제어시스템

사. 핵심 기술 확보 전략

핵심(구성) 기술	핵심 기술 확보 전략					
	공공 협력	민간 협력	자체 개발	해외 도입	국내 도입	기타
ESS 기능 일체형 전력변환장치 설계 기술		◐	●			
경량화를 위한 시스템 구조 소형화 기술 및 방열시스템 기술		◐	●			
시스템 토플로지 및 제어알고리즘	◐		●			
차량 시스템과의 인터페이스 기술	◐		●			

- 공공협력: 국가 또는 공공기관이 보유 중인 기술 및 인프라와 연계
- 민간협력: 타기업에서 보유 중인 기술 및 인프라와 연계
- 자체개발: 기업이 보유한 기술 및 인프라 활용
- 해외도입: 선진국 또는 해외 선도 기업이 보유중인 기술을 이전 받아 활용
- 국내도입: 국내 기업이 보유한 기술을 이전 받아 활용

3.5 사업화 및 자립화 전략

가. 기술개발 완료 후 시장 출시가 가능한 기술 및 제품

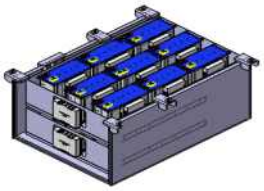
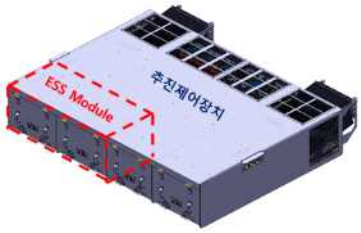
- (개별 부품 판매) 도시철도차량 시장에서 신규 차량에 적용하거나 차량 개량시 교환 부품으로 시장진입이 가능하며, 에너지 절감효과 및 경제적 파급효과가 클 것으로 예상

  - 친환경 녹색성장이 모토가 되고 해당 분야의 산업이 국가의 성장동력 사업으로 대두가 되는 시점에서 ESS 일체형 추진제어시스템의 개발은 청정 도시환경 조성, 고효율 에너지 사용, 도시교통 문제 해소와 맞물려 새로운 철도 수요를 창출할 것으로 예상

  - 국내의 경우 2세대 철도차량의 보급이 완료되었고, 노후 차량의 교체 사업이 단계적으로 진행되고 있으며, 신규 및 연장 노선의 개발로 새로운 수요가 발생하고 있음

  - ESS 일체형 추진제어시스템 기술에서는 전력밀도를 향상하고, 고효율 기기로 개발을 할 경우 세계수준의 경쟁력을 확보할 수 있고 수출가능성 매우 높음

  - ESS 일체형 추진제어시스템은 다양한 차량 적용 모델을 개발하여 상품화하는 전략 추진 필요

ESS 일체형 추진제어장치	차량용 저장매체 모듈	시스템 소형화/경량화 기술
		

〈그림 Ⅶ-240〉 개발완료 후 출시 제품

- (신규 차량 보급) ESS 일체형 추진제어장치는 국내외 신규 도시철도차량에 제안 가능
- (유지보수 시장) 도시철도차량 개량시 기존 추진제어장치 시스템을 ESS 일체형 추진제어장치를 운영기관 및 차량사의 요구조건에 따라 적용 가능

나. 국내외 시험인증 전략

- 성능 기준 및 시험규격
  - 일체형 추진제어시스템은 전력변환장치의 소음, 보호검출, 부하 성능을 포함하여 견인전동기의 과속, 성능과 환경 성능, 진동 성능이 확보된 제품 개발 필요

순번	성능항목	기준	적용 지침 참고 규격	비고
1	전력변환장치 소음 성능	· 70 dB(A) 이하@1 m	IEC 61287-1 IEC 60076-10	-
2	전력변환장치 효율 성능	· 컨버터부 : 95 % 이상 · 인버터부 : 97 % 이상	IEC 61287-1	-
3	전력변환장치 출력 성능	· 컨버터부 : DC 1,800 V, 1,350 KW 이상 · 인버터부 : DC 1,370 V, 1,520 KW 이상	IEC 61287-1	-
4	ESS 용량 성능	· 입력전압 : 1,500 V ~ 1,900 V (DC) · 최대부하공급시간 : 20초이내 · 충전시간 : 1분 이하 · 사용가능 에너지 : 35 (MJ) 이상	-	-

순번	성능항목	기준	적용 지침 참고 규격	비고
5	전자기적합성	· 서지 내성 : 레벨3, B등급 · 접촉정전기방전 내성 : 레벨3, B등급 · 기중정전기방전 내성 : 레벨3, B등급 · 과도버스트 내성 : 레벨4, A등급 · 전자파방사 내성 : 레벨3, A등급 · 전자파전도 내성 : 레벨3, A등급 · 전자파방사 장해 : 1그룹, A등급 · 전자파전도 장해 : 1그룹, A등급	IEC 62236-3-2 IEC 61000-4 CISPR 11	-
6	내환경 성능	· 온도 : - 40 ~ 85 ℃ · 습도 : 0 ~ 95 % · 내진동 : 1종 B class	IEC 60571 IEC 61373 IEC 60349-1	-

● 추진제어시스템 인증 획득

- 일체형 추진제어시스템은 성능에 대하여 입증을 위해서는 성능인증, 소프트웨어 입증을 위해서는 GS 인증 획득 필요

- 또한, 해외수출 기반을 확보하기 위하여 ISO 22163 국제철도 품질관리체계 인증 획득 요구

순번	인증 내용	인증 기관	기준	비고
1	성능인증 (NEP, NET, EPC, K마크 등)	· 산업부 · 국토부 · 중기부 등	· 국내외 규격 및 성능 관련 자체 규격	임의인증(개발 제품에 대한 신기술, 신제품, 성능인증 등)
2	GS인증	· 과학기술정보통신부	· 국내외 규격 및 성능 관련 자체 규격	임의인증 (소프트웨어 품질 인증)
3	ISO 품질관리체계 인증	· 제3자 적합성인증기관	· ISO/TS 22163	임의인증(철도 부품 제작자 품질관리체계 인증)

다. 단계별 시장 진입 전략

● 도시철도용 ESS 일체형 추진제어장치 개발 완료시 단계별 시장 진입 전략은 다음과 같음

구분	단기 전략	중장기 전략
출시 제품	ESS 일체형 추진제어장치	ESS 일체형 추진제어장치, ESS 모듈
진입 분야	국내 도시철도차량(중량전철) 추진제어장치 분야	국내 경량전철 분야 및 해외 도시철도분야 확대
타겟	한국철도공사 등 도시철도운영기관 로템 등 차량제작사	국내외 도시철도 운영기관 국내외 차량제작사

- 단기 전략으로 국내 도시철도 중량전철분야에 ESS 일체형 추진제어장치에 대한 신규 차량 제작 및 개량시 구성품 공급에 대한 대응을 통하여 실적 확보

- RAMS 분석을 통하여 시스템에 대한 신뢰성을 확보하고, LCC 분석 및 경제성 평가를 통하여 비용 저감 효과를 검증하므로서 국내 수요자 확보

- 중장기 전략으로 성능검증을 통해 별도의 ESS 모듈 공급 방안 및 경량전철 차량 적용방안 등을 마련하여 국내외 도시철도 신규시장에 진출 추진

라. 지적 재산권 확보전략

신규 특허 획득 전략

- ESS 및 EMS 기술 전략

  - 차상 온보드 에너지저장장치 기능을 탑재한 하이브리드 전력변현장치를 개발하여 고효율·초소형의 DC/AC 컨버터 기술 개발 전략

  - 기존 추진제어장치와 별도의 온보드 ESS를 탑재하여 사용하던 것을 추진 제어시스템에 일체형으로 ESS을 탑재하기 위해 EMS 개발

- 구조 소형화 및 방열 기술 전략

  - 기존 추진제어장치와 별도의 온보드 ESS를 설치하던 것을 일체형으로 개발하고 시스템 구조의 경량화, 방열 시스템 기술 개발 확보

- 시스템 제어 기술 전략

  - ESS 기능 탑재 전력변환장치에 대한 시스템 토플로지 기술을 개발하고 전력변환장치의 제어알고리즘을 활용하여 차량시스템과 ESS 인터페이스 기술 개발 육성

1) 지식재산권 신청기술의 정의

순번	기술의 명칭	확보가능 특허	건수	등록시점
1	ESS 기능 일체형 전력변환장치 설계 기술	– ESS 기능 탑재 전력변환장치 기술 – 추진제어장치 탑재용 ESS 기술 – ESS 일체형 추진제어장치용 EMS 개발 기술	3	2023년
2	구조 소형화 및 방열 기술	– 시스템 구조 소형화 기술 – 시스템 방열 기술	2	2023년
3	시스템 제어 기술	– 시스템 토플로지 및 제어알고리즘 개발 기술 – 차량과의 인터페이스 기술	2	2023년
합계		–	7	–

2) 선행기술조사를 통한 차별성 검토

- 에너지 저장 추진제어시스템 관련 특허동향 조사 결과를 토대로 등록특허 기준, 존속기간 유예 등을 고려, 해당 과제와 유사한 특허 3개를 도출하여 비교 분석 수행

선행특허 기술명		주요기술과의 차별성			본 기술과의 차별성
		1	2	3	
P-1	전력관리제어시스템을 구비하는 전기추진선박(Electric propulsion ship including power management system)	●	○	○	선박 관련 전력관리제어시스템 관리 기술로 철도차량용 에너지저장 추진제어시스템 개발 기술과 차별성 존재
P-2	하이브리드 자동차 및 이의 이차전지 온도 조절 방법(HYBRID VEHICLE AND METHOD FOR CONTROLLING TEMPERATURE OF SECONDARY BATTERY THEREOF)	○	●	○	하이브리드 자동차 관련 이차전지 관리 기술로 철도차량용 에너지저장 추진제어시스템 개발 기술과 차별성 존재
P-3	선박의 추진시스템(PROPULSION SYSTEM OF SHIP)	●	○	○	선박 관련 추진제어시스템 설계 기술로 철도차량용 에너지저장 추진제어시스템 개발 기술과 차별성 존재

※ ○: 관련성 낮음, ◐: 일부 유사, ●: 차별성 높음

3) 보유 지적재산의 보강 전략

- 에너지저장 추진제어시스템 관련 특허는 선박 및 하이브리드 자동차 관련 추진제어시스템 기술에 집중화된 반면, 철도차량 특성에 적합한 에너지저장 추진제어시스템 설계 및 제작 기술은 부재한 실정

보 강 전 략	
문 제 점	해 결 방 안
· 선박 및 자동차 관련 에너지저장 추진제어관리 기술은 일부 존재하나 철도차량 관련 추진제어시스템 설계 및 제작기술에 대한 권리 부재	· ESS기능을 탑재한 철도차량용 전력변환기술 접목으로 기존 기술과의 차별성 및 권리 확보 가능
회 피 전 략	
문 제 점	해 결 방 안
· 선박 및 자동차 분야 전력관리 기술 및 이차전지 활용 기술이 일부 존재	· 철도차량에 적합한 ESS 전력변환 기술 및 추진제어시스템 시제품 개발로 기존 특허기술과 회피 가능

4) 신청기술의 방어전략

- 신청기술의 사업화와 관련하여, 분쟁 가능성이 높은 특허에 대해서는 방어전략이 필요하며, 타사의 특허를 침해할 가능성이 있는 경우에는 사전에 타사 특허에 대한 대응방안을 마련

선행특허기술명	방어전략
-	· 신기술 접목을 통한 차세대 부품 개발로 철도차량 분야 신규 지적재산권 확보 가능

3.6 투자계획

가. 투자 규모

- 총 66.70억원/4년 중 정부출연금 50.00억원(75%) 대비 민간부담금 16.70억원(25%)으로 구성된 정부주도 사업 추진

<표 VII-160> 총 투자계획_ESS 에너지저장시스템

(단위 : 억 원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	총계
정 부	-	-	8.10	13.80	18.20	9.90	50.00
민 간	-	-	2.70	4.60	6.10	3.30	16.70
합 계	**-**	**-**	**10.80**	**18.40**	**24.30**	**13.20**	**66.70**

나. 소요 재원

- ESS 일체형 추진제어장치 개발을 위한 연구개발 소요재원은 전체 소요재원 중 연구개발비가 100%로 66.70억원을 소요

<표 VII-161> 연구활동별 집행기준_ESS 에너지저장시스템

(단위: 억 원)

구분		총사업비				비율
대항목	소항목	국고	지방비	민간	합계	
1. 연구개발		50.00	-	16.70	66.70	100%
2. 연구시설 및 장비	시설	-	-	-	-	-
	장비	-	-	-	-	-
3. 기타(Feedback R&D 포함)		-	-	-	-	-
합계		**50.00**	**-**	**16.70**	**66.70**	**100%**

다. 소요 예산 산출근거

핵심기술별 연구개발비

- 구성기술별 연구개발비 내역은 다음과 같음

〈표 VII-162〉 핵심기술별 연구개발비_ESS 추진제어시스템

(단위 : 억 원)

과제명	구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	총계
ESS 일체형 추진제어 시스템	ESS 기능 일체형 전력변환장치 설계 기술	정 부	-	-	5.00	10.80	14.30	1.30	31.40
		민 간	-	-	1.55	3.20	4.20	0.40	9.35
		소 계	-	-	6.55	14.00	18.50	1.70	40.75
	경량화를 위한 시스템 구조 소형화 기술 및 방열시스템 기술	정 부	-	-	0.60	0.40	1.40	0.20	2.60
		민 간	-	-	0.45	0.90	0.45	0.15	1.95
		소 계	-	-	1.05	1.30	1.85	0.35	4.55
	시스템 토플로지 및 제어알고리즘	정 부	-	-	1.50	1.50	1.30	0.50	4.80
		민 간	-	-	0.50	0.30	0.60	0.15	1.55
		소 계	-	-	2.00	1.80	1.90	0.65	6.35
	차량 시스템과의 인터페이스 기술	정 부	-	-	1.00	1.10	1.20	7.90	11.20
		민 간	-	-	0.20	0.20	0.85	2.60	3.85
		소 계	-	-	1.20	1.30	2.05	10.50	15.05
합 계			-	-	**10.80**	**18.40**	**24.30**	**13.20**	**66.70**

연구시설 및 장비 소요예산 산출 근거

- 해당 없음

라. 소요인력

- 1차년도에는 개념설계 및 기본설계, 2차년도에는 상세설계 및 시작품 제작, 3차년도에는 시제품 제작 및 성능시험, 4차년도에는 실제 차량에 장착하여 신뢰성을 시험하는 절차로 진행
- 2차년도에 주요 부품들의 상세설계 및 시작품 제작, 3차년도에 시제품 제작 및 성능시험 등이 진행되므로 인력을 가장 많이 투입하며, 4차년도에는 시험결과에 따라 부품을 수정·보완하고 지속적인 모니터링에 필요한 소요 인력 반영

<표 VII-163> 소요 인력 및 참여율_ESS 추진제어시스템

(단위: M/Y, %)

과제	핵심구성기술	직급	2020		2021		2022		2023		2024		2025		합계 (명)
			투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	
2-3	ESS 기능 일체형 전력변환 장치 설계 기술	책임연구원	-	-	-	-	2	40%	3	60%	5	60%	1	5%	11
		선임연구원	-	-	-	-	3	40%	8	60%	8	50%	3	15%	22
		연구원	-	-	-	-	5	40%	7	10%	8	40%	4	15%	24
		소계	-	-	-	-	10	-	18	-	21	-	8	-	57
	경량화를 위한 시스템 구조 소형화 기술 및 방열시스템 기술	책임연구원	-	-	-	-	1	15%	1	10%	1	10%	1	5%	4
		선임연구원	-	-	-	-	2	15%	2	15%	2	20%	1	5%	7
		연구원	-	-	-	-	1	10%	2	20%	2	35%	1	11%	6
		소계	-	-	-	-	4	-	5	-	5	-	3	-	17
	시스템 토플로지 및 제어 알고리즘	책임연구원	-	-	-	-	1	25%	1	10%	1	10%	1	10%	4
		선임연구원	-	-	-	-	4	15%	2	20%	2	20%	2	5%	10
		연구원	-	-	-	-	2	12%	2	34%	2	38%	2	9%	8
		소계	-	-	-	-	7	-	5	-	5	-	5	-	22
	차량 시스템과의 인터페이스 기술	책임연구원	-	-	-	-	1	0.1	1	0.1	1	0.2	2	40%	5
		선임연구원	-	-	-	-	2	0.1	2	0.1	2	0.2	6	42%	12
		연구원	-	-	-	-	2	0.24	2	0.3	2	0.35	8	40%	14
		소계	-	-	-	-	5	-	5	-	5	-	16	-	31
연도별 합계			**-**	**-**	**-**	**-**	**26**	**-**	**33**	**-**	**36**	**-**	**32**	**-**	**127**

3.7 파급 효과

(시장경제적) 미래형 기술 개발을 통한 신규시장 확보 및 유지보수 시장 확대

- 에너지저장장치의 전동차 탑재 시 경제적 효과로서 전동차 소비전력의 15% 에너지 절감(연간 약 300억원, CO2는 연간 281,442ton), 피크 전력 20% 절감 가능시 (피크 전력요금 년간 135억원) 가능

- 국내 도시철도차량의 경우 향후 발주될 차량은 2040년까지 신규 전동차량 도입으로 발생되는 시장으로 약 6,187억원 규모

  - M5량 예상 매출 : 신규 197 편성 × 5 Set × 4.5억원 = 4,432억원
  - M4량 예상 매출 : 신규 53 편성 × 4 Set × 4.5억원 = 954억원
  - M3량 예상 매출 : 신규 30 편성 × 3 Set × 4.5억원 = 405억원
  - M2량 예상 매출 : 신규 44 편성 × 2 Set × 4.5억원 = 396억원
  - ESS 일체형 추진제어시스템이 개발될 경우 연구개발품의 단가가 대략 4.5억원으로 연간 약 6,187억원 수준일 것으로 판단됨 (제품의 가격은 기술개발 과정 및 시스템의 용량에 따라 변동될 수 있음)

- 국산화 및 핵심기술 확보에 의한 해외의존도 감소 및 수입대체효과 예상

- ESS 일체형 추진제어시스템 기술을 선점하여 해외시장 개척과 수출기대효과 예상

(과학기술적) 시스템의 경량화 및 소형화를 통한 중량 감소

- ESS 일체형 추진제어시스템 기술은 향후 저장매체에 의해 100% 운행이 가능한 전동차 및 전기자동차와 같은 미래형 동력시스템 핵심기술로 발전 가능

- ESS 일체형 추진제어시스템 기술 고도화를 통해 세계적인 기술 주도권 확보

- 독자적인 ESS 일체형 추진제어시스템 원천기술 및 성능평가기술 확보는 해외 선진업체로부터 국내시장 보호하고 국내업체 기술수준 향상에 기여할 수 있어 대외 경쟁력 강화가 가능

- ESS 일체형 추진제어시스템 개발은 철도뿐만 아니라 자동차, 버스, 건설기계, 풍력, 비행기, 선박, 한전 전력품질 보상장치 등 기술적용분야 확대 적용될 것임

- ESS 일체형 추진제어시스템의 개발은 기술적으로 초기단계로서 이의 개발을 통하여 해외 선진업체의 수입 대체 효과 및 전동차 제작 후발 국가로의 수출 확대를 기대할 수 있음

(사회문화적) 운행안전성 및 신뢰성 확보로 국민안전에 기여

- 에너지 절감이 가능한 추진제어시스템을 적용하여 전동차 운행에 필요한 전기를 절약할 수 있어 지구 온난화 주범인 CO2 배출가스 삭감에 기여할 수 있고, 범 국가적 차원에서 전력비용 절감이 가능

- 배터리 충/방전 등 배터리 잔량 조정에 의한 에너지 관리로 전력소모량 관리가 용이하고, 마찰력으로 작용하는 기계식 브레이크의 사용 비율이 줄어들어, 마모 분진이나 불쾌한 소음 저감으로 승객의 승차감 향상에 기여

3.8 유사·중복성 검토 및 연계추진 방안

가. 유사과제 현황

No.	과제기간	부처명	사업명	내역사업명	과제명
1	2015~2017	중소기업청	중소기업 상용화기술개발	-	KTX-산천 동력차 및 객차용 리튬(이온)폴리머 축전지 국산화 개발 사업
2	2015~2017	과학기술정보통신부	한국철도기술연구원 연구운영비지원	교통복지 실현을 위한 지능형 광역 도시철도 시스템 개발	1MW급 급속충전저장기술을 이용한 무가선전동차 전력공급기술 개발
3	2015~2020	산업통상자원부	산업전문인력 역량강화	기업연계형 연구개발 인력양성	분산전원용 에너지저장 시스템

나. 차별성 및 연계 추진방안

- 본 연구개발 과제에서는 이미 국외에 상용 중인 에너지 저장 시스템에 대비하여 국내 기술 자립화 및 경쟁력 확보가 되는 과제로써, 기존 과제와 차별성 존재

<표 VII-164> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(에너지 저장 시스템)_1/3

본 사업 과제명	ESS 일체형 추진제어시스템		
기존 유사과제명	KTX-산천 동력차 및 객차용 리튬(이온)폴리머 축전지 국산화 개발 사업('15~'17)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■KTX-산천 동력차 및 객차용 리튬(이온) 폴리머 축전지 시제품 보완 및 현차시험	■회생에너지 활용과 전기에너지 저감을 위한 온보드 에너지 저장시스템 일체형 추진제어시스템 개발	■회생에너지 활용 일체형 추진제어 시스템 개발로 기존 축전기 기술과 차별
과제규모	■2억원	■66.70억원	-
TRL단계	■7~8단계(시제품 신뢰성평가)	■5~6단계(시제품 제작 및 평가)	-
과제목표	■형식시험 보완 및 시험통과 후 현차 시험 취부제품 제작(동력차 3SET, 객차 1SET)	■기존 추진제어장치와 별도의 온보드 ESS를 설치하던 것을 일체형으로 개발하여 시스템경량화 추진	■전력변환장치의 소음, 보호검출, 부하 성능을 포함하여 견인전동기의 과속, 성능과 환경 성능, 진동 성능 확보
기존 기술과의 연계방안	■기존 KTX-산천 동력차 및 객차용 리튬 축전지 설계 및 성능기술 검토		

<표 VII-165> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(에너지 저장 시스템)_2/3

본 사업 과제명	ESS 일체형 추진제어시스템		
기존 유사과제명	1MW급 급속충전저장기술을 이용한 무가선전동차 전력공급기술 개발('15~'17)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■역간 주행에 필요한 에너지를 회생제동 에너지흡수와 함께 정거장에서 정차하는 동안 급속충전(20초 이내, 1MW급)으로 저장하여 전차선 없이 1Km 이상 주행할 수 있는 기술 개발	■회생에너지 활용과 전기에너지 저감을 위한 온보드 에너지 저장시스템 일체형 추진제어시스템 개발	■회생에너지 활용 일체형 추진제어 시스템 개발로 기존 축전기 기술과 차별
과제규모	■5.6억원	■66.70억원	-
TRL단계	■5~6단계(시작품)	■5~6단계(시제품 제작 및 평가)	-
과제목표	■EMS(Energy Management System) H/W, S/W 설계 기술 확보	■기존 추진제어장치와 별도의 온보드 ESS를 설치하던 것을 일체형으로 개발하여 시스템경량화 추진	■전력변환장치의 소음, 보호검출, 부하 성능을 포함하여 견인전동기의 과속, 성능과 환경 성능, 진동 성능 확보
기존 기술과의 연계방안	■기존 회생에너지를 활용한 추진제어 기술 설계 및 성능 검토		

〈표 VII-166〉 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(에너지 저장 시스템)_3/3

본 사업 과제명	ESS 일체형 추진제어시스템		
기존 유사과제명	분산전원용 에너지저장 시스템('15~'20)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 철도분산전원용 시스템을 구성하는 ESS 시스템 핵심 요소기술 개발	■ 회생에너지 활용과 전기에너지 저감을 위한 온보드 에너지 저장시스템 일체형 추진제어시스템 개발	■ 회생에너지 활용 일체형 추진제어 시스템 개발로 기존 축전기 기술과 차별
과제규모	■ 8.3억원	■ 66.70억원	-
TRL단계	■ 1~4단계(기초연구 및 실험)	■ 5~6단계(시제품 제작 및 평가)	-
과제목표	■ 철도 제동 시 발생한 회생에너지를 저장하여 철도 차량 운행 시 해당 에너지 공급하여 전력비용의 절감 및 전압을 안정화 할 수 있는 에너지저장시스템 개발	■ 기존 추진제어장치와 별도의 온보드 ESS를 설치하던 것을 일체형으로 개발하여 시스템경량화 추진	■ 전력변환장치의 소음, 보호검출, 부하 성능을 포함하여 견인전동기의 과속, 성능과 환경 성능, 진동 성능 확보
기존 기술과의 연계방안	■ ESS 시스템 개발을 위한 핵심 구성 기술(안) 검토		

다. 선행사업 핵심기술과의 연계성 검토

- 해당 부품은 미래선도형 기술개발 분야로 기존 사업과의 연계 대상 고려 기술은 미존재

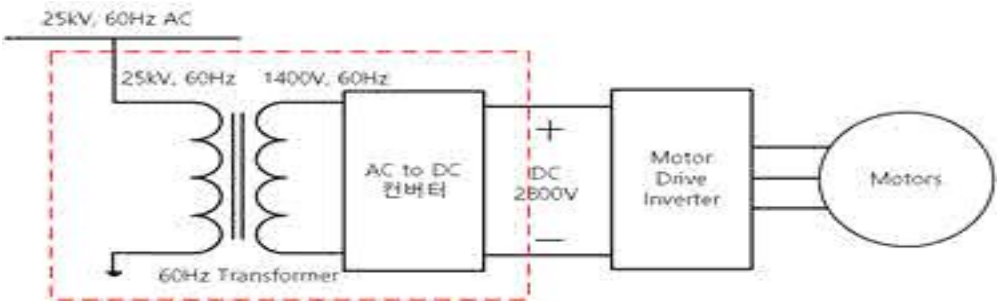
4. 컨버터 일체형 반도체 변압기(고속철도용 전력변환장치 경량·효율화)

4.1 연구개발 배경 및 필요성

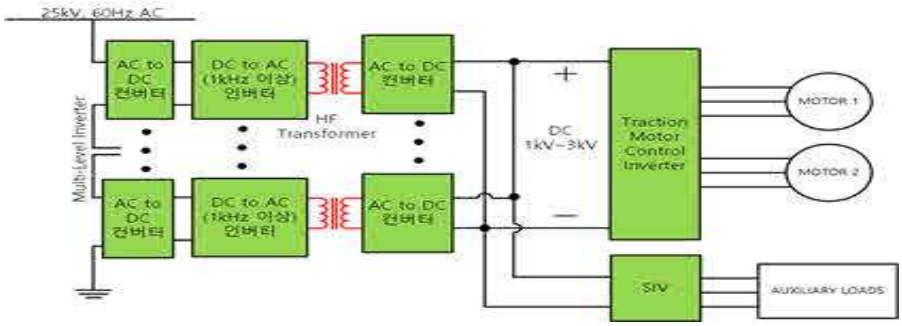
가. 기술의 정의

반도체 변압기 정의

- 부품의 기능 및 역할
  - 전차선에서 공급되는 AC 25kV의 특고압 전력을 차량의 추진 및 보조기기의 동작 전원으로 사용하기 위하여 전압을 낮추어 주는 전력설비
  - 주변압기의 교류 출력은 컨버터에서 직류로 변환하여 추진 인버터에서 주전동기를 구동하며, 보조기기는 보조전원장치를 통하여 전력을 공급함
- 반도체 변압기 경량·효율화 기술의 정의
  - 전력반도체 스위치와 고주파 변압기를 이용하여 철도차량용 전력변압기의 역할을 수행하도록 하여 종래의 유입식 변압기를 경량인 고주파 변압기로 대체하는 철도차량용 전력변압기의 경량화 기술



〈그림 VII-241〉 기존 철도차량의 주전력 변환 시스템



<그림 VII-242> 철도차량용 반도체 변압기 기술

나. 연구개발 배경

현황 및 문제점

- 기존 철도차량의 전력회로는 전력변압기 및 컨버터로 구성됨

  - 주변압기는 대전력 유입식 전력변압기를 사용하고 있으며, 주파수가 낮은 상용 전원 주파수(60Hz)를 사용하기 때문에 대량의 권선 및 철심이 필요하며 전력밀도가 낮음 (주변압기 : 0.5~0.7 MVA/ton, 컨버터 : 0.5~0.8 MVA/ton)

※ 분산형 고속열차 : 4.35 MVA/(3.7 + 2.5x2)ton ≒ 0.5 MVA/ton

※ 대만 EMU(Toshiba) : 1.98 MVA/(3.45 + 0.8x2)ton ≒ 0.4 MVA/ton

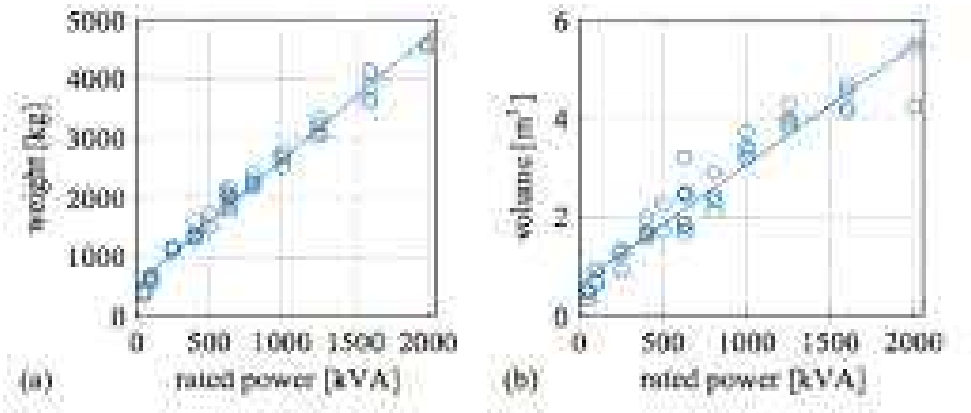


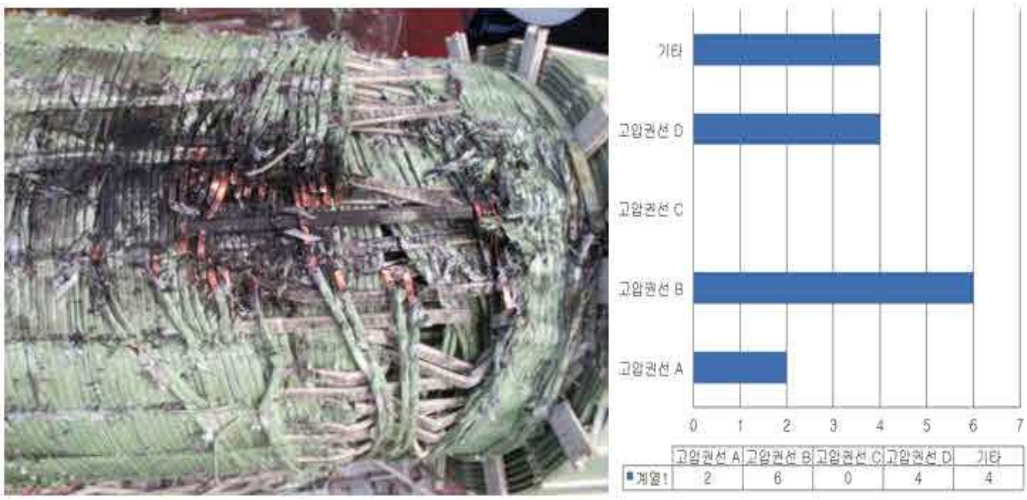
Fig. 2. Dependence of LFT weight (a) and volume (b) on the rated power, based on datasheet information from [22].

<그림 VII-243> 저주파 변압기의 무게 및 부피 분포

  - 유입식 변압기는 대전력, 특고압의 직접 사용 및 차량 진동/충격 등 기기 스트레스가 큰 상황임에도 대량의 철심/코일 및 절연물로 구성되는 구조적 취약성으로 대형 고장 사고의 잠재적 요인 존재

- 대량의 절연유에 의한 특고압 절연으로 정기적 유지보수 및 환경문제 유발

- 특히, 특고압 대전력이 직접 인가되며 중량 및 크기로 이중화가 불가능하고, 고장 발생 시 곧바로 대형 사고로 연결되어 운행중단 사고로 이어져 국민안전 우려가 큼



〈그림 Ⅶ-244〉 주변압기 고압권선 절연파괴 사례 및 발생현황(KTX-산천, 2016)

기술적 한계 및 문제점

- 철도차량용 주변압기는 특수 변압기로써 철도차량만을 위하여 제작되며, 이에 따라 용도 및 사용 범위가 한정적임

- 원천 기술이 외국 기술인 경우가 대다수이며, 사용 부품도 수입 제품이 다량 존재함. 수요가 적고, 국내 기술력의 한계가 존재하므로 국산화가 이루어지지 않은 부품이 존재하여 주변압기 제작 시 수입품 의존

- 부품 해외 조달 시 운송 및 통관 등 소요시간 필요

시사점

- 해외에서는 반도체 변압기에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있으며 철도차량에 적용하기 위한 시도가 이루어지고 있음

- 국내에서도 반도체 변압기가 가지는 다기능, Oil-Free, 고품질 전력 공급 등의 장점으로 반도체 변압기에 대한 개별적인 학술 연구는 다수 진행되었지만, 철도차량에 적용하기 위한 연구는 전무한 상황임

- 따라서, 철도차량용 반도체 변압기 개발이 성공할 경우 기존의 유입식 변압기를 대체하기 위한 기술적 대안으로 국내 시장 및 해외 시장 진출이 가능할 것으로 판단되므로 시급히

추진 필요

- HVDC, 전기자동차 충전소, 스마트 그리드 등 관련 산업으로의 파급효과가 클 것으로 예상됨

- 철도차량 제조기업 및 운영기관은 성능•신뢰성 등을 이유로 해외제품 사용, 철도차량 부품기업은 영세성과 기술력부족 등으로 기술개발을 통한 제품 개발보다 원설계자로부터 기술도입에 의한 단순 국산화에 머무는 악순환이 반복

- 철도차량 부품산업은 신기술 개발, 적용, 운영을 위한 중소기업·대기업·운영기관, 산·학·연간 R&D 협업·네트워킹이 필수적이나 국내 철도차량 부품산업은 협업 생태계 부재

다. 연구개발 필요성

과학기술적 중요성

- 기존 60 Hz 변압기 대신 반도체 스위치를 이용해 운전 주파수를 높이면 변압기, 인덕터 등을 소형화/경량화가 가능해지고 전력 밀도도 2배 이상 향상되며 차량 전장품의 경량화 가능함

- 반도체 변압기 기술은 세계적으로 기술 개발의 초기단계로 최근 반도체 소자의 발달과 이산화탄소 규제 등에 따라 친환경 교통수단 (EV, 전기버스 등) 및 신재생 에너지에 대한 관심이 높아져, 해외 주요기업의 기술투자 지속

- 따라서, 이러한 지능형 변압기에 대한 핵심 기술을 빠르게 개발해 세계 기술 및 시장을 선도할 필요성이 있음

시장경제적 필요성

- 유입식 변압기는 전세계 다수의 고속철도차량에 적용중

  - 유입식 변압기는 분산형 고속철도 시장의 성장과 함께 그 수요가 지속적으로 증가하고 있으며, 세계고속철도시장은 2021년 112.06억유로(약 14.3조원)의 규모로 예상되어 시장이 빠르게 성장하고 있음[7)]

- 국내 주요 간선축에 대한 동력분산식 고속열차 도입 확대 및 내구연한 도래 차량의 교체수요는 지속적으로 증가되고 있음(코레일)

  - 경전선 EMU250 30량, 중앙/서해/중부내륙선 EMU350 84량 등 도입예정

7) World rail market study(UNIFE, 2016)

- 고속철도차량 중 내구연한이 30년 이상 되어 교체가 예상되는 EMU 고속철도차량은 약 1,110량(185편성) 2026년부터 발주 예상됨
- 대전력기기의 경량화/소형화는 동력차의 축중 감소에 기여하며, 궤도유지보수 비용 절감가능
- 동력분산식 고속열차의 경량화 및 안전성향상, 에너지효율 향상, 유지보수 비용 절감을 위하여 반도체를 이용한 주변압기의 경량화 기술개발이 필요함

사회문화적 필요성

- 철도분야의 세계적인 기업들은 모두 추진시스템기술을 보유하고 기술을 선도하는 기업이며, 이러한 기업을 보유한 국가가 현재의 철도선진국임
- 철도차량의 중량의 약 20%, 차량 부피의 50% 이상을 차지하고 있으며, 주행 에너지의 90% 이상을 담당하는 대전력 기기로, 추진시스템의 경량화 및 효율향상은 철도차량의 운행 에너지 효율 향상과 직결됨
- 절연유를 사용하지 않는 고주파 변압기를 이용하여 절연유에 의해 발생하는 환경 문제 및 사고 위험 제거 가능함

4.2 국내외 시장 및 연구개발 동향

가. 국외 시장 및 연구개발 동향

- 기존 유입식 변압기는 전세계 고속철도차량에 일반적으로 적용되어 있으며 최근 제작된 고속열차에도 모두 유입식 변압기가 적용됨



〈그림 VII-245〉 유입식 변압기 적용 동력분산식 고속열차

- 유입식 변압기는 분산형 고속철도 시장의 성장과 함께 그 수요가 지속적으로 증가하고 있으며, 세계고속철도시장은 2021년 112.06억유로(약 14.3조원)의 규모로 예상되어 시장이 빠르게 성장하고 있음[8)]

8) World rail market study(UNIFE, 2016)

- 반도체 변압기의 경우 아직 실용화 되지 않았으나 ABB, Siemens, Alstom, Bombardier 등은 자체 기술을 보유하고 있음

- ABB는 철도차량 적용을 위해 15kV, 16 2/3Hz, 1.2MVA급 반도체 변압기 제작 및 차량 적용 시험 중

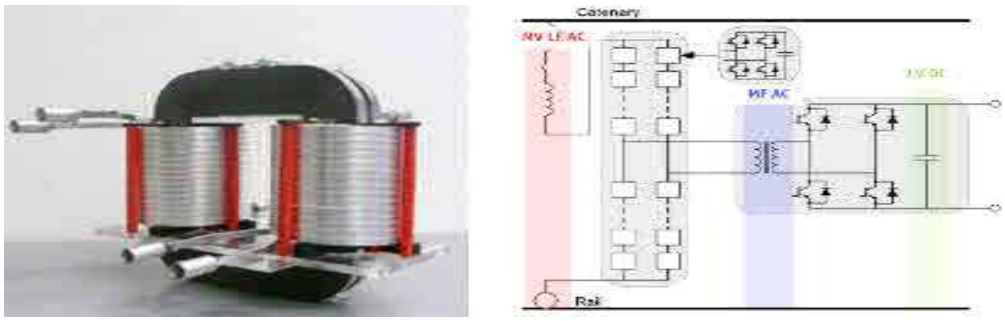
  - 스위칭 주파수 400Hz, 3.3kV IGBT, 16 cells로 제작

  - 반도체 변압기 기술을 스마트 그리드 및 신재생 에너지 시장으로 영역을 확대 예정



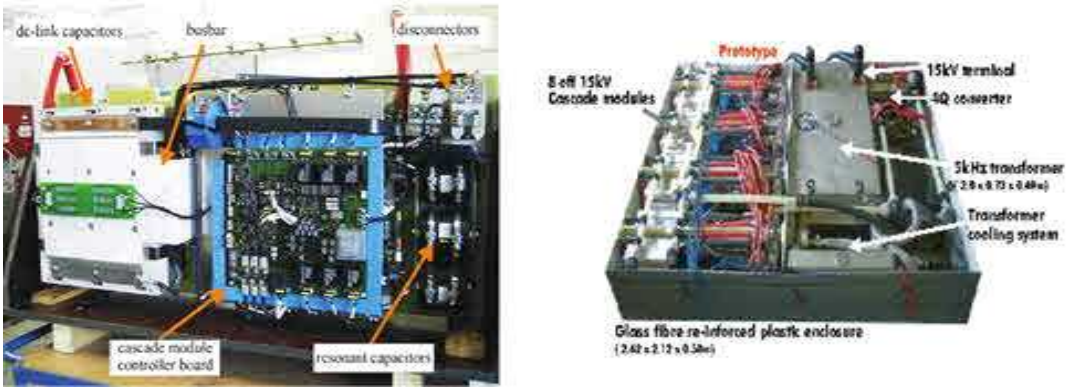
<그림 VII-246> ABB의 철도차량용 반도체변압기

- Siemens AG는 이미 HVDC용 변압기, 발전용, 분배전용, 차량용 변압기 등 다양한 변압기 제품 시장에 KEY PLAYER이며 반도체 변압기의 개발 관련한 연구도 활발히 진행 중에 있음



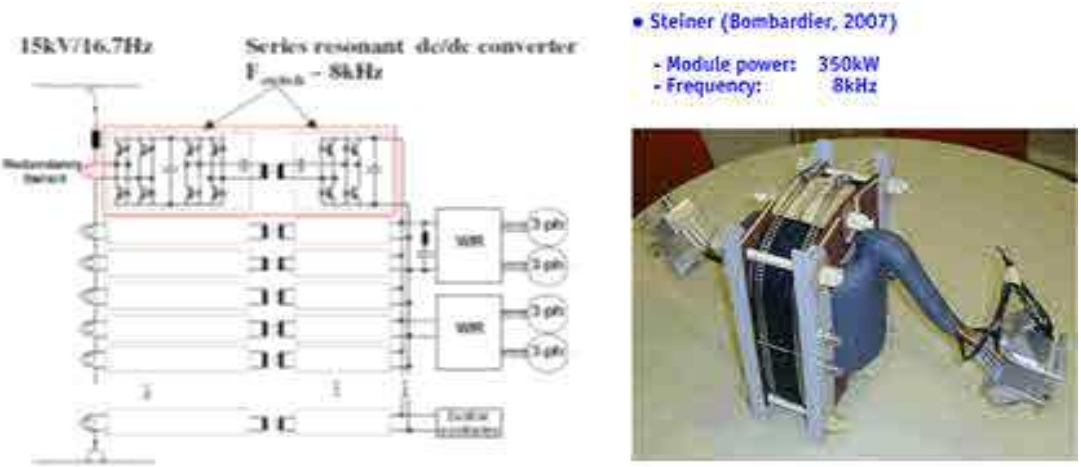
<그림 VII-247> Siemens의 고주파변압기 모듈 및 반도체변압기 시스템 블럭도

- Alstom은 반도체 변압기와 관련하여 2003년에 초기 모델을 만들고, 2007년에 2차 모델을 만들어 시험을 완료했으며, 반도체 변압기에 관련한 시장이 형성될 경우 확보한 기술력을 바탕으로 시장점유율 확대 가능



〈그림 VII-248〉 Alstom의 철도차량용 반도체 변압기 개발 사례

- 철도 선진국들은 반도체 변압기의 철도적용을 위한 기술개발을 활발히 추진하고 있으며, 직렬공진 방식을 적용한 일체형 DC/DC 컨버터로 차량 무게 절감 노력 중



〈그림 VII-249〉 Bombardier의 철도차량용 반도체 변압기 개발 사례

나. 국내 시장 및 연구개발 동향

- 국내 고속열차에 사용되는 대표적인 주변압기 사양은 다음과 같음

  - 동력집중식 고속열차의 주변압기는 국내 제작사에서 프랑스 원제작사의 기술을 이전받아 단계적으로 국산화하여 적용

  - 동력분산식 고속열차(HEMU-430X)의 주변압기는 개발 초기에 프랑스 제작사의 유입식 주변압기를 수입하여 적용하였으며, 동일 모델의 유입식 국산 개발품을 적용하고 있음

<표 VII-167> 동력 집중식, 동력 분산식 적용 주변압기

항목	동력 집중식(KTX-산천) 주변압기	동력 분산식(HEMU-430X) 주변압기
설치위치	동력운전제어차(PC) 내부에 설치 (PC : Power car with Cab)	동력객차(MP) 하부에 설치 (MP : Motor coach with Pantograph)
총대수/편성	Tr. 2대/10량	Tr. 2+1대 /8량
제조사	현대중공업(한국)	JST-Transformers(프랑스)
변압기 종류	유입변압기	유입변압기
정격사양	단상 6,200[kVA], 25/1.4/0.383[kV]	단상 4,350[kVA], 25/1.4/0.38[kV]
철심타입	내철형(Core Form)	외철형(Shell Form)
임피던스	고압-저압간 43.4[%]	고압-저압간 20[%]
냉각방식	송유풍냉식	송유풍냉식
절연유	실리콘유(난연성유)	실리콘유(난연성유)
사이즈(중량)	H2,706×W1,600×L2,700[mm] (9ton)	H720×W2,800×L3,100[mm] (3.7ton)

- 이와 같이, 철도차량용 주변압기는 유입식 강제송유 풍냉식의 변압기가 사용되고 있으며, 편성당 추진시스템의 설치수량 및 동력집중식/분산식 구조에 따라 변압기의 용량만을 달리하고 있음

- 일반 산업부문 전력변압기의 국내 높은 기술수준에도 불구하고, 철도차량용 변압기는 차량에서의 진동/충격 등 사용 환경과 크기 및 중량의 최소화, 차종마다 차량 특성에 맞추기 위한 재설계의 필요성 등 기술적 어려움으로 해외에서 도입한 원설계 변경 없이 국산화 제작하는 수준임

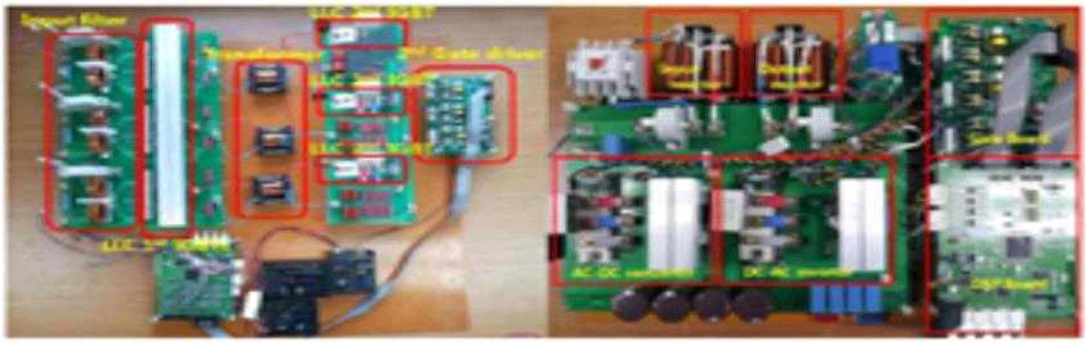
- 반도체 변압기에 대한 연구 및 개발은 일반 산업부문에서도 비교적 최근에 시작되어 주로 수십 kVA 급 이하의 시스템을 주로 연구 개발하는 단계이며 이는 국외의 연구 수준에 비해 초기 단계임

- 한국전력공사의 전력 연구원은 2009년부터 2013년까지 지식경제부의 에너지기술 개발 사업 중 스마트 그리드용 배전 시스템 개발 사업의 세부 과제 중 하나로 6.6kV, 30kVA 급 양방향 반도체 변압기 개발

  - 스마트 배전을 운영하기 위한 만능 수배전반에 장착될 배전용 변압기로 연구 수행
  - 직류, 교류, 고주파 전원 등 다양한 전원의 출력이 가능
  - 순간전압강하의 보상 및 제어 등에 있어 고품질의 전력공급 가능
  - Oil Free 기기를 구성할 수 있어 환경 친화적 등을 장점으로 개발

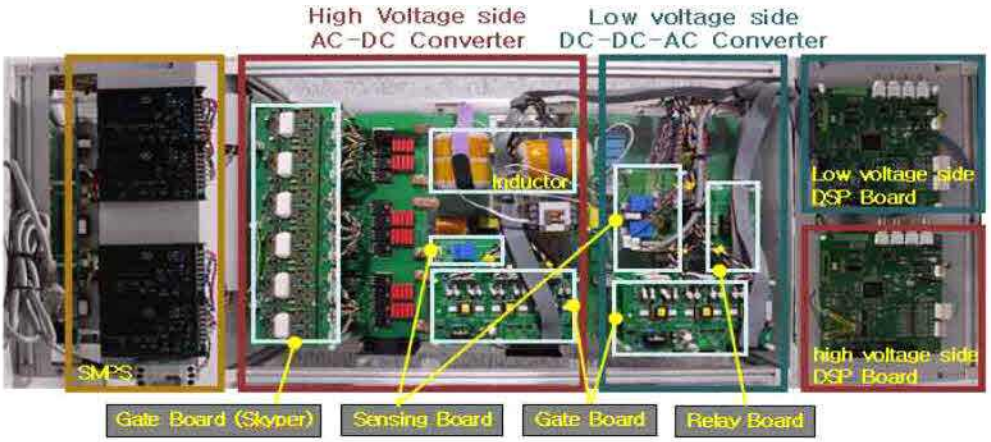
- 명지대학교(한병문 교수) 연구팀에서 양방향 반도체 변압기 관련한 연구를 진행 중으로, 2kVA 급 반도체 변압기를 제작, 시험

- 스마트 배전시스템에 적용하기 위한 지능형 반도체 변압기 개발 연구

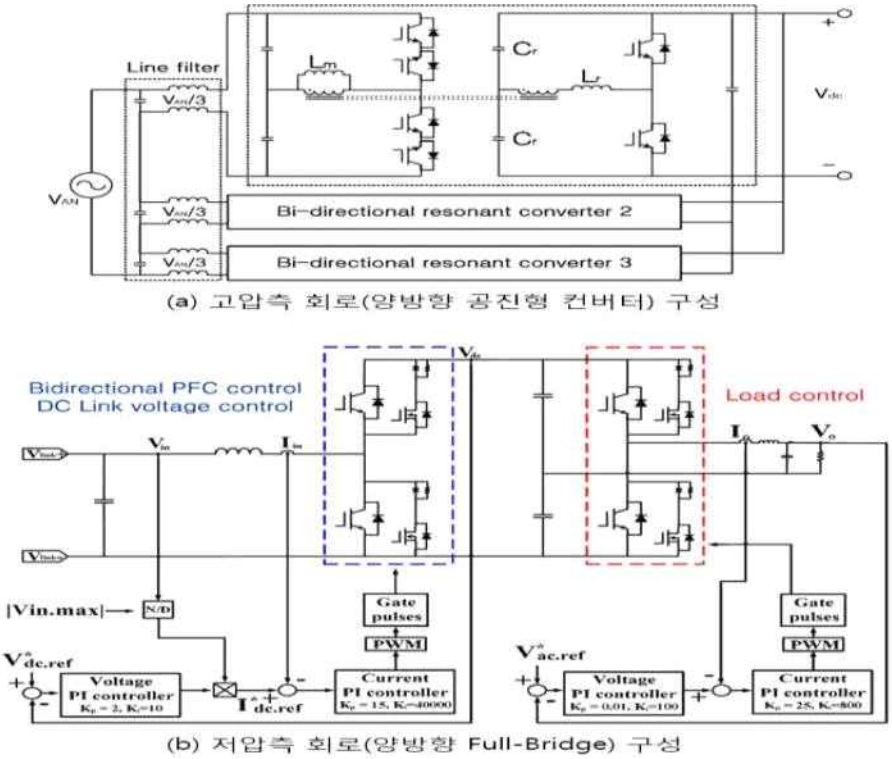


<그림 VII-250> 1.9kV/127V, 2kVA 단상 반도체 변압기

- 단상 반도체 변압기 모듈 3대를 Y결선하여 3.3kV, 6kVA 3상 반도체 변압기로 구성하는 연구 진행



<그림 VII-251> 3상변압기로 구성하기 위한 단상 모듈

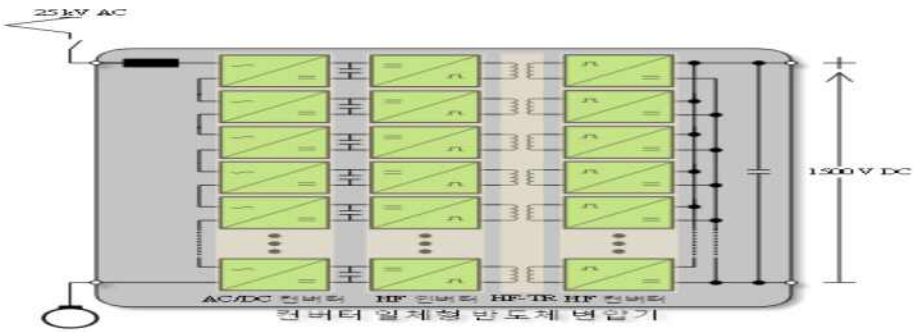


〈그림 VII-252〉 양방향 1.9kV/127V, 2kVA 단상 반도체 변압기 구성회로

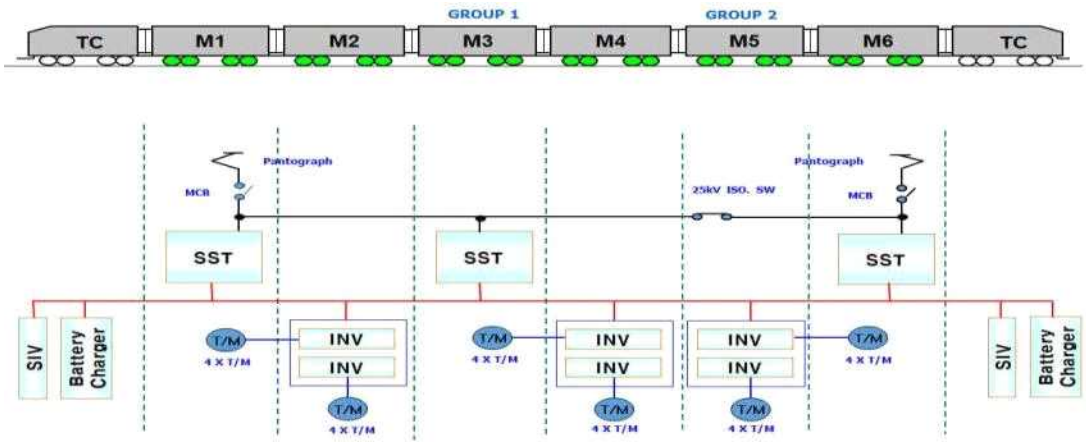
- 일반 산업용 전력분야에서는 전기연구원, 전력연구원 등의 출연연구원과 국내 일부 대학을 중심으로 기초연구가 진행되고 있으나 반도체변압기를 철도차량에 적용하기 위한 연구는 아직 시도되지 않았음

4.3 연구개발 범위

- 동력분산식 고속차량용 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발
  - 컨버터 일체형 전력변환 기술
  - 특고압 절연형 고효율 고주파 변압기 기술
  - 특고압 절연, 방열, 차폐를 위한 멀티피직스 해석 및 패키징 기술
- 운용기술 및 성능검증 기술
  - 철도차량 및 전력 네트워크 인터페이스 기술
  - 개발품의 부품, 구성품시험, 조합시험 및 실차적용시험 등 성능시험
  - 실용화 및 해외진출을 위한 국내외 인증 획득
  - 4계절 실제 운행조건에서 성능검증을 위한 현차시험 실시



〈그림 VII-253〉 컨버터 일체형 반도체변압기 개발(안)



〈그림 VII-254〉 반도체변압기가 적용된 분산형 고속열차 전력회로 구성예

4.4 연구개발 내용

가. 연구개발 목표

- 분산형 고속열차의 주전력회로 경량화 및 소형화를 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발
  - 연구개발을 통하여 논문, 특허 등 지적 재산 확보

나. 연구개발 핵심 내용

핵심(구성) 기술명	핵심(구성) 기술 주요내용
컨버터 일체형 전력변환 기술	– 직렬 구조의 멀티레벨 특고압 전력변환 기술 – 고주파 공진형 DC/DC 변환 기술 – 분산형 모듈 밸런싱 제어 기술 – 최적 Topology 및 Module화 기술
특고압 절연형 고효율 고주파 변압기 기술	– 고주파 변압기 특고압 절연 및 효율 향상 기술 – 누설 최적화 설계 기술
특고압 절연, 방열, 차폐를 위한 멀티피직스 해석 및 패키징 기술	– 특고압 절연형 패키징 기술 – 방열 및 차폐 구조 기술 – 열/전자계/구조 멀티피직스 해석 및 성능예측 기술
운용기술 및 성능검증 기술	– 시스템 요구사항 도출 및 검증 – 차량 및 전력네트워크 인터페이스 – 테스트베드 구축 및 운영, 인증/검증 기술

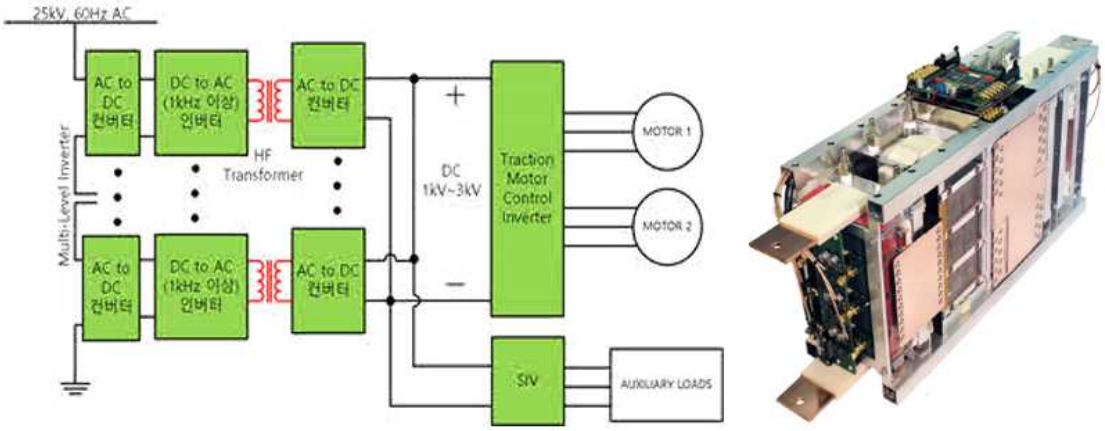
다. 핵심 기술별 As-is/To-be

핵심 기술	As-is	To-be	현재 TRL	목표 TRL
컨버터 일체형 전력변환 기술	– 철도차량의 전력회로는 전력변압기 및 컨버터로 구성 – 대전력 유입식 권선형 전력변압기 사용	– 전력반도체 스위치에 의한 반도체 변압기를 이용한 철도차량용 전력변압기 경량화 기술 적용 – 컨버터 일체형 반도체 변압기 적용	TRL 3	TRL 6
특고압 절연형 고효율 고주파 변압기 기술	– 60Hz 전원주파수에서 전압을 변환시키기 위한 대량의 철심 및 권선으로 구성	– 고주파수 스위칭으로 경량화 및 크기 감소	TRL 3	TRL 6
특고압 절연, 방열, 차폐를 위한 멀티피직스 해석 및 패키징 기술	– 낮은 중량 대 전력비(0.3~0.4 kW/kg)	– 차체 구조 및 지지물의 크기, 강도 저감 가능 – 기기배치 공간의 감소 및 차량의 경량화로 차량의 운행 에너지 효율 증대	TRL 3	TRL 6
운용기술 및 성능검증 기술	– 교류 전원을 사용하는 복잡한 철도차량 전력회로 – 대량의 절연유 사용에 따른 지속적 유지보수 및 환경문제 유발 가능 – 고장 발생 시 운행중단 사고로 파급	– 직류모선에 의한 철도차량 내부 마이크로 그리드 시스템 구성 – 유입변압기의 유지보수 문제 해결 및 경제적인 추진시스템 구축 – 전력기기의 이중화 기능 부여로 철도차량 운행 안정성 향상	TRL 3	TRL 6

라. 세부 기술 및 내용

컨버터 일체형 전력변환 기술

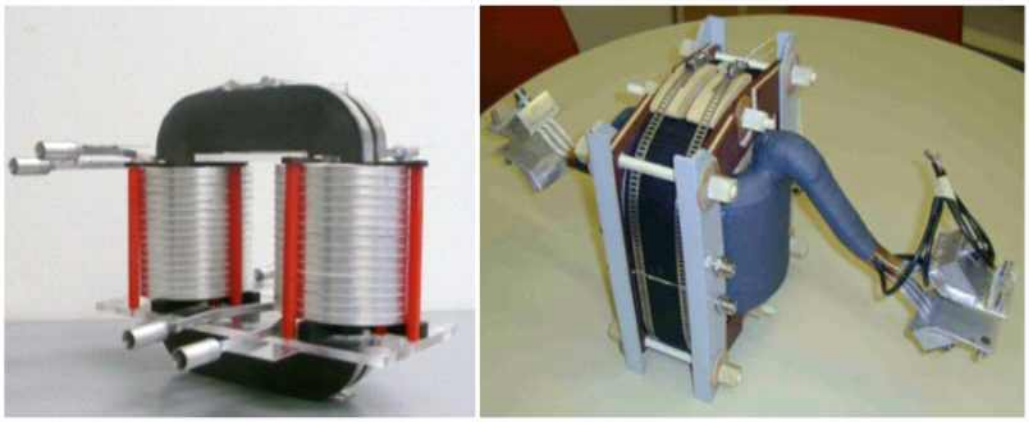
- 직렬 구조의 멀티레벨 특고압 전력변환 기술
  - 직렬 구조의 멀티레벨 전력변환장치를 이용하여 전차선으로부터 입력되는 특고압, 대전력 직접 변환
  - 멀티레벨 구성에 따라 소자수, 회로의 복잡성 및 그에 따르는 스위칭 손실 및 효율 저하를 방지하기 위한 최적의 전력변환 topology와 운전점 선정
  - 분산제어에 의한 효율/출력밀도 향상 제어와 반도체 변압기 제어의 안정성을 확보하기 위하여 계층구조 제어를 통한 모듈간 밸런싱 제어
  - 카트릿지형 모듈에 의한 redundancy 부여 및 비상운전이 가능하도록 하고, 유지보수가 용이하도록 개발



<그림 VII-255> 철도차량용 적용 반도체 변압기 및 모듈 컨버터 사례(ETH PES lab)

특고압 절연형 고효율 고주파 변압기 기술

- 철도차량 추진부하 및 보조전원 등을 공급하기 위한 고주파수 DC/DC 변환
- 다단계 전력변환에 따른 효율 저하를 최소화하기 위한 효율/출력밀도 향상 제어를 위한 고주파 변압기 누설 최적화
  - 공진용 누설 최적화 및 손실 저감을 위한 권선구조 및 코어형상 기술
  - 특고압 전력회로와 차량회로를 분리하기 위한 특고압 절연 및 고주파 변환에 따른 냉각기술

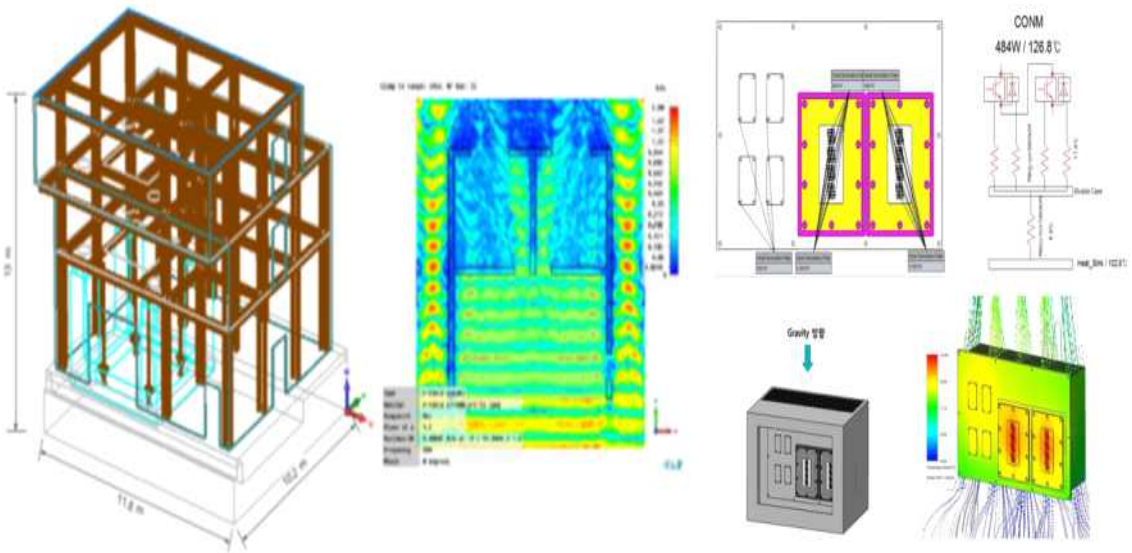


〈그림 VII-256〉 고주파 변압기 사례(좌:Siemens, 우: Bombardier)

특고압 절연, 방열, 차폐를 위한 멀티피직스 해석 및 패키징 기술

- 반도체 변압기를 철도차량에 적용하기 위한 기기구조 설계 및 제작

  - 전자기차폐와 전력반도체의 손실 저감 및 안정성을 확보하기 위하여 절연구조를 갖춘 냉각성능 확보

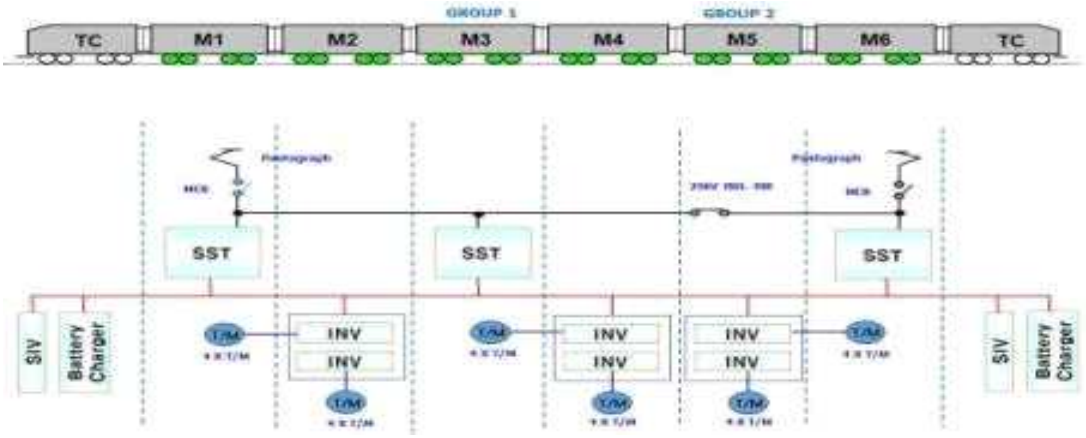


〈그림 VII-257〉 구조설계에 따른 차폐효과 및 발열해석 사례

  - 기기배치 공간이 협소한 동력분산형의 철도차량에 적용한 국내외 사례가 없어 선도형 기술개발을 통하여 해외 기술을 추월 필요

운용기술 및 성능검증 기술

- 운영 중인 철도차량에 적용하기 위한 시스템 요구사항 도출 및 검증
  - 차량에 설치되는 다수 반도체변압기간의 병렬운전 및 철도 전력네트워크 인터페이스 고려
  - 신규 개발품의 적용을 위한 부품, 구성품, 완성차 및 실차시험의 단계별 시험규격과 철도차량 형식승인 및 철도용품 형식승인[9]을 위한 기술기준(안)의 개발
  - 테스트베드 구축 및 신뢰성시험의 실시, 개발 기술의 검증 및 인증



〈그림 VII-258〉 반도체변압기가 적용된 분산형 고속열차 전력회로 구성예



〈그림 VII-259〉 테스트베드 사례(구성품시험, 조합시험 및 시운전시험)

9) 철도안전법 제26조 및 제27조

마. 연차별/단계별 수행 목표 및 내용

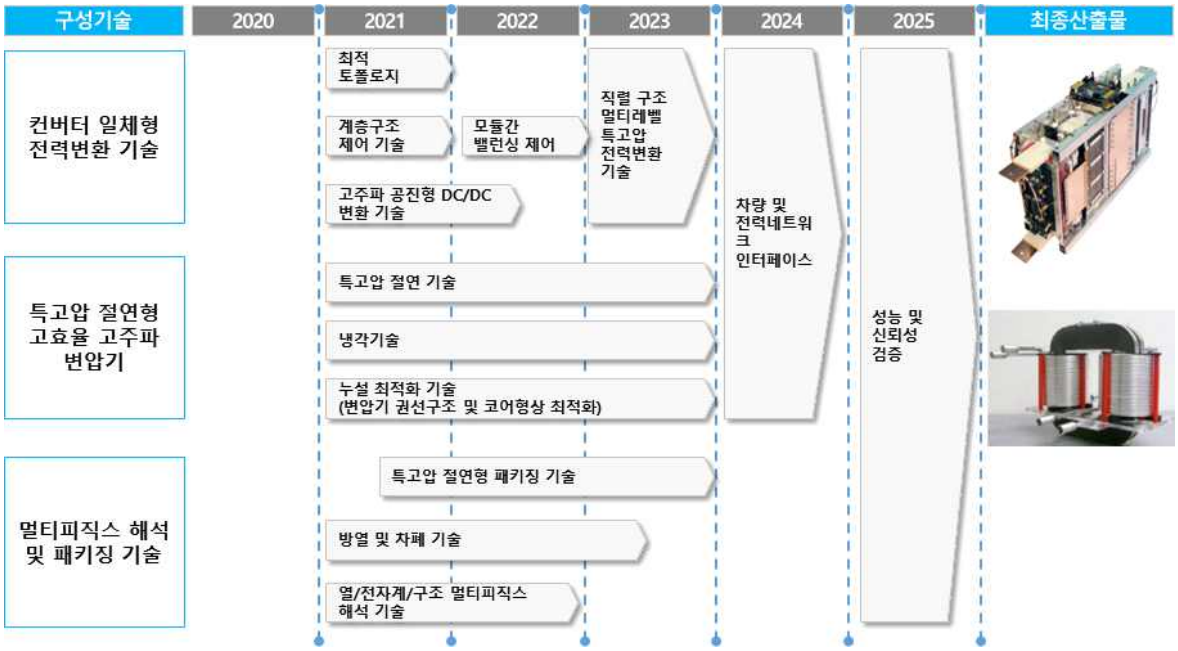
● 연차별 주요 연구내용

연차	기술 개발 목표	기술 개발 내용
1차년도	조사 및 분석 특성 해석 기본설계	– 선행기술 검토 및 분석 – 핵심 요소기술 분석 및 방식 선정 – 모듈/구성부품 기본설계 – 해석모델 구축 및 성능 예측 – 차량 인터페이스 설계 – 운영시나리오 분석
2차년도	상세설계 시작품 제작	– 시작품 상세설계 및 제작 – 모듈/구성부품 최적설계 – 효율 및 출력밀도 향상 연구 – 차량 인터페이스 검증 – 현차시험 인터페이스 설계
3차년도	시제품 제작 성능시험 조합시험	– 시제품 상세설계 및 제작 – 모듈/구성부품 검증 시험 – 최종 모델 도출 및 종합 인터페이스 시험 – 시스템 조합시험 – 테스트베드 구축
4차년도	종합성능시험	– 시제품 종합 성능시험 – 테스트베드 운영 – 정적 신뢰성 시험
5차년도	적합성검증	– 테스트베드 운영 및 현차 적합성검증 – 동적 신뢰성 시험

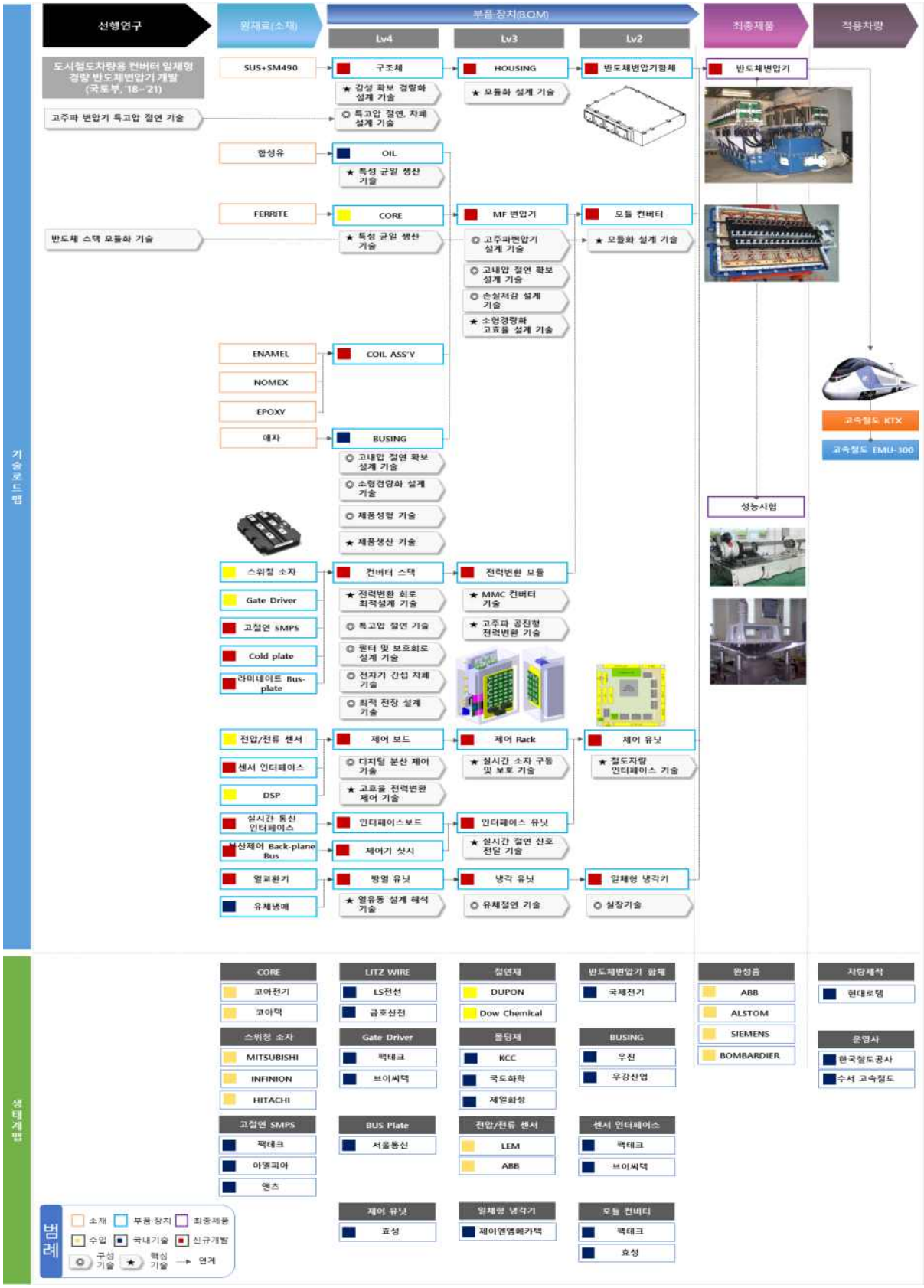
바. 수행 로드맵

- 각 핵심기술별로 연차별 연구개발 내용은 아래와 같음

  - 1차년도 기본설계 및 특성해석 기술개발, 2차년도 시작품 제작 및 최적 설계, 3차년도 시제품 제작 및 모듈 검증 시험, 4차년도 정적 신뢰성 시험, 5차년도 동적 신뢰성 시험



〈그림 VII-260〉 수행 로드맵_반도체 변압기



〈그림 Ⅶ-261〉 부품로드맵&산업생태계_반도체 변압기

사. 핵심 기술 확보 전략

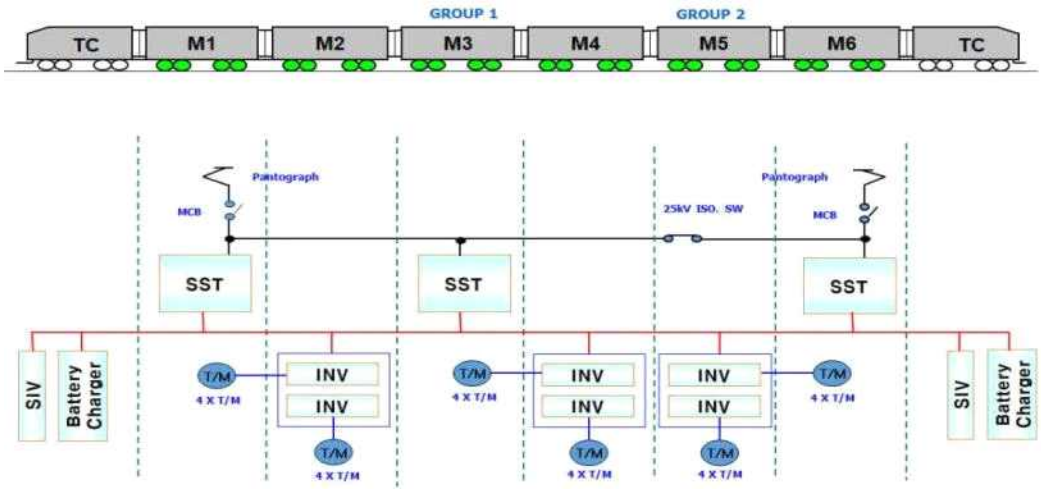
핵심(구성) 기술	핵심 기술 확보 전략					
	공공 협력	민간 협력	자체 개발	해외 도입	국내 도입	기타
컨버터 일체형 전력변환 기술	○	○	●			
특고압 절연형 고효율 고주파 변압기 기술	○	○	●			
특고압 절연, 방열, 차폐를 위한 멀티피직스 해석 및 패키징 기술	○	○	●			
운용기술 및 성능검증 기술	○	○	●			

● : 핵심역할, ◐ : 보통, ○ : 부가역할
- 공공협력: 국가 또는 공공기관이 보유 중인 기술 및 인프라와 연계
- 민간협력: 타기업에서 보유 중인 기술 및 인프라와 연계
- 자체개발: 기업이 보유한 기술 및 인프라 활용
- 해외도입: 선진국 또는 해외 선도 기업이 보유중인 기술을 이전 받아 활용
- 국내도입: 국내 기업이 보유한 기술을 이전 받아 활용

4.5 사업화 및 자립화 전략

가. 기술개발 완료 후 시장 출시가 가능한 기술 및 제품

- (신규 차량 보급) 분산형 고속열차의 주전력회로에 사용하기 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기
  - 역행 및 회생의 양방향 에너지 전달이 가능
  - 25kV AC 입력, 3.0kV DC 출력
  - 정격절연전압 25kV AC, 운전 주파수 1kHz
  - 출력용량 410kW 견인전동기 8대 및 보조전원전력 1MW 구동
  - 냉각방식 : 강제냉각 혹은 자연냉각
  - 무게 대 출력비 : 0.5kW/kg 이상
  - 고장 시 비상운전이 가능함



<그림 Ⅶ-262> 개발제품이 적용된 분산형 고속열차 전력회로 구성 예시

나. 국내외 시험인증 전략

● 성능 기준 및 시험규격

- 주변압기의 유밀, 온도 상승, 오일펌프의 누설, 과속도 성능을 포함하고 용량, 효율, 소음, 내환경 성능이 확보된 제품 개발 필요

순번	성능항목	기준	적용 및 참고 규격	비고
1	주변압기 유밀 성능	· 0.7kg/㎠, 24시간	KS C 4317	누설 미발생
2	주변압기 온도 상승 성능	· 권선 : 80℃ 이하 · 냉각유 : 60℃ 이하	IEC 61377 IEC 60310 KS C 6047	-
3	오일펌프 누설 성능	· 7bar, 10시간	EN 13802	누설 미발생
4	오일펌프 과속도 성능	· 동기속도의 125%에서 1분 이상 운전 시 이상 없음	EN 13802	-
5	용량 성능	· 출력용량 : 410kW 이상 · 보조전원전력 : 1MW 이상 · 컨버터 : 전압 AC 1400V 이상, 전류 920A 이상	-	-
6	효율 성능	· 주변압기 : 97.5% 이상 · 컨버터 : 97.5 % 이상 · 시스템 : 95% 이상	KS C 4317	-
7	소음 성능	· 주변압기 : 냉각팬 정지 상태 : 65dB(A) 이하 · 주변압기 : 냉각팬 운전 상태 : 85dB(A) 이하 · 냉각팬 : 90dB(A) 이하	KS B 6361 IEC 60076-10	-
8	내환경 성능	· 온도 : - 40 ~ 70℃ · 습도 : 0 ~ 95% · 내진동 : 2종 B class	IEC 61373 IEC 60571 IEC 60310 KS C 6047	-

● 변압기 인증 획득

- 컨버터 일체형 반도체변압기 시스템은 향후 해외수출 기반을 확보하기 위하여 ISO 22163 국제철도 품질관리체계 인증 획득이 필요함

순번	인증 내용	인증 기관	기준	비고
1	성능인증(NEP, NET, EPC, K마크 등)	· 산업부 · 국토부 · 중기부 등	· 국내외 규격 및 성능 관련 자체 규격	임의인증(개발 제품에 대한 신기술, 신제품, 성능인증 등)
2	ISO 품질관리체계 인증	· 제3자 적합성인증 기관	· ISO/TS 22163	임의인증(철도 부품 제작자 품질관리체계 인증)

다. 단계별 시장 진입 전략

● 컨버터 일체형 반도체 변압기의 단계별 시장진입 전략은 다음과 같음

- 개발과정을 통하여 실용화에 필요한 기술기준 및 시험규격 등 제안
- 철도안전법 체계의 형식승인 절차를 준용한 개발품 검증을 실시
- 초기에는 국내 운영되는 고속열차의 유지보수 등을 위한 기존 전력변압기의 대체품으로 단기 시장진입을 추진
- 이후 국내의 신규 고속열차 적용 및 해외 운영기관을 대상으로 한 유지보수품 공급, 해외 신규 고속열차 프로젝트 진입 등을 추진함

구분	단기 전략	중장기 전략
출시 제품	6MVA급 동력분산식 고속열차용 컨버터 일체형 반도체 변압기	적용 차종별 용량 등급화 및 표준화
진입 분야	국내 철도 운영기관의 유지보수 부품 분야	국내 신규 고속열차용 부품 분야 및 해외 운영기관의 유지보수품 및 신규 고속열차용 부품 분야
타겟	철도운영기관 등	철도차량 제작사 등

라. 지적 재산권 확보전략

핵심기술별 특성을 바탕으로 지적 재산권 확보 전략을 수립

- 컨버터 일체형 전력변환 기술
  - 기존의 유입식 변압기를 대체하고 직렬 구조의 멀티레벨 전력변환장치를 이용하여 전차선의 특고압 대전력을 변환시키기 위해 직렬 구조의 멀티레벨 특고압 전력변환 기술 확보
  - 멀티레벨 구성에 따라서 스위칭 손실의 증가 및 효율 저하를 방지
  - 분산제어에 따라 모듈 사이의 밸런싱 제어 구현 등 전력변환 기술개발시 최적의 모듈화 기술을 적용하여 유지보수가 용이하도록 개발
- 특고압 절연형 고효율 고주파 변압기 기술
  - 다단계 전력변환에 따른 효율/출력밀도를 향상할 수 있는 고주파 변압기 누설의 최적화 기술 개발
  - 공진용 누설 최적화 기술 및 손실저감을 위한 권선구조 및 코어형상 기술 및 전력회로와 차량회로를 분리하기 위한 특고압 절연기술 개발
- 특고압 절연, 방열, 차폐를 위한 멀티피직스 해석 및 패키징 기술
  - 철도차량의 운행환경에 적합한 기기구조 구현 및 반도체 변압기의 고주파 운전에 따른 전자기차폐와 전력반도체의 손실 저감성·안정성을 확보하기 위한 냉각성능 기술 확보
- 운용기술 및 성능검증 기술전략
  - 시스템의 요구성능 도출 및 차량 간, 차량과 인프라간의 인터페이스 기술, 검증기술 등을 활용하여 기술적 요구사항 도출
  - 반도체 변압기간의 병렬운전 알고리즘 및 전력 네트워크 인터페이스를 고려한 동특성 제어 및 보호회로의 설계기법 도출
  - 부품/구성품/완성차/실차시험 등을 통한 계측 시험기술의 개발

1) 지식재산권 신청기술의 정의

순번	기술의 명칭	확보가능 특허	건수	등록시점
1	컨버터 일체형 전력변환 기술	– 직렬 구조의 멀티레벨 특고압 전력변환 기술 – 고주파 공진형 DC/DC 변환 기술 – 최적 Topology 및 Module화 기술	3	2021년
2	특고압 절연형 고효율 고주파 변압기 기술	– 고주파 변압기 특고압 절연 및 효율 향상 기술 – 누설 최적화 설계 기술	2	2022년
3	특고압 절연, 방열, 차폐를 위한 멀티피직스 해석 및 패키징 기술	– 특고압 절연형 패키징 기술 – 방열 및 차폐 구조 기술	2	2023년
4	운용기술 및 성능검증 기술	– 시스템 요구사항 도출 및 검증 기술 – 차량 및 전력네트워크 인터페이스 기술	2	2025년
합계		–	9	–

2) 선행기술조사를 통한 차별성 검토

- 반도체변압기 관련 특허동향 조사 결과를 토대로 등록특허 기준, 존속기간 유예 등을 고려, 해당 과제와 유사한 특허 2개를 도출하여 비교 분석 수행

선행특허 기술명		주요기술과의 차별성				본 기술과의 차별성
		1	2	3	4	
P-1	주 절체장치와 보조 절체장치로 구성된 전기철도 절연구간 자동 절체 시스템 및 그 방법(Automatic Changeover System Consisting Of Main Changeover Device and Assistant Changeover Device for Electric Railway Neutral Section and Method Thereof)	○	●	○	○	반도체 소자를 활용한 전기철도 절연구간 자동정체 시스템에 관한 기술로 컨버터 일체형 전력변환기술이 접목된 변압기 개발과는 차별성 존재
P-2	교류전기철도 단권변압기 급전시스템에서 전차선과 급전선 전류를 이용한 고장점 표정 시스템 및 그 방법(SYSTEM AND METHOD FOR FAULT LOCALIZATION USING CURRENT OF TROLLY-FEEDER IN AT FEEDING SYSTEM)	●	○	○	○	교류전기철도 단권변압기 급전 시스템의 고장진단을 용이하게 하기 위한 기술로 특고압 절연 및 효율 향상 기술이 접목된 고주파 변압기 개발과는 차별화

※ ○: 관련성 낮음, ◐: 일부 유사, ●: 차별성 높음

3) 보유 지적재산의 보강 전략

- 기존 반도체변압기 관련 특허는 전력용 반도체 제어 원천기술을 기반으로 일부 존재하고 있는 반면, 철도차량용 반도체변압기 관련기술은 부재한 실정으로 관련기술의 고도화를 통한 시제품 제작 등 지식재산권 확보 필요

보 강 전 략	
문 제 점	해 결 방 안
· 전력용 반도체 제어 원천기술은 일부 상존하고 있으나 반도체변압기 관련 기술은 현재 부재한 상황으로 기존 기술의 연계를 통한 시제품 제작 등 권리 부재	· 전력용 반도체 제어 원천기술을 기반으로 컨버터 일체형 구조의 전력 변환 기술, 특고압 절연 및 효율 향상 기술이 접목된 반도체 변압기 개발을 통해 차세대 부품 권리 확보 가능
회 피 전 략	
문 제 점	해 결 방 안
· 반도체를 활용한 전력 제어기술 개발에만 국한	· 철도차량용 변압기 특성에 적합한 전력 제어 및 특고압 절연 기술 접목을 통해 차세대 부품 기술 권리 확보

4) 신청기술의 방어전략

- 신청기술의 사업화와 관련하여, 분쟁 가능성이 높은 특허에 대해서는 방어전략이 필요하며, 타사의 특허를 침해할 가능성이 있는 경우에는 사전에 타사 특허에 대한 대응방안을 마련

선행특허기술명	방어전략
P-3 Multilevel AC/DC converter for traction applications(ABB)	· 해외특허 출원에 의한 해외 특허망을 구성하고 있으나, 이후 후행 특허가 다수 등록되었으며, 신소자 적용 및 시스템 구성 topology의 변형에 의한 회피방안 마련 및 상용화 가능성이 충분함

4.6 투자계획

가. 투자 규모

- 총 185.60억 원/5년 중 정부출연금 139.10억 원(75%) 대비 민간부담금 46.50억 원(25%)으로 구성된 정부주도 사업추진

<표 VII-168> 총 투자계획_반도체 변압기

(단위 : 억 원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	총계
정 부	-	14.85	30.60	34.80	34.90	23.95	139.10
민 간	-	4.95	10.30	11.70	11.60	7.95	46.50
합 계	**-**	**19.80**	**40.90**	**46.50**	**46.50**	**31.90**	**185.60**

나. 소요 재원

- 반도체 변압기 개발을 위한 연구개발 소요재원은 전체 소요재원 중 연구개발비가 76.9%로 142.70억 원을 소요

<표 VII-169> 연구활동별 집행기준_반도체 변압기

(단위: 억 원)

구분		총사업비				비율
대항목	소항목	국고	지방비	민간	합계	
1. 연구개발		121.65	-	40.75	162.40	87.5%
2. 연구시설 및 장비	시설	-	-	-	-	-
	장비	17.45	-	5.75	23.20	12.5%
3. 기타(Feedback R&D 포함)		-	-	-	-	-
합계		**139.10**	**-**	**46.50**	**185.60**	**100.0%**

다. 소요 예산 산출근거

핵심기술별 연구개발비

- 구성기술별 연구개발비 내역은 다음과 같음

<표 VII-170> 핵심기술별 연구개발비_반도체 변압기

(단위 : 억 원)

과제명	구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	총계
컨버터 일체형 반도체 변압기	컨버터 일체형 전력변환 기술	정 부	-	4.95	11.90	14.80	11.90	4.00	47.55
		민 간	-	1.65	4.10	5.20	4.10	1.30	16.35
		소 계	-	6.60	16.00	20.00	16.00	5.30	63.90
	특고압 절연형 고효율 고주파 변압기 기술	정 부	-	2.00	5.90	7.00	5.00	4.00	23.90
		민 간	-	0.65	1.80	2.30	1.60	1.30	7.65
		소 계	-	2.65	7.70	9.30	6.60	5.30	31.55
	특고압 절연, 방열, 차폐를 위한 멀티피직스 해석 및 패키징 기술	정 부	-	2.95	4.90	5.00	5.00	4.00	21.85
		민 간	-	1.00	1.70	1.60	1.60	1.30	7.20
		소 계	-	3.95	6.60	6.60	6.60	5.30	29.05
	운용기술 및 성능검증 기술	정 부	-	4.95	7.90	8.00	13.00	11.95	45.80
		민 간	-	1.65	2.70	2.60	4.30	4.05	15.30
		소 계	-	6.60	10.60	10.60	17.30	16.00	61.10
합 계			-	19.80	40.90	46.50	46.50	31.90	185.60

연구시설 및 장비 소요예산 산출 근거

- 구축·활용 계획인 연구시설 및 장비는 다음과 같음

<표 VII-171> 연구시설장비 필요성 및 사양_반도체 변압기

장비명	구축필요성			시험규격	사양
	내용	시험적용 대상			
		개발부품	부품상세		
컨트롤시스템 디자인 S/W	병렬/계층 제어기 리소스 디자인	반도체 변압기	-	-	- Interactive linear control design - Auto tune multivariable controller - Frequency response analysis - uncertainty analysis 등이 가능한 S/W
네트웍 과도 해석 S/W	전력 고조파 평가/예측		-	-	- Steady state and transient state analysis - Harmonics and Converter characteristic analysis 등이 가능한 S/W
고주파 전자장 해석 S/W	고주파 변압기 설계 최적화		-	-	- High order FEM 기반 3D 고주파 전자장 해석 - NearField / FarField 해석 - Adaptive mesh 및 transient analysis 등이 가능한 S/W
기구/구조 설계 S/W	모듈 컨버터 모듈라 설계		-	-	- 2D/3D wireframe, surface and solid modeling 등이 가능한 S/W
구조해석 S/W	모듈 컨버터 모듈라 성능 예측		-	-	- 절연/발열/유동 multi-physics 해석 등이 가능한 S/W
해석/디자인 서버	디자인/해석 SW 운용		-	-	- Scaleable computing - Multi-user environment
고주파/고절연 계측기	특고압 절연 고주파 측정		-	KS C 4317	- Adjustable(upto 10 kV and 100 kHz) HF/HV generator - Sinusoial wave with adjustable crest factor - tuning capacitor
전원/부하 시뮬레이터	모듈/어셈블리 성능평가		-	IEC 60310	- 6MVA 25kV 전원 및 Active load
종합 성능 계측/평가 시스템	신뢰성 평가		-	KS B 6311	- High insulation differencial signal acquision - 16ch 10M sample/ch

<표 VII-172> 연구시설장비 구축·활용 계획

장비명	구축계획	활용계획	수요 기업명	단가 (억원)
컨트롤시스템 디자인 SW	신규구축 (구매)	- 유사 시스템의 분산형 제어구조 설계에 활용	연구수행 기관	1.5
네트웍 과도 해석 SW		- 철도 전력환경의 과도해석에 활용		2
고주파 전자장 해석 SW		- 고주파 절연체 성능평가		2
기구/구조 설계 SW		- 철도차량 적용 부품 기구설계		1.5
구조해석 SW		- 철도차량 적용 부품 기구 설계		2
해석/디자인 서버		- 해석/디자인 소프트웨어 운용		0.5
고주파/고절연 계측기		- 고주파 절연체 성능평가		6.7
전원/부하 시뮬레이터		- 철도차량 전원장치 성능평가		5.5
종합 성능 계측/평가 시스템		- 철도차량 적용 전장부품의 성능평가		1.5

<표 VII-173> 연구시설장비 소요예산_반도체 변압기

(단위: 억 원)

주요 시설 및 장비명	2020	2021	2022	2023	2024	2025	장비가액
컨트롤시스템 디자인 SW	-	1.5	-	-	-	-	1.5
네트웍 과도 해석 SW	-	-	-	2.0	-	-	2
고주파 전자장 해석 SW	-	2.0	-	-	-	-	2
기구/구조 설계 SW	-	-	1.5	-	-	-	1.5
구조해석 SW	-	-	2.0	-	-	-	2
해석/디자인 서버	-	0.5	-	-	-	-	0.5
고주파/고절연 계측기	-	-	1.0	2.0	3.7	-	6.7
전원/부하 시뮬레이터	-	-	-	2.5	3.0	-	5.5
종합 성능 계측/평가 시스템	-	-	-	1.0	0.5	-	1.5
합계	**-**	**4**	**4.5**	**7.5**	**7.2**	**-**	**23.2**

라. 소요인력

- 1차년도에는 조사 및 분석, 기본설계, 2차년도에는 상세설계 및 시작품 제작, 3차년도에는 시제품 제작 및 성능시험, 4차년도와 5차년도에는 실제 차량에 장착하여 신뢰성을 시험하고 수정 보완하는 일정으로 추진

- 2차년도와 3차년도에 주요 부품들의 시제품 제작과 성능 및 조합시험이 진행되므로 인력을 많이 투입하며, 4차년도에는 테스트베드 운영 및 실제 차량에 장착하여 시험이 진행되어 현장에 상주 인력이 필요하여 가장 많은 인력 투입

<표 VII-174> 소요 인력 및 참여율_반도체변압기

(단위: M/Y, %)

과제	핵심구성기술	직급	2020		2021		2022		2023		2024		2025		합계 (명)
			투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	
2-4	컨버터 일체형 전력변환기술	책임연구원	-	-	1	50%	3	60%	3	60%	3	60%	1	50%	11
		선임연구원	-	-	3	55%	8	60%	8	60%	8	60%	3	40%	30
		연구원	-	-	4	48%	8	29%	10	56%	8	29%	4	39%	34
		소계	-	-	8	-	19	-	21	-	19	-	8	-	75
	특고압 절연형 고효율 고주파 변압기 기술	책임연구원	-	-	1	10%	1	50%	1	10%	1	10%	1	10%	5
		선임연구원	-	-	2	38%	3	60%	3	49%	3	50%	3	30%	14
		연구원	-	-	2	41%	4	65%	8	65%	8	37%	8	35%	30
		소계	-	-	5	-	8	-	12	-	12	-	12	-	49
	특고압 절연, 방열, 차폐를 위한 멀티피직스 해석 및 패키징 기술	책임연구원	-	-	1	10%	1	10%	1	10%	1	10%	1	10%	5
		선임연구원	-	-	3	40%	4	60%	4	60%	4	60%	3	30%	18
		연구원	-	-	3	41%	3	53%	3	53%	3	53%	8	35%	20
		소계	-	-	7	-	8	-	8	-	8	-	12	-	43
	운용기술 및 성능검증기술	책임연구원	-	-	1	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	1	50%	5
		선임연구원	-	-	3	0.55	4	0.6	4	0.6	8	0.6	8	60%	27
		연구원	-	-	4	0.48	6	0.68	6	0.68	8	0.74	8	61%	32
		소계	-	-	8	-	11	-	11	-	17	-	17	-	64
연도별 합계			**-**	**-**	**28**	**-**	**46**	**-**	**52**	**-**	**56**	**-**	**49**	**-**	**231**

4.7 파급 효과

(시장경제적) 신기술 접목으로 국내외 신규시장 창출

- 철도차량용 전력변압기 부분의 신규 매출 확보
  - 전기철도의 핵심인 추진시스템의 신기술 확보로 신규 고부가가치 시장 창출 및 관련 기술의 해외 수출 가능
  - 신규시장매출액: 약 740억원(연간 약 49.3억원)[10]

(과학기술적) 철도차량의 전력회로 경량화 가능

- 고주파수 스위칭에 의한 경량화 및 크기 감소(30% 이상)
  - 차체 구조 및 지지물의 크기 및 강도 저감 가능
  - 기기배치 공간의 감소 및 차량의 경량화로 운행에너지 효율 증대
- 기존 변압기의 절연확보를 위하여 사용하는 절연유의 미사용
  - 지속적 유지보수가 불필요하므로 유지보수성의 향상
- 변압기의 고장시 고장 여유도 확보 및 비상운전이 가능

(사회문화적) 신규 시장 진출로 양질의 일자리 창출

- 신규 시장 창출에 따른 고용 증대 가능
- 절연유가 없어 환경 친화적 시스템 구축 가능
- 요소기술 및 제어기법은 향후 타 산업분야에 다양하게 적용 가능
  - 추진시스템 설계/해석 기술 : 자동차, 선박 및 항공 추진시스템 등
  - 고효율 제어 기술 : 스마트 배전시스템, 전자제어 산업으로의 파급
  - 소재 및 부품 기술 : 전력기기의 기술 향상 가능

10) 연도별 철도차량 도입 및 보유현황(국토교통부, 2017)에 따르면 내구연한이 30년 이상 되는 1,110량(185편성)의 고속철도차량을 교체하기 위한 분산형 고속철도차량이 2026년부터 15년간 발주 예상되어 반도체변압기를 적용하는 경우 총 740억원(185편성 × 2SET/편성 × 2억원/SET)으로 연간 약 49.3억원의 매출 예상

4.8 유사·중복성 검토 및 연계추진 방안

가. 유사과제 현황

No.	과제기간	부처명	사업명	내역사업명	과제명
1	2010~2013	과학기술 정보통신부	중견연구자지원	-	스마트 그리드를 위한 양방향 지능형 반도체 변압기 개발
2	2013~2014	과학기술 정보통신부	한국전기연구원연구운영비지원	원천기술 개발연구 및 성장동력 기획 사업	3.3kV급 반도체형 변압기 핵심 기술 개발
3	2015~2016	국토교통부	국토교통 연구기획	국토교통 연구기획	철도차량 안정성 향상 및 경량화를 위한 추진시스템 기술개발 기획
4	2016~2018	과학기술 정보통신부	한국철도기술연구원 연구운영비지원	사회기반 성숙형 철도안전시스템 기술개발	철도 차량용 경량 지능형 전력 변압기 핵심 기술 개발
5	2018~2021	국토교통부	철도기술 연구사업	철도기술 연구사업	도시철도차량용 컨버터 일체형 경량 반도체변압기 개발

나. 차별성 및 연계 추진방안

- 기존 선행 연구는 전통적인 권선형 변압기를 대상으로 새로운 차종(고속철도 등)에 적용하기 위한 유입식 변압기를 신규 개발하거나 기존에 사용되는 유입식 변압기의 일부재료를 개선하는 연구로만 진행

  - 본 연구개발 과제는 전력반도체 소자를 활용하여 철도차량의 전력회로에 적용하기 위한 6MVA급의 컨버터 일체형 반도체 변압기를 개발하고자 하는 연구로 기본과제와의 중복성 없음

<표 VII-175> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(반도체 변압기)_1/5

본 사업 과제명	컨버터 일체형 반도체변압기		
기존 유사과제명	스마트 그리드를 위한 양방향 지능형 반도체 변압기 개발('10~'13)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 스마트 그리드를 위한 양방향 지능형 반도체 변압기 개발	■ 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발	■ 본 과제에서는 철도차량용 유입식변압기를 전력반도체 소자를 활용한 6MVA급 변압기 개발로 대체하는 과제로 기존 과제와 차별성 존재
과제규모	■ 3.9억원	■ 185.6억원	-
TRL단계	■ 3~6단계(실험 및 시작품)	■ 5~6단계(시작품 제작 및 성능평가)	-
과제목표	■ 지능형 반도체 변압기의 전력변환기술 및 제어기술 확보	■ 양방향 에너지 전달형 반도체 변압기 개발	■ 주변압기의 유밀, 온도 상승 성능과 오일펌프의 누설, 과속도 성능을 포함하고 용량, 효율, 소음, 내환경 성능이 확보된 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발
기존 기술과의 연계방안	■ 스마트 그리드 기술이 적용된 양방향 반도체 변압기의 전력변환 및 제어기술 검토		

<표 VII-176> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(반도체 변압기)_2/5

본 사업 과제명	컨버터 일체형 반도체변압기		
기존 유사과제명	3.3kV급 반도체형 변압기 핵심 기술 개발('13~'14)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 3.3kV급 반도체형 변압기 핵심 기술 개발	■ 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발	■ 본 과제에서는 철도차량용 유입식변압기를 전력반도체 소자를 활용한 6MVA급 변압기 개발로 대체하는 과제로 기존 과제와 차별성 존재
과제규모	■ 7.5억원	■ 185.6억원	-
TRL단계	■ 3~6단계(실험 및 시작품)	■ 5~6단계(시작품 제작 및 성능평가)	-
과제목표	■ SST 핵심 요소기술 개발 및 검증을 통한 양방향 전력 제어 기술 개발	■ 양방향 에너지 전달형 반도체 변압기 개발	■ 주변압기의 유밀, 온도 상승 성능과 오일펌프의 누설, 과속도 성능을 포함하고 용량, 효율, 소음, 내환경 성능이 확보된 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발
기존 기술과의 연계방안	■ 양방향 전력 제어를 위한 반도체형 변압기의 핵심 요소기술 검토		

<표 VII-177> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(반도체 변압기)_3/5

본 사업 과제명	컨버터 일체형 반도체변압기		
기존 유사과제명	철도차량 안정성 향상 및 경량화를 위한 추진시스템 기술개발 기획('15~'16)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 추진시스템 주요 구성품(주변압기, 컨버터, 인버터, 전동기 및 기어 등) 관련 최신 기술 조사	■ 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발	■ 주변압기 등 추진시스템 주요 구성품 개발을 위한 최신 기술 동향연구에만 국한
과제규모	■ 0.7억원	■ 185.6억원	-
TRL단계	■ 1~2단계(기초연구)	■ 5~6단계(시작품 제작 및 성능평가)	-
과제목표	■ 최신 기술을 적용하여 50%의 경량화 및 에너지 절감, 안정성 향상을 위한 개발 대상 기술 검토	■ 양방향 에너지 전달형 반도체 변압기 개발	■ 주변압기의 유밀, 온도 상승 성능과 오일펌프의 누설, 과속도 성능을 포함하고 용량, 효율, 소음, 내환경 성능이 확보된 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발
기존 기술과의 연계방안	■ 주변압기 성능향상을 위한 최신 기술 트렌드 검토		

<표 VII-178> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(반도체 변압기)_4/5

본 사업 과제명	컨버터 일체형 반도체변압기		
기존 유사과제명	철도 차량용 경량 지능형 전력 변압기 핵심 기술 개발('16~'18)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 반도체 변압기용 계층구조 동기 제어기 연구	■ 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발	■ 본 과제인 전력반도체 소자를 활용한 철도차량 전력회로 적용 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발과제와는 차별성 존재
과제규모	■ 8.4억원	■ 185.6억원	-
TRL단계	■ 5~6(시작품 제작)	■ 5~6단계(시작품 제작 및 성능평가)	-
과제목표	■ 철도차량용 양방향 지능형 변압기 제어구조 연구 및 최적화 기술 개발	■ 양방향 에너지 전달형 반도체 변압기 개발	■ 전력변환 기술의 다양한 Topology 및 손실저감을 위한 제어기술, 고주파 변압기 형상 및 제조방법 등 핵심 원천기술개발
기존 기술과의 연계방안	■ 양방향 지능형 변압기 제어구조 및 성능 제어기술 검토		

〈표 VII-179〉 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(반도체 변압기)_5/5

본 사업 과제명	컨버터 일체형 반도체변압기		
기존 유사과제명	도시철도차량용 컨버터 일체형 경량 반도체변압기 개발('18~'21)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 컨버터 일체형 반도체변압기 및 영구자석 동기전동기 기반 추진시스템 개발 및 도시철도차량 적용을 위한 운영기술 개발	■ 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발	■ 본 과제에서는 철도차량용 유입식변압기를 전력반도체 소자를 활용한 6MVA급 변압기 개발로 대체하는 과제로 기존 과제와 차별성 존재
과제규모	■ 6.7억원	■ 185.6억원	-
TRL단계	■ 3~4단계(실험)	■ 5~6단계(시작품 제작 및 성능평가)	-
과제목표	■ 첨단 기술을 접목한 고효율, 고안정성으로 차별화된 추진 시스템 핵심기술 확보	■ 양방향 에너지 전달형 반도체 변압기 개발	■ 주변압기의 유밀, 온도 상승 성능과 오일펌프의 누설, 과속도 성능을 포함하고 용량, 효율, 소음, 내환경 성능이 확보된 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발
기존 기술과의 연계방안	■ 컨버터 일체형 반도체변압기 개발을 위한 핵심 구성기술(안) 검토		

다. 선행사업 핵심기술과의 연계성 검토

- 국토교통부 철도기술 연구개발사업을 통해 확보한 핵심기술을 기반으로 본 사업 개발부품 구성기술과의 연계방안을 검토

  - 기존, 전력반도체 구동 제어, 반도체 스택 모듈화, 고효율 고주파 변압기 설계 및 특성해석, 고주파 변압기 특고압 절연 및 손실 저감 기술을 접목하여 6MVA급 동력분산식 고속차량용 직렬구조 멀티레벨 특고압 전력변환 기술 등에 활용 및 연계 가능

※ 기존 사업의 핵심기술과 본 연구개발 사업 부품별 구성기술간의 연계는 제7장 「세부기술 개발계획」 내 제4절 「3.통합로드맵」 참조

〈표 VII-180〉 선행사업 핵심기술 연계(반도체 변압기)

본 사업 과제명	**컨버터 일체형 반도체변압기**
기존 유사과제명	**도시철도차량용 컨버터 일체형 경량 반도체 변압기 및 경량 고효율 영구자석 동기전동기 개발('18~'21)**
핵심 기술명	전력반도체 구동 제어 기술, 반도체 스택 모듈화 기술, 고효율 고주파 변압기 설계 및 특성해석 기술, 고주파 변압기 특고압 절연 및 손실 저감 기술
▼	
본 과제 구성 기술명	**6MVA급 동력분산식 고속차량용 직렬구조 멀티레벨 특고압 전력변환 기술**
기존 기술과의 연계방안	■ 6MVA급 동력분산식 고속차량용 직렬구조 멀티레벨 특고압 전력변환 기술, 계층구조 제어를 통한 모듈간 밸런싱 제어 설계 및 제작 기술, 고주파 변압기 절연 및 고주파 변환 냉각기술, 효율향상 기술개발에 연계

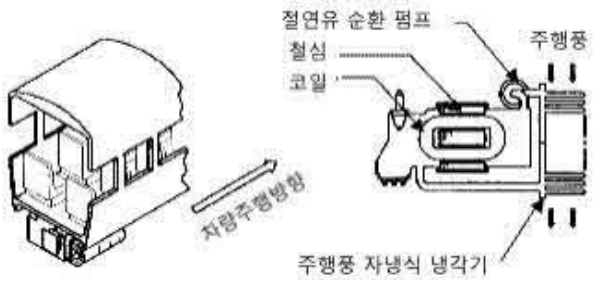
5. 외장코어형 컴팩트 주변압기(도시철도용 전력변환장치 경량·효율화)

5.1 연구개발 배경 및 필요성

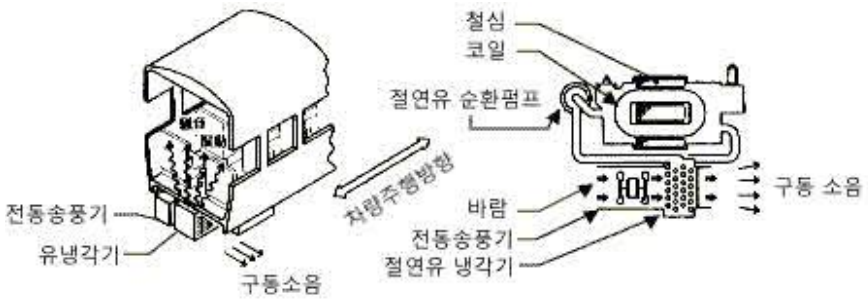
가. 기술의 정의

주변압기 정의

- 부품의 기능 및 역할
  - 교류급전시스템에서 운행되는 도시철도차량에서 교류 25 kV를 차량의 추진장치 또는 보조전원장치에 적합한 전압으로 변화시켜 전력을 공급시켜주는 장치
  - 코어/코일, 내부의 절연유는 냉각 및 절연기능을 담당하고 있으며, 외부에는 전압을 공급받는 부싱, 냉각장치 등으로 구성
- 핵심기술에 대한 정의
  - 외장코어형 변압기는 기존 변압기 대비 크기 및 무게를 감소시킬 수 있고, 변압기 손실의 저감이 가능
  - 자연냉각방식으로 구조가 단순하여 유지보수성 향상, 냉각팬 소음 저감, 에너지 절약이 가능



〈그림 VII-263〉 주행풍 냉각식 변압기



〈그림 VII-264〉 강제 냉각식 변압기(기존)

● 용어 정의

- 동력분산식 : 전기철도 차량을 견인하는 동력을 담당하는 동력장치(견인전동기)가 여러 개의 차량에 분산되어 설치되어 구성된 철도차량

- 외장코어형 변압기 : 변압기 코어가 외함 밖으로 노출되어 있는 변압기

나. 연구개발 배경

■ 현황 및 문제점

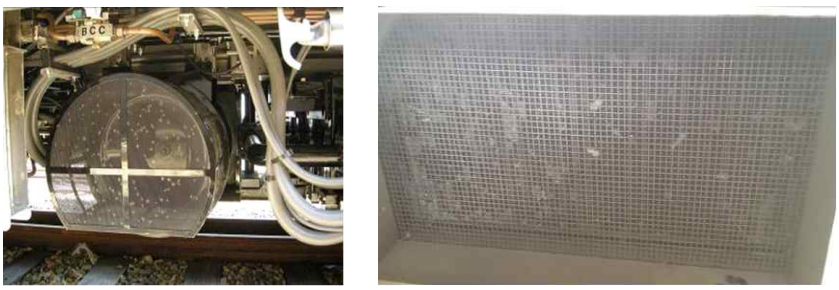
● 현재 운행되는 도시철도차량용 주변압기는 강제송유 강제냉각방식 변압기가 사용되고 있음

- 주변압기의 주된 유지보수는 냉각기에서 발생되며, 차량하부에 탑재되는 형식으로 사이즈 및 크기에 제약이 있음

- 냉각기에 분진 등 이물질이 흡착되어 성능저하가 발생되어, 주기적인 청소 및 베어링 교체 등 유지보수 필요



〈그림 VII-265〉 기존의 도시철도용 전동차 변압기 형상 및 구조



〈그림 VII-266〉 냉각기 덕트 이물질 흡착 현상

- 최근 해외에서는 변압기 사이즈 및 에너지 효율 향상이 가능한 외장 코어형 변압기가 개발중이나, 국내 제작사의 개발사례는 없음

- 외장 코어형 주변압기 상용화시 국내 전동차 시장에 신규공급 및 유지보수 물량에 대응 가능하므로 시급히 개발 필요

- 기술적 한계 및 문제점

  - 철도차량용 주변압기는 특수 변압기로써 철도차량(진동, 빈번한 차단기 투입/개방 특성, 고조파)만을 위하여 제작되며, 이에 따라 용도 및 사용 범위가 제한적임

  - 철도차량의 협소한 공간에 설치되기 때문에 크기 및 중량이 일반 전력용 변압기와 차이가 있음

  - 원천기술과 부품이 외국사에 의존 중으로, 국내 기술력의 한계가 존재

시사점

- 기존 변압기 대비 크기 및 무게를 감소시킬 수 있고, 유지보수도 편리한 철도차량용 외장코어형 변압기의 국내외 수요가 증가하고 있으나, 국내기술의 부재로 시장확대에 대응하지 못하고 있음

- 따라서, 도시철도차량용 외장코어형 주변압기 개발을 통하여 국내 철도차량용 변압기 독자기술 확보, 성능시험, 전기철도 시스템에 적합한 설계 및 제작기술 개발이 시급

- 도시철도차량용 변압기 기술 확보시 분산형 고속철도용 변압기 적용이 가능하므로 신속한 기술개발이 필요함

다. 연구개발 필요성

과학기술적 중요성

- 기존의 유입식 변압기의 형상 및 냉각방식을 신규 기술로 대체하여 변압기의 효율향상, 중량감소, 유지보수 향상 등의 효과를 얻을 수 있어 에너지 절감 및 비용절감이 가능함

- 강제냉각 방식의 주변압기 냉각방식을 자연냉각 방식으로 변환하기 위하여 냉각기 설계 최적화가 필요하며, 이를 위해 CAE 해석을 통한 열교환 성능효율 계산 결과를 바탕으로 열교환기 최적 설계 기법이 필수적

- ABB 및 미츠비시와 같은 해외 주요 부품사에서는 자연냉각방식의 변압기를 개발하여 적용함으로써, 유지보수 성능 향상 및 에너지절감 등의 효과를 얻고 있음

시장경제적 필요성

- 도시철도차량의 주동력을 공급하기 위한 주변압기와 컨버터의 낮은 전력밀도를 개선하여 철도차량의 경량화에 기여

- 컴팩트 주변압기 제작을 통한 대전력기기의 경량화/소형화는 동력차의 축중감소에 기여하며, 궤도 유지보수 비용절감 가능

- 반도체를 이용한 철도차량 주변압기의 경량화 기술개발을 통해 도시철도차량의 안전성향상, 에너지효율 향상, 차량 유지보수 비용절감 가능

- 국내 철도차량 부품산업을 추종형 산업에서 선도형, 신성장동력산업으로 전환할 수 있는 대표적인 기술선도형 개발 과제이며, 국내의 변압기 설계 및 제작 기술 향상에 크게 기여할 수 있는 과제임

사회문화적 필요성

- 철도차량의 안전과 쾌적한 차량 실내환경의 기반이 되는 핵심적인 부품으로 철도차량 기술의 자립 및 해외수출을 위한 핵심 부품임

- 철도차량의 각 구성부품 가운데 중량(차량 중량의 약 20%), 부피(차량 설치기기의 50% 이상)를 차지하고, 철도차량 주행 에너지의 90% 이상을 담당하는 대전력 기기로, 추진시스템의 경량화 및 효율향상을 통하여 철도차량 운행 에너지 효율 향상에 기여

5.2 국내외 시장 및 연구개발 동향

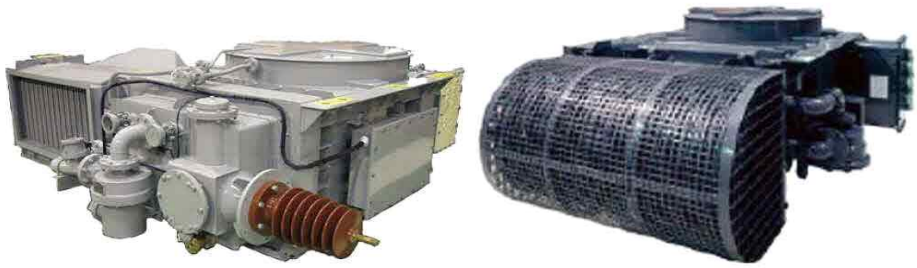
가. 국외 시장 및 연구개발 동향

- 일본 신간선의 경우 주변압기 도체를 구리에서 알루미늄을 교체하여 경량화, 소형화 하였고, 이를 통해 전력손실을 감소시켜 냉각시스템의 부담을 경감

  - 주행풍 자연냉각방식을 개발하여 적용하였으며 강제송풍기에 사용되는 전동기가 필요 없게 되어 유지보수 향상 및 저소음화가 가능한 이점이 있으며, 송풍기를 구동하기 위한 전력이 불필요하여 에너지를 절약



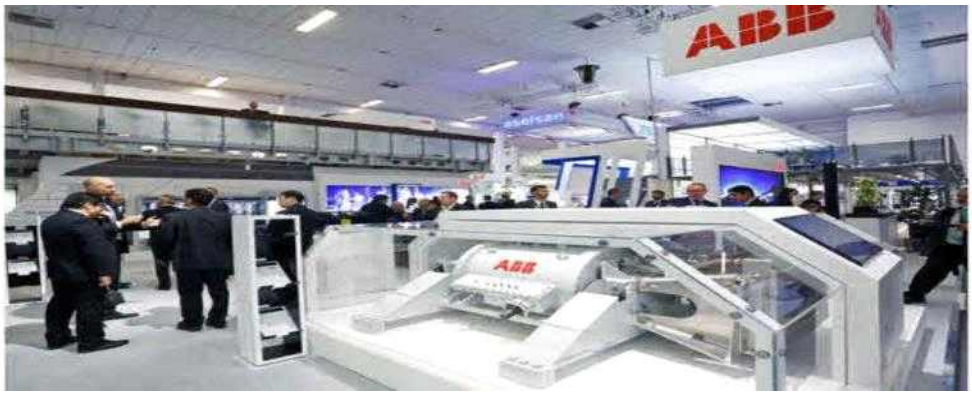
〈그림 Ⅶ-267〉 신간선용 주변압기의 경량화



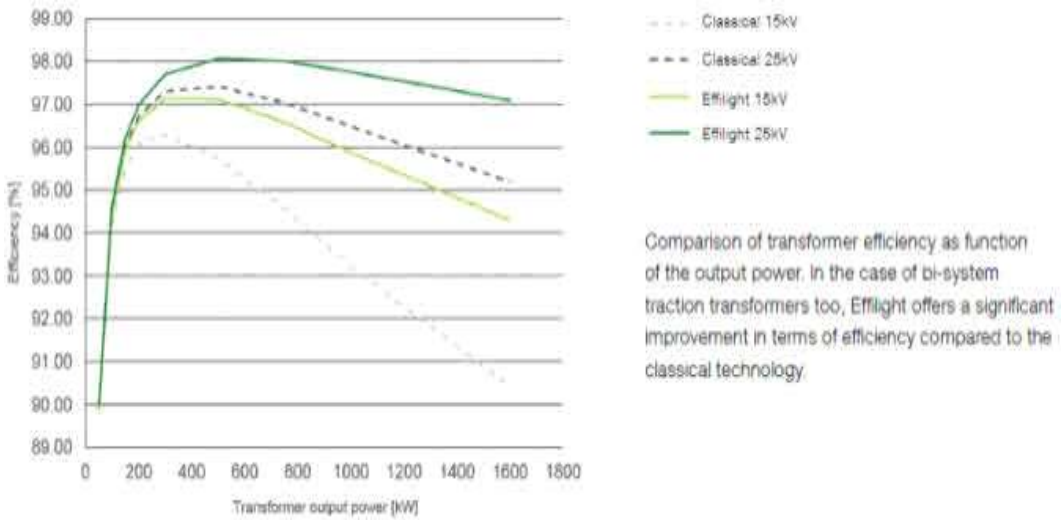
<그림 VII-268> 일본 시간선(좌) 및 재래선(우) 차량용 변압기

- 유럽은 ABB에서 Effilight를 개발하여 2016년 InnoTrans에서 전시하였으며, 해당 제품은 기존 동일 용량대비 20%의 중량감소로 차량의 최대부하를 저감시키고, 마모 현상을 줄일 수 있음

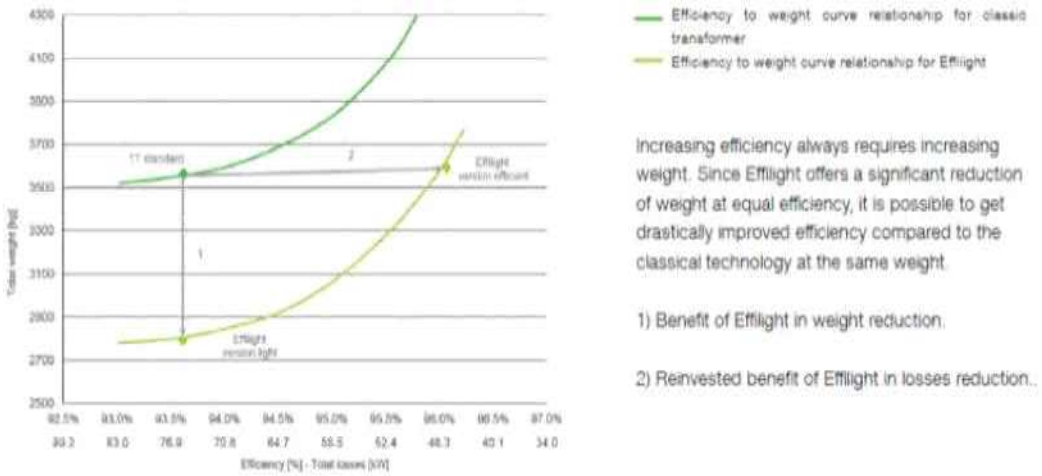
  - 설계의 개선을 통하여 중량감소를 실현시킴으로써 더 많은 양의 도체를 사용할 수 있게 되어 전력 손실을 최대 50%까지 감소



<그림 VII-269> InnoTrans 2016에 전시된 ABB의 Effilight



<그림 VII-270> 차량용 변압기 효율 비교

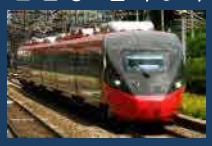


<그림 VII-271> 변압기의 효율과 무게

나. 국내 시장 및 연구개발 동향

- 2040년까지 신규 도입되는 전동차를 기준으로 예상되는 시장규모는 972억원
  - 324편성(2,744량) × 2 SET/편성 × 약 1.5억원/SET(단가)
  - 주변압기 단가 : 약 1.5억원
  - 2026년~2040년 전국 도시철도차량 신규 도입 추정(4~10량/편성 단위 고려)
- 전동차용 주변압기
  - 국내에서는 국제전기(주), 케이피일렉트릭에서 강제송유 강제냉각방식의 주변압기를 개발하여 전동차에 적용하고 있으나 콤팩트형 주변압기는 적용 실적이 없음
  - 노후차량 교체수량이 코레일 433량, 서울메트로 1호선 및 4호선이 482량으로 예상
- 고속전철용 주변압기
  - 동력집중형 고속열차용 주변압기는 현대중공업(주)에서 프랑스 Alstom의 기술을 이전 받아 단계적으로 국산화 적용했으며, 국책과제로 개발한 동력분산형 고속열차는 프랑스 JST사의 유입식 주변압기 적용
  - 동력집중형의 원강선에는 프랑스 JST 사의 유입식 주변압기를 적용하고 있으나, 동력분산형에 콤팩트형 주변압기를 적용한 실적은 없음

<표 VII-181> 국내 철도차량 변압기 비교표

구분	전기기관차	고속철도(산천)	간선형 전기동차	통근형 도시철도
				
용량[kVA]	6,316	6,200	2,830	1,860
냉각형식	유입형 강제송유 풍냉식			
권선구조	2차 4권선 3차 1권선 4차 1권선	2차 4권선 3차 4권선	2차 4권선 3차 2권선	2차 4권선 3차 1권선 4차 1권선
탑재수량	1대	2대/편성(10량)	2대/편성(6량)	3대/편성(10량)
동력방식	동력집중	동력집중	분산형	분산형
중량[kg]	8,300	7,900	3,800	3,400
추진장치 연결	컨버터/인버터(3.1톤) × 2대	컨버터/인버터(4톤)× 2대	컨버터/인버터(2.1톤) × 2대	컨버터/인버터(2.4톤) × 2대
형상				
비고	권선구조에서 2차권선의 수량은 추진장치(모터블럭 혹은 컨버터/인버터)의 구조에 따라 정해지며 2개의 권선이 1조가 되어 추진장치에 전원을 공급하고, 3차권선 및 4차권선은 보조전원장치에 전원을 공급함			

5.3 연구개발 범위

- 철도차량용 변압기 설계기술
  - 외장코어형 자연냉각방식 유입식 변압기 설계/해석/제작기술 개발
  - 외장코어형 변압기 설계기술 및 제작기술 개발
  - 외장코어형 자연냉각방식 변압기 손실 저감기술 개발
- 변압기 냉각설계 및 열해석 기술
  - 외장코어형 자연냉각방식 변압기 열유동 해석기술 개발
  - 외장코어형 자연냉각방식 변압기 냉각기 설계, 해석기술 개발
  - 냉각기 구조해석 및 인터페이스 기술 개발
- 자연냉각방식 외장코어형 변압기 제작기술 성능평가 및 실용화 기술 개발
  - 외장코어형 자연냉각변압기 제작 및 공정기술 개발
  - 개발품의 부품, 구성품시험, 조합시험 및 실차적용시험 등 성능시험

5.4 연구개발 내용

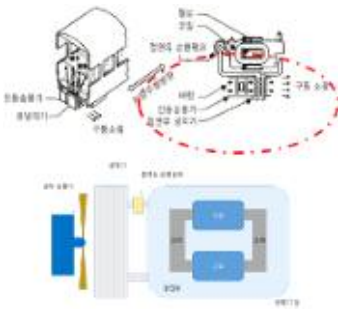
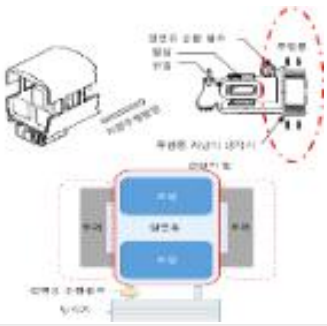
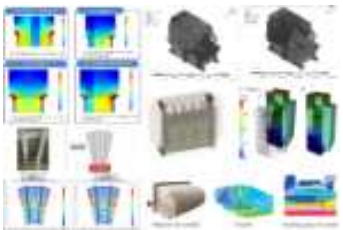
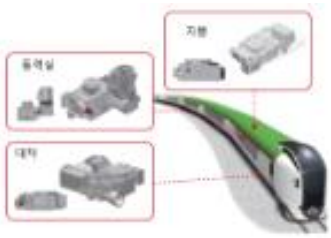
가. 연구개발 목표

- 외장코어형 자연냉각방식 컴팩트 변압기 개발
  - 목표 용량 및 중량 감소 : 2 MVA 이상, 기존 동일 변압기 대비 20% 중량 감소
  - 목표 손실감소 : 기존 유입식 변압기 대비 손실 10% 감소
- 연구개발을 통하여 논문, 특허 등 지적 재산 확보

나. 연구개발 핵심 내용

핵심(구성) 기술명	핵심(구성) 기술 주요내용
철도차량용 변압기 설계기술	– 전기철도 차량에 적합한 변압기에 대한 전기적(절연설계, 형상, 재료), 기계적(진동, 내구성) 설계기술 개발
변압기 냉각설계 및 열해석 기술	– 철도차량용 자연냉각방식에 적합한 열유동해석기술 및 냉각기 설계 기술 개발
자연냉각방식 외장코어형 변압기 제작기술 성능평가 및 실용화 기술 개발	– 자연냉각방식 및 외장코어 형식을 적용한 컴팩트 변압기 제작기술 개발(대차거치형, 지붕거치형, 동력실 탑재형)

다. 핵심 기술별 As-is/To-be

핵심 기술	As-is	To-be	현재 TRL	목표 TRL
철도차량용 변압기 설계기술	– 강제냉각방식 내장코어형 유입식 변압기 	– 자연냉각방식 외장코어형 유입식 변압기 – 손실감소(기존 동일 용량대비 10% 저감) 	TRL 2	TRL 6
변압기 냉각설계 및 열해석 기술	– 냉각fan에 의한 강제 냉각방식 소음 및 소모 	– 열차풍에 의한 자연냉각방식 	TRL 1	TRL 6
자연냉각방식 외장코어형 변압기 제작기술 성능평가 및 실용화 기술 개발	– 무게 및 크기가 큼 – 냉각덕트 이물질 흡착으로 유지보수 발생  – 주기적인 유지보수 실시	– 변압기 탑재위치 다양화(대차, 지붕, 동력실)  – 중량감소(기존 동일 용량대비 20% 저감)	TRL 1	TRL 6

라. 세부 기술 및 내용

철도차량용 변압기 설계기술

- 외장코어형 자연냉각방식 변압기 설계 기법 연구
  - 외장코어형 자연냉각방식의 기본/상세 설계 및 전자기적 특성 분석, 추진장치와의 인터페이스 연구, 전기철도차량의 전기적 특성을 고려한 설계기술연구와 최적화 설계 기법 적용 성능개선 연구
  - 기존 동일한 유입식 변압기 대비 20 % 중량 저감 및 10 % 손실 저감
  - 외장 코어형 자연냉각방식 2 MVA급 철도차량용 변압기 개발

자연냉각방식 변압기 열해석 기술

- 자연냉각방식 열유동 해석을 통한 내부 냉각 덕트 및 절연유 순환 해석 및 열해석
- 열차풍에 의한 자연냉각방식 적용을 위한 냉각기 설계 및 해석기술
  - 변압기 코어/코일 냉각성능 확보를 위한 최적 설계기법 개발(H 종 내열성능 및 절연성능 확보)

자연냉각방식 적용을 위한 냉각기 최적 컴팩트 설계 기법 및 상세설계 검증 기술 개발

- 자연냉각방식 외장코어형 컴팩트 변압기 제작 및 공정기술 개발을 통한 실용화 기술 연구
- 철도차량 형식인증 시험 또는 성능시험기준에 따른 조합성능시험을 위한 연구
  - 2 MVA급 자연냉각방식 외장코어형 변압기 제작
  - 시제품의 단품 및 조합성능시험 및 평가기술 개발
  - 시제품 실차적용을 통한 성능평가 기술 개발

마. 연차별/단계별 수행 목표 및 내용

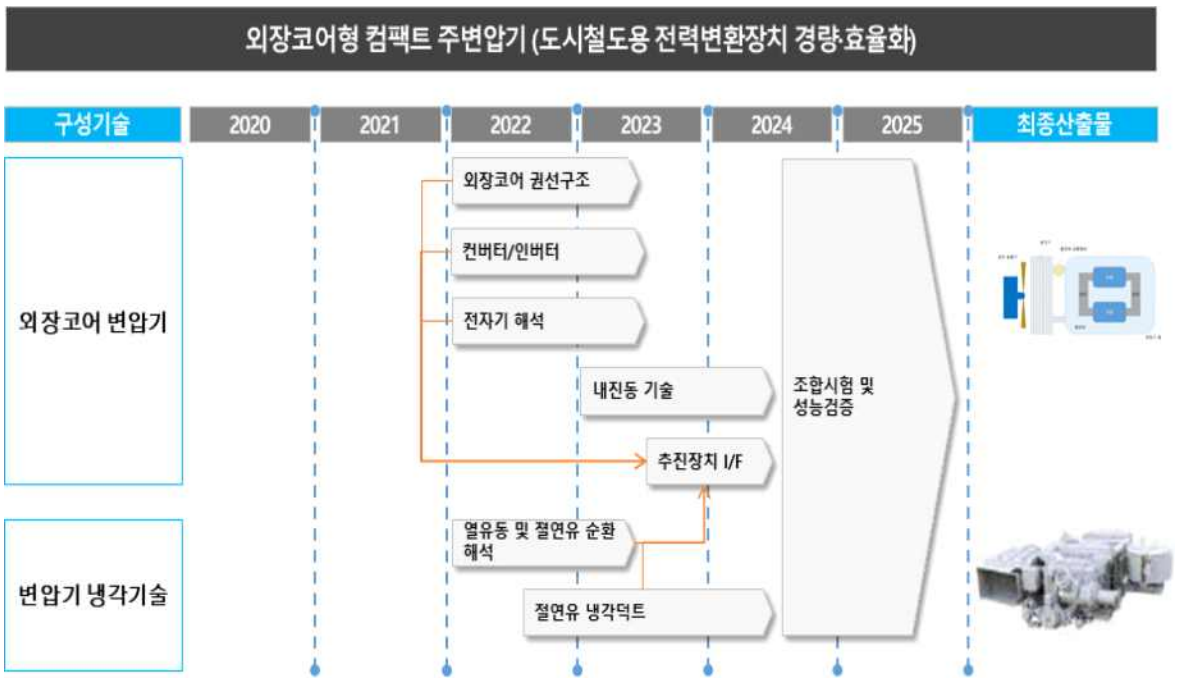
- 연차별 주요 연구내용

연차	기술 개발 목표	기술 개발 내용
1차년도	기술조사 및 분석 기본설계	– 국내외 관련 기술 자료 수집 및 분석 – 변압기 3D 모델링 및 기본설계 – 냉각, 열유동 분석 및 방식 선정 – 냉각기 기본설계 및 절연유로 형상 설계 – 차량시스템 인터페이스 설계
2차년도	상세설계 시작품 제작 성능시험	– 권선 상세설계 – 탱크 상세설계 – 부품 및 배관 상세설계 – 자연냉각방식 냉각기 최적설계 – 시작품 제작 및 성능시험
3차년도	시제품 제작 성능시험 통합시험	– 시제품 상세 설계 및 제작 – 주변압기 시제품 조합시험 – 냉각기 성능검증시험 – 시스템 종합인터페이스 시험
4차년도	인터페이스 시험 현차 적합성 검증	– 열해석기술 검증 및 보완 – 시작품 조합시험 – 신뢰성 시험 – Test Bed 운영 및 실차적용 시험

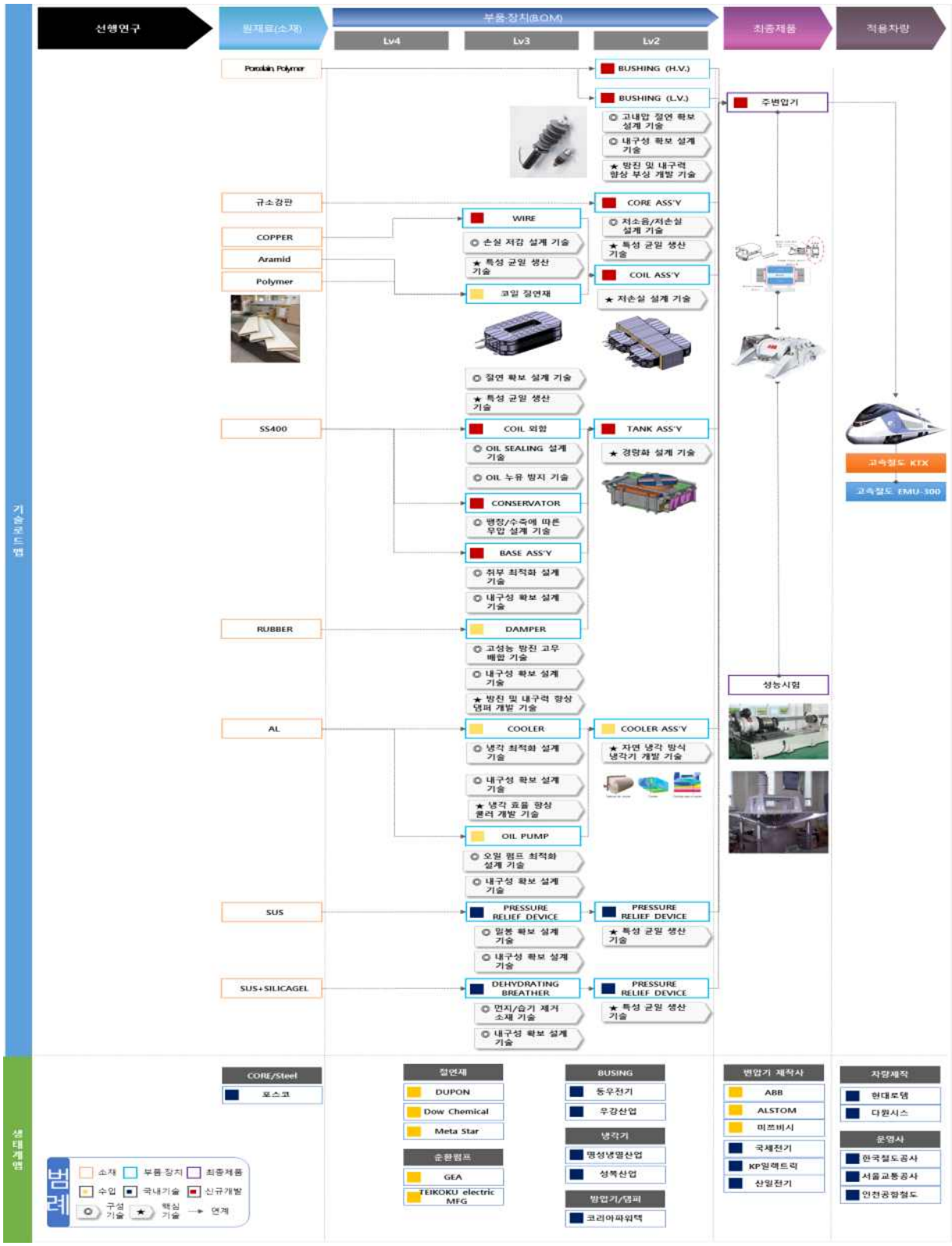
바. 수행 로드맵

- 각 핵심기술별로 연차별 연구개발 내용은 아래와 같음
- 철도차량용 변압기 설계기술
  - 1차년도 자료조사 및 기본설계
  - 2차년도 상세설계 및 부품개발
  - 3차년도 시제품 제작 및 부품 성능시험
  - 4차년도 시제품 제작 및 시험 평가

- 자연냉각방식 변압기 열해석 기술
  - 1차년도 기본설계 및 특성해석 기술개발
  - 2차년도 절연유 냉각덕트 및 active part 냉각설계 / 자연냉각방식 냉각기 설계
  - 3차년도 시제품 제작 및 냉각성능 검증 시험
  - 4차년도 자연냉각방식 변압기 열해석 최적화
- 자연냉각방식 외장코어형 변압기 제작기술 성능평가 및 실용화 기술 개발
  - 1차년도 시스템 인터페이스 기술개발
  - 2차년도 성능검증 및 제작기술 개발
  - 3차년도 시제품 제작 및 성능평가
  - 4차년도 현차 적합성검증



<그림 VII-272> 수행 로드맵_주변압기



<그림 VII-273> 부품로드맵&산업생태계_주변압기

사. 핵심 기술 확보 전략

핵심(구성) 기술	핵심 기술 확보 전략					
	공공 협력	민간 협력	자체 개발	해외 도입	국내 도입	기타
철도차량용 변압기 설계기술	●	–	◐	–	–	○
자연냉각방식 변압기 열해석 기술	●	–	◐	–	–	○
자연냉각방식 외장코어형 변압기 제작기술 성능평가 및 실용화 기술개발	◐	–	●	–	–	○

● : 핵심역할, ◐ : 보통, ○ : 부가역할

– 공공협력: 국가 또는 공공기관이 보유 중인 기술 및 인프라와 연계

– 민간협력: 타기업에서 보유 중인 기술 및 인프라와 연계

– 자체개발: 기업이 보유한 기술 및 인프라 활용

– 해외도입: 선진국 또는 해외 선도 기업이 보유중인 기술을 이전 받아 활용

– 국내도입: 국내 기업이 보유한 기술을 이전 받아 활용

5.5 사업화 및 자립화 전략

가. 기술개발 완료 후 시장 출시가 가능한 기술 및 제품

- 세부과제를 통해 창출 가능한 시장 출시 기술 및 제품은 도시철도차량용 주전력회로에 사용하기 위한 외장코어형 컴팩트 주변압기이며 다음과 같은 특징을 가지고 있음

  - 교류급전차량에 적합한 25 kV, Bil – 170 kVA, 2MVA급
  - 정격절연전압 25kV AC, 광역도시철도차량용
  - 냉각방식 : 열차풍에 의한 자연냉각
  - 무게 : 기존대비 20% 감소

- 사업화 전략 수립

  - 설계를 표준화하고 제작공정의 표준화로 인해 작업자의 숙련도를 증대시켜 품질을 안정화시킴
  - 현차 적용 전 장기신뢰성을 평가할 수 있는 방안을 수립하고 이에 적합하도록 공장 구내 Test bed를 실현
  - 경쟁력 있는 특허를 도출하고 이를 활용하여 신기술인증을 취득하여 개발기술을 보호

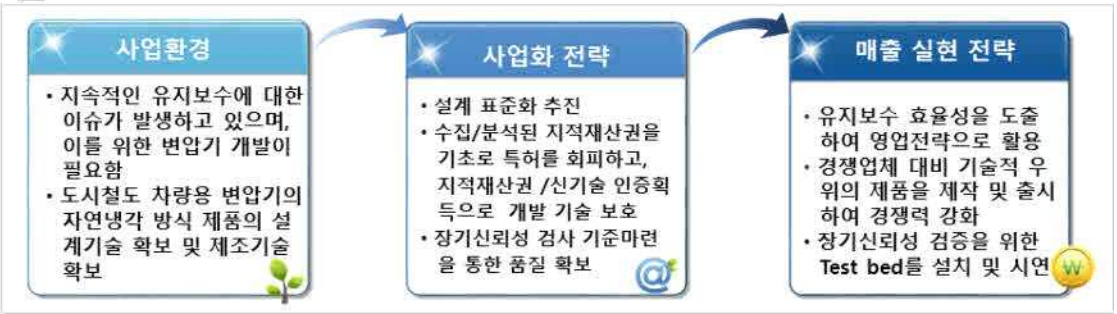
● 기술이전 전략

- 핵심기술인 열유동 해석에 대한 기술을 업체에 이전하고 과제 이후 지속적인 연구개발 및 제품개발이 이루어지도록 지원을 함

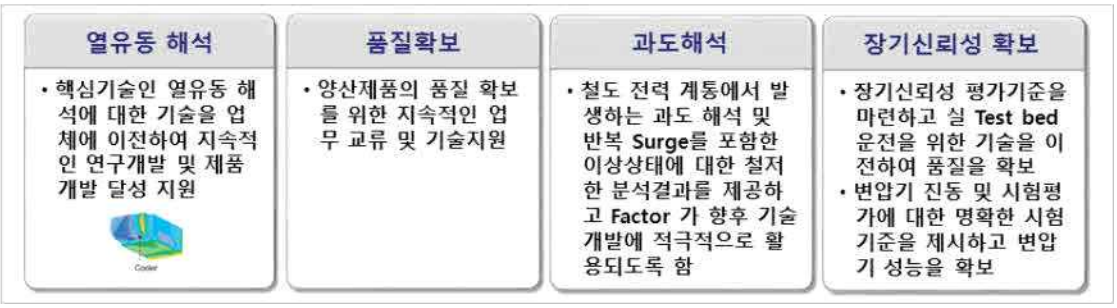
- 철도 전력계통에서 발생하는 과도 해석 및 반복 Surge를 포함한 이상상태에 대한 철저한 분석결과를 제공하고 이런 Factor가 향후 기술개발에 적극적으로 접목되도록 기술이전

- 변압기 진동 및 시험평가에 대한 명확한 시험기준을 제시하고 이에 대한 특성 확보를 통해 변압기 성능을 개선하도록 함

▲



▲ 기술이전 전략



나. 국내외 시험인증 전략

● 주변압기 성능 기준 및 시험규격

- 컴팩트 주변압기는 주변압기 무부하, 유밀, 효율, 임피던스, 용량 성능과 냉각팬의 과속도 성능 및 오일펌프의 온도상승, 누설 성능을 포함하여, 소음, 환경 성능이 확보된 제품 개발 필요

순번	성능항목	기준	적용 및 참고 규격	비고
1	주변압기 무부하 성능	· 정격 전류의 2.0 % 이하	IEC 60310 KS C 4317	–
2	주변압기 유밀 성능	· 0.7 kg/㎠, 24시간	KS C 4317	누설 미발생
3	주변압기 효율 성능	· 97.5 % 이상	EN 13597 KS C 4317	–
4	주변압기 임피던스 성능	· 1차 / 각 2차 권선 : 18 ± 15 %, 85 ℃ · 1차 / 모든 2차 권선 : 15 ± 15 %, 85 ℃	IEC 60310 KS C 4317	–
5	용량 및 손실	· 용량 : 2MVA 이상 · 무부하손실 : 4,316 kW(+15%) 이하	IEC 60310	–
6	냉각팬 과속도 성능	· 66 Hz에서 5분 이상 운전 시 이상 없음	KS B 6311	–
7	오일펌프 온도상승 성능	· $\Delta t \leq 40$ ℃	EN 13802	권선 및 베어링
8	오일펌프 누설 성능	· 7 bar, 10시간	EN 13802	누설 미발생
9	소음 성능	· 주변압기 : 냉각팬 정지 상태 : 65 dB(A) 이하 · 주변압기 : 냉각팬 운전 상태 : 85 dB(A) 이하 · 냉각팬 : 90 dB(A) 이하	KS B 6361 IEC 60076-10	–
10	내환경 성능	· 온도 : – 40 ~ 70 ℃ · 습도 : 0 ~ 95 % · 진동,충격 : 2종 B class	IEC 60068-2 IEC 61373	–

● 주변압기 인증 획득

- 컴팩트 주변압기 시스템은 향후 해외수출 기반을 확보하기 위하여 ISO 22163 국제철도 품질관리체계 인증 획득 필요

순번	인증 내용	인증 기관	기준	비고
1	성능인증 (NEP, NET, EPC, K마크 등)	· 산업부 · 국토부 · 중기부 등	· 국내외 규격 및 성능 관련 자체 규격	임의인증(개발 제품에 대한 신기술, 신제품, 성능인증 등)
2	ISO 품질관리체계 인증	· 제3자 적합성인증기관	· ISO/TS 22163	임의인증(철도 부품 제작자 품질관리체계 인증)

다. 단계별 시장 진입 전략

- 외장코어형 컴팩트 주변압기 개발 완료 시 단계별 시장 진입 전략은 다음과 같음

구분	단기 전략	중장기 전략
출시 제품	외장코어형 컴팩트 주변압기	외장코어형 컴팩트 주변압기
진입 분야	국내 도시철도차량 TBO 분야	국내 신규 도시철도차량 및 해외 도시철도차량
타겟	코레일 등	현대로템 등

- 단기 전략으로 과제 이후 공장 구내 장기신뢰성 검증을 위한 Test bed를 설치하여 시연 및 안정성을 확보

- 국내 수요자(코레일 등) 운영기관을 방문 혹은 초청하여 홍보회 개최 및 Test bed 시연을 통하여 Maintenance free에 대한 효율성을 강조

- 중장기 전략으로 NET 인증취득으로 기술경쟁력을 검증받고, 국내외 박람회/전시회 참석으로 홍보효과를 극대화를 통한 유지보수용 부품 공급 및 신규 전동차 사업 진입 등 추진

라. 지적 재산권 확보전략

핵심기술별 특성을 바탕으로 지적 재산권 확보 전략을 수립

- 철도차량용 변압기 설계기술
  - 외장코어형 자연냉각방식의 기본/상세 설계 및 전자기적 특성 분석, 추진장치와의 인터페이스 연구, 전기철도차량의 전기적 특성을 고려한 설계기술연구와 최적화 설계 기법 적용 성능개선 연구
  - 외장코어형 자연냉각방식 2 MVA 급 철도차량용 변압기를 개발하여 기존 유입식 변압기 대비 20% 중량 저감 및 10% 손실 저감 가능
- 변압기 냉각설계 및 열해석 기술
  - 자연냉각방식 열유동 해석을 통한 내부 냉각설계 및 열해설 성능확보를 위한 최적 설계기법 개발(H 종 내열성능 및 절연성능 확보)
  - 자연냉각방식 적용을 위한 냉각기 최적 컴팩트 설계 기법 및 상세설계 검증 기술 개발
- 자연냉각방식 외장코어형 변압기 제작기술 성능평가 및 실용화 기술 개발
  - 2 MVA급 자연냉각방식 외장코어형 컴팩트 변압기 제작 및 공정기술 개발을 통한 실용화 기술연구를 도입하고 성능시험 및 평가 실시
  - 철도차량 형식인증 시험 또는 성능시험기준에 따른 조합성능시험을 위한 연구 기술 확보

1) 지식재산권 신청기술의 정의

순번	기술의 명칭	확보가능 특허	건수	등록시점
1	철도차량용 변압기 설계 기술	– 전기철도 차량에 적합한 변압기에 대한 전기적(절연설계, 형상, 재료), 기계적(진동, 내구성) 설계기술	1	2023년
2	변압기 냉각설계 및 열해석 기술	– 철도차량용 자연냉각방식에 적합한 열유동해석기술 및 냉각기 설계 기술	1	2025년
3	자연냉각방식 외장코어형 변압기 제작기술 성능평가 및 실용화 기술 개발	– 자연냉각방식 및 외장코어 형식을 적용한 컴팩트 변압기 제작기술(대차거치형, 지붕거치형, 동력실 탑재형)	1	2025년
합계		–	3	–

2) 선행기술조사를 통한 차별성 검토

- 주변압기 관련 특허동향 조사 결과를 토대로 등록특허 기준, 존속기간 유예 등을 고려, 해당 과제와 유사한 특허 2개를 도출하여 비교 분석 수행

선행특허 기술명		주요기술과의 차별성			본 기술과의 차별성
		1	2	3	
P-1	전력소자의 균등 분압을 위한 대용량 전원 스위칭 소자 구동 제어회로 및 이를 이용하는 직류부하장치(The Switching IGBT Driving Control Circuit for Suppling Equal Sharing Voltage to Power Elements and apparatus using the same)	●	○	○	고전압용 공진형 HF DC/DC컨버터의 전력소자의 균등 분압을 위한 대용량 전원 스위칭 소자 구동 제어회로 기술로 외장코어 방식의 냉각 및 열해석 기술이 접목된 본 기술과의 차별성 존재
P-4	직렬형 하이브리드 추진시스템의 가속 시 직류단 전압강하를보상하기 위한 방법 및 직렬형 하이브리드 시스템(METHOD OF COMPENSATING DC STAGE VOLTAGE DROP IN WHEN ACCELERATING IN SERIES HYBRID DRIVING SYSTEM AND SERIES HYBRID DRIVING SYSTEM)	○	●	○	직렬형 하이브리드 시스템 설계를 통한 가속 시 직류단 전압강화를 보상하기 위한 기술로 외장코어 방식의 컴팩트형 주변압기 설계 및 해석 기술과는 차별성 존재

※ ○: 관련성 낮음, ◐: 일부 유사, ●: 차별성 높음

3) 보유 지적재산의 보강 전략

- 주변압기 관련 특허는 고전압용 컨버터 전력소자의 제어 기술 및 직렬형 하이브리드 시스템 설계를 통한 전압강화 기술 등이 개발되었으나 냉각 및 열해석 기술이 접목된 외장코어 방식의 컴팩트형 주변압기 기술과는 차별성 존재

보 강 전 략	
문 제 점	해 결 방 안
· 주변압기 구동 제어회로 장치 및 전압제어 기술 등은 이미 상존하고 있으나 외장코어 방식의 컴팩트형 주변압기에 대한 권리 부재	· 냉각 및 열해석 기술을 접목한 외장코어형 컴팩트 주변압기 개발을 통한 기존 기술과의 차별성 및 권리성 확보 가능
회 피 전 략	
문 제 점	해 결 방 안
· 철도차량용 변압기 제작 및 절연설계 기술 일부 존재	· 전기철도 차량에 적합한 변압기의 전기적(절연설계, 형상, 재료), 기계적(진동, 내구성) 특성을 고려한 외장코어형 컴팩트 주변압기 기술 개발로 다양한 제작방식(대차거치형, 지붕거치형, 동력실 탑재형 등) 및 경량화 설계로 기존 특허기술과 회피 가능

4) 신청기술의 방어전략

- 신청기술의 사업화와 관련하여, 분쟁 가능성이 높은 특허에 대해서는 방어전략이 필요하며, 타사의 특허를 침해할 가능성이 있는 경우에는 사전에 타사 특허에 대한 대응방안을 마련

선행특허기술명	방어전략
-	· 신기술 접목을 통한 차세대 부품 개발로 철도차량 분야 미래시장 선점을 위한 신규 지적재산권 확보

5.6 투자계획

가. 투자 규모

- 총 73.35억 원/4년 중 정부출연금 55.00억 원(75%) 대비 민간부담금 18.35억 원(25%)으로 구성된 정부주도 사업추진

<표 VII-182> 총 투자계획_주변압기

(단위 : 억 원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	총계
정 부	-	-	9.00	13.00	20.00	13.00	55.00
민 간	-	-	3.00	4.34	6.67	4.34	18.35
합 계	**-**	**-**	**12.00**	**17.34**	**26.67**	**17.34**	**73.35**

나. 소요 재원

- 주변압기 개발을 위한 연구개발 소요재원은 전체 소요재원 중 연구개발비가 90%로 49.53억원을 소요

<표 VII-183> 연구활동별 집행기준_주변압기

(단위: 억 원)

구분		총사업비				비율
대항목	소항목	국고	지방비	민간	합계	
1. 연구개발		49.53	-	16.52	66.05	90%
2. 연구시설 및 장비	시설	-	-	-	-	-
	장비	5.47	-	1.83	7.3	10%
3. 기타(Feedback R&D 포함)		-	-	-	-	-
합계		**55**	**-**	**18.35**	**73.35**	**100%**

다. 소요 예산 산출근거

핵심기술별 연구개발비

- 구성기술별 연구개발비 내역은 다음과 같음

<표 VII-184> 핵심기술별 연구개발비_주변압기

(단위 : 억 원)

과제명	구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	총계
외장코어형 컴팩트 주변압기	철도차량용 변압기 설계기술	정 부	-	-	3.00	4.00	6.00	4.00	17.00
		민 간	-	-	1.00	1.50	2.20	1.50	6.20
		소 계	-	-	7.20	9.30	10.70	9.30	36.50
	변압기 냉각설계 및 열해석 기술	정 부	-	-	3.00	4.00	6.00	4.00	17.00
		민 간	-	-	1.00	1.10	2.20	1.10	5.40
		소 계	-	-	1.40	2.64	3.94	2.64	10.62
	자연냉각방식 외장코어형 변압기 제작기술 성능평가 및 실용화 기술개발	정 부	-	-	3.00	5.00	8.00	5.00	21.00
		민 간	-	-	1.00	1.74	2.27	1.74	6.75
		소 계	-	-	3.40	5.40	12.03	5.40	26.23
합 계			**-**	**-**	**12.00**	**17.34**	**26.67**	**17.34**	**73.35**

연구시설 및 장비 소요예산 산출 근거

- 구축·활용 계획인 연구시설 및 장비는 다음과 같음

<표 VII-185> 연구시설장비 필요성 및 사양

장비명	구축필요성			시험규격	사양
	내용	시험적용 대상			
		개발부품	부품상세		
계측기	변압기 부하특성 분석 및 설계검증	변압기	-	KRCS B10906 KS C IEC 60076	- 전압/전류 측정 전력분석 (16 bit, 1Ms/ch, 10 ch 이상)
전자계해석 SW	설계 검증 및 최적설계	변압기 active part	코어/코일	-	- FEM 해석 - Multi-physics 해석 등 가능 S/W

기구설계SW	설계 검증 및 최적설계	변압기	외함, 접속부	–	– FEM 진동 해석 가능 S/W
구조해석SW	설계 검증 및 최적설계		–	–	– FEM 구조 해석 가능 S/W
해석용 서버 PC	디자인/해석 SW 운용		–	–	– 서버
변압기 시험용 시뮬레이터	설계성능 검증		–	KRCS B109 06 KS C IEC 60076	– 열차풍 발생장치 (최대 120 km/h속도 열차풍 발생) – 전원 및 부하설비
시험용 장치	특고압 절연 고주파 측정		–	KRCS B109 06 KS C IEC 60076	– KRCS B109 06 규격 – KS C IEC 60076 규격
열해석 SW	변압기 및 냉각기 해석		변압기 active part 설계	–	– FEM 해석 – Multi-physics 해석 등 가능 S/W
유동해석 SW	변압기 및 냉각기 해석		변압기 active part 설계	–	– FEM 해석 – Multi-physics 해석 등 가능 S/W

<표 VII-186> 연구시설장비 구축·활용 계획

장비명	구축계획	활용계획	수요 기업명	단가 (억원)
계측기	신규구축	철도차량 변압기 특성 평가	연구수행 기관	0.9
전자계해석 SW		철도차량 변압기 전계 및 자계 설계에 활용		0.6
기구설계SW		철도차량 적용 부품 기구설계		1.2
구조해석SW		철도차량 적용 부품 기구설계		1.2
해석용 서버 PC		해석 및 설계 소프트웨어 운용		0.4
변압기 시험용 시뮬레이터		철도차량용 변압기 성능 평가		1
시험용 장치		특고압/고절연 절연체 성능평가		1.2
열해석 SW		철도차량 변압기 열용량 설계에 활용		0.5
유동해석 SW		철도차량 변압기 열유동 설계에 활용		0.3

<표 VII-187> 연구시설장비 소요예산_주변압기

(단위: 억 원)

주요 시설 및 장비명	2020	2021	2022	2023	2024	2025	장비가액
계측기	-	-	-	0.70	0.20	-	0.9
전자계해석 SW	-	0.60	-	-	-	-	0.6
기구설계SW	-	1.00	0.20	-	-	-	1.2
구조해석SW	-	0.70	0.50	-	-	-	1.2
해석용 서버 PC	-	0.40	-	-	-	-	0.4
변압기 시험용 시뮬레이터	-	-	-	1.00	-	-	1
시험용 장치	-	-	-	0.55	0.65	-	1.2
열해석 SW	-	0.30	0.20	-	-	-	0.5
유동해석 SW	-	-	0.30	-	-	-	0.3
합계	**-**	**3**	**1.2**	**2.25**	**0.85**	**-**	**7.3**

라. 소요인력

- 1차년도에는 기술조사 및 분석과 기본설계, 2차년도에는 시작품제작 및 성능시험, 3차년도에는 시제품 제작 및 통합시험, 4차년도에는 인터페이스 시험 및 실제 차량에 장착하여 신뢰성을 시험하고 수정 보완하는 일정으로 추진

- 2차년도와 3차년도에 시제품 제작 및 성능시험이 진행되므로 인력을 많이 투입하며, 4차년도에는 테스트베드 운영 및 실제 차량에 장착하여 시험이 진행되어 현장에 상주 인력을 고려하여 소요 인력 산정

<표 VII-188> 소요 인력 및 참여율_주변압기

(단위: M/Y, %)

과제	핵심구성기술	직급	2020		2021		2022		2023		2024		2025		합계 (명)
			투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	
2-5	철도차량용 변압기 설계기술	책임연구원	-	-	-	-	1	50%	1	50%	1	50%	1	50%	4
		선임연구원	-	-	-	-	4	55%	4	60%	5	60%	4	60%	17
		연구원	-	-	-	-	4	40%	6	50%	6	54%	6	50%	22
		소계	-	-	-	-	9	-	11	-	12	-	11	-	43
	변압기 냉각 설계 및 열해석 기술	책임연구원	-	-	-	-	1	10%	1	30%	1	30%	1	30%	4
		선임연구원	-	-	-	-	2	14%	2	30%	4	30%	2	30%	10
		연구원	-	-	-	-	2	25%	2	33%	3	28%	2	33%	9
		소계	-	-	-	-	5	-	5	-	8	-	5	-	23
	자연냉각방식 외장코어형 변압기 제작기술 성능평가 및 실용화 기술 개발	책임연구원	-	-	-	-	1	30%	1	40%	3	40%	3	30%	8
		선임연구원	-	-	-	-	4	28%	4	50%	8	50%	4	30%	20
		연구원	-	-	-	-	2	25%	2	30%	5	29%	4	21%	13
		소계	-	-	-	-	7	-	7	-	16	-	11	-	41
연도별 합계			**-**	**-**	**-**	**-**	**21**	**-**	**23**	**-**	**36**	**-**	**27**	**-**	**107**

5.7 파급 효과

■ **(시장경제적) 외국산 주변압기 수입대체 효과로 완성차량 가격경쟁력 확보 및 기존의 유입식 변압기에 적용하여 유지보수 및 구매예산 절감**

- 신규시장매출액 : 약 972억원(연간 약 64.8억원)
  - 324편성(2,744량) × 2 SET/편성 × 약 1.5억원/SET(단가)
  - 주변압기 단가 : 약 1.5억원
  - 2026년~2040년 전국 도시철도차량 신규 도입 추정(4~10량/편성 단위 고려)
- 유지관리비 저감(48%), 관련 투자비 저감(35%)

■ **(과학기술적) 전기철도차량에 적합한 컴팩트화, 저손실화, 고효율, 고안정성으로 차별화된 주변압기 핵심기술 확보**

- 기존 변압기 오일 누유 등 문제점 개선을 통한 부품 신뢰성 확보
- 설계개선, 구성품 단순화를 통한 운영효율성 및 유지보수성 향상

■ **(사회문화적) 국내외의 전동차 시장도 계속 증가 추세로 관련 기술 및 산업 발전에 큰 기대 예상**

- 주변압기 설계 및 생산기술을 활용한 타 산업분야의 전력공급계통 부품에 해당 설계 및 생산기술을 이전하여 산업생산성 제고

5.8 유사·중복성 검토 및 연계추진 방안

가. 유사과제 현황

No.	과제기간	부처명	사업명	내역사업명	과제명
1	2002~2007	국토교통부	고속철도 기술개발	-	차량시스템 안정화 기술개발
2	2013~2016	과학기술 정보통신부	한국철도기술 연구원 연구운영비지원	기술이전 및 실용화 촉진을 위한 산업계 연계 기술개발	기존 철도부품 국산화 및 성능향상 기술개발
3	2015~2016	국토교통부	국토교통 연구기획	-	철도차량 안정성 향상 및 경량화를 위한 추진시스템 기술개발 기획
4	2015~2017	국토교통부	국토교통기술 사업화지원	-	도시철도차량용 25kV 1,060KVA급 고효율 친환경 아몰퍼스 주변압기 국산화 개발
5	2017~2018	과학기술 정보통신부	한국철도기술 연구원 연구운영비지원	기술이전 및 실용화 촉진을 위한 산업계 연계기술 개발	자연냉각방식 도시철도차량용 주변압기 개발

나. 차별성 및 연계 추진방안

- 기존 연구는 철도차량용 변압기의 경우, 유입식 강제송풍 냉각방식 변압기를 대상으로 새로운 차종(고속철도 등)에 적용하기 위한 변압기를 신규 개발하거나 기존 유입식 변압기의 일부재료를 개선하는 연구가 진행되었으며, 대부분 해외 변압기를 기반으로 제작하여 성능을 확인하는 수준

  - 본 연구개발 과제는 외장코어형 자연냉각방식 변압기를 개발하고자 하는 연구로 기존의 연구와는 기술의 차별되며, 국내에서 연구개발과제로 진행된 이력이 없어 중복성은 없음

<표 VII-189> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(주변압기)_1/5

본 사업 과제명	외장코어형 컴팩트 주변압기		
기존 유사과제명	차량시스템 안정화 기술개발('02~'07)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 주변압기 시험 및 유지보수	■ 외장코어형 자연냉각방식 컴팩트형 주변압기 개발	■ 컴팩트 주변압기 개발 관련 국내 연구개발 수행 이력 없음
과제규모	■ 52억원	■ 73.35억원	-
TRL단계	■ 5~6단계(실험 및 시작품)	■ 5~6단계(시제품 제작 및 성능평가)	-
과제목표	■ 한국형 고속철도시스템의 신뢰성 확보로 안정화 및 실용화 기술개발	■ 외장 코어형 및 자연냉각 방식 적용한 소형/경량화 주변압기 개발 기술 확보	■ 주변압기 무부하, 유밀, 효율, 임피던스, 용량 성능과 냉각팬의 과속도 성능 및 오일펌프의 온도상승, 누설 성능을 포함하여, 소음, 환경 성능 확보
기존 기술과의 연계방안	■ 기존 주변압기 설계 기술 및 성능 검토		

<표 VII-190> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(주변압기)_2/5

본 사업 과제명	외장코어형 컴팩트 주변압기		
기존 유사과제명	기존 철도부품 국산화 및 성능향상 기술개발('13~'16)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ KTX 주변압기 및 변전소 교류 급전계통 보호장치 국산화 개발	■ 외장코어형 자연냉각방식 콤팩트형 주변압기 개발	■ 컴팩트 주변압기 개발 관련 국내 연구개발 수행 이력 없음
과제규모	■ 12억원	■ 73.35억원	-
TRL단계	■ 5~6단계(시작품)	■ 5~6단계(시제품 제작 및 성능평가)	-
과제목표	■ 철도시스템 핵심부품 국산화 개발연구	■ 외장 코어형 및 자연냉각 방식 적용한 소형/경량화 주변압기 개발 기술 확보	■ 주변압기 무부하, 유밀, 효율, 임피던스, 용량 성능과 냉각팬의 과속도 성능 및 오일펌프의 온도상승, 누설 성능을 포함하여, 소음, 환경 성능 확보
기존 기술과의 연계방안	■ 컴팩트 주변압기 개발을 위한 기존 주변압기 전력 제어 기술 적정성 검토		

<표 VII-191> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(주변압기)_3/5

본 사업 과제명	외장코어형 컴팩트 주변압기		
기존 유사과제명	철도차량 안정성 향상 및 경량화를 위한 추진시스템 기술개발 기획('15~'16)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 주변압기 경량화 및 에너지 절감, 안정성 향상을 위한 개발 기술 검토	■ 외장코어형 자연냉각방식 콤팩트형 주변압기 개발	■ 차세대 주변압기 기술개발을 위한 기초 선행연구에만 국한
과제규모 (연평균)	■ 0.7억원	■ 73.35억원	-
TRL단계	■ 1~2단계(기초연구)	■ 5~6단계(시제품 제작 및 성능평가)	-
과제목표	■ 추진시스템 주요 구성품(주변압기, 컨버터, 인버터, 전동기 및 기어 등) 관련 최신 기술 조사	■ 외장 코어형 및 자연냉각방식 적용한 소형/경량화 주변압기 개발 기술 확보	■ 주변압기 무부하, 유밀, 효율, 임피던스, 용량 성능과 냉각팬의 과속도 성능 및 오일펌프의 온도상승, 누설성능을 포함하여, 소음, 환경 성능 확보
기존 기술과의 연계방안	■ 차세대 컴팩트 주변압기 개발을 위한 기초 선행연구 검토		

<표 VII-192> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(주변압기)_4/5

본 사업 과제명	외장코어형 컴팩트 주변압기		
기존 유사과제명	도시철도차량용 25kV 1,060KVA급 고효율 친환경 아몰퍼스 주변압기 국산화 개발('15~'17)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 철도차량용 에너지절감 친환경 아몰퍼스 주변압기 연구개발	■ 외장코어형 자연냉각방식 콤팩트형 주변압기 개발	■ 컴팩트 주변압기 개발 관련 국내 연구개발 수행 이력 없음
과제규모	■ 5억원	■ 73.35억원	-
TRL단계	■ 5~7단계(시제품 성능평가)	■ 5~6단계(시제품 제작 및 성능평가)	-
과제목표	■ 주변압기 상세 설계, 성능 검 증 및 현장적용 방안 수립	■ 외장 코어형 및 자연냉각방식 적용한 소형/경량화 주변압기 개발 기술 확보	■ 주변압기 무부하, 유밀, 효율, 임피던스, 용량 성능과 냉각팬의 과속도 성능 및 오일펌프의 온도상승, 누설성능을 포함하여, 소음, 환경 성능 확보
기존 기술과의 연계방안	■ 친환경 주변압기 설계 기술 검토		

〈표 VII-193〉 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(주변압기)_5/5

본 사업 과제명	외장코어형 컴팩트 주변압기		
기존 유사과제명	자연냉각방식 도시철도차량용 주변압기 개발('17~'18)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 절연유 냉각팬 고장이 없는 자연냉각 방식 및 누유가 발생하지 않는 Maintenance free 도시철도 차량용 주변압기 개발	■ 외장코어형 자연냉각방식 콤팩트형 주변압기 개발	■ 컴팩트 주변압기 개발 관련 국내 연구개발 수행 이력 없음
과제규모	■ 1.9억원	■ 73.35억원	-
TRL단계	■ 3~6단계(실험 및 시작품)	■ 5~6단계(시제품 제작 및 성능평가)	-
과제목표	■ 전계해석 및 절연시험을 통한 주변압기 코일 및 코아의 최적 설계 기술 확보	■ 외장 코어형 및 자연냉각 방식 적용한 소형/경량화 주변압기 개발 기술 확보	■ 주변압기 무부하, 유밀, 효율, 임피던스, 용량 성능과 냉각팬의 과속도 성능 및 오일펌프의 온도상승, 누설 성능을 포함하여, 소음, 환경 성능 확보
기존 기술과의 연계방안	■ 자연냉각 방식을 적용한 도시철도용 주변압기 설계 기술 확보		

다. 선행사업 핵심기술과의 연계성 검토

- 해당 부품은 미래선도형 기술개발 분야로 기존 사업과의 연계 대상 고려 기술은 미존재

6. 개방형 네트워크 프로토콜 기반 통합제어플랫폼 (도시철도용 전장제어기기 상호호환성 확보 기술)

6.1 연구개발 배경 및 필요성

가. 기술의 정의

개방형 통합제어시스템 정의

- 부품의 기능 및 역할

  - (개방형 SW플랫폼) 소프트웨어 호환체계와 개발 프로세스 등을 표준화하여 외부에서도 접근이나 개발이 가능토록 개방화

  - (TROSAR 개방형 개발환경) 응용 소프트웨어를 개발하기 위한 코딩도구, 디버깅/컴파일 도구, 모델기반 개발도구, 시험/품질/안전성 도구 등이 포함되며, 정보 구조나 흐름을 표준화 및 개발에 활용토록 공개

  - (호환형 SW모듈) 철도차량용 응용프로그램을 기능별로 단위화 하는 것이 SW모듈로 다양한 하드웨어 환경에서 사용 가능토록 하는 기능

  - (호환형 HW모듈) 호환범위를 특정 개발기업 이외의 제품 간에 소프트웨어의 수정/변경 없이 하드웨어 교체로 호환 사용 가능한 기능

- 핵심기술에 대한 정의

  - TROSAR(TRain cOntroller System Architecture, 호환가능한 철도제어장치 시스템 체계) : 소프트웨어의 호환과 재사용이 가능한 구조를 표준화, TROSAR는 하드웨어에 장착(embedded)되어 부품화 된 응용프로그램을 구동시키는 기본 OS와 하드웨어에 종속되지 않고 호환 가능한 소프트웨어 체계.

  - TROSAR 개방형 개발플랫폼(TROSAR Open Development Platform) : 여러 개발자가 개발환경이나 개발도구를 표준에 적합하게 개발할 수 있도록 내부의 정보 구조와 프로세스를 표준화하고 활용토록 개방

  - TROSAR 호환형 제어장치 체계(TROSAR Compatibility Electronic Control Unit Architecture) : 제어장치 간 HW모듈의 호환이 가능한 기본 체계로 검증을 받은 제품은 응용 소프트웨어의 수정 없이 구동이 가능하며 TROSAR HW 호환 표준과 통신 호환을 위한 동적 네트워크 환경(Dynamic Network Environment)으로 구성

- 전자장치 추상화(HAL:Hardware Abstraction Layer / 가상하드웨어) : SW를 HW에 종속되지 않는 구조로 제공하기 위한 미들웨어로 RTOS 단위에서 HW를 할당하여 SW에 대한 표준 인터페이스를 제공하여 독립적인 응용프로그램 모듈 개발 가능

- Dynamic Network Environment : 전자장치는 다른 전자제어장치 간 정보를 송수신하기 위하여 일정한 주소를 지정하게 되며 이러한 주소는 전자장치를 특정하게 되며 응용 소프트웨어 단위에서 전자제어장치의 호환이 가능한 인터페이스 환경을 동적 네트워크 환경(Dynamic Network Environment) 제공

- 소프트웨어 통합 검증 환경(Software Integration Test Environment) : 철도차량은 많은 제어장치와 다양한 기능을 요구하여 많은 모듈로 응용프로그램이 구성되어, 장치간의 에뮬레이션(모의) 환경을 제공하여 하드웨어 장착 이전 단계에서 시험할 수 있는 환경

- 하드웨어 시뮬레이션 시스템(Hardware Simulation System) : 실제의 철도차량에 소프트웨어와 하드웨어의 성능과 완성도를 시험하고 검증하기 위한 시스템

- 모델기반 SW개발도구(Model Based SW Development Tool) : 소프트웨어를 코딩 단위가 아닌 함수나 모듈, 루틴 단위에서 그래픽 화된 도구를 활용하여 코딩을 지원하는 소프트웨어 개발 도구

- SW 안전성/품질/시험 분석 도구 : 소프트웨어에서 요구되는 안전성과 품질/성능을 만족하고 있는지 분석하는 소프트웨어

● 용어정의

- 호환성 : 이종 하드웨어/다른 제작사/다른 기능 SW모듈 등 서로 다른 체계에서 상호 교체나 호환이 가능한 성능.

- 유연성 : 개발된 제품이 다양한 목적에 활용 가능한 정도를 말하며, 하나의 하드웨어 모듈을 표준화하여 여러 시스템에 적용 가능

- 재활용성 : 개발된 하드웨어나 소프트웨어를 다른 프로젝트에 적용할 수 있는 정도

나. 연구개발 배경

현황 및 문제점

- (제어기 기술경쟁력 저하) 국내 철도차량은 프로젝트별/전장장치별 기능위주의 소량 다품종 제어기로 구성되어 성능, 신뢰성 및 호환성 미흡
  - 10량 1편성기준으로 100여개 제어기로 구성되며 차량단가의 30%차지
  - 전장제어기 기술경쟁력 저하에 따라 해외 차량제작 수주에도 불구하고, 핵심기술인 전장장치는 해외 기술 도입
  - 고부가가치 차량제어기의 높은 해외 의존도로 시장경쟁력 저하
  - 다국적 대기업의 높은 자본력과 다국적 체계로 인하여 국내 고급 IT기술의 접근이 어려움
  - 국내 철도차량 부품/시스템을 생산하는 기업은 90년대 수준의 하드웨어 기술을 적용하고 있음

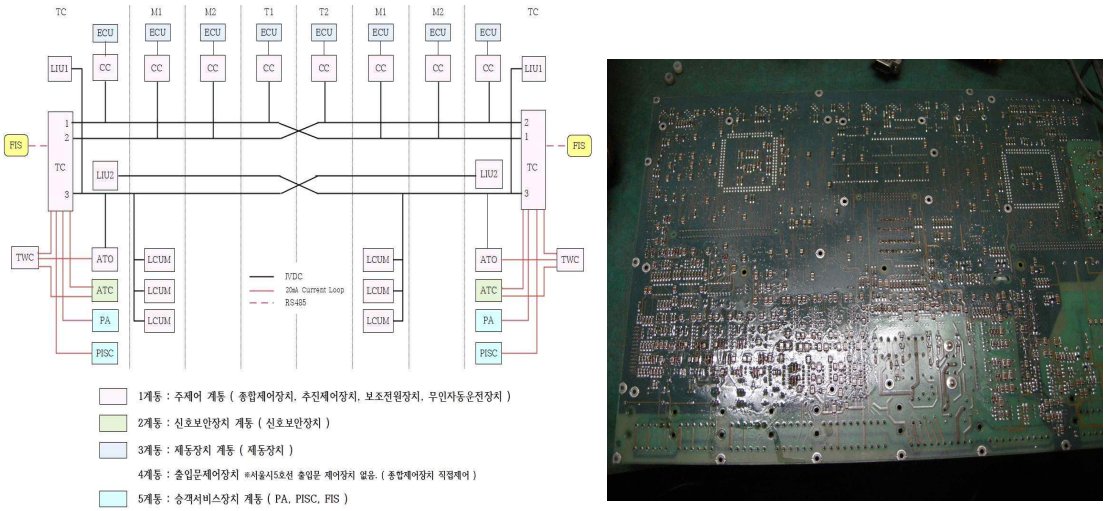
No.	항목	7호선 280량 (1996년)	7호선 200량 (2018년)
1	CPU	MPC860/50MHz	Cotex9/1GHz
2	데이터저장 용량	8MB	3GB
3	외부 인터페이스	RS232 / LAN	USB / LAN
4	디지털 입력 CH(DC100V)	16ch(2)/0	24ch(4)/0
5	디지털 입력 CH(DC24V)	60ch(7) / 64ch(20)	96ch(15)/ 56ch(12)
6	디지털 출력 CH(DC100V)	8ch(2) / 8ch(3)	8ch(2) / 8ch(3)
7	아날로그 입력	-	2ch

<그림 VII-274> 국내 철도차량제어장치 최근 사양 비교

- (제어기 안전성 요구) 2015년 철도안전법 제정으로 철도차량 제어기에 대한 국제 규격(IEC)기반의 안전성 요구
  - 철도 운영기관은 성능/신뢰성 등을 이유로 해외장치 선호, 국내 기업은 영세성과 기술력 부족 등으로 혁신을 회피하는 악순환 반복
  - 국제적으로 철도차량 및 제어장치 시장에서 높은 안전성을 요구하고 있으나 국내의 소량다품종 형태와 소기업 위주의 제작현실에서 요구를 만족하기 어려움

- After market 시장이 유리한 철도 제어기 분야이지만 외산기술에 의존도 높음

※ 1990년대 후반에 납품된 서울시 도시철도 5,6,7호선의 경우 제어시스템의 노후로 교체가 필요하나 고가의 외국산(ABB)으로 유지보수가 불가능하여 경제적인 이유로 신규차량으로 교체하는 것으로 결론



〈그림 VII-275〉 5호선 차량시스템 계통도 및 노후된 제어보드

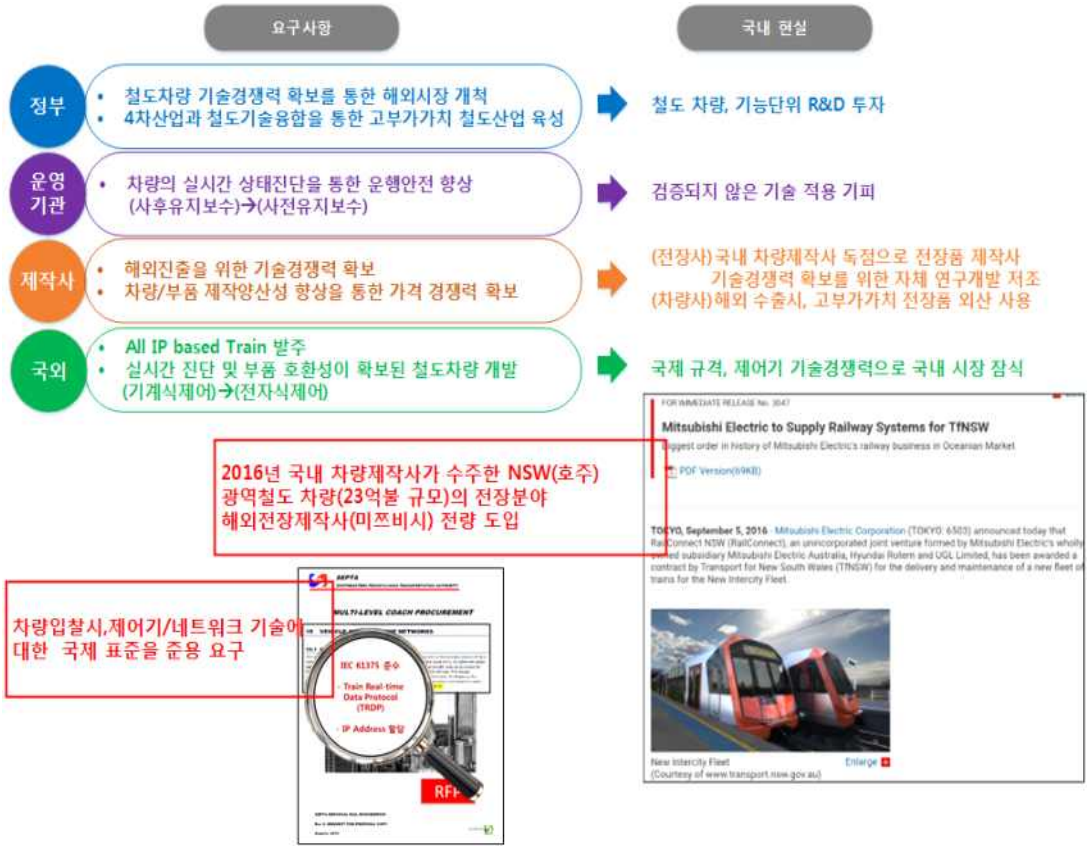
- (폐쇄적/독점적 HW & 네트워크) 철도차량 전장장치간 네트워크 프로토콜의 비공개로 특정 차량제작사에 의존되는 폐쇄적인 구조

  - 운영사의 신규장치 투입 및 개량 시 특정 제작사만 유지보수 가능

  - 해외 차량 제작사 및 제어장치 제작사 등은 자체의 표준으로 제작사 내에서 호환성과 재활용성을 유지하고 있으며 다른 제작사의 개입을 차단하여 유지보수 독점력을 유지함

  - 다른 산업계의 제어장치도 동일한 해외 기업에 의한 독점적 구조를 가짐

  - 국내 철도차량분야에서 제어장치 및 소프트웨어의 호환성과 재활용성을 추진할 수 있는 규모를 갖춘 기업이 없음



<그림 VII-276> 전장제어기 요구사항과 국내 기술수준 현황

- (전문적인 하드웨어와 소프트웨어의 융합) 개방형 통합제어시스템 플랫폼은 철도시스템과 전기장치시스템, 제어장치 하드웨어, 소프트웨어, 시스템엔지니어링 등 전문분야간 융합 필요
  - 국내의 철도분야 기업에서 플랫폼 개발에 필요한 전문적인 기술을 모두 통합하기 어려움
  - 국내 중소기업은 전문적인 분야의 기술을 가지고 있으나 폐쇄적인 사업 환경에서 통합된 대규모 플랫폼 개발 참여 애로
  - 플랫폼에 관련된 고부가가치 엔지니어링 도구는 모두 외국산 독점

시사점

- (철도분야 4차산업혁명에 걸림돌) 소프트웨어를 중심으로 4차산업혁명을 추진하기 위하여 제어시스템 및 소프트웨어 개발에 대한 고도화가 필요
  - 국내 철도부품 중소기업의 소프트웨어 개발 수준이 90년대의 코딩으로 개발하는 수준으로 최신의 소프트웨어 기술 대비 낙후됨

- 미래산업으로 도약하기 위하여 최신 소프트웨어 기술을 영세 중소기업이 활용할 수 있어야 함

- 국내 컴퓨터 하드웨어 기술은 세계 최고 수준이나 철도분야는 90년대 수준에 머물러 있음

- 플랫폼과 표준의 미비로 국내의 IT최고 기술이 산업용 제어장치 시장에 도입되지 못하고 있음

- 4차산업혁명의 완수를 위하여 국내 중소기업의 적용할 수 있는 표준의 선도가 필요함

- (제어기 기술경쟁력 저하) 해외에서는 국제 표준을 기반으로 안전인증/상호호환성이 확보된 철도차량 제어시스템이 개발/적용 중이나, 국내에서는 2015년 철도안전법 제정으로 국제 표준기반 제어시스템(제어기, 네트워크) 개발에 대한 필요성을 인지하고 있는 단계임

  - 제어기 소프트웨어 재사용성과 유연성이 해외기술에 7년 이상 뒤처진 상태로 제어시스템의 납품을 위해서는 신규로 개발해야하며 안전인증을 신규로 획득해야 함. 이에 따른 지속적인 인증비용이 발생하고 있음

  - 이로 인한 After market 시장이 유리한 철도차량 제어기 분야의 외산기술에 대한 의존도 증가 추세

- (개방적 SW/HW 정책) 국내의 열악한 철도부품과 제어장치 제작환경을 극복하고 규모를 확대하기 위해서는 SW/HW에 대한 개방적 정책이 필요

  - 폐쇄적/독점적 시장을 개방적인 정책으로 돌파

  - 일본 전자제품 시장은 폐쇄적인 정책으로 세계시장에서 고립됨

  - 1990년대 미국의 IBM은 개방적 HW정책으로 세계 시장을 장악함

  - 자본이 부족한 전문가 집단을 제어기 산업시장으로 유인하기 위하여 개방적 플랫폼을 도입하여 신규 진입에 대한 위험성을 낮춰줌

  - 소규모 제작자/개발자가 대부분인 국내 제어장치/소프트웨어/부품에서 시장 규모를 확대하고 다양한 요구를 만족하기 위한 HW/SW 개방정책이 필요

  - 개방 정책으로 플랫폼에 필요한 전문적인 기술을 산업 시장으로 수용하여 경쟁력 있는 가격으로 국내 중소기업에서 활용함으로 기술진입과 발전의 선순환 산업생태계로 변화

- (국내 관련분야 생태계 미형성) 철도차량 수요자인 철도운영기관은 성능·신뢰성 등을 이유로 해외제품 선호, 국내 제어장치기업은 영세성과 기술력부족 등으로 혁신을 회피하는 악순환이 반복됨
  - 기계철도차량에서 전자철도차량으로 변화하는 시점에 차량전장제어시스템 개발에 대한 정부주도 투자(국가 R&D)가 매우 미흡
  - SW플랫폼과 표준은 소규모 부분적인 투자로 성과와 경쟁력을 확보하기 어려우므로 국가의 적극적인 초기 투자가 필요한 융합분야임
  - SW플랫폼과 SW개발도구, 분석도구 등은 미래의 고부가가치 산업으로 4차산업혁명의 핵심기술임
- 따라서, 고부가가치 철도차량제어기에 대한 기능안전이 확보된 개방형 통합제어기플랫폼 개발에 대한 투자가 필요한 시점임
  - 국제 규격기반의 안전인증 제어기 개발로 국내철도차량의 기술/시장경쟁력 확보 및 상용화 가능
  - 개방형 정책에 따른 특정 제작사에 대한 의존도 낮추어 SW/HW분야 중소기업이 참여하는 새로운 고부가가치 산업분야로 형성 가능

다. 연구개발 필요성

과학기술적 중요성

- 4차산업혁명에 적합한 소프트웨어 및 하드웨어 기반 구축
  - 인공지능 등 4차산업혁명 기술을 철도분야에 적용
  - 국내에 축적된 최신 제어장치 기술을 철도 산업에 적용 가능토록 유도
  - 전문 엔지니어링 기술만을 개발하는 소프트웨어 전문 중소기업의 필요
  - 개방형 플랫폼으로 타 산업분야로 확장
- 개방형 플랫폼 기술로서 세계 표준 선도
  - 철도분야 통신/소프트웨어/하드웨어 국제표준에 적극적으로 대응
  - 철도분야 안전성 기술의 선도

- 해외 의존형 소프트웨어 기술의 국내 주도형으로 전환
  - 소프트웨어 개발 플랫폼을 확보함으로 고급 소프트웨어 기술 확보
  - 기반 소프트웨어 분야(OS 및 API, 미들웨어 등)에 전문인력 양성을 위한 환경 조성
  - 소규모 기업 및 대학의 전문 기술형 사업화 환경 제공

시장경제적 필요성

- (해외 수입 대체) 해외 기술에 대한 대체 및 유지보수 시장의 유연성 확보
  - 국내 철도차량의 30%에 해당하는 고가의 산업용 해외 제어장치 및 제어용(embedded) 소프트웨어의 국산화
  - 하드웨어 및 소프트웨어의 호환성 기술을 확보함으로 유지보수용 부품의 생산중단으로 인한 시스템 재개발 등의 경제적 손실 방지
  - 하드웨어/소프트웨어의 재사용성 증대로 국내 생산성 확대하여 국제 경쟁력 확보
- (고부가가치 부품산업 수출) 중국, 독일, 미국 등의 차량제작자에게 TROSAR SW & HW과 TROSAR 기반의 철도 부품/시스템을 수출
  - 산업용 제어장치 부품은 높은 신뢰성과 안전성이 요구되는 고부가가치 상품
  - 제어장치와 관련된 많은 부품에 대한 수요가 확대됨
  - 항공/조선/원자력/의료/자동차 등 관련산업 분야에 확대가 가능함
- (강소기업 육성) SW와 엔지니어링 기술의 전문 강소기업 육성
  - 기술집약적 고부가가치 소프트웨어 부품 및 개발 도구를 전문 생산하는 강소기업 육성
  - 고부가가치의 산업용 제어장치 모듈/부품을 생산하는 강소기업 육성
  - 국내 산업계에 공통 적용이 가능하여 국내 수요만으로도 최소 시장 확보 가능
  - 중소기업의 대기업 의존도를 줄이고, 시장 경쟁력 확보 가능

사회문화적 필요성

- 중소기업 융합(컨소시엄) 산업 생태계 확보
  - 납품 위주의 중소기업에서 전문 기술 기업으로 독자 생존이 가능한 산업 생태계 확보
  - 중소기업이 융합(컨소시엄)하여 대규모 전문 시스템을 제조/수출할 수 있는 시스템 SW/HW 플랫폼 마련

※ 개방형 플랫폼을 중심으로 삽입되는 전문기술 모듈은 소규모 벤처가 참여 가능하며 전문기술만을 개발하는 전문 중소기업의 양성에 적합

- 전문 기술에 대한 해외 의존도 약화
  - 고가의 해외 대기업 기술제품에 대한 대체 가능
  - 해외의 전문업체에 의존하였던 소프트웨어 및 하드웨어에서 고도의 맞춤기술이 가능함으로 국내 제어기술의 고도화 가능

※ 다스시스템, 지멘스 등 해외 대규모 다국적 기업만이 가능했던 전문 엔지니어링 기술의 대체가 가능

6.2 국내외 시장 및 연구개발 동향

가. 국외 시장 및 연구개발 동향

- '19년도 세계철도차량분야 시장은 1조 1,378억 달러, 차량제어기 분야는 3,413억 달러 규모를 형성할 것으로 전망

<표 VII-194> 세계 차량시장규모 및 전망

(단위 : 백만 달러)

구분	2015	2016	2017	2018	2019
고속철도차량	967,295	999,215	1,032,189	1,066,251	1,101,436
일반철도차량	11,682	11,576	11,472	11,368	11,265
도시철도차량	21,236	22,149	23,102	24,095	25,131
합계	1,000,213	1,032,940	1,066,763	1,101,714	1,137,832

*출처:국토교통 R&D 동향조사 철도교통분야, 2015 시장자료

- 북미 유럽 주요 철도부품 제조사들은 부품 호환성 및 표준화(IEC)를 통하여 주요 제어기기 시장을 선점하고 있고, 중국은 내수시장을 바탕으로 급부상

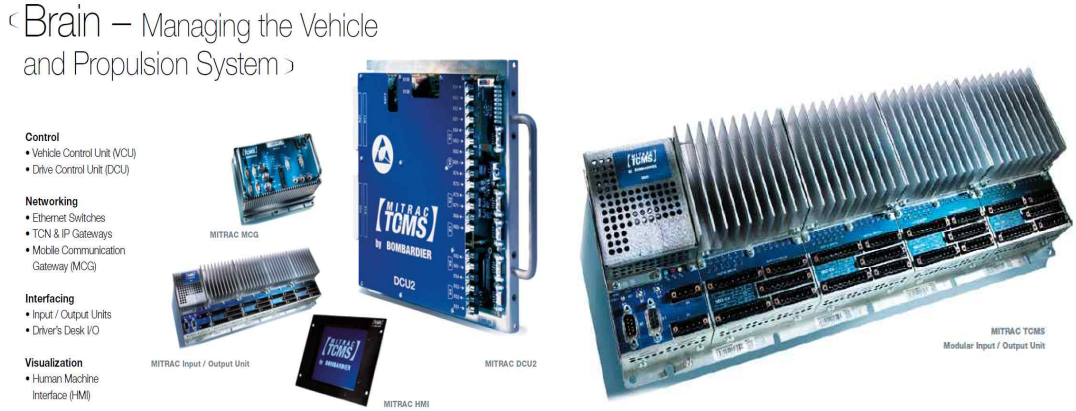
  - 독일 MEN社, 미국 Artesyn社는 철도차량을 포함한 국방, 항공, 원자력 등 기능안전 및 임무중심 제어기기 분야에 범용적으로 적용 가능한 공통제어 플랫폼 개발

  - 국외 차량제작사의 경우 국제표준을 기반으로 철도차량 제어기를 모듈화하여 철도차량의 기능과 성능을 최적화

  - 호환성과 재활용성, 모듈화 등에 대한 표준은 개별 제작사 별로 특화시키고 공개하지 않음으로 제작사의 독점적인 시장을 유지

※ 산업용 제어장치는 소프트웨어를 공통으로 활용하기 위하여 국제 표준(IEC 1131)이 있으나, 제어장치 하드웨어는 제작자별 내부 표준에 의하여 설계되어 호환되지 않음 : PLC 제품의 H/W는 I/O, CPU, PWR, 통신 등의 모듈로 구성되어 필요에 따라 각각의 모듈을 BASE 모듈에 추가함으로써 SET를 구성하도록 모듈화가 되어있으나 H/W의 표준 규격이 마련되어 있지 않아 타사 제품의 모듈과 호환되지 않음

※ 선진 철도시스템 제작자인 봄바르디어, 알스톰, GE 등은 내부 규격에 의하여 호환·통합시스템을 상용화하여 우리와 10년이상 격차가 있음

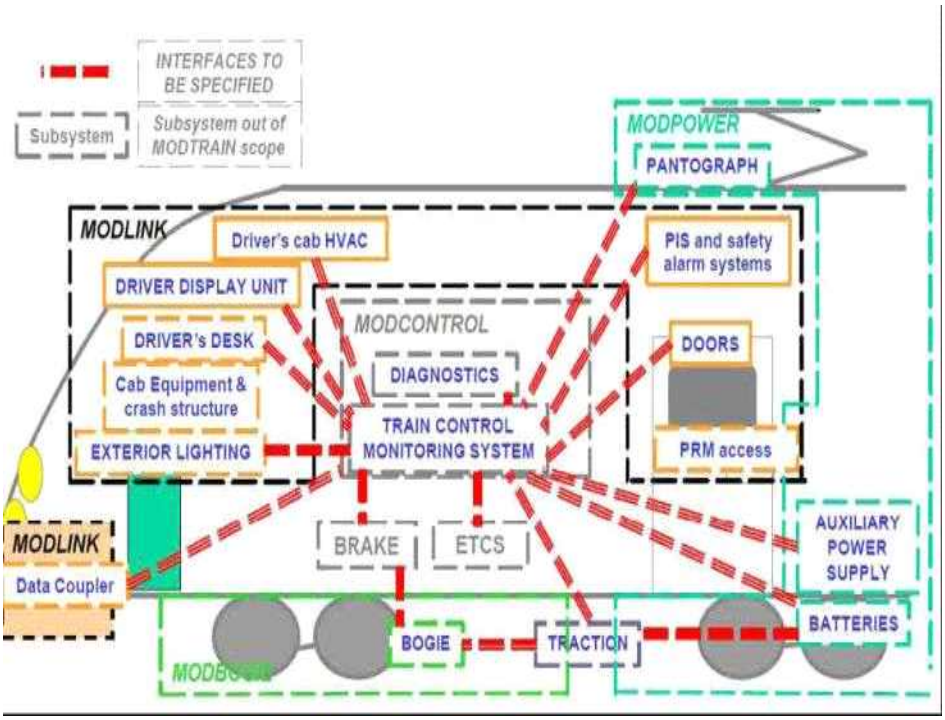


<그림 VII-277> 봄바르디어의 모듈화되고 호환이 가능한 제어장치 제품들

- 유럽연합은 유럽철도차량 부품의 호환성 확보를 위하여 MODTRAIN(유럽연합) 철도시스템의 혁신적인 모듈형 차량시스템 프로젝트 수행

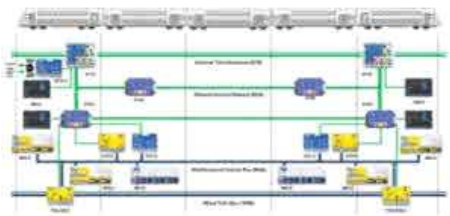
  - 37개 관련기업이 4년간의 연구개발을 통해 차량시스템과 각각의 하위시스템의 상호 호환성을 개선하기 위하여 시스템과 구성 요소에 대한 공통 인터페이스를 정의하는 방식으로 모듈화 접근

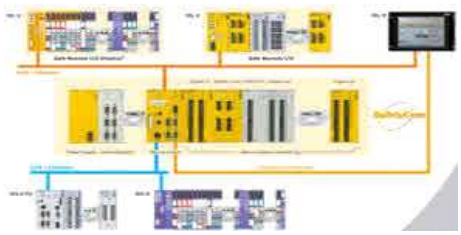
- 시스템 설계의 모듈화
- 핵심 모듈의 상호 운용성
- 부품의 호환성
- 전체 수명주기 비용 감소



<그림 VII-278> 유럽 MODTRAIN 프로젝트 사례

<표 VII-195> 해외의 차량장치 기술 사례

구분	개방형 통합제어시스템 플랫폼	제어시스템	비고
Bombardier (독일)		MITRAC	SIL 4인증

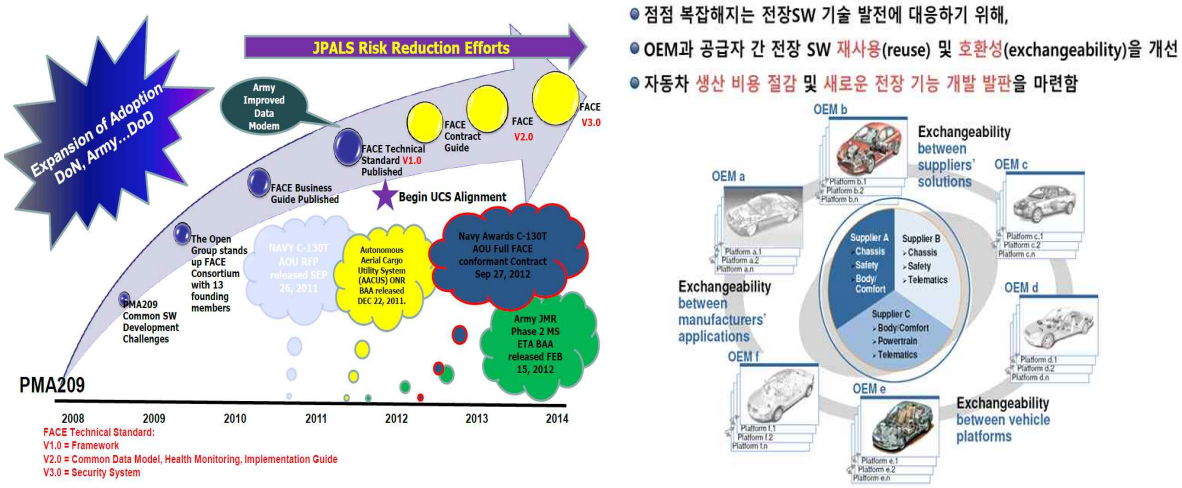
구분	개방형 통합제어시스템 플랫폼	제어시스템	비고
MEN (독일)		menTCS	SIL 4인증
Artesyn (미국)		controlsafe	SIL 4인증
EKE Electronics (핀란드)		Intelligent train systems /Trainnet	SIL 4인증
Selectron Systems (스위스)		Selectron MAS	SIL 4인증

- 해외 기술선진국은 개방 플랫폼을 통하여 시스템의 호환성을 유지하고 소프트웨어 생산성을 극대화 함

  - 미국 국방성은 항공분야 호환·통합을 위하여 FACE프로젝트를 2008년부터 시작하여 V4.0을 진행하는 중임

  - BMW, GM, Daimler, Toyota 등 자동차 제작사와 BOSCH, Continental 등의 자동차부품 제작사를 중심으로 170여개의 관련 제작사가 참여하는 AUTOSAR

Release 4.0이 추진되어 전자제어장치(ECU, Electronic Control Unit) 및 SW의 호환/재활용성을 재고하고 있음



〈그림 VII-279〉 항공/자동차분야 호환을 위한 국제 프로젝트 FACE & AUTOSAR

나. 국내 시장 및 연구개발 동향

- '25년도까지 철도차량분야 시장은 5조 4,285억원, 차량제어기 분야는 1조 6,285억원 규모를 형성할 것으로 전망

  - 차량 단가 15억원/1량, 차량제어기는 차량 단가의 30%

〈표 VII-196〉 국내 차량시장 규모 및 전망

(단위 : 백만 달러)

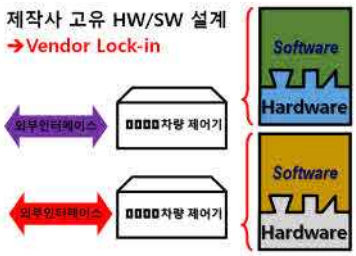
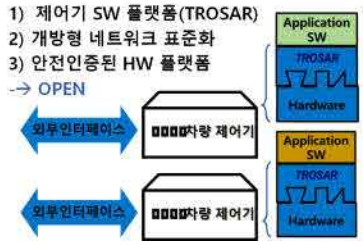
구분	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	'25
한국철도공사	-	-	202	134	120	152	140	338	74	-
서울교통공사	-	-	200	-	400	658	196	-	78	649
부산교통공사	-	-	21	48	-	-	-	-	-	-
대선도시철도	-	27	8	84	-	-	-	-	-	-
공항철도	12	48	-	-	-	-	-	-	-	-
신분당선	-	-	-	-	-	18	-	-	-	12
합계	**12**	**75**	**431**	**266**	**520**	**828**	**336**	**338**	**152**	**661**

*출처: 국토교통부 연도별 철도차량 발주계획, 2016

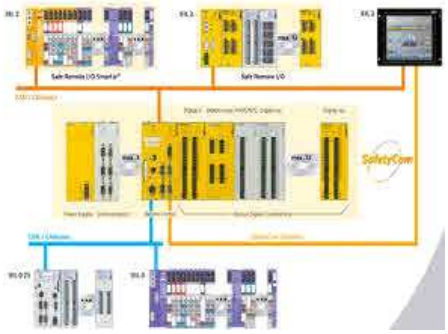
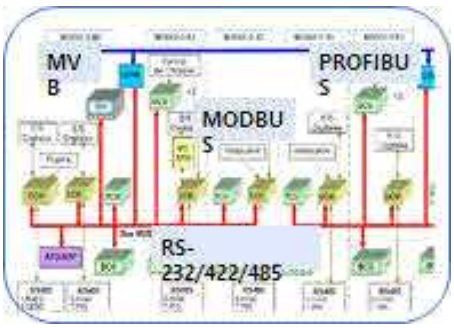
- 철도안전법 제정에 따라 철도차량 기술기준 등 차량제어기 관련 안전기준 강화로 인해 IEC 62278, IEC 62425 등 국제기준에 부합하는 제어플랫폼의 수요가 증가하고 있음
  - 국제 표준기반 제어시스템(제어기, 네트워크) 개발에 대한 필요성은 인지하고 있는 단계
  - 기계철도차량에서 전자철도차량으로 변화하는 시점에 차량전장제어시스템 개발에 대한 투자가 매우 미흡
  - 국내 철도부품 기업의 준비 미흡으로 철도안전법의 소프트웨어 안전성 기준의 적용이 유예되고 있음
  - 기능, 성능, 안전성 수준에 부합하는 제어플랫폼 자체 개발 시 개발/인증 비용 및 소요시간의 중복 발생하여 안전인증을 기 확보한 MEN(독일), Artesyn(미국) 사의 외산 제어플랫폼의 도입이 증가하고 있는 추세임
- 철도차량 부품/시스템 R&D로 폐쇄형 차량 종합제어장치(TCMS)나 기능적 전장제어 시스템 개발
  - 국가 R&D로서 철도차량용 종합제어장치 및 각종 제어장치가 개발되었으나 폐쇄형으로 개발되어 호환되지 못함
  - 국가 R&D에 참여하는 국내 기업이 제어장치 HW/SW의 호환성을 확보할 수 있는 규모가 안됨
  - 국가 R&D로서 개발된 제어장치는 제작사 이외의 호환성이 없어 독점적인 구조를 가짐

6.3 연구개발 범위

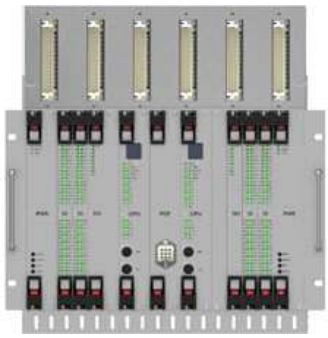
- 철도차량 및 제작사간 상호호환성 확보를 위한 TROSAR(TRain cOntroller System Architecture) 개방형 개발 플랫폼(TROSAR Open Development Platform) 개발

AS IS	TO BE
 – 차량 제작사의 고유의 하드웨어와 기술수준에 따른 SW 설계 구조로 타 제작사/타 프로젝트에 개발된 제어기와 호환성 없음 – 구버전의 개발환경으로 코딩방식의 SW 개발	 – 제작사의 하드웨어가 변경되어도 동작할 수 있는 제어 SW를 개발하고 재사용할 수 있도록 BSW(Basic SoftWare)와 RTE(Run time environment) 로 구성된 철도 SW 표준 플랫폼을 개발 – 개발 플랫폼을 활용함으로 SW에 대한 안전성/품질 확보 – 안전성이 확보된 응용프로그램을 개발할 수 있는 전용 개발환경을 제공하여 SW개발 경쟁력 확보 및 재사용성 확보로 생산성 증대 – 소프트웨어 단계에서 통합/검증이 가능

- 기능안전이 확보된 호환형 제어장치용 HW플랫폼/표준 인터페이스모듈 개발 및 호환성 검증 체계 구축

AS IS	TO BE
	
– 기능위주의 차량전장품 개발로 인하여, 제어기 하드웨어에 대한 설계 요구사항이 없음 – 철도안전법에 따라 제어기에 대한 안전/신뢰도에 대한 요구사항 발생 – 국내 영세한 제작사별로 안전인증을 위한 설계 및 개발, 안전체계구축을 위한 비용 조달 불가 – 실차에서 기능/성능을 검증	– 기능안전인증이 확보된 차량 제어플랫폼을 제공함으로써 기능안전인증을 단순화 – 다양한 기능안전 및 임무중심 제어기기 분야에 범용적으로 적용 가능한 공통제어 플랫폼 개발 – 공통제어 플랫폼과 실시간 운영체제, BSP를 통합·솔루션화하여 공통제어 플랫폼의 상품성을 향상 – 실차에 적용하기 이전에 통합시뮬레이션으로 제어시스템과 소프트웨어를 시험 및 검증
	
– 전장품 제어기 및 차량 제작사 고유의 폐쇄적 프로토콜사용에 따른 운영 유지보수 어려움 – 폐쇄형 구조로 기능마다 별도의 제어장치를 가짐	– 소프트웨어 통합형 구조로 제어기 하드웨어 최적화 – 국제표준 IEC 61375에 의한 차량네트워크 및 인터페이스 프로토콜 국내 표준화(KSR) – 차량 운영유지보수성 향상 – 국제 표준에 따른 제어기 인터페이스 개발로 해외 진출을 위한 기술력 확보

● 철도용 호환형 전장제어장치의 소프트웨어 및 하드웨어 실차 개발 및 호환성 검증

AS IS	TO BE
 – 호환이 불가능한 종합제어장치(TCMS) – 운영기관, 노선, 차량의 전용 응용소프트웨어	 – 소형의 최적화되고 호환모듈로 구성된 종합제어장치(TCMS) – 기능별로 호환이 가능한 응용소프트웨어 – 재사용성이 가능한 개발 소프트웨어 – SW/HW 안전성이 검증된 철도차량 시스템

6.4 연구개발 내용

가. 연구개발 목표

● 철도차량용 호환 제어시스템을 개발하기 위한 SW/HW 개방 플랫폼 및 인터페이스 기술 개발

- 서로 다른 제작사 및 다른 종류의 제어장치의 경우에도 교체/교환/조합이 가능하도록 상호호환성을 확보하기 위한 TROSAR(TRain cOntroller System Architecture, 호환가능한 철도 제어장치 시스템 체계)기술 개발

- 중소기업이 TROSAR를 철도용 제어장치의 개발에 활용하기 위한 개방형 플랫폼(TROSAR Open Development Platform) 개발

※ 개방형 플랫폼 : 개발플랫폼을 구성하는 고부가가치 엔지니어링 도구의 개발에 소프트웨어 중소기업이나 학계가 쉽게 참여할 수 있도록 플랫폼 공개

※ 기능안전 활동 : 철도부품 중소기업이 국제 표준규격에 요구되는 높은 안전성 요구를 만족하기 위한 기능안전 활동(개발방법론)을 지원

- 해외의 높은 안전성 요구수준을 만족할 수 있도록 기능안전이 확보된 철도차량 제어장치의 개발에 필요한 상호호환형 HW플랫폼/인터페이스 모듈 기술 개발

- 서로 다른 부품 제작사의 융합하여 철도 제어시스템의 폐쇄성을 극복하기 위한 IEC 61375(TCN-Train Communication Network 국제 표준)기반 계층별 개방형 네트워크 기술 개발

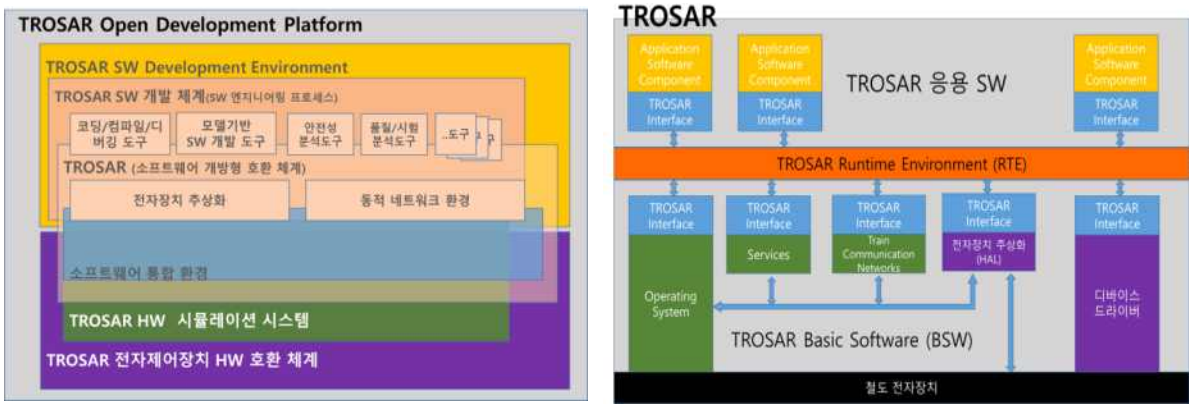
※ 개방형 기술 : 이미 개발된 TCN 기초 기술을 바탕으로 네트워크의 연결만으로 장치간의 인터페이스가 자동으로 결합

※ 계층별 기술 : 복잡 다양한 시스템 구조 요구를 만족할 수 있는 다단계구조의 철도차량 네트워크 기술

- TROSAR 개발플랫폼과 HW플랫폼의 상호호환성을 검증하여 개발 목표의 달성을 확인하기 위한 철도차량용 종합제어장치(TCMS - Train Control & Monitoring System)를 개발하고 실제 차량에 적용하여 검증

나. 연구개발 핵심 내용

핵심(구성) 기술명	핵심(구성) 기술 주요내용
철도차량 및 제작사간 상호 호환성 확보를 위한 TROSAR 개방형 개발 플랫폼 개발	– TROSAR Open Development Platform 개발 · TROSAR SW 개발체계(SW 개발 방법론) 개발 · TROSAR SW Development Environment 개발 코딩/컴파일/디버깅 도구, 모델기반 SW개발 도구, 분석도구 등 · 소프트웨어 호환성 및 안전성 검증 방법 개발 · 소프트웨어 통합 검증 환경 개발 – TROSAR (소프트웨어 개방형 호환 체계) · TROSAR SW 아키텍처 설계 및 개발 · 전자장치 추상화(가상 하드웨어(HAL)) 방법 개발 · SW 호환성 표준 및 안전성 코딩 규칙 개발
기능안전이 확보된 호환형 제어장치용 HW플랫폼/표준인터페이스 모듈 개발 및 호환성 검증 체계 개발	– IEC 62279/IEC62278/IEC62425에 의하여 기능안전이 확보된 TROSAR 전자제어장치 하드웨어 호환 체계 개발 · TROSAR 기반 호환형 제어장치 플랫폼 개발 · 외부 인터페이스 표준 개발 · TROSAR 기반 호환형 모듈 개발 · 제어장치의 기능안전 등급 연구 · 하드웨어의 안전성 인증 수행 – IEC 61375 기반 계층별 개방형 네트워크 기술 개발 · 해외 진출이 가능한 UIC표준 기반의 동적네트워크 환경 개발 – TROSAR HW 시뮬레이션 시스템 및 검증 방안 개발 · 호환성 검증 방안 및 검증 체계 개발 · TROSAR 통합 검증을 위한 테스트베드 개발 · IEC 61375 합치성 검증시험기 개발
철도용 호환형 전장제어장치의 SW/HW 시제품 개발 및 호환성 검증	– 실차 적용을 위한 종합제어장치(TCMS) 개발 · TROSAR를 적용한 종합제어장치 HW/SW 개발 · 종합제어장치 실차 검증 · 개발된 종합제어장치의 안전성 인증 수행 – 실차 적용성 및 호환성 검증



<그림 VII-280> TROSAR 개발플랫폼의 구성

다. 핵심 기술별 As-is/To-be

핵심 기술	As-is	To-be	현재 TRL	목표 TRL
TROSAR Open Development Platform	- 해외 의존형 폐쇄구조형의 제작사 개별 개발 환경으로 호환 안 됨	- 재활용 및 이종 제어기간 이식이 가능한 SW 호환 기술 - SW개발방법론을 적용하여 기능안전의 수행이 가능하며 검증이 가능한 개발 도구 - HW에 이식하기 이전에 SW단계에서 통합하여 검증이 가능 - 개방형 구조로 중소기업 간의 융합형태의 개발이 가능	TRL 2	TRL 6
TROSAR	- 호환형 개방 플랫폼이 없음 - 폐쇄형으로 재활용이 불가능 - 기능별로 별도로 개발하여 통합 기능이 불가능함	- 소프트웨어를 부품화하여 재활용 및 호환성, 유연성이 증가하여 SW개발 비용 저감 - 철도차량의 제어장치가 가진여러 기능을 통합하여 개발 가능	TRL 2	TRL 6
TROSAR 전자제어장치용 HW 호환 체계	- 폐쇄형 구조 및 하드웨어 - 다른 제작사간 호환 불가 - 프로젝트마다 재 개발되어 신뢰성 확보 불가능 - 안전성 확보가 어려움	- 다른 제작사간 모듈의 호환 가능 - 하드웨어 전문 중소기업에서 높은 신뢰성과 안전성을 가진 제품의 양산 - HW와 시스템의 안전성 인증 간편화	TRL 2	TRL 6
IEC 61375 기반 계층별 개방형 네트워크 기술	- 폐쇄형 구조로서 호환성 없음 - 단계별 네트워크를 위한 기술이 모두 확보되어 있지 않음	- 응용프로그램 레벨의 호환성으로 응용소프트웨어의 호환성/이식성 확보 - 제어장치를 동적으로 할당이 가능하여 제어장치 단위의 이식성(개방형) 강화	TRL 2	TRL 6
TROSAR HW 시뮬레이션 시스템	- 제어장치 별로 별도의 시뮬레이션 시스템이 필요 - 검증에 많은 시간과 비용 필요 - 실제의 SW성능을 확인은 실차에서 가능	- 표준화된 시뮬레이션 시스템으로 개발 초기단계에 다양한 실차레벨의 검증이 가능 - 제어장치의 개발 비용과 시간이 절감	TRL 2	TRL 6

라. 세부 기술 및 내용

철도차량 및 제작사간 상호호환성 확보를 위한 TROSAR 개방형 개발 플랫폼 개발

- TROSAR 개방형 개발 플랫폼 개발
  - 상호호환성을 위한 철도차량 제어기 SW 요구사항 분석
  - TROSAR SW 개발체계(SW 개발 방법론) 개발
  - TROSAR SW 개발 환경(Development Environment) 개발
  - (코딩/컴파일/디버깅 도구, 모델기반 SW개발 도구, 분석도구 등)
  - 소프트웨어 호환성 및 안전성 검증 방법 개발
  - 소프트웨어 통합 환경 개발
- TROSAR (소프트웨어 개방형 호환 체계) 개발
  - TROSAR SW 아키텍쳐 설계 및 개발
  - 전자장치 추상화(가상 하드웨어(HAL)) 방법 개발
  - SW 호환성 표준 및 안전성 코딩 규칙 개발

기능안전이 확보된 호환형 제어장치용 HW플랫폼/표준인터페이스모듈 개발 및 호환성 검증 체계 개발

- IEC 62279/IEC62278/IEC62425에 의하여 기능안전이 확보된 TROSAR 전자제어 장치 하드웨어 호환 체계 개발
  - TROSAR 기반 호환형 제어장치 플랫폼 개발
  - 외부 인터페이스 표준 개발
  - TROSAR 기반 호환형 모듈 개발
  - 제어장치의 기능안전 등급 연구
  - 하드웨어의 안전성 인증 수행

- IEC 61375 기반 계층별 개방형 네트워크 기술 개발
  - 해외 진출이 가능한 UIC표준 기반의 동적네트워크 환경 개발
- TROSAR HW 시뮬레이션 시스템 및 검증 방안 개발
  - 호환성 검증 방안 및 검증 체계 개발
  - TROSAR 통합 검증을 위한 테스트베드 개발
  - IEC 61375 합치성 검증시험기 개발

철도용 호환형 전장제어장치의 SW/HW 시제품 개발 및 호환성 검증

- 실차 적용을 위한 종합제어장치(TCMS) 개발
  - TROSAR를 적용한 종합제어장치 HW/SW 개발
  - 종합제어장치 실차 검증
  - 개발된 종합제어장치의 안전성 인증 수행
- 실차 적용성 및 호환성 검증

마. 연차별/단계별 수행 목표 및 내용

● 연차별 주요 연구내용

- 철도차량 및 제작사간 상호호환성 확보를 위한 TROSAR 개방형 개발 플랫폼 개발

연차	기술 개발 목표	기술 개발 내용
1차년도	TROSAR 개방형 개발 플랫폼 조사 및 분석 기본설계	– 선행기술 검토 및 분석 – TROSAR 요구사항 수집 및 분석 – TROSAR SW 개발 체계 개발 – TROSAR Open Development Platform 기초 설계 및 인터페이스 체계 설계 – 소프트웨어 호환성/안전성 검증 방안 연구 – 소프트웨어 통합 환경 기초 설계 – TROSAR Open Development Platform 및 도구 모듈의 안전성 인증 실시 – TROSAR SW 아키텍처 기본 설계 – 전자장치 추상화 방안 기본 설계 – SW 안전성 코딩 규칙 개발
2차년도	TROSAR 개방형 개발 플랫폼 상세설계	– TROSAR Open Development Platform 상세 설계 및 도구 모듈 개발 – 소프트웨어 호환성/안전성 검증 방안 개발 – 소프트웨어 통합 환경 개발 – TROSAR Open Development Platform 및 도구 모듈의 안전성 인증 실시 – TROSAR 개발 – 전자장치 추상화 기술 개발 – SW 안전성 코딩 규칙 개발 및 검증 기술 개발
3차년도	TROSAR 개방형 개발 플랫폼 개발	– TROSAR Open Development Platform 및 도구 모듈의 검증 및 보완 – 소프트웨어 호환성/안전성 검증 방안 개발 – 소프트웨어 통합 환경 검증 및 보완 – TROSAR Open Development Platform 및 도구 모듈의 안전성 인증 실시 – TROSAR 검증 및 보완 – SW 안전성 코딩 규칙 개발 및 검증 기술 개발
4차년도	TROSAR 개방형 개발 플랫폼 검증 및 표준화	– TROSAR Open Development Platform 및 도구 모듈의 검증 및 보완 – 소프트웨어 호환성/안전성 검증 방안 표준화 – 소프트웨어 통합 환경 검증 및 보완 – 소프트웨어 호환성/안전성 검증 체계 구축 – TROSAR 검증 및 보완 – SW 안전성 코딩 규칙의 표준화
5차년도	현차 적합성검증	– TROSAR Open Development Platform 및 도구 모듈의 검증 및 보완 – 소프트웨어 통합 환경 검증 및 보완 – 소프트웨어 호환성/안전성 검증 체계 구축 – TROSAR 검증 및 보완 – SW 안전성 코딩 규칙의 검증 체계 구축

- 기능안전이 확보된 호환형 제어장치용 HW플랫폼/표준인터페이스모듈 개발 및 호환성 검증 체계 개발

연차	기술 개발 목표	기술 개발 내용
1차년도	호환형 제어장치용 HW 플랫폼의 조사 및 분석 기본설계	– 선행기술 검토 및 분석 – TROSAR 호환형 HW의 요구사항 수집 및 분석 – TROSAR HW 호환체계 및 외부인터페이스 기초 설계 – TROSAR HW 호환 모듈의 기초 설계 – IEC61375기반 계층별 개방형 네트워크 기술 기초 설계 – TROSAR HW시뮬레이션 시스템 요구사항 수집 및 분석 – TROSAR HW시뮬레이션 시스템 기초설계 – 개발된 호환형 HW에 대한 안전성 인증 실시
2차년도	호환형 제어장치용 HW 플랫폼 상세설계	– 호환형 제어장치 플랫폼의 상세 설계 – TROSAR HW 호환형 모듈의 개발 – IEC61375기반 계층별 개방형 네트워크 기술 개발 – TROSAR HW시뮬레이션 시스템 상세설계 – 개발된 호환형 HW에 대한 안전성 인증 실시
3차년도	호환형 제어장치용 HW 플랫폼 개발	– 호환형 제어장치 플랫폼의 개발 – TROSAR HW 호환형 모듈의 개발 – IEC61375기반 계층별 개방형 네트워크 기술 개발 – TROSAR HW시뮬레이션 시스템 개발 – HW 호환성 검증 방안 개발 – 개발된 호환형 HW에 대한 안전성 인증 실시
4차년도	호환형 제어장치용 HW 플랫폼 검증 및 표준화	– 호환형 제어장치 플랫폼 호환성 기술의 표준화 – TROSAR HW 호환형 모듈의 검증 및 보완 – IEC61375기반 계층별 개방형 네트워크의 검증 및 보완 – TROSAR HW시뮬레이션 시스템 검증 및 보완 – HW 호환성 검증 체계 개발 – 개발된 호환형 HW에 대한 안전성 인증 획득
5차년도	현차 적합성검증	– 호환형 제어장치 플랫폼의 실차 적응성 검증 – TROSAR HW 호환형 모듈의 실차 적응성 및 호환성 검증 – IEC61375기반 계층별 개방형 네트워크의 호환성 검증 – TROSAR HW시뮬레이션 시스템으로 검증 테스트베드 구축

- 철도용 호환형 전장제어장치의 SW/HW 시제품 개발 및 호환성 검증

연차	기술 개발 목표	기술 개발 내용
1차년도	–	–
2차년도	호환형 전장제어장치 시제품 기초 설계	– 실차 적용을 위한 종합제어장치(TCMS) 기초 설계 – 종합제어장치의 안전성 인증 수행
3차년도	호환형 전장제어장치 시제품 개발	– 실차 적용을 위한 종합제어장치(TCMS) HW/SW 개발 – 종합제어장치의 안전성 인증 수행
4차년도	호환형 전장제어장치의 시험 및 검증	– 실차 적용을 위한 종합제어장치(TCMS)의 시험 및 검증 – 종합제어장치의 안전성 인증 수행 – 종합제어장치의 호환성 검증 및 보완
5차년도	호환형 전장제어장치의 현차 시험	– 종합제어장치 실차 검증 – 개발된 종합제어장치의 안전성 인증 획득

바. 수행 로드맵

● 각 핵심기술별로 연차별 연구개발 내용은 아래와 같음

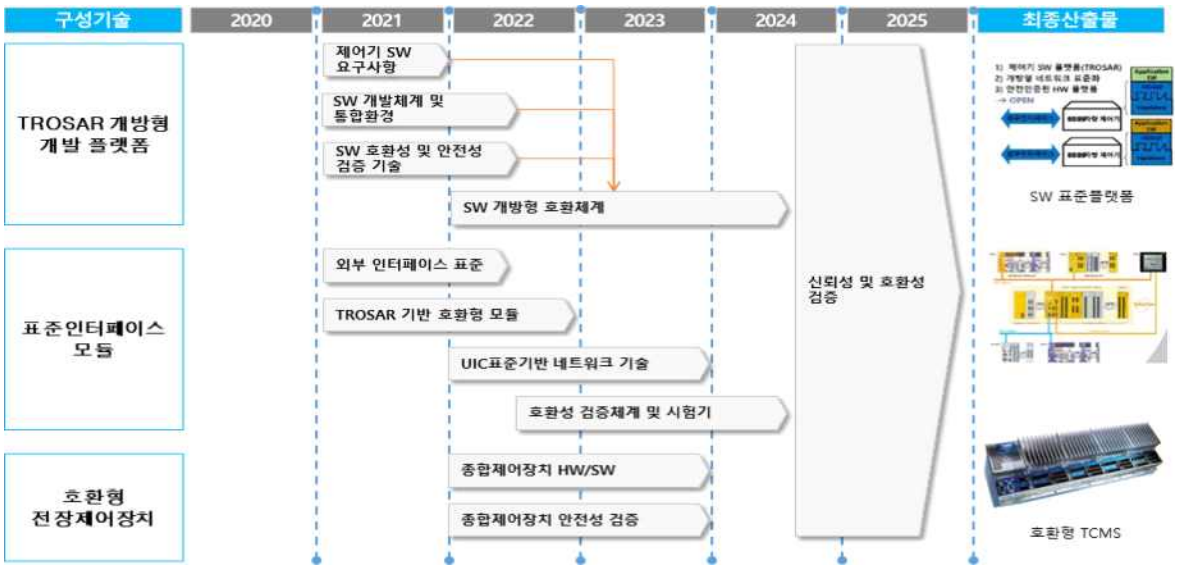
- 1차년도 TROSAR 개방형 개발 플랫폼 기본 설계
  호환형 제어장치용 HW플랫폼/표준인터페이스모듈 기본 설계

- 2차년도 TROSAR 개방형 개발 플랫폼 상세 설계
  호환형 제어장치용 HW플랫폼/표준인터페이스모듈 상세 설계
  TROSAR 기반 종합제어장치 기본 설계

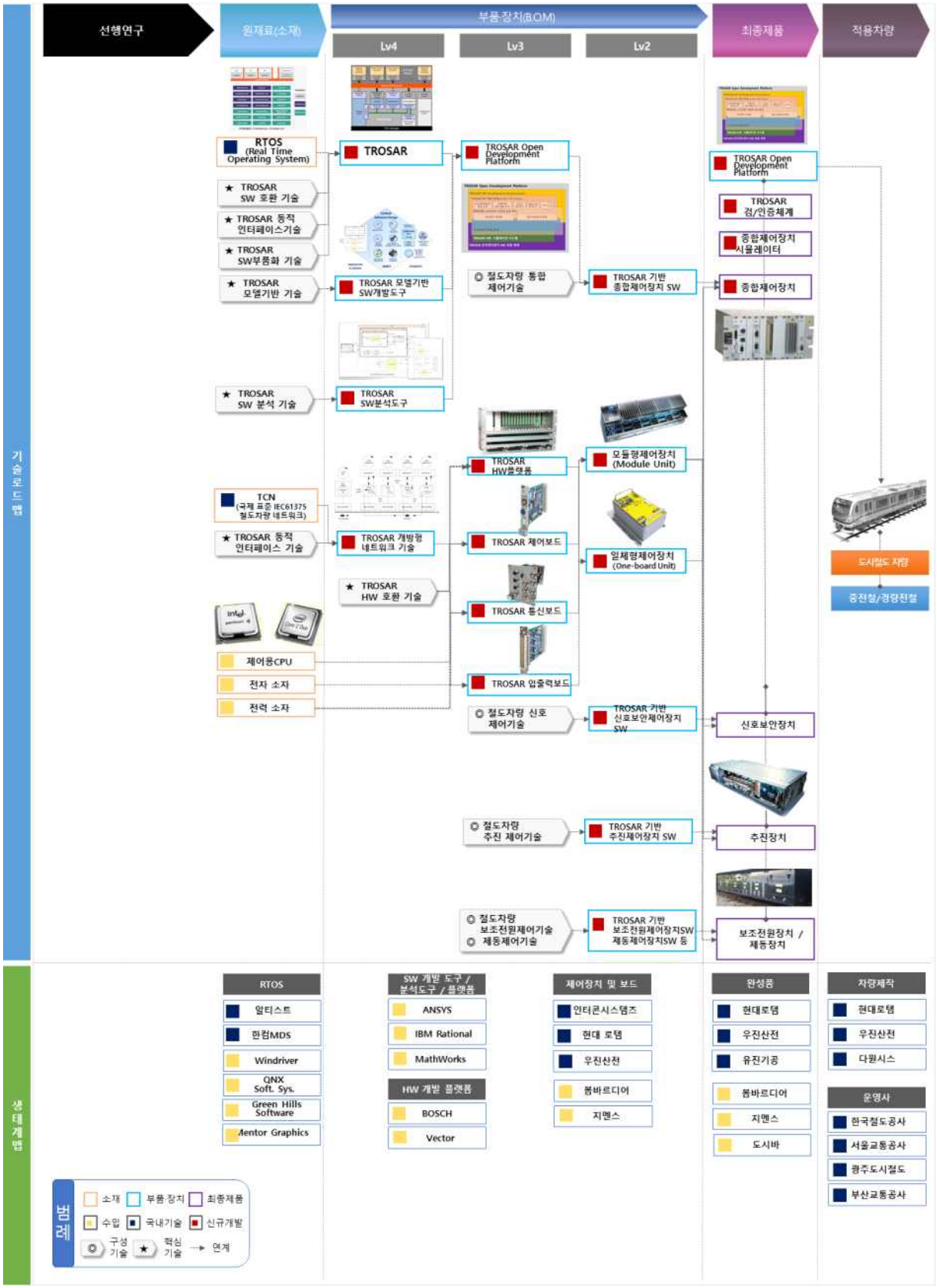
- 3차년도 TROSAR 개방형 개발 플랫폼 개발
  호환형 제어장치용 HW플랫폼/표준인터페이스모듈 개발
  TROSAR 기반 종합제어장치 개발

- 4차년도 TROSAR 개방형 개발 플랫폼 시험
  호환형 제어장치용 HW플랫폼/표준인터페이스모듈 검증 및 보완
  TROSAR 기반 종합제어장치 시험 및 호환성 검증

- 5차년도 TROSAR 개방형 개발 플랫폼 검증
  호환형 제어장치용 HW플랫폼/표준인터페이스모듈 실차 적응성 검증
  TROSAR 기반 종합제어장치 검증 및 현차적합성검증



〈그림 VII-281〉 수행 로드맵_통합제어플랫폼



〈그림 Ⅶ-282〉 부품로드맵&산업생태계_통합제어플랫폼

사. 핵심 기술 확보 전략

핵심(구성) 기술	핵심 기술 확보 전략					
	공공 협력	민간 협력	자체 개발	해외 도입	국내 도입	기타
TROSAR Open Development Platform	◐	◐	◐			
TROSAR	◐	◐	◐			
TROSAR 전자제어장치용 HW 호환 체계		◐	◐			
IEC 61375 기반 계층별 개방형 네트워크 기술		◐	◐			
TROSAR HW 시뮬레이션 시스템		◐	◐			

- 공공협력: 국가 또는 공공기관이 보유 중인 기술 및 인프라와 연계
- 민간협력: 타기업에서 보유 중인 기술 및 인프라와 연계
- 자체개발: 기업이 보유한 기술 및 인프라 활용
- 해외도입: 선진국 또는 해외 선도 기업이 보유중인 기술을 이전 받아 활용
- 국내도입: 국내 기업이 보유한 기술을 이전 받아 활용

6.5 사업화 및 자립화 전략

가. 기술개발 완료 후 시장 출시가 가능한 기술 및 제품

● (개별 부품 판매) TROSAR 개발도구 및 호환형 하드웨어

주요부품명	핵심 기술명	핵심 세부 기술명
TROSAR Open Development Platform + TROSAR	- TROSAR Open Development Platform - TROSAR	- TROSAR SW 개발체계(SW 개발 방법론) 개발 - TROSAR SW Development Environment 개발 - 코딩/컴파일/디버깅 도구, 모델기반 SW개발 도구, 분석도구 등 - 소프트웨어 통합 검증 환경 개발 - TROSAR SW 아키텍쳐 설계 및 개발 - 전자장치 추상화(가상 하드웨어(HAL)) 방법 개발 - SW 호환성 표준 및 안전성 코딩 규칙 개발
TROSAR 전자제어장치용 HW 플랫폼	- TROSAR 전자제어장치용 HW 호환 체계	- TROSAR 기반 호환형 제어장치 플랫폼 개발 - 외부 인터페이스 표준 개발 - TROSAR 기반 호환형 모듈 개발
TROSAR 전자제어장치용 HW 호환 모듈	- TROSAR 전자제어장치용 HW 호환 체계	- 외부 인터페이스 표준 개발 - TROSAR 기반 호환형 모듈 개발
IEC 61375 기반 계층별 개방형 네트워크 모듈	- IEC 61375 기반 계층별 개방형 네트워크 기술	- 해외 진출이 가능한 UIC표준 기반의 동적네트워크 환경 개발
TROSAR 기반 종합제어장치	- TROSAR (전체)	- TROSAR Open Development Platform - TROSAR - TROSAR 전자제어장치 하드웨어 호환 체계 개발 - IEC 61375 기반 계층별 개방형 네트워크 기술 개발

● (신규 차량 보급) TROSAR 개발도구 및 호환형 하드웨어

주요부품명	핵심 기술명	핵심 세부 기술명
TROSAR 전자제어장치용 HW 플랫폼	- TROSAR 전자제어장치용 HW 호환 체계	- TROSAR 기반 호환형 제어장치 플랫폼 개발 - 외부 인터페이스 표준 개발 - TROSAR 기반 호환형 모듈 개발
TROSAR 전자제어장치용 HW 호환 모듈	- TROSAR 전자제어장치용 HW 호환 체계	- 외부 인터페이스 표준 개발 - TROSAR 기반 호환형 모듈 개발
IEC 61375 기반 계층별 개방형 네트워크 모듈	- IEC 61375 기반 계층별 개방형 네트워크 기술	- 해외 진출이 가능한 UIC표준 기반의 동적네트워크 환경 개발
TROSAR 기반 종합제어장치	- TROSAR(전체)	- TROSAR Open Development Platform - TROSAR - TROSAR 전자제어장치 하드웨어 호환 체계 개발 - IEC 61375 기반 계층별 개방형 네트워크 기술 개발

● (유지보수 시장) TROSAR 개발도구 및 호환형 하드웨어

주요부품명	핵심 기술명	핵심 기술명
TROSAR 전자제어장치용 HW 플랫폼	- TROSAR 전자제어장치용 HW 호환 체계	- TROSAR 기반 호환형 제어장치 플랫폼 개발 - 외부 인터페이스 표준 개발 - TROSAR 기반 호환형 모듈 개발
TROSAR 전자제어장치용 HW 호환 모듈	- TROSAR 전자제어장치용 HW 호환 체계	- 외부 인터페이스 표준 개발 - TROSAR 기반 호환형 모듈 개발
IEC 61375 기반 계층별 개방형 네트워크 모듈	- IEC 61375 기반 계층별 개방형 네트워크 기술	- 해외 진출이 가능한 UIC표준 기반의 동적네트워크 환경 개발
TROSAR 기반 종합제어장치	- TROSAR(전체)	- TROSAR Open Development Platform - TROSAR - TROSAR 전자제어장치 하드웨어 호환 체계 개발 - IEC 61375 기반 계층별 개방형 네트워크 기술 개발

나. 국내외 시험인증 전략

- TROSAR 개방형 개발 플랫폼은 철도용 소프트웨어 개발을 위한 도구형 시스템으로 IEC 62279이나 IEC 61508등에 의한 안전성 인증과 소프트웨어 품질 인증(GS) 요구됨
- TROSAR 호환형 제어장치 HW플랫폼과 표준인터페이스 모듈, 네트워크 모듈은 온도시험, 진동시험, 전자파시험 등의 환경시험과 IEC 62278이나 IEC 61508에 의한 안전성 인증이 필요하며, 본 과제에 의하여 구축되는 TROSAR 호환성 인증이 필요함
- TROSAR 개발 플랫폼에 의하여 개발되는 철도용 전기장치의 제어용 소프트웨어는 해당되는 기능/성능시험과 IEC 62278이나 IEC 61508에 의한 안전성 인증이 필요
- TROSAR를 기반으로 제작되는 추진장치(3VF), 제동장치(BOU), 보조전원장치(SIV), 출입문장치(DCU), 방송표시기제어장치(AVC), 종합감시제어장치(TCMS)를 포함되는 제어시스템으로서 다음의 사항 요구됨
  - 국제 안전규격인 IEC 62278, IEC 62279, IEC 62425, IEC 61508에 의한 안전성 인증(Specific Application Certificate)

순번	인증 내용	인증 기관	기준	비고
1	성능인증(NEP, NET, EPC, K마크 등)	· 산업부 · 국토부 · 중기부 등	· 국내외 규격 및 성능 관련 자체 규격	임의인증 (개발제품에 대한 신기술, 신제품, 성능인증 등)
2	소프트웨어 (GS)인증	· 과학기술통신부	· 국내외 규격 및 성능 관련 자체 규격	임의인증 (소프트웨어 품질 인증)
3	SIL 인증	· 제3자 독립안전성 평가, 인증기관	· IEC 62278 · IEC 62279 · IEC 62425	임의인증 (개발 시스템에 대한 안전무결성 인증)

다. 단계별 시장 진입 전략

- TROSAR Open Development Platform

구분	단기 전략	중장기 전략
출시 제품	TROSAR Open Development Platform + TROSAR	TROSAR Open Development Platform + TROSAR
진입 분야	철도용 소프트웨어의 통합 개발도구 시장	타 산업용 소프트웨어의 통합 개발도구 시장
타겟	국내 시장	국내 시장 + 국제 시장

- TROSAR 기반 호환형 HW플랫폼 및 호환 모듈

구분	단기 전략	중장기 전략
출시 제품	TROSAR 기반 호환형 플랫폼 및 호환 모듈	TROSAR 기반 호환형 플랫폼 및 호환 모듈
진입 분야	철도용 제어장치 시장 철도용 유지보수 시장	철도용 제어장치 시장 철도용 유지보수 시장
타겟	국내 시장	중국 및 동남아 시장

- TROSAR 기반 철도용 제어장치(종합제어장치 등)

구분	단기 전략	중장기 전략
출시 제품	종합제어장치	종합제어장치 및 각종 철도용 전기장치의 제어기
진입 분야	신규 철도차량 및 시스템 업그레이드 철도차량	신규 철도차량 및 시스템 업그레이드 철도차량
타겟	국내 시장	중국 및 동남아 시장

라. 지적 재산권 확보전략

핵심기술별 특성을 바탕으로 지적 재산권 확보 전략을 수립

- TROSAR Open Development Plastform 및 TROSAR
  - TROSAR 호환성을 지원하는 소프트웨어 API 모듈
  - TROSAR 기반 호환형 제어장치용 HW 플랫폼 및 인터페이스 모듈, 네트워크 모듈
  - TROSAR 기반 하드웨어 호환성 기술
  - TROSAR 기반 동적네트워크 기술
  - TROSAR 기반 호환형 HW플랫폼
  - TROSAR 기반 각종 전기장치용 제어장치 기술

1) 지식재산권 신청기술의 정의

순번	기술의 명칭	확보가능 특허	건수	등록시점
1	TROSAR Open Development Plastform 및 TROSAR	– 철도차량 제어기 BSW (Basic SoftWare)와 RTE(Run time environment)를 포함한 TROSAR 플랫폼 개발 기술 – 제어기 하드웨어에 무관하게 호환될 수 있는 미들웨어 기술	2	2022년
2	TROSAR 기반 호환형 제어장치용 HW 플랫폼 및 인터페이스 모듈, 네트워크 모듈발	– TROSAR 기반 하드웨어 호환성 기술 – TROSAR 기반 동적네트워크 기술 – TROSAR 기반 호환형 HW플랫폼 기술	3	2024년
3	TROSAR 기반 각종 전기장치용 제어장치 기술 개발	– TROSAR 기반 종합제어장치 설계 기술 – TROSAR 기반 그 외 철도차량 제어장치 설계 및 제작기술	2	2024년
합계		–	**7**	–

2) 선행기술조사를 통한 차별성 검토

- 통합제어시스템 관련 특허동향 조사 결과를 토대로 등록특허 기준, 존속기간 유예 등을 고려, 해당 과제와 유사한 특허 4개를 도출하여 비교 분석 수행

선행특허 기술명		주요기술과의 차별성			본 기술과의 차별성
		1	2	3	
P-1	철도차량 서비스기기의 통합제어시스템과 그 철도차량(Integrated control system of railway vehicle service equipment and the rail car)	●	○	○	철도차량 서비스기기의 통합제어시스템 기술로 철도 전장품 통합제어 기술과는 차별
P-2	통합형 전자폐색제어장치(Converged Electronic Block Control System)	●	○	○	통합형 전자폐색제어장치 및 중앙집중식 제어방법 등 열차 운행 안정성 확보기술로 철도 전장품 상호호환성 확보를 위한 아키텍처 설계 기술과는 차별성 존재
P-3	무정전 전원공급장치의 통합 제어시스템 및 그 방법(Integrated Control System of Uninterruptible Power Supply and Method thereof)	○	○	○	복수의 프로토콜 사용시에도 무정전 전원공급장치 내에서 통합제어가 가능한 기술로 철도 전장품 상호호환성 확보를 위한 아키텍처 설계 기술과는 차별성 존재
P-4	마이크로웨이브 통신을 이용한 열차 통합 운영 시스템 및그 운영 방법(Unified operation system using microwave communication for a train and the operation method thereof)	○	○	○	마이크로웨이브 통신을 이용한 역사, 종합사령실 및 통신분소 간 네트워크 통합 감시 및 관리 기술로 철도 전장품 상호호환성 확보를 위한 아키텍처 설계 기술과는 차별

※ ○: 관련성 낮음, ◐: 일부 유사, ●: 차별성 높음

3) 보유 지적재산의 보강 전략

- 기존 통합제어시스템 관련 특허는 무선통신 기술을 활용한 철도차량 서비스 기기 간 연계 및 열차 운행안정성 확보를 위한 통합제어 등에만 집중되어 있는 반면,
- 철도차량 전장품 상호 호환성 확보를 위한 통합관리시스템 등 특허 기술에 대한 권리는 부재한 실정으로 통합제어 플랫폼 및 아키텍처 설계 등에 대한 지적재산권 확보 필요

보 강 전 략	
문 제 점	해 결 방 안
· 무선통신 기술을 기반으로 철도차량 서비스 기기 및 운행 안정성 향상을 위한 통합제어 기술 일부 상존	· 무선통신 기술 활용 이외에도 철도차량 전장품 상호호환성 확보를 위한 아키텍처 및 플랫폼 개발 기술로 신기술에 대한 권리 확보 가능
회 피 전 략	
문 제 점	해 결 방 안
· 무선통신 기술을 활용한 서비스 기기 제어, 무정전 전원공급장치의 통합제어 등 관련 기술 일부 존재	· 철도 전장품 상호호환성 확보를 위한 아키텍처 구조 기술 개발로 통합제어 플랫폼을 개발함으로써 상호 기기간 상태정보 공유 및 제어기술 권리 확보 가능

4) 신청기술의 방어전략

- 신청기술의 사업화와 관련하여, 분쟁 가능성이 높은 특허에 대해서는 방어전략이 필요하며, 타사의 특허를 침해할 가능성이 있는 경우에는 사전에 타사 특허에 대한 대응방안을 마련

선행특허기술명	방어전략
–	· 철도차량 제어기 BSW 개발로 미들웨어 및 하드웨어 간 상호호환이 가능한 차세대 통합 플랫폼 개발기술로 독자적인 권리 확보

6.6 투자계획

가. 투자 규모

- 총 380.01억 원/5년 중 정부출연금 284.90억 원(75%) 대비 민간부담금 95.11억 원(25%)으로 구성된 정부주도 사업추진

<표 VII-197> 총 투자계획_통합제어플랫폼

(단위 : 억 원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	총계
정 부	-	29.37	74.70	80.70	57.80	42.33	284.90
민 간	-	9.80	24.90	26.96	19.32	14.13	95.11
합 계	-	39.17	99.60	107.66	77.12	56.46	380.01

나. 소요 재원

- 통합제어시스템 개발을 위한 연구개발 소요재원은 전체 소요재원 중 연구개발비가 74.8%로 1284.10억 원을 소요

<표 VII-198> 연구활동별 집행기준_통합제어플랫폼

(단위: 억 원)

구분		총사업비				비율
대항목	소항목	국고	지방비	민간	합계	
1. 연구개발		266.12	-	89.81	355.93	93.7%
2. 연구시설 및 장비	시설	-	-	-	-	-
	장비	18.78	-	5.30	24.08	0.63%
3. 기타(Feedback R&D 포함)		-	-	-	-	-
합계		**284.9**	**-**	**95.11**	**380.01**	**100.0%**

다. 소요 예산 산출근거

핵심기술별 연구개발비

- 구성기술별 연구개발비 내역은 다음과 같음

<표 VII-199> 핵심기술별 연구개발비_통합제어플랫폼

(단위 : 억 원)

과제명	구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	총계
개방형 네트워크 프로토콜 기반 통합제어 플랫폼	철도차량 및 제작사간 상호호환성 확보를 위한 TROSAR 개방형 개발 플랫폼 개발	정 부	-	16.28	27.88	23.30	12.40	8.70	88.56
		민 간	-	5.40	9.29	7.78	4.17	2.90	29.54
		소 계	-	21.68	37.17	31.08	16.57	11.60	118.10
	기능안전이 확보된 호환형 제어장치용 HW플랫폼/표준인터페이스모듈 개발 및 호환성 검증 체계 개발	정 부	-	13.09	37.53	44.30	29.05	23.68	147.65
		민 간	-	4.40	12.51	14.80	9.70	7.90	49.31
		소 계	-	17.49	50.04	59.10	38.75	31.58	196.96
	철도용 호환형 전장제어장치의 SW/HW 시제품 개발 및 호환성 검증	정 부	-	-	9.29	13.10	16.35	9.95	48.69
		민 간	-	-	3.10	4.38	5.45	3.33	16.26
		소 계	-	-	12.39	17.48	21.80	13.28	64.95
합 계			**-**	**39.17**	**99.60**	**107.66**	**77.12**	**56.46**	**380.01**

연구시설 및 장비 소요예산 산출 근거

● 구축·활용 계획인 연구시설 및 장비는 다음과 같음

<표 VII-200> 연구시설장비 필요성 및 사양_통합제어플랫폼

장비명	구축필요성			시험규격	사양
	내용	시험적용 대상			
		개발부품	부품상세		
TROSAR HW 검증 시스템	TROSAR기반으로 제작된 제어장치의 기능/성능/ 호환성을 검증하기 위한 시뮬레이터	통합제어 플랫폼	TROSAR기반으로 제작된 제어장치	-	개발되는 TROSAR 호환을 위해 다음과 같은 사양 필요 - 입출력 연결을 각 시스템에 따라 가변적으로 편집이 가능 - 아날로그 입.출력 신호의 생성 및 프로그램으로 가변이 가능하도록 설계 - 통신 연결방식 : 실드 트위스트케이블 및 광통신 연결 : 2중계 구성 가능 - 아날로그 입력 : 아날로그 입력정밀도 측정 : 아날로그 입력 범위 설정 : 아날로그 최소/최대치의 직선성 검증 : 검증 시스템에 부합하는 신호레벨 편집 가능 - 신뢰성을 검증하기 위한 에러율 시험(통신 에이징 시험) 가능 : 통신 프레임 에러검출 알고리즘 확인시험(CRC 에러)
IEC 61375 합치성 검증 시험기	TROSAR기반으로 \제작된 통신모듈의 기능/성능/ 호환성을 검증하기 위한 시뮬레이터		TROSAR기반으로 제작된 통신모듈	IEC 61375 기반	IEC 61375 기반의 규격을 만족하는 사양 필요 - 통신수용 방식 : TCN통신 기반의 표준사양 적용 : 각 노드별 임피던스 측정 : 통신 속도 검증 : RS-485통신 방식 지원 : MVB통신 지원(ESD,EMD) - 통신 연결방식 : 실드 트위스트케이블 및 광통신 연결 : 2중계 구성 가능 - 통신 데이터 프레임 편집 및 모니터링 : 시스템별 최대 프레임(4096KB)을 설정 가능 - 신뢰성을 검증하기 위한 에러율 시험(통신 에이징 시험) 가능 : 통신 프레임 에러검출 알고리즘 확인시험(CRC 에러)

요구사항 관리용 소프트웨어	연구프로젝의 요구사항과 성과를 관리하기 위한 소프트웨어		TROSAR 개발 프로젝트	–	Doors 등 이상 사양 필요 – 요구사항 관리의 편의성 제공 – 요구사항 무결성 및 추적성 확보 가능 – 요구사항 변경이력 관리 가능 – 다양한 포맷의 출력 지원 – 다양한 형태의 데이터 입출력 지원
소프트웨어 개발을 위한 장비 – 모델 기반 SW 설계 및 개발도구 – SW Unit/ Integration Testing 자동화 도구 – JTAG Debugger – 소프트웨어 개발용 장치 (HW)	TROSAR 및 플랫폼과 모듈형 SW 도구 개발을 위한 소프트웨어 & 시험용 소프트웨어 & 디버깅 도구 & 개발용 HW ※소프트웨어 개발을 위한 도구로서 개발자에게 사용 권한이 필요한 것으로 공동사용이 불가능		TROSAR / 플랫폼 / 모듈형SW 도구 / TCMS SW	–	RHAPSODY DEVELOPER FOR C, C++, JAVA – ML/SysML/AUTOSAR 모델링 – Full Application Code 생성 – 모델 시뮬레이션 – AUTHORIZED 라이센스 VectorCAST/Cover – 요구사항 기반 코드실행률 분석 자동화 솔루션 – 국제표준기반 코드실행률 측정 지원 (Statement, Branch, MC/DC, Func– tion, Call) – Visual Studio 2015이하, MinGW–GCC 6.2이하버전 x86기반 시험 환경 지원 – C & C++ 언어 지원 – 웹기반 프로젝트/파일/함수별 코드 커버리지 View 기능 제공 – 코드실행률 Deviation을 위한 기능 제공(CBA기능) – Fault Injection Test를 위한 소스코드내 User Code 삽입 후 테스트 기능 제공 – 임베디드 타겟 기반 시험 엔지니어링 지원, Trace32 연동을 통한 타겟시험 지원 TRACE32 서버 등 컴퓨터 – Windows 10 pro 64 이상급 – SDRAM : 32GB이상 – 쿼드코어, 3.7GHz 이상의 CPU프로세서
현자 시험용 데이터 수집 장비	종합제어장치의 데이터를 수집하고 기록하는 장비		TROSAR 기반 TCMS	TROSAR 규격	TROSAR 규격 – 50 채널 이상 10량 편성의 정보를 기록 가능 – TCMS 정보를 통신을 통하여 수집 가능 – 실시간 성능이 보장될 것 – 개발된 TCMS의 시스템 속도 보다 10배 이상의 기록 가능

<표 VII-201> 연구시설장비 구축·활용 계획_통합제어플랫폼

장비명	구축계획	활용계획	수요 기업명	단가 (억원)
TROSAR HW 검증 시스템	신규 구축 (구매)	기업에서 개발하는 철도차량용 제어기 및 통신모듈에 대한 호환성 검증 및 시험	연구수행 기관	13
IEC 61375 합치성 검증시험기				6.06
요구사항 관리용 소프트웨어		연구 프로젝트의 관리에 활용		0.62
소프트웨어 개발을 위한 장비		TROSAR / 플랫폼 / 모듈형SW도구 / TCMS SW 등의 소프트웨어 개발에 활용		3.4
현자 시험용 데이터 수집 장비		시험 검·인증 등 장비로 활용		1.0

<표 VII-202> 연구시설장비 소요예산

주요 시설 및 장비명	2020	2021	2022	2023	2024	2025	소요 예산
TROSAR HW 검증 시스템	-	1.0	5.0	5.0	2.0	-	13
IEC 61375 합치성 검증시험기	-	1.06	2.0	2.0	1.0	-	6.06
요구사항 관리용 소프트웨어	-	0.62	-	-	-	-	0.62
소프트웨어 개발을 위한 장비	-	3.4	-	-	-	-	3.4
현자 시험용 데이터 수집 장비	-	-	-	1.0	-	-	1
합계	**-**	**6.08**	**7**	**8**	**3**	**-**	**24.08**

라. 소요인력

- 1차년도에는 조사 및 분석, 기본설계, 2차년도에는 상세설계 및 시작품 제작, 3차년도에는 시제품 제작 및 성능시험, 4차년도와 5차년도에는 성능검증 및 실제 차량에 장착하여 신뢰성을 시험하고 수정 보완하는 일정으로 추진

- 개발은 크게 철도차량 및 제작사간 상호호환성 확보를 위한 TROSAR 개방형 개발 플랫폼 개발, 국제 안전규격에 의하여 기능안전이 확보된 호환형 제어장치 HW플랫폼/표준 인터페이스모듈 개발 및 실차 검증을 위한 시제품 개발 3분야로 추진되며

2차년도와 3차년도에 주요 핵심 기술이 개발되고 4차년도 5차년도에 검증 및 현차시험이 진행되므로 인력을 많이 투입

<표 VII-203> 소요 인력 및 참여율_통합제어플랫폼

(단위: M/Y, %)

과제	핵심구성기술	직급	2020		2021		2022		2023		2024		2025		합계 (명)
			투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	
2-6	철도차량 및 제작사간 상호 호환성 확보를 위한 TROSAR 개방형 개발 플랫폼 개발	책임연구원	-	-	5	50%	10	50%	10	50%	5	50%	3	50%	33
		선임연구원	-	-	8	60%	14	60%	10	60%	6	60%	5	60%	43
		연구원	-	-	7	80%	10	79%	8	82%	4	80%	3	67%	32
		소계	-	-	20	-	34	-	28	-	15	-	11	-	108
	기능안전이 확보된 호환형 제어장치용 HW플랫폼/표준인터페이스모듈 개발 및 호환성 검증 체계 개발	책임연구원	-	-	5	50%	15	60%	16	60%	10	60%	8	60%	54
		선임연구원	-	-	8	60%	20	65%	26	68%	20	60%	15	60%	89
		연구원	-	-	4	54%	16	23%	15	19%	10	18%	15	19%	60
		소계	-	-	17	-	51	-	57	-	40	-	38	-	203
	철도용 호환형 전장제어장치의 SW/HW 시제품 개발 및 호환성 검증	책임연구원	-	-	-	-	5	50%	5	50%	5	50%	3	50%	18
		선임연구원	-	-	-	-	6	40%	8	60%	8	60%	5	60%	27
		연구원	-	-	-	-	4	40%	4	54%	8	71%	5	68%	21
		소계	-	-	-	-	15	-	17	-	21	-	13	-	66
연도별 합계			**-**	**-**	**37**	**-**	**100**	**-**	**102**	**-**	**76**	**-**	**62**	**-**	**377**

6.7 파급 효과

(시장경제적) 신기술 확보에 따른 국내외 신규시장 창출

- 국내 신규 철도차량 시장의 제어장치 시장 진출

  - 2025년 이후 : 470량×15억원×0.3×0.3 ≒약 630억/년

  - 2030년 이후 : 470량×15억원×0.3×0.7 ≒약 1,480억/년

  ※ 신규차량 수요(470량/년), 차량가격(15억/량, 국토교통부 연도별 철도차량 발주계획)

  ※ 제어장치 비용 점유율(30%), 2025년의 제어장치 대체 비율(30%), 2030년 이후 제어장치 대체 비율(70%)

- 국내 기존 철도차량의 유지보수품 대체 비용

  - 5,100량×15억원×0.3×0.6×0.2/25년 ≒ 약 110억/년

  ※ 차량 가격(15억/량), 차량 내구연한(25년), 제어장치 비용 점유율(30%), 차량 가격 대비 적정 유지보수 비용의 비율(60% 이하), TROSAR 대체 비율(10%), 기존 철도차량 수량 (5100량, 2015년 이후)

<표 VII-204> 철도통계연보-차량-연도별차량보유변천현황

(단위: 량)

차량 종류	고속철도차량	객차	전기기관차	전기동차	ITX청춘
2015	1380	969	200	2474	64
2014	1160	992	200	2458	64
2013	1160	1057	209	2449	64
2012	1160	1057	204	2381	64
2011	1110	1080	177	2344	16
2010	1110	1127	179	2287	0

- 국내 철도차량 제어장치 제작 비용의 기존 제품 대비 절감 15%

  - 470량×15억원×0.3×0.3×0.15 ≒ 약 95억/년

  ※ 신규 차량수요(470량/년), 차량 가격(15억/량), 제어장치 비용 점유율(30%), 제어장치 대체 비율(30%)

- TROSAR 기술에 의한 생산성 향상 : 재사용성 향상, 유연성 향상, 안전성 인증비용 절감, 국내 부품 수급 등 : 15%

- 신규 차량 수요 : 470량 / 년 (2020년 이후 5년간 평균)

● 안정적인 제어장치 공급과 교체 호환성 확보로 추가 유지보수비용 절감

- 제어장치 관련 유지보수품의 신규 개발 비용 절감

- 기존에 개발된 소프트웨어의 재활용으로 신규 개발비용 절감

- 대량생산되는 유지보수품의 제품 단가 하락으로 비용 절감

● 국내 철도차량 제어장치의 해외 수출(중국 등 동남아)

- 중국의 철도차량 제작 시장에 제어장치 및 관련 시스템 수출

- 동남아 철도차량 시장에 제어장치 및 관련 시스템 수출

- 11,953억원×0.3×0.3 ≒ 약 1,080억/년

※ 연간 수출비용(11,953억원/년), 제어장치 비용 점유율(30%), 제어장치 대체 비율(30%)

● 안전인증비용 절감

- 품질안전이 검증된 표준플랫폼의 실용화를 통해 현재 제작사별 개발과 독립안전성평가에 소요되는 비용 및 구성품 단위 안전인증을 취득비용 절감 예상

※ 아래 그림은 국내 전자연동장치 국산화 과정에서 국제표준의 안전검증을 만족하기 위해 기업별도 지출되는 비용과 표준플랫폼의 일반제품(Generic Product) 인증을 취득한 후의 경제적 효과(2011년의 산업환경을 반영하여 추정한 모델)

※ 제어기 제작사별로 약 37억원의 안전인증비용 절감예상



<그림 VII-283> 사업전후 제어기 비용 구조(예시)

(과학기술적) 상호호환성 및 안전인증 제어기 기술 확보

- 소프트웨어 및 산업용 제어기 하드웨어 분야에 개방형 개발환경 기술의 신규 진입
- 고부가가치 소프트웨어, Smart Factory 기초 기술 확보
- 전 세계적 열차운영효율화를 위한 Open Train 시장 대응
  - 제어기플랫폼 활용을 통해 차량제어기 제작사별 상호호환성 확보 및 신규/기존 차량 제어기 호환성 확보
- 안전성이 인증된 산업용 소프트웨어 개발 플랫폼과 개발환경 구축
- 특정 제작사의 기술 종속을 벗어나 철도차량제어기 분야 기술 경쟁력 확보 기대

(사회문화적) 신규 시장 진출로 양질의 일자리 창출

- 고안전 제어기의 국산화를 통해 관련 산업 및 시장 개척으로 일자리 창출
  - 고신뢰/고안전이 요구되는 전문 소프트웨어 개발 일자리 창출
  - 고안전 제어기기 확산으로 철도관련 대형사고 예방 가능
- 철도산업 외의 안전관련 분야(발전소 등)에 활용 가능
  - 스마트자동차, 첨단 의료기기, 우주/항공/조선, 원자력/발전소/플랜트 분야의 고안전/고신뢰 제어장치에 적용 가능
  - 스마트팩토리의 핵심 기술로 확대 가능

6.8 유사·중복성 검토 및 연계추진 방안

가. 유사과제 현황

No.	과제기간	부처명	사업명	내역사업명	과제명
1	2010~2013	국토교통부	미래도시철도 기술개발사업	도시철도용 무선통신 기반 열차제어시스템 표준체계구축 및 성능평가	열차제어시스템 성능평가
2	2016~2017	국토교통부	국토교통 연구기획	-	무궤도회로 방식의 고속철도용 열차제어시스템 개발 기획
3	2016~2018	과학기술 정보통신부	한국철도기술 연구원 연구운영비지원	교통복지 실현을 위한 지능형 광역도시철도 시스템 개발	KRTCS를 활용한 간선철도용 열차제어시스템기술 개발

나. 차별성 및 연계 추진방안

- 기존 연구는 IEC 61375기반의 네트워크 기술 및 기존 제어기를 해당 네트워크에 연동할 수 있는 제어기 기술 개발에만 한정
  - 본 연구개발 과제는 철도차량 전장품간의 상호호환성을 위한 제어기(하드웨어, 소프트웨어) 플랫폼 및 개방형 프로토콜 개발로 기존 연구와의 차별성 존재

<표 VII-205> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(통합제어플랫폼)_1/3

본 사업 과제명	개방형 네트워크 프로토콜 기반 통합제어플랫폼		
기존 유사과제명	열차제어시스템 성능평가('10~'13)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 열차제어시스템 성능평가 인프라(지상, 차상)구축 및 시험평가	■ 철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 개발 플랫폼 개발	■ 기존 연구개발은 네트워크 연동 제어기술 개발에만 국한되어 본 과제인 개방형 프로토콜 제어 플랫폼 기술 개발과는 차별
과제규모	■ 78억원	■ 380.01억원	-
TRL단계	■ 5~6단계(성능평가)	■ 5~6단계(시제품 제작 및 성능평가)	-
과제목표	■ 무선 기반 열차제어시스템의 성능평가 인프라 구축으로 국내 상용화 기반 및 철도시스템 개발자재 시험평가 기반 마련	■ 전장 제어장치 간 외부 인터페이스 국내 표준화	■ 전장 제어장치간 인터페이스 국내 표준화 ■ 국제 규격기반 개방형 철도차량 네트워크 설계
기존 기술과의 연계방안	■ 전장 제어장치 간 외부 인터페이스 표준화를 위한 네트워크 제어기술 적용성 검토		

〈표 Ⅶ-206〉 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(통합제어플랫폼)_2/3

본 사업 과제명	개방형 네트워크 프로토콜 기반 통합제어플랫폼		
기존 유사과제명	KRTCS를 활용한 간선철도용 열차제어시스템기술 개발('16~'18)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 열차운전업무 자동화 및 통합기술 기본설계	■ 철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 개발 플랫폼 개발	■ 기존 연구개발은 네트워크 연동 제어기술 개발에만 국한되어 본 과제인 개방형 프로토콜 제어 플랫폼 기술 개발과는 차별
과제규모	■ 78억원	■ 380.01억원	-
TRL단계	■ 5~6단계(성능평가)	■ 5~6단계(시제품 제작 및 성능평가)	-
과제목표	■ 열차운전업무 자동화를 위한 열차제어 시스템 기술 개발	■ 전장 제어장치 간 외부 인터페이스 국내 표준화	■ 전장 제어장치간 인터페이스 국내 표준화 ■ 국제 규격기반 개방형 철도차량 네트워크 설계
기존 기술과의 연계방안	■ 전장 제어장치 간 외부 인터페이스 표준화를 위한 네트워크 제어기술 적용성 검토		

〈표 Ⅶ-207〉 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(통합제어플랫폼)_3/3

본 사업 과제명	개방형 네트워크 프로토콜 기반 통합제어플랫폼		
기존 유사과제명	무궤도회로 방식의 고속철도용 열차제어시스템 개발 기획('16~'17)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 공간통합형 열차제어 핵심기술 도출 및 기획	■ 철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 개발 플랫폼 개발	■ 기존 연구개발은 네트워크 연동 제어기술 개발에만 국한되어 본 과제인 개방형 프로토콜 제어 플랫폼 기술 개발과는 차별
과제규모	■ 0.6억원	■ 380.01억원	-
TRL단계	■ 1~4단계(기초연구 및 실험)	■ 5~6단계(시제품 제작 및 성능평가)	-
과제목표	■ 국내 철도운영기관들이 공동으로 활용 가능한 고속선 및 일반선용 열차제어 시스템 개발	■ 전장 제어장치 간 외부 인터페이스 국내 표준화	■ 전장 제어장치간 인터페이스 국내 표준화 ■ 국제 규격기반 개방형 철도차량 네트워크 설계
기존 기술과의 연계방안	■ 전장 제어장치 간 외부 인터페이스 표준화를 위한 네트워크 제어기술 적용성 검토		

다. 선행사업 핵심기술과의 연계성 검토

- 해당 부품은 미래선도형 기술개발 분야로 기존 사업과의 연계 대상 고려 기술은 미존재

7. 자동 연결·분리 시스템(물류차 입환 자동화 기술 개발)

7.1 연구개발 배경 및 필요성

가. 기술의 정의

무선원격 자동입환 시스템 정의

- 부품의 기능 및 정의

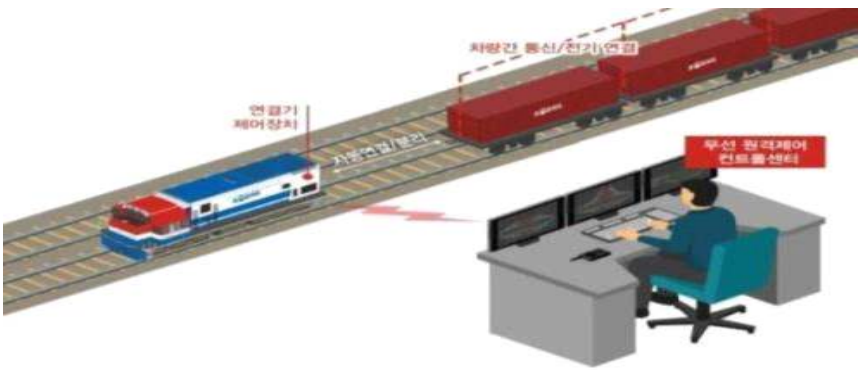
  - (무선원격 자동입환 시스템) 입환 취급자가 로컬 관제원과 신호를 교신하며 운전실 밖에서 원격제어로 기관차를 제어하며 입환작업을 수행함으로서 입환시 차량 및 인력의 안전사고를 예방하고 작업효율을 향상

  - (원격 입환시스템) 철도차량 연결장치가 장착된 화차와 객차에 부가적으로 열차 자동연결·분리 시스템을 장착하고, 입환 취급자가 기관차를 원격조종하여 열차의 자동연결·분리를 수행

  - (전자동 입환시스템) 구내배선, 차량유치상태 등을 전체 전망 가능한 관제소에 설치 차량배치, 입환협의 등 운전 및 수송업무 종합기능을 수행하며, 모니터에서 무선원격 입환을 직접제어하고 입환상황을 감시 및 확인



<그림 VII-284> 무선입환 시스템 구성도



<그림 VII-285> 전자동 입환시스템(2단계) 기본 개념도

- 핵심기술에 대한 정의

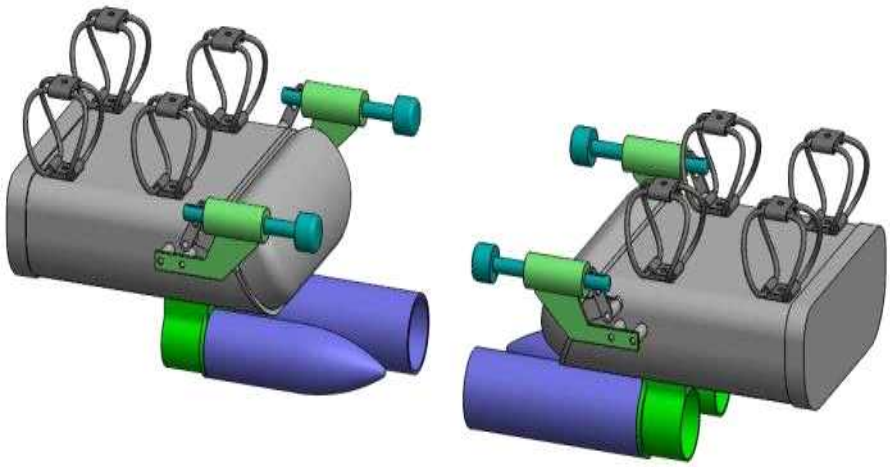
  - 원격제어 입환 취급자가 로컬 관제원과 신호를 교신하며 운전실 밖에서 기관차를 제어하며 입환작업을 수행하며, 원격제어 입환시스템을 컨트롤센터에서 로컬관제원이 조작 제어함

  - 원격입환 시스템을 구축하기 위하여 전기/공압 연결기(이하"전공연결기")와 기관차의 원격제어기 개발이 핵심이며, 입환 자동화로 작업자의 안전환경을 개선하고, 입환 생산성을 높여서 대륙 철도에 필수적인 장대열차 시스템의 효율적 운영 가능

- 용어 정의

  - (자동해방장치) 연결된 연결기를 자동으로 해방시키는 장치(전기/공압 작동기 이용)

  - (전공연결장치) 각 화차에 통신 및 공기제동을 위한 전기, 공기 공급과 자동해방장치에 공기를 공급하기 위한 장치



<그림 VII-286> 전공연결장치 개념도

  - 원격제어시스템 : 기관차(모장치)에서 각 화차(단말장치) 연결·분리를 원격으로 제어하기 위한 시스템

나. 연구개발 배경

현황 및 문제점

- 최근 5년간 입환작업 중 직원사망사고가 지속적으로 발생('14년 오봉역,'17년 광운대역) 하고 있어, 입환작업 안전에 대한 근본적인 대책 마련 필요
  - 정부의 산업안전 패러다임의 변화 기조와 사물인터넷(IoT) 기반의 철도경영, 안전, 신호, 차량 시스템 도입 등 첨단기술 적용이 가속화되고 있음에도 철도차량의 입환 시스템은 전 근대적 방식에서 탈피하지 못하고 있음
  - 항상 사고의 위험이 존재하고 있는 현재 입환 작업의 무인화 및 소요기간 단축을 위한 기술 개발 시급
- 기존 수동으로 차량 입환 작업시 차량 사이로 작업자가 차량 사이에서 작업하는 과정이 필요하여 다음과 같은 위험 요인 발생하여 작업자의 안전을 확보하는 방향으로 개선 필요
  - 차량연결을 위하여 접근하는 차량과 충돌하여 사고 발생
  - 차량의 이동시 차량 사이에 협착이 되는 사고 발생
  - 가압된 공기관의 요동으로 사고 발생
  - 앵글 콕크 개폐 시 불안전한 자세로 근골격계질환 발생
  - 연결기 위로 이동시 실족하여 추락 및 충돌 사고 발생

※ 출처 : "철도작업 요소별 안전관리모델 개발" 최종보고서, 산업안전보건연구원, 2004

- 원격 입환시스템은 사고 위험도가 낮고 작업효율이 높아 생산성이 증대되고 차량의 위치를 식별하여 물류의 자동화 및 사물인터넷이 가능하여 4차 산업혁명의 흐름에 맞는 입환시스템으로 발전이 필요

7.2 국내외 시장 및 연구개발 동향

가. 국외 시장 및 연구개발 동향

- 1980년대 미국에서 원격조종기관차는 자동화 시설이 없는 평면조차장에서 수송원이 혼자서 다수의 기관차를 움직여서 입환작업을 할 수 있는 기술을 개발함

- 미국 Laird사와 Hetronic사의 무선 원격조종장치(OCU, Operator Control Unit) 는 세계시장을 선점하고 있으며, 원격조종 기관차와 위험도가 높은 중장비 환경에 적용함

  - 원격자동 입환을 위한 화차용 연결기는 아직 세계적으로 개발이 된바가 없으며, 입환용 원격감시 및 원격제어를 위한 컨트롤 센터에 대한 연구개발도 전무





- 철도물류수송의 경우 2009년 세계 경제침체 영향을 받아 제품생산의 저조로 큰 타격을 받았으나, 일대일로(一帶一路) 정책에 근간한 중국 및 인도 등 아시아 국가에서 활발하게 진행된 철도 인프라 건설과 유럽철도 표준화 정책 등으로 다시 시행되는 추세임

  - 일대일로(一帶一路) 프로젝트 : 중국이 주도하는, 대규모 6대 경제회랑(經濟回廊) 중에서 동북아·극동지역의 발전전략에 해당하며, 중국·몽골·러시아 3국에 걸쳐 있는 철도물류를 네트워크화 하여 관련국가들의 경제협력(교통물류, 산업통상, 농림·수산, 에너지자원 분야)을 활발하게 추진하고 있음

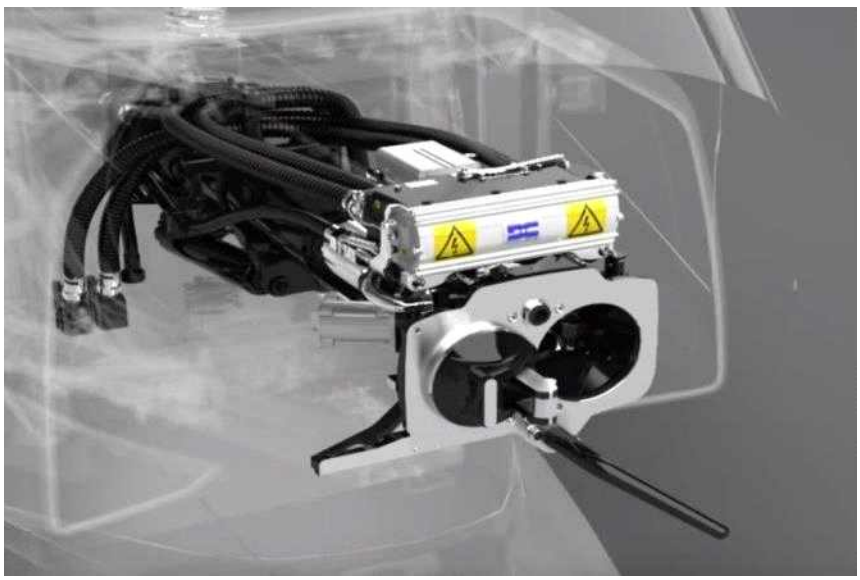
※ 6대 경제회랑: 신 유라시아 대륙교량, 중국·중아시아·서아시아, 중국·몽골·러시아, 중국·파키스탄, 방글라데시·중국·인도·미얀마, 중국·중남반도



〈그림 Ⅶ-287〉 일대일로와 동북아 물류 · 경제 통합 개념도

- 2013년 캐나다는 국철 77%의 입환용 기관차를 무인으로 운영하고 있으며, 미국 및 호주와 같은 대륙의 국가 철도 입환작업은 기관차의 무선 원격조종이 대세로 자리를 잡고 있음

- 해외에서 복합형 연결기로 제품 출시가 된 것은 다수의 전기신호와 공압신호가 연결되는 아래의 사진과 같은 방식



〈그림 Ⅶ-288〉 Dellner사의 고속철 기관차 전두부의 연결기



<그림 VII-289> Dellner사의 복합연결기 차량탑재



<그림 VII-290> WABCO사의 Model N-2 복합연결기

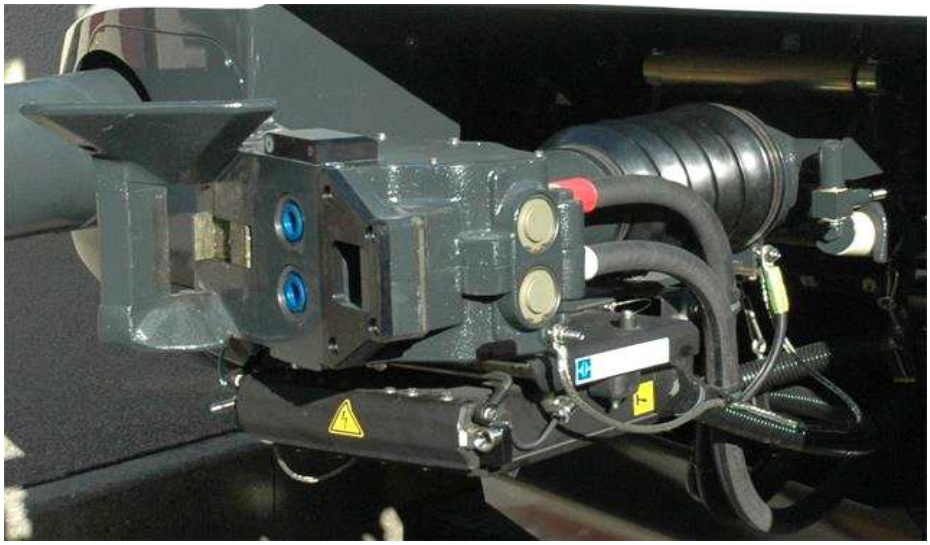


〈그림 Ⅶ-291〉 Tomlinson사의 뉴욕 지하철에 적용된 복합연결기

- 복합연결기의 형태가 콘형태로 되어있는 정합정열 홈이 있고 정합정열을 위한 키가 핀의 형태와 피라미드의 형태 등으로 다양함



〈그림 Ⅶ-292〉 Schadtenberg사의 ICE에 적용된 복합연결기



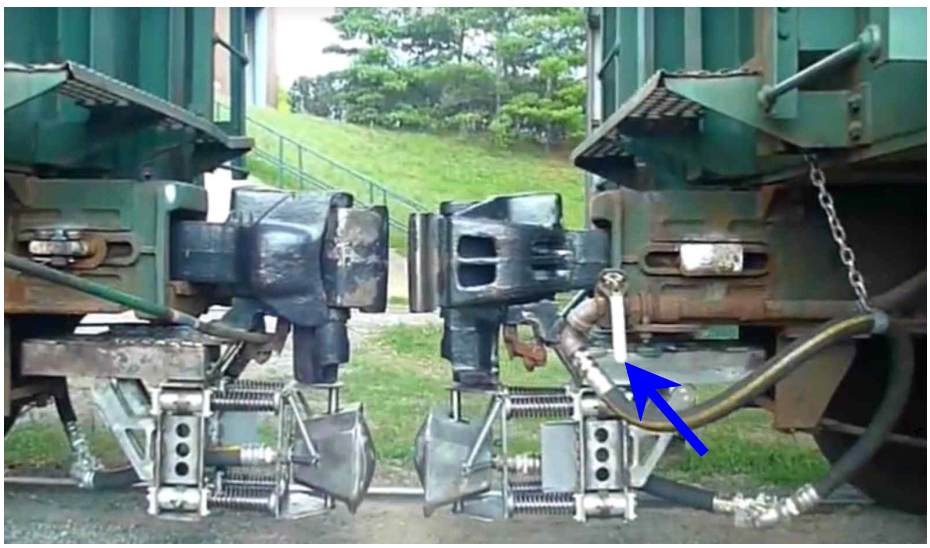
〈그림 VII-293〉 Schwab 형식의 복합연결기

- Schwab 형식의 특이한 형태의 복합연결기도 있지만 기본적인 방식은 전공연결기가 정합정열이 전제가 됨

- 전기신호가 있는 커넥터는 대부분 오염방지를 위한 캡이 있으며, 기구적인 접촉에 의하여 캡이 개방되고 전기적인 접촉이 진행

● 해외에서도 화차에 대한 자동연결기는 시제품 수준으로 알려져 있으며 공압에 대해서 기구적인 시스템으로 Browning Innovation Inc.사에서 화차연결기를 제작하여 시제품이 나와 있음

- 화차 공압연결기는 상대운동에 의한 큰 변위가 발생하여도 수용이 되는 구조로 개발되었으며, 화차가 빠른 속도로 접근하여도 충격흡수가 가능한 구조임



〈그림 VII-294〉 공압연결기 2차 시제품의 시연-연결작업 진입



<그림 VII-295> 2차 시제품의 시연-연결작업 완료

- 공압연결은 기구적인 시스템으로 화차 연결기가 결합할 때에 같이 연결이 되지만 공압레버를 수동으로 열어주어야 하는 수준으로 반자동화 수준이며 공압커넥터의 정열장치는 지름이 250mm이상으로 많은 공간을 차지

- 4차 산업혁명의 흐름에 따라서 기관차의 원격제어 시스템을 바탕으로 입환이 자동/원격 제어의 방향으로 발전중이나, 아직 선진국에서도 자동/원격 제어 입환시스템은 없음

나. 국내 시장 및 연구개발 동향

- 최근 남북 관계 개선 등으로 한반도 종단철도(TKR) 구축, 남북한 경제협력이 활발하게 추진되고 있는 중

  - 신북방정책 등 한반도 신경제지도 발전전략(H 프로젝트)에 의거, 철도·도로·가스·전력 등 SOC 인프라구축의 대규모 남북 간 활발한 경제협력이 예상되며, 중국·몽골·러시아 등 북방으로의 철도물류 연결 등이 기대되고 있어 이에 대한 대비가 필요

- 입환 자동화 시스템 개발을 통해 발생될 시장 규모는 6,000억원 (10년간)

  - 자동연결기 예상매출: 신규 20,000량 x 2 Set x 0.075억원 = 3,000억원 (연간 600억원/4천대, 국내/외 화차: 2만량/2백만량 공급예상)

  - 제어시스템(물류역) 예상매출 : 신규 12량 x 1 Set x 3.5억 = 42억원

  - 선박에 의한 해상운송 대비 철도에 의한 육상운송 시 물류비용 50% 절감으로 철도운송 대전환: 전체 수출입 물동량(부산항 2017년 2,000만 TEU) 에서 현재 8%에서 20% 철도점유율 증대예상 됨

- 현재까지 국내의 열차 분리·결합기술은 수송원의 개입으로 열차를 분리·결합하는 수준으로 열차의 분리·결합에 따른 시간 및 인력이 필요하며, 이러한 수동취급은 인적오류에 의한 열차사고의 원인이 되고 있음

  - 국내 열차의 결합분리는 크게 구원운전, 중련운전, 가변편성운행의 형태로 수행되어지며, 화물열차 견인을 위한 결합분리는 적용되어지지 않고 있음

- 구원운전의 경우 비정상상태의 차량을 차량기지까지 이동시키기 위하여 열차를 결합하고, 중련운전 또는 가변편성은 열차운행효율을 위해 객차를 수요에 맞게 증량 또는 차감하여 운행하는 형태임

  - 구원운전의 경우 피구원차의 구원차량의 구원지점까지 운행하여 열차를 결합하는 형태로 기관사의 인적오류에 의한 사고확률이 높고, 피구원 차량은 구원차량의 정확한 위치와 해당구간의 선로조건 등의 정보가 없기 때문에 결합 시 탈선, 충돌 등의 사고가 발생함

- 국내의 경우 KTX-산천, 누리로, 광명셔틀 차량이 중련편성 운행이 가능하도록 개발되었으나 초반 중련편성으로 운행 시 열차의 잦은 고장으로 인하여 해당 열차 운영이 중지된 사례가 있음

  - KTX-산천 (10량 1편성) 의 경우 2편성을 연결하여 중련편성으로 운행 되고 있으며, 일반 KTX 의 경우 20량 1편성으로 20량을 기본으로 설계된 승강장 길이로 인하여 중련편성 운행이 불가능함

  - KTX-산천은 익산역에서 전라선, 호남선열차를 분리 혹은 결합하는 형태로 운행하고 있으며, 익산역에서 결합을 위한 구내 진입 시 통신무선으로 진입을 허가받고, 특수모드로 전환하여 수신호에 의해 결합됨

- 이와 같이 국내의 열차 결합·분리 운영기술은 수신호에 의해 결합·분리되는 형태로 유지되고 있으며, 무선자동 입환시스템으로 열차가 결합·분리 되는 시스템은 국내외적으로 전무한 실정

구분		차종	특징	공기연결
자동 연결기	 AAR E Type	기관차 화차	– 차량별 견인력 전달이 용이 – 장대열차 조성에 유리 – 열차 조성시 연결기 간 유격으로 정차/출발시 열차 충격이 큼 – 자동연결 공기호스 설치 시 취부상식 및 유격 고려 필요	수동 인력
	 AAR D/FR Type	디젤동차 고속화차	– AAR식의 충격 및 유격 보완 – 너클과 헤드부에 돌기부를 서로 물리게 설계	
밀착식 연결기	 밀착식 연결기	전동차	– 연결기간 유격이 적어 여객열차에 유리 – 공기호스 연결부 연결기 포함	자동 기계
	 복합연결기	KTX-산천 ITX 누리로 분당선	– (복합연결기) 전기/공기/열차 연결을 동시에 수행	

- 입환에 적용되는 기관차 원격제어는 2016년 한국철도공사에서 시범운용 하고 있으며, 제철소에서 자체적으로 사용중임

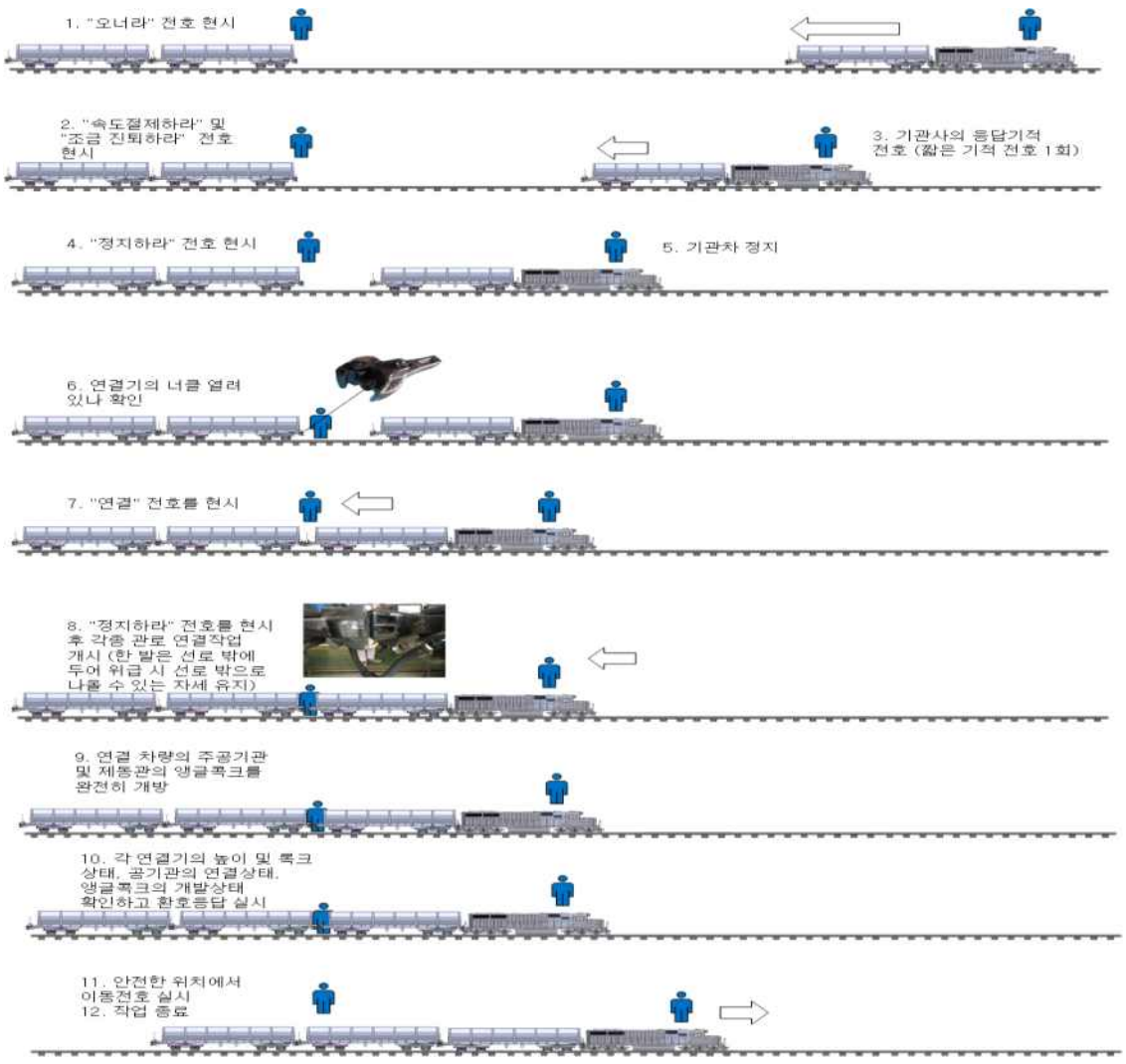
- 신호연결기는 KTX 와 지하철에 적용이 되고 있지만, 화차에 입환방식은 고전적인 인력에 의한 방식으로 적용하고 있으며, 4차 산업혁명의 추세에 맞추어서 입환과 같은 위험도가 높은 작업에 원격시스템에 대한 요구가 크게 되어 연구개발의 필요성이 증대되고 있음

- 원격조종 기관차는 수입 장비를 적용하여 시범사업 중에 있으나, 원격제어 시스템의 고도화를 추구하기 위하여 연구개발이 필요하며, 수입에 의존하는 원격조종 시스템의 국내개발이 필요함

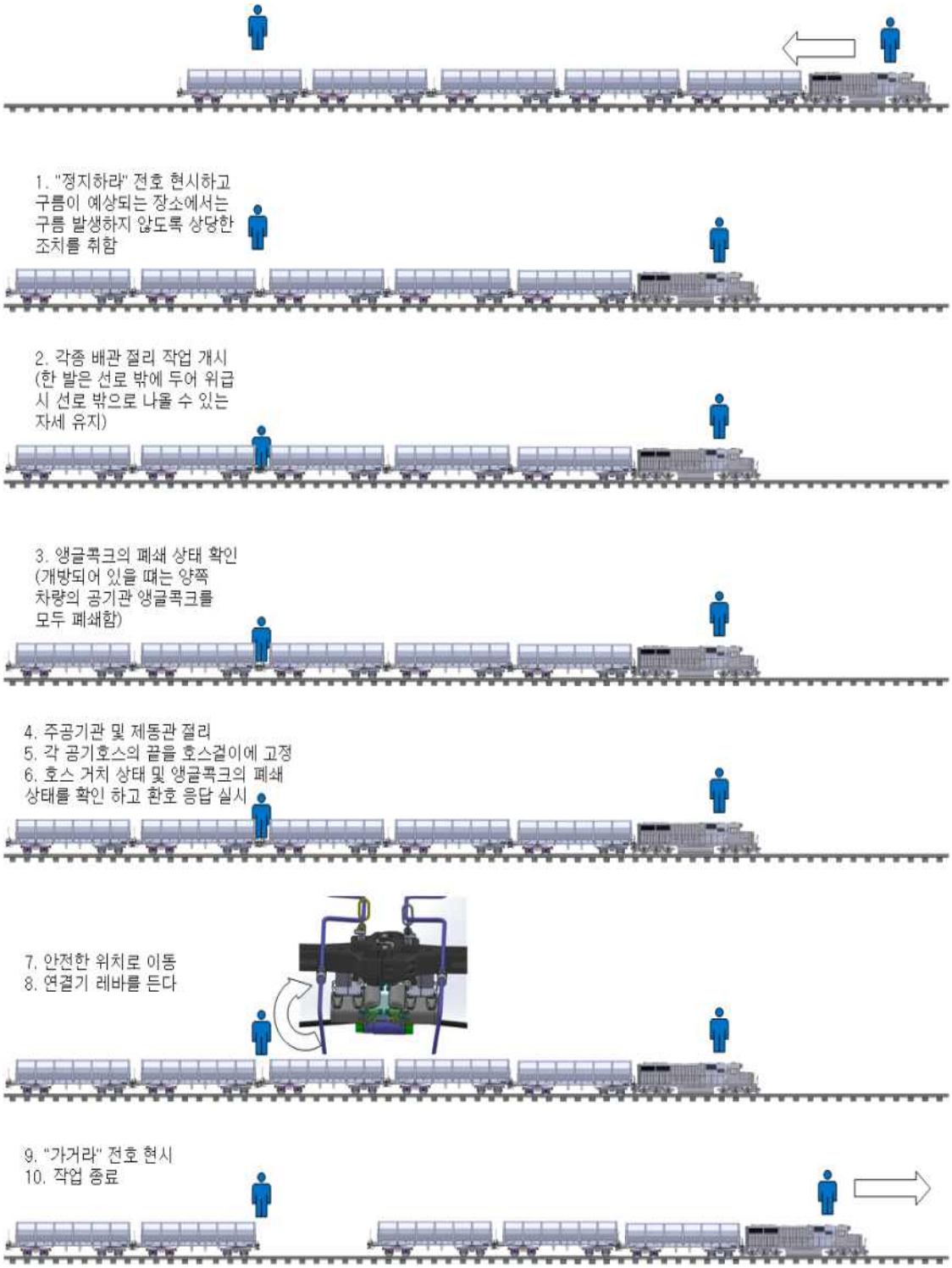
- 기존 수동으로 차량 입환 작업시 차량 사이로 작업자가 차량 사이에서 작업하는 과정이 필요하여 다음과 같은 위험 요인 발생하여 작업자의 안전을 확보하는 방향으로 개선 필요

  - 차량연결을 위하여 접근하는 차량과 충돌하여 사고 발생
  - 차량의 이동시 차량 사이에 협착이 되는 사고 발생
  - 가압된 공기관의 요동으로 사고 발생
  - 철도차량 사이에 설치된 공기호스용 앵글 콕크 개폐 시 불안전한 자세로 근골격계 질환 발생
  - 연결기 위로 이동시 실족하여 추락 및 충돌 사고 발생

*출처 : "철도작업 요소별 안전관리모델 개발" 최종보고서, 산업안전보건연구원, 2004



〈그림 VII-296〉 기존 수동 연결 작업 절차



<그림 VII-297> 기존 수동 해방 작업 절차

- 국내의 ICT 기술수준이 선진국수준에 근접하므로 최근에 발달된 무선통신기술을 접목하고 전공연결기와 같은 시스템을 연구 개발하여 고도화된 원격조종 입환시스템을 개발하면 수입대체와 수출이 가능함

시사점

- 철도관련 작업환경에서 화차의 입환작업은 위험도가 높은 편이며 아주 오랜시간 동안 인력에 의한 수동 작업으로 고착됨
- 철도 선진국에서 입환작업은 기관차의 원격조종으로 작업인원을 줄이고 작업효율을 증대시키는 수준임
- 국내에서도 이 정도 수준의 작업개선이 필요하지만 연구개발을 통하여 원격제어의 수준을 현장 및 컨트롤센터에서도 가능한 수준으로 높이면 무인화 원격자동화까지 가능하여 세계 최고 수준으로 격상이 가능함
- 남북한 종단철도(TKR) 구축 등 활발한 사회간접자본(SOC) 기반의 경제협력으로 한반도·동북아·유라시아·유럽대륙에 걸쳐 철도물류 시장이 급팽창되는 것에 대비 철도물류 시장을 선점할 필요성 대두
- 사물인터넷을 기반으로 4차 산업혁명의 물결을 선도하기 위한 방안으로 전근대적인 작업환경을 획기적으로 개선하고, 국내의 강점인 ICT 기술수준을 활용하여 작업 안정성과 효율성 확보를 위한 입환 자동화 시스템 개발이 시급함

다. 연구개발 필요성

과학기술적 중요성

- 철도차량에서 위험도가 높은 입환작업에 대한 안전성과 생산성을 획기적으로 향상시키기 위해, 사물인터넷(IoT) 등의 4차 산업혁명에 부응하는 혁신기술 접목·개발 필요
- 향후 전세계 입환시스템의 무인 자동화 추세에 따라 기술 선점으로 국내적용 후 해외 진출이 가능하므로 시급히 개발 필요

시장경제적 필요성

- 신기술 접목·개발로 국내외 신규시장 창출
  - 국내시장 예상 매출액 : 연간 300억원 (국내시장 연간점유율 10% 목표)
  - 해외시장 예상 매출액 : 연간 300억원 (해외시장 점유율 0.1% 목표)

※ 국내 : 화차 20,000량 기준, 연간 2,000량분 공급

※ 해외 : 화차 20,000량 기준, OSJD(국제철도협력기구) 28개 회원국 철도 200만대(편성차량) 의 연간 점유율 0.1%

- 정부의 4차 산업혁명 기조에 부응한 전근대적 방식의 입환 작업 탈피, 자동화를 통한 생산성 향상으로 물류수송에 소요되는 사회적 비용 절감
  - 입환 소요 시간의 단축 (현재 평균 36분 → 20분) 생산성 45% 향상
  - 20개 입환열차 입환 1회당 소요시간(평균 36분, 최소 11분, 최대 79분, 표준편차 16.8)

사회문화적 필요성

- 혁신제품개발로 관련 산업 종사인력 고용율 2배 이상 확대
- 위험작업으로 분류가 되는 입환작업에 첨단기술을 접목하여 안전성을 혁신적으로 향상하여 사회적 비용과 안전우선 문화에 부응
- 사회적 문제로 이슈가 되는 안전사고를 개선하여 현장 근로자의 위험작업을 근원적으로 개선하여 사회적 비용을 저감
- 입환 작업자의 사망사고 감소에 따른 직원만족도 향상 및 국민 신뢰도 향상

7.3 연구개발 범위

철도차량 입환 자동화 시스템 개발

- 열차 자동 연결·분리 시스템 개발
  - 열차 연결 시 충격을 감소시키기 위한 열차의 속도 자동 조절이 가능한 기술(거리 센서, 레이다 등 접목) 개발
  - 열차 연결·분리 시 공기호스 및 전기연결기가 자동으로 연결·분리 가능한 기술 개발
  - 유무선 통신 및 작동기/센서/제어기를 이중화 시스템으로 구성하여 안전성을 확보
- 기관차 제어 시스템 개발
  - 기관차에서 화차를 연결·분리 가능한 제어시스템 개발(모장치—단말장치간 인터페이스)
  - 기관차 무선제어시스템 개발(컨트롤타워에서 기관차 제어 시스템)
  - 조종장치 및 통신장비를 이중화하여 기관차 제어의 안전성과 신뢰성을 확보

● 관제운영 통합 컨트롤 센터구축 가능성 검토

- 본 과제에서는 구현 가능성만을 검토하고, 실제 구현은 2단계 차기과제에서 개발예정

※ 컨트롤 센터에서는 무선통신을 통한 기관차 제어(기관차 입환모드, 자동정지, 속도조절)를 목적으로 하며, 자동선로전환기 동작도 컨트롤 할 수 있도록 시스템 개발 및 구축

7.4 연구개발 내용

가. 연구개발 목표

● 작업자 안전을 위한 철도차량 입환자동화 시스템 개발

- 자동 연결·분리 시스템 개발
- 기관차 제어시스템 개발
- 관제운영 통합 컨트롤 센터의 기술구현 가능성 검토

나. 연구개발 핵심 내용

핵심(구성) 기술명	핵심(구성) 기술 주요내용
자동 연결분리 시스템 기술	– 전공연결기 시스템 기술 – 복합 거리/위치센서 기술 – 전력선 통신 및 무선통신 이중화 기술 – 작동기 및 감지센서 기술
기관차 제어시스템 기술	– 기관차 원격조종 작동기 인터페이스 – 충격저감 정밀 가감속 속도 제어 – 중거리 및 LTE 무선통신 인터페이스 – 통신 및 제어시스템 이중화
관제운영 통합 컨트롤센터 기술 (2단계 차기과제)	– 기초연구를 통한 관제운영시스템 구현 가능성 검토 – 2단계 차기과제 에서 실용화 기술구현 * XROIS 기반의 원격제어 인터페이스 * 자동입환 제어/감시 시스템 * 입환 자동화 알고리즘

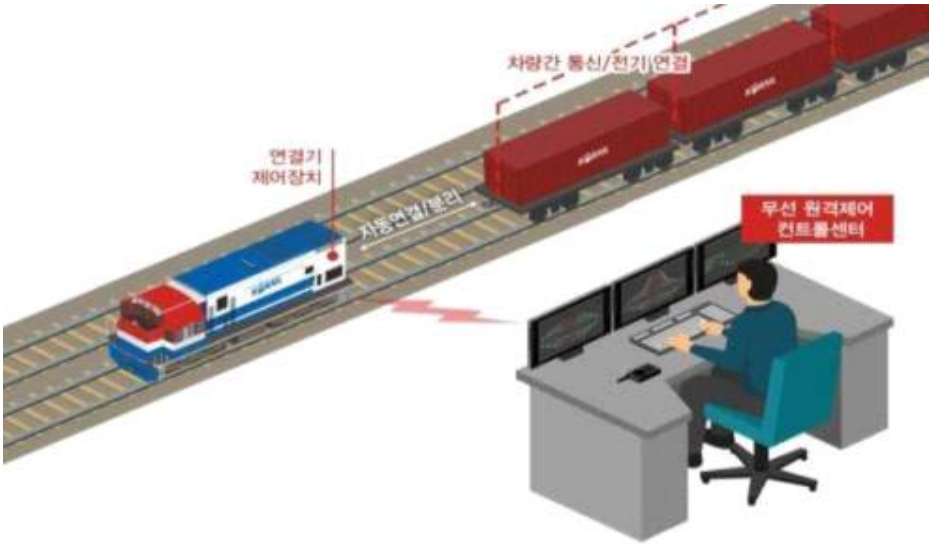
다. 핵심 기술별 As-is/To-be

핵심기술	As-Is		To-Be	현재 TRL	목표 TRL
	국내	국외			
입환 자동화	화차↔화차 (공기호스/전기 연결기 제외)	화차↔화차 (공기호스/전기 연결기 제외)	화차↔화차 (공기호스/전기연결기 포함, 위치/거리 센서 내장)	TRL 2	TRL 6
기관차 제어 시스템	근거리 통신 (10m 이내)을 통한 제어기술 보유	중거리 통신 (100m 이내)을 통한 제어기술 보유	중거리 중계통신 및 원거리 통신(400m 이상)을 통한 제어기술 보유	TRL 2	TRL 6
	육안에 의한 무선 원격 속도제어	육안에 의한 무선 원격 속도제어	화차에 탑재된 위치/거리 센서정보를 통한 충격최소화 구동/제동 제어	TRL 2	TRL 6
	-	-	무선통신과 작동기 및 제어장치의 이중화 구조로 안정성/신뢰성 확보	TRL 2	TRL 6
입환시스템 원격감시/ 원격제어	-	-	컨트롤 센터에서 원격자동제어 입환 및 원격감시 시연	TRL 2	TRL 6

라. 세부기술 및 내용

입환시스템 원격감시/원격제어

- 위치센서와 거리센서 및 GPS 등을 활용한 입환업무 무선제어 기술 개발 및 통합운영 시스템 구축
- 원격 조종 및 컨트롤센터의 조정이 가능한 기관차 무선제어 인터페이스 통합 및 제어 모듈 개발
- 자동연결기, 자동선로전환기 원격제어 기술 개발
- Test bed 구축 및 컨트롤센터 운영 기술



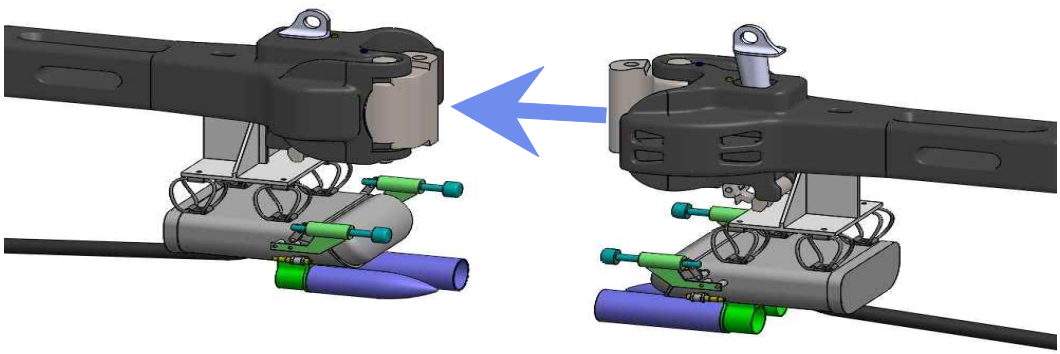
〈그림 Ⅶ-298〉 컨트롤센터 기본 계략도



〈그림 Ⅶ-299〉 통신시스템 구성도

열차 자동연결분리 시스템(자동연결기) 개발

- 차량(기관차-화차, 화차-화차) 간 자동 연결·분리를 위한 자동연결기의 시스템 개발 기술

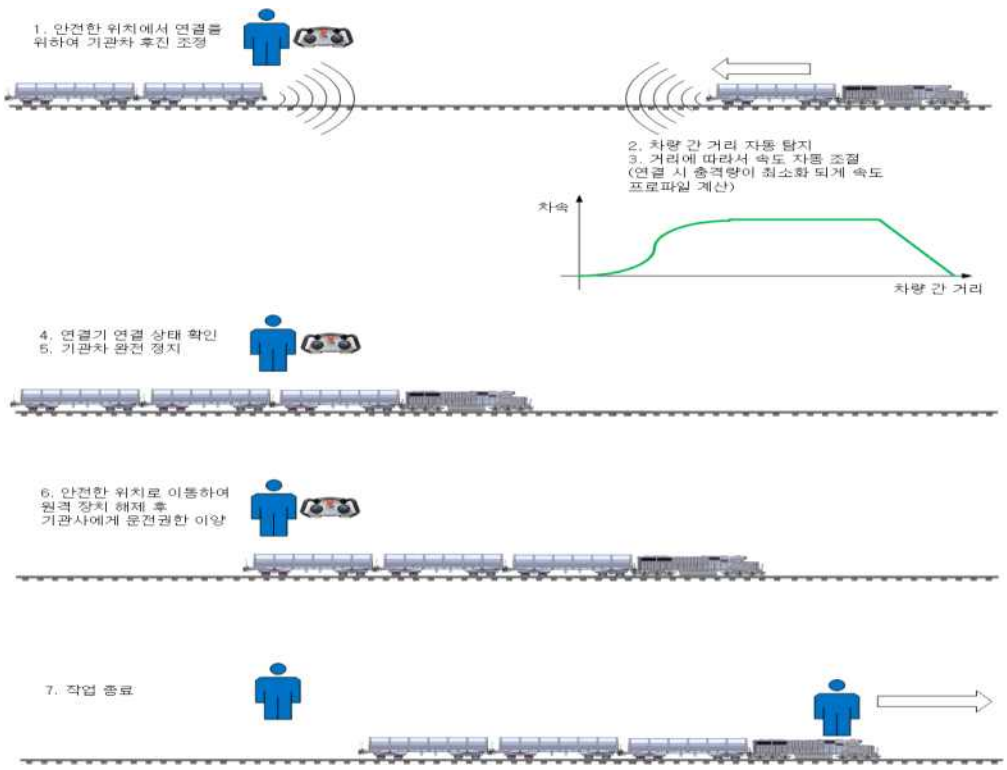


〈그림 Ⅶ-300〉 개발대상 자동연결기의 연결기

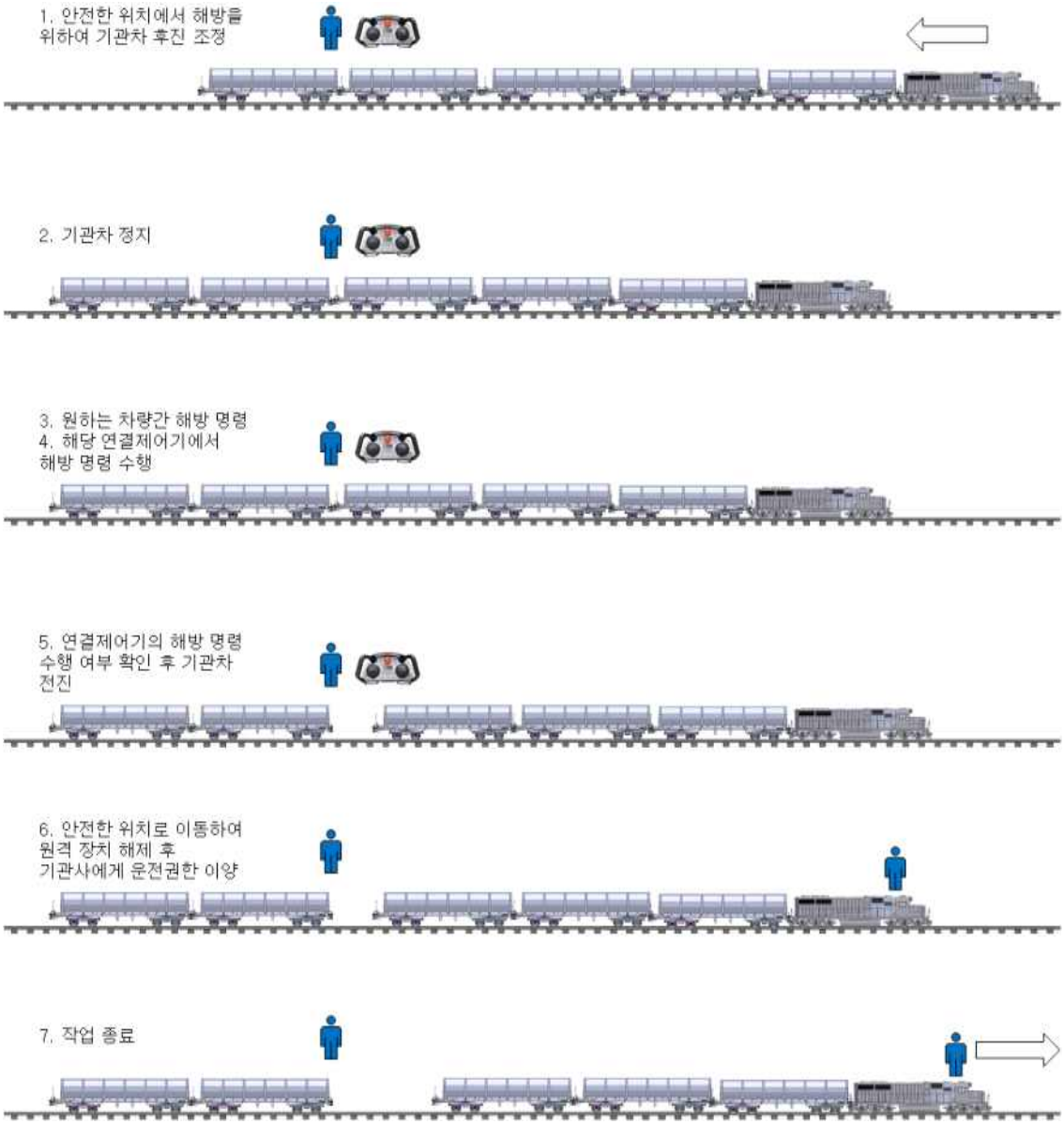
- 밀착식 타입의 전기/공기 연결장치의 정위치 제어 및 연결/분리 인터페이스 기술 개발
- 복합위치센서(GPS, Radar, 비콘, 초음파 등) 탑재 차량 간 거리정보 제공 기술 및 충격량 완화 정밀속도 제어시스템 기술 개발
- 기관차-화차간 연결·분리 제어 인터페이스 기술 개발
- 전력선통신/무선통신 및 작동기/센서/제어기를 이중화하여 안전성과 신뢰성을 확보

기관차 제어시스템 개발

- 차량 간 실시간 거리정보 제공 및 거리정보 기반의 구동력, 제동력 제어기술, 연결 충격 최소화를 위한 정밀한 가·감속 속도제어 기술
- 컨트롤센터 및 입환작업자용 기관차 원격제어 입환시스템(조이스틱) 제어 기술 개발
- 기관차-화차 인터페이스, 기관차-신호 인터페이스 기술 및 안정성 확보 기술 개발
- 화차 연결기에 탑재 복합거리센서 및 차량 간격정보 기반의 연결 충격 최소화 기술 등 정밀한 가감속 속도제어 기술 개발
- 기관차의 무인원격제어 신호 및 통신 이중화 설계 기술 개발



〈그림 Ⅶ-301〉 자동 연결 시나리오



<그림 VII-302> 자동 해방 시나리오

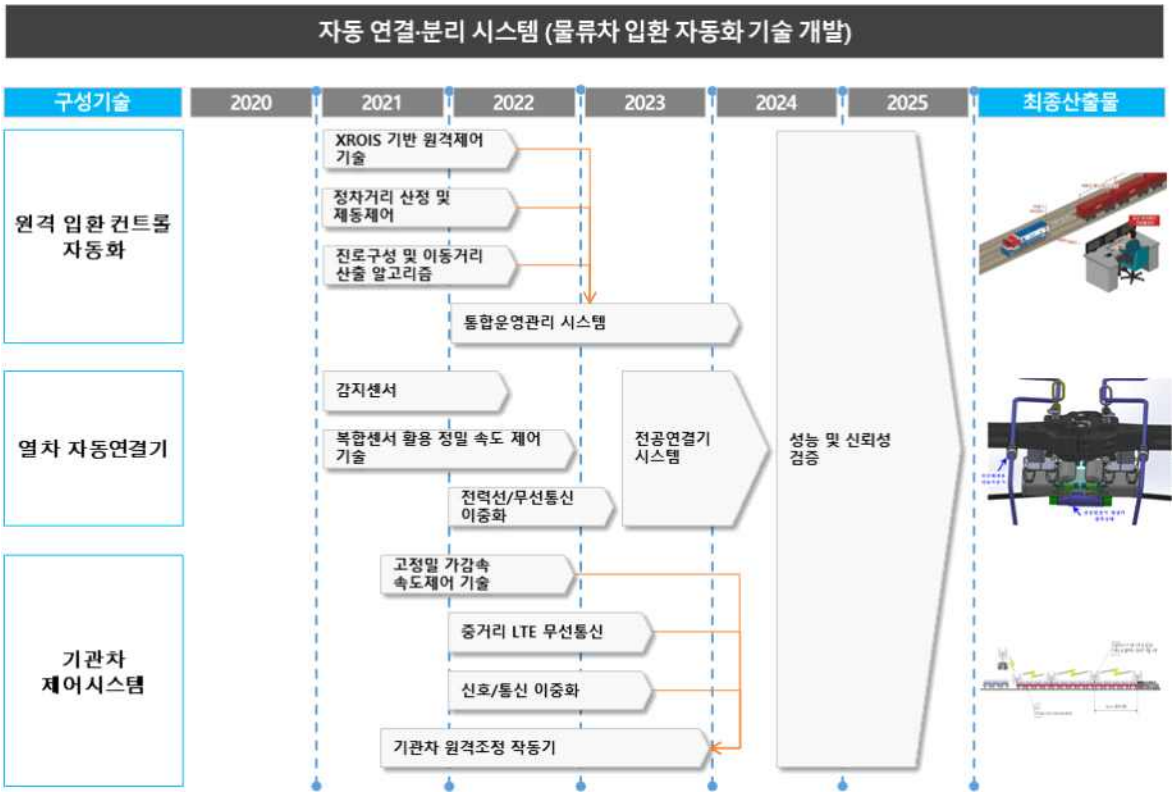
마. 연차별/단계별 수행 목표 및 내용

● 연차별 주요 연구내용

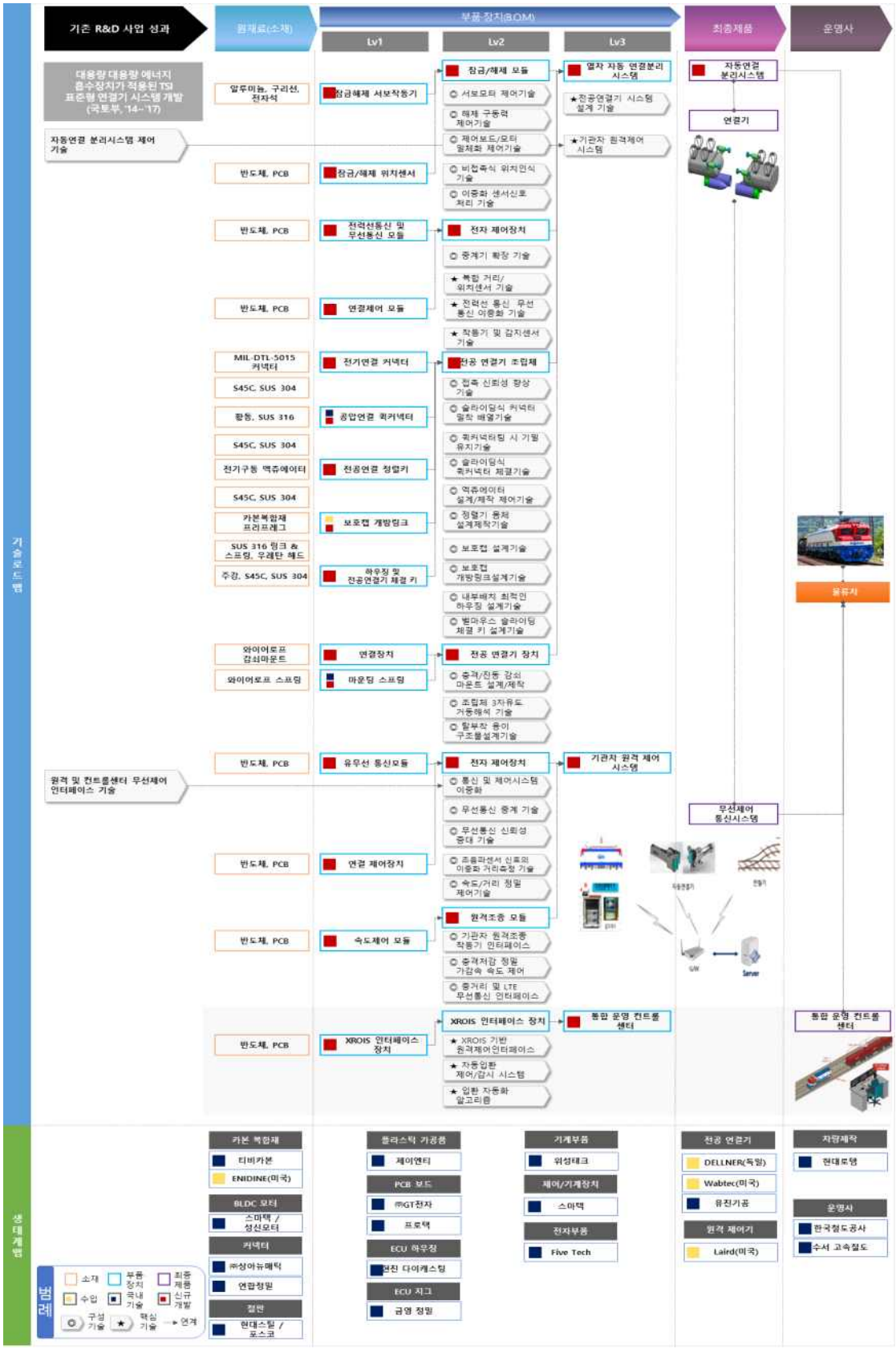
연차	기술 개발 목표	기술 개발 내용
1차년도	기본설계	- XROIS와 인터페이스 기본설계 - 입환경로 제어로직 기본설계 - 기관차 제어시스템의 전기적/기계적 인터페이스 기본설계 - TCMS의 제어로직 분석 및 동역학 모델링을 통한 충격저감 알고리즘 개발 - 자동연결분리 시스템의 기본설계 - 복합 위치/거리 센서의 기본설계
2차년도	1차 시제품 제작 성능시험 지능제어기 개발	- XROIS기반의 입환 프로그램 1차 시제품 제작 - 기관차 제어시스템의 1차 시제품 제작 - 전공연결기 1차 시제품 제작 - 복합 거리/위치센서 1차 시제 제작 - 동역학 모델링 기반의 지능제어기 개발 - 중거리 중계통신 기능구현
3차년도	2차 시제품 제작 성능시험 제어로직 최적화	- XROIS기반의 입환 프로그램 2차 시제품 제작 - 기관차 제어시스템의 2차 시제품 제작 - 전공연결기 2차 시제품 제작 - 복합 거리/위치센서 2차 시제품 제작 - 입환경로 제어로직 최적화 - 부하변동에 따른 지능제어기 성능검증 - 전력선통신/무선통신 이중화 성능검증
4차년도	최종 시제품 제작 성능 및 내구성시험 지능제어기 최적화 연결기 형식승인	- XROIS기반의 입환 프로그램 완성 - 입환경로 제어로직 최적화 - 기관차 제어시스템의 시제품 제작 - 부하변동에 따른 지능제어기 최적화 - 전공연결기 시제품 제작 - 복합 거리/위치센서 시제품 제작 - 이중화 시스템 고장모사시험 - 내구성 시험
5차년도	현차 적합성 검증	- Test Bed 운영 - 종합 성능시험 - 현차 적합성 검증 결과 모니터링

바. 수행 로드맵

- 각 핵심기술별로 연차별 연구개발 내용은 아래와 같음
  - 1차년도 선행기술 조사 및 기본설계
  - 2차년도 부품 상세 설계
  - 3차년도 시작품 제작
  - 4차년도 성능 및 내구성시험
  - 5차년도 현차시험 및 검증



<그림 VII-303> 수행 로드맵_자동 연결 · 분리 시스템



<그림 Ⅶ-304> 부품로드맵&산업생태계_자동 연결 · 분리 시스템

사. 핵심 기술 확보 전략

핵심기술 항목별 내역

핵심(구성) 기술			핵심 기술 확보 전략					
			공공 협력	민간 협력	자체 개발	해외 도입	국내 도입	기타
자동 연결·분리 시스템	통합 운영 컨트롤 센터	XROIS 기반의 원격제어 인터페이스	●	◐	●		●	
		자동입환 제어/감시 운용 프로그램	●	◐	●		●	
		입환 자동시스템 알고리즘	◐		●		◐	
		실시간 분산 객체 미들웨어 기술	◐		●			
	열차 자동 연결·분리 시스템	전공연결기 시스템 설계 기술			●		●	
		복합 거리/위치센서 시스템기술		◐	●		●	
		전력선 통신 및 무선통신 이중화 기술			●		●	
		작동기 및 감지센서 설계 기술		◐	●		●	
	기관차 원격 제어 시스템	기관차 원격조종 작동기 인터페이스	●		●		●	
		충격저감 정밀 가·감속 속도제어			●		●	
		중거리 및 LTE 무선통신 인터페이스	●	●	●		●	
		통신 및 제어시스템 이중화 설계기술		◐	●		●	

※ ●: 핵심역할, ◐: 보통, ○: 부가역할
- 공공협력: 국가 또는 공공기관이 보유 중인 기술 및 인프라와 연계
- 민간협력: 타기업에서 보유 중인 기술 및 인프라와 연계
- 자체개발: 기업이 보유한 기술 및 인프라 활용
- 해외도입: 선진국 또는 해외 선도 기업이 보유중인 기술을 이전 받아 활용
- 국내도입: 국내 기업이 보유한 기술을 이전 받아 활용

7.5 사업화 및 자립화 전략

가. 기술개발 완료 후 시장 출시가 가능한 기술 및 제품

- 열차 자동연결 분리 시스템

  - 기술개발 및 현차시험을 통한 신뢰성 확보 및 국내시장에 우선 적용하고, 국내시장의 실적을 활용해 해외시장 진출 추진

  - 국내시장은 화차에 집중하여, 남북관계의 진전에 따른 화물운송의 증가에 대비 및 자동연결 분리시스템을 적용하여 작업 생산성을 높이고 화물의 추적성을 높이는 사물인터넷을 화차적용

- 기관차 제어 시스템

  - 수입에 의존하는 기관차 원격제어시스템의 국산화와 입환전용 기관차 제어시스템으로 특화

  - 입환 자동화와 연계된 속도제어장치는 다른 나라의 사례에서 찾아보기가 어려운 독창성이 있어서 특화된 시스템을 부각

  - 화차의 입환작업 효율성을 높이기 위해서는 입환시스템으로 특화된 기관차 제어시스템을 자동연결 분리시스템과 패키지로 해외 시장을 개척하면 시너지 효과가 있음

  - 국내 개발된 기관차 제어시스템은 가격 경쟁력이 있을 뿐만아니라, 입환시스템에 알맞은 기능을 제공하고 있어서 기관차 제어시스템의 단독 제품으로 해외 시장의 진출이 가능

나. 국내외 시험인증 전략

● 성능 기준 및 시험규격

- 철도차량 입환 자동화 시스템은 관제센터와 차량 간, 관제센터와 선로 간, 차량 내 제어부품 간 통신을 위한 신호통신 체계를 구현해야 하며 열차의 자동연결·분리가 가능하도록 다음의 성능 확보 필요

순번	성능항목	기준	적용 침 참고 규격	비고
1	차량 제어유니트 내환경성능	· 온도 : −35 ~ 70 ℃ · 습도 : 95 % RH. · 진동 및 충격 : 1종 B class	IEC 60068−2 IEC 61373	−
2	차량 제어유니트 전자기적합성	· 서지 내성 : 레벨3, B등급 · 접촉정전기방전 내성 : 레벨3, B등급 · 기중정전기방전 내성 : 레벨3, B등급 · 과도버스트 내성 : 레벨4, A등급 · 전자파방사 내성 : 레벨3, A등급 · 전자파전도 내성 : 레벨3, A등급 · 전자파방사 장해 : 1그룹, A등급 · 전자파전도 장해 : 1그룹, A등급	IEC 62236−3−2 IEC 61000−4 CISPR 11	−
3	연결장치 인장강도 [AAR−E]	· 넉클 : 1,764 kN · 몸체 : 3,087 kN	AAR M−205 AAR M−211	−
4	원격 제어시스템 RAM	· 신뢰성 : R3등급 [MTBF ≥ 8,760h] · 가용성 : A3등급 [A ≥ 99.75 %] · 유지보수성 (평균복구시간) M3등급 [MTTR ≤ 12h] (평균수리시간) RT3등급 [MRT ≤ 6h]	IEC 60870−4	−
5	원격 제어 데이터 무결성	· 잔류데이터 오류 확률 : I2등급	IEC 60870−4	−
6	데이터 전송속도	· 지상−차상 : 100 Mbps 이상 · 차상−차상 : 1.5 Mbps 이상	IEC 61375	−

● 인증 획득

- 자동연결기에 대해 철도안전법 철도용품 형식승인이 필수적으로 요구되며, 성능 및 안전성 입증을 위해서는 소프트웨어 품질인증(GS인증) 등이 필요하고 향후 국내외 시장진출 기반을 확보하기 위하여 ISO 22163 국제철도 품질관리체계 인증 획득 필요

순번	인증 내용	인증 기관	기준	비고
1	성능인증(NEP, NET, GS인증 등)	· 산업부 · 국토부 · 중기부 등	· 국내외 규격 및 성능 관련 자체 규격	임의인증(개발 제품에 대한 신기술, 신제품, 성능인증 등)
2	철도안전법 형식승인	· 국토부	· 철도용품 기술기준	강제인증
3	ISO 품질관리체계 인증	· 제3자 적합성인증기관	· ISO/TS 22163	임의인증(철도 부품 제작자 품질관리체계 인증)

다. 단계별 시장 진입 전략

구분	단기 전략	중장기 전략
출시 제품	현장 원격 자동입환 시스템	컨트롤센터 완전자동 입환 시스템
진입 분야	기관차 원격조종 중장비/크레인 원격조종	국내검증을 종료한 후 해외수출
타겟	위험도가 높은 철도/중장비/건설 분야의 원격제어시스템	철도 및 항만 등의 원격제어시스템

라. 지적 재산권 확보전략

세부기술명	확보가능 특허	등록시점
열차 자동연결분리 시스템	진폭이 큰 화차의 전공연결기 구조	'22년
	복합 위치/거리 센서의 연결망 구성	'23년
	전력선 및 무선통신 이중화	'24년
기관차 제어시스템	충격저감 가감속 인터페이스	'23년
	통신 및 제어시스템 이중화 설계기술	'24년
	기관차 원격조종 작동기 인터페이스	'25년

핵심기술별 특성을 바탕으로 지적 재산권 확보 전략을 수립

● 컨트롤센터 기술 전략

- 사물인터넷(Internet Of Things)을 기반으로 기관차, 자동연결기, 선로전환기를 자동으로 원격 제어할 수 있는 설비 요소기술 개발

- 차량연결·분리·이동을 기관사 또는 수송원 전호에게 의존하지 않고 컨트롤 센터(사무실)에서 구내업무 및 입환 작용을 통해서 전체를 무선으로 제어할 수 있는 시스템 구축

- 무선 제어시스템을 구축하기 위하여 원격으로 조종이 가능한 위치센서·거리센서·GPS 등을 활용하고 인력에 의한 현장작업의 투입율 저조로 인하여 직무사고 방지를 위해 입환업무의 인력 및 효율성 강화

- 컨트롤센터와의 실시간 정보송수신을 위하여 차량의 자동연결기 제어, 복합센서를 활용한 이동거리 연산으로 가감속 제어 및 결합 충격 저감 자동화 설비 조건 기능 최적화

- 장비구축 기술과 연동 서비스로 기관차, 자동연결기, 전철기 무선제어 모듈 인터페이스 기술개발 확보

● 자동 연결·분리 시스템 기술 전략

- 차량(기관차-화차, 화차-화차)간 자동 연결분리를 위한 차량 핵심부품으로 물리적, 전기적으로 연결하기 위한 자동연결기와 결합시 발생하는 충격을 흡수하기 위한 충격 흡수장치 기술 개발 전략

- 기존 AAR-E형 연결기 구조에 전공연결장치를 추가 설치하는 일체형 밀착식 타입의 연결기 인터페이스 기술 개발 확보

- 복합위치센서(GPS, Radar, 비콘, 초음파 등)를 탑재하여 연결 시에 차량 간 거리정보를 제공함으로써 차량의 위치를 검지하고 정지위치에서 일단정지·속도절체를 반복할 수 있도록 프로그래밍 기술 확보

- 무선원격 입환 시 기관사의 수조작 보다 속조 조절면에서 정밀도가 떨어질 수 있으므로 기존연결기의 충격량 흡수장치의 구조해석 및 재설계를 통해 에너지 흡수장치의 기술개발 실시

- 기관차에 모장치(기관차 제어장치)를 구성하고, 각각의 화차에 고유 ID를 부여함과 화차에 단말장치를 설치하여 기관차-화차간 통신(LTE, PLC통신)이 가능하도록 전략 추진

● 기관차 제어시스템 기술 전략

- 자동연결기에 탑재된 차량간 거리정보의 실시간으로 원격제어를 위해 거리정보를 기반으로 구동력·제동력을 제어하여 연결시 충격을 최소화하는 속도제어 시스템 개발

- 기관차 원격제어 입환시스템(조이스틱)을 입환작업자 및 컨트롤센터에서 동시 조작, 제어할 수 있는 기술 개발

- 컨트롤센터에서 확인 가능하도록 기관차에 센서 및 CCTV 설치 등 기관차-화차 인터페이스, 기관차-신호 인터페이스 기술 개발

- 기관차의 무인원격제어는 안전에 매우 민감하므로 신호 및 통신에 대해서는 이중화가 필수적이며, 오류를 최소화하는 구조로 설계하는 기술 개발핵심기술별 특성을 바탕으로 지적 재산권 확보 전략을 수립

1) 지식재산권 신청기술의 정의

순번	기술의 명칭	확보가능 특허	건수	등록시점
1	컨트롤센터 기술	- XROIS 기반의 원격제어 인터페이스 설계 기술 - 자동입환 제어/감시 시스템 기술	2	2022년
2	자동 연결·분리 시스템 기술	- 전공연결기 복합 시스템 기술 - 복합 거리/위치센서 구조 기술 - 전력선 통신 및 무선통신 이중화 기술	3	2024년
3	기관차 제어시스템 기술	- 기관차 원격조종 작동기 인터페이스 기술 - 충격저감 정밀 가감속 속도 제어 - 통신 및 제어시스템 이중화 기술	3	2026년
합계		-	**8**	-

2) 선행기술조사를 통한 차별성 검토

- 입환 자동화 시스템 관련 특허동향 조사 결과를 토대로 등록특허 기준, 존속기간 유예 등을 고려, 해당 과제와 유사한 특허 3개를 도출하여 비교 분석 수행

선행특허 기술명		주요기술과의 차별성			본 기술과의 차별성
		1	2	3	
P-1	열차 무결성 모니터링 시스템(Train Integrity Monitoring System)	○	●	◐	기존 기술은 열차의 각 차량에 설치되어 인접하여 연결된 차량의 차량연결정보를 송수신하며, 열차가 분리된 위치 등을 인지하여 열차 운행을 통합적으로 제어하는 기술이나 자동 연결·분리 기술이 접목된 입환 자동화 시스템 기술과는 차별성 존재
P-2	열차 자동 제어 시스템 및 그 제어 방법(method and auto train controlling system)	○	○	●	열차 운행 시 지상 정보 및 장치 간 무선 정보를 연계하여 철도차량 운행을 제어하는 시스템 기술로 자동 연결분리 기술이 접목된 입환 자동화 시스템 기술과는 차별

※ ○: 관련성 낮음, ◐: 일부 유사, ●: 차별성 높음

3) 보유 지적재산의 보강 전략

- 입환 자동화 시스템 관련 특허는 무선 기술을 활용한 열차정보 송수신 및 열차제어 기술에 집중되어 있는 반면, 본 과제의 핵심기술인 철도차량 간 자동 연결·분리 기술 접목은 부재한 실정으로 기존 기술과의 차별성 존재

보 강 전 략	
문 제 점	해 결 방 안
· 연관성이 일부 존재하는 1건의 등록 특허는 무선 기술을 활용한 열차 통합정보 모니터링 기술이나 철도차량 입환 자동화를 위한 대차 간 자동연결 기술에 대한 권리 부재	· 무선 기술 및 대차 간 자동연결 기술을 접목한 입환 자동화 시스템 기술 개발로 기존 기술과의 차별성 및 권리 확보 가능
회 피 전 략	
문 제 점	해 결 방 안
· 철도차량 및 종합관제 간 열차정보 무선 송수신을 위한 관련 기술이 상존	· IoT 기반으로 컨트롤센터와 대차 간 정보연계 및 대차 간 자동연결 분리 기능이 접목된 입환 자동화 알고리즘 개발 등으로 기존 특허기술과 회피 가능

4) 신청기술의 방어전략

- 신청기술의 사업화와 관련하여, 분쟁 가능성이 높은 특허에 대해서는 방어전략이 필요하며, 타사의 특허를 침해할 가능성이 있는 경우에는 사전에 타사 특허에 대한 대응방안을 마련

선행특허기술명	방어전략
P-2 열차 무결성 모니터링 시스템(Train Integrity Monitoring System)	· IoT 기반의 컨트롤센터 및 대차 간 정보연계 시스템 구축으로 기존 무선 송수신 기술과의 차별성 및 권리 확보 가능

7.6 투자계획

가. 투자 규모

- 총 187억 원/5년 중 정부출연금 140억 원(75%) 대비 민간부담금 47억원(25%)으로 구성된 정부주도 사업추진

<표 VII-208> 총 투자계획_자동 연결 · 분리 시스템

(단위 : 억 원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	총계
정 부	-	9.75	35.25	35.25	35.25	24.70	140.20
민 간	-	3.25	11.75	11.75	11.75	8.30	46.80
합 계	**-**	**13.00**	**47.00**	**47.00**	**47.00**	**33.00**	**187.00**

나. 소요 재원

- 자동 연결·분리 시스템 개발을 위한 연구개발 소요재원은 전체 소요재원 중 연구개발비가 100.0%로 187.00억 원을 소요

<표 VII-209> 연구활동별 집행기준_자동 연결 · 분리 시스템

(단위: 억 원)

구분		총사업비				비율
대항목	소항목	국고	지방비	민간	합계	
1. 연구개발		140.20	-	46.80	187.00	100%
2. 연구시설 및 장비	시설	-	-	-	-	-
	장비	-	-	-	-	-
3. 기타(Feedback R&D 포함)		-	-	-	-	-
합계		**140.20**	**-**	**46.80**	**187.00**	**100%**

다. 소요 예산 산출근거

핵심기술별 연구개발비

- 구성기술별 연구개발비 내역은 다음과 같음

<표 VII-210> 핵심기술별 연구개발비_자동 연결 · 분리 시스템

(단위 : 억 원)

과제명	구성기술	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	총계
자동 연결·분리 시스템	컨트롤센터 기술	정 부	-	3.00	9.05	9.05	9.05	6.00	**36.15**
		민 간	-	1.10	2.75	2.75	2.75	2.00	**11.35**
		소 계	-	4.10	11.80	11.80	11.80	8.00	**47.50**
	자동 연결·분리 시스템 기술	정 부	-	3.00	16.00	16.00	16.00	11.00	**62.00**
		민 간	-	1.10	5.00	5.00	5.00	3.50	**19.60**
		소 계	-	4.10	21.00	21.00	21.00	14.50	**81.60**
	기관차 제어시스템 기술	정 부	-	3.75	10.20	10.20	10.20	7.70	**42.05**
		민 간	-	1.05	4.00	4.00	4.00	2.80	**15.85**
		소 계	-	4.80	14.20	14.20	14.20	10.50	**57.90**
합 계			**-**	**13.00**	**47.00**	**47.00**	**47.00**	**33.00**	**187.00**

연구시설 및 장비 소요예산 산출 근거

- 별도의 연구시설 및 장비 없음

라. 소요인력

- 1차년도에는 기본설계, 2차년도에는 1차 시제품제작 및 성능시험, 3차년도에는 2차 시제품제작 및 제어로직 최적화, 4차년도에는 최종시제품을 제작하여 성능시험 및 형식승인, 5차년도에는 실제 차량에 장착하여 신뢰성을 시험하고 수정 보완하는 일정으로 추진

- 2차년도, 3차년도, 4차년도 3차례의 시제품 제작 및 성능시험이 진행되므로 인력을 많이 투입하며, 5차년도에는 테스트베드 운영 및 실제 차량에 장착하여 시험이 진행되어 현장에 상주 인력을 고려하여 소요 인력 산정

<표 VII-211> 소요 인력 및 참여율_자동연결 분리 시스템

(단위: M/Y, %)

과제	핵심구성기술	직급	2020		2021		2022		2023		2024		2025		합계 (명)
			투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	투입 MY	참여율	
2-7	컨트롤센터 기술	책임연구원	-	-	3	50%	5	50%	5	50%	5	50%	3	50%	21
		선임연구원	-	-	7	60%	6	35%	6	35%	6	60%	4	35%	29
		연구원	-	-	6	39%	4	40%	4	40%	4	80%	4	37%	22
		소계	-	-	16	-	15	-	15	-	15	-	11	-	72
	자동 연결·분리 시스템 기술	책임연구원	-	-	-	-	5	55%	5	55%	10	60%	5	50%	25
		선임연구원	-	-	-	-	7	60%	7	60%	20	60%	8	38%	42
		연구원	-	-	-	-	8	68%	8	68%	10	18%	6	40%	32
		소계	-	-	-	-	20	-	20	-	40	-	19	-	99
	기관차 제어 시스템 기술	책임연구원	-	-	-	-	3	50%	3	50%	5	50%	16	60%	27
		선임연구원	-	-	-	-	7	60%	7	60%	8	60%	26	65%	48
		연구원	-	-	-	-	6	39%	6	39%	8	71%	15	20%	35
		소계	-	-	-	-	16	-	16	-	21	-	57	-	110
연도별 합계			**-**	**-**	**16**	**-**	**51**	**-**	**51**	**-**	**76**	**-**	**87**	**-**	**281**

7.7 파급 효과

(시장경제적) 신기술 접목으로 국내외 신규시장 창출

- 국내신규시장 매출액: 3,000억원(연간 300억원, 10년간 사업물량 기준)
  - 20,000량 × 2 SET/량 × 0.075억원/SET (개조비용 포함)
  - 자동연결기 단가: 0.05억원, 2 SET/량, 10년간 발주량: 10,000량 (국내용)
  - 육상운송증가 물량소요: 장대열차 편성용 10,000량 (수출입 전용, 10년간) 예상
  - 남북 경제협력 철도물류 사업(한반도 종단철도·TKR 추진) 및 일대일로 경제회랑(중국·몽고·러시아 철도물류 네트워크화) 과의 연계(철도점유율: 8% => 20%)
  - 부산신항만 기준 총 물동량 2,000만 TEU 중에서, 현재 철도운송은 8% 점유에서 남북종단철도(TKR) 완성 시 20%(400만 TEU) 까지 증가 및 운송기간은 50% 까지 단축(24일 → 12일)하여 획기적인 비용 절감 예상

  ※ 약자: TSR (Trans Siberian Railway), TCR (Trans China Railway), TMGR (Trans Mongolian Railway), TMR (Trans Manjurian Railway), TKR (Trans Korean Railway)

- 해외신규시장 매출액: 총 3,000억원(연간 300억원, 10년간 사업물량 기준)
  - 20,000량 × 2 SET/량 × 0.075억원/SET (개조비용 포함)
  - 사업물량: 20,000량 연간 0.1% 점유, 장대열차(1편성당 100량·2km 길이), 유라시아(OSJD회원국) 철도망 편성수량 200만대(총 화차 2억량) 기준
  - 국제철도협약기구(OSJD) 회원국(28개) 철도망 총 28만km(철도편성수량 200만대) 의 사업기회 예상물량: 연간 0.1% 점유목표 (10년간 점유율 1% 목표)
  - 국제철도협력기구 (OSJD) 정회원 자격획득 (2018년 6월 7일), 회원국가 간 혜택과 화물운송 통관절차 간소화 등 유라시아 대륙간 철도노선 운영에 직·간접 참여하여 국가·대륙 간 경제협력이 활발 예상

(과학기술적) 자동 입환시스템 개발로 안전성 및 효율성 향상

- 철도차량에서 위험도가 높은 입환작업에 대한 안전성과 생산성을 획기적으로 향상시켜서 4차 산업혁명 시대에 부응하는 기술혁신을 추구
- 사물인터넷(IoT) 기반의 4차 산업혁명에 부응하고 안전성과 생산성을 높이는 첨단기술을 개발하고 현차시험을 통하여 실증

(사회문화적) 신기술 개발로 안전성을 개선하고 일자리 창출

- 혁신적인 제품개발을 통하여 관련 산업 종사인력 고용을 2배 이상 확대
- 입환소요 시간을 평균 36분에서 20분 이내로 단축하여 생산성을 45% 향상하여 물류 수송에 소요되는 사회적 비용을 절감
- 위험작업으로 분류가 되는 입환작업에 첨단기술을 접목하여 안전성을 혁신적으로 향상하여 사회적 비용과 안전우선 문화에 부응
- 사회적 문제로 이슈가 되는 안전사고를 개선하여 현장 근로자의 위험작업을 근원적으로 개선하여 사회적 비용을 저감(시장경제적) 신기술 접목으로 국내외 신규시장 창출

7.8 유사·중복성 검토 및 연계추진 방안

가. 유사과제 현황

No.	과제기간	부처명	사업명	내역사업명	과제명
1	2013~2015	미래창조과학부	-	-	철도 운영효율 개선을 위한 신개념 요소기술 (연료전지차량, 열차분리결합, 비접촉제동) 개발
2	2014~2015	국토교통부	철도기술 연구사업	-	남북 및 대륙철도 연계를 위한 화물 운송시스템 및 환적 최적화 기반기술 연구

나. 차별성 및 연계 추진방안

- 기존 국내에서의 선행 연구는 객차 편성 단위의 열차 운행을 위한 제어하는 기술로 입환자동화 기술과는 다르므로 중복성 없음

  - 본 연구개발 과제는 입환 자동화 연구로 기존의 연구와는 기술의 차별성이 있으며, 국내에서 연구개발과제로 진행된 이력이 없음

<표 VII-212> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(자동 연결 · 분리 시스템)_1/2

본 사업 과제명	자동 연결·분리 시스템		
기존 유사과제명	철도 운영효율 개선을 위한 신개념 요소기술 (연료전지차량, 열차분리결합, 비접촉제동) 개발('13~'15)		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 도시철도의 무정차, 무환승으로 이동을 위하여 필요한 핵심 요소 기술 개발	■ 철도차량 입환 자동화 기술 확보	■ 기존 연구는 열차 편성 단위의 열차분리 결합 기술로 입환자동화 기술과는 차별
과제규모 (연평균)	■ 27억원	■ 187억원	-
TRL단계	■ 4~5단계(Working Model 검증)	■ 5~6단계(시제품 제작 및 평가)	-
과제목표	■ 교통수요에 탄력적으로 대응하기 위하여 기 조성된 편성내 차량을 짧은 시간내에 자동으로 연결, 분리하는 기술 개발	■ 컨트롤센터에서 입환기관차를 무선으로 조정하여 화차를 자동으로 연결분리 및 전선하는 전자동 입환시스템 구현	■ 편성단위가 아닌 각 화차 단위의 연결/해방 및 관리 기술 확보
기존 기술과의 연계방안	■ 열차 분리·결합에 따른 안전제동 및 자동 속도제어 알고리즘 기술 연계 검토		

<표 VII-213> 국내 유사과제 및 성과와의 차별성(자동 연결 · 분리 시스템)_2/2

본 사업 과제명	자동 연결·분리 시스템		
기존 유사과제명	남북 및 대륙철도 연계를 위한 화물운송시스템 및 환적 최적화 기반기술 연구		
구분	기존 유사 과제 내용	본 과제 개발 내용	차별성
과제목적	■ 중국, 러시아 등 대륙국가에서의 운행특성 및 환경조건을 고려하여 국제화차 운영을 위한 운용 현황 조사·분석	■ 철도차량 입환 자동화 기술 확보	■ 기존 연구는 화차 운용에 대한 현황 분석임
과제규모	■ 10억원	■ 187억원	-
TRL단계	■ 1~2단계(현황 조사)	■ 7~8단계(시스템 시작품 검증, 시스템 완료 및 인증)	-
과제목표	■ 국제화차 운영을 위한 핵심 기반 기술 분석	■ 컨트롤센터에서 입환기관차를 무선으로 조정하여 화차를 자동으로 연결분리 및 전선하는 전자동 입환시스템 구현	■ 관제센터와 차량 간, 관제센터와 선로 간, 차량 내 제어부품 간 통신을 위한 신호통신 체계 구현 기술 확보
기존 기술과의 연계방안	■ 북한, 중국, 러시아 등 국제 화차 운용 실태에 대해서 참고		

다. 선행사업 핵심기술과의 연계성 검토

- 국토교통부 철도기술 연구개발사업을 통해 확보한 핵심기술을 기반으로 본 사업 개발부품 구성기술과의 연계방안을 검토

  - 기존, 전기/공압 자동연결기 헤드 설계 및 제작기술, 연결시스템 정위치 제어 기술을 접목하여 밀착식 타입 전기/공압장치 정위치 제어 및 연결/분리 인터페이스 기술 등에 활용 및 연계 가능

※ 기존 사업의 핵심기술과 본 연구개발 사업 부품별 구성기술간의 연계는 제7장 「세부기술 개발계획」 내 제4절 「3.통합로드맵」 참조

<표 VII-214> 선행사업 핵심기술 연계(자동 연결 · 분리 시스템)

본 사업 과제명	**자동 연결·분리 시스템**
기존 유사과제명	**대용량 에너지 흡수장치가 적용된 유럽 표준형 연결기 시스템 개발('14~'18)**
핵심 기술명	전기/공압 자동연결기 헤드 설계 및 제작기술, 연결시스템 정위치 제어기술
▼	
본 과제 구성 기술명	**밀착식 타입 전기/공압장치 정위치 제어 및 연결/분리 인터페이스 기술)**
기존 기술과의 연계방안	■ 자동연결 · 분리 시스템 제어기술, 센서류 활용 입환속도 제어 인터페이스 기술, 밀착식 타입 전기/공압장치 정위치 제어 및 연결/분리 인터페이스 기술, 원격 및 컨트롤센터 무선제어 인터페이스 설계 및 제작 기술개발에 연계

제4절 통합이행 로드맵

1. 소요예산

■ 총 사업비 규모는 1,846.41억원(정부: 1,381.65억원, 민간: 464.76억원) 소요 예상

- 본 사업은 차량제작사, 운영기관, 산업체 등으로 구성된 컨소시엄 과제로 사업단 운영비 30억원(인력운영비로 구성) 포함
- 공동현차시험 및 시험인증 획득 활동 지원을 위한 총괄과제 39.60억원 구성
  - 차량제작사, 운영기관, 시험인증기관 등 대기업 참여를 고려하여 정부, 민간 예산 투입비율은 50:50으로 구성
- 중점분야1 총 사업비 635.80억원(정부: 476.45억원, 민간: 159.35억원), 중점분야2 1,1141.01억원(정부: 855.40억원, 민간: 285.61억원) 규모로 구성
  - 과제 참여 주체는 중점분야 1은 중소·중견기업 주관, 중점분야2는 민간기업 또는 출연연 주관으로 하고 정부 74.8%, 민간 25.2% 비율로 구성

<표 VII-215> 총 소요예산

No.	사업비 규모(단위: 억원)								
	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	합계	
사업단	정부	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	30.00	30.00
	민간	–	–	–	–	–	–	–	
총괄	정부	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30	19.80	39.60
	민간	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30	19.80	
1-1	정부	–	6.00	15.00	12.00	12.00	–	45.00	60.00
	민간	–	2.00	5.00	4.00	4.00	–	15.00	
1-2	정부	–	7.00	10.00	10.00	8.00	–	35.00	46.69
	민간	–	2.34	3.34	3.34	2.67	–	11.69	
1-3	정부	–	9.00	14.02	18.00	9.00	–	50.02	66.70
	민간	–	3.00	4.68	6.00	3.00	–	16.68	
1-4	정부	–	0.00	11.70	17.70	15.90	–	45.30	60.50
	민간	–	0.00	3.90	5.90	5.40	–	15.20	
1-5	정부	–	6.52	12.00	8.40	3.00	–	29.92	40.00
	민간	–	2.18	4.00	2.80	1.10	–	10.08	
1-6	정부	8.70	8.75	10.70	8.70	13.84	–	50.69	67.69
	민간	2.97	2.92	3.64	2.97	4.50	–	17.00	
1-7	정부	6.10	8.93	13.50	10.31	6.10	–	44.94	60.02
	민간	2.11	2.98	4.53	3.40	2.06	–	15.08	
1-8	정부	8.00	9.98	12.00	12.00	8.00	–	49.98	66.70

	민간	2.70	3.32	4.00	4.00	2.70	–	16.72	
1-9	정부	–	–	6.04	18.22	9.44	–	33.70	44.95
	민간	–	–	2.10	6.05	3.10	–	11.25	
1-10	정부	–	8.10	15.00	9.90	9.00	–	42.00	56.00
	민간	–	2.70	5.00	3.30	3.00	–	14.00	
1-11	정부	–	12.00	13.90	12.00	12.00	–	49.90	66.55
	민간	–	4.00	4.65	4.00	4.00	–	16.65	
2-1	정부	–	15.00	26.00	37.70	23.50	18.00	120.20	160.35
	민간	–	5.00	8.67	12.62	7.86	6.00	40.15	
2-2	정부	–	9.00	12.00	12.00	15.00	18.00	66.00	88.00
	민간	–	3.00	4.00	4.00	5.00	6.00	22.00	
2-3	정부	–	–	8.10	13.80	18.20	9.90	50.00	66.70
	민간	–	–	2.70	4.60	6.10	3.30	16.70	
2-4	정부	–	14.85	30.60	34.80	34.90	23.95	139.10	185.60
	민간	–	4.95	10.30	11.70	11.60	7.95	46.50	
2-5	정부	–	–	9.00	13.00	20.00	13.00	55.00	73.35
	민간	–	–	3.00	4.34	6.67	4.34	18.35	
2-6	정부	–	29.37	74.70	80.70	57.80	42.33	284.90	380.01
	민간	–	9.80	24.90	26.96	19.32	14.13	95.11	
2-7	정부	–	9.75	35.25	35.25	35.25	24.70	140.20	187.00
	민간	–	3.25	11.75	11.75	11.75	8.30	46.80	
합계	**정부**	**31.10**	**162.55**	**337.81**	**372.78**	**319.23**	**158.18**	**1381.65**	
	민간	**11.08**	**54.74**	**113.46**	**125.03**	**107.13**	**53.32**	**464.76**	
	소계	**68.28**	**374.84**	**784.08**	**865.59**	**740.59**	**364.68**	**1846.41**	

< 한국과학기술기획평가원 예비타당성 검토결과 >

소요예산

- 철도산업 생태계의 선순환 구조로의 전환과 관련된 기술개발 추진의 당위성과 정부의 지원 필요성이 존재하므로, 원안에 대해 제기된 미진한 점들의 해결 가능성을 감안하면, 일부 사업계획의 조정을 통한 대안 추진의 타당성 여부에 대한 추가적인 고려가 필요함

  - 사업 기간은 중점분야에 관계없이 총 6년으로 하되, 관리의 편의성에 의한 단계 구분은 큰 의미가 없으므로, 단계 구분 없이 개별 과제별로 제시된 시작 시점과 완료시점을 인정

  - 18개 세부과제의 내용 중 일부 기술개발 발전 속도나 요구 기술 수준의 혁신성이 낮아 실용화 측면에서 사업기간 내에 목표 달성이 어렵거나 시장진입에 어려움이 예상되는 과제는 지원 대상에서 제외하여 196.1억 원을 삭감 처리함

※ 1-10 모듈형 보조전원장치 과제의 경우, 보조전원장치의 핵심 구성품인 IGBT 등 사용 소자의 단순 도입을 통해 컨버터/인버터의 직병렬 연결기술을 개발하고자 하는 내용으로

연구개발적 요소가 미흡

※ 2-3 ESS 일체형 추진제어시스템 과제의 경우, 핵심 구성품인 전력소자는 단순 해외 구매 예정이고, 추진제어장치에 추가 부품의 장착에 따른 부피 및 중량 증가 효과 등을 분석하는 내용으로 구체적인 기술 개발 내용이 부족

※ 2-5 외장코어형 컴팩트 주변압기 과제의 경우, 주변압기의 냉각방식을 열차 주행풍 자연냉각방식으로 변경하고자 하는 내용으로, 외기조건(외부온도 등), 주행환경(운행속도, 터널구간 등) 등에 의해 냉각성능의 편차가 심해, 온도를 제어하기 곤란한 측면에서 주변압기 권선간 절연 유지 기술 개발에 관한 구체적 방안이 미흡

- 외산의존 부품의 국산화가 목적인 중점분야1의 부품은 국내 시장진입 및 해외 수출시 국제 TSI, UIC, SIL* 기준에 따른 성능시험 및 인증획득이 필수적이므로 이에 관한 비용을 각 해당과제에 별도로 포함하여, 총 60억 원을 추가적으로 인정함

※ 유럽연합규정에 따른 TSI[11] 인증 부품 : 판토그래프(1-3), 전두부 해치(1-4), 주회로 차단시스템(1-7)

※ 국제철도연맹(UIC[12])의 국제 규격 인증 부품 : 제동디스크 및 제동패드(1-6) 등

※ SIL[13](level 4까지 획득) 인증 부품 : 주회로 차단시스템(1-7), 출입문(1-9) 등

※ 인증 비용은 부품당 약 10억 원(6개 부품, 60억 원)이 소요되는 것으로 추정됨

* 브레이크 디스크 및 패드 SIL, 인증(Y사 소요 비용) : 9.5억, 판토그래프 TSI 인증(KTL의 견적가) : 11억원, 도시철도용 모듈형 출입문 SIL 인증(KTL의 견적가) : 12억 원 등을 감안하여 부품당 10억 으로 산정

● 상기 제시된 조정방향을 반영하였을 때, 총사업비는 원안(1,846.4억 원) 대비 148.0억 원이 감액된 1,698.4억 원으로 조정됨

- 원안의 18개 세부과제 중 중점분야1에서는 1개 세부과제를, 중점분야 2에서는 2개 과제를 제외하여 각 각 10개 세부과제, 5개 세부과제를 인정하여 총 15개 세부과제로 조정

<표 VII-216> 예비타당성 검토결과 조정 소요예산

No.	사업비 규모(단위: 억원)								
	구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	합계	
사업단	정부	8.30	8.30	8.30	8.30	8.30	8.30	49.80	69.60
	민간	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30	19.80	
1-1	정부	-	6.00	15.00	12.00	12.00	-	45.00	60.00
	민간	-	2.00	5.00	4.00	4.00	-	15.00	
1-2	정부	-	7.00	10.00	10.00	8.00	-	35.00	46.70
	민간	-	2.34	3.34	3.34	2.68	-	11.70	
1-3	정부	-	9.00	14.00	21.00	13.50	-	57.50	76.70
	민간	-	3.00	4.70	7.00	4.50	-	19.20	

1-4	정부	-	-	11.70	21.00	20.10	-	52.80	70.50
	민간	-	-	3.90	7.00	6.80	-	17.70	
1-5	정부	-	6.50	12.00	8.40	3.00	-	29.90	40.00
	민간	-	2.20	4.00	2.80	1.10	-	10.10	
1-6	정부	8.70	8.75	10.70	13.70	16.35	-	58.20	77.70
	민간	2.97	2.92	3.59	4.57	5.45	-	19.50	
1-7	정부	6.10	10.00	15.00	15.00	13.80	-	59.90	80.00
	민간	2.10	3.40	5.00	5.00	4.60	-	20.10	
1-8	정부	8.00	10.00	12.00	12.00	8.00	-	50.00	66.70
	민간	2.68	3.34	4.00	4.00	2.68	-	16.70	
1-9	정부	-	-	6.20	18.00	17.00	-	41.20	55.00
	민간	-	-	2.10	6.00	5.70	-	13.80	
1-10	정부	-	-	-	-	-	-	-	-
	민간	-	-	-	-	-	-	-	
1-11	정부	-	12.00	13.90	12.00	12.00	-	49.90	66.60
	민간	-	4.00	4.70	4.00	4.00	-	16.70	
2-1	정부	-	15.00	26.00	33.60	23.60	18.00	116.20	155.00
	민간	-	5.00	8.70	11.20	7.90	6.00	38.80	
2-2	정부	-	9.00	12.00	12.00	15.00	18.00	66.00	88.00
	민간	-	3.00	4.00	4.00	5.00	6.00	22.00	
2-3	정부	-	-	-	-	-	-	-	-
	민간	-	-	-	-	-	-	-	
2-4	정부	-	14.85	30.60	34.80	34.90	23.95	139.10	185.60
	민간	-	4.95	10.30	11.70	11.60	7.95	46.50	
2-5	정부	-	-	-	-	-	-	-	-
	민간	-	-	-	-	-	-	-	
2-6	정부	-	27.00	76.00	78.00	57.00	42.00	280.00	373.50
	민간	-	9.00	25.50	26.00	19.00	14.00	93.50	
2-7	정부	-	9.75	35.25	35.25	35.25	24.70	140.20	187.00
	민간	-	3.25	11.75	11.75	11.75	8.30	46.80	
합계	정부	31.10	153.15	308.65	345.05	297.80	134.95	1270.70	
	민간	11.05	51.70	103.88	115.66	100.06	45.55	427.70	
	소계	42.15	204.85	412.53	460.71	397.86	180.50	1698.40	

*출처: 2018년도 예비타당성조사 보고서 철도차량 부품개발사업, 한국과학기술기획평가원(KISTEP), 2019.5.

11) TSI (Technical Specification for Interoperability) : 유럽 철도 상호운영성 확보 기술기준
12) UIC (International Union of Railways) : 국제철도연맹
13) SIL (Safety Intergrity Level) : 안전 계기 시스템(SIS)의 무결성을 나타내는 통계적 기준
-SIL1 : ~100년 사이에 예상치 못한 장애 발생 가능, SIL2 : 100~1,000년, SIL3 : 1,000~10,000년, SIL4 : 10,000~100,000년

기존 철도기술연구사업 예산

- 기존 철도기술연구사업으로 추진한 철도차량 및 인프라 부품·장치 개발과 관련한 R&D의 연구비(출연금+민간부담금)의 평균은 약 50억원 규모

  - 선행과제는 KTX 승강문 개발, 전기기관차 주변환장치 등과 같이 기존 해외의존 부품의 국산화 개발 목적으로, 본사업의 중점분야1(시장진입형 부품 국산화) 11개 과제와 성격유사

  - 중점분야1의 11개 과제의 평균 소요예산은 57.8억원이며 선행과제 연구비 규모 고려시 과제별 연구비는 적정한 수준으로 판단

<표 VII-217> 선행 부품과제 연구비 현황

No	과제명	연구기간	총연구비 (백만원)	주요 연구성과물
1	화물철도 상호운영을 위한 화차 연결기 및 제동장치 개발	'16.07 ~ '20.04	9,754	공동화차용 제동장치 및 가변형 연결기
2	경부고속열차(KTX) 차량컴퓨터제어장치(OBCS)개발	'05.06 ~ '07.06	3,750	KTX 차량컴퓨터제어장치
3	고속차량용 제동시스템 및 제동장치 기술개발	'09.03 ~ '12.12	3,533	KTX 공기 제동시스템 제동장치(제동밸브, 제동패널 등)
4	최신 반도체 소자를 이용한 고속철도 차량용 추진제어 기술개발	'09.03 ~ '13.06	4,282	고속철도(KTX) 추진제어장치(Motor Block)
5	절연구간 무접점 자동 전원절체 통과시스템 기술개발	'09.04 ~ '13.10	6,815	42KV급 자동전원절체 개폐장치
6	고속열차 승강문시스템 국산화 개발	'11.12 ~ '13.12	1,869	고속열차(KTX)용 승강문 시스템
7	고속철도용 차축발열검지장치 개발	'11.12 ~ '13.12	4,250	차축발열검지장치 센서, 전자패달 및 전자랙시스템
8	철도차량 검수고 자동검사장치 고도화	'11.12 ~ '13.12	5,585	철도차량 검수고 자동검사장치
9	고속차량용 감속기 모니터링시스템 기술개발	'11.12 ~ '13.12	2,158	감속기 이상상태 모니터링 시스템
10	전기기관차(8200호대) 추진시스템 성능향상 기술개발	'11.12 ~ '13.12	6,002	추진제어용 전력변환장치
11	시간동기화 기능을 갖는 교류철도용 통합 보호계전시스템 기술 개발	'14.08 ~ '18.04	3,742	철도용 교류전기 통합 보호계전기
12	250km/h급 강체 전차선로 개발	'14.08 ~ '18.04	6,276	250km/h급 강체전차선로 시스템
13	8200호대 전기기관차용 댐퍼류 기술 개발	'14.08 ~ '18.04	3,844	8200호대 전기기관차용 댐퍼
14	EN 12080 대응 철도차량용 차축베어링 국산화 기술 개발	'14.08 ~ '18.04	8,191	차축베어링(120km/h, 200km/h, 300km/h급)
15	도시철도용 차축베어링 개발	'13.12 ~ '17.10	6,237	도시철도용 차축베어링
16	전동차 동력제어용 모듈형 IGBT 개발	'13.12 ~ '17.10	7,455	전동차 동력제어용 모듈형 IGBT(3300V 60A 급)
17	고휘도(100만 칸델라급) LED 전조등 개발	'13.12 ~ '17.10	5,210	고휘도 LED 전조등
18	차세대 전철시스템 에너지 회생장치 개발	'03.06 ~ '08.05	2,550	IGBT를 사용한 최대용량 1500kVA 회생인버터
19	8200호대 전기기관차 보조전원장치 실용화 기술개발	'16.04 ~ '18.09	2,533	전기기관차 90KVA*2급 보조전원장치
20	전기기관차(8200호대) 주변환장치 및 종합제어장치 실용화 기술개발	'16.4 ~ '19.09	6,130	1.3MW급 주변환장치, IGBT 적용 컨버터, 인버터
평균 연구비			5,008	-

부품별 시험·인증 예상 소요비용

연번	부품명	인증·시험항목	소요비용 (백만원)	합계 (백만원)
1-1	고속철도용 댐퍼 개발	(인증) -NEP/EPC/K마크ISO/TSI22163/ (성능) - 형식승인 - 성능시험(감쇠력, 오일누유성능, 저온/고온성능 시험 등)	(인증) 1,630 (성능) 3,000 2,000	66.3
1-2	고속철도용 공기스프링 개발	(인증) -NEP/EPC/K마크ISO/TSI22163/ (성능) - 형식승인 - 성능시험(내환경, 내진동, 내충격시험 등)	(인증) 1,630 (성능) 3,000 1,900	65.3
1-3	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발	(인증) -NEP/EPC/K마크ISO/TSI22163/ (성능) - TSI - 성능시험(기밀, 내환경, 전류집전, 내구시험 등)	(인증) 1,630 (성능) 5,000 2,500	91.3
1-4	고속철도용 전두부 해치시스템 개발	(인증) -NEP/EPC/K마크ISO/TSI22163/ (성능) - 성능시험(내환경, 기밀유지성능, 기계적호환성, 전자파적합성 등)	(인증) 1,630 (성능) 5,600	72.3
1-5	고속철도용 냉각팬 시스템 개발	(인증) -NEP/EPC/K마크ISO/TSI22163/ (성능) - 성능시험(풍량성능, 내환경, 밸런싱, 소음성능 등)	(인증) 1,630 (성능) 2,300	39.3
1-6	고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발	(인증) -NEP/EPC/K마크ISO/TSI22163/ (성능) - UIC - 형식승인 - 성능시험(전단강도, 마찰성능, 내구성능, 밸런싱, 소음 등)	(인증) 1,630 (성능) 15,000 6,000 3,150	257.8

연번	부품명	인증·시험항목	소요비용 (백만원)	합계 (백만원)
1-7	고속철도용 모듈형 주회로 차단시스템 개발	(인증) -NEP/EPC/K마크ISO/TSI22163/ (성능) - TSI - SIL - 성능시험(내환경, 차단한계, 반응시간, 기계적 수명성능 등)	(인증) 1,630 (성능) 2,500 15,000 4,100	232.3
1-8	고속철도용 공조시스템 개발	(인증) -NEP/EPC/K마크ISO/TSI22163/ (성능) - 성능시험(냉난방성능, 누설성능, 송풍량성능, 내압성능, 소비전력성능, 소음성능 등)	(인증) 1,630 (성능) 3,400	50.3
1-9	도시철도용 모듈형 출입문 표준화 개발	(인증) -NEP/EPC/K마크ISO/TSI22163/ (성능) - SIL - 성능시험(강도성능, 전기안전성능, 응답성능, 내환경성능 등)	(인증) 1,630 (성능) 15,000 3,400	200.3
1-10	도시철도용 모듈형 보조전원장치 개발	(인증) -NEP/EPC/K마크ISO/TSI22163/ (성능) - 성능시험(전압성능, 전압변동성능, 내환경, 전자기적합성, 온도성능 등)	(인증) 1,630 (성능) 11,300	129.3
1-11	저상트램용 관절장치 개발	(인증) -NEP/EPC/K마크ISO/TSI22163/ (성능) - 성능시험(회전성능, 강도, 내충격성능 등)	(인증) 1,630 (성능) 2,400	40.3
2-1	희토류 저감형 영구자석 동기전동기	(인증) -NEP/EPC/K마크ISO/TSI22163/ (성능) - 성능시험(효율, 진동, 절연, 제어정밀도 등)	(인증) 1,630 (성능) 3,400	50.3

연번	부품명	인증·시험항목	소요비용 (백만원)	합계 (백만원)
2-2	마그네틱 기어드 방식 동력전달시스템	(인증) -NEP/EPC/K마크ISO/TSI22163/ (성능) - 성능시험(효율, 회전수, 온도, 내환경 등)	(인증) 1,630 (성능) 4,400	60.3
2-3	ESS 일체형 추진제어시스템	(인증) -NEP/EPC/K마크ISO/TSI22163/ (성능) - SIL - 성능시험(출력성능, 용량성능, 전자기적합성, 내환경 등)	(인증) 1,630 (성능) 15,000 4,500	211.3
2-4	컨버터 일체형 반도체변압기	(인증) -NEP/EPC/K마크ISO/TSI22163/ (성능) - 성능시험(유밀성능, 온도, 내환경, 소음성능, 용량, 효율 등)	(인증) 1,630 (성능) 2,700	43.3
2-5	외장코어형 컴팩트 주변압기	(인증) -NEP/EPC/K마크ISO/TSI22163/ (성능) - 성능시험(유밀성능, 온도, 효율, 내환경, 소음, 용량, 손실 등)	(인증) 1,630 (성능) 3,300	49.3
2-6	개방형 네트워크 프로토콜 기반 통합제어플랫폼	(인증) -NEP/EPC/K마크ISO/TSI22163/ (성능) - SIL - 성능시험(에러율, 내환경, 동작신뢰성, 전자기적합성 등)	(인증) 1,630 (성능) 40,000 6,400	480.3
2-7	자동 연결·분리 시스템	(인증) -NEP/EPC/K마크ISO/TSI22163/ (성능) - 형식승인 - 성능시험(내환경, 전자기적합성, 인장강도, 전송속도 등)	(인증) 1,630 (성능) 3,000 15,150	197.8

2. 소요인력

■ **본 과제 수행을 위한 총 소요인력은 2,533명(책임급: 512명, 선임급: 1,013명, 원급: 1,008명) 투입 예상**

● 2018년 학술연구용역 인건비 기준단가(기획재정부, 2018.01.)를 고려하여 연구개발이 시작되는 2020년 인건비 산출(매년 물가상승률 1.9%씩 반영)

- 책임연구원: 8,985,106원, 선임연구원: 6,889,656원, 원급: 4,605,504원(100% 참여시)

<표 VII-218> 총 소요인력

No.	투입인력 규모(단위: 명)							
	구분	1단계			2단계			합계
		2020	2021	2022	2023	2024	2025	
총괄	책임급	2	2	2	2	2	2	12
	선임급	2	2	2	2	2	2	12
	원급	4	4	4	4	4	4	24
1-1	책임급	0	3	8	5	5	0	21
	선임급	0	8	14	11	9	0	42
	원급	0	11	13	11	15	0	50
1-2	책임급	0	3	7	7	3	0	20
	선임급	0	6	12	12	9	0	39
	원급	0	9	12	12	10	0	43
1-3	책임급	0	5	7	8	5	0	25
	선임급	0	9	10	13	9	0	41
	원급	0	8	15	18	8	0	49
1-4	책임급	0	0	6	7	7	0	20
	선임급	0	0	8	15	10	0	33
	원급	0	0	11	10	12	0	33
1-5	책임급	0	4	5	4	3	0	16
	선임급	0	7	10	6	6	0	29
	원급	0	8	10	9	6	0	33
1-6	책임급	4	4	2	4	4	0	18
	선임급	4	4	9	4	6	0	27
	원급	4	4	10	12	8	0	38
1-7	책임급	3	3	6	4	3	0	19
	선임급	4	7	10	8	6	0	35
	원급	5	7	9	8	7	0	36

1-8	책임급	3	3	3	3	3	0	15
	선임급	8	10	11	11	8	0	48
	원급	8	7	9	9	8	0	41
1-9	책임급	0	0	3	5	3	0	11
	선임급	0	0	7	10	8	0	25
	원급	0	0	8	12	7	0	27
1-10	책임급	0	4	4	4	4	0	16
	선임급	0	7	14	10	11	0	42
	원급	0	9	10	10	8	0	37
1-11	책임급	0	4	4	4	4	0	16
	선임급	0	12	12	12	12	0	48
	원급	0	12	8	12	12	0	44
2-1	책임급	0	3	7	12	6	4	32
	선임급	0	9	14	21	17	10	71
	원급	0	12	17	27	14	13	83
2-2	책임급	0	4	5	6	6	6	27
	선임급	0	8	11	13	12	12	56
	원급	0	10	11	9	11	15	56
2-3	책임급	0	0	5	6	8	5	24
	선임급	0	0	11	14	14	12	51
	원급	0	0	10	13	14	15	52
2-4	책임급	0	4	6	6	6	4	26
	선임급	0	11	19	19	23	17	89
	원급	0	13	21	27	27	28	116
2-5	책임급	0	0	3	3	5	5	16
	선임급	0	0	10	10	17	10	47
	원급	0	0	8	10	14	12	44
2-6	책임급	0	10	30	31	20	14	105
	선임급	0	16	40	44	34	25	159
	원급	0	11	30	27	22	23	113
2-7	책임급	0	3	13	13	20	24	73
	선임급	0	7	20	20	34	38	119
	원급	0	6	18	18	22	25	89
합계	소계	51	313	604	647	593	325	2,533
		968			1,565			

과제별 참여율

<표 VII-219> 총 과제별 참여율

No.	구분	과제별 참여율(단위: %)					
		1단계			2단계		
		2020	2021	2022	2023	2024	2025
총괄	책임급	30%	30%	30%	30%	30%	30%
	선임급	30%	30%	30%	30%	30%	30%
	원급	39%	39%	39%	39%	39%	39%
1-1	책임급	-	13%	20%	17%	23%	-
	선임급	-	25%	43%	42%	37%	-
	원급	-	20%	30%	35%	35%	-
1-2	책임급	-	25%	23%	23%	30%	-
	선임급	-	27%	20%	20%	27%	-
	원급	-	42%	33%	33%	33%	-
1-3	책임급	-	33%	35%	40%	33%	-
	선임급	-	31%	35%	39%	31%	-
	원급	-	33%	33%	30%	33%	-
1-4	책임급	-	-	33%	40%	42%	-
	선임급	-	-	40%	43%	42%	-
	원급	-	-	38%	30%	40%	-
1-5	책임급	-	23%	43%	37%	17%	-
	선임급	-	27%	37%	35%	17%	-
	원급	-	20%	37%	32%	15%	-
1-6	책임급	45%	45%	45%	30%	60%	-
	선임급	60%	60%	43%	40%	65%	-
	원급	60%	60%	38%	40%	55%	-
1-7	책임급	35%	40%	37%	40%	40%	-
	선임급	45%	40%	43%	33%	28%	-
	원급	35%	43%	40%	40%	27%	-
1-8	책임급	30%	35%	40%	40%	30%	-
	선임급	33%	42%	43%	43%	33%	-
	원급	38%	38%	40%	40%	38%	-
1-9	책임급	-	-	30%	52%	37%	-
	선임급	-	-	23%	57%	42%	-
	원급	-	-	23%	52%	40%	-
1-10	책임급	-	30%	39%	35%	35%	-
	선임급	-	31%	41%	33%	28%	-
	원급	-	31%	38%	28%	29%	-
1-11	책임급	-	35%	43%	35%	35%	-
	선임급	-	40%	50%	40%	40%	-
	원급	-	25%	35%	25%	25%	-
2-1	책임급	-	50%	58%	53%	53%	53%
	선임급	-	55%	58%	50%	52%	57%
	원급	-	50%	47%	48%	43%	52%
2-2	책임급	-	36%	40%	34%	40%	44%
	선임급	-	35%	38%	35%	43%	45%
	원급	-	26%	26%	25%	34%	35%
2-3	책임급	-	-	23%	23%	25%	15%
	선임급	-	-	20%	26%	28%	17%
	원급	-	-	22%	24%	37%	19%

2-4	책임급	-	30%	43%	33%	33%	30%
	선임급	-	47%	60%	57%	58%	40%
	원급	-	45%	54%	61%	48%	43%
2-5	책임급	-	-	30%	40%	40%	37%
	선임급	-	-	32%	47%	47%	40%
	원급	-	-	30%	38%	37%	35%
2-6	책임급	-	50%	53%	53%	53%	53%
	선임급	-	60%	55%	63%	60%	60%
	원급	-	67%	47%	52%	56%	51%
2-7	책임급	-	50%	52%	52%	53%	53%
	선임급	-	60%	52%	52%	60%	46%
	원급	-	39%	49%	49%	56%	32%

연구원별 적용기준

- 본 과제에 참여하는 기관별 특성 및 경력을 고려하여 연구원 직급별 적용 기준 수립

〈표 VII-220〉 연구원별 적용기준

등급	책임연구원	선임연구원	원급(연구원)
기업, 단체 등	■ 대학이상의 과정 이수 후 해당분야 경력 12년 이상 ■ 석사학위취득 후 해당분야 8년 이상 ■ 박사학위 또는 기술사자격 취득 후 4년 이상 ■ 기타 동등이상 경력 소유자	■ 대학이상의 과정 이수 후 해당분야 경력 7년 이상 ■ 석사학위 취득 후 해당분야 5년 이상 ■ 박사학위 또는 기술사자격 취득자 ■ 기타 동등이상 경력소유자	■ 전문대학 이상의 과정이수자 ■ 기타 동등이상의 경력 소유자
대 학	■ 부교수 이상	■ 전임강사 이상 ■ 박사학위 취득자	■ 석·박사과정 재학생 이상
출연 연구기관	■ 책임연구·기술원 ■ 선임연구원 5년 이상	■ 선임연구·기술원 5년 이하 ■ 연구원	■ 기능직

< 한국과학기술기획평가원 예비타당성 검토결과 >

소요인력

- 주관부처가 제시한 과제별 연구비 규모를 동일 주관부처가 추진한 유사과제의 연구비 규모와 비교한 결과, 과제의 범위, 개발 대상 핵심 요소기술, 인증 및 현차시험 등을 감안하면 원하는 수준의 부품을 개발하기 위해 정부와 민간이 공동으로 투자해야 하는 필요한 수준의 연구비 규모를 제시하고 있는 것으로 판단됨

- 주관부처는 과제별로 인건비, 장비재료비, 기타 비용(연구활동비, 연구과제추진비, 연구수당, 간접비 등)등 연구개발비 구성 항목별로 과제 추진 내용과 우리의 기술수준, TRL 등을 고려하여 주관부처의 연구개발비 산정기준에 따라 산정한 결과를 제시

  - 소요 인력은 2,533명(책임급: 512명, 선임급: 1,013명, 원급: 1,008명)으로 추정하였으며, 인건비는 2018년 학술용역 인건비 단가(기획재정부, '18.1)를 적용하여 추정하였으며, 소요 인력의 참여율은 별도로 마련한 연구원 직급별 적용 기준에 따라 적용하되, 과제의 특성을 감안하여 직급별로 차등 적용하는 것을 원칙으로 추산한 결과를 제시하였음

※ 책임연구원: 8,985,106원, 선임연구원: 6,889,656원, 원급: 4,605,504원(100% 참여시)

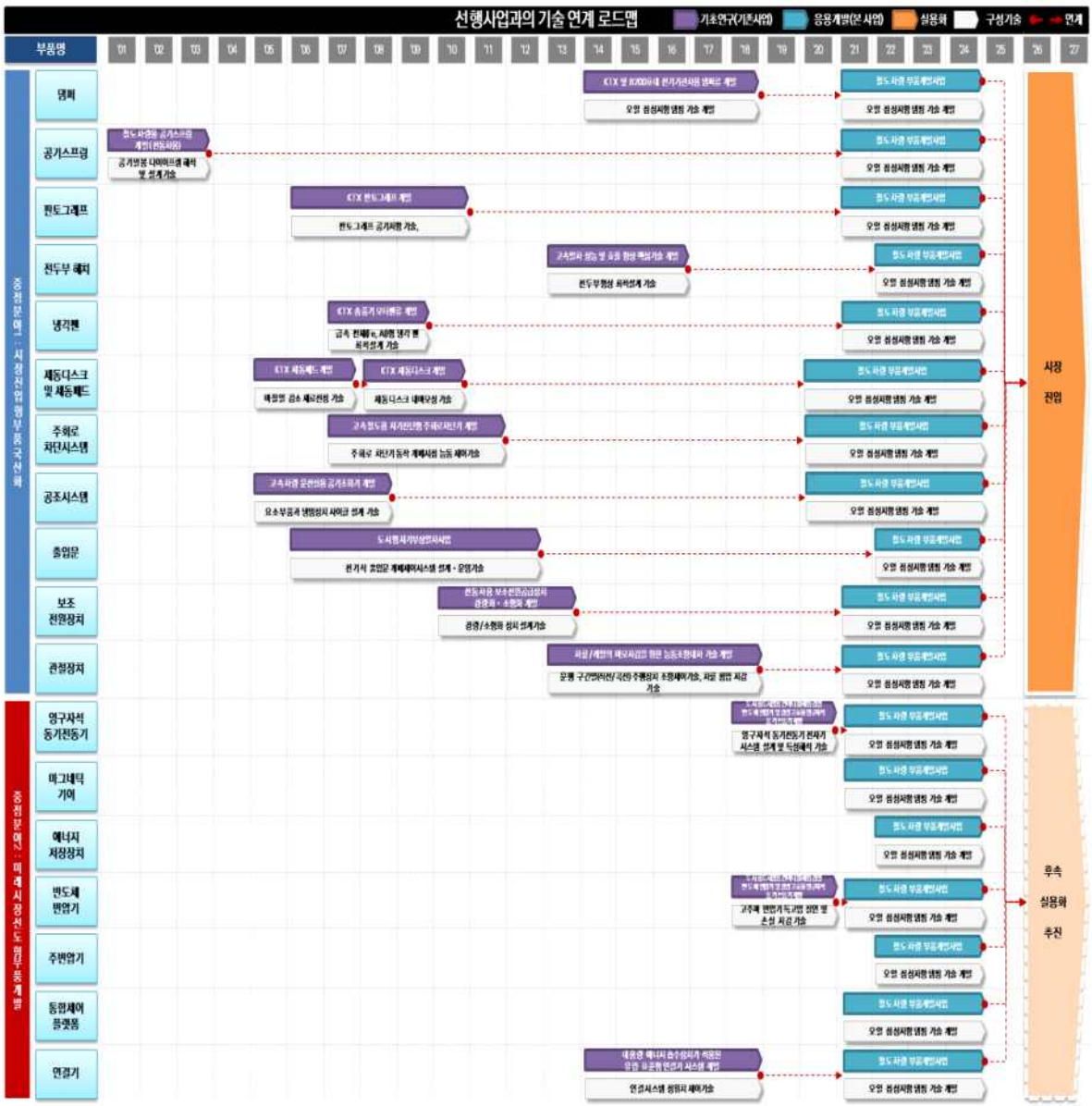
*출처: 2018년도 예비타당성조사 보고서 철도차량 부품개발사업, 한국과학기술기획평가원(KISTEP), 2019.5.

3. 통합로드맵

그간, 철도관련 사업을 통해 확보된 핵심기술과 본 사업 추진 시 요구되는 구성기술 간의 연계성을 고려하여 기술 로드랩을 수립

- 중점분야 1의 11개 부품의 경우 선행 기술을 연계 활용함으로써 기술개발 성공가능성 및 실용화 가능성 제고

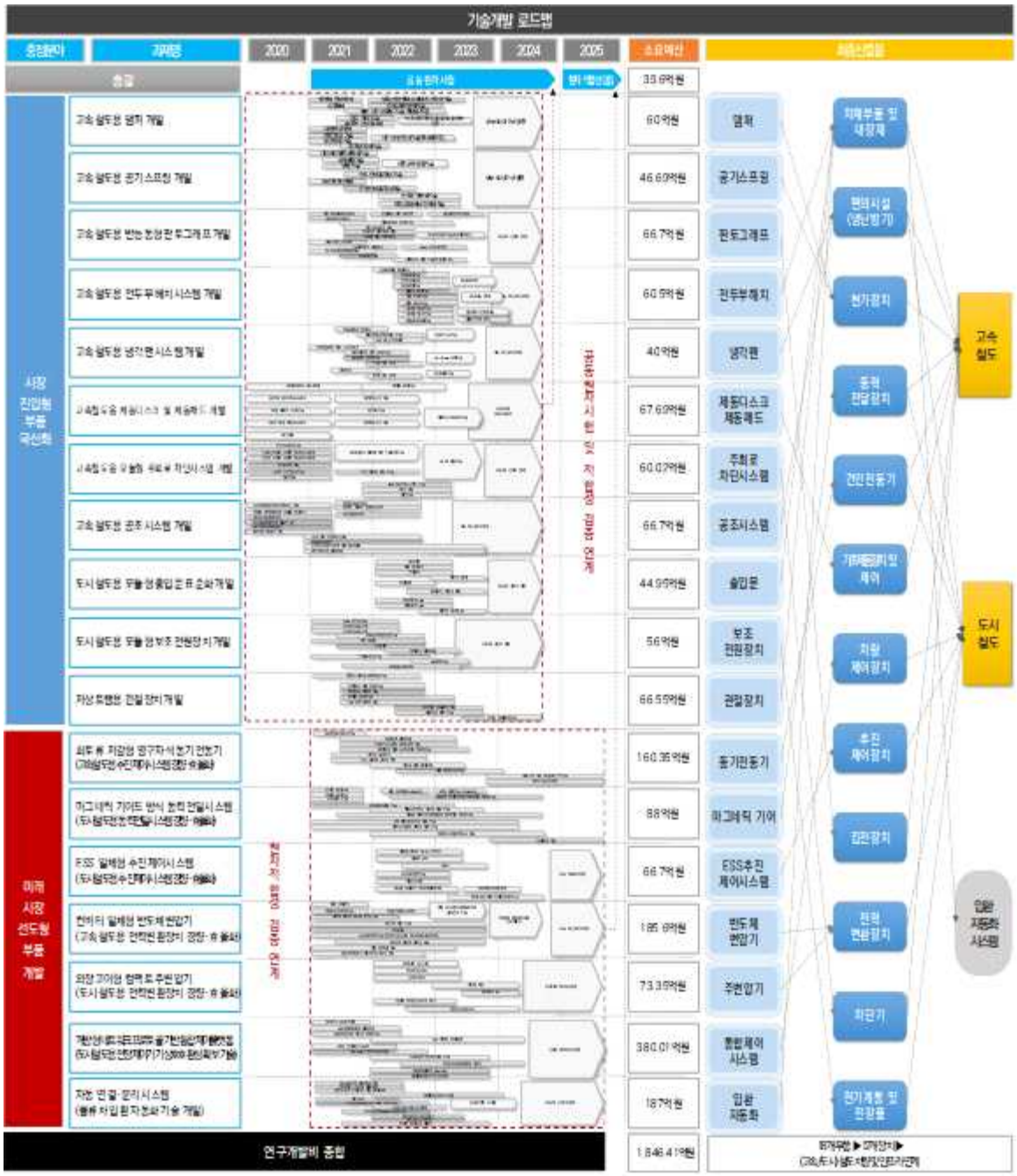
- 중점분야 2는 선행기술이 미흡하여 기초·응용 기술부터 단계적으로 개발하고 향후, 시장형성 시 추가 현차시험 등을 통해 단기간에 시장진입이 가능토록 성능검증까지 완료



<그림 VII-305> 선행사업 연계 기술로드맵

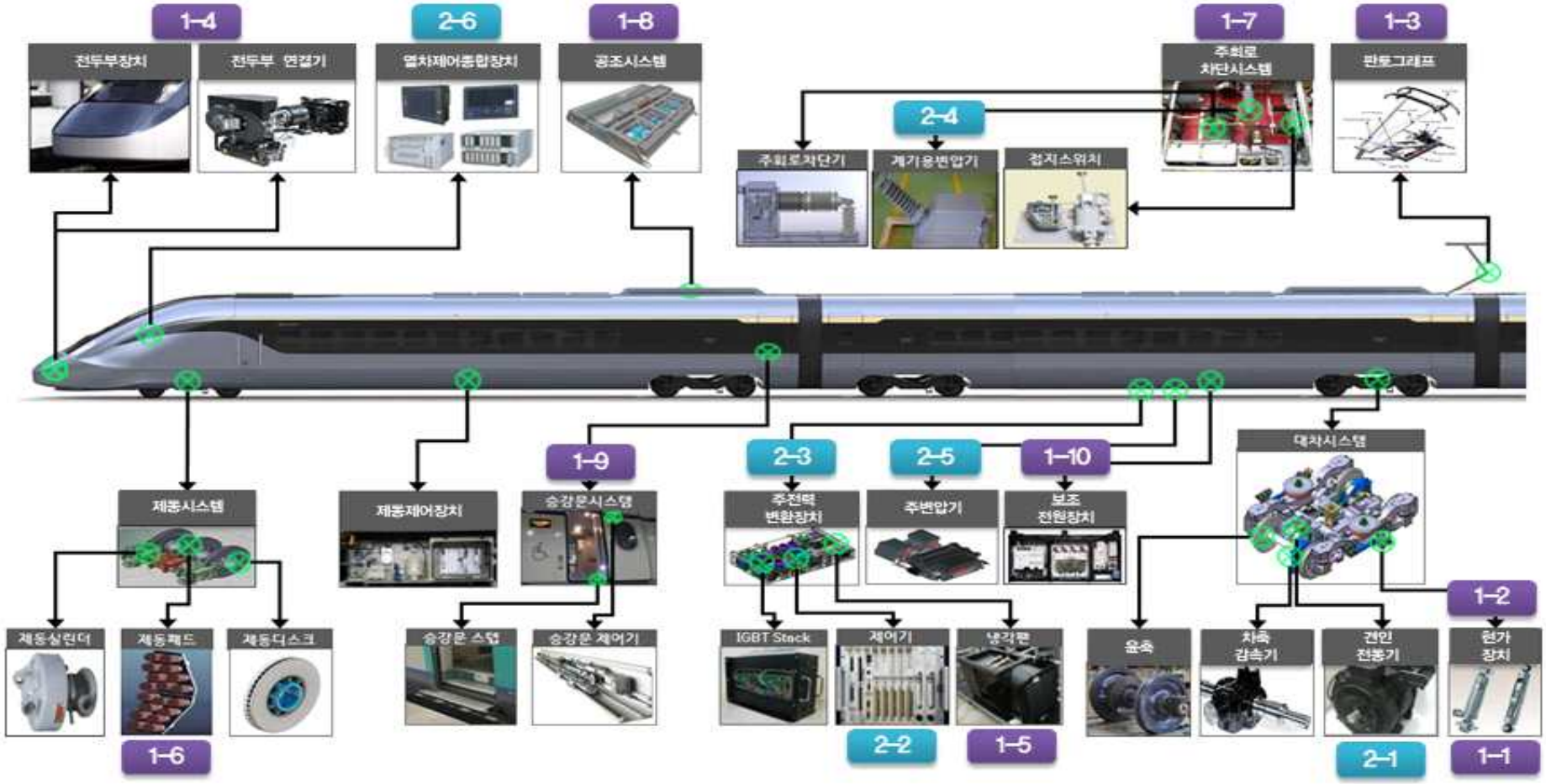
각 부품 간 연계성을 고려하여 세부기술 간 후속연계·활용기술, 성과물 간의 관계 등 선후관계를 설정

- 본 사업은 철도차량을 구성하는 18개 단위부품 개발사업으로 성과물은 12대 장치 및 3개의 철도차량 및 인프라(고속, 도시, 입환시스템)로 최종 연계 구성됨



〈그림 Ⅶ-306〉 본 사업의 통합로드맵

4. 본 사업을 통한 성과물



※ 본 철도차량 부품체계도 내 (1-11)저상트램용 관절장치 및 (2-7) 입환 자동화 시스템 부품의 경우, Matching 제외

철도차량 부품개발 사업

제8장 사업 관리방안

제1절 사업추진체계 및 성과지표 설정
제2절 사업관리 전략
제3절 재원 조달 계획

제8장 사업 관리방안

제1절 사업추진체계 및 성과지표 설정

1. 사업추진체계 및 역할

사업추진체계

- 본 사업 주관은 국토교통부, 전담기관은 국토교통과학기술진흥원으로 하며, 사업의 효율적인 운영과 성과실용화 제고를 위해 현차시험 및 인증 지원을 수행하는 총괄과제가 포함된 **사업단**으로 추진

- 국토교통부 R&D 사업은 국토교통부 훈령인'국토교통부소관 연구개발사업 운영규정' 및 '국토교통 연구개발사업 관리지침'에 따라 관리·운영함

  - 사업단의 경우 운영규정 제13조(사업단)에서 사업단의 구성운영 등에 관한 세부사항은 장관의 승인을 받아 따로 정할 수 있도록 되어 있으며, 그에 따라 '국토교통연구개발사업 사업단과제 관리지침'을 두고 있음

  - 기획보고서 등에 제시한 사업추진체계 및 기관별 역할, 사업단 운영방안 등은 상기 '국토교통연구개발사업 사업단과제 관리지침'을 준용하여 설계되었음

  - 특히 사업단 구성체계 등도 '국토교통연구개발사업 사업단과제 관리지침'의 별표1 (사업단과제 추진체계) 등을 준용함

    *출처: '국토교통연구개발사업 사업단과제 관리지침'



- 사업단의 역할

  - 사업단은 법인 또는 독립된 조직형태로 운영되며, 사업단과제의 효율적 추진을 위해 사업단장을 보조하는 지원조직(사무국 등)을 둘 수 있음

- 사업단장의 권한 및 역할

  - 사업단 및 지원조직 구성·운영

  - 세부과제의 기획, 선정평가, 진도관리·정산·자체평가·예산조정 및 컨소시엄간의 역할배분

  - 연구개발성과 사업화, 지적재산권·정보관리 등 지원

  - 연구개발성과 보급·확산 및 홍보와 대외 실무 총괄 등

  - 다음 내용을 포함하는 사업단 주관연구과제(총괄과제) 수행

· 시스템 엔지니어링 및 시스템 통합
· 테스트베드 시스템 적용 및 관리
· 개발기술의 가치분석 및 성과활용 계획 등

● 총괄과제

- 사업단 주관연구과제로 요구사양 정의, 성과 성능검증 계획수립 및 지원, 수요처 협조, 인증획득활동 지원 등을 수행

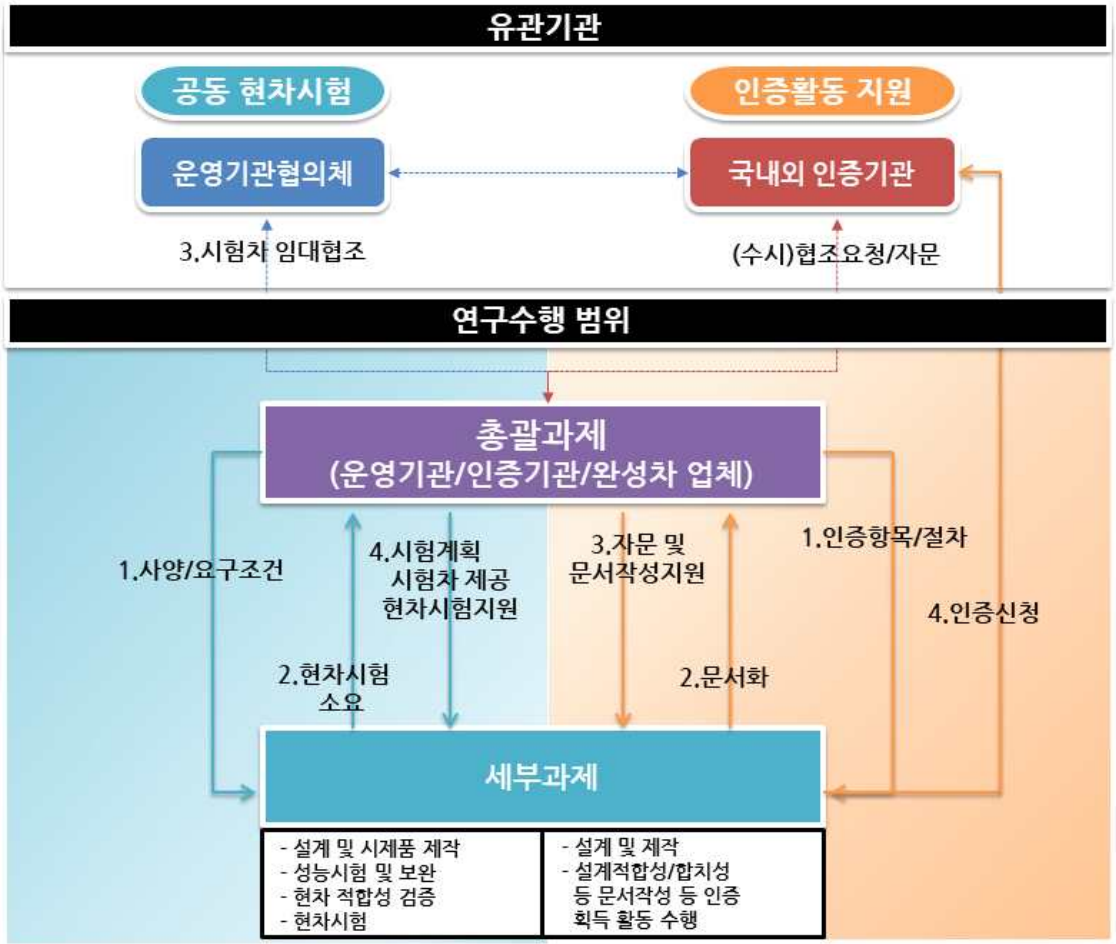
- 사업단 총괄기관 외 현차시험협조, 시험인증지원 등을 위해 철도운영기관, 완성차업체, 시험인증기관 등으로 총괄과제 구성

사업 참여 주체간 역할

● 부품의 전략적 사업화 지원체계를 갖추기 위해 각 부품 단위의 개발을 위한 세부과제 외 **사업추진체계內** 운영기관, 완성차업체 및 인증기관으로 구성된 **총괄과제**를 두고, 별도의 **운영기관 협의체**를 구성·운영

● **(중점분야1 세부과제)** 국내 수요가 있지만 수입에 의존하는 부품을 국산화하는 11개 과제로 구성되고 실제 개발 후 즉시 시장진입을 통한 매출실현이 가능한 중소·중견 부품기업을 중심으로 구성

● **(중점분야2 세부과제)** IoT 등 첨단기술을 활용한 고성능·고부가가치 부품 개발을 위해 기술력을 갖춘 출연연 또는 중소·중견기업 중심으로 구성



<그림 Ⅷ-1> 사업 참여 주체 간 역할

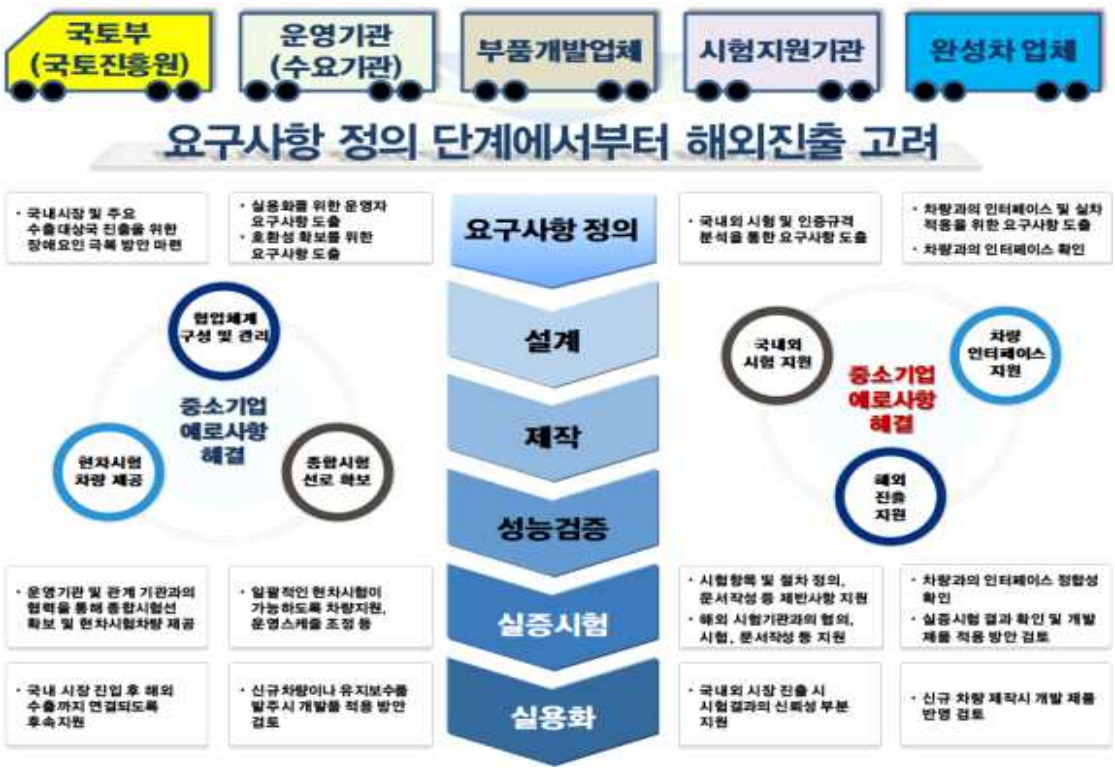
〈표 Ⅷ-1〉 추진 주체별 역할 및 기능

주체	역할 및 기능
주관부처 (국토교통부)	– 사업총괄 부처(최상위 의사결정기관) – 사업의 추진과 관련된 정책적 판단 및 의사결정 – 사업 시행계획 수립 – 사업 투자우선순위 결정 등
전문기관 (국토교통과학기술진흥원)	– 사업단 기획·평가·운영위원회 구성·운영 – 사업단 진도 및 실적 점검 – 사업단 선정·단계·최종평가 – 기술 확산 및 정책 활용성 검토 등
운영위원회	– 전문기관이 요청한 사항에 대한 검토·심의·조정 · 사업 세부시행계획 수립에 관한사항 · 주요 내용변경에 관한 사항 · 지원 우선순위, 연구개발비 규모 등에 관한 사항
운영기관 협의체	– 고속, 일반, 도시철도 운영기관과의 유기적 협조에 관한 사항 · 수요처 요구사항 검토 및 의견제시 · 성능검증을 위한 현차시험 협의 및 협조 창구역할 수행 · 연구성과의 수요처 소개 등 홍보
사업단(사업단장)	– 사업추진을 위한 컨소시엄 구성 – 사무국 구성·운영 – 세부과제 기획·선정평가, 진도관리·정산·자체평가·예산조정 참여기관간 역할배분 등 – 연구성과 관리 및 사업화 지원 – 연구성과 보급·확산 및 홍보
총괄과제 (철도운영기관, 철도차량제작사, 시험인증기관)	– 연구성과의 실용화를 지원 인증획득, 현차시험 등을 종합적으로 지원할 수 있도록 운영기관, 시험인증기관 및 완성차업체로 구성 · 수요처(운영기관 및 차량제작사)의 요구조건을 정의하여 세부과제별 부품 설계에 반영 · 개발품의 현차적합성검증 및 현차성능시험 등의 지원을 위한 현차시험계획 수립, 시험차량 임대 및 시운전 노선 운영기관 협의 · 국내외 시장 진출을 위해 필요한 인증조사, 인증항목 및 절차 정의, 세부과제 인증획득활동 지원 등
중점분야1 세부과제, (중소·중견 주관)	– 산업체 중심 산학연 컨소시엄으로 즉시 실용화가 가능한 부품개발 · 부품 설계 및 시제품 제작, 단품 성능검증시험 · 형식승인 등 인증획득활동 · 현차적합성검증 및 현차성능시험 등
중점분야2 세부과제 (출연연 또는 중소·중견 주관)	– 출연연 또는 산업체 중심의 산학연 컨소시엄으로 향후 기술확보를 통한 세계시장 경쟁이 가능한 고성능 부품 개발 · 부품 설계 및 시제품 제작, 단품 성능검증시험 등

사업추진체계의 특징

- 추진 주체별 역할 정립을 통해 요구사항 정의 단계에서부터 해외진출을 고려한 사업 추진 전략 수립

  - **(요구사항 정의)** 철도차량 부품개발 사업체 참여하는 각 이해관계별 의견 수렴을 통해 철도차량 부품 실용화를 위한 요구사항 도출
  - **(설계)** 차량과의 인터페이스 및 국내외 시험 인증 규격을 고려한 철도차량 부품 설계 지원
  - **(제작)** 운영기관, 부품개발업체, 완성차 업체 간 협업을 통해 정합성 확보를 통한 부품 제작 수행
  - **(성능검증)** 시험지원기관의 협조를 통해 시험항목 및 절차, 문서작성 등 제반사항 지원
  - **(실증시험)** 운영기관 등 관계기관과의 협력을 통해 시험선 확보 및 현차 시험
  - **(실용화)** 국내시장 진입 후 해외 수출 후속 지원



<그림 Ⅷ-2> 추진주체 간 역할정립 및 연계방안

2. 사업 성과목표·지표

사업유형 구분

- 과학기술정보통신부에서 발간한 "국가연구개발사업 표준성과지표 가이드라인"에서 제시한 R&D 사업 유형을 참고하여 동 사업의 유형을 구분함

  - 철도차량부품 개발사업은 사업의 목적 및 특성 등을 고려하여 중장기 산업기술 개발사업을 위한 R&D 사업으로 설정함

<표 Ⅷ-2> R&D 사업 유형 분류

유형	개념 및 분류 기준
중장기산업 기술개발	중·장기적(3년 이상) 상용화를 목표로 추진 중인 응용·개발 연구사업

표준 성과지표 풀(Pool) 구축

- 본 연구개발 사업 내 세부 기술분야별 성과지표 도출을 위한 성과지표 Pool은 '국가연구개발사업 표준성과지표'를 준용하여 유형별 성과지표 구축

<표 Ⅷ-3> 사업 유형별 성과지표

유형	분류기준	사업유형별 성과지표
중장기산업 기술개발	광범위한 응용가능성에 중심을 두고 장기간에 걸쳐 기술개발	논문게재 건수, 특허출원 및 등록건수, 시험인증 통과율, 연간 TRL달성도, 시제품 생산건수, 특허기술가치, 관련 산업 민간투자유인, 매출액, 수출액, 시장점유율 등

표준 성과지표 설정

- 표준 성과지표는 전문가 자문회의를 통해 1)기술적 성과, 2)사회적 성과, 3)경제적 성과로 구분하고 연관관계를 고려하여 아래와 같이 성과지표를 설정

※ 단, 사업의 특성 상 사회적 성과(취업유발 4만명 창출)는 사업목표와 연계하여 구성

<표 Ⅷ-4> 성과 유형별 공통 지표

성과 유형	공통 성과지표	비 고
기술적 성과	특허, 국내인증(형식인증) 해외인증, 신기술 신제품 인증	특허 권리 획득 국내외 인증을 통한 신뢰성 확보 신기술/신제품인증을 통한 미래선도
경제적 성과	기술사업화 효과 또는 실적, 현차 시험 및 시제품 제작(건수)	국내 철도 편성 시 차량에 우선 도입

세부과제별 성과지표 목표치 설정

- 세부과제별 성과에 대한 표준성과지표와 목표치를 다음 표와 같이 설정

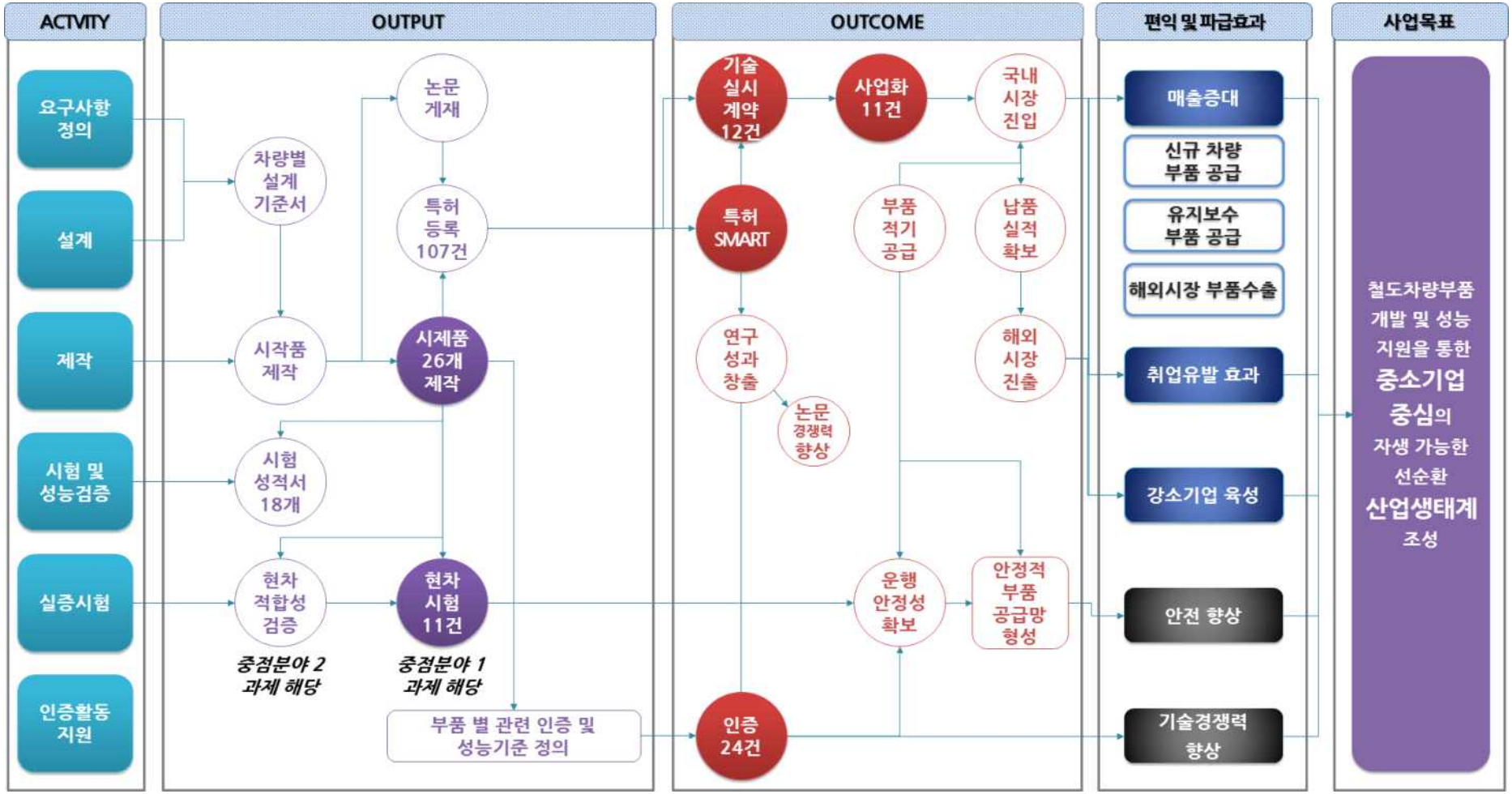
<표 Ⅷ-5> 세부과제별 성과목표

세부과제	성과지표(건)						
	특허 등록	인증	시험 성적서	현차 시험	시제품	기술실시 계약	사업화 건수
1-1 고속철도용 댐퍼 개발	5	2	4	1	4	1	1
1-2 고속철도용 공기스프링 개발	6	2	1	1	1	1	1
1-3 고속철도용 반능동형 판토그래프 개발	5	1	3	1	1	1	1
1-4 고속철도용 전두부 해치시스템 개발	6	1	4	1	1	1	1
1-5 고속철도용 냉각팬 시스템 개발	5	1	4	1	4	1	1
1-6 고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발	5	3	4	1	3	1	1
1-7 고속철도용 모듈형 주회로 차단시스템 개발	7	2	4	1	1	1	1
1-8 고속철도용 공조시스템 개발	7	1	7	1	1	1	1
1-9 도시철도용 모듈형 출입문 표준화 개발	5	1	4	1	1	1	1
1-10 도시철도용 모듈형 보조전원장치 개발	7	1	4	1	1	1	1
1-11 저상트램용 관절장치 개발	5	1	2	1	1	1	1
2-1 희토류 저감형 영구자석 동기전동기 (고속철도용 추진제어시스템 경량·효율화)	7	1	3	-	1	-	-
2-2 마그네틱 기어드 방식 동력전달시스템 (도시철도용 동력전달시스템 경량·효율화)	10	1	3	-	1	-	-
2-3 ESS 일체형 추진제어시스템 (도시철도용 추진제어시스템 경량·효율화)	7	1	3	-	1	-	-
2-4 컨버터 일체형 반도체변압기 (고속철도용 전력변환장치 경량·효율화)	9	1	3	-	1	-	-
2-5 외장코어형 컴팩트 주변압기 (도시철도용 전력변환장치 경량·효율화)	3	1	4	-	1	-	-
2-6 개방형 네트워크 프로토콜 기반 통합 제어 플랫폼 (도시철도용 전장제어기기 상호호환성 확보 기술)	7	1	4	-	1	-	-
2-7 자동 연결·분리 시스템 (물류차 입환 자동화 기술 개발)	8	2	4	-	1	1	-
합 계	**114**	**24**	**65**	**11**	**26**	**12**	**11**

<표 Ⅷ-6> 성과목표 · 지표 설계 논리모형

구분	투입	과정	산출	결과	
				단기성과	중장기 성과
사업 논리	· **인적자원** – 철도부품 관련 중소/중견기업 – 철도차량제작사 – 철도 운영기관 – 시험인증기관 – 철도관련 연구기관 및 학계 · **물적자원** – 예산 – 연구장비 · **지적자원** – 지식, 정보	· 추진방향설정 · 기술수요조사 · 기획과제도출 · 기획과제심의 · 신규 대상 과제&예산확정 · 공고,접수,평가 · 과제선정 및 협약 · 중간평가 및 정산 · 차년도 협약 · 최종평가 및 정산 · 기술료징수 · 성과확산 및 활용	· **기술적 성과** – 특허 출원등록 – 시제품 제작 · **과학적 성과** – 논문 게재	– 특허 SMART – 현장시험 및 검증	– 국내외 인증 – 기술실시계약건수 – 기술이전 – 사업화 건수 – 매출액 – 고용창출 – 수출액
성과 목표				개발 부품의 설계 및 초기 시제품 제작현장 시험 및 검증	미래 융합 부품의 특허 창출 및 시장진입형 부품의 사업화
성과 지표			논문 특허 시작품	특허 SMART 현장시험 및 검증(현차적합성) 시제품 제작	특허 SMART 현장시험 및 검증(현차시험) 인증(국·내외) 기술실시계약건수 사업화건수

성과 및 편익 간 연계



<그림 Ⅷ-3> 성과발생 로직모형 및 편익지표 연계 Map

성과목표 및 지표 총괄표

<table>
<tr><th>구분</th><th colspan="6">내 용</th></tr>
<tr><td>전략목표</td><td colspan="6">• 철도차량 부품 개발 및 성능검증 지원을 통한 중소기업 중심의 자생기능 선순환 산업생태계 조성</td></tr>
<tr><td>성과목표</td><td colspan="6">• 국내 조달 부품 11개 신규확보
• 참여 기업 매출 연평균 성장률 3.7% 달성
• 점프업기업(중소☞중견) 3개 육성
• 취업유발효과 2.6만명</td></tr>
<tr><td rowspan="2">단계별
성과목표</td><td colspan="3">1단계 (2020~2022)</td><td colspan="3">2단계 (2023~2025)</td></tr>
<tr><td colspan="3">○ 개발 부품의 설계 및 초기 시제품 제작 현장 시험 및 검증</td><td colspan="3">○ 미래 융합 부품의 특허 창출 및 시장 진입형 부품의 사업화</td></tr>
<tr><td rowspan="9">성과지표</td><td>지표명</td><td>지표구분</td><td>가중치</td><td>지표명</td><td>지표구분</td><td>가중치</td></tr>
<tr><td>특허 SMART</td><td>질</td><td>0.3</td><td>특허 SMART</td><td>질</td><td>0.2</td></tr>
<tr><td>현장시험 및 검증*</td><td>질</td><td>0.4</td><td>현장시험 및 검증*</td><td>질</td><td>0.1</td></tr>
<tr><td>시제품 제작</td><td>양</td><td>0.3</td><td>–</td><td>–</td><td>–</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>인증(국내외)**</td><td>질</td><td>0.2</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>기술실시계약건수</td><td>양</td><td>0.2</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>사업화건수***</td><td>질</td><td>0.3</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>합계</td><td colspan="2">1.0</td><td>합계</td><td colspan="2">1.0</td></tr>
</table>

※ **'국가연구개발사업 성과목표 설정가이드라인(과기정통부)'**에서는 산출지표 및 결과지표 중에서 성과의 질을 측정할 수 있는 지표를 국가연구개발사업의 '질적 성과지표'로 활용토록 권고하고 있음. ex) 질적지표 = 질적 산출지표(일반개념) + 결과지표

※ 따라서 **현장시험 및 검증, 인증, 사업화건수** 등은 사업의 결과(성과)를 측정할 수 있는 **결과지표**임을 감안하여 **질적지표**로 활용

* **현차시험 및 검증** : 현차시험 종료 후 운영기관의 자체 심의위원회에서 현차시험결과의 질적 수준(적합여부)을 판단

** **인증** : 기준(code)에서 요구하는 수준에 부합함을 입증하여야만 획득 가능함에 따라 성과의 질적 수준 측정 가능

*** **사업화건수** : 본 사업의 주목적인 연구성과의 상용화 및 사업화 성공 등의 결과를 측정할 수 있는 주요지표로서 질적지표로 판단

3. 단계별 성과목표 및 성과지표

1 1기 성과목표

단계(평가주기)	기간	성과목표	
1단계	2020~2022	성과목표	□ 부품 설계·시제품 제작 및 단품성능 검증
		설정근거	□ 본 사업의 전략목표 달성을 위한 단기적 성과목표인 핵심 기술 확보 및 성능검증을 위한 지표 설정

2 1기 성과지표

성과지표명	단위	구분	실적 및 목표치			가중치	성과유형	지표유형	질적지표	공대 실용지표	성과지표 설정 사유	관련 내역사업
		연도	2020	2021	2022							
특허 SMART	-	목표	-	4.32	4.41	0.3	기술적	결과	O		중장기개발사업에서 주요하게 창출되는 기술적 지표로서, 신규사업이력을 감안하여 0.3의 가중치를 부여	
		실적										
시제품 제작	건	목표	-	5	12	0.3	경제적	산출			연구개발된 부품의 실용화 기반이 되는 시제품 제작 성과는 국내 부품 상용화 및 매출실적 연계 등과 직결됨에 따라 경제적 성과지표로 설정	
		실적										
현장시험 및 검증 (단품성능시험 및 현차 적합성 검증)	건	목표	-	-	19	0.4	기술적	산출	O		기술개발로 인하여 발생한 성과의 실용화 가능성을 판단하기 위해 현장시험 및 검증(단품성능시험 및 현차 적합성 검증)을 성과지표로 설정	
		실적										
계						1.00						

3 1기 성과지표의 목표치 및 측정방법

<table>
<tr><th>성과지표명</th><th>목표치 설정방법 및 근거</th><th>측정산식 및 방법, 시기</th><th>자료 출처</th></tr>
<tr><td>특허 SMART</td><td>○ 설정방법 : 사업과 유사한 성격의 사업인 국토교통기술촉진사업의 최근 3년간 평균 값을 초기연도 목표치로 설정
<국토교통기술촉진사업 성과실적>
<table><tr><th>2013</th><th>2014</th><th>2015</th><th>평균</th></tr><tr><td>4.20</td><td>4.68</td><td>4.08</td><td>4.32</td></tr></table>○ 연차별 목표치 설정근거 : 도전적 목표치 설정에 따라 매년 2% 증가 수준으로 설정</td><td>○대상 : 당해연도 신규/계속과제
○측정방법 : SMART 활용
○측정산식 : ΣI등급*배점/등록특허건수
○시기 : 당해연도 연말(12월) 성과측정
<table><tr><th>등급</th><th>C</th><th>CC</th><th>CCC</th><th>B</th><th>BB</th><th>BBB</th><th>A</th><th>AA</th><th>AAA</th></tr><tr><td>배점</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr></table></td><td>한국발명진흥회의 특허분석평가시스템 SMART 활용</td></tr>
<tr><td>시제품 제작</td><td>○ 설정방법 : 과제별 성과목표에 따른 시제품 제작 현황을 바탕으로 성과 측정
○ 연차별 목표치 설정근거 : 과제별 시제품제작 일정을 고려하여 해당 성과를 구축(P.846 세부과제별 성과지표 참조)</td><td>○대상 : 당해연도 신규/계속과제
○ 측정방법 : 추진 과제들의 전체 시제품 제작건수 합을 기준으로 당해연도 시제품 제작 건수를 측정
○ 시기 : 당해연도 연말(12월) 기준
– 연차별 성과실적 보고서 활용</td><td>NTIS 연구성과관리시스템, 성과분석 보고서</td></tr>
<tr><td>현장시험 및 검증 (단품성능시험 및 현차 적합성 검증)</td><td>○ 설정방법 : 연구개발을 통한 개발품의 개발목표에 따른 개념,설계 인터페이스, 기능, 성능 등의 요구사항이 부품설계시 적합하게 반영되었는지 성능시험을 통해 입증
○ 연차별 목표치 설정근거 : 시제품 제작이 완성된 부품을 대상으로 현차 적합성 검증 통과여부를 목표로 설정</td><td>○대상 : 당해연도 신규/계속과제
○측정방법 : 시험성적서, 현차적합성 검증결과 보고서 등
○시기 : 당해연도 연말(12월) 기준</td><td>NTIS 연구성과관리시스템, 성과분석 보고서</td></tr>
</table>

1 2기 성과목표

단계(평가주기)	기간	성과목표	
2기	2023~2025	성과목표	□ 선도 기술 확보를 위한 특허 창출 및 시장진입형 부품의 사업화
		설정근거	□ 사업의 중·장기 단계에 따라 기술의 활용/확산을 통한 가시적인 성과가 나타나기 시작할 것으로 예상됨에 따라 사업의 경제적·기술적 효과를 주요 성과 지표로 설정함

2 2기 성과지표

성과지표명	단위	구분	실적 및 목표치			가중치	성과유형	지표유형	질적지표	공대실용지표	성과지표 설정 사유
		연도	2023	2024	2025						
특허 SMART	-	목표	4.58	4.68	4.77	0.2	기술적	결과	O		중장기개발사업에서 주요하게 창출되는 기술적 지표로서, 사업이력을 감안하여 1기 대비 낮은 0.2의 가중치를 부여
		실적									
현장시험 및 검증 (현차시험 운행 성능평가)	건	목표	21	28	7	0.1	기술적	산출	O		기술개발로 인하여 발생한 성과의 실용화 가능성을 지속적으로 관리하기 위해 현장적용 기반구축 및 기술실증 건수를 성과지표로 설정
		실적									
인증(국·내외)	건	목표	-	16	8	0.2	기술적	산출	O		국내 상용화는 물론, 해외시장 진출 대비를 위해 국내외 품질규격에 부합하는 철도부품의 기준 및 성능 실현 성과목표로 설정
		실적									
기술실시계약건수	건	목표	-	11	1	0.2	경제적	결과			연구 개발된 부품의 실용화 기반이 되는 기술실시계약 성과의 지속적 제고가 필요함에 성과지표로 설정
		실적									
사업화건수	건	목표	-	-	11	0.3	경제적	결과	O		연구 개발된 부품의 상용화를 통해 중소기업의 매출 증진 등 지속적 성과창출이 요구됨에 따라 해당 성과지표를 설정
		실적									
계						1.00					

3 2기 성과지표의 목표치 및 측정방법

성과지표명	목표치 설정방법 및 근거	측정산식 및 방법, 시기	자료 출처
특허 SMART	○설정방법 : 2020년 목표치를 기준으로 매년 2% 증가 수준으로 설정	○대상 : 당해연도 신규/계속과제 ○측정방법 : SMART 활용 ○측정산식 : ΣI등급*배점/등록특허건수 ○시기 : 당해연도 연말(12월) 성과측정 등급 C CC CCC B BB BBB A AA AAA 배점 1 2 3 4 5 6 7 8 9	한국발명진흥회의 특허분석평가시스템 SMART 활용
현장시험 및 검증 (현차시험 운행 성능평가)	○설정방법 : 개발된 부품의 현차시험을 통한 운행실적 확보 및 실증 통과여부를 목표치로 설정	○대상 : 당해연도 신규/계속과제 ○측정방법 : 부품별 현차시험 결과서 ○시기 : 당해연도 연말(12월) 기준 – 연차별 성과실적 보고서 활용 – 현장적용 기술실증 기준 : 기술개발로 인하여 발생한 기술의 현장적용 기술검증을 위해 실시한 Test Bed 적용실적, 현장시험, 시험시공, 시범사업 수행 실적	국토교통 R&D 사업관리 시스템 (CTPASS)
인증(국내·외)	○설정방법 : 각 부품별 국내외 인증 최소 1건 획득을 목표치로 설정	○대상 : 당해연도 신규/계속과제 ○측정방법 : 형식승인 대상 부품의 경우 인증 2건 이상 획득, 이외 부품의 경우 국제철도산업표준 인증 1건 이상 획득 건수를 측정 ○시기 : 당해연도 연말(12월) 기준 – 연차별 성과실적 보고서 활용 * 본 사업의 범위상 중점분야2 과제의 경우 상용화 목표가 아닌 미래 선도형 기술력 확보이므로 해당 성과측정 대상에서 제외	국토교통 R&D 사업관리 시스템 (CTPASS)
기술실시계약건수	○설정방법 : 각 부품별 상용화 목표로 기술실시계약 건수를 1건 이상 체결을 목표치로 설정	○대상 : 당해연도 신규/계속과제 ○측정방법 : 추진 과제들의 전체 기술실시 계약 건수 합을 기준으로 당해연도 기술실시계약 건수를 측정 ○시기 : 당해연도 연말(12월) 기준 – 연차별 성과실적 보고서 활용	NTIS 연구성과관리시스템, 성과분석 보고서
사업화 건수	○설정방법 : 각 부품별 상용화를 목표로 사업화 건수(계약체결 건수)를 1건 이상 체결을 목표치로 설정	○대상 : 당해연도 신규/계속과제 ○측정방법 : 추진 과제들의 전체 사업화(계약) 건수 합을 기준으로 당해연도 사업화 건수를 측정 ○시기 : 당해연도 연말(12월) 기준 – 연차별 성과실적 보고서 활용	국토교통 R&D 사업관리 시스템 (CTPASS)

4. 사업 논리모형 설정

● 철도차량부품 개발사업의 구성요소 및 연관관계 등을 포함하여 사업의 특징을 살펴 볼 수 있는 논리모형 제시

이슈 / 문제

○ **배경요인**
- **(국가의 책무)** 국가는 철도의 역할이 국가의 건전한 발전과 국민의 교통편익 증진을 위하여 필수적인 요소임을 인식하여 철도산업의 경쟁력을 높이고 발전기반을 조성해야할 의무가 있음(철도산업발전기본법)
- **(매력적인 산업)** 철도산업은 연 200조원을 상회하는 거대시장이자 친환경교통수단으로 각광받는 고성장 먹거리 산업이며 전후방 파급효과 및 일자리 창출효과가 높은 거대장치·시스템산업으로 세계시장 선점을 위한 경쟁 격화
- **(붕괴위기의 철도산업 생태계)** 국내 철도차량부품 산업생태계는 완성차업체에 장치부품을 납품하는 다수의 소규모 부품중소기업이 근간을 이루고 있으나, 불규칙한 국내발주, 외산 의존, 높은 시장진입 장벽 등으로 인해 경영악화→기술개발 여력 저하→경쟁력 저하→외산의존의 악순환의 고리 형성
- **(외산 의존에 따른 부작용)** 부품의 품질이 철도차량의 품질 및 안전과 직결되나, 외산 의존에 따른 부품 조달곤란, 높은 도입단가 등으로 사고 및 장애발생 우려
- **(기존 지원의 한계)** 형식승인제 시행, 정비, 관리, 전문인력 법·제도, 시설투자 확대, 철도R&D 지원 등을 추진 중이나 제한적인 예산, 단편적인 지원, 체계적 지원방안 미흡 등으로 산업육성에 한계 존재

○ **필요성**
- 공공성과 파급효과, 시장 성장전망이 높은 국가의 기간산업으로 지속적인 철도산업 육성 필요
- 장수명주기 및 수요독점적 산업이자 그에 따른 공공성 및 리스크가 큰 산업으로 정부차원 지원 필요
- 산업육성을 위해 선순환구조의 자생가능한 철도차량부품산업생태계를 조성 필요
- 철도차량부품 산업생태계의 핵심은 부품중소기업며 따라서 부품중소기업에 대한 지원/육성 필요
- 따라서 법제도, 재정지원 외 시장에서의 경쟁가능한 **부품개발 및 성능검증**을 **R&D**로 지원 필요

○ **(정책/현황)** 문재인정부 100대 국정과제(철도의 공공성 및 철도산업 경쟁력 제고), 제 3차 과학기술기본계획(국가전략기술에 첨단철도기술 포함), 제3차 철도산업발전기본계획(부품산업 경쟁력 강화, 철도차량 After Market 조성 등), 제3차 국가교통기술개발계획, 철도 강소기업 육성전략, 철도부품개발 마스터플랜 등에 부합

○ **(기회/환경)** 세계철도시장은 2021년까지 연평균 2.6%P성장하여 2021년 278조원으로 확대 전망

○ **(대안/전략)** 철도차량부품 개발 및 시장진입지원을 통해 중소기업 중심의 자생가능한 철도산업 생태계를 조성하고 장기적으로 수출산업으로 육성

2. 목표

철도차량부품개발 및 성능검증 지원을 통한 중소기업 중심의 자생가능 선순환 산업생태계 조성

◈ 국내 조달 가능 부품 11개 신규확보
◈ 참여 기업 매출 연평균 성장률 3.7% 달성
◈ 점프업기업(중소☞중견) 3개 육성
◈ 취업유발효과 2.6만명

3. 수혜자

철도 산업 생태계 주체별 수혜
- 부품중소기업: 기술력확보 및 제품 시장진입을 통한 매출 증대
- 차량업체: 신차 개발 및 납품시 해외의존도 축소, 차량 가격경쟁력 제고
- 운영기관: 유지보수용 부품의 적시수급, 적정 유지보수 비용 지출, 차량 도입단가 하락 등
- 국민: 성능이 입증된 부품 사용 및 적기조달에 따른 사고 및 장애위험 저감으로 이용안전 향상

4. 투입

○ 필요 자원
–사업비:1,846.41억원 (국비 1,381.65억원, 민자 464.76억)
– 연구주체: 철도부품 관련 기업, 연구기관 등

5. 활동

○수요 연계 부품 개발
○시험기준 및 절차확립, 공동 현차 시험 등을 통한 체계적이고 효과적인 성능검증
○운영기관 참여를 통한 실용화율 제고

6. 산출

○ 결과물
– 특허등록 114건
– 인증 24건
– 시험성적서 65건
– 현차시험 11건
– 시제품 26건
– 기술실시계약 12개
– 사업화 건수 11건

7. 성과 / 영향

○ 성과
– 철도부품 전후방 산업 관련 2.6만 명 취업유발
– 신규 차량 부품 매출 1조 5,015억 원
– 유지보수용 부품 매출 5,785억 원

8. 가정

○ 연구개발사업의 효과적인 추진 및 상용화·실용화를 위한 공공(운영기관, 인증기관, 출연연 등)과 민간(중소중견기업)의 협력이 전제조건

제2절 사업관리 전략

1. 사업관리 체계 및 프로세스

- 연구개발사업의 최종결과물의 실용화 및 현장적용 성과 극대화를 위한 전주기적 프로세스에 기반한 성과관리 운영방안을 도입
  - **계획(사업/과제 기획)** 사업목표의 명확성, 성과계획의 합리성, 사업목표와 내용의 적합성, 유사성/중복성 검토를 통해 사업 추진의 적절성 확보
  - **집행(연구개발 수행관리)** 연구기관 선정 및 비용·인력 등의 자원배분, 연구개발 수행, 연구 수행 산출물 도출의 체계적 수행을 통해 사업 수행의 체계성 확보
  - **결과(성과조사·분석·평가)** 사업 투입 대비 산출 분석, 산업에 대한 경제적·사회적·공공적 영향력 분석, 특허/시제품/사업화건수 등 질적 성과 및 양적 성과분석을 통해 사업수행의 효율성, 효과성 확보
- 과제기획부터 공고, 선정 및 연구수행, 사후관리까지 세부 프로세스 및 수행주체별 명확한 역할분담을 통한 R&D 전주기적 관리 프로세스 확립

<표 Ⅷ-7> 연구 추진 절차

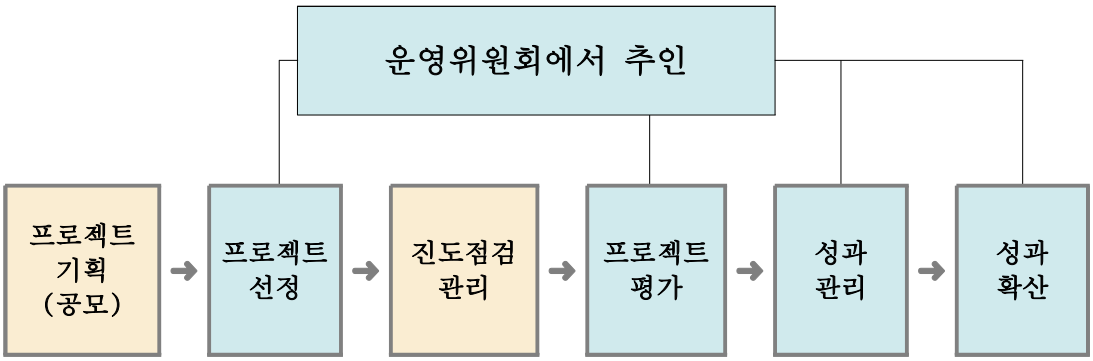
연구과제 공모	사업단 과제 기획	전문기관/기획위원회
	사업단장 공모·선정 및 협약	전문기관/사업단
세부과제 선정	세부과제 공모 및 선정	전문기관/사업단
	총괄협약 및 세부과제 협약	총괄협약 : 전문기관/사업단 과제 협약 : 사업단/연구단
연구단 운영	사업 진도관리	전문기관/사업단
	세부과제 진도 및 실적점검	사업단
	추가 세부과제 상세기획	사업단장
	세부과제 공모 및 선정	전문기관/기획위원회/ 사업단장/연구책임자
	사업단 자체평가 및 단계평가	전문기관/사업단
	사업단 최종평가	전문기관/사업단
	사업비 정산	전문기관
성과 관리	성과관리 및 활용	전문기관/사업단 주관연구기관/협동연구기관
	사후관리(기술료징수, 성과활용 평가 등)	전문기관

2. 사업관리 전략

사업평가 및 관리 이원화

- 본 사업은 민간이 기술 개발을 수행하고 전문기관이 선정평가·중간 및 최종평가 및 성과관리·확산을 담당함으로써 공공과 민간의 적절한 역할 분담을 통해 전문성강화 및 공정성 확보를 동시 달성하는 관리체계로 운영

  - 프로젝트 선정 및 중간(연차 및 단계), 최종평가 시 전문기관이 평가위원회 구성 및 운영을 지원하고 운영위원회가 최종 추인



- 기존 개발기술과의 연계를 통한 산업체 주도의 상용기술개발 추진

  - 정부는 사업비 지원 비율을 원천기술개발 및 기존 성과 연계기술개발 단계, 상용기술개발 단계 등 각 추진 단계별로 연구개발비(국고/민간) 투자비율을 탄력적으로 조정

- 세부기술 분야, 구성기술별 공공-민간역할 분담을 통한 현장적용 및 실증 강화

  - 세부기술 분야 내 구성기술을 공공주도형, 민간주도형, 공공-민간 합동형 등으로 구분함

- 기존 개발기술과의 연계를 통한 산업체 주도의 상용기술개발 추진

  - 정부는 사업비 지원 비율을 상용기술개발 단계, 기존 성과 연계기술개발 단계 등 각 추진 단계별로 연구개발비(국고/민간) 투자비율을 탄력적으로 조정

세부기술분야 및 구성기술별 맞춤형 추진전략 구축

- 제작업체와 운영자가 공동개발-검증하여 해외수출, 수입대체, 가격인하에 성공한 개발 모델을 확대 적용하여 추진
  - 제작업체: 설계기술, 제작기술, 상용화기술 개발
  - 운영기관: 사용자 요구사항 도출, 인터페이스 검증, 실증시험
  - 시험기관: 국·내외 시험 규격 등 요구 사항 도출, 성능검증 및 인증 지원



*출처 : 철도차량부품 개발 사업 공청회 발표자료, KAIA(2018)

〈그림 Ⅷ-4〉 실용화 성공모델 전략

3. 단계별 평가/관리 절차 및 기준

선정평가

- 사업 추진 방식에 따라 평가항목의 가중치를 다르게 부여하여 사업 실효성 제고
  - 기술개발 추진계획의 타당성 및 구체성, 기술의 우수성 등에 대한 가중치를 높게 평가를 시행하여 목적지향형 R&D 사업 추진
  - 매년 기술동향조사를 통한 트렌드 발굴을 통해 성능 우수 부품개발을 위한 연구개발 방향성에 적극 반영

주요 절차	내 용
신청서류 접수 (전문기관)	연구개발계획서 등 신청서류 접수
⇩	
선정평가 계획수립 (전문기관)	선정평가 절차 및 일정 계획수립 및 안내
⇩	
사전검토 (전문기관)	과제담당자 사전검토 – 신청서류 적합성 – RFP 부합여부 – 중복성 조사내용 등
⇩	
연구과제 평가단 구성 (전문기관)	전문가 중심 연구과제 평가단 구성 – 이해관계인 제척
⇩	
선정평가 실시 (연구과제 평가단)	서면평가, 온라인평가, 발표평가, 현장평가 중 하나 이상의 방법 고가(3천만원 이상) 연구장비 심의
⇩	
평가결과 보고 및 통보 (전문기관)	선정평가 결과 국토부 보고 평가결과 신청기관 통보 및 협약체결 안내
⇩	
협약체결 (전문기관↔주관연구기관)	선정기관은 평가위원 의견을 반영 조치 협약체결

- **(사전검토)** 신청기관이 제출한 연구개발계획서에 대해 과제제안요구서(RFP)와의 부합성, 타 과제와의 중복성 등 사전검토 자료를 연구과제 평가단에 제공 가능

- **(평가방법)** 서면평가, 온라인평가, 대면(발표)평가, 현장평가 중에서 하나 이상의 방법을 선택하여 실시

- **(평가항목 및 배점)** 개별 평가계획 수립시 「국토교통R&D 평가 업무매뉴얼」의 평가항목 및 배점을 참고하되 연구과제의 유형을 고려하여 평가항목과 배점을 달리할 수 있음

※ 연구계획의 창의성·우수성, 과제목표의 도전성·적절성, 과제지표의 적절성 등의 항목에 대해 평가위원의 전문적 판단에 기반을 둔 정성평가 중심으로 실시

- **(평가결과의 산정)** 종합평가점수 산정시 「국토교통 연구개발사업 관리지침」 제17조에 따라 과제 획득점수를 기준으로 가점 및 감점을 부여 가능하며, 이를 반영한 과제별 최종점수로 지원대상 기관 선정

- **(평가결과의 조치)** 선정평가 결과를 국토교통부장관에게 보고하고, 평가위원의 명단 및 종합의견(평가위원 개인별 점수 및 의견 제외) 등 평가결과를 신청기관에 통보 후 연구과제 평가단 의견 등을 반영 및 보완하여 협약 추진

● 선정평가 기준은 중점분야1, 중점분야2, 실증과제의 유형에 따라 평가기준을 차등화

〈표 Ⅷ-8〉 선정평가 기준(안)

평가항목	배점			평가내용
	중점1	중점2	실증	
기술개발 추진계획	20	20	20	기술개발 계획목표 및 범위의 명확성
				기술개발 추진체계 및 참여인력구성의 적정성
				기술개발을 위한 사업비 책정의 타당성 및 구체성
도전성과 창의성	15	15	0	기존 기술대비 도전성, 창의성, 차별성
				창의적 기술로 신규 시장 창출 및 개척가능성
주관기관 기술개발역량	15	20	50	총괄책임자의 역량
				주관기관의 기술개발 역량
기술의 우수성	20	30	30	기술개발의 완성도, 혁신성, 치별성
				기술개발 조기 성공 가능성
				기술의 수명주기상의 위치
				기술의 권리확보 및 모방용이성
기술의 사업성	15	5	-	세부기술간 패키지 기술개발 가능성
				마케팅 계획, 예상 판로의 다양성 및 구축정도
				생산기반의 확보 및 생산성
기술의 시장성	15	10	-	사업화대상기술의 시장 규모 및 시장 성장 가능성
				해당산업의 시장 경쟁구도 및 진입장벽, 예상시장 점유율
				사업화대상기술 및 해당산업의 경제적 파급효과
합계	100			

연차(단계) 평가

● 전문기관의 사업관리실은 사업수행과정을 정기적으로 모니터링하여 사업의 실패 확률을 줄일 수 있도록 함

● 연구책임자가 제시한 마일스톤에 입각하여 목표달성도에 대한 평가 실시

- 연구책임자가 제시한 마일스톤의 목표 달성여부를 확인 및 평가하고 프로젝트의 성과 및 진척도를 판단

- 과제 진척도 및 성과 추적 등이 가능하도록 전주기적 온라인 연구실적·성과정보 모니터링 시스템 구축, 운용

주요 절차	내 용
연차(단계)평가 계획수립 (전문기관)	연차(단계)평가 절차 및 일정 계획수립 및 안내
⇩	
연차(단계)평가 자료 제출	연차(단계)실적계획서, 성과점검기준표 증빙서류 등 평가자료 제출
⇩	
사전검토	과제담당자 사전검토 – 연구성과 질적·양적 달성도 – 연구계획 변경내용 – 실용화 점검결과 반영내용 – 연구비 집행실적 및 이월신청 등
⇩	
연구과제 평가단 구성 (전문기관)	전문가 중심 연구과제 평가단 구성 – 이해관계인 제척
⇩	
연차(단계)평가 실시 (전문기관)	해당 연도(단계) 실적평가 및 다음 연차(단계) 계획 검토 * 대면(발표)평가, 현장평가 등 적합한 평가방법 선택
⇩	
연차(단계)평가 결과 보고 및 통보 (전문기관)	연차(단계)평가결과 국토부 보고 연차(단계)평가결과 주관기관 통보 및 협약체결 안내
⇩	
협약체결 (전문기관↔주관연구기관)	연차(단계)평가결과를 반영하여 차년도 협약체결

- **(사전검토)** 주관연구기관이 제출한 연차(단계)실적·계획서, 성과점검 기준표 등을 연구과제 평가단에 미리 송부하여 사전 검토토록 하고, 전담기관 담당자는 사전검토 내역을 평가단에 제공 가능
- **(평가방법)** 과제단위로 실시하되, 필요한 경우 세부과제 단위로 평가하고 대면(발표)평가, 현장평가 중에서 하나 이상의 방법을 선택하여 실시
- **(평가항목 및 배점)** 개별 평가계획 수립시 「국토교통R&D 평가 업무매뉴얼」의 평가항목 및 배점을 참고하되 연구과제의 유형을 고려하여 평가항목과 배점을 달리할 수 있음

- (기본방향) 원칙적으로 정성평가를 실시하되 연구목표 달성도 등 일부 평가항목은 정량평가 실시 가능

- (실적) 당해연차(단계)의 핵심성과 중심의 질적 달성수준을 중심으로 점수평가 실시

- (계획) 최종목표 달성을 위해 수립된 다음 연차(단계) 연구계획의 적정성에 대한 연구과제 평가단의 검토를 통해 “일부보완” 또는 “전면수정” 판정

● **(평가결과의 산정)** 종합평가점수 산정시 연구과제 평가단 평가점수(90%) 및 진도관리 평가결과(10%)를 기준으로 종합평가점수를 정하되, 진도관리평가 생략시 평가단 결과만으로 종합평가점수를 정함

- 연구단과제를 세부과제 단위로 평가한 경우 연구단 종합평가점수는 세부과제 종합평가점수의 평균으로 정함

● **(평가결과의 조치)** 실적 종합평가점수에 따라 과제의 ‘계속지원’(60점 이상) 또는 ‘지원중단’ (60점 미만) 판정하고, 실적 종합평가점수에 따라 평가단위 과제의 연구수당 지급기준을 차등적용함

- 계속지원’ 대상과제에 대해서는 평가결과 및 종합의견을 통보하고, 보완대비표 및 연차(단계)실적·계획서 등을 수정·보완 요청

- (계획 일부보완) 평가단 의견에 따른 연차(단계)실적·계획서 수정·보완 여부에 대하여 전문기관 담당자 확인을 거쳐 협약 추진

- (계획 전면수정) 평가단 의견에 따라 전면 수정된 연차(단계)실적·계획서에 대하여 평가단 확인(검토회의 또는 서면검토 등)을 거쳐 협약 추진

중간모니터링

- 전문기관의 사업관리실은 사업수행과정을 정기적으로 모니터링 하여 사업의 실패 확률을 줄일 수 있도록 함

  - 미흡한 과제 검토 및 환경변화(정책, 국내외 시장 동향) 등에 대한 적극적인 모니터링 수행으로 시급성이 높은 과제 등으로 조정하는 등 환류 체계 적용

- 연구책임자가 제시한 마일스톤에 입각하여 목표달성도에 대한 모니터링 실시

주요 절차	내 용
중간모니터링 계획수립 (전문기관)	중간모니터링 절차 및 일정 계획수립 및 안내
⇩	
중간모니터링 자료 제출 (주관연구기관)	연차(단계)실적계획서, 성과증빙자료(성과요약서 등) 등 자료 제출
⇩	
사전검토 (전문기관)	과제담당자 사전검토 – 연구성과 질적·양적 달성도 – 연구계획 변경내용 – 실용화 점검결과 반영내용 – 연구비 집행실적 및 이월신청 등
⇩	
중간모니터링 위원회 구성 (전문기관)	전문가 중심 모니터링위원회 구성(3인) – 이해관계인 제척
⇩	
중간모니터링 실시 (중간모니터링 위원회)	해당 연차 연구실적 및 다음 연차 계획 점검 * 필요시, 주관 연구책임자 질의·응답 실시
⇩	
중간모니터링 결과 보고 및 통보 (전문기관)	중간모니터링결과 국토부 보고 중간모니터링결과 주관기관 통보 및 협약체결 안내
⇩	
연차평가(필요시) (전문기관)	중간모니터링 결과 '연차평가 대상'인 경우 연차평가 실시
⇩	
협약체결 (전문기관↔주관연구기관)	모니터링결과, 연차평가결과를 반영하여 차년도 협약체결

- **(사전검토)** 주관연구기관이 제출한 연차(단계)실적·계획서, 성과증빙자료 등을 중간모니터링 위원회에 미리 송부하여 사전검토토록 하고, 전담기관 담당자는 사전검토 내역을 중간모니터링 위원회에 평가당일 제공 가능

- **(평가방법)** 과제단위로 실시하되, 필요한 경우 세부과제 단위로 모니터링하고 서면검토를 원칙으로 하며, 컨설팅 중심으로 진행

  - 전년도 목표달성과 수행내용에 대한 항목위주로 위원간 논의와 합의에 의해 중간모니터링 종합결과서 작성

  - 과제특성 및 수행단계 등을 고려하여 필요시 연구책임자가 참여한 질의·응답 실시 가능

- **(모니터링 항목)** 과제의 특성 등을 고려하여 개별 평가계획 수립시 모니터링 항목을 달리 할 수 있음

  - (실적) 해당 연차 성과달성도.

중간모니터링 항목	착안사항
성과 달성도	• 해당 연차 질적·양적 성과지표 및 목표의 달성 정도(성과점검기준표) • 연구성과물의 기술적/경제적 우수성 • 최종 성과목표 달성을 위한 중간성과물의 기여도 및 활용가능성

  - (계획) 계획의 적정성

중간모니터링 항목	착안사항
계획의 적정성	• 최종목표 대비 다음 연차 추진계획의 적합성 • 연구개발성과 활용방안(실용화·사업화 등)의 적정성 • 목표달성을 위한 질적·양적 성과지표 및 목표의 적정성(성과점검기준표) • 관련 환경 변화의 반영 여부 • 연구내용 대비 연구기간, 연구기관 구성, 인력투입 계획 등의 적합성 • 다음 연차 신청연구비 및 비목별·기관별 예산 배분의 적정성 • 연구비 이월신청 사유 및 내역 적정성(해당시) • 장비구축계획 등 장비도입 적정성 심의(해당시) • 실적 평가결과에 따른 다음 연차 계획의 수정·보완 의견 및 대책 등

  - (대상) 개발 부품의 적정성 → 중간평가 과정에서 부품기술의 변화 및 환경변화 등 고려하여 부품 개발 필요성이 저감된 경우, 혹은 새로운 신규부품 개발 필요성이 발생한 경우 사업품목 변경으로 조정

- **(모니터링 결과의 조치)** 중간모니터링 결과에 따라 '계속지원' 또는 '연차평가대상'으로 판정하고, 연구단을 세부과제단위로 모니터링한 경우 연구단에 대한 '계속지원' 또는 '연차평가대상' 여부는 중간모니터링위원회에서 판정

  - '계속지원' 과제에 대해서는 종합결과서를 연구기관에 통보하여 보완대비표, 보완 연차(단계)실적·계획서, 협약체결 관련 서류 등 제출 요청

  - '연차평가대상' 과제는 연차평가 절차 및 방법에 따라 평가실시

최종 평가

- 최종평가를 통해 당초 계획대비 최종목표의 달성 여부 및 사업화 가능성을 확인

주요 절차	내 용
최종평가 자료 제출 (주관연구기관)	최종보고서, 성과점검기준표, 자체평가보고서, 연구개발결과 활용계획서(SMK 포함) 등 평가자료 제출
⇩	
최종평가 계획수립 (전문기관)	최종평가 절차 및 일정 계획수립 및 안내
⇩	
사전검토 (전문기관)	과제담당자 사전검토 – 연구성과 질적·양적 달성도 – 당초 연구개발계획 대비 수행여부 – 연구성과 활용계획의 적정성 등
⇩	
연구과제 평가단 구성 (전문기관)	전문가 중심 연구과제 평가단 구성 – 이해관계인 제척
⇩	
최종평가 실시 (연구과제 평가단)	연구개발 목표 달성여부, 연구성과 우수성 등에 대한 평가
⇩	
최종평가 결과 보고 및 통보 (전문기관)	최종평가결과 국토부 보고 최종평가결과 주관기관 통보 및 보완요청
⇩	
최종보고서 발간·배포 (주관연구기관)	최종보고서 보완본 필수배포처 배포

- **(사전검토)** 주관연구기관이 제출한 연구개발 최종보고서·요약서 등 평가자료에 대한 사전검토결과를 연구과제 평가단에 미리 송부하여 사전검토토록 하고, 전문기관 담당자는 사전검토 내역을 평가단에 당일 제공 가능

- **(평가방법)** 과제단위로 실시하되, 필요한 경우 세부과제 단위로 평가하고 대면(발표)평가, 현장평가 중에서 하나 이상의 방법을 선택하여 실시

- **(평가항목 및 배점)** 개별 평가계획 수립시 「국토교통R&D 평가 업무매뉴얼」의 평가항목 및 배점을 참고하되 연구과제의 유형을 고려하여 평가항목과 배점을 달리할 수 있음

- **(평가결과의 산정)** 종합평가점수를 산정시 연구과제 평가단 평가점수(90%) 및 진도관리 평가결과(10%)를 기준으로 종합평가점수를 정하되, 진도관리평가 생략시 평가단 결과만으로 종합평가점수를 정함

  - 연구단과제를 세부과제 단위로 평가한 경우 연구단 종합평가점수는 세부과제 종합평가점수의 평균으로 정함

- **(평가결과의 조치)** 종합평가점수에 따라 과제의 '성공'(60점 이상) 또는 '실패'(60점 미만) 판정

  - 실패과제(60점 미만)는 연구개발과제 수행실태 등 점검을 통해 성실수행 여부를 확인

평가항목	세부 지표
목표 미달성 사유	• 연구목표의 도전성 – 당초의 연구목표가 리스크를 감안하고 도전적으로 설정되어 실패의 가능성이 인정되는지 여부 • 외부요인으로 인한 목표달성 실패 – 시장의 미성숙, 환경 변화, 타 과제에서 유사기술 개발 완료, 정부 정책변화 등 외적인 요인 존재 여부
연구수행 방법 및 과정의 적절성	• 수행방법의 평가 – 연구 성격 상 반복수행이 가능한 연구의 경우 연구목표 도출 실패 후 1회 이상 재시도 했는지 여부 • 수행과정의 평가 – 연구노트 등 기술개발과정에 대한 자료 및 각종데이터가 체계적이고 충실한지 여부 – 연구진행과정을 입증하는 초기·수정모델, 실험데이터 등 유·무형적 발생물의 존재 여부

성과관리계획

- 정부업무평가 기본법은 성과관리를 "정부업무를 추진함에 있어 기관의 임무, 중장기 목표, 연도별 목표 및 성과지표를 수립하고 그 집행과정 및 결과를 경제성, 능률성, 효과성의 관점에서 관리하는 일련의 활동"이라고 정의[1)]

  - 정부사업의 성과관리 기본구조에 계획→집행→점검→평가→환류의 기본구조로 설계

- 본 사업의 성과관리 계획은 정부 업무평가기본법의 기본철학을 준수하여 도출

  - 국토교통부는 매년 자체적으로 성과계획을 수립하고, 매년 당해 연도 협약종료 1개월 전에 중간(연차)보고서, 주관기관 자체평가 의견서, 세부과제별 연구개발결과 활용계획서(최종연차시)를 제출 받음

  - 세부사업별로 연구성과 활용유형 및 성과지표를 설정하여 체계적으로 관리

1) 정부업무평가기본법 제2조 6항

● 추적평가 및 성과활용 관리

- 본 사업의 기술이전확산, 기술혁신 성공사례발굴, 우수과제 인센티브 부여 등 연구개발결과의 활용을 촉진하기 위해 추적평가 실시

- (체계 및 담당기관) R&D 전담기관 성과활용조사·평가 전문가가 성과평가 실무를 담당하고, 연구단과 유기적으로 협력하여 성과평가 실시

● 성과활용 추적평가 시, 사업 특성을 고려한 중점분야별 평가항목을 차별화하여 구성함으로써 평가기준의 형평성 확보

- 중점분야 1의 경우 사업화, 지식창출 평가항목에 가중치를 높게 부여하며 중점분야 2의 경우 지식창출 우선 평가 기준(논문 실적) 등에 가중치를 높게 부여하여 사업특성에 따른 평가의 차별성 기준 마련

<표 Ⅷ-9> 평가 지표 및 배점(안)

평가항목		평가지표	평가배점		
			중점 분야1	중점 분야2	실증
사업화	추가투자	• 사업화를 위한 추가투자의 적정성 • 활용 건수(실증과제의 경우)	10	20	50
	제품·공정 시장출시	• 부품의 시장 출시 여부 • 부품의 시장 지배도	20	10	–
	매출실적	• 투입대비 매출성과 규모 및 관련 매출의 증가 추이 • 수입대체 및 수출 효과	10	–	–
	인력고용	• 사업화에 따른 추가인력고용 효과	30	20	–
지식 창출	특허출원 및 등록	• 수행과제와의 관련성 및 투입대비 특허성과의 적정성 • 특허확보에 따른 기술선점 효과	15	–	–
	논문실적	• 수행과제와의 관련성 및 내용의 우수성 • 투입대비 논문성과의 적정성	5	20	–
활용 전망	사업화 잠재력	• 향후 시장진입·확대 가능성 • 고용창출 효과, 시장규모, 수익성 투자 대비 효과	5	15	–
	추가 활용 가능성	• 관련 분야에 추가 사업화 가능성 • 응용기술로서 타 분야 파급효과 • 시험 인증 건수(실증과제 경우)	5	15	50
평가배점 합계			100	100	100

제3절 재원 조달 계획

국가재정운용계획(2017~2021)」 (2017, 기획재정부)

- 재정운용 기본방향 및 목표, R&D투자방안 등과 연계하여 추진
  - 국민들이 안전에 대한 의식수준이 높아지면서 종전보다 높은 수준의 안전 확보를 요구함에 따라 도로, 철도 등 관련 분야의 「안전체계 구축」을 목표로 투자를 지속할 계획
  - 「미래 신성장동력 창출」을 위해 관련 R&D를 적극 지원하는 한편 R&D 투자 효율화를 병행
  - 미래성장동력을 확충하고, 4차 산업혁명에 전략적으로 대응하기 위한 R&D투자를 지속적으로 확대할 방침
- 최근 5개년 기준, 정부 R&D 예산의 성장은 연평균 5.14%이며, 국토교통 R&D 예산이 차지하고 있는 비중은 평균 2.40%로 분석

<표 Ⅷ-10> 최근 5개년 국토교통 R&D 예산 현황

(단위 : 억 원)

구분	2013	2014	2015	2016	2017	CAGR
정부 R&D 예산	158,777	177,793	188,245	190,942	194,615	5.14%
국토부 R&D 예산	4,018	4,117	4,500	4,458	4,738	2.12%
국토부 R&D 비중	2.53%	2.32%	2.39%	2.33%	2.43%	평균비중 : 2.40%

- 2018년 국토교통 R&D 예산은 전년대비 346억원 증액된 5,084억원이며 건설, 교통, 공통 분야 총 19개 사업 추진
  - 국토교통 R&D 추진방향은 중소기업 R&D 경쟁력 강화, ICT 등 첨단기술 융복합 촉진, 국민 안전 R&D 투자 강화, 국민체감 서비스 R&D 추진
- 철도 분야는 '17년 대비 130억원 감액되어 867억원 투자

<표 Ⅷ-11> 국토교통 R&D 투자현황

(단위 : 억원)

사업명	2017년 예산	2018 예산	증감액
총 계	**4737.6**	**5083.67**	**346.07**
국토기술분야(10개 사업)	**1886.8**	**2112.74**	**225.94**
건설기술연구사업	498.5	513.72	15.22
물관리연구사업	270.7	229.95	△40.75
플랜트연구사업	377.6	382.1	4.5
도시건축연구사업	302.1	342.79	40.69
주거환경연구사업	179.9	186.49	6.59
국토공간정보연구사업	258.1	291.03	32.93
수요대응형 물공급서비스	(신규)	23	23
공간정보기반 실감형 콘텐츠 융복합 및 혼합현실 제공기술 개발	(신규)	20	20
위성정보 활용센터 설립운영	(신규)	79.95	79.95
국가전략 프로젝트	(신규)	43.71	43.71
교통기술분야 (6개 사업)	**1903.7**	**1970.4**	**66.7**
교통물류연구사업	549.8	597.34	47.54
철도기술연구사업	997.7	867.41	△130.29
항공안전기술개발사업	294.4	346.65	52.25
무인비행체안전지원기술개발사업	52.0	102	50
민수헬기인증기술개발사업	9.9	40	30.1
항공기 장비품·부품 등 제작정비 인증기술 개발	(신규)	17	17
기반구축분야 (7개 사업)	**947.1**	**1000.53**	**53.43**
국토교통기술촉진연구사업	542.9	536.43	△6.47
국토교통기술사업화지원사업	212.1	247.88	35.78
국토교통기술지역특성화사업	81.6	81.63	0.03
국토교통연구기획사업	40.7	40.66	△0.04
국토교통연구성과활용지원사업	13.4	13.4	0
국토교통연구개발운영지원	33.9	43.71	9.81
정책연구개발사업	18.4	36.82	18.42

국토교통 R&D 예산 예상 및 재원확보 타당성

- 정부 R&D 예산에서 국토교통 R&D 예산을 전망하고, 국토교통 R&D 예산 내에서 신규 R&D 가용 예산을 추정

  - 「국토교통R&D 중기재정계획('18~'22)」 의 예산 증가율(10.2%)을 '25까지 적용하면, 동 사업의 사업기간('20~'25) 동안 국토교통R&D 예산은 총 4조 6천억원으로 추정

- 이후 연차별 소요예산 또한 최대 370억원 규모로 국토부 R&D 예산 대비 5% 미만 수준이며, 또한 현재 철도분야 R&D 예산규모('18년 867억원)와 비교해서도 40% 수준에 불과

● 국토교통 R&D 예산범위 내에서 재원 조달 가능

<표 Ⅷ-12> 국토교통 R&D 가용 예산 예측

(단위 : 억원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	합계
국토교통 R&D 예산(전망)	6,194	6,657	7,182	7,915	8,723	9,613	46,284
동 사업 소요예산 (국비)	31.1	162.55	337.81	372.78	319.23	158.18	1,381.65
비율	0.5	2.4	4.7	4.7	3.7	1.6	

● 동 사업은 2020-2025년까지 6년 간 총 사업비 1,846.41억원을 조달하여 운영하며, 총 사업비 중 1,381.65억원을 국토교통부가 정부출연금 형태로 지원하고 나머지 464.76억원은 민간의 분담금으로 충당

- 민간 부담금은' 「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」 '에 따라 대기업(50%), 중견(40%), 중소(25%), 컨소시엄(복합) 등 각 프로그램별 타겟에 따라 분담비율 적용
- 민간 부담금은 각 세부기술 분야별 성격 및 시장상황 등을 종합적으로 고려하여 획일적 적용보다는 탄력적으로 운영 예정

<표 Ⅷ-13> 재원분담 현황

(단위 : 억원)

구 분	사업비	비율
합 계	1846.41	100.0%
국 비	1381.65	74.8%
민 자	464.76	25.2%

< 한국과학기술기획평가원 예비타당성 검토결과 >

■ **(사업비용의 구성) 동 사업은 2020년부터 2025년까지, 2단계(3년씩) 총 6년간 추진되며, 총사업비는1,846.41억 원(국고 1,381.65, 민간 464.76)을 제시하고 있어 적절한 수준으로 판단**

- 동 사업은 사업단 운영 및 총괄과제, 중점분야 1과 2로 구성되어 각각 30억 원, 39.6억 원(민간 19.80억 원 포함), 635.8억 원(민간 476.45억 원 포함), 1,141.01억 원(민간 855.40억 원 포함)의 사업비 규모를 제시

- 사업단 운영 예산은 매년 5억 원씩 사업기간동안 전액 국고로 30억 원의 예산 규모를 제시하고 있으며, 전체 사업비의 1.6%에 해당하는 예산으로서 주로 동사업의 관리에 소요되는 사업단 경비임

- 총괄과제는 국내 공동현차시험 및 인증획득활동 지원 등 실용화 지원과제로서 정부:민간비율을 5:5로 매년 각각 3.3억 원씩 사업기간 동안 총 39.6억 원의 예산 규모를 제시

  - 동 과제는 운영기관의 주관 하에 완성차 업체, 현차시험기관, 인증기관 등이 공동으로 참여하여 중소기업의 시험, 인증 등을 직접적으로 지원·관리하는 과제

  ※ 개별적으로 현차시험(14개월 4계절 동안 시험) 수행 시, 차량임대비(고속철도차량 KTX 약 180억, 도시철도차량 약 28억 등) 등이 필요

- 중점분야1은 11개의 차량부품을 국산화하고자 하는 목표로 TRL 8까지를 지원하는 과제로서 고속철도용 부품 9개, 도시철도용 부품 2개, 저상트램용 부품 1개로 구성되어 있음

  - 과제당 평균 연구비는 57.8억 원으로 정부 43.3억 원, 민간 17.5억 원 규모를, 과제평균 기간은 4.4년을 제안하고 있음

  - 국산화를 넘어 해외 수출까지를 목표로 하는 부품의 경우, 해외 인증, 특히 유럽의 여러 인증에 소요되는 비용을 과제 연구비에 산입하지 않고 있음

- 중점분야2는 7개의 차량부품을 국산화 전 단계까지 개발하고자 하는 목표로 TRL 5~6까지를 지원하는 과제로서 고속철도용 부품 2개, 도시철도용 부품 4개, 화차용 부품 1개로 구성되어 있음

  - 과제당 평균 연구비는 163.0억 원으로 정부 122.2억 원, 민간 40.8억 원 규모를, 과제 평균 기간은 4.7년을 제안하고 있음

<표 Ⅷ-14> 동 사업의 투자 규모

구분	세부과제명	개발대상 핵심 기술	TRL	연구기간	연구비 (단위 : 억원)
사업단 운영		사업단 운영관련 비용		6	30.00
총괄과제		시험, 인증 및 공동현차시험 지원		6	39.60
중점분야1	1-1 고속철도용 댐퍼 개발	인장/압축행정 감쇠력 제어 밸브기술	TRL 4	4	60.00
		오일누유 방지기술	TRL 4		
		방진 및 내구력 향상 부싱 개발	TRL 4		
	1-2 고속철도용 공기스프링 개발	다이어프램 고무배합 및 성형 기술	TRL 4	4	46.69
		공기스프링 강성 최적화 기술	TRL 5		
		하중변화에 따른 승차감 향상 기술	TRL 4		
	1-3 고속철도용 반능동형 판토그래프 개발	판토그래프 구조 경량화 기술	TRL 4	4	66.70
		중련에 따른 집전 성능 향상 기술	TRL 5		
		소음 저감 기술	TRL 4		
		고내구성 및 내마모성 집전판설계기술	TRL 4		
	1-4 고속철도용 전두부 해치 시스템 개발	공기역학적 해치 커버 제작 기술	TRL 4	3	60.50
		내구성능 향상 구동장치 개발	TRL 4		
		고효율 전자/공압 제어 기술	TRL 4		
	1-5 고속철도용 냉각팬 시스템 개발	상태감시 기술	TRL 3	4	40.00
		송풍팬 경량화	TRL 3		
		냉각성능 향상기술	TRL 3		
	1-6 고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발	제동디스크 및 제동패드 개발기술	TRL 4	5	67.69
		구조해석, 설계 및 제작 기술	TRL 4		
		성능평가기술 및 인증	TRL 4		
	1-7 고속철도용 공조시스템 개발	주회로차단기 기술 개발	TRL 4	5	60.02
		IoT 제어 모듈 개발	TRL 4		
		모듈형 BOX 기술 개발	TRL 4		
	1-8 도시철도용 모듈형 출입문 표준화 개발	에너지 저감 기술	TRL 4	5	66.70
		객실 쾌적성 향상 기술	TRL 4		
	도시철도용 모듈형 보조전원장치 개발	모듈형 전력스택 기술	TRL 4		
		제어기 모듈화 기술	TRL 4		
		최적화 냉각기술	TRL 5		
	1-11 저상트램용 관절장치 개발	트램 곡선 추종성 기술 확보	TRL 4	4	66.55
		단위부품별 시제품 제작 및 성능검증	TRL 4		
		관절장치 성능평가 기술 확보	TRL 4		
		생산기술 및 제품경쟁력 확보	TRL 4		
중점분야2	2-1 희토류 저감형 영구자석 동기전동기 (고속철도용 추진제어시스템 경량·효율화)	고속철도용 고효율 고안정성 영구자석 동기전동기 개발	TRL 3	5	160.35
		고속철도용 영구자석 동기전동기 제어를 위한 인버터 개발	TRL 3		
		고속철도용 영구자석 동기전동기 추진시스템 실용화 기술 개발	TRL 3		
	2-2 마그네틱 기어드 방식 동력전달시스템 (도시철도용 동력전달	마그네틱 기어드 동기전동기 설계/해석 기술	TRL 2	5	88.00
		제어 알고리즘 및 구동 드라이버 기술	TRL 2		
		구조 및 냉각시스템 설계 기술	TRL 2		

구분	세부과제명	개발대상 핵심 기술	TRL	연구기간	연구비 (단위 : 억원)
	시스템 경량·효율화)	단품/실차 적용 성능평가시험 및 인터페이스/실용화 기술	TRL 2		
	2-3 ESS 일체형 추진제어 시스템 (도시철도용 추진제어 시스템 경량·효율화)	ESS 기능 일체형 전력변환장치 설계 기술	TRL 2	4	66.70
		경량화를 위한 시스템 구조 소형화 기술 및 방열시스템 기술	TRL 2		
		시스템 토플로지 및 제어알고리즘	TRL 2		
		차량 시스템과의 인터페이스 기술	TRL 3		
	2-4 컨버터 일체형 반도체 변압기 (고속철도용 전력변환장치 경량·효율화)	컨버터 일체형 전력변환 기술	TRL 3	5	185.60
		특고압 절연형 고효율 고주파 변압기 기술	TRL 3		
		특고압 절연, 방열, 차폐를 위한 멀티피직스 해석 및 패키징 기술	TRL 3		
		운용기술 및 성능검증 기술	TRL 3		
	2-5 외장코어형 컴팩트 주변압기 (도시철도용 전력변환장치 경량·효율화)	철도차량용 변압기 설계기술	TRL 2	4	73.35
		변압기 냉각설계 및 열해석 기술	TRL 1		
		자연냉각방식 외장코어형 변압기 제작기술 성능평가 및 실용화 기술 개발	TRL 1		
	2-6 개방형 네트워크 프로토콜 기반 통합제어플랫폼 (도시철도용 전장제어기기 상호호환성 확보 기술)	철도차량 및 제작사간 상호호환성 확보를 위한 TROSAR 개방형 개발 플랫폼 개발	TRL 2	5	380.01
		기능안전이 확보된 호환형 제어장치용 HW 플랫폼/ 표준인터페이스 모듈 개발 및 호환성 검증 체계 개발	TRL 2		
		철도용 호환형 전장제어장치의 SW/HW 시제품 개발 및 호환성 검증	TRL 2		
	2-7 자동 연결·분리 시스템 (물류차 입환 자동화 기술 개발)	자동 연결분리 시스템 기술	TRL 2	5	187
		기관차 제어시스템 기술	TRL 2		
		관제운영 통합 컨트롤센터 기술 (2단계 차기과제)	TRL 2		

정부-민간부담금 산정 비율 적정성

- 주관부처가 제시한 민간부담금 산정 기준 및 논리는 대체로 적절한 것으로 판단됨

  - 사업단 운영 및 총괄과제, 중점분야 1,2의 18개 과제에 대한 정부 : 민간의 투자 예정 비율은 74.8% : 25.2%로서 관련 규정의 범위 내에 해당되는 것으로 조사됨

※ 「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」에 따라 대기업(50%), 중견기업(40%), 중소기업(25^^^%), 컨소시움(복합) 등 민간 부담률을 차등 적용하되, 각 세부과제별 성격 및 시장 상황을 종합적으로 고려하여 탄력적으로 운영할 계획임을 밝히고 있어 민간분담금 적용 방식은 적절한 것으로 조사됨

*출처: 2018년도 예비타당성조사 보고서 철도차량 부품개발사업, 한국과학기술기획평가원(KISTEP), 2019.5.

철도차량 부품개발 사업

제9장 사업 타당성 분석 및 파급효과

제1절 정책적 타당성
제2절 과학기술적 타당성
제3절 경제적 타당성

제9장 사업 타당성 분석 및 파급효과

제1절 정책적 타당성

■ 정책적 타당성 분석을 위해 정책의 일관성 및 추진체제, 국고지원의 적합성, 사업추진 상의 **위험요인에 대한 검토를 실시함**

● 정책적 타당성 분석 항목은 '2018년 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침'을 참고하여 검토

<표 Ⅸ-1> 정책적 타당성 분석 항목

분석주안점	분석분야	분석항목
1. 정책의 일관성 및 추진체제	1.1 상위계획과의 부합성	가. 상위계획별 부합성
	1.2 사업 추진체제 및 추진의지	가. 사업 추진체제의 적절성
		나. 사업추진의지
2. 국고지원의 적합성	2.1 사업추진의 시급성	가. 정책적 측면
		나. 기술적 측면
		다. 경제적 측면
	2.2 국고지원의 필요성	가. 법적 추진 근거
		나. 국정과제와의 연계성
		다. 주요 상위계획 상의 추진 근거
3. 사업 추진상의 위험요인	3.1 재원조달 가능성	가. 국고지원 조달 가능성
		나. 민간부담금 조달 가능성
	3.2 법·제도적 위험요인	가. 법·제도적 위협요인 및 대응방안
		나. 국가 연구개발사업 절차의 누락 가능성
		다. 연구개발사업 추진결과의 분쟁 가능성

1. 정책의 일관성 및 추진체제

1.1 상위계획과의 부합성

◈ 본 사업은 문재인 정부 100대 국정과제, 제4차 과학기술기본계획, 제1차 국토교통과학기술연구개발종합계획, 제3차 철도산업발전 기본계획, 제3차 국가교통기술개발계획, 제3차 철도안전종합계획, 철도부품 강소기업 육성 R&D 지원방안, 철도차량 부품개발 마스터플랜 등 상위계획에 근거하여 기획됨

가. 상위계획별 부합성

■ 문재인 정부 100대 국정과제

- **전략3. 「서민과 중산층을 위한 민생경제」** 부문에서는 **32번 과제 「국가기간교통망 공공성** 강화 및 국토교통산업 경쟁력 강화」 내용 중'17년 노후 철도차량·시설 개선을 위한 중장기 개량 계획 수립 내용 포함

  - 시장진입형 국산화 부품개발을 통해 국내 중소기업 중심의 자생적 부품공급 체계를 형성함으로써 **노후 철도차량 개선 시 부품 적기 대응**이 가능함에 따라 국가 기간교통망 공공성 강화 추진 정책에 부합

- **전략4. 「과학기술 발전이 선도하는 4차 산업혁명」** 부문에서는 **34번 과제 고부가가치 창출 미래형 신산업 발굴·육성**을 위해 4차 산업혁명 대응에 필요한 첨단 신소재·부품개발 내용 포함

  - 본 사업의 목표인 미래 시장선도형 부품개발 분야는 **ICT, 신소재 접목을 통한 기술 경쟁력 확보** 측면에서 해당 내용과 부합

<표 IX-2> 문재인 정부 100대 국정과제와의 부합성

개발분야 / 검토항목	시장진입형 부품 국산화	미래 시장선도형 부품개발
국가기간교통망 공공성 강화 및 국토교통산업 경쟁력 강화	◎	○
고부가가치 창출 미래형 신산업 발굴·육성	○	◎

◎: 부합도 높음, ○:부합도 보통, △:부합도 낮음

제4차 과학기술기본계획(2018~2022)

- 4대 전략분야는 △미래도전을 위한 과학기술역량 확충 △혁신이 활발히 일어나는 과학기술 생태계 조성 △과학기술이 선도하는 신산업·일자리 창출 △과학기술로 모두가 행복한 삶 구현을 목표로 함

  - 본 사업은 높은 외산 의존도, 불규칙한 발주량, 영세성으로 인한 중소기업의 R&D 역량 부족 등을 개선하여 부품개발의 핵심인 **중소기업 중심의 안정적인 부품공급 생태계 구현**을 목표로 하는 점에서 **△혁신이 활발히 일어나는 과학기술 생태계 조성** 전략과 크게 부합

  - ICT, 신소재 등 신기술을 접목하여 에너지 효율향상, 경량화 부품을 개발하고 **미래 철도부품 유망분야에 대한 투자 확대**로 **미래성장동력**을 **확보**하는 측면에서 **△과학기술이 선도하는 신산업·일자리 창출, △과학기술로 모두가 행복한 삶 구현** 전략과 정책적 연관성이 높음

<표 Ⅸ-3> 제4차 과학기술기본계획과의 부합성

개발분야 / 검토항목	시장진입형 부품 국산화	미래 시장선도형 부품개발
혁신이 활발히 일어나는 과학기술 생태계 조성	◎	◎
과학기술이 선도하는 신산업·일자리 창출	◎	◎
과학기술로 모두가 행복한 삶 구현	◎	◎

◎: 부합도 높음, ○: 부합도 보통, △: 부합도 낮음

재3차 국가교통기술개발계획(2014~2018)

- 철도분야는 선진국 대비 교통기술수준 95% 달성, 열차운행 100만km당 사고건수 10% 저감, 철도 수송용량 20%확대, 수송 분담률 20% 향상을 목표로 하고 있음

  - 본 사업은 **철도운행안전성 향상**을 위한 철도차량부품 개발 사업으로 **18개 핵심부품**에 대한 **기술수준 향상**을 목표로 함

〈표 Ⅸ-4〉 제3차 국가교통기술개발계획과의 부합성

개발분야 / 검토항목	시장진입형 부품 국산화	미래 시장선도형 부품개발
철도 핵심부품 기술개발	◎	◎
철도운영 및 유지관리 기술개발	○	○
철도건설비 및 환경비용 저감 기술개발	△	△

◎: 부합도 높음, ○: 부합도 보통, △: 부합도 낮음

제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(2018~2027)

- 혁신을 통한 성장, 사람 중심의 국토교통 실현을 위해 △4차 산업혁명 대응 혁신성장 동력 육성, △기술융합을 통한 새로운 가치창출, △사람 중심의 국토교통 기술개발, △미래지향적 R&D 시스템 도입을 목표로 함

  - 본 사업은 국토교통 8대 혁신성장동력으로 선정된 지능형철도 구현 및 대응을 위한 철도 부품개발 사업으로 **△4차 산업혁명 대응 혁신성장동력 육성** 전략과 정책적 연관성이 높음

  - ICT, 신소재 등 신기술과 접목한 부품개발을 추진함에 따라 **△기술융합을 통한 새로운 가치 창출** 전략과 정책적 연관성이 높음

  - 부품 개발 기획(요구사항 정의)부터 사업화 이전까지 관련주체들의 참여 확대를 통해 공동 현차시험 및 해외 인증 획득 활동 지원 등 실용화 성과 확산을 목표로 함에 따라 **△미래지향적 R&D 시스템 도입** 전략과 정책적 연관성이 높음

〈표 Ⅸ-5〉 제1차 국토교통과학기술연구개발 종합계획

개발분야 / 검토항목	시장진입형 부품 국산화	미래 시장선도형 부품개발
4차 산업혁명 대응 혁신성장동력 육성	◎	◎
기술융합을 통한 새로운 가치 창출	○	◎
미래지향적 R&D 시스템 도입	◎	◎

◎: 부합도 높음, ○: 부합도 보통, △: 부합도 낮음

제3차 철도산업발전기본계획(2016~2020)

- 철도산업생태계 분야에서 **부품산업 및 After Sales market 육성**을 통한 제작관리 경쟁력 강화, 한국형 첨단 신호시스템 개발 및 구축, 미래 선도형 R&D 추진 및 제도개선을 토대로 선진국 대비 철도기술력 향상, 미래 선도형 철도기술 비중 점진 확대를 목표로 설정하고 있음

  - 본 사업의 비전인 고부가가치 철도차량부품 산업 육성은 상기 계획의 목적인 **부품산업 및 After market 육성과 선진국 대비 철도기술력 향상, 미래 선도형 철도기술 비중 점진 확대 내용과 부합**

<표 IX-6> 제3차 철도산업발전기본계획과의 부합성

검토항목 \ 개발분야	시장진입형 부품 국산화	미래 시장선도형 부품개발
부품산업 경쟁력 강화	◎	◎
철도차량 After Market 조성	◎	◎
신호시스템 국산화 및 경쟁력 제고	△	△

◎: 부합도 높음, ○: 부합도 보통, △: 부합도 낮음

제3차 철도안전종합계획(2016~2020)

- 철도안전기술 개발 분야에서는 **철도안전 관련 기술 개발**을 통한 국가 R&D 확대를 목표로 하고 있음

  - 본 사업은 **철도 운행 안정성**을 **고려**한 **부품 R&D 사업**을 추진함으로써 안전한 철도 환경 구축 및 산업 육성에 기여 하는 점이 크게 부합

<표 IX-7> 제3차 철도안전종합계획과의 부합성

검토항목 \ 개발분야	시장진입형 부품 국산화	미래 시장선도형 부품개발
철도안전기술 개발	◎	◎

◎: 부합도 높음, ○: 부합도 보통, △: 부합도 낮음

철도부품 강소기업 육성 R&D 지원방안(2013)

- 중소기업 R&D 지원 확대를 통한 **부품 상용화** 및 **운영기관의 R&D 공동 참여**를 **유도**하여 **중소기업 중심의 선순환 부품생태계 조성**을 목표로 설정

  - 본 사업의 목적인 **철도차량부품 강소기업 육성**, 현차시험을 **위한 Test bed 시행**, **안정적 부품시장 조성** 등이 상기계획의 목적과 부합

<표 IX-8> 철도부품 강소기업 육성 R&D과의 부합성

개발분야 / 검토항목	시장진입형 부품 국산화	미래 시장선도형 부품개발
체계적인 강소기업 육성	◎	◎
연구성과의 사업화 지원	◎	○
안정적 부품시장 조성	◎	○

◎: 부합도 높음, ○: 부합도 보통, △: 부합도 낮음

철도차량 부품개발 마스터플랜(2017)

- 철도 부품·장치 기술 고도화를 통한 고부가가치 철도차량부품산업 육성을 위해 수입대체품 개발, 국내 기술 고도화를 통한 해외진출, 미래 선도형 기술개발을 목표로 설정

  - 본 사업은 중소기업 중심의 안정적 부품공급망 형성을 목표로 시장진입형 부품 국산화 및 미래 시장선도형 부품개발을 중점분야로 설정함에 따라 상기계획과의 목적성 부합

<표 IX-9> 철도차량 부품개발 마스터플랜 부합성

개발분야 / 검토항목	시장진입형 부품 국산화	미래 시장선도형 부품개발
수입대체품 개발	◎	○
국내 기술 고도화를 통한 해외 진출	◎	◎
미래 선도형 기술 개발	○	◎

◎: 부합도 높음, ○: 부합도 보통, △: 부합도 낮음

상위계획과의 부합성 검토결과 종합

- 본 사업은 국가 상위계획인 국정과제, 국토/교통, 연구개발 등 분야별 정책과의 높은 연계성 및 부합성을 토대로 기획됨에 따라 정책적 타당성 확보

〈표 Ⅸ-10〉 상위계획과의 부합성 검토결과

부문별 정책 \ 검토의견		검토의견 종합
국정과제	문재인 정부 100대 국정과제	- 시장진입형 부품 국산화 개발로 안정적 부품 공급망 체계 형성 및 노후 차량 부품 수요 적기 대응으로 국가 기간교통망 공공성 강화추진 정책에 크게 부합
국토정책	제3차 철도산업발전 기본계획(2016~2020)	- 고부가가치 철도차량부품 산업 육성은 상기 계획의 목적인 부품산업 및 After market 육성과 선진국 대비 철도기술력 향상, 미래 선도형 철도기술 비중 점진 확대와 부합
	제3차 국가교통 기술개발계획 (2014~2018)	- 철도운행안전성 향상을 위한 철도차량부품 개발 사업으로18개 핵심 부품에 대한 기술수준 향상 측면 부합
	제3차 철도안전종합계획 (2016~2020)	- 철도운행 안정성에 영향을 미치는 부품개발 사업을 추진하여 국민이 안전하고 신뢰하는 철도환경을 구축하고자 함이 해당 정책과 부합
연구개발	제4차 과학기술기본계획 (2018~2022)	- 부품산업의 핵심인 중소기업을 중심으로 안정적인 부품공급 생태계 조성하고 ICT, 신소재 등 신기술과의 접목을 통한 부품 개발로 미래 성장동력을 확보하는 측면에서 상기 정책과 부합
	제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획 (2018~2027)	- 지능형철도 구현을 위한 신기술 융합 부품개발 및 R&D 기획부터 사업화 이전까지 관련주체들의 참여 확대, 실용화 성과 확산 등 R&D 지원체계 강화 전략을 수립함에 따라 상기 정책과의 연관성이 높음
	철도부품 강소기업 육성 R&D 지원방안(2013)	- 철도차량부품 강소기업 육성측면에서 상위정책과 부합
	철도차량 부품개발 마스터플랜(2017)	- 중소기업 중심의 R&D 확대 지원을 통한 시장진입형, 미래 시장 선도형 부품개발 등 정책적 방향성 부합

제3차 철도산업발전기본계획(2016~2020)

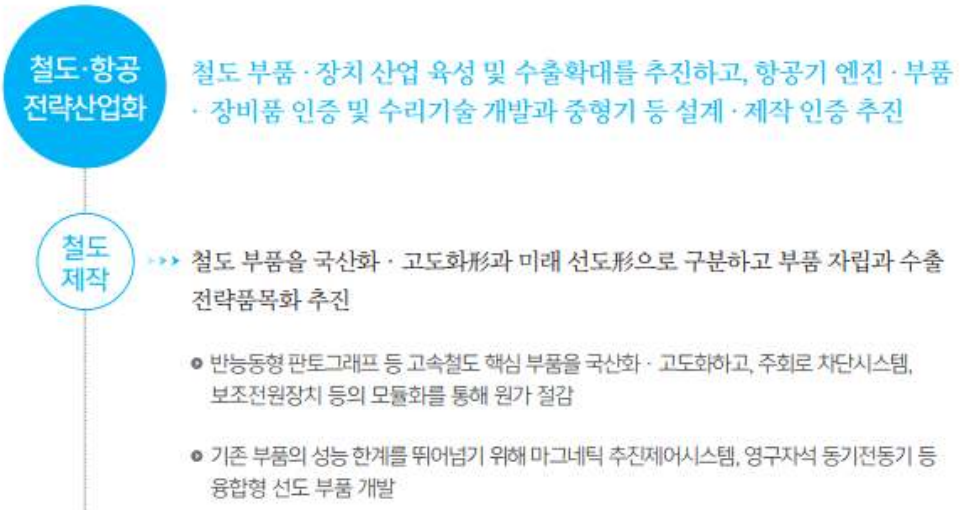
- 비전 : 국민행복과 경제성장을 견인하는 글로벌 수준 철도산업육성
- 철도안전분야 추진과제
  - 안전성이 미흡한 노후차량 적기교체 유도 ☞ 노후차량 교체 물량에 적용
- 산업생태계 추진과제
  - 시장성·중요도 등이 높은 핵심부품의 국산화·고도화를 위한 연구개발을 지속 확대
    ☞ 시장진입형 11개 품목 개발
  - 핵심부품 개발에 중견·중소 부품업체를 참여시켜 기술경쟁력을 갖춘 강소기업 육성
    ☞ 사업목표로 점프업 기업 육성 포함
  - 세계적 기준에 적합하도록 연구개발을 추진하고, 유럽 TSI 인증 등 국제인증도 사전에 획득
    ☞ 총괄과제를 통한 체계적인 인증획득활동 지원, 성과지표 반영
  - 다품종 소량생산의 비효율을 해소하기 위해 차종별 공통 활용 가능한 표준부품·모듈 개발
    ☞ 1-9 도시철도용 모듈형 출입문 표준화
  - 첨단기술과 소재를 활용해 차량의 부가가치를 높이고 승객편의성을 향상시킬 수 있는 핵심부품 개발
    ☞ 초경량 카본화이버 냉각팬, 탄소복합재(CRFP) 적용 판토그래프 상부구조 등

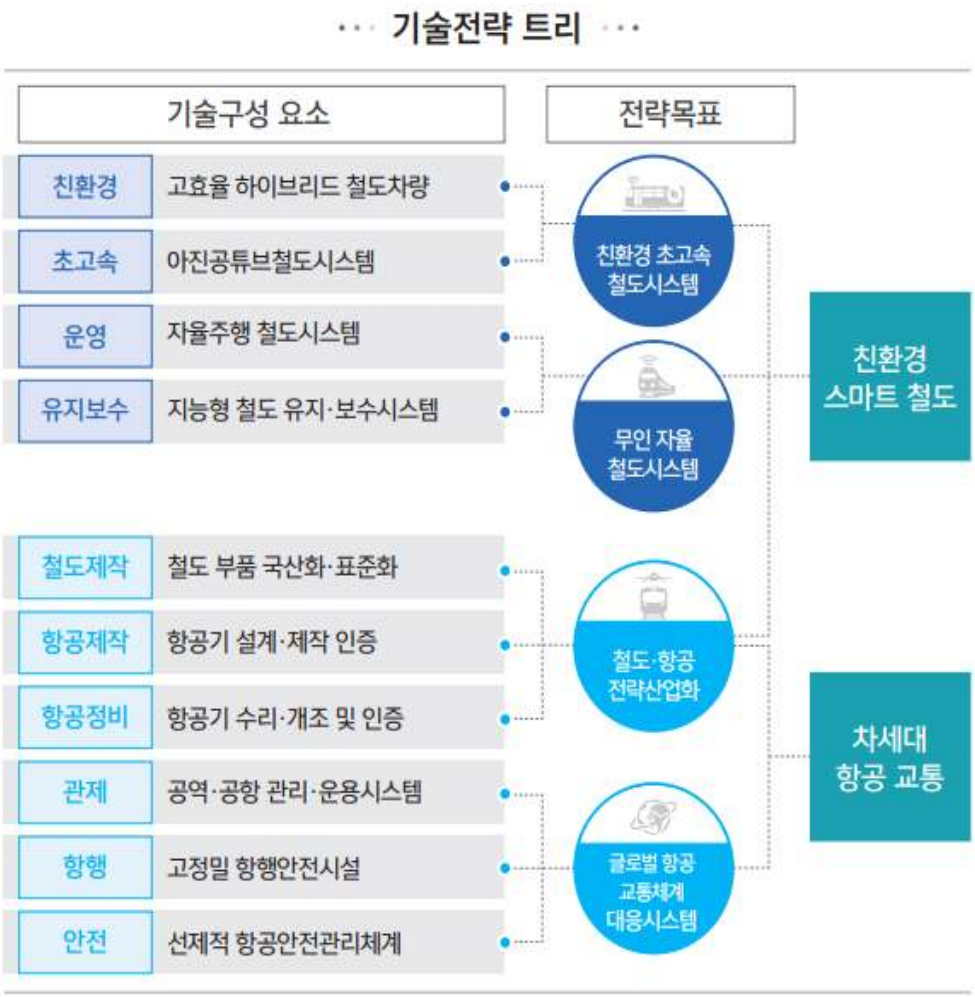
제4차 과학기술기본계획 (2018~2022)

- (과제 13) 제조업 재도약
  - 주력산업 경쟁력 제고를 위한 소재부품장비 중점기술 개발 및 상용화를 위한 범부처 협업체계 구축
- (과제 14) 혁신성장의 중추인 중소기업 육성
  - 중소기업 전용 정부 연구개발투자를 2배로 확대
  - 우수 중소·중견기업을 세계적 수준의 기업으로 육성 ☞사업목표로 점프업 기업 육성 포함
- (과제 12) 국민이 체감하는 혁신성장동력 육성
  - 첨단기술 산업 및 미래유망분야 국가경쟁력 강화를 위한 신소재·부품 산업 고도화

제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(2018~2027)

- (철도·항공 전략산업화) 철도부품·장치 산업 육성 및 수출확대 추진
  - 철도산업 경쟁력 제고를 위한 부품 국산화 및 표준화 추진





철도차량산업 육성방안(국토부, 2016)

- (목적) 철도차량산업의 실태를 진단하여 중장기 비전과 목표 하에 철도차량산업 육성 대책을 수립하고, 신성장동력산업으로 육성 추진

- (부품산업 집중육성) 중소기업 적합 아이템을 발굴하여 연구개발 및 사업화를 지원하고, 부품개발 우선순위 설정 및 사업화·해외진출을 위한 전략 마련

- (부품공급망 구축) 다품종 소량생산 시대에 대응하기 위해 공통 활용이 가능한 표준 부품모듈 및 국가표준 제정

  - 부품 수급 곤란 및 적기공급 실패 등을 방지하기 위해 핵심부품, 고부가가치부품에 대한 국산화 적극 추진

- (선도형 R&D를 통한 경쟁력 제고) 부품 공급망 구축, 철도차량 품질안전 제고, 철도부품 강소기업 육성 등을 위한 철도부품·소재 핵심기술 개발

철도차량 부품개발 마스터플랜(국토부, 2016)

- (목적) 철도 부품·장치 기술 고도화를 통한 고부가가치 철도차량·부품산업 육성

- (중점추진분야)

① 수입대체품 개발
- 운영자와 부품개발업체 공동 개발 후 성능검증까지 추진하여 국내 사업화 성과 확대

② 국내기술 고도화 통한 해외진출
- 국제표준에 맞춰 개발하고 해외인증 획득까지 지원

③ 미래 선도형 기술개발
- 핵심기술을 확보한 후 후속 실용화 연구 등을 통해 신규차량에 적용하여 국내 상용화 추진, 이후 해외시장 진출

<표 IX-11> 상위계획과의 부합성 평가

부문별 정책 \ 본 사업 추진방향		부합도 낮음	부합도 높음	부합도 높음
국정과제	**부합도 높음**	보통	대체로 적절	**적절**
	부합도 보통	대체로 부적절	보통	대체로 적절
	부합도 낮음	부적절	대체로 부적절	보통
국토교통	**부합도 높음**	보통	대체로 적절	**적절**
	부합도 보통	대체로 부적절	보통	대체로 적절
	부합도 낮음	부적절	대체로 부적절	보통
연구개발	**부합도 높음**	보통	대체로 적절	**적절**
	부합도 보통	대체로 부적절	보통	대체로 적절
	부합도 낮음	부적절	대체로 부적절	보통
국가안전	**부합도 높음**	보통	대체로 적절	**적절**
	부합도 보통	대체로 부적절	보통	대체로 적절
	부합도 낮음	부적절	대체로 부적절	보통

1.2 사업 추진체제 및 추진의지

가. 사업 추진체제의 적절성

■ 본 사업 주관은 국토교통부, 전담기관은 국토교통과학기술진흥원으로 하며, 사업의 효율적인 운영과 성과실용화 제고를 위해 현차시험 및 인증 지원을 수행하는 총괄과제가 포함된 사업단으로 추진



■ 국토교통부

- 최상위 의사결정기관으로서 철도차량부품개발사업 추진과 관련한 정책결정·총괄관리·투자우선순위 결정 등의 업무 수행

■ 전문기관(국토교통과학기술진흥원)

- 관리감독 및 지원기관으로서 사업추진 방향과 과제 기획방향 설정, 사업수행 결과물 관리, 총괄운영, 사후관리 등 업무 수행

- 과제 기획 부문과 사업수행자 선정 부문에서 객관성 및 전문성이 요구됨에 따라 국토교통부 소관 연구관리 전문기관이 관리 전담

운영위원회

- 사업단 추진 체계상 최고의사결정기구로서 정책목표에 부합하는 총괄운영계획, 사업추진계획 검토, 최종의사결정 등의 업무 수행

  - 연구개발 사업 추진에 있어 주요 의사결정이나 변경사항에 대해서는 운영위원회에 심의를 거쳐 조정

운영기관 협의체

- 고속, 일반, 도시철도 운영기관과의 유기적인 협조체계 구축을 통해 성능검을 위한 현차시험 협의 및 협조 창구역할 수행

사업단

- 사업추진을 위한 컨소시업 구성, 연구성과 관리 및 사업화 지원 수행

※ 국토교통연구개발사업 사업단과제 관리지침(개정'17.12.26) 참고

- 사업단의 역할

  - 사업단은 법인 또는 독립된 조직형태로 운영되며, 사업단과제의 효율적 추진을 위해 사업단장을 보조하는 지원조직(사무국 등)을 둘 수 있음

- 사업단장의 권한 및 역할

  - 사업단 및 지원조직 구성·운영

  - 세부과제의 기획, 선정평가, 진도관리·정산·자체평가·예산조정 및 컨소시엄간의 역할배분

  - 연구개발성과 사업화, 지적재산권·정보관리 등 지원

  - 연구개발성과 보급·확산 및 홍보와 대외 실무 총괄 등

  - 다음 내용을 포함하는 사업단 주관연구과제(총괄과제) 수행

    · 시스템 엔지니어링 및 시스템 통합
    · 테스트베드 시스템 적용 및 관리
    · 개발기술의 가치분석 및 성과활용 계획 등

- 총괄과제

  - 사업단 주관연구과제로 요구사양 정의, 성과 성능검증 계획수립 및 지원, 수요처 협조, 인증획득활동 지원 등을 수행

  - 사업단 총괄기관 외 현차시험협조, 시험인증지원 등을 위해 철도운영기관, 완성차 업체, 시험인증기관 등으로 총괄과제 구성

- 중점분야1 세부과제(중소·중견 주관)

  - 업체 중심 산학연 컨소시엄으로 즉시 실용화가 가능한 부품개발

  - 부품 설계 및 시제품 제작, 단품 성능검증시험, 형식승인 등 인증획득활동, 현차적합성검증 및 현차성능시험 등 수행

- 중점분야2 세부과제(출연연 또는 중소·중견 주관)

  - 출연연 또는 산업체 중심의 산학연 컨소시엄으로 향후 기술확보를 통한 세계시장 경쟁이 가능한 고성능 부품 개발

  - 부품 설계 및 시제품 제작, 단품 성능검증시험 등 수행

나. 사업 추진의지

참여 주체별 추진의지

- 철도차량부품 연구개발사업 기획을 위해 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원, 전문가 기획위원회가 협력하여 체계적인 사업기획 추진

  - **(국토교통부)** 철도부품 강소기업 육성 R&D 지원방안('13.11), 철도차량산업 육성대책('16.8), 철도차량부품 마스터플랜('17.12) 수립을 통하여 철도차량부품 산업육성과 R&D를 통한 부품개발 근거 마련

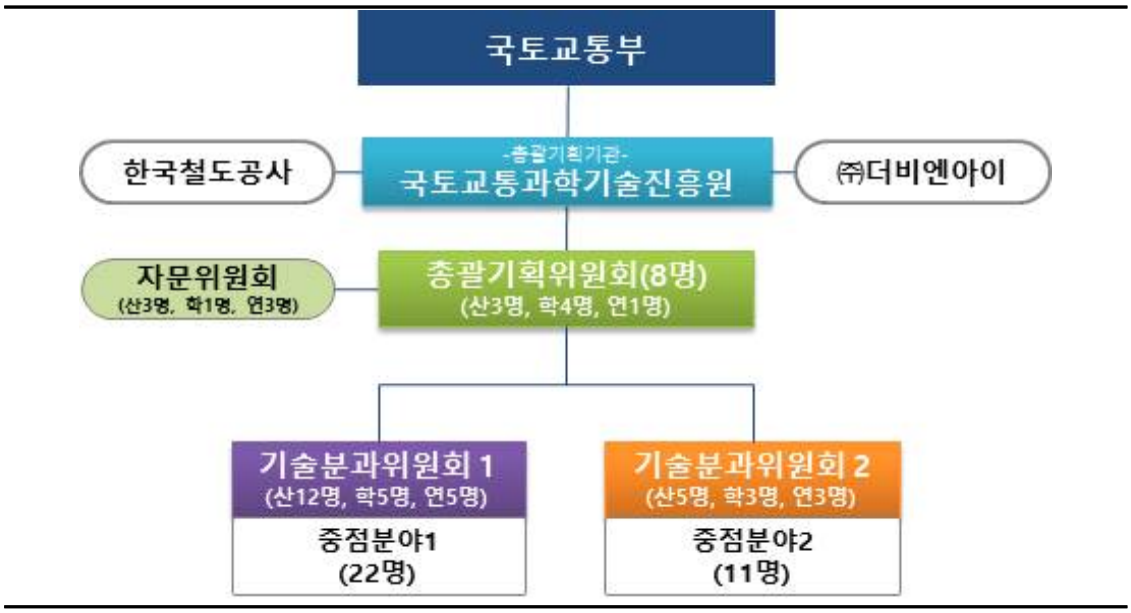
※ 공청회('18.02.), 산업체 간담회('18.05) 등을 통해 산업 전반에 대한 종합적 의견 수렴

  - **(국토교통과학기술진흥원)** 연구개발사업의 전체적인 추진일정 조율 및 기획보고서 작성 방향설정 등을 위한 전담 기획팀을 운영

  - **(기획총괄위원회)** 산·학·연·관의 전문가를 고루 구성하여, 철도차량부품 연구개발사업의 과제발굴, 목표 설정, 로드맵 및 상용화 전략 수립 등 기획보고서 작성 전반을 검토

  - **(자문위원회)** 기획 보고서 작성안에 대하여 정책, 경제, 기술 등 다방면으로 검토 및 자문 역할 수행

  - **(기술분과위원회)** 세부과제 기획 및 동향분석, 현황 파악, 연구개발 상세 추진내용 기획 등을 수행



〈그림 Ⅸ-1〉 사업기획추진체계 구성

사회적 합의

- (産) 280여개의 부품 개발 기업들의 의견수렴을 위한 수요조사, 공청회 등 실시
  - 기술적 요소(시급성, 실현가능성, 중요성)와 산업적 요소(시장규모, 수출가능성, 정부지원 타당성)를 구분하여 분야별 우선순위를 도출하였고 이에 대한 결과를 공청회('18.2)를 통하여 유관기관 의견수렴
- (學·研) `16년부터 `18년까지 전문가 기획위원회를 통하여 연구자들의 의견수렴 실시
  - 기술수요조사(4회) 및 전문가 검토회의(10회)를 통하여 철도차량 부품개발 수요기술 점검 및 최종 후보과제(18개)를 선정
- (官) 강소기업 육성방안, 마스터 플랜 기획 등을 통하여 해당 사업에 대한 필요성을 확인하고 산학연 의견반영을 반영하여 정책 추진



<그림 IX-2> 공청회 설문조사 결과

유관기관의 관심과 잠재 수요 확인

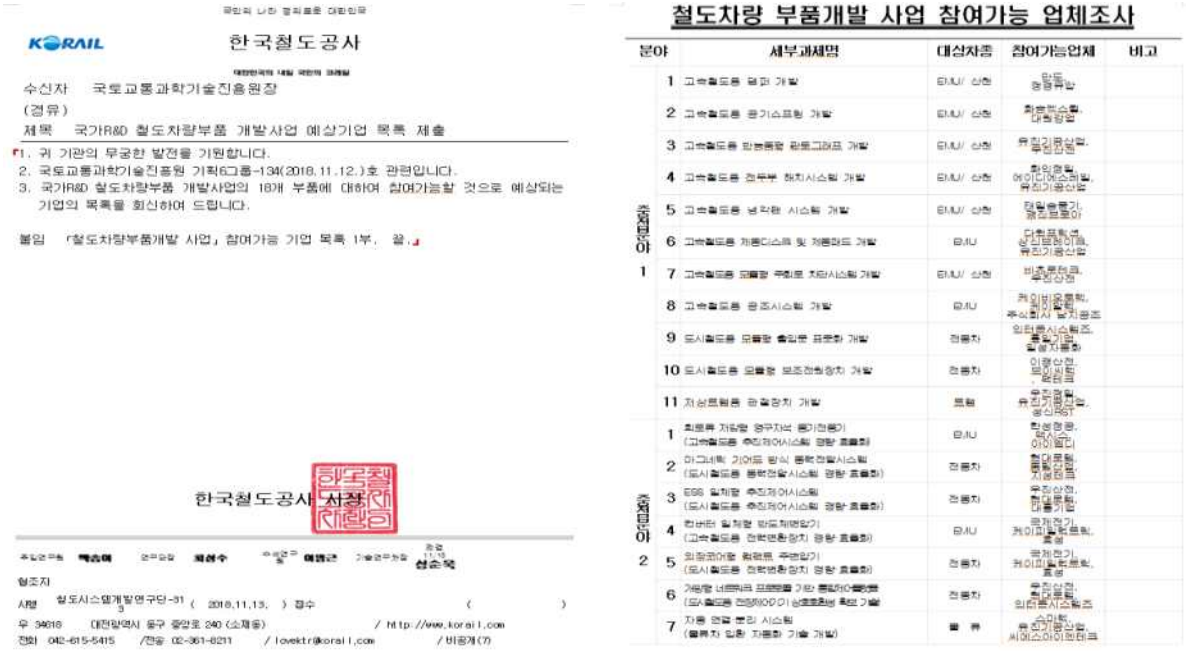
- 철도차량부품 R&D사업에 대한 관심도와 참여의사를 확인하기 위해 부품단위 세부과제를 수행할 부품업체와 실용화지원 총괄과제를 수행할 운영기관, 시험인증기관 등을 대상으로 참여의향 조사('18.03.16 ~'18.07.09)

<표 IX-12> 유관기관 참여의향 업체현황

구분	부품기업	운영기관	시험인증기관	완성차업체
기관수	25개	6개	2개	4개
기관명	다원프릭션 STR 엔지니어링 인터콘시스템스㈜ ㈜베어링아트 ㈜브이씨텍 ㈜우진산전* 디투엔지니어링 만도 상신브레이크 유경제어주식회사 카템 ㈜아이티베인 케이티엠엔지니어링 태일송풍기 ㈜티앤머티리얼스 유진기공산업㈜ 이경산전㈜ 국제전기 동성테크 로텍 씨티이텍 아이엠디 이스턴알앤이 제룡산업 화인정밀	한국철도공사 공항철도㈜ 서울교통공사 부산교통공사 광주도시철도공사 대전도시철도공사	한국산업기술시험원 한국철도기술연구원	현대로템 ㈜다원시스 성신알에스티 ㈜우진산전(중복)*
참여 의향서				

※ 해당 내용 상세내역은 **「부록 참여의향 확인서」** 참조

- 단순 참여의향을 밝힌 기업 외 발주처인 한국철도공사, 현대로템의 발주·구매 이력, 공동개발 경험 등을 토대로 기술력을 확보하고 있고 각 부품의 개발에 참여가 가능한 기업을 조사하여 제시함



KORAIL 한국철도공사

수신자 국토교통과학기술진흥원장

(경유)

제목 국가R&D 철도차량부품 개발사업 예상기업 목록 제출

1. 귀 기관의 무궁한 발전을 기원합니다.
2. 국토교통과학기술진흥원 기획6그룹-134(2018.11.12.)호 관련입니다.
3. 국가R&D 철도차량부품 개발사업의 18개 부품에 대하여 참여가능할 것으로 예상되는 기업의 목록을 회신하여 드립니다.

붙임 「철도차량부품개발 사업」 참여가능 기업 목록 1부. 끝.

한국철도공사 사장

협조자

시행 철도시스템개발연구단-31 (2018.11.13.) 접수 ( )

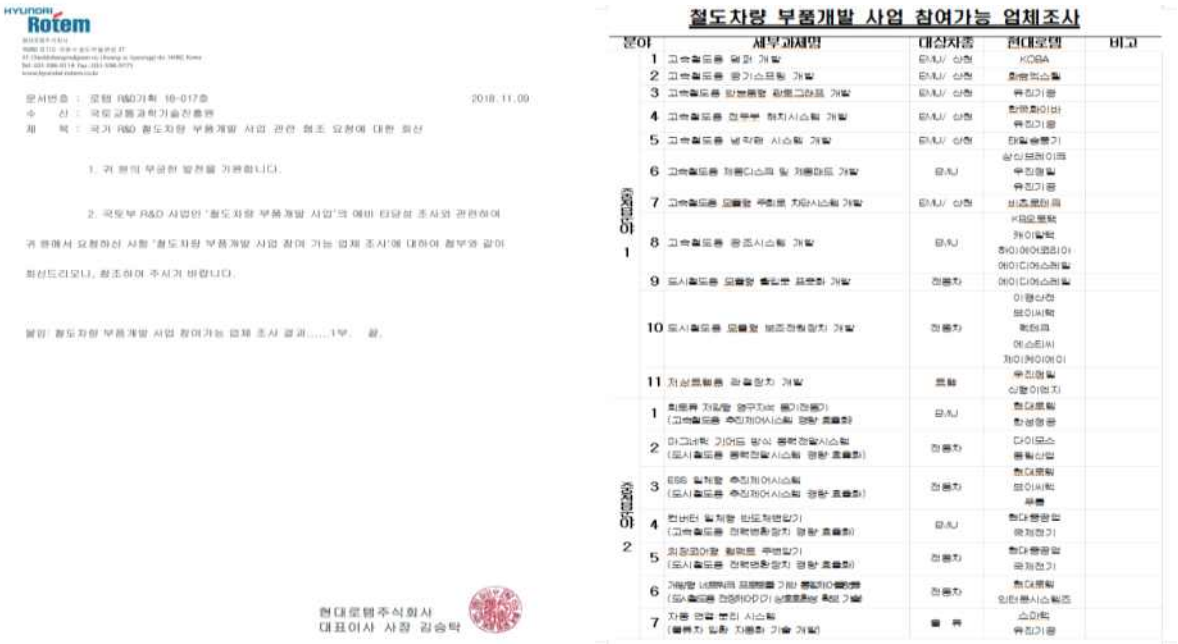
우 34618 대전광역시 동구 중앙로 240 (소제동) / http://www.korail.com

전화 042-615-5415 /전송 02-361-6211 / lovektr@korail.com /비공개(7)

철도차량 부품개발 사업 참여가능 업체조사

분야		세부과제명	대상차종	참여가능업체	비고
중점분야 1	1	고속철도용 엔진 개발	EMU/ 상천	능일특능	
	2	고속철도용 윤기스프링 개발	EMU/ 상천	화흥정스텔, 대림정밀	
	3	고속철도용 압분몰딩 완로그라프 개발	EMU/ 상천	유칠정밀산업	
	4	고속철도용 전두부 해치시스템 개발	EMU/ 상천	화인정밀, 에이디에스테밀, 유진기공산업	
	5	고속철도용 냉각팬 시스템 개발	EMU/ 상천	캠텍모로이	
	6	고속철도용 차륜디스크 및 차륜라도 개발	EMU	다화프릭션, 상신브레이크, 유진기공산업	
	7	고속철도용 모듈형 주회로 차단시스템 개발	EMU/ 상천	비츠로테크, 우정상협	
	8	고속철도용 윤조시스템 개발	EMU	케이비운동학, 주식회사 삼치공조	
	9	도시철도용 모듈형 출입문 표준화 개발	전동차	인터콤시스템즈, 홍일자동화	
	10	도시철도용 모듈형 보조전원장치 개발	전동차	이랜산전, 보이시텍, 원림크	
	11	저상트램용 윤출장치 개발	트램	유진정밀, 상신정공	
중점분야 2	1	회로류 저감형 영구자석 롤(전동기) (고속철도용 추진제어시스템 경량 효율화)	EMU	한성전공, 에스엔티, 아이엠티	
	2	마그네틱 기어드 방식 동력전달시스템 (도시철도용 동력전달시스템 경량 효율화)	전동차	현대로템, 동일산업, 지성정밀	
	3	ESS 일체형 추진제어시스템 (도시철도용 추진제어시스템 경량 효율화)	전동차	유진산전, 현대로템, 대흥기업	
	4	컨버터 일체형 반도체변압기 (고속철도용 전력변환장치 경량 효율화)	EMU	케이피일렉트릭, 포엔	
	5	회장코어형 철심트 주변압기 (도시철도용 전력변환장치 경량 효율화)	전동차	로체전기, 케이피일렉트릭, 포엔	
	6	개방형 네트워크 프로토콜 기반 통합제어통신망 (도시철도용 전장제어장치 상호호환성 확보 기술	전동차	유진산전, 현대로템, 인터콤시스템즈	
	7	자동 연결 분리 시스템 (철류차 입환 자동화 기술 개발)	철 류	스카원, 유진기공산업, 씨에스아이인터크	

<그림 IX-3> 한국철도공사 참여가능기업 조사 결과



HYUNDAI Rotem

문서번호 : 로템 R&D기획 18-017호 2018.11.09

수 신 : 국토교통과학기술진흥원

제 목 : 국가 R&D 철도차량 부품개발 사업 관련 회신 요청에 대한 회신

1. 귀 원의 무궁한 발전을 기원합니다.

2. 국토부 R&D 사업인 '철도차량 부품개발 사업'의 예비 타당성 조사와 관련하여 귀 원에서 요청하신 사항 '철도차량 부품개발 사업 참여 가능 업체 조사'에 대하여 첨부와 같이 회신드리오니, 참조하여 주시기 바랍니다.

붙임: 철도차량 부품개발 사업 참여가능 업체 조사 결과.....1부. 끝.

현대로템주식회사
대표이사 사장 김승탁

철도차량 부품개발 사업 참여가능 업체조사

분야		세부과제명	대상차종	현대로템	비고
중점분야 1	1	고속철도용 엔진 개발	EMU/ 상천	KOBA	
	2	고속철도용 윤기스프링 개발	EMU/ 상천	화흥정스텔	
	3	고속철도용 압분몰딩 완로그라프 개발	EMU/ 상천	유진기공	
	4	고속철도용 전두부 해치시스템 개발	EMU/ 상천	한맥화이바, 유진기공	
	5	고속철도용 냉각팬 시스템 개발	EMU/ 상천	대일송풍기	
	6	고속철도용 차륜디스크 및 차륜라도 개발	EMU	삼신브레이크, 우진정밀, 유진기공	
	7	고속철도용 모듈형 주회로 차단시스템 개발	EMU/ 상천	비츠로테크	
	8	고속철도용 윤조시스템 개발	EMU	서모로텍, 케이엘텍, 케이에어로테이, 에이디에스테밀	
	9	도시철도용 모듈형 출입문 표준화 개발	전동차	에이디에스테밀	
	10	도시철도용 모듈형 보조전원장치 개발	전동차	이랜산전, 보이시텍, 원림크, 에스티씨, 케이케이에이	
	11	저상트램용 윤출장치 개발	트램	우진정밀, 상협이엔지	
중점분야 2	1	회로류 저감형 영구자석 롤(전동기) (고속철도용 추진제어시스템 경량 효율화)	EMU	현대로템, 한성전공	
	2	마그네틱 기어드 방식 동력전달시스템 (도시철도용 동력전달시스템 경량 효율화)	전동차	다이모스, 동일산업	
	3	ESS 일체형 추진제어시스템 (도시철도용 추진제어시스템 경량 효율화)	전동차	현대로템, 보이시텍, 부품	
	4	컨버터 일체형 반도체변압기 (고속철도용 전력변환장치 경량 효율화)	EMU	현대중공업, 우진전기	
	5	회장코어형 철심트 주변압기 (도시철도용 전력변환장치 경량 효율화)	전동차	현대중공업, 우진전기	
	6	개방형 네트워크 프로토콜 기반 통합제어통신망 (도시철도용 전장제어장치 상호호환성 확보 기술	전동차	현대로템, 인터콤시스템즈	
	7	자동 연결 분리 시스템 (철류차 입환 자동화 기술 개발)	철 류	스카원, 유진기공	

<그림 IX-4> 현대로템 참여가능기업 조사 결과

<표 IX-13> 18개 부품별 참여의향 기관 및 참여가능기관 목록

분야		과제명	수요제안기관	참여의향기관	참여가능기관
		총괄과제	-	한국철도공사 한국철도기술연구원 한국산업기술시험원 부산교통공사 대전도시철도공사 현대로템 ㈜우진산전 ㈜다원시스	서울교통공사 공항철도(주) 광주도시철도공사
중점분야 1	1	고속철도용 댐퍼 개발	한국철도공사	만도 케이티엠엔지니어링(주) ㈜아이티베인 한국철도공사	KOBA 정경유압
	2	고속철도용 공기스프링 개발	한국철도공사	케이티엠엔지니어링(주) 한국철도공사	화승엑스윌 대원강업
	3	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발	철도기술연구원	㈜아이티베인 ㈜티앤머티리얼스 유진기공산업(주) 한국철도공사	유진기공산업(주) ㈜우진산전
	4	고속철도용 전두부 해치시스템 개발	화인정밀	화인정밀 ㈜카템 한국철도공사	한국화이바 유진기공산업(주) 에이디에스레일
	5	고속철도용 냉각팬 시스템 개발	코레일	케이티엠엔지니어링(주) ㈜태일송풍기 유진기공산업(주) 한국철도공사	㈜수성 경진브로아
	6	고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발	다원프릭션	다원프릭션 케이티엠엔지니어링(주) ㈜동성테크 베어링아트 이스턴알앤이(주) ㈜카템 상신브레이크 한국철도기술연구원 유진기공산업(주) 한국철도공사	우진정밀
	7	고속철도용 모듈형 주회로 차단시스템 개발	비츠로테크	디투엔지니어링 ㈜아이티베인 한국철도공사	비츠로테크 태희네볼루션 ㈜수성 ㈜우진산전
	8	고속철도용 공조시스템 개발	오텍캐리어	케이티엠엔지니어링(주) 한국철도공사	하이에어코리아 태희네볼루션 KB오토택 캐이알택 하이에어코리아 에이디에스레일 주식회사 남지공조
	9	도시철도용 모듈형 출입문 표준화 개발	인터콘시스템즈	STR엔지니어링 케이티엠엔지니어링(주) ㈜아이티베인 제룡산업 인터콘시스템즈 한국철도기술연구원 서울교통공사	네오트랜스 에이디에스레일 인터콘시스템즈 흥일기업 일성자동화

분야		과제명	수요제안기관	참여의향기관	참여가능기관
				한국철도공사	
	10	도시철도용 모듈형 보조전원장치 개발	이경산전	㈜브이씨텍 ㈜시티이텍 ㈜아이티베인 이경산전(주) ㈜우진산전 현대로템 한국철도공사	퓩테크 에스티씨 제이케이에이
	11	저상트램용 관절장치 개발	우진정밀	이스턴알앤이(주) 제룡산업	우진정밀 신형이엔지 성신RST 유진기공산업(주)
중점분야 2	1	희토류 저감형 영구자석 동기전동기	철도기술연구원	아이엠디 케이티엠엔지니어링(주) 베어링아트 ㈜아이티베인 철도기술연구원 ㈜우진산전 현대로템 한국철도공사	한성정공 맥시스
	2	마그네틱 기어드 방식 동력전달시스템	한국교통대학교	로텍 ㈜브이씨텍 ㈜아이티베인 아이엠디	동림산업 `다이모스 동림산업
	3	ESS 일체형 추진제어시스템	우진산전	㈜브이씨텍 ㈜시티이텍 ㈜아이티베인 우진산전 현대로템 서울교통공사	푸름 대홍기업
	4	컨버터 일체형 반도체변압기	철도기술연구원	㈜시티이텍 ㈜아이티베인 ㈜티앤머티리얼스 철도기술연구원 국제전기 아이엠디 현대로템 서울교통공사 한국철도공사	태희네볼루션 현대중공업 케이피일렉트릭 효성
	5	외장코어형 컴팩트 주변압기	철도기술연구원	㈜아이티베인 ㈜티앤머티리얼스 철도기술연구원 국제전기 아이엠디 한국철도공사	네오트랜스 태희네볼루션 현대중공업 케이피일렉트릭 효성
	6	개방형 네트워크 프로토콜 기반 통합제어플랫폼	철도기술연구원	STR엔지니어링 ㈜시티이텍 제룡산업 철도기술연구원 ㈜우진산전 현대로템	태희네볼루션 인터콘시스템즈
	7	자동 연결·분리 시스템	한국철도공사	유경제어(주) 이스턴알앤이(주) 한국철도공사	스마텍 유진기공산업(주) 씨에스아이엔테크

2. 국고지원의 적합성

2.1 사업추진의 시급성

가. 정책적 측면

◈ 국가가 부품개발을 통한 강소기업 육성 정책 등을 수립·시행하고 있으나, 사업일몰로 정책을 추진할 수단 상실

■ **철도부품 실용화 지원체계 소실방지 및 부품중소기업 지속지원을 위한 단절 없는 지원 필요**

- 상징적인 사업목표설정, 장기간에 걸친 사업기간 등의 문제로 철도부품개발 및 부품중소기업 지원을 중점추진분야로 설정하여 지원하던 철도기술연구사업은'19년 일몰 예정

  - 지적한 선행사업의 한계에도 불구하고 전동차용 구동기어, 차상단말기 등이 상용화 되었고 부품매출 225억원 발생 등 우수성과가 도출되고 있으며, 국산화율 향상 성과 달성

  - 특히 자동차 등 타 산업분야의 경쟁력 있는 업체의 철도분야 신규유입을 유도하여 산업생태계 다양화 사례도 발생

■ **철도기술 R&D는 차량시스템 개발 중심이었으나 핵심부품의 의존성 해소 등 부품 국산화와 경쟁력 확보가 시급함**

- 제품 시장진입 지원을 통한 부품 중소기업의 육성에 가장 직접적 효과 기대가 가능한 국가 R&D의 경우 과거 차량시스템 개발 중심이었고 부품 국산화 및 경쟁력 확보를 위한 지원은 여전히 단편적이고 미흡한 수준

※ 「철도부품 강소기업 육성 R&D 지원 방안('13.11)」, 「철도차량산업육성대책('16.8)」, 「철도차량 부품개발 마스터플랜('17.12)」 등

철도분야 유일한 국가 R&D 사업의 일몰

- 체계적인 기획을 통한 실용화지원전략 미흡, 산발적인 개발 대상품 선정 등 추진체계의 한계와 제한적인 예산

  - 일몰연장신청 검토결과 R&D 지원필요성은 인정되나 사업목표 부적절, 체계적 계획과 성과지원체계 미흡, 단편적이고 산발적인 부품 개발 등을 지적받았으며 그에 따라 '19년 일몰 확정

유지보수용 부품 재고가 부족 사례 발생, 예비차 부품 돌려막기 등으로 국민안전에 심각한 위험요인으로 작용

- 안전과 직결되는 외산 주요부품 중 일부는 행정적 소요기간 및 납품기간 등으로 최대 24개월까지 소요되는 경우 존재

- 철도차량은 2만 여개의 부품으로 구성되어 부품품질이 안전을 좌우*하나, 부품기업이 영세하고 기술력 미흡 등으로 양질의 부품 적기 공급한계 발생

※ `14년 KTX 부품 돌려막기 사례 17개 품목 39건, 15년 67건

나. 기술적 측면

◈ 글로벌 철도시장의 경쟁 심화 및 중국 등 후발국가의 추격
◈ 영세한 중소기업 위주의 산업생태계 형성으로 R&D 역량 미흡

세계 철도시장 경쟁 심화 및 중국 등 후발국가의 맹추격으로 시장 상실 우려

- 독일, 프랑스, 미국 등은 중소부품 기업을 육성하기 위해 지원 프로그램 등을 통해 기술개발을 집중 지원하는 것은 물론, 높은 기술력을 바탕으로 국가가 인증제도*를 활용하여 이를 시장 진입장벽의 역할을 하도록 간접 지원 중

  - (독일) DIN규격(차량 및 부품용접검정), IRIS, 각종 품질, 안전, 환경 경영 인증 요구

- 또한 해외 철도 부품기업은 경쟁력제고 및 세계시장 선점을 위해 경쟁업체 M&A* 등을 통해 대형화하는 추세

  - 세계 철도부품 규모 2위 업체인 Wabtec(브레이크, 승강문 등 제작)이 3위 Faiveley (연결기, 창문, 에너지효율화 장치 등 제작) 인수

※ Knorr-Bremse(獨, '15년 매출액 7조원), Wabtec(美 3.6조원), Faiveley(佛, 1조3천억)

- 특히 중국은 국가의 전폭적인 지원을 바탕으로 대규모 철도 인프라 구축* 및 자국기술 적용 비율 규제 적용 등으로, 외산 기술의 진입을 국가 차원에서 막고 급속도로 기술력 축적 및 시장 진출 확대 중

※ 8종8횡 주간선 강화, 4종4횡 고속철도 건설 등

- 따라서 국내 철도시장을 보호하고 철도시장에서 국내 철도차량·부품 기업들이 경쟁력을 갖기 위해서는 보다 적극적인 투자가 필요한 시점임

다. 경제적 측면

◈ 노후차량 내구연한 만료에 따른 단기에 도래할 신규차량 도입 시점에 적기 대응 필요
◈ 점차 확대되고 있는 After-Sales Market에 시장 선점 필요

노후 철도차량 증가에 따른 교체 수요 적기 대응 필요

- 국토부는 정밀안전진단 기준을 강화('16)하여 안전성이 미흡한 노후차량 적기교체를 유도하고 있어 차량교체수요 지속 발생·증가 중이며, 이에 따라 교체 시 부품수요와 유지보수용 부품 수요도 지속 발생

  - '16년 기준 차령 25년 이상 노후차량은 약 10% 수준이며 '20년에는 노후차량 비율은 33% 수준에 달할 전망임 (전체 차종 기준)

- 주요 부품의 경우 신차 적용 시 10년 이상 동일 제품의 지속적인 공급을 수반하므로 연구성과의 시장안착 기회를 상실하지 않기 위해서는 노후차량의 교체수요를 고려한 적기 개발 필요

성장하는 After-sales Market 선제적 대응 필요

- 장기간(25~30년)의 품질안전 확보, 사후관리가 중요한 산업임에도 건실한 부품 공급망 및 산업생태계 구축이 어렵고, 그에 따른 유지보수용 부품 단종도 빈번하여 부품 적기 수급 곤란 및 과다한 구매비 지출

  - KTX 제어장치는 도입('05)시 가격에 비해 19배 상승('05년 1천만원 → '16년 1억 9천)

- 정비업, 리모델링업 등 출고 新 시장(After Market) 조성 미흡으로 국내 차량제작사 부품업체는 신규차량 발주 및 차량제작사에 의존하는 구조임

2.2 국고지원의 필요성

가. 법적 추진 근거

국토교통과학기술 육성법

- 제8조와 제9조에서는 연구개발사업의 추진과 공동연구·개발 등을 지원할 수 있음을 명시
  - 본 연구개발사업은 「국토교통과학기술육성법」 따라 국토교통기술 분야에 해당되며, 연구개발사업의 추진 및 공동연구·개발 지원 필요성에 대한 법적 근거 확보

철도산업발전기본법

- 제13조에서 국가는 철도산업의 국제협력 및 해외시장 진출을 추진하기 위하여 관련 기술 및 인력의 국제교류, 국제표준화, 국제공동연구개발 등의 사업을 지원할 수 있음을 명시
  - 본 사업은 철도차량부품 개발을 통한 해외시장 진출을 추진하기 위해 표준화 및 형식승인 인증 획득 등을 목표로 함에 따라 법적 근거 마련

철도안전법

- 철도용품을 철도시설 및 철도차량 등에 사용되는 부품·기기·장치 등으로 정의하고, 철도안전에 관한 기술의 진흥을 위한 연구·개발의 촉진 및 그 성과의 보급 등 필요한 시책을 강구하도록 함
  - 본 사업은 철도차량부품의 품질기준을 국제적 수준에 맞게 체계적으로 정비한 형식승인제도, 제작자 승인제도 등을 통해 철도의 운영·관리에 대한 안전기준을 강화하는 측면에서 상위법령과 부합됨

나. 국정과제와의 연계성

◈ (문재인 정부 국정과제) "국가기간교통망 공공성 강화 및 국토교통산업 경쟁력 강화"

- **(문재인 정부 100대 국정과제)** 국가비전 달성을 위한 실천전략으로서 5대 국정목표와 20대 국정전략, 100대 국정과제 제시
  - 본 사업의 목표인 성능향상을 통한 국산부품 신뢰성 확보는 성능기반의 철도시설 관리체계 마련과 부합됨

- 본 사업의 목표인 미래기술 선도를 바탕으로 부품 기술 경쟁력 확보는 첨단 신소재 부품개발 내용과 부합

다. 주요 상위계획 상의 추진 근거

다음의 상위 계획을 바탕으로 철도부품 개발사업의 추진 근거 확인

- ◈ **제4차 과학기술기본계획(2018~2022),**
- ◈ **제3차 철도산업발전기본계획(2016~2020)**
- ◈ **제3차 국가교통기술개발계획(2014~2018)**
- ◈ **제3차 철도안전종합계획(2016~2020)**
- ◈ **국토교통 R&D 중장기전략(2014~2023)**
- ◈ **제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(2018~2027)**
- ◈ **철도부품 강소기업 육성 R&D 지원방안(2013)**
- ◈ **철도차량 부품개발 마스터플랜(2017)**

제4차 과학기술기본계획(2018~2022)

- △미래도전을 위한 과학기술역량 확충 △혁신이 활발히 일어나는 과학기술 생태계 조성 △과학기술이 선도하는 신산업·일자리 창출 △과학기술로 모두가 행복한 삶 구현을 목표로 함

제3차 철도산업발전기본계획(2016~2020)

- 철도공공분야 거버넌스 개편, 철도운영, 철도건설, 철도안전, 철도산업 생태계 분야로 구분하여 국민 행복과 경제성장을 견인하는 글로벌 수준의 철도산업 육성 실현을 목표로 하고 있음

제3차 국가교통기술개발계획(2014~2018)

- 철도, 도로/자동차, 물류, 항공, 해운/항만 분야의 지능화, 안전, 환경을 통해 2018년 선진 교통기술 강국 진입을 목표로 하고 있음

제3차 철도안전종합계획(2016~2020)

- 안전에 대해 높은 국민적 기대에 부응하고, 철도안전의 근본적 체질을 개선하여 국민이 안심하고 신뢰하는 철도안전환경 구현을 목표로 함

■ 국토교통 R&D 중장기전략(2014~2023)

- △글로벌 시장 선도 △융복합 신산업 창출 기반 조성 △안전하고 편리한 국토공간 조성 △국민 생활복지 향상 등 목표 실현 요구

■ 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(2018~2027)

- △4차 산업혁명 대응 혁신성장동력 육성, △기술융합을 통한 새로운 가치창출, △사람 중심의 국토교통 기술개발, △미래지향적 R&D 시스템 도입

■ 철도부품 강소기업 육성 R&D 지원방안(2013)

- 12개 부품을 상용화 전제로 개발 중이며, 중소기업 R&D 지원 비율을 확대하고 운영기관의 R&D 공동 참여를 적극 유도하고 있음

■ 철도차량 부품개발 마스터플랜(2017)

- 철도 부품·장치 기술 고도화를 통한 고부가가치 철도차량부품산업 육성을 위해 수입 대체품 개발, 국내 기술 고도화를 통한 해외진출, 미래 선도형 기술개발을 목표로 설정

3. 사업 추진상의 위험요인

3.1 재원조달 가능성

가. 국고지원 조달 가능성

■ **최근 5개년 기준, 정부 R&D 예산의 성장은 연평균 5.14%이며, 국토교통 R&D 예산이 차지하고 있는 비중은 평균 2.4%로 분석**

<표 IX-14> 최근 5개년 국토교통 R&D 예산 현황

(단위 : 억 원)

구분	2013	2014	2015	2016	2017	CAGR
정부 R&D 예산	158,777	177,793	188,245	190,942	194,615	5.14%
국토부 R&D 예산	4,018	4,117	4,500	4,458	4,738	2.12%
국토부 R&D 비중	2.53%	2.32%	2.39%	2.33%	2.43%	평균비중 : 2.40%

- 2017년은 전년대비 6.3%(280억 원)증액된 4,738억 원이 집행되어 건설, 교통, 공통 분야에 따라 총 19개 사업이 추진
- 철도 분야는 전년대비 53억 원(5.6%)증액된 998억 원이 집행

국토교통 R&D 예산 예상 및 재원확보 타당성

- 중소기업 육성 및 일자리 창출 등 창조경제 실현과 국민복지 구현을 위한 R&D 예산 증대 전망
- 정부 R&D 예산에서 국토교통 R&D 예산을 전망하고, 국토교통 R&D 예산 내에서 신규 R&D 가용 예산을 추정
  - 「국토교통R&D 중기재정계획('18~'22)」 의 예산 증가율(10.2%)을 '25까지 적용하면, 동 사업의 사업기간('20~'25) 동안 국토교통R&D 예산은 총 4조 6천억원으로 추정
  - 이후 연차별 소요예산 또한 최대 370억원 규모로 국토부 R&D 예산 대비 5% 미만 수준이며, 또한 현재 철도분야 R&D 예산규모('18년 867억원)와 비교해서도 40% 수준에 불과
- 국토교통 R&D 예산범위 내에서 재원 조달 가능

<표 IX-15> 국토교통 R&D 가용 예산 예측

(단위 : 억원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	합계
국토교통 R&D 예산(전망)	6,194	6,657	7,182	7,915	8,723	9,613	46,284
동 사업 소요예산(국비)	31.1	162.55	337.81	372.78	319.23	158.18	1,381.65
비율(%)	0.5	2.4	4.7	4.7	3.7	1.6	

나. 민간부담금 조달 가능성

- 본 사업의 연구개발 비용 중 기업이 부담해야 하는 비중은 전체 사업금액의 25%에 해당되며 세부과제별 민간부담금은 연평균 4억원 수준
- 철도차량부품 개발 중소기업의 연구개발에 투입하는 비용은 연평균 10.5억원으로 나타나 기업의 민간부담금 규모를 감당할 수 있는 수준임



<그림 IX-5> 평균 개발비 및 매출액 대비 개발비 비중

- 따라서 재원조달 문제로 인한 철도차량부품 개발사업의 지연 가능성은 매우 적은 것으로 판단

3.2 법·제도적 위험요인

가. 법·제도적 위협요인 및 대응방안

철도차량 부품개발사업의 개발기술 분야와 개발기술의 성과물에 따라 관련 법률을 검토하고, 타 법령과의 충돌 가능성 검토

- **철도차량부품 관계법규**
  - 철도차량부품과 관련한 타 법령으로는 「소재·부품전문기업 등의 육성에 관한 특별조치법」 등이 존재하나 소재부품 및 생산설비 산업의 발전기반을 조성하고 소재부품전문기업 등의 육성을 지원하는 목적이므로 철도차량부품 산업육성 지원과는 관련성이 없음

- **검토결과**
  - 규정하는 관계 법률상 본 기획보고서에서 제시하고 있는 2개 중점분야 18개 세부과제의 구성기술 연구 및 향후 활용과 관련하여 법규 충돌가능성은 없는 것으로 판단

나. 국가 연구개발사업 절차의 누락 가능성

과학기술기본법 준수여부

- 예비타당성조사 대상인 국가사업은 국가가 투자하는 공공사업이므로, **「국가재정법」**, **「과학기술기본법」** 등에 부합하는지 검토
  - 본 사업은 **「국가재정법」** 제38조에서는 총사업비 500억원 이상이며, 국가의 재정지원 규모가 300억원 이상인 신규사업을 예비타당성 조사대상으로 규정하는 항목에 부합함에 따라 예비타당성 조사 기획의 정책적 부합성을 확보

- 「과학기술기본계획」 상, 국토교통부 소관의 사업에 해당되며 총사업비가 500억원 이상, 국가재정지원 300억 이상의 사업은 예비타당성 조사를 통해 국가 연구개발사업을 추진할 수 있는 정책적 필요성과 부합

- 본 연구는 국내외 특허, 기술, 표준화 동향 등 의 연구내용을 포함하고 있어 예비타당성 조사 사전 기획연구로서의 충실성이 반영

다. 연구개발사업 추진결과의 분쟁 가능성

- 사업을 통해 얻어지는 산출물이 국제 교역재에 적용될 때의 고려사항으로써, 국가연구개발사업의 지원이 **WTO 금지보조금** 및 **조치가능보조금**에 해당하여 외국과의 마찰 가능성이 있는지를 검토

- 'WTO 보조금 및 상계조치협정(Agreement on Subsidies and Countervailing Measures, 이하 보조금협정)' 제2조에 따르면 동 협정은 '특정성' 있는 보조금만을 규제 대상으로 하고 있음

- '특정성'이란 보조금 지급의 대상이 법률상 또는 사실상 특정 기업(군)이나 산업(군) 또는 특정 지역 안에 위치한 기업으로 제한되어 있는 경우를 의미함

- 현재 보조금은 크게 '금지보조금'과 '조치가능보조금'으로 구분되며 예비타당성 조사에서의 보조금에 대한 사항은 상기 두 가지 보조금에 대해 검토하여야 함

<표 IX-16> WTO 보조금의 유형(2000년 1월1일 이후)

구분	내용
금지 보조금	■ 그 자체로 특정성이 있는 것으로 간주되어 특정성 존재 여부와 관계없이 WTO 차원에서의 신속하고 직접적인 제재의 대상이 되거나, 수입국이 자국법에 의해 상계관세를 부과할 수 있음 ■ WTO 보조금협정상 금지보조금의 운용은 회원국의 경제개발 정도에 따라 적용시점이 달리 규정되어 있으나, 일부 예외를 제외하면 유예기간이 종료되어 거의 모든 회원국의 수출보조금과 수입대체보조금이 예외 없이 금지되고 있음 ■ 유형 수출보조금 : 법률상 또는 사실상 수출실적에 따라 공여되는 보조금 수입대체보조금 : 수입품 대신 국산품의 사용을 조건으로 하여 공여되는 보조금
조치가능 보조금	■ ①정부 또는 공적 기관에 의한 재정적 기여로 인해, ② 혜택이 부여되고, ③ 특정성이 있을 경우의 3가지 요건이 모두 충족되면 그러한 재정적 기여는 조치가능보조금에 해당 ■ 다른 회원국의 이익에 부정적인 효과를 초래하였을 경우에는 WTO 제소 또는 피해국으로부터의 직접적인 상계조치를 받을 수 있음 ■ 다른 회원국의 국내 산업에 대한 피해, 1994년 GATT협정에 의한 양허혜택의 무효화 또는 침해, 다른 회원국의 이익에 대한 심각한 손상 등

* 출처 : 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 제2-1판, 한국과학기술기획평가원, 2016.11

금지보조금에 대한 검토

- **(수출보조금)** 정부의 연구개발 지원은 관련 산업의 수출 증진을 목표 또는 기대효과로 인식하고 있는 부분이 없는 것은 아니나, 철도차량부품 연구개발 사업의 경우, 반드시 기업의 수출을 위한 보조금형태로 지원하는 부분이 없음

- **(수입대체보조금)** 본 연구개발사업의 목적 상 수입품을 국산제품으로 대체하는 것이 주된 목적이 아니라 유지보수가 필요한 부품에 성능을 향상시켜 유지보수 주기 증가 및 안정성 확보를 위한 기술개발이 주된 목적이고 수입대체보조금형태로 지원하는 부분은 없음

조치가능보조금에 대한 검토

- **(재정적 기여)** WTO 보조금 협정 제8조에 따르면, 'R&D 보조금은 산업적 연구비용의 75%를 초과하지 않아야 한다'고 연구개발 보조금 규범을 명시하고 있는데, 본 사업은 「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」에 따라 R&D 정부분담금 비율을 최대 75% 이내로 지원할 예정이므로 WTO 재정적 기여에 대한 위배사항은 없음

※ 국가 연구개발사업의 관리 등에 관한 규정(대통령령 제28043호) 제12조 3항 중앙행정기관의 연구개발비 출연기준 의거, 대기업 50% 이내, 중견기업 60% 이내, 중소기업 75% 이내로 규정

- **(혜택여부)** 본 연구개발 사업은 기술개발 부분만 다룰 뿐 개발된 기술을 가지고 상품화, 사업화하기 위한 시설투자, 시장개척 등은 기업의 역할이므로 본 사업의 지원범위에 해당하지 않아 직접적인 혜택이 발생하는 것으로 볼 수 없음

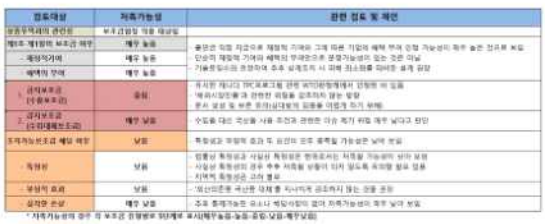
- **(특정성)** 본 연구개발 사업은 철도차량 부품산업 이외에도 자동차, 신소재부품산업 등 다양한 산업분야가 포함되어 진행되며 기업의 경쟁공모에 의해 사업이 추진되므로 특정성이 있다고 보기 어려움

<표 IX-17> WTO 보조금 위배사항 종합검토

본 연구개발사업 / WTO 보조금 위배 규정항목		위배사항 검토	관련내용
금지보조금	수출보조금	×	기업의 수출을 위한 보조금 지원 부분 없음
	수입대체보조금	×	국산화제품 양산이 주된 목적이 아닌 성능향상 및 안정성 확보 추구
조치가능 보조금	재정적 기여	×	WTO 보조금 협정 내 산업적 연구비용 최대 75% 이내 지원 기준 준수
	혜택여부	×	정부는 기술개발만 지원, 시설투자 및 시장개척은 기업이 담당
	특정성	×	타 산업과의 연계가 가능하며, 기업 경쟁공모에 의한 사업 추진

- 위와 같이 본 사업은 그 내용상 WTO 보조금 협정으로 인한 문제는 없을 것으로 판단
- WTO 관련 법률자문을 통한 검토의견서 확인을 받음
  - 출연금 직접 지급으로 재정적 기여로 보조금에 해당하는 것으로 판단되나, 단순히 재정적 기여와 혜택의 부여만으로 분쟁 가능성이 발생하는 것은 아님
  - 금지보조금 중 수입대체보조금에 해당될 소지는 매우 낮으나, 해외시장진출 등으로 인해 수출보조금 해당여부는 중립적으로 판단
  - 조치가능보조금의 경우, 특정성과 부정적 효과 등에 해당되지 않아 연구개발로 인한 분쟁가능성은 매우 낮은 것으로 판단
  - 예비타당성 조사 단계에서 WTO 보조금 저촉가능성을 판단하기는 어려우나 특정 기업에 출연금이 집중되어 특정성 요건에 저촉되지 않도록 R&D 사업을 운영하는 것이 중요하다고 제언

<표 IX-18> WTO 관련 법률자문 검토의견서

변호사 이원인 법률사무소 확인서	법적자문 질의 내용 및 답변 증빙자료
[법률자문검토보고] 「철도차량 부품개발사업」의 WTO 「보조금 및 상계조치에 관한 협정」 규정 저촉성 여부에 관하여 2018. 11. 14. 변호사 이원인 법률사무소	1. 법률자문 질의의 내용 「철도차량 부품개발사업」 (이하 "철차부품개발연구"라 합니다)추진을 목표로 국가연구개발사업 예비타당성조사(이하 "예타"라 합니다)가 진행 중에 있는 바, 해당사업이 우리나라가 회원국으로 있는 WTO 「보조금 및 상계조치에 관한 협정」(이하 "보조금협정"이라 합니다)에서 금하고 있는 보조금 관련 규정에 저촉될 위험성이 있는지 2. 법률자문 질의에 대한 답변(Executive Report)  결론 : 대상 사업은 보조금 협정의 적용대상이며 '보조금존재'는 인정될 것으로 보이나 조치가능보조금에 해당할 가능성은 낮아 보이며, 비록 금지보조금(수출보조금)에 해당할 가능성이 있으나 현재 예비타당성조사 단계에서 저촉가능성을 판단하기엔 어려움이 있습니다. 확률-영향평가 매트릭스 등을 통해 분석결과를 활용할 필요가 있다고 사료됩니다.

- 검토결과, 법적·제도적 위험요인은 중립으로 평가되나, 타 법령과의 충돌 가능성은 없는 것으로 판단

  - 국토교통과학기술 육성법에 따라 연구개발사업의 추진과 공동연구·개발 등을 지원받을 수 있음

  - 철도안전법에서는 철도용품과 철도종사자의 직무분야를 규정하고 있으며, 본 사업의 기술분야는 철도차량 등에 사용되는 부품·기기·장치 기술에 해당

  - 국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정에서 제시한 사전조사 및 기획연구의 내용을 충실히 반영하였으며, 산·학·연 중심의 기술수요조사를 통해 세부기술을 도출함에 따라 절차의 누락 가능성은 낮음

  - 철도차량부품 연구개발사업은 그 내용상 WTO 보조금 협정으로 인한 문제는 없을 것으로 판단

<표 IX-19> 법적 · 제도적 위험요인 평가

법·제도적 위험요인	중립	일부위험	위험
사업추진 근거법령의 적절성	●		
타 법령과의 충돌 가능성	●		
국가연구개발사업 절차의 누락 가능성	●		
연구개발사업 추진결과의 분쟁 가능성	●		

제2절 과학기술적 타당성

과학기술적 타당성 분석을 위해 과학기술개발 계획의 적절성, 과학기술개발 성공가능성, 기존 사업과의 중복성에 대한 검토를 실시함

- 과학기술적 타당성 분석 항목은 '2018년 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침'을 참고하여 검토

〈표 Ⅸ-20〉 과학기술적 타당성 분석 항목

분석주안점	분석분야	분석항목
1. 과학기술 개발 계획의 적절성	1.1 기획과정의 적절성	가. 기획 참여 전문가 집단 구성의 적절성
		나. 기술수요조사의 적절성
		다. 우선순위 설정과정의 적절성
	1.2 사업 목표의 적절성	가. 문제/이슈의 적절성
		나. SWOT분석을 통한 전략 방향 도출
		다. 연구개발 방향성 및 중점분야 간 연계성
		라. 목표 설정의 적절성
		마. 수혜자 표적화의 적절성
	1.3 구성 및 내용의 적절성	가. 세부활동의 적절성
		나. 세부활동과 사업목표 간 연계성
		다. 성과지표의 적절성
		라. 세부활동 간의 선후관계의 적절성
2. 과학기술 개발 성공가능성	2.1 기술확보 성공가능성	가. 연구인력 확보 가능성
		나. 연구장비 확보 가능성
		다. 기술수준 달성 가능성
3. 기존 사업과의 중복성	3.1 사업수준의 중복성 검토	가. 기존 사업과의 중복성 검토의 적절성
		나. 기존 사업과의 중복성 검토 결과
	3.2 과제수준의 중복성 검토	가. 기존 과제와의 중복성 검토의 적절성
		나. 기존 과제와의 중복성 검토 결과

1. 과학기술 개발계획의 적절성

1.1 기획과정의 적절성

◈ 본 사업은 외부 기획전문기관에 의한 연구를 통해 기획되었으며, 산·학·연 전문가로 구성된 기획위원회, 광범위한 국내 전문가를 대상으로 한 기술수요조사 및 본 사업 결과물의 잠재적 수요기관에 대한 수요조사를 기반으로 기획됨

가. 기획 참여 전문가 구성의 적절성

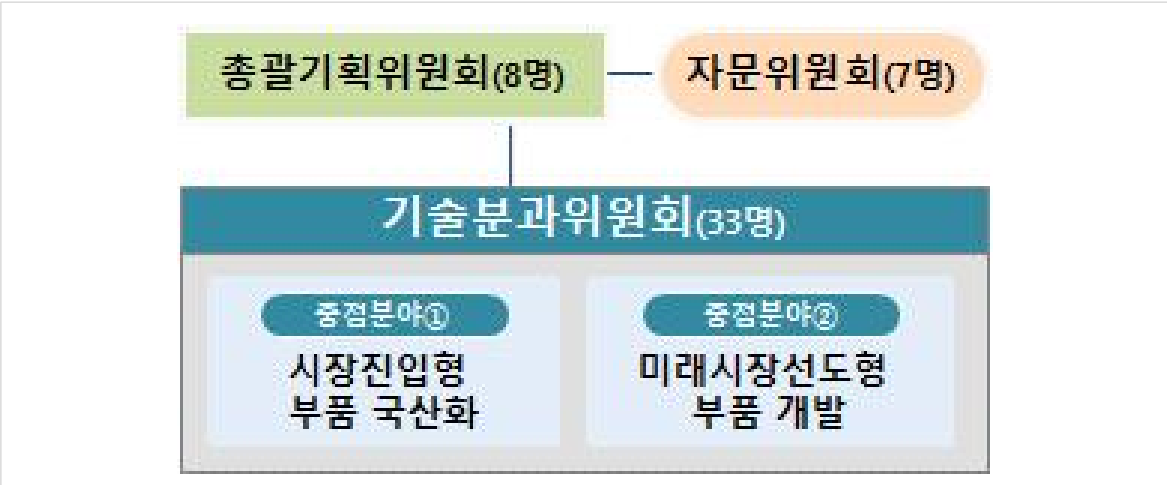
기획연구 추진

- 외부 전문기관에 기획연구 의뢰
  - 수행기관 : (주)더비엔아이(사전기획: 한국철도공사)

기획위원회의 구성 체계 및 역할

- 산·학·연 전문가 41명으로 구성된 기획위원회를 운영하여 기획의 전문성·객관성 제고
  - 총괄기획위원회 8명, 기술분과위원회 33명
  - 별도의 자문위원회 구성(7명)

※ (기획초기) 3개 중점분야(국산화, 안전, 기술선도) → (최종) 2개 중점분야(국산화, 시장선도)



<그림 IX-6> 기획위원회 구성 체계

기획자문위원회의 역할

- **(자문)** 사업철학, 사업목표, 추진전략, 사업운영방안 등 사업기획의 전반에 대한 자문
- **(조정)** 사업의 비전·목표 등 상위체계와 기술분과별 내역사업, 대과제, 소과제 기획 내용의 부합성 검토 및 기획 수준 조정, 분과간 균형기획 측면의 조정
- **(기타)** 산·학·연 전문가 발굴 및 기획위원 추천

기획위원회 인적 구성

- 산·학·연 구성 : 산업계 48.8%(20명), 학계 29.3%(12명), 연구계 22.0%(9명)
- 전공 구성 : 기계공학(36.6%), 전기공학(17.1%), 차량기술(9.8%), 전자공학(7.3%), 에너지공학(4.9%) 등 다양한 전공에 분포함

<표 IX-21> 기획위원 대표 전공

대표전공	인원(명)	비중
기계공학	15	36.6%
전기공학	7	17.1%
차량기술	4	9.8%
전자공학	3	7.3%
에너지공학	2	4.9%
경제학	1	2.4%
금속공학	1	2.4%
공업경영	1	2.4%
전기신호공학	1	2.4%
기술경영	1	2.4%
정보통신	1	2.4%
메카트로닉스공학	1	2.4%
토목공학	1	2.4%
산업공학	1	2.4%
시스템공학	1	2.4%
합계	**41명**	**100.0%**

외부 자문 실시

- 기획위원회와는 별도로 7명의 외부 전문가로 자문위원회 구성
  - 기획에는 참여하지 않으며 제3자적 관점에서 사업내용의 객관적·전문적 검토 및 자문 제공
- 활동 내용
  - 사업 공청회 시 패널로 참여하여 기획내용에 대한 의견 제시
  - 본 사업의 기획 진행현황 자문 및 기획방향 전문가 토론

나. 기술수요조사의 적절성

기술수요조사

- 수요조사 개요
  - **(조사대상자)** 철도차량 부품 산업 종사자, 운영기관, 출연연 및 대학 전문가 등 5,000여명을 대상으로 총 4회의 기술수요조사를 실시

※ 한국철도공사, 서울교통공사 등 운영기관 15개, 한국철도기술연구원 등 연구기관 9개, 한국철도학회 등 관련 학회 17개, 한국교통대학교 등 29개 관련 대학, LS 전선 등 관련 업체 219개

  - **(조사기간)** 1차 : 2016년 9월 23일 ~ 10월 7일
    2차 : 2017년 5월 30일 ~ 6월 13일
    3차 : 2017년 7월 31일 ~ 8월 7일
    4차 : 2017년 9월 22일 ~ 10월 13일
  - **(조사방식)** 설문조사 방식
  - **(조사내용)** 제안하는 세부기술명, 기술개발의 필요성, 최종목표, 연구내용, 기술개발 동향, 총 기술개발 기간 및 비용, 기대효과(기술적, 경제적, 환경적)

다. 우선순위 설정과정의 적절성

- **(1차 정량적 평가)** 1~3차 기술수요조사 결과를 바탕으로 후보과제 우선순위 도출
  - **(평가기간)** 2017.08.28. ~ 2017.09.21.
  - **(평 가 자)** 민간 전문가 중심(한국철도공사 및 한국철도기술연구원 보유 전문가 Pool 활용)
  - **(평가기준)** 기술적 요소(시급성, 실현가능성, 중요성)와 산업적 요소(시장규모, 수출가능성, 정부지원 타당성) 고려
- **(2차 정량적 평가)** 4차 기술수요조사 결과 반영, 후보과제 우선순위 재도출
  - **(평가기간)** 2017.09.27.
  - **(평 가 자)** 국토교통부 한국철도기술연구원, 철도차량 관련 유관기관 및 업체 등 총 22명
  - 1차 정량적 평가결과와 신규 발굴 4개 과제에 대한 기술적 요소(시급성, 실현가능성, 중요성)와 산업적 요소(시장규모, 수출가능성, 정부지원 타당성)를 재검토하여 우선순위 도출
- **(3차 정성적 평가)** 기술분과위원회(민간전문가)에서 후보과제 우선순위 도출 결과에 따른 최종 후보과제 18개 도출
  - 기술수요조사 결과에 따른 후보과제명(네이밍) 조정
  - **(평가기간)** 2017.10.20.
  - **(평 가 자) 철도차량관련 유관기관 및 학계, 산업체 등 30명 참석**
- **(4차 정성적 평가)** 기획총괄위원회에서 최종 후보과제 18개 확정
  - **(평가기간)** 2017.10.23.
  - **(평 가 자)** 기획총괄위원회(철도차량 관련 유관기관 및 학계, 산업체 등 전문가 구성) 10명

1.2 사업 목표의 적절성

◈ 메가트렌드, 산업현황, 기술동향, R&D 역량 등을 종합적으로 고려하여 SWOT 분석을 통한 본 사업의 전략 방향 도출

◈ 사업의 비전은 상위계획 및 관련법 상성을 고려하고 중점분야의 성과물을 기반으로 설정함의 국토교통부의 책무로부터 설정하였으며, 성과목표는 비전과의 부합

가. 문제·이슈의 적절성

- **(문제 정의)** 국민생활과 밀접한 국토교통 R&D 사업의 특성을 고려하여 사회현안 등을 해결하기 위한 공공 R&D 추진 적절성을 검토

  - 거대시장 및 높은 성장성으로 인한 세계 각국의 시장선점 경쟁 격화
  - 철도차량부품 산업 쇠퇴 시 기술 및 부품 해외 종속
  - 주요 국가들의 자국기술 보호 정책
  - 부품 수급 등을 고려한 외산의존 부품에 대한 대응책 마련 필요
  - 노후차량 증가로 인한 신차 및 유지보수 부품 수요에 적기 대응 필요
  - 높은 시장진입장벽으로 인한 민간투자 Risk 존재
  - 부품기업의 영세성으로 인한 기술개발 투자축소, 경쟁력 저하
  - 지속적인 운행장애 및 사고로 인한 대국민 신뢰도 저하



<그림 IX-7> 본 R&D 사업의 문제/이슈

나. SWOT분석을 통한 전략 방향 도출

외부요인 / 내부요인	O (기회)	T (위협)
	■ 화석연료의 고갈로 지구환경 개선 필요성이 대두됨에 따라 고효율 친환경 부품 개발 필요 ■ 수출용 철도차량 등 세계 시장에 대비한 기술개발 필요 ■ 기술확보시 세계시장 개척이 가능하므로 내수 및 수출시장 확대 - 안정적인 국내시장 확보 (운영사에 개발 부품 적용가능) - 국내 형식인증을 바탕으로 국외 시장 진출가능	■ 철도부품 선진국은 차세대 부품을 위한 기술개발 실시 ■ 자국의 부품 수요 정책 등 보호무역주의가 팽배 ■ 연구개발이 늦어질 경우 국내 시장의 잠식은 물론 향후 차량 수출 차질 우려 ■ 미래시장 선점을 위한 기술력 확보에 많은 시간 소요 - 고부가가치 핵심기술 부재
S (강점)	**SO 전략 추진방향**	**ST 전략 추진방향**
■ 고속철도, 경량전철 등 세계적 수준의 철도차량 제작기술 보유 ■ 국내 업체들이 대용량 에너지 저장장치 상용화 기술 선도 ■ 고속철도차량은 수요가 많고, 고효율 운전이 가능하여 장기 경제성 우수 ■ 차량설계, 제작, 시험, 평가 기술력 확보 ■ KTX, KTX산천 등 철도차량 제작 및 운영경험 ■ 체계적인 국내 형식인증 체계 보유	■ 기 연구개발 과제의 기술력을 바탕으로 전략 부품의 기술개발 성공가능성 높음 ■ 국내 표준화 및 인증 (성능중심 체계구축)으로 해외 진출기반 조성 ■ 세계수준의 고속철도, 경량전철기술을 바탕으로, IT기술 융합을 통해 국내외 시장에서 경쟁력 선점 및 수출기반 구축	■ 기업과 운영기관 차원에서 필요한 기술을 선정 ■ 투자개발한 기술을 실용화 할 수 있는 환경조성 ■ 차량 제작경험 및 기술 능력보유로 핵심기술 개발과 세계 시장 개척을 위한 실용화 전략 수립 ■ 고효율 친환경성 철도차량부품 기술 보급계획 마련
W (약점)	**WO 전략 추진방향**	**WT 전략 추진방향**
■ 기존 국산화 부품 이외의 핵심부품은 해외기술 종속 ■ 운영 교체 주기가 길어 수요가 불규칙 하여 민간의 기술개발 투자 어려움 ■ 부품개발 강소기업 부재로 인한 민간기반의 기술간 융합 미흡 ■ 완성품 조립생산 위주의 중급 기술로 고급기술 부재 ■ 기술개발 필요성은 인식하고 있지만 투자 인색 (좁은 시장과 독과점적 구조)	■ 핵심부품 개발중심의 고급 기술력 확보를 위해 전략 부품을 선정, 국가과제로 추진 ■ 국내에 미비한 기술분야의 적기 개발과 완성도 제고를 위해 프랑스, 독일, 캐나다 등 선진국과 기술협력을 통해 세계적인 수준의 핵심부품 개발 ■ 신규 시장의 개척을 위해 국내 철도망에 조기에 투입하여 검증 후 취약기술 보완을 통해 신규 시장 진입	■ 고효율 친환경 차량의 융복합 기술 개발을 위한 제도적 기반 마련 ■ 기술 선진국과 동등 이상의 성능을 갖는 수출용 철도차량 부품 개발 ■ 산·학·연 협력체계 구축·활용

사업 추진 전략 도출

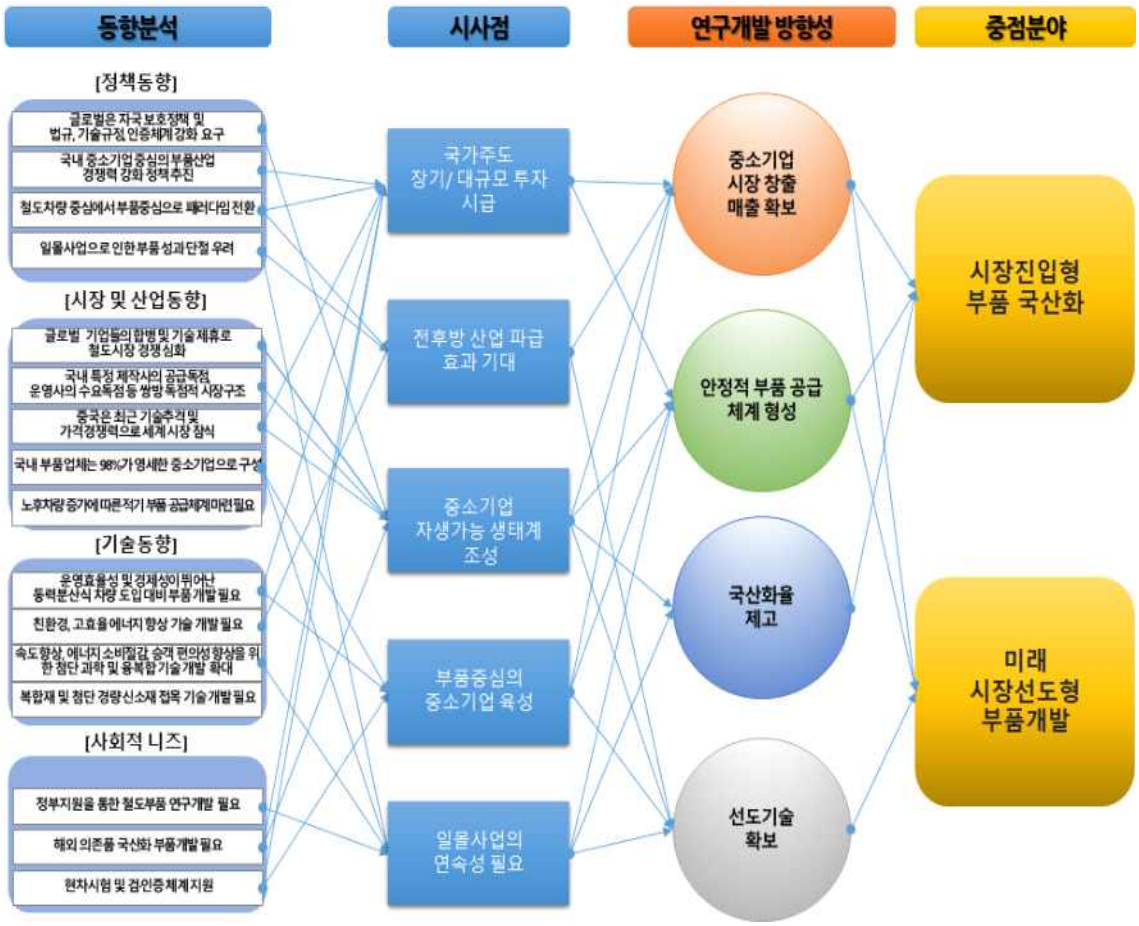
- 기업중심으로 학·연이 지원하는 사업체계, 단계별 발전전략, 네트워크 구성을 통한 사업 후 기술보급 전략, 현차시험을 포함하는 Test-Bed, 미래기술 기반의 수출전략 품목 육성 전략으로 구성

SWOT 전략		6대 사업 추진 전략
■ 기업과 운영기관 차원에서 필요한 기술을 선정 ■ 투자·개발한 기술을 실용화 할 수 있는 환경조성 ■ 차량 제작경험 및 기술 능력보유로 핵심기술 개발과 세계 시장 개척을 위한 실용화 전략 수립 ■ 고효율 친환경성 철도차량부품 기술 보급계획 마련 ■ 부품개발 시 비용이 많이 들어가는 인증을 통합 관리 ■ 개별적으로 이뤄지는 현차시험을 통합적으로 수행		**1.체계적 실용화지원체계 구축** · 운영기관, 차량제작사 및 인증기관을 참여토록 하여 **수요기반 부품선정, 인증 획득활동 및 공동현차 시험 등 지원**
■ 기존 연구개발 과제 수행 등 축적된 기술력을 바탕으로 신규 부품 기술개발 시 성공가능성 높음 ■ 국내 표준화 및 인증 (성능중심 체계구축)으로 일부 해외 인증 연계 가능 ■ 세계수준의 고속철도, 경량전철기술을 바탕으로, IT기술 융합을 통해 국내외 시장에서 TEST- BED 구축 용이		**2.기존 인프라 활용** · 시험선 및 유관기관 협의체 등 기존 유·무형 인프라 적극 활용
■ 해외의존도가 높은 부품의 빠른 국산화 대체 가능 ■ 기존 차량의 차량연한 마감으로 신규차량 도입과 유지보수 시장 증가 등의 신규시장 대응 필요 ■ 중소기업 자생 성장 동력 확보를 위한 고부가가치 부품 개발 ■ 부품개발시 비용이 많이 들어가는 인증을 통합 관리 ■ 개별적으로 이뤄지는 현차시험을 통합적으로 수행 ■ 신규 시장의 개척을 위해 국내 철도망에 조기에 투입하여 검증 후 취약기술 보완을 통해 신규 시장 진입	⇒	**3.신속 시장진입형 부품 개발 지원으로 시장경쟁력 제고** · 국내시장이 확보된 부품의 국산화를 통한 참여 중소부품기업 경쟁력 제고
■ 고효율 친환경 차량의 융복합 기술개발을 위한 제도적 기반 마련 ■ 기술 선진국과 동등 이상의 성능을 갖는 수출용 철도차량 부품 개발 ■ 산학연 협력체계 구축·활용		**4. 선진국 수준의 고성능 차량부품 개발로 미래 시장 장기경쟁력 확보** · ICT 융합등 4차산업 관련 기술력을 바탕으로 미래 수출전략 품목 육성

다. 연구개발 방향성 및 중점분야 간 연계성

- 철도차량 부품산업 관련 동향 분석 결과를 토대로 **시장진입형 부품 국산화** 및 **(미래) 시장선도형 부품개발**을 위한 **2대 중점 추진분야** 선정

  - 철도차량 부품산업 관련, 정책, 시장/산업, 기술, 사회적 니즈 결과를 반영하여 시사점 및 연구개발 방향성 도출



<그림 Ⅸ-8> 중점추진 분야 도출 체계도

라. 목표 설정의 적절성

■ 비전 설정 근거

- **(비전) 국민행복과 경제성장을 견인하는 경쟁력 있는 철도부품 산업 육성**

- **(설정근거)** 사업의 비전은 **과학기술기본계획, 철도산업발전 기본계획, 국가교통기술개발계획, 국토교통 R&D 중장기 전략** 등에 근거하여 설정

- **제4차 과학기술기본계획** : 과학기술로 국민 삶의 질을 높이고 인류사회 발전에 기여
- **제3차 철도산업발전 기본계획** : 기술력과 효율성 기반 창조적 철도산업발전 구현
- **제3차 국가교통기술개발계획** : 첨단교통기술을 통한 선진교통체계 구축 및 복지사회 실현
- **국토교통 R&D 중장기전략** : 국토교통기술을 통한 국민행복 및 글로벌 가치 창조
- **철도부품 강소기업 육성 R&D 지원방안** : 국민 행복을 위한 빠르고 안전하고 경제적인 철도개발, 철도산업을 고부가가치 창조형 신성장 동력으로 육성
- **철도차량 부품개발 마스터플랜** : 철도 부품·장치 기술 고도화를 통한 고부가가치 철도차량 부품산업 육성

● 이러한 책무에 따라 국가는 **국민행복**과 **경제성장**을 **견인**하는 **철도부품 산업 육성**을 위한 발전적 의미를 지닌 비전으로 설정

사업목표 설정 근거 및 비전과의 부합성

● **(사업목표)** 철도차량부품개발 및 성능 지원을 통한 중소기업 중심의 자생 가능 선순환 산업생태계 조성



〈그림 Ⅸ-9〉 비전체계도

목표 ① 국내 조달가능 부품 11개 신규 확보

- 외산 의존 주요 부품 11개를 국산화하여 중소부품기업의 먹거리 신규창출 및 성능검증된 부품의 안정적 국내 조달

목표 ② 참여기업 매출 연평균 성장률 3.7% 달성

- 본 사업은 중소기업 중심의 철도부품 산업생태계 조성 및 기술경쟁력 제고를 목표로 함에 따라 국내 철도부품 중소기업의 신규시장 진입을 통한 매출 증대를 사업목표로 설정하고, 그에 대한 지표는 매출증가율로 설정하였음

  - 사업목표로 제시한 참여기업 매출 연평균 성장률(CAGR)은 각 운영사의 연도별 차량 구매 현황*, 차량별 교체주기**, 제품당 부품단가, 차량 편성별 부품 소요 수량 등을 종합적으로 고려하여 본 사업으로 인한 편익(수입대체, 유지보수 부품 매출) 추정결과 반영

    * 한국철도공사, SRT, 서울교통공사, 부산교통공사, 인천교통공사, 대구도시철도공사, 대전교통공사, 광주도시철도공사 차량 보유현황 및 신규차량 도입계획 활용
    ** 고속차량 교체주기(30년), 전동차 교체주기(25년) 고려

  - 철도부품 공급업체 37개사의 최근 10년('08년~'17년)간 연도별 평균 매출액(①) 산정 결과 국내 철도부품 중소기업 매출 성장률은 1.9%임

<표 IX-22> 국내 철도부품 관련 중소기업(37개) 매출액 현황

(단위 : 백만원)

기업명	매출액('08)	매출액('13)	매출액('14)	매출액('15)	매출액('16)	매출액('17)
CSINTECH	3,255	12,143	6,442	11,173	17,132	13,243
JKA	-	7,301	7,766	7,761	4,565	2,715
LAPP KOREA	31,107	63,772	49,017	61,714	59,225	58,017
VCTech	7,926	13,619	15,433	17,655	20,624	13,598
가본실업	6,439	9,235	9,372	8,698	10,893	11,350
거명인텍	725	3,553	3,740	4,215	4,951	4,376
경진부로아	18,145	19,999	17,125	16,530	19,360	16,525
금강기공	4,229	5,345	9,652	9,889	6,037	-
대신금속	30,477	43,874	44,189	49,057	43,249	39,082
대홍기업	3,916	11,504	13,312	11,407	12,183	10,786
대흥화학	18,715	17,064	16,788	17,108	17,674	18,108
더선테크	-	2,808	4,464	5,536	5,409	6,151
로벤	-	15,498	11,330	8,159	6,156	7,009
메르센코리아	32,741	30,350	32,740	29,768	33,917	44,125
모토로라	-	19,814	22,415	22,150	20,322	14,946
범아기전	1,774	3,266	3,582	3,929	3,253	3,210
벽진	-	11,395	12,625	16,059	16,450	13,960
비츠로테크	51,406	-	-	119,884	103,230	86,734
삼원FA	51,131	43,628	41,038	42,676	51,131	60,243

기업명	매출액('08)	매출액('13)	매출액('14)	매출액('15)	매출액('16)	매출액('17)
샬롬엔지니어링	-	8,561	7,055	5,736	9,489	9,946
소명	-	1,431	3,631	3,132	7,241	-
신명금속	5,956	9,730	9,655	7,143	7,980	7,621
영일CNC	4,061	1,649	2,407	2,281	2,442	1,802
우진기전	23,577	25,335	25,004	28,707	26,188	26,882
유진기공	19,065	78,891	57,146	59,758	63,870	48,766
인터콘시스템즈	3,406	8,734	15,434	13,016	13,841	16,408
제일데코	1,600	3,600	5,508	3,092	5,107	6,429
주은기공	716	3,000	2,070	2,552	3,630	3,819
팩테크	3,051	4,301	5,474	8,027	7,942	7,998
하나글로텍	5,183	6,051	8,726	6,928	7,428	6,644
한국SJ	8,323	5,391	5,601	5,009	4,979	3,480
한국SS	4,472	6,591	8,379	7,647	6,442	6,469
한국화이바	15,700	9,200	13,493	12,440	10,098	8,095
한일전원	-	5,870	8,305	10,046	8,941	-
한터기술	9,544	16,238	15,004	18,201	18,179	14,207
호산씨텍	-	3,375	2,369	-	-	1,867
흥일기업	65,010	30,327	37,669	28,008	27,253	28,017
대상 기업 수	(평균) 매출액					
총 37개	15,416	15,623	15,388	19,030	19,078	18,313

*출처: KISLINE_기업현황 조회(2018.4.30.)

- 우선 최근 10년('08~'17년)간 철도부품 기업의 연평균 성장률(1.9%)을 반영하여 선형 회귀모형에 따라 2040년까지의 매출액(②)을 추정

- 본 사업을 통해 새로이 창출되는 매출액을 편익기간('28~'40)에 반영하여 '28년부터 '40년까지의 예상 매출액(③)을 산정

  - 편익 기간동안 발생하는 부품당 연간 매출액 : 104.56억원

  ※ 산출방식 = {(신규차량 부품 매출액/18개 부품) + (유지보수 부품 매출액/11개 부품)}/편익기간(13년)

  - 상기 매출액은 사업화 성공률 100% 적용시의 결과이며 이 경우 '28년~'40년 매출 증가율(③)은 4.6%(CAGR)임

- 그러나 실제 연구성과가 사업화로 이어지는 리스크를 고려시 본 사업의 B/C분석에 적용한 시나리오와 같이 사업화 성공률을 다소 낮게 설정(62.5%)함이 타당

  - 이 경우 본 사업으로 신규 발생하는 매출 편익*은 줄어들어 '28년~'40년 매출 증가율(④)은 3.7%(CAGR)로 계산됨

  ※ 산출방식: {(신규차량 부품 매출액/18개 부품) + (유지보수 부품 매출액/11개 부품)}/편익기간(13년) * 62.5%

  - 따라서 사업목표로 참여기업의 연평균 매출 증가율 3.7% 제시

<표 IX-23> R&D 편익 발생효과를 고려한 연평균 성장률 추정

기준년도	①평균 매출액 ('08~'17)	② 현추세 평균매출액 추정 ('18~'40)	③본 사업 편익 반영시 예상 평균매출액 ('28~'40)		CAGR ('28~'40)
			사업화 성공률 ③ 100%	사업화 성공률 ④ 62.5%	
2008	15,416	CAGR ('08~'17) 1.9% 적용 시 40년까지 기업 매출액 추정	철도부품 R&D 편익 발생 기간 ('28~'40년)에 부품 당 연평균 편익(증분) 반영	철도부품 R&D 편익 발생 기간 ('28~'40년)에 부품 당 연평균 편익(증분) 반영	-
2013	15,623				
2014	15,388				
2015	19,030				
2016	19,078				
2017	18,313				
2018	-	18,661			
2019		19,015			
2020		19,376			
2021		19,745			
2022		20,120			
2023		20,502			
2024		20,891			
2025		21,288			
2026		21,693			
2027		22,105			
2028		22,525	32,981	29,060	본 R&D 사업목표 연평균성장률 3.7% 설정
2029		22,953	33,409	29,488	
2030		23,389	33,845	29,924	
2031		23,834	34,289	30,368	
2032		24,286	34,742	30,821	
2033		24,748	35,204	31,283	
2034		25,218	35,674	31,753	
2035		25,697	36,153	32,232	
2036		26,185	36,641	32,720	
2037		26,683	37,139	33,218	
2038		27,190	37,646	33,725	
2039		27,707	38,162	34,241	
2040		28,233	38,689	34,768	

목표 ③ 점프업 기업(중소→중견) 3개 이상 육성

- 본 사업에서 사업목표로 설정한 점프업 기업의 정의는 중소기업의 기술경쟁력을 강화하여 중견기업으로 스케일업 시키고자 하는 상징적 의미를 내포

  - 중견기업 정의 및 판단기준은 한국중견기업연합회 정의를 참조하였으며, 산업분류 상 '자동차 및 트레일러 제조업(C30)'의 3년 평균 매출 1,000억원 초과로 정의

- '16년 기준 연매출 1,000억원 초과 부품기업은 1개에 불과하나, 본 사업을 통한 사업목표(연평균 성장률 3.7%) 달성 시, 2040년에 1,000억원 매출 규모로 성장 가능한 기업은 최대 4개 가량으로 추정

<표 IX-24> 본 R&D 사업효과를 고려한 점프업 기업 대상

(단위:백만원)

NO.	기업명	매출액		
		'16년 현재	CAGR 1.9% 적용시 '40년 추정매출액	CAGR 3.7% 적용시 '40년 추정매출액
1	영일씨앤씨	2,442	3,836	5,840
2	범아기전㈜	3,253	5,111	7,780
3	㈜주은기공	3,630	5,703	8,682
4	㈜제이케이에이	4,565	7,172	10,918
5	거명인텍	4,951	7,778	11,841
6	㈜한국에스제이	4,979	7,822	11,908
7	㈜제일데코	5,107	8,023	12,214
8	㈜더선테크	5,409	8,498	12,936
9	㈜금강기공	6,037	9,484	14,438
10	㈜로벤	6,156	9,671	14,723
11	한국에스에스㈜	6,442	10,120	15,407
12	㈜소명	7,241	11,376	17,318
13	㈜하나글로텍	7,428	11,670	17,765
14	㈜팩테크	7,942	12,477	18,994
15	㈜신명금속	7,980	12,537	19,085
16	한일전원공업㈜	8,941	14,046	21,383
17	샬롬엔지니어링㈜	9,489	14,907	22,694
18	㈜지씨엠물산	10,098	15,864	24,150
19	㈜가본	10,893	17,113	26,052
20	㈜대홍기업	12,183	19,140	29,137
21	인터콘시스템스㈜	13,841	21,744	33,102
22	벽진㈜	16,450	25,843	39,342
23	㈜씨에스아이엔테크	17,132	26,915	40,973

24	대흥화학공업㈜	17,674	27,766	42,269
25	경진부로아㈜	19,360	30,415	43,477
26	모토로라솔루션	20,322	31,926	46,302
27	㈜브이씨텍	20,624	32,401	48,602
28	㈜우진기전	26,188	41,142	49,325
29	흥일기업㈜	27,253	42,815	62,631
30	메르센코리아㈜	33,917	53,284	65,179
31	대신금속㈜	43,249	67,945	81,116
32	삼원에프에이㈜	51,131	80,328	103,435
33	랍코리아	59,225	93,043	122,285
34	유진기공산업㈜	63,870	100,341	141,643
35	㈜비츠로테크	103,230	162,176	152,752

- 따라서 삼원에프에이, 유진기공산업(주) 등 3개社 가량이 중소기업에서 중견기업으로 점프업 할 수 있을 것으로 예상됨

번호	기업명	기업내 사업영역	영역별 매출비중	'16년 매출액	'16년 철도관련 매출 비중
32	삼원에프에이㈜	1. 자동제어기기 및 전자지불단말기	100%	51,131	100%
33	랍코리아	1. 케이블	99.9%	59,225	100%
		2. 기타	0.1%		
34	유진기공산업㈜	1. 산업용 컴프레셔	30.3%	63,870	69.7%
		2. 철도차량 부품	69.7%		
35	㈜비츠로테크	1. 고압차단기	2.0%	103,230	70%
		2. 고압개폐기	2.9%		
		3. 저압차단기	4.7%		
		4. 저압개폐기	10.9%		
		5. 수배전반	6.2%		
		6. 기타	10.7%		
		7. 우주항공	19.3%		
		8. Li 전지 외	43.3%		

* 출처: KISLINE, 2018.12

목표 ④ 취업유발효과 26,000명

- 취업유발효과 산정 근거

  - 2개 이상의 산업과 연관성이 있을 경우 각 관련 산업별 매출액 비중을 분리하여 각각 취업유발계수를 적용하여 취업유발효과를 추정

  - 단, 연관 산업별 매출액 분리가 곤란할 경우 각 산업별 취업유발계수를 평균하여 산출함

    * 근거 : CG(Computer Graphic) 연관 산업의 경제적 파급효과 분석, 2017.11.15.

(취업유발효과) CG 연관 산업, 타 산업 대비 높은 두 자릿수의 일자리 창출

- ▲영상, 오디오물 제작 및 배금 산업의 취업유발계수는 14.3명, ▲소프트웨어 개발공급 산업의 취업유발계수는 13.8명으로 조사되었으며, 2개 산업의 취업유발계수(피고용 임금근로자 + 고용주 + 자영업자)의 가중평균은 14.1명으로 나타남

- 이는 10억 원의 재화를 생산할 때 직·간접적으로 14.1명의 일자리를 창출하는 것을 의미하며, 반도체 산업(3.6명), 자동차 산업(8.6명), 금융 산업(9.6명) 대비 높은 취업 유발효과를 창출

신업연관표 분류 (소분류)		취업유발계수	매출액 비중 (가중치)	산술평균	가중평균
CG 연관 산업	영상, 오디오물 제작 및 배급	14.3	57.6%	14.1	**14.1**
	소프트웨어개발공급	13.8	42.4%		
비교 업종	반도체	3.6			
	자동차	8.6			
	금융	9.6			

*출처: 한국은행 '산업연관표' 활용

*출처 : CG(Computer Graphic) 연관 산업의 경제적 파급효과 분석, 2017.11.15.

- 본 사업과 관련이 높은 산업은 운송장비 제조업, 정밀기기 제조업, 정보통신 및 방송업, 사업지원 서비스업 등이며 해당 산업의 취업유발 계수는 아래와 같음

〈표 IX-25〉 각 산업별 취업 유발계수

산업구분	취업 유발계수 (명/10억원)
운송장비 제조업	13.924627
정밀기기 제조업	8.640361
정보통신 및 방송업	12.668943
사업지원 서비스	28.271366

- 본 사업의 부품별 관련 산업을 매칭하여 부품별 취업유발계수를 평균으로 산출한 후, 기대매출(편익)과 곱하여 취업유발효과 산출

- 취업유발효과 26,836명

〈표 IX-26〉 취업유발효과 분석

18대 부품	운송장비 제조업	정밀기기 제조업	정보통신 방송업	사업지원 서비스	유발 매출액 (신규차량, 유지보수)	취업 유발계수 (명/10억원)	취업유발 효과
고속철도용 댐퍼 개발	○				383.5	13.9	533.1
고속철도용 공기스프링 개발		○			152	8.6	130.7
고속철도용 반능동형 판토그래프 개발	○	○			1,034	11.3	1168.4
고속철도용 전두부 해치시스템 개발	○	○			407	11.3	459.9
고속철도용 냉각팬 시스템 개발	○				1,570	13.9	2182.3
고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발	○	○			1,482	11.3	1674.7
고속철도용 모듈형 주회로 차단시스템 개발	○	○	○		299	11.7	349.8
고속철도용 공조시스템 개발	○		○		902	13.3	1199.7
도시철도용 모듈형 출입문 표준화 개발	○				1,890	13.9	2627.1
도시철도용 모듈형 보조전원장치 개발			○		2,659	12.7	3376.9
저상트램용 관절장치 개발	○				288	13.9	400.3
희토류 저감형 영구자석 동기전동기 (고속철도용 추진제어시스템 경량·효율화)	○	○			1,184	11.3	1337.9
마그네틱 기어드 방식 동력전달시스템 (도시철도용 동력전달시스템 경량·효율화)	○	○			2,420	11.3	2734.6
ESS 일체형 추진제어시스템 (도시철도용 추진제어시스템 경량·효율화)	○		○		3,713	13.3	4938.3

컨버터 일체형 반도체변압기 (고속철도용 전력변환장치 경량·효율화)	○		○		740	13.3	984.2
외장코어형 컴팩트 주변압기 (도시철도용 전력변환장치 경량·효율화)	○		○		972	13.3	1292.8
개방형 네트워크 프로토콜 기반 통합제어플랫폼 (도시철도용 전장제어기기 상호호환성 확보 기술)			○	○	518	20.5	1061.9
자동 연결·분리 시스템 (물류차 입환 자동화 기술 개발)			○	○	187	20.5	383.4
합 계	–	–	–	–	20,800.5	–	26,836

마. 수혜자 표적화의 적절성

- 본 사업은 **중소기업 중심의 자생가능한 철도부품 생태계 조성**을 목표로 철도 산업 생태계 주체별 수혜 대상 및 효과를 설정

  - **부품 중소·중견 기업** : 기술력확보 및 제품 시장진입을 통한 매출 증대

  - **차량업체** : 신차 개발 및 납품 시 해외의존도 축소, 차량 가격경쟁력 제고

  - **운영기관** : 유지보수용 부품의 적시수급, 적정 유지보수 비용 지출, 차량 도입단가 하락 등 방지

  - **대국민** : 성능이 입증된 부품 사용 및 적기조달에 따른 사고 및 장애위험 저감으로 이용안전 향상

1.3 사업 구성 및 내용의 적절성

가. 세부활동의 적절성

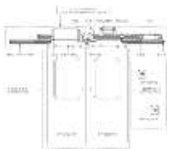
- **(세부기술 개발계획 수립)** 철도차량 부품개발 사업을 구성하는 기술은 2대 중점분야, 18개 세부기술로 구성

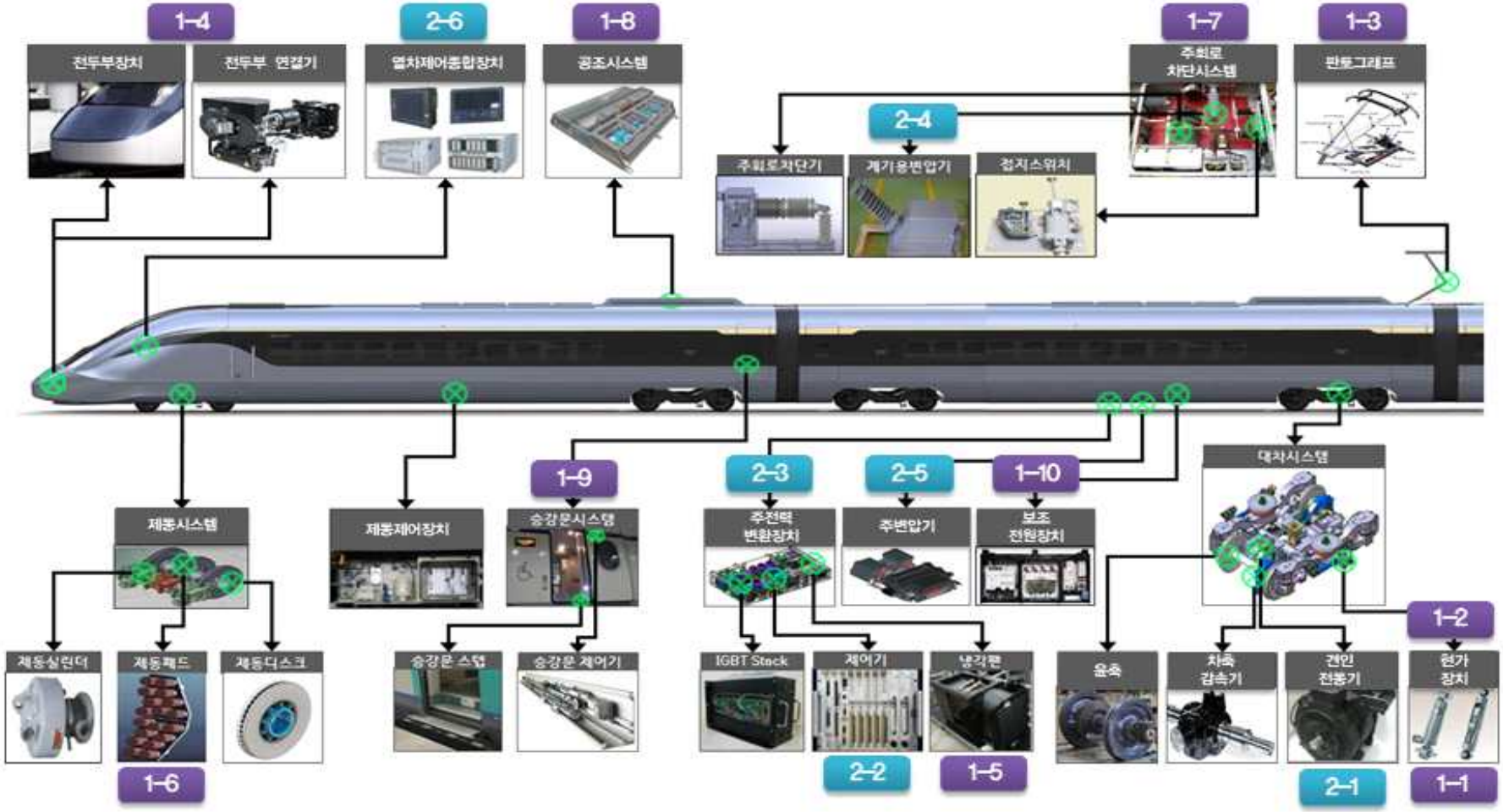
  - **(중점분야 1)** 시장진입형 부품 국산화 분야는 운영사와 부품 사 연계를 유도하여 공동 현차시험, 해외인증 지원 확대 등 단기 시장진입을 위한 11개 부품 구성

  - **(중점분야 2)** 미래 시장선도형 부품개발 분야는 현차적합성 검증, 기업 실적 확보 지원 강화 등 미래시장 선도형 고성능 철도차량 부품 개발을 위한 7개 부품 구성

<표 IX-27> 중점분야별 세부기술 개발계획 종합

No.	과제명	연구개발 목표	TRL		주요 성과물
			As-is	To-be	
1-1	• 고속철도용 댐퍼 개발	• 전량 수입하고 있는 댐퍼류의 국산화 개발을 통해 향후 댐퍼 유지 보수 시 안정적인 부품 공급 및 해외 경쟁력 확보	4	8	
1-2	• 고속철도용 공기스프링 개발	• 국내 공기스프링 제작기술이 없어 전량 해외에서 수입하는 공기스프링에 대하여 국내 기술개발을 통한 공기스프링 국산화 추진	4~5	8	
1-3	• 고속철도용 반능동형 판토그래프 개발	• 집전성능 향상을 위한 구조 경량화 및 반능동형 제어기술 개발을 통해서 중련운행 요구조건에 부합되는 성능 확보	4~5	8	
1-4	• 고속철도용 전두부 해치시스템 개발	• 고속철도용 해치 시스템(제어기, 해치커버, 구동장치) 국산화 개발 및 표준화를 통해 원천기술을 확보하며, 향후 국산화 적용으로 인한 수입대체효과, 원가절감효과, 안정적 부품 공급 및 유지보수성 증대로 국가 경쟁력을 확보	4	8	
1-5	• 고속철도용 냉각팬 시스템 개발	• 체계적 예방유지보수를 대신할 수 있는 실시간 상태감시장치를 통한 조건적 예방 유지 보수로 전환을 위한 상태 감시 장치 개발 및 송풍전동기 수명연장을 위한 초경량 카본 송풍팬 개발	3	8	
1-6	• 고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발	• 전량 수입하고 있는 제동디스크와 패드의 국산화 개발을 통해 향후 유지 보수 시 안정적인 부품 공급 및 해외 경쟁력 확보	4	8	
1-7	• 고속철도용 모듈형 주회로 차단시스템 개발	• 운전 환경 극복을 위한 모듈형 주회로 차단 시스템과 상태감시 진단 기술 개발을 통해 차단기 상태의 신뢰도를 향상시키고 운행 요구조건에 부합되는 성능 확보	3	8	
1-8	• 고속철도용 공조시스템 개발	• 동력분산식 고속철도차량용 컴팩트 공조시스템(기존 공조시스템 대비 용적 30% 절감 및 동등수준 냉난방 성능 유지) 개발	4	8	

No.	과제명	연구개발 목표	TRL		주요 성과물
			As-is	To-be	
1-9	• 도시철도용 모듈형 출입문 표준화 개발	• 도시철도차량 출입문 장치 표준 사양 정립 및 시제품 개발, 표준화 출입문 시스템을 위한 세부 장치 규격 표준화 제정	4	8	
1-10	• 도시철도용 모듈형 보조전원장치 개발	• 전동차량용 100kVA 단위 모듈타입으로 구성된 모듈형식의 보조전원장치 개발	4~5	8	
1-11	• 저상트램용 관절장치 개발	• 국내 트램 시장의 산업기반을 한단계 높이고, 트램용 관절장치 국산화를 통한 독보적인 모델을 확보하여 신규 시장을 창출하고 그에 따른 국내의 새로운 산업 생태계에 진입	4	8	
2-1	• 희토류 저감형 영구자석 동기전동기(고속철도용 추진제어시스템 경량·효율화)	• 희토류 저감형 5상 동기 전동기 및 구동 시스템에 의한 분산형 고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상	3	6	
2-2	• 마그네틱 기어드 방식 동력전달시스템(도시철도용 동력전달시스템 경량·효율화)	• 도시철도차량 경량화를 위한 신개념 구동용 210kW급 마그네틱 기어드 동기전동기 기술 개발	3	6	
2-3	• IGBT 일체형 추진제어시스템(도시철도용 추진제어시스템 경량·효율화)	• 효율적인 회생에너지 활용과 철도 전기에너지 저감을 위한 온보드 에너지 저장시스템 일체형 추진제어시스템 기술 개발	2~3	6	
2-4	• 컨버터 일체형 반도체변압기(고속철도용 전력변환장치 경량·효율화)	• 분산형 고속열차의 주전력 회로 경량화 및 소형화를 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발	3	6	
2-5	• 외장코어형 컴팩트 주변압기 (도시철도용 전력변환장치 경량·효율화)	• 외장코어형 자연냉각방식 컴팩트 변압기 개발 및 기존 유입식 변압기 대비 손실 10% 감소	1~2	6	
2-6	• 개방형 네트워크 프로토콜 기반 통합제어플랫폼(도시철도용 전장제어기기 상호호환성 확보 기술)	• 철도차량 전장제어기 및 차량네트워크를 대상으로 제작사 및 노선별(차량별) 상호호환성 및 기능안전이 확보된 제어장치 개발을 위한 하드웨어/소프트웨어 플랫폼 및 인터페이스 기술의 개발 및 표준화	2	6	
2-7	• 자동 연결분리 시스템(물류차 입환 자동화 기술 개발)	• 작업자 안전을 위한 철도차량 입환자동화 시스템 개발	2	6	



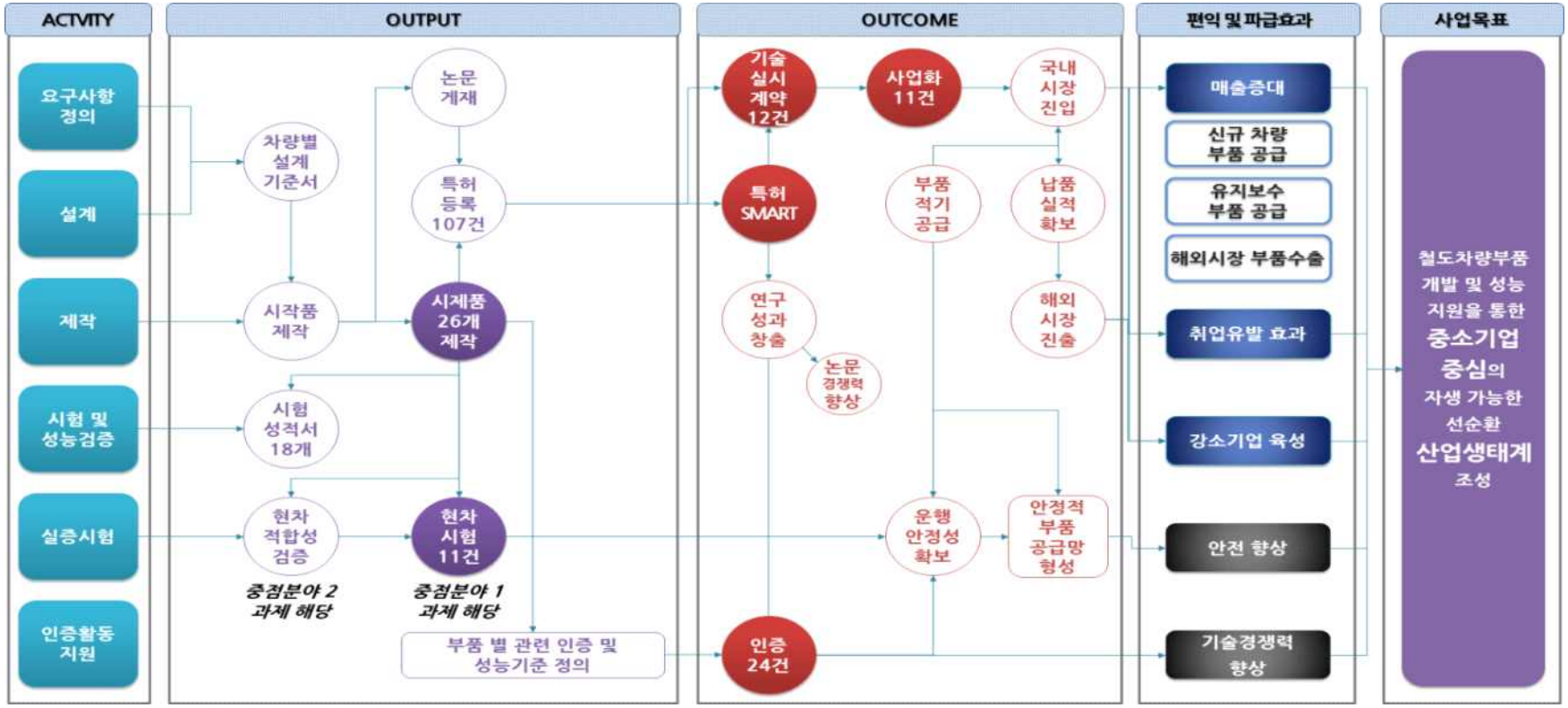
※ 본 철도차량 부품체계도 내 (1-11)저상트램용 관절장치 및 (2-7) 입환 자동화 시스템 부품의 경우, Matching 제외

<그림 IX-10> 본 R&D 성과를 통한 장치 · 부품 구성도

나. 세부활동과 사업목표 간 연계성

성과 및 편익 간 연계성

- 과제별 세부활동에 따른 성과발생, 편익 및 파급효과 간의 연계성을 검토하여 사업목표 설정의 적합성을 검증



<그림 IX-11> 성과발생 로직모형 및 편익지표 연계 Map

다. 성과지표의 적절성

성과목표 및 지표 총괄표

- 각 성과지표별 정의, 목표치, 설정근거, 측정방법 등을 설정하여 성과지표의 객관성과 재현성 보장

※ 상세 내용은 제8장 「사업관리방안」 참조

<table>
<tr><th>구분</th><th colspan="6">내 용</th></tr>
<tr><td>전략 목표</td><td colspan="6">• 철도차량 부품 개발 및 성능검증 지원을 통한
중소기업 중심의 자생기능 선순환 산업생태계 조성</td></tr>
<tr><td>성과 목표</td><td colspan="6">• 국내 조달 부품 11개 신규확보
• 참여 기업 매출 연평균 성장률 4.5% 달성
• 점프업기업(중소☞중견) 3개 육성
• 취업유발효과 4만명</td></tr>
<tr><td rowspan="2">단계별 성과 목표</td><td colspan="3">1단계 (2020~2022)</td><td colspan="3">2단계 (2023~2025)</td></tr>
<tr><td colspan="3">○ 부품 설계, 초기 시제품 제작 및 단품 시험·검증</td><td colspan="3">○ 미래 융합 부품의 특허 창출 및 진입형 부품의 사업화</td></tr>
<tr><td rowspan="8">성과 지표</td><td>지표명</td><td>지표구분</td><td>가중치</td><td>지표명</td><td>지표구분</td><td>가중치</td></tr>
<tr><td>특허 SMART</td><td>질</td><td>0.3</td><td>특허 SMART</td><td>질</td><td>0.2</td></tr>
<tr><td>현장시험 및 검증</td><td>질</td><td>0.4</td><td>현장시험 및 검증</td><td>질</td><td>0.1</td></tr>
<tr><td>시제품 제작</td><td>양</td><td>0.3</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>인증(국내외)</td><td>질</td><td>0.2</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>기술실시계약건수</td><td>양</td><td>0.2</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>사업화건수</td><td>질</td><td>0.3</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>합계</td><td></td><td>1.0</td><td>합계</td><td></td><td>1.0</td></tr>
</table>

세부과제별 성과지표 목표치 설정

- 세부과제별 성과에 대한 표준성과지표와 목표치를 다음 표와 같이 설정

〈표 Ⅸ-28〉 세부과제별 성과목표

세부과제	성과지표(건)						
	특허 등록	인증	시험 성적서	현차 시험	시제품	기술실시 계약	사업화 건수
1-1 고속철도용 댐퍼 개발	5	2	4	1	4	1	1
1-2 고속철도용 공기스프링 개발	6	2	1	1	1	1	1
1-3 고속철도용 반능동형 판토그래프 개발	5	1	3	1	1	1	1
1-4 고속철도용 전두부 해치시스템 개발	6	1	4	1	1	1	1
1-5 고속철도용 냉각팬 시스템 개발	5	1	4	1	4	1	1
1-6 고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발	5	3	4	1	3	1	1
1-7 고속철도용 모듈형 주회로 차단시스템 개발	7	2	4	1	1	1	1
1-8 고속철도용 공조시스템 개발	7	1	7	1	1	1	1
1-9 도시철도용 모듈형 출입문 표준화 개발	5	1	4	1	1	1	1
1-10 도시철도용 모듈형 보조전원장치 개발	7	1	4	1	1	1	1
1-11 저상트램용 관절장치 개발	5	1	2	1	1	1	1
2-1 희토류 저감형 영구자석 동기전동기 (고속철도용 추진제어시스템 경량·효율화)	7	1	3	-	1	-	-
2-2 마그네틱 기어드 방식 동력전달시스템 (도시철도용 동력전달시스템 경량·효율화)	10	1	3	-	1	-	-
2-3 ESS 일체형 추진제어시스템 (도시철도용 추진제어시스템 경량·효율화)	7	1	3	-	1	-	-
2-4 컨버터 일체형 반도체변압기 (고속철도용 전력변환장치 경량·효율화)	9	1	3	-	1	-	-
2-5 외장코어형 컴팩트 주변압기 (도시철도용 전력변환장치 경량·효율화)	3	1	4	-	1	-	-
2-6 개방형 네트워크 프로토콜 기반 통합 제어 플랫폼 (도시철도용 전장제어기기 상호호환성 확보 기술)	7	1	4	-	1	-	-
2-7 자동 연결·분리 시스템 (물류차 입환 자동화 기술 개발)	8	2	4	-	1	1	-
합 계	**114**	**24**	**65**	**11**	**26**	**12**	**11**

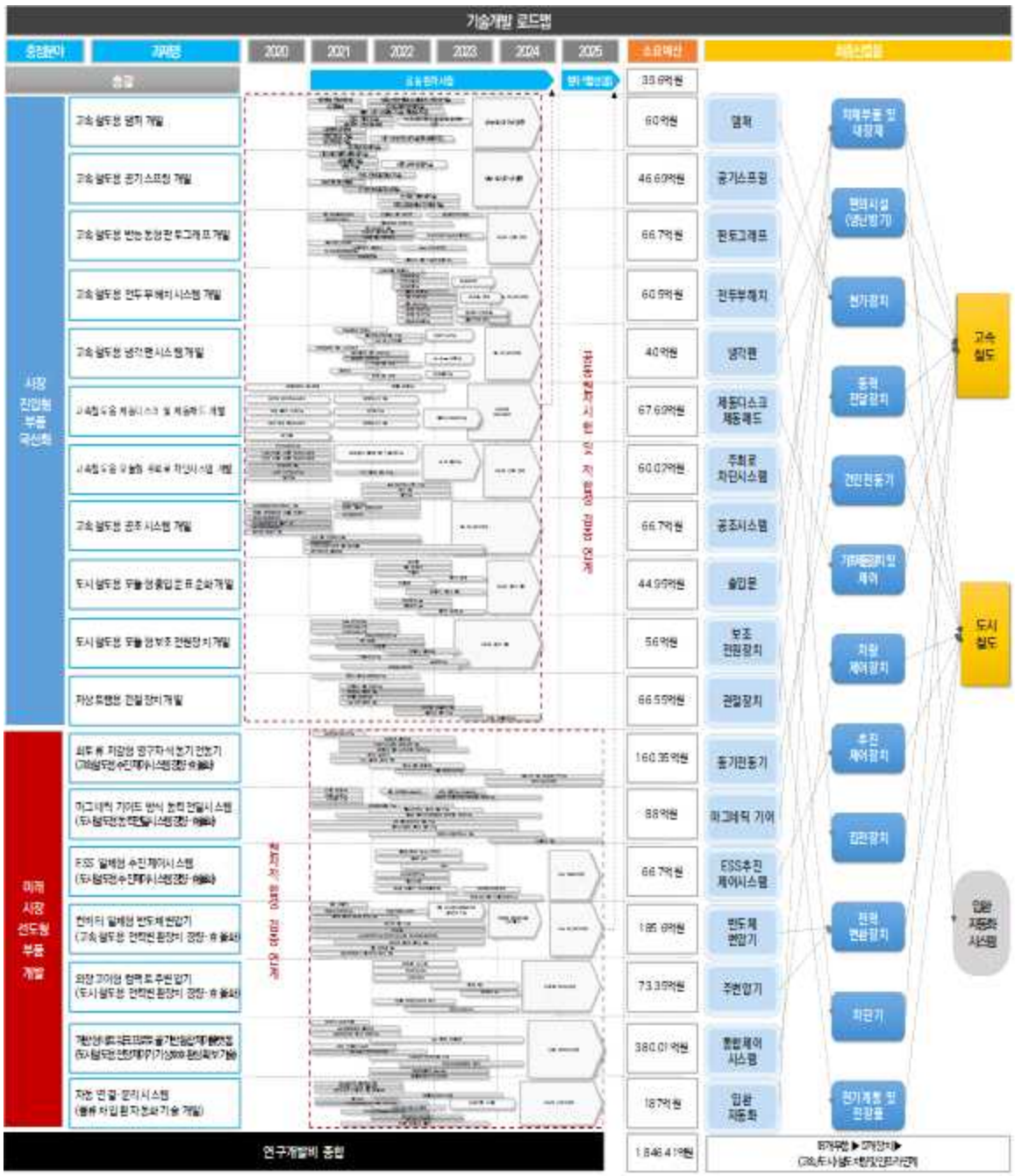
■ 본 사업의 성과지표는 성과유형 및 지표 유형 등을 고려하여 단계별로 차별 적용

성과지표명	단위	실적 및 목표치			가중치	성과 유형	지표 유형	질적 지표
		연도	1단계('20~'22)	2단계('23~'25)				
특허 SMART	-	목표	4.41	-	0.3	기술적	결과	O
		실적	-	-				
시제품 제작	건	목표	17	-	0.3	경제적	산출	
		실적	-	-				
현장시험 및 검증 (단품성능시험 및 현차 적합성 검증)	건	목표	19	-	0.4	기술적	산출	O
		실적	-	-				
소계					1.0			
특허 SMART	-	목표	-	4.77	0.2	기술적	결과	O
		실적	-	-				
현장시험 및 검증 (현차시험 운행 성능평가)	건	목표	-	56	0.1	기술적	산출	O
		실적	-	-				
인증(국·내외)	건	목표	-	24	0.2	기술적	산출	O
		실적	-	-				
기술실시계약건수	건	목표	-	12	0.2	경제적	결과	
		실적	-	-				
사업화건수	건	목표	-	11	0.3	경제적	결과	O
		실적	-	-				
소계					1.0			

라. 세부활동 간의 선후관계의 적절성

■ 각 부품 간 연계성을 고려하여 세부기술 간 후속연계·활용기술, 성과물 간의 관계 등 선후관계를 명확히 설정

- 본 사업은 철도차량을 구성하는 18개 단위부품 개발사업으로 성과물은 12대 장치 및 3개의 철도차량 및 인프라(고속, 도시, 입환시스템)로 최종 연계 구성됨



〈그림 Ⅸ-12〉 통합로드맵

2. 과학기술 개발 성공가능성

2.1 기술확보 성공가능성

가. 연구인력 확보 가능성

선행연구개발사업을 통해 우수인적 자원 확보

- **(학계)** 철도기술 관련 대학 및 대학원 연구인력은 일부 지역(강원, 제주 등)을 제외한 나머지 권역에 분포하고 있으며 대학별 세부 교육과정에 따라 우수인력이 배출되고 있어 학계의 연구인력은 충분한 것으로 판단됨

  - 대학별 지리적 분포 및 모집정원 특성 상 대전(52%), 경북(34%), 경기(5%), 충북(5%), 광주(3%), 서울(0.3%) 순으로 철도기술 관련 인력 양성



* 출처: KRIC 철도통계, 철도산업정보센터(2018.5.), 각 대학별 홈페이지 참조(2018.5. 기준)

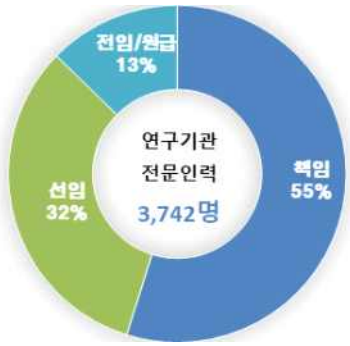
<그림 IX-13> 지역별 철도 관련 대학 및 대학원 현황

- **(연구기관)** 철도차량 부품개발 관련 연구기관 및 시험인증기관의 전문인력은 2018년도 기준, 총 3,742명을 보유하고 있어 본 사업을 추진하기 위한 충분한 연구계 인력을 확보하고 있음

  - 관련 연구기관의 직급별 전문인력은 책임급 2,006명(55%), 선임급 1,189명(33%), 전임/원급 463명(13%)로 구성

※ 각 기관별 공시자료 특성 및 자료의 일관성을 위해 직급별(책임, 선임, 주임, 원급) 구분으로 데이터 구성





* 출처: KRIC 철도통계, 철도산업정보센터(2018.5.), 각 대학별 홈페이지 참조(2018.5. 기준)

〈그림 IX-14〉 철도기술 관련 연구기관 직급별 전문인력 구성 현황

- **(철도운영기관)** 철도 관련 운영기관은 총 15곳으로 종사자 78,896명(2018년 기준) 등 전문인력 보유

  - 공사, 공단, 지자체 등 다양한 철도운영기관이 존재함에 따라 R&D 추진 시 관련 연구인력 확보가 충분히 가능할 것으로 기대





*출처: KRIC 철도통계, 철도산업정보센터(2018.5.), 각 대학별 홈페이지 참조(2018.5. 기준)

〈그림 IX-15〉 철도운영기관 전문인력 보유 현황

나. 연구장비 확보 가능성

선행연구개발사업을 통한 인프라 구축 비용 절감

- **(철도종합시험선로)** 고속철도차량, 일반철도차량, 도시철도차량(AC/DC)에 대해 최고속도 250km/h까지 운행하면서 종합적인 시험을 실시할 수 있는 시험선로가 현재 건설중이며, 2018년 말부터 운영 예정

  - 연구개발의 결과물을 상용화하기 위해서는 안전성 확보를 위하여 현차시험 수행을 위한 선로가 구비되어 있어 인프라 구축 비용을 절감할 수 있으며, 기업의 비용 부담을 완화할 수 있음



시험항목(198개 항목, 447종)

- 차량분야 : 59개 항목 170종
- 궤도분야 : 37개 항목 74종
- 노반분야 : 9개 항목 15종
- 교량분야 : 5개 항목 10종
- 전철전력분야 : 37개 항목 73종
- 신호분야 : 26개 항목 40종
- 소음분야 : 8개 항목 43종
- 공력분야 : 5개 항목 10종
- 통신분야 : 12개 항목 12종

- 그 외, 각 부품별 성능검증을 위한 연구장비 보유

  - 선행 사업을 통한 부품별 성능시험 및 검증을 위한 인프라 보유로 추가적인프라 구축 비용 절감 및 기업 비용 부담 완화 가능

<표 Ⅸ-29> 부품별 성능검증을 위한 연구장비 보유 현황

주요 연구장비명	장비별 특성 및 활용방안	관련과제
대차 동특성 주행시험기	• 열차 주행 시 궤도틀림 등으로 인하여 대차에 전달되는 진동특성 등의 연구를 위해, 시험실 내에서 레일에 해당하는 궤조륜 시스템과 궤도 틀림 검증 가능	• 전두부 해치 • 출입문 • 관절장치 • 입환자동화시스템
제동 성능시험기	• 열차 주행 중 비상제동 및 상용제동 시 열차를 정지할 수 있도록 하는 각종 제동장치 부품(제동디스크, 제륜자 등)의 성능 평가 가능	• 제동디스크 및 패드
드라이빙 기어 시험기	• 진동, 소음, 누유, 기어 강도, 온도, 베어링 이상유무, 기계 효율 특성 점검 가능	• 마그네틱 추진제어시스템
스프링 시험기	• 스프링 특성, 댐퍼 특성, 부쉬, 고무류 특성시험 적용 가능	• 댐퍼 • 공기스프링
판토그래프 시험기	• 열차에 전력을 공급하는 판토그래프의 인증시험, 형식시험 및 전수시험 등의 각종 정적특성시험과 내구성 시험 및 판토그래프 동적거동 평가 가능	• 판토그래프
추진장치 성능시험설비	• 추진인버터와 전동기의 조합인 피시험체의 성능시험을 실시하며, 추진장치의 개발 또는 형식인증 단계에서 추진장치의 성능시험 검증 가능	• 에너지저장 추진제어시스템 • 동기전동기
견인전동기 성능 시험기	• 철도차량용 Traction Motor의 전반적인 기능과 성능을 확인하고, 차량운행조건에 대한 특성시험 수행 가능	• 반도체변압기 • 주변압기 • 동기전동기
ATC 시험기	• 열차의 안전을 확보해주는 ATC시스템 차상제어장치의 기능을 시험 및 분석하기 위한 연구시험장비로 철도신호시스템의 운용환경시험을 위한 온습도진동 복합시험 가능	• 주회로차단시스템
EMI/EMC 챔버	• 전자파 적합성(EMC) 시험을 위해 주변 전자파의 영향을 받지 않는 전자파 차폐실 및 균일한 전자계를 형성 실험 가능	• 통합제어시스템 • 보조전원장치
중형화재 성능평가 장비(룸코너)	• 의자 세트 및 내장판 벽체 등 중규모 화재에 대한 발열량, 플래시오버 현상 평가 가능	• 공조시스템 • 냉각팬
피로시험기 (250KN)	• 각종 재료 및 철도용품의 물리적 특성 및 철도차량 부품의 피로시험, 철도 관련 금속, 고무 등의 피로시험 및 하중시험 스프링계수시험, 수직수평하중시험 등 평가 가능	• 공조시스템 • 냉각팬
공기제동 시험기	• Brake Shoe 및 제동 디스크 라이닝의 실물 제동시험 가능	• 제동디스크 및 패드
3차원측정기	• 철도용품의 품질인증, 성능시험, 일반시험에서의 외관 및 치수검사 가능	• 형식승인 대상 품목 적용

다. 기술수준 달성 가능성

철도기술력의 전반적 발전

- **(기술수준)** 국내 철도 기술력은 최고기술보유국 대비 `13년 79.5%에서 `17년 82.5%로 3.0% 개선됐으나, 기술격차는 4.5년에서 4.8년으로 0.3년 확대

※ (출처) 2015 국토교통 기술수준조사 보고서('15.12, 국토교통과학기술진흥원) / 2017 철도교통 기술수준조사 중간보고서('17.12, 한국철도기술연구원)

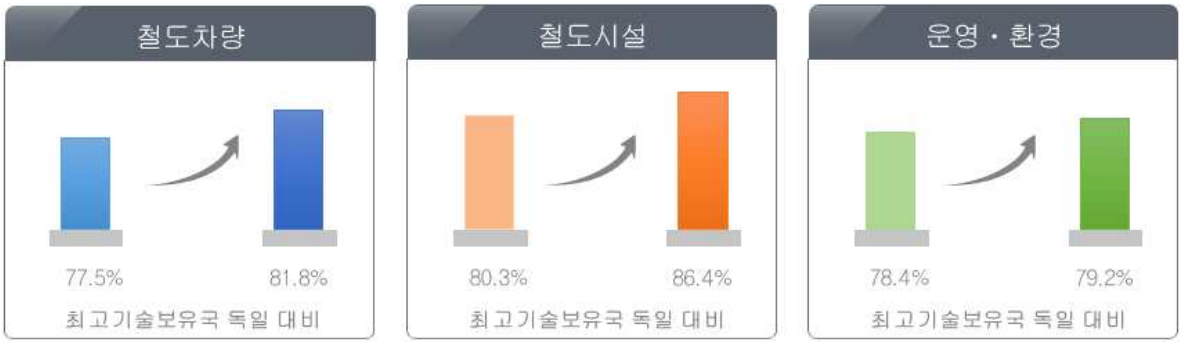
- **(철도차량)** 최고기술보유국은 독일이며 한국은'13년 대비 4.3% 상승(77.5→81.8%)하였고, 특히 자기부상철도차량 분야는 큰 폭으로 상승

※ 자기부상철도차량 분야 : 65 → 81.7%

- **(철도시설)** 독일이 가장 앞선 기술을 보유하고 있으며, 한국의 경우 통신 및 열차제어 기술 확보 등이 반영되어 '13년 대비 6.1% 상승(80.3→86.4%)

※ 독일은 역사건설 기술을 제외한 10개 소분류 기술에서 최고 기술을 확보

- **(운영·환경)** 가장 앞선 기술을 확보한 국가는 독일이며, 한국의 기술수준은 79.2%로 '13년 대비 0.8% 상승(78.4→79.2%)



- **(부품별 기술수준)** 현가장치(댐퍼류 등) 및 연결기는 최고기술국 대비 기술격차가 큰편(70% 미만)이나, 제동기술 및 견인전동기, 차내공조기술 등은 양호(80% 이상)

- **(국산화)** 차량금액 대비 국산화율은 90~95%이며, 기술개발 후 실용화된 부품 개수로 환산시 약 73% 수준에 달함

<표 IX-30> 철도차량 부품별 기술격차

철도차량	상세기술	최고기술국 대비(%)	기술격차(년)
차량 대차/차체 기술	대차/차체 해석 및 설계기술	79.6	4.5
	차량 전두부 기술	78.6	3.6
	대차/차체 소재기술	79.0	5.1
	대차/차체 압출 및 금형기술	75.6	4.8
	대차프레임 기술	80.0	4.4
	현가장치 기술	64.2	7.4
	윤축기술	65.3	8.2
	차량 연결기 기술	49.8	6.7
제동기술	제동해석 및 설계기술	78.1	3.7
	기초제동장치 기술	76.4	4.9
	공기제동 기술	81.5	3.4
	전기제동 기술	76.9	3.8
추진제어기술	동력전달장치 기술	77.2	4.5
	견인전동기 기술	83.5	3.4
	주전력 변환장치 기술	75.2	4.0
	변압기 기술	73.4	4.2
급전기술	판토그래프 기술	73.8	4.7
	주회로차단기 기술	75.2	5.3
	보조전원공급 기술	79.9	3.2
차내설비기술	차내공조 기술	83.5	3.4
	의장기술	75.1	3.7
	운전지원시스템 기술	71.9	4.9
차량제어 및 신호기술	차량 진단제어 시스템 기술	80.6	4.1
	차상 신호시스템 기술	77.2	5.0
차량시스템 엔지니어링	차량시스템 설계 및 요구사항 관리기술	74.6	5.5
	차량 인터페이스 및 통합기술	76.2	5.0
	차량 기능분석 및 성능관리기술	76.2	4.6
	차량 시험평가기술	82.2	3.1
	차량시스템 기술·일정·비용 관리기술	74.1	3.9

*출처: 고속철도 기술수준 분석연구, 한국철도기술연구원, 2015

기존 사업과의 연계를 통한 부품별 성공가능성

- 기존 R&D 사업으로 인한 철도분야 전반에 대한 기술력 향상 및 기존 사업 성과와의 연계를 통해 부품 개발과제에 대한 성공가능성 확보

<표 IX-31> 부품별 기술개발 성공가능성 분석

구분	부품별 현황 및 기술개발 방향
현가장치 (댐퍼)	• 동력분산식 고속차량 댐퍼류는 전량 해외 수입에 의존하는 부품으로 일본, 유럽 등이 대다수 기술을 보유하고 있으나, 우리나라도 30건 이상의 특허를 보유하고 있으며, • KTX 및 8200호대 전기기관차용 댐퍼류 기술개발(2014~2018)을 통해 확보된 철도차량 오일댐퍼 오일 점성저항 댐핑 기술을 활용하여 동력분산식 철도차량용 오일댐퍼 밸브류 제어기술과 오리피스 설계기술, 오일 씰링 형상 최적화 기술 연계한 기술개발 성공 가능성 제고 • 국내 철도운영기관과 기업이 공동 개발 및 실용화로 국내 고속철도차량용 댐퍼류 안정적인 부품 공급으로 사업화 가능
공기 스프링	• 공기스프링은 독일, 미국, 일본 등이 세계 철도 시장의 대부분을 점유하고 있는 전형적인 철도 선진국 주도형 부품이나, • 도시철도용 공기스프링을 한국기계연구원과 국내 기업에서 2003년 기술개발 성공하여 공급(30량)한 실적을 보유하고 있으며, 해당 기술연구에서 공기스프링의 다이어프램 해석 및 설계기술을 본 고속철도용 공기스프링 개발과제의 소재배합 및 성형기술, 공압누설 방지기술, 공기스프링 압력변화에 따른 능동형 승차감 제어기술에 연계하여 기술개발 성공 가능성 제고 • 공기스프링 설계 및 제작 기술력 확보와 타 충격흡수장치(러버류)로 응용 가능한 원천기술 확보하는 등 국내 철도운영기관과 기업이 공동개발 및 실용화로 기술개발 및 사업화 가능
판토 그래프	• 판토그래프는 프랑스, 독일, 체코, 일본 등에서 세계 철도시장의 대부분을 점유하고 있는 전형적인 철도 선진국 주도형 부품이나, • 국내는 전기기관차용 판토그래프 및 G7 고속전철, 차세대 고속전철 등의 저소음/저저항 판토그래프 공력설계기술 및 판토그래프 형상 기술개발(2015)을 통해 확보된 판토그래프 공력설계 및 형상(공기저항 저감) 기술을 활용하여 본 고속철도차량용 공력성능 최적화를 위한 판토그래프 경량화 설계 및 소재기술, 반 능동형 제어를 위한 제어유니트 설계기술에 연계하여 기술개발 성공 가능성 제고 • 국내 철도운영기관과 기업이 공동개발 및 실용화로 고속철도차량용 판토그래프에 대한 원천기술력 확보로 사업화 가능
전두부 해치	• 전두부해치는 독일, 일본 등에서 세계 철도시장의 대부분을 점유하고 있는 철도 선진국 주도형 부품으로, • 국내에서는 KTX차량 전두부 해치 커버의 운영기관 자체 대체품개발(2006) 및 전두부 연결장치 전기부품에 대한 유지보수 실적(2010)을 보유하고 있으며, 고속열차 성능 및 효율 향상을 핵심기술(2016)개발의 전두부 형상 최적설계 기술 및 공기저항 저감기술을 본 전두부해치 기술개발의 전두부해치커버 형상/기밀/복합소재 설계기술, 해치시스템 설계 및 시험평가 기술에 적용하여 부품국산화 개발 성공 가능성 제고 • 현재 운용 중인 고속철도차량 뿐만 아니라 신규 개발 차량 적용을 위한 기반 기술의 수준을 높이고 원천 기술 확보와 성능시험을 완료하여 개발 직후 실용화 추진

구분	부품별 현황 및 기술개발 방향
냉각팬	• 냉각팬 시스템은 프랑스, 독일 등에서 세계 철도시장의 대부분을 점유하고 있는 철도 선진국 주도형 부품으로, • 국내에서는 KTX차량 적용을 위하여 금속재 계열 냉각팬(Fe, 알루미늄)을 개발한 사례(2007)가 있어 냉각팬 설계 및 제작 기술은 보유한 상태이며, 송풍팬 경량화를 위한 재질 선정 및 복합소재 적층기술(2012)을 활용하여 본 냉각팬 기술개발의 저소음/초경량 소재 적용 기술개발에 적용하여 부품국산화 개발 성공 가능성 제고
제동 디스크 및 패드	• 제동디스크 및 제동패드는 프랑스, 독일 등에서 세계 철도시장의 대부분을 점유하고 있는 철도 선진국 주도형 부품으로, • KTX차량의 외자 제동패드의 소음저감 및 재료선정 기술(2007), 제동디스크의 내마모성 및 복합소재 적용기술(2010)을 보유한 상태로 본 동력분산식 제동디스크 내열/내마모성 재질 복합소재 설계기술과 제동패드의 내마모성 제동마찰재 설계 및 형상 기술에 연계하여 기술개발 성공가능성 제고 • 제동디스크 및 제동패드는 형식승인 인증을 통해 제동디스크 및 패드의 독자적인 설계/제작 기술력 확보는 물론 해외 선진기술 보유 기업과의 동등수준의 기술력 확보 가능
주회로 차단 시스템	• 철도차량용 주회로차단기는 Secheron, ABB, Alstom, BBC 등의 해외업체에서 대부분의 시장을 확보하고 있는 철도 선진국 주도형 부품으로, • 국내 고속철도차량 적용을 위해 고속철도용 자기진단형 주회로차단기 개발(2011)을 통해 확보한 주회로 차단기 동작 개폐시점 능동 제어기술을, 본 모듈형 주회로 차단시스템의 IoT기반 주회로 차단기 동작 개폐시점 상태감시 기술, 주회로 차단기 위상제어기술에 연계하여 기술개발 성공가능성 제고 • 국내 철도운영기관과 기업이 공동개발 및 실용화로 고속차량용 모듈형 주회로 차단시스템 원천기술 확보로 사업화 가능
공조 시스템	• 공조시스템의 인버터 제어형 냉방장치 원천기술은 냉난방기 제작사와 대학에서도 기술을 보유하고 있으며, 고속철도 운전실용 공기조화장치를 기술 개발한 사례(2008)가 있어 요소 기술에 대해서는 국내 기술이 확보 • 동력분산식 철도차량에 적용 가능하도록 기존 냉방시스템 열유동해석, 냉방 사이클 설계 기술 등을 본 인버터 제어형 공조시스템 설계/제작기술, 공조시스템 통합 모듈 제어기술, 이산화탄소 저감 및 공기조절 알고리즘 설계/제작 기술에 연계하여 기술개발 성공가능성 제고 • 철도운영사가 개발 초기단계부터 참여하여 적용대상 차량의 인터페이스 호환성, 현차시험 등을 수행하여 성공적인 기술개발 가능
출입문	• 출입문 시스템은 철도운영기관 요구사항 및 철도안전법에 명시된 기준에 따라 설계/제작 기술은 국내 업체에서 기술력이 확보된 상태이며, 도시형 자기부상열차사업을 통해 전기실 출입문 개폐제어시스템 설계/운영기술과 차량과 인프라간 통신 및 제어연동기술(2012)을 본 출입문 시스템과 차량간 제어S/W 최적화 인터페이스 설계 및 제작기술, 차량과 출입문 시스템간 실시간 통신상태 진단 및 제어기술개발에 연계하여 성공가능성 제고 • 본 도시철도차량 출입문 표준화 기술개발을 위해 안전사양을 통합하여 최적의 출입문 사양 확보 가능하며, 개발과 동시에 즉시 상용화 가능한 수준으로 표준사양을 도출하고, 현행 도시철도차량(전동차)용 출입문과 동일한 제작 및 검사 과정을 거쳐 별도의 상용화 과정이 없이 공급 가능하여 실용화 가능

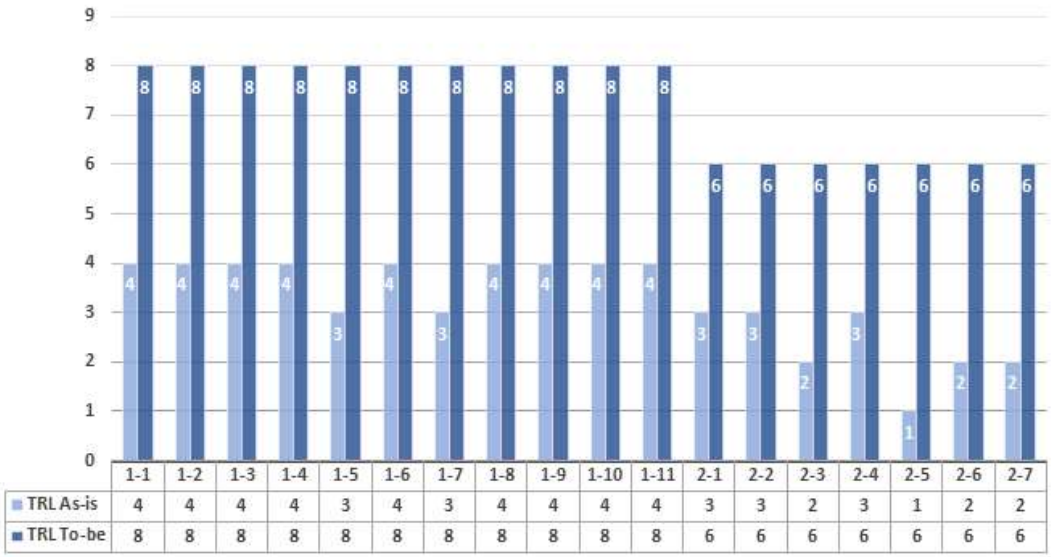
구분	부품별 현황 및 기술개발 방향
보조 전원장치	• 보조전원장치 시스템은 독일, 일본 등에서 모듈화, 2중화 기술개발을 선도하고 있는 철도 선진국 주도형 부품이며, 인도 등 철도 후발국에서도 현지사정에 특화된 대형 보조전원장치 적용을 위한 기술개발 시험단계 • 국내 보조전원장치 기술개발은 소형/경량화 기초연구(2013), 고효율 전력인버터 제작 기술(2018), 고효율 경량화 시제품 제작(2017) 등 보조전원장치 구성기술에 대한 요소기술을 보유하고 있는 상태로 본 보조전원장치의 고용량 100kVA급 모듈형 직병렬 구성기술과 컨버터/인버터 스택 개별 제어 알고리즘 기술, 제어장치 모듈간 공용화 기술개발에 연계하여 성공가능성 제고 • 국내 철도운영기관과 가업이 공동개발 및 성능시험과 현차시험 등 모듈형 보조전원장치의 기술개발을 진행하여 안정성, 신뢰성, 유용성 등을 확보하여 사업화 가능
트램용 관절장치	• 트램 차량용 관절장치는 독일, 체코 등의 해외업체에서 대부분의 시장을 확보하고 있는 부품으로, • 국내에서는 트램 차량용 관절장치는 기술 개발한 사례는 없으나, 관절장치와 유사한 KTX차량 차체-대차간 연결장치 국산화 개발(2011) 및 차륜/레일 마모 저감을 위한 능동조향대차 기술개발(2018)사례의 주행장치 조향제어기술, 차륜 횡압저감 기술을 본 트램 차량용 관절장치의 차량/관절장치 상하연결 기구부 설계기술, 관절장치 충격흡수 구조해석 기술, 차륜과 선로간 횡압력 저감 기술개발에 연계하여 기술개발 성공가능성 제고 • 트램 차량용 관절장치 부품의 성능기준 및 시험규격 기준에 적합한 부품개발과 검증, 시험선로구간의 현차 시험을 거쳐 트램 차량용 관절장치 사업화 가능
동기 전동기	• 영구자석 동기전동기는 철도분야 선진부품업체를 중심으로 기술개발 진행 중이며, 미국은 다상 인버터 핵심기술을 하이브리드 및 전기자동차 분야에 개발 주도 • 국내에서는 영구자석 동기전동기에서 발생하는 전자기 잡음의 모델링 및 저감 기술연구(2016), 고출력 밀도/슈퍼프리미엄급 IPMSM 설계 기술개발(2018), 최근 철도차량 견인전동기로 고효율, 경량화가 가능한 영구자석 동기전동기(PMSM)로의 개선 연구가 활발히 진행되고 있으며, 본 희토류 저감형 영구자석 동기전동기의 5상 동기전동기 전기적/기계적 해석 및 설계기술, 전동기 성능 특성 해석 기술, 인버터 알고리즘 설계 및 고정밀 위치센싱 기술 등에 연계하여 기술개발 성공가능성 제고 • 도시철도용 추진시스템에 대한 설계 및 제작 기술은 선진국 대비 90% 정도로 충분한 원천기술과 지적재산권을 확보하고 있어 출연연, 제작사, 운영기관 등의 공동연구를 통해 첨단 추진장치 기술개발 성공 가능
동력전달시스템	• 국내외에서 마그네틱 기어드 동기전동기에 대한 연구가 다수 진행되고 있지만 견인전동기용으로 실용화된 사례는 없으며, 영국 및 일본에서 기초연구와 시제품을 제작하여 성능을 검증하고 있는 단계, • 마그네틱 기어의 경우는 풍력발전 시스템 및 전기자동차 시스템 부분에서 수요시장이 형성되어 있으나 철도 추진제어용으로 상용화에 성공한 사례는 없음 • 국내에서는 고출력 저진동 풍력발전기용 마그네틱 기어개발(2013), 고기어비/고전달토크 구현가능 마그네틱 기어개념정립 및 하드웨어 검증(2016), 고속 영구자석 전동기의 비접촉 기계부하 결합을 위한 마그네틱 디바이스 설계기술 개발(2017), 경전철용 110kW급, 고속철도용 410kW급의 다양한 용량의 동기전동기 개발(KRRI)을 수행한 실적을 확보하고 있는 등 해당 기술을 210kW급 도시철도차량용 마그네틱 기어드 동기전동기 핵심기술개발에 연계하여 기술개발 성공 가능

구분	부품별 현황 및 기술개발 방향
추진 제어시스템	• 국내외 에너지저장 시스템을 탑재한 추진제어시스템은 에너지저장장치 시스템과 추진제어 시스템 별도로 개발이 되고 있으며, 독일과 일본에서 밧데리 저장시스템을 적용한 경전철 방식 시범운영 단계 • 선진국에 비해 핵심소재 및 원천 기술 등 기술수준은 미흡한 실정이나, 정부에서 중대형 ESS 기술 개발 및 산업화 정책을 추진(K-ESS 2020 전략)하고 있고 기존 '전동차 온보드 전기에너지 저장기술 개발(2017)'의 차량 탑재형 에너지저장기술을 바탕으로 에너지 저장장치 추진제어시스템 경량화 및 소형화 기술연구에 연계하여 ESS 일체형 추진제어 시스템 원천기술 확보로 성공가능성 제고 • 일체형 추진제어시스템의 기술개발을 활용하여 자동차, 버스, 건설기계, 풍력, 비행기, 선박 등 기술적용 분야 확대를 통한 가능 사업화 추진 가능
반도체 변압기	• 철도차량용 반도체 변압기는 ABB, Siemens, Alstom, Bombardier 등 철도 부품분야 선진국에서 자체 기술을 보유하고 있으며, 실용화 되지는 않은 상태, • 국내의 경우, 철도선진국에 비해 관련기술 확보 및 연구개발에 부족한 부분이 있으나, 한국전력공사에서 6.6kV/30kVA 급 양방향 반도체 변압기 개발(2013), 명지대학교에서 2kVA 급 반도체 변압기 제작/시험, 3.3kV, 6kVA 3상 반도체 변압기로 구성하는 연구 진행(명지대학교) 등 전력용 반도체 제어 원천기술과 경험은 충분히 확보되어있는 것으로 판단되며, • 본 철도차량용 반도체 변압기의 직렬구조 멀티레벨 특고압 전력변환 기술, 계층구조 제어를 통한 모듈간 밸런싱 제어설계/제작기술, 고주파 변압기 절연 및 고주파 변환 냉각기술에 연계하여 기술개발 성공 가능
주변압기	• 외장코어형 컴팩트 주변압기는 유럽 ABB사에서 기존 대비 20% 중량감소형 Effilight를 개발하여 2016년 InnoTrans 전시, 일본은 주변압기 도체를 경량화(구리→알루미늄)하여 신간선차량에 적용하는 등 기술을 선도 • 국내에서는 KTX 고속열차용 주변압기는 프랑스 Alstom사의 기술을 이전 받아 단계적으로 국산화를 적용했으며, KTX-산천 및 호남선 고속차량에는 국내기술이 적용된 주변압기를 설치하여 운영 중으로 주변압기의 원천기술과 경험은 확보된 것으로 판단되며, 자연냉각방식의 도시철도차량용 주변압기 개발의 전계해석 및 절연시험을 통한 주변압기 코일 및 코아의 최적 설계 기술 (2018)을 외장코어형 자연냉각방식으로 연계하여 기술개발 성공가능성이 높을 것으로 판단
통합 제어시스템	• 독일 MEN社, 미국 Artesyn社 철도차량을 포함한 국방, 항공, 원자력 등 기능안전 및 임무중심 제어기기 분야에 범용적용 가능한 공통제어 플랫폼을 개발하여 적용 중이며, 유럽연합은 MODTRAIN을 개발(2008)하여 부품모듈의 상호호환성 확보 • 국내 철도차량 제어시스템의 경우 차량제작사 독점으로 제작사간 호환이 불가능하나, 철도차량 부품호환 및 표준모듈 개발과제의 도시철도차량용 제동작용장치 개발(2018)의 이종 제동작용장치 간 인터페이스 호환되는 ECU 표준 S/W 프레임워크 기술을 연계하여 상호호환이 가능한 소프트웨어 구조 및 인터페이스 프로토콜 표준화를 수행하고 운영기관, 차량제작사 및 부품사, 대학교 및 출연연 등의 공동연구를 통하여 국내 차량제어기 플랫폼 개발이 가능할 것으로 판단

구분	부품별 현황 및 기술개발 방향
입환 시스템	• 원격입환용 원격조종기관차와 원격조종장치는 미국 Laird사와 Hetronic사에서 세계시장을 선도하고 있으며, 캐나다 국철도 무인기관차를 운용하는 등 철도입환 작업의 패러다임이 변화하는 단계 • 최근에 입환 작업 시에 사망사고가 발생하여 근원적인 대책이 필요한 상황이며, 국내 무선통신 환경과 정보통신기술, 제어시스템 설계기술은 선진국 수준에 도달한 것으로 판단 • 대용량(장대) 화물열차운용을 위한 기술개발(2017)의 장대 화물열차(1.2km)의 동시 제동작용을 위한 무선제어기술과 대용량 에너지 흡수장치가 적용된 유럽 표준형 연결기 시스템개발(2018)의 전기/공압 자동연결기 설계/제작기술을 본 입환시스템의 자동연결 분리 시스템 제어기술, 밀착식 타입 전기/공압장치 정위치 제어기술에 연계하여 기술개발이 추진되면 철도차량 입환자동화 및 해당 기술을 활용하여 자동차, 버스, 선박 등 기술적용 분야 확대를 통한 사업화 추진 가능

본 사업을 통한 기술력 향상 전망

- 본 사업을 통해 중점분야 1(시장진출형)의 경우, TRL 8(시제품 인증 및 표준화)을 목표로 하며 중점분야 2(미래 시장선도형)의 경우, TRL 6까지 이를 것으로 전망



	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	1-9	1-10	1-11	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6	2-7
TRL As-is	4	4	4	4	3	4	3	4	4	4	4	3	3	2	3	1	2	2
TRL To-be	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	6	6	6	6	6	6	6

〈표 IX-32〉 부품별 기술성숙도(TRL) 전망

3. 기존 사업과의 중복성

3.1 사업수준의 중복성 검토

가. 기존 사업과의 중복성 검토의 적절성

- 국토교통부 내 종료 및 추진 중 사업과 타 부처 사업과의 중복성 검토를 실시함

  - **국토교통부 사업** : 도시철도 핵심 부품 국산화 및 장치 고도화 개발 1단계 사업(‘13~‘17년), 철도 핵심부품 및 장치 기술개발 2단계 사업(‘14년~‘18년)

  - **산업통상자원부** : 소재부품산업 전문기술개발사업(‘16~’18년), 전자부품산업 핵심기술개발사업(‘16~’18년)

나. 기존 사업과의 중복성 검토 결과

국토교통부 사업

- **「도시철도 핵심 부품 국산화 및 장치 고도화 개발 1단계 사업」**은 동 사업과 철도차량 부품 기술력 제고 및 국내외 시장 진출이라는 사업 목적은 동일

  - 신규기획 중인 「철도차량 부품개발사업」은 고속철도 및 도시철도 차량을 대상으로 수입 대체 목적의 단기 시장진입이 가능한 부품군과 미래 시장선도형 부품군으로 세분화하여 개발한다는 관점에서 기존 사업과 차별성 존재

- **「철도 핵심부품 및 장치 기술개발 2단계 사업」**은 외산 의존도가 높고 관련 국내외 시장 진출 가능성이 높은 철도차량 핵심부품을 국산화 한다는 측면에서 사업 목적이 유사

  - 신규기획 중인 「철도차량 부품개발사업」은 기존 부품 개발 이외의 품목을 대상으로 하며, 기존 철도차량의 고속화 트렌드에 부합하는 동력분산식 차량 적용 부품을 개발하는 측면에서 기존 사업과 차별성 존재

※ 세부과제들은 기존사업에서 확보한 요소기술을 연계·활용하여 확대 발전시킴으로서 중복성을 방지하고 사업추진의 효율성을 제고함

<표 IX-33> 국토교통부 기 추진사업과의 중복성 검토결과

구분	동 사업	도시철도 핵심 부품 국산화 및 장치 고도화 개발 1단계 사업(국토교통부)	철도 핵심부품 및 장치 기술개발 2단계 사업 (국토교통부)
총사업비 (억원)	1846.41	304	308
기투자액	-	304	308
사업기간	'20년~ '25년	'13년~'17년	'14년~'18년
사업목적	■ 철도차량부품 국산화를 통해 기술자립을 달성하고, 융합기술을 기반으로 한 강소기업을 육성하여 해외 철도시장 진출 도모	■ 도시철도분야 핵심부품/장치의 고도화를 통한 철도차량 부품 기술력 제고 및 국내외 시장 진출	■ 외산 의존도가 높고 관련 국내외 시장진출가능성이 높은 철도차량용 핵심부품/장치의 국산화 개발을 통한 국내 철도부품 전문기업 육성 및 해외진출
세부내용	■ 동력분산식 고속철도용 현가장치 개발 ■ 고속철도용 반능동형 판토그래프, 공기스프링, 컨버터 일체형 반도체 변압기, 고성능 제동디스크 및 패드개발 ■ 도시철도용 출입문 모듈화, 외장 코어형 컴팩트 주변압기 개발 ■ 고내구성 전두부 해치시스템, 신소재(고내구성) 적용 냉각팬 시스템 개발, IoT기반 지능형 모듈타입의 주회로 차단시스템, 친환경 컴팩트형 공조시스템, 모듈방식의 보조전원장치, 고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트램용 관절장치, 마그네틱 추진제어시스템, 철도전장품 상호 호환성을 위한 개방형 통합제어 시스템 플랫폼, 고효율, 고안전성 희토류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기, 입환 자동화시스템, 에너지 저장시스템 일체형 추진제어 시스템 개발	■ 도시철도차량 차축베어링 국산화 개발, 전동차 동력 제어용 모듈형 IGBT개발, 고휘도 LED 전조등 개발, 전동차 온보드 전기에너지 저장 기술 개발	■ 시간동기화 기능을 갖는 교류 철도용 통합 보호계전시스템 기술개발, 250km/h급 강체전차선로 개발 ■ KTX 및 8200대 전기기관차용 댐퍼류 기술개발, 대용량 에너지 흡수장치가 적용된 TSI 표준형 연결기 시스템개발, EN12080 대응 철도차량용 차축베어링 국산화 기술개발
기타	-	중복성 없음	중복성 없음

산업통상자원부 사업

- 「소재부품산업 전문기술개발사업」은 섬유산업 경쟁력 강화를 위한 상용화 기술개발 및 인프라 조성지원 사업으로 본 사업목적 및 대상이 상이

  - 타부처의 부품개발 사업은 특정 산업을 타겟으로 하는 연구기반 조성사업에 해당하므로 철도차량 부품개발을 대상으로 하는 본 사업과는 차별

- 「전자부품산업 핵심기술개발사업」은 산업통상자원부의 주력산업 분야인 핵심 전자부품개발을 통한 산업경쟁력 제고를 목표로 본 사업 취지와 상이

  - 타부처의 부품개발 사업은 다부품의 세부 핵심기술 단위로 개발됨에 따라 부품 개발을 목적으로 하는 본 사업과는 차별화 존재

〈표 Ⅸ-34〉 타 부처 추진사업과의 중복성 검토결과

구분	동 사업	소재부품산업 전문기술개발사업 (산업부)	전자부품산업 핵심기술개발사업 (산업부)
총사업비(억원)	1846.41	1,305	635
사업기간	'20년~ '25년	`16~`18(`20년까지)	`16~`18(`20년까지)
사업목적	■ 철도차량부품 국산화를 통해 기술자립을 달성하고, 융합기술을 기반으로 한 강소기업을 육성하여 해외 철도시장 진출 도모	■ 섬유산업 경쟁력 강화를 위한 상용화 기술개발, 인프라 조성지원	■ 주력산업분야의 핵심 전자부품개발을 통해 산업경쟁력 제고, 융복합 기술개발을 통한 미래 신산업 육성
세부내용	■ 동력분산식 고속철도용 현가장치 개발 ■ 고속철도용 반능동형 판토그래프, 공기스프링, 컨버터 일체형 반도체 변압기, 고성능 제동디스크 및 패드개발 ■ 도시철도용 출입문 모듈화, 외장코어형 컴팩트 주변압기 개발 ■ 고내구성 전두부 해치시스템, 신소재(고내구성) 적용 냉각팬 시스템 개발, IoT 기반 지능형 모듈타입의 주회로 차단시스템, 친환경 컴팩트형 공조시스템, 모듈방식의 보조전원장치, 고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트램용 관절장치, 마그네틱 추진제어시스템, 철도전장품 상호 호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼, 고효율, 고안전성 희토류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기, 입환 자동화시스템, 에너지 저장시스템 일체형 추진제어 시스템 개발	■ 2개 내역사업에서 3개 센터 구축 ■ 해양 융복합 소재, 해양 융복합 소재 센터 고분자 융복합, 소재센터 ■ 물없는 컬러산업 비수계 컬러산업 솔루션 센터 셀립	■ 주력산업 고부가가치를 위한 IT 융합기술개발 ■ 다자털 사이니지에 최적화된 퍼블릭 띠스플레이와 VR/AR 차량용 등 신시장 개척을 위한 융복합 디스플레이 기술개발 ■ 인공지능, IoT,클라우드, 데이터처리 기술들이 주력산업 전반에 활용될 수 있도록 임베디드 SW 기술개발
기타	-	중복성 없음	중복성 없음

한국철도기술연구원 고유사업

- 연구목적

  - (국토부 R&D사업) 정부정책목표 구현, 원천기술의 응용·개발을 통한 실용화, 산업경쟁력 제고를 위한 중소기업 R&D지원 및 연구인프라 구축

  - (철도연 고유사업) 정부정책 수립 지원 및 기초·원천기술 확보

- 연구성격

  - (국토부 R&D사업) 대형 시스템 R&D, 설계·조달·시공·운영의 전주기적 기술 개발 및 검증을 통한 실용화(TRL 5~8단계)

  ※ 철도차량 부품개발, 통합 안전감시시스템 개발 등

  - (철도연 고유사업) 요소기술 R&D, 학제적 연구, 도전적·선도적 연구 중심(TRL 2~6단계)

  ※ 레일방식 초고속철도 핵심기술, 초전도 전자석 핵심기술 개발 등

- 사업규모

  - (국토부 R&D사업) 중대형 핵심기술로 구성된 (차량 또는 인프라)시스템을 개발하기 위하여 과제간 유기적으로 연계된 연구단 또는 사업단 규모, 총예산 100억원 이상의 대형사업

  - (철도연 고유사업) 이론단계의 기초연구 및 원천기술의 실현가능성 검증을 위한 연간 10억원 내외의 소형과제 중심

- 국토부 R&D사업과 철도연 고유사업간 상관관계

- 철도는 차량, 인프라, 운영, 환경, 서비스 등 다양한 분야의 기술이 유기적으로 접목된 종합융합시스템으로, 다양한 핵심기술의 유기적인 연계를 위한 개발, 시스템 인터페이스 및 검증이 요구됨

- 국토부 R&D사업에서 검토 가능한 모든 요소기술을 발굴하고, 실현가능성을 검토하기는 비효율적이고 예산 낭비요인이 큼

- 출연연 또는 대학 등에서 고유사업으로 다양한 기술적 대안에 대해 기초연구를 수행하고 실제 시스템화 가능여부를 검토하여 실현가능성이 높은 기술을 중심으로 국가 R&D 사업을 통한 개발 및 검증 지원

● 한국철도기술연구원 고유사업 현황(2017년)

- 하이퍼튜브, 재난재해 대응 원천기술 등 기초원천 기술 확보를 위한 Feasibility 연구 중심으로, 철도차량 부품을 개발하는 본 사업 및 실증을 통한 실용화 중심의 국토부 철도기술연구사업과는 차별됨

〈표 IX-35〉 한국철도기술연구원 고유사업 현황('17년)

과제명	연구비 (백만원)
1-1. 아음속 캡슐트레인 핵심기술개발 (BIG 사업)	2,500
1-2. 차세대 주행추진 시스템 핵심기술개발	1,500
1-3. 차세대 스마트 철도교량 핵심기술개발	600
2-1. 첨단 철도 신소재 기술개발	800
2-2. 열차자율주행제어 핵심기술개발 (BIG 사업)	3,000
3-1. 철도시스템 유지보수 고도화를 위한 첨단 센싱 기술개발	1,000
3-2. 급전시스템 효율향상을 위한 에너지 저장 및 운영 기술개발	1,000
4-1. 철도차량 기후변화 및 소음환경 대응기술 개발	500
4-2. 빅데이터 기반 대중교통 최적 운영 및 연계시스템 개발	800
4-3. 첨단 물류시스템 기술개발	900
5-1. 철도시스템 재난재해 대응 원천기술 개발	1,400
5-2. 안전관리체계 및 평가관리 기술개발	800
5-3. 안전성 향상을 위한 실용화 촉진 기술개발	2,000
6-1. 중소기업 수요기반 원천기술 개발 및 지원 기술	3,570
6-2. 철도시스템 글로벌 시장진출 정책연구	520
7-1. 미래교통 연구개발 전략수립 및 기술기획	657
7-2. 신성장동력 창출을 위한 도전연구	1,480
합계	23,027

3.2 과제수준의 중복성 검토

가. 기존 과제와의 중복성 검토의 적절성

국가R&D 연구성과물 중복성 검토

- 국가R&D 연구성과물과의 중복성·연관성을 조사를 위해 NTIS 시스템을 활용
  - 1999년부터 현재까지 미래철도기술사업 82개 과제를 대상으로 검토
  - 사업단 과제 3개, 연구단 과제 5개, 나머지는 일반과제로, 정보화, 고속화시대에 맞춘 차량개발, 서비스향상과 열차안전운행을 위한 연구
  - 철도시스템 전체를 구성하는 포괄적 기획단계를 거쳐 과제 추진

※ 기존선 개량과 고속선, 고속철도분야, 열차제어, 추진시스템, 제동장치, 물류 및 위험물운송, 철도안전 및 화재, 친환경, 선로구축물, 전력공급, 신호시스템, 틸팅열차, 자기부상열차, 저상트램, 튜브트레인 등

- 부처별 유사과제를 비교하기 위하여 세부기술별 구성기술을 기준으로 동 사업과 같은 구성기술을 도출 시 국토교통부를 포함한 모든 부처 과제를 대상으로 검증
- 사업목적, 지원 대상, 기술 분야 등에 대한 과제의 중복성을 확인하고 타 부처에서 추진하고 있는 철도부품에 관련한 과제 등을 검토
  - 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)를 활용하여 유사키워드 검색한 결과 철도부품 관련 분야는 2001~2016년 기간 중 총 640건 도출
- 총 검색된 과제중 동 사업과 불일치 과제를 전문가의 검토를 통하여 최종 70건의 유사과제 도출
  - 유사과제 검토 결과 70개의 세부기술 분야와 동일한 목적 및 기술을 지니고 추진되는 과제는 없는 것으로 분석
- 세부기술별 주요 키워드 도출 과정을 거쳐, 부처명 및 사업명 등을 고려하여 과제명에 따라 일부 유사하다고 판정되는 과제만 선별하였으나 적용 분야 및 기술개발 대상 차별화 검토

산업부 소재부품 관련 R&D 지원사업 중복성 검토

- (추진개요) 산업부 내 소재부품 관련 R&D는 소재부품산업핵심기술개발과 소재부품산업 글로벌전문기술개발, 미래성장동력 3개의 단위사업에서 추진

  - '소재부품산업핵심기술개발사업'은 소재부품기술개발, 산업소재핵심기술개발, 전자부품 산업핵심기술개발 **3개** 세부사업으로 구성

  - '소재부품산업글로벌전문기술개발사업'은 소재부품산업전문기술개발, 센서산업고도화전문기술개발사업 **2개** 세부사업으로 구성

  - '미래성장동력'사업내 소재부품산업미래성장동력 **1개** 세부사업으로 추진

  ※ 그 외 기반조성사업으로 소재부품산업거점기관지원(단위사업:지역산업거점기관지원), 소재부품산업기술개발기반구축(단위사업:산업기술기반구축)이 있음

'소재부품산업핵심기술개발사업' 추진현황

<표 IX-36> 소재부품산업핵심기술개발사업 지원현황

(단위: 백만원, ()안은 해당년도 과제수)

구분	2016	2017	2018
소재부품기술개발	288,068(328)	268,769(336)	261,696
산업소재핵심기술개발	120,428(176)	128,058(195)	123,882
전자부품산업핵심기술개발	24,891(42)	18,674(34)	19,994
소계	433,387(546)	415,501(565)	405,572

출처 NTIS(2018), 산업통상자원부 2018년 예산 및 기금운용계획 사업설명자료

- **소재부품기술개발(동 철도차량부품개발사업 유사과제 검토 대상)**

  - (사업목적) 소재 특성(high risk, high return)을 고려하여 장기간 지속적인 투자가 필요한 핵심소재의 기술경쟁력 강화를 위한 기술개발 지원, 글로벌소싱 참여가 유망하고 소재·부품산업 경쟁력 제고에 긴요한 기술개발 지원

  - (내역사업) ①소재부품 패키지형, ②소재부품 이종기술융합형 으로 구

< 소재부품기술개발 세부내용 >

○ 동 철도차량부품개발사업 기획 과제와 비교, 검토 대상 산업부 기술개발사업은'소재부품산업핵심기술개발(단위사업)' 사업 내 '소재부품기술개발(세부사업)'이 해당

<표 IX-37> 소재부품기술개발사업 투자액 및 과제수

(단위: 백만원, 건)

연도	2013	2014	2015	2016	2017	2018
사업예산	320,767	299,948	286,290	288,068	268,769	261,696
과제수	353	333	325	328	336	304

* 자료 : NTIS(2018), 산업통상자원부 2018년 예산 및 기금운용계획 사업설명자료

○ (사업내용) 소재산업의 특성(high risk, high return)을 고려하여 장기간에 걸친 지속적인 투자로 기술개발을 지원하고, 글로벌 소싱 참여가 유망하며 소재·부품산업 경쟁력 제고에 긴요한 시장선도형 핵심 소재·부품 기술개발

- 2018년 기준'소재부품 패키지형', '소재부품 이종기술융합형' 2개 내역사업으로 추진

※ 소재부품 패키지형 : 소재개발을 시작으로 소재-부품-모듈-수요간 모든 단위기술에 걸쳐 연계 가능한 기술개발 지원(중장기 기술개발을 통한 소재 경쟁력 확보)

※ 소재부품 이종기술융합형 : 2개이상 異種기술결합을 통해 산업 적용이 가능한 융·복합 소재· 부품개발 지원지원(단기 기술개발을 통한 소재부품 시장 견인)

- 부품·소재의 글로벌 공급기지로 발전하기 위하여 세계적 조달 참여가 유망하고, 부품·소재 및 타 분야의 기술 혁신과 경쟁력 제고에 긴요한 핵심 부품·소재 개발을 지원

- 국내에서 개발된 부품·소재의 신뢰성을 원천적으로 향상 시킬 수 있는 기반(장비 등) 구축을 통하여 세계적인 신뢰성 평가기관을 육성하고 부품·소재 기업의 신뢰성 향상을 지원

- 해외 선진 기술 도입을 위해 국제기술협력을 추진하고 부품·소재기업의 대형화, 전문화를 위해 M&A 및 글로벌 기업과의 협력 활성화 지원

- 소재개발 촉진 및 국산소재 사용 활성화를 위해 소재개발에서 사업화까지 전주기적 지원이 가능한 소재종합센터 구축 지원

○ (지원대상) 대기업, 중견기업, 중소기업, 대학, 정부출연연구소, 국공립연구기관, 전문생산기술연구소, 연구조합, 사업자단체

○ (지원금액 및 기간)

- 과제당 10억원 내외

- 3년 ~ 9년 이내

출처 : NTIS(2018), 산업통상자원부 2018년 예산 및 기금운용계획 사업설명자료

- 소재부품기술개발사업은 특정산업을 지정하지 않고, 다양한 분야에 대해 지원하고 있는 사업임. 철도차량 및 관련 분야 지원에 대해서는 명시하지 않음

산업소재핵심기술개발

- (사업목적) 주력산업의 기간인 산업소재 분야(화학, 금속, 섬유, 세라믹)의 핵심원천기술개발지원을 통해 전방산업에 핵심소재 공급 및 뿌리 기술의 첨단화 지원을 통하여 관련 산업의 경쟁력 제고 및 성장잠재력 확충

- (내역사업) ①화학공정소재, ②금속재료, ③섬유의류, ④세라믹, ⑤첨단뿌리기술 으로 구성

전자부품산업핵심기술개발

- (사업목적) 주력산업분야의 핵심 전자부품 개발을 통해 산업경쟁력 제고, 융복합 기술개발을 통한 미래 신산업 육성

※ 주력산업 고부가가치화를 위한 IT 융합기술 개발

※ 디지털 사이니지에 최적화된 퍼블릭 디스플레이와 VR/AR, 차량용 등 신시장 개척을 위한 융복합 디스플레이 기술개발

※ 인공지능, IoT, 클라우드, 데이터처리 기술들이 주력산업 전반에 활용될 수 있도록 임베디드SW 기술개발

- (내역사업) ①주력산업 IT융합, ②융복합 디스플레이 로 구성

'소재부품산업글로벌전문기술개발사업' 추진현황

<표 IX-38> 소재부품산업글로벌전문기술개발사업 지원현황

(단위: 백만원, ()안은 해당년도 과제수)

구분	2016	2017	2018
소재부품산업전문기술개발	42,870(64)	42,772(83)	44,925
센서산업고도화전문기술개발사업	15,394(36)	13,795(28)	13,984
소계	44,886(100)	44,789(111)	46,943

*출처: NTIS(2018), 산업통상자원부 2018년 예산 및 기금운용계획 사업설명자료

소재부품산업전문기술개발

- (사업목적) 섬유산업 중소중견기업 경쟁력 강화를 위한 상용화 기술개발 및 인프라 조성지원

- (내역사업) ①섬유생활스트림간협력기술개발사업, ②해양융복합소재산업화사업, ③물 없는 컬러 산업 육성, ④섬유패션제조혁신선도 으로 구성

센서산업고도화전문기술개발사업

- (사업목적) 주력산업 및 차세대 신성장 산업의 경쟁력 강화를 위해 국내 일반 센서 중심의 산업구조를 첨단센서(스마트센서) 중심으로 고도화

※ 스마트센서 : 반도체, 나노 기술 등이 적용되어 성능이 획기적으로 개선된 센서를 지칭하며, 레이다센서, CMOS이미지센서, MEMS 센서 등이 있음

- (내역사업) ①핵심기반기술개발, ②응용상용화기술개발 으로 구성

'미래성장동력' 추진현황

※ '미래성장동력'단위사업은 소재부품산업미래성장동력, 창의산업미래성장동력, 시스템산업미래성장동력으로 구성됨

<표 IX-39> 미래성장동력 사업내 소재부품산업미래성장동력 지원현황

(단위: 백만원, ()안은 해당년도 과제수)

구분	2016	2017	2018
소재부품산업미래성장동력	15,900(9)	31,562(46)	41,406
소계	15,900(9)	31,562(46)	41,406

*출처: NTIS(2018), 산업통상자원부 2018년 예산 및 기금운용계획 사업설명자료

소재부품산업미래성장동력

- (사업목적) 산업적 파급효과가 큰 반도체, 디스플레이 등 미래성장동력분야의 소재부품 기술개발 지원으로 산업 경쟁력 확보 및 미래 신산업 창출

- (내역사업) ①웨어러블 스마트 디바이스용 핵심부품 및 요소기술개발, ②차세대디스플레이기술개발, ③글로벌 수요연계 시스템반도체 기술개발, ④신산업 창출형 파워반도체 상용화 기술개발, ⑤실종아동 등 신원 확인을 위한 복합인지 기술개발 으로 구성

산업부 수송분야 부품관련 R&D지원은 '소재부품산업핵심기술개발' 사업 중 '소재부품기술개발'에서 추진

- '소재부품산업경쟁력향상사업'은 2013년부터 '소재부품기술개발사업'으로 변경되어 추진

〈표 IX-40〉 소재부품기술개발사업 투자액 및 과제수

(단위: 백만원, 건)

연도	2013	2014	2015	2016	2017	2018
사업예산	320,767	299,948	286,290	288,068	268,769	261,696
과제수	353	333	325	328	336	304

* 자료 : NTIS(2018)

- (사업내용) 소재산업의 특성(high risk, high return)을 고려하여 장기간에 걸친 지속적인 투자로 기술개발을 지원하고, 글로벌 소싱 참여가 유망하며 소재·부품산업 경쟁력 제고에 긴요한 시장선도형 핵심 소재·부품 기술개발

  - 2018년 기준'소재부품 패키지형', '소재부품 이종기술융합형' 2개 내역사업으로 추진

  - 부품·소재의 글로벌 공급기지로 발전하기 위하여 세계적 조달 참여가 유망하고, 부품·소재 및 타 분야의 기술 혁신과 경쟁력 제고에 긴요한 핵심 부품·소재 개발을 지원

  - 국내에서 개발된 부품·소재의 신뢰성을 원천적으로 향상 시킬 수 있는 기반(장비 등) 구축을 통하여 세계적인 신뢰성 평가기관을 육성하고 부품·소재 기업의 신뢰성 향상을 지원

  - 해외 선진 기술 도입을 위해 국제기술협력을 추진하고 부품·소재기업의 대형화, 전문화를 위해 M&A 및 글로벌 기업과의 협력 활성화 지원

  - 소재개발 촉진 및 국산소재 사용 활성화를 위해 소재개발에서 사업화까지 전주기적 지원이 가능한 소재종합센터 구축 지원

- (지원대상) 대기업, 중견기업, 중소기업, 대학, 정부출연연구소, 국공립연구기관, 전문생산기술연구소, 연구조합, 사업자단체

- (지원금액 및 기간)

  - 소재부품패키지형: 0.1억원~2.5억원(연간), 개발기간 36개월~48개월

  - 소재부품이종기술융합형: 0.5억원~1.5억원(연간), 개발기간 36개월~84개월

※ 소재부품기술개발사업은 특정산업을 지정하지 않고 다양한 분야에 대해 지원하고 있는 사업임

- 철도차량 및 관련 분야 지원에 대해서는 명시하지 않음

※ 소재부품기술개발사업 내 자동차 및 철도차량 분야 지원과제는 총 73개이고 그 중 철도차량 관련 과제는 6개에 불과함

〈표 IX-41〉 자동차 및 철도차량 관련 착수년도 기준 unit 과제수

연도	~2013	2014	2015	2016	2017	2018	소계
자동차 및 철도차량	39	7	4	10	7	6	73
철도차량 부문	2	-	-	-	-	4	6
자동차 부문	37	7	4	10	7	2	67

※ NTIS에서 과제명, 연구목표, 연구내용 요약, 기대효과, 한글영문 키워드를 기반으로 검색한 결과

※ 철도차량부문 6개 과제는 하기표 12, 34, 68~71번 과제임

〈표 IX-42〉 자동차 및 철도차량 관련 과제 리스트

연번	과제명(한글)	수행기관	기술분야
1	탄성용 TPE 합성 기술	한국생산기술연구원	고무(타이어포함)
2	고기능 Mg 판재 소재	주식회사포스코	차체 및 경량화 기술
3	불활성기체충진장치(On Board Inert Gas Generating System)용 고투과성 고분자 멤브레인 소재의 개발	애경유화(주)	에너지·환경산업용 소재기술
4	수송기기용 고강도 Mg 벌크재 개발	(주)동양강철	구조재료
5	수송기기용 초경량 Mg소재	주식회사포스코	차체 및 경량화 기술
6	자동차 연비 향상을 위한 20MPa용 가솔린 직분사 연료 펌프 모듈 개발	(주)모토닉	엔진 및 동력전달장치
7	전기자동차용 열전도도 3W/mK 이상급 에너지저장시스템(ESS) 열제어 부품소재 개발	신일화학공업(주)	나노소재기술
8	Al계 복합분말 이용 인장강도 370MPa 이상의 자동차용 경량 소결소재 기술개발	대한소결금속(주)	분말가공기술
9	고강도 유리 섬유를 이용한 경량화(20%)된 고압(250bar) CNG용 11m 초대형(1,260L급) 압력 용기 개발	엔케이	저공해 및 대체에너지 차량기술
10	방열성 및 내소음성이 10% 향상된 자동차 엔진용 초경량 알루미늄 히트실드 제조기술 개발	(주)새한산업	판재성형기술
11	운전자 조작편의 증대를 위한 환경 모니터링용 분해능 0.25㎟급 3차원 광전변환 집적화 센서 통합화 모듈 개발기술 개발	(주)오토산업	차량 지능화 기술

연번	과제명(한글)	수행기관	기술분야
12	자동차 연비규제에 대응하기 위한 고연비 타이어 트레드용 고황함유(40%) 유기 가황제 제조기술 개발	(주)엠엔비그린어스	특수기능성 소재기술
13	디젤엔진용 CAN통신 기반 eVGT용 배기유로 제어기 모듈 개발	(주)에이티티	전기 및 전자장치
14	EV 모드 구동이 가능한 4WD SUV 중형차량용 전기식 INLINE 후륜 구동모듈 개발	현대위아(주)	시스템 통합기술
15	건축 및 자동차 내장용 최고발열량 60% 저감급 나노클레이 분산 intumescent 고분자 복합소재 원천기술 개발	한국건설생활환경시험연구원	복합재료제조기술
16	단자구 크기 수준의 입도제어를 통한 차세대 모터용 70(MGOe+kOe)급 Dy-free Nd계 영구자석 소재 개발	한국기계연구원부설재료연구소	에너지소재기술
17	승용차용Y등급(300km/h)연료절감형(RRC:7.7이하) 런플랫 타이어 개발	한국타이어(주)중앙연구소	고무(타이어포함)
18	카본 복합 소재를 이용한 저소음 경량 전동식 조향 시스템 컬럼 모듈 개발	(주)만도글로벌RnD센터	차체 및 경량화 기술
19	크루즈 선박용 팽창밸브 바디 및 그 부품의 개발	(주)에쎈테크	기타 조선/해양 시스템 관련기술
20	해양플랜트용 600MPa 강도급 -40℃ CTOD 특성 및 -60℃ 충격인성을 가지는 Composite 타입 용접와이어 기술개발	현대종합금속(주)	주조/용접재료
21	가솔린 자동차 엔진용 고응답 광대역 (-70℃~1,000℃)급 Pt-type 선형 온도센서 개발	(주)동양센서	전기 및 전자장치
22	기존 대비 2% 연비향상을 위한 가솔린 엔진용 7kW급 EGR System 개발	삼보모터스(주)	엔진 및 동력전달장치
23	스크래치 자기치유 캡슐 및 온도제어 나노캡슐을 활용한 자동차 내장재용 표면감성 향상 소재	강남화성(주)	특수기능성 소재기술
24	80kw급 전기자동차 구동시스템용 희토류 저감형 고효율 자성소재 개발	자화전자(주)	기능재료
25	보론강 롤포밍 프리펀치 및 고주파열처리 기술을 이용한 초고강도 경량 사이드실 제조기술 개발	(주)명진테크	차체 및 경량화 기술
26	연비 개선(20%)을 위한 준중형 소프트 하이브리드 자동차용 8kW급 벨트구동 Torque Assist System 및 통합 SW 개발	현대성우오토모티브코리아(주)	전기 및 전자장치
27	주차/차선변경 운전자지원을 위한 고화질 3D-HDR 카메라 및 통합 영상처리 모듈 개발	(주)세코닉스	안전도 향상기술
28	중소형 선박용 친환경 200kW급 전기추진모듈 및 SW기반 제어기술개발	우리산업(주)	주기/보기 및 추진계통부품
29	자동차부품 국산화를 위한 에어컨 냉매압 측정용 32bar급 정전용량형 압력센서 제조 및 신뢰성 확보기술 개발	(주)오토산업	센서 부품
30	차량용 10kW급 LDC 통합제어용 OBC 개발	영화테크(주)	전기 및 전자장치
31	차량용 오디오 및 히트 콘트롤 판넬 터치 스위치 복합소재 및 시스템 개발	실력산업주식회사	특수기능성 소재기술
32	야간 운행 안정성 확보를 위한 교통안전규제(ECE-70, DOT-C2) 대응 수송차량용 초고휘도(KS A 3507 #5) 재귀반사시트 개발	(주)청하	고분자가공기술
33	자동차 후면경 스마트 윈도우용 전기영동 나노입자 소재 개발	(주)큐시스	중합반응/공정기술

연번	과제명(한글)	수행기관	기술분야
34	초경량 일체형 CFRP 프로펠러 샤프트용 3차원 프리폼 소재 개발	주식회사티포엘	복합재료제조기술
35	SW 기반의 극저온 LNG Spray/Stripping Pump 모듈 개발	(주)에이치티에프	기타 조선/해양 시스템 관련기술
36	가변형 능동제어 가능한 유동탄성체 기술	(주)대흥알앤티	차량운동성능 및 진동/소음저감기술
37	국제안전기준 부합화를 위한 샤시안전 통합 제어모듈 개발	인포뱅크(주)	시스템 통합기술
38	에너지 절감을 위한 자동차용 스마트윈도우 모듈 개발	(주)상보	차량 지능화 기술
39	운전자 상태 정보(3종 이상)와 주행환경 분석을 통한 Connectivity 기반의 개인 맞춤 지능형 통합 Cockpit 모듈 개발	(주)와이즈오토모티브	차량 지능화 기술
40	DLP 프로젝션타입의 차량용 멀티 디스플레이를 위한 5W/mK 급 방열 소재 적용 클러스터 및 모듈 기술 개발	코리아하이텍	기타 고분자 재료
41	구동력 및 주행 안정성 향상을 위한 1,300Nm급 전동유압 모듈화방식 AWD 시스템 및 제어기술 개발	(주)인팩	엔진 및 동력전달장치
42	미래수송기기 경량화를 위한 주조-전신재 겸용 강도연성지수 12GPa%급 친환경 Duplex 알루미늄 소재 개발	(주)코다코	주조/용접재료
43	자동차 연료펌프용 온도/압력 복합 검지 및 네트워크 통신기능을 제공하는 센서 모듈 개발	(주)오토산업	저공해 및 대체에너지 차량기술
44	1500MPa급 핫스탬핑 제품을 위한 금형가열과 충돌특성 향상을 위한 국부연화 제조기술 및 부품기술 개발	(주)새한산업	차체 및 경량화 기술
45	Bulk MEMS 디바이스 및 디지털 SoC 기술을 이용한 ESC 시스템용 압력센서 모듈 개발	대양전기공업(주)	Sensor용 소자
46	고강도 고전도도 Cu 합금선재 및 부품화 기술개발	주식회사경신전선	주조/용접재료
47	48V 전력기반 800W급 EPS 전동모듈부품 개발	우리산업(주)	전기 및 전자장치
48	경량화 40%와 슬립토크 50Nm 이상을 만족하는 고내구성 열가소성 복합소재 적용한 자동차 조향장치용 저소음 구동기어 부품 개발	(주)에나인더스트리천안지점	차체 및 경량화 기술
49	충격감쇠 및 피로도 저감을 위한 인체공학적으로 설계된 건설기계용 반능동 공기 현가장치시트 개발	이원컴포텍(주)	건설/광산기계
50	1.7GPa급 강판 다단 연속성형 및 고주파 유도가열을 적용한 초고강성 경량 차체부품 제조기술 개발	(주)명진테크	차체 및 경량화 기술
51	건설기계용 Electric Turbo Compounding System(E-TCS) 기술 개발	대동모벨시스템(주)	엔진 및 동력전달장치
52	자동차 도어트림 센터패널(center panel)용 케나프 50wt% 함유 케나프 / PP 복합소재 개발	호신섬유(주)	복합재료제조기술
53	티탄산칼륨을 이용한 자동차용 마찰재 및 플라스틱 보강재 제조기술 개발	(주)비앤비	분체 및 원료합성기술
54	LV148 규격 부합화를 위한 48V-12V 통합 에너지 팩 개발	(주)인팩 수원지점	엔진 및 동력전달장치

연번	과제명(한글)	수행기관	기술분야
55	PTC율 15배, 내구수명 5년의 면상발열체 개발	썬텍(주)	전기 및 전자장치
56	TPE Skin 일체형 발포 성형기술을 이용한 고감성 친환경 자동차 내장재 개발	주식회사동원테크	환경친화제품 제조기술
57	cycle time 17초급 알루미늄 및 스틸 초고장력 임팩트빔 제조시스템 개발	(주)지엔에스쏠리텍	차체 및 경량화 기술
58	Laser Spot 용접장치 국산화 개발 및 Laser Spot 용접을 적용한 1.0GPa급 고강도 차체부품 제조기술 개발	(주)새한산업	특수용접/접합기술
59	기존 Steel 대비 30% 경량화된 고온 내환경 성능(200℃)을 만족하는 300MPa급 알루미늄 적용 초고강성 경량 인텀 샤프트 Ass'y 개발	다인경금속	압출기술
60	타이어 제동력을 향상시킬 수 있는 High Grip용 신규 테르펜 수지 개발	(주)엠엔비그린어스	특수기능성 소재기술
61	Bs>1.7T이상의 고자속밀도와 50~100kHz 대역에서의 저손실 자성분말 제조 및 친환경 자동차(EV & PHV) 전력변환기용 리액터 부품 개발	동부전자소재주식회사	기능재료
62	Post Tier-4대응 100마력급 비도로용 디젤엔진 질소산화물 저감용 우레아 공급 시스템 개발	(주)테스크	농업기계
63	스마트 자동차용 감지범위 향상을 위한 압전소재 및 자기인식 초음파 센서 개발	(주)현보	전기 및 전자장치
64	승온속도 2분, 소비전력 50% 저감을 위한 나노탄소기반 전기차 시트용 유연필름 히터 개발	덕일산업(주)	기타 자동차/철도차량 관련기술
65	복합재 일체성형용 Sacrificial Tooling 소재 개발 및 이를 이용한 수송기기용 복합재 일체성형 연료탱크 개발	(주)하이엠시	접착제/실란트
66	승용차에 탑재 되는 디스플레이를 위한 커버글래스용 곡률반경 R=500~750mm, 양면곡면(R=30mm,높이50mm)의 곡면글래스 제조장비에 사용되는 부품 및 소재개발	코세스주식회사	3D
67	중국시장 NEV용 6kwh급 Hybrid 전지시스템의 기술개발사업	(주)제이에스영테크	저공해 및 대체에너지 차량기술
68	전동차 배터리팩용 하이브리드 DCDC 컨버터 및 통합 시스템 현차 실증 시스템 기술개발	(주)브이씨텍	철도차량 추진/제어기술
69	전동차 하이브리드 배터리팩용 장수명 이차전지 및 커패시터 기술개발	신흥에스이씨주식회사	건물 통합제어/운용 시스템 관련기술
70	전동차용 하이브리드 배터리팩 및 관리시스템 기술개발	(주)미섬시스텍	저공해 및 대체에너지 차량기술
71	철도차량 주행용 1500Vdc 메가와트급 급속충전 하이브리드 배터리팩 개발	(주)브이씨텍	철도차량 추진/제어기술
72	전력기반자동차 전기구동모터용 중희토 완전배제 영구자석소재 및 회전자 기술개발	성림첨단산업(주)	재료공정기술
73	탄소계 소재를 적용한 경량화와 전자파 차폐 45dB 이상의 성능을 갖는 자동차용 케이블 개발	삼원전선(주)	차체 및 경량화 기술

<표 IX-43> 본 사업 개발분야 유사/중복 과제 현황

연번	세부과제	개발분야	소재부품기술개발사업 유사과제
1	고속철도용 댐퍼 개발	댐퍼 (현가장치)	유사/중복 해당 없음
2	고속철도용 공기스프링 개발	공기스프링	유사/중복 해당 없음
3	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발	판토그래프	유사/중복 해당 없음
4	고속철도용 전두부 해치시스템 개발	해치시스템	유사/중복 해당 없음
5	고속철도용 냉각팬 시스템 개발	냉각팬시스템	[34]초경량 일체형 CFRP 프로펠러 샤프트용 3차원 프리폼 소재 개발
6	고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발	제동디스크 및 제동패드	유사/중복 해당 없음
7	고속철도용 모듈형 주회로 차단시스템 개발	주회로 차단시스템	유사/중복 해당 없음
8	고속철도용 공조시스템 개발	공조시스템	유사/중복 해당 없음
9	도시철도용 모듈형 출입문 표준화 개발	출입문 (개폐시스템)	유사/중복 해당 없음
10	도시철도용 모듈형 보조전원장치 개발	보조전원장치	유사/중복 해당 없음
11	저상트램용 관절장치 개발	관절장치	유사/중복 해당 없음
12	희토류 저감형 영구자석 동기전동기 (고속철도용추진제어시스템경량·효율화)	동기전동기	[24]80kw급 전기자동차 구동시스템용 희토류 저감형 고효율 자성소재 개발
13	마그네틱 기어드 방식 동력전달시스템 (도시철도용동력전달시스템경량·효율화)	동력전달시스템	유사/중복 해당 없음
14	ESS일체형추진제어시스템 (도시철도용추진제어시스템경량·효율화)	ESS추진제어시스템	[69]전동차용 하이브리드 배터리팩 및 관리시스템 기술개발 [70]전동차 하이브리드 배터리팩용 장수명 이차전지 및 커패시터 기술개발 [71]철도차량 주행용 1500Vdc 메가와트급 급속충전 하이브리드 배터리팩 개발
15	컨버터 일체형 반도체변압기 (고속철도용전력변환장치경량·효율화)	변압기	[68]전동차 배터리팩용 하이브리드 DCDC 컨버터 및 통합 시스템 현차 실증 시스템 기술개발
16	외장코어형 컴팩트 주변압기 (도시철도용전력변환장치경량·효율화)	변압기	유사/중복 해당 없음
17	개방형 네트워크 프로토콜 기반 통합제어플랫폼 (도시철도용전장제어기기상호호환성확보기술)	통합제어플랫폼	유사/중복 해당 없음
18	자동연결·분리시스템 (물류차입환자동화기술개발)	자동연결·분리시스템	유사/중복 해당 없음

유사/중복 과제 사양비교

5	고속철도용 냉각팬 시스템 개발	냉각팬시스템	[34]초경량 일체형 CFRP 프로펠러 샤프트용 3차원 프리폼 소재 개발

본사업 연구과제명	[5]고속철도용 냉각팬 시스템 개발
연구개발 목표	□ 고속철도용 냉각팬 시스템 개발
주요 개발내용 (성능사양)	- (풍량) 600L/s±4% - (내환경성능) -35~85℃ / 습도 0~95% / 진동 및 충격 1종 B Class - (소음성능) ≤98dB(A) @1m - (밸런싱) 편심량 ≤ 0.4g - (전동기) 전류 ≤25A/ 역율 ≥90%/ 효율≥92%/ 진동2.8㎜/s이하/ 소음 최대 80dB이하

소재부품기술 연구과제명	[34]초경량 일체형 CFRP 프로펠러 샤프트용 3차원 프리폼 소재 개발(2013~ 2016)
연구개발 목표	□ 3차원 프리폼을 이용한 프로펠러 샤프트용 튜브 복합재 제조 기술 확립, 유니버설 조인트 복합재 기초 성형기술 개발 □ 초경량 일체형 프로펠러 샤프트 1차 시제품 제작 프로펠러 샤프트 NVH 저감 프로세스 개발 □ CFRP 적용 프로펠러 샤프트 내구 해석 및 최적 설계 1차 시제품 성능 및 내구/내환경 평가
주요 개발내용 (성능사양)	- 3차원 튜브 프리폼을 이용한 프로펠러 샤프트용 튜브 복합재 제조 * Air Bladder 이용 프로펠러 샤프트용 튜브 복합재 최적 성형 * 복합재 시편 성형 및 물성(굽힘강도, 충격강도, 인장강도, 전단강도), 튜브 요크 복합재 성형 - CV 조인트 연결부 설계 및 초경량 일체형 프로펠러 샤프트 NVH 저감 프로세스 개발 * 토오크 변동 진동 평가 * 단면 비강성 설계를 통한 최적 진동 저감 - 경량 CFRP 소재 수지 가공·섬유 수지간 계면 최적화 * 외/속기포, 백화현상에 대한 대응 * 수지 함침성 향상

☞ 소재부품기술개발 지원과제는 프로펠러 샤프트용 복합재 프리폼 소재개발에 국한된 과제로 철도차량용 송풍팬의 경량화 및 냉각성능 향상을 목표로 하는 본 사업 과제와는 상이함

12	희토류 저감형 영구자석 동기전동기 (고속철도용추진제어시스템경량효율화)	동기전동기	[24]80kw급 전기자동차 구동시스템용 희토류 저감형 고효율 자성소재 개발

본사업 연구과제명	[12]희토류 저감형 영구자석 동기전동기 (고속철도용 추진제어시스템 경량 · 효율화)
연구개발 목표	□ 고속철도용 추진제어시스템 경량 · 효율화 희토류 저감형 영구자석 동기전동기 및 인버터 개발
주요 개발내용 (성능사양)	– (출력용량) 전동기 450kW 이상 / 인버터 500kW 이상 – (출력성능) 토크 2,100Nm 이하, 회전수 5,000rpm 이하 – (효율) 전동기 96% 이상 / 인버터 95% 이상 – (출력밀도) 0.9 kW/kg 이상 – (제어정밀도) 98% 이상 – (소음성능) 최대 RPM 105dB(A) @1m

소재부품기술 연구과제명	[24]80kw급 전기자동차 구동시스템용 희토류 저감형 고효율 자성소재 개발(2012~ 2019)
연구개발 목표	□ 친환경 자동차 구동모터용 희토류 저감형 고보자력 소결자석 개발 □ 계면제어에 의한 극미세입자 이방성 자성분말 및 본드자석 개발 □ 고자속밀도/저손실 연자성 분말소재 및 코어 제조 기술 개발
주요 개발내용 (성능사양)	– 고보자력 소결자석 * 보자력 (iHc) : ≥25 kOe * 최대자기에너지적 ((BH)max) : ≥ 40 MGOe * 중희토류 (Dy) 함량 : ≤ 4 wt% – 극미세입자 이방성 자성분말 및 본드자석 * 본드자석 분말 : 잔류자속밀도(Br) ≥12.7 kG * 보자력(iHc) ≥17 kOe – 연자성 분말소재 및 코어 제조 * 저주파 포화자속밀도(@10kA/m) (Bs) : ≥1.7 T * 저주파 철손(@400Hz, 1T) : ≤ 30 W/kg * 고주파 포화자속밀도(@5kA/m) : ≥1.65 T * 고주파 철손(@10kHz, 0.1T) : ≤ 7 W/kg

☞ 소재부품기술개발 지원과제는 전기자동차용 희토류 저감형 소결 자석을 개발하는 과제로 본 사업의 영구자석식 동기전동기 개발과는 차이가 있음

14	ESS일체형추진제어시스템 (도시철도용추진제어시스템경량·효율화)	ESS추진제어시스템	[69]전동차용 하이브리드 배터리팩 및 관리시스템 기술개발 [70]전동차 하이브리드 배터리팩용 장수명 이차전지 및 커패시터 기술개발 [71]철도차량 주행용 1500Vdc 메가와트급 급속충전 하이브리드 배터리팩 개발

본사업 연구과제명	[14]ESS일체형추진제어시스템 (도시철도용추진제어시스템경량·효율화)
연구개발 목표	□ 도시철도용 추진제어시스템 경량 · 효율화 ESS 일체형 추진제어시스템 개발
주요 개발내용 (성능사양)	※ 전력변환장치 개발 주요 사양 – (효율성능) 컨버터 95% 이상 / 인버터부 97% 이상 – (출력성능) 컨버터 DC 1,800V, 1,350KW이상 / 인버터 DC 1,370V, 1,520KW이상 – (소음성능) 70dB(A) 이하 @1m ※ ESS 개발 주요 사양 – (용량) 입력전압 DC 1,500V~1,900V / 충전시간 1분 이하 / 에너지 35MJ 이상 – (적합성) 서지: 레벨3 B등급 / 전자파방사: 레벨3 A / 과도버스트: 레벨4 A – (내환경성능) –40 ~ 85℃ / 습도 0 ~ 95% / 내진동 1종 B class

소재부품기술 연구과제명	[69]전동차용 하이브리드 배터리팩 및 관리시스템 기술개발(2018~ 2022)
연구개발 목표	□ 전동차용 배터리팩 핵심 요소기술 분석 및 배터리관리시스템 설계 정의 □ 철도 환경에 적합한 IoT 디바이스, Gateway, 서버 플랫폼 기능 정의 □ 재료, 구조별 방열 성능 개선 시뮬레이션·방열설계 □ 모듈단위 배터리 및 슈퍼캐패시터 모의시험을 위한 평가 시스템 구축
주요 개발내용 (성능사양)	– 배터리패키지 요소 기술 분석 * 기존 배터리 발주, 성능 사양, 규격서 및 시방서 조사 * Master-Slave 요구사항 및 호환성 분석 – 배터리 충방전 전력 및 충방전 시간 OCV Table 분석 ·배터리 충방전 특성 분석 및 모델링, 파라메터 추출 * 전동차 전력 패턴 프로파일 분석 및 시뮬레이션 – 전기차량용 배터리시스템 기초 설계 및 시험 샘플 제작 * 슈퍼캐패시터, LiB 센싱 보드 및 BMS 마스터 보드 설계 – BMS 소프트웨어 기초 설계 및 프로그래밍 ·기본 펌웨어 선정 및 시스템 포팅 ·온도검출, 전류/전압 검출 프로그램 – 배터리팩 아키텍쳐 설계 * 하이브리드 배터리패킹, 셀 스트링 및 모듈 구조 연구 * 배터리 셀과 BMS 보드의 장착 시뮬레이션을 통해 운용 효율성 설계

소재부품기술 연구과제명	[70]전동차 하이브리드 배터리팩용 장수명 이차전지 및 커패시터 기술개발(2018~2022)
연구개발 목표	□ 이차전지 및 전기화학 커패시터 요소기술 개발 □ 전동차 운행 환경에 맞는 배터리팩 분석 및 CMA, 모듈 설계 □ 전동차 운행 환경에 맞는 배터리모듈에 적용할 버스바 개발 및 용접 조건 연구
주요 개발내용 (성능사양)	– 음극용 산화물계 * Insertion type 합성 Li4Ti5O12 (LTO) 제조 방전비용량: 160 mAh/g * 1C, 25 °C 방전율특성: 110 mAh/g * 30C, 25 °C – 이차전지 셀/ 모듈/ 팩 관련 기술 * 2.7V 55F 개발 – 슈퍼캡 구조설계 개발 * 2.7V 3,200F 개발

소재부품기술 연구과제명	[71]철도차량 주행용 1500Vdc 메가와트급 급속충전 하이브리드 배터리팩 개발 (2018~ 2022)
연구개발 목표	□ 전동차 운행환경에 맞는 하이브리드 DC-DC 컨버터 요소 기술 도출 □ 철도차량 주행용 1500Vdc 메가와트급 급속충전 하이브리드 배터리팩 개발
주요 개발내용 (성능사양)	– 운영 시나리오 검토를 통한 이차전지 및 캐패시터의 용량을 확정하여 시스템 용량 정의 – 운영시나리오에 입각한 DC-DC 컨버터 핵심 기술 확보 – 1500Vdc MW급 급속충전 하이브리드 배터리팩

☞ 소재부품기술개발 지원과제는 전동차용 BMS, 배터리 소재, 배터리 팩 등 패키지 개발에 해당되며 동 사업 과제는 ESS 장치와 추진제어 시스템을 일체형으로 개발하는 과제로 차이가 있음

15	컨버터 일체형 반도체변압기 (고속철도용전력변환장치경량·효율화)	변압기	[68]전동차 배터리팩용 하이브리드 DCDC 컨버터 및 통합 시스템 현차 실증 시스템 기술개발

본사업 연구과제명	[70]컨버터 일체형 반도체변압기 (고속철도용 전력변환장치 경량 · 효율화)
연구개발 목표	□ 고속철도용 전력변환장치 경량 · 효율화 컨버터 일체형 반도체변압기 개발
주요 개발내용 (성능사양)	- (유밀성능) 0.7kg/㎠, 24시간 - (온도성능) 권선: 80℃ 이하 / 냉각유: 60℃ 이하 - (오일펌프 누성성능) 7bar, 10시간 - (용량성능) 출력 410kW 이상 / 보조전원전력 1MW 이상 / 컨버터 AC 1,400V 이상 전류 920A 이상 - (효율) 주변압기 97.5% 이상 / 컨버터 97.5% 이상 / 시스템 95% 이상 - (소음성능) 주변압기 팬정지 65dB(A) 이하 / 팬가동 85dB(A) 이하 / 냉각팬 90dB(A) 이하 - (내환경성능) 온도-40 ~ 70℃ / 습도 0~95% / 내진동 2종 B class

소재부품기술 연구과제명	[68]전동차 배터리팩용 하이브리드 DC/DC 컨버터 및 통합 시스템 현차 실증 시스템 기술개발(2018~ 2022)
연구개발 목표	□ DC-DC 컨버터 용량 산정 및 구성 요소 설계(제어기 및 PCB류) 부품 선정 □ 이차전지와 전기화학 커패시터 인터페이스 방안 연구 □ 고효율 DC-DC 컨버터 토폴로지 및 제어알고리즘 모의해석 기반 해석 및 검증
주요 개발내용 (성능사양)	- 단일 모듈 DC-DC 컨버터 용량 선정 및 단일 모듈 병렬 구성 방안 검토 * 구체적인 사양 연구중 - 구성 요소 회로도 작성 및 부품선정(제어기, Gate Drive Unit) - 이차전지와 전기화학 커패시터 인터페이스 방안 연구 * 통신 인터페이스, 이차전지와 전기화학 커패시터 통신 프로토콜 정의 - 제어알고리즘, 하이브리드 저장매체 시스템 용량 산정 - 하이브리드 DC-DC 컨버터 병렬운전 알고리즘 연구 * 병렬운전 시스템 모의 해석 - 하이브리드 에너지원 기반 고효율 DC-DC 컨버터용 토폴로지 개발 연구 * 고효율 DC-DC 컨버터 토폴로지 및 제어알고리즘 모의해석 기반 해석 및 검증

☞ 전동차용 DC/DC 컨버터 개발 과제로 본 사업에서는 동력분산식 고속철도용 AC/DC 컨버터를 변압기와 일체형으로 개발함이 차별화됨

나. 기존 과제와의 중복성 검토 결과

1) (1-1) 고속철도용 댐퍼 개발

- 산업통상자원부에서 2010~2015년에 추진한 3개 과제와 국토교통부에서 2014~2018년에 추진한 1개과제가 유사과제로 검색됨

  - 저온 및 고온 환경조건을 고려하여 누유를 방지할 수 있는 오일씰 및 씰링부, 부싱 설계 등 성능검증을 위한 현차시험을 포함하여 4계절 실제 운행이 가능한 동력분산식 고속철도용 댐퍼를 개발하는 측면에서 기존 기술과의 차별성 존재

2) (1-2) 고속철도용 공기스프링 개발

- 산업통상자원부에서 2001~2003년에 추진한 1개 과제와 과학기술정보통신부에서 2006~2009년에 추진한 1개과제가 유사과제로 검색됨

  - 본 연구개발 과제에서는 동력분산식 고속철도차량 250km/h급 공기스프링 설계/해석 기술 확보 및 시제품 제작 측면에서 기존 연구과제와의 중복성 없음

3) (1-3) 고속철도용 반능동형 판토그래프 개발

- 과학기술정보통신부에서 2006~2019년까지 추진하는 5개 과제와 산업통상자원부에서 2009~2011년에 추진한 1개 과제, 국토교통부에서 2012~2015년에 추진한 1개과제가 유사과제로 검색됨

  - 본 연구개발 과제에서는 동력분산식 고속철도차량의 반능동형 제어기술을 적용하여 중련 운행 시 선행 차량과 후행 차량의 압상력을 개별적으로 제어함으로써 후행 차량의 가선 파동 영향에도 집전 성능을 확보할 수 있도록 개발하고자 하는 연구로 중복성은 없음

4) (1-4) 고속철도용 전두부 해치시스템 개발

- 국토교통부에서 2003~2017년 까지 추진하는 3개 과제가 유사과제로 검색됨

  - 본 과제에서는 동력분산식 고속철도차량 전두부 해치시스템 개발을 목표로 함에 따라 기존 연구와 기술적 차별성 존재

5) (1-5) 고속철도용 냉각팬 시스템 개발

- 과학기술정보통신부에서 2017~2018년까지 추진하는 1개 과제와 국토교통부에서 2002~2016년에 추진한 2개과제가 유사과제로 검색됨

  - 본 과제에서는 저소음 초경량 부품개발을 목표로 카본섬유를 적용한 냉각팬 및 송풍 전동기 개발 과제로 기존 연구와 중복성 없음

6) (1-6) 고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발

- 과학기술정보통신부에서 2013~2018년까지 추진하는 3개 과제와 산업통상자원부에서 2015~2017년에 추진한 1개 과제, 중소벤처기업부에서 2013~2015년에 추진한 1개 과제, 국토교통부가 2012~2016년 까지 추진한 2개 과제가 유사과제로 검색됨

  - 본 과제에서 개발하고자 하는 동력분산식 제동디스크 및 패드 국산화 개발은 성능 및 적용분야에 있어 국내 선행연구가 없어 기존 연구와 기술적 차별성 존재

7) (1-7) 고속철도용 모듈형 주회로 차단시스템 개발

- 과학기술정보통신부에서 2017년에 추진한 1개 과제와 국토교통부에서 2012~2014년에 추진한 1개과제가 유사과제로 검색됨

  - 기존의 연구와는 기술적 차별성이 존재하며, 국내에서 연구개발과제로 진행된 이력이 없어 중복성은 없음

8) (1-8) 고속철도용 공조시스템 개발

- 과학기술정보통신부에서 2009~2014년에 추진한 1개 과제와 중소벤처기업부에서 2005~2013년에 추진한 3개과제, 국토교통부에서 2003~2008년에 추진한 1개 과제가 유사과제로 검색됨

  - 기존 선행 연구는 철도차량용 냉방장치의 냉매의 대체 사용을 위한 연구가 시행된 사례가 있었으나, 단순하게 냉매를 교환하여 냉방장치의 효율과 성능만을 연구함에 따라 동력분산식 공조시스템 개발과는 차별성 존재

9) (1-9) 도시철도용 모듈형 출입문 표준화 개발

- 국토교통부에서 2009~2019년까지 추진하는 4개 과제가 유사과제로 검색됨

  - 본 과제에서는 도시철도용 출입문 표준화 모듈 개발로 기존 선행연구인 고속철도 차량용 승강문 개발 연구 사례와는 차별성 존재

10) (1-10) 도시철도용 모듈형 보조전원장치 개발

- 과학기술정보통신부에서 2016~2017년에 추진한 1개 과제와 산업통상자원부에서 2015~2018년에 추진한 1개 과제, 중소벤처기업부에서 2011~2013년에 추진한 1개 과제, 국토교통부에서 2012~2019년까지 추진하는 3개과제가 유사과제로 검색됨

  - 기존 연구는 전동차용 보조전원장치의 소량/경량화 개발로 컨버터의 중량을 경량화 하였으나 본 연구개발에서 모듈형 전력스택 개발을 통한 도시철도차량용 보조전원장치를 개발하는 점에 있어 차별성 존재

11) (1-11) 저상트램용 관절장치 개발

- 중소벤처기업부에서 2009~2011년에 추진한 1개 과제가 유사과제로 검색됨

  - 국내에서 연구개발과제로 진행된 이력이 없음

12) (2-1) 희토류 저감형 영구자석 동기전동기(고속철도용 추진제어시스템 경량·효율화)

- 과학기술정보통신부에서 2013~2019년까지 추진하는 3개와 산업통상자원부에서 2009~2011년에 추진한 1개 과제, 중소벤처기업부에서 2015년에 추진한 1개과제, 국토교통부에서 2018~2021년까지 추진하는 1개과제가 유사과제로 검색됨

  - 기존 연구의 경우, 차세대 동기전동기 개발을 위한 기초 연구에만 국한되어 본 과제인 희토류 저감형 동기전동기 기술개발는 중복성 없음

13) (2-2) 마그네틱 기어드 방식 동력전달시스템(도시철도용 동력전달시스템 경량·효율화)

- 과학기술정보통신부에서 2016~2019년까지 추진하는 1개 과제와 국토교통부에서 2015~2016년에 추진한 1개과제가 유사과제로 검색됨

  - 본 과제에서는 철도차량 분야에 기계적 감속기와 견인전동기로 구성된 구동장치를 마그네틱 기어로 대체할 수 있는 기술개발로 기존 연구와의 차별성 존재

14) (2-3) ESS 일체형 추진제어시스템(도시철도용 추진제어시스템 경량·효율화)

- 과학기술정보통신부에서 2015~2017년에 추진한 1개 과제와 중소벤처기업부에서 2015~2017년에 추진한 1개과제, 산업통상자원부에서 2015~2020년까지 추진하는 1개과제가 유사과제로 검색됨

- 본 연구개발 과제에서는 이미 국외에 상용 중인 에너지 저장 시스템에 대비하여 철도차량 품 분야 적용 과제로써, 기존 과제와 차별성 존재

15) (2-4) 컨버터 일체형 반도체변압기(고속철도용 전력변환장치 경량·효율화)

- 과학기술정보통신부에서 2010~2018년까지 추진하는 3개 과제와 국토교통부에서 2015~2021년 까지 추진하는 2개과제가 유사과제로 검색됨

- 본 연구개발 과제는 전력반도체 소자를 활용하여 철도차량의 전력회로에 적용하기 위한 6MVA급의 컨버터 일체형 반도체 변압기를 개발하고자 하는 연구로 기본과제와의 중복성 없음

16) (2-5) 외장코어형 컴팩트 주변압기(도시철도용 전력변환장치 경량·효율화)

- 과학기술정보통신부에서 2013~2018년까지 추진하는 2개와 국토교통부에서 2002~2017년에 추진한 3개과제가 유사과제로 검색됨

- 본 연구개발 과제는 외장코어형 자연냉각방식 변압기를 개발하고자 하는 연구로 기존의 연구와는 기술의 차별성이 있으며, 국내에서 연구개발과제로 진행된 이력이 없어 중복성은 없음

17) (2-6) 개방형 네트워크 프로토콜 기반 통합제어플랫폼(도시철도용 전장제어기기 상호호환성 확보 기술)

- 과학기술정보통신부에서 2016~2018년에 추진한 1개 과제와 국토교통부에서 2010~2017년에 추진한 2개과제가 유사과제로 검색됨

- 본 연구개발 과제는 철도차량 전장품간의 상호호환성을 위한 제어기(하드웨어, 소프트웨어)플랫폼 및 개방형 프로토콜 개발로 기존 연구와의 차별성 존재

18) (2-7) 자동 연결·분리 시스템(물류차 입환 자동화 기술 개발)

- 중소벤처기업부에서 2015~2017년에 추진한 1개 과제와 국토교통부에서 2015~2017년에 추진한 1개과제가 유사과제로 검색됨

- 기존 국내에서의 선행 연구는 열차 운행을 위한 속도 및 진로를 제어하는 기술로 입환 자동화 기술개발과는 차별성 존재

제3절 경제적 타당성

1. 분석개요

1.1 비용편익분석의 개요

가. 비용편익 분석의 개념

■ **경제성 분석은 해당 사업의 추진에 의해 국민경제 전체에서 발생이 예상되는 편익과 비용을 추정하고 이를 이용해 비용편익분석(Cost-benefit Analysis)을 이용하여 사업의 타당성을 판단**

- 비용편익분석에서 이용되는 기준으로는 순현재가치(NPV, Net Present Value)/기대순현재가치(ENPV, Expected NPV), 편익-비용 비율(B/C ratio) 등 다양한 방법이 있는데 본 분석에서는 비용-편익 비율(B/C ratio)을 이용

- 편익-비용 비율은 편익의 현재가치의 합을 비용의 현재가치의 합으로 나눈 것으로 다음과 같이 나타낼 수 있음

$$\frac{B}{C}=\sum_{t=0}^{T}\frac{B_t}{(1+r)^t}/\sum_{t=0}^{T}\frac{C_t}{(1+r)^t}$$

  - 사업의 비용, 편익은 장시간에 걸쳐 투입되거나 발생하기 때문에 할인율을 적용하여 이를 특정기간(일반적으로 현재연도)에 발생하는 것으로 환산하여 비교하게 되는데 이를 현재가치화라고 함

  - 편익/비용 비율(B/C ratio)은 개별 대안사업별로 편익의 현재가치를 비용의 현재가치로 나눈 값이 1 이상이면 경제성이 있다고 판단

- 편익/비용 비율은 특정 항목을 편익 또는 비용으로 처리하는가에 따라 값이 달라지는 단점이 있으나, 일반적인 투자심사 기준으로 사용

나. 분석항목

■ **경제적 타당성 분석의 기본 항목으로는 총 사업비, 총비용, 편익 등으로 구분할 수 있으며, 객관화된 데이터를 기반으로 추정되어야함**

- 비용은 사업기간 내 발생하는 총 사업비에 사업완료 후 발생하는 유지관리 비용, 장비 재투자비 등을 모두 더한 후 장비 및 건물의 잔존가치를 제외하여 산정함

- 편익은 해당 세부기술개발과제로 인해 실질적으로 혜택을 받게 되는 수요(기업, 대국민 등)를 추정하여 편익을 추정함

- 분석된 비용과 편익을 현재가치화 시켜 B/C값을 분석하고 B/C값이 1 이상일 경우 사업성이 있는 것으로 판단

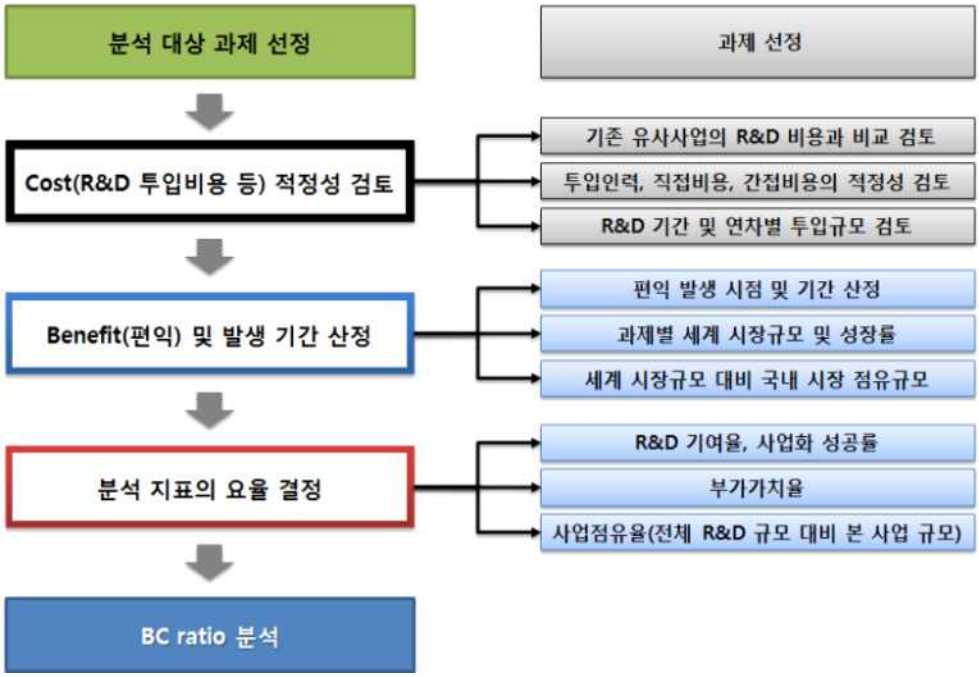
중항목	소항목		주요 검토 내용
비용 추정	연구개발	연구활동지원	• 과제규모, 연구수행주체(수, 질), 기술성숙도(기술수명주기), 연구기간, 연구개발단계, 과제특성(직접비/간접비 비중) 등
		체계개발(HW,SW)	• 용도, 사양, 중량, 복잡도, 기술적 난이도, 기존 수행경험, 기능점수 등
	연구시설·장비 구입 및 유지비	연구시설	• 용도, 면적(인원, 시설장비규모), 지형, 지질학적특성, 입지, 재료, 층수, 개조관련사항, 허가사항, 환경영향, 공공수용성, 내부체계 등
		연구장비	• 용도, 사양, 개수, 발주처(비교견적서) 등
	연구관리		• 관리인력(수, 질), 과제(평가·관리방법, 과제규모), 등
편익 추정 ※ 시장수요접근법 1) 가장 많이 적용	수요 추정		• 해당 연구개발을 통해 실질적으로 혜택을 받을 수요를 추정
	편익 산정		• 對 국민 경제적 편익, 연구개발 편익, 과학기술 및 산업적 응용 편익 등을 고려 - 연구개발 편익 : 핵심 기술 및 노하우, 경험 확보->무형적 편익 - 편익 범위 명확화 및 기준선 설정 필요 - 직접 편익과 간접 편익 고려
경제성 분석	B/C 분석		• 현재가로 환산한 비용 대비 편익의 비율이 1.0 이상이면 경제성이 있다고 판단 • 시나리오 별로 BC 분석
	E/C 분석		• 편익을 화폐가치로 환산할 수 없는 경우 비용효과분석 적용 • 비용대비 효과 값이 비교대상 사업에 비해 클 경우 사업 시행이 적절함
	사회적 할인율 설정		• 미래의 비용과 편익을 현재가치로 환산하는 데 사용하는 할인율 • 적정 사회적 할인율 5.5% 적용
	민감도 분석		• 투입 요소 변동에 따른 순현재가치의 변화 정도를 분석하기 위해 민감도 분석을 실시(할인율 ±2%, 비용/편익 ±20%) - 민감도가 클수록 위험한 사업으로 인식

<그림 IX-16> 주요 검토 항목

구 분	주요항목	세부 내용
편익 (Benefit)	직접 편익	• 기술개발에 따른 관련 제품의 국내외 추가 시장 창출 규모 • 관련 기업 추가 매출액 • 조건부가치측정법(CVM)에 따라 WTP(지불의사)의 측정값 - 신규 제품 혹은 서비스에 대한 추가 지불금액 의향 • 기존 시설구축비 및 임대료 등을 대체/개선함에 따른 비용 절감액 • 인명피해/재해복구 등의 사회적 비용 감소 편익, 정보제공에 따른 사회적 편익증가 • 연구기반으로 인한 비용저감효과
	간접 편익	• 타 산업으로의 경제적 파급효과 - 생산유발효과, 고용유발효과, 부가가치유발효과 등
비용 (Cost)	연구개발비	• 기술개발에 소요되는 인건비, 직/간접비, 위탁연구비 등을 포함한 전체 연구비 - 인건비 : 내부 인원 투입 부분 산정 - 직접비 : 국내외 업체 외주비, 연구장비/재료 구입비, 기타 등 - 간접비 : 해당 출연연의 간접비(교과부, 국가연구개발사업 간접비 계상기준 참고)
	시설구축비	• 단지조성, 센터 구축 등 시설구축비(설계비, 감리비, 측량비 등을 포함한 전체 공사비)
	운영 및 유지보수비	• 편익을 발생시키기 위해 지속적으로 운영/유지보수가 필요한 경우에는 편익이 발생하는 기간 동안 운영비를 산정해야 함

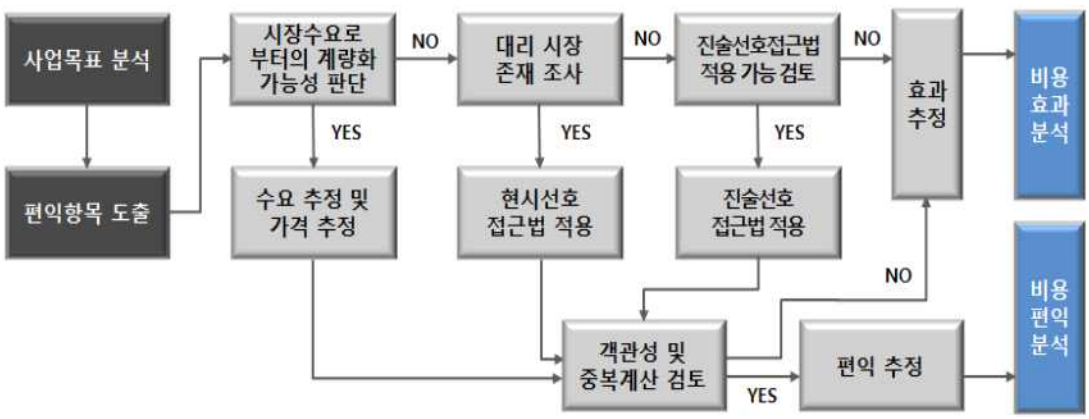
<그림 IX-17> 세부 편익 및 비용 항목

1.2 비용편익분석 프로세스



<그림 IX-18> 경제성분석 프로세스

- 분석대상 사업은 철도차량부품 연구개발 사업목표와 부합되는 예상성과로부터 기대되는 직접적인 경제적 편익을 분석하여 사업 전반적인 타당성 여부를 판단함
- 먼저, 동 사업 수행을 위해 소요되는 총 사업비 및 사업기간 이후 발생되는 비용을 추정하여 기본 비용으로 산정함
- 다음으로, 편익발생시점과 편익발생기간 등을 설정한 후, 편익유형 및 추정방법을 결정함
- 최종적으로 편익산정을 위한 분석 지표 설정 후 경제성 분석을 실시함



<그림 IX-19> 경제적 타당성 분석 과정 개략도

철도차량부품 연구개발사업은 총 2개의 중점분야에 18개의 세부기술 분야로 구성되어 있으며, 세부기술 분야 및 구성기술의 예상성과로부터 기대되는 경제적 효과(직접 매출효과)를 세분화함

- 동 사업의 편익분석 항목의 직접 매출 창출로 시장수요접근법을 적용
  - (직접 매출 창출 효과) 기술 개발 이후, 사업화 성공을 통하여 직접적으로 발생하는 매출 효과를 산정

2. 비용편익분석 전제조건

분석대상 기간

- 분석 대상기간은 사업이 추진되는 초기 연도인 2020년을 시작으로 편익이 발생하는 최종 년도까지 설정함
  - 경제성 분석기간은 사업 유형에 따라 각기 다른 기준을 적용함
  - 국가연구개발사업은 기술분야에 따라 발전속도가 다른 특성을 고려하여 기술의 특허 분석을 통해 산출되는 기술수명주기를 편익 회임기간 이후부터 적용함
  - 편익발생기간은 KISTEP 예타지침의 응용·개발단계의 연구개발사업 회임기간 3년과 특허데이터 분석에 기반한 기술수명주기 13년을 적용하여 설정함
  - 즉, 사업 종료(2025년) 3년 이후(2028년) 최초 편익이 발생하며, 기술수명주기 13년 동안(~2040년) 경제적 가치가 있는 것으로 가정함

사회적 할인율

- 본 사업의 비용편익 분석을 위한 사회적 할인율은 기획재정부의 「예비타당성 조사 수행 총괄지침」에 따라 4.5%를 적용하여 추정

민감도 분석

- 경제성 분석 시 내재된 불확실성에 대처하기 위해 경제성에 영향을 미칠 수 있는 사업비, 운영비, 교통수요, 할인율 등의 주요 변수가 일정량만큼 변화되었을 때 경제성이 어떻게 변화하는지를 파악하기 위하여 민감도 분석을 시행하여야 함

편익항목

- 동 사업의 편익추정은 세부기술 분야 및 구성기술별 연구목표와 내용 등의 특성을 고려한 직접매출효과로 설정하였으며, 분석방법은 시장수요 접근법을 적용함

<표 IX-44> R&D사업 편익 추정방법 분류

대분류	세부분류	비고
가치창출	시장수요접근법	미래 시장 또는 수요에 의해 발생하는 부가가치 중 해당 R&D에 따른 비용을 적용
	로열티수입접근법	로열티로 인하여 발생하는 편익계산
비용감소	생산비용접근법	생산(내수, 수출)과 관련된 모든 과정에 투입되는 비용의 절감액 추정
	피해비용접근법	R&D에 따른 효과로 사회적 피해비용 절감액 추정

3. B/C분석 결과

3.1 총 비용 추정

연구개발사업 연차별 투자계획

- 철도차량부품 연구개발사업에 대한 총 비용은 사업 초기연도인 2020년부터 편익이 발생하는 2028년까지 투입되는 총 비용을 고려하여 산정

  - 2대 중점분야 18개 세부기술과 총괄과제, 사업단 운영비에 대한 상세 사업비용은 총 1,846.41억원이며, 연도별 투자계획은 다음과 같음

<표 IX-45> 과제별 투입 비용

(단위: 억 원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	총합
사업단운영	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	30.00
총괄과제	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	39.60
1-1	-	8.00	20.00	16.00	16.00	-	60.00
1-2	-	9.34	13.34	13.34	10.67	-	46.69
1-3	-	12.00	18.70	24.00	12.00	-	66.70

(단위: 억 원)

1-4	-	0.00	15.60	23.60	21.30	-	60.50
1-5	-	8.70	16.00	11.20	4.10	-	40.00
1-6	11.67	11.67	14.34	11.67	18.34	-	67.69
1-7	8.21	11.91	18.03	13.71	8.16	-	60.02
1-8	10.70	13.30	16.00	16.00	10.70	-	66.70
1-9	-	-	8.14	24.27	12.54	-	44.95
1-10	-	10.80	20.00	13.20	12.00	-	56.00
1-11	-	16.00	18.55	16.00	16.00	-	66.55
2-1	-	20.00	34.67	50.32	31.36	24.00	160.35
2-2	-	12.00	16.00	16.00	20.00	24.00	88.00
2-3	-	-	10.80	18.40	24.30	13.20	66.70
2-4	-	19.80	40.90	46.50	46.50	31.90	185.60
2-5	-	-	12.00	17.34	26.67	17.34	73.35
2-6	-	39.17	99.60	107.66	77.12	56.46	380.01
2-7	-	13.00	47.00	47.00	47.00	33.00	187.00
합계	42.18	217.29	451.27	497.81	426.36	211.5	1,846.41

- 연구비용의 산정은 수요조사서를 바탕으로 기술검토위원회에서 세부 기술내용 등의 조사를 통해 적정한 과제 선정과 예산을 산정하는 상향식 접근방법 활용

- 경제성 분석을 위한 총 비용은 1,846억 원이며, 이를 현재가치로 산정할 경우 1,626.8억 원으로 산출

< 한국과학기술기획평가원 예비타당성 검토결과 >

(연구장비 구축비용 추정) 과제별로 필요로 하는 시설/장비(S/W 포함)의 구축 내용과 비용에 대한 적절성을 '국가시설장치구축센터(NFEC)'에 의뢰하여 검토한 결과, 총 20개 신청 장비에 대하여 도입/구입이 타당한 것으로 인정을 받았으나, 일부 과제에서 과잉 계상된 부분이 발견됨에 따라 이를 조정하여 비용에서 삭감 처리함

- 비용은 신청대비 12.2억원(18.6%)이 조정된 53.4억 원, 장비수량으로는 2점이 조정된 24점이 인정됨

<표 IX-46> 시설/장비 도입 비용 조정 결과

신청 장비 비용 총액 (단위 : 백만 원)	조정 후 장비 비용 총액 (단위 : 백만 원)	비고
6,556	5,336	원안대비 18.6% 조정

*출처 : 국가연구개발사업 예비타당성조사 연구장비의 구축비용분석 최종보고서, 국가연구시설장비진흥센터

● 해당과제별 조정내역은 다음 표와 같음

<표 IX-47> 과제별 장비 수량 및 비용 조정 내역

(단위 : 백만 원)

과제 번호	장비명	신청금	조정금액	변동 금액	변경사유
2-1	수치해석 계산용 서버 PC	50	50	-	수량 조정(기존 2대 → 1대)
2-1	해석/디자인 SW 운용서버	50	25	△25	단가 조정
2-1	고주파/고절연 계측 시스템	670	250	△420	단가 조정
2-1	전원/부하 시뮬레이터	550	450	△100	단가 조정
2-5	해석용 서버	50	25	△25	단가 조정
2-6	TROSAR HW 검증 시스템	1,300	650	△650	수량 조정(기존 2대 → 1대)
합계		2,670	1,450	△1,220	

*출처 : 국가연구개발사업 예비타당성조사 연구장비의 구축비용분석 최종보고서, 국가연구시설장비진흥센터

*출처: 2018년도 예비타당성조사 보고서 철도차량 부품개발사업, 한국과학기술기획평가원(KISTEP), 2019.5.

후속실용화 추진 비용 추정

● 중점분야2의 경우, 신규 차량 개발 트렌드(경량화, 에너지 절감 등) 및 접목을 고려한 미래 선도기술력 확보 분야로 본 사업에서는 개발시점의 변동 가능성 등을 고려하여 TRL6 단계까지만 진행되나 후속실용화 추진을 위한 비용을 고려하여 사업 성공률 제고에 기여

- (중점분야 1) 11개 과제는 본 연구개발 사업 기간내에 노후차량 유지보수 및 신규차량 등에 즉시 적용을 목표로 TRL 8단계 까지 진행되나,

- (중점분야2) 차세대 철도차량의 경량화, 에너지 절감 등 신기술 트렌드 반영 여부를 고려하여 TRL 6단계에 해당하는 시작품 성능평가까지 이루어짐에 따라 실질적인 실용화는 본 연구개발 사업기간 종료 이후, 후속실용화 추진을 통해 단계적 시장진출 가능

- 중점분야2에 해당하는 후속실용화 추진 대상으로는 「국토교통기술사업화지원사업, 중소벤처기업부의 「구매조건부 신제품개발사업」과의 연계가 고려되나, 사업적 유사성이 높은 철도기술연구사업 내 「실용화문턱과제」 제반 비용을 고려하여 총 비용 산출

  - 중점분야2의 경우 미래 트렌드 기술 확보를 주된 목표로 설정함에 따라 사업화 이전 단계인 현차시험 운행실적 확보, 해외인증 획득 등이 본 연구개발 기한 내에 완료되지 못하나,

  - 후속실용화 추진은 본 사업의 추진계획 및 성공가능성 제고 등을 감안하여 본 사업의 B/C 분석을 위한 총 비용에 반영

  - 실질적 성과가 이루어지는 '28년(연구개발 종료 이후 3년) 이전까지 후속 실용화가 추진되어 중점분야2 개발 부품에 대한 상용화 제고 가능

- 후속실용화 추진 시, 사업기간(6년) 종료 이후 +α기간(약 2년)에 발생이 예상되는 비용을 추정하여 산출

  - 2018년 국토교통부의 「실용화문턱과제」는 총 11개 사업이 시행되어 과제당 평균 연구비는 18.66억원 발생

  - 본 사업에서는 후속실용화 추진 기간으로 약 2년 정도 소요될 것을 고려함에 따라 연간 후속실용화 추진비용은 9.33억원이 발생할 것으로 추정

※ '18년 「실용화문턱과제」는 총 연구기간 30개월, 과제당 연구비 24억 규모(정부출연금 기준)로 추진

<표 IX-48> '18년 추진 실용화문턱과제 연구비 현황

(단위: 억 원)

No.	과제명	2017년	2018년	2019년	총연구비
1	고속화차용 스윙모션 대차시스템 실용화 개발	6.2	8.37	9.13	**23.7**
2	고속열차(KTX-1) 도어 및 스텝 시스템 국산화 실용화 연구	5.7	7.37	10.48	**23.55**
3	IP 기반 철도 전자연동장치 실용화	5.65	7.37	10.53	**23.55**
4	공진형 보조전원장치 실용화 사업	5.45	6.05	4.0	**15.50**
5	도시철도 선로(터널) 시설물 자율점검 분석시스템	6.05	8.25	6.20	**20.50**
6	노후화 스크린도어 개량화 기술에 대한 안전무결성 인증 및 현장 검증	5.70	10.37	7.48	**23.55**
7	사전제작형 플로팅슬래브 궤도 및 기존선 자갈궤도 급속개량 기술 실용화	5.0	10.0	10.0	**25.0**
8	철도차량 동력제어장치 IGBT 개량 실용화 연구개발	2.5	5.0	5.0	**12.50**
9	첨단 IT기술에 의한 열차운행계획의 상용화 시스템 개발	2.05	6.40	6.40	**14.85**
10	철도차량용 에너지 미터링 장치를 활용한 에코드라이빙 시스템 국산화 개발	4.60	2.75	2.76	**10.11**
11	신림선 무인운전을 위한 K-AGT 차량과 KRTCS 열차제어시스템 상호간 안전·운영 요구사항 검증 연구사업	0.85	5.85	5.85	**12.55**
과제당 평균 연구비 규모		–	–	–	**18.66**

*출처 : '18년 실용화 문턱과제 추진현황, 국토교통과학기술진흥원(2018)

- 따라서, 중점분야2 후속실용화 추진을 위한 과제당 연간 비용은 9.33억원이 예상되며 2년간 총 130.62억원이 발생할 것으로 추정

※ 중점분야 2 후속실용화 연계 비용 : (과제당 연간 비용) 9.33억원 × 7개 과제 × 2년 ≒ 130.62억원

< 한국과학기술기획평가원 예비타당성 검토결과 >

후속실용화 추진 비용 추정

- 중점분야 2(7개 세부과제)에 한하여 TRL 레벨(6단계)과 신규 차량 개발 트렌드(경량화, 에너지 절감 등)를 고려하여 후속실용화 추진을 위한 비용을 과제별로 사업 종료 후 2년간 매년 10.1억 원씩, 총 141.4억 원을 추가로 제시하였음

- 주관부처는 중점분야 2의 과제 성격이 국토교통부의 철도기술연구사업 내 「실용화문턱과제」와 유사하므로 이를 기준으로 과제당 연간 후속실용화 추진비용, 10.1억 원과 2년의 후속 기간을 제시

  - '18년 철도기술연구사업 중 「실용화문턱과제」: 총 연구기간 30개월, 과제당 연구비 25.3억 원 규모

- 주관부처가 제시한 '18년도 실용화문턱과제의 연구비 지원현황을 살펴보면 '19년에는 배정된 예산이 모두 투입된다는 전제하에 과제 지원 기간 30개월 동안 과제당 평균 약 25.3억 원이 투입된 것으로 조사됨에 따라, 연간 연구비로 환산하면 과제당 10.1억 원의 후속 실용화 비용이 산정됨

<표 IX-49> 국토교통부 18년 추진 실용화문턱과제 연구비 현황

(단위 : 억 원)

	과제명	구분	2017	2018	2019	총연구비
1	고속화차용 스윙모션 대차시스템 실용화 개발	정부	6.2	8.4	9.1	31.6
		민간	2.1	2.8	3.0	
2	고속열차(KTX-1) 도어 및 스텝 시스템 국산화 실용화연구	정부	5.7	7.4	10.5	31.4
		민간	1.9	2.5	3.5	
3	IP 기반 철도 전자연동장치 실용화	정부	5.7	7.4	10.5	32.6
		민간	2.2	3.2	3.6	
4	공진형 보조전원장치 실용화 사업	정부	5.5	6.1	4.0	20.7
		민간	1.8	2.0	1.3	
5	도시철도 선로(터널) 시설물 자율점검 분석시스템	정부	6.1	8.3	6.2	27.3
		민간	2.0	2.8	2.1	

(단위 : 억 원)

	과제명	구분	2017	2018	2019	총연구비
6	노후화 스크린도어 개량화 기술에 대한 안전무결성 인증 및 현장 검증	정부	5.7	10.4	7.5	31.4
		민간	1.9	3.5	2.5	
7	사전제작형 플로팅슬래브 궤도 및 기존선 자갈궤도 급속개량 기술 실용화	정부	5.0	10.0	10.0	33.0
		민간	1.6	3.2	3.2	
8	철도차량 동력제어장치 IGBT 개량 실용화 연구개발	정부	2.5	5.0	5.0	17.0
		민간	0.9	1.8	1.8	
9	첨단 IT기술에 의한 열차운행계획의 상용화 시스템 개발	정부	2.1	6.4	6.4	19.6
		민간	0.7	2.0	2.0	
10	철도차량용 에너지 미터링 장치를 활용한 에코드라이빙 시스템 국산화 개발	정부	4.6	2.8	2.8	13.3
		민간	1.5	0.9	0.9	
11	신림선 무인운전을 위한 K-AGT 차량과 KRTICS 열차제어시스템 상호간 안전·운영 요구사항 검증 연구사업	정부	0.9	5.9	5.9	20.6
		민간	0.5	3.7	3.7	
과제당 평균 연구비		–		–	–	25.3

*출처 : '18년 실용화 문턱과제 추진현황, 국토교통과학기술진흥원, 2018

*출처: 2018년도 예비타당성조사 보고서 철도차량 부품개발사업, 한국과학기술기획평가원(KISTEP), 2019.5.

■ 본 사업의 총 비용은 연구개발사업 연차별 투자계획(6년)과 후속실용화 연계추진(2년) 비용을 고려할 시 NPV 적용 총 비용은 1,724.97억원 발생 예상

<표 IX-50> 연구개발 총 비용 추정 결과

(단위: 억 원)

비용 구분	구 분	총 비용	현재가치
연구개발사업 연차별 투자계획 (과제별 사업 비용)	2020년	42.18	42.18
	2021년	217.29	207.93
	2022년	451.27	413.24
	2023년	497.81	436.23
	2024년	426.36	357.53
	2025년	211.5	169.72
후속실용화 추진비용	2026년	65.31	50.15
	2027년	65.31	47.99
합 계		1,977.03	1,724.97

※ NPV(Net Present Value), 순현재가치 산정을 위해 기획재정부, 예비타당성 조사 총괄지침에서 명시한 사회적 할인율 4.5%를 적용

< 한국과학기술기획평가원 예비타당성 검토결과 >

■ **(총비용 추정) 연구개발 비용은 주관부처에서 제시한 사업비를 준용하되, 연구 시설·장비 구축비용 중 일부 조정된 비용과 후속 실용화 추진비용을 반영하여 산정함**

- 연구개발과제 비용은 유사과제의 성격 차이에 따른 과제당 규모 산출의 한계로 인해 별도의 비용규모 조정 없이 주관부처가 제시한 연구개발비 규모를 준용함

- 최종적으로 후속실용화 추진비용과 연구 시설·장비 구축 관련 조정된 비용을 반영하여 동 사업의 총비용은 명목가치 기준으로 당초 1,846.41억 원에서 129.2억 원이 증액된 1,975.6억 원으로 추산됨

<표 Ⅸ-51> 동 사업의 경제성 분석을 위한 총비용

(단위 : 억 원)

년도 / 구분	비용합계	
	명목가치	현재가치
2020	42.2	37.0
2021	216.5	181.6
2022	444.3	356.5
2023	494.9	380.0
2024	424.8	312.2
2025	211.5	148.7
2026	70.7	47.6
2027	70.7	45.5
합계	1,975.6	1,509.1

*출처: 2018년도 예비타당성조사 보고서 철도차량 부품개발사업, 한국과학기술기획평가원(KISTEP), 2019.5.

■ **(예산결과) 한국과학기술기획평가원(KISTEP)의 총비용 추정 결과는 3가지 항목인 세부과제 조정비, 인증비용, 연구장비 구축비용에서 조정되어 총 1,698.4억원으로 조정**

- **(세부과제 조정비용)** 세부과제 1-10, 2-3, 2-5의 세부과제는 기술개발 발전 속도나 요구 기술 수준의 혁신성이 낮아 실용화 측면에서 사업기간 내 목표달성이 어려워 196.1억원 삭감

※ 1-10 모듈형 보조전원장치 과제의 경우, 보조전원장치의 핵심 구성품인 IGBT 등 사용소자의 단순 도입을 통해 컨버터/인버터의 직병렬 연결기술을 개발하고자 하는 내용으로 연구개발적 요소가 미흡

※ 2-3 ESS 일체형 추진제어시스템 과제의 경우, 핵심 구성품인 전력소자는 단순 해외 구매 예정이고, 추진제어장치에 추가 부품의 장착에 따른 부피 및 중량 증가 효과 등을 분석하는 내용으로 구체적인 기술 개발 내용이 부족

※ 2-5 외장코어형 컴팩트 주변압기 과제의 경우, 주변압기의 냉각방식을 열차 주행풍 자연냉각방식으로 변경하고자 하는 내용으로, 외기조건(외부온도 등), 주행환경(운행속도, 터널구간 등) 등에 의해 냉각성능의 편차가 심해, 온도를 제어하기 곤란한 측면에서 주변압기 권선간 절연 유지 기술 개발에 관한 구체적 방안이 미흡

- **(인증 비용)** 국산화가 목적인 중점분야1 부품은 국내 시장진입 및 해외 수출시 국제 TSI, UIC, SIL* 기준에 따라 성능시험 및 인증획득이 필수적이므로 총 60억 원을 추가 인정

※ 1-3 고속철도용 반능동형 판토그래프 66.7억원에서 10억원 추가 인정

※ 1-4 고속철도용 전두부 해치시스템 60.5억원에서 10억원 추가 인정

※ 1-6 고속철도용 제동디스크 및 제동패드 67.7억원에서 10억원 추가 인정

※ 1-7 고속철도용 모듈형 주회로 차단시스템 60.6억원에서 20억원 추가 인정

※ 1-9 도시철도용 모듈형 출입문 표준화 45.0억원에서 10억원 추가 인정

- **(연구장비 구축비용)** 20개의 장비는 타당성이 인증되었으나, 일부 3개의 과제에서 과잉 계산된 부분을 조정하여 삭감

※ 2-1 수치해석 계산용 서버 PC, 해석/디자인 SW 용서버, 고주파/고절연 계측 시스템, 전원/부하 시뮬레이터 장비의 경우 수량 및 비용 조정으로 인해 545백만원 단가 삭감

※ 2-5 해석용 서버 장비의 경우 신청금 50백만원에서 25백만원이 삭감되어 최종 25백만원으로 단가 조정

※ 2-6 TROSAR HW 검증 시스템 장비의 경우 신청금 1,300백만원에서 1,220백만원이 삭감되어 1,450백만원으로 단가 조정

3.2 편익추정

편익항목의 추정

- 18개 부품의 신규차량 도입에 따른 국내 수입대체 매출과 기존 차량의 유지보수에 따라 소요되는 부품의 매출을 통하여 직접 편익 산정
- 각 운영사의 연도별 차량 구매 현황을 파악하고, 고속차량 교체주기(30년) 및 전동차 교체주기(25년)를 고려하여 신규 구매계획 추산

<표 IX-52> 국내 철도운영기관의 차량 보유 현황 및 신규차량 도입계획

(단위 : 대)

구분	고속차량		전동차량						
	코레일	SRT	코레일	서울교통공사	부산교통공사	인천교통공사	대구도시철도공사	대전교통공사	광주도시철도공사
1985			18		84				
1986			8						
1987			48		48				
1988			45		54				
1989			32	142					
1990			2	126					
1991			66	198	30				
1992			42	134					
1993			117	202					
1994			132	310	84				
1995			203	272					
1996			156	634					
1997			132		60		78		
1998			333	20			126		
1999			74	111	168	200			
2000				656					
2001					96				
2002			60	36	72				
2003	340		196						52
2004	580		20					4	
2005			60	54	80		180	52	
2006			270					28	
2007				70					40
2008			4	210					
2009			128	270		72			
2010	190		120	70					

(단위 : 대)

구분	고속차량		전동차량						
	코레일	SRT	코레일	서울교통공사	부산교통공사	인천교통공사	대구도시철도공사	대전교통공사	광주도시철도공사
2011			78		102				
2012	50		64	24					
2013			108	24					
2014			92	8					
2015	220								
2016	40	100	178		16	74			
2017	110		36	30	32				
2018			117	202					
2019			132	310					
2020	114		203	272					
2021	208		156	634					
2022	72		132				78		
2023			333	20			126		
2024			74	111					
2025				656		200			
2026					96				
2027			60	36	72				
2028			196						52
2029			20					4	
2030			60	54	80		180	52	
2031			270					28	
2032				70					40
2033	340		4	210					
2034	580		128	270		72			
2035			120	70					
2036			78		102				
2037			64	24					
2038			108	24					
2039			92	8					
2040	190								
2041			178		16	74			
2042	50		36	30	32				
2043									
2044									
2045	220								
2046	40	100							
2047	110								

- 편익 요소는 신규 차량에 투입되는 부품의 매출, 유지보수부품 공급 매출, 해외시장 공략 수출액, 안전사고 저감 비용절감액, 현차시험 비용 절감액으로 산정

<표 IX-53> 편익요소 및 내용

편익요소	편익 내용
신규차량 부품 공급 매출	2028~2040년까지 신규 차량 도입시 구매되는 부품들을 편성될 차량의 대수와 제품당 단가, 차량별 소요되는 수량을 반영하여 추정
유지보수 부품 공급 매출	2028~2040년까지 신규차량 이외에도 유지보수에 적용되는 부품들을 통한 매출 편익을 현재 보유중인 차량의 대수와 제품당 단가, 2040년까지 소모주기를 통한 전체 소요되는 수량을 합산하여 도출
해외시장 공략 수출액	부품의 해외 신차 공급이나, 해외 유지보수 시장 진출을 통하여 기대되는 수출액을 직접 편익으로 산정
안전사고 저감 비용절감액	부품개발을 통해 예방할 수 있는 안전사고 저감에 따른 소요 비용 절감액을 편익으로 산정
현차시험비용 절감액	부품개발시 소요되는 현차 공동 시험 비용 절감액을 편익으로 산정

신규차량 부품 공급 매출

- 이후 각 차량의 신규 차량 도입 시 구매되는 부품들을 편성될 차량의 대수와 제품당 단가, 차량별 소요되는 수량을 반영하여 추정

<표 IX-54> 신규 도입을 통한 부품별 편익

구분	주요항목	세부항목
부가가치 창출	• 고속철도용 댐퍼 개발	• EMU-250,300 185편성 1,110량 편성예정 • 제품 단가 0.096억원/Set • 예상 매출 : 1,110량 X 0.096억원 = 106.5억원
	• 고속철도용 공기스프링 개발	• 예상 매출 : 1,110량 X 0.02억원 X 4 SET = 89억원
	• 고속철도용 반능동형 판토그래프 개발	• 판토그래프 예상 매출 : 신규 185편성 x 편성당 2ea X 단가 0.7억원 = 259억원
	• 고속철도용 전두부 해치시스템 개발	• 예상 매출 : 신규 185편성 x 편성당 2ea X 단가 0.65억원 = 241억원

구분	주요항목	세부항목
	• 고속철도용 냉각팬 시스템 개발	• 주변압기 냉각팬 예상매출 : 신규 185편성 x 편성당 6ea x 단가 0.027억원 = 29.97억원 • 모터블록 냉각팬 예상매출 : 신규 185편성 x 편성당 8ea x 단가 0.1억원 = 148억원 • 보조블록 냉각팬 예상매출 : 신규 185편성 x 편성당 4ea x 단가 0.09억원 = 66.6억원 • 견인전동기 냉각팬 예상매출 : 신규 185편성 x 편성당 16ea x 단가 0.124억원 = 367.04억원
	• 고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발	• 차륜디스크 신규 185편성 x 32set x 단가 0.07억원 = 414억원 • 차축디스크 신규 185편성 x 24set x 단가 0.07억원 = 311억원 • 제동패드(차륜디스크) 신규 185편성 x 32set x 단가 0.0014억원 = 124억원 • 제동패드(차축디스크) 신규 185편성 x 24set x 단가 0.0014억원 = 93억원
	• 고속철도용 모듈형 주회로 차단시스템 개발	• 예상 매출 : 신규 185편성 x 편성당 2set X 단가 0.5억원 = 185억원
	• 고속철도용 공조시스템 개발	• 예상 매출 : 신규 1,110량 X 2 Set x 0.3억원 = 666억원
	• 도시철도용 모듈형 출입문 표준화 개발	• 국내 전동차 신규 2744량 x 8set x 단가 0.04억원 = 878억원
	• 도시철도용 모듈형 보조전원장치 개발	• 예상매출 : 전동차 신규 197편성 x 3 Set x 단가 1.2 억원 = 709억원 • 예산매출 : 신규 127편성 x 2 Set x 단가 1.2 억원 = 305억원
	• 저상트램용 관절장치 개발	• 예상 매출 : 트램 신규 240 편성 x 4 Set x 0.3억원 = 288억원
	• 희토류 저감형 영구자석 동기전동기 (고속철도용 추진제어 시스템 경량·효율화)	• 예상 매출 : 고속철도 신규 185 편성 x 16 Set x 0.4억원 = 1,184억원

구분	주요항목	세부항목
	• 마그네틱 기어드 방식 동력전달시스템 (도시철도용 동력전달 시스템 경량·효율화)	• 예상 매출 : 신규 197 편성 x 20 Set x 0.44억원 = 1733.6억원 • 예상 매출 : 신규 53 편성 x 16 Set x 0.44억원 = 373.12억원 • 예상 매출 : 신규 30 편성 x 12 Set x 0.44억원 = 158.4억원 • 예상 매출 : 신규 44 편성 x 8 Set x 0.44억원 = 154.88억원 (전동차 노선별 적용 SET가 달라 세분화하여 구분)
	• ESS 일체형 추진 제어시스템 (도시철도용 추진제어시스템 경량·효율화)	• M5량 예상 매출 : 신규 197 편성 x 5 Set x 2.7억원 = 2660억원 • M4량 예상 매출 : 신규 53 편성 x 4 Set x 2.7억원 = 572억원 • M3량 예상 매출 : 신규 30 편성 x 3 Set x 2.7억원 = 243억원 • M2량 예상 매출 : 신규 44 편성 x 2 Set x 2.7억원 = 238억원
	• 컨버터 일체형 반도체변압기(고속철도용 전력변환장치 경량·효율화)	• 예상 매출 : 고속철도 신규 185 편성 x 2 Set x 2억원 = 740억원
	• 외장코어형 컴팩트 주변압기 (도시철도용 전력변환장치 경량·효율화)	• 예상 매출 : 신규 324 편성 x 2 Set x 1.5억원 = 972억원
	• 개방형 네트워크 프로토콜 기반 통합제어플랫폼 (도시철도용 전장제어기기 상호호환성 확보 기술)	• 예상 매출 : 전동차 신규 324 편성 x 2 Set x 0.8억원 = 518억원
	• 자동 연결·분리 시스템(물류차 입환 자동화 기술 개발)	• 자동연결기 예상 매출 : 신규 1449량 x 2 Set x 0.05억원 = 144.9억원 • 제어시스템(물류역) 예상 매출 : 신규 12량 x 1 Set x 3.5억원 = 42억원

※ 2040년까지 현대로템 및 철도공사 예상 편성 차량 수

● 18개 부품별 2040년까지 편성 예정 차량에 반영된 직접 매출은 다음과 같음

<표 IX-55> 국내 신규차량 매출 효과

(단위 : 억 원)

18대 부품	직접 매출액
▪ 고속철도용 댐퍼 개발	106.5
▪ 고속철도용 공기스프링 개발	89
▪ 고속철도용 반능동형 판토그래프 개발	259
▪ 고속철도용 전두부 해치시스템 개발	241
▪ 고속철도용 냉각팬 시스템 개발	612
▪ 고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발	943
▪ 고속철도용 모듈형 주회로 차단시스템 개발	185
▪ 고속철도용 공조시스템 개발	666
▪ 도시철도용 모듈형 출입문 표준화 개발	878
▪ 도시철도용 모듈형 보조전원장치 개발	1,014
▪ 저상트램용 관절장치 개발	288
▪ 희토류 저감형 영구자석 동기전동기(고속철도용 추진제어시스템 경량·효율화)	1,184
▪ 마그네틱 기어드 방식 동력전달시스템(도시철도용 동력전달시스템 경량·효율화)	2,420
▪ ESS 일체형 추진제어시스템(도시철도용 추진제어시스템 경량·효율화)	3,713
▪ 컨버터 일체형 반도체변압기(고속철도용 전력변환장치 경량·효율화)	740
▪ 외장코어형 컴팩트 주변압기(도시철도용 전력변환장치 경량·효율화)	972
▪ 개방형 네트워크 프로토콜 기반 통합제어플랫폼 (도시철도용 전장제어기기 상호호환성 확보 기술)	518
▪ 자동 연결·분리 시스템(물류차 입환 자동화 기술 개발)	187
합계	**15,015.5**

- 철도차량부품 시장의 부가가치 창출편익 추정을 위해 신규차량 부품공급 매출액에 R&D 기여율, 사업화 성공률, 부가가치율, 사업기여율을 적용하여 편익을 추정하고 연간 사회적 할인율을 반영하여 최종 편익을 도출

  - 사업기여율은 미래 시점 기준의 연구개발 활동 중 조사 대상사업이 차지하는 비중만을 적용한다는 개념[1]인데, 철도차량부품 관련 연구개발 사업은 민간주도로 이뤄진 적이 없고, 타 부품소재 개발사업에서도 철도분야의 부품은 제외되어 본 사업의 기여율은 100%로 설정

  - 지침에서 '동사업을 시행하지 않더라도 과거에 존재했던, 그리고 기존 연구개발투자 추이에 의해 유지 또는 확대되는 시장의 매출액은 편익 추정에서 제외하거나 사업기여율이라는 변수를 고려하여 보정하라'고 명시되어 있는데, 18개 부품은 과거 개발되지 않았던 부품이고, 국내 편성차량에 들어가는 부품으로만 산정되어 있기 때문에 사업기여율은 100%로 설정

〈표 Ⅸ-56〉 신규차량 매출액 편익산정 기준

구 분	기준	근거
R&D 기여율	35.4%	연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침(제2판)
사업화 성공률	1안) 100%	사업을 통하여 제작된 시제품의 실증 이후 구매조건부 100% 실용화
	2안) 62.5%	부품소재 기술개발 사업의 사업화 성공률[2]
부가가치율	22.36%	특수목적용 기계, 정밀기계 평균값 28.2% 적용
사업기여율	100%	철도차량부품연구개발의 특수성으로 인하여 사업기여율 100% 산정
사회적 할인율	4.5%	2018 예타 표준지침 상의 사회적 할인율 적용
편익발생기간	13년	사업종료 이후 13년간 편익발생

1) 연구개발사업의 예비타당성조사표준지침[제2-1판]
2) 부품소재기업의 연구개발 성공·실패 사례연구, STEPI, 2008

- 부품시장 매출 창출 편익은 총 편익산정 기준 사업화 성공률 1안)으로는 621.4억 원(NPV)으로 산정

<표 IX-57> 시장 매출 창출 편익 시나리오 1안(사업화 성공률 100% 가정)

18대 부품	직접 매출액	R&D 기여율	부가 가치율	편익 (억원)	NPV (억원)
• 고속철도용 댐퍼 개발	106.5	35.40%	28.20%	10.6	4.4
• 고속철도용 공기스프링 개발	89	35.40%	28.20%	8.9	3.7
• 고속철도용 반능동형 판토그래프 개발	259	35.40%	28.20%	25.9	10.7
• 고속철도용 전두부 해치시스템 개발	241	35.40%	28.20%	24.1	10
• 고속철도용 냉각팬 시스템 개발	612	35.40%	28.20%	61.1	25.3
• 고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발	943	35.40%	28.20%	94.1	39
• 고속철도용 공조시스템 개발	666	35.40%	28.20%	66.5	27.6
• 도시철도용 모듈형 출입문 표준화 개발	878	35.40%	28.20%	87.6	36.3
• 도시철도용 모듈형 보조전원장치 개발	185	35.40%	28.20%	18.5	7.7
• 도시철도용 모듈형 보조전원장치 개발	1014	35.40%	28.20%	101.2	42
• 저상트램용 관절장치 개발	288	35.40%	28.20%	28.8	11.9
• 희토류 저감형 영구자석 동기전동기 (고속철도용 추진제어시스템 경량·효율화)	1,184	35.40%	28.20%	118.2	49
• 마그네틱 기어드 방식 동력전달시스템 (도시철도용 동력전달시스템 경량·효율화)	2,420	35.40%	28.20%	241.6	100.2
• ESS 일체형 추진제어시스템 (도시철도용 추진제어시스템 경량·효율화)	3,713	35.40%	28.20%	370.7	153.7
• 컨버터 일체형 반도체변압기 (고속철도용 전력변환장치 경량·효율화)	740	35.40%	28.20%	73.9	30.6
• 외장코어형 컴팩트 주변압기 (도시철도용 전력변환장치 경량·효율화)	972	35.40%	28.20%	97	40.2
• 개방형 네트워크 프로토콜 기반 통합제어플랫폼 (도시철도용 전장제어기기 상호호환성 확보 기술)	518	35.40%	28.20%	51.7	21.4
• 자동 연결·분리 시스템 (물류차 입환 자동화 기술 개발)	187	35.40%	28.20%	18.7	7.7
합계	**15,015.5**			**1,499.1**	**621.4**

- 부품시장 매출 창출 편익은 총 편익산정 기준 사업화 성공률 2안)으로는 388.3억 원(NPV)으로 산정

〈표 IX-58〉 시장 매출 창출 편익 시나리오 2안(사업화 성공률 62.5% 가정)

18대 부품	직접 매출액	R&D 기여율	사업화 성공률	부가 가치율	편익 (억원)	NPV (억원)
• 고속철도용 댐퍼 개발	106.5	35.40%	62.50%	28.20%	6.6	2.8
• 고속철도용 공기스프링 개발	89	35.40%	62.50%	28.20%	5.6	2.3
• 고속철도용 반능동형 판토그래프 개발	259	35.40%	62.50%	28.20%	16.2	6.7
• 고속철도용 전두부 해치시스템 개발	241	35.40%	62.50%	28.20%	15	6.2
• 고속철도용 냉각팬 시스템 개발	612	35.40%	62.50%	28.20%	38.2	15.8
• 고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발	943	35.40%	62.50%	28.20%	58.8	24.4
• 고속철도용 공조시스템 개발	666	35.40%	62.50%	28.20%	41.6	17.2
• 도시철도용 모듈형 출입문 표준화 개발	878	35.40%	62.50%	28.20%	54.8	22.7
• 도시철도용 모듈형 보조전원장치 개발	185	35.40%	62.50%	28.20%	11.5	4.8
• 도시철도용 모듈형 보조전원장치 개발	1014	35.40%	62.50%	28.20%	63.3	26.2
• 저상트램용 관절장치 개발	288	35.40%	62.50%	28.20%	18	7.5
• 희토류 저감형 영구자석 동기전동기 (고속철도용 추진제어시스템 경량·효율화)	1184	35.40%	62.50%	28.20%	73.9	30.6
• 마그네틱 기어드 방식 동력전달시스템 (도시철도용 동력전달시스템 경량·효율화)	2420	35.40%	62.50%	28.20%	151	62.6
• ESS 일체형 추진제어시스템 (도시철도용 추진제어시스템 경량·효율화)	3713	35.40%	62.50%	28.20%	231.7	96.1
• 컨버터 일체형 반도체변압기 (고속철도용 전력변환장치 경량·효율화)	740	35.40%	62.50%	28.20%	46.2	19.1
• 외장코어형 컴팩트 주변압기 (도시철도용 전력변환장치 경량·효율화)	972	35.40%	62.50%	28.20%	60.6	25.1
• 개방형 네트워크 프로토콜 기반 통합 제어플랫폼 (도시철도용 전장제어기기 상호호환성 확보 기술)	518	35.40%	62.50%	28.20%	32.3	13.4
• 자동 연결·분리 시스템 (물류차 입환 자동화 기술 개발)	187	35.40%	62.50%	28.20%	11.7	4.8
합계	**14,310.5**				**925.3**	**383.5**

유지보수 부품 공급 매출

- 신규차량 이외에도 유지보수에 적용되는 부품들을 통한 매출 편익을 현재 보유중인 차량의 대수와 제품당 단가, 2040년까지 소모 주기를 통한 전체 소요되는 수량을 합산하여 도출

  - 보유차량의 종류와 유지보수가 발생되는 주기를 파악하여 유지보수 편익에 들어가는 내용을 정리

<표 IX-59> 부품별 유지보수 편익 세부요소 정리

구분	주요항목	세부항목	유지보수 수량 (2028~2040)
유지보수 비용 창출	• 고속철도용 댐퍼 개발(45억원 투입)	• 주기 : 4년 • 단가 : 0.096억원 • 수량 1 set	• 2,890건
	• 고속철도용 공기스프링 개발(35억원 투입)	• 주기 : 8년 • 단가 : 0.02억원 • 수량 4 set	• 394건
	• 고속철도용 반능동형 판토그래프 개발(50억원 투입)	• 판토그래프 • 주기 : 8년 • 단가 : 0.7억원 • 수량 2 set • 집전판/카본스트링 • 주기 : 8만Km(2개월) • 단가 : 0.0024억원 • 수량 2 set	• 판토그래프 • 920건 • 집전판/카본스트링 • 994건
	• 고속철도용 전두부 해치시스템 개발(45.4억원 투입)	• 주기 : 15년 • 단가 : 0.65억원 • 수량 2 set	• 128건
	• 고속철도용 냉각팬 시스템 개발(30억원 투입)	• 주기 : 7년 • 단가 : 0.043억원 • 수량 12 ea	• 1,860건
	• 고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발(50.75억원 투입)	• 주기 : -년 • 단가 : 0.0014억원 • 수량 272 set	• 1,415건
	• 고속철도용 모듈형 주회로 차단시스템 개발(45억원 투입)	• 주기 : 8년 • 단가 : 0.5억원 • 수량 2 set	• 114건
	• 고속철도용 공조시스템 개발(50억원 투입)	• 주기 : 15년 • 단가 : 0.3억원 • 수량 1 set	• 786건
	• 도시철도용 모듈형 출입문 표준화 개발(33.7억원 투입)	• 주기 : 15년 • 단가 : 0.04억원 • 수량 8 set	• 3,162건
	• 도시철도용 모듈형 보조전원장치 개발(43억원 투입)	• 주기 : 10년 • 단가 : 1.2억원 • 수량 3 set	• 457건

※ 철도공사 내부자료 참조

- 18개 부품중 국산화과제에 속한 11개 부품(트램 제외)의 2040년까지 편성 예정 차량에 반영할 수 있는 유지보수 직접 매출을 산정

〈표 IX-60〉 유지보수 비용 효과

(단위 :억원)

18대 부품	직접 매출액
• 고속철도용 댐퍼 개발	277
• 고속철도용 공기스프링 개발	63
• 고속철도용 반능동형 판토그래프 개발	775
• 고속철도용 전두부 해치시스템 개발	166
• 고속철도용 냉각팬 시스템 개발	958
• 고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발	539
• 고속철도용 모듈형 주회로 차단시스템 개발	114
• 고속철도용 공조시스템 개발	236
• 도시철도용 모듈형 출입문 표준화 개발	1,012
• 도시철도용 모듈형 보조전원장치 개발	1,645
합계	**5,785**

- 철도차량부품 시장의 유지보수 편익 추정을 위해 유지보수 부품 공급 매출액에 R&D 기여율, 사업화성공율, 부가가치율, 사업기여율, 사회적할인율을 적용하여 편익을 추정

〈표 IX-61〉 유지보수 매출액 편익산정 기준

구 분	기준	근거
R&D 기여율	35.4%	연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침(제2판)
사업화 성공률	1안) 100%	사업을 통하여 제작된 시제품의 실증 이후 구매조건부 100% 실용화
	2안) 62.5%	부품소재 기술개발 사업의 사업화 성공률[1]
부가가치율	22.36%	특수목적용 기계, 정밀기계 평균값 28.2% 적용
사업기여율	100%	철도차량부품연구개발의 특수성으로 인하여 사업기여율 100% 산정
사회적 할인율	4.5%	2018 예타 표준지침 상의 사회적 할인율 적용
편익발생기간	13년	사업종료 이후 13년간 편익발생

1) 부품소재기업의 연구개발 성공·실패 사례연구, STEPI, 2008

- 부품 유지보수 시장 매출 창출 편익은 사업화 성공률 1안)으로 계산하였을 시 총 239.6억 원(NPV)으로 산정

<표 IX-62> 유지보수 시장 매출 창출 편익 시나리오 1안(사업화 성공률 100% 가정)

18대 부품	유지보수 비용	R&D 기여율	부가 가치율	편익(억원)	NPV(억원)
• 고속철도용 댐퍼 개발	277	35.4%	28.2%	27.7	11.5
• 고속철도용 공기스프링 개발	63	35.4%	28.2%	6.3	2.6
• 고속철도용 반능동형 판토그래프 개발	775	35.4%	28.2%	77.4	32.1
• 고속철도용 전두부 해치시스템 개발	166	35.4%	28.2%	16.6	6.9
• 고속철도용 냉각팬 시스템 개발	958	35.4%	28.2%	95.6	39.7
• 고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발	539	35.4%	28.2%	53.8	22.3
• 고속철도용 모듈형 주회로 차단시스템 개발	114	35.4%	28.2%	11.4	4.7
• 고속철도용 공조시스템 개발	236	35.4%	28.2%	23.6	9.8
• 도시철도용 모듈형 출입문 표준화 개발	1012	35.4%	28.2%	101.0	41.9
• 도시철도용 모듈형 보조전원장치 개발	1645	35.4%	28.2%	164.2	68.1
합계	**5,785**			**577.6**	**239.6**

- 부품 유지보수 시장 매출 창출 편익은 사업화 성공률 2안)으로 계산하였을 시 총 149.6억 원(NPV)으로 산정

<표 IX-63> 유지보수 시장 매출 창출 편익 시나리오 2안(사업화 성공률 62.5% 가정)

18대 부품	유지보수 비용	R&D 기여율	사업화 성공률	부가 가치율	편익 (억원)	NPV (억원)
• 고속철도용 댐퍼 개발	277	35.4%	62.5%	28.2%	17.3	7.2
• 고속철도용 공기스프링 개발	63	35.4%	62.5%	28.2%	3.9	1.6
• 고속철도용 반능동형 판토그래프 개발	775	35.4%	62.5%	28.2%	48.4	20.0
• 고속철도용 전두부 해치시스템 개발	166	35.4%	62.5%	28.2%	10.4	4.3
• 고속철도용 냉각팬 시스템 개발	958	35.4%	62.5%	28.2%	59.8	24.8
• 고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발	539	35.4%	62.5%	28.2%	33.6	13.9
• 고속철도용 모듈형 주회로 차단시스템 개발	114	35.4%	62.5%	28.2%	7.1	2.9
• 고속철도용 공조시스템 개발	236	35.4%	62.5%	28.2%	14.7	6.1
• 도시철도용 모듈형 출입문 표준화 개발	1012	35.4%	62.5%	28.2%	63.1	26.2
• 도시철도용 모듈형 보조전원장치 개발	1645	35.4%	62.5%	28.2%	102.6	42.6
합계	**5,785**				**360.9**	**149.6**

해외시장 공략 수출액

- 부품의 해외 신차 공급이나, 해외 유지보수 시장 진출을 통하여 기대되는 수출액을 직접 편익으로 산정

  - 국내외 철도차량시장 규모를 바탕으로 철도부품시장 규모를 추정

  - (해외시장규모) 세계 철도시장은 '15년 기준 총 203조 원 규모, 철도차량시장은 약 68조 원 수준(철도시장의 32% 차지)

  - (국내시장규모) 국내 철도시장은 연간 약 11.6조원, 철도차량시장은 연간 2조 8천억 원으로 철도차량 2조 1천억 원(75%), 철도부품 7천억 원(25%)으로 구성

<표 IX-64> 철도부품시장 규모 추정

(단위 :조원)

구분	철도 시장 규모	철도차량시장			비고
		철도차량(a)	철도부품(b)	철도차량시장 규모(c=a+b)	
해외	203.0	68.0	26.0	94.0	a, b 국내 비중을 활용하여 추정
국내	11.6	2.1[1)]	0.7[2)]	2.8[3)]	-

*출처: 1), 2), 3) 철도차량산업 육성방안 공청회(2016) 자료를 토대로 연구진 재구성(BNI)

  - 전체 부품별 원가비중*을 바탕으로 국내외 철도차량부품 시장 규모 추정치를 반영하여 주요 장치·부품의 개별 규모를 산출

  - 부품별 시장규모 조사는 국내·외 관련자료 부재로 부품별 원가비중을 활용하여 부품별 시장 규모를 산출

  - 이중 연구개발 결과물이 적용될 해당사업을 통한 시장영역만을 산출하여 보면 `15년 기준 국내 시장 규모는 1,306억원, 해외 시장규모는 11조 8천억원으로 집계됨

<표 IX-65> 철도부품별 국내외 시장 규모 추정

(단위 :억원)

장치·부품구분	상세부품	해외 시장규모	국내 시장규모	본과제 부품
대차	대차 프레임	3,444	80	
	대차 베어링	998	23	
	대차/차체 연결장치 (Link arm, Center pivot)	1,964	46	O
	윤축 (차륜, 차축)	4,043	94	
	도유기 (고체 및 액체 도유기)	42	1	

차체	동력차	8,400	98	
	부수차	12,600	147	
연결기 시스템	전두부 연결기 (열차간 연결기)	497	9	O
	차량간 연결기	7,811	139	O
	벨로우즈	4,112	73	
	엔드프레임	110	2	
	건널판	166	3	
	싸이드베리어	1,104	20	
현가장치	스프링 (Coil Spring, Air Spring)	1,639	167	O
	댐퍼 (Vertical oil damper, Yaw damper)	761	78	O
제동장치	제동제어장치	5,996	64	O
	활주방지장치	1,208	13	
	휠디스크	2,645	28	
	차축 디스크	3,602	39	
	제동마찰재 (브레이크 제동 패드)	479	5	O
	제동캘리퍼	4,811	52	
	주공기압축기	1,915	21	O
	보조공기압축기	251	3	O
	제동제어유닛 (BCU)	1,915	21	
차상급전장치	판토그래프	889	56	O
	주회로차단기	2,711	170	O
	차량용 피뢰기	300	19	
HVAC	공기조화장치 (객차, 동력차)	2,190	179	O
	공기조화장치 제어기(객차, 동력차)	300	25	O
	공기조화장치 히터(객차, 동력차)	210	17	O
	증발기팬용 인버터(객차)	300	25	
추진시스템	견인전동기	10,152	29	O
보조전원장치	주전력변환장치	37,732	109	O
	동력전달장치	15,313	44	
	주변압기	20,389	59	O
	계기용 변압기	846	2	O
	계기용 변류기	169	0	O
	컨버터 인버터 일체형 AC 전원장치 (보조전력변환장치)	3,240	98	O
	전력저장장치 (축전지)	1,215	37	
	컨버터 일체형 DC전원장치 (축전기 충전기)	2,430	74	O
	연결장치 (컨넥터, 케이블)	1,215	37	O
차내 장치	내장재	20,895	86	
	출입문	11,940	49	O
	객실유리	5,672	23	
	의자	21,194	87	
운전실 지원설비	운전실의자	660	5	
	전면창	2,640	20	

	열차무선(Train-Radio)	4,323	32	
	방송, 표시기 통합시스템(Infortainment)	15,741	117	
	이벤트 레코더	5,940	44	
	주간제어기	726	5	O
	운전대 패널	2,970	22	
차량진단제어장치 (TDCS)	CCU	8,190	96	O
	VCU	7,140	83	O
	MMI	2,730	32	O
	GCU	2,310	27	O
	대차헌팅 감지 장치	630	7	O
차상신호시스템	차상 ATP/ATC/ATS 시스템	12,375	184	
	차상신호 안테나	2,475	37	
	차상신호 화면장치	825	12	
	인터페이스 케이블	825	12	

*출처: 국토교통기술수준조사 보고서(국토부, 2015.)차량시스템의 부품별 원가비중을 바탕으로 시장규모 추정

- 국내 고속철도기술의 모체인 TGV 기술 등이 적용 가능한 서유럽 시장에 대한 진출 가능성이 높으며, 신규시장으로 경쟁력을 가질수 있는 아프리카/중동, 남미시장에 집중

  - 해당 시장의 전세계 대비 비중은 34% (서유럽 26%, 아프리카/중동 5%, 남미 3%)

<표 IX-66> 철도시장의 지역별 비중

(단위 :%)

구분	아시아	서유럽	북미	CIS	동유럽	아프리카/중동	남미
시장비중	31%	26%	18%	9%	7%	5%	3%

- 철도차량부품 시장의 2015년부터 2020년의 매출과 해당 시장 수출을 위한 전략 시장으로 국한하였을 경우의 시장규모는 아래와 같이 도출됨

<표 IX-67> 해외시장 18개 부품 관련시장 규모

(단위 :억원)

구분	2015	2016	2017	2018	2019	2020
해외 부품 관련시장 규모 추정	134,212	137,702	141,282	144,955	148,724	152,591
수출전략 시장의 규모 (전체 시장 대비 34%)	45,632	46,819	48,036	49,285	50,566	51,881

- 부품시장의 부가가치 창출편익 추정을 위해 분석 지표인 부가가치율, 사업화 성공률, R&D 기여율, 사업기여율, 사회적 할인율을 모두 적용하여 편익을 추정

  - 해외 시장의 경우 국내 시장과는 달리 사업화 성공률, 사업기여율이 본 사업의 기여만으로 추진되지 않으므로, 타사업의 사업화 성공률과 사업기여율을 반영

- 해외시장의 목표시장 점유율은 현재 현대로템의 세계시장 점유율 2.4%를 기반으로 최저 2.4%, 현대로템 성장률(2013~2017년 수출 성장률 7.8%)기반 시장점유율 목표 5%, 공격적 목표 7%의 세가지 안으로 구분하여 해외 매출 분석

  - 2016년 기준, 글로벌 철도차량 시장은 142조원 규모로 형성되어 있으며 국내 철도차량 제작사 현대로템의 경우 글로벌 시장 점유율은 2.4% 정도로 매출규모는 약 3조 4천억원에 해당

<표 IX-68> 글로벌 철도차량제작사 매출규모

순위	차량제작사	국가	철도차량 시장매출액(조원)	철도차량 시장 점유율(%)
1	CRRC	중국	42	29.6
2	Bombardier	캐나다	12	8.5
3	Alstom	프랑스	8.4	5.9
4	GE	미국	5.44	3.8
5	TMH	러시아	5.32	3.7
10	Hyundai rotem	대한민국	3.4	2.4

*출처: Global rail market outlook, Frost&sullivan, 2016)

  - 국내개발 철도차량부품의 Captive Market으로 볼 수 있는 현대로템은 최근('17년) "2021년까지 글로벌 순위 5위권 진입"을 사업목표로 설정하였으며, 이 경우 3.7% 이상의 점유율 확보가 필요

  - 또한, 현대로템은 수출 성장률(2013~2017년) 7.8%를 기록하는 한편, 최근 해외 대규모 프로젝트 진출 등으로 수주금액 7.7조원을 확보한 상황으로 향후 글로벌 철도차량 시장 점유율 5% 상회도 가능할 것으로 기대

<표 IX-69> 현대로템 해외 수주현황

국가명	사업명	수주금액(억원)	기간
인도네시아	자카르타 전동차	2,000	'17~
이란	디젤동차	9,293	'17~
폴란드	바르샤바 트램	7,000	'18~
터키	이스탄불 전동차	3,589	'18~'21
대만	교외선 전동차	9,098	'18~'24
이집트	카이로 메트로 3호선	4,500	'18~'25
우크라이나	전동차 90량 유지보수	1,014	'18~'27
캐나다	벤쿠버 공항철도	621	'18~'20
인도	아마다바드 전동차	1,771	'17~'20
튀니지	교외선 전동차	2,033	'18
호주	2층 전동차	11,000	'18~'22
말레이시아	무인전동차	2,876	'16~'22
필리핀	마닐라	5,300	'16~'19
뉴질랜드	웰링턴 전동차 유지보수	1,870	'17~'30
브라질	상파울루 전동차 유지보수	797	'18~'22
말레이시아~싱가포르	고속철	15,000	(수주 예정)
합계		77,762	-

*출처 : Global rail market outlook, Frost&sullivan, 2016)

- 아울러, 댐퍼·제동디스크 등 부품의 경우 After Market을 통해 타사 기성품 시장 잠식도 가능하므로 +α의 효과를 감안하여 5%, 7%의 공격적 목표로 부여

<표 IX-70> 해외 수출액 편익산정 기준

구 분	기준	근거
시장점유 목표	최저 2.4%	현재 로템의 세계시장 점유율
	보통 5.0%	현대로템 수출 성장률(`13~17) 기반 예상 점유율
	높음 7.0%	공격적 목표 7%
R&D 기여율	35.4%	연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침(제2판)
사업화 성공률	62.5%	부품소재 기술개발 사업의 사업화 성공률[1]
부가가치율	22.36%	특수목적용 기계, 정밀기계 평균값 28.2% 적용
사업기여율	66.8%	해외시장의 경우 장비 관련 유사과제 규모 기준으로 산정
사회적 할인율	4.5%	2018 예타 표준지침 상의 사회적 할인율 적용
편익발생기간	13년	사업종료 이후 13년간 편익발생

1) 부품소재기업의 연구개발 성공·실패 사례연구, STEPI, 2008

- 해외 시장의 부가가치 창출 편익은 1안)최저 점유율 달성시 402.4억원, 2안)목표 달성시 838.7억원, 3안) 공격적 목표 달성시 1,174억원(NPV 기준)의 편익 발생

<표 IX-71> 해외 수출 편익 창출 시나리오 1안(최소 목표 2.4%)

(단위 : 억원, %)

연도	시장규모	국산 점유율	R&D 기여율	사업화 성공률	부가 가치율	사업 기여율	편익	현재가치
2028	63,707	2.4%	35.4%	62.5%	28.2%	66.8%	63.7	26.4
2029	65,364	2.4%	35.4%	62.5%	28.2%	66.8%	65.4	27.1
2030	67,063	2.4%	35.4%	62.5%	28.2%	66.8%	67.1	27.8
2031	68,807	2.4%	35.4%	62.5%	28.2%	66.8%	68.8	28.5
2032	70,596	2.4%	35.4%	62.5%	28.2%	66.8%	70.6	29.3
2033	72,431	2.4%	35.4%	62.5%	28.2%	66.8%	72.5	30.0
2034	74,314	2.4%	35.4%	62.5%	28.2%	66.8%	74.3	30.8
2035	76,247	2.4%	35.4%	62.5%	28.2%	66.8%	76.3	31.6
2036	78,229	2.4%	35.4%	62.5%	28.2%	66.8%	78.3	32.4
2037	80,263	2.4%	35.4%	62.5%	28.2%	66.8%	80.3	33.3
2038	82,350	2.4%	35.4%	62.5%	28.2%	66.8%	82.4	34.2
2039	84,491	2.4%	35.4%	62.5%	28.2%	66.8%	84.5	35.0
2040	86,688	2.4%	35.4%	62.5%	28.2%	66.8%	86.7	36.0
합 계							971	402.4

<표 IX-72> 해외 수출 편익 창출 시나리오 2안(공격적 목표 5%)

(단위 : 억원, %)

연도	시장규모	국산 점유율	R&D 기여율	사업화 성공률	부가 가치율	사업 기여율	편익	현재가치
2028	63,707	5.0%	35.4%	62.5%	28.2%	66.8%	132.8	55.0
2029	65,364	5.0%	35.4%	62.5%	28.2%	66.8%	136.2	56.5
2030	67,063	5.0%	35.4%	62.5%	28.2%	66.8%	139.8	57.9
2031	68,807	5.0%	35.4%	62.5%	28.2%	66.8%	143.4	59.5
2032	70,596	5.0%	35.4%	62.5%	28.2%	66.8%	147.1	61.0
2033	72,431	5.0%	35.4%	62.5%	28.2%	66.8%	150.9	62.6
2034	74,314	5.0%	35.4%	62.5%	28.2%	66.8%	154.9	64.2
2035	76,247	5.0%	35.4%	62.5%	28.2%	66.8%	158.9	65.9
2036	78,229	5.0%	35.4%	62.5%	28.2%	66.8%	163.0	67.6
2037	80,263	5.0%	35.4%	62.5%	28.2%	66.8%	167.3	69.4
2038	82,350	5.0%	35.4%	62.5%	28.2%	66.8%	171.6	71.2
2039	84,491	5.0%	35.4%	62.5%	28.2%	66.8%	176.1	73.0
2040	86,688	5.0%	35.4%	62.5%	28.2%	66.8%	180.6	74.9
합 계							2,023	838.7

<표 IX-73> 해외 수출 편익 창출 시나리오 2안(공격적 목표 7%)

(단위 : 억원, %)

연도	시장규모	국산 점유율	R&D 기여율	사업화 성공률	부가 가치율	사업 기여율	편익	현재가치
2028	63,707	7.0%	35.4%	62.5%	28.2%	66.8%	185.9	77.1
2029	65,364	7.0%	35.4%	62.5%	28.2%	66.8%	190.7	79.1
2030	67,063	7.0%	35.4%	62.5%	28.2%	66.8%	195.7	81.1
2031	68,807	7.0%	35.4%	62.5%	28.2%	66.8%	200.7	83.2
2032	70,596	7.0%	35.4%	62.5%	28.2%	66.8%	206.0	85.4
2033	72,431	7.0%	35.4%	62.5%	28.2%	66.8%	211.3	87.6
2034	74,314	7.0%	35.4%	62.5%	28.2%	66.8%	216.8	89.9
2035	76,247	7.0%	35.4%	62.5%	28.2%	66.8%	222.4	92.2
2036	78,229	7.0%	35.4%	62.5%	28.2%	66.8%	228.2	94.6
2037	80,263	7.0%	35.4%	62.5%	28.2%	66.8%	234.2	97.1
2038	82,350	7.0%	35.4%	62.5%	28.2%	66.8%	240.3	99.6
2039	84,491	7.0%	35.4%	62.5%	28.2%	66.8%	246.5	102.2
2040	86,688	7.0%	35.4%	62.5%	28.2%	66.8%	252.9	104.9
합 계	–	–	–	–	–	–	2,832	1,174

안전사고 저감 비용 절감액

- 부품개발을 통해 예방할 수 있는 안전사고 저감에 따른 소요 비용 절감액을 간접 편익으로 산정

  - (입환사고 현황) 최근 4년간 13건 발생 : 사망사고 2건, 중상사고 7건, 경상사고 4건
  - 사망사고 : 연평균 0.50건, 중상사고 1.75건, 경상사고 연평균 1.00건

<표 IX-74> 국내 입환사고 현황

(단위 : 건)

구분	2013	2014	2015	2016	합계	평균
끼임	2	1	1	1	5	1.25
넘어짐	1	–	1	1	3	0.75
부딪힘	–	–	–	1	1	0.25
떨어짐		–	1	–	1	0.25
무리한 동작	1	–	–	–	1	0.25
기타	1	–	–	–	1	0.25
맞음	–	–	1	–	1	0.25
계	5	1	4	3	13	–
사망	1	1	–	–	2	0.50
중상	4	–	–	3	7	1.75
경상	–	–	4	–	4	1.00

*출처: 철도기술연구원 내부자료

- 모든 부품이 안전과 밀접한 관련이 있으나, 입환자동화시스템의 경우 안전사고를 획기적으로 예방하는 과제로 실질적인 비용 절감 효과가 발생

- 연평균 사고비용을 추정한 결과, 연평균 사망인원 0.5명, 중상자 1.75명, 경상자 1명, 사고건수 3.25건으로 인한 추정금액은 사망 2.6억원, 중상 1.4억원, 경상 0.18억원, 물적비용 0.49억원으로 총 사고비용은 4.6억원으로 나타남

〈표 Ⅸ-75〉 연간 사고 비용

(단위 : 천원, 명)

비용요소	인적 비용			물적비용
	사망	중상	경상	
생산손실비용	496,440	63,690		
의료비용	13,671	16,484	18,903	
물적피해비용				15,150
행정비용	72,781	1,606	2,972	
사고 비용 합계	**510,111**	**80,174**	**18,903**	**15,150**
연평균 사고 인원수	0.5명	1.75명	1.00명	3.25건
추정 사고비용	255,056	140,305	18,903	49,238

*출처 : 2014 교통사고 비용추정 (교통연구원, 2016)

- 편익 산정기간인 2028년~2040년까지 13년동안 연 4.6억원의 비용절감으로 인하여 총 비용 절감액은 60.25억원으로 산출됨

현차시험 비용 절감액

- 공동 현차시험을 통해 절감되는 비용을 추산하기 위하여 부품을 개별적으로 현차시험을 할 경우 소용기간과 소용 비용을 확인

- 임대는 해당 부품을 시험하기 위해서는 온전히 시험차량을 임대해서 시험선로에서 test 하는 경우이며, 비임대는 시험차를 빌리지 않고 야간에 차량에 일부 달고 테스트를 할수 있는 방식을 의미

- 비임대의 경우 임대를 하여 테스트 하는 것이 장려되나, 비용절감을 위하여 기존 차량에 안전문제가 제기 되지 않는 선에서 시험하는 것으로 원칙은 임대하여 시험

- 소요비용을 합산한 결과, 공동현차시험을 통한 비용절감효과는 255억원으로 나타남

<표 IX-76> 현차시험 소요비용 및 기간

개발부품	임대	비임대	소요비용 (억원)	소요기간 (월)	비고
1-01) 고속철도용 댐퍼 개발		V		14	고속차량
1-02) 고속철도용 공기스프링 개발		V		14	고속차량
1-03) 고속철도용 반능동형 판토그래프 개발	V		114 (비용발생)	14	고속차량
1-04) 고속철도용 전두부 해치시스템 개발		V		14	고속차량
1-05) 고속철도용 냉각팬 시스템 개발	V		114 (절감)	14	고속차량
1-06) 고속철도용 고내구성 제동디스크 및 제동패드 개발		V		14	고속차량
1-07) 고속철도용 모듈형 주회로 차단시스템 개발	V		114 (절감)	14	고속차량
1-08) 고속철도용 공조시스템 개발		V		14	고속차량
1-09) 도시철도용 모듈형 출입문 표준화 개발	V		27 (비용발생)	14	도시철도
1-10) 도시철도용 모듈형 보조전원장치 개발	V		27 (절감)	14	도시철도
1-11) 저상트램용 관절장치 개발		V			트램
합계			**255**		

※ 임대 및 비임대 근거(한국철도공사 '철도차량 임대업무처리 지침' 적용)

적용범위 : 각종 시운전, 영업 및 연구 활동 등을 위한 철도차량의 임대업무 처리에 관한 사항

- 임대 : 개발부품의 문제로 인한 철도사고, 열차사고 등 대국민 불편 대상
- 비임대 : 개발부품의 문제로 인한 여객서비스나 운행 장애 등 지장이 없는 부품대상 (운영기관과의 협의과정에서 '임대'로 변경 가능)

※ 소요비용 산출근거(한국철도공사 '철도차량 임대업무 처리지침' 적용)

- 고속차량 : KTX-산천차량 10량 기준
- 도시철도차량 : 전동차 8량 기준

※ 현차 시험 기간 선정(한국철도공사 '철도차량 부품국산화업무관리 절차서' 적용)

- 부품 중요도 및 계절적 영향 등을 심의회의에서 결정
- KTX 및 8200호대 전기기관차용 댐퍼 14개월 현차 시험 적용(한국철도공사) 직접 편익추정

< 한국과학기술기획평가원 예비타당성 검토결과 >

예비타당성조사 연구진의 편익추정방향

- 주관부처가 제시한 부가가치 창출에 의한 편익만을 편익항목으로 인정하되, 변수 항목중 일부 오류가 발견된 부분은 과거 실적 등 근거에 기반하여 수정한 내용을 적용하여 산출하는 방법으로 편익을 추정함

부가가치창출 편익 = 국내외대상시장규모 × 사업기여율 × R&D기여율 × R&D사업화성공률 × 부가가치율

시장 규모 추정

- 대상국내시장규모는 신규 구입 차량 부품 매출과 신규 차량, 기존차량의 유지보수 부품의 매출을 기준으로 산출

- 차량별 소요 부품수, 부품단가, 부품 교환주기, 차량 내구연한 등은 주관부처가 제시한 기준을 적용하는 방식으로 산정하되, 신규 차량 부품의 예비비율은 20%, 기존 차량 부품의 예비비율은 10%를 각각 적용하여 추정함

- 다만, 정부의 추가 신설 예정 철도 노선에 대한 매출은 상세계획이 확정되지 않아 차량 편수와 대수를 가름할 수 없어 이 부분의 매출은 산정 대상에서 제외함으로서 국내 시장을 매우 보수적으로 산정하고자 함

  - 주관부처가 제시한 상세 계획 미확정 신설 철도(도시철도 포함) 노선만 10개 노선에 달하며, 수도권만 해도 GTX 등 3개 노선이 계획되고 있는 것으로 조사

- 대상 해외시장규모는 전 세계시장 규모에서 한국시장규모를 제외한 시장 중 동 사업의 대상인 철도차량과 유지보수 시장만을 대상으로 산정하되(전체 시장의 71.3%), 우리 기업의 수출 실적이 존재하는 지역의 시장만을 대상으로 산정함

  - 국내시장규모는 중소기업청의 '철도산업 국내시장 현황 및 전망' 자료를 활용하여 최근 3년간('15~'17)의 평균치로 추정함(4조 4,212억 원 규모)

<표 IX-77> 철도산업의 국내시장 현황 및 전망

(단위 : 억 원)

분야	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	CAGR ('13~'19)
철도차량	26,827	26,429	29,032	31,634	34,236	37,483	41,044	3.5%
철도 인프라	8,704	9,642	10,580	11,518	12,456	13,624	14,905	9.4%
철도운행제어	805	890	975	1,060	1,145	1,250	1,365	9.2%
합계	33,336	36,961	40,587	44,212	49,837	52,357	57,314	9.4%

*'17~'19년의 전망은 연평균 증가율을 활용한 예측치
*출처 : 중소중견기업 기술로드맵 2017~2019 (중소기업청, 2016년)

- 시장 규모의 변화는 성장률을 근거로 추정하며, 주관부처가 제시한 UNIFE World Rail Market Study('2018)의 예측치를 활용하여 전세계시장 성장률은 2.7%를, 국내시장 성장률은 아시아 퍼시픽 지역의 평균 성장률인 2.5%를 적용함

대상 해외 시장 규묘 = (전세계 시장 - 국내시장)규모 × 국내기업 세계 점유율
*전세계시장 : (서유럽, CIS 제외 세계 시장) × (신차 및 유지보수 시장 비중)
*국내기업 시장 세계 점유율 : 현재 2.4% 기준으로 편익 발생 기간 동안 목표치인 매년 3.8%씩 성장한다고 가정하여 추정

- 세계 철도시장 규모과 지역별 시장규모는 주관부처가 제시한 UNIFE World Rail Market Study('2018)의 예측치를 활용하여 추정한 결과, '15~'17 3개년 평균 1,632억 유로(약 209조원)의 시장이 조사되었으며, 서유럽과 CIS에는 국내 기업이 수출한 실적이 없으므로 대상에서 제외하며, 이중 동 사업의 대상 시장인 신차 및 유지보수 시장은 전체의 71.2%에 해당되며, 이때 연평균 성장률은 2.7%로 조사됨

  - 국내기업(H사)의 해외 수출('17년 매출 기준)은 주로 아시아, 중남미, 동유럽으로 집중되어 있고, 북미와 중동도 수출하나, 철도 강국인 서유럽과 CIS의 국가에는 수출 실적이 전무한 것으로 조사됨

<표 IX-78> 국내기업(H사 기준)의 해외 수출 실적('17년)

구분	매출액(억 유로)	비중(%)
아시아	5.89	66.5
서유럽	0.00	0
북미	0.12	1.4
CIS	0.00	0

구분	매출액(억 유로)	비중(%)
동유럽	0.88	9.9
아중동	0.14	1.6
중남미	1.54	17.4
오세아니아	0.28	3.2
합계	8.82	100

*고속철도, 메트로, 전동차, 경전철 매출기준

*출처 : 추가제출자료

- 아시아 태평양 지역의 시장 규모는 세계 전체 시장의 약 32%에 해당되며, 시장성장률은 세계시장보다 약간 낮은 2.5%를 나타내는 것으로 조사됨

<표 IX-79> 세계시장 및 세부 분야별 시장 규모('15~ '17년 3년 평균)

구분		시장규모	연평균 성장율	비중
Annual total market		EUR 163.2bn(208.3조 원)	+2.7%	-
	rolling stock (신차)	EUR 52.6bn(67.1조 원)	+2.6%	32.2%
	service (유지보수)	EUR 63.8bn(81.4조 원)	+2.7%	39.0%
	infrastructure	EUR 31.2bn(39.8조 원)	+2.9%	19.1%
	rail control	EUR 15.1bn(19.3조 원)	+2.9%	9.3%
	turnkey management	EUR 0.6bn(0.7조 원)	+4.8%	0.4%

*출처 : UNIFE World Rail Market Study, 2018

<표 IX-80> 지역별 시장('15~ '17년 3년 평균)

구분		시장규모	연평균 성장율	비중
Annual total market		EUR 163.2bn(208.3조 원)	+2.7%	-
1	Asia Pacific	EUR 52.4bn(66.9조 원)	+2.5%	32.1%
2	Western Europe	EUR 45.7bn(58.3조 원)	+2.2%	27.8%
3	Eastern Europe	EUR 10.7bn(13.7조 원)	+2.7%	6.7%
4	NAFTA (북미 & 멕시코)	EUR 30.0bn(38.4조 원)	+3.1%	18.2%
5	CIS*	EUR 13.2bn(16.8조 원)	+2.7%	8.1%
6	Africa / Middle East	EUR 7.5bn(9.6조 원)	+5.2%	4.8%
7	Latin America	EUR 3.6bn(4.6조 원)	+4.8%	2.4%

*CIS : 러시아·우크라이나·벨로루시·몰도바·카자흐스탄·우즈베키스탄·투르크메니스탄·타지키스탄·키르키즈스탄·아르메니아·아제르바이젠 공화국·그루지야 등 12개국

*출처 : UNIFE World Rail Market Study, 2018

- 국내 기업의 세계시장점유율 변화는 보수적으로 현행 2.4%를 편익발생기간 동일하게 유지하는 것을 가정한 방안(시나리오 1)과 사업기간 동안 2.4%를 유지하다가 사업이 끝나면서 동사업의 효과로 인해 목표치인 3.8%의 점유율 성장이 편익발생기간 동안 직선적으로 증가한다고 가정하는 공격적인 방안(시나리오2)으로 구분하여 추산

*출처: 2018년도 예비타당성조사 보고서 철도차량 부품개발사업, 한국과학기술기획평가원(KISTEP), 2019.5.

< 한국과학기술기획평가원 예비타당성 검토결과 >

기타 편익 추정변수

- 편익기간은 동 사업의 내용과 관련되는 미국등록특허를 도출한 후 특허의 수명주기(TCT)를 분석하여 편익기간으로 설정하되, 중점분야별 특성을 감안하여 차별화하여 적용

- 회임기간은 주관부처와 제시와 달리 중점분야1의 경우, 사업기간내 인증, 현차시험까지를 거쳐 국산화를 목표로 하기 때문에 회임기간은 없는 것으로, 중점분야2의 경우, 2년간의 후속실용화 지원이 필요함에 따라 회임기간은 2년으로 설정함

  - 사업기여율은 동 사업의 해당시장에 영향을 주는 정부와 민간의 투자액을 조사하여 산정해야 하나, 정부부분에 있어 철도분야만의 투자금액은 국가 전체 R&D 상의 철도교통분야로 묶여 정확한 자료조사에 한계가 있어, 동 사업 분야의 유일한 정부 연구개발사업인 국토교통부의 '철도기술연구개발사업'을 근간으로 추정한 결과, 46.9%의 값이 산출됨

- 국가연구개발사업의 『예비타당성조사 표준지침』의 사업기여율 산출산식은 다음과 같음

$$\text{기여율} = \frac{\text{조사대상사업 연간 연구개발비}}{\text{조사대상사업을 포함한 해당분야의 연간 전체 연구개발비}}$$

$$= \frac{\text{조사대상사업 연간 연구개발비}}{\text{조사대상사업 연구개발비} + \text{해당기술분야 연간 (정부 + 민간) 연구개발비}}$$

$$= \frac{\text{조사대상사업 연간 연구개발비}}{\text{조사대상사업 연구개발비} + \text{해당기술분야 연간 연구개발비 (1 + 민간/정부 비율)}}$$

- 정부와 민간의 철도분야에 대한 총투자 규모는 예타조사 표준지침에 따라 정부의 투자액을 기준으로 민간과의 비율을 활용하는 산식(세번째 산식)으로 산정함

  - 정부투자 규모는 동 기술 분야의 유일한 국가 연구개발사업인 국토부의 '철도기술연구개발사업'중 내역 사업 중 동사업과 성격이 유사한 "철도 소재·부품·장치 고도화 기술"을 대상으로 5년간 평균 투자 규모인 197.7억 원으로 산정

<표 Ⅸ-81> 철도분야 국가 R&D 투자현황

(단위 : 백만 원)

구 분		2015	2016	2017	2018	2019	평균
철도기술연구사업		97,589	94,454	99,767	86,741	78,049	91.320
내역사업	철도 수송력 향상 기술	29,514	22,533*	19,653*	15,700	17,627	21,005
	철도 안전·편의 향상 기술	24,725	24,678	31,058	25,024	21,079	25,313
	철도 건설·운영비 절감 기술	27,800	26,618	24,817	28,712	15,082	24,606
	철도 소재·부품·장치 고도화 기술	15,550	20,625	24,239	17,305	21,149	19,774
	(기획평가관리비)					3,112	

*출처 : 2019년 국토교통과학기술연구개발사업 시행계획

- 정부 대 민간 투자 규모의 비율은 연구개발활동조사보고서9)의 교통분야가 포함된 철도교통분야의 최근 3년간('15~'17) 평균치를 활용하면, 0.93의 값으로 계산됨

<표 IX-82> 철도교통 분야의 정부 및 민간 R&D 투자규모('14~ '16)

(단위 : 억 원)

구분	2014	2015	2016	평균
정부투자(A)	1,019	832	900	917
민간투자(B)	1,151	787	642	860
합계	2,170	1,619	1,542	1,777
B/A	1.13	0.95	0.71	0.93

*출처 : 연구개발활동조사보고서, KISTEP, 2017

■ **R&D기여율은 제3차 과학기술기본계획에 제시된 35.4%를 적용함**

● R&D기여율은 연구개발성과가 상업화를 통해 부가가치를 창출하는 경우, 창출된 부가가치 중 R&D가 어느 정도 기여한 것인지 나타내는 요소임

■ **R&D사업화성공률은 기술개발이 상업화가 이루어져 실제로 부가가치를 창출하는 확률을 의미하며 관련 성과분석보고서 최신판의 정보를 적용**

● 한국산업기술평가관리원에서 2017년에 발간한 「2016 산업기술혁신사업 성과활용 현황조사 보고서」를 활용하여 기계·소재분야 사업화 성공률인 45.1%를 적용함

■ **부가가치율은 한국은행의 최신 산업연관표('16)에서 사업 성과물과 연관성을 고려하여 관련 부가가치율을 적용함**

● 철도차량분야의 부가가치율 32.97%를 적용함

■ **기타 편익추정을 위한 변수는 다음에 따라 산정하고 적용함**

● 예비타당성조사 분석 기준연도는 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 총괄지침 제32조에 따라 2017년으로 설정함

● 사회적 할인율은 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 총괄지침을 따라 4.5%를 적용함

● 환율은 기준년도인 2017년 연평균 환율인 1,276.30원/€10[1)]를 적용함

<표 IX-83> 예비타당성조사 편익 추정의 기본방향 및 적용지표

항목	사업계획서	예비타당성조사
대상시장	● (신규차량 부품 공급 매출) 2028~2040년까지 신규 차량 도입시 구매되는 부품들을 편성될 차량의 대수와 제품당 단가, 차량별 소요되는 수량을 반영하여 추정 ● (유지보수 부품 공급 매출) 2028~2040년까지 신규 차량과 현재 보유 중인 차량의 대수와 제품당 단가, 차량별 소요되는 수량을 반영하여 추정 ● (해외시장 공략 수출액) 연구개발 대상 18개 부품의 전세계시장 중 서유럽, 아프리카/중동, 남미시장 ● (안전사고 저감 비용절감액) 부품개발을 통해 예방할 수 있는 안전사고 저감에 따른 소요비용 절감액 ● (현차시험비용 절감액) 부품개발시 소요되는 현차 공동 시험 비용 절감액	● (신규차량 매출) 편익기간중 신규 차량 도입시 구매되는 부품들을 편성 차량의 대수와 제품 단가, 차량별 소요되는 수량을 반영하여 추정하되, 예비비율 20%를 적용 ● (유지보수 매출) 편익기간중 신규 차량 및 기존 차량의 필요 부품들을 소요 수량을 반영하여 추정하되, 마진율 10%를 적용 ● (해외시장 공략 수출액) 전 세계 시장(한국시장 제외) 중 우리나라 기업의 해외 수출 실적이 없는 서유럽, 북미 시장은 대상에서 제외하되, 철도차량 및 부품 시장만을 대상으로 추정
미래시장 예측방법	● 연평균증가율에 기반한 시장수요접근법	● 좌동
세계시장 점유율	● 1안) 2.4% – 현재 ㈜현대로템의 세계시장 점유율 ● 2안) 5.0% – ㈜현대로템 수출 성장률 기반·예산 점유율 ● 3안) 7.0% – 공격적 목표	● 시나리오1 : 편익기간 종료 시점까지 현재의 시장점유율(2.4%)을 유지 ● 시나리오2 : 편익 시장 시점인 2026년부터 편익기간 종료 시점까지 연평균 3.8%(목표치)씩 증가
사업 기여율	● 100% 적용 – 철도차량부품의 특수성을 감안하여 100% 산정	● 46.9% 적용 – 유일한 국가연구개발사업인 “철도기술연구사업”을 기준으로 추정
R&D 기여율	● 35.4% – 제 3차 과학기술기본계획	● 좌동
사업화 성공률	● 1안) 100% – 사업을 통하여 제작된 시제품의 실증 이후 구매조건부 100% 실용화 ● 2안) 62.5% – 부품소재 기술개발 사업의 사업화 성공률	● 45.1 적용 – KEIT 2016년 성과활용보고서 기계·소재 분야
부가 가치율	● 26.26% – 특수목적용 기계, 정밀기계 평균값을 적용	● 32.97% 적용 (철도차량 분야) – 2014년 산업연관표 (한국은행, ‘16)
회임기간	● 중점과제1 : 2년 ● 중점분야2 : 2년	● 중점과제1 0년 적용 ● 중점과제2 2년 적용
사회적 할인율	● 4.5%	● 좌동
환율	● 1,279.72원/€ – 2015.1.2. 매매기준율 적용	● 1,276.30원/€ – 2017(기준년도)년 연평균환율, 한국은행

*출처: 2018년도 예비타당성조사 보고서 철도차량 부품개발사업, 한국과학기술기획평가원(KISTEP), 2019.5.

1) 경제통계시스템, 한국은행, 2018

3.3 B/C 분석 종합

■ 동 사업의 총 비용(npv 1,724.97억원)에 대비하여 각 가정별 편익을 산출하면 아래와 같이 나타남

(단위 :억원)

편익산출 시나리오 구분	국내(npv)		해외 부품 수출액* (npv)	안전사고 저감비용 (npv)	현차시험 비용 절감액	합계 (npv)	B/C
	신규차량 매출액	유지보수 매출액					
1안) 국내사업화 성공률 62.5%, 해외시장 점유율 2.4%	388.3	149.6	402.4	60.25	255	1,255.55	0.73 (최소)
2안) 국내사업화 성공률 62.5%, 해외시장 점유율 5%	388.3	149.6	838.7	60.25	255	1,691.85	0.98
3안) 국내사업화 성공률 62.5%, 해외시장 점유율 7%	388.3	149.6	1,174	60.25	255	2,027.15	1.18
4안) 국내사업화 성공률 100%, 해외시장 점유율 2.4%	621.4	239.6	402.4	60.25	255	1,578.65	0.92
5안) 사업화 성공률 100%, 해외시장 점유율 5%	621.4	239.6	838.7	60.25	255	2,014.95	1.17
6안) 사업화 성공률 100%, 해외시장 점유율 7%	621.4	239.6	1,174	60.25	255	2,350.25	1.36 (최대)

* 단, 해외 부품 수출액 편익은 해외시장 진출 신규 진입을 고려하여 사업화 성공률 62.5% 일괄적용

- 경제적 타당성 분석 결과 최저 B/C Ratio는 0.73에서 최대 1.36으로로 경제적 타당성을 확보한 것으로 판단

- 해당 경제적 분석은 안전사고 저감, 해외 부품을 국산화로 대체하며 생기는 부품 조달 기간 등의 편익 등 실질적으로 파생되는 편익들을 인지하고 있으나, 해당 편익들의 객관적인 비용 산출이 어려워 본 경제성 분석에서는 제외

< 한국과학기술기획평가원 예비타당성 검토결과 >

총편익 추정

- 총 편익의 명목가치는 시나리오1의 경우 2,710.1억 원, 시나리오2의 경우, 3,375.2억 원, 현재가치는 각각 1,351억 원, 1,587.2억 원으로 추정됨

〈표 Ⅸ-84〉 총편익 추정 결과(연도별)

(단위 : 억 원)

연도	시나리오1		시나리오2	
	명목가치	현재가치	명목가치	현재가치
2026	13.1	8.8	13.1	8.8
2027	15.5	10.0	15.5	10.0
2028	196.9	121.4	204.8	126.2
2029	192.4	113.5	203.7	120.1
2030	202.1	114.1	217.2	122.5
2031	201.5	108.8	220.6	119.1
2032	178.9	92.5	202.5	104.6
2033	277.5	137	305.9	151.3
2034	302.5	143.1	336.0	159.0
2035	206.4	93.4	245.6	111.2
2036	216.3	93.7	261.6	113.3
2037	215.7	89.4	267.5	110.9
2038	239.3	95.0	298.3	118.4
2039	113.9	43.3	180.5	68.5
2040	138.1	50.2	212.9	77.4
2041	105.8	36.8	189.5	65.9
합계	2,710.1	1,351.0	3,375.2	1,587.2

- 동 사업의 비용편익 비율은 0.9에서 1.05 범위로 산출되어, 사업의 예산규모 및 계획을 기준으로 경제성의 확보 가능성은 있을 것으로 분석됨

*출처: 2018년도 예비타당성조사 보고서 철도차량 부품개발사업, 한국과학기술기획평가원(KISTEP), 2019.5.

제4절 파급효과 분석

1. 파급효과 분석 개요

산업연관분석 방법론

- 경제변수가 다른 특정변수에 의해 변화할 때 산업간 연쇄적인 파급 관계에 의해 나타나는 최종적인 경제활동의 규모의 변화를 계측해보고 산업별 생산활동의 변화 정도를 가늠해 보는 분석방법

- 동 분석은 일반적으로 산업연관표를 바탕으로 하여 산업간 상호 연관관계를 수량적으로 분석하는 방법

  - 산업연관표는 일정 기간 동안 한 나라에서 생산되는 모든 재화와 서비스의 산업간 거래관계를 원칙과 형식에 따라 기록한 통계표

  - 산업연관분석은 구조적 측면에서 산업간 연관관계를 파악할 수 있다는 장점이 있으며, 최종수요가 유발하는 각종 파급효과를 산업별로 구분하여 분석할 수 있어, 경제정책 수립 및 정책효과 분석에 활용

- 산업연관표의 세로방향(열)은 각 산업부문의 비용구성인 투입구조를 나타내는 부가가치의 양 부분으로 나누어지며 최종 합계를 총 투입액이라 지칭함

- 이 표의 가로방향(행)은 각 산업부문의 생산물이 어떻게 판매되는지에 대한 배분구조를 나타내는 것으로 중간재로 판매되는 중간수요와 소비재, 자본재, 수출상품 등으로 판매되는 최종수요의 두 부분으로 구성됨

- 또한, 중간수요와 최종수요를 합한 것을 총 수요액이라 하고 여기서 수입을 뺀 것을 총 산출액이라 하며 각 산업부문의 총 산출액과 이에 대응되는 총 투입액은 항상 일치

$$총\ 투입액 = 중간투입액 + 부가가치(세로방향,\ 투입구조)$$

$$총\ 산출액 = 중간수요 + 최종수요 - 수입(배분구조)$$

$$총\ 투입액 = 총\ 산출액$$

〈표 Ⅸ-85〉 산업연관표의 기본구조

구 분		내생부문		외생부문				수입	총 산출액
		개별 산업	중간 수요계	소비	투자	수출	최종 수요계		
내생부문	개별산업	$X_{11}\cdots X_{1n}$ $X_{12}\cdots X_{2n}$ … $X_{n1}\cdots X_{nn}$	W_1 W_2 … W_n	C_1 C_2 … C_n	I_1 I_2 … I_n	E_1 E_2 … E_n	Y_1 Y_2 … Y_n	M_1 M_2 … M_n	X_1 X_2 … X_n
	중간투입계	$U_1\cdots U_n$							
외생부문	피용자보수 영업잉여 고정자본소모 순생산세	$R_1\cdots R_n$ $S_1\cdots S_n$ $D_1\cdots D_n$ $T_1\cdots T_n$							
	부가가치계	$V_1\cdots V_n$							
총 투입액		$X_1\cdots X_n$							

- 위 산업연관표로부터 최종수요 변화에 따른 산업별 변화를 나타내는 생산유발승수(Output Miltiplier), 부가가치유발승수(Income Multiplier), 고용 및 고용자 승수(Employment Multiplier)를 추정

산업연관분석 모형 설정

- 산업연관분석을 통해 철도차량부품 개발사업으로 수행으로 인한 산업의 경제적 파급효과를 분석하기 위해 다음과 같은 전제조건을 설정

  - 먼저, 산업연관표는 한국은행에서 제공하는 '2014년 산업연관표'를 활용하여 분석을 실시

  - 산업연관표의 총 30개의 산업대분류와 동 사업의 12개 세부기술과제의 수요산업과의 매칭을 통해 생산유발, 부가가치유발, 고용유발효과 분석을 실시함

- 연구개발 투자로 인해 국가경제에 미치는 파급효과는 생산유발효과, 부가가치유발효과, 고용유발효과로 구분되며, 각 파급효과는 Leontief 역행렬과 이로부터 계산되는 생산유발승수, 부가가치유발승수, 고용승수를 이용하여 분석

〈표 Ⅸ-86〉 산업연관표의 산업분류 기준

구분	산업분류	구분	산업분류
1	농림어업	16	전력, 가스 및 증기업
2	광업	17	수도, 폐기물 및 재활용서비스업
3	음식료품 및 담배 제조업	18	건설업
4	섬유 및 가죽제품 제조업	19	도매 및 소매업
5	목재, 종이, 인쇄 및 복제업	20	운수업
6	석탄 및 석유제품 제조업	21	음식점 및 숙박업
7	화학제품 제조업	22	정보통신 및 방송업
8	비금속광물제품 제조업	23	금융 및 보험업
9	1차 금속제품 제조업	24	부동산 및 임대업
10	금속제품 제조업	25	전문, 과학 및 기술서비스업
11	기계 및 장비 제조업	26	사업지원 서비스업
12	전기 및 전자기기 제조업	27	공공행정 및 국방
13	정밀기기 제조업	28	교육서비스업
14	운송장비 제조업	29	보건 및 사회복지 서비스업
15	기타 제조업	30	문화 및 기타 서비스업

유발계수의 의미

- 생산 및 부가가치 유발효과는 철도차량 부품개발 사업 추진을 위한 예산투입 과정에서 발생하는 생산 및 부가가치 유발 효과를 의미
- 고용 유발효과는 생산 및 부가가치 유발 효과와 더불어 사업완료 후 발생하는 직접적, 간접적인 고용창출 효과를 나타냄
  - 첫 번째로는 철도차량(운송장비)과 연계된 사업비 지출에 관한 부문임
  - 두 번째로는 정밀기기 제조업 사업비 지출로 발생하는 효과임
  - 세 번째로는 정보통신업 부문과 연계된 사업비 지출로 발생하는 효과임
  - 네 번째로는 통합자산관리 및 안전 시스템 구축 등 사업지원 서비스업 부문에서 발생하는 효과임
- 결론적으로 18개 부품개발의 특성에 따른 분류된 산업분류 매칭을 통해 분석을 실시함
  - 각각의 세부기술 분야 추진에 따른 경제적 효과를 추정하고, 전체적인 경제적 효과로 재구분하여 도출함

2. 경제적 파급효과 분석결과

투입 예산

- 본 사업 추진 시 지역경제 파급효과를 유발하는 사업비 지출 대상으로는 사업기간 동안 발생하는 총 사업비를 의미함
  - 사업추진 기간 중에 지출되는 사업비만을 대상으로 하며, 실투자액이 아닌 이전소득(부지매입비, 혹은 건물구입비 등)이나 완공 후의 유지관리비 등은 제외(예비타당성 조사 지침 적용)
- 본 사업의 사업 총 규모는 1396.4억 원(국고 지원금 기준, NPV 적용)으로 총 사업기간 2020년~2026년까지 연도별로 투자계획을 수립함

유발계수 분석

- 산업연관분석을 통해 핵심과제와 연관 산업이 1단위 증가하였을 때, 전 산업에 유발되는 효과를 나타내는 계수들을 살펴보면 다음과 같음
  - 생산유발계수가 가장 높은 산업은 건설업이며, 다음으로 정밀기기 제조업, 정보통신 및 방송업. 사업지원 서비스업 순으로 나타남
  - 부가가치유발계수가 가장 높은 산업은 사업지원 서비스업, 정보통신 및 방송업, 건설업, 정밀기기제조업 순으로 나타남
  - 취업 유발계수가 가장 높은 산업은 사업지원 서비스업이며, 다음으로 건설업, 정보통신 및 방송업, 정밀기기 제조업 순으로 나타남

〈표 Ⅸ-87〉 각 산업별 유발계수 분석

산업구분	생산 유발계수	부가가치 유발계수	취업 유발계수 (명/10억원)
운송장비 제조업	2.224837	0.732823	13.924627
정밀기기 제조업	2.065319	0.621792	8.640361
정보통신 및 방송업	1.843774	0.803039	12.668943
사업지원 서비스	1.534882	0.878912	28.271366
철도차량부품 관련 산업 평균	**1.92**	**0.76**	**15.88**
전 산업 평균	**1.57**	**0.699**	**11.98**

- 다음으로 전체 30개 산업별 유발계수와 철도차량 부품 관련 산업의 유발계수를 비교하여 동 사업의 경제적 파급효과를 간접적으로 분석함

- 철도차량부품 관련 산업의 평균값과 전산업의 유발계수 평균 값을 비교해 보면 생산유발계수는 1.92 : 1.57, 부가가치 유발계수는 0.76 : 0.699, 고용 유발계수는 15.88 : 11.98로 전산업 평균보다 높게 나타남

유발효과 분석

- 철도차량 부품개발사업에 대한 투자를 통해 나타나는 생산유발계수와 부가가치 유발계수, 취업유발계수를 각 부품별로 산정

18대 부품	운송장비 제조업	정밀기기 제조업	정보통신 방송업	사업지원 서비스	생산 유발계수	부가가치 유발계수	취업 유발계수 (명/10억원)
▪ 고속철도용 댐퍼 개발	○				2.224837	0.732823	13.9
▪ 고속철도용 공기스프링 개발		○			2.065319	0.621792	8.6
▪ 고속철도용 반능동형 판토그래프 개발	○	○			4.290156	1.3546150	11.3
▪ 고속철도용 전두부 해치시스템 개발	○	○			4.290156	1.3546150	11.3
▪ 고속철도용 냉각팬 시스템 개발	○				2.224837	0.732823	13.9
▪ 고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발	○	○			4.290156	1.3546150	11.3
▪ 고속철도용 모듈형 주회로 차단시스템 개발	○	○	○		6.133930	2.157654	11.7
▪ 고속철도용 공조시스템 개발	○		○		4.06861	1.535862	13.3
▪ 도시철도용 모듈형 출입문 표준화 개발	○				2.224837	0.732823	13.9
▪ 도시철도용 모듈형 보조전원장치 개발			○		1.843774	0.803039	12.7
▪ 저상트램용 관절장치 개발	○				2.224837	0.732823	13.9
▪ 희토류 저감형 영구자석 동기전동기 (고속철도용 추진제어시스템 경량.효율화)	○	○			4.290156	1.3546150	11.3
▪ 마그네틱 기어드 방식 동력전달시스템 (도시철도용 동력전달시스템 경량.효율화)	○	○			4.290156	1.3546150	11.3
▪ ESS 일체형 추진제어시스템 (도시철도용 추진제어시스템 경량.효율화)	○		○		4.06861	1.535862	13.3
▪ 컨버터 일체형 반도체변압기 (고속철도용 전력변환장치 경량.효율화)	○		○		4.06861	1.535862	13.3
▪ 외장코어형 컴팩트 주변압기 (도시철도용 전력변환장치 경량.효율화)	○		○		4.06861	1.535862	13.3
▪ 개방형 네트워크 프로토콜 기반 통합제어플랫폼 (도시철도용 전장제어기기 상호호환성 확보 기술)			○	○	3.378656	1.681951	20.5
▪ 자동 연결·분리 시스템 (물류차 입환 자동화 기술 개발)			○	○	3.378656	1.681951	20.5

● 철도차량 부품개발사업에 대한 투자를 통해 나타나는 경제적 효과는 전국적으로 생산액 7조 2,368억 원, 부가가치액이 2조 5,647억 원, 취업유발은 26,836명이 창출 추정

(단위 :억원, 명)

18대 부품	유발 매출액 (신규차량, 유지보수)	생산 유발계수	부가가치 유발계수	취업 유발계수	생산 유발 효과	부가 가치 효과	취업유발 효과 (명/10억원)
• 고속철도용 댐퍼 개발	383.5	2.224837	0.732823	13.9	853.2	281.0	533.1
• 고속철도용 공기스프링 개발	152	2.065319	0.621792	8.6	313.9	94.5	130.7
• 고속철도용 반능동형 판토그래프 개발	1034	4.290156	1.3546150	11.3	4436.0	1400.7	1168.4
• 고속철도용 전두부 해치시스템 개발	407	4.290156	1.3546150	11.3	1746.1	551.3	459.9
• 고속철도용 냉각팬 시스템 개발	1570	2.224837	0.732823	13.9	3493.0	1150.5	2182.3
• 고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발	1482	4.290156	1.3546150	11.3	6358.0	2007.5	1674.7
• 고속철도용 모듈형 주회로 차단시스템 개발	299	6.133930	2.157654	11.7	1834.0	645.1	349.8
• 고속철도용 공조시스템 개발	902	4.06861	1.535862	13.3	3669.9	1385.3	1199.7
• 도시철도용 모듈형 출입문 표준화 개발	1890	2.224837	0.732823	13.9	4204.9	1385.0	2627.1
• 도시철도용 모듈형 보조전원장치 개발	2659	1.843774	0.803039	12.7	4902.6	2135.3	3376.9
• 저상트램용 관절장치 개발	288	2.224837	0.732823	13.9	640.8	211.1	400.3
• 희토류 저감형 영구자석 동기전동기(고속철도용 추진제어시스템 경량·효율화)	1184	4.290156	1.3546150	11.3	5079.5	1603.9	1337.9
• 마그네틱 기어드 방식 동력전달시스템 (도시철도용 동력전달시스템 경량·효율화)	2420	4.290156	1.3546150	11.3	10382.2	3278.2	2734.6
• ESS 일체형 추진제어시스템(도시철도용 추진제어시스템 경량·효율화)	3713	4.06861	1.535862	13.3	15106.7	5702.7	4938.3
• 컨버터 일체형 반도체변압기(고속철도용 전력변환장치경량·효율화)	740	4.06861	1.535862	13.3	3010.8	1136.5	984.2
• 외장코어형 컴팩트 주변압기 (도시철도용전력변환장치 경량·효율화)	972	4.06861	1.535862	13.3	3954.7	1492.9	1292.8
• 개방형 네트워크 프로 토콜 기반 통합제어 플랫폼 (도시철도용전장제어기기 상호호환성 확보 기술)	518	3.378656	1.681951	20.5	1750.1	871.3	1061.9
• 자동 연결·분리 시스템 (물류차 입환 자동화 기술 개발)	187	3.378656	1.681951	20.5	631.8	314.5	383.4
합계	**20,800.5**	**–**	**–**	**–**	**72,368.2**	**25,647.3**	**26,836**

< 한국과학기술기획평가원 예비타당성 검토반영 >

예비타당성 검토반영 산업유발효과 결과

- 총 편익의 명목가치는 시나리오의 경우 2,710.1억 원, 시나리오2의 경우, 3,375.2억 원, 현재가치는 각각 1,351억 원, 1,587.2억 원으로 추정됨
- 동 사업의 비용편익 비율은 0.9에서 1.05 범위로 산출되어, 사업의 예산규모 및 계획을 기준으로 경제성의 확보 가능성은 있을 것으로 분석됨

*출처: 2018년도 예비타당성조사 보고서 철도차량 부품개발사업, 한국과학기술기획평가원(KISTEP), 2019.5.

한국과학기술기획평가원 산업유발효과 검토결과에 따라 동 사업의 철도차량부품 개발사업의 경제적 파급효과를 토대로 파급효과 재산정

- 철도차량 부품 관련 산업의 유발계수를 비교하여 예비타당성 검토결과를 반영하여 산업유발효과 재산정하여 경제적 파급효과를 간접적으로 분석함

<표 IX-88> 산업유발효과 재산정 결과

(단위 : 억 원)

연도	시나리오1		시나리오2	
	명목가치	현재가치	명목가치	현재가치
합계	2,710.1	1,351.0	3,375.2	1,587.2
• 생산액 (생산유발계수:1.57)	4,254.86	2,121.07	5,299.06	2,491.9
• 부가가치액 (부가가치계수:0.699)	1,894.36	944.35	2,359.26	1,109.45
• 취업유발 (고용유발계수:11.98)	32,467	16,184.98	40,434.90	19,014.66

※ 취업유발 단위: 명/10억원

- (시나리오1) 철도차량 부품개발사업에 대한 투자를 통해 나타나는 경제적 효과는 전국적으로 생산액 2,121억원, 부가가치액 944억원, 취업유발은 16,184명이 창출될 것으로 추정
- (시나리오2) 철도차량 부품개발사업에 대한 투자를 통해 나타나는 경제적 효과는 전국적으로 생산액 2,491억원, 부가가치액이 1,109억원, 취업유발은 19,014명이 창출될 것으로 추정

철도차량 부품개발 사업

[부록 1]

참여의향 확인서

부품기업(25개)-1/7

㈜아이티베인

참여의사 확인서

사 업	철도차량 부품산업 육성 및 해외진출을 위한 철도차량 부품개발 사업(가칭)	
과 제	구분	연구과제명
	1-1	동력분산식 고속철도용 현가장치 개발
	1-2	고속철도용 반능동형 관토그래프 개발
	1-3	고속철도용 공기스프링 국산화 개발
	1-4	고내구성 전두부 해치 시스템 개발
	1-5	신소재(고내구성) 적용 냉각팬 시스템 개발
	1-6	고속철도용 고성능 제동디스크 및 패드 개발
	1-7	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈화 개발
	1-8	IoT기반 지능형 모듈타입의 주회로차단시스템 개발
	1-9	친환경 컴팩트형 공조시스템 개발
	1-10	철도차량용 모듈방식의 보조전원장치 개발
	1-11	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트랙용 관절장치 개발
	2-1	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 개발
	2-2	고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발
	2-3	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 개발
	2-4	고효율, 고안전성 희토류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기 개발
	2-5	철도차량 입환 자동화 시스템 개발
	2-6	에너지 저장 시스템 일체형 추진제어시스템 개발
	2-7	도시철도용 고효율 회장코어형 컴팩트 주변압기 개발

상기 사업 및 과제에 대하여 제반 규정을 준수하고 기업부담금을 부담하여 참여할 의사가 있음을 확인합니다.

2018 년 03 월 16 일

㈜ 아 이 티 베 인

국토교통과학기술진흥원장 귀하

다원프릭션

참여의사 확인서

사 업	철도차량 부품산업 육성 및 해외진출을 위한 철도차량 부품개발 사업(가칭)	
과 제	구분	연구과제명
	1-1	동력분산식 고속철도용 현가장치 개발
	1-2	고속철도용 반능동형 관토그래프 개발
	1-3	고속철도용 공기스프링 국산화 개발
	1-4	고내구성 전두부 해치 시스템 개발
	1-5	신소재(고내구성) 적용 냉각팬 시스템 개발
	1-6	고속철도용 고성능 제동디스크 및 패드 개발
	1-7	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈화 개발
	1-8	IoT기반 지능형 모듈타입의 주회로차단시스템 개발
	1-9	친환경 컴팩트형 공조시스템 개발
	1-10	철도차량용 모듈방식의 보조전원장치 개발
	1-11	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트랙용 관절장치 개발
	2-1	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 개발
	2-2	고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발
	2-3	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 개발
	2-4	고효율, 고안전성 희토류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기 개발
	2-5	철도차량 입환 자동화 시스템 개발
	2-6	에너지 저장 시스템 일체형 추진제어시스템 개발
	2-7	도시철도용 고효율 회장코어형 컴팩트 주변압기 개발

상기 사업 및 과제(연구과제명:고속철도용 고성능 제동디스크 및 패드 개발)에 대하여 제반 규정을 준수하고 기업부담금을 부담하여 참여할 의사가 있음을 확인합니다.

2018년 03월 20일

㈜ 다원프릭션

국토교통과학기술진흥원장 귀하

STR 엔지니어링

철도차량부품개발사업 참여의향서

수신 : 국토교통부/국토교통과학기술진흥원

국토교통부에서 진행하는 「철도차량부품개발사업(R&D) 」에 관련 규정에 따른 기업부담금(기업만 해당)을 부담하여 참여할 의향이 있습니다.

2018. 7. 6.

직위 : 대표

성명 : 박 태 기

기관명	STR 엔지니어링
담당부서	경영 및 R&D
희망과제 (과제목록에서 선택)	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈화 개발 철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 개발

☐ 사업추진 과제목록

	구분	연구과제명
중점분야 1	1-1	동력분산식 고속철도용 현가장치 개발
	1-2	고속철도용 반능동형 관토그래프 개발
	1-3	고속철도용 공기스프링 국산화 개발
	1-4	고내구성 전두부 해치 시스템 개발
	1-5	신소재(고내구성) 적용 냉각팬 시스템 개발
	1-6	고속철도용 고성능 제동디스크 및 패드 개발
	1-7	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈화 개발
	1-8	IoT기반 지능형 모듈타입의 주회로차단시스템 개발
	1-9	친환경 컴팩트형 공조시스템 개발
	1-10	철도차량용 모듈방식의 보조전원장치 개발
	1-11	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트랙용 관절장치 개발
중점분야 2	2-1	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 개발
	2-2	고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발
	2-3	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 개발
	2-4	고효율, 고안전성 희토류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기 개발
	2-5	철도차량 입환 자동화 시스템 개발
	2-6	에너지 저장 시스템 일체형 추진제어시스템 개발
	2-7	도시철도용 고효율 회장코어형 컴팩트 주변압기 개발

인터콘시스템스(주)

참여의사 확인서

사 업	철도차량 부품산업 육성 및 해외진출을 위한 철도차량 부품개발 사업(가칭)	
과 제	구분	연구과제명
	1-1	동력분산식 고속철도용 현가장치 개발
	1-2	고속철도용 반능동형 관토그래프 개발
	1-3	고속철도용 공기스프링 국산화 개발
	1-4	고내구성 전두부 해치 시스템 개발
	1-5	신소재(고내구성) 적용 냉각팬 시스템 개발
	1-6	고속철도용 고성능 제동디스크 및 패드 개발
	1-7	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈화 개발
	1-8	IoT기반 지능형 모듈타입의 주회로차단시스템 개발
	1-9	친환경 컴팩트형 공조시스템 개발
	1-10	철도차량용 모듈방식의 보조전원장치 개발
	1-11	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트랙용 관절장치 개발
	2-1	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 개발
	2-2	고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발
	2-3	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 개발
	2-4	고효율, 고안전성 희토류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기 개발
	2-5	철도차량 입환 자동화 시스템 개발
	2-6	에너지 저장 시스템 일체형 추진제어시스템 개발
	2-7	도시철도용 고효율 회장코어형 컴팩트 주변압기 개발

상기 사업 및 과제에 대하여 제반 규정을 준수하고 기업부담금을 부담하여 참여할 의사가 있음을 확인합니다.

2018년 03월 19일

인터콘시스템스(주) 손 강 호

국토교통과학기술진흥원장 귀하

부품기업(25개) 계속-2/7

㈜베어링아트

참여의사 확인서

사 업	철도차량 부품산업 육성 및 해외진출을 위한 철도차량 부품개발 사업(가칭)	
과 제	구분	연구과제명
	1-1	동력분산식 고속철도용 현가장치 개발
	1-2	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발
	1-3	고속철도용 공기스프링 국산화 개발
	1-4	고내구성 전두부 배치 시스템 개발
	1-5	신소재(고내구성) 적용 냉각팬 시스템 개발
	1-6	고속철도용 고성능 제동디스크 및 패드 개발
	1-7	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈화 개발
	1-8	IoT기반 지능형 모듈타입의 주회로차단시스템 개발
	1-9	친환경 컴팩트형 공조시스템 개발
	1-10	철도차량용 모듈방식의 보조전원장치 개발
	1-11	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트램용 관절장치 개발
	2-1	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 개발
	2-2	고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발
	2-3	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 개발
	2-4	고효율, 고안전성 희토류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기 개발
	2-5	철도차량 입환 자동화 시스템 개발
	2-6	에너지 저장 시스템 일체형 추진제어시스템 개발
	2-7	도시철도용 고효율 외장코어형 컴팩트 주변압기 개발

상기 사업 및 과제에 대하여 제반 규정을 준수하고 기업부담금을 부담하여 참여할 의사가 있음을 확인합니다.

2018 년 03 월 15 일

㈜베어링아트 (직인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

㈜브이씨텍

참여의사 확인서

사 업	철도차량 부품산업 육성 및 해외진출을 위한 철도차량 부품개발 사업(가칭)	
과 제	구분	연구과제명
	1-1	동력분산식 고속철도용 현가장치 개발
	1-2	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발
	1-3	고속철도용 공기스프링 국산화 개발
	1-4	고내구성 전두부 배치 시스템 개발
	1-5	신소재(고내구성) 적용 냉각팬 시스템 개발
	1-6	고속철도용 고성능 제동디스크 및 패드 개발
	1-7	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈화 개발
	1-8	IoT기반 지능형 모듈타입의 주회로차단시스템 개발
	1-9	친환경 컴팩트형 공조시스템 개발
	1-10	철도차량용 모듈방식의 보조전원장치 개발
	1-11	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트램용 관절장치 개발
	2-1	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 개발
	2-2	고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발
	2-3	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 개발
	2-4	고효율, 고안전성 희토류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기 개발
	2-5	철도차량 입환 자동화 시스템 개발
	2-6	에너지 저장 시스템 일체형 추진제어시스템 개발
	2-7	도시철도용 고효율 외장코어형 컴팩트 주변압기 개발

상기 사업 및 과제에 대하여 제반 규정을 준수하고 기업부담금을 부담하여 참여할 의사가 있음을 확인합니다.

2018년 03월 16일

주식회사 브이씨텍 (직인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

㈜우진산전

참여의사 확인서

사 업	철도차량 부품산업 육성 및 해외진출을 위한 철도차량 부품개발 사업(가칭)	
과 제	구분	연구과제명
	1-1	동력분산식 고속철도용 현가장치 개발
	1-2	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발
	1-3	고속철도용 공기스프링 국산화 개발
	1-4	고내구성 전두부 배치 시스템 개발
	1-5	신소재(고내구성) 적용 냉각팬 시스템 개발
	1-6	고속철도용 고성능 제동디스크 및 패드 개발
	1-7	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈화 개발
	1-8	IoT기반 지능형 모듈타입의 주회로차단시스템 개발
	1-9	친환경 컴팩트형 공조시스템 개발
	1-10	철도차량용 모듈방식의 보조전원장치 개발
	1-11	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트램용 관절장치 개발
	2-1	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 개발
	2-2	고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발
	2-3	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 개발
	2-4	고효율, 고안전성 희토류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기 개발
	2-5	철도차량 입환 자동화 시스템 개발
	2-6	에너지 저장 시스템 일체형 추진제어시스템 개발
	2-7	도시철도용 고효율 외장코어형 컴팩트 주변압기 개발

상기 사업 및 과제에 대하여 제반 규정을 준수하고 기업부담금을 부담하여 참여할 의사가 있음을 확인합니다.

2018년 3월 19일

㈜우진산전

국토교통과학기술진흥원장 귀하

디투엔지니어링

철도차량부품개발사업 참여의향서

수신 : 국토교통부/국토교통과학기술진흥원

국토교통부에서 진행하는 「철도차량부품개발사업(R&D) 」에 관련 규정에 따른 기업부담금(기업만 해당)을 부담하여 참여할 의향이 있습니다.

2018. 7. 10.

직위 : 부 사 장
성명 : 최 준 식 (서명)

기관명	㈜디투엔지니어링
담당부서	기술연구소
희망과제 (과제목록에서 선택)	1-8 IoT 기반 지능형 모듈타입의 주회로 차단시스템 개발

☐ 사업추진 과제목록

구분		연구과제명
중점분야 1	1-1	동력분산식 고속철도용 현가장치 개발
	1-2	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발
	1-3	고속철도용 공기스프링 국산화 개발
	1-4	고내구성 전두부 배치 시스템 개발
	1-5	신소재(고내구성) 적용 냉각팬 시스템 개발
	1-6	고속철도용 고성능 제동디스크 및 패드 개발
	1-7	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈화 개발
	1-8	IoT기반 지능형 모듈타입의 주회로 차단시스템 개발
	1-9	친환경 컴팩트형 공조시스템 개발
	1-10	철도차량용 모듈방식의 보조전원장치 개발
	1-11	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트램용 관절장치 개발
중점분야 2	2-1	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 개발
	2-2	고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발
	2-3	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 개발
	2-4	고효율, 고안전성 희토류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기 개발
	2-5	철도차량 입환 자동화 시스템 개발
	2-6	에너지 저장 시스템 일체형 추진제어시스템 개발
	2-7	도시철도용 고효율 외장코어형 컴팩트 주변압기 개발

부품기업(25개) 계속-3/7

만도

철도차량부품개발사업 참여의향서

수신 : 국토교통부/국토교통과학기술진흥원

국토교통부에서 진행하는 「철도차량부품개발사업(R&D)」에 관련 규정에 따른 기업부담금(기업만 해당)을 부담하여 참여할 의향이 있습니다.

2018. 7. 9.

직위 : 수석연구원
성명 : 김남수 (서명)

기관명	㈜ 만도
담당부서	연구센터 윤제팀
희망과제 (과제목록에서 선택)	동력분산식 고속철도용 견인장치 개발

□ 사업추진 과제목록

구분		연구과제명
중점분야 1	1-1	동력분산식 고속철도용 견인장치 개발
	1-2	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발
	1-3	고속철도용 공기스프링 국산화 개발
	1-4	고내구성 전두부 해치 시스템 개발
	1-5	신소재(고내구성) 적용 냉각팬 시스템 개발
	1-6	고속철도용 고성능 제동디스크 및 패드 개발
	1-7	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈화 개발
	1-8	IoT기반 지능형 모듈타입의 주회로차단시스템 개발
	1-9	친환경 컴팩트형 공조시스템 개발
	1-10	철도차량용 모듈방식의 보조전원장치 개발
	1-11	고장도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트램용 판철장치 개발
중점분야 2	2-1	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 개발
	2-2	고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발
	2-3	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 개발
	2-4	고효율, 고안전성 희토류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기 개발
	2-5	철도차량 입환 자동화 시스템 개발
	2-6	에너지 저장 시스템 일체형 추진제어시스템 개발
	2-7	도시철도용 고효율 회장코어형 컴팩트 주변압기 개발

상신브레이크

참여의사 확인서

사 업	철도차량 부품산업 육성 및 해외진출을 위한 철도차량 부품개발 사업(가칭)	
과 제	구분	연구과제명
	1-1	동력분산식 고속철도용 견인장치 개발
	1-2	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발
	1-3	고속철도용 공기스프링 국산화 개발
	1-4	고내구성 전두부 해치 시스템 개발
	1-5	신소재(고내구성) 적용 냉각팬 시스템 개발
	1-6	고속철도용 고성능 제동디스크 및 패드 개발
	1-7	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈화 개발
	1-8	IoT기반 지능형 모듈타입의 주회로차단시스템 개발
	1-9	친환경 컴팩트형 공조시스템 개발
	1-10	철도차량용 모듈방식의 보조전원장치 개발
	1-11	고장도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트램용 판철장치 개발
	2-1	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 개발
	2-2	고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발
	2-3	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 개발
	2-4	고효율, 고안전성 희토류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기 개발
	2-5	철도차량 입환 자동화 시스템 개발
	2-6	에너지 저장 시스템 일체형 추진제어시스템 개발
	2-7	도시철도용 고효율 회장코어형 컴팩트 주변압기 개발

상기 사업 및 과제에 대하여 제반 규정을 준수하고 기업부담금을 부담하여 참여할 의사가 있음을 확인합니다.

2018년 3월 16일

상신브레이크(주) (직인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

유경제어주식회사

참여의사 확인서

사 업	철도차량 부품산업 육성 및 해외진출을 위한 철도차량 부품개발 사업(가칭)	
과 제	구분	연구과제명
	1-1	동력분산식 고속철도용 견인장치 개발
	1-2	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발
	1-3	고속철도용 공기스프링 국산화 개발
	1-4	고내구성 전두부 해치 시스템 개발
	1-5	신소재(고내구성) 적용 냉각팬 시스템 개발
	1-6	고속철도용 고성능 제동디스크 및 패드 개발
	1-7	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈화 개발
	1-8	IoT기반 지능형 모듈타입의 주회로차단시스템 개발
	1-9	친환경 컴팩트형 공조시스템 개발
	1-10	철도차량용 모듈방식의 보조전원장치 개발
	1-11	고장도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트램용 판철장치 개발
	2-1	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 개발
	2-2	고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발
	2-3	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 개발
	2-4	고효율, 고안전성 희토류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기 개발
	2-5	철도차량 입환 자동화 시스템 개발
	2-6	에너지 저장 시스템 일체형 추진제어시스템 개발
	2-7	도시철도용 고효율 회장코어형 컴팩트 주변압기 개발

상기 사업 및 과제에 대하여 제반 규정을 준수하고 기업부담금을 부담하여 참여할 의사가 있음을 확인합니다.

2018년 03월 20일

유경제어주식회사 (직인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

카템

참여의사 확인서

사 업	철도차량 부품산업 육성 및 해외진출을 위한 철도차량 부품개발 사업(가칭)	
과 제	구분	연구과제명
	1-1	동력분산식 고속철도용 견인장치 개발
	1-2	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발
	1-3	고속철도용 공기스프링 국산화 개발
	1-4	고내구성 전두부 해치 시스템 개발
	1-5	신소재(고내구성) 적용 냉각팬 시스템 개발
	1-6	고속철도용 고성능 제동디스크 및 패드 개발
	1-7	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈화 개발
	1-8	IoT기반 지능형 모듈타입의 주회로차단시스템 개발
	1-9	친환경 컴팩트형 공조시스템 개발
	1-10	철도차량용 모듈방식의 보조전원장치 개발
	1-11	고장도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트램용 판철장치 개발
	2-1	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 개발
	2-2	고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발
	2-3	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 개발
	2-4	고효율, 고안전성 희토류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기 개발
	2-5	철도차량 입환 자동화 시스템 개발
	2-6	에너지 저장 시스템 일체형 추진제어시스템 개발
	2-7	도시철도용 고효율 회장코어형 컴팩트 주변압기 개발

상기 사업 및 과제에 대하여 제반 규정을 준수하고 기업부담금을 부담하여 참여할 의사가 있음을 확인합니다.

2018 년 03 월 19 일

㈜ 카 템 (직인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

부품기업(25개) 계속-4/7

케이티엠엔지니어링

참여의사 확인서

사 업	철도차량 부품산업 육성 및 해외진출을 위한 철도차량 부품개발 사업(가칭)	
과 제	구분	연구과제명
	1-1	동력분산식 고속철도용 현가장치 개발
	1-2	고속철도용 반능동형 관토그래프 개발
	1-3	고속철도용 공기스프링 국산화 개발
	1-4	고내구성 전두부 해치 시스템 개발
	1-5	신소재(고내구성) 적용 냉각팬 시스템 개발
	1-6	고속철도용 고성능 제동디스크 및 패드 개발
	1-7	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈화 개발
	1-8	IoT기반 지능형 모듈타입의 주회로차단시스템 개발
	1-9	친환경 컴팩트형 공조시스템 개발
	1-10	철도차량용 모듈방식의 보조전원장치 개발
	1-11	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트랜용 관절장치 개발
	2-1	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 개발
	2-2	고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발
	2-3	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 개발
	2-4	고효율, 고안전성 희토류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기 개발
	2-5	철도차량 입환 자동화 시스템 개발
	2-6	에너지 저장 시스템 일체형 추진제어시스템 개발
	2-7	도시철도용 고효율 외장코어형 컴팩트 주변압기 개발

상기 사업 및 과제에 대하여 제반 규정을 준수하고 기업부담금을 부담하여 참여할 의사가 있음을 확인합니다.

2018년 3월 15일

케이티엠엔지니어링 (직인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

태일송풍기

참여의사 확인서

사 업	철도차량 부품산업 육성 및 해외진출을 위한 철도차량 부품개발 사업(가칭)	
과 제	구분	연구과제명
	1-1	동력분산식 고속철도용 현가장치 개발
	1-2	고속철도용 반능동형 관토그래프 개발
	1-3	고속철도용 공기스프링 국산화 개발
	1-4	고내구성 전두부 해치 시스템 개발
	1-5	신소재(고내구성) 적용 냉각팬 시스템 개발
	1-6	고속철도용 고성능 제동디스크 및 패드 개발
	1-7	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈화 개발
	1-8	IoT기반 지능형 모듈타입의 주회로차단시스템 개발
	1-9	친환경 컴팩트형 공조시스템 개발
	1-10	철도차량용 모듈방식의 보조전원장치 개발
	1-11	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트랜용 관절장치 개발
	2-1	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 개발
	2-2	고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발
	2-3	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 개발
	2-4	고효율, 고안전성 희토류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기 개발
	2-5	철도차량 입환 자동화 시스템 개발
	2-6	에너지 저장 시스템 일체형 추진제어시스템 개발
	2-7	도시철도용 고효율 외장코어형 컴팩트 주변압기 개발

상기 사업 및 과제에 대하여 제반 규정을 준수하고 기업부담금을 부담하여 참여할 의사가 있음을 확인합니다.

2018 년 3 월 15 일

㈜ 태일 송풍기 (직인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

㈜티앤머티리얼스

참여의사 확인서

사 업	철도차량 부품산업 육성 및 해외진출을 위한 철도차량 부품개발 사업(가칭)	
과 제	구분	연구과제명
	1-1	동력분산식 고속철도용 현가장치 개발
	1-2	고속철도용 반능동형 관토그래프 개발
	1-3	고속철도용 공기스프링 국산화 개발
	1-4	고내구성 전두부 해치 시스템 개발
	1-5	신소재(고내구성) 적용 냉각팬 시스템 개발
	1-6	고속철도용 고성능 제동디스크 및 패드 개발
	1-7	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈화 개발
	1-8	IoT기반 지능형 모듈타입의 주회로차단시스템 개발
	1-9	친환경 컴팩트형 공조시스템 개발
	1-10	철도차량용 모듈방식의 보조전원장치 개발
	1-11	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트랜용 관절장치 개발
	2-1	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 개발
	2-2	고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발
	2-3	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 개발
	2-4	고효율, 고안전성 희토류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기 개발
	2-5	철도차량 입환 자동화 시스템 개발
	2-6	에너지 저장 시스템 일체형 추진제어시스템 개발

상기 사업 및 과제에 대하여 제반 규정을 준수하고 기업부담금을 부담하여 참여할 의사가 있음을 확인합니다.

2018 년 03 월 20 일

㈜티앤머티리얼스 (직인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

유진기공산업(주)

참여의사 확인서

사 업	철도차량 부품산업 육성 및 해외진출을 위한 철도차량 부품개발 사업(가칭)	
과 제	구분	연구과제명
	1-1	동력분산식 고속철도용 현가장치 개발
	1-2	고속철도용 반능동형 관토그래프 개발
	1-3	고속철도용 공기스프링 국산화 개발
	1-4	고내구성 전두부 해치 시스템 개발
	1-5	신소재(고내구성) 적용 냉각팬 시스템 개발
	1-6	고속철도용 고성능 제동디스크 및 패드 개발
	1-7	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈화 개발
	1-8	IoT기반 지능형 모듈타입의 주회로차단시스템 개발
	1-9	친환경 컴팩트형 공조시스템 개발
	1-10	철도차량용 모듈방식의 보조전원장치 개발
	1-11	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트랜용 관절장치 개발
	2-1	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 개발
	2-2	고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발
	2-3	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 개발
	2-4	고효율, 고안전성 희토류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기 개발
	2-5	철도차량 입환 자동화 시스템 개발
	2-6	에너지 저장 시스템 일체형 추진제어시스템 개발
	2-7	도시철도용 고효율 외장코어형 컴팩트 주변압기 개발

상기 사업 및 과제에 대하여 제반 규정을 준수하고 기업부담금을 부담하여 참여할 의사가 있음을 확인합니다.

2018 년 3월 19일

유진기공산업(주) (직인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

부품기업(25개) 계속-5/7

이경산전(주)

참여의사 확인서

사 업	철도차량 부품산업 육성 및 해외진출을 위한 철도차량 부품개발 사업(가칭)	
과 제	구분	연구과제명
	1-1	동력분산식 고속철도용 견인장치 개발
	1-2	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발
	1-3	고속철도용 공기스프링 국산화 개발
	1-4	고내구성 전두부 해치 시스템 개발
	1-5	신소재(고내구성) 적용 냉각팬 시스템 개발
	1-6	고속철도용 고성능 제동디스크 및 패드 개발
	1-7	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈화 개발
	1-8	IoT기반 지능형 모듈타입의 주회로차단시스템 개발
	1-9	친환경 컴팩트형 공조시스템 개발
	1-10	철도차량용 모듈방식의 보조전원장치 개발
	1-11	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트랜용 관절장치 개발
	2-1	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 개발
	2-2	고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발
	2-3	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 개발
	2-4	고효율, 고안전성 희토류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기 개발
	2-5	철도차량 입환 자동화 시스템 개발
	2-6	에너지 저장 시스템 일체형 추진제어시스템 개발
	2-7	도시철도용 고효율 외장코어형 컴팩트 주변압기 개발

상기 사업 및 과제에 대하여 제반 규정을 준수하고 기업부담금을 부담하여 참여할 의사가 있음을 확인합니다.

2018년 03월 16일

이경산전(주) 대표이사 이을제 (직인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

국제전기

참여의사 확인서

사 업	철도차량 부품산업 육성 및 해외진출을 위한 철도차량 부품개발 사업(가칭)	
과 제	구분	연구과제명
	1-1	동력분산식 고속철도용 견인장치 개발
	1-2	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발
	1-3	고속철도용 공기스프링 국산화 개발
	1-4	고내구성 전두부 해치 시스템 개발
	1-5	신소재(고내구성) 적용 냉각팬 시스템 개발
	1-6	고속철도용 고성능 제동디스크 및 패드 개발
	1-7	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈화 개발
	1-8	IoT기반 지능형 모듈타입의 주회로차단시스템 개발
	1-9	친환경 컴팩트형 공조시스템 개발
	1-10	철도차량용 모듈방식의 보조전원장치 개발
	1-11	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트랜용 관절장치 개발
	2-1	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 개발
	2-2	고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발
	2-3	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 개발
	2-4	고효율, 고안전성 희토류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기 개발
	2-5	철도차량 입환 자동화 시스템 개발
	2-6	에너지 저장 시스템 일체형 추진제어시스템 개발
	2-7	도시철도용 고효율 외장코어형 컴팩트 주변압기 개발

상기 사업 및 과제에 대하여 제반 규정을 준수하고 기업부담금을 부담하여 참여할 의사가 있음을 확인합니다.

2018년 3월 16일

국제전기(주) 대표이사 김 봉 현 (직인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

동성테크

참여의사 확인서

사 업	철도차량 부품산업 육성 및 해외진출을 위한 철도차량 부품개발 사업(가칭)	
과 제	구분	연구과제명
	1-1	동력분산식 고속철도용 견인장치 개발
	1-2	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발
	1-3	고속철도용 공기스프링 국산화 개발
	1-4	고내구성 전두부 해치 시스템 개발
	1-5	신소재(고내구성) 적용 냉각팬 시스템 개발
	1-6	고속철도용 고성능 제동디스크 및 패드 개발
	1-7	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈화 개발
	1-8	IoT기반 지능형 모듈타입의 주회로차단시스템 개발
	1-9	친환경 컴팩트형 공조시스템 개발
	1-10	철도차량용 모듈방식의 보조전원장치 개발
	1-11	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트랜용 관절장치 개발
	2-1	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 개발
	2-2	고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발
	2-3	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 개발
	2-4	고효율, 고안전성 희토류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기 개발
	2-5	철도차량 입환 자동화 시스템 개발
	2-6	에너지 저장 시스템 일체형 추진제어시스템 개발
	2-7	도시철도용 고효율 외장코어형 컴팩트 주변압기 개발

상기 사업 및 과제에 대하여 제반 규정을 준수하고 기업부담금을 부담하여 참여할 의사가 있음을 확인합니다.

2018년 3 월 19 일

㈜ 동 성 테 크 (직인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

로텍

참여의사 확인서

사 업	철도차량 부품산업 육성 및 해외진출을 위한 철도차량 부품개발 사업(가칭)	
과 제	구분	연구과제명
	1-1	동력분산식 고속철도용 견인장치 개발
	1-2	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발
	1-3	고속철도용 공기스프링 국산화 개발
	1-4	고내구성 전두부 해치 시스템 개발
	1-5	신소재(고내구성) 적용 냉각팬 시스템 개발
	1-6	고속철도용 고성능 제동디스크 및 패드 개발
	1-7	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈화 개발
	1-8	IoT기반 지능형 모듈타입의 주회로차단시스템 개발
	1-9	친환경 컴팩트형 공조시스템 개발
	1-10	철도차량용 모듈방식의 보조전원장치 개발
	1-11	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트랜용 관절장치 개발
	2-1	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 개발
	2-2	고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발
	2-3	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 개발
	2-4	고효율, 고안전성 희토류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기 개발
	2-5	철도차량 입환 자동화 시스템 개발
	2-6	에너지 저장 시스템 일체형 추진제어시스템 개발
	2-7	도시철도용 고효율 외장코어형 컴팩트 주변압기 개발

상기 사업 및 과제에 대하여 제반 규정을 준수하고 기업부담금을 부담하여 참여할 의사가 있음을 확인합니다.

2018년 3월 15일

(주) 로텍 (직인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

부품기업(25개) 계속-6/7

씨티이텍

참여의사 확인서

사 업	철도차량 부품산업 육성 및 해외진출을 위한 철도차량 부품개발 사업(가칭)	
과 제	구분	연구과제명
	1-1	동력분산식 고속철도용 현가장치 개발
	1-2	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발
	1-3	고속철도용 공기스프링 국산화 개발
	1-4	고내구성 전두부 패치 시스템 개발
	1-5	신소재(고내구성) 적용 냉각팬 시스템 개발
	1-6	고속철도용 고성능 제동디스크 및 패드 개발
	1-7	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈화 개발
	1-8	IoT기반 지능형 모듈타입의 주회로차단시스템 개발
	1-9	친환경 컴팩트형 공조시스템 개발
	1-10	철도차량용 모듈방식의 보조전원장치 개발
	1-11	고장도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트램용 판절장치 개발
	2-1	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 개발
	2-2	고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발
	2-3	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 개발
	2-4	고효율, 고안전성 희토류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기 개발
	2-5	철도차량 입환 자동화 시스템 개발
	2-6	에너지 저장 시스템 일체형 추진제어시스템 개발
	2-7	도시철도용 고효율 외장코어형 컴팩트 주변압기 개발

상기 사업 및 과제에 대하여 제반 규정을 준수하고 기업부담금을 부담하여 참여할 의사가 있음을 확인합니다.

2018 년 3 월 19 일

㈜ 시티이텍

국토교통과학기술진흥원장 귀하

아이엠디

참여의사 확인서

사 업	철도차량 부품산업 육성 및 해외진출을 위한 철도차량 부품개발 사업(가칭)	
과 제	구분	연구과제명
	1-1	동력분산식 고속철도용 현가장치 개발
	1-2	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발
	1-3	고속철도용 공기스프링 국산화 개발
	1-4	고내구성 전두부 패치 시스템 개발
	1-5	신소재(고내구성) 적용 냉각팬 시스템 개발
	1-6	고속철도용 고성능 제동디스크 및 패드 개발
	1-7	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈화 개발
	1-8	IoT기반 지능형 모듈타입의 주회로차단시스템 개발
	1-9	친환경 컴팩트형 공조시스템 개발
	1-10	철도차량용 모듈방식의 보조전원장치 개발
	1-11	고장도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트램용 판절장치 개발
	2-1	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 개발
	2-2	고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발
	2-3	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 개발
	2-4	고효율, 고안전성 희토류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기 개발
	2-5	철도차량 입환 자동화 시스템 개발
	2-6	에너지 저장 시스템 일체형 추진제어시스템 개발
	2-7	도시철도용 고효율 외장코어형 컴팩트 주변압기 개발

상기 사업 및 과제에 대하여 제반 규정을 준수하고 기업부담금을 부담하여 참여할 의사가 있음을 확인합니다.

2018년 03월 16일

186-07-00069

아이엠디 김용구

아이엠디

국토교통과학기술진흥원장 귀하

이스턴알앤이

참여의사 확인서

사 업	철도차량 부품산업 육성 및 해외진출을 위한 철도차량 부품개발 사업(가칭)	
과 제	구분	연구과제명
	1-1	동력분산식 고속철도용 현가장치 개발
	1-2	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발
	1-3	고속철도용 공기스프링 국산화 개발
	1-4	고내구성 전두부 패치 시스템 개발
	1-5	신소재(고내구성) 적용 냉각팬 시스템 개발
	1-6	고속철도용 고성능 제동디스크 및 패드 개발
	1-7	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈화 개발
	1-8	IoT기반 지능형 모듈타입의 주회로차단시스템 개발
	1-9	친환경 컴팩트형 공조시스템 개발
	1-10	철도차량용 모듈방식의 보조전원장치 개발
	1-11	고장도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트램용 판절장치 개발
	2-1	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 개발
	2-2	고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발
	2-3	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 개발
	2-4	고효율, 고안전성 희토류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기 개발
	2-5	철도차량 입환 자동화 시스템 개발
	2-6	에너지 저장 시스템 일체형 추진제어시스템 개발
	2-7	도시철도용 고효율 외장코어형 컴팩트 주변압기 개발

상기 사업 및 과제에 대하여 제반 규정을 준수하고 기업부담금을 부담하여 참여할 의사가 있음을 확인합니다.

2018 년 03 월 20 일

이스턴알앤이(주)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

제룡산업

참여의사 확인서

사 업	철도차량 부품산업 육성 및 해외진출을 위한 철도차량 부품개발 사업(가칭)	
과 제	구분	연구과제명
	1-1	동력분산식 고속철도용 현가장치 개발
	1-2	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발
	1-3	고속철도용 공기스프링 국산화 개발
	1-4	고내구성 전두부 패치 시스템 개발
	1-5	신소재(고내구성) 적용 냉각팬 시스템 개발
	1-6	고속철도용 고성능 제동디스크 및 패드 개발
	1-7	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈화 개발
	1-8	IoT기반 지능형 모듈타입의 주회로차단시스템 개발
	1-9	친환경 컴팩트형 공조시스템 개발
	1-10	철도차량용 모듈방식의 보조전원장치 개발
	1-11	고장도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트램용 판절장치 개발
	2-1	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 개발
	2-2	고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발
	2-3	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 개발
	2-4	고효율, 고안전성 희토류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기 개발
	2-5	철도차량 입환 자동화 시스템 개발
	2-6	에너지 저장 시스템 일체형 추진제어시스템 개발
	2-7	도시철도용 고효율 외장코어형 컴팩트 주변압기 개발

상기 사업 및 과제에 대하여 제반 규정을 준수하고 기업부담금을 부담하여 참여할 의사가 있음을 확인합니다.

2018년 03월 20일

제룡산업주식회사

국토교통과학기술진흥원장 귀하

부품기업(25개) 계속-7/7

화인정밀

참여의사 확인서

사 업	철도차량 부품산업 육성 및 해외진출을 위한 철도차량 부품개발 사업(가칭)	
과 제	구분	연구과제명
	1-1	동력분산식 고속철도용 현가장치 개발
	1-2	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발
	1-3	고속철도용 공기스프링 국산화 개발
	1-4	고내구성 견부부 해치 시스템 개발
	1-5	신소재(고내구성) 적용 냉각팬 시스템 개발
	1-6	고속철도용 고성능 제동디스크 및 패드 개발
	1-7	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈화 개발
	1-8	IoT기반 지능형 모듈타입의 주회로차단시스템 개발
	1-9	친환경 컴팩트형 공조시스템 개발
	1-10	철도차량용 모듈방식의 보조전원장치 개발
	1-11	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트램용 관절장치 개발
	2-1	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 개발
	2-2	고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발
	2-3	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 개발
	2-4	고효율, 고안전성 회도류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기 개발
	2-5	철도차량 입환 자동화 시스템 개발
	2-6	에너지 저장 시스템 일체형 추진제어시스템 개발
	2-7	도시철도용 고효율 외장코어형 컴팩트 주변압기 개발

상기 사업 및 과제에 대하여 제반 규정을 준수하고 기업부담금을 부담하여 참여할 의사가 있음을 확인합니다.

2018년 03월 15일

화인정밀주식회사 (직인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

시험인증기관(2개)

한국산업기술시험원

철도차량부품개발사업 참여의향서

수신 : 국토교통부/국토교통과학기술진흥원

국토교통부에서 진행하는 「철도차량부품개발사업(R&D) 」에 관한 규정에 따른 기업부담금(기업만 해당)을 부담하여 참여할 의향이 있습니다.

2018. 7. 9.

직위 : 책임연구원/센터장
성명 : 박 진 규 (인)
기관 : 한국산업기술시험원장 (인)

기관명	한국산업기술시험원
담당부서	시스템융합본부 철도부품평가센터
참여과제	총괄과제 (공동현차시험 및 인증획득활동 지원 등 체계적인 실용화 지원)

한국철도기술연구원

철도차량부품개발사업 참여의향서

수신 : 국토교통부/국토교통과학기술진흥원

국토교통부에서 진행하는 「철도차량부품개발사업(R&D) 」에 관한 규정에 따른 기업부담금(기업만 해당)을 부담하여 참여할 의향이 있습니다.

2018. 7. 10.

직위 : 철도시험인증센터장
성명 : 박 찬 경 (인)
기관 : 한국철도기술연구원장 (인)

기관명	한국철도기술연구원
담당부서	철도시험인증센터
참여과제	총괄과제 (공동현차시험 및 인증획득활동 지원 등 체계적인 실용화 지원)

운영기관(6개)

한국철도공사

참여의사 확인서

사 업	철도차량 부품산업 육성 및 해외진출을 위한 철도차량 부품개발 사업(가칭)	
과 제	구분	연구과제명
	1-1	동력분산식 고속철도용 현가장치 개발
	1-2	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발
	1-3	고속철도용 공기스프링 국산화 개발
	1-4	고내구성 전두부 해치 시스템 개발
	1-5	신소재(고내구성) 적용 냉각팬 시스템 개발
	1-6	고속철도용 고성능 제동디스크 및 패드 개발
	1-7	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈화 개발
	1-8	IoT기반 지능형 모듈타입의 추회로차단시스템 개발
	1-9	친환경 컴팩트형 공조시스템 개발
	1-10	철도차량용 모듈방식의 보조전원장치 개발
	1-11	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트램용 판질장치 개발
	2-1	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 개발
	2-2	고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발
	2-3	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 개발
	2-4	고효율, 고안전성 희토류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기 개발
	2-5	철도차량 입환 자동화 시스템 개발
	2-6	에너지 저장 시스템 일체형 추진제어시스템 개발
	2-7	도시철도용 고효율 회장코어형 컴팩트 주변압기 개발

상기 사업 및 일부 과제에 대하여 제반 규정을 준수하고 기업부담금을 부담하여 참여할 의사가 있음을 확인합니다.

2018년 4 월 일

한국철도공사 사장 오영식 (직인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

공항철도(주)

참여의사 확인서

사 업	철도차량 부품산업 육성 및 해외진출을 위한 철도차량 부품개발 사업(가칭)	
과 제	구분	연구과제명
	1-1	동력분산식 고속철도용 현가장치 개발
	1-2	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발
	1-3	고속철도용 공기스프링 국산화 개발
	1-4	고내구성 전두부 해치 시스템 개발
	1-5	신소재(고내구성) 적용 냉각팬 시스템 개발
	1-6	고속철도용 고성능 제동디스크 및 패드 개발
	1-7	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈화 개발
	1-8	IoT기반 지능형 모듈타입의 추회로차단시스템 개발
	1-9	친환경 컴팩트형 공조시스템 개발
	1-10	철도차량용 모듈방식의 보조전원장치 개발
	1-11	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트램용 판질장치 개발
	2-1	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 개발
	2-2	고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발
	2-3	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 개발
	2-4	고효율, 고안전성 희토류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기 개발
	2-5	철도차량 입환 자동화 시스템 개발
	2-6	에너지 저장 시스템 일체형 추진제어시스템 개발
	2-7	도시철도용 고효율 회장코어형 컴팩트 주변압기 개발

상기 사업 및 과제에 대하여 제반 규정을 준수하고 기업부담금을 부담하여 참여할 의사가 있음을 확인합니다.

2018년 3월 20일

공항철도(주) (직인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

서울교통공사

참여의사 확인서

사 업	철도차량 부품산업 육성 및 해외진출을 위한 철도차량 부품개발 사업(가칭)	
과 제	구분	연구과제명
	1-1	동력분산식 고속철도용 현가장치 개발
	1-2	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발
	1-3	고속철도용 공기스프링 국산화 개발
	1-4	고내구성 전두부 해치 시스템 개발
	1-5	신소재(고내구성) 적용 냉각팬 시스템 개발
	1-6	고속철도용 고성능 제동디스크 및 패드 개발
	1-7	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈화 개발
	1-8	IoT기반 지능형 모듈타입의 추회로차단시스템 개발
	1-9	친환경 컴팩트형 공조시스템 개발
	1-10	철도차량용 모듈방식의 보조전원장치 개발
	1-11	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트램용 판질장치 개발
	2-1	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 개발
	2-2	고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발
	2-3	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 개발
	2-4	고효율, 고안전성 희토류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기 개발
	2-5	철도차량 입환 자동화 시스템 개발
	2-6	에너지 저장 시스템 일체형 추진제어시스템 개발
	2-7	도시철도용 고효율 회장코어형 컴팩트 주변압기 개발

상기 사업 및 과제에 대하여 제반 규정을 준수하고 기업부담금을 부담하여 참여할 의사가 있음을 확인합니다.

2018년 03월 19일

서 울 교 통 공 사 (직인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

부산교통공사

철도차량부품개발사업 참여의향서

수신 : 국토교통부/국토교통과학기술진흥원

국토교통부에서 진행하는 「철도차량부품개발사업(R&D) 」에 관련 규정에 따른 기업부담금(기업만 해당)을 부담하여 참여할 의향이 있습니다.

2018. 7. 9.

직위 : 연구개발팀장
성명 : 김 심인 (직인)

기관명	부산교통공사
담당부서	기술연구원
참여과제	총괄과제 (공동현차시험 및 인증획득활동 지원 등 체계적인 실용화 지원)

광주도시철도공사

참여의사 확인서

사 업	철도차량 부품산업 육성 및 해외진출을 위한 철도차량 부품개발 사업(가칭)	
과 제	구분	연구과제명
	1-1	동력분산식 고속철도용 현가장치 개발
	1-2	고속철도용 반능동형 댐퍼그래프 개발
	1-3	고속철도용 공기스프링 국산화 개발
	1-4	고내구성 전두부 해치 시스템 개발
	1-5	신소재(고내구성) 적용 냉각팬 시스템 개발
	1-6	고속철도용 고성능 제동디스크 및 패드 개발
	1-7	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈화 개발
	1-8	IoT기반 지능형 모듈타입의 주회로차단시스템 개발
	1-9	친환경 컴팩트형 공조시스템 개발
	1-10	철도차량용 모듈방식의 보조전원장치 개발
	1-11	고강도 및 경량화를 위한 모듈형 차상트랜용 판절장치 개발
	2-1	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 개발
	2-2	고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발
	2-3	철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 개발
	2-4	고효율, 고안전성 희토류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기 개발
	2-5	철도차량 입환 자동화 시스템 개발
	2-6	에너지 저장 시스템 일체형 추진제어시스템 개발
	2-7	도시철도용 고효율 외장코어형 컴팩트 주변압기 개발

상기 사업 및 과제에 대하여 제반 규정을 준수하고 기업부담금을 부담하여 참여할 의사가 있음을 확인합니다.

2018 년 3 월 19 일

광주광역시도시철도공사 (직인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

대전도시철도공사

철도차량부품개발사업 참여의향서

수신 : 국토교통부/국토교통과학기술진흥원

국토교통부에서 진행하는 「철도차량부품개발사업(R&D) 」에 관련 규정에 따른 기업부담금(기업만 해당)을 부담하여 참여할 의향이 있습니다.

2018. 7. 10.

직위 : 연구개발원 철도사업팀장
성명 : 이 경 복

기관명	대전광역시도시철도공사
담당부서	연구개발원 철도사업팀
참여과제	총괄과제 (공동현차시험 및 인증획득활동 지원 등 체계적인 실용화 지원)

완성차업체(4개)

현대로템

철도차량부품개발사업 참여의향서

수신 : 국토교통부/국토교통과학기술진흥원

국토교통부에서 진행하는 「철도차량부품개발사업(R&D) 」에 관련 규정에 따른 기업부담금(기업만 해당)을 부담하여 참여할 의향이 있습니다.

2018. 7. 9.

직위 : 수석연구원
성명 : 윤시영 (인)

Hyundai Rotem Company (224805)-2018-07-07 09:26:34

기관명	현대로템 주식회사
담당부서	기술연구소 R&D 기획팀
참여과제	총괄과제 (공동현차시험 및 인증획득활동 지원 등 체계적인 실용화 지원)

㈜다원시스

철도차량부품개발사업 참여의향서

수신 : 국토교통부/국토교통과학기술진흥원

국토교통부에서 진행하는 「철도차량부품개발사업(R&D)」에 관련 규정에 따른 기업부담금(기업만 해당)을 부담하여 참여할 의향이 있습니다.

2018. 7. 11.

직위 : 상무(전장사업부장)
성명 : 이 은규 (인)

기관명	㈜ 다원시스
담당부서	전장사업부
참여과제	총괄과제 (공동현차시험 및 인증획득활동 지원 등 체계적인 실용화 지원)

성신알에스티

철도차량부품개발사업 참여의향서

수신 : 국토교통부/국토교통과학기술진흥원

국토교통부에서 진행하는 「철도차량부품개발사업(R&D) 」에 관련 규정에 따른 기업부담금(기업만 해당)을 부담하여 참여할 의향이 있습니다.

2018. 7. 10.

직위 : 이사
성명 : 윤성기 (인)

기관명	㈜ 성신 RST
담당부서	연구소
희망과제 (과제목록에서 선택)	중점분야 2-1 철도차량용 마그네틱 추진제어시스템개발

☐ 사업추진 과제목록

구분		연구과제명
중점분야 1	1-1	동력분산식 고속철도용 견인장치 개발
	1-2	고속철도용 변동동형 판토그래프 개발
	1-3	고속철도용 공기스프링 국산화 개발
	1-4	고내구성 전두부 패치 시스템 개발
	1-5	신소재(고내구성) 적용 냉각팬 시스템 개발
	1-6	고속철도용 고성능 제동디스크 및 패드 개발
	1-7	도시철도용 출입문 표준화를 위한 출입문 모듈화 개발
	1-8	IoT기반 지능형 모듈타입의 주회로차단시스템 개발
	1-9	전류형 컴팩트형 분조시스템 개발
	1-10	철도차량용 모듈방식의 보조전원장치 개발
	1-11	보강도 및 경량화를 위한 모듈형 의장트랜을 판넬장치 개발
중점분야 2	2-1	철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 개발
	2-2	고속철도 추진시스템 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 개발
	2-3	철도현장용 장로조립장을 위한 개별형 통합제어시스템 플랫폼 개발
	2-4	고효율, 고안전성 초도류 저감형 고속철도 영구자석 동기전동기 개발
	2-5	철도차량 일체 지능화 시스템 개발
	2-6	에너지 저장 시스템 일체형 추진제어시스템 개발
	2-7	도시철도용 고효율 희망코어형 컴팩트 주변압기 개발

㈜우진산전

철도차량부품개발사업 참여의향서

수신 : 국토교통부/국토교통과학기술진흥원

국토교통부에서 진행하는 「철도차량부품개발사업(R&D) 」에 관련 규정에 따른 기업부담금(기업만 해당)을 부담하여 참여할 의향이 있습니다.

2018. 7. 9.

직위 : 상무
성명 : 전 병 진 (인)

기관명	㈜ 우 진 산 전
담당부서	기술 연구소
참여과제	총괄과제 (공동현차시험 및 인증획득활동 지원 등 체계적인 실용화 지원)

철도차량 부품개발 사업

[부록 2]

세부과제별 연구비산정 근거

1-1 고속철도용 댐퍼 개발

제목				내용																	
	핵심구성기술	직급	단가	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
				투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	
인건비	인장/압축행정 감쇠력 제어 밸브기술	책임연구원	8,985,106				1	20%	21.56	5.00	0.20	107.82	3.00	0.20	64.66	3.00	0.30	97.04				291
		선임연구원	6,889,656				3	45%	111.61	8.00	0.50	330.70	7.00	0.50	289.37	6.00	0.40	198.42				930
		연구원	4,605,504				5	30%	82.90	6.00	0.30	99.48	4.00	0.35	77.37	7.00	0.35	135.40				395
		소계					9	32%	216.08	19.00	0.33	538.00	14.00	0.35	431.43	16.00	0.35	430.86				1,616
	오일누유 방지기술	책임연구원	8,985,106				1	10%	10.78	1.00	0.20	21.56	1.00	0.10	10.78	1.00	0.20	21.56				65
		선임연구원	6,889,656				3	15%	37.20	2.00	0.40	66.14	2.00	0.25	41.34	1.00	0.25	20.67				165
		연구원	4,605,504				1	10%	5.53	2.00	0.40	44.21	4.00	0.25	55.27	3.00	0.40	66.32				171
		소계					5	12%	53.51	5.00	0.33	131.92	7.00	0.20	107.39	5.00	0.28	108.55				401
	방진 및 내구력 향상 부싱 개발	책임연구원	8,985,106				1	10%	10.78	2.00	0.20	43.13	1.00	0.20	21.56	1.00	0.20	21.56				97
		선임연구원	6,889,656				2	15%	24.80	4.00	0.40	132.28	2.00	0.50	82.68	2.00	0.45	74.41				314
		연구원	4,605,504				5	20%	55.27	5.00	0.20	55.27	3.00	0.45	74.61	5.00	0.30	82.90				268
		소계					8	15%	90.85	11.00	0.27	230.68	6.00	0.38	178.85	8.00	0.32	178.87				679
	년도별 합계			0		-	22	19%	360	35	31%	901	27	31%	718	29	32%	718				2,697
	장비/재료	수량	단가	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
장비재료비	1차 수직댐퍼	1	265						60			105			55			45				265
	2차 수직댐퍼	1	265						60			105			55			45				265
	횡 댐퍼	1	771						60			255			216			241				771
	요 댐퍼	1	816						105			250			216			245				816
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
	소계					0.00			285.0			713.5			541.0			575.5			-	2,115
기타내		상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
				적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	
	연구활동비	- 국외출장여비 - 수용비 및 수수료 - 기술정보활동비 - 연구개발서비스활용비 (시험/분석/검·인증 등)	※ 직접인건비 대비 비율			-	4%		16	4%		39	9%		65	4%		29			-	148
		소계				-			16			39			65			29			-	148
		상세내용	단가 (만원)	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
				투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	
	연구과제추진비	국내출장여비	0.100				22	19%	0.428	35	31%	1.089	27	31%	0.840	29	32%	0.918	0	-	-	3.28
		자부품품비 및 회의비/세미나개최비	0.040				22	19%	0.171	35	31%	0.436	27	31%	0.336	29	32%	0.367	0	0%	-	1.31
		연구환경 유지를 위한 기기 비품의 구입유지비	0.020				22	19%	0.086	35	31%	0.218	27	31%	0.168	29	32%	0.184	0	0%	-	0.66
		타근무 및 근작대	0.008				22	19%	0.034	35	31%	0.087	27	31%	0.067	29	32%	0.073	0	0%	-	0.26
		소계							0.719			1.829			1.411			1.543			-	5.50
		상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
	위탁연구개발비		※ 직접인건비 대비 비율	0%		-	0%		-	0%		-	0%		-	0%		-	0%		-	-
		소계				-			-			-			-			-			-	-
		상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
	연구수당		※ 직접인건비 대비 비율	20%		-	20%		72	20%		180	20%		144	20%		144	20%		-	539
		소계				-			72			180			144			144			-	539
		상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
	간접비		※ 직접비 대비 비율	0%		-	0%		66.04	0%		165.14	0%		132.14	0%		132.09	0%		0	495
		소계				-			66			165			132			132			-	495
	년도별 합계					-			154			386			342			306			-	1,188
년도별 배정 총합				2020			2021			2022			2023			2024			2025			총 배정
						-			800			2,000			1,600			1,600			-	6,000

1-2 고속철도용 공기스프링 개발

세목				내용																		
	핵심구성기술	직급	단가	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
				투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	
인건비	다이어프램 고무배합 및 성형 기술	책임연구원	8,985,106	0	0%	0.00	1	30%	32.35	3	25%	80.87	3	25%	80.87	1	30%	32.35				226
		선임연구원	6,889,656	0	0%	0.00	2	30%	49.61	4	20%	66.14	4	20%	66.14	3	25%	62.01				244
		연구원	4,605,504	0	0%	0.00	3	40%	66.32	4	30%	66.32	4	30%	66.32	3	35%	58.03				257
		소계		0	#DIV/0!	0.00	6	33%	148.27	11	25%	213.33	11	25%	213.33	7	30%	152.38				727
	공기스프링 강성 최적화 기술	책임연구원	8,985,106	0	0%	0.00	1	30%	32.35	3	25%	80.87	3	25%	80.87	1	30%	32.35				226
		선임연구원	6,889,656	0	0%	0.00	2	30%	49.61	4	20%	66.14	4	20%	66.14	3	25%	62.01				244
		연구원	4,605,504	0	0%	0.00	3	40%	66.32	4	30%	66.32	4	30%	66.32	3	35%	58.03				257
		소계		0	#DIV/0!	0.00	6	33%	148.27	11	25%	213.33	11	25%	213.33	7	30%	152.38				727
	하중변화에 따른 승차감 향상 기술	책임연구원	8,985,106	0	0%	0.00	1	15%	16.17	1	20%	21.56	1	20%	21.56	1	30%	32.35				92
		선임연구원	6,889,656	0	0%	0.00	2	20%	33.07	4	20%	66.14	4	20%	66.14	3	30%	74.41				240
		연구원	4,605,504	0	0%	0.00	3	45%	74.61	4	40%	88.43	4	40%	88.43	4	30%	66.32				318
		소계		0	#DIV/0!	0.00	6	27%	123.85	9	27%	176.13	9	27%	176.13	8	30%	173.07				649
	년도별 합계			0	#DIV/0!	-	18	31%	420	31	26%	603	31	26%	603	22	30%	478				2,104
	장비/재료	수량	단가	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
장비재료비	펄로우조	1	297.00						67.00			77.00			58.00			95.00				297
	턴싱장치	1	340.00						67.00			96.00			87.00			90.00				340
	제어장치	1	1,000.00						200.00			300.00			300.00			200.00				1,000
			-																			-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
	소계					0			334.0			473.0			445.0			385.0			-	1,637
		상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
				적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	
	연구활동비	- 국외출장여비 - 수용비 및 수수료 - 기술정보활용비 - 연구개발서비스활용비 (시험/분석/검·인증 등)	※ 직접인건비 대비 비율			-		4%	18		4%	26		9%	54		4%	19			-	118
		소계				-			18			26			54			19			-	118
		상세내용	단가 (만원)	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
				투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	
기타비	연구과제추진비	국내출장여비	0.100				18	31%	0.560	31	26%	0.792	31	26%	0.792	22	30%	0.660	0	-	-	2.80
		사무용품비 및 회의비/제미나개최비	0.040				18	31%	0.224	31	26%	0.317	31	26%	0.317	22	30%	0.264	0	0%	-	1.12
		연구환경 유지를 위한 기기·비품의 구입유지비	0.020				18	31%	0.112	31	26%	0.158	31	26%	0.158	22	30%	0.132	0	0%	-	0.56
		야근및 특근식대	0.008				18	31%	0.045	31	26%	0.063	31	26%	0.063	22	30%	0.053	0	0%	-	0.22
		소계							0.941			1.331			1.331			1.109			-	4.71
		상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
	위탁연구개발비		※ 직접인건비 대비 비율	0%		-	0%		-	0%		-	0%		-	0%		-	0%		-	-
		소계				-			-			-			-			-			-	-
		상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
	연구수당		※ 직접인건비 대비 비율	20%		-	20%		84	20%		121	20%		121	20%		96	20%		-	421
		소계				-			84			121			121			96			-	421
		상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
	간접비		※ 직접비 대비 비율	9%		-	9%		77.2	9%		110.1	9%		110.2	9%		88.1	9%		0	386
		소계				-			77			110			110			88			-	386
	년도별 합계					-			180			258			286			204			-	929
년도별 예상 종합				2020			2021			2022			2023			2024			2025			총 비용
						-			935			1,334			1,334			1,067			-	4,669

1-3 고속철도용 반능동형 판토그래프 개발

제목																										
내용																										
연구비	핵심구성기술	직급	단가	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총액
				투입M/M	참여율	소계	투입M/M	참여율	소계	투입M/M	참여율	소계	투입M/M	참여율	소계	투입M/M	참여율	소계	투입M/M	참여율	소계	
	판토그래프 구조 경량화 기술	책임연구원	8,985,108	0	0%	0.00	2	30%	64.69	3	40%	129.39	3	40%	129.39	2	30%	64.69				388
		선임연구원	6,889,656	0	0%	0.00	3	30%	124.01	4	30%	99.21	4	50%	165.35	3	30%	124.01				513
		연구원	4,605,504	0	0%	0.00	2	20%	22.11	5	40%	110.53	5	50%	138.17	2	20%	22.11				293
		소계		0	#DIV/0!	0.00	7	27%	210.81	12	37%	339.13	12	47%	432.90	7	27%	210.81				1,194
	충전에 따른 집전 성능 향상 기술	책임연구원	8,985,108	0	0%	0.00	1	35%	37.74	1	30%	32.35	1	40%	43.13	1	35%	37.74				151
		선임연구원	6,889,656	0	0%	0.00	1	30%	24.80	1	35%	28.94	3	30%	74.41	1	30%	24.80				153
		연구원	4,605,504	0	0%	0.00	1	40%	22.11	4	30%	66.32	4	20%	44.21	1	40%	22.11				155
		소계		0	#DIV/0!	0.00	3	35%	84.65	6	32%	127.60	8	30%	161.75	3	35%	84.65				452
	소음 저감 기술	책임연구원	8,985,108	0	0%	0.00	1	35%	37.74	1	30%	32.35	1	40%	43.13	1	35%	37.74				151
		선임연구원	6,889,656	0	0%	0.00	1	30%	24.80	1	35%	28.94	3	30%	74.41	1	30%	24.80				153
		연구원	4,605,504	0	0%	0.00	1	40%	22.11	4	30%	66.32	4	20%	44.21	1	40%	22.11				155
		소계		0	#DIV/0!	0.00	3	35%	84.65	6	32%	127.60	8	30%	161.75	3	35%	84.65				452
	고내구성 및 내마모성 집전판 설계 기술	책임연구원	8,985,108	0	0	0.00	1	0.3	37.3463816	2	0.4	86.2570178	3	0.4	129.3855264	1	0.3	37.3463816				280
		선임연구원	6,889,656	0	0	0.00	2	0.35	57.87311227	4	0.4	132.2813995	3	0.45	111.6124308	2	0.35	57.87311227	0	0	0	360
		연구원	4,605,504	0	0	0.00	4	0.3	66.3197808	7	0.3	33.1598304	5	0.3	82.899076	4	0.3	66.3197808	0	0	0	249
		소계	0.5	-	#DIV/0!	-	7.00	0.32	156.54	8.00	0.37	251.70							-	#DIV/0!	-	888
		단도별 합계		-	#DIV/0!	-	15.00	0.32	380.11	5.00	0.33	594.33	28.00	0.36	756.40	15.00	0.32	380.11	-	#DIV/0!	-	2,111
장비/재료비	장비/재료	수량	단가	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총액
	판토그래프	1	760.50						170.5			180.0			280			130.00				761
	집전헤드	1	990.50						170.5			356.0			280			190.00				991
	접합장치	1	1,549.10						286.5			395.0			579.6			288.00				1,549
			-																			-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
	소계					0			627.5			925.0			1,139.6			608.0			-	3,300
기타비		상세비목	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총액
				적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	
	연구활동비	- 국외출장여비 - 수용비 및 수수료 - 기술정보활동비 - 연구개발서비스활용비 (시험/분석/검·인증 등)	※ 직접인건비 대비 비율			-	4%		16	4%		26	9%		68	4%		15			-	125
		소계				-			16.398			25.641			68.076			15.264			-	125.32
		상세비목	0.0002	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총액
				투입M/M	참여율	소계	투입M/M	참여율	소계	투입M/M	참여율	소계	투입M/M	참여율	소계	투입M/M	참여율	소계	투입M/M	참여율	소계	
	연구과제추진비	간담회여비	0.100				15	32%	0.483	3	33%	0.167	28	36%	0.996	15	32%	0.483				2.13
		사무용품비 및 회의비/세미나개최비	0.040				15	32%	0	5	33%	0	28	36%	0	15	32%	0				1
		연구결과 유지를 위한 기기·비품의 구입유지비	0.020				15	32%	0	5	33%	0	28	36%	0	15	32%	0				0.43
		야근및 특근식대	0.008	0			0	32%	-	0	33%	-	0	36%	-	0	32%	-	0			-
		소계							0.77			0.27			1.59			0.77			-	3
	위탁연구개발비	상세비목	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총액
			※ 직접인건비 대비 비율		0%	-		0%	-		0%	-		0%	-		0%	-		0%	-	-
		소계				-			-			-			-			-			-	-
	연구수당	상세비목	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총액
			※ 직접인건비 대비 비율		20%	-		20%	76		20%	119		20%	151		20%	76		20%	-	422
		소계				-			76			119			151			76			-	422
	간접비	상세비목	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총액
			※ 직접비 대비 비율		9%	-		9%	99.0719359		9%	206		9%	283		9%	110		9%	-	708
		소계				-			99			206			283			110			-	708
	단도별 합계					-			192			350			504			202			-	1,259
단도별 내용 총액				2020			2021			2022			2023			2024			2025			총 비용
						-			1,200			1,870			2,400			1,190			-	6,670

1-4 고속철도용 전두부 해치시스템 개발

제목					내용															
	핵심구성기술	직급	단가	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
				투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	
연구비	공기역학적 해치 커버 제작 기술	책임연구원	9,985,106	0	0%	0.00	0	0%	0.00	1	30%	32.35	2	30%	64.69	2	35%	75.47				173
		선임연구원	8,889,656	0	0%	0.00	0	0%	0.00	1	40%	33.07	5	30%	124.01	2	45%	74.41				231
		연구원	4,605,504	0	0%	0.00	0	0%	0.00	3	45%	74.61	2	20%	22.11	2	40%	44.21				141
		소계		0	#DIV/0!	0.00	0	#DIV/0!	0.00	5	38%	140.03	9	27%	210.81	6	40%	194.10				545
	내구성능 향상 구동장치 개발	책임연구원	9,985,106	0	0%	0.00	0	0%	0.00	3	40%	129.39	3	50%	161.73	3	50%	161.73				453
		선임연구원	8,889,656	0	0%	0.00	0	0%	0.00	5	35%	144.68	5	50%	206.69	3	40%	99.21				451
		연구원	4,605,504	0	0%	0.00	0	0%	0.00	5	30%	82.90	6	50%	165.80	8	50%	221.06				470
		소계		0	#DIV/0!	0.00	0	#DIV/0!	0.00	13	35%	356.97	14	50%	534.22	14	47%	482.01				1,373
	고흡열 전지/공압 제어 기술	책임연구원	9,985,106	0	0%	0.00	0	0%	0.00	2	30%	64.69	2	40%	86.26	2	40%	86.26				237
		선임연구원	8,889,656	0	0%	0.00	0	0%	0.00	2	45%	74.41	5	50%	206.69	5	40%	165.35				446
		연구원	4,605,504	0	0%	0.00	0	0%	0.00	3	40%	66.32	2	20%	22.11	2	30%	33.16				122
		소계		0	#DIV/0!	0.00	0	#DIV/0!	0.00	7	38%	205.42	9	37%	315.05	9	37%	284.77				805
	단도별 합계			0	#DIV/0!	-	0	#DIV/0!	-	25	37%	702	32	38%	1,060	25	41%	961				2,723
장비/재료비	장비/재료	수량	단가	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
	해치커버	1	536.00									133.00			153.00			250.00				536
	구속장치	1	677.00									187.00			240.00			250.00				677
	제어장치	1	900.00									240.00			400.00			260.00				900
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
	소계					0			-			560.0			793.0			760.0			-	2,113
기타비		상세비목	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
				적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	
	연구활동비	- 국외출장여비 - 수용비 및 수수료 - 기술정보활동비 - 연구개발서비스활용비 (시험/분석/검·인증 등)	※ 직접인건비 대비 비율			-		4%	-		4%	30		9%	95		4%	38			-	164
		소계				-			-			30			95			38			-	164
		상세비목	단가 (연당)	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
				투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	
	연구과제추진비	국내출장여비	0.100							25	37%	0.931	32	38%	1.209	29	41%	1.192	0	-	-	3.33
		시무용품비 및 회의비/제비 사개최비	0.040							25	37%	0.372	32	38%	0.484	29	41%	0.477	0	0%	-	1
		연구활동 지원을 위한 기기 비품의 구입유지비	0.020							25	37%	0.186	32	38%	0.242	29	41%	0.238	0	0%	-	1
		야근및 특근식대	0.008							25	37%	0.074	32	38%	0.097	29	41%	0.095	0	0%	-	0
		소계							-			1.563			2.031			2.003			-	6
		상세비목	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
	위탁(연구개발)비		※ 직접인건비 대비 비율	0%		-	0%		-	0%		-	0%		-	0%		-	0%		-	-
		소계				-			-			-			-			-			-	-
		상세비목	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
	연구수당		※ 직접인건비 대비 비율	20%		-	20%		-	20%		140	20%		212	20%		192	20%		-	545
		소계				-			-			140			212			192			-	545
		상세비목	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
	간접비		※ 직접비 대비 비율	9%		-	9%		0	9%		129.1286773	9%		194.6287531	9%		175.8135319	9%		0	500
		소계				-			-			129			195			176			-	500
	단도별 합계					-			-			301			504			408			-	1,214
단도별 비용 총합				2020			2021			2022			2023			2024			2025			총 비용
						-			-			1,561.9			2,357.2			2,129.3			-	6,050

1-5 고속철도용 냉각팬 시스템 개발

제목					내용																
	핵심구성기술	직급	단가	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
				투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	
연구비	상태감시 기술	책임연구원	9,985,106	0	0%	0.00	1	20%	21.56	1	40%	43.13	1	30%	32.35	1	10%	10.78				108
		선임연구원	8,889,656	0	0%	0.00	2	25%	41.34	2	40%	66.14	2	25%	41.34	2	15%	24.80				174
		연구원	4,605,504	0	0%	0.00	2	10%	11.05	2	45%	49.74	2	15%	16.58	2	10%	11.05				88
		소계		0	#DIV/0!	0.00	5	18%	73.96	5	42%	159.01	5	23%	90.26	5	12%	46.64				370
	송풍팬 경량화	책임연구원	9,985,106	0	0%	0.00	2	30%	64.69	3	40%	129.39	2	40%	86.26	1	30%	32.35				313
		선임연구원	8,889,656	0	0%	0.00	3	40%	99.21	5	40%	165.35	3	40%	99.21	2	25%	41.34				405
		연구원	4,605,504	0	0%	0.00	5	35%	96.72	5	30%	82.90	5	40%	110.53	2	20%	22.11				312
		소계		0	#DIV/0!	0.00	10	35%	260.62	13	37%	377.64	10	40%	296.00	5	25%	95.79				1,030
	전동기 냉각기술	책임연구원	9,985,106	0	0%	0.00	1	20%	21.56	1	50%	53.91	1	40%	43.13	1	10%	10.78				129
		선임연구원	8,889,656	0	0%	0.00	2	15%	24.80	3	30%	74.41	1	40%	33.07	2	10%	16.54				149
		연구원	4,605,504	0	0%	0.00	1	15%	8.29	3	35%	58.03	2	40%	44.21	2	15%	16.58				127
		소계		0	#DIV/0!	0.00	4	17%	54.66	7	38%	186.35	4	40%	120.41	5	12%	43.90				405
	단도별 합계			0	#DIV/0!	-	19	23%	389	25	39%	723	19	34%	507	15	16%	186				1,805
장비재료비	장비/재료	수량	단가	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
	냉각팬 냉각판	1	487.50						120.00			250.00			100.00			17.50				488
	제어전동기 냉각판	1	678.60						193.60			317.50			100.00			17.50				629
	주변압기 냉각판	1	282.50												173.00			109.50				283
	유도열적 냉각판	1	-																			-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
	소계					0			313.6			567.5			373.0			144.5			-	1,399
기타비	삼세비목	기준		2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
				적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	
	연구활동비	- 국외출장여비 - 수용비 및 수수료 - 기술정보활동비 - 연구개발서비스활동비 (시험/분석/검·인증 등)	※ 직접인건비 대비 비율			-	4%		17	4%		31	9%		46	4%		7			-	101
		소계				-			17			31			46			7			-	101
	연구과제추진비	삼세비목	단가 (연당)	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
				투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	
		국내출장여비	0.100				19	23%	0.443	25	39%	0.972	19	34%	0.654	15	16%	0.242	0	-	-	2.31
		사무용품비 및 회의비/제미나개최비	0.040				19	23%	0.177	25	39%	0.389	19	34%	0.262	15	16%	0.097	0	0%	-	0.92
		연구활성 유지를 위한 기기 비품의 구입유지비	0.020				19	23%	0.089	25	39%	0.194	19	34%	0.131	15	16%	0.048	0	0%	-	0.46
		야근및 특근식대	0.008				19	23%	0.035	25	39%	0.078	19	34%	0.052	15	16%	0.019	0	0%	-	0.18
		소계							0.745			1.633			1.099			0.406			-	3.88
	위탁연구개발비	삼세비목	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
			※ 직접인건비 대비 비율		0%	-		0%	-		0%	-		0%	-		0%	-		0%	-	-
		소계				-			-			-			-			-			-	-
	연구수당	삼세비목	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
			※ 직접인건비 대비 비율		20%	-		20%	78		20%	145		20%	101		20%	37		20%	-	361
		소계				-			78			145			101			37			-	361
	간접비	삼세비목	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
			※ 직접비 대비 비율		9%	-		9%	71.83935517		9%	132.1124888		9%	92.49403582		9%	33.83551672			0	330
		소계				-			72			132			92			34			-	330
	단도별 합계					-			187			310			241			79			-	796
단도별 배분 총합				2020			2021			2022			2023			2024			2025			총 배분
						-			870			1,600			1,120			410			-	4,000

1-6 고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발

제목					내용																				
	핵심구성기술	직급	단가		2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
					투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	
연구비	제동디스크 및 패드 마찰재 제질	책임연구원	8,985,106	4	45%	194.08	0	0%	0.00	0	0%	0.00	0	0%	0.00	0	0%	0.00				194
		선임연구원	6,889,656	4	60%	198.42	0	0%	0.00	0	0%	0.00	0	0%	0.00	0	0%	0.00				198
		연구원	4,605,504	4	60%	132.64	0	0%	0.00	0	0%	0.00	0	0%	0.00	0	0%	0.00				133
		소계		12	55%	525.14	0	#DIV/0!	0.00	0	#DIV/0!	0.00	0	#DIV/0!	0.00	0	#DIV/0!	0.00				525
	구조해석 및 설계	책임연구원	8,985,106	0	0%	0.00	4	45%	194.08	1	40%	43.13	2	30%	64.69	0	0%	0.00				302
		선임연구원	6,889,656	0	0%	0.00	4	60%	198.42	6	55%	272.83	2	40%	66.14	0	0%	0.00				537
		연구원	4,605,504	0	0%	0.00	4	60%	132.64	7	35%	135.40	6	40%	132.64	0	0%	0.00				401
		소계		0	#DIV/0!	0.00	12	55%	525.14	14	43%	451.36	10	37%	263.47	0	#DIV/0!	0.00				1,240
	성능평가 인증기술 및 규격화	책임연구원	8,985,106	0	0%	0.00	0	0%	0.00	1	50%	53.91	2	30%	64.69	4	60%	258.77				377
		선임연구원	6,889,656	0	0%	0.00	0	0%	0.00	3	30%	74.41	2	40%	66.14	6	65%	322.44				463
		연구원	4,605,504	0	0%	0.00	0	0%	0.00	3	40%	66.32	6	40%	132.64	8	55%	243.17				442
		소계		0	#DIV/0!	0.00	0	#DIV/0!	0.00	7	40%	194.64	10	37%	263.47	18	60%	824.38				1,282
	단도별 합계			12	55%	525	12	55%	525	21	42%	646	20	37%	527	18	60%	824				3,048
장비재료비	장비/재료	수량	단가		2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
	제동패드	1	560.00				105.00			105.00			100.00			100.00			150.00				560
	지속 제동디스크	1	679.00				145.00			145.00			132.00			100.00			157.00				679
	타분 제동디스크	1	1,177.50				190.50			167.00			279.00			190.00			351.00				1,178
																							-
																							-
																							-
																							-
																							-
																							-
																							-
																							-
																							-
																							-
	소계						440.5			417.0			511.0			390.0			658.0			-	2,417
기타비		상세내용	기준		2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
					적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	
	연구활동비	- 국외출장여비 - 수용비 및 수수료 - 기술정보활용비 - 연구개발서비스활용비 (시험/분석/검·인증 등)	※ 직접인건비 대비 비율			-	4%		23	4%		28	9%		47	4%		33			-	131
		소계				-			23			28			47			33			-	131
		상세내용	단가 (연당)		2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
					투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	
	연구과제추진비	국내출장여비	0.100					12	55%	0.660	21	42%	0.875	20	37%	0.733	18	60%	1.080	0	-	-	3.35
		사무용품비 및 회의비/세미나 개최비	0.040					12	55%	0.264	21	42%	0.350	20	37%	0.293	18	60%	0.432	0	0%	-	1.34
		연구활동 수지를 위한 기기·부품의 구입유지비	0.020					12	55%	0.132	21	42%	0.175	20	37%	0.147	18	60%	0.216	0	0%	-	0.67
		야근및 특근식대	0.008					12	55%	0.053	21	42%	0.070	20	37%	0.059	18	60%	0.086	0	0%	-	0.27
	소계									1.109			1.470			1.232			1.814			-	5.63
		상세내용	기준		2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
	위탁연구개발비		※ 직접인건비 대비 비율		0%	-		0%	-		0%	-		0%	-		0%	-		0%	-		-
	소계					-			-			-			-			-			-		-
		상세내용	기준		2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
	연구수당		※ 직접인건비 대비 비율		20%	105		20%	105		20%	129		20%	105		20%	165		20%	-		610
	소계					105			105			129			105			165			-		610
		상세내용	기준		2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
	간접비		※ 직접비 대비 비율		9%	96.4		9%	96.38378689		9%	118.3984456		9%	96.38907481		9%	151.3838347		9%	0		559
	소계					96			96			118			96			151			-		559
	단도별 합계					201			225			277			250			351			-		1,305
단도별 비용 총합					2020			2021			2022			2023			2024			2025			총 비용
							1,167			1,167			1,434			1,167			1,833			-	6,769

1-7 고속철도용 모듈형 주회로 차단시스템 개발

세목	핵심구성기술	직급	단기	내용																	
				2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합
				투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	
인건비	주회로 차단기 기술 개발	책임연구원	8,985,106	1	30%	32.35	1	40%	43.13	2	30%	64.69	2	50%	107.82	1	40%	43.13				291
		선임연구원	6,889,656	2	40%	66.14	3	30%	74.41	3	45%	111.61	3	45%	111.61	2	35%	57.87				422
		연구원	4,605,504	2	25%	27.63	3	40%	66.32	2	35%	38.69	4	60%	132.64	3	30%	49.74				315
		소계		5	32%	126.12	7	37%	183.86	7	37%	214.99	9	52%	352.07	6	35%	150.74				1,028
	IOT 제어모듈 개발	책임연구원	8,985,106	2	40%	86.26	2	40%	86.26	2	40%	86.26	1	40%	43.13	1	40%	43.13				345
		선임연구원	6,889,656	2	50%	82.68	4	50%	165.35	5	50%	206.69	3	25%	62.01	3	20%	49.61				566
		연구원	4,605,504	3	45%	74.61	4	45%	99.48	5	40%	110.53	1	20%	11.06	2	20%	22.11				318
		소계		7	45%	243.54	10	45%	351.09	12	43%	403.48	5	28%	116.19	6	27%	114.84				1,229
	모듈형 BOX 기술 개발	책임연구원	8,985,106	0	0%	0.00	0	0%	0.00	2	40%	86.26	1	30%	32.35	1	40%	43.13				162
		선임연구원	6,889,656	0	0%	0.00	0	0%	0.00	2	35%	57.87	2	30%	49.61	1	30%	24.80				132
		연구원	4,605,504	0	0%	0.00	0	0%	0.00	2	45%	49.74	3	40%	66.32	2	30%	33.16				149
		소계		0	#DIV/0!	0.00	0	#DIV/0!	0.00	6	40%	193.87	6	33%	148.27	4	33%	101.09				443
		년도별 합계		12	38%	370	17	41%	535	25	40%	812	20	38%	617	16	32%	367				2,700
장비재료비	장비/재료	수량	단가	2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합
	주회로차단시스템	4	902.00			104.00			170.00			290.00			199.00			130.00				902
	상태감시장치	10	1,231.00			206.00			247.50			353.00			262.00			162.50				1,231
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
		소계				310			426.5			643.0			461.0			292.5			-	2,133
기타비		상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합
				적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	
	연구활동비	- 국외출장여비 - 수용비 및 수수료 - 기술정보활동비 - 연구개발서비스활용비 (시험/분석/검·인증 등)	※ 직접인건비 대비 비율			-	4%		23	4%		35	9%		55	4%		15			-	128
		소계				-			23			35			55			15			-	128
		상세내용	단가 (천원)	2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합
				투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	
	연구과제추진비	국내출장여비	0.100				17	41%	0.694	25	40%	1.000	20	38%	0.756	16	32%	0.507	0	-	-	2.96
		사무용품비 및 회의비/제미나개최비	0.040				17	41%	0.278	25	40%	0.400	20	38%	0.302	16	32%	0.203	0	0%	-	1.18
		연구환경 유지를 위한 기기 비품의 구입유지비	0.020				17	41%	0.139	25	40%	0.200	20	38%	0.151	16	32%	0.101	0	0%	-	0.59
		여근발 특근식대	0.008				17	41%	0.056	25	40%	0.080	20	38%	0.060	16	32%	0.041	0	0%	-	0.24
		소계							1.166			1.680			1.269			0.851			-	4.97
		상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합
	위탁연구개발비		※ 직접인건비 대비 비율	0%		-	0%		-	0%		-	0%		-	0%		-	0%		-	-
		소계				-			-			-			-			-			-	-
		상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합
	연구수당		※ 직접인건비 대비 비율	20%		74	20%		107	20%		162	20%		123	20%		73	20%		-	540
		소계				74			107			162			123			73			-	540
	간접비	상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합
			※ 직접비 대비 비율	9%		67.8	9%		98.34094166	9%		148.9080267	9%		113.1836071	9%		67.32225031	9%		0	496
		소계				68			98			149			113			67			-	496
		년도별 합계				142			230			348			293			156			-	1,169
년도별 비용 종합				2020			2021			2022			2023			2024			2025			총 비용
						821			1,101			1,803			1,371			815			-	6,002

1-8 고속철도용 공조시스템 개발

세목				내용																		
	핵심구성기술	직급	단가	2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합
				투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	
인건비	에너지 절약형 냉방장치 개발	책임연구원	8,985,106	1	30%	32.35	1	40%	43.13	1	40%	43.13	1	40%	43.13	1	30%	32.35				194
		선임연구원	6,889,656	3	35%	86.81	3	50%	124.01	4	40%	132.28	4	40%	132.28	3	35%	86.81				562
		연구원	4,605,504	3	35%	58.03	2	40%	44.21	2	40%	66.32	3	40%	66.32	3	35%	58.03				203
		소계		7	33%	177.19	6	43%	211.36	8	40%	241.73	8	40%	241.73	7	33%	177.19				1,049
	객실 쾌적성 향상	책임연구원	8,985,106	1	30%	32.35	1	30%	32.35	1	40%	43.13	1	40%	43.13	1	30%	32.35				183
		선임연구원	6,889,656	3	35%	86.81	4	30%	99.21	4	40%	132.28	4	40%	132.28	3	35%	86.81				537
		연구원	4,605,504	3	35%	58.03	3	40%	66.32	3	40%	66.32	3	40%	66.32	3	35%	58.03				315
		소계		7	33%	177.19	8	33%	197.88	8	40%	241.73	8	40%	241.73	7	33%	177.19				1,036
	제어기 및 제어 알고리즘 개발	책임연구원	8,985,106	1	30%	32.35	1	35%	37.74	1	40%	43.13	1	40%	43.13	1	30%	32.35				189
		선임연구원	6,889,656	2	30%	49.61	3	45%	111.61	3	50%	124.01	3	50%	124.01	2	30%	49.61				459
		연구원	4,605,504	2	45%	49.74	2	35%	38.68	3	40%	66.32	3	40%	66.32	2	45%	49.74				271
		소계		5	35%	131.69	6	38%	188.04	7	43%	233.46	7	43%	233.46	5	35%	131.69				918
	년도별 합계			14	33%	486	20	38%	597	23	41%	717	23	41%	717	19	34%	486				3,003
	장비/재료	수량	단가	2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합
장비재료비	공조시스템	1	634.50			118.00			125.00			130.00			161.50			100.00				635
	인버터형장치(압축기등)	1	693.00			118.00			120.00			175.00			180.00			100.00				693
	제어시스템	1	1,020.00			140.50			231.50			270.00			200.00			178.00				1,020
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
	소계					376.5			476.5			575.0			541.5			378.0			-	2,348
	연구활동비	상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합
				적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	
		- 국외출장여비 - 수용비 및 수수료 - 기술정보활동비 - 연구개발서비스활용비 (시험/분석/검·인증 등)	※ 직접인건비 대비 비율	4%		21	4%		26	4%		31	9%		65	4%		19			-	162
		소계				21			26			31			65			19			-	162
기타비	연구과제추진비	상세내용	단가 (만원)	2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합
				투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	
		국내출장여비	0.100	14	33%	0.467	20	38%	0.767	23	41%	0.946	23	41%	0.946	19	34%	0.644	0	-	-	3.77
		사무용품비 및 회의비/제(비 나개최비	0.040	14	33%	0.187	20	38%	0.307	23	41%	0.378	23	41%	0.378	19	34%	0.258	0	0%	-	1.51
		연구환경 유지를 위한 기기 비품의 구입유지비	0.020	14	33%	0.093	20	38%	0.153	23	41%	0.189	23	41%	0.189	19	34%	0.129	0	0%	-	0.75
		야근및 특근식대	0.008	14	33%	0.037	20	38%	0.061	23	41%	0.076	23	41%	0.076	19	34%	0.052	0	0%	-	0.30
	소계					0.784			1.288			1.589			1.589			1.082			-	6.33
	위탁연구개발비	상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합
			※ 직접인건비 대비 비율	0%		-	0%		-	0%		-	0%		-	0%		-	0%		-	-
	소계					-			-			-			-			-			-	-
	연구수당	상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합
			※ 직접인건비 대비 비율	20%		97	20%		119	20%		143	20%		143	20%		97	20%		-	601
	소계					97			119			143			143			97			-	601
	간접비	상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합
			※ 직접비 대비 비율	9%		88.3	9%		109.8249133	9%		132.1039532	9%		132.1123707	9%		88.36180288			0	551
	소계					88			110			132			132			88			-	551
	년도별 합계					207			256			308			342			206			-	1,319
년도별 비용 종합				2020			2021			2022			2023			2024			2025			총 비용
						1,070			1,330			1,600			1,600			1,070			-	6,670

1-9 도시철도용 모듈형 출입문 표준화 개발

세목				내용																	
				2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
	핵심구성기술	직급	단기	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	
인건비	출입문 시스템 표준 구동장치	책임연구원	8,985,106	0	0%	0.00	0	0%	0.00	1	35%	37.74	2	55%	118.60	1	50%	53.91				210
		전임연구원	6,889,656	0	0%	0.00	0	0%	0.00	3	30%	74.41	5	55%	227.36	3	50%	124.01				426
		연구원	4,605,504	0	0%	0.00	0	0%	0.00	3	30%	49.74	5	50%	138.17	3	40%	66.32				254
		소계		0	#DIV/0!	0.00	0	#DIV/0!	0.00	7	32%	161.88	12	53%	484.13	7	47%	244.24				890
	출입문 시스템 표준 비상 개방장치	책임연구원	8,985,106	0	0%	0.00	0	0%	0.00	1	20%	21.56	1	45%	48.52	1	30%	32.35				102
		전임연구원	6,889,656	0	0%	0.00	0	0%	0.00	1	10%	8.27	2	55%	90.94	2	25%	41.34				141
		연구원	4,605,504	0	0%	0.00	0	0%	0.00	2	10%	11.05	2	55%	60.70	2	40%	44.21				116
		소계		0	#DIV/0!	0.00	0	#DIV/0!	0.00	4	13%	40.86	5	52%	200.26	5	32%	117.90				359
	출입문 시스템 표준 제어장치	책임연구원	8,985,106	0	0%	0.00	0	0%	0.00	1	35%	37.74	2	55%	118.60	1	30%	32.35				189
		전임연구원	6,889,656	0	0%	0.00	0	0%	0.00	3	30%	74.41	3	60%	148.82	3	50%	124.01				347
		연구원	4,605,504	0	0%	0.00	0	0%	0.00	3	30%	49.74	5	50%	138.17	2	40%	44.21				232
		소계		0	#DIV/0!	0.00	0	#DIV/0!	0.00	7	32%	161.89	10	55%	405.59	6	40%	200.57				768
	년도별 합계			0	#DIV/0!	-	0	#DIV/0!	-	18	26%	365	27	53%	1,090	18	39%	563				2,017
	장비/재료	수량	단가	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
장비재료비	출입문 자체	1	385.00									80.00			205.00			100.00				385
	구동장치	1	403.00									98.00			205.00			100.00				403
	제어장치	1	554.50									115.00			298.00			141.50				555
	표준화 출입문 테스트베드	1	100.00												50.00			50.00				100
	비상개방장치 시험장비	1	120.00												60.00			60.00				120
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
	소계					0			-			293.0			818.0			451.5			-	1,563
	상세비용	기준		2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
				적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	
	연구활동비 - 국외출장여비 - 수용비 및 수수료 - 기술정보 활동비 - 연구개발서비스활용비 (시험/분석/검·인증 등)	※ 직접인건비 대비 비율				-	4%		-	4%		16	9%		98	4%		23			-	136
	소계					-			-			16			98			23			-	136
	상세비용	단가 (만원)		2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
				투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	
기타비	연구과제추진비	국내출장여비	0.100							18	26%	0.460	27	53%	1.440	18	39%	0.710			-	2.61
		자부담품비 및 회의비/제미나 개최비	0.040							18	26%	0.184	27	53%	0.576	18	39%	0.284			-	1.04
		연구환경 유지를 위한 기기 비품의 구입유지비	0.020							18	26%	0.092	27	53%	0.288	18	39%	0.142			-	0.52
		야근및 특근식대	0.008							18	26%	0.037	27	53%	0.115	18	39%	0.057			-	0.21
	소계								-			0.773			2.419			1.193			-	4.38
	상세비용	기준		2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
	위탁연구개발비	※ 직접인건비 대비 비율		0%		-	0%		-	0%		-	0%		-	0%		-	0%		-	-
	소계					-			-			-			-			-			-	-
	상세비용	기준		2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
	연구수당	※ 직접인건비 대비 비율		20%		-	20%		-	20%		73	20%		218	20%		113	20%		-	403
	소계					-			-			73			218			113			-	403
	상세비용	기준		2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
	간접비	※ 직접비 대비 비율		9%		-	9%		0	9%		67.23820845	9%		200.3830099	9%		103.5412235			0	371
	소계					-			-			67			200			104			-	371
	년도별 합계					-			-			157			519			240			-	915
년도별 비용 총합				2020			2021			2022			2023			2024			2025			총 비용
						-			-			814			2,427			1,254			-	4,495

1-10 도시철도용 모듈형 보조전원장치 개발

세목				내용																		
	예상구성기술	직급	단가	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
				투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	
인건비	보조전원장치 모듈화 기술	책임연구원	8,985,106	0	0%	0.00	1	35%	37.74	1	50%	53.91	1	40%	43.13	1	40%	43.13				178
		선임연구원	6,889,656	0	0%	0.00	3	40%	99.21	5	60%	248.03	3	50%	124.01	4	30%	99.21				570
		연구원	4,605,504	0	0%	0.00	3	35%	58.03	3	35%	58.03	4	30%	66.32	2	35%	38.69				221
		소계		0	#DIV/0!	0.00	7	37%	194.98	9	48%	359.97	8	40%	233.46	7	35%	181.03				969
	전력스택 모듈화 기술	책임연구원	8,985,106	0	0%	0.00	1	30%	32.35	1	35%	37.74	1	40%	43.13	1	40%	43.13				156
		선임연구원	6,889,656	0	0%	0.00	2	40%	66.14	4	45%	148.82	4	30%	99.21	4	30%	99.21				413
		연구원	4,605,504	0	0%	0.00	2	40%	44.21	3	50%	82.90	2	35%	38.69	2	35%	38.69				204
		소계		0	#DIV/0!	0.00	5	37%	142.70	8	43%	269.45	7	35%	181.03	7	35%	181.03				774
	제어기 모듈화 기술	책임연구원	8,985,106	0	0%	0.00	1	30%	32.35	1	40%	43.13	1	30%	32.35	1	30%	32.35				140
		선임연구원	6,889,656	0	0%	0.00	1	35%	28.94	4	30%	99.21	2	30%	49.61	2	30%	49.61				227
		연구원	4,605,504	0	0%	0.00	2	40%	44.21	2	35%	38.69	2	35%	38.69	2	35%	38.69				160
		소계		0	#DIV/0!	0.00	4	35%	105.50	7	35%	181.03	5	32%	120.64	5	32%	120.64				528
	최적 냉각 기술	책임연구원	8,985,106	0	0	0.00	1	0.25	26.955318	1	0.3	32.3463816	1	0.3	32.3463816	1	0.3	32.3463816				124
		선임연구원	6,889,656	0	0	0.00	1	0.1	8.267587467	1	0.3	24.8027624	1	0.2	16.53517493	1	0.2	16.53517493	0	0	0	66
		연구원	4,605,504	0	0	0.00	2	0.1	11.05321013	2	0.3	33.1596304	2	0.1	11.05321013	2	0.1	11.05321013	0	0	0	66
			4	0.5	-	#DIV/0!	-	2.00	0.15	46.28	4.00	0.30	90.31									256
		년도별 합계		-	#DIV/0!	-	16.00	0.36	443.17	5.00	0.42	810.45	20.00	0.36	535.13	19.00	0.34	482.69	-	#DIV/0!	-	2,271
장비재료비	장비/재료	수량	단가	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
	보조전원장치모듈	1	380.00						100			100			80.0			100				380
	전력스택	1	390.00						100			100			90.0			100				390
	제어장치	1	500.00						100			200			100			100				500
	냉각장치	1	923.00						139.0			397			217.0			170				923
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
	소계					0			439.0			797.0			487.0			470.0			-	2,193
기타비	연구활동비	상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합
				적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	
		- 국외출장여비 - 수용비 및 수수료 - 기술정보활동비 - 연구개발시비스활용비 (시험/분석/검 인증 등)	※ 직접인건비 대비 비율			-	4%	19		4%	35		9%	48		4%	19			-	122
		소계				-			10.119			34.964			48.161			19.308			-	121.55
	연구과제추진비	상세내용	단가 (만원)	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
				투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	
		국내출장여비	0.100				16	36%	0.578	5	42%	0.211	20	36%	0.711	19	34%	0.644				2.14
		사무용품비 및 회의비/제미나 개최비	0.040				16	36%	0	5	42%	0	20	36%	0	19	34%	0				1
		연구환경 유지를 위한 기기 비품의 구입유지비	0.020				16	36%	0	5	42%	0	20	36%	0	19	34%	0				0
		이근및 특근식대	0.008	0			0	36%	-	0	42%	-	0	36%	-	0	34%	-				-
		소계							0.92			0.34			1.14			1.03			-	3.43
	위탁연구개발비	상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합
			※ 직접인건비 대비 비율	0%		-	0%		-	0%		-	0%		-	0%		-	0%		-	-
		소계				-			-			-			-			-			-	-
	연구수당	상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합
			※ 직접인건비 대비 비율	20%		-	20%		89	20%		162	20%		107	20%		97	20%		-	454
		소계				-			89			162			107			97			-	454
	간접비	상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합
			※ 직접비 대비 비율	9%		-	9%		89.17668336	9%		105	9%		141	9%		131	9%		-	556
		소계				-			89			195			141			131			-	556
		년도별 합계				-			198			392			298			247			-	1,135
년도별 예상 총합				2020			2021			2022			2023			2024			2025			총 예상
						-			1,080			2,000			1,320			1,200			-	5,600

1-11 저상트램용 관절장치 개발

세목				내용																			
	핵심구성기술	직급	단가	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
				투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	
인건비	트램 곡선 추종성 기술	책임연구원	8,985,106	0	0%	0.00	1	35%	37.74	1	40%	43.13	1	35%	37.74	1	35%	37.74				156
		선임연구원	6,889,656	0	0%	0.00	3	40%	99.21	3	55%	136.42	3	40%	99.21	3	40%	99.21				434
		연구원	4,605,504	0	0%	0.00	3	25%	41.45	2	40%	44.21	3	25%	41.45	3	25%	41.45				169
		소계		0	#DIV/0!	0.00	7	33%	178.40	6	45%	223.76	7	33%	178.40	7	33%	178.40				**759**
	관절장치 제작 기술	책임연구원	8,985,106	0	0%	0.00	1	35%	37.74	1	40%	43.13	1	35%	37.74	1	35%	37.74				156
		선임연구원	6,889,656	0	0%	0.00	3	40%	99.21	3	50%	124.01	3	40%	99.21	3	40%	99.21				422
		연구원	4,605,504	0	0%	0.00	3	25%	41.45	2	35%	38.69	3	25%	41.45	3	25%	41.45				163
		소계		0	#DIV/0!	0.00	7	33%	178.40	6	42%	205.83	7	33%	178.40	7	33%	178.40				**741**
	관절장치 성능평가 기술	책임연구원	8,985,106	0	0%	0.00	1	35%	37.74	1	40%	43.13	1	35%	37.74	1	35%	37.74				156
		선임연구원	6,889,656	0	0%	0.00	3	40%	99.21	3	50%	124.01	3	40%	99.21	3	40%	99.21				422
		연구원	4,605,504	0	0%	0.00	3	25%	41.45	2	35%	38.69	3	25%	41.45	3	25%	41.45				163
		소계		0	#DIV/0!	0.00	7	33%	178.40	6	42%	205.83	7	33%	178.40	7	33%	178.40				**741**
	최적 냉각 기술	책임연구원	8,985,106	0	0	0.00	1	0.35	37.7374452	1	0.5	53.910636	1	0.35	37.7374452	1	0.35	37.7374452				167
		선임연구원	6,889,656	0	0	0.00	3	0.4	99.2110496	3	0.45	111.6124308	3	0.4	99.2110496	3	0.4	99.2110496				409
		연구원	4,605,504	0	0	0.00	3	0.25	41.449538	2	0.3	33.1596304	3	0.25	41.449538	3	0.25	41.449538				158
			4 0.5	-	#DIV/0!	0.00	2.00	0.33	178.40	6.00	0.42	198.68							-	#DIV/0!	-	**734**
		년도별 합계		-	#DIV/0!	-	21.00	0.33	535.19	5.00	0.43	635.41	21.00	0.33	535.19	21.00	0.33	535.19	-	#DIV/0!	-	**2,241**
	장비/재료	수량	단가	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
장비재료비	상하 관절장치	1	850						250.0			200			200			200				850
	휘어링부	1	850						250.0			200			200			200				850
	현수장치	1	1,535						301			483.00			362			389				1,535
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
		소계				0			801.0			883.0			762.0			789.0			-	**3,235**
기타비		상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
				적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	
	연구활동비	- 국외출장여비 - 수용비 및 수수료 - 기술정보활용비 - 연구개발서비스활용비 (시험/분석/검·인증 등)	※ 직접인건비 대비비율			-	4%		23	4%		27	9%		48	4%		21			-	120
		소계				-			23.089			27.413			48.167			21.408			-	**120.08**
		상세내용	단가 (만원)	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
				투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	
	연구과제추진비	국내출장여비	0.100				21	33%	0.700	5	43%	0.214	21	33%	0.700	21	33%	0.700	0			2.31
		사무용품비 및 회의비/제비 나개최비	0.040				21	33%	0	5	43%	0	21	33%	0	21	33%	0	0			1
		연구환경 유지를 위한 기기·비품의 구입유지비	0.020				21	33%	0	5	43%	0	21	33%	0	21	33%	0	0			0
		여근및 특근식대	0.008	0			0	33%	-	0	43%	-	0	33%	-	0	33%	-	0			-
		소계							1.12			0.34			1.12			1.12			-	**4**
		상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
	위탁연구개발비		※ 직접인건비 대비비율	0%		-	0%		-	0%		-	0%		-	0%		-	0%		-	-
		소계				-			-			-			-			-			-	-
		상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
	연구수당		※ 직접인건비 대비비율	20%		-	20%		107	20%		127	20%		107	20%		107	20%		-	**448**
		소계				-			107			127			107			107			-	**448**
		상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
	간접비		※ 직접비 대비 비율	9%		-	9%		132.0607973	9%		182	9%		147	9%		147				**607**
		소계				-			132			182			147			147				**607**
		년도별 합계				-			263			336			303			276				**1,179**
년도별 비용 종합				2020			2021			2022			2023			2024			2025			총 비용
						-			1,600			1,855			1,600			1,600			-	**6,655**

2-1 희토류 저감형 영구자석 동기전동기

세목				내용																				
	핵심구성기술	직급	단가	2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합
				투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	
인건비	희토류 저감형 동기전동기 기술	책임연구원	8,085,106	0	0%	0.00	1	50%	53.91	2	60%	129.39	3	50%	161.73	1	50%	53.91	1	50%	53.91	453
		전임연구원	6,889,656	0	0%	0.00	3	55%	136.42	4	60%	198.42	6	55%	272.83	5	50%	206.69	3	55%	136.42	951
		연구원	4,605,504	0	0%	0.00	4	50%	110.53	5	55%	151.99	6	45%	149.22	4	45%	99.48	4	50%	110.53	622
		소계		0	#DIV/0!	0.00	8	52%	300.86	11	58%	479.75	15	50%	583.78	10	48%	360.08	8	52%	300.86	**2,025**
	5상인버터 설계 및 전동기 구동 기술	책임연구원	8,085,106	0	0%	0.00	1	50%	53.91	2	55%	118.60	3	50%	161.73	2	60%	129.39	1	50%	53.91	518
		전임연구원	6,889,656	0	0%	0.00	3	55%	136.42	5	60%	248.03	5	55%	227.36	6	50%	248.03	3	55%	136.42	996
		연구원	4,605,504	0	0%	0.00	4	50%	110.53	5	35%	96.72	10	60%	331.60	4	40%	88.43	4	50%	110.53	738
		소계		0	#DIV/0!	0.00	8	52%	300.86	12	50%	463.35	18	55%	720.69	12	50%	466.84	8	52%	300.86	**2,252**
	운용기술 및 성능검증 기술	책임연구원	8,085,106	0	0%	0.00	1	50%	53.91	3	60%	194.09	6	60%	388.16	3	50%	161.73	2	60%	129.39	927
		전임연구원	6,889,656	0	0%	0.00	3	55%	136.42	5	55%	227.36	10	40%	330.70	6	55%	272.83	4	60%	198.42	1,166
		연구원	4,605,504	0	0%	0.00	4	50%	110.53	7	50%	193.43	11	40%	243.17	6	45%	149.22	5	55%	151.99	848
		소계		0	#DIV/0!	0.00	8	52%	300.86	15	55%	614.87	27	47%	962.03	15	50%	583.78	11	58%	479.79	**2,941**
	년도별 합계			0	#DIV/0!	-	24	52%	903	38	54%	1,558	60	51%	2,266	37	49%	1,410	27	54%	1,082	**7,218**
	장비/재료	**수량**	**단가**	**2020**			**2021**			**2022**			**2023**			**2024**			**2025**			**종합**
장비재료비	동기전동기	1							80.0			182.50			455.00			130.50			77.00	936
	5상 인버터	1							80.0			360.00			460.00			250.00			100	1,250
	동기전동기 계측기		130						20.0			20.0			30.0			30.0			30.0	130.0
	유동해석 S/W		200						40.0			40.0			40.0			40.0			40.0	200.0
	전자장 해석 S/W		200						40.0			40.0			40.0			40.0			40.0	200.0
	M-G set H/W		500						100			100			100.0			100.0			100	500
	M-G set 제어기		300						60.0			60.0			60.0			60.0			60.0	300
	제어기 설계 SW		150						30.0			30.0			30.0			30.0			30.0	150.0
	인버터 관련 계측기		230						20.0			20.0			30.0			60.0			100.0	230.0
	시험용 장치		200						40.0			40.0			40.0			0			40.0	160
																						-
																						-
																						-
	소계					0			510.0			892.5			1,296.0			740.9			617.0	**4,056**
		상세비용	**기준**	**2020**			**2021**			**2022**			**2023**			**2024**			**2025**			**종합**
				적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	
	연구활동비	- 국외출장여비 - 수용비 및 수수료 - 기술정보활동비 - 연구개발서비스활용비 (시험/분석/검·인증 등)	※ 직접인건비 대비 비율			-	4%		39	4%		67	4%		91	9%		127	4%		43	367
		소계				-			39			67			91			127			43	**367**
		상세비용	**단가 (만원)**	**2020**			**2021**			**2022**			**2023**			**2024**			**2025**			**종합**
				투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	
기타비	연구과제추진비	국내출장여비	0.100				24	52%	1.240	38	54%	2.069	60	51%	3.033	37	49%	1.829	27	0.539	1.455	9.63
		사무용품비 및 회의비/제미나개최비	0.040				24	52%	0.496	38	54%	0.828	60	51%	1.213	37	49%	0.732	27	54%	0.582	3.85
		연구환경 유지를 위한 기기·부품의 구입유지비	0.020				24	52%	0.248	38	54%	0.414	60	51%	0.607	37	49%	0.366	27	54%	0.291	1.93
		야근및 복근식대	0.008				24	52%	0.099	38	54%	0.166	60	51%	0.243	37	49%	0.146	27	54%	0.116	0.77
	소계								2.083			3.476			5.096			3.073			2.444	**16.17**
		상세비용	**기준**	**2020**			**2021**			**2022**			**2023**			**2024**			**2025**			**종합**
	위탁연구개발비		※ 직접인건비 대비 비율	10%		-	10%		90.26	10%		155.80	10%		226.65	10%		140.97	10%		109	**722**
	소계					-			90.26			155.80			226.65			140.97			109	**722**
		상세비용	**기준**	**2020**			**2021**			**2022**			**2023**			**2024**			**2025**			**종합**
	연구수당		※ 직접인건비 대비 비율	20%		-	20%		181	20%		312	20%		453	20%		282	20%		216	**1,444**
	소계					-			181			312			453			282			216	**1,444**
		상세비용	**기준**	**2020**			**2021**			**2022**			**2023**			**2024**			**2025**			**종합**
	간접비		※ 직접비 대비 비율	16%		-	16%		275.8988556	16%		478.1753818	16%		694.1125736	16%		432.5527403	16%		330.985803	**2,212**
	소계					-			276			478			694			433			331	**2,212**
	년도별 합계					-			588			1,016			1,470			985			701	**4,760**
년도별 비용 종합				**2020**			**2021**			**2022**			**2023**			**2024**			**2025**			**총 비용**
						-			2,000			3,467			5,032			3,136			2,400	**16,035**

2-2 마그네틱 기어드 방식 동력전달시스템

제목					내용																			
	핵심구성기술	직급	단가	2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합	
				투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계		
인건비	마그네틱 기어드 동기전동기의 설계/해석 기술 개발	책임연구원	8,985,106	0	0%	0.00	1	35%	37.74	2	40%	86.26	2	30%	64.69	2	30%	64.69	1	35%	37.74	291	
		선임연구원	6,889,656	0	0%	0.00	3	40%	99.21	4	35%	115.75	4	35%	115.75	4	35%	115.75	3	40%	99.21	546	
		연구원	4,605,504	0	0%	0.00	3	25%	41.45	3	30%	49.74	2	25%	27.63	2	25%	27.63	3	25%	41.45	188	
		소계		0	#DIV/0!	0.00	7	33%	178.40	9	35%	251.74	8	30%	208.07	8	30%	208.07	7	33%	178.40	**1,025**	
	마그네틱 기어드 동기전동기의 제어 알고리즘 및 구동 드라이버 기술 개발	책임연구원	8,985,106	0	0%	0.00	1	40%	43.13	1	40%	43.13	2	30%	64.69	2	40%	86.26	2	45%	97.04	334	
		선임연구원	6,889,656	0	0%	0.00	2	40%	66.14	3	45%	111.61	4	35%	115.75	3	50%	124.01	2	40%	66.14	484	
		연구원	4,605,504	0	0%	0.00	3	25%	41.45	3	25%	41.45	2	25%	27.63	3	35%	58.03	4	35%	77.37	246	
		소계		0	#DIV/0!	0.00	6	35%	150.72	7	37%	196.18	8	30%	208.07	8	42%	268.30	8	40%	240.55	**1,064**	
	마그네틱 기어드 동기전동기의 구조 및 냉각성능 확보 기술 개발	책임연구원	8,985,106	0	0%	0.00	1	40%	43.13	1	40%	43.13	1	40%	43.13	1	40%	43.13	1	35%	37.74	210	
		선임연구원	6,889,656	0	0%	0.00	2	30%	49.61	2	30%	49.61	2	30%	49.61	2	30%	49.61	3	40%	99.21	298	
		연구원	4,605,504	0	0%	0.00	2	25%	27.63	2	25%	27.63	2	25%	27.63	2	25%	27.63	3	25%	41.45	152	
		소계		0	#DIV/0!	0.00	5	32%	120.37	5	32%	120.37	5	32%	120.37	5	32%	120.37	7	33%	178.40	**660**	
	단품/실차 적용 성능평가 시험 및 인터페이스/실증화 기술	책임연구원	8,985,106	0	0	0.00	1	0.3	32.3463816	1	0.4	43.1285088	1	0.35	37.7374452	1	0.5	53.910636	2	60%	129.38	297	
		선임연구원	6,889,656	0	0	0.00	1	0.3	24.8027624	2	0.4	66.1406997	3	0.4	99.2110496	3	0.55	136.4151932	4	60%	198.42	525	
		연구원	4,605,504	0	0	0.00	2	0.3	33.1596304	3	0.25	41.449538	3	0.25	41.449538	4	0.5	110.5321013	5	55%	151.98	227	
			0.5	0	#DIV/0!	0.00	2	0.3	90.3087744	6	0.35	150.7187465							11	58%	479.75	**1,048**	
		년도별 합계		0	#DIV/0!	-	18	33%	449	5	34%	568	21	31%	537	21	34%	597	22	36%	597	**2,748**	
	장비/재료	수량	단가	2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합	
장비재료비	동기전동기	1							215			311			86			105			181	898	
	구동 드라이버	1							215			311			87			105			181	899	
	냉각시스템	1													180			104			300	584	
	M-G Set 성능시험기	1	900												300.0			300.0			300.0	900	
	전자기해석 S/W	1	200															100.0			100.0	200	
	제어기 설계 S/W	1	200															100.0			100.0	200	
	열해석 S/W	1	200															100.0			100.0	200	
	해석용 서버	1	100															50.0			50.0	100	
																						-	
																						-	
																						-	
																						-	
																						-	
	소계					0			430.0			622.0			653.0			964.0			1,311.5	**3,981**	
기타비		상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합	
				적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계		
	연구활동비	- 국외출장여비 - 수용비 및 수수료 - 기술정보활동비 - 연구개발서비스활용비(시험/분석/검·인증 등)	※ 직접인건비 대비 비율			-	4%		19	4%		25	9%		48	4%		24			-	116	
		소계				-			19.302			24.518			48.286			23.870			-	**116.06**	
		상세내용	0.0002	2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합	
				투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계		
	연구과제추진비	국내출장여비	0.100				18	33%	0.600	5	34%	0.172	21	31%	0.642	21	34%	0.723	22	36%	0.782	2.92	
		사무용품비 및 회의비/제미나개최비	0.040				18	33%	0	5	34%	0	21	31%	0	21	34%	0	22	36%	0	1	
		연구환경 유지를 위한 기기·비품의 구입유지비	0.020				18	33%	0	5	34%	0	21	31%	0	21	34%	0	22	36%	0	1	
		마근및 특근식대	0.008				18	33%	0.05	5	34%	0.01	21	31%	0.05	21	34%	0.06	22	36%	0	0	
		소계							1.01			0.29			1.08			1.22			1	**5**	
		상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합	
	위탁연구개발비		※ 직접인건비 대비 비율	10%		-	10%		45	10%		57	10%		54	10%		60	10%		60	**275**	
		소계				-			45			57			54			60			60	**275**	
		상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합	
	연구수당		※ 직접인건비 대비 비율	20%		-	20%		90	20%		114	20%		107	20%		119	20%		119	**550**	
		소계				-			90			114			107			119			119	**550**	
		상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합	
	간접비		※ 직접비 대비 비율	16%		-	16%		165.55657	16%		214	16%		200	16%		235	16%		311	**1,126**	
		소계				-			166			214			200			235			311	**1,126**	
		년도별 합계				-			321			409			411			439			491	**2,071**	
	년도별 예상 종합			2020			2021			2022			2023			2024			2025			총 예상	
						-			1,200			1,600			1,600			2,000			2,400	**8,800**	

2-3 ESS 일체형 추진제어시스템

제목				내용																			
	핵심구성기술	직급	단기	2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합
				투입MM	잔여율	소계	투입MM	잔여율	소계	투입MM	잔여율	소계	투입MM	잔여율	소계	투입MM	잔여율	소계	투입MM	잔여율	소계	
인건비	ESS 기능 일체형 전력변환 장치 설계 기술	책임연구원	8,985,106							2	40%	86.26	3	60%	194.09	5	60%	323.46	1	5%	5.39	609
		전임연구원	6,889,656							3	40%	99.21	8	60%	330.70	8	50%	330.70	3	15%	37.20	864
		연구원	4,605,504							5	40%	110.53	7	10%	38.60	8	40%	176.85	4	15%	33.16	359
		소계								10	40%	296.00	18	43%	629.61	21	50%	831.02	8	12%	75.75	**1,832**
	경량화를 위한 시스템 구조 소형화 기술 및 방열시스템 기술	책임연구원	8,985,106							1	15%	16.17	1	10%	10.78	1	10%	10.78	1	5%	5.39	43
		전임연구원	6,889,656							2	15%	24.80	2	15%	24.80	2	20%	33.07	1	5%	4.13	87
		연구원	4,605,504							1	10%	5.53	2	20%	22.11	2	35%	38.69	1	11%	6.08	72
		소계								4	13%	46.50	5	15%	57.69	5	22%	82.54	3	7%	15.60	**202**
	시스템 도플로지 및 제어알고리즘	책임연구원	8,985,106							1	25%	26.96	1	10%	10.78	1	10%	10.78	1	10%	10.78	59
		전임연구원	6,889,656							4	15%	49.61	2	20%	33.07	2	20%	33.07	2	5%	8.27	124
		연구원	4,605,504							2	12%	13.26	2	34%	37.58	2	38%	42.00	2	9%	9.95	103
		소계								7	17%	89.82	5	21%	81.43	5	23%	85.85	5	8%	29.00	**286**
	차량 시스템과의 인터페이스 기술	책임연구원	8,985,106							1	0.1	10.7821272	1	0.1	10.7821272	1	0.2	21.5642544	2	40%	86.26	129
		전임연구원	6,889,656							2	0.1	16.53517493	2	0.1	16.53517493	2	0.3	33.07034987	6	42%	208.34	274
		연구원	4,605,504							2	0.24	26.52770432	2	0.3	33.1596304	2	0.35	38.68623547	8	40%	176.85	98
			4	0.5						5	0.1466667	53.84500645							16	41%	471.45	**502**
	년도별 합계				0	#DIV/0!	-	0	#DIV/0!	-	5	24%	432	28	27%	769	31	31%	990	16	9%	120.36	**2,321**
장비재료비	장비/재료	수량	단기	2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합
	ESS추진제어장치	1										179.00			263.50			365.00				808
	제어장치	1										179.00			263.50			400.0			1,163.00	2,006
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
	소계					0			-			358.0			527.0			765.0			1,163.0	**2,813**
기타비		상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합
				적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	
	연구활동비	- 국외출장여비 - 수용비 및 수수료 - 기술정보활동비 - 연구개발서비스활용비 (시험/분석/검 인증 등)	※ 직접인건비 대비 비율			-	4%		-	4%		19	9%		69	4%		40			-	128
		소계				-			-			18.651			69.186			39.976			-	**127.81**
		상세내용	0.0002	2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합
				투입MM	잔여율	소계	투입MM	잔여율	소계	투입MM	잔여율	소계	투입MM	잔여율	소계	투입MM	잔여율	소계	투입MM	잔여율	소계	
	연구과제추진비	교내출장여비	0.100				0	#DIV/0!		5	24%	0.118	28	27%	0.744	31	31%	0.975	16	9%	0.142	1.98
		사무용품비 및 회의비/세미나개최비	0.040				0	#DIV/0!		5	24%	0	28	27%	0	31	31%	0	16	9%	0	0.791
		연구환경 유지를 위한 기기 비품의 구입유지비	0.020				0	#DIV/0!		5	24%	0	28	27%	0	31	31%	0	16	9%	0	0.396
		여근및 특근식대	0.008				0	#DIV/0!		5	24%	0.01	28	27%	0.06	31	31%	0.08	16	9%	0.011	0.158
	소계								-			0.20			1.26			1.64			0.239	**3**
		상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합
	위탁연구개발비		※ 직접인건비 대비 비율	10%		-	10%		-	10%		43	10%		77	10%		100	10%		12	**232**
	소계					-			-			43			77			100			12	**232**
		상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합
	연구수당		※ 직접인건비 대비 비율	20%		-	20%		-	20%		86	20%		154	20%		200	20%		24	**464**
	소계					-			-			86			154			200			24	**464**
		상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합
	간접비		※ 직접비 대비 비율	16%		-	16%		0	16%		141	16%		243	16%		324	16%			**708**
	소계					-			-			141			243			324				**708**
	년도별 합계					-			-			289			544			665			36	**1,536**
년도별 비용 종합				2020			2021			2022			2023			2024			2025			총 비용	
						-			-			1,080			1,940			2,430			1,320	**6,670**

2-4 컨버터 일체형 반도체변압기

세목	핵심구성기술	직급	단기	내용																	
				2020			2021			2022			2023			2024			2025			총액
				투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	
인건비	컨버터 일체형 전력변환 기술(30%)	책임연구원	8,985,106				1	50%	53.91	3	60%	194.08	3	60%	194.08	3	60%	194.08	1	50%	53.91	690
		선임연구원	6,889,656				3	55%	136.42	8	60%	396.84	8	60%	396.84	8	60%	396.84	3	40%	99.21	1,426
		연구원	4,605,504				4	48%	106.11	8	29%	128.22	10	56%	309.49	8	29%	128.22	4	39%	86.22	758
		소계					8	51%	296.44	19	50%	719.14	21	59%	900.41	19	50%	719.14	8	43%	239.34	**2,874**
	특고압 절연형 고효율 고주파 변압기 기술(30%)	책임연구원	8,985,106				1	10%	10.78	1	50%	53.91	1	10%	10.78	1	10%	10.78	1	10%	10.78	97
		선임연구원	6,889,656				2	38%	62.83	3	60%	148.82	3	49%	121.53	3	50%	124.01	3	30%	74.41	532
		연구원	4,605,504				2	41%	45.32	4	65%	143.66	8	65%	287.38	8	37%	163.56	8	35%	154.74	795
		소계					5	30%	118.93	8	58%	346.42	12	41%	419.70	12	32%	298.38	12	25%	239.94	**1,423**
	특고압 절연, 방열, 차폐를 위한 멀티피직스 해석 및 해키징 기술(30%)	책임연구원	8,985,106				1	10%	10.78	1	10%	10.78	1	10%	10.78	1	10%	10.78	1	10%	10.78	54
		선임연구원	6,889,656				3	40%	99.21	4	60%	198.42	4	60%	198.42	4	60%	198.42	3	30%	74.41	769
		연구원	4,605,504				3	41%	67.98	3	53%	87.87	3	53%	87.87	3	53%	87.87	8	35%	154.74	486
		소계					7	30%	177.97	8	41%	297.08	8	41%	297.08	8	41%	297.08	12	25%	239.94	**1,309**
	모듈기술 및 성능검증 기술(10%)	책임연구원	8,985,106				1	0.5	53.910636	1	0.5	53.910636	1	0.5	53.910636	1	0.5	53.910636	1	50%	53.91	270
		선임연구원	6,889,656				3	0.55	136.4151932	4	0.6	198.4220992	4	0.6	198.4220992	8	0.6	396.8441984	8	60%	396.84	1,327
		연구원	4,605,504				4	0.48	106.1108173	6	0.68	225.4854867	6	0.68	225.4854867	8	0.74	327.1750199	8	61%	269.70	884
		4	0.5				2	0.51	296.4366465	11	0.5933333	477.8182216							17	57%	720.45	**2,481**
	년도별 합계			0	#DIV/0!	-	20	37%	593	51	50%	1,363	41	47%	1,617	38	41%	1,315	32	31%	719	**5,607**
	장비/재료	수량	단가	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총액
장비재료비	해석/디자인 서버	1	50.00			-			50.00			-			-			-			-	50
	고주파/고절연 계측기	1	670.00			-			-			100.00			200.00			370.00			-	670
	전원/부하 시뮬레이터	1	550.00			-			-			-			250.00			300.00			-	550
	종합 성능 계측/평가 시스템	1	150.00			-			-			-			100.00			50.00			-	150
	칩도출시스템 디자인SW	1	150.00			-			150.00			-			-			-			-	150
	데드 타임 해석 SW	1	200.00			-			-			-			200.00			-			-	200
	고주파 전자장 해석 SW	1	200.00			-			200.00			-			-			-			-	200
	기구/구조 설계 SW	1	150.00			-			-			150.00			-			-			-	150
	구조해석 SW	1	200.00			-			-			200.00			-			-			-	200
	모듈/구성부품 성능평가 JIG 제작	5	800.00			-			100.00			600.00			100.00			-			-	800
	(시제품 제작)컨버터	5	1,500.00						100.00			200.00			200.00			500.00			500	1,500
	(시제품 제작)동기정류기	5	1,903.00						200.00			200.00			300.00			503.00			700	1,903
	(시제품 제작)장 인버터	5	2,449.50						108.30			345.60			504.60			710.00			781.0	2,450
	소계					0			908.3			1,795.6			1,854.6			2,433.0			1,981.0	**8,973**
기타비	연구활동비	상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
				적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	
		- 국외출장여비 - 수용비 및 수수료 - 기술정보 활동비 - 연구개발시제스활용비 (시험/분석/검·인증 등)	※ 직접인건비 대비 비율			-	4%		26	4%		59	9%		146	4%		53			-	283
		소계				-			25.596			58.787			145.547			52.584			-	**282.52**
	연구과제추진비	상세내용	0.0002	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
				투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	
		국내출장여비	0.100				20	37%	0.740	5	50%	0.248	41	47%	1.927	39	41%	1.599	32	31%	0.992	5.51
		사무용품비 및 회의비/세미나개최비	0.040				20	37%	0	5	50%	0	41	47%	1	39	41%	1	32	31%	0	2
		연구환경 유지를 위한 기기 비품의 구입유지비	0.020				20	37%	0	5	50%	0	41	47%	0	39	41%	0	32	31%	0	1
		야근및 특근식대	0.008				20	37%	0.06	5	50%	0.02	41	47%	0.15	39	41%	0.13	32	31%	0	0
		소계							1.24			0.42			3.24			2.59			2	**9**
	위탁연구개발비	상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
			※ 직접인건비 대비 비율	10%		-	10%		59	10%		136	10%		162	10%		131	10%		72	**561**
		소계				-			59			136			162			131			72	**561**
	연구수당	상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
			※ 직접인건비 대비 비율	20%		-	20%		119	20%		273	20%		323	20%		263	20%		144	**1,121**
		소계				-			119			273			323			263			144	**1,121**
	간접비	상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
			※ 직접비 대비 비율	16%		-	16%		273.0374985	16%		463	16%		544	16%		453	16%		272	**2,006**
		소계				-			273			463			544			453			272	**2,006**
	년도별 합계					-			478			931			1,178			902			490	**3,979**
년도별 비용 종합				2020			2021			2022			2023			2024			2025			총 비용
						-			1,980			4,090			4,650			4,650			3,100	**18,500**

2-5 외장코어형 컴팩트 주변압기

세목				내용																		
	핵심구성기술	직급	단기	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
				투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	
인건비	철도차량용 변압기 설계기술	책임연구원	8,985,106							1	50%	53.91	1	50%	53.91	1	50%	53.91	1	50%	53.91	216
		선임연구원	6,889,656							4	55%	181.89	4	60%	198.42	5	60%	248.03	4	60%	198.42	827
		연구원	4,605,504							4	40%	88.43	6	50%	165.80	6	54%	179.06	6	50%	165.80	599
		소계								9	48%	324.22	11	53%	418.13	12	55%	481.00	11	53%	418.13	**1,641**
	변압기 냉각설계 및 열해석 기술	책임연구원	8,985,106							1	10%	10.78	1	30%	32.35	1	30%	32.35	1	30%	32.35	108
		선임연구원	6,889,656							2	18%	23.15	2	30%	49.61	4	30%	99.21	2	30%	49.61	222
		연구원	4,605,504							2	25%	27.63	2	33%	36.48	3	28%	46.42	2	33%	36.48	147
		소계								5	16%	61.56	5	31%	118.43	8	29%	177.98	5	31%	118.43	**476**
	자연냉각방식 외장코어형 변압기 제작기술 성능평가 및 실용화 기술 개발	책임연구원	8,985,106							1	30%	32.35	1	40%	43.13	3	40%	129.38	3	30%	97.04	302
		선임연구원	6,889,656							4	28%	92.60	4	50%	165.35	8	50%	330.70	4	30%	99.21	688
		연구원	4,605,504							2	25%	27.63	2	30%	33.16	5	29%	80.14	4	21%	46.42	187
		소계								7	28%	152.58	7	40%	241.64	16	40%	540.22	11	27%	242.67	**1,177**
	년도별 합계			0	#DIV/0!	-	0	#DIV/0!	-	21	31%	538	23	41%	778	36	41%	1,199	27	37%	779	**3,295**
장비제고비	장비/재료	수량	단가	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
	주변압기	1	368.00									140.00			228.00							368.00
	냉각장치	1	758.50															312.00			447	758.50
	계측기	1	0.90									30.00			30.00			30.00				90.00
	전자계책적 S/W	1	0.6									20.00			20.00			20.00				60.00
	기구설계 S/W	1	1.2									30.00			30.00			60.00				120.00
	구조해석 SW	1	1.2									30.00			30.00			60.00				120.00
	해석용 서버	1	0.4									10.00			10.00			20.00				40.00
	변압기 시험용 시뮬레이터	1	1.0									20.00			40.00			40.00				100.00
	시험용 장치	1	1.2									30.00			30.00			40.00				100.00
	열해석 S/W	1	0.5												20.00			30.00				50.00
	유동해석 S/W	1	0.3												10.00			20.00				30.00
																						-
																						-
	소계					0			-			310.0			448.0			632.0			446.5	**1,837**
기타비		상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
				적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	
	연구활동비	- 국외출장여비 - 수용비 및 수수료 - 기술정보활동비 - 연구개발서비스활용비 (시험/분석/검·인증 등)	※ 직접인건비 대비 비율			-	4%		-	4%		23	4%		34	9%		105	4%		34	196
		소계				-			-			23			34			105			34	**196**
		상세내용	단가 (인당)	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
				투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	
	연구과제추진비	국내출장여비	0.100							21	31%	0.646	23	41%	0.953	36	41%	1.484	27	0.371	1.002	4.09
		사무용품비 및 회의비/제미나개최비	0.040							21	31%	0.259	23	41%	0.381	36	41%	0.594	27	37%	0.401	1.63
		연구환경 유지를 위한 기기 비품의 구입유지비	0.020							21	31%	0.129	23	41%	0.191	36	41%	0.297	27	37%	0.200	0.82
		야근및 특근식대	0.008							21	31%	0.052	23	41%	0.076	36	41%	0.119	27	37%	0.080	0.33
		소계							-			1.086			1.601			2.493			1.683	**6.86**
		상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
	위탁연구개발비		※ 직접인건비 대비 비율	10%		-	10%		-	10%		53.84	10%		77.82	10%		119.92	10%		78	**330**
		소계				-			-			53.84			77.82			119.92			77.92	**330**
		상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
	연구수당		※ 직접인건비 대비 비율	20%		-	20%		-	20%		108	20%		156	20%		240	20%		156	**659**
		소계				-			-			108			156			240			156	**659**
		상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
	간접비		※ 직접비 대비 비율	16%		-	16%		0	16%		165.4696165	16%		239.1731358	16%		367.81B7391	16%		239.1684113	**1,012**
		소계				-			-			165			239			368			239	**1,012**
	년도별 합계					-			-			351			508			835			508	**2,203**
년도별 예상 총합				2020			2021			2022			2023			2024			2025			총 예상
						-			-			1,200			1,734			2,667			1,734	**7,335**

2-6 개방형 네트워크 프로토콜 기반 통합제어플랫폼

세목				내용																		
	예상구성기술	직급	단가	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
				투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	
인건비	철도차량 및 제작사간 상호	책임연구원	8,985,106	0	0%	0.00	5	50%	269.55	10	50%	539.11	10	50%	539.11	5	50%	269.55	3	0.5	161.731908	1,779
	호완성 확보를 위한	선임연구원	6,889,656	0	0%	0.00	8	60%	396.84	14	60%	694.48	10	60%	496.06	6	60%	297.63	5	0.6	248.027624	2,133
	TROSAR 개방형 개발 플랫	연구원	4,605,504	0	0%	0.00	7	80%	309.48	10	79%	436.60	8	82%	362.55	4	80%	176.88	3	0.67	111.0847618	1,397
	폼 개발	소계		0	#DIV/0!	0.00	20	63%	975.88	34	63%	1670.19	28	64%	1397.71	15	63%	744.04	11	0.59	520.8442938	**5,309**
	기능안전이 확보된 호완형	책임연구원	8,985,106	0	0%	0.00	5	50%	269.55	15	60%	970.38	16	60%	1035.09	10	60%	646.93	8	0.6	517.5421056	3,439
	제어장치용 HW플랫폼/표준	선임연구원	6,889,656	0	0%	0.00	8	60%	396.84	20	65%	1074.79	26	68%	1461.71	20	60%	992.11	15	0.6	744.082872	4,670
	인터페이스모듈 개발 및 호	연구원	4,605,504	0	0%	0.00	4	54%	119.33	16	23%	203.39	15	19%	157.51	10	18%	99.48	15	0.19	157.5082444	737
	완성 검증 체계 개발	소계		0	#DIV/0!	0.00	17	55%	785.77	51	49%	2248.56	57	49%	2654.30	40	48%	1738.52	38	0.4633333	1419.133222	**8,846**
	철도용 호완형 전장제어장	책임연구원	8,985,106	0	0%	0.00	0	0%	0.00	5	50%	269.55	5	50%	269.55	5	50%	269.55	3	0.5	161.731908	970
	시의 SW/HW 시제품 개발	선임연구원	6,889,656	0	0%	0.00	0	0%	0.00	6	40%	198.42	8	60%	396.84	8	60%	396.84	5	0.6	248.027624	1,240
	및 호완성 검증	연구원	4,605,504	0	0%	0.00	0	0%	0.00	4	40%	88.43	4	54%	119.37	8	71%	313.91	5	0.68	187.9045723	710
		소계		0	#DIV/0!	0.00	0	#DIV/0!	0.00	15	43%	556.40	17	55%	785.77	21	60%	980.31	13	0.5033333	597.6641043	**2,920**
		년도별 합계		0	#DIV/0!	-	37	59%	1,762	100	52%	4,475	102	56%	4,838	76	57%	3,463	62	55%	2,538	**17,075**

	장비/재료	수량	단가	2020	2021	2022	2023	2024	2025	총합
장비재료비	플랫폼	1	2,452.90		1,006.50	1,446.40				2,452.90
	검증장치	1	4,773.25			500.00	1,963.25	857.00	1,453.00	4,773.25
	TROSAR HW 검증 시스템	1	1,300.00			400.00	400.00	500.00		1,300.00
	IEC 61375 합지징 검증시험기	1	606.00			200.00	200.00	206.00		606.00
	요구사항 관리용 소프트웨어	1	62.00			20.00	20.00	22.00		62.00
	소프트웨어 개발 장비	1	340.00				140.00	200.00		340.00
	현지시험용 데이터 수집장비	1	100.00				50.00	50.00		100.00
										-
										-
										-
										-
										-
										-
	소계			0	1,006.5	2,566.4	2,773.3	1,835.0	1,453.0	**9,634**

		상세내용	기준	2020		2021		2022		2023		2024		2025		종합
				적용비율	소계	적용비율	소계	적용비율	소계	적용비율	소계	적용비율	소계	적용비율	소계	
기타비	연구활동비	- 국외출장여비 - 수용비 및 수수료 - 기술정보활동비 - 연구개발서비스활용비(시험/분석/검·인증 등)	※ 직접인건비 대비 비율		-	4%	76	4%	193	4%	209	9%	304	4%	109	892
		소계			-		76		193		209		304		109	**892**

		상세내용	단가 (만원)	2020			2021			2022			2023			2024			2025			총합
				투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	
	연구과제추진비	국내출장여비	0.100				37	59%	2.183	100	52%	5.189	102	56%	5.701	76	57%	4.298	62	0.549	3.403	20.77
		사무용품비 및 회의비/제미나개최비	0.040				37	59%	0.873	100	52%	2.076	102	56%	2.280	76	57%	1.719	62	55%	1.361	8.31
		연구환경 유지를 위한 기기·비품의 구입유지비	0.020				37	59%	0.437	100	52%	1.038	102	56%	1.140	76	57%	0.860	62	55%	0.681	4.15
		야근및 특근식대	0.008				37	59%	0.175	100	52%	0.415	102	56%	0.456	76	57%	0.344	62	55%	0.272	1.66
		소계							3.667			8.717			9.577			7.221			5.717	**34.90**

		상세내용	기준	2020		2021		2022		2023		2024		2025		종합
	위탁연구개발비		※ 직접인건비 대비 비율	10%	-	10%	176.17	10%	447.51	10%	483.78	10%	346.29	10%	254	**1,708**
		소계			-		176.17		447.51		483.78		346.29		254	**1,708**

		상세내용	기준	2020		2021		2022		2023		2024		2025		종합
	연구수당		※ 직접인건비 대비 비율	20%	-	20%	352	20%	895	20%	968	20%	693	20%	508	**3,415**
		소계			-		352		895		968		693		508	**3,415**

		상세내용	기준	2020		2021		2022		2023		2024		2025		종합
	간접비		※ 직접비 대비 비율	16%	-	16%	540.2121305	16%	1373.739158	16%	1484.904505	16%	1063.730792	16%	778.7407896	**5,241**
		소계			-		540		1,374		1,485		1,064		779	**5,241**
		년도별 합계			-		1,148		2,918		3,155		2,414		1,655	**11,290**
년도별 예용 종합				2020		2021		2022		2023		2024		2025		총 예용
					-		3,917		9,960		10,766		7,712		5,646	**38,001**

2-7 자동연결 분리 시스템

세목				내용																	
	핵심구성기술	직급	단기	2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합
				투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	
인건비	컨트롤센터 기술	책임연구원	8,985,106				3	50%	161.73	5	50%	269.55	5	50%	269.55	5	50%	269.55	3	50%	161.73	1,132
		선임연구원	6,889,656				7	60%	347.24	6	35%	173.62	6	35%	173.62	6	60%	297.63	4	35%	115.75	1,108
		연구원	4,605,504				6	39%	129.32	4	40%	88.43	4	40%	88.43	4	80%	176.85	4	37%	81.79	565
		소계					16	50%	638.29	15	42%	531.60	15	42%	531.60	15	63%	744.04	11	41%	359.27	**2,805**
	자동 연결 분리 시스템기술	책임연구원	8,985,106				0	0%	0.00	5	55%	296.51	5	55%	296.51	10	60%	646.93	5	50%	269.56	1,509
		선임연구원	6,889,656				0	0%	0.00	7	60%	347.24	7	60%	347.24	20	60%	992.11	8	38%	251.33	1,938
		연구원	4,605,504				0	0%	0.00	8	68%	300.65	8	68%	300.65	10	18%	99.48	6	40%	132.64	833
		소계					0	0%	0.00	20	61%	944.39	20	61%	944.39	40	46%	1738.52	19	43%	653.53	**4,281**
	기관차 제어시스템 기술	책임연구원	8,985,106				0	0%	0.00	3	50%	161.73	3	50%	161.73	5	50%	269.55	16	60%	1035.08	1,628
		선임연구원	6,889,656				0	0%	0.00	7	60%	347.24	7	60%	347.24	8	60%	396.84	26	65%	1397.22	2,489
		연구원	4,605,504				0	0%	0.00	6	39%	129.32	6	39%	129.32	8	71%	313.91	15	20%	165.80	738
		소계					0	0%	0.00	16	50%	638.29	16	50%	638.29	21	60%	980.31	57	48%	2598.10	**4,855**
	년도별 합계			0	#DIV/0!	-	16	50%	638	51	51%	2,114	51	51%	2,114	76	57%	3,463	87	44%	3,611	**11,941**
장비제조비	장비/재료	수량	단기	2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합
	전공자동연결장치	1	1,078.00						262			508			308							1,078.00
	폭진장치	1	1,100.00									700			400							1,100.00
	상태감시장치	1	500.00												500							500.00
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
																						-
	소계					0			262.0			1,208.0			1,208.0			-			-	**2,678**
기타비	연구활동비	상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합
				적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	적용비율		소계	
		- 국외출장여비 - 수용비 및 수수료 - 기술정보활동비 - 연구개발서비스활용비 (시험/분석/검·인증 등)	※ 직접인건비 대비 비율			-	4%		28	4%		91	4%		91	9%		304	4%		156	670
		소계				-			28			91			91			304			156	**670**
	연구과제추진비	상세내용	단가 (만원)	2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합
				투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	투입MM	참여율	소계	
		국내출장여비	0.100				16	50%	0.795	51	51%	2.590	51	51%	2.590	76	57%	4.298	87	0.439	3.818	14.09
		사무용품비 및 회의비/제비	0.040				16	50%	0.318	51	51%	1.036	51	51%	1.036	76	57%	1.719	87	44%	1.527	5.64
		나개최비 연구환경 유지를 위한 기기 비품의 구입유지비	0.020				16	50%	0.159	51	51%	0.518	51	51%	0.518	76	57%	0.860	87	44%	0.764	2.82
		야근및특근식대	0.008				16	50%	0.064	51	51%	0.207	51	51%	0.207	76	57%	0.344	87	44%	0.305	1.13
		소계							1.335			4.351			4.351			7.221			6.415	**23.67**
	위탁연구개발비	상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합
			※ 직접인건비 대비 비율	10%		-	10%		63.83	10%		211.43	10%		211.43	10%		346.29	10%		361	**1,194**
		소계				-			63.83			211.43			211.43			346.29			361	**1,194**
	연구수당	상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합
			※ 직접인건비 대비 비율	20%		-	20%		128	20%		423	20%		423	20%		693	20%		722	**2,388**
		소계				-			128			423			423			693			722	**2,388**
	간접비	상세내용	기준	2020			2021			2022			2023			2024			2025			종합
			※ 직접비 대비 비율	16%		-	16%		179.304525	16%		648.3418328	16%		648.3418328	16%		770.1307916	16%		777.0191457	**3,023**
		소계				-			179			648			648			770			777	**3,023**
	년도별 합계					-			400			1,378			1,378			2,121			2,022	**7,299**
년도별 비용 종합				2020			2021			2022			2023			2024			2025			총 비용
						-			1,300			4,700			4,700			4,700			3,300	**18,700**

연구비 산정 근거

순번	본사업 과제	연계 선행과제					
		과제명(부처, 연구기간)	연구비 (억원)	주요 연구내용	본사업 연계가능 기술	비중	투자비용 (억원)
1-1	고속철도용 댐퍼 개발	KTX 및 8200호대 전기기관차용 댐퍼류 기술개발(국토부, '14~'18)	38.4	댐퍼 통합기술 개발	댐퍼 오일 밸브 제어기술	2/5	15.3
				댐퍼 오일씰 개발			
				댐퍼 부싱 개발	-		
				댐퍼 로드 개발	-		
				댐퍼 외통 개발	-		
1-2	고속철도용 공기스프링 개발	철도차량용 공기스프링 시험방법(산업부, '01~'03)	0.8	공기스프링 성능 및 특성분석	공기밀봉 다이어프램 해석 및 설계기술	1/3	0.3
				시험항목별 시험방법 정립 및 절차서 작성	-		
				산업규격 제정	-		
1-3	고속철도용 반능동형 판토그래프 개발	경량 저소음 팬터그래프 개발(과기부, '15~'17)	13.6	팬터그래프 구조체 소음저감 형상	공기저항 및 공력소음 해석 및 설계 기술	2/3	9.0
				팬터그래프 구조체 경량화 설계	상부구조 경량설계 기술		
				시제품 제작 및 성능검증	-		
1-4	고속철도용 전두부 해치시스템 개발	고속열차 성능 및 효율향상 핵심기술 개발(국토부, '13~'17)	5.5	고속주행 공력성능 향상기술	전두부 해치커버 형상, 기밀, 복합소재 설계기술	1/2	2.8
				고속 주행안전성능 향상 기술	-		

1-5	고속철도용 냉각팬 시스템 개발	고속철도 차량시스템 안정화 기술개발(국토부, '02~'07)	52	고석철도 주전력변환장치 안정화 및 신뢰성 향상	-	1/4	13
				배터리 충전기 안정화	-		
				주변압기 냉각용 팬 개발	냉각팬 형상설계 기술		
				본선시운전을 통한 신뢰성 검증	-		
1-6	고속철도용 제동디스크 및 제동패드 개발	고속차량용 내열 합금 주강 디스크 기술개발(국토부, '12~'14)	2.1	디스크 냉각성능 향상	-	1/2	1.1
				내열/내마모 특성 향상	내마모성이 향상된 제동디스크 재질 및 설계기술		
		350km/h급 중국고속철도용으로 제동디스크와 마찰재의 접촉효율을 향상시키는 패드구조와 마찰재 개발(산업부, '15~'17)	7.8	제동디스크 및 패드간 압력분포 최적화	-	1/3	2.6
				제동디스크 온도편차 최소화	마찰열 감소 재료 및 형상설계 기술		
				접촉향상 제동패드 시제품 제작 및 성능시험	-		
1-7	고속철도용 모듈형 주회로 차단시스템 개발	철도차량 주회로차단기용 지능형 제어기 개발(과기부, '17)	1.3	주회로차단기용 제어기 알고리즘 개발	주회로 차단기 위상제어 기술	1/2	0.7
				지능형 제어기 시제품 개발 및 시험평가	-		
1-8	고속철도용 공조시스템 개발	고속차량 운전실용 공기조화장치의 개발(중기청, '05~'07)	3.1	냉방시스템 열유동해석	냉방시스템 열유동해석을 통한 사이클 설계 기술	1/2	1.6
				사이클 설계 및 냉방시스템 설계			
				운전용 제어카드 개발	-		
				시제품 제작 및 성능검증	-		

1-9	도시철도용 모듈형 출입문 표준화 개발	고속열차 승강문시스템 국산화 개발(국토부, '11~'14)	4.0	승강문 컨트롤 장치 개발	차량-출입문간 통신 및 제어기술	1/3	1.3
				구성품 및 부속장치 개발	-		
				신뢰성평가기준 개발	-		
1-10	도시철도용 모듈형 보조전원장치 개발	전동차용 보조전원장치의 소형/경량화 개발(중기청, '11~'13)	2.5	전동차용 보조전원장치의 소형/경량화 개발	경량/소형화 설계기술	1/1	2.5
1-11	저상트램용 관절장치 개발	-	-	-	-	-	-
2-1	희토류 저감형 영구자석 동기전동기	도시철도차량용 경량 고효율 희토류 최적화형 영구자석 동기전동기 및 인버터 개발 (국토부, '18~'21)	81	추진시스템 운영 인터페이스	-	1/8	10
				영구자석 동기전동기 해석 및 최적화 기술	-		
				추진제어장치 설계			
				시제품 제작 및 단품시험	-		
				인버터 설계 및 추진제어 기술	-		
				영구자석 동기전동기 및 인버터 해석기술	-		
				최적화 해석방법 및 설계 기법	자기회로 및 권선분포 최적화 설계 기술		
				추진시스템 신뢰성 검증	-		
2-2	마그네틱 기어드 방식 동력전달시스템	-	-	-	-	-	-
2-3	ESS 일체형 추진제어시스템	-	-	-	-	-	-

2-4	컨버터 일체형 반도체변압기	도시철도차량용 컨버터 일체형 경량 반도체변압기 개발(국토부, '18~'21)	96.8	반도체변압기 운영 인터페이스	-	2/11	17.6
				반도체변압기 시스템 설계 및 특성해석	-		
				절연/냉각 및 패키징 기술	-		
				반도체변압기 제어기술	-		
				구동제어 기술	-		
				반도체 스택 모듈화	반도체 스택 모듈화 기술		
				고주파 변압기 설계	-		
				특고압 절연 및 손실저감 기술	고주파 변압기 특고압 절연 기술		
				계통 인터페이스	-		
				계통 과도 전압/전류 보호대책	-		
				시제품 제작 및 성능검증	-		
2-5	외장코어형 컴팩트 주변압기	-	-	-	-	-	-
2-6	개방형 네트워크 프로토콜 기반 통합제어플랫폼	-	-	-	-	-	-

2-7	자동 연결·분리 시스템	대용량 대용량 에너지 흡수장치가 적용된 TSI 표준형 연결기 시스템 개발(국토부, '14~'17)	37	신호, 방송, 통신용 연결 가능한 Retractable 방식의 전기연결기 개발	원격 및 컨트롤센터 무선제어 인터페이스	2/9	8.2
				기계적/전기적 연결 분리 검지 기능 개발	자동연결 분리시스템 제어기술		
				이종연결기(기존연결기+유럽표준형연결기) 연결을 위한 Adapter 개발	-		
				전단 볼트 개발	-		
				대용량 에너지 흡수장치 개발	-		
				충돌에너지 흡수를 위한 연결기 시스템과 차량 시스템의 인터페이스	-		
				연결기 시스템 설계적합성 및 합치성 검증	-		
				제작자승인을 위한 품질관리체계 구축 지원	-		
				개발품 형식승인 및 제작자승인 인증획득 지원	-		
합계							86

철도차량 부품개발 사업

[부록 3]

개발부품 상세현황

개발부품별 개요 및 시장, 기술개발 현황

연구개발 대상 부품명	부품 개요	수입규모	국내외 시장현황	국내외 생산기업	국내 개발가능 기업	국내 수요기업	연구개발 현황	미개발 사유
고속철도용 댐퍼 (현가장치)	-노면 등 외부 충격에 의한 스프링의 진동을 완화 ·승차감 제고 ·차체 파손 방지 ·차량 과대 부하저감 -본 사업 적용차량 : EMU	-연간 해외 수입규모 약 50억원 -2017 수입(철도공사, 부속품 포함) ·2,397백만원	-우리나라 해외부품[KONI社(네덜란드), Dispen社(프랑스)] 100% 수입 -글로벌 시장규모: 6,520억원 ·여객차량 보유 (233,002량) × 객차당 댐퍼 평균 장착수량 (14본) × 댐퍼 평균가격 (800,000원) / 평균 정비 주기 (4년) -국내수요(2025~2040) 예상: 446억원(연간 30억원) ·EMU 250, 300 450편성, 3,600량 0.124억원/세트	-KONI(네) -KYB(일) -ZFsachs(독) -Dispen(프)	-만도 -케이티엠엔지니어링(주) -㈜아이티베인 -KOBA -정경유압	-한국철도공사	-동력집중식 고속철도차량 및 전기기관차용 댐퍼의 상용화 기술개발 진행	-일반철도용 댐퍼류 개발결과 기술적 문제로 상용화 중단 -동력분산식 고속철도차량용 댐퍼류 개발 사례없음 -다품종소량생산 구조, 국내시장 협소, 단기 수익성 한계
고속철도용 공기스프링	-고속철도차량 주행상의 주행장치, 레일, 차체와의 진동을 감쇠 -본 사업 적용차량 : EMU	-KTX 920량 1,748개전량 수입 -약 152억원 규모 수입(동력집중식) -2017	-우리나라 전량 해외 수입 의존 -신규차량 및 내구연한 경과 부품에 대한 교체물량 증가 예상 -국내신규수요: 129.5억원 ·185편성 × 10개/편성 × 약 0.7억원/SET	-콘티텍(독) -폴스트라(미) -브릿지스톤(일)	-케이티엠엔지니어링(주) -화승엑스윌 -대원강업	-한국철도공사	-도시철도용 공기스프링 한국기계연 상용화(2003년) 전동차 30량에 공급(기업 도산으로 추가기술 개발 중단)	-다품종소량생산구조, 국내시장 협소 -기존 개발업체 연구 중단

연구개발 대상 부품명	부품 개요	수입규모	국내외 시장현황	국내외 생산기업	국내 개발가능 기업	국내 수요기업	연구개발 현황	미개발 사유
		수입(철도공사, 부속품 포함) ·58백만원	-국내교체수요: ·KTX 920량 1,748개, KTX-산천은 710량 기준 1,136개 -글로벌 시장규모: 약 64,442억원 ·128,885량(기관차) × 1 SET/량 × 약 0.5억원/SET (UIC, Frost & Sullivan)					
고속철도용 판토그래프	-전기가 흐르는 가선에 접촉하여 전기를 차량에 설치된 전기장치에 공급 -본 사업 적용차량 : EMU/산천	-연간 약 19억 원(12편성/년) -KTX-산천: 연간 0.8억원(1 SET) -집전판: 연간 약 17억원(800개) 수입 -2017 수입(철도공사, 부속품 포함) ·2,811백만원	-전 세계적으로 고속철도 운행이 증가함에 따라 신규 및 대체판토그래프 수요 증가 예상 -국내신규수요(~2040): 259억원 ·185편성 × 2개/편성 × 약 0.7억원/SET -국내교체수요: ·KTX-산천 연간 0.8억원(1세트) ·집전판 연간 17억원(800개) -글로벌 시장규모: 약 64,442억원 ·128,885량(기관차) × 1 SET/량 × 약 0.5억원/SET	-Faiveley(프) -Lekov(체코) -STEMMANN-TECHNIK(독) - Schunk(오) -RTRI(일본철도총연, 일)	-㈜아이티베인 -㈜티앤머티리얼스 -유진기공산업(주) -유진기공산업(주) -㈜우진산전	-한국철도공사	-G7 고속전철 기술개발, 에서 고속철도용 판토그래프 국내 최초 개발, 집전높이 문제로 실용화 실패	-기술개발 경험 및 상용화 (실차검증) 부족

연구개발 대상 부품명	부품 개요	수입규모	국내외 시장현황	국내외 생산기업	국내 개발가능 기업	국내 수요기업	연구개발 현황	미개발 사유
			(UIC, Frost & Sullivan)					
고속철도용 해치시스템	-동력차 전방 노즈부에 위치, 해치 커버의 개폐 동작과 함께 중련연결 운행을 위한 제어 기능 수행 -본 사업 적용차량 : EMU/산천	-전량수입(1 SET 당 0.65억원) 총139.1억원 ·KTX 46, KTX-산천 61편성 -2017 수입(철도공사, 부속품 포함) ·1,085백만원	-고속철도용 해치시스템은 보이스(VOITH)사와 델너(DELLNER)사가 양분 -차량제작사는 달라도 2개사 제품 사용 -국내신규수요(~2040): 240.5억원 ·185편성 × 2개/편성 × 약 0.65억원/SET -국내교체수요: ·KTX46, KTX-산천 61편성	-VOITH(독) -DELLNER(독)	-화인정밀 -㈜카템 -한국화이바 -유진기공 산업(주) -에이디 에스레일	-한국철도공사	-전두부형상 최적설계, 전두부 및 객차단부 충돌에너지 흡수 구조 개발 등 기초연구 수준에서 수행	-공압시스템 제어기술 부족 -현차시험 한계 -기술개발 경험 및 기술력 한계
고속철도용 냉각팬 시스템	-고속차량 동력차에 설치된 주변압기, 주전력변환장치, 보조전원장치, 견인전동기의 전력변환 등에서 발생되는 기기의 작동 열을 외부로 송출하여 내부 소자 냉각 -본 사업 적용차량 : EMU/산천	-KTX차량 도입시 전량 수입 -2017 수입(철도공사, 부속품 포함) ·83백만원	- 초경량 카본소재 제품으로 시장 재편 ·소음, 진동 최소화 -국내신규수요: 약600억원(연간 40억) ·편성당 120개 부품 × 1,800만원 ·주변압기, 모터블럭, 보조블럭, 견인전동기 냉각팬 등 -국내교체수요: 약 958억원(연간 63억)	-SNCF(프) -크라우스마페이(독) -태일송풍기 -경진브로아	-케이티엠엔지니어링(주) -㈜태일송풍기 -유진기공산업 -㈜수성 -경진브로아	-한국철도공사	-고속철 주변압기 냉각용, 도시철도용 저소음 냉각팬 등 금속재질 팬 기술개발 및 상용화 성공	-금속재질 상용화 현장 보급 -특수소재(카본)의 경우 초기 투자비 큼

연구개발 대상 부품명	부품 개요	수입규모	국내외 시장현황	국내외 생산기업	국내 개발가능 기업	국내 수요기업	연구개발 현황	미개발 사유
고속철도용 제동디스크 및 제동패드	-차량의 운동에너지를 마찰열로 변환·소산시켜 차량을 감속, 정지시키는 장치 -전기제동과 기계제동 -기계 제동은 차륜(Wheel) 디스크 와 차축(Axle) 디스크 제동장치로 구분 -본 사업 적용차량 : EMU	-KTX-산천 기준 약 3,024개 제동디스크 전량 수입 적용 -2017 수입(철도공사, 부속품 포함) ·4,928백만원 (패드) ·1,959백만원 (디스크, '16년)	-우리나라의 경우 5~10년내 교체수요 발생 -디스크 신품대비 교체품 2~3배 높은 가격 형성 -선도기업 중심으로 열방산성, 고 마찰계수 유지성 등 고사양 시장 전환 -글로벌 시장규모: ·제동디스크 928억원(2015년 기준) ·제동패드 2020년 18,621억원(UIC) 예상 -국내신규수요: ·제동디스크 2040년까지 9,435억원 ·제동패드 2040년까지 약600억원(연간 40억) ·편성당 120개 부품 × 1,800만원 ·주변압기, 모터블럭, 보조블럭, 견인전동기 냉각팬 등	-Knorr(독) -Faiveley(프) -Poli(프) -IBRE(프) -SAFE METAL(프) -Becorit(독) -Cofren(이)	-다윈프릭션 -케이티엠엔지니어링(주) -㈜동성테크 -베어링아트 -이스턴알앤이 -㈜카템 -상신브레이크 -유진기공산업 -우진정밀	-한국철도공사	-디스크 형상설계 기술확보 -제동디스크 소재 기술기반 취약 -동력분산식 부품 연구 미진행	-해외품 벤치마킹 수준 -사업화를 위한 시험 증증 연구만 진행
고속철도용 주회로 차단시스템	-팬터그래프를 경유한 전차선 전원의 통전 및 차량 내부 장치에 공급하는 전원을 개폐	-EMU-250 주회로차단기 : 42 Set, 약 19억원 수입 진행	-최초 전량 수입 의존후 현재는 전량 국산화 대체(동력집중식) -동력 분산식 차량은 전량 수입의존 -글로벌 시장규모: 26,116억원(2015년	-Secheron(독)	-디투엔지니어링 -㈜아이티베인 -비츠로테크 -태희네볼루션 -㈜수성	-한국철도공사	-지붕 탑재형 주회로차단기개발, 설치후 상용화	-철도차량 외부환경 적용형 주회로 차단기 기술 미개발

연구개발 대상 부품명	부품 개요	수입규모	국내외 시장현황	국내외 생산기업	국내 개발가능 기업	국내 수요기업	연구개발 현황	미개발 사유
	-단락/지락 사고 및 주변압기 회로 이상으로 발생하는 과전류를 신속하게 차단하여 차량보호 및 사고의 파급확대 방지 -본 사업 적용차량 : EMU/산천	-2017 수입(철도공사, 부속품 포함) ·996백만원	기준) ·고속철도차량 약 3,291편성(10량/편성 기준 추정) 및 준고속 편성열차 22,825편성(8량/편성 기준 추정) 기준 -국내신규수요: ·약 185억원 (연간 약 12.3억원) -국내대체수요: ·약 114억원 (연간 약 7.6억원)		-㈜우진산전		중단(성능 미흡) -동력분산식 개발 지연 -모듈형 시스템 개발은 미시도	-기술개발 경험 미흡 -연간 기대매출(국내시장 협소) 대비 과도한 연구개발비
고속철도용 공조시스템	-철도차량의 상부 혹은 하부에 설치되어 객실 및 복도의 온도에 따라 객실내 냉난방장치의 온도 조절 -객실당 1개 또는 2개의 개별 시스템으로 구성 -본 사업 적용차량	-인버터 구동제품 전량 수입 의존 -2017 수입(철도공사, 부속품 포함) ·2,381백만원	-일본, 프랑스 등 선진사는 이미 인버터 제어 방식 제품 개발, 시장 점유 확대 중 -국내 개발사는 인버터 제품 출시 한계 -국내신규수요(향후 15년간): ·약 666억원(연간 약 44.4억원) -국내대체수요(향후 15년간): ·약 236억원(연간 약 15.8억원)	-미쓰비시(일) -도시바(일)	-케이티엠엔지니어링(주) -하이에어코리아 -태희네볼루션 -KB오토택 -캐이알택 -하이에어코리아 -에이디에스레일 -남지공조	-한국철도공사	-철도차량용 냉방장치 냉매 대체제 개발 -동력분산식 공조시스템 개발 이력 없음	-시장수요가 있는 인버터 제어방식 냉방장치 기술력 부족

연구개발 대상 부품명	부품 개요	수입규모	국내외 시장현황	국내외 생산기업	국내 개발가능 기업	국내 수요기업	연구개발 현황	미개발 사유
	: EMU/산천							
도시철도용 출입문 (개폐시스템) 표준화	-승객의 안전한 승하차를 위해 설치된 시스템 장치로 기관사나 승무원의 조작에 의해 개폐 -객차 출입문 수량, 운행 노선별 개폐방식, 부품별 용량 등 시스템 사양 상이 -본 사업 적용차량 : 전동차	-국내 기업 생산 -2017 수입(철도공사, 부속품 포함) ·16백만원	-국가별, 운영기관별, 노선별 설계 사양 및 예비품, 유지보수 부품 차이로 로컬시장 형성 -국내 시장: 약 3,040억원 ·출입문 단가: 0.05억원, 8개소/량, 보유수량: 약 7,598량 ·한국철도공사: 2,410량(2015년 기준), 서울교통공사 614편성(5,188량) 보유(2016년 기준)	-Faiveley(프) -Bode(독) -IFE(독) -커티스(캐)	-STR엔지니어링 -케이티엠엔지니어링(주) -㈜아이티베인 -제룡산업 -인터콘시스템즈 -네오트랜스 -에이디에스레일 -흥일기업 -일성자동화	-서울교통공사 -한국철도공사	-고속철도차량용 승강문 개발을 위한 연구개발 기 진행 -고속차량 성능사양은 도시철도용과 상이	-다품종소량생산으로 기술개발 경제성 효율 저하 -영세기업 중심으로 연구개발 지속투자 한계
도시철도용 보조 전원장치	-추진제어장치를 제외한 차량 내의 전원시설, 즉 추진제어 및 변압기의 송풍전원, 냉각용 전동기, 공기압축기, 공조장치, 축전지, 각종 제어장치의 제어전원 및 기타	- 저사양 부품 국내 생산 - 고사양 부품 전략 수입 의존	-보조전원장치 내부를 기능별로 모듈화한 전력변환기술 시장 확대 -글로벌 시장규모: 1.1조원 ·차량 72조 x 50%(전동차비중) × 3%(보조전원장치) -국내 시장: 신규 1,014 억원(15년간), 유지보수 840억원(연간 42억원, TBO교체물량/20년간)	-SMA(독) -PCS(독) -도시바(일) -AAL(인)	-㈜브이씨텍 -㈜시티이텍 -㈜아이티베인 -이경산전(주) -㈜우진산전 -펙테크 -에스티씨 -제이케이에이	-현대로템 -한국철도공사	-장치 중요도에 비해 특별한 기술개발이 이루어지지 않음 -최근 공진형 컨버터 기술이	-모듈형 전력변환장치 기술개발 경험 및 난이도 문제 -기존 기술개발이 소량/경량화에 중점

연구개발 대상 부품명	부품 개요	수입규모	국내외 시장현황	국내외 생산기업	국내 개발가능 기업	국내 수요기업	연구개발 현황	미개발 사유
	승객편의시설의 전원공급 담당 -국내 CVCF 방식의 SIV 사용 -해외 CVCF를 포함하여 VVVF 혼합방식의 APS 주로 적용 -본 사업 적용차량 : 전동차		・신규 전동차 324편성x단가 1.2 억원x3Set				적용된 Middle stage 변환기술 개발 시도	
저상트램용 관절장치	-차량 간 연결 -비대차(non bogie) 차량(공중에 떠 바쳐지는 2, 4번째 차량)의 하중을 지탱해야 하는 복합기능 수행 -상하부가 1set 으로 이루어져 Roll, Yaw 및 Pitch의 운동기능 -급커브 및 경사구간 안전 구동, 탈선 방지	-전량 수입 ・터키수출 트램 관절장치 45억원 수입 의존(현대로템)	-국내 서울, 대전, 수원 등 국내 10여개 이상 지자체에서 무가선 저상 트램 도입을 적극 추진, 수년 내 새로운 시장 확대 예상 -국내 시장: 약 288억원(연간 약 19.2억원) ・240편성 × 4 SET/편성 × 0.3억원(관절장치 단가) ・관절장치 단가: 약 0.3억원(12개 지자체 240편성, 4SET/편성 기준) -해외 신규 수출규모: 연간 약 8억원(2030년 기준, 해외트램시장 연간 63편성(315량) 4SET/편성,	-hubner(독)	-이스턴알앤이(주) -제룡산업 -우진정밀 -신형이엔지 -성신RST -유진기공산업(주)	-현대로템 -한국철도공사	-국내 트램용 관절장치 연구개발 개발사례 없음	-국산화 연구기술 경험부족 -국내시장수요 협소에 따른 관심 부족 -향후 트램 수요확대에 따른 연구개발 필요성 증대

연구개발 대상 부품명	부품 개요	수입규모	국내외 시장현황	국내외 생산기업	국내 개발가능 기업	국내 수요기업	연구개발 현황	미개발 사유
	-본 사업 적용차량 : 트램		예상점유율 10%)					
영구자석 동기전동기	-전차선에서 전류를 공급받아 견인전동기를 회전시켜 나오는 힘을 차륜에 전달하여 필요한 추진력 획득 장치 -견인전동기와 견인전동기 제어를 위한 전력변환장치 (인버터)로 구성 -본 사업 적용차량 : EMU	-수입실적 자료없음	-소형 경량화 및 소비전력량 저감, 우수한 유지보수성 및 저소음 영구자석 동기전동기 상용화 후 양산모델 다각화 -국내 신규시장: 약 1,184억원(연간 약 78.9억원) · 185편성 × 16SET/편성 × 0.4억원/SET(단가) · 2026~2040년까지 동력분산식 고속차량 도입 추정 · 5상 희토류 저감형 동기전동기 도입 시 연간 1,400천원/량 비용절감(16.1% 절감) · 기존 3상 유도전동기 유지보수 비용은 7,300천원/량	-알스톰(프) -봄바르디(캐) -지멘스(독) -미쯔비시(일) -도시바(일)	-아이엠디 -케이티엠엔지니어링(주) -베어링아트 -㈜아이티베인 -한성정공 -맥시스 -㈜우진산전	-현대로템 -한국철도공사	-국내 고출력 밀도 추진시스템에 대한 연구는 전기자동차를 중심으로 중점 수행 -철도차량용 추진시스템의 고출력 고밀도화 기술에 대한 구체적인 연구실적 없음	-내전형(Inner rotor type) 영구자석 매입형 동기전동기로 고가, 저온성능저하, 고속시 높은 역기전력 단점 -연구개발 성과 상용화 단계
마그네틱 동력 전달시스템	-기존 저속·고토크 영역에서 차축의 운전이 요구, 고속·저토크 견인전동기에 기계식 기어(감속기)를	-수입실적 자료없음	-미래형 철도차량은 마그네틱 기어드 동기전동기로 대체될 것으로 예상 -세계적으로 아직 상용화 사례가 없음	-VOITH(독)	-로텍 -㈜브이씨텍 -㈜아이티베인 -아이엠디 -동림산업 -지성테크	-현대로템 -서울교통공사	-마그네틱 기어나 영구자석 동기전동기에 대한 연구는 다수 진행	-풍력, 전기자동차용 연구 추진 -철도분야는 아직까지

연구개발 대상 부품명	부품 개요	수입규모	국내외 시장현황	국내외 생산기업	국내 개발가능 기업	국내 수요기업	연구개발 현황	미개발 사유
	결합 -본 사업 적용차량 : 전동차		-글로벌 시장: 2015년 기준 약 72조원, 그 중 추진시스템 시장(전기차량 가격의 약 20% 로 추산)은 약 9조원 규모 -국내 신규시장: 해외진출 고려시 약 2,420억원(연간 약 161.3억원)		-다이모스 -동림산업		-마그네틱 기어드 영구자석 동기전동기에 대한 연구 경험 없음	연구 미흡 -첨단 기술이며, 미래형 수요로 아직까지 실용화 연구 미추진
ESS추진 제어시스템	-대차와 연동된 모터를 제어하고, 추진 및 회생제동을 하여 전동차량의 움직임을 직접적으로 제어하는 장치 -가선전압에 따라 AC 추진제어시스템(Converter/Inverter, C/I)과 DC 추진제어시스템(VVVF Inverter)으로 분류 -본 사업 적용차량	-전량 수입 -추진제어장치 1대당 약 2.7억 -수입실적 자료없음	-차상용 ESS는 국외에서는 무가선 트램 등으로 상용화단계에 있으나, 국내에서는 연구개발 단계임 -최근 친환경 도시철도차량 수요에 힘입어 ESS추진제어시스템 시장 확대 기대 -글로벌 시장: 년간 약 7,079억원 · 전동차(EMU) : 2,983량 × 2.7억원 = 4,027억원 예상 · 도시철도차량 : 2,261량 × 2.7억원 = 3,052억원 예상 -국내시장: 2040년까지 약 3,713억원 · M5량: 신규 197 편성 × 5 Set × 2.7억원 = 2,660억원	-봄바르디어(독) -지멘스(독) -알스톰(프) -히타치(일)	-㈜브이씨텍 -㈜시티이텍 -㈜아이티베인 -푸름 -대흥기업 -우진산전	-현대로템 -서울교통공사	-차상용 ESS와 추진제어시스템 일체형 시스템은 국내외적으로 전무	-현차시험 확보에 어려움 존재 -첨단기술력 요구

연구개발 대상 부품명	부품 개요	수입규모	국내외 시장현황	국내외 생산기업	국내 개발가능 기업	국내 수요기업	연구개발 현황	미개발 사유
	: 전동차		• M4량: 신규 53 편성 × 4 Set × 2.7억원 = 572억원 • M3량: 신규 30 편성 × 3 Set × 2.7억원 = 243억원 • M2량: 신규 44 편성 × 2 Set × 2.7억원 = 238억원					
컨버터 일체형 반도체 변압기	-전차선에서 공급되는 AC 25kV의 특고압 전력을 차량의 추진 및 보조기기 전원으로 전압을 낮추어 주는 전력설비 -반도체 변압기는 종래의 유입식 변압기를 고주파 변압기로 대체하는 경량화 기술 -본 사업 적용차량 : EMU	-수입실적 자료없음	-유입식 변압기 시장 증가추세, 첨단 반도체 변압기 성공시 시장 대체 가능 -국내 2026년부터 EMU 고속철도차량 약 1,110량(185편성) 발주 예상(교체수요) -ABB사 반도체 변압기 제작 차량 적용 시험중 -국내시장: 약 740억원(연간 약 49.3억원) • 내구연한이 30년 이상 1,110량(185편성) 고속철도차량을 교체 • 분산형 고속철도차량 2026년부터 15년간 발주 • 185편성 × 2SET/편성 × 2억원/SET	-ABB -지멘스(독) -알스톰(프) -봄바르디(캐)	-㈜시티이텍 -㈜아이티베인 -㈜티앤머티리얼스 -국제전기 -아이엠디 -태희네볼루션 -현대중공업 -케이피일렉트릭 -효성	-현대로템 -서울교통공사 -한국철도공사	-전통적인 권선형 변압기 대상으로 진행 -고속철도 등에 적용하기 위한 유입식 변압기, 일부재료를 개선하는 연구로만 진행	-철도 특수용도로 수요 한정적 -기초 연구 수준에서진행, 철도차량 적용 연구개발 없음 -현차실증 한계
외장코어형 컴팩트	-교류급전시스템에서 운행되는 도시철도차량에서	-수입실적 자료없음	-신규시장매출액 : 약 972억원 (연간 약 64.8억원)	-ABB(EU) -미쓰비시(일) -JST(프)	-㈜아이티베인 -㈜티앤머티리얼스	-한국철도공사	-대부분 해외 변압기를	-용도 및 사용범위가 제한적

연구개발 대상 부품명	부품 개요	수입규모	국내외 시장현황	국내외 생산기업	국내 개발가능 기업	국내 수요기업	연구개발 현황	미개발 사유
주변압기	교류 25 kV를 차량의 추진장치 또는 보조전원장치에 적합한 전압으로 변화시켜 전력을 공급시켜주는 장치 -본 사업 적용차량 : 전동차		*324편성(2,744량) × 2 SET/편성 × 약 1.5억원/SET(단가) -주변압기 단가 : 약 1.5억원 2026년~2040년 전국 도시철도차량 신규 도입 추정(4~10량/편성 단위 고려)		-국제전기 -아이엠디 -네오트랜스 -태희네볼루션 -현대중공업 -케이피일렉트릭 -효성		기반으로 제작, 성능 확인 연구 진행	-원천기술과 부품이 외산에 의존
개방형 네트워크 프로토콜 기반 통합제어 시스템	-철도차량용 응용프로그램을 기능별로 단위화하여 다양한 하드웨어 환경에서 사용 가능 -호환범위를 특정 개발기업 이외의 제품 간에 소프트웨어의 수정/변경 없이 하드웨어 교체로 호환 사용 가능 -본 사업 적용차량	-수입실적 자료없음	-(국내시장)2025년 차량제어기 1조 6,285억원 규모(차량 단가의 30%) *차량 단가 15억원/1량 -(기존)5,100량×15억원×0.3×0.6×0.2/25년 ≒ 약 110억/년 -(신규)2025년 이후: 약 630억/년 (470량×15억원×0.3×0.3) 2030년 이후 : 약 1,480억/년 (470량×15억원×0.3×0.7) -(글로벌시장) 동남아 철도차량 시장 제어장치 및 관련 시스템 수출 약 1,080억/년 예상 (11,953억원×0.3×0.3)	-Bombardier (독) -MEN(독) -Artesyn(미) -EKE Electronics(핀) -Selectron Systems(스)	-STR 엔지니어링 -㈜시티이텍 -제룡산업 -㈜우진산전 -태희 네볼루션 -인터콘시스템즈	-현대로템	-2015년 철도 안전법 제정 으로 국제 표준기반 제어시스템 개발에 대한 필요성 대두	-첨단제어기 기술개발 경험 부족 -국내철도차량은 프로젝트별/ 전장장치별 기능위주의 소량 다품종 제어기로 구성되어 성능, 신뢰성 및 호환성 미흡

연구개발 대상 부품명	부품 개요	수입규모	국내외 시장현황	국내외 생산기업	국내 개발가능 기업	국내 수요기업	연구개발 현황	미개발 사유
	: 전동차							
자동 자동연결·분리시스템	-무선원격 자동입환 시스템: 입환 취급자가 로컬 관제원과 신호를 교신하며 운전실 밖에서 원격제어로 기관차를 제어 -원격 입환시스템: 입환 취급자가 기관차를 원격조종 하여 열차의 자동연결·분리를 수행 -본 사업 적용차량 : 화차	-수입실적 자료없음	-(국내시장) 10년간 6,000억원 추정 -자동연결기 예상매출: 신규 20,000량 x 2 Set x 0.075억원 = 3,000억원 (연간 600억원/4천대, 국내/외 화차: 2만량/2백만량 공급예상) -제어시스템(물류역) 예상매출 : 신규 12량 x 1 Set x 3.5억 = 42억원	-Laird(미) -Hetronic(미)	-유경제어(주) -이스턴 알앤이(주) -스마텍 -유진기공산업(주) -씨에스 -아이엔테크	-한국철도 공사	-수송원의 개입으로 열차 분리·결합 수준 기술개발 추진 -무선자동 입환시스템으로 열차가 결합·분리되는 시스템은 국내외적으로 전무한 실정	-기술개발 경험 미흡 -국내시장 수요 제약