발간등록번호
11-1613000-002818-01

보안 과제( ), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개( )
국토교통연구기획사업 최종보고서

R&D / 18RDPP-C150549-01

열차 간 협력기반 지능형 열차자율주행 기술개발 사업기획 최종보고서

2020. 08.

주관연구기관 / 한국철도기술연구원
협동연구기관 / (주)날리지웍스
한국전자통신연구원
한국철도시설공단
한국철도공사
서울교통공사

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

'열차 간 협력기반 지능형 열차자율주행 기술개발 사업기획'(연구개발 기간 : 2018.12.01 ~ 2020.05.31) 과제의 최종보고를 제출합니다.

2020 . 08

주관연구기관명 : 한국철도기술연구원 원장 나희승 (인)

주관연구기관책임자: 오세찬

공동연구기관명 : ㈜날리지웍스
공동연구책임자 : 박성준

공동연구기관명 : 한국전자통신연구원
공동연구기관책임자: 윤병식

공동연구기관명 : 한국철도시설공단
공동연구기관책임자: 이강규

공동연구기관명 : 한국철도공사
공동연구기관책임자: 이휘민

공동연구기관명 : 서울교통공사
공동연구기관책임자: 신건영

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제37조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호	18RDPP-C1 50549-01	해당 단계 연구 기간	2018.12.01.~ 2020.05.31	단계구분	1차년도/1차년도
연구사업명	중사업명	국토교통연구기획사업			
	세부사업명				
연구과제명	대과제명	대과제가 있을 경우 기재합니다(단위과제일 경우에는 아래에 기재합니다)			
	세부과제명	열차 간 협력기반 지능형 열차자율주행 기술개발 사업기획			
연구책임자	오세찬	해당단계 참여연구원 수	총: 52명 내부: 52명 외부: 명	해당단계 연구비	정부: 287,000천원 민간: 천원 정부외: 천원 상대국: 천원 정부: 287,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 52명 내부: 52명 외부: 명	총 연구비	정부: 287,000천원 민간: 천원 정부외: 천원 상대국: 천원 정부: 287,000천원
연구기관명 및 소속 부서명	(주관) 한국철도기술연구원 첨단철도기술기획실 (공동) ㈜날리지웍스 산업혁신본부 (공동) 한국전자통신연구원 미래이동통신연구본부 (공동) 한국철도시설공단 KR연구원 (공동) 한국철도공사 연구원 기술연구처 (공동) 서울교통공사 도시철도연구원			참여기업명	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	

※ 국내 · 외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 갈음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	국가연구개발사업 기획과제

9대 성과 등록 · 기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 · 장비	기술요약 정보	소프트웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록 · 기탁번호			1								

국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설 · 장비 현황

구입기관	연구시설 · 장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)	보고서 면수

요약문

연구의 목적 및 내용	• 철도신호 패러다임의 근본적인 변화를 통한 제어성능 한계극복이 가능한 위한 '자율주행 철도신호체계 기술개발사업' 기획 - 기술의 정의, 분류체계 및 필요성 분석 - 국내외 동향 및 환경분석 - 기술수요 발굴 및 기술수준 및 예측분석 실시 - 추진 타당성 검토 및 기술개발 추진방향 정립(SWOT 분석 등) - 기술개발 전략 수립 - 연구개발 후보과제 우선순위 도출 - 과제추진 체계(사업단, 연구단 등) 설정 - 연구개발 후보과제별 과제카드 작성 - 연구 목표 및 범위 설정 - 연구목표 달성을 위한 추진방안 수립 - 성과물에 대한 활용방안 및 실용화 추진방안 제시 - 인력투입 계획 및 소요예산 산정 - 사전타당성 검토 - 과제공모를 위한 RFP 작성 및 성과지표 평가기준 설정 - 예비타당성조사 대응				
연구개발성과	• (문제/이슈 정의) 철도분야 이해관계자(국민, 제작사, 운영사) 이슈/문제 분석, 메가 트랜드 (STEEP), 환경분석(PEST) • (추진전략 및 방향도출) SWOT 분석 및 전략방향(S-O, S-T, W-O, W-T)도출, 사업추진전략 및 중점추진분야 도출, 사업 비전 및 목표 정의 • (세부과제 기획) 중점추진분야별 과제 카드(배경필요성, 국내외 동향, 기술의 구성 및 확보전략, 세부기술내용, 연차별 연구내용, 기술개발 로드맵, 지재권 확보전략, 투자계획, 파급효과, 유사사업 중복성 검토 및 연계방안) • (타당성 분석) 기술적, 경제적, 정책적 타당성 분석 • 총괄기획위원회(4회) : 기술개발 방향성, 중점분야 및 비전/목표, 세부사업 검토, 타당성 검토 등 사업방향성 검토 • 분과기획위원회(3회): 중점추진분야별 기술수요조사 결과 검토 및 과제 추가 발굴, 후보과제 구체화 및 우선순위 검토를 통한 기술개발과제 확정(111개→12개) • 기술수요조사 추진 및 추가 발굴 : 기술 분야별 산학연 전문가 대상 bottom-up 방식의 기술수요조사 추진 및 관계 전문가 대상 기술수요발굴 자문회의 개최 • 사업기획 이해관계자 간담회('19.3.5, '19.5.30, '19.11.15): 산·학·연의 관심과 협력을 유도하고 토론을 통한 폭넓은 의견 수렴				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	• 예비타당성 조사 신청에 활용				
국문핵심어 (5개 이내)	자율주행	철도신호	사업기획	열차간 협업	예비타당성조사
영문핵심어 (5개 이내)	Autonomous	Railway Signaling	Project Planning	Cooperation between Trains	Preliminary Feasibility Study

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)



목차

철도 신호체계 혁신 기술개발사업

제1장 사업(기술) 정의 및 범위 설정 ····· 1

1절 동 사업(기술) 용어 정의 ····· 3
2절 동 사업(기술) 정의 ····· 15

제2장 사업 개요 ····· 27

1절 사업추진 배경 및 필요성 ····· 29
2절 정부지원의 필요성 ····· 50
3절 기획 추진 체계 및 절차 ····· 54
4절 기획 추진 경과 ····· 62

제3장 철도 이해관계자 의견수렴 (문제 및 이슈) ····· 79

1절 이해관계자별 의견수렴 ····· 81
2절 문제 및 이슈 도출 ····· 93

제4장 환경분석 ····· 103

1절 환경분석 개요 ····· 105
2절 메가트렌드 분석 ····· 107
3절 정책적 환경분석 ····· 119
4절 경제적 환경분석 ····· 135
5절 사회적 환경분석 ····· 149
6절 기술적 환경분석 ····· 154
7절 종합분석 및 시사점 ····· 170

제5장 국내 R&D 역량분석 ····· 171

1절 동 사업(기술) 범위 및 기술 분류체계 ····· 173
2절 자율주행 R&D 투자동향 ····· 181
3절 선행사업/과제 분석 ····· 189
4절 특허 및 논문분석 ····· 202

5절 주요 인프라 현황 ····· 367
6절 기술수준분석 ····· 375
7절 종합분석 및 시사점 ····· 381

제6장 사업 기본방향 및 추진전략 ····· 383

1절 사업추진 개요 ····· 385
2절 사업추진 전략도출 ····· 395
3절 사업추진 분야도출 ····· 402
4절 비전 및 목표 ····· 430
5절 기존 사업/과제와의 유사중복성 및 차별성 ····· 454

제7장 중점추진분야 및 세부내용 ····· 469

1절 중점추진 기술개발 내용 ····· 471
2절 중점분야 1 : 열차중심(Train-centric) 관제 ····· 504
3절 중점분야 2 : 열차중심(Train-centric) 열차제어 ····· 524
4절 중점분야 3 : 열차중심(Train-centric) 편성제어 ····· 536
5절 중점분야 4 : 사업총괄 및 실용화 촉진 ····· 558

제8장 사업추진체계 및 관리방안 ····· 575

1절 사업추진체계 ····· 577
2절 사업 성과목표·지표 관리 ····· 581
3절 성과 활용방안 ····· 598

제9장 소요예산 및 인력 ····· 603

1절 소요에산 및 조달방안 ····· 605
2절 소요인력 및 확보방안 ····· 609



목차

제10장 사업타당성 분석 ····· 615

1절 정책적 타당성 ····· 617
2절 과학기술적 타당성 ····· 633
3절 경제적 타당성 ····· 650
4절 파급효과 분석 ····· 663

부록 ····· 673

부록 1 철도 LoA(Level of Autonomy) ····· 675
부록 2 미디어 분석 ····· 676
부록 3 대국민 온라인 설문 조사 양식 ····· 698
부록 4 이슈도출을 위한 인터뷰 등 회의록 ····· 703
부록 5 철도교통 이슈해결을 위한 대안분석 설문지 양식 ····· 720
부록 6 철도교통 기술분류체계 ····· 727
부록 7 1차 총괄위원회 검토의견 보완사항 ····· 729
부록 8 2차 총괄위원회 검토의견 보완사항 ····· 739
부록 9 3차 총괄위원회 검토의견 보완사항 ····· 747
부록 10 4차 총괄위원회 검토의견 보완사항 ····· 779
부록 11 사업기획 기술수요조사서 양식 ····· 794



표 목차

[표 1.1.1] 철도교통 구성요소 ····· 3

[표 1.2.1] Railway Level of Autonomy ····· 22

[표 1.2.2] 자동차 자율주행기술과의 비교 ····· 23

[표 2.1.1] 국내 도시철도용 신호시스템 적용현황 ····· 31

[표 2.1.2] 국내 고속철도용 신호시스템 적용현황 ····· 32

[표 2.1.3] 국내 일반철도용 신호시스템 적용현황 ····· 32

[표 2.1.4] 수입품 조달기간 사례(공항철도 Alstom 신호시스템) ····· 35

[표 2.1.5] 수입품 조달기간 사례(서울교통공사 2호선 Siemens 신호시스템) ····· 35

[표 2.1.6] 수입품 조달기간 사례(대구도시철도공사 일본 Hitachi 신호시스템) ····· 35

[표 2.1.7] 혼잡도 기준 ····· 39

[표 2.1.8] 기존 신호시스템과 T2T방식의 차세대 신호시스템 비교 ····· 49

[표 2.2.1] 도시철도 및 일반·고속철도 신호시스템 표준 ····· 51

[표 2.2.2] 문재인 정권 철도 효율화 관련 100대 국정과제 ····· 53

[표 2.2.3] 기획사업 관련 정책 ····· 53

[표 2.3.1] 총괄위원회 명단 ····· 55

[표 2.3.2] 분과기획위원회 구성 ····· 57

[표 2.4.1] 기획 추진 경과 ····· 62

[표 3.1.1] 자율주행 철도 미래예측 ····· 83

[표 3.1.2] 미디어 분석 개요 ····· 83

[표 3.1.3] 미디어 분석 기반 후보 이슈(21개) ····· 84

[표 3.1.4] 이슈식별을 위한 인터뷰 대상(운영사) ····· 88

[표 3.1.5] 한국철도공사 병목현상 발생구간 ····· 90



표 목차

[표 3.1.6] 이슈식별을 위한 인터뷰 대상(제작사) ····· 91

[표 4.2.1] 메가트렌드 도출을 위한 국내외 미래동향 보고서 및 참고문헌 ····· 108
[표 4.2.2] STEEP 기준 메가트렌드 이슈 ····· 110
[표 4.2.3] 메가트랜드에 따른 현안 도출 ····· 113
[표 4.2.4] 일본 수출규제 예상 품목 ····· 116
[표 4.3.1] 일본 철도 정책방향 ····· 120
[표 4.3.2] 국토교통성 철도기술 활용을 위한 정책내용 ····· 120
[표 4.3.3] 유럽철도 화물 및 여객 수송 분담율 목표 ····· 123
[표 4.3.4] 대중교통 통행량 대비 목표치 증가율('14년 대비 '21년) ····· 127
[표 4.3.5] 3차 철도산업발전 기본계획('16~'20)의 목표 및 추진체계(철도산업생태계 분야) ····· 129
[표 4.3.6] 철도 신호통신시스템 국산화 계획 일정 ····· 131
[표 4.3.7] 한국형 철도신호시스템 개발현황 ····· 132
[표 4.4.1] 세계철도시장 및 세부분야별 시장규모 ····· 135
[표 4.4.2] 지역별 철도시장 ····· 136
[표 4.4.3] 철도신호통신 시장 ····· 136
[표 4.4.4] 철도산업의 국내시장 현황 및 전망 ····· 142
[표 4.4.5] 철도산업의 부가가치 규모 및 비중 ····· 143
[표 4.4.6] 철도제조업 현황 ····· 145
[표 4.4.7] 철도산업 사업체 및 종사자 현황 ····· 145
[표 4.6.1] 자동차 자율주행기술과의 비교 ····· 166

[표 5.1.1] 기술분류체계 도출 및 활용 프로세스 ····· 174
[표 5.1.2] 기존 R&D 철도기술분류체계 검토 문헌 ····· 174

[표 5.1.3] 분야별 철도 기술분류체계 재정의 ····· 176
[표 5.1.4] 재정의된 철도 기술분류체계(자율주행 철도신호 연관 부분 음영처리) ····· 176
[표 5.1.5] 자율주행 철도신호 기술분류체계 ····· 179
[표 5.2.1] R&D 투자동향 검색 개요 ····· 181
[표 5.2.2] 자율주행철도 기술의 기술분류체계 ····· 182
[표 5.2.3] 기획사업 관련 정부 R&D 투자 과제 현황 ····· 183
[표 5.2.4] 부처별 연구단계 정부 R&D 투자현황 ····· 187
[표 5.2.5] 수행기관별 정부 R&D 투자(상위 10순위, '11~'20년) ····· 188
[표 5.3.1] 선행사업 현황 ····· 189
[표 5.4.1] 특허·논문 분석DB 및 분석범위 ····· 204
[표 5.4.2] 특허, 논문 분석을 위한 데이터 확보 절차 ····· 204
[표 5.4.3] 자율주행철도 기술의 기술범위 및 핵심요소기술 키워드 ····· 205
[표 5.4.4] 자율주행철도 기술분류별 특허검색식 ····· 207
[표 5.4.5] 자율주행철도 기술분류별 논문검색식 ····· 210
[표 5.4.6] 자율주행철도 기술 특허 및 논문 검색 결과 ····· 213
[표 5.4.7] 신호통신(AA) 분야 국가별 다출원 기준 주요 출원인 ····· 217
[표 5.4.8] 철도운영(AB) 분야 국가별 다출원 기준 주요 출원인 ····· 221
[표 5.4.9] 철도차량(AC) 분야 국가별 다출원 기준 주요 출원인 ····· 225
[표 5.4.10] 궤도토목(AD) 분야 국가별 다출원 기준 주요 출원인 ····· 229
[표 5.4.11] 열차간 통신 기반 열차제어기술(AAA)의 핵심특허 회피 및 공백기술 ····· 247
[표 5.4.12] 열차 중심의 분기제어, 분산환경 연동제어기술(AAB)의 핵심특허 회피 및 공백기술 ····· 248
[표 5.4.13] 열차간 직접적인 통신/보안 기술(AAC)의 핵심특허 회피 및 공백기술 ··· 249
[표 5.4.14] 무선통신기반 철도차량 네트워크 기술(AAD)의 핵심특허 회피 및 공백기술 ····· 250
[표 5.4.15] 철도차량 원격 주행기술(AAE)의 핵심특허 회피 및 공백기술 ····· 251
[표 5.4.16] 가상연결기 제어기술(AAF)의 핵심특허 회피 및 공백기술 ····· 252



표 목차

[표 5.4.17] 고정밀 열차 위치 검지 기술(AAG)의 핵심특허 회피 및 공백기술 ····· 253
[표 5.4.18] 고밀도 열차 스케줄링 기술, 가상연결기 지원 스케줄링 기술(ABA)의 핵심특허 회피 및 공백기술 ····· 254
[표 5.4.19] 실시간 경합예측 및 연쇄지연 최소화 기술, 재스케줄링 최적화 기술(ABB)의 핵심특허 회피 및 공백기술 ····· 255
[표 5.4.20] 승객환승 최적화 관제기술(ABC)의 핵심특허 회피 및 공백기술 ····· 256
[표 5.4.21] 빠른 응답특성의 추진/제동 기술(ACA)의 핵심특허 회피 및 공백기술 ··· 257
[표 5.4.22] 예측가능한 제동기술(ACB)의 핵심특허 회피 및 공백기술 ····· 258
[표 5.4.23] 지능형 열차 전방상황 인지기술(ACC)의 핵심특허 회피 및 공백기술 ····· 259
[표 5.4.24] 궤도토목(AD)의 핵심특허 회피 및 공백기술 ····· 260
[표 5.4.25] AA 분야 국가별 특허경쟁력 지수 결과 ····· 264
[표 5.4.26] AB 분야 국가별 특허경쟁력 지수 결과 ····· 265
[표 5.4.27] AC 분야 국가별 특허경쟁력 지수 결과 ····· 266
[표 5.4.28] AD 분야 국가별 특허경쟁력 지수 결과 ····· 267
[표 5.4.29] 국가별 논문 건수 및 평균IF값 순위 ····· 270
[표 5.4.30] 기관별 논문 게재 건수 순위(총괄) ····· 273
[표 5.4.31] 기관별 논문 평균 IF값 순위(총괄) ····· 274
[표 5.4.32] 기관별 논문 게재 현황(신호통신) ····· 277
[표 5.4.33] 국가별 논문 게재 건수 ····· 278
[표 5.4.34] 기관별 논문 게재 현황 ····· 278
[표 5.4.35] 한국 기관 논문 게재 현황 ····· 279
[표 5.4.36] 주제분야별 논문 게재 현황 ····· 279
[표 5.4.37] AAA분야 주요 논문(IF값 상위 1위) ····· 280
[표 5.4.38] AAA분야 주요 논문(IF값 상위 공동2위) ····· 281
[표 5.4.39] AAA분야 주요 논문(IF값 상위 공동2위) ····· 282
[표 5.4.40] 국가별 논문 게재 건수 ····· 283

[표 5.4.41] 기관별 논문 게재 현황 ····· 284
[표 5.4.42] 주제분야별 논문 게재 현황 ····· 284
[표 5.4.43] AAB분야 주요 논문(IF값 상위 1위) ····· 285
[표 5.4.44] AAB분야 주요 논문(IF값 상위 2위) ····· 286
[표 5.4.45] 국가별 논문 게재 건수 ····· 287
[표 5.4.46] 기관별 논문 게재 현황 ····· 288
[표 5.4.47] 주제분야별 논문 게재 현황 ····· 288
[표 5.4.48] AAC분야 주요 논문(IF값 상위 1위) ····· 289
[표 5.4.49] AAC분야 주요 논문(IF값 상위 2위) ····· 290
[표 5.4.50] AAC분야 주요 논문(IF값 상위 3위) ····· 291
[표 5.4.51] 국가별 논문 게재 건수 ····· 292
[표 5.4.52] 기관별 논문 게재 현황 ····· 293
[표 5.4.53] 한국 기관 논문 게재 현황 ····· 293
[표 5.4.54] 주제분야별 논문 게재 현황 ····· 293
[표 5.4.55] AAD분야 주요 논문(IF값 상위 1위) ····· 294
[표 5.4.56] AAD분야 주요 논문(IF값 상위 2위) ····· 295
[표 5.4.57] AAD분야 주요 논문(IF값 상위 3위) ····· 296
[표 5.4.58] 국가별 논문 게재 건수 ····· 297
[표 5.4.59] 기관별 논문 게재 현황 ····· 298
[표 5.4.60] 주제분야별 논문 게재 현황 ····· 298
[표 5.4.61] AAF분야 주요 논문(IF값 상위 공동1위) ····· 299
[표 5.4.62] AAF분야 주요 논문(IF값 상위 공동1위) ····· 300
[표 5.4.63] AAF분야 주요 논문(IF값 상위 공동1위) ····· 301
[표 5.4.64] 국가별 논문 게재 건수 ····· 302
[표 5.4.65] 기관별 논문 게재 현황 ····· 303
[표 5.4.66] 한국 기관 논문 게재 현황 ····· 303



표 목차

[표 5.4.67] 주제분야별 논문 게재 현황 ····· 304
[표 5.4.68] AAG분야 주요 논문(IF값 상위 1위) ····· 305
[표 5.4.69] AAG분야 주요 논문(IF값 상위 2위) ····· 306
[표 5.4.70] AAG분야 주요 논문(IF값 상위 3위) ····· 307
[표 5.4.71] 국가별 논문 게재 건수 ····· 308
[표 5.4.72] 기관별 논문 게재 현황 ····· 309
[표 5.4.73] 한국 기관 논문 게재 현황 ····· 309
[표 5.4.74] 주제분야별 논문 게재 현황 ····· 310
[표 5.4.75] AAH분야 주요 논문(IF값 상위 1위) ····· 311
[표 5.4.76] AAH분야 주요 논문(IF값 상위 2위) ····· 312
[표 5.4.77] AAH분야 주요 논문(IF값 상위 3위) ····· 313
[표 5.4.78] 기관별 논문 게재 현황(철도운영) ····· 317
[표 5.4.79] 국가별 논문 게재 건수 ····· 318
[표 5.4.80] 기관별 논문 게재 현황 ····· 319
[표 5.4.81] 주제분야별 논문 게재 현황 ····· 319
[표 5.4.82] ABA분야 주요 논문(IF값 상위 공동1위) ····· 320
[표 5.4.83] ABA분야 주요 논문(IF값 상위 공동1위) ····· 321
[표 5.4.84] ABA분야 주요 논문(IF값 상위 공동1위) ····· 322
[표 5.4.85] 국가별 논문 게재 건수 ····· 323
[표 5.4.86] 기관별 논문 게재 현황 ····· 324
[표 5.4.87] 주제분야별 논문 게재 현황 ····· 324
[표 5.4.88] ABB분야 주요 논문(IF값 상위 공동1위) ····· 325
[표 5.4.89] ABB분야 주요 논문(IF값 상위 공동1위) ····· 326
[표 5.4.90] ABB분야 주요 논문(IF값 상위 공동1위) ····· 327
[표 5.4.91] 국가별 논문 게재 건수 ····· 328

[표 5.4.92] 기관별 논문 게재 현황 ····· 329
[표 5.4.93] 주제분야별 논문 게재 현황 ····· 329
[표 5.4.94] ABC분야 주요 논문(IF값 상위 공동1위) ····· 330
[표 5.4.95] ABC분야 주요 논문(IF값 상위 공동1위) ····· 331
[표 5.4.96] 기관별 논문 게재 현황(철도차량) ····· 335
[표 5.4.97] 국가별 논문 게재 건수 ····· 336
[표 5.4.98] 기관별 논문 게재 현황 ····· 336
[표 5.4.99] 한국 기관 논문 게재 현황 ····· 337
[표 5.4.100] 주제분야별 논문 게재 현황 ····· 337
[표 5.4.101] ACA분야 주요 논문(IF값 상위 1위) ····· 338
[표 5.4.102] ACA분야 주요 논문(한국철도기술연구원) ····· 339
[표 5.4.103] ACA분야 주요 논문(한국철도기술연구원) ····· 340
[표 5.4.104] 국가별 논문 게재 건수 ····· 341
[표 5.4.105] 기관별 논문 게재 현황 ····· 342
[표 5.4.106] 한국 기관 논문 게재 현황 ····· 343
[표 5.4.107] 주제분야별 논문 게재 현황 ····· 343
[표 5.4.108] ACC분야 주요 논문(IF값 상위 1위) ····· 344
[표 5.4.109] ACC분야 주요 논문(IF값 상위 2위) ····· 345
[표 5.4.110] ACC분야 주요 논문(한국철도기술연구원) ····· 346
[표 5.4.111] 기관별 논문 게재 현황(궤도토목) ····· 350
[표 5.4.112] 국가별 논문 게재 건수 ····· 351
[표 5.4.113] 기관별 논문 게재 현황 ····· 351
[표 5.4.114] 한국 기관 논문 게재 현황 ····· 352
[표 5.4.115] 주제분야별 논문 게재 현황 ····· 352
[표 5.4.116] ADA분야 주요 논문(IF값 상위 1위) ····· 353
[표 5.4.117] ADA분야 주요 논문(IF값 상위 2위) ····· 354



표 목차

[표 5.4.118] ADA분야 주요 논문(IF값 상위 3위) ····· 355
[표 5.4.119] 국가별 논문 게재 건수 ····· 356
[표 5.4.120] 기관별 논문 게재 현황 ····· 357
[표 5.4.121] 한국 기관 논문 게재 현황 ····· 357
[표 5.4.122] 주제분야별 논문 게재 현황 ····· 358
[표 5.4.123] ADC분야 주요 논문(IF값 상위 1위) ····· 359
[표 5.4.124] ADC분야 주요 논문(한국철도기술연구원) ····· 360
[표 5.4.125] ADC분야 주요 논문(한국철도기술연구원) ····· 361
[표 5.4.126] 논문경쟁력 평가지표 ····· 362
[표 5.4.127] AA분야 논문활동도 ····· 363
[표 5.4.128] AA분야 논문집중도 ····· 363
[표 5.4.129] AA분야 논문영향력 ····· 364
[표 5.4.130] AB분야 논문활동도 ····· 364
[표 5.4.131] AB분야 논문집중도 ····· 364
[표 5.4.132] AB분야 논문영향력 ····· 365
[표 5.4.133] AC분야 논문활동도 ····· 365
[표 5.4.134] AC분야 논문집중도 ····· 365
[표 5.4.135] AC분야 논문영향력 ····· 366
[표 5.4.136] AD분야 논문활동도 ····· 366
[표 5.4.137] AD분야 논문집중도 ····· 366
[표 5.4.138] AD분야 논문영향력 ····· 366
[표 5.5.1] 종합시험선로 현장검증시험 가능 항목 ····· 369
[표 5.5.2] 철도 국가연구개발 주요 참여기업 현황 ····· 371
[표 5.5.3] 철도 국가연구개발 주요 참여기업 현황 ····· 372
[표 5.5.4] 철도 관련 대학 주요 학과 및 모집정원 현황 ····· 373

[표 5.5.5] 기관별 인력현황 ····· 374
[표 5.6.1] 기술수준조사 개요 ····· 375
[표 5.6.2] 신호통신 기술분야 기술수준 및 기술격차 ····· 377
[표 5.6.3] 철도운영 기술분야 기술수준 및 기술격차 ····· 377
[표 5.6.4] 철도차량 기술분야 기술수준 및 기술격차 ····· 377
[표 5.6.5] 궤도토목 기술분야 기술수준 및 기술격차 ····· 378
[표 5.6.6] 소분류별 기술수준 및 기술격차 ····· 378

[표 6.2.1] SWOT Matrix를 토대로 사업추진 전략방향 도출 ····· 400
[표 6.2.2] 사업 추진전략 ····· 401
[표 6.3.1] KTX-산천 중련편성 실패로 5분 이상 지연사고 발생현황 ····· 422
[표 6.3.2] KTX-산천 복합열차 연결 절차(전부편성) ····· 424
[표 6.3.3] KTX-산천 복합열차 연결 절차(후부편성) ····· 425
[표 6.3.4] 알고리즘 기반 목표 달성 가능성 검토 ····· 435
[표 6.3.5] 시뮬레이션 파라미터 ····· 436
[표 6.3.6] 분기기 종류에 따른 선로분기구간 ····· 440
[표 6.3.7] 사업분석을 위한 논리모형 ····· 445
[표 6.3.8] R&D 사업유형 분류에 따른 기획사업 유형 구분 ····· 446
[표 6.3.9] 동 사업유형에 따른 성과지표 유형 설정 ····· 447
[표 6.3.10] 사업 단계별 성과지표 Pool ····· 447
[표 6.3.11] 사업 단계별 성과지표(안) ····· 448
[표 6.3.12] 표준화된 영향력 지수(성과지표 1) ····· 449
[표 6.3.13] 특허 SMART 지수(성과지표 2) ····· 449
[표 6.3.14] 시제품 제작 건수(성과지표 3) ····· 450
[표 6.3.15] 인증건수(성과지표 4) ····· 450
[표 6.3.16] 기술료(성과지표 5) ····· 451



표 목차

[표 6.3.17] 수입대체효과(성과지표 6) ····· 451
[표 6.3.18] 정책 활용도(성과지표 7) ····· 452
[표 6.3.19] 성과지표 총괄표(안) ····· 452
[표 6.5.1] 사업의 중복성 분석을 위한 기준틀 ····· 454

[표 7.1.1] 조사대상 모집단 현황 ····· 471
[표 7.1.2] 응답 기업 현황 ····· 472
[표 7.1.3] 중점추진분야별 응답 결과 ····· 473
[표 7.1.4] 중점추진분야별 기술개발 수요현황 ····· 473

[표 8.1.1] 추진 주체별 역할 및 기능 ····· 580
[표 8.2.1] 연구추진 절차 ····· 581
[표 8.2.2] 세부평가 항목 ····· 586
[표 8.2.3] 사업단주관연구과제 선정 평가기준 및 배점 ····· 589
[표 8.2.4] 세부과제 선정 평가기준 및 배점 ····· 591
[표 8.2.5] 실패과제 점검 평가기준 ····· 595
[표 8.2.6] 성과관리 관련 법규정 ····· 596

[표 9.1.1] 중점추진 분야 세부과제별 사업비 ····· 605
[표 9.1.2] (중점 1) 열차중심 관제 소요예산 ····· 606
[표 9.1.3] (중점 2) 열차중심 열차제어 소요예산 ····· 607
[표 9.1.4] (중점 3) 열차중심 편성제어 소요예산 ····· 607
[표 9.1.5] (중점 4) 사업총괄 및 실용화 촉진 소요예산 ····· 608
[표 9.2.1] 과제 유형별 인건비, 직접비, 간접비 비중 ····· 609
[표 9.2.2] 소요인력의 직급 구분 기준 ····· 609

[표 9.2.3] 중점 추진분야별, 연차별 소요인력 ····· 610
[표 9.2.4] (중점 1) 열차중심 관제, 연차별 소요인력 ····· 611
[표 9.2.5] (중점 2) 열차중심 열차제어, 연차별 소요인력 ····· 612
[표 9.2.6] (중점 3) 열차중심 편성제어, 연차별 소요인력 ····· 612
[표 9.2.7] (중점 4) 사업총괄 및 실용화 촉진, 연차별 소요인력 ····· 613

[표 10.1.1] 정책적 타당성 분석의 평가항목 구성 ····· 617
[표 10.1.2] 정책적 타당성 분석의 평가항목 구성 ····· 617
[표 10.1.3] 제4차 과학기술기본계획과 동 사업과의 부합도 ····· 619
[표 10.1.4] 제3차 철도산업발전 기본계획과 동 사업과의 부합도 ····· 620
[표 10.1.5] 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획과 동 사업과의 부합도 ····· 621
[표 10.1.6] 제3차 국가철도망 구축계획과 동 사업과의 부합도 ····· 622
[표 10.1.7] 제4차 국토종합계획 수정계획과 동 사업과의 부합도 ····· 623
[표 10.1.8] 국토교통부 철도신호통신시스템 국산화 계획과 동 사업과의 부합도 ····· 624
[표 10.1.9] 상위계획과 동 사업과의 부합도 분석결과 ····· 624
[표 10.1.10] 추진 주체별 역할 및 기능 ····· 627
[표 10.2.1] 이슈/문제와 사업목표와의 연계 ····· 637
[표 10.3.1] 비용분석결과 ····· 654
[표 10.3.2] 철도키로 및 신호통신시스템 건설단가(2012년 기준) ····· 656
[표 10.3.3] 글로벌 시장 규모 및 국내기업 생산액 ····· 658
[표 10.3.4] 부가가치율 ····· 660
[표 10.3.5] 동 사업의 비용/편익 추정 결과 ····· 661
[표 10.3.6] 동 사업의 비용편익 분석 결과 ····· 662
[표 10.4.1] 철도 신호 및 통신산업 연도별 충격값 설정(보수적) ····· 664
[표 10.4.2] 철도 신호 및 통신 산업 구성 산업군(통합소분류 165부문 기준) ····· 664
[표 10.4.3] 사업 파급효과(보수적) ····· 665



표 목차

[표 10.4.4] 생산유발계수 ····· 666
[표 10.4.5] 생산유발효과(보수적) ····· 666
[표 10.4.6] 부가가치유발계수 ····· 667
[표 10.4.7] 부가가치유발효과(보수적) ····· 667
[표 10.4.8] 고용 및 취업유발효과(보수적) ····· 668



그림 목차

[그림 1.1.1] 철도신호시스템 구성 ····· 7

[그림 1.2.1] 자율주행 철도신호를 통한 GoA_4 적용한계와 기능한계 극복 ····· 16

[그림 1.2.2] 철도신호시스템 LoA와 GoA ····· 17

[그림 1.2.3] LoA 1 Self-recovery ····· 18

[그림 1.2.4] LoA 2 Semi-autonomous Train Control ····· 18

[그림 1.2.5] LoA 3 Autonomous Train Control ····· 19

[그림 1.2.6] LoA 4 Autonomous Train Operation ····· 19

[그림 1.2.7] LoA 5 Autonomous Non-stop Train Operation ····· 20

[그림 1.2.8] LoA_1 Autonomous Train Recovery ····· 20

[그림 1.2.9] LoA_2 Semi-autonomous Train Control (train-centric interval/switch control) ····· 20

[그림 1.2.10] LoA 3 Autonomous Train Control ····· 21

[그림 2.1.1] 턴키 시장규모(2021-2023) ····· 37

[그림 2.1.2] 철도신호시스템 기술개발 추이 ····· 40

[그림 2.1.3] 철도신호시스템의 변화에 따른 복잡도 ····· 41

[그림 2.1.4] 국내외 열차제어시스템 도입 동향 ····· 48

[그림 2.3.1] 기획사업 추진체계 ····· 55

[그림 2.3.2] 사업 추진 활동 ····· 60

[그림 2.4.1] 의견 수렴 활동 ····· 64

[그림 2.4.2] 사업설계 활동 ····· 69

[그림 2.4.3] 조정 및 검토 활동 ····· 71

[그림 3.1.1] 문제 및 이슈 도출 개요 ····· 81

[그림 3.1.2] 이해관계자 의견수렴을 통한 이슈도출 과정 ····· 82



그림 목차

[그림 3.1.3] 후보 이슈 리스트 ····· 85
[그림 3.1.4] 미디어 분석 절차 ····· 85
[그림 3.1.5] 설문조사 표본 설계 ····· 86
[그림 3.1.6] 설문조사 문항구성 ····· 87
[그림 3.1.7] 대국민 설문조사 결과 ····· 87
[그림 3.1.8] 국내 도시철도 신호시스템 기술 도입 현황 ····· 89
[그림 3.2.1] 구조적 악순환 분석 ····· 94
[그림 3.2.2] As-Is/To-Be 분석 ····· 95
[그림 3] 대안선택을 위한 기준의 계층도 ····· 98

[그림 4.1.1] 철도산업의 PEST 분석 프레임워크 ····· 106
[그림 4.2.1] 메가트랜드 분석 절차 ····· 108
[그림 4.2.2] 인구전망 및 2040년 인구증감 지역 ····· 113
[그림 4.2.3] 고령화 추세(2010~2030) ····· 114
[그림 4.2.4] 코로나 이후 변화된 메가 트랜드 ····· 114
[그림 4.2.5] 대기오염으로 인한 조기사망률 전망 ····· 117
[그림 4.3.1] 일본철도 종합컨설턴트 체계 ····· 121
[그림 4.3.2] 지역간 철도계획(좌) 및 광역철도계획(우) ····· 128
[그림 4.3.3] 철도 수송분담률 ····· 128
[그림 4.3.4] 차세대 신호시스템 개발 분야(안) ····· 130
[그림 4.3.5] 신호통신 협의체 구성(안) ····· 131
[그림 4.3.6] 대륙철도와 한반도 철도망 연결 개념도 ····· 133
[그림 4.4.1] 중국중차 기업 현황 ····· 137
[그림 4.4.2] 알스톰 기업 현황 ····· 138
[그림 4.4.3] 지멘스 기업 현황 ····· 139

[그림 4.4.4] 롬바르디아 기업 현황 ····· 140
[그림 4.4.5] 정부주도의 유기적 복합산업 생태계인 철도산업 ····· 142
[그림 4.4.6] 국내 철도장비 제조업 수출·입 및 무역수지 현황 ····· 147
[그림 4.4.7] 철도사업의 가치 사슬 ····· 148
[그림 4.5.1] 일본 지역 인구소멸 위기 ····· 150
[그림 4.6.1] Shift2Rail의 가상연결기 컨셉 ····· 155
[그림 4.6.2] Shift2Rail의 가상연결을 위한 무선 TCN ····· 156
[그림 4.6.3] 4세대 열차간 통신기반 자율주행 철도신호체계 ····· 156
[그림 4.6.4] 자율주행 철도신호체계로 인한 단일망 구현 ····· 157
[그림 4.6.5] DLR의 가상연결기 컨셉 ····· 158
[그림 4.6.6] DLR의 열차간 통신(T2T) 기술 ····· 158
[그림 4.6.7] DLR의 NGT GARGO ····· 159
[그림 4.6.8] Alstom Train-centric CBTC ····· 160
[그림 4.6.9] Thales의 LoA(Level of Autonomy) 정의 ····· 161
[그림 4.6.10] Thales의 자율주행 철도 ····· 161
[그림 4.6.11] SNCF 자율주행 철도 ····· 162
[그림 4.6.12] RSSB 자율주행 철도기반 Closer Running 프로젝트 ····· 162
[그림 4.6.13] RSSB 예측가능한 제동기술 ····· 163
[그림 4.6.14] 일본 철도 시스템의 혁신 방향 ····· 164

[그림 5.1.1] 동 사업기술의 범위 ····· 173
[그림 5.2.1] 철도분야 기획사업 관련 정부R&D 투자현황 ····· 183
[그림 5.2.2] 기획사업 관련 정부 R&D 투자 현황('11~'20년) ····· 184
[그림 5.2.3] 부처별 투자현황('11~'20년) ····· 185
[그림 5.2.4] 수행주체별투자 현황('11~'20년) ····· 186
[그림 5.2.5] 연구개발 단계별 투자현황('11~'20년) ····· 187



그림 목차

[그림 5.2.6] 기간별 과제 워드클라우드 분석('11~'15년 vs '16~'20년) ····· 188
[그림 5.4.1] 신호통신 분야 국가별 특허분석 결과 ····· 214
[그림 5.4.2] 신호통신(AA) 분야 주요 출원국 출원인 국적별 출원현황 ····· 215
[그림 5.4.3] 신호통신 분야 기술성장 단계별 분석 결과 ····· 216
[그림 5.4.4] 신호통신(AA) 분야 주요 출원인 출원현황 ····· 217
[그림 5.4.5] 철도운영 분야 국가별 특허분석 결과 ····· 218
[그림 5.4.6] 철도운영(AB) 분야 주요 출원국 출원인 국적별 출원현황 ····· 219
[그림 5.4.7] 철도운영 분야 기술성장 단계별 분석 결과 ····· 220
[그림 5.4.8] 철도운영(AB) 분야 주요 출원인 출원현황 ····· 221
[그림 5.4.9] 철도차량 분야 국가별 특허분석 결과 ····· 222
[그림 5.4.10] 철도차량(AC) 분야 주요 출원국 출원인 국적별 출원현황 ····· 223
[그림 5.4.11] 철도차량 분야 기술성장 단계별 분석 결과 ····· 224
[그림 5.4.12] 철도차량(AC) 분야 주요 출원인 출원현황 ····· 225
[그림 5.4.13] 궤도토목 분야 국가별 특허분석 결과 ····· 226
[그림 5.4.14] 궤도토목(AD) 분야 주요 출원국 출원인 국적별 출원현황 ····· 227
[그림 5.4.15] 궤도토목 분야 기술성장 단계별 분석 결과 ····· 228
[그림 5.4.16] 궤도토목(AD) 분야 주요 출원인 출원현황 ····· 229
[그림 5.4.17] 신호통신(AA) 분야 세부분야별 연도별 현황 ····· 230
[그림 5.4.18] 신호통신(AA) 분야 세부분야별 국가별 출원 추이 ····· 231
[그림 5.4.19] AAA 분야 연도별 국가별 출원 추이 ····· 232
[그림 5.4.20] AAB 분야 연도별 국가별 출원 추이 ····· 232
[그림 5.4.21] AAC 분야 연도별 국가별 출원 추이 ····· 233
[그림 5.4.22] AAD 분야 연도별 국가별 출원 추이 ····· 233
[그림 5.4.23] AAE 분야 연도별 국가별 출원 추이 ····· 234
[그림 5.4.24] AAF 분야 연도별 국가별 출원 추이 ····· 234

[그림 5.4.25] AAG 분야 연도별 국가별 출원 추이 ····· 235
[그림 5.4.26] AAH 분야 연도별 국가별 출원 추이 ····· 235
[그림 5.4.27] 철도운영(AB) 분야 세부분야별 연도별 현황 ····· 236
[그림 5.4.28] 철도운영(AB) 분야 세부분야별 국가별 출원 추이 ····· 237
[그림 5.4.29] ABA 분야 연도별 국가별 출원 추이 ····· 237
[그림 5.4.30] ABB 분야 연도별 국가별 출원 추이 ····· 238
[그림 5.4.31] ABC 분야 연도별 국가별 출원 추이 ····· 238
[그림 5.4.32] 철도차량(AC) 분야 세부분야별 연도별 현황 ····· 239
[그림 5.4.33] 철도차량(AC) 분야 세부분야별 국가별 출원 추이 ····· 240
[그림 5.4.34] ACA 분야 연도별 국가별 출원 추이 ····· 241
[그림 5.4.35] ACB 분야 연도별 국가별 출원 추이 ····· 241
[그림 5.4.36] ACC 분야 연도별 국가별 출원 추이 ····· 242
[그림 5.4.37] ACD 분야 연도별 국가별 출원 추이 ····· 242
[그림 5.4.38] ACE 분야 연도별 국가별 출원 추이 ····· 243
[그림 5.4.39] 궤도토목(AD) 분야 세부분야별 연도별 현황 ····· 244
[그림 5.4.40] 궤도토목(AD) 분야 세부분야별 국가별 출원 추이 ····· 245
[그림 5.4.41] ADA 분야 연도별 국가별 출원 추이 ····· 245
[그림 5.4.42] ADB 분야 연도별 국가별 출원 추이 ····· 246
[그림 5.4.43] ADC 분야 연도별 국가별 출원 추이 ····· 246
[그림 5.4.44] 전체 및 세부기술별 기술순환주기 ····· 261
[그림 5.4.45] 전체 및 세부기술별 기술순환주기 ····· 262
[그림 5.4.46] AA 분야 국가별 기술영향력의 구간별 추이 비교 ····· 265
[그림 5.4.47] AB 분야 국가별 기술영향력의 구간별 추이 비교 ····· 265
[그림 5.4.48] AC 분야 국가별 기술영향력의 구간별 추이 비교 ····· 266
[그림 5.4.49] AD 분야 국가별 기술영향력의 구간별 추이 비교 ····· 267
[그림 5.4.50] 연도별 분야별 논문게재 추이 ····· 268



그림 목차

[그림 5.4.51] 5년 단위 분야별 논문 개재 건수 추이 ····· 269
[그림 5.4.52] 국가별 논문 게재 건수 ····· 270
[그림 5.4.53] 국가별 논문 건수 및 평균IF값 비교 ····· 271
[그림 5.4.54] 상위10개국 논문 게재 추이 ····· 272
[그림 5.4.55] AA분야 논문 게재 추이 ····· 274
[그림 5.4.56] AA분야 세부분야별 논문 게재 추이 ····· 275
[그림 5.4.57] AA분야 주요 키워드 ····· 275
[그림 5.4.58] AA분야 국가별 논문 게재 현황 ····· 276
[그림 5.4.59] AAA분야 논문 게재 건수 ····· 277
[그림 5.4.60] AAB분야 논문 게재 건수 ····· 283
[그림 5.4.61] AAC분야 논문 게재 건수 ····· 287
[그림 5.4.62] AAD분야 논문 게재 건수 ····· 292
[그림 5.4.63] AAF분야 논문 게재 건수 ····· 297
[그림 5.4.64] AAG분야 논문 게재 건수 ····· 302
[그림 5.4.65] AAH분야 논문 게재 건수 ····· 308
[그림 5.4.66] AB분야 논문 게재 추이 ····· 314
[그림 5.4.67] AB분야 세부분야별 논문 게재 추이 ····· 315
[그림 5.4.68] AB분야 주요 키워드 ····· 315
[그림 5.4.69] AB분야 국가별 논문 게재 현황 ····· 316
[그림 5.4.70] ABA분야 논문 게재 건수 ····· 317
[그림 5.4.71] ABB분야 논문 게재 건수 ····· 323
[그림 5.4.72] ABC 분야 논문 게재 건수 ····· 328
[그림 5.4.73] AC분야 논문 게재 추이 ····· 332
[그림 5.4.74] AC분야 세부분야별 논문 게재 추이 ····· 332
[그림 5.4.75] AC분야 주요 키워드 ····· 333

[그림 5.4.76] AC분야 국가별 논문 게재 현황 ····· 334
[그림 5.4.77] ACA분야 논문 게재 건수 ····· 335
[그림 5.4.78] ACC분야 논문 게재 건수 ····· 341
[그림 5.4.79] AD분야 논문 게재 추이 ····· 347
[그림 5.4.80] AD분야 세부분야별 논문 게재 추이 ····· 348
[그림 5.4.81] AD분야 주요 키워드 ····· 348
[그림 5.4.82] AD분야 국가별 논문 게재 현황 ····· 349
[그림 5.4.83] ADA분야 논문 게재 건수 ····· 350
[그림 5.4.84] ADC분야 논문 게재 건수 ····· 356
[그림 5.5.1] 철도 궤도연장 ····· 367
[그림 5.5.2] 종합시험선로 현황 ····· 368
[그림 5.5.3] 철도분야 국가 R&D 참여연구원 현황(명) ····· 369
[그림 5.5.4] 철도 분야 국가 R&D 연구수행주체별 연구비 비율 ····· 370
[그림 5.5.5] 철도 분야 국가 R&D 참여기업 수 ····· 370
[그림 5.6.1] 중분류별 최고기술 보유국 응답결과 ····· 376
[그림 5.6.2] 열차자율주행기술 실현예상시기 ····· 379

[그림 6.1.1] 사업 추진전략 및 중점 추진분야 도출절차 ····· 386
[그림 6.2.1] 사업 추진전략 도출절차 ····· 395
[그림 6.3.1] 사업 중점 추진분야 도출절차 ····· 403
[그림 6.3.2] CBTC(ETCS L3)의 간격제어 구조 ····· 404
[그림 6.3.3] T2T기반 자율주행 철도신호시스템(ATCS) 간격제어의 구간 A ····· 405
[그림 6.3.4] T2T기반 자율주행 철도신호시스템(ATCS) 간격제어의 구간 B ····· 406
[그림 6.3.5] CBTC(ETCS L3)의 분기제어 구조(1) ····· 407
[그림 6.3.6] CBTC(ETCS L3)의 분기제어 구조(2) ····· 407
[그림 6.3.7] T2T기반 자율주행 철도신호시스템(ATCS) 분기제어 ····· 408



그림 목차

[그림 6.3.8] CBTC(ETCS L3)의 간격/분기제어 구조 ····· 409
[그림 6.3.9] T2T기반 자율주행 철도신호시스템(ATCS) 간격/분기제어 구조 ····· 410
[그림 6.3.10] 철도신호 기술경쟁력 확보 및 실용화 한계 극복을 위한 개선방안 ····· 416
[그림 6.3.11] 서울 지하철 혼잡도 극심구간 ····· 417
[그림 6.3.12] 시간대별 유연한 열차 운영 ····· 418
[그림 6.3.13] 분기노선 유연한 열차 운영 ····· 419
[그림 6.3.14] 시스템 단순화를 통한 신뢰성 향상 ····· 420
[그림 6.3.15] 동사업의 중점 추진분야 설정 ····· 427
[그림 6.3.16] CBTC(ETCS L3)의 간격제어 구조 ····· 436
[그림 6.3.17] 최소 안전간격거리 비교 ····· 437
[그림 6.3.18] 최소 Line Headway 비교 ····· 438
[그림 6.3.19] 최소 Station Headway 비교 ····· 439
[그림 6.3.20] 최소 분기기 통과성능 시뮬레이션 결과 ····· 440
[그림 6.3.21] 성과지표 설정 절차 ····· 444

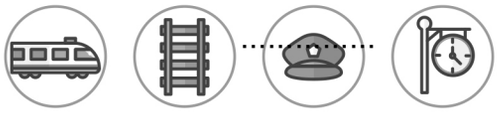
[그림 7.1.1] 열차중심 관제 개념도 ····· 492
[그림 7.1.2] 열차중심 열차제어 개념도 ····· 493
[그림 7.1.3] 열차중심 편성제어 개념도 ····· 494
[그림 7.1.4] 사업총괄 및 실용화 촉진기술 개념도 ····· 496
[그림 7.4.1] 열차 제동 불확실성 모델 ····· 547
[그림 7.4.2] 열차 제동 불확실성 모델 ····· 547
[그림 7.4.3] Radio coupler 기반 열차 무결성 확인 기술의 개념도 ····· 552
[그림 7.4.4] 열차간 상대 거리 측위 기술 개념 ····· 553

[그림 8.1.1] 사업추진 체계 ····· 577

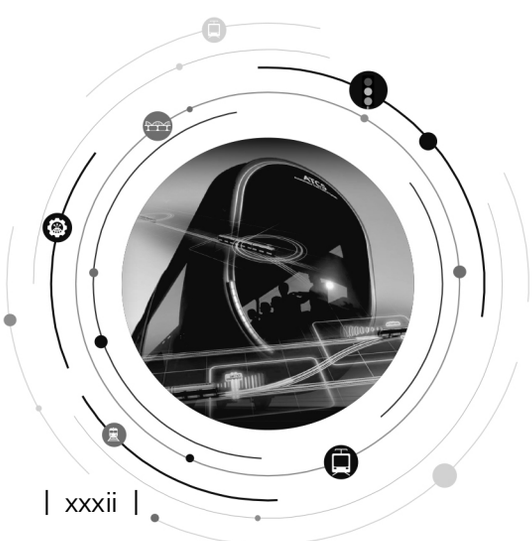
[그림 8.2.1] IEC 62278 수명주기 V 모델 ····· 583
[그림 8.2.2] 선정평가 주요 절차 ····· 589
[그림 8.2.3] 진도 점검 절차 ····· 591
[그림 8.2.4] 중간평가 주요 절차 ····· 592
[그림 8.2.5] 최종평가 주요 절차 ····· 594
[그림 8.2.6] 성과분석 수행 ····· 597
[그림 8.3.1] 연구성과 활용체계 ····· 600
[그림 8.3.2] 연구성과 확산 지원체계 ····· 602

[그림 9.2.1] 철도분야 국가 R&D 참여연구원 현황(명) ····· 614

[그림 10.1.1] 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획의 무인 자율 철도시스템 621
[그림 10.1.2] 동 사업추진 체계 ····· 626
[그림 10.2.1] 문제 및 이슈 도출 과정 ····· 633
[그림 10.2.2] CBTC(ETCS L3)의 간격제어 구조 ····· 641
[그림 10.3.1] 철도신호시스템 분야 주요기업 시장점유율 〉 ····· 658



철도 신호체계 혁신 기술개발사업



제1장

사업(기술) 정의 및 범위 설정

| 1절 | 동 사업(기술) 용어 정의
| 2절 | 동 사업(기술) 정의



1절 동 사업(기술) 용어 정의

1. 철도교통 구성요소

■ **(철도교통)** 일반적으로 궤도 위에 동력장치를 갖춘 차량을 주행시켜 사람과 화물을 대량으로 수송하는 시스템을 의미[1)]

■ **(철도교통기술분야)** 철도교통분야를 구성하는 시스템 구성요소에 따라 철도차량, 철도시설, 철도운영관리시스템으로 구분[2)]

- **(철도차량)** 전용 궤도 위를 주행할 수 있는 차량의 설계, 제작, 시험평가, 유지관리를 위한 기술
- **(철도시설)** 철도의 선로, 역시설 및 철도운영을 위한 건축물의 설계, 시공, 유지관린 관련 제반기술
- **(철도운영관리시스템)** 열차가 정해진 시간에 목적지에 도착할 수 있도록 하기 위한 열차운영관리, 차량시설관리, 열차신호제어 등을 포함

[표 1.1.1] 철도교통 구성요소

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

1) 한국철도학회(2008), "알기쉬운 철도용어 해설집"

2) 한국철도학회(2012), "알기쉬운 철도과학기술", 42~44pp. 내용을 KWs에서 재구성

구분	유형	내용
철도시설	선로	노반과 레일, 침목, 체계장치 등으로 구성되어 열차가 달릴 수 있도록 열차 바퀴를 안내해 주는 역할
	철도역	여객이 열차를 타고 내리며 화물을 싣고 내리는 정거장으로 접객시설, 안내소, 휴게시설 등이 포함
	에너지공급시설	열차가 달리면서 요구하는 에너지(전기 등)를 지속적으로 공급해 주시는 시설
철도운영 관리시스템	철도운영시스템	열차운영을 관리하는 시스템
	차량시설관리시스템	철도차량과 시설을 관리하기 위한 시스템
	철도신호시스템	정확하고 안전하게 열차를 운영하기 위하여 각종 신호와 안전장치를 관리

※ 철도시스템 특징

- **시계(視界)운전이 불가능**
  - **(철도)** 제동거리가 도시철도는 수백 미터에서 고속철도의 경우 수 킬로미터에 달하기 때문에 사람의 육안에 의한 운전이 불가능
  - **(자율주행 자동차와의 차별성)** 자율주행 자동차의 주변(200m 이내)을 인식하는 센싱기술 이용 불가능

- **높은 안전성**
  - **(철도)** 사고발생시 대규모의 인명피해가 예상되므로 높은 안전성(SIL[3]-4 수준)이 요구됨
  - **(자율주행 자동차와의 차별성)** 자동차의 경우 가장 높은 안전성 수준은 ASIL[4]-D 등급이며 이는 철도의 SIL-3 수준임

- **높은 운행속도**
  - **(철도)** 시속 400km/h 이상의 높은 운행속도를 가짐
  - **(자율주행 자동차와의 차별성)** 자율주행 자동차의 경우 시속 80km/h 이내의 운행속도를 지원

- **양방향 주행**
  - **(철도)** 하나의 선로에서 안전하게 양방향(자동차의 역주행 개념) 주행을 지원
  - **(자율주행 자동차와의 차별성)** 자율주행 자동차의 경우 어떠한 경우에라도 역주행이 불

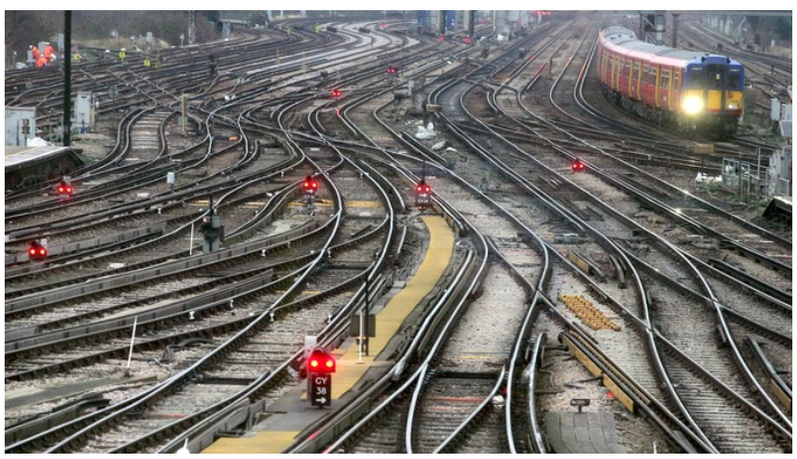
3) Safety Integrity Level (IEC 61508, IEC 62278), SIL 4 등급이 가낭 높은 등급으로 10-9 오류확률을 보장

4) Automotive Safety Integrity Level, ISO 26262

가능

◎ **주행로 변환(선로전환)**

- **(철도)** 열차의 주행로 변환을 위해서는 주행로인 선로의 특정 구간(분기기)이 움직이는 구조이며 잘못된 선로전환은 열차의 탈선과 같은 대형 사고가 발생



(철도의 분기구간)

- **(자율주행 자동차와의 차별성)** 자율주행 자동차의 경우 차량 전륜의 각도변환(조향)을 통해 자동차가 도로의 주행로를 이동하는 구조

◎ **열차간 합의(배타적 소유)에 기반한 주행**

- **(철도)** 열차는 자신이 주행하고자 하는 주행 선로를 열차 간 상호 배타적으로 소유*,** 하는 구조

  * 철도에서 열차가 자신의 주행선로와 같은 자원을 배타적으로 소유하는 것을 쇄정(鎖錠, Lock)이라 하고 사용 후 타 열차가 이용할 수 있도록 환원하는 것을 해정(解錠, Release)라 함.

  ** 철도는 상황에 따라 철사쇄정, 조사쇄정, 접근쇄정, 진로쇄정 및 진로구분쇄정, 보류쇄정, 표시쇄정, 시간쇄정 등 다양한 쇄정 논리를 지원함.

  철사쇄정(撤査鎖錠) : 가장 기본적인 쇄정 동작으로, 열차가 분기기 위를 통과하는 중에 도중 전환이 되지 않도록 쇄정하는 것을 의미

  조사쇄정(調査鎖錠) : 흔히 오버랩(Overlap)이라고 부르기도 한다. 장내신호에 따른 진로를 취급할때 열차가 정지위치를 넘어 과주할 경우를 감안하여 출발신호기의 앞쪽으로 일정한 과주여유거리(약 150~200m)를 확보할 수 있도록 선로전환기 등을 안전측으로 개통하여 진로를 확보하여 쇄정하는 것을 의미

  진로쇄정(進路鎖錠) 및 진로구분쇄정(進路區分鎖錠) : 진로쇄정은 신호를 취급하거나

입환신호를 취급했을때, 해당 신호에 따른 진로 내의 궤도회로를 쇄정하여 열차가 진행하는 동안 쇄정 상태를 유지하며, 진로의 종단을 통과했을 때 이를 해정하는 것을 의미한다. 반면 진로구분쇄정은 진로 내의 구분된 궤도회로 단위로 해정을 진행하는 것을 의미

접근쇄정(接近鎖錠) : 열차가 역 근처에 도달하였을 때, 어떤 사정이 생겨서 역에서 장내 신호기를 갑작스레 정지로 바꿨을 경우, 열차가 제대로 멈추지 못하거나 해서 신호모진을 일으킬 위험이 생길수 있으므로 관계되는 선로전환기들이나 신호기들이 해정되지 않고 쇄정상태를 일정시간동안 유지하는 것을 의미

보류쇄정(保留鎖錠) : 접근쇄정과 유사하지만, 출발 신호나 입환 표지를 일단 현시했다가 취소하는 경우 열차가 이를 오인하고 움직이게 되면 역시 신호모진의 위험이 있기 때문에, 이 경우에도 일정시간동안 관련 선로전환기와 신호기들이 쇄정된 상태를 유지해야만 하는 것을 의미

표시쇄정(表示鎖錠) : 신호기가 정지 현시 상태로 전환되지 않는 경우에 각각의 진로를 그대로 쇄정해 두는 것을 의미

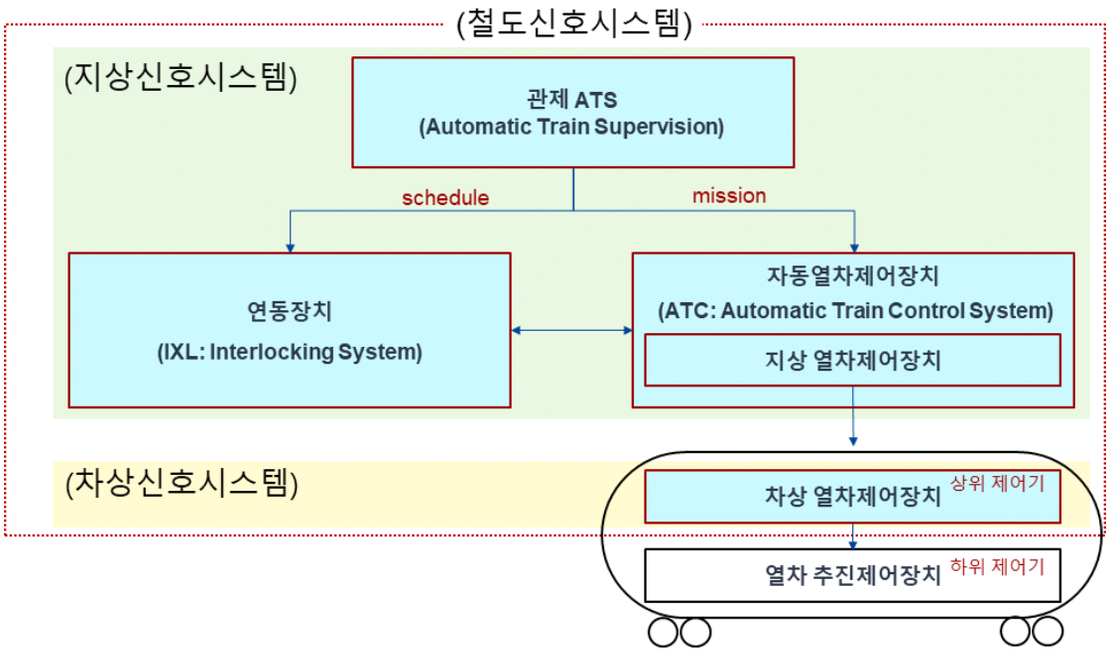
시간쇄정(時間鎖錠) : 신호기 등 취급으로 진로가 설정되어 여기에 열차가 진입했을 때, 이 도착 후 일정시간이 경과되기 전까지는 전환할 수 없도록 쇄정하는 것을 의미

- **(자율주행 자동차와의 차별성)** 자율주행 자동차는 쇄정논리가 없어 자신의 전방 주행선로에 타 자동차가 침범하는 것을 근본적으로 차단할수 없는 구조

2. 철도신호시스템 구성 및 용어 정리

■ **(철도신호시스템)** 철도신호는 열차의 고밀도 및 고속 운행에 따라 열차의 충·추돌 및 탈선 등 사고 방지를 위해 열차의 속도를 제어하고 열차의 진로에 따른 선로전환을 수행하는 열차안전운행의 핵심장치

- **(신호시스템 구성)** 관제 ATS(Automatic Train Supervision), 연동장치(IXL: Interlocking), 자동열차제어장치(ATC: Automatic Train Control)로 구성되며 모든 지상의 지상신호시스템과 열차의 차상신호시스템이 하나의 시스템으로 유기적으로 동작



[그림 1.1.1] 철도신호시스템 구성

■ **(관제 ATS)** 자동열차감시장치(ATS)는 연동장치(IXL) 및 자동열차제어장치(ATC)와 인터페이스하여 노선에 운행하는 모든 열차와 현장신호장치 상태를 원격으로 감시 및 제어

- **(역할)** 노선의 모든 열차의 상태를 감시하고 열차의 운행에 필요한 스케줄(정차역정보, 출발 및 도착 시간, 출입문 개폐방향 등)을 제공하며, 이례상황 발생시 열차의 운행을 제한(임시속도 제한, 방호구간 설정 등) 하는 기능을 수행.

■ **(연동장치 : IXL)** 열차 운행과 차량의 입환을 안전하고 신속하게 하기 위하여 신호기, 선로전환기, 궤도회로 등의 장치를 기계적, 전기적 또는 소프트웨어적으로 상호 연동하여 동작하도록 한 장치

- **(역할)** 관제 ATS로부터 스케줄 정보를 수신하여 해당 열차의 주행에 필요한 진로를 생성하고 진로에 해당하는 선로를 전환하면서 신호기를 표시하는 기능을 수행

- **(종류)** 연동방식에 의해 기계연동장치, 전기연동장치, 전자연동장치로 변화

  - **(기계연동장치)** 신호기, 선로전환기, 신호 취급레버 등이 인력에 의해 수동식

으로 동작되고 기기들 상호간 연쇄도 기계적으로 이루어지는 연동장치

- **(전기연동장치)** 신호기, 선로전환기, 신호 취급레버 또는 진로선별 버튼을 집중시키고 상호간의 연쇄를 계전기(relay) 집단에 의해 전기적으로 행하도록 하는 연동장치

- **(전자연동장치)** 계전기방식이던 전기연동장치의 연동논리회로를 전자논리회로로 구성하고 컴퓨터와 소프트웨어를 사용하도록 개량한 연동장치이며 전자연동장치와 비교할 때 기기구성의 도형, 경량회로, 하드웨어, 소프트웨어에 의한 구현 및 개량 등이 용이, 중앙처리장치의 2중화로 신뢰도, 안전성, 유지보수성이 향상

■ **(자동열차제어장치 : ATC)** 열차의 진로정보와 선행열차의 위치를 통해 열차의 안전한 간격을 제어하도록 하는 열차방호장치

● **(역할)** 연동장치로부터 수신된 진로와 선행열차의 선로점유정보를 토대로 열차의 안전한 허용속도를 계산하고 이를 초과시 자동으로 제동을 체결하며 열차의 안전한 출발, 안전한 출입문 개폐 등 열차 운행의 안전을 책임지는 장치

● **(종류)** 제어방식에 의해 자동열차정지방식(ATS), 속도코드방식(ATC), Distance-To-Go 방식, 이동폐색방식(Moving Block)으로 변화

- **(ATS (Automatic Train Stop) 방식)** 운전자가 신호기를 확인하여 수동으로 운전하는 신호방식으로 안전을 위하여 신호기 전방에 ATS 장치를 설치하며, 만일 제한속도를 초과하여 ATS지상자를 통과할 경우 차상신호장치에서 5초간 경고를 발생시키고, 감속이 되지 않을 경우 비상제동을 체결하는 방식

- **(Speed Code 방식)** 선행열차의 위치에 따라 구간별로 속도코드를 산출하여 AF궤도회로를 통하여 속도코드를 전송하며, 만일 제한속도를 초과하여 운행하면 차상신호장치에 의해 자동으로 감속 또는 정지하도록 하는 방식
  ※ 속도코드 방식은 국내에서는 보통 ATC로 표기

- **(DTG (Distance To Go) 방식)** 선행열차의 위치에 따른 신호현시(속도정보)와 선로정보(위치, 곡선, 구배 등)를 수신하여 속도프로파일을 자동 계산하여 허용속도를 표출하며 이를 초과하여 운행하면 차상신호장치에 의해 자동으로

감속 또는 정지하도록 하는 방식

※ DTG 방식은 국내에서는 보통 ATP 방식(혹은 차상신호방식, 차상 ATP 방식)으로 표기

- **(Moving Block 방식)** 고정된 폐색구간을 사용하였던 종전의 방식과 달리 선행열차의 위치추적을 토대로 폐색구간이 실시간으로 정의되며 선행열차의 위치에 따른 신호현시(속도정보)와 선로정보(위치, 곡선, 구배 등)를 수신하여 속도프로파일을 자동 계산하여 허용속도를 표출하며 이를 초과하여 운행하면 차상신호장치에 의해 자동으로 감속 또는 정지하도록 하는 방식

※ 이동폐색 방식은 도시철도 CBTC, 일반 및 고속철도의 경우 ETCS L3가 존재

■ **(자동열차운전장치 : ATO)** 열차의 ATC 허용속도를 초과하지 않도록 열차의 가감속을 제어하고 정거장에 정위치 정차와 출입문 개폐를 수행하는 자동운전장치

- **(역할)** ATC 장치에서 제공하는 허용속도 이하로 열차를 운전하도록 ATO 속도프로파일을 생성하여 이를 토대로 열차의 가감속을 연속적으로 시행하고 승강장 정위치 정차와 출입문 개폐를 자동으로 수행하는 자동운전장치
- **(종류)** 자동열차제어장치(ATC)와 함께 구성되며 자동화 범위에 따라 GoA[5] 0~4까지 레벨을 정의

  - **(GoA_0 : On-sight train operation)** 열차의 안전과 관련된 방호기능부터 운전기능을 모두 기관사와 관제의 책임하에 수행, 완전 수동운전 개념
  - **(GoA_1 : Non-automated train operation)** 열차의 안전한 진로와 허용속도를 시스템 ATC에서 제공하고 감시하지만 열차의 모든 운전조작은 기관사에 의해서 수행
  - **(GoA_2 : Semi automated train operation)** ATC에서 제공하는 열차의 안전한 진로와 허용속도를 초과하지 않도록 ATO에서 열차의 가감속 제어를 자동으로 수행
  - **(GoA_3 : Driverless train operation)** 영업선(본선)내에서의 열차 주행에

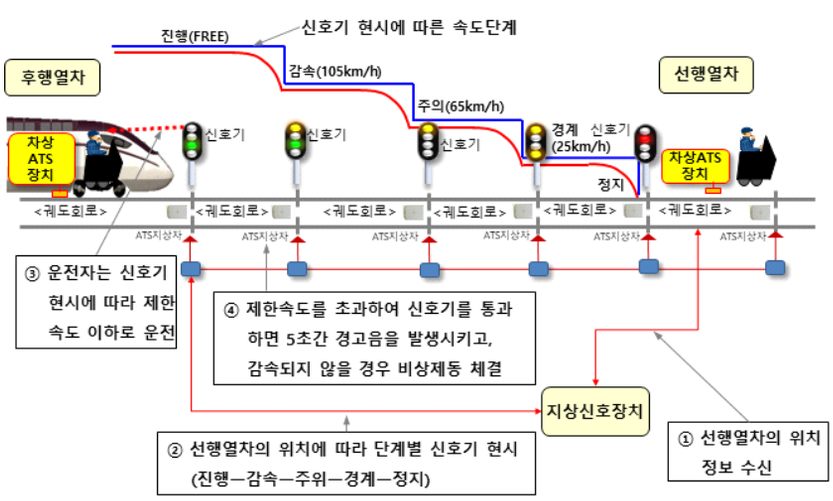
5) Grade of Automation, 출처 : IEC 62290-1 Railway applications - Urban guided transport management and command/control systems - Part 1: System principles and fundamental concepts

필요한 모든 제어는 ATC 및 ATO에서 수행하므로 기관실에는 기관사가 아닌 staff가 탑승하여 승객의 열차 출입문 끼임 등의 확인, 기지에서의 조작은 사람이 개입

- **(GoA_4 : Unattended train operation)** 기지 및 영업선(본선)내에서의 열차 주행에 필요한 모든 제어와 비상상황에 대한 대응을 ATC, ATO 또는 관제 ATS에서 담당, 기관실에는 운영자(기관사 및 staff)가 탑승하지 않음

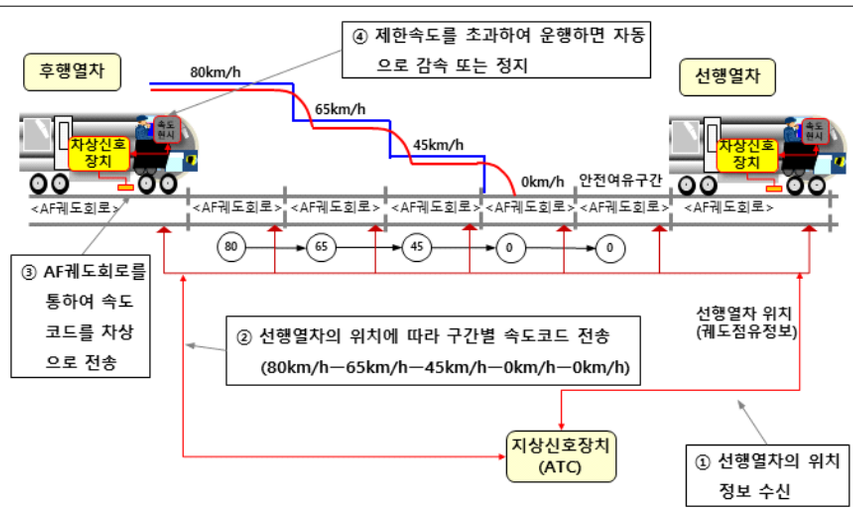
※ 철도신호시스템 자동열차제어장치(ATC) 변천사

ATS(Automatic Train Stop) 방식

도입시기	· 도시 : '74년~ · 일반 : '69년~
국내 표기[6]	ATS (Automatic Train Stop)
주요특성	· 신호방식 : 전기식-지상신호 ·운전방식 : 수동운전-기관사 · 제어방식 : 허용속도-고정폐색 · 위치검지 : 궤도회로 · 주요특성 : 기관사가 신호기를 보며 수동으로 속도제어, 속도 150km/h 이내 사용
구성 및 동작원리	

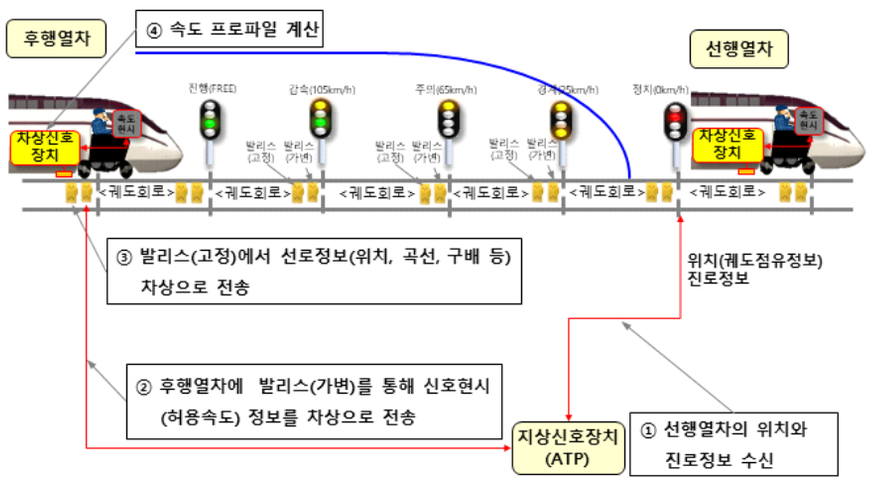
6) 대부분 국외 최신 시스템을 도입하여 운용함에 따라 장치의 새로운 기능을 시스템으로 표기함에 따라 국외와 시스템 표기가 상이.

Speed Code 방식

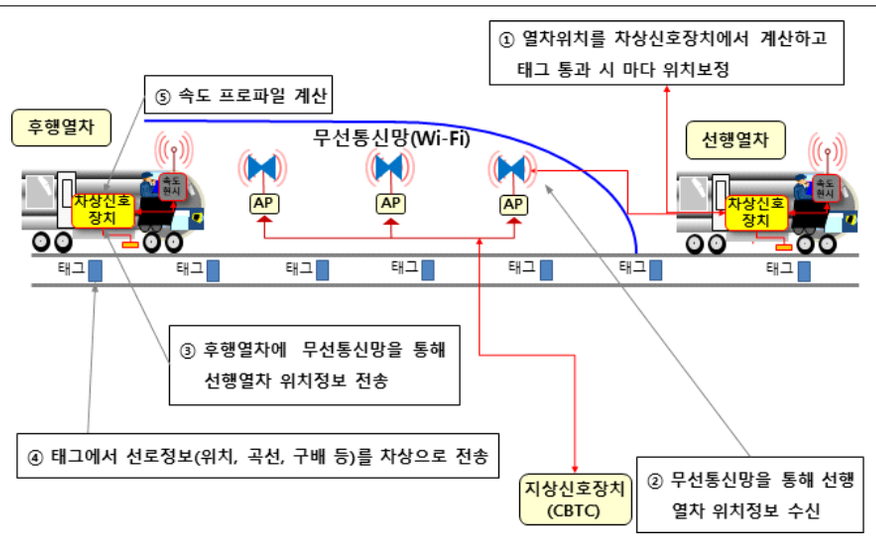
도입시기	·도시 : '85년~ ·고속 : '04년~
국내 표기	ATC (Automatic Train Control)
주요특성	· 신호방식 : 전기식-차상신호 · 운전방식 : 수동(고속철도)운전, · 제어방식 : 허용속도-고정폐색 · 위치검지 : 궤도회로 · 주요특성 : 연속적인 속도정보 제공, 고속철도·도시철도 사용, 도시철도는 GOA_2 수준 자동열차운전장치(ATO)를 함께 구성하여 사용(국내는 ATC/ATO로 명명)
구성 및 동작원리	

DTG (Distance-To-Go) 방식

도입시기	· 일반:'04년~
국내 표기	· 도시 : ATP (Automatic Train Protection) · 일반 및 고속 : ETCS Lv1
주요특성	· 신호방식 : 전기식-차상신호 · 운전방식 : 수동운전-기관사 · 제어방식 : 이동권한-고정폐색 · 위치검지 : 궤도회로 · 주요특성 : 일반철도 고속화 구간 주로 사용, 수송능력·안전성 향상, 도시철도는 최대 GOA_3 수준 자동열차운전장치(ATO)를 함께 구성

	(국내는 ATP/ATO로 명명)
구성 및 동작원리	

Moving Block 방식

도입시기	· 도시 : '11년~
국내 표기	· 도시 : CBTC · 일반 및 고속 : ETCS Lv3
주요특성	· 신호방식 : 무선통신방식-차상신호 · 운전방식 : 무인자동운전 · 제어방식 : 이동권한-이동폐색 · 위치검지 : 무선통신 · 주요특성 : 무인·자동운전 가능, 도시철도, 경전철에 주로 사용
구성 및 동작원리	

[시사점]

철도신호시스템은 지상/전기/HW 중심에서 차상/통신/SW 중심으로 변화되고 있으나 여전히 지상신호시스템 중개(仲介)에 의한 지상중심의 제어로 인해 수송력, 설비 단순화, 운영 유연성, 지능화 등 한계를 가지며 이러한 한계극복을 위해서는 완전한 열차중심으로의 제어 패러다임 변화가 필요함.

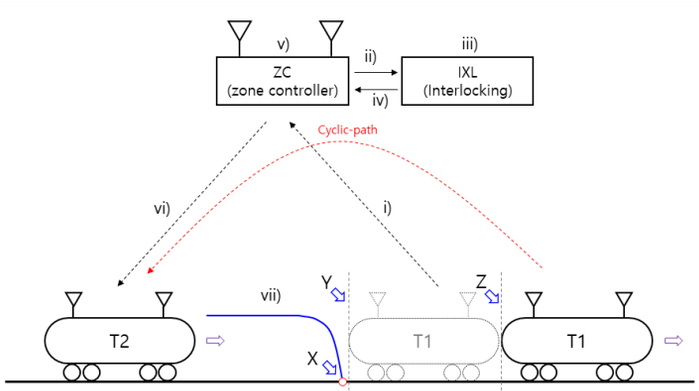
※ 現 무선통신기반 신호시스템(KRTCS1[7]), CBTC, ETCS L3)의 한계

- **(수송력 한계)** 지상의 간격제어(ZC)와 분기제어(IXL) 시스템의 중개*로 인한 복잡한 제어 흐름을 가지기 때문에 시스템 계산지연과 통신지연으로 인한 제어성능 한계** 발생

  * 열차 정보를 토대로 공유자원인 선로구간, 선로전환기 등의 자원을 배타적으로 분배하고 분배된 자원을 넘지 못하도록 속도프로파일(MRSP: Most Restrictive Speed Profile)[8] 제공

  ** 복잡한 순환 제어흐름(cyclic-path)으로 인해 지상의 간격제어와 분기제어 시스템을 경유한 선행열차의 상태(위치, 속도)정보는 이미 과거 시점의 정보이므로 간격제어 성능에 한계를 가지며 한계 극복을 위해서는 제어패러다임의 근본적인 변화가 필요

지상중심의 신호시스템의 제어경로(cyclic-path)



x : 열차 T2의 이동권한 한계

Y : 열차 T1이 위치보고 전송시점의 열차 T1의 후미부 위치(과거위치)

Z : 열차 T2가 지상제어로부터 이동권한 수신시점의 열차 T1의 후미부 위치(현재위치)

i) 열차 T1의 위치보고 [T1→ZC, 주기적인 위치보고 : T_{PR}]

ii) IXL에 열차 T1의 위치전송 [ZC→IXL, 주기적인 위치전송 : T_{ZI}]

iii) IXL 열차 T1의 진로계산 [IXL, 진로계산시간 : T_{IXL}]

7) Korean Radio-based Train Control System 1: 한국형 도시철도용 CBTC 시스템

8) ETCS System Requirements Specification SUBSET-026-3, European Railway Agency UNISIG

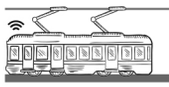
iv) 열차 T1의 진로정보 전송 [IXL→ZC, 주기적인 진로전송 : T_{IZ}]
v) 열차 T1의 위치와 진로정보를 기반으로 열차 T2에 제공할 이동권한(속도프로파일(MRSP) 포함) 계산 [ZC, 이동권한 계산 : T_{ZC}]
vi) 열차 T2에 이동권한 및 MRSP 전송 [ZC→T1, 주기적인 이동권한 전송 : T_{MA}]
vii) 열차 T2의 속도커브 계산 및 감시 [T1, 속도커브 계산 : T_{SP}]

- **(유동성 한계)** 지상에 간격제어(ZC)와 분기제어(IXL) 시스템이 공존하여 별도의 동기화가 필요함에 따라 제어의 유동성에 한계* 발생

  * 이동폐색 기반 간격제어 시스템의 ATC(Automatic Train Control) 기능은 기존의 궤도회로기반 분기제어 연동장치(IXL)에 추가된 계층으로 구성되어 제어효율의 저하는 물론 열차가 자신의 분기 방향을 알 수 없는 구조로 유동적인 제어가 불가능한 구조임

- **(처리용량 한계)** 지상의 제어시스템(ZC, IXL)이 관할하는 구간(관할영역)에 중개 가능한 열차편성 수가 제한됨에 따른 처리용량 한계* 극복이 가능한 기술개발 필요

  * IEEE 1474.1에 제시된 CBTC parameter에는 하나의 지상 제어시스템이 처리 가능한 열차편성 수는 최대 20편성에서 40편성으로 제한적이며, 이를 초과 시 관할 영역을 나눔과 동시에 지상 제어시스템 증설이 불가피함



2절 동 사업(기술) 정의

1. 자율주행 철도신호기술

■ **(정의)** 지상의 제어시스템(IXL*, ZC**)의 제어 명령 없이 지능형 열차가 중심(train-centric)이 되고 열차 간 직접적인 합의에 기반하여 자율화 레벨(LoA[9])을 가지는 차세대 철도신호기술을 의미.

* **(연동장치, Interlocking)** 자신의 관할 영역에 존재하는 열차의 위치정보와 열차정보(운행번호)를 토대로 해당 열차의 분기 구간 즉, 진로(선로 분기방향 제어)를 열차 간 상호 배타적으로 분배하여 ZC에 전달, 열차는 자신의 선로분기방향을 알지 못함.

** **(지역제어기, Zone Controller)** 자신의 관할 영역에 존재하는 열차의 위치와 상태정보, IXL로부터 수신한 진로 정보를 토대로 주행에 필요한 선로 구간을 열차간 상호 배타적으로 분배하여 해당열차에 제공, 열차는 ZC가 제공하는 선로 구간을 넘지 않도록 자신의 속도를 제어

■ **(목표)** 자율주행 철도신호기술은 완전한 열차중심으로 제어패러다임을 변화함으로써 제어성능한계 극복과 더 높은 수준의 무인자동화 달성을 위한 지능화 한계극복을 목표로 함.

● **(제어성능 한계) 기존 지상중심 철도신호시스템은 열차↔열차 간격제어, 열차↔선로 분기제어는 지상시스템의 중개(仲介)에 의해 이루어짐에 따라,**

- **(수송력 한계)** 선행열차→지상시스템(ZC→IXL→ZC)→후행열차로 이어지는 복잡한 정보흐름으로 운전시격 단축의 한계가 발생하며,
- **(유연성 한계)** 노선에 여러 IXL과 ZC가 각각 분기구간과 선로구간을 소유하고 배타적으로 분배하는 역할을 수행함에 따라 유동적인 열차 운영이 매우 어려우며,
- **(신뢰성 및 유지보수성 한계)** 노선에 여러 IXL과 ZC가 존재함에 따라 시스템

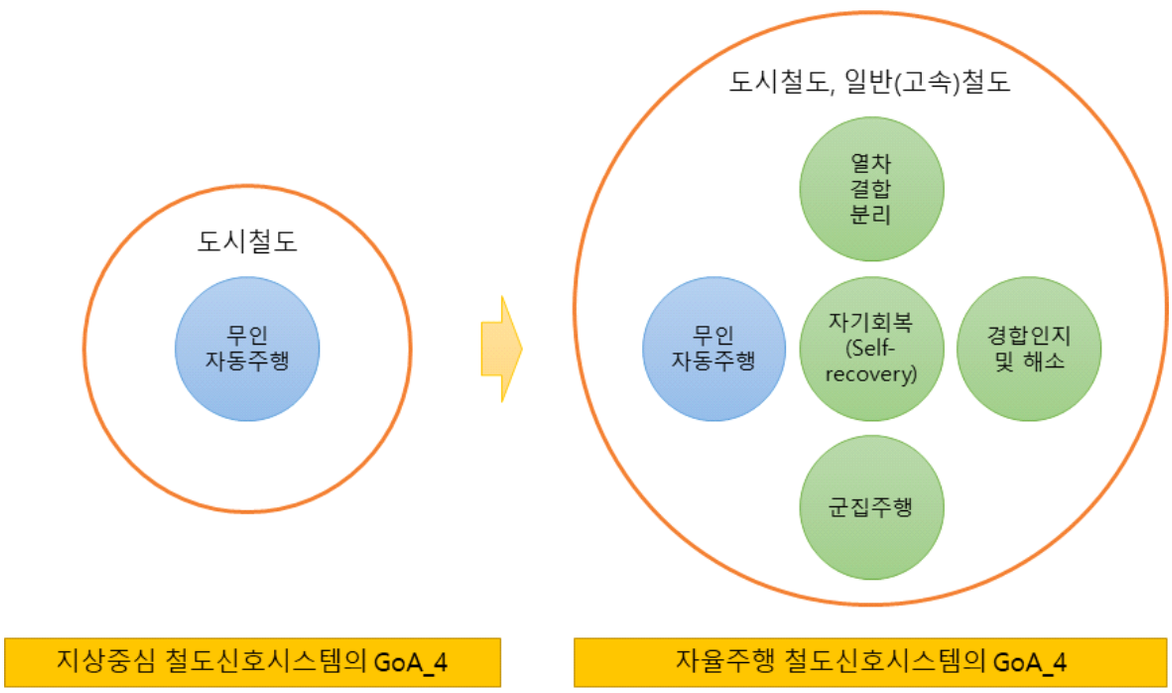
9) Level of Autonomy

의 위험측 고장과 신호기계실 유지관리 등의 한계 발생함.

- **(지능화 한계)** 기존 지상중심 철도신호시스템은 제어의 주체가 지상 시스템이며 열차는 자율적이지 못하고 지상시스템을 통해 원격으로 제어되고 스스로 결정할 수 없으므로,

  - **(GoA_4 적용한계) 주행 중 일시적인 오류 발생시 열차의 회복(recovery)을 위해서 운영자(기관사) 투입이 불가피함에 따라 노선 길이가 짧고 단순한 도시철도 노선에만 적용 가능하며,**

  - **(GoA_4 기능한계)** 단순히 Autopilot 기능만 수행하며 편성의 조성 및 교착상태 해결과 같은 높은 수준의 무인 자동화를 수행하기 위해서는 운영자 개입이 반드시 필요함.



[그림 1.2.1] 자율주행 철도신호를 통한 GoA_4 적용한계와 기능한계 극복

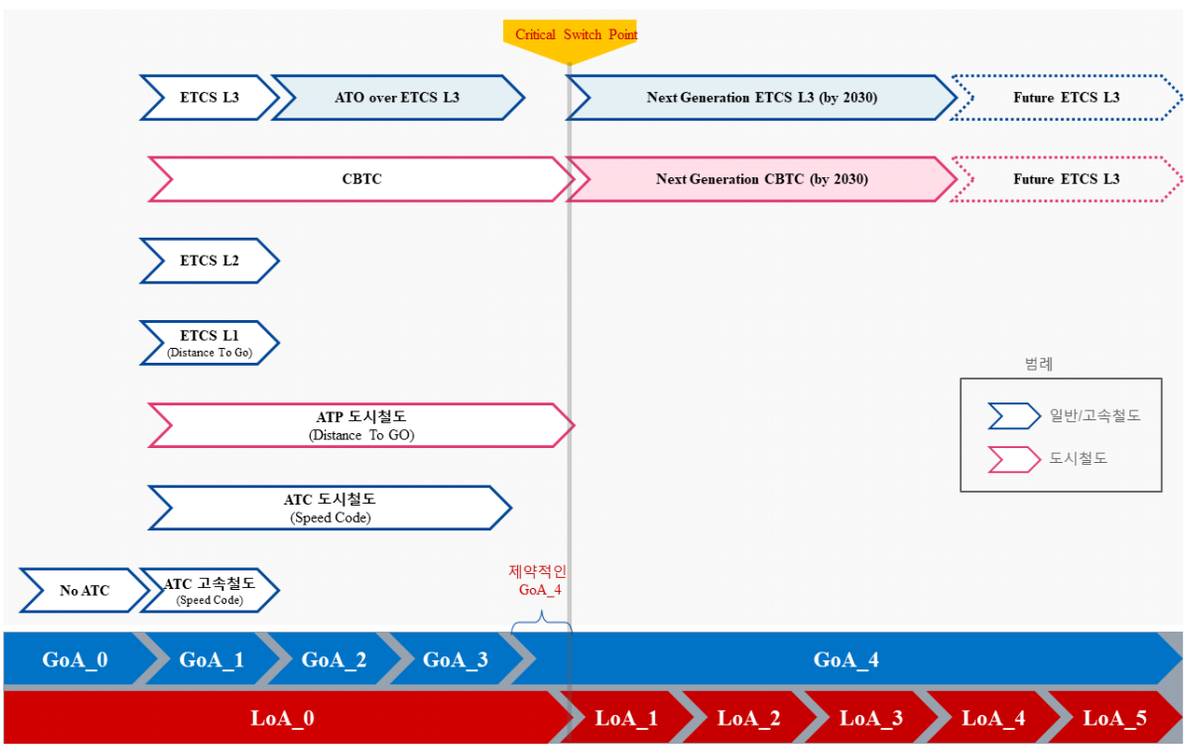
■ **(GoA와의 차별성)** 현재의 GoA는 열차운전의 기능을 기관사가 아닌 시스템(지상시스템 중심)이 수행하는 것을 의미하며 열차의 지능화, 자율화와는 차이가 있음.

- 자율주행 철도신호시스템은 제어성능 한계극복과 무인 자동화(GoA_4)의 확대

적용과 높은 수준의 무인 자동화 서비스를 제공하는 기술임.

- 더 자주 운행하고 더 높은 속도를 달성할 수 있으며 새로운 노선을 건설하는데 비용을 절감할 수 있으며 정해진 노선에 주행하는 열차의 수를 늘릴 수 있음.
- 자율화 수준에 따라 LoA(LoA: Level of Autonomy)로 정의되며 현재 도시철도에 제한적으로 적용하고 있는 GoA_4의 확대적용을 위해서 필요하며 궁극적으로 자율주행 철도기술은 철도운영의 효율성을 극대화할 수 있음.

● 자율주행 철도신호기술은 자율화 수준에 따라 LoA(LoA: Level of Autonomy)로 정의되며 현재 도시철도에 제한적으로 적용하고 있는 GoA_4의 확대적용을 통해 궁극적으로 자율주행 철도기술은 철도운영의 효율성을 극대화할 수 있음.



[그림 1.2.2] 철도신호시스템 LoA와 GoA

■ **(LoA 정의)** 자율주행 철도신호기술에 대한 자율화 수준(LoA)을 국외 철도 선진국 자율주행 철도관련 연구개발 현황과 언론, 시장보고서, 국내 전문가 자문을 통해 LoA_1~5 단계로 정의

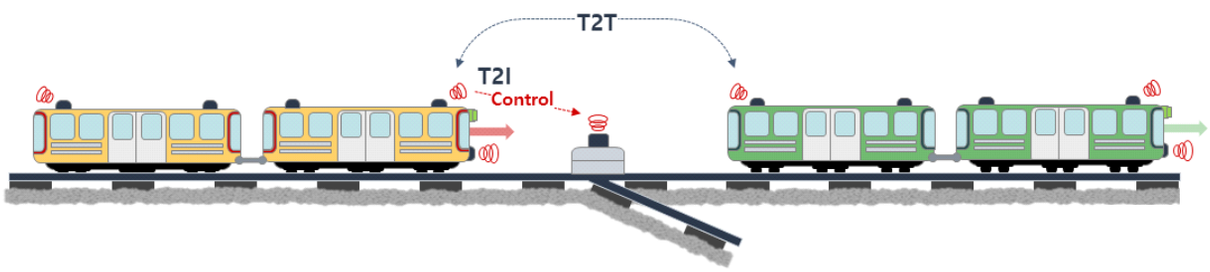
- **(LoA_1 : Autonomous Train Recovery)** 열차 스스로(운영자 개입 없이) 주변 상황을 인식하며 필요시 관제에서 원격으로 열차를 제어하며 주행할 수 있으며 시스템 오류 발생시 자신의 위치를 포함한 상태를 정상주행 가능한 수준으로 회복(self-recovery)하는 자율화 레벨

  * 현재는 제한된 도시철도 영역에서만 적용되고 있는 GoA_4의 확대적용을 위해서는 LoA_1 기술이 필요, 노선길이 수백 킬로미터의 일반/고속철도의 경우 열차의 오류 발생시 해당 지점까지 기관사를 파견하기가 불가능하므로 열차의 자율회복 기능과 원격 제어기능이 반드시 필요



[그림 1.2.3] LoA 1 Self-recovery

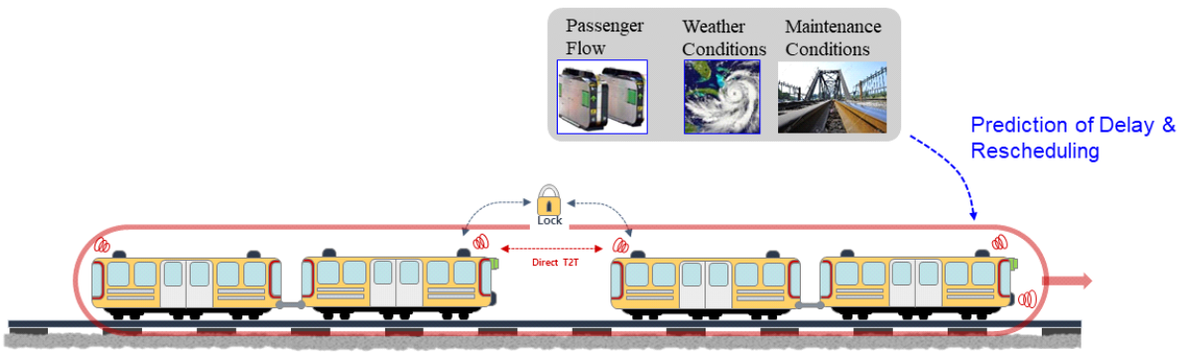
- **(LoA_2 : Semi-autonomous Train Control)** 선 후행 열차 간 직접적인 합의를 통해 지상시스템 개입 없이 열차 스스로 주행에 필요한 선로자원을 계산하고 확보하여 간격과 분기를 제어하는 자율화 레벨



[그림 1.2.4] LoA 2 Semi-autonomous Train Control

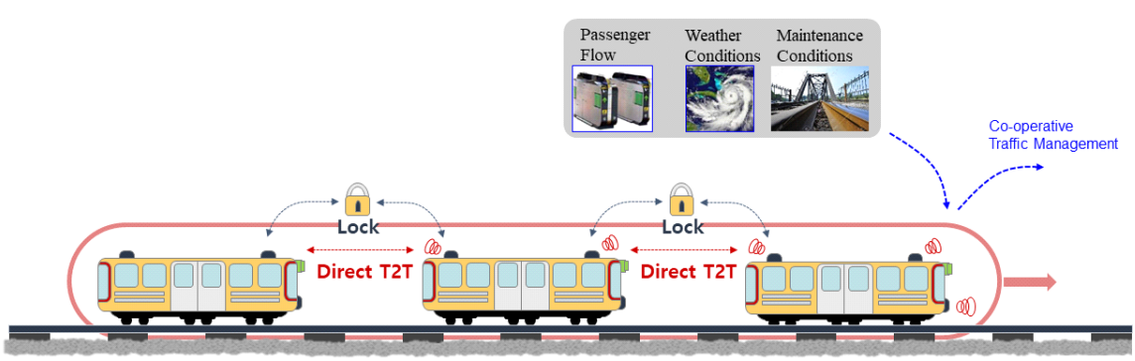
- **(LoA_3 : Autonomous Train Control)** 열차간 직접적인 합의를 통해 주행 중 두 편성(train set)[10] 열차가 주행 중 가상의 연결기로 분리와 결합을 통해 하나의 편성으로 재조성되며 운행에 지장을 줄 수 있는 지연상황을 열차 간 정보공유를 통해 실시간으로 예측하고 동적으로 스케줄링을 수행하는 자율화 레벨

10) 철도에서 복수의 차량(vehicle)을 묶어서 운용하는 단위(1편성은 1대 이상의 차량으로 구성)



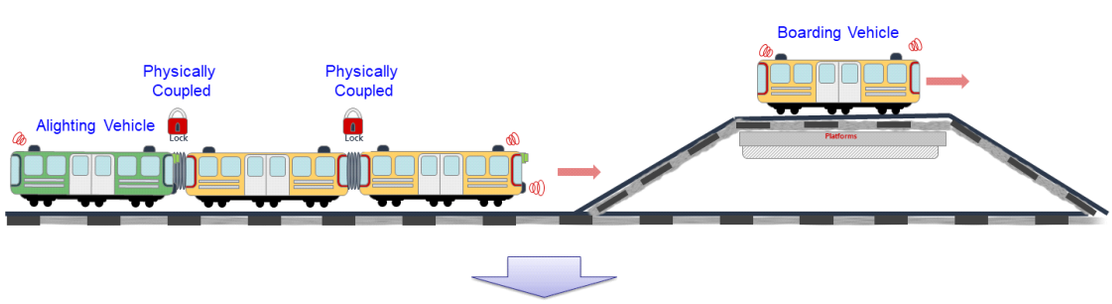
[그림 1.2.5] LoA 3 Autonomous Train Control

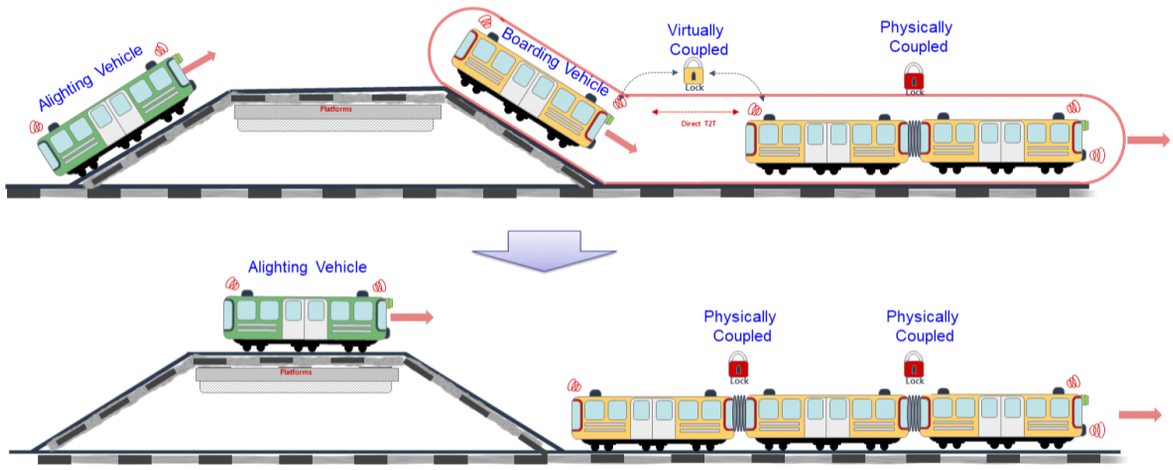
- **(LoA_4 : Autonomous Train Operation)** 주행 중 여러 편성의 열차 차가 가상의 연결기로 분리와 결합을 통해 하나의 편성으로 재조성 되며 중앙 관제의 개입 없이 열차의 운영에 필요한 모든 감시와 통제의 업무를 열차가 수행하는 자율화 레벨



[그림 1.2.6] LoA 4 Autonomous Train Operation

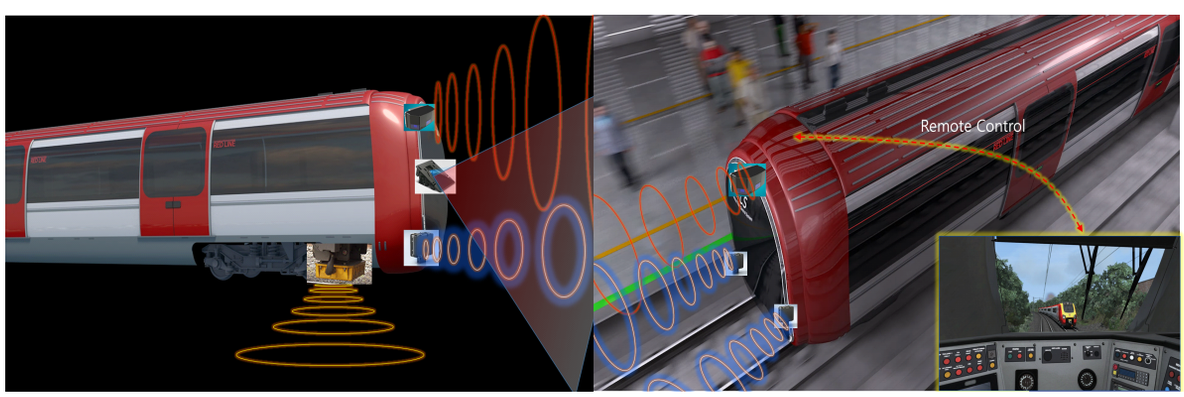
- **(LoA_5 : Autonomous Non-stop Train Operation)** 자율화된 열차가 정차 없이 최종 목적지까지 주행하며 열차의 일부 차량이 주행 중인 열차와 분리결합을 수행하면서 정차역에 하차하거나 탑승하는 승객을 수송하는 궁극적인 철도 자율화 레벨



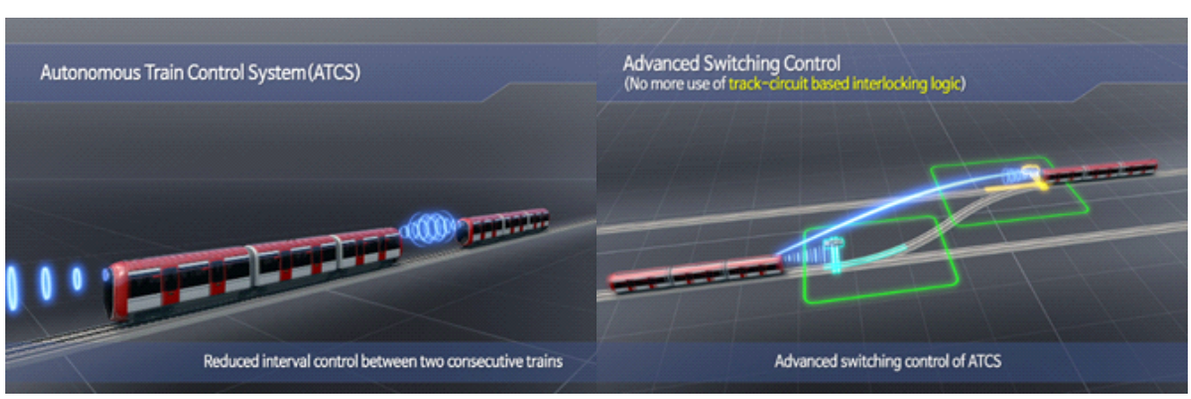


[그림 1.2.7] LoA 5 Autonomous Non-stop Train Operation

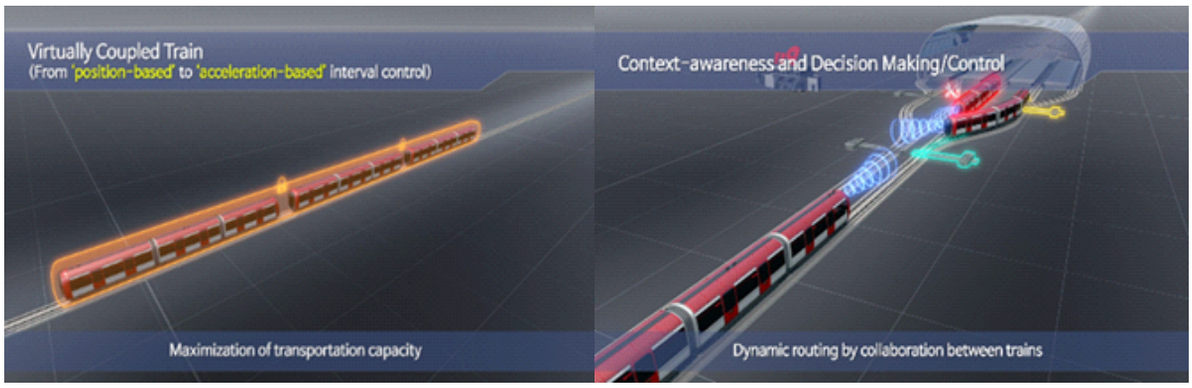
■ **(동 사업의 범위)** 동 사업은 LoA_3수준의 자율주행 철도신호시스템 개발을 목표로 함.



[그림 1.2.8] LoA_1 Autonomous Train Recovery



[그림 1.2.9] LoA_2 Semi-autonomous Train Control
(train-centric interval/switch control)



[그림 1.2.10] LoA 3 Autonomous Train Control

[표 1.2.1] Railway Level of Autonomy

〈---------- 동 사업 범위(~ 2030) ----------〉 〈---- 동 사업 이후 (~ 2050) ----〉

Basic Function of LoA		Autonomous Train Recovery	Semi-autonomous Train Control	Autonomous Train Control	Autonomous Train Operation	Autonomous Non-stop Train Operation
		LoA 1	LoA 2	LoA 3	LoA 4	LoA 5
Possible Grade of Automation(GoA)		GoA 2/3/4	GoA 2/3/4	GoA 2/3/4	GoA 2/3/4	GoA 2/3/4
Self-recovery with on-board obstacle detection		○	○	○	○	○
Remote Train Driving Control		○	○	○	○	○
Train-centric Safe Driving Control	Train-centric Ensure Safe Route	×	○	○	○	○
	Train-centric Ensure Safe Separation of Trains	×	○	○	○	○
	Train-centric Ensure Safe Speed and Control	×	○	○	○	○
Train-centric Ensure Safe virtually Split/Join of Trains on the Move		×	×	○	○	○
Train-centric Prediction of Delay of Train and Dynamic Rescheduling (Co-operative routing)		×	×	○	○	○
Train-centric Ensure Safe virtually Split/Join of Vehicles on the Move		×	×	×	○	○
Train-centric Traffic Management (Autonomous Train Operation)		×	×	×	○	○
Train-centric Ensure Safe Split/Joint of Vehicles on the Move (Autonomous Non-stop Train Operation)		×	×	×	×	○

[표 1.2.2] 자동차 자율주행기술과의 비교

구분	자율주행 철도신호	자동차 자율주행 및 군집주행
지금의 기술수준	• 기관사 없는 완전한 무인자동운전 ※ 운전실 없는 무인열차 운영 중, Ex. 신분당선 등	• 제한적인 자동운전 (운전자는 반드시 전방상황을 주시하고 대응해야 함)
개발목적	• 완전한 열차중심으로 제어 패러다임의 변화(지상중심→열차중심)를 통한 제어 성능한계 및 자동화 한계극복	• 운전자를 대신하는 자동운전(Autopilot)을 통한 편의성 및 안전성 향상 (수동운전→자동운전)
적용대상	• 대중 교통수단(영업운전)	• 개인 수송수단
제어대상	• 관제를 포함한 노선전체 모든열차의 신호체계 – 열차 영업스케줄 관리 및 감시 – 열차지연 최소화 제어 – 전체 철도차량 제어 (가 감속, 출입문 제어 등) – 열차편성 제어(무인자동분리결합) – 선로전환기(경로 제어) – PSD(플랫폼 스크린도어) – 영업운영 스케줄	• 개별 자동차 – 개발 자동차 가감속 제어 – 차량의 경로제어(주행로 변경) – 군집주행기술
제어범위	• 기지(Depot) 자율운영 - 시스템 정상운영/성능저하/비상운영 상황을 포함 • 영엽선(본선) 자율운영 - 시스템 정상운영/성능저하/비상운영 상황을 포함 ※ 비상상황 발생시 관제와 열차간 협업을 통해 지연 최소화, 빠른 복구와 영업운영 재개에 필요한 제어를 포함	• 출발지부터 목적지까지의 무인자동운전 ※ 시스템 오류발생시 운전자의 수동 개입 필요
적용속도	• 시속 400km/h 이상	• 시속 80km/h 내외
제어환경	• 제동거리 – 도시철도 500m – 고속철도 6.6km(비상 3.3km) ※ 視界운전이 불가능, 전방 센싱기술 적용불가	• 최대 45m 내외[11] (시속 80km/h 주행시) ※ 센싱기술에 기반 하여 전방상황 인식

11) 열차나 차량을 한 선로에서 다른 선로로 이동시키기 위하여 선로상에 설치한 설비

12) 출처: 전자신문(2013.07.01.) 타이어 마모되면 빗길 제동거리 최대 50% 증가

13) 편개 분기기, 양개 분기기, 진분 분기기, 다이아몬드 크로싱, 더블 슬립 분기기, 시저스 분기기, 노스 가동 분기기 등

14) 철사쇄정, 조사쇄정, 진로쇄정, 접근쇄정, 보류쇄정, 표시쇄정, 시간쇄정 등

15) 자율주행 자동차는 자율주행 철도신호의 극히 일부 기술(차량간 제어, 군집주행)에 해당하는 기술

구분	자율주행 철도신호	자동차 자율주행 및 군집주행
	• 장애물 회피 불가능	• 주행차로 변경을 통해 장애물 회피가 가능
차량인지	• 열차 스스로 자신의 절대적인 위치와 위치 불확실성을 계산하여 노선의 열차와 공유	• 센싱(카메라, 라이다, 레이져 등) 기반으로 주변 차량과의 상대적인 거리를 계산
간격제어	• 열차는 자신의 점유구간(신뢰구간)과 이동권한(제동거리를 포함하여 주행을 위해 확보한 구간)을 타 열차가 이동권한 갱신시 반영하도록 정보를 공유함. → *단일 신호체계로 열차간 합의가 가능함.* • 이동권한 한계는 다음을 고려하여 결정 - 선행열차의 후미부 위치 - 방호구간 영역의 시점 - 확보하지 못한 분기구간 시점 • 열차는 이동권한 한계까지 열차의 제동특성을 고려하여 속도를 제어 ※ 하나의 열차가 소유한 선로구간 내에 절대로 타 열차가 침범하거나 시설물(선로전환기, PSD, 차단기 등)을 제어할수 없는 구조(열차간 합의에 기반)	• 센싱에 의해 전방과 주변차량을 인지(상대거리에 의한 제어) • V2V 통신을 통해 전방과 주변차량의 속도, 제동, 방향을 공유 • 센싱과 V2V 통신을 통해 수집된 전방과 주변 차량의 정보를 토대로 차량의 속도를 제어 ※ 차량의 주행로 전방에 타열차의 침범을 근본적으로 차단할 수 없는 구조
주행로 변경 제어	• 열차는 자신의 영업스케줄에 해당하는 선로의 방향을 전환 (선로전환기를 열차가 직접 제어하여 분기기[12]를 안전하게 가동)  • 분기기 타입[13]에 따른 특성을 고려한 열차중심의 새로운 연동논리[14] 개발 ※ 선로전환의 오류 발생시 열차의 탈선과 같은 대규모 사고 발생 예) 강릉선 KTX 탈선사고(2018.12.8.),	• 고정된 도로를 주행하는 차량 전륜의 조향제어를 통한 주행로 변경

<table>
<tr><th>구분</th><th>자율주행 철도신호</th><th>자동차 자율주행 및 군집주행</th></tr>
<tr><td></td><td>  </td><td></td></tr>
<tr><td>목표 안전성</td><td>• SIL 4 : 10^{-9} 오류확률
(사고시 대규모의 인명사고 발생)</td><td>• ASIL D(SIL3 수준) : 10^{-8} 오류확률 (사고시 소규모의 인명사고 발생)</td></tr>
<tr><td>기술 적용성 검토</td><td>• 자동차 자율주행 기술을 철도적용시
- 자동차와 열차의 추진제동 메커니즘의 상이함
- 전방 센싱기술 적용불가
(제동거리 밖 상황 센싱불가)
- V2X 통신기술 적용불가
<table>
<tr><th>KPI</th><th>T2X</th><th>V2X</th></tr>
<tr><td>통신 지연 시간</td><td>T2T: 1 msec
T2X: 5 msec</td><td>V2V: 30 msec
V2X: 5 msec</td></tr>
<tr><td>직접 통신 커버리지</td><td>3 Km</td><td>350 m</td></tr>
<tr><td>신뢰도</td><td>10^{-9}</td><td>10^{-5}</td></tr>
<tr><td>통신방식</td><td>5G-R</td><td>WAVE, LTE, 5G</td></tr>
</table>
- 철도대비 낮은 안전성
※ 자동차 자율주행 기술은 적용대상, 범위[15] 등이 상이하고 인지 범위 및 안전성이 철도에 비해 매우 낮아, 철도에 적용 불가능 함(적용 時 30㎞/h 內 속도에서만 운행 가능).</td><td>• 향후 무인자동운전을 목표로 자율주행 철도의 제어기술의 일부는 자동차 자율주행에 도입이 가능.
※ 자율주행 철도의 합의에 기반한 제어기술은 자율주행 자동차 및 군집주행에 높은 안전성을 부여할 수 있음.</td></tr>
</table>

철도 신호체계 혁신 기술개발사업



제2장

사업 개요

| 1절 | 사업추진 배경 및 필요성

| 2절 | 정부지원의 필요성

| 3절 | 기획 추진 체계 및 절차

| 4절 | 기획 추진 경과



1절 사업추진 배경 및 필요성

배경

(국내 현황) 외산 철도시스템 의존으로 운영 및 유지관리의 어려움*과 서비스 저하 발생, 이는 다시 산업계의 경쟁력 약화 등의 악순환 반복**

* 설비운용의 주권 상실, 도입비용 증가, 유지관리 어려움, 승객 서비스 저하

** 산업 및 시장경쟁력 저하, 실용화 한계, 철도산업 전반 경쟁력 약화, 턴키 입찰방식 대응력 약화

⇩

필요성

(기술 트랜드) 철도신호기술은 한계극복을 위해 지속적으로 (지상·전기·H/W) 중심에서 (차상·통신·S/W) 중심으로 변화* 중임

* 수송력 증대, 설비단순화, 시스템 유연성 및 확장성, 지능/자율화 확대

⇩

(국외 현황) 세계시장 지배력을 강화를 목표로 철도 선진국은 기존 신호시스템 한계 극복을 위해 제어패러다임이 근본적으로 변화된 자율주행 철도신호시스템을 연구 중이며 향후 철도신호시스템의 근본적인 변화*가 예상됨.

* 완전한 열차중심으로 변화, 자율주행 철도는 선택이 아닌 필수

⇩

(그간 대응 한계) 철도신호시스템 국산화를 위한 노력을 수행해 왔으나 선진국 대비 20년 이상 늦은 시점에서의 Slow Follower 전략과 트랙레코드 부재로 기술경쟁력 및 시장경쟁력 확보에 한계*,,*** 봉착**

* 내구 연한과 부품 단종을 고려 최신의 (외산)신호시스템을 선호(국내 '10년 이후 11개 노선중 9개 노선이 최신의 CBTC 채택)

** 최신의 신호기술을 확보한 소수의 기업이 시장을 지배하는 구조(ex, Ansaldo의 CBTC 사례와 같이 후발주자는 시장에 도태)

*** 국산화 개발한 신호시스템의 경우 해외 선진국 대비 기술 사양이 낮아 국내 운영사의 선택을 받지 못할 가능성이 크며(정부에서 신호시스템 도입을 강제할 수 없음), 향후 세계 시장이 완전한 자율주행 철도신호로 전환될 것으로 예상되는 바 세계시장 진출가능성도 낮음

⇩

(문제해결) Slow Follower 전략을 탈피하여 선진국과 경쟁가능한 수준의 최신의 차세대 철도신호시스템*,,*** 기술개발 필요**

* 세계 최고수준의 기술개발 필요(LoA 3 수준 기술개발)

** Slow Follower 전략탈피 필요.

*** 글로벌 수준의 안전성(SIL-4) 인증 획득과 트랙 레코드 확보 필요

1. 사업추진 배경

■ 철도신호시스템은 선행 열차의 위치·속도와 선로조건 등을 연속적으로 검지하여 후속 열차를 제어하는 열차안전운행의 가장 기본적이면서도 핵심적인 장치

- 철도신호시스템은 열차의 진행 가부 및 위험의 유무 등을 차량에 전달하여 차량 운행의 안전성을 확보*하고, 정확성과 신속성으로 수송 능률 향상**을 도모하는 역할을 수행

  * 철도신호시스템 장애 발생 시 대형사고로 이어질 수 있음(2014년 5월 철도신호시스템 고장으로 서울 지하철 2호선 상왕십리역에서 출발하려던 전동차를 후속 전동차가 추돌하여 388명이 부상을 입은 사고 발생)

  ** 추가적인 노선 증설이나 신규 열차 투입 없이도 열차 간격 조정을 통해 수송량 증대 및 열차 지연 등의 문제 해결 가능

■ 우리나라는 철도의 고속화·자동화 추세와 수송능력·안전성 향상의 필요에 따라 외국에서 최신의 신호시스템을 지속 도입하여 사용 중

- **(일반철도)** 지상신호기와 자동열차정지장치(ATS*)를 全 노선에 설치·운영('69~)하다 '04년부터 주요간선에 유럽의 차상신호(ATP**) 도입

  * (Automatic Train Stop) 열차가 신호기 속도를 초과할 경우, 경보 및 자동 열차정지

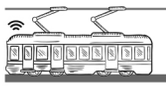
  ** (Automatic Train Protection) 선로에 설치된 전송장치를 통해 선로정보를 제공 받아 차상에서 허용속도를 생성하고 그 속도에 따라 운전 / 경부 등 18개(1,031km) 노선에 설치

- **(고속철도)** 경부고속철도 건설 당시 고속차량과 함께 프랑스에서 차상신호방식(ATC*)을 도입, 호남·수서고속철도에 설치·운용

  * (Automatic Train Control) 레일을 통해 전송되는 허용속도에 따라 열차를 운전

- **(도시철도)** 차상신호방식(ATC)을 설치·운용하다 최근 무인자동운전이 가능한 무선기반 신호시스템(CBTC*)을 해외에서 도입

  * (Communication Based Train Control) '11년 이후 개통한 6개 노선(신분당선, 인천2호선, 용인경전철, 김해경전철, 의정부경전철, 부산4호선)에서 운용



[표 2.1.1] 국내 도시철도용 신호시스템 적용현황

구분	선별	영업거리 (km)	신호시스템	개통 년도	기업(제조국가)	비고
1	서울교통공사 1호선	7.8	ATS	1974	경삼(일본)	
2	서울교통공사 2호선	60.2	ATS	1984	경삼(일본)	
3	서울교통공사 3호선	38.2	ATC	1985	US&S(미국)	
4	서울교통공사 4호선	29.5	ATC	1985	US&S(미국)	
5	서울교통공사 5호선	52.3	ATC/ATO	1995	US&S(미국)	
6	서울교통공사 6호선	35.1	ATC/ATO	2000	US&S(미국)	
7	서울교통공사 7호선	57.1	ATC/ATO	1996	US&S(미국)	
8	서울교통공사 8호선	17.7	ATC/ATO	1996	US&S(미국)	
9	서울교통공사 9호선	40.6	ATP/ATO	2009	Alstom(프랑스)	
10	우이신설선	11.4	ATP/ATO	2017	Ansaldo(이탈리아)	
11	신림선	7.8	RF-CBTC	2022	LS산전(대한민국)	KRTCS
12	동북선	13.4	RF-CBTC	2024	현대로템(대한민국)	KRTCS
13	안산선	26.0	ATS	1988	경삼(일본)	
14	과천선	14.4	ATC	1993	US&S(미국)	
15	분당선	52.9	ATC	1994	US&S(미국)	
16	일산선	19.2	ATC	1996	US&S(미국)	
17	신분당선	17.3	RF-CBTC	2011	Thales(프랑스)	
18	의정부경전철	10.6	IL-CBTC	2012	Siemens(독일)	
19	용인경전철	18.5	RF-CBTC	2013	Bombardier(캐나다)	
20	부산 1호선	32.5	ATC/ATO	1985	Nippon Signal(일본)	
21	부산 2호선	45.2	ATP/ATO	1999	Adtrans(스웨덴)	
22	부산 3호선	18.1	ATP/ATO	2005	Kyosan(일본)	
23	부산 4호선	12.0	IL-CBTC	2011	Kyosan(일본)	
24	부산김해경전철	23.4	RF-CBTC	2011	Thales(프랑스)	
25	대구 1호선	25.9	ATP/ATO	1997	Alstom(프랑스)	
26	대구 2호선	31.4	ATP/ATO	2005	Alstom(프랑스)	
27	대구 3호선	23.2	ATP/ATO	2015	Hitachi(일본)	
28	인천 1호선	29.4	ATP/ATO	1999	Siemens(독일)	
29	인천 2호선	29.1	RF-CBTC	2016	Thales(프랑스)	
30	광주 1호선	20.5	ATP/ATO	2004	Kyosan(일본)	

구분	선별	영업거리 (km)	신호시스템	개통 년도	기업(제조국가)	비고
31	광주 2호선	37.1	RF-CBTC	2023	Nippon Signal(일본)	
32	대전 1호선	20.47	ATP/ATO	2006	Siemens(독일)	
합계		878.27				

※ 출처 : 국토교통부(2015), “열차운행의 안전성 및 효율성 향상을 위한 도시철도 열차운영시스템 개량 최적화 기획연구”

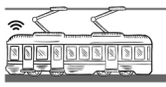
[표 2.1.2] 국내 고속철도용 신호시스템 적용현황

구분	선별	영업거리(km)	신호시스템	개통년도	기업(제조국가)	비고
1	경부고속선	399.7	ATC	2004	Alstom(프랑스)	
2	호남고속선	183.8	ATC	2015	Alstom(프랑스)	
3	수도권고속선	61.1	ATC	2016	Alstom(프랑스)	
합계		644.6				

※ 출처 : 한국철도공사 전기기술단 전기업무편람, 2018

[표 2.1.3] 국내 일반철도용 신호시스템 적용현황

구분	선별	영업거리(km)	신호시스템	개통년도	제조국가 및 기업	비고
1	경부선	441.7	ATP	2011	Bombardier(캐나다)	신호 개량
		441.7	ATS	1969	유경제어(대한민국)	
2	중앙선	102.5	ATP	2017	Bombardier(캐나다)	신호 개량
		373.8	ATS	1969	유경제어(대한민국)	
3	호남선	252.5	ATP	2010	Bombardier(캐나다)	신호 개량
		252.5	ATS	1969	유경제어(대한민국)	
4	전라선	180.4	ATP	2012	Bombardier(캐나다)	신호 개량
		180.4	ATS	1971	유경제어(대한민국)	
5	장항선	154.4	ATS	1976	유경제어(대한민국)	
6	충북선	115.0	ATS	1980	유경제어(대한민국)	
7	경전선	2.1	ATP	2010	Bombardier(캐나다)	
		277.7	ATS	1978	유경제어(대한민국)	
8	동해선	35.1	ATP	2015	Bombardier(캐나다), Thales(프랑스)	신호 개량
		49.5	ATS	1979	유경제어(대한민국)	



구분	선별	영업거리(km)	신호시스템	개통년도	제조국가 및 기업	비고
9	동해남부선	2.1	ATP	2011	Bombardier(캐나다)	
		142.5	ATS	1976	대한민국 유경제어	
10	영동선	192.7	ATS	1976	대한민국 유경제어	
11	태백선	104.1	ATS	1975	대한민국 유경제어	
12	경북선	115.0	ATS	1977	대한민국 유경제어	
13	경인선	27.0	ATS	1974	대한민국 유경제어	
14	경의선	11.5	ATP	2011	Bombardier(캐나다)	신호 개량
		56.0	ATS	1974	유경제어(대한민국)	
15	경원선	12.7	ATP	2017	Thales(프랑스)	신호 개량
		94.4	ATS	1974	유경제어(대한민국)	
16	경춘선	80.7	ATP	2012	Thales(프랑스)	신호 개량
		80.7	ATS	1980	유경제어(대한민국)	
17	교외선	31.8	ATS	1997	유경제어(대한민국)	
18	안산선	26.0	ATS	1988	유경제어(대한민국)	
19	수인선	2.05	ATS	2012	유경제어(대한민국)	
20	경강선	120.7	ATP	2017	Bombardier(캐나다), Thales(프랑스)	
		4.1	ATS	2017	유경제어(대한민국)	
21	대구선	29.0	ATS	1979	유경제어(대한민국)	
합계		2750.35	ATS(2750.35 km), ATP(1242 km)			

※ 출처 : 한국철도공사 전기기술단 전기업무편람, 2018

■ 철도신호시스템 외산도입으로 성능 개량 어려움, 신속 유지관리 어려움, 관련 비용증대로 시작하여 산업계의 철도 신호기술력 저하로 인한 시장경쟁력 약화 등의 심각한 문제 발생

- **(국외시스템 도입에 따른 운영한계)** 철도 신호시스템의 대부분을 국외기술에 의존하여 운용함에 따라 시스템 운용 및 유지관리에 어려움이 존재

  - **(설비 운용의 주권상실)** 최근 신호기술이 컴퓨터와 S/W 기반으로 고도화됨에 따라 운영 중 발생하는 국외 신호시스템의 고장과 장애, 니즈에 의한 시스템 수정·보완 등을 국외기술에 전적으로 의존

※ 과거 계전기(relay)와 같은 H/W 기반의 신호제어기술(Automatic Train Stop, Speed Code 방식)의 경우 장치의 고장확인이 가능하여 어느정도 국내기술로 유지보수가 가능하였으나, 최근 컴퓨터 기반의 신호제어기술(Distance-To-Go, Moving Block)의 경우 사고 고장 발생 시 국외기술에 의존이 불가피

- **(도입비용 증가)** 기술력 저하에 따른 가격협상 입지 저하로 국외 공급사들이 형성한 시장가격에 의해 계약이 이루어져 신호시스템 도입비용이 상대적으로 크게 발생*하며, 노선의 연장 시 타사 제품과 호환문제로 인해 독점에 따른 막대한 비용부담 발생[16]

* 일반·고속철도 신규·개량을 기존 시스템(외산)으로 설치 시 국산 시스템으로 설치하는 경우보다 1.8조원(총 6조원) 더 소요되는 것으로 파악됨[17]

※ 서울시 관계자에 따르면, 국산 신호시스템이 도입되는 경우 비용과 공사 기간이 줄어들고 건설 과정에서 외국사와의 교섭력 증대가 개선될 것으로 기대됨[18]

- **(유지관리 어려움)** 국외 신호시스템 도입 시 유지보수 및 발주 기간* 및 비용**, 기술 서비스*** 측면에서 유지관리에 어려움이 발생[19]

* (유지보수 및 발주기간 측면) 신호시스템 유지보수와 예비품 발주에 길게는 1년 이상 시간이 소요되어 철도 안전 및 안정적인 시스템 운영관리에 상당한 리스크 존재

** (유지보수 비용 측면) 시스템 고장 발생 시 서비스 받을 수 있는 최소 단위는 부품이 아니라 시스템 랙(rack) 단위이며 해외 공급사가 정의한 장치 family 그룹별 가격 책정으로 비용 부담이 막대하게 발생, 운영상 발생하는 변경사항(예, 노선에 역 추가 등) 발생 시 신호시스템 S/W 변경을 위해서는 100억 원 이상의 막대한 예산이 소요

** (유지보수 서비스 측면) 국외 시스템 도입 시 유지보수 인력에 대한 교육이 시스템 기능에 대한 설명 위주이기 때문에 고장 발생 시 자체적으로 원인 등을 파악하기 어려우며, 국내 상주하는 국외 기술자는 1명(기술영업 분야) 내외에 불과하며 문제 발생 시 신속한 기술적 지원을 기대하기는 어려운 실정임

16) 출처 : 매일건설신문(2018.08.06.) 서울동북선, '국산 철도신호시스템' 도입 국산화시 비용·공사기간↓ 3,793억 수출대체 효과

17) 국토교통부, '철도 신호통신시스템 국산화 계획', 2017.12

18) 서울경제 보도자료(2018.08.06.), '서울시, 동북선 경전철에도 국산 철도신호시스템 도입' 내용 재인용

19) 출처 : 공항철도(주) 인터뷰(2019.04.09.)

[표 2.1.4] 수입품 조달기간 사례(공항철도 Alstom 신호시스템)

연번	구분	자재 내역	납품기간
1	신호장치	주행거리계(odometer)	48주
		하향링크 안테나	68주
		전자연동장치 부품	45주
		궤도회로 장치 및 송수신 보드	45주

※ 출처 : 공항철도 전자조달시스템, 2007-2019

[표 2.1.5] 수입품 조달기간 사례(서울교통공사 2호선 Siemens 신호시스템)

연번	구분	자재 내역	납품기간
1	신호장치	열차방호장치 예비품(PCB, 동조유닛 등), 전자연동장치 예비품(PCB, 동조유닛, 통신모듈 등), 궤도회로장치 예비품(PCB, 동조유닛, 증폭기 등)	8개월

※ 출처 : 서울교통공사 신호사업소 구매목록 자료, 2018

[표 2.1.6] 수입품 조달기간 사례(대구도시철도공사 일본 Hitachi 신호시스템)

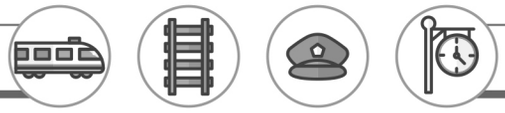
연번	대분류	자재 내역	납품기간
1	신호장치 (분기기장치)	15Kw 기어모터, 감속기No.3	57주
		로크실린더	41주
		3.7Kw기어모터, 감속기No.4	55주
		기어커플링, 체인커플링, 실리더모터	44주

※ 출처 : 대구도시철도공사 발주 견적, 2017-2018

- **(승객 서비스 저하)** 국외 시스템 운용시 발생되는 설비운용 주권의 상실은 결국 운행 장애와 지연으로 이어지며 승객(국민)의 서비스 저하로 이어짐

※ 지난 2019년 Thales CBTC를 적용한 부산김해경전철의 경우 신호시스템 보안장치의 인증문제가 발생하여 4시간 운행정지, 원인 및 조치가 이루어질 때까지 주말동안 전 구간 수동운전으로 운행[20)]

20) 출처: 경남 CBS(2019.11.25.) "부산김해경전철 운행정지 사고원인은 열차관리시스템 등 문제"



● **(산업 및 시장경쟁력 저하)** 국내 철도운영사가 최신 기술의 외산 신호시스템 도입을 선호*함에 따라 국내시장 축소, 국내기술 투자 기피, 기술력 약화의 악순환이 지속

* 국내의 경우 19년 기준 개통 중이거나 개통 예정인 전체 32개 노선 중 단 2개 노선을 제외한 30개 노선이 외산시스템을 채택, 일반철도의 경우 과거 ATS(Automatic Train Stop) 시스템에서 최근 외산기술 ATP (Automatic Train Protection) 방식으로 개량, 고속철도의 경우 외산기술 Speed Code 방식의 ATC를 도입

- **2018년 기준 국내 운영중이거나 도입예정인 철도노선의 영업거리를 토대로 한 국산 신호시스템 점유율은 도시철도 2.4%, 고속철도 0%, 일반철도* 63%에 불과**

* 일반철도의 경우 과거에 설치된 국산 ATS에서 점차 외산 ATP(ETCS L1)으로 개량이 이루어지고 있는 실정임.

※ 철도신호기술은 국산화·자립화를 이루지 못하는 한국철도산업의 가장 취약한 분야[21)]

- **(실용화 한계)** 연구개발 완료(SIL[22)] 인증서 및 공인기관 시험성적서 확보) 이후 운영기관에서 도입 시 영업선 운용 실적*,**을 요구하나 영업선 운용 실적을 확보하기가 쉽지 않아 개발기술의 실용화에 난항

* 광주도시철도공사 2호선의 경우 공고일 기준 최근 10년 이내 무선통신을 기반으로하는 완전자동무인운전 신호시스템을 제작·납품하여 영업 운전한 실적(km)을 요구[23)]

** 국외 인도의 경우도 공고일 기준 최근 10년 내에 이동폐색과 ATP 기능을 가지는 CBTC 운영실적을 최소 한 건 이상 요구[24)]

- **(철도산업 전반의 경쟁력 약화)** 국산 철도신호시스템 경쟁력 약화는 차량, 관제, 현장설비 등의 철도산업 전반의 경쟁력을 약화* 시킴

* 신호시스템은 관제, 열차, 인프라 등 설비의 매개 역할을 하면서 열차의 안전을 보장하는 안전필수 시스템(safety-critical system)이므로 신호시스템이 요구하는 인터페이스 기준과

21) 출처 : 해외철도 신호시장 변화에 따른 R&D 기술개발 방향성 설정, 국토매일(2015.07.07.)

22) Safety Integrity Level : IEC 61508, IEC 62278에 정의된 안전 무결성 수준, 가장 낮은 등급 SIL 0에서 가장 높은 등급 SIL 4까지 정의

23) 출처 : 광주도시철도 2호선 RFP, 2018

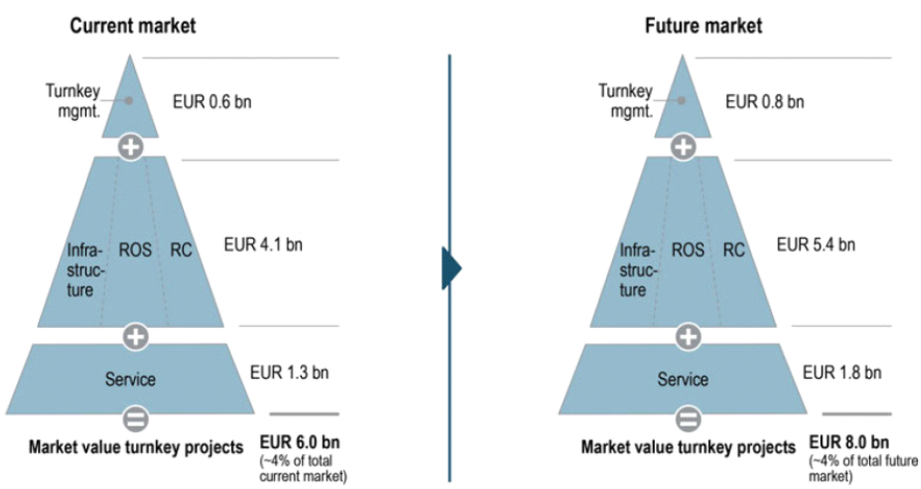
24) 출처 : 인도 칸푸르/아그라 메트로 201량 및 CBTC 신호 공급 사업 RFP, 2019

성능에 의거하여 차량, 관제, 인프라 등의 설비 공급이 이루어지므로 해당 기술의 확보는 철도산업 전반의 경쟁력에 영향을 끼침[25)]

- **(턴키 입찰방식 대응력 약화)** 글로벌 시장에서 턴키(Turnkey) 입찰방식[26)]의 시장 규모가 확대*되고 있으나 국산 철도신호시스템 기술력 저하로 철도시스템 턴키 입찰방식에 적극적인 대응이 어려움**

* 턴키 입찰방식의 시장규모는 연간 80억 유로(약 10조 6천억 원, 2021~2023년 기준)규모이며 2023년까지 매년 4.8%의 성장이 예측됨

** 현대로템은 2018년 대만 녹선(綠線)의 턴키 사업을 수주하여 차량, 관제, 통신 설비를 납품 예정이나 신호시스템은 독일 지멘스(Siemens)의 CBTC 솔루션인 Trainguard MT를 도입하여 납품할 예정[27)]



※ 출처: World rail market study(2018-2023), Unife

[그림 2.1.1] 턴키 시장규모(2021-2023)

[시사점]
국내 철도신호시스템 운영주권 확보 및 국내 철도신호시스템 산업생태계 활성화를 위해서는 선진국 기술과 경쟁 가능한 차세대 철도신호시스템을 자체개발하여 기존의 외산 시스템을 국산 시스템으로 대체하고, 이를 바탕으로 세계시장 진출 필요

25) 출처 : 철도 신호제작사 '현대로템' 인터뷰(2019.08.13.)
26) 노선의 궤도토목, 전력, 신호, 차량 등 철도시스템 전체에 대한 설계부터 시공을 포함하는 입찰방식
27) 출처 : 중앙일보(2018.07.31.) 현대로템, 5433억 규모 대만 녹선 턴키사업 계약

2. 사업추진 필요성

■ 최근 철도신호기술은 과거 지상·전기·H/W 중심에서 차상·통신·S/W 중심으로 변화하고 있으며, 이를 통해 지상 제어설비 축소와 높은 수송력 및 운영 유연성을 갖는 방향으로 진화하고 있음

- **(시장경쟁력 확보 및 운영주권 회복)** 신호시스템은 신/구 시스템 선택의 문제가 아니며 최신 철도 신호기술의 선제적 개발과 실용화 가능한 수준의 트랙레코드 확보가 시장경쟁력 확보로 이어짐.

  - 국내 도시철도의 경우‘10년 이후 적용 또는 선정(계획 포함)된 11개 도시철도 노선 중 9개 노선이 최신의 CBTC(KRTCS-1 포함)를 채택, 일반철도의 경우 점차 과거 ATS방식에서 ATP 방식이라 불리는 ETCS L1을 적용하고 현재는 최신의 ETCS L2(KRTCS-2 포함)를 적용 계획 중임.

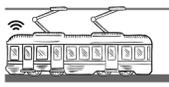
※ 철도 운영기관의 경우 영업선 적용실적을 가지고 있는 최신의 신호시스템을 선호하지만 국내 철도신호 연구개발은 늦은 추종자(slow follower) 전략과 트랙레코드의 부재로 인해 연구개발 결과의 실용화가 어려운 구조임.

- **(설비 단순화 – 유지보수성, 신뢰성 향상)** 현재까지의 열차제어시스템 개발 방향은 시스템 설비투자비 감소 및 유지보수 효율 향상을 위해 지상의 설비를 계속해서 단순화하거나 관련 기능을 차상으로 흡수하는 추세

  - 철도신호시스템 지상제어설비는 구축비용뿐만 아니라 유지·관리비용 측면에서도 운영기관에 큰 부담으로 작용하므로, 가능한 지상설비를 축소하고 관련 기능을 열차가 흡수하도록 열차 간 통신기반 지능형 제어기술개발이 요구됨

※ 기존의 열차제어시스템은 지상 ATP, EIS 등의 지상제어설비가 열차제어의 중심이 되어 관할 영역의 모든 열차를 관리하게 되므로 일정 수 이상의 열차를 투입할 경우 처리용량의 한계가 발생하고, 처리용량이 증가함에 따라 관련 설비의 증설이 필요한 구조임

- **(수송력 증대)** 도시 인구 집중화 및 기존 선로 포화 등으로 인해 정해진 노선에 가능한 많은 열차를 투입함으로써 수송력 향상이 가능한 새로운 철도신호시스템 기술개발이 요구되고 있음



- 2030년에는 전 세계 인구의 60%가 도시에 집중될 것으로 예측[28]되며, 도시 내 또는 도시와 도시 간의 승객 수송량 증대 요구는 지속적으로 증가할 것으로 예상되므로, 승객 수송량 증대는 철도 분야의 주요 미래 전략목표 중 하나임

※ 국내의 경우, 출근길 서울 지하철의 혼잡도는 170%(2017년 기준)에 달하여 대중교통 서비스의 질이 개선되지 못하고 있으며, 2016년 12월 SRT 개통 이후 평택~오송 구간의 상습적인 병목현상으로 인해, 기존 고속철도 운행 편수의 증편은 물론 SRT 노선 확대에도 제약이 잇따르고 있는 실정임.

[표 2.1.7] 혼잡도 기준

혼잡도(%)	승 객 분 포	승차인원(명)
100	3인용의자 앞 2명, 7인용 의자 앞 5명, 각 출입문 6~7명	160
153	3인용의자 앞 3명, 7인용 의자 앞 8명, 각 출입문 10명(균형분포)	244
200	3인용의자 앞 3명, 7인용 의자 앞 8명, 각 출입문 15명(어깨스침)	320

* 자료 : 철도통계집(국토부, 2013년), 기본좌석 수 및 정원(TC 48석 148명, T,M 54석 160명)
※ 예비타당성조사 시 도시철도는 150% 혼잡도 적용

- **(시스템 유연성 - 운영 유연성 및 확장성 향상)** 노선의 확장, 투입열차의 증대 및 유동적인 수송수요 등 운영상의 수요에 대응이 가능하도록 주행 중 열차편성 간 분리·결합이 자유로운 차세대 열차제어 기술개발 필요

  - 현재까지 철도신호시스템 운영은 철도 운영사 및 중앙 관제 중심의 고정적인 형태로 운영되고 있어, 승객에 대한 운영자의 서비스 제공에 있어 근본적인 한계가 발생하고 있음

※ 기존의 지상중심 열차제어시스템은 지상제어시스템의 처리 용량으로 인해 노선에 열차의 최대 투입량이 정해져 있으며, 열차의 편성조성 또한 열차와 열차 사이 연결과 분리는 물리적 연결기를 통해서만 가능하여 유동적인 수송수요에 대응하기 어려운 구조임

- **(지능화(자율화) 향상 - 안전성 향상)** 주행상황에서 발생하는 여러 가지 이례적인 상황을 열차 간 협업을 통해 열차 스스로 인지하고 판단하여 제어함으로써 신속하면서 정확한 대응이 가능한 지능형 열차 간 협업체계 및 열차제어 기술

28) 출처: United Nations, World Urbanization Prospects: The 2005 Revision (2006) and Carl Haub, 2007 World Population Data Sheet

개발이 요구됨

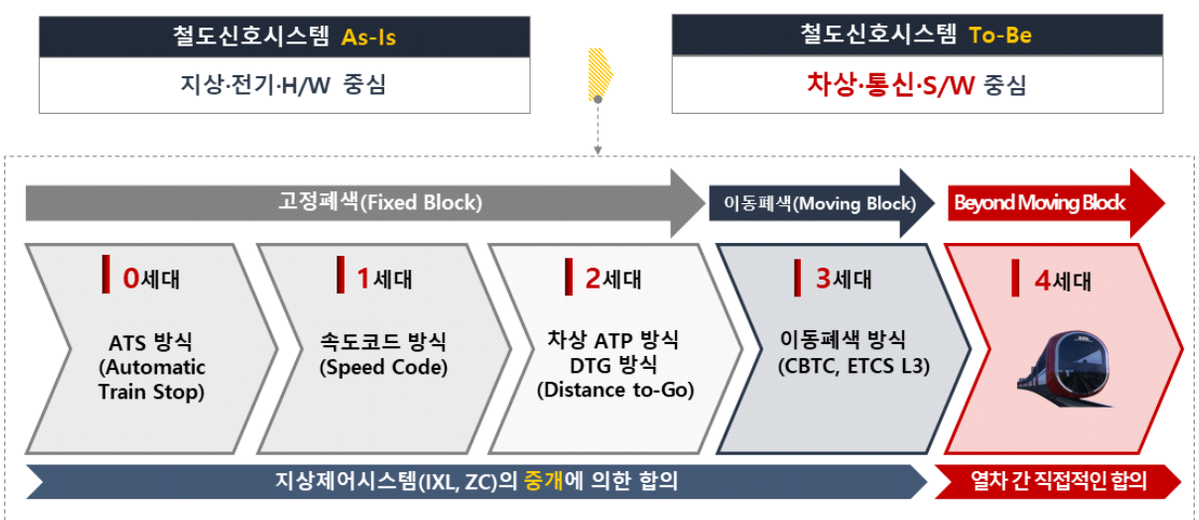
- 열차의 운행 중 사고 및 고장 등의 이례적 상황 발생 시 관제의 운영자가 수동으로 열차운행을 조작함으로써 신속한 대응이 불가능하고 인적오류의 위험이 존재함

■ **철도 선진국들은 기존 지상중심 신호시스템*이 가지는 한계**극복을 위해 완전한 열차중심으로 제어패러다임이 변화된 차세대 철도신호시스템*** 기술을 활발히 연구 중이며 향후 철도신호시스템의 근본적인 변화가 예상됨**

* 열차의 간격제어와 선로의 분기제어를 지상시스템의 중개(仲介)에 의해 수행

** 지상시스템 중개에 의한 유지 보수성(신뢰성), 수송력, 시스템 유연성, 지능화(자율화) 한계

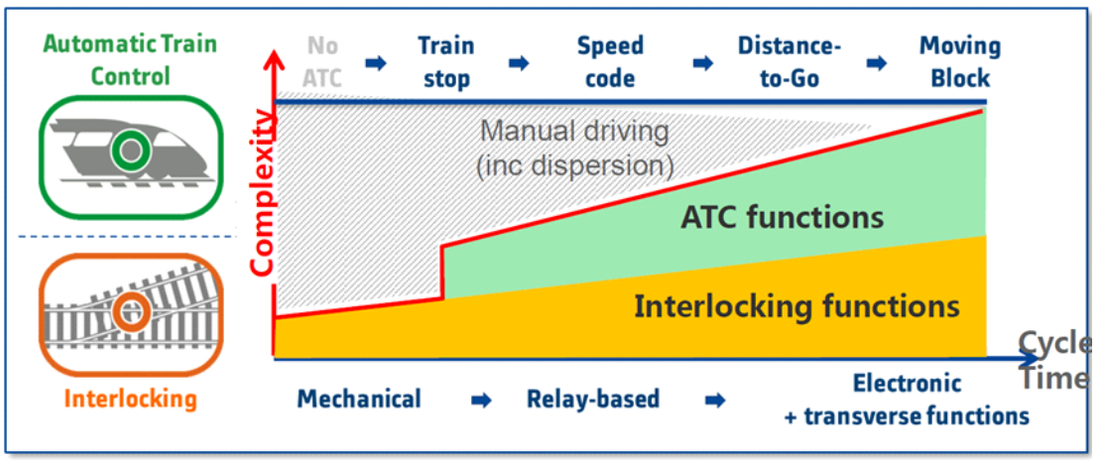
*** T2T(Train-to-Train) 기반으로 지능화된 열차 간 직접적인 합의에 기반하여 열차의 간격제어와 선로의 분기제어 수행



[그림 2.1.2] 철도신호시스템 기술개발 추이

- **(열차중심으로 변화)** 유럽을 중심으로 국외 철도 선진국들은 기존 지상 중심(wayside-centric) 제어의 한계(수송력, 유연성, 유지보수성, 지능화 등)극복을 위해 완전한 열차중심(train-centric)*의 철도신호기술 연구 중

* 지상제어설비(ZC, IXL) 없이 선행열차와 후행열차 간 direct-path 형태의 직접적인 제어경로를 통해 열차간격을 안전하게 제어



※ 출처: Alstom – Urbalis Fluence

[그림 2.1.3] 철도신호시스템의 변화에 따른 복잡도

- 현재의 신호시스템은 차상→지상→차상의 순환 제어 흐름으로 인해 간격 제어 효율이 저하되며, 열차 간격제어(ATC)를 위한 지상 간격제어기(Zone Controller)와 분기제어기(연동장치, IXL)와의 비동기 제어와 간격제어 처리 용량의 한계로 인해 투입 열차 수가 제한

- 최신의 CBTC도 고정폐색 기반 연동장치(IXL)에 이동폐색 기반의 간격제어 기능이 공존함에 따라 복잡도 증가 및 성능저하가 발생되며, 분기구간에서는 여전히 고정폐색의 성능 한계를 보임

- 철도 선진국 및 주요 기업은 열차 간 주행 간격을 더욱 좁게 유지하고, 궁극적으로는 이동 중 동적으로 결합과 분리함으로써 유동적인 수요변화에 따라 노선의 확장 또는 투입 열차의 증대 등 운영상의 변화에 탄력적 대응이 가능한 신호 제어기술 개발 중

- 더 나아가 교착상태(deadlock) 발생 시 운영자(관제사 및 기관사)의 수동개입 없이 지능화된 열차 간의 직접적인 합의를 기반으로 경합 해소가 가능한 자율주행 철도시스템을 활발히 개발 중

  ① (프랑스 Alstom LoA_2 수준) 지난 2013년부터 기존의 CBTC와 같은 지상 중심 무선통신기반열차제어시스템의 한계를 극복하기 위해 수송력 30% 향상과 시스템 신뢰도 20% 향상이 가능한 차세대 Train-centric CBTC Solution인 Urbalis Fluence[29]을 개발 중이며 지난 2019년 프랑

스 Lille Metropole(LMCU) 신호시스템 개량사업(revampling)에 첫 적용[30]을 위한 시험 운행 중

② (독일 DLR LoA_3 수준) 독일 항공우주센터(DLR: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.)은 주행 중인 열차의 가상커플링을 위해 열차 간 직접적인 통신과 열차의 상대위치에 대한 연구개발[31]을 수행 중

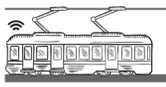
③ (프랑스 Thales LoA_1/2 수준) 현재 세계 CBTC 시장을 선도하고 있는 Thales의 경우 Autonomous Train[32] 연구개발을 통해 열차운전의 자동화 수준을 나타내는 GoA와 달리 열차운영의 자율화 수준을 나타내는 새로운 개념의 LoA를 제시하고 있으며 관련 연구개발을 수행 중

④ (일본 Ansaldo STS LoA_1 수준) 일본 Hitachi 그룹에서 2015년 인수한 글로벌 철도기업 Ansaldo STS는 최근 자율주행 화물철도에 대한 연구를 수행 중이며 LoA 1 수준의 자율화를 통해 최종 GOA 4수준의 자동운전을 수행하는 것을 목표로 연구개발을 진행 중임
현재는 호주 Rio Tinto의 철광석 운반을 위한 화물열차에 열차 스스로 전방감시를 수행할 수 있도록 AI, 머신러닝 등을 결합한 LoA 1과 GoA 2 수준의 자율철도를 개발 완료

⑤ (일본 RTRI-LoA_1/2/3 수준) 열차가 스스로 전방의 상황을 인지하고 열차 간 직접통신을 통한 간격제어와 열차가 스스로 분기제어를 수행할 수 있으며, 열차는 승객의 흐름, 날씨 등의 인지를 통해 열차의 지연을 예측하고 재스케줄링을 수행 가능한 Autonomous Train[33]을 개발 중

⑥ (영국 RSSB-LoA_2/3 수준) 2017년 열차의 수송량(capacity) 증대를 위해 Closer Running[34] 프로젝트를 착수하였으며 “열차 대 열차간 통신기반 열차제어기술”, “지능형 자율주행 열차기술”, “주행 중 여러 열차의 가

29) Urbalis Fluence, Alsotm(https://www.alstom.com/our-solutions/signalling/urbalis-cbtc-range-future-signalling-systems)
30) Re-signaling, Lilli Metropole(https://www.railwaygazette.com/vehicles/alstom-rolls-out-next-generation-lille-metro-train/55138.article)
31) Virtual Coupling, DLR(https://verkehrsforschung.dlr.de/en/innotrans-2018/dynamisches-fluegeln-1)
32) Autonomous Train, Thales(https://www.thalesgroup.com/en/markets/transport/signalling/autonomous-train)
33) Autonomous Train, RTRI(https://www.rtri.or.jp/eng/press/2018/nr201805_01_detail.html)
34) Closer Running, RSSB(https://www.rssb.co.uk)



상결합 및 분리기술” 및 “지능형 열차 간 합의를 통한 재스케줄링” 등의 연구내용을 포함

⑦ (유럽연합 Shift2Rail LoA_3 수준) 유럽연합(EU)의 지원하에 선진제작사, 운영기관 등이 참여하여 수행되는 대규모 프로젝트이며 그 중 선로의 용량 즉, 수송량을 획기적으로 증대하면서 노선의 운영자 또는 승객에게 높은 수준의 서비스를 목표로 물리적 연결기가 아닌 열차 간 직접적인 통신기반의 가상연결기(Virtual Coupler)[35]에 대한 연구를 2018년부터 수행 중임

⑧ (중국 국립자연과학재단 LoA_2 수준) 중국 국립자연과학재단의 지원을 통해 베이징 Jiaotong 대학 등에서 열차간 통신기반의 간격 제어에 대한 활발한 연구를 진행 중이며 ETCS Lv2에 overlay 가능한 프로토타입을 개발[36]하여 시험 중

- **(‘자율주행 철도’선택이 아닌 필수)** 2030년 이후 글로벌 철도신호시스템 시장은 완전한 열차 중심의 자율주행 철도신호시스템으로 전환될 것으로 예상됨.

① (프랑스 Alsotm - Urbalis Fluence 적용확대) 프랑스 Alstom의 최근 계약한 13개 프로젝트 중의 6개 사이트는 LoA_2 수준의 차세대 Train-centric CBTC Solution인 Urbalis Fluence가 적용[37]될 예정이며 향후 차세대 CBTC 적용이 급속히 확대될 것으로 전망됨

② (포춘지 - 자율철도 적용 확대전망) 철도에 AI, 머신러닝 및 첨단 기능을 추가한 자율철도 신호체계의 적용은 화물열차를 시작으로 가까운 미래에 점차 확대[38]될 것으로 전망

③ (프랑스 SNCF - 2023년 자율철도 적용) 프랑스 SNCF는 캐나다 Bombardier와 프랑스 Alstom과의 협업을 통해 2023년부터 5G 통신 등을 이용한

35) Virtual Coupling, EU Shift2Rail(https://shift2rail.org/research-development/ip2/), Alsotm, Ansaldo STS, Bombardier, CAF, Deutsche Bhan 등의 회사가 참여

36) Song, Haifeng, Tuo Shen, and Weiyang Wang. "Train-centric communication-based close proximity driving train movement authority system." IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine 10.3 (2018): 22-34.

37) The European Metropolitan Area of Lille and Alstom present the future metro and its 52-metre trains, Alsotm (https://www.alstom.com/press-releases-news/2019/11/european-metropolitan-area-lille-and-alstom-present-future-metro-and)

38) Autonomous Trains Are Ready to Roll, Fortune(https://fortune.com/2019/07/29/autonomous-trains-challenges/)

LoA_1 수준(열차는 자체센서를 통해 자신의 위치는 물론 전방의 경로에 장애물을 인지하여 스스로 제동을 체결 및 원격제어가 가능한 수준)의 Autonomous Train 운행을 계획[39] 중

④ (독일 DB – 2021년 자율철도 시범노선 운행) 독일 DB(Deutsche Bahn)은 Nokia 5G 통신기술을 이용 2021년까지 23km 운행구간에 LoA_1 수준의 S-Bhan Autonomous Train을 시험 운행을 계획[40] 중

⑤ (유럽 MOVINGRAIL - 가상연결기 적용성 검토) 유럽연합(EU)의 지원으로 추진중인 Shift2Rail의 하위 프로젝인 MOVINGRAIL은 현재 운영중인 노선에 LoA_3 수준의 가상연결기 적용을 위한 시장 잠재력과 도입을 위한 운영시나리오를 제시[41]

⑥ (유럽 IRSE - 열차간 통신기반의 차세대 신호방식 제시) 유럽의 철도신호 엔지니어협회(IRSE)는 LoA_2 수준의 열차간 통신 기반의 자율주행 철도신호체계를 command and control 4.0으로 정의하였으며 ERTMS/ETCS에서 추구하고 있는 단일 유럽철도망(SERA: Single European Railway Area) 구축을 위한 궁극적인 시스템으로 제시[42]

⑦ (독일 DLR - 가상연결기 프로토타입 개발) 독일 항공우주센터(DLR)은 유럽연합(EU)의 지원으로 추진중인 Shift2Rail에 참여하여 LoA_3 수준의 열차의 가상연결에 대한 연구개발을 수행 중이며 화물열차 NGT CARGO를 대상으로 주행 중 열차의 동적 가상 커플링을 위한 열차 간 상대위치, 속도, 가속도를 기반으로하는 기초적인 간격제어 시스템(20km/h 이내 속도제한)을 개발하여 2018년 Innotrans 철도박람회에서 시연[43]함

⑧ (스페인 CAF - 트램기반 가상연결기 시험) 스페인 CAF(Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles)는 유럽연합(EU)의 지원으로 추진중인 Shift2

39) SNCF's train of the future(https://www.globalrailwayreview.com/article/77742/sncf-sustainable-connected-rolling-stock/)

40) Nokia and Deutsche Bahn to test standalone 5G for autonomous trains(https://enterpriseiotinsights.com/20191212/channels/news/nokia-and-deutsche-bahn-to-test-standalone-5g-for-autonomous-trains)

41) Deliverable D4.1 Market Potential and Operational Scenarios for Virtual Coupling, MOVINGRAIL, 2018(https://projects.shift2rail.org/download.aspx?id=389ad7b0-9a77-42fe-87c6-43ee10d833d5)

42) Command and Control 4.0, IRSE(https://www.era.europa.eu/sites/default/files/library/docs/command_and_control_en.pdf)

43) Dynamic Virtual Coupling, DLR(https://verkehrsforschung.dlr.de/en/innotrans-2018/dynamisches-fluegeln-1)

Rail에 참여하여 LoA_3 수준의 열차의 가상연결에 대한 연구개발을 수행 중이며 2018년 Innotrans 철도박람회에서 두 대의 트램을 가상의 연결기로 연결하고 하나의 트램으로 구성하여 6m 간격을 유지하면서 주행하는 시연[44]을 선보임

⑨ (유럽 ERRAC - 2030년 열차군집주행과 가상연결 로드맵 제시) 유럽철도 연구자문위원회 ERRAC(European Rail Research Advisory Council)[45]는 2030년 모비리티에 대한 도전과제로 LoA_3 수준의 열차의 군집운행(platooning)과 가상연결(virtual coupling)을 포함한 비전을 제시[46]

■ 그간 국내 철도신호시스템 국산화를 위한 노력은 선진국에 비해 20년 이상 늦은 시점에서의 Slow Follower 방식의 전략[47]으로 기술경쟁력 및 시장경쟁력 확보에 한계

- 지난 2014년 KRTCS(Korean Radio-based Train Control System)를 개발 완료[48]하였으나, 이는 초기형 RF-CBTC 기술로서 현재 최신의 국외 RF-CBTC 대비 기술 수준이 저하되는 것으로 평가됨
  - 신분당선과 인천 2호선의 Thales CBTC의 경우 지상의 지역제어기(ZC)와 연동장치(IXL)의 통합형으로 별도로 구성된 KRTCS-1에 비해 시스템 구조가 단순하고 유지관리에 용이[49]

- 철도신호시스템의 글로벌 패러다임이 기존의 CBTC 방식에서 완전한 열차중심 방식으로 변화하고 있는 점을 고려할 때, 향후 KRTCS 국산화 및 상용화가 성공적으로 진행된다 하더라도 철도신호시스템의 외산종속 탈피 및 세계시장 진출은 요원

44) Virtual Coupling, CAF(http://magazine.mafex.es/en/trains-virtual-coupling/)

45) ERRAC - 유럽 철도부문 R&I(Research & Innovation) 비전을 제시하여 Shft2Rail과 같은 공동사업을 수행하는데 기여

46) Rail 2030 Research & Innovation Priorities, ERRAC

47) 빠른 추격자(Fast follower)보다 느리게 경쟁자들의 기술개발이 종료된 단계에서 기술을 추격하는 상황을 의미

48) KRTCS-1은 Bombardier가 2003년 상용화한 도시철도용 RF-CBTC(Radio Frequency CBTC 1990년대 개발 완료)를 20년 이상 늦은 2014년 개발 완료한 것으로, 향후 신림선('21~), 동북선('24~) 등 일부 노선에 적용 계획 중

49) 출처: 철도 운영기관 '네오트랜스' 인터뷰(2019.03.18.), 철도 운영기관 '공항철도' 인터뷰(2019.04.09.), 철도 신호제작사 '현대로템' 인터뷰(2019.08.13.)

- 철도신호시스템은 신/구 시스템에 대한 선택의 문제가 아니며 운영사의 입장에서 가장 최신의 신호기술을 선호*하며, 기술의 종속성이 강함**

* 국내의 경우 '10년 이후 적용 또는 선정(계획 포함)된 11개 도시철도 노선 중 9개 노선이 CBTC를 채택

** 타 산업과 달리 일반적으로 철도신호시스템은 하나의 노선에 2종류 이상의 신호시스템이 공존하지 못하고, 일단 노선에 특정 신호시스템이 적용이 되면 해당 노선이 연장 또는 변경이 되더라도 해당 제작사의 신호시스템이 적용되어야 함

- 철도신호시스템은 수송력, 안전성, 지상설비 절감으로 유지보수성이 향상된 최신의 신호기술을 확보한 소수 기업이 시장을 지배*하며 기술선점 실패 시 시장에서 외면되어 도태**되기 때문에 최신 기술의 선점이 무엇보다 중요

* 2018년 7월 기준, 상위 5개사가 전체 CBTC 프로젝트의 95%를 점유하고 있음[50)]

** CBTC 기술의 후발주자(2006년도 개발)였던 Ansaldo의 경우 낮은 시장점유율(전체 CBTC 노선의 5.4%)로 시장 경쟁력이 약화되었으며 결국 지난 2015년 일본의 Hitachi에 인수됨

- 현재 국내에서 개발 중인 철도신호시스템*의 경우, 해외 선진국에 비해 기술사양이 낮아 국내 운영사의 선택을 받지 못할 가능성이 크며, 향후 세계시장이 완전한 열차 중심의 자율주행 철도신호시스템으로 전환될 것으로 예상되는 점을 고려할 때 세계시장 진출 가능성도 낮은 것으로 판단됨

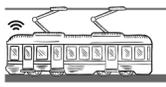
* 지난 2014년 개발한 도시철도용 KRTCS-1은 선진국에서 이미 20년 전에 개발한 CBTC 기술이며 지상설비가 복잡(zone controller와 IXL이 별도의 시스템으로 존재), 현재 해외 주요 기업들은 이미 그보다 개선된 차세대 CBTC(zone controller과 IXL 통합형)를 공급 중

* 현재 개발 중인 일반/고속철도용 KRTCS-3는 유럽연합(EU)에서 이미 20년 전에 정의한 ETCS L3 기술이며, 현재는 ETCS L3에 가상연결기와 같은 beyond moving block 기술을 접목한 차세대 철도신호기술을 개발 중임.

■ 동 사업을 통해 기존의 Slow Follower 전략을 탈피하여, 선진국과 경쟁 가능한 수준의 차세대 철도신호시스템 기술개발 필요

- **(세계 최고 수준의 기술개발 필요)** 철도신호 패러다임의 근본적인 변화(지상중

50) Wikipedia(en.wikipedia.org/wiki/Communications-based_train_control) 자료 기준



심→열차중심)를 통해 운전시격 한계를 극복하고, 운영 중 자유로운 분리·결합을 통해 수송수요에 탄력적으로 대응 가능한 차세대 철도신호 기술개발 필요

- **(LoA_1 기술확보 : 3분 이내 자기회복 및 원격접속제어)** 운영 중 제어시스템 오류발생시 스스로 자기회복이 가능하며 필요시 원격의 관제에서 열차를 수동제어할 수 있는 기술개발 필요

- **(LoA_2 기술확보 : 제어성능 30% 향상, 신뢰도 20% 향상)** 지상의 중앙제어시스템(연동장치, 지역제어기) 없이 열차스스로 안전 간격과 분기를 제어하는 기술개발 필요

- **(LoA_3 기술확보 : 분리결합 오류/시간 Zero 化)** 5G 통신 등의 기술을 이용한 digital 연결기를 통해 주행중 열차의 분리와 결합을 통해 하나의 열차처럼 주행하는 기술개발 필요

- **(트랙 레코드 확보 : SIL-4 인증 및 트랙 레코드 인증)** 신규 제어시스템에 대한 안전성 입증 및 표준체계 구축과 더불어 상용화 가능한 수준까지 운영요구사항을 반영한 트랙 레코드 확보 필요

● **(Slow Follower 전략 탈피 필요)** 동 사업을 통해 철도신호 제어패러다임이 완전한 열차 중심으로 변화하는 적기에 대응함으로써 기술의 선점을 통한 입지적 우위 확보 필요

- 새로운 신호시스템의 개발은 단기간에 대응 불가능하며 차세대 신호시스템에 대한 기술개발이 적기에 이루어지지 않을 경우, 향후 해외 선도국의 신규기술 보급으로 또다시 시장잠식과 기술종속으로 인한 막대한 피해가 발생하는 악순환 예상

- 차세대 철도신호 기술은 우리나라가 강점을 가지는 첨단 통신 및 S/W 기반으로 종전의 제어패러다임의 근본적인 변화가 이루어지며 철도신호 후발주자에서 기술의 선도국으로 도약할 수 있는 적기임

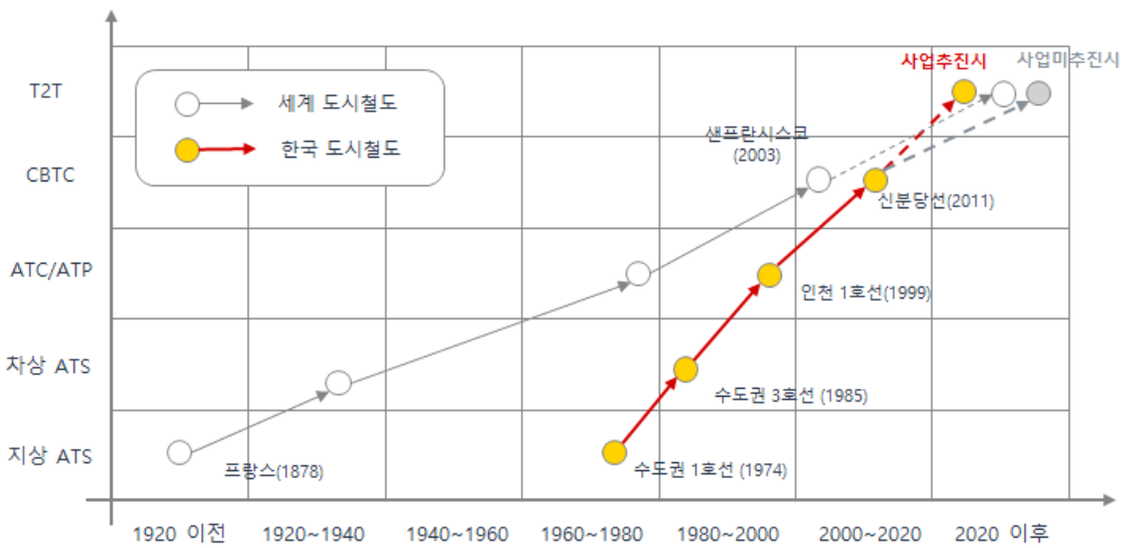
- 그 동안 수행되었던 CBTC 국산화 연구 성과*, 철도기술연구원 자체예산으로 수행된 “지능화된 열차가 합의 기반 철도 신호제어 기술개발 과제” 성과** 및 우리나라의 통신, IT 강점*** 등을 기반으로 T2T(train-to-train) 기반의 차

세대 철도신호 기술개발 선도 가능

* KRTCS-1~3 등 기존의 기술개발 성과 제시를 통해 기반기술 확보 강조

** 철도연 자율주행 BIG사업 목표 및 내용 소개를 통해 차세대 T2T 신호시스템 선행연구 수행 중이라는 점 소개

*** 통신, IT 강점이 T2T방식 신호시스템기술 선점에 유리하다고 주장하는 근거, 사례 제시

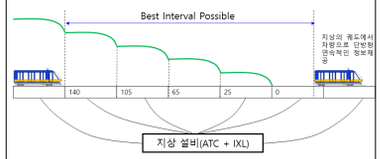
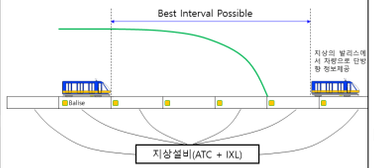
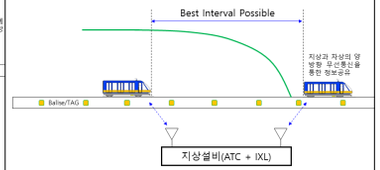
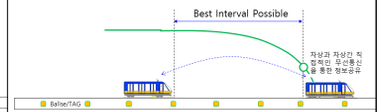


[그림 2.1.4] 국내외 열차제어시스템 도입 동향

[소결]

철도신호시스템의 외산종속 탈피 및 세계시장 경쟁력 확보를 위해서는 기존의 Slow Follower 전략을 탈피하여, 철도신호 패러다임의 근본적인 변화(지상중심→열차중심)를 고려한 세계 최고 수준의 자율주행 철도신호체계 기술선점 필요

[표 2.1.8] 기존 신호시스템과 T2T방식의 차세대 신호시스템 비교

구분		Speed Code 신호체계	Distance-To-Go 신호체계	Moving Block 신호체계	신규 Train-centric 신호체계	비고
제어방식		Fixed Block(고정 폐색) - 지상의 계단식 속도코드에 의한 간격제어 	Fixed Block(고정 폐색) - 열차의 제동곡선에 의한 간격제어 	Moving Block(이동 폐색) 실시간 열차위치에 기반한 제동곡선에 의한 간격제어 	Beyond Moving Block(개선된 이동 폐색) 열차간 직접통신기반 향상된 간격제어 	전기·H/W·지상 중심 ↓ 통신·S/W·차상 중심으로 변화
설비 구성	차상	- 차상 ATC/ATO	- 차상 ATC/ATO	- 차상 ATC/ATO	- 차상 ATC/ATO	지상설비가 점차 단순화, 차상설비의 기능이 증대
	지상	- 궤도회로, 신호기 - 연동장치(IXL) - 지상 ATC - 유선 통신망	- 궤도회로, 신호기 - 연동장치(IXL) - 지상 ATC - 유선 통신망	- 연동장치(IXL) - 지상 ATC(Zone Controller) - 유무선 통신망	- 유무선 통신망	
수송력[51] (도시철도 적용 기준)		최소 운전시격 150초	최소 운전시격 120초	최소 운전시격 90초	최소 운전시격 60초	운전시격 단축으로 수송력 증가
유연성	분리 결합	신호시스템에서 지원불가, 운영자 책임하에 수행	운영자 책임하에 분리결합 수행(신호시스템에서 지원불가)	운영자 책임하에 분리결합 수행(신호시스템에서 지원불가)	신호시스템 지원하에 분리결합 수행	
	열차 투입	노선 증설시 지상시스템 증설필요. 1폐색 당 최대 1편성 투입 가능	노선 증설시 지상시스템 증설필요. 1폐색 당 최대 1편성 투입 가능	노선 증설시 지상시스템 증설필요. 1 Zone 당 최대 투입가능한 열차편성 수가 고정	노선 증설시 지상시스템 증설 불필요. Zone의 개념이 없이 열차투입 가능	
지능화	자동화 수준	GOA_1~GOA_2	GOA_1~GOA_3	GOA_1~GOA_4	GOA_1~GOA_4	신호시스템의 개입범위 확대로 안전성 및 효율성 향상
	자율화 수준	LOA_0	LOA_0	LOA_0	LOA_1~LoA_3	
기술개발 현황			KRTCS-2(일반 및 고속철도) 개발완료('18)	KRTCS-1(도시철도) 개발완료('14), KRTCS-3(일반 및 고속철도) 개발중		

51) Cesar Briso-Rodríguez, Juan Moreno García-Loygorri and Lei Zhang (December 20th 2017). Transmission-Based Signaling Systems, Modern Railway Engineering, Ali Hessami, IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.70617.

2절 정부지원의 필요성

- **(국가차원 철도 연구개발 투자 당위성)** 국가 기간망의 안전하고 효율적인 운행 및 통제를 위한 운영주권 확보를 위해 국가적 차원에서의 투자가 절실

  - **(국가 기간망 운영주권 확보)** 기술종속으로 인한 폐해*,**를 방지하고 국가 기간망의 안전하고 효율적인 운영관리를 위해 철도신호기술의 개발은 국가차원의 지원이 반드시 필요

  * (사고 발생에 대한 원인규명 불가) 신호기술이 국외기술에 종속되는 경우 만약의 사고 발생시 사고의 원인규명 또한 국외에 전적으로 의존, 열차운행의 안전을 책임지는 신호시스템의 특성을 고려할 때 정확한 원인규명을 기대하기 어렵기 때문에 자국 기술력 확보가 필수

  ** 기간망의 건설과 유지관리에 어려움 뿐만 아니라 기존 철도신호 및 산업 전반에 경쟁력이 약화되어 국가차원의 투자가 절실

  - **(국가차원의 지원없이 개발 불가능한 영역)** 새로운 철도 신호시스템 개발*은 개별 기업이 접근하기 어려운 영역**이며 국가 기간망의 운영주권 확보를 위해서 국가 차원의 지원이 필요

  * 시범노선 구축 및 시험열차 확보, 안전 무결성 레벨 확보를 위한 인증 등 높은 리스크, 막대한 연구개발비(시범노선의 구축과 시험열차 2편성 확보 등)와 장기 연구개발 투자 요구되며 상용화를 위해서는 영업노선에 준하는 운영실적이 요구되어 개별 기업이 수행하기 어려운 영역임.

  ** 유럽의 경우 EU(유럽연합)의 막대한 예산지원하에 유럽 각국 기업이 참여하는 방식으로 신규 철도신호기술에 대한 연구개발을 수행 중임.

  - **(철도산업 전반의 경쟁력 확보 필요)** 철도 신호기술 경쟁력은 곧 철도산업 전반의 기술경쟁력에 영향*을 미치며 국내 철도산업 경쟁력 확보를 위해서는 국가 차원의 지원이 요구됨

  * **(철도신호에 의해 관제 및 인프라 시스템이 결정)** 철도신호는 열차, 관제, 인프라 등의 자원을 안전하고 효율적으로 관리하는 기술이며 철도신호기술에 따라 열차, 관제, 인프라와의 인터페이스에 영향을 미침, 즉 일반적으로 신호시스템 제작사가 관제 ATS를 포함한 전체 관제설비

와 인프라(연동장치, 선로전환기)를 결정[52], 열차의 경우도 신호와 인터페이스 되는 열차의 모든 부분을 신호의 요구사항에 따라 맞추어야 하는 상황[53]임.

- **(국가 기간망 연계를 위한 표준체계 구축과 관리 필요)** 국가 기간망의 효율적인 운영에 필요한 연계운행과 안전한 노선의 운영관리를 위해서는 표준체계를 통한 관리가 필수적이며 이를 위해 국가 차원*에서 철도 신호시스템 개발 지원이 필요.

* 철도 선진국인 유럽, 일본 및 중국 등의 경우도 국가 차원에서 철도 신호시스템 개발지원이 이루어고 있으며, 특히 유럽의 경우 유럽 철도 단일망(SERA: Single European Railway Area) 구축을 위해 유럽연합(EU) 차원의 대규모 연구개발 수행과 지속적인 관리수행 (예 : ETCS, NGTC, Shfit2Rail 등)

[표 2.2.1] 도시철도 및 일반·고속철도 신호시스템 표준

도시철도	일반·고속철도	
미국(CBTC)	유럽(ETCS)	중국(CTCS)
뉴욕 지하철 노선의 안전성 (연속적인 열차 방호) 및 효율성 향상(고정폐색→이동폐색)과 안정적인 공급원을 확보하기 위해 표준사양 개발 - IEEE 1474 표준반영 - 전 세계 146개 노선 적용	유럽 단일노선(SERA[54])을 위해 노선간 연계운행이 가능하도록 1996 년부터 유럽에서 제정한 표준규격(ETCS Lv. 0~3) - Base Line 1 : 1996 - Base Line 2 : 2000(SRS 2.0.0) - Base Line 3 : 2008(SRS 3.0.0)	중국 일대일로(one belt and one road) 완성을 위해 유럽의 ETCS 기반으로 자국의 규격화 추진 (CTCS Lv. 0~4)

- **(표준체계 지속관리·발전)** 기존 연구성과*의 활용도를 높이기 위해 기존 시스템과 하위호환성을 가지면서 고(高) 수송 효율성을 가지는 차세대 신호시스템 개발** 위한 정부 지원 필요

* 국토교통부방침('10.11)에 의거 한국형 철도신호시스템(KRTCS) 표준체계 구축을 통해 하위 레벨 호환성 확보, 기존 연구성과가 적용된 노선과의 상호연계 및 운영의 중단 없는 시스템 개량이 가능한 차세대 신호시스템 개발 필요, 미시행시 기존 연구성과 사장 우려

** 기존 철도신호제어의 한계를 극복하기 위해 높은 수송효율성과 운영 효율성을 가지도록 기존

52) 철도 신호제작사 '대아티아이' 인터뷰(2019.03.28.)

53) 철도 차량 및 신호제작사 '현대로템' 인터뷰(2019.08.13.)

54) Single European Railway Area

의 관제(스케줄/통제)-신호(상위제어)-열차(하위제어)-선로/승객 인터페이스를 포함하여 철도 신호제어의 패러다임을 변화

- **(국가적 책무)** 국가 기간망인 철도운영의 효율성 향상과 산업경쟁력 향상은 국가적인 책무에 해당

  - **(철도산업발전기본법)** 국가는 법령에 따라 국민의 교통 편익증진을 위한 철도수송 효율성 향상과 철도산업의 경쟁력을 높이기 위한 투자와 시책을 마련해야 함

철도산업발전기본법 제4조2항

- 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.

철도산업발전기본법 제7조2항

- 국가는 각종 국가계획에 철도시설 투자의 목표치와 투자계획을 반영하여야 하며, 매년 교통시설 투자예산에서 철도시설 투자예산의 비율이 지속적으로 높아지도록 노력하여야 한다.

철도산업발전기본법 제11조1항

- 국토교통부장관은 철도기술의 진흥 및 육성을 위하여 철도기술전반에 대한 연구 및 개발에 노력하여야 한다.

철도산업발전기본법 제15조2항

- 국토교통부장관은 철도서비스의 품질을 개선하고 이용자의 편익을 높이기 위하여 철도서비스의 품질을 평가하여 시책에 반영하여야 한다.

  - **(국정과제)** 철도서비스 개선 등을 통해 공공성 강화, 간선망 구축 등 교통 네트워크 효율화를 중점 과제로 제시

[표 2.2.6] 문재인 정권 철도 효율화 관련 100대 국정과제

국정과제	내용
[31] 교통 · 통신비 절감으로 국민 생활비 절감	기존 전철망 단계적 급행열차 도입 및 시설개선
[32] 국가기간교통망 공공성 강화 및 국토교통산업 경쟁력 강화	도로통행료 인하, 벽지노선 운영, 일반철도 서비스개선 등을 통해 공공성 강화, 간선망 구축 등 교통 네트워크 효율화 추진

- **(정책수립)** 「제4차 과학기술기본계획」, 「제3차 국가철도망구축 계획」, 「제1차 국토교통종합계획」 등 철도 수송분담률 향상을 위한 효율적이고 경쟁력 있는 철도, 스마트 철도교통기술, 지능형 자율주행 철도시스템 개발을 중점 과제로 제시

[표 2.2.7] 기획사업 관련 정책

소관부처	중장기계획(년도)	내용
과학기술 정보통신부	제4차 과학기술 기본 계획 (2018~2022)	120대 중점과학기술 중 하나로 '스마트 철도 교통 기술' 선정
국토교통부	제3차 국가철도망구축계획 (2016~2025)	철도 수송분담률 향상을 위한 철도 운영의 효율화 및 경쟁력 확보 추진
국토교통부	제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(2018~2027)	8대 혁신성장동력 중 하나로 '지능형 철도(무인자율운영 등)' 선정

3절 기획 추진 체계 및 절차

1. 사업기획 추진 체계

■ 추진체계 구성

- **(구성 및 역할)** 본 기획연구는 국토교통부가 총괄위위원회를 구성하고, 이를 지원하기 위해 국토교통과학기술진흥원 관리하에 사업수행기관인 한국철도기술연구원의 연구용역 형태로 추진

  - **(국토교통부)** 과업에 대한 니즈(needs) 제시, 사업기획 내용 검토 및 승인

  - **(총괄위원회)** 상세기획 내용 검토 등의 사업추진 방향 총괄자문 역할

  - **(국토교통과학기술진흥원)** 총괄위원회 지원하고, 각 이해관계자의 소통 창구 역할을 수행

  * 기술분과의 구성 및 승인, 과업수행 관련 자료 지원, 세부사업기획 내용 검토 등

  - **(기획 TF)** 한국철도기술연구원을 주관으로 구성하며, 사업추진 전략 및 상세기획, 총괄위원회, 기술분과위원회 운영을 지원

  - **(기술분과위원회)** 세부기술분과별 후보 과제에 대한 기술적 타당성 검토

  - **(철도R&D운영기관협의체)** 연구개발 기술 실용화, 운영사 요구사항 반영 및 수요 파악 등을 위해 구성



주) 공동연구기관 : ㈜날리지웍스, 한국전자통신연구원, 한국철도시설공단, 한국철도공사, 서울교통공사

[그림 2.3.1] 기획사업 추진체계

총괄위원회

- **(총괄위원회 구성)** 관련 사업 분야별 전문성 및 공정성을 보유한 인사로 산(4명), 학(3명), 연(3명), 관(2명) 관련 분야 등 형평성에 맞도록 구성

  - 예비타당성조사 수행 지침에 따라, 국가적 차원에서 전문성을 기준으로 대상 사업의 세부분야 전체를 포괄하면서 치우침 없이 균형적으로 구성되었는지를 고려하여 구성

[표 2.3.1] 총괄위원회 명단

연번	구분	성명	소속	직급	관련분야
1	관	박용선	국토교통부 철도시설안전과	과장	철도시설안전
2	관	박준우	국토교통과학기술진흥원	그룹장	철도R&D기획
3	연	이우성	ISTI (International Science, Technology and Innovation) 미래전략연구소	대표	기획정책
4	학	박종헌	동양대학교 철도운전제어학과	교수	철도신호
5	산	김형훈	㈜LS산전	부장	철도신호

연번	구분	성명	소속	직급	관련분야
6	산	오상근	광주도시철도공사	실장	철도차량
7	산	김대식	한국철도공사	차장	철도차량
8	연	곽종원	한국건설기술연구원 인프라안전연구본부	본부장	시설안전
9	학	장승엽	한국교통대학교	교수	궤도/토목
10	산	정을섭	(사)한국철도차량산업협회	사무국장	철도안전/인증/표준/법제도
11	연	이종덕	한국교통연구원 미래차교통연구센터	책임전문원	교통계획
12	학	이현우	단국대학교 모바일 시스템공학과	교수	통신/보안

- **(총괄위원회 활동)** 동 사업을 위한 분과위원회는 19년 5월부터 20년 5월까지 4차에 걸쳐 운영

  - (1차 총괄위원회) 사업기획 배경 및 필요성, 문제 및 이슈 도출의 적절성 검토, 사업의 목표 및 중점추진분야 의견수렴
  - (2차 총괄위원회) 국가 사회적 문제해결을 위한 기술의 개념 및 개요, 사업기획 시 고려되어야 하는 국내외 정책·시장·사회·기술 동향, 연구개발 투자 추이 및 현황, 사업의 비전 및 목표 등 검토
  - (3차 총괄위원회) 사업 비전 및 목표에 해당하는 중점추진 분야별 세부 사업 내용(추진배경 및 필요성, 세부사업의 목적 및 범위, 세부기술 도출, 최종목표 및 단계별 목표, 기술개발내용 등) 검토 및 조정

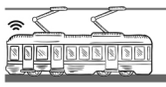
    * 코로나19(COVID-19) 확산방지를 위해 비대면 서면으로 위원별 자문의견 수렴

  - (4차 총괄위원회) 소요자원 규모·확보방안, 사업 타당성·파급효과 분석 내용을 중점으로 사업 내용의 완결성 및 보고서 내용 전반에 대한 검토

    * 코로나19(COVID-19) 확산방지를 위해 비대면 서면으로 위원별 자문의견 수렴

기술분과위원회

- **(기술분과위원회 구성)** 분과위원회는 기술분류별 최소 추천인원*을 고려하여 3배수 내에서 우선순위 및 산학연 비율을 고려하여 선정



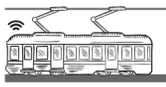
* 국토교통과학기술진흥원 및 한국철도기술연구원으로부터 전문가 추천

** 각 분과별 분과위원장 1명, 간사위원 1명, 분과위원 8~12명 내외로 구성

[표 2.3.2] 분과기획위원회 구성

분과	연번	구분	성명	소속 (직급)	분야
1분과	1	학	이종우	서울과기대 글로벌철도시스템학과 교수	신호통신(신호)
	2	산	이우상	㈜스마트제어계측 대표이사	궤도토목(인프라 모니터링)
	3	산	천준호	리앤태크(주) 기술연구소 이사	철도차량(차량시스템)
	4	산	김성수	아이씨티웨이(주) 부장	궤도토목(궤도인프라)
	5	산	정우석	㈜케이원정보통신 부장	신호통신(통신)
	6	산	진은영	㈜그린시스템 부장	철도운영(관제)
	7	학	장승엽	한국교통대학교 교수	궤도토목(궤도/토목)
	8	산	이영수	㈜테크빌 부사장	철도운영(관제)
	9	관	김흥기	한국철도시설공단 기술본부 수송계획처 부장	철도운영(수송계획)
	10	산	차인규	한국철도공사 안전경영본부 관제실(부장)	철도운영(관제)
	11	학	김경민	명지대학교 교수	철도운영(수송계획)
	12	연	윤희택	한국철도기술연구원 책임	궤도토목(인프라 모니터링)
	13	연	오석문	한국철도기술연구원 책임	철도운영(수송계획)
	14	연	박영곤	한국철도기술연구원 책임	궤도토목(인프라 모니터링)
	산업계(7명), 학계(2명), 정부기관(1명), 연구계(3명) 등 총 14명 전문가로 구성				
2분과	1	학	박태원	아주대학교 기계공학과 교수	철도차량(차량시스템)
	2	학	한민규	한성대학교 융.복합교양교육과 교수	신호통신(통신)
	3	연	노고산	한국전자통신연구원 자율주행시스템연구그룹 선임	신호통신(통신)
	4	산	윤병현	㈜삼표레일웨이 팀장	궤도토목(궤도인프라)
	5	산	김경식	현대로템 신호팀장	신호통신(신호)
	6	산	이재호	네오트랜스 차장	신호통신(신호)
	7	산	정연진	대구도시철도공사 경전철기술사업소 신호전자부 부장	신호통신(신호)
	8	산	고태영	에스트래픽(주) 2차사업부 차장	신호통신(통신)
	9	산	안진	대아티아이(주) 전무	철도운영(관제)
	10	학	박종헌	동양대학교 교수	신호통신(신호)

분과	연번	구분	성명	소속 (직급)	분야
	11	관	채기현	한국철도시설공단 수도권본부 수도권사업단 궤도PM 부장	궤도토목(궤도인프라)
	12	연	오세찬	한국철도기술연구원 선임	신호통신(신호)
	13	연	이숙진	한국전자통신연구원 책임	신호통신(통신)
	14	연	김만철	한국철도기술연구원 책임	궤도토목(궤도인프라)
	산업계(6명), 학계(3명), 연구계(4명), 정부기관(1명) 등 총 14명 전문가로 구성				
3분과	1	학	백종현	우송대학교 IT융합학부 교수	신호통신(신호)
	2	학	김주엽	숙명여자대학교 ICT융합공학부 교수	신호통신(통신)
	3	학	이태환	송원대학교 철도운전시스템학과 교수	철도운영(관제)
	4	연	오현서	한국전자통신연구원 자율주행시스템연구그룹 책임	신호통신(통신)
	5	산	김기남	유진기공산업(주) 부장	철도차량(차량시스템)
	6	산	정은성	현대로템(주) 추진제어팀장	철도차량(추진제어)
	7	산	송영신	㈜우진산전 부장	철도차량(제동)
	8	산	이동균	유진기공(주) 부장	철도차량(제동)
	9	산	김진효	㈜도구공간 대표	철도차량(센싱)
	10	산	신광균	현대로템(주) 통신제어개발팀장	철도차량(추진제어)
	11	산	박기수	포스코ICT R&D센터 제어시스템연구그룹장	신호통신(신호)
	12	산	김형훈	LS산전(주) 차장	신호통신(신호)
	13	산	오남종	광주광역시 도시철도공사 신호팀장	신호통신(신호)
	14	산	전병천	넷비젼텔레콤 대표이사	신호통신(통신)
	15	연	윤병식	한국전자통신연구원 책임	신호통신(통신)
	16	연	오상철	한국전자통신연구원 책임	신호통신(통신)
	17	연	최돈범	한국철도기술연구원 책임	철도차량(차량시스템)
	산업계(10명), 학계(3명), 연구계(4명) 등 총 17명 전문가로 구성				



분과	연번	구분	성명	소속 (직급)	분야
4분과	1	학	안치형	한국기술교육대학교 전기전자통신공학부	신호통신(통신)
	2	산	서수호	㈜다원시스 이사	철도차량(차량시스템)
	3	산	이수환	㈜에이알텍 이사	신호통신(신호)
	4	산	고영환	서울시 메트로 9호선 부사장	철도안전(인증 및 안전)
	5	산	최상영	생산성인증원 수석전문위원	철도안전(표준체계)
	6	산	송기태	RAMS 코리아 수석	철도안전(표준체계)
	7	산	김성하	교통안전공단 철도기술처장	신호통신(신호)
	8	산	김종운	㈜네모시스 대표이사	철도안전(인증 및 안전)
	9	관	박진규	한국산업기술시험원 센터장	철도안전(표준체계)
	10	산	정을섭	㈜피닉스인증원 회장	철도안전 (안전/인증/표준/법제도)
	11	연	오상철	한국전자통신연구원 책임	신호통신(통신)
	12	연	신덕호	한국철도기술연구원 책임	철도안전(인증 및 안전)
	13	연	신경호	한국철도기술연구원 책임	철도안전(인증 및 안전)
	산업계(8명), 학계(1명), 연구계(3명), 정부기관(1명) 등 총 13명 전문가로 구성				

- **(기술분과위원회 활동)** 동 사업을 위한 분과위원회는 19년 12월부터 20년 5월까지 3차에 걸쳐 운영

  - (1차 분과위원회) 사업 기획 현황 및 분과위원회 추진 계획 설명, 분과별 이슈 및 목표검토 및 1차 수요조사 결과 검토

  - (2차 분과위원회) 2차 수요조사 결과 및 후보과제카드 검토, 과제카드 작성 보환방향 논의

  - (3차 분과위원회) 분과별 중점추진 분야에 해당하는 세부과제 구성의 적절성 검토, 세부기술, 예산 및 기간 등 개별 세부과제 연구내용의 적절성 검토

  * 코로나19(COVID-19) 확산방지를 위해 3차는 비대면 서면으로 위원별 자문의견 수렴

철도R&D운영기관협의체

- **(협의체 구성)** 철도 R&D 실용화 제고 및 지속 가능한 협력체계 조성을 위해 한국철도시설공단, 한국철도공사, 서울교통공사, 부산교통공사 등 11개 철도운영기관으로 구성

- **(협의체 활동)** 운영기관 및 기업의 소통 채널을 구축하고 철도 관계기관 네트워크 강화를 위한 자문 역할 수행
  - 국내 철도 운영기관 및 기업 간 상호 협력체계를 바탕으로 철도기업 개발기술 도입 수요 등 파악
  - 수요기관 요구사항 파악 및 상호협력 방안마련을 위한 교류활동 방안 마련 등

2. 사업기획 추진 절차

■ **본 사업은 크게 의견수렴 활동, 사업설계 활동, 조정 및 검토활동을 거쳐 사업 기획을 추진함**



[그림 2.3.2] 사업 추진 활동

- (의견수렴 활동) 열차 간 협력기반 지능형 열차자율주행 기술개발 사업기획 착수 및 이해관계자 공감대 형성을 위한 간담회* 등
  - (사업기획 착수) 사업기획의 범위, 추진일정 및 절차 협의
  - (이해관계자 간담회) 사업기획 추진방향 및 문제/이슈 발굴 결과에 대한 전문가 의견수렴 및 이해관계자 공감대 형성

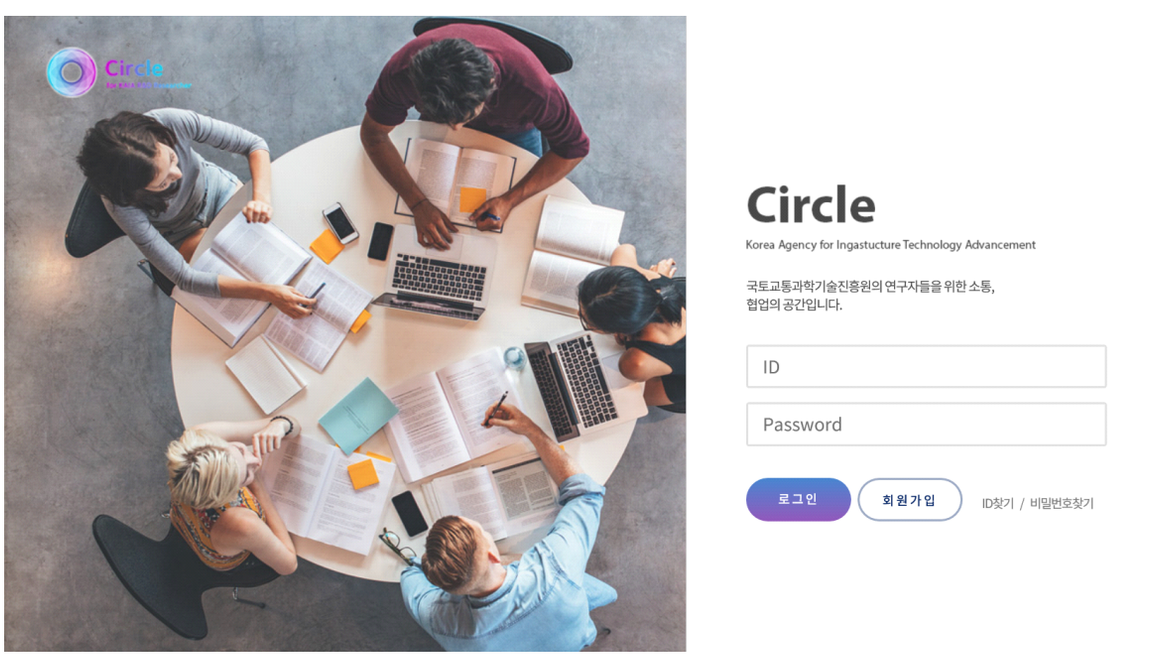
  * 이해관계자 간담회는 총 3회에 걸쳐 진행

- (사업설계 활동) 철도관련 이슈 분석, 문제 및 이슈 해결을 위한 최적 대안 도출, 대내외 환경 분석 및 역량분석 등의 활동

- (이슈/문제 사전조사) 문헌조사, 미디어 분석, 대국민설문, 운영사·제작사 인터뷰를 통한 철도관련 이슈 분석 및 이슈/문제의 중요도 및 시급성 분석
- (대안 평가) 철도 문제 및 이슈 해결을 위한 최적 대안 도출을 위해 AHP 기법을 활용한 전문가 설문조사 시행
- (대내외 환경분석) 메가트렌드 및 사회적·기술적·경제적·정책적 환경 조사 및 분석
- (역량분석) 국가 R&D 투자동향, 논문 및 특허, 주요 인프라 현황 등 분석
- (수요 파악) 철도관련 과제참여자 및 관련 학회/협회 회원(사) 등 전문가 대상으로 지능형 열차자율주행 기술개발수요 파악 및 세부기술 도출을 위한 설문조사 수행

● (조정 및 검토 활동) 총괄위원회 및 기획분과위원회 활동을 통해 환경분석 방향 조정, 비전 및 목표 설정, 세부과제 우선순위 도출 및 선정, 세부과제 예산 및 기간 조정 등의 결과 도출

[참고] 국토교통과학기술진흥원 연구관리사이트 “Circle”



※ 출처 : 국토교통과학기술진흥원 연구관리사이트(https://circle.kaia.re.kr/)

4절 기획 추진 경과

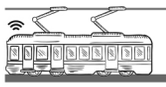
기획 이전 사전절차

- 국토부 장관방침- 철도신호통신시스템 국산화 계획(2018.1)
  - 열차운행의 안전성과 효율성을 향상하고 국내 철도산업의 활성화를 위해 철도 신호통신시스템 국산화 계획을 수립
  - **(차세대 신호시스템 개발)** 무선통신(열차↔선로, 열차↔열차)을 통해 위치검지 및 제어정보를 전송하고, IoT, 인공지능(AI)를 활용하여 자율주행·군집주행 등이 가능한 무인운전시스템 개발을 핵심분야로 선정
- 미래 철도기술 개발 정책토론회(2018.12.10. 14:00~17:30 / COEX 3층 컨퍼런스룸(남) 303호
  - 열차 간 협력기반 지능형 열차자율주행 기술개발 사업 등 사업기획내용 발표 및 산학연 패널 토의를 통해 기획방향에 대한 논의

기획 추진 경과

[표 2.4.1] 기획 추진 경과

일정	일시	내용	대상	유형
사업기획 착수보고	2019.01.09.	사업기획의 범위, 추진일정 및 절차 협의	전문기관 담당자, 사업기획 주관 및 공동연구기관 연구책임자 및 참여연구원	의견수렴
공동연구기관 착수설명회	2019.01.18.	공동기관 책임연구자 의견수렴 인터뷰	서울교통공사, KWs 연구책임자 및 참여연구원	의견수렴
	2019.01.22.		한국철도공사, KWs 연구책임자 및 참여연구원	의견수렴
대국민 설문조사	2019.02.26. ~2019.03.04.	문제/이슈 도출을 위한 대국민 의견수렴	1,000명 국민 대상	사업설계
1차 이해관계자 간담회	2019.03.05.	열차자율주행 기술개발 사업기획 공론화 등	철도 관련 이해관계자 및 전문가, 주관 및 공동 연구기관 연구책임자 등 약 50명	의견수렴



일정	일시	내용	대상	유형
운영사 인터뷰	2019.03.18	기업 차원 이슈 도출 및 애로사항 확인	네오트랜스	사업 설계
제작사 인터뷰	2019.03.28	기업 차원 이슈 도출 및 애로사항 확인	대아티아이	사업 설계
제작사 인터뷰	2019.04.05	기업 차원 이슈 도출 및 애로사항 확인	LS산전	사업 설계
운영사 인터뷰	2019.04.09	기업 차원 이슈 도출 및 애로사항 확인	공항철도(주)	사업 설계
운영사 인터뷰	2019.04.25	기업 차원 이슈 도출 및 애로사항 확인	서울교통공사	사업 설계
1차 총괄위원회	2019.05.29	사업기획 배경 및 필요성, 목표 등 사업 기획방향 검토 및 의견 수렴	총괄위원, 연구참여자 등 20명 내외	조정 및 검토
2차 이해관계자 간담회	2019.05.30.	사업기획 관련 기술 동향 발표 및 이해관계자 의견수렴	철도 관련 이해관계자 및 전문가, 주관 및 공동 연구기관 연구책임자 등 약 30명	의견 수렴
AHP 대안평가	2019.07.25. ~2019.08.09.	철도 문제/이슈 해결을 위한 최적 대안도출을 위한 설문	철도분야 전문가 15명	사업 설계
제작사 인터뷰	2019.08.13	기업 차원 이슈 도출 및 애로사항 확인	현대로템	사업 설계
2차 총괄위원회	2019.09.18	기획연구 중간결과 (환경분석 등) 검토	총괄위원, 연구참여자 등 15명 내외	조정 및 검토
1차 기술 수요조사	2019.10.21. ~2019.11.11.	기술개발수요 파악 및 세부기술 도출을 위한 설문조사	철도관련 과제참여자 및 관련 학회/협회 회원(사) 등 전문가	사업 설계
3차 이해관계자 간담회	2019.11.15.	사업기획 비전 및 목표, 중점 추진분야 및 과제 구성에 대한 이해관계자 의견수렴	철도 관련 이해관계자 및 전문가, 주관 및 공동 연구기관 연구책임자 등 약 40명	의견 수렴
1차 분과위원회	2019.12.06. ~2019.12.07.	기술 개요 및 사업 추진현황 공유, 1차 수요조사 결과 검토	각 분과별 분과위원 10명 내외	조정 및 검토
2차 기술 수요조사	2019.12.13. ~2019.12.27.	공백분야 추가수요 파악 및 세부기술 도출을 위한 설문조사	철도관련 과제참여자 및 관련 학회/협회 회원(사) 등 전문가	사업 설계
2차 분과위원회	2020.01.20. ~2020.01.21.	사업 추진현황 공유 및 2차 수요조사 결과 검토	각 분과별 분과위원 10명 내외	조정 및 검토
1차 기술 수준조사	2020.02.14. ~2020.02.28.	지능형 열차자율주행 기술 수준 및 격차 파악을 위한 온라인 설문	철도 관련 과제참여자 및 사업기획 분과위원 42명	사업 설계
3차 총괄위원회	2020.03.12. ~2020.03.17.	중점추진분야별 세부사업내용 검토	총괄위원 8명	조정 및 검토
1차 기술 수준조사	2020.02.14. ~2020.02.28.	지능형 열차자율주행 기술 수준 및 격차 파악을 위한 2차조사(미니델파이)	1차 기술수준조사 참여자 (42명)	사업 설계

일정	일시	내용	대상	유형
3차 분과위원회	2020.04.27. ~2020.05.04.	세부과제 구성 및 연구내용 적절성 검토	분과위원 총 36명	조정 및 검토
4차 총괄위원회	2020.05.22 ~2020.05.27.	인력 및 예산확보방안, 타당성 검토	총괄위원 7명	조정 및 검토

기획 추진 세부 경과

① 의견 수렴 활동



[그림 2.4.1] 의견 수렴 활동

● 사업기획 착수

- 사업기획 착수보고(2019.01.09.) : 사업기획의 범위, 추진일정 및 절차 협의
- 공동연구기관 착수설명회(2019.01.18.~2019.01.22.) : 공동기관 책임연구자 의견수렴 인터뷰 수행(서울교통공사, 한국철도공사)

● 이해관계자 간담회

- 1차 이해관계자 간담회(2019.03.05.) : 열차자율주행 기술개발 사업기획 공론화, 현황 및 향후 추진계획 발표 및 전문가 의견수렴

* 「열차간 협력기반 지능형 열차자율주행 기술개발 사업기획」워크샵 형태로 진행

- 2차 이해관계자 간담회(2019.05.30.) : 사업기획 관련 기술 동향 발표 및 이해관계자 의견수렴
- 3차 이해관계자 간담회(2019.11.15.) : 사업기획 비전 및 목표, 중점 추진분야 및 과제 구성에 대한 이해관계자 의견수렴

일정	사업기획 착수보고		
유형	■ 의견수렴활동	□ 사업설계활동	□ 조정 및 검토활동
일시	2019.01.09.	장소	한국철도기술연구원 3층 회의실
참석자	전문기관(국토교통과학기술진흥원) 담당자, 사업기획 주관 및 공동연구기관 연구책임자 및 참여연구원 총 19명		

주요 내용

- 열차 간 협력기반 지능형 열차자율주행 기술개발 사업 기획 착수
- 사업기획의 범위, 향후 추진일정 및 절차 협의





세부 일정

구분		주제 / 발표자
16:00~16:10 (10`)	개회	· 개회 및 참여자 소개
16:10~16:30 (20`)	주관연구기관 발표	· 열차자율주행 기술개발 사업기획 발표 / 오세찬
16:30~17:30 (60`)	공동연구기관 발표	· 열차자율주행 기술개발 사업기획 추진계획 등 / KWs 조승철
		· 고속 및 일반철도 열차자율주행기술 적용방안 연구 / KORAIL 이휘민
		· 열차자율주행 기반 통신 및 보안 핵심기술 도출 / ETRI 윤병식
		· 고속 및 일반철도열차자율주행기술 성능평가 방안 연구 / 한국철도시설공단 이강규
17:30~17:40 (10`)	마무리 및 정리	-

이해관계자 간담회(1차)

개요

- (일시 및 장소) 2019.03.05. / 용산역 itx 6 회의실
- (참석자) 철도분야 관련 전문가, 전문기관 담당자, 주관 및 공동연구기관 책임자 및 참여연구원, 철도 건설 및 운영기관, 산/학/연 이해관계자 등 50명 내외

목적

- 열차간 협력기반 지능형 열차자율주행 기술개발 사업기획 문제/이슈 공유

주요 내용

- 열차자율주행 기술개발 사업기획 현황 및 향후 추진계획 발표, 사업기획 추진방향 및 문제/이슈 발굴 결과에 대한 전문가 의견수렴 및 이해관계자 공감대 형성





세부 일정

구분		주제 / 발표자
13:30~14:00 (30')	등록	
14:00~14:05 (5')	개회	· 개회 및 워크샵 참여자 소개
14:05~14:20 (15')	워크샵 발표	· 국토교통 철도 R&D 기획현황 발표 / 진흥원
14:20~14:50 (30')		· 열차자율주행 기술개발 사업기획 추진현황 발표 / KRRI
14:50~16:10 (20')	휴식	
16:10~16:30 (20')	전문가 토론	· 전문가 의견 수렴
16:30~17:20 (50')	자유 토론	· 참여자 간 자유토론
17:20~17:30 (10')	마무리 및 정리	

이해관계자 간담회(2차)

개요

- (일시 및 장소) 2019.05.30. / 킨텍스 제2전시장 회의실 306 B호
- (참석자) 철도분야 관련 전문가, 전문기관 담당자, 주관 및 공동연구기관 책임자 및 참여연구원, 철도 건설 및 운영기관, 산/학/연 이해관계자 등 30명 내외

목적

- 사업기획 문제/이슈에 대한 공론화
- 사업기획 비전 및 목표, 중점 추진분야에 대한 사업 이해관계자 의견수렴

주요 내용

- 열차자율주행 기술개발 사업기획 현황 및 향후 추진계획 발표
- 철도 자율주행 기술동향 및 통신기술 동향 발표
- 이해관계자 질의응답 및 자유토론





세부 일정

시간	내용	비고
09:00~09:05	개회 및 참여자 소개	사회자
09:05~09:10	인사말	진흥원
09:10~09:20	사업기획 개요	철도연
09:20~09:50	사업기획 문제/이슈 현황	날리지웍스
09:50~10:00	휴식	
10:00~10:30	국내외 열차자율주행 기술 동향	철도연
10:30~11:00	열차제어 통신기술 국내외 현황	ETRI
10:50~11:00	휴식	
11:00~11:25	국내 철도 운영현황 및 자율주행기술 적용방안	서울교통공사
11:25~12:00	이해관계자 의견수렴 및 토의	

이해관계자 간담회(3차)

개요

- (일시 및 장소) 2019.11.15 / 휘닉스제주 윈드홀1
- (참석자) 철도분야 관련 전문가, 전문기관 담당자, 주관 및 공동연구기관 책임자 및 참여연구원, 철도 건설 및 운영기관, 산/학/연 이해관계자 등 40명 내외

목적

- 사업기획 문제/이슈에 대한 공론화
- 사업기획 비전 및 목표, 중점 추진분야 및 과제 구성에 대한 사업 이해관계자 의견수렴

주요 내용

- 열차자율주행 기술개발 사업기획 현황 및 향후 추진계획 발표
- 이해관계자 질의응답 및 자유토론





세부 일정

시간	내용	비고
09:30~:09:35	인사말	철도연
09:35~:09:50	사업기획 개요 및 추진절차	날리지웍스
09:50~10:30	열차 간 협력기반 지능형 열차자율주행 기술개발 사업기획 추진현황	철도연
10:30~10:50	철도 통신기술 동향과 열차자율주행을 위한 통신기술	ETRI
10:50~11:00	휴식	
11:00~11:30	이해관계자 의견수렴 및 토의	

② 사업설계 활동



[그림 2.4.2] 사업설계 활동

● 이슈 도출

- 대국민 설문조사(2019.02.26.~2019.03.04.) : R&D 관련 후보 이슈/문제에 대한 중요도 및 시급성 설문 조사 및 분석

* 지역 및 연령대별 인구 비례 1,000명을 대상으로 온라인 설문 실시

- 이해관계자 인터뷰(2019.03.18. ~ 2019.08.13.) : R&D 관련 후보 이슈/문제 파악을 위한 운영사, 철도신호 제작사 인터뷰 수행

* 6개 기관별 대면 인터뷰 수행

- 대안분석 AHP평가(2019.07.25.~2019.08.09.) : 철도 문제 및 이슈 해결을 위한 최적 대안 도출을 위해 전문가 대상 AHP평가 시행

* KAIA 내부 전문가 추천시스템 POOL 기반 평균 21.7년 경력 철도분야 전문가 15명 선정

● 수요 조사

- 1차 기술수요조사(2019.10.21.~2019.11.11) 철도관련 과제참여자 및 관련 학회/협회 회원(사) 등 전문가 대상으로 지능형 열차자율주행 기술개발수요 파악 및 세부기술 도출을 위한 설문조사 시행

* 기관별 홈페이지 공고 게재를 통한 기술수요조사서 양식 배포 및 이메일 독려요청

- 2차 기술수요조사(2019.12.13.~2019.12.27.) : 1차 기술수요에 대한 공백분야 추가수요 파악 및 세부기술 도출을 위해 2차 조사 시행

* 기관별 홈페이지 공고 재게재 및 독려요청을 통해 약 20건의 추가 수요 확보

● **역량 조사**

- 1차 기술수준조사(2020.02.14.~2020.02.28.) : 철도 관련 과제참여자 및 사업기획 분과위원 42명 대상으로 지능형 열차자율주행 기술 수준 및 격차 파악을 위한 기술수준조사 시행

* 구조화된 웹설문 구축하여 온라인 방식의 설문 진행

- 2차 기술수준조사(2020.03.13.~2020.03.17.) : 1차 기술수준조사 참여자 대상으로 미니 델파이 방식을 활용하여 2차 기술수준조사 수행

* 구조화된 웹설문 구축하여 온라인 방식의 설문 진행

이해관계자 인터뷰(총 6개 기관)

개요

- (일시 및 장소) 2019.03.28. ~ 2019.08.13 / 인터뷰 대상 기관
- (참석자) 각 기관 철도신호 및 철도운영 관련 담당자

목적

- 기업 차원 이슈 도출 및 신호시스템 관련 애로사항 확인

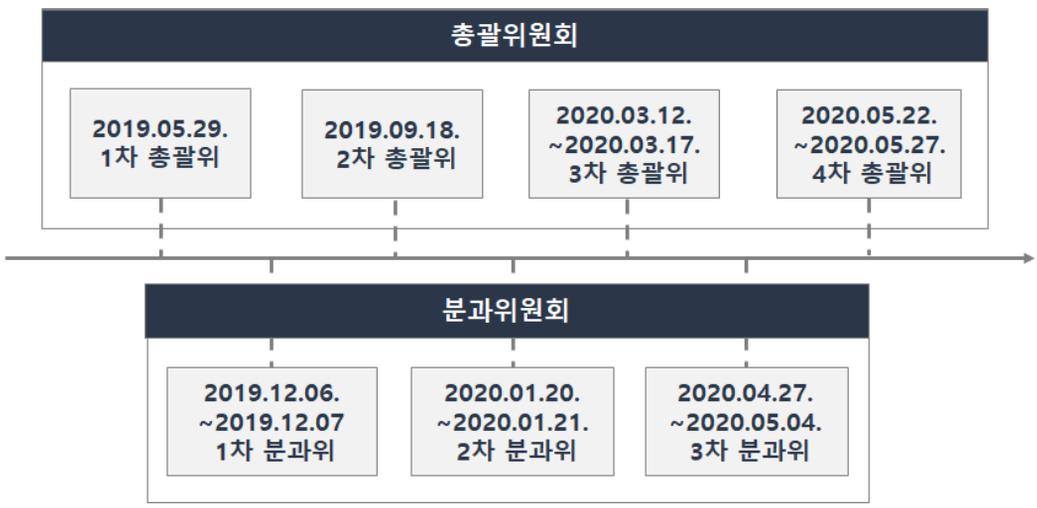
주요 내용

- 신호시스템 관련 이슈 파악
- 향후 시장 전망 등 논의

기관별 일정

날 짜	기관	비 고
2019.03.28	대아티아이	철도신호제작사
2019.04.05	LS산전	
2019.08.13	현대로템	
2019.04.25	서울교통공사	철도운영사
2019.03.18	네오트랜스	
2019.04.09	공항철도(주)	

③ 조정 및 검토 활동



[그림 2.4.3] 조정 및 검토 활동

● **총괄위원회**

- 1차 총괄위원회(2019.05.29.) : 사업기획 배경 및 필요성, 목표 등 사업 기획 방향 검토 및 의견 수렴

- 2차 총괄위원회(2019.09.18.) : 문제 해결을 위한 기술개념, 환경분석 및 역량분석 내용 검토

- 3차 총괄위원회(2020.03.12.~2020.03.17.) : 중점추진분야별 세부사업 내용 검토(목적 및 범위, 로드맵 등)

* 코로나19(COVID-19) 확산방지를 위해 비대면 서면으로 위원별 자문의견 수렴

- 4차 총괄위원회(2020.05.22.~2020.05.27.) : 인력 및 예산 확보방안, 정책·과학기술·경제적 타당성 검토

* 코로나19(COVID-19) 확산방지를 위해 비대면 서면으로 위원별 자문의견 수렴

● **분과위원회**

- 1차 분과위원회(2019.12.06.~2019.12.07.) : 기술 개요 및 사업 추진현황 공, 1차 수요조사 결과 검토

- 2차 분과위원회(2020.01.20.~2020.01.21.) : 사업 추진현황 공유 및 2차 수요조사 결과 검토

- 3차 분과위원회(2020.04.27.~2020.05.04.) : 세부과제 구성 및 연구내용 적절성 검토

* 코로나19(COVID-19) 확산방지를 위해 3차는 비대면 서면으로 위원별 자문의견 수렴

사업기획 1차 총괄위원회

개요

- (일시 및 장소) 2019.05.29. / 아스테리움용산 사무실(B동 6층)
- (참석자) 산/학/연 총괄위원, 전문기관 담당자, 주관 및 공동연구기관 책임자 및 참여연구원 등 20명 내외

목적

- 기획연구 수행 중간결과(필요성, 성공가능성 등)에 대한 단계별 타당성 검토를 통해 기획연구의 지속 수행여부를 판단하고, 내실 있는 기획결과를 도출하기 위함

주요 내용

- 사업기획 배경 및 필요성, 문제 및 이슈 도출의 적절성 검토
- 사업의 목표 및 중점추진분야 의견수렴





세부 일정

시 간	내 용	비 고
10:00~10:10 (10분)	회의개요 및 기획추진 배경 소개	전문기관
10:10~10:40 (30분)	중간기획결과 발표 및 질의응답	주관 연구책임자
10:40~11:30 (50분)	사업방향(안) 검토 및 논의	총괄위원회
11:30~12:00 (30분)	위원별 검토서 작성	
12:00~12:20 (20분)	종합의견서 작성	

사업기획 2차 총괄위원회

개요

- (일시 및 장소) 2019.09.18. / 아스테리움용산 사무실(B동 6층)
- (참석자) 산/학/연 총괄위원, 전문기관 담당자, 주관 및 공동연구기관 책임자 및 참여연구원 등 15명 내외

목적

- 기획연구 수행 중간결과(필요성, 성공가능성 등)에 대한 단계별 타당성 검토를 통해 기획연구의 지속 수행여부를 판단하고, 내실 있는 기획결과를 도출하기 위함

주요 내용

- 국가 사회적 문제해결을 위한 기술의 개념 및 개요, 사업기획 시 고려되어야 하는 국내외 정책·시장·사회·기술 동향, 연구개발 투자 추이 및 현황, 사업의 비전 및 목표 등 검토





세부 일정

시 간	내 용	비 고
14:00~14:05 (5분)	개회 및 참석자 소개	사회
14:05~14:10 (5분)	과장님 인사말	국토부
14:10~14:20 (10분)	사업기획 현황 및 회의 진행계획 설명	㈜날리지웍스
14:20~15:00 (40분)	1차 총괄위원회 의견 보완사항 및 사업기획 중간결과 발표	주관 연구책임자
15:00~15:10 (10분)	휴식 및 자리 배치	
15:10~16:00 (50분)	사업방향(안) 검토 및 논의	총괄위원회
16:00~16:30 (30분)	위원별 검토서 작성	

사업기획 3차 총괄위원회

개요

- (일시 및 장소) 2020.3.12.~3.17 / 비대면 서면 자문
- (참여자) 산/학/연 총괄위원 12명 중 8명

목적

- 기획연구 수행 중간결과(필요성, 성공가능성 등)에 대한 단계별 타당성 검토를 통해 기획연구의 지속 수행여부를 판단하고, 내실 있는 기획결과를 도출하기 위함

주요 내용

- 사업 비전 및 목표에 해당하는 중점추진 분야별 세부 사업내용 검토 및 조정
  - 추진배경 및 필요성, 세부사업의 목적 및 범위, 세부기술 도출, 최종목표 및 단계별 목표, 기술개발내용, 기술로드맵, 최종성과물 및 기대효과 등
    * 1, 2차 위원회 검토의견 보완 내용 검토를 포함

사업기획 4차 총괄위원회

개요

- (일시 및 장소) 2020.5.22.~5.27 / 비대면 서면 자문
- (참여자) 산/학/연 총괄위원 12명 중 7명

목적

- 기획연구 수행 중간결과(필요성, 성공가능성 등)에 대한 단계별 타당성 검토를 통해 기획연구의 지속 수행여부를 판단하고, 내실 있는 기획결과를 도출하기 위함

주요 내용

- 소요자원 규모·확보방안, 사업 타당성·파급효과 분석 내용을 중점으로 사업 내용의 완결성 및 보고서 내용 전반에 대한 검토
  - 과학기술·정책·경제적 타당성, 비용과 편익 및 경제성 분석 등
    * 1~3차 위원회 검토의견 보완 내용 검토를 포함

사업기획 1차 분과위원회

개요

- (일시 및 장소) 2019.12.5.~12.06 / 서울역 삼경교육센터 5층 회의실
- (참석자) 산/학/연 분과위원, 전문기관 담당자, 주관 및 공동연구기관 책임자 및 참여연구원 등 각 분과회의별 10명 내외

목적

- 국내 산·학·연·관 전문가를 대상으로 사업기획의 문제/이슈 해결을 위한 중점추진 분야별 목표에 대한 검토와 해당 목표달성을 위한 과제를 내실 있게 도출하기 위함

주요 내용

- 국가 사회적 문제해결을 위한 기술의 개요, 사업의 비전 및 목표 등 추진현황 공유
- 분과위 Kick-off를 실시하고, 사업내용의 이해를 통해 1차 수요조사서 검토 실시





세부 일정

시 간	내 용	비 고
13:00~13:10 (10분)	개회 및 참석자 소개	사회
13:10~13:30 (20분)	사업기획 현황 및 분과위 추진계획 설명	주관 연구책임자
13:30~13:50 (20분)	분과위원장 선정 및 업무배분	분과위원
13:50~14:00 (10분)	휴식 및 자리 배치	-
14:00~14:20 (20분)	1차 수요조사서 검토	분과위원
14:20~14:50 (30분)	수요조사서 검토의견 논의	분과위원

사업기획 2차 분과위원회

개요

- (일시 및 장소) 2020.1.20.~1.21 / 서울역 공항철도 AREX-5 회의실
- (참석자) 산/학/연 분과위원, 전문기관 담당자, 주관 및 공동연구기관 책임자 및 참여연구원 등 각 분과회의별 10명 내외

목적

- 국내 산·학·연·관 전문가를 대상으로 사업기획의 문제/이슈 해결을 위한 중점추진 분야별 목표에 대한 검토와 해당 목표달성을 위한 과제를 내실 있게 도출하기 위함

주요 내용

- 국가 사회적 문제해결을 위한 기술의 개요, 사업의 비전 및 목표 등 추진현황 공유
- 중점추진 분야별 세부목표 및 연구내용, 1차 기술수요조사 결과에 대한 검토 및 2차 기술수요조사 방안 협의





세부 일정

시 간	내 용	비 고
13:00~13:10 (10분)	개회 및 참석자 소개	사회
13:10~13:20 (10분)	사업기획 현황 설명	주관 연구책임자
13:20~14:10 (50분)	2차 수요조사서 및 후보과제별 과제카드 검토	분과위원
14:10~14:20 (10분)	휴식 및 자리배치	-
14:20~15:00 (40분)	2차 수요조사서 및 과제카드 검토의견 논의	분과위원

사업기획 3차 분과위원회

개요

- (일시 및 장소) 2020.4.27.~5.4 / 비대면 서면 자문
- (참여자) 산/학/연/관 분과위원 36명

목적

- 국내 산·학·연·관 전문가를 대상으로 사업기획 비전 및 목표에 따른 중점추진 분야별 목표 달성을 위한 과제를 내실 있게 도출하기 위함

주요 내용

- 기술분과별 중점추진 분야에 해당하는 세부과제 구성의 적절성 검토, 세부기술, 예산 및 기간 등 개별 세부과제 연구내용의 적절성 검토

철도 신호체계 혁신 기술개발사업



제3장

철도 이해관계자 의견수렴 (문제 및 이슈)

| 1절 | 이해관계자별 의견수렴

| 2절 | 문제 및 이슈 도출



1절 이해관계자별 의견수렴

개요

- **(목적)** 기획사업을 통해 철도교통의 국가적 차원에서 해결해야 할 문제 및 이슈(안) 도출
  - 기획 추진필요성에 의한 Top-Down 방식의 접근뿐만 아니라, 관련 이해관계자의 의견으로부터 Bottom-Up 방식으로 동시에 접근하여 문제 및 이슈를 도출하고자 함



[그림 3.1.1] 문제 및 이슈 도출 개요

- **(절차)** 사전조사를 통해 후보 이슈를 도출하고 이해관계자별 의견수렴 활동을 통해 최종 이슈를 도출
  - (사전조사) 미래 예측조사 선행연구, 미디어 분석 등
  - (이해관계자별 의견수렴) 대국민, 철도운영사, 철도신호제작사별 의견 수렴 활동



[그림 3.1.2] 이해관계자 의견수렴을 통한 이슈도출 과정

예타 지침에서 '문제이슈' 점검 내용

예타에서는 **사업의 필요성을 설명하기 위해** 사업과 관련된 정책, 타 연구개발사업 및 과제의 현황, 미래 예측, 기술과 시장의 동향 및 전망, 전문가 설문조사, 통계 및 조사 데이터를 활용할 수 있음. 이러한 근거를 바탕으로 이슈/문제를 도출함으로써, **해당 사업을 추진하지 않을 경우 발생할 것으로 예상되는 문제, 또는 잃게 되는 기회에 대해서 설명**할 수 있다.

※ 출처 : KISTEP(2019.1), 국가연구개발사업 예비타당성 수행 세부지침, 65p. 발췌

■ **(사전조사)** 미래 예측조사 선행연구, 미디어 분석을 통해 후보이슈(안)을 도출

● **(미래예측 검토)** 과학기술기본계획, 국토교통과학기술연구개발계획 등 검토

- 제5회 과학기술예측조사(한국과학기술기획평가원), 2045 국토교통 100대 미래유망기술(국토교통과학기술진흥원), 미래철도전망 2040(국토교통과학기술진흥원) 등에서 언급된 철도분야 관련 미래예측* 내용 검토

* 고밀도 철도 무인운전을 위한 신호시스템 및 통신 제어 기술, 타 노선 철도차량간 객차 교환 환승 터미널 기술, 대용량·고밀도·고속화 기술 등

[표 3.1.1] 자율주행 철도 미래예측

작성기관	제목(년도)	철도 관련 내용
한국과학기술기획평가원	• 제5회 과학기술예측조사	• 주요이슈(도시 집중화 거대화 문제) - 실시간 도시 교통, 물류 관리 시스템
국토교통과학기술진흥원 산업진흥본부 미래전략실	2045 국토교통 100대 미래유망기술 (2017.6)	• "100대 미래유망기술 중 철도분야의 도시양극화 메가트렌드와 관련된 3개 기술 연관" • 72-고밀도 철도 무인운전을 위한 신호시스템 및 통신제어기술 • 73-차량에 탑승한 채로 환승이 가능한 타 노선 철도차량 간 객차 교환 환승 터미널 기술 • 75-AI 기반 철도 이상·사고·재난 감지 및 능동제어 기술
국토교통과학기술진흥원	• 미래철도 전망 2040 (2016.8)	• 중점추진기술 3. 대용량·고밀도·고속화 기술, 중점추진기술(대용량 철도수송기술, 고밀도 철도수송기술), 4. 편의·쾌적성 향상기술(기종점간 단절없는 철도이용 기술)

- 제 4차 과학기술 기본계획(2018~2022)은 120대 중점과학기술 중 하나로 '스마트 철도교통 기술'을 선정했으며, 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(2018~2027)은 8대 혁신성장동력 중 하나로 '지능형 철도'를 선정

● **(미디어 분석)** 뉴스기사, 국민청원, 시민 아이디어 등을 분석하여 유사성 및 빈도수(관련 내용 5건 이상)를 기준으로 후보 이슈 21건 도출

[표 3.1.2] 미디어 분석 개요

구분	뉴스기사	국민청원	시민 아이디어
검색DB	네이버 뉴스	청와대 국민청원	서울교통공사 시민아이디어 제안
검색날짜	2019.3.04	2019.2.18	2019.3.04
검색기간	2016.1.1.~2018.12.31. (최근3년)	2016.1.1.~2018.12.31 (최근3년)	2016.1.1~2018.12.31 (최근3년)
검색키워드	철도 | 지하철 | 전철 | KTX | SRT | 기차 -인사	-	-
분석대상	교통신문, 국토일보, 조선일보, 중앙일보, 동아일보	교통/건축/국토 분야 1,000건 이상 청원	제목 or 내용 공개 제안 의견
분석건수	3,273건	319건	340건

- (뉴스기사)‘재난/재해 및 안전사고에 대한 예방 및 대응체계 확보’ 관련 기사가 가장 많이 나타남

- (국민청원과 시민 아이디어) 전철 이용 시 불편사항에 관한 이슈*가 주로 나타남

* ‘지역균형 발전을 위한 지역 교통 편리 개선 방안 마련 필요’, ‘교통약자(장애인, 임산부 등) 배려를 위한 이용 편리성 증대 방안 마련’, ‘쾌적한 이용 환경 조성을 위한 철도 환경(인체공학적 좌석 등) 개선방안 마련’등

[표 3.1.3] 미디어 분석 기반 후보 이슈(21개)

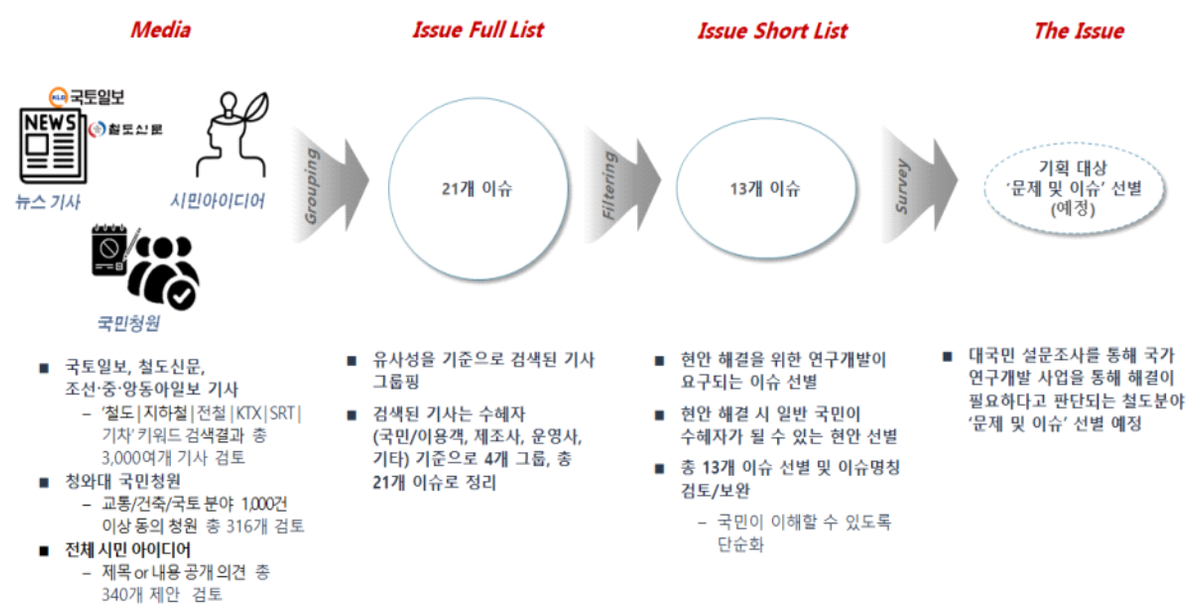
순번	내용
1	메가시티화에 따른 수도권 분산화(도심접근성 강화) 필요
2	지역균형 발전을 위한 지역 교통 편리 개선 방안 마련 필요
3	남북철도 연계를 위한 노후 북한 철도시스템 개량
4	교통약자(장애인, 임산부 등) 배려를 위한 이용 편리성 증대 방안 마련 필요
5	철도 인근지역 환경문제(소음, 진동, 환풍 등) 개선방안 마련 필요
6	차량내 혼잡도 증가 해소 문제를 위한 방안(배차간격 최소화 등) 마련 필요
7	이용자 중심(On-demand) 의 유연한 철도 운영 방안 마련 필요
8	승객의 이동시간 단축을 위한 환승 시스템 개선 방안 마련 필요
9	운행시간 절감 및 수송력 증대를 위한 방안 마련 필요
10	쾌적한 이용 환경 조성을 위한 철도 환경(인체공학적 좌석 등) 개선 방안 마련 필요
11	이용객 편리함 개선을 위한 승객 서비스(IT, 와이파이 등) 강화 방안 마련 필요
12	이용객 안전 보장을 위한 범죄 예방 노력 필요
13	철도 환경 노후화에 따른 시설개선 및 차량 교체 필요
14	철도 근로자 안전
15	철도경영 환경 악화(노인인구 증가 등) 극복하기 위한 운영비 저감 방안 필요
16	시설 구축 시 공사비 저감을 위한 첨단 신기술 적용 방안 마련 필요
17	에너지 절약을 위한 고효율 철도 기술 요구
18	철도 기술 해외 진출을 위한 기술경쟁력 강화 필요
19	철도 부품산업 등 활성화를 위한 상생 협력체계 구축
20	재난/재해 및 안전사고에 대한 예방 및 대응체계 확보 노력 필요
21	철도 산업을 위한 철도 인증 및 표준 마련 필요

- (후보이슈 도출) R&D로 해결 가능한 문제를 파악하기 위해 R&D 관련성*을 기준으로 최종 후보 이슈 도출

* 관련성을 상중하로 나누어 중 이상에 해당되는 최종 13개 후보 이슈로 선별



[그림 3.1.3] 후보 이슈 리스트



[그림 3.1.4] 미디어 분석 절차

이해관계자별 의견 수렴

① 국민 측면 – 대국민 설문조사

- **(조사 개요)** 대국민 대상으로 철도 관련 문제/이슈를 파악하고자 후보 이슈(안)를 중심으로 국가현안으로서 '중요성', '시급성'이 높은 이슈의 설문조사 수행

  - (조사 목적) 대국민 대상으로 철도 관련 문제/이슈를 파악하고, 이를 해결하기 위한 R&D 사업을 기획하기 위함

  - (조사방법) 일주일간(2019.2.26.~ 2019.3.04.) 지역 및 연령대별 인구 비례 1,000명을 대상으로 온라인 설문* 실시

  * 구조화된 설문지를 이용한 Online Survey[55)]

  - (표본설계) 인구분포를 감안하여 성별, 연령, 지역별 비례 배분

  * 이용자 모집단이 알려지지 않아 인구분포를 고려하여 20대 이상 성인의 표본 설계를 진행하였으며, 인구주택총조사 결과를 활용해 표본설계

  - (표본오차) ±3.1%(모집단 4,520만명(전국인구), 신뢰수준 95%를 가정)

전체		연령대					합계
		20~29	30~39	40~49	50~59	60세 이상	
서울특별시	남	21	23	23	22	9	198
	여	21	22	24	23	10	
부산광역시	남	7	7	8	8	4	67
	여	6	6	8	9	4	
대구광역시	남	5	5	6	6	2	47
	여	4	5	6	6	2	
인천광역시	남	6	6	7	7	3	58
	여	6	6	7	7	3	
광주광역시	남	3	3	4	3	1	28
	여	3	3	4	3	1	
대전광역시	남	3	3	4	3	1	28
	여	3	3	4	3	1	
울산광역시	남	2	3	3	3	1	23
	여	2	2	3	3	1	
세종특별자치시	남	-	1	1	1	-	6
	여	-	1	1	1	-	
경기도	남	26	28	34	31	11	255
	여	24	27	33	30	11	
강원도	남	3	3	4	4	2	29
	여	2	2	3	4	2	
충청북도	남	3	3	4	4	2	32
	여	3	3	4	4	2	
충청남도	남	4	4	5	5	2	39
	여	3	4	5	5	2	
전라북도	남	3	3	4	4	2	32
	여	3	3	4	4	2	
전라남도	남	3	3	4	5	2	33
	여	3	3	4	4	2	
경상북도	남	5	5	6	7	3	50
	여	4	4	6	7	3	
경상남도	남	6	7	8	8	3	62
	여	5	6	8	8	3	
제주특별자치도	남	1	1	2	2	1	13
	여	1	1	2	1	1	
합계	남	101	108	127	123	49	1,000
	여	93	101	126	122	50	

[그림 3.1.5] 설문조사 표본 설계

55) ㈜마크로밀엠브레인 보유 자체패널(1,309,442명)

● **(조사내용)** 철도 관련 이슈 인식, 응답자 특성 등으로 국민입장에서 쉽게 응답할 수 있는 내용으로 구성, 후보 이슈별 중요도 및 시급성 조사

- (응답자 선정) 거주지역, 성별, 연령
- (철도관련 이슈 인식조사) 후보 이슈별 중요도 및 시급성 기준
- (응답자 특성) 이용경험 및 목적, 최종학력 및 직업

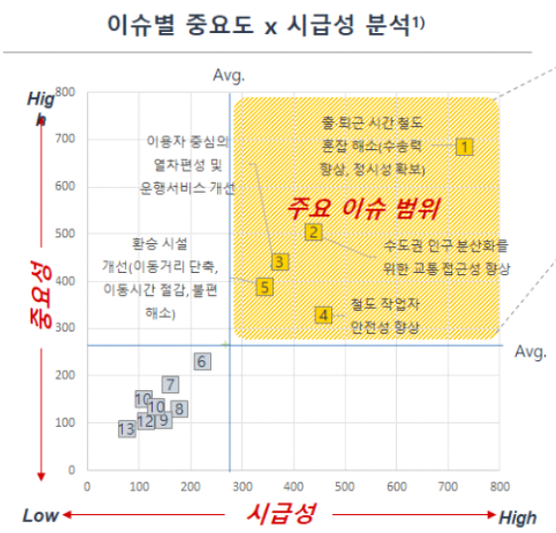


〈설문조사 문항 구성〉

1. 응답자 선정
   - 거주지역, 성별, 연령
2. 철도관련 이슈 인식조사
   - 중요도 기준 1~3순위
   - 시급성 기준 1~3순위
   - 기타 의견
3. 응답자 특성
   - 이용경험 및 목적
   - 최종학력 및 직업

[그림 3.1.6] 설문조사 문항구성

● **(분석결과)**'출퇴근 시간 철도 혼잡해소'의 우선순위가 가장 높게 나타났으며, 그 외'수도권 인구 분산','이용자 중심의 열차편성 및 운행서비스 개선','철도작업자 안전성 향상'등 순으로 조사됨



순위	철도 관련 이슈	중요도 (A)	시급성 (B)	종합점수 (A+B)
1	출퇴근 시간 철도 혼잡 해소 (수송력 향상, 정시성 확보)	687	725	1412.0
2	수도권 인구 분산화를 위한 교통 접근성 향상	500.5	439	939.5
3	이용자 중심의 열차편성 및 운행서비스 개선	433.5	363	796.5
4	철도 작업자 안전성 향상	328	456.5	784.5
5	환승 시설 개선 (이동거리 단축, 이동시간 절감, 불편 해소)	392	339	731.0
6	승객 편리성 향상을 위한 고객 맞춤 정보 제공 및 인터넷 서비스 개선	231	224	455.0
7	에너지 절감을 위한 고효율 철도기술 개발	176.5	156	332.5
8	교통약자를 배려한 열차, 역사 내 시설 개선	126	177.5	303.5
9	승객 대상 범죄 예방	118	142.5	260.5
10	철도 운행에 따른 소음, 진동 등 환경문제 개선	125.5	133	258.5
	열차 운행속도 향상	143.5	115	258.5
12	철도 설비구축비 및 유지비 절감	112.5	126	238.5
13	철도기술 해외 진출을 위한 기술경쟁력 확보	98.5	82.5	181.0

주) 중요도(또는 시급성) 1~3순위를 각 2, 1, 0.5점의 가중치 부여하여 합산(중요도 = 1순위 응답수*2 + 2순위 응답수*1 + 3순위 응답수*0.5)

[그림 3.1.7] 대국민 설문조사 결과

② 운영기관 – 대면 인터뷰[56)]

- **(인터뷰 개요)** 대국민 설문조사에서 중요도/시급성이 높게 나타난 '수송력 향상, 정시성 확보', '이용자 중심의 열차편성 및 운영' 등의 문제/이슈를 해결할 수 있는 방안을 탐색하기 위해 주요 철도 운영사 전문가를 대상으로 심층 인터뷰를 진행

[표 3.1.4] 이슈식별을 위한 인터뷰 대상(운영사)

철도 운영사	인터뷰 날짜
네오트랜스	2019.03.18
㈜공항철도	2019.04.09
서울교통공사	2019.04.25

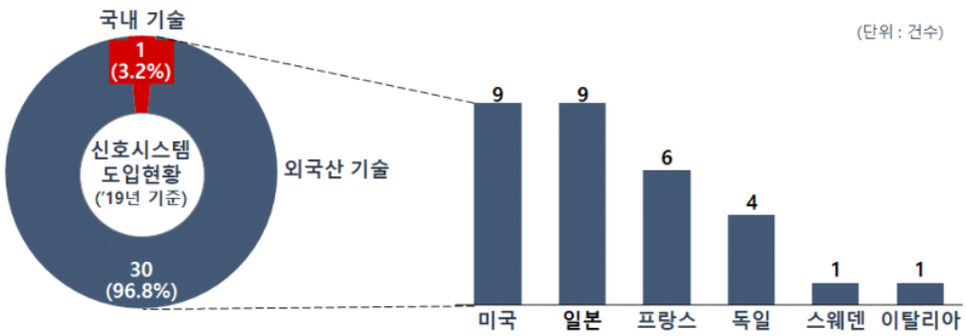
- **(설비 유지관리 한계)** 현재 외산 신호시스템을 사용하고 있어 1) 유지보수 비용 문제(부품 단위 고장도 모듈 단위로 수리되어 비용 부담, 항공료 테스트 비용 등 부가 비용으로 인한 비용 부담 등) 2) 유지보수 기간 문제(8개월~12개월 이상), 3) 자체 사고고장 원인규명을 비롯한 유지보수의 어려움 문제 등의 이슈가 있음

※ (도시철도) 32개 노선의 신호시스템 중 2022년과 2024년 개통예정인 신림선, 동북선 2개 노선을 제외하고는 모두 외산기술에 의존.

※ (일반철도) 과거 초기의 H/W 기반의 국산 ATS 신호시스템에서 현재는 S/W 기반의 외산 ATP(Distance To Go 방식)으로 개량하고 이어 외산기술의 의존도가 점차 높아짐

※ (고속철도) 프랑스 Alstom의 고속철도 도입시 신호시스템을 함께 도입하여 100% 외산기술에 의존

56) '[부록3] 이슈 도출을 위한 인터뷰 등 회의록' 참조



* 국내기술 1건은 '21년 도입예정인 신림선으로 현재 조건부 승인 중

[그림 3.1.8] 국내 도시철도 신호시스템 기술 도입 현황

- **(적기 유지보수 문제)** 유지보수가 필요한 경우 수입품의 긴 조달 기간으로 인해 적시 유지보수가 어려운 것으로 조사됨

* 철도공사의 경우 입찰공고(42일), 입찰 정보 사전공개(7일), 일상 감사(8일) 및 가격시담(28일) 등 행정적인 소요일수만 최소 76일(긴급공고)~118일(일반+유찰 1회)가 소요되며, 이에 계약 이후 실제 제작되는 기간이 제품에 따라 짧게는 6개월에서 길게 24개월까지도 소요됨으로써 유지보수 소요 기간이 길어짐

- **(도입비용 문제)** 일반·고속철도 신규·개량을 기존 시스템(외산)으로 설치 시 국산 시스템으로 설치하는 경우보다 1.8조원(총 6조원) 더 소요*,**

* 전체 LCC 관점에서 운영비용이 60%, 차량 구입비가 30% 비중을 차지하고 있어, 운영사 차원에서 비용저감(철로 점검비용 등)에 관심이 많음

** 서울시 관계자에 따르면, 국산 신호시스템이 도입되는 경우 비용과 공사 기간이 줄어들고 건설 과정에서 외국사와의 교섭력 증대가 개선될 것으로 기대됨[57)]

- **(서비스 저하 문제)** 시스템 장애발생시 신속한 원인규명과 조치를 기대하기 어려운 상황이므로 결국 운행지연을 비롯한 승객서비스 및 안전성 측면 문제가 발생

● **(수송수요 대응 한계)** 철도 노선은 열차제어시스템의 성능에 따라 정해진 수송량이 정해져 있으며 이를 초과하는 경우 병목구간* 또는 차내 혼잡도**,***가 발생함.

* 철도공사 경의중앙선의 경우 청량리역-망우역 4.6km 구간에 경의중앙선 전철, 경강선

57) 서울경제 보도자료(2018.08.06.), '서울시, 동북선 경전철에도 국산 철도신호시스템 도입' 내용 재인용

KTX, 중앙선 새마을호, 무궁화호 운행으로 포화상태이며 열차의 잦은 지연이 발생[58]

** 서울 9호선의 경우 염창-당산 구간의 혼잡도는 201%, 2호선 사당-방배 구간의 경우 170% 등 극심한 혼잡도가 발생, 특히 9호선 평균 혼잡도는 175%[59]

*** 승객이 체감하는 노선별·구간별 혼잡도는 운영기관에서 발표하는 혼잡도 보다 약 25%~75% 상회, 승객이 허용할 수 있는 혼잡도는 125%임[60]

[표 3.1.5] 한국철도공사 병목현상 발생구간

순번	구간/지점명	비고
1	경부선 서울역 - 금천구청역	
2	중앙선 청량리역 - 망우역	
3	경부고속선 남산IEC (SR의 경부고속선 합류지점(평택-오송구간))	해소 예정
4	호남고속선 익산역 - 익산남 분기	해소 예정

- **(운영 유연성 한계)** 실시간 운영현황을 반영하여 유동적인 승객 서비스를 제공하기 위해서는 철도 신호시스템의 제어흐름이 단순화*,** 되어야 하며 특히 열차의 편성길이을 가변(차량 결합·분리)하는 경우 기존시스템은 물리적 시간이 소요되고 안전문제로 고정편성을 유지**하고 있어 수요변동에 유동적인 대응 불가

  * 현재는 정해진 운행노선 변경을 위해서는 연동장치(IXL)의 진로조건을 변경해야 가능하며 필요시 지상의 지역제어기(ZC)의 변경이 이루어져야 가능하므로 운영의 유연성 저하, 또한 연동장치를 제외하고 지상의 지역제어기와 열차의 차상신호장치는 열차의 선로전환(분기) 방향을 알지 못하는 구조임

  ** 이러한 지상의 연동장치, 지역제어기 없이 열차의 차상신호장치 스스로 주행에 필요한 선로자원, 분기방향 등을 제어하는 것이 필요함

  *** 초기 차량편성이 결정되면 이에 대한 변동이 어려우며, 주행 중 가상의 연결기를 이용한 열차간 분리결합은 운행 유연성 향상의 핵심기술임

  - **(열차운영의 제한된 유연성 극복 필요)** 유동적인 수요변화에 따라 운행 스케줄의 변경, 노선의 확장* 또는 투입 열차의 증대 등 운영상의 변화에 대응 가능한 기술개발** 필요

    * 노선 확장 시 해당 영역을 관할하는 지상 제어시스템의 증설이 불가피

58) 동아일보(2018.03.30.) "또 늦네… 속터지는 경의중앙선"

59) 국회뉴스ON(2018.10.17.) "[2018국감] 박재호 의원 서울 최고 '지옥철' 구간은 염창→당산"

60) 서울연구원(2016), "서울시 지하철의 혼잡비용 산정과 정책적 활용방안"

** 차량 수를 가변(차량 결합·분리)하는 경우 기존 시스템은 물리적 시간이 소요되고 안전문제가 발생 가능하여, 고정편성을 유지*하고 있어 수요변동에 대응 불가

- **(안전성 측면)** 안전성에 대한 이슈로 인해 하나 이상의 영업노선 적용실적을 요구, 설비 유지보수 문제로 인해 국산 신호시스템에 대한 수요는 있으나 연구개발 이후 영업노선 실적이 없어 도입에 부담을 느낌
  - 국내 신호시스템 제작사는 국외 제작사 대비 영업선 적용실적 및 기술경쟁력 우위를 보여주고 있지 못한 상황이며 운영기관의 경우 사고 발생 시 인명 및 재산 피해, 운행지연, 기관의 이미지 실추 등 막대한 위험부담으로 영업노선 적용실적이 없는 신규 개발된 국산 신호시스템 도입을 꺼려함
  - 기존선 개량시 영업운영의 중단없는 시스템 개량이 쉽지 않고*, 개량 경험과 개량기술의 부족으로 인해 개량기간 동안 발생할 수 있는 안전사고에 대해 많은 부담을 느끼고 있는 상황임

    * 새로운 노선 적용(greenfield)이 아닌 기존선 개량(brownfield)의 경우 기존 운영절차에 최소한 영향을 주면서 1일 평균 작업시간은 영업운행 종료이후 야간 1시간에서 3시간 미만이며 쉡도우 모드, 혼용운영 및 無 중단 시스템절체 지원이 이루어져야 하므로 신호시스템 개량 중 안전사고 발생위험이 높음[61]

② 제작사 – 대면 인터뷰[62]

- **(인터뷰 개요)** 대국민 설문조사에서 중요도/시급성이 높게 나타난 '수송력 향상, 정시성 확보', '이용자 중심의 열차편성 및 운영' 등의 문제/이슈를 해결할 수 있는 방안을 탐색하기 위해 주요 철도 신호시스템 제작사 전문가를 대상으로 심층 인터뷰를 진행

[표 3.1.6] 이슈식별을 위한 인터뷰 대상(제작사)

철도 신호시스템 제작사	인터뷰 날짜
대아티아이	2019.03.28
LS산전	2019.04.05
현대로템	2019.08.13

61) 국토교통부(2015), "열차운행의 안전성 및 효율성 향상을 위한 도시철도 열차운영시스템 개량 최적화 기획연구"

62) '[부록3] 이슈 도출을 위한 인터뷰 등 회의록' 참조

- **(산업 성장에 대한 기회손실)** 철도산업의 세 가지 축인 차량과 시설, 운영의 동반성장 구조 확보를 통해 해외시장 진출이 가능하고, 철도 신호시스템 중심의 시장 성장이 예상됨

  - **(기술력 측면)** 철도 시장 중 신호 시스템 시장이 차지하고 있는 비중(5~7%)은 높지 않으나, 차량의 핵심은 신호이기에 해외 제품을 계속 사용할 경우 기술 종속이 되어 한순간에 교통망이 장악당할 것으로 판단

  - 신호시스템의 경우 KRTCS 이후 세대인 T2T 기반 자율주행기술의 빠른 개발 및 상용화가 요구됨

  - 선진국은 2030년 T2T 기반의 자율주행기술 개발을 목표로 기술개발 중

  * 프랑스의 경우 2013년부터 T2T 통신 기반 신호시스템(Urbalis Fluence) 개발을 추진하였으며, 영국은 2017년부터 클로져 러닝(Closer Running) 프로젝트 착수함

  - 최근 턴키 방식(신호+관제+인프라 등)으로 수주가 많이 이루어지고 있으나, 신호시스템 분야 등에서 기업 차원의 대응 한계* 발생

  * 수주 시 실적을 요구하며, 이를 극복하기 위해서는 실증노선에서의 테스트 등 지원 필요

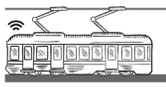
- **(국내시장 협소에 따른 경쟁력 약화)** 국가 차원의 투자 없이 개별 기업 차원에서 국산 신호시스템 확보 및 시장 창출이 어려움

  - **(협소한 국내시장)** 글로벌 철도산업 제조기업은 자국의 풍부한 내수 시장을 바탕으로 한 다양한 차종 개발과 기술축적이 가능하나, 국내의 경우 시장이 작고 변동 폭이 커서 국내시장만으로 산업 활성화가 어려움

  - **(실용화의 선결 조건인 실용화 실적)** 국내외 철도신호시스템 수주 시 실용화 실적*을 요구하지만 연구개발 이후 민간에서 실용화 실적에 준하는 영업선 운영실적을 확보하는 것은 불가능하므로, 실증노선에서의 테스트 등 국가 차원의 지원이 없을 경우 국산신호시스템의 기술력 및 안전성 문제 해결이 어려움

  * 국내외 운영기관 철도신호시스템 발주사양서에는 하나 이상의 실용화 실적을 요구하고 있으며 실용화 실적 없이 낙찰을 받는 것은 불가능[63)]

63) 매일건설신문(2018.06.08.) "광주지하철 2호선 신호시스템 수주전 그 결과는?"



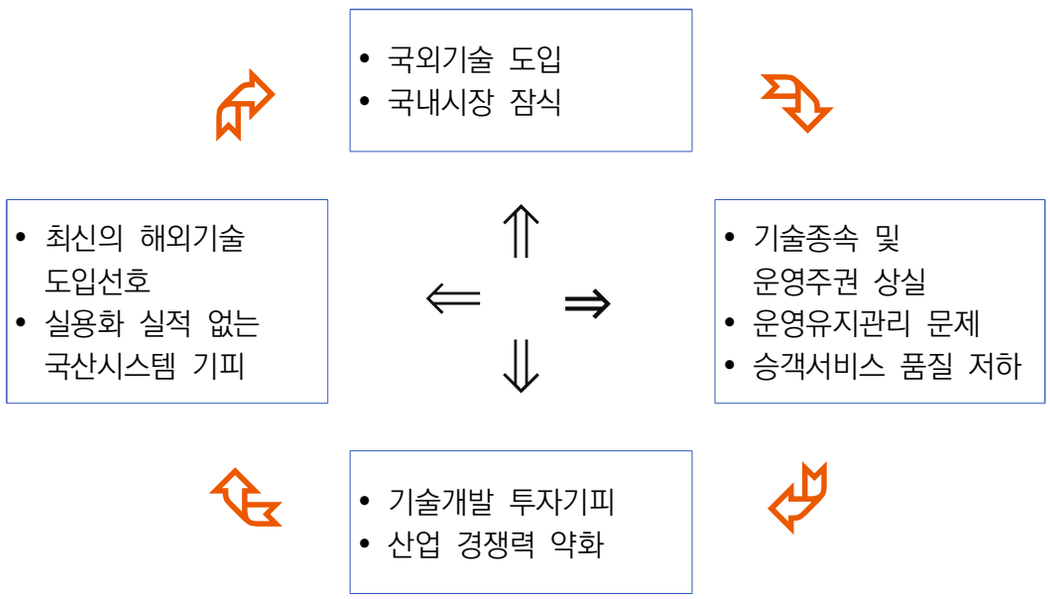
2절 문제 및 이슈 도출

이해관계자 이슈/문제 분석결과

구분	철도 이용객(국민)	철도 운영기관	시스템 제작사(기업)
이슈	• 출퇴근 혼잡도를 가장 큰 문제로 인식 • 운영기관이 발표하는 혼잡도보다 최대 75% 높게 혼잡도를 체감 • 다음으로 접근성 향상과 이용자 중심의 서비스 개선이 필요하다고 인식	• 승객의 민원과 기관의 이미지에 영향을 줄 수 있는 승객 안전성과 운영비용, 유지관리 측면을 중요시 • 외산 신호시스템 도입에 따른 폐해(비용 및 유지관리 등)로 인해 국산 신호시스템 도입이 필요하다고 인지 • 신규 시스템 도입을 위해서는 영업실적이 필요하며 해당 실적을 보유하고 있는 최신의 외산시스템을 도입 • 서비스 개선이 영업실적 개선에 한계가 있다고 생각하여 수송력/혼잡도를 큰 이슈로 생각하지 않음 • 국산 신호시스템 개발에 있어서 국가 차원이 투자가 필요하다고 인식	• 최신의 신호기술 확보가 필요함을 인지 • 신규 철도신호기술 개발에 대해 정부차원의 지원이 있다면 선진국 수준의 기술확보가 가능하다고 인식 • 연구개발 이후 바로 실용화 가능한 개발프로세스 요구 • 국내 시장진입 실적을 토대로 적극적인 해외 진출을 원함
문제	• 차량 내 혼잡으로 인한 신체접촉 등 불편 • 잦은 열차 지연 • 非러시아워 및 분기노선 대기시간 2배 등 서비스 품질 저하	• 시스템 운영주권 상실 • 영업실적 보유한 최신의 외산 시스템 선호에 따른 악순환 반복 • 서비스의 본질적인 개선에 한계 • 설비유지관리(적기 유지보수, 도입비용, 서비스 저하) 한계 • 수송수요 대응 한계 • 운영의 유연성 한계	• 산업경쟁력 약화 • 선진국 대비 뒤늦은 기술확보 • 기술개발 이후 영업실적 확보가 현실적으로 불가능하여 시장진입에 한계 발생 • 시장진입의 한계로 기술개발에 적극적인 투자 기피

종합분석 및 시사점

- **(산업구조적 악순환 문제점)** 운영사는 안전성 및 기술수준 미흡 등을 이유로 영업실적을 보유한 최신 해외기술 도입을 선호(국내기술 기피) → 국내시장은 점차 외산 신호시스템에 의해 잠식되고, 이로 인해 기술종속, 운영주권상실, 승객 서비스 품질 저하 → 국내기업의 산업경쟁력 약화로 기술개발 투자가 기피/축소되는 악순환 반복



[그림 3.2.1] 구조적 악순환 분석

- **(Slow Follower 전략의 효과는 제한적)** 현재와 같이 선진국에 비해 20년 이상 늦은 시점에서의 Slow Follower 방식의 국산화 전략으로는 철도신호시스템의 외산 종속 탈피 및 기술/시장경쟁력 확보에 한계

  * 그간 정부 지원하에 국산화 측면의 연구개발을 수행해왔으나, KRTCS1(2014)의 경우 현재 최신의 국외 CBTC 시스템과 비교할 때 경쟁력이 떨어져 국내시장 대체 및 해외시장 진출이 어려운 실정

  - **(최신의 신호시스템 선제적 개발 필요)** 앞서 이슈/문제 분석을 통해 철도 운영사는 영업실적을 보유한 최신의 신호시스템을 선호하는 점을 고려할 때, 근본적인 문제 해결을 위해서는 세계 시장에서 경쟁 가능한 최신 신호시스템의 선제적 개발과 영업실적에 준하는 트랙 레코드를 선점할 필요

  - 세계 신호시스템 시장 트랜드는 수송력 증대를 통해 국민 편의를 증진시키고, 운영·설비 단순화로 운영사의 부담을 경감시키는 방향으로 진화하고 있음

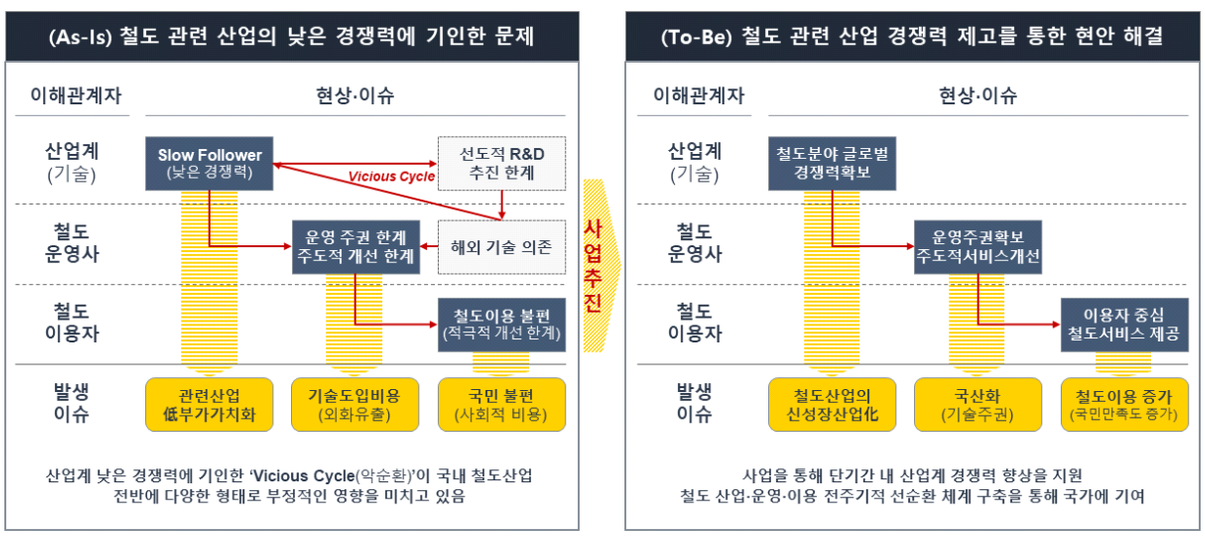
  - 수송력 제고 및 운영비용 저감을 위해서는 기술개발을 통해 기존 신호시스템 제어패러다임의 근본적인 변화가 요구되며, 새로운 철도신호 기술의 선제적 확보를 통한 문제해결이 필요함

  - 동 사업을 통해 세계 수준의 철도신호시스템을 개발할 경우, 국내 기업 경쟁력 강화 및 운영사의 운영비용 저감 관련 문제/이슈를 해결함과 동시에, 교통

혼잡 해소 등 국민 편의성 증진 등의 효과를 기대할 수 있음

- **(실용화 한계 극복 필요)** 연구개발 완료(SIL 인증서 및 공인기관 시험성적서 확보) 이후 운영기관 도입 시 영업선 운용 실적을 요구하나 영업선 운용 실적(트랙 레코드)을 확보하기가 쉽지 않아 개발기술의 실용화에 난항

- 연구개발 이후에 실용화 가능하도록 연구개발 프로세스에 트랙 레코드 확보를 확인할 수 있는 추진전략이 필요.



[그림 3.2.2] As-Is/To-Be 분석

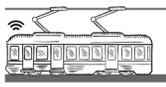
참고 문제/이슈 해결을 위한 대안 검토 및 선정

분석 개요

- **(조사 목적)** 철도 수송력 증대 및 이용자 수요대응 문제 해결을 위한 최적 대안 검토
- **(조사 기간)** 2019.7.26.~2019.08.09.(2주간*)
  * 응답자별 일관성 검토(Consistency Ratio(CR)〈0.2 통과) 후 재설문 기간 포함
- **(조사 대상)** 철도분야 전문가 15명(평균 경력 21.7)
  - 산학연 전문가 9명, 운영사 전문가 6명을 선정*
  * KAIA 내부 전문가 추천시스템을 통해 후보 POOL(총 82명) 확보하여, 산·학·연·운영사 별로 우선순위가 높은 전문가를 섭외

[표 1] AHP 평가 응답자 리스트

구분	순번	소속	이름	이름	전문분야(경력)
산	1	리앤테크(주)	이사	천준호	철도차량(22)
	2	(주)우진산전	상무	전병진	철도차량(25)
	3	네모시스(주)	대표	김종운	철도시스템공학(15)
학	4	한국교통대학교산학협력단	교수	권혁빈	철도시스템(19)
	5	서울과학기술대학교	교수	최규형	철도신호(22)
	6	우송대학교	교수	정찬묵	철도공학(30)
연	7	한국교통안전공단	차장	엄범규	철도차량(12)
	8	한국산업기술시험원	센터장	박진규	철도시스템공학(18
	9	한국철도시설공단	부장	오준호	철도신호/통신(37)
운영사	10	한국철도공사	책임연구원	이석주	철도차량/신호장치(6)
	11	공항철도(주)	팀장	김중곤	열차계획/운행/안전/관제(33)
	12	네오트랜스(주)	차장	이재호	철도신호(20)
	13	광주광역시도시철도공사	팀장	나정민	철도교통(17)
	14	한국철도공사	연구단장	윤차중	제어/ 전력전자/철도차량(25)
	15	서울교통공사	차장	안영환	철도교통(25)



● **(조사 및 분석방법)** AHP[64]기법을 이용한 이메일 설문조사 수행

- (설문지 설계) 대안에 대한 개념화 및 대안선정 평가를 위한 평가 기준의 계층화(연구진 브레인스토밍 및 파일롯 테스트 진행)

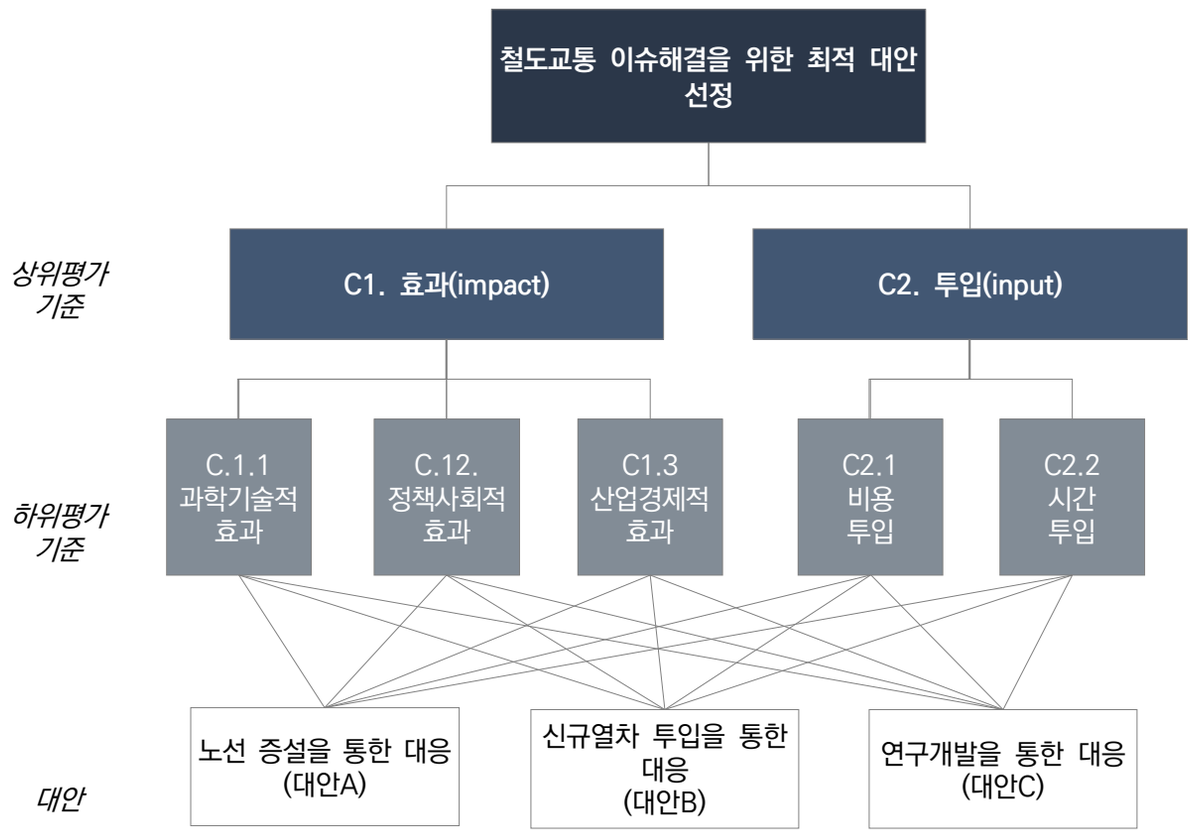
  · (대안) '(A) 노선 증설을 통한 대응', '(B) 신규 열차 투입을 통한 대응', '(C) 연구개발을 통한 대응'의 3개 대응(안)을 철도 문제 해결을 위한 대안으로 개념화

  · (평가기준) 최상위 계층을'효과'와 '투입'으로 구분하고, 각 하위 계층으로 '과학기술적 효과', '정책사회적 효과', '산업경제적 효과'와'비용 투입', '시간 투입'으로 세분화

[표 2] 철도 문제 해결을 위한 대안

대안	내용	장점 및 단점
[대안A] 노선 증설을 통한 대응	• 기존노선의 복복선화(급행화를 위한 대피선로 구축 포함)와 신규노선의 건설을 통하여 수송력과 탄력적인 운영성을 확보하는 방안	• (장점) 수송력 향상, 병목구간 개선, 혼잡도를 개선, 탄력적인 운영 가능 • (단점) 철도 노선 신규 건설시 막대한 사업비용(ex.평택-오송 47.5km 복복선 사업비 약 2조 9천억) 기존노선 복복선화 경우 시설현황에 따라 기술적 한계 존재
[대안B] 신규 열차 투입을 통한 대응	• 철도차량의 승객정원을 증원하기 위해 2층 열차를 도입하거나, 승강장 설계 한도 내에서 열차 차량을 증량하여 운행하는 방안	• (장점) 비교적 적은 비용 • (단점) 2층 열차의 경우 충분한 역 정차 시간 필요하며, 2층열차 규격에 맞지 않는 노선에 적용 불가능
[대안C] 연구개발을 통한 대응	• 철도제어 패러다임의 획기적인 변화를 통해 수송력과 탄력적인 운영성을 확보하는 방안	• (장점) 상대적으로 저렴한 공사비용, 높은 수송효율 및 이용객 편의성 제공 가능 • (단점) 연구개발 예산과 인력 투입을 통해 추가적인 새로운 철도제어 기술력 확보 필요

64) 1970년대 초반 펜실베니아대학 Thomas L. Saaty 교수가 고안한 계산모델로, 의사결정의 계층구조를 구성하고 있는 요소간의 쌍대비교에 의한 가중치 산정 기반 의사결정 방법론



[그림 3] 대안선택을 위한 기준의 계층도

- **(설문방법)** 응답자는 평가기준 및 대안의 중요성을 1~9점 척도로 쌍대비교(pairwise comparisons)하여 응답하며, 이메일 설문조사 후 분석결과 CR(Consistency Rate)[65] 값이 0.2 이상으로 나온 전문가 재설문(8명)

- **(분석방법)** 의사결정 요소들의 상대적 가중치*를 종합하여 가중치가 가장 높은 대안을 최적으로 선택

* 쌍대비교를 통해 구한 행렬(matrix)[66]로부터 최대 고유값(Max. eigenvalue)와 고유벡터(eigenvector)를 구하여 이를 가중치로 추정 및 활용

65) 일관성 지수(Consistency Index, CI)를 무작위지수(n=3일 때 0.58)로 나눈 일관성 비율(Consistency Ratio, CR)을 통해 응답의 신뢰도를 검증, 선행연구에서는 경험적으로 0.1~ 0.2 이내이면 합리적인 일관성을 갖는 것으로 판단하여 동 분석에서는 0.2를 신뢰성의 기준으로 적용

66) 다수 응답자의 응답 결과를 기하평균법을 활용하여 하나의 응답으로 취합 후 평가기준 및 평가기준별 대안에 대해 쌍대비교를 통한 가중치 도출

분석결과

- **(응답자 현황)** 산·학·연·운영사 전문가 15명

[표 3] 분야별 응답자 현황

구분	산	학	연	운영사
인원(명)	3	3	3	6
경력(년)	20.6	23.6	22.3	21.0

- **(가중치 분석결과)** 전문가들은 철도 수송력 증대 및 이용자 수요대응 문제 해결을 위한 대안선정 시‘비용투입’을 가장 중요한 요인으로 판단
  - 효과 측면에서는 ‘산업경제적 효과(0.394)’가 투입 측면에서는 ‘비용투입(0.698)’에 대한 가중치가 상대적으로 높게 나타남
  - 평가기준 전계층 관점에서도 ‘비용투입(0.263)’1순위, ‘산업경제적 효과(0.246)’2순위로 나타났으며, 그 외 ‘정책사회적 효과(0.190)’, ‘과학기술적 효과(0.188)’, ‘시간 투입효과(0.114)’ 순으로 도출됨

[표 4] 평가기준별 가중치 분석 결과

1계층	2계층	가중치(순위)
효과 (0.623)	과학기술적 효과(0.301)	0.188 (4)
	정책사회적 효과(0.305)	0.190 (3)
	산업경제적 효과(0.394)	0.246 (2)
투입 (0.377)	비용 투입(0.698)	0.263 (1)
	시간 투입(0.302)	0.114 (5)

주) 평가기준별 가중치는 1계층 가중치와 2계층 가중치를 곱해서 산출한 값임

- **(대안 선정결과)** 종합결과 ‘연구개발을 통한 대응(C)’ 대안이 가장 우선순위가 높은 것으로 조사됨
  - 연구개발을 통한 대응(C)은‘과학기술적 효과’와 ‘비용 투입’ 측면에서 우선순위가 높게 나타났으며, 종합 1순위로 평가됨

- 노선 증설을 통한 대응(A)은 '정책사회적 효과'와 '산업경제적 효과'관점에서 우선순위가 높은 것으로 나타났으며, 종합 2순위임

- 신규 열차 투입을 통한 대응(B)은 '시간투입' 측면에서 우선순위가 높은 것으로 나타났으며, 종합 3순위로 조사됨

[표 5] 평가기준에 따른 대안별 가중치 및 종합점수

구분	과학기술적 효과	정책사회적 효과	산업경제적 효과	비용 투입	시간 투입	종합점수 (순위)
대안A	0.190	**0.556**	**0.503**	0.310	0.169	**0.366(2)**
대안B	0.234	0.218	0.199	0.270	**0.440**	**0.255(3)**
대안C	**0.579**	0.226	0.297	**0.420**	0.392	**0.379(1)**

주1) 종합점수는 대안별로 평가기준별 가중치와 평가기준에 따른 가중치를 곱해서 합산한 결과임
주2) 밑줄은 각 기준 및 종합점수의 1순위를 나타냄

응답자 유형별 분석결과

- 1) 산학연 전문가와 2) 운영기관 전문가로 구분하여 분석한 결과, 분석그룹간 평가기준의 가중치 순위와 최적 대안이 다르게 나타남

  - 산학연 전문가들은 '비용투입'을 가장 중요한 기준으로 생각하고 있으며, '비용투입'과 '과학기술적 효과'가 우수한 '연구개발을 통한 대응(C)'을 최적 대안으로 선정함(전체 분석결과와 유사한 결과)

  - 운영사 전문가들은 '산업경제적 효과'가 가장 중요한 기준으로 생각하고 있으며, 산업경제적 효과와 정책사회적 효과가 우수한 '노선 증설을 통한 대응(A)'을 최적 대안으로 선정함(전체 분석결과와 상이한 결과)

[표 6] 분석그룹(산학연/운영기관)별 평가기준 가중치 분석결과

산학연 전문가(9명)			운영기관 전문가(6명)		
1계층	2계층	가중치 (순위)	1계층	2계층	가중치 (순위)
효과 (0.626)	과학기술적 효과(0.288)	**0.179 (4)**	효과 (0.618)	과학기술적 효과(0.319)	**0.199 (3)**
	정책사회적 효과(0.340)	**0.212 (3)**		정책사회적 효과(0.256)	**0.159 (5)**
	산업경제적 효과(0.372)	**0.232 (2)**		산업경제적 효과(0.425)	**0.265 (1)**

산학연 전문가(9명)			운영기관 전문가(6명)		
1계층	2계층	가중치 (순위)	1계층	2계층	가중치 (순위)
투입 (0.374)	비용 투입(0.781)	**0.294 (1)**	투입 (0.382)	비용 투입(0.546)	**0.206 (2)**
	시간 투입(0.219)	**0.083 (5)**		시간 투입(0.454)	**0.171 (4)**

주) 평가기준별 가중치는 1계층 가중치와 2계층 가중치를 곱해서 산출한 값임

[표 7] 분석그룹(산학연/운영기관)별 대안 분석결과

구분		과학기술적 효과	정책사회적 효과	산업경제적 효과	비용 투입	시간 투입	종합점수 (순위)
산학연 전문가	대안A	0.135	**0.427**	**0.428**	0.284	0.107	**0.309(2)**
	대안B	0.234	0.287	0.211	0.328	**0.513**	**0.291(3)**
	대안C	**0.631**	0.287	0.352	**0.388**	0.380	**0.401(1)**
운영기관전문가	대안A	0.303	**0.733**	**0.600**	0.343	0.306	**0.459(1)**
	대안B	0.220	0.127	0.177	0.196	0.319	**0.206(3)**
	대안C	**0.477**	0.140	0.223	**0.461**	**0.375**	**0.335(2)**

주1) 종합점수는 대안별로 평가기준별 가중치와 평가기준에 따른 가중치를 곱해서 합산한 결과임
주2) 밑줄은 각 기준 및 종합점수의 1순위를 나타냄

철도 신호체계 혁신 기술개발사업



제4장

환경분석

| 1절 | 환경분석 개요
| 2절 | 매가트렌드 분석
| 3절 | 정책적 환경분석
| 4절 | 경제적 환경분석
| 5절 | 사회적 환경분석
| 6절 | 기술적 환경분석
| 7절 | 종합분석 및 시사점



1절 환경분석 개요

■ **(분석목적)** 국내외 사회적인 이슈를 조사하여 사회환경 변화의 흐름(메가트랜드)을 거시적으로 분석하고, 철도분야와 관련성이 높은 정책, 경제, 기술적 관점에서 미시적인 이슈를 파악

■ **(분석범위)** 과거는 2010~2019년(10년)으로 설정하고, 미래는 중장기적인 분석을 위해 2019~2040년으로 설정

■ **(분석방법)** 문헌조사를 통해 주요 메가트렌드(안)을 선정하고, 이를 기반으로 미시적인 환경분석을 실시

- **(분석대상)** 공신력, 분석 대상 및 내용 수준 등을 고려하여 국내를 포함한 주요국의 정책보고서, 연구 논문/특허 및 보고서 등의 문헌조사[67]
- **(분석관점)** 메가트렌드 및 PEST관점(정책, 경제, 사회, 기술) 철도교통 환경분석
  - **(메가트랜드 분석)** 미래 사회가 직면할 거대한 변화의 흐름 파악
    * 도시 및 인구변화, 경제변화, 기술변화, 기후·환경변화, 정치·행정 변화
  - **(정책적 환경분석)** 사업수행 및 연구개발 관련 정책 동향조사를 위해 국가교통 계획, 철도 R&D 기조 등 국가별 정책 조사
  - **(경제적 환경분석)** 사업추진 방향에 영향을 줄 수 있는 경제·산업 관련 동향조사를 위해 경제환경 변화, 철도산업 동향 파악
  - **(사회적 환경분석)** 사업추진 방향에 영향을 줄 수 있는 사회·문화 관련 동향조사를 위해 사회환경 변화, 글로벌 사회 요인 파악
  - **(기술적 환경분석)** 사업추진 방향에 영향을 줄 수 있는 과학·기술 동향 조사를 위해 교통, 철도기술, 4차 산업혁명 등 과학기술 발전 동향 파악

67) Gartner 10대 전략기술, ESPAS “Golobal Trends to 2030 : CHALLENGES AND CHOICES FOR EUROPE”, KISTEP 제5회 과학기술 예측조사 등 다수의 문헌을 분석

[그림 4.1.1] 철도산업의 PEST 분석 프레임워크

2절 메가트렌드 분석

1. 분석 개요

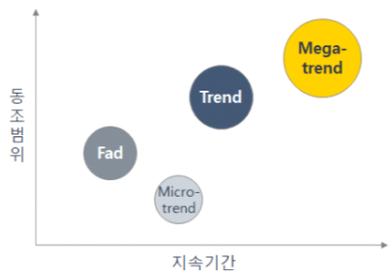
■ (분석목적) 국내외 메가트렌드 분석 및 미래예측 보고서에서 제시하고 있는 이슈를 분석하여 미래 철도교통의 모습과 수요 파악

- 기존의 메가트렌드에 대한 분석내용은 국가 및 교통 정책의 상위 차원에서 논의되어 왔으며, 철도분야의 미래 사업기획과의 간극이 불가피
- 따라서, 메가트렌드와 이로 인한 철도분야의 수요 등을 총 망라하여, 이를 바람직한 사업기획과 사업의 전략적 방향성 도출에 활용
- 국내외 최신 미래트렌드 연구를 체계적으로 조사-분석-정리함으로써, 메가트렌드가 국내 환경변화에 미치는 영향을 확인
  - 미래 한국사회가 직면할 메가트렌드를 중심으로 각 분야에서 파생될 핵심적인 이슈들을 선별하여 도출
  - 특히, 철도·교통 분야에서 주목해야 할 부분을 추출하여 철도·교통 분야에서 적용되는 메가트렌드와 트렌드, 주요이슈를 확인
  - 이들이 환경에 미칠 영향을 분석함으로써 이에 대응하기 위한 대안 발굴

메가트랜드란?

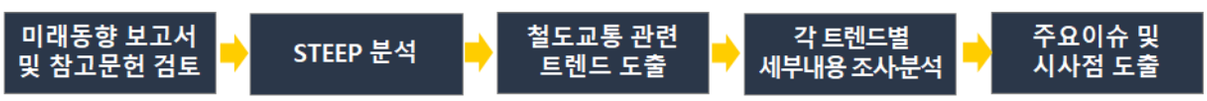
- (정의) 메가트랜드란 사회변화의 거시적 추세로 한 영역의 트렌드에 그치지 않고 사회·경제·문화적으로 변화를 불러일으킬 만한 현상을 의미함
  - 메가트렌드 용어는 1982년에 출간된 미국의 미래학자 존 네이스비츠(John Naisbitt)의 저서 'Megatrends'에서 유래했으며, '현대 사회에서 일어나고 있는 거대한 조류'를 뜻함
- (유형) 메가트렌드는 10년 이상의 지속기간을 가지며, 폭넓은 영역에 영향을 미치는 현상으로 트렌드(Trend), 패드(Fad), 마이크로 트렌드(Micro-Trend) 등과 구분됨

유형	동조범위	지속기간
Mega-trend	우리 삶의 모든 영역에 영향을 미치는 거대한 변화	10년 이상
trend	광범위한 대중적 지지를 얻어 변화하는 사회문화 현상	5년 이상
Micro-trend	소수의 사람들이 동조하는 지니는 변화	1년 이상
Fad	짧게 지속되는 일시적인 유행	1년 이내



〈트렌드의 유형〉

(분석 절차) 선행연구 보고서 및 정책자료를 수집하고, STEEP 기반으로 이를 분석

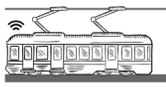


[그림 4.2.1] 메가트랜드 분석 절차

- **(자료수집 및 검토)** 국토부, KISTEP, 철도연 등 교통 및 철도분야와 관련해 메가트렌드를 전망한 보고서 및 국내외 관련 자료를 수집
  - 국외의 경우 UN, OECD 등 국제기구와 미국, EU, 일본 등 주요국 정부 및 기업의 주요 미래 전망자료를 조사·수집
  - 수집된 자료를 바탕으로 각 자료별 발행년도, 전망시기, 국토교통 또는 철도분야와의 연관성 등을 고려하여 1차 스크리닝 후 분석 수행
  - 관련성을 고려하여 최종적으로 15건의 자료를 검토

[표 4.2.1] 메가트렌드 도출을 위한 국내외 미래동향 보고서 및 참고문헌

구분	발행기관	번호	문헌 제목	주요 내용	발행연도
국내	KAIST	1	대한민국 국가 미래전략 2020	대한민국 6대 절대과제 및 7대 분야 미래전략	2019
	NIA	2	빅데이터로 본 2019년 이머징 이슈	11대 코어 트렌드 제시	2018
	현대 경제연구원	3	2019년 글로벌 10대 트렌드	글로벌 10대 트렌드	2019



구분	발행기관	번호	문헌 제목	주요 내용	발행연도
	KISTEP	4	제5회 과학기술예측조사	글로벌 10대 트렌드	2017
	국토교통과학기술진흥원, 국토부	5	2040 국토교통 미래기술예측조사	7대 메가트렌드 및 국토교통 미래기술 분석	2013
	국토연구원	6	메가트렌드에 대응한 교통 SOC 정책방향 연구	6대 메가트렌드, 24대 트렌드에 따른 교통SOC이슈 제시	2014
	국토교통부	7	제5차 국토종합계획 2020-2040	6대추진전략 및 전략별 추진계획 제시	2019
	국토교통부	8	국토교통비전 2045 수립을 위한 연구	6대 메가트렌드, 국토교통 미래이슈분석	2016
	KISTEP	9	혁신성장과 미래 트렌드 2018	4차산업혁명 관련 10대 이슈 제시	2018
해외	OECD	10	Science, Technology and Innovation Outlook 2018	안전기술 R&D 동향 및 현황, 4대 안전기술 핵심 투자전략 제시	2018
	미국국가정보위원회	11	Global Trends 2030	5대 메가트렌드 제시	2012
	유럽위원회	12	Global Europe 2050	4대 메가트렌드 및 6대 게임체인저 제시	2012
	유럽환경청	13	State and Outlook 2015	6대 메가트렌드 제시	2015
	Earnest and Young	14	Megatrends 2015	11개 메가트렌드 및 5가지 자원 관련 함축적 의미 제시	2015
	Frost&Sullivan	15	World's Top Global Mega Trends To 2025 and Implications to Business, Society and Cultures	6대 메가트렌드 제시	2014

- (STEEP 관점 분석) 분석대상 문헌에서 공통적으로 제시하고 있는 메가트렌드를 도출하기 위하여 STEEP 기반 분류

  - 각 연구 문헌에서 제시하고 있는 메가트렌드와 이슈 등을 STEEP* 분류체계를 통해 도출하고 종합 정리

* 사회적(Social), 기술적(Technological, 경제적(Economic), 환경적(Environmental), 정책적(Political) 관점에서의 주요이슈를 국내외 미래동향 보고서 및 문헌 자료조사를 통해 도출[68)]

- 각 STEEP별 테마를 기준으로 메가트렌드를 정리하며, 메가트렌드의 세부 내용 및 범위를 확정하여 최종 그룹핑 수행

[표 4.2.2] STEEP 기준 메가트렌드 이슈

보고서	주요 내용				
	S	T	E	E	P
대한민국 국가미래전략 2020(KAIST)	■ 저출산, 고령화 ■ 사회통합 ■ 갈등해결	■ 4차 산업혁명 - 빅데이터,인공지능,사물인터넷,5G		■ 안정적 에너지원 확보 ■ 환경 문제	■ 평화(통일) ■ 국제정치
빅데이터로 본 2019년 이머징 이슈(NIA)		■ 데이터 및 블록체인 ■ 가상현실(VR) ■ 인공지능 ■ 클라우드 ■ 보안 ■ 드론 및 자율주행차	■ 공유경제 플랫폼 ■ 핀테크	■ 전기차	■ 거버넌스
2019년 글로벌 10대 트렌드 (현대경제 연구원)	■ 디지털 디톡스 ■ 충전사회	■ AT(Autonomous things; 자율 사물) ■ 4차산업혁명	■ 선진국 경쟁력 강화 ■ 디지털 변혁 ■ BM엑소더스현상	■ 친환경 ■ 에너지원	■ 자국 우선주의
제5회과학기술예측조사(KISTEP)	■ 사회복잡성의 진화 ■ 휴먼임파워먼트	■ 초연결에 의한 혁신	■ 경제시스템의 재편	■ 환경리스크 심화	
2040국토교통 미래기술예측 조사 (국토부)	■ 인구구조 및 사회환경의 변화 - 도시인구 증가 - 저출산·고령화 사회	■ 과학기술의 발전 - 첨단 국토교통 기술 ■ 기술 융복합 - ICT기술과 융합 - 나노기술 발달 - 로봇기술 발달	■ 글로벌 경제사회 - 세계시장의 통합 - 인력이동 세계화	■ 지구온난화 및 기후변화 - 지구온난화 심화 - 환경오염 증가 ■ 에너지/자원 부족 - 에너지·자원 수요 증가 - 물·식량 부족 심화	■ 안보 및 안전 - 재해·재난대비 - 한반도통일시대
메가트렌드에 대응한 교통 SOC 정책방향 연구 (국토연구원)	■ 인구 구조의 변화 - 인구감소 - 저출산/고령화, - 소형가구 증가 ■ 가치관 다양화 및 삶의 질 - 개인/가족 중심 - 건강/환경, 안전, 쾌적성 중시 ■ 도시화의 진전 - 도시권 발전 - 메가시티화 - 도시재생, 비도시권 쇠퇴	■ 과학기술 발달 - ICT융합기술 - 차량자동제어 - 신교통수단 - 스마트워크	-	■ 기후변화 및 자원부족 - 이상기후 - 탄소배출 감축 - 유가인상 - 신재생에너지 개발	■ 남북한 경제통합 - 인적/물적 교류 증가 - 접경지역 개발

68) 환경요인을 분석하기 위한 방법론은 STEEP 분석과 PEST분석이 대표적임 거시환경(메가트렌드 분석)을 위해서는 STEEP을 활용하고, 미시적인 환경분석에서는 환경요인을 제외한 PEST분석 방법론을 활용하고자 함. PEST 분석은 SWOT 분석을 세밀하게 분석하고자 하는 경우 효과적

보고서	주요 내용				
	S	T	E	E	P
제5차 국토종합계획 (국토부)	■ 저출산/고령화 ■ 인구감소 ■ 1인가구 증가/개인화 등	■ 제4차 산업혁명 ■ 정보/의료기술의 발달 ■ 초고속교통기술수단, 무인기술 등	■ 저성장 추세 심화 ■ 글로벌화 ■ 산업구조 변화 등	■ 온난화, 이상기후, 자연재해 증가 ■ 에너지 및 자원의 고갈 ■ 건축물과 교통수단 탄소저감 요구 증대 ■ 황사/미세먼지/스모그 등 환경오염 증가 등	■ 분권화 및 참여활성화 ■ 지방과 민간의 자율성 확대 ■ 남북관계의 변화 ■ 동북아 정치/경제 역학관계 변화 등
혁신성장과 미래 트렌드 2018 (KISTEP)	■ 4차산업혁명도래 - 일자리 구조 변화 - 제품/서비스의 기회와 위험	■ 인공지능 확산 - 지능정보사회 도래 - 새로운 규범체계 마련 ■ 인간중심 과학기술 - 고령 사회 관련 과학기술 - 감염병 대응 과학기술 - 미세먼지 대응 과학기술	■ 주력산업 침체 - 주요 주력산업 침체 - 오픈 이노베이션 강조 - 승자독식 현상 - 게임 체인저형 혁신 - 기술기반 창업 확산	-	■ 지역주도 혁신성장 - 지역 주도형 R&D 기반 구축
국토교통비전 2045 수립을 위한 연구 (국토부)	■ 인구구조 및 가치변화 - 저출산 고령화 - 1인 가구 가속화 - 개인 삶 질 중시 - 사회적 약자 및 소외계층에 대한 배려 필요성 증대 - 공유경제 심화 ■ 도시양극화(집중 및 쇠퇴) - 메가시티 확대 - 비 대도시권 쇠퇴 및 노후화	■ 기술변혁의 가속 - 무인화(자율주행, 로봇기술 등) 및 인공지능 보편화, 가상현실 보편화 - 스마트 시티화 - 초연결사회 도래	■ 경제 글로벌화 및 구조변화 - 글로벌 경제협력 확대 및 통합 - 지식 및 서비스 산업 중심의 경제구조 개편 - 산업/기업/지역/직종간 양극화 심화	■ 기후 변화 심화 및 환경 중요성 증대 - 에너지 저소비형 개발 확대 - 친환경 기술개발 가속 - 신종/복합 사회적 재난 및 재해 증대 - 워터그리드 확산	■ 안보 및 거버넌스 환경변화 - 남북한 협력증진 - 안보 및 보안위험 증대
Science, Technology and Innovation Outlook 2016 (OECD)	■ 인구구조의 변화 ■ 글로벌화 ■ 도시화 ■ 건강·웰빙	-	■ 경제시스템의 재편	■ 천연자원 및 에너지 ■ 기후변화 대응	■ 국가의 역할 강화
Global Trends 2030 (미국국가정보위원회)	■ 개인의 권한 확대 ■ 인구구조의 변화	-	-	■ 식량, 물, 에너지 위기	■ 권력의 분산
Global Europe 2050 (유럽위원회)	■ 인구구조의 변화 ■ 도시화	■ 연구·교육의 혁신	■ 경제와 기술의 진보	■ 기후변화	■ 지정학과 거버넌스
State and Outlook 2015 (유럽환경청)	■ 인구구조 변화 ■ 도시화	■ 기술 진보	■ 세계경제 성장 ■ 다극화체제심화	■ 기후변화 대응 ■ 자원경쟁심화 ■ 생태계보호	■ 거버넌스의 다각화

보고서	주요 내용				
	S	T	E	E	P
Megatrends 2015 (Earnest and Young)	■ 도시화	■ 디지털 미래	■ 기업가 정신 글로벌화 ■ 헬스케어 산업의 혁신	■ 자원활용	-
World's Top Global Mega Trends To 2025 ... (Frost&Sullivan)	■ 도시화 ■ 건강과 웰빙	■ 연결과 융합 ■ 스마트 상품과 기술	■ 새로운 비즈니스 모델 ■ 온오프라인 연계	■ 탄소제로를 위한 혁신 ■ 미래에너지	-

- **(철도분야 관련 주요 트렌드 도출)** 글로벌 메가트렌드 종합 분석 결과를 바탕으로 미래 철도교통 분야 관련 트렌드에 반영할 수 있는 주요 메가트렌드를 최종 확정

- 사회적, 기술적, 경제적, 환경적 및 정책적 관점에서 분류한 주요 메가트렌드들을 그룹핑하고 내부연구진들의 검토를 통해 철도교통과 관련성이 높은 트렌드를 도출

  - (사회) 도시인구 집중, 고령화 메가트랜드에 따라 교통수단으로써 철도 이용 수요가 확대될 것으로 전망됨

  - (경제) 대외 불확실성 증가 및 우리나라 성장잠재력 저하, 선진국 경쟁강화 메가트랜드에 따라 저성장 시대에 진입하여 새로운 성장동력 확보가 요구됨

  - (기술) 산업간 융복합 및 무인기술의 급속한 발달 등 4차 산업혁명 확대 메가트랜드에 따라 철도산업에도 혁신기술 도입이 요구됨

  - (기후환경) 환경변화와 에너지원 등이 주요 메가트랜드로 나타나며, 환경변화에 따른 국민의 건강 인식이 상승되고, 신재생에너지 활용 및 에너지효율 향상을 고려하는 기술개발이 확대될 것으로 전망됨

  - (정치행정) 주변국과의 지정학적 갈등 및 북한과의 안보/통일 문제에 대한 대응 및 준비가 필요함에 따라 철도의 역할 재조명

[표 4.2.3] 메가트랜드에 따른 현안 도출

분석관점		조사내용	외부환경 시사점
메가트랜드	1	도시인구 집중화, 고령자에 따른 장기적인 철도 이용 수요 확대 전망	높은 수송력 및 유연성이 요구되는 사회적 수요가 증대
	2	저성장 시대 진입에 따른 새로운 성장동력 확보 요구	
	3	ICT, 지능형 기술 발전 등에 따른 4차 산업혁명 확대	혁신적인 기술 도입을 통한 신교통서비스 성장동력 확보 필요
	4	기후변화, 미세먼지 증가 등 환경오염을 저감하기 위한 에너지 정책 요구	
	5	주변국과의 지정학적 갈등 해결하고 통일시대 대비가 필요	

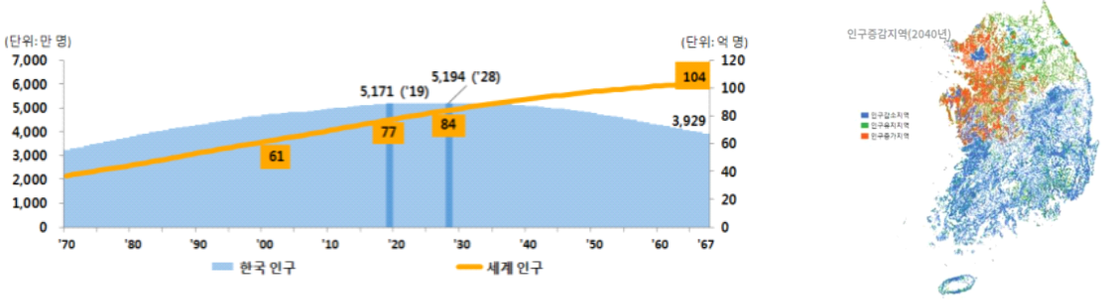
2. 철도교통 관련 트렌드 조사·분석 내용

■ **(사회변화)** 수도권 중심의 인구집중, 거대도시화로 인해 국가기간 교통망 역할을 하는 철도 이용수요 또한 증가하며, 이에 따라 역사 내 혼잡도 증가 등 대두되는 교통 문제에 대한 대응이 요구됨

● **(도시집중화)** 한국 인구는 '28년까지 소폭 증가한 후 감소추세로 전환이 전망되나, 수도권을 중심으로 인구 집중화가 예상

- 한국 인구는 '19년 5천 2백만 명에서 '28년까지 소폭 증가한 후 감소하여 '67년에는 3천 9백만 명에 이를 전망[69]

- 그러나 인구증감은 지역별로 상이할 것으로 전망되며, '40년 기준 수도권을 기준으로 한 인구증가지역이 29.8%, 그 외 인구감소지역이 52.9%로 전망됨[70]



※ 출처: 통계청(2019.9), "세계와 한국의 인구현황 및 전망"

[그림 4.2.1] 인구전망 및 2040년 인구증감 지역

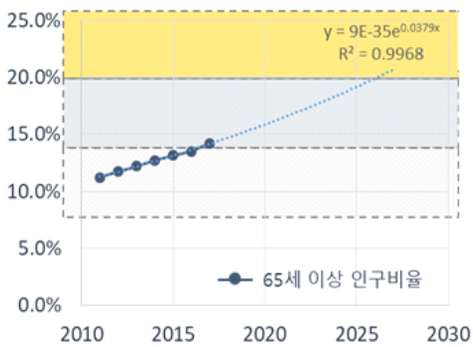
69) 통계청(2019.9), "세계와 한국의 인구현황 및 전망"

70) 국토연구원(2015)

● **(급속한 노인인구 증가)** 출생률 감소, 고령화가 빠르게 진행되고 있으며, 2017년 우리나라는 노인이 전체 인구의 14%를 웃도는 고령사회에 진입

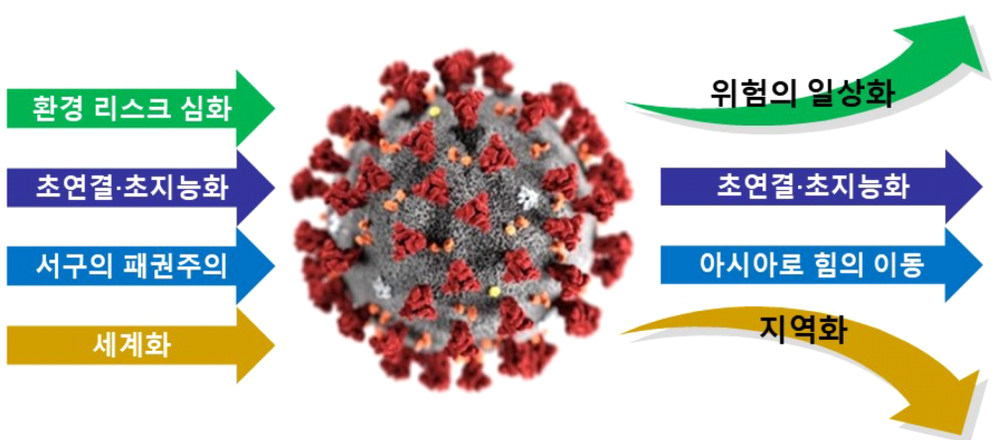
- 인구의 고령화는 생산가능인구의 감소뿐만 아니라 고령인구의 질병으로 인한 사회·경제적 비용 증가, 노인층 빈곤 등도 사회 문제로 대두

*** 2000년 고령화사회 진입**
(65세이상 7% 이상)
▼
2017년 고령사회 진입
(65세 이상 14% 이상)
▼
2026년 초고령사회 진입 예상
(65세 이상 20% 이상)



[그림 4.2.2] 고령화 추세(2010~2030)

■ **(포스트 코로나 시대 도래)** 포스트 코로나의 '뉴노멀' 사회에서 비대면 생활패턴 증가, 집단주의 쇠퇴, 재택근무와 원격교육 일상화 등 예상[71]

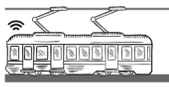


※ 출처 : 포스트 코로나 시대의 미래전망 및 유망기술, KISTEP 미래예측보고서

[그림 4.2.3] 코로나 이후 변화된 메가 트랜드

● **(비대면 사회로의 전환)** 온라인을 통한 비대면 사회가 일상화 되고 원격의료 등 온라인 도구에 대한 규제장벽이 완화될 것으로 예측

71) 출처 : 포스트 코로나 시대의 미래전망 및 유망기술, KISTEP 미래예측보고서



* 폴리티코(Politico)는 코로나19를 통해 원격의료, 원격교육 등이 활성화 되었으며 이러한 온라인을 통한 비대면 사회가 코로나19 이후에도 지속될 것으로 전망

- **(과학기술 적용의 가속화)** 코로나 19로 인하여 과학기술이 산업에 적용되는 속도가 가속화됨으로써 새로운 형태의 혁신이 촉발될 것으로 전망
  * CIFS(Copenhagen Institute for Futures Studies)는 코로나19가 확산됨에 따라 블록체인을 선거에 활용하고, 격리 구역에서 배송을 위한 자율주행 자동차를 사용하는 등 기술의 혁신과 확산이 촉진될 것으로 전망

- **(위험 및 감시가 일상화되는 뉴노멀 사회)** 코로나 판데믹 등의 블랙 스완이 반복적으로 발생되어 위험이 일상화되는 사회로 전환과 감염확산 방지를 위한 추적 및 모니터링 기술 발달로 모니터링의 일상화 우려
  * 월스트리트지의 벤 짐머(Ben Zimmer)는 블랙 스완은 사람들이 믿는 것처럼 드물게 발생하지 않는다고 지적
  * 미국 외교전문매체 포린폴리시(Foreign Policy)는 코로나19 사태를 극복하는 과정에서 등장하고 있는 극단 처방들이 뉴노멀로 자리 잡으면서 전체주의적 권력의 공고화로 이어질 것이라고 지적

■ **(기술변화)** 첨단기술 발달 및 4차산업혁명, 정보기술의 발달, 무인기술 보급 확대 등이 진전될 전망이며, 이에 따라 철도시스템에서도 5G 원격 관련 기술이 빠르게 상용화되고 있는 추세

- **(기술·산업간 융복합화)** 4차 산업혁명은 연결화된 정보기술, 지능화된 생산기술 등이 기존의 기술을 고도화하고 연결화하는 등 인간사회의 다양한 분야에 영향을 미칠 것으로 예상됨

- **(ICT 발달로 네트워크 사회 출현)** 인간과 인간, 인간과 사물, 사물과 사물간의 네트워크 연결이 폭발적으로 증가하여 언제 어디서나 네트워크에 연결되는 초연결 사회가 도래

  - 모바일, 빅 데이터 등 새로운 IT 기술을 활용하여 자율주행기술과 개인화된 모빌리티 서비스의 활성화 예상

  - ICT 발전에 따른 네트워크 확장은 개개인의 정보력을 향상시켰으며, 민간 및 공공분야의 '공유' 기술에 대한 관심이 증가

* 민간기업 단위는 미국의 에어비앤비, 우버, 디디, 투로 등이 ICT 기반의 네트워크 기술을 활용한 대표적인 기업임
* 지역단위에서는 교통분야(리즈시[72] 수송서비스), 의료분야(멘체스터시, 중국 산밍시) 등에서 공유경제를 활용하고자 노력 중

- **(무인기술 보급 확대)** 무인기술 발달로 지능형도시 및 자율제어 국토관리 시스템 활용 확대 전망

* 기술부문 여건변화의 실현 여부(국토교통부·국토연구원, 2018, 전문가 설문조사): 초고속교통기술·무인기술 실현으로 시공간 제약의 극복이 가능(82.5%), 정보통신 및 융합기술 혁신으로 국토의 계층적 공간체계가 수평적 네트워크 공간체계로 전환 실현(79.5%)

■ **(경제 변화)** 대외 불확실성 증대, 산업구조 변화는 신규투자, 인프라 노후화를 초래하고, 이에 철도신호시스템 또한 노후화에 따라 최근 교체 시점이 도래하며, 보호무역 강화에 대응하여 철도신호시스템의 국산화를 추진

- **(대외 불확실성 증대)** 미중 무역전쟁, 일본 '백색국가 리스트 제외', 영국 '하드 브렉시트(Hard Brexit)' 등 주요 국가별 보호무역 강화

* 일본의 경우 한국을 백색국가 리스트에서 제외하여 對韓 통상이익 극대화 전략 추진을 예상

[표 4.2.4] 일본 수출규제 예상 품목

규제예상	용도
실리콘웨이퍼	반도체
이미지센터	스마트폰카메라
메탈마스크	OLED 디스플레이
분리막	2차전지

- **(저성장 시대 진입)** 생산가능인구 감소 등에 따른 성장잠재력 저하로 경제성장이 둔화되는 저성장 기조의 지속이 전망

* 우리나라 잠재성장률 전망(KDI, 2013): 3.6%(`11-`20) → 1.9%(`31-`40)

- **(경제적 양극화)** '산업·기업 간 격차' → '고용·소득 격차' → '혁신기반(교육, 인

72) 리즈시는 영국의 북동부에 위치한 교통의 요충지로, 10만 개의 업체가 위치한 인구 약 300만 명 규모의 경제도시

적자원 투자기회) 격차'로 나타나고 이는 다시 '산업·기업 간 격차'로 연결

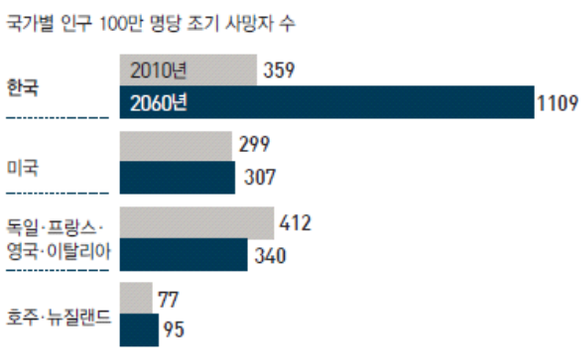
- **(가치 다양화)** 삶의 질 향상을 추구하는 국민 인식변화와 더불어, 건강 및 환경을 중시하고 통행의 쾌적성 요구가 증가

  - 개인·가족 중심의 가치관과 생활수준의 향상으로 여가 통행 수요 증가 전망

■ **(기후·환경변화)** 기후변화에 따른 대형복합재난·재해 증가, 환경 가치 및 안전에 대한 국민 의식과 관심이 높아질 전망이며, 新기후체제 출범, 온실가스 감축이 국가적 과제로 등장함에 따라 친환경 교통체계로의 전환 시급

- 지구온난화 등 기후변화는 대형 재난·재해 위험성을 증대시키고, 미세먼지 등 환경오염 증가는 국민 안전·건강을 위협하는 요소로 작용할 전망

  * 우리나라는 대기오염으로 인한 조기 사망자가 2010년 1만 7000명에서 2060년 5만 2000명으로 늘어 OECD 가입국 중 유일하게 100만 명당 1000명이 넘어설 것으로 전망(OECD, 2016)



※ 출처: OECD보고서, 동아일보(2016.6.11.) 재인용

[그림 4.2.4] 대기오염으로 인한 조기사망률 전망

- 에너지 및 자원부족, 온실가스 규제 강화 등으로 인해 현재의 에너지 과다사용 방식의 사회시스템을 지속하기는 곤란

  - 파리협정(Paris Agreement)채택(`15.12)으로 新기후체제가 출범함에 따라 글로벌 환경규제 강화되면서 신재생에너지 비중 증가

- 지구온난화에 의한 환경기준 강화, 지속가능성장 중요성 증대 등으로 인한 친환경 기술개발 가속화

- 온실가스 배출 절감을 위한 친환경차로서 각광받고 있는 전기자동차 및 수소자동차는 미래 이동성을 주도하는 교통수단으로 발전할 전망

  * 세계에너지기구(IEA)에 따르면, 2050년 전기차 및 플러그인하이브리드차가 전체 자동차 시장의 50%이상을 차지할 것으로 전망, 수소연료전지차는 2050년 약 350만대(17.7%)로 확대 전망

■ **(정치·행정변화)** 주변국과의 지정학적 갈등 해결과 북한과의 안보/통일 문제에 대응을 위한 준비 필요

- 일본의 우경화(평화헌법 개정, 위안부 등 과거사 문제, 독도 영유권 주장), 세계 패권국으로 중국의 부상(중국몽, 동북공정, 일대일로, 대중 경제의존 심화, 사드갈등) 등에 따른 갈등 심화 우려

- 최근 세계질서는 세계 질서는 다극(mutipolarity)이 아닌 다결절(poly-nodality)로 전환이 전망[73]

  - 다결절 세계는 신흥강국을 중심으로 그룹을 짓는 것이 아니라 어떤 네트워크의 노드(연결점), 즉 다른 많은 역할자들을 연결해주는 능력 여하에 따라 승자와 패자로 나뉘는 상황을 의미함

  - 이에 따라 국제 무대에서의 역할자가 국가에 국한되지 않고 도시, 기업, 사회운동단체, 국제기구 등으로 확대될 것으로 전망

- 남북 간 긴장완화를 위한 노력, 비핵화 등 대량 살상무기 감축, 판문점 선언과 북미회담 등으로 미래준비가 필요한 이슈로 부상

  * 남북 철도 연결사업으로 목포역(KTX 호남선 종착역) 등 전남의 물류거점화 가능

  - 남한과 북한의 경제통합은 2030년 안에 이루어질 것으로 예측되며, 한반도 경제통합이 이루어지면, 남북한간 및 유라시아 대륙과 교류 활성화 예상[74]

73) 미국 NIC(국가정보위원회), "글로벌 트렌드"

74) 국토연구원,(2014) "메가트렌드에 대응한 교통 SOC 정책방향 연구"

3절 정책적 환경분석

정부는 교통부문 공공성 강화와 철도산업 체질 개선 중이며, 기술혁신이 이를 견인 요구

철도산업 정책 검토

〈국내〉

- 교통의 공공성 강화를 위한 국가철도망 확대 계획
- 대도시 광역교통문제에 중앙정부 적극 개입 필요
- 대중교통의 고급화/차별화 등 적극적인 수요대응 강화
- 공급확대와 함께 운영 효율화를 통한 투자 효율화
- 미래 성장동력 창출을 위한 철도산업 육성
- 신북방경제 협력 및 남북철도 준비

〈국외〉

- 일본 중국 등 국가 차원의 철도지원 강화
- 철도 표준화 및 선진국 간 연계 강화

제3차 대중교통 기본계획(2017~2021)

정책목표	추진전략
1. 대중교통 수단분담률 제고 및 이용편의 증대	인프라 확충, **운영 및 서비스 개선**
2. 대중교통 운영 효율화	네트워크 최적화, 대중교통 체계 정보화 등
3. 대중교통 안전성 향상	운수업체 안전 관리, 운전종사자 안전 관리 등
4. 대중교통 사각지대 해소	공간적, 시간, 교통약자 사각지대 해소

3차 철도산업발전 기본계획('16~'20)

추진과제	1. 부품산업 경쟁력 강화
	2. 신호시스템 국산화 및 경쟁력 제고
	3. 철도차량 After Market 조성
	4. 미래 선도형 R&D 추진
	5. R&D 상용화율 제고
	6. 철도산업 해외진출 인력양성

철도 신호통신시스템 국산화 계획

5대계획	도시철도 신호시스템(KRTCS 1) 국산화
	일반(고속)철도 신호시스템(KRTCS_2) 국산화
	철도통신시스템 국산화
	차세대 신호시스템 개발
	제도적 기반 마련

(1) 국외정책

■ **(일본)** 인프라 노후화 대응 및 도시철도 혼잡률 개선을 위한 철도교통망 정비, 관민 연계를 통한 수출 지원이 주요 특징임

● **(철도정책 방향 및 목표)** 국민 생활에 필요한 교통, 지역 및 국제교통 네트워크 구축, 지속가능하고 안전한 교통시설 정비에 중점을 둔 철도정책 수립

[표 4.3.1] 일본 철도 정책방향

1. 지자체 중심의 압축형 도시 정비와 연계한 지역 교통네트워크 재구축
2. 국제공항과의 연결로 국제교통 네트워크의 경쟁력 확보
3. 일본 내 기술과 경험을 통해 교통인프라 서비스 해외 진출
4. 터널, 교량 등 보강을 통한 대형재해와 노후화 대비
5. 저탄소화 및 에너지 절약을 통한 환경대책 추진

- '제5기 교통정책기본계획'[75]을 통해 철도 신기술의 활용, 신호시스템 등 시설 정비 및 설치지원, 공항 접근성 향상, 해외시장 진출 확대 등을 추진

- 국토교통성의 철도 관련 주요 시책은 1) 철도 안전 확보, 2) 철도 네트워크의 유지·강화, 3) 철도기술의 활용, 4) 철도서비스 향상, 5) 일본 철도의 해외 진출 등임

* 철도기술 활용 분야 정책은 철도기술개발, 온난화 대책, 생산성 향상으로 구분됨

[표 4.3.2] 국토교통성 철도기술 활용을 위한 정책내용

분야	내용
철도기술개발	• 안전 및 성능향상 등 일반 철도기술개발 • 궤간가변열차 • 초전도 자기부상열차
온난화 대책	• 철도분야 저탄소화 기술개발 • 환경부하 저감을 위한 에너지 절약 기술개발
생산성 향상	• 위성기반 철도신호통신 기술개발 • 자율주행 철도 운행 기술개발 • 철도 운영효율화를 위한 기술개발·보급 촉진

※ 출처: 국토교통성 홈페이지(2019.8), "http://www.mlit.go.jp/tetudo/index.html"

● **(주요 추진사업)** 혼잡완화 및 이용시간 단축과 고속화 등을 통한 경쟁력 확보를 위한 주요 사업을 추진

75) 국토교통성, (2016.06), "交通政策基本計画の主な取組の進捗状況について"

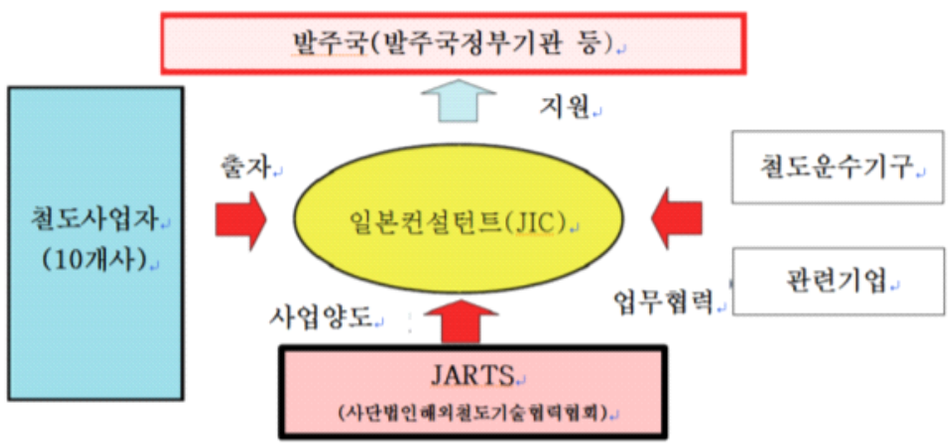
- 기존노선 복복선화, 평면건널목 입체화, 신호 보안시설 개량 및 운행차량 증편 등으로 평균 혼잡률 개선

* 도시철도 주요 구군 중 평균 혼잡률을 '15년 150% 이하로 개선

- 상호직통연결 운행 노선 확대, 추월선로 설치 등으로 철도 이용시간 단축

● **(일본 철도시스템 해외진출 지원)** 관민 연계 하에 일본 철도시스템의 해외 수출을 적극적으로 추진[76]

- 2012년 4월 JIC의 설립을 기점으로 일본 철도 분야의 해외 진출 관련 조직체계는 올제팬(All Japan)의 발주 컨설팅체계로 발전을 이룸



※ 출처 :한국교통연구원(2013), "일본 철도산업구조 및 해외진출 전략 분석"자료 재인용

[그림 4.3.1] 일본철도 종합컨설턴트 체계

● **(일본 철도기술 및 규격의 국제표준화)** JIC 설립 이후에는 일본에서 우선적으로 일본의 표준화 기준을 제안하는 공격적인 입장으로 전환

- ISO/TC269(철도전문위원회: 2012년 설치승인)의 틀 형성단계에서 적극적으로 참가하고 일본의 발언력을 강화

- 국제규격으로의 적합성 평가·인증를 실시하기 위한 체제 정비, 아시아 중심의 철도 수출을 위한 해외 및 내수 차량의 표준화 등 추진[77]

76) 한국교통연구원(2013), "일본 철도산업구조 및 해외진출 전략 분석"

77) 국토교통성, (2017.10) "海外展開戦略 (鉄道) 해외 진출 전략(철도)"

■ **(중국)** 고속철 분야는 첨단 기술영역에서 단기간 집중 투자 정책을 통해 선진국과의 격차를 따라잡은 대표적 성공사례임

● **(철도정책 방향)** 선진 기업의 기술을 도입하여, 경제성장을 위한 적극적인 투자 계획을 통해 자체기술 개발로 발전

- 중국은 '02년부터 기존선의 상호운영의 불가능하고 명확한 발전 방향이 없음을 깨닫고, 미래 20년 철도망 대규모 투자계획[78]을 수립

- '04년 '중장기 철도망'계획 발표를 기점으로 자체기술을 통한 고속철 개발에서 전환하여 가와사키 중공업, 지멘스 등 선진 기업의 기술을 우선 도입한 후 이를 흡수하여 자체기술을 개발하는 방향으로 정책방향을 수정

- 중국정부 지원으로 유럽과 비슷한 열차운행의 안전과 운영효율성에 중점을 두고 CTCS를 개발

- 최근 중국정부는 제13차 5개년 계획('16~'20년)에서 6% 중반대의 새로운 성장전략을 제시하였으며, 이를 통해 GDP 대비 R&D 투자 비중을 확대하여 고부가 제조업 육성을 위한 계획을 수립

- 개혁추진전략의 일환으로 철도산업 분야는 여객 및 화물노선을 분리하여 복선화율 및 전철화율을 향상시켜 국가경제와 사회발전에 필요한 운송능력*을 선진국 수준으로 끌어올리려고 노력함

* 4종/4횡에서 8종/8횡 구조로 고속철도 건설을 2배 확대

● **(주요 추진사업)** "2020 중장기 철도 네트워크 구축 계획"에 따라 속도향상 프로젝트를 적극 추진하고, 중국, 철도차량 회사의 세계시장 진출 확대를 위해 철도 기술개발 속도 향상을 지원

* 2020년까지 고속철 연장을 3만km로 확장하여 중국 대도시의 80%를 연결한다는 계획이 조기달성됨

- 최근 징후, 징광(베이징-광저우), 진친(톈진-친황다오), 징선(베이징-선전) 고속철이 개통되었으며, 징장 고속철은 베이징에서 장자커우까지 1시간 안에

78) 양동인 외, (2013), "한국철도신호시스템의 표준화 레벨 설정에 관한 연구", 한국철도학회 추계학술대회 논문집

도착할 수 있어‘1시간 생활권’이 현실화 되고 있음

- **(중국 철도시스템 해외진출 지원)** ‘일대일로’와 해외 진출전략을 실시하면서 저가의 고속철을 대표로 아세안국가, EU, 아메리카 국가 등과의 협력
  - 중국은 고속철 수출목표를 아프리카, 동남아시아와 동유럽 등 향후 고속철 도입수요가 있는 신흥시장에 설정
- **(중국 철도기술 및 규격의 국제표준화)** 고속철 기술과 관리표준을 중심으로 범아시아, EU 등지로 보급 확충
  - 중국은 이전받은 기술과 설계표준에 안주하기보다 중국 여건에 최적화된 솔루션 확보를 노력해왔고, 글로벌 경쟁 가능한 자체표준을 개발
  - 일본과 치열한 경쟁을 거쳐 인도네시아의 자카르타-반둥 구간(142km) 고속철 수주에 성공하였으며, 해당 구간은 중국의 철도 기술표준을 적용하여 건설

■ **(EU)** 유럽내연구개발 협력(ERRAC), 안전 목표/기준 수립(ERA)등을 통한 상호연계 강화

- **(계획 및 목표)** 유럽 철도연구 자문위원회(ERRAC)*는 SRRA('02), SRRIA('14), Rail Route 2050('12) 등 전략적 철도 연구 의제를 통해 지능화, 에너지&환경, 안전 및 보안, 인프라 등의 의제에 관한 계획을 세우고, 유럽철도 경쟁력 제고를 위한 목표로 화물수송 분담률과 여객 수송 분담률을 높이는 구체적인 목표**를 제시

  * ERRAC은 철도 연구 및 혁신을 위한 유럽연합 자문기관으로, 철도 사업자, 인프라 관리자, 제조업체, 유럽 집행위원회, 유럽 연합 철도청, EU 회원국, 학계 및 사용자 그룹을 포함하여 모든 주요 철도 이해 관계자가 포함됨

[표 4.3.3] 유럽철도 화물 및 여객 수송 분담율 목표

Year	Freight(%)	Passenger(%)
2000	11.5	7.6
2020(ERRAC SRRA)	14.0	11.0
2050(Rail Route 2050)	22.2	15.3

- 최근, Rail 2050 vision(2017)을 통해 고객 및 EU 니즈를 만족시키는 철도 분야 혁신 기술로써, 수송력과 유연성을 향상 시킬 수 있는 자율열차운행 기술을 명시

● **(범유럽 연계)** 유럽연합의 정책 발의 관련 집행기관인 EC(European Commission)의 수송 담당 부서(DG MOVE)는 'Strategic vision(2016-2020)' 정책을 통해 지능형 교통 시스템(ITS)의 개발, 에너지 효율성 증가 및 지능적 교통 수요 관리 등 운송부문 비전을 제시하고, Trans-European Transport Network(Ten-T*) 정책[79]을 통해 EU의 사회·경제적 및 영토적 통합을 강화할 수 있는 범유럽교통망 건설을 추진

* 핵심 네트워크 구축, 각 네트워크간 연계, 국가 간 연계를 목적으로CEF(Connecting Europe Facility)에서 기금을 지원함

- 유럽연합 연구 및 혁신 지원 프로그램 Horizon2020('14-'20)*의 핵심영역으로 우수과학, 산업리더쉽, 사회적 도전과제를 선정하고, 녹색 및 스마트한 통합 교통 구현을 위한 전략과제로 저탄소 고효율수송기술 연구, 지능형 교통망 증설, 차세대 차량 개발을 지원 및 추진

* 범유럽 차원의 R&D 사업 프레임워크 프로그램(Framework Programme, FP) 및 기존 R&D 사업 포괄하는 연구/혁신 지원 프로그램

** 후속 계획 Horizon Europe('21-'17) 핵심영역 : 오픈 사이언스, 세계적 도전과제/산업 경쟁력, 개방형 혁신

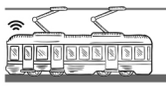
- 국제철도연합회(UIC)는 Global Vision for Railway Development(2015)[80]를 통해 철도시스템의 기본 가치(안전, 보안, 지속가능성)와 차량, 인프라, 제어기술 등 철도 주요 가치요소에 대한 비전을 제시하며, 제어·명령 ·신호(CCS) 분야의 기술은 실시간 트래픽의 유연한 관리를 통해 지능적인 운영 제어를 목표로 제시함

- UIC Asia-Pacific Vision 2050(2016)[81]을 통해 철도의 역할을 4가지*로 정의

79) EC, TEN-T(http://ec.europa.eu/transport)

80) UIC(2015), "A GLOBAL VISION FOR RAILWAY DEVELOPMENT"

81) UIC Sustainable Development Foundation(2016.04), "UIC Asia-Pacific Vision 2050"



*1) 사회경제적 변화에 대한 대응, 2)수요증가에 대한 대응, 2) 교통통합인구증가 대응, 4) 환경지속가능성

■ **(독일)** 첨단기술을 적용하여 철도 운영 효율화를 위해 투자하고 있으며, 인프라 사업에 주력

● **(철도정책 방향)** 독일 교통부(BMVI)는 '연방교통인프라계획(Federal Transport Infrastructure Plan, FTIP) 2030'*을 발표, 철도를 비롯한 인프라 사업에 투자

* 승객 이동성 보장, 교통안정성 향상, 화물수송 안정성과 기업 경쟁력 향상 등 정책 목표를 수립

- 독일은 차량 경량화를 통한 초고속철도 확보를 위해 대차 중량을 줄일 수 있는 기술확보를 목적으로 투자가 진행중[82)]

- '첨단기술전략 2020'을 통해 지속 가능성, 철도운영 효율화, 철도분야 국제경쟁력 향상을 목표로, 이동성 관련 IT 신기술, 모바일 기기를 활용한 교통정보 제공을 위한 R&D 투자와 제도 개선을 추진 중

● **(주요 추진사업)** 철도수송 핵심축 개발을 위해 유럽연합 철도망 연계를 위해 제도 정비, 철도 인프라 개보수, 전철화 사업을 우선적 추진

■ **(러시아)** 시베리아 횡단철도를 포함한 철도이용 활성화 정책을 바탕으로 철도시설 현대화에 주력

● **(철도정책 방향)** 러시아'교통전략 2030(Transport Strategy 2030)'을 통해 고속철도 프로젝트를 추진

- 러시아'교통전략 2030'의 일환으로 모스크바-니즈니노브고로드-카잔 고속철도 구간, 하얼빈-블라디보스토크 고속철도 구간 등 고속철도 프로젝트와 '교통 인프라 개보수 통합계획 2024'*수립

* '교통 인프라 개보수 통합계획 2024년' 상으로 2024년까지 러시아 고속철도 총 구간은 301km 예정

82) 국토교통 RnD 동향 report_철도교통분야, 국토교통과학기술진흥원, 2015

- '러시아 교통 시스템 개발(2010-2015)'프로젝트를 통해 인프라 개발을 위한 기반 시설 구축 등 추진

* 철도노선의 재건 및 개발계획 수립, 철도 시설 현대화 등의 내용이 포함

● **(주요 추진사업)** 철도 용량부족구간 해소를 목표로 철도 개발전략 추진하며 철도 구간 신설 및 시설 현대화 사업 추진

- 시베리아 횡단철도 현대화 및 고속도로 건설 등 '30년까지 신철도 노선 20,730㎞을 건설할 예정

- 전력공급장치, 선로전환기 등 철도시설 현대화 사업 진행

■ **(영국)** 지속적인 단계별 정책을 통해 수송능력, 승객 만족을 위한 계획을 수립하고 향후 성능 및 신뢰성 향상을 목표로 함

● **(철도정책 방향)** 영국 Department for Transport는 2035년까지 기술발전계획(HLOS : High Level Output Specification)[83]을 수립하고 이를 단계별로 추진, 주로 수송능력, 승객의 만족, 안전, 비용 등의 면에서 획기적인 발전을 도모

- 지속가능 철도공급정책의 목표*를 충족시키는 기술 개발을 철도기술전략 기본방향으로 설정[84]

* 수송량 증대, 승객 및 종사자 위험 감소, 열차운행 지연사례 감축, 철도망 건설 및 전철화 추진 등

- 영국 Network Rail은 철도 수송망 기능 확충 및 역할 강화를 위해 '96년 이후 지속적인 계획(Network Rail Control Periods)을 추진

* CP5(2014~2019) 기간 중 철도 네트워크 확충 및 시스템 향상, 네트워크 운영·유지·보수 등에 재원을 집중 투입하였으며, CP5(2019~2024) 기간 중 성능 및 신뢰성 향상을 우선하여 집중 투자 예정

● **(주요 추진사업)** 제5차 철도 핵심사업 완료를 위해 역사개선, 전철화, 및 고속철도 건설 등을 위해 주력

83) RAILWAYS ACT 2005 STATEMENT(Department for transport, 2014.)

84) 국토교통부(2016.6) 제3차국가철도망구축계획(2016~2025)

- 225백만명 수송, 20% 운영비용 감소, 17만개 좌석확대를 목표로 주요 철도 설비 개선 및 유지보수 추진
- 유럽철도교통시스템 구축을 위한 신호체계 개선 추진

(2) 국내정책

■ 교통의 공공성 강화를 위한 국가철도망 확대

- **(철도 중심 대중교통 체계 본격화)** '제3차 대중교통 기본계획(2017~2021)[85]'에 따르면, '00년대 국가교통체계가 철도, 버스 등 대중교통 중심으로 전환(modal shift)됨
  - '80년대 본격적인 지하철 시대 진입 후, 대중교통 서비스 개선 및 이용 활성화를 통한 대중교통 중심의 국가 교통체계로 전환('00년대)
  - '21년 철도·지하철의 통행량은 '14년 대비 약 19% 증가한 수준으로 목표치 설정

[표 4.3.4] 대중교통 통행량 대비 목표치 증가율('14년 대비 '21년)

구분	전체	철도	지하철	버스
통행량 증가율	8.3%	18.7%	18.8%	8.3%
2014년 통행량(인/일)	-	1,263,471,741	2,526,166,677	6,171,103,681
2021년 통행량(인/일)	-	1,500,000,000	3,000,000,000	6,685,000,000

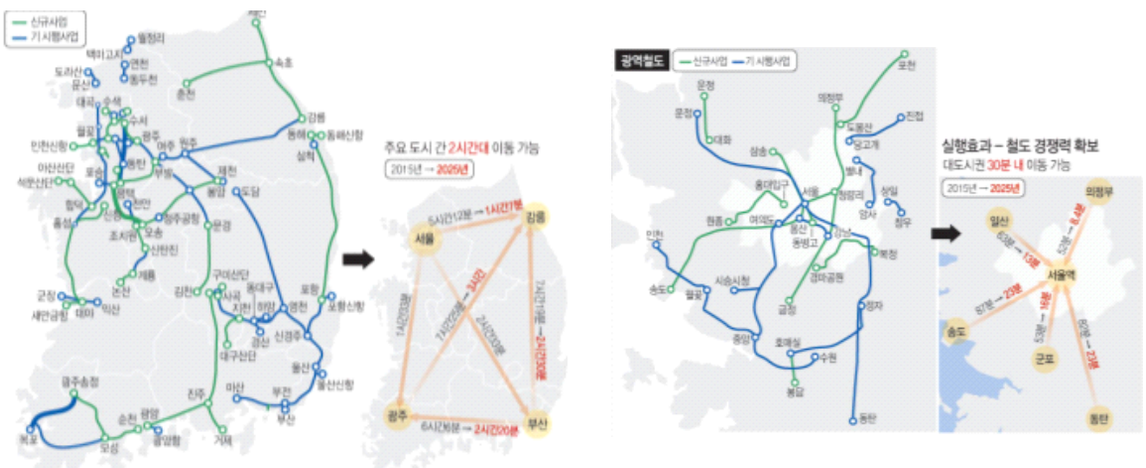
※ 출처 : 국토교통부(2017.2), "제3차 대중교통 기본계획(2017~2021)"

- **(철도 공공성 강화)** 일반철도 서비스 개선 등을 통해 공공성 강화 등 교통 네트워크 효율화(국정과제 32번)
- **(철도망 확대)** '제3차 국가철도망 구축계획(2016~2025)'을 통해 신규 철도망 확대 사업(36개, 총 1,719km)을 추진 중이며, 철도 수송분담률 20%를 목표

85) 「대중교통*의 육성 및 이용촉진에 관한 법률 제5조」에 근거한 5년 단위의 법정계획

제시

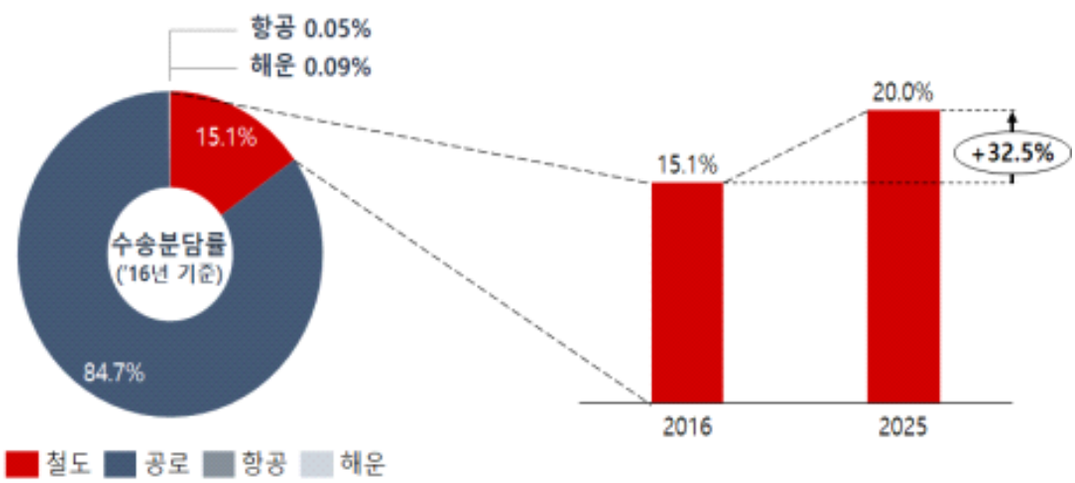
- 철도망 확대를 통해 지역 간 철도 고속통행 실현으로 철도 경쟁력 확보하고, 수도권 내 고속통행 실현(통근시간 30분대 단축)으로 광역권 내 통행에 철도 경쟁력 확보하고자 함



※ 출처: 국토교통부(2016.6), “제3차 국가철도망 구축계획안(2016~2025년)”

[그림 4.3.2] 지역간 철도계획(좌) 및 광역철도계획(우)

- 철도 수송분담률은 ’16년 14.7%에서 5%p 수준 증가한 20%를 목표로 제시



※ 출처 : 통계청 e-나라지표, “대중교통 수송분담률”’ / 국토교통부(2016.6), “제3차 국가철도망구축계획(2016~2025)”자료를 KWs에서 재구성

[그림 4.3.3] 철도 수송분담률

미래 성장동력 창출을 위한 철도산업 육성

- **(철도산업생태계 조성)** '3차 철도산업발전 기본계획('16~'20)'을 통해 글로벌 수준의 철도산업 육성을 비전으로 설정

  - 동 계획에서는 철도산업생태계 분야의 철도기술 자립, 미래 선도형 R&D 추진을 5대 추진목표* 중 하나로 제시함

  * ① 철도 공공분야 거버넌스 개편, ② 운영, ③ 건설, ④ 안전, ⑤ 산업생태계

  - 미래 선도형 기술개발 투자 확대로 세계수준의 철도 기술력을 확보

  * 최고 기술국 대비 철도기술력 : 83.1%('15년) → 90%('20년)

  - 특히, 국산 신호시스템의 성능·안전성·신뢰성을 확보하고, 국내 적용실적을 바탕으로 차량·부품·신호 패키지 해외진출 추진을 목표로 제시

[표 4.3.5] 3차 철도산업발전 기본계획('16~'20)의 목표 및 추진체계(철도산업생태계 분야)

철도산업 생태계	► **철도기술 자립** · 최고기술국 대비 철도기술력 83.1%('15) → 90%('20) ► **미래 선도형 R&D 추진** · 미래선도형 R&D 투자비중 점진적 확대

분야별 추진과제(철도산업 생태계 분야)	
1. 부품산업 경쟁력 강화	**4. 미래 선도형 R&D 추진**
2. 신호시스템 국산화 및 경쟁력 제고	5. R&D 상용화율 제고
3. 철도차량 After Market 조성	6. 철도산업 해외진출 인력양성

- **(열차제어시스템 표준화 및 국산화 추진)** 국가 경제 발전의 새로운 성장동력으로 활용하고자 열차제어시스템을 단계적으로 표준화하고, 국산화를 추진('철도신호통신시스템 국산화 계획(2017)' 등)

  - (KRTCS1 국산화) 기술개발 및 안전성·성능검증이 완료된 도시철도 신호시스템의 실용화를 위해 사용자 검증을 실시하고 확대설치를 추진

  - (KRTCS2 국산화) 기존 신호시스템(ATS·ATP)과 호환성을 가지면서 유럽표준(ETCS_2)에 따라 개발하고 있는 신호시스템의 성능·안전성을 인증하여 실

용화(영업선 시범운영 추진)*

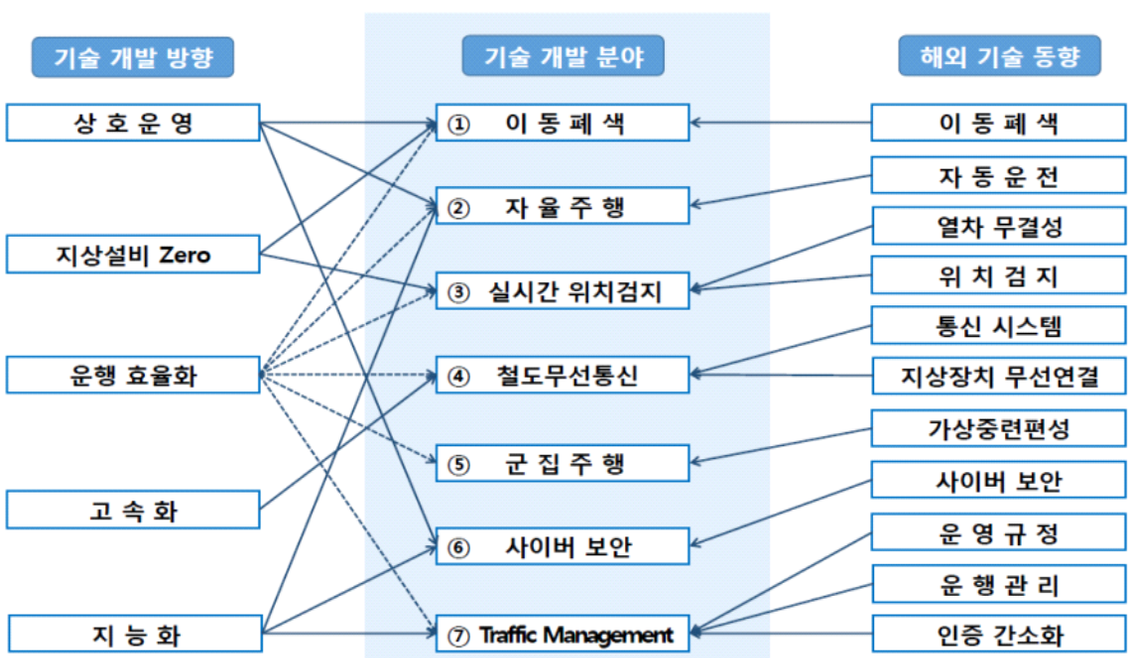
* 시범사업 검증결과를 토대로 신설 및 개량시기가 도래하는 노선에 새로 개발한 신호시스템을 단계적으로 확대설치 추진('22~)

- (철도통신시스템 국산화) 4세대 통신방식인 LTE를 기반으로 개발한 철도통신시스템(LTE-R)의 안전성 인증 및 성능검증을 완료하고, 全 노선으로 확대 추진*

* 노선間 연계운행이 가능하도록 차상장치부터 개량하고, 지상장치는 신규노선과 개량시기가 도래하는 노선에 '27년까지 단계적으로 설치

- (차세대 신호시스템 개발) 미래에 대비하여 국내 철도산업의 대외 경쟁력 강화를 위해 수송능력·경제성·서비스·안전성이 향상된 차세대 신호시스템을 선제적으로 개발

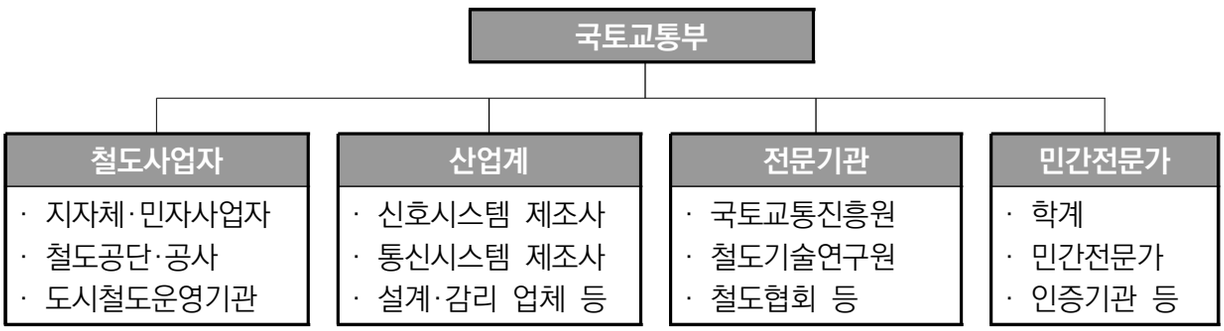
* (1단계 : T2I 방식) 기존 시스템과 호환성을 확보하고 자동운전이 가능한 무선기반의 신호시스템(ETCS Lv3급) 개발('18~'22, 약 230억) ▶ (2단계 : T2T 방식) IoT, 인공지능(AI)을 활용하여 자율주행·군집운행 등이 가능한 무인운전시스템 개발('22~'30)



※ 출처 : 국토교통부(2017), '철도 신호통신시스템 국산화 계획'

[그림 4.3.4] 차세대 신호시스템 개발 분야(안)

- (제도적 기반 마련) 신호통신시스템의 호환성·안전성을 확보하고 연계운행이 가능하도록 시스템 표준규격 및 기술기준을 마련하고, 신호통신 협의체를 운영



※ 출처 : 국토교통부(2017), '철도 신호통신시스템 국산화 계획'

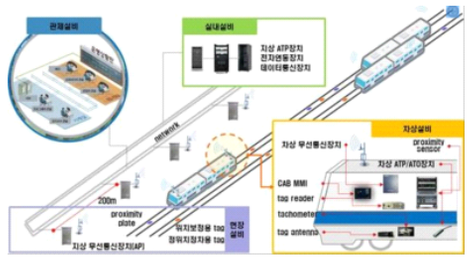
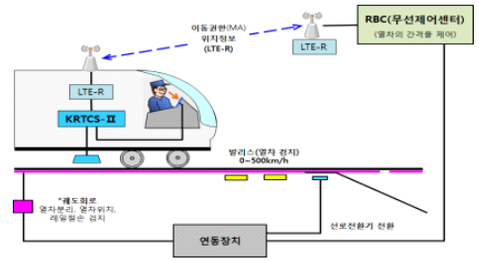
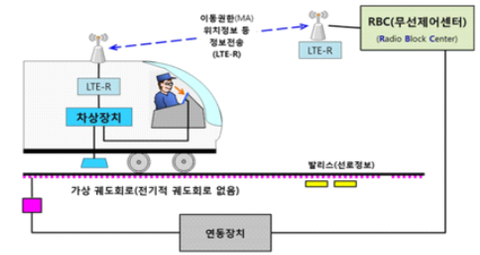
[그림 4.3.5] 신호통신 협의체 구성(안)

[표 4.3.6] 철도 신호통신시스템 국산화 계획 일정

세부과제	조치내용	일정
1. 도시철도 신호시스템 국산화		
1-1 사용자 검증	전담반을 구성하여 사용자 검증 추진	'18~'19
1-2 확대 설치	신규 및 개량시기 도래한 노선에 설치	'20∽
2. 일반(고속)철도 신호시스템 국산화		
2-1 안전성 인증	인증기관의 설계, 제작, 시험보고서 평가	'15.8~'18.6
	인증기관 현장실사 및 인증서 취득	'17.10~'18.6
2-2 성능 검증	공인시험기관의 현장시험	'17.9~'18.6
2-3 사용자 검증	지상장치에 대한 철도공단의 성능검증	'17.3~'18.6
2-4 시범사업 시행	대상노선 선정 후, 시범사업 추진	'18~
2-5 全 노선 확대	신규 및 개량시기 도래한 노선 단계적 설치	'22~'32
3. 통신시스템 국산화		
3-1 시범사업 시행	경강선(원주~강릉) 시범사업 구간 개통	'17.12~
3-2 全 노선 확대	신규 및 개량시기 도래한 노선 단계적 설치	'18∽'27
4. 차세대 신호시스템 개발		
4-1 T2I 신호시스템	실용화 연구개발 착수	'18∽'22
4-2 T2T 신호시스템	기초기술 연구 후 실용화 R&D 수행	'18∽'30
5. 제도적 기반 마련		
5-1 표준체계 구축	철도시설 기술기준 개정	~'19
	표준규격서(안) 마련 및 제정	~'19
5-2 상호운영을 위한 검증체계 마련	연구용역 시행	'17.4~'18.6
	기술기준 등 제정 추진	~'19
5-3 협의체 운영	신호통신 협의체 구성·운영	'18~

※ 출처 : 국토교통부(2017), '철도 신호통신시스템 국산화 계획'

[표 4.3.7] 한국형 철도신호시스템 개발현황

구분	도시철도	일반·고속철도	
	KRTCS1	KRTCS2	KRTCS3
시스템 구성			
주요설비	(차상) 차상제어장치 (지상) ZC, IXL, 관제(ATS), 무선통신망	(차상) 차상제어장치 (지상) RBC, IXL, 관제(ATS), 무선통신망	(차상) 차상제어장치 (지상) RBC, IXL, 관제(ATS), 무선통신망
과제개요	(과제명) 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준화 체계 구축 및 성능평가	(과제명) 일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화	(과제명) 자동운전을 지원하는 ETCS L3급 고속철도용 열차제어시스템 핵심기술 및 궤도회로 기능 대체기술 개발 * 향후 별도의 과제를 통해 실용화 개발을 위한 시험선 구축 및 시험예정
	(기간) 2010.12~2014.06 (예산) 총사업비 443억원	(기간) 2014.11~2017.12 (예산) 총사업비 339억원	(기간) 2018.04~2020.12 (예산) 총사업비 92억원
제어방식	이동폐색 (미국 CBTC 국산화 개발 완료)	고정폐색 (유럽 ETCS Lv 2 국산화 개발 완료)	이동폐색 (유럽 ETCS Lv 3 국산화 개발 중)
안전성 인증	SIL 4	SIL 4	SIL 4
시험노선	대불선(일로역~대불역)	호남선(익산~제2송현터널)	미정
표준규격	KRS 규격(KRS SG 0069)에 반영	KRS 규격화 진행중	KRS 규격 반영예정

주) CBTC : Communication Based Train Control / ETCS : European Train Control System, SIL : Safety Integrity Level

● **(철도산업 해외진출 지원)** 종합시험설로 구축, 해외사업 집중지원 등[86]

- '18년까지 오송에 종합시험선로를 구축하는 등 첨단기술 실용개발을 지원하고, 초고속철도기술 개발 방향 등 설정

- 말레이시아~싱가포르 고속철 등 주요 해외사업을 집중적으로 지원하고, 민·관 네트워크를 구축하여 외교·홍보 활동 강화

신북방경제 협력 및 남북철도 준비

● **(유라시아 철도망 연계의 국제적 기반 마련)** 국제철도협력기구(OSJD) 정회원국 가입('18.6월)에 따른 한·중·러 철도협력회의 개최 등 유라시아 주요국과 철도 연결·운송방안 협력 가능

* OSJD*란 유럽-아시아 간 국제철도 운행을 위해 1956년 창설된 국제기구로서 국제철도 운송협정*을 관장하고 회원국** 간 국제운송 표준 원칙 수립(대한민국, 북한, 러시아, 중국, 몽골 등 회원국 29개국)



구 분		주요 경유지	연 장
TSR	시베리아횡단철도	두만강~핫산~하바로스크~치타~모스크바	9,449km
TMR	만주횡단철도	남양~투먼~만주리~치타~모스크바	7,962km
TMGR	몽골횡단철도	신의주~단둥~베이징~울란바토르~모스크바	7,944km
TCR	중국횡단철도	신의주~단둥(만포~통화~단둥)~베이징~악토가이~모스크바	8,854km

※ 출처: 국토교통부(2016.6), "제3차 국가철도망 구축계획안(2016~2025년)"

[그림 4.3.6] 대륙철도와 한반도 철도망 연결 개념도

86) 국토교통부 홈페이지(2019.8.6. 기준),"http://www.molit.go.kr/USR/WPGE0201/m_35321/DTL.jsp"

- **(남북관계 개선에 따른 남북철도망 연결 준비)** 단절구간 연결을 통한 남북철도망 연결 및 이를 통한 대륙철도 운행을 위한 기틀 마련

  - 남북철도 북측구간 현지 공동조사를 통해 경의선(개성~신의주 구간, 약 400㎞), 동해선(금강산~두만강 구간, 약 800㎞)을 조사 진행('18.11월)

  - 남북관계 변화에 대비하여 경원선 남측구간 연결사업 추진 중이며, 별도의 전기공급 설비가 필요 없는 디젤 또는 수소열차를 개발* 중

  * 한국 철도기술연구원은 1.2㎿급 수소열차를 2022년까지 개발 완료 예정이며, 3㎿급 수소열차 개발을 후속연구로 준비 중

(3) 소결

- **(철도 투자 증대)** 국외 주요 국가에서 철도 투자 확대 및 철도시스템 해외진출이 크게 증가하며, 우리나라 또한 철도교통망 확장 정책을 추진하여 철도 투자 증대

- **(철도 신호시스템 국산화 추진)** 일본 등 철도 국제표준 규격화를 위한 노력이 강화되고 있으며, 국내 신호시스템의 외산의존 탈피 및 경쟁력 확보를 위하여 정부차원에서 신호시스템 국산화 추진

- **(선진국간의 연계 강화 및 경쟁 심화)** 범유럽연계 강화 등 철도 산업 선점을 위한 선진국의 노력이 있으며, 이에 국내에서도 신북방경제 협력 및 남북철도망 연결 준비 등 산업 선점을 위해 노력

분석 관점	국내외		조사내용	외부환경 시사점
P (정책)	국내	1	교통의 공공성 강화를 위한 국가 철도망 확대 정책 추진	[O1] 대중교통 강화, 철도교통망 확장 등을 위한 철도투자 증대
		2	미래 성장동력 창출을 위한 철도산업 육성 정책 강화	
		3	신북방경제 협력 및 남북철도 준비	[O2] 정부차원에서 신호시스템 국산화에 대한 의지 강화
	국외	5	일본 중국 등 국가차원에서 철도시스템 해외진출 적극 지원	
		6	선도적인 철도 국제 표준 규격화를 위한 노력 강화(일본)	[T1] 산업을 선점하기 위한 선진국간의 연계 및 경쟁이 심화
		7	유럽내연구개발 협력(ERRAC), 안전 목표/기준 수립(ERA)등을 통한 상호연계 강화	

4절 경제적 환경분석

국내 철도산업은 세계수준 대비 2% 수준으로 상당한 격차, “하드웨어 부분”에 집중

	글로벌 시장	국내 시장
시장특성	• 글로벌 기업간 경쟁이 심화 되고 있으며, 일본과 중국기업 중심으로 인수합병을 통한 경쟁력 강화	• 정부 활동 개입 수준이 높고, 구성 산업간 연관성이 커 전후방 효과가 높음
시장규모	• 세계 철도 산업은 200조원 규모로 3% 내외의 성장률을 보임	• 철도제조산업 4.1조원 규모로 세계 수준 대비 2% 수준
기타	• 중국, 캐나다, 독일 등 소수의 리딩 기업이 시장을 과점	• 철도차량 등 하드웨어 중심으로 철도제조업 무역수지 적자 전환

(1) 세계 산업동향

■ **(세계철도 시장)** 철도분야 세계 시장은 208.3조 원 규모

- 세부 분야별로는 유지보수 분야(39.0%) 비중이 가장 크고, 턴키 관리/통합 시장의 증가율(4.78%)이 높은 것으로 나타남
- 지역별로는 아시아와 유럽이 가장 크고, 아프리카, 중동, 남미 지역의 성장률이 5% 내외의 증가율을 보임(전체 평균 2.7%)

[표 4.4.1] 세계철도시장 및 세부분야별 시장규모

(단위 : 백만 EUR)

구분	'15~'17년 평균	'21~'23년 평균	CAGR (2016~2022)
Total market volume	163,170	191,689	2.72%
Turnkey(턴키 관리/통합)	569	753	4.78%
Rail control(철도 제어)	15,097	17,918	2.90%
Infrastructure(인프라)	31,155	37,004	2.91%
Rolling stock(차량)	52,582	61,177	2.56%
Services(유지보수)	63,767	74,838	2.70%

※ 출처 : UNIFE(2018), Wold rail market study – forecast 2018 to 2023

[표 4.4.2] 지역별 철도시장

(단위 : 백만 EUR)

구분	'15~'17년 평균	'21~'23년 평균	CAGR (2016~2022)
Total market volume	163,170	191,689	2.72%
Latin America	3,615	4,798	4.83%
Africa/Middle East	7,480	10,165	5.24%
Eastern Europe	10,710	12,599	2.74%
CIS	13,173	15,423	2.66%
NAFTA	30,047	36,004	3.06%
Western Europe	45,735	51,988	2.16%
Asia Pacific	52,410	60,712	2.48%

※ 출처 : UNIFE(2018), World rail market study – forecast 2018 to 2023

■ **(철도신호통신 시장)** 세계 철도신호통신(control command and signaling) 시장은 24.1조원 규모로 추정

- 독일 SCI에 따르면, 세계 철도신호통신 시장은 ’18년 기준 24.1조원에서 23년 27.6조원으로 증가할 것으로 전망
- 신개발 및 업그레이드 시장이 45%를 차지하며, 연간 3.0%로 증가할 것으로 예상됨
- 유지보수 시장은 이 보다 높은 55% 비중을 보이며, 2.5%의 연평균증가율을 보일 것으로 전망됨

[표 4.4.3] 철도신호통신 시장

(단위 : 억원)

구분	’18	’19	’20	’21	’22	’23
World Market for Control Command and Signaling	241,390	247,968	254,725	261,666	268,796	276,121
Maintenance and renewal(A)	132,764	136,084	139,486	142,973	146,547	150,211
New development and upgrade(B)	108,625	111,884	115,241	118,698	122,259	125,927

1) 2019년 시장평균 환율(1304.8원/유로) 적용

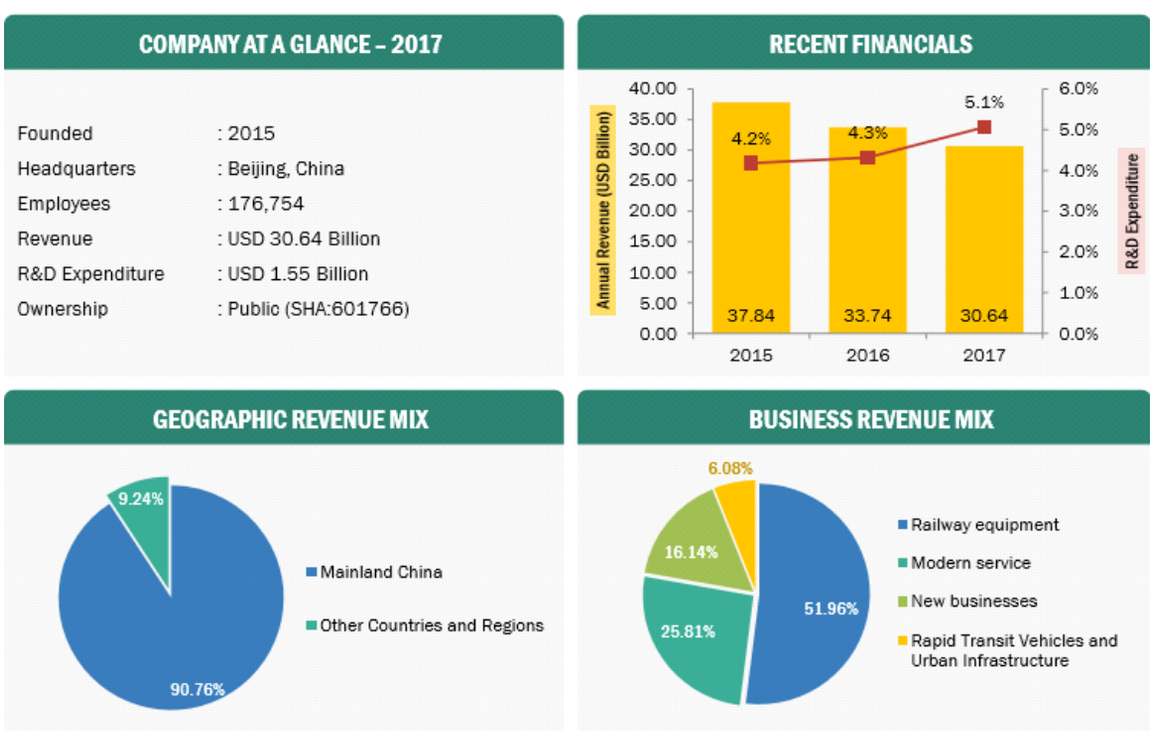
※ 출처 : 독일 SCI, "Control command and signaling worldwide market trends(2019)"자료 인용

■ **(철도 산업 리딩기업)** 중국중차와 지멘스 알스톰 등 주요 기업이 철도신호 통신 시장의 50.4%의 시장을 점유

● 중국중차(China National Automobile Corporation, CRRC)[87]는 2015년 중국남차가 중국북차를 인수·합병하였으며, 철도차량 설계, 제조, 철도부품 제조 등을 사업 분야로 삼는 기업임

- '18년 기준 매출액은 490.8억 위안이며, 기업 R&D 예산으로 23.5억 위안 비용 투자하였으며, 동년 기준 철도 장비분야 영업이익은 717.2억 위안으로 전년(725.4억 위안) 대비 1.1% 하락하였으며, 기업 전체 영업이익(1,353.7억 위안)의 53.0% 수준임

- 도시철도 차량 및 도시 인프라 분야 영업이익은 208.6억 위안으로 전년(212.9억 위안) 대비 2.0% 하락하였으며, 기업 전체 영업이익(1,353.7억 위안)의 15.4% 수준임



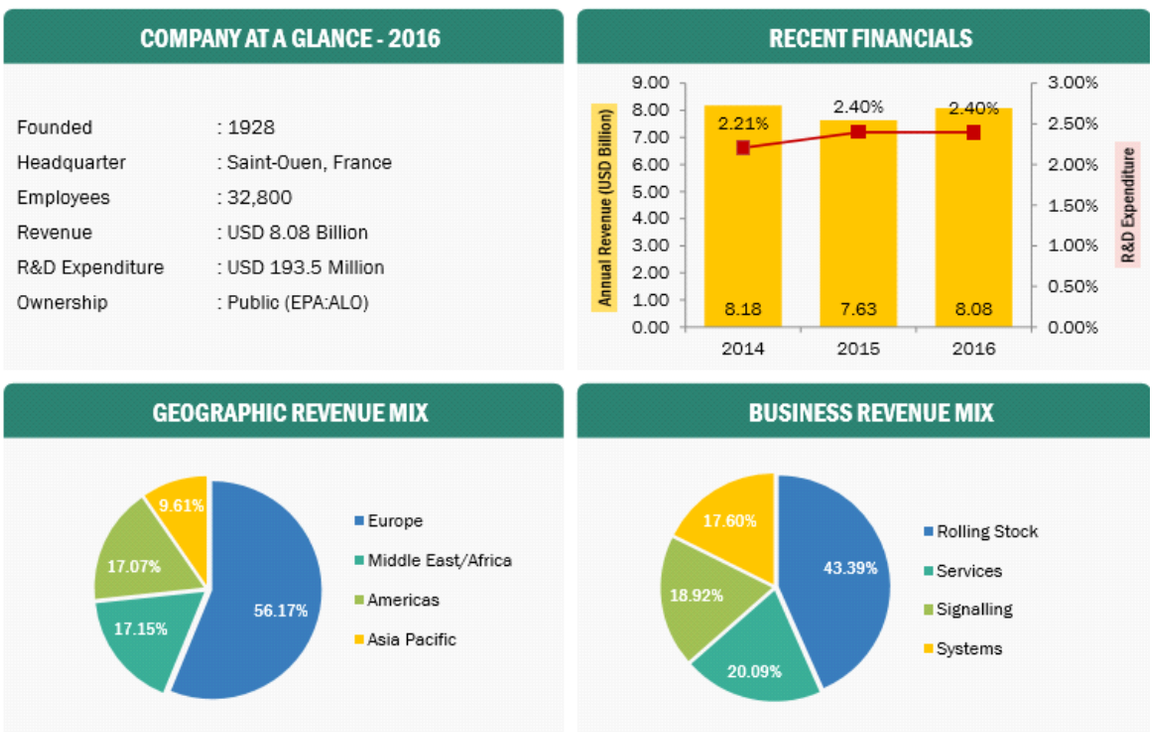
※ 출처 : Company Website, Annual Reports, and MarketsandMarkets Analysis

[그림 4.4.1] 중국중차 기업 현황

87) 중국궤도교통차량집단지분유한공사(中車集團)

● 알스톰(Alstom, 프랑스)은 철도차량 및 신호기를 제조하고 서비스하는 등 프랑스 운송수단의 핵심 주체 기업임

- 2018/19 회계년도 기준 매출액은 80.7억 유로이며, 이 중 신호 분야는 16%(13.0억 유로)를 차지함



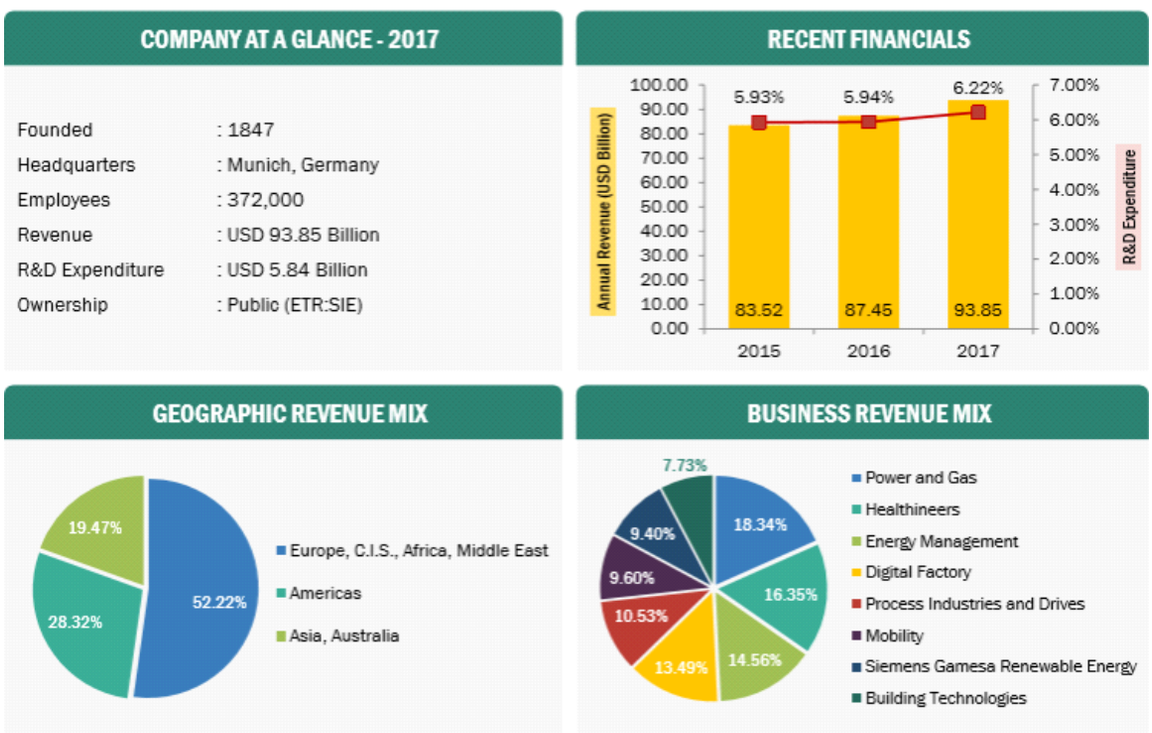
※ 출처 : Company Website, Annual Reports, and MarketsandMarkets Analysis

[그림 4.4.2] 알스톰 기업 현황

● 지멘스(Simens, 독일)는 전력 및 가스, 운송 등 복합기업으로 그룹 산하에 이동성 관련 전략기업인 'Siemens Mobility'를 통해 철도, 도로 등의 운송 솔루션 사업 분야를 확장

- 지멘스의 철도 분야는 '18년 기준 지멘스 전체 매출액(830.4억 유로) 중 10.55%(87.6억 유로)로 전년 대비 8% 증가

- 지멘스는 경로 제안기술 소프트웨어 기업인 하콘(HaCon)을 인수

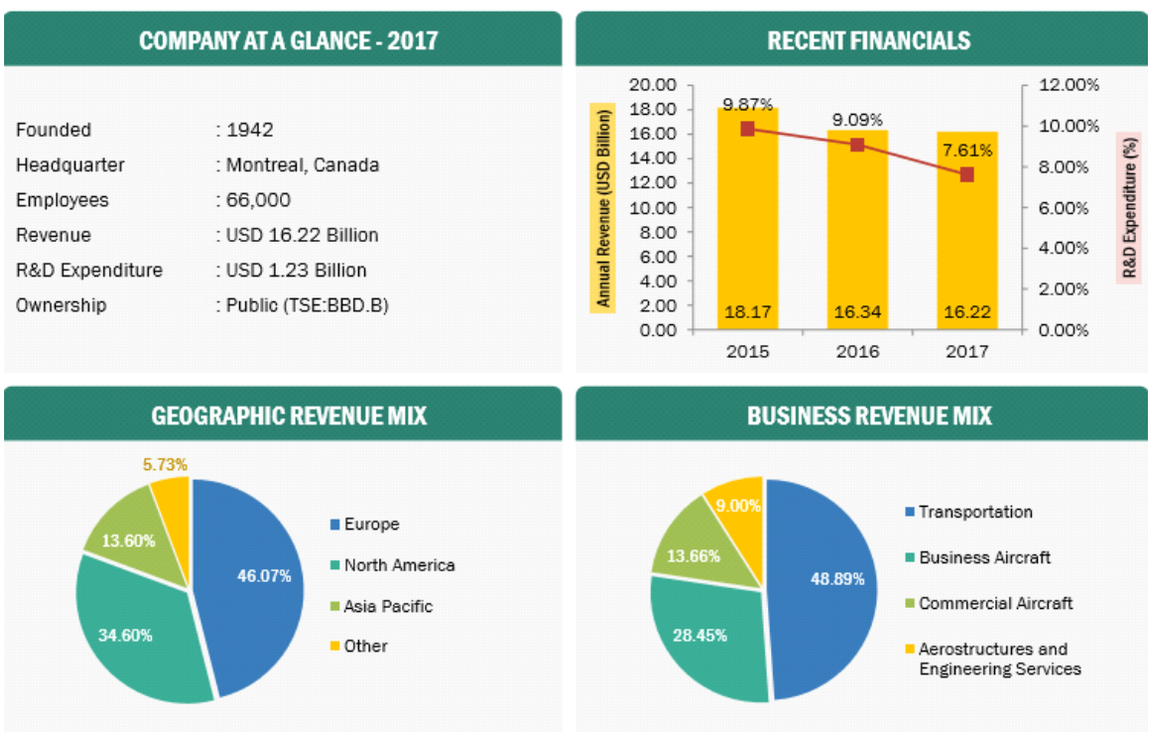


※ 출처 : Company Website, Annual Reports, and MarketsandMarkets Analysis

[그림 4.4.3] 지멘스 기업 현황

● 봄바르디아(Bombardier, 캐나다)는 알스톰, 지멘스와 함께 세계 철도차량 제조의 빅3로 불렸으나, 철도사업을 알스톰에 최근 매각

- 봄바르디아는 '70년대 이후 철도 및 항공분야 기업을 인수하며 사업을 확장
- '18년 기준 전체 매출 162억 달러 중, 철도분야는 전년(85.5억 달러)대비 4% 증가한 89억 달러 수준임
- 유럽 1위 철도차량 제조사인 프랑스 알스톰이 '20년 2월 17일 롬바르디아 철도부문 인수를 위한 양해각서(MOU) 체결



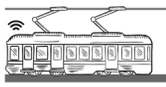
※ 출처 : Company Website, Annual Reports, and MarketsandMarkets Analysis

[그림 4.4.4] 롬바르디아 기업 현황

(인수합병 증가) 중국과 일본 기업 등을 중심으로 규모 및 경쟁력 확보

● 중국 1·2위 업체인 중국남차와 중국북차는 '14년 합병을 결정하고'중국철도교통차량그룹(중차그룹)'으로 거대화

- 국제 경쟁력 강화의 관점에서 중국 정부는 기업 규모의 확대와 상장에 따른 자금 조달을 통해 경영 효율의 향상과 기술개발의 가속화를 도모하고 있음



- '13년 기준 두 회사의 매출 합계는 1,951억 위안(약 34조 1,000억원)으로 롬바르디아, 지멘스, 알스톰의 철도 부문 합계 이상

● 히타치는 '15년 2,600억 엔을 투자해 이탈리아 국방항공 분야 대기업인 핀메카니카의 철도 차량신호 사업(Ansalde STS)을 인수 발표

- 히타치는 자체 보유기술과 이탈리아 기업의 판로 및 실적을 융합해 지멘스 등 세계 대기업과 경쟁을 채비

- 철도부문 매출은 4,100억 엔으로 2015년 대비 두 배 이상으로 증가하여 알스톰, 지멘스 등의 절반 수준으로 달함

● 프랑스 알스톰 또한, 업계 세계 최대인 중국 중국중차(CRRC)에 맞서기 위해 봉바르디아 철도부분 인수 양해각서 체결

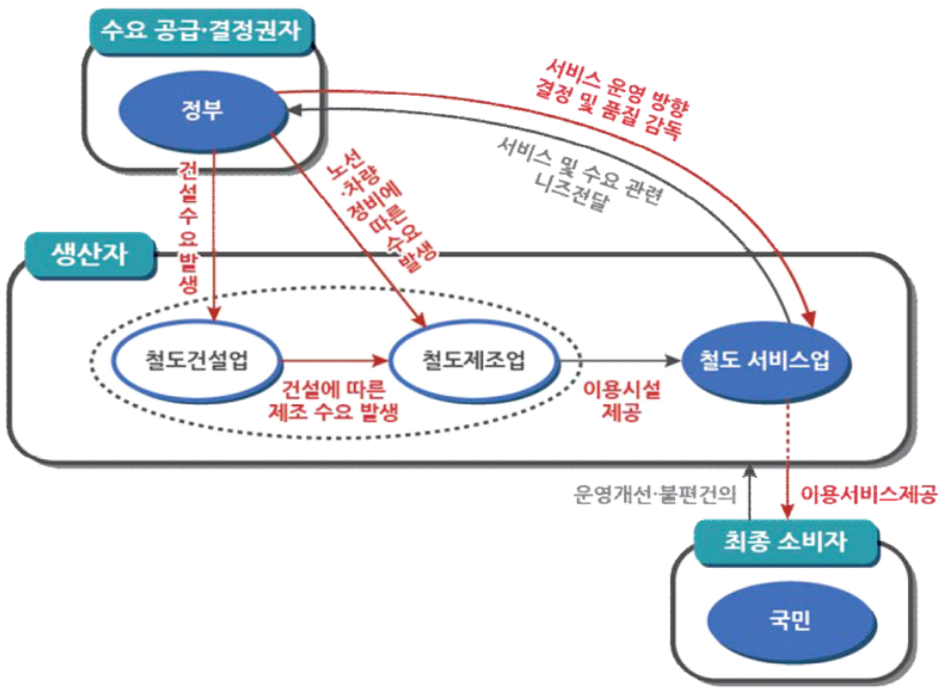
- '17년 독일 지멘스의 철도차량 부문 인수를 추진하였으나, 독점 우려에 따른 EU의 반대로 무산된 바 있으며, 봉바르디에 인수 추진과 관련해서도 EU의 고강도 반독점 조사가 예상됨

(2) 국내 산업동향

■ **(철도 산업 특성)** 철도산업 생태계는 타 유관산업 대비 복합적이고 광범위한 생태계 구조를 보유하고 있으며, 구성 산업 간에도 높은 연계성으로 전후방 효과가 높은 산업임

- 철도산업은 제조업, 서비스업, 건설업을 포함하고 있어, 자동차, 항공 등 타 산업이 제조업과 서비스업 중심으로 구성된 것에 비해 복잡함

- 철도산업은 타 산업 대비 정부의 활동·개입 수준이 높고, 건설→제조→서비스로 연계되는 구성 산업 활동 간의 연관성이 높음



※ 출처 : 한국철도기술연구원(2018.05), “철도교통 기술수준 상세분석 및 R&D 추진 전략 수립 연구 최종보고서”

[그림 4.4.5] 정부주도의 유기적 복합산업 생태계인 철도산업

■ **(국내 철도 산업 규모)** 국내 철도 시장규모는 2019년 기준 5조 7,313억 원으로 추정

- ’19년 기준 철도차량 분야의 비중이 전체의 71.6%로 대부분이며, 철도시장은 ’13년부터 연평균 약 9%내외로 성장 중인 것으로 추정

[표 4.4.4] 철도산업의 국내시장 현황 및 전망

(단위 : 억원)

분야	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	CAGR (’13~’19)
철도차량	23,827	26,429	29,032	31,634	34,236	37,483	41,044	9.5%
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	1,364	9.2%
합계	33,336	36,961	40,587	44,212	47,837	52,357	57,313	

주) 2017~2019년도는 예측치임(연평균 증가율 활용)
※ 출처 : 중소기업청(2016), “중소중견기업 기술로드맵 2017~2019”

● **(철도산업 부가가치)** 철도 산업의 부가가치는 2014년 기준 6조 6,119억 원 규모로 GDP대비 0.49%를 차지하며, 2009년 4조 6,884억 원에 비해 약 1.4배 증가함

- 철도운송업의 부가가치 규모는 2005년 크게 증가한 이후, 2014년에도 가장 큰 비중(56.68%)을 차지

[표 4.4.5] 철도산업의 부가가치 규모 및 비중

(단위 : 억원, %)

구분	부가가치 규모(억원)			전산업 대비 비중(%)		
	2005	2009	2014	2005	2009	2014
철도산업	**32,928**	**46,884**	**66,119**	**0.39**	**0.45**	**0.49**
철도차량제조업	2,837	6,042	8,107	0.03	0.06	0.06
철도건설업	10,576	18,289	20,536	0.12	0.17	0.15
철도운송업	19,515	22,553	37,477	0.23	0.22	0.28
전산업	8,519,822	10,479,059	13,548,553	100.00	100.00	100.0
제조업	1,973,975	2,425,449	3,994,098	23.17	23.15	29.48
건설업	681,413	755,638	668,645	8.00	7.21	4.94
운수업	337,245	380,884	485,150	3.96	3.63	3.58

주1) 기업체수가 2개 이하인 경우, 기업 정보 보호를 위해 정보를 공개하지 않으므로, 운송업 세세분류의 데이터는 '사업체

주2) 운수업 부가가치 : 운수활동을 통하여 새로이 창출한 가치로서 생산액에서 중간재비용을 공제한 금액 : 급여총액 + 퇴직급여(충당전입액) + 복리후생비 + 감가상각비 + 임차료 + 세금•공과금 + 대손상각 + 국내선 박용선료 + 영업이익 + 납부부가가치세

※출처 : 윤재호(2019), "한국철도차량 수출의 산업연관효과 분석", 물류학회지 제29권 제2호

- 한국표준산업분류상 철도 관련 산업은 '철도장비제조업', '철도건설업', '철도운송업'으로 구분됨

※ ISTANS에서는 철도장비제조업을 철도산업으로 구분하고 있음

구분	분류코드	분류항목명	관련성
제조업	16102	표면 가공목재 및 특정 목적용 제재목 제조업	
	20494	화약 및 불꽃제품 제조업	
	23325	콘크리트 관 및 기타 구조용 콘크리트제품 제조업	
	25943	금속 스프링 제조업	
	25999	그 외 기타 분류 안된 금속 가공제품 제조업	

구분	분류코드	분류항목명	관련성
	28111	전동기 및 발전기 제조업	·
	28122	전기회로 접속장치 제조업	·
	28421	운송장비용 조명장치 제조업	·
	28429	기타 조명장치 제조업	·
	28902	전기용 탄소제품 및 절연제품 제조업	·
	28903	교통 신호장치 제조업	일부
	29111	내연기관 제조업	·
	29119	기타 기관 및 터빈 제조업	·
	29120	유압 기기 제조업	·
	29131	액체 펌프 제조업	·
	29169	기타 물품 취급장비 제조업	·
	29241	건설 및 채광용 기계장비 제조업	·
	30122	화물 자동차 및 특수 목적용 자동차 제조업	·
	312	철도장비 제조업	높음
	3120	철도장비 제조업	높음
	31201	기관차 및 기타 철도 차량 제조업	높음
	31202	철도 차량 부품 및 관련 장치물 제조업	높음
	33932	전시용 모형 제조업	·
	34019	기타 일반 기계 및 장비 수리업	·
건설업	41222	교량, 터널 및 철도 건설업	일부
	42135	철도 궤도 전문공사업	높음
	42139	기타 옥외 시설물 축조관련 전문공사업	·
	42411	도장 공사업	·
도매 및 소매업	46594	수송용 운송장비 도매업	·
운수 및 창고업	491	철도 운송업	높음
	4910	철도 운송업	높음
	49101	철도 여객 운송업	높음
	49102	철도 화물 운송업	높음
	49211	도시철도 운송업	높음
	52911	철도 운송 지원 서비스업	높음
	52941	항공 및 육상 화물 취급업	·
	76190	기타 운송장비 임대업	·

● **(철도 제조 관련 산업 현황)** ’17년 기준 철도 제조업의 연간 출하액은 2조 448억원으로 제조업 전체의 0.14% 수준으로 나타남

[표 4.4.6] 철도제조업 현황

(단위 : 백만원)

구분	출하액	주요생산비	부가가치	유형자산 연말잔액
제조업	1,511,759,855	974,342,280	543,340,531	585,801,372
기타 운송장비 제조업	50,831,874	34,251,345	15,988,349	27,413,556
철도장비 제조업	2,044,806	1,296,517	781,085	902,105
31201. 기관차 및 기타 철도 차량 제조업	**1,392,798**	**901,376**	**525,787**	**526,297**
31202. 철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	**652,008**	**395,141**	**255,298**	**375,808**

주) 광업제조업조사 상 부가가치 : 생산액-주요중간투입비(원재료비+전력비+용수비+외주가공비+ 수선비+연료비)
※ 출처 : 통계청, 광업·제조업조사 ‘시도/산업분류별 주요지표’

● **(철도산업 사업체 및 종사자 수)** 2017년 기준 철도산업의 사업체 및 종사자 수는 각각 2,077개소, 68,099명으로 파악됨

[표 4.4.7] 철도산업 사업체 및 종사자 현황

구분	사업체 수(개)				종사자 수(명)			
	2015	2016	2017	’15~’17증감	2015	2016	2017	’15~’17증감
철도장비 제조업	**306**	**309**	**282**	**-24**	**5,909**	**6,197**	**5,747**	**-162**
31201. 기관차 및 기타 철도차량 제조업	10	9	10	0	2,388	2,316	2,169	-219
31202. 철도차량 부품 및 관련 장치물 제조업	296	300	272	-24	3,521	3,881	3,578	57
철도 건설업	**402**	**380**	**392**	**-10**	**14,657**	**12,209**	**12,781**	**-1,876**
41222. 교량, 터널 및 철도 건설업	364	350	357	-7	12,903	11,127	11,697	-1,206
42135. 철도궤도 전문 공사업	38	30	35	-3	1,754	1,082	1,084	-670
운송업(운수 및 창고업)	**1,336**	**1,401**	**1,403**	**67**	**49,504**	**51,410**	**49,571**	**67**
49101. 철도여객운송업	285	241	240	-19	7,153	6,128	6,292	-458
49102. 철도화물운송업		28	26			568	403	
49211. 도시철도운송업	737	776	785	48	16,543	15,667	16,280	-263
52911. 철도운송지원 서비스업	314	356	352	38	25,808	29,047	26,596	788
철도산업 계	**2,044**	**2,090**	**2,077**	**33**	**70,070**	**69,816**	**68,099**	**-1,971**

주) 2016년 데이터는 2017년 개정된‘한국산업표준분류(10차 개정)’를 반영하여 9차 개정 기준 데이터와 일부 오차가 있을 수 있음
※ 출처 : 통계청, 전국사업체조사 ‘시도·산업·종사자규모별 사업체수, 종사자수’

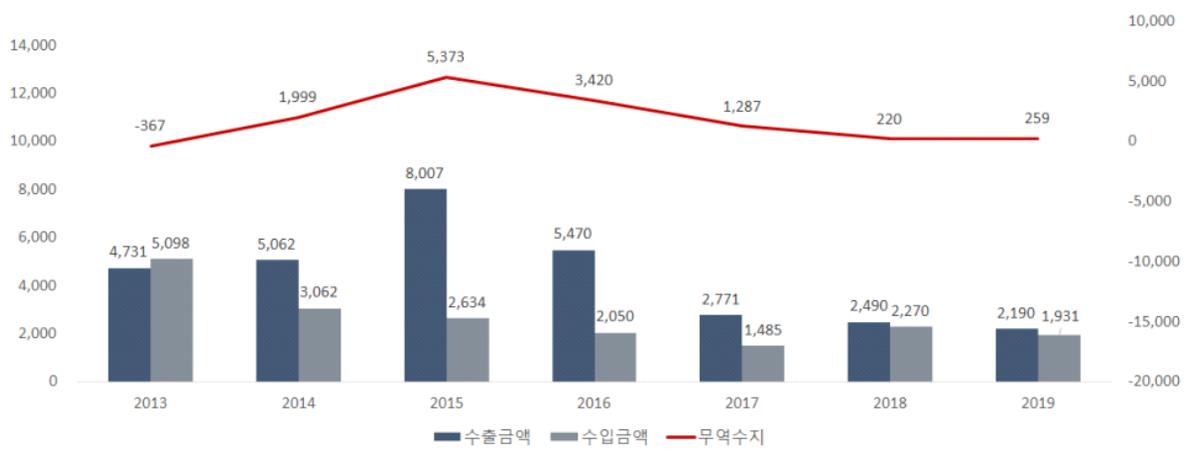
철도 운행제어 산업생태계

<table>
<tr><th>구분</th><th>현 황</th></tr>
<tr><td>시스템
설계</td><td>• (업무) 노선(고속·일반·광역) 및 열차종류(고속·여객·전동차) 특성에 맞는 신호시스템의 선정 및 물량, 총사업비를 산출하고 시스템을 설계
* (절차) 예비타당성조사→기본계획→기본설계→실시설계
• (자격조건) 전력기술관리법(14조) 및 동법 시행령(제27조)에 의거 시·도지사에게 전력시설물 종합설계업 또는 전문설계업(1종)으로 등록한 자
• (업체현황) 중소기업 5개 社
- (주)경인기술, 신우이엔지(주), 벽산파워(주), (주)에이알텍, (주)혁신전공사</td></tr>
<tr><td colspan="2">⬇</td></tr>
<tr><td>부품
제작</td><td>• (업무) 발주처 또는 시공사, 제조사가 제시하는 규격, 시방서에 따라 신호시스템을 구성하는 단위 장치를 제작하여 제작사에 납품
• (자격조건) 국가종합전자조달시스템 나라장터에 제조물품으로 등록한 업체
• (업체현황) 전원장치·축전지·전자부품 등은 일반물품으로 대·중소기업 다수</td></tr>
<tr><td colspan="2">⬇</td></tr>
<tr><td>시스템
제작·
시공</td><td>• (업무) 발주자가 제시한 규격, 시방서에 맞춰 제품설계·제작·설치·시험·시운전하여 발주처에 납품
• (시스템 종류) 연동장치, 궤도회로, 폐색장치, 열차제어장치, 열차집중제어설비
• (자격조건) 국가종합전자조달시스템 나라장터에 제조물품으로 등록한 업체
* 단, 연동장치, 궤도회로장치, 폐색장치 등은 철도안전법에 따른 제작자승인 취득업체
• (업체현황) 대·중소기업 15개 社
<table>
<tr><th>연동장치</th><th>궤도회로</th><th>열차제어장치</th><th>열차집중제어장치</th><th>폐색장치 등</th></tr>
<tr><td>LS산전(대)</td><td>LS산전(대)</td><td>LS산전(대)</td><td>대아티아이(중소)</td><td>유경제어(중소)</td></tr>
<tr><td>포스코건설(대)</td><td>대아티아이(중소)</td><td>현대로템(대)</td><td>NB플러스(중소)</td><td>금호전력(중소)</td></tr>
<tr><td>유경제어(중소)</td><td>유경제어(중소)</td><td>포스코건설(대)</td><td>동우(중소)</td><td>혁신전공사(중소)</td></tr>
<tr><td>혁신전공사(중소)</td><td>혁신정공사(중소)</td><td>서우건설(중소)</td><td></td><td>삼표레일웨이(중소)</td></tr>
<tr><td>대아티아이(중소)</td><td>신우이엔지(중소)</td><td>대아티아이(중소)</td><td></td><td>대성(중소)</td></tr>
<tr><td>금호전력(중소)</td><td>에스알(중소)</td><td>에스트래픽(중소)</td><td></td><td>세화(중소)</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td colspan="2">⬇</td></tr>
<tr><td>감리</td><td>• (업무) 발주처를 대신하여 설계·시공·제작·설치·시험·시운전의 전 과정을 관리·감독
• (자격조건) 전력기술관리법 제14조 및 동법시행령 제27조에 따라 시·도지사에 전력시설물의 공사감리업으로 등록한 자
• (업체현황) 중소기업 4개 社
- (주)경인기술, 신우이엔지(주), 벽산파워(주), (주)에이알텍</td></tr>
</table>

■ **(철도 수출입 동향)** 철도장비제조업(C312) 무역수지는 '15년 5,373억 원으로 증가하다가, 감소추세로 전환하여 '19년 258억 원('15년 대비 4.5% 수준)으로 전망됨

- '18년 기준 철도장비제조업의 무역특화지수는 0.046으로 전체 제조업 대비 낮은 수준임
- 철도산업의 수출특화 경향이 낮아지고 있으며, 특히 철도운행제어 분야의 수입특화 경향이 심각

(단위 : 억원)



주) 2019년도는 예측치임(연평균 증가율 활용)
※ 출처 : 관세청 수출입 무역통계,(2019.8.20.기준)

[그림 4.4.6] 국내 철도장비 제조업 수출·입 및 무역수지 현황

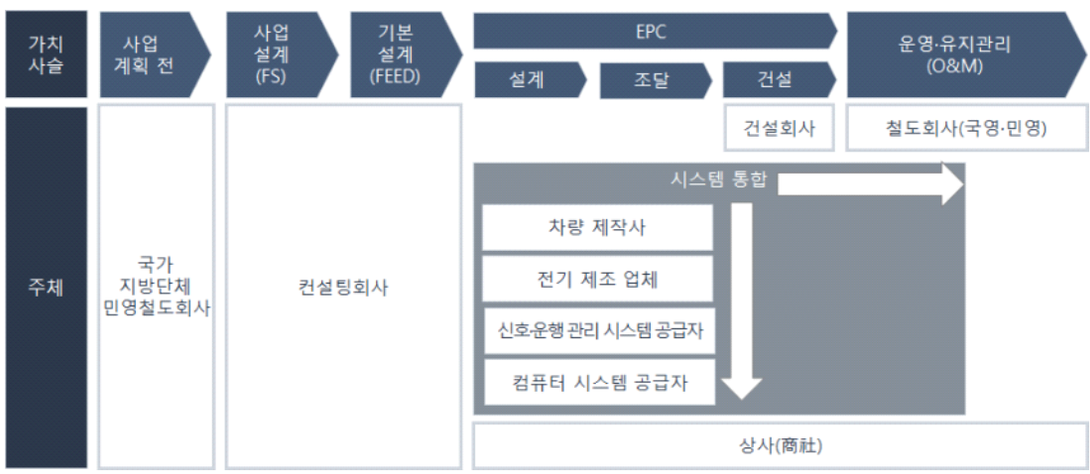
(3) 소결

- **(국내외 철도신호시스템 시장 성장)** 철도 세계시장은 연평균 성장률 2.7%('16~'22)로 208.3조 규모이며, 국내 시장규모는 5조 7,313억원으로 나타남
  - 지역별로는 신흥국 중심으로 철도 시장이 성장할 것으로 예상되며, 특히, 이러한 시장은 턴키화 요구 경향이 강할 것으로 전망됨
- **(국내 철도신호시스템 해외기업 의존도 심화)** 주요 메이저 업체가 전세계 시장을 대부분을 차지하고 있으며, 철도운행제어 분야의 수입특화 경향이 심해지고

있음

- **(시스템 통합 업체화 및 M&A 증가)** 운행관리의 고도화, 기업간 경쟁 심화로 인해 가치사슬 내에서 분야별 통합이 활발

  - 차량사업을 기반으로 하는 시스템 통합 업체를 중심으로 신호 · 운행 관리 시스템 제공자를 둘러싸고 둘러싸 경쟁이 전개되고 있음



※ 출처: MIZUHO, “鉄道システム業界が注目すべき外部環境の変化”

[그림 4.4.7] 철도사업의 가치 사슬

- **(가격경쟁에서 기술차별화로 이동 필요)** 가치사슬 통합에 따른 가격경쟁력 확보와 함께 기술 차별화 시급

  - 국가별로 보유한 강점을 활용하여 가능한 분야에 차별화 전략으로 중심축을 이동하는 것이 요구됨

분석관점	국내외		조사내용	외부환경 시사점
E (경제)	국내	1	국내 철도 시장규모는 2019년 기준 4조 1,044억 원으로 추정	[O3] 국내외 철도 신호시스템의 높은 시장 성장률, 특히, 아프리카, 중동, 남미 지역이 성장률이 높음
		2	철도 산업의 부가가치가 최근 5년간 40% 이상 증가	
		3	수출 특화 경향이 낮아지고 있으며, 신호시스템은 해외 의존도 절대적임	[T2] 국내 철도 신호시스템 시장의 높은 해외기업 의존도
		4	철도제조업 업체 수 감소(최근 3년간 24개 감소)로 관련 고용 감소	
	국외	5	세계 철도 시장은 향후 2022년까지 2.72% 성장이 전망됨	[T3] 사업 수주방식의 턴키방식의 변화
		6	아프리카, 중동, 남미 등의 철도시장이 급성장(5% 내외)	
		7	철도시장에서 턴키 방식의 시장 증가	[T5] 국내 철도신호 기업의 관련 사업 축소
		8	중국, 캐나다, 독일 등의 소수기업이 과점(인수합병 증가)	

5절 사회적 환경분석

(1) 해외 사회동향

■ (포스트 코로나 대응) 코로나 19로 인한 철도교통의 위기 극복 대책 마련 시급

- **(철도 수송량 감소)** 코로나 19로 인해 세계적인 철도 수송량* 및 운영수입 감소 예상

* 독일 SCI Verkehr의 연구[88]에 따르면 2020년 동안 유럽 철도 승객 운송량은 40%, 화물 운송은 20% 감소할 것으로 예상.

- **(높은 수송력)** 사회적 거리두기를 고려한 높은 수송력을 가지는 철도서비스 제공 필요

- **(무인 자동화 및 원격제어 확대)** 운영직원의 보호와 운영 수익성 향상을 위해 무인자동화 및 원격제어에 의한 철도운영 필요

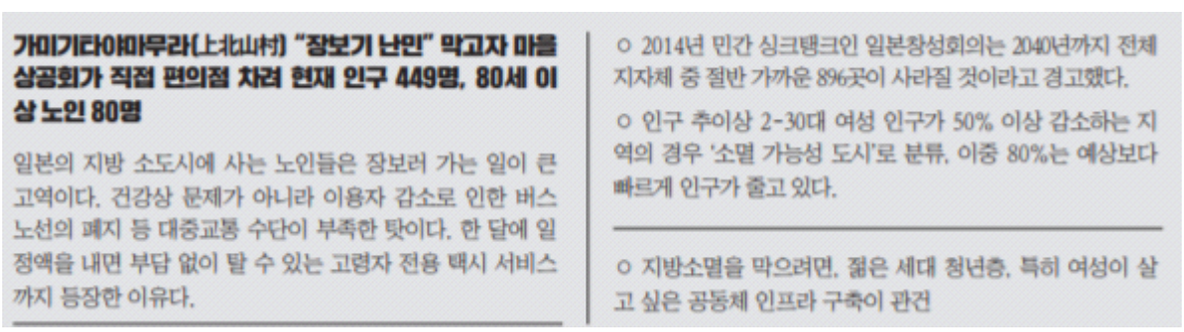
■ (일본) 고령화 및 인구감소에 따른 대책 마련 시급

- **(인구)** 2010년에 인구감소 사회로 전환한 일본의 생산 가능 인구는 전체 인구의 60% 미만으로 축소
  - 2018년 기준 일본 수도권의 경우 4명 중 1명이 노인이고, 지방권의 경우 3명 중 1명이 노인임
    * 생산가능인구(15~65세 인구) : 59.8%(일본통계청, '18년 기준)
  - 고령 운전자들은 신체 능력의 저하로 차량 사고를 빈번하게 유발
    * 75세 이상 운전자에 의한 사망사고 비율(%): ('07) 8.2 → ('17) 12.9
  - 향후 인구감소 현상이 나타나더라도 대도시권에 국한해서는 지속적인 젊은층 인구 유입될 것으로 예상되나, 지역사회의 노동인구 극감에 따른 문제가

88) Impact of the COVID-19 Crisis on the railway sector in Europe, 독일 SCI

심각

- (대중교통) 전철과 지하철 등 철도교통이 크게 발달되어 있으며, 시내의 주간선 노선은 지하철이 담당
  - 일본은 철도 수단분담률이 72.4%로 우리나라의 32.2%에 비해 두 배 이상[89)]
  - 일본 대도시뿐만 아니라 중소도시에도 철도망 조밀하게 구축되어 있고 지역간 및 광역철도와의 연계성은 특징을 보임
- (철도운영) 상대적으로 열악한 지방권의 철도운영 여건이 크게 악화될 가능성이 높음
  - 인구가 적거나 낙후된 지역에서 운행하는 지역노선의 경우에는 지방정부의 재정문제와 인구감소로 인한 수요감소가 심각
  - 적자노선은 지속적으로 운행감소와 폐선으로 이어지고 있어 일본 내에서도 심각한 문제로 자리매김



가미기타야마무라(上北山村) "장보기 난민" 막고자 마을 상공회가 직접 편의점 차려 현재 인구 449명, 80세 이상 노인 80명

일본의 지방 소도시에 사는 노인들은 장보러 가는 일이 큰 고역이다. 건강상 문제가 아니라 이용자 감소로 인한 버스 노선의 폐지 등 대중교통 수단이 부족한 탓이다. 한 달에 일정액을 내면 부담 없이 탈 수 있는 고령자 전용 택시 서비스까지 등장한 이유다.

○ 2014년 민간 싱크탱크인 일본창성회의는 2040년까지 전체 지자체 중 절반 가까운 896곳이 사라질 것이라고 경고했다.

○ 인구 추이상 2-30대 여성 인구가 50% 이상 감소하는 지역의 경우 '소멸 가능성 도시'로 분류. 이중 80%는 예상보다 빠르게 인구가 줄고 있다.

○ 지방소멸을 막으려면, 젊은 세대 청년층, 특히 여성이 살고 싶은 공동체 인프라 구축이 관건

※ 출처: 조선일보(2018.5) (http://news.chosun.com/site/data/html_dir/2018/05/05/2018050500116.html)

[그림 4.5.1] 일본 지역 인구소멸 위기

■ **(중국)** 세계 최대 인구에 따른 대중교통 포함 사회문제 해결 필요

- (인구) 중국은 세계 최대 인구 대국이나, 최근 생산가능인구 감소 등 저출산·고령화에 따른 인구구조가 급속하게 전환됨
  - 생산가능인구(15~64세) 비중이 2011년을 정점으로 하락세를 보이며, 2015

89) 국토교통부(2017), '국토교통통계연보', 일본 통계청, 'Statistical Handbook of Japan'

년부터는 생산가능인구도 감소세로 전환

- 2015년 '전면적 2자녀 정책'을 시행하였으나, 단기간에 임구절벽 문제를 해결하기는 어려울 전망임

* UN의 전망에 따르면, 2022년 인도가 인구 14억 1,868만 명으로 중국(14억 938만 명)을 추월하여 세계 최대 인구대국의 지위를 차지할 것으로 예상됨

- 세계적 소비지 출국으로써 중국인 1인가구, 중산층 부상 등으로 소비시장의 질적변화가 예상됨

* 교통·통신, 교육·문화, 의료·보건 등을 중심으로 '00년 35.8%에서 '17년 45.5%로 소비 확대(한국은행, 2018)

- (대중교통) 대도시를 중심으로 교통체증, 주차난, 지하철 혼잡, 느린버스, 환승의 불편함 등의 문제가 지속적으로 심각

- (철도운영) 2018년 말 기준 중국의 고속철도망 길이는 2만 9,000㎞로 세계 최장으로 정부 보조금에 의존하여 적자경영을 지속

- 고속철 투자에 따른 중국의 일시적 부양효과는 나타날 수 있으나 중국 재정리스크로 최근 이슈가 되고 있음

(2) 국내 사회동향

■ **(포스트 코로나 대응)** 철도교통 이용객의 신뢰회복과 수송력 증대, 탄력적 열차운영을 통한 철도운영 효율성을 높이는 방향으로의 전환 필요

- **(철도교통 위기)** 사회적 거리두기로 인해 국내철도의 수송량 및 운영수입이 크게 감소*,**

* 우리나라의 경우 2020년 1월부터 4월까지 승객 수송량은 코로나 전인 2019년 같은 기간 대비 서울교통공사 1~8호선은 평균 25.5% 감소[90]하였으며, 철도공사는 평균 38.5% 감소[91].

** 특히 2020년 3월의 대구와 같이 감염이 크게 확산되는 경우 대구도시철도 공사 1호선, 2호선

90) 출처: 서울교토공사 수송실적 자료 2019~2020

91) 출처: 한국철도공사 수송실적 자료 2019~2020

3월 수송량은 같은 기간 2019년 수송량에 비해 70%가 감소[92)]

- **(높은 수송력)** 사회적 거리두기를 고려한 높은 수송력을 가지는 철도서비스 제공 필요
- **(무인 자동화 및 원격제어 확대)** 운영직원의 보호와 운영 수익성 향상을 위해 무인자동화 및 원격제어에 의한 철도운영 필요

■ **(도시문제 심화)** 인구 저성장 시대에도 불구하고, 대도시권 광역화가 지속적으로 진행

- 국가 전반적으로 인구성장이 정체 내지 감소 추세이나, 국토 공간상 대도시권 인구 비중 지속 증가
- 이에 따라 대도시권 내에서 통근·통학 등 인구이동이 증가하고 있으며 출퇴근 시간이 증가함
- 한국인의 출퇴근 시간은 OECD 국가 대비 2배이며, 통근인구와 출퇴근 시간 모두 증가추세에 있음

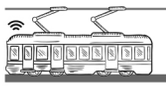
* 한국의 통근시간은 58분으로 OECD 국가 중 최하위

■ **(대중교통 이용)** 2017년 기준으로 하루 평균 대중교통 평일 평균 이용인원은 약 1,151만 명으로 수도권이 71%에 달함

- 지역별로는 서울특별시 이용인원이 전체 대비 38.8%를 차지, 수도권의 이용인원 및 통행량이 전체의 71% 이상 차지
- '15~'17년까지 연도별 이용인원은 1,127만명에서 연평균 1.1% 증가한 1,151만명임

■ **(무인자동화 확대)** 고령사회 및 주 52시간 근무제 도입에 따라 무인자동화 확대

92) 출처: 대구도시철도공사 수송실적 자료 2019~2020



- 중소기업중앙회 설문('18.05)에 따르면, 근로시간 단축에 대한 대응방안으로 기업은 생산성 향상(무인자동화 등 설비 투자 등)을 도모하고자 함

(3) 소결

■ **(철도 수송분담 문제 해결 필요)** 인구 저성장 시대에도 불구하고 대도시권 광역화가 지속적으로 진행되며, 광역권 확대에 따라 대도시 위주의 철도교통의 수단분담률이 증가할 예정

■ **(노령인구 증가에 따른 안전문제 대응)** 급속한 인구고령화로 인해 고령자 안전문제가 대두되며, 비교적 안전한 대중교통으로서 철도 노령인구 이용객 증가

■ **(양질의 일자리 확보)** 주52시간 근무제 도입, 무인자동화 확대 등으로 인한 양질의 일자리 확보가 가능해지며, 관제사 등 철도 관련 종사자의 근로환경 개선이 예상됨

■ **(삶의 질 중시에 따른 대응 필요)** 소득수준 증가 및 삶의 질을 중시함에 따라 신속성 및 안전성에 대한 선호가 증가하며, 코로나19 이후 철도분야 여건 변화에 스마트 철도 등 실현을 통한 대응 필요

6절 기술적 환경분석

철도 선진국은 이미 철도 방식의 패러다임을 바꾸고자 함

세계 철도 기술의 변화상

- 무선통신기반 열차제어시스템(CBTC)이 2010년 이후 도시철도 및 신교통으로 확대
- 서비스 향상, 비용절감, 상호운영성 향상 등을 목적으로 T2I 및 T2T 기반의 시스템 구현을 위한 기술개발 계획(Shift2Rail)

↓

변화의 핵심은 SW+통신

선도그룹	유럽, 미국, 일본
빠른 추격자	중국
뒤쳐진 추종자	한국

↑

- (ETCS) 유럽에서 노선간 연계 운행을 위해 개발된 ETCS가 2000년 이후 세계적으로 확산 추세
- (CTCS) 중국은 ETCS를 자국에 맞게 수정한 신호시스템을 활용하고 있으며, 저밀도 운행구간의 선로변장비 간소화, 무인화, 저비용화를 추구
- (일본) 독자시스템을 운영중이며, 최근 유럽과 협업
- (KRTCS) 무선통신기반 무인/유인 운전을 지원하는 시스템인 KRTCS1을 2014년 개발, 이후 KRTCS2를 2018년까지 개발(KRTCS3는 2020년 개발 예정)

(1) 해외 기술동향

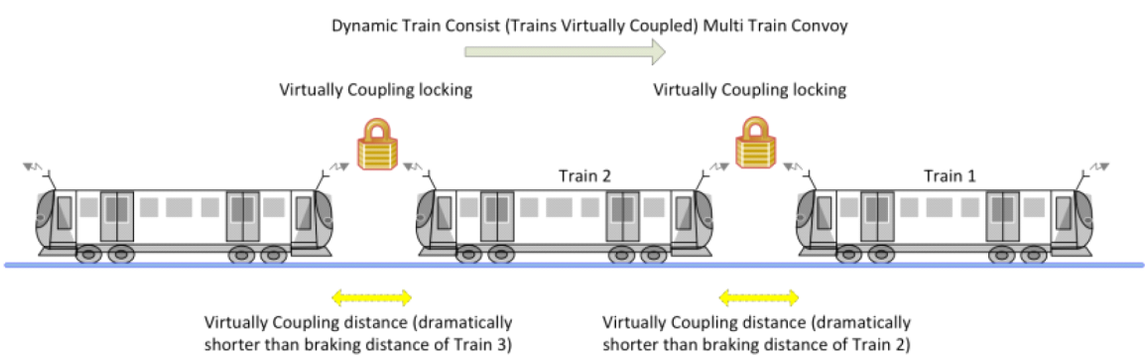
■ 세계 주요국에서 수송력 향상, 서비스 향상, 비용절감, 상호운영성 향상, 안전성 향상 등을 목적으로 제어의 주체가 지상에서 차상으로 변화된 자율주행 열차(autonomous train)기술, 주행 중 분리결합이 가능한 가상연결기(virtual coupler) 기술개발을 수행 중

- 자율주행 열차기술은 궁극적으로 기관사 및 관제의 운영자 개입 없이 지능화된 열차 간 협력을 통해 열차 간 주행 간격을 더욱 좁게 유지하면서 높은 수준의 자동화 레벨을 달성하는 것을 목표로 함
- 더 나아가 교착상태(deadlock) 발생 시 운영자(관제사 및 기관사)의 수동개입 없이 지능화된 열차 간의 직접적인 합의를 기반으로 경합 해소가 가능한 자율주행 철도시스템을 활발히 개발 중

■ **(유럽연합)** 유럽연합(EU)의 지원 하에 유럽철도신호시스템(ETCS)를 개발하여 현재 유럽뿐만 아니라 전세계적으로 확산 추세이며, 최근 철도산업 시장지배력을 강화하기 위해 기술개발 로드맵(Forster-Rail[93])을 수립하고 다양한 연구프로젝트를(NGTC[94], Shift2Rail[95]) 추진

● **(Shift2Rail – LoA 3 수준)** 유럽연합(EU)의 지원하에 선진제작사, 운영기관 등이 참여하여 수행되는 대규모 프로젝트로 서비스 향상, 비용절감 상호운영성 향상 등을 위해 차세대 신호시스템 핵심기술 개발

- 선로용량(수송량)을 획기적으로 증대하면서 노선의 운영자 또는 승객에게 높은 수준의 서비스를 목표로 물리적 연결기가 아닌 열차 간 직접적인 통신기반의 가상연결기(Virtual Coupler)[96]에 대한 연구를 2018년부터 수행 중임
- 가상연결된 모든 열차는 무인운전이 가능하며 열차간 간격은 제동거리 이하로 단축이 가능함
- 선두열차는 단일 열차처럼 가·감속 제어, 역 정차, 출입문 제어, 냉난방 제어 등 영업운전에 필요한 모든 제어와 함께 가상연결된 모든 후부열차를 추돌과 탈선으로부터 보호하는 역할을 수행함



[그림 4.6.1] Shift2Rail의 가상연결기 컨셉

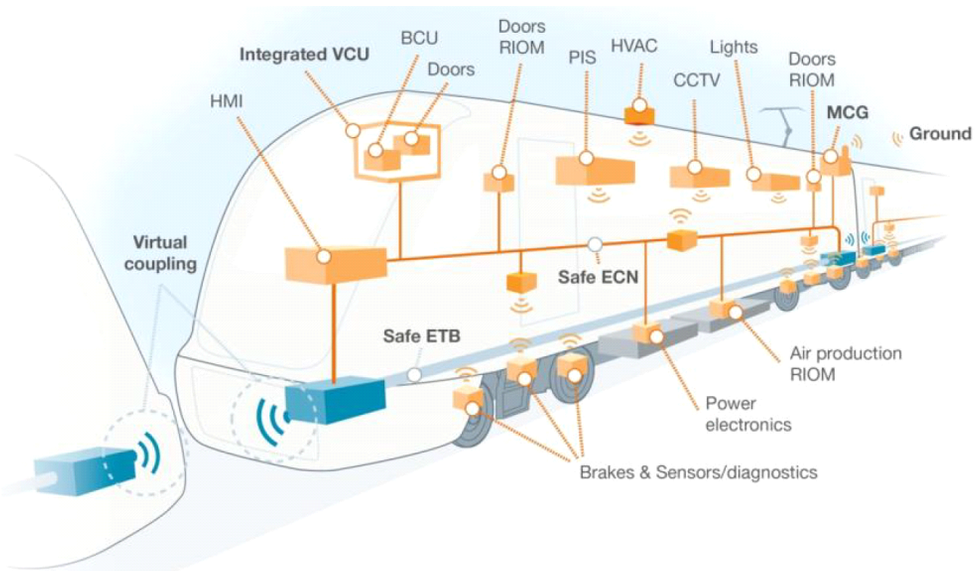
93) Future of Surface Transport Research Rail, '13.5∽'16.4, 유럽철도청 주관

94) Next Generation of Train Control system '13.9∽'16.8, 유럽철도협회 주관

95) '14∽'20년간 총 9.7억 유로 투입 / EU·산업계·시설관리자 참여 / 5개 혁신과제(차량, 신호, 인프라, IT 서비스, 화물)와 공통과제(상호운영, 안전, 에너지 등)로 구성

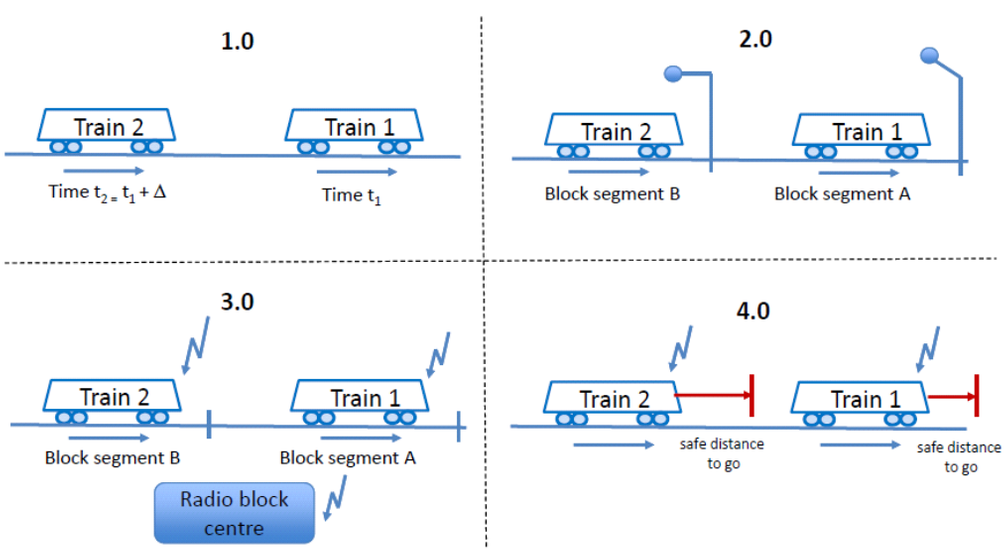
96) Virtual Coupling, EU Shift2Rail(https://shift2rail.org/research-development/ip2/), Alsotm, Ansaldo STS, Bombardier, CAF, Deutsche Bhan 등의 회사가 참여

- 열차네트워크(TCN)의 무선연결을 통한 단일열차 구성을 달성



[그림 4.6.2] Shift2Rail의 가상연결을 위한 무선 TCN

- **(IRSE – LoA 2 수준)** 유럽의 철도신호엔지니어협회(IRSE)는 LoA_2 수준의 열차간 통신 기반의 자율주행 철도신호체계를 command and control 4.0으로 정의

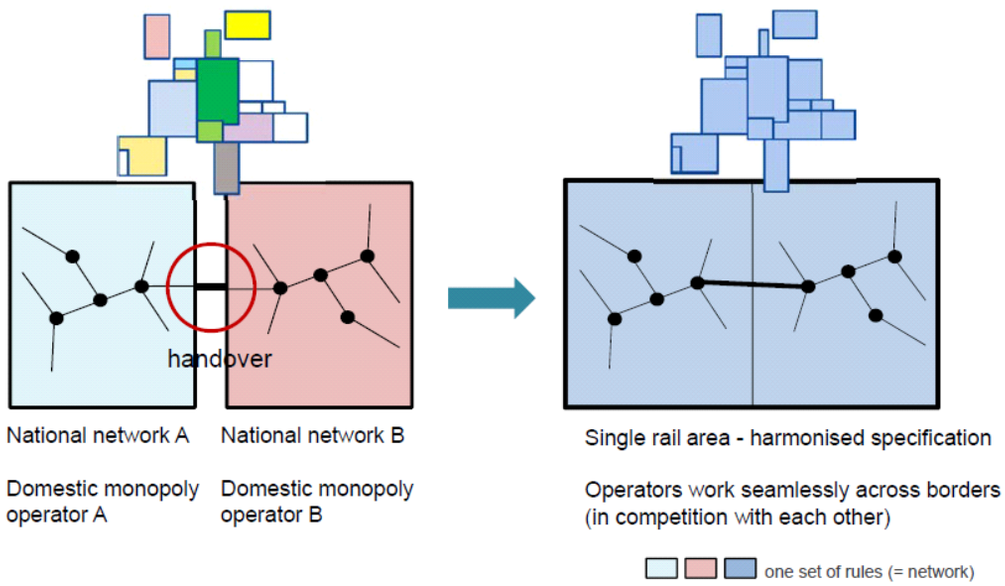


[그림 4.6.3] 4세대 열차간 통신기반 자율주행 철도신호체계

- 완전한 열차중심의 신호체계를 통해 ERTMS/ETCS에서 추구하고 있는 단일 유럽철도망(SERA: Single European Railway Area) 구축을 위한 궁극적인

시스템으로 제시[97]

- 종전 철도신호의 경우 지상제어시스템의 존재로 인해 열차제어 핸드오버(handover)가 필요하지만 자율주행 철도신호체계는 단일 망 처럼 열차의 자유로운 운행이 가능



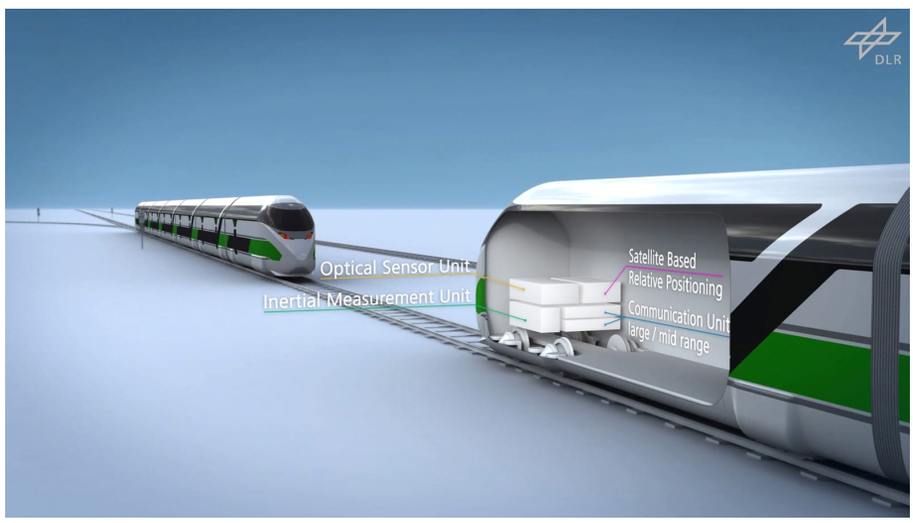
[그림 4.6.4] 자율주행 철도신호체계로 인한 단일망 구현

독일

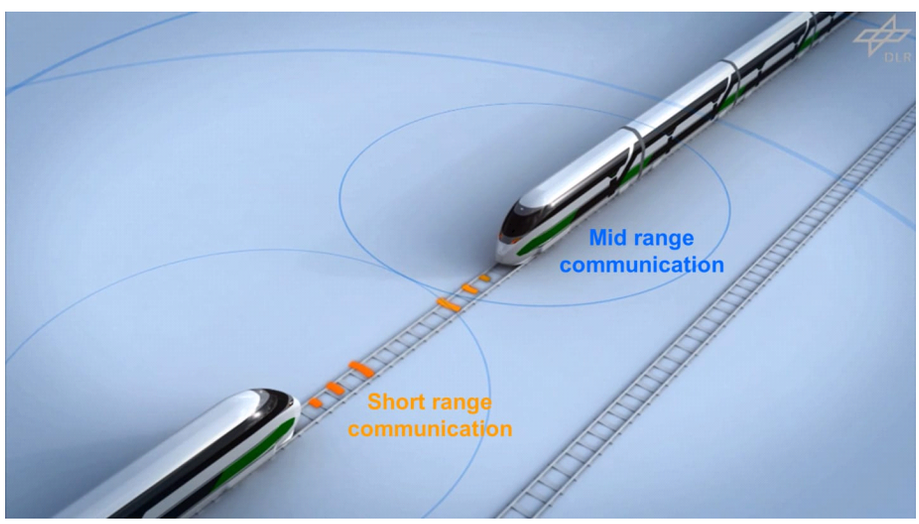
- **(DLR - LoA 3 수준)** 독일 항공우주센터(DLR: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.)은 Shift2Rail에 참여함으로써 주행 중인 열차의 가상연결기를 위해 열차 간 직접적인 통신과 열차의 상대위치에 대한 연구개발[98]을 수행 중

  - **(가상연결기)** 가상연결기 구현을 위해 무선데이터 전송뿐만 아니라 절대위치, 상대위치, 속도 및 가속도를 측정하기 위한 센서를 구성하고 최대 시속 500km의 상대속도에서 동작을 목표로 연구수행 중임.

97) Command and Control 4.0, IRSE(https://www.era.europa.eu/sites/default/files/library/docs/command_and_control_en.pdf)
98) Virtual Coupling, DLR(https://verkehrsforschung.dlr.de/en/innotrans-2018/dynamisches-fluegeln-1)



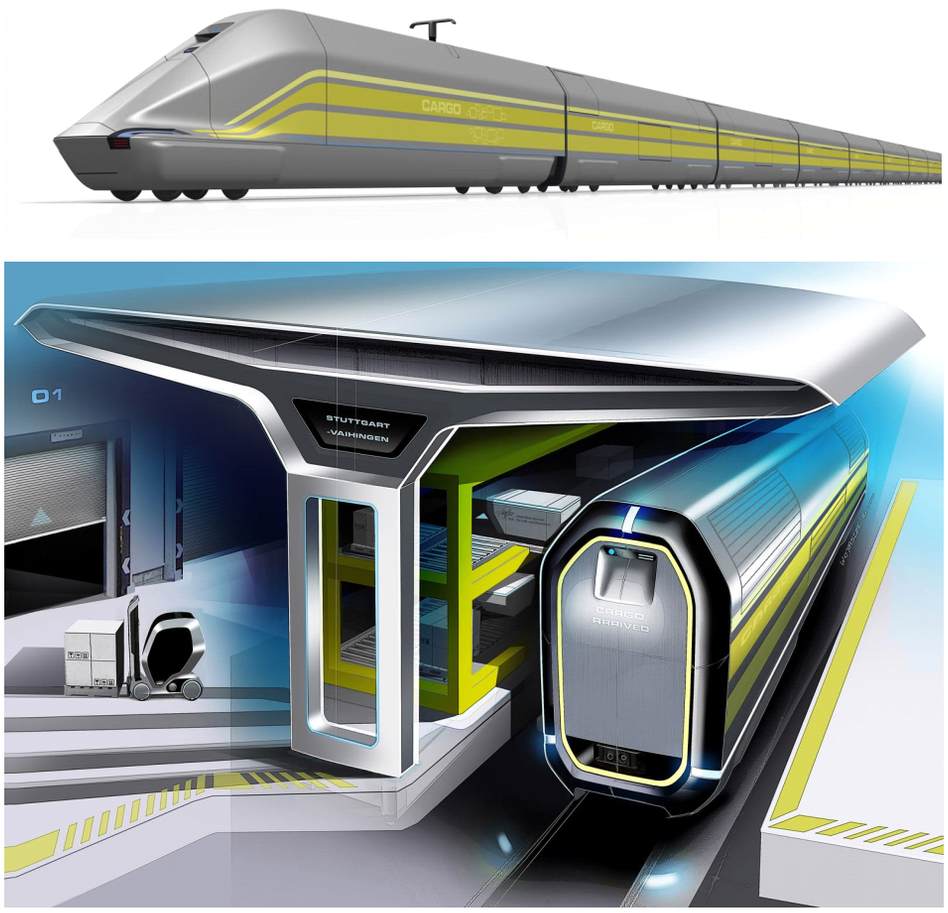
[그림 4.6.5] DLR의 가상연결기 컨셉



[그림 4.6.6] DLR의 열차간 통신(T2T) 기술

- (NGT CARGO) 가상연결기 기술을 화물열차에 적용하는 연구, NGT CARGO[99]를 개발 중이며 열차의 량(vehicle) 단위, 편성(량의 집합, train set)단위 분리와 결합은 운영자 개입 없이 자동으로 수행

99) NGT CARGO, DLR(https://verkehrsforschung.dlr.de/en/innotrans-2018/ngt-cargo-modell-wagen-1-25)



[그림 4.6.7] DLR의 NGT GARGO

- **(DB – LoA 1 수준)** 독일 DB(Deutsche Bahn)은 LoA_1 수준의 Autonomous Train을 시험 운행을 계획[100] 중
  - Nokia 5G 통신기술을 이용 2021년까지 S-Bhan 21호선의 23km 운행구간에 자율주행 열차 적용 예정

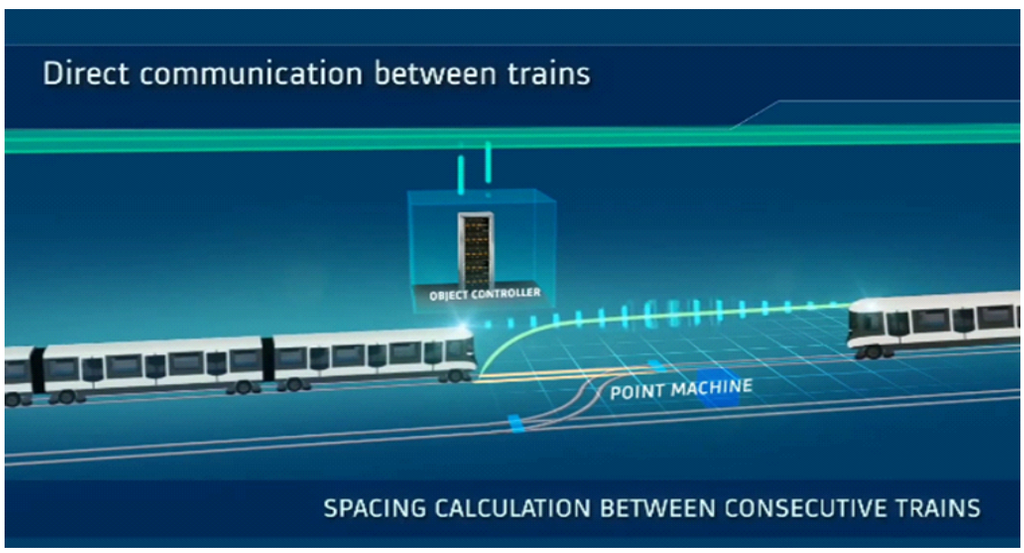
프랑스

- **(Alstom – LoA 2 수준)** 지난 2013년부터 기존의 CBTC와 같은 지상 중심 무선통신기반열차제어시스템의 한계를 극복하기 위해 차세대 Train-centric CBTC Solution인 Urbalis Fluence[101]을 개발 중

100) Nokia and Deutsche Bahn to test standalone 5G for autonomous trains(https://enterpriseiotinsights.com/20191212/channels/news/nokia-and-deutsche-bahn-to-test-standalone-5g-for-autonomous-trains)

101) Urbalis Fluence, Alsotm(https://www.alstom.com/our-solutions/signalling/urbalis-cbtc-range-future-signalling-systems)

- Train-centric CBTC는 T2T 기반으로 열차 스스로 열차간 간격을 제어하고 열차스스로 자신의 분기방향을 제어하는 기술이며 수송력 30% 향상과 시스템 신뢰도 20% 향상이 가능함.



[그림 4.6.8] Alstom Train-centric CBTC

- 지난 2019년 프랑스 Lille Metropole(LMCU) 신호 시스템 개량사업 (revampling)에 첫 적용[102]을 위한 시험 운행 중이며 최근 체결한 13개 노선의 계약 중 6개 노선에 차세대 Train-centric CBTC를 적용 예정[103]

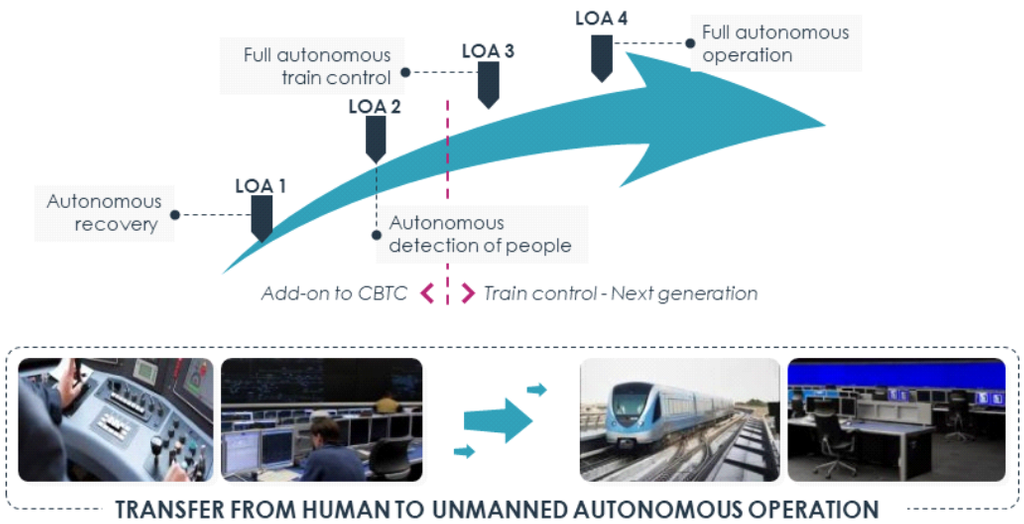
- **(Thales - LoA_1/2 수준)** 현재 세계 CBTC 시장을 선도하고 있는 Thales의 경우 Autonomous Train[104] 연구개발을 수행 중

  - 열차운전의 자동화 수준을 나타내는 GoA와 달리 열차운영의 자율화 수준을 나타내는 새로운 개념의 LoA를 제시

102) Re-signaling, Lilli Metropole(https://www.railwaygazette.com/vehicles/alstom-rolls-out-next-generation-lille-metro-train/55138.article)

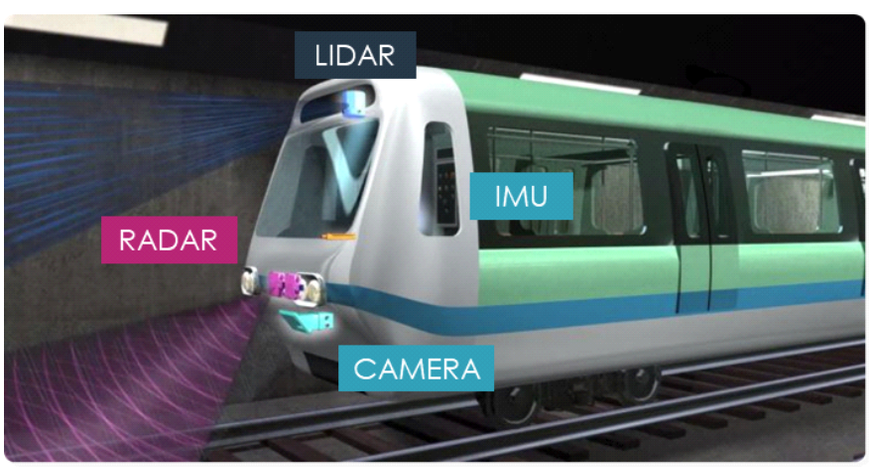
103) The European Metropolitan Area of Lille and Alstom present the future metro and its 52-metre trains, Alsotm (https://www.alstom.com/press-releases-news/2019/11/european-metropolitan-area-lille-and-alstom-present-future-metro-and)

104) Autonomous Train, Thales(https://www.thalesgroup.com/en/markets/transport/signalling/autonomous-train)



[그림 4.6.9] Thales의 LoA(Level of Autonomy) 정의

- 자율주행 열차는 비상제동으로 인한 정차상황에서 스스로 주행가능한 상태로 회복을 위한 전방감시기술과 열차스스로 간격과 분기를 주행하는 열차제어와 더 나아가 관제의 감시 및 개입 기능까지도 열차가 수행하도록 관련 연구를 개발 중임.

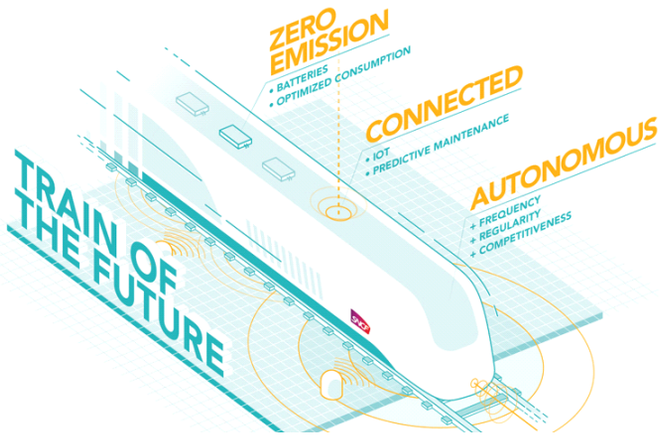


[그림 4.6.10] Thales의 자율주행 철도

- **(SNCF - LoA_1 수준)** 프랑스 SNCF는 캐나다 Bombardier와 프랑스 Alstom 과의 협업을 통해 2023년부터 5G 통신기술을 활용한 Autonomous Train 운행을 계획[105] 중

105) SNCF's train of the future(https://www.globalrailwayreview.com/article/77742/sncf-sustainable-connected-rolling-stock/)

- SCNF 자율주행 열차는 스스로 장애물을 감지하고, 신호를 판독하며, 원격으로 운전이 가능함

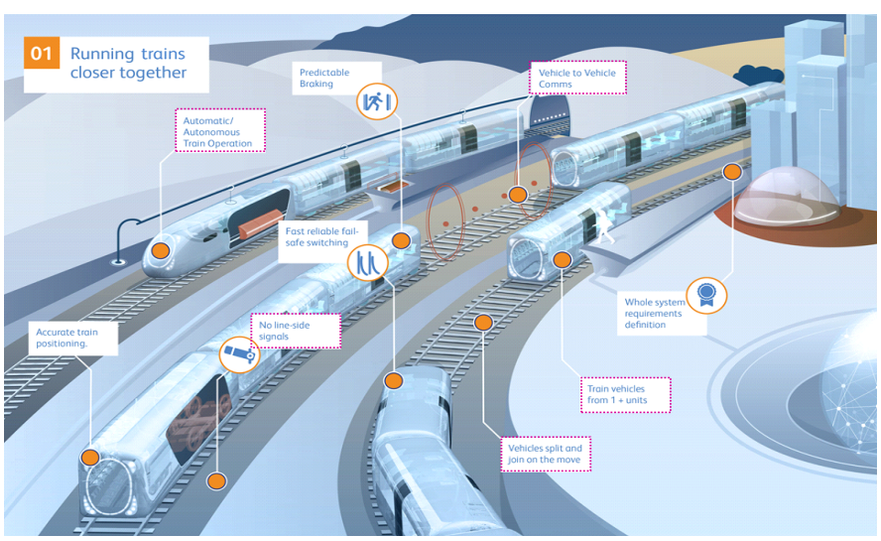


[그림 4.6.11] SNCF 자율주행 철도

영국

- **(RSSB – LoA 2/3 수준)** 2017년 열차의 수송량(capacity) 증대를 위해 Closer Running[106] 프로젝트를 착수

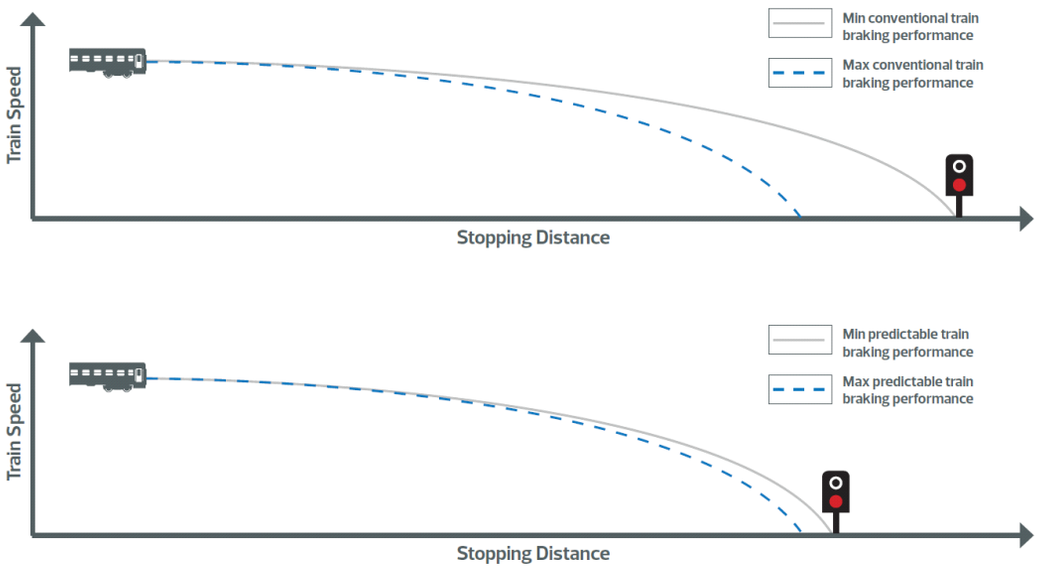
  - “열차 대 열차간 통신기반 열차제어기술”, “지능형 자율주행 열차기술”, “주행 중 여러 열차의 가상결합 및 분리기술”, “지능형 열차 간 합의를 통한 재스케줄링” 등의 연구를 수행



[그림 4.6.12] RSSB 자율주행 철도기반 Closer Running 프로젝트

106) Closer Running, RSSB(https://www.rssb.co.uk)

- 주행중 가상결합 및 분리를 위해 철도 제동시스템의 편차를 줄이는 예측가능한 제동에 대한 연구를 함께 수행 중



[그림 4.6.13] RSSB 예측가능한 제동기술

■ **(중국)** 중국은 유럽방식(ETCS)을 수정하여 자국 규격화(CTCS*)를 추진하고, 일본은 독자적으로 무선기반 신호시스템을 개발('95~'11)하여 운영

- 중국은 CTCS 건설 경험*을 기반으로 수요 분석을 통해 저밀도 운행구간의 선로변장비 간소화, 무인화, 저비용화를 추구함

  * 세계 고속철도의 60%를 차지하고 있는 중국의 경우 NGCTCS (Next Generation Chinese Train Control System)을 차용

- 주요 기술로는 '무궤도회로 기반 이동폐색(Moving Block)', '열차-열차 무선인지(CR-T2T)', '무선 위치결정과 결합된 열차위치확인(LTE+GNSS)' 등을 진행 중

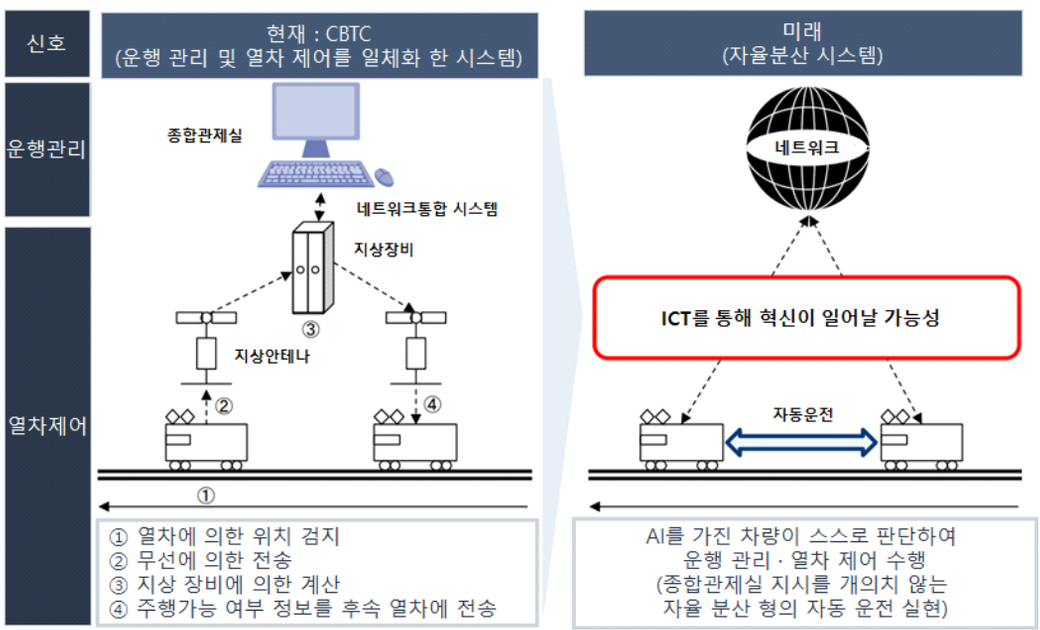
- 중국의 철도 통신시스템은 유럽의 GSM-R 방식을 도입('05~)하고, 일본은 운영사별로 다양한 음성통신 방식을 사용하다 최근 디지털 방식을 개발·사용 중

■ **(일본)** 철도종합기술연구소(RTRI) 중심으로 철도시스템 혁신 노력

- 일본 철도종합기술연구소(RTRI)에서도 차상 장치간 협업 및 자율적 판단에 의

한 간격제어, 동적 스케줄링뿐만 아니라 기상상황과 차상 및 역 내 대기 승객 수까지 고려한 실시간 운행 제어기법 등의 연구를 시작

- 최근에는 딥러닝(Deep Learning)기술을 기반으로 선로상 지장물 식별시스템을 개발



※ 출처: 미즈호은행 산업조사부 작성

[그림 4.6.14] 일본 철도 시스템의 혁신 방향

(2) 국내 기술동향

■ **(신호시스템)** 대부분 외국에서 도입한 시스템으로, 철도의 고속화·자동화 추세와 수송능력·안전성 향상의 필요에 따라 최신 시스템을 지속 도입

- **(일반철도)** 지상신호기와 자동열차정지장치(ATS*)를 全 노선에 설치·운영('69~)하다 '04년부터 주요간선에 유럽의 차상신호(ATP**) 도입

  * (Automatic Train Stop) 열차가 신호기 속도를 초과할 경우, 경보 및 자동 열차정지

  ** (Automatic Train Protection) 선로에 설치된 전송장치를 통해 선로정보를 제공 받아 차상에서 허용속도를 생성하고 그 속도에 따라 운전 / 경부 등 18개(1,031km) 노선에 설치

- **(고속철도)** 경부고속철도 건설 당시 고속차량과 함께 프랑스에서 차상신호방식

(ATC*)을 도입하여 호남·수서고속철도에도 설치·운용

* (Automatic Train Control) 레일을 통해 전송되는 허용속도에 따라 열차를 운전

- **(도시철도)** 차상신호방식(ATC)을 설치·운용하다 최근 무인자동운전이 가능한 무선기반 신호시스템*을 해외에서 도입하여 운용 중이며, 최근에는 KRTCS를 개발하여 도입(신림선, 동북선)

  * (Communication Based Train Control) '11년 이후 개통한 5개 노선(신분당선, 인천2호선, 용인경전철, 김해경전철, 의정부경전철)에서 운용

  - 철도신호시스템의 독자적 인증역량 및 개발 경험이 부족하며, 개발 이후에도 실용화 경험 및 인프라가 부족

(통신시스템) 음성통화만 가능한 방식을 설치하다 철도의 고속화 및 통신서비스 수요변화에 따라 데이터 전송 가능 방식을 도입

- **(도시·일반철도)** 全 노선에 단순히 음성통화만 가능한 1세대 통신방식의 '초단파(VHF*) 통신시스템'을 운용 중

  * (Very High Frequency) 사용자 간 1:1 음성통화를 지원하는 통신방식

  - KRTCS 개발계획에 따라 LTE-R기반의 열차 통신시스템 개발을 수행, 무선통신 안정성 및 가용성 향상을 위한 연구 진행 중

- **(고속철도)** KTX를 도입하면서 다중통화·저용량 데이터 통신이 가능한 2세대 통신방식의'다중접속시스템(TRS*)'을 도입하여 사용

  * (Trunked Radio System) 1:N 음성통화 및 단문 데이터 전송이 가능한 통신방식

- **(국내이동통신 기술수준)** 최고기술보유국(미국) 대비 92.3%의 높은 기술 수준 보유[107]

  - **(세계최초 5G 상용화 기술)** 이동통신 3사 동시에 3.5㎓ 대역의 주파수 송출에 성공(2018.12)하면서 우리나라는 인공지능(AI), 클라우드, 사물인터넷(IoT), VR·AR(가상현실·증강현실) 등 4차 산업혁명의 핵심기술을 5G 통신망 위에서 더욱 손쉽게 구현 가능

107) 정보통신진흥기술센터(2017),"ICT기술수준조사보고서"

자율주행 기술 동향(자동차 등과의 비교)

- **(국내 철도 자율주행 기술)** 과학기술정보통신부의 지원하에 한국철도기술연구원 자체과제[108]로 핵심알고리즘 위주의 기초원천 기술을 연구 중임

- **(기술적 차별성)** 타 교통수단에서 오토파일럿(autopilot) 기술개발을 목표로 수행하고 있는 자율주행과는 목적, 범위, 대상, 기술 등의 측면에서 근본적으로 다른 기술임

  - **(철도의 자율주행)** 철도의 자율주행은 제어수행의 주체가 더 이상 지상제어시스템이 아닌 완전한 열차 중심으로 제어패러다임을 변화함으로써 시스템의 단순화를 통한 신뢰도와 제어성능 한계극복이 주된 목적이며 더 나아가 종전의 관제의 수동개입에 의해서 수행하던 노선 전체의 열차 흐름제어(경합해소)와 이례상황에 대한 대응을 지능형 열차 간 협업을 통해 수행하고자 함

  * 철도는 일부 도시철도에 기관사를 대신하여 열차의 가감속 제어를 비롯한 영업 운전에 필요한 모든 기능을 수행하는 GoA_4[109] 수준의 무인자동운전 기술을 확보하고 있음

  ** 철도의 자율주행은 열차의 지능을 높임으로써 GoA_4 수준의 무인자동운전을 일반철도 및 고속철도에 확대적용하면서 무인 자동화 범위를 확대함과 동시에 종전의 운영자 개입을 최소화하도록 무인 자동화 수준을 높이는 것을 목표로 함.

  - **(자동차의 자율주행)** 자동차의 자율주행은 독립적인 차 한 대를 운전자 대신하여 무인자동운전(autopilot) 기능을 수행하는 것이며, 반경 200m 이내 주변 환경을 센싱 기술로 인지하여 차량의 조향과 가감속을 제어(아직까지 완전한 무인자동운전 기술을 확보하지 못한 상태임)

[표 4.6.1] 자동차 자율주행기술과의 비교

구분	철도 자율주행	자동차 자율주행
현재 기술수준	• 기관사 없는 완전한 무인자동운전 (운전실 없는 무인열차 운영)	• 제한적인 자동운전 (운전자는 반드시 전방상황을 주시하고 대응해야 함)
개발목적	• 완전한 열차중심으로 제어 패러다임의 변화를 통한 시스템 단순화와 신뢰도 향상 및 제어 성능향상(지상중심→열차중심)	• 운전자를 대신하는 자동운전 (Autopilot)을 통한 편의성 및 안전성 향상(수동운전→자동운전)

108) BIG(Big Issue Group) 과제(2016-2024)로 선정되어 열차자율주행의 핵심기초원천기술 개발을 목표로 수행

109) IEC 62290-1 Grade Of Automation - 4, Unattended Train Operation(UTO) 기관사가 탑승하지 않는 무인자동운전을 의미함

구분	철도 자율주행	자동차 자율주행
적용대상	• 대중 교통수단	• 개인 수송수단
제어범위	• 관제를 포함한 노선전체 철도 신호체계 제어 • 정상운영상황(기지출발-영업운전-기지주박) 뿐만 아니라 성능저하 및 비상운영상황에서의 안전한 복구 기능까지 포함	• 개별 자동차에 국한한 제어 (도로 신호체계를 준수) • 운전자가 설정한 출발점 종착점까지의 자동운전수행
제어대상	• 전체 철도차량(가 감속, 출입문 제어 등) • 선로전환기(경로 제어) • PSD(플랫폼 스크린도어) • 영업운행 스케줄	• 자동차 (가 감속 제어, 경로 제어)
차량인지	• 열차 스스로 자신의 절대적인 위치를 계산하여 노선의 열차와 공유	• 센싱(카메라, 라이다, 레이져 등) 기반으로 주변 차량과의 상대적인 거리를 계산
제어환경	• 수백 미터~ 수 킬로미터 제동거리 (視界 운전 불가능) - 센싱기술적용 불가능 • 장애물 회피운전 불가능	• 100m 이내 제동거리 - 여러 센서에 기반 하여 전방상황 인식
목표 안전성	• SIL4 : 10^{-9} 오류확률 (사고시 대규모의 인명사고 발생)	• ASIL D(SIL3 수준) : 10^{-8} 오류확률 (사고시 소규모의 인명사고 발생)
기술의 적용성	• 자동차 자율주행 기술은 적용대상이 상이하고 인지 범위 및 안전성이 철도에 비해 매우 낮아, 철도에 적용 불가능 함(적용 時 30㎞/h 內 속도에서만 운행 가능).	• 향후 무인자동운전을 목표로 자율주행 철도의 제어기술의 일부는 자동차 자율주행에 도입이 가능.

(3) 분류체계별 기술(보완필요)

- 2000년 대 초기부터 기관차의 운행을 원격 제어하는 기술이 상용화되고 있으며, 5G의 상용화로 원격에서의 모니터링이 가능하게 되어 원격 관련 기술이 빠르게 상용화

  - (열차 경합 해소 및 연쇄지연 절감 기술) 최근 빠른 시간 내 열차 경합을 검지하고 이를 해소하는 열차관제 시스템(프랑스 알스톰 ICONIS, 스위스 SBB RCS-Dospo 등)을 개발하였으며, 일본 RTRI는 열차 전방 지연상황을 인지하여 리스케줄하는 기술 연구개발 수행

  - (관제기술) 중국 NOCC(Network Operation Control Center), 런던 LUCC

(London Underground Control Center) 등 각 호선별로 관리하는 관제를 통합하여 여러 개의 노선을 하나의 통합관제로 구축

- (원격 감시 및 운행 제어 기술) 원격 속도제어시스템을 비롯하여 원격조종을 위한 수신기 및 조종기 등이 개발되어 상용화(미국 CCRCL기관차, 스위스 Schweizer Electronic 등)

● 대용량 인터페이스가 가능해지면서 빅데이터, IoT, AI 등의 기능을 활용하여 예비정비 및 자율운행에 대한 시스템 구축 및 연구 활발

- (자율주행 인프라) 유럽에서는 각종 센서 등을 통해 상태데이터를 획득하여 유지보수의 주기 재산정, 실시간 안전경고 등에 활용하고 있으며, 도로시설물, 노변센서 등의 인프라에서의 이례 상황을 검지하는 데에도 활용

* 프랑스, 러시아 등을 중심으로 다양한 인지센서를 활용한 인프라 상태파악 및 위험 대응기술 개발 중

- 영국 IRSE는 열차간 직접 통신을 기반으로 스스로 이동권한을 결정하는 4세대 열차제어시스템(Command and Control 4.0)을 개발, 프랑스는 CBTC의 한계 극복을 위한 차세대 CBTC Solution(Urbalis Fluence) 개발 중

- 5G 기반의 제어시스템 및 통신표준 개발을 위한 연구 및 시범운행이 진행 중 (독일 S-Bahn 운영 프로젝트, 프랑스 SNCF의 미래철도 이동통신시스템 (FRMCS) 등)

(4) 소결

● **(열차자율주행기술 개발 필요)** 열차 간 직접적인 합의를 통해 제어 흐름을 단순화함으로써 수송력과 경제성 향상이 가능

- 국가별로 차세대 신호시스템 또는 자율주행 철도 도입을 위한 노력이 진행 중인 단계로 글로벌 경쟁력 확보를 위한 혁신과 시장선점이 시급

- 정보통신분야의 강점을 활용하여 무선통신기반 열차제어를 넘어 열차자율주

행기술 선점이 가능

- **(철도시스템 규격화에 대응)** 국가별 규격화에 대응하여 시스템 표준화를 통해 신흥국 시장선점 시 해당 제품을 지속적으로 활용할 수 밖에 없는 상황을 구축

분석관점	국내외		조사내용	외부환경 시사점
T (기술)	국내	1	신림선 및 동북선에 무선통신기반 KRTCS 개발 및 적용	**소프트웨어 및 통신기술의 발전에 따른 무인기술 확대**
		2	2020년 12월까지 ETCS L3급 KRTCS3 2020년 개발 예정	
		3	자동차 중심의 자율주행 기술 발전(K-city시범사업 지원 추진)	
	국외	5	무선통신기반 열차제어 시스템(CBTC) 확대(2010년 이후)	**[O4] 새로운 제어패러다임의 도래로 고부가가치 기술 및 시장선점 기회가 발생**
		6	유럽 중심으로 T2I, T2T 기반의 시스템 구현 기술개발 계획(Shift2Rail)	
		7	일본은 자국의 독자적인 신호시스템 개발	**[T1] 중국 등 후발국의 기술개발 추격 강화**
		8	중국 CTCS 개발을 통해 고속철, 지하철, 등의 자동화에 도입 예정	

7절 종합분석 및 시사점

- 사회적으로 대도시권 중심으로 철도 등 대중교통 수요확대가 예측됨에 따라 주요 국가에서 국가철도망 확대계획을 통해 공급확대 및 운영 효율화를 위한 투자가 증가

- 주요 선진국에서 5G 기반의 제어시스템 및 통신표준 개발을 위한 연구를 진행하고 있으며, 우리나라 또한 신호시스템의 표준화 및 국산화 추진으로 새로운 통신방식을 기반으로 하는 철도통신시스템의 국산화 추진

- 철도산업 선점을 위한 선진국의 노력으로 소수의 주요 기업이 대부분의 시장을 점유하고 있으며, 국내 철도시스템의 해외기업 의존도가 심화되어 이에 대한 대응 마련이 필요함

- 안전 및 삶의 질 향상에 대한 사회적 인식변화에 따라 철도 관련 종사자의 근로 환경 개선을 위한 기술개발이 요구됨

제5장

국내 R&D 역량분석

| 1절 | 동 사업(기술) 범위 및 기술 분류체계
| 2절 | 철도분야 R&D 투자동향
| 3절 | 선행사업/과제 분석
| 4절 | 특허 및 논문분석
| 5절 | 주요 인프라 현황
| 6절 | 기술수준 분석
| 7절 | 종합분석 및 시사점

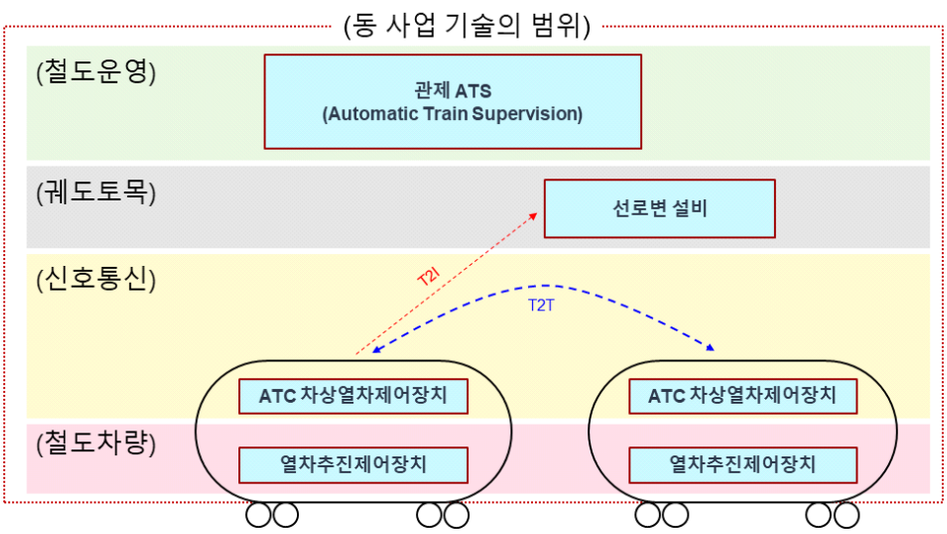


1절 동 사업(기술) 범위 및 기술 분류체계

1. 동 사업(기술)의 범위

■ 자율주행 철도신호기술은 다음과 같은 기술범위를 포함

- **(철도운영)** 자율주행 신호체계를 지원하면서 열차간 협업을 통해 열차 스스로 경합을 해소하는 관제 ATS 기술을 포함하는 철도운영 기술
- **(궤도토목)** 열차가 직접적으로 제어하는 선로변 설비를 포함하는 궤도토목 기술
- **(신호통신)** 열차간 통신(T2T)과 열차와 선로변 설비간 통신(T2I)를 기반으로 열차간격 및 분기제어를 수행하는 신호통신 기술
- **(철도차량)** 열차제어어의 가·감속 명령에 대응하는 빠르고 예측가능한 열차추진제어기술를 포함하는 철도차량 기술



[그림 5.1.1] 동 사업기술의 범위

2. 기술분류체계 개요

■ 목적

- 본 사업기획과 관련된 기술의 범위를 명시하고, 사업기획을 위한 활동에 활용*

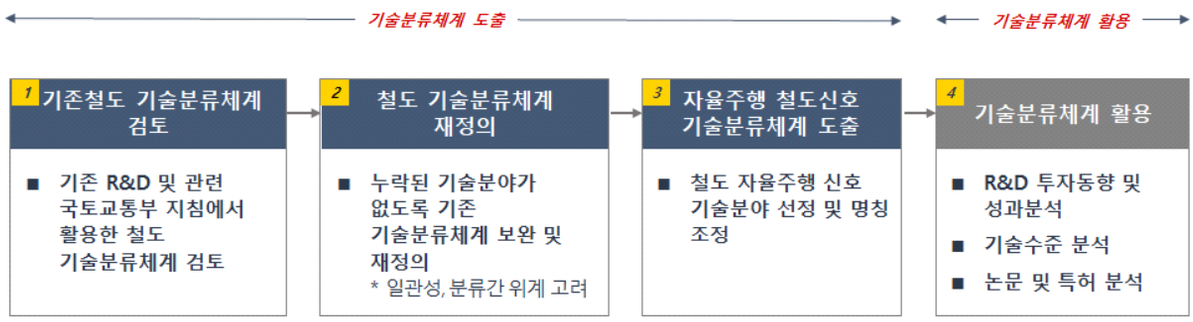
하기 위함

* 기술분류체계는 1) R&D 투자동향, 2) 기술수준분석, 3) 논문·특허 분석에 활용

절차

- 기존 기술분류체계를 검토 후 재정의하여 이를 기반으로 사업기획을 위한 분류체계 도출하고, 분석에 활용

[표 5.1.1] 기술분류체계 도출 및 활용 프로세스



3. 기존 기술분류체계 검토 및 보완

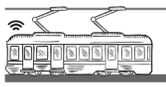
검토 대상

- 국토교통부 지침(1), 기존 R&D 철도기술분류체계(3) 검토

[표 5.1.2] 기존 R&D 철도기술분류체계 검토 문헌

문헌1	1.「국토교통 기술수준분석」 (국토교통과학기술진흥원, 2015)
문헌2	2.「430km/h급 고속열차 실용화기술개발」 (한국철도기술연구원, 2015)
문헌3	3.「철도교통 기술수준 상세분석 및 R&D 추진전략수립 연구」 (한국철도기술연구원, 2018)
문헌4	4.「철도시설의 정기점검 및 성능평가에 관한 지침, 제 2019-127호」 (국도교통부 고시, 2019)





- (문헌 1) 중분류(L2) 기술분야를 철도차량, 철도시설, 철도운영 및 환경으로 분류

검토의견
차량 이외의 분야는 다소 포괄적이며, 분류의 근거와 그 기준이 불명확

- (문헌2) 중분류(L2)를 차량시스템, 궤도토목, 전철전력, 신호통신, 운영, 환경 6개 세부분야로 구성

검토의견
신호통신, 운영, 환경 분야의 기술은 포괄적으로 기술되어 세분화 필요

- (문헌3)「문헌1」의 중분류(L2) 기술분야를 그대로 준용하면서 소분류분야(L3)를 수정 및 보완하고, 세부분야(L4) 및 세세부분야(L5)를 새롭게 추가 보완하여 제시

검토의견
일부 기술 분야의 경우 기술과 적용대상(도시철도, 일반철도, 고속철도), 장소(차상, 지상)의 분류기준이 혼재되어 기술별 위계가 상이

- (문헌4) 철도시설 궤도, 건축물, 전철전력, 신호제어, 정보통신 분야의 세부 시설 제시

검토의견
신호제어 및 정보통신 분야의 기술분류에 적용이 가능

4. 철도 기술분류체계 재정의

분야별 세부구성

- 6개 중분류(L2)*, 23개 소분류(L3), 83개 세부분류(L4)로 철도 기술분류체계 재정의

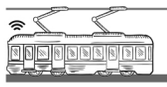
  * 「문헌2」에서 제시한 6개 분야를 중분류(L2)로 정의

[표 5.1.3] 분야별 철도 기술분류체계 재정의

분야	철도차량	궤도토목	전철전력	신호통신	철도운영	철도환경
내용	• 「문헌2」에서 제시한 분류체계(차량시스템, 궤도 토목, 전철·전력)를 준용 • 차내설비기술, 차량제어 및 신호기술, 차량 안전설비 기술을 추가 및 보완			• 「문헌4」에 기술된 설비 범주를 토대로 기술분야를 보완하여 정의	• 「문헌3」에서 제시한 분류체계를 준용	

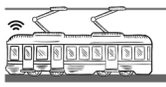
[표 5.1.4] 재정의된 철도 기술분류체계(자율주행 철도신호 연관 부분 음영처리)

대분류 (L1)	중분류 (L2)	소분류 (L3)	세부분류 (L4)	코드
철도 교통	A. 철도 차량	01. 차량 대차/차체 기술	1. 대차/차체 해석 및 설계기술	A011
			2. 대차 프레임 기술	A012
			3. 차량 전두부기술	A013
			4. 현가장치 기술	A014
			5. 윤축기술	A015
			6. 대차/차체 소재기술	A016
			7. 대차/차체 압출 및 금형기술	A017
			8. 차량연결기 기술	A018
		02. 제동기술	1. 제동 해석 및 설계기술	A021
			2. 기초제동장치 기술	A022
			3. 기계제동장치 기술	A023
			4. 전기제동(혼합제동)장치 기술	A024
			5. 특수제동장치 기술	A025
		03. 추진제어기술	1. 동력전달장치 기술	A031
			2. 주전력 변환장치 기술	A032
			3. 견인전동기 기술	A033
			4. 변압기 기술	A034
			5. 내연기관/하이브리드 추진기술	A035
		04. 급전기술	1. 집전 기술	A041
			2. 주회로차단 기술	A042
			3. 보조전원공급 기술	A043
		05. 차내설비 기술	1. 차내공조기술	A051
			2. 의장기술	A052
			3. 출입문 기술	A053



대분류 (L1)	중분류 (L2)	소분류 (L3)	세부분류 (L4)	코드
			4. 공조기술	A054
			5. 승객정보시스템(PIS) 기술	A055
		06. 차량제어기술	1. 차상신호장치 기술	A061
			2. 차량 TCMS 기술	A062
			3. 차량 네트워크(TCN) 기술	A063
		07. 차량 안전설비 기술	1. 장애물 검지/전방 모니터링 기술	A071
			2. 탈선 검지 기술	A072
			3. 열차무결성 검지기술	A073
	B. 궤도 토목	01. 궤도구성품 기술	1. 체결장치 기술	B011
			2. 콘트리트궤도기술	B012
			3. 방진장치 기술	B013
			4. 분기기 기술	B014
			5. 침목 기술	B015
			6. 레일신축이음매기술	B016
		02. 궤도해석 및 설계기술	1. 차량-궤도-하부구조 상호작용 해석기술	B021
			2. 궤도-교량 종방향 상호작용 해석기술	B022
			3. 선형설계 기술	B023
		03. 궤도 유지관리기술	1. 궤도검측 및 탐상기술	B031
			2. 레일 용접기술 및 용접부 관리기술	B032
			3. 궤도틀림 관리기술	B033
		04. 철도구조물 해석/설계/시공 기술	1. 철도교량 해석/설계/시공기술	B041
			2. 철도노반 해석/설계/시공기술	B042
			3. 철도터널 해석/설계/시공기술	B043
		05. 철도구조물 성능평가 및 유지관리 기술	1. 철도교량 성능평가/유지관리 기술	B051
			2. 철도노반 성능평가/유지관리 기술	B052
			3. 철도터널 성능평가/유지관리 기술	B053
		06. 정거장(역사) 기술	1. 정거장(역사) 설계 및 운영기술	B061
			2. 정거장(역사) 설비시스템 기술	B062
			3. 차량기지 기술	B063
	C. 전철 전력	01. 급전계통기술	1. 급전계통 해석 및 설계 기술	C011
			2. 급전계통 설비기술	C012
		02. 전차선로기술	1. 집전성능 해석기술	C021

대분류 (L1)	중분류 (L2)	소분류 (L3)	세부분류 (L4)	코드
			2. 팬터그래프/전차선로 부품 성능평가 기술	C022
			3. 전차선로 설계기술	C023
			4. 전차선로 부품 설계/제작 기술	C024
			5. 집전성능 및 건전성 평가기술	C025
		03. 전철전력 유지관리기술	1. 유지관리 기준 및 공법	C031
			2. 검측·진단·평가 기술	C032
	D. 신호 통신	01. 철도 신호기술	1. 열차검지기술	D011
			2. 열차제어기술(연동장치, 폐색제어장치, 열차방호장치, 열차집중제어장치, 신호기장치)	D012
			3. 선로전환기술	D013
			4. 안전설비기술(건널목 안전설비, 열차보호 안전설비, 방송설비, 감시설비)	D014
		02. 철도 통신기술	1. 철도 유선통신망 설계/구축/관리기술	D021
			2. 철도 무선통신망 설계/구축/관리기술	D022
	E. 철도 운영	01. 철도계획 및 운영	1. 철도교통계획기술(노선계획 및 연계수송체계기술, 수송수요예측기술, 철도투자 및 평가기술)	E011
			2. 운영효율화기술(철도서비스 계획, 여객 및 화물 운영 최적화기술, 철도교통관제기술)	E012
			3. 모드연계기술	E013
			4. 철도물류기술	E014
		02. 철도안전	1. 시스템 안전 엔지니어링 기술	E021
			2. 위험도 평가기술	E022
			3. 사고예방/대응기술	E023
	F. 철도 환경	01. 환경 평가/복원 기술	1. 기후변화 대응기술	F011
			2. 환경평가 기술	F012
			3. 환경복원 기술	F013
		02. 쾌적성/편의성 기술	1. 공기질 관리기술	F021
			2. 소음진동기술	F022
			3. 승차감 개선 기술	F023
			4. 유도장애기술	F024
		03. 친환경 소재 기술	1. 친환경 소재 기술	F031



5. 자율주행 철도신호 기술분류체계 도출

- 기획 연구진 검토를 통해 분류간 위계를 고려하여 관련성이 적은 중분류, 소분류, 세부분류를 제외

  * A061 기술은 D012에 포함되는 기술로 삭제

- 철도신호시스템과 관련된 기술분야를 선정하고, 기술명칭에 대한 조정 및 기술범위 설정을 통해 기술분류체계(안)*을 도출

  - 기술분류체계(안)은 4개의 대분류, 19개의 소분류로 구성하고, 소분류단위에서 기술범위를 제시

[표 5.1.5] 자율주행 철도신호 기술분류체계

대분류	중분류	소분류	기술범위	관련 철도 기술 분류체계 코드	
A. 자율주행철도신호	A. 신호통신	A. 열차간 통신 기반 열차제어기술 (AAA)	열차 간 통신을 기반으로 직접적인 정보공유를 통해 선로 공유자원을 배타적으로 분배함으로써 선행열차와 후행열차간 간격을 제어하는 기술	D011, D012, D014,	E021, E022, E023
		B. 열차 중심의 분기 제어, 분산환경 연동제어기술 (AAB)	열차가 직접 선로전환기의 쇄정/해정의 주체가 되며 더 나아가 선로전환기의 정위/반위 전환을 제어하는 기술.	D012, D013,	E021, E022, E023
		C. 열차간 직접적인 통신/보안 기술 (AAC)	열차 간 직접적인 통신기술로서 지상 제어시스템을 거치지 않는 것과 지상의 제어시스템뿐만 아니라 통신기지국을 거치지 않는 기술	D022	
		D. 무선통신기반 철도차량 네트워크 기술 (AAD)	전부 편성의 TCN과 후부편성의 TCN이 연결되어 결합된 전부편성이 후부편성의 상태정보를 수신하고 장치를 제어하는 무선네트워크 기술	D022	A062, A063
		E. 철도차량 원격 주행 기술 (AAE)	열차 회복(recovery)과 운전(driving)을 첨단 ICT를 이용하여 원격의 관제실에서열차에 접속 및 전방 상황 수신하여 열차를 회복하는 원격 관제 기술	D012, D014, D022,	E012, E021, E022, E023
		F. 가상연결기 제어 기술 (AAF)	물리적 연결기 없이 논리적 연결을 통해 열차 주행 중 분리와 결합을 수행하는 기술. 가상연결 열차의 논리적 연결 훼손에 따른 위험측상황을 방호하기 위한 무결성을확인하는 기술	D012, D022,	A062, A063, A073, E021, E022, E023

대 분류	중 분류	소분류	기술범위	관련 철도 기술 분류체계 코드	
		G. 고정밀열차 위치검지 기술 (AAG)	열차가 실시간으로 자신의 위치를 정밀하게 인지하거나 열차가 회복(recovery) 후에도 자신의 위치를 인지하는 기술	D011	E021, E022, E023
		H. 선로전환기술 (AAH)	신속하고 신뢰도 높은 선로전환기에 관한 기술	D013	E021, E022, E023
	B. 철도운영	A. 고밀도 열차 스케줄링 기술, 가상연결기 지원 스케줄링 기술(ABA)	고밀도 열차 스케줄링 기술, 가상연결기를 지원하는 열차 스케줄링 기술	E011, E012	
		B. 실시간 경합예측 및 연쇄지연 최소화 기술, 재스케줄링 최적화 기술(ABB)	실시간 열차간 경합을 예측하고 경합에 따른 지연을 열차간 직접적인 합의를 통해 최소화 하는 기술.	E011, E012	
		C. 승객 환승최적화 관제기술(ABC)	환승열차간 최적 스케줄링을 통해 대기 없이 승하차및 승객 환승이가능한 기술	E011, E012	
	C. 철도차량	A. 열차추진/제동기술 (ACA)	지연을 저감하고 빠른 응답특성을 가지는 추진/제동 기술	A021, A024, A031,	A032, A033
		B. 열차 제동기술 (ACB)	열차의 제동력이 예측 가능한 수준의 제동성능 편차를 최소화 하는 기술	A021, A023, A024	
		C. 지능형 열차 전방 상황 인지기술 (ACC)	열차가 인간의 눈을 대신할 수 있는 여러 센서를 통해 스스로 전방상황을 인지하는 기술	A071, A072, A073	
	D. 궤도토목	A. 분기기 기술 (ADA)	높은 신뢰도로 열차를 분기하거나 빠르게 시행할 수 있는 기술	B014,	E021, E022, E023
		B. 승강장-승객 I/F 설계 기술 (ADB)	역사 내 승객이 열차에 효율적으로 승하차하기 위한 스마트 인터페이스 기술, 승강장에서의 승객 맞춤형 열차출입문, 승객 및 종사자 이동안전, 안전하게 교통약자가 탑승 및 하차하기 위한 보조기술	B061, B062	
		C. 지능형 인프라 상태 실시간 감시 기술 (ADC)	차량의 안전운행을 위해 인프라의 이상 상태를 스마트하게 감시·관리하기 위한 기술, 인프라의 이상 상태를 인지, 판단, 인프라 디지털 맵, 센서 기술	B021, B031, B051,	B052, B053

2절 자율주행 R&D 투자동향

[R&D 투자동향 시사점]

- 연평균 18건의 과제가 수행되었으며, 과제평균 정부투자연구비는 연평균 931백만원 수준으로 분석됨
- 상대적으로 규모가 큰 철도안전 인프라 관련 과제 등으로 인해 정부투자연구비가 증가추이를 보였으나, '17년 이후 과제 규모가 작아짐에 따라 정부투자연구비 감소
- 부처별 투자금액은 국토교통부 및 과학기술정보통신부가 전체의 90%이상 대부분을 차지함
- 상대적으로 개발연구 비중(62.1%)이 높은 것으로 나타나며, 국토교통부는 개발연구에 투자가 집중되어 있는 것과 달리 과학기술정보통신부는 금액은 크지 않으나 기초연구에 투자가 집중되어 나타남
- 철도연은 해당 분야 정부연구투자비의 48.4%를 담당하는 것으로 나타나며, 상위 3순위 모두 철도관련 기관으로 나타남

1. 분석개요

- **(분석목적)** 철도분야의 R&D 투자 동향을 파악하여 동 사업과 관련성이 높은 연구분야의 투자 추이를 분석하고, 국내 연구개발 역량 진단의 참고자료로 활용
- **(분석기간)** 최근 10년간(2011~2020년)
- **(분석대상)** 동 사업 관련 국가 연구개발사업으로 수행된 사업 및 과제

[표 5.2.2] R&D 투자동향 검색 개요

구분	내용
검색 DB	국가과학기술지식정보서비스(NTIS)
검색날짜	2020-06-04 17:11:42
검색대상	과제요약서(연구내용)
검색어	(열차 | 철도) (신호 | 제어 | 통신 | 무선 | 연동 | 분기 | 경합 | 분리 | "선로전환" | 편성 | 스케줄링 | "자율주행" | "직접통신" | "직접 통신" | "D2D" | "분리결합" | "분리 결합" | "군집주행" | "군집 주행" | "합의기반" | "합의 기반" | "협력기반" | "협력 기반"))

- **(기술분류)** 자율주행철도 기술(대분류)의 중분류(4개) 및 소분류(19개) 기술분류체계를 활용하여 분석 수행

[표 5.2.3] 자율주행철도 기술의 기술분류체계

중분류	소분류	
신호통신 (AA)	AAA	열차간 통신 기반 열차제어기술
	AAB	열차 중심의 분기제어, 분산환경 연동제어기술
	AAC	열차간 직접적인 통신/보안 기술
	AAD	무선통신기반 철도차량 네트워크 기술
	AAE	철도차량 원격 주행 기술
	AAF	가상연결기 제어 기술
	AAG	고정밀열차 위치 검지 기술
	AAH	빠르고 신뢰도 높은 선로전환기술
철도운영 (AB)	ABA	고밀도 열차 스케줄링 기술, 가상연결기 지원 스케줄링 기술
	ABB	실시간 경합예측 및 연쇄지연 최소화 기술, 재스케줄링최적화 기술
	ABC	승객 환승최적화 관제기술
철도차량 (AC)	ACA	빠른응답특성의추진/제동기술
	ACB	예측가능한제동기술
	ACC	지능형 열차 전방상황 인지기술
	ACD	탑승공간 최적 설계 기술
	ACE	출입문-승객 I/F 설계 기술
궤도토목 (AD)	ADA	빠르고 신뢰도 높은 분기기 기술
	ADB	승차장-승객 I/F 설계 기술
	ADC	지능형 인프라 상태 실시간 감시 기술

2. 동 사업 관련 정부 R&D 투자 동향

- **(과제선정 개요)** 연도별 과제수기준(신규+계속과제) 221개 과제 중 과제명, 연구내용 등을 검토하여 동 사업과 관련성이 높은 182개 과제를 최종 선정

  - 동 사업과 관련된 키워드를 중심으로 검색하였으며, 이후 노이즈 제거 과정에서 39개의 과제가 분석 대상에서 제외됨

[표 5.2.4] 기획사업 관련 정부 R&D 투자 과제 현황

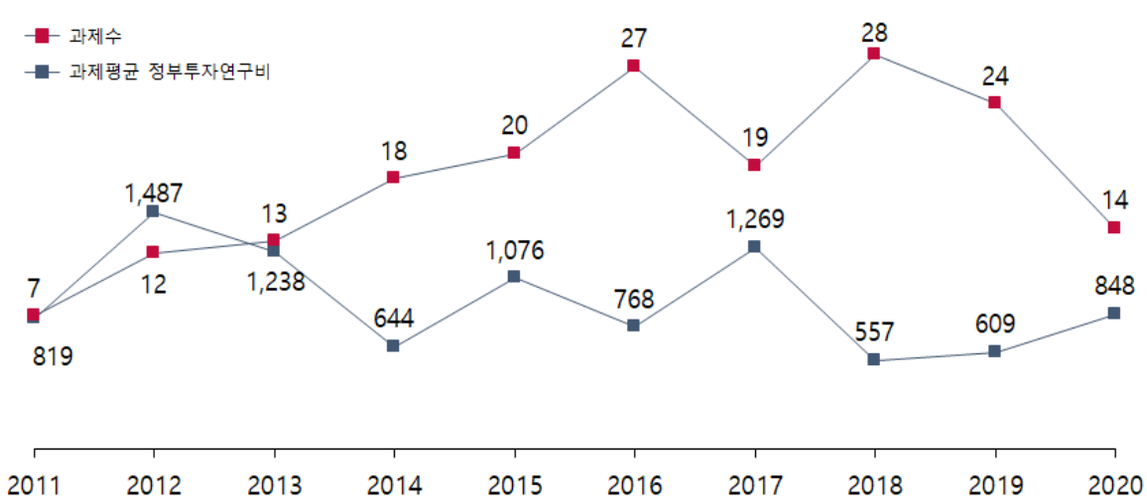
(단위 : 건)

구분	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	합계
검색과제(A)	8	17	17	23	28	32	25	32	25	14	221
필터링과제 (B)[1)]	1	5	4	5	8	5	6	4	1	0	39
분석과제 (A-B)	7	12	13	18	20	27	19	28	24	14	182

1) NTIS의 철도 관련 과제(2011~2208년) 중 동 사업의 주요 현안과 관련성이 높은 과제를 선별하여 정리함

- **(과제현황)** 연평균 18건의 과제가 수행되었으며, 과제평균 정부투자연구비는 연평균 931백만원 수준으로 분석됨
  - '18년 이후 과제 평균 정부투자연구비 규모는 증가 추이를 보이나, 평균 931백만원보다 적은 수준이며, 최고 투자금액인 '12년 1,487백만원 대비 57%수준에 그침
  - 지원과제 수는 '16년까지 증가하다가 '17년 감소 이후 '18년 28개 과제로 가장 많은 과제가 수행되었으며, '19년 과제 평균 투자규모는 6억원 내외로 '18년 대비 약 9% 증가

(단위 : 백만원/건, 백만원)



※ 출처 : NTIS의 최근 10년간 철도 관련 과제('11~'20년) 182개를 취합하여 정리(과제명은 부록 참조)

[그림 5.2.1] 철도분야 기획사업 관련 정부R&D 투자현황

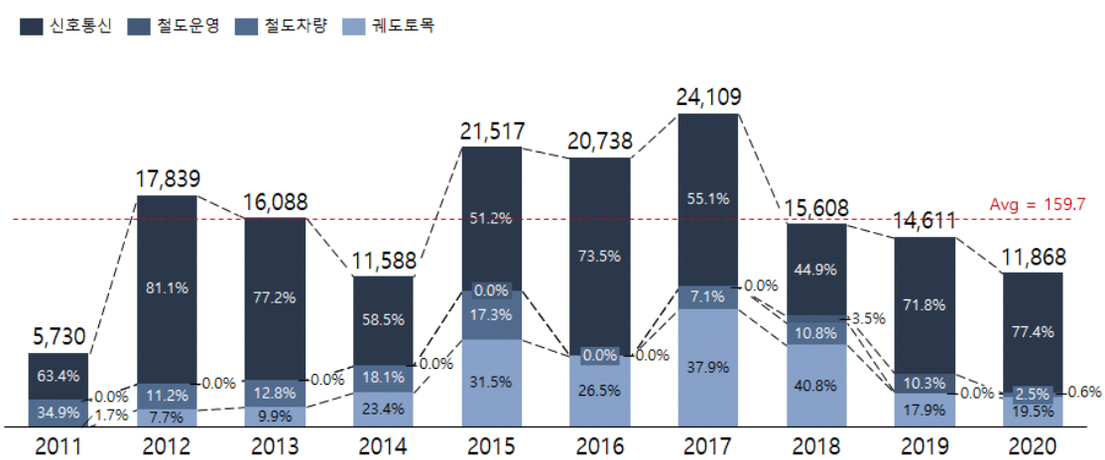
● **(투자현황)** 정부연구투자비는 ’11년 57억원 규모에서 이듬해 178억원으로 크게 증가하였으며, 이후 증감을 반복하다 최근 4년간 감소추세로 전환

- 대형과제 종료에 따라 ’12년 이후 150억원 내외 규모를 보이다가 ’15년 이후 200억원 내외로 증가 추세를 보이며, 안전 분야 관련 과제로 인해 투자규모 증가

* ’17년 약 30억원 규모의 철도안전 통합 감시제어시스템 현장적용 및 성능검증 관련 과제로 인해 최근 10년 내 가장 많은 정부투자연구비 규모가 나타남

- 2017년 이후 20억원 이하로 과제 규모가 작아지며, 정부투자연구비는 146억원(’19년 기준)으로 감소

(단위 : 백만원)



[그림 5.2.2] 기획사업 관련 정부 R&D 투자 현황(’11~’20년)

- 분야별로는 신호통신 비중(64.8%)이 가장 높으며, 궤도토목(24.1%), 철도차량(9.8%), 철도운영(1.3%) 순으로 나타남

- 2013년 이후 궤도토목 분야 투자 비중이 증가하기 시작하여 2018년 40.8% 수준까지 증가하였으나, 이후 다시 감소 추이를 보임

* 실시간 철도안전 통합 감시제어시스템 현장적용 및 성능검증, 실시간 철도안전 의사결정 지원 시스템 개발 등 안전 관련 궤도토목 분야 과제 종료로 인해 투자비 감소

● **(부처별 현황)** 국토교통부는 조사기간 동안 해당 분야 R&D의 67.6%를 담당하며 가장 큰 투자비중을 보이며, 2017년 이후 절대적인 투자 규모가 감소*하다

2020년 전년대비 약 11% 증가

* 기존 2억 이상 규모의 과제 3-4건의 과제규모가 2017년 이후 1억원대로 감소하며 투자규모 크게 감소

- 부처별 투자금액은 국토교통부 및 과학기술정보통신부가 전체의 93%로 대부분을 차지함

- 국토교통부는 총 1,080억원을 95개 과제에 지원하였으며 신호통신 및 궤도토목 분야 과제가 대부분으로, 개발연구(국토교통부 전체 투자비중의 71.5%) 위주로 투자

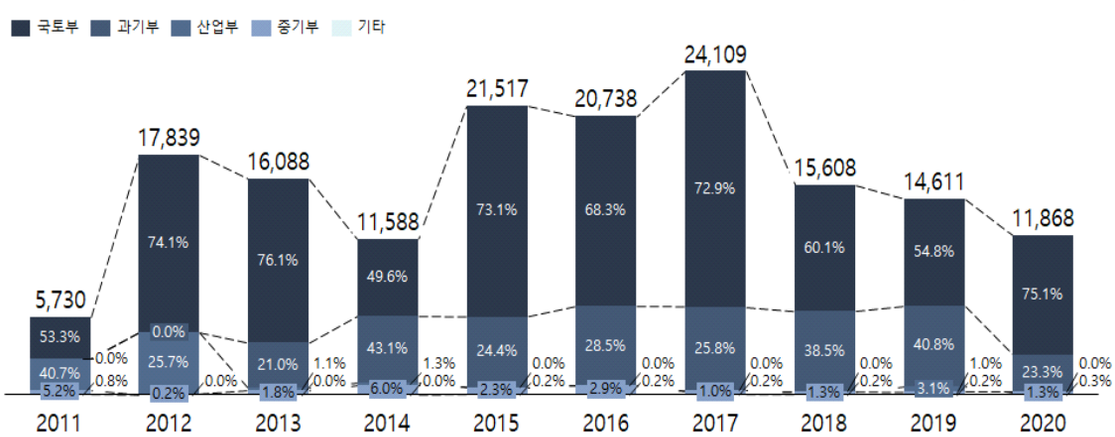
* 과제 당 평균 정부투자연구비는 약 11억원 수준으로 타 부처에 비해 과제 규모가 큼

- 과학기술정보통신부는 총 405억원을 50개 과제에 지원하였으며 신호통신 및 철도차량 분야 과제가 대부분으로, 주로 기초연구(과학기술정보통신부 전체 투자비중의 41.7%) 위주로 투자

* 과기부는 2017년 SW등 IT관련 기초 사업으로 인해 규모가 크게 증가

- 이 외에 산업통상자원부(4.8%), 중소벤처기업부(0.2%) 등도 일부 투자 금액이 존재하나, 국토교통부에 비해 작은 규모로 투자

(단위 : 백만원)



※ 투자금액이 적은 교육부 및 국무총리실 과제는 '기타'로 제시

[그림 5.2.3] 부처별 투자현황('11~'20년)

● **(수행주체별 현황)** 출연(연) 투자 규모가 전체 57.2%로 가장 많은 비중을 차지하며, 대기업 17%, 중견중소기업 14.9% 순으로 나타남

- ’17년까지는 기업의 연구 비중이 증가 추이를 보이나, 이후 과제 규모가 줄어들면서 기업의 연구 비중이 감소함

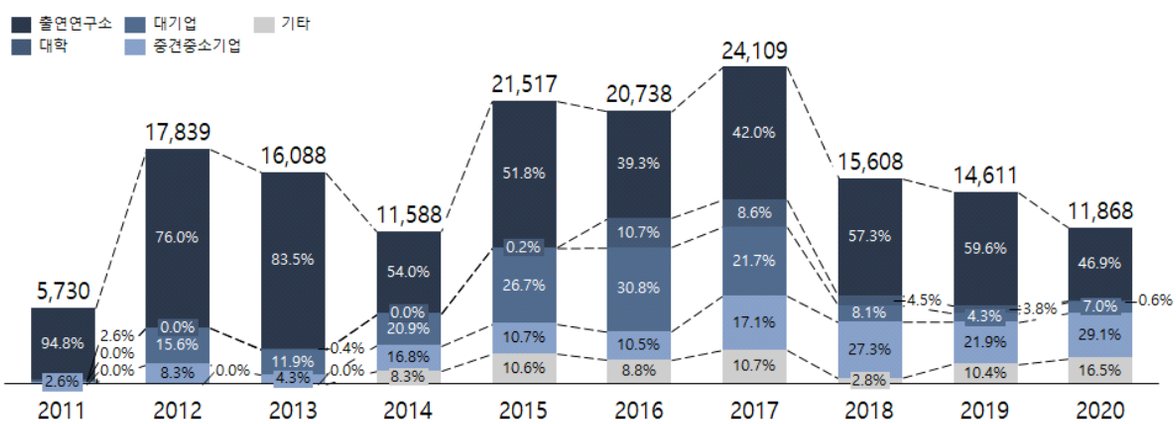
* 기업 투자비중: (’11년) 2.6% → (’16년) 41.3% → (’20년) 36.1%

- ’13년까지 출연(연) 투자 규모가 전체 80% 내외 수준으로 나타나며 ’14년 이후 50% 내외로 감소

* 출연(연) 투자비중: (’11년) 94.8% → (’20년) 46.9%

- ’17년 무선통신기반 시스템 관련 과제 종료 이후 ’18년부터 대기업 비중이 크게 감소한 반면, 중소기업 투자는 ’17년 이후 철도 소재·부품·장치 고도화 기술 사업으로 인해 증가 추세

(단위 : 백만원)



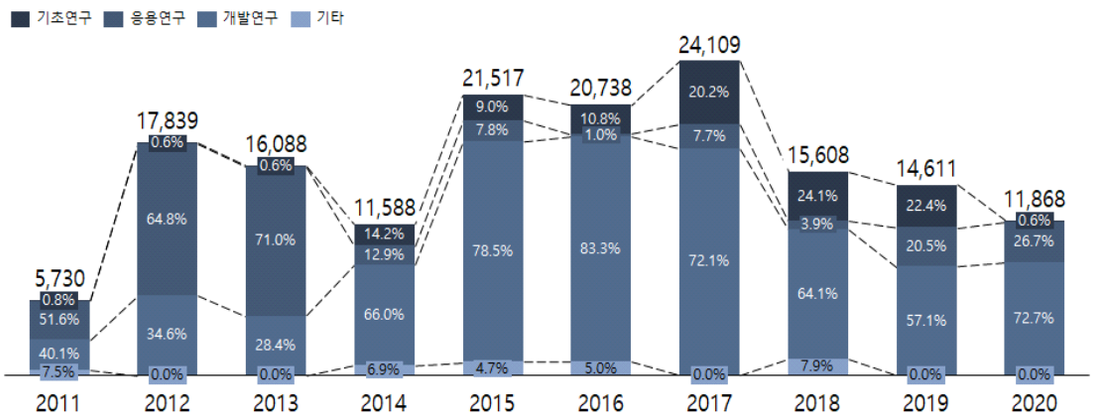
[그림 5.2.4] 수행주체별투자 현황(’11~’20년)

- **(연구개발 단계별 현황)** 기초-응용-개발 단계별로 투자 비중을 살펴보면, 상대적으로 개발연구 비중(62.1%)이 높은 것으로 나타남

- ’13년 이후 응용연구 비중이 크게 감소하며 동시에 개발 및 기초연구의 비중이 증가

- ’15년 이후 개발연구 비중은 80% 내외 수준을 유지하다가 최근 3년간 60% 내외 수준으로 감소

(단위 : 백만원)



[그림 5.2.5] 연구개발 단계별 투자현황('11~'20년)

- 과학기술정보통신부를 제외한 부처 R&D에서 개발연구가 차지하는 비중이 가장 높으며, 특히 국토교통부는 전체 R&D의 약 50%를 개발연구에 투자

* 과학기술정보통신부는 금액은 크지 않으나 기초연구에 투자가 중심되어 있으며, 국토교통부는 개발연구에 투자가 집중됨

[표 5.2.5] 부처별 연구단계 정부 R&D 투자현황

(단위 : 백만원, %)

구분		기초	응용	개발	기타
국토교통부	정부투자연구비	877	26,933	77,265	2,957
	비중	0.55%	16.87%	48.38%	1.85%
과학기술정보통신부	정부투자연구비	16,910	9,594	12,772	1,236
	비중	10.59%	6.01%	8.0%	0.77%
산업통상자원부	정부투자연구비	0	1,380	5,981	330
	비중	0%	0.86%	3.75%	0.21%
중소벤처기업부	정부투자연구비	0	0	3,165	0
	비중	0%	0%	1.98%	0%
기타	정부투자연구비	262	35	0	0
	비중	0.16%	0.02%	0%	0%

- **(수행기관별 현황)** 철도연은 해당 분야 정부연구투자비의 48.4%를 담당하는 것으로 나타나며, 상위 3순위 모두 철도관련 기관으로 나타남

  - 통신분야 관련하여 한국전자통신연구원이 상위 4순위로, 전체 투자의 6%를 담당

- 상위 6~10순위에 해당하는 기관은 철도시스템 개발, 자동측정 및 제어장치 제조, 철도 전기공사 관련 기업들로 각각 1~2% 비중을 차지함

- 투자비중을 활용한 허핀달 지수[110]는 0.276 정도 수준으로 집중도가 상대적으로 높게 나타남

[표 5.2.6] 수행기관별 정부 R&D 투자(상위 10순위, '11~'20년)

(단위 : 억원, %)

순위	기관	투자비(비중)	순위	기관	투자비(비중)
1	한국철도기술연구원	772(48.4%)	6	(주)에이알텍	36(2.3%)
2	한국철도공사	272(17.0%)	7	(주)스마텍	33(2.1%)
3	한국철도시설공단	116(7.2%)	8	(주)금호전력	30(1.9%)
4	한국전자통신연구원	95(6.0%)	9	케이아이씨시스템즈(주)	23(1.4%)
5	대구경북과학기술원	71(4.5%)	10	(주)이에스피	22(1.4%)

- **(기간별 워드클라우드 분석)** 분석기간을 5년간으로 구분한 워드클라우드분석 결과, 최근 5년간 '열차제어시스템','무선통신', '실시간','고속철도' 등과 관련한 키워드의 빈도수가 증가



※ 키워드 빈도수 기준으로 분석

[그림 5.2.6] 기간별 과제 워드클라우드 분석('11~'15년 vs '16~'20년)

110) 허핀달계수(Herfindal Index)는 시장집중도를 나타내는 하나의 지표로서 시장내 모든 사업자의 각 시장점유율(%)을 제곱하여 합한 값을 말하며, 동 연구에서는 투자비중을 시장점유율로 대리하여 투자의 집중도를 분석함(통상 지수값이 0.1 미만이면 비집중적 시장, 0.1~0.18이면 집중적 시장 0.18 초과시 고도로 집중적인 시장으로 분류)

3절 선행사업/과제 분석

1. 선행사업 현황 및 추진경과

■ 국토교통부 세부사업 중 본 사업과 유사한 사업

- 선행사업/과제의 성과와 이슈분석을 통해 본 사업 추진목표(기술적 난이도, 진보성 등)의 달성 가능성을 검토하고, 기존 성과의 연계 및 활용방안을 도출하여 본 사업의 추진전략 및 성공가능성 등을 제시

■ 선행사업/과제는 본 사업과 추진목표, **세부내용** 등의 **유사성**이 높거나 **정부정책상 연계**되어있는 최근 10년간 추진 사업/과제를 대상으로 선정

■ 대상 선행사업/과제는 국토교통부의 **응용·개발 단계**에 해당되는 **연구과제 단위**로 추진되었으며, 한국철도시설공단, 한국철도기술연구원의 주도로 수행됨

[표 5.3.1] 선행사업 현황

[단위 : 억원]

연 번	부 처	사업/과제명	연구기간/연구비	연구기관
1	국토교통부	자동운전을 지원하는 ETCS L3급 고속철도용 열차제어시스템 핵심기술 및 궤도회로 기능 대체기술 개발	'18-'20 / 115	한국철도시설공단
2	국토교통부	일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화	'14-'18 / 270	한국철도시설공단
3	국토교통부	도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계구축 및 성능평가	'10-'14 / 349	한국철도기술연구원

2. 선행사업/과제 개요 및 성과/이슈 분석

(과제명) 자동운전을 지원하는 ETCS L3급 고속철도용 열차제어시스템 핵심기술 및 궤도회로 기능 대체기술 개발

- 본 선행과제는 열차이동권한, 제한속도 등의 실시간 무선 제어가 가능한 이동폐색 제어기술을 개발하며, 열차위치 검지기술, 열차 안전간격제어 기술, 열차 진로제어 기술 등의 요소기술 개발 추진

  - 정량적인 연구성과 : 차상/지상 ATP 시제품 제작, SIL4 인증서 획득, 기술시준 및 규격 제/개정안 도출

  - 정성적인 연구성과 : 국내 철도 수송력, 경제성, 서비스, 안전성 개선 및 해외시장 선점, 대외 경쟁력 상화

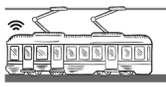
    ☞ 선행과제의 수행체계는 시스템 통합, 장치개발, 운영제어 기술 3개의 세부과제로 구분되어 있으며, 요소기술 중심의 체계로 구성되어 해외시장 진출을 위한 기반조성 연구 내용이 제외되어 있음

    ☞ 본 사업은 기존 선행과제의 성과 활용 연구내용을 보완하기 위해, 해외시장 진출을 위한 트랙레코드 확보를 핵심 성과로 설정하고 실용화 촉진 기술개발 내용을 4개의 중점분야중 1개의 분야로 설정

    ☞ 아울러, 실용화 촉진기술 중점분야에 트랙레코드 확보를 위한 전문가 협의체 수립 및 운영방안을 마련하고, 전문가 협의체에 철도운영/제작사 등을 포함하여 실노선 운행실적 획득 등 추진

    ☞ 선행사업은 시스템 통합, 장치개발, 성능시험 3개의 중점분야로 추진체계가 구성되어 있으며, 본 사업은 사업규모를 고려하여 관제기술, 열차제어기술, 열차편성기술 3개의 중점분야와 사업총괄 및 인증/표준체계 구축, 법제화 등의 실용화 촉진기술 분야 1개를 추가하여 R&D 사업추진과 함께 상용화 기반을 사전에 마련하도록 추진

    ☞ 운영관리방식은 1단계 핵심기술개발, 2단계 상용화 기반 마련으로 구분된 본 사업의 특성을 고려하여 선행사업의 운영관리방식에 단계별 성과평가



를 추가로 고려하여 수행

구분	세부내용
연구 목표	• 고속철도 운행환경(350km/h 속도 대역)에서 궤도회로를 사용하지 않고 무선통신(LTE-R)만을 활용하여 열차제어가 가능한 차상 ATP/ATO 및 지상 ATP 개발 - 기 개발된 KRTCS1·KRTCS2 및 현재 철도노선에 구축된 ATP(ETCS L1)와의 상호 운영성 확보 - 현재 운용 중인 고속철도 열차제어시스템(ATC)과 인터페이스 확보 - SIL4 인증 획득 - 궤도회로 기능 대체장치 개발
연구 내용	• 고속철도 운행환경(350km/h 속도 대역)에서 궤도회로를 사용하지 않고 무선통신(LTE-R)만을 활용하여 열차제어가 가능한 차상 ATP/ATO 및 지상 ATP 개발 - ATP(ETCS L1), KRTCS-1, KRTCS-2와의 상호운영 가능 • 기술개발 범위 - 열차안전간격제어기술 (이동폐색기반) - 열차자동운전제어기술 (GoA2) - 열차위치검지기술 (레일절손 및 열차 무결성 포함) - 철도무선통신기술 - 열차운행관제기술
연구 성과 (예정)	• 기술기준 및 규격 제/개정안 • 열차제어시스템 표준규격(안) 및 기술기준(안) • 차상ATP 시제품 - 요구사항 조사 및 분석 결과 - 제품명세서 및 인터페이스 명세서 - 기능 및 성능시험결과 • 차상ATO 시제품 - 요구사항 조사 및 분석 결과 - 제품명세서 및 인터페이스 명세서 - 기능 및 성능시험결과 • 지상ATP 시제품 - 요구사항 조사 및 분석 결과 - 제품명세서 및 인터페이스 명세서 - 기능 및 성능시험결과 • 차상ATP/ATO SIL4 인증서 • 지상ATP SIL4 인증서 • 종합성능시험 인프라 구축 기본 계획서

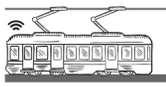
<table>
<tr><th>구분</th><th>세부내용</th></tr>
<tr><td></td><td>• 종합성능시험 계획서
- 시험단계, 항목, 방법 및 절차 등</td></tr>
<tr><td>추진 체계</td><td>• 국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제10조(운영위원회), 제11조(주관연구기환 등), 제12조(사업단), 제13조(연구단) 등 적용
 
</td></tr>
<tr><td>운영 관리 방식</td><td>• 성과평가 : 국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제35조(연구개발성과의 평가), 국토교통 연구개발사업 관리지침 제15조(선정평가) 등 적용
• 관리체계 : 국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제2장 연구개발사업 관리체계, 국토교통 연구개발사업 관리지침 제5장(연구개발성과의 평가 및 관리) 등 적용</td></tr>
</table>

(과제명) 일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화

● 일반 고속철도용 열차제어시스템(ETCS L2)의 국산 실용화를 목적으로, 시스템 표준화, 안전성 및 성능검증 평가 등 기술개발 추진

- 선행과제는 분석, 정의, 제작, 평가 4단계로 수행되며, 기술사양 연구, 제작 및 성능평가, 무선통신망 표준화, 성능평가로 구분된 4개의 세부과제로 구성

- 정량적인 연구성과 : 열차제어시스템 시험성적서, 안전성평가 인증서 및 테스트베드 시험결과, 시범노선 영업 실적



- 정성적인 연구성과 : 국내 신호통신시스템 일원화를 통한 철도운영 효율성 강화, 설비감소 및 건설비 절감에 따른 유지보수비 절감 등

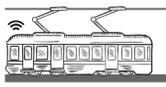
☞ 선행과제는 “열차 신호시스템 표준화” 정부방침에 따라 국내 일반/고속철도 신호시스템(ETCS L2 수준)의 국산화를 위해 추진된 최초의 연구로써 실용화를 위한 시범노선 구축 및 검증 수행

☞ 본 사업은 선행사업의 시범노선 검증으로 트랙레코드를 확보할 수 없는 부분을 보완하기 위해 실용화 촉진 기술개발 내용을 포함하였으며, 선행사업의 근거가 되는 “열차 신호시스템 표준화” 방침의 후속 방침인 “열차 신호시스템 국산화” 방침에 따라 사업 추진계획 마련

☞ 선행과제는 유럽공인기관의 시뮬레이터를 이용하여 통합시험을 하였으나, 본 사업은 시험·검사·인증 국제공인기관을 통해 추진

구분	세부내용
연구 목표	• 일반(광역) 및 고속철도 운영속도에서 적용 가능한 무선통신 기반의 열차제어 시스템의 표준화 및 국산화하고 성능검증을 거쳐 안전성(SIL-4) 인증 • 일반(광역) 및 고속철도 운영속도에서 적용 가능한 LTE 기반의 철도전용 무선 통신망 실용화 기술 개발 및 신뢰성 검증 • LTE-R 및 LTE-R기반 열차제어시스템의 성능검증을 거쳐 국가철도망 적용으로 실용화 및 사업화
연구 내용	• 한국형 열차제어시스템의 표준화 및 국산화 - 요구사항 조사를 거쳐 현재 운영 중인 시스템과 호환 가능한 무선기반 열차제어시스템의 표준사양 확정 - 시제품 설계/제작 및 단계별 성능검증 * 유럽공인기관의 시뮬레이터를 활용한 통합시험 * 고속열차(HEMU)를 활용한 고속선 현장시험 * HEMU 및 디젤기관차를 활용한 기존선 현장시험 - 열차제어시스템의 안전성인증(SIL-4) 획득 - 차량을 활용한 현장시험에 대한 공인기관 검증 - 시범노선을 거쳐 국내 시스템 구축계획 마련 • 철도통합무선망(LTE-R)의 표준 및 성능검증 - 일반 및 고속철도용 철도통합무선망 단체표준 제정(4종) - 고속철도 운영환경(350㎞/h) 시험인프라 구축 - 다른 무선 기종간 연동을 위한 상호연동 - 철도통합무선망용 차상단말기 및 휴대단말기 성능검증 - 강릉선KTX(평창 동계올림픽) 사업화를 거쳐 국내 구축 추진

<table>
<tr><th>구분</th><th>세부내용</th></tr>
<tr><td>연구
성과</td><td>
• 일반 및 고속철도용 무선기반 열차제어시스템의 표준사양 확정
• 일반 및 고속철도용 무선기반 열차제어시스템의 국산기술 확보
• 열차제어시스템의 성능검증 및 안전성 인증(SIL-4) 획득
• 일반 및 고속철도용 철도통합무선망 표준 제정
• 일반 및 고속철도용 철도통합무선망의 성능검증 및 국가통합인증 획득
• 철도통합무선망(LTE-R) 및 LTE-R기반 열차제어시스템의 국가철도망 구축계획 수립
</td></tr>
<tr><td>추진
체계</td><td>
<table>
<tr><th>주관연구기관</th><th>협동연구기관</th><th>협동연구기관</th><th>협동연구기관</th></tr>
<tr><td>한국철도시설공단
(외 3개 기관)</td><td>한국철도공사
(외 2개 기관)</td><td>한국전자통신연구원
(외 1개 기관)</td><td>한국철도공사
(외 2개 기관)</td></tr>
<tr><td>참여연구원
주관연구책임자
윤학선 외 42명
수석급 7명, 책임급 14명, 선임급 9명, 주임급 8명, 원급 4명</td><td>참여연구원
협동연구책임자
박주훈 외 45명
수석급 12명, 책임급 18명, 선임급 7명, 주임급 6명, 원급 3명</td><td>참여연구원
협동연구책임자
조한벽 외 11명
책임급 5명, 선임급 4명, 원급 3명</td><td>참여연구원
협동연구책임자
김범곤 외 26명
수석급 4명, 책임급 10명, 선임급 7명, 주임급 3명, 원급 2명</td></tr>
<tr><td>담당연구개발내용
과제명 : 무선통신기반 열차제어시스템 기술사양 및 실용화 연구
- 시스템 요구사항 수집 분석 및 정의
- 열차제어시스템 표준사양 확정
- 시스템 인터페이스 정의
- 안전성 평가
- 법제화 및 정책수립 지원
- 연구결과 활용계획 수립
- 실용화을 위한 경제석 분석</td><td>담당연구개발내용
과제명 : 무선통신기반 열차제어시스템 제작 및 성능평가
-요구사항 수집분석정의
-열차제어시스템 구성장비 설계, 개발 및 기능,성능 검증
- 열차제어시스템 성능평가 시험인프라 구축
- 성능평가</td><td>담당연구개발내용
과제명 : 철도전용 무선통신망 표준화 연구
- 요구사항 수집 분석 및 정의
- 철도전용 무선통신망 표준화 활동
- 철도전용 주파수 활용 방안 수립
- 표준사양 확정 및 법령 개정</td><td>담당연구개발내용
과제명 : 철도전용 무선통신시스템 기술 개발 및 성능평가
- 요구사항 수집 분석 및 정의
- 무선통신망 구성장비 개발 및 기능성능 검증
- 무선통신망 성능평가 시험인프라 구축
- 성능평가
- 무선통신망 신뢰성 확보</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>운영
관리
방식</td><td>
• 성과평가 : 국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제35조(연구개발성과의 평가), 국토교통 연구개발사업 관리지침 제15조(선정평가) 등 적용
• 관리체계 : 국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제2장 연구개발사업 관리체계, 국토교통 연구개발사업 관리지침 제5장(연구개발성과의 평가 및 관리) 등 적용
</td></tr>
</table>



(과제명) 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계구축 및 성능평가

- 본 선행과제는 무선통신기반 열차제어시스템 국산화 개발을 위해 국제표준 CBTC 기반 도시철도용 열차제어시스템 기술개발 추진
  - 정량적인 연구성과 : 차상/지상 시스템 개발 사양서, 차상/지상 인프라 설계서, 시험절차서, 시험결과서 등
  - 정성적인 연구성과 : 열차제어시스템 성능평가 체계 구축, 철도전용 무선통신망 중장기 계획 수립 등을 통한 실용화 기반 확보
    - ☞ 선행과제는 국산화 철도 시스템 운용을 위한 철도전용 통신시스템을 최초로 개발하는 과제로써, 무선통신을 위한 LTE 방식의 신호시스템 구축 및 시험 내용을 포함
    - ☞ 본 사업에서는 선행과제에서 개발한 LTE 방식의 철도전용 통신시스템의 활용 가능성을 검토하고, 자율주행 전용 통신시스템 개발의 필요성 검토 및 전용 통신시스템 필요시 상호 운영성을 확보하기 위한 시험·검사·인증 체계 구축 및 운영계획 마련 추진
    - ☞ 선행과제는 연구성과에 대한 시작품개발 및 시험평가 수준의 기술개발을 추진하여 영업실적 획득, 상용화 달성에 한계가 있었던 부분을 참고하여, 본 사업에서는 시범노선 선정, 시범운행 계획 등 트랙 레코드 확보를 위한 내용을 중점분야로 설정

구분	세부내용
연구 목표	• 무인자동운전(driverless)을 지원하는 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템(이하 열차제어시스템) 실용화 및 상호운영성 확보 • 열차제어시스템에 대한 표준체계 구축, 성능 및 안전성평가 - 열차제어시스템 성능 및 안전성평가를 위한 열차제어시스템 표준체계 구축 • 철도전용 무선통신시스템(체계) 확보 및 시험평가 - 철도전용 무선통신시스템의 시작품개발 및 적용성 시험
연구 내용	• 열차제어시스템 표준체계 구축 및 안전성 평가 - 표준사양 작성 및 법제화

<table>
<tr><th>구분</th><th>세부내용</th></tr>
<tr><td></td><td>- 안전계획서 작성, 리스크평가, 안전요구사항 작성 등 안전성 활동
- 안전성활동 수행 과정 및 성과물에 대한 안전성 평가
- 열차제어시스템 요구사항분석 및 개발사양서 작성
- 열차제어시스템의 현장(시험선)설치

• 열차제어시스템 성능평가
- 열차제어시스템 성능평가계획 수립
- 열차제어시스템 평가인프라 구축(지상인프라, 차상인프라 등)
- 열차제어시스템 성능평가(시험, 분석(보완), 평가) 및 유지보수
- 열차제어시스템 성능평가 체계 구축

• 철도전용 무선통신체계 연구
- 철도전용 무선통신망 구축을 위한 중장기 계획 수립
- 철도전용 무선통신방식 선정 및 주파수확보활동
- 철도전용 무선통신시스템 개발, 시험평가용 무선통신망 구축, 시험</td></tr>
<tr><td>연구
성과</td><td>• 차상/지상 시스템 개발 사양서

• 시스템, 구성품 단위 표준사양서

• 장치별 안전요구사항, 안전성 평가 절차서

• ATS, ATC 상호운영체계 표준사양서

• 차상/지상 인프라 설계서, 시험절차서, 시험결과서

• 통신망 요구사항서, 설계서, 시험절차서, 시험결과서</td></tr>
<tr><td>추진
체계</td><td>
<table>
<tr><th>1 세 부 과 제
(주 관 연 구 기 관)</th><th>2 세 부 과 제
(협 동 연 구 기 관)</th><th>3 세 부 과 제
(협 동 연 구 기 관)</th></tr>
<tr><td>한국철도기술연구원
(외 4개 기관)</td><td>한국철도시설공단
(외 3개 기관)</td><td>한국전자통신연구원
(외 3개 기관)</td></tr>
<tr><th>참 여 연 구 원</th><th>참 여 연 구 원</th><th>참 여 연 구 원</th></tr>
<tr><td>주관연구책임자
윤용기 외 33명

수석급 2명, 책임급 8명, 선임급 12명, 주임급 1명, 원급 10명</td><td>협동연구책임자
안광열 외 19명

수석급 1명, 책임급 9명, 선임급 8명, 주임급 1명, 원급 1명</td><td>협동연구책임자
이송진 외 13명

수석급 3명, 책임급 4명, 선임급 5명, 원급 2명</td></tr>
<tr><th>담당연구개발내용</th><th>담당연구개발내용</th><th>담당연구개발내용</th></tr>
<tr><td>과제명 | 열차제어시스템 표준체계 구축 및 안전성평가
-시스템엔지니어링
-열차제어시스템 표준체계 구축
-열차제어시스템 안전성활동 및 평가</td><td>과제명 | 열차제어시스템 성능평가
-성능평가 계획 수립
-열차제어시스템 성능평가 인프라 구축
-열차제어시스템 성능평가 체계 구축
-열차제어시스템 성능평가</td><td>과제명 | 철도전용 무선통신체계 연구
-철도전용 무선주파수 확보방안 연구
-무선통신방식 선정에 따른 열차제어용 무선통신설비 개발</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

구분	세부내용
운영 관리 방식	• 성과평가 : 국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제35조(연구개발성과의 평가), 국토교통 연구개발사업 관리지침 제15조(선정평가) 등 적용 • 관리체계 : 국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제2장 연구개발사업 관리체계, 국토교통 연구개발사업 관리지침 제5장(연구개발성과의 평가 및 관리) 등 적용

4. 자율주행 철도신호 기술개발 사업관련 성과분석

■ 한국철도기술연구원, 2010~2013, '도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계구축 및 성능평가'

- **(연구 목표)** 무인운전과 상호운영성을 보장하는 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템의 실용화를 위한 안전성평가, 성능평가 및 표준체계 구축
- **(주요 성과)** 열차제어시스템의 표준체계 및 성능평가, 철도 전용 통신체계 등의 주요 연구성과 확보
  - 열차제어시스템 표준체계 구축(1세부) : 열차제어시스템 개발사양서 및 표준사양서, 열차제어시스템 안전성 활동 및 평가 사양서/보고서, 열차제어시스템 현장(시험선) 설치
  - 열차제어시스템 성능평가(2세부) : 열차제어시스템 종합성능평가 계획 수립, 계측설비 구축, 성능평가 수행 및 시험 절차서 작성
  - 철도전용 무선통신체계 연구(3세부) : 국내외 열차제어용 무선통신 규격서, 철도전용 통합 무선망 구축계획 수립을 위한 워크샵 진행
  - 철도통합무선망 연구(4세부) : 2.6Ghz, 700MHz 테스트베드 구축, 철도전용 통합무선망(LTE-R) 성능 및 기능 시험, LTE-R 휴대용 단말기 개발
- **(특허 및 논문)** 열차제어 시스템을 구축하기 위한 다수의 논문 및 특허 성과를 도출
  - "무선통신기반 열차제어시스템 ATP 열차간격제어알고리즘 시뮬레이터 개발"

등 논문 게재 8건 및 국내외 논문 발표 76회 진행

- “열차의 무선 통신 장치를 제어하는 시스템 및 방법, 그리고 원격으로 열차를 관리하는 방법 및 시스템” 등 국내외 총 24건의 특허 출원

5. 선행사업 한계 및 반성

(과제명) 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계 구축 및 성능 평가(KTCS-1 개발)

● **국외 현황**

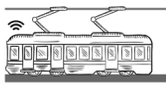
- 국외 CBTC 개발은 1980년대 중반부터 개발, 세계 첫 RF-CBTC의 경우 캐나다 봄바르디에 2003년 샌프란시스코 공항철도에 첫 사용화

● **국내 현황**

- **(도입 현황)** 2011년 신분당선(프랑스 Thales), 부산 4호선(일본 교산), 부산김해경전철(프랑스 Thales), 2012년 의정부경전철(독일 Siemens), 2016년 인천2호선(프랑스 Thales) 외산 시스템을 도입
- **(연구개발 현황)** 2010년 CBTC 국산화 연구개발 과제 착수

● **분석 결과**

- **(늦은 추격자 전략의 한계)** 국외 대비 약 20년 이상 늦은 시점에서 CBTC 국산화 기술개발로 인해 국내외 시장진입이 어려운 실정
- 현재 국외 CBTC 기술은 지상의 ATC와 IXL의 통합형으로 높은 기술수준을 가지며 완전한 열차중심의 자율주행 철도신호 체계를 개발 중.
- 늦은 추격자 전략으로 2022년 신림선 및 2024년 동북선에 KTCS-1 적용 예정이나 차세대 신호시스템 개발이 지연되는 경우 다시 외산 시스템 도입이 불



가피한 상황

- **(지속 가능한 시범노선 부재)** 국외 대비 부족한 연구개발 기간과 연구개발비 등으로 인해 핵심적인 기능 및 성능확인 위주로 연구개발 진행, 시험선 테스트 베드(선로 및 인프라, 시험차량) 철거 이후 실물 확인이 어려움에 따라 도입검토에 난항
- **(국내외 적극적인 홍보 부족)** LTE-R 기반의 성공적인 국산화 연구개발 및 안전성 인증서 확보 등에 대한 적극적인 국내외 홍보가 부족
- **(트랙 레코드 부재로 실용화 지연)** 기술개발 이후에 실용화 가능한 수준의 트랙 레코드 확보의 부재로 인해 실용화가 이루어지기까지 상당한 시간이 소요됨.

(과제명) 일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화(KTCS-2 개발)

● 국외 현황

- 국외 ETCS 개발은 1980년대 후반부터 개발하여 1996년 baseline 1을 시작으로 2012년 baseline 3 사양서 배포, 2005년 이탈리아 로마-나폴리 고속철도에 ETCS Lv2 첫 상용화

● 국내 현황

- 국내는 일반철도에 ETCS Lv1 적용 중에 있으며 ETCS Lv2 노선 부재. 2014년 ETCS Lv2 국산화 연구개발 과제 착수

● 분석 결과

- **(늦은 추격자 전략의 한계)** 국외 대비 약 20년 이상 늦은 시점에서 ETCS Lv2 국산화 기술개발(유럽에서 배포한 ETCS baseline 2 시스템 개발요구사양서를 토대로 개발 및 안전성 검증)로 인해 기술선점과 시장진입이 어려운 실정
- **(지속 가능한 시범노선 부재)** 국외 대비 부족한 연구개발 기간과 연구개발비 등으로 인해 핵심적인 기능 및 성능확인 위주로 연구개발 진행, 시험선 테스트 베드(선로 및 인프라, 시험차량) 철거 이후 실물 확인이 어려움에 따라 도

입검토에 난항, 트랙 레코드 확보를 위한 별도의 재정사업이 필요

- **(국내외 적극적인 홍보 부족)** LTE-R 기반의 성공적인 국산화 연구개발 및 안전성 인증서 확보 등에 대한 적극적인 국내외 홍보가 부족
- **(트랙 레코드 부재로 실용화 지연)** 기술개발 이후에 실용화 가능한 수준의 트랙 레코드 확보의 부재로 인해 실용화가 이루어지기까지 상당한 시간이 소요됨.

(과제명) 자동운전을 지원하는 ETCS L3급 고속철도용 열차제어시스템 핵심기술 및 궤도회로 기능 대체기술 개발(KTCS-3 개발)

● 국외 현황

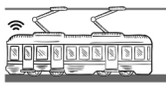
- 국외 ETCS 개발은 1980년대 후반부터 개발하여 1996년 baseline 1을 시작으로 2012년 baseline 3 사양서 배포, 2012년 스웨덴 Dalarna 라인에 ETCS Lv3 첫 상용화
- 현재는 ETCS L3(moving block)에 자율주행 기능을 접목하여 GoA 4 수준의 무인자동화를 지원하는 기술과 열차의 분리결합을 자동으로 수행하는 기술(beyond moving block)을 개발 중

● 국내 현황

- 국내는 일반철도에 ETCS Lv1 적용 중에 있으며 ETCS Lv3 노선 부재
- 2018년 ETCS Lv3 국산화 연구개발 과제 착수
- 국외 GoA 4 대비 낮은 GoA 2 수준의 자동화 기술개발을 목표로 연구개발 수행
- **(Lab. 기반 테스트 완료)** 현재 실험실 수준에서 시뮬레이터를 기반으로 시험 완료, 추후 시험선 시험 및 검증을 위한 후속과제 준비 중.

● 분석 결과

- **(늦은 추격자 전략의 한계)** 국외 대비 약 20년 이상 늦은 시점에서 기술개발



(유럽에서 배포한 ETCS baseline 3 시스템 개발요구사양서를 토대로 개발 및 안전성 검증)로 인해 기술선점과 시장진입의 어려움 예상

- **(지속 가능한 시범노선 부재)** 국외 대비 부족한 연구개발 기간과 연구개발비 등으로 인해 핵심적인 기능 및 성능확인 위주로 연구개발 진행으로 트랙 레코드 확보를 위한 별도의 재정사업이 필요

- **(국내외 적극적인 홍보 부족)** LTE-R 기반의 성공적인 국산화 연구개발 및 안전성 인증서 확보 등에 대한 적극적인 국내외 홍보가 부족

4절 특허 및 논문분석

[특허분석 시사점]

- 전체 특허 동향을 살펴보면, 분석구간 초기부터 최근까지 완만한 형태의 증가 추세가 나타나고 있음을 고려할 때, 기술 경쟁력 및 시장 우위를 확보하기 위해 관련 분야의 전략적 IP 전략이 요구됨
- 기술수명주기는 전체적으로 출원건수와 출원인수가 증가하고 있는 '성장기'로 나타나, 국가간 경재이 심호될 것으로 예상되며, 이느 투자 증가를 통해 경쟁우위 확보가 가능한 시점임을 의미함
- 주로 자국 중심의 특허 출원이 이루어지고 있으며, 한국의 경우 '한국철도기술원', '한국교통연구원' 등이 주요출원인으로 나타나, 연구기관을 중심으로 관련 기술개발이 이루어짐을 알 수 있음
- 전 분야의 기술순환주기는 15년으로 분석되었으며, 점차 기술순환주기가 짧아지고 있는 것으로 나타나지만 정보통신분야나 전기전자분야에 비해 상대적으로 긴 기술순환주기를 보임
- 특허경쟁력 분석 결과 전반적으로 보통 또는 낮음 수준으로 평가됨

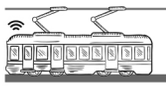
[논문분석 시사점]

- 전체 논문 동향을 살펴보면, 초기부터 최근까지 연평균 12.4% 수준으로 증가하여 기술적으로 성장기로 판단됨
- 중국 및 주요 선진국이 게재 건수 상위권을 차지하고 있으며, 한국 게재 논문의 질적 수준은 상위 10개국 평균 대비 낮게 나타남
- 관련 논문은 주로 대학에서 게재하였으며, 한국의 경우 KAIST, 한국철도연구원, 고려대학교 등이 주요 출원인으로 나타남
- 논문경쟁력 분석 결과 중국이 압도적으로 우수하게 나타났으며, 한국은 전반적으로 낮은 수준으로 평가됨

1. 분석 개요

■ 분석 배경 및 목적

- **(분석배경)** 열차 간 협력기반 지능형 열차자율주행 기술은 외산 종속탈피 및 국



가경쟁력 향상을 위해 연구가 시급한 분야로서, 부가가치 및 파급효과가 큰 주력 기간산업으로 성장하고 있으므로, 전략적 연구개발 계획 수립을 통한 국가경쟁력 확보가 요구됨

- **(분석 목적)** R&D 연구과제를 구체화하고 연구의 방향을 제시하여 전략적 기획에 활용할 수 있도록 함

  - 국가별 특허 및 논문 현황과 기술경쟁력 등의 분석을 실시하고, 최근 부상기술 등을 도출하여, 전략적인 연구개발 계획 수립에 활용할 수 있도록 함으로써, 중복연구를 방지하고, 본 연구개발과제 수행의 타당성에 대한 객관적인 정보를 제공

예타 지침에서 과학기술 수준 분석(특허 및 논문) 관련 점검 내용

특허를 포함한 과학기술문헌의 인용분석은 선도 기술활동의 인지, 경쟁력에 대한 정보, 해외의 존성 등에 대한 정보를 제공한다고 알려져 있다. (중략) **분석기간(when)은 특허권의 최장존속기간인 20년 이내를 원칙으로 하되**, 조사의 성격에 따라 이보다 단축 또는 연장할 수 있다. 또한 특별한 사정이 없는 한, 우리나라를 포함한 연구활동이 활발한 **상위 20개국(where)의 SCI(E)논문이나 특허 등을 분석의 대상(what)**으로 한다. 과학기술 수준분석은 국가별로 정량화되어 산출된 분석지표를 상대 비교하여 판단한다. 즉, 분석대상인 상위 20여개 국가의 평균 대비 높은 값으로 나타나는 경우 과학기술 수준이 높다고 판단하고, 평균 대비 낮은 값으로 나타나는 경우 과학기술 수준이 낮다고 판단한다. 본 지침에서는 과학문헌계량분석에서 일반적으로 분석에 활용되는 지표를 소개하였으며, 이외에도 사업 분석에 적합하다고 인정될 경우에는 **별도의 지표를 사용**할 수 있다.

※ 출처 : KISTEP(2019.1), 국가연구개발사업 예비타당성 수행 세부지침, 50p. 발췌

☞ 이에 근거하여, 동 분석에서는 최근 20년을 기준으로 분석을 수행하였으며, 기술력지수, 기술영향력지수, 활동도 지수 등을 특허 및 논문 분석의 지표로 활용하여 분석

분석 범위 및 내용

- **(분석 범위)** 최근 20년간 열차자율주행 기술분류별로 출원된 특허와 게재된 논문을 대상으로 검색 DB를 활용하여 분석

  * 논문 분석은 DB가 제공하는 정보가 '검색시점으로부터 최근20년까지'인 관계로 1999년이후 데이터만 검색 가능하여, 특허분석 기간과 초반 1년 차이가 존재함

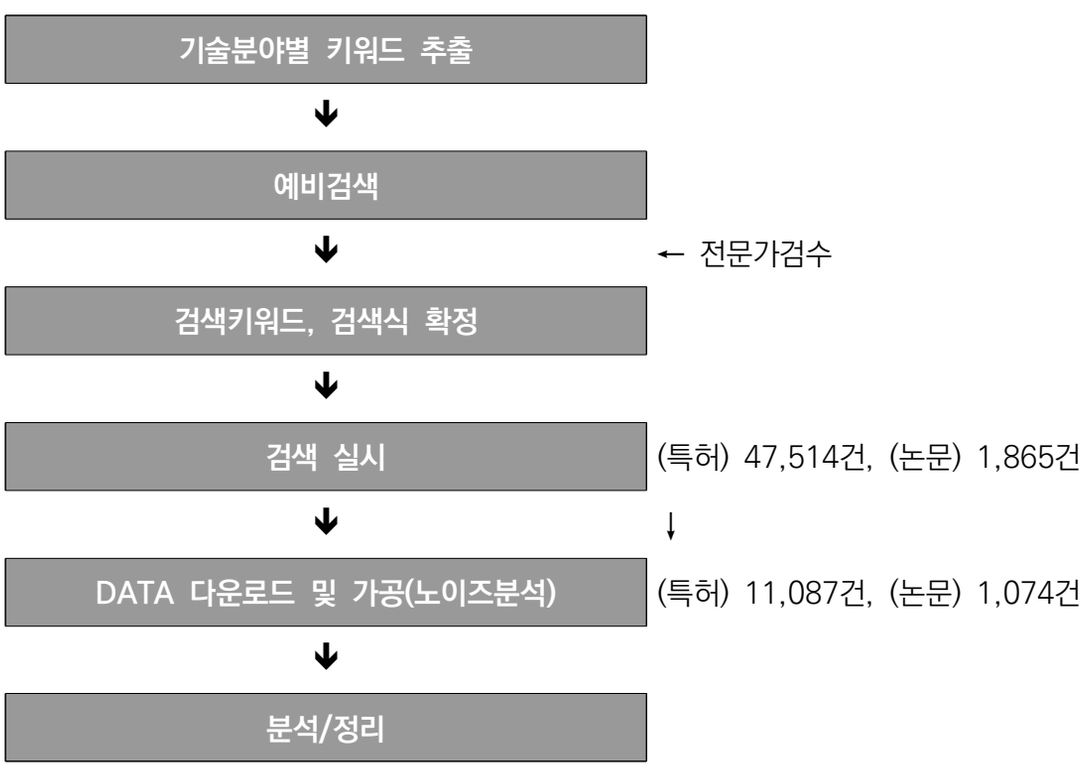
[표 5.4.3] 특허·논문 분석DB 및 분석범위

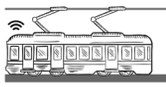
구분	특허분석	논문분석
분석 DB	Wisdomain(위즈도메인) 社 특허DB (www.wisdomain.com)	Thomson Reuters(톰슨로이터) 社 논문DB (www.derwentinnovation.com)
분석범위	한국, 미국, 일본, 유럽의 공개 및 등록 특허	SCI, SCIE 논문
분석기간	1998.1.1~	1999.1.1~

※ 특허출원의 경우 18개월 이후 정보가 공개되어 최근 2년간 자료는 참조로 제시

- **(분석내용)** 열차간 협력기반 지능형 자율주행 기술을 신호통신 기술, 철도운영 기술, 철도차량 기술, 궤도토목 기술로 구분하고 이를 포함하는 열차자율주행 기술에 대하여 특허 및 논문 동향분석을 실시함
- **(분석절차)** 분석은 키워드 추출, 예비검색, 키워드 및 검색식 확정, 검색, 데이터 노이즈제거, 분석/정리의 6단계로 구분됨

[표 5.4.4] 특허, 논문 분석을 위한 데이터 확보 절차





- (분석 키워드 도출) 자율주행철도 기술 소분류(19개)별의 기술범위 및 핵심요소기술 키워드는 다음과 같음

[표 5.4.5] 자율주행철도 기술의 기술범위 및 핵심요소기술 키워드

중분류	소분류	기술범위	핵심요소기술 키워드
신호 통신 (AA)	열차간 통신 기반 열차제어기술 (AAA)	• 열차 간 통신을 기반으로 직접적인 정보공유를 통해 선로 공유자원을 배타적으로 분배함으로써 선행 열차와 후행 열차간 간격을 제어하는 기술	(간격 OR 거리) AND(제어) AND (통신)
			(interval OR distance) AND(control) AND(communication)
	열차 중심의 분기제어, 분산 환경 연동제어 기술(AAB)	• 열차가 직접 선로전환기의 쇄정·해정의 주체가 되며 더 나아가 선로전환기의 정위·반위 전환을 제어하는 기술	(웨이사이드OR 트랙) AND (분기 OR 제어) AND(통신)
			(waysideOR trackside) AND (switch OR control) AND(communication)
	열차간 직접적인 통신/보안 기술(AAC)	• 열차 간 직접적인 통신기술로서 지상 제어시스템을 거치지 않는 것과 지상의 제어시스템 뿐만 아니라 통신기지국을 거치지 않는 기술	(통신 OR보안) AND(열차)
			(communication OR security) AND(train)
	무선통신기반 철도차량 네트워크 기술(AAD)	• 전부 편성의 TCN과 후부 편성의 TCN이 연결되어 결합된 전부 편성이 후부 편성의 상태정보를 수신하고 장치를 제어하는 무선네트워크 기술	(통신) AND(편성 OR 네트워크 OR 통신망 OR 무선망)
			(communication) AND(formation OR organization OR network OR TCN OR WTN OR MVB)
	철도차량 원격 주행 기술(AAE)	• 열차 회복(recovery)과 운전(driving)을 첨단 ICT를 이용하여 원격의 관제실에서열차 에 접속 및 전방 상황 수신하여 열차를 회복하는 원격 관제 기술	(원격 OR 리모트) AND(주행 OR 조작 OR 운행 OR 운전 OR 제어)
			Remote AND(drive OR dispatch OR operatiton)
	가상연결기 제어 기술(AAF)	• 물리적 연결기 없이 논리적 연결을 통해 열차 주행 중 분리와 결합을 수행하는 기술 • 가상연결 열차의 논리적 연결 훼손에 따른 위험 상황을 방호하기 위한 무결성을 확인하는 기술	(가상 OR 논리 OR 로직) AND(연결 OR 커플 OR 편성)
			(virtual OR logic)AND (couplingOR decouple OR formation)
	고정밀열차 위치 검지 기술(AAG)	• 열차가 실시간으로 자신의 위치를 정밀하게 인지하거나 열차가 회복(recovery) 후에도 자신의 위치를 인지하는 기술	(검지)AND(열차 OR 위치)
			(Detect) AND(train OR location)

중분류	소분류	기술범위	핵심요소기술 키워드
	빠르고 신뢰도 높은 선로전환기술 (AAH)	• 신속하고 신뢰도 높은 선로전환기에 관한 기술	(레일 OR 트랙 OR 궤도 OR 궤조OR 선로) AND(분기 OR 전철 OR 전환 OR 변경)
			(rail OR track) AND (switchOR shunt OR turnout)
철도 운영 (AB)	고밀도 열차 스케줄링 기술, 가상연결기 지원 스케줄링 기술(ABA)	• 고밀도 열차 스케줄링 기술, 가상연결기를 지원하는 열차 스케줄링 기술	(스케줄링 OR 시간표) AND(열차)
			Schedule OR ((operation OR driving OR trip OR service) AND (plan OR simulation))
	실시간 경합예측 및 연쇄지연 최소화 기술, 재스케줄링최적화 기술(ABB)	• 실시간 열차 간 경합을 예측하고 경합에 따른 지연을 열차 간 직접적인 합의를 통해 최소화하는 기술.	스케줄링AND(경합 OR 조정 OR 정체 OR 혼잡 OR 예측))
			((schedule OR layout) AND(delay OR deadlock ORcompetition OR intelligent))
	승객 환승최적화 관제기술(ABC)	• 환승열 차간 최적 스케줄링을 통해 대기 없이 승하차 및 승객 환승이 가능한 기술	환승AND(진로 OR 승객 OR 스케줄)
			(transfer) AND (route OR schedule OR passenger)
철도 차량 (AC)	빠른응답 특성의추진/ 제동기술(ACA)	• 지연을 저감하고 빠른 응답특성을 가지는 추진/제동 기술	(제동 OR 브레이크) AND(지연 OR 응답)
			(brake) AND(delay OR response)
	예측가능한제동기술(ACB)	• 열차의 제동력이 예측 가능한 수준의 제동성능 편차를 최소화 하는 기술 • min(maximum predictable train braking performance – minimum predictable train braking performance)	((제동 OR 브레이크) AND(예측 OR 성능)
			(brake) AND(performance ORpattenOR predict)
	지능형 열차 전방상황 인지기술(ACC)	• 열차가 인간의 눈을 대신할 수 있는 여러 센서를 통해 스스로 전방상황을 인지하는 기술	(센서)AND (예측 OR 지능)AND (열차)
			(Sensor) AND(predict OR intelligence)
	탑승공간 최적 설계 기술(ACD)	• 열차의 탑승공간을 최적화하여 수송량(capacity)를 높이고 승객의 승하차 흐름을 원활하게 하는 기술	(객차 OR승강장 OR 역사) AND(승객)AND (공간)
			(Passenger) AND(roomOR compartment) AND space
	출입문-승객 I/F	• 열차의 출입문 개폐와 승객의 승하차를	(출입문OR 차량문OR 개폐문) AND(열차)

중분류	소분류	기술범위	핵심요소기술 키워드
	설계 기술(ACE)	원활하게 함으로써 열차의 빠른 출발이 가능하도록 하는 기술	(Door OR gate) AND(locomotive)
궤도 토목 (AD)	빠르고 신뢰도 높은 분기기 기술(ADA)	• 높은 신뢰도로 열차를 분기하거나 빠르게 시행할 수 있는 기술	(분기 OR 전철 OR 크로싱) AND(레일)
			Point machine OR ((turnout Or cossingOR tongue) and rail)
	승차장-승객 I/F 설계 기술(ADB)	• 역사 내 승객이 열차에 효율적으로 승하차하기 위한 스마트 인터페이스 기술 • 승강장에서의 승객 맞춤형 열차출입문, 승객 및 종사자 이동안전, 안전하게 교통약자가 탑승 및 하차하기 위한 보조기술	(플랫폼 OR 승강장 OR 스크린도어 OR 홈도어)
			(Platform OR PSD)
	지능형 인프라 상태 실시간 감시 기술(ADC)	• 차량의 안전운행을 위해 인프라의 이상 상태를 스마트하게 감시 · 관리하기 위한 기술, 인프라의 이상 상태를 인지, 판단, 인프라 디지털 맵, 센서 기술	(감시 OR 모니터) AND(인프라)
			(Monitor AND infrastructure)

- (분석 검색식) 예비검색을 통해 특허 및 논문 검색식을 작성

[표 5.4.6] 자율주행철도 기술분류별 특허검색식

중분류	소분류	검색식
신호 통신 (AA)	열차간 통신 기반 열차제어기술 (AAA)	TAC=((열차 OR 차량 OR train OR vehicle OR intervehicle) N/3 (간격 OR 거리 OR interval OR distance)) AND IC=(B61*) AND AD=(19980101:20190808)
	열차 중심의 분기제어, 분산환경 연동제어기술 (AAB)	TAC=((레일* OR 트랙* OR 궤도* OR 궤조* OR 선로* OR 진로* OR track* OR rail*) N/3 (연동* OR 분기* OR 전철* OR 전환* OR 변경* OR interlock* OR switch* OR turnout OR shunt OR divert* OR branch* OR chang* OR exchang*)) AND IC=(B61L*) AND AD=(19980101:20190808)
	열차간 직접적인 통신/보안 기술 (AAC)	TI=(통신* OR 보안* OR 직접통신* OR 네트워크 OR communication OR safety OR security OR Network) AND TAC=(통신* OR communication OR Network) AND IC=(B61*) AND AD=(19980101:20190808)
	무선통신기반 철도차량 네트워크 기술(AAD)	TAC=(통신* OR 무선* OR communication) AND TAC=(편성* OR 네트워크* OR 통신망* OR 무선망* OR "formation" OR "organization" OR (train N/1 set) OR network) AND TAC = (TCN OR WTN OR MVB) AND TAC =((Multifunction OR Wire) N/3 (Vehicle OR

중분류	소분류	검색식
		Train) N/3 (Bus OR Network)) AND IC=(B61*) AND AD=(19980101:20190808)
	철도차량 원격 주행 기술(AAE)	TAC=(((원격 OR 리모트)(주행* OR 조작* OR 운행* OR 운전* OR 제어*)) OR (remote N/3 (driv* OR dispatch* OR operate OR control))) AND IC=(B61*) AND AD=(19980101:20190808)
	가상연결기 제어 기술(AAF)	(TAC=((가상* OR 논리* OR 로직* OR virtual* OR logic*) N/5 (연결* OR 결합* OR 커플* OR 열차* OR 편성* OR coupl* OR join OR split OR connect* OR decoupl* OR train OR formation OR organization))) AND TAC=((Tandem OR Multiple) N/3 Operation) AND TAC =(Shunting OR Reversing) AND IC=(B61*) AND AD=(19980101:20190808)
	고정밀열차 위치 검지 기술(AAG)	TI=(위치* OR 검지* OR 검출* OR detect* OR locat* OR localiz* OR position*) AND TAC=((열차 OR 위치 OR train OR location OR position) N/5 (검지 OR 검출 OR 산출* OR 계산* OR 결정 OR 측정 OR detect* OR localiz* OR calculat* OR measur*)) AND IC=(B61*) AND AD=(19980101:20190808)
	빠르고 신뢰도 높은 선로전환기술 (AAH)	TAC=(((레일* OR 트랙* OR 궤도* OR 궤조* OR 선로*) (분기* OR 전철* OR 전환* OR 변경*) (텅레일 OR 해정* OR 쇄정* OR 크로싱* OR 공압* OR 유압* OR 전동* OR 액추* OR 액츄*)) OR ((track* OR “point machine” OR pointmachine OR switch* OR turnout OR shunt OR divert* OR branch* OR chang* OR exchang*) N/5 (tongue OR “crossing” OR “crossover” OR lock* OR hydraulic* OR pneumatic* OR actuat*))) AND IC=(B61*) AND AD=(19980101:20190808)
철도 운영 (AB)	고밀도 열차 스케줄링 기술, 가상연결기 지원 스케줄링 기술 (ABA)	TAC=(스케줄* OR 스케쥴* OR 시간표* OR schedul* OR timetabl* OR "time table" OR ((운행 OR 운전 OR 교통 OR 서비스 OR operation OR driving OR trip OR traffic* OR service) N/5 (계획* OR 일정* OR 프로그램* OR 시뮬레* OR plan* OR simulat*))) AND IC=(B61*) AND AD=(19980101:20190808)
	실시간 경합예측 및 연쇄지연 최소화 기술, 재스케줄링최적화 기술(ABB)	TAC=((스케줄* OR 스케쥴* OR 시간표* OR 레이아웃* OR 편성* OR 진로* OR 타진로* OR 경로* OR 노선* OR 루트* OR schedul* OR timetabl* OR "time table" OR traffic* OR service OR “lay out” OR layout OR “formation” OR “organization”OR “train set”OR route OR reroute) N/5 (경합* OR 경쟁* OR 충돌* OR 교착* OR 결정* OR 판단* OR 평가* OR 지연* OR 정체* OR 혼잡* OR 예측* OR 추론* OR 추정* OR 추산* OR 신경* OR 지능* OR decision OR judgement OR delay OR competition OR deadlock OR congest* OR conflict* OR detect* OR neural* OR intelligen* OR estimat*

중분류	소분류	검색식
		OR predict* OR reschedul* OR estimat* OR “ad hoc”))) AND IC=(B61*) AND AD=(19980101:20190808)
	승객 환승최적화 관제기술(ABC)	AC=(환승* OR (transfer W/1 (route OR schedule OR plan))) AND AD=(19980101:20190808)
철도 차량 (AC)	빠른응답특성의 추진/제동기술 (ACA)	TAC=(제동* OR 브레이크* OR brak*) AND IC=(B61*) AND AD=(19980101:20190808)
	예측가능한제동 기술(ACB)	TAC=(((((제동* OR 브레이크* OR brak*) N/3 (신호* OR 속도* OR 거리* OR 마찰* OR 마모* OR 동력* OR 곡선* OR 패턴* OR 특성* OR 성능* OR 출력* OR signal OR speed OR velocity OR distance OR friction OR wear OR force OR power OR curve OR patten OR characteristic OR quality OR performance OR efficien* OR output OR wear)) (예측* OR 예상* OR 추정* OR 측정* OR 판단* OR 평가* OR 분석* OR 통계* OR 학습* OR 러닝* OR 결정* OR 산출* OR 계산* OR 모델* OR 모형* OR 시물레* OR 시뮬레* OR 지능* OR predict* OR evaluat* OR estimat* OR logic* OR entail* OR model OR simulat* OR calculat* OR measur* OR analy* OR statistic* OR logistic OR neural* OR intelligen*)) OR ((제동* OR 브레이크* OR brak*) N/5 (예측* OR 예상* OR 추정* OR 측정* OR 판단* OR 평가* OR 분석* OR 통계* OR 학습* OR 러닝* OR 결정* OR 산출* OR 계산* OR 모델* OR 모형* OR 시물레* OR 시뮬레* OR 지능* OR predict* OR evaluat* OR estimat* OR logic* OR entail* OR model* OR simulat* OR calculat* OR measur* OR analy* OR statistic* OR logistic OR neural* OR intelligen*)))) AND IC=(B61*) AND AD=(19980101:20190808)
	지능형 열차 전방상황 인지기술 (ACC)	TAC=((인지 OR 검지 OR 예측* OR 예상* OR 추정* OR 측정* OR 판단* OR 평가* OR 분석* OR 통계* OR 학습* OR 러닝* OR 결정* OR 산출* OR 계산* OR 모델* OR 모형* OR 시물레* OR 시뮬레* OR 지능* OR recognit* OR cognit* OR percept* OR perciev* OR detect* OR predict* OR evaluat* OR estimat* OR logic* OR entail* OR model OR simulat* OR calculat* OR measur* OR analy* OR statistic* OR logistic OR neural* OR intelligen*)(센서 OR 비젼 OR 레이저 OR 레이더 OR 카메라 OR 라이다 OR 적외선 OR 초음파* OR 음향* OR 관성측정 OR 관성센서 OR 지자기센서 OR 자이로센서 OR 위성항법보정 OR sensor OR vision OR laser OR radar OR lidar OR “light detection” OR infrared OR camera OR CMOS OR ultrasonic OR “ultra sound” OR ultrasound OR acoustic OR “gyro sensor” OR “inertia measurement” OR “IMU” OR magnetometer OR geomagnetic OR “geo magnetic”OR DGPS OR

중분류	소분류	검색식
		“differential GPS”)) AND IC=(B61*) AND AD=(19980101:20190808)
	탑승공간 최적 설계 기술(ACD)	TAC=(확장 OR 확대 OR 크기 OR 무게 OR 사이즈 OR 볼륨 OR 부피 OR 용량 OR 공간 OR 복층* OR 설계 OR 디자인 OR 최적* OR 최대* OR widen OR broaden OR enxten* OR expan* OR magnif* OR enlarg* OR embiggen OR grandize OR aggrandize OR big OR large OR size OR weight OR volum* OR capacity OR double OR “storied” OR layer OR stage OR duplex OR space OR design OR optim* OR maxim*)) AND IC=(B61D*) AND AD=(19980101:20190808)
	출입문-승객 I/F 설계 기술(ACE)	TAF=(출입문 OR 차량문 OR 개폐문 OR 도어 OR 게이트 OR 비차 OR door OR gate) NOT TI=(플랫폼 OR 울타리 OR 승강장 OR 스크린도어 OR 홈도어 OR "홈 도어" OR "PSD" OR platform) AND IC=(B61*) AND AD=(19980101:20190808)
궤도 토목 (AD)	빠르고 신뢰도 높은 분기기 기술(ADA)	TAC=(point* OR switch* OR turnout OR shunt OR divert* OR branch* OR tongue OR 분기* OR 전철* OR 크로싱* OR 텅레일* OR 쇄정* OR 해정* OR ((chang* OR exchang* OR 전환* OR 변경*) N/5 (track* OR rail* OR 선로* OR 레일* OR 트랙* OR 궤도* OR 궤조*))) AND IC=(E01B*) AND AD=(19980101:20190808)
	승차장-승객 I/F 설계 기술(ADB)	TAF=(플랫폼 OR 승강장 OR 스크린도어 OR 홈도어 OR "홈 도어" OR 울타리 OR "PSD" OR platform) AND IC=(B61* OR E01*) AND AD=(19980101:20190808)
	지능형 인프라 상태 실시간 감시 기술(ADC)	AC=(감시* OR 모니터* OR monitor* OR quard* OR surveil*) AND IC=(E01B* OR B61*) AND AD=(19980101:20190808)

[표 5.4.7] 자율주행철도 기술분류별 논문검색식

중분류	소분류	검색식
신호 통신 (AA)	열차간 통신 기반 열차제어기술 (AAA)	TI=((“train” or “Train” or railway or railroad) and (((train or vechicle or intertrain or intervechicle) adj3 (interval or distance or control)) or((“CBTC”or “ETCS”) and (moving adj1 block)))) AND (TF>=(1999) AND TF<=(2019)) and DT=("Article");
	열차 중심의 분기제어, 분산환경 연동제어기술 (AAB)	TI=((“train” or “Train” or railway or railroad) and (((track* or rail*) adj3 (branch* or chang* or exchang*)) or (interlocking or “IXL” or “EI”or route* or “CBI”))) AND (TF>=(1999) AND TF<=(2019)) and DT=("Article");

중분류	소분류	검색식
	열차간 직접적인 통신/보안 기술 (AAC)	TI=((“train” or “Train” or railway or railroad) and ("T2T" or (train adj1 to adj1 train) or (train adj1 centric)) and ((communication* or LTE* or GSM* or handover or "hand-over" or (hand adj 1 over)) or security)) AND (TF>=(1999) AND TF<=(2019)) and DT=("Article");
	무선통신기반 철도차량 네트워크 기술(AAD)	ALL=((“train” or “Train”or railway or railroad) and (((radio or communication* or wire*) and (network* or "formation" OR "organization" OR (train ADJ1 set))) or "TCN")) AND (TF>=(1999) AND TF<=(2019)) AND SSC=("TRANSPORTATION") and DT=("Article");
	철도차량 원격 주행 기술(AAE)	TI=(("train" or "Train" or railway or railroad or vehicle) and ((remote* or tele* or auto*) adj (control* or operat* or driv*))) AND (TF>=(1999) AND TF<=(2019)) AND SSC=("TRANSPORTATION") and DT=("Article");
	가상연결기 제어 기술(AAF)	ALL=((“train” or “Train” or railway or railroad or “ETCS” or“ERTMS”or“CBTC”or“CTCS”) and (((virtual* OR logic* or wire*) adj (composition* or coupl* OR connect* OR decoupl* OR formation* OR organization*) or platoon* or "closer running" or "closer-running" or convoy* or “relative positioning”) or ((“WSN”or “GNSS” or “GPS”or satellite or wire*) adj integrity))) AND (TF>=(1999) AND TF<=(2019)) AND SSC=("TRANSPORTATION") and DT=("Article");
	고정밀열차 위치 검지 기술(AAG)	TI=((“train” or “Train” or railway or railroad or "ETCS" or "ERTMS" or "CBTC" or "CTCS") and (localiz* or locat* or position*)) AND (TF>=(1999) AND TF<=(2019)) and DT=("Article");
	빠르고 신뢰도 높은 선로전환기술 (AAH)	TI=((“train” or “Train” or railway or railroad or “ETCS”or“ERTMS”or“CBTC”or“CTCS”) and ("point machine" OR pointmachine* OR point* or (track adj switch*) OR turnout OR shunt OR "crossing" OR "crossover") not cloud) AND (TF>=(1999) AND TF<=(2019)) and DT=("Article");
철도 운영 (AB)	고밀도 열차 스케줄링 기술, 가상연결기 지원 스케줄링 기술 (ABA)	TI=((“train” or “Train” or railway or railroad or “ETCS”or“ERTMS”or“CBTC”or“CTCS”) and ((schedul* OR timetabl* OR "time table") OR ((operation OR driving OR trip OR traffic* OR service) adj5 (plan* OR simulat*)))) AND (TF>=(1999) AND SSC=("TRANSPORTATION") AND TF<=(2019)) AND DT=("Article");
	실시간 경합예측 및 연쇄지연 최소화 기술, 재스	TI=((“train” or “Train” or railway or railroad or “ETCS”or“ERTMS”or“CBTC”or“CTCS”) and ((schedul* OR timetabl* OR "time table" OR traffic* OR service OR "lay out" OR layout OR "for

중분류	소분류	검색식
	케줄링최적화 기술(ABB)	mation" OR "organization" OR "train set" OR route OR reroute) adj5 (decision OR judgement OR delay OR competition OR deadlock OR congest* OR conflict* OR detect* OR neural* OR intelligen* OR estimat* OR predict* OR reschedul* OR estimat* OR "ad hoc"))) AND (TF>=(1999) AND TF<=(2019)) AND SSC=("TRANSPORTATION") AND DT=("Article");
	승객 환승최적화 관제기술(ABC)	TI=((“train” or “Train” or railway or railroad or “ETCS”or“ERTMS”or“CBTC”or“CTCS”) and ((control or management) adj (transfer* or rout* or schedule or passenger*))) AND (TF>=(1999) AND TF<=(2019)) AND SSC=("TRANSPORTATION") AND DT=("Article");
철도 차량 (AC)	빠른응답특성의 추진/제동기술 (ACA)	TI=(("train" or "Train" or railway or railroad or (rolling and stock)) and (fast* or perfor* or respon* or relia*) and (brak* or propul* or traction* or motor or inver* or driv* or DDM or PMSM or gear or power or conver* or transmission)) AND (TF>=(1999) AND TF<=(2019)) AND DT=("Article");
	예측가능한제동 기술(ACB)	TI=((“train” or “Train” or railway or railroad) and (brak* adj (predict* OR optimi* OR estimat*))) AND (TF>=(1999) AND TF<=(2019)) AND SSC=("TRANSPORTATION")AND DT=("Article");
	지능형 열차 전방상황 인지기술 (ACC)	TI=(("train" or "Train" or railway or railroad or "on-train" or "On-Train") and ((aware* or monitor* or recogniz* or surveill* or supervi* or detect*) and (obstacle* OR sens* OR laser OR radar OR camera OR CMOS OR ultrasonic OR ultrasound OR acoustic OR "gyro sensor" OR "inertia measurement" OR "IMU" OR DGPS OR "differential GPS"))) AND (TF>=(1999) AND TF<=(2019)) AND DT=("Article");
	탑승공간 최적 설계 기술(ACD)	ALL=((“train” or “Train” or railway or railroad or “ETCS”or“ERTMS”or“CBTC”or“CTCS”) and ((area or space or "double deck" or “Double Deck” or floor or carbody or capacity or size or weight or volum*) adj (optimiz* or widen or broaden or expan* or enlarg* or double or stage or duplex or maxim*))) AND (TF>=(1999) AND TF<=(2019)) AND SSC=("TRANSPORTATION") AND DT=("Article");
	출입문-승객 I/F 설계 기술(ACE)	ALL=((“train” or “Train” or railway or railroad or “ETCS”or“ERTMS”or“CBTC”or“CTCS”) and ((door or gate) adj (interface* or design*))) not ALL=(screen or platform or "PSD") AND (TF>=(1999) AND TF<=(2019)) AND SSC=("TRANSPORTATION")AND DT=("Article");

중분류	소분류	검색식
궤도 토목 (AD)	빠르고 신뢰도 높은 분기기 기술(ADA)	TI=(("train" or "Train" or railway or railroad or "ETCS" or "ERTMS" or "CBTC" or "CTCS") and ((switch* OR turnout or turnback or "Turn-Back" or "turn-back" or points* or crossover or frog*) adj3 (track* OR rail*))) AND (TF>=(1999) AND TF<=(2019)) AND DT=("Article");
	승차장-승객 I/F 설계 기술(ADB)	ALL=((“train”or “Train” or railway or railroad or “ETCS”or“ERTMS”or“CBTC”or“CTCS”) and ((interface* or design*) adj (platform or screen or safety or disaster or passenger* or weak or "PSD" or "home door"))) AND (TF>=(1999) AND TF<=(2019)) and SSC=("TRANSPORTATION")AND DT=("Article");
	지능형 인프라 상태 실시간 감시 기술(ADC)	TI=(("train" or "Train" or railway or railroad or "ETCS" or "ERTMS" or "CBTC" or "CTCS") and ((infras* or track or Track or switch or platform or obstacle or bridge or rail) adj (monitor* or autonomous* or sensor* or realtime* or quard* or surveil* or coondition or integrity))) AND (TF>=(1999) AND TF<=(2019)) AND DT=("Article");

- (검색결과 및 노이즈제거) 총 11,087건의 유효특허와 1,074건의 유효논문이 분석에 활용됨

* 총 47,514건의 특허가 검색되었으며, 전문가 검토를 통한 노이즈 제거를 통해 11,087건의 유효특허가 분석에 활용됨

** 총 1,865건의 논문이 검색되었으며, 전문가 검토를 통한 노이즈 제거를 통해 1,074건의 유효논문이 분석에 활용됨

[표 5.4.8] 자율주행철도 기술 특허 및 논문 검색 결과

구분	중분류	검색 건수(Raw-data)	유효 건수
특허	AA. 신호통신	15,054	2,922
	AB. 철도운영	6,361	1,084
	AC. 철도차량	16,062	3,474
	AD. 궤도토목	10,037	3,607
합계		**47,514**	**11,087**
논문	AA. 신호통신	1,221	580
	AB. 철도운영	248	192
	AC. 철도차량	188	117
	AD. 궤도토목	206	185
합계		**1865**	**1,074**

2. 분석결과

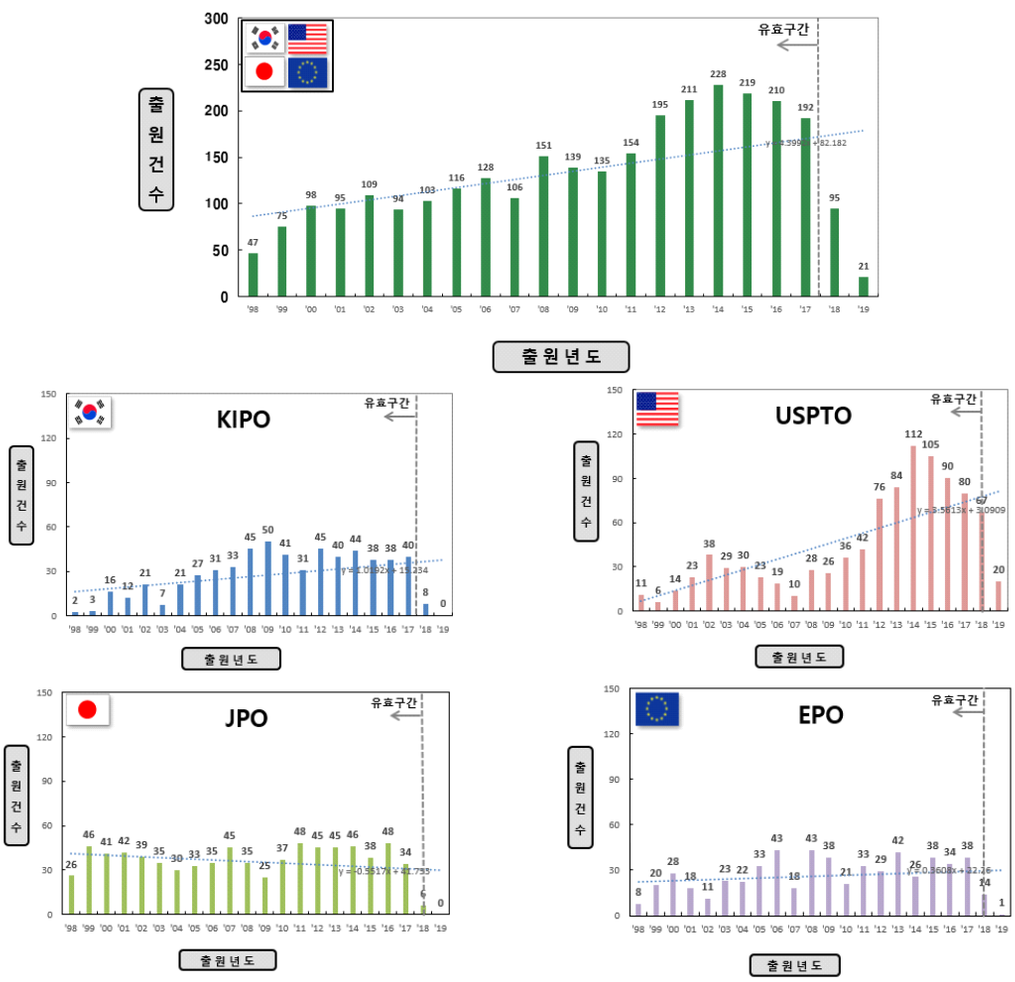
가. 특허 동향 분석

■ 총괄 분석

- **(신호통신 분야)** 분석구간 초기부터 최근까지 완만한 형태의 증가 추세가 나타나고 있으며, 일본을 제외하고 전체적으로 증가 추세를 보임

  - **(연도별)** 4년 주기로 크게 증가했다가 소폭 감소하고 다시 크게 감소하는 구간이 나타나며, 특히 미국이 크게 증가함

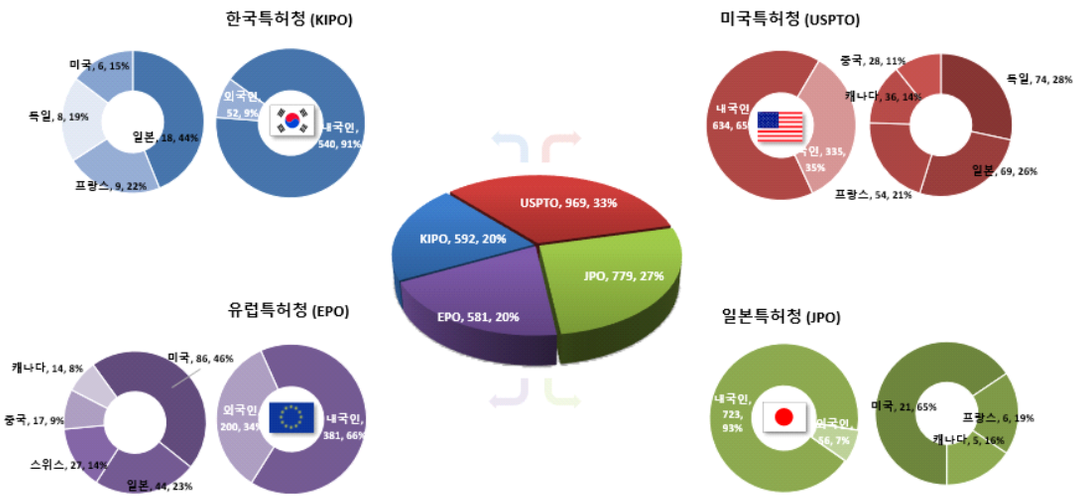
  - **(국가별)** 한국 593건(20%), 미국 969건(33%), 일본 779건(27%), 유럽 581건(20%)의 특허가 출원되어, 미국이 가장 많은 특허기술을 점유하고 있는 것으로 나타남



[그림 5.4.1] 신호통신 분야 국가별 특허분석 결과

- **(출원인 국적별)** 전체적으로 자국 출원이 대부분이며, 한국의 내·외국인 특허 출원 비율은 내국인 91%(541건), 외국인 9%(52건)로, 일본과 더불어 한국의 자국 중심의 출원 경향이 강한 것으로 나타남

* 한국에 출원한 외국인의 국적을 살펴보면, 일본 국적의 출원인이 가장 많은 특허를 출원하였으며, 프랑스, 독일, 미국 국적 순으로 나타남

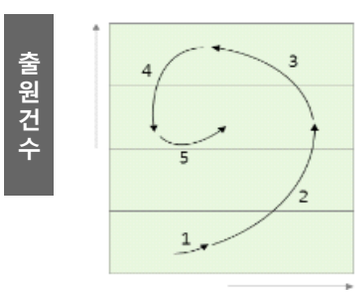


[그림 5.4.2] 신호통신(AA) 분야 주요 출원국 출원인 국적별 출원현황

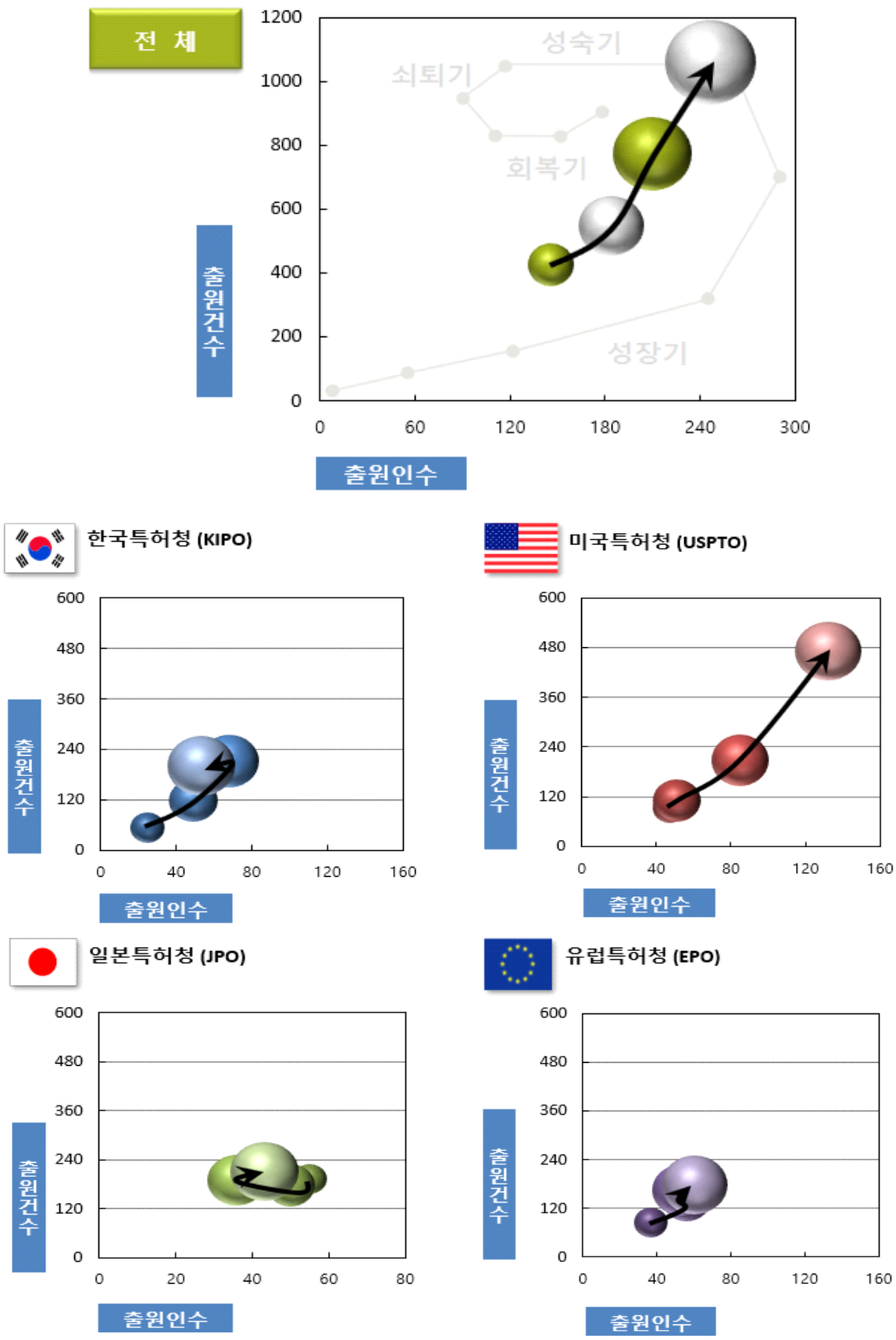
- **(기술성장단계별)** 5년 단위의 구간으로 주요 국가의 출원건수 및 출원인수 모두 증가하고 있는 형태로 성장기로 나타나며, 선진국 등과의 경쟁이 심화될 것으로 판단됨

* 최근 구간에서 출원건수 및 출원인수가 크게 증가하고 있으며, 또한, 1구간에서부터 4구간까지 지속되고 있어 성장기 단계의 형태가 장기간 나타나고 있음

특허기술 성장단계별 의미



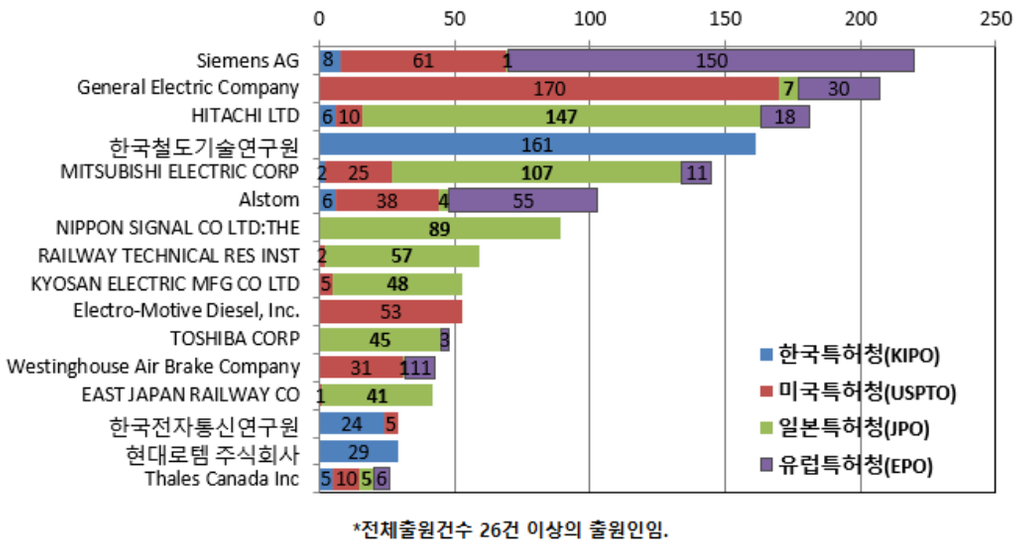
1. 태동	• 신기술의 출현 • 특허와 특허출원인의 적은 증가
2. 성장	• R&D의 급격한 증가, 경쟁의 격화 • 특허와 특허출원인의 빠른 증가
3. 성숙	• 지속적인 연구개발 활동, 일부 업체의 도태 • 특허 수의 정체, 특허출원인의 정체 또는 감소
4. 쇠퇴	• 대체기술의 출현, 기술발전의 불연속점 발생 • 특허 수의 감소, 특허출원인의 정체 또는 감소
5. 회복	• 기술의 유용성 재발견, 대체기술의 쇠퇴 • 특허와 출원인 수가 증가추세로 전환



[그림 5.4.3] 신호통신 분야 기술성장 단계별 분석 결과

- **(주요출원인별)** 신호통신(AA)의 주요출원인은 지멘스(유럽), GE(미국), 히타치(일본) 등이며, 자국 출원을 활발히 한 것으로 나타남

* 한국 국적의 출원인으로는 한국철도기술연구원, 한국전자통신연구원, 현대로템 주식회사가 순위에 올랐으며, 한국에서는 연구기관을 중심으로 관련 기술개발이 이루어지고 있음을 알 수 있음

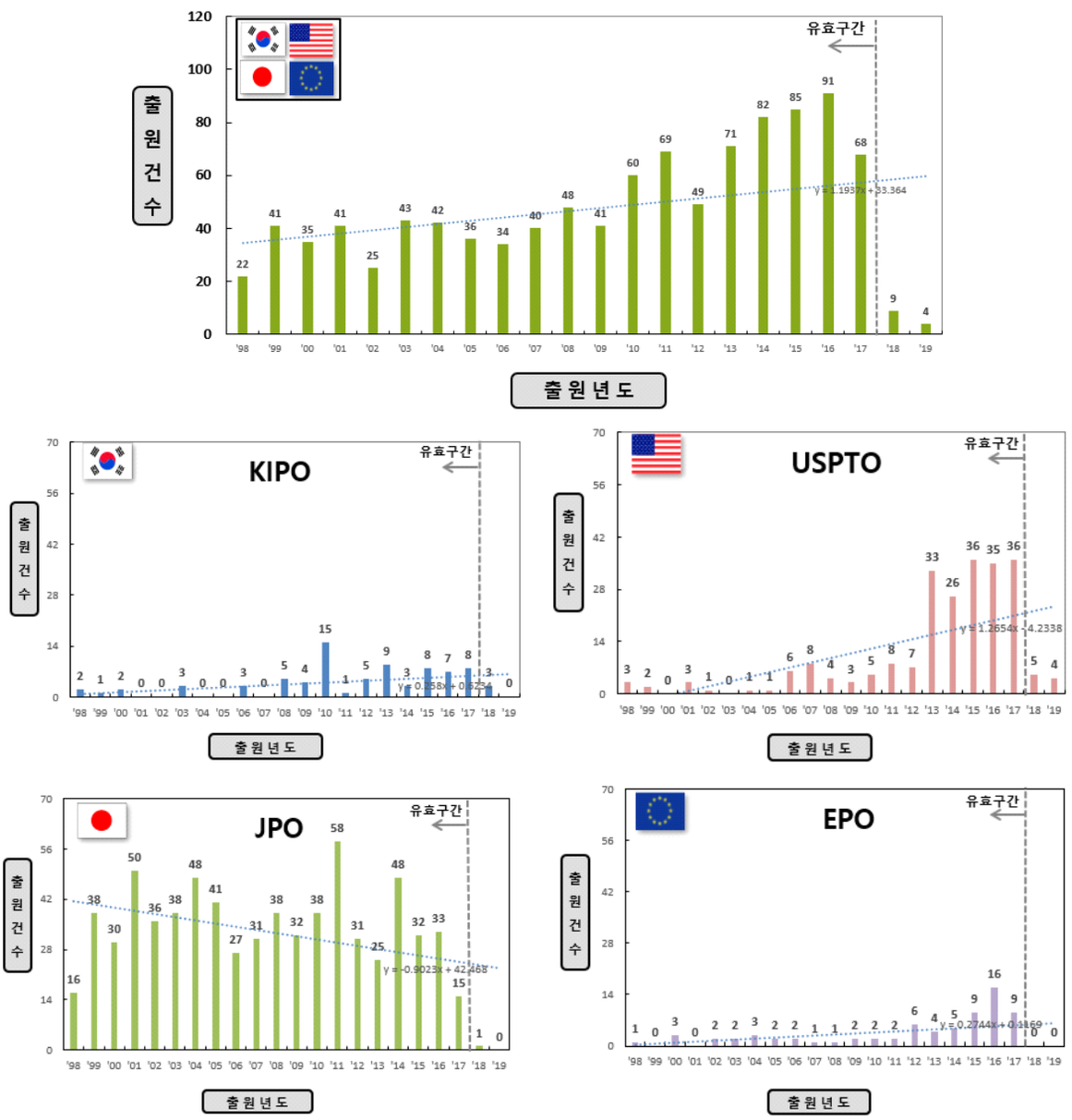


[그림 5.4.4] 신호통신(AA) 분야 주요 출원인 출원현황

[표 5.4.9] 신호통신(AA) 분야 국가별 다출원 기준 주요 출원인

순위	KIPO		USPTO		JPO		EPO	
	출원인 (국적)	출원 건수	출원인 (국적)	출원 건수	출원인 (국적)	출원 건수	출원인 (국적)	출원 건수
1	한국철도기술연구원	161	General Electric Company	170	HITACHI LTD	147	Siemens AG	150
2	현대로템 주식회사	29	Siemens AG	61	MITSUBISHI ELECTRIC CORP	107	Alstom	55
3	한국전자통신연구원	24	Electro-Motive Diesel, Inc.	53	NIPPON SIGNAL CO LTD:THE	89	General Electric Company	30
4	김봉택	22	Alstom	38	RAILWAY TECHNICAL RES INST	57	HITACHI LTD	18
5	주식회사 포스코	14	Westinghouse Air Brake Company	31	KYOSAN ELECTRIC MFG CO LTD	48	Bombardier	13
6	한국철도공사	11	MITSUBISHI ELECTRIC CORP	25	TOSHIBA CORP	45	Hubner GmbH	12
7	김동섭	10	GE GLOBAL SOURCING LLC	21	EAST JAPAN RAILWAY CO	41	MITSUBISHI ELECTRIC CORP	11
8	주식회사 혁신전공사	9	New York Air Brake Corp.	12	CENTRAL JAPAN RAILWAY CO	12	Westinghouse Air Brake Company	11
9	Siemens AG	8	WABTEC Holding Corp	12	WEST JAPAN RAILWAY CO	10	Alcatel	10
10	삼표이앤씨 주식회사	8	HITACHI LTD	10	DAIDO SIGNAL CO LTD	8	Traffic Control Technology Co., Ltd	8

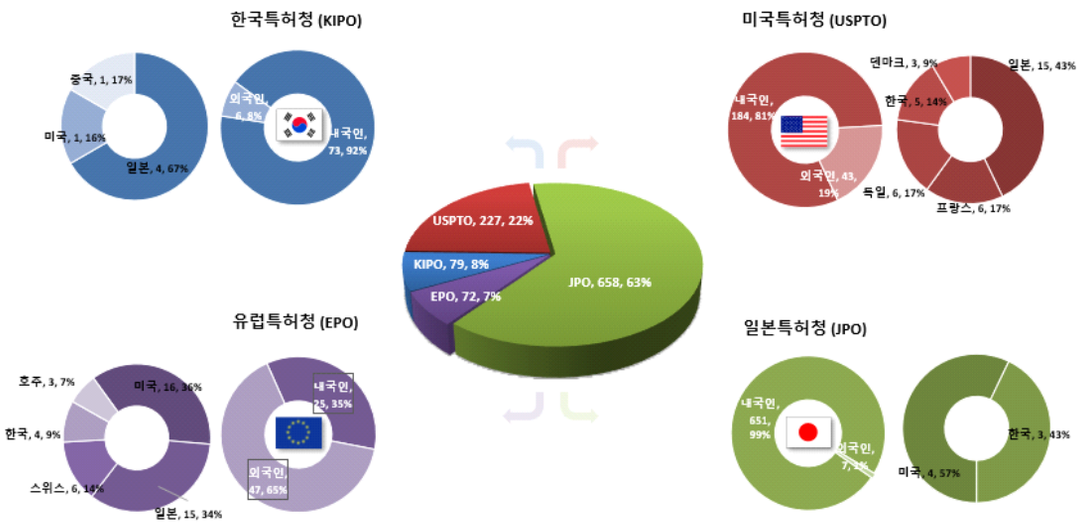
- **(철도운영 분야)** 분석구간 초기부터 최근까지 완만한 형태의 증가 추세를 보임
  - **(연도별)** 급격한 증가 혹은 감소하는 영역은 나타나지 않으며, 2012년까지는 일본의 흐름이 전체 동향 흐름을 주도하고 있으며 2013년 이후에 미국, 유럽의 출원 증가로 전체적으로 성장하는 추세임
  - **(국가별)** 한국 79건(7%), 미국 227건(22%), 일본 658건(63%), 유럽 72건(7%)의 특허가 출원되어, 일본(JPO)이 타국에 비해 압도적으로 많은 특허기술을 점유함



[그림 5.4.5] 철도운영 분야 국가별 특허분석 결과

- **(출원인 국적별)** 한국의 내·외국인 특허출원 비율은 내국인 92%(73건), 외국인 8%(6건)의 비율이 나타나 자국 중심의 출원 경향이 강한 것으로 나타남

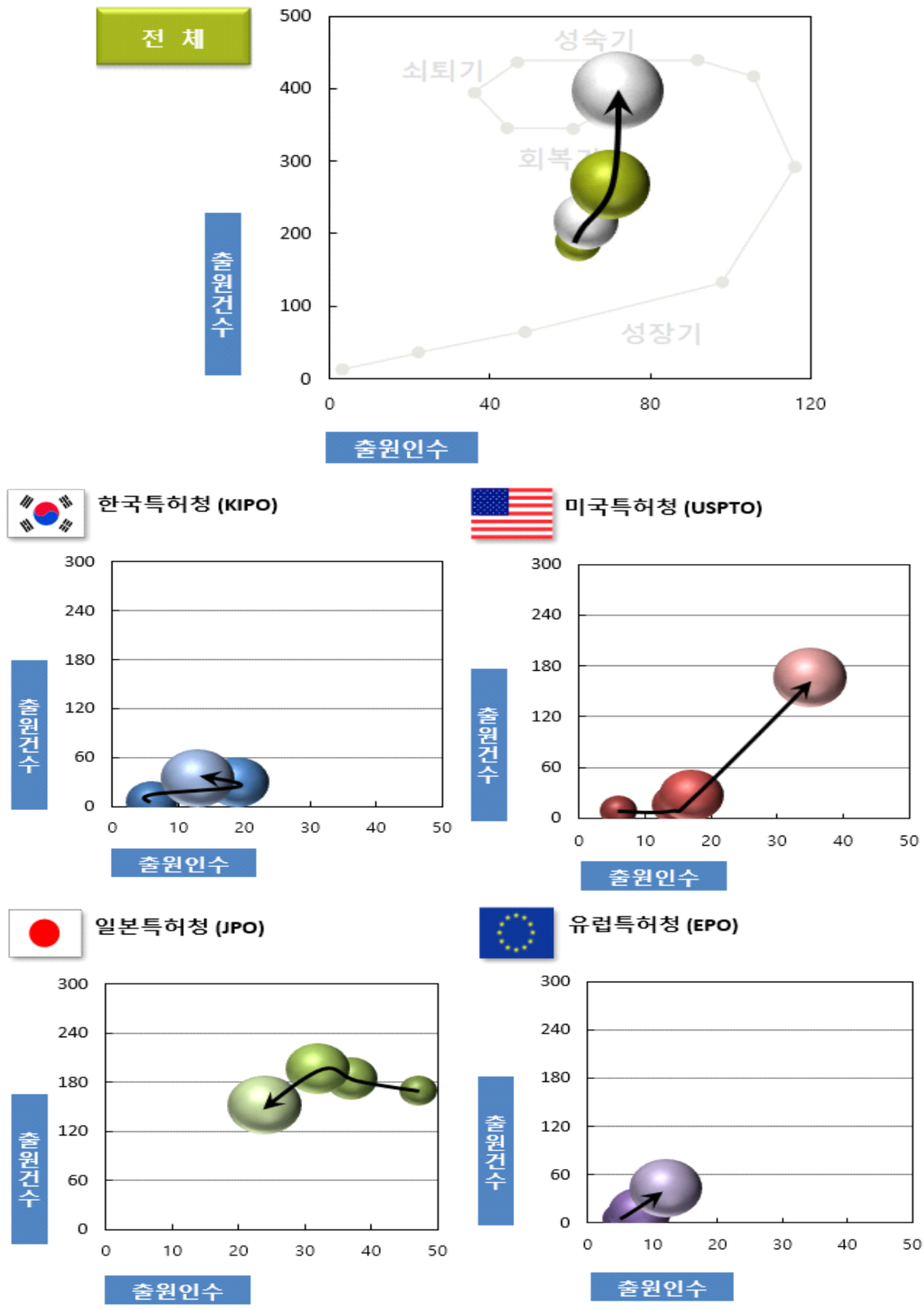
* 한국에 출원한 외국인의 국적을 살펴보면, 일본 국적의 출원인이 가장 많은 특허를 출원하였으며, 미국, 중국 국적 순으로 나타남



[그림 5.4.6] 철도운영(AB) 분야 주요 출원국 출원인 국적별 출원현황

- **(기술성장단계별)** 5년 단위의 구간으로 주요 국가의 출원건수와 출원인 수의 변화를 살펴보면 출원건수는 크게 증가하고 있고, 출원인수는 소폭으로 증가하고 있는 형태의 성장기로 해석할 수 있음

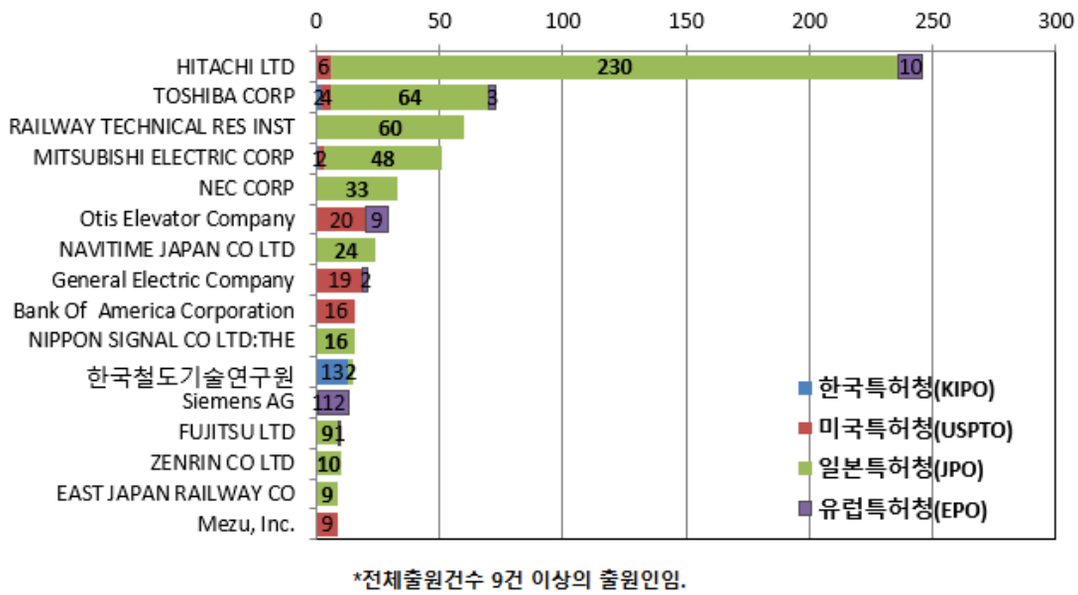
* 최근 구간에서 출원건수는 크게 증가했으나, 출원인수는 소폭 증가하는 형태이며, 이는 초기 구간부터 지속되고 있는 양상으로 성장기 단계의 형태가 장기간 나타나고 있음



[그림 5.4.7] 철도운영 분야 기술성장 단계별 분석 결과

- **(주요출원인별)** 철도운영(AB)의 주요출원인은 히타치(일본)가 압도적이며, 자국 출원을 활발히 한 것으로 나타남

* 한국 국적의 출원인으로는 한국철도기술연구원이 순위에 올랐으며, 한국에서는 연구기관을 중심으로 관련 기술개발이 이루어지고 있음을 알 수 있음



[그림 5.4.8] 철도운영(AB) 분야 주요 출원인 출원현황

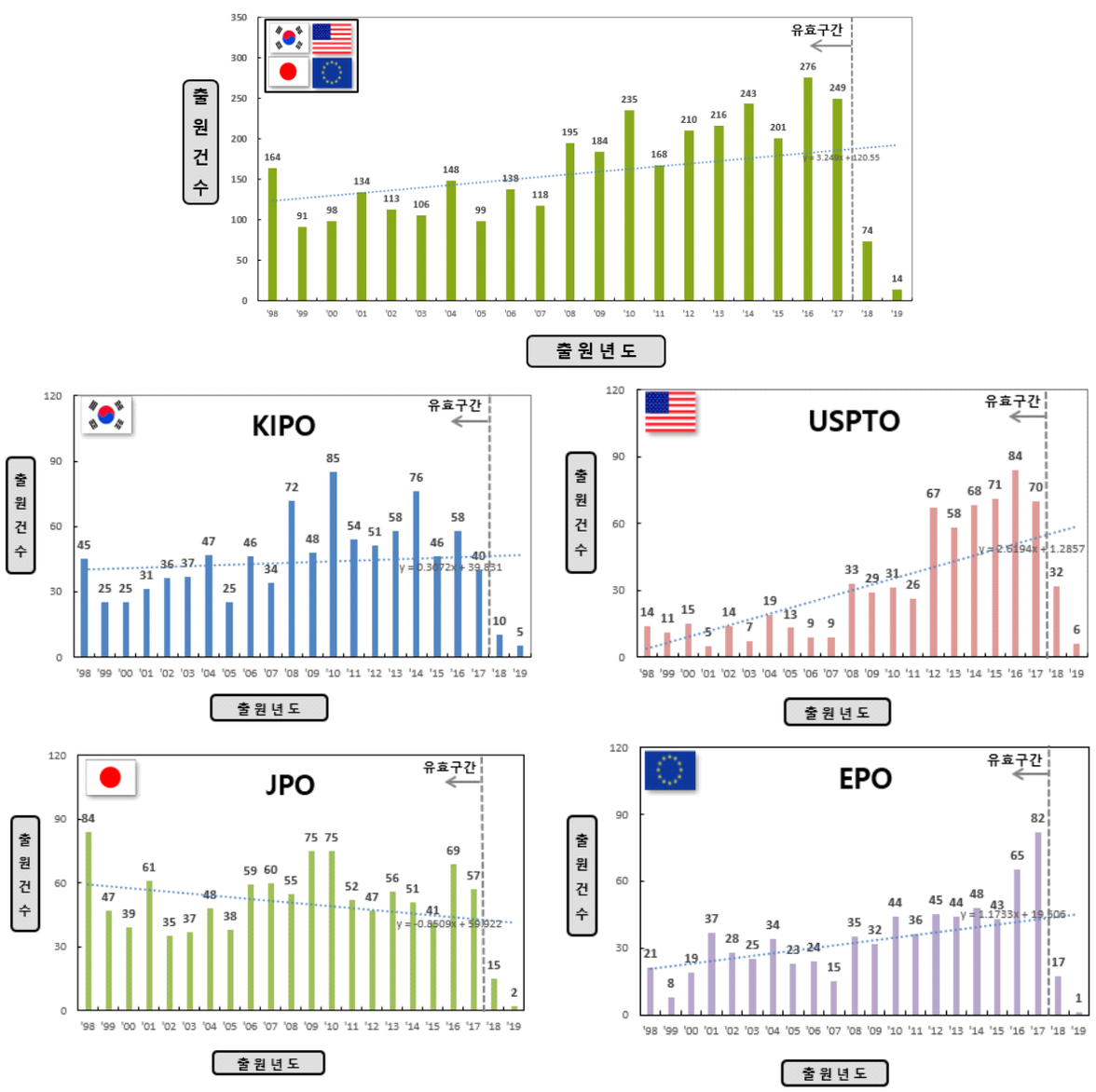
[표 5.4.10] 철도운영(AB) 분야 국가별 다출원 기준 주요 출원인

순위	KIPO		USPTO		JPO		EPO	
	출원인 (국적)	출원 건수	출원인 (국적)	출원 건수	출원인 (국적)	출원 건수	출원인 (국적)	출원 건수
1	한국철도기술연구원	13	Otis Elevator Company	20	HITACHI LTD	230	Siemens AG	12
2	한국철도공사	8	General Electric Company	19	TOSHIBA CORP	64	HITACHI LTD	10
3	서울메트로	4	BankOf America Corporation	16	RAILWAY TECHNICAL RES INST	60	Otis Elevator Company	9
4	김무상|조상혁|고은준|김기철|안상우	3	Mezu, Inc.	9	MITSUBISHI ELECTRIC CORP	48	LR Intralogistik GmbH	6
5	주식회사 홍우비앤티	3	Vendini, Inc.	9	NEC CORP	33	TOSHIBA CORP	3
6	현대로템 주식회사	3	Electro-Motive Diesel, Inc.	7	NAVITIME JAPAN CO LTD	24	㈜엘지	3
7	TOSHIBA CORP	2	HITACHI LTD	6	NIPPON SIGNAL CO LTD:THE	16	Bleachr LLC	3
8	(주)위세아이텍	2	Alstom	6	ZENRIN CO LTD	10	Lacey, Brian Jason David	3
9	가온미디어 주식회사	2	Live Nation Entertainment, Inc.	6	FUJITSU LTD	9	PA.COTTE SA	3
10	김정은	2	Pangea Universal Holdings, Inc.	6	EAST JAPAN RAILWAY CO	9	General Electric Company	2

- **(철도차량 분야)** 분석구간 초기부터 최근까지 증감을 반복하며 완만한 형태의 증가 추세를 보임

  - **(연도별)** 2010년 이후 200건을 넘었으며, 2012년 이후 200건 내외의 출원건수를 유지함

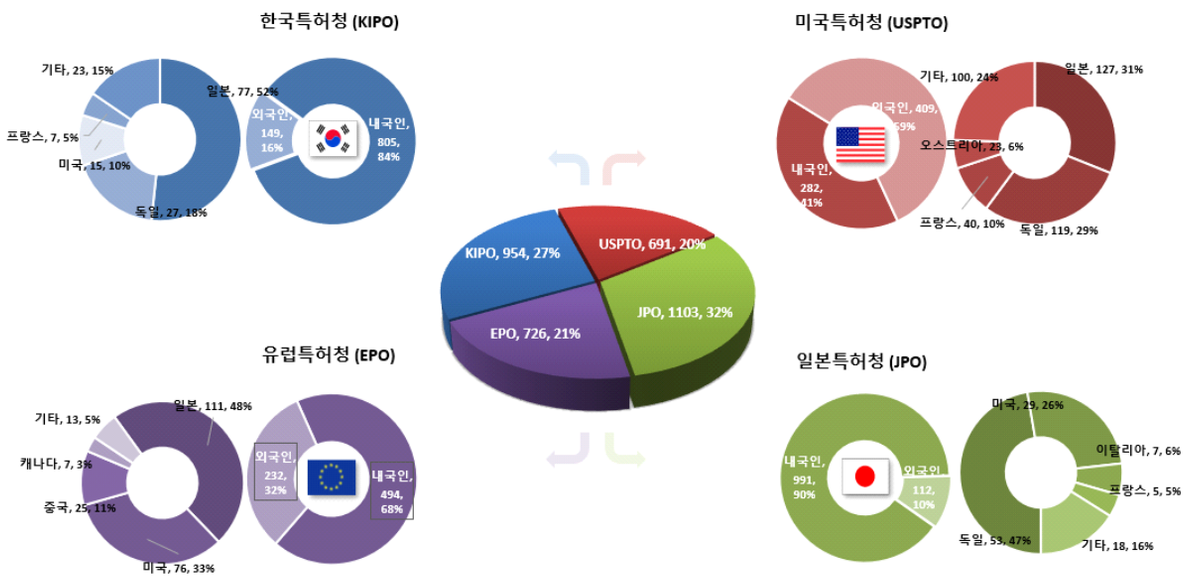
  - **(국가별)** 한국 954건(27%), 미국 691건(20%), 일본 1,103건(32%), 유럽 726건(21%)의 특허가 출원되어, 일본(JPO)이 가장 많은 특허기술을 점유하는 것으로 나타남



[그림 5.4.9] 철도차량 분야 국가별 특허분석 결과

- **(출원인 국적별)** 한국의 특허출원 비율은 내국인 84%(805건), 외국인 16%(149건)으로 나타나며, 한국의 특허출원 경향이 내국인 출원 비율 약 90%(전체기술 평균)인 것과 비교할 때 외국 중심의 출원 경향이 강한 것으로 나타남

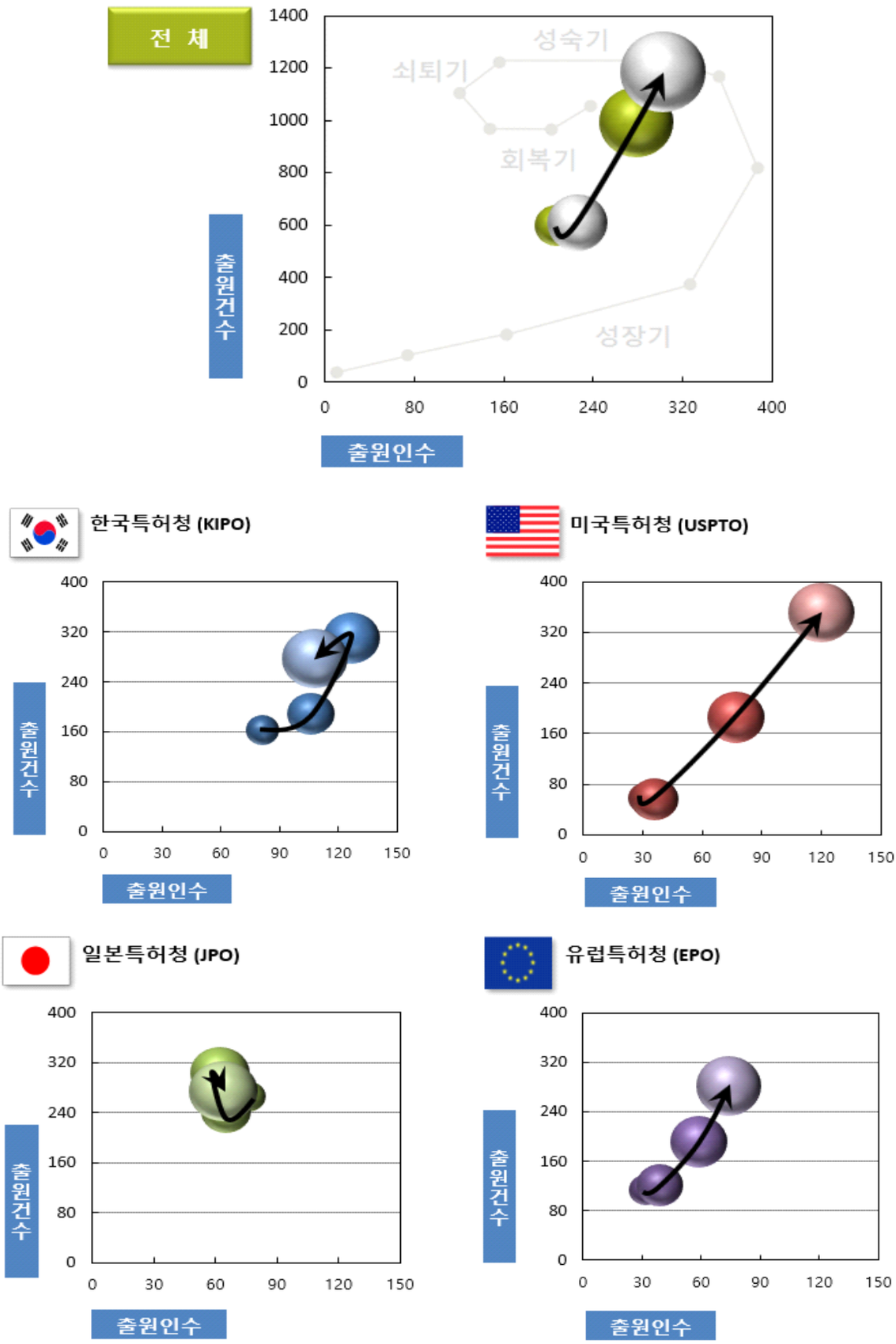
* 한국에 출원한 외국인의 국적을 살펴보면, 일본 국적의 출원인이 가장 많은 특허를 출원하였으며, 독일, 미국, 프랑스 국적 순으로 나타남



[그림 5.4.10] 철도차량(AC) 분야 주요 출원국 출원인 국적별 출원현황

- **(기술성장단계별)** 5년 단위의 구간으로 주요 국가의 출원건수와 출원인 수의 변화를 살펴보면 출원건수 및 출원인수가 증가하고 있는 형태로, 성장기로 해석할 수 있음

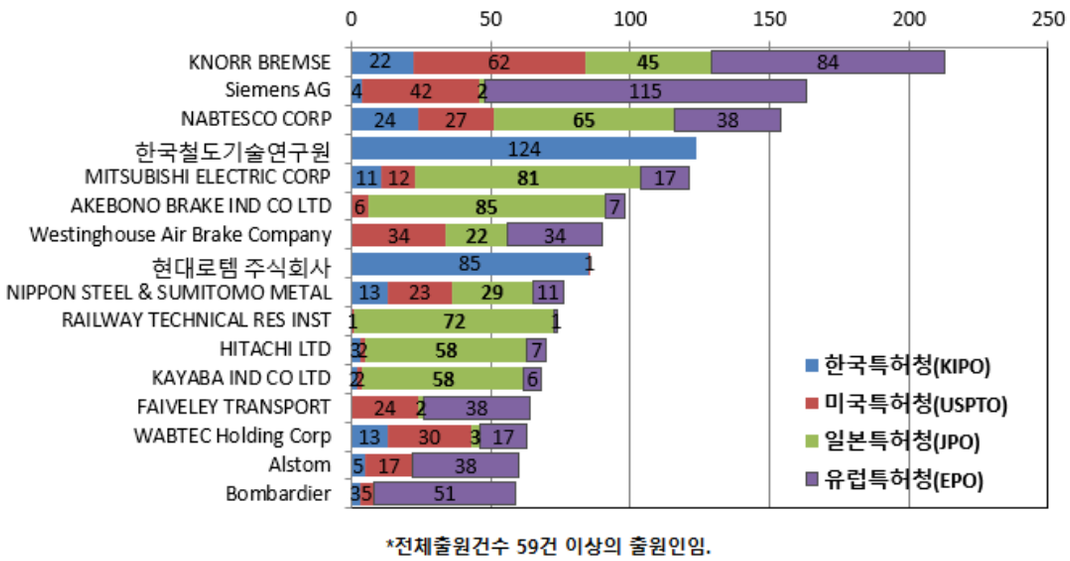
* 초기 구간은 출원건수가 유지되면서 출원인수가 소폭 증가하는 형태나, 2구간 이후부터는 출원건수 및 출원인수가 증가하는 양상으로 성장기 단계의 형태가 장기간 나타나고 있음



[그림 5.4.11] 철도차량 분야 기술성장 단계별 분석 결과

- **(주요출원인별)** 철도차량(AC)의 주요출원인은 크노르 브렘즈(유럽), 지멘스(유럽)으로 나타나며, 자국 뿐만 아니라 해외출원을 활발히 하는 것으로 나타남

* 한국 국적의 출원인으로는 한국철도기술연구원, 현대로템 주식회사가 순위에 올랐으며, 한국에서는 연구기관을 중심으로 관련 기술개발이 이루어지고 있음을 알 수 있음



[그림 5.4.12] 철도차량(AC) 분야 주요 출원인 출원현황

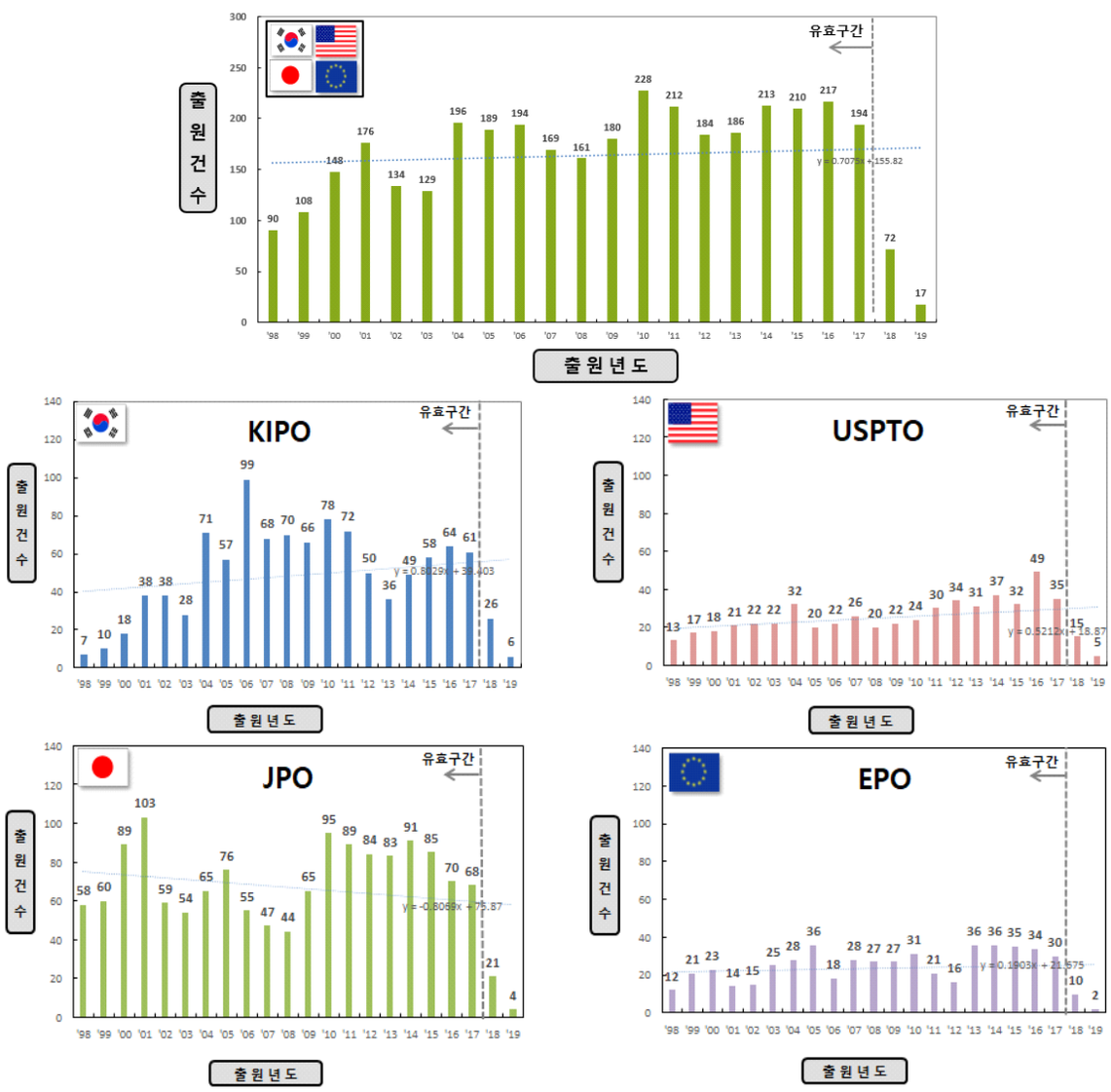
[표 5.4.11] 철도차량(AC) 분야 국가별 다출원 기준 주요 출원인

순위	KIPO		USPTO		JPO		EPO	
	출원인 (국적)	출원 건수	출원인 (국적)	출원 건수	출원인 (국적)	출원 건수	출원인 (국적)	출원 건수
1	한국철도기술연구원	124	KNORR BREMSE	62	AKEBONO BRAKE IND CO LTD	85	Siemens AG	115
2	현대로템 주식회사	85	Siemens AG	42	MITSUBISHI ELECTRIC CORP	81	KNORR BREMSE	84
3	NABTESCO CORP	24	Westinghouse Air Brake Company	34	RAILWAY TECHNICAL RES INST	72	Bombardier	51
4	KNORR BREMSE	22	WABTEC Holding Corp	30	NABTESCO CORP	65	NABTESCO CORP	38
5	주식회사 로템	19	New York Air Brake Corp.	29	HITACHI LTD	58	FAIVELEY TRANSPORT	38
6	유진기공산업주식회사	18	NABTESCO CORP	27	KAYABA IND CO LTD	58	Alstom	38
7	흥일기업주식회사	18	FAIVELEY TRANSPORT	24	FUJI ELECTRIC CO LTD	48	Westinghouse Air Brake Company	34
8	한국철도공사	17	NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL	23	KNORR BREMSE	45	Gebr. Bode GmbH & Co. KG	28
9	NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL	13	Alstom	17	KAWASAKI HEAVY IND LTD	45	MITSUBISHI ELECTRIC CORP	17
10	WABTEC Holding Corp	13	Amsted Rail Company	16	EAST JAPAN RAILWAY CO	31	WABTEC Holding Corp	17

- **(궤도토목 분야)** 분석구간 초기부터 최근까지 급격한 증가 또는 감소 없이 완만한 형태의 증감 추세를 보임

  - **(연도별)** 2002년에서 2003년까지의 감소추세에서 2004년 이후 최근까지 증감을 반복하는 추세가 나타나며, 일본의 출원이 전체 특허 정량적 흐름에 영향을 주는 것으로 판단됨

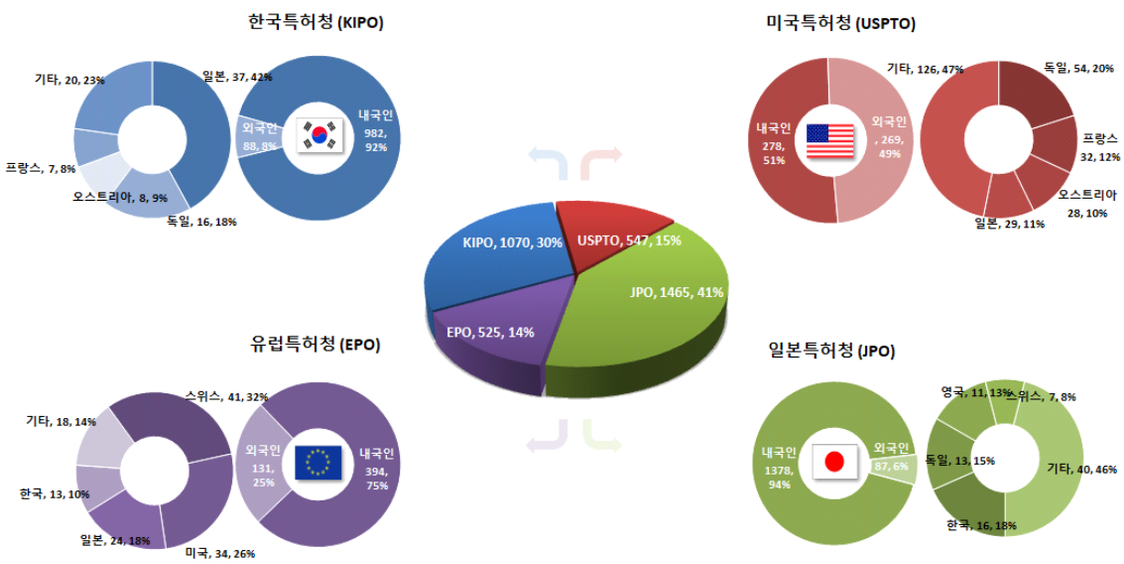
  - **(국가별)** 한국 1,070건(30%), 미국 547건(15%), 일본 1,465건(41%), 유럽 525건(14%)의 특허가 출원되어, 일본(JPO)이 타국에 비해 가장 많은 특허기술을 점유함



[그림 5.4.13] 궤도토목 분야 국가별 특허분석 결과

- **(출원인 국적별)** 한국의 특허출원 비율은 내국인 내국인 92%(982건), 외국인 8%(88건)로 나타나며, 한국의 특허출원 경향이 내국인 출원 비율 약 90%(전체기술 평균)인 것과 비교할 때 자국 중심의 출원 경향이 강한 것으로 나타남

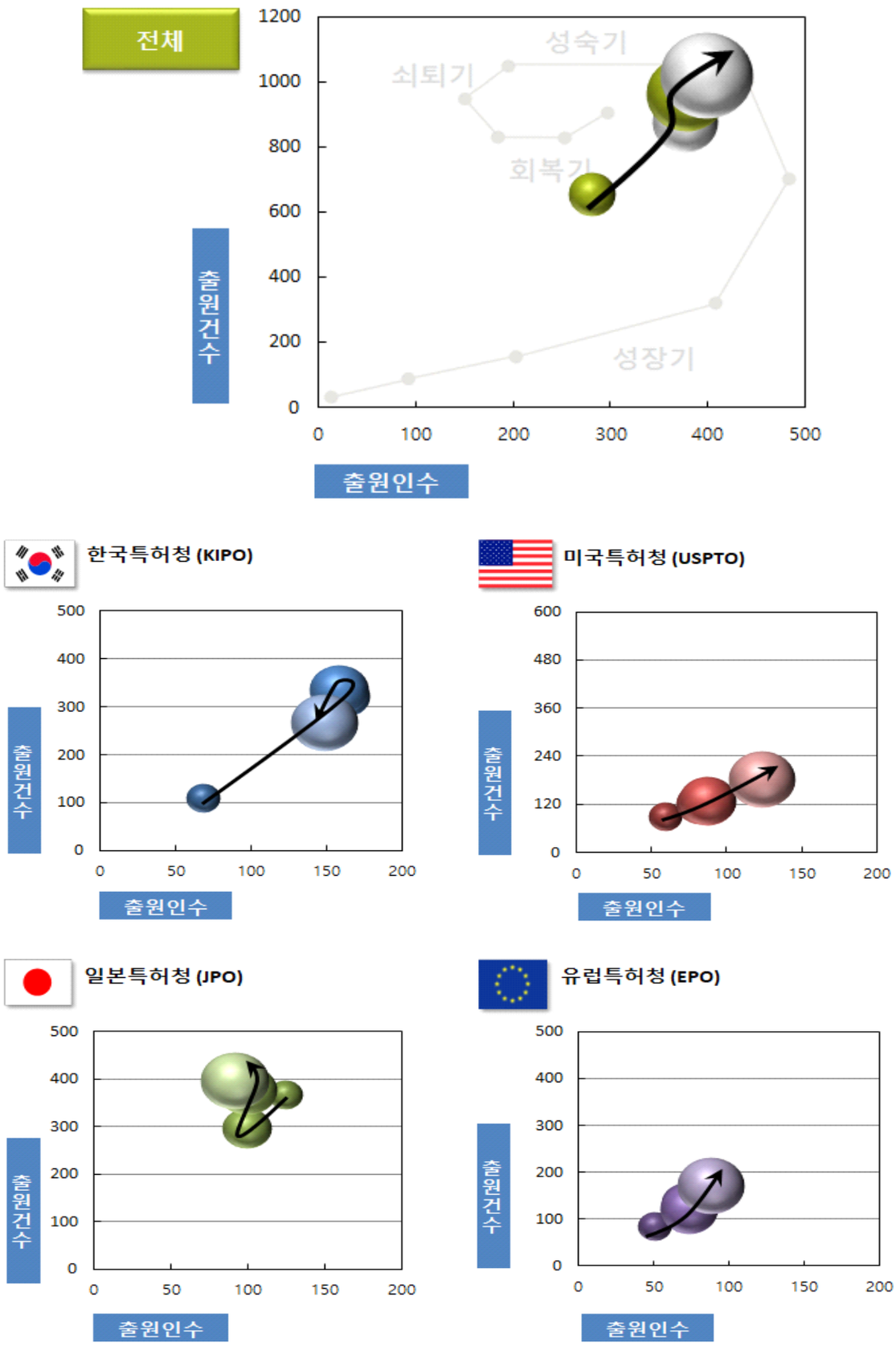
* 한국에 출원한 외국인의 국적을 살펴보면, 일본 국적의 출원인이 가장 많은 특허를 출원하였으며, 독일, 프랑스, 오스트리아 국적 순으로 나타남



[그림 5.4.14] 궤도토목(AD) 분야 주요 출원국 출원인 국적별 출원현황

- **(기술성장단계별)** 5년 단위의 구간으로 주요 국가의 출원건수와 출원인 수의 변화를 살펴보면 출원건수 및 출원인수가 증가하고 있는 형태로, 성장기로 해석할 수 있음

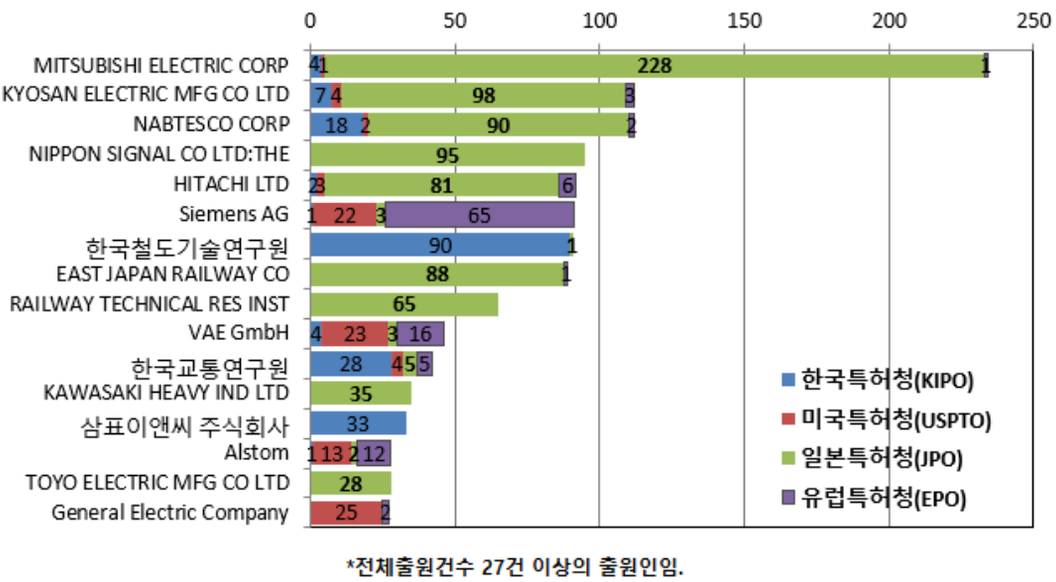
* 최근 구간에서 출원건수 및 출원인수가 소폭 증가하고 있는 형태를 나타내고 있으며, 이는 2구간 이후부터 지속되고 있는 양상으로 성장기 단계의 형태가 장기간 나타나고 있음



[그림 5.4.15] 궤도토목 분야 기술성장 단계별 분석 결과

- **(주요출원인별) 궤도토목**(AD)의 주요출원인은 미쯔비시전기(일본)으로 나타나며, 자국 출원을 활발히 하는 것으로 나타남

* 한국 국적의 출원인으로는 한국철도기술연구원, 한국교통연구원, 삼표이앤씨 주식회사가 순위에 올랐으며, 한국에서는 연구기관을 중심으로 관련 기술개발이 이루어짐



*전체출원건수 27건 이상의 출원인임.

[그림 5.4.16] 궤도토목(AD) 분야 주요 출원인 출원현황

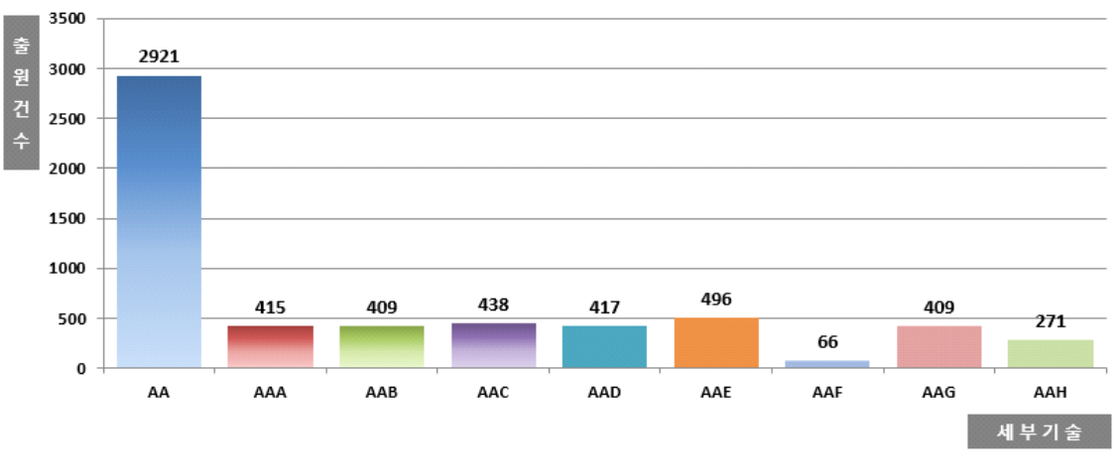
[표 5.4.12] 궤도토목(AD) 분야 국가별 다출원 기준 주요 출원인

순위	KIPO		USPTO		JPO		EPO	
	출원인 (국적)	출원 건수	출원인 (국적)	출원 건수	출원인 (국적)	출원 건수	출원인 (국적)	출원 건수
1	한국철도기술연구원	90	General Electric Company	25	MITSUBISHI ELECTRIC CORP	228	Siemens AG	65
2	삼표이앤씨 주식회사	33	VAE GmbH	23	KYOSAN ELECTRIC MFG CO LTD	98	voestalpine GmbH	18
3	한국교통연구원	28	Siemens AG	22	NIPPON SIGNAL CO LTD:THE	95	Vossloh Cogifer	18
4	NABTESCO CORP	18	Alstom	13	NABTESCO CORP	90	VAE GmbH	16
5	한국철도공사	18	Canadian National Railway Company	9	EAST JAPAN RAILWAY CO	88	BWGGmbH	16
6	이명관	14	SCHWIHAG AG	8	HITACHI LTD	81	KNORR BREMSE	13
7	서울메트로	13	Innova Patent GmbH	8	RAILWAY TECHNICAL RES INST	65	Alstom	12
8	주식회사 디유에이엔아이	13	HYPERLOOP TECHNOLOGIES, INC.	8	KAWASAKI HEAVY IND LTD	35	Bombardier	10
9	주식회사 보성알앤디	13	Railway Equipment Company, Inc.	8	TOYO ELECTRIC MFG CO LTD	28	SCHWIHAG AG	7
10	주식회사 강원레일테크	12	Cleveland Track Material, Inc.	7	WEST JAPAN RAILWAY CO	20	Innova Patent GmbH	7

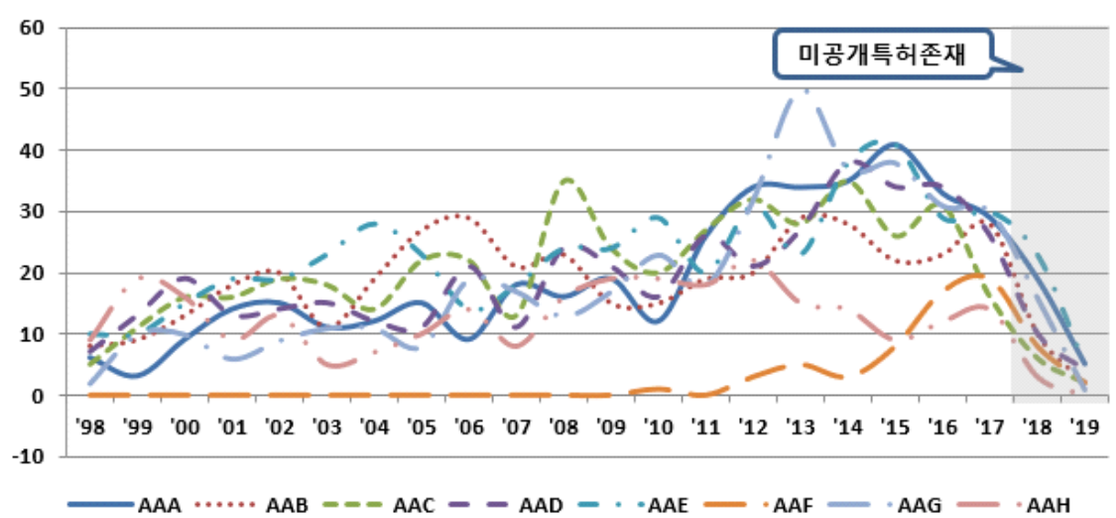
세부분야별 분석

- **(신호통신 분야)** 신호통신(AA) 세부기술 중 전체 특허 비중이 유사하지만, 빠르고 신뢰도 높은 선로전환기술(AAH) 및 가상연결기 제어기술(AAF)과 관련된 특허의 비중이 낮은 것으로 나타남

  - (연도별) 빠르고 신뢰도 높은 선로전환기술(AAH)을 제외한 모든 세부기술은 최근 구간에서 증가하는 추세인 것으로 나타나며, 특히 가상연결기 제어기술(AAF)은 태동기인 것으로 나타남



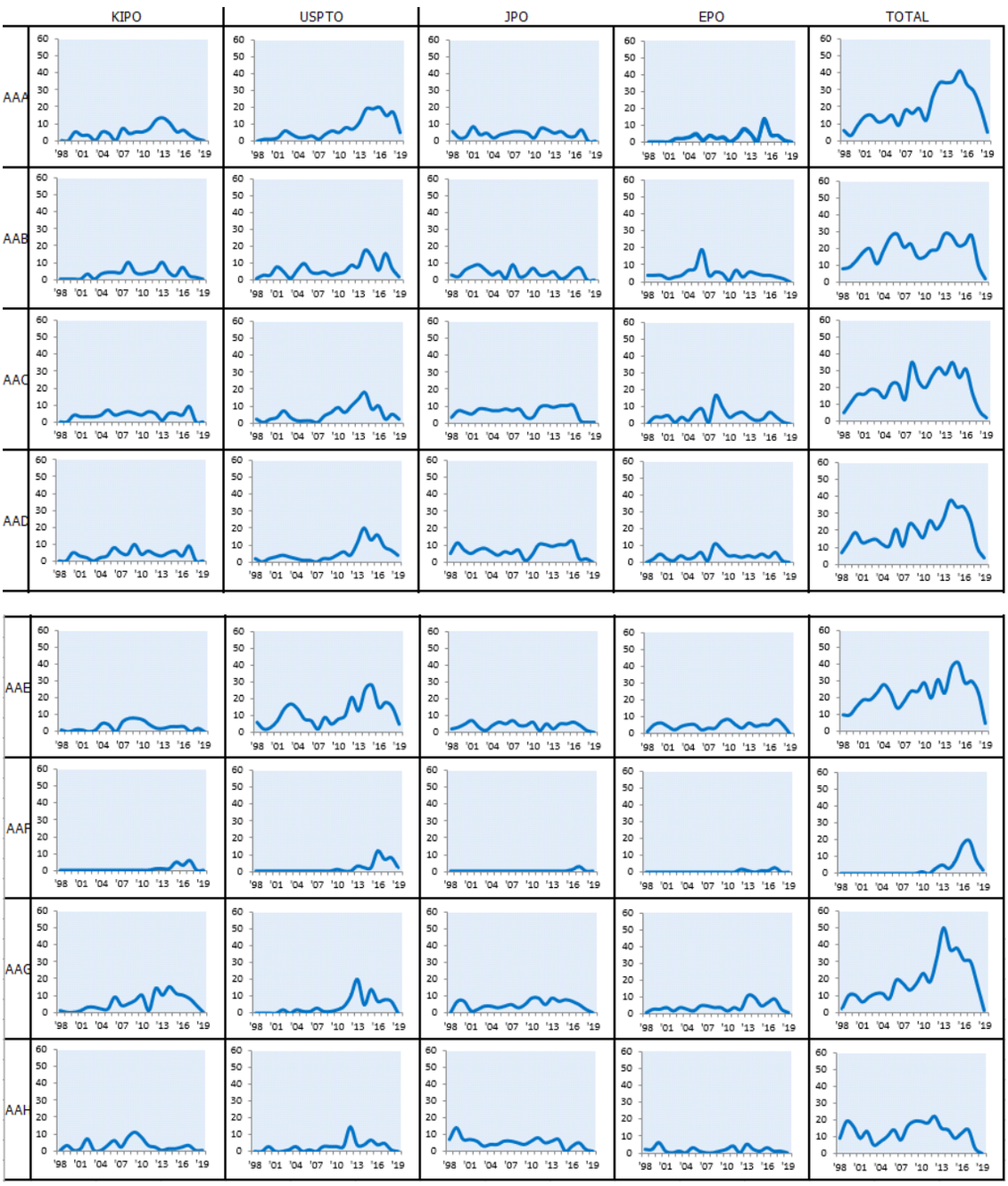
AAA: 열차간 통신기반 열차제어기술
AAB: 열차중심의 분기제어, 분산환경 연동제어 기술
AAC: 열차간 직접적인 통신/보안 기술
AAD: 무선통신 기반 철도차량 네트워크 기술
AAE: 철도차량 원격 주행기술
AAF: 가상연결기 제어기술
AAG: 고정밀 열차위치 검지기술
AAH: 빠르고 신뢰도 높은 선로전환기술



[그림 5.4.17] 신호통신(AA) 분야 세부분야별 연도별 현황

- **(국가별)** 대부분의 세부기술분야에서 한국과 미국의 최근 출원 증가폭이 크게 나타나며, 특히 미국에서의 출원건수가 매우 많아 시장의 성장을 주도하는 것으로 파악됨

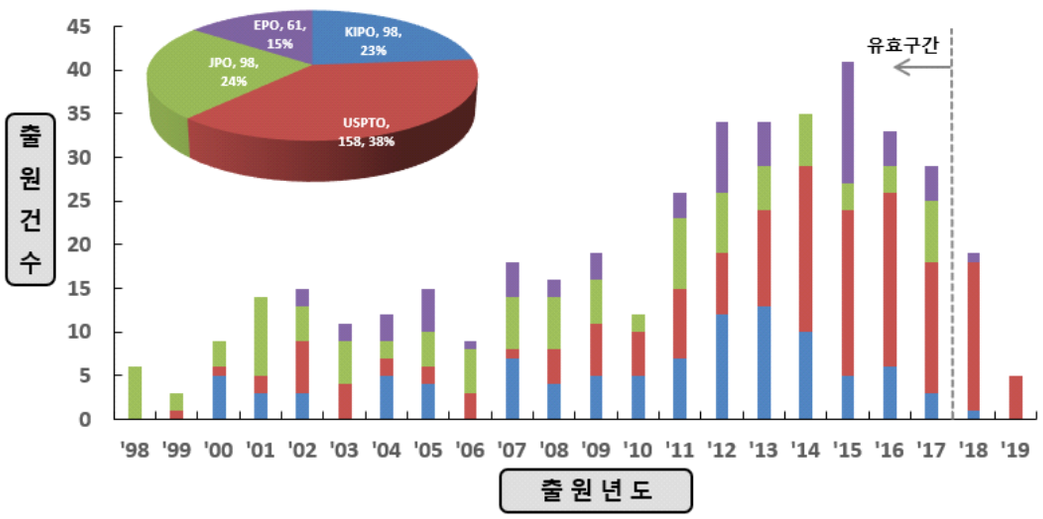
AAA: 열차간 통신기반 열차제어기술
AAB: 열차중심의 분기제어, 분산환경 연동제어 기술
AAC: 열차간 직접적인 통신/보안 기술
AAD: 무선통신 기반 철도차량 네트워크 기술
AAE: 철도차량 원격 주행기술
AAF: 가상연결기 제어기술
AAG: 고정밀 열차위치 검지기술
AAH: 빠르고 신뢰도 높은 선로전환기술



[그림 5.4.18] 신호통신(AA) 분야 세부분야별 국가별 출원 추이

- **(AAA. 열차 간 통신기반 열차제어 기술)** 최근구간에서 출원이 급격하게 증가하는 것으로 나타나며, 특히 한국, 미국 및 유럽의 출원이 증가하는 추세가 나타남

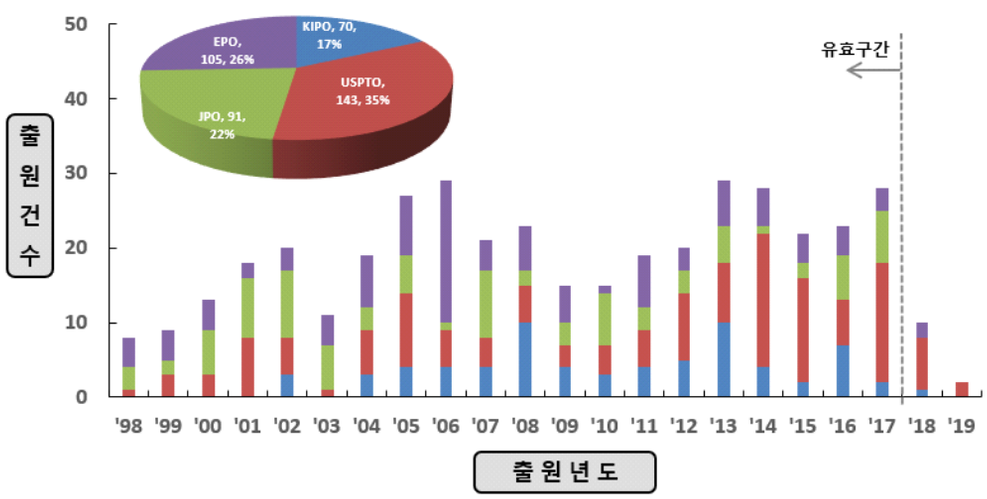
* 분석초기부터 2002년까지는 일본이 주도했으나, 2011년 이후로는 미국이 전체 흐름을 주도하고 있음



[그림 5.4.19] AAA 분야 연도별 국가별 출원 추이

- **(AAB. 열차 중심의 분기제어 및 분산환경 연동제어기술)** 초기에 증가하다가 2006년 이후 잠시 감소하고, 이후에 다시 출원이 증가함

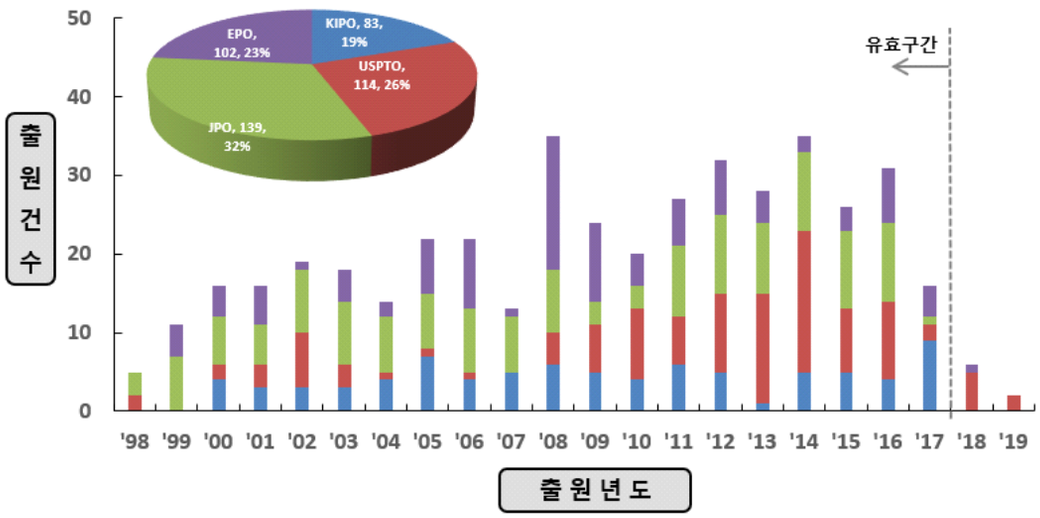
* 분석초기에는 일본 및 유럽이 주도했으나, 2010년 이후로는 한국과 미국이 전체 흐름을 주도하고 있음



[그림 5.4.20] AAB 분야 연도별 국가별 출원 추이

- **(AAC. 열차간 직접적인 통신/보안 기술)** 분석구간 초기부터 최근까지 꾸준히 증가하는 형태의 증가 추세가 나타나고 있음

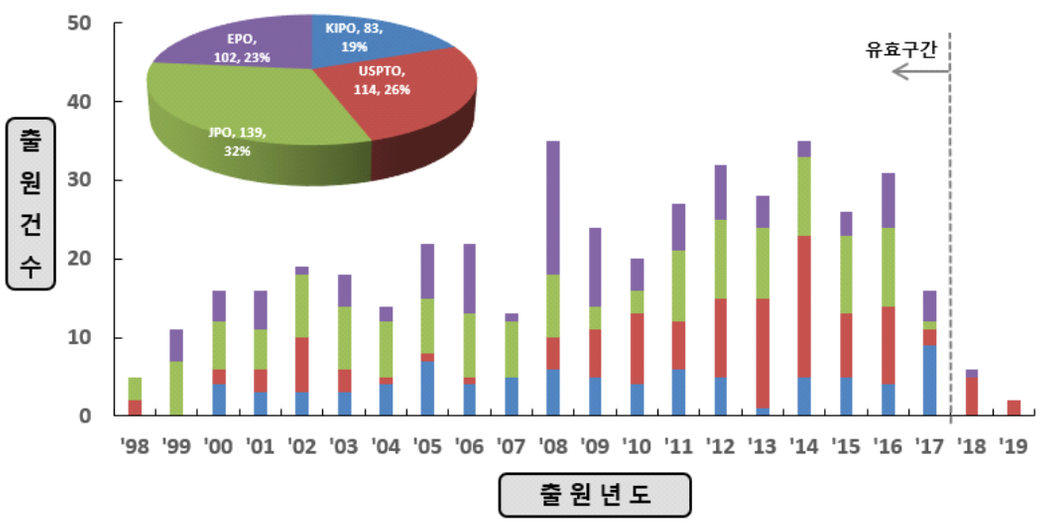
* 2007년까지는 일본이 흐름을 주도했으나, 2008년 유럽 출원 증가에 따라 전체 출원건수가 큰 폭 증가하였으며, 이후로는 미국이 전체 흐름을 주도하고 있음



[그림 5.4.21] AAC 분야 연도별 국가별 출원 추이

- **(AAD. 무선통신기반 철도차량 네트워크 기술)** 분석구간 초기부터 최근까지 완만한 형태의 증가 추세가 나타나고 있음

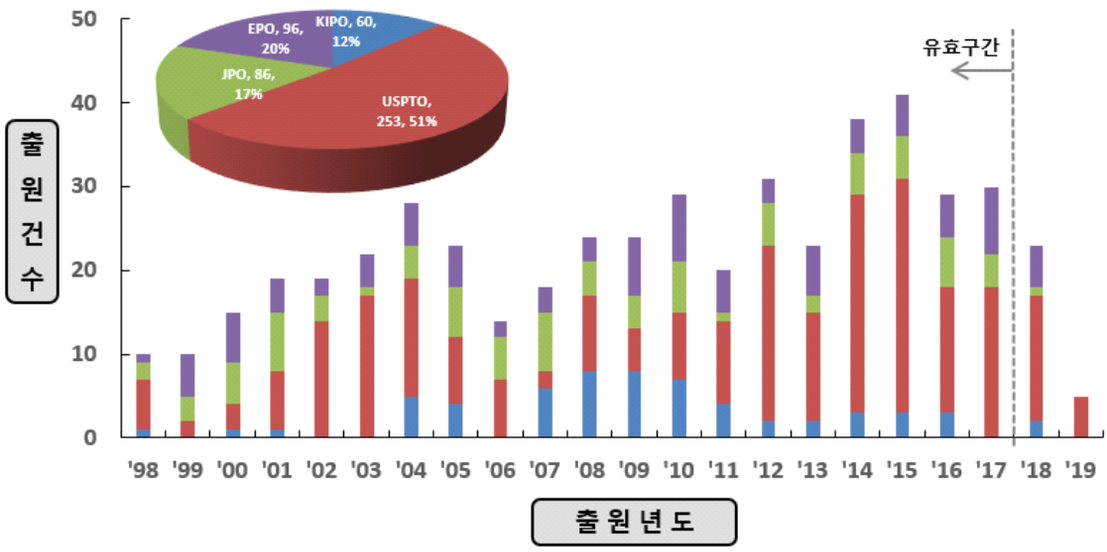
* 2007년까지는 일본이 흐름을 주도했으나, 2008~2009년 유럽 출원 증가에 따라 전체 출원건수가 증가하였으며, 2010년부터 최근까지는 미국이 전체 흐름을 주도하고 있음



[그림 5.4.22] AAD 분야 연도별 국가별 출원 추이

- **(AAE. 철도차량 원격 주행 기술)** 분석구간 초기부터 최근까지 증감을 반복하며 완만한 형태의 증가 추세가 나타나고 있음

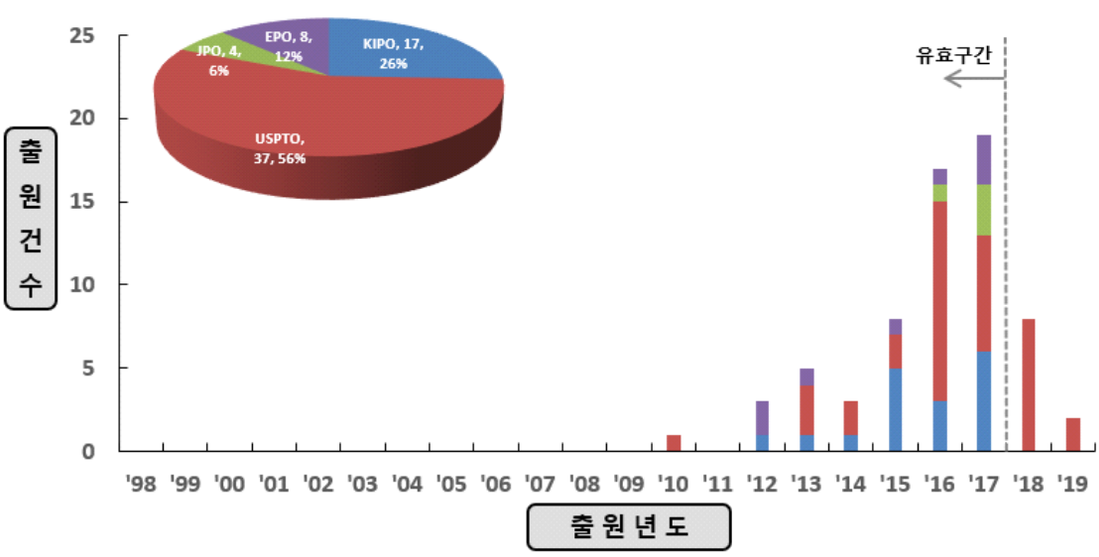
* 2001년까지는 일본이 흐름을 주도했으나, 2006년 이후 미국 출원 증가에 따라 전체 출원건수가 증가하며 미국이 전체 흐름을 주도하고 있음



[그림 5.4.23] AAE 분야 연도별 국가별 출원 추이

- **(AAF. 가상연결기 제어기술)** 2010년부터 특허가 출원되고 있으며, 2015년 이후 출원이 증가하는 태동기 형태의 추세가 나타나고 있음

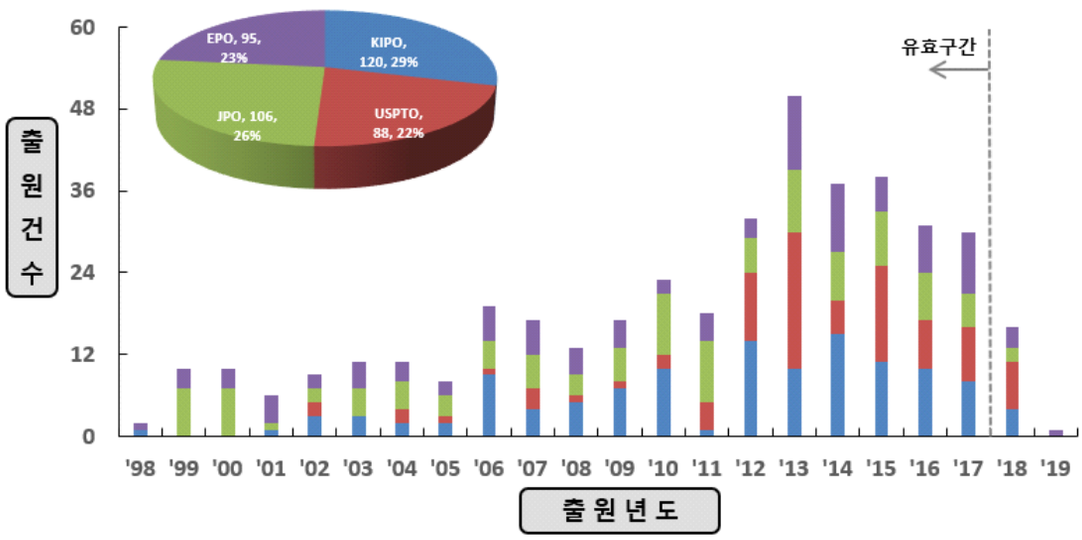
* 2010년부터 꾸준히 미국의 출원이 전체 특허 정량적 흐름에 영향을 주고 있으며, 2015년부터는 한국과 미국의 출원이 전체 특허 동향 형태의 주요한 원인으로 나타남



[그림 5.4.24] AAF 분야 연도별 국가별 출원 추이

- **(AAG. 고정밀열차 위치 검지 기술)** 완만한 형태의 증가 추세를 보이며 2013년 가장 많은 특허가 출원되었으며, 이후 점차 감소 추세를 보임

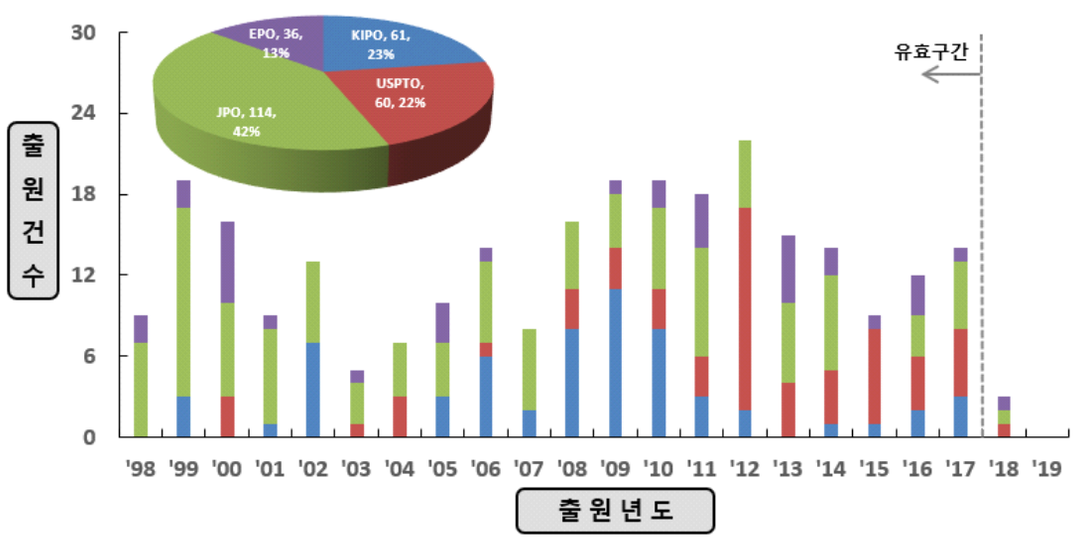
* 2012년 이후로 미국과 유럽의 출원 증감에 따라 전체 동향이 변화되고 있어, 미국과 유럽이 전체 동향을 주도하고 있음



[그림 5.4.25] AAG 분야 연도별 국가별 출원 추이

- **(AAH. 빠르고 신뢰도 높은 선로전환기술)** 꾸준히 증감을 반복하고있으며, 2003~2007년 구간의 특허출원 수가 상대적으로 낮게 나타남

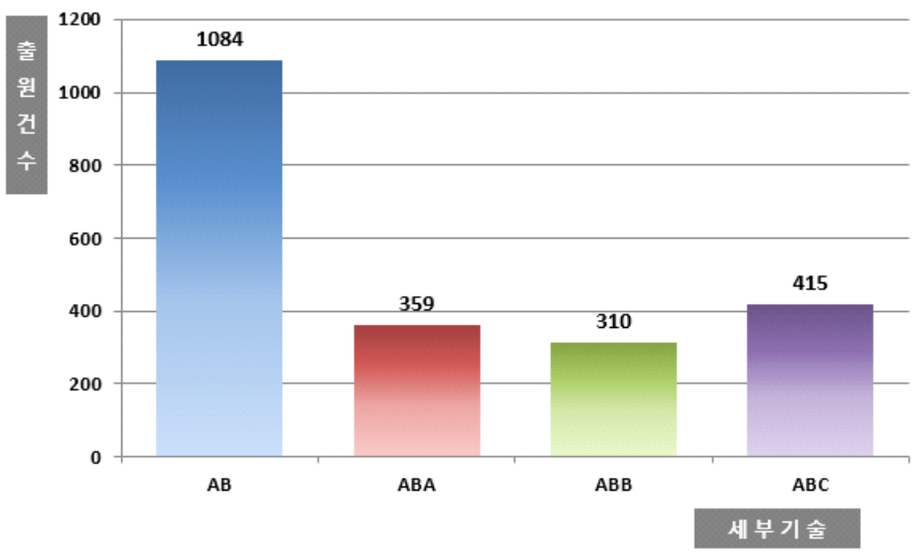
* 2008년부터 한국과 미국의 출원이 급증함에 따라 전체 동향의 흐름을 주도하고 있으나, 2013년 이후부터는 한국과 미국의 출원이 줄어들고 있어 지속적 모니터링이 필요함



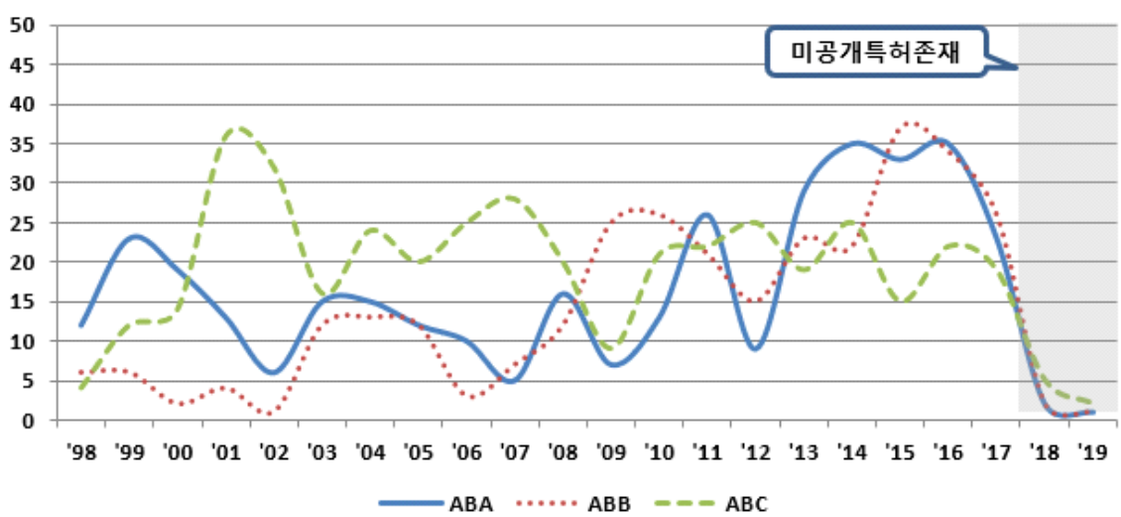
[그림 5.4.26] AAH 분야 연도별 국가별 출원 추이

- **(철도운영 분야)** 철도운영(AB) 세부기술은 각 비중이 큰 차이 없이 비슷한 것으로 나타남

  - **(연도별)** 고밀도 열차 스케줄링 기술, 가상연결기 지원스케줄링 기술(ABA), 실시간 경합예측 및 연쇄지연 최소화기술(ABB)은 최근 구간에서 증가하는 추세인 것으로 나타나며, 승객 환승 최적화 관제 기술(ABC)의 경우 최근 초기에 비해 감소되어 증감을 반복함



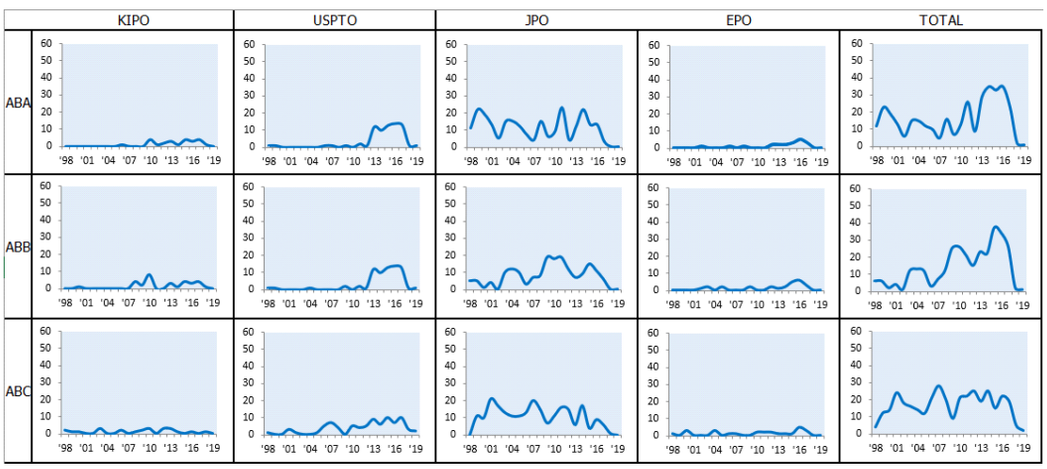
ABA: 고밀도 열차 스케줄링 기술, 가상연결기 지원스케줄링 기술
ABB: 실시간 경합예측 및 연쇄지연 최소화기술, 재스케줄링 최적화 기술
ABC: 승객 환승 최적화 관제 기술



[그림 5.4.27] 철도운영(AB) 분야 세부분야별 연도별 현황

- **(국가별)** 세부기술분야에서 미국의 최근 출원 증가폭이 크게 나타나며, 일본의 경우 출원 건수는 많으나 최근 모든 기술분야 특허 출원이 감소하고 있는 추세임

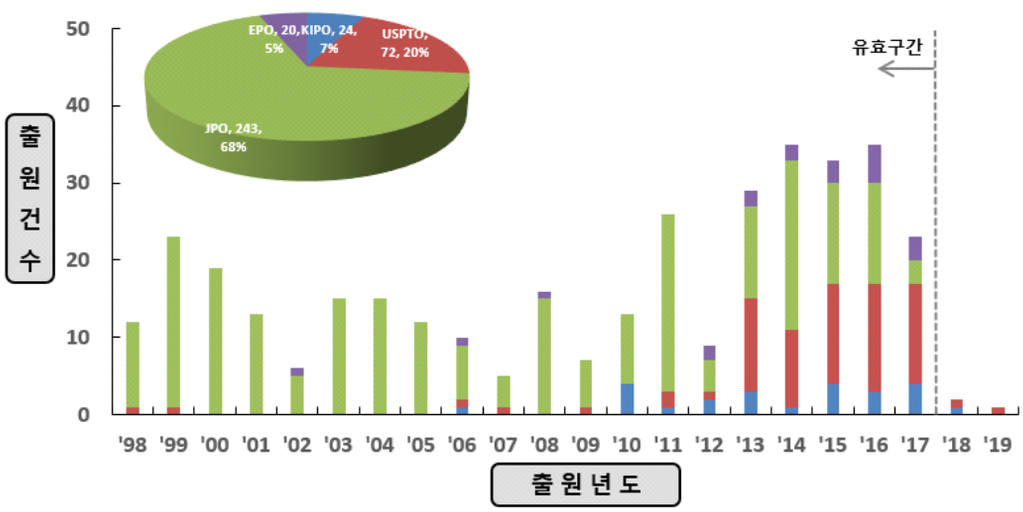
ABA: 고밀도 열차 스케줄링 기술, 가상연결기 지원스케줄링 기술
ABB: 실시간 경합예측 및 연쇄지연 최소화기술, 재스케줄링 최적화 기술
ABC: 승객 환승 최적화 관제 기술



[그림 5.4.28] 철도운영(AB) 분야 세부분야별 국가별 출원 추이

- **(ABA. 고밀도 열차 스케줄링 기술, 가상연결기 지원 스케줄링 기술)** 일본의 출원 특허가 대부분(68%)을 차지하며, 최근 5년간 미국 및 유럽 특허 증가로 인하여 전체 특허 건수가 증가 추세를 보임

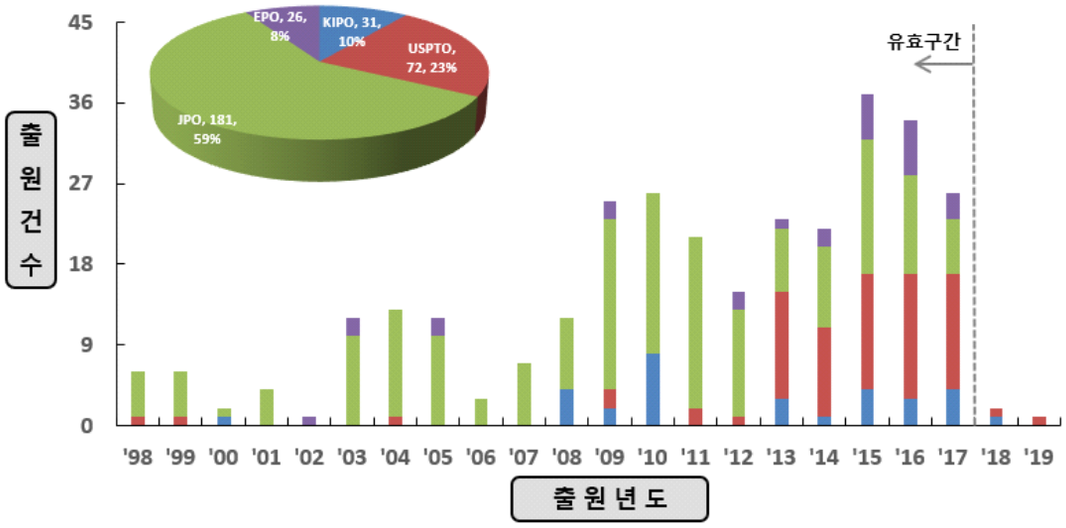
* 2012년까지는 일본의 흐름이 전체 동향 흐름을 주도하고 있으며, 이후 미국의 출원이 증가함에 따라 전체 동향이 증가하는 추세를 나타내고 있음



[그림 5.4.29] ABA 분야 연도별 국가별 출원 추이

- **(ABB. 실시간 경합예측 및 연쇄지연 최소화 기술, 재스케줄링최적화 기술)** 분석구간 초기부터 최근까지 구간단위로 출원이 급증하는 형태의 형태의 증가 추세가 나타나고 있음

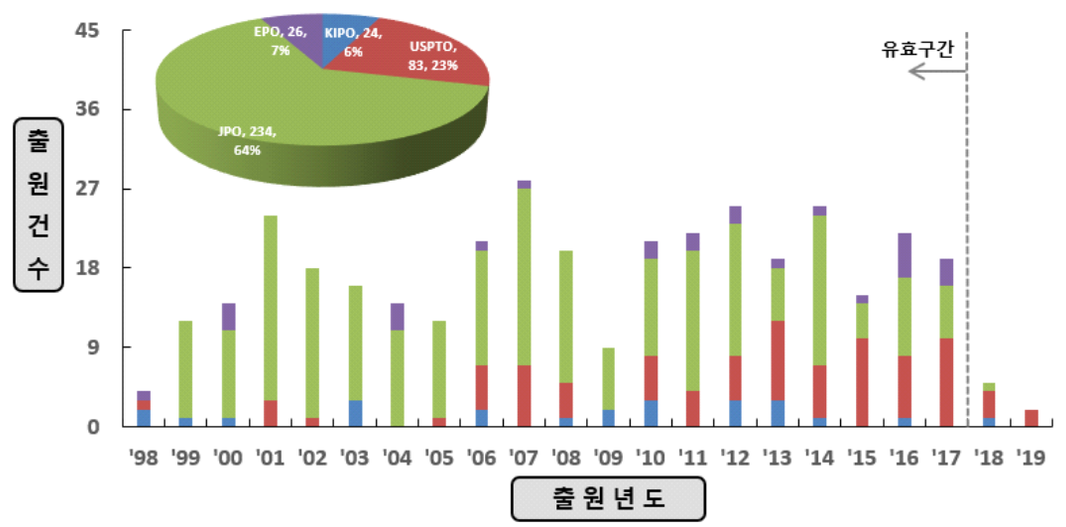
* 급증 및 급감하는 영역이 자주 나타나며, 2012년까지 일본이 주도했으나 2013년 이후로는 미국이 전체 흐름을 주도하고 있음



[그림 5.4.30] ABB 분야 연도별 국가별 출원 추이

- **(ABC. 승객 환승최적화 관제기술)** 분석구간 초기부터 최근까지 증감을 반복하며 완만한 형태의 증감 유지 추세가 나타나고 있음

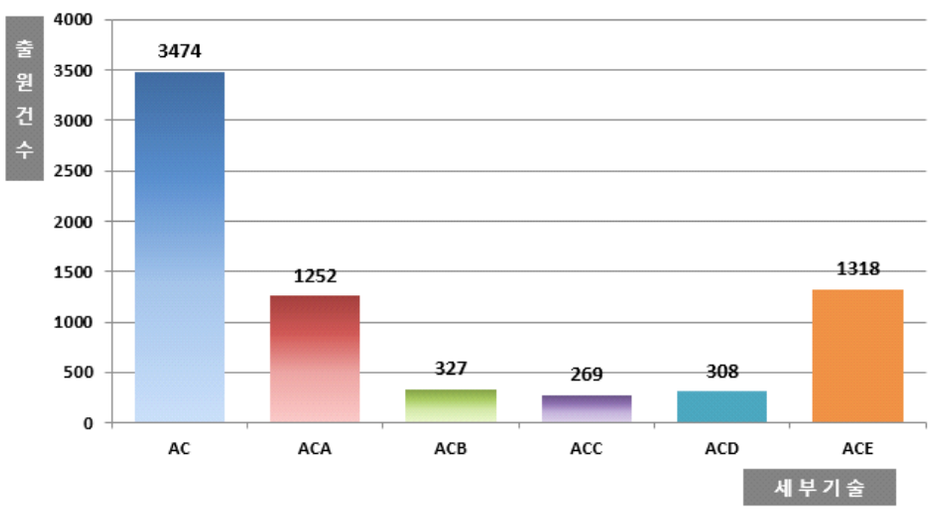
* 일본 출원 특허가 점차 감소하는 추이를 보이며, 2016년 이후로는 미국 출원 특허가 차지하는 비중이 점차 커지며 전체 동향을 주도함



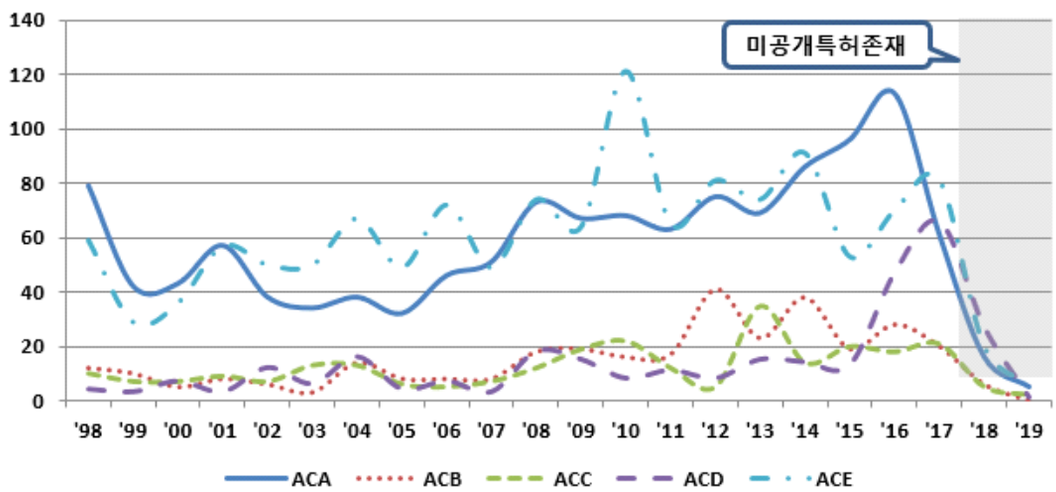
[그림 5.4.31] ABC 분야 연도별 국가별 출원 추이

- **(철도차량 분야)** 철도차량(AC) 세부기술 중 출입문-승객I/F 설계 기술(ACE), 빠른 응답 특성의 추진/제동 기술(ACA)과 관련된 특허의 비중이 가장 높은 것으로 나타남

  - **(연도별)** 탑승공간 최적 설계 기술(ACD)은 최근 크게 증가하는 모습을 보이고 있으며, 다른 세부기술은 대체로 최근 구간에서 소폭 감소하는 추세인 것으로 나타남



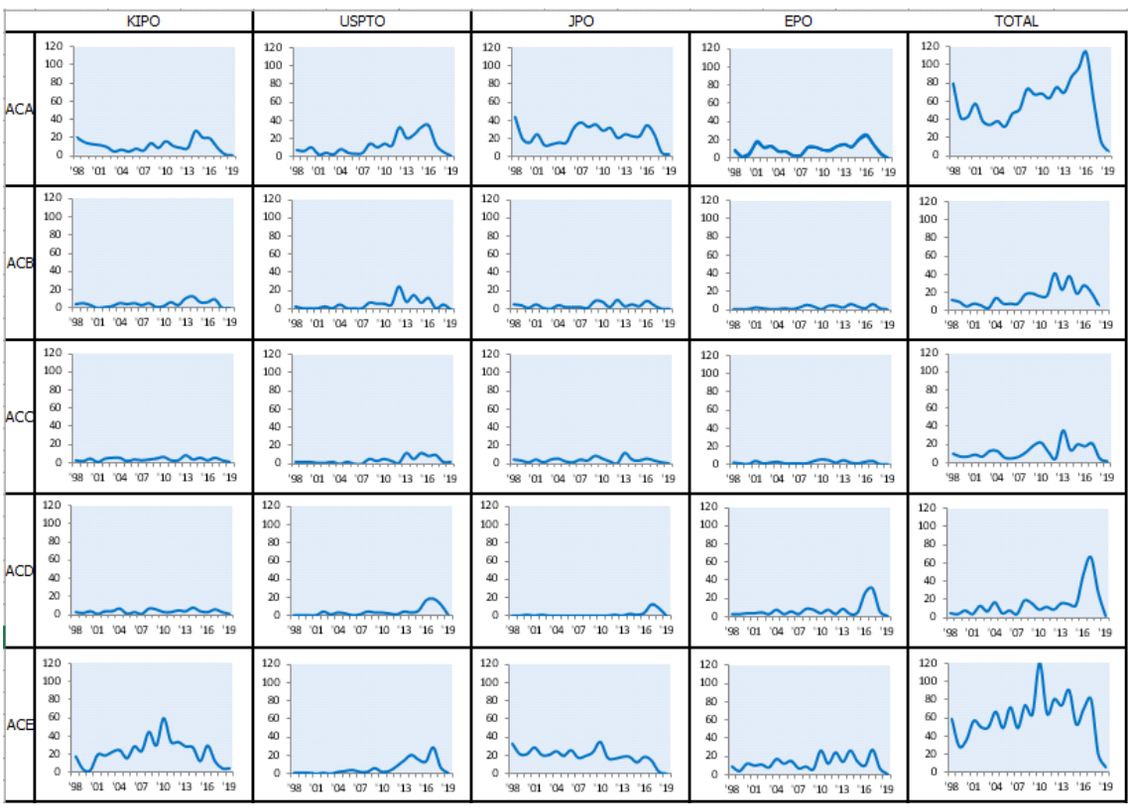
ACA: 빠른 응답 특성의 추진/제동기술
ACB: 예측가능한 제동기술
ACC: 지능형 열차 전방 상황 인지 기술
ACD: 탑승공간 최적 설계 기술
ACE: 출입문-승객 I/F 설계 기술



[그림 5.4.32] 철도차량(AC) 분야 세부분야별 연도별 현황

- **(국가별)** 대부분의 세부기술분야에서 한국과 미국의 최근 출원 증가폭이 크게 나타나며, 특히 탑승공간 최적 설계 기술의 경우 모든 국가에서 최근 급격한 증가 추이를 보임

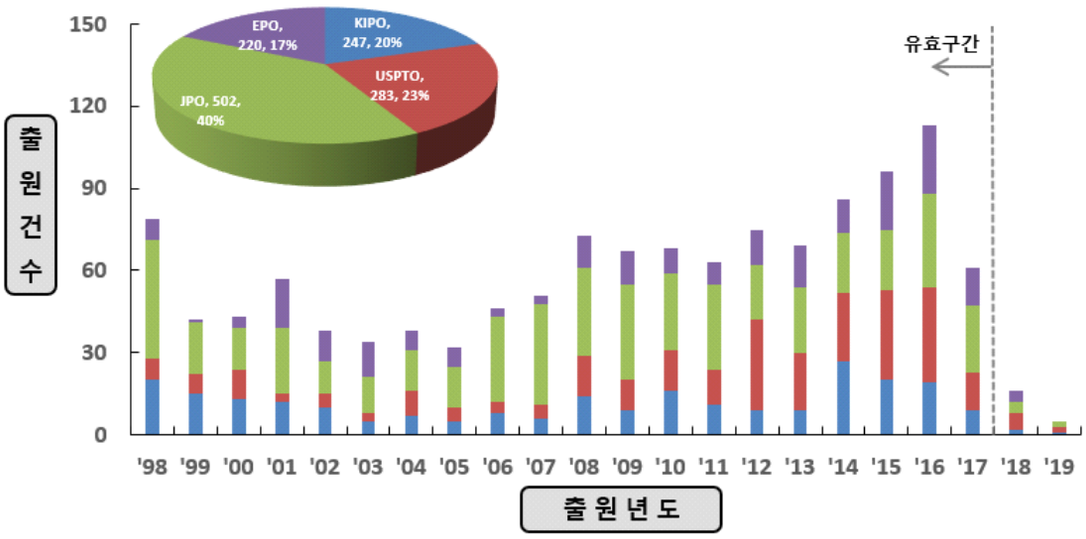
ACA: 빠른 응답 특성의 추진/제동기술
ACB: 예측가능한 제동기술
ACC: 지능형 열차 전방 상황 인지 기술
ACD: 탑승공간 최적 설계 기술
ACE: 출입문-승객 I/F 설계 기술



[그림 5.4.33] 철도차량(AC) 분야 세부분야별 국가별 출원 추이

- **(ACA. 빠른 응답 특성의 추진/제동기술)** 1998년에서 급격한 감소를 보이지만 이후부터 증감을 반복하다가 서서히 성장하는 추세를 보이며, 최근 2017년 이후 급격한 감소 추세가 나타남

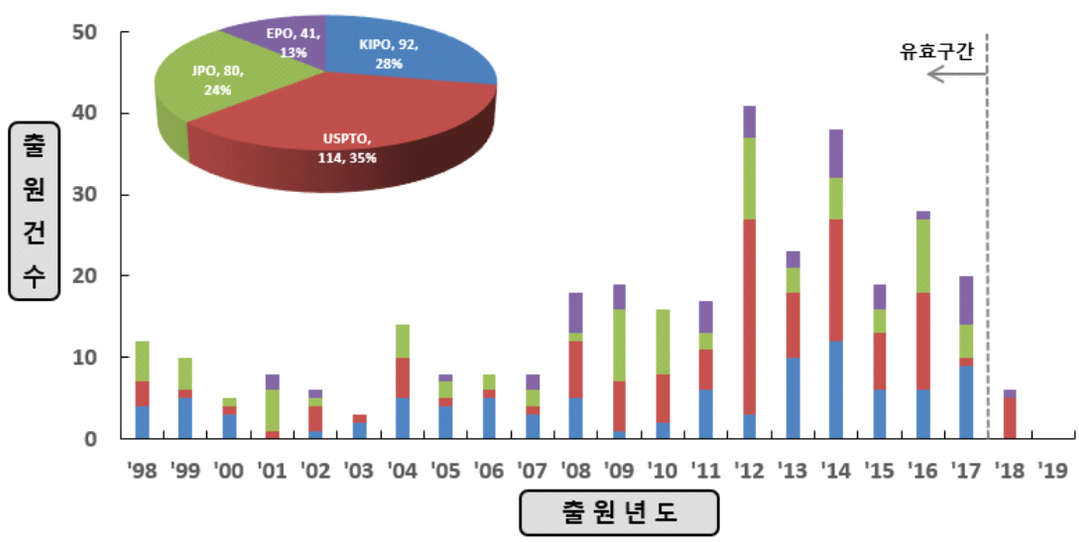
* 2007년까지는 일본의 특허가 전체 동향 흐름을 주도하고 있으며, 이후 한국, 미국, 유럽이 주도하고 있음



[그림 5.4.34] ACA 분야 연도별 국가별 출원 추이

- **(ACB. 예측가능한 제동기술)** 분석구간 초기부터 2011년까지 완만한 형태의 증가추세를 나타내며 2012년에 크게 증가한 뒤 증감을 반복하고 있음

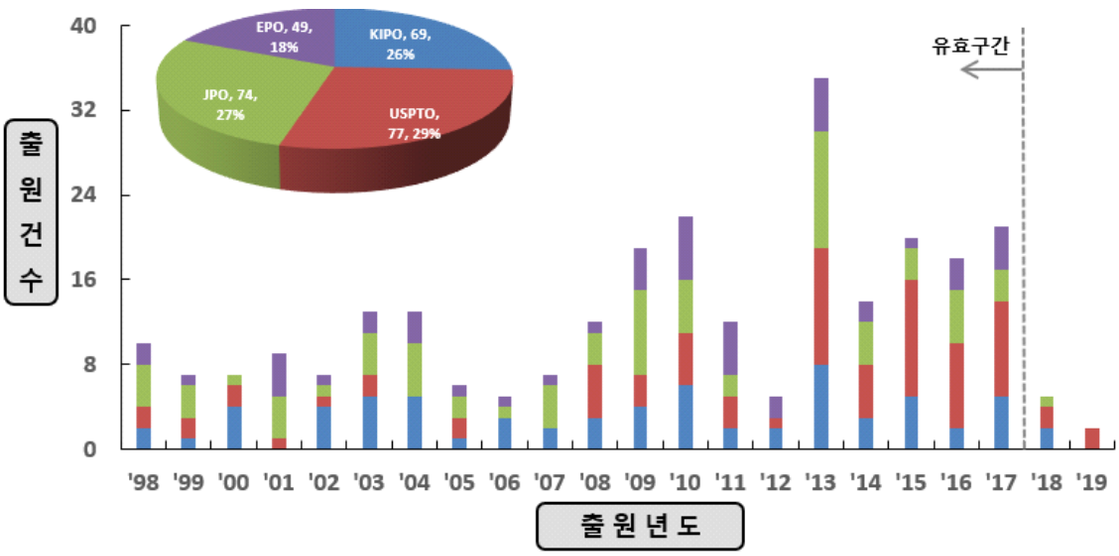
* 전체적으로 한국과 미국의 출원이 증가함에 따라 전체 동향이 증가하는 추세를 보이며, 최근 유럽 출원 비중이 증가하고 있음



[그림 5.4.35] ACB 분야 연도별 국가별 출원 추이

- **(ACC. 지능형 열차 전방상황 인지기술)** 분석구간 초기부터 최근까지 5년주기로 증감을 반복하다가 2013년 크게 증가한 이후 20건 내외 수준을 유지함

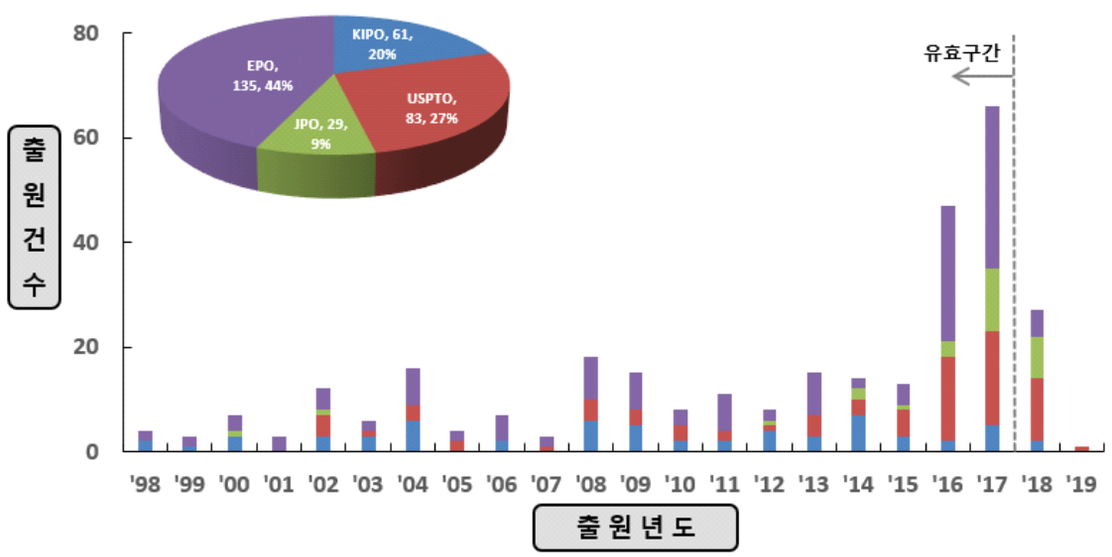
* 국가별 비중은 25%내외 수준으로 비슷한 수준이나, 최근 미국 출원이 전체 특허 동향의 주원인으로 나타남



[그림 5.4.36] ACC 분야 연도별 국가별 출원 추이

- **(ACD. 탑승공간 최적 설계 기술)** 유럽 특허가 대부분(44%)이며, 전체적으로 특허 출원 건수는 2016년부터 급격한 증가를 보이고 있음

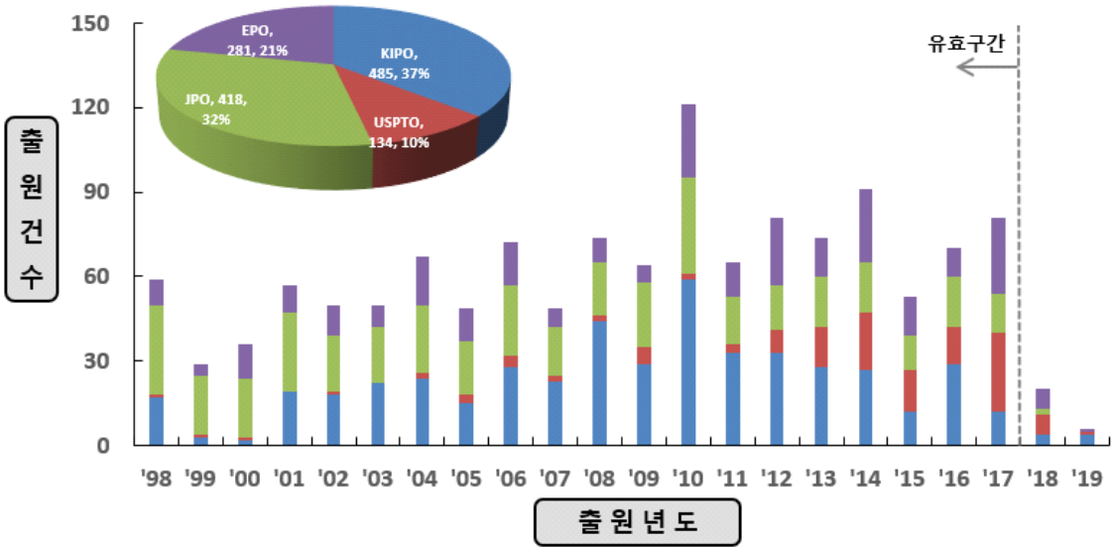
* 분석구간 초기부터 유럽 및 미국 출원이 전체 흐름을 주도하고 있으며, 최근 일본 출원 특허 비중이 높아지고 있음



[그림 5.4.37] ACD 분야 연도별 국가별 출원 추이

- **(ACE. 출입문-승객 I/F 설계 기술)** 분석구간 초기부터 2010년까지 완만한 증감을 보이고 있으며, 2010년 한국 특허 증가로 인해 전체 특허 건수가 크게 증가한 이후 다시 증감을 반복하는 추세임

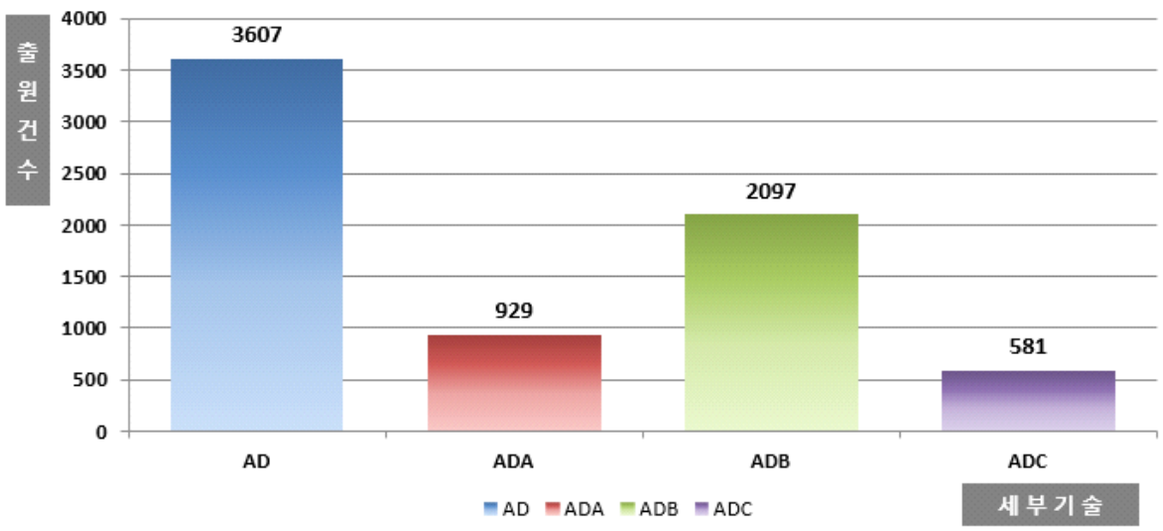
* 2006년부터 2014년까지 한국의 흐름이 전체 동향 흐름을 주도하고 있으며, 2015년 이후 미국과 유럽이 흐름을 주도하고 있음



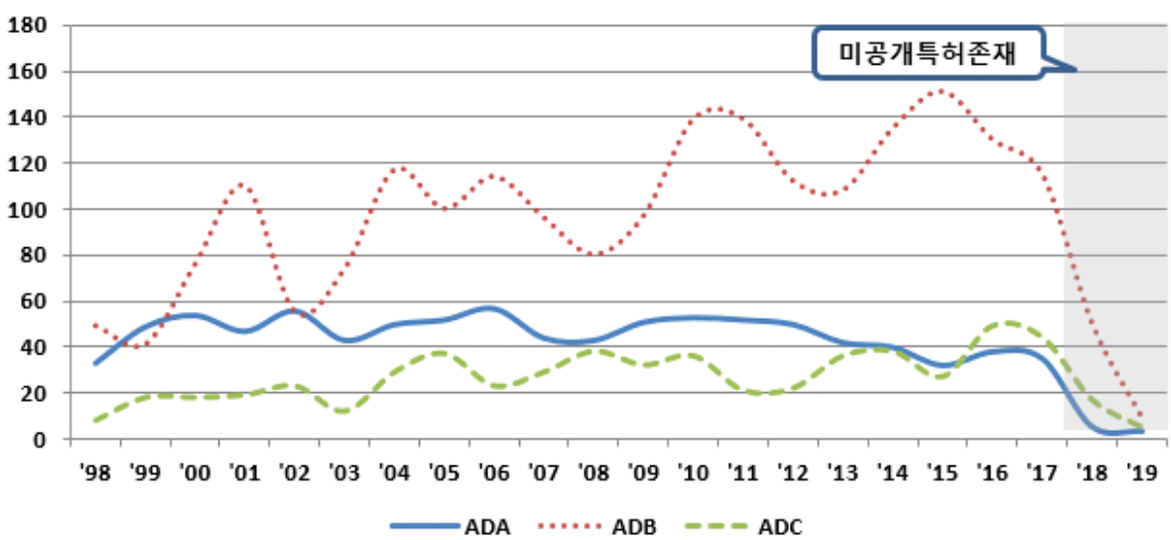
[그림 5.4.38] ACE 분야 연도별 국가별 출원 추이

- **(궤도토목 분야)** 궤도토목(AD) 세부기술은 승강장-승객 I/F 설계기술(ADB) 관련 특허의 비중이 가장 높은 것으로 나타남

  - **(연도별)** 모든 세부기술 분야에서 특허 출원 건수의 증감이 반복되는 추세를 보이고 있으며, 특히 빠르고 신뢰도 높은 분기기 기술(ADA)의 증감폭이 크게 나타남



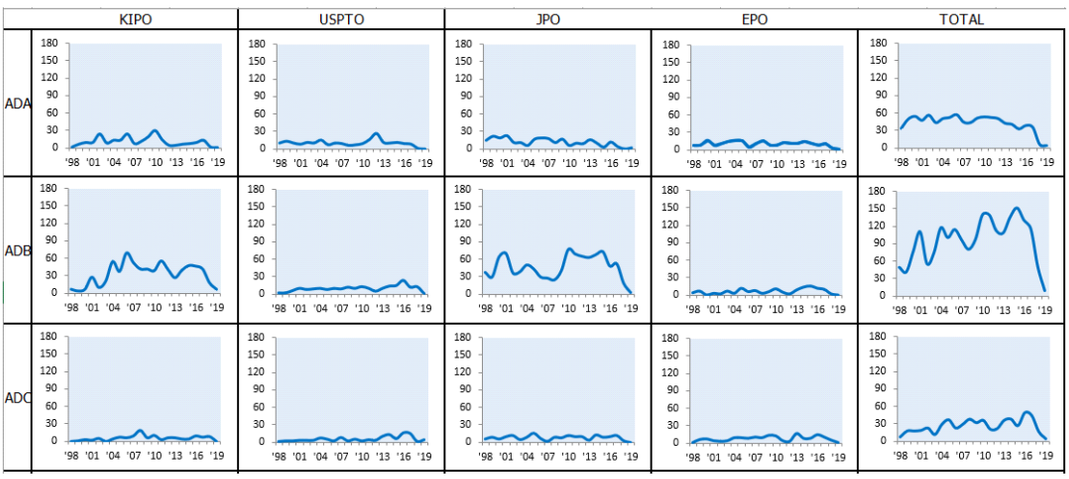
ADA: 빠르고 신뢰도 높은 분기기 기술
ADB: 승강장-승객 I/F 설계기술
ADC: 지능형 인프라 상태 실시간 감시 기술



[그림 5.4.39] 궤도토목(AD) 분야 세부분야별 연도별 현황

- **(국가별)** 최근 출원 건수가 감소추세를 보이는 일본, 유럽과 달리 미국의 최근 출원 증가폭이 크게 나타나며, 승강장-승객 I/F 설계기술(ADB)의 경우 한국과 일본의 특허 추이가 상이하게 나타남

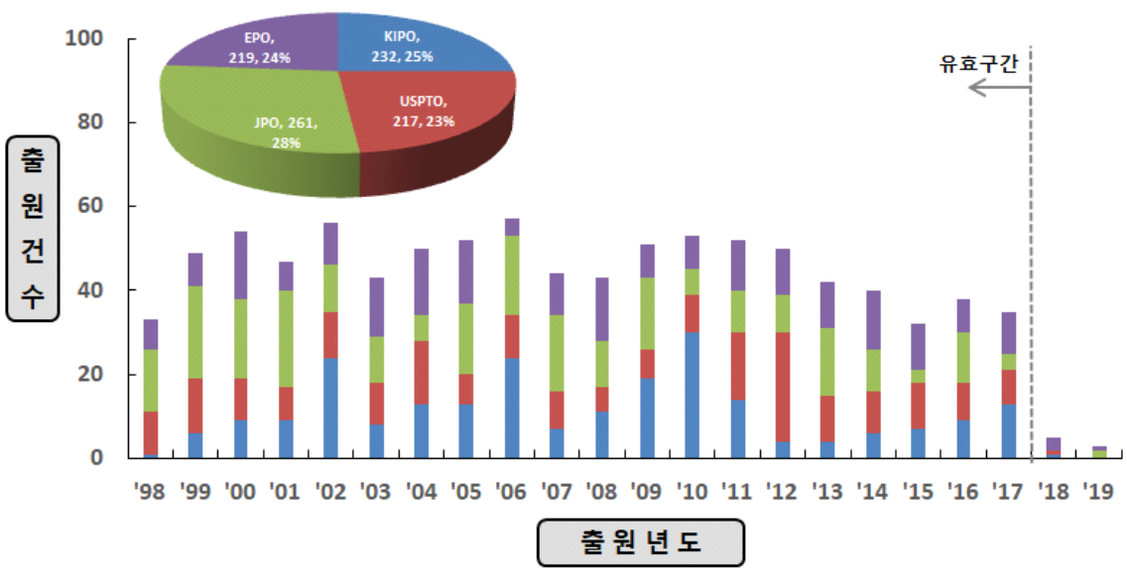
ADA: 빠르고 신뢰도 높은 분기기 기술
ADB: 승강장-승객 I/F 설계기술
ADC: 지능형 인프라 상태 실시간 감시 기술



[그림 5.4.40] 궤도토목(AD) 분야 세부분야별 국가별 출원 추이

- **(ADA. 빠르고 신뢰도 높은 분기기 기술)** 국가별 차지하는 비중이 25% 내외 수준으로 비슷하게 나타나며, 급격한 증가 혹은 감소하는 영역은 나타나지 않음

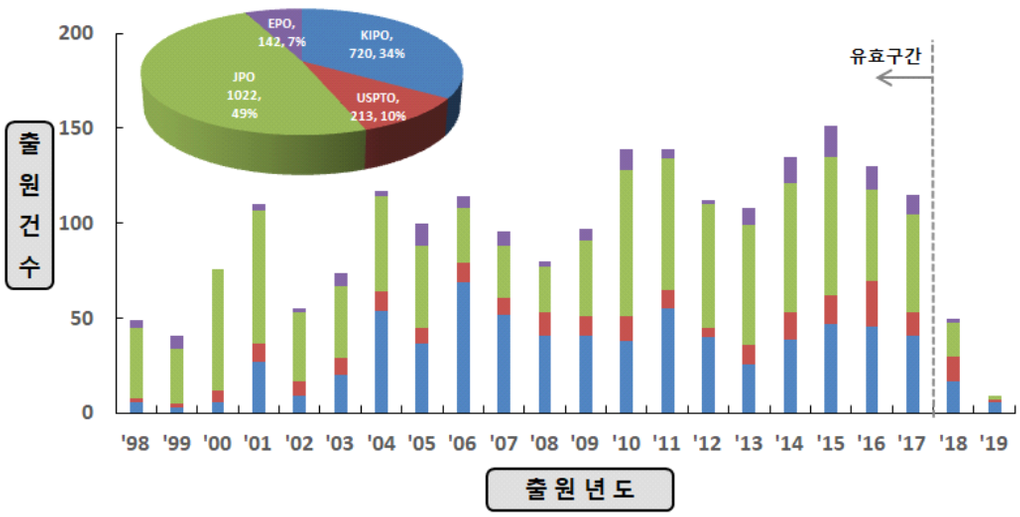
* 2009년부터 한국의 출원이 감소하는 바, 한국과 일본의 출원이 감소함에 따라 전체 동향이 증가하는 추세를 보임



[그림 5.4.41] ADA 분야 연도별 국가별 출원 추이

- **(ADB. 승차장-승객 I/F 설계 기술)** 일본 출원 특허가 64%로 가장 많은 비중을 차지하고, 분석구간 초기부터 최근까지 증감을 반복하며 완만한 형태의 증감 유지 추세가 나타나고 있음

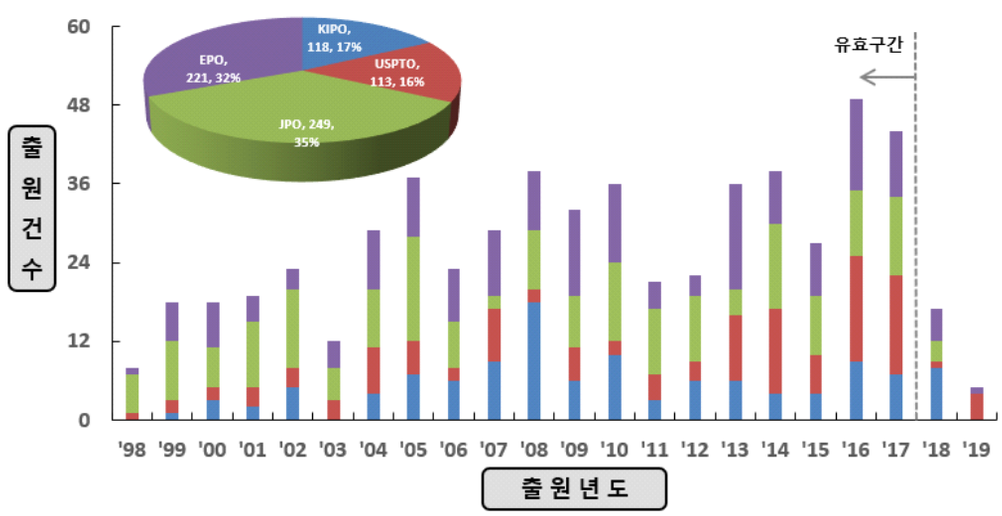
* 분석구간 초기부터 전체구간은 일본의 출원이 전체 특허 정량적 흐름에 영향을 주고 있는 것으로 나타남



[그림 5.4.42] ADB 분야 연도별 국가별 출원 추이

- **(ADC. 지능형 인프라 상태 실시간 감시 기술)** 분석구간 초기부터 최근까지 4년 주기로 급격한 증가 및 감소를 보이는 형태의 증가 추세가 나타나고 있으며 최근 미국 출원이 증가함

* 전체적으로 일본 및 유럽의 흐름이 전체 흐름을 주도하고 있으며, 2008년 한국 출원 증가에 따라 급격한 증가를 보임



[그림 5.4.43] ADC 분야 연도별 국가별 출원 추이

핵심특허 및 회피 전략

● 열차간 통신 기반 열차제어기술(AAA)

- 이동권한 생성이나 선로자원 계산 또는 공유, 선행열차 무결 인지 기술 등에 있어 일부 기술이 공개되어 있으나 지상장치와 연계하여 이원화하고 있어 이를 생략하여 회피설계가 가능

- 또한, 선행열차 상태정보 이용이나 지상장치 배타적 쇄정이나 해정 등의 경우 관련 선행 기술이 없으므로 이를 개발할 경우 특허 권리화가 가능할 것으로 분석됨

[표 5.4.13] 열차간 통신 기반 열차제어기술(AAA)의 핵심특허 회피 및 공백기술

구분	내 용
기획대상 기술요소	• 열차간 직접 통신 기반 정보공유/선로 공유자원 배타적 분배의 선행열차와 후행열차간 간격 제어 기술
핵심특허 주요내용	• 열차의 이동권한 생성 기술 (US10297153 / EP2017199208 / EP03473522A1 / EP03483030A1) • 주행에 필요한 선로자원을 계산 기술 (KR1618077B1) • 선로자원을 공유하는 기술 (KR1618077B1 / US10297153) • 자신의 선행열차를 무결하게 인지하는 기술 (KR20170179363A / EP2017199414)
핵심특허 회피방안	• 열차간 협업 기반 열차제어를 위해 지상제어수단과 이원화하는 구조를 보이고 있으며 열차간 직접 통신의 구체적 방안을 제시하고 있지 않으므로, • 핵심요소기술로 하는 지상장치(DSS)와의 연계를 생략할 경우 특허 회피가 가능할 것임. • 또한, 1) 선행열차 상태정보를 이용한 간격제어기술, 2) 열차가 확보해야 하는 지상장치를 배타적으로 쇄정하는 기술, 3) 열차의 의도지 않은 종료시 해당 장치를 다시 해정하는 방법 등의 이례상황 대응 기술은 공백 기술로서 위 기술을 개발할 경우 특허권리화가 가능할 것임
공백기술	• 선행열차 상태정보를 이용한 간격제어기술 • 특정 열차가 확보해야 하는 지상장치를 배타적으로 쇄정하는 기술 • 열차의 의도지 않은 종료시 해당 장치를 다시 해정하는 방법 등의 이례상황 대응 기술

● **열차 중심의 분기제어, 분산환경 연동제어기술(AAB)**

- 차상 중심의 선로전환 기술에 있어 일부 기술이 공개되어 있으나 관제 ATS와 연계되어 이원화하고 있어 이를 생략하여 회피설계가 가능

- 또한, 관제 ATS와 독립된 차상 중심의 분기 제어기술이나 분기영역의 좌표계 구성에 따른 차상 중심 분기 제어기술의 경우 선행기술이 없으므로 이를 개발할 경우 특허 권리화가 가능할 것으로 분석됨

[표 5.4.14] 열차 중심의 분기제어, 분산환경 연동제어기술(AAB)의 핵심특허 회피 및 공백기술

구분	내 용
기획대상 기술요소	• 열차간 선로전환기 쇄정/해정 주체가 되며 선로전환기 정위/반위 전환의 직접 제어 기술
핵심특허 주요내용	• 관제 ATS 연계 차상 기반 선로전환기 제어 기술 (KR1834854B1 / EP2016869387)
핵심특허 회피방안	• 관제 ATS의 명령에 따라 열차 진로를 제어하고 제어의 무결성을 확인하는 차상 EIS에서 PM의 제어를 수행하는 차상 기반 연동시스템을 구성하고 있으나, • 핵심요소기술로서 관제 ATS와의 연계를 생략하고, 독립된 분기 제어를 할 경우 회피가 가능할 것임. • 그리고, 1) 관제 ATS와 독립된 차상 중심 분기 제어, 2) 분기영역의 좌표계 구성과 분기 영역의 좌표계 구성에 의한 차상 중심 분기 제어 기술의 경우 공백 기술로서 위 기술을 개발할 경우 특허권리화가 가능할 것임
공백기술	• 관제 ATS와 독립된 차상 중심 분기 제어 기술 • 분기영역의 좌표계 구성에 따른 차상 중심 분기 제어 기술

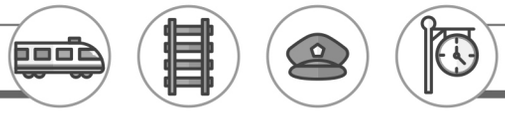
● **열차간 직접적인 통신/보안 기술(AAC)**

- 주파수 이중화 통신기술이나 열차와 노변장치 통신 프로토콜에 있어 일부 기술이 공개되어 있으나 밀리파 사용의 생략이나 IOT 장비 표준 프로토콜 개발에 의해 회피설계가 가능할 것임

- 또한, 전파 교란 극복을 위한 재밍 기술이나 스마트 IOT 장비 표준 프로토콜의 경우 선행기술이 없으므로 이를 개발할 경우 특허 권리화가 가능할 것으로 분석됨

[표 5.4.15] 열차간 직접적인 통신/보안 기술(AAC)의 핵심특허 회피 및 공백기술

구분	내 용
기획대상 기술요소	• 지상의 제어시스템을 거치지 않으며 통신기지국을 거치지 않는 열차간 직접적인 통신/보안 기술
핵심특허 주요내용	• 주파수 이중화 고신뢰 통신 기술 (JP2017177336) • 열차와 노변장치의 통신 프로토콜 (US9469317)
핵심특허 회피방안	• 핵심특허의 경우 대용량의 전송을 위한 밀리파 사용을 필수 구성요건으로 하고 있으나 밀리파 사용을 생략할 경우 핵심특허를 회피할 수 있으며, • 또한 열차와 노변장치간 통신 프로토콜의 경우, 전력 레벨이나 보고간격 또는 데이터 전송을 필수 구성요건으로 하고 있으나, IOT 장비로 구축할 경우 이러한 특수한 프로토콜을 배제할 수 있으므로 핵심특허 회피가 가능할 것임 • 그리고, 1) 물리적 장치 설계 기술의 한계를 극복하고 열차 자율 주행을 위한 고신뢰성 확보를 악의적 전파 교란 극복을 위한 재밍 회피기술, 2) 열차자율주행의 고신뢰 통신을 위한 스마트 IOT 장비의 표준 프로토콜의 경우 공백기술로서 위 기술을 개발할 경우 특허권리화가 가능할 것임
공백기술	• 전파 교란 극복을 위한 재밍 기술 • 고신뢰 통신의 스마트 IOT 장비 표준 프로토콜



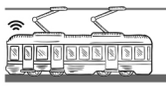
● **무선통신기반 철도차량 네트워크 기술(AAD)**

- 안테나 이중화 물리적 장치 기술이나 네트워크 송수신 포맷 신화 변환 기술이 일부 공개되어 있으나 안테나 배치 설계나 네트워크 송수신 포맷 신호 변환을 변경함으로써 회피설계가 가능

- 안테나 배치 설계나 고신뢰 네트워크 프로토콜 개발을 위해 시뮬레이터 개발이 필요하며, 이에 따라 새로운 안테나 이중화 배치 설계나 네트워크 송수신 포맷 신호 변환 기술을 개발할 경우 특허권리화가 가능할 것으로 분석됨

[표 5.4.16] 무선통신기반 철도차량 네트워크 기술(AAD)의 핵심특허 회피 및 공백기술

구분	내 용
기획대상 기술요소	• 전부편성이 후부편성의 상태정보 수신/제어 기술, 가상 연결된 열차의 내부간 무선 네트워크 기술
핵심특허 주요내용	• 전파 경로 복수 확보 차량의 안테나 이중화 물리적 장치 기술 (US16/139724) • 네트워크 송스신 포맷 신호 변환 기술 (US16/318732)
핵심특허 회피방안	• 핵심특허의 경우 차량간 다중 그룹의 안테나 배치 구조를 핵심 구성요건으로 하고 있으므로 안테나 배치의 물리적 구조를 달리하여 무선통신 간섭이나 비의도적 연결 문제를 해결할 경우 핵심특허를 회피할 수 있으며, • 또한, 차량 정보 관리 장치 대형화 방지를 위해 네트워크 송수신 포맷의 신호 변환의 구체적인 방식을 핵심 구성요건으로 하고 있으므로 신호 변환 단계를 변경함으로써 핵심특허 회피가 가능할 것임 • 그리고, 무선통신 간섭과 비의도적 연결 문제를 해결하기 위해 안테나 배치 설계나 고신뢰 네트워크 프로토콜 개발을 위해 시뮬레이터 개발이 필요하며, 이에 따라 새로운 안테나 이중화 배치 설계나 네트워크 송수신 포맷 신호 변환 기술을 개발할 경우 특허권리화가 가능할 것임
회피설계	• 신규의 안테나 이중화 배치 설계 기술 • 신규의 네트워크 송수신 포맷 신호 변환 기술



● **철도차량 원격 주행기술(AAE)**

- 열차 슬립 방지나 운영자 인증의 원격제어기술이 일부 공개되어 있으나 원격의 정밀 제어 기술 개발에 따라 슬립 서의 생략이나 운영자와 열차간 인증 절차 변경에 따라 회피설계가 가능

- 또한, 원격제어의 경우 통신 지연 문제가 발생하며, 열차 주변 상황 연계 원격제어를 위해 필요한 속도 프로파일 생성 기술의 경우 선행기술이 없으므로 이를 개발할 경우 특허 권리화가 가능할 것임

[표 5.4.17] 철도차량 원격 주행기술(AAE)의 핵심특허 회피 및 공백기술

구분	내 용
기획대상 기술요소	• 열차 회복/운전을 첨단 ICT 이용하여 원격 관제를 수행하는 철도차량 원격 주행기술
핵심특허 주요내용	• 열차 슬립 방지의 원격 제어 기술 (US11/330372) • 운영자 인증 및 열차 상태 정보 이용의 원격 제어 기술 (US16/123284)
핵심특허 회피방안	• 핵심특허의 경우, 가상연결 기반 훈련견인 상태에서 슬립의 손실을 감지하여 동작 제어하는 것을 필수 요건으로 하고 있으므로 슬립 감지 단계를 생략하고 정밀 제어에 따른 슬립 방지 기능을 구현할 경우 핵심특허를 회피할 수 있으며, • 또한, 운영자와 대상 열자간 가상 링크의 통신에 따른 인증 절차를 필수요건으로 하고 있으므로, 가상링크 설정이나 이에 따라 열차와 운영자간 통신의 인증 절차를 생략함으로써 핵심특허 회피가 가능할 것임 • 그리고, 통신 지연 해소나 열차 상환 인지를 고려한 열차 속도 프로파일을 생성하여 정밀 원격제어하는 기술은 공백기술로서 이러한 기술을 개발할 경우 특허권리화가 가능할 것임
공백기술	• 원격제어의 통신 지연 해소의 열차 속도프로파일 생성 기술 • 원격제어 상황 인지의 열차 속도프로파일 생성 기술

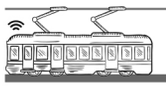
● **가상연결기 제어기술(AAF)**

- 열차 슬립 방지나 운영자 인증의 원격제어기술이 일부 공개되어 있으나 원격의 정밀 제어 기술 개발에 따라 슬립서의 생략이나 운영자와 열차간 인증 절차 변경에 따라 회피설계가 가능할 것임

- 원격제어의 경우 통신 지연 문제가 발생하며, 열차 주변 상황 연계 원격 제어를 위해 필요한 속도 프로파일 생성 기술의 경우 선행기술이 없으므로 이를 개발할 경우 특허 권리화가 가능할 것으로 분석됨

[표 5.4.18] 가상연결기 제어기술(AAF)의 핵심특허 회피 및 공백기술

구분	내 용
기획대상 기술요소	• 물리적 연결기 없이 논리적 연결을 통해 주행 중 열차 분리와 결합을 수행하는 가상연결기 제어기술
핵심특허 주요내용	• 가상열차편성의 열차무결성 확인 기술 (KR20170179363A) • 열차 운행정보 기반 가상편성 기술 (EP2017199414)
핵심특허 회피방안	• 핵심특허의 경우, 최소 안전거리를 추정하여 추종속도 결정하고 주기적으로 추종주행 검사를 수행하는 것을 필수 요건으로 하고 있으므로, 가상연결 구간 정의에 따른 속도 추정 방식을 변경함으로써 가상 연결의 열차간 간격 유지 기술을 개발할 경우 핵심특허를 회피할 수 있으며, • 또한, 열차 운행정보의 주기적 송수신과 연산으로 열차간 위치를 결정하는 것을 필수요건으로 하고 있으므로, 가상연결 구간 정의에 따른 속도 추정 방식을 변경함으로써 가상 연결의 열차간 간격 유지 기술을 개발할 경우 핵심특허를 회피할 수 있음 • 그리고, 정차 및 주행중 가상연결 구간을 정의하고, 근접주행에 필요한 선로자원의 배타적 관리방법에 따른 열차간 간격 유지 기술을 개발할 경우, 이는 공백기술로서 특허권리화가 가능할 것임
공백기술	• 선로자원 배타적 관리방법에 따른 근접주행의 열차간 간격 유지 기술



● **고정밀 열차 위치 검지 기술(AAG)**

- 선로변 AP 통신이나 GNSS 기반 검지기술의 경우 고정밀 위치 검지에 한계가 있으므로 선로변 AP 또는 GNNS 일부 적용이나 생략으로 회피설계가 가능

- 또한, 선행기술로 제시된 고정밀 검지 방안은 주행거리계, GNSS, RFID 등의 선택적 적용을 제안하고 있으며, 열차간 통신 기반 정밀 제어에 적합한 다양한 센서 융합 기술의 경우 선행기술이 없으므로 이를 개발할 경우 특허 권리화가 가능할 것으로 분석됨

[표 5.4.19] 고정밀 열차 위치 검지 기술(AAG)의 핵심특허 회피 및 공백기술

구분	내 용
기획대상 기술요소	• 열차가 실시간 자신의 위치를 정밀 인지, 또는 열차 회복 후 자신의 위치를 인지하는 고정밀 열차위치 검지 기술
핵심특허 주요내용	• 선로변 AP 이용의 위치검지 오차보정의 고정밀 위치 검지 기술 (KR20170179363A/JP2011-239801A) • GNSS 기반 위치검지 오차 보정의 고정밀 위치 검지 기술 (JP2015-075597A)
핵심특허 회피방안	• 핵심특허(KR20170179363, JP2011-239801A)의 경우, 차량 주행거리계가 동작하고 있어 오차 보정의 한계가 있으므로 고정밀 위치 검지를 위한 AP 통신 보정 방안은 생략 가능하기 때문에 핵심특허를 회피할 수 있으며, • 또한, 상황별로 GNSS 또는 TG의 위치검지를 선택적으로 수행하는 것을 필수 구성요건으로 하고 있으나 고정밀 위치 검지를 위해 GNSS와 TG의 융합 기술을 적용할 경우 핵심특허를 회피할 수 있음 • 위치 검지 방안으로 주행거리계, GNSS, RFID 등의 선택적 적용을 공개하고 있으나, 열차간 통신 기반 제어를 위한 다양한 센서 융합의 고정밀 위치검지 기술은 공백기술로서 이를 개발할 경우 특허권리화가 가능할 것임
공백기술	• 열차간 통신 기반 열차제어용 다양한 센서 융합의 고정밀 위치검지 기술

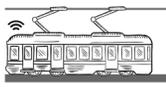
● **고밀도, 열차 스케줄링 기술, 가상연결기 지원 스케줄링 기술(ABA)**

- 차량정보나 운행정보에 기초한 스케줄링 기술이 일부 공개되어 있으나 열차간 협업 제어용 실시간 고밀도 열차 스케줄링 기술을 개발할 경우 이를 생략하여 회피설계가 가능할 것임

- 또한, 열차간 협업 제어용 통합 시뮬레이터 및 통합(차량정보, 운행정보, 선로정보, 제동 및 연동제어) 스케줄링 기술, 가상연결기 지원 가상편성 스케줄링 기술의 경우, 선행 기술이 없으므로 이를 개발할 경우 특허 권리화가 가능할 것으로 분석

[표 5.4.20] 고밀도 열차 스케줄링 기술, 가상연결기 지원 스케줄링 기술(ABA)의 핵심특허 회피 및 공백기술

구분	내 용
기획대상 기술요소	• 높은 밀도를 가지는 고밀도 열차 스케줄링 및 가상연결기를 지원하는 가상연결기 지원 스케줄링 기술
핵심특허 주요내용	• 차량 운용정보 및 운행정보 기반 열차 스케줄링 기술 (JP2007-280765A, US14/513850, KR20130060154A) • 견인 중량 기반 편성 및 속도 자동 산정 기술 (KR20130060153A)
핵심특허 회피방안	• 핵심특허(JP2007-280765A)의 경우, 운용 정보 및 운행 정보에 기초한 스케줄링 자동 작성 기술을 필수 구성요건으로 하고 있으므로 열차간 협업제어를 위한 실시간 고밀도 스케줄링 작성 기술을 적용할 경우 특허 회피가 가능할 것임. • 또한, 핵심특허(KR20130060153A)는 수송수요 예측을 위해 차량정보(견인 중량 등) 기반 열차 편성과 속도 자동 산정을 핵심 구성요건을 하고 있으므로 열차간 협업제어를 위한 실시간 고밀도 스케줄링 작성 기술을 적용할 경우 특허 회피가 가능할 것임. • 그리고, 열차간 협업 제어를 위한 운행정보, 차량정보, 선로정보, 제동 및 연동제어 등의 통합 운영의 시뮬레이터 개발이 필요하고 이에 따른 열차간 협업 제어 최적화 스케줄링 기술, 또는 기상 연결기를 지원하는 가상연결기 지원 스케줄링 기술은 공백 기술로서 위 기술을 개발할 경우 특허권리화가 가능할 것임
공백기술	• 열차간 협업 제어 기반의 스케줄링 시뮬레이터 및 통합 스케줄링 기술 • 가상연결기 지원의 가상편성 스케줄링 기술



● **실시간 경합예측, 및 연쇄지연 최소화 기술, 재스케줄링 최적화 기술(ABB)**

- 모델링 기반 스케줄링 기술이나 실시간 운행정보 생성기술이 일부 공개되어 있으나 중앙집중 열차 스케줄링 기술에 관한 것이고 열차간 협업 제어용 열차 스케줄링 기술을 적용할 경우 이를 생략하여 회피설계가 가능할 것임

- 또한, 핵심특허는 중앙집중 제어 스케줄링에 관한 것이므로 열차간 협업 제어의 실시간 경합 및 지연 최소화를 위한 재스케줄링 최적화 기술을 개발할 경우, 선행기술이 없으므로 특허 권리화가 가능

[표 5.4.21] 실시간 경합예측 및 연쇄지연 최소화 기술, 재스케줄링 최적화 기술(ABB)의 핵심 특허 회피 및 공백기술

구분	내 용
기획대상 기술요소	• 실시간 열차간 경합 예측/지연 최소하하는 실시간 경합예측 및 연쇄지연 최소화 기술, 열차간 직적적인 합의를 통해 지연을 최소하는 재스케줄링 최적화 기술
핵심특허 주요기술	• 열차운행 정보 모델링 기반 스케줄링 기술 (US12/249645, US13/903060) • 승객 편의의 실시간 운행정보 생성 기술 (US13/722441, US12/249645)
핵심특허 회피방안	• 핵심특허(US12/249645)의 경우, 운행경로와 대체경로를 마련하고 트랙 네트워크를 시뮬레이션 하면서 운행 계획을 작성하는 것을 필수 구성요건으로 하고 있으나 다수 경로 대신 열차간 협업 기반이 실시간 경로 설정 및 운행 계획을 작성하는 기술을 적용할 경우 특허 회피가 가능할 것임. • 또한, 핵심특허(US13/722441)는 정보 제공을 요청하는 시간과 위치를 반영하여 지연 정보 정밀도 향상을 핵심 구성요건을 하고 있으므로 열차간 협업제어를 위한 실시간 지연정보 산정 기술을 적용할 경우 특허 회피가 가능할 것임. • 그리고, 핵심특허는 중앙집중제어 열차 스케줄링 기술에 관한 것으로 열차간 협업 제어의 실시간 경합 및 지연 최소화의 재스케줄링 최적화 기술은 공백 기술로서 위 기술을 개발할 경우 특허권리화가 가능할 것임
공백기술	• 열차간 협업 기반 경합예측 및 지연 최소화의 재스케줄링 최적화 기술

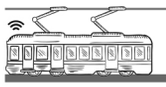
● **승객환승 최적화 관제기술(ABC)**

- 열차, 승객 및 스테이션의 승객유동정보나 차량정보를 이용한 동적 스케줄링 평가 기술이 일부 공개되어 있으나 열차, 승객, 스테이션에 관한 종합 정보를 이용한 평가에 관한 것으로 필수 구성요건으로서 한정 사항이 많아 평가요소 일부 생략으로 회피설계가 가능할 것임

- 또한, 핵심특허는 승객 탑승과 유동정보 등에 기초한 동적 스케줄링 기술을 언급하고 있으나 스케줄링 평가 기술에 관한 것이므로, 환승 열차간 동적 스케줄링 기술을 개발할 경우, 관련 선행기술이 없으므로 특허 권리화가 가능

[표 5.4.22] 승객환승 최적화 관제기술(ABC)의 핵심특허 회피 및 공백기술

구분	내 용
기획대상 기술요소	• 환승 열차간 최적 스케줄링을 통해 대기 없이 승하차 승객 환승이 가능한 승객 환승 최적화 관제 기술
핵심특허 주요기술	• 승객 유동 정보의 동적 스케줄링 평가 기술 (US14/435307)
핵심특허 회피방안	• 핵심특허(US14/435307)의 경우, 승객수, 역내 승객 유출입정보, 차량정보, 운행정보, 차량무게 등의 평가 요소를 필수 구성요건으로 하고 있으므로 평가요소로서 이러한 평가요소를 생략한 스케중링 평가기술을 적용할 경우 특허 회피가 가능할 것임 • 그리고, 승객 탑승 산정과 유동정보 등에 따른 동적 스케줄링 기술을 언급하고 있으나 스케줄링 평가기술에 관한 것이고, 대기없이 승하차 승객의 환승이 가능한 환승 열차간 최적 스케줄링을 위한 승객환승 최적화 관제기술은 공백 기술로서 위 기술을 개발할 경우 특허권리화가 가능할 것임
공백기술	• 환승 열차간 스케줄링의 승객환승 최적화 관제기술



● **빠른 응답특성의 추진/제동 기술(ACA)**

- 응답특성 향상을 위해 전기-기계식 제동기술이나 퍼지추론이나 근사의 추진/제동 기술이 일부 공개되어 있으나 제동 분포 예측과 제어 알고리즘을 변경하여 적용할 경우 이를 생략하여 회피설계가 가능

- 제동거리 분포 예측은 데이터 수집과 처리에 따라 다양하게 전개할 수 있으며, 응답특성 향상을 위한 제동거리 분포 예측이나 점착제어 기술의 경우, 선행 기술이 없으므로 이를 개발할 경우 특허 권리화가 가능할 것으로 분석됨

[표 5.4.23] 빠른 응답특성의 추진/제동 기술(ACA)의 핵심특허 회피 및 공백기술

구분	내 용
기획대상 기술요소	• 열차 지연을 저감하고 빠른 응답 특성을 가지는 추진/제동 기술
핵심특허 주요내용	• 회전나사드럼을 이용한 기계-전기식 제동기술 (KR20160009538A) • 브레이크 제동의 감속거리 근사방식의 차량 정위치 정지 자동제어 기술 (JP2004-253281A)
핵심특허 회피방안	• 핵심특허(KR20160009538A)의 경우, 제동지연시간 단축 및 신뢰성 향상을 위해 전기-기계식 제동장치로서 회전나사드럼에 관한 것이고, 감속기어, 회전나사드럼, 직진나사드럼, 스토퍼를 필수 구성요건으로 하고 있으므로, 회전나사드럼을 적용할 경우 위 구성요소의 생략이나 변경으로 특허 회피가 가능할 것임. • 핵심특허(JP2004-253281A)의 경우, 퍼지추론을 개량한 제동기술로서 차량상태 데이터 및 브레이크 특성 데이터에 기초하여 감속거리를 근사시킴으로써 정위치 정지를 구현하는 것을 필수 구성요건으로 하고 있으므로 차량 상태별 제동거리 분포 예측/제어 기술을 적용할 경우 특허 회피가 가능할 것임 • 그리고, 퍼지추론이나 근사 방식이 제동기술이 적용되고 있으나 제동거리 분포 예측과 가감속 응답 특성 향상을 위한 점착식 제어 기술은 공백 기술로서 위 기술을 개발할 경우 특허권리화가 가능할 것임
공백기술	• 응답특성 향상을 위한 제동거리 분포 예측 및 점착 제어 기술

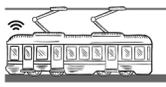
● **예측가능한 제동기술(ACB)**

- 열차 상태별 제동 보상기술이나 목표 속도 적응형 열차 제어기술이 일부 공개되어 있으나 제동 분포 예측과 제어 알고리즘을 변경하여 적용할 경우 이를 생략하여 회피설계가 가능할 것임

- 또한, 제동거리 분포 예측은 데이터 수집과 처리에 따라 다양하게 전개할 수 있으며, 예측제동을 위한 제동거리 분포 예측이나 점착제어 기술의 경우, 선행 기술이 없으므로 이를 개발할 경우 특허 권리화가 가능할 것으로 분석됨

[표 5.4.24] 예측가능한 제동기술(ACB)의 핵심특허 회피 및 공백기술

구분	내 용
기획대상 기술요소	• 열차 제동력이 예측 가능하고 제동성능 편차를 최소화하는 예측 가능 제동기술
핵심특허 주요내용	• 열차 상태별 제동보상기술 (US15/079720) • 목표속도 적응형 열차제어기술 (JP2004-253281A)
핵심특허 회피방안	• 핵심특허(US15/079720)의 경우, 외부시스템의 제동요청에 따라 점진적 또는 단계별 보상 제동하는 것을 필수 구성요건으로 하고 있으므로, 제동 보상 기술을 적용할 경우 외부 시스템 연동 알고리즘이나 보상 알고리즘의 변경으로 특허 회피가 가능할 것임. • 핵심특허(JP2004-253281A)의 경우, 열차간 간격에 따라 주행패턴을 생성하고 제동패턴을 설정하는 제어에 관한 것으로 열차 목표속도에 적응한 열차제어 기술을 필수 구성요건으로 필수 구성요건으로 하고 있으므로 열차간 간격 기반 패턴 형성 및 제어 기술을 생략할 경우 특허 회피가 가능할 것임 • 그리고, 앞서 살펴본 바와 같이, 제동력의 예측 및 성능 편차를 위해 제동거리 분포 예측과 가감속 응답 특성 향상을 위한 점착식 제어 기술은 공백 기술로서 위 기술을 개발할 경우 특허권리화가 가능할 것임
공백기술	• 응답특성 향상을 위한 제동거리 분포 예측 및 점착 제어 기술



● **지능형 열차 전방상황 인지기술(ACC)**

- 열차 상태별 제동 보상기술이나 목표 속도 적응형 열차 제어기술이 일부 공개되어 있으나 제동 분포 예측과 제어 알고리즘을 변경하여 적용할 경우 이를 생략하여 회피설계가 가능

- 제동거리 분포 예측은 데이터 수집과 처리에 따라 다양하게 전개할 수 있으며, 예측제동을 위한 제동거리 분포 예측이나 점착제어 기술의 경우, 선행 기술이 없으므로 이를 개발할 경우 특허 권리화가 가능할 것으로 분석됨

[표 5.4.25] 지능형 열차 전방상황 인지기술(ACC)의 핵심특허 회피 및 공백기술

구분	내 용
기획대상 기술요소	• 차가 인간의 눈을 대신할 수 있는 여러 센서를 통해 스스로 전방상황을 인지하는 지능형 열차 전방상황 인지기술
핵심특허 주요내용	• 센서데이터 기반 전방 상황 인지/감시 기술(US14/817836) • 목표속도 적응형 열차제어기술 (KR20100135271A)
핵심특허 회피방안	• 핵심특허(KR20100016816A)의 경우, 노변 모니터 및 열차 장착 센서를 이용하여 열차 위치, 속도, 트랙 정보를 획득하고 전방 상황을 감지하여 경고 또는 열차 제어하는 것으로 필수 구성요건으로 하고 있으며, 다수의 센서를 이용하는 선언적 구성을 하고 있으므로 노변 모니터, 열차 장착의 센서의 구성요소 생략으로 특허 회피가 가능할 것임. • 핵심특허(JP2004-253281A)의 경우, 열차간 간격에 따라 주행패턴을 생성하고 제동패턴을 설정하는 제어에 관한 것으로 열차 목표속도에 적응한 열차제어 기술을 필수 구성요건으로 필수 구성요건으로 하고 있으므로 열차간 간격 기반 패턴 형성 및 제어 기술을 생략할 경우 특허 회피가 가능할 것임 • 그리고, 선행기술의 경우, 여러 센서 데이터를 이용한 경고나 제어를 선언적 으로 언급하고 있으나, 데이터 수집 뿐만 아니라 추론과 예측으로 지능형 인지 및 지능형 제어 기술은 공백 기술로서 위 기술을 개발할 경우 특허권리화가 가능할 것임
공백기술	• 센서 데이터 이용의 추론/예측의 지능형 상황 인지/제어 기술

● **궤도토목(AD)**

- 지능형 인프라상태 실시간 감시 기술(ADC)의 핵심특허 분석 결과, 열차 상태별 제동 보상기술이나 목표 속도 적응형 열차 제어기술이 일부 공개되어 있으나 제동 분포 예측과 제어 알고리즘을 변경하여 적용할 경우 이를 생략하여 회피설계가 가능할 것임

- 또한, 제동거리 분포 예측은 데이터 수집과 처리에 따라 다양하게 전개할 수 있으며, 예측제동을 위한 제동거리 분포 예측이나 점착제어 기술의 경우, 선행 기술이 없으므로 이를 개발할 경우 특허 권리화가 가능할 것으로 분석됨

[표 5.4.26] 궤도토목(AD)의 핵심특허 회피 및 공백기술

구분	내 용
기획대상 기술요소	• 차량의 안전운행을 위해 인프라 이상 상태를 스마트하게 감시/관리하기 위한 기술, 인프라 디지털 맵/센서 기술을 통한 인프라 이상 상태의 인지/판단에 관한 지능형 인프라 상태 실시간 감시기술
핵심특허 주요내용	• 인지율 개선의 도시철도 지능형 감시 시스템 (KR20100016816A) • 철도차량/선로변 상황 감시 기술 (KR20100135271A) • 궤도회로 통합 감시 기술(KR20180119038A)
핵심특허 회피방안	• 핵심특허(KR20100016816A)의 경우, 영상감시시스템과 센서 감시 시스템 통합 구성, 지능형 네트워크 카메라, 돔 카메라, 스피드 돔 카메라, 일반 칼메라, 실외 카메라 기타 다수 부품을 필수 구성요건으로 하고 있으므로, 영상감시 시스템과 센서 감시 시스템을 분리하거나, 카메라 기타 구성요소 생략으로 특허 회피가 가능할 것임. • 핵심특허(KR20100135271A)의 경우, 선로변 일정 간격 설치 카메라로 철도차량 및 선로변 감시에 관한 것으로 영상신호 변환(아날로그/디지털), 경고신호 제공을 필수 구성요건으로 영상신호 변환 단계나 경고신호 제공 단계를 생략할 경우 특허 회피가 가능할 것임 • 그리고, 선행기술은 차량의 안전운행을 위한 인프라 이상 상태 감시를 위한 다수의 센서 설치/인지/판단에 관한 선언적 제안을 하고 있으며, 지능형 인프라 감시를 위한 언급을 하고 있어 필수 구성요건을 많이 포함하고 있음. 따라서, 센서 기반 데이터 수집 뿐만 아니라 추론/예측의 지능형 인지/제어 기술은 공백 기술로서 위 기술을 개발할 경우 특허권리화가 가능할 것임
공백기술	• 센서 연계 데이터 수집/처리의 지능형 인프라 감시/제어 기술

기술순환주기(TCT)

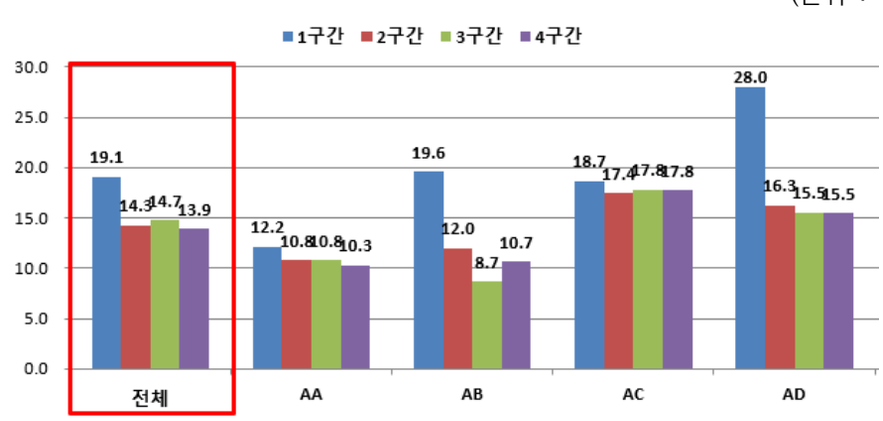
- 전 분야의 기술순환주기는 15년으로 파악되었고, 중분류별로 10~18년의 기술순환주기를 가지는 것으로 분석됨
  - 기술순환주기가 상대적으로 짧은 기술 분야는 신호통신(AA) 분야에서 10.9년, 철도운영(AB) 분야에서 15.8년으로 도출
  - 기술순환주기가 상대적으로 긴 기술 분야는 궤도토목(AD) 분야에서 18.2년, 철도차량(AC) 분야에서 17.9년으로 파악됨

기술순환주기(Technology Cycle Time, TCT)

- **정의** : 인용된 특허들의 발행연도와 인용한 특허의 발행연도와의 차이 값들의 중간 값(median age)으로 기술발전의 속도, 즉 혁신활동의 속도에 대한 정보를 제공하여, 해당 기술이 얼마만큼의 기술주기를 가지고 발전하는가를 나타내는 지표임
- **활용방법** : TCT 기준으로 구간별 세부기술의 순환주기가 감소하는지, 증가하는지 여부에 따라 해당 기술의 발전 속도를 가늠할 수 있음. 예로, 최근 들어 TCT값이 감소한다면 주요 출원인들의 관심이 그 분야에 집중되고 있다고 판단할 수 있음. 이에 따라 해당 기술 분야의 여러 세부기술 중 어떤 세부기술이 최근 급부상하고 있으며, 관심이 집중되고 있는지 파악할 수 있음

- 전체 구간(1998-2017)을 4개 구간으로 구분하여 세부기술을 살펴보면, 전반적으로 기술순환주기가 짧아지고 있는 것으로 나타나, 주요 출원인들의 관심이 집중되고 있다고 판단됨

(단위 : 년)

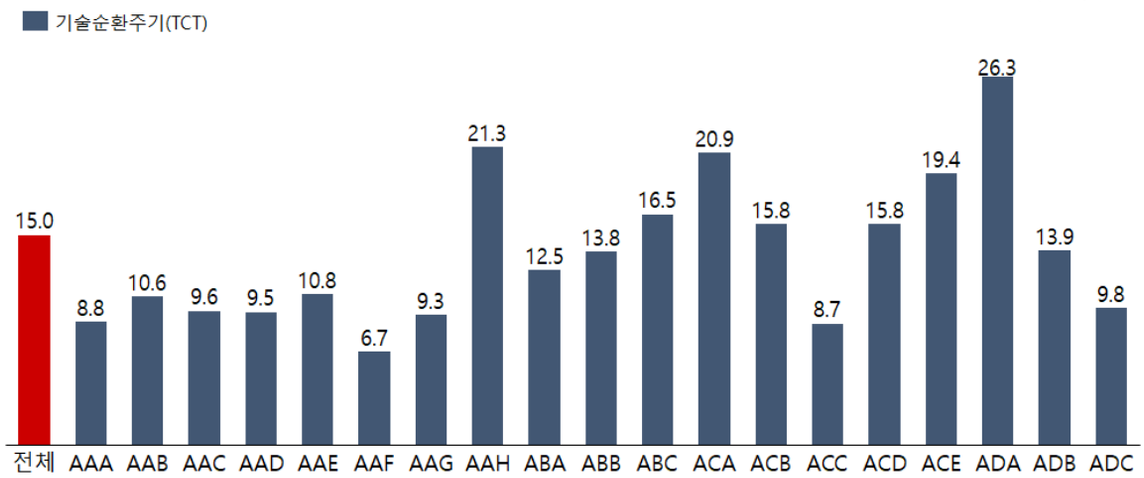


* 전체 기술순환주기값은 1998~2019년까지 계산한 값으로 2018년 및 2019년값이 추가되어, 중분류별 TCT값 평균과는 차이가 있음

[그림 5.4.44] 전체 및 세부기술별 기술순환주기

- 소분류별로 다양한 형태의 기술순환주기를 보여 정보통신 분야나 전기전자 분야에 비하여 상대적으로 긴 기술순환주기를 보이고 있는 것으로 분석됨
  - 기술순환주기가 상대적으로 짧은 기술 분야는 가상연결기 제어기술(AAF) 분야에서 6.7년, 지능형 열차 전방 상황 인지기술(ACC) 분야에서 8.7년으로 도출되었음
  - 기술순환주기가 상대적으로 긴 기술 분야는 빠르고 신뢰도 높은 분기기 기술(ADA) 분야에서 26.3년, 빠르고 신뢰도 높은 선로전환기술(AAH) 분야에서 21.3년으로 도출되었음

(단위 : 년)



* 전체 기술순환주기 값은 세부기술별 기술순환주기 값에서 중복된 값을 소거하고 계산된 값으로, 세부기술별 TCT의 평균과는 차이가 없음

[그림 5.4.45] 전체 및 세부기술별 기술순환주기

특허경쟁력지수

- (분석 내용) 특허 기술수준분석*에서는 미국등록특허에서 나타나는 인용도 지수, 특허영향지수, 기술력지수, 시장확보지수 등의 분석을 통한 국가 간 기술경쟁력 현황 분석 등을 통해 국가별 Landscape를 분석함

* 미국등록특허에서 기술수준을 측정하는 특허등록건수, 영향력지수(PII), 및 기술력지수(TS)를 포함하는 세 가지 지표를 통하여 국가별 분포를 살펴봄

** 기술영향력과 시장성은 각각 피인용수와 패밀리 특허 수를 기준으로 나타내는 특허인용지수(cites per patent) 및 시장확보지수(Family patent size)로부터 파악함

- 인용도 지수(CPP, Cites Per Patent)

산식	CPP = 등록특허의 피인용횟수/등록특허 건수
의미	미국등록특허를 대상으로 분석가능하며, 특정 등록특허가 다른 특허들에 의해 인용된 횟수를 나타냄. 특허권자의 입장에서 이 값이 클수록 질적 수준이 우수한 특허를 보유하고 있을 가능성이 높다는 것을 의미하며 많이 인용되는 특허를 가진 특허권자는 경쟁에서 유리한 위치를 차지할 수 있음
활용방법	CPP값이 클수록 질적 수준이 높은 핵심특허 또는 원천특허를 많이 보유하고 있을 가능성이 높다고 판단

- 특허영향지수(PII, Patent Impact Index)

산식	PII = 분석대상 주체의 CPP/전체 CPP
의미	CPP를 이용하여 산출하기 때문에 CPP와 마찬가지로 특정 국가 또는 기업이 보유한 특허의 질적수준을 상대적으로 평가하기 위한 지표임. 평균적인 기술 수준과 대비하여 분석대상의 기술 수준을 측정하며 PII가 1이면 해당 국가 또는 기업의 질적 수준이 평균적인 수준이고 1 이상일 경우는 질적 수준이 평균보다 높음을 의미
활용방법	PII는 특허의 피인용 횟수를 특정 기술 분야 내에서의 상대적인 값으로 전환시킨 지수로, 관심대상인 특정 국가 또는 기업의 상대적인 기술수준 파악에 활용

- 기술력지수(TS, Technology Strength)

산식	TS = 특허건수 × 영향력지수(PII)
의미	기술력지수는 인용관계에 의한 영향력지수(PII)에 특허활동의 규모를 나타내는 특허건수를 곱해줌으로써 특허활동의 질적 수준과 함께 양적인 측면을 고려한 평가가 가능하게 해주며, 기술력지수가 클수록 해당출원국가의 특허가 질적·양적으로 기술력이 높음을 의미
활용방법	어느 나라가 질적으로 우수하고 많은 특허를 출원하였는지에 대한 기술력을 판단 가능. 출원년도를 구간별로 나누어 기술력의 변화를 분석하여 기술력 변화추이를 살펴볼 수 있으므로, 과거부터 계속하여 기술력이 높은 국가와, 최근 들어 기술력이 급성장하고 있는 국가를 파악 가능

- 시장확보지수(PFS, Patent Family Size)

산식	$PFS = \frac{\text{해당출원인(소유권자) 평균 } Patent\ Family\text{수}}{\text{전체평균 } Patent\ Family\text{수}}$
의미	한 발명에 대해 각 국가마다 출원된 특허를 Family patent라 지칭함. 해당국가에서 상업적인 이익 또는 기술경쟁 관계에 있을 때에만 해외에 특허를 출원하므로 Family Patent 수가 많을 때에는 특허를 통한 시장성이 크다고 판단되어 이를 시장확보력의 지표로 사용
활용방법	출원인국적별 패밀리수를 분석하는 것은 기술보유국 중 여러 시장에서 기술개발활동을 하는 국가가 어디인가를 나타냄으로, 해당 기술 분야에서 글로벌 시장을 타겟팅한 연구개발분야가 무엇인지를 파악 가능

● (분석 결과) 미국특허의 인용분석에 기초하는 기술력* 지수 평가에서 한국은 보통 또는 낮은 수준으로 평가되었으며, IP 시장확보력**에 있어서도 선진 해외국가의 출원인에 비하여 한국국적이 출원인이 해외 특허권 확보에 있어 저조한 것으로 평가되었음

* 기술력은 미국특허 인용분석에 근거하는 최근구간의 기술력 평가지수(TS)를 기초로 평가된 내용이며, 한국국적 출원인의 특허기술을 다른 국적 출원인의 기술과 상대적으로 비교하여 평가

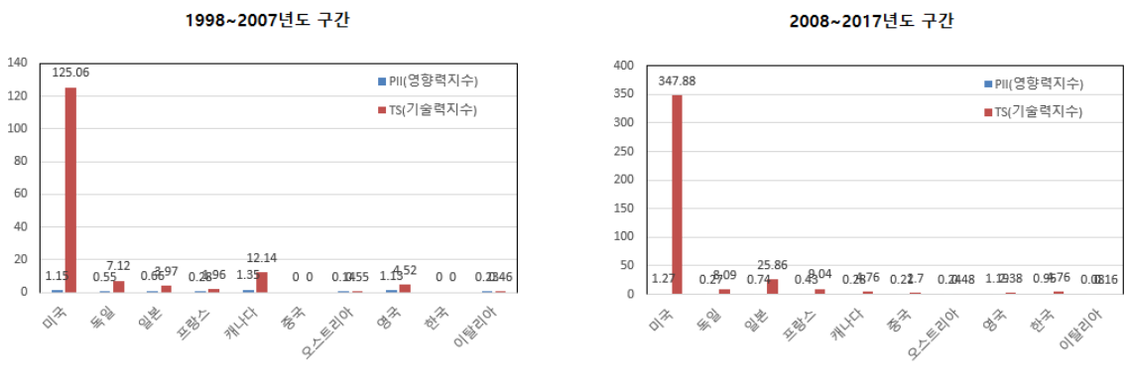
** IP 시장확보력은 최근구간의 특허시장 평가지수(PFS)를 기초로 평가된 내용이며, 한국국적 출원인의 특허기술을 다른 국적 출원인의 기술과 상대적으로 비교하여 평가

- 신호통신분야에서 한국의 인용도 지수는 6.0이며 특허영향지수는 0.57으로 질적 수준이 평균 이하로 나타남

[표 5.4.27] AA 분야 국가별 특허경쟁력 지수 결과

순위	국가	미국 등록특허 수	CPP	PII	TS	PFS
1	미국	387	12.75	1.21	467.73	1.39
2	독일	43	4.81	0.46	19.62	0.17
3	일본	41	6.10	0.58	23.69	0.19
4	프랑스	28	3.57	0.34	9.48	0.18
5	캐나다	26	11.38	1.08	28.05	0.14
6	중국	14	1.21	0.12	1.61	0.15
7	오스트리아	6	2.50	0.24	1.42	0.35
8	영국	6	19.00	1.80	10.80	0.19
9	한국	5	6.00	0.57	2.84	0.09
10	이탈리아	4	2.75	0.26	1.04	0.30

- 신호통신분야의 구간별 기술영향력 변화를 보면, 미국의 기술력이 질적·양적으로 기술력이 높음을 알 수 있으며, 상대적으로 최근 기술력지수가 높아진 한국과 달리 캐나다와 영국의 기술력 지수는 낮아짐

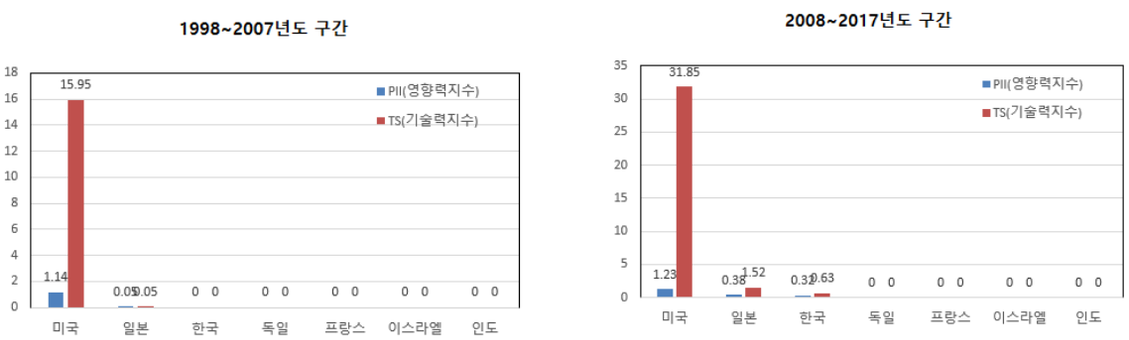


[그림 5.4.46] AA 분야 국가별 기술영향력의 구간별 추이 비교

- 철도운영분야는 한국의 미국 등록특허가 없어 인용도 지수 및 특허영향지수 산출이 불가하며, 상대적으로 다른 국가 또한 타 분야 대비 철도운영 분야의 미국등록특허 수가 1~5개 수준으로 적게 나타남

[표 5.4.28] AB 분야 국가별 특허경쟁력 지수 결과

순위	국가	미국 등록특허 수	CPP	PII	TS	PFS
1	미국	40	14.45	5.78	231.20	1.28
2	독일	5	2.60	1.04	5.20	1.27
3	일본	2	2.50	1.00	2.00	1.00
4	프랑스	1	0	0	0	3.00
5	캐나다	1	0	0	0	1.67
6	중국	1	0	0	0	0.33
7	오스트리아	1	0	0	0	2.00



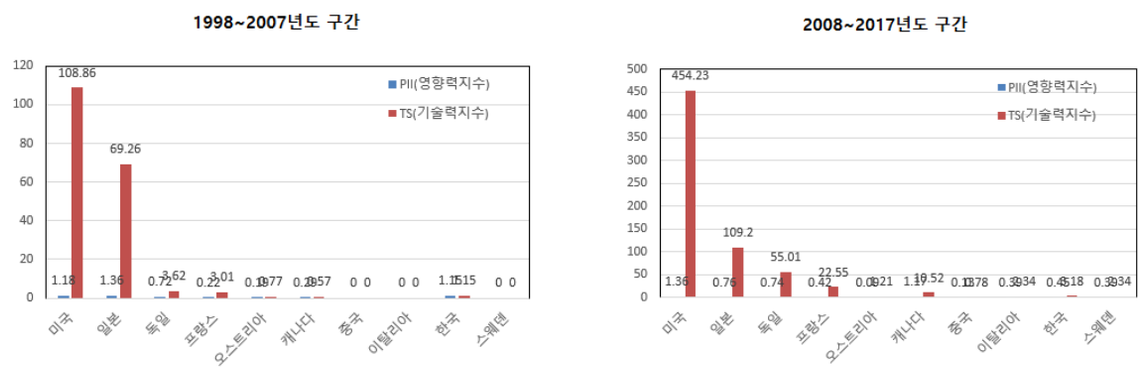
[그림 5.4.47] AB 분야 국가별 기술영향력의 구간별 추이 비교

- 철도차량분야에서 한국의 인용도 지수는 2.7이며 특허영향지수는 0.64로 질적 수준이 평균 이하로 나타남

[표 5.4.29] AC 분야 국가별 특허경쟁력 지수 결과

순위	국가	미국 등록특허 수	CPP	PII	TS	PFS
1	미국	194	5.82	1.37	586.59	1.26
2	일본	80	2.70	0.64	123.25	0.63
3	독일	69	3.03	0.71	57.02	0.93
4	프랑스	18	1.33	0.31	21.65	0.93
5	오스트리아	11	0.55	0.13	2.31	0.92
6	캐나다	8	3.00	0.71	7.76	0.58
7	중국	7	1.43	0.34	2.69	0.48
8	이탈리아	7	1.00	0.24	1.65	0.91
9	한국	7	2.71	0.64	4.47	0.39
10	스웨덴	6	1.17	0.27	1.92	1.15

- 철도차량분야의 구간별 기술영향력 변화를 보면, 미국의 기술력이 질적·양적으로 기술력이 높음을 알 수 있으며, 일본은 최근 기술력지수가 낮아졌으며, 독일과 캐나다의 기술력 지수가 상대적으로 높아짐



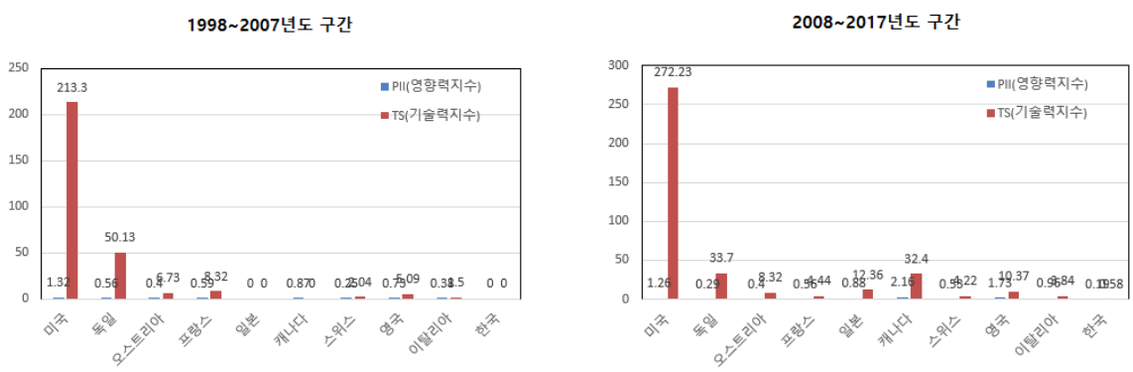
[그림 5.4.48] AC 분야 국가별 기술영향력의 구간별 추이 비교

- 궤도토목분야에서 한국의 인용도 지수는 0.67이며 특허영향지수는 0.1로 질적 수준이 평균 이하로 매우 낮게 나타남

[표 5.4.30] AD 분야 국가별 특허경쟁력 지수 결과

순위	국가	미국 등록특허 수	CPP	PII	TS	PFS
1	미국	208	8.50	1.31	497.93	1.02
2	독일	38	3.24	0.50	103.79	0.85
3	오스트리아	22	3.18	0.49	18.64	1.50
4	프랑스	20	3.25	0.50	11.02	0.59
5	일본	17	3.71	0.57	11.43	0.79
6	캐나다	16	8.38	1.29	21.95	1.50
7	스위스	13	2.31	0.36	5.69	0.89
8	영국	8	6.88	1.06	13.78	1.24
9	이탈리아	6	3.67	0.57	4.52	1.68
10	한국	3	0.67	0.10	0.62	0.42

- 궤도토목분야의 구간별 기술영향력 변화를 보면, 미국의 기술력이 질적·양적으로 기술력이 높으며, 독일의 최근 기술력지수가 낮아진 반면 타 국가 전반적으로 기술력 지수가 높아짐



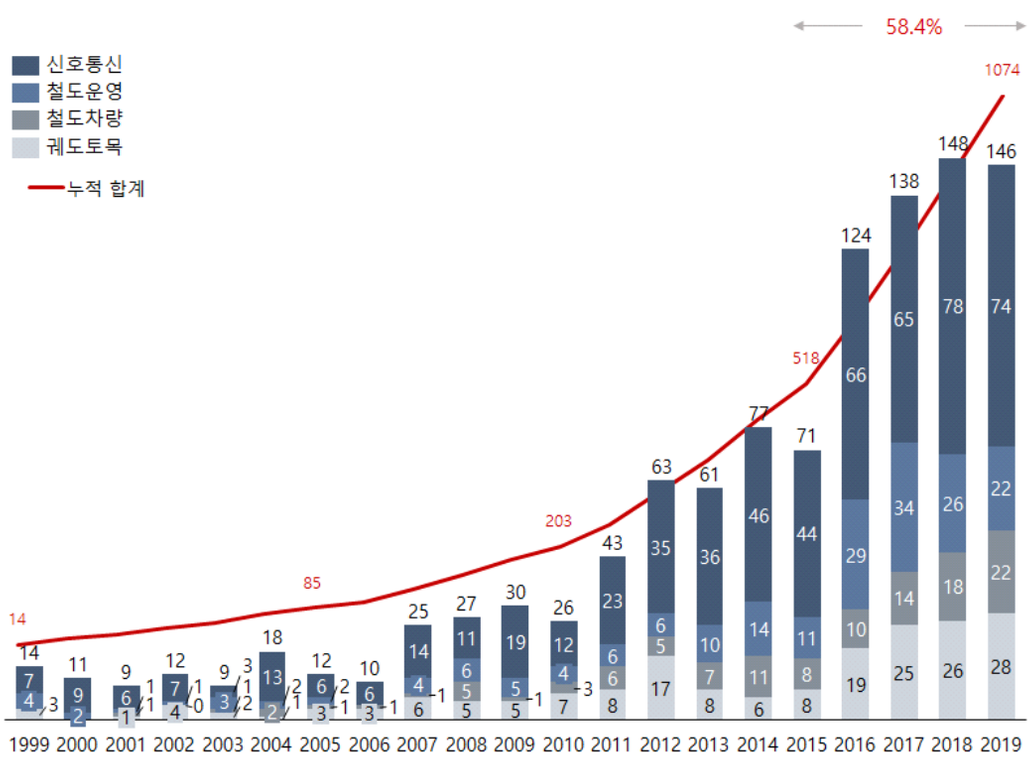
[그림 5.4.49] AD 분야 국가별 기술영향력의 구간별 추이 비교

다. 논문 동향

■ 총괄 분석

- **(논문 게재 추이)** 1999년부터 현재까지 총 1,074건의 관련 논문이 게재되었으며, 연평균 12.4% 수준으로 증가하여 기술적으로 성장기로 판단됨
  - 분석기간 초기에는 10개 내외의 논문이 게재되었으며, 이후 점차 증가하여 최근 게재논문 건수는 140여 건 수준으로 나타남
  - 특히 2015년 이후 게재된 논문(627건)이 전체 논문의 58.4%로 최근 5년간 게재 건수가 크게 증가함

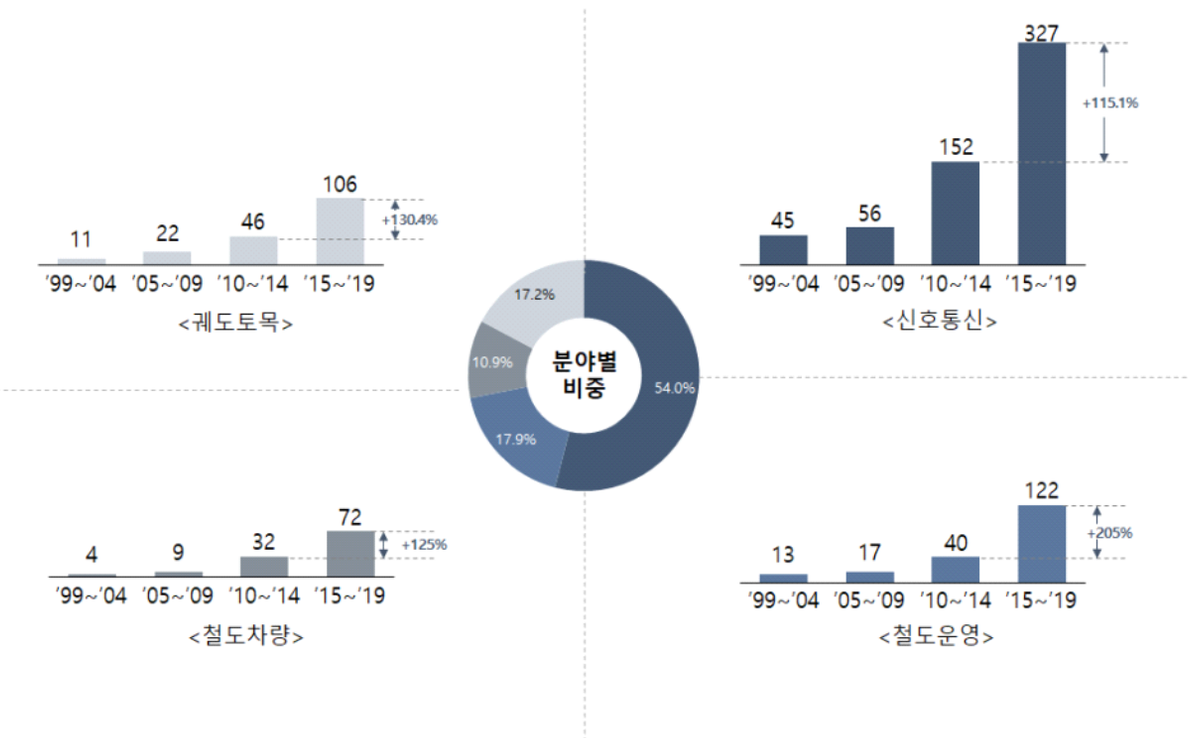
(단위 : 건)



[그림 5.4.50] 연도별 분야별 논문게재 추이

● **(분야별)** 신호통신 분야 논문이 전체 중 54%로 가장 많은 비중을 차지함

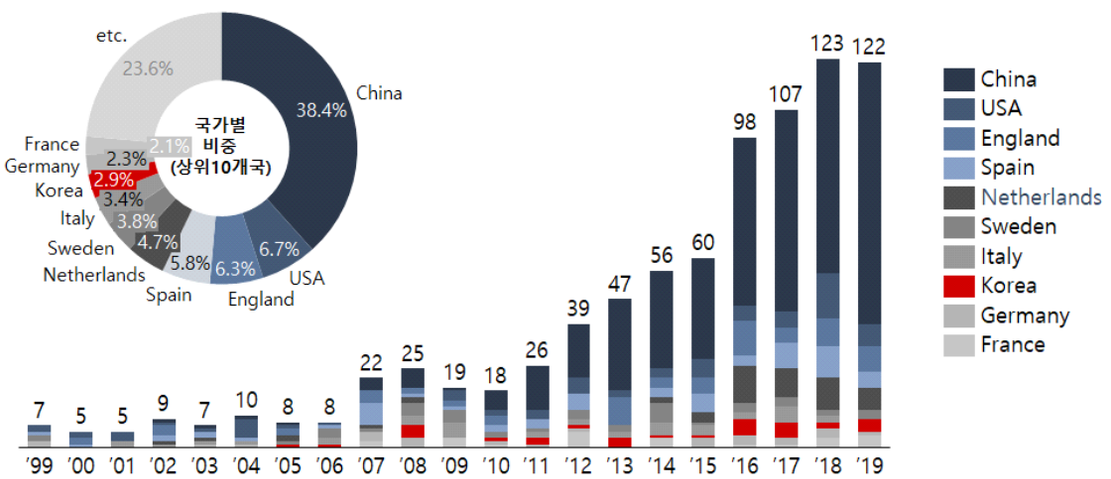
- 신호통신 분야 논문이 580건으로 가장 많으며 철도운영(17.9%), 궤도토목(17.2%), 철도차량(10.9%) 분야 순으로 나타남
- 매년 신호통신 분야 게재 논문이 가장 높은 비중을 차지하며, 철도운영 분야와 궤도토목 분야가 2~4년 주기로 번갈아가며 비중 2위를 차지함
- 5년 단위로 분야별 논문 게재 건수 추이를 보면, 최근 신호통신 분야의 논문 건수가 가장 많이 증가(205건)하였으며, 증가율을 보면 철도운영 분야(205%)가 높은 증가율을 보임



[그림 5.4.51] 5년 단위 분야별 논문 개재 건수 추이

● **(국가별)** 중국 및 주요 선진국이 게재 건수 상위권을 차지하고 있으며, 한국 게재 논문의 질적 수준은 평균 IF값 상위 10개국의 평균(3.79)보다 0.66점 낮은 수준으로 나타남

- 중국 논문이 412건으로 가장 큰 비중(38.4%)을 차지하며, 한국 논문은 총 31건(2.9%)으로 8위에 해당됨



[그림 5.4.52] 국가별 논문 게재 건수

- 한국 게재 논문(31건)의 평균 IF값은 3.13이며, 논문 게재 건수 10개 이상 국가 대상으로 순위를 매길 때, 14위*에 해당함

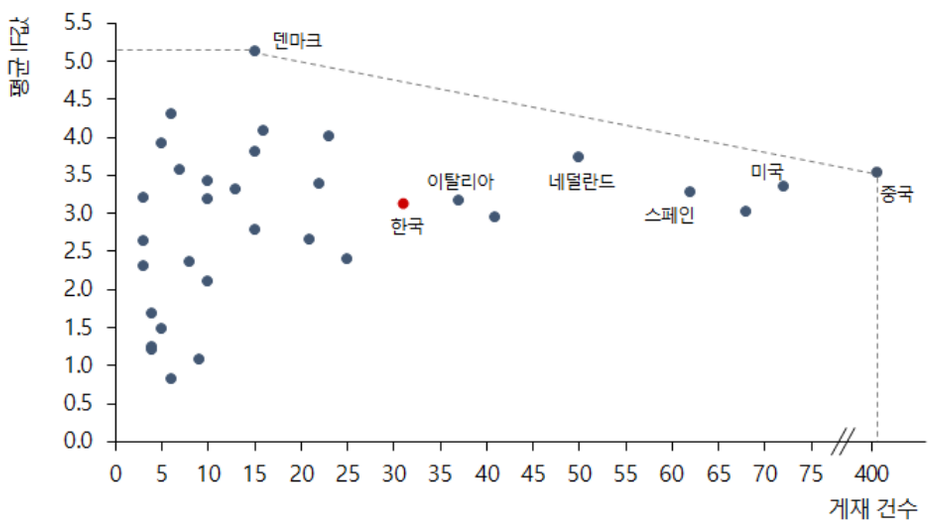
- 덴마크 게재 논문 중 60%(9건)가 신호통신 분야 논문이며, 특히 CBTC 무선통신의 역할에 대한 설문 및 CBTC시스템 기본 구성요소에 대한 논문(2017)의 IF값이 22.97로 가장 높음

[표 5.4.31] 국가별 논문 건수 및 평균IF값 순위

순위	게재 건수(평균IF값)	국가	순위	평균IF값(게재 건수)	국가*
1	412(3.68)	중국	1	5.14(15)	덴마크
2	72(3.35)	미국	2	4.08(16)	대만
3	68(3.01)	영국	3	4.01(23)	프랑스
4	62(3.29)	스페인	4	3.81(15)	터키
5	50(3.73)	네덜란드	5	3.73(50)	네덜란드
6	41(2.95)	스웨덴	6	3.68(412)	중국

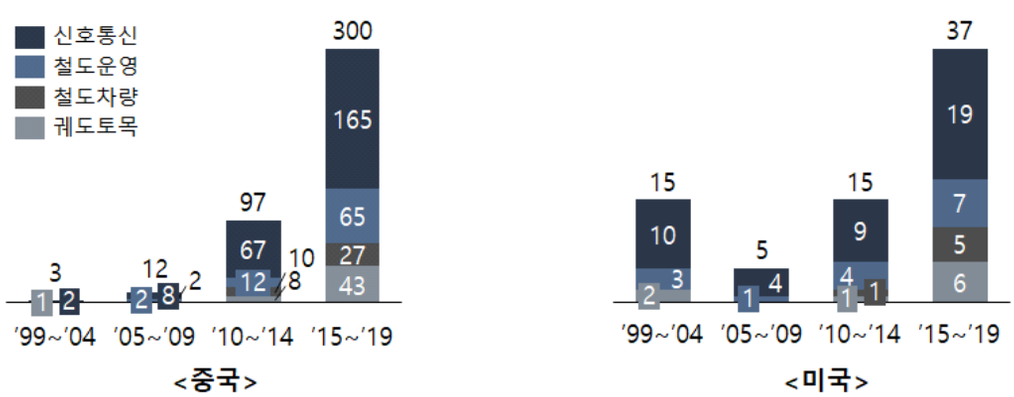
순위	게재 건수(평균IF값)	국가	순위	평균IF값(게재 건수)	국가*
7	37(3.17)	이탈리아	7	3.42(10)	싱가포르
8	31(3.13)	한국	8	3.39(22)	호주
9	25(2.4)	독일	9	3.35(72)	미국
10	23(4.01)	프랑스	10	3.31(13)	스위스

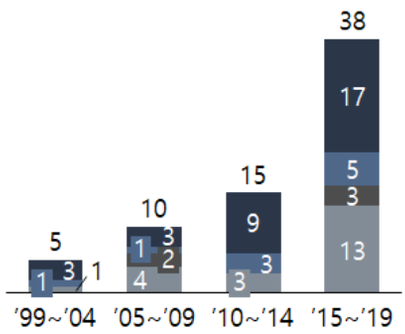
주) 상위 10개 기관만 제시
* 논문건수 10개 이상 국가만 제시



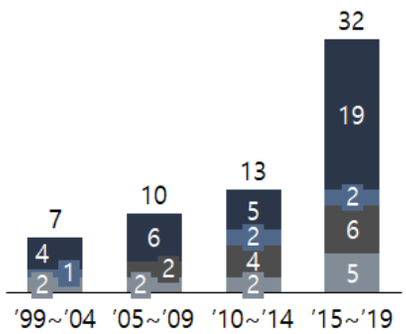
[그림 5.4.53] 국가별 논문 건수 및 평균IF값 비교

- 상위 10위 국가의 논문 게재 건수를 5년 단위로 살펴보면, 스웨덴을 제외한 모든 국가에서 증가 추이를 보이며, 최근 네덜란드의 논문 게재 건수 증가율이 가장 크게 나타남

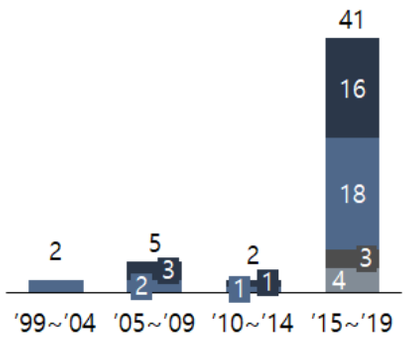




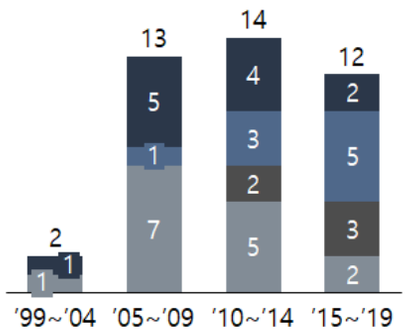
<영국>



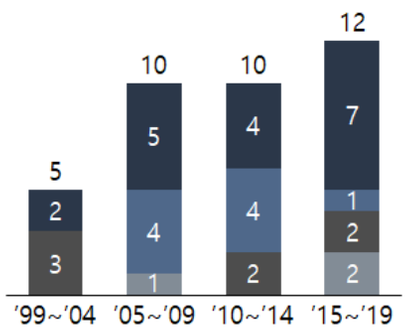
<스페인>



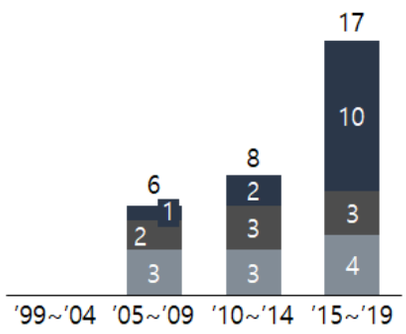
<네덜란드>



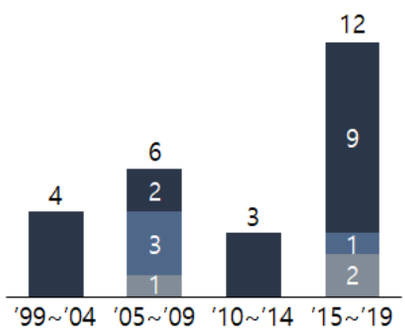
<스웨덴>



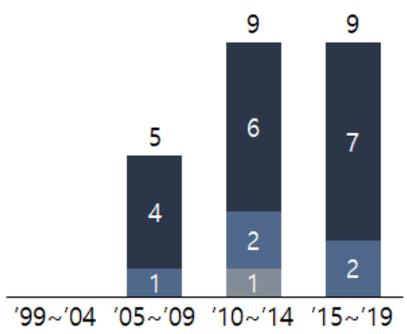
<이탈리아>



<한국>

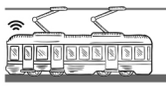


<독일>



<프랑스>

[그림 5.4.54] 상위10개국 논문 게재 추이



● **(기관별)** 논문 게재 건수 상위 10위를 살펴보면, 모두 대학 기관이며, 평균 IF값 기준 상위 10위에는 일부 기업(Simens AS, Inst Infocomm Res(싱가포르))이 포함되어 있음

- Beijing Jiaotong University(이하 'BJTU')(중국)의 관련 논문은 2007년부터 꾸준히 증가해 총 190건(17.7%)으로 가장 큰 비중을 차지함

* 최근 5년 평균 27건의 논문을 게재

- BJTU의 논문 190건 중 129건이 신호통신분야 관련 논문이며, 주제분야별로 살펴보면 Engineering분야가 113건으로 가장 많은 비중(59.8%)을 차지함

* computer science 23건, Transportation 19건

- 한국철도기술연구원의 논문은 엔지니어링 주제 5건, 재료공학 주제 1건 총 6건(0.6%)으로 20위에 해당됨

[표 5.4.32] 기관별 논문 게재 건수 순위(총괄)

순위	게재 건수(평균IF값)	기관(국가)	순위	게재 건수(평균IF값)	기관(국가)
1	190(4.26)	Beijing Jiaotong Univ(중국)	6	14(2.01)	Univ Illinois(미국)
2	56(3.59)	Southwest Jiaotong Univ (중국)	7	13(1.77)	Tongji Univ(중국)
3	36(3.73)	Delft Univ Technol(네덜란드)	8	10(2.39)	Cent S Univ(중국)
4	21(2.71)	Chalmers Univ Technol(스웨덴)	9	9(2.88)	East China Jiaotong Univ (중국)
5	20(3.09)	Univ Birmingham (영국)	10	9(1.86)	Iran Univ Sci & Technol(이란)

* 상위 10개 기관만 제시(게재 건수가 같을 경우 IF값이 높은 순으로 제시)

- 평균 IF값이 가장 높은 기관은 Simens AS(덴마크)로 타 기관대비 약 2배 높은 수준의 평균 IF값(9.75)을 보임

- 이는, CBTC 무선통신의 역할에 대한 설문 및 CBTC시스템 기본 구성요소 관련 논문(2017)의 IF값이 22.97로 높은 것에서 기인함

[표 5.4.33] 기관별 논문 평균 IF값 순위(총괄)

순위	평균IF값 (게재 건수)	기관 (국가)	순위	평균IF값 (게재 건수)	기관 (국가)
1	9.75(4)	Simens AS(덴마크)	6	5.47(3)	Inst Infocomm Res(싱가포르)
2	5.74(3)	Roma Tre Univ(이탈리아)	7	5.45(4)	Xidian Univ(중국)
3	5.74(3)	Univ York(영국)	8	5.34(3)	Univ Innsbruck(호주)
4	5.61(3)	Soochow Univ(중국)	9	5.17(4)	Ecole Polytech Fed Lausanne(스위스)
5	5.54(7)	New Jersey Inst Technol(미국)	10	5.17(4)	Natl Cheng Kung Univ(대만)

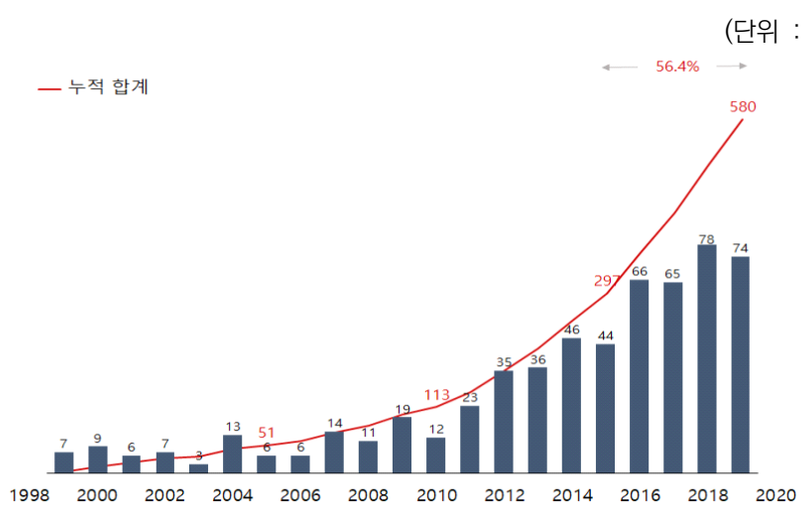
*상위 10개 기관만 제시(논문 게재건수 3건 이상인 기관만)
**평균IF값이 같을 경우 건수가 많은 순으로 제시

- 한국 기관의 논문은 KAIST(6건), 한국철도기술연구원(6건), 고려대학교(4건)에서 대부분 게재하였으며, 각 기관의 평균 IF값은 3.39, 3.08, 2.61 수준으로 나타남

신호 통신(AA) 분야

- 1999년부터 현재까지 총 580건의 관련 논문이 게재되었으며, 일부 증감이 있으나 연평균 12.5%의 증가율을 보임

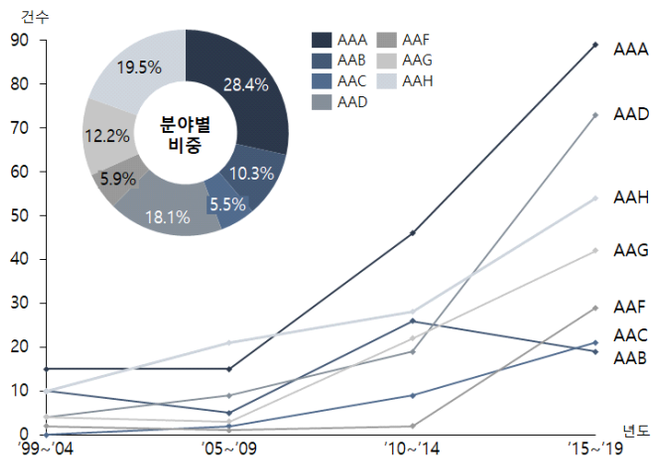
- 해당 분야는 최근 5년간 게재된 논문이 전체의 56.4% 수준으로 최근 성장 추세를 보임



[그림 5.4.55] AA분야 논문 게재 추이

● **(세부분야별)** 열차간 통신기반 열차제어기술 분야(AAA) 논문이 가장 많은 비중(28.5%)을 차지하고 있음

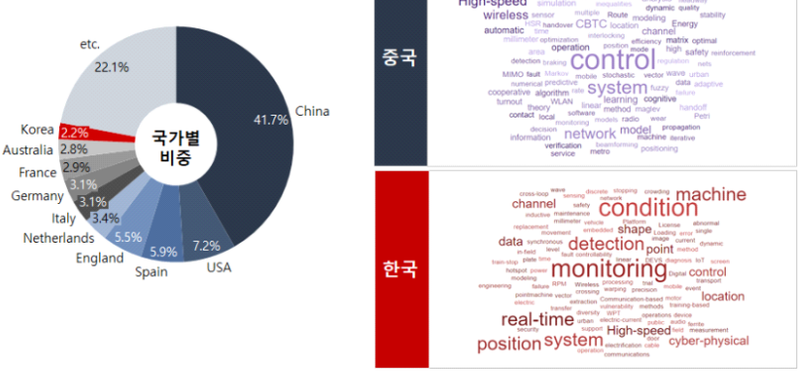
- 5년 단위로 논문 게재 건수 추이를 보면 열차 중심의 분기제어·분산환경 연동제어 기술 분야(AAB)를 제외한 모든 분야가 증가추세를 보이며, 무선통신 기반 철도차량 네트워크 기술 분야(AAD)가 가장 크게 증가



[그림 5.4.56] AA분야 세부분야별 논문 게재 추이

● **(국가별)** 중국 논문이 차지하는 비중이 41.7%(242건)로 가장 많으며, 주요 키워드는 control, system, network로 나타남

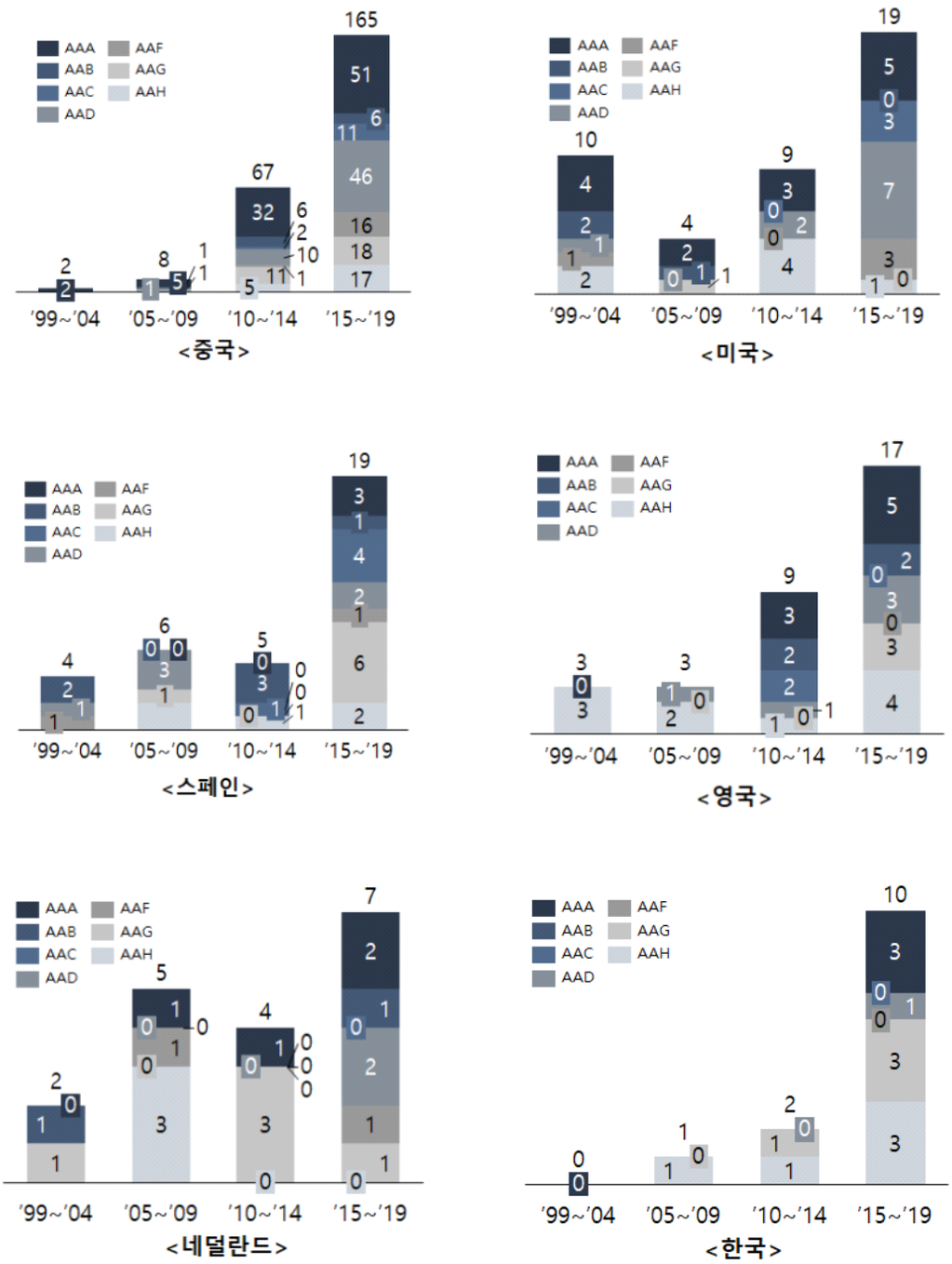
- 한국 논문은 전체 중 10위(13건)로 2.2% 비중을 차지하며, 주요 키워드 monitoring, condition, detection로 중국과는 차이를 보임



* 저자 키워드를 중심으로 워드클라우드 사이트를 이용하여 키워드 분석

[그림 5.4.57] AA분야 주요 키워드

- 최근 5년간 주요국 및 한국의 분야별 비중 변화는, 빠르고 신뢰도 높은 무선 통신 기반 철도차량 네트워크 기술 분야(AAD) 논문이 주요국에서 증가한 것에 비해 한국은 AAD분야 논문이 게재되지 않음



* 게재 건수 상위 5개 기관 및 한국만 제시

[그림 5.4.58] AA분야 국가별 논문 게재 현황

● **(주요기관별)** 상위 10개 기관 모두 대학 기관이며, 중국 Beijing Jiaotong Univ (이하'BJTU')가 가장 많은 논문(129건)을 게재함

- 중국 BJTU 논문의 대부분(51.9%)이 열차간 통신기반 열차제어기술 분야(AAA) 논문이지만 최근 5년간 논문 게재 건수는 점차 줄어들고 있으며, 반면 통신과 관련된 AAC, AAD 분야 논문은 증가하고 있음

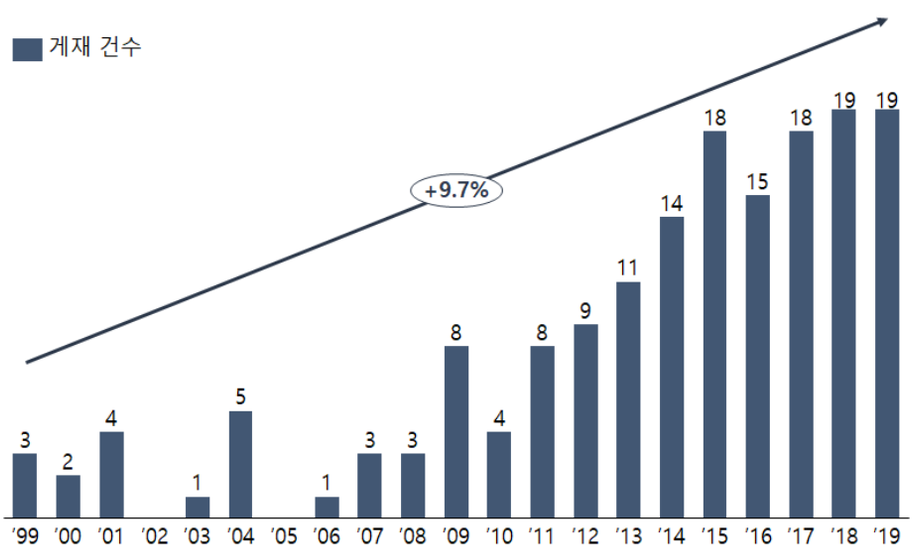
* 타 기관과 달리 스웨덴의 Chalmers Univ Technol 게재 논문은 20년간 빠르고 신뢰도 높은 선로전환기술 분야(AAH) 논문만 게재됨

[표 5.4.34] 기관별 논문 게재 현황(신호통신)

순위	게재 건수(건)	기관(국가)	순위	게재 건수(건)	기관(국가)
1	129	Beijing Jiaotong Univ(중국)	6	8	Univ Illinois(미국)
2	29	Southwest Jiaotong Univ(중국)	7	7	Univ Politecn Madrid(스페인)
3	16	Delft Univ Technol(네덜란드)	8	6	New Jersey Inst Technol(미국)
4	11	Chalmers Univ Technol(스웨덴)	9	6	Iran Univ Sci & Technol(이란)
5	9	Univ Birmingham(영국)	10	5	Univ Lille Nord France(프랑스)

* 상위 10개 기관만 제시
**게재 건수가 같을 경우 IF값이 높은 순으로 제시

● **(AAA. 열차간 통신기반 열차제어기술)** 1999년부터 2019년까지 총 165건의 논문이 게재되었으며, 연평균 9.7% 증가율을 보임



[그림 5.4.59] AAA분야 논문 게재 건수

- **(국가별)** 중국 게재 논문이 전체의 54.5%로 가장 많으며 미국(8.5%), 영국(4.8%) 순으로 나타남

* 한국은 논문 게재 건수 상위 9위 수준임

[표 5.4.35] 국가별 논문 게재 건수

순위	국가	건수	비중
1	China	90	54.5%
2	USA	14	8.5%
3	England	8	4.8%
4	Australia	6	3.6%
5	Japan	5	3.0%
6	Germany	4	2.4%
7	France	4	2.4%
8	Italy	4	2.4%
9	Korea	3	1.8%
10	Spain	3	1.8%

* 상위 10개국만 제시

** 게재 건수가 같을 경우, 평균 IF값이 높은 국가 먼저 제시

- **(기관별)** 양적으로 우수한 상위 5개 기관은 모두 대학이나, 질적으로 우수한 논문을 게재한 상위 5개 기관으로는 기업 및 연구기관(Simens AS, Inst Inforomm Res)이 일부 포함됨

- **중국의 BJTU가 67건으로 대부분(40.6%)의 논문을 게재하였으나, 질적인 수준은 덴마크 Siemens AS가 매우 높게 나타남**

* 이는 덴마크 Simens AS의 CBTC를 위한 무선 통신 지침 및 설문 관련 논문(1건)의 IF값이 23.0으로 매우 높은 것에서 기인함

[표 5.4.36] 기관별 논문 게재 현황

순위	게재 건수	기관 (국가)*	순위	평균 IF값	기관 (국가)
1	67	Beijing Jiaotong Univ(중국)	1	14.2	Siemens AS(덴마크)
2	5	Univ South Australia(호주)	2	6.5	Daegu Gyeongbuk Inst Sci & Technol(한국)
3	4	Univ Birmingham (영국)	3	5.9	Univ Basque Country(스페인)

순위	게재 건수	기관 (국가)*	순위	평균 IF값	기관 (국가)
4	4	Southwest Jiaotong Univ(중국)	4	5.5	Inst Infocomm Res(싱가포르)
5	3	Delft Univ Technol(네덜란드)	5	5.0	Delft Univ Technol(네덜란드)

* 게재 건수가 같을 경우, 평균 IF값이 높은 기관 먼저 제시
** 게재 건수 3건 이상인 기관이 6개뿐이므로, 게재 건수 2건 이상 기관을 대상으로 함

- 한국 기관의 주요 논문 중 한국철도기술연구원의 논문은 1건에 불과하나 IF값이 가장 높은(10.4) 수준으로, 열차 제어 트래픽에 대한 관리 체계 제안함

* 이 외에 통신 기반 열차 제어(CBTC)의 취약점을 분석한 대구경북과학기술원의 논문이 있음

[표 5.4.37] 한국 기관 논문 게재 현황

기관	건수	평균 IF 값
Korea Railroad Res Inst	1건	10.4
Daegu Gyeongbuk Inst Sci & Technol	2건	6.54

* 평균 IF값 높은 순으로 제시

- **(주제 분야별)** Engineering 주제분야 관련 논문이 전체 50.9%(84)로 대부분을 차지함

* 기타 주제분야로는 운영 연구 및 관리 과학, 로봇공학 등 관련 논문이 있음

[표 5.4.38] 주제분야별 논문 게재 현황

주제분야	건수	비율
Engineering	84	50.9%
Computer Science	28	17.0%
Automation & Control Systems	15	9.1%
Business & Economics	10	6.1%
Transportation	7	4.2%
Physics	6	3.6%
Mathematics	5	3.0%
Energy & Fuels	3	1.8%
Telecommunications	2	1.2%
Materials Science	1	0.6%
기타	4	2.4%

* 논문 표준카테고리 중 맨 처음 값을 기준으로 분석하여, 상위 10개 주제분야만 제시

- **(주요 논문)** 저널의 IF값 및 관련 분야 기술을 고려하여, 향후 연구개발 주제로 고려할만한 논문을 선정하여 주요 내용을 분석함

[표 5.4.39] AAA분야 주요 논문(IF값 상위 1위)

논문명	**Radio Communication for Communications-Based Train Control (CBTC): A Tutorial and Survey**		
기관	**Siemens AS** | Siemens AG | Tech Univ Denmark | Technical University of Denmark | Dept Photon Engn | DTU Foton | Siemens AS Siemens AG Tech Univ Denmark Technical University of Denmark Dept Photon Engn DTU Foton		
저자	**Farooq, J** | Soler, J		
게재일	2017	저널 IF값	22.973
요약	Over the last decade, railway industry has seen a huge transition from conventional railway signalling systems to modern, communication-based signalling systems. Communications-based train control (CBTC) is a modern communication-based system that uses radio communication to transfer timely and accurate train control information. CBTC is the choice of mass-transit railway operators today, with over a hundred systems currently installed worldwide. The safety-related, time-critical applications such as train control impose stringent reliability and availability requirements on the radio communication technology used. IEEE 802.11 Wi-Fi, despite being originally developed for stationary users within a limited area, has prevailed as the de-facto radio technology for CBTC. Unfortunately, very limited literature is publicly available on this topic due to the highly competitive nature of the railway industry. We believe that this paper fills the much-needed gap. It aims to present a comprehensive tutorial, as well as a survey of the state-of-the-art, of CBTC and the role of radio communication in it. The operation and fundamental components of a CBTC system are discussed. A summary of the evolution of the communication technologies used for modern railway signalling is presented. The benefits and drawbacks of using a radio communication technology, particularly Wi-Fi, and the challenges it introduces, are discussed. Best practices in the design of a CBTC radio network and the measures to optimize its availability are discussed, while using the currently in-progress Copenhagen S-train CBTC project as a reference. An overview of the CBTC standardization efforts, as well as the IEEE CBTC standard-frequently overlooked due to its limited scope-is included. This paper is concluded by providing a number of potential directions for future work.		
출처	IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS AND TUTORIALS | 19 (3): 1377-1402 2017		

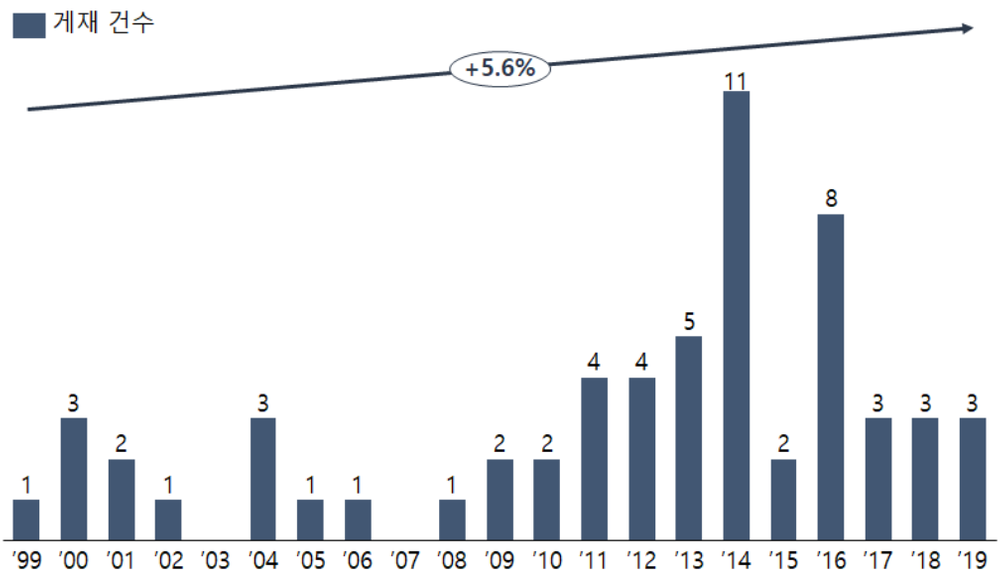
[표 5.4.40] AAA분야 주요 논문(IF값 상위 공동2위)

논문명	**Cyber Security Analysis of the European Train Control System**		
기관	**Univ Basque Country** | University of Basque Country | UPV EHU | Univ Basque Country University of Basque Country UPV EHU		
저자	**Lopez, I** | Aguado, M		
게재일	2015-10-01	저널 IF값	10.356
요약	One of the key research issues in further strengthening the role of railways in the transportation system is to achieve the highest possible level of cyber security against significant threats to the signaling and telecom systems. The European Rail Traffic Management System (ERTMS) was designed in the 1990s with the security measures and strategies available at the time. However, ERTMS' underlying communication technology, GSM-R, needs replacing, and replacement strategies are already underway. Due to their direct effects on safety, ERTMS security mechanisms also need updating to face current security threats. This article provides a security analysis of ERTMS' safety layer, Euro-radio, in terms of current security threats. After identifying its vulnerabilities, we present four main recommendations: a more robust cryptographic mechanism, a new key distribution scheme, a new key storage and system integrity module, and a set of countermeasures for avoiding radio jamming attacks.		
출처	IEEE COMMUNICATIONS MAGAZINE | 53 (10): 110-116 OCT 2015		

[표 5.4.41] AAA분야 주요 논문(IF값 상위 공동2위)

논문명	**Automatic Train Control over LTE: Design and Performance Evaluation**		
기관	**Korea Railroad Res Inst** | Korea Railroad Research Institute (KRRI) | Korea Railroad Res Inst Korea Railroad Research Institute (KRRI)		
저자	**Kim, J** | Choi, SW | Song, YS | Yoon, YK | Kim, YK		
게재일	2015-10-01	저널 IF값	10.356
요약	Due to technical advances in train control and wireless communications, unmanned train operation has gained in popularity of late. On the other hand, any errors involved in managing the QoS of train control traffic will cause negative consequences such as possible loss of life. Operators therefore naturally wish to scrutinize the specifications so that the wireless communications system is capable of guaranteeing the QoS of the train control traffic. In this article, we propose a feasible QoS management scheme for train control traffic based on the methodology used in a conventional LTE system. Based on the proposed scheme, we evaluate the feasibility of the LTE system using a testbed built in a commercial railway region. The key issues to support the train control services by the LTE system are the design of a QoS policy based on analyzing the characteristics of the train control traffic and the appropriate adjustment of the cell parameters during the cell planning and optimization procedures in order to resolve any network issues that may cause problems with data pause.		
출처	IEEE COMMUNICATIONS MAGAZINE | 53 (10): 102-109 OCT 2015		

● **(AAB. 열차 중심의 분기제어, 분산환경 연동제어 기술)** 1999년부터 2019년까지 총 60건의 논문이 게재되었으며, 연평균 5.6% 증가율을 보임



[그림 5.4.60] AAB분야 논문 게재 건수

- (국가별) 중국 게재 논문이 전체의 21.7%로 가장 많으며 스페인(10.0%), 영국(6.7%) 순으로 상위 국가는 AAA분야와 비슷한 수준으로 나타남

* 한국은 해당 분야 논문 게재 건수 없음

[표 5.4.42] 국가별 논문 게재 건수

순위	국가	건수	비중
1	China	13	21.7%
2	Spain	6	10.0%
3	England	4	6.7%
4	USA	3	5.0%
5	Germany	3	5.0%
6	Japan	2	3.3%
7	Turkey	2	3.3%
8	Iran	2	3.3%
9	Netherlands	2	3.3%
10	Australia	2	3.3%

* 상위 10개국만 제시

** 게재 건수가 같을 경우, 평균 IF값이 높은 국가 먼저 제시

- (기관별) 게재 건수 및 질적 수준 상위 5개 기관 모두 대학 기관으로 순위권 기관이 일관되게 나타남

- 중국 BJTU가 양적 질적으로 모두 우수한 수준인 반면 국내 기관의 관련 논문 게재 건수가 없음

* 웨일즈의 Swansea University는 철도 상호 접속 모델링 및 검증 기술 관련 논문 2건을 게재

[표 5.4.43] 기관별 논문 게재 현황

순위	게재 건수	기관(국가)*	순위	평균 IF값	기관(국가)**
1	4	Beijing Jiaotong Univ(중국)	1	2.5	Beijing Jiaotong Univ(중국)
2	4	Univ Complutense Madrid(스페인)	2	2.5	Iran Univ Sci & Technol(이란)
3	2	Iran Univ Sci & Technol(이란)	3	2.1	Delft Univ Technol(네덜란드)
4	2	Delft Univ Technol(네덜란드)	4	1.3	Univ Complutense Madrid(스페인)
5	2	Swansea Univ(웨일즈)	5	1.2	Swansea Univ(웨일즈)

* 게재 건수가 같을 경우, 평균 IF값이 높은 기관 먼저 제시
** 게재 건수 3건 이상인 기관이 2개뿐이므로, 게재 건수 2건 이상 기관을 대상으로 함

- (주제 분야별) Computer Science 주제분야 관련 논문이 전체 36.7%(22건)로 가장 많이 나타남

* 기타 주제분야로는 통신, 수학, 운영연구 및 관리과학 등 관련 논문이 있음

[표 5.4.44] 주제분야별 논문 게재 현황

주제분야	건수	비율
Computer Science	22	36.7%
Engineering	20	33.3%
Environmental Sciences & Ecology	3	5.0%
Science & Technology - Other Topics	2	3.3%
Construction & Building Technology	2	3.3%
Geochemistry & Geophysics	2	3.3%
Automation & Control Systems	2	3.3%
Optics	1	1.7%
Government & Law	1	1.7%
Business & Economics	1	1.7%
기타	4	6.7%

* 논문 표준카테고리 중 맨 처음 값을 기준으로 분석하여, 상위 10개 주제분야만 제시

- (주요 논문) 저널의 IF값 및 관련 분야 기술을 고려하여, 향후 연구개발 주제로 고려할만한 논문을 선정하여 주요 내용을 분석함

[표 5.4.45] AAB분야 주요 논문(IF값 상위 1위)

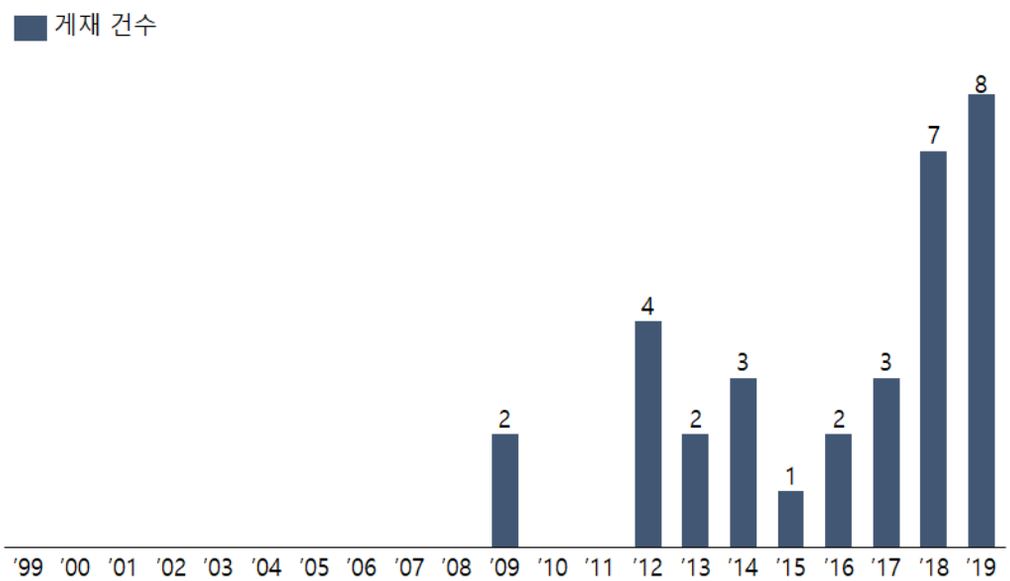
논문명	**The simplest route to generating a train of attosecond pulses**		
기관	**Univ Electrocommun** | University of Electro-Communications - Japan | Dept Engn Sci | Univ Electrocommun University of Electro-Communications - Japan Dept Engn Sci		
저자	**Yoshii, K** | Anthony, JK | Katsuragawa, M		
게재일	2013-03-01	저널 IF값	14
요약	We report on two novel routes to generating a train of attosecond pulses from a broad discrete spectrum in the near-infrared-visible-ultraviolet range. One extends an integer-temporal-Talbot (ITT) concept to include high-order spectral dispersions and generates a pulse train that completely satisfies the transform-limited condition. The other numerically explores the optimum conditions under which we can obtain an attosecond pulse train that approximately satisfies the transform-limited condition. The second method is more practical than the first. Either of these methods is extremely simple and robust; we need only to place a few thin dispersive materials in the optical path and to adjust their thicknesses without spatially dispersing the frequency components. We numerically demonstrate the generation of a train of attosecond pulses with a transform-limited pulse duration of 728 as and a repetition period of 8.03 fs in gaseous parahydrogen.		
출처	LIGHT-SCIENCE & APPLICATIONS | 2: - MAR 2013		

[표 5.4.46] AAB분야 주요 논문(IF값 상위 2위)

논문명	**Using functional analysis to determine the requirements for changes to critical systems: Railway level crossing case study**		
기관	**Univ Birmingham** | University of Birmingham | Ctr Railway Res & Educ | Univ Birmingham University of Birmingham Ctr Railway Res & Educ		
저자	**Silmon, J** | Roberts, C		
게재일	2010-03-01	저널 IF값	4.039
요약	Level crossings are well known as components of railway networks with the greatest risk of collision and possibly derailment. New technologies have been developed for avoiding collisions, where obstructions on the crossing are detected in time to stop trains from hitting them. The choice to move to a safer system may seem obvious. However, a more detailed analysis of the interaction between the existing level crossing functions and any new retrofitted system reveals that the effectiveness of the system as a whole will suffer unless the new system achieves a particular level of reliability. Analysis of functional interactions in this way will inform the choices of asset owners wishing to upgrade their existing systems. (C) 2009 Elsevier Ltd. All rights reserved.		
출처	RELIABILITY ENGINEERING & SYSTEM SAFETY | 95 (3): 216-225 MAR 2010		

● **(AAC. 열차간 직접적인 통신/보안 기술)** 1999년부터 2019년까지 총 32건의 논문이 게재됨

- 최근 10년 이전에는 관련 분야 게재 논문이 없었으며, 이후 증가 추이를 보임



[그림 5.4.61] AAC분야 논문 게재 건수

- (국가별) 중국 게재 논문이 전체의 40.6%로 가장 많으며 스페인(15.6%), 프랑스(12.5%) 순으로 나타남

* 한국은 해당 분야 논문 게재 건수 없음

[표 5.4.47] 국가별 논문 게재 건수

순위	국가	건수	비중
1	China	13	40.6%
2	Spain	5	15.6%
3	France	4	12.5%
4	USA	3	9.4%
5	Germany	2	6.3%
6	Belgium	2	6.3%
7	England	2	6.3%
8	Japan	1	3.1%

* 게재 건수가 같을 경우, 평균 IF값이 높은 국가 먼저 제시

- (기관별) 게재 건수 및 질적 수준 상위 5개 기관 중 4개 기관이 대학이며, 중국과 프랑스 기관의 양적 질적 수준이 높은 순위로 나타남

- 프랑스 연구기관인 French Natl Inst Transport & Safety Res(이하 'INRETS')의 차간통신기반 열차제어용 누수 도파관, 터널 내 열차-통행 무선통신 관련 논문 2건이 질적으로 우수한 수준으로 나타남

* 해당분야 한국 기관 논문 게재 건수 없음

[표 5.4.48] 기관별 논문 게재 현황

순위	게재 건수	기관(국가)*	순위	평균 IF값	기관(국가)**
1	9	Beijing Jiaotong Univ(중국)	1	5.6	French Natl Inst Transport & Safety Res(프랑스)
2	3	Jiangnan Univ(중국)	2	5.3	New Jersey Inst Technol(미국)
3	2	French Natl Inst Transport & Safety Res(프랑스)	3	4.1	Beijing Jiaotong Univ(중국)
4	2	New Jersey Inst Technol(미국)	4	3.7	Univ Lille Nord France(프랑스)
5	2	Univ Lille Nord France(프랑스)	5	1.6	Jiangnan Univ(중국)

* 게재 건수가 같을 경우, 평균 IF값이 높은 기관 먼저 제시
** 게재 건수 3건 이상인 기관이 2개뿐이므로, 게재 건수 2건 이상 기관을 대상으로 함

- (주제 분야별) Engineering 주제분야 관련 논문이 전체 65.6%(21건)로 가장 많이 나타남

[표 5.4.49] 주제분야별 논문 게재 현황

주제분야	건수	비율
Engineering	21	65.6%
Computer Science	5	15.6%
Optics	3	9.4%
Transportation	2	6.3%
Chemistry	1	3.1%

* 논문 표준카테고리 중 맨 처음 값을 기준으로 분석

- **(주요 논문)** 저널의 IF값 및 관련 분야 기술을 고려하여, 향후 연구개발 주제로 고려할만한 논문을 선정하여 주요 내용을 분석함

[표 5.4.50] AAC분야 주요 논문(IF값 상위 1위)

논문명	**Train-to-wayside wireless communication in tunnel using ultra-wide-band and time reversal**		
기관	**French Natl Inst Transport & Safety Res** | IFSTTAR | Institut National de Recherche sur les Transports et leur Securite (INRETS) | Univ Valenciennes | Universite Lille-Nord-de-France (ComUE) | Universite de Valenciennes et du Hainaut-Cambresis | INRETS LEOST | IEMN DOAE | French Natl Inst Transport & Safety Res IFSTTAR Institut National de Recherche sur les Transports et leur Securite (INRETS) INRETS LEOST Univ Valenciennes Universite Lille-Nord-de-France (ComUE) Universite de Valenciennes et du Hainaut-Cambresis IEMN DOAE		
저자	**Saghir, H** | Heddebaut, M | Elbahhar, F | Rouvaen, JM | Menhaj-Rivenq, A | Ghys, JP		
게재일	2009-02-01	저널 IF값	5.775
내용 요약	The capabilities of ultra-wide-band (UWB) technology make it a viable candidate for fourth generation wireless communication. This paper proposes the use of UWB radio technology and time-reversal (TR) technique for underground train-to-wayside communication systems. UWB technology has the potential to offer simultaneous ground-to-train communication, train location and obstacle detection in front of the trains. Time-reversal channel prefiltering facilitates signal detection and helps reducing interference. Thus, UWB-TR combination provides a challenging, economically sensible, as well as technically effective alternative solution to existing signaling technologies used in urban transport systems. This paper concentrates on the communication function and reports simulation and measurement performance evaluation of such combinations, respectively in a deterministic tunnel channel model and in real tunnel environments. A new approach is also proposed to ensure multiple access (MA) communication using modified-orthogonal waveforms. (C) 2008 Elsevier Ltd. All rights reserved.		
출처	TRANSPORTATION RESEARCH PART C-EMERGING TECHNOLOGIES | 17 (1): 81-97 FEB 2009		

[표 5.4.51] AAC분야 주요 논문(IF값 상위 2위)

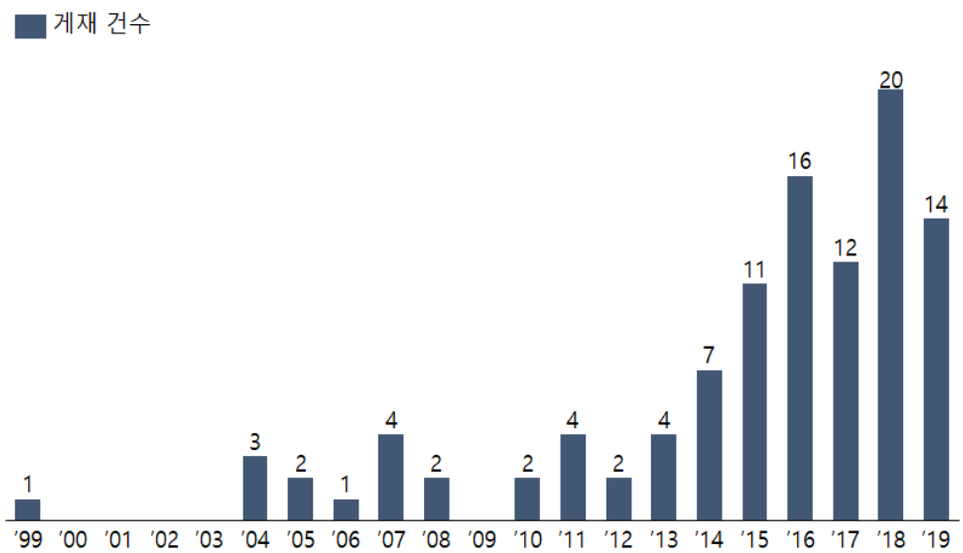
논문명	**Robust train-to-wayside video communications in tunnels using H.264 error-resilient video encoding combined with multiple antenna systems**		
기관	**Univ Lille Nord France** | Universite Lille-Nord-de-France (ComUE) | Fondation I-SITE ULNE | Universite de Lille | UVHC | Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) | CNRS - Institute for Engineering & Systems Sciences (INSIS) | Universite de Valenciennes et du Hainaut-Cambresis | LEOST | IFSTTAR | Univ Poitiers | Universite Confederale Leonard de Vinci | Universite de Poitiers | IEMN | UMR 8520 | Dept OAE | Univ Lille Nord France Universite Lille-Nord-de-France (ComUE) Fondation I-SITE ULNE Universite de Lille UVHC Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) CNRS - Institute for Engineering & Systems Sciences (INSIS) Universite Lille-Nord-de-France (ComUE) Fondation I-SITE ULNE Universite de Valenciennes et du Hainaut-Cambresis Universite de Lille IEMN UMR 8520 Dept OAE LEOST IFSTTAR IFSTTAR Univ Poitiers Universite Confederale Leonard de Vinci Universite de Poitiers		
저자	**Fatani, IFE** | Cocheril, Y | Nsiala, C | Vrigneau, B | Berbineau, M | Coudoux, FX		
게재일	2012-12-01	저널 IF값	5.775
내용 요약	With the development of driverless metro systems, the demand for high data rate train-to-wayside wireless transmission is increasing drastically in order to satisfy operational needs such as maintenance, video surveillance of the inside of the trains and passenger information. Thus, the association of new transmission techniques such as new video coding techniques, multi antennas at transmission and reception sides and recent precoders provides technically and economically efficient solutions to improve existing systems. This paper presents and evaluates two novel strategies to enhance train-to-wayside wireless video transmissions in tunnels using realistic channel models obtained with ray tracing previously experimentally validated. Multiple Description Coding (MDC) or Region Of Interest (ROI) coding, using the new Flexible Macroblock Ordering (FMO) technique, is combined with appropriate Multiple Input Multiple Output (MIMO) schemes, namely, spatial multiplexing (SM), orthogonal spatial multiplexing (OSM) and precoded orthogonal spatial multiplexing (P-OSM) depending if full channel state information at transmitter side (CSI-T) is available or not. For each strategy, both video encoding process and MIMO algorithm are combined in an efficient way to provide the best video quality at the receiver with no increase of the number of radio access points along the infrastructure. (c) 2012 Elsevier Ltd. All rights reserved.		
출처	TRANSPORTATION RESEARCH PART C-EMERGING TECHNOLOGIES | 25: 168-180 DEC 2012		

[표 5.4.52] AAC분야 주요 논문(IF값 상위 3위)

논문명	**Enhancing Communication-Based Train Control Systems Through Train-to-Train Communications**		
기관	**Beijing Jiaotong Univ** | Beijing Jiaotong University | Virginia Tech | Virginia Polytechnic Institute & State University | China Acad Railway Sci | State Key Lab Rail Traff Control & Safety | Bradley Dept Elect & Comp Engn | Beijing Jiaotong Univ Beijing Jiaotong University State Key Lab Rail Traff Control & Safety Virginia Tech Virginia Polytechnic Institute & State University Bradley Dept Elect & Comp Engn China Acad Railway Sci		
저자	**Wang, XX** | Liu, LJ | Tang, T | Sun, WZ		
게재일	2019-04-01	저널 IF값	5.744
내용 요약	High reliability and low latency are crucial for urban rail transits. In this paper, we introduce communication strategies for communication-based train control (CBTC) systems using long-term evolution for metro (LTE-M) to improve the reliability and latency. To be specific, the FlashLinQ-based Train-toTrain (T2T) communication schemes are introduced considering both the transmission delay and the packet drop. The quantified resilience is also introduced as a system metric to evaluate the preservation and recovery performance of CBTC systems. First, a novel urban rail transit wireless communication model is established using FlashLinQ-based T2T communications. Then, we introduce a novel cognitive control scheme based on LTE-M with T2T communication to enhance the quality of service and the resilience of multi-train CBTC systems. In the introduced scheme, Q-learning is used to generate optimal control strategies considering both wireless communication parameters adaption and train control parameters. Extensive simulations are conducted and the results show that the resilience of CBTC systems can he enhanced using the introduced scheme. Furthermore, using the introduced scheme, not only the gaps in optimal velocity versus distance curve are smaller, but also the unplanned traction and breaking are reduced as well.		
출처	IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS | 20 (4): 1544-1561 APR 2019		

● **(AAD. 무선통신 기반 철도차량 네트워크 기술)** 1999년부터 2019년까지 총 105건의 논문이 게재됨

- 2010년 이후 꾸준히 증가 추이를 보이며, 최근 5년간 게재된 논문이 전체의 69.5%로 대부분을 차지함



[그림 5.4.62] AAD분야 논문 게재 건수

- **(국가별)** 중국 게재 논문이 전체의 54.3%*로 가장 많으며 한국은 1건으로 상위 10위권에 해당되지 않음

* 중국 게재 논문의 52.6%(30건)이 최근 3년에 집중되어 게재됨

[표 5.4.53] 국가별 논문 게재 건수

순위	국가	건수	비중
1	China	57	54.3%
2	USA	10	9.5%
3	Spain	6	5.7%
4	England	5	4.8%
5	Taiwan	3	2.9%
6	France	2	1.9%
7	Canada	2	1.9%
8	Italy	2	1.9%
9	Australia	2	1.9%
10	Finland	2	1.9%

* 상위 10개국만 제시

** 게재 건수가 같을 경우, 평균 IF값이 높은 국가 먼저 제시

- **(기관별)** 게재 건수 및 질적 수준 상위 5개 기관 모두 대학 기관이며 중국 기관이 대부분이나, 미국 New Jersey Institute of Technology(이하 'NJIT') 대학이 질적으로 우수하게 나타남

* 미국 NJIT는 선형 무선통신망의 토폴로지 탐색 연구, 광통신에서의 핸드오버 영향 감소 연구 관련 논문 3건을 게재

- 중국 Beijing University of Posts and Telecommunications(이하 'BUPT') 대학이 질적으로 우수한 기관 상위 5위 순위권에 오름

* 중국 BUPT는 고속철도 통신시스템 서비스 저하성능 향상을 위한 승인제어 방안, 고속철도망 서비스 제공자의 수익 극대화 연구 관련 논문이 질적으로 우수하게 나타남

[표 5.4.54] 기관별 논문 게재 현황

순위	게재 건수	기관(국가)*	순위	평균 IF값	기관(국가)**
1	30	Beijing Jiaotong Univ(중국)	1	5.6	New Jersey Inst Technol(미국)
2	9	Southwest Jiaotong Univ(중국)	2	5.5	Southwest Jiaotong Univ(중국)
3	3	New Jersey Inst Technol(미국)	3	5.5	Tsinghua Univ(중국)
4	2	Tsinghua Univ(중국)	4	5.5	Soochow Univ(중국)
5	2	Soochow Univ(중국)	5	5.3	Beijing Univ Posts & Telecommun(중국)

* 게재 건수가 같을 경우, 평균 IF값이 높은 기관 먼저 제시

** 게재 건수 3건 이상인 기관이 3개뿐이므로, 게재 건수 2건 이상 기관을 대상으로 함

- 한국 기관 논문은 1건으로, 한국과학기술원의 고속철도 통신을 위한 mmWave 기반 모바일 핫스팟 네트워크 시스템 종합연구(2019) 논문임

[표 5.4.55] 한국 기관 논문 게재 현황

기관	건수	평균 IF 값
Korea Adv Inst Sci & Technol(KAIST)	1	5.3

- **(주제 분야별)** Engineering 주제분야 관련 논문이 전체 90.5%(95건)로 거의 대부분의 논문이 한 주제분야에 집중되어 나타남

[표 5.4.56] 주제분야별 논문 게재 현황

주제분야	건수	비율
Engineering	95	90.5%
Transportation	7	21.9%
Telecommunications	1	3.1%
Computer Science	1	3.1%
Environmental Sciences & Ecology	1	3.1%

* 논문 표준카테고리 중 맨 처음 값을 기준으로 분석

- **(주요 논문)** 저널의 IF값 및 관련 분야 기술을 고려하여, 향후 연구개발 주제로 고려할만한 논문을 선정하여 주요 내용을 분석함

[표 5.4.57] AAD분야 주요 논문(IF값 상위 1위)

논문명	**Traffic Safety Evaluation for Railway Bridges Using Expanded Multisensor Data Fusion**		
기관	**Univ Illinois** | University of Illinois System | University of Illinois Urbana-Champaign | Korea Railrd Res Inst | Korea Railroad Research Institute (KRRI) | Ulsan Natl Inst Sci & Technol | Ulsan National Institute of Science & Technology (UNIST) | Korea Adv Inst Sci & Technol | Korea Advanced Institute of Science & Technology (KAIST) | Dept Civil & Environm Engn | High Speed Railrd Syst Res Ctr | Sch Urban & Environm Engn | Univ Illinois University of Illinois System University of Illinois Urbana-Champaign Dept Civil & Environm Engn Korea Railrd Res Inst Korea Railroad Research Institute (KRRI) High Speed Railrd Syst Res Ctr Ulsan Natl Inst Sci & Technol Ulsan National Institute of Science & Technology (UNIST) Sch Urban & Environm Engn Korea Adv Inst Sci & Technol Korea Advanced Institute of Science & Technology (KAIST) Dept Civil & Environm Engn		
저자	**Park, JW** | Lee, KC | Sim, SH | Jung, HJ | Spencer, BF		
게재일	2016-10-01	저널 IF값	6.208
내용 요약	The traffic safety of a railway bridge is generally evaluated by levels of structural responses such as acceleration, vertical displacement, and deck twist. Whereas acceleration can be readily measured in general, acquiring displacement and twist responses in field testing is often a challenging task due to lack of appropriate sensors. As most existing displacement transducers are designed to measure at a single location, the deck twist which is calculated from four displacements requires costly and labor-intensive sensor instrumentation. To effectively address the issue, this study proposes an integral strategy for the traffic safety evaluation of railway bridges using multisensor data. The proposed approach provides a formulation to estimate the dense displacement necessary for obtaining twist responses using acceleration and strain measurements. Wireless sensors are adopted because of their intrinsic advantages in multimetric sensing of heterogeneous data, convenient sensor instrumentation, and high-fidelity time-synchronized data acquisition. The proposed approach for dense displacement estimation is numerically and experimentally validated using beam models. Subsequently, a full-scale experiment on a railway bridge is conducted to evaluate the traffic safety for high-speed trains at three different speeds of 280 km/h, 300 km/h, and 400 km/h. The acceleration, vertical displacement, and twist are obtained and compared with design limits to determine the traffic safety of the railway bridge.		
출처	COMPUTER-AIDED CIVIL AND INFRASTRUCTURE ENGINEERING | 31 (10): 749-760 OCT 2016		

[표 5.4.58] AAD분야 주요 논문(IF값 상위 2위)

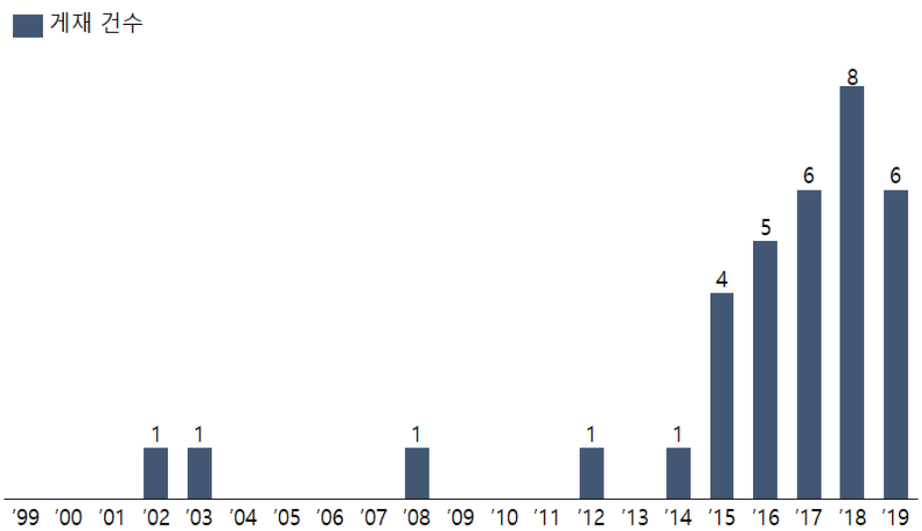
논문명	High-Speed Railway Communications: From GSM-R to LTE-R		
기관	**BJTU** | Beijing Univ Posts & Telecommun | Beijing University of Posts & Telecommunications | Beijing Jiaotong Univ | Beijing Jiaotong University | Minist Educ | Minist Railways China | Univ Southern Calif | University of Southern California | IEEE | Natl Acad Inventors | Amer Assoc Advancement Sci | Inst Engn & Technol | Austrian Acad Sci | Austrian Academy of Sciences | UPM | Universidad Politecnica de Madrid | Belgian Fonds Rech Sci | UCL | Universite Catholique Louvain | State Key Lab Rail Traff Control & Safety | Sch Network Educ | Sch Comp & Informat Technol | Sch Elect & Informat Engn | Innovat Res Team | Elect Engn | Inst Commun Sci | Escuela Tecn Super Ingn Telecomunicac | Dept Elect Engn | Inst Informat & Commun Technol Elect & Appl Math | BJTU State Key Lab Rail Traff Control & Safety Beijing Univ Posts & Telecommun Beijing University of Posts & Telecommunications Sch Network Educ Beijing Jiaotong Univ Beijing Jiaotong University Sch Comp & Informat Technol BJTU Sch Elect & Informat Engn BJTU Minist Educ Innovat Res Team Minist Railways China Univ Southern Calif University of Southern California Elect Engn Univ Southern Calif University of Southern California Inst Commun Sci IEEE Natl Acad Inventors Amer Assoc Advancement Sci Inst Engn & Technol Austrian Acad Sci Austrian Academy of Sciences UPM Universidad Politecnica de Madrid Escuela Tecn Super Ingn Telecomunicac Belgian Fonds Rech Sci UCL Universite Catholique Louvain Dept Elect Engn Inst Informat & Commun Technol Elect & Appl Math		
저자	**He, RS** | Ai, B | Wang, GP | Guan, K | Zhong, ZD | Molisch, AF | Briso-Rodriguez, C | Oestges, C		
게재일	2016-09-01	저널 IF값	6.145
내용 요약	High-speed railways (HSRs) improve the quality of rail services, yield greater customer satisfaction, and help to create socioeconomically balanced societies [1]. This highly efficient transport mode creates significant challenges in terms of investment, technology, industry, and environment. To handle increasing traffic, ensure passenger safety, and provide real-time multimedia information, a new communication system for HSR is required. In the last decade, public networks have been evolving from voice-centric second-generation systems, e.g., Global System for Mobile Communications (GSM) with limited capabilities, to fourth-generation (4G) broad-band systems that offer higher data rates,		
출처	COMPUTER-AIDED CIVIL AND INFRASTRUCTURE ENGINEERING | 31 (10): 749-760 OCT 2016		

[표 5.4.59] AAD분야 주요 논문(IF값 상위 3위)

논문명	THE WIRELESS TRAIN COMMUNICATION NETWORK Roll2Rail Vision		
기관	**Metro de Madrid** | Univ Politecn Madrid | Universidad Politecnica de Madrid | Assoc European Rail Ind TCMS Topical Grp | Int Electrotech Commiss Tech Comm 9 Working Grp 4 | CAF | IK4 IKERLAN Technol Res Ctr | IK4 IKERLAN | German Aerosp Ctr | Helmholtz Association | German Aerospace Centre (DLR) | Stadler Valencia | Engn & Res Dept | Div Res | Commun Syst Grp | Inst Commun & Nav | Metro de Madrid Engn & Res Dept Univ Politecn Madrid Universidad Politecnica de Madrid Assoc European Rail Ind TCMS Topical Grp Int Electrotech Commiss Tech Comm 9 Working Grp 4 CAF Div Res IK4 IKERLAN Technol Res Ctr Commun Syst Grp IK4 IKERLAN Commun Syst Grp German Aerosp Ctr Helmholtz Association German Aerospace Centre (DLR) Inst Commun & Nav Stadler Valencia		
저자	**Garcia-Loygorri, JM** | Goikoetxea, J | Echeverria, E | Arriola, A | Val, I | Sand, S | Unterhuber, P | del Rio, F		
게재일	2018-09-01	저널 IF값	6.145
내용 요약	This article explains the main results obtained from the research carried out in work package two (WP2) of the Roll2Rail (R2R) project. The goal of this project is to develop key technologies and remove already-identified blocking points for radical innovation in the field of railway vehicles to increase their operational reliability and reduce life-cycle costs (LCCs). The project, started in May 2015, has been funded by the Horizon 2020 program of the European Commission. The goal for WP2 is to research both technologies and architectures to develop a new wireless train communication network (TCN) within the IEC 61375 standard series. This TCN is entirely wired today and used for train control and monitoring system (TCMS) functions (some of them safety related), operator-oriented services, and customer-oriented services. The paradigm shift from wired to wireless means a removal of wiring and implies, among other benefits, a significant reduction of LCCs due to the removal of cables and the simplification of the train coupling procedure.		
출처	IEEE VEHICULAR TECHNOLOGY MAGAZINE | 13 (3): 135-143 SEP 2018		

● **(AAF. 가상연결기 제어기술)** 1999년부터 2019년까지 총 34건의 논문이 게재됨

- 2015년부터 꾸준히 증가 추이를 보이며, 최근 5년간 게재된 논문이 전체의 85.3%로 대부분을 차지함



[그림 5.4.63] AAF분야 논문 게재 건수

- **(국가별)** 전체의 50%가 중국 게재 논문이며, 미국(11.8%), 스페인(8.8%) 순으로 나타남

* 한국은 해당 분야 논문 게재 건수 없음

[표 5.4.60] 국가별 논문 게재 건수

순위	국가	건수	비중
1	China	17	50.0%
2	USA	4	11.8%
3	Spain	3	8.8%
4	England	2	5.9%
5	Italy	2	5.9%
6	Denmark	1	2.9%
7	Chile	1	2.9%
8	Taiwan	1	2.9%
9	Austria	1	2.9%
10	France	1	2.9%

* 상위 10개국만 제시

** 게재 건수가 같을 경우, 평균 IF값이 높은 국가 먼저 제시

- (기관별) 양적 질적 수준 상위 5개 기관 모두 대학 기관으로 순위권 기관이 일관되게 나타나며, 한국 기관은 해당분야 논문 게재하지 않음

[표 5.4.61] 기관별 논문 게재 현황

순위	게재 건수	기관(국가)*	순위	평균 IF값	기관(국가)**
1	7	Beijing Jiaotong Univ(중국)	1	5.5	Univ Sci & Technol Beijing(중국)
2	6	Southwest Jiaotong Univ(중국)	2	4.8	Southwest Jiaotong Univ(중국)
3	2	Univ Sci & Technol Beijing(중국)	3	4.7	Beijing Jiaotong Univ(중국)
4	2	Univ Politecn Madrid(스페인)	4	3.6	Univ Politecn Madrid(스페인)
5	1	New Jersey Inst Technol 외 2개 기관	5	-	-

* 게재 건수가 같을 경우, 평균 IF값이 높은 기관 먼저 제시
** 게재 건수 3건 이상인 기관이 2개뿐이므로, 게재 건수 2건 이상 기관을 대상으로 함

- (주제 분야별) Engineering 주제분야 관련 논문이 전체 88.2%(30건)로 가상연결기제어기술분야 대부분의 논문이 Engineering 한 주제에만 치중되어 나타남

[표 5.4.62] 주제분야별 논문 게재 현황

주제분야	건수	비율
Engineering	30	88.2%
Transportation	2	5.9%
Telecommunications	1	2.9%
Operations Research & Management Science	1	2.9%

* 논문 표준카테고리 중 맨 처음 값을 기준으로 분석

- (주요 논문) 저널의 IF값 및 관련 분야 기술을 고려하여, 향후 연구개발 주제로 고려할만한 논문을 선정하여 주요 내용을 분석함

[표 5.4.63] AAF분야 주요 논문(IF값 상위 공동1위)

논문명	**A Model Predictive Control Approach for Virtual Coupling in Railways**		
기관	**Univ Politecn Madrid** | Universidad Politecnica de Madrid | Univ Calif Berkeley | University of California System | University of California Berkeley | Dept Mech Engn | MPC Lab | Univ Politecn Madrid Universidad Politecnica de Madrid Dept Mech Engn Univ Calif Berkeley University of California System University of California Berkeley MPC Lab Univ Calif Berkeley University of California System University of California Berkeley Dept Mech Engn		
저자	**Felez, J** | Kim, Y | Borrelli, F		
게재일	2019-07-01	저널 IF값	5.744
내용 요약	This paper presents a novel approach in train control systems based on the concept called virtual coupling or train convoys. This approach follows the recent developments in the field of safe platooning of autonomous vehicles. We use a decentralized model predictive control (MPC) framework for each train participating in a convoy formation. Control designs for the leading and following trains are presented. An optimal control formulation for both controllers is used and its design relies on a numeric solution of a finite horizon optimal control problem. This paper compares the proposed method with alternative control strategies including the well-studied moving block train control concept. A study of a metro line has been chosen as a first analysis for this control approach. The simulation results for this kind of railway lines demonstrate better performance and the benefits of this new concept versus the moving block system. We show that the virtual coupling concept substantially reduces headway and distance between trains while guaranteeing safe separation between two consecutive trains at any instant.		
출처	IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS | 20 (7): 2728-2739 JUL 2019		

[표 5.4.64] AAF분야 주요 논문(IF값 상위 공동1위)

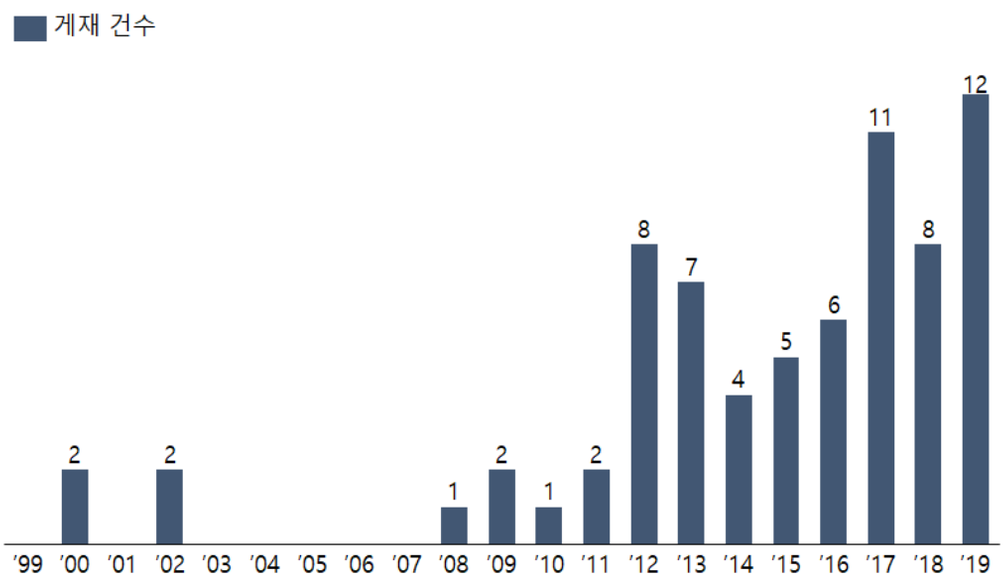
논문명	A Low-Latency Collaborative HARQ Scheme for Control/User-Plane Decoupled Railway Wireless Networks		
기관	**Southwest Jiaotong Univ** | Southwest Jiaotong University | Univ Exeter | University of Exeter | Univ Florida | State University System of Florida | University of Florida | Key Lab Informat Coding & Transmiss | Coll Engn Math & Phys Sci | Dept Elect & Comp Engn | Southwest Jiaotong Univ Southwest Jiaotong University Key Lab Informat Coding & Transmiss Univ Exeter University of Exeter Coll Engn Math & Phys Sci Univ Florida State University System of Florida University of Florida Dept Elect & Comp Engn		
저자	**Yan, L** | Fang, XM | Min, GY | Fang, YG		
게재일	2016-08-01	저널 IF값	5.744
내용 요약	The control/user (C/U) plane decoupled railway wireless network is an innovative architecture recently proposed to meet the communication demands of both train control systems and onboard passengers. The core idea is to completely separate the C-plane and the U-plane into different network nodes operating at different frequency bands. Although the system capacity of this network architecture can be highly increased, the forwarding latency of X3 interfaces to link the C-plane and the U-plane becomes a serious problem, particularly for hybrid automatic repeat request (HARQ) protocols that demand frequent interactions between the C-plane and the U-plane. To address this challenging problem, we propose a low-latency collaborative HARQ scheme in this paper. Specifically, we develop a new collaborative transmission framework where the possible spare resources on lower frequency bands of macrocells excluding those used by C-plane transmissions can be utilized to help small cells relay erroneously received data. Compared with the conventional HARQ scheme, the proposed scheme requires fewer retransmissions to reach the same transmission reliability, thereby mitigating the latency problem caused by HARQ retransmissions. Furthermore, channel mapping is also redesigned to conform to the proposed collaborative transmission framework. Through theoretical analysis, we derive the expression of the average number of retransmissions related to the sum of independent Gamma variables. Finally, the results of simulation experiments show that the proposed scheme can largely decrease the retransmission latency for railway wireless networks.		
출처	IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS | 17 (8): 2282-2295 AUG 2016		

[표 5.4.65] AAF분야 주요 논문(IF값 상위 공동1위)

논문명	**Fault-Tolerant Adaptive Control of High-Speed Trains Under Traction/Braking Failures: A Virtual Parameter-Based Approach**		
기관	**Beijing Jiaotong Univ** | Beijing Jiaotong University | Chongqing Univ | Chongqing University | State Key Lab Rail Traff Control & Safety | Ctr Intelligent Syst & Renewable Energy | Sch Automat | Beijing Jiaotong Univ Beijing Jiaotong University State Key Lab Rail Traff Control & Safety Beijing Jiaotong Univ Beijing Jiaotong University Ctr Intelligent Syst & Renewable Energy Chongqing Univ Chongqing University Sch Automat		
저자	**Song, YD** | Song, Q | Cai, WC		
게재일	2014-04-01	저널 IF값	5.744
내용 요약	Advanced control is a key technology for enhancing safe and reliable operation of high-speed trains. This paper presents an automated train control scheme for high-speed trains with combined longitudinal aerodynamics and tracking/braking dynamics, with special emphasis on reliable position and velocity tracking in the face of traction/braking failures. The controller is synthesized using a so-called virtual-parameter-based back-stepping adaptive control method, which exhibits several salient features: 1) The inherent coupling effects are taken into account as a result of combining both longitudinal and traction/braking dynamics; 2) fully parameter independent rather than partially parameter independent control algorithms are derived; and 3) closed-loop tracking stability of the overall system is ensured under unnoticeable time-varying traction/braking failures. The effectiveness of the developed control scheme is authenticated via a formative mathematical analysis based on Lyapunov stability theory and validated via numerical simulations.		
출처	IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS | 15 (2): 737-748 APR 2014		

● **(AAG. 고정밀 열차위치 검지기술) 1999년부터 2019년까지 총 71건의 논문이 게재됨**

- 관련 기술 분야 논문이 2008년 이후 꾸준히 게재되고 있으며, 2014년 감소하였으나 다시 증가 추이를 보임



[그림 5.4.64] AAG분야 논문 게재 건수

- (국가별) 중국 게재 논문이 전체의 42.3%로 가장 많으며, 한국은 4건으로 상위 5위에 위치함

[표 5.4.66] 국가별 논문 게재 건수

순위	국가	건수	비중
1	China	30	42.3%
2	Spain	7	9.9%
3	Germany	5	7.0%
4	Italy	5	7.0%
5	Korea	4	5.6%
6	France	4	5.6%
7	Singapore	2	2.8%
8	Lebanon	2	2.8%
9	India	2	2.8%
10	Netherlands	2	2.8%

* 상위 10개국만 제시
** 게재 건수가 같을 경우, 평균 IF값이 높은 국가 먼저 제시

- **(기관별)** 게재 건수 및 질적 수준 상위 5개 기관 모두 대학 기관으로 순위권 기관이 일관되게 나타남

* 한국 기관 논문은 질적 수준이 우수하나 논문 게재 수가 1건에 불과함

- 중국 BJTU가 양적으로 모두 우수한 수준인 반면 레바논의 Lebanese Amer Univ의 논문이 질적 수준이 높게 나타남

* 레바논의 Lebanese Amer Univ는 열차 위치설정을 위한 지도매칭 접근방법 관련 논문 2건(2010)을 게재

[표 5.4.67] 기관별 논문 게재 현황

순위	게재 건수	기관(국가)*	순위	평균 IF값	기관(국가)**
1	10	Beijing Jiaotong Univ(중국)	1	5.3	Lebanese Amer Univ(레바논)
2	5	Natl Univ Def Technol(중국)	2	4.9	Univ Lille Nord France(프랑스)
3	2	Lebanese Amer Univ(레바논)	3	4.2	Beijing Jiaotong Univ(중국)
4	2	Univ Lille Nord France(프랑스)	4	3.6	Univ Politecn Madrid(스페인)
5	2	Univ Politecn Madrid(스페인)	5	3.1	Natl Univ Def Technol(중국)

* 게재 건수가 같을 경우, 평균 IF값이 높은 기관 먼저 제시
** 게재 건수 3건 이상인 기관이 2개뿐이므로, 게재 건수 2건 이상 기관을 대상으로 함

- 한국 기관 논문은 4건으로, 이 중 한국과학기술원과 중앙대학교의 논문* IF값이 가장 높게 나타남

* 한국과학기술원의 지능형열차 위치감지를 위한 페라이트 위치 식별 시스템(2019) 논문 및 중앙대학교의 승강장 열차-정지 위치 최적화 관련 논문(2013)의 질적 수준이 높게 나타남

[표 5.4.68] 한국 기관 논문 게재 현황

기관	건수	평균 IF 값
Korea Adv Inst Sci & Technol(KAIST)	1	5.7
Chung Ang Univ	1	5.7
Konkuk Univ	1	2.2
Univ Sci & Technol(UST)	1	0.5

* 평균 IF값 높은 순으로 제시

- **(주제 분야별)** Computer Science 주제분야 관련 논문이 전체 36.7%(22건)로 가장 많이 나타남

* 기타 주제분야로는 운영연구 및 관리과학 관련 논문이 있음

[표 5.4.69] 주제분야별 논문 게재 현황

주제분야	건수	비율
Engineering	35	49.3%
Computer Science	13	18.3%
Transportation	7	9.9%
Business & Economics	3	4.2%
Automation & Control Systems	3	4.2%
Chemistry	2	2.8%
Geography	2	2.8%
Metallurgy & Metallurgical Engineering	2	2.8%
Materials Science	1	1.4%
Mechanics	1	1.4%
기타	2	2.8%

* 논문 표준카테고리 중 맨 처음 값을 기준으로 분석하여, 상위 10개 주제분야만 제시

- **(주요 논문)** 저널의 IF값 및 관련 분야 기술을 고려하여, 향후 연구개발 주제로 고려할만한 논문을 선정하여 주요 내용을 분석함

[표 5.4.70] AAG분야 주요 논문(IF값 상위 1위)

논문명	**Positioning and Location-Aware Communications for Modern Railways with 5G New Radio**		
기관	**Tampere Univ** | Tampere University | Nokia Bell Labs | Nokia Corporation | Nokia Finland | Tampere Univ Tampere University Nokia Bell Labs Nokia Corporation Nokia Finland		
저자	**Talvitie, J** | Levanen, T | Koivisto, M | Ihalainen, T | Pajukoski, K | Valkama, M		
게재일	2019-09-01	저널 IF값	10.356
요약	Providing high-capacity radio connectivity for high-speed trains (HSTs) is one of the most important use cases of emerging fifth generation (5G) New Radio (NR) networks. In this article, we show that 5G NR technology can also facilitate high-accuracy continuous localization and tracking of HSTs. Furthermore, we describe and demonstrate how the NR network can utilize the continuous location information for efficient beam management and beamforming, as well as for downlink Doppler precompensation in the single-frequency network context. Additionally, with particular focus on millimeter-wave networks, novel concepts for low-latency inter-carrier interference (ICI) estimation and compensation, due to residual Doppler and oscillator phase noise, are described and demonstrated. The provided numerical results at 30 GHz operating band show that sub-meter positioning and sub-degree beam direction accuracies can be obtained with very high probabilities on the order of 95-99 percent. The results also show that the described Doppler precompensation and ICI estimation and cancellation methods substantially improve the throughput of the single-frequency HST network.		
출처	IEEE COMMUNICATIONS MAGAZINE | 57 (9): 24-30 SEP 2019		

[표 5.4.71] AAG분야 주요 논문(IF값 상위 2위)

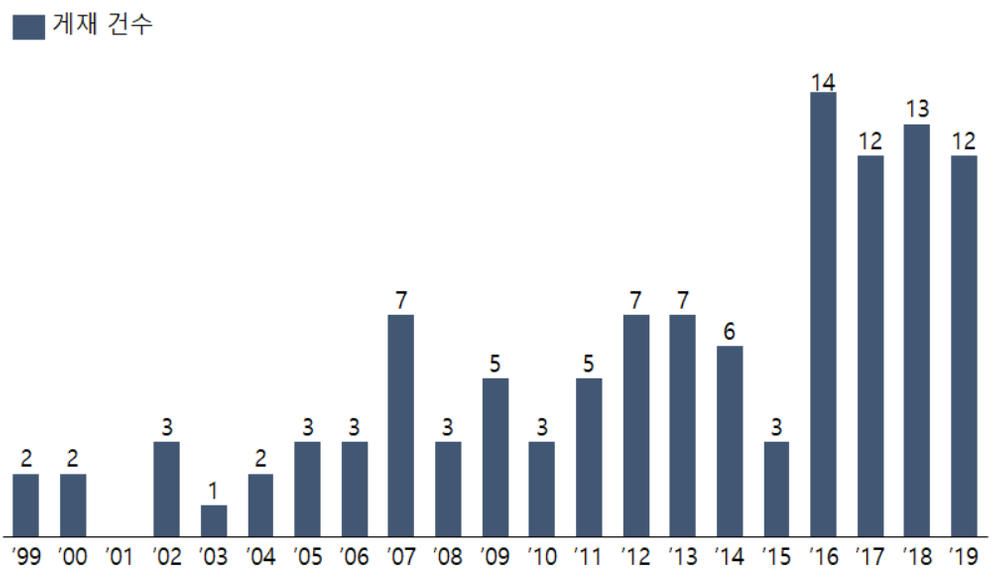
논문명	**Optimal Locations of Railroad Wayside Defect Detection Installations**		
기관	**Univ Illinois** | University of Illinois System | University of Illinois Urbana-Champaign | Natl Taiwan Univ | National Taiwan University | Dept Civil & Environm Engn | Dept Civil Engn | Univ Illinois University of Illinois System University of Illinois Urbana-Champaign Dept Civil & Environm Engn Natl Taiwan Univ National Taiwan University Dept Civil Engn		
저자	Ouyang, YF | Li, XP | Barkan, CPL | Kawprasert, A | Lai, YC		
게재일	2009	저널 IF값	6.208
요약	Railroads have been using wayside inspection technologies for many years to improve the safety and efficiency of operations. There has been a recent proliferation of new, more sophisticated, but also more costly inspection systems that are capable of detecting a wide range of subtle defects before a problem has actually occurred. This new class of "predictive" wayside detection systems, as compared with the older "reactive" technologies, requires a different deployment strategy. The higher cost of these new technologies means that it is particularly important for railroads to maximize the benefit they derive from the investment. This article presents a network optimization model that selects cost-effective installation sites for wayside defect detection systems over a railroad network. The objective is to maximize the total inspection benefits possible under any given investment budget. We develop solution techniques based on Lagrangian relaxation to effectively solve the problem. The article also presents case studies with empirical data to illustrate the technique. The computational results show that the problem can be solved efficiently, and that the model has the capability of being applied to full-scale railroad networks at regional or national levels. There are a variety of ways that railroads can use this model to help them more efficiently invest in wayside inspection technology so as to maximize the safety and economic benefits of these technologies.		
출처	COMPUTER-AIDED CIVIL AND INFRASTRUCTURE ENGINEERING | 24 (5): 309-319 2009		

[표 5.4.72] AAG분야 주요 논문(IF값 상위 3위)

논문명	**Simulation-based evaluation of dependability and safety properties of satellite technologies for railway localization**		
기관	**Univ Lille Nord France** | IFSTTAR | Universite Lille-Nord-de-France (ComUE) | ESTAS | LEOST | Univ Lille Nord France IFSTTAR Universite Lille-Nord-de-France (ComUE) IFSTTAR ESTAS Univ Lille Nord France IFSTTAR Universite Lille-Nord-de-France (ComUE) IFSTTAR LEOST		
저자	**Beugin, J** | Marais, J		
게재일	2012-06-01	저널 IF값	5.775
요약	Satellite-based localization technologies are strategic opportunities in railway applications because they offer new possibilities of service and have advantages that current technologies relying mainly on infrastructures deployed along tracks cannot equal. GNSSs (Global Navigation Satellite Systems) can, in particular, offer localization services in ERTMS (European Rail Traffic Management System), the system developed within the European railway community to harmonize, at European scale, railway signalling and control/command systems. However, using GNSS in such safety applications is slowed down when trying to comply with railway standards. Indeed, demonstrations of RAMS properties (Reliability, Availability, Maintainability, Safety) are required on new solutions embedded in trains. They aim at verifying if all dependability (RAM) and safety aspects are controlled over the lifecycle of the solutions before using them operationally. No RAMS evaluation technique exists for systems based on signal propagation and subject to failures provoked by environment effects. The major challenge is so to develop proof methods that will give means to fulfil the railway certification process. In this article, we propose a procedure to work in that direction after having presented the advantages, the possibilities and the challenges to use GNSS in rail transportation. The procedure is based on experiments for the evaluation of RAMS properties related to satellite-based localization units. We apply the method to different position measurements obtained in several typical railway environments. The obtained results are discussed according to the dependability and safety points of view. (C) 2011 Elsevier Ltd. All rights reserved.		
출처	TRANSPORTATION RESEARCH PART C-EMERGING TECHNOLOGIES | 22: 42-57 JUN 2012		

- **(AAH. 빠르고 신뢰도 높은 선로전환기술)** 1999년부터 2019년까지 연평균 9.4% 증가하며 총 113건의 논문이 게재됨

  - 관련 분야 논문은 증감을 반복하며 게재되고 있으나, 2015년 이후 게재 건수가 크게 증가함



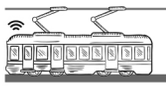
[그림 5.4.65] AAH분야 논문 게재 건수

  - **(국가별)** 중국 게재 논문이 전체의 19.5%로 가장 많으며, 한국 게재 논문은 중국의 약 0.25배 수준인 5건으로 8위에 그침

[표 5.4.73] 국가별 논문 게재 건수

순위	국가	건수	비중
1	China	22	19.5%
2	Sweden	12	10.6%
3	Netherlands	11	9.7%
4	England	10	8.8%
5	USA	7	6.2%
6	Australia	5	4.4%
7	Spain	5	4.4%
8	Korea	5	4.4%
9	Denmark	4	3.5%
10	Germany	4	3.5%

* 상위 10개국만 제시
** 게재 건수가 같을 경우, 평균 IF값이 높은 국가 먼저 제시



- **(기관별)** 게재 건수 및 질적 수준 상위 5개 기관 모두 대학 기관으로, 기관별 게재 건수 및 평균 IF값 차이가 크지 않게 나타남

* 한국은 양적 및 질적으로 상위 5순위 밖에 위치함

- 덴마크 Tech Univ Denmark의 논문이 질적으로 우수하게 나타났으며 열차 속도 프로필 최적화를 위한 프로그래밍 접근법 관련 논문의 IF값(4.574)이 높은 것에서 기인함

[표 5.4.74] 기관별 논문 게재 현황

순위	게재 건수	기관(국가)*	순위	평균 IF값	기관(국가)**
1	11	Chalmers Univ Technol (스웨덴)	1	4.2	Tech Univ Denmark(덴마크)
2	9	Delft Univ Technol (네덜란드)	2	3.8	Univ Birmingham(영국)
3	9	Southwest Jiaotong Univ (중국)	3	3.3	Erasmus Univ(네덜란드)
4	4	Univ Birmingham(영국)	4	2.9	Politecn Milan(이탈리아)
5	4	Univ Castilla La Mancha (스페인)	5	2.8	Univ Castilla La Mancha (스페인)

* 게재 건수가 같을 경우, 평균 IF값이 높은 기관 먼저 제시

** 게재 건수 3건 이상인 기관이 2개뿐이므로, 게재 건수 2건 이상 기관을 대상으로 함

- 한국 기관 논문(5건)은 모두 대학 기관에서 관련 논문이 게재되었으며, 이 중 고려대학교의 논문*이 IF값이 가장 높음

* 특히 전류 센서를 이용한 철도 시스템의 교체상태 감지 관련 논문, 음향 분석에 의한 철도 선로 설비의 고장 검출 및 진단 관련 논문의 IF값이 각각 3.031 수준으로 높게 나타남

[표 5.4.75] 한국 기관 논문 게재 현황

기관	건수	평균 IF 값
Korea Univ	3	2.5
Hanyang Univ	1	1.5
Seowon Univ	1	1.5

* 평균 IF값 높은 순으로 제시

- **(주제 분야별)** Engineering 주제분야 관련 논문이 전체 69.0%(78건)로 대부분 논문이 Engineering 주제에 집중되어 나타남

* 기타 주제분야로는 건설기술, 기계, 수학 등 관련 논문이 있음

[표 5.4.76] 주제분야별 논문 게재 현황

주제분야	건수	비율
Engineering	78	69.0%
Computer Science	8	7.1%
Business & Economics	5	4.4%
Automation & Control Systems	4	3.5%
Chemistry	3	2.7%
Operations Research & Management Science	3	2.7%
Science & Technology - Other Topics	2	1.8%
Transportation	2	1.8%
Materials Science	2	1.8%
Metallurgy & Metallurgical Engineering	2	1.8%
기타	4	3.5%

* 논문 표준카테고리 중 맨 처음 값을 기준으로 분석하여, 상위 10개 주제분야만 제시

- **(주요 논문)** 저널의 IF값 및 관련 분야 기술을 고려하여, 향후 연구개발 주제로 고려할만한 논문을 선정하여 주요 내용을 분석함

[표 5.4.77] AAH분야 주요 논문(IF값 상위 1위)

논문명	**A Simple State-Based Prognostic Model for Railway Turnout Systems**		
기관	**Fatih Univ** | Fatih University | Meliksah Univ | Meliksah University | Fatih Univ Fatih University Meliksah Univ Meliksah University		
저자	**Eker, OF** | Camci, F | Guclu, A | Yilboga, H | Sevkli, M | Baskan, S		
게재일	2011-05-01	저널 IF값	7.503
내용 요약	The importance of railway transportation has been increasing in the world. Considering the current and future estimates of high cargo and passenger transportation volume in railways, prevention or reduction of delays due to any failure is becoming ever more crucial. Railway turnout systems are one of the most critical pieces of equipment in railway infrastructure. When incipient failures occur, they mostly progress slowly from the fault-free to the failure state. Although studies focusing on the identification of possible failures in railway turnout systems exist in literature, neither the detection nor forecasting of failure progression has been reported. This paper presents a simple state-based prognostic (SSBP) method that aims to detect and forecast failure progression in electromechanical systems. The method is compared with Hidden-Markov-Model-based methods on real data collected from a railway turnout system. Obtaining statistically sufficient failure progression samples is difficult, considering that the natural progression of failures in electromechanical systems may take years. In addition, validating the classification model is difficult when the degradation is not observable. Data collection and model validation strategies for failure progression are also presented.		
출처	IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS | 58 (5): 1718-1726 MAY 2011		

[표 5.4.78] AAH분야 주요 논문(IF값 상위 2위)

논문명	**Digital twin aided sustainability-based lifecycle management for railway turnout systems**		
기관	**Univ Birmingham** | University of Birmingham | CCCCs First Harbor Engn Co Ltd | Sch Engn | Lab Track Engn & Operat Future Uncertainties | TOFU Lab,Dept Civil Engn | China Commun Construct Co Ltd | Railway Engn Dept | Shipping Serv Ctr | Univ Birmingham University of Birmingham Sch Engn Lab Track Engn & Operat Future Uncertainties TOFU Lab,Dept Civil Engn CCCCs First Harbor Engn Co Ltd China Commun Construct Co Ltd Railway Engn Dept Shipping Serv Ctr		
저자	**Kaewunruen, S** | Lian, Q		
게재일	2019-08-10	저널 IF값	6.395
내용 요약	Railway turnouts or so-called 'switches and crossings' are complex systems by nature of design and construction. Railway turnouts are used to change direction of trains from one to another. They require high-quality construction and maintenance, in order to minimise rapid degradation and component failures that could result in train derailments. Due to the complexity of railway turnouts, the efficiency and effectiveness of maintenance can be improved by integrating existing practice by Building Information Modelling (BIM). This research establishes and analyses the world's first 6D BIM for life cycle management of a railway turnout system. The BIM (Level 3) has integrated 6-dimensions of field data information based on Revit-2018 and Navisworks-2018 platforms. The digital twins of a railway turnout in 3D embrace time schedule, costs and sustainability across the whole life cycle. The use of BIM for railway turnout systems has the potential to improve the overall information flow of the turnout planning and design, manufacturing pre-assembly and logistic, construction and installation, operation and management and demolition, thereby achieving better project performance and quality. Based on integrated information of railway turnout system, the 6D BIM has the ability to assess on economic, management and sustainability, and achieve a balance among them. This is the word first to demonstrate that BIM can fully deliver its essential benefits by information sharing, easing technical communication, improving design quality, reducing of design errors, accelerating implementation, speeding up work, shortening construction duration, reducing construction costs, enhancing carbon efficiency, supporting project management, and providing its owners with higher operational efficiency over the railway turnout system life-cycle. The results reveal that embodied material emission is the main contributor towards carbon footprint, especially produced during the manufacturing stage. The reconstruction stage contributes the most expensive phase of life cycle. The insight will significantly benefit the co-value creation among engineers, project managers, technicians, and senior management team. (C) 2019 Elsevier Ltd. All rights reserved.		
출처	JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION | 228: 1537-1551 AUG 10 2019		

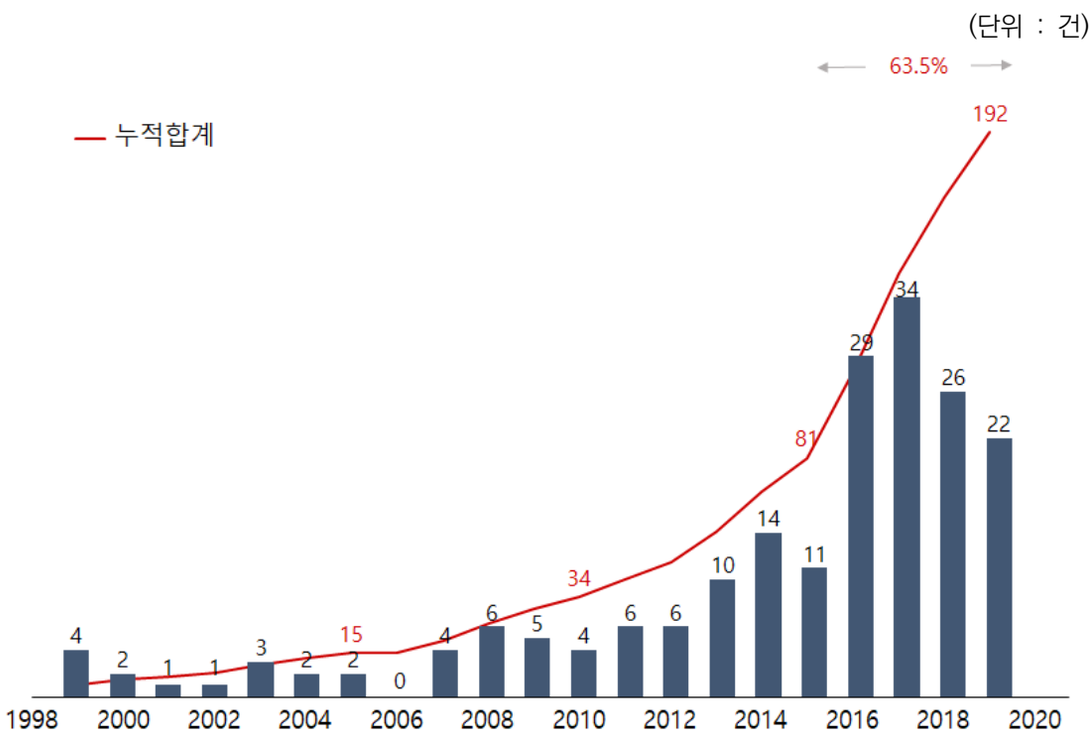
[표 5.4.79] AAH분야 주요 논문(IF값 상위 3위)

논문명	**An algorithm for improved performance of railway condition monitoring equipment: Alternating-current point machine case study**		
기관	**Univ Birmingham** | University of Birmingham | Cent Japan Railway Co | Univ Tokyo | University of Tokyo | Sch Elect Elect & Comp Engn | Grad Sch Engn | Dept Elect Engn & Informat Syst | Univ Birmingham University of Birmingham Sch Elect Elect & Comp Engn Cent Japan Railway Co Univ Tokyo University of Tokyo Grad Sch Engn Dept Elect Engn & Informat Syst		
저자	**Asada, T** | Roberts, C | Koseki, T		
게재일	2013-05-01	저널 IF값	5.775
내용 요약	This paper develops a new approach for fault detection and diagnosis utilising parameters collected from low-cost and accessible sensors. An electrical railway point machine within a railway junction is used as a case study. The paper shows that electrical active power collected from electrical current and electrical voltage sensors can be used for condition monitoring systems. The methodology proposed in this paper utilises Wavelet Transforms and Support Vector Machines. It was found that together these methods can detect and diagnose misalignment faults of electrical railway point machine to a high degree of accuracy. Furthermore, it was proved that the approach can provide an indication of the severity of the faults. This work was carried out in collaboration between the University of Birmingham and Central Japan Railway Company. (C) 2013 Elsevier Ltd. All rights reserved.		
출처	TRANSPORTATION RESEARCH PART C-EMERGING TECHNOLOGIES | 30: 81-92 Sp. Iss. SI MAY 2013		

철도운영(AB) 분야

- 1999년부터 현재까지 총 192건의 관련 논문이 게재되었으며, 2017년까지 증가 추이를 보이다가 최근 3년간 감소하고 있음

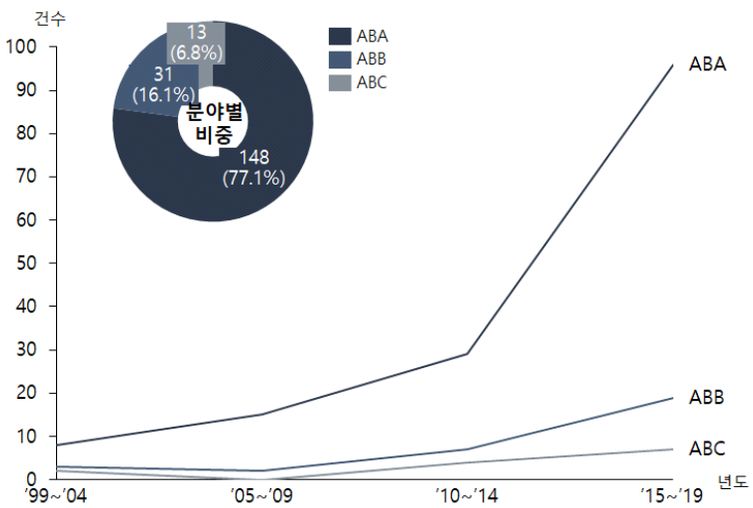
  - 해당 분야는 최근 게재 건수가 감소하고 있으나, 5년간 게재된 논문이 전체의 63.5% 수준으로 많은 비중을 차지함



[그림 5.4.66] AB분야 논문 게재 추이

- **(세부분야별)** 고밀도 열차 스케줄링 및 가상연결기 지원스케줄링 기술 분야(ABA) 논문이 가장 많은 비중(77.1%)을 차지하고 있음

  - 5년 단위로 논문 게재 건수 추이를 보면 모든 분야가 증가추세를 보이며, 고밀도 열차 스케줄링 및 가상연결기 지원스케줄링 기술분야(ABA)가 가장 크게 증가함

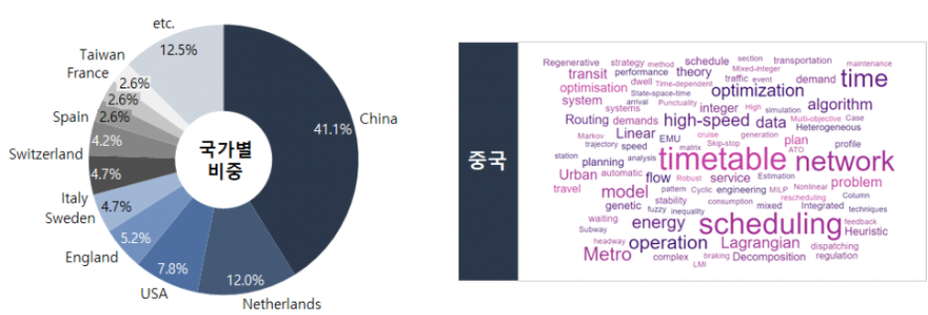


[그림 5.4.67] AB분야 세부분야별 논문 게재 추이

- **(국가별)** 중국 논문이 차지하는 비중이 41.1%(79건)로 가장 많으며, 주요 키워드는 timetable, network, scheduling으로 나타남

  - 중국 게재 논문의 79.8%(63건)이 고밀도 열차 스케줄링 및 가상연결기 지원스케줄링 기술 분야(ABA) 논문임

  - 한국은 최근 20년간 철도운영 분야 관련 논문을 게재하지 않음

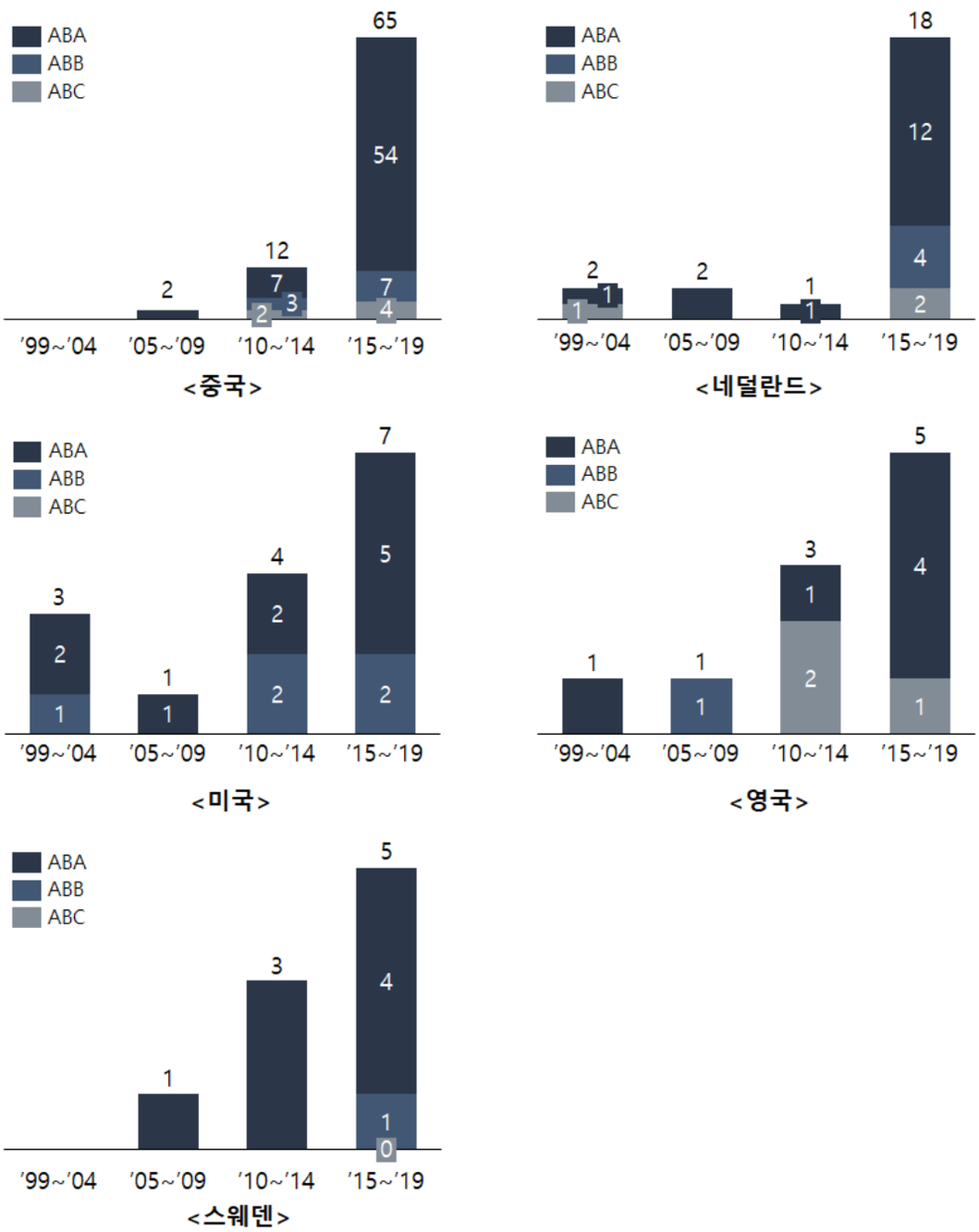


* 저자 키워드를 중심으로 워드클라우드 사이트를 이용하여 키워드 분석

[그림 5.4.68] AB분야 주요 키워드

- 게재건수 상위 5개국의 최근 5년간 분야별 비중 변화를 살펴보면, 모든 국가에서 논문 게재 건수가 증가 추이를 보이며 특히 중국과 네덜란드의 최근 게재 건수 증가율이 높은 수준임

- 최근 중국, 네덜란드, 영국에서 ABC분야 논문이 일부 게재되고 있으며, 모든 국가에서 (ABA)분야 논문이 차지하는 비중이 높게 나타남



* 게재 건수 상위 5개 기관만 제시

[그림 5.4.69] AB분야 국가별 논문 게재 현황

● **(주요기관별)** 상위 10개 기관 모두 대학 기관이며, 중국의 Beijing Jiaotong Univ(이하 'BJTU')가 가장 많은 논문(48건)을 게재함

- BJTU 게재 논문 중 37건(77.1%)이 고밀도 열차 스케줄링 및 가상연결기 지원스케줄링 기술 분야(ABA) 논문으로 나타남

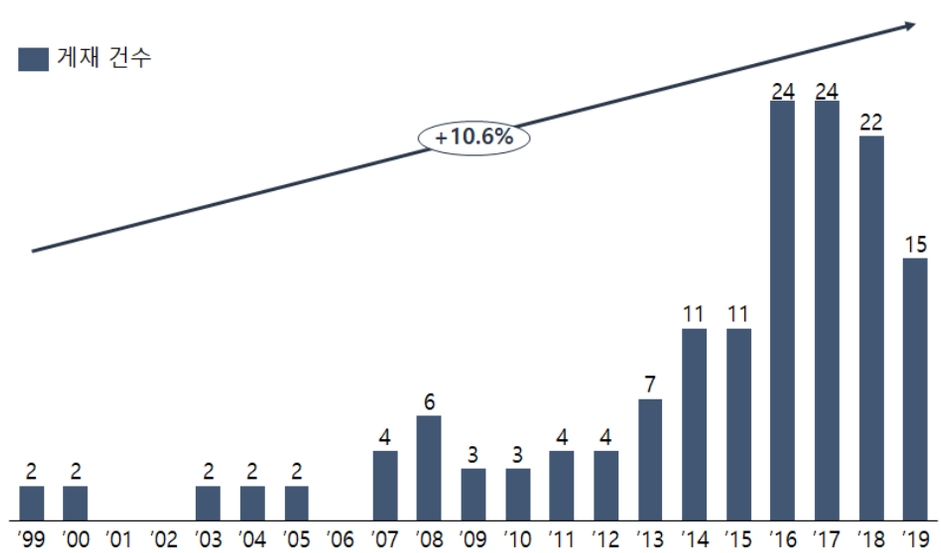
[표 5.4.80] 기관별 논문 게재 현황(철도운영)

순위	게재 건수(건)	기관(국가)	순위	게재 건수(건)	기관(국가)
1	48	Beijing Jiaotong Univ(중국)	6	4	Eindhoven Univ Technol(네덜란드)
2	14	Delft Univ Technol(네덜란드)	7	4	Lanzhou Jiaotong Univ(중국)
3	8	Southwest Jiaotong Univ(중국)	8	4	Cent S Univ(중국)
4	4	Ecole Polytech Fed Lausanne(스위스)	9	4	Univ Illinois(미국)
5	4	Natl Cheng Kung Univ(대만)	10	3	Tech Univ Denmark(덴마크)

* 상위 10개 기관만 제시
**게재 건수가 같을 경우 IF값이 높은 순으로 제시

● **(ABA. 고밀도 열차 스케줄링 기술, 가상연결기 지원 스케줄링 기술)** 1999년부터 2019년까지 총 148건의 논문이 게재되었으며, 연평균 10.6% 증가율을 보임

- 2017년까지 증가 추이를 보이나, 이후 최근 3년간 게재 건수가 감소함



[그림 5.4.70] ABA분야 논문 게재 건수

- **(국가별)** 국가별 논문 게재 건수는 중국(42.6%), 네덜란드(10.8%), 미국(6.8%) 순으로 나타나며, 한국은 관련 분야 논문을 게재하지 않음

[표 5.4.81] 국가별 논문 게재 건수

순위	국가	건수	비중
1	China	63	42.6%
2	Netherlands	16	10.8%
3	USA	10	6.8%
4	Sweden	8	5.4%
5	Italy	6	4.1%
6	Switzerland	6	4.1%
7	England	6	4.1%
8	Taiwan	4	2.7%
9	Spain	4	2.7%
10	France	4	2.7%

* 상위 10개국만 제시
** 게재 건수가 같을 경우, 평균 IF값이 높은 국가 먼저 제시

- **(기관별)** 게재 건수 및 질적 수준 상위 5개 기관 모두 대학 기관으로, 양적인 측면에서 중국 대학의 논문 성과가 두드러짐

* 네덜란드 Delft Univ Technol 논문(10건)의 양적 질적 수준이 모두 상위 2위로 우수함

- 중국의 BJTU가 양적으로 우수한 반면, 질적으로 덴마크 Tech Univ Denmark의 논문 수준이 높은 것으로 나타남

* 덴마크의 논문 중 승객 및 운영자 중심 스케줄링, 견고한 시간 계획 최적화 통합 관련 논문이 IF값 5.8로 높게 나타남

[표 5.4.82] 기관별 논문 게재 현황

순위	게재 건수	기관(국가)*	순위	평균 IF값	기관(국가)**
1	37	Beijing Jiaotong Univ(중국)	1	5.3	Tech Univ Denmark(덴마크)
2	10	Delft Univ Technol(네덜란드)	2	5.1	Delft Univ Technol(네덜란드)
3	7	Southwest Jiaotong Univ(중국)	3	5.0	Ecole Polytech Fed Lausanne (스위스)
4	4	Lanzhou Jiaotong Univ(중국)	4	5.0	Natl Cheng Kung Univ(대만)
5	4	Cent S Univ(중국)	5	4.3	Beijing Jiaotong Univ(중국)

* 게재 건수가 같을 경우, 평균 IF값이 높은 기관 먼저 제시
** 게재 건수 3건 이상 기관을 대상으로 함

- **(주제 분야별)** Business & Economics 주제분야 관련 논문이 전체 35.1%(52건)로 가장 많은 비중을 차지하며, Engineering(29.7%). Transportation (23.6%) 순으로 나타남

[표 5.4.83] 주제분야별 논문 게재 현황

주제분야	건수	비율
Business & Economics	52	35.1%
Engineering	44	29.7%
Transportation	35	23.6%
Operations Research & Management Science	13	8.8%
Computer Science	4	2.7%

* 논문 표준카테고리 중 맨 처음 값을 기준으로 분석

- **(주요 논문)** 저널의 IF값 및 관련 분야 기술을 고려하여, 향후 연구개발 주제로 고려할만한 논문을 선정하여 주요 내용을 분석함

[표 5.4.84] ABA분야 주요 논문(IF값 상위 공동1위)

논문명	**A Time Partitioning Technique for Railway Line Design and Timetable Optimization**		
기관	**Fatih Univ** | Fatih University | Meliksah Univ | Meliksah University | Fatih Univ Fatih University Meliksah Univ Meliksah University		
저자	**Castillo, E** | Grande, Z | Moraga, P | Sanchez-Vizcaino, J		
게재일	2016-08-01	저널 IF값	6.208
내용 요약	Existing computer models used to optimize railway timetables lead to a high complexity when the number of analyzed services exceeds a given threshold. A time partitioning technique is proposed which allows line design and timetable optimization and a reduction in the complexity of the problem by considering small time windows of the same or different durations in which the timetables of a small (equal or not) number of running trains are optimized in sequence. Though the optimal solution is not expected to be attained with this method, the analyzed examples demonstrate that the resulting solution is close to the global optimum and practically satisfactory. This technique can be used at the planning and implementation stages. Examples of two real lines are analyzed to show the goodness of the proposed methods. One is the network Madrid-Sevilla-Toledo-Malaga-Valencia-Albacete with a dense traffic of 170 trains per day. The second is the Palencia-Santander line with 70 trains in which as an alternative to a double-track proposal with a cost of MEuro 3,200 an alternate double-single-track (ADST) solution, with a cost of MEuro 330 (one tenth) is proposed.		
출처	COMPUTER-AIDED CIVIL AND INFRASTRUCTURE ENGINEERING | 31 (8): 599-616 AUG 2016		

[표 5.4.85] ABA분야 주요 논문(IF값 상위 공동1위)

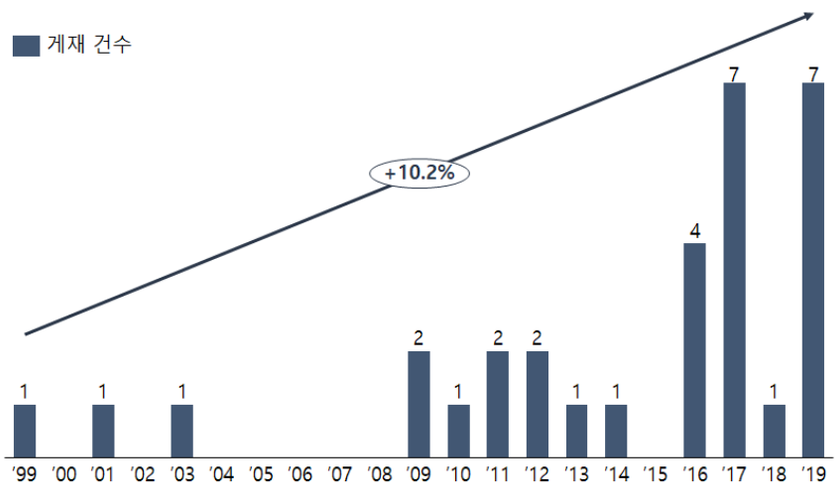
논문명	**Microscopic Models and Network Transformations for Automated Railway Traffic Planning**		
기관	**Delft Univ Technol** | Delft University of Technology | Network Rail Ltd | Dept Transport & Planning | Fac Civil Engn & Geosci | Network Optimisat Team | Command Control & Signalling | Delft Univ Technol Delft University of Technology Dept Transport & Planning Fac Civil Engn & Geosci Network Rail Ltd Network Optimisat Team Command Control & Signalling		
저자	**Besinovic, N** | Goverde, RMP | Quaglietta, E		
게재일	2017-02-01	저널 IF값	6.208
내용 요약	This article tackles the real-world planning problem of railway operations. Improving the timetable planning process will result in more reliable product plans and a higher quality of service for passengers and freight operators. We focus on the microscopic models for computing accurate track blocking times for guaranteeing feasibility and stability of railway timetables. A conflict detection and resolution model manages feasibility by identifying conflicts and computing minimum headway times that provide conflict-free services. The timetable compression method is used for computing capacity consumption and verifying the stability according to the UIC Capacity Code 406. Furthermore, the microscopic models have been incorporated in a multilevel timetabling framework for completely automated generation of timetables. The approach is demonstrated in a real-world case study from the Dutch railway network. Practitioners can use these microscopic timetabling models as an important component in the timetabling process to improve the general quality of timetables.		
출처	COMPUTER-AIDED CIVIL AND INFRASTRUCTURE ENGINEERING | 32 (2): 89-106 FEB 2017		

[표 5.4.86] ABA분야 주요 논문(IF값 상위 공동1위)

논문명	**Hybrid Demand-Driven and Cyclic Timetabling Considering Rolling Stock Circulation for a Bidirectional Railway Line**		
기관	**Beijing Jiaotong Univ** | Beijing Jiaotong University | Delft Univ Technol | Delft University of Technology | Nantong Univ | Nantong University | State Key Lab Rail Traff Control & Safety | Fac Civil Engn & Geosci | Dept Transport & Planning | Sch Transportat | Beijing Jiaotong Univ Beijing Jiaotong University State Key Lab Rail Traff Control & Safety Delft Univ Technol Delft University of Technology Fac Civil Engn & Geosci Dept Transport & Planning Nantong Univ Nantong University Sch Transportat		
저자	**Yin, YH** | Li, DW | Besinovic, N | Cao, ZC		
게재일	2019-02-01	저널 IF값	6.208
내용 요약	For dense railway lines, timetables are commonly designed periodically to provide regular services. However, such timetables may lead to many low-occupancy departures and make it inefficient to a railway company. We combine the features of periodic timetabling with those of demand-responsive timetabling design for a bidirectional rail transit line considering rolling stock circulation. A mixed-integer programming model with the objective of minimizing total passenger waiting time and weighted total train travel time is formulated and a three-phase heuristic algorithm is developed. Five performance indicators, namely, total train travel time, passenger average waiting time, event time deviation, event frequency deviation, and train connection time are introduced to evaluate the performance of the model. A case study on Jinshan railway corridor in Shanghai demonstrates that the proposed demand responsive periodic timetabling model can reduce passengers' waiting time and keep periodicity in the meantime with short computational time		
출처	COMPUTER-AIDED CIVIL AND INFRASTRUCTURE ENGINEERING | 34 (2): 164-187 FEB 2019		

● **(ABB. 실시간 경합예측 및 연쇄지연 최소화 기술, 재스케줄링최적화 기술)** 1999년부터 2019년까지 총 31건의 논문이 게재되었으며, 연평균 10.2% 증가율을 보임

- 전체적으로 관련 논문의 수가 적으나, 최근 5년간 대부분(61.3%)의 논문이 게재됨



[그림 5.4.71] ABB분야 논문 게재 건수

- (국가별) 국가별 논문 게재 건수는 중국(32.3%), 미국(16.1%), 네덜란드(12.9%) 순으로 나타나며, 한국은 관련 분야 논문을 게재하지 않음

[표 5.4.87] 국가별 논문 게재 건수

순위	국가	건수	비중
1	China	10	32.3%
2	USA	5	16.1%
3	Netherlands	4	12.9%
4	Italy	3	9.7%
5	Switzerland	2	6.5%
6	Taiwan	1	3.2%
7	Spain	1	3.2%
8	France	1	3.2%
9	Sweden	1	3.2%
10	Turkey	1	3.2%

* 상위 10개국만 제시
** 게재 건수가 같을 경우, 평균 IF값이 높은 국가 먼저 제시

- (기관별) 게재 건수 및 질적 수준 상위 5개 기관 모두 대학 기관으로, 순위권에 속한 기관이 대부분 일관되게 나타남

* 스페인 Tech Univ Madrid 논문(1건)의 질적 수준이 양적 수준에 비해 우수하게 나타났으며, 상태 변화 예측 접근법에 관련된 논문임

- 중국의 BJTU가 양적 질적으로 모두 우수하게 나타나며, 이는 고속철도 브레이크 피복재의 고온 마모 성능 관련 논문 1건의 IF값이 5.2로 높은 것에서 기인함

[표 5.4.88] 기관별 논문 게재 현황

순위	게재 건수	기관(국가)*	순위	평균 IF값	기관(국가)**
1	7	Beijing Jiaotong Univ(중국)	1	5.8	Ecole Polytech Fed Lausanne (스위스)
2	3	Delft Univ Technol (네덜란드)	2	5.8	Natl Cheng Kung Univ(대만)
3	2	Univ Illinois(미국)	3	5.7	Tech Univ Madrid(스페인)
4	1	Ecole Polytech Fed Lausanne (스위스)	4	4.9	Delft Univ Technol (네덜란드)
5	1	Natl Cheng Kung Univ(대만)	5	4.9	Roma Tre Univ(이탈리아)

* 게재 건수가 같을 경우, 평균 IF값이 높은 기관 먼저 제시
** 게재 건수 2건 이상인 기관이 3개뿐이므로, 게재 건수 1건 이상 기관을 대상으로 함

- **(주제 분야별)** Engineering 주제분야 관련 논문이 전체 45.2%(14건)로 가장 많이 나타나며, 열차 스케줄링 및 지연 관리 통합 관련 논문들이 Business & Economic 분야에 해당되어 25.8%의 비중을 차지함

[표 5.4.89] 주제분야별 논문 게재 현황

주제분야	건수	비율
Engineering	14	45.2%
Business & Economics	8	25.8%
Transportation	6	19.4%
Operations Research & Management Science	2	6.5%
Environmental Sciences & Ecology	1	3.2%

* 논문 표준카테고리 중 맨 처음 값을 기준으로 분석

- **(주요 논문)** 저널의 IF값 및 관련 분야 기술을 고려하여, 향후 연구개발 주제로 고려할만한 논문을 선정하여 주요 내용을 분석함

[표 5.4.90] ABB분야 주요 논문(IF값 상위 공동1위)

논문명	**Bi-objective conflict detection and resolution in railway traffic management**		
기관	**Univ Roma Tre** | Roma Tre University | Delft Univ Technol | Delft University of Technology | Univ Siena | University of Siena | Dipartimento Informat & Automaz | Dept Transport & Planning | Dipartimento Ingn Informaz | Univ Roma Tre Roma Tre University Dipartimento Informat & Automaz Delft Univ Technol Delft University of Technology Dept Transport & Planning Univ Siena University of Siena Dipartimento Ingn Informaz		
저자	Corman, F | D'Ariano, A | Pacciarelli, D | Pranzo, M		
게재일	2012-02-01	저널 IF값	5.775
내용 요약	Railway conflict detection and resolution is the daily task faced by dispatchers and consists of adjusting train schedules whenever disturbances make the timetable infeasible. The main objective pursued by dispatchers in this task is the minimization of train delays, while train operating companies are also interested in other indicators of passenger dissatisfaction. The two objectives are conflicting whenever train delay reduction requires cancellation of some connected services, causing extra waiting times to transferring passengers. In fact, the infrastructure company and the train operating companies discuss on which connection to keep or drop in order to reach a compromise solution. This paper considers the bi-objective problem of minimizing train delays and missed connections in order to provide a set of feasible non-dominated schedules to support this decisional process. We use a detailed alternative graph model to ensure schedule feasibility and develop two heuristic algorithms to compute the Pareto front of non-dominated schedules. Our computational study, based on a complex and densely occupied Dutch railway network, shows that good coordination of connected train services is important to achieve real-time efficiency of railway services since the management of connections may heavily affect train punctuality. The two algorithms approximate accurately the Pareto front in a limited computation time. (C) 2010 Elsevier Ltd. All rights reserved.		
출처	TRANSPORTATION RESEARCH PART C-EMERGING TECHNOLOGIES | 20 (1): 79-94 Sp. Iss. SI FEB 2012		

[표 5.4.91] ABB분야 주요 논문(IF값 상위 공동1위)

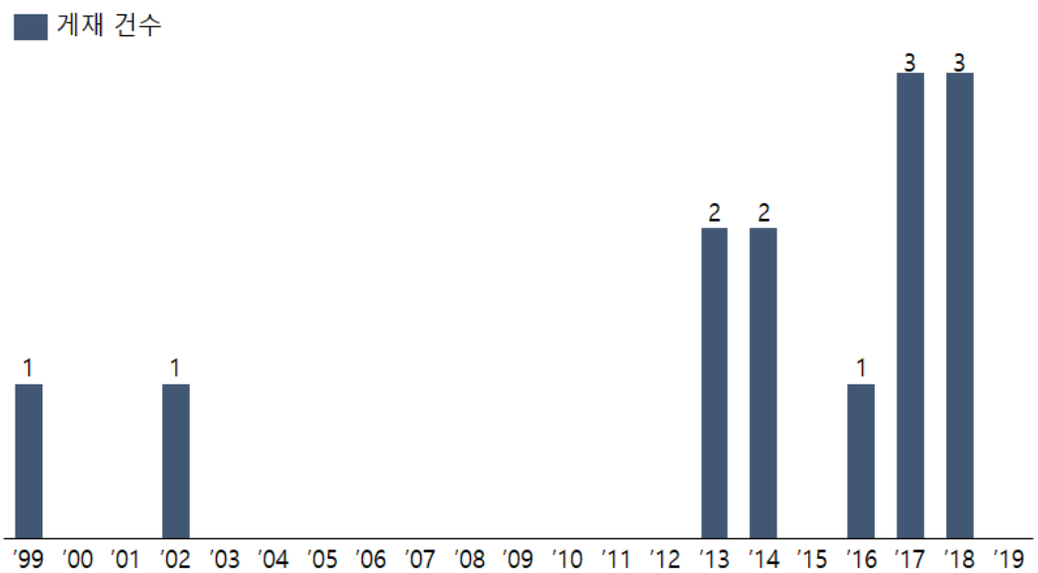
논문명	**The multi-objective railway timetable rescheduling problem**		
기관	**Ecole Polytech Fed Lausanne** | Ecole Polytechnique Federale de Lausanne | Delft Univ Technol | Delft University of Technology | Transport & Mobil Lab TRANSP OR | Sch Architecture Civil & Environm Engn ENAC | Fac Technol Policy & Management | Transport & Logist Grp | Ecole Polytech Fed Lausanne Ecole Polytechnique Federale de Lausanne Transport & Mobil Lab TRANSP OR Sch Architecture Civil & Environm Engn ENAC Delft Univ Technol Delft University of Technology Fac Technol Policy & Management Transport & Logist Grp		
저자	**Binder, S** | Maknoon, Y | Bierlaire, M		
게재일	2017-05-01	저널 IF값	5.775
내용 요약	Precise estimation of railway rail service life is of great significance for the efficient use of maintenance and replacement resources and the effective prevention of broken rails. Here, an innovative model for railway rail service life estimation is proposed. A railway line is divided into adjacent segments of the same specific length. Each segment is termed a "rail grid." Employing the theory of Markov stochastic processes and hazard models, the service life of each rail grid is estimated and the degradation law of each rail grid is customized. The proposed model is verified using five-year rail inspection data for the Longhai Railway. Our evaluation demonstrates that the estimated rail service life is very close to the real rail service life and meets railway management requirements.		
출처	TRANSPORTATION RESEARCH PART C-EMERGING TECHNOLOGIES | 78: 78-94 MAY 2017		

[표 5.4.92] ABB분야 주요 논문(IF값 상위 공동1위)

논문명	**The impact of end-to-end communication delay on railway traffic flow using cellular automata model**		
기관	**Beijing Jiaotong Univ** | Beijing Jiaotong University | Univ Calif Berkeley | University of California System | University of California Berkeley | State Key Lab Rail Traff Control & Safety | Inst Transportat Studies | Calif PATH Program | Richmond Field Stn | Beijing Jiaotong Univ Beijing Jiaotong University State Key Lab Rail Traff Control & Safety Univ Calif Berkeley University of California System University of California Berkeley Inst Transportat Studies Calif PATH Program Richmond Field Stn		
저자	Xun, J | Ning, B | Li, KP | Zhang, WB		
게재일	2013-10-01	저널 IF값	5.775
내용 요약	Increasing number of railroads have begun to operate with a moving block system that relies on a data communication system to transmit real-time information such as train position and velocity. The end-to-end communication is a critical component to ensure the efficiency and the safety of train operation. The delay in the end-to-end communication affects every aspect of the specification and operation of the moving block system and therefore deserves special attention. In this paper, an improved cellular automata (CA) model is proposed as a tool to perform analysis of this delay issue through defining neigh-borhoods in the cellular automata railway traffic model. Based on this model, simulation of traffic flow in a transit system is conducted and the results are presented to demonstrate the dependability of the proposed model. The study shows that, if the end-to-end communication delay satisfies the requirement described in the Euroradio specification, the throughput of railway line (in number of trains per hour) is nearly the same in the simulation scenarios when running the 3 schemes we derived. However the influence on each individual train is not negligible. As one of delay factors, d(3) should be kept as small as possible to minimize the headway time. (C) 2013 Elsevier Ltd. All rights reserved.		
출처	TRANSPORTATION RESEARCH PART C-EMERGING TECHNOLOGIES | 35: 127-140 Sp. Iss. SI OCT 2013		

- **(ABC. 승객 환승최적화 관제기술)** 1999년부터 2019년까지 총 13건의 논문이 게재되었음

  - 전체적으로 관련 논문의 수가 적으나 2013년 이후 다시 관련 분야 논문이 게재되었으며, 최근 5년간 대부분(53.9%)의 논문이 게재됨



[그림 5.4.72] ABC 분야 논문 게재 건수

  - **(국가별)** 국가별 논문 게재 건수는 중국(46.2%), 네덜란드(23.1%), 영국(7.7%) 순으로 나타나며, 한국은 관련 분야 논문을 게재하지 않음

[표 5.4.93] 국가별 논문 게재 건수

순위	국가	건수	비중
1	China	6	46.2%
2	Netherlands	3	23.1%
3	England	3	7.7%
4	Turkey	1	7.7%

** 게재 건수가 같을 경우, 평균 IF값이 높은 국가 먼저 제시

  - **(기관별)** 양적 및 질적 수준 상위 5개 기관 모두 대학 기관이며, 순위권 상위 기관이 대부분 일치함

- 중국의 BJTU가 양적으로 우수하며, 질적으로는 네덜란드 Eindhoven University of Technology(이하 'TU/e')의 논문 수준이 높은 것으로 나타남

* TU/e 논문(1건)은 여객 위주의 철도 운행 관리 관련 논문이며 IF값 5.8로 높게 나타남

[표 5.4.94] 기관별 논문 게재 현황

순위	게재 건수	기관(국가)*	순위	평균 IF값	기관(국가)**
1	4	Beijing Jiaotong Univ(중국)	1	5.8	Eindhoven Univ Technol (네덜란드)
2	1	Eindhoven Univ Technol (네덜란드)	2	5.2	Beijing Jiaotong Univ(중국)
3	1	Univ Salford(영국)	3	4.6	East China Jiaotong Univ (중국)
4	1	East China Jiaotong Univ (중국)	4	4.6	Univ Salford(영국)
5	1	Univ Leeds(영국)	5	4.6	Univ Leeds(영국)

* 게재 건수가 같을 경우, 평균 IF값이 높은 기관 먼저 제시

** 게재 건수 2건 이상인 기관이 1개뿐이므로, 게재 건수 1건 이상 기관을 대상으로 함

- (주제 분야별) Engineering 주제분야 관련 논문이 전체 61.5%(8건)로 가장 많이 나타남

[표 5.4.95] 주제분야별 논문 게재 현황

주제분야	건수	비율
Business & Economics	8	61.5%
Transportation	3	23.1%
Environmental Sciences & Ecology	1	7.7%
Engineering	1	7.7%

* 논문 표준카테고리 중 맨 처음 값을 기준으로 분석

- (주요 논문) 저널의 IF값 및 관련 분야 기술을 고려하여, 향후 연구개발 주제로 고려할만한 논문을 선정하여 주요 내용을 분석함

[표 5.4.96] ABC분야 주요 논문(IF값 상위 공동1위)

논문명	**Optimal switched control design for automatic train regulation of metro lines with time-varying passengers arrival flow**		
기관	**Beijing Jiaotong Univ** | Beijing Jiaotong University | State Key Lab Rail Traff Control & Safety | Beijing Jiaotong Univ Beijing Jiaotong University State Key Lab Rail Traff Control & Safety		
저자	**Li, SK** | Yang, LX | Gao, ZY		
게재일	2018-01-01	저널 IF값	5.775
내용 요약	This paper investigates the optimal switched control design problem for automatic train regulation of metro lines with time-varying passengers arrival flow. The variation of passenger arrival flow is described by an uncertain switched linear function. A new train traffic model of the metro-line operation is proposed based on an uncertain switched hybrid system. According to the stability analysis method of the switched system, a sufficient condition for the existence of state feedback control as automatic train regulation strategy is given in terms of matrix inequalities, which ensures the stability of metro line system under a disturbance or a disruption. Moreover, a nonlinear optimal control problem is formulated to determine the optimal switched control design as automatic train regulation to minimize the train delays and control cost. The formulated nonlinear optimal control problem is converted into a convex optimization problem involving linear matrix inequalities, which can be solved in polynomial time and has low computation burden. Numerical examples are given to illustrate the effectiveness of the proposed methods.		
출처	TRANSPORTATION RESEARCH PART C-EMERGING TECHNOLOGIES | 86: 425-440 JAN 2018		

[표 5.4.97] ABC분야 주요 논문(IF값 상위 공동1위)

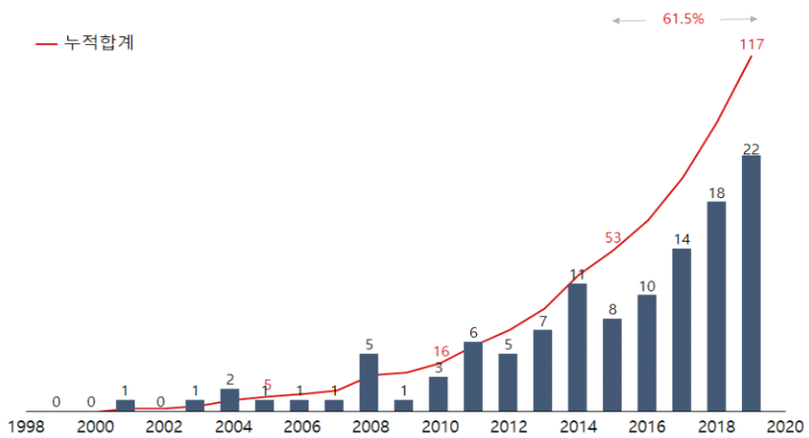
논문명	**Passenger oriented railway disruption management by adapting timetables and rolling stock schedules**		
기관	**Eindhoven Univ Technol** | Eindhoven University of Technology | Erasmus Univ | Erasmus University Rotterdam | Erasmus University Medical Center | Netherlands Railways | Vrije Univ Amsterdam | Vrije Universiteit Amsterdam | Sch Ind Engn | Rotterdam Sch Management | Proc Qual & Innovat | Fac Econ & Business Adm | Eindhoven Univ Technol Eindhoven University of Technology Sch Ind Engn Erasmus Univ Erasmus University Rotterdam Erasmus University Medical Center Rotterdam Sch Management Netherlands Railways Proc Qual & Innovat Vrije Univ Amsterdam Vrije Universiteit Amsterdam Fac Econ & Business Adm		
저자	**Veelenturf, LP** | Kroon, LG | Maroti, G		
게재일	2017-07-01	저널 IF값	5.775
내용 요약	In passenger railway operations, unforeseen events require railway operators to adjust their timetable and their resource schedules. The passengers will also adapt their routes to their destinations. When determining the new timetable and rolling stock schedule, the railway operator has to take passenger behavior into account. The operator should increase the capacity of trains for which the operator expects more demand than on a regular day. Furthermore, the operator could increase the frequency of the trains that serve stations with an additional demand. This paper describes a real-time disruption management approach which integrates the rescheduling of the rolling stock and the timetable by taking the changed passenger demand into account. The timetable decisions are limited to additional stops of trains at stations at which they normally would not call. Several variants of the approach are suggested, with the difference in how to determine which additional stops should be executed. Real-time rescheduling requires fast solutions. Therefore a heuristic approach is used. We demonstrate the performance of the several variants of our algorithm on realistic instances of Netherlands Railways, the major railway operator in the Netherlands. (C) 2017 Elsevier Ltd. All rights reserved.		
출처	TRANSPORTATION RESEARCH PART C-EMERGING TECHNOLOGIES | 80: 133-147 JUL 2017		

철도차량(AC) 분야

- 1999년부터 현재까지 총 117건의 관련 논문이 게재되었으며, 2015년 감소 추이를 보이다가 다시 증가 추이를 보임

  - 해당 분야는 최근 게재 건수가 감소하고 있으나, 5년간 게재된 논문이 전체의 61.5% 수준으로 많은 비중을 차지함

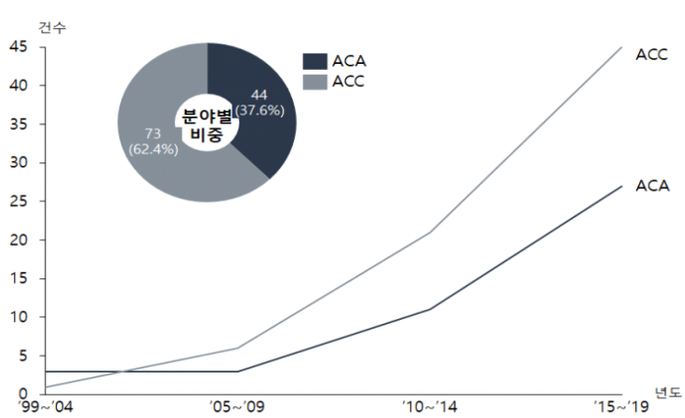
(단위 : 건)



[그림 5.4.73] AC분야 논문 게재 추이

- **(세부분야별)** 지능형 열차 전방 상황 인지 기술 분야(ACC) 논문이 가장 많은 비중(62.4%)을 차지하고 있음

  - 5년 단위로 논문 게재 건수 추이를 보면 모든 분야가 증가추세를 보이며, 지능형 열차 전방 상황 인지 기술 분야(ACC)가 빠른 응답 특성의 추진/제동기술 분야(ACA)보다 더 크게 증가함



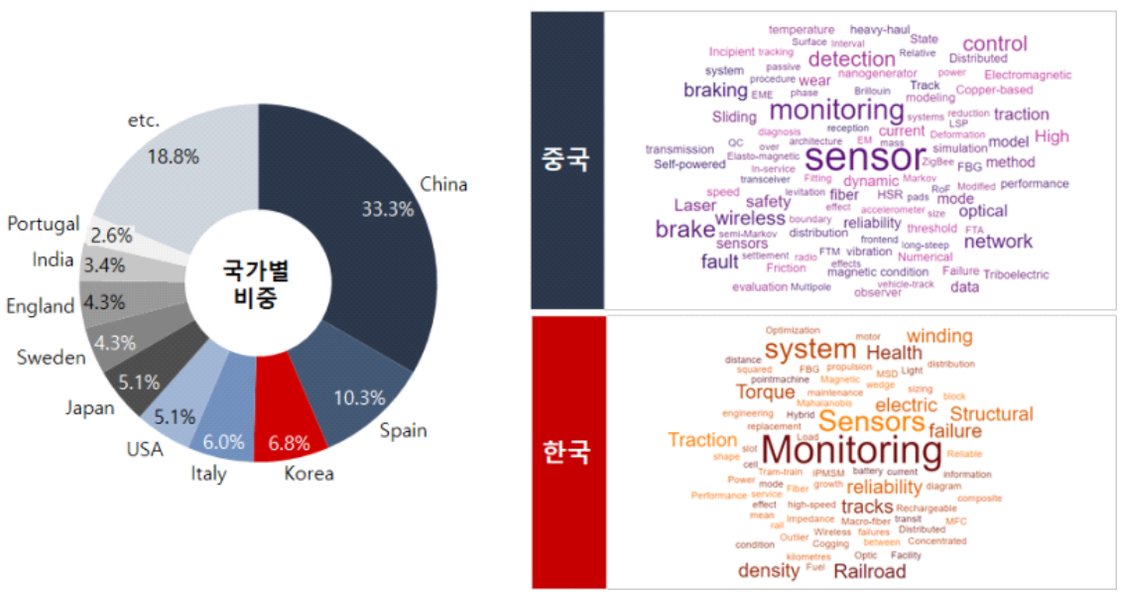
[그림 5.4.74] AC분야 세부분야별 논문 게재 추이

● **(국가별)** 중국 논문이 차지하는 비중이 33.3%(39건)로 가장 많으며, 주요 키워드는 sensor, monitoring, detection으로 한국 논문 키워드*와 유사하게 나타남

* 한국 논문 주요 키워드 : monitoring, sensor, system

- 중국 게재 논문의 53.9%(21건)이 지능형 열차 전방 상황 인지 기술 분야(ACC)이나 최근 ACA분야 논문의 수가 급증함

- 한국 게재 논문은 ACA 분야 4건, ACC 분야 4건 총 8건으로, 전체 중 3위(8건)로 6.8% 비중을 차지함

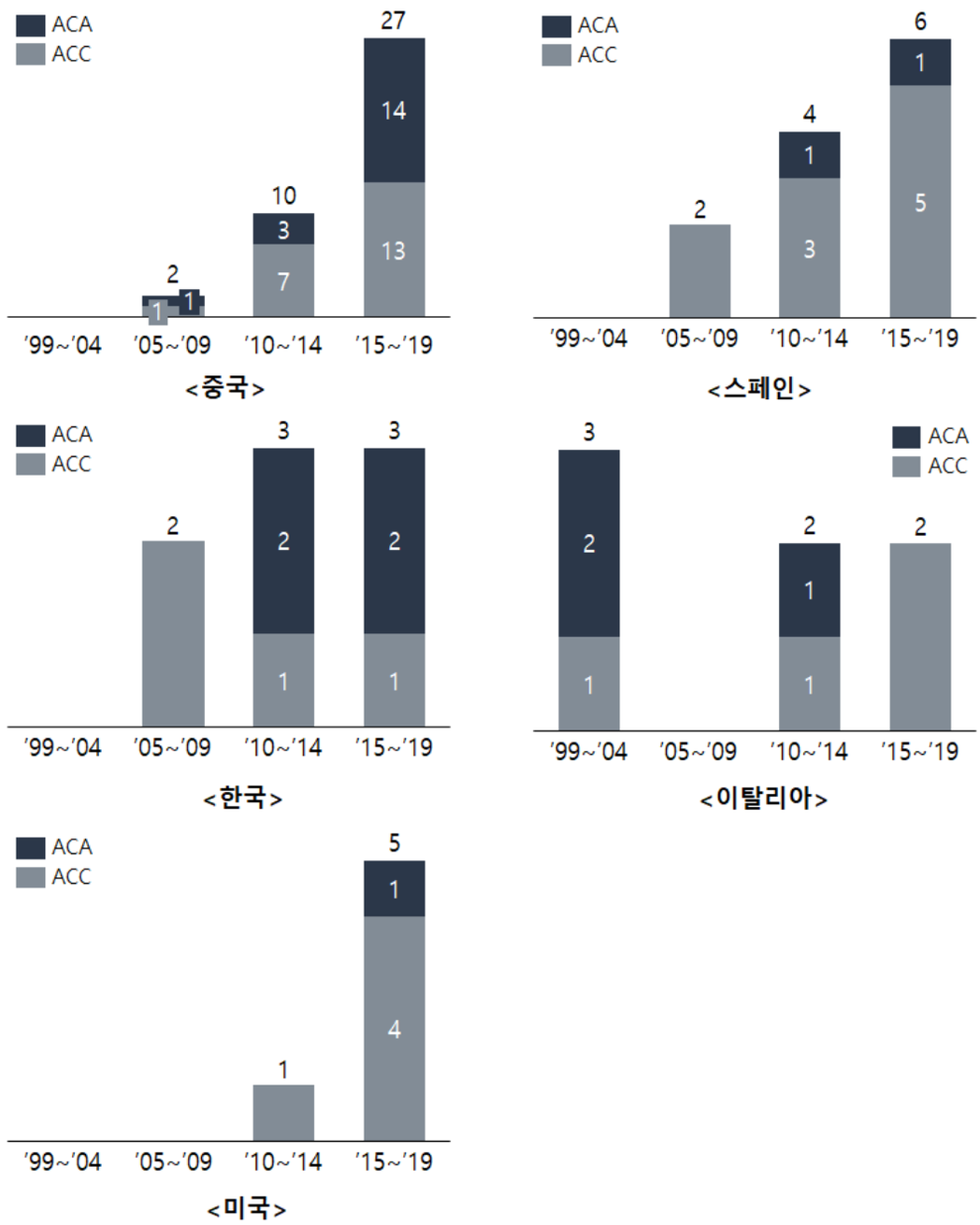


* 저자 키워드를 중심으로 워드클라우드 사이트를 이용하여 키워드 분석

[그림 5.4.75] AC분야 주요 키워드

- 게재건수 상위 5개국의 최근 5년간 분야별 비중 변화를 살펴보면, 중국과 미국에서 최근 논문 게재 건수가 증가한 것과 달리 이탈리아와 한국은 유지 수준임

- 추진제동 분야 논문보다 지능형 열차 전방상황 인지기술 분야 논문의 게재 건수가 증가 추이를 보임



* 게재 건수 상위 5개 기관만 제시

[그림 5.4.76] AC분야 국가별 논문 게재 현황

- **(주요기관별)** 중국 Southwest Jiaotong Univ(이하'SWJTU')가 가장 많은 논문(8건)을 냈으며, 한국철도기술연구원과 스페인의 Spanish National Research Council(이하 'CSIC')와 같은 연구기관이 포함됨
  - SWJTU 게재 논문 중5건(62.5%)이 빠른 응답 특성의 추진/제동기술 분야(ACA) 논문으로 나타남

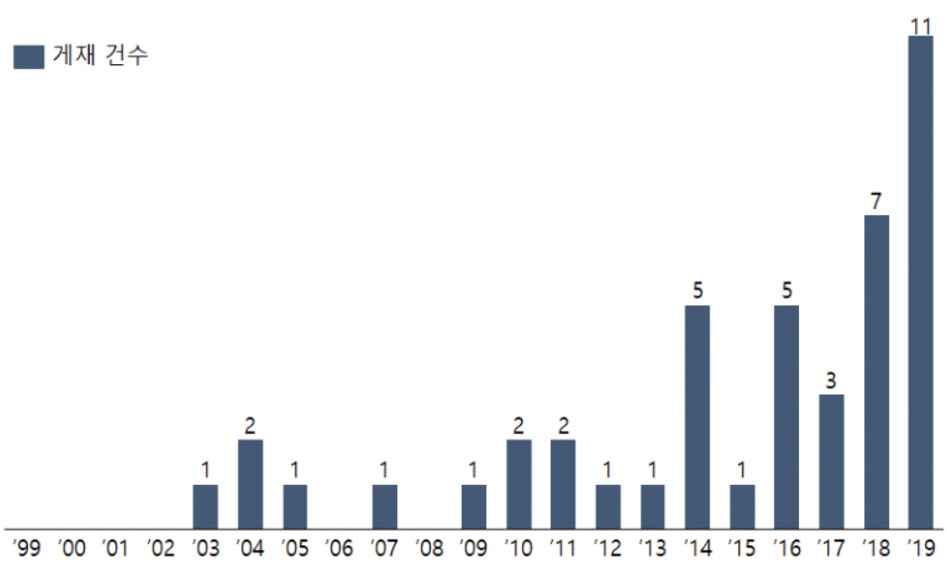
- 한국철도기술연구원은 ACA분야 2건, ACC분야 1건으로 총 3개의 철도차량 관련 논문을 게재하였으며, 그 중 고속철도 견인 시스템의 신뢰성 관리 및 평가에 대한 논문이 IF값 1.54 수준으로 가장 높음

[표 5.4.98] 기관별 논문 게재 현황(철도차량)

순위	게재 건수(건)	기관(국가)	순위	게재 건수(건)	기관(국가)
1	8	Southwest Jiaotong Univ(중국)	6	3	Korea Railroad Res Inst(한국)
2	7	Beijing Jiaotong Univ(중국)	7	2	Spanish National Research Council(스페인)
3	3	Univ Alcala de Henares(스페인)	8	2	Nanjing Univ Aeronaut & Astronaut(중국)
4	3	Delft Univ Technol(네덜란드)	9	2	Indian Inst Informat Technol (인도)
5	3	Tongji Univ(중국)	10	2	Univ Sci & Technol Beijing (중국)

* 상위 10개 기관만 제시
**게재 건수가 같을 경우 IF값이 높은 순으로 제시

- **(ACA. 빠른응답특성의 추진/제동기술)** 1999년부터 2019년까지 총 44건의 논문이 게재되었으며, 최근 5년간 게재 건수가 전체의 61.4%로 최근 성장 추이를 보임



[그림 5.4.77] ACA분야 논문 게재 건수

- (국가별) 중국 게재 논문이 전체의 40.9%로 가장 많으며 스웨덴(9.1%), 한국(9.1%) 순으로 나타남

[표 5.4.99] 국가별 논문 게재 건수

순위	국가	건수	비중
1	China	18	40.9%
2	Sweden	4(3.6)	9.1%
3	Korea	4(2.5)	9.1%
4	Italy	3	6.8%
5	Spain	2(4.1)	4.5%
6	India	2(2.0)	4.5%
7	Japan	2(0.0)	4.5%
8	England	1(8.4)	2.3%
9	USA	1(3.1)	2.3%
10	Canada	1(2.8)	2.3%

* 상위 10개국만 제시
** 게재 건수가 같을 경우, 평균 IF값이 높은 국가 먼저 제시

- **(기관별)** 게재 건수 및 질적 수준 상위 5개 기관 중 4개*가 대학 기관으로 순위권에 속한 기관이 양적 질적 모두 일관되게 나타남

* 그 외에 1개는 연구기관(한국철도기술연구원)

- 중국의 SWJTU가 양적 질적으로 모두 우수하게 나타나며, 이는 고속철도 브레이크 피복재의 고온 마모 성능 관련 논문 1건의 IF값이 5.2로 높은 것에서 기인함

- 질적 수준 상위 5개 기관 중 한국철도기술연구원이 순위권에 들었으며, 고속철도 전기 견인 시스템의 신뢰성 관리 및 평가 관련 내용의 논문이 있음

[표 5.4.100] 기관별 논문 게재 현황

순위	게재 건수	기관(국가)*	순위	평균 IF값	기관(국가)**
1	5	Southwest Jiaotong Univ (중국)	1	4.1	Beijing Jiaotong Univ (중국)
2	4	Beijing Jiaotong Univ (중국)	2	3.9	Southwest Jiaotong Univ (중국)
3	2	Univ Sci & Technol Beijing (중국)	3	3.2	Univ Sci & Technol Beijing (중국)

순위	게재 건수	기관(국가)*	순위	평균 IF값	기관(국가)**
4	2	Univ Florence(이탈리아)	4	1.9	Univ Florence(이탈리아)
5	2	Korea Railroad Res Inst (한국)	5	1.1	Korea Railroad Res Inst (한국)

* 게재 건수가 같을 경우, 평균 IF값이 높은 기관 먼저 제시
** 게재 건수 3건 이상인 기관이 2개뿐이므로, 게재 건수 2건 이상 기관을 대상으로 함

- 한국 기관 논문은 4건으로, 이 중 충남대학교의 논문*이 IF값이 가장 높으며, 한국철도기술연구원의 논문은 2건으로 상대적으로 질적 수준이 낮게 나타남

* 연료 전지 하이브리드 철도 추진 시스템의 부하 분산 개선 관련 논문

[표 5.4.101] 한국 기관 논문 게재 현황

기관	건수	평균 IF 값
Chungnam Natl Univ	1	3.0
Korea Railroad Res Inst	2	1.1
Hanyang Univ	1	0.7

* 평균 IF값 높은 순으로 제시

- **(주제 분야별)** Engineering 주제분야 관련 논문이 전체 70.5%(31건)로 가장 많이 나타나며 다른 주제분야와의 게재 건수 차이가 매우 큰 수준임

* 기타 주제분야로는 야금 및 야금공학 관련 논문이 있음

[표 5.4.102] 주제분야별 논문 게재 현황

주제분야	건수	비율
Engineering	31	70.5%
Automation & Control Systems	2	4.5%
Computer Science	2	4.5%
Energy & Fuels	1	2.3%
Thermodynamics	1	2.3%
Chemistry	1	2.3%
Acoustics	1	2.3%
Science & Technology - Other Topics	1	2.3%
Mechanics	1	2.3%
Construction & Building Technology	1	2.3%
기타	2	4.5%

* 논문 표준카테고리 중 맨 처음 값을 기준으로 분석하여, 상위 10개 주제분야만 제시

- (주요 논문) 저널의 IF값 및 관련 분야 기술을 고려하여, 향후 연구개발 주제로 고려할만한 논문을 선정하여 주요 내용을 분석함

[표 5.4.103] ACA분야 주요 논문(IF값 상위 1위)

논문명	**Energy thrift and improved performance achieved through novel railway brake discs**		
기관	**Cranfield Univ** | Cranfield University | Cranfield Univ Cranfield University		
저자	**Tirovic, M**		
게재일	2009-03-01	저널 IF값	8.426
내용 요약	A disc with radial vanes and circumferential pillars proves to be successful in operation and achieves energy efficiency improvements compared with those of traditional design. Cooling characteristics of this novel design are practically identical to the disc with tangential vanes but the equivalent aerodynamic (air pumping) losses are approximately 50% less. It is shown that these reductions in pumping losses can lead to substantial energy savings in train operations. When developing new designs and/or comparing different railway disc designs, the proposed disc cooling to aerodynamic efficiency ratio (eta(v),) was found to be a very useful parameter to assess. This 'efficiency ratio' – a ratio of convective power dissipation to aerodynamic power losses can help in achieving adequate balance of cooling efficiency and aerodynamic losses to suit particular application. The use of CFD is of enormous benefit in generating discs that fulfil these demanding requirements, with the spin rig being exceptionally useful for experimental work. (C) 2008 Elsevier Ltd. All rights reserved.		
출처	APPLIED ENERGY | 86 (3): 317-324 MAR 2009		

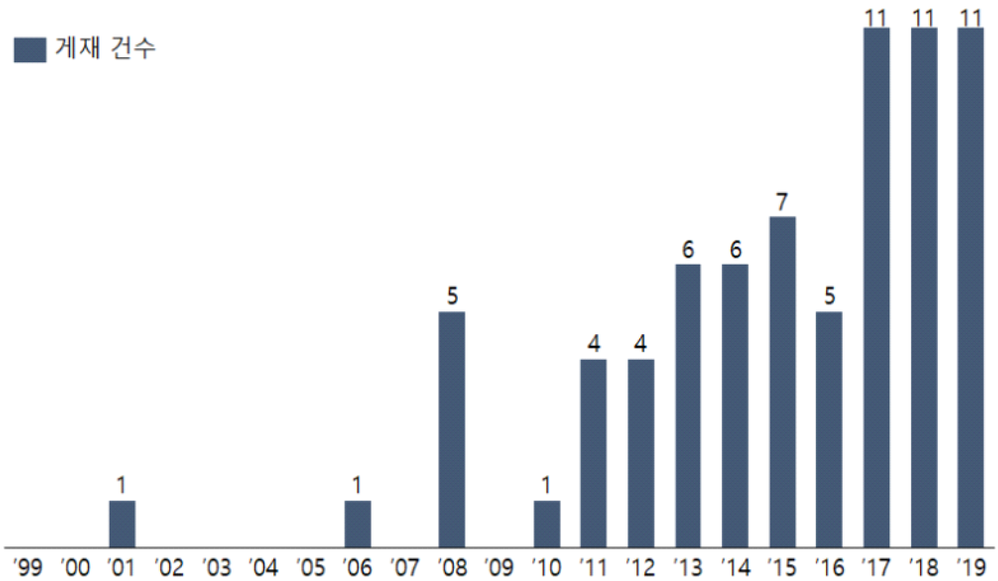
[표 5.4.104] ACA분야 주요 논문(한국철도기술연구원)

논문명	**Reliability management and assessment for the electric traction system on the Korea High-Speed Train**		
기관	**Korea Railrd Res Inst** | Korea Railroad Research Institute (KRRI) | Planning & Policy Div | High Speed Rail Div | Korea Railrd Res Inst Korea Railroad Research Institute (KRRI) Planning & Policy Div Korea Railrd Res Inst Korea Railroad Research Institute (KRRI) High Speed Rail Div		
저자	**Seo, SI** | Park, CS | Choi, SH | Han, YJ | Kim, KH		
게재일	2010	저널 IF값	1.54
내용 요약	The Korea High-Speed Train (KHST) is complete and ready for commercial service. In preparation for commercial service, the reliability of the KHST was proven. In this article, a practical procedure is proposed to assess and manage the reliability of the prototype train traction system. The past data of a similar traction system are analysed in order to set the reliability target. The effectiveness of the procedure for reliability growth is shown. After the electric traction system is classified into subsystems, reliability analysis is carried out. Reliability block diagram and failure mode effect analyses are performed. The expressions for calculating the reliability are deduced and the mean kilometres between service failures are calculated using the previous failure rate data. Some practical criteria for the demonstration of reliability are proposed. Reliability growth is shown using a test run on a commercial line.		
출처	PROCEEDINGS OF THE INSTITUTION OF MECHANICAL ENGINEERS PART F-JOURNAL OF RAIL AND RAPID TRANSIT | 224 (F3): 179-188 2010		

[표 5.4.105] ACA분야 주요 논문(한국철도기술연구원)

논문명	**Performance Comparison of the Railway Traction IPM Motors between Concentrated Winding and Distributed Winding**		
기관	**Korea Railrd Res Inst** | Korea Railroad Research Institute (KRRI) | Adv Tract & Noncontact Feeding Syst Res Team | Korea Railrd Res Inst Korea Railroad Research Institute (KRRI) Adv Tract & Noncontact Feeding Syst Res Team		
저자	**Park, CB** | Lee, BS | Lee, HW		
게재일	2013-01-01	저널 IF값	0.715
내용 요약	This paper presents performance comparison between concentrated winding and distributed winding of IPMSM (Interior Permanent Magnet Synchronous Motors) which is recently used for light-weight railway applications. Motors are designed on various schemes and analyzed by using FEM (Finite Element Method) instead of EMCNM (Equivalent Magnetic Circuit Network Method) in order to take into account saturation and non-linear magnetic property. The overall performance such as torque, torque ripple, losses, demagnetization, efficiency, power density and so on are investigated in detail at the rated and maximum operating speed. The results of the analysis found that both concentrated and distributed winding IPMSMs are promising candidates for high power railway traction motor		
출처	JOURNAL OF ELECTRICAL ENGINEERING & TECHNOLOGY | 8 (1): 118-123 JAN 2013		

● **(ACC. 지능형 열차 전방상황 인지기술)** 1999년부터 2019년까지 총 73건의 논문이 게재되었으며, 2010년 이후 증가 추이를 보임



[그림 5.4.78] ACC분야 논문 게재 건수

- **(국가별)** 중국 게재 논문이 전체의 28.8%로 가장 많으며 스페인(13.7%), 미국(6.8%) 순으로 나타남

* 한국은 논문 게재 건수 상위 6위 수준임

[표 5.4.106] 국가별 논문 게재 건수

순위	국가	건수	비중
1	China	21	28.8%
2	Spain	10	13.7%
3	USA	5	6.8%
4	Italy	4	5.5%
5	England	4	5.5%
6	Korea	4	5.5%
7	Japan	4	5.5%
8	Portugal	3	4.1%
9	Netherlands	2	2.7%
10	Singapore	2	2.7%

* 상위 10개국만 제시

** 게재 건수가 같을 경우, 평균 IF값이 높은 국가 먼저 제시

- (기관별) 게재 건수 및 질적 수준 상위 5개 기관 모두 대학 기관으로 순위권 기관이 일관되게 나타남
- 중국의 SWJTU가 양적 질적으로 모두 우수하게 나타나며, 이는 열차 감시 시스템용 자기 부상식 무선 스마트 센서 관련 논문 1건의 IF값이 15.6으로 특히 높은 것에서 기인함
- 질적 수준 상위 5개 기관 중 인도의 Indian Inst Informat Technol(이하 'IIIT')가 순위권에 들었으며, 철도환경 모니터링을 위한 무선센서 네트워크 관련 논문이 질적수준이 높게 나타남

[표 5.4.107] 기관별 논문 게재 현황

순위	게재 건수	기관(국가)*	순위	평균 IF값	기관(국가)**
1	3	Southwest Jiaotong Univ (중국)	1	8.5	Southwest Jiaotong Univ (중국)
2	3	Beijing Jiaotong Univ (중국)	2	7.0	Beijing Jiaotong Univ(중국)
3	3	Univ Alcala de Henares (스페인)	3	4.8	Nanjing Univ Aeronaut & Astronaut(중국)
4	2	Nanjing Univ Aeronaut & Astronaut(중국)	4	4.2	Univ Alcala de Henares (스페인)
5	2	Delft Univ Technol (네덜란드)	5	3.3	Indian Inst Informat Technol(인도)

* 게재 건수가 같을 경우, 평균 IF값이 높은 기관 먼저 제시
** 게재 건수 3건 이상인 기관이 3개뿐이므로, 게재 건수 2건 이상 기관을 대상으로 함

- 한국 기관 논문은 4건으로, 이 중 고려대학교의 논문*이 IF값이 가장 높으며, 한국철도기술연구원의 논문은 1건으로 상대적으로 질적 수준이 낮게 나타남

* 전류 센서를 이용한 철도 시스템의 교체상태 감지 관련 논문

[표 5.4.108] 한국 기관 논문 게재 현황

기관	건수	평균 IF 값
Korea Univ	1	3.0
Korea Adv Inst Sci & Technol(KAIST)	2	2.3
Korea Railroad Res Inst	1	0.8

* 평균 IF값 높은 순으로 제시

- **(주제 분야별)** Engineering 주제분야 관련 논문이 전체 50.7%(37건)로 가장 많이 나타남

* 기타 주제분야로는 재료공학, 환경 과학 및 생태학 등 관련 논문이 있음

[표 5.4.109] 주제분야별 논문 게재 현황

주제분야	건수	비율
Engineering	37	50.7%
Chemistry	10	13.7%
Construction & Building Technology	7	9.6%
Computer Science	5	6.8%
Instruments & Instrumentation	4	5.5%
Optics	2	2.7%
Acoustics	2	2.7%
Transportation	1	1.4%
Automation & Control Systems	1	1.4%
Remote Sensing	1	1.4%
기타	3	4.1%

* 논문 표준카테고리 중 맨 처음 값을 기준으로 분석하여, 상위 10개 주제분야만 제시

- (주요 논문) 저널의 IF값 및 관련 분야 기술을 고려하여, 향후 연구개발 주제로 고려할만한 논문을 선정하여 주요 내용을 분석함

[표 5.4.110] ACC분야 주요 논문(IF값 상위 1위)

논문명	**Self-powered wireless smart sensor based on maglev porous nanogenerator for train monitoring system**		
기관	**Southwest Jiaotong Univ** | Southwest Jiaotong University | Sch Mat Sci & Engn | Minist Educ | Key Lab Adv Technol Mat | State Key Lab Tract Power | Southwest Jiaotong Univ Southwest Jiaotong University Sch Mat Sci & Engn Minist Educ Key Lab Adv Technol Mat Southwest Jiaotong Univ Southwest Jiaotong University State Key Lab Tract Power		
저자	**Jin, L** | Deng, WL | Su, YC | Xu, Z | Meng, H | Wang, B | Zhang, HP | Zhang, BB | Zhang, L | Xiao, XB | Zhu, MH | Yang, WQ		
게재일	2017-08-01	저널 IF값	15.548
내용 요약	With the rapid development of high speed railway all around the world, the real-time monitoring is absolutely necessary for the safety running of high speed train. However, traditional monitoring method requires external power supply, and wired system makes the monitoring messy. Here, we reported a self-powered wireless smart sensor, powered by vibration energy of trains via a maglev porous nanogenerator (MPNG) when the train is running. Integrated MPNG including a triboelectric nanogenerator (TENG), which delivers a peak power density of 0.34 mW/g at 50 M Omega, and an electromagnetic generator (EMG), which delivers a peak power density of 0.12 mW/g at 700 Omega. Through a power management circuit (PMC), the MPNG is proved to power 400 commercial light-emitting diodes (LEDs). What's more, various supercapacitors and Li-ion battery can be charged by MPNG arrays, where the supercapacitor of 0.1 F can be charged from 0 V to 3 V in approximately 350 s. A wireless smart sensor can be sustainably powered by MPNG arrays, transmitting real-time data to a cellphone, demonstrating the capability for Internet of Things, especially in the train monitoring system.		
출처	NANO ENERGY | 38: 185-192 AUG 2017		

[표 5.4.111] ACC분야 주요 논문(IF값 상위 2위)

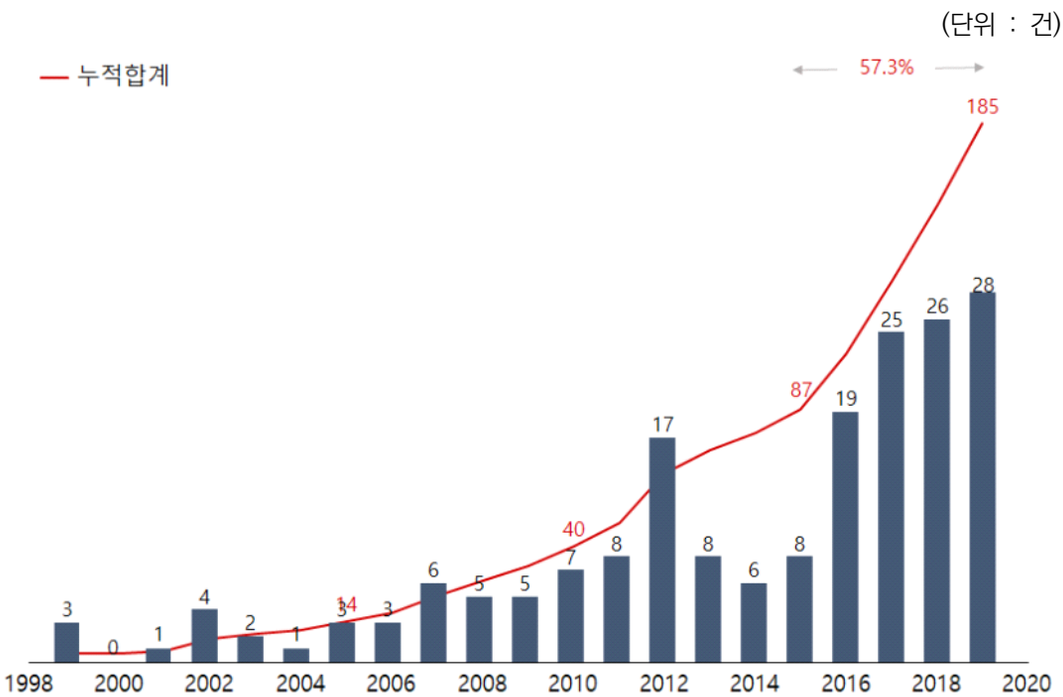
논문명	**State Observer-Based Sensor Fault Detection and Isolation, and Fault Tolerant Control of a Single-Phase PWM Rectifier for Electric Railway Traction**		
기관	**Ecole Natl Ingn Tunis** | Universite de Tunis-El-Manar | Ecole Nationale d'Ingenieurs de Tunis (ENIT) | Elect Syst Lab | Ecole Natl Ingn Tunis Universite de Tunis-El-Manar Ecole Nationale d'Ingenieurs de Tunis (ENIT) Elect Syst Lab		
저자	**Ben Youssef, A** | El Khil, SK | Slama-Belkhodja, I		
게재일	2013-12-01	저널 IF값	7.224
내용 요약	This paper presents an easy and a robust sensor fault detection and isolation (FDI) and fault tolerant control (FTC) of a single phase PWM rectifier for electrical railway traction application. Catenary current sensor and dc link voltage sensor failures are considered. The FDI method is based on observers and residual generation. The different FDI algorithm steps allow a good detection and isolation of the sensor fault and identify the faulty sensor. The reconfiguration strategy consists of two steps with open loop control and closed loop control working. Simulation results are presented to illustrate the good performance of the FTC procedure. Experimental results are also presented to show the effectiveness of the proposed FDI and FTC algorithms and good performances of the rectifier after the reconfiguration.		
출처	IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS | 28 (12): 5842-5853 Sp. Iss. SI DEC 2013		

[표 5.4.112] ACC분야 주요 논문(한국철도기술연구원)

논문명	**Design and Development of Structural Health Monitoring System for Smart Railroad-Gauge-Facility Using FBG Sensors**		
기관	**Korea Railrd Res Inst** | Korea Railroad Research Institute (KRRI) | Seoul Natl Univ Sci & Technol | Seoul National University of Science & Technology | Korea Railrd Res Inst Korea Railroad Research Institute (KRRI) Seoul Natl Univ Sci & Technol Seoul National University of Science & Technology		
저자	**Kang, D** | Kim, DH | Jang, S		
게재일	SEP-OCT 2014	저널 IF값	0.779
내용 요약	A gauge-changeable system in railways can be a better solution for the fast and safe railway transportation between two countries with different gauges than transshipment or bogie-changing at the border of each country. Especially in South Korea, it is very essential for connecting the trans-Korean railway with the transcontinental railway effectively. So far, conventional type sensors like gap sensors or strain gauges have been used for the monitoring system during gauge change processes. Because they are also based on electric type sensors, they could not be free from electromagnetic interference (EMI) under high-voltage electric power feeding system in modern railways. In this paper, a novel and simple real-time monitoring system in the gauge change facilities is developed by using fiber optic sensors, especially FBG (Fiber Bragg Grating) sensors, and a graphic user interface (GUI) software. The system shows the whole gauge change process successfully in real-time including its malfunction to the operator. The performance of this system, based on fiber Bragg grating (FBG) sensor technology, is successfully verified through a 1/6 subscale model test.		
출처	EXPERIMENTAL TECHNIQUES | 38 (5): 39-47 SEP-OCT 2014		

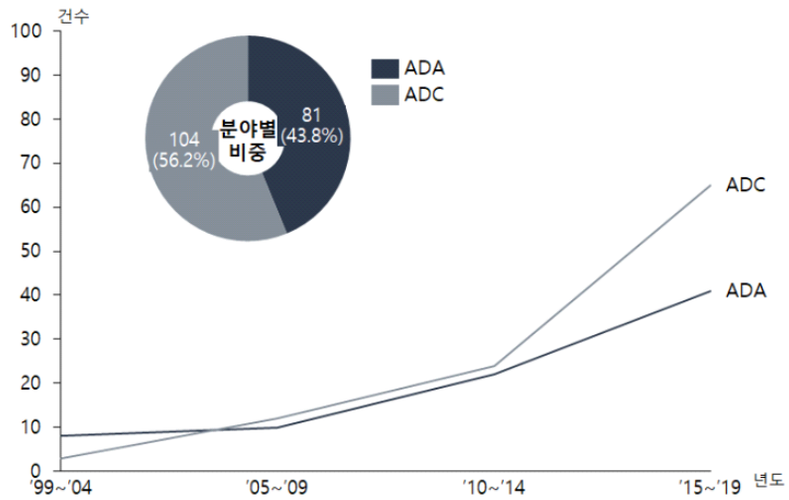
궤도토목(AD) 분야

- 1999년부터 현재까지 총 185건의 관련 논문이 게재되었으며, 2012년 이후 감소 추이를 보이나 2015년 이후 다시 증가함
  - 해당 분야의 최근 5년간 게재된 논문이 전체의 57.3% 수준으로 많은 비중을 차지함



[그림 5.4.79] AD분야 논문 게재 추이

- **(세부분야별)** 지능형 인프라 상태 실시간 감시 기술 분야(ADC) 논문이 가장 많은 비중(56.2%)을 차지하고 있음
  - 5년 단위로 논문 게재 건수 추이를 보면 모든 분야가 증가추세를 보이고 있음
  - 최근 5년간 지능형 인프라 상태 실시간 감시 기술 분야(ADC)가 24건에서 65건으로 크게 증가하며 빠르고 신뢰도 높은 분기기 기술 분야(ADA)보다 더 큰 증가율을 보임



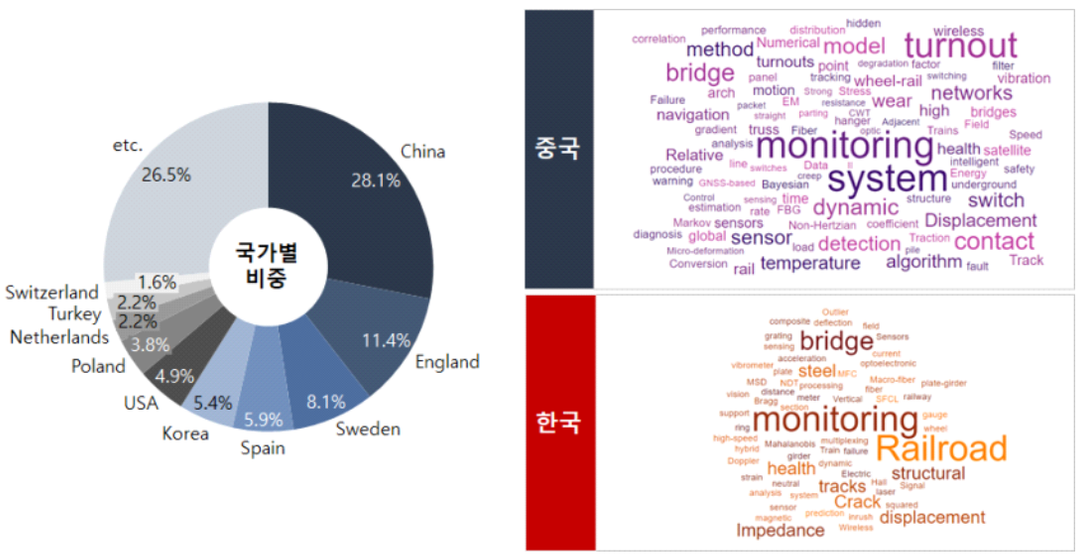
[그림 5.4.80] AD분야 세부분야별 논문 게재 추이

● **(국가별)** 중국 논문이 차지하는 비중이 28.1%(52건)로 가장 많으며, 주요 키워드는 monitoring, system, turnout으로 나타남

- 중국 게재 논문은 최근 5년간 약 4배 증가하였으며, 55.8%(29건)가 지능형 지능형 인프라 상태 실시간 감시 기술 분야(ADC) 논문임

- 한국 논문은 전체 중 5위(10건)로 5.4% 비중을 차지하며, 90%(9건)가 중국과 마찬가지로 ADC 분야 논문임

* 주요 키워드는 railroad, monitoring, bridge, crack으로 나타남

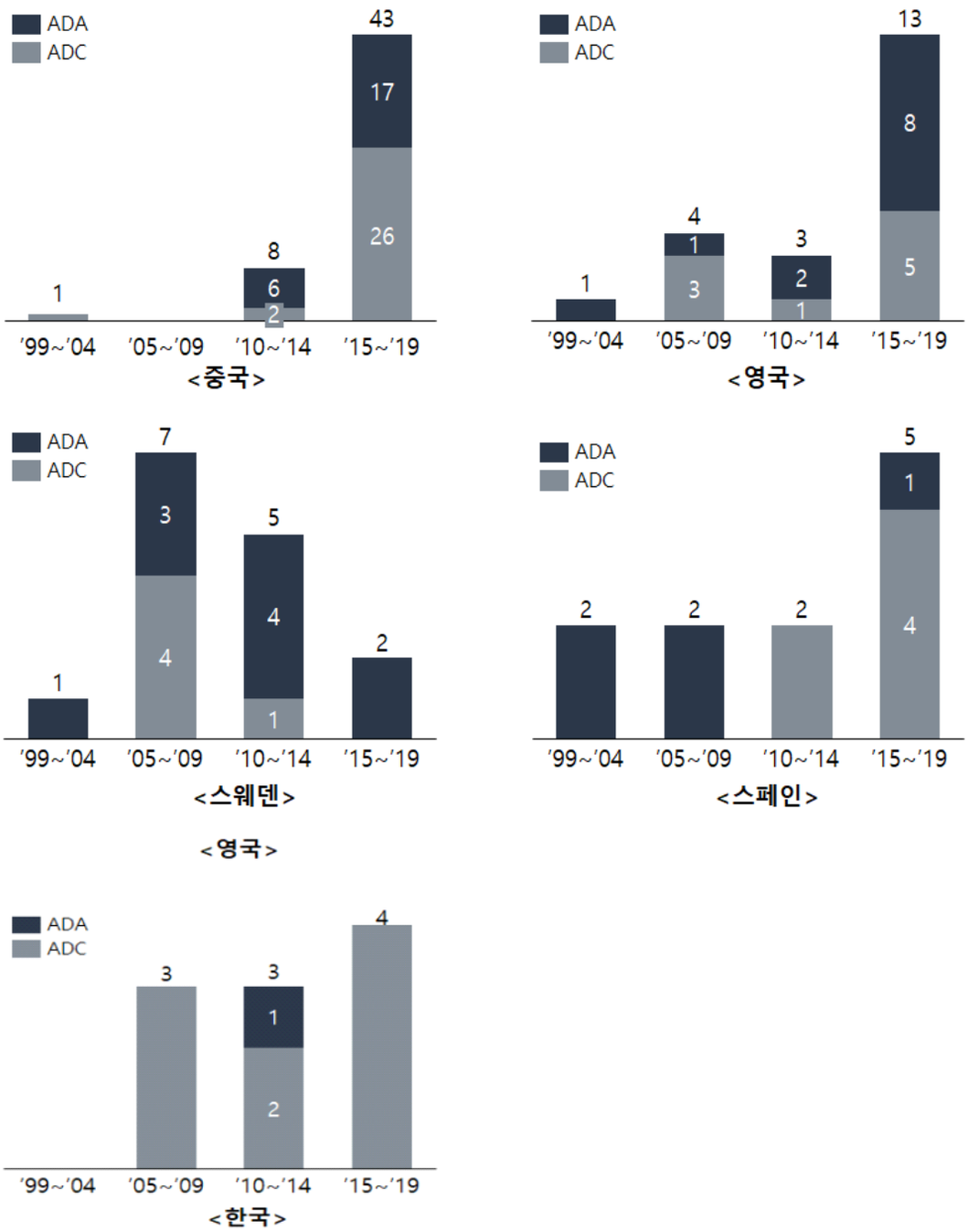


* 저자 키워드를 중심으로 워드클라우드 사이트를 이용하여 키워드 분석

[그림 5.4.81] AD분야 주요 키워드

- 게재건수 상위 5개국의 최근 5년간 분야별 비중 변화를 살펴보면, 스웨덴을 제외한 국가에서 증가 추이를 보이며, 특히 중국 및 영국의 최근 논문 게제 건수 증가율이 높게 나타남

* 중국, 스페인, 한국의 최근 논문은 지능형 인프라 상태 실시간 감시 기술 분야(ADC) 논문이 많은 반면, 영국은 빠르고 신뢰도 높은 분기기 기술 분야(ADA) 논문 위주로 게재됨



* 게재 건수 상위 5개 기관만 제시

[그림 5.4.82] AD분야 국가별 논문 게재 현황

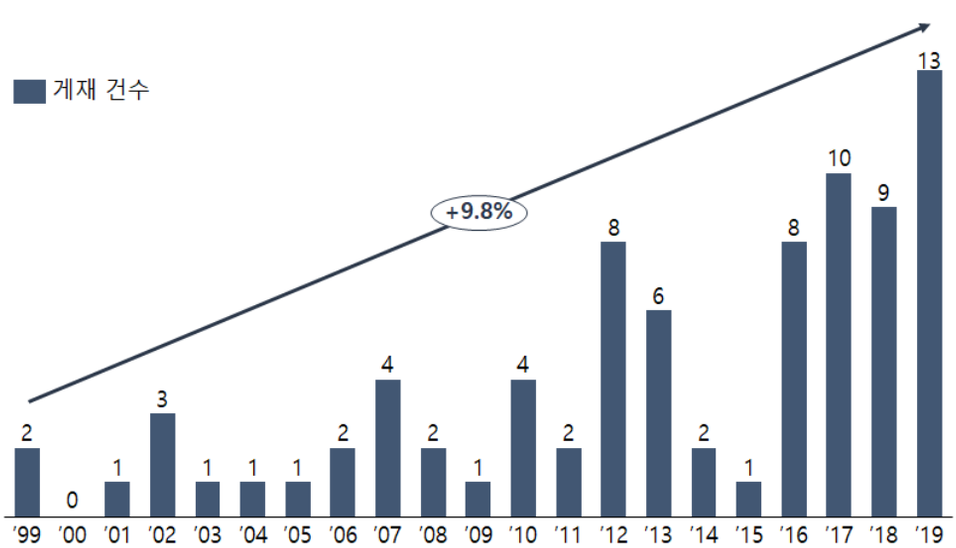
- **(주요기관별)** 상위 10개 기관 모두 대학 기관이며, 중국 Southwest Jiaotong Univ(이하'SWJTU')가 가장 많은 논문(11건)을 게재함
  - SWJTU 게재 논문 중 9건(81.8%)이 빠르고 신뢰도 높은 분기기 기술 분야(ADA) 논문으로 나타남

[표 5.4.113] 기관별 논문 게재 현황(궤도토목)

순위	게재 건수(건)	기관(국가)	순위	게재 건수(건)	기관(국가)
1	11	Southwest Jiaotong Univ (중국)	6	4	Southeast Univ(중국)
2	9	Univ Birmingham(영국)	7	3	Univ Castilla La Mancha(스페인)
3	9	Chalmers Univ Technol (스웨덴)	8	3	Univ Politecn Valencia (스페인)
4	6	Beijing Jiaotong Univ(중국)	9	3	Delft Univ Technol(네덜란드)
5	4	Royal Inst Technol(스웨덴)	10	3	Cent S Univ(중국)

* 상위 10개 기관만 제시
**게재 건수가 같을 경우 IF값이 높은 순으로 제시

- **(ADA. 빠르고 신뢰도 높은 분기기 기술)** 1999년부터 2019년까지 총 81건의 논문이 게재되었으며, 연평균 9.8% 증가율을 보임
  - 2012년 이후 점차 감소하였으나, 2015년 이후 다시 증가 추이를 보임



[그림 5.4.83] ADA분야 논문 게재 건수

- (국가별) 중국 게재 논문이 전체의 28.4%로 가장 많으며 영국(14.8%), 스웨덴(12.3%) 순으로 나타남

* 한국은 관련 분야 논문 게재 건수 1건

[표 5.4.114] 국가별 논문 게재 건수

순위	국가	건수(건)	비중(%)
1	China	23	28.4%
2	England	12	14.8%
3	Sweden	10	12.3%
4	Spain	5	6.2%
5	Poland	4	4.9%
6	Netherlands	3	3.7%
7	Australia	3	3.7%
8	Turkey	2	2.5%
9	Italy	2	2.5%
10	Iran	2	2.5%

* 상위 10개국만 제시
** 게재 건수가 같을 경우, 평균 IF값이 높은 국가 먼저 제시

- **(기관별)** 게재 건수 및 평균 IF값 상위 5개 기관 모두 대학 기관이며, 한국 숭실대학교의 논문이 1건 있으나 상대적으로 질적 수준*이 낮게 나타남
- 중국의 SWJTU가 9건으로 게재 건수가 가장 많으며, 질적 및 양적 수준 상위 기관이 일관되게 나타남

[표 5.4.115] 기관별 논문 게재 현황

순위	게재 건수	기관(국가)*	순위	평균 IF값	기관(국가)**
1	9	Southwest Jiaotong Univ(중국)	1	4.0	Univ Castilla La Mancha(스페인)
2	8	Chalmers Univ Technol(스웨덴)	2	2.9	Univ Birmingham(영국)
3	5	Univ Birmingham(영국)	3	2.9	Beijing Jiaotong Univ(중국)
4	3	Univ Castilla La Mancha(스페인)	4	2.7	Chalmers Univ Technol(스웨덴)
5	3	Beijing Jiaotong Univ(중국)	5	1.8	East China Jiaotong Univ(중국)

* 게재 건수가 같을 경우, 평균 IF값이 높은 기관 먼저 제시
** 게재 건수 3건 이상 기관만을 대상으로 함

- 한국 기관 논문은 숭실대학교의 전철 자동 전원 전환 스위치 시스템 관련 논문이 1건 존재함

[표 5.4.116] 한국 기관 논문 게재 현황

기관	건수	평균 IF 값
숭실대학교	1	1.7

- **(주제 분야별)** Engineering 주제분야 관련 논문이 전체 67.9%(55건)로 가장 많음

* 그 외에 수학, 역학 등 기타 분야 논문이 일부 존재

[표 5.4.117] 주제분야별 논문 게재 현황

주제분야	건수	비율
Engineering	55	67.9%
Automation & Control Systems	5	6.2%
Materials Science	3	3.7%
Computer Science	2	2.5%
Physics	2	2.5%
Acoustics	2	2.5%
Thermodynamics	2	2.5%
Metallurgy & Metallurgical Engineering	2	2.5%
Science & Technology - Other Topics	1	1.2%
Transportation	1	1.2%
Geology	1	1.2%
기타	5	6.2%

* 논문 표준카테고리 중 맨 처음 값을 기준으로 분석하여, 상위 10개 주제분야만 제시

- **(주요 논문)** 저널의 IF값 및 관련 분야 기술을 고려하여, 향후 연구개발 주제로 고려할만한 논문을 선정하여 주요 내용을 분석함

[표 5.4.118] ADA분야 주요 논문(IF값 상위 1위)

논문명	**A Simple State-Based Prognostic Model for Railway Turnout Systems**		
기관	**Fatih Univ** | Fatih University | Meliksah Univ | Meliksah University | Fatih Univ Fatih University Meliksah Univ Meliksah University		
저자	**Eker, OF** | Camci, F | Guclu, A | Yilboga, H | Sevkli, M | Baskan, S		
게재일	2011-05-01	저널 IF값	7.503
내용 요약	The importance of railway transportation has been increasing in the world. Considering the current and future estimates of high cargo and passenger transportation volume in railways, prevention or reduction of delays due to any failure is becoming ever more crucial. Railway turnout systems are one of the most critical pieces of equipment in railway infrastructure. When incipient failures occur, they mostly progress slowly from the fault-free to the failure state. Although studies focusing on the identification of possible failures in railway turnout systems exist in literature, neither the detection nor forecasting of failure progression has been reported. This paper presents a simple state-based prognostic (SSBP) method that aims to detect and forecast failure progression in electromechanical systems. The method is compared with Hidden-Markov-Model-based methods on real data collected from a railway turnout system. Obtaining statistically sufficient failure progression samples is difficult, considering that the natural progression of failures in electromechanical systems may take years. In addition, validating the classification model is difficult when the degradation is not observable. Data collection and model validation strategies for failure progression are also presented.		
출처	IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS | 58 (5): 1718-1726 MAY 2011		

[표 5.4.119] ADA분야 주요 논문(IF값 상위 2위)

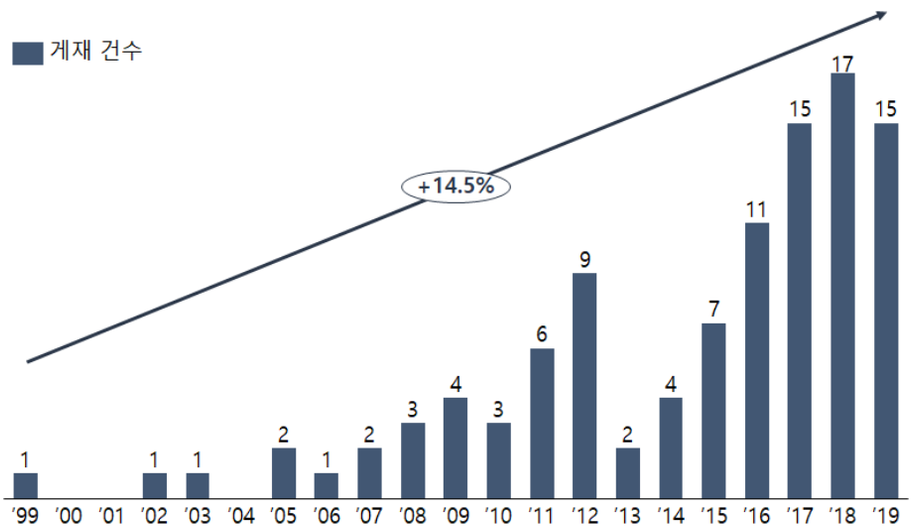
논문명	**Digital twin aided sustainability-based lifecycle management for railway turnout systems**		
기관	**Univ Birmingham** | University of Birmingham | CCCCs First Harbor Engn Co Ltd | Sch Engn | Lab Track Engn & Operat Future Uncertainties | TOFU Lab,Dept Civil Engn | China Commun Construct Co Ltd | Railway Engn Dept | Shipping Serv Ctr | Univ Birmingham University of Birmingham Sch Engn Lab Track Engn & Operat Future Uncertainties TOFU Lab,Dept Civil Engn CCCCs First Harbor Engn Co Ltd China Commun Construct Co Ltd Railway Engn Dept Shipping Serv Ctr		
저자	**Kaewunruen, S** | Lian, Q		
게재일	2019-08-10	저널 IF값	6.395
내용 요약	Railway turnouts or so-called 'switches and crossings' are complex systems by nature of design and construction. Railway turnouts are used to change direction of trains from one to another. They require high-quality construction and maintenance, in order to minimise rapid degradation and component failures that could result in train derailments. Due to the complexity of railway turnouts, the efficiency and effectiveness of maintenance can be improved by integrating existing practice by Building Information Modelling (BIM). This research establishes and analyses the world's first 6D BIM for life cycle management of a railway turnout system. The BIM (Level 3) has integrated 6-dimensions of field data information based on Revit-2018 and Navisworks-2018 platforms. The digital twins of a railway turnout in 3D embrace time schedule, costs and sustainability across the whole life cycle. The use of BIM for railway turnout systems has the potential to improve the overall information flow of the turnout planning and design, manufacturing pre-assembly and logistic, construction and installation, operation and management and demolition, thereby achieving better project performance and quality. Based on integrated information of railway turnout system, the 6D BIM has the ability to assess on economic, management and sustainability, and achieve a balance among them. This is the word first to demonstrate that BIM can fully deliver its essential benefits by information sharing, easing technical communication, improving design quality, reducing of design errors, accelerating implementation, speeding up work, shortening construction duration, reducing construction costs, enhancing carbon efficiency, supporting project management, and providing its owners with higher operational efficiency over the railway turnout system life-cycle. The results reveal that embodied material emission is the main contributor towards carbon footprint, especially produced during the manufacturing stage. The reconstruction stage contributes the most expensive phase of life cycle. The insight will significantly benefit the co-value creation among engineers, project managers, technicians, and senior management team. (C) 2019 Elsevier Ltd. All rights reserved.		
출처	JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION | 228: 1537-1551 AUG 10 2019		

[표 5.4.120] ADA분야 주요 논문(IF값 상위 3위)

논문명	**Predictive maintenance using tree-based classification techniques: A case of railway switches**		
기관	**Univ Twente** | University of Twente | Tech Univ Eindhoven | Eindhoven University of Technology | Fac Engn Technol | Dept Construct Management & Engn | Dept Math & Comp Sci | Univ Twente University of Twente Fac Engn Technol Dept Construct Management & Engn Tech Univ Eindhoven Eindhoven University of Technology Dept Math & Comp Sci		
저자	**Bukhsh, ZA** | Saeed, A | Stipanovic, I | Doree, AG		
게재일	2019-04-01	저널 IF값	5.775
내용 요약	With growing service demands, rapid deterioration due to extensive usage, and limited maintenance due to budget cuts, the railway infrastructure is in a critical state and require continuous maintenance. The infrastructure managers have to come up with smart maintenance decisions in order to improve the assets' condition, spend optimal cost and keep the network available. Currently, the infrastructure managers lack the tools and decision support models that could assist them in taking (un) planned maintenance decisions effectively and efficiently. Recently, many literature studies have proposed to employ the machine learning techniques to estimate the performance state of an asset, predict the maintenance need, possible failure modes, and such similar aspects in advance. Most of these studies have utilised additional data collection measures to record the assets' behaviour. Though useful for experimentation, it is expensive and impractical to mount monitoring devices on multiple assets across the network. Therefore, the objective of this study is to develop predictive models that utilise existing data from a railway agency and yield interpretable results. We propose to leverage the tree-based classification techniques of machine learning in order to predict maintenance need, activity type and trigger's status of railway switches. Using the data from an in-use business process, predictive models based on the decision tree, random forest, and gradient boosted trees are developed. Moreover, to facilitate in models interpretability, we provided a detail explanation of models' predictions by features importance analysis and instance level details. Our solution approach of predictive models development and their results explanation have wider applicability and can be used for other asset types and different (maintenance) planning scenarios.		
출처	TRANSPORTATION RESEARCH PART C-EMERGING TECHNOLOGIES | 101: 35-54 APR 2019		

- **(ADC. 지능형 인프라 상태 실시간 감시 기술)** 1999년부터 2019년까지 총 104건의 논문이 게재되었으며, 연평균 14.5% 증가율을 보여 궤도토목 분야 논문 증가율보다 큰 증가 추이를 보임

  - 2012년 이후 급격히 논문 게재 건수가 감소하였으나, 이후 곧바로 매년 증가 추이를 보임



[그림 5.4.84] ADC분야 논문 게재 건수

  - **(국가별)** 중국 게재 논문이 전체의 27.9%로 가장 많으며 미국(8.7%), 한국(8.7%) 순으로 나타남

[표 5.4.121] 국가별 논문 게재 건수

순위	국가	건수	비중
1	China	29	27.9%
2	USA	9	8.7%
3	Korea	9	8.7%
4	England	9	8.7%
5	Spain	6	5.8%
6	Sweden	5	4.8%
7	Switzerland	3	2.9%
8	Portugal	3	2.9%
9	Poland	3	2.9%
10	Singapore	2	1.9%

* 상위 10개국만 제시
** 게재 건수가 같을 경우, 평균 IF값이 높은 국가 먼저 제시

- **(기관별)** 게재 건수 상위 5개 기관은 모두 대학 기관이며 기관별 편차가 거의 없는 것으로 나타남. 질적 수준 상위 5개 기관 역시 주로 대학기관이나, 연구기관이 1개 (스위스 연방연구소) 포함됨

* 스위스 Empa Swiss Fed Labs Mat Sci & Technol의 무선 센서 네트워크를 이용한 철도 교량 변형 주기 모니터링 관련 논문 IF값(3.74)이 높게 나타남

[표 5.4.122] 기관별 논문 게재 현황

순위	게재 건수	기관(국가)*	순위	평균 IF값	기관(국가)**
1	4	Royal Inst Technol(스웨덴)	1	5.0	Carnegie Mellon Univ(미국)
2	4	Univ Birmingham(영국)	2	4.7	Southwest Jiaotong Univ (중국)
3	4	Southeast Univ (중국)	3	3.5	Beijing Jiaotong Univ(중국)
4	3	Beijing Jiaotong Univ (중국)	4	3.2	Univ New Mexico(미국)
5	3	Cent S Univ(중국)	5	2.9	Empa Swiss Fed Labs Mat Sci & Technol(스위스)

* 게재 건수가 같을 경우, 평균 IF값이 높은 기관 먼저 제시

** 게재 건수 3건 이상인 기관이 3개뿐이므로, 게재 건수 2건 이상 기관을 대상으로 함

- 한국 기관의 주요 논문 중 서울대학교에서 게재한 고속 철도 교량 변위 측정 센서 비교 연구논문(2018)의 IF값이 가장 높으며, 한국철도기술연구원의 논문은 2건* 게재되었으나 질적 수준이 낮게 나타남

* 분산형 광섬유 센서를 이용한 철도 교량 실시간 변형률 모니터링 관련 논문 1건, 격자형 센서를 이용한 강판 철교 계측 관련 논문 1건

[표 5.4.123] 한국 기관 논문 게재 현황

기관	건수	평균 IF 값
Univ Seoul	1	3.6
Chosun Univ	1	2.9
Pukyong Natl Univ	1	2.8
Korea Adv Inst Sci & Technol(KAIST)	2	2.3
Incheon Natl Univ	2	2.1
Korea Railroad Res Inst	2	2.0

* 평균 IF값 높은 순으로 제시

- **(주제 분야별)** Engineering 주제분야 관련 논문이 전체 52.9%(55건)로 가장 많이 나타남

* 기타 주제분야로는 환경과학 및 생태학 등 관련 논문이 있음

[표 5.4.124] 주제분야별 논문 게재 현황

주제분야	건수	비율
Engineering	55	52.9%
Construction & Building Technology	16	15.4%
Chemistry	8	7.7%
Computer Science	7	6.7%
Materials Science	5	4.8%
Transportation	3	2.9%
Acoustics	3	2.9%
Automation & Control Systems	1	1.0%
Physical Geography	1	1.0%
Remote Sensing	1	1.0%
기타	4	3.8%

* 논문 표준카테고리 중 맨 처음 값을 기준으로 분석하여, 상위 10개 주제분야만 제시

- **(주요 논문)** 저널의 IF값 및 관련 분야 기술을 고려하여, 향후 연구개발 주제로 고려할만한 논문을 선정하여 주요 내용을 분석함

[표 5.4.125] ADC분야 주요 논문(IF값 상위 1위)

논문명	**ECOVIBE: On-Demand Sensing for Railway Bridge Structural Health Monitoring**		
기관	**Nanjing Agr Univ** | Nanjing Agricultural University | Southeast Univ | Southeast University - China | RISE SICS | Uppsala Univ | Uppsala University | Coll Engn | Natl ASIC Syst Engn Res Ctr | Dept Informat Technol | Nanjing Agr Univ Nanjing Agricultural University Coll Engn Southeast Univ Southeast University - China Natl ASIC Syst Engn Res Ctr RISE SICS Uppsala Univ Uppsala University Dept Informat Technol		
저자	**Liu, Y** | Voigt, T | Wirstrom, N | Hoglund, J		
게재일	2019-02-01	저널 IF값	9.515
내용 요약	Energy efficient sensing is one of the main objectives in the design of networked embedded monitoring systems. However, existing approaches such as duty cycling and ambient energy harvesting face challenges in railway bridge health monitoring applications due to the unpredictability of train passages and insufficient ambient energy around bridges. This paper presents eco-friendly vibration (ECOVIBE), an on-demand sensing system that automatically turns on itself when a train passes on the bridge and adaptively powers itself off after finishing all tasks. After that, it goes into an inactive state with near-zero power dissipation. ECOVIBE achieves these by: first, a novel, fully passive event detection circuit to continuously detect passing trains without consuming any energy. Second, combining train-induced vibration energy harvesting with a transistor-based load switch, a tiny amount of energy is sufficient to keep ECOVIBE active for a long time. Third, a passive adaptive off control circuit is introduced to quickly switch off ECOVIBE. Also this circuit does not consume any energy during inactivity periods. We present the prototype implementation of the proposed system using commercially available components and evaluate its performance in real-world scenarios. Our results show that ECOVIBE is effective in railway bridge health monitoring applications.		
출처	IEEE INTERNET OF THINGS JOURNAL | 6 (1): 1068-1078 FEB 2019		

[표 5.4.126] ADC분야 주요 논문(한국철도기술연구원)

논문명	**Real-Time Distributed Strain Monitoring of a Railway Bridge during Train Passage by Using a Distributed Optical Fiber Sensor Based on Brillouin Optical Correlation Domain Analysis**		
기관	**Korea Railroad Res Inst** | Korea Railroad Research Institute (KRRI) | Chung Ang Univ | Chung Ang University | Dept Phys | Korea Railroad Res Inst Korea Railroad Research Institute (KRRI) Chung Ang Univ Chung Ang University Dept Phys		
저자	**Yoon, HJ** | Song, KY | Choi, C | Na, HS | Kim, JS		
게재일	2016	저널 IF값	2.024
내용 요약	This study demonstrates the monitoring of distributed strain of rail and girder of a railway bridge occurring during train passage over the bridge's entire section on a real-time basis by applying a developed distributed optical fiber sensor based on Brillouin Optical Correlation Domain Analysis (BOCDA). The distributed optical fiber sensor system and an algorithm to control as well as to analyze Brillouin gain spectrum signals were also developed. A single-mode optical fiber was attached in the longitudinal direction on the rail and the lower flange of the girder to be used as a sensing fiber of the BOCDA system. Changes in the girder's strain at the center point of the bridge during the passage of a commercial train were measured at 9Hz, and the accuracy of this measurement was validated by comparing the measured data with the data from strain gauge. In addition, the distributed strain of a girder and the rail with a length of 40.26 m was measured in real time with a spatial resolution of 31.1 cm. Based on the results of the rail's strain distribution, the study could identify the location where excessive strain occurred due to an influence of unsupported sleepers on girder of the bridge.		
출처	JOURNAL OF SENSORS | : - 2016		

[표 5.4.127] ADC분야 주요 논문(한국철도기술연구원)

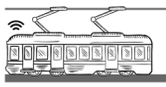
논문명	**Monitoring of a steel plate girder railroad bridge with fiber Bragg grating sensors**		
기관	**Korea Railrd Res Inst** | Korea Railroad Research Institute (KRRI) | Korea Railrd Res Inst Korea Railroad Research Institute (KRRI)		
저자	**Chung, W** | Kang, D | Choi, E | Kim, H		
게재일	2006	저널 IF값	-
내용 요약	This study investigates an existing steel plate girder railroad bridge in order to monitor static and dynamic responses using fiber Bragg grating (FBG) sensors. This paper also presents an experimental technique to estimate the vertical deflection of the bridge using FBG sensors. Seven FBG sensors are multiplexed in a single optical fiber and installed in parallel pairs along the length of the bridge, with one set on the top flange and the other on the bottom flange. The train passes over the bridge at different speeds, ranging from 10 km/h to 90 km/h, so as to monitor the dynamic response of the bridge. The results show that the proposed instrumentation technique is capable of estimating the deflection of the bridge for various loading conditions, which is crucial in structural monitoring.		
출처	ADVANCED NONDESTRUCTUVE EVALUATION I, PTS 1 AND 2, PROCEEDINGS | 321-323: 264-267 2006		

논문경쟁력 분석

- **(대상)** 논문경쟁력 분석은 주요 10개국(중국, 미국, 영국, 이탈리아, 캐나다, 한국, 독일, 일본, 프랑스, 오스트리아)을 대상으로 수행하였음
- **(평가지표)** 논문경쟁력 평가는 양적 및 질적 평가지표를 설정하여 평가함
  - 논문활동도(Paper Activity Index, PAI)는 특정 국가의 논문 건수를 바탕으로 해당 기술분야에서 국가별 절대적인 논문 건수를 비교하여 산출
  - 논문집중도(Paper Intensity Index, PII)는 해당국가가 상대적으로 어떤 분야에서 활발하게 활동하고 있는지 파악하며, 특정 국가가 전체 논문건수에서 차지하는 비중과 해당 기술분야에서 차지하는 비중을 비교하여 산출
  - 논문영향력(Pater Citaion Index, PCI)은 해당 국가 논문의 질적 수준을 상대적으로 비교할 수 있는 지표로, 특정 국가의 피인용 논문 수를 바탕으로 산출

[표 5.4.128] 논문경쟁력 평가지표

평가지표	내용
논문활동도 (PAI)	전체 국가수(nt) 전체의 특정 기술분야(i) 논문게재건수에 대한 특정국가(j)의 해당 기술분야(i)에 대한 논문게재건수의 비율로 산출됨 $PAI = \frac{P_{ij}}{\sum_{j=1}^{nt} P_{ij}}$ (P_{ij} : 특정 기술분야(i)에서 특정국가(j)의 논문수)
논문집중도 (PII)	특정국가가 다른 국가와 비교하여 상대적으로 어떠한 기술 분야에 기술혁신 활동을 집중하고 있는가에 대한 정보를 제공 전체 국가수(nt) 전체 논문수에 대한 특정국가(j)의 전체 논문수와 특정 기술분야(i)의 전체 논문수에 대한 특정 기술분야(i)에서 특정국가(i)의 논문수의 비율로 산출됨 $PII = \frac{P_{ij}/P_i}{P_j/\sum_{j=1}^{nt} P_j}$ (P_{ij} : 특정 기술분야(i)에서 특정국가(j)의 논문수)
논문영향력 (PCI)	특정국가 논문의 질적 수준을 다른 국가와 상대적으로 비교할 수 있는 정보 제공 전체 국가수(nt)의 특정 기술분야(i)의 전체 논문수에 대한 전체 논문인용수(CP)와 특정국가(j)의 전체 논문수에 대한 특정 기술분야(i)에서 특정국가(j)의 논문인용수의 비율로 산출됨 $PCI = \frac{CP_{ij}}{\sum_{j=1}^{nt} CP_{ij}}$ (CP_{ij} : 특정 기술분야(i)에서 특정국가(j)의 논문인용수)



● **신호통신(AA) 분야**

- **(논문활동도)** 신호통신 분야에서는 중국이 가장 높은 논문 활동도를 보이며, 다른 국가와의 격차가 크게 나타남

* 중국을 제외하고는 영국, 미국이 높은 논문 활동도를 보이고 있음

[표 5.4.129] AA분야 논문활동도

구분	Austria	Canada	China	England	France	Germany	Italy	Japan	Korea	USA
AAA	0.01	0.01	0.56	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.09
AAB	0.02	0.02	0.22	0.07	0.00	0.05	0.03	0.03	0.00	0.05
AAC	0.00	0.00	0.41	0.06	0.13	0.06	0.00	0.06	0.00	0.09
AAD	0.01	0.02	0.55	0.05	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	0.10
AAF	0.03	0.00	0.50	0.09	0.03	0.00	0.06	0.00	0.00	0.12
AAG	0.00	0.01	0.42	0.00	0.06	0.07	0.07	0.00	0.06	0.01
AAH	0.01	0.01	0.19	0.09	0.02	0.04	0.03	0.03	0.04	0.06

- **(논문집중도)** 신호통신 분야에서는 다른 분야에 비해 상대적으로 다양한 국가들이 집중하고 있는 기술분야가 다르게 나타남

* 오스트리아, 프랑스, 영국의 논문집중도가 상대적으로 높은 수준이며, 이에 비해 한국의 논문집중도는 전 기술분야에서 상대적으로 낮게 나타남

[표 5.4.130] AA분야 논문집중도

구분	Austria	Canada	China	England	France	Germany	Italy	Japan	Korea	USA
AAA	1.11	0.66	1.45	0.78	1.15	1.06	0.72	1.58	0.64	1.29
AAB	3.05	1.83	0.58	1.08	0.00	2.20	0.99	1.74	0.00	0.76
AAC	0.00	0.00	1.05	0.98	5.77	2.66	0.00	3.16	0.00	1.38
AAD	1.70	2.04	1.41	0.75	0.89	0.00	0.55	0.00	0.33	1.42
AAF	5.21	0.00	1.29	1.38	1.36	0.00	1.69	0.00	0.00	1.74
AAG	0.00	1.50	1.09	0.00	2.60	2.99	2.02	0.00	1.93	0.21
AAH	1.57	0.94	0.50	1.38	0.82	1.50	0.76	1.34	1.52	0.91

- **(논문영향력)** 신호통신 대부분의 세부기술분야에서는 중국이 가장 높은 논문영향력을 보이며, 상대적으로 영향력지수 또한 다른 국가에 비해 높게 나타남

* 영국은 열차간 직접적인 통신/보안 기술(AAC)과 빠르고 신뢰도 높은 선로전환기술(AAH)에

높은 논문영향력을 보이며, 프랑스 역시 열차간 직접적인 통신/보안 기술(AAC)에 논문영향력이 높게 나타남

[표 5.4.131] AA분야 논문영향력

구분	Austria	Canada	China	England	France	Germany	Italy	Japan	Korea	USA
AAA	0.00	0.00	0.50	0.02	0.01	0.01	0.05	0.00	0.00	0.03
AAB	0.00	0.00	0.13	0.06	0.00	0.01	0.02	0.06	0.00	0.07
AAC	0.00	0.00	0.17	0.25	0.25	0.06	0.00	0.11	0.00	0.04
AAD	0.02	0.01	0.52	0.11	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06
AAF	0.07	0.00	0.43	0.32	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.01
AAG	0.00	0.02	0.26	0.00	0.07	0.11	0.11	0.00	0.02	0.04
AAH	0.00	0.00	0.07	0.09	0.01	0.01	0.08	0.03	0.06	0.03

- **철도운영(AB) 분야**

- **(논문활동도)** 철도운영 모든 세부분야에서 중국이 가장 높은 논문 활동도를 보이며, 다른 국가와의 격차가 크게 나타남

* 중국을 제외하고는 고밀도 열차 스케줄링 기술, 가상연결기 지원 스케줄링 기술(ABA)은 미국이, 승객환승 최적화 관제기술(ABC)은 영국이 높은 논문 활동도를 보이고 있음

[표 5.4.132] AB분야 논문활동도

구분	Austria	Canada	China	England	France	Germany	Italy	Japan	Korea	USA
ABA	0.00	0.00	0.43	0.04	0.03	0.03	0.04	0.00	0.00	0.07
ABB	0.00	0.00	0.32	0.03	0.03	0.00	0.10	0.00	0.00	0.16
ABC	0.00	0.00	0.46	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

- **(논문집중도)** 철도운영분야에서는 이탈리아와 영국이 논문 집중도가 가장 높으며, 특히 승객환승 최적화 관제기술(ABC)은 영국이 상대적으로 다른 국가와의 집중도 격차가 크게 나타남

* 고밀도 열차 스케줄링 기술, 가상연결기 지원 스케줄링 기술(ABA)과 경합예측 및 연쇄 지연 최소화 기술, 재스케줄링 기술(ABB)은 이탈리아가 높은 논문 활동도를 보이고 있음

[표 5.4.133] AB분야 논문집중도

구분	Austria	Canada	China	England	France	Germany	Italy	Japan	Korea	USA
ABA	0.00	0.00	1.10	0.63	1.25	1.15	1.16	0.00	0.00	1.00
ABB	0.00	0.00	0.83	0.50	1.49	0.00	2.78	0.00	0.00	2.38
ABC	0.00	0.00	1.19	3.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

- **(논문영향력)** 철도운영 모든 세부분야에서 중국이 논문영향력이 가장 높게 나타났으며, 다른 국가와의 격차가 큰 수준임

* 중국을 제외하고는 고밀도 열차 스케줄링 기술, 가상연결기 지원 스케줄링 기술(ABA)은 미국이, 실시간 경합예측 및 연쇄 지연 최소화 기술, 재스케줄링 기술(ABC)은 영국이 높은 논문 활동도를 보이고 있음

[표 5.4.134] AB분야 논문영향력

구분	Austria	Canada	China	England	France	Germany	Italy	Japan	Korea	USA
ABA	0.00	0.00	0.28	0.01	0.05	0.04	0.07	0.00	0.00	0.10
ABB	0.00	0.00	0.25	0.02	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.08
ABC	0.00	0.00	0.45	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

● **철도차량(AC) 분야**

- **(논문활동도)** 철도차량 분야에서는 중국이 가장 높은 논문 활동도를 보이며, 지능형 열차 전방상황 인지기술(ACC)의 경우 다른 국가와의 격차가 상대적으로 적게 나타남

* 중국을 제외하고는 한국이 높은 논문 활동도를 보이고 있음

[표 5.4.135] AC분야 논문활동도

구분	Austria	Canada	China	England	France	Germany	Italy	Japan	Korea	USA
ACA	0.00	0.02	0.41	0.02	0.00	0.00	0.07	0.05	0.09	0.02
ACC	0.01	0.01	0.29	0.05	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.07

- **(논문집중도)** 철도차량 분야에서는 한국과 일본이 가장 높은 논문 집중도를 보이며, 다른 분야에 비해 상대적으로 중국의 논문집중도가 약한 기술분야인 것으로 나타남

[표 5.4.136] AC분야 논문집중도

구분	Austria	Canada	China	England	France	Germany	Italy	Japan	Korea	USA
ACA	0.00	2.41	1.05	0.35	0.00	0.00	1.96	2.30	3.11	0.34
ACC	2.42	1.45	0.74	0.86	0.00	0.00	1.57	2.77	1.88	1.01

- (논문영향력) 철도차량 분야 논문영향력은 중국이 가장 높게 나타남

* ACC분야는 1위 중국과 2위 영국의 격차가 상대적으로 크지 않은 반면, ACA분야의 격차가

상대적으로 더 크게 나타나고 있음

[표 5.4.137] AC분야 논문영향력

구분	Austria	Canada	China	England	France	Germany	Italy	Japan	Korea	USA
ACA	0.00	0.00	0.50	0.03	0.00	0.00	0.05	0.00	0.05	0.00
ACC	0.01	0.00	0.25	0.19	0.00	0.00	0.07	0.02	0.08	0.05

- **궤도토목(AD) 분야**

  - **(논문활동도)** 궤도토목 분야에서는 세부기술 모두 중국이 가장 높은 논문 활동도를 보이고 있음

  * 중국을 제외하고 빠르고 신뢰도 높은 분기기 기술(ADA)은 영국이, 지능형 인프라 상태 실시간 감시 기술(ADC)은 영국 및 한국이 논문활동도가 높게 나타남

[표 5.4.138] AD분야 논문활동도

구분	Austria	Canada	China	England	France	Germany	Italy	Japan	Korea	USA
ADA	0.00	0.01	0.29	0.15	0.00	0.01	0.03	0.03	0.01	0.00
ADC	0.00	0.01	0.28	0.09	0.01	0.02	0.01	0.01	0.09	0.09

  - **(논문집중도)** 빠르고 신뢰도 높은 분기기 기술(ADA)은 영국이, 지능형 인프라 상태 실시간 감시 기술(ADC)은 영국 및 한국이 논문집중도가 높게 나타남

[표 5.4.139] AD분야 논문집중도

구분	Austria	Canada	China	England	France	Germany	Italy	Japan	Korea	USA
ADA	0.00	1.34	0.75	2.37	0.00	0.54	0.73	1.28	0.43	0.00
ADC	0.00	1.04	0.73	1.38	0.45	0.83	0.28	0.50	3.02	1.30

  - **(논문영향력)** 궤도토목 분야는 중국과 영국의 논문영향력이 높게 나타나며, 영국과 한국의 논문활동도가 동일한 지능형 인프라 상태 실시간 감시 기술(ADC)의 논문영향력은 영국이 한국보다 약 2.5배 높게 나타남

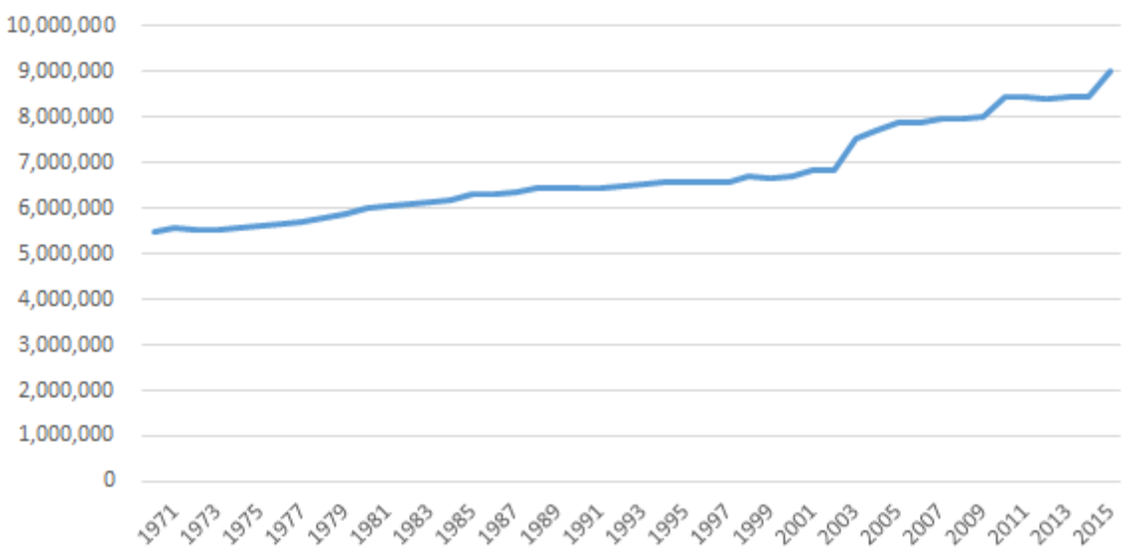
[표 5.4.140] AD분야 논문영향력

구분	Austria	Canada	China	England	France	Germany	Italy	Japan	Korea	USA
ADA	0.00	0.00	0.13	0.08	0.00	0.00	0.03	0.05	0.01	0.00
ADC	0.00	0.00	0.15	0.21	0.01	0.00	0.02	0.00	0.08	0.10

5절 주요 인프라 현황

(시설현황) 철도시설 노후화로 유지보수비 부담은 증가하고 있으며, 최근 연구개발을 위한 '철도종합시험설로'가 구축됨

- **(국내 철도연장)** 2004년 고속철도 체계 도입 등에 더불어 많은 철도시설이 설치었으나, 유지보수 효율성 개선 수요 증대
  - 철도연장은 2015년 기준 9,000km를 넘어섰으나, 이 중 상당수가 노후화됨에 따라 유지보수 비용이 증가할 것으로 예상
  - 철도 기술발전에 따른 새로운 신호시스템 체계로의 변환이 이루어질 것으로 예상하나, 외산 시스템이 적용될 경우 막대한 유지보수 비용 지출이 불가피



※ 출처: 철도산업정보센터, "철도통계연보" (2019.12 기준)

[그림 5.5.1] 철도 궤도연장

- **(연구시설현황)** 고속철도차량, 일반철도차량, 도시철도차량(AC/DC)에 대해 최고속도 250km/h까지 운행하면서 종합시험을 시행할 수 있는 철도종합시험선로를 2018년에 완공
  - 기존 국가연구개발사업을 통하여 구축한 철도차량 및 인프라 관련 연구시설

및 장비는 총 396점[111]이며, 동 사업에서 활용 가능한 대표적 인프라가 철도종합시험선로가 대표적임

- 철도종합시험선로는 총 연장 13km(AC구간 : 13km, DC 구간 : 6.5km)에 달하며, 시험선로에 시험 가능한 현장검증시험 항목 총 198개, 시험종류 447종에 달함



- 사업기간 : 2014. 09. ~ 2018. 12. (51개월)
- 총사업비 : 2,399억원 (국고 100%)
- 시 공 사 : 지에스건설㈜ 外 9개사
- 건설위치 : 충청북도 청원군 오송읍~세종시 전동면 (노선연장 : 12.99km)

구 분		현 황	비 고
노선연장		12km990	
정거장		4개소	오송역, 오송기지, 급전구분, 정동역
변전소 / 급전소		3개소 / 1개소	전철변전소 1, DC변전소 2, 급전구분소
기타 건축물		2동	통합통제센터, 시험편의동
선형조건	최소곡선반경	R=250m	
	최급기울기	35‰	
노반구성	토공	7km124	기존선 활용구간 포함
	교량	1km597	8개소(복선교량 2개소)
	터널	4km269	6개소(복선터널 1개소-제4터널)

[그림 5.5.2] 종합시험선로 현황

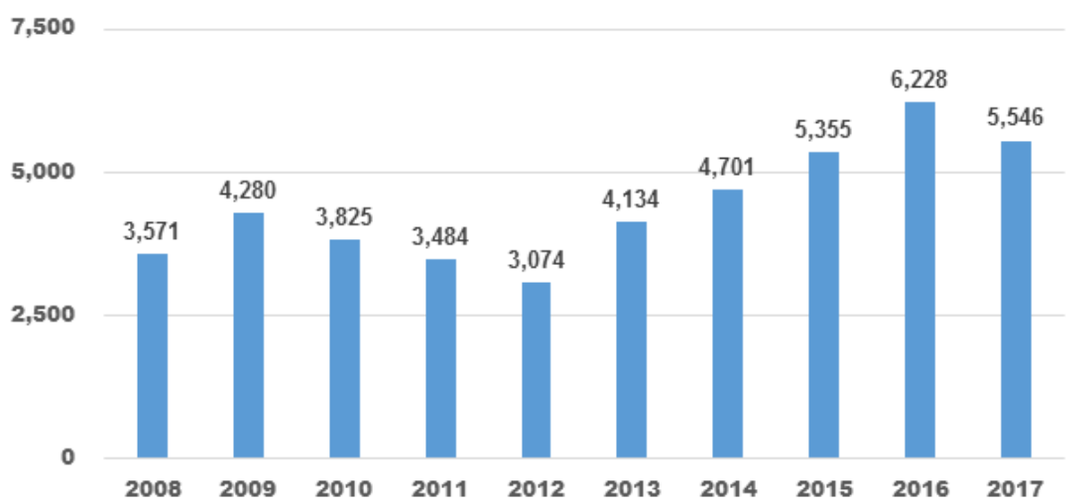
111) 연구장비종합포털(www.zeus.go.kr)에서 '철도' 키워드를 활용하여 추출

[표 5.5.1] 종합시험선로 현장검증시험 가능 항목

분야	시험항목(개)	시험대상(종)
차량분야	59	170
궤도분야	37	74
노반분야	9	15
교량분야	5	10
전철전력분야	37	73
신호분야	26	40
소음분야	8	43
공력분야	5	10
통신분야	12	12
계	198개	447종

(연구인력 현황) 10년간 철도 분야 국가연구개발 사업의 참여 인력 수는 연평균 4,420명임

* 과학기술정책지원서비스[112]에서 제공하는 빅데이터 분석(R&D 투자현황 분석)에서 2008년부터 2017년까지 10년간 국가 R&D 참여연구원 및 연구수행 주체 현황 분석



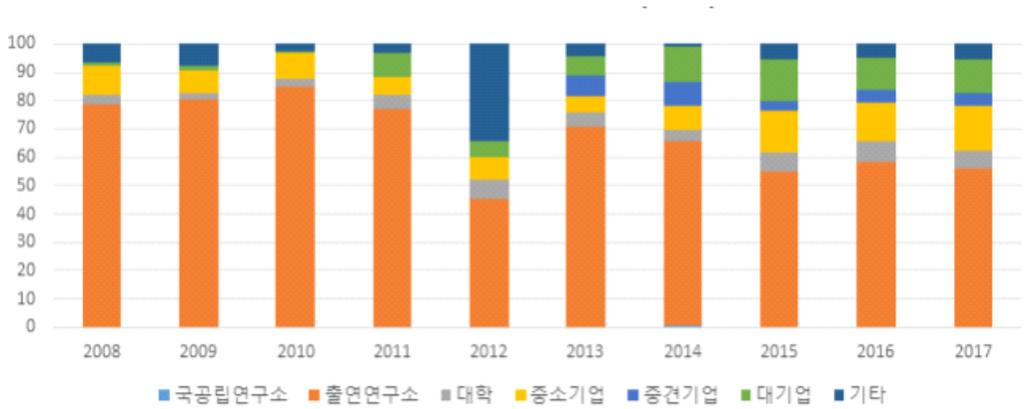
※ 출처: 과학기술정책지원서비스(K2Base)

[그림 5.5.3] 철도분야 국가 R&D 참여연구원 현황(명)

112) https://www.k2base.re.kr

● 2008년부터 최근 10년간 철도 관련 국가 R&D 과제의 연구수행 주체는 연구비 기준으로 출연연구소가 2/3 수준

- 연구비 기준 기관별 투입규모는 출연연구소(67.1%), 중소기업(9.9%), 대기업(7.5%), 중견기업(5.5%), 대학(5.0%), 국공립연구소(0.1%) 순임

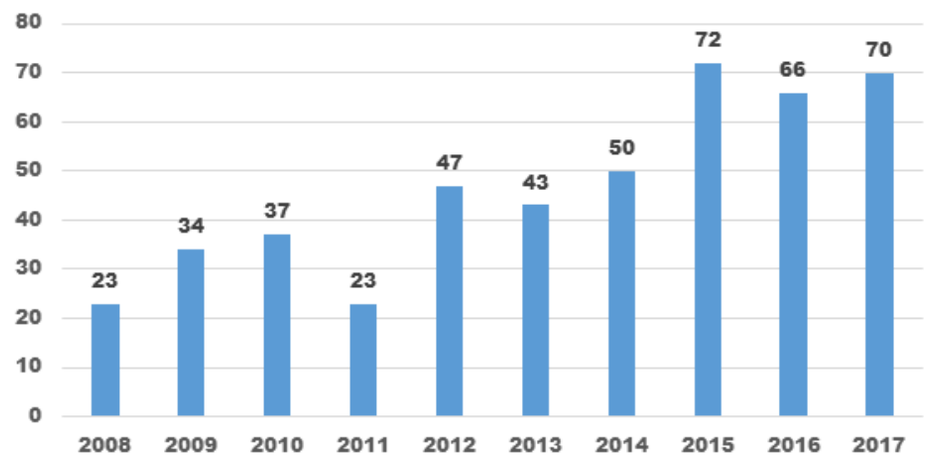


※ 출처: 과학기술정책지원서비스(K2Base)

[그림 5.5.4] 철도 분야 국가 R&D 연구수행주체별 연구비 비율

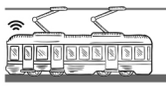
● **(기업현황)** 최근 10년간 철도 분야 국가 R&D에 참여한 수행기관 중 기업체는 총 300개 업체로 나타남

- 연도별 참여기업 수는 지속 증가하여 2015년 이후 연평균 70여 기업이 철도 분야 국가 연구개발 사업에 참여하고 있음



※ 출처: 과학기술정책지원서비스(K2Base)

[그림 5.5.5] 철도 분야 국가 R&D 참여기업 수



- 동 기간 3건 이상의 국가연구개발사업을 수행한 기업은 총 46개 업체이며 동 사업과 관련성이 높은 기업은 다음과 같음

[표 5.5.2] 철도 국가연구개발 주요 참여기업 현황

기업체명	사업 분야	연구개발 분야
우진산전	철도차량, 에너지저장장치	- 철도차량 전장품 개발 철도용 에너지저장장치 개발
인텍전기전자	전력 개폐기 및 차단기	철도 스마트 그리드 개발
유진기공산업	철도차량 부품 및 장치	철도 제동시스템 개발
인터콘시스템즈	철도차량 부품 및 장치	열차진단제어시스템 개발
현대로템	철도차량, 전장품 및 유지보수	차량 에너지저감 설계, 차체, 주행시스템, 추진시스템, 열차진단제어시스템 개발
범창종합기술	발전설비 및 에너지 시스템	철도역사 에너지저감 설계
카템	철도차량 부품 및 장치	동력전달축 및 제동부품 개발
다원프릭션	철도차량 부품 및 장치	고속철도용 브레이크패드
브이씨텍	철도차량 전장품	추진제어기술, 보조전원장치 기술
투아이시스	시험계측 장비 및 소프트웨어	철도 차량 및 인프라 검축시스템 기술개발
성진이앤티	산업 플랜트	철도 전력망 설계
세화	철도전기설비 및 통합감시시스템	철도 신호설비 개발, 고장예측진단 기술
신우이엔지	철도 신호제어/통신설비	열차 운행관리시스템(Traffic Management System) 개발
우진기전	전력시스템/신생에너지	철도전력망 운용 시스템, 신재생에너지 연계 기술
제이케이에이	철도차량 조명장치	에너지저감형 LED 조명 장치 및 제어시스템 개발
케이오비에이	진동/충격흡수장치	현가장치 기술개발
파워넥스	철도 전력전자 부품	전력변환장치, 인버터/SIV 제어기술 개발
다원시스	철도차량, 철도 전장품	차량시스템 설계, 전기전장품 개발, 차량 경제운전 기술
대영유비텍	교통계획 및 설계	지능형교통정보시스템, 네트워크 관리시스템 개발
리트코	환경감시 및 제어시스템	지능형교통시스템, 신재생에너지 활용 기술
만도	자동차 부품 제조	철도차량 제동/조향시스템 기술
CSIN 테크	철도차량 전장품	차상신호장치, 열차운행정보시스템 개발
에이알텍	열차제어시스템	철도교통관리시스템, 열차운행제어 기술

● **(연구기관현황)** 철도 관련 국내 연구기관은 정부출연연구기관, 준정부기관 등으로 구분되며, 한국철도기술연구원, 한국교통연구원 외 분야 특성에 따라 타 분야 연구계와 융합연구가 가능

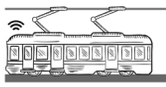
- 철도기술 관련 연구기관과 시험인증기관의 전문인력은 2019년도 기준, 총 5,783명으로 사업을 추진하기 위한 충분한 연구계 인력을 확보하고 있음

- 철도산업 이외에도 통신, SW, 기계, 자동차 등 자율주행 관련 분야 연구기관과의 유기적 연계를 통해 R&D 사업추진이 가능할 것으로 기대

[표 5.5.3] 철도 국가연구개발 주요 참여기업 현황

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, 경량전철시스템, 무가선 저상트램, 바이모달트램, 미니트램(PRT) 등 실용화 기술개발	326
	한국교통 연구원	• 교통 정책 연구 개발	- 광역급행철도, 고속철도·산업연구 등 관련 기술 개발	226
	한국기계 연구원	• 기계 분야의 산업원천기술 개발 • 신뢰성 평가, 시험평가 등 수행	- 자기부상, 선형추진 등의 기술을 바탕으로 자기부상열차 및 친환경수송시스템 기술개발	467
	한국전자 통신연구원	• 정보·통신·전자 분야 기술 개발	- 통신과 컴퓨터, 유선과 무선, 방송과 통신 등 기존의 기술과 산업, 서비스, 네트워크 등 융복합 기술 개발	2,253
	한국생산 기술연구원	• 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	1,093
	전자부품 연구원	• 전자부품 관련 첨단기술 개발	- 리튬이차전지의 열안전성 향상 및 급속충천을 위한 전지 제조 기술로 모바일스마트기기, 전기자동차 등의 전원 핵심기술	322
기타기관	자동차부품 연구원	• 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
시험인증 기관	한국산업 기술시험원	• 시험평가기술 개발 및 지원 • 품질인증 등 해외진출 지원	- 철도차량부품 시험 및 성능평가 - 철도차량부품 관련 국내외 인증획득 지원	821
총 계				5,783

출처: 직급별 인원수 현황, 공공기관 경영정보 공개시스템(2019.08.)



● **(학계 현황)** 철도 관련 대학 및 대학원은 총 14개 대학, 33개 학과로 구성되어 있으며 매년 모집정원은 총 1,761명에 해당

- 대학의 관련 학과/전공분야는 철도경영, 철도기관사, 철도전기, 철도시설, 철도차량, 철도토목, 철도통신, 운송물류 등으로 세분화되어 있음

[표 5.5.4] 철도 관련 대학 주요 학과 및 모집정원 현황

지역	대학명	관련 학과	모집정원(명)
서울(113)	서울과학기술대학교	철도전문대학원	113
경기(207)	한국교통대학교	철도경영 · 물류 · 컴퓨터학부	71
		철도공학부	136
충북(125)	대원대학교	철도건설과	77
		철도경영과	48
대전(713)	우송대학교	철도경영학과	86
		철도전기시스템학과	85
		철도차량시스템학과	85
		철도건설시스템학부	75
		물류시스템학과	42
	우송정보대학	철도교통학부	120
		철도토목과	50
		철도전기전자학부	80
	배재대학교	드론철도건설시스템공학과	90
광주(119)	송원대학교	철도경영학과	40
		철도건설환경시스템학과	33
		철도운전시스템학과	46
경북(484)	경북전문대학교	철도경영과	18
		철도전기기관사과	55
		철도건설과	30
	경북보건대학교	철도경영과	34
	동양대학교	철도경영학과	38
		철도운전제어학과	53
		철도기계시스템학과	53
		철도건설안전공학과	43
		철도전기융합학과	35
	가톨릭상지대학교	철도운전시스템과	46
		철도전기과(3년제)	29
	경일대학교	철도학부	50
총 계			1,761

※ 출처: KRIC 철도통계, 철도산업정보센터(2019.8.), 각 대학별 홈페이지 참조(2019.8. 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 연구인력은 충분한 것으로 판단됨

- 대학별 지리적 분포 및 모집정원 특성 상 대전(41%), 경북(28%), 경기(12%), 충북(7%), 광주(7%), 서울(6%) 순으로 철도기술 관련 인력 양성

● **(철도 운영기관 인력 현황)** 철도 관련 운영기관은 총 16곳으로 종사자 78,934명(2018년 기준)으로 구성

- 공사, 공단, 지자체 등 다양한 철도운영기관이 존재함에 따라 R&D 추진 시 관련 연구인력 확보가 충분히 가능할 것으로 기대

[표 5.5.5] 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	55,226	73,623	78,934

출처: KRIC 철도통계, 철도산업정보센터(2018.5.)

6절 기술수준분석

1. 기술수준분석 개요

분석 목적

- 동 사업 세부기술별 최고기술 보유국, 최고기술 보유국 대비 기술수준 및 격차 분석을 통해 향후 동 사업의 추진방향 도출에 활용하고자 함

분석 방법

- 철도분야 전문가 및 국토부 협의를 통해 도출된 동 사업 기술분류체계 19개 기술을 분석 대상으로 선정함
- 전문가 기술수준조사를 통해 기술분류별 최고기술 보유국 대비 기술수준 및 기술격차를 도출하고, 우리나라의 기술적 위치를 파악
  - 19개 소분류 단위로 조사한 결과를 4개의 Gordon 점수모형을 이용하여 중분류 단위로 합산하는 과정을 통해 기술수준 결과를 도출함

* 단, 기술분야별 가중치는 모두 동일하다고 가정

[표 5.6.1] 기술수준조사 개요

구분	내용
조사대상	관련분야 산·학·연 전문가 42명
조사방법	2차에 걸친 미니델파이방법의 웹설문조사
조사기간	(1차 조사) 2020.02.17. ~ 2020.02.21.(5일간) (2차 조사) 2020.03.13. ~ 2020.03.17.(5일간)
기술분류	4개 중분류(신호통신, 철도운영, 철도차량, 궤도토목)에 해당하는 19개 소분류 기술
조사항목	기술실현 예상시기, 최고기술 보유국, 현재시점 기술수준 및 기술격차, 연구개발 종료시점 기술수준 및 기술격차, 연구수행을 위한 시험 및 인증 수준

- 응답 확신도 평균은 3.63점*으로, 100점 만점 기준 72.6점으로 나타남
  - ‘보통’이상 응답자가 전체의 96.1%로 대부분을 차지함

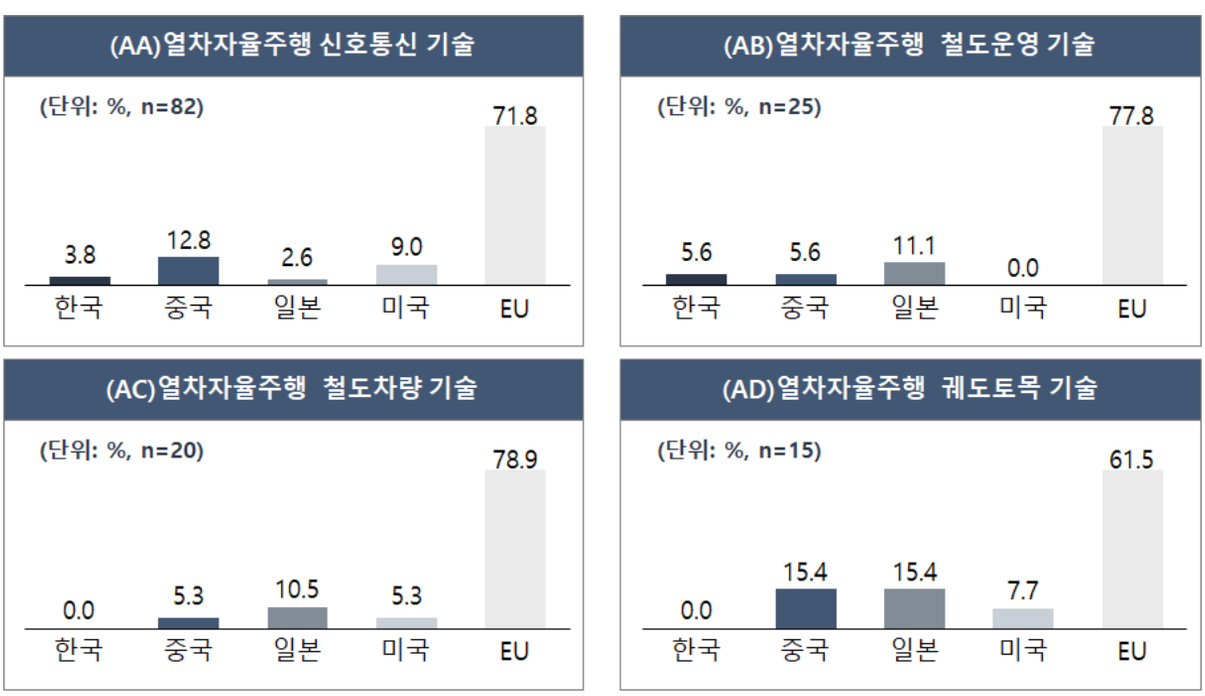
** 5점평균 : 매우높다 5점, 높다 4점, 보통이다 3점, 낮다 2점, 매우낮다 1점*

2. 기술수준조사 결과

총괄 분석

- **(기술수준 및 기술격차)** 우리나라 열차자율주행 기술분야의 현재시점 평균 기술수준은 74.2%, 기술격차는 4.64년으로 조사됨
  - 우리나라철도 기술수준(세계최고 선진국 대비 80% 수준)과 비교하였을 때, 열차자율주행기술의 기술수준이 보다 낮게 나타남

- **(최고기술 보유국)** 모든 기술분야에서 유럽이 세계 최고 수준으로 조사됨
  - EU 응답건수 비중이 60%이상으로 조사되었으며, 한국은 10%이하의 비중을 보임



[그림 5.6.1] 중분류별 최고기술 보유국 응답결과

중분류별 기술수준 분석

- 4개 중분류 중 'AC. 철도차량' 분야의 기술수준이 가장 높게(77%) 나타나며, 기술격차도 4.33년으로 가장 적게 조사됨

- (AA. 신호통신 기술) 한국의 신호통신분야 기술수준은 '20년 73.7% → '29년 91.2%로 증가 전망

[표 5.6.2] 신호통신 기술분야 기술수준 및 기술격차

중분류	최고기술보유국 대비 우리나라 기술수준			
	기술수준(%)		기술격차(년)	
	'20년	'29년	'20년	'29년
(AA)열차자율주행 신호통신 기술	73.7	91.2	4.61	1.45

- (AB. 철도운영 기술) 한국의 철도운영분야 기술수준은 중분류 단위 중 가장 낮은 것으로 조사됨('20년 71.8% → '29년 91.8%)

[표 5.6.3] 철도운영 기술분야 기술수준 및 기술격차

중분류	최고기술보유국 대비 우리나라 기술수준			
	기술수준(%)		기술격차(년)	
	'20년	'29년	'20년	'29년
(AB)열차자율주행 철도운영 기술	71.8	91.8	4.36	1.25

- (AC. 철도차량 기술) 한국의 철도운영분야 기술수준은 중분류 단위 중 가장 높은 것으로 나타나며, 기술개발 종료시점에서는 중분류 중 기술수준이 가장 클 것으로 조사됨('20년 77.0% → '29년 92.2%)

[표 5.6.4] 철도차량 기술분야 기술수준 및 기술격차

중분류	최고기술보유국 대비 우리나라 기술수준			
	기술수준(%)		기술격차(년)	
	'20년	'29년	'20년	'29년
(AC)열차자율주행 철도차량 기술	77.0	92.2	4.33	1.49

- (AD. 궤도토목 기술) 해당 분야 기술수준은 '20년 76.0% → '29년 91.0%로 증가할 것으로 전망되며, 기술격차 변화가 중분류 단위 중 가장 큰 것으로 나타남('20년 5.7년 → '29년 2.1년)

[표 5.6.5] 궤도토목 기술분야 기술수준 및 기술격차

중분류	최고기술보유국 대비 우리나라 기술수준			
	기술수준(%)		기술격차(년)	
	'20년	'29년	'20년	'29년
(AD)열차자율주행 궤도토목 기술	76.0	91.0	5.70	2.05

소분류별 기술수준 분석

- **(기술수준 및 기술격차)** 최고기술보유국 대비 기술 수준이 90% 이상인 분야 1개, 80%이상 3개로 조사됨
  - '(AAC)열차간 직접통신/보안기술'의 기술수준이 91.9%, 기술격차가 1.29년으로 나타나, 기술수준과 기술격차 수준에서 모두 선도그룹으로 조사됨
  - 기술개발 종료시점 기준으로는 모든 분야*에서 80%수준을 넘으며 선도그룹 진입이 전망됨

  * 상대적으로 '(AAH)빠르고 신뢰도 높은 선로전환기술'(2.14년), '(ADA)빠르고 신뢰도 높은 분기기 기술'(2.2년)의 기술격차가 높게 나타날 것으로 전망

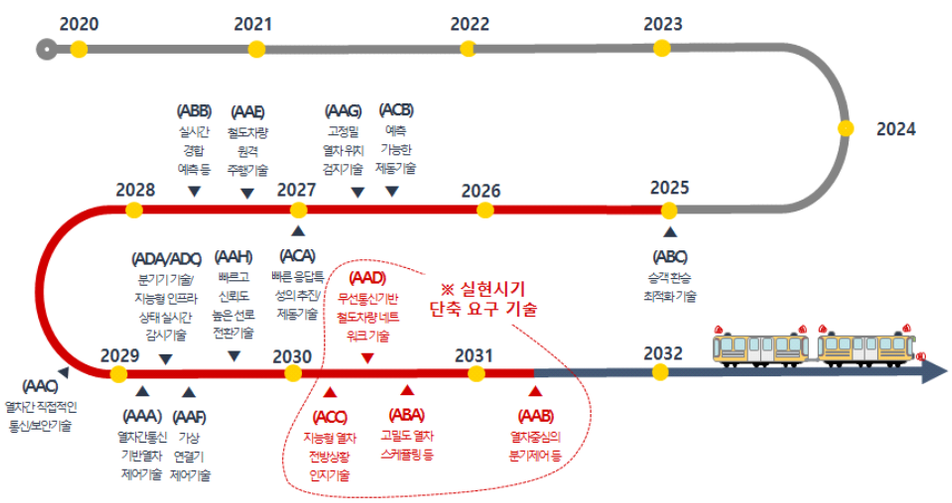
- **(최고기술 보유국)** 모든 기술분야에서 유럽이 세계 최고 수준으로 조사됨

[표 5.6.6] 소분류별 기술수준 및 기술격차

소분류	최고기술보유국	최고기술보유국 대비 우리나라 기술수준			
		기술수준(%)		기술격차(년)	
		'20년	'29년	'20년	'29년
(AAA)열차간 통신 기반 열차제어기술	EU	**66.8**	87.2	**5.56**	1.91
(AAB)열차 중심의 분기제어, 분산환경 연동제어기술	EU	**67.9**	88.6	**5.71**	1.93
(AAC)열차간 직접적인 통신/보안기술	EU	**91.9**	97.3	**1.29**	0.49
(AAD)무선통신기반 철도차량 네트워크기술	EU	**82.6**	95.7	**3.36**	1.17
(AAE)철도차량 원격 주행기술	EU	**77.5**	91.7	**4.50**	1.25
(AAF)가상연결기 제어기술	EU	**75.0**	92.5	**5.00**	1.08
(AAG)고정밀 열차 위치 검지기술	EU	**70.7**	93.9	**3.71**	0.93
(AAH)빠르고 신뢰도 높은 선로전환기술	EU	**67.1**	87.9	**6.57**	2.14
(ABA)고밀도 열차 스케쥴링 및 가상연결기 지원 스케쥴링기술	EU	**63.0**	89.0	**6.40**	2.00

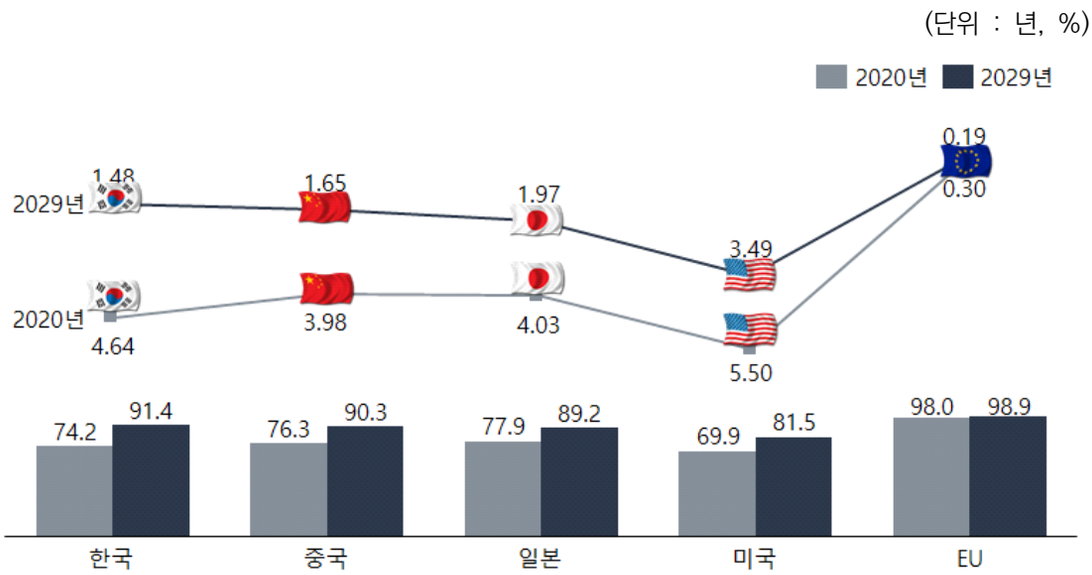
소분류	최고기술보유국	최고기술보유국 대비 우리나라 기술수준			
		기술수준(%)		기술격차(년)	
		'20년	'29년	'20년	'29년
(ABB)실시간 경합예측 및 연쇄지연 최소화, 재스케쥴링기술	EU	**71.7**	92.5	**4.17**	1.00
(ABC)승객 환승 최적화기술	EU	**86.7**	95.0	**1.33**	0.50
(ACA)빠른 응답 특성의 추진/제동기술	EU	**75.0**	92.9	**4.71**	1.61
(ACB)예측가능한 제동기술	EU	**75.0**	90.0	**3.75**	1.50
(ACC)지능형 열차 전방상황 인지기술	EU	**82.5**	93.3	**4.25**	1.25
(ACD)탑승공간 최적설계기술	-	**-**	-	**-**	-
(ACE)출입문-승객 I/F 설계기술	-	**-**	-	**-**	-
(ADA)빠르고 신뢰도 높은 분기기 기술	EU	**75.0**	89.0	**6.00**	2.20
(ADB)승강장-승객 I/F 설계기술	-	**-**	-	**-**	-
(ADC)지능형 인프라 상태 실시간 감시기술	EU	**77.0**	93.0	**5.40**	1.90

- **(기술실현 예상시기)** 열차자율주행 기술의 실현시기는 전체 평균 '29년 내외로 조사됨
  - 상대적으로'(ACB)예측가능한 제동기술', '(AAG)고정밀 열차 위치 검지기술'의 기술실현시기('27년 내)가 가장 빠를 것으로 조사됨
  - '(AAB)열차중심 분기제어, 분산환경 연동제어기술','(ABA)고밀도 열차 스케쥴링 및 가상연결기 지원 스케쥴링기술' 등 기술이 실현시기('31년 내외)가 상대적으로 늦어 실현시기 단축 방안이 요구됨

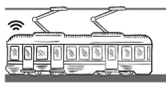


[그림 5.6.2] 열차자율주행기술 실현예상시기

국가별 기술수준 및 기술격차



- 전반적으로 미국의 열차자율주행 기술 수준(69.9%) 및 기술격차(5.5년)가 다른 국가 대비하여 낮게 나타남
- 중국 열차자율주행 기술은 최고기술보유국(EU)대비 기술수준 76.3%, 기술격차 3.68년으로 조사됨
- 일본 열차자율주행 기술은 최고기술보유국(EU)대비 기술수준 77.9%, 기술격차 4.03년으로 다른국가 대비 기술격차가 가장 적은 것으로 조사됨



7절 종합분석 및 시사점

■ **(R&D 현황) 2010년 이후 신호시스템의 국산화를 위해 지속적인 정부 R&D 투자가 이루어졌으나, 최근 R&D 사업 일몰 등으로 감소추세를 보임**

- **(투자 현황)** 2018년 기준 206억원(철도분야 대비 17.8%)이 투자되었으나, 최근 10년간 감소추세를 보이고 있는 것으로 나타남
  - '11년 2,095.5억 원으로 증가하다가 최근 R&D 사업 일몰 등의 영향으로 55.1% 수준인 1,154.8억 원('18년 기준)으로 감소
  - 현재 수준에서 국가차원의 대규모 장기 투자 및 기술확보는 불가능한 상황으로 열차자율주행 기술 확보를 위해서는 신규 R&D 기획이 절실
- **(R&D 성과)**'도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계구축'가 대표적이며, 최근 과기부 BIG 사업을 통해 열차 자율주행기술에 대한 원천기술을 확보한 것으로 파악됨

■ **(기술수준)** 우리나라는 철도기술은 세계 최고 선진국 대비 80% 수준으로 ICT 기술 등을 바탕으로 선도그룹을 추격

- 신호통신분야는 독일, 프랑스가 세계 최고 수준으로 분석되었으며, 83.3%로 철도기술수준과 유사한 수준임
- 관련 분야 기술수준을 감안하였을 때, 세계 최고수준은 아니지만 세계 3~4위의 기술력을 보유하고 있어, 경쟁력 확보를 통한 세계시장 선점이 가능한 것으로 판단됨

철도 신호체계 혁신 기술개발사업



제6장

사업 기본방향 및 추진전략

| 1절 | 사업추진 개요

| 2절 | 사업추진 전략도출

| 3절 | 사업추진 분야도출

| 4절 | 비전 및 목표

| 5절 | 기존 사업/과제와의 유사중복성 및 차별성



1절 사업추진 개요

1. 사업 추진전략 및 중점 추진분야 도출절차

■ **(1단계 : 이슈 분석)** 미디어분석 및 대국민 설문, 관련기업 인터뷰 등 이해관계자별 이슈분석을 통한 본 사업의 문제/이슈 유형 도출

- **(승객 측면)** 미디어 분석 및 대국민 설문조사를 통한 이슈분석
- **(산업 측면)** 관련기업 및 철도 운영기관 이해관계자 인터뷰를 통해 외산종속에 따른 시스템 운영적 측면과 산업적 측면 문제 확인

■ **(2단계 : 사업 개념 및 범위 설정)** 철도신호시스템 외산도입에 따른 운영한계, 철도 시장경쟁력 저하, 실용화 한계 등의 이슈를 기반으로한 목표 설정을 통해 동 사업의 비전 및 목표 수립

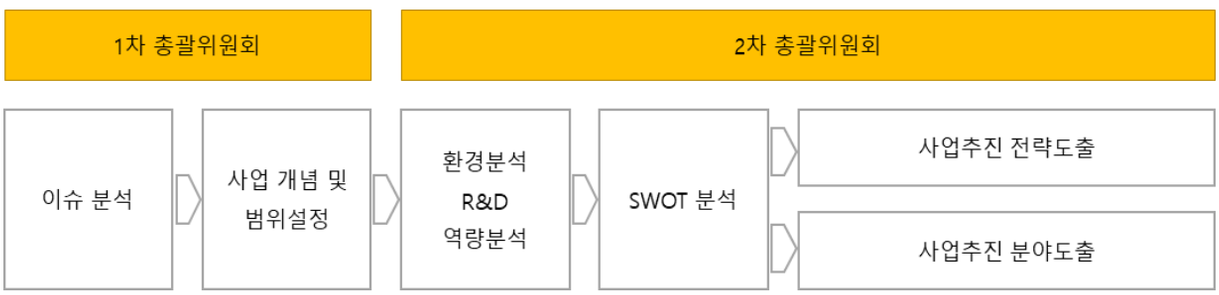
- 이슈/문제 해결을 위한 가장 효과적인 방법으로 기술 및 시장경쟁력을 가지는 차세대 철도신호기술 선점을 위한 연구개발로 설정

■ **(3단계 : 환경분석 및 R&D 역량분석)** 글로벌 메가 트랜드 분석을 통한 철도신호 분야에 대한 거시적 이슈분석과 정책(Political)·환경(Economic)·사회(Social)·기술(Technological) 분야의 미시적 이슈분석을 통한 차세대 철도신호기술 요건 및 동향과 기술선점에 필요한 우리의 기술수준 및 R&D 역량을 분석

- **(환경분석)** 메가트랜드 분석, PEST 분석을 통한 차세대 철도신호시스템 요건 및 동향 분석
- **(역량분석)** R&D 투자동향 및 성과분석, 기술수준 분석을 통한 기술개발 역량분석

■ **(4단계 : SWOT 분석)** 메가 트랜드, 환경분석 및 R&D 역량분석, 전문가 인터뷰에 기반한 차세대 철도신호기술 선점을 위한 연구개발에 대한 SWOT 분석

■ **(5단계 : 사업추진전략 및 중점추진분야 도출)** SWOT 분석을 통한 동 사업의 사업추진전략과 사업중점추진분야 도출



[그림 6.1.1] 사업 추진전략 및 중점 추진분야 도출절차

2. SWOT 분석

■ **(분석방법)** 메가트랜드, 환경분석에서 도출된 기회 및 위협요인과 기술동향 분석에서 도출된 강점 및 약점을 바탕으로 사업추진을 위한 전략 방향을 도출

■ **(강점: Strength)** 내부요인에 따른 강점요인 분석

- **(S1)** 〈메가트랜드〉 저출산 고령화 사회에 따른 무인 자율화 확대
  - 출생률 감소와 고령화가 빠르게 진행되고 있으며 2017년 우리나라는 전체인구의 14% 이상이 노인 인구인 고령사회에 진입
  - 고령사회 진입에 따라 자율주행차, 자율주행 철도 등의 무인 자율교통수단이 확대
- **(S2)** 〈메가트랜드〉 도시 양극화에 따른 도시 인구집중과 메가시티 확대와 기후

변화에 따른 친환경 대중교통 철도의 지속적인 이용객 증가

- 수송효율성, 안전성, 친환경성 등을 확보한 대용량·고효율 철도교통은 대중교통 수요전환을 위한 핵심 수단

- **(S3)** 〈R&D 현황〉 2010년 이후 신호시스템 국산화를 위한 정부 R&D로 신호시스템 기술 확보

  - (도시철도용 CBTC 국산화 기술) 국토교통 R&D 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계 구축 및 성능평가(KRTCS-1) 등의 성공으로 CBTC 국산 및 실용화 기술(TRL 7) 확보

  - (일반 및 고속철도용 ETCS 국산화 기술) 국토교통 R&D 일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화(KRTCS-2)의 성공으로 ETCS L2 국산 및 실용화 기술(TRL 7) 확보, 국토교통 R&D 자동운전을 지원하는 ETCS L3급 고속철도용 열차제어시스템 핵심기술 및 궤도회로 기능 대체기술 개발과제를 통해 ETCS L3의 핵심기술(TRL 4~5) 확보

- **(S4)** 〈R&D 현황〉 과기부 BIG사업을 통해 열차자율주행 기술에 대한 기초원천기술 확보

  - (열차자율주행 핵심기술개발 BIG사업) 과학기술정보통신부 BIG(Big Issue Group) 사업을 통해 열차자율주행 핵심기술에 대한 기초원천기술(TRL 3~4) 확보

- **(S5)** 〈정책적 동향〉 철도망 확대 및 수송분담률 확대

  - 정부는“제3차 대중교통 기본계획”, “제3차 철도망 구축계획” 등을 수립하여, 철도 중심 대중교통 체계를 구축 본격화

- **(S6)** 〈정책정 동향〉 정부차원에서 신호시스템 국산화 및 차세대 신호시스템 개발에 대한 강한 의지

  - 국토교통부 장관방침(2010) “열차 신호시스템 표준화방안”에 의거 도시철도용 CBTC 수준의 KRTCS-1, 일반 및 고속철도용 ETCS L2 수준의 KRTCS-2 기술개발 지원

- 국토교통부 장관방침(2018) “철도 신호통신시스템 국산화 계획”에 의거 일반 및 고속철도용 ETCS L3 수준의 KRTCS-3 핵심기술개발 지원과 T2T 기반 자율주행 철도기술에 대한 지원계획 발표

● **(S7)** 〈경제적 동향〉 국산신호시스템의 최초 도입(신림선, 동북선) 예정에 따른 운영 노하우 확보와 국산신호시스템 거부감 해소 가능

- 국산화 개발된 KRTCS-1의 신림선(2022년 개통예정), 동북선(2024년 개통예정)에 따라 운영 노하우 확보가 가능하며 국산 신호시스템에 대한 거부감 완화

● **(S8)** 〈사회적 동향〉 고령사회 및 주 52시간 도입에 따른 무인 자동화 확대

- 고령사회 진입과 주 52시간 도입에 따른 철도 무인자동 및 자율주행 기술도입 확대

● **(S9)** 〈기술적 동향〉 세계 최고 수준의 ICT 기술역량과 자체적인 철도신호 및 철도차량제작 기술을 보유

- 차세대 철도신호기술은 무선통신과 S/W가 중심이며 우리나라는 세계최초 5G 상용화 기술을 비롯한 반도체, 스마트폰 등 ICT 기술역량을 보유

- 독자적인 철도차량 제작기술과 철도신호기술은 기술개발 및 발전에 큰 시너지 효과를 줄 수 있는 긍정적 요소임.

■ **(약점: Weakness)** 내부요인에 따른 약점요인 분석

● **(W1)** 〈R&D 현황〉 철도분야 R&D 투자규모가 최근 크게 감소추세 보임

- 지원과제 수는 ‘15년을 정점으로 점차 감소추세이며, 정부투자연구비는 ’11년 700억원 규모에서 18년기준 약 200억원 규모로 감소추세임.

● **(W2)** 〈R&D 현황〉 국가 차원에서 대규모 장기투자가 어려움

- Slow Follower 전략과 단기 실용화 위주의 연구개발에 집중하여 신규 철도신호기술의 선점을 위한 대규모 장기투자가 어려움.

● **(W3)** 〈경제적 동향〉 시장규모가 협소하여 자발적인 민간 개발 투자가 어려움

(개별 기업이 도전하기에는 리스크가 큼)

- 새로운 철도신호 개발을 위해서는 막대한 개발비 함께 시험선 구축과 시험차량의 확보를 통해 장기간의 검증 과정이 필요하기 때문에 개별기업이 도전하기는 불가능한 영역임.

- **(W4)** 〈경제적 동향〉 신호시스템 국외 의존도 심화 및 국내 철도신호 기업의 관련 사업 축소

  - 도입 당시 가장 최신의 영업실적을 보유한 외산시스템을 적용하고 있어 대부분의 국내 철도신호시스템은 외산에 의존하고 있으며 국내 철도신호 기업은 시장진입 실패에 따른 관련기업의 사업축소

- **(W5)** 〈사회적 동향〉 철도교통 운영적자

  - 운임원가에 비해 낮은 대중교통요금 정책으로 운영손실을 보전하기 어려운 구조[113],[114] 도입비용 및 운영유지비용이 저렴한 시스템 도입이 요구됨.

- **(W6)** 〈전문가 인터뷰〉 철도교통 혼잡 및 불편함

  - 수송력 부족에 기인한 만성적인 철도교통의 혼잡도와 병목현상으로 인해 이용에 불편함이 초래

- **(W7)** 〈기술적 동향〉 철도분야는 그간 추종자 전략적 접근으로 기술수준이 주요 국가 대비 낮음(최고 대비 80%, 4년 격차)

  - 철도신호통신 분야는 첨단 ICT 기술을 바탕으로 경쟁력 확보를 통한 기술경쟁이 가능한 수준임.

- **(W8)** 〈기술적 동향〉 철도선진국 대비 신호 관련 독자적인 인증역량 및 인프라 부족

  - 선도적인 철도신호시스템 개발 경험의 부족, 연구개발 이후 실용화 경험의 부족 등으로 해외 선진국 대비 인증역량 및 인프라 부족

113) 국토매일(2019.09.20.). "서울교통공사의 만성적자...운영할수록 빚이 쌓인다"

114) 연합뉴스(2017.07.16.). "코레일 1분기 영업적자 478억원…연간 2천억원대 적자 전망"

(강점: Opportunity) 외부요인에 따른 강점요인 분석

- (O1) 〈메가 트랜드〉 도시화, 고령사회 등 지속적으로 높은 수송력 및 유연성 증대와 열차의 지능화가 요구되는 사회적 수요가 증대
  - UN 전망에 따르면, 도시화 추세는 계속되어 메가시티 43개(34.4% ▲), 도시 인구 51.7억 명(22.4% ▲)으로 증가할 것으로 예상('30년 기준)[115]
  - 인공지능 확산과 인간중심의 과학기술 고령화로 인한 맞춤형 철도, 지능형 철도에 대한 수요 증대
- (O2) 〈정책적 동향〉 대중교통 강화, 철도교통망 확장 등을 위한 철도투자 증대
  - 유럽의 SERA(Single European Railway Area), 중국의 일대일로(一帶一路: 육상·해상 실크로드) 등 국제적으로 철도교통망과 철도투자의 지속적인 확대 예상
- (O3) 〈경제적 동향〉 국내외 철도 신호시스템의 높은 시장 성장률을 보이고 있으며, 상대적으로 아시아 지역이 성장률이 높음
  - 세계 철도신호통신 시장은'18년 기준 24.1조원에서 23년 27.6조원으로 증가할 것으로 전망[116]
- (O4) 〈경제적 동향〉 영업실적을 보유한 최신의 철도신호시스템 도입을 선호
  - 국내외 신호시스템 도입사례를 볼 때 신/구 시스템 선택이 아닌 항상 최신의 신호시스템 도입을 선호하고 높은 시장 성장률을 보임.
- (O5) 〈사회적 동향〉 고령사회에 따른 무인자동화 확대
  - 저출산 고령화 등 인구구조의 변화에 따라 자율철도 등의 기술도입 확대가 예상
- (O6) 〈기술적 동향〉 첨단 ICT 접목을 통한 새로운 제어패러다임의 도래로 고부가가치 기술 및 시장선점 기회가 발생
  - 자율주행 철도, 완전한 열차중심의 신호체계, Beyond Moving Block 등 첨

115) 출처: UN DESA(2018), "The World's Cities in 2018"자료를 KWs에서 재구성

116) 독일 SCI, "Control command and signaling worldwide market trends(2019)"자료 인용

단 ICT 기반의 새로운 제어패러다임의 도래로 기술의 선점을 통한 시장선점의 적기

(위기: Threat) 외부요인에 따른 위협요인 분석

- **(T1)** 〈R&D 현황〉 유럽연합(EU), 일본, 중국 등 차세대 철도신호분야 지배력 강화를 위해 정부차원의 막대한 연구개발 투자가 진행 중.
  - 유럽연합(EU)의 연구프로젝트 Shfit2Rail[117], 일본 철도종합기술연구소(RTRI)의 Autonomous Train 등 정부차원의 차세대 철도신호기술에 대한 막대한 연구개발 투자가 진행 중.
- **(T2)** 〈정책적 동향〉 산업을 선점하기 위한 선진국 간의 연대강화 및 후발국가(중국)의 추격 강화
  - 유럽연합(EU)는 유럽의 철도선진국 간의 공동 프로젝트로 추진중이며 철도차량, 신호통신, 인프라 등 6개 분야의 혁신 프로젝트를 진행, 중국의 국가차원의 막대한 지원하에 CTCS[118] 개발을 주도한 중국철도과학연구원(CARS)은 물론 학계의 활발한 연구가 진행
- **(T3)** 〈경제적 동향〉 사업 수주방식의 턴키(Turnkey)[119] 입찰방식으로의 변화
  - 턴키 입찰방식의 시장규모는 연간 80억 유로(약 10조 6천억 원, 2021~2023년 기준)규모이며 2023년까지 매년 4.8%의 성장이 예측[120]되므로 철도신호기술 경쟁력은 철도산업 전반에 영향을 미침
- **(T4)** 〈기술적 동향〉 유럽 선진국 중심으로 높은 철도신호 기술력을 보유하고 세계시장을 주도
  - 유럽은 도시철도용 CBTC, 일반 및 고속철도용 ETCS 기술을 주도하고 있으며 운영실적과 노하우를 보유하고 있음.

117) 총 9.7억 유로(약 1조 3천억) 투입 / 5개 혁신과제(차량, 신호, 인프라, IT 서비스, 화물,)와 총괄관리 과제로 구성
118) Chinese Train Control System
119) 노선의 궤도토목, 전력, 신호, 차량 등 철도시스템 전체에 대한 설계부터 시공을 포함하는 입찰방식
120) World rail market study(2018-2023), Unife

- **(T5)** 〈기술적 동향〉 주요 제작사는 이미 상당한 수준의 차세대 신호기술을 확보하고 있음.
  - **(프랑스 Alstom – LoA_1, LoA_2)** 자기회복이 가능한 Autonomous Train을 2023년 운행을 목표로 개발 중, LoA_2 수준의 Train-centric CBTC 개발하여 LMCU에 적용
  - **(독일 DB – LoA_1)** Nokia와 협업을 통해 5G 기반의 자기회복이 가능한 Autonomous Train을 2021년까지 시험 운행을 목표로 개발 중
  - **(스페인 CAF - LoA_3)** 2018년도 Innotrans에 두 대의 트램을 6m 간격으로 유지하면서 주행하는 시연을 선보임.
  - **(일본 Hitachi 그룹 Ansaldo STS – LoA_1)** LoA 1 수준의 자율화를 통해 최종 GOA 4수준의 자동운전을 수행하는 것을 목표로 연구개발을 진행 중
- **(T6)** 〈전문가 인터뷰〉 안전성을 이유로 영업실적을 보유한 국외 신호기업을 선호
  - 운영기관의 경우 실제 영업노선에서 검증이 된 시스템 도입을 선호하기 때문에 영업실적이 없는 국산 개발품보다는 국외 제품을 선호
- **(T7)** 〈전문가 인터뷰〉 국외 시스템의 경우 한 단계 높은 수준의 제품 경쟁력을 보유
  - 운영기관은 유지보수를 이유로 가능한 지상설비가 최소화된 설비를 선호
  - 현재 신분당선 및 인천 2호선에 적용된 Thales CBTC(2세대 RF-CBTC)의 경우 지상의 지역제어기(Zone Controller)와 연동장치가 통합형인데 반해 국산 KRTCS-1(1세대 RF-CBTC)는 별도의 지역제어기와 연동장치가 별도로 존재하여 복잡한 인터페이스 구조를 가짐

■ **(SWOT Matrix)** 메가트랜드, 환경분석과 R&D 역량분석, 전문가 인터뷰 등을 통해 SWOT Matrix를 도출함.

구분	S(Strength)	W(Weakness)
메가 트랜드	[S1] 고령사회에 따른 무인자율화 확대 [S2] 도시양극화 및 기후변화에 따른 철도교통의 이용객 지속적 증가 전망	
R&D 현황	[S3] 2010년 이후 신호시스템 국산화를 위한 정부 R&D로 신호시스템 기술 확보 [S4] 과기부 BIG사업을 통해 열차자율주행 기술에 대한 기초원천기술 확보	[W1] 철도분야 R&D 투자규모가 최근 크게 감소추세 보임 [W2] 국가 차원에서 대규모 장기투자가 어려움
정책적 동향	[S5] 철도망 확대 및 수송분담률 확대 [S6] 정부차원에서 신호시스템 국산화 및 차세대 신호시스템 개발에 대한 강한 의지	
경제적 동향	[S7] 국산신호시스템의 최초 도입(신림선, 동북선) 예정에 따른 적용 노하우 확보와 국산신호시스템 거부감 해소 가능	[W3] 시장규모가 협소하여 자발적인 민간 개발 투자가 어려움(개별 기업이 도전하기에는 리스크가 큼) [W4] 신호시스템 국외 의존도 심화 및 국내 철도신호 기업의 관련 사업 축소
사회적 동향	[S8] 고령사회 및 주 52시간 도입에 따른 무인자동화 확대	[W5] 철도교통 운영적자
기술적 동향	[S9] 세계 최고 수준의 ICT 기술역량과 자체적인 철도신호 및 철도차량제작 기술을 보유	[W7] 철도분야는 그간 추종자 전략적 접근으로 기술수준이 주요 국가 대비 낮음(최고 대비 80%, 4년 격차) [W8] 철도선진국 대비 신호 관련 독자적인 인증역량 및 인프라 부족
전문가 인터뷰		[W6] 철도교통 혼잡 및 불편함

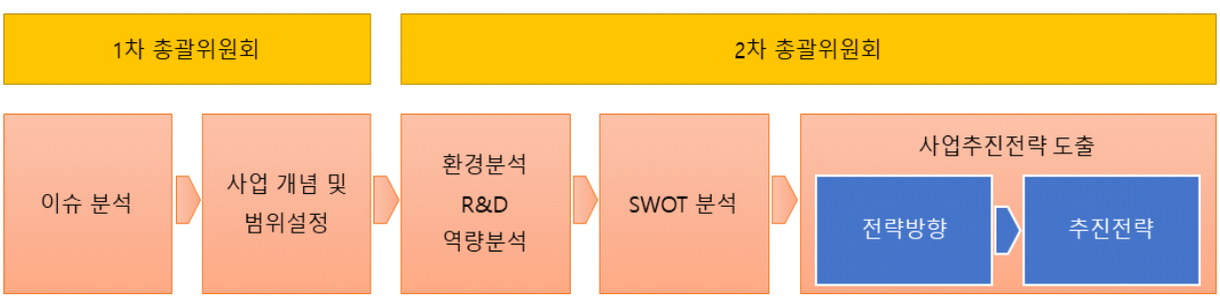
구분	O(Opportunity)	T(Threat)
메가 트랜드	[O1] 도시화, 고령사회 등 지속적으로 높은 수송력 및 유연성 증대와 열차의 지능화가 요구되는 사회적 수요가 증대	
R&D 현황		[T1] 유럽연합(EU), 일본, 중국 등 차세대 철도신호분야 지배력 강화를 위해 정부차원의 막대한 연구개발 투자가 진행 중
정책적 동향	[O2] 대중교통 강화, 철도교통망 확장 등을 위한 철도투자 증대	[T2] 산업을 선점하기 위한 선진국 간의 연대강화 및 후발국가(중국)의 추격 강화
경제적 동향	[O3] 국내외 철도 신호시스템의 높은 시장 성장률을 보이고 있으며, 상대적으로 아시아 지역이 성장률이 높음 [O4] 영업실적을 보유한 최신의 신호시스템 도입을 선호	[T3] 사업 수주방식의 턴키 입찰방식으로의 변화
사회적 동향	[O5] 고령사회에 따른 무인자동화 확대	
기술적 동향	[O6] 첨단 ICT 접목을 통한 새로운 제어 패러다임의 도래로 고부가가치 기술 및 시장선점 기회가 발생	[T4] 유럽 선진국 중심으로 높은 철도신호 기술력을 보유 [T5] 주요 제작사는 이미 상당한 수준의 차세대 신호기술을 확보하고 있음.
전문가 인터뷰		[T6] 안전성을 이유로 영업실적을 보유한 국외 신호기업을 선호 [T7] 국외 시스템의 경우 한 단계 높은 수준의 제품 경쟁력을 보유

2절 사업추진 전략도출

1. 도출방법

■ **(분석방법)** 이슈 분석과 메가트랜드, 환경분석 및 R&D 역량분석을 통해 동 사업(차세대 철도신호 기술개발)에 대한 SWOT 분석을 수행하였으며 분석결과를 토대로 사업 추진전략을 도출

■ **(도출방법)** SWOT 관점의 주요요인을 통해 철도신호 기술개발에 대한 SWOT Matrix를 작성하고 이들을 상호 연관지어 사업추진 전략방향(S-O, S-T, W-O, W-T)과 최종 동 사업 추진전략 도출



[그림 6.2.1] 사업 추진전략 도출절차

2. 전략방향 도출

■ **(전략방향)** SWOT 분석의 결과로부터 동 사업추진을 위한 S-O, S-T, W-O, W-T 전략방향 도출

■ **(S-O 전략)** 세계최고 수준의 ICT 역량, 국산신호시스템을 위한 투자, 향후 국산신호시스템 운영실적 등을 바탕으로 새로운 기회를 확보하기 위한 전략

- **(S2-O2)** 지속적으로 높은 수송력과 운영 효율성을 가지는 철도신호시스템 개

발을 통한 수요대응

- 철도망 확대, 도시 거대화, 기후변화로 인한 친환경 철도 이용객 증가에 따른 높은 수송력과 운영 효율성을 가지는 철도신호시스템에 대한 수요대응

● (S3-O3) 국내 여건 및 요구사항 충족이 가능한 맞춤형 철도신호체계 구축을 목표로 기술개발

- 승객 및 운영 요구사항 충족이 가능한 철도신호시스템의 개발과 표준체계 구축 및 법제화를 통한 시장진출 확대

● (S4-O6) 신규 철도신호기술의 원천기술을 토대로 시장선점이 가능하도록 적기 연구개발 추진

- 차세대 철도신호기술에 대한 원천기술과 첨단 ICT 기술역량을 토대로 새로운 제어패러다임의 기술 및 시장선점을 위한 적기 연구개발 추진

● (S7-O3) 국내 운영 노하우를 기반으로 아시아 및 동남아 등 해외시장(틈새시장) 공략

- 국산 신호시스템의 적용실적에 따른 거부감 해소 및 운영 노하우 확보를 통해 차세대 철도신호시스템의 트렉 레코드 확보와 및 국내외 시장진출의 적극적인 공략

● (S8-O1) 고령화 및 주 52시간 도입 등의 환경변화를 고려하여 완전한 열차 중심의 세계 최고수준의 자율철도 기술개발

- 고령화 및 주 52시간 도입으로 운영자 개입이 최소화된 완전한 열차중심*의 자율철도** 기술개발

* 지상설비가 최소화됨으로써 기존의 신호기계실 및 3교대 인원 등 유지보수자 최소화

** GoA_4의 일반 및 고속철도 확대, 무인자동운전은 물론 관제의 운영자 수동개입의 최소화

● (S9-O1) ICT 기반으로 수송력과 유연한 철도서비스를 충족시킬 수 있는 기술개발

- 세계 최고 수준의 ICT 기술, 철도차량 제작기술 역량을 통해 높은 수송력, 유연성, 지능화된 차세대 철도신호 기술개발

■ **(S-T 전략)** 세계최고 수준의 첨단 ICT 역량, 기초원천기술 등을 활용하여 신호시스템의 높은 해외 의존 및 경쟁상황을 극복하기 위한 전략

● **(S4-T2)** 새로운 제어 패러다임을 선점하기 위한 상용화 기간 단축으로 글로벌 탑 수준의 경쟁우위 확보

- 차세대 철도신호 기초원천기술을 토대로 동 사업을 통한 연구개발 및 트랙레코드 확보로 상용화 실적 확보에 소요되는 기간을 단축함으로써 경쟁우위 확보

● **(S4-T6)** 운영실적에 준하는 트랙레코드 기반으로 안전성, 신뢰성 확보를 통한 국내시장 공략 및 해외기업 의존 탈피

- 운영실적에 준하는 트랙 레코드 기준의 도출과 확보를 통해 국내시장에 적용함으로써 국내시장은 물론 해외 시장진출 가능

● **(S6-T7)** 첨단 ICT 기술기반의 차세대 신호시스템 적기개발을 통해 기술경쟁력 확보

- 새로운 제어패러다임의 차세대 신호시스템의 적기개발을 통해 종전 기술의 제어성능의 한계를 극복할 수 있는 차세대 신호기술의 선점을 통한 글로벌 기술경쟁력 확보

● **(S9-T3)** 첨단 ICT 기술 역량과 철도신호 및 차량기술의 연계개발을 통한 턴키 방식의 사업 수주에 적극 대응

- 첨단 ICT 기술기반의 차세대 철도신호 기술 및 국내 차량제작 기술의 연계를 통해 국내외 턴키 입찰방식에 적극적인 대응

■ **(W-O 전략)** 관련 분야 기술격차, 철도 R&D 투자의 한계를 보완하여 국내외 고부가가치 시장을 창출하기 위한 전략

- **(W1-O6)** 효율적인 R&D 투자 체계를 통해 고부가가치 시장 창출
  - 기존기술 및 기존성과(KRTCS-1, KRTCS-2, KRTCS-3)와의 연계를 통한 R&D 투자 한계를 극복하고 고부가가치 자율주행 철도신호 시장 창출

- **(W2-O2)** 노후 외산 철도신호시스템을 효율적 교체 가능한 중단기적 상용화 기술 확보
  - 신규 철도신호기술을 신규노선은 물론 기존노선 적용을 위해 중단없는 시스템 개량이 가능한 상용화 기술확보

- **(W4-O3)** 기술경쟁력 확보를 통해 국내 시장 활성화 및 국외 시장 진출확대
  - 기술경쟁력 확보를 통해 국내 신규시장 및 기존노선 개량시장 선점과 국외 시장진출 확대

- **(W6-O1)** 차세대 철도신호시스템 개발과 기존선 적용기술 확보를 통해 기존 철도교통 혼잡 및 불편함 개선
  - 차세대 철도신호시스템 개발을 통해 기존 노선의 혼잡 및 불편함을 개선할 수 있도록 중단없는 개량기술 개발

- **(W7-O4)** 새로운 제어패러다임의 철도신호시스템 기술선점과 트랙레코드 확보를 통해 시장선점의 기회확보
  - 늦은 추종자 전략(Slow Follower)의 한계를 극복하기 위해 신규 철도신호기술에 대한 선점과 트랙 레코드 확보를 통해 국내외 시장선점 기회 확보

■ **(W-T 전략)** 협소한 국내시장 상황과 정부투자의 한계를 극복함으로써 철도산업 경쟁력 강화를 위한 전략

- **(W1-T1)** 정부차원의 적기 투자를 통한 차세대 철도신호기술의 선제적 기술확보
  - 투자대비 효과 측면에서 기술의 선점이 이루어질 수 있는 적기 투자와 보유기술의 연계활용 및 기술개발의 선택과 집중을 통해 경쟁력 있는 차세대 철도신호기술 확보

- **(W2-T5)** 정부 투자 확대를 통한 철도산업 생태계 활성화
  - 정부차원의 투자를 기반으로 선제적 기술개발과 표준체계 구축 법제화를 통한 기술경쟁력과 산업경쟁력 확보

- **(W3-T6)** 제작사와 운영사가 참여한 추진체계를 구성하고 단계별 목표 확인을 통해 성과의 적용 가능성을 제고
  - 단계별 목표 확인을 통해 연구개발 추진하고 적용성 향상을 위해 연구개발 단계에서 제작사와 철도 운영사가 참여하도록 추진체계를 구성함으로써 상용화 기술확보

- **(W5-T6)** 안전성이 확보된 차세대 철도신호시스템의 트랙레코드 확보를 통해 운영기관 운영효율성 개선에 기여
  - 기존 외산시스템 적용에 따른 도입비용 및 유지보수비용 발생의 문제점을 차세대 국산 철도신호시스템 적용을 통해 개선

- **(W8-T2)** 새로운 열차제어 시스템에 대한 표준체계 및 인증기술 확보로 경쟁우위 선점
  - 차세대 철도신호시스템의 인증과 관련된 시험기술(test case 개발) 등의 인증 역량과 표준체계 구축 및 법제화, 국내외 표준화 활동을 통해 경쟁우위 선점

[표 6.2.1] SWOT Matrix를 토대로 사업추진 전략방향 도출

「열차간 협력기반 지능형 열차 자율주행 기술개발 사업」 SWOT 분석을 통한 전략방향 도출	O	T
	[O1] 도시화, 고령사회 등, 지속적으로 높은 수송력 및 유연성 증대와 열차의 지능화가 요구되는 사회적 수요가 증대 [O2] 대중교통 강화, 철도교통망 확장 등을 위한 철도투자 증대 [O3] 국내외 철도 신호시스템의 높은 시장 성장률을 보이고 있으며, 상대적으로 아시아 지역이 성장률이 높음 [O4] 영업실적을 보유한 최신의 신호시스템 도입을 선호 [O5] 고령사회에 따른 무인자동화 확대 [O6] 첨단 ICT 접목을 통한 새로운 제어패러다임의 도래로 고부가가치 기술 및 시장 선점 기회가 발생	[T1] 유럽연합(EU), 일본, 중국 등 차세대 철도신호분야 지배력 강화를 위해 정부차원의 막대한 연구개발 투자가 진행 중 [T2] 산업을 선점하기 위한 선진국 간의 연대 강화 및 후발국가(중국)의 추격 강화 [T3] 사업 수주방식의 턴키 입찰방식으로의 변화 [T4] 유럽 선진국 중심으로 높은 철도신호 기술력을 보유 [T5] 주요 제작사는 이미 상당한 수준의 차세대 신호기술을 확보하고 있음. [T6] 안전성을 이유로 영업실적을 보유한 국외 신호기업을 선호 [T7] 국외 시스템의 경우 한 단계 높은 수준의 제품 경쟁력을 보유
S	**S-O 전략방향**	**S-T 전략방향**
[S1] 고령사회에 따른 무인자율화 확대 [S2] 도시양극화 및 기후변화에 따른 철도교통의 이용객 지속적 증가 전망 [S3] 2010년 이후 신호시스템 국산화를 위한 정부 R&D로 신호시스템 기술 확보 [S4] 과기부 BIG사업을 통해 열차자율주행 기술에 대한 기초원천기술 확보 [S5] 철도망 확대 및 수송분담률 확대 [S6] 정부차원에서 신호시스템 국산화 및 차세대 신호시스템 개발에 대한 강한 의지 [S7] 국산신호시스템의 최초 도입(신림선, 동북선) 예정에 따른 적용 노하우 확보와 국산신호시스템 거부감 해소 가능 [S8] 고령사회 및 주 52시간 도입에 따른 무인자동화 확대 [S9] 세계 최고 수준의 ICT 기술역량과 자체적인 철도신호 및 철도차량제작 기술을 보유	[S2-O2] 지속적으로 높은 수송력과 운영 효율성을 가지는 철도신호시스템 수요대응 [S3-O3] 국내 여건 및 요구사항 충족이 가능한 맞춤형 철도신호 체계 구축을 목표로 기술개발 [S4-O6] 신규 철도신호기술의 원천기술를 토대로 시장선점이 가능하도록 적기 연구개발 추진 [S7-O3] 국내 운영 노하우를 기반으로 아시아 및 동남아 등 해외시장(틈새시장) 공략 [S8-O1] 고령화 및 주 52시간 도입 등의 환경변화를 고려하여 완전한 열차 중심의 세계 최고수준의 자율철도 기술개발 [S9-O1] ICT 기반으로 수송력과 유연한 철도서비스를 충족시킬 수 있는 기술개발	[S4-T2] 새로운 제어 패러다임을 선점하기 위한 상용화 기간 단축으로 글로벌 탑 수준의 경쟁우위 확보 [S4-T6] 운영실적에 준하는 트랙레코드 기반으로 안정성, 신뢰성 확보를 통한 국내시장 공략 및 해외기업 의존 탈피 [S6-T7] 첨단 ICT 기술기반의 차세대 신호시스템의 적기 개발을 통해 기술 경쟁력 확보 [S9-T3] 첨단 ICT 기술역량과 철도신호 및 차량기술의 연계개발을 통한 턴키 방식의 사업 수주에 적극 대응
W	**W-O 전략방향**	**W-T 전략방향**
[W1] 철도분야 R&D 투자규모가 최근 크게 감소추세 보임 [W2] 국가 차원에서 대규모 장기투자가 어려움 [W3] 시장규모가 협소하여 자발적인 민간 개발 투자가 어려움(개별 기업이 도전하기에는 리스크가 큼) [W4] 신호시스템 국외 의존도 심화 및 국내 철도신호 기업의 관련 사업 축소 [W5] 철도교통 운영적자 [W6] 철도교통 혼잡 및 불편함 [W7] 철도분야는 그간 추종자 전략적 접근으로 기술수준이 주요 국가 대비 낮음(최고 대비 80%, 4년 격차) [W8] 철도선진국 대비 신호 관련 독자적인 인증역량 및 인프라 부족	[W1-O6] 효율적인 R&D 투자 체계를 확보하여 고부가가치 시장 창출 [W2-O2] 노후 외산 철도신호시스템을 효율적 교체 가능한 중단기적 상용화 기술 확보 [W4-O3] 기술경쟁력 확보를 통해 국내 철도산업의 활성화와 국외 시장 진출확대 [W6-O1] 차세대 철도신호시스템 개발과 기존선 적용기술 확보를 통해 기존 철도교통 혼잡 및 불편함 개선 [W7-O4] 새로운 제어패러다임의 철도신호시스템 기술선점과 트랙레코드 확보를 통해 시장선점의 기회확보	[W1-T1] 정부차원의 적기 투자를 통한 차세대 철도신호기술의 선제적 기술확보 [W2-T5] 정부 투자 확대를 통한 철도 산업 생태계 활성화 [W3-T6] 제작사와 운영사가 참여한 추진체계를 구성하고 단계별 목표 확인을 통해 성과의 적용 가능성을 제고 [W5-T6] 안전성이 확보된 차세대 철도신호시스템의 트랙레코드 확보를 통해 운영기관 운영효율성 개선에 기여 [W8-T2] 새로운 열차제어 시스템에 대한 표준체계 및 인증기술 확보로 경쟁우위 선점

3. 사업 추진전략

■ **(추진전략)** 사업추진을 위한 S-O, S-T, W-O, W-T 전략방향을 토대로 동 사업의 추진전략을 도출

[표 6.2.2] 사업 추진전략

SWOT 전략		사업 추진전략
(S2-O2) 지속적으로 높은 수송력과 운영 효율성을 가지는 철도신호시스템 개발을 통한 수요대응	▶	완전한 열차중심의 자율철도 신호체계 개발로 기술경쟁력 확보
(S6-T7) 첨단 ICT 기술기반의 차세대 신호시스템 적기개발을 통해 기술경쟁력 확보		
(S8-O1) 고령화 및 주 52시간 도입 등의 환경변화를 고려하여 완전한 열차 중심의 세계 최고수준의 자율철도 기술개발		
(S4-O6) 신규 철도신호기술의 원천기술을 토대로 시장선점이 가능하도록 적기 연구개발 추진		
(S9-O1) ICT 기반으로 수송력과 유연한 철도서비스를 충족시킬 수 있는 기술개발		
(W1-T1) 정부차원의 적기 투자를 통한 차세대 철도신호기술의 선제적 기술확보		
(S4-T2) 새로운 제어 패러다임을 선점하기 위한 상용화 기간 단축으로 글로벌 탑 수준의 경쟁우위 확보	▶	트랙레코드 확보를 통한 실용화 발판 마련
(S7-O3) 국내 운영 노하우를 기반으로 아시아 및 동남아 등 해외시장(틈새시장) 공략		
(S4-T6) 운영실적에 준하는 트랙레코드 기반으로 안전성, 신뢰성 확보를 통한 국내시장 공략 및 해외기업 의존 탈피		
(W5-T6) 안전성이 확보된 차세대 철도신호시스템의 트랙레코드 확보를 통해 운영기관 운영효율성 개선에 기여		
(W7-O4) 새로운 제어패러다임의 철도신호시스템 기술선점과 트랙레코드 확보를 통해 시장선점의 기회확보		
(W1-O6) 효율적인 R&D 투자체계를 통해 고부가가치 시장 창출	▶	기존 기술 및 성과와 연계를 통한 신규/개량 노선 적용 등 시장확대
(W2-O2) 노후 외산 철도신호시스템을 효율적 교체 가능한 중단기적 상용화 기술 확보		
(W4-O3) 기술경쟁력 확보를 통해 국내 철도산업의 활성화와 국외 시장 진출확대		
(W6-O1) 차세대 철도신호시스템 개발과 기존선 적용기술 확보를 통해 기존 철도교통 혼잡 및 불편함 개선		
(S9-T3) 첨단 ICT 기술 역량과 철도신호 및 차량기술의 연계개발을 통한 턴키 방식의 사업 수주에 적극 대응		
(S3-O3) 국내 여건 및 요구사항 충족이 가능한 맞춤형 철도신호체계 구축을 목표로 기술개발	▶	단계별 추진을 통한 성과검증과 표준체계 구축 및 법제화를 통해 철도산업 경쟁력 강화
(W3-T6) 제작사와 운영사가 참여한 추진체계를 구성하고, 트랙 레코드 확보를 목표로 사업추진을 통해 성과의 적용 가능성을 제고		
(W2-T5) 정부 투자 확대를 통한 철도산업 생태계 활성화		
(W8-T2) 새로운 열차제어 시스템에 대한 표준체계 및 인증기술 확보로 경쟁우위 선점		

3절 사업추진 분야도출

1. 도출방법

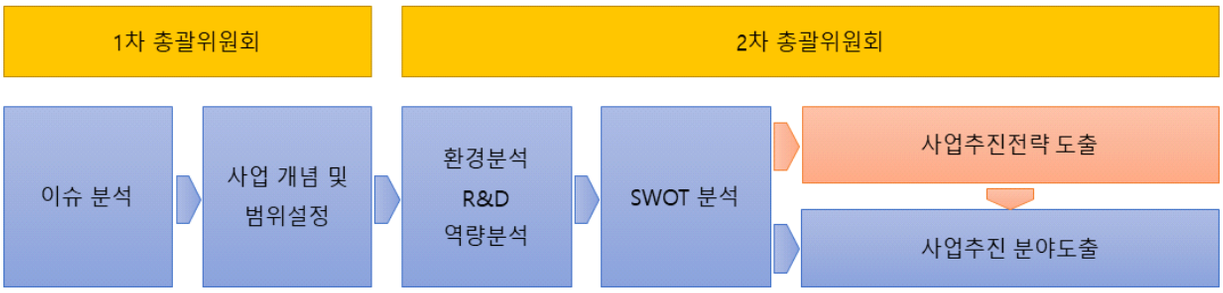
■ **(분석방법)** 이슈 분석과 메가트랜드, 환경분석에서 도출된 기회 및 위협요인과 기술동향 분석에서 도출된 강점 및 약점을 바탕으로 사업추진전략과 사업추진방향 도출

■ **(도출방법)** SWOT 관점의 주요요인을 통해 SWOT Matrix를 작성하고 이들을 상호 연관지어 사업추진전략을 도출하고, 다시 SWOT 분석의 결과와 도출된 사업추진전략을 토대로 자율주행 철도신호기술의 요소인자를 발굴하여 최종 동 사업의 추진분야를 도출

- 성능한계 극복을 위한 기술도출
  - (수송력 한계 극복) 신호시스템 간격제어, 분기제어 분석 및 개선방안 도출
  - (유연성 한계 극복) 열차운영의 유연성 한계분석과 개선방안 도출
  - (신뢰성 한계 극복) 시스템 단순화를 통한 신뢰성 향상방안 도출

- 자동화 범위 및 수준 한계극복을 위한 기술도출
  - (자동화 범위 한계극복) 철도 무인자동화를 일반(고속)철도에 확대하기 위한 기술도출
  - (자동화 수준 한계극복) 관제 운영자 및 기관사 개입이 반드시 필요한 교착상태 해소, 열차의 편성조성 무인자동화에 대한 기술도출

- 실용화 한계 극복을 위한 기술도출
  - 연구개발 이후의 실용화를 위한 트랙 레코드 확보방안 도출



[그림 6.3.1] 사업 중점 추진분야 도출절차

2. 기술경쟁력 확보를 위한 자율주행 철도신호기술 요건(개선방안)분석

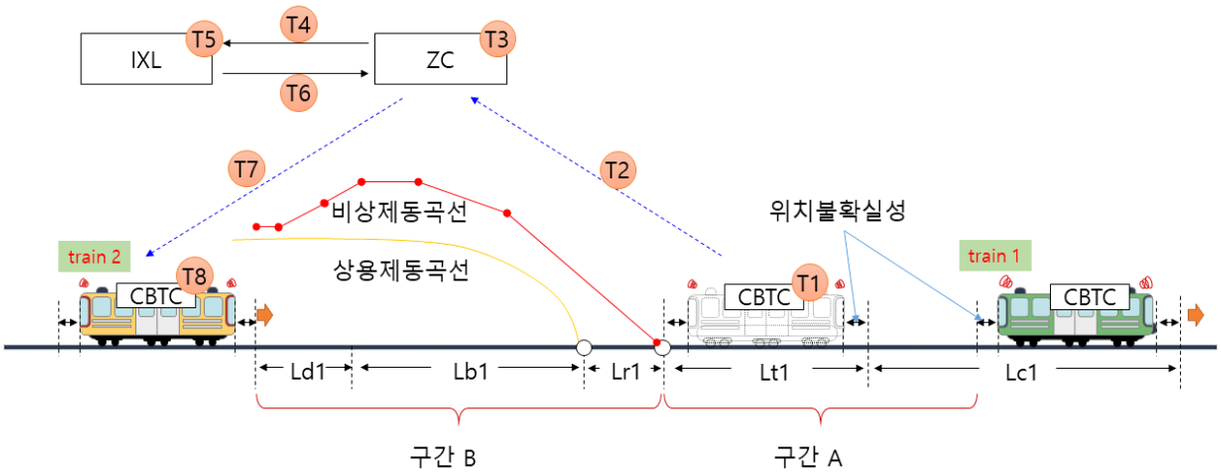
■ **(성능한계 극복)** 기존 열차제어시스템 제어성능(수송력, 운영의 유연성, 신뢰성) 한계 극복을 위한 자율주행 철도신호기술 분석

① 수송력 한계 극복방안

- 선행열차(train1)이 Lt1위치에서 위치(상태)보고 한후 후행열차(train2)가 해당 정보를 지상시스템(ZC, IXL)을 거쳐 수신하여 최악의 제동을 가정하여 속도를 제어하는 구조

- 열차 간격은 ⓐ **(구간 A) 선행열차의 정보가 후행열차에 도달할때까지 선행열차가 주행한 거리(L_{c1})와 ⓑ (구간 B) 후행열차가 인지하고 제동하여 정차할 때까지 주행한 거리($L_{d1}+L_{b1}$)와 안전마진(L_{r1})**으로 구분

  - (L_{d1}) CBTC 차상장치의 반응 지연시간(T_{react}) 동안 주행한 거리
  - (L_{b1}) CBTC 후행열차가 정지시까지 주행한 거리
  - (L_{r1}) CBTC 후행열차가 열차의 최악의 제동조건을 고려하여 추가로 필요한 안전마진(safety margin)
  - (L_{t1}) CBTC 선행열차 위치불확실성(position uncertainty)을 포함한 열차길이
  - (L_{c1}) CBTC 선행열차 위치(상태) 보고 이후 후행열차가 ZC로부터 이동권한(선행열차의 정보를 토대로 생성)을 수신하기 전까지 주행한 거리



[그림 6.3.2] CBTC(ETCS L3)의 간격제어 구조

- **(T1)** 차상장치가 자신의 위치(상태)를 연산하여 값을 출력하는데 소요되는 시간
- **(T2)** 열차와 ZC간 위치(상태)보고 주기
- **(T3)** 열차의 위치(상태) 정보를 토대로 연동장치로의 정보제공을 위해 출력값을 생성하는데 소요되는 시간, 또는 열차의 위치(상태)정보와 진로정보를 토대로 열차의 이동권한을 생성하는데 소요되는 시간
- **(T4)** ZC와 IXL간 정보교환 주기
- **(T5)** IXL이 열차의 진로를 계산하는데 소요되는 시간
- **(T6)** IXL과와 ZC간 정보교환 주기
- **(T7)** ZC와 열차간 이동권한 제공주기
- **(T8)** ZC로부터 수신된 정보를 통해 반응하는데 까지 소요되는 시간

◆ ***(개선방안 1: 제어흐름 단순화(T2T)를 통한 구간 A 단축)*** 종전 CBTC(ETCS L3)의 T1→T2→T3→T4→T5→T6→T3→T7→T8로 이어지는 간격 제어 흐름을 자율주행 철도신호시스템(ATCS)에서는 T1→T2T→T3로 단순화

- **(지상시스템(ZC, IXL) 삭제하여 열차로 흡수)** T1→T2→T3로 제어흐름을 단순화 함으로써 구간 A를 1/2배 이상 단축 가능.

※ $Lc1 = V_{train1} \times (T1 + T2 + 2T3 + T4 + T5 + T6 + T7 + T8),$

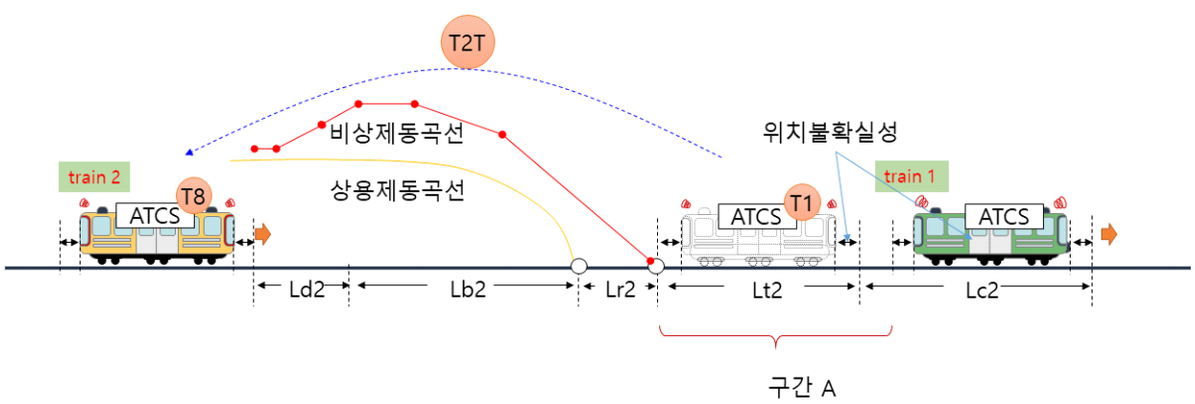
$Lc2 = V_{train1} \times (T1 + T2T + T8)$

$$\begin{cases} T1 \approx T8 \\ T2 \approx T7 \\ T4 \approx T6 \\ T3 \approx T5 \\ T2T < T2 \\ T1 \leq T3 \end{cases}$$,[121]

$Lc1 \approx V_{train1} \times (2T1 + 2T2 + 3T3 + 2T4)$
$\geq (5TI + 2T2 + 2T4),$

$Lc2 < V_{train1} \times (2T1 + T2),$

$\therefore Lc2 < \frac{1}{2} Lc1$



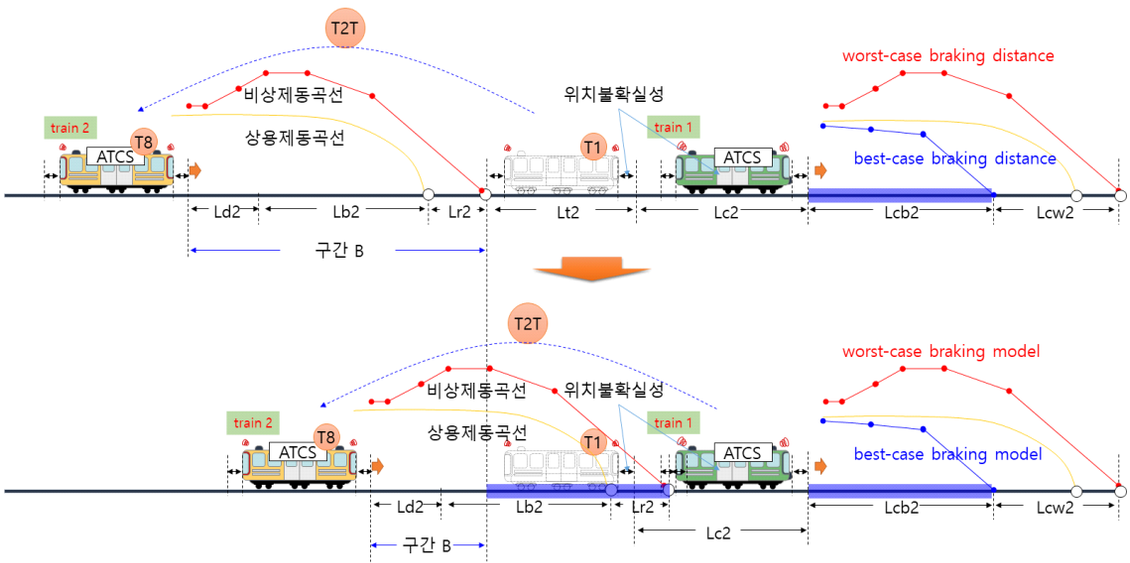
[그림 6.3.3] T2T기반 자율주행 철도신호시스템(ATCS) 간격제어의 구간 A

◆ ***(개선방안 2 : 열차간 상대제동을 이용한 구간 B 단축)*** 열차 간 직접적인 위치(상태)정보를 교환함으로써 선행열차(train 1)가 필연적으로 가지는 제동거리(best braking model)를 이용하여 제동거리 단축

- **(상대제동(beyond moving block) 이용)** 자율주행 철도신호시스템(ATCS) 열차는 worst-case braking distance과 함께 best-case braking distace (Lcb2)를 함께 계산하여 후행열차에게 전송

121) IEEE 1474-1, Annex C- Typical CBTC parameters

- 후행열차는 자신의 정차시까지 필요한 제동거리(Ld2+Lb2)와 마진(Lr2)에 선행열차의 Lcb2 만큼 간격을 좁힐 수 있음.
- 구간 B는 $Ld2 + Lb2 + Lr2 - Lcb2$로 단축 가능, 단 $Ld1 = Ld2$, $Lb1 = Lb2$, $Lr1 = Lr2$

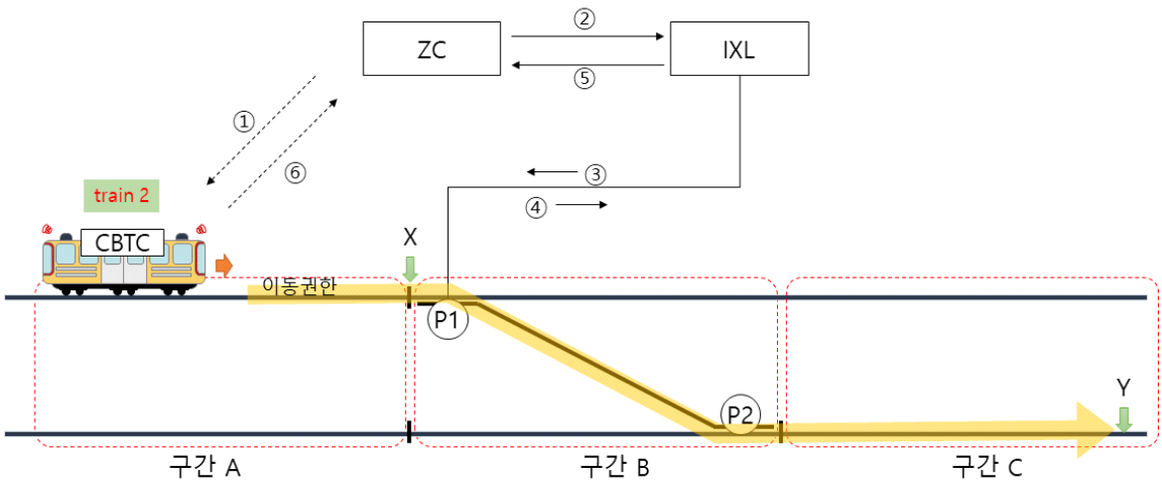


[그림 6.3.4] T2T기반 자율주행 철도신호시스템(ATCS) 간격제어의 구간 B

② 수송력 한계 극복방안

- 현재 X 지점까지 이동권한을 가진 열차(train 2)가 구간 A, B, C를 지나 Y지점 위치까지 주행하는 경우 다음과 같은 절차를 가짐
  - (①) 열차는 ZC로 자신의 위치를 전송
  - (②) ZC는 IXL로 열차의 위치를 포함한 정보를 제공
  - (③) IXL은 구간 B에 어떠한 열차도 존재하지 않음을 확인한 후에 선로전환기(P1, P2) 전환(정위→반위)을 명령
  - (④) IXL은 선로전환이 무결하게 수행되었음을 확인
  - (⑤) IXL은 ZC로 열차의 진로(route)정보를 제공
  - (⑥) ZC는 진로를 반영한 새로운 이동권한 한계(Y)를 열차에 제공*

* 열차는 ZC로부터 새로운 이동권한 한계(Y)를 수신하지만 선로전환기(P1, P2)의 존재여부와 전환방향(정위, 반위)에 대해서는 알지 못하는 구조임.

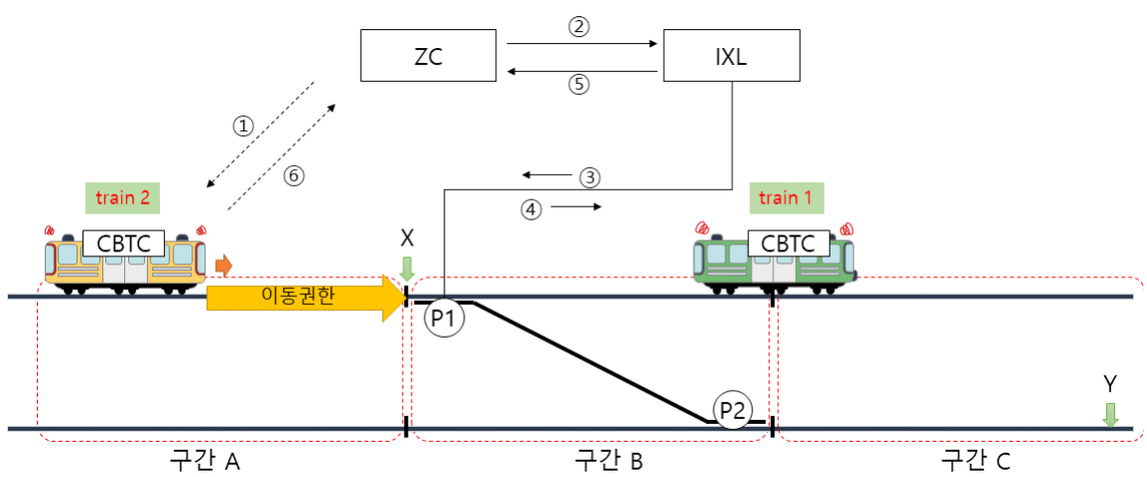


[그림 6.3.5] CBTC(ETCS L3)의 분기제어 구조(1)

- IXL은 구간 B에 어디에도 열차가 존재하지 않는 경우에 한하여 선로분기구간 진입을 허용하기 때문에 선로분기구간에 대한 분배효율이 저하*

* CBTC(ETCS L3)의 이동폐색 신호시스템 역시 분기구간에는 IXL의 고정폐색 기반 연동논리 사용하기 때문에 고정된 분기구간(구간 B)에 열차가 존재하지 않아야 함.

  - 선행열차(train 1)이 구간 B에 존재하는 경우 IXL은 진로를 생성하지 못하며 선행열차의 후미부가 완전히 구간 B를 지나야 비로소 진로생성과 이동권한 갱신이 가능

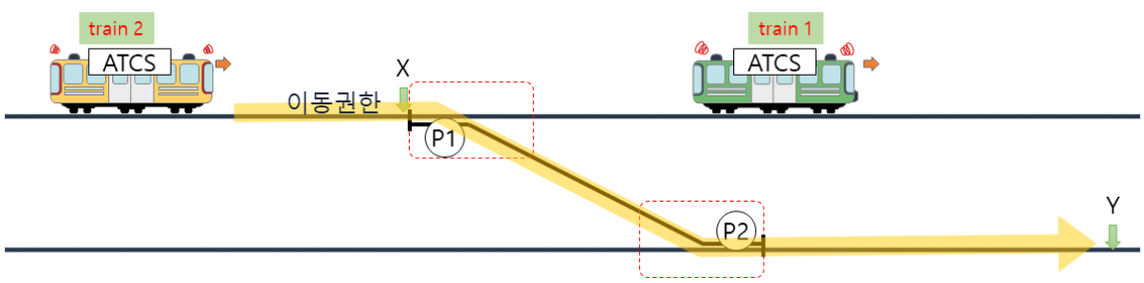


[그림 6.3.6] CBTC(ETCS L3)의 분기제어 구조(2)

◆ ***(개선방안 3: IXL의 연동논리를 단순화하여 ZC와 통합)*** IXL의 연동논리를 경로제어(switching)와 간격제어(분기구간 내에 열차가 없어야 함)를 ZC

의 이동권한과 열차방호 기능에 통합

- **(새로운 분기구간 설계)** 선로전환으로 인해 필요한 최소한의 세마포어 영역(반드시 한 대의 열차만 존재해야 하는 구간) 설계
- **(IXL과 ZC 기능 통합)** 경로제어는 최소 세마포어 영역에 대한 자원배분, 간격제어는 선로구간에 대한 배분으로 볼수 있으며 ZC의 이동권한 생성에 반영
- ATCS 열차는 새로운 이동권한 한계(Y)로 신속하게 주행가능



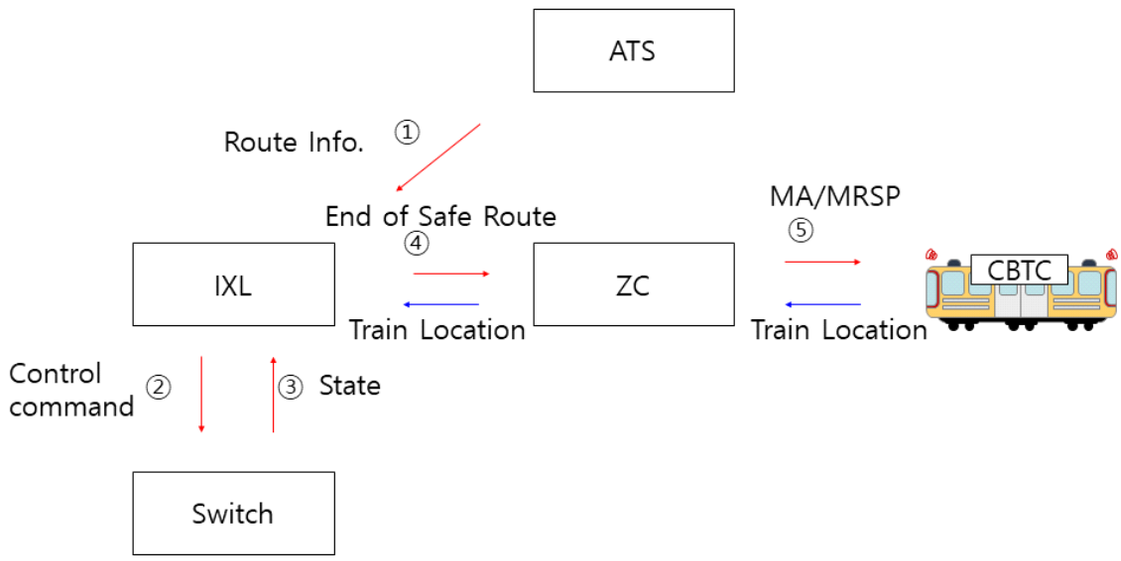
[그림 6.3.7] T2T기반 자율주행 철도신호시스템(ATCS) 분기제어

③ 운영의 유연성 한계극복 방안(유동적인 열차제어 한계 극복방안)

- 열차의 주행에 필요한 선로구간을 배타적(두 대 이상 열차가 동시에 같은 선로구간을 공유하지 못하도록)으로 분배하는 역할을 관할영역(Zone)*마다 존재하는 지상시스템(IXL, ZC)가 수행

* 하나의 노선은 보통 하나 이상의 관할영역(Zone)으로 구성되며 관할영역마다 지상시스템 ZC와 IXL이 존재

- **(①)** 관제 ATS는 IXL로 해당 열차의 운행번호에 맞는 진로정보를 전송
- **(②)** IXL은 진로구성에 필요한 선로전환기 전환을 명령
- **(③)** IXL 선로전환이 무결하게 수행되었음을 확인
- **(④)** ZC는 진로정보를 수신
- **(⑤)** ZC는 진로정보를 반영한 새로운 이동권한(MA)을 열차에 제공



[그림 6.3.8] CBTC(ETCS L3)의 간격/분기제어 구조

- 간격제어 ZC는 분기제어 IXL위에 추가된 계층으로 ZC와 IXL간에는 별도의 동기화가 필요한 구조(ZC는 해당 열차의 올바른 분기방향을 알지 못함)

- 정해진 운행계획이 변경된 경우 IXL의 새로운 진로계획과 연동로직 개발이 요구되거나 IXL과 ZC의 동기화를 맞추는 작업이 필요*

* 서울-부산 열차의 운행계획이 서울-목표로 변경된 경우 해당 열차의 선로분기 방향(IXL 담당)을 비롯한 정차역 정보(IXL, ZC 담당)가 함께 변경되어야 하며 열차의 운행번호에 의해 관제 운영자에 의해 관리됨.

◆ ***(개선방안 4: IXL과 ZC를 통합하여 열차에서 수행)*** IXL의 기능을 ZC로 통합하여 열차의 차상장치에서 수행함으로써 유연한 열차운영 가능

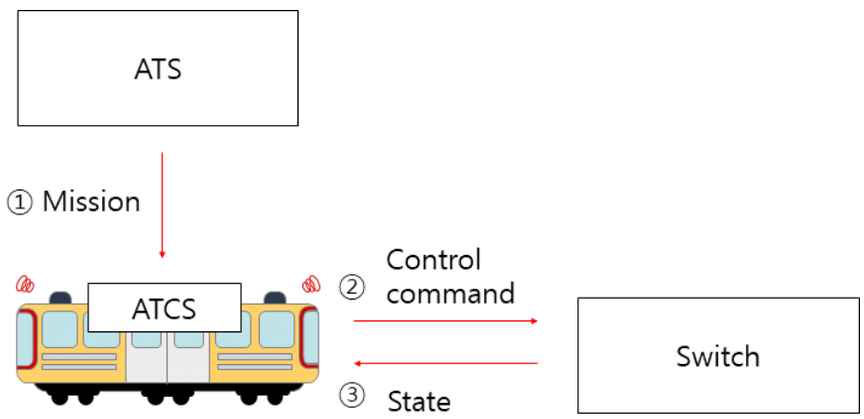
- 열차는 자신의 주행에 필요한 간격제어와 선로의 분기방향을 직접 제어함으로써 별도의 동기화가 불필요*

* 서울-부산 열차의 운행계획이 서울-목포로 변경된 경우 해당 미션을 열차에게 전송하면 열차는 스스로 서울-목포에 해당하는 선로전환 방향을 제어하고 선행열차와의 안전한 간격을 제어하면서 정차역에 정차가 가능함.

- 단순히 관제 ATS로부터의 미션(mission) 정보 변경만으로 열차운행 계획이 변경 가능하므로 운행상황에 따라 탄력적이고 유연한 열차 운영이 가능

  - (①) 관제 ATS로부터 자신의 운행번호에 해당하는 운행정보를 수신

- (②) 열차는 자신의 분기방향에 해당하는 선로전환기 전환을 명령
- (③) 열차는 선로전환이 무결하게 수행되었음을 확인하고 자신의 이동권한을 새롭게 갱신



[그림 6.3.9] T2T기반 자율주행 철도신호시스템(ATCS) 간격/분기제어 구조

④ 운영의 유연성 한계극복 방안(처리용량/노선확장 한계 극복방안)

- 기존 CBTC(ETCS L3)의 경우 관할영역을 담당하는 ZC, IXL 등의 지상제어시스템이 관할 영역의 모든 열차를 관리하게 되므로 일정 수의 투입열차 이상에서는 처리용량에 한계가 발생*

* IEEE 1474-1, Annex C- Typical CBTC parameters에서 지상 ZC(ATP) 최대 처리용량을 10에서 40편성으로 규정하였으며 이를 초과시 지상 ATP를 증설하여야 함

◆ ***(개선방안 5: 지상의 ZC, IXL 기능을 열차가 수행)*** 관할영역내에 모든 열차의 정보를 토대로 진로와 이동권한을 제공하는 중앙서버와 같은 지상제어시스템을 삭제함으로써 처리용량 한계 극복가능

- 노선의 모든 열차는 서로간 합의를 통해 자신의 주행에 필요한 분기방향을 포함한 경로를 설정하고 이동권한 한계를 스스로 계산하고 필요한 선로자원을 확보하도록 개발
- 또한 노선의 확장 또는 변경시 지상제어시스템 변경없이 열차의 mission을 변경함으로써 유연성의 한계 극복이 가능

⑤ 운영의 유연성 한계극복 방안(편성조성 한계 극복방안)

- 기존 CBTC(ETCS L3)의 경우 두 대의 열차를 물리적 결합을 충돌로 인식하여 열차의 접근을 사전에 차단하여 방호(protection)함
- 현재 열차의 분리결합은 신호시스템의 방호없이 운영자(기관사, 역무원, 관제운영자)의 음성통신과 수신호에 의해 수행되며 직선 노선에서 정차 중 결합과 분리만 가능
- 따라서 공간적, 시간적(소요시간, 사고발생) 제약이 발생함에 따라의 문제를 가짐에 따라 극히 제한된 상황에서만 활용

◆ ***(개선방안 6: 주행 중 자유로운 분리결합)*** 열차의 주행 중 고도화된 무선통신기술과 제어기술을 이용하여 가상의 연결기를 통한 자유로운 분리결합으로 운영 유연성 한계 극복이 가능

- 물리적 결합과 달리 노선 선형과 관계없이 분리결합이 가능
- 신호시스템이 편성조성을 감시하고 수행하며 의도치 않은 상황에 대해 방호할 수 있어 안전하고 신속한 분리결합이 가능.

⑥ 신뢰성(안전성) 한계극복 방안

- 기존 CBTC(ETCS L3)의 경우 관할영역마다 지상제어시스템(ZC, IXL)이 존재하며 시스템 고장에 대한 평균 확률/발생률[122]을 고려할 때 시스템의 고장(위험측 고장*)에 따른 시스템 신뢰성(안전성) 한계가 발생

* 시스템 위험측 고장률(λ^d)은 위험측 고장계수(μ)과 시스템 고장률(λ)로 표현, $\lambda^d = \mu \times \lambda$

◆ ***(개선방안 7: 지상의 ZC, IXL 삭제를 통한 시스템 단순화)*** 관할영역마다 존재하는 지상제어시스템을 삭제함으로써 신뢰성(안전성) 향상가능

- CBTC(ETCS L3)의 $MTTF_{CBTC}$*와 자율주행 철도신호의 $MTTF_{ATCS}$**를 비교

122) EN 50126 : RAILWAY APPLICATIONS - THE SPECIFICATION AND DEMONSTRATION OF RELIABILITY, AVAILABILITY, MAINTAINABILITY AND SAFETY (RAMS)

할 때 신뢰도 향상***이 가능

* CBTC(ETCS L3)의 관할영역(zone) 수를 n개, 열차의 차상장치의 수를 k라 할 때 $MTTF_{CBTC}$는 $1/(2n\lambda^d + k\lambda^d)$로 표현할 수 있음(단 장치별 고장률은 모두 동일하다고 가정)

** 열차의 수가 동일 한 경우 자율주행 철도신호 차상장치의 수를 k라 할 때 $MTTF_{ATCS}$는 $1/k\lambda^d$로 표현할 수 있음

*** 신뢰도 r을 $MTTF_{ATCS}/MTTF_{CBTC}$라 표현하면 $1+2n/k$이며 $n \geq 1$, $k \geq 1$이므로 CBTC (ETCS L3) 대비 $2n/k$배 만큼의 향상이 가능함.

예시 1) 신분당선 CBTC
- 관할영역(zone)의 수 n = 3
- 열차(차상장치)의 수 k = 20
- 신뢰도 r = $MTTF_{ATCS}/MTTF_{CBTC}$ = 1.3

→ 자율주행 철도신호 ATCS는 기존 CBTC에 비해 약 30% 신뢰도 향상 가능

예시 2) 인천 2호선 CBTC
- 관할영역(zone)의 수 n = 3
- 열차(차상장치)의 수 k = 37
- 신뢰도 r = $MTTF_{ATCS}/MTTF_{CBTC}$ = 1.16

→ 자율주행 철도신호 ATCS는 기존 CBTC에 비해 약 16% 신뢰도 향상 가능

■ **(지능화(자동화)한계 극복)** 기존 철도신호시스템 자동화 적용범위 및 수준 한계 극복을 위한 자율주행 철도신호기술 분석

① 자동화(GoA_4) 적용범위 한계 극복방안(단거리→장거리)

- 현재까지 CBTC(ETCS L3)를 포함한 지상 중심의 철도신호는 지능이 지상시스템에 있으므로 무인자동화(GoA_4 수준)를 현재 제한된 도시철도구간에서 벗어나 일반 및 고속철도로 확대하는 것이 불가능함.

  - **(시스템 오류 발생시 기관사 투입 불가피)** 위치계산 오류* 등의 시스템 오류 발생, 일시적 통신 두절** 등의 오류상황 발생시 열차스스로 회복이 불가능한 구조

  * 계산된 위치오차가 ±5m 이상인 경우 비상제동을 체결, 기관사가 수동으로 열차의 위치를

초기화시켜야 함.

** 일시적 통신두절로 인하여 정해진 횟수(KRTCS-1의 경우 연속 10회) 이상 데이터 송수신이 불가한 경우 열차는 비상제동이 체결, 운영자가 이를 확인하고 비상제동을 해제시켜야 함.

◆ ***(개선방안 8: 열차 스스로 주행가능한 상태로 회복)*** 운행 중 시스템의 일시적 오류 발생시 열차 스스로 주행가능한 상태로 회복함으로써 도시철도를 넘어 장거리의 일반 및 고속철도 무인자동화(GoA_4) 가능

- 시스템 일시적 오류 발생시 열차는 운영자의 어떠한 개입 없이 스스로 안전하게 자신의 위치와 주행 방향을 초기화하고 이전의 주행가능한 상태로 회복함

◆ ***(개선방안 9: 시스템 고장시 원격의 관제에서 열차를 주행)*** 운행 중 시스템 오류 또는 고장상태가 발생한 경우 원격의 관제에서 열차를 수동조작함으로써 장거리 무인자동화 적용이 가능

- 신호시스템의 고장으로 인해 1계, 2계 모두 운행이 불가능한 경우 원격의 관제에서 열차에 무선으로 접속하여 원격리셋(시스템 재부팅) 하거나 원격주행을 수행
- 원격의 관제에서 열차의 전방을 확인할 수 있어야 함.
- 장거리 주행시에도 현장에 운영자 투입이 불필요함으로써 GoA_4의 확대적용 가능

② 자동화(GoA_4) 수준 한계 극복방안(자동화→자율화)

- 현재 무인자동화 수준(GoA_4)의 한계는 결국 CBTC(ETCS L3)를 포함한 지상중심 철도신호체계에서 열차가 가지는 지능의 수준에서 비롯

  - **(열차의 지능화 한계에 따른 자동화 한계)** 기존 열차제어시스템의 지능은 지상시스템에 있으며 열차는 지상시스템의 명령에 제어되고 스스로 판단하지 않기 때문에 자동화 수준의 한계 발생

◆ ***(개선방안 10: 지능형 열차 간 합의를 통해 자동화에서 자율화 추구)*** 열차가

스스로 인지하고 판단하며 열차 간 합의를 통해 교착상태 해소, 열차의 편성조성 등 종전의 신호시스템에서는 관제 운영자 및 기관사 개입이 반드시 필요한 기능에 대한 무인자동화 가능

- 자율주행 철도신호는 스스로 인지하고 판단하여 열차의 안전한 주행이 가능하며 유연한 운영을 위한 편성조성과 열차 간 교착상태의 해소와 같은 높은 수준의 무인자동화 달성 가능

  - **(열차 스스로 안전한 주행)** 열차가 주행에 필요한 선로구간(자원)을 계산하고 배타적(타 열차와 합의하여 선로자원의 중첩 없이 소유)으로 소유하며 자신이 소유한 선로자원을 제어하는 기능을 가져야 함.

  - **(열차 스스로 편성조성)** 열차 스스로 편성조성을 위해서는 두 편성간의 긴밀한 합의를 통해 결합하는 두 열차의 배타적으로 소유된 선로자원을 공유하고 열차의 내부 정보를 교환하는 기능을 가져야 함.

  - (열차 간 교착상태 해결) 열차 스스로 경합을 예측하고 사고/고장 상황의 대처와 교착상태 발생시 열차 간 합의에 기반하여 선로자원의 우선순위에 따른 직접적인 양도를 통해 해결하는 기능을 가져야 함.

- 자율주행 철도신호는 운영자를 적극적 개입자의 역할에서 감시자의 역할로 전환함으로써 궁극적으로 서비스 중단상황을 줄이고, 사고/고장 상황을 보다 효율적으로 대처하며, 선로변 장치 zero化를 통해 설비구축이 쉬우며 이례적 상황에서의 안전성을 향상시키는 것을 목표로 함.

3. 실용화 한계 극복을 위한 요건(개선방안)분석

■ **(실용화 한계 극복)** 신규 자율주행 철도신호시스템 연구개발 이후 국내외 실용를 위해 필요한 요건분석

① 실용화 실적 확보 극복방안

- 연구개발을 완료한 신규 철도신호시스템이 실용화를 위해서는 실용화 실적이 요구되는 모순적인 상황이 발생하여 실용화에 한계 발생

◆ ***(개선방안 11: 실용화 실적에 준하는 트랙레코드 확보)*** 실용화 실적 요건을 계량화하여 트랙 레코드 기준을 도출하고 시범운영을 통해 트랙 레코드 기준을 충족함을 확인

- **(전문가 협의체 구성)** 국토교통부 주관으로 철도 운영기관, 감리 인증기관, 전문기관 및 민간 전문가로 구성하여 연구개발 사업에 TF 형태로 참여
- **(트랙 레코드 기준도출 및 확인)** 전문가 협의체는 상용화 실적요건을 계량화하여 시스템 사양서 및 테스트 베드 구축 및 시험사양, 시범운영 조건에 반영하고 최종 트랙 레코드 기준을 충족함을 확인

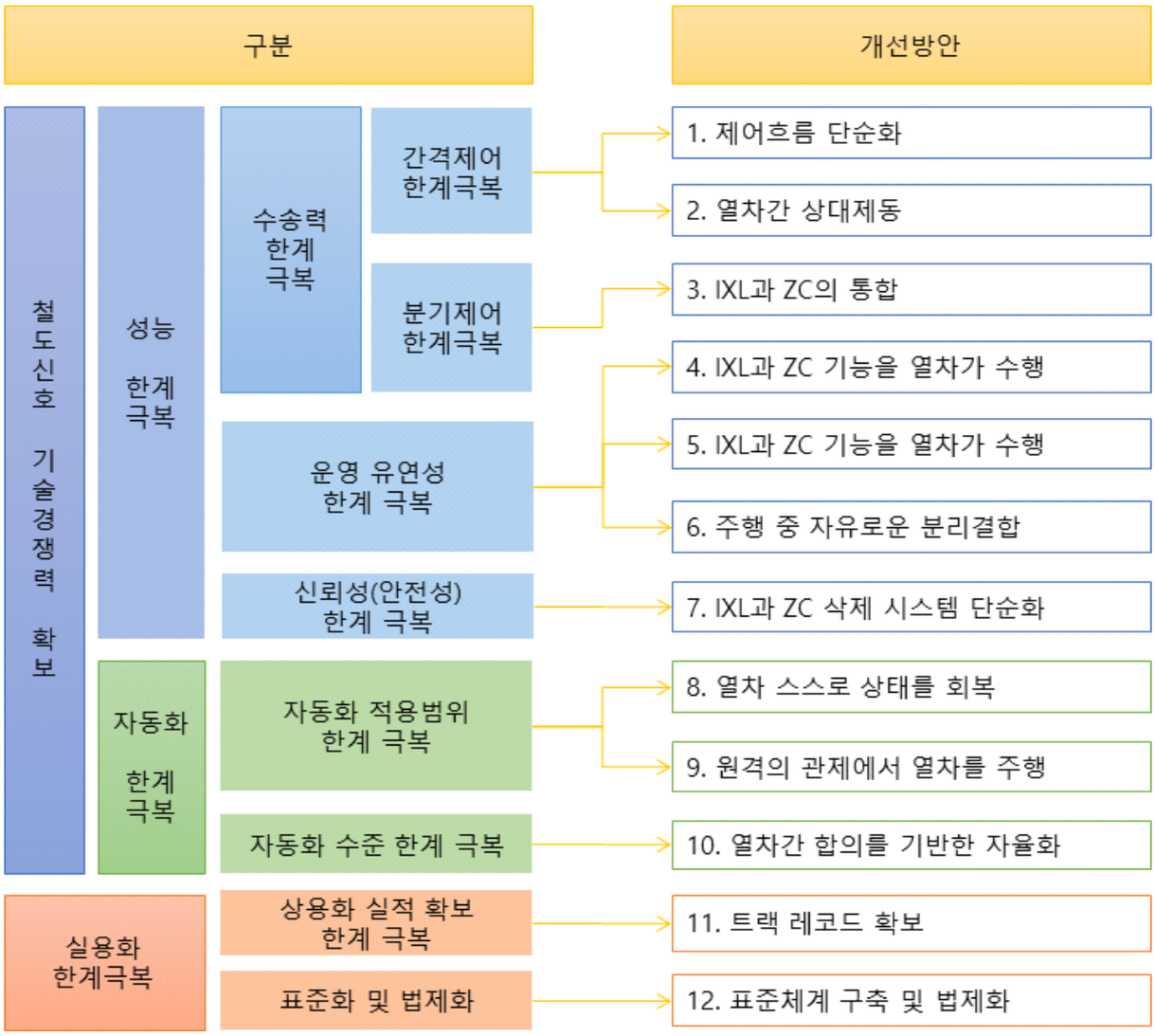
② 시스템 표준화 및 법제화

- 신규 철도 및 통신시스템 실용화를 위한 표준화 및 법제화 추진

◆ ***(개선방안 12: 실용화에 필요한 표준체계 구축 및 법제화 추진)*** 실용화를 위해서 철도신호 및 통신 표준체계 구축이과 자율주행 철도신호시스템 적용에 필요한 법규제 측면에서의 검토와 법제화 추진이 필요.

- **(표준체계 구축)** 자율주행 철도신호시스템에 대한 철도표준규격(KRS[123]) 제정과 통신시스템에 대한 표준규격(TTA[124]) 제정, 세계시장 진출을 위해 국제표준기구(3GPP[125]) 활동을 통한 등록 추진
- **(법제화 추진)** 자율주행 철도신호시스템 적용을 위해 시스템 규격과 트랙레코드 기준 등을 철도교통관제 운영규정, 철도용품 기술기준, 철도시설기술기준, 철도차량 기술기준에 반영 추진

123) Korean Railway Standards
124) Telecommunication Technology Association
125) 3rd Generation Partnership Project



[그림 6.3.10] 철도신호 기술경쟁력 확보 및 실용화 한계 극복을 위한 개선방안

4. 적용범위 및 대상선정

■ 도시철도 자율주행 철도신호 적용범위 및 대상검토

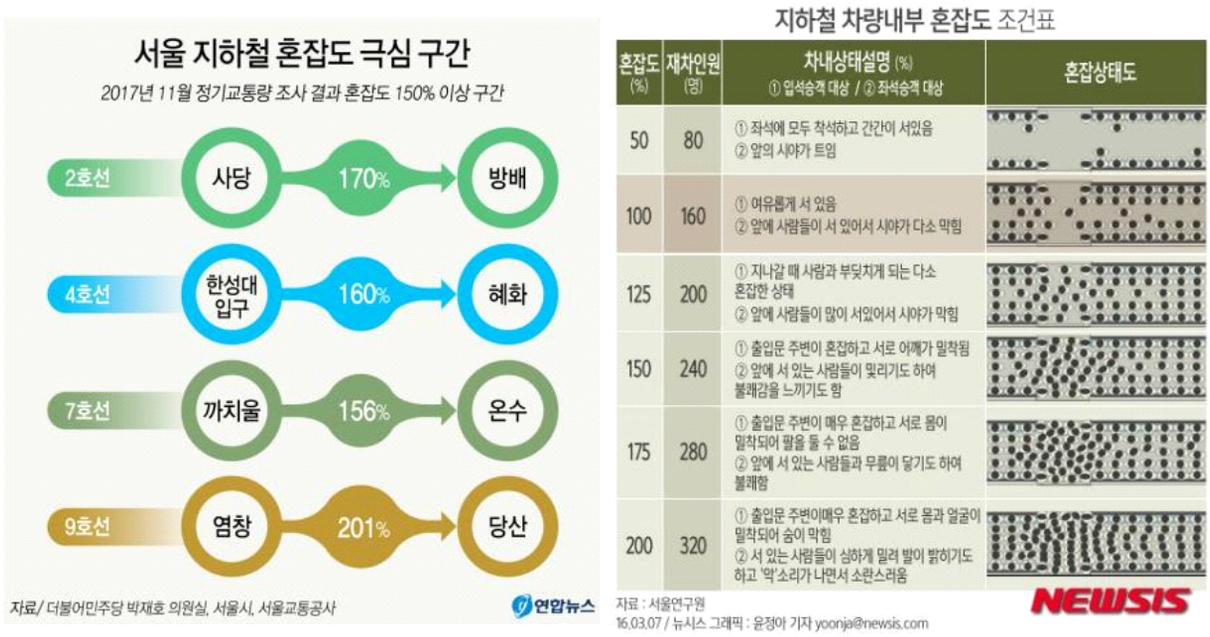
● 도시철도 성능한계 극복

① **(수송력 한계극복)** 도시철도는 열차의 승차정원이 정해진 것이 아니므로 수송력 부족으로 인해 차량 내 혼잡도 발생(9호선의 경우 200% 초과)*,**

* 대국민 설문조사 결과(2장 참조)에서도 가장 시급하게 해결해야 할 철도 분야 문제 및 이슈로

'출·퇴근 시간 철도 혼잡해소'를 선택

** 승객이 체감하는 노선별·구간별 혼잡도는 운영기관에서 발표하는 혼잡도 보다 약 25%~75% 상회, 승객이 허용할 수 있는 최대 혼잡도는 125%임[126)]



[그림 6.3.11] 서울 지하철 혼잡도 극심구간

◆ **(자율주행 철도신호를 통한 수송력 한계극복)** 열차간 직접적인 정보공유를 기반으로 운전시격 단축을 통한 도시철도 차량 내 혼잡해소

- T2T 기반의 자율주행 철도신호는 기존 도시철도용 CBTC 대비 약 30% 높은 수송력[127)]을 제공 가능

- 9호선 운전시격 150초(운영지연 포함 180초) 대비 60초(운영지연 포함 90초) 수준으로 단축하여 혼잡도 200%를 100% 수준으로 저감가능

☞ 자율주행 철도신호시스템 개발을 통해 도시철도 수송력 한계에 따른 차량내 혼잡도 문제 극복가능

② **(유연성 한계극복)** 非러시아워* 및 분기노선**의 경우 승객 대기시간이 2배 증가, 특히 지선의 경우 대기시간이 최장 1시간까지 발생하여 이용의 불편함

126) 서울연구원(2016), "서울시 지하철의 혼잡비용 산정과 정책적 활용방안"

127) https://www.alstom.com/our-solutions/signalling/urbalis-cbtc-range-future-signalling-systems

초래

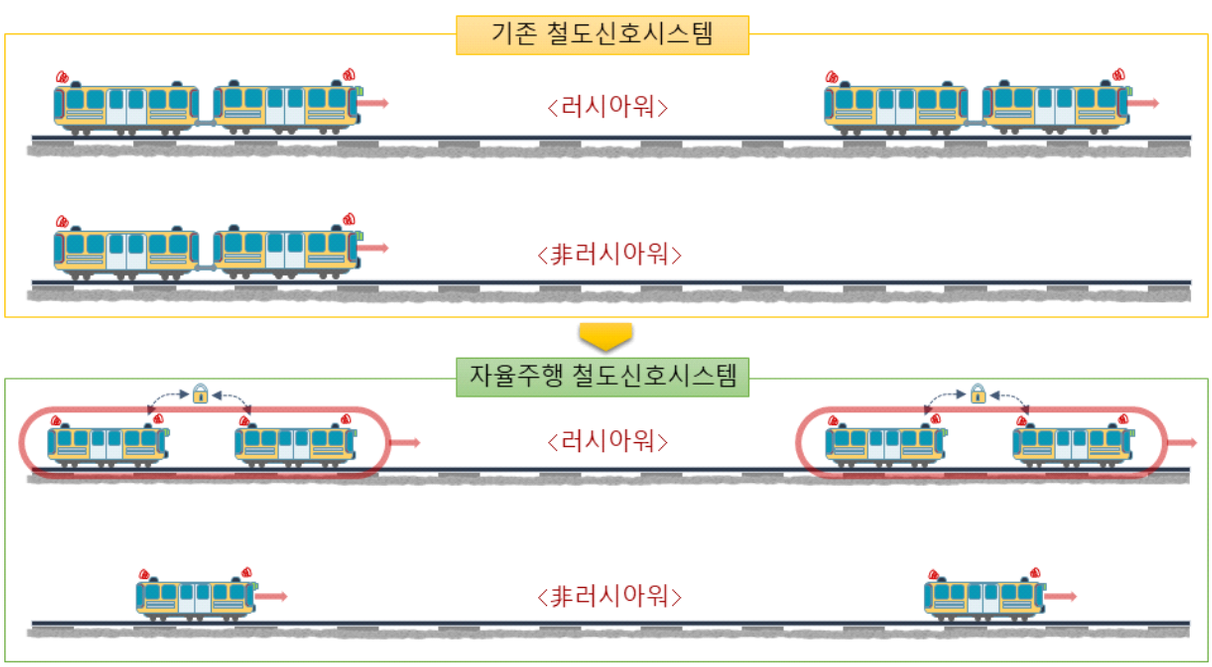
* 서울 지하철 1호선~9호선의 러시아워(8시~9시) 대기시간은 평균 약 3분 12초인 반면, 非러시아워(13시~14시) 대기시간은 평균 6분 7초로 러시아워의 2배임.

** 분기노선의 경우 분기 전의 승객 대기시간과 비교할 때 2배로 증가하여 수송서비스가 저하, 특히 1호선 지선 구간인 광명-영등포 구간은 시간당 열차공급이 1편성에 불과하므로 열차 이용에 막대한 불편함을 초래

◆ **(자율주행 철도신호를 통한 유연성 한계극복)** 주행 중 자유로운 열차간 결합과 분리를 통한 철도운영의 유연성 한계극복

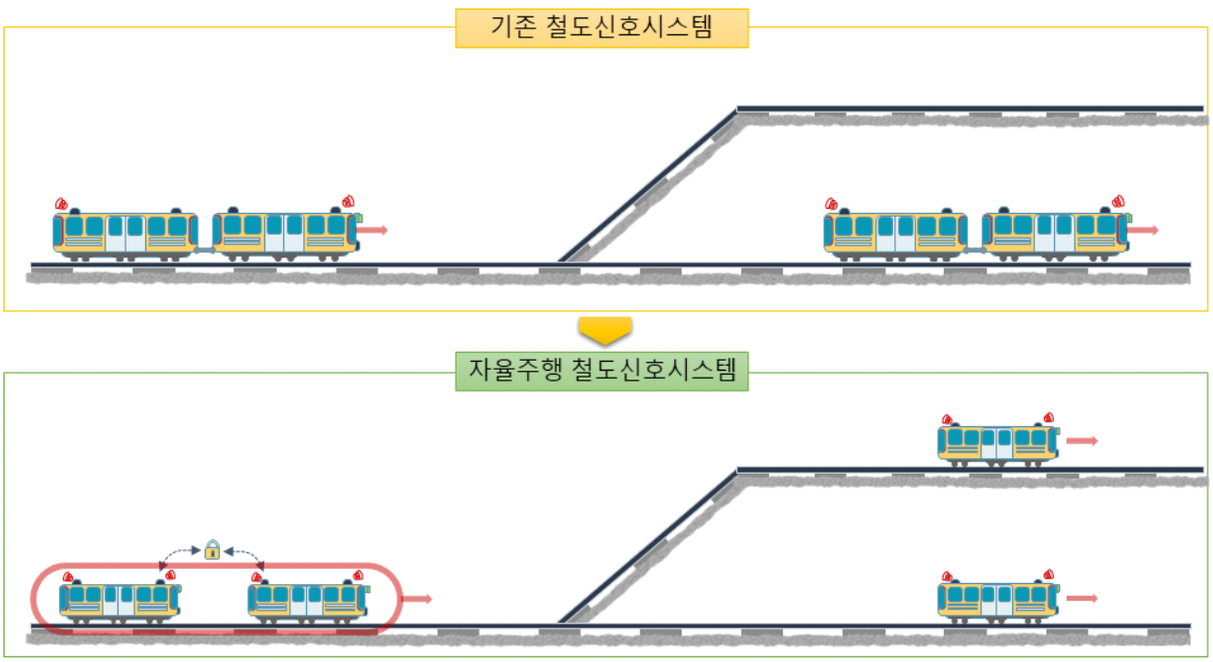
- T2T 기반의 자율주행 철도신호는 영업 운영 중 자유로운 열차의 분리결합이 가능하며 분리결합시간과 오류 zero化 가능

☞ **(러시아워/非러시아워 열차운영)** 非러시아워의 경우 두 편성의 열차로 분리하여 운행함으로써 승객 대기시간을 50% 단축 가능



[그림 6.3.12] 시간대별 유연한 열차 운영

☞ **(분기노선 열차운영)** 본선열차가 두 편성의 열차로 분리하여 운영함으로써 지선의 승객 대기시간을 본선과 동일하게 유지 가능



[그림 6.3.13] 분기노선 유연한 열차 운영

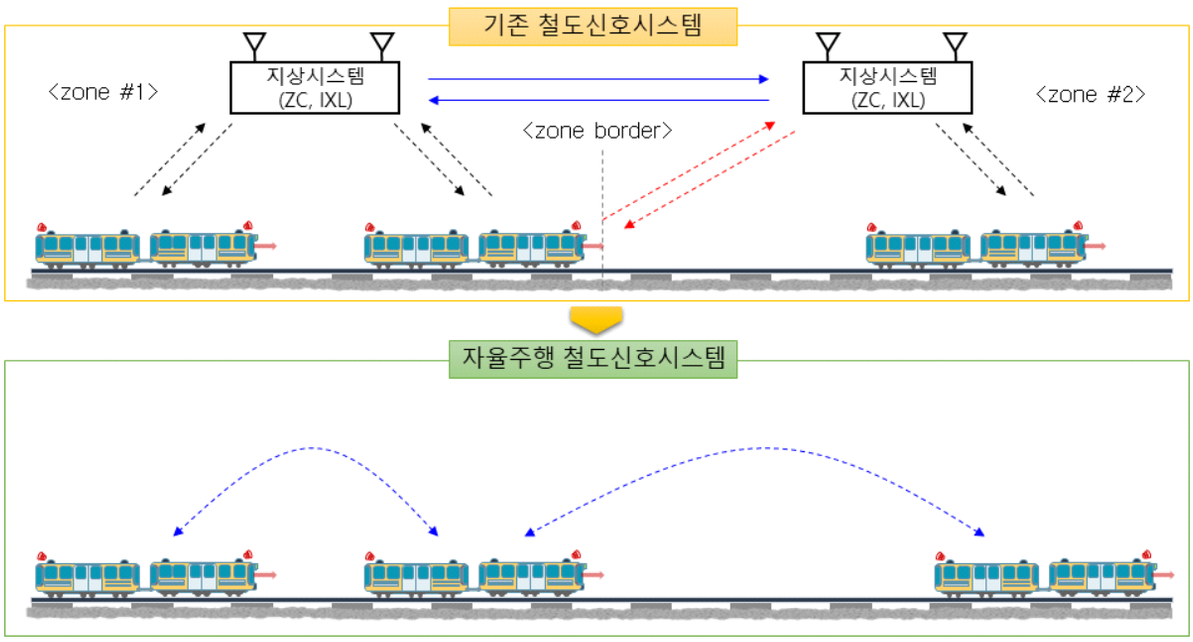
③ **(신뢰성/유지관리 한계극복)** 관할영역(zone)마다 지상제어시스템(ZC, IXL)이 존재*하므로 유지관리의 어려움**과 신뢰도 유지에 막대한 비용(개발 및 구축비) 발생하므로 경쟁력 저하

* 도시철도용 CBTC는 보통 2개에서 3개의 관할영역(zone)으로 구성되며 zone마다 ZC(Wayside ATP)와 IXL이 존재

** 신분당선 CBTC의 경우 3개의 관할영역을 가지며 관할영역마다 ZC와 IXL이 설치된 신호기계실을 운영자가 3교대로 관리함.

◆ **(자율주행 철도신호를 통한 신뢰성 한계극복)** 완전한 열차중심의 간격 및 분기제어를 통한 신뢰성 및 유지 보수성 한계극복과 시스템 시장경쟁력 강화

☞ **(완전한 열차중심으로 변화)** T2T 기반 자율주행 철도신호는 지상제어시스템 없이 열차의 안전한 간격제어 및 분기제어가 가능하므로 제어시스템 단순화에 따른 신뢰도 향상과 유지관리 편리성으로 시장경쟁력 확보 가능.



[그림 6.3.14] 시스템 단순화를 통한 신뢰성 향상

● **도시철도 자동화 한계극복**

① **(자동화 적용범위 한계극복)** 도시철도는 일부 제한된 노선에 대해 무인자동화(GoA_4)를 운영하고 있으나 여전히 열차의 일시적 오류*에 대해서는 관제사 또는 기관사의 투입이 불가피**함.

* 위치계산 오류, 일시적 통신두절, 신호시스템 하부장치오류 등 발생시 열차는 비상제동을 투입하고 운영자(기관사)가 이를 수동으로 취급하여 해결 필요.

** 분당선 CBTC의 경우 무인자동을 운영하고 있으나 이러한 자동화 수준의 한계로 인해 열차 내에 기관사가 항시 탑승(150명의 기관사 보유)[128]해야 하는 실정임.

◆ **(자율주행 철도신호를 통한 자동화 적용범위 한계극복)** 주행 중 열차의 일시적 오류 등에 대해서 열차 스스로 회복하는 기능을 통해 자동화 적용범위 한계극복

☞ **(자기회복 및 원격주행)** 자율주행 철도신호는 일시적 오류발생시 열차 스스로 주행가능한 상태로 회복하며 필요시 원격의 관제에서 열차를 수동으로 취급 가능함으로써 무인자동화 적용범위 확대 가능

128) 출처 : 신분당선 주식회사 인터뷰(2019.03.18.)

② **(자동화 수준 한계극복)** 열차의 분리결합*, 지연상황에 대한 인지와 대응의 경우 운영자의 개입**이 불가피

* 국내 도시철도의 경우 짧은 정차시간, 제한된 승강장 길이 등으로 인해 운영 중 열차의 분리결합을 수행할 수 없으므로 편성조성 변화 없이 고정편성으로 사용, 열차의 분리결합은 열차의 고장으로 인한 구원운전 등에서 제한적으로 수행

** 국내 도시철도의 경우 지연상황 발생시 관제에서 인지하여 필요한 경우에만 지연을 회복하는 노력(정차시간 단축, 제한속도 상향 등)을 수행

◆ **(자율주행 철도신호를 통한 자동화 수준 한계극복)** 열차 간 주행중 분리결합, 경합예측 및 해소를 통해 자동화 수준 한계극복

☞ **(자기회복 및 원격주행)** 자율주행 철도신호는 열차간 합의를 기반으로 열차의 분리결합을 수행하며 지연에 따른 경합상황을 해소함으로써 자동화 수준 한계극복 가능

■ 일반 및 고속철도 자율주행 철도신호 적용범위 및 대상검토

● 성능한계 극복

① **(수송력 한계극복)** 일반 및 고속철도는 열차의 승차정원이 정해지며 수송력 부족으로 인해 선로용량의 한계로 인한 병목현상*,** 발생

* 철도공사 경의중앙선의 경우 청량리역-망우역 4.6km 구간에 경의중앙선 전철, 경강선 KTX, 중앙선 새마을호, 무궁화호 운행으로 포화상태이며 열차의 잦은 지연이 발생

** 병목현상을 해결하기 위해서 일반적으로 노선의 증설(복선→복복선)의 방법으로 접근하고 있으나 막대한 비용(오송~평택구간 복복선 3조 1,000억원 소요)과 시간이 소요됨.

◆ **(자율주행 철도신호를 통한 수송력 한계극복)** 열차간 직접적인 정보공유를 기반으로 운전시격 단축을 통한 일반 및 고속철도 병목현상 해소

- T2T 기반의 자율주행 철도신호는 기존 일반철도 ETCS L3 대비 약 30% 이상 안전간격(headway distance)을 단축[129]시킬 수 있음.

129) Song, Haifeng, Hongjie Liu, and Eckehard Schnieder. "A train-centric communication-based new movement authority proposal for ETCS-2." IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems 20.6 (2018): 2328-2338.

- 병목구간이 발생시 자율주행 철도신호 적용을 통해 최적화된 ETCS L1 대비 약 87%, L2 대비 약 35%, L3대비 약 30% 수송력 향상[130]을 기대할 수 있음

② **(유연성 한계극복)** 수동개입에 의한 열차의 분리결합에 따른 사고* 및 시간** 소요 발생으로 극히 제한된 상황에서만 분리결합을 수행

* 지난 2012년 KTX-산천의 복합열차 중련편성을 실시한 이래로 중련편성 실패로 인한 사고* 사례가 꾸준히 발생

** KTX-산천 복합열차의 경우 정차시간 1~2분에서 중련편성이 이루어지는 경우 3~8분으로 약 3배 정도 시간이 소요

[표 6.3.1] KTX-산천 중련편성 실패로 5분 이상 지연사고 발생현황

[단위 : 건]

구분	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	계
KTX-산천	1	1	1	1	2	2	2	10

※ 출처 : 한국철도공사, KTX-산천/원강 복합열차 중련편성 실패 사례
(중련편성 실패사례 중 5분 이상의 지연이 발생한 경우를 사고 발생 건수로 집계, 단순 실패의 경우 집계에서 제외)

◆ **(자율주행 철도신호를 통한 유연성 한계극복)** 주행 중 자율주행 철도신호에 의한 자동화된 분리결합을 통해 유연성 한계극복

☞ **(가상연결기를 통한 분리결합)** 자율주행 철도신호는 물리적연결이 아닌 가상의 논리적 연결기를 통해 분리결합시간과 오류 zero化 가능

③ **(신뢰성/유지관리 한계극복)** 관할영역(zone)마다 지상제어시스템(ZC, IXL)이 존재*하므로 유지관리의 어려움**과 신뢰도 유지에 막대한 비용(개발 및 구축비) 발생하므로 경쟁력 저하

* 일반 및 고속철도용 ETCS는 보통 50km 구간마다 관할영역(zone)으로 나누고 zone마다 ZC(RBC)와 IXL이 존재

** 철도공사의 경우 신호기계실마다 3개조가 2교대로 관리함.

◆ **(자율주행 철도신호를 통한 신뢰성 한계극복)** 완전한 열차중심의 간격 및 분기제어를 통한 신뢰성 및 유지 보수성 한계극복과 시스템 시장경쟁력 강화

130) Winter, P. "Influence of the ETCS on line capacity." Generic study, UIC, Paris (2008).

☞ **(완전한 열차중심으로 변화)** T2T 기반 자율주행 철도신호는 지상의 RBC나 IXL 없이 안전한 간격 및 분기제어가 가능하므로 시스템 단순화에 따른 신뢰도 향상과 유지관리 편리성으로 시장경쟁력 확보 가능

● **일반 및 고속철도 자동화 한계극복**

① **(자동화 적용범위 한계극복)** 일반 및 고속철도의 경우 도시철도에 비해 노선의 길이가 길고 다양한 종류의 열차가 선로를 공유하고 있어 현재의 자동화 기술적용에 한계*,**가 발생

* 운행 중 열차의 일시적 오류 발생시 운영자(기관사) 투입이 불가능한 거리

** 여러 종류의 다양한 스케줄로 운영되는 열차로 인해 현재의 지상이 제어의 중심이 되는 자동화 기술로는 적용에 한계가 있음.

◆ **(자율주행 철도신호를 통한 자동화 적용범위 한계극복)** 주행 중 열차의 일시적 오류 등에 대해서 열차 스스로 회복하는 기능을 통해 자동화 적용범위(GoA_4 수준의 무인자동화) 한계극복

☞ **(자기회복 및 원격주행)** 자율주행 철도신호는 일시적 오류발생시 열차 스스로 주행가능한 상태로 회복하며 필요시 원격의 관제에서 열차를 수동으로 취급 가능함으로써 무인자동화 적용범위 확대 가능

② **(자동화 수준 한계극복)** 복잡한 절차*를 가지는 열차의 분리결합**, 지연상황***에 대한 인지와 대응의 경우 운영자의 개입**이 불가피

* 분리결합은 현재의 철도신호시스템이 수행하지 못하는 영역(충·추돌로 인식하여 방호가 이루어짐) 이기 때문에 안전 확보를 위해서 복잡한 운영절차 下에서 수행

** 현재의 지상중심의 신호기술은 열차의 분리결합을 지원하지 못하는 구조이므로 KTX-산천의 경우 운영자 수동개입에 의한 복잡한 연결 및 분리절차를 수행

*** 국내 일반 및 고속철도의 경우 지연상황 발생시 관제에서 지연회복을 위한 수동개입이 이루어지며 사고/고장으로 회복 불가능한 지연이 발생된 경우 수동개입에 의한 운행스케줄 변경을 수행

◆ **(자율주행 철도신호를 통한 자동화 수준 한계극복)** 열차 간 주행중 분리결합, 경합예측 및 해소를 통해 자동화 수준 한계극복

☞ **(자기회복 및 원격주행)** 자율주행 철도신호는 열차간 합의를 기반으로 열차의 분리결합을 수행하며 지연에 따른 경합상황을 해소함으로써 자동화 수준 한계극복 가능

[표 6.3.2] KTX-산천 복합열차 연결 절차(전부편성)

전부편성(전라선 열차)		
취급시기	**취급 및 확인사항**	**담당**
도착 전	전도 운전취급 관련 관제사와 사전협의 시행, 기장과 운전정보 교환	전주역장
	열차 운행상황에 대하여 기장과 운전정보 교환 및 신호 현시	익산역
	3. 신호현시 조건에 따라 익산역 도착 (열차지연 시 최대한 회복운전)	도착 기장
도착 후	1. 제동체결상태에서 승강문 개방	도착 기장
	2. 홀딩제동버튼(PB-HDBK-01) 'ON'	도착 기장
	3. 후부해치개방버튼(PB-R0P-01) 약 5초 'ON' 취급 ※ 버튼에 내장된 후부해치개방표시등(LS-ROP-01) 점등 확인	도착 기장
	4. 신호장치 STM 모드로 차량 재기동 : (약 2:45초 소요) ※ 신호장치 STM모드(ATS) 선택 ①기동정지 : 가.MCB 개방 나.팬터 하강 다.SB키 OFF ②.SW-ETRMS-01 "STM"위치 전환 ③차량기동 : 가.SB키 0N 나.MMI 부팅 확인 다.팬터 선택 라.MCB 투입 ④신호장치 STM모드(ATS) 선택 ※ 신호장치 STM모드(ATS) 선택 가.시작 선택(F4) 나.기장ID, 열차번호 입력 다.STM 선택(F2) 라.ZBGIS 확인취급 마.ATS모드 전환 확인취급 : 5현시 화면현시	도착 기장
	5. 제동완해, 홀딩제동만 체결상태에서 후부차 연결 대기	도착 기장
	6. MR관 개방 확인 및 자동연결기 비상차단콕크 정상위치 확인	역무원
	7. 후부편성 연결 전(5m 전방 일단정차 시) 승강문 닫음 후 기장에게 통보	열차팀장
연결 실패 시	1-1. 연결기 분리 확인 후 유도전호(근소 퇴거)	역무원
	1-2. 유도전호에 의거 근소 퇴거, 정차 후 후부차 연결 대기	출발 기장
출발 전	1. DU2화면에서 기장ID, 열차번호 입력	출발 기장
	2. DU1, DU2화면으로 후부편성 연결 및 스위치함(SB) 쇄정 확인 ☞ 후부 기장에게 팬터그래프 고장이 있거나 차량상태 이상통보 받았을 경우 관제사 지시를 받을 것	출발 기장
	3. 주회로차단기 개방, 팬터 하강	출발 기장
	4. 신호장치 "STM 모드"로 전환 확인 ※ 분전함내 SW-ERTMS-01 "STM"위치 확인	출발 기장
	5. 팬터그래프를 "일반선 정상위치" 선택 ※ 필요시 분전함내 비상팬터푸시버튼(PB-MEPT-01)투입(내장등 점등) : 비상팬터 선택	출발 기장
	6. DU2화면에서 팬터위치 확인, 주회로 차단기 투입	출발 기장
	7. DU2화면에서 단독제동 아이콘 눌러 제동시험	출발 기장
	8. DU2화면에서 열차번호, 행선지 확인	출발 기장
	9. 후부편성 열차팀장과 방송설비 등 상호 객실설비 확인, 승강문 닫음 취급 및 닫힘상태 확인(닫힘표시등 소등) 후 출발전호	열차팀장
	10. DU2 화면에서 승강문 닫음 및 출발전호 확인 후 만제동 체결하고 견인시험 시행 : 양호 시 발차	출발 기장

[표 6.3.3] KTX-산천 복합열차 연결 절차(후부편성)

후부편성(호남선 열차)		
취급시기	취급 및 확인사항	담당
도착 전	1. 전도 운전취급 관련 관제사와 사전협의 시행, 기장과 운전정보 교환	김제역장
	2. 김제역 출발 후 익산역 및 전라선 열차 기장을 통해 전라선 열차 운행상황 확인	도착기장
	3. 열차 운행상황에 대하여 기장과 수시 운전정보 교환, 전라선 열차 도착 즉시 호남선 장내(유도)신호 현시 및 통보	익산역
	4. 부용~익산간 상3호주 진행신호 확인(감속신호 현시 시 운행속도 조절) 및 상2호주 감속신호 확인 후 진입(주의신호를 현시할 경우 상2호주 전방에 일단정차) ※ 상1호주 부근 절연구분장치 통과 시 운전취급 엄정	도착 기장
	5. 전부편성 도착한 선로에 유도신호 확인 후 25km/h 이하 진입 ※ 장내 진입 전 Level STM 입환모드로 전환	도착 기장
	6. 후부편성에 대하여 정차위치 지시전호 시행	역장
	7. 전부편성 약 5m 전방에 정차하도록 유도전호 시행	역무원
	8. 전호에 의거 전부편성 약 5m 전방에 정차 조치	도착 기장
도착 후	1. 홀딩제동버튼(PB-HDBK-01) 'ON', 상용제동 완해	도착 기장
	2. 전부해치개방버튼(PB-F0P-01) 약 5초 'ON' ☞ 버튼에 내장된 전부해치개방표시등(LS-FOP-01) 점등 확인 ※ 홀딩제동 취급 전 전부해치개방버튼 취급(오류) 시 해치개방 불능 ☞ 홀딩제동 취급 후 전부해치개방버튼 2회 취급하면 해치개방 가능 ☞ 해치가 작동하지 않으면 SW-TSL-01 스위치 정상위치 확인	도착 기장
	7. MR관 개방 확인 및 자동연결기 비상차단콕크 정상위치 확인	역무원
	8. 전부편성의 해치개방 확인 후 홀딩제동 및 공기제동 해방, 전호에 의거 연결(저속 1~2km/h)	도착 기장
	9. DU1, DU2 화면으로 연결확인 ☞ 연결 실패할 경우 '연결실패 시' 조치사항 참조	도착 기장
	10. 승강문 개방, 주회로차단기 개방, 팬터 하강, 스위치함(SB) 쇄정	도착 기장
	11. 팬터그래프 고장 등 차량상태를 전부 기장에게 통보 후 하차	도착 기장
연결실패 시	1-1. 홀딩제동버튼(PB-HDBK-01) 'ON'	도착 기장
	1-2. 전부연결분리버튼(PB-FUNCO-01)을 5초 이상 'ON' 취급하여 연결기 분리	도착 기장
	1-3. 전부편성 정차확인 후 유도전호(연결)	역무원
	1-4. 유도전호에 의거 재연결(저속 1~2km/h)	도착 기장

적용범위 및 대상검토 결과

- **(철도운영 이슈측면) 도시철도와 일반 및 고속철도의** 성능한계 극복과 자동화 한계극복이 가능한 자율주행 철도신호시스템 개발
- **(기술경쟁력 확보측면)** 국외의 도시철도와 일반 및 고속철도 분야 차세대 철도신호 기술개발 사례를 고려할 때 기술경쟁력 확보를 위한 자율주행 철도신호시스템 개발
- **(기술개발 효율성 측면)** 도시철도와 일반 및 고속철도의 자율주행 철도신호시스템 핵심기술과 테스트 베드의 공유를 통한 개발비용 및 소요기간을 단축 가능

  - **(공통의 핵심기술)** 자율주행 철도시스템의 제어 principle이라 할 수 있는 방호(protection)* 기능을 의미함

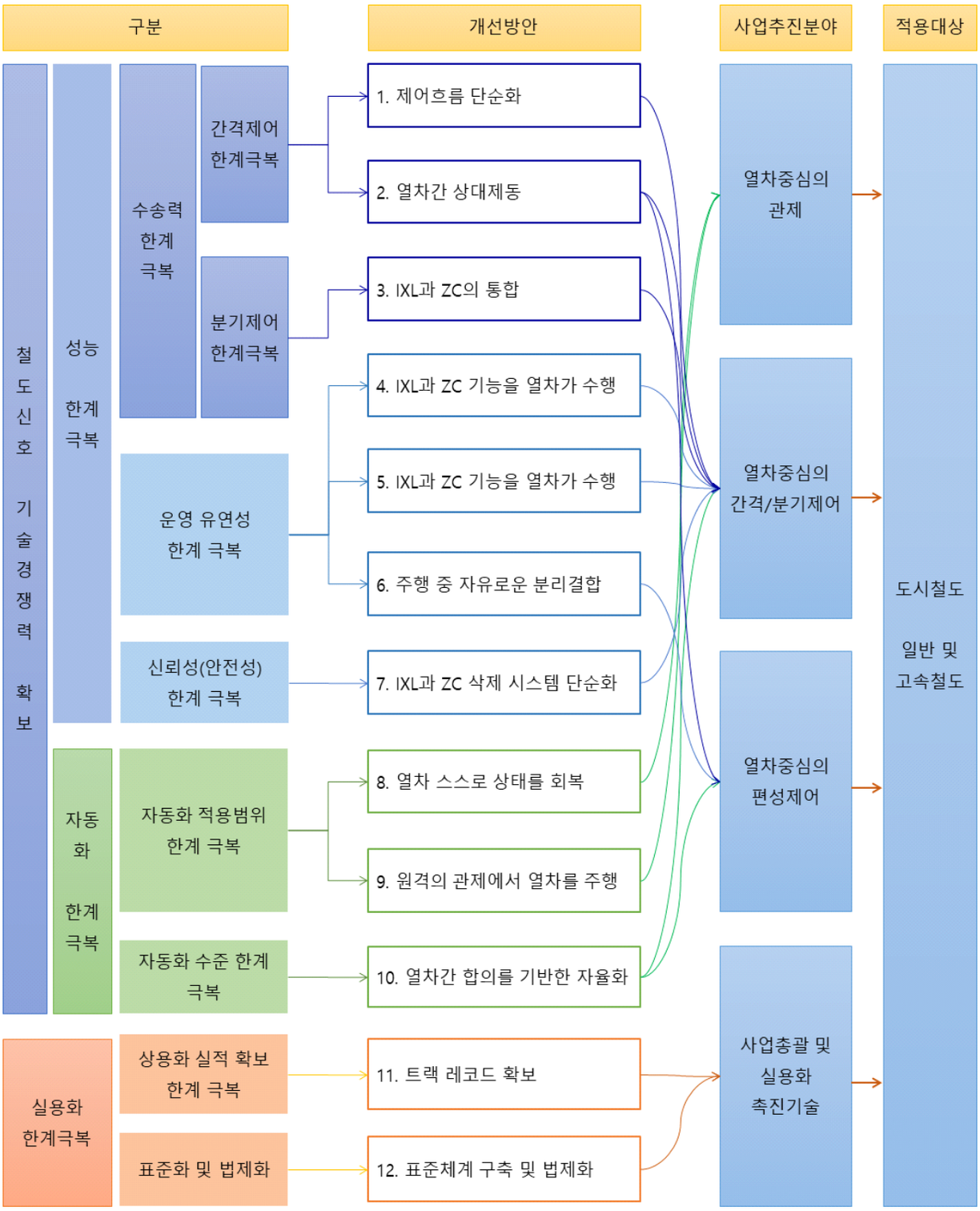
  * 가장 기본적인 방호기능 중 열차 간의 직접적인 정보공유를 통한 안전한 간격을 계산하고 허용속도를 넘지 않도록 제어하는 것은 적용환경에 따라 변하는 것이 아님.

  - **(공통의 테스트 베드)** 자율주행 철도시스템의 테스트 베드 구축은 시험 노선 구간의 확보, 시험열차 2편성 확보 및 운영(기관사* 포함), 통신망 구축, 시험 노선의 관제시스템 구축 등 공통의 테스트 베드 활용

  * 신호시스템의 방호기능을 먼저 확인하고 자동화 및 자율화 기능을 시험하며 방호기능으로부터 자동화 및 자율화 기능의 무결성을 확보전까지 기관사의 개입이 필요함.

☞ **(적용범위 및 대상)** 철도운영 이슈측면, 기술경쟁력 확보측면과 기술개발 효율성 측면을 고려할 때 도시철도와 일반 및 고속철도 적용이 가능한 다음의 기술분야를 대상으로 함

- **(열차 중심의 간격/분기제어 기술)** 지상제어시스템(ZC, IXL)의 개입없이 열차 스스로 자신의 안전한 간격과 분기를 제어하는 기술
- **(열차 중심의 편성제어 기술)** 운영자(관제운영자, 기관사, 역무원 포함) 및 지상제어시스템(ZC, IXL)의 개입없이 열차 스스로 주행 중 안전한 분리결합을 수행하는 기술
- **(열차 중심의 관제 기술)** 운영자(관제운영자, 기관사, 역무원 포함) 및 지상제어시스템(ZC, IXL)의 개입없이 열차 스스로 일시적 오류로부터 회복하는 기술



[그림 6.3.15] 동사업의 중점 추진분야 설정

5. 중점 추진분야 설정

■ 사업 중점추진 분야

- **(중점추진분야 1) 열차중심의 관제기술**
  - **(경합해소)** 관제의 개입없이 지능화된 열차간 합의를 통해 전방의 경합을 예측하고 지연 확산을 최소화하는 판단과 함께 교착상태를 해소하는 기술
  - **(자기회복)** 관제 또는 기관사 개입없이 지능화된 열차가 자신의 전방감시를 통해 일시적 오류로부터 스스로 회복하는 기술
  - **(원격주행)** 열차 신호시스템의 회복 불가능한 장치고장 발생시 원격의 관제에서 해당열차를 원격으로 주행하는 기술
  - **자율주행 철도관제)** 열차중심의 자율주행 철도신호시스템을 지원하는 철도관제기술
  - **(실시간 인프라 감시)** 열차 전방의 선로인프라 이상상태를 인지하여 발생 구간과 안전한 주행속도를 판별하여 노선을 주행하는 열차에게 제공하는 기술

- **(중점추진분야 2) 열차중심의 열차제어기술**
  - **(열차중심 간격제어 기술)** 지상의 ZC 없이 열차 스스로 선행열차와 안전한 간격을 계산하고 안전하게 제어하는 기술
  - **(열차중심 분기제어 기술)** 지상의 IXL 없이 열차 스스로 안전하게 선로변 선로전환기를 제어하는 기술
  - **(통신 및 통신보안)** 열차 간 통신(T2T), 열차와 선로변 인프라간 통신(T2I) 및 통신보안 기술

- **(중점추진분야 3) 열차중심의 편성제어기술**
  - **(Radio 연결기)** 물리적 연결기 없이 통신과 간격제어를 통해 열차간 간격을 제동거리 이하로 좁힌 상태를 유지하면서 하나의 열차처럼 안전하게 결합하

고 분리하는 제어기술

- **(Radio TCN)** Radio 연결기를 통해 무선으로 연결된 열차의 TCMS[131] TCN[132] 네트워크를 무선으로 연결하는 기술
- **(예측가능한 제동)** 열차의 안전간격을 절대적인 제동거리 이하로 줄이기 위해 상대제동(relative braking)이 가능하도록 제동성능의 편차를 줄이는 기술
- **(Radio 연결 무결성 확인 기술)** Radio 연결기를 통해 연결된 열차의 의도치 않은 연결해제를 확인하여 열차제어시스템으로 하여금 안전하게 후미열차를 방호할 수 있도록 하는 기술

● **(중점추진분야 4) 자율주행 실용화 촉진기술**

- **(시스템 적합성 체계구축)** 자율주행시스템의 다양한 이해관계자의 요구사항을 충족하기 위해서 요구사항의 개발, 관리, 시험검증을 체계화하고 수행하는 기술
- **(시스템 RAMS/LCC 체계구축)** 자율주행시스템 신뢰성 및 안전성이 보장되면서 비용 경쟁력을 가질 수 있도록, 신뢰성, 안전성, 유지보수성, 수명주기비용에 대한 요구사항(목표) 개발, 분석 및 평가, 검증을 수행하는 기술
- **(시험 및 성능평가)** 신규 자율주행 철도신호체계의 성능평가를 위해 시뮬레이터를 기반으로 하는 Lab.기반 성능평가와 테스트 베드 구축(시험열차 2편성 대상)을 기반으로 하는 현장 성능평가 기술
- **(법제도 및 표준체계)** 지능형 열차자율주행 시스템 실용화를 위한 표준체계 구축와 제반 법령 및 규정 개선 연구

131) Train Control & Monitoring System : 열차의 각 차량(vehicle)별 하부장치 제어 및 감시기능, 운전자 지원 기능, 차상검사 기능, 데이터 기록기능을 수행하는 기능을 수행

132) Train Communication Network : 열차의 각 차량(vehicle) 간 데이터 송수신, 차량 내 각 장치간 데이터 송수신을 위한 열차 내부의 유선 통신망(IEC 61375)

4절 비전 및 목표

1. 사업개요

- **(비전)** 철도신호기술 자립을 넘어 세계 철도 시장 선도 -
  미래 철도 신호기술 선도개발을 통해, 세계"철도한류"교두보 마련

- **(목표)** 철도신호 패러다임의 근본적인 변화(지상중심→열차중심)를 통한 제어성능 한계극복이 가능한 자율주행 철도신호체계 기술선점

- **(성과목표)**
  - **(LoA_1 기술확보 : 3분 이내 자기회복 및 원격제어)** 운영중 제어시스템 오류 발생시 스스로 자기회복이 가능하며 필요시 원격의 관제에서 열차를 수동제어할 수 있는 기술
  - **(LoA_2 기술확보 : 제어성능 30% 향상, 신뢰도 20% 향상)** 지상의 중앙제어시스템(연동장치, 지역제어기) 없이 열차스스로 안전 간격과 분기를 제어하는 기술
  - **(LoA_3 기술확보 : 분리결합 오류/시간 Zero化)** 5G 통신 등의 기술을 이용한 digital 연결기를 통해 주행중 열차의 분리와 결합을 통해 하나의 열차처럼 주행하는 기술
  - **(트랙 레코드 확보 : SIL-4 인증 및 트랙 레코드 인증)** 신규 제어시스템에 대한 안전성 입증 및 표준체계 구축과 더불어 상용화 가능한 수준까지 운영요구사항을 반영한 트랙 레코드 확보

- **(사업기간)** 2022~2030(총 8년)

2. 사업 비전 및 목표

〈비 전〉

철도신호기술 자립을 넘어 세계 철도 시장 선도
미래 철도 신호기술 선도개발을 통해, 세계"철도한류"교두보 마련

목 표		철도신호 패러다임의 근본적인 변화(지상중심→열차중심)를 통한 제어성능 한계극복이 가능한 자율주행 철도신호체계 기술선점			
성과목표	기술목표	**LoA_1 기술확보** • 자기회복 기술 • 원격주행 기술 • 경합해소 기술	**LoA_2 기술확보** • 열차중심 간격제어 기술 • 열차중심 분기제어 기술	**LoA_3 기술확보** • 무선연결기 기반 분리결합기술 • 열차 간 협업기반 경합해소기술	**트랙 레코드 확보** • 인증 및 표준체계 구축 기술 • 시험평가 기술 • 법제화 및 표준화
	성능목표	• 5분 이내 자기회복 • 5분 이내 원격접속 및 제어 • 열차 연쇄지연시간 25% 단축	• 간격/분기제어 30% 향상 • 시스템 신뢰도 향상 • 열차투입의 유연성 향상	• 분리결합 오류/시간 Zero 化 • 무선연결기 기반 무인자동 편성조성	• 자율주행 신호체계 Test-case 확보 • SIL-4 인증 • 트랙 레코드 확보
중점분야 및 핵심기술		**열차중심 열차관제** • 자기 회복 및 원격 주행기술 • 자율주행철도관제 • 열차간 합의기반 경합인지 및 해소 • 실시간 인프라 감시 기술	**열차중심 열차제어** • 열차중심 간격제어 및 분기제어기술 • 기존시스템과 상호 연계운영기술 • T2T, T2I 통신 및 통신 보안기술	**열차중심 편성제어** • Radio 연결기 • Radio TCN 및 TCMS 연계기술 • 예측가능한 제동기술 • Radio 연결 무결성 확인기술	**사업총괄 및 실용화 촉진기술** • 테스트 베드 구축 및 시험평가 기술 • 시스템 RAMS LCC 체계 구축기술 • 시스템 적합성 체계 연구 • 법제도 및 표준체계 구축기술

추진전략	① 완전한 열차중심의 자율철도 신호체계 개발로 기술경쟁력 확보
	② 영업실적에 준하는 트랙레코드 확보를 통한 실용화 발판 마련
	③ 기존기술과의 연계 및 신규/개량 노선 적용이 가능한 기술개발
	④ 단계별 추진전략과 표준체계 구축 및 법제화를 통해 철도산업 경쟁력 강화

[기대효과]

수송력 향상에 따른 승객 편의·안전성 제고	시스템 구축·유지관리 편의성 및 안전성 향상
자율철도에 따른 운행효율·경제성 제고	국내 강소기업 육성 및 시장진출 확대

사업 비전

철도신호기술 자립을 넘어 세계 철도 시장 선도
미래 철도 신호기술 선도개발을 통해, 세계“철도한류”교두보 마련

● 법적근거

- **(철도산업발전기본법)** 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 함.

- **(대중교통의 육성 및 이용촉진에 관한 법률)** 국가 및 지방자치단체는 모든 국민이 편리하고 안전하게 대중교통을 이용할 수 있도록 대중교통을 육성하고 지원하기 위하여 광역적인 대중교통서비스의 개선과 관련된 정책을 수립하고 이를 시행할 의무가 있음

- **(철도안전법)** 열차의 편성, 철도차량 운전 및 신호방식 등 철도차량의 안전운행에 필요한 사항은 국토교통부령으로 정함.

● 상위계획

- **(제4차 과학기술기본계획(2018~2022))** 120대 중점과학기술 중 하나로 ‘스마트 철도교통 기술’선정

● 부처방침 및 계획

- **(국토교통부 장관방침(2018.01.05.))** 차세대 신호시스템 개발 추진전략으로 T2T 방식의 IoT, 인공지능을 활용하여 자율주행·군집운행 등이 가능한 무인운전시스템 개발(‘22~‘30) 제시

- **(제3차 국가철도망구축계획(2016~2025))** 철도 수송분담률 향상을 위한 철도

운영의 효율화 및 경쟁력 확보 추진

- **(제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(2018~2027))** 8대 혁신성장동력 중 하나로'지능형 철도(무인자율운영 등)'선정

사업 목표

철도신호 패러다임의 근본적인 변화(지상중심→열차중심)를 통한 제어성능 한계극복이 가능한 자율주행 철도신호체계 기술선점				
	LoA_1 기술확보	**LoA_2 기술확보**	**LoA_3 기술확보**	**트랙 레코드 확보**
기술 목표	• 자기회복 기술 • 원격주행 기술	• 열차중심 간격제어 기술 • 열차중심 분기제어 기술	• 무선연결기 기반 분리결합기술 • 열차 간 협업기반 경합해소기술	• 인증 및 표준체계 구축 기술 • 시험평가 기술
성능 목표	• 5분 이내 자기회복 • 5분 이내 원격접속 및 제어 • 연쇄지연 시간 25% 단축	• 간 격 / 분 기 제 어 30% 향상 • 시스템 신뢰도 20% 향상	• 분리결합 오류/시간 Zero 化 • 무선연결기 기반 무인자동 편성조성	• 자율주행 신호체계 Test-case 확보 및 SIL-4 인증 • 트랙 레코드 확보

① (성능목표 1-1 : 5분 이내 자기회복)

- **(적용 대상)** 도시철도, 일반 및 고속철도 노선
- **설정 근거**
  - **(도시철도 운영사)** 도시철도의 경우 5분 이상의 지연의 경우 지연증명서를 발급하고 지연에 대한 관리대상으로 정함
  - **(한국철도공사)**「철도사고조사 및 피해구상 세칙」에 의거 고속열차 및 전동차는 10분, 일반여객열차는 20분, 화물열차 및 그밖의 열차는 40분 이상 지연하여 운행한 것을 지연운행으로 규정
- **목표 달성 가능성 검토**
  - **(자기회복)** 열차의 일시적 오류에 의한 비상제동 체결시 열차제어시스템은 자신이 확보한 이동권한 한계 내에서 최악의 경우 재부팅(3분 이내)과 위치회복

을 위한 전·후왕복 운행(2분 이내)에 따른 시간을 고려함.

- **(원격접속 및 제어)** 열차신호장치 또는 그 구성장치의 오류로 인해 회복이 어려운 경우 관제에서 기관사가 cockpit에서 해당 열차에 원격으로 접속(3분 이내)하고 해당 열차의 상태정보와 함께 전방영상 및 센싱정보를 토대로 열차를 수동조작 하는 시간(2분 이내)을 고려함

② (성능목표 1-2 : 5분 이내 원격접속 및 제어)

- **(적용 대상)** 도시철도, 일반 및 고속철도 노선
- **설정 근거**
  - **(도시철도 운영사)** 도시철도의 경우 5분 이상의 지연의 경우 지연증명서를 발급하고 지연에 대한 관리대상으로 정함
  - **(한국철도공사)**「철도사고조사 및 피해구상 세칙」에 의거 고속열차 및 전동차는 10분, 일반여객열차는 20분, 화물열차 및 그밖의 열차는 40분 이상 지연하여 운행한 것을 지연운행으로 규정
- **목표 달성 가능성 검토**
  - **(원격접속 및 제어)** 열차신호장치 또는 그 구성장치의 오류로 인해 회복이 어려운 경우 관제에서 기관사가 cockpit에서 해당 열차에 원격으로 접속(3분 이내)하고 해당 열차의 상태정보와 함께 전방영상 및 센싱정보를 토대로 열차를 수동조작 하는 시간(2분 이내)을 고려함

③ (성능목표 1-3 : 열차 연쇄지연시간 25% 단축)

- **(적용 대상)** 도시철도, 일반 및 고속철도 노선
- **설정 근거**
  - **(해외사례)** 유럽 ERTMS 연구팀에서는 지상관제 시스템의 알고리즘 개선을 통해 연쇄지연 19% 단축에 그친 실적을 보고함

※ 출처: A. D'Ariano, M. Pranzo and I. A. Hansen, "Conflict Resolution and Train

Speed Coordination for Solving Real-Time Timetable Perturbations," in IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 8, no. 2, pp. 208-222, June 2007.

- **(경쟁우위)** 해외의 지상 관제방식 한계를 극복한 차상 중심 열차제어시스템을 통하여 연쇄지연 25%까지 단축하는 도전적 목표를 설정함

● **목표 달성 가능성 검토**

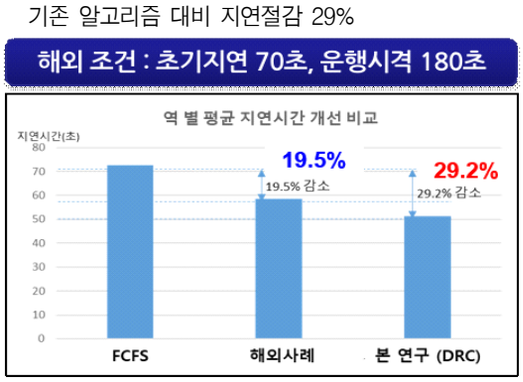
- 시뮬레이션 분석을 통해 29.2%까지 단축 가능성을 사전검토하였으므로, 실제 시스템에서 25%까지 단축 가능

[표 6.3.1] 알고리즘 기반 목표 달성 가능성 검토

목표 비교 대상 및 수준	설정한 목표
· 비교대상기관명 : 유럽 ERTMS 연구팀 · 기술수준 : AMCC 알고리즘 기존 알고리즘 대비 지연절감 19%	• 달성 수준 DRC 알고리즘 기존 알고리즘 대비 지연절감 29%

Huristic	Name	비교
FCFS	First Come First Served 경로 고정, 선입 선출 로직으로 경합 해소	기존 방식
AMCC	Avoid Most Critical Completion Time 경로 고정, 열차의 순서 및 간격 조정	1) 참조
DRC	Dynamic Route Control 열차의 경로, 순서 및 간격 조정	

〈알고리즘 비교 대상〉



〈알고리즘 성능평가 결과〉

④ (성능목표 2-1 : 간격/분기제어 30% 향상)

● **(적용 대상)** 도시철도, 일반 및 고속철도 노선

● **설정 근거**

- **(국외 선진국과 동등 이상의 목표)** T2T 기반 열차제어는 CBTC[133] 및 ETCS L3[134] 대비 약 30% 성능향상이 가능

133) Urbalis Fluence, Alsotm(https://www.alstom.com/our-solutions/signalling/urbalis-cbtc-range-future-signalling-systems)

134) Song, Haifeng, Hongjie Liu, and Eckehard Schnieder. "A train-centric communication-based new movement authority proposal for ETCS-2." IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems 20.6 (2018): 2328-2338.

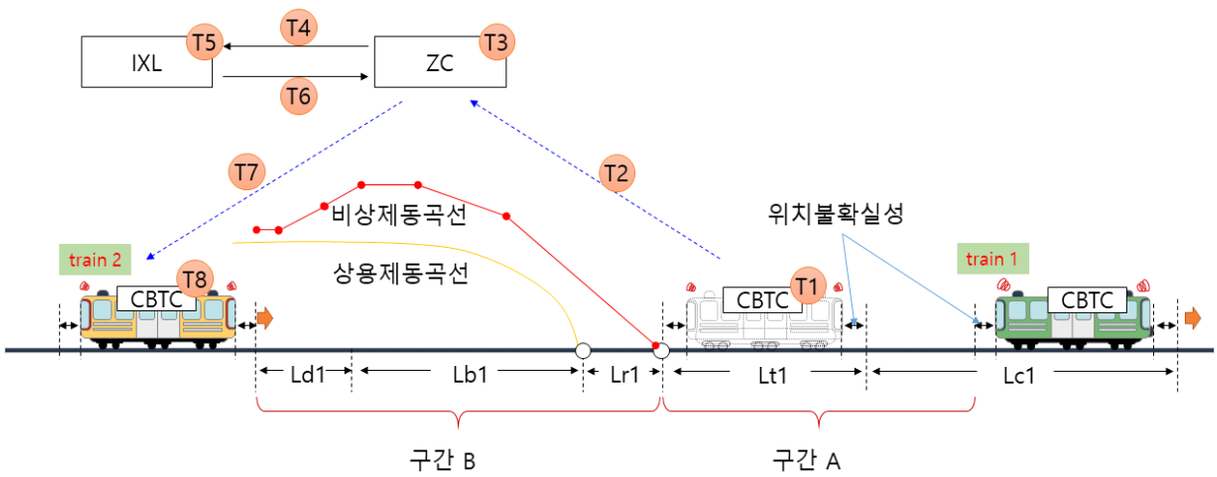
- **(열차중심의 간격/분기제어의 성능한계)** 열차중심의 제어 패러다임 전환을 통해 달성 가능한 최대 성능으로 분석

● **목표 달성 가능성 검토**

- **(간격제어 성능 30% 향상)** 기존 열차간격 (구간 A)*와 (구간 B)**를 단축함으로써 30% 향상 가능

* 선행열차가 자신의 상태를 전송 후 후행열차가 해당 정보를 수신전까지 주행한 거리

** 후행열차의 worst-case 제동거리



[그림 6.3.16] CBTC(ETCS L3)의 간격제어 구조

〈Matlab 시뮬레이션을 통한 분석〉

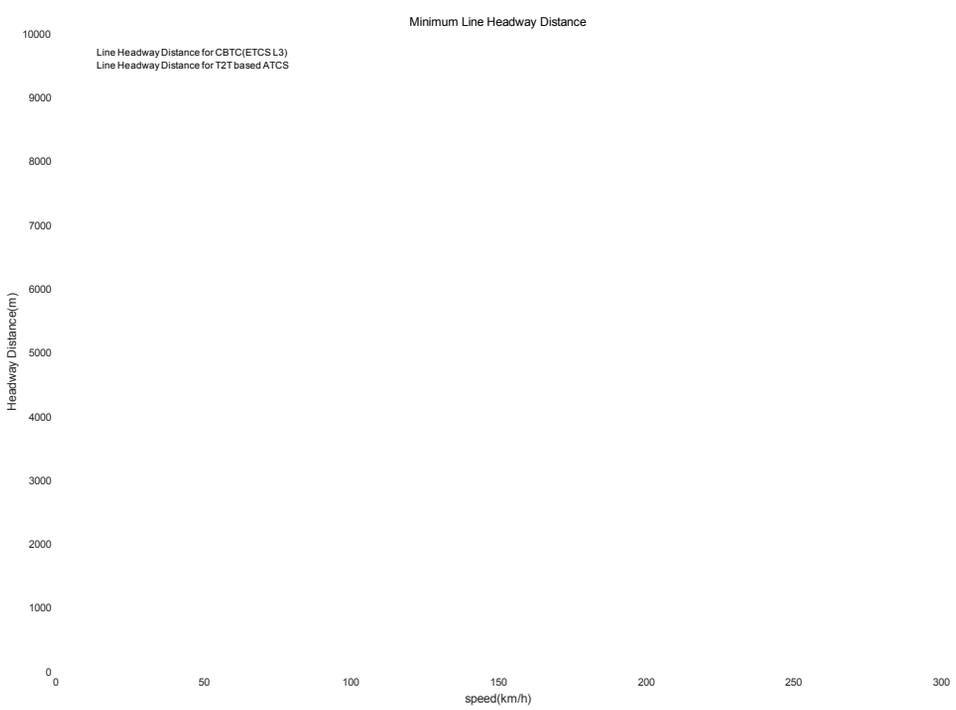
[표 6.3.2] 시뮬레이션 파라미터

Parameter	Value	Unit
train length (D_TL)	80	m
maximum line speed (V_Line)	300	km/h
maximum speed(V_train1, V_train2)	300	km/h
maximum acceleration rate (A_ACC)**	3.0	km/h/s
maximum service brake deceleration rate(D_FSB)**	3.5	km/h/s
GEBR for best-case (D_GEBRbest)**	4.5	km/h/s
GEBR for worst-case (D_GEBRworst)**	2.8	km/h/s
equivalent braking response time for service brake (T_FSB)**	1.5	sec
equivalent braking response time for emergency brake (T_GEBR)**	1.3	sec

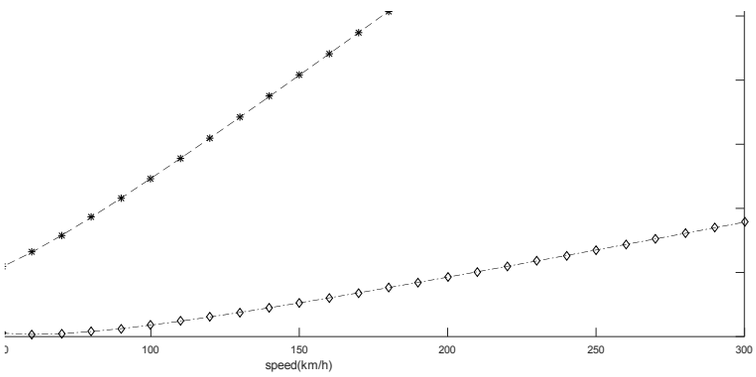
Parameter	Value	Unit
periodic communication Time for T2I (T_T2)*	0.5	sec
periodic communication Time for I2I (T_T4, T_T6)*	0.5	sec
periodic communication Time for I2T (T_T7)*	0.5	sec
periodic communication Time for T2T (T_T2T)	0.1	sec
onboard TCS delay (T_T1, T_T8)*	0.07	sec
wayside TCS delay (T_T3, T_T5)*	0.07	sec
distance from front of stopped train to start of station exit	10	m
station dwell time	30	sec
speed sensor error (V_ERR)*	±3	km/h
position uncertainty (D_PU)*	±6.25	m

* IEEE 1474-1의 Typical safe braking model 및 Typical CBTC parameters를 적용
** 한국표준전동차 열차성능 기준 적용

【Headway Distance】 같은 속도로 주행 중인 두 선·후행 열차의 안전 간격을 CBTC(ETCS L3)와 T2T기반 ATCS의 최소안전간격거리와 최소역간운전시격 비교



[그림 6.3.17] 최소 안전간격거리 비교



[그림 6.3.18] 최소 Line Headway 비교

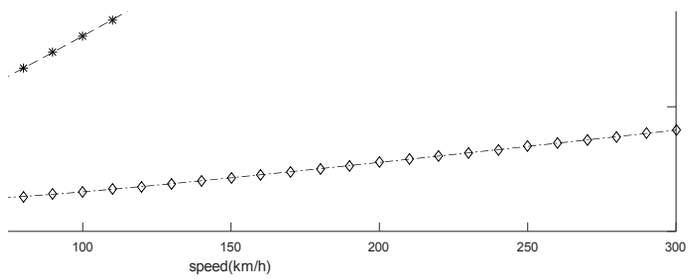
같은 속도로 주행 중인 경우 두 열차의 안전간격은 속도가 높을수록 차이가 크게 발생하여 시속 300km/h로 주행하는 경우 약 1/3 수준으로 단축 가능

【Station Headway*】역되는 역최소 운전시격을 CBTC(ETCS L3)와 T2T기반 ATCS을 대상으로 비교

* 역 승강장에 정차 중인 선행 열차가 출발 이후부터 후행 열차가 역에 진입하여 정차 후 출입문을 닫고 출발하기 전까지 소요된 시간

(CBTC(ETCS L3)) 선행열차가 출발 후 완전히 플랫폼을 비운 이후 후행열차가 역 진입이 가능하도록 진로와 함께 새로운 이동권한을 수신하는 과정이 추가됨

(T2T 기반 ATCS) 선행열차 출발과 함께 후행 열차가 역진입이 가능



[그림 6.3.19] 최소 Station Headway 비교

역 진입속도가 50km/h 인 경우 기존 CBTC(ETCS L3)인 경우 약 90초대 운전시격을 가지는 반면 T2T기반 ATCS는 약 60초대 운전시격을 가짐을 확인할수 있어 간격제어 성능 30% 향상 가능함.

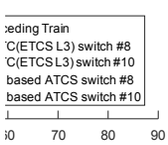
- **(분기제어 성능*,** 30% 향상)** 기존의 궤도회로 기반 연동논리에 의한 분기제어 성능을 가지는 CBTC(ETCS L3)와 T2T 기반 ATCS의 분기제어 성능을 비교

* 분기기(스위치)의 frog angle값에 의해 스위치 번호가 정해지며 시뮬레이션에서는 #8, #10 스위치에 대한 분기구간 통과 성능 비교.

** 최소 headway distance를 유지하면서 주행 중인 선·후행 열차가 분기구간 통과시 세마포어 영역으로 인한 안전간격의 변화를 비교

(CBTC(ETCS L3)) 최소 분기구간 영역이 연동논리를 수행하는 궤도회로 전체구간으로 해당 구간에 열차는 한 대만 존재(세마포어 영역)

(T2T 기반 ATCS) 열차 접촉한계만 고려한 최소분기구간을 새롭게 설계함으로써 세마포어 영역을 축소하여 분기통과 성능 향상 가능



[그림 6.3.20] 최소 분기기 통과성능 시뮬레이션 결과

[표 6.3.3] 분기기 종류에 따른 선로분기구간

번호별	편개인 경우(km/h)	Frog Angle(°)	Switching Area(m)
#8	25	7.1517	39.944
#10	35	5.7215	48.878
#12	45	4.7748	58.366

두 열차의 주행속도가 80km/h로 동일한 경우 8번 분기구간 통과시간은 ATCS 약 29초, CBTC 46초로 분석되었으며, 10번 분기기의 경우 ATCS 26초, CBTC 36초로 분석되어 약 30% 분기기 통과성능 향상이 가능함.

⑤ (성능목표 2-2 : 시스템 신뢰도 향상)

- **(적용 대상)** 도시철도, 일반 및 고속철도 노선
- **설정 근거**
  - 관할영역마다 존재하는 지상제어시스템을 삭제함으로써 신뢰성(안전성) 향상 가능
- **목표 달성 가능성 검토**
  - CBTC(ETCS L3)의 관할영역(zone) 수를 n개, 열차의 차상장치의 수를 k라 할 때 $MTTF_{CBTC}$는 $1/(2n\lambda^d + k\lambda^d)$로 표현할 수 있음(단 장치별 고장률은 모두 동일하다고 가정)
  - 열차의 수가 동일 한 경우 자율주행 철도신호 차상장치의 수를 k라 할 때 $MTTF_{ATCS}$는 $1/k\lambda^d$로 표현할 수 있음
  - 신뢰도 r을 $MTTF_{ATCS}/MTTF_{CBTC}$라 표현하면 $1+2n/k$이며 $n \geq 1,\ k \geq 1$이므로 CBTC(ETCS L3) 대비 $2n/k$배 만큼의 향상이 가능함.

⑥ (성능목표 3-1 : 분리결합 오류/시간 Zero 化)

- **(적용 대상)** 도시철도, 일반 및 고속철도 노선
- **설정 근거**
  - 신호기술 및 물리적 연결방법의 한계를 극복하여 신호시스템 감시하에 Radio 연결기를 통한 안전하고 선로선형에 구애받지 않으면서 실시간 분리결합이 가능
- **목표 달성 가능성 검토**

【종전 신호기술 및 물리적 연결방법의 한계분석】

- **(신호기술 한계)** 물리적 연결을 신호시스템은 열차의 충돌로 간주하여 두 편

성의 열차가 근접하지 못하도록 방호

- 따라서 열차의 신호시스템을 종료 후 운전자 책임하에 수동으로 열차를 분리 결합함에 따른 인적오류 발생

- **(물리적 연결방법 한계)** 물리적 연결은 직선의 선로구간에서 선행열차가 정지 상태에서 후행열차가 서행하여 최종 5km/h 속도 이하로 결합

- 결합에 따른 시간이 소요되며 결합이 어긋나거나 속도 초과로 연결기 파손과 같은 오류의 위험이 존재

【열차중심의 편성제어 및 Radio 연결기를 통한 한계극복】

- 자율주행 신호시스템 감시하에 안전하고 신속한 분리결합 수행 가능함으로 분리결합에 따른 오류/시간을 Zero 化 가능

- 선로구간의 선형에 구애받지 않고 Radio 연결기를 통한 신속한 결합 가능

⑦ (성능목표 3-2 : 무선연결기 기반 무인자동 편성조성)

- **(적용 대상)** 도시철도, 일반 및 고속철도 노선

- **설정 근거**

  - 종전 신호기술 및 물리적 연결방법의 한계를 극복하여 운영자의 수동개입 없이 무인자동 편성조성 가능

- **목표 달성 가능성 검토**

  - 운영자 수동개입 없이 자율주행 신호시스템 감시하에 자동으로 열차의 결합 분리 가능하며 결합된 후행열차의 신호시스템은 slave 모드로써 선행열차의 가감속 명령에 기반하여 주행가능

⑧ (성능목표 4-1 : 자율주행 신호체계 Test-case 확보 및 SIL-4 인증)

- **(적용 대상)** 도시철도, 일반 및 고속철도 노선
- **설정 근거**
  - 신규 신호시스템 실용화를 위해 기능 및 성능의 검증과 확인에 필요한 test-case 확보와 SIL-4 인증 필요
- **목표 달성 가능성 검토**
  - 사업착수와 함께 시스템의 규모와 복잡성을 고려한 검사인증 계획을 수립하고 인증 추진을 위한 산출물 관리, 인증 신청에서 획득까지 단계별 인증체계 수립함으로써 test-case 확보 가능
  - 자율주행 철도신호체계 국제 RAMS 규격 충족을 통해 SIL4 수준의 안전기술과 LCC 경쟁력 확보 가능

⑨ (성능목표 4-2 : 트랙 레코드 확보)

- **(적용 대상)** 도시철도, 일반 및 고속철도 노선
- **설정 근거**
  - 자율주행 신호기술의 실용화를 위해서는 영업운영에 준하는 트랙레코드 확보가 필요
- **목표 달성 가능성 검토**
  - 정부, 철도 운영기관, 연구기관 및 민간 전문가로 구성된 전문가 협의체를 운영하여 영업실적에 준하는 기준을 계량화하여 정립
  - 사업추진의 전 과정을 모니터링하며 해당 기준에 대한 충족여부를 확인하고 테스트 베드 구축 및 시험선 시험, 시범운영을 통해 최종 트랙 레코드 달성 여부를 확인 가능

3. 사업의 성과목표 및 지표 설정

분석개요

- 국가연구개발사업은 로직모형(투입-활동-산출-성과)을 이용하여 도출된 성과목표 및 지표는 다음과 같은 4단계 절차로 설정

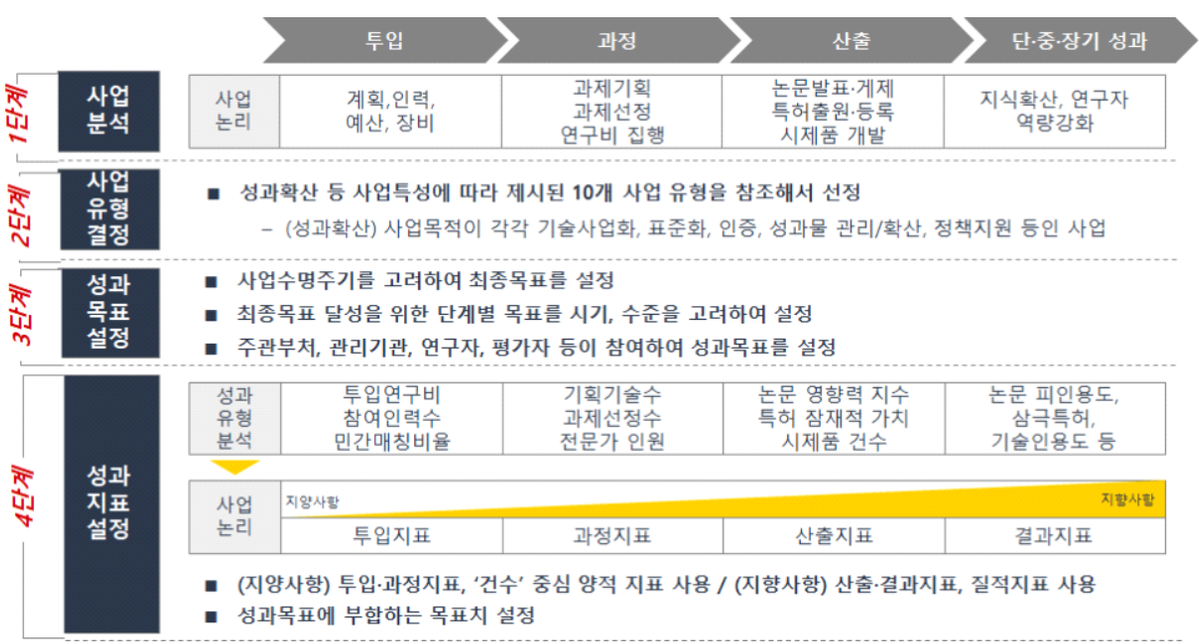
  - (1단계 : 사업분석) 자원의 투입, 사업의 집행, 산출과정, 기대성과 등 사업 특성을 분석

  - (2단계 : 사업유형 결정) 사업통성에 따라 제시된 10개 사업 유형을 참조해 사업유형을 파악

  * 기초연구, 단기산업기술개발, 중장기산업기술개발, 공공기술개발, 지역연구개발, 국방기술개발의 6개 연구개발 사업과 인력양성, 시설장비구축, 성과확산, 국제협력의 4개 연구기반 조성 사업 중 택일

  - (3단계 : 성과목표 설정) 사업유형과 기술분야별 특성을 고려해 구체적으로 성과목표를 설정

  - (4단계 : 성과지표 설정) 성과목표와의 관련성, 핵심성을 고려하여 성과지표를 설정, 성과목표에 부합하는 목표치 설정



[그림 6.3.21] 성과지표 설정 절차

사업 분석(1단계)

- 과기부 '국가연구개발사업 표준 성과지표(5차) (2020.01)'에 따라 성과목표와 성과지표의 설정을 위해 논리모형[135]을 통한 사업분석 수행

  - 논리모형을 통해 사업의 산출물을 중심으로 투입(input)부터 영향(impact)까지 발생되는 연관관계를 제시

[표 6.3.4] 사업분석을 위한 논리모형

구분	투입	과정	산출	결과(단기)	결과(중장기)	영향
사업 논리	• 인적지원 - 철도운영사, 시스템 제작사, 연구원, 민간전문가, 사업 참여자 등 • 예산지원 - 사업예산 • 인프라지원 - 시설 및 장비 - 시험인증 인프라 • 기술적 자원 - 기존 철도 신호 시스템 연구성과 - 유관분야(통신 등) 연구성과	• 자율주행 철도 신호기술 개발 - 열차중심 관제 기술, 열차제어 기술, 편성제어개술 • 실용화 촉진기술 연구 -테스트베드 구축 시험 -시스템 적합성 및 RAMS/LCC 체계 구축 -법제도 표준체계 구축	• 시제품 기술개발 • 논문 게재 • 특허 출원 및 등록 • SIL-4 인증 및 트랙 레코드 • 핵심 알고리즘 개발 • S/W 개발 및 프로그램 등록	• 국산 자율주행철도 신호시스템 기술 확보 - 특허 등록 및 특허 등급 지수(SMART) • 관련분야 공인기관 인증 역량 강화 - 인증 관련 규정(안) • 국내 자율주행철도 신호시스템 도입 -시범사업 및 본 사업 추진	• 철도신호시스템 산업 기술 경쟁력 확보 • 운영사 애로사항 해소 및 혼잡도, 철도안전 등 교통문제 저감 • 관련 분야 직접 인력 채용 증가	• 철도산업활성화 - 신호시스템 업체 및 부품/모듈 업체 매출 증대 • 자율주행 기술 학문 발전에 기여 • 이용자 만족도 제고 • 전후방 산업 취업유발 효과
성과 목표				• **기술목표** LoA_1 기술확보 -자기회복 기술 -원격주행 기술 -경합해소 기술 / LoA_2 기술확보 -열차중심 간격제어 및 분기제어기술 / LoA_3 기술확보 -무선연결기 기반 분리결합기술 -열차간 협업기반 경합해소기술 / 트랙레코드 확보 -인증 및 표준체계 구축기술 -시험평가기술 -법제화 및 표준화 • **성능목표** -5분 이내 자기회복 -5분 이내 원격접속 및 제어 -열차 연쇄지연시간 25% 단축 / -간격/분기제어 30% 향상 -시스템 신뢰도 향상 / -분리결합 오류/시간 Zero 化 -무선연결기 기반 무인자동 편성조성 / -자율주행 신호체계 Test-case 확보 -SIL-4 인증 -트랙 레코드 확보	
성과 지표			• 핵심알고리즘 시뮬레이션 검증 • 논문게재 건수 • 특허출원 및 등록 건수 • 공인기관 시험성적서, SIL-4인증서 • 자율주행 철도신호시스템 트랙레코드	• 시제품 제작 건수 • 통합시뮬레이션 검증 • 자율주행 철도신호통신시스템 개발 • 특허등급지수 • 정책 활용건수	• 기술실시계약건수 • 관련분야 인력 채용 • 표준사양 건수 • 법제화 건수	• 기업매출액 증대 • 자율주행 이용자 만족도

135) 동 기획에서는 '사업 이슈 및 목표설정(기획)', '성과분석'의 관점에서 논리모형이 별개로 활용되었으며, 해당 논리모형은 성과분석 측면에서 작성되었음

동 사업의 유형 결정(2단계)

● 과학기술정보통신부 국가연구개발사업 표준 성과지표(5차)(2020.01)의 가이드라인에 따라 동 사업의 특성을 반영한 사업유형을 결정

- 동 사업은 기술경쟁력 및 시장경쟁력 확보를 위해 차세대 철도 자율주행 신호체계 기술개발과 사업기간 8년을 고려하여'연구개발'성격의'중장기산업 기술개발'유형으로 선정

[표 6.3.5] R&D 사업유형 분류에 따른 기획사업 유형 구분

성격	유형	개념 및 분류 기준
연구개발	기초연구	• 자연 현상의 원리규명, 새로운 현상의 분석 등을 통해 창조적 지식 획득연구(순수기초형) • 현재 또는 미래에 광범위한 응용을 목적으로 문제해결의 근본원리 및 창의적 지식창출 연구(목적기초형)
	2. 단기산업 기술개발	• 단기간 내(3년 이내) 상용화를 목표로 한 신기술 및 신제품 개발을 위한 응용·개발 연구사업
	3. 중장기산업 기술개발	• 중·장기적(3년 이상) 상용화를 목표로 추진 중인 응용·개발 연구사업
	4. 공공기술개발	• 응용·개발단계 연구개발사업 중 최종적인 성과가 국민 건강증진, 재난방지 등 국민 삶의 질에 기여하는 형태로 나타나는 사업
	5. 지역연구개발	• 지역 대학과 연계한 산학연협력 사업, 지역클러스터 육성사업, 특정지역에 특정기술 개발 기반구축 사업
	6. 국방기술개발	• 응용·개발단계 연구개발사업 중 국방력 강화 및 방위사업 발전을 목적으로하는 사업
연구기반조성	7. 인력양성	• 대학 및 전문대학 지원사업, 산업인력양성을 위한 전문인력양성사업, 초중등 과정의 과학기술교육사업 등
	8. 시설장비구축	• 대형 연구시설 및 장비 구축 사업 * 사업 예산에 단순 시설 증축 및 장비 구입 등이 일부 포함된 경우는 제외
	9. 성과 확산	• 사업목적이 각각 기술사업화, 표준화, 인증, 성과물 관리/확산, 정책지원 등인 사업
	10. 국제협력	• 해외기관유치, 다자 및 양자 기관 협력 등 * 연구방식이 해외와의 공동연구인 경우는 연구개발에 포함

● 동 사업의 유형(중장기산업 기술개발)과 특성을 고려하여 사업의 초기-중기-장기 핵심성과 유형을 다음과 같이 설정

- 과학기술정보통신부 국가연구개발사업 표준 성과지표(5차)(2020.01)의 사업 유형별 핵심성과(예시)를 토대로 동 사업의 공공기술 측면과 성과확산 측면의 특성을 고려하여 다음과 같이 핵심성과 유형을 설정

- 동 사업은 8년의 기간이 요구되는 사업으로 사업시행 이후 3년 단위(1~3년, 4~6년, 7~8년)로 단계를 나누어 성과지표 유형을 설정

[표 6.3.6] 동 사업유형에 따른 성과지표 유형 설정

사업유형 / 기간	초기(1단계) (사업추진 1~3년)	중기(2단계) (사업추진 4~6년)	장기(3단계) (사업추진 7~8년)
중장기산업 기술개발 (지침)	과학적 성과 기술적 성과	과학적 성과 기술적 성과 경제적 성과	기술적 성과 경제적 성과 사회적 성과

성과지표 및 성과목표 설정(3~4단계)

- 동 사업의 성과지표는 국가연구개발사업표준성과지표를 참조하여, 논리모형을 통해 제시된 성과와 발생 시점을 고려하여 3단계로 정리

[표 6.3.7] 사업 단계별 성과지표 Pool

사업유형 / 기간	1단계 (사업추진 1~3년)	2단계 (사업추진 4~6년)	3단계 (사업추진 7~8년)
과학적 성과	• 논문게재 건수 • 표준화된 영향력 지수	• 통합시뮬레이션 검증건수 • 논문게재 건수 • 표준화된 영향력 지수	
기술적 성과	• 특허SMART지수 • 자율주행 철도신호시스템 트랙레코드 확인 • 시제품 제작 건수	• 특허SMART지수 • 공인기관 시험성적서, SIL-4인증서 • 시제품 제작 건수 • 국산화율	• 특허SMART지수 • 공인기관 시험성적서, SIL-4 인증서
경제적 성과		• 기술실시계약건수 • 기술료	• 기술실시계약건수 • 기술료 • 사업으로 인한 추가 고용 순증 • 수입대체효과
정책적 성과			• 표준체계 구축 • 법제화 수립
기타		• 정책 활용도	• 서비스만족도

- SMART분석을 통해 성과지표를 과학적 성과인 '표준화된 영향력 지수', 기술적 성과인 '특허 SMART 지수', '인증 건수', 경제적 성과인'기술료', '수입대체효과'로 설정

  - 사업기획을 위해 1차로 성과지표를 설정하였으며. 사업 추진시 본 기획을 통해 이를 수정·보완할 예정(과기부, KISTEP 등과 협의)

[표 6.3.8] 사업 단계별 성과지표(안)

구분	1단계 (사업추진 1~3년)	2단계 (사업추진 4~6년)	3단계 (사업추진 7~8년)
성과지표	표준화된 영향력 지수 특허 SMART 지수 시제품 제작 건수	표준화된 영향력 지수 특허 SMART 지수 인증건수 기술료	인증건수 특허 SMART 지수 기술료 정책 활용도 수입대체효과

성과지표 SMART 분석

- **(명확성/구체성)** 지표의 개념과 측정방법이 명확하고, 데이터가 일관성 있게 수집되어야 함
- **(측정가능성)** 측정을 위해 데이터가 존재해야 하며, 사용에 제약이 크지 않아야 함
- **(원인성)** 사업내용의 범위 안에 있어야 하고, 외적 요인에 의해 왜곡되면 안됨
- **(신뢰성)** 제3자가 검토하더라도 일관된 결과가 나와야 하며, 가급적 공식적이고 객관적인 정보를 활용해야 함
- **(적시성)** 성과측정 시기가 맞아야 함

구분	명확성/구체성 (Specific)	측정가능성 (Measurable)	원인성 (Attributable)	신뢰성 (Reliable)	적시성 (Timely)
표준화된 영향력지수	●	●	◑	●	◑
특허 SMART 지수	●	●	◑	●	◑
시제품 제작 건수	●	●	●	◑	●
인증건수	◑	◑	●	●	●
기술료	●	●	◑	◑	◑
수입대체효과	◑	●	●	◑	◑

주) ● 우수, ◑ 보통, ○ 미흡으로 평가하였으며, 우수 2개 이상, 미흡 1개 이하의 성과지표를 선정

[표 6.3.10] 표준화된 영향력 지수(성과지표 1)

지표	표준화된 영향력 지수							
측정산식	표준화된 순위보정영향력지수 $mrnIF = 100 \times (N \times rnIF - 1)/(N-1)$ 순위보정영량력 지수는 $rnIF = (N - R_j + 1)/N$ 이며, N는 해당 분야내 저널 수, R_j은 특정 저널의 분야내 수준 (IF기준)을 의미 ※ 지수 값이 큰 저널일수록 해당 분야 내에서 위상이 높음을 의미							
측정방법	국토교통 R&D 사업 관리시스템, NTIS에 등록된 논문 성과를 대상으로 매년 1월 말을 기점으로 논문 IF값을 조사하여 분석							
목표치 설정근거	최근 5년간 정부 R&D SCI(E)논문의 mrnIF 평균값('13~'17)인 62.98을 초기 목표치로 설정하되, 논문게재 소요기간(2년)을 감안하여 3년차를 초기시점으로 설정							
년도	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29
목표치	-	-	62.98	64.87	66.81	68.82	-	-

[표 6.3.11] 특허 SMART 지수(성과지표 2)

지표	특허 SMART 지수								
측정산식	특허 SMART 지수 = $\sum_i (A_i \times B_i) / \sum_i (B_i)$ A_i는 특허 등급별 가중치이며, B_i는 등급에 해당하는 특허건수를 의미 〈SMART 등급별 가중치〉								
	등급	C	CC	CCC	B	BB	BBB	A	AA	AAA
	가중치	1	2	3	4	5	6	7	8	9
측정방법	국토교통 R&D 사업 관리시스템, NTIS에 등록된 특허를 대상으로 한국발명진흥회의 특허분석평가시스템 SMART를 활용하여 특허별 가중치 및 지수를 분석								
목표치 설정근거	사업착수 후 특허 출원 등록 소요기간(2년)을 고려하여 3년차 이후 발생을 가정 목표치는 유사사업인 '철도기술연구사업'의 최근 3년간 평균치인 3.24('16~'18년)을 설정하되, 전년대비 목표치가 3%씩 증가함을 반영								
년도	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29	
목표치	-	-	3.24	3.34	3.44	3.54	-	-	

[표 6.3.12] 시제품 제작 건수(성과지표 3)

지표	시제품 제작 건수							
측정산식	시제품 제작 건수= 당해연도 $\sum$ 시제품 제작 건수							
측정방법	본 사업을 통해 개발된 시제품 건수. 다만, 시제품은 최초 등록된 건수만 인정, 이후 업그레이드는 건수로 인정하지 않음 * 국토교통 R&D사업관리시스템, NTIS에 시제품 개발성과로 등록돈 건수로 측정							
목표치 설정근거	세부과제별 연구목표에 따른 시제품 제작 일정을 고려하여 목표치를 설정							
년도	’22	’23	’24	’25	’26	’27	’28	’29
목표치	-	-	-	14	-	-	-	-

[표 6.3.13] 인증건수(성과지표 4)

지표	SIL 인증건수							
측정산식	인증건수= 당해연도 $\sum$ (국내 인증건수 + 해외 인증건수)							
측정방법	본 사업을 통해 개발된 부품 등의 국내외 인증 건수 중 국토교통 R&D 사업 관리시스템, NTIS에 등록된 성과만을 인정							
목표치 설정근거	세부과제별 최종성과물에 요구되는 국내외 인증건수를 인증획득 활동 추진일정을 고려하여 목표치를 설정							
년도	’22	’23	’24	’25	’26	’27	’28	’29
목표치	-	-	-	-	-	-	10	-

[표 6.3.14] 기술료(성과지표 5)

지표	기술료							
측정산식	기술료=당해년도 $\sum$기술실시계약 등을 통한 기술료							
측정방법	본 사업을 통하여 실시된 기술이전 자료 및 기술실시 계약서를 확보하여, 확보한 기술료를 합산 세부사업별로 기술료 징수현황에 대한 증빙자료를 공문 형식으로 제출 받아 조사·분석하고, 자료 및 계약서에 동 사업명을 표기한 성과만을 인정							
목표치 설정근거	유사사업(철도기술연구사업)의 최근 5년간('14~'18) 10억원당 기술실시 평균 건을 동사업 예산에 반영하여 목표치를 72.5건으로 설정하였으며, 국가연구개발사업의 사업화 건당 평균 기술료 0.27억원/건('17년 기준)을 기준으로 기술료 목표액을 설정함. 또한 기술료는 사업시점 중반부에 발생하고 연간 동일하게 발생함을 가정							
년도	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29
목표치 (억원, 누적)	-	-	-	-	4.85	4.85	4.85	4.85

[표 6.3.15] 수입대체효과(성과지표 6)

지표	수입대체효과							
측정산식	수입대체 효과는 연구개발 결과물을 현장적용으로 관련 부품·공법 등의 국산화로 발생한 수입대체 환산비용							
측정방법	현장적용에 의한 비용절감 또는 수입대체 효과 증빙자료로 공사계약서, 비용절감 내역서*, 수입대체효과 산정내역서 중 1개 이상을 제출 * 납품계약서, 공사계약서가 영업비밀로 대외 유출이 어려운 경우 해당 업체의 대표자가 날인한 매출액 확인서 제출							
목표치 설정근거	사업종료 시점에서 평가됨을 감안하여, 1개 신규사업(신사동 사례 15km)을 공사계약을 목표로 설정함. 예타기획에서 제시한 도시철도용 신호통신시스템 건설단가 43.6억원/km를 반영하였으며, 수입대체효과는 최종년도 누적치 형태로 목표치를 설정하여 이전년도에 발생한 수입대체효과를 모두 포함							
년도	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29
목표치 (억원, 누적)	-	-	-	-	-	-	-	654

[표 6.3.16] 정책 활용도(성과지표 7)

지표	정책 활용도							
측정산식	정책활용도=당해년도 ∑((정부 정책반영 건수 X 1.0)+(설계기준·지침반영 건수 X 0.6)) / 직전년도 ∑((정부 정책반영 건수 X 1.0)+(설계기준·지침반영 건수 X 0.6))							
측정방법	연구성과를 통해 정부 정책에 제안 및 반영된 관련 자료와 설계기준·지침·시방서 제안 및 반영 관련 자료를 확보 * 국토교통R&D사업관리시스템에 등록된 정부 정책제안·반영 건수, 설계기준·지침·시방서 제안·반영 건수로 측정							
목표치 설정근거	정책제안 및 제·개정·고시 등 정책이 활용되기 위해서는 일정 기간이 소요되므로 사업 중·후반부인 4차년도부터 목표 부여하되, 매년 5% 목표치가 상향되도록 설정하고 초기 목표치는 유사 성격 사업인 철도기술연구사업의 추진 시작년도('13)로부터 4차년도인 '16년도의 정책활용도를 기준으로 설정							
년도	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29
목표치 (억원, 누적)	-	-	-	0.47	0.49	0.51	0.53	0.55

성과목표 및 성과지표 총괄표

- 각 연차별 성과지표를 3~4개로 질적지표 가중치 0.7이상으로 설정

[표 6.3.17] 성과지표 총괄표(안)

성과목표	**LoA 1~3 기술 확보 및 트렉 레코드 확보** (3분 이내 자기회복 및 원격제어, 제어성능 30% 향상, 연쇄지연 25% 저감, 신뢰도 향상, 분리결합 오류/시간 Zero化, SIL-4 인증 및 트랙 레코드 인증)		
구분	1단계 (2022~2024)	2단계 (2025~2027)	3단계 (2028~2029)
표준화된 영향력 지수(질)	0.35	0.25	-
특허 SMART 지수(질)	0.35	0.25	-
시제품 제작 건수(양)	0.30	-	-
인증건수(양)	-	0.30	0.3
기술료(질)	-	0.20	0.35
수입대체효과(질)	-	-	0.35
합계(질적지표 가중치)	1.00(0.7)	1.00(0.7)	1.00(0.7)

4. 동 사업의 논리모형

1. 이슈 / 문제

- 철도신호시스템 외산도입에 따른 문제를 해결하기 위해서는 차세대 철도신호시스템 기술의 선점과 트랙레코드 확보가 필수적이며, 동시에 글로벌 선도기업과의 경쟁, 열악한 철도 산업환경을 극복하기 위한 자율주행 철도신호체계 기술개발이 시급

  * 철도 선진국을 중심으로 제어패러다임에 대한 근본적인 변화의 움직임이 일고 있으며 기존의 slow follower의 전략에서 벗어나 신규 제어패러다임 개발에 적극적으로 대응함으로써 기술종속의 탈피와 선도기업과의 경쟁을 통해 시장 우위를 선점하도록 전략적 변화가 필요

  - (산업구조적 악순환 문제점) 철도운영사가 최신의 외산 신호시스템을 선호함에 따라 국내시장 축소로 인한 운영주권 상실과 승객서비스 저하, 국내기술 투자 기피 및 기술력 약화의 악순환이 지속
  - (Slow Follower 전략의 한계) 국외선진국 대비 20년 이상 늦은 시점에서의 기술개발 전략으로는 기술 및 시장경쟁력 확보에 한계
  - (실용화 한계) 연구개발 완료(SIL 인증서 및 공인기관 시험성적서 확보) 이후 운영기관 도입 시 영업선 운용 실적을 요구하나 영업선 운용 실적(트랙 레코드)을 확보하기가 쉽지 않아 개발기술의 실용화에 난항

2. 목표

- 철도신호 패러다임의 근본적인 변화(지상중심→열차중심)를 통한제어성능 한계극복이 가능한 자율주행 철도신호체계 기술선점
- 자율주행 철도신호체계 LoA_1/2/3 선제적 기술확보
  - 5분 이내 자기회복 및 원격제어
  - 간격/분기제어 30%, 신뢰도 향상
  - 분리결합 오류/시간 Zero化
- 연구개발 기술의 실용화을 위한 트랙레코드 확보
  - Test-case , SIL-4 인증 및 트랙레코드 확보

⇨

3. 수혜자

- (1차) 신기술 개발을 통해 국내 및 해외시장 확보 가능한 관련 기업
- (2차) 신기술 적용을 통해 운영효율성 확보가 가능한 국내 운영기관
- (3차) 수송력 향상 및 유연성이 증가된 철도 교통을 이용 가능한 국민
- (4차) 기술역량 공유를 통해 자원 활용이 가능한 대학, 연구소

4. 투입

- 인적지원
  -철도운영사, 시스템 제작사, 연구원, 민간전문가, 사업 참여자 등
- 예산지원
  -사업비 3,637.1억원(국비 2,998.6 억원, 민자 638.5 억원)

⇨

5. 과정

- 최신의 자율주행 철도신호기술 선제적 개발
  -열차중심의 관제기술
  -열차중심 열차제어기술
  -열차중심 편성제어개술
- 실용화 촉진기술 개발
  -테스트베드 구축 시험
  -시스템 적합성 및 RAMS/LCC 체계 구축
  -법제도 표준체계 구축

⇨

6. 산출

- 시제품 개발 14건
- 논문 영향력 지수 68.82
- 특허 SMART 3.54
- SIL 인증 10건
- 트랙 레코드 확인 1건
- 수입대체효과 654억원

⇨

7. 성과 / 영향

- 철도 수송력 30% 향상
- 5분이내 자기회복 및 원격제어
- 분리 결합 오류시간 Zero
- 지연확산 25% 절감
- 국내 시장점유율 90% 확보
- 국외 시장점유율 10% 확보
- 철도신호기업 생산유발효과 8,510억원, 부가가치 유발효과 3,103억원
- 전후방 산업관련 3,483명 취업 및 취업유발 효과

8. 가정

- 자율주행 철도신호 연구개발을 통한 기능 및 성능확보, 트렉레코드 기준에 부합하는 신뢰성 검증
- 신기술 선점과 시장확보를 위한 정부차원의 안정적인 연구개발 투자지원과 수요처의 국산 철도신호기술 도입 장려
- 정부와 수요처, 산·학·연 전문가의 합의에 기반한 트랙레코드 기준 도출과 확인
- 현장시험 및 시범운영에 필요한 테스트 베드 구축을 위한 공공부문(정부, 운영기관, 인증기관 등)과 민간부문(철도차량 및 시스템 제작사)의 협력
- 철도신호 이슈/문제 해결에 대한 정부/연구기관/철도사업자/제작사의 강한 의지와 협력 활성화

5절 기존 사업/과제와의 유사중복성 및 차별성

1. 개요

목적

- 과학기술적 유사·중복성 검토를 통한 본 사업추진에 대한 타당성 분석

검토 대상 및 기간

- **(대상)** 국가연구개발사업으로 추진하였거나 현재 추진 중인 연구개발과제(사업)를 대상으로 하며, 추가로 본 사업과 유사한 민간 연구개발 과제(사업) 등을 포함.
- **(기간)** 2010년 이후의 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)에 등록된 모든 과제(사업)

검토기준, 방법 및 절차

- **(기준)** 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침[136]에 의거 사업목표, 사업내용(지원분야), 추진체계, 수행주체(지원대상)의 동일·유사성 검토

[표 6.5.1] 사업의 중복성 분석을 위한 기준틀

판단요소	분류기준	판단기준	비고
사업목표	① 사업목적 ② 경제사회적 목적 (과학기술표준분류, 적용분야)	동일·유사성	세부목표
수행주체	연구수행주체		지원자격, 선정기준
사업내용	① 과학기술표준분류연구분야 ② 미래유망기술분류 ③ 국가기술지도분류 ④ 연구내용(새롭게 추가 분석)		연구내용, 개발단계, 기술수명주기
종합판단	※ 원칙 : 사업목표, 지원대상, 사업내용이 모두 유사한 사업은 중복 가능성 있음 ① 개별 분석항목(목표, 대상, 분야)에서 2가지 이상 유사하게 분류될 경우, 유사로 판단 ② 사업내용의 경우 분류의 동일성이 가장 높은 분류체계를 중심으로 분석 ※ 예외 : 세부 자료가 존재하는 경우, 구체적 사안에 따른 분석수행		

*출처 : KISTEP "국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침"

136) KISTEP "국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침", 2020

- **(사업목표)** 사업이 지향하는 목적에 포함되는 개념, 사업목표의 동일·유사성을 포괄적으로 해석

- **(수행주체)** 연구수행 주체*를 의미하며 연구수행주체가 동일한 범주로 분류되는 경우 지원대상이 동일·유사하다고 추정함

* 국공립연구소, 출연연구소, 대학, 대기업, 중소기업, 정부부처, 기타로 구분

- **(사업내용)** 지침상에는 개발단계, 기술분류, 기술수명주기로 분류하게 되어있으나 분류체계가 광범위한 점과 철도이외의 타 교통분야와의 유사성 분석이 어려운 점을 고려하여 연구내용의 동일·유사성을 추가하여 우선하여 분석함

● **(방법 및 절차)** 유사사업 발굴 후 유사사업과의 속성별 비교분석 수행, 종합 판단은 관련 분야 기술전문가 검토를 통해 유사·중복성 판정

- **(사업속성 분석)** 연구내용의 동일·유사성 분석을 위해 사업을 대표하는 핵심 키워드를 도출

- **(유사사업 발굴)** NTIS의 과제 분석의 상세분석을 통해 유사과제 분석과 유사과제를 포함하는 유사사업 발굴

- **(속성별 비교)** 사업내용의 연구내용을 중심으로 비교하되 사업목표와 수행 주체를 비교

- **(종합 판단)** 사업목표, 사업내용을 중심으로 동일·유사성 분석하며 관련분야 기술전문가 검토를 통해 최종 판단

1 단계	⇨	2 단계	⇨	3 단계	⇨	4 단계
사업속성 분석		유사사업 발굴		속성별 비교		종합 판단

2. 분석대상 선정

■ 핵심 키워드 도출

● **사업속성 분석을 위한 대표적인 핵심 키워드(검색어) 도출**

- **(핵심 키워드)** 동 사업의 자율주행이라는 용어의 유사성을 고려하여 전통적인 철도신호*가 아닌 타 교통의 자율주행과 군집주행을 포함하면서 협력, 협업 또는 제어를 포함하도록 검색어를 도출

*** 본 사업과 직접적인 연관성을 가지는 선행사업 분석은 제5장 3절 선행사업/과제 분석을 통해 별도로 수행**

● NTIS(http://www.ntis.go.kr)에서 과제검색의 상세검색을 이용하여 과제명에 다음의 검색식을 입력

- **(검색식)** (*자율|*군집) (주행|제어) (협력|협업|제어)

검색타이틀	검색어	검색일시
과제명	(*자율|*군집) (주행|제어) (협력|협업|제어)	2020-06-04 21:23:32

● **(검색기간)** 2010년 ~ 2020년(6월 4일 현재)

● **검색결과**

구분	과제	사업	연구수행 주체	비고
건수	195[137]	79[138]	대학, 출연연, 국공립연구소, 중견기업, 중소기업, 대기업 등	

■ 대상사업 선정

● 철도신호통신 시스템과 관련하여 **본 사업과 직접적인 연관성을 가지는 선행사**

137) 다년도 계속 과제의 경우 하나의 과제로 간주하여 계산

138) 사업명 중복성 제거

업의 분석은 제5장 3절 선행사업/과제 분석을 통해 별도로 수행

- 자율주행 철도신호시스템은 과학기술표준연구분야 분류체계의 「철도신호통신기술」로 분류기준상 자동차, 선박 등 타 교통수단의 자율주행시스템과 동일·유사성이 낮음
- 그러나 자율주행 용어로 인해 기술적 동일·유사성을 오해받기 쉬우므로 같은 육상 교통수단인 자율주행 자동차 및 자동차 군집주행 과제를 포함하는 사업을 검토대상사업으로 선정함.
- 대상사업
  - NTIS 과제검색을 통해 지난 10년간 자율주행 및 군집주행과 관련된 과제를 검색하고 유사도가 높은 과제를 포함하는 대상 사업을 선정

순번	사업명	관련부처	관련 과제명	사업기간 (과제기간)
1	한국철도기술연구원 연구운영비지원 (주요사업비)	과학기술 정보통신부	열차자율주행제어 핵심기술 개발	2005-현재 (2016-2024)
2	자동차산업 핵심기술개발	산업통상자원부	자율주행자동차 주변환경 인지 모듈의 안전도 평가기법 및 차량 안전 제어 (Fail-operation) 원천기술 개발	2016-현재 (2016-현재)
3	교통물류연구(R&D) (일반)	국토교통부	군집주행 차량의 안전주행 제어기술 개발	2012-현재 (2018-현재)
			자동차 전용도로 기반 V2X 군집주행 운영 및 연구실증 기술개발	2012-현재 (2018-현재)
4	우수기술연구센터	산업통상자원부	자율주행자동차의 주행보조용 초음파센서 및 통합제어기 개발	2016-현재 (2016-2018)
5	일반연구자지원	교육부	WAVE 기반 차량 군집 제어 및 통신을 위한 V2X 핵심 기술 연구	2009-2014 (2011-2013)
6	개인연구지원	과학기술 정보통신부	V2X 통신 및 환경 센서 정보 융합을 통한 고 신뢰성 자동차 안전 제어 및 자율 주행 기술 개발	2016-현재 (2016-현재)
7	도심도로 자율협력주행안전·인프라연구사업	국토교통부	도심도로 자율협력주행 안전·인프라 연구	2019-현재 (2019-현재)
			도심도로 자율협력주행을 위한 동적정보 플랫폼 기술 개발	2019-현재 (2019-현재)
8	한국전자통신연구원 개발지원	과학기술 정보통신부	자율주행자동차의 실시간 제어를 위한 고속 V-Link 통신기술 개발	2010-현재 (2016-2017)

3. 주요 사업/과제간 유사·중복성 검토

(사업/과제분석 1) 한국철도기술연구원 연구운영비지원(주요사업비)

① 사업분석

- **(개요)** 비교대상 사업은 과학기술분야 정부출연연구기관 등의 설립운영 및 육성에 관한 법률에 의거하여 시행되고 있는 한국철도기술연구원 주요사업임
- **(검토결과)** 비교 대상 사업은 국가 과학기술분야 정부출연연구기관의 경영합리화 및 발전을 위한 출연연 고유임무 수행을 위한 사업으로 사업수준에서의 사업목적, 사업내용, 추진방법, 연구단계 등을 비교할 때 동일·유사성이 없음.

사업/과제명	[사업]한국철도기술연구원 연구운영비지원(주요사업비)	[사업](기획)자율주행기반 철도신호시스템 개발사업
목적	• 국가 과학기술분야 정부출연연구기관의 경영 합리화 및 발전을 도모하기 위한 출연연 고유임무 수행	• 철도신호 패러다임의 근본적인 변화(지상중심→열차중심)를 통한제어성능 한계극복이 가능한 자율주행 철도신호체계 기술선점
내용	• 4차산업혁명을 선도하는 신교통 혁신원천기술개발 - 아음속 캡슐트레인 원천기술개발 - 세계 선도형 열차자율주행 제어 원천기술 개발 - 대중교통 편의증진을 위한 ICT 스마트 모빌리티 기술개발 • 사회 현안을 해결하는 국민체감형 기술 개발 - 국민의 안전과 생명을 지키기 위한 철도 안전기술 개발 - 출퇴근이 빠르고 쾌적한 철도 급행화 및 친환경 기술 개발 - 공공성 및 효율성 제고를 위한 교통물류 기술 개발 • 고부가가치를 창출하는 철도 핵심기술 개발 - 차세대 차량시스템 핵심기술 개발 - 첨단 철도 인프라 핵심기술 개발 - 스마트 철도 전기 핵심기술 개발	• 열차중심 열차관제 - 열차간 합의기반 경합인지 및 해소기술 - 자기회복 및 원격주행기술(Drone Train) - 실시간 인프라 감시기술 - 자율주행 철도관제기술 • 열차중심 열차제어 - 열차중심의 간격 및 분기제어기술 - T2T, T2I 통신 및 통신보안기술 • 열차중심 편성제어 - Radio 연결기 기술 - Radio TCN 기술 - 예측가능한 열차제동기술 - Radio 연결 무결성 확보기술 • 사업총괄 및 실용화 촉진기술 - 사업총괄 및 시스템 안전성 확보, 인증 및 표준체계, 법제화 구축기술 - 시스템 시험평가 기술(Lab. 기반시험

사업/과제명	[사업]한국철도기술연구원 연구운영비지원(주요사업비)	[사업](기획)자율주행기반 철도신호시스템 개발사업
	• 철도 신산업 창출을 위한 국내외 협력 플랫폼 구축 - 신북방 정책에 대비한 남북 및 대륙철도 기술 개발 - 강소 중소기업 육성을 위한 기술 및 상용화 지원 - 지속 발전 가능한 철도산업 생태계 기반 조성 지원 • 노후시설보수(시설비)	평가, On Site 기반 시험평가)
추진방법	• 연구원 주요사업으로 출연연(철도연) 및 대학(위탁) 중심 요소원천기술 연구 • 참여기업 없음	• 철도운영사, 기업, 인증 및 시험 공인기관, 출연(연), 대학 등 협력으로 기술개발 검증 및 실용화 기반 확보 • 참여기업이 있는 경우 출연금에 대한 Matching(매칭)
연구단계(TRL)	TRL1~4단계(시뮬레이션 수행을 통한 일부 핵심기술 검증 단계)	TRL5~ 8 단계

② 과제분석

● **(개요)** 비교대상 과제는 내역사업인 「4차산업혁명을 선도하는 신교통 혁신원천기술개발」내에서 수행중인 「세계 선도형 열차자율주행제어 원천기술 개발」과제이며 지난 2017년부터 과학기술정보통신부 BIG(Big Issue Group) 사업으로 추진 중임.

- 동 사업에서 개발하고자 하는 일부 핵심기술에 대한 기초원천기술(TRL 4 수준) 개발을 수행 중임

- 열차자율주행제어 핵심기술개발 과제의 연도별 과제명

순번	연도	내역 사업명	과제명	과학기술표준분류	키워드
1	2017	미래가치 창출형 신교통 시스템 개발	열차자율주행제어 핵심기술개발	철도차량/추진제어기술	자율주행제어, 가상연결제어, 열차 간 협업, 상황인지 및 판단, 통신보안

순번	연도	내역 사업명	과제명	과학기술표준분류	키워드
2	2018	4차산업혁명을 선도하는 신교통 혁신 원천기술개발	열차자율주행제어 핵심기술개발	철도신호통신기술	자율주행제어, 가상연결제어, 열차 간 협업, 상황인지 및 판단, 통신보안
3	2019	4차산업혁명을 선도하는 신교통 혁신 원천기술개발	열차자율주행제어 핵심기술개발(혼잡상황인지 기반 열차자율주행 운영 및 관제 핵심기술개발)	교통계획	자율주행제어, 가상연결제어, 열차 간 협업, 상황인지 및 판단, 통신보안
			열차자율주행제어 핵심기술개발(초저지연 통신 핵심기술 개발)	철도신호통신기술	자율주행제어, 가상연결제어, 열차 간 협업, 상황인지 및 판단, 통신보안
			열차자율주행제어 핵심기술개발(열차간 통신기반 간격제어 및 분기제어 기술 개발)	철도신호통신기술	자율주행제어, 가상연결제어, 열차 간 협업, 상황인지 및 판단, 통신보안

- **(검토결과)** 해당사업은 자율주행기반 철도신호시스템 개발사업의 일부 핵심적인 기술에 대한 원천기술개발*의 성격이며 본 사업에서는 해당 원천기술을 활용하여 실용화 가능한 수준의 TRL 수준을 확보하는 것을 목표로 함.

* 열차자율주행 핵심원천기술개발을 위해 과학기술정보통신부 BIG(Big Issue Group) 사업으로 추진 중임.

사업/과제명	[과제]열차자율주행제어 핵심기술개발	[사업](기획)자율주행기반 철도신호시스템 개발사업
목적	• 비용절감과 서비스, 안전성 및 수송력 향상을 위한 열차자율주행 및 통신보안 핵심기술 개발	• 철도신호 패러다임의 근본적인 변화(지상중심→열차중심)를 통한제어성능 한계극복이 가능한 자율주행 철도신호체계 기술선점
내용	• 열차자율주행제어 핵심기술개발 • 열차 간 협업기반 가상열차편성 핵심기술개발 • 열차 간 협업기반 상황인지 및 판단/제어 기술개발 • 열차자율주행제어 핵심알고리즘 설계 • 열차자율주행제어시스템 플랫폼 개발 • 시스템 안전성 활동 및 평가 • 열차간 통신연결 무결성 확보기술개발	• 열차중심 열차관제 – 열차간 합의기반 경합인지 및 해소기술 – 자기회복 및 원격주행기술(Drone Train) – 실시간 인프라 감시기술 – 자율주행 철도관제기술 • 열차중심 열차제어 – 열차중심의 간격 및 분기제어기술 – T2T, T2I 통신 및 통신보안기술

사업/과제명	[과제]열차자율주행제어 핵심기술개발	[사업](기획)자율주행기반 철도신호시스템 개발사업
		• 열차중심 편성제어 - Radio 연결기 기술 - Radio TCN 기술 - 예측가능한 열차제동기술 - Radio 연결 무결성 확보기술 • 사업총괄 및 실용화 촉진기술 - 사업총괄 및 시스템 안전성 확보, 인증 및 표준체계, 법제화 구축기술 - 시스템 시험평가 기술(Lab. 기반시험평가, On Site 기반 시험평가)
추진방법	• 연구원 주요사업으로 출연연(철도연) 및 대학(위탁) 중심 요소원천기술 연구 • 참여기업 없음	• 철도운영사, 기업, 인증 및 시험 공인기관, 출연(연), 대학 등 협력으로 기술개발 검증 및 실용화 기반 확보 • 참여기업이 있는 경우 출연금에 대한 Matching (매칭)
연구단계 (TRL)	TRL1~4단계(시뮬레이션 수행을 통한 일부 핵심기술 검증 단계)	TRL5~ 8 단계

(사업/과제분석 2) 자동차산업핵심기술개발

① 사업분석

- **(개요)** 비교대상 사업은 주요 수출국의 환경·안전규제 대응 및 新시장 조기선점을 위한 미래형 자동차(그린카, 스마트카) 핵심기술개발을 위한 사업임.
- **(검토결과)** 비교대상 사업은 크게 하이브리드, 전기차, 수소차 등의 연비 성능을 개선하는 그린카 핵심기술개발과 자율주행자동차와 사용자편의를 극대화한 차량 핵심기술개발이 있으며 사업수준에서의 사업목적, 사업내용, 추진방법 등을 비교할 때 동일·유사성이 없음

사업/과제명	자동차산업 핵심기술개발	(기획)자율주행기반 철도신호시스템 개발사업
목적	• 주요 수출국의 환경·안전규제 대응 및 新시장 조기선점을 위한 미래형 자동차(그린카, 스마트카) 핵심기술개발	• 철도신호 패러다임의 근본적인 변화(지상중심→열차중심)를 통한제어성능 한계극복이 가능한 자율주행 철도신호체계 기술선점

사업/ 과제명	자동차산업 핵심기술개발	(기획)자율주행기반 철도신호시스템 개발사업
내용	• 그린카 – 하이브리드, 전기차, 수소차 등 이산화탄소 배출 절감, 연비 성능을 개선한 친환경차 핵심기술개발 • 스마트카 – 기존 기계 중심의 자동차에 전기, 전자, 정보통신 기술을 융·복합하여 안전과 편의를 극대화한 차량 핵심기술개발	• 열차중심 열차관제 – 열차간 합의기반 경합인지 및 해소기술 – 자기회복 및 원격주행기술(Drone Train) – 실시간 인프라 감시기술 – 자율주행 철도관제기술 • 열차중심 열차제어 – 열차중심의 간격 및 분기제어기술 – T2T, T2I 통신 및 통신보안기술 • 열차중심 편성제어 – Radio 연결기 기술 – Radio TCN 기술 – 예측가능한 열차제동기술 – Radio 연결 무결성 확보기술 • 사업총괄 및 실용화 촉진기술 – 사업총괄 및 시스템 안전성 확보, 인증 및 표준체계, 법제화 구축기술 – 스템 시험평가 기술(Lab. 기반시험평가, On Site 기반 시험평가)
추진방법	• 기업, 대학, 연구소 등에 전부 또는 일부 출연 • 총사업비의 100% 이내 정부 Matching (매칭)	• 철도운영사, 기업, 인증 및 시험 공인기관, 출연(연), 대학 등 협력으로 기술개발 검증 및 실용화 기반 확보 • 참여기업이 있는 경우 출연금에 대한 Matching(매칭)
연구단계 (TRL)	TRL5~ 8 단계	TRL5~ 8 단계

② 과제분석

- **(개요)** 비교대상 과제는 「자율주행자동차 주변환경 인지 모듈의 안전도 평가기법 및 차량 안전 제어(Fail-operation) 원천기술 개발」과제로서 자율주행자동차 인지 모듈의 안전도 평가기법 및 차량 안전제어기술 개발을 목표로 함.
- **(검토결과)** 스마트카 관련하여 ADAS(첨단 운전자 지원시스템), LKAS(차선 이탈 자동 복귀 시스템), ACC(적응형 순항제어기) 등의 고도화되고 복잡도가 증

가한 시스템의 안전규제 및 시험평가와 관련된 기술개발로 본 사업과는 연구개발 목적 및 내용이 명확하게 상이하여 유사중복성이 없음.

사업/과제명	[과제] 자율주행자동차 주변환경 인지 모듈의 안전도 평가기법 및 차량 안전 제어(Fail-operation) 원천기술 개발	[사업](기획)자율주행기반 철도신호시스템 개발사업
목적	• 자율주행자동차 인지 모듈의 안전도 평가기법 및 차량 안전 제어 기술개발	• 철도신호 패러다임의 근본적인 변화(지상중심→열차중심)를 통한제어성능 한계극복이 가능한 자율주행 철도신호체계 기술선점
내용	• 차량 자동화 레벨2 주변환경 인지 모듈 업계 분석 수준을 기준으로 70%에 해당하는 안전 분석 산출물 도출 • 인지 모듈 안전도 평가기법 · 차량 자동화 레벨2 주변환경 인지 모듈 별 안전 분석 산출물 기반 결함 발생 시나리오 20개 도출 • 차량 자동화 레벨2 주변환경 인지 모듈 기반 결함 발생 시나리오, 정량적 평가기준을 포함하는 상세명세서 5개 작성 • 차량 자동화 레벨2 실제 인지 모듈 대비 85% 이상의 정확도를 가지는 가상 인지 모듈 모델링	• 열차중심 열차관제 - 열차간 합의기반 경합인지 및 해소기술 - 자기회복 및 원격주행기술(Drone Train) - 실시간 인프라 감시기술 - 자율주행 철도관제기술 • 열차중심 열차제어 - 열차중심의 간격 및 분기제어기술 - T2T, T2I 통신 및 통신보안기술 • 열차중심 편성제어 - Radio 연결기 기술 - Radio TCN 기술 - 예측가능한 열차제동기술 - Radio 연결 무결성 확보기술 • 사업총괄 및 실용화 촉진기술 - 사업총괄 및 시스템 안전성 확보, 인증 및 표준체계, 법제화 구축기술 - 시스템 시험평가 기술(Lab. 기반시험평가, On Site 기반 시험평가)
추진방법	• 대학(위탁)연구 • 참여기업 없음	• 철도운영사, 기업, 인증 및 시험 공인기관, 출연(연), 대학 등 협력으로 기술개발 검증 및 실용화 기반 확보 • 참여기업이 있는 경우 출연금에 대한 Matching(매칭)
연구단계(TRL)	TRL5~6단계(시뮬레이션 수행을 통한 일부 핵심기술 검증 단계)	TRL5~ 8 단계

(사업/과제분석 3) 교통물류연구(R&D)(일반)

① 사업분석

- **(개요)** 비교대상 사업은 선진국 대비 교통사고 사망자수를 줄이고, 교통혼잡 및 물류비용을 감소시키며, 쾌적한 도로환경을 위한 배출가스 저감과 편리한 교통 서비스 제공을 목적으로 함.
- **(검토결과)** 비교대상 사업은 도로교통의 안전성, 친환경성, 교통약자 이용편의성, 물류 프로세스 개선 및 시설자동화 등의 다양한 연구내용을 포함하고 있어 사업 수준에서의 사업목적, 사업내용, 추진방법 등을 비교할 때 동일·유사성이 없음

사업/과제명	[사업] 교통물류연구(R&D)(일반)	(기획)자율주행기반 철도신호시스템 개발사업
목적	• 선진국 대비 교통사고 사망자수를 줄이고, 교통혼잡 및 물류비용을 감소시키며, 쾌적한 도로환경을 위한 배출가스 저감과 편리한 교통 서비스 제공	• 철도신호 패러다임의 근본적인 변화(지상중심→열차중심)를 통한제어성능 한계극복이 가능한 자율주행 철도신호 체계 기술선점
내용	• 통분야 안전망 확보를 위한 차량 안전성 평가·긴급구난체계 구축, 도로인프라 안전성능 향상 및 교통사고 인적 요인 최소화 기술 등 개발 • 교통-차량-도로 간 상호 소통하는 자율협력 도로주행환경 등 자율주행 상용화를 위한 융·복합 新성장동력 교통기술 개발 • 온실가스, 생활공해 및 미세먼지 감축을 위한 재생재료 적용 친환경 도로 및 택배 차량용 하이브리드 트럭 등 쾌적한 교통환경 제공기술 개발 • 교통약자 이동 지원과 제약없는 교통환경 조성을 위해 개인·대중교통 수단 서비스 개선, 표준모델 개발 및 운영시스템 도입 • 물류 시설·장비 및 작업환경, 프로세스 개선을 통해 물류비용 최소화 및 시설 자동화가 가능한 수송·하역·보관·포장 등 기술 개발	• 열차중심 열차관제 - 열차간 합의기반 경합인지 및 해소기술 - 자기회복 및 원격주행기술 (Drone Train) - 실시간 인프라 감시기술 - 자율주행 철도관제기술 • 열차중심 열차제어 - 열차중심의 간격 및 분기제어기술 - T2T, T2I 통신 및 통신보안기술 • 열차중심 편성제어 - Radio 연결기 기술 - Radio TCN 기술 - 예측가능한 열차제동기술 - Radio 연결 무결성 확보기술 • 사업총괄 및 실용화 촉진기술 - 사업총괄 및 시스템 안전성 확보, 인증 및 표준체계, 법제화 구축기술 - 시스템 시험평가 기술(Lab. 기반시험평가, On Site 기반 시험평가)

사업/과제명	[사업] 교통물류연구(R&D)(일반)	(기획)자율주행기반 철도신호시스템 개발사업
추진방법	• 기업, 대학, 연구소 등에 전부 또는 일부 출연 • 총사업비의 100% 이내 정부 Matching (매칭)	• 철도운영사, 기업, 인증 및 시험 공인기관, 출연(연), 대학 등 협력으로 기술개발 검증 및 실용화 기반 확보 • 참여기업이 있는 경우 출연금에 대한 Matching(매칭)
연구단계 (TRL)	TRL5~ 8 단계	TRL5~ 8 단계

② 과제분석

- **(개요)** 비교대상 과제는 「군집주행 차량의 안전주행 제어기술 개발」로서 V2X 기반 군집주행 차량의 차선인지, 차량간 협력기반 인지/추종 기술, 대열유지 및 합류/이탈 인지 등의 기술개발을 수행 중임.

- **(검토결과)** V2X 협력인지 기반 비정상 및 긴급 주행상황 인지 및 판단기술 개발, V2X 협력인지 기반 군집주행 주행환경 인지/판단기술 개발, 군집주행 차량의 종방향/횡방향 제어 및 안전주행 기술개발 등의 기술을 개발중이나, 자율주행기반 철도신호시스템의 경우 제어의 대상* 및 범위, 제어의 방법, 목표안전성**, 군집주행과 다른 Radio 연결기*** 등 다른 차원의 도전적인 연구내용을 가지므로 유사중복성이 없음.

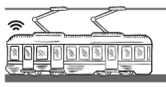
* 열차의 동특성, Mass, 추진제동특성(점착력 변화, 불확실성)

** SIL-4, 10^{-9}의 오류확률

*** 무선 연결된 열차는 하나의 열차와 같이 동작, 선행열차는 후행열차를 자신의 후미부로 인지하고 열차의 모든 상태정보를 관리하고 제어)

사업/과제명	[과제] 군집주행 차량의 안전주행 제어기술 개발	(기획)자율주행기반 철도신호시스템 개발사업
목적	• V2X 기반 군집주행 차량의 안전주행 제어기술 개발	• 철도신호 패러다임의 근본적인 변화(지상중심→열차중심)를 통한제어성능 한계극복이 가능한 자율주행 철도신호체계 기술선점
내용	• V2V 협력인지 기반 차량 인지/추종 기술 개발 • V2V/V2I 협력인지 기반 대열유지 및 부문 합	• 열차중심 열차관제 – 열차간 합의기반 경합인지 및 해소

사업/ 과제명	[과제] 군집주행 차량의 안전주행 제어기술 개발	(기획)자율주행기반 철도신호시스템 개발사업
	류/이탈 인지 및 판단 기술 개발 • V2V/V2I 협력인지 기반 비정상 및 긴급 주행상황 인지 및 판단 기술 개발 • V2V/V2I 협력인지 기반 군집주행 주행환경 인지/판단 기술 성능 최적화 • V2V 협력인지 기반 군집주행 차량의 종방향/횡방향 제어 컨셉 도출 및 안전주행 기술 개발 • V2V/V2I 협력인지 기반 군집주행 대열유지를 위한 통합 종/횡방향 제어 기술 설계 • 가상화 시뮬레이션 환경 기반 통합 종/횡방 방향 제어 기술 검증 • 군집주행 대열 합류/이탈 등 주행시나리오 기반 군집주행 제어 기술 최적화 • V2V/V2I 협력인지 기반 비정상 및 긴급 주행상황에 대한 안전제어 기술 개발 • V2V/V2I 협력인지 기반 군집주행 안전주행 제어 기술 성능 최적화 • 가상화 교통환경 기반의 군집주행 시뮬레이션 환경을 이용한 제어 기술 검증 • 실차기반 군집주행 안전주행 기술 시연(비공용/공용 도로) • 군집주행 차량 임시운행허가를 위한 안전기준 검토	기술 – 자기회복 및 원격주행기술 (Drone Train) – 실시간 인프라 감시기술 – 자율주행 철도관제기술 • 열차중심 열차제어 – 열차중심의 간격 및 분기제어기술 – T2T, T2I 통신 및 통신보안기술 • 열차중심 편성제어 – Radio 연결기 기술 – Radio TCN 기술 – 예측가능한 열차제동기술 – Radio 연결 무결성 확보기술 • 사업총괄 및 실용화 촉진기술 – 사업총괄 및 시스템 안전성 확보, 인증 및 표준체계, 법제화 구축기술 – 시스템 시험평가 기술(Lab. 기반시험평가, On Site 기반 시험평가)
추진방법	• 기업, 대학, 연구소 등에 전부 또는 일부 출연 • 총사업비의 100% 이내 정부 Matching (매칭)	• 철도운영사, 기업, 인증 및 시험 공인기관, 출연(연), 대학 등 협력으로 기술개발 검증 및 실용화 기반 확보 • 참여기업이 있는 경우 출연금에 대한 Matching(매칭)
연구단계 (TRL)	TRL5~ 8 단계	TRL5~ 8 단계



(사업/과제분석 4) 도심도로 자율협력주행안전·인프라연구사업

① 사업분석

- **(개요)** 비교대상 사업은 도심에서 V2X통신을 기반으로 주변차량, 인프라와 협력하여 레벨4 수준의 자율주행을 구현할 수 있는 기반기술 및 동적맵 제공기술 개발을 목표로 함.
- **(검토결과)** 비교대상 사업은 Level4 자율주행자동차를 활용한 자율협력주행 서비스 및 안전성 평가기술 개발과 관련된 연구내용을 포함하고 있어 사업수준에서의 사업목적, 사업내용, 추진방법 등을 비교할 때 동일·유사성이 없음

사업/과제명	[사업] 도심도로 자율협력주행안전·인프라연구사업	(기획)자율주행기반 철도신호시스템 개발사업
목적	• Level 4 자율주행자동차를 활용한 자율협력주행 서비스 확장 • 도심도로 자율협력주행 서비스 및 안전성 평가기술 개발을 통한 안전 확보 및 상용화 지원 가능 • 자율주행차 및 협력주행 중심의 국가교통체계 전환을 통한 안전·인프라 확보 및 사회적 수용성 향상 가능	• 철도신호 패러다임의 근본적인 변화(지상중심→열차중심)를 통한제어성능 한계 극복이 가능한 자율주행 철도신호체계 기술선점
내용	• 도심에서 주변 차량, 인프라와 협력하여 Level4 수준의 자율주행을 구현할 수 있는 기반기술, 안전기준 및 동적정보(Layer4)플랫폼 기술 개발 - 도심도로 자율협력주행을 위한 서비스 개발 및 실증 · Module 1 : 도심도로 자율협력주행 서비스 및 서비스 실증 · Module 2 : 도심도로 자율협력주행 인프라 개발 · Module 3 : Lv.4 자율차 및 Lv.4 안전성 평가기술 개발 - 도심도로 자율협력주행을 위한 동적정보 플랫폼 기술 개발 · Module 4 : 동적정보 제공 LDM 개발	• 열차중심 열차관제 - 열차간 합의기반 경합인지 및 해소기술 - 자기회복 및 원격주행기술(Drone Train) - 실시간 인프라 감시기술 - 자율주행 철도관제기술 • 열차중심 열차제어 - 열차중심의 간격 및 분기제어기술 - T2T, T2I 통신 및 통신보안기술 • 열차중심 편성제어 - Radio 연결기 기술 - Radio TCN 기술 - 예측가능한 열차제동기술 - Radio 연결 무결성 확보기술 • 사업총괄 및 실용화 촉진기술

사업/ 과제명	[사업] 도심도로 자율협력주행안전·인프라연구사업	(기획)자율주행기반 철도신호시스템 개발사업
		- 사업총괄 및 시스템 안전성 확보, 인증 및 표준체계, 법제화 구축기술 - 시스템 시험평가 기술(Lab. 기반시험평가, On Site 기반 시험평가)
추진방법	• 기업, 대학, 출연연구소 등에 전부 또는 일부 출연 • 총사업비의 100% 이내 정부 Matching (매칭)	• 철도운영사, 기업, 인증 및 시험 공인기관, 출연(연), 대학 등 협력으로 기술개발 검증 및 실용화 기반 확보 • 참여기업이 있는 경우 출연금에 대한 Matching(매칭)
연구단계 (TRL)	TRL5~ 8 단계	TRL5~ 8 단계

② 과제분석

- **(개요)** 비교대상 과제는 사업내에 속한 2개의 과제,「도심도로 자율협력주행 안전·인프라 연구」과 「도심도로 자율협력주행을 위한 동적정보 플랫폼 기술 개발」임.
- **(검토결과)** 자율주행기반 철도신호시스템의 경우 제어의 대상 및 범위, 제어방법, 목표안전성, 군집주행과 다른 Radio 연결기 등 다른 차원의 도전적인 연구내용을 가지므로 유사중복성이 없음.

제7장

중점추진분야 및 세부내용

| 1절 | 중점추진 기술개발 내용

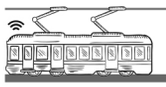
| 2절 | 중점분야 1 : 열차중심 관제

| 3절 | 중점분야 2 : 열차중심 열차제어

| 4절 | 중점분야 3 : 열차중심 편성제어

| 5절 | 중점분야 4 : 사업총괄 및 실용화 촉진





1절 중점추진 기술개발 내용

1. 중점추진분야별 추진과제 도출

■ **(목적)** 지능형 열차자율주행 기술개발사업 국가연구개발 추진을 위한 수요 파악 및 세부기술 도출

■ **(조사기간)** 1차 '19.10.21(월) ~ '19.11.11(월)
2차 '19.12.13(금) ~ '19.12.27(금)

■ **(조사대상)** 철도 관련 과제 참여자(또는 기관), 관련 학회 회원, 관련 협회 회원사 등

- **(학회)** 한국철도학회, 한국도시철도학회, 대한교통학회, 대한전기학회, 대한토목학회, 한국통신학회 6개 학회
- **(협회 및 조합)** 한국철도협회, 한국철도신호기술협회, 한국전기철도기술협회, 한국철도정보통신협회, 한국철도건설협회, 철도신호사업연구조합
- **(기타)** 관련 이해관계자 대상 언론사(국토매일) 공고

[표 7.1.1] 조사대상 모집단 현황

조사대상		회원사 및 회원 현황	비고
학회	한국철도학회	약 4,700명(47개 임원사, 118개 회원사)	
	한국도시철도학회	총 1,298명	
	대한교통학회	약 1,500명	
	대한전기학회	정회원 1,783명	
	대한토목학회	약 26,000명	
	한국통신학회	-	정보 공개 불가
협회 및 조합	한국철도협회	회원사 200여개, 회원 약3000명	
	한국철도신호기술협회	503개 회원사	

조사대상		회원사 및 회원 현황	비고
	철도신호사업연구조합	22개 회원사	
	한국전기철도기술협회	-	정보 공개 불가
	한국철도정보통신협회	약 200명(활동회원 약70명)	
	한국철도건설협회	약 70개 회원사, 약 650명 회원	
언론사	국토매일	국민	

■ **(조사방법) 기관별 홈페이지 공고 게재를 통한 기술수요조사서 양식 배포 및 이메일 독려요청**

■ **(조사내용)** 제안기술명, 기술개발 목표, 기술분야, 기술개발 필요성, 기술개발 내용, 제안기술의 기대효과, 소요시간 및 예산, 예상 성과 및 활용처

■ **조사결과**

- **(응답 기업 현황)** 전체 111건 응답 중 70건(63.1%)을 기업에서 응답하였으며, 대학교 소속 응답자의 수요가 가장 적게(11.7%) 나타남

[표 7.1.2] 응답 기업 현황

구분	기관명		기관수	응답건수	비고
산	(주)에이알텍 LS산전 네모시스㈜ 네오트랜스㈜ 대구도시철도공사 대아티아이㈜ 라치텍 리앤테크㈜ 삼표레일웨이 샬롬엔지니어링 서울교통공사 아토시스템	유경제어(주) ㈜SK텔레콤 ㈜네스랩 ㈜에스트래픽 ㈜케이원정보통신 ㈜한컴MDS ㈜혁신전공사 포스코ICT 한국철도공사 한국철도시설공단 현대로템 ㈜테크빌 ㈜다원서스	**25**	**70**	
학	대구대학교 동의대학교		**6**	**13**	

구분	기관명	기관수	응답건수	비고
	명지대학교 우송대학교 한성대학교 서울과학기술대학교			
연	한국전자통신연구원 한국철도기술연구원	**2**	**26**	
기타	철도신호사업연구조합	**1**	**2**	
합계		**34**	**111**	

● 중점추진분야별 응답 결과

[표 7.1.3] 중점추진분야별 응답 결과

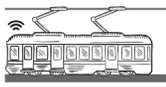
기술분과	응답(건)	비율(%)
1. 열차중심 관제기술	28	25.2%
2. 열차중심 열차제어기술	46	41.4%
3. 열차중심 편성제어기술	21	18.9%
4. 사업총괄 및 실용화 촉진기술	16	14.4%
합계	**111건**	**100%**

중점추진분야별 기술개발 수요 내용

[표 7.1.4] 중점추진분야별 기술개발 수요현황

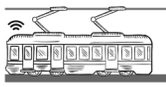
기술분과	순번	제안기술명	제안기관	제안자
1.열차중심 관제기술	1	열차간 협력기반 지능형 초연결 관제 시스템 기술개발	한국철도기술연구원	오석문
	2	도심지 도시철도 노선 급행화·고밀도화 열차 스케줄링 기술개발	한국철도기술연구원	오석문
	3	자율주행기반 동적 경로설정을 통한 열차 연쇄 지연 최소화 기술개발	한국철도기술연구원	오석문
	4	강화학습기반 지능형 회차 기술	명지대학교	김경민
	5	차상용 레일절손 검지 기술 개발	한국철도시설공단	이민규
	6	실시간 열차 변동 시격 예측 및 표시 기술 개발	리앤테크(주)	천준호

기술분과	순번	제안기술명	제안기관	제안자
	7	열차 간 협력기반 수요대응형 열차자율주행 기술 개발	서울교통공사	고지근
	8	탈선 추돌 등 중대 차량 사고발생 시 원격으로 차량 및 차량의 주요장치를 제어하여 자가 사고 복구 및 피해확산 방지, 상태 진단 및 진단데이터 분석, 판별 및 전송을 할 수 있는 기술의 개발	서울교통공사	서경수
	9	이례상황 조기 대응을 위한 지능형 인프라 실시간 상태감시 및 인지기술	한국철도기술연구원	윤희택
	10	인프라 이례상황에 따른 열차 자율주행 운행 안전 확보 기술	한국철도기술연구원	윤희택
	11	열차중심 경합(지연)해소 기술	현대로템	강성원
	12	신속한 열차복구를 위한 열차원격제어 기술	네오트랜스㈜	이재호
	13	열차중심 관제를 위한 디지털 트윈 환경 구축	대아티아이(주)	신광호
	14	열차중심 관제를 위한 빅데이터 기반의 자율주행 필수 데이터 구성	대아티아이(주)	이안준
	15	열차-인프라간의 쌍방향 통신을 위한 철도 선로인프라 상황정보 실시간 고속검지 및 판단 기술 개발	한국철도기술연구원	이나현
	16	도시철도 열차간 협력기반 지능형 열차자율주행 운영시나리오 개발	대구도시철도공사	조철희
	17	일반 및 고속철도 열차간 협력기반 지능형 열차 자율주행 운영시나리오 개발	한국철도공사	김인기
	18	자율주행에 적합한 열차 관제 기술개발	한국철도공사	박주훈
	19	열차간 정보통신 소통기반 통신지연 발생 조치 기술 개발	한국철도공사	이연권
	20	자율주행 열차를 위한 디지털 트윈 기반 차량기지 관리 시스템 개발	철도신호사업연구조합	홍정기
	21	열차운영 내비게이션 모니터링시스템개발	철도연구협동조합	홍용기
	22	열차 자율주행 상태의 실시간 감시 및 이상 상태 조기 대응을 위한 관제 기술 개발	㈜테크빌	이영수
	23	열차 고장시 비상 추진 시스템 개발	리앤테크㈜	천준호
	24	열차간 자율 주행을 위한 온라인 전력 네트워크 관리 시스템 개발	한국철도기술연구원	김주락
	25	자율주행차량의 안전운행 확보를 위한 예지정보 시스템 개발	㈜다원서스	서수호



기술분과	순번	제안기술명	제안기관	제안자
	26	열차 이용객의 밀도에 따른 열차간격 자율제어 기술 및 승하차 지연 사전대응•인지 기술 개발	한국철도기술연구원	이나현
	27	열차혼잡지연을 위한 객차별 혼잡정보제공 기술	서울교통공사	이창훈
	28	스마트 열차분리결합 운영스케줄에서 당일 열차 운행의 건전성 확보를 위한 지능형 관제 기술 개발	서울교통공사	권부석
2. 열차중심 열차제어 기술	29	열차 간 직접통신기반 열차자율주행시스템 제어 기술 개발	네오트랜스㈜	강병욱
	30	열자자율주행에 최적화 된 이동성 관리 기술	라치텍	유환석
	31	열차자율주행을 위한 무선통신 전파 특성 연구	㈜SK텔레콤	배성수
	32	열차자율주행 인프라 구축을 위한 5G-R (5G-Railway) 기술 개발	한국전자통신연구원	윤병식
	33	열차 자율주행을 위한 저지연 직접통신 기술	동의대학교	박유현
	34	차상연동제어 기술 및 장치 개발	우송대학교	백종현
	35	열차간 직접통신 기반 간격제어를 위한 ATP/ATO 장치 개발	우송대학교	백종현
	36	선로전환기 제어를 위한 선로변제어장치 개발	우송대학교	백종현
	37	열차 간 협력기반 지능형 열차자율주행 통신을 위한 장애극복 직접통신 기술 연구	대구대학교	진성근
	38	열차 간 협력기반 지능형 열차자율주행 통신을 위한 단말 검증용 기지국 에뮬레이터 개발	㈜네스랩	김종민
	39	열차제어시스템을 위한 데이터통신 미들웨어 기술	한국철도기술연구원	채성윤
	40	열차제어시스템을 위한 네트워크 분산형 자원관리자 기술	한국철도기술연구원	채성윤
	41	열차 간 직접적인 통신기반 열차제어(간격/분기 제어) 기술개발	한국철도기술연구원	오세찬
	42	열차 간 직접통신 기술 개발	한국철도시설공단	김동준
	43	기존시스템과 열차자율주행시스템 간 상호연계 기술 개발	한국철도시설공단	이민규
	44	열차 간 협력기반 지능형 열차자율주행 통신을 위한 고정밀 측위 기술 개발	아토시스템	김한철
	45	열차 자율주행 통신을 위한 LTE-R 기반 무선접속 기술개발	한국전자통신연구원	오상철
	46	열차 자율주행 통신을 위한 열차 무선 차상장치 기술개발	한국전자통신연구원	오상철

기술분과	순번	제안기술명	제안기관	제안자
	47	차상신호 집중형 열차자율주행 기술개발	서울교통공사	김성필
	48	열차 중심의 경합(지연) 인지 및 간격제어 개발	서울교통공사	이창훈
	49	차상에서 선로변 장치를 제어하기 위한 선로변 장치 Object controller 개발 기술(선로변장치 중 선로전환기용 Object controller 개발)	㈜혁신전공사	강신주
	50	열차 자율주행을 위한 SW 플랫폼 기술개발	㈜한컴MDS	고유환
	51	열차자율주행 무선통신 다중화 기술 개발	㈜에스트래픽	고태영
	52	열차자율주행 무선통신을 위한 보안기술 개발	㈜케이원정보통신	정우석
	53	ICT 기반 고성능 분기기 동작시스템(전환, 쇄정, 검지) 기술개발	한국철도기술연구원	김만철
	54	차세대 철도통신망 가상머신 이동 가속화 공격 탐지기술	한국철도기술연구원	방준호
	55	기존 열차제어방식(지상, 차상)과 차상중심제어 방식 간의 상호 제어	포스코ICT	조동래
	56	열차간 통신기반 열차제어 보안 기술	한국철도기술연구원	최현영
	57	열차 간 통신기반의 간격 및 분기제어 기술	현대로템	박성호
	58	자율주행을 위한 무선통신 신뢰성 확보 기술개발	한국철도공사	김상중
	59	열차간 통신 시 음영지역에 대한 해소 기술	한국철도공사	곽희준
	60	기존 비통신 열차(NCT)와의 혼용운전을 위한 Shadow Testing 기법 연구	대아티아이(주)	정재옥
	61	열차간 직접적인 통신기반 열차제어를 위한 배타적 선로자원 관리기술개발	포스코ICT	박기수
	62	실시간 정보전달 장치 및 구조가 강화된 능동형 스마트 분기기	삼표레일웨이	황광하
	63	고속 고신뢰성 무선통신 기술 개발	한국철도공사	박주훈
	64	기존시스템(KRTCS1 등)으로의 전환 기술	한국철도공사	이휘민
	65	열차중심 간격/분기 제어, 열차 간 통신기반의 간격 및 분기제어 기술	서울교통공사	박상천
	66	기존시스템 중단없는 개량을 위한 개량전략 및 상호연계 기술개발	LS산전	우동환
	67	열차간 협력기반 지능형 열차자율주행을 위한 선로좌표계 및 좌표변환 기술개발	LS산전	홍석주
	68	추진 및 제동 정밀제어를 위한 차상신호장치와 열차 제어장치간 인터페이스 기술	㈜테크빌	허남경



기술분과	순번	제안기술명	제안기관	제안자
	69	열차 제어시스템의 지능화 및 무선화에 따른 통신 보안기술 개발	㈜테크빌	조성민
	70	차상 분기제어를 위한 선로자원 쇄정 및 해정 기술	우송대학교	백종현
	71	실시간 분산 자율형 철도 보안 네트워크 프로토콜과 보안 게이트웨이 시스템이 결합된 분산 KMS(Key Management System) 소프트웨어 통합 시스템과 인증(CC EAL5이상) 획득 개발	㈜대아티아이	안진
	72	차세대 분기기 시스템의 개발	한국철도기술연구원	이나현
	73	LTE-R과 IoT 기술을 접목한 차량 및 승강장 인프라 연계 플랫폼 구축 연구 개발	서울교통공사 도시철도연구원	김금비
	74	열차중심 분기제어 동작 위험방지 및 안전측(Fail-safe) 동작 기술	서울교통공사	김지만
3. 열차중심 편성제어 기술	75	열차자율주행 무선통신기반 TCN-TCMS 기술 개발	한국전자통신연구원	윤병식
	76	승객 중심의 철도이용 편의성 향상기술 개발	한국철도시설공단	김시환
	77	열차자율주행을 위한 열차제동 분석 기술 개발	(주)에이알텍	김성규
	78	가상연결기 기반 열차분리결합 제어기술	현대로템	남하일
	79	지능형 열차자율주행 시스템에 의한 간격제어 및 군집운행	샬롬엔지니어링	한국현
	80	열차간 통신기반 철도차량 추진제어시스템 기술 개발	한국철도공사	강대원
	81	열차 자동연결분리 시스템 개발	한국철도공사	김영준
	82	차량내 통신망을 이용한 IOT기반 지능형 AI 열차편성 제어	대아티아이(주)	김수현
	83	가상연결기 기반 열차 분리·결합 제어 기술 개발	대아티아이(주)	용성완
	84	열차간 간격제어를 위한 예측가능 제동모델 개발	한국철도기술연구원	최돈범
	85	열차중심 편성제어 표준체계 구축 및 무결성 확보 기술 개발	한국철도공사	김광진
	86	열차분리결합 제어 기술 개발(가상 연결기기반 열차 조성기술,물리적기반의 전자동 열차 분리결합기술)	서울교통공사	신건영
	87	기존전동차 편성 분리 개조를 통한 효율적 운행 기술개발	서울교통공사	최용각
	88	양도 가능한 선로자원 관리기술 개발	LS산전	정영만

기술분과	순번	제안기술명	제안기관	제안자
	89	가상연결기 기반 열차편성에서의 열차무결성(train integrity) 확보기술 개발	LS산전	여정용
	90	운영효율 최적화를 위한 탄력적 수요 변화에 대응가능한 지능화 열차자율주행기술개발	서울교통공사	김금비
	91	Resilient Radio Communication Systems & Operation Surveillance Systems	서울과학기술대학교	이종우
	92	가상연결 열차 정위치 정차 기술	우송대학교	백종현
	93	가상연결/분리/유지를 위한 열차간 상대거리 측정기술	우송대학교	백종현
	94	가상연결기 구현을 위한 열차 간 통신 기술	숙명여자대학교	김주엽
	95	가상연결을 위한 열차간 상대거리 측정기술	한국전자통신연구원	윤병식
4.사업총괄 및 실 용 화 촉진기술	96	열차자율주행기술의 신뢰성, 가용성, 유지보수성(RAM) 관리체계 구축	한국철도기술연구원	신덕호
	97	열차자율주행기술의 표준개발 및 시험인프라 구축	한국철도기술연구원	신덕호
	98	열차자율주행기술의 안전관리체계 구축	한국철도기술연구원	신덕호
	99	열차자율주행기술의 적합성평가체계 구축	한국철도기술연구원	신덕호
	100	열차자율주행 적합성 평가기술 개발	한국철도시설공단	최승아
	101	열차 간 협력기반 지능형 열차자율주행 통신을 위한 주파수 정책 연구	한국전자통신연구원	이숙진
	102	열차제어시스템 규격 제/개정화 수립 기술	유경제어(주)	지정근
	103	지능형 열차자율주행의 RAMS 평가 기술 개발	네모시스㈜	김종운
	104	지능형 열차자율주행 시스템의 시험, 운용 데이터 관리 기술 개발	네모시스㈜	김종운
	105	Lab 기반 성능평가 기술개발	현대로템	이기정
	106	위험도 분석 및 신뢰성 확보기술 개발	한국철도공사	이석주
	107	열차 자율주행 통신을 위한 표준 기술개발	한성대학교	한민규
	108	열차자율주행제어시스템 성능평가 시뮬레이션 기술 및 시뮬레이터 개발	우송대학교	백종현
	109	지능형 열차 자율주행 기술이 탑재된 차량시스템 개발	유진기공산업㈜	김기남
	110	자율주행 열차제어시스템을 위한 디지털 트윈 환경 구축	㈜대아티아이	신광호
	111	지능형 열차자율주행 통합시험 인프라 개발	유경제어㈜	이재홍

2. 우선순위평가 및 추진과제 선정

■ 우선순위평가 개요

- **(목적)** 지능형 열차자율주행 기술개발사업 관련 기술 수요에 대한 우선순위 파악
- **(평가대상)** 중점추진분야별 도출된 후보과제 111건
- **(평가기간)** '20.04.24(금) ~ '20.05.08(금)
- **(평가지표)** 예비타당성조사 수행세부지침에서 제시하고 있는 우선순위 평가기준(공공성, 기술성, 시장성)을 반영하여 목표달성 기여도, 기술개발 시급성, 기술개발 성공가능성을 평가지표로 선정
  - (목표달성 기여도) 자율주행 철도신호체계 기술선점을 위해 기여할 수 있는 정도
  - (기술개발 시급성) 철도시스템의 핵심 기술로 국내외 시장 확보를 위해 기술개발이 시급한 정도
  - (기술개발 성공가능성) 국내외 수요가 커서 상용화 가능성 및 해외 진출이 가능한 정도
- **(평가지표 가중치)** 평가지표별 AHP 분석기법을 이용한 쌍대비교를 통해 가중치 설정
- **(평가방법)** 과제별 설명 자료(수요조사서)를 참고하여 평가지표별 5점 척도로 점수를 부여하여 평가

[표 6.3.5] 우선순위 평가지표별 평가기준

지표	5점(높음)	3점(보통)	1점(매우낮음)
목표달성 기여도	자율주행 철도신호체계 기술선점에 필수적이며 정량적 기여도가 큰 기술	자율주행 철도신호체계 기술선점에 정량적 기여도는 크지 않으나 철도시스템을 위해서는 필요한 기술	철도시스템을 위해서는 필요한 기술이나 자율주행 철도신호체계 기술선점과는 간접적으로만 관련된 기술
기술개발 시급성	철도시스템의 핵심 기술로 국내외 시장 확보를 위해 기술개발이 시급한 신기술	국외에서 이미 개발된 기술이나 경쟁력 확보를 위해 국산화 개발이 필요한 기술	유사 시스템 또는 타 분야에서 상용화된 기술을 기반으로 적용 가능한 기술

지표	5점(높음)	3점(보통)	1점(매우낮음)
기술개발 성공가능성	국내외 수요가 커서 상용화 가능성이 크며 해외 진출이 가능한 기술	국내에서의 상용화 가능성은 크지만, 기술격차로 인해 해외 진출은 어려운 기술	기술개발에 성공 후에도 국내시장 규모 등의 여건 때문에 상용화가 어려운 기술

- **(선정기준)** 각 평가기준 점수 3점 이상, 가중치 반영 총점 3.5점* 이상인 과제를 선정

* 총점을 100점 만점 기준으로 환산할 경우 70점 이상

우선순위평가 결과

- **(지표별 가중치)** AHP 쌍대비교를 통해 아래와 같이 지표별 가중치 설정
  - '목표달성 기여도', '기술개발 시급성', '기술개발 성공가능성' 순으로 가중치가 높게 평가됨

[표 6.3.6] 지표별 가중치 평가결과

지표	목표달성 기여도	기술개발 시급성	기술개발 성공가능성
가중치	0.387	0.313	0.301

- **(과제평가 결과)** 총 111건 기술 수요(과제) 중 74건 과제 선정
  - **(1분과. 열차중심 관제기술)** 총 28건 중 18건 선정

기술분과	번호	제안기술명	목표달성 기여도	기술개발 시급성	기술개발 성공가능성	총점
1.열차 중심 관제 기술	1	열차간 협력기반 지능형 초연결 관제 시스템 기술개발	4.29	3.86	3.57	3.94
	2	도심지 도시철도 노선 급행화·고밀도화 열차 스케줄링 기술개발	3.43	3.14	3.86	3.47
	3	자율주행기반 동적 경로설정을 통한 열차 연쇄지연 최소화 기술개발	4.00	3.43	4.14	3.86
	4	강화학습기반 지능형 회차 기술	3.71	3.57	3.57	3.63
	5	차상용 레일절손 검지 기술 개발	3.29	3.14	3.71	3.37
	6	실시간 열차 변동 시격 예측 및 표시 기술 개발	3.14	3.14	3.71	3.31

기술분과	번호	제안기술명	목표달성 기여도	기술개발 시급성	기술개발 성공가능성	총점
	7	열차 간 협력기반 수요대응형 열차자율주행 기술 개발	4.29	3.86	3.57	3.94
	8	탈선 추돌 등 중대 차량 사고발생 시 원격으로 차량 및 차량의 주요장치를 제어하여 자가 사고 복구 및 피해확산 방지, 상태 진단 및 진단데이터 분석, 판별 및 전송을 할 수 있는 기술의 개발	4.29	4.00	3.71	4.02
	9	이례상황 조기 대응을 위한 지능형 인프라 실시간 상태감시 및 인지기술	3.86	3.86	4.00	3.90
	10	인프라 이례상황에 따른 열차 자율주행 운행 안전 확보 기술	3.57	3.29	3.71	3.53
	11	열차중심 경합(지연)해소 기술	4.29	3.86	3.29	3.85
	12	신속한 열차복구를 위한 열차원격제어 기술	4.43	3.71	3.71	3.99
	13	열차중심 관제를 위한 디지털 트윈 환경 구축	3.71	3.29	3.57	3.54
	14	열차중심 관제를 위한 빅데이터 기반의 자율주행 필수 데이터 구성	3.29	3.00	3.71	3.33
	15	열차-인프라간의 쌍방향 통신을 위한 철도선로인프라 상황정보 실시간 고속검지 및 판단 기술 개발	3.86	3.57	3.14	3.55
	16	도시철도 열차간 협력기반 지능형 열차자율주행 운영시나리오 개발	4.43	3.86	3.71	4.04
	17	일반 및 고속철도 열차간 협력기반 지능형 열차자율주행 운영시나리오 개발	4.14	3.43	3.43	3.70
	18	자율주행에 적합한 열차 관제 기술개발	3.71	3.57	3.43	3.58
	19	열차간 정보통신 소통기반 통신지연 발생 조치기술 개발	3.43	3.14	3.29	3.30
	20	자율주행 열차를 위한 디지털 트윈 기반 차량기지 관리 시스템 개발	3.14	3.14	3.57	3.27
	21	열차운영 내비게이션 모니터링시스템개발	3.14	2.71	3.57	3.14
	22	열차 자율주행 상태의 실시간 감시 및 이상상태 조기 대응을 위한 관제 기술 개발	3.86	3.71	3.29	3.64
	23	열차 고장시 비상 추진 시스템 개발	3.86	3.86	3.43	3.73
	24	열차간 자율 주행을 위한 온라인 전력 네트워크 관리 시스템 개발	3.14	3.29	3.43	3.27
	25	자율주행차량의 안전운행 확보를 위한 예지정보시스템 개발	3.43	3.43	3.29	3.39

기술분과	번호	제안기술명	목표달성 기여도	기술개발 시급성	기술개발 성공가능성	총점
	26	열차 이용객의 밀도에 따른 열차간격 자율 제어기술 및 승하차 지연 사전대응•인지 기술 개발	3.86	3.29	3.57	3.59
	27	열차혼잡지연을 위한 객차별 혼잡정보제공 기술	2.86	2.86	3.29	2.99
	28	스마트 열차분리결합 운영스케줄에서 당일 열차운행의 건전성 확보를 위한 지능형 관제 기술 개발	3.71	3.71	3.57	3.67

- **(2분과. 열차중심 열차제어기술)** 총 46건 중 26건 선정

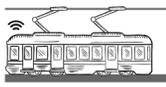
기술분과	번호	제안기술명	목표달성 기여도	기술개발 시급성	기술개발 성공가능성	총점
2. 열차 중심 열차 제어 기술	1	열차 간 직접통신기반 열차자율주행시스템 제어 기술 개발	4.60	4.40	3.60	4.24
	2	열자자율주행에 최적화 된 이동성 관리 기술	4.00	3.60	4.00	3.87
	3	열차자율주행을 위한 무선통신 전파 특성 연구	3.40	3.40	4.00	3.58
	4	열차자율주행 인프라 구축을 위한 5G-R (5G-Railway) 기술 개발	5.00	4.20	4.40	4.57
	5	열차 자율주행을 위한 저지연 직접통신 기술	3.80	3.60	4.20	3.86
	6	차상연동제어 기술 및 장치 개발	4.40	4.00	3.80	4.09
	7	열차간 직접통신 기반 간격제어를 위한 ATP/ATO 장치 개발	4.20	3.80	3.80	3.95
	8	선로전환기 제어를 위한 선로변제어장치 개발	3.40	2.80	4.00	3.39
	9	열차 간 협력기반 지능형 열차자율주행 통신을 위한 장애극복 직접통신 기술 연구	3.40	3.20	3.60	3.40
	10	열차 간 협력기반 지능형 열차자율주행 통신을 위한 단말 검증용 기지국 에뮬레이터 개발	3.60	3.00	4.00	3.53
	11	열차제어시스템을 위한 데이터통신 미들웨어 기술	3.20	3.00	3.60	3.26
	12	열차제어시스템을 위한 네트워크 분산형 자원관리자 기술	3.20	3.40	3.60	3.38
	13	열차 간 직접적인 통신기반 열차제어(간격/분기제어) 기술개발	4.60	4.40	4.20	4.42

기술분과	번호	제안기술명	목표달성 기여도	기술개발 시급성	기술개발 성공가능성	총점
	14	열차 간 직접통신 기술 개발	4.60	4.00	3.80	4.17
	15	기존시스템과 열차자율주행시스템 간 상호 연계기술 개발	4.00	3.60	3.20	3.63
	16	열차 간 협력기반 지능형 열차자율주행 통신을 위한 고정밀 측위 기술 개발	3.60	3.00	3.60	3.41
	17	열차 자율주행 통신을 위한 LTE-R 기반 무선접속 기술개발	3.00	3.00	4.20	3.36
	18	열차 자율주행 통신을 위한 열차 무선 차상장치 기술개발	4.40	3.60	3.80	3.97
	19	차상신호 집중형 열차자율주행 기술개발	3.60	3.40	4.00	3.66
	20	열차 중심의 경합(지연) 인지 및 간격제어 개발	3.60	3.40	4.00	3.66
	21	차상에서 선로변 장치를 제어하기 위한 선로변장치 Object controller 개발 기술(선로변장치중 선로전환기용 Object controller 개발)	3.40	3.60	3.40	3.46
	22	열차 자율주행을 위한 SW 플랫폼 기술개발	4.00	3.60	4.00	3.87
	23	열차자율주행 무선통신 다중화 기술 개발	3.40	3.60	3.60	3.52
	24	열차자율주행 무선통신을 위한 보안기술 개발	3.60	4.20	4.00	3.91
	25	ICT 기반 고성능 분기기 동작시스템(전환, 쇄정, 검지) 기술개발	3.00	3.00	3.80	3.24
	26	차세대 철도통신망 가상머신 이동 가속화 공격 탐지기술	3.20	3.20	4.00	3.44
	27	기존 열차제어방식(지상, 차상)과 차상중심 제어방식 간의 상호 제어	3.40	3.40	3.60	3.46
	28	열차간 통신기반 열차제어 보안 기술	4.20	4.00	4.20	4.14
	29	열차 간 통신기반의 간격 및 분기제어 기술	3.40	3.40	3.40	3.40
	30	자율주행을 위한 무선통신 신뢰성 확보 기술개발	2.80	3.20	3.80	3.23
	31	열차간 통신 시 음영지역에 대한 해소 기술	3.40	3.40	4.00	3.58
	32	기존 비통신 열차(NCT)와의 혼용운전을 위한 Shadow Testing 기법 연구	3.80	4.00	4.20	3.98
	33	열차간 직접적인 통신기반 열차제어를 위한 배타적 선로자원 관리기술개발	3.40	3.20	3.80	3.46

기술분과	번호	제안기술명	목표달성 기여도	기술개발 시급성	기술개발 성공가능성	총점
	34	실시간 정보전달 장치 및 구조가 강화된 능동형 스마트 분기기	3.00	2.80	3.80	3.18
	35	고속 고신뢰성 무선통신 기술 개발	3.60	3.40	3.60	3.54
	36	기존시스템(KRTCS1 등)으로의 전환 기술	3.00	3.00	3.80	3.24
	37	열차중심 간격/분기 제어, 열차 간 통신기반의 간격 및 분기제어 기술	3.40	3.60	3.80	3.58
	38	기존시스템 중단없는 개량을 위한 개량전략 및 상호연계 기술개발	3.60	4.00	3.60	3.73
	39	열차간 협력기반 지능형 열차자율주행을 위한 선로좌표계 및 좌표변환 기술개발	2.80	3.00	3.80	3.16
	40	추진 및 제동 정밀제어를 위한 차상신호장치와 열차 제어장치간 인터페이스 기술	3.80	3.60	3.80	3.74
	41	열차 제어시스템의 지능화 및 무선화에 따른 통신 보안기술 개발	3.40	3.40	4.00	3.58
	42	차상 분기제어를 위한 선로자원 쇄정 및 해정 기술	2.80	2.80	3.40	2.98
	43	실시간 분산 자율형 철도 보안 네트워크 프로토콜과 보안 게이트웨이 시스템이 결합된 분산 KMS(Key Management System) 소프트웨어 통합 시스템과 인증(CC EAL5 이상) 획득 개발	3.80	3.80	3.80	3.80
	44	차세대 분기기 시스템의 개발	2.80	2.40	2.80	2.67
	45	LTE-R과 IoT 기술을 접목한 차량 및 승강장 인프라 연계 플랫폼 구축 연구 개발	2.40	3.00	3.60	2.95
	46	열차중심 분기제어 동작 위험방지 및 안전측(Fail-safe) 동작 기술	3.00	3.20	3.80	3.30

- **(3분과. 열차중심 편성제어기술)** 총 21건 중 15건 선정

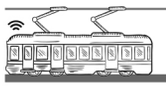
기술분과	번호	제안기술명	목표달성 기여도	기술개발 시급성	기술개발 성공가능성	총점
3. 열차중심 편성제어 기술	1	열차자율주행 무선통신기반 TCN-TCMS 기술 개발	4.44	4.00	3.78	4.11
	2	승객 중심의 철도이용 편의성 향상기술 개발	3.33	2.78	3.56	3.23
	3	열차자율주행을 위한 열차제동 분석 기술 개발	4.44	4.67	4.11	4.41



기술분과	번호	제안기술명	목표달성 기여도	기술개발 시급성	기술개발 성공가능성	총점
	4	가상연결기 기반 열차분리결합 제어기술	4.44	4.11	4.00	4.21
	5	지능형 열차자율주행 시스템에 의한 간격제어 및 군집운행	4.00	3.78	3.67	3.83
	6	열차간 통신기반 철도차량 추진제어시스템 기술개발	3.78	3.44	3.67	3.64
	7	열차 자동연결분리 시스템 개발	3.89	3.78	3.44	3.72
	8	차량내 통신망을 이용한 IOT기반 지능형 AI 열차편성 제어	2.89	2.44	2.89	2.75
	9	가상연결기 기반 열차 분리·결합 제어 기술개발	4.33	3.89	4.00	4.09
	10	열차간 간격제어를 위한 예측가능 제동모델 개발	4.11	4.11	4.00	4.08
	11	열차중심 편성제어 표준체계 구축 및 무결성 확보 기술 개발	3.56	3.44	3.33	3.45
	12	열차분리결합 제어 기술 개발(가상 연결기 기반 열차 조성기술,물리적기반의 전자동 열차 분리결합기술)	4.00	3.67	3.67	3.80
	13	기존전동차 편성 분리 개조를 통한 효율적 운행기술개발	3.11	2.67	3.00	2.94
	14	양도 가능한 선로자원 관리기술 개발	3.22	3.11	3.44	3.25
	15	가상연결기 기반 열차편성에서의 열차무결성(train integrity) 확보기술 개발	4.33	3.78	3.56	3.93
	16	운영효율 최적화를 위한 탄력적 수요 변화에 대응가능한 지능화 열차자율주행기술개발	3.33	3.22	3.67	3.40
	17	Resilient Radio Communication Systems & Operation Surveillance Systems	3.56	3.78	3.78	3.69
	18	가상연결 열차 정위치 정차 기술	3.89	3.44	3.67	3.68
	19	가상연결/분리/유지를 위한 열차간 상대거리 측정기술	4.33	4.00	4.11	4.16
	20	가상연결기 구현을 위한 열차 간 통신 기술	4.44	4.11	4.11	4.24
	21	가상연결을 위한 열차간 상대거리 측정기술	4.44	3.89	4.11	4.17

- **(4분과. 사업총괄 및 실용화 촉진기술)** 총 16건 중 15건 선정

기술분과	번호	제안기술명	목표달성 기여도	기술개발 시급성	기술개발 성공가능성	총점
4. 사업총괄 및 실용화 촉진 기술	1	열차자율주행기술의 신뢰성, 가용성, 유지보수성(RAM) 관리체계 구축	4.60	3.40	4.00	4.04
	2	열차자율주행기술의 표준개발 및 시험인프라 구축	4.80	4.20	4.40	4.49
	3	열차자율주행기술의 안전관리체계 구축	4.60	4.00	4.40	4.35
	4	열차자율주행기술의 적합성평가체계 구축	4.60	3.40	4.20	4.10
	5	열차자율주행 적합성 평가기술 개발	4.60	3.40	4.20	4.10
	6	열차 간 협력기반 지능형 열차자율주행 통신을 위한 주파수 정책 연구	4.20	3.60	4.00	3.95
	7	열차제어시스템 규격 제/개정화 수립 기술	4.00	3.60	4.40	4.00
	8	지능형 열차자율주행의 RAMS 평가 기술 개발	4.60	3.80	3.80	4.11
	9	지능형 열차자율주행 시스템의 시험, 운용 데이터 관리 기술 개발	3.60	3.40	4.00	3.66
	10	Lab 기반 성능평가 기술개발	3.80	3.80	4.00	3.86
	11	위험도 분석 및 신뢰성 확보기술 개발	4.20	3.60	4.00	3.95
	12	열차 자율주행 통신을 위한 표준 기술개발	4.00	4.60	4.20	4.25
	13	열차자율주행제어시스템 성능평가 시뮬레이션 기술 및 시뮬레이터 개발	3.60	4.20	3.60	3.79
	14	지능형 열차 자율주행 기술이 탑재된 차량 시스템 개발	4.60	4.00	4.20	4.29
	15	자율주행 열차제어시스템을 위한 디지털 트윈 환경 구축	3.80	3.20	3.40	3.49
	16	지능형 열차자율주행 통합시험 인프라 개발	4.80	4.20	4.00	4.37



추진과제 구성

- **(추진과제 구성 방법)** 우선순위 결과 선정된 과제 대상으로 기술분과위원회 논의를 통해 통합 및 조정하여 최종 추진과제 구성

  - **(1분과. 열차중심 관제기술)** 18개의 선정과제를 통합 및 조정하여 4개 세부과제를 도출

기술분과	번호	제안기술명	반영과제	비고
1. 열차 중심 관제 기술	1	열차간 협력기반 지능형 초연결 관제 시스템 기술개발	1-1	-
	3	자율주행기반 동적 경로설정을 통한 열차 연쇄지연 최소화 기술개발		-
	4	강화학습기반 지능형 회차 기술		-
	7	열차 간 협력기반 수요대응형 열차자율주행 기술 개발		간격/분기 및 편성제어 내용이 함께 포함되어 2-1, 3-1 과제에도 일부 반영
	11	열차중심 경합(지연)해소 기술		-
	26	열차 이용객의 밀도에 따른 열차간격 자율제어기술 및 승하차 지연 사전대응•인지 기술 개발		-
	8	탈선 추돌 등 중대 차량 사고발생 시 원격으로 차량 및 차량의 주요장치를 제어하여 자가 사고 복구 및 피해확산 방지, 상태 진단 및 진단데이터 분석, 판별 및 전송을 할 수 있는 기술의 개발	1-2	-
	12	신속한 열차복구를 위한 열차원격제어 기술		-
	23	열차 고장시 비상 추진 시스템 개발		-
	9	이례상황 조기 대응을 위한 지능형 인프라 실시간 상태감시 및 인지기술	1-3	-
	10	인프라 이례상황에 따른 열차 자율주행 운행 안전 확보 기술		22번과 동일한 내용
	15	열차-인프라간의 쌍방향 통신을 위한 철도 선로인프라 상황정보 실시간 고속 검지 및 판단 기술 개발		-

기술분과	번호	제안기술명	반영과제	비고
	22	열차 자율주행 상태의 실시간 감시 및 이상 상태 조기 대응을 위한 관제 기술 개발		인프라 상태감시 뿐아니라 관제핵심기술 내용이 포함되어 1-4과제에도 일부 반영
	18	자율주행에 적합한 열차 관제 기술개발	1-4	-
	28	스마트 열차분리결합 운영스케줄에서 당일 열차운행의 건전성 확보를 위한 지능형 관제 기술 개발		-
	16	도시철도 열차간 협력기반 지능형 열차 자율주행 운영시나리오 개발	-	상황에 따른 운영시나리오에 관한 내용이 주를 이루므로 4-1.사업총괄 및 안전성 확보 과제에 반영
	17	일반 및 고속철도 열차간 협력기반 지능형 열차자율주행 운영시나리오 개발	-	16번과 같은 내용이므로 4-1.사업총괄 및 안전성 확보 과제에 반영
	13	열차중심 관제를 위한 디지털 트윈 환경 구축	-	사전 성능검증 및 현장시험 등 4분과 15번과 중복되는 내용이므로 4-2. 시스템 시험평가 기술개발 과제에 반영

- **(2분과. 열차중심 열차제어기술)** 26건의 선정과제를 통합 및 조정하여 2개 세부과제를 도출

기술분과	번호	제안기술명	반영과제	비고
2. 열차중심 열차제어 기술	1	열차 간 직접통신기반 열차자율주행시스템 제어 기술 개발	2-1	-
	6	차상연동제어 기술 및 장치 개발		
	7	열차간 직접통신 기반 간격제어를 위한 ATP/ATO 장치 개발		
	13	열차 간 직접적인 통신기반 열차제어(간격/분기제어) 기술개발		
	15	기존시스템과 열차자율주행시스템 간 상호연계기술 개발		
	19	차상신호 집중형 열차자율주행 기술개발		
	20	열차 중심의 경합(지연) 인지 및 간격제어 개발		

기술분과	번호	제안기술명	반영과제	비고
	22	열차 자율주행을 위한 SW 플랫폼 기술 개발		
	23	열차자율주행 무선통신 다중화 기술 개발		
	32	기존 비통신 열차(NCT)와의 혼용운전을 위한 Shadow Testing 기법 연구		
	37	열차중심 간격/분기 제어, 열차 간 통신 기반의 간격 및 분기제어 기술		
	38	기존시스템 중단없는 개량을 위한 개량전략 및 상호연계 기술개발		
	43	실시간 분산 자율형 철도 보안 네트워크 프로토콜과 보안 게이트웨이 시스템이 결합된 분산 KMS(Key Management System) 소프트웨어 통합 시스템과 인증(CC EAL5이상) 획득 개발		
	2	열자자율주행에 최적화 된 이동성 관리 기술	2-2	-
	4	열차자율주행 인프라 구축을 위한 5G-R (5G-Railway) 기술 개발		
	5	열차 자율주행을 위한 저지연 직접통신 기술		
	10	열차 간 협력기반 지능형 열차자율주행 통신을 위한 단말 검증용 기지국 에뮬레이터 개발		
	14	열차 간 직접통신 기술 개발		
	18	열차 자율주행 통신을 위한 열차 무선 차상장치 기술개발		
	24	열차자율주행 무선통신을 위한 보안기술 개발		
	28	열차간 통신기반 열차제어 보안 기술		
	31	열차간 통신 시 음영지역에 대한 해소 기술		
	35	고속 고신뢰성 무선통신 기술 개발		
	41	열차 제어시스템의 지능화 및 무선화에 따른 통신 보안기술 개발		
	40	추진 및 제동 정밀제어를 위한 차상신호장치와 열차 제어장치간 인터페이스 기술	3-3	추진제동 관련 기술 내용 3-3. 예측가능한 열차 추진제동기술개발 과제에 반영

기술분과	번호	제안기술명	반영과제	비고
	3	열차자율주행을 위한 무선통신 전파 특성 연구	4-1	전파, 주파수 관련 내용이므로 4-1.사업총괄 및 안전성 확보 과제의 주파수 분석 및 확보기술에 반영

- **(3분과. 열차중심 편성제어기술)** 15개의 선정과제를 통합 및 조정하여 4개 세부과제를 도출

기술분과	번호	제안기술명	반영과제	비고
3. 열차중심 편성제어 기술	4	가상연결기 기반 열차분리결합 제어기술	3-1	9번과 같은 내용으로 통합하여 반영
	5	지능형 열차자율주행 시스템에 의한 간격제어 및 군집운행		-
	7	열차 자동연결분리 시스템 개발		
	9	가상연결기 기반 열차 분리·결합 제어 기술 개발		4번과 같은 내용으로 통합하여 반영
	12	열차분리결합 제어 기술 개발(가상 연결기 기반 열차 조성기술,물리적기반의 전자동 열차 분리결합기술)		-
	18	가상연결 열차 정위치 정차 기술		
	1	열차자율주행 무선통신기반 TCN-TCMS 기술 개발	3-2	-
	17	Resilient Radio Communication Systems & Operation Surveillance Systems		통신 기술 내용이 포함되어 2-2.T2T, T2I 통신 및 통신보안 기술개발 과제에 일부 반영
	3	열차자율주행을 위한 열차제동 분석 기술 개발	3-3	-
	6	열차간 통신기반 철도차량 추진제어시스템 기술개발		
	10	열차간 간격제어를 위한 예측가능 제동모델 개발		
	15	가상연결기 기반 열차편성에서의 열차무결성(train integrity) 확보기술 개발	3-4	-
	19	가상연결/분리/유지를 위한 열차간 상대거리 측정기술		

기술분과	번호	제안기술명	반영과제	비고
	20	가상연결기 구현을 위한 열차 간 통신 기술		
	21	가상연결을 위한 열차간 상대거리 측정기술		

- **(4분과. 사업총괄 및 실용화 촉진기술)** 15개의 선정과제를 통합 및 조정하여 2개 세부과제를 도출

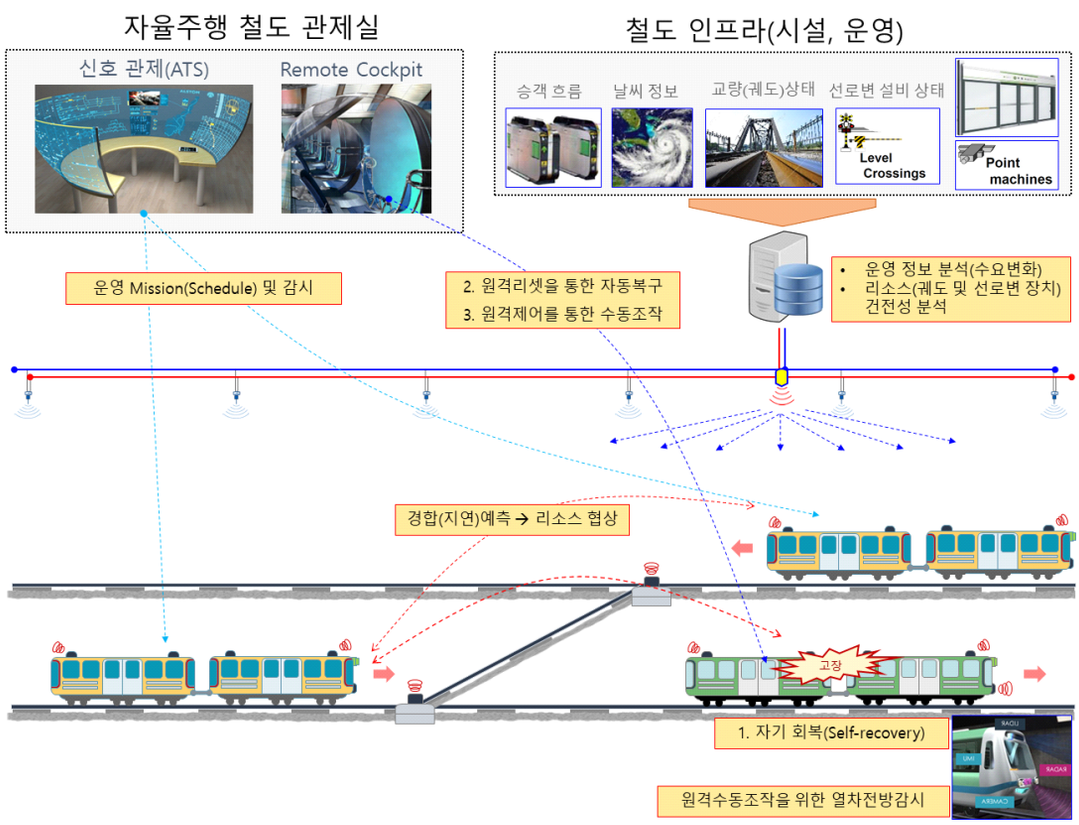
기술분과	번호	제안기술명	반영과제	비고
4. 사업총괄 및 실용화 촉진 기술	1	열차자율주행기술의 신뢰성, 가용성, 유지보수성(RAM) 관리체계 구축	4-1	-
	2	열차자율주행기술의 표준개발 및 시험인프라 구축		테스트베드 구축 미 현장시험에 관련된 내용은 4-2 과제에도 반영
	3	열차자율주행기술의 안전관리체계 구축		-
	4	열차자율주행기술의 적합성평가체계 구축		
	5	열차자율주행 적합성 평가기술 개발		
	6	열차 간 협력기반 지능형 열차자율주행 통신을 위한 주파수 정책 연구		
	7	열차제어시스템 규격 제/개정화 수립 기술		
	8	지능형 열차자율주행의 RAMS 평가 기술 개발		
	11	위험도 분석 및 신뢰성 확보기술 개발		
	12	열차 자율주행 통신을 위한 표준 기술개발		
	9	지능형 열차자율주행 시스템의 시험, 운용 데이터 관리 기술 개발	4-2	-
	10	Lab 기반 성능평가 기술개발		
	13	열차자율주행제어시스템 성능평가 시뮬레이션 기술 및 시뮬레이터 개발		
	14	지능형 열차 자율주행 기술이 탑재된 차량 시스템 개발		
	15	지능형 열차자율주행 통합시험 인프라 개발		

2. 중점추진분야 개요

사업의 구성

● (중점추진분야 1) 열차중심 관제기술

- **(개요)** 본 사업의 추진분야는 자동화 한계극복을 위해 기존의 중앙 관제 운영자 업무를 지능화된 열차의 기능으로 분산시키고 관제 운영자를 적극적 개입자에서 감시자의 역할로 전환함으로써 운행 중 사고/고장 등으로 발생되는 지연을 최소화하도록 관련 기술을 분류하여 설정함.



[그림 7.1.1] 열차중심 관제 개념도

- **(과제의 구성)** 열차중심 관제의 실현에 필요한 세부기술을 다음과 같이 도출함.

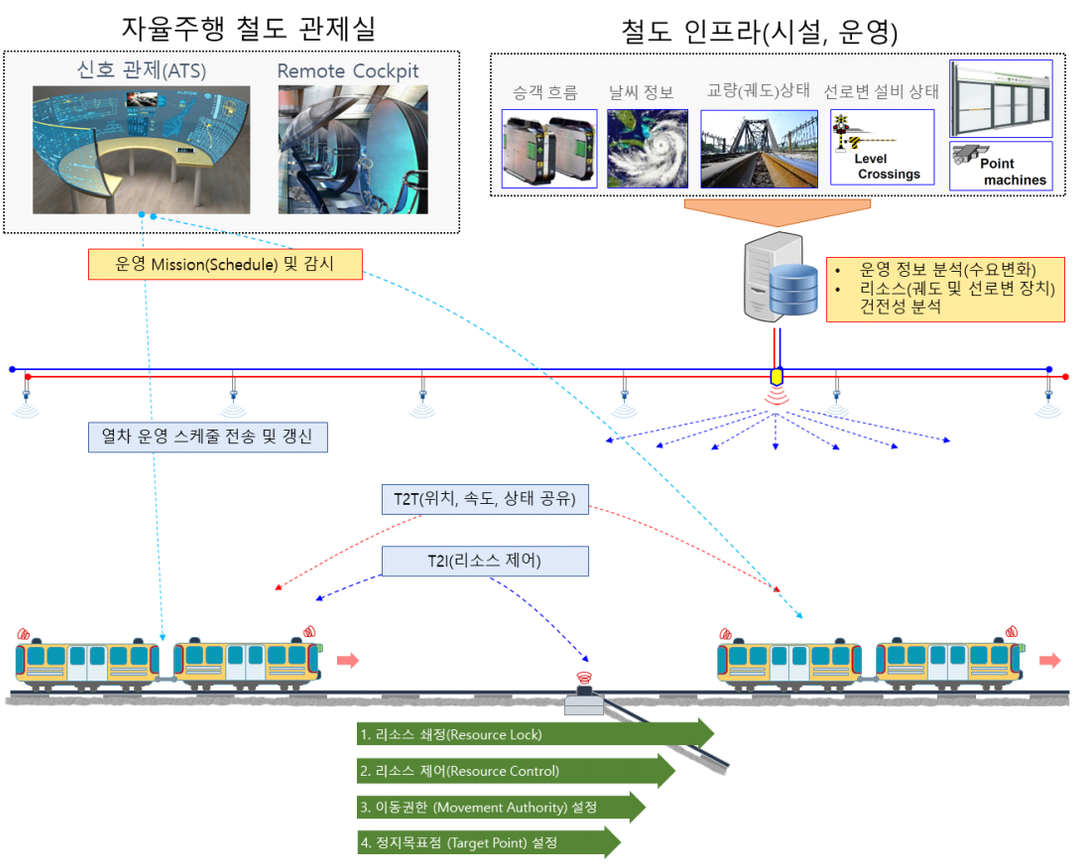
  1-1) **열차간 합의기반 경합인지 및 해소 기술개발** : 지능화된 열차간 합의를 기반으로 실시간 지연을 공유함으로써 경합상황을 예측하고 이를 해소하기 위해 열차 스스로 경로 및 스케줄을 조정함으로써 지연의 확산방

지와 지연을 최소화하고 자동화 수준의 한계를 극복하는 기술

1-2) **Drone-train 기술개발** : 일시적 오류로 인해 비상제동 체결시 원격의 관제에서 열차를 리셋(reset)하거나 차상 신호시스템이 회복 불가능한 경우 관제에서 원격으로 열차를 조정함으로써 지연을 최소화하고 궁극적으로 자동화 적용범위 한계를 극복하는 기술

1-3) **실시간 인프라상태 감시 기술개발** : 열차 안전한 주행을 위해 선로 인프라의 이상상태를 감시하여 주행 중인 열차에 실시간으로 해당정보를 제공함으로써 열차의 안전한 주행과 신속한 판단을 통해 지연을 최소화하고 자동화 수준의 한계를 극복하는 기술

1-4) **자율주행 철도관제 기술개발** : 변화된 패러다임의 열차중심의 관제기술을 비롯하여 열차중심의 열차제어기술, 열차중심의 편성제어기술을 지원할 수 있는 열차감시, 스케줄 생성, 운영자 개입 및 제어 등의 새로운 관제기술



[그림 7.1.2] 열차중심 열차제어 개념도

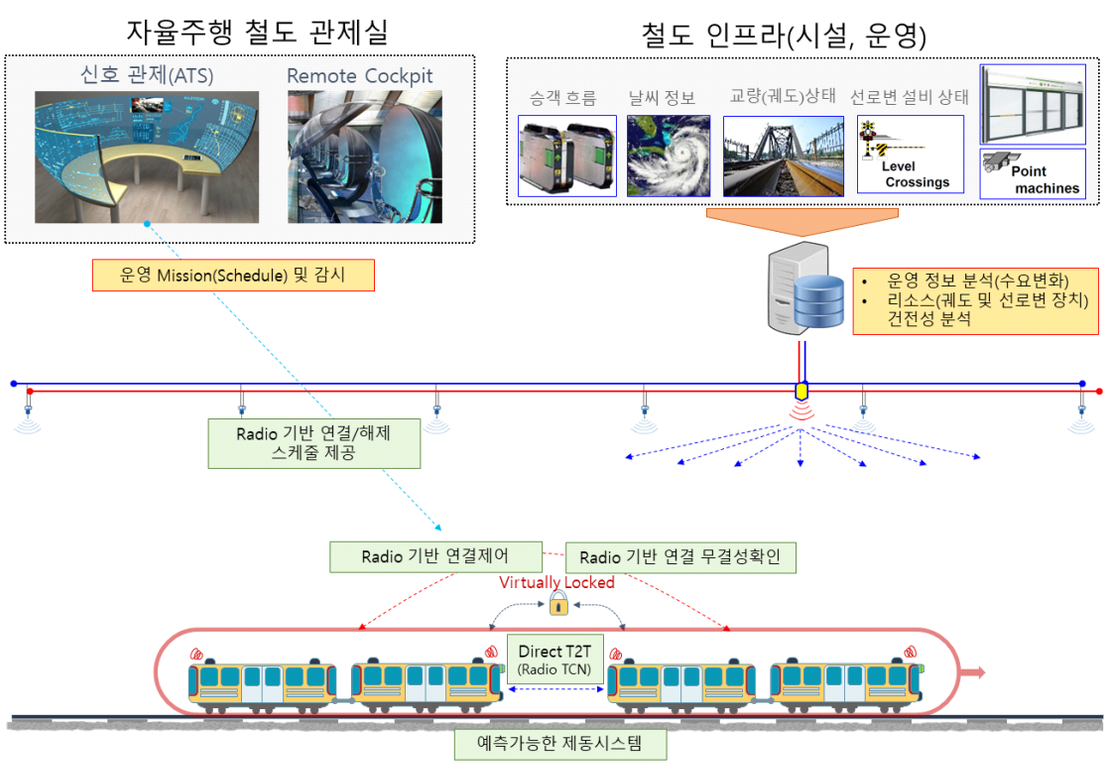
● **(중점추진분야 2) 열차중심 열차제어기술**

- **(개요)** 본 사업의 추진분야는 제어성능 한계극복을 위해 기존의 간격제어 및 분기제어를 위한 지상제어시스템인 지역제어기(ZC)와 연동장치(IXL)를 삭제하고 열차 스스로 간격 및 분기제어 수행과 열차의 안전한 영업운전에 필요한 관련 기술을 분류하여 설정함.

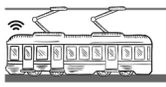
- **(과제의 구성)** 열차 스스로 간격 및 분기제어의 수행과 안전한 영업운전에 필요한 세부기술을 다음과 같이 도출함.

  2-1) 열차중심의 간격 및 분기제어 기술개발 : 기존 연동장치(IXL)의 연동논리를 단순화하여 지역제어기(ZC)에 통합하고 이를 열차가 수행함으로써 제어성능의 한계를 극복하는 기술

  2-2) T2T, T2I 통신 및 통신보안기술 개발 : 지능화된 열차 간 합의를 위한 열차 대 열차간 통신(T2T), 열차가 선로변 설비제어에 필요한 열차 대 선로변 설비간 통신(T2I)를 지원하는 통신 및 통신보안기술



[그림 7.1.3] 열차중심 편성제어 개념도



● **(중점추진분야 3) 열차중심 편성제어기술**

- **(개요)** 본 사업의 추진 분야는 자동화 수준의 한계극복과 유연성 한계극복을 위해 주행 중 자율주행 철도신호 및 통신에 의한 자동화된 열차의 연결과 분리에 필요한 관련 기술을 분류하여 설정함.

- **(과제의 구성)** 열차중심 편성제어의 실현에 필요한 세부기술을 다음과 같이 도출함.

  3-1) Radio 연결기 기술개발 : 두 대의 열차를 안전하게 물리적 연결기 없이 결합하고 분리하도록 제어하는 기술 즉, 제동거리 이하로 좁혀진 선·후행 열차간 추돌이 일어나지 않도록 방호하며 선행열차는 후행열차의 후미부를 포함하여 자신의 열차로 인식하며 방호하는 기술

  3-2) Radio TCN 기술개발 : 열차내부 통신망(TCN)을 무선으로 연결하고 열차의 TCMS와 연계함으로써 무선으로 연결된 두 대의 열차를 단일 열차로 구동하는 기술

  3-3) 예측 가능한 열차제동 기술개발 : 열차의 제동거리 이하의 제동을 위해서 열차의 최악의 제동거리(worst-case braking distance)에 추가적으로 필연적으로 발생할 수밖에 없는 최선의 제동거리(base-case braking distance)를 정의하고 이들의 편차를 최소화하는 제동기술

  3-4) Radio 연결 무결성 확보기술 개발 : 가상연결된 열차의 의도치 않은 논리적 연결의 훼손으로 인해 분리된 열차의 후미부가 충·추돌 또는 탈선의 상황이 발생하지 않도록 연결의 무결성 여부를 검지하고 방호하는 기술

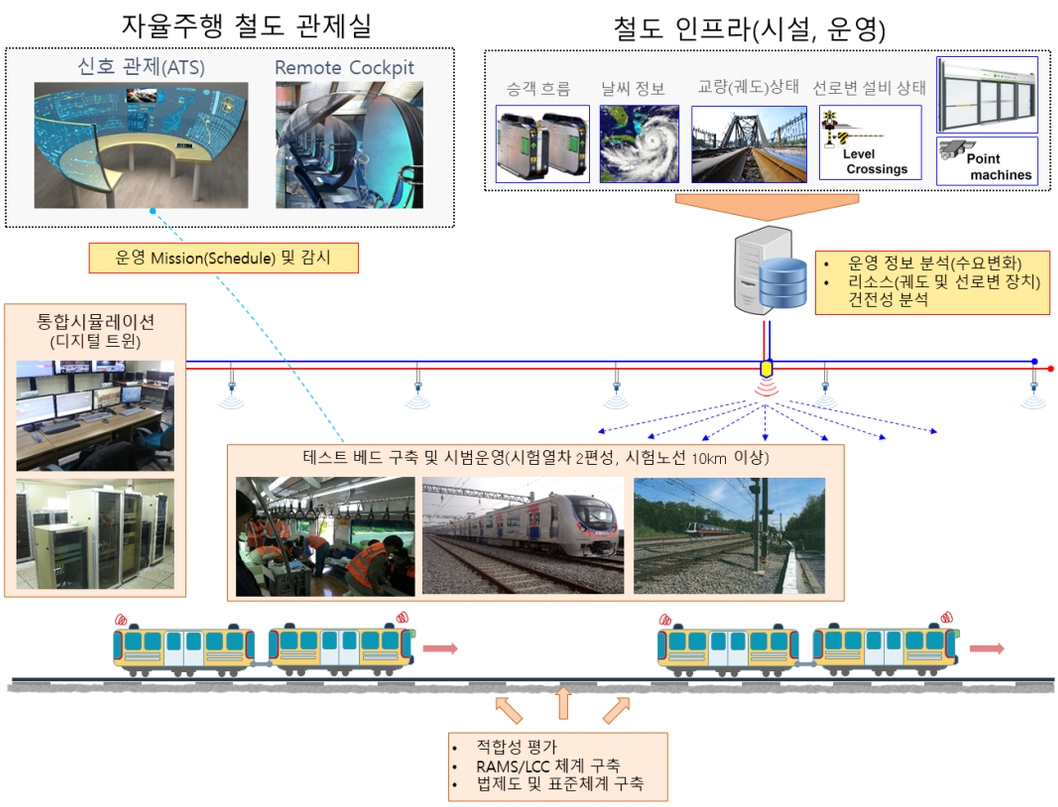
● **(중점추진분야 4) 사업총괄 및 실용화 촉진기술**

- **(개요)** 본 사업의 추진분야는 열차중심 관제분야, 열차제어분야 및 편성제어분야의 성과를 체계적으로 통합하여 열차 자율주행체계를 성공적으로 개발하고 검증함으로써 상용화에 필요한 관련 기술을 분류하여 설정함.

- **(과제의 구성)**

4-1) 사업총괄 및 시스템 안전성 확보, 인증 및 표준체계, 법제화 구축 기술
: ISO/IEC규격에서 정의된 SE기술을 사업관리, 안전성 및 인증체계에 적용하여 기술개발 성과를 엄격하게 관리함으로써 개발성과의 완성도를 높이고 상용화 조건을 마련하는 기술

4-2) 시스템 시험평가 기술개발 : 개발기술의 상용화에 필요한 조건을 만족하는 시험 인프라를(Lab.기반, On Site 기반) 구축하고, 평가하는 기술



[그림 7.1.4] 사업총괄 및 실용화 촉진기술 개념도

과제 추진로드맵

● (중점추진분야 1) 열차중심 관제기술

분야	세부과제	구성기술	핵심 기술개발				실용화 기술개발			
							통합시뮬레이션	테스트베드 구축	현장시험	시범운영
			Y1 (2022)	Y2 (2023)	Y3 (2024)	Y4 (2025)	Y5 (2026)	Y6 (2027)	Y7 (2028)	Y8 (2029)
1. 열차 중심관제	1-1) 자율주행 열차 경합해소 및 연쇄지연 단축 기술개발	이례 상황 자율 대응 기술		개념설계 및 기능요구사양 개발, 핵심알고리즘 연구	시스템 개발 요구사양 개발 및 알고리즘 구현	시스템 핵심기술 알고리즘 통합 및 소프트웨어 구현	프로토타입 시스템 통합 및 시뮬레이션 시험/보완, 시제품 설계 및 제작	시제품 보완 및 단품시험, 시험차량 인터페이스 개발 및 시험차량 설치	시험선 시험 및 보완	
		동적 경로 자율 제어 기술		개념설계 및 기능요구사양 개발, 핵심알고리즘 연구	시스템 개발 요구사양 개발 및 알고리즘 구현					
		혼잡지연제어기술		개념설계 및 기능요구사양 개발, 핵심알고리즘 연구	시스템 개발 요구사양 개발 및 알고리즘 구현					
		시스템 검증 및 위험원 관리기술		시스템 예비위험원 분석 및 저감대책 수립	시스템 위험원 분석	서브시스템 위험원 분석을 통한 기능 및 장치 SIL 할당, 소프트웨어 요구사양, 하드웨어 요구사양, 안전요구사양 도출	S/W 검증 및 시스템 검증 시험	시스템 단품시험을 통한 검증 및 확인(V&V)	시스템 현장시험을 통한 검증 및 확인(V&V)	
	1-2) Drone-train 기술개발	열차전방감시 기술			전방감시 요구사항 도출 및 감시센서 분석	전방감시 구성장치 및 사양도출, 시험차량 인터페이스 확인	전방감시 시스템 및 모니터링 시제품 제작	전방감시시스템 시험 및 보안	시험 차량 탑재 시험 및 신뢰성 시험	
		원격 리셋(reset) 기술 Cold Detector 개발			원격 리셋(reset) 개념설계 및 요구사항 도출	원격 리셋(reset)을 및 cold detector 상세설계 및 제작	원격리셋 프로토타입 제작 및 시험	원격리셋 시제품 제작 및 시험	시험 차량 탑재 시험 및 신뢰성 시험	

분야	세부과제	구성기술	핵심 기술개발				실용화 기술개발			
							통합시뮬레이션	테스트베드 구축	현장시험	시범운영
			Y1 (2022)	Y2 (2023)	Y3 (2024)	Y4 (2025)	Y5 (2026)	Y6 (2027)	Y7 (2028)	Y8 (2029)
		원격 제어기술			원격 감시 및 복구시나리오 도출, 시스템 요구사항 도출	원격 제어시스템 요구조건 분석 및 설계, 시험차량 인터페이스 확인	열차 원격제어 프로토타입 제작 및 통합시뮬레이션 시험(열차제어 및 관제 인터페이스 시험)	원격제어 시제품 제작 및 시험	시험 차량 탑재 시험 및 신뢰성 시험	
	1-3) 실시간 인프라상태 감시 기술개발	다중 인프라 이례 상황 및 기상재해 실시간 검지 기술	실시간 감지 센서 시스템 및 센서 네트워크 사양개발	실시간 감지 센서시스템 및 센서네트워크 설계	실시간 감지 센서시스템 제작 및 센서네트워크 제작	알고리즘 통합 및 소프트웨어 구현 및 성능평가/보완	프로토타입 통합 시험 및 보완 시제품 설계	시제품 제작, 시험선 설치 및 시험보완	시험선 시험 및 보완	시범운영 및 보완
		인프라 이례상황 및 기상재해에 대한 자율주행 위험도 평가기술	계측데이터 수집, 저장, 가공 플랫폼 사양개발	계측데이터 수집, 저장, 가공 플랫폼 S/W 및 H/W 설계, 위험도 평가 알고리즘 설계	데이터 수집, 저장, 가공 플랫폼 S/W 및 H/W 제작	데이터 수집, 저장, 가공 플랫폼 S/W 및 H/W 통합 및 시험평가				
		자율주행 위험도에 따른 최적 열차속도 산정기술	위험도 평가 및 최적 운행속도 산정 시나리오 개발	최적 열차속도 산정알고리즘 기준 도출 및 설계	위험도 평가 및 최적 열차속도 산정 알고리즘 S/W 구현	알고리즘 통합 및 소프트웨어 구현 및 성능평가/보완				
	1-4) 자율주행 철도관제 기술개발	자율주행 신호체계 관제핵심기술 개발	선로자원 제어/관리 알고리즘 연구	선로 DB 및 스케줄 구조 설계	Onboard ATC, Object Controller 인터페이스 구현	관제-열차의 선로자원 공유/관리 검증 및 보완	선로 DB 관리, 계획스케줄 작성 관리 모듈 라이브러리 설계 및 제작	선로감시, 방호구간/임시속도제한 제어관리모듈 라이브러리 설계 및 제작	시험선 시스템 통합 및 확인, 시험결과에 따른 시스템 보완	트랙레코드 기준에 따른 영업운전 수준의 시범운영
		자율주행 신호체계 관제시스템 설계, 제작 및 시험	시스템 개념설계 및 기능요구사양 개발,	시스템 개발요구사양 개발, 인터페이스 시퀀스 및 프로토콜 설계	프로토타입 시스템 상세 설계, 관제시스템 설계 및 소프트웨어 구현	계획스케줄 작성 관리 모듈 라이브러리 설계 및 제작	프로토타입에 라이브러리 연동 시험 및 검증, 시제품 설계 및 제작	시제품 현장설치, 프로토타입에 라이브러리 연동 시험 및 검증		

● (중점추진분야 2) 열차중심 열차제어기술

분야	세부과제	구성기술	핵심 기술개발				실용화 기술개발			
							통합시뮬레이션	테스트베드 구축	현장시험	시범운영
			Y1 (2022)	Y2 (2023)	Y3 (2024)	Y4 (2025)	Y5 (2026)	Y6 (2027)	Y7 (2028)	Y8 (2029)
2. 열차중심 열차제어	2-1) 열차 중심 간격 및 분기제어 기술개발	열차중심 간격 및 분기제어기술	시스템 개념설계 및 기능요구사양 개발, 핵심지술 제어알고리즘 연구	시스템 개발요구사양 설계, 시스템 핵심기술 제어 알고리즘 구현	시스템 핵심기술 알고리즘 통합 및 소프트웨어 구현, 프로토타입 설계	시스템 모듈설계 및 S/W, H/W 통합 구현, 시뮬레이션 시험	시스템 통합 및 시뮬레이션 시험/보완, 시스템 시제품 상세설계	시스템 시제품 제작 및 단품 시험, 시험열차 설치 및 인터페이스 구현	시험선 시스템 통합 및 확인, 시험선 시험을 통한 시스템 기능 및 성능확인	트랙레코드 기준에 따른 영업운전 수준의 시범운영, 시스템 보완을 통한 목표 검증 및 개선
		기존시스템과 상호연계 기술	연계운용 인터페이스 장치 개념설계 및 기능요구사항 개발	연계운용 인터페이스 장치 구조 사양 도출	연계운용 인터페이스 장치 프로토 타입 설계, 시스템 개량 전략 도출	연계운용 인터페이스 장치 프로토타입 소프트웨어 및 하드웨어 통합 구현	연계운용 인터페이스 장치 시제품 소프트웨어 구현	연계 운용을 위한 대상 시스템 선정 및 인터페이스 구현		
		안전성 확보기술	시스템 예비위험원 분석 및 저감대책 수립	시스템 위험원 분석에 따른 서브시스템 개발사양 개발	서브시스템 위험원 분석을 통한 기능 및 장치 SIL 할당, 소프트웨어 요구사양, 하드웨어 요구사양, 안전요구사양 도출	S/W 검증 및 시스템 검증 시험	시제품 S/W, H/W 요구사항 설계 보완 및 안전요구사항 설계 보완	시스템 단품시험을 통한 검증 및 확인(V&V)	시스템 현장시험을 통한 검증 및 확인(V&V)	시범운영 및 시험을 통한 검증 및 확인(V&V)
	2-2) T2T, T2I 통신 및 통신보안 기술개발	T2T, T2I 무선통신기술	시스템 개념설계, 철도통신 유스케이스 조사 및 요구사항 분석	무선통신 시스템 상위/상세설계 , 무선통신장치 핵심기술 알고리즘 연구	알고리즘 시뮬레이션 구현, 무선통신 시스템 프로토타입 H/W 및 S/W 설계 및 구현	무선통신 시스템 프로토타입 H/W 및 S/W 통합 및 자체 기능 시험	무선통신 시스템 통합시험 및 보완, 무선통신 시스템 시제품 수정 설계	열차제어 모듈 인터페이스 개발 및 시험차량 설치	시험선 시험을 통한 시스템 기능 및 성능확인	트랙레코드 기준에 따른 영업운전 수준의 시범운영
		무선통신 보안기술	보안요구사항 및 개념설계	핵심 알고리즘 연구	핵심 알고리즘 시뮬레이션 구현	핵심기술 알고리즘 시뮬레이션 시험				

● (중점추진분야 3) 열차중심 편성제어기술

분야	세부과제	구성기술	핵심 기술개발				실용화 기술개발			
							통합시뮬레이션	테스트베드 구축	현장시험	시범운영
			Y1 (2022)	Y2 (2023)	Y3 (2024)	Y4 (2025)	Y5 (2026)	Y6 (2027)	Y7 (2028)	Y8 (2029)
3. 열차중심편성제어	3-1) Radio 연결기 기술개발	Radio 기반 연결 및 분리 기술	시스템 개념설계 및 기능요구사양 개발	시스템 기본설계, 핵심 알고리즘 구현 및 시뮬레이션 및 보완	시스템 구조설계, 프로토타입 설계 및 제작	시스템 모듈설계, 시스템 프로토타입 제작 및 시험보완	통합시뮬레이션 시험 및 시제품 설계	시제품 개발 및 테스트 베드 구축	테스트 베드 통합 시험 및 보완	시범운영 및 시험
		안전성 확보기술	시스템 예비위험원 분석 및 저감대책 수립	시스템 위험원 분석에 따른 안전 요구사항 설계	서브시스템 위험원 분석을 통한 기능 및 장치 SIL 할당	S/W 검증 및 시스템 검증 시험	시제품 S/W, H/W 요구사항 설계 보완 및 안전요구사항 설계 보완	시스템 단품시험을 통한 검증 및 확인(V&V)	시스템 현장시험을 통한 검증 및 확인(V&V)	시범운영 및 시험을 통한 검증 및 확인(V&V)
	3-2) Radio TCN 및 TCMS 연계 기술개발	Radio TCN 기술	Radio TCN 기능 및 성능 요구사항 분석, 전파특성 분석, TCN 네트워크 구조 연구	Radio TCN 개발요구사양 개발, TCN 네트워크 아키텍쳐 설계	Radio TCN 프로토타입 설계, 핵심기술 알고리즘 및 프로토콜 개발 및 통합	Radio TCN 시스템 모듈설계 , 프로토타입 S/W 및 하드웨어 통합 구현	핵심기술 알고리즘 및 시스템 시제품용 H/W, S/W 구현	무선 TCN, TCMS 통합모듈 개발 (소프트웨어기반 플랫폼) 및 시험차량 설치		
		TCMS 연계기술	TCMS 연계를 위한 기능 및 성능 요구사항 분석	TCMS 유무선 통합인터페이스 설계	TCMS 인터페이스 프로토타입 설계	TCMS 인터페이스 프로토타입 구현	핵심기술 알고리즘 및 시스템 시제품용 H/W, S/W 구현			
		Radio TCN 및 TCMS 연계 시험 검증 기술		네트워크레벨 시뮬레이션 환경 구축	모듈단위 네트워크 레벨 시뮬레이션	네트워크 레벨 및 자체 시뮬레이션 및 핵심기술 검증 및 보완	Radio TCN 및 TCMS 통합시험	무선 TCN, TCMS 시스템 시험차량 설치	시험선 시스템 통합 및 기능/성능 확인	시스템 보완을 통한 목표 검증 및 개선
	3-3) 예측가능한 고성능 제동기술개발	점착 종속형 제동제어 기술	제동시스템 기능요구사양 개발, 핵심알고리즘 연구	제동시스템 개발요구사양 개발, 제어 알고리즘 구현 및 보완	시스템 구조설계, 프로토타입 설계 및 제작	시스템 모듈설계, 시스템 프로토타입 제작 및 시험보완	프로토타입 통합 시뮬레이션, 시제품 설계 및 S/W 구현	시제품 제작 및 시험차량 탑재	시험선 시험을 통한 기능 및 성능확인, SIL 인증	시범운영 및 시험
		점착 독립형 제동제어 기술	제동시스템 기능요구사양 개발,	제동시스템 개발요구사양 개발,	시스템 구조설계, 프로토타입	시스템 모듈설계, 시스템 프로	프로토타입 통합 시뮬레이션, 시	시제품 제작 및 시험차량 탑재,	시험선 시험을 통한 기능 및 성	시범운영 및 시험

분야	세부과제	구성기술	핵심 기술개발				실용화 기술개발			
							통합시뮬레이션	테스트베드 구축	현장시험	시범운영
			Y1 (2022)	Y2 (2023)	Y3 (2024)	Y4 (2025)	Y5 (2026)	Y6 (2027)	Y7 (2028)	Y8 (2029)
			핵심알고리즘 연구	제어 알고리즘 구현 및 보완	설계 및 제작	토타입 제작,시뮬레이션 시험 및 핵심기술 검증 및 보완	제품 설계 및 S/W 구현, SIL 인증 활동	SIL 인증 활동	능확인, SIL 인증	
	3-4) Radio 연결 무결성 확보 기술개발	Radio 연결기 열차무결성 확인기술		Radio 연결기 열차무결성 요구사항 정의, 기술 조사 및 시스템 설계	가상연결의 무결성 판단 알고리즘 설계, H/W 및 S/W 플랫폼 설계	가상연결의 무결성 판단 알고리즘의 소프트웨어 구현, 신호시스템 인터페이스 설계	무결성 판단 알고리즘의 단위 기능 검증	T2T 기반 실차 환경에서의 무결성 판단 성능 검증	시스템 통합, 무결성 판단 장치 연동 시험 환경 구축, 무결성 판단에 대한 SIL-4 기반 검증	열차 무결성 장치 연동 시험 및 보완, 무결성 판단에 대한 SIL-4 인증 완료
		Radio coupler에 적합한 열차간 연결상태 추정 기술		무선신호 기반 가상연결 상태 검지에 필요한 채널분석	무선신호 기반 가상연결 상태 검지 핵심 알고리즘 설계	무선신호 기반 가상연결 상태 검지 소프트웨어 구현	무선신호 기반 가상연결 상태 검지 기술의 단위 검증	무선신호 기반 가상연결 상태 검지		
		열차간 상대거리 측위기술		열차간 상대거리 측위기술 요구사항 도출	고정밀/고신뢰 상대 거리 측위 알고리즘 연구, 센서 융합알고리즘 연구	상대 거리 측위 장치 구조 설계	상대 거리측위 장치 소프트웨어 및 하드웨어 설계	상대 거리측위 장치 소프트웨어 및 하드웨어 구현 및 시험		

● (중점추진분야 4) 사업총괄 및 실용화 촉진기술

분야	세부과제	구성기술	핵심 기술개발				실용화 기술개발			
							통합시뮬레이션	테스트베드 구축	현장시험	시범운영
			Y1 (2022)	Y2 (2023)	Y3 (2024)	Y4 (2025)	Y5 (2026)	Y6 (2027)	Y7 (2028)	Y8 (2029)
4. 사업총괄 및 실용화 촉진기술	4-1) 사업총괄 및 시스템 안전성 확보, 인증 및 표준체계, 법제화 구축 기술	사업총괄 관리 및 시스템 적합성 체계 연구	사업총괄 관리계획 수립, 시스템 컨셉 및 기능요구사양 도출, 시스템 운영시나리오 개념 설계	사업총괄 관리 지원 TOOL 구축, 시스템 개발요구사양 설계, 시스템 운영시나리오 기본설계	사업총괄 지원 TOOL기반 사업관리, 하부시스템 개발요구사양 설계, 시스템 적합성 검증 계획 수립, 시스템 운영시나리오 상세 설계	사업총괄 지원 TOOL기반 사업관리, 시스템 인터페이스 설계, 하부시스템 적합성 검증계획 수립	사업총괄 지원 TOOL기반 사업관리, 통합 시뮬레이터 인터페이스 확인, 시스템 적합성 검증	사업총괄 지원 TOOL기반 사업관리, 시험선 시스템 통합 인터페이스 확인, 서브시스템 및 시스템 평가 계획 수립	사업총괄 지원 TOOL기반 사업관리, 시스템 시험평가, 개발요구사양 및 인터페이스 보완	사업총괄 지원 TOOL기반 사업관리, 시스템 유효성 확인
		트랙 레코드 확인	전문가 협의체 운영방안 수립	전문가 협의체 구성 및 운영, 상용화 실적 기준 도출	전문가 협의체 운영, 상용화 실적 기준 계량화	전문가 협의체 운영, 시스템 요구사항 도출	전문가 협의체 운영, 시험평가 요구사항 도출	전문가 협의체 운영, 시험평가 참관 및 확인	전문가 협의체 운영, 시범운영 요구사항 도출	전문가 협의체 운영, 트랙 레코드 최종확인
		시스템 RAMS 체계연구	예비 RAMS 분석	RAMS 기본 설계	프로토타입 RAMS 분석	프로토타입 RAMS 검증	시제품 RAMS 분석	시제품 RAMS 평가	RAMS 타당성 확인 및 SIL 인증	RAMS 필드 데이터 관리 체계 수립
		시스템 법제화 및 표준체계 구축	관련 법제도 분석 및 기술분석	철도차량 기술기준(안)구성 체계 정립	철도차량 기술기준(안) 상세수립	열차자율주행시스템 적용 철도차량 시험규격(안) 개발	열차자율주행시스템 적용을 위한 철도용품 기술기준 개정(안) 개발	열차자율주행시스템 적용을 위한 철도용품 기술기준 개정(안) 고도화	열차자율주행시스템 고속/일반/도시 철도차량 기술기준(안) 개정	기술기준(안)/시험규격(안) 최종안 고시지원
			시스템 상호연계를 위한 신호 및 통신 표준화 현황 분석 및 방향 수립	신호 및 통신 시스템 표준화 범위 및 방안 도출	신호 및 통신 시스템 레벨 표준 사양 개발	신호 및 통신 하부시스템 레벨 표준사양 개발	신호 및 통신 상호연계를 위한 인터페이스(접속규격) 사양 개발	신호 및 통신 상호연계를 위한 인터페이스(프로토콜) 사양 개발	신호 및 통신 상호연계를 위한 인터페이스(프로토콜) 사양 보완	신호 및 통신 시스템 표준화 (KRS, TTA)
		주파수 분석 및 확보	국내외 주파수 분배 및 운용 현황조사·분석	후보 주파수 대역별 간섭 분석	후보 주파수 대역 우선순위 선정	주파수 대역의 운용방안 및 정책 개발, 주파수 소요제기				

분야	세부과제	구성기술	핵심 기술개발				실용화 기술개발			
							통합시뮬레이션	테스트베드 구축	현장시험	시범운영
			Y1 (2022)	Y2 (2023)	Y3 (2024)	Y4 (2025)	Y5 (2026)	Y6 (2027)	Y7 (2028)	Y8 (2029)
	4-2) 시스템 시험평가 기술개발	통합시뮬레이션 검증	시뮬레이터 개발 요구사양 설계	시뮬레이터 기능 및 구조설계	시뮬레이터 상세 설계	시뮬레이터 제작 및 적합성 검증	시스템 통합 시뮬레이션	시험선시험과 병행시험		시범운영과 병행시험
		테스트 베드 구축	테스트베드구축 계획(안) 수립	테스트베드 차지상 요구사양 설계	테스트 베드 차지상 인프라 설계	테스트 베드 차지상 인프라 상세설계	테스트 베드 차지상 인프라 제작(시험차량 제작발주)	테스트베드 차지상 인프라 구축	테스트베드 차지상 인프라 유지보수	
		현장시험 및 시범운영		종합시험 계획수립	종합시험 방안및 계획(안) 도출	종합 시험항목 및 시험평가방안 개도출	종합 시험항목별 시험절차서 도출	종합 시험항목별 시험절차 및 평가방안 도출	종합 시험 및 평가	시범 운영

2절 중점분야 1 : 열차중심(Train-centric) 관제

1. [세부 1-1] 자율주행 열차 경합해소 및 연쇄지연 단축 기술개발

■ 기술의 정의

● 자율주행 열차 경합 해소 및 연쇄지연 단축 기술의 정의

- 자율주행 열차 경합 해소 및 연쇄지연 단축 기술은 종전 중앙 관제 운영자의 수동 개입에 의존하던 스케줄 조정 업무를 지능형 열차 간 통신에 의한 협업을 통해 각 열차가 자신의 스케줄을 수행 및 조정하는 것으로, 사고나 고장, 지연 등 이례상황이 발생했을 때 열차 스스로 상황을 인지하여 지연 확산을 최소화하는 기술임

- 자율주행 열차 경합 해소 및 연쇄지연 단축 기술을 구현하기 위해서는 실시간 경합검지 기술, 협력기반 동적경로 설정 기술, 스케줄 조정에 따른 지연 예측 기술이 요구됨

- 자율주행 열차 경합 해소 및 연쇄지연 단축 기술은 이벤트 발생 시 직접 대처하던 중앙 관제 역할을 감독의 범위로 최소화하므로, 중앙 관제에 문제가 발생하는 경우에도 각 열차는 여전히 자신의 운행을 위한 의사결정을 내릴 수 있다는 점에서 안정적인 시스템 운영이 가능함

● AS-IS / TO-BE

AS-IS



(관제사에 의한 중앙관제 시스템)

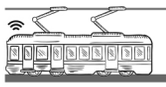
- 관제사의 판단에 의해 열차간 시격 조정 및 경로 수동 조정
- 이례상황에 대비해 여유시간 과대 설정
- 실시간 정보수집 불가 및 인적오류 발생 가능

TO-BE



(지능화된 열차중심 경합해소시스템)

- 협력에 의해 열차 스스로 경로 및 스케줄 자동 조정
- 인프라 최대 활용을 위한 여유시간 최적화
- 신속한 대응을 통한 지연확산 방지



연구개발 목표

- 혼잡지연 제어 기술을 통한 열차 연쇄지연시간 20% 단축(서비스 정시성 측면)
- 열차간 여유시간 및 반복시간 최적화를 통한 수송력 5% 향상(수송력 측면)
- 자율인식기술을 통한 열차경합 검지 및 해소시간 15% 단축(신속성 측면)

연구개발 내용

- 이례 상황 자율 대응 기술개발(ARD)
- 동적 경로 자율 제어 기술 (A-DRC)
- 혼잡지연 제어 기술 (AGW)
- 자율주행 열차 경합 해소 및 연쇄지연 단축 시스템 검증 및 위험원 관리기술
- 관제 ATS 인터페이스 기술

연차별 주요 연구내용

단계	연차	기술개발 목표	기술개발 내용
핵심 기술 개발	1차 년도	시스템 개념 정립 및 기본설계	시스템 개념설계 및 기능 요구사양 개발
			시스템 핵심기술 제어 알고리즘 연구
			시스템 예비위험원 분석 및 저감대책 수립
	2차 년도	알고리즘 성능검증	시스템 개발 요구사양 개발
			시스템 위험원 분석에 따른 서브시스템 개발사양 개발
			시스템 핵심기술 제어 알고리즘 구현
			알고리즘 레벨 시뮬레이션 및 보완
	3차 년도	서브시스템 프로토타입 제작	소프트웨어 요구사양, 하드웨어 요구사양, 안전요구사양 도출
			시스템 핵심기술 알고리즘 통합 및 소프트웨어 구현
			서브시스템 프로토타입 설계
			서브시스템 프로토타입 제작
실용화 기술 개발	4차 년도	통합시뮬레이션 시험 및 보완 시제품 개발	프로토타입 통합시뮬레이션 시험/보완
			도시철도 및 일반/고속철도용 열차중심 열차제어시스템 시제품 상세설계
			핵심기술 알고리즘 및 시스템 시제품 소프트웨어 구현

단계	연차	기술개발 목표	기술개발 내용
	5차 년도	테스트 베드 구축 및 시험	시스템 시제품 보완 및 단품 시험
			시험차량 인터페이스 개발 및 시험차량 설치
			시험결과에 따른 시스템 보완
	6차 년도	테스트 베드 통합 시험 및 보완	시험선 시스템 통합 및 확인
			시험선 시험을 통한 시스템 기능 및 성능확인
			시스템 보완을 통한 목표 검증 및 개선

투자 규모

- 총 60.6억 원/6년 중 정부출연금 44.5억 원(73.4%) 대비 민간부담금 16.1억 원(26.6%)으로 구성된 정부주도 사업추진

〈사업비 투입 계획〉

(단위 : 억 원)

구분	1단계(핵심기술개발)			2단계(실용화기술개발)			총계	비율(%)
	2023	2024	2025	2026	2027	2028		
정 부	2.8	3.7	4.6	4.6	18.6	10.2	44.5	73.4
민 간	1.0	1.3	1.9	1.9	6.1	3.9	16.1	26.6
합 계	3.8	5	6.5	6.5	24.7	14.1	60.6	100

세부기술별 연구개발비

연구개발 기술		구분	1단계(핵심기술개발)			2단계(실용화기술개발)			총계
			2023	2024	2025	2026	2027	2028	
ARD	이례상황 자율 인식/판단 기술	정부	0.3	0.4	0.5	0.5	2.0	1.1	4.8
		민간	0.1	0.2	0.2	0.2	0.6	0.4	1.7
		소계	0.4	0.6	0.7	0.7	2.6	1.5	6.5
	강화학습 기반 이례 기준 설정 기술	정부	0.3	0.4	0.5	0.5	2.0	1.1	4.8
		민간	0.1	0.2	0.2	0.2	0.6	0.4	1.7
		소계	0.4	0.6	0.7	0.7	2.6	1.5	6.5
A-DRC	이례상황 파급효과 예측 기술	정부	0.3	0.4	0.5	0.5	2.0	1.1	4.8
		민간	0.1	0.2	0.2	0.2	0.6	0.4	1.7
		소계	0.4	0.6	0.7	0.7	2.6	1.5	6.5

연구개발 기술		구분	1단계(핵심기술개발)			2단계(실용화기술개발)			총계
			2023	2024	2025	2026	2027	2028	
	동적 경로 최적 재설정 알고리즘 기술	정부	0.3	0.4	0.5	0.5	2.0	1.1	4.8
		민간	0.1	0.1	0.2	0.2	0.7	0.4	1.7
		소계	0.4	0.5	0.7	0.7	2.7	1.5	6.5
	동적 경로설정에 따른 이동권한 관리 기술	정부	0.3	0.4	0.5	0.5	2.0	1.1	4.8
		민간	0.1	0.1	0.2	0.2	0.7	0.4	1.7
		소계	0.4	0.5	0.7	0.7	2.7	1.5	6.5
AGW	빅데이터 기반 실시간 혼잡도 예측 기술 (차내/플랫폼)	정부	0.3	0.4	0.5	0.5	2.0	1.1	4.8
		민간	0.1	0.1	0.2	0.2	0.6	0.4	1.6
		소계	0.4	0.5	0.7	0.7	2.6	1.5	6.4
	인공지능 알고리즘을 활용한 혼잡지연 확산 예측 기술	정부	0.3	0.4	0.5	0.5	2.0	1.1	4.8
		민간	0.1	0.1	0.2	0.2	0.6	0.4	1.6
		소계	0.4	0.5	0.7	0.7	2.6	1.5	6.4
	혼잡역 승하차시간 절감 승객제어 기술	정부	0.3	0.4	0.5	0.5	2.0	1.1	4.8
		민간	0.1	0.1	0.2	0.2	0.7	0.4	1.7
		소계	0.4	0.5	0.7	0.7	2.7	1.5	6.5
기타	열차중심 열차제어 설계/구현/검증 및 위험원 관리기술	정부	0.3	0.3	0.4	0.4	1.6	0.9	3.9
		민간	0.1	0.1	0.2	0.2	0.6	0.4	1.6
		소계	0.4	0.4	0.6	0.6	2.2	1.3	5.5
	관제 ATS 인터페이스 기술	정부	0.1	0.2	0.2	0.2	1.0	0.5	2.2
		민간	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4	0.3	1.1
		소계	0.2	0.3	0.3	0.3	1.4	0.8	3.3
합계			3.8	5.0	6.5	6.5	24.7	14.1	60.6

소요 인력

〈 인력 투입 계획 〉

(단위 : 인·year)

구분	2023	2024	2025	2026	2027	2028	총계
책임급	2	2	3	3	6	6	22
선임급	1	1	3	3	5	5	18
원 급	0	1	1	1	4	4	11
합 계	3	4	7	7	15	15	51

2. [세부 2-1] Drone-train 기술개발

기술의 정의

- 드론 트레인(drone-train) 기술의 정의

  - 열차무인자동운전의 경우 운행 중 시스템 오류에 의한 고장 발생시 운영자(승무원)의 현장 투입 없이 원격의 관제에서 즉각적으로 무인자동운전이 가능한 수준으로 열차를 회복하거나, 회복이 불가능한 경우 중단없는 영업운행을 위해 열차를 대피로까지 안전하게 이동하기 위해 관제에서 원격으로 열차를 조작하는 기술.

  - 무인운전의 경우 영업운영 중 고장 열차로의 운영자(승무원) 투입은 많은 시간이 소요되어 열차의 지연을 초래하기 때문에 신분당선을 포함한 일부 노선은 여전히 기관사가 탑승[139]하고 있어 무인자동운전의 효과를 저하시키고 있음.

  - 현재 신분당선과 같이 GOA4(Grade of Automation 4) 수준의 무인운전을 하는 경우 운행 중 일시적인 통신두절, 위치계산 오류(tag missing 등), 연산오류, 기타 차량내 오류 발생시 오류 종류에 따라 열차는 비상제동 체결 혹은 신호시스템 1계-2계 절체가 이루어지고 최후의 경우 승무원의 조치가 필요함.

  - 드론 트레인 기술을 구현하기 위해서 원격제어기(remote cockpit)과 열차와의 통신, 열차 주위환경에 대한 인식 기술, 주요장치 상태 및 고장 복구 기술, 열차 원격 추진/제동 기술이 요구됨

  - 드론 트레인 기술은 무인운전 차량의 운행 고장시 인력의 투입 없이 원격으로 고장진단, 원격 조작을 통한 오류 해결 또는 신속한 열차 운행재개를 위한 대피선로로의 이동을 통해 신속한 열차운행재개가 가능하므로 열차운행의 신뢰성 및 서비스 질 향상이 가능함.

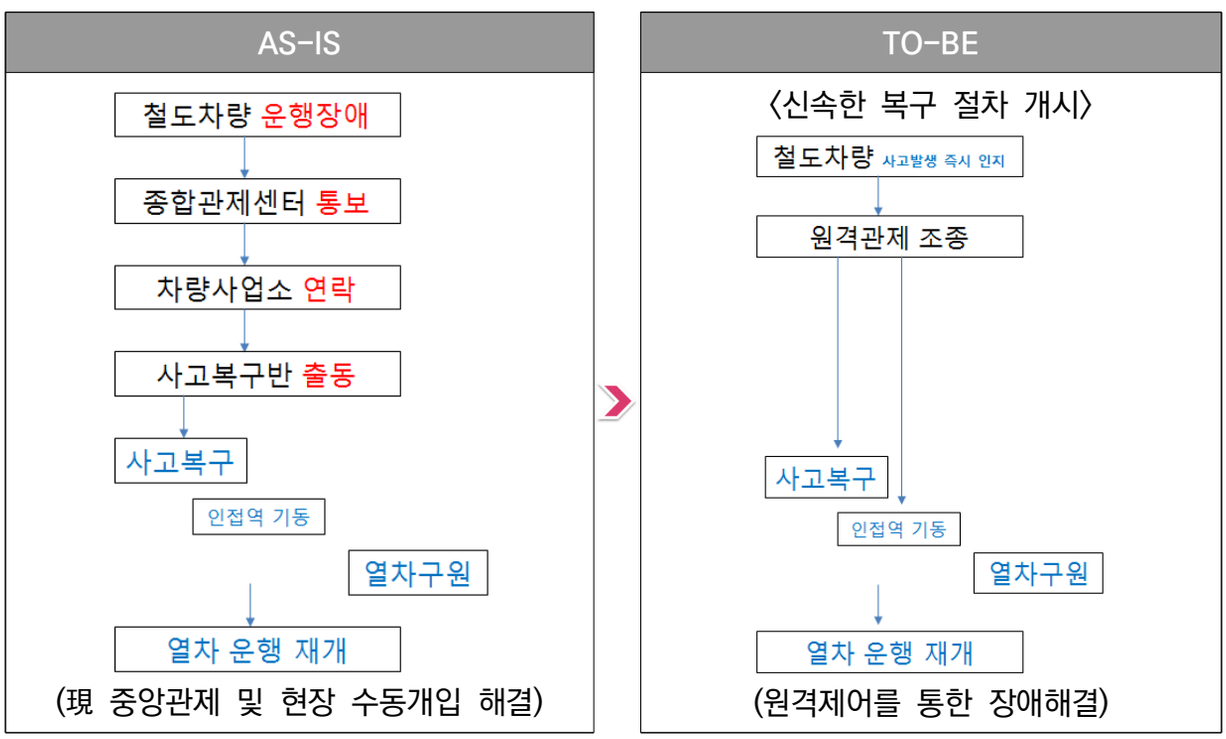
- AS-IS / TO-BE

  - **(AS-IS)** 무인운전 차상 TCMS 또는 신호장치 연산오류, 일시적 통신두절, 장

139) 무인자동운전(GOA4)을 지향하는 신분당선의 경우 약 150명의 기관사가 종사하고 있는 구조

애물 검지에 의한 비상제동체결 발생시 종합관제의 개입하에 열차내 승무원이 현장으로 파견되어 열차를 수동으로 조작함으로써 열차를 회복

- (TO-BE) 자동운전운행이 불가능한 상황에서 관제에서 원격으로 해당열차에 접속하여 주요장치 및 시스템 재부팅(리셋)을 시도하며 이후에도 운행이 불가한 경우 완전수동모드로 열차를 직접 주행하여 인접역에 승객을 하차시키고 대피선로(또는 기지)로 이동하여 영업운전에서 제외



연구개발 목표

- 5분 이내 자기회복(self-recovery)
- 5분 이내 원격접속 및 제어(열차 원격 조작을 통한 운행)

연구개발 내용

- Drone-Train 운영시나리오 개발
  - 도시철도 및 일반/고속철도 Drone-Train 적용 시나리오 개발
  - 운행장애 분류 및 주요 장치 장애 복구 시나리오 도출
  - 주요 장치, 차량원격 제어 절차 시나리오 도출

● 실시간 원격 상태감시 및 self recovery 핵심기술개발

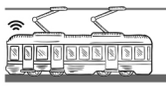
- 차량 주요 장치별 실시간 원격 상태감시 기술개발
  (원격에서 차량상태 판단과 주행에 필요한 차량 및 운행상태 정보 확인)
- 열차 전방 실시간 모니터링 기술 개발
  (원격에서 열차 운전에 필요한 카메라 영상, 사각지대 센싱 기술)
- 열차 차상시스템 원격 reset 기술개발
  (원격에서 열차를 reset하여 정상운행 상황으로 복구)
- 안전성 및 신뢰성 확보기술 개발

● 원격 제어 핵심기술 개발

- 관제 ATS 연계기술 개발
- 열차 추진, 제동 제어 원격 시스템 핵심 기술 개발
- 안전성 및 신뢰성 확보기술 개발

● 시스템 개발 및 시험평가 기술개발

- 관제 Cockpit Station 개발
  · 원격 열차 전방상황 및 열차운행정보 실시간 현시
  · 원격 열차의 추진/제동/출입문/냉난방 등 제어와 제어 결과에 대한 피드백 수신
- 열차 Onboard Controller 개발
  · 차종(도시철도/일반 및 고속철도)에 모듈화된 차상 제어기 개발
- 안전성 및 신뢰성 확보기술 개발
- 철도안전법에 의한 철도차량운전규칙 등 관련 법령 개정(안) 제시
  · 운전시의 응급복구, 무인운전시의 안전 확보 규정, 절차에 의한 원격제어 법적 근거 확보



연차별 주요 연구내용

단계	연차	기술개발 목표	기술개발 내용
핵심 기술 개발	2차 년도	차량 주요장치 원격 감시, 복구 시스템 체계 구축	차량 주요시스템에 대한 원격 감시, 복구 시나리오 분석, 도출
			차량 추진, 제동, 도어 장치 등의 주요시스템에 대한 감시, 복구 시스템 요구 사항 도출
			열차 원격 운전 요소기술 필요사항 분석 및 시나리오 도출
	3차 년도	시스템 기본/상세설계	주요장치별 원격감시, 복구 시스템 요구조건 분석 및 사양 도출
			주요 장치별 원격감시, 복구 시스템 요소 상세설계
			열차 전방 주시 모니터링 시스템 구성장치 요구조건 분석 및 사양 도출
			열차 전방 주시 모니터링 시스템 구성장치 상세 설계
			열차 추진, 제동 제어 원격 시스템 구성장치 요구조건 분석 및 사양 도출
			열차 추진, 제동 제어 원격 시스템 구성장치 상세 설계
	4차 년도	시스템 구조설계, 프로토타입 및 제작	주요 장치별 원격감시, 복구 시스템 동작 시스템 시작품 제작
			주요 장치별 원격감시, 복구 시스템 동작 시험 및 검증
			열차 전방 주시 모니터링 시스템 구성장치 시작품 제작
			열차 전방 주시 모니터링 시스템 구성장치 시작품 기능 시험 및 검증
			열차 추진, 제동 제어 원격 시스템 구성장치 시작품 제작
			열차 추진, 제동 제어 원격 시스템 구성장치 시작품 기능 시험 및 검증
실용화 기술 개발	5차 년도	시스템 모듈설계, 시스템 보완, 프로토타입 제작 및 시험	주요장치별 원격감시, 복구시스템 보완요구사항 반영 시제품 제작
			주요장치별 원격감시, 복구 시스템 신뢰성 시험 체계 구축
			주요 장치별 원격감시, 복구 시스템 시험 및 인증
			열차 전방 주시 모니터링 시스템 구성장치 보완 요구사항 반영 시제품 제작
			열차 전방 주시 모니터링 시스템 신뢰성 시험 체계 구축
			열차 전방 주시 모니터링 시스템 시험 및 인증
			열차 추진, 제동 제어 원격 시스템 보완 요구사항 반영 시제품 제작
			열차 추진, 제동 제어 원격 시스템 신뢰성 시험 체계 구축
			열차 추진, 제동 제어 원격 시스템 시험 및 인증
	6차 년도	차량 탑재 신뢰성 시험	도시철도 및 일반/고속철도용 원격감시, 복구 시스템 차량 탑재 인터페이스
			주요 장치별 원격감시, 복구 시스템 기능 시험 성능확인
			열차 원격 운전 시스템 차량 탑재 인터페이스
			시험선 시험을 통한 시나리오별 시스템 기능 및 성능확인

투자 규모

- 총 173.5억원/5년 중 정부출연금 124억원(71%) 대비 민간부담금 49.5억 원(29%)으로 구성된 정부주도 사업추진. 타과제의 현차시험 계획과 연계할 수 있도록 연구 시작연도를 2023년으로 설정.

〈사업비 투입 계획〉

(단위 : 억 원)

구분	1단계 (핵심기술개발)				2단계 (실용화기술개발)		총계	비율(%)
	2022	2023	2024	2025	2026	2027		
정 부		10	24	30	30	30	124	71
민 간		5.5	9.5	11.5	11.5	11.5	49.5	29
합 계		15.5	33.5	41.5	41.5	41.5	173.5	100

세부기술별 연구개발비

(단위 : 억 원)

연구개발 기술		구분	1단계 (핵심기술개발)			2단계 (실용화기술개발)		총계
			2022	2023	2024	2025	2026	2027	
드론 – 트레인 기술	주요장치 원격상태 감시, 복구 기술	정부		5	12	15	15	15	62
		민간		3	5	6	6	6	26
		소계		8	17	21	21	21	88
	열차 전방주시 및 원격제어 기술	정부		5	12	15	15	15	62
		민간		2.5	4.5	5.5	5.5	5.5	23.5
		소계		7.5	16.5	20.5	20.5	20.5	85.5
합계				15.5	33.5	41.5	41.5	41.5	173.5

소요 인력

〈 인력 투입 계획 〉

(단위 : 인/year)

구분	2022	2023	2024	2025	2026	2027	총계
책임급		14	21	21	21	21	98
선임급		14	21	21	21	21	98
원 급		7	14	14	14	14	63
합 계		35	56	56	56	56	259

3. [세부 1-3] 실시간 인프라 이상상태 감시 및 인지기술 개발

기술의 정의

● 인프라 이상상태 감시 및 인지기술의 정의

- 철도 인프라는 선로, 교량, 터널, 사면, 정거장, 역사 등으로 다양하게 구성되며, 자율주행의 운행 안전을 확보하기 위해서는 다양한 인프라의 이상상태를 실시간으로 인지하여 운행 위험도에 따른 감속, 정지, 우회 등의 사전대응이 필요함

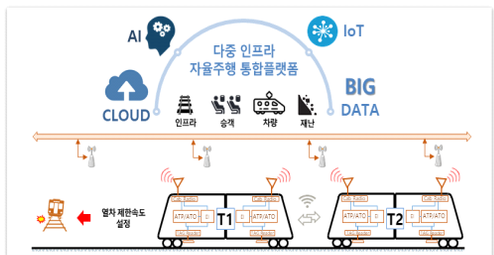
- 본 기술은 상기와 같은 다양한 인프라의 이상상태와 강우 및 선로침수, 강설, 강풍, 폭염 등의 기상재해로 인해 발생 가능한 열차 탈선, 전복 등을 미연에 방지함으로써 열차 자율주행의 운행 안전을 보장하고자 하는 기술임

- 인프라 이상상태 감시 및 인지기술를 구현하기 위하여 다종 인프라의 이상상태를 실시간으로 감시하기 위한 차상 및 선로변 센서 네트워크를 통합하여 최적화하고, 이로부터 수집되는 빅데이터를 실시간 분석하여 운행 위험도와 이를 바탕으로 한 구간별 최적 주행속도를 산정하여 운행 중인 자율주행 열차에 전송하도록 함

● AS-IS / TO-BE

AS-IS	TO-BE
〈인프라 이상상태 수동 검지 및 통합관제에 의한 대응〉	〈센서 네트워크에 의한 인프라 이상상태 자동 검지 및 열차간 협업에 의한 사전대응〉



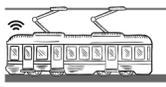


연구개발 목표

- 철도 인프라 이상상태 및 기상재해으로 인한 열차 자율주행 안전 확보
  - 장애물, 선로 및 구조물 변형과 같은 철도 인프라 이상상태와 강우 및 침수, 강풍, 폭설, 폭염 등의 기상재해로 인해 발생하는 열차 자율주행 안전 확보
  - 특히, 최근 사고가 잦은 선로 보수원, 승객 등의 인사사고 zero화
  - 무선 멀티센서 네트워크 기반 철도 분기기 상시 모니터링으로 운영속도 300km/h에서 결함탐지율 97% 이상
  - 철도 인프라 이상상태의 사전 검지 및 대응으로 유지관리 비용 20% 저감

연구개발 내용

- 철도 인프라 이상상태 실시간 검지기술 개발
  - 선로 장애물 및 결함, 특히 분기기 결함 그리고 구조물 변형 등의 인프라 이상상태 실시간 검지기술 개발
  - 열차 이용객의 밀도에 따른 정거장 승하차 지연 사전대응을 위한 인지 및 열차간격 자율제어기술 개발
  - 차량 탑재형 센서 및 선로변 센서 등을 융합하여 모니터링 음영구간 최소화를 위한 센서 네트워크 최적화 기술 개발
- 선로변 기상재해 실시간 검지기술 개발
  - 선로변 폭염, 폭우, 강풍 등의 실시간 모니터링과 기상청 등 외부 기상정보를 연계한 실시간 검지기술 개발
- 인프라 이상상태 및 기상재해에 대한 자율주행 위험도 평가기술 개발
  - 클라우드 컴퓨팅을 통해 수집한 인프라 이상상태 및 기상재해 데이터를 빅데이터화하고, 철도시설 이력관리 종합정보시스템(RAFIS) 등의 철도 인프라 관리 레거시시스템과 연계하여 인공지능에 기반한 철도 인프라 상태의 위험도를 실시간 평가하는 시스템을 개발



- 자율주행 위험도에 따른 최적 열차속도 산정기술 개발
  - 인프라 이상상태 및 기상정보에 기반한 위험도 분석 결과에 따른 운행 구간별 최적 열차 자율주행 속도 의사결정 기술 개발

연차별 주요 연구내용

단계	연차	기술개발 목표	기술개발 내용
핵심 기술 개발	1차년도		
	2차년도	개념설계 및 기능요구사양 개발, 핵심 알고리즘 연구	철도 인프라 이상상태 실시간 검지시스템 기능 요구사양 개발 및 개념설계
			선로변 기상재해 실시간 검지시스템 기능 요구사양 개발 및 개념설계
			모니터링 음영구간 최소화를 위한 센서네트워크 개념설계 (기존 인프라 유지보수 데이터, 위성정보, 기상청 기상정보 연계)
			인공지능/딥러닝 기반 위험도 평가 및 LDM(Local Dynamic map)기반 구간별 최적 열차속도 산정 알고리즘 연구
			계측데이터 수집, 저장, 가공 플랫폼 S/W 및 H/W 사양개발
	3차년도	시스템 요구사양 개발 및 알고리즘 구현	철도 인프라 이상상태 실시간 검지시스템 알고리즘 구현 및 H/W 기본설계
			선로변 기상재해 실시간 검지 시스템 알고리즘 구현 및 H/W 기본설계
			모니터링 음영구간 최소화를 위한 차량 탑재 및 on-site 센서네트워크 최적화 설계
			위험도 평가 및 최적 열차속도 산정 알고리즘 S/W 구현
			데이터 수집, 저장, 가공 플랫폼 S/W 및 H/W 기본설계
	4차년도	시스템 핵심기술 알고리즘 통합 및 S/W 구현	핵심 알고리즘 통합 및 소프트웨어 구현
			단위 시스템 통합 및 H/W 제작
			데이터 수집, 저장, 가공 플랫폼 S/W 및 H/W 통합 및 시험평가

단계	연차	기술개발 목표	기술개발 내용
실용화 기술 개발	5차년도	프로토타입 시스템 통합 및 시뮬레이션 시험/보완, 시제품 설계 및 제작	프로토타입 시스템 통합
			시뮬레이션 시험 및 보완
			시제품 설계 및 제작
	6차년도	시스템 보완 및 단품시험, 시험차량 인터페이스 개발 및 시험차량 설치	시스템 보완 및 단품시험
			통합시험을 통한 시스템 기능 및 성능확인
			시험차량 인터페이스 개발 및 시험차량 및 시험선 설치
	7차년도	시험선 시험 및 보완	시험선 시험운영
			시험선 시험운영을 통한 시스템 기능 및 성능확인
			시험결과에 따른 시스템 보완
	8차년도		

투자 규모

- 총 217억 원/5년 중 정부출연금 160억원(73.7%) 대비 민간부담금 57억원(26.3%)으로 구성된 정부주도 사업추진

〈사업비 투입 계획〉

(단위 : 억 원)

구분	1단계(핵심기술개발)			2단계(실용화기술개발)		총계	비율(%)
	2022	2023	2024	2025	2026		
정 부	10	20	50	40	40	160	73.7
민 간	3	6	20	14	14	57	26.3
합 계	13	26	70	54	54	217	100

세부기술별 연구개발비

(단위 : 억 원)

연구개발 기술		구분	1단계 (핵심기술개발)			2단계 (시스템 검증 및 통합)		총계
			2022	2023	2024	2025	2026	
실시간 검지 기술	다종 인프라 이상상태 실시간 검지 기술	정부	2.7	4	10	5	5	26.7
		민간	0.9	1.2	4	2	2	10.1
		소계	3.6	5.2	14	7	7	36.8

연구개발 기술		구분	1단계 (핵심기술개발)			2단계 (시스템 검증 및 통합)		총계
			2022	2023	2024	2025	2026	
	선로변 기상재해 실시간 검지 기술	정부	2	3.8	5	5	5	20.8
		민간	0.6	1.2	3	2	2	8.8
		소계	2.6	5	8	7	7	29.6
	모니터링 음영구간 최소화 기술	정부	2.2	3.6	10	5	5	25.8
		민간	0.6	1.2	4	2	2	9.8
		소계	2.8	4.8	14	7	7	35.6
위험도 평가 기술	위험도 평가를 위한 빅데이터 플랫폼 구축 및 데이터마이닝 기술	정부	2	3.7	10	10	10	35.7
		민간	0.6	1.2	3	3	3	10.8
		소계	2.6	4.9	13	13	13	46.5
	인프라 이상상태 및 기상재해 데이터 기반 열차 운행 위험도 분석 기술	정부	1.1	2.2	5	6	6	20.3
		민간	0.3	0.5	2	2	2	6.8
		소계	1.4	2.7	7	8	8	27.1
열차 속도 산정 기술	최적 열차 속도 의사결정 기술	정부	0	1.5	5	6	6	18.5
		민간	0	0.4	2	2	2	6.4
		소계	0	1.9	7	8	8	24.9
	최적 열차 속도 의사결정 지원 기술	정부	0	1.2	5	3	3	12.2
		민간	0	0.3	2	1	1	4.3
		소계	0	1.5	7	4	4	16.5
합계			**13**	**26**	**70**	**54**	**54**	**217**

소요 인력

〈 인력 투입 계획 〉

(단위 : 인·year)

구분	2022	2023	2024	2025	2026	총계
책임급	3	5	5	6	6	25
선임급	5	8	9	10	10	42
원 급	4	7	10	10	10	41
합 계	12	20	24	26	26	108

4. [세부 1-4] 자율주행 철도신호 관제기술 개발

■ 기술의 정의

● **자율주행 신호체계를 위한 열차 스케줄 생성 및 공유/갱신 기술**

- 관제에서 작성한 스케줄을 운영노선의 모든 차량으로 공유하고, 열차가 자율적으로 스케줄에 따라 운행하며 스케줄을 조정하여 관제 및 다른 모든 차량과 조정된 스케줄을 공유하는 기술임.

- 스케줄 내에 열차 간 가상연결구간과 분리구간을 정의하여 열차에서 스케줄의 가상연결/분리 구간에 따라 운행할 수 있도록 함.

- 스케줄의 경로는 자율주행의 신호체계에 따라 경로를 작성할 수 있도록 하고, 자율주행 열차가 스케줄의 경로에 따라 자율적으로 경로를 설정하고, 열차 스스로 경로 변경 시 관제와 변경된 경로를 공유하는 기술임.

● **열차-관제 간 선로자원에 대한 양도 기술**

- 자율주행 신호체계를 위하여 선로의 작업구간 발생, 미끄러짐 구간 발생 등 관제사에 의해 선로의 방호구간 및 임시속도제한을 설정하기 위하여 자율주행 열차와 협업하여 방호구간 및 임시속도제한을 설정하는 기술임

- 자율주행 열차의 고장 등의 이례상황이 발생하여 자율주행 열차가 이미 확보한 이동권한을 단축시키거나, 열차를 비상으로 이동시킨 경우 열차가 점유한 자원을 반환시키고, 열차의 점유를 삭제하여 다른 열차의 선로사용이 가능하도록 하는 기술임.

● AS-IS / TO-BE

구 분	AS-IS	TO-BE
제어감시	지상중심 신호체계에 따른 제어감시	차상중심(열차자율주행) 신호체계에 따른 제어감시
차량비상상황 발생 시	전자연동장치를 통해 진로를 설정하여 차량의 안전 확보	다른 차상과 협업하여 비상차량을 위한 자원을 ATS에서 확보하여 차량의 안전 확보

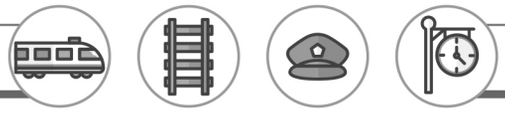
구 분	AS-IS	TO-BE
방호구간 설정	지상ATP장치를 통해 방호구간 설정/해제	ATS와 차상간 협업으로 자원의 방호구간 설정/해제
임시속도제한 설정	지상ATP장치를 통해 임시속도제한 설정/해제	ATS와 차상간 협업으로 자원의 임시속도제한 설정/해제

연구개발 목표

- 자율주행 신호체계를 위한 열차 스케줄 생성 및 공유/갱신 기술
  - 자율주행 신호체계를 반영한 스케줄 생성 기술 개발
  - 자율주행 가상결합/분리를 반영한 스케줄 생성 기술 개발
  - 열차-열차, 열차-관제 간 스케줄 공유/갱신 기술 개발
- 자율주행 신호체계를 위한 방호구간, 임시속도제한 설정 기술 개발
  - 자율주행 신호체계를 위한 선로 자원의 방호구간 설정/해제 기술 개발
  - 자율주행 신호체계를 위한 선로 자원의 임시속도제한 설정/해제 기술 개발
  - 자율주행 신호체계를 위한 열차의 비상제동 체결/해제 기술개발
- 이례상황 발생 시 선로자원의 양도 기술 개발
  - 열차가 소유한 선로자원의 축소 기술 개발
  - 열차의 점유구간에 대한 점유 해제 및 선로자원 해제 기술 개발
  - 열차 스스로 자원을 확보할 수 없는 비상열차를 위한 선로자원 확보 기술 개발
- 가상연결기를 통한 주행 중 열차 분리/결합에 필요한 관제 기능
  - 다양한 가상연결해제 상황을 고려한 최적의 스케줄링 기능
  - 가상연결기의 분리결합에 대한 명령에 대한 데이터 구조, 스케줄 반영

연구개발 내용

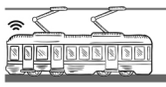
- 자율주행 신호체계를 위한 관제 핵심기술 개발
  - 자율주행 신호체계를 위한 열차 스케줄 생성 및 공유/갱신 기술 개발
  - 가상연결기를 통한 주행 중 열차 분리/결합에 필요한 관제 기술 개발
  - 이례사항 발생 시 열차-관제 간 선로자원에 대한 양도기술 개발



- 자율주행 신호체계에 따른 종합관제 시스템개발
  - 자율주행 신호체계에 따른 종합관제 시스템 설계/제작 및 시험평가
- ATS의 안전성을 위한 활동
  - 차량의 자원축소, 자원확보 기능에 대한 ATS 입장에서의 안전성 분석 활동
  - SIL0 활동을 통한 ATS의 안전성 확보

연차별 주요 연구내용

단계	연차	기술개발 목표	기술개발 내용
핵심 기술 개발	1차 년도	시스템 개념설계	시스템 개념설계 및 기능요구사양 개발
			관제의 선로자원 제어/관리 알고리즘 연구
			고장열차를 위한 선로자원 확보의 안전 대책 수립
	2차 년도	시스템 기본설계	시스템 개발요구사양 개발
			ATS용 선로 DB 및 스케줄 구조 설계
			시스템 프로토타입을 위한 시험 노선 설계
			관제 - 열차 간 인터페이스 시퀀스 및 프로토콜 설계
	3차 년도	프로토타입 설계 및 제작	시스템 상세 설계
			관제시스템 설계 및 소프트웨어 구현
			Onboard ATC, Object Controller 시뮬레이션 구현
			프로토타입 기능 검증
	4차 년도	안전성 확보를 위한 프로토타입 기능 보완	열차-열차, 관제-열차간 스케줄 공유 기술 검증 및 보완
			관제의 선로 자원 확보 안전성 검증 및 보완
			관제-열차의 선로자원 공유/관리 검증 및 보완
실용화 기술 개발	5차 년도	관제 스케줄 관리 기능의 실용화를 위한 라이브러리 설계/구축	ATS용 선로 DB 관리 라이브러리 설계 및 제작
			계획스케줄 작성관리 모듈 라이브러리 설계 및 제작
			운행스케줄 작성관리 및 열차공유 모듈 라이브러리 설계 및 제작
			프로토타입에 라이브러리 연동 시험 및 검증
	6차 년도	관제 선로자원 관리 기능의 실용화를 위한 라이브러리 설계/구축	선로자원 감시 및 관리 모듈 라이브러리 설계 및 제작
			선로의 방호구간/임시속도제한 제어관리모듈 라이브러리 설계 및 제작
			선로 자원확보 제어관리모듈 라이브러리 설계
			프로토타입에 라이브러리 연동 시험 및 검증
	7차 년도	테스트 베드 통합 시험 및 보완	시험선 시스템 통합 및 확인
			시험선 시험을 통한 시스템 기능 및 성능확인
			시험결과에 따른 시스템 보완
	8차 년도	시범운영 및 시험	트랙레코드 기준에 따른 영업운전 수준의 시범운영
			시스템 보완을 통한 목표 검증 및 개선



투자 규모

- 총 151.5억 원/8년 중 정부출연금 110.5억 원(72.9%) 대비 민간부담금 41억 원(27.1%)으로 구성된 정부주도 사업추진

〈사업비 투입 계획〉

(단위 : 억 원)

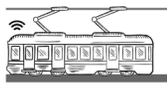
구분	1단계(핵심기술개발)				2단계(실용화기술개발)				총계	비율(%)
	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029		
정 부	7.2	7.6	24.3	17	24.2	18	6.1	6.1	110.5	72.9
민 간	2.6	2.9	9	6.3	9	6.6	2.3	2.3	41	27.1
합 계	9.8	10.5	33.3	23.3	33.2	24.6	8.4	8.4	151.5	100

세부기술별 연구개발비

(단위 : 억 원)

연구개발 기술		구분	1단계(핵심기술개발)				2단계(실용화기술개발)				총계
			2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	
스케줄 관리 / 공유 기술	선로좌표계 DB 관리 기술	정부	0.8	0.7	2.7	1	5.2	0.3	0.3	0.3	11.3
		민간	0.2	0.2	0.8	0.2	1.7	0.1	0.1	0.1	3.4
		소계	1	0.9	3.5	1.2	6.9	0.4	0.4	0.4	14.7
	계획스케줄 관리 기술	정부	0.5	0.5	1.7	1	3.1	0.2	0.2	0.2	7.4
		민간	0.1	0.1	0.5	0.2	0.9	0.1	0.1	0.1	2.1
		소계	0.6	0.6	2.2	1.2	4	0.3	0.3	0.3	9.5
	운행스케줄 계획 관리 기술	정부	0.6	0.6	1.7	1	3	0.2	0.5	0.5	8.1
		민간	0.2	0.2	0.5	0.2	0.8	0.1	0.1	0.1	2.2
		소계	0.8	0.8	2.2	1.2	3.8	0.3	0.6	0.6	10.3
	운행스케줄 변경 관리 기술	정부	0.6	0.6	2.1	1	3.2	0.2	0.5	0.5	8.7
		민간	0.2	0.2	0.6	0.2	0.9	0.1	0.1	0.1	2.4
		소계	0.8	0.8	2.7	1.2	4.1	0.3	0.6	0.6	11.1
	운행스케줄 실적 관리 기술	정부	0.5	0.5	1.5	1	3.1	0.2	0.5	0.5	7.8
		민간	0.1	0.1	0.4	0.2	0.9	0.1	0.1	0.1	2
		소계	0.6	0.6	1.9	1.2	4	0.3	0.6	0.6	9.8

연구개발 기술		구분	1단계(핵심기술개발)				2단계(실용화기술개발)				총계
			2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	
선로 자원 양도/ 확보 기술	열차운행 감시 기술	정부	0.8	0.75	1.7	1.4	1.5	1.5	0.5	0.5	8.65
		민간	0.2	0.2	0.5	0.3	0.4	0.4	0.1	0.1	2.2
		소계	1	0.95	2.2	1.7	1.9	1.9	0.6	0.6	10.85
	선로상태 감시 기술	정부	0.8	0.75	1.6	1.4	1.5	1.5	0.5	0.5	8.55
		민간	0.2	0.2	0.4	0.3	0.4	0.4	0.1	0.1	2.1
		소계	1	0.95	2	1.7	1.9	1.9	0.6	0.6	10.65
	방호구간 제어 기술	정부	0.3	0.5	1.9	1.1	0.5	2.5	0.6	0.6	8
		민간	0.1	0.1	0.5	0.3	0.1	0.7	0.2	0.2	2.2
		소계	0.4	0.6	2.4	1.4	0.6	3.2	0.8	0.8	10.2
	임시속도제한 제어 기술	정부	0.3	0.5	1.9	1.1	0.5	2.5	0.6	0.6	8
		민간	0.1	0.1	0.5	0.3	0.1	0.7	0.2	0.2	2.2
		소계	0.4	0.6	2.4	1.4	0.6	3.2	0.8	0.8	10.2
	열차 자원축소 제어 기술	정부	0.3	0.5	2.5	2.5	0.5	2.5	0.6	0.6	10
		민간	0.1	0.1	0.7	0.7	0.1	0.7	0.2	0.2	2.8
		소계	0.4	0.6	3.2	3.2	0.6	3.2	0.8	0.8	12.8
	선로 자원 확보 기술	정부	0.3	0.5	2.5	2.5	0.5	2.5	0.6	0.6	10
		민간	0.1	0.1	0.7	0.7	0.1	0.7	0.2	0.2	2.8
		소계	0.4	0.6	3.2	3.2	0.6	3.2	0.8	0.8	12.8
	분기 제어 기술	정부	0.3	0.5	1.6	1	0.3	0	0.4	0.4	6.5
		민간	0.1	0.1	0.4	0.3	0.1	0.6	0.1	0.1	1.8
		소계	0.4	0.6	2	1.3	0.4	2.6	0.5	0.5	8.3
기타	Onboard ATC 인터페이스 기술	정부	0.8	0.75	1.4	1.4	1.5	1.5	0.4	0.4	8.15
		민간	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.1	0.1	2
		소계	1	0.95	1.7	1.7	1.9	1.9	0.5	0.5	10.15
	Object Controller 인터페이스 기술	정부	0.8	0.75	1.4	1.4	1.5	1.5	0.4	0.4	8.15
		민간	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.1	0.1	2
		소계	1	0.95	1.7	1.7	1.9	1.9	0.5	0.5	10.15
합계			9.8	10.5	33.3	23.3	33.2	24.6	8.4	8.4	151.5



소요인력

〈 인력 투입 계획 〉

(단위 : 인·year)

구분	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	총계
책임급	2	2	3	2	3	2	2	2	18
선임급	3	3	8	6	8	6	3	3	40
원 급	3	3	8	6	8	6	3	3	40
합 계	8	8	19	14	19	14	8	8	98

3절 중점분야 2 : 열차중심(Train-centric) 열차제어

1. [세부 2-1] 열차중심(train-centric) 열차제어 기술개발

■ 기술의 정의

● **열차중심(train-centric) 열차제어 기술**

- 열차중심 열차제어 기술은 지상의 관할영역(zone)마다 열차를 통제하던 연동장치(IXL: Interlocking)와 지역제어기(ZC: zone controller)의 개입없이 지능화된 열차간의 직접적인 정보교환을 토대로 열차스스로 선행열차와의 안전한 간격을 제어하고 선로의 전환을 위한 분기를 제어하는 기술임.

- 열차중심 열차제어 기술을 구현하기 위해서는 열차가 중심이 되는 선로자원에 대한 좌표계 구축과 선로자원의 배타적 소유를 위한 자원관리기술, 간격제어와 분기제어의 통합기술, 지역제어기(zone controller) 없는 간격제어의 한계극복기술과 연동장치 없는 분기제어 한계극복 기술이 요구됨.

- 열차중심 열차제어 기술은 제어시스템과 제어경로의 단순화를 통해 제어성능(간격제어, 분기제어)의 한계를 극복함과 동시에 철도망 연계에 있어서 지상제어시스템으로부터 발생되는 경계(border)가 없는 노선운영이 가능하며 시스템 단순화를 통한 유지관리비용 절감 및 신뢰성 향상이 가능함.

● 기존 열차제어시스템과 연계 운행 및 중단 없는 시스템 개량 기술

- 기존 열차제어시스템과 연계 운행 기술은 새로 개발된 열차제어시스템을 기존 열차제어시스템이 설치된 구간에서도 운행할 수 있도록 운행 하는 기술임

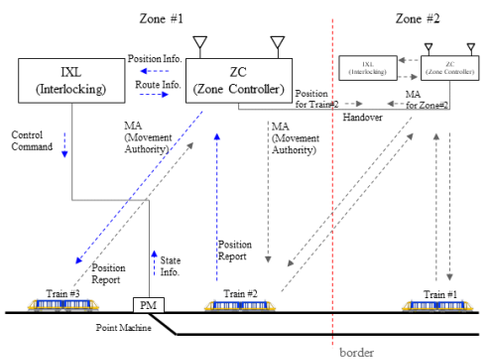
- 연계 운행 기술은 두 대 이상의 장치를 설치하여 선로에 따라 신호시스템을 전환(절체)하는 방식과 하나의 장치가 여러 신호시스템의 기능을 하는 방식이 있음

- 중단 없는 시스템 개량 기술은 기존 열차제어시스템을 새로 개발된 열차제어

시스템으로 교체하고자 할 때 기존 운행하고 있는 노선의 운행이 멈추지 않고 교체 할 수 있는 기술임

- AS-IS / TO-BE

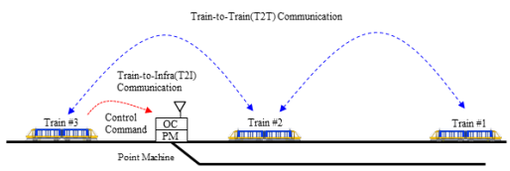
AS-IS



(現 최신 CBTC, ETCS L3 시스템)

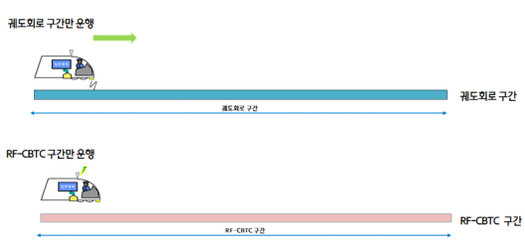
TO-BE

〈지상제어시스템 삭제, 제어의 단순화〉



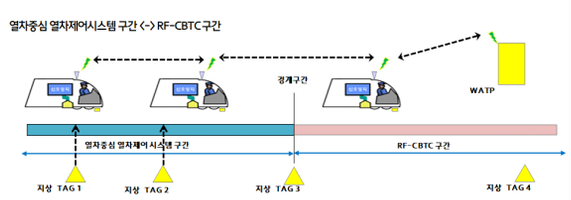
(T2T 기반 열차중심 열차제어시스템)

AS-IS



(노선단 단일 열차제어시스템 운행)

TO-BE



(기존 열차제어시스템과 연계운행)

연구개발 목표

- **열차 간격제어 및 분기제어 성능 30% 향상**
- 열차제어시스템 설비 절감에 따른 신뢰도 20% 향상
- LOA_1 및 LOA_2 수준의 열차중심 자율방호기술(Autonomous Train Protection) 개발
- 시스템 개발 및 시험평가 기술개발
- 신구 열차제어시스템의 통합형 장치 개발

- 도시철도용 열차제어시스템 개발
  - KRTCS-1과 병행운행이 가능한 시스템 개발
- 일반/고속철도용 열차제어시스템 개발
  - KRTCS-2,3와 병행운행이 가능한 시스템 개발

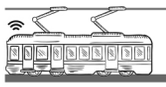
연구개발 내용

- **도시철도 및 일반/고속철도용 열차중심(train-centric) 열차제어기술 및 시스템 개발**
  - 열차중심의 자율방호기술(LOA[140]_1 ~ LOA_2) 핵심기술 개발
  - 열차중심의 자동운전기술(GOA[141]_1~GOA4) 및 관제 ATS 인터페이스 핵심기술 개발
  - 철도 신호시스템 국제 RAMS 규격에 따른 시스템 설계/제작 및 시험평가
- **도시철도 및 일반/고속철도의 기존 열차제어시스템과 연계운행 및 중단 없는 시스템 개량 기술개발**
  - 도시철도 및 일반/고속철도의 기존 궤도회로기반 열차제어시스템(ATS, ATC), KRTCS-1 및 KRTCS - 2, 3 와 병행운행 기술개발
  - 도시철도 및 일반/고속철도의 중단 없는 시스템 개량(migration) 기술개발

연차별 주요 연구내용

단계	연차	기술개발 목표	기술개발 내용
핵심기술개발	1차년도	시스템 개념설계	시스템 개념설계 및 기능요구사양 개발
			시스템 핵심기술 제어 알고리즘 연구
			시스템 예비위험원 분석 및 저감대책 수립
			연계운용 인터페이스 장치 개념설계 및 기능요구사항 개발

140) Level Of Autonomy (열차자율화 수준) : 지상시스템이 수행하는 열차제어의 기능을 대신 열차가 수행하는 범위에 따라 나눈 분류
141) Grade Of Automation (열차자동운전 수준) : 기관실의 기관사가 수행해야 하는 업무를 시스템이 수용하는 범위에 따라 나눈 분류



단계	연차	기술개발 목표	기술개발 내용
실용화 기술 개발	2차 년도	시스템 기본설계	도시철도 및 일반/고속철도용 시스템 개발요구사양 개발
			도시철도 및 일반/고속철도용 시스템 위험원 분석에 따른 서브시스템 개발사양 개발
			시스템 핵심기술 제어 알고리즘 구현
			알고리즘 레벨 시뮬레이션 및 보완
			연계운용 인터페이스 장치 구조 사양 도출
			시스템 개량 전략 수립 및 개량 요구사항 개발
	3차 년도	시스템 구조설계, 프로토타입 설계 및 제작	서브시스템 위험원 분석을 통한 기능 및 장치 SIL 할당
			소프트웨어 요구사양, 하드웨어 요구사양, 안전요구사양 도출
			도시철도 및 일반/고속철도용 시스템 핵심기술 알고리즘 통합 및 소프트웨어 구현
			도시철도 및 일반/고속철도용 시스템 프로토타입 설계
			연계운용 인터페이스 장치 프로토 타입 설계
			시스템 개량 전략 설계
	4차 년도	시스템 모듈설계, 시스템 프로토타입 제작 및 시험보완	도시철도 및 일반/고속철도용 시스템 모듈설계
			도시철도 및 일반/고속철도용 시스템 프로토타입 소프트웨어 및 하드웨어 통합 구현
			도시철도 및 일반/고속철도용 시스템 시뮬레이션 시험 및 핵심기술 검증 및 보완
			연계운용 인터페이스 장치 프로토타입 소프트웨어 및 하드웨어 통합 구현
			시스템 개량 전략 설계 및 검토
	5차 년도	통합시험 및 시제품 설계	도시철도 및 일반/고속철도용 시스템 통합 및 시뮬레이션 시험/보완
			도시철도 및 일반/고속철도용 열차중심 열차제어시스템 시제품 상세설계
			핵심기술 알고리즘 및 시스템 시제품 소프트웨어 구현
			연계운용 인터페이스 장치 시제품 소프트웨어 구현
	6차 년도	시제품 개발 및 테스트 베드 구축	도시철도 및 일반/고속철도용 열차중심 열차제어 시스템 시제품 제작 및 단품 시험
			시험차량 인터페이스 개발 및 시험차량 설치
			연계 운용을 위한 대상 시스템 선정 및 인터페이스 구현

단계	연차	기술개발 목표	기술개발 내용
	7차 년도	테스트 베드 통합 시험 및 보완	시험선 시스템 통합 및 확인
			시험선 시험을 통한 시스템 기능 및 성능확인
			시험결과에 따른 시스템 보완
	8차 년도	시범운영 및 시험	트랙레코드 기준에 따른 영업운전 수준의 시범운영
			시스템 보완을 통한 목표 검증 및 개선

투자 규모

- 총 350억 원/8년 중 정부출연금 262억 원(74.9%) 대비 민간부담금 88억 원(25.1%)으로 구성된 정부주도 사업추진

〈사업비 투입 계획〉

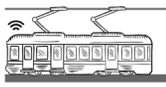
(단위 : 억 원)

구분	1단계(핵심기술개발)				2단계(실용화기술개발)				총계	비율(%)
	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029		
정 부	12	22	27	27	55	55	44	20	262	74.9
민 간	5	8	8	8	18	20	13	8	88	25.1
합 계	17	30	35	35	73	75	57	28	350	100

세부기술별 연구개발비

(단위 : 억 원)

연구개발 기술		구분	1단계(핵심기술개발)				2단계(실용화기술개발)				총계
			2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	
자율 방호 기술	열차위치검지기술	정부	0.5	0.9	1.2	1.2	2.2	2	2.2	0.5	10.7
		민간	0.2	0.4	0.4	0.4	0.7	0.7	0.7	0.4	3.9
		소계	0.7	1.3	1.6	1.6	2.9	2.7	2.9	0.9	14.6
	자율열차회복기술	정부	1	1.2	1.5	1.5	3.2	3	2.2	1	14.6
		민간	0.3	0.5	0.5	0.5	1.1	1.2	0.7	0.5	5.3
		소계	1.3	1.7	2	2	4.3	4.2	2.9	1.5	19.9
	열차무결성 (Train Integrity) 확보 기술	정부	0.4	1.1	1.1	1.1	2.1	2	1.7	0.6	10.1
		민간	0.2	0.4	0.4	0.4	0.6	0.7	0.5	0.3	3.5
		소계	0.6	1.5	1.5	1.5	2.7	2.7	2.2	0.9	13.6



연구개발 기술		구분	1단계(핵심기술개발)				2단계(실용화기술개발)				총계
			2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	
	선로무결성(Rail Integrity)확보 기술	정부	0.5	1.2	1	1	2.2	2	2.2	0.6	10.7
		민간	0.3	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7	0.4	4.3
		소계	0.8	1.7	1.5	1.5	2.9	2.7	2.9	1	15
	열차중심 선로좌표계 및DB 구축/관리기술	정부	1	1.6	1.6	1.6	3.1	3	2.2	1.1	15.2
		민간	0.3	0.5	0.5	0.5	1	1.1	0.7	0.4	5
		소계	1.3	2.1	2.1	2.1	4.1	4.1	2.9	1.5	20.2
	제어인증 및 암호체계 기술	정부	0.9	1.5	1.8	1.8	3.6	3	2.2	1.1	15.9
		민간	0.4	0.5	0.5	0.5	1.2	1.1	0.7	0.5	5.4
		소계	1.3	2	2.3	2.3	4.8	4.1	2.9	1.6	21.3
	배타적 소유를 위한 선로자원확보기술	정부	0.9	1.6	2.1	2.1	4.1	3	2.7	1.1	17.6
		민간	0.3	0.5	0.5	0.5	1.2	1.1	0.6	0.4	5.1
		소계	1.2	2.1	2.6	2.6	5.3	4.1	3.3	1.5	22.7
	열차중심의 안전한 분기제어기술	정부	0.9	1.6	2	2	4.1	3	2.7	1.1	17.4
		민간	0.4	0.6	0.6	0.6	1.5	1.2	0.8	0.4	6.1
		소계	1.3	2.2	2.6	2.6	5.6	4.2	3.5	1.5	23.5
	열차간 직접적인 통신기반의 간격제어 기술	정부	0.9	1.3	1.6	1.6	3.1	3	2.3	1	14.8
		민간	0.4	0.4	0.4	0.4	1	1.1	0.8	0.4	4.9
		소계	1.3	1.7	2	2	4.1	4.1	3.1	1.4	19.7
	열차중심의 열차출입문 및 PSD 제어기술	정부	0.6	1.6	2	2	3.1	3	2.2	1	15.5
		민간	0.3	0.5	0.5	0.5	1.1	1.2	0.6	0.4	5.1
		소계	0.9	2.1	2.5	2.5	4.2	4.2	2.8	1.4	20.6
	열차중심의 건널목차단기 제어기술	정부	0.8	1.3	1.6	1.6	3.1	3	2.2	0.9	14.5
		민간	0.3	0.5	0.5	0.5	1	1.2	0.6	0.3	4.9
		소계	1.1	1.8	2.1	2.1	4.1	4.2	2.8	1.2	19.4
	선로변 object controller 개발기술	정부	0.6	0.9	1.5	1.5	3.1	3	2.2	0.8	13.6
		민간	0.3	0.4	0.4	0.4	1.1	1.2	0.8	0.3	4.9
		소계	0.9	1.3	1.9	1.9	4.2	4.2	3	1.1	18.5
자동운전 기술	자동주행(가·감속 제어) 기술	정부	0.4	1.1	1.5	1.5	3	3	1.6	0.8	12.9
		민간	0.2	0.4	0.4	0.4	1	1.2	0.7	0.3	4.6
		소계	0.6	1.5	1.9	1.9	4	4.2	2.3	1.1	17.5
	정위치정차 기술	정부	0.4	1.1	1.4	1.4	2.9	3	1.6	0.8	12.6
		민간	0.2	0.4	0.4	0.4	1.1	1.2	0.7	0.3	4.7
		소계	0.6	1.5	1.8	1.8	4	4.2	2.3	1.1	17.3

연구개발 기술		구분	1단계(핵심기술개발)				2단계(실용화기술개발)				총계
			2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	
	출입문 제어기술	정부	0.4	1.1	1.5	1.5	2.9	3	1.6	0.8	12.8
		민간	0.2	0.4	0.4	0.4	1.1	1.2	0.7	0.3	4.7
		소계	0.6	1.5	1.9	1.9	4	4.2	2.3	1.1	17.5
기타	열차중심 열차제어 설계/구현/검증 및 위험원 관리기술	정부	1.1	1.6	2	2	6.1	10	10.1	6	38.9
		민간	0.4	0.6	0.6	0.6	1.5	2.7	2.1	2.1	10.6
		소계	1.5	2.2	2.6	2.6	7.6	12.7	12.2	8.1	49.5
	관제 ATS 인터페이스 기술	정부	0.7	1.3	1.6	1.6	3.1	3	2.1	0.8	14.2
		민간	0.3	0.5	0.5	0.5	1.1	1.2	0.6	0.3	5
		소계	1	1.8	2.1	2.1	4.2	4.2	2.7	1.1	19.2
합계			17	30	35	35	73	75	57	28	350

소요인력

〈 인력 투입 계획 〉

(단위 : 인·year)

구분	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	총계
책임급	3	5	5	5	7	7	5	5	42
선임급	7	10	13	13	15	15	15	10	98
원 급	7	10	13	13	15	15	15	10	98
합 계	17	25	31	31	37	37	35	25	238

2. [세부 2-2] 열차 중심의 열차제어를 위한 T2T, T2I 통신 및 보안 기술개발

기술의 정의

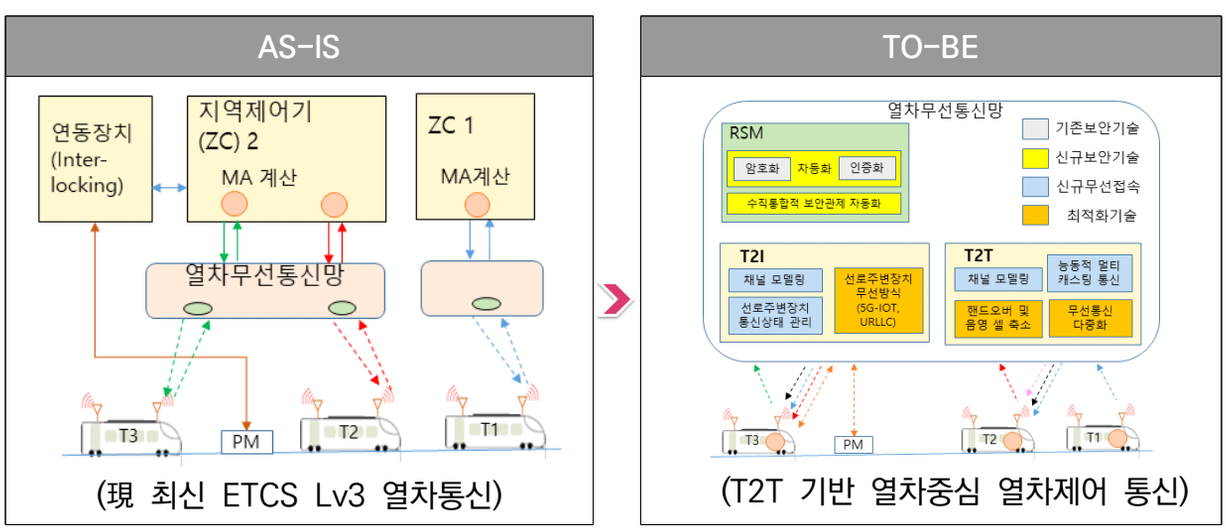
- 열차중심(train-centric)의 열차제어를 위한 T2T/T2I 통신 및 보안 기술의 정의
  - 열차중심의 열차제어를 위한 T2T 통신 기술은 열차 정보를 지역제어기에 전달하는 과정 없이 후행 열차들에게 직접 정보를 전달하여 후행 열차 스스로 선행 열차와의 안전한 간격과 분기를 판단하는데 필요한 정보를 실시간 안전

하게 전달하는 기술임.

- 열차중심의 열차제어를 위한 T2I 통신 기술은 선로 주변의 인프라 장치가 열차무선통신망을 통하여 진입하는 열차들에게 스스로 선로 주변의 인프라 장치를 제어하는데 필요한 정보를 실시간 안전하게 전달하여 기술임.

- 열차중심의 열차제어를 위한 RSM(Railway Security Management) 통신 기술은 열차와의 안전한 간격 제어와 선로 주변의 인프라 장치들의 정보 교환 시 통신 주체 간 메시지 전송 시 각 장치의 인증을 위한 식별자 및 데이터 암호화 차등지원, 지능형 사이버 공격의 대응 속도 향상을 위한 수직 통합적 보안관제 자동화 기술임.

● AS-IS / TO-BE



연구개발 목표

● 열차 중심의 열차제어를 위한 T2T, T2I 통신을 무선접속 기술 개발

- 안전한 열차정보 전달을 위한 능동적 멀티캐스팅 송수신 기술

- 열차제어 데이터 전달을 위한 데이터 전송 지연시간 기존 LTE-R 대비 50% 이상 감소 기술

- 열차제어 데이터 신뢰도 LTE-R 대비 100% 향상을 위한 핸드오버 및 음영 셀 축소 기술

- 선로주변 장치의 통신 상태를 주기적으로 관리하는 상태 관리 기술

● 열차 중심의 열차제어 통신 장치간 데이터를 안전하게 보호하는 인증 및 보안 기술 개발

- 철도무선통신망을 위한 네트워크 슬라이스별 인증방법과 암호화를 차등 지원하는 기술
- 철도무선통신망을 공격하는 지능형 사이버 공격의 대응 속도 향상을 위한 수직 통합적 보안관제 자동화 기술

● 열차중심 열차제어를 위한 철도통신시스템 지상/차상 장치 개발

- 열차중심 열차제어를 위한 국내외 철도 통신 규격(3GPP, TTA 등)
- 열차중심 열차제어를 위한 지상/차상 장치 시스템 설계 및 개발

■ 연구개발 내용

● 열차중심 열차제어를 위한 T2T, T2I 및 보안 핵심기술개발

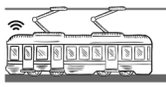
- T2T, T2I 데이터를 신뢰성 있게 송수신하기 위한 무선전송을 위한 핵심기술 개발

● 열차중심 열차제어를 위한 RSM(Railway Security Management) 핵심기술 개발

- 철도무선통신 장치간 상호 인증 인프라 구축과 빠르고 안전한 데이터 암호화 기술을 위한 보안 핵심기술 개발

● 열차중심 열차제어를 위한 철도통신시스템 시스템 개발

- 열차중심 열차제어를 위한 국내외 철도 통신 규격에 기반한 철도통 시스템 개발



연차별 주요 연구내용

단계	연차	기술개발 목표	기술개발 내용
핵심 기술 개발	1차년도	시스템 개념설계	무선통신 주파수 및 채널 알고리즘 연구
			무선통신장치 핵심기술 알고리즘 기술조사
			철도무선통신 보안 요구사항 및 개념설계
			무선통신 장치 요구사항 및 개념 설계
	2차년도	시스템 기본설계	운영환경에서 전파특성 측정 및 DB 구축
			무선통신장치 핵심기술 알고리즘 연구
			수직 통합적 보안관제 자동화/인증 및 암호화 차등지원 알고리즘 연구
			무선통신 시스템 상위/상세설계 및 개발환경 구축
	3차년도	시스템 구조설계, 프로토타입 설계 및 제작	시뮬레이션 기반 무선통신 채널 모델 개발
			무선통신장치 핵심기술 알고리즘 시뮬레이션 구현
			철도무선통신 보안 알고리즘 시뮬레이션 구현
			무선통신 시스템 프로토타입 H/W 및 S/W 설계 및 구현
	4차년도	시스템 모듈설계, 시스템 프로토타입 제작 및 시험보완	시뮬레이션 기반 무선통신 채널 모델 검증 시험
			무선통신장치 핵심기술 알고리즘 시험
			철도무선통신 보안 알고리즘 시험
			무선통신 시스템 프로토타입 H/W 및 S/W 통합 및 자체 기능 시험
실용화 기술 개발	5차년도	통합시험 및 시제품 설계	통합 시뮬레이션을 위한 프로토타입과 시뮬레이터 통합 시험
			무선통신 시스템 시제품 개발
	6차년도	시제품 개발 및 테스트 베드 구축	무선통신 시스템 시제품 검증 및 확인 시험
			무선통신 시스템 시제품 시험차량 설치
	7차년도	테스트 베드 통합 시험 및 보완	무선통신 장치 시험선 시험을 통한 시스템 기능 및 성능확인
			시험결과에 따른 시스템 보완
	8차년도	시범운영 및 시험	트랙레코드 기준에 따른 영업운전 수준의 시범운영
			시스템 보완을 통한 목표 검증 및 개선

투자 규모

- 총 354억 원/8년 중 정부출연금 265억 원(74.9%) 대비 민간부담금 89억 원(25.1%)으로 구성된 정부주도 사업추진

〈사업비 투입 계획〉

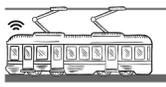
(단위 : 억 원)

구분	1단계(핵심기술개발)				2단계(실용화기술개발)				총계	비율(%)
	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029		
정 부	27.0	42.0	50.0	50.0	40.0	30.0	16.0	10.0	265	74.9
민 간	10.0	13.5	17.0	17.5	13.0	9.0	5.0	4.0	89	25.1
합 계	37.0	55.5	67.0	67.5	53.0	39.0	21.0	14.0	354	100

세부기술별 연구개발비

(단위 : 억 원)

연구개발 기술		구분	1단계(핵심기술개발)				2단계(실용화기술개발)				총계
			2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	
T2T/T2I 무선 접속 기술	무선통신 주파수 및 채널 모델링 연구	정부	2	3	3	2	·	·	·	·	10
		민간	0.5	1	1	0.5	·	·	·	·	3
		소계	2.5	4	4	2.5	·	·	·	·	13
	능동적멀티캐스팅 무선접속 기술	정부	3	5	5	5					18
		민간	1	2	2	2					7
		소계	4	7	7	7					25
	핸드오버 및 음영셀 축소 기술	정부	3	5	5	5					18
		민간	1	1	2	2					6
		소계	4	6	7	7					24
	무선통신 다중화 기술	정부	2	2	3	3					10
		민간	0.5	0.5	1	1					3
		소계	2.5	2.5	4	4					13
	선로주변장치 무선방식	정부	2	2	2	2	·	·	·	·	8
		민간	0.5	0.5	0.5	0.5	·	·	·	·	2
		소계	2.5	2.5	2.5	2.5					10
	선로주변장통신상태 관리	정부	2	2	2	2	·	·	·	·	8
		민간	0.5	0.5	0.5	0.5	·	·	·	·	2
		소계	2.5	2.5	2.5	2.5	·	·	·	·	10



연구개발 기술		구분	1단계(핵심기술개발)				2단계(실용화기술개발)				총계
			2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	
열차 통신 보안 기술	네트워크 슬라이스별 인증 및 암호화 차등 지원 기술	정부	3	5	5	2	·	·	·	·	15
		민간	1	2	2	1	·	·	·	·	6
		소계	4	7	7	3					21
	수직 통합적 보안관제 자동화 기술	정부	2	5	5	2					14
		민간	1	2	2	1					6
		소계	3	7	7	3					20
무선 통신 장치 개발	차상통신 장치 개발 및 시험	정부	3	6	10	12	17	11	6	3	74
		민간	2	2	3	4	4	4	2	0.75	24
		소계	5	8	13	16	21	15	8	3.75	98
	지상통신 장치 개발 및 시험	정부	5	7	10	15	18	12	6	3	90
		민간	2	2	3	5	5	5	3	0.75	30
		소계	7	9	13	20	23	17	9	3.75	120
합계			37	55.5	67	67.5	53	39	21	14	354

3. 소요인력

〈 인력 투입 계획 〉

(단위 : 인·year)

구분	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	총계
책임급	8	10	10	12	15	12	12	10	89
선임급	6	8	8	9	11	10	9	8	69
원 급	6	7	7	9	12	10	9	7	67
합 계	20	25	25	30	38	32	30	25	225

4절 중점분야 3 : 열차중심(Train-centric) 편성제어

1. [세부 3-1] Radio 연결기(coupler) 기술개발

■ 기술의 정의

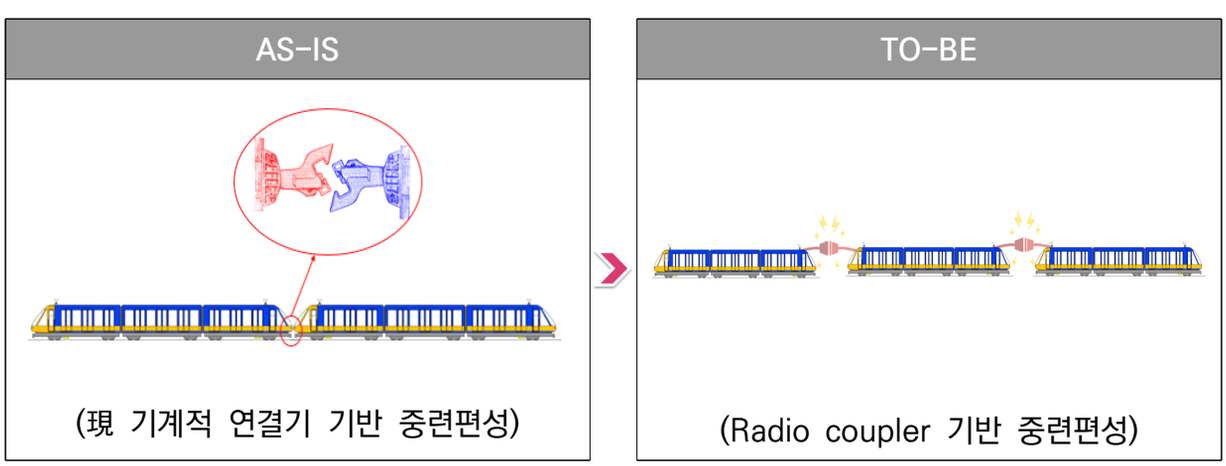
● Radio coupler 기술의 정의

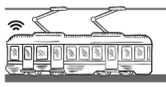
- Radio coupler 기술은 복수의 열차편성들을 기계적인 연결 없이 열차 간 통신을 통해 단일 편성으로 조성하는 기술이며, 열차들이 주행정보와 선로자원 점유정보 등을 공유하여 동일한 선로자원에 대해 동시에 점유가 가능하게 하는 시스템

- 열차들이 배타적으로 선로자원을 점유하는 기존의 열차방호시스템의 선로 용량 한계를 극복하기 위해, 열차들의 주행정보와 선로자원 점유정보를 서로 공유하면서 추돌을 방호 할 수 있는 정밀한 간격제어기술이 요구됨

- Radio coupler 기술은 주행 중 복수의 열차편성을 단일편성으로 또는 단일편성을 복수의 열차편성으로 운행할 수 있으므로 다양한 열차운영 시나리오를 수립할 수 있으며, 승객 수요와 노선환경에 따른 유연한 열차운영이 가능함

● AS-IS / TO-BE





연구개발 목표

- 무선 열차 편성제어로 혼잡 시간대 승객 혼잡도 20% 개선[142)]
- 무선 열차 편성제어로 결합/분리 장치 유지보수 ZERO 화
- 무선 열차 편성제어 기술(Control for radio coupling & decoupling) 개발
  - 선행/후행 열차 선택 조건 및 다수 열차 간 연결 경합 기술개발
  - 안전 무선 연결, 유지, 분리 기술개발
- 무선 열차 편성 안전 방호 기술(Safe protection for radio coupling & decoupling) 개발
- 무선 열차 편성 주행 기술(operation in radio coupling & decoupling) 개발
- 차상 신호 장치 인터페이스 기술(interface for radio coupling & decoupling) 개발
- 시스템 개발 및 시험평가 기술 개발

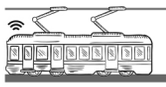
도시철도 및 일반/고속철도용 Radio coupler 기술 및 시스템 개발

- 도시철도 및 일반/고속철도용 열차중심 열차편성제어 핵심기술개발
  - 무선 열차 편성(Radio coupler) 제어 기술 핵심기술 개발
  - 무선 열차 편성(Radio coupler) 안전 방호 핵심기술 개발
  - 무선 열차 편성(Radio coupler) 주행 기술 핵심기술 개발
  - 열차 간격 제어와의 인터페이스 핵심기술 개발
- 도시철도 및 일반/고속철도용 열차중심 열차편성제어시스템 개발
  - 철도 신호시스템 국제 RAMS 규격에 따른 시스템 설계/제작 및 시험평가

142) 서울시 지하철 혼잡시간대 혼잡도 평균 158% (2013년 기준), https://www.si.re.kr/si_download/53975/15962

연차별 주요 연구내용

단계	연차	기술개발 목표	기술개발 내용
핵심 기술 개발	1차년도	시스템 개념설계	시스템 개념설계 및 기능요구사양 개발
			핵심 기술(무선 열차 편성 제어, 안전 방호, 주행 기능) 알고리즘 연구
			시스템 구성, 범위, 인터페이스(TRAIN, ATCS, KRTCS-ATP, KRTCS-ATO, ATS) 설계
			시스템 예비위험원 분석 및 저감대책 수립
	2차년도	시스템 기본설계	시스템 기능, 품질, RAM, 인터페이스 요구사항 설계
			하드웨어, 소프트웨어 요구사항 설계
			시스템 위험원 분석에 따른 안전 요구사항 설계
			소프트웨어 구조 설계 사양 설계
			하드웨어 구조 설계 사양 설계
			보드 및 서브랙 레벨 하드웨어 구현
			시스템 검증 시험 시나리오 설계
			소프트웨어 검증 시험 시나리오 설계
			시스템 핵심기술 제어 알고리즘 구현
			알고리즘 레벨 시뮬레이션 및 보완
			시스템 시뮬레이션 환경(열차, ATCS, KRTCS, ATS 등) 설계
	3차년도	시스템 구조설계, 프로토타입 설계 및 제작	서브시스템 위험원 분석을 통한 기능 및 장치 SIL 할당
			소프트웨어 구조 설계 사양 및 컴포넌트 사양 설계
			소프트웨어 하드웨어 통합 시험 항목 설계
			시스템 핵심기술 알고리즘 통합 및 소프트웨어 구현
			소프트웨어 컴포넌트 시험 설계 및 수행
			소프트웨어 통합 시험 설계 및 수행
			보드 및 서브랙 레벨 하드웨어 구현
			시스템 프로토타입 설계
			시스템 시뮬레이션 환경(열차, ATCS, KRTCS, ATS 등) 개발
	4차년도	시스템 모듈설계, 시스템 프로토타입 제작 및 시험보완	소프트웨어 구조 설계 사양 및 컴포넌트 사양 설계
			시스템 핵심기술 알고리즘 통합 및 소프트웨어 구현
			시스템 프로토타입 소프트웨어 및 하드웨어 통합 구현
			소프트웨어 하드웨어 통합 시험 수행
			소프트웨어 검증 시험 수행
			시스템 검증 시험 수행
			시스템 시뮬레이션 환경 개발 및 보완



단계	연차	기술개발 목표	기술개발 내용
실용화 기술 개발	5차년도	통합시험 및 시제품 설계	시스템 통합 및 시뮬레이션 시험/보완
			도시철도 및 일반/고속철도용 Radio coupler 시스템 시제품 상세설계
			핵심기술 알고리즘 및 시스템 시제품 소프트웨어 구현
	6차년도	시제품 개발 및 테스트 베드 구축	도시철도 및 일반/고속철도용 Radio coupler 시스템 시제품 제작 및 단품 시험
			시험차량 인터페이스 개발 및 시험차량 설치
	7차년도	테스트 베드 통합 시험 및 보완	시험선 시스템 통합 및 확인
			시험선 시험을 통한 시스템 기능 및 성능확인
			시험결과에 따른 시스템 보완
	8차년도	시범운영 및 시험	트랙레코드 기준에 따른 영업운전 수준의 시범운영
			시스템 보완을 통한 목표 검증 및 개선

투자 규모

- 총 282.5억 원/8년 중 정부출연금 211억 원(74.7%) 대비 민간부담금 71.5억 원(25.3%)으로 구성된 정부주도 사업추진

〈사업비 투입 계획〉

(단위 : 억 원)

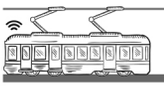
구분	1단계(핵심기술개발)				2단계(실용화기술개발)				총계	비율(%)
	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029		
정 부	6	13	17	20	35	50	45	25	211	74.7
민 간	2.5	5	6	6	10	18	15	9	71.5	25.3
합 계	8.5	18	23	26	45	68	60	34	282.5	100

세부기술별 연구개발비

(단위 : 억 원)

연구개발 기술		구분	1단계(핵심기술개발)				2단계(실용화기술개발)				총계
			2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	
무선 열차 편성 안전	무선 열차 편성 연결/분리 기술	정부	1	1.1	1.6	2	2.5	3.2	2.2	1.1	14.7
		민간	0.3	0.4	0.5	0.2	0.5	1.3	0.8	0.4	4.4
		소계	1.3	1.5	2.1	2.2	3	4.5	3	1.5	19.1

연구개발 기술		구분	1단계(핵심기술개발)				2단계(실용화기술개발)				총계
			2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	
방호 기술	무선열차연결 위치결정 기술	정부	0.3	1	1.6	1.6	2.5	3.4	2.2	0.8	13.4
		민간	0.2	0.5	0.5	0.6	1	1.1	0.8	0.2	4.9
		소계	0.5	1.5	2.1	2.2	3.5	4.5	3	1	18.3
	무선열차연결/분리 이동권한결정 기술	정부	0.3	1	1.6	1.6	2.8	3.2	2.2	1.1	13.8
		민간	0.2	0.5	0.5	0.6	0.7	1.3	0.8	0.4	5
		소계	0.5	1.5	2.1	2.2	3.5	4.5	3	1.5	18.8
	무선열차연결/분리 열차프로파일결정 기술	정부	0.3	1	1.5	1.6	2.8	3.4	2.2	1	13.8
		민간	0.2	0.5	0.6	0.6	0.7	1.1	0.8	0.5	5
		소계	0.5	1.5	2.1	2.2	3.5	4.5	3	1.5	18.8
	무선열차편성 열차 간 동적 최소 안전 간격 결정 기술	정부	0.3	1	1.4	1.7	2.8	3.5	2.2	1	13.9
		민간	0.2	0.5	0.7	0.5	0.7	1	1.3	0.5	5.4
		소계	0.5	1.5	2.1	2.2	3.5	4.5	3.5	1.5	19.3
무선열차편성주행 기술	무선열차편성 최소안전간격 유지 주행 기술	정부	0.9	1.6	2	2.3	4.7	8	8	6	33.5
		민간	0.3	0.5	0.5	0.7	1.3	3	3	2	11.3
		소계	1.2	2.1	2.5	3	6	11	11	8	44.8
	무선열차편성 연결 주행 가감속 제어 기술	정부	0.6	1.7	1.5	2.3	3.7	4.7	4.7	1.3	20.5
		민간	0.3	0.5	1	0.7	1.3	1.8	1.8	0.7	8.1
		소계	0.9	2.2	2.5	3	5	6.5	6.5	2	28.6
	무선열차분리 후행 열차 후퇴 감속 제어 기술	정부	0.7	1.7	2	2.3	4.6	8	8	6	33.3
		민간	0.4	0.5	0.5	0.7	1.4	3	3	2	11.5
		소계	1.1	2.2	2.5	3	6	11	11	8	44.8
기타	차상신호장치 인터페이스 기술	정부	0.9	1.5	2	2.3	4	8	10	6	34.7
		민간	0.2	0.5	0.5	0.7	1	3	2	2	9.9
		소계	1.1	2	2.5	3	5	11	12	8	44.6
	무선열차편성 설계/구현/검증 및 위험원 관리기술	정부	0.7	1.4	1.8	2.3	4.6	4.6	3.3	0.7	19.4
		민간	0.2	0.6	0.7	0.7	1.4	1.4	0.7	0.3	6
		소계	0.9	2	2.5	3	6	6	4	1	25.4
합계			8.5	18	23	26	45	68	60	34	282.5



소요인력

〈 인력 투입 계획 〉

(단위 : 인·year)

구분	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	총계
책임급	3	5	5	5	7	7	5	5	42
선임급	7	10	13	13	15	15	15	10	98
원 급	7	10	13	13	15	15	15	10	98
합 계	17	25	31	31	37	37	35	25	238

2. [세부 3-2] Radio TCN 및 TCMS 연계기술 개발

기술의 정의

- Radio TCN 및 TCMS 연계기술의 정의

  - 열차에 다양한 전장장비들이 도입됨에 따라 각 장비간 데이터를 전달하고 상태를 모니터링하는 네트워크 기능이 요구됨. IEC TC9에서는 철도차량내 혹은 차량간 데이터를 주고받기위한 IEC 61375 표준 전송 규격을 제정하고 이를 TCN (Train Communication Network) 이라고 명명하였음.

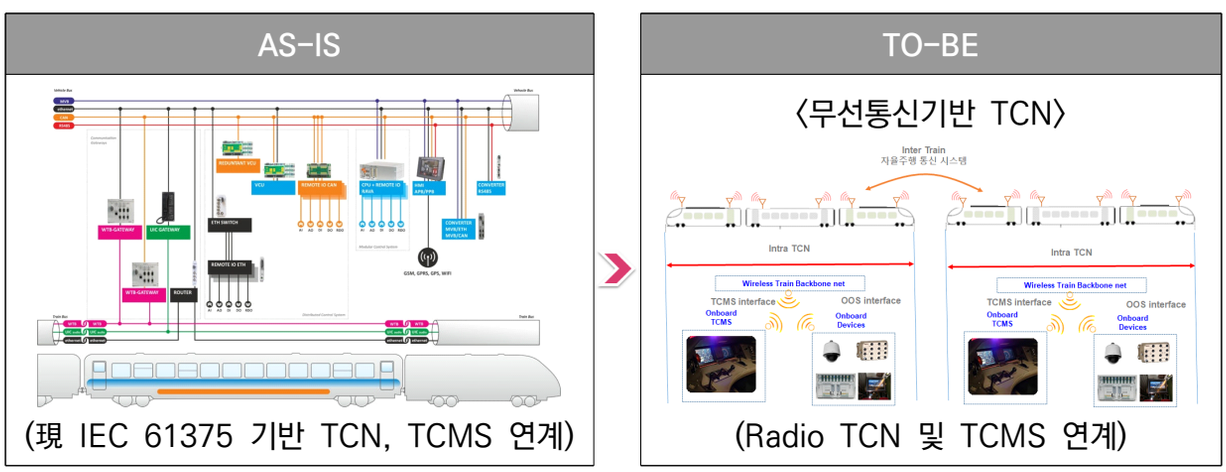
  - 열차의 안전 및 고기능화의 요구가 높아짐에 따라 열차를 각 전장 장치들을 능동적으로 제어하고 실시간 상태감시를 위한 TCMS가 (Train Control and Monitoring System) 도입되었고, TCMS 연계기술은 TCMS 구성 요소들간 신뢰성 있는 데이터 교환을 위하여 TCMS와 TCN간 인터페이스 기술을 의미.

  - 열차 자율 주행 시스템에서는 열차 운행 효율성을 높이기 위하여 라디오 커플링 (Radio coupling)을 통한 유연한 객차 분리 결합이 이루어짐에 따라, 객차간 데이터 전달은 무선화된 Radio TCN 기술이 요구됨.

  - 철도차량이 고도화됨에 따라 전장 장비 또한 다양화, 세분화되고 있으며, 각종 시스템이 증가될수록 TCN 결선 선로의 복잡도도 가파르게 증가되고 있음. 이에 따라 각종 전장품 설치의 용이성, 유지보수의 효율성, 배선 설치비용의 경제성을 고려하여 Radio TCN 기술이 주목받고 있음.

- 열차에는 다수의 전장품들이 차량에 분산 설치되어 있고, 각 장비들은 제어 시스템의 제어 메시지에 연동되어 동작함. TCMS는 이러한 제어 정보를 TCN을 통하여 안정적이고 매우 짧은 응답 시간이 요구되는 데이터 전송 체계가 필요하고 제어뿐만 아니라 감시나 진단 그리고 승객 정보서비스를 위하여 넓은 전송 대역폭과 높은 전송 효율의 네트워크가 필요함.

● AS-IS / TO-BE



연구개발 목표

● 고성능, 저지연 열차간 직접통신 기술 개발

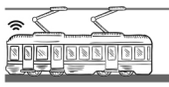
- 열차 안전운행을 위한 1msec 이하의 초저지연 직접통신 기술
- 다수의 열차객차간 자율주행 지원을 위한 1Km 커버리지의 무선 통신 기술

● SIL4 요구사항을 만족하는 무선기반 TCN 기술 개발

- 추진, 제동, 전력, 차상신호와 같은 열차내 Vital 데이터 무선 송수신 기술
- 가상 열차 분리 결합을 지원하는 높은 안전성의 객차간 무선 통신 기술

● 열차 자율주행을 지원하는 TCMS의 유무선 통합 연계 장치 개발

- IEC 61375 ETB (Ethernet Train Backbone), ECN(Ethernet Consist Network) 호환



- 차량전장장치와 TCMS간 유무선 통합 인터페이스 규격
- 1Gbps 급 유무선 통합 백본망 구축

● 시험 인프라 구축 및 기술 검증

- 철도차량 내부 장치 설치 및 적용, 무선 TCN 설치 및 적용, TCMS 연계 설치 및 적용, 시험 인프라 구축 및 운영
- 시험 검증 기준 수립, 성능평가, 기술 보안

연구개발 내용

● 열차자율주행을 위한 무선기반 TCN 기술

- 저지연, 고신뢰, 고안전성의 무선 TCN 핵심 기술 개발

● 열차자율주행을 지원하는 무선기반 TCMS 연계기술

- 열차 추진, 제동, 신호, 승객서비스를 지원하는 무선기반 TCMS 연계 기술 개발

연차별 주요 연구내용

단계	연차	기술개발 목표	기술개발 내용
핵심 기술 개발	1차 년도	시스템 개념설계	TCN, TCMS 기능, 성능 요구사항 분석
			열차환경에서 전파특성 분석
			TCN 네트워크 구조 연구
	2차 년도	시스템 기본설계	TCN, TCMS 시스템 개발요구사양 개발
			TCN 네트워크 아키텍쳐 설계
			TCN, TCMS 유무선 통합 인터페이스 설계
			네트워크레벨 시뮬레이션 환경 구축
	3차 년도	핵심 기술별 프로토타입 설계 및 제작	핵심기술별 프로토타입 설계
			프로토타입 핵심기술 알고리즘 및 프로토콜 개발
			핵심기술 알고리즘 통합 및 운영 소프트웨어 구현
			모듈 단위 네트워크 레벨 시뮬레이션 수행
	4차 년도	시스템 모듈설계, 시스템 프로토타입 제작 및 시험보완	시스템 모듈설계
			시스템 프로토타입 소프트웨어 및 하드웨어 통합 구현
			프로토타입 자체 시뮬레이션 및 핵심기술 검증 및 보완

단계	연차	기술개발 목표	기술개발 내용
실용화 기술 개발	5차 년도	시뮬레이터 통합 및 시제품 개발	TCN, TCMS 플로토타입과 통합시뮬레이터 연동
			무선 TCN, TCMS 통합모듈 시제품 설계
			무선 TCN, TCMS 통합모듈 시제품 개발(소프트웨어기반 플랫롬)
	6차 년도	시뮬레이터 성능 검증 및 시제품 테스트 베드 구축	통합 시뮬레이터 기반 TCN, TCMS 기능 및 성능 검증
			무선 TCN, TCMS 시제품 시험차량 설치 및 무선 시스템 통합 검증 장비 (DM) 설치
	7차 년도	테스트 베드 통합 시험 및 보완	시험선 시스템 통합 및 동작 확인
			시험선 시험을 통한 시스템 기능 및 성능확인
			시험결과에 따른 시스템 보완
	8차 년도	시범운영 및 시험	트랙레코드 기준에 따른 영업운전 수준의 시범운영
			시스템 보완을 통한 목표 검증 및 개선

투자 규모

- 총 268.4억 원/8년 중 정부출연금 200억 원(74.5%) 대비 민간부담금 68.4억 원(25.5%)으로 구성된 정부주도 사업추진

〈사업비 투입 계획〉

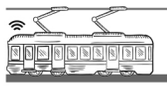
(단위 : 억 원)

구분	1단계(핵심기술개발)				2단계(실용화기술개발)				총계	비율(%)
	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029		
정 부	20	20	30	30	30	30	20	20	200	74.5
민 간	5.5	5.5	9.6	9.6	10.5	10.5	8.6	8.6	68.4	25.5
합 계	25.5	25.5	39.6	39.6	40.5	40.5	28.6	28.6	268.4	100

세부기술별 연구개발비

(단위 : 억 원)

연구개발 기술		구분	1단계(핵심기술개발)				2단계(실용화기술개발)				총계
			2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	
철도 차량 무선 네트워크 구축 기술	TCN 요구사항 분석 기술	정부	3	3	1	1	0	0	0	0	8
		민간	0.6	0.6	0.2	0.2	0	0	0	0	1.6
		소계	3.6	3.6	1.2	1.2	0	0	0	0	9.6
	열차환경에서 전파특성 분석 기술	정부	2	2	1	1	0	0	0	0	6
		민간	0.4	0.4	0.2	0.2	0	0	0	0	1.2
		소계	2.4	2.4	1.2	1.2	0	0	0	0	7.2



연구개발 기술		구분	1단계(핵심기술개발)				2단계(실용화기술개발)				총계
			2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	
열차 무선 TCMS 연계 기술	무선 TCN 네트워크 구조 기술	정부	2	2	1	1	0	0	0	0	6
		민간	0.4	0.4	0.2	0.2	0	0	0	0	1.2
		소계	2.4	2.4	1.2	1.2	0	0	0	0	7.2
	D2D 무선 전송 기술	정부	1	1	3	3	3	3	0.5	0.5	15
		민간	0.3	0.3	1	1	1	1	0.2	0.2	5
		소계	1.3	1.3	4	4	4	4	0.7	0.7	20
	D2D 무선 접속 기술	정부	1	1	3	3	3	3	0.5	0.5	15
		민간	0.3	0.3	1	1	1	1	0.2	0.2	5
		소계	1.3	1.3	4	4	4	4	0.7	0.7	20
	노드 클러스터, 토폴로지 구성 기술	정부	1	1	3	3	3	3	0.5	0.5	15
		민간	0.3	0.3	1	1	1	1	0.2	0.2	5
		소계	1.3	1.3	4	4	4	4	0.7	0.7	20
	무선노드간 데이터 경로 결정 기술	정부	1	1	3	3	3	3	0.5	0.5	15
		민간	0.3	0.3	1	1	1	1	0.2	0.2	5
		소계	1.3	1.3	4	4	4	4	0.7	0.7	20
	무선 TCMS 요구사항 분석 기술	정부	3	3	1	1	0	0	0	0	8
		민간	1	1	0.3	0.3	0	0	0	0	2.6
		소계	4	4	1.3	1.3	0	0	0	0	10.6
	TCMS 유무선 인터페이스 기술	정부	1	1	3	3	3	3	0.5	0.5	15
		민간	0.3	0.3	1	1	1	1	0.2	0.2	5
		소계	1.3	1.3	4	4	4	4	0.7	0.7	20
	다중 무선전송 플랫폼 기술	정부	1	1	3	3	3	3	0.5	0.5	15
		민간	0.3	0.3	1	1	1	1	0.2	0.2	5
		소계	1.3	1.3	4	4	4	4	0.7	0.7	20
	TMCS 고신뢰 데이터 전송 기술	정부	1	1	3	3	3	3	0.5	0.5	15
		민간	0.3	0.3	1	1	1	1	0.2	0.2	5
		소계	1.3	1.3	4	4	4	4	0.7	0.7	20
	TCMS 응용계층 보안 기술	정부	1	1	3	3	3	3	0.5	0.5	15
		민간	0.3	0.3	1	1	1	1	0.2	0.2	5
		소계	1.3	1.3	4	4	4	4	0.7	0.7	20

연구개발 기술		구분	1단계(핵심기술개발)				2단계(실용화기술개발)				총계
			2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	
시험 검증 기술	네트워크 레벨 시뮬레이션 기술	정부	1	1	1	1	1	1	1	1	8
		민간	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	1	1	4.2
		소계	1.3	1.3	1.3	1.3	1.5	1.5	2	2	12.2
	시험 인프라 구축 기술	정부	0.5	0.5	0.5	0.5	3	3	10	5	23
		민간	0.2	0.2	0.2	0.2	1	1	4	2	8.8
		소계	0.7	0.7	0.7	0.7	4	4	14	7	31.8
	성능 검증 및 보완 기술	정부	0.5	0.5	0.5	0.5	2	2	5	10	21
		민간	0.2	0.2	0.2	0.2	1	1	2	4	8.8
		소계	0.7	0.7	0.7	0.7	3	3	7	14	29.8
합계			25.5	25.5	39.6	39.6	40.5	40.5	28.6	28.6	268.4

소요인력

〈 인력 투입 계획 〉

(단위 : 인·year)

구분	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	총계
책임급	5	5	7	7	7	7	6	6	50
선임급	8	8	10	10	12	12	10	10	80
원 급	5	5	7	7	10	10	8	8	60
합 계	18	18	24	24	29	29	24	24	190

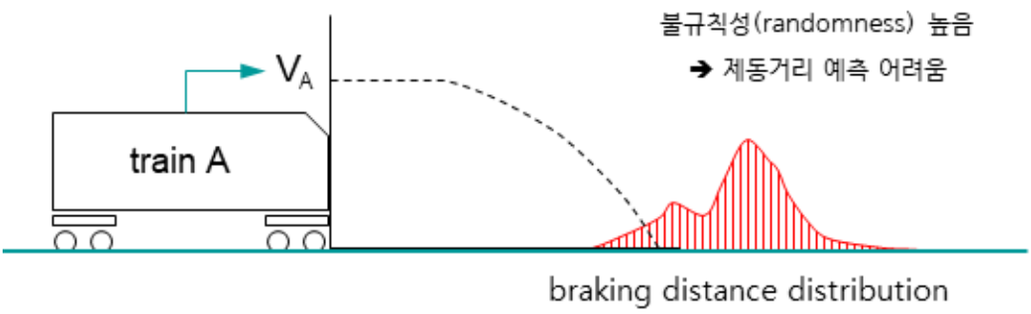
3. [세부 3-3] 예측가능한 고성능 제동기술개발

기술의 정의

- **예측가능(predictable) 열차 제동기술의 정의**

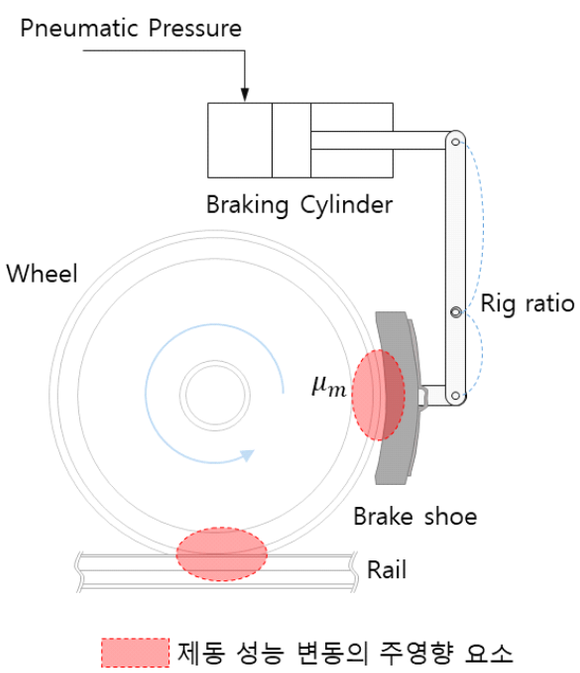
  - 열차의 제동성능(대표적으로 제동거리)은 여러 요인들에 영향을 받아 불확실성을 갖는다. 제동성능의 불확실성은 열차간 간격제어 등 열차제어시스템의 제한요소로 작용한다. 예측가능 열차 제동기술은 제동 성능에 미치는 영향인자의 불확실성을 보완하고 조정하여 원하는 제동거리의 변동성을 제어하는

기술을 말한다.



[그림 7.4.1] 열차 제동 불확실성 모델

- 열차의 제동성능의 변동성에 영향을 주는 인자들로는 크게 마찰계수와 같은 제동장치의 변동성과 차륜과 레일 인터페이스(마찰면)에서의 강우/강설, 레일의 오염 등 환경적 요소를 포함한 변동성으로 나누어 볼 수 있다. 예측가능 제동기술은 제동장치의 변동성과 차륜과 레일의 인터페이스에서의 변동성을 제어하는 기술이 요구된다.

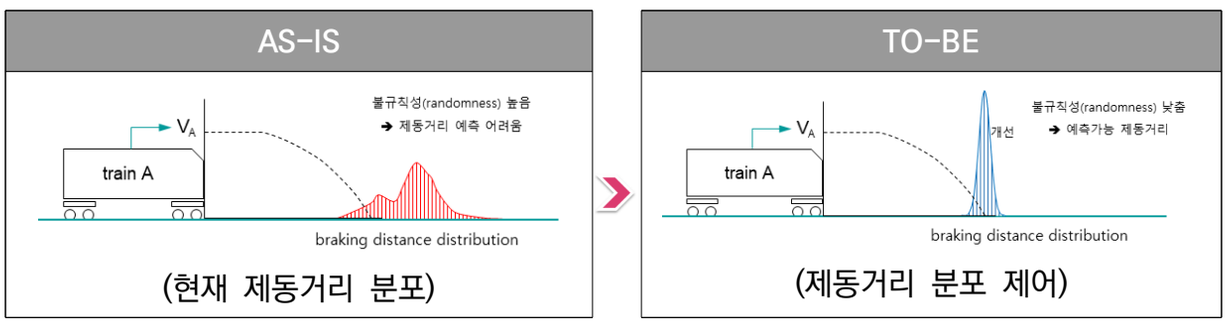


[그림 7.4.2] 열차 제동 불확실성 모델

- 예측가능 제동기술은 열차중심 열차제어에서 열차들 사이의 안전 간격 설계와 분기제어를 위한 제어시간 및 통신거리 확보 등과 같이 성능 설계의 핵심

기술로 제동거리의 분포의 폭을 줄이고 예측 가능한 분포(예를 들어, Gaussian distribution)로 변동성을 줄이는 기술을 말한다.

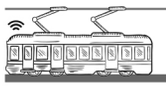
- AS-IS / TO-BE



연구개발 목표

- 열차중심 열차제어를 위한 제동성능 예측 정확도 95% 수준으로 향상
  - 운영기관의 물리적 제동성능 영향인자와 제동성능간의 괴리 현상 해소
    마찰계수 요구: 0.25±15% (건조, 서울교통공사)
    감속도: 4.0 km/h/s 이상
  - 가상 철도차량 제동시스템 구성을 통한 제동성능 예측 (95% 수준)
    설계시 과소 예측 (전동차의 경우 실제 제동거리의 65% 수준으로 예측)

- 비상 제동성능 분포의 변동성을 현재의 36% 수준에서 10% 수준으로 감소하며 고신뢰도의 제동시스템을 구축
  - 제동마찰재의 변동성을 제동압력으로 보상하는 제동제어 기술
    현재 일정형 제동압력을 차량의 속도에 따른 변동형
  - 눈, 비 등으로 낮은 점착한계에서의 제동성능 유지 (건조 레일의 80% 수준)
  - 점착한계 극복을 위한 점착 독립형 보조 제동기술 개발 (기존 제동력의 10% 이상)
  - 편성내 승객 분포 및 변동하중에 능동적인 제동제어기술 개발 (150% 변동성에도 일정한 감속도 유지)



- 개발 제동장치는 SIL (Safety Integrity Level) 인증 취득

구 분	SIL 인증 목표
비상제동	Train 4 Bogie 3
상용제동	Train 2
차륜 미끄럼 방지 장치	Electric device 3 Software 2

연구개발 내용

- 물리적 제동성능 영향인자 분석 (제동지연시간, 마찰계수 등) 기술
- 제동 마찰계수 시험 및 통계적 분석을 통한 마찰재 특성 분석
- 고성능 마찰계수를 갖는 제동슈, 제동패드 개발
- 가상 철도차량 제동시스템에 따른 제동성능 예측 및 설계 기술
- 제동마찰재의 변동성을 보상하는 제동제어 기술
- 마찰식 제동의 점착한계 향상을 위한 점착제어 기술
- 점착한계 극복을 위한 점착 독립형 보조 제동기술 개발

연차별 주요 연구내용

단계	연차	기술개발 목표	기술개발 내용
핵심 기술 개발	1차 년도	시스템 개념설계	제동시스템 개념설계 및 기능요구사양 개발
			제동시스템 핵심기술 제어 알고리즘 연구
			제동시스템 영향인자 분석 및 제동거리 예측 평가기술
	2차 년도	시스템 기본설계	제동시스템 개발요구사양 개발
			운행상황 및 요구사항 분석에 따른 제동시스템 개발사양 개발
			제동 시스템 핵심기술 제어 알고리즘 구현
			제동 알고리즘 레벨 시뮬레이션 및 보완
	3차 년도	시스템 구조설계, 프로토타입 설계 및 제작	제동 시스템 요구사항 분석을 통한 기능 및 장치 기능할당
			소프트웨어 요구사양, 하드웨어 요구사양, 안전요구사양 도출
			제동시스템 핵심기술 알고리즘 통합 및 소프트웨어 구현
			시스템 프로토타입 설계

단계	연차	기술개발 목표	기술개발 내용
실용화 기술 개발	4차 년도	시스템 모듈설계, 시스템 프로토타입 제작 및 시험보완	제동시스템 모듈설계
			제동시스템 프로토타입 소프트웨어 및 하드웨어 통합 구현
			제동시스템 시뮬레이션 시험 및 핵심기술 검증 및 보완
	5차 년도	통합시험 및 시제품 설계	시스템 통합 및 시뮬레이션 시험/보완
			도시철도 및 일반/고속철도용 제동제어시스템 시제품 상세설계
			핵심기술 알고리즘 및 시스템 시제품 소프트웨어 구현
			안전무결정수준 SIL 인증
	6차 년도	시제품 개발 및 테스트 베드 구축	도시철도 및 일반/고속철도용 제동제어 시스템 시제품 제작 및 단품 시험
			시험차량 인터페이스 개발 및 시험차량 설치
			안전무결정수준 SIL 인증
	7차 년도	테스트 베드 통합 시험 및 보완	시험선 시스템 통합 및 확인
			시험선 시험을 통한 시스템 기능 및 성능확인
			시험결과에 따른 시스템 보완
			안전무결정수준 SIL 인증
	8차 년도	시범운영 및 시험	트랙레코드 기준에 따른 영업운전 수준의 시범운영
			시스템 보완을 통한 목표 검증 및 개선

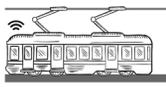
투자 규모

- 총 237억 원/8년 중 정부출연금 175억 원(73.9%) 대비 민간부담금 69.9억 원(26.1%)으로 구성된 정부주도 사업추진

〈사업비 투입 계획〉

(단위 : 억 원)

구분	1단계(핵심기술개발)				2단계(실용화기술개발)				총계	비율(%)
	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029		
정 부	8.5	25.5	34.0	25.5	25.5	25.5	17.0	13.5	175	73.9
민 간	3.6	8.7	11.5	8.7	8.7	10.2	5.8	4.8	62	26.1
합 계	12.1	34.2	45.6	34.2	34.2	35.7	22.8	18.4	237.0	100



세부기술별 연구개발비

(단위 : 억 원)

연구개발 기술		구분	1단계(핵심기술개발)				2단계(실용화기술개발)				총계
			2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	
에측가능 제동제어 기술	제동성능 예측기술	정부	2.6	5.1	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.3
		민간	1.2	2.0	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6
		소계	3.7	7.1	11.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.9
	마찰식 제동성능 제어 기술	정부	0.9	8.5	11.1	10.2	10.2	3.4	1.7	1.7	47.6
		민간	0.9	3.6	4.0	3.6	3.6	1.7	1.7	0.7	19.8
		소계	1.7	12.1	15.1	13.8	13.8	5.1	3.4	2.4	67.3
	점착제어 기술	정부	1.7	6.0	7.3	8.5	6.8	3.4	3.4	1.7	38.8
		민간	0.5	1.7	2.9	2.9	1.7	2.4	1.0	0.9	13.9
		소계	2.2	7.7	10.2	11.4	8.5	5.8	4.4	2.6	52.7
	점착 독립형 제동제어 기술	정부	1.7	4.3	5.6	5.1	5.1	8.5	3.4	3.3	37
		민간	0.5	0.9	0.7	1.7	1.7	2.6	0.7	1.4	10.0
		소계	2.2	5.1	6.3	6.8	6.8	11.1	4.1	4.8	47.1
	제동제어 시스템 통합시험 및 평가기술	정부	1.7	1.7	2.4	1.7	3.4	10.2	8.5	6.8	36.4
		민간	0.5	0.5	0.5	0.5	1.7	3.6	2.4	1.9	11.6
		소계	2.2	2.2	2.9	2.2	5.1	13.8	10.9	8.7	47.9
합계			12.1	34.2	45.6	34.2	34.2	35.7	22.8	18.4	237.0

소요인력

〈 인력 투입 계획 〉

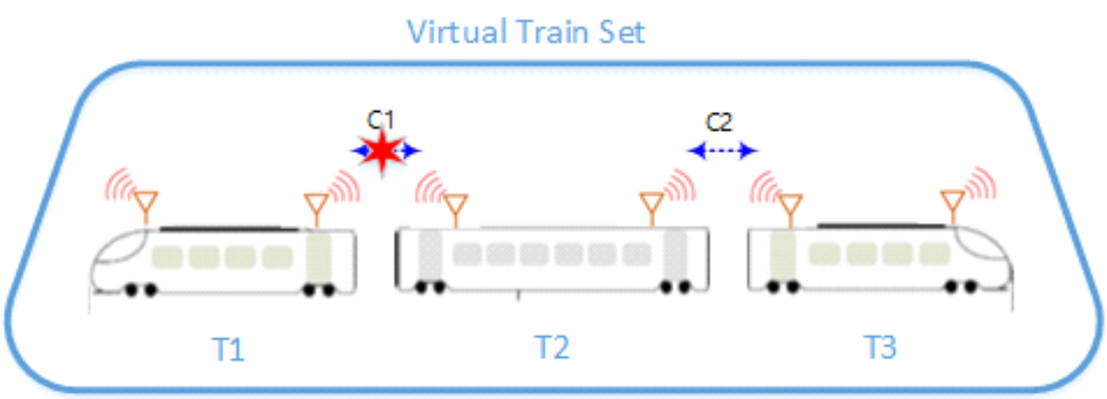
(단위 : 인·year)

구분	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	총계
책임급	3	5	5	5	7	7	5	5	42
선임급	7	10	13	13	15	15	15	10	98
원 급	7	10	13	13	15	15	15	10	98
합 계	17	25	31	31	37	37	35	25	238

4. [세부 3-4] Radio coupler 기반 열차무결성 확보기술개발

기술의 정의

- radio coupler 기반 열차무결성 확인 기술 : 열차 방호를 위해 가상연결(radio-coupled)된 열차 간 결합/분리 여부를 높은 안전성으로 확인할 수 있는 기술
  - 가상연결 열차에 대해 높은 안전성으로 방호 제어를 하기 위해 물리적 연결기 없이 결합된 가상 열차 간 분리/결합 상태를 실시간으로 인지하여 의도치 않은 결합 이벤트 등을 인지할 수 있도록 함.
  - 가상연결 환경에서의 열차 분리 여부는 기존의 물리 연결기 기반의 기술을 통해 파악되기 어려우므로, 무선 기반으로 분리 여부를 결정할 수 있는 새로운 방식의 기술을 필요로 함.
  - 본/인접 열차에서 수집되는 각종 센싱정보와 함께 열차 간 직접 통신 및 무선 연결 모니터링 등을 종합적으로 활용해서 열차가 가상연결 시나리오 상에서 분리가 되었는지 여부를 높은 안전성으로 판단하고 열차방호 단에서 이를 활용해서 열차제어를 할 수 있도록 함.



[그림 7.4.3] Radio coupler 기반 열차 무결성 확인 기술의 개념도

- radio coupler 기반 열차무결성 확인 기술은 아래와 같은 세부 기술로 구성될 수 있음
  - 가상연결의 무결성 판단 기술 : 열차 간 가상연결이 결합/분리 상태를 Safety Integrity Level-4 (SIL-4) 수준의 높은 안전성으로 최종 판단하는 기술

- 무선신호 기반 가상연결의 무결성 검지 기술 : 가상연결의 결합/분리 상태를 인접 열차로부터 송신된 LTE/5G 무선신호에 대해 수신처리를 하여 검지하는 기술

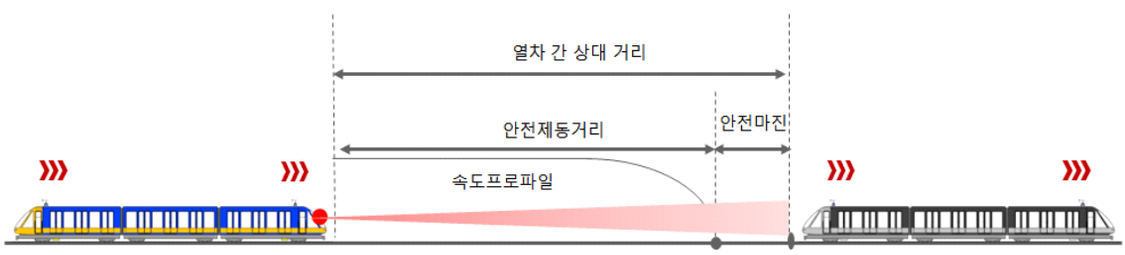
- 열차간 직접통신(T2T) 기반 저지연/고신뢰 정보전달 기술 : LTE/5G의 직접통신 기능이 개선된 것으로, 가상연결의 무결성 판단에 활용될 정보를 낮은 손실율 및 지연시간으로 열차간 전달하는 기술

● 고정밀 열차 간 상대 거리 측위 기술

- 열차의 편성과 운행이 물리적인 결합에서 열차 간 통신에 의한 결합으로 변경됨에 따라 열차간 상대 거리를 실시간으로 검지할 수 있어야 하고 열차 간에 근접으로 주행 및 제어가 됨에 따라 상대 거리의 오차가 적고 높은 신뢰성을 요구하는 기술임.

- 열차 간 상대 거리 측위를 구현하기 위해서는 기존의 사용하고 있는 GPS 기술, 선로상에 설치된 발리스 기술, LTE-R 통신 기술을 활용하면서 새롭게 도입되는 열차 간 통신 기술과 센서 기술(예로, 레이더 기술 및 라이더 기술 등)을 융합하는 기술적 특성을 가짐.

- 이러한 고정밀 열차 간 상대 거리 측위 기술은 열차의 분리 또는 이탈을 감지하는 열차 무결성 시스템과 열차를 결합하고 안전거리를 유지하는 주행할 수 있는 열차 Radio Coupling 시스템, 그리고 열차 안전 주행을 위한 무결성 시스템 및 자율주행 시스템에 필수적인 기술임.

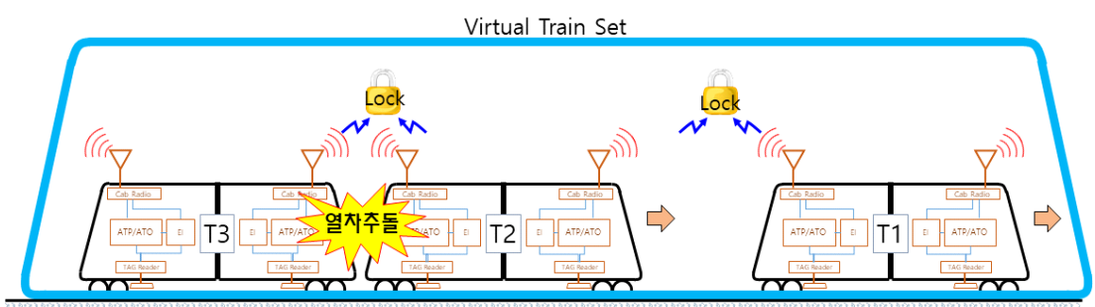


[그림 7.4.4] 열차간 상대 거리 측위 기술 개념

(1) 연구개발 범위

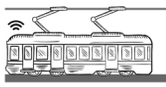
■ 가상연결 상황에서 radio coupler 기반 무결성을 확인하는 기술 개발 및 검증

- (Radio coupler 무결성 판단 기술 개발 및 검증) 가상연결 상태 검지 정보 및 열차에서 수집된 각종 정보를 통해 높은 안전성으로 가상연결의 무결성을 최종적으로 판단하는 기술을 개발하고 검증
- (무선 연결 모니터링 기반 분리 검지 기술 개발) 가상연결이 된 앞뒤 열차 간 무선신호 송수신을 통해 열차 간 가상연결 상태가 체결되었는지 혹은 해제되었는지 여부를 판단하는 기술 개발
- (열차의 무결성 및 안전 운행을 지원하는 상대거리 측위 기술개발) 열차 간 상대 거리를 최대 3km까지 감지할 수 있고 신뢰성을 보장할 수 있는 열차 Radio coupling/무결성 시스템과 연동이 가능한 기술 개발 및 시험 검증



■ 연구개발 목표

- 가상연결 상황에서 열차 무결성 확인 기술 개발 및 검증
  - T2T 기반 가상연결의 무결성 판단 알고리즘 개발
  - 가상연결 무결성 확인 시스템 개발 및 SIL-4 level 인증
- 무결성 확인을 위한 고정밀/고신뢰 열차간 연결상태 추정 기술개발
  - Radio link monitoring 기반 가상연결 분리 검지 기술 개발
- 열차의 무결성 및 안전 운행을 지원하는 상대거리 측위 기술
  - 열차 간 상대 거리를 최대 3km까지 감지할 수 있는 기술개발



- 가상 연결을 위해 10m까지 실시간 감지할 수 있는 기술개발
- 열차의 상대 거리의 신뢰성을 보장하는 이중화 기술개발

연차별 주요 연구내용

연차	기술 개발 목표	기술 개발 내용
1차년도	요구사항 정의, 기술 조사 및 시스템 설계	가상연결의 무결성 판단 관련 기존 기술 조사
		가상연결 무결성 확인에 필요한 열차 인터페이스 정의 및 시스템 설계
		무선신호 기반 가상연결 상태 검지에 필요한 채널정보 조사
		기존 열차간 직접통신 기술 조사 및 문제점 정의
		상대 거리측위 요구사항 정의 및 기술 분석
		상대 거리측위 관련 국내외 표준화 동향 분석
2차년도	상세 하드웨어 및 소프트웨어 설계	가상연결의 무결성 판단 알고리즘 설계
		가상연결의 무결성 확인 하드웨어 및 플랫폼 설계
		무선신호 기반 가상연결 상태 검지 핵심 알고리즘 설계
		열차 간 무선통신(T2T)에 대한 요구사항 정립
		고정밀/고신뢰 상대 거리 측위 알고리즘 연구
		센서 융합 알고리즘 연구
		상대 거리측위 관련 국내외 표준화 동향 분석
3차년도	시스템 통합 구현	가상연결의 무결성 판단 알고리즘의 소프트웨어 구현
		가상연결의 무결성 확인 소프트웨어 설계 및 시스템 통합
		무선신호 기반 가상연결 상태 검지 소프트웨어 구현
		열차 간 무선통신(T2T)과의 인터페이스 설계
		가상연결 무결성 확인 시스템 인터페이스 정의 및 통합
		상대 거리 측위 장치 구조 설계
		열차 무결성 장치 인터페이스 설계
		상대 거리측위 관련 국내외 표준화 항목 제안 및 활동
4차년도	기능단위 기술 상세 설계 및 단위 기능 시험	무결성 판단 알고리즘의 단위 기능 검증
		무결성 확인 시스템의 기본 동작에 대한 step-by-step 검증
		무선신호 기반 가상연결 상태 검지 기술의 단위 검증
		열차간 무선통신(T2T)의 단위 기능 검증 및 성능 확인
		상대 거리측위 장치 규격 개발
		상대 거리측위 장치 소프트웨어 및 하드웨어 설계
		상대 거리측위 관련 국내외 표준화 활동

연차	기술 개발 목표	기술 개발 내용
5차년도	기능 통합 시험 및 실차 적용/검증	T2T 기반 실차 환경에서의 무결성 판단 성능 검증
		위험성 판단 및 보완
		무선신호 기반 가상연결 상태 검지
		상대 거리측위 장치 소프트웨어 및 하드웨어 구현 및 시험
6차년도	상대거리 측위 관련 테스트베드 구축	무결성 판단 장치 연동 시험 환경 구축
		무결성 판단에 대한 SIL-4 기반 검증
7차년도	상대거리 측위 관련 장치 연동시험 및 보완	열차 무결성 장치 연동 시험 및 보완
		무결성 판단에 대한 SIL-4 인증 완료
8차년도	시험운영	시범운영 및 트랙레코드 확보

투자 규모

- 총 127억 원/8년 중 정부출연금 94억원(74.0%) 대비 민간부담금 33억 원(26%)으로 구성된 정부주도 사업추진

〈사업비 투입 계획〉

(단위 : 억 원)

구분	1단계(핵심기술개발)				2단계(실용화기술개발)				총계	비율(%)
	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029		
정 부	10	16	16	17	12	8	8	7	94	74.0
민 간	3.6	5.3	6.3	6.8	3.6	2.3	2.3	2.8	33	26.0
합 계	13.6	21.3	22.3	23.8	15.6	10.3	10.3	9.8	127	100

세부기술별 연구개발비

〈 핵심기술별 연구개발비 〉

(단위 : 억 원)

구성기술	구분	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	총계
가상 연결기의 무결성 판단 알고리즘 기술	정 부	3	4	4	5	3	1	1	1	22
	민 간	1	1.5	2	2	1	0.5	0.5	0.5	9
	소 계	4	5.5	6	7	4	1.5	1.5	1.5	31
가상 연결기의 무결성 판단 시스템 설계	정 부	1	4	4	4	1	0	0	0	14
	민 간	0.5	1	1.5	2	0.5	0	0	0	5.5
	소 계	1.5	5	5.5	6	1.5	0	0	0	19.5

구성기술	구분	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	총계
가상 연결기 판단 검증 기술	정 부	2	2	2	2	2	2	2	2	16
	민 간	0.5	1	1	1	0.5	0.5	0.5	1	6
	소 계	2.5	3	3	3	2.5	2.5	2.5	3	22
Radio link monitoring 기반 열차 분리 검지 기술	정 부	1	2	2	2	2	1	1	1	12
	민 간	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.2	0.2	0.2	3
	소 계	1.4	2.5	2.5	2.5	2.5	1.2	1.2	1.2	15
열차 주변상황 센서 기술	정 부	1	1	1	1	1	1	1	1	8
	민 간	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	2
	소 계	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	10
열차 주행정보 센서 기술	정 부	1	1	1	1	1	1	1	1	8
	민 간	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	3.5
	소 계	1.4	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	11.5
실시간 정보 융합 기술	정 부	1	2	2	2	2	2	2	1	14
	민 간	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	4
	소 계	1.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1.5	18
합 계		13.6	21.3	22.3	23.8	15.6	10.3	10.3	9.8	127

소요인력

〈 인력 투입 계획 〉

(단위 : 인·year)

구분	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	총계
책임급	5	5	6	6	9	5	5	4	45
선임급	6	10	13	13	13	8	8	6	77
원 급	4	6	8	8	7	7	5	5	50
합 계	15	21	27	27	29	20	18	15	172

5절 중점분야 4 : 사업총괄 및 실용화 촉진

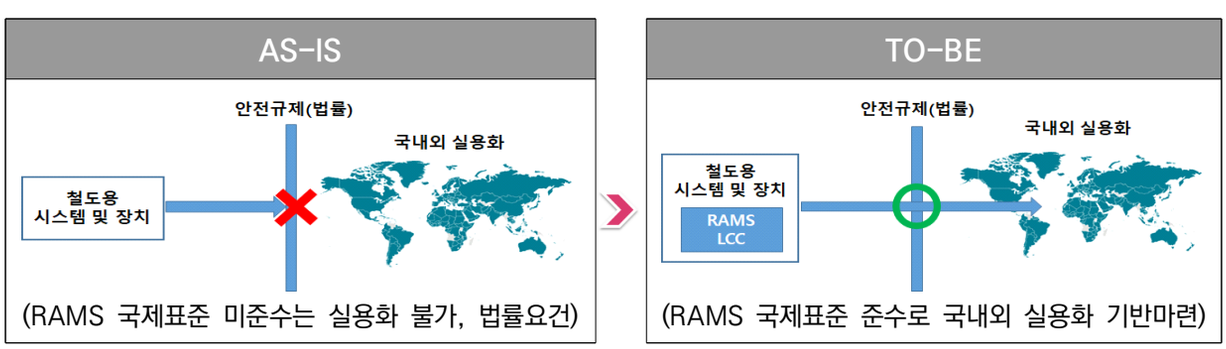
1. [세부 4-1] 사업총괄 및 시스템 안전성 확보, 인증 및 표준체계,법제화 구축

■ 기술의 정의

- **(사업총괄 관리)** 한정된 기간과 사업비, 개발요구사항변경 등을 고려하여 수행되는 분야별 세부과제를 유기적으로 연계하여 열차자율주행기술의 성능과 안전성을 보장할 수 있는 사업총괄관리방법을 선정하여 적용하여야 함
- **(안전성 및 인증체계 개발)** 대중교통으로써의 열차 자율주행기술 실용화를 위해서는 이용객과 종사자 안전확보를 위한 RAMS_LCC, 제도정비 요건발굴 및 표준개발, 인증체계 개발의 3가지 과제가 선행되어야 함
- **(RAMS_LCC)** 기술의 수명주기 전반*을 대상으로 국제표준** 만족을 위한 정량적 RAMS목표수립, 위험원 도출, 위험도평가, 단계별 확인(Verification), 요구사항의 검증(Validation), 정량목표입증(Demonstration) 등의 활동을 통해 열차 자율주행기술의 필수 실용화 요건을 확보하기 위한 기술

※ RAMS : Reliability, Availability, Maintainability Safety, LCC : Life Cycle Cost

* 설계, 제작, 설치, 운영, 유지보수

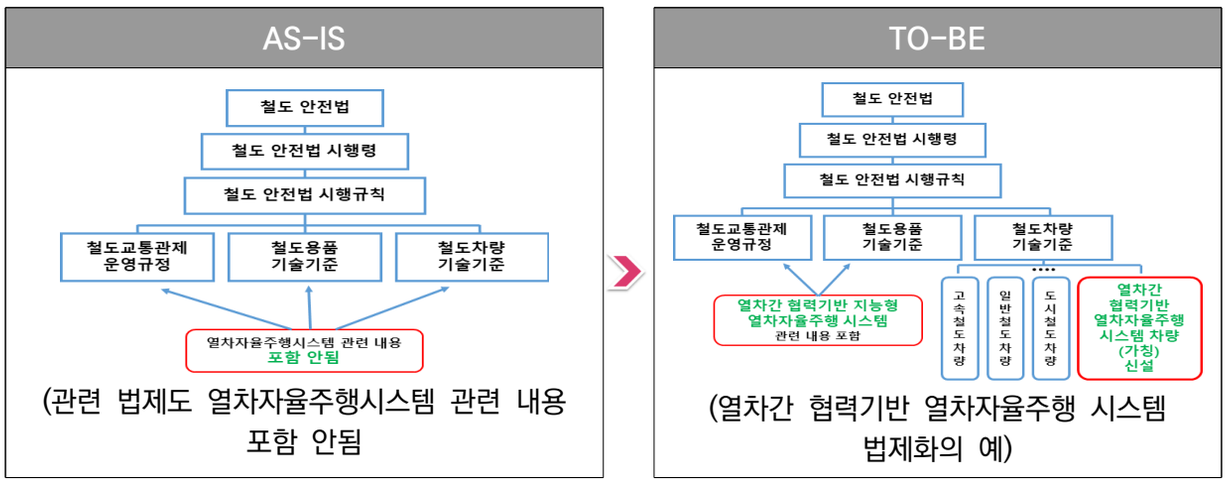


- **(제도정비 및 표준개발)** 열차 자율주행기술의 실용화에 필요한 관련 법률의 규제요건* 정비(안) 개발 및 시스템 검증을 위해 필요한 핵심기술의 표준**개발

기술

* 철도안전법의 형식승인 및 개조승인검사, 철도의 건설 및 철도시설의 유지관리에 관한 법률의 노선간 연계운행 기술기준 등

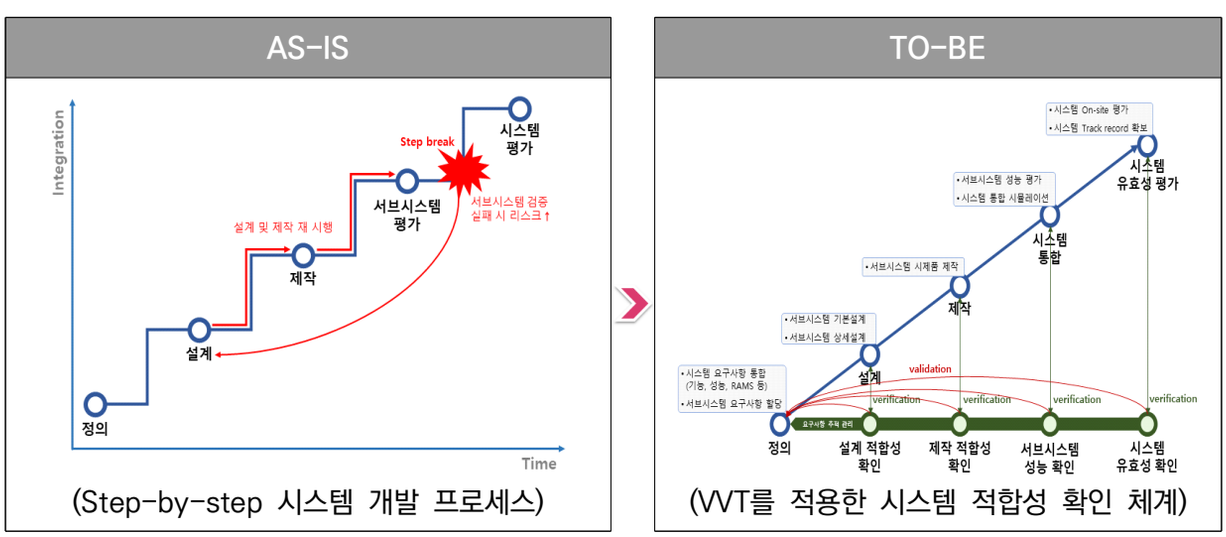
** 열차 자율주행을 위한 T2T/T2I 무선통신 방식 표준



- **(인증체계 개발)** 열차제어시스템 국내외 실용화 필수요건인 공인기관 적합성평가*를 위한 장비구축 및 핵심표준에 대한 평가스킴** 개발 기술

* 적합성평가(Conformity Assessment) : 시험, 검사, 인증에 대한 평가

** 표준요건에 대한 검증된 시험기 및 자격을 갖춘 인력의 평가결과가 균일함을 보장하기 위한 확인 및 검증(V&V)체계

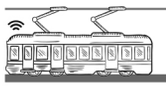


연구개발 목표

- **(SE기반의 사업총괄관리)** 효율적인 사업총괄관리체계 구축 및 운영
- **(RAMS_LCC)** 열차 자율주행시스템 국제 RAMS 규격 충족 및 SIL4 수준의 안전기술과 LCC 경쟁력 확보
- **(법제도개선 및 표준개발)** 열차자율주행 시스템 실용화를 위한 법령, 기준의 제·개정 및 무선통신 주파수 발굴 및 운용에 관한 표준 기술 확보
- **(검사인증체계 개발)** 실험실 및 On-site 기반 시험평가 기술지원을 통해 열차자율주행 시스템 검증 및 유효성 확인, 열차자율주행 시스템 개발 단계 기술문서화 지원을 통해 인증 획득 지원

연구개발 내용

- **SE기반의 사업총괄관리 및 트랙 레코드 확인**
  - 사업총괄관리계획 수립 및 적용
  - 사업총괄관리 도구(Tool) 구축 및 운영
  - 시스템 운영시나리오 개발
  - 트랙레코드 확인
  - 국내외 기술기준/표준에 부합한 개발요구사양 도출
- **열차자율주행시스템 RAMS/LCC 체계 기술 개발**
  - 시스템 RAMS 검증(인증) 체계 개발 및 적용
  - 시스템 Fail-safe 설계 기술 개발
  - 시스템 LCC (Life Cycle Cost) 평가 기술 개발
  - 자율주행 시스템 RAMS/LCC 종합 평가 도구(Tool) 개발
- **시스템 실용화를 위한 법제도 개선(안) 및 표준 개발**
  - 법제도 개선(안) 개발
  - 열차 자율주행 시스템 표준개발
- **열차자율주행 시스템 적합성 확인을 위한 체계 연구**
  - 열차자율주행 시스템 요구도 통합 지원



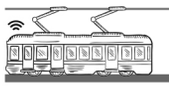
- 열차자율주행 시스템 적합성 검증 계획 수립
- 열차자율주행 시스템 요구도 적합성 확인
- 열차자율주행 시스템 인증 지원

연차별 주요 연구내용

● SE 기반 사업총괄관리 및 시스템 적합성 체계 연구

단계	연차	기술개발 목표	기술개발 내용
핵심 기술 개발	1차년도	사업총괄 관리계획 수립 및 시스템 개념설계	시스템 운영시나리오 개념설계
			시스템 컨셉 및 기능요구사양 도출
			사업총괄관리계획 수립 및 체계 구축
			사업총괄관리계획 수행지원 Tool 요구사항 조사/분석
			국내외 기술기준 및 표준규격 분석
			시스템 개발을 위한 WBS 구축
			전문가 협의체 운영방안 수립
	2차년도	사업총괄 관리체계 구축 및 시스템 기본설계	시스템 운영시나리오 기본설계
			국내외 기술기준 및 표준에 기반한 개발요구사양 설계
			사업총괄관리계획 수행지원 Tool 구축 및 사업관리
			시스템 요구도(기능, 성능, RAMS 등) 통합 지원
			시스템 요구도 기술검토 수행 지원
			전문가 협의체 구성 및 운영, 상용화 실적 기준 도출
	3차년도	사업총괄 관리 및 요구사항 추적관리체계 구축	하부시스템 개발요구사양 설계
			시스템 운영시나리오 상세 설계
			사업총괄관리 Tool을 활용한 사업관리
			시스템 개발 및 적합성검증 통합일정계획 수립
			시스템 적합성 확인 목록 및 적합성검증 계획서 개발
			전문가 협의체 운영, 상용화 실적 기준 계량화
	4차년도	사업총괄 관리 및 열차자율주행 시스템 적합성 검증 준비	시스템 인터페이스 설계
			사업총괄관리 Tool을 활용한 사업관리
			연구분야별 사업관리요구사항 평가
			서브시스템 기본설계 적합성 검증
			서브시스템 시험절차 개발 기술지원
			전문가 협의체 운영, 시스템 요구사항 도출

단계	연차	기술개발 목표	기술개발 내용
실용화 기술 개발	5차년도	사업총괄 관리 및 시스템 적합성검증	실용화 요구사항 및 사업총괄관리 요구사항 분석
			사업총괄관리 Tool을 활용한 사업관리
			서브시스템 상세설계 적합성 검증
			서브시스템 시험절차 통합
			서브시스템 제작 합치성 검증
			서브시스템 인증 계획 수립
			전문가 협의체 운영, 시험평가 요구사항 도출
	6차년도	사업총괄 관리 및 수행내용 평가계획 수립	사업총괄관리 Tool을 활용한 사업관리
			연구분야별 사업관리요구사항 평가
			Lab. 기반 시험평가 기술지원
			서브시스템 시험보고서 도출
			시스템 On-site 기반 시험 계획 수립 지원
			서브시스템 인증 추진 지원
			전문가 협의체 운영, 시험평가 참관 및 확인
	7차년도	사업총괄 관리 및 시스템 평가	사업총괄관리 Tool을 활용한 사업관리
			연구분야별 사업관리요구사항 평가
			시스템 On-site 기반 시험 계획 고도화 지원
			시스템 시운전 시험 기술지원
			서브시스템 인증 획득 지원
			전문가 협의체 운영, 시범운영 요구사항 도출
	8차년도	사업총괄 관리 및 시스템 유효성 확인	사업총괄관리 Tool을 활용한 사업관리
			연구분야별 사업관리요구사항 평가
			사업총관리체계 및 Tool 검증
			사업총괄관리 활용성을 높이기 위한 기술기준 작성
			시스템 운영시험을 통한 유효성 확인
			시스템 운영시험 보고서 도출
			전문가 협의체 운영, 트랙 레코드 최종확인

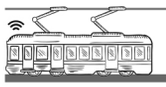


● RAMS_LCC

단계	연차	기술개발 목표	기술개발 내용
핵심기술개발	1차년도	예비 RAMS 분석	RAMS 정책 및 활동계획 수립
			Fail-safe 기술조사/분석
			LCC 정책 및 활동 계획 수립
			RAMS/LCC 종합 평가 프로세스 설계
	2차년도	RAMS 기본 설계	RAMS 목표 및 예비위험원 분석
			자율주행시스템 Fail-safe 개념 설계
			LCC 모델 개발
			RAMS/LCC 종합 평가 도구 아키텍쳐 설계
	3차년도	프로토타입 RAMS 분석	프로토타입 RAMS 분석
			SIL 1 수준 Fail-safe 설계
			프로토타입 LCC 최적화
			RAMS/LCC 종합 평가 도구 설계
	4차년도	프로토타입 RAMS 검증	프로토타입 RAMS 평가
			SIL 2 수준 Fail-safe 설계
			프로토타입 LCC 평가
			RAMS/LCC 종합 평가 도구 구현
실용화기술개발	5차년도	시제품 RAMS 분석	시제품 RAMS 분석
			SIL 3 수준 Fail-safe 설계
			LCC 분석 상세 모델 개발
			RAMS/LCC 종합 평가 도구 검증
	6차년도	시제품 RAMS 평가	시제품 RAMS 평가
			SIL 4 수준 Fail-safe 설계
			시제품 LCC 최적화
			RAMS/LCC 종합 평가 도구 적용 1
	7차년도	RAMS 타당성확인 및 SIL 인증	RAMS 타당성 확인 및 SIL 인증
			Fail-safe 검증, 평가
			시제품 LCC 평가
			RAMS/LCC 종합 평가 도구 적용 2
	8차년도	RAMS 필드 데이터 관리 체계 수립	FRACAS 운영
			Fail-safe 운영 검증
			LCC 검증
			RAMS/LCC 종합 평가 도구 타당성확인

● 법제도개선 및 표준개발

단계	연차	기술개발 목표	기술개발 내용
핵심 기술 개발	1차년도	열차자율주행시스템 고속/일반/도시 관련 법제도 조사 및 기술 분석(신호/통신 포함)	관련 기술기준/규정/규칙 제·개정 항목 조사
			공통사항 및 요구사항(안전, 성능, 인터페이스 등) 설정
			장치별 기술사양(설계 및 구조 등) 설정
		열차자율주행시스템 후보 주파수 대역의 국내외 주파수 분배 및 운용 현황 조사 및 분석	검토 후보 주파수 대역 선정
			국내외 후보 주파수 대역 분배 및 운용 현황 분석
		열차자율주행시스템 T2T/T2I 무선통신 방식 표준 개발	TTA, ITU-R, UIC, 3GPP 등과 연계한 T2T/T2I 무선통신 방식 표준 개발
		열차자율주행시스템 차상/지상/노변 사물인터넷(IoT) 장치 정보모델 표준 개발	TTA, UIC, 3GPP, oneM2M 등과 연계한 차상 사물인터넷(IoT) 장치 정보모델 표준 개발
			TTA, UIC, 3GPP, oneM2M 등과 연계한 지상/노변 사물인터넷(IoT) 장치 정보모델 표준 개발
	2차년도	열차자율주행시스템 적용 철도차량 기술기준(안) 개발(신호/통신 포함)	개발 기술기준 구성체계 정립
			열차자율주행시스템 고속/일반/도시 등 철도차량 기술기준 개발
		열차자율주행시스템 후보 주파수 대역별 간섭 분석	동일채널 간섭 및 인접채널 간섭 분석
			보호 대역을 이용한 주파수 공유 가능성 분석
		열차자율주행시스템 T2T/T2I 무선통신 방식 표준 개발	TTA, ITU-R, UIC, 3GPP 등과 연계한 T2T/T2I 무선통신 방식 표준 개발
		열차자율주행시스템 차상/지상/노변 사물인터넷(IoT) 장치 정보모델 표준 개발	TTA, UIC, 3GPP, oneM2M 등과 연계한 지상/노변 사물인터넷(IoT) 장치 정보모델 표준 개발
	3차년도	열차자율주행시스템 적용 철도차량 기술기준(안) 고도화(신호/통신 포함)	고속/일반/도시 철도차량 차종 별 고도화 항목 조사/분석
			열차자율주행시스템 고속/일반/도시 등 철도차량 기술기준 고도화
		열차자율주행시스템 후보 주파수 대역별 우선순위 평가	평가항목 및 배점 선정
			후보 주파수 대역 우선순위 선정
		열차자율주행시스템 T2T/T2I 무선통신 방식 표준 개발	TTA, ITU-R, UIC, 3GPP 등과 연계한 T2T/T2I 무선통신 방식 표준 개발
		열차자율주행시스템 차상/지상/노변 사물인터넷(IoT) 장치 정	TTA, UIC, 3GPP, oneM2M 등과 연계한 차상 사물인터넷(IoT) 장치 정보모델 표준 개발



단계	연차	기술개발 목표	기술개발 내용
		보모델 표준 개발	TTA, UIC, 3GPP, oneM2M 등과 연계한 지상/노변 사물인터넷(IoT) 장치 정보모델 표준 개발
	4차년도	열차자율주행시스템 적용 철도차량 시험규격(안) 개발(신호/통신 포함)	시험규격 정비항목 설정
			시험규격 체계 정립
			차종별 시험규격(안) 개발
		열차자율주행시스템 적용을 위해 선정된 주파수 대역의 운용방안 및 정책 개발	상/하향 주파수 배치 및 채널 배치 계획 수립
			간섭완화 기술 및 추가 필터 적용 필요성 분석
			주파수 공동 사용 방안 개발
			주파수 운용방안 및 정책 개발
			과기정통부에 주파수 소요 제기
		열차자율주행시스템 T2T/T2I 무선통신 방식 표준 개발	TTA, ITU-R, UIC, 3GPP 등과 연계한 T2T/T2I 무선통신 방식 표준 개발
		열차자율주행시스템 차상/지상/노변 사물인터넷(IoT) 장치 정보모델 표준 개발	TTA, UIC, 3GPP, oneM2M 등과 연계한 차상 사물인터넷(IoT) 장치 정보모델 표준 개발
			TTA, UIC, 3GPP, oneM2M 등과 연계한 지상/노변 사물인터넷(IoT) 장치 정보모델 표준 개발
	5차년도	열차자율주행시스템 적용을 위한 철도용품 기술기준 개정(안) 개발(신호/통신 포함)	철도용품 기술기준 대상 차량 선정
			열차자율주행시스템 적용 용품 검증절차 및 방법 설정
			대상시험 항목별 측정시스템 구축
		열차자율주행시스템 T2T/T2I 무선통신 방식 표준 개정	TTA, ITU-R, UIC, 3GPP 등과 연계한 T2T/T2I 무선통신 방식 표준 개정
		열차자율주행시스템 차상/지상/노변 사물인터넷(IoT) 장치 정보모델 표준 개정	TTA, UIC, 3GPP, oneM2M 등과 연계한 차상 사물인터넷(IoT) 장치 정보모델 표준 개정
			TTA, UIC, 3GPP, oneM2M 등과 연계한 지상/노변 사물인터넷(IoT) 장치 정보모델 표준 개정
	6차년도	열차자율주행시스템 적용을 위한 철도용품 기술기준 개정(안) 고도화(신호/통신 포함)	열차자율주행시스템 적용 용품 검증절차 및 방법 고도화
			대상시험 항목별 측정시스템 구축 고도화
		열차자율주행시스템 T2T/T2I 무선통신 방식 표준 개정	TTA, ITU-R, UIC, 3GPP 등과 연계한 T2T/T2I 무선통신 방식 표준 개정
		열차자율주행시스템 차상/지상/노변 사물인터넷(IoT) 장치 정보모델 표준 개정	TTA, UIC, 3GPP, oneM2M 등과 연계한 차상 사물인터넷(IoT) 장치 정보모델 표준 개정
			TTA, UIC, 3GPP, oneM2M 등과 연계한 지상/노변 사물인터넷(IoT) 장치 정보모델 표준 개정

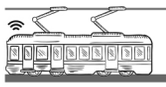
단계	연차	기술개발 목표	기술개발 내용
	7차년도	관련 기술기준/규정/규칙 제도 제·개정 지원(신호/통신 포함)	철도시설의 기술기준, 철도차량정비 기술기준 등 관련 기술기준 개정 지원
			철도교통관제 운영규정, 건설/운전 규칙 등 관련 규정/규칙 개정 지원
			열차자율주행시스템 고속/일반/도시 철도차량 기술기준(안) 개정
		열차자율주행시스템 T2T/T2I 무선통신 방식 표준 개정	TTA, ITU-R, UIC, 3GPP 등과 연계한 T2T/T2I 무선통신 방식 표준 개정
		열차자율주행시스템 차상/지상/노변 사물인터넷(IoT) 장치 정보모델 표준 개정	TTA, UIC, 3GPP, oneM2M 등과 연계한 차상 사물인터넷(IoT) 장치 정보모델 표준 개정
			TTA, UIC, 3GPP, oneM2M 등과 연계한 지상/노변 사물인터넷(IoT) 장치 정보모델 표준 개정
	8차년도	관련 기술기준/규정/규칙 제도 제·개정 지원 및 최종 고시지원(신호/통신 포함)	열차자율주행시스템 적용 철도차량 시험규격(안) 개정
			열차자율주행시스템 적용을 위한 철도용품 기술기준 개정(안) 수정
			기술기준(안)/시험규격(안) 최종안 고시지원
		열차자율주행시스템 T2T/T2I 무선통신 방식 표준 개정	TTA, ITU-R, UIC, 3GPP 등과 연계한 T2T/T2I 무선통신 방식 표준 개정
		열차자율주행시스템 차상/지상/노변 사물인터넷(IoT) 장치 정보모델 표준 개정	TTA, UIC, 3GPP, oneM2M 등과 연계한 차상 사물인터넷(IoT) 장치 정보모델 표준 개정
			TTA, UIC, 3GPP, oneM2M 등과 연계한 지상/노변 사물인터넷(IoT) 장치 정보모델 표준 개정

투자 규모

〈사업비 투입 계획〉

(단위 : 억 원)

구분	1단계(핵심기술개발)				2단계(실용화기술개발)				총계	비율(%)
	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029		
정 부	27	33	32	37	36	35	29	26	255	100
민 간	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
합 계	27	33	32	37	36	35	29	26	255	255



세부기술별 연구개발비

연구개발 기술	구분	1단계(핵심기술개발)				2단계(실용화기술개발)				총계
		2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	
사업총괄관리계획 수립	정부	1.2	0.4	0.4	0.5	1.3	0.5	0.5	1	5.8
	민간	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	소계	1.2	0.4	0.4	0.5	1.3	0.5	0.5	1	5.8
사업관리도구(LCC) 구축 및 운영	정부	2.8	3.3	1.6	1.5	2.7	1.5	1.5	2	16.9
	민간	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	소계	2.8	3.3	1.6	1.5	2.7	1.5	1.5	2	16.9
시스템 RAMS 검증(인증) 체계 개발 및 적용	정부	2	4	4	4	8	8	8	6	44
	민간	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	소계	2	4	4	4	8	8	8	6	44
시스템 Fail-safe 설계 기술 개발	정부	2	2	2	2	2	2	2	2	16
	민간	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	소계	2	2	2	2	2	2	2	2	16
시스템 LCC (Life Cycle Cost) 평가 기술 개발	정부	2	2	2	4	4	4	4	4	26
	민간	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	소계	2	2	2	4	4	4	4	4	26
지율주행 시스템 RAMS/LCC 종합 평가 도구 개발	정부	2	2	2	2	2	2	2	2	16
	민간	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	소계	2	2	2	2	2	2	2	2	16
열차자율주행 시스템 실용화를 위한 법령, 규정의 제·개정 및 고시 지원	정부	4.6	5	6	6	5	5	4	3	38.6
	민간	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	소계	4.6	5	6	6	5	5	4	3	38.6
열차자율주행을 위한 무선통신 주파수 발굴 및 운용에 관한 표준 기술 개발	정부	1.8	3	2	3	0	0	0	0	9.8
	민간	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	소계	1.8	3	2	3	0	0	0	0	9.8
열차자율주행을 위한 무선통신 방식 표준 기술 개발	정부	2.9	3	3	3	1	1	1	1	15.9
	민간	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	소계	2.9	3	3	3	1	1	1	1	15.9
열차자율주행을 위한 사물인터넷(IoT) 장치 정보모델 표준 기술 개발	정부	1.8	2	2	2	1	1	1	1	11.8
	민간	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	소계	1.8	2	2	2	1	1	1	1	11.8

연구개발 기술	구분	1단계(핵심기술개발)				2단계(실용화기술개발)				총계
		2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	
열차자율주행 시스템 요구도 통합 지원	정부	3.1	6.3	0	0	0	0	0	0	9.4
	민간	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	소계	3.1	6.3	0	0	0	0	0	0	9.4
열차자율주행 시스템 적합성 검증 계획 수립	정부	0.8	0	7	6	1	2	1	0	17.8
	민간	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	소계	0.8	0	7	6	1	2	1	0	17.8
열차자율주행 시스템 요구도 적합성 확인	정부	0	0	0	3	4	4	2	4	17
	민간	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	소계	0	0	0	3	4	4	2	4	17
열차자율주행 시스템 인증 지원	정부	0	0	0	0	4	4	2	0	10
	민간	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	소계	0	0	0	0	4	4	2	0	10
합계		27	33	32	37	36	35	29	26	255

■ 소요인력

〈 인력 투입 계획 〉

(단위 : 인·year)

구분	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	총계
책임급	3	5	5	5	7	7	5	5	42
선임급	7	10	13	13	15	15	15	10	98
원 급	7	10	13	13	15	15	15	10	98
합 계	17	25	31	31	37	37	35	25	238

2. [세부 4-2] 사스템 시험평가 기술개발

■ 기술의 정의

● 시험평가 기술의 정의

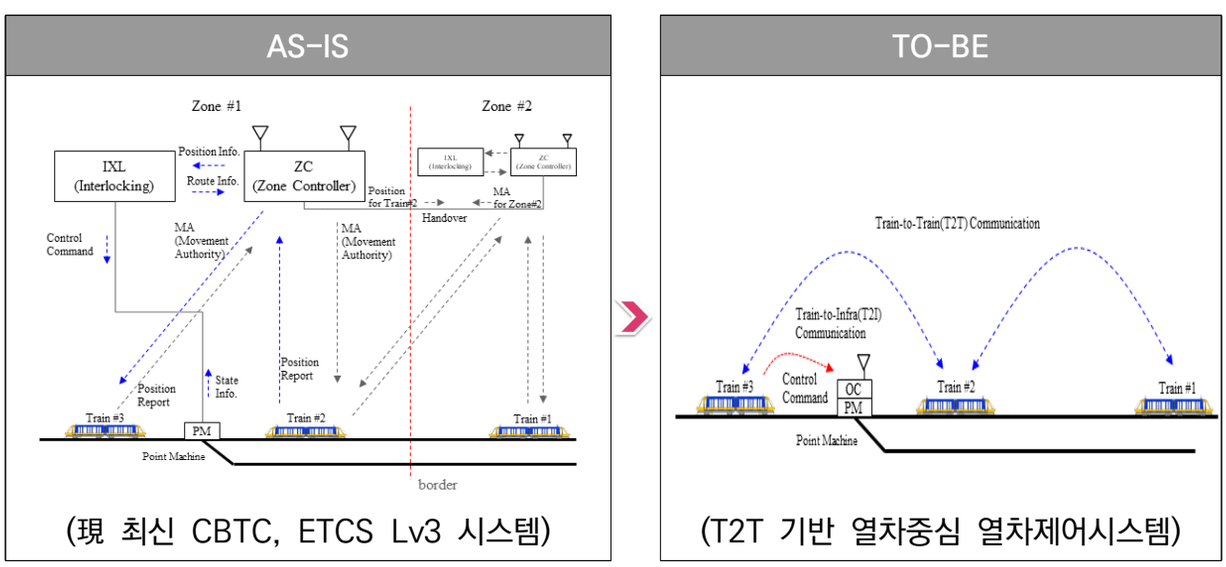
- 철도신호 패러다임의 근본적인 변화(지상중심→열차중심)를 통해 열차 제어성

능의 한계 극복을 위한 열차 간 통신기반의 자율주행시스템 기술은 종래의 기술과는 전혀 다른 새로운 개념의 열차제어시스템이다. 따라서, 이러한 기술의 단계적/심층적 검증 및 분석을 위해서는 시험평가 기준 및 절차 개발, 차상 및 지상의 주행 환경, 차-지상 인터페이스 환경 등을 모의할 수 있는 Lab 기반 통합시뮬레이터가 필수적으로 개발되어야 한다.

- 또한, Lab 테스트를 통해 검증된 자율주행시스템 시제품의 신뢰성 확보를 위해 실차제작, 현장 설치 및 테스트 베드 운영을 통한 현장검증이 수행되어야 한다.

- 따라서 본 과제에서는 Lab. 기반 시험평가를 위한 통합 시뮬레이터 개발, 테스트 베드를 구축할 시험노선 선정, 자율주행 시험 및 트랙 레코드 확보를 위한 테스트 베드 구축과 시험열차 개발의 업무를 수행하여야 한다.

● AS-IS / TO-BE



(現 최신 CBTC, ETCS Lv3 시스템)

(T2T 기반 열차중심 열차제어시스템)

다. 연구개발 범위 및 내용

■ 연구개발 목표

● **통합시뮬레이션을 통한 열차자율주행 기능과 성능 검증**

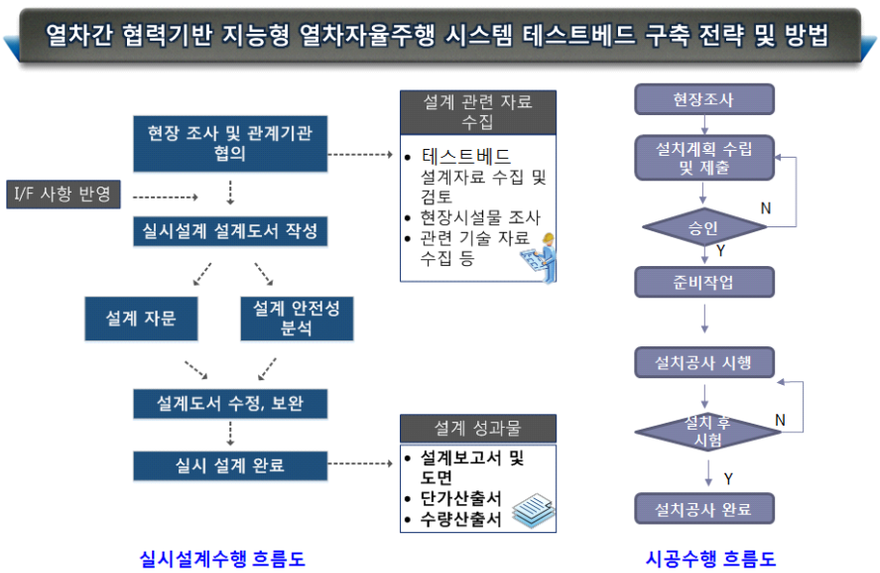
- 통합시뮬레이터 개발
- 통합시뮬레이터를 이용한 건전성 및 신뢰성 입증

- **시험선 시험평가를 통한 열차자율주행 기능과 성능 검증**
  - 시험 차량 개발 및 테스트베드 구축
  - 현장시험을 통한 열차자율주행 검증 및 공인기관 시험·인증
  - 열차자율주행 트랙 레코드 확보

추진전략

- 상기 연구과제에서 수행된 시험선 구축 및 시험 연구사업에서 검증된 열차제어 시스템은 지상의 제어설비를 기준으로 이동권한에 대한 설정을 주요 열차제어 기술에 적용하였으나, 본 자율주행 시스템은 차량간의 상호정보연계를 통한 열차주행제어기술로써 기본적인 열차제어의 주체가 다르며, 이에 따른 판단기준 및 설비의 구축도 다르다. 따라서 기존에 수행한 과제와는 서로 다른 관점에서의 연구가 수행되어야 한다.
- 따라서 자율주행 신호체계의 시험 및 평가를 위하여 별도의 시험선이 필요한 실정이다. 본 사업에 적합한 트랙레코드 기능의 도축과 인증과정은 성과목표로써의 중요한 의의를 가진다. 따라서 자율주행 신호체계는 지속적인 시험차량의 운행을 통하여 트렉레코드를 축척하고 연차별 연구내용에 트랙레코드 기준 도출관련 기술협의체의 구성 및 요구사항 도출, 공청회 등의 의견수렴과 합의과정 및 트랙 레코드의 인증활동을 수행하여야 한다.
- 현재 구축되어 있는 오송시험선의 경우 지속적인 운영이 어려우므로 한국형 무선통신기반 열차제어시스템 개발에 적용된 대불시험선에 시험설비를 구축하고 일반철도에 대한 시험을 지속적으로 수행하고 향후 고속철도의 경우 일반적인 연계시험 및 성능시험은 대불시험선에서 수행하고 고속운행시험을 위하여 일정기간동안 오송시험선에서 시험을 수행하므로 자율주행 신호체계에 대한 성능검증 및 각종 시험을 수행하도록 한다.
- 시험선의 구축은 별도의 시험을 위한 설비를 구축하고 차량은 시험용으로 제작하여 사용하며, 향후 시험선의 구축설비는 대외적인 전시용으로 사용하고 차량은 다른 연구과제에서도 사용할 수 있도록 한다.

● 시험선구축은 10km정도로 구성하여 성능 및 기능요구조건에 따라 시험계획을 수립하여 시행한다. 또한 공인기관 및 제3자 검증을 위한 시험계획을 수립하여 운영하도록 한다.



테스트베드 구축 전략 및 방법

연구개발 내용

- **통합시뮬레이션을 통한 기능과 성능 검증, 사업기획 성과목표 확인**
- **시험선 시험평가를 통한 기능과 성능 검증, 사업기획 성과목표 확인**
- **공인기관 시험성적서 획득 및 트랙레코드 확보**



투자 규모

- 총 465.6억 원/8년

  * 1단계에 시험차량 설계 및 시뮬레이터 제작비용을 투입하고, 6차년도(2단계)에 시험열차를 비롯한 시험선 구축과 시험평가를 완료할 수 있도록 예산 투입

〈사업비 투입 계획〉

(단위 : 억 원)

구분	1단계(핵심기술 개발)				2단계(실용화 기술 개발)				총계	비율(%)
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	7차년도	8차년도		
정 부	19	38	56	120	132	116.2	50	39.4	570.6	100
민 간	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
합 계	19	38	56	120	132	116.2	50	39.4	570.6	100

(단위 : 억 원)

주요 항목	금액(정부출연금)	비 고
통합시뮬레이터 설계 및 개발	20.6	계획, 설계, 개발, 검증, 평가, 운영
통합시뮬레이터 운용 및 유지보수	5	시스템 수정보완 및 운용 비용
자율주행 신호체계 시험선 설계	5	현장조사, 설계용역, 심사, 검증, 발주
자율주행 신호체계 시험선 구축 (시험선 및 영업선)	30	현장사무소, 관제실, 지상자(발리스/태그), 유무선 통신망, 전선로, 케이블, 시공, 시험, 감리 등
자율주행 신호체계 시험선 운영 및 시험	50	시험선 및 시험차량 운영인원(기관사 포함), 차량전력비, 시험선 사용료 등
시험차량 제작 및 개조비	390	일반 및 고속 330억(6량 신규) /도시철도 60억(4량 신규제작)
시험열차 설계	30	일반 및 고속/도시철도 2종류
해석 및 공인기관 시험비용 (오송종합시험선 이동 및 시험)	10	일반 및 고속/도시철도 2종류
종합계측 및 분석시스템 구축/운용	20	차·지상 시험인프라 계측시스템 구축
시험차량(일상/월상 검사) 및 지상설비 유지보수	10	일반 및 고속/도시철도 2종류, 선로변 설비
합계	570.6	

소요인력

〈 인력 투입 계획 〉

(단위 : 인·year)

구분	1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	8차	총계
책임급	5	7	9	14	14	7	5	5	66
선임급	6	7	12	19	19	10	10	10	93
원 급	6	6	11	18	18	16	15	10	100
합 계	17	20	32	51	51	33	30	25	259

철도 신호체계 혁신 기술개발사업



제8장

사업추진체계 및 관리방안

| 1절 | 사업추진체계

| 2절 | 사업 성과목표·지표 관리

| 3절 | 성과 활용방안

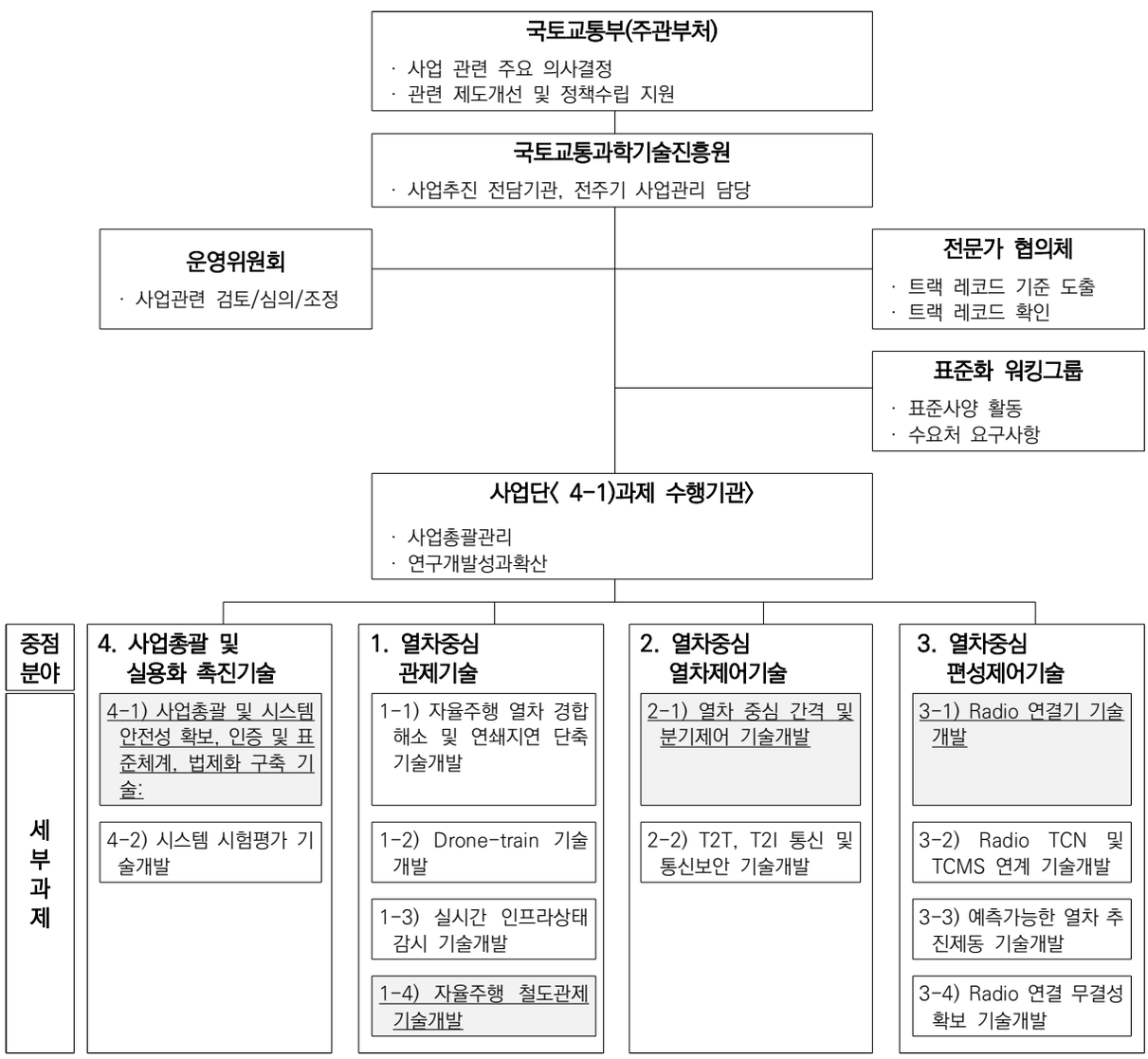


1절 사업추진체계

1. 추진체계

■ 사업 특성을 고려한 과제체계 구성

- 본 연구개발 과제는 과제의 규모, 철도신호체계 개발을 위한 중점추진 분야 간의 유기적인 인터페이스의 중요성, 성과 실용화 요건 등을 고려하여 하나의 사업단으로 구성하는 것이 바람직함.



[그림 8.1.1] 사업추진 체계

- 사업관리 주체는 주관부처(국토교통부), 전문기관(국토교통과학기술진흥원)과 사업진도 및 평가, 사업의 주요변경 등을 검토·심의·조정하는 운영위원회로 구성
- 사업의 특성을 고려한 전문위원회로 트랙 레코드 기준의 도출과 트렉 레코드 확인을 위한 전문가 협의체, 신호 및 통신시스템의 수요처 요구사항을 토대로 표준사양 활동을 위한 표준화 워킹그룹을 구성
- 사업 수행주체는 공모를 통한 관련분야와 가장 적합한 산·학·연 기관으로 선정
- 중점추진분야 2)의 2-1) 열차중심 간격 및 분기제어기술개발 과제의 경우 자율주행 철도신호체계의 핵심이며 안정적인 시스템 공급과 표준체계 확인을 위해 컨소시엄 형태로 여러 제작사가 참여하도록 구성

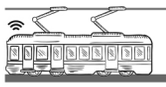
연구단 주관기관 선정

- 본 과제의 연구단 주관기관은 중점분야 4의 세부과제 주관으로서‘4-1) 사업총괄 및 시스템 안전성 확보, 인증 및 표준체계, 법제화 구축기술’과제수행과 더불어 전체 사업의 총괄역할을 수행하는 것이 바람직함

중점분야별 세부과제 주관 선정

- **중점분야 4) 세부과제 주관역할**

  - 본 관제의 연구단 주관기관
  - 담당 과제 : 4-1) 사업총괄 및 시스템 안전성 확보, 인증 및 표준체계, 법제화 구축기술
  - 수행 역할
    · 사업총괄관리, 세부과제별 목표 관리 및 검증
    · 자율주행 철도신호시스템 운영시나리오 개발
    · 자율주행 철도신호시스템 개발사양 및 표준사양 개발
    · 시스템 설계-제작-시험평가(통합시뮬레이션, 현장시험)-시범운영 인터페이스 및 기술지원
    · 자율주행 철도신호용 좌표계 및 DB 표준화
    · 사업총괄관리, 세부과제별 목표 관리 및 검증



· 시스템 인증 및 표준체계 구축, 법제도 구축지원
· 트렉 레코드 확보를 위한 기술적 지원

● **중점분야 1) 세부과제 주관역할**

- 담당 과제 : 1-4) 자율주행 철도관제 기술개발

- 수행 역할
  · 중점추진분야 1) 세부과제 목표관리 및 검증
  · 자율주행 철도관제시스템 개발 및 목표사양 관리
  · 자율주행 철도관제 운영시나리오 구체화
  · 자율주행 철도관제용 좌표계 개발 및 DB 공유
  · 중점분야 1) 세부과제 시스템 통합을 위한 인터페이스 조율

● **중점분야 2) 세부과제 주관역할**

- 담당 과제 : 2-1) 열차중심의 간격 및 분기제어 기술개발

- 수행 역할
  · 중점추진분야 2) 세부과제 목표관리 및 검증
  · 자율주행 열차제어시스템 개발 및 목표사양 관리
  · 자율주행 열차제어 운영시나리오 구체화
  · 자율주행 열차제어용 좌표계 개발 및 DB 공유
  · 중점분야 2) 세부과제 시스템 통합을 위한 인터페이스 조율

● **중점분야 3) 세부과제 주관역할**

- 담당 과제 : 3-1) Radio 연결기 기술개발

- 수행 역할
  · 중점추진분야 3) 세부과제 목표관리 및 검증
  · 열차중심 편성제어시스템 개발 및 목표사양 관리
  · 열차중심 편성제어 운영시나리오 구체화
  · 열차중심 편성제어용 좌표계 개발 및 DB 공유
  · 중점분야 3) 세부과제 시스템 통합을 위한 인터페이스 조율

2. 주체별 역할

[표 8.1.1] 추진 주체별 역할 및 기능

주체	역할 및 기능
주관부처 (국토교통부)	• 사업총괄 부처 (최상위 의사결정 기관) - 사업추진과 관련된 정책적 판단 및 의사결정 - 사업기본 시행계획 수립 - 사업투자 우선순위 결정 - 표준화 및 법제화 등 제도개선 및 정책수립 지원
전문기관 (국토교통과학기술진흥원)	• 사업단 기획·평가·운영위원회 구성·운영 - 사업단 진도 및 실적 점검 - 사업단 및 핵심과제 수행기관 선정·단계·최종평가 - 기술 확산 및 정책 활용성 검토 등
운영위원회	• 연구개발사업 검토·심의·조정 - 사업 세부 시행계획 수립에 관한 사항 - 지원 운선순위, 연구비 규모 등에 관한 사항 - 연구과제 평가단의 평가 결과에 관한 사항 - 연구개발 과제의 주요 내용 변경에 관한 사항
전문가 협의체	• 트랙 레코드 기준도출 및 확인 - 수요처 요구사항을 기반으로 실용화 요건 계량화 - 트랙 레코드 기준 도출 - 시스템 개발 및 시험평가 참관 및 트랙레코드 확인
표준화 워킹그룹	• 표준사양 및 운영시나리오 수립관련 자문·의견 수렴 - 시스템 상호호환을 위한 표준사양 공유, 표준사양 및 인터페이스 검토, 의견 제시 - 자율주행 철도신호체계 운영시나리오 수립을 위한 의견 제시
세부과제 수행기관	• 세부과제별 기술개발 수행기관 - 전문성을 가지는 산·학·연 컨소시엄을 구성하여 기술개발을 수행하고 해외 기술협력이 필요한 경우 해외 연구기관과 공동연구를 수행
연구단 주관기관	• 중점추진분야 1, 2, 3, 4 기술개발 총괄관리 - 자율주행 철도신호시스템 운영시나리오 개발 - 자율주행 철도신호시스템 개발사양 및 표준사양 개발 - 시스템 설계-제작-시험평가(통합시뮬레이션, 현장시험)-시범운영 인터페이스 및 기술지원 - 사업총괄관리, 세부과제별 목표 관리 및 검증 - 시스템 표준체계 및 법제도 구축지원, 트렉레코드 확보

2절 사업 성과목표·지표 관리

1. 사업관리 체계 및 프로세스

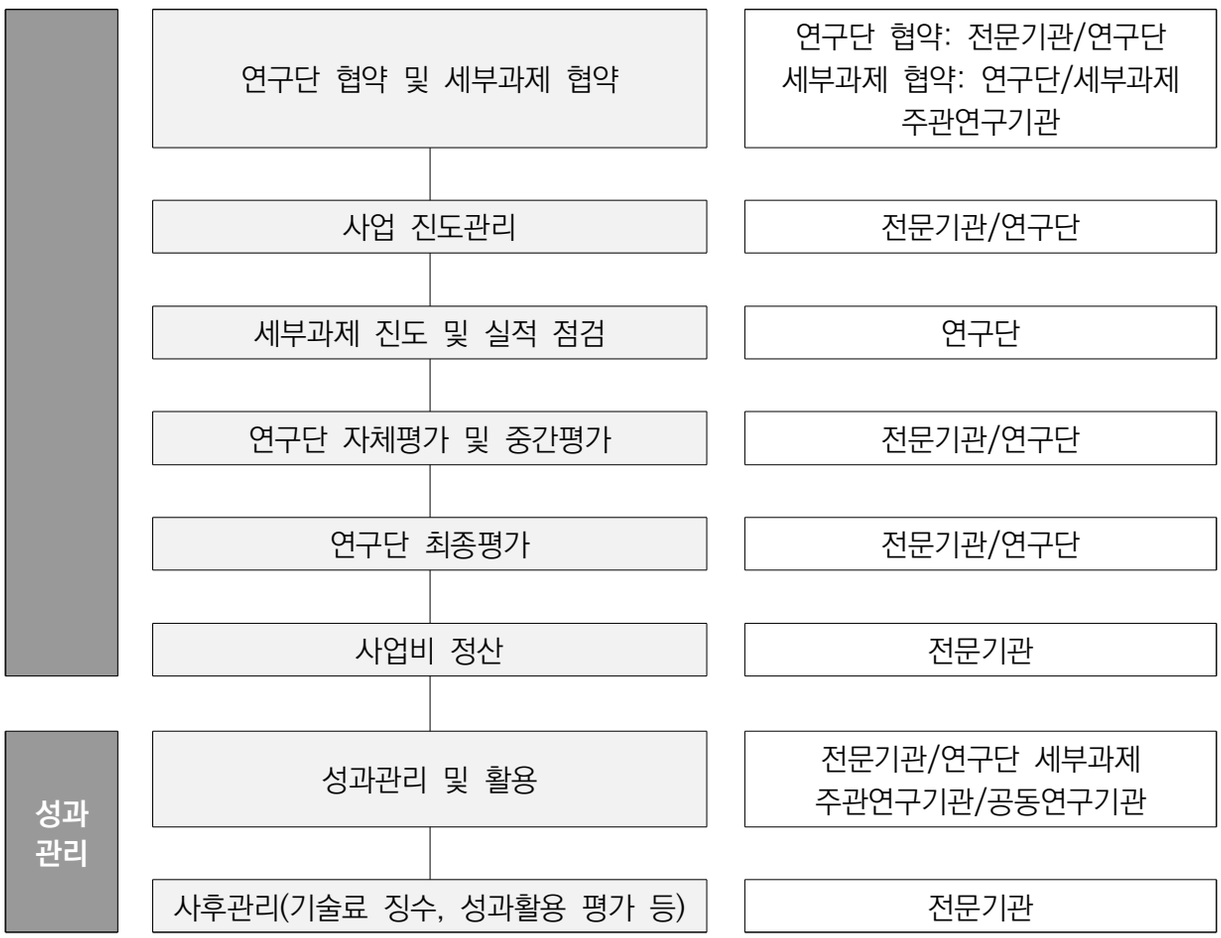
■ 연구개발사업 이후 신규/기존 노선에 적용과 해외 시장진출 등 성과 극대화를 위한 전주기적 프로세스에 기반한 성과관리 운영방안 도입

- 계획단계(사업/과제 기획) 사업목표의 명확성, 성과계획의 합리성, 사업목표와 내용의 적합성, 추진전략 및 추진방향의 적합성, 유사/중복성 검토를 통해 사업 추진의 적절성 확보
- 수행단계(연구개발 수행관리) 연구기관 선정 및 비용·인력 투입등의 자원 배분, 연구개발 수행, 단계별 연구개발 산출물의 체계적인 분석과 관리를 통해 사업 수행의 체계성 확보
- 성과단계(성과조사·분석·평가) 사업투입대비 산출물 분석, 산업에 대한 경제적·사회적·공공적 영향력 분석, 특허/시제품/사업화 건수 등 질적 성과 및 양적 성과분석을 통해 사업수행의 효율성, 효과성 강화

■ 연구개발사업 계획단계부터 공고, 선정 및 연구수행, 사후관리까지 세부 프로세스 및 수행주체별 명확한 역할 분담을 통한 R&D 전주기적 관리 프로세스 확립

[표 8.2.1] 연구추진 절차

계획 단계	사업단 과제 기획	전문기관/기획위원회
	핵심과제 공모·선정 및 협약	전문기관/연구단
수행 단계	세부과제 공모 및 선정	전문기관/연구단

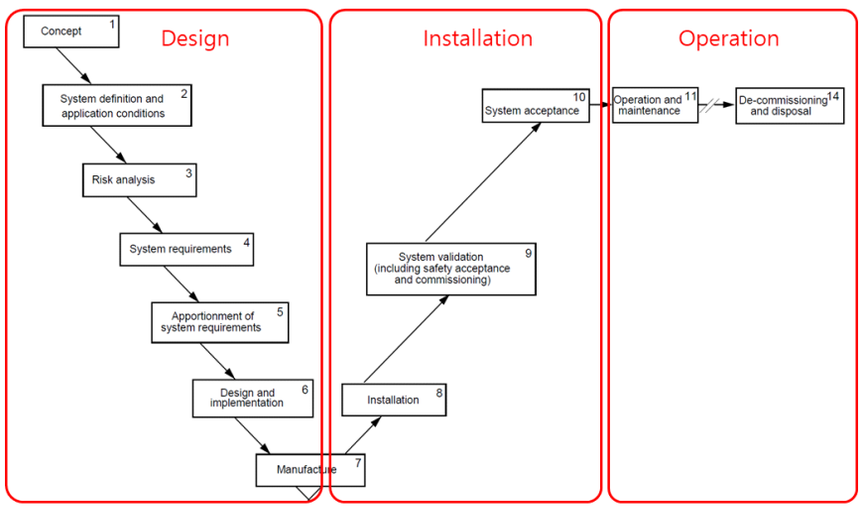


2. 사업관리 전략

■ **(안전성 확보)** 신규 철도신호시스템 안전성 확보를 위한 사업관리 전략

- **(시스템 안전성 확보)** 신규 자율주행 철도신호시스템 안전성 입증을 위해 국제표준(IEC 62278, IEC 62279)에 따른 RAMS 관리를 수행

  - 시스템 수명주기별 RAMS 적용을 통해 관련 산출물을 도출하고 독립안전평가(ISA: Independent Safety Assessment)를 통해 요구되는 안전성 레벨(SIL : Safety Integrity Level)을 확보하도록 관리



[그림 8.2.1] IEC 62278 수명주기 V 모델

- 신규 자율주행 철도신호시스템에 대한 Test-case 확보를 통해 객관적 안전성 확인이 가능하도록 사업관리

■ **(체계적 사업관리)** 신규 철도신호시스템 성공적인 연구개발 수행을 위한 사업관리 전략

● **(단계별 성과관리)** 1단계 핵심기술개발(4년)과 2단계 실용화기술개발(4년)과 같이 단계별 성과검증이 이루어지도록 사업관리

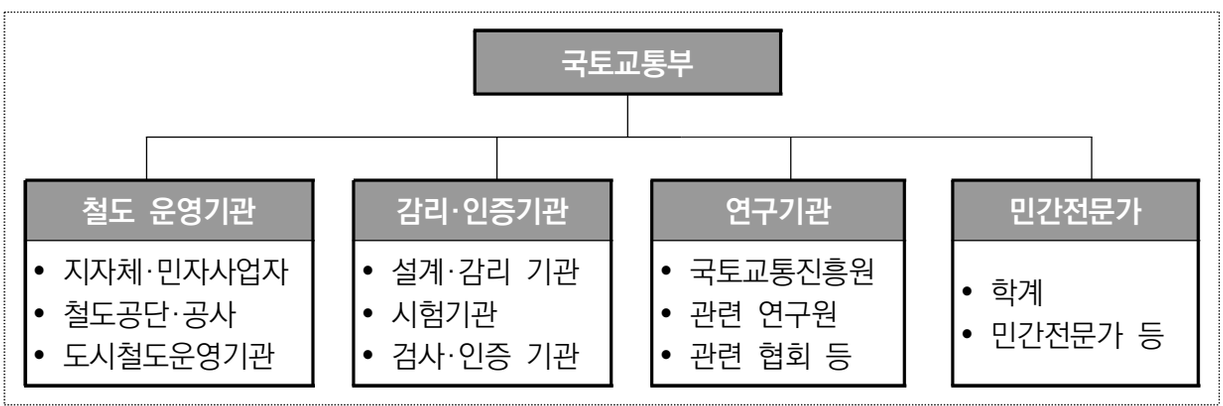
- **(1단계 핵심기술개발)** 각 중점추진분야 세부과제별 핵심알고리즘 개발과 하부장치에 대한 프로토타입 제작 및 시험을 목표로 진행

- **(2단계 실용화기술개발)** 프로타입 통합 및 통합시뮬레이션(5차년), 시제품 제작 및 테스트 베드 구축(6차년), 현장시험평가(7차년), 시범운영(8차년)의 단계별 일정계획에 준하여 연구개발이 수행되도록 관리

● **(통합시뮬레이션)** 전체 중점추진 분야별 세부과제를 통합한 통합시뮬레이션 환경을 구축하여 현장시험 사전에 하부장치간 인터페이스 및 목표 기능과 성능을 확인하며 현장시험과 병행하도록 관리

■ **(실용화 요건충족)** 연구개발 이후에 실용화 가능하도록 동 사업기간 내에서 실용화 요건을 충족하도록 사업관리

- **(표준화 워킹그룹 운영)** 철도신호 및 통신시스템 개발에 대한 수요처 요구사항에 대한 의견수렴과 표준사양에 대해 동 사업 참여기관 이외에 이해관계자간 합의를 위해 추진내용을 공유하고 의견수렴이 가능하도록 워킹그룹 구성 및 운영
- **(전문가 협의체 운영)** 철도사업자, 감리 및 인증기관 등이 참여하는 협의체를 구성하고 사업에 TF형태로 참여하여 트랙 레코드 확보를 위한 기능 및 성능요건, 신뢰성 기준 등 정의하고 사업 전 과정에서 영업실적 기준 충족 여부 확인



- **(표준화)** 자율주행 철도신호시스템에 대한 철도표준규격(KRS[143])) 제정과 통신시스템에 대한 표준규격(TTA[144]) 제정, 세계시장 진출을 위해 국제표준기구(3GPP[145])) 활동을 통한 등록 추진
- **(법제화)** 자율주행 철도신호시스템 적용을 위해 시스템 규격과 트랙레코드 기준 등을 철도교통관제 운영규정, 철도용품 기술기준, 철도시설기술기준, 철도차량 기술기준에 반영 추진

■ **(안정적 시스템 공급)** 신규 철도신호시스템의 안정적인 공급원 확보를 위한 사업관리 전략

- **(컨소시엄 구성)** 신호시스템 개발 분야의 연구사업의 경우 개발완료 이후 안정적인 시스템 공급과 표준체계 확인을 위해 컨소시엄 형태로 참여하도록 추진체계 구성

143) Korean Railway Standards
144) Telecommunication Technology Association
145) 3rd Generation Partnership Project

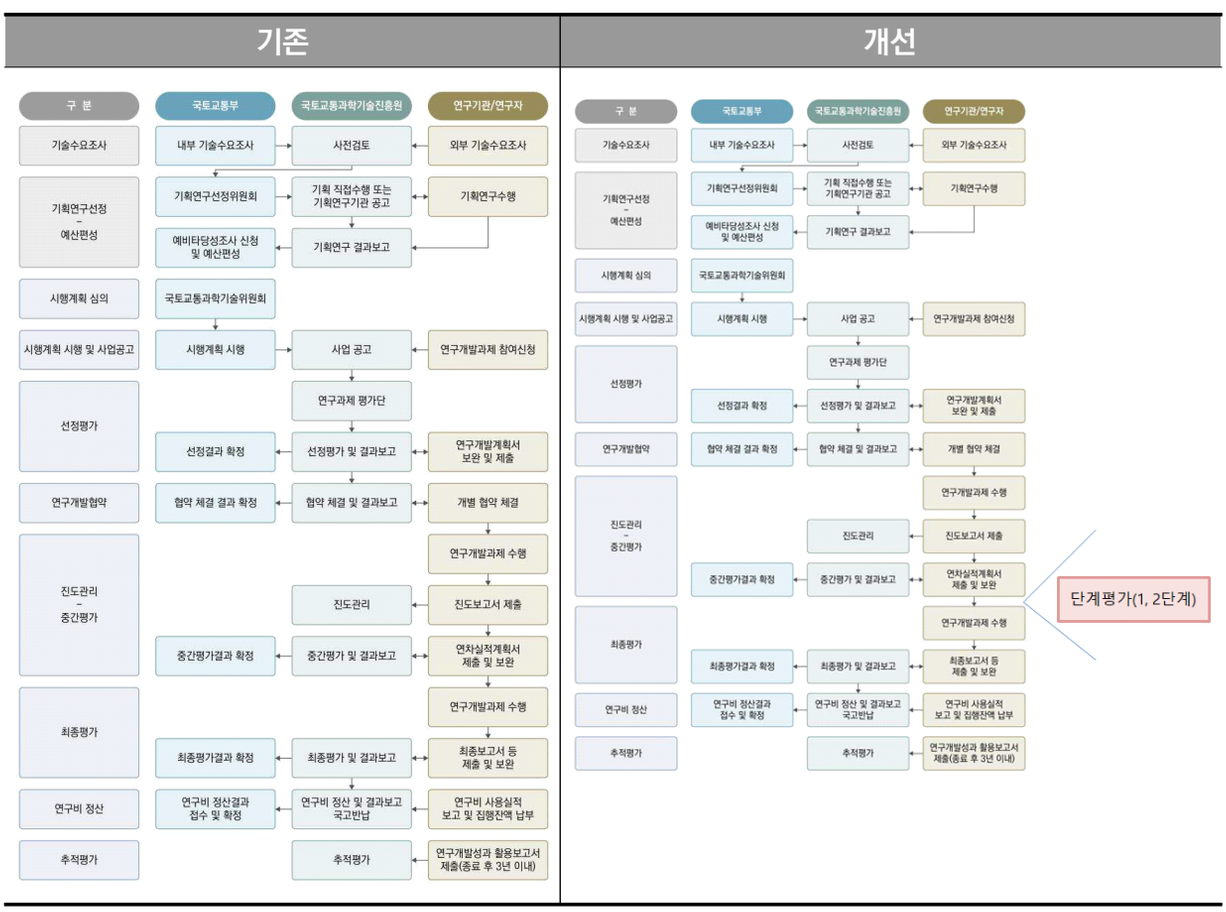
3. 평가·관리 절차 및 기준

■ 기존 「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」에 따른 평가·관리 절차 외에 본 사업 특성(1단계 : 핵심기술개발, 2단계 :실용화 기술개발)을 고려한 단계별 평가를 거쳐 연구 성과물의 실효성 제고 추진

※ 세부 평가방법 및 절차는 본사업 추진을 위한 사업단 구성단계에서 외부전문위원회의 심의를 거쳐 사업단 지침으로 규정

● 단계별 평가 방법 및 절차

- 단계 종료시 연차/최종 평가 결과를 반영한 연구결과에 대해 단계 평가 위원회를 통해 정량적인 평가를 수행하고, 평가기준 미달시 단계별 목표달성을 위한 조치계획 마련 및 보완



● 평가항목 및 기준

- (평가항목) 1단계는 세부과제의 단계별 성과목표 달성여부, 세부과제별 핵심기술의 기술수준 및 실용화 가능성을 평가하고, 2단계는 연구성과물의 현장 적용성, 사회·경제적 파급효과를 평가

[표 8.2.2] 세부평가 항목

구분	1단계	2단계

■ 성과 중심의 도전적 연구를 촉진하기 위한, 「국토교통 연구개발사업 관리 혁신방안」('20.5)에 따라, 현장 적용성 제고를 위한 공공기관 참여 촉진, 연구의 혁신성 강화를 위한 전문 PM 제도 적용

● 국내 철도산업은 철도사업자 주도적 산업구조로, 연구성과의 실용화를 위해서는 민간기업뿐만이 아니라 철도공사, 철도시설공단 등의 철도사업자(공공기관)의 참여가 반드시 필요

- 사업을 구성하는 4개의 중점분야중 트랙레코드 확보를 위한 중점분야에 국내 철도사업자를 포함하여, 철도사업자 인프라를 활용한 시험선을 통한 성능검증, 시험노선을 이용한 영업실적 확보 추진

● 중점분야별 전문 PM 그룹을 배정하여, 연구 성과물의 전문성을 제고시키고 중점분야의 세부기술별 연계성을 사전 확보

표지	주요내용
'성과 중심의 도전적 연구 촉진을 위한' **국토교통 연구개발사업 관리 혁신방안** 2020. 5. 국 토 교 통 부 국토교통과학기술진흥원	

■ 주요 평가절차 개요

● 선정평가

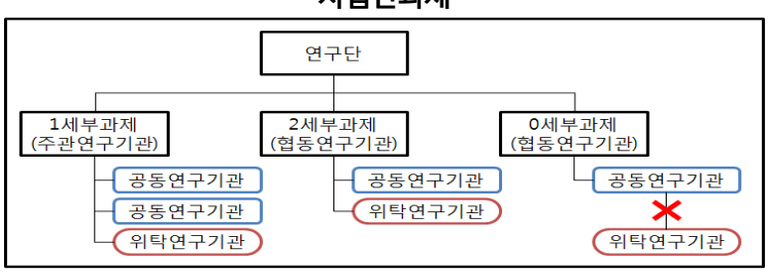
- 전문기관인 국토교통과학기술진흥원이 사업단과제 공고에서 최종선정 및 협약까지 전반적인 사업단 선정업무를 수행

- 사업단은 필요에 따라 주관(협동)연구기관, 공동연구기관, 위탁연구기관 및 참여기업으로 편성된 컨소시엄으로 신청 가능

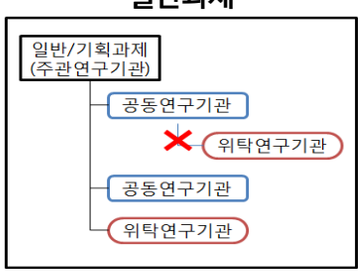
연구기관 용어 정의

- '협동연구기관'이란 연구개발과제가 2개 이상의 세부과제로 나누어질 경우, 협약으로 정하는 바에 따라 연구개발과제의 세부과제를 주관하여 수행함으로써 주관연구기관과 협동으로 연구개발과제를 수행하는 기관
- '공동연구기관'이란 협약으로 정하는 바에 따라 연구개발과제를 주관연구기관과 분담하거나 세부과제를 협동연구기관과 분담하여 공동으로 추진하는 기관
- '위탁연구기관'이란 협약에서 정하는 바에 따라 주관(협동)연구기관으로부터 연구개발과제의 일부 또는 세부과제의 일부를 위탁받아 수행하는 기관

사업단과제



일반과제



※ 공동연구기관은 위탁연구기관을 둘 수 없음
※ 신청기관 중 위탁연구기관 및 참여기업은 임의 편성이 가능하나, 과제관련성 여부에 따라 향후 협약에서 제척될 수 있음
※ 과제 추진의 효율성 및 연구비 집행의 투명성을 고려하여 참여기관 이외 타 기관 소속 연구원의 참여 배제

- (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 참고, 사업단주관연구과제와 세부과제의 평가 항목 및 배점을 〈표 6-4〉 및 〈〉와 같이 달리하여 평가

- (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 등 평가결과를 신청기관에 통보 후 연구과제 평가단 의견 등을 반영 및 보완하여 협약 추진

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↔사업단)	선정기관은 평가위원 의견을 반영 조치 협약체결

[그림 8.2.2] 선정평가 주요 절차

[표 8.2.4] 사업단주관연구과제 선정 평가기준 및 배점

구분	주요항목	세부평가항목(안)	배점
I. 서류평가 (100점)	연구목표 및 연구내용	• 기획결과 반영 적정성	20
		• 동향분석의 구체성 및 계획 반영 정도 등	
		• 연구목표 및 성과지표 설정의 적절성 및 도전성	
		• 기존과제와의 차별성 및 우수성	

구분	주요항목	세부평가항목(안)	배점
	추진전략	• 목표달성을 위한 연구내용 및 일정의 적절성 • 연구수행체계의 구체성 및 적정성 • 과제간 유기적 연계를 위한 자체평가 및 성과관리방안 • 참여인력의 구성 및 인프라 구축방안의 적정성 • 테스트베드 현장적용 계획의 구체성 및 적절성 • 국내 및 해외시장 진출 전략의 구체성 등	40
	사업단장 수행역량	• 사업단장의 전문성 및 자격 • 사업 및 연구 관리 경험 및 실적 • 사업단 과제관리 및 운영 능력 등 • 운영기관 협력 네트워크 구성 및 활용역량	20
	사업단 총괄기관 역량	• 총괄기관의 관련분야 경험 및 실적 • 인력, 시설 및 지원시스템 등 사업단 지원 역량 • 기관의 유사과제 수행 실적 등	20

II. 발표평가 (100점)	사업단장 역량	• 과제 관련분야에 대한 전문성 보유여부 • 관련분야 수행 경력 및 실적 • 사업단과제 추진에 대한 종합적인 이해도 • 사업화를 위한 기술개발 · 사업 경험 등	20
	사업단 운영 및 관리방안	• 사업단 세부과제구성 및 세부내용 구성방안의 적정성 • 사업단 성과평가 및 관리방안의 합리성 • 과제간 연계 및 시너지 창출방안의 적절성 • 산학연 컨소시엄 구성방안의 적절성 • 지원기구와 사업단 주관연구과제, 세부과제 역할분담 명확성 • 성과와 연계한 연구비조정 및 관리방안 제시 여부	40
	성과활용 방안	• 테스트베드 선정, 추진 및 활용계획의 적절성 및 실현가능성 • 연구성과의 소유, 확산 및 이전 추진전략의 구체성 및 적절성 등	20
	총괄기관 역량	• 입력, 장비 등 사업단 지원을 위한 인프라 확보여부 • 사업단 지원을 위한 지원방안의 적절성 • 국제협력 네트워크 보유 여부 • 연구성과의 실용화/사업화 의지와 능력	20

[표 8.2.5] 세부과제 선정 평가기준 및 배점

평가항목	평가내용	배점
기술개발 추진계획	• 기술개발 계획 목표 및 범위의 명확성 • 기술개발 추진체계 및 참여인력구성의 적정성 • 기술개발을 위한 사업비 책정의 타당성 및 구체성	15
도전성과 창의성	• 기존 기술대비 도전성, 창의성, 차별성 • 창의적 기술로 신규 시장 창출 및 개척 가능성	10
주관연구책임자의 수행능력	• 주관연구책임자의 전문성 및 자격 • 연구경험 · 실적/연구관리 및 운영 능력	30
주관기관 기술개발 역량	• 주관기관의 유사과제 수행실적 • 인력, 시설 및 지원시스템 등 지원 역량	10
기술의 우수성	• 기술개발의 완성도, 혁신성, 차별성 • 기술개발 조기 성공 가능성 • 기술의 수명주기상의 위치 • 기술의 권리 확보 및 모방 용이성	25
기술의 사업성	• 세부기술 실용화 가능성 • 생기반의 확보 및 생산성	10

● 진도점검

- 『국토교통부소관 연구개발사업 운영규정』 제33조(진도관리)의 규정에 의거, 사업단장을 통해 사업수행과정을 정기적으로 모니터링하여 사업의 실패 확률을 감소시키도록 지속 관리

- 통합진도관리계획 및 성과관리계획 등 마일스톤에 입각하여 사업단장이 분기별로 목표 달성여부를 확인 및 평가하고 사업의 성과 및 진척도를 판단

통합진도관리 계획 수립	⇨	분기별 진도관리	⇨	통합진도관리 보고서 작성/제출	⇨	현장점검 및 검토회의
사업단		사업단		사업단		전문기관

[그림 8.2.3] 진도 점검 절차

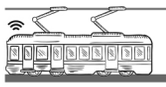
● 중간평가

- 전문기관은 사업수행과정을 정기적으로 모니터링하여 사업의 실패 확률을 줄일 수 있도록 함

- 중간(연차평가)평가는 연구목표 달성도와 차년도 연구계획 적절성을 중심으로 평가
- 연구수행기관은 연차실적·계획서를 해당연도 연구개발 종료 1개월 전까지 전문기관에 제출토록 하고, 전문기관은 이를 평가하여 차년도 연구지원 여부 및 지원연구비를 확정
- 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
중간평가 계획수립 (전문기관)	중간평가 절차 및 일정 계획수립 및 안내
⇩	
중간평가 자료 제출	중간실적계획서, 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
⇩	
중간평가 실시 (전문기관)	해당 연도 실적평가 및 다음 연차 계획 검토 * 대면(발표)평가, 현장평가 등 적합한 평가방법 선택
⇩	
중간평가 결과 보고 및 통보 (전문기관)	중간평가결과 국토부 보고 중간평가결과 주관기관 통보 및 협약체결 안내
⇩	
협약체결 (전문기관 ↔ 주관연구기관)	중간평가결과를 반영하여 차년도 협약체결

[그림 8.2.4] 중간평가 주요 절차



- (사전검토) 주관연구기관이 제출한 연차실적·계획서, 성과점검 기준표 등을 전담기관 담당자가 사전검토하고, 검토 내역을 평가단에 제공 가능

- (평가방법) 세부과제 단위로 평가하고 대면(발표)평가, 현장평가 중에서 하나 이상의 방법을 선택하여 실시

- (평가항목 및 배점) 중간평가 계획 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) 당해연차의 핵심성과 중심의 질적 달성수준을 중심으로 점수평가 실시

- (계획) 최종목표 달성을 위해 수립된 다음 연차 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

- (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 연차실적·계획서 등을 수정·보완 요청

- (계획 일부보완) 평가단 의견에 따른 연차실적·계획서 수정·보완 여부에 대하여 전문기관 담당자 확인을 거쳐 협약 추진

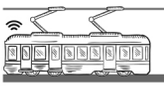
- (계획 전면수정) 평가단 의견에 따라 전면 수정된 연차(단계)실적·계획서에 대하여 평가단 확인(검토회의 또는 서면검토 등)을 거쳐 협약 추진

● 최종평가

- 최종평가는 당초 계획대비 최종 연구목표 달성도와 연구결과의 우수성, 사업화 가능성을 중심으로 평가
- (사전검토) 종합평가점수 산정시 연구과제 평가단 평가점수(90%) 및 진도관리 평가결과(10%)를 기준으로 종합평가점수를 정하되, 진도관리평가 생략시 평가단 결과만으로 종합평가점수를 정함
- (평가방법) 과제단위로 실시하되, 필요한 경우 세부과제 단위로 평가하고 대면(발표)평가, 현장평가 중에서 하나 이상의 방법을 선택하여 실시

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 주관기관 통보 및 보완요청, 최종평가결과 국토부 보고
⇩	
최종보고서 발간·배포(주관연구기관)	최종보고서 보완본 필수배포처 배포

[그림 8.2.5] 최종평가 주요 절차



- (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

- (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

[표 8.2.6] 실패과제 점검 평가기준

평가 항목	세부지표
목표 미달성 사유	– 연구목표의 도전성 • 당초 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
연구 수행 방법 및 과정의 적절성	– 수행방법의 평가 • 연구 성격 상 반복수행이 가능한 연구는 연구목표 도출 실패 후 1회 이상 재시도 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 경제

성, 능률성, 효과성의 관점에서 관리하는 일련의 활동"이라고 정의(제2조 6항)

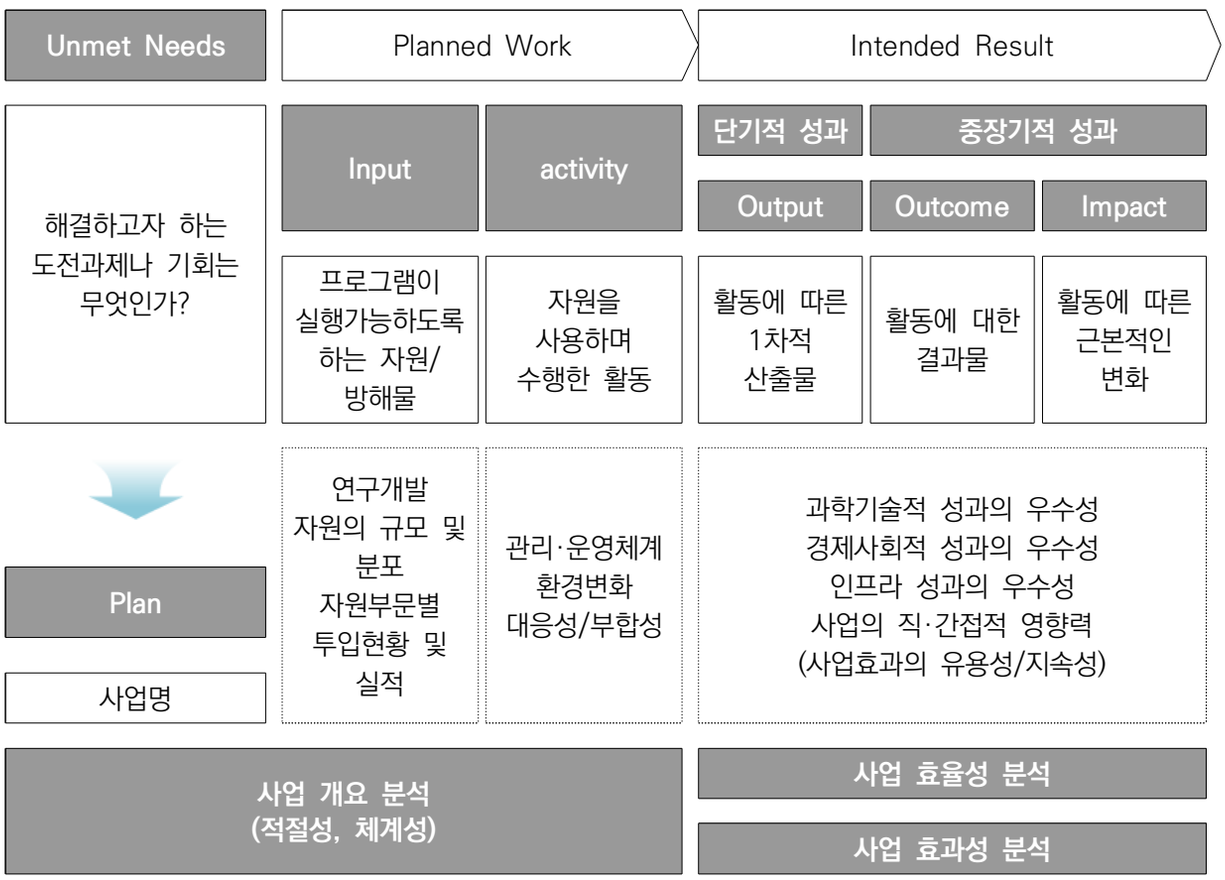
- 국가연구개발사업의 성과관리 기본구조에 따라 본 사업의 성과관리도 계획 → 집행 → 점검 → 평가의 환류 구조로 설계
- 본 사업의 성과관리 계획은 정부 업무평가기본법의 내용을 준수하여 도출
- 국토교통부(주관부처)는 전문기관(국토교통과학기술진흥원)과 함께 매년 자체적으로 성과계획을 수립하고, 매년 당해 연도 협약종료 1개월 전에 중간(연차)보고서, 주관기관 자체평가 의견서, 세부과제별 연구개발결과 활용계획서(최종연차시)를 제출 받음
- 자체성과평가를 도입해 산업화 목표달성을 위한 사업기획 마인드를 제고하여 사업운영 및 사업화 목표의 효율적·효과적 달성을 도모
- 세부과제별로 연구성과 활용유형 및 성과지표를 설정하여 체계적으로 관리
- 세부과제 수행기관은 연구개발성과 활용보고서를 연구종료 후 다음 연도부터 최장 5년간 매년 전문기관에 제출

[표 8.2.7] 성과관리 관련 법규정

구분	관련 법	내용
성과계획서	국가재정법 제34조, 제71조	예산안의 첨부서류를 성과계획서로 규정
성과보고서	국가회계법 제14조 내지 15조	결산보고서의 구성요소로 성과보고서 규정
재정사업자율평가	국가재정법 시행령 제 3조 전단	재정사업 자율평가 실시
재정사업심층평가	국가재정법 시행령 제3조 후단 및 각호	심층평가 실시

● 성과분석

- 논문·특허 등 1차 정량적 성과중심의 조사·분석에서 벗어나 투입부터 추진과정, 산출 및 성과에 이르기까지 전주기적인 성과분석 강화



[그림 8.2.6] 성과분석 수행

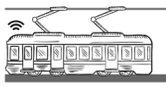
3절 성과 활용방안

연구성화 활용주체

- 동 사업 기술개발의 수혜자는 철도신호 및 통신 관련 기업(제작사), 국내 철도사업자(운영기관), 국가 철도망 소유자인 정부, 철도교통 이용객(국민), 기술역량 공유를 통해 활용이 가능한 대학 및 연구소로 구분 가능
  - **(관련기업)** 동 사업에서 핵심장치와 기술개발은 관련기업의 참여로 추진되며 참여기업은 기술개발 선점을 통해 기술경쟁력 확보와 시장진출에 활용
  - **(운영기관)** 자율주행 철도신호시스템 적용을 통해 그간 국외 신호시스템 종속을 탈피하여 운영주권을 회복함과 동시에 설비 단순화, 수송력 증대, 유연성 증가 등의 장점을 가지는 신호시스템으로 활용
  - **(정부)** 국가 기간망인 철도의 운영주권을 확보함과 동시에 국가 기간망의 효율적인 상호연계가 가능한 기술 및 표준 신호통신 시스템으로 활용
  - **(이용객)** 유연한 철도운영, 수송력 증대를 통한 대기시간 절감과 혼잡도 완화 등의 장점을 가지는 신호시스템으로 이용
  - **(대학 및 연구소)** 차세대 철도신호시스템의 고정밀 위치 및 속도 추정기술, 방호 프로파일 설계 기술, 고정밀 간격제어 기술 등의 핵심요소기술을 토대로 타 교통시스템의 연구개발에 활용

연구성과 활용체계

- 동 사업은 정부의 연구성과 관리·활용 기본계획의 정책 기조에 따라 연구성과 활용체계를 운영
  - 연구성과의 기술성과 시장성·사업성 간의 간극을 간소화하고, 성과 활용 중심의 연구개발 혁신과 유기적 협력체계 구축을 통해 산업 경쟁력 강화 및 일자리 창출 등 경제 활성화 견인



● 성과계획-성과관리-성과평가-활용지원-성과활용 등 기획부터 연구성과 활용까지 연구 전주기적으로 연구성화 활용체계를 구축·운영

- (성과계획) 사업기획시부터 기술개발 과제의 최종성과물을 제시하고, 연구책임자는 구체적인 성과지표·목표, 성과도출 마일스톤, 성과활용방안 등을 연구개발계획서에 제시하여 연구수행 및 성과를 도출

* **(시범사업 계획수립)** 사업단은 주관부처 및 전문기관을 비롯한 관계기관과 협의하여 시범사업 계획을 수립하여 조기실용화를 위해 연구개발 이후에 즉시 재정사업으로 시범사업이 착수할 수 있도록 관련 계획수립

- (성과관리) 전문기관 및 사업단은 사업기획시 제시한 사업관리 방안에 따라 세부과제별 연구성과 도출 및 진척도 등을 모니터링하고 진도점검을 실시

- (성과평가) 전문기관(국토교통과학기술진흥원)은 사업단과 협의하여 연차평가(단계평가 - 1단계 핵심기술, 2단계 실용화 확산기술)를 통해 성과목표 달성 등 연구목표 달성도와 차년도(다음단계) 연구계획을 평가하고, 연구 종료시에는 최종 성과목표 달성 여부를 평가

- (성과활용 지원) 전문기관은 연구성과의 활용촉진 및 확산을 위해 인프라 지원(기술가치평가, 금융연계지원), 기술사업화 및 기술이전 컨설팅, 시장 진출 지원(기술설명회, 공공구매협의체 등) 등 성과활용 지원체계를 운영

* **(시범사업 추진지원)** 사업단과 구체적인 시범사업 구축계획을 수립하고 연구개발 종료후 즉시 재정사업으로 시범사업 추진이 가능하도록 대상노선 선정 및 관계기관 협의 등 관련된 활동을 수행

- (성과활용) 철도신호 관련 기업, 연구소, 운영기관, 대학 등 연구에 참여한 기관들은 연구성과를 활용하여 현장적용, 기술사업화 달성, 정책·제도 반영, 지식재산권 확보 등 실시

* **(시범사업 추진)** 연구개발 조기실용화를 위한 시범사업 추진

● 주관부처인 국토교통부와 전문기관인 국토교통과학기술진흥원은 매년 연구성과 조사·분석·평가를 통해 연구성과 활용체계 운영을 점검하고 성과관리 및 평가 개선, 활용지원 체계 확대 등 연구성과 활용체계를 개선하여 성과 활용촉진

성과목표설정	기획	연구수행	성과평가
성과 계획	- (전문기관) 사업기획시 연구과제별 최종성과목표 제시 - (사업단) 연구개발 종료 후 시범사업 계획수립	- (사업단) 성과지표/목표, 성과물, 활용방안 등을 연구개발계획서에 제시, 시범사업 추진방안 제시	- (사업단) 중간(단계)평가 결과를 반영하여 성과계획 수정
성과 관리	- (전문기관) 사업기획시 성과관리 방안 제시	- (연구책임자) 마일스톤 등에 따라 성과도출 및 연구개발 관리 - (전문기관)사업성과 모니터링 및 진도점검	- (전문기관) 중간(단계) 최종평가를 통해 성과달성 여부 판단

성과활용지원	인프라 지원	사업화 지원	시장진출 지원
지원내용	- 기술가치 평가 지원 - 기술금융 연계 지원 - 산업분석 및 시장정보 제공	- 시범사업 지원 - 신호시스템 기존노선개량 및 신규노선 도입에 필요한 기술컨설팅 지원 - 기술수요기업 매칭/기술이전 컨설팅 지원	- 국내외 시장진출을 위한 사업화 컨설팅 지원 - 기술성과 홍보자료 및 전시회, 홍보회 개최 - 국제철도박람회 등 해외 기술전시회 참가지원

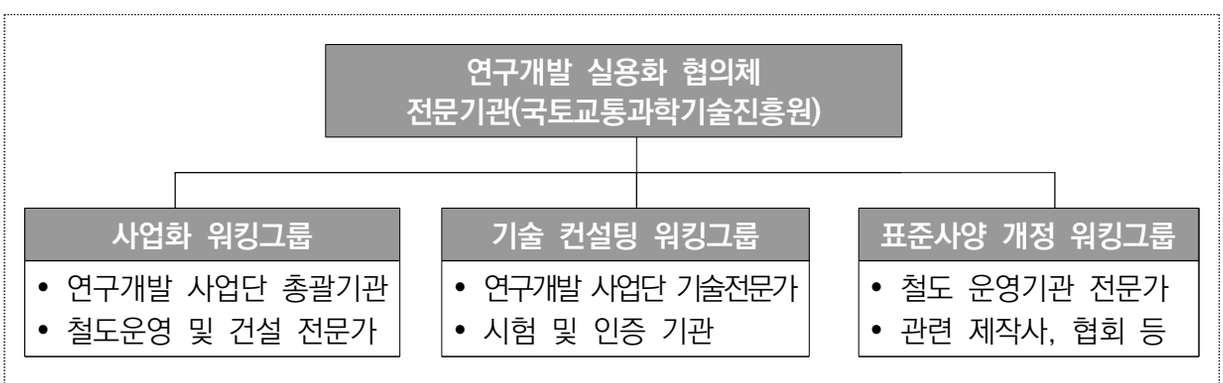
성과활용	현장적용 및 사업화	정책·제도 활용	권리확보
수요처	철도사업자, 기업, 대학, 연구기관	주관부처 (국토교통부)	연구기관, 기업, 대학
활용 내용	- 시범사업 추진 - 신규 또는 기존노선 신호시스템 개량(턴키사업 포함)에 활용 - 국외 철도노선 개량 또는 신규사업(턴키사업 포함)에 활용	- 연구성과 확산을 위한 법·제도(기술기준 등) 마련 - 차세대 철도신호시스템의 적극적인 도입장려	- 국내외 특허, S/W - 신기술인증 - 국내외 논문 - Test-case, 인증체계

[그림 8.3.1] 연구성과 활용체계

연구성과 확산방안

- **(시범사업 운영추진)** 조기실용화 달성을 위해 연구개발사업 종료 후 영업선 시범사업 운영을 통해 현장운용 노하우를 확보('30~'33)
  - 연구개발 종료 후 재정사업을 통해 즉시 시범사업이 진행할 수 있도록 동 사업 개발기간 내에서 시범사업에 대한 상세계획 수립('26~)
  - 시범사업을 통해 다양한 선로조건과 열차운행 상황에서 신규 철도신호시스템에 대한 안전성과 성능을 검증하고 운영상의 미비점을 발굴하여 보완

- **(연구개발 실용화 협의체 구성)** 전문기관은 노선선정·성능검증·효과분석 등을 위해 연구개발 실용화 협의체(철도사업자, 전문기관 기업, 시험 및 인증기관 등 참여)를 구성('30)하여 체계적으로 연구성과 확산관리
  - 시범노선은 선로연장, 운행속도, 운행밀도 등을 고려하여 선정



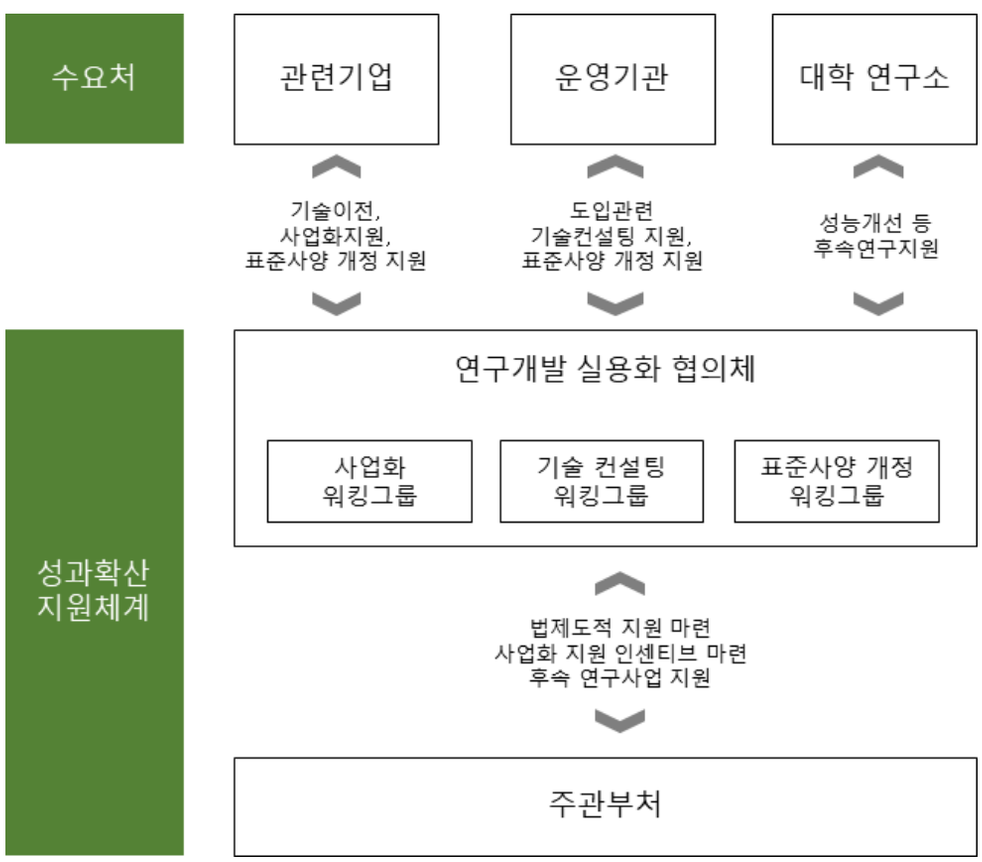
- **(확대설치 계획수립)** 시범사업 검증결과를 토대로 신설 및 개량시기가 도래하는 노선에 새로 개발한 신호시스템을 단계적으로 확대설치 추진('33~)
  - 시범사업 결과를 바탕으로 중장기 구축계획을 수립
  - 신설 또는 개량시기가 도래한 노선부터 적용하되, 노선 중요도(운행횟수) 및 노후도, 상태평가 결과 등을 반영하여 사업시행계획 수립

- **(사업화 기술컨설팅 상시지원)** 국내외 시장진출에 필요한 기술컨설팅 및 기술이전 등 상시지원을 위한 체계 구축

- 자율주행 철도신호시스템 전문가를 중심으로 구성된 연구개발 실용화 협의체에서 시스템 도입을 희망하는 철도사업자, 시스템을 구축하는 건설사 및 제작기업 등 기술수요처를 대상으로 기술컨설팅 워킹그룹을 구성하여 상시지원

● **(표준체계 상시정비)** 연구성과 확산과 시스템 경쟁력 향상을 위해 자율주행 철도신호시스템 표준체계의 상시정비를 위한 체계 구축

- 연구개발 실용화 협의체 내에 기술의 발전에 따른 사양 조정과 사용자 요구사항 추가에 따른 표준사양의 상시 개정을 위한 세부 워킹그룹 마련



[그림 8.3.2] 연구성과 확산 지원체계

제9장

소요예산 및 인력

| 1절 | 소요예산
| 2절 | 소요인력



1절 소요예산 및 조달방안

1. 소요예산

■ 중점 분야별, 세부 과제별 사업비 규모

[표 9.1.1] 중점추진 분야 세부과제별 사업비

중점분야	과제명		예산(억원)		
			정부	민자	합계
1. 열차중심 관제	1-1	자율주행 열차 경합해소 및 연쇄지연 단축 기술개발	44.5	16.1	60.6
	1-2	Drone-train 기술개발	124	49.5	173.5
	1-3	실시간 인프라상태 감시 기술개발	160	57	217
	1-4	자율주행 철도관제 기술개발	110.5	41	151.5
	소계(A)		**439**	**163.6**	**602.6**
	(기획평가관리비)(a)		**17.6**		
2. 열차중심 열차제어	2-1	열차 중심 간격 및 분기제어 기술개발	262	88	350
	2-2	T2T, T2I 통신 및 통신보안 기술개발	265	89	354
	소계(B)		**527**	**177**	**704**
	(기획평가관리비)(b)		**21.1**		
3. 열차중심 편성제어	3-1	Radio 연결기 기술개발	211	71.5	282.5
	3-2	Radio TCN 및 TCMS 연계 기술개발	200	68.4	268.4
	3-3	예측가능한 열차 추진제동 기술개발	175	62	237
	3-4	Radio 연결 무결성 확보 기술개발	94	33	127
	소계(C)		**680**	**234.9**	**914.9**
	(기획평가관리비)(c)		**27.2**		
4. 사업총괄 및 실용화 촉진	4-1	사업총괄 및 시스템 안전성 확보, 인증 및 표준체계, 법제화 구축 기술:	255	0	255
	4-2	시스템 시험평가 기술개발	570.6	0	570.6
	소계(D)		**825.6**	**0**	**825.6**
	(기획평가관리비)(d)		**33.0**		
합계(E) = (A) + (B) + (C) + (D)			**2,471.6**	**575.5**	**3,047.1**
(기획평가관리비)(F) = (a) + (b) + (c) + (d)					**98.9**
총 소요예산(A) + (F)					**3,146.0**

- 사업기간 8년('22년~'29년)간 소요예산 억원(정부 억원, 민자 억원, 기획평가 관리비 억원)을 투자하여, 4대 중점분야 12개 세부과제를 추진
  - (중점 1: 열차중심 관제) 4개 과제에 대한 총 소요예산 602.6 억원
  - (중점 2: 열차중심 열차제어) 2개 과제에 대한 총 소요예산 704 억원
  - (중점 3: 열차중심 편성제어) 4개 과제에 대한 총 소요예산 1,175.9 억원
  - (중점 4: 사업총괄 및 실용화촉진) 2개 과제에 대한 총 소요예산 1,154 억원

- 중점분야별 특성을 고려한 사업비 구성
  - 중점분야 4의 상업총괄 및 실용화 촉진기술의 경우 기술개발 검증 및 연구성과 확산을 위한 연구개발 지원 성격의 과제이므로 민감부담금을 제외하고 구성

세부 과제별 소요예산

(중점 1 : 열차중심 관제)

[표 9.1.2] (중점 1) 열차중심 관제 소요예산

(단위 : 억 원)

과제	구분	1단계(핵심기술 개발)				2단계(실용화 기술 개발)				총계
		1차 (2022)	2차 (2023)	3차 (2024)	4차 (2025)	5차 (2026)	6차 (2027)	7차 (2028)	8차 (2029)	
1-1) 자율주행 열차 경합해소 및 연쇄지연 단축 기술개발	정부	-	2.8	3.7	4.6	4.6	18.6	10.2	-	44.5
	민간	-	1.0	1.3	1.9	1.9	6.1	3.9	-	16.1
	소계	0	3.8	5	6.5	6.5	24.7	14.1	0	60.6
1-2) Drone-train 기술개발	정부	-	10	24	30	30	30	-	-	124
	민간	-	5.5	9.5	11.5	11.5	11.5	-	-	49.5
	소계	0	15.5	33.5	41.5	41.5	41.5	0	0	173.5
1-3) 실시간 인프라 상태 감시 기술개발	정부	10	20	50	40	40	-	-	-	160
	민간	3	6	20	14	14	-	-	-	57
	소계	13	26	70	54	54	-	-	-	217
1-4) 자율주행 철도 관제 기술개발	정부	7.2	7.6	24.3	17	24.2	18	6.1	6.1	110.5
	민간	2.6	2.9	9	6.3	9	6.6	2.3	2.3	41
	소계	9.8	10.5	33.3	23.3	33.2	24.6	8.4	8.4	151.5
합계	정부	17.2	40.4	102	91.6	98.8	66.6	16.3	6.1	439
	민간	5.6	15.4	39.8	33.7	36.4	24.2	6.2	2.3	163.6
	소계	22.8	55.8	141.8	125.3	135.2	90.8	22.5	8.4	602.6
(기획평가관리비)		0.39	1.62	4.08	3.66	3.95	2.66	0.65	0.24	17.264

● (중점 2 : 열차중심 열차제어)

[표 9.1.3] (중점 2) 열차중심 열차제어 소요예산

(단위 : 억 원)

과제	구분	1단계(핵심기술 개발)				2단계(실용화 기술 개발)				총계
		1차 (2022)	2차 (2023)	3차 (2024)	4차 (2025)	5차 (2026)	6차 (2027)	7차 (2028)	8차 (2029)	
2-1) 열차 중심 간격 및 분기제어 기술개발	정 부	12	22	27	27	55	55	44	20	262
	민 간	5	8	8	8	18	20	13	8	88
	소 계	17	30	35	35	73	75	57	28	350
2-2) T2T, T2I 통신 및 통신보안 기술개발	정 부	27.0	42.0	50.0	50.0	40.0	30.0	16.0	10.0	238
	민 간	10.0	13.5	17.0	17.5	13.0	9.0	5.0	4.0	79
	소 계	-	55.5	67	67.5	53	39	-	-	282
합계	정 부	39	64	77	77	95	85	60	30	527
	민 간	15	21.5	25	25.5	31	29	18	12	177
	소 계	54	85.5	102	102.5	126	114	78	42	704
(기획평가관리비)		1.56	2.56	3.08	3.08	3.80	3.40	2.40	1.20	21.08

● (중점 3 : 열차중심 편성제어)

[표 9.1.4] (중점 3) 열차중심 편성제어 소요예산

(단위 : 억 원)

과제	구분	1단계(핵심기술 개발)				2단계(실용화 기술 개발)				총계
		1차 (2022)	2차 (2023)	3차 (2024)	4차 (2025)	5차 (2026)	6차 (2027)	7차 (2028)	8차 (2029)	
3-1) Radio 연결기 기술개발	정 부	6	13	17	20	35	50	45	25	211
	민 간	2.5	5	6	6	10	18	15	9	71.5
	소 계	8.5	18	23	26	45	68	60	34	282.5
3-2) Radio TCN 및 TCMS 연계 기술개발	정 부	20	20	30	30	30	30	20	20	200
	민 간	5.5	5.5	9.6	9.6	10.5	10.5	8.6	8.6	68.4
	소 계	25.5	25.5	39.6	39.6	40.5	40.5	28.6	28.6	268.4
3-3) 예측가능한 열차 추진제동 기술개발	정 부	8.5	25.5	34.0	25.5	25.5	25.5	17.0	13.5	175
	민 간	3.6	8.7	11.5	8.7	8.7	10.2	5.8	4.8	62
	소 계	12.1	34.2	45.5	34.2	34.2	35.7	22.8	18.3	237

(단위 : 억 원)

과제	구분	1단계(핵심기술 개발)				2단계(실용화 기술 개발)				총계
		1차 (2022)	2차 (2023)	3차 (2024)	4차 (2025)	5차 (2026)	6차 (2027)	7차 (2028)	8차 (2029)	
3-4) Radio 연결 무결성 확보 기술개발	정 부	10	16	16	17	12	8	8	7	94
	민 간	3.6	5.3	6.3	6.8	3.6	2.3	2.3	2.8	33
	소 계	13.6	21.3	22.3	23.8	15.6	10.3	10.3	9.8	127
합계	정 부	44.5	74.5	97	92.5	102.5	113.5	90	65.5	680
	민 간	15.2	24.5	33.4	31.1	32.8	41	31.7	25.2	234.9
	소 계	59.7	99	130.4	123.6	135.3	154.5	121.7	90.7	914.9
(기획평가관리비)		1.78	2.98	3.88	3.70	4.10	4.54	3.60	2.62	27.20

● (중점 4 : 사업총괄 및 실용화 촉진)

[표 9.1.5] (중점 4) 사업총괄 및 실용화 촉진 소요예산

(단위 : 억 원)

과제	구분	1단계(핵심기술 개발)				2단계(실용화 기술 개발)				총계
		1차 (2022)	2차 (2023)	3차 (2024)	4차 (2025)	5차 (2026)	6차 (2027)	7차 (2028)	8차 (2029)	
4-1) 사업총괄 및 시스템 안전성 확보, 인증 및 표준체계, 법제화 구축 기술:	정 부	27	33	32	37	36	35	29	26	255
	민 간	–	–	–	–	–	–	–	–	0
	소 계	27	33	32	37	36	35	29	26	255
4-2) 시스템 시험평가 기술개발	정 부	19	38	56	120	132	116.2	50	39.4	570.6
	민 간	–	–	–	–	–	–	–	–	0
	소 계	19	38	56	120	132	116.2	50	39.4	570.6
합계	정 부	46	71	88	157	168	151.2	79	65.4	825.6
	민 간	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	소 계	46	71	88	157	168	151.2	79	65.4	825.6
(기획평가관리비)		1.84	2.84	3.52	6.28	6.72	6.05	3.16	2.62	33.03

2절 소요인력 및 확보방안

1. 소요인력

■ 소요인력 산출근거

- 국토교통부의 최근 5년간 철도분야 관련 66개 연구개발과제 중 동사업 분야*와 관련 있는 8개 과제의 인건비, 직접비, 간접비 비율을 분석

  * 과제의 특성을 고려한 소요인력 산출을 위해 대상 과제를 철도신호(열차제어, 연동장치, 위치검지), 운행계획, 통신과 관련된 8개 과제선정

[표 9.2.1] 과제 유형별 인건비, 직접비, 간접비 비중

비목	비율	비고
인건비	33.5%	
인건비 제외 직접비	62.4%	
간접비	4.1%	

- 책임급, 선임급, 원급 참여 인력의 인건비 비율을 3:4:3을 기준으로 각 과제의 성격에 따라 조정하여 배분하고 인건비 단가를 고려하여 참여인력(Man-year)을 산출

[표 9.2.2] 소요인력의 직급 구분 기준

직급	기업, 운영사, 연구기관	대학
책임급	학사학위 취득후 12년 이상, 석사학위 취득후 9년이상, 박사학위 또는 기술사 취득후 5년이상 경력소지자	조교수 이상
선임급	학사학위 취득후 16년 이상, 석사학위 취득후 3년이상 경력보유자, 박사학위 또는 기술사 학위 취득자	전임강사 또는 박사후 과정 연구원
원급	대학 이상의 과정 이수자 기타 동등 이상의 경력 소유자	석사과정 재학생 이상

- 연구기관 주도의 과제는 책임급 참여 비중을 높이고, 중소기업 주도 또는 제작 위주의 과제는 원급 참여 비중을 높임

- 인건비 단가는 ’17년 학술용역 단가인 책임급 622만원, 선임급 477만원, 원급 319만원을 적용

중점 분야별 소요인력

● 본 사업의 총 소요인력은 2,314명이며 매년 평균 289명이 소요
- 책임급 인력은 581명, 선임급 인력은 909명, 연구원급 인력은 824명이 소요
- 출연연구기관, 대학, 대기업은 주로 선임급, 책임급 위주로 참여 예상
- 중소기업, 운영사 등은 연구원급, 선임급, 책임급이 참여 예상

[표 9.2.3] 중점 추진분야별, 연차별 소요인력

중점분야	구분	1단계(핵심기술 개발)				2단계(실용화 기술 개발)				총계
		1차 (2022)	2차 (2023)	3차 (2024)	4차 (2025)	5차 (2026)	6차 (2027)	7차 (2028)	8차 (2029)	
1. 열차중심 관제	책임급	5	23	31	32	33	29	8	2	163
	선임급	8	26	39	40	42	32	8	3	198
	원 급	7	17	33	31	33	24	7	3	155
	소 계	20	66	103	103	108	85	23	8	516
2. 열차중심 열차제어	책임급	11	15	15	17	22	19	17	15	131
	선임급	13	18	21	22	26	25	24	18	167
	원 급	13	17	20	22	27	25	24	17	165
	소 계	37	50	56	61	75	69	65	50	463
3. 열차중심 편성제어	책임급	16	20	23	23	30	26	21	20	179
	선임급	28	38	49	49	55	50	48	36	353
	원 급	23	31	41	41	47	47	43	33	306
	소 계	67	89	113	113	132	123	112	89	838
4. 사업총괄 및 실용화 촉진	책임급	8	12	14	19	21	14	10	10	108
	선임급	13	17	25	32	34	25	25	20	191
	원 급	13	16	24	31	33	31	30	20	198
	소 계	34	45	63	82	88	70	65	50	497
합계	책임급	40	70	83	91	106	88	56	47	581
	선임급	62	99	134	143	157	132	105	77	909
	원 급	56	81	118	125	140	127	104	73	824
	소 계	158	250	335	359	403	347	265	197	2,314

세부 과제별 소요인력

- **(중점 1 : 열차중심 관제)** 총 소요인력은 516명이며 매년 평균 65명이 소요
  - 책임급 인력은 163명, 선임급 인력은 198명, 연구원급 인력은 155명이 소요

[표 9.2.4] (중점 1) 열차중심 관제, 연차별 소요인력

과제	구분	1단계(핵심기술 개발)				2단계(실용화 기술 개발)				총계
		1차 (2022)	2차 (2023)	3차 (2024)	4차 (2025)	5차 (2026)	6차 (2027)	7차 (2028)	8차 (2029)	
1-1) 자율주행 열차 경합해소 및 연쇄지연 단축 기술개발	책임급		2	2	3	3	6	6		22
	선임급		1	1	3	3	5	5		18
	원 급		0	1	1	1	4	4		11
	소 계		3	4	7	7	15	15		51
1-2) Drone-train 기술개발	책임급		14	21	21	21	21			98
	선임급		14	21	21	21	21			98
	원 급		7	14	14	14	14			63
	소 계		35	56	56	56	56			259
1-3) 실시간 인프라상태 감시 기술개발	책임급	3	5	5	6	6				25
	선임급	5	8	9	10	10				42
	원 급	4	7	10	10	10				41
	소 계	12	20	24	26	26				108
1-4) 자율주행 철도관제 기술개발	책임급	2	2	3	2	3	2	2	2	18
	선임급	3	3	8	6	8	6	3	3	40
	원 급	3	3	8	6	8	6	3	3	40
	소 계	8	8	19	14	19	14	8	8	98
합계	책임급	8	26	39	40	42	32	8	3	198
	선임급	7	17	33	31	33	24	7	3	155
	원 급	20	66	103	103	108	85	23	8	516
	소 계	35	109	175	174	183	141	38	14	869

● **(중점 2 : 열차중심 열차제어)** 총 소요인력은 463명이며 매년 평균 58명이 소요
- 책임급 인력은 131명, 선임급 인력은 167명, 연구원급 인력은 165명이 소요

[표 9.2.5] (중점 2) 열차중심 열차제어, 연차별 소요인력

과제	구분	1단계(핵심기술 개발)				2단계(실용화 기술 개발)				총계
		1차 (2022)	2차 (2023)	3차 (2024)	4차 (2025)	5차 (2026)	6차 (2027)	7차 (2028)	8차 (2029)	
2-1) 열차 중심 간격 및 분기제어 기술개발	책임급	3	5	5	5	7	7	5	5	42
	선임급	7	10	13	13	15	15	15	10	98
	원 급	7	10	13	13	15	15	15	10	98
	소 계	17	25	31	31	37	37	35	25	238
2-2) T2T, T2I 통신 및 통신보안 기술개발	책임급	8	10	10	12	15	12	12	10	89
	선임급	6	8	8	9	11	10	9	8	69
	원 급	6	7	7	9	12	10	9	7	67
	소 계	20	25	25	30	38	32	30	25	225
합계	책임급	13	18	21	22	26	25	24	18	167
	선임급	13	17	20	22	27	25	24	17	165
	원 급	37	50	56	61	75	69	65	50	463
	소 계	63	85	97	105	128	119	113	85	795

● **(중점 3 : 열차중심 편성제어)** 총 소요인력은 838명이며 매년 평균 105명이 소요
- 책임급 인력은 179명, 선임급 인력은 353명, 연구원급 인력은 306명이 소요

[표 9.2.6] (중점 3) 열차중심 편성제어, 연차별 소요인력

과제	구분	1단계(핵심기술 개발)				2단계(실용화 기술 개발)				총계
		1차 (2022)	2차 (2023)	3차 (2024)	4차 (2025)	5차 (2026)	6차 (2027)	7차 (2028)	8차 (2029)	
3-1) Radio 연결기 기술개발	책임급	3	5	5	5	7	7	5	5	42
	선임급	7	10	13	13	15	15	15	10	98
	원 급	7	10	13	13	15	15	15	10	98
	소 계	17	25	31	31	37	37	35	25	238
3-2) Radio TCN 및 TCMS 연계 기술개발	책임급	5	5	7	7	7	7	6	6	50
	선임급	8	8	10	10	12	12	10	10	80
	원 급	5	5	7	7	10	10	8	8	60
	소 계	18	18	24	24	29	29	24	24	190

과제	구분	1단계(핵심기술 개발)				2단계(실용화 기술 개발)				총계
		1차 (2022)	2차 (2023)	3차 (2024)	4차 (2025)	5차 (2026)	6차 (2027)	7차 (2028)	8차 (2029)	
3-3) 예측가능한 열차 추진제동 기술개발	책임급	3	5	5	5	7	7	5	5	42
	선임급	7	10	13	13	15	15	15	10	98
	원 급	7	10	13	13	15	15	15	10	98
	소 계	17	25	31	31	37	37	35	25	238
3-4) Radio 연결 무결성 확보 기술개발	책임급	5	5	6	6	9	5	5	4	45
	선임급	6	10	13	13	13	8	8	6	77
	원 급	4	6	8	8	7	7	5	5	50
	소 계	15	21	27	27	29	20	18	15	172
합계	책임급	16	20	23	23	30	26	21	20	179
	선임급	28	38	49	49	55	50	48	36	353
	원 급	23	31	41	41	47	47	43	33	306
	소 계	67	89	113	113	132	123	112	89	838

- **(중점 4 : 사업총괄 및 실용화 촉진)** 총 소요인력은 497명이며 매년 평균 62명이 소요
  - 책임급 인력은 108명, 선임급 인력은 191명, 연구원급 인력은 198명이 소요

[표 9.2.7] (중점 4) 사업총괄 및 실용화 촉진, 연차별 소요인력

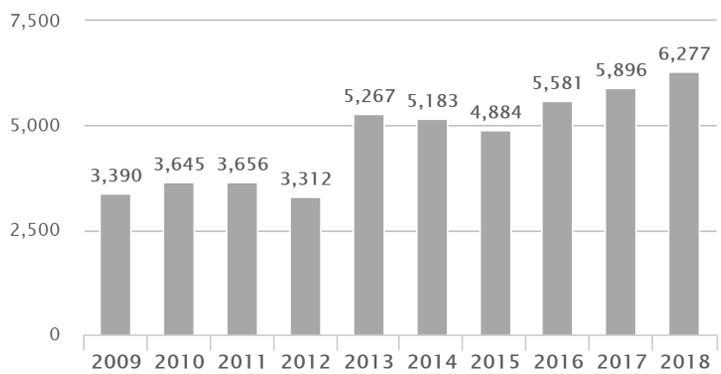
과제	구분	1단계(핵심기술 개발)				2단계(실용화 기술 개발)				총계
		1차 (2022)	2차 (2023)	3차 (2024)	4차 (2025)	5차 (2026)	6차 (2027)	7차 (2028)	8차 (2029)	
4-1) 사업총괄 및 시스템 안전성 확보, 인증 및 표준체계, 법제화 구축 기술:	책임급	3	5	5	5	7	7	5	5	42
	선임급	7	10	13	13	15	15	15	10	98
	원 급	7	10	13	13	15	15	15	10	98
	소 계	17	25	31	31	37	37	35	25	238
4-2) 시스템 시험평가 기술개발	책임급	5	7	9	14	14	7	5	5	66
	선임급	6	7	12	19	19	10	10	10	93
	원 급	6	6	11	18	18	16	15	10	100
	소 계	17	20	32	51	51	33	30	25	259
합계	책임급	8	12	14	19	21	14	10	10	108
	선임급	13	17	25	32	34	25	25	20	191
	원 급	13	16	24	31	33	31	30	20	198
	소 계	34	45	63	82	88	70	65	50	497

2. 확보방안

■ 세부 과제별 소요인력

- 과학기술정책지원서비스[146]에서 제공하는 빅데이터분석(R&D 투자현황분석)에서 2009년부터 2018년까지 10년간 국가 R&D 참여연구원 및 연구수행 주체 현황 분석

  - 10년간 철도분야 국가연구개발 사업의 참여 인력수는 연평균 4,709명임



[그림 9.2.1] 철도분야 국가 R&D 참여연구원 현황(명)

- 본 사업의 총 소요인력은 2,684명이며 매년 평균 336명이 소요

  - 이는 철도분야 연평균 국가연구개발 참여 인력의 7.1% 수준으로 사업 수행을 위한 인력은 충분히 확보가 가능함

146) https://www.k2base.re.kr, 국가 R&D 투자 및 성과추이분석 활용(과제명 키워드 – 철도, 열차, 기관차, 기차, 전동차, 레일, 선로전환, 연동장치, 자기부상, 지하철, 트램)

제10장

사업타당성 분석

| 1절 | 정책적 타당성

| 2절 | 과학기술적 타당성

| 3절 | 경제적 타당성

| 4절 | 파급효과 분석



1절 정책적 타당성

1. 개요

- 과학기술적/경제적 타당성 분석 이외에 국가정책적 관점에서 다루는 항목과 함께 계량화의 제약으로 인해 정성적인 분석이 필요한 항목
- 분석 항목의 구성 및 분석 방법
  - 정책적 타당성 분석 항목은 '2020년 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행세부지침'에 의거하여 구성
  - 동 지침에 따라 사업특수평가항목에 3계층 항목은 추가 평가항목으로 선택적으로 구성

[표 10.1.1] 정책적 타당성 분석의 평가항목 구성

구분	2계층 항목	3계층 항목	의미
기본평가항목	정책의 일관성 및 추진체계	상위계획과의 부합성	정부차원의 정책적 합의
		사업 추진체계 및 추진의지	사업의 임무·역할의 차별성 및 연계·협력방안의 적절성과 사회적 합의
	사업 추진상의 위험요인	재원조달 가능성	정부·지자체·민간의 재정 여력
		법·제도적 위험요인	법·제도적 합의
특수평가항목	사업특수평가항목	기술개발의 시급성	
		국고지원의 적합성	

- 분석 방법
  - 정책적 타당성 분석관점 및 기준, 분석절차 및 방법은 '2020년 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행세부지침'에 의거하여 수행

[표 10.1.2] 정책적 타당성 분석의 평가항목 구성

3계층 항목	분석 방법
상위계획과의 부합성	- 국가계획에 제시된 추진전략 및 중점추진과제와 본 사업의 내용과 비교분석 - 법정계획을 대상으로, 과학기술기본계획을 필수계획으로, 중장기계획 등은 선택

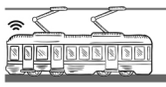
<table>
<tr><th>3계층 항목</th><th>분석 방법</th></tr>
<tr><td></td><td>군으로 부합여부 검토
- 분석 방법
<table>
<tr><th>필수계획 / 선택군 계획</th><th>부합도 낮음</th><th>부합도 보통</th><th>부합도 높음</th></tr>
<tr><td>부합도 높음</td><td>보통</td><td>대체로 적절</td><td>적절</td></tr>
<tr><td>부합도 보통</td><td>대체로 적절</td><td>보통</td><td>대체로 적절</td></tr>
<tr><td>부합도 낮음</td><td>부적절</td><td>대체로 부적절</td><td>보통</td></tr>
</table>
- 부합도는 3단계 높음, 보통, 낮음으로 평가</td></tr>
<tr><td>사업 추진체계 및 추진의지</td><td>- 사업추진체계 구성의 적절성, 임무 및 역할의 차별성, 연계 및 협력방안의 적절성 검토
- 참여 주체별 사업추진 의지 및 사회적 합의 검토
- 관련 사업과의 차별성 및 연계방안 분석절차
(사업의 특징 확정) - (유사사업 발굴 및 비교분석) - (차별성 및 연계방안 분석)</td></tr>
<tr><td>재원조달 가능성</td><td>- 사업의 원활한 추진을 위해 대규모 재원을 조달하는 과정에서 재원조달 방안과 재원분담 방식 등이 사업에 미치는 위험요인과 영향을 분석
- 연차별 예산투입 규모, 재원조달계획 등을 기초로하여 사업 추정예산과 재원조달주체의 조달가능 재원 추정값 간의 갭 분석</td></tr>
<tr><td>법·제도적 위험요인</td><td>- 사업과 관련된 법·제도·규정에 따른 사업추진상의 위험요인에 대한 분석</td></tr>
<tr><td>기술개발의 시급성</td><td>- 사업추진이 적기에 이루어지지 못하였을 경우 예상되는 문제점 분석</td></tr>
<tr><td>국고지원의 적합성</td><td>- 정부주도의 사업추진의 적합성 분석</td></tr>
</table>

2. 정책의 일관성 및 추진체계

■ 상위계획과의 부합성

● **제4차 과학기술기본계획('18~'22)**

- 4대 전략분야는「미래도전을 위한 과학기술역량 확충」,「혁신이 활발히 일어나는 과학기술 생태계 조성」,「과학기술이 선도하는 신산업·일자리 창출」,「과학기술로 모두가 행복한 삶 구현」을 목표로 함



- **(혁신이 활발히 일어나는 과학기술 생태계 조성)** 주체·분야간 협력·융합 활성화, 경쟁력 있는 지식재산 창출 등의 중점추진과제를 포함
  → 본 사업은 제어패러다임의 근본적인 변화를 가지는 자율주행 철도신호시스템 개발을 위한 핵심기술 및 실용화 기술 등 단계적 기술개발 전략을 토대로 산·학·연 융합 활성화와 경쟁력 있는 지식재산 창출이 가능하므로 주체·분야간 협력·융합 활성화, 경쟁력 있는 지식재산 창출 중점추진과제와 크게 부합

- **(과학기술이 선도하는 신사업·일자리 창출)** 4차 산업혁명 대응기반 강화, 국민이 체감하는 혁신성장동력 육성 등의 중점추진과제를 포함
  → 본 사업은 지능형 열차간 협업이 가능한 자율주행기술, 열차간 직접적인 통신을 위한 초지연 통신기술, 차세대 철도신호시스템 컴퓨팅 하드웨어 및 소프트웨어 기술개발을 통해 4차 산업혁명 대응기반 강화 및 국민이 체감하는 혁신성장동력 육성과 같은 중점추진 과제와 크게 부합

- **(과학기술로 모두가 행복한 삶 구현)** 안심하고 살 수 있는 안전한 사회 구현, 쾌적하고 편안한 생활환경 조성 등의 중점추진과제를 포함
  → 본 사업은 지능형 자율주행 기반 철도신호시스템 구축을 통해 철도를 이용하는 국민으로 하여금 안전하면서도 쾌적하고 편안한 생활환경 조성에 기여하므로 해당 전략과 크게 부합.

- **(120개 중점과학기술)** 120개 중점과학기술 중 건설·교통 분야의 교통·물류에 스마트 철도교통기술이 포함되어 지능형 자율주행 철도신호시스템을 개발하는 동 사업과 크게 부합

[표 10.1.3] 제4차 과학기술기본계획과 동 사업과의 부합도

계획명	전략분야 / 중점과학기술	부합도
제4차 과학기술기본계획 ('18~'22)	- 혁신이 활발히 일어나는 과학기술 생태계 조성 - 과학기술이 선도하는 신사업·일자리 창출 - 과학기술로 모두가 행복한 삶 구현 - 120개 중점과학기술	높음

● **제3차 철도산업발전 기본계획('16~'20)**

- 5개 분야「철도 공공분야 거버넌스 개편」,「철도운영」,「철도건설」, 「철도안전」, 「철도산업 생태계」에 대한 주요추진 목표를 설정함.

- **(철도운영)** 철도 운영분야는 간선-지선 융합 네트워크 형성, 이용자 중심의 서비스 개선 등의 중점추진과제를 포함.
  → 본 사업은 완전한 열차중심의 자율주행 철도신호시스템 구축을 통하여 노선간 경계를 허물고 하나의 단일 철도망처럼 자유로운 연계운영이 가능하며, 동적인 수요변화에 따라 노선의 확장 또는 투입 열차의 증대 등 운영상의 변화에 탄력적 대응 가능하므로 해당 분야에 크게 부합

- **(철도안전)** 철도 안전분야는 재난 및 보완 대응역량 강화, 인적오류의 최소화, 철도시설의 안전성·효율성 제고 등의 중점추진 과제를 포함
  → 본 사업은 완전한 열차 중심의 지능형 자율주행 철도신호시스템 도입을 통해 열차의 분리결합과 이례적인 상황 발생시 운영자의 수동 개입에 따른 인적오류와 2차 사고예방 가능하며 시스템 단순화를 통한 신뢰도 및 안전성 향상과 유지보수성 향상이 가능하므로 해당 분야에 크게 부합

- **(철도 산업생태계)** 신호시스템 국산화 및 경쟁력 제고, 미래 선도형 R&D 추진, R&D 상용화율 제고, 철도산업 해외진출 인력양성 등의 중점추진과제를 포함
  → 본 사업은 차세대 철도신호 핵심기술 선점을 통해 신호시스템 국산화를 넘어 미래 철도신호 제어패러다임과 패권을 주도할 수 있는 선도적 위상 확보를 통해 국내외 시장경쟁력 확보를 목표로 하므로 해당 분야에 크게 부합.

[표 10.1.4] 제3차 철도산업발전 기본계획과 동 사업과의 부합도

계획명	전략분야 / 중점과학기술	부합도
제3차 철도산업발전 기본계획 ('16~'20)	- 철도운영 - 철도안전 - 철도산업 생태계	높음

● **제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획('18~'27)**

- 혁신을 통한 성장, 사람 중심의 국토교통 실현을 위해「4차 산업혁명 대응 혁

신성장 동력 육성」,「기술융합을 통한 새로운 가치창출」,「사람 중심의 국토교통 기술개발」,「미래지향적 R&D 시스템 도입」을 4대 전략으로 도출함

- **(기술융합을 통한 새로운 가치창출)** 열차간 상호 정보제공을 통해 군집주행이 가능한 무인자율 철도시스템을 전략방향에 대한 기술개발 내용으로 포함



[그림 10.1.1] 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획의 무인 자율 철도시스템

→ 본 사업은 열차 간 직접적인 통신과 협업을 통해 열차의 간격제어 효율 향상함으로써 높은 수송력 확보가 가능하며 주행 중 열차의 분리결합을 수행함으로써 군집주행 및 유연한 열차운영이 가능하므로 해당 전략 방향과 완벽히 일치

- **(국토교통 8대 혁신성장동력)** 경제·사회·과학기술적 기여도가 높은 기술을 선정하여 철도 용량 증대 등을 위하여 친환경 초고속 철도와 무인자율운영 등 지능형 철도체계 개발을 포함

→ 본 사업은 지능형 열차 간 협업을 기반으로 하는 열차자율주행 기술개발을 목표로 하므로 8대 혁신성장동력인 무인자율운영 지능형 철도체계와 완벽히 일치

[표 10.1.5] 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획과 동 사업과의 부합도

계획명	전략분야 / 중점과학기술	부합도
제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획('18~'27)	- 기술융합을 통한 새로운 가치창출 - 국토교통 8대 혁신성장동력	높음

● **제3차 국가철도망 구축계획('16~'25)**

- 효율적이고 경쟁력있는 철도, 지역발전을 선도하는 철도, 안전하고 편리한 철도 목표달성을 위해 6대 추진방향「철도운영 효율성제고」,「주요 거점간 고속 이동서비스 제공」,「대도시권 교통난 해소」,「안전하고 이용하기 편리한 시설 조성」,「철도물류 경쟁력 강화」,「통일시대를 대비한 한반도 통합철도망 구축」을 설정함

- **(철도운영효율성 제고)** 철도 용량부족 해소, 철도운영 단절구간 연결 등의 중점추진과제를 포함.
  → 본 사업은 완전한 열차중심의 자율주행 철도신호시스템 구축을 통해 운전시격을 단축함으로써 수송력 향상에 기여하며 철도망의 확장 연결시에도 탄력적으로 대응이 가능하므로 해당 추진방향와 크게 부합

- **(대도시권 교통난 해소)** 수도권의 광역(급행) 철도망 구축, 지방대도시권은 기존철도를 활용 광역철도망 구축 등의 중점추진과제를 포함.
  → 본 사업은 운전시격 단축을 통한 수도권 열차혼잡도 완화와, 기존 철도망 연계 등이 가능한 자율주행 철도신호시스템 개발을 목표로 하므로 해당 추진방향과 크게 부합.

- **(안전하고 이용하기 편리한 시설조성)** 노후철도 시설 적기 개량 및 철도운행 안전성 강화, 철도 이용편의 제고 등의 중점추진과제를 포함.
  → 본 사업은 기존 철도신호시스템을 자율주행 철도신호시스템으로의 안전한 개량기술 개발을 포함하며 수요변화에 따른 유동적인 열차운영을 통한 이용자 편의성을 향상을 목표로 하므로 해당 추진 방향과 크게 부합.

[표 10.1.6] 제3차 국가철도망 구축계획과 동 사업과의 부합도

계획명	전략분야 / 중점과학기술	부합도
제3차 국가철도망 구축계획 ('16~'25)	- 철도운영 효율성 제고 - 대도시권 교통난 해소 - 안전하고 이용하기 편리한 시설조성	높음

● **제4차 국토종합계획 수정계획('11~'20)**

- 경쟁력 있는 통합국토, 지속가능한 친환경 국토, 품격있는 매력국토, 세계로 향한 열린국토 실현을 위해「국토경쟁력 재고를 위한 지역특화 및 광역적 협력 강화」,「자연친화적이고 안전한 국토공간 조성」,「쾌적하고 문화적인 도시·주거환경 조성」,「녹색교통·국토정보 통합네트워크 구축」,「세계로 열린 신성장 해양국토기반 구축」,「초국경적 국토경영기반 구축」을 6대 추진전략으로 도출함

- **(녹색교통·국토정보 통합네트워크 구축)** 도로중심에서 철도 중심의 저탄소 녹색성장형 교통체계 구축, 신규건설에서 운영 효율화 위주로 교통정책 전환을 포함

  → 본 사업은 제어패러다임의 변화를 통해 신규노선의 건설없이 수송력, 운영효율성, 승객 서비스 향상이 가능하며 궁극적으로 철도 이용객 증가를 기대할 수 있어 해당 추진방향과 부합

- **(초국경적 국토경영 기반구축)** 고속철도 기술등을 세계에 수출하여 해외로부터 새로운 기회를 포착하고 국익 창출로 연결하는 과제를 포함

  → 본 사업은 차세대 철도신호 핵심기술 선점을 통해 미래 철도신호 제어패러다임과 패권을 주도할 수 있는 선도적 위상 확보와 국내외 시장선점을 목표로 하므로 해당 추진방향과 부합

[표 10.1.7] 제4차 국토종합계획 수정계획과 동 사업과의 부합도

계획명	전략분야 / 중점과학기술	부합도
제4차 국토종합계획 수정계획 ('11~'20)	- 녹색교통·국토정보 통합네트워크 구축 - 초국경적 국토경영 기반구축	보통

● **철도신호통신시스템 국산화 계획('18.1)**

- 열차운행의 안전성과 효율성을 향상하고 국내 철도산업의 활성화를 위해 철도 신호통신시스템 국산화 계획을 수립

- **(차세대 신호시스템 개발)** 무선통신(열차↔선로, 열차↔열차)을 통해 위치검지 및 제어정보를 전송하고, IoT, 인공지능(AI)를 활용하여 자율주행·군집주행 등이 가능한 무인운전시스템 개발을 핵심분야로 선정

→ 본 사업은 지능형 열차간 직접적인 통신을 통해 자율주행·군집주행 등이 가능한 차세대 신호시스템 개발을 목표로 함에 따라 해당 추진 방향과 크게 부합

[표 10.1.8] 국토교통부 철도신호통신시스템 국산화 계획과 동 사업과의 부합도

계획명	전략분야 / 중점과학기술	부합도
철도신호통신시스템 국산화 계획('18.1)	- 차세대 신호시스템 개발	높음

● **상위 계획과의 부합성 분석 결과**

- 필수계획 및 선택군 계획과 본 사업과의 부합성 분석결과 "적절(4개)", "대체로 적절(1개)"로 도출되어 동사업은 상위계획과의 부합성이 매우 높은 것으로 분석됨.

- **(필수 계획)** 과학기술 기본계획 「혁신이 활발히 일어나는 과학기술 생태계 조성」, 「과학기술이 선도하는 신사업·일자리 창출」,「과학기술로 모두가 행복한 삶 구현」전략분야와 연계하여 첨단 컴퓨팅, S/W가 기반이 되는 차세대 자율주행 철도신호체계 기술개발을 통해 국내외 기술 및 시장경쟁력 확보와 국민의 쾌적하고 편안한 철도이용환경 조성에 기여함에 있어 부합도가 높음

- **(선택군 계획)** 본 사업은「국토교통과학기술 연구개발 종합계획」의 무인자율운영 등 지능형 철도체계 개발과 「국토교통부 철도신호통신시스템 국산화 계획」의 자율주행·군집주행 등이 가능한 무인운전시스템 개발 등과 연계하여 차세대 자율주행기반 철도신호기술개발을 추진함에 있어 부합도가 높음.

[표 10.1.9] 상위계획과 동 사업과의 부합도 분석결과

선택군 계획 \ 필수계획		과학기술기본계획		
		부합도 낮음	부합도 보통	부합도 높음
제3차 철도산업발전 기본계획('16~'20)	부합도 높음	보통	대체로 적절	**적절**
	부합도 보통	대체로 적절	보통	대체로 적절
	부합도 낮음	부적절	대체로 부적절	보통
제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획('18~'27)	부합도 높음	보통	대체로 적절	**적절**
	부합도 보통	대체로 적절	보통	대체로 적절
	부합도 낮음	부적절	대체로 부적절	보통

선택군 계획 \ 필수계획		과학기술기본계획		
		부합도 낮음	부합도 보통	부합도 높음
제3차 국가철도망 구축계획('16~'25)	부합도 높음	보통	대체로 적절	**적절**
	부합도 보통	대체로 적절	보통	대체로 적절
	부합도 낮음	부적절	대체로 부적절	보통
제4차 국토종합계획 수정계획('11~'20)	부합도 높음	보통	대체로 적절	적절
	부합도 보통	대체로 적절	보통	**대체로 적절**
	부합도 낮음	부적절	대체로 부적절	보통
국토교통부 철도신호통신시스템 국산화 계획('18.1)	부합도 높음	보통	대체로 적절	**적절**
	부합도 보통	대체로 적절	보통	대체로 적절
	부합도 낮음	부적절	대체로 부적절	보통

사업 추진체계 및 추진의지

● 사업 추진체계의 적절성

- 사업관리 주체는 주관부처(국토교통부), 전문기관(국토교통과학기술진흥원)과 사업진도 및 평가, 사업의 주요변경 등을 검토·심의·조정하는 운영위원회로 구성

- 사업의 특성을 고려한 전문위원회로 트랙 레코드 기준의 도출과 트렉 레코드 확인을 위한 전문가 협의체, 신호 및 통신시스템의 수요처 요구사항을 토대로 표준사양 활동을 위한 표준화 워킹그룹을 구성

- 사업 수행주체는 공모를 통한 관련분야와 가장 적합한 산·학·연 기관으로 선정

● 연구단 주관기관 및 세부과제 주관기관 선정

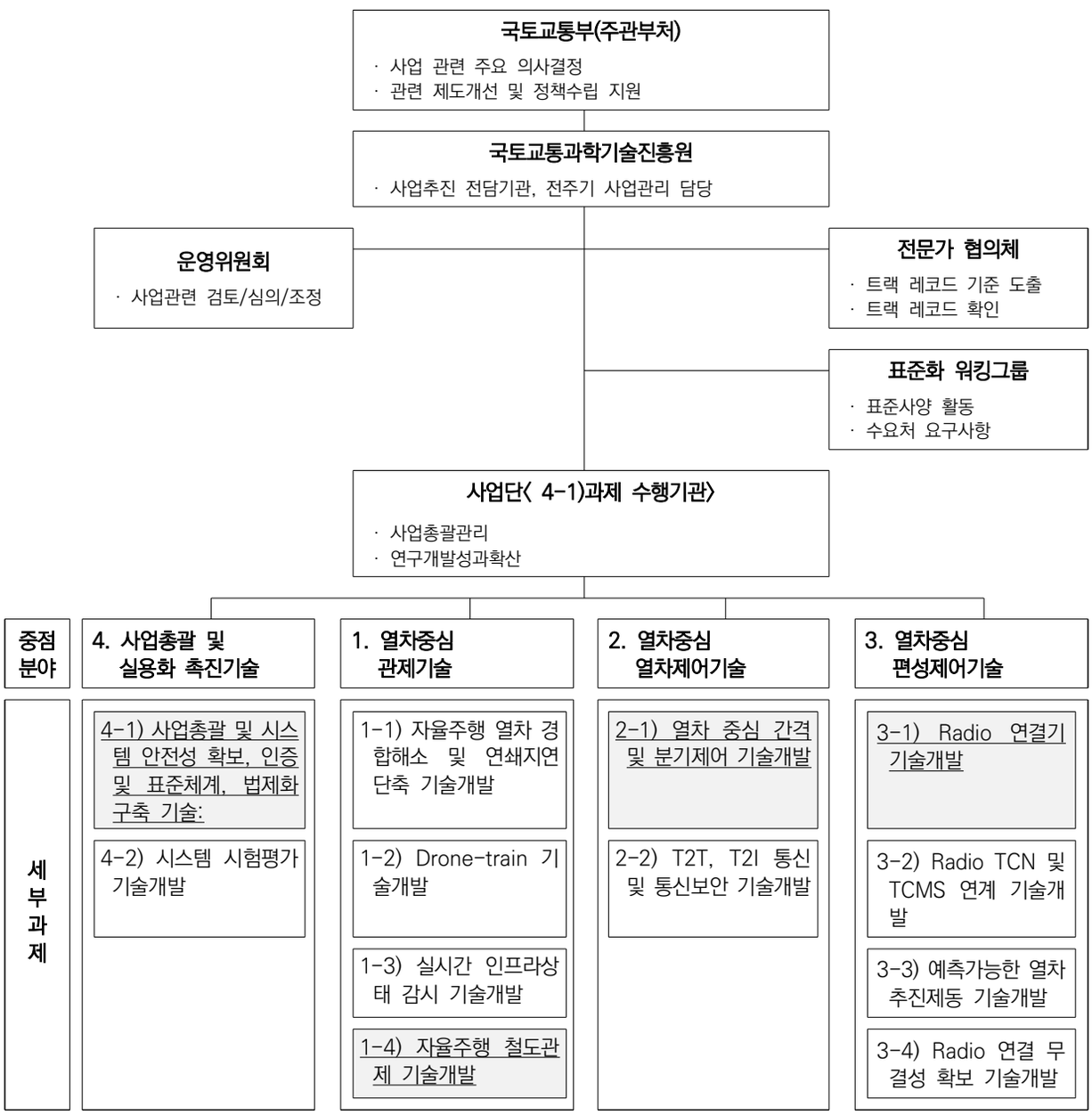
- 본 과제의 연구단 주관기관은 중점분야 4의 세부과제 주관으로서'4-1) 사업 총괄 및 시스템 안전성 확보, 인증 및 표준체계, 법제화 구축기술'과제수행과 더불어 전체 사업의 총괄역할을 수행하는 것이 바람직함

- 중점분야 1) 세부과제 주관기관은 1-4) 자율주행 철도관제 기술개발 과제 수행과 더불어 중점분야 1)의 세부과제 목표관리 및 검증과 시스템 통합을 위한

인터페이스 조율을 수행

- 중점분야 2) 세부과제 주관기관은 2-1) 열차중심의 간격 및 분기제어 기술개발 과제 수행과 더불어 중점분야 2)의 세부과제 목표관리 및 검증과 시스템 통합을 위한 인터페이스 조율을 수행

- 중점분야 3) 세부과제 주관기관은 3-1) Radio 연결기 기술개발 과제 수행과 더불어 중점분야 3)의 세부과제 목표관리 및 검증과 시스템 통합을 위한 인터페이스 조율을 수행



[그림 10.1.2] 동 사업추진 체계

● 추진 주체별 역할 및 기능

[표 10.1.10] 추진 주체별 역할 및 기능

주체	역할 및 기능
주관부처 (국토교통부)	• 사업총괄 부처 (최상위 의사결정 기관) - 사업추진과 관련된 정책적 판단 및 의사결정 - 사업기본 시행계획 수립 - 사업투자 우선순위 결정 - 표준화 및 법제화 등 제도개선 및 정책수립 지원
전문기관 (국토교통과학기술진흥원)	• 사업단 기획·평가·운영위원회 구성·운영 - 사업단 진도 및 실적 점검 - 사업단 및 핵심과제 수행기관 선정·단계·최종평가 - 기술 확산 및 정책 활용성 검토 등
운영위원회	• 연구개발사업 검토·심의·조정 - 사업 세부 시행계획 수립에 관한 사항 - 지원 운선순위, 연구비 규모 등에 관한 사항 - 연구과제 평가단의 평가 결과에 관한 사항 - 연구개발 과제의 주요 내용 변경에 관한 사항
전문가 협의체	• 트랙 레코드 기준도출 및 확인 - 수요처 요구사항을 기반으로 실용화 요건 계량화 - 트랙 레코드 기준 도출 - 시스템 개발 및 시험평가 참관 및 트랙레코드 확인
표준화 워킹그룹	• 표준사양 및 운영시나리오 수립관련 자문·의견 수렴 - 시스템 상호호환을 위한 표준사양 공유, 표준사양 및 인터페이스 검토, 의견 제시 - 자율주행 철도신호체계 운영시나리오 수립을 위한 의견 제시
세부과제 수행기관	• 세부과제별 기술개발 수행기관 - 전문성을 가지는 산·학·연 컨소시엄을 구성하여 기술개발을 수행하고 해외 기술협력이 필요한 경우 해외 연구기관과 공동연구를 수행
연구단 주관기관	• 중점추진분야 1, 2, 3, 4 기술개발 총괄관리 - 자율주행 철도신호시스템 운영시나리오 개발 - 자율주행 철도신호시스템 개발사양 및 표준사양 개발 - 시스템 설계-제작-시험평가(통합시뮬레이션, 현장시험)-시범운영 인터페이스 및 기술지원 - 사업총괄관리, 세부과제별 목표 관리 및 검증 - 시스템 표준체계 및 법제도 구축지원, 트렉레코드 확보

법·제도적 위험요인

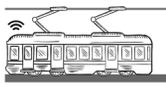
- **(법·제도적 위협요인 및 대응방안)** 자율주행 철도신호체계 개발기술의 성과물 적용을 위해 관련 법령을 검토하고 타 법령과의 충돌 가능성 검토

  - **(철도 관련 법령)** 철도와 관련된 법령은 철도산업발전기본법, 철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률, 철도사업법, 철도안전법, 도시철도법, 역세권의 개발 및 이용에 관한 법률, 궤도운송법, 철도물류산업의 육성 및 지원에 관한 법률, 건널목개량촉진법, 한국철도공사법, 한국철도시설공단법 등 11개의 직접 관련 법령과 국가통합교통체계효율화법, 대도시권 광역교통 관리에 관한 특별법, 사회기반시설에 대한 민간투자법, 항공·철도 사고조사에 관한 법률 등 4개의 간접 관련 법령이 있음.

  - **(자율주행 철도신호 차상장치 관련 법령 검토)** 자율주행 신호체계의 열차에 설치되는 차상장치는 「철도안전법」제26조의 철도차량 형식승인검사 또는 제38조의2에 따른 개조승인 검사를 받아야 하며, 이를 위해서는 국토교통부가 고시한 철도차량 기술기준에 자율주행 신호체계에 대한 사항이 포함되어야 함

  - **(자율주행 철도신호 통신 및 인프라 관련 법령 검토)** 통신 및 인프라를 대상으로 열차 자율주행기술을 적용하기 위해서는 「철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률」제19조제3항에 따른 '철도노선간 연계운행을 위한 철도시설 기술기준' 에 열차 자율주행기술에 대한 사항이 포함되어야 하며, 특히 같은 법에 근거한 국토교통부의 철도분야 건설표준, 건설기준, 설계기준과 한국철도시설공단의 설계시방 및 편람에도 실용화를 대비한 개정사항이 반영되어야 함

  - **(자율주행 무선통신 규격 관련 검토)** 무선 통신을 기반으로 하는 열차 자율주행 기술은 전파법 등의 규제관련 적합성도 검토되어야 함. 현재 고속철도 열차제어를 위해 사용하는 LTE-R은 재난안전(PS-LTE), 선박(LTE-M)과 함께 700MHz 대역의 공공안전통신망 주파수를 공유하고 있어 주파수 간섭 문제가 발생하고 있음. 또한, 도시철도에서 열차제어를 위해 사용하는 주파수 2.4GHz/5GHz WiFi 비면허대역도 일반 WiFi 사용자와 주파수 간섭을 피할 수 없음. 따라서, 철도가 요구하는 높은 수준의 안전무결성수준(SIL)을 만족하는 열차 간 협력기반 지능형 열차자율주행용 무선통신 주파수 확보에 대한 대



책이 필요함

- **(자율주행 철도신호 표준체계 구축)** 자율주행 철도신호체계의 신호 및 통신시스템은 각각 철도표준규격(KRS[147]) 제정과 통신시스템에 대한 표준규격(TTA[148]) 제정과 함께 국토교통부 고시 제2019-118호'철도노선간 연계운행을 위한 철도시설 기술기준'에 해당 표준반영 필요.

- **(안전성 입증 관련 대응방안)** 자율주행 철도신호체계 개발기술의 성과물의 적용과 확산을 위해서는 반드시 국제규격에 부합하는 RAMS 입증이 필요

  - **(철도 RAMS 관련 법령)** 철도 RAMS와 관련된 국제법령은 IEC 62278[149]이며 국내의 경우 국가표준 KS C IEC 62278로 국제표준 부합화 및 법률에 인용하는 등 관련 법령을 갖추고 있음.

  - **(자율주행 철도신호체계 관련 RAMS 법령 검토)** 자율주행 철도신호체계 실용화를 위해서는 RAMS와 관련된 국제법령 IEC 62278, 철도 신호통신 소프트웨어와 관련된 국제법령 IEC 62279[150], 철도 신호통신의 장비의 안전요구사항과 관련된 IEC 62425[151]이 있으며 관련 법령에 준하여 RAMS 입증이 이루어져야 함.

  - **(자율주행 철도신호체계 적합성 평가스킴 마련)** 국제 적합성평가를 위한 국내 KOLAS(공인시험 및 검사) 및 KAS(공인인증)제도를 활용하기 위한 열차 자율주행기술에 대한 평가스킴 마련필요

동 사업기획 세부과제 4-1 사업총괄 및 시스템 안전성 확보, 인증 및 표준체계, 법제화 구축 연구내용에 반영함

147) Korean Railway Standards

148) Telecommunication Technology Association

149) Railway applications - Specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS)

150) Railway applications - Specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS)

151) Railway applications - Communication, signalling and processing systems - Safety related electronic systems for signalling

기술개발의 시급성

- **(신호체계의 발전방향)** 철도 신호기술은 높은 수송력, 운영 유연성, 유지관리성을 제공하기 위해 지속적으로「지상·전기·H/W」중심에서 「차상·통신·S/W」중심으로 변화

- **(최신의 신호체계 선호)** 철도 운영기관은 시스템 내구연한과 단종을 고려하여 높은 수송력과 운영의 유연성을 기지면서도 유지관리가 용이한 장점을 가지는 최신의 철도신호시스템을 선호

  - 철도신호시스템은 수송력, 안전성, 지상설비 절감으로 유지보수성이 향상된 최신의 신호기술을 확보한 소수 기업이 시장을 지배*하며 기술선점 실패 시 시장에서 외면되어 도태**되기 때문에 최신 기술의 선점이 무엇보다 중요

  * 2018년 7월 기준, 상위 5개사가 전체 CBTC 프로젝트의 95%를 점유하고 있음[152)]

  ** CBTC 기술의 후발주자(2006년도 개발)였던 Ansaldo의 경우 낮은 시장점유율(전체 CBTC 노선의 5.4%)로 시장 경쟁력이 약화되었으며 결국 지난 2015년 일본의 Hitachi에 인수됨

- **(국산기술력 저하)** 현재까지 국산화 개발한 신호시스템의 경우 선진국 대비 기술사양이 낮아 국내 운영사의 선택을 받지 못할 가능성이 크며*,**, 향후 국외시장이 완전한 자율주행 철도신호로 전환될 경우 국내외 시장진출의 난항이 예상

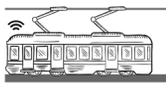
  * 지난 2014년 개발한 도시철도용 KRTCS-1은 선진국에서 이미 20년 전에 개발한 CBTC 기술이며 지상설비가 복잡(zone controller와 IXL이 별도의 시스템으로 존재), 현재 해외 주요 기업들은 이미 그보다 개선된 차세대 CBTC(zone controller과 IXL 통합형)를 공급 중

  ** 현재 개발 중인 일반/고속철도용 KRTCS-3는 유럽연합(EU)에서 이미 20년 전에 정의한 ETCS L3 기술이며, 현재는 ETCS L3에 가상연결기와 같은 beyond moving block 기술을 접목한 차세대 철도신호기술을 개발 중임.

- **('자율주행 철도신호'선택이 아닌 필수)** 2030년 이후 글로벌 철도신호시스템 시장은 완전한 열차 중심의 자율주행 철도신호시스템으로 전환될 것으로 예상됨[153)]

152) Wikipedia(en.wikipedia.org/wiki/Communications-based_train_control) 자료 기준

153) Rail 2030 Research & Innovation Priorities, ERRAC - 2030년 LoA3 수준의 열차의 군집운행(platooning)과 가상연결(virtual coupling)을 포함한 비전을 제시



- **(선진국과 경쟁가능한 수준의 기술개발 필요)** 동 사업을 통해 철도신호 제어패러다임이 완전한 열차 중심으로 변화하는 적기에 대응함으로써 기술의 선점을 통한 입지적 우위 확보 필요

정부지원의 적합성

- **(국가차원 철도 연구개발 투자 당위성)** 국가 기간망의 안전하고 효율적인 운행 및 통제를 위한 운영주권 확보를 위해 국가적 차원에서의 투자가 절실

  - **(국가 기간망 운영주권 확보)** 기술종속으로 인한 폐해*,**를 방지하고 국가 기간망의 안전하고 효율적인 운영관리를 위해 철도신호기술의 개발은 국가차원의 지원이 반드시 필요

  * (사고 발생에 대한 원인규명 불가) 신호기술이 국외기술에 종속되는 경우 만약의 사고 발생시 사고의 원인규명 또한 국외에 전적으로 의존, 열차운행의 안전을 책임지는 신호시스템의 특성을 고려할 때 정확한 원인규명을 기대하기 어렵기 때문에 자국 기술력 확보가 필수

  ** 기간망의 건설과 유지관리에 어려움 뿐만 아니라 기존 철도신호 및 산업 전반에 경쟁력이 약화되어 국가차원의 투자가 절실

  - **(국가차원의 지원없이 개발 불가능한 영역)** 새로운 철도 신호시스템 개발*은 개별 기업이 접근하기 어려운 영역**이며 국가 기간망의 운영주권 확보를 위해서 국가 차원의 지원이 필요

  * 시범노선 구축 및 시험열차 확보, 안전 무결성 레벨 확보를 위한 인증 등 높은 리스크, 막대한 연구개발비(시범노선의 구축과 시험열차 2편성 확보 등)와 장기 연구개발 투자 요구되며 상용화를 위해서는 영업노선에 준하는 운영실적이 요구되어 개별 기업이 수행하기 어려운 영역임.

  ** 유럽의 경우 EU(유럽연합)의 막대한 예산지원하에 유럽 각국 기업이 참여하는 방식으로 신규 철도신호기술에 대한 연구개발을 수행 중임.

  - **(철도산업 전반의 경쟁력 확보 필요)** 철도 신호기술 경쟁력은 곧 철도산업 전반의 기술경쟁력에 영향*을 미치며 국내 철도산업 경쟁력 확보를 위해서는 국가 차원의 지원이 요구됨

  * **(철도신호에 의해 관제 및 인프라 시스템이 결정)** 철도신호는 열차, 관제, 인프라 등의 자원을 안전하고 효율적으로 관리하는 기술이며 철도신호기술에 따라 열차, 관제, 인프라와의 인터페

이스에 영향을 미침, 즉 일반적으로 신호시스템 제작사가 관제 ATS를 포함한 전체 관제설비와 인프라(연동장치, 선로전환기)를 결정[154], 열차의 경우도 신호와 인터페이스 되는 열차의 모든 부분을 신호의 요구사항에 따라 맞추어야 하는 상황[155]임.

- **(국가 기간망 연계를 위한 표준체계 구축과 관리 필요)** 국가 기간망의 효율적인 운영에 필요한 연계운행과 안전한 노선의 운영관리를 위해서는 표준체계를 통한 관리가 필수적이며 이를 위해 국가 차원*에서 철도 신호시스템 개발 지원이 필요.

* 철도 선진국인 유럽, 일본 및 중국 등의 경우도 국가 차원에서 철도 신호시스템 개발지원이 이루어고 있으며, 특히 유럽의 경우 유럽 철도 단일망(SERA: Single European Railway Area) 구축을 위해 유럽연합(EU) 차원의 대규모 연구개발 수행과 지속적인 관리수행 (예 : ETCS, NGTC, Shfit2Rail 등)

- **(표준체계 지속관리·발전)** 기존 연구성과*의 활용도를 높이기 위해 기존 시스템과 하위호환성을 가지면서 고(高) 수송 효율성을 가지는 차세대 신호시스템 개발** 위한 정부 지원 필요

* 국토교통부방침('10.11)에 의거 한국형 철도신호시스템(KRTCS) 표준체계 구축을 통해 하위 레벨 호환성 확보, 기존 연구성과가 적용된 노선과의 상호연계 및 운영의 중단 없는 시스템 개량이 가능한 차세대 신호시스템 개발 필요, 미시행시 기존 연구성과 사장 우려

** 기존 철도신호제어의 한계를 극복하기 위해 높은 수송효율성과 운영 효율성을 가지도록 기존의 관제(스케줄/통제)-신호(상위제어)-열차(하위제어)-선로/승객 인터페이스를 포함하여 철도 신호제어의 패러다임을 변화

- **(국가적 책무)** 국가 기간망인 철도운영의 효율성 향상과 산업경쟁력 향상은 국가적인 책무에 해당

- **(철도산업발전기본법)** 국가는 법령에 따라 국민의 교통 편익증진을 위한 철도 수송 효율성 향상과 철도산업의 경쟁력을 높이기 위한 투자와 시책을 마련해야 함

154) 철도 신호제작사 '대아티아이' 인터뷰(2019.03.28.)

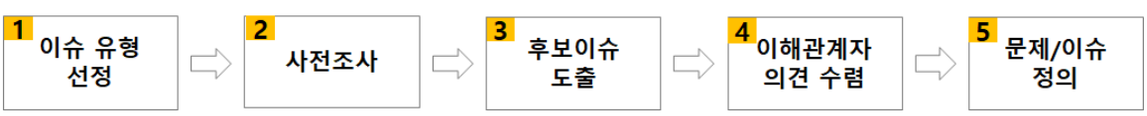
155) 철도 차량 및 신호제작사 '현대로템' 인터뷰(2019.08.13.)

2절 과학기술적 타당성

1. 문제/이슈 도출의 적절성

■ 문제/이슈 식별

- **(문제/이슈 도출방법)** 사업 추진배경을 고려하여 이슈 유형을 파악하고, 다양한 사전조사 내용 및 이해관계자 의견을 수렴하여 문제/이슈 도출



[그림 10.2.1] 문제 및 이슈 도출 과정

- **(이슈 유형 선정)** 연구목표와 연구성과 수혜자에 따라 5가지 이슈 유형 중 동 기획사업에서 접근 가능한 이슈 유형 선정
  - '정책수요 및 사회문제해결', '세계 시장 선점', '산업 경쟁력 확보/유지'이 가능할 것으로 판단

- **(사전조사)** 미래예측 선행연구 검토, 미디어 분석을 통한 사전조사 수행
  - (미래예측 검토) 2045 국토교통 100대 미래 유망기술, 제5회 과학기술 예측조사 등에 따르면, 고밀도 철도 무인운전을 위한 신호시스템 및 통신 제어 기술, 타 노선 철도차량간 객차 교환 환승 터미널 기술, 대용량·고밀도·고속화 기술 등이 언급
  - (미디어 분석) 뉴스기사, 국민청원, 시민 아이디어 분석을 수행하고 유사성 및 빈도수 기준으로 관련 이슈 검토

- **(후보 이슈 도출)** 사전조사 기반 관련 이슈를 R&D 관련성 기준으로 평가하여, 관련성이'중간'이상에 해당하는 최종 후보 이슈 13건 도출

- **(이해관계자 의견 수렴)** 수혜자(이해관계자) 측면에서‘국가사회’및‘산업계’가 적합하므로, 대국민 설문조사와 산업계(철도운영기관 및 시스템 제조사) 인터뷰 등 수행
  - (대국민 설문조사) 대국민 설문조사를 통해 국가현안으로서 ‘중요성’, ‘시급성’이 높은 이슈 선정
  - (대면 인터뷰) 주요 철도 운영사 및 철도 신호시스템 제작사 전문가를 대상으로 심층 인터뷰 수행
  - (학회 및 세미나) 철도 학회 및 국토교통기술대전 세미나에 참여하여 사업기획 내용, 관련기술동향 발표를 통해 국토교통 이해관계자와의 공감대 형성 및 의견 수렴

- **(문제/이슈 정의)** 미래예측과 미디어분석을 통한 사전조사, 이해관계자 의견 수렴 등을 통해 동 사업의 문제/이슈를 아래와 같이 정의
  - 높은 혼잡도와 잦은 열차지연에 대응 가능한 기술개발이 요구됨
  - 선진국 대비 철도시스템 기술의 확보가 늦어 산업경쟁력이 약화되며, 기술개발 이후 영업실적 확보가 불가하여 시장진입에 한계
  - 외산 신호시스템 도입에 따른 폐해로 인해 국산 신호시스템 도입이 필요
  - **수송력 제고 및 운영비용 저감을 위해 신호시스템 기술개발을 통해 기존 제어 패러다임의 근본적인 변화가 요구**

2. 사업목표의 적절성

■ 사업목표와 문제/이슈의 연관성

- **문제/이슈**
  - 철도신호시스템 외산도입에 따른 문제를 해결하기 위해서는 차세대 철도신호시스템 기술의 선점과 트랙레코드 확보가 필수적이며, 동시에 글로벌 선도기

업과의 경쟁, 열악한 철도 산업환경을 극복하기 위한 자율주행 철도신호체계 기술개발이 시급

* 철도 선진국을 중심으로 제어패러다임에 대한 근본적인 변화의 움직임이 일고 있으며 기존의 slow follower의 전략에서 벗어나 신규 제어패러다임 개발에 적극적으로 대응함으로써 기술 종속의 탈피와 선도기업과의 경쟁을 통해 시장 우위를 선점하도록 전략적 변화가 필요

- **(외산 도입에 따른 운영한계)** 철도 신호시스템의 대부분을 국외기술에 의존하여 운용함에 따라 시스템 운용 및 유지관리에 어려움이 존재

- **(시장경쟁력 저하)** 국내 철도운영사가 최신의 외산 신호시스템을 선호함에 따라 국내시장 축소, 국내기술 투자 기피, 기술력 약화의 악순환이 지속

- **(실용화 한계)** 연구개발 완료(SIL 인증서 및 공인기관 시험성적서 확보) 이후 운영기관 도입 시 영업선 운용 실적을 요구하나 영업선 운용 실적(트랙 레코드)을 확보하기가 쉽지 않아 개발기술의 실용화에 난항

● 사업 비전 및 목표

- 사업 비전

비 전

철도신호기술 자립을 넘어 세계 철도 시장 선도
미래 철도 신호기술 선도개발을 통해, 세계"철도한류"교두보 마련

- 사업 목표

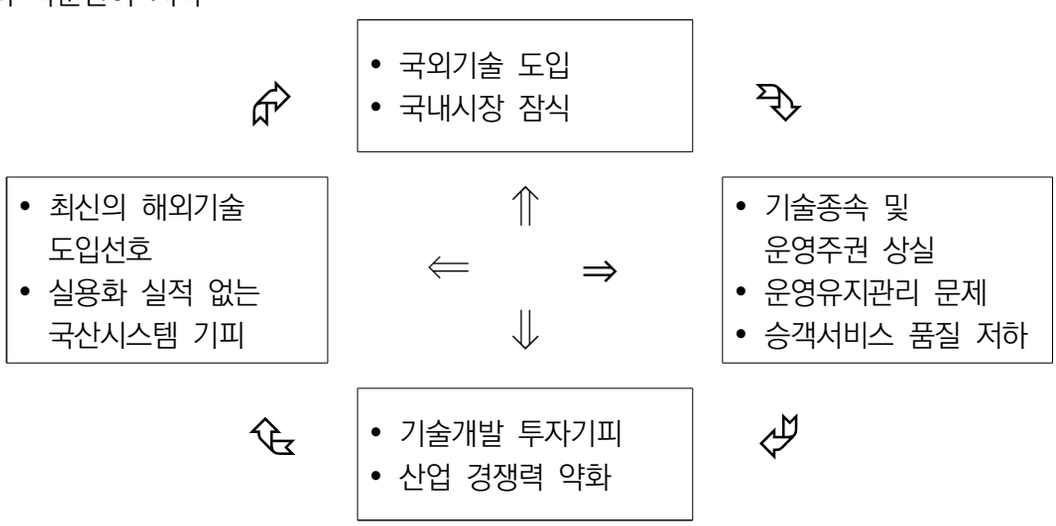
목 표		**철도신호 패러다임의 근본적인 변화(지상중심→열차중심)를 통한 제어성능 한계극복이 가능한 자율주행 철도신호체계 기술선점**			
성과목표	기술목표	**LoA_1 기술확보** • 자기회복 기술 • 원격주행 기술 • 경합해소 기술	**LoA_2 기술확보** • 열차중심 간격제어 기술 • 열차중심 분기제어 기술	**LoA_3 기술확보** • 무선연결기 기반 분리결합기술 • 열차 간 협업기반 경합해소기술	**트랙 레코드 확보** • 인증 및 표준체계 구축 기술 • 시험평가 기술 • 법제화 및 표준화
	성능목표	• 5분 이내 자기회복 • 5분 이내 원격접속 및 제어 • 열차 연쇄지연시간 25% 단축	• 간격/분기제어 30% 향상 • 시스템 신뢰도 향상 • 열차 투입의 유연성 향상	• 분리결합 오류/시간 Zero 化 • 무선연결기 기반 무인자동 편성조성	• 자율주행 신호체계 Test-case 확보 • SIL-4 인증 • 트랙 레코드 확보

중점분야 및 핵심기술	열차중심 열차관제	열차중심 열차제어	열차중심 편성제어	사업총괄 및 실용화 촉진기술
	• 자기 회복 및 원격 주행기술 • 자율주행 철도관제기술 • 열차간 합의기반 경합인지 및 해소 • 실시간 인프라 감시 기술	• 열차중심 간격제어 및 분기제어기술 • 기존시스템과 상호 연계 운영기술 • T2T, T2I 통신 및 통신 보안기술	• Radio 연결기 • Radio TCN 및 TCMS 연계기술 • 예측가능한 제동기술 • Radio 연결 무결성 확인기술	• 테스트 베드 구축 및 시험평가 기술 • 시스템 RAMS LCC 체계 구축기술 • 시스템 적합성 체계 연구 • 법제도 및 표준체계 구축기술

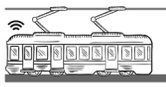
● 이슈/문제와 사업목표 간 연계

- 동 사업의 이슈/문제 분석 결과

- 철도신호시스템 외산도입에 따른 문제를 해결하기 위해서는 차세대 철도신호시스템 기술의 선점과 트랙레코드 확보가 필수적이며, 동시에 글로벌 선도기업과의 경쟁, 열악한 철도 산업환경을 극복하기 위한 자율주행 철도신호체계 기술개발이 시급
  - **(산업구조적 악순환 문제점)** 철도운영사가 최신의 외산 신호시스템을 선호함에 따라 국내 시장 축소로 인한 운영주권 상실과 승객서비스 저하, 국내기술 투자 기피 및 기술력 약화의 악순환이 지속



  - **(Slow Follower 전략의 한계)** 국외 선진국 대비 20년 이상 늦은 시점에서의 기술개발 전략으로는 기술 및 시장경쟁력 확보에 한계
  - **(실용화 한계)** 연구개발 완료(SIL 인증서 및 공인기관 시험성적서 확보) 이후 운영기관 도입 시 영업선 운용 실적을 요구하나 영업선 운용 실적(트랙 레코드)을 확보하기가 쉽지 않아 개발기술의 실용화에 난항



- 동 사업의 이슈/문제해결을 위해서는 연구개발을 통한 「**최신의 철도신호시스템의 선제적 개발을 통해 기술경쟁력 확보**」와 연구개발 결과에 대한 「**실용화 한계극복**」으로 철도신호 산업구조적 악순환 해결이 필요함

* 운영기관에서는 안전성이 검증된 최신의 철도신호시스템을 선호하기 때문에 차세대 철도신호 핵심기술 선점을 통해 미래 철도신호 제어패러다임과 패권을 주도할 수 있는 선도적 위상 확보가 필요

- **(철도신호기술 경쟁력 확보)** 수송력 한계, 유연성 한계, 신뢰성 한계 극복을 통한 성능한계 극복과 자동화 범위 및 수준의 한계극복을 통한 자동화 한계극복이 필요

- **(실용화 한계 확보)** 실용화 실적한계극복과 신규 철도신호시스템에 대한 표준화 및 법제화 마련이 필요

[표 10.2.1] 이슈/문제와 사업목표와의 연계

이슈/문제			개선방안	성과목표	중점분야
철도신호 기술경쟁력 확보	성능 한계 극복	수송력 한계극복	- 제어흐름 단순화 - 열차간 상대제동 IXL과 ZC의 통합	- 간격 및 분기제어 성능 30% 향상	중점분야2
		운영 유연성 한계극복	IXL과 ZC의 통합	열차투입의 유연성 향상	
			주행중 자유로운 분리결합	분리결합 오류/시간 Zero化	중점분야 3
		신뢰성(안전성) 한계극복	지상 IXL과 ZC의 삭제	시스템 신뢰도 향상	중점분야2
	자동화 한계 극복	자동화 적용범위 한계극복	열차 스스로 상태를 회복 (self-recovery) 원격의 관제에서 열차를 주행	- 5분이내 자기회복 - 5분이내 원격접속 제어	중점분야 1
		자동화 수준 한계극복	열차간 합의를 기반한 자율화	분리결합 오류/시간 Zero化	중점분야 3
				열차 연쇄지연시간 25% 단축	중점분야 1
실용화 한계극복		실용화 실적 확보 한계극복	- 트랙 레코드 확보	트랙 레코드 기준 및 확인	중점분야 4
		표준화 및 법제화	표준체계 구축 및 법제화	표준체계 구축 법제화	

- 이를 사업 논리모형으로 정리하면 아래와 같으며, 신규 자율주행 철도신호시스템 개발에 따른 수혜자는 기술개발을 통한 시장경쟁력 확보가 가능한 기업, 시스템 도입을 통해 운영 효율성 향상을 가지는 운영기관, 승객 편의성이 향상된 철도교통 이용자, 기술역량 확보로 후속연구가 가능한 대학, 연구소 등으로 볼 수 있음.

1. 이슈 / 문제

- 철도신호시스템 외산도입에 따른 문제를 해결하기 위해서는 차세대 철도신호시스템 기술의 선점과 트랙레코드 확보가 필수적이며, 동시에 글로벌 선도기업과의 경쟁, 열악한 철도 산업환경을 극복하기 위한 자율주행 철도신호체계 기술개발이 시급
  * 철도 선진국을 중심으로 제어패러다임에 대한 근본적인 변화의 움직임이 일고 있으며 기존의 slow follower의 전략에서 벗어나 신규 제어패러다임 개발에 적극적으로 대응함으로써 기술종속의 탈피와 선도기업과의 경쟁을 통해 시장 우위를 선점하도록 전략적 변화가 필요

- **(산업구조적 악순환 문제점)** 철도운영사가 최신의 외산 신호시스템을 선호함에 따라 국내시장 축소로 인한 운영주권 상실과 승객서비스 저하, 국내기술 투자 기피 및 기술력 약화의 악순환이 지속
- **(Slow Follower 전략의 한계)** 국외선진국 대비 20년 이상 늦은 시점에서의 기술개발 전략으로는 기술 및 시장경쟁력 확보에 한계
- **(실용화 한계)** 연구개발 완료(SIL 인증서 및 공인기관 시험성적서 확보) 이후 운영기관 도입 시 영업선 운용 실적을 요구하나 영업선 운용 실적(트랙 레코드)을 확보하기가 쉽지 않아 개발기술의 실용화에 난항

2. 목표

- 철도신호 패러다임의 근본적인 변화(지상중심→열차중심)를 통한제어성능 한계극복이 가능한 자율주행 철도신호체계 기술선점
- 자율주행 철도신호체계 LoA_1/2/3 선제적 기술 확보
  - 5분 이내 자기회복 및 원격제어
  - 간격/분기제어 30%, 신뢰도 향상
  - 분리결합 오류/시간 Zero化
- 연구개발 기술의 실용화을 위한 트랙레코드 확보
  - Test-case , SIL-4 인증 및 트랙레코드 확보

⇨

3. 수혜자

- (1차) 신기술 개발을 통해 국내 및 해외시장 확보 가능한 관련 기업
- (2차) 신기술 적용을 통해 운영효율성 확보가 가능한 국내 운영기관
- (3차) 수송력 향상 및 유연성이 증가된 철도 교통을 이용 가능한 국민
- (4차) 기술역량 공유를 통해 자원 활용이 가능한 대학, 연구소

4. 투입

- 인적지원
  -철도운영사, 시스템 제작사, 연구원, 민간전문가, 사업 참여자 등
- 예산지원
  -사업비 OO억원 (국비 OO 억원, 민자 OO 억원)

⇨

5. 과정

- 최신의 자율주행 철도신호기술 선제적 개발
  -열차중심의 관제기술
  -열차중심 열차제어기술
  -열차중심 편성제어개술
- 실용화 촉진기술 개발
  -테스트베드 구축 시험
  -시스템 적합성 및 RAMS/LCC 체계 구축
  -법제도 표준체계 구축

⇨

6. 산출

- 시제품 개발 14건
- 논문 영향력 지수 68.82
- 특허 SMART 3.54
- SIL 인증 10건
- 트랙 레코드 확인 1건
- 수 입 대 체 효 과 654억원

⇨

7. 성과 / 영향

- 철도 수송력 30% 향상
- 5분이내 자기회복 및 원격제어
- 분리 결합 오류시간 Zero
- 지연확산 25% 절감
- 국내 시장점유율 90% 확보
- 국외 시장점유율 10% 확보
- 철도신호기업 생산유발효과 8,510억원, 부가가치 유발효과 3,103억원
- 전후방 산업관련 3,483명 취업 및 취업유발 효과

8. 가정

- 자율주행 철도신호 연구개발을 통한 기능 및 성능확보, 트렉레코드 기준에 부합하는 신뢰성 검증
- 신기술 선점과 시장확보를 위한 정부차원의 안정적인 연구개발 투자지원과 수요처의 국산 철도신호기술 도입 장려
- 정부와 수요처, 산·학·연 전문가의 합의에 기반한 트랙레코드 기준 도출과 확인
- 현장시험 및 시범운영에 필요한 테스트 베드 구축을 위한 공공부문(정부, 운영기관, 인증기관 등)과 민간부문(철도차량 및 시스템 제작사)의 협력
- 철도신호 이슈/문제 해결에 대한 정부/연구기관/철도사업자/제작사의 강한 의지와 협력 활성화

사업목표 설정의 적절성

목 표		철도신호 패러다임의 근본적인 변화(지상중심→열차중심)를 통한 제어성능 한계극복이 가능한 자율주행 철도신호체계 기술선점			
성과목표	기술목표	LoA_1 기술확보 • 자기회복 기술 • 원격주행 기술 • 경합해소 기술	LoA_2 기술확보 • 열차중심 간격제어 기술 • 열차중심 분기제어 기술	LoA_3 기술확보 • 무선연결기 기반 분리결합기술 • 열차 간 협업기반 경합해소기술	트랙 레코드 확보 • 인증 및 표준체계 구축 기술 • 시험평가 기술 • 법제화 및 표준화
	성능목표	• 5분 이내 자기회복 • 5분 이내 원격접속 및 제어 • 열차 연쇄지연시간 25% 단축	• 간 격 / 분 기 제 어 30% 향상 • 시스템 신뢰도 향상	• 분리결합 오류/시간 Zero 化 • 무선연결기 기반 무인자동 편성 조성	• 자율주행 신호 체계 Test-case 확보 • SIL-4 인증 • 트랙 레코드 확보

① (성능목표 1-1 : 5분 이내 자기회복)

● **설정 근거**

- **(도시철도 운영사)** 도시철도의 경우 5분 이상의 지연의 경우 지연증명서를 발급하고 지연에 대한 관리대상으로 정함

- **(한국철도공사)**「철도사고조사 및 피해구상 세칙」에 의거 고속열차 및 전동차는 10분, 일반여객열차는 20분, 화물열차 및 그밖의 열차는 40분 이상 지연하여 운행한 것을 지연운행으로 규정

● **목표 달성 가능성 검토**

- **(자기회복)** 열차의 일시적 오류에 의한 비상제동 체결시 열차제어시스템은 자신이 확보한 이동권한 한계 내에서 최악의 경우 재부팅(3분 이내)과 위치회복을 위한 전·후왕복 운행(2분 이내)에 따른 시간을 고려함.

- **(원격접속 및 제어)** 열차신호장치 또는 그 구성장치의 오류로 인해 회복이 어려운 경우 관제에서 기관사가 cockpit에서 해당 열차에 원격으로 접속(3분 이내)하고 해당 열차의 상태정보와 함께 전방영상 및 센싱정보를 토대로 열차를 수동조작 하는 시간(2분 이내)을 고려함

② (성능목표 1-2 : 5분 이내 원격접속 및 제어)

- **설정 근거**

  - **(도시철도 운영사)** 도시철도의 경우 5분 이상의 지연의 경우 지연증명서를 발급하고 지연에 대한 관리대상으로 정함

  - **(한국철도공사)**「철도사고조사 및 피해구상 세칙」에 의거 고속열차 및 전동차는 10분, 일반여객열차는 20분, 화물열차 및 그밖의 열차는 40분 이상 지연하여 운행한 것을 지연운행으로 규정

- **목표 달성 가능성 검토**

  - **(원격접속 및 제어)** 열차신호장치 또는 그 구성장치의 오류로 인해 회복이 어려운 경우 관제에서 기관사가 cockpit에서 해당 열차에 원격으로 접속(3분 이내)하고 해당 열차의 상태정보와 함께 전방영상 및 센싱정보를 토대로 열차를 수동조작 하는 시간(2분 이내)을 고려함

③ (성능목표 1-3 : 열차 연쇄지연시간 25% 단축)

- **설정 근거**

  - **(해외사례)** 유럽 ERTMS 연구팀에서는 지상관제 시스템의 알고리즘 개선을 통해 연쇄지연 19% 단축에 그친 실적을 보고함

  ※ 출처: A. D'Ariano, M. Pranzo and I. A. Hansen, "Conflict Resolution and Train Speed Coordination for Solving Real-Time Timetable Perturbations," in IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 8, no. 2, pp. 208-222, June 2007.

  - **(경쟁우위)** 해외의 지상 관제방식 한계를 극복한 차상 중심 열차제어시스템을 통하여 연쇄지연 25%까지 단축하는 도전적 목표를 설정함

- **목표 달성 가능성 검토**

  - 시뮬레이션 분석을 통해 29.2%까지 단축 가능성을 사전검토하였으므로, 실제 시스템에서 25%까지 단축 가능

④ (성능목표 2-1 : 간격/분기제어 30% 향상)

● **설정 근거**

- **(국외 선진국과 동등 이상의 목표)** T2T 기반 열차제어는 CBTC[156] 및 ETCS L3[157] 대비 약 30% 성능향상이 가능

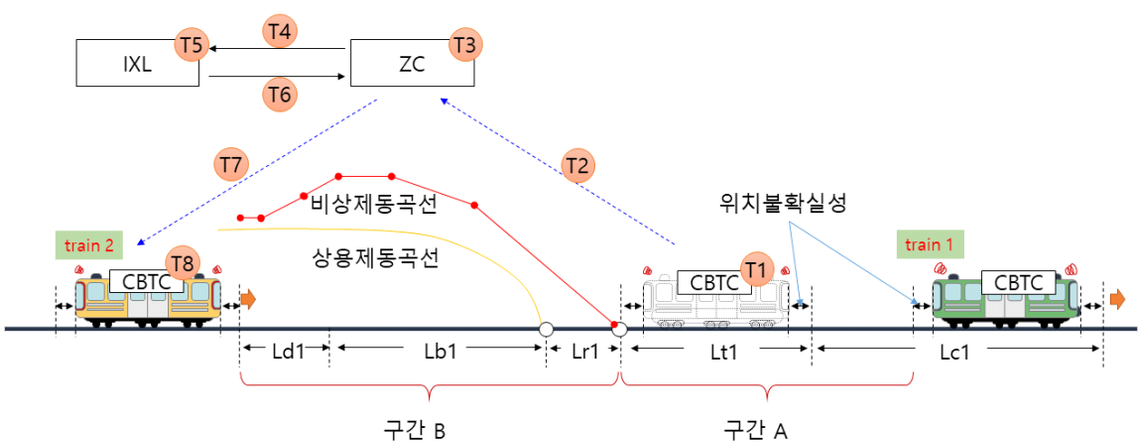
- **(열차중심의 간격/분기제어의 성능한계)** 열차중심의 제어 패러다임 전환을 통해 달성 가능한 최대 성능으로 분석

● **목표 달성 가능성 검토**

- **(간격제어 성능 30% 향상)** 기존 열차간격 (구간 A)*와 (구간 B)**를 단축함으로써 30% 향상 가능

* 선행열차가 자신의 상태를 전송 후 후행열차가 해당 정보를 수신전까지 주행한 거리

** 후행열차의 worst-case 제동거리



[그림 10.2.2] CBTC(ETCS L3)의 간격제어 구조

- **(분기제어 성능*,** 30% 향상)** 기존의 궤도회로 기반 연동논리에 의한 분기제어 성능을 가지는 CBTC(ETCS L3)와 T2T 기반 ATCS의 분기제어 성능을 비교

* 분기기(스위치)의 frog angle값에 의해 스위치 번호가 정해지며 시뮬레이션에서는 #8, #10 스위치에 대한 분기구간 통과 성능 비교.

156) Urbalis Fluence, Alsotm(https://www.alstom.com/our-solutions/signalling/urbalis-cbtc-range-future-signalling-systems)

157) Song, Haifeng, Hongjie Liu, and Eckehard Schnieder. "A train-centric communication-based new movement authority proposal for ETCS-2." IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems 20.6 (2018): 2328-2338.

** 최소 headway distance를 유지하면서 주행 중인 선·후행 열차가 분기구간 통과시 세마포어 영역으로 인한 안전간격의 변화를 비교

⑤ (성능목표 2-2 : 시스템 신뢰도 향상)

● **설정 근거**

- 관할영역마다 존재하는 지상제어시스템을 삭제함으로써 신뢰성(안전성) 향상 가능

● **목표 달성 가능성 검토**

- CBTC(ETCS L3)의 관할영역(zone) 수를 n개, 열차의 차상장치의 수를 k라 할 때 $MTTF_{CBTC}$는 $1/(2n\lambda^d + k\lambda^d)$로 표현할 수 있음(단 장치별 고장률은 모두 동일하다고 가정)
- 열차의 수가 동일 한 경우 자율주행 철도신호 차상장치의 수를 k라 할 때 $MTTF_{ATCS}$는 $1/k\lambda^d$로 표현할 수 있음
- 신뢰도 r을 $MTTF_{ATCS}/MTTF_{CBTC}$라 표현하면 $1+2n/k$이며 $n \geq 1,\ k \geq 1$이므로 CBTC(ETCS L3) 대비 $2n/k$배 만큼의 향상이 가능함.

⑥ (성능목표 3-1 : 분리결합 오류/시간 Zero 化)

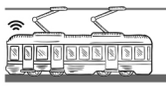
● **설정 근거**

- 종전 신호기술 및 물리적 연결방법의 한계를 극복하여 신호시스템 감시하에 Radio 연결기를 통한 안전하고 선로선형에 구애받지 않으면서 실시간 분리결합이 가능

● **목표 달성 가능성 검토**

【종전 신호기술 및 물리적 연결방법의 한계분석】

- **(신호기술 한계)** 물리적 연결을 신호시스템은 열차의 충돌로 간주하여 두 편성의 열차가 근접하지 못하도록 방호



- 따라서 열차의 신호시스템을 종료 후 운전자 책임하에 수동으로 열차를 분리 결합함에 따른 인적오류 발생

- **(물리적 연결방법 한계)** 물리적 연결은 직선의 선로구간에서 선행열차가 정지 상태에서 후행열차가 서행하여 최종 5km/h 속도 이하로 결합

- 결합에 따른 시간이 소요되며 결합이 어긋나거나 속도 초과로 연결기 파손과 같은 오류의 위험이 존재

【열차중심의 편성제어 및 Radio 연결기를 통한 한계극복】

- 자율주행 신호시스템 감시하에 안전하고 신속한 분리결합 수행 가능함으로 분리결합에 따른 오류/시간을 Zero 化 가능

- 선로구간의 선형에 구애받지 않고 Radio 연결기를 통한 신속한 결합 가능

⑦ (성능목표 3-2 : 무선연결기 기반 무인자동 편성조성)

● **설정 근거**

- 종전 신호기술 및 물리적 연결방법의 한계를 극복하여 운영자의 수동개입 없이 무인자동 편성조성 가능

● **목표 달성 가능성 검토**

- 운영자 수동개입 없이 자율주행 신호시스템 감시하에 자동으로 열차의 결합 분리 가능하며 결합된 후행열차의 신호시스템은 slave 모드로써 선행열차의 가감속 명령에 기반하여 주행가능

⑧ (성능목표 4-1 : 자율주행 신호체계 Test-case 확보 및 SIL-4 인증)

● **설정 근거**

- 신규 신호시스템 실용화를 위해 기능 및 성능의 검증과 확인에 필요한 test-case 확보와 SIL-4 인증 필요

- **목표 달성 가능성 검토**

  - 사업착수와 함께 시스템의 규모와 복잡성을 고려한 검사인증 계획을 수립하고 인증 추진을 위한 산출물 관리, 인증 신청에서 획득까지 단계별 인증체계 수립함으로써 test-case 확보 가능

  - 자율주행 철도신호체계 국제 RAMS 규격 충족을 통해 SIL4 수준의 안전기술과 LCC 경쟁력 확보 가능

⑨ (성능목표 4-2 : 트랙 레코드 확보)

- **(적용 대상)** 도시철도, 일반 및 고속철도 노선

- **설정 근거**

  - 자율주행 신호기술의 실용화를 위해서는 영업운영에 준하는 트랙레코드 확보가 필요

- **목표 달성 가능성 검토**

  - 정부, 철도 운영기관, 연구기관 및 민간 전문가로 구성된 전문가 협의체를 운영하여 영업실적에 준하는 기준을 계량화하여 정립

  - 사업추진의 전 과정을 모니터링하며 해당 기준에 대한 충족여부를 확인하고 테스트 베드 구축 및 시험선 시험, 시범운영을 통해 최종 트랙 레코드 달성 여부를 확인 가능

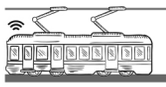
■ 수혜자 표적화의 적절성

- 본 사업은 제어 패러다임의 근본적인 변화(지상중심→차상중심)를 가지는 차세대 철도신호기술의 선점을 목표로 함.

- 신규 철도신호시스템 개발과 관련된 직·간접적인 이해관계자를 대상으로 수혜대상 및 효과를 설정함

- **1차 관련기업**

  - 신기술 개발을 통해 철도신호 기술경쟁력 확보 및 국내를 비롯한 해외시장 진



출이 가능하며 턴키 입찰방식의 적극적인 대응으로 철도산업 전반의 시장경쟁력 확보 가능

● **2차 운영기관**

- **(설비운용 한계상황 극복)** 경쟁우위에 있는 국산의 차세대 철도신호시스템 도입을 통해 국외 철도신호시스템 의존에 따른 설비 운용의 한계상황*,**,***을 극복할 수 있음.

* (설비 운용의 주권상실) 국외 신호시스템의 고장과 장애, 니즈에 의한 시스템 수정·보완 등을 국외기술에 전적으로 의존

** (도입비용 증가) 외산 신호시스템 도입비용이 상대적으로 크게 발생하며, 노선의 연장 시 타사 제품과 호환문제로 인해 독점에 따른 막대한 비용부담 발생

*** (유지관리 어려움) 국외 신호시스템 도입 시 유지보수 및 발주 기간 및 비용, 기술 서비스 측면에서 유지관리에 어려움이 발생

- **(운영 효율성 향상)** 완전한 열차중심의 자율주행 철도신호시스템 도입을 통해 노선의 확장과 투입열차의 증대, 유동적인 수송수요 등 운영상 변화에 대응이 가능함.

- **(안전성 향상)** 주행상황에서 발생하는 여러 가지 이례적인 상황을 열차 간 협업을 통해 열차 스스로 인지하고 판단하여 제어함으로써 신속하면서 정확한 대응이 가능함.

● **3차 철도이용객**

- 자율주행 철도신호시스템을 이용함으로써 수송력 향상에 따른 혼잡도 감소, 비러시아워 시간대 및 분기노선의 대기시간 감소, 열차 이용의 신뢰성 및 안전성 향상이 가능.

● **4차 대학, 연구소**

- 기술개발 역량, 인프라 등의 확보를 통해 후속 연구개발과 타 교통분야의 지능형 제어시스템 개발에 활용이 가능.

3. 세부활동 및 추진전략의 적절성

가. 세부활동 도출의 적절성

■ 기술수요조사

● 수요조사 방법

- (1차) 기술분류체계와 사업 개요를 바탕으로 자유롭게 제안
- (2차) 1차 기술수요에 대한 검토 후 사업 목표달성을 위한 공백분야 기술수요가 제안되도록 유도

● 수요조사 결과

- 산·학·연 전문가를 대상으로 전체 111건이 기술수요가 제안됨
- 열차중심 열차제어기술 분야 수요가 전체 46건(41.4%)으로 가장 많이 제안됨

■ 과제우선순위 평가

● 111건 기술 수요에 대하여 우선순위 평가를 통해 후보 과제를 선정

- 예비타당성조사 수행세부지침에서 제시하고 있는 우선순위 평가기준을 반영하여 ①자율주행 철도신호체계 기술선점을 위해 기여할 수 있고 ②철도시스템 핵심기술로 국내외 시장확보를 위해 기술개발이 시급하며 ③큰 수요로 상용화 가능성 및 해외 진출 가능성이 높은 과제를 선정

● 각 지표별 평가점수가 3점 이상이면서, 지표별 가중치를 반영한 합산 총점이 3.5점 이상인 과제를 선정

- **(평가방법)** AHP 쌍대비교를 통해 평가지표(목표달성 기여도, 기술개발 시급성, 기술개발 성공가능성)별 가중치 산정 후, 각각의 과제에 대해 5점 척도로 평가
- **(평가결과)** 열차중심 관제기술 분야 18건, 열차중심 열차제어기술 분야 26건, 열차중심 편성제어기술 분야 15건, 사업총괄 및 실용화촉진기술 분야 15건의 과제 선정

세부 추진과제 도출

● 우선순위평가를 통해 선정된 과제를 대상으로 기술분과위원회 논의를 거쳐 성과 목표가 유사한 기술을 통합·조정하여 최종 추진과제 도출

- 열차중심 관제기술분야 4개, 열차중심 열차제어기술 분야 2개, 열차중심 편성제어기술 분야 4개, 사업총괄 및 실용화촉진기술 분야 2개로 세부과제 도출

기술분과	세부과제
1. 열차중심 관제기술	1-1. 자율주행 열차 경합해소 및 연쇄지연 단축 기술개발
	1-2. Drone-train 기술개발
	1-3. 실시간 인프라상태 감시 기술개발
	1-4. 자율주행 철도관제 기술개발
2. 열차중심 열차제어 기술	2-1. 열차 중심 간격 및 분기제어 기술개발
	2-2. T2T, T2I 통신 및 통신보안 기술개발
3. 열차중심 편성제어 기술	3-1. Radio 연결기 기술개발
	3-2. Radio TCN 및 TCMS 연계 기술개발
	3-3. 예측가능한 열차 추진제동 기술개발
	3-4. Radio 연결 무결성 확보 기술개발
4. 사업총괄 및 실용화촉진기술	4-1. 사업총괄 및 시스템 안전성 확보, 인증 및 표준체계, 법제화 구축 기술
	4-2. 시스템 시험평가 기술개발

세부활동 도출을 위한 전문가 구성

● 세부활동 도출을 위한 기술수요조사 및 우선순위 선정은 중점 추진분야별 기술분과위원회*에서 수행

* 사업기획을 위한 분과위원회는 12월부터 약 3개월간 3차에 걸쳐 운영

- (1분과) 열차중심 관제 기술분과
- (2분과) 열차중심 간격/분기 제어 기술분과
- (3분과) 열차중심 편성 제어 기술분과
- (4분과) 표준 및 인증체계 기술분과

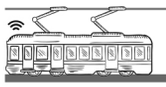
● 기술분과위원회 구성

- (1분과) 산업계(7명), 학계(2명), 정부기관(1명), 연구계(3명) 등 총 14명 전문가로 구성

연번	구분	성명	소속 (직급)	분야
1	학	이종우	서울과기대 글로벌철도시스템학과 교수	신호통신(신호)
2	산	이우상	㈜스마트제어계측 대표이사	궤도토목(인프라 모니터링)
3	산	천준호	리앤태크(주) 기술연구소 이사	철도차량(차량시스템)
4	산	김성수	아이씨티웨이(주) 부장	궤도토목(궤도인프라)
5	산	정우석	㈜케이원정보통신 부장	신호통신(통신)
6	산	진은영	㈜그린시스템 부장	철도운영(관제)
7	학	장승엽	한국교통대학교 교수	궤도토목(궤도/토목)
8	산	이영수	㈜테크빌 부사장	철도운영(관제)
9	관	김흥기	한국철도시설공단 기술본부 수송계획처 부장	철도운영(수송계획)
10	산	차인규	한국철도공사 안전경영본부 관제실(부장)	철도운영(관제)
11	학	김경민	명지대학교 교수	철도운영(수송계획)
12	연	윤희택	한국철도기술연구원 책임	궤도토목(인프라 모니터링)
13	연	오석문	한국철도기술연구원 책임	철도운영(수송계획)
14	연	박영곤	한국철도기술연구원 책임	궤도토목(인프라 모니터링)

- (2분과) 산업계(6명), 학계(3명), 연구계(4명), 정부기관(1명) 등 총 14명 전문가로 구성

연번	구분	성명	소속 (직급)	분야
1	학	박태원	아주대학교 기계공학과 교수	철도차량(차량시스템)
2	학	한민규	한성대학교 융.복합교양교육과 교수	신호통신(통신)
3	연	노고산	한국전자통신연구원 자율주행시스템연구그룹 선임	신호통신(통신)
4	산	윤병현	㈜삼표레일웨이 팀장	궤도토목(궤도인프라)
5	산	김경식	현대로템 신호팀장	신호통신(신호)
6	산	이재호	네오트랜스 차장	신호통신(신호)
7	산	정연진	대구도시철도공사 경전철기술사업소 신호전자부 부장	신호통신(신호)
8	산	고태영	에스트래픽(주) 2차사업부 차장	신호통신(통신)
9	산	안진	대아티아이(주) 전무	철도운영(관제)
10	학	박종헌	동양대학교 교수	신호통신(신호)
11	관	채기현	한국철도시설공단 수도권본부 수도권사업단 궤도PM 부장	궤도토목(궤도인프라)
12	연	오세찬	한국철도기술연구원 선임	신호통신(신호)
13	연	이숙진	한국전자통신연구원 책임	신호통신(통신)
14	연	김만철	한국철도기술연구원 책임	궤도토목(궤도인프라)



- (3분과) 산업계(10명), 학계(3명), 연구계(4명) 등 총 17명 전문가로 구성

연번	구분	성명	소속 (직급)	분야
1	학	백종현	우송대학교 IT융합학부 교수	신호통신(신호)
2	학	김주엽	숙명여자대학교 ICT융합공학부 교수	신호통신(통신)
3	학	이태환	송원대학교 철도운전시스템학과 교수	철도운영(관제)
4	연	오현서	한국전자통신연구원 자율주행시스템연구그룹 책임	신호통신(통신)
5	산	김기남	유진기공산업(주) 부장	철도차량(차량시스템)
6	산	정은성	현대로템(주) 추진제어팀장	철도차량(추진제어)
7	산	송영신	㈜우진산전 부장	철도차량(제동)
8	산	이동균	유진기공(주) 부장	철도차량(제동)
9	산	김진효	㈜도구공간 대표	철도차량(센싱)
10	산	신광균	현대로템(주) 통신제어개발팀장	철도차량(추진제어)
11	산	박기수	포스코ICT R&D센터 제어시스템연구그룹장	신호통신(신호)
12	산	김형훈	LS산전(주) 차장	신호통신(신호)
13	산	오남종	광주광역시 도시철도공사 신호팀장	신호통신(신호)
14	산	전병천	넷비젼텔레콤 대표이사	신호통신(통신)
15	연	윤병식	한국전자통신연구원 책임	신호통신(통신)
16	연	오상철	한국전자통신연구원 책임	신호통신(통신)
17	연	최돈범	한국철도기술연구원 책임	철도차량(차량시스템)

- (4분과) 산업계(8명), 학계(1명), 연구계(3명), 정부기관(1명) 등 총 13명 전문가로 구성

연번	구분	성명	소속 (직급)	분야
1	학	안치형	한국기술교육대학교 전기전자통신공학부	신호통신(통신)
2	산	서수호	㈜다원시스 이사	철도차량(차량시스템)
3	산	이수환	㈜에이알텍 이사	신호통신(신호)
4	산	고영환	서울시 메트로 9호선 부사장	철도안전(인증 및 안전)
5	산	최상영	생산성인증원 수석전문위원	철도안전(표준체계)
6	산	송기태	RAMS 코리아 수석	철도안전(표준체계)
7	산	김성하	교통안전공단 철도기술처장	신호통신(신호)
8	산	김종운	㈜네모시스 대표이사	철도안전(인증 및 안전)
9	관	박진규	한국산업기술시험원 센터장	철도안전(표준체계)
10	산	정을섭	㈜피닉스인증원 회장	철도안전(안전/인증/표준/법제도)
11	연	오상철	한국전자통신연구원 책임	신호통신(통신)
12	연	신덕호	한국철도기술연구원 책임	철도안전(인증 및 안전)
13	연	신경호	한국철도기술연구원 책임	철도안전(인증 및 안전)

3절 경제적 타당성

1. 분석방법론

■ B/C 분석을 통해 경제적 타당성을 파악하고, 추가적으로 NPV 분석, IRR 분석을 수행함[158]

- **(B/C 분석)** 편익-비용 비율(Benefit Cost ratio)은 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 발생하므로 할인율을 적용하여 이를 특정기간(일반적으로 현재연도)에 발생하는 것으로 환산하여 비교하게 되는데 이를 현재가치화라고 함
  - 편익/비용 비율(B/C ratio)은 대안 사업별로 편익의 현재가치를 비용의 현재가치로 나눈 값이 1이상이면 경제성이 있다고 판단

- **(NPV 분석)** 순현재가치(Net Present Value)란 투자사업으로부터 사업의 최종연도(T)까지 얻게 되는 순편익(편익에서 비용을 뺀 금액)의 흐름을 현재가치로 계산하여 이를 합한 값으로서 다음과 같이 나타낼 수 있음

$$NPV=\sum_{t=0}^{T}\frac{B_t-C_t}{(1+r)^t}$$

  - 여기서 B_t는 t기의 편익, C_t는 t기의 비용, r은 할인율임
  - 순현재가치가 0보다 크면 이 사업은 경제성이 있는 것으로 볼 수 있음

158) 『국가연구개발사업예비타당성 수행 총괄지침(2019년 개정) 제30조(비용-편익분석)』에 따르면, 수행기관은 경제적 타당성이 있는지를 판단하기 위해 원칙적으로 비용-편익 분석을 수행하여야 하며 이때 편익/비용(Benefit Cost Ratio : B/C Ratio), 순현재가치(Bet Presernt Value: NPV), 내부수익률(Internal Rate of Return :IRR)등의 지표를 구하여야 함

- 순현재가치는 모든 타당성 경제적 자료를 단일 계산하여 심사나 순위매김이 가능하게 하며, 현재가치를 계산하기 위해서는 적절한 할인율 산정이 요구되며, 일반적인 과정은 순 편익흐름내의 미래가치를 현재가치로 계산
- 일반적으로 순현재가치가 0보다 작거나 같으면 사업안을 기각하는 것이 원칙이며, 사업의 예산에 대한 제약이 없을 경우 가장 높은 순현재가치를 나타내는 사업이 우선순위로 결정되며, 예산이 제약될 경우 예산 집행제약 내에서 가장 높은 순현재가치를 보이는 사업을 결정함

● **(IRR 분석)** 내부수익률(IRR)은 각 기간별 편익의 현재가치 합계와 비용의 현재가치 합계의 총합이 0이 되도록 하는 이자율을 의미하며

$$\sum_{t=0}^{T} \frac{B_t}{(1+IRR)^t} = \sum_{t=0}^{T} \frac{C_t}{(1+IRR)^t}$$

- 여기서, IRR은 내부수익률을 의미
- 내부수익률이 자본의 기회효용보다 큰 값을 보일 경우 해당 사업의 경제적 타당성이 확보되는 것으로 간주
- 경우에 따라 2개 이상의 값이 구해지거나 답이 없는 경우가 존재

[표 10.3.1] 경제적 타당성 분석 방법론 체계도

비용분석	편익분석
• 사업 특징에 따른 비용분류체계 결정, 사업 수요자 등으로부터 자료수집 및 원가동인 결정을 통해 분석결과 도출 ① 사업 특징에 따른 비용분류체계 결정 ② 기초자료 수집 및 원가 동인 결정 ③ 원가추정 방법 결정 및 분석결과 도출	• 열차자율주행 기술의 특징 및 유사사례 검토를 통하여 편익 추정방법 결정, 시장자료 분석 등을 기반으로 분석결과 도출 ① 사업 특징 분석 및 유사사례 검토 ② 편익항목 및 추정방법 결정 ③ 기초자료 수집 및 분석결과 도출

경제성분석	
• 비용 및 편익분석 결과를 활용하여 B/C분석 등을 실시 • 향후 불확실성을 고려한 민감도 분석	① 비용분석 결과 검토 ② 편익분석 결과 검토 ③ 비용/편익분석, NPV분석, IRR 분석 ④ 민감도 분석

■ 분석기간은 2033년부터 2047년으로 가정(연구개발사업이 종료되는 2029년 이후 18년)

- **(회임기간)** 동 사업(2022~2029) 종료 후 시범노선 운영기간을 고려하여, 최초 편익이 발생하기까지의 회임기간을 3년으로 가정

  - 실용화를 위해서는 영업선 운용 실적 확보가 요구되나, 연구개발 이후 민간기업에서 자체적으로 영업선 운용 실적을 확보하기는 현실적으로 어려움

  - 이러한 문제점을 해결하기 위해 동 사업 기간(시험선 운영, 시험인증, 시험성적서 발급 포함) 이후 성능·안전성 검증 및 현장 운용 노하우 확보를 위해 별도의 시범사업을 추진 예정이며, 이를 고려하여 동 사업의 회임기간을 3년으로 설정함

  * 현재(2020.5 기준) 국토교통부는 기 개발된 KTCS-M과 KTCS-2의 상용화 및 국가철도망 적용 확대를 위해 국가 주도로 각각 일산선[159]과 전라선에 시범사업[160]을 추진 중

- **(편익발생기간)** 철도신호시스템의 평균 내구연한 및 기술순환주기(TCT)[161]를 고려하여 15년으로 산정

  - 연동장치, 궤도회로, ATO 장치 등 철도신호시스템 주요 부품의 평균 내구연한은 15년[162]

  - 열차자율주행기술 관련 특허분석을 통한 기술순환주기(TCT) 평균값은 15년으로 분석됨

  * 유사 분야 연구개발사업인 철도차량부품개발사업에 대한 2018년도 예비타당성조사보고서(2019.5)에서도 편익발생기간을 15년으로 적용한바 있음(TCT 15년)

159) KTCS-M 일산선 시범사업(대화~지축 6.6km 구간, '18~21/193억원)

160) KTCS-2 전라선 시범사업(익산~여수 180km 구간, 20~'22/310억원)

161) 국가연구개발사업예비타당성 수행 총괄지침(2019년 개정) 제32조(분석기준일 및 분석기간) 2항에 따르면, 국가연구개발사업 경제성 분석기간은 기술분야에 따라 발전속도가 다른 특성을 고려하여 기술의 특허분석을 통해 산출되는 기술수명기간(Technology Cycle Time :TCT)을 사업별로 편익 회임기간 이후부터 적용해야 함

162) 국토교통부(2015), "열차운행의 안전성 및 효율성 향상을 위한 도시철도 열차운영시스템 개량 최적화 기획연구"

■ 사회적 할인율은 4.5%로 가정하고, 편익과 비용을 예비타당성조사 신청 직전년도 가치로 환산하여 경제적 타당성을 판단함

- ‘사회적할인율’은 예타지침*을 준용하여 4.5%를 적용

* 예비타당성 수행 총괄지침(2019년 개정) 제50조(사회적 할인율) 1항에 따르면, 예비타당성조사에서 사회적 할인율은 4.5%를 적용함[163)]

- ‘현재가치 환산 기준연도’는 2019년의 기준으로 현재가치를 환산

  - 편익과 비용이 제각기 다른 시점에서 발생하므로 할인율을 이용하여 비교 가능한 동일시점의 가치로 일치시켜야 함

  - 할인되는 분석의 기준일을 “예비타당성조사 수행 총괄지침(2019년 개정)*”에 준하여 해당 사업분석 착수 전년도인 2019년 말을 적용

* 예비타당성 수행 총괄지침(2019년 개정) 제32조(분석기준일 및 분석기간) 1항에 따르면, 할인되는 분석의 기준일은 해당 사업의 분석이 착수된 전년도말로 함

2. 비용추정

■ (총비용) 2022~2029년간 사업비 3,146억 원 및 2030~2032년(3년)간 시범사업 비용 300억 원을 현재 시점을 기준으로 현가화하기 위해 할인율 4.5%를 적용함

- 동 사업의 총사업비는 2022년부터 2029년까지 총 3,146억 원을 투자할 계획
- 동 사업 종료 후 시범사업 및 상용화 과정에서 발생하는 기타 비용을 고려하여 회임기간 동안 연간 100억 원의 추가 비용이 발생한다고 가정
- 동 사업 편익 발생 전까지 소요되는 총비용은 3446억 원이며, 이를 현재 시점으로 현가화한 총비용은 2,539억 원

163) 분석기간이 30년 이상인 철도와 수자원 사업은 운영 30년 동안 4.5%를 적용하고 이후는 3.5%의 할인율을 적용

[표 10.3.1] 비용분석결과

(단위 : 억 원)

년도(t)	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	합계
투자액	188.4	321.3	476.8	525.1	583.1	527.2	311.0	213.2	100	100	100	3,446.0
투자액 (현가)	165.1	269.4	382.6	403.2	428.5	370.7	209.3	137.3	61.6	59.0	56.4	2,543.1

3. 편익추정

■ (편익추정 개요) 동 사업의 목표* 및 1차적인 수혜자(민간기업)를 고려하여, 동 사업의 편익추정 방법을 시장수요접근법을 통한 생산자 중심의 가치 창출 편익으로 고려함

* 철도신호 패러다임의 근본적인 변화(지상중심→열차중심)를 통한 제어성능 한계극복이 가능한 자율주행 철도신호체계 기술선점

● 가치 창출 편익 = 매출액 × 사업기여율 × R&D기여율 ×R&D 사업화 성공률 × 부가가치율

〈예비타당성 조사의 편익항목〉

- 연구개발부문 사업의 「예비타당성조사 표준지침(KISTEP, 2014)」에 따라 R&D 예비타당성조사 B/C분석에서는 부가가치 창출 증대, 기술거래 등 정(+)의 가치 증가와 각종 비용저감 등 부(-)의 가치감소를 편익항목으로 인정할 수 있음
- 또한, 「대형 국가 R&D사업 사전평가 방법론 및 적용 연구(KISTEP, 2010)」에 따르면 최종 산출물의 형태가 확실하고 이것이 소비자들에게 최종소비재로서 사용될 경우, 산출물의 시장가치(잠재가격)를 사업편익으로 인정할 수 있음

〈R&D 예비타당성조사 비용-편익분석 시 반영하는 편익 항목〉

구분	편익 항목 반영	편익 항목 미반영	
정(+)의 가치 증가	• 부가가치 창출·증대 - **신기술 적용을 통한 생산량 증가** - **신기술 개발로 인한 가치창출** • 기술거래 - 기술이전에 의한 로열티 수입	• 과학기술 지식* (논문, 특허 등) • 과학기술자 교육훈련 • 지역개발효과 • 지역산업구조 개편 • 생산 유발효과	• 부가가치 유발효과 • 고용유발효과 • 수입유발효과 • 수출유발효과 • 소득분배효과 • 취업유발효과
부(-)의 가치 감소	• 생산비용 저감 - 생산투입 자원·시간의 저감 - 연구기간, 출장횟수 등의 연구수행 비용 저감 - 물류비용 저감 • 피해비용 저감 - 재난·재해·사고 피해 감소 • 질병비용저감* • 환경비용저감*		

(매출액) 향후 국내기업의 매출액에 대해 보수적 시나리오(국내 신규 시장 100%, 개량 시장 50% 점유)와 낙관적 시나리오(글로벌 시장 10% 점유)를 모두 고려하여 예상 매출액을 추정

[보수적 시나리오] : 국내 신규 시장 100%, 개량 시장 50% 점유

* 정부는 최근 신설노선 및 개량노선에 국산 신호시스템을 우선적으로 설치하는 계획[164]을 발표하고, 이에 대한 조치로 기 개발된 KTCS-M(일산선 시범사업), KTCS-2(전라선 시범사업)에 대한 시범노선 구축사업을 지원
* 국내 철도사업자는 신림선(2024년 예정) 및 동북선(2025년 예정)에 국산 신호시스템(KRTCS, Korean Radio based Train Control System)을 적용을 발표
* 따라서 동 사업을 통해 글로벌 수준의 기술개발 성공 시, 국내 철도신호시스템 신규·개량 수요를 기존 외산시스템 도입 방식에서 100% 국산 제품 적용으로 대체하는 것은 무리한 가정이 아니라고 판단됨
* 최신 신호시스템 선호 경향 및 T2T 자율주행 철도시스템 시장의 성장성 등을 고려할 때, 동 사업 편익기간 동안 발생하는 국내 신규·개량 시장의 T2T방식 100% 점유가 가능할 것으로 판단되나, 현재 국산화 개발 중인 KTCS-2,3(CBTC방식)와의 병행 적용을 고려하여 국내 신규 시장의 100% 및 개량 시장의 50% 점유를 가정

- 국내 철도신호시스템 시장은 신규노선 설치 및 기존노선 개량으로 구분되며, 현재 대부분의 수요를 외산시스템 수입에 의존*하고 있어 해외수입 대비 국내 기업의 매출 규모는 미미한 실정
  * 2018년 기준 국내 운영 중이거나 도입예정인 철도노선의 영업거리를 토대로 한 국산 신호시스템 점유율은 도시철도 2.4%, 고속철도 0%이며, 19년 기준 개통 중이거나 개통 예정인 전체 32개 노선 중 단 2개 노선을 제외한 30개 노선이 외산시스템을 채택
- 철도신호시스템 수입 관련 공식 통계자료 및 국내기업의 철도신호시스템 분야 매출 규모 자료의 부재로 국내 철도신호시스템 시장규모를 직접적으로 추정하는 것은 현실적으로 어려움
- 따라서 동 사업에서는 한국철도공사 기술본부에서 기준으로 제시하고 있는 철도 km당 신호·통신시스템 평균 건설단가의 개념을 적용하여 국내시장 규모를 간접적으로 추정함

164) 국토부 보도자료, "철도신호시스템 시범사업 계획(2018.7)"

- 동 사업 종료 후 편익기간 동안, 신규 철도 선로에 대한 신규 신호시스템 설치 수요 및 기존 철도 선로에 설치된 신호시스템의 노후화에 따른 교체·개량 수요가 발생할 것으로 예상됨

  - (신규노선) 최근 10년간(2009~2018년) 연간 평균 철도 키로수 증가량[165]은 76.4km/년으로, 동 사업 편익기간(2033~2047년까지 총 15년) 동안 약 1,146km의 신규노선 증가 및 이에 따른 신규 철도신호시스템 설치 수요가 예상됨(4차 철도망구축계획 고려)

  - (기존노선) 2018년 기준 국내 총 철도 키로수는 6,068km*이며, 기존노선에 설치된 철도신호시스템 주요 부품(연동장치, 궤도회로, ATO 장치 등)의 평균 내구연한은 평균 15년으로 향후 노후 신호설비에 대한 주기적인 교체·개량 수요 발생이 예상됨

  * 일반광역철도 4,507.3km, 도시철도 1,014km, 고속철도 546.6km (2018년 철도통계연보)

- 철도신호시스템의 평균 단가는 '2012년 기술본부 건설단가'의 건설단가에 철도시설 분야 건설공사비지수를 반영하여 추정함

  - 운영사는 최신의 신호시스템을 선호*하는 점을 고려하여 일반·광역·도시철도의 신호시스템은 CBTC, 고속철도는 ATC의 건설단가를 기준으로 산정

  * 국내 도시철도의 경우'10년 이후 적용 또는 선정(계획 포함)된 11개 도시철도 노선 중 9개 노선이 최신의 CBTC(KRTCS-1 포함)를 채택

[표 10.3.3] 철도키로 및 신호통신시스템 건설단가(2012년 기준)

구분	철도키로 (km)	신호시스템 건설단가 (억 원/km)	통신시스템 건설단가 (억 원/km)
일반·광역철도	4,507.3	22.5	8.5
도시철도	1,014	22.5	17.4
고속철도	546.6	29.5	16.0

※ 참조 : 2012년 기술본부 건설단가(KR 기술본부, 2012.3)

* 우이신설선(2017.9) 신호통신시스템 구축비는 km당 44.1억 원[166] 수준으로 상기 제시한

165) 철도통계연보, 철도 총연장

166) "동북선경전철 '철도 신호시스템' 국산화 도입", (중앙일보, 2018.8.6.)

기술본부 건설단가(km당 43.6억 원)와 유사한 수준임

※ 상기의 건설단가는 시공비(신호설비), CTC관제설비 및 시스템 구매비용만을 포함한 단가이며, 철도신호시스템 관련 차상설비 설치비용을 제외한 가격임

- 2012년 건설단가를 기준으로 편익기간(2033~2047년)까지의 철도시설 분야 건설공사비지수 증가분(선형증가 가정)을 반영

- 철도신호시스템 건설단가의 10%*를 유지·보수 요율로 추가 반영하여 철도신호시스템 총 단가를 산정

* 동 사업에서 개발 예정인 T2T 자율주행 철도신호시스템의 상당부분이 SW 및 ICT 장비로 구성되어있는 점을 고려하여, 공공부문 SW 평균 유지관리 요율 10.2%(2017 소프트웨어 산업 실태조사)를 적용함

● 연동장치, 궤도회로, ATO 장치 등 철도신호시스템 주요 부품의 평균 내구연한이 15년인 점을 고려하여, 편익기간(15년) 동안 기존에 설치된 신호시스템 교체 수요가 최소 1번 발생하며 연간 동일 규모로 발생한다고 가정함

- 신규노선 증설에 따른 신규 철도신호시스템 설치 수요도 편익기간 동안 균등하게 발생한다고 가정함

● 상기의 내용을 종합한 결과, 편익기간 동안의 평균 연간 국내 철도신호시스템 시장규모는 총 1조 9,591억 원으로 추정됨

- 신규 철도노선 1,146km 신설에 따른 신규 시장 규모가 총 4조 7,163억 원으로, 평균 연간 규모는 3,144억 원 수준

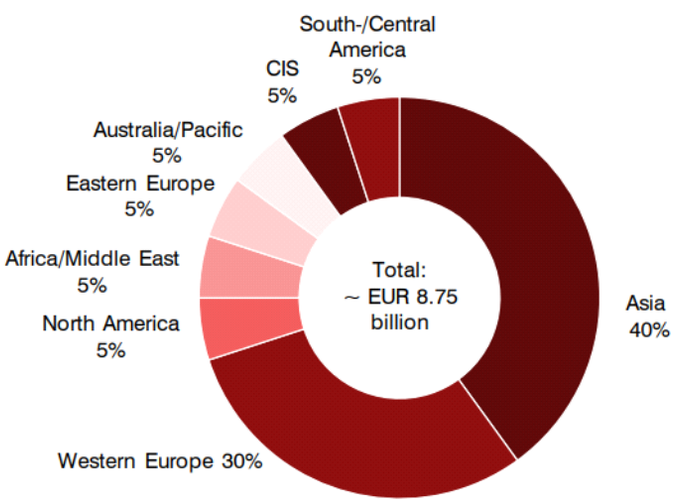
- 기존 철도노선 6,607.9km에 대한 교체·개량 시장 규모가 총 24조 6,706억 원으로, 평균 연간 규모는 1조 6,447억 원 수준

● 국내 신규 시장의 100%, 개량 시장의 50%를 점유한다고 가정할 때, 편익기간 동안 발생하는 국내기업의 연간 철도신호시스템 매출액(생산액)은 1조 1,368억 원으로 계산됨

[낙관적 시나리오] : 글로벌 시장 10% 점유

- 동 사업을 통해 T2T기반의 자율주행 철도신호시스템 분야에서 글로벌 경쟁력을 확보하면, 글로벌 시장의 점유율 확대가 가능할 것으로 기대됨

- 글로벌 철도신호시스템 시장에서 주요 기업 시장점유율을 고려하여 국내기업의 글로벌 시장 점유율 10%를 가정함
  - 현재 5개 주요 기업이 전체시장의 72%를 점유 중이며, HITACH 및 ALSTOM 수준의 점유율(10%) 확보 가능 판단



[그림 10.3.1] 철도신호시스템 분야 주요기업 시장점유율

  - 사업종료 및 회임기간 이후 국내시장 점유를 기반으로 글로벌 시장 점유율 10% 달성까지 시장점유율이 5년간 동일 비율로 증가하고, 이후 목표 시장점유율 10%를 유지하는 것으로 가정

- 글로벌 시장 규모는 시장보고서[167]의 2018~2023 시장예측데이터를 기반으로 선형증가 추세를 가정하여 추정함

[표 10.3.4] 글로벌 시장 규모 및 국내기업 생산액

(단위 : 억 원)

년도	글로벌 시장 규모	국내기업 생산액(보수적)	국내기업 생산액(낙관적)
2033	324,425	17,632	17,632
2034	331,370	17,632	22,029

167) CONTROL COMMAND AND SIGNALLING – WORLDWIDE MARKET TRENDS (2019)

년도	글로벌 시장 규모	국내기업 생산액(보수적)	국내기업 생산액(낙관적)
2035	338,316	17,632	26,426
2036	345,261	17,632	30,823
2037	352,206	17,632	35,221
2038	359,151	17,632	35,915
2039	366,097	17,632	36,610
2040	373,042	17,632	37,304
2041	379,987	17,632	37,999
2042	386,933	17,632	38,693
2043	393,878	17,632	39,388
2044	400,823	17,632	40,082
2045	407,769	17,632	40,777
2046	414,714	17,632	41,471
2047	421,659	17,632	42,166

■ **(사업기여율)** 사업기여율은 미래 시점 기준의 연구개발활동 중 조사 대상 사업이 차지하는 비중만을 적용한다는 개념으로, T2T 자율주행철도 관련 동 사업의 사업기여율은 53%로 계산됨

- 국가연구개발사업의 예비타당성조사 표준지침의 사업기여율 산식은 다음과 같음

$$\text{기여율} = \frac{\text{조사 대상사업 연간 연구개발비}}{\text{조사대상사업을 포함한 해당분야의 연간 전체 연구개발비}}$$

$$= \frac{\text{조사 대상사업 연간 연구개발비}}{\text{조사 대상사업 연구개발비} + \text{해당 기술분야 연간 (정부 + 민간) 연구개발비}}$$

$$= \frac{\text{조사 대상사업 연간 연구개발비}}{\text{조사 대상사업 연구개발비} + \text{해당 기술분야 연간 연구개발비} (1 + \text{민간/정부 비율})}$$

- 동 사업의 연간 연구개발비는 442.8억 원(8년간 총 3,542.5억 원)
- 2018년 기준, 철도신호시스템 관련 수행된 국가연구개발과제는 225억 원(철도신호시스템 분야 정부연구개발과제 DB 참조)
- 정부 대 민간 투자 규모의 비율은 '19년 연구개발활동조사보고서의 철도·교통 분야 투자 비율 0.76으로 가정함[168)]

168) 2021년도 정부연구개발 투자방향 및 기준(안) (국가과학기술심의회의 운영위 안건, 2020.3.12.)

■ **(R&D 기여율)** R&D 예타 표준지침에 의해 '제3차 과학기술기본계획(2013)'에서 명시한 35.4%를 적용

■ **(R&D 사업화성공률)** 사업화성공률은 기술개발이 사업화가 이루어지는 확률을 의미하며 관련 성과분석보고서 정보를 적용하여 45.1%를 적용함

- 한국산업기술평가관리원에서 2017년에 발간한 「2016 산업기술혁신사업 성과활용 현황조사 보고서」를 활용하여 기계·소재분야 사업화 성공률인 45.1%를 적용함**(추후 전자/통신 분야 사업화 성공률로 교체 필요)**

■ **(부가가치율)** 한국은행 「2015년 산업연관표」[169]에서 동 사업 성과물과 연관성이 높은 산업군별 매출 비중을 가중평균한 부가가치율 53.5%를 적용함

- 2012년 기술본부 건설단가의 성남-여주(CBTC 방식) 노선 기본설계 총사업비 구성(시공비, H/W 설비비, S/W 설비비 및 유지보수)을 기반으로 각 항목별 부가가치율의 가중평균을 고려

[표 10.3.5] 부가가치율

총사업비 구성	총사업비 비중	연관 산업군	부가가치율	가중평균
시공비	15.2%	건설	42.7%	53.5%
설비비(HW)	22.7%	컴퓨터/디스플레이	38.3%	
설비비(SW)	53%	소프트웨어	62.6%	
유지보수비	9.1%	서비스업	56.4%	

※ 2012년 기술본부 건설단가(KR 기술본부, 2012.3) 및 2015년 산업연관표(한국은행)를 토대로 작성

※ 동 사업에서 개발하는 T2T 자율주행 철도신호시스템은 기존의 H/W 중심에서 S/W 중심으로의 전환 및 지능화/자율화 향상을 목표로하고 있는 점을 고려하여, 총설비비 중 S/W 설비 비중을 70%로 가정(기존 CBTC의 경우 설비비 중 S/W 비중 50%)

169) 산업통계분석시스템(ISTANS)의 부가가치율(산업별,명목,산업연관)(2020.1.10.) 참조

4. 경제성 분석

■ 동 사업의 경제성 분석을 위한 총비용과 총편익의 흐름을 정리하면 아래 표와 같음

[표 10.3.6] 동 사업의 비용/편익 추정 결과

(단위 : 억 원)

구분	비용		편익(보수적)		편익(낙관적)	
	경상가치	현재가치	경상가치	현재가치	경상가치	현재가치
2022	188.4	165.1	·	·	·	·
2023	321.3	269.4	·	·	·	·
2024	476.8	382.6	·	·	·	·
2025	525.1	403.2	·	·	·	·
2026	583.1	428.5	·	·	·	·
2027	527.2	370.7	·	·	·	·
2028	311	209.3	·	·	·	·
2029	213.2	137.3	·	·	·	·
2030	100	61.6	·	·	·	·
2031	100	59.0	·	·	·	·
2032	100	56.4	·	·	·	·
2033	·	·	512	277	512	277
2034	·	·	512	265	781	404
2035	·	·	512	253	1,050	519
2036	·	·	512	242	1,319	624
2037	·	·	512	232	1,587	719
2038	·	·	512	222	1,619	701
2039	·	·	512	212	1,650	684
2040	·	·	512	203	1,681	667
2041	·	·	512	195	1,712	650
2042	·	·	512	186	1,744	634
2043	·	·	512	178	1,775	617
2044	·	·	512	170	1,806	601
2045	·	·	512	163	1,838	585
2046	·	·	512	156	1,869	569
2047	·	·	512	149	1,900	554
합계	3,446.0	2,543.1	7,685	3,105	22,843	8,805

■ 동 사업의 BC ratio는 1.09~3.10으로, 보수적 시나리오와 낙관적 시나리오 모두 경제성을 확보한 것으로 분석됨

[표 10.3.7] 동 사업의 비용편익 분석 결과

비용(현재가치)	편익(현재가치)		B/C Ratio	NPV(순현재가치)
2,838	시나리오1(보수적)	3,105	1.09	265
	시나리오2(낙관적)	8,805	3.10	5,967

* 시나리오1 : 국내시장 50% 점유, 시나리오2 : 국내시장 90% 포함 글로벌 시장 10% 점유

4절 파급효과 분석

1. 경제적 파급효과

가. 분석개요

분석 방법

- 동 사업의 파급효과는 한국은행에서 발간하는 산업연관표를 토대로 수행한 산업연관분석을 통해 도출
  - 산업연관분석은 생산활동을 통하여 이루어지는 산업 간의 상호연관관계를 수량적으로 분석하는 경제분석방법임
  - 산업연관분석은 거시적 분석이 미치지 못하는 산업간 상호연관관계에 대한 분석이 가능하며, 최종수요가 유발하는 생산, 고용, 소득 등 각종 파급효과를 산업부문별로 구분하여 분석할 수 있는 장점이 존재
  - 산업연관표[170]는 일정기간(보통 1년)동안의 산업간 거래관계를 일정한 원칙에 따라 행렬형식으로 기록한 통계표를 말함

- 동 사업으로 인해 발생한 경제적 편익이 사업 관련 분야인 “철도신호·통신시스템 산업”에 재투자 되었을 경우 타사업에 미치는 생산유발효과, 부가가치유발효과, 고용 및 취업유발효과를 분석함
  - 철도신호·통신시스템 연구개발 완료 시 발생하는 직접편익은 보수적으로 3,103억원이며, 이를 충격값으로 설정하여 연구개발을 통해 발생한 직접편익이 산업에 미치는 경제적 파급효과를 산출

170) 산업연관표는 국민경제를 분석하기 위한 실증적 도구로서 미국 하버드 대학교 레온티에프 교수(Wassily W. Leontief)에 의하여 창시, 미국정부가 공식적으로 1947년 산업연관표를 최초로 작성한 후 우리나라는 1958년 최초 작성

[표 10.4.1] 철도 신호 및 통신산업 연도별 충격값 설정(보수적)

(단위 : 억원)

년도	'33	'34	'35	'36	'37	'38	'39	'40	'41	'42	'43	'44	'45	'46	'47
편익 (현재가치)	277	265	253	242	232	222	212	203	195	186	178	170	163	156	149

- 동 사업의 경제적 파급효과 분석을 용이하게 하고자 산업연관표상 통합소분류(165개 부문)를 기준으로 관련 산업을 151개 부문*으로 재분류

  - 철도신호·통신시스템의 산업적 범위를 산업연관표상에서 재분류하여 해당 산업의 유발계수 값을 활용, 파급효과를 계측함

  * 고용유발효과 분석을 위한 한국은행의 산업별 피용자수 통계자료는 통합소분류(165부문)까지만 제공하고 있어, 통합소분류 165개 산업을 기준으로 철도 신호 및 통신 관련 산업을 선별

[표 10.4.2] 철도 신호 및 통신 산업 구성 산업군(통합소분류 165부문 기준)

(단위 : 억원)

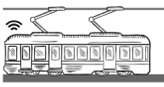
산업연관표	철도 신호 및 통신 핵심부품 및 산업
통합소분류	(320) 전자표시장치, (339)기타 전자부품, (340)컴퓨터 및 주변기기, (351)통신 및 방송장비, (352)영상 및 음향기기, (361)의료 및 측정기기, (369)기타 정밀기기, (371)발전기 및 전동기, (372)전기변환/공급제어장치, (374)전선 및 케이블, (379)기타 전기장비, (421)철도차량, (511)교통시설건설, (513)산업시설건설, (591)유, 무선 및 위성 통신서비스

- 재분류한 철도신호·통신시스템산업 관련분야 생산유발계수, 부가가치유발계수, 고용·취업유발계수를 활용하여 산업연관분석 수행

  - 관련 산업 분야의 생산유발계수는 2.7424, 부가가치유발계수는 1.0이며, 고용·취업유발계수는 각각 0.876, 1.1222로 산정됨

분석분석 결과 종합

- 분석결과 열차간 협력기반 지능형열차자율주행 기술개발 사업의 파급효과는 생산유발 8,510억원, 부가가치유발 3,103억원, 고용유발 2,719명, 취업유발 3,483명으로 분석됨



[표 10.4.3] 사업 파급효과(보수적)

(단위 : 억원, 명)

년도	'33	'34	'35	'36	'37	'38	'39	'40	'41	'42	'43	'44	'45	'46	'47
생산 유발효과 (억원)	760	727	694	664	636	609	581	557	535	510	488	466	447	428	409
부가가치 유발효과 (억원)	277	265	253	242	232	222	212	203	195	186	178	170	163	156	149
고용 유발효과 (명)	243	232	222	212	203	194	186	178	171	163	156	149	143	137	131
취업 유발효과 (명)	311	297	284	272	260	249	238	228	219	209	200	191	183	175	167

나. 상세 분석내용

생산유발효과

- 생산유발효과는 생산유발계수로부터 측정되며, 생산유발계수는 최종수요가 한 단위 발생하였을 때 이를 충족시키기 위하여 각 산업부문에서 직·간접적으로 유발되는 생산액 수준을 의미

  - 부문 수가 많아지는 경우 무한히 반복되는 생산유발효과를 투입계수를 이용해서 일일이 계산하는 것이 불가능하므로 이를 해결하기 위해 역행렬이라는 수학적인 방법을 이용하여 생산유발계수 도출

  - 도출 과정에서 역행렬이라고 하는 수학적 방법이 이용되므로 역행렬계수(inverse matrix coefficients) 또는 레온티에프 역행렬(Leontief inverse matrix)이라고도 함

- 산업연관표에는 산업별 생산유발계수가 제공되며, 동 사업에서는 재분류한 '철도신호 및 통신시스템'범위에 포함되는 산업을 사용하여 생산유발효과를 도출함

  - 관련 산업에 대한 소분류 단위 151개 산업 분야의 생산유발계수*는 2.7424로 나타남

  * 한국은행 경제통계시스템 2015 실측표, 생산자가격 기준

[표 10.4.4] 생산유발계수

산업코드번호	산업명	생산유발계수
000	철도신호 및 통신시스템	1.3446
011	곡물 및 식량작물	0.0018
012	채소 및 과실	0.0018
019	기타작물	0.0012
021	낙농 및 축우	0.0010
…	…	
821	자동차 및 소비용품 수리서비스	0.0066
822	개인서비스	0.0008
830	기타	0.0025
총 계		2.7424

- 상기 도출한 생산유발계수에 의하여, 열차간 협력기반 지능형열차자율주행 기술개발사업의 타산업분야로의 생산유발효과는 15년간 8,510억원으로 산출

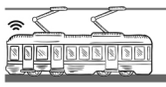
[표 10.4.5] 생산유발효과(보수적)

(단위 : 억원)

구분	’33	’34	’35	’36	’37	’38	’39	’40	’41	’42	’43	’44	’45	’46	’47
생산 유발효과	760	727	694	664	636	609	581	557	535	510	488	466	447	428	409

부가가치유발효과

- 부가가치유발효과는 부가가치유발계수로부터 측정되며, 부가가치유발계수는 어떤 품목부문의 국내생산물에 대한 최종수요가 한 단위 발생할 경우 경제 전체에서 직·간접적으로 유발되는 부가가치 단위를 나타냄
  - 산업연관표에서는 공급 능력이나 노동력 등은 충분하다는 암묵적 가정 하에 최종수요의 변동이 부가가치 변동의 원천이라고 간주하므로, 최종수요와 생산수준간의 연관관계 뿐 아니라 부가가치와의 기능적인 관계도 파악이 가능
- 산업연관표에는 산업별 부가가치유발계수가 제공되며, 동 사업에서는 재분류한 ‘철도신호 및 통신시스템’범위에 포함되는 산업을 사용하여 부가가치유발효과를 도출함



- 관련 산업에 대한 소분류 단위 151개 산업 분야의 부가가치유발계수*는 1.0으로 나타남

* 한국은행 경제통계시스템 2015 실측표, 생산자가격 기준

[표 10.4.6] 부가가치유발계수

산업코드번호	산업명	부가가치유발계수
000	철도신호 및 통신시스템	0.4535
011	곡물 및 식량작물	0.0013
012	채소 및 과실	0.0012
019	기타작물	0.0009
021	낙농 및 축우	0.0002
...	…	…
821	자동차 및 소비용품 수리서비스	0.0024
822	개인서비스	0.0004
830	기타	-
총 계		1.0000

- 상기 도출한 부가가치유발계수에 의하여, 열차간 협력기반 지능형열차자율주행 기술개발사업의 타산업분야로의 부가가치유발효과는 15년간 3,103억원으로 산출

[표 10.4.7] 부가가치유발효과(보수적)

(단위 : 억원)

구분	'33	'34	'35	'36	'37	'38	'39	'40	'41	'42	'43	'44	'45	'46	'47
부가가치 유발효과	277	265	253	242	232	222	212	203	195	186	178	170	163	156	149

고용유발효과 및 취업유발효과

- 고용유발효과는 피용자 수를 기준으로 한 고용유발계수와 취업자(피용자, 자영업자 및 무급가족 종사자 포함) 수를 기준으로 한 취업유발계수를 기준으로 산정
- 생산유발계수, 부가가치유발계수와 동일한 수준의 분석을 위해 산업연관표 연장표(2017년 기준)에서 제시하는 소분류 수준의 고용 및 취업유발계수를 활용

- 산업연관표(2015)에는 산업별 고용유발계수, 취업유발계수를 제공하고 있으나, 소분류 수준으로 제시하고 있는 생산유발계수 및 부가가치유발계수와 달리 중분류 수준에서의 유발계수를 제시

● 동 사업 연관하여 재분류한 산업분야인‘철도신호 및 통신시스템’산업의 계수를 활용하여 고용유발효과 및 취업유발효과 도출

- 관련 산업에 대한 소분류 단위 151개 산업 분야의 고용유발계수 및 취업유발계수*는 각각 0.876, 1.1222로 나타남

* 한국은행 경제통계시스템 2017 고용표 기준

- 상기 도출한 고용 및 취업유발계수에 의하여, 열차간 협력기반 지능형열차자율주행 기술개발사업의 타산업분야로의 고용 및 취업유발효과는 15년간 각각 2,719명, 3,483명*으로 산출

[표 10.4.8] 고용 및 취업유발효과(보수적)

(단위 : 명)

구분	’33	’34	’35	’36	’37	’38	’39	’40	’41	’42	’43	’44	’45	’46	’47
고용유발효과	243	232	222	212	203	194	186	178	171	163	156	149	143	137	131
취업유발효과	311	297	284	272	260	249	238	228	219	209	200	191	183	175	167

2. 사회적 파급효과

■ 철도 승객 편의성 향상

● 자율주행 철도신호시스템을 이용함으로써 수송력 향상에 따른 혼잡도 감소 가능

- **(차내 혼잡도 감소)** 서울교통공사 2호선 혼잡구간의 차내 혼잡도 40% 감소함으로써 최대 혼잡도 170%를 102% 수준으로 감소

* 서울 교통공사 2호선 사당-방배 구간의 혼잡도는 170%[171]인 데 반해 승객이 허용할 수 있는 혼잡도 125%[172]수준임.

171) 서울 지하철 혼잡도 극심 구간-2017년 11월 정기교통량 조사결과 혼잡도 150% 이상구간, 더불어민주당 박재호 의원실, 서울시, 서울교통공사

172) 서울연구원(2016), “서울시 지하철의 혼잡비용 산정과 정책적 활용방안”

** 목표 달성(2호선 운전시격 150초(설계 120초) 대비 약 27% 향상)을 위해서는 현재 도시철도용 CBTC(최소 운전시격 120초(설계 90초)) 기술로는 해결이 불가능

*** 자율주행 철도신호시스템 적용을 통해 운전시격 90초(설계 60초)로 운전시격 40% 향상 가능

- 주행 중 분리결합을 통해 비러시아워 시간대 및 분기노선의 대기시간 감소, 열차 이용의 신뢰성 및 안전성 향상이 가능.
  - **(비러시아워 대기시간 50% 단축)** 한편성의 열차를 두편성으로 분리함으로써 열차의 소비전력을 낮춤과 동시에 운전시격을 50% 단축
  - **(분기노선 대기시간 50% 단축)** 메인 노선의 열차가 분리되어 각 분기노선으로 투입되어 종전의 운전시격을 50% 단축

철도 운영자 편의성 및 운영비 절감효과

- 지능형 열차 기반의 자율주행 철도신호시스템 도입을 통한 운영자 편의성 향상
  - **(지연 및 인적오류 저감)** GoA_4(무인자동운전) 수준의 향상을 통해 열차의 분리결합 상황, 운영 중 발생하는 고장과 지연상황에 철도시스템 운영자가 적극적 개입자에서 감시자의 역할로 변화함으로써 신속한 대응과 인적 오류로 인한 안전사고 감소 가능
  - **(유동성 및 처리용량 한계 극복)** 유동적인 수요변화에 따라 노선의 확장 또는 투입 열차의 증대 등 운영상의 변화에 탄력적 대응 가능

- 자율주행 철도신호시스템 도입을 통한 운영 유지보수성 향상
  - GoA_4 수준 향상과 범위 확대를 통해 소요되는 인적자원 저감*,**에 따른 운영 유지보수비 절감이 가능

* 현재 무인자동운전(GoA_4)을 적용하고 있는 신분당선의 경우 열차제어시스템의 오류를 대처하기 위해 기관사가 탑승하며 현재 150의 기관사를 보유.

→ 자율주행 철도신호시스템 도입으로 열차제어시스템 오류 발생시 스스로 복구하거나 관제의 기관사가 수동조작하여 운영함으로써 소요되는 기관사 인력감소 가능

** CBTC, ETCS L2/L3의 경우 관할영역(Zone) 마다 신호기계실이 존재하며 운영자가 3교대하여 24시간 관리하는 구조

→ 자율주행 철도신호시스템 도입으로 완전한 열차중심으로 전환을 통해 신호기계실을 삭제 가능하며 해당 인력감소 가능.

■ 운영 안전성 향상 효과

- 완전한 열차 중심의 지능형 자율주행 철도신호시스템 도입을 통해 열차의 분리 결합과 이례적인 상황 발생시 운영자의 수동 개입에 따른 인적오류와 2차 사고 예방 가능
- 완전한 열차 중심으로 시스템 단순화를 통한 신뢰도 및 안전성 향상 가능

■ 철도 운영주권 회복 및 운영 자립에 기여

- **(운영 주권 회복)** 운영 중 사고 및 고장 발생시 정확하고 신속한 원인 규명과 대책의 수립이 가능
- **(도입비용 절감)** 철도 신호시스템 국산화 도입을 통해 도입비용과 공사기간의 단축*에 기여

* 서울시 관계자에 따르면, 국산 신호시스템이 도입되는 경우 비용과 공사 기간이 줄어들고 건설 과정에서 외국사와의 교섭력 증대가 개선될 것으로 기대됨[173)]

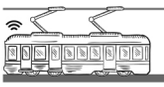
- **(적기 유지보수)** 철도 신호시스템 국산화를 통해 적기에 유지보수 가능

3. 과학기술적 파급효과

■ 차세대 철도신호 핵심기술 선점을 통해 미래 철도신호 제어패러다임과 패권을 주도할 수 있는 선도적 위상 확보

- 완전한 열차 중심의 열차 자율주행제어 및 5G 기반 T2T 통신 원천기술 확보를 통해 차세대 신호 및 통신기술 선점가능

173) 서울경제 보도자료(2018.08.06.), '서울시, 동북선 경전철에도 국산 철도신호시스템 도입' 내용 재인용



- 차세대 자율주행 기반 철도신호시스템 적기 기술개발을 통해 기술의 선도 및 선도적 위상 확보가능

안전하면서도 효율적인 자율주행 철도신호기술 확보를 통해 타 교통분야 주행안전 기술에 활용 가능

- 열차 간 합의에 기반 한 열차제어기술은 도로교통을 비롯한 타 교통분야 자율주행의 주행안전 기술에 적용이 가능
- 기지 및 본선의 정상운영을 비롯한 성능저하 및 비상운영상황을 포함한 지능형 자율주행 기술 확보로 버스 등 도로의 대중교통 자율주행 기술에 적용이 가능
- 열차 간 상대제동모델에 기반한 향상된 이동폐색 기술과 가상연결제어 기술은 버스 등의 대중교통분야 군집주행 기술에 적용이 가능

철도 산업전반의 기술경쟁력 확보 가능

- 철도 신호기술 경쟁력은 곧 철도산업 전반의 기술경쟁력에 영향*을 미치며 국내 철도산업 경쟁력 확보를 위해서는 국가 차원의 지원이 요구됨

* **(철도신호에 의해 관제 및 인프라 시스템이 결정)** 철도신호기술에 따라 열차, 관제, 인프라와의 인터페이스에 영향을 미침, 즉 일반적으로 신호시스템 제작사가 관제 ATS를 포함한 전체 관제설비와 인프라(연동장치, 선로전환기)를 결정[174], 열차의 경우도 신호와 인터페이스 되는 열차의 모든 부분을 신호의 요구사항에 따라 맞추어야 하는 상황[175]임.

174) 철도 신호제작사 '대아티아이' 인터뷰(2019.03.28.)

175) 철도 신호제작사 '현대로템' 인터뷰(2019.08.13.)

철도 신호체계 혁신 기술개발사업



부록

| 부록 1 | 철도 LoA(Level of Autonomy)

| 부록 2 | 미디어 분석

| 부록 3 | 대국민 온라인 설문 조사 양식

| 부록 4 | 이슈도출을 위한 인터뷰 등 회의록

| 부록 5 | 철도교통 이슈해결을 위한 대안분석 설문지 양식

| 부록 6 | 철도교통 기술분류체계

| 부록 7 | 1차 총괄위원회 검토의견 보완사항

| 부록 8 | 2차 총괄위원회 검토의견 보완사항

| 부록 9 | 3차 총괄위원회 검토의견 보완사항

| 부록10 | 4차 총괄위원회 검토의견 보완사항

| 부록11 | 사업기획 기술수요조사서 양식



부록 1 철도 LoA(Level of Autonomy)

〈---------- 동 사업 범위(~ 2030) ----------〉 〈---- 동 사업 이후 (~ 2050) ----〉

Basic Function of LoA		Autonomous Train Recovery	Semi-autonomous Train Control	Autonomous Train Control	Autonomous Train Operation	Autonomous Non-stop Train Operation
		LoA 1	LoA 2	LoA 3	LoA 4	LoA 5
Possible Grade of Automation(GoA)		GoA 2/3/4	GoA 2/3/4	GoA 2/3/4	GoA 2/3/4	GoA 2/3/4
Self-recovery with on-board obstacle detection		○	○	○	○	○
Remote Train Driving Control		○	○	○	○	○
Train-centric Safe Driving Control	Train-centric Ensure Safe Route	×	○	○	○	○
	Train-centric Ensure Safe Separation of Trains	×	○	○	○	○
	Train-centric Ensure Safe Speed and Control	×	○	○	○	○
Train-centric Ensure Safe virtually Split/Join of Trains on the Move		×	×	○	○	○
Train-centric Prediction of Delay of Train and Dynamic Rescheduling (Co-operative routing)		×	×	○	○	○
Train-centric Ensure Safe virtually Split/Join of Vehicles on the Move		×	×	×	○	○
Train-centric Traffic Management (Autonomous Train Operation)		×	×	×	○	○
Train-centric Ensure Safe Split/Joint of Vehicles on the Move (Autonomous Non-stop Train Operation)		×	×	×	×	○

부록 2 미디어 분석

■ **뉴스기사, 국민청원, 시민 아이디어 등을 분석하여 유사성을 기준으로 21개 이슈 도출 후, 현안 해결을 위한 연구개발이 요구되는 이슈와 일반 국민이 수혜자가 될 수 있는 현안 중심의 13개 이슈를 선별**

번호	철도 관련 이슈	R&D관련성*
1	메가시티화에 따른 수도권 분산화(도심접근성 강화) 필요	중간
2	지역균형 발전을 위한 지역 교통 편의 개선	낮음
3	남북철도 연계를 위한 노후 북한 철도시스템 개량	낮음
4	교통약자(장애인, 임산부 등) 배려를 위한 이용 편리성 증대 방안 마련 필요	중간
5	철도 인근지역 환경문제(소음, 진동, 환풍 등) 개선	중간
6	차량내 혼잡도 문제 해소(배차간격 최소화 등)	중간
7	이용자 중심(On-demand)의 유연한 철도 운영방안 마련	높음
8	승객의 이동시간 단축을 위한 환승 시스템 개선	중간
9	운행시간 절감 및 수송력 증대 방안 마련	높음
10	쾌적한 이용 환경 조성을 위한 철도 환경(인체공학적 좌석 등) 개선	낮음
11	이용객 편의 개선을 위한 승객 서비스(IT, 화이파이 등) 강화	중간
12	이용객 안전 보장을 위한 범죄 예방 노력	중간
13	노후화에 따른 차량 교체 및 시설개선	낮음
14	철도 근로자 안전 개선	중간
15	철도경영 환경 약화 극복을 위한 운영비 저감방안 마련	낮음
16	시설 구축시 공사비 저감을 위한 첨단 신기술 적용방안 마련	높음
17	에너지 절약을 위한 고효율 철도 기술 요구	높음
18	철도기술 해외 진출을 위한 기술경쟁력 강화	높음
19	철도 부품산업 등 활성화를 위한 상생 협력체계 구축	낮음
20	재난/재해 및 안전사고에 대한 예방 및 대응체계 확보 노력 필요	낮음
21	철도 산업을 위한 철도 인증 및 표준 마련	낮음

* 전문가 검토 후 단계 설정
(높음 : R&D 외 대안이 없는 경우/중간 : R&D로 해결가능한 경우/낮음 : R&D로 해결 불가능한 경우)

구분	뉴스기사	국민청원	시민 아이디어
검색기간	최근 3년 2016.01.01.~2018.12.31.	최근 3년 2016.01.01.~2018.12.31.	최근 3년 2016.01.01.~2018.12.31.
검색대상	국내 5개 신문사 (국토일보, 철도신문, 조선·중앙·동아일보)	청와대 국민청원 (교통/건축/국토 분야)	서울교통공사 시민아이디어 제안
검색방법	네이버 뉴스검색 * '철도 | 지하철 | 전철 | KTX | SRT | 기차' 키워드로 검색	국민청원 1,000명 이상 공의 의견 검색	시민 아이디어 검색 * 제목 혹은 내용 '공개' 아이디어
분석대상	총 3,273건	총 319건 (진행중 청원 11건, 완료 청원 308건)	총 340건

이슈 #1	메가시티화에 따른 수도권 분산화(도심접근성 강화) 필요	R&D 관련성
		중간
주요 출처별 이슈 선정 근거		
신문기사 (뉴스)	• **[단독]"강남까지 30분이라더니… 입주 7년째 전철 착공조차 안해"** - '강남 출퇴근 30분대'를 믿고 입주한 주민들이 많으나 신도시 교통대책 97%가 지연·미정이고, 교통대책 또한 없는 상황임(2018.10. 동아일보) ☞ 수도권 공공택지개발 사업의 교통대책 대부분이 현실성이 부족한 상황, 도심 접근성 강화를 위한 수도권 광역교통 개선이 필요함 • **뚫린다던 철도는 언제나… 2기 신도시의 한숨** - 분양받을 때만 해도 위례신사선, 동탄~삼성 수도권광역급행철도(GTX) 등으로 인해 서울 접근성이 좋아진다고 홍보되었으나 교통 인프라 사업이 잇달아 차질을 빚어 불안해 함(2017.01. 동아일보) ☞ 도심접근성이 좋다고 홍보되어 수도권으로 인구가 분산되었으나, 실제 교통망 구축이 지연 등 장기 표류되고 있어 대책 마련이 필요함	
국민청원 (청와대)	• **[서울 집값 안정화에 따른 교통 혁신이 필요합니다. [GTX](9,227명 동의)** - 강남이나 제2의 판교 또는 마곡이 인천, 경기권에 다수 생기면 굳이 서울에 살아야 이유가 없어지고 서울 몰림 현상이 사라질 것이므로, 접근성 향상을 위해 GTX가 개통되어야 함(2018.09) • **세종역 신설을 하루빨리 추진해 주세요.(1,109명 동의)** - 국가주도하에 만들어진 세종시이지만 서울 접근성이 좋지 않으므로 세종-서울 KTX 이동을 위해서 KTX 설립을 빨리 추진해야 함(2018.11)	
시민 아이디어 (서울교통공사)	• **없음**	

<table>
<tr><td>이슈 #2</td><td colspan="2">지역균형 발전을 위한 지역 교통 편의 개선</td><td>R&D 관련성
낮음</td></tr>
<tr><td colspan="4">주요 출처별 이슈 선정 근거</td></tr>
<tr><td>신문기사
(뉴스)</td><td colspan="3">• “의정부 인구 45만인데 신설 지하철역 달랑 1개”
- 국토교통부가 지하철 7호선을 도봉산역에서 양주까지 연장하는 기본계획을 고시했으나 의정부 주민반발이 거센 상황임(2018.10. 동아일보)
☞ 의정부 시민들은 교통편의 개선을 위해 2개 역 신설을 요구했으나 1개 역만이 신설되는 계획안에 반발함
• “국토부, 공항철도 마곡나루역 29일 개통···서부권 교통편의 제고 기대”
- 공항철도 마곡나루역 개통으로 서울 서부지역의 전철 이용 편의성이 높아질 전망임(2018.09. 국토일보)
☞ 하루 1만 3,000여명의 이용객이 예상되는 마곡나루역 공항철도 신설로 융복합연구단지 및 마곡신도시의 교통 편의가 개선될 것임</td></tr>
<tr><td>국민청원
(청와대)</td><td colspan="3">• ‘경춘선 출퇴근시 배차간격 10분으로!!청원합니다’ (3,430명 동의)
- 구리 갈매, 남양주, 평내, 마석 등의 주민들이 이용할 수 있는 전철인 경춘선의 배차간격이 길어 이용이 어려우므로 서울로의 접근 편리성을 위해 배차간격을 줄이는 등의 해결책이 필요함 (2018.09)
• ‘기흥-동탄-오산-분당선 연장 청원’ (4,189명 동의)
- 동탄에서 서울로 출퇴근하는 사람이 많고, 몇 안되는 광역버스는 자리가 없는 게 일상이므로, 트램, 인덕원선, 분당선 등의 개통으로 통탄신도시 교통난 해소가 필요함 (2018.01)</td></tr>
<tr><td>시민 아이디어
(서울교통공사)</td><td colspan="3">• 지하철 1호선 운행노선 연장 건의(아산역)
- KTX, SRT를 타기위해 지하철을 항시 이용하는데, 1호선은 신창행이 아닌 천안행이 대부분이기에 천안아산역을 이용하는 이용객으로서 출퇴근 등에 불편이 많아 노선연장을 건의함 (제안번호 4311, 2018.09)</td></tr>
</table>

이슈 #3	남북철도 연계를 위한 노후 북한 철도시스템 개량	R&D 관련성
		낮음
주요 출처별 이슈 선정 근거		
신문기사 (뉴스)	• **“북한 철도, 이봉주보다 느려…2배 반 속도 올려야 경쟁력”** – 북한 열차가 국제 운송수단으로서 경쟁력을 갖추기 위해선 지금(시속 45km)보다 2배 반 정도의 속도를 올려야 한다는 지적이 나옴(2018.12. 동아일보) • **건설비 10조원?…노후화된 北철도, 이렇게 풀면 간단하다** – 요즘 한국에선 북한 철도를 개량하느냐 새로 깔아야 하냐를 놓고 갑론을박이 벌어지고 있으나 북한이 새 철길을 만들겠다면 부지는 그들이 해결해야 하고, 인력이 부족하면 군 병력이라도 투입하는 성의 정도는 마땅히 보여야 함(2018.12. 동아일보)	
국민청원 (청와대)	• **없음**	
시민 아이디어 (서울교통공사)	• **없음**	

이슈 #4	교통약자(장애인, 임산부 등) 배려를 위한 이용 편리성 증대 방안 마련 필요	R&D 관련성
		중간
주요 출처별 이슈 선정 근거		
신문기사 (뉴스)	• **서울 지하철 '임산부 배려석' 도입 2년… "핑크석 아무나 앉고 아예 없는 열차 많아** - 임산부 배려석에 대한 인식이 많이 달라지고 있지만 임산부들이 느끼는 불편은 여전함(2016.11. 동아일보) ☞ 보다 현실적이고 편리하게 이용 가능한 임산부 배려 방법이 요구됨 • **색각이상자, 지하철 노선도 보기 쉬워졌다** - 서울시가 서울교통공사, 네이버와 함께 색각이상자를 위해 지하철 노선도를 개선. 색각이상자에게 비슷한 색으로 보이는 2·4·7·9호선에 별도의 색 테두리를 넣었고, 환승역에는 각 노선 색상과 번호를 표기해 구별하기 쉽게 함(2018.12. 교통신문) ☞ 기존에 구분이 어려워 개선 필요성이 있던 노선도를 개선함으로써 교통약자 편리성을 높이고자 함	
국민청원 (청와대)	• **없음**	
시민 아이디어 (서울교통공사)	• **지하철 임산부배려석 벨 설치건** - 원활히 이용되고 있지 않은 임산부배려석 이용을 위해 임산부가 누를 수 있는 벨 설치를 제안(2018.10) • **임산부 배려석의 공간과 이용에 대한 개선 방안 제안** - 책장, LED모니터, USB설치 등 편의를 위한 개선방안을 제안(2018.11) • **눈에띄지않는 교통약자를 배려합시다** - 다양한 교통약자들의 이동권이 제대로 보장받지 못하고 있는 실정이므로, 캠페인이나 배려석 분리, 기기 설치 등 방안이 필요함(2017.09)	

이슈 #5	철도 인근지역 환경문제(소음, 진동, 환풍 등) 개선	R&D 관련성
		중간
주요 출처별 이슈 선정 근거		
신문기사 (뉴스)	• **철도공단, 철로 주변 방음벽 설치 추진···소음 감소 '기대'** - 한국철도시설공단 수도권본부는 철도 인근의 소음을 낮추고 주변 환경을 개선하기 위한 방음벽 설치사업을 추진함(2016.05. 국토일보) ☞ 경부고속철도를 비롯한 수도권 내 철도운행선 인근 지역의 소음문제를 해소하기 위한 노력임 • **"KTX 소음 탓에 자라 3500마리 폐사…7600만원 배상해야"** - 소음과 진동으로 자라들이 폐사한 양식장에 수천만 원을 배상하라는 결정이 나옴(2016.07. 동아일보) ☞ 철도 인근지역소음, 진동 등을 개선하기 위한 노력이 필요함	
국민청원 (청와대)	• **없음**	
시민 아이디어 (서울교통공사)	• **없음**	

이슈 #6	차량내 혼잡도 문제 해소(배차간격 최소화 등)	R&D 관련성
		중간
주요 출처별 이슈 선정 근거		
신문기사 (뉴스)	• **인천지하철 2호선 개통 1년 만에 '콩나물시루'** - 인천 2호선은 혼잡도가 93%에 이르며 출퇴근시 민원이 쏟아지지만 뾰족한 대안을 내놓지 못하고 있음(2017.06. 교통신문) ☞ 증편운행으로도 해결되지 않아 전동차 추가 매입 등 차량내 혼잡도 문제 해소 방안이 요구됨 • **지하철 9호선 혼잡 해소 위한 증차 시급** - 출퇴근 시간대 '지옥철'로 불리는 서울 지하철 9호선 혼잡도 해소를 위해 증차 등의 개선방안이 조속히 시행해야 한다는 주장이 제기됨(2017.10. 교통신문)	
국민청원 (청와대)	• **'경의중앙선의 개선을 요구합니다' (1,947명 동의)** - 정시운행이 이루어지지 않아 시민들의 시간이 낭비되고 피해를 보는 상황에 대한 개선이 필요하며, 여러 열차와 선로가 겹쳐 연착 또한 매우 심한 상황이지만 5년 내내 개선이 되지 않고 있음(2019.02)	
시민 아이디어 (서울교통공사)	• **지하철 혼잡도에 따른 입장 제한** - 열차 및 역내 혼잡도를 고려하여 해당역 개찰구에서 혼잡도 표시 및 입장을 제한시키는 방법을 제안함(2019.01) • **서울시내 지하철 혼잡도 개선 관련** - 출퇴근시간의 지하철 혼잡도가 심각하므로 베를린 시내 지하철 순환노선과 같이 2호선 일부 구간을 중복 건설하는 방법을 제안함(2018.02)	

이슈 #7	이용자 중심(On-demand)의 유연한 철도 운영방안 마련	R&D 관련성
		높음
주요 출처별 이슈 선정 근거		
신문기사 (뉴스)	• **무인 경전철 '우이신설선', 출퇴근시 2분30초마다 온다** - 서울 경전철 시대를 열 우이신설선이 출·퇴근시에는 2.5분 간격으로 운행됨. (2017.06. 교통신문) ☞ 안정적 운영을 위해 출·퇴근 시간에 이용자 수요에 맞춰 더 짧은 배차 간격으로 운행 • **서울시, 대설특보시 시내버스·지하철 막차 최대 1시간 연장** - 대설주의보나 대설경보 등 눈이 많이 내릴 때는 지하철 막차 시간을 30~60분 연장할 예정임 (2017.11. 교통신문) ☞ 기상변화로 인한 이용자 이용 변화에 대비하여 유연한 철도운영을 위해 노력하고자 함	
국민청원 (청와대)	• **없음**	
시민 아이디어 (서울교통공사)	• **금요일과 토요일 심야열차 운행** - 금요일과 토요일 지하철 운행시간을 2~3시까지 연장하는 것을 제안함 (2017.09)	

이슈 #8	• **승객의 이동시간 단축을 위한 환승 시스템 개선**	R&D 관련성
		중간
주요 출처별 이슈 선정 근거		
신문기사 (뉴스)	• **서울역 KTX 내려 바로 지하철 환승 가능** - 고속철도나 일반 열차로 서울역에 온 승객이 지하철을 타려면 승강장으로 올라가 혼잡한 맞이방(대합실)을 지나야 했지만, 직통 환승 통로가 개통되면 열차 승강장과 바로 연결돼 쉽게 지하철 1·4호선, 공항철도로 갈아탈 수 있게 됨 (2017.04. 동아일보) ☞ 환승 과정에서 계단이나 에스컬레이터를 두 번 이상 이용해야 하는 불편이 있었고, 이를 환승통로를 통해 개선하고자 함 • **철도공단 "청량리역 '기차↔전철' 10m만 이동하면 환승"···여객 편의성 제고** - (2017. 청량리역 맞이방에서 기차와 전철 승강장을 구분하던 유리벽을 철거하고, 이 자리에 자동개집표기를 설치, 오늘(18일)부터 환승통로 사용을 개시해, 환승하는 승객의 동선이 대폭 단축됨12. 국토일보) ☞ 기존 환승이용객의 번거로움이 있어, 이를 개선하고 통행 편의성을 높임	
국민청원 (청와대)	• **경북선(상주,점촌,예천) 노선개악을 막고 기존노선을 더 배차시켜주세요! (1,162명 동의)** - 되려 불편을 초래하는 노선개악으로인해 환승을 하며 발생하는 최소 10분 이상 추가되는 이동시간으로 철도 이용에 대한 경쟁력이 떨어짐(2019.01)	
시민 아이디어 (서울교통공사)	• **동대문역사문화공원 2호선/4호선 환승구간 개선제안** - 출퇴근 시 동대문역사문화공원의 2호선-4호선 환승구간 불편 개선을 위해 손잡이형 펜스설치 제안(2018.09) • **동대문역사문화공원역 2,4-5 환승 폐쇄 관련** - 소사역 서해선 개통에 따라 급행열차가 정거하게되며 환승이 불편하므로 개선 제안(2018.07)	

이슈 #9	운행시간 절감 및 수송력 증대 방안 마련	R&D 관련성
		높음
주요 출처별 이슈 선정 근거		
신문기사 (뉴스)	• **코레일, KTX 하루 3,180석 추가 공급···특실 1량 일반실 개조** - 출퇴근 및 주말 이용객 편의를 위해 기존 KTX 특실 4량 중 1량(5호차)을 일반실로 개조해 편성 당 좌석 20석을 추가 공급함(2017.06. 국토일보) • **철도공단 "SRT '수서↔광주송정' 운행시간 3분 단축 가능"** - 현장 실측 결과, SRT가 운행하는 수서역에서 광주송정역까지 약 3분 단축이 가능하다는 분석이 나옴. 현재 1개 역에 정차할 경우, 1시간 27분 걸리던 운행시간이 1시간 24분으로, 무정차 운행 시 1시간 19분으로 빨라질 것임(2017.05. 국토일보)	
국민청원 (청와대)	• **없음**	
시민 아이디어 (서울교통공사)	• **서울지하철 속도를 획기적으로 증진시키는 방안** - 서울지하철을 홀수역과 짝수역으로 지정하여 운행함으로써 정차시간을 절반으로 줄이고 지하철 속도를 획기적으로 증진시키는 방법을 제안(2018.08)	

이슈 #10	쾌적한 이용 환경 조성을 위한 철도 환경(인체공학적 좌석 등) 개선	R&D 관련성 낮음
주요 출처별 이슈 선정 근거		
신문기사 (뉴스)	• **"호흡곤란 지하철역사·열차 공기관리기준 강화해야"** – 지하철 역사와 열차 내 강화된 공기관리기준이 필요하다는 지적이 제기됨. 현재 서울시 연평균 미세먼지의 2배에 달하는 심각한 수준으로, 승객들이 호흡 불편을 호소하는 민원이 늘고 있어 대책이 시급함(2017.11. 교통신문) • **철도공단, 2020년까지 수도권전철 역사조명 LED로 교체 추진** – 한국철도시설공단 수도권본부는 철도 이용객들에게 보다 쾌적한 이용 환경을 제공하기 위한 조치로, 오는 2020년까지 수도권전철 전체 역사의 승강장 조명을 LED로 개량해 나갈 계획임(2016.09. 국토일보)	
국민청원 (청와대)	• **없음**	
시민 아이디어 (서울교통공사)	• **지하철 손잡이 추가설치방안(2018.08)** • **지하철 좌석 목받침 설치** – 좌석 창측에 머리받침을 길게 설치하여 앉아 있는 승객들이 머리를 기댈 수 있도록 제안(2018.11)	

이슈 #11	이용객 편의 개선을 위한 승객 서비스(IT, 화이파이 등) 강화	R&D 관련성
		중간
주요 출처별 이슈 선정 근거		
신문기사 (뉴스)	• **용인경전철에서 LGU+ 무료 와이파이 서비스 13일 개시** - 경기 용인시는 경전철 이용객들의 통신 서비스 향상을 위해 경전철 30대 전체 차량에 LGU+ 기반의 무료 와이파이를 설치, 무선 인터넷을 이용할 있게 함(2017.03. 국토일보) • **서울 지하철 승강기 고장정보, 앱으로 실시간 전송** - 서울교통공사는 지난 13일부터 지하철 1~9호선의 에스컬레이터와 엘리베이터의 고장 정보를 '지하철안전지킴이 앱'을 통해 실시간으로 제공함(2017.07. 교통신문)	
국민청원 (청와대)	• **없음**	
시민 아이디어 (서울교통공사)	• **동영상 재생 데이터요금 발생 안내** - 동영상을 재생할 때 요금이 발생할 수 있음을 알려주고, 주민들이 와이파이 환경에서 무료로 이용할 수 있도록 제안(2018.04)	

이슈 #12	이용객 안전 보장을 위한 범죄 예방 노력	R&D 관련성
		중간
주요 출처별 이슈 선정 근거		
신문기사 (뉴스)	• **"열차·기차역에서 5년간 성폭력 등 형사범 7500여건"** – 최근 5년간 열차나 기차 등에서 발생한 철도범죄가 7539건에 달하는 것으로 나타났으며, 특히 성폭력은 2013년 210건에서 2017년 785건으로 3배 이상 급증함(2018.10. 조선일보) • **지하철-터미널 화장실 몰카 점검 의무화한다** – 지하철역이나 버스터미널, 고속도로 휴게소 등에 대한 몰래카메라(몰카) 수시 및 정기 점검이 의무화됨(2018.08. 동아일보)	
국민청원 (청와대)	• **없음**	
시민 아이디어 (서울교통공사)	• **공공화장실 몰카 점검 일지 비치(2019.01)** • **불법촬영(몰카) 예방(2018.08)**	

이슈 #13	노후화에 따른 차량 교체 및 시설개선	R&D 관련성
		낮음
주요 출처별 이슈 선정 근거		
신문기사 (뉴스)	• **서울지하철 1~4호선 전동차·시설물 노후화 심각** - 서울교통공사가 운영하는 지하철 1~4호선의 전동차, 시설물(터널, 교량 등), 설비(전기, 통신, 신호 등)가 총체적으로 노후화된 것으로 나타남(2016.10. 국토일보) • **철도공단 충청본부, 올해 철도시설 개량사업 943억 투입** - 철도공단 충청본부는 올해 철도시설 개량사업에 총 943억원을 투입하며, 이를 통해 여행객들의 편의를 증진시킬 뿐 아니라 열차가 안전하게 운행할 수 있는 환경가 확보될 것임(2017.02. 국토일보)	
국민청원 (청와대)	• **없음**	
시민 아이디어 (서울교통공사)	• **QR코드를 활용한 장비 및 시설유지관리(2019.01)**	

이슈 #14	철도 근로자 안전 개선	R&D 관련성
		중간
주요 출처별 이슈 선정 근거		
신문기사 (뉴스)	• **철도종사자 안전교육 의무화 추진** – 최근 고장난 스크린도어의 수리 중 근로자와 전동차의 충돌사고(구의역), 선로 야간 보수작업 중 근로자와 KTX 열차의 충돌사고(김천역) 등이 발생함에 따라 철도종사자에 대한 안전교육을 의무적으로 실시 예정임 (2017.07. 교통신문) • **철도공단, 동절기 운행선 인접공사 작업시간 추가 확보···근로자 안전 제고 기대** – 현장 맞춤형 운행선 인접공사 실무협의회를 통해 노선별로 작업 특성과 작업량이 다른 만큼 작업자의 안전을 확보하고, 철도 품질도 향상시킬 것임 (2018.10. 국토일보)	
국민청원 (청와대)	• **없음**	
시민 아이디어 (서울교통공사)	• **없음**	

이슈 #15	철도경영 환경 약화 극복을 위한 운영비 저감방안 마련	R&D 관련성
		낮음
주요 출처별 이슈 선정 근거		
신문기사 (뉴스)	• **'3676억 빚' 남긴채… 의정부경전철 끝내 파산** - 3600억 원이 넘는 만성적자 탓에 수도권 첫 경전철인 경기 의정부경전철이 파산함(2017.05. 동아일보) • **'서울 도시철도 지속가능성' 세미나 열린다** - 서울 도시철도는 저출산·고령화가 가속화됨에 따라 주 수입원인 수송수입이 감소하는 가운데, 무임수송, 환승할인 등 정책에 의한 복지수송 비용은 증가하고 있어 수송원가에도 못 미치는 운임으로 승객 1인당 499원의 적자가 발생함(2018.09. 교통신문)	
국민청원 (청와대)	• **김포도시철도와 서울목동선 연결(3,659명 동의)** - 경전철에 대한 무리한 추진과 짧은 노선의 문제점으로 경전철은 적자에 허덕이며, 지자체 예산을 축내고 있음. 김포도시철도와연결이 필요함(2018.06.) • **철도- KORAIL과(한국철도공사와) SRT와 KR한국철도시설공단 통합이 시급합니다!!(2,388명 동의)** - 분리운영으로 다른 일반열차들이 운영하기도 어려운 상황(대규모 적자사태)까지 왔고, KTX/SRT 운영시간대도 부족하여 많은 국민들이 불편을 겪고 있음. 적자해소 외에 다른 이점도 많을 것임(2018.03)	
시민 아이디어 (서울교통공사)	• **지하철 노인무인승차에 대한 제도아이디어** - 일정시간을 정해서 무임승차를 허용함으로써 지하철 적자누적에 기여하고, 출퇴근시간에 좀더 원할한 교통여건을 갖출수 있음을 제안(2017.10) • **에스컬레이터 운영행 방법 개선으로 비용 절감** - 사람이 타지 않는 시간에도 계속 운행을 하고 있어 에너지가 낭비되고, 전기료가 많이 나오는 등 비용이 많이 드므로 개선제안(2018.02)	

이슈 #16	시설 구축시 공사비 저감을 위한 첨단 신기술 적용방안 마련	R&D 관련성
		높음
주요 출처별 이슈 선정 근거		
신문기사 (뉴스)	• **'철도공단, 교량에 고강도 강연선 적용···공사비 27% 절감 기대** - 철도공단은 철도교량 제작에 사용되는 강연선을 보다 높은 강도를 지닌 '강연선'으로 대체, 구조물의 내구성과 안정성을 높이고 공사비를 절감할 계획임(2017.03. 국토일보)	
국민청원 (청와대)	• **없음**	
시민 아이디어 (서울교통공사)	• **없음**	

이슈 #17	에너지 절약을 위한 고효율 철도 기술 요구	R&D 관련성
		높음
주요 출처별 이슈 선정 근거		
신문기사 (뉴스)	• **철도공단, 역사 제로에너지 설계기준 수립 '첫 걸음'** - 철도공단은 철도역사의 에너지 소비량을 최소화하고 산업통상자원부가 발표한 '2030 에너지 신산업 확산 전략'에 따라 최근 '제로에너지 철도역사 설계기준' 수립을 위한 연구에 착수함(2017.02. 국토일보) • **서울교통공사, 국내 지하철 최초 태양광에너지로 지상역 냉방 실시** - 서울교통공사는 태양광 발전소에서 생산한 신재생에너지를 지상역 냉방시설 전력으로 사용해 환경친화적으로 에너지 생산하고 효율적으로 소비해 에너지 비용을 절감함(2017.07. 국토일보)	
국민청원 (청와대)	• **없음**	
시민 아이디어 (서울교통공사)	• **일부 객실 저조명 차량으로 운영 방안** - 저녁시간대 밝은 조명으로 불필요한 전력이 낭비되고 수면 또는 휴식을 희망하는 장거리 이동 승객도 휴식을 취하기 어려우므로 저조명 차량 제안함(2018.04) • **지하철 풍력활용** - 지하철의 운행시에 터널에서 많은 바람이 생성되나 전혀 활용되지 못하고 있어, 신에너지 활용을 위해 신설 역, 기존의 통풍구에 풍력 발전 설치를 제안함(2018.04)	

이슈 #18	철도기술 해외 진출을 위한 기술경쟁력 강화	R&D 관련성
		높음
주요 출처별 이슈 선정 근거		
신문기사 (뉴스)	• **선진국에 5년 뒤진 한국 교통기술… 中철도는 0.8년差 추격** – 국토 교통 분야에서 세계 최고 기술 선진국과 한국의 격차는 평균 5.0년으로 2년 전보다 0.4년 더 벌어진 반면, 중국은 이 기간 세계 최고 기술 선진국과의 기술 격차를 평균 7.2년에서 7.1년으로 좁힘. 현재 교통, 건설 등 인프라 부문에 대한 연구개발(R&D)은 다른 부문에 비해 미미한 편 (2016.01. 동아일보) • **국토부, 철도차량산업 경쟁력 강화 R&D 지원 '총력'** – 최근 한국 철도차량산업은 경쟁력 저하, 중국의 급성장 등 대내외적 요인으로 어려움을 겪고 있으며, 철도차량산업 육성대책을 통해 해외진출을 지원할 예정 (2016.09. 국토일보)	
국민청원 (청와대)	• **없음**	
시민 아이디어 (서울교통공사)	• **없음**	

이슈 #19	철도 부품산업 등 활성화를 위한 상생 협력체계 구축	R&D 관련성
		낮음
주요 출처별 이슈 선정 근거		
신문기사 (뉴스)	• **철도공단, 코레일·SR·설계사와 상생협력 워크숍 개최···철도사업 효율화 제고** – 워크숍을 통해 파악된 애로사항에 대해 공단이 지원 가능한 부분을 적기에 조치할 것"이라며 "명확한 열차운행계획 수립이 곧 고품질의 철도건설과 고객만족 실현을 위한 첫 걸음인 만큼 협력사와 상생 협력을 강화할 예정(2018.04. 국토일보) • **철도공단, '설계분야 간담회' 개최···상생 건설문화 정착 선도** – 정부의 20대 국정과제 가운데 하나인 '활력이 넘치는 공정경제' 실현을 위해 불공정 관행 철폐와 사회적 가치 반영 등을 통한 상생의 건설문화를 정착하기 위해 간담회를 개최함(2018.11.국토일보)	
국민청원 (청와대)	• **없음**	
시민 아이디어 (서울교통공사)	• **없음**	

이슈 #20	재난/재해 및 안전사고에 대한 예방 및 대응체계 확보 노력 필요	R&D 관련성
		낮음
주요 출처별 이슈 선정 근거		
신문기사 (뉴스)	• **국토부 "지진에도 KTX 운행 이상 무"···범정부 재난대응훈련 실시** – 철도당국이 지진 등에도 대형 재난사고가 발생하지 않도록 하기 위한 체계적인 대응훈련을 진행, 한층 안전한 철도 이용 환경 만들기에 나섬 (2017.09. 국토일보) • **국토부, 올바른 철도 이용문화 확산 '총력'···사고예방 캠페인 실시** – 국토교통부와 한국철도공사, 서울메트로 등 전국 15개 철도운영기관은 서울역, 광주송정역, 부산 서면역 등 전국 180개 철도역사에서 이용객을 대상으로 철도역사 안전수칙 준수문화 확산을 위한 합동 캠페인을 실시함 (2016.09. 국토일보)	
국민청원 (청와대)	• **없음**	
시민 아이디어 (서울교통공사)	• **화재발생시 행동요령 및 119 신고요령 부착·활용을 통한 인명·재산피해 최소화 방안(2018.12)** • **재난분야별 맞춤형 단위 안전매뉴얼 작성·보급을 통한 안전업무 역량강화 방안(2018.03)**	

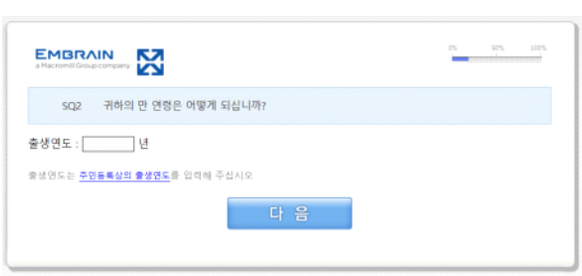
이슈 #21	철도 산업을 위한 철도 인증 및 표준 마련	R&D 관련성
		낮음
주요 출처별 이슈 선정 근거		
신문기사 (뉴스)	• **"철도 부품산업 육성… 정부 제도적 뒷받침 우선돼야 “** - 아무리 개발을 해도 안전성이 중요하기 때문에 이것을 누가 인증해줄 것인가에 대한 한계가 있으며, 부품 뿐만 아니라 차량 표준화도 필요함 (2018.11. 국토일보) • **철도기술연구원, 철도분야 국제인증기관 지정···인증 비용 최대 75% 절감 기대** - 국내에서도 철도부품 안전성에 대한 국제인증을 받을 수 있게 돼 해외 인증기관 대비 비용을 최대 75%가량 절감하여, 부품산업 해외진출을 견인하고 철도산업 활성화가 기대됨(2016.08. 국토일보)	
국민청원 (청와대)	• **없음**	
시민 아이디어 (서울교통공사)	• **없음**	

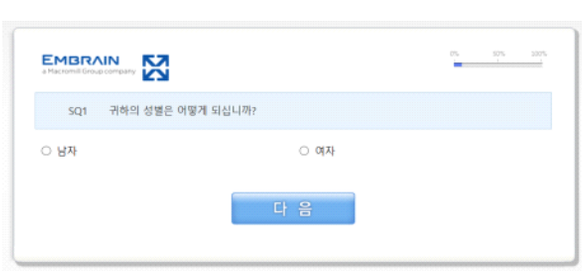
부록 3 대국민 온라인 설문 조사 양식

1 페이지



2 ~ 3 페이지





4 페이지

EMBRAIN a Macromill Group company

0% 50% 100%

SQ3 귀하의 거주지역은 어떻게 되십니까?

지역 :

지도에서 광역시/도를 선택하시면 됩니다



다 음

5 페이지

EMBRAIN a Macromill Group company

0% 50% 100%

안녕하십니까? 조사 전문기관 엠브레인입니다.

저희는 한국철도기술연구원(KRRI)의 의뢰로 귀하께서 생각하고 계신 철도 교통에 대한 이슈를 파악하고자 본 조사를 실시하고 있습니다. 귀하께서 응답하신 내용은 향후 더 발전된 교통환경을 제공하기 위한 기초자료로 활용될 것입니다.

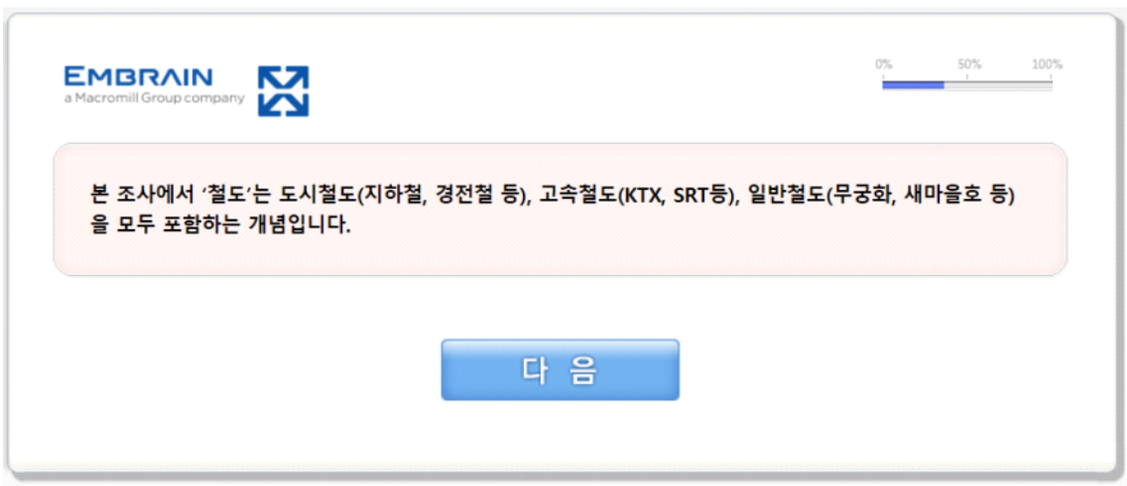
본 조사는 맞고 틀리는 것이 없으므로 평소 생활하고 느낀 내용을 솔직하게 응답하시면 됩니다. 응답 내용은 통계법 제33조에 의하여 통계 목적 이외에는 절대로 사용되지 않음을 약속드립니다. 감사합니다.

2019년 2월

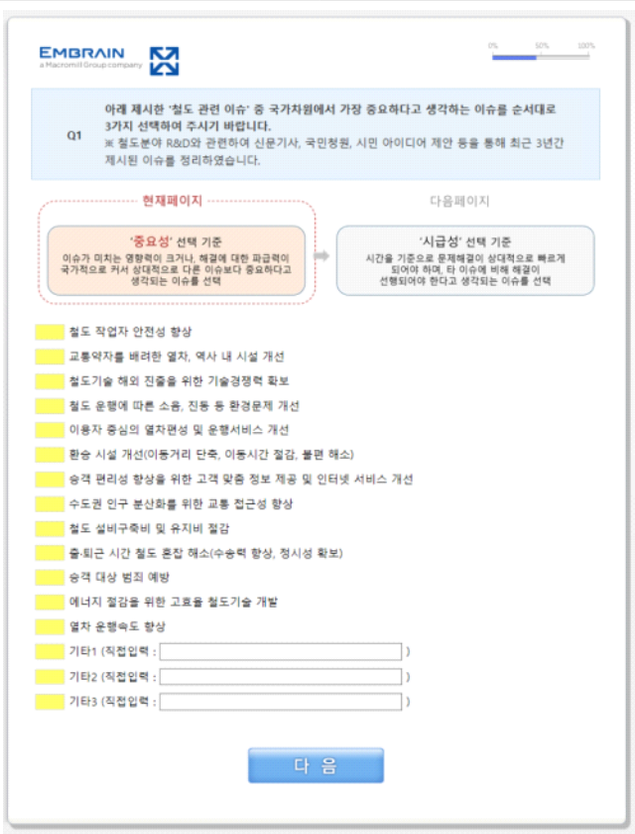
발 주 기 관 : 한국철도기술연구원 조 사 기 관 : 엠브레인

다 음

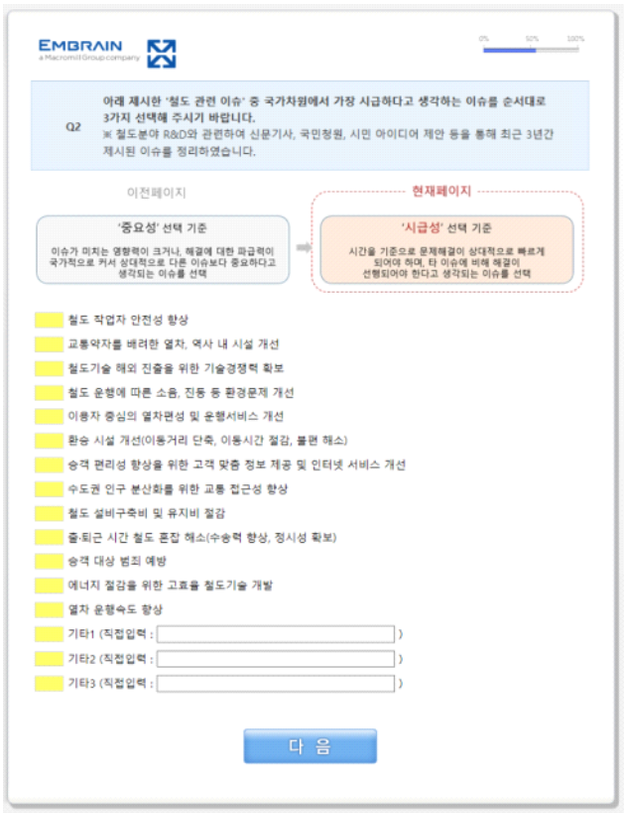
6 페이지


EMBRAIN
a Macromill Group company
0%
50%
100%
본 조사에서 '철도'는 도시철도(지하철, 경전철 등), 고속철도(KTX, SRT등), 일반철도(무궁화, 새마을호 등)을 모두 포함하는 개념입니다.
다 음

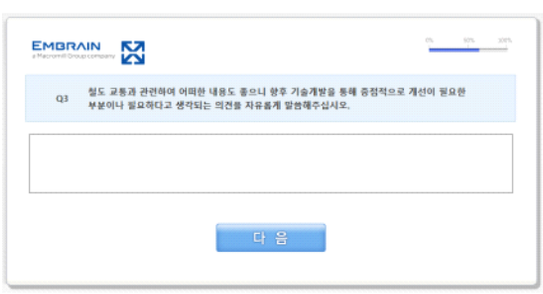
7 페이지

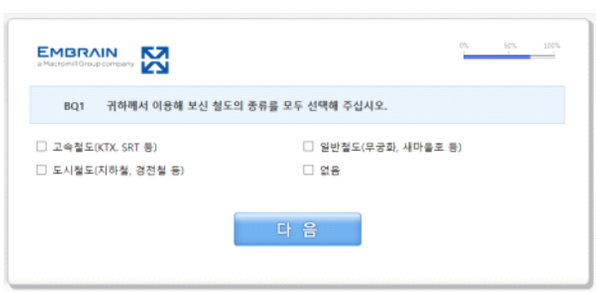

EMBRAIN
a Macromill Group company
Q1
아래 제시한 '철도 관련 이슈' 중 국가차원에서 가장 중요하다고 생각하는 이슈를 순서대로 3가지 선택하여 주시기 바랍니다.
※ 철도분야 R&D와 관련하여 신문기사, 국민청원, 시민 아이디어 제안 등을 통해 최근 3년간 제시된 이슈를 정리하였습니다.
현재페이지
다음페이지
'중요성' 선택 기준
이슈가 미치는 영향력이 크거나, 해결에 대한 파급력이 국가적으로 커서 상대적으로 다른 이슈보다 중요하다고 생각되는 이슈를 선택
'시급성' 선택 기준
시간을 기준으로 문제해결이 상대적으로 빠르게 되어야 하며, 타 이슈에 비해 해결이 선행되어야 한다고 생각되는 이슈를 선택
철도 작업자 안전성 향상
교통약자를 배려한 열차, 역사 내 시설 개선
철도기술 해외 진출을 위한 기술경쟁력 확보
철도 운행에 따른 소음, 진동 등 환경문제 개선
이용자 중심의 열차편성 및 운행서비스 개선
환승 시설 개선(이동거리 단축, 이동시간 절감, 불편 해소)
승객 편리성 향상을 위한 고객 맞춤 정보 제공 및 인터넷 서비스 개선
수도권 인구 분산화를 위한 교통 접근성 향상
철도 설비구축비 및 유지비 절감
출·퇴근 시간 철도 혼잡 해소(수송력 향상, 정시성 확보)
승객 대상 범죄 예방
에너지 절감을 위한 고효율 철도기술 개발
열차 운행속도 향상
기타1 (직접입력 :
기타2 (직접입력 :
기타3 (직접입력 :
다 음

8 페이지

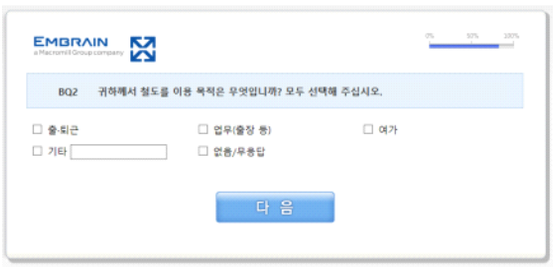

EMBRAIN
a Macromill Group company
0%
50%
100%
Q2
아래 제시한 '철도 관련 이슈' 중 국가차원에서 가장 시급하다고 생각하는 이슈를 순서대로 3가지 선택해 주시기 바랍니다.
※ 철도분야 R&D와 관련하여 신문기사, 국민청원, 시민 아이디어 제안 등을 통해 최근 3년간 제시된 이슈를 정리하였습니다.
이전페이지
'중요성' 선택 기준
이슈가 미치는 영향력이 크거나, 해결에 대한 파급력이 국가적으로 커서 상대적으로 다른 이슈보다 중요하다고 생각되는 이슈를 선택
현재페이지
'시급성' 선택 기준
시간을 기준으로 문제해결이 상대적으로 빠르게 되어야 하며, 타 이슈에 비해 해결이 선행되어야 한다고 생각되는 이슈를 선택
철도 작업자 안전성 향상
교통약자를 배려한 열차, 역사 내 시설 개선
철도기술 해외 진출을 위한 기술경쟁력 확보
철도 운행에 따른 소음, 진동 등 환경문제 개선
이용자 중심의 열차편성 및 운행서비스 개선
환승 시설 개선(이동거리 단축, 이동시간 절감, 불편 해소)
승객 편리성 향상을 위한 고객 맞춤 정보 제공 및 인터넷 서비스 개선
수도권 인구 분산화를 위한 교통 접근성 향상
철도 설비구축비 및 유지비 절감
출·퇴근 시간 철도 혼잡 해소(수송력 향상, 정시성 확보)
승객 대상 범죄 예방
에너지 절감을 위한 고효율 철도기술 개발
열차 운행속도 향상
기타1 (직접입력 :)
기타2 (직접입력 :)
기타3 (직접입력 :)
다 음

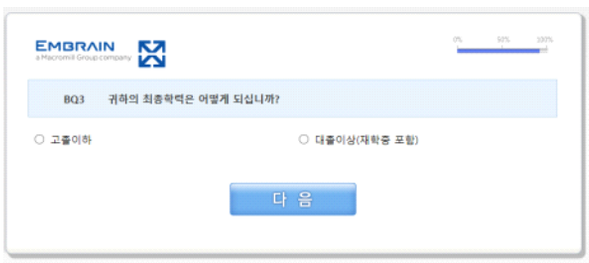
9 ~ 10 페이지


EMBRAIN
a Macromill Group company
0%
50%
100%
Q3
철도 교통과 관련하여 어떠한 내용도 좋으니 향후 기술개발을 통해 중점적으로 개선이 필요한 부분이나 필요하다고 생각되는 의견을 자유롭게 말씀해주십시오.
다 음

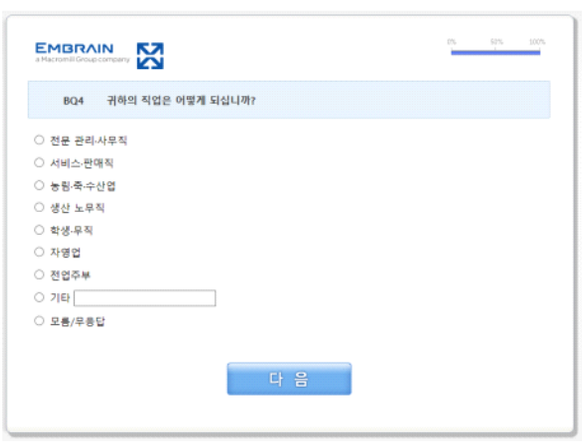

EMBRAIN
a Macromill Group company
0%
50%
100%
BQ1 귀하께서 이용해 보신 철도의 종류를 모두 선택해 주십시오.
고속철도(KTX, SRT 등)
일반철도(무궁화, 새마을호 등)
도시철도(지하철, 경전철 등)
없음
다 음

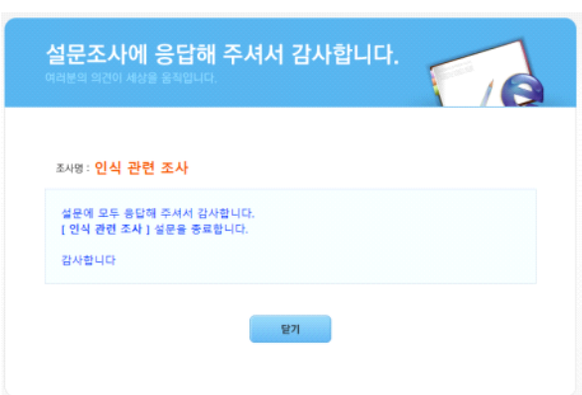
11 ~ 12 페이지





13 ~ 14 페이지





부록 4 이슈도출을 위한 인터뷰 등 회의록

회의 날짜	회의주제	참석자
2019.01.18. (금)	전문가 인터뷰 전 사전회의 (공동기관 '서울교통공사' 책임연구자 의견수렴)	서울교통공사 신건영 팀장, 김금비 연구원
		㈜날리지웍스 박성준 팀장
2019.03.05. (화)	철도 관련 이슈 발굴을 위한 워크샵	(한국철도공사 연구원) 정정래 원장 (한국철도기술연구원) 김진호 실장, 오세찬 선임 (한국전자통신연구원) 윤병식 책임 (서울교통공사) 신건영 팀장 (한국철도시설공단) 이강규 책임 (한국철도공사) 이휘민 선임 (㈜날리지웍스) 조승철 본부장 등 총 40여명
2019.03.18. (월)	열차자율주행 기술개발 사업기획 운영사 '네오트랜스' 인터뷰	네오트랜스 이재호, 양동효
		KRRI 오세찬 선임
		㈜날리지웍스 박성준 팀장
2019.03.28. (월)	열차자율주행 기술개발 사업기획 신호제작사 '대아티아이' 인터뷰	대아티아이 안진 실장
		KRRI 오세찬 선임
		㈜날리지웍스 박성준 팀장
2019.04.05. (금)	열차자율주행 기술개발 사업기획 신호제작사 'LS산전' 인터뷰	LS산전 조용기 팀장
		KRRI 오세찬 선임
		㈜날리지웍스 박성준 팀장, 이유경 컨설턴트
2019.04.09. (화)	열차자율주행 기술개발 사업기획 철도운영사 '㈜공항철도' 인터뷰	㈜공항철도 정현중 팀장
		KRRI 오세찬 선임, 최현영 선임
		㈜날리지웍스 박성준 팀장, 이유경 컨설턴트
2019.04.25. (목)	도시철도 운영 차원에서의 이슈 발굴 '서울교통공사' 인터뷰	서울교통공사 김광수 부장, 신건영 팀장, 김금비 연구원
		㈜날리지웍스 박성준 팀장
2019.8.13. (화)	열차자율주행 기술개발 사업기획 신호제작사 인터뷰	현대로템 박주연 책임, 박성호 연구원
		KRRI 오세찬 선임
		㈜날리지웍스 박성준 팀장

철도 운영사 '서울교통공사' 회의록	
작성자 소속	㈜날리지웍스 산업혁신본부
성 명	박성준
일 시	2019년 1월 18일 (금, 14:00-15:00)
장 소	서울교통공사 별관4층 도시철도연구원
제 목	전문가 인터뷰 전 사전회의(공동기관 책임연구자 의견수렴)
회 의 내 용	

• 주요 내용

- 운영사 측면에서 안전 및 비용차원의 문제가 수송력보다 중요

· 차량간 통신을 이용하는 경우 차량 추돌, 차상 신고고장 등의 안전사고를 원천적으로 예방할 수 있어, 운영사 차원에서 요구 받는 안전문제를 해결이 가능

※ 안전부문의 경우 별도 예타에서 진행되고 있어 핵심이슈로 선정하기 어려움을 논의(박성준 팀장)하였으나, 그렇더라도 중요 현안 부분 중 하나로 언급할 필요성을 제시(신건영 팀장)

· 기존설비를 지속적으로 교체해 나갈 계획이 마련되어 있어, 이러한 시점에 맞춰서 기획사업을 통한 기술개발하는 경우 비용문제를 제기할 수 있음

* 전체 LCC 관점에서 운영비용이 60%, 차량구입비가 30% 비중을 차지하고 있어, 운영사 차원에서 비용저감(철로 점검비용 등)에 관심이 많음

- 수송력 증대의 경우 수송객 증가의 한계 등으로 인해 큰 효과를 입증하기 어려움

· 차량 간격을 단축하여 수송력을 높이더라도 전체적인 수송객 증가를 예측하기 어려워 운영사 차원에서는 핵심이슈로 보기 어려움

· 획기적으로 이동 시간이 단축되지 않는다면 수송객 유인이 어려울 것으로 판단함(GTX와 3호선이 중복되는 경우 이동시간에 따라 고객층이 다름)

· 쾌적성 등의 서비스 질 향상 효과는 높아질 수 있으나, 운영사 입장에서 아주 매력적인 요건은 아님

- 도시철도의 경우 유연성 관점에서는 고정편성을 해결할 수 있는 가상결합(Virtual Coupling, 이하 VC)이 중요

· 차량 수 변화(차량 결합)를 가변하는 경우 물리적 시간과 안전문제가 있기 때문에 기존시스템의 경우 고정편성을 유지(차량 수가 결정되면, 변동이 어려움)

· 기획사업을 통해 VC가 이루어지는 경우 유연한 운영이 가능할 것으로 판단되며, 이동 중이 아니더라도 정차 시 빠르고 안전하게 결합이 가능한 경우에도 효과가 있을 것으로 예상됨

철도 운영사 '서울교통공사' 회의록

· 지선으로 나뉠 때 일부 VC를 이용하여 수송객 대응을 위한 배차간격 조정이 가능하나, 도시철도 상에서 큰 부분을 차지하고 있지는 않음

- 다만, 현재로서는 고속철도 적용 효과가 직접적으로 가장 크고, 도시철도는 간접적인 효과가 발생할 것으로 사료됨

· 서울교통공사는 단일노선으로, 차량간 통신으로 인한 유연성 확보에 제약이 있을 수 밖에 없음

• 향후 계획
- (일정) 1월 5주차의 경우 서울교통공사는 워크샵 등의 일정이 있음을 참고

• 특이사항
- 해당사항 없음.

순번	소속	직급	성명	순번	소속	직급	성명
1	서울교통공사	팀장	신건영	3	㈜날리지웍스	팀장	박성준
2	서울교통공사	연구원	김금비	4			

이슈 발굴을 위한 워크샵 회의록	
작성자 소속	㈜날리지웍스 산업혁신본부
성 명	차상현
일 시	2019년 3월 5일 (화, 14:00-17:00)
장 소	용산역 itx 6 회의실
제 목	KRRI 자율주행열차 예타 기획 프로젝트 워크샵
회 의 내 용	

• 주요 내용

- 기존 신국민 설문/뉴스기사 분석 등 빅데이터를 통해 이슈를 도출하는 과정 긍정적이나, 보다 구체적인 분석이 추후 요구됨

· 최근 예타의 기준이 사회문제 해결을 요구하는 방향으로 변화하여, 기술기반의 R&D 기획보다는 수요 기반의 R&D 기획을 선호함

· 이슈 도출의 과정은 우리 기술개발의 시급성/중요성을 보여주기 위함인 반면, 현재까지의 이슈 도출은 이를 설명하기에는 부족한 면이 있음

* 제시된 이슈의 개념이 넓기 때문에, 철도기술의 대부분이 해당 이슈들을 해결하기에 일부 필요한 기술일 것으로 판단됨

* 이 기술을 개발하면 이런 이슈를 해결할 수 있다'는 식의 접근방식은 논리적으로 약하며, '이런 이슈를 해결하기 위해 이 기술이 가장 효과적이다'는 식의 접근방식이 예타 평가를 위해 적절할 것으로 판단됨

- 기술적/정책적/경제적 타당성을 전체적으로 적절히 대응 가능한 사업으로 기획되어야 함

· 국민적 요구사항만을 가지고 사업을 기획하는 것은 정책적 측면만을 고려한 사업이 되며, 경제적인 부분, 기술적 실현 가능성 등을 종합적으로 고려해야 함

· 경제적 타당성 확보 측면에서, 비용절감 측면의 편익만을 고려할 것이 아니라 시장 진출 측면의 편익도 고려가 되어야 타당한 사업이 될 것으로 판단됨

* 수도권 인구 분산, 출퇴근 시간 혼잡도 해결 등 비용절감 측면의 편익이 큰 이슈는 아닐 것으로 판단됨

* 이를 보완하기 위해 해외시장 진출 가능성을 고려한 분석이 진행되어야 할 것으로 보이며, 해당 분석을 위해 명확한 사업 수혜자 분석, 기술 수출 가능성, 구체적인 타겟 시장 측면의 분석도 필요할 것으로 판단됨

* 추가적으로 고려해야 할 사항은 기업 수요조사로, 부품/소재 관련 기업들이 어떤 수요를 가지고 있는지 해당 기술에 대해서 어떻게 생각하고 있는지 등을 종합적으로 고려할 필요가 있음

* 경제적 타당성 분석 차원에서 B/C분석과 더불어 경제적 효과 분석도 진행한다면 보다 효과적인 제시가 될 수 있을 것으로 판단됨

· 기술적 타당성 확보 측면에서, 기술전문가들의 입장에서 해당 기술의 타당성이 명확히 드러나도록 보고서가 구성되어야 함

이슈 발굴을 위한 워크샵 회의록	
– 사업 목표 설정에 대한 심도 있는 고민이 필요 · 사전적으로 평가 기준(기술적/정책적/경제적 타당성)에 대한 우선순위를 나름대로 설정하고 사업의 목표를 설정하기를 추천함 · 현재 사업의 목표로 '경제성 확보'라는 부분을 강조하고 있는데, 향후 기획될 사업 내용상 경제성이 동 사업의 장점이 될 수 있는지를 고려하는 것이 필요함 • 기타 – (파급효과) 예를들어, 개발하고자 하는 기술이 철도기술에서만 활용되는 기술인지 혹은 다른 교통 기술에서도 활용될 수 있는 기술인지 등이 고려되어 제시되어야 함 – (해결대안) 제시된 이슈를 해결할 수 있는 여러 대안을 분석하고, 동 기술개발이 반드시 필요한 이유를 제시할 수 있다면 논리적인 기획이 될 수 있을 것으로 판단됨 – (위험요인) 해당 기술개발이 무인화에 초점을 맞추고 있는지 등을 고려하여 노조 측의 반발 가능성 등 사업 추진 상 위험 요인을 분석 및 제시할 필요가 있음 – (사업기간) 기술개발의 적용 시기(2030년)이 자동차 자율주행기술의 발전수준을 통해 유추해 보았을 때 너무 긴 것으로 판단되는 바, 실제 기술적 어려움이 있다면 이에 대한 자세한 설명이 드러나야 할 것으로 판단됨 – 동 기획사업을 통해 철도기술분야 R&D예타의 표준이 만들어지기를 희망하며, 이를 위해 관련 정책들을 KISTEP, KDI 등 평가기관과 논의하여 만들어가는 과정이 필요함	
• 향후 계획 – 해당사항 없음.	
• 특이사항 – 해당사항 없음.	
참석자	(한국철도공사 연구원) 정정래 원장 (한국철도기술연구원) 김진호 실장, 오세찬 선임 (한국전자통신연구원) 윤병식 책임 (서울교통공사) 신건영 팀장 (한국철도시설공단) 이강규 책임 (한국철도공사) 이휘민 선임 (㈜날리지웍스) 조승철 본부장 등 총 40여명

철도 운영사 '네오트랜스' 회의록	
작성자 소속	㈜날리지웍스 산업혁신본부
성 명	박성준
일 시	2019년 3월 18일 (월, 10:00-12:00)
장 소	한국철도기술연구원 5동 2층 회의실
제 목	열차자율주행 기술개발 사업기획 운영사 인터뷰
회 의 내 용	

• 주요 내용

- 기존 신호 시스템의 문제점

· 외산은 1) 유지보수 비용 문제(문제발생시 책임소재 등의 이유로 동일 기능을 갖는 부품이더라도 특정 제품만 활용 가능하여 고비용, 단종문제가 종종 발생) 2) 유지보수 시간문제(즉시 문제해결이 불가능하며, 국내 담당자가 일종의 창구역할 만 하는 경우도 존재)가 대표적

· CBTC의 경우에도 명목상 무인운전이라 하더라도 기관사가 탑승이 불가피(안전규정 문제)

· 신분당선이 무인운전을 수행하고는 있지만 보유하고 있는 기관사는 150명 정도임.

- ATCS 신호시스템의 효과

· (유지보수비 저감) 기존 시스템을 100%로 가정, CBTC는 60%, ATCS 50% 내외로 예상(운영사 내 유지보수비 자료 확인은 현실적으로 어려움)

· (수송 효율성 증대) 9호선 등에 ATCS 적용 시 효과가 극대화될 것으로 예상

- 민간운영사로서의 차이점

· 일부 경우 국가적 지원 혜택에서 소외(미세먼지 저감 지원 등 자체적으로 해결)

- KRTCS와 신분당선에 적용된 Thales CBTC 차이점

· ZC와 IXL이 통합되어 과거 연동도표에 의한 연동논리가 존재하지 않은 가장 최신의 CBTC 기술임.

· ZC와 IXL과의 복잡한 인터페이스가 필요어 시스템 유지관리에 용이함.

- ATCS 신호시스템의 필요성

· 개발 시점, 해외의 최신 CBTC 기술과의 기술경쟁력 등을 고려할 때 KRTCS의 성공 가능성이 낮아 향후 해외시스템과의 경쟁을 위해서는 ATCS 개발이 불가피

- 국산 신호시스템의 도입의 어려움

· 국내 신호시스템의 경우 적용기준을 해외보다 타이트하게 설정(해외의 경우 도입 이후 보완·개선을 통해 커스터마이징 하나, 국내의 경우 적용과 동시에 최적화 수준을 원함)

- 기타

· 보안 문제 등이 약점이 될 수 있으며, 신호부문만 독단적으로 성공하기는 어려움

※ 차량과 신호시스템의 개발 또는 도입이 함께 이루어져야 성공 가능성이 높음

철도 운영사 '네오트랜스' 회의록

• 향후 계획
- 철도 신호업체 인터뷰 요구(차주)

• 특이사항
- 해당사항 없음.

순번	소속	직급	성명	순번	소속	직급	성명
1	네오트랜스		이재호	3	KRRI	선임	오세찬
2	네오트랜스		양동효	4	㈜날리지웍스	팀장	박성준

철도 신호제작사 '대아티아이' 회의록	
작성자 소속	㈜날리지웍스 산업혁신본부
성 명	박성준
일 시	2019년 3월 28일 (월, 15:00-17:00)
장 소	대아티아이 고객응접실
제 목	열차자율주행 기술개발 사업기획 신호제작사 인터뷰
회 의 내 용	

• 주요 내용

- 기업차원의 신호시스템 이슈

· 현재까지 해외 신호시스템을 국산화하여 국내시장의 특성을 반영하여 비즈니스를 운영(김해경전철, 신분당선 등에 CBTC 도입 사례)

· 최근 턴키 방식(신호+관제+인프라 등)으로 수주가 많이 이루어지고 있으며, 이를 대비하기 위한 노력이 필요 (→ 현황분석시 신호시스템 수주내용에 대한 분석 필요)

· 신호시스템은 관제, 열차, 인프라와 유기적으로 인터페이스가 되기 때문에 신호시스템에 따라 관제시스템, 연동장치의 납품이 결정되며 열차의 인터페이스도 신호시스템 제작사의 요청에 일방향으로 맞추어 진행.

· 특히 탈레스(Thales)의 경우 신호시스템과 인터페이스되는 프로토콜을 공개하지 않기 때문에 관제시스템과 인프라도 탈레스에서 함께 납품이 이루어짐.

- 국가차원의 지원 당위성

· 연구개발을 통한 성과가 유사한 기술수준과 시점이라면 선도기업과 경쟁이 어려움

※ 수주 시 실적을 요구하나 본질은 국산신호시스템의 기술력 및 안전성 문제이며, 이를 극복하기 위해서는 실증노선에서의 테스트 등 지원이 필요

· 국내 신호시스템 1위 업체이나, 국가차원의 사업지원 없이 국산신호시스템 확보 및 시장 창출이 쉽지 않음

- 신규 신호체계의 연구개발 방향성

· 파리의 경우 수송시격을 단축하여 수송력을 해결하고 있음

· 도시철도의 경우에도 유럽을 중심으로 표준화 될 가능성이 높으며, 국가차원에서 표준화 작업 과정에도 동참할 필요가 있음

· 국내 시장의 특성을 반영한 고유의 신호시스템 개발이 필요(LTE-R, 5G 반영 등)

- (기업차원에서 잠재시장) 국내시장을 1차적으로 설정하되, 해외시장까지도 고려해야 함

철도 신호제작사 '대아티아이' 회의록

- **(기업 수혜자 파악)** 철도협회(학회), 도시철도협회(학회)에 등록업체 리스트를 요청하여, 관련 기업 확인가능(대안으로 산업분류 중 철도분야 업체 수 확인 가능)

• 향후 계획
- 연구개발분야 외 사업부 관련 인터뷰 필요(차주)

• 특이사항
- 해당사항 없음.

순번	소속	직급	성명	순번	소속	직급	성명
1	대아티아이	실장	안 진	3	㈜날리지웍스	팀장	박성준
2	KRRI	선임	오세찬	4			

철도 신호제작사 'LS산전' 회의록	
작성자 소속	㈜날리지웍스 산업혁신본부
성 명	이유경
일 시	2019년 4월 5일 (금, 10:00-11:30)
장 소	LS산전 회의실
제 목	열차자율주행 기술개발 사업기획 신호제작사 인터뷰
회 의 내 용	

• 주요 내용

- 기업차원의 신호시스템 이슈

· 현대로템과 입찰경쟁을 통해 신림선 사업을 수주함(내부적으로, 차량 중심인 현대로템에 비해 LS산전은 신호 분야에 더 전문성이 있고, 가격경쟁력도 있었기에 경쟁에서 이겼다고 판단함)

· 신림선이 성공적으로 끝나면 실적이 되므로, 이후 관련 사업이 크게 확대될 수 있을 것으로 예상함

- 국가차원의 지원 당위성

· 국가의 투자 및 운영이 되고 있는 우리나라 상황상 국가차원의 지원이 필수적

· 민간에서는 시험할 곳이 없고, 국책과제를 통한 테스트/검증 과정을 진행이 필수적

※ 현재, 철도 관련 R&D사업은 기업이 약 50-60%의 기여율로 참여하고 있는 상황이며, 상용화까지 직접비용은 투자한 비용의 30-40%가 더 투입됨

※ 대북선 사업의 경우, 실제 노선/차량 대여료, 전력사용료, 기관사 인건비, 관제/연동설비 구축 등100억 이상 비용이 듦

- 신규 신호체계의 연구개발 방향성

· 철도 시장 중 신호 시스템 시장이 차지하고 있는 비중(5~7%)은 높지 않으나, 차량의 핵심은 신호이기에 해외 것을 계속 사용할 경우 기술종속이 되어 한순간에 교통망이 장악당할 것

· 지상설비를 최소화하고 차량 중심 신호시스템으로의 변화가 바람직하다고 판단되며, 철도 라인 여러 개를 하나의 시스템으로 통합하는 것이 가능은 하겠지만, 단계적으로 진행되어야 할 것

· 철도는 차량에 비해 '대중성'이 더 크고, 더 많은 '수송력'을 갖추었기에 이 점이 다음 단계의 철도신호시스템 기술개발에 있어서 항상 고려되어야 하고, 운영사뿐만 아니라 승객의 편의성까지도 고려되어야 함

- (기업차원에서 잠재시장) 국내시장을 1차적으로 설정하되, 국토 면적이 제한적이기에 새로운 노선이 깔리는 것에 한계가 있다고 판단. 해외시장을 앞으로는 더 고려해야 함(동남아 쪽으로 진출하고 있으며, 아시아 이후 향후에는 중남미도 고려)

철도 신호제작사 'LS산전' 회의록

- **(기술 수요자 파악)** 운영사 입장에서 도입 필요성은 느끼고 있으나, 안전성 등 위험부담으로 인해 국산시스템 도입이 어려운 현실

• 향후 계획
- 전통적인 신호방식에서 무선기반으로 바꿀 때 유지보수 효과에 대한 자료가 있음. 자료 찾아보시고 오세찬박사님께 전해주시기로 함

• 특이사항
- 해당사항 없음

순번	소속	직급	성명	순번	소속	직급	성명
1	LS산전	팀장	조용기	3	㈜날리지웍스	팀장	박성준
2	KRRI	선임	오세찬	4	㈜날리지웍스	컨설턴트	이유경

철도 운영사 '공항철도㈜' 회의록	
작성자 소속	㈜날리지웍스 산업혁신본부
성 명	이유경
일 시	2019년 4월 9일 (화, 15:00-17:00)
장 소	공항철도㈜ 회의실
제 목	열차자율주행 기술개발 사업기획 철도운영사 인터뷰
회 의 내 용	

[주요 내용]

- **공항철도 신호시스템 교체 이슈**
  - **(현재)** Alstom의 DTG(Distance-To-Go)방식의 신호시스템을 도입하여 운용 중이나 외산 신호시스템 적용에 따른 유지관리에 애로사항을 겪고 있으며(Alstom에서 신호시스템 일부 부품 단종을 통보) 내구연한을 고려하여 시스템 전면 개량을 준비 중.
  - **(계획)** 07년 구축되어 22년 교체 요구되며 3월 말부터 기본설계 준비 중
    * 정부 임대기간 30년 중 15년 사용 이후 신호시스템 교체 계획
  - **(요구수준)** 시속 150km 수준과 LTE-R 활용한 CBTC 방식으로 고려 중
  - **(후보업체)** 국내 2곳(KRTCS1), 해외2 곳(기존 알스톰 포함) 총 4곳 고려 중이며, 국내 신호시스템이 존재함으로써 알스톰과 가격협상에서 상당히 유리한 위치를 차지함

- **외산 신호시스템 종속에 따른 유지보수 애로사항**
  - **유지보수 기간**
    · 부품 발주기간이 짧으면 52주 ~ 58주가 소요되며 길게는 64주 ~ 72주가 소요 됨
    · 노선을 운영하고 있는 지자체 운영기관의 예비품 보유 비율이 보통 10% 내외임을 감 안할 때 1년 이상의 부품 발주기간은 상당한 리스크로 존재
    · 국내 상주하는 Alstom 기술자는 단 1명에 불과하며 이 또한 기술영업에 국한하여 즉시 기술지원을 기대하기는 어려운 실정임.
  - **유지보수 비용**
    · 시스템 고장 발생시 장치 랙(rack) 단위로 수리가 이루어지며 해외 공급사에서 일방적으로 정의한 Family 단위로 가격을 책정하기에 비용부담(신제품의 60% 수준)이 큼.
    · 유지보수 견적시 상세 견적을 제공하지 않으며 부가적인 비용(관리비, 항공비, 테스트 비용 등)의 비중이 상대적으로 높게 형성
  - **막대한 시스템 변경비용**
    · 노선에 역사 추가시 신호시스템 S/W 변경이 발생되며 100억원 이상의 높은 비용이 발생되

철도 운영사 '공항철도㈜' 회의록

어 운영상 발생하는 변경사항에 대한 반영이 어려움.

- 자체수리 어려움

· DTG(Distance-To-Go) 방식의 신호시스템 이후로 눈에 보이는 H/W 방식이 아닌 S/W 위주로 이루어져 있어 자체 수리가 불가능한 구조임.

· 또한 외산 도입시 유지보수 인력에 대한 교육이 모듈 단위 및 기능적인 설명 위주의 내용이기에 고장 났을 때의 정보가 부족하여 자체 수리가 불가능함.

- 기술종속에 따른 애로

· Alstom으로부터의 발주 기간의 문제로 인해 신호시스템을 구성하는 일부 하부구성품(속도계 타코미터)의 경우 해당 국외(오스트리아) 제작사에 별도로 구매를 추진하려 했으나 Alstom과의 계약으로 인해 공항철도에 직접적인 장치공급이 불가능하다는 통보를 받음.

• 국가차원에서 국산 철도신호 기술확보의 필요성

- 도입비용 측면

· 시스템 개량을 앞두고 국외 제작사에 견적을 요청한 결과 국내에 KRTCS 가격 수준으로 도입이 가능한 것으로 확인(즉, 과거 13년전 공항철도에 적용된 예전의 시스템 가격보다 상당히 저렴한 수준) 이는 국내에 가장 최신의 CBTC 기술인 KRTCS 개발이 완료된 것을 인지하여 가격을 낮춘 것으로 해석이 가능.

· 자국 철도신호 기술의 확보는 설사 직접 노선에 적용이 되지 않더라도 그동안 국외 제작사들이 형성한 시장가격을 낮춤으로써 가격협상에 있어 입지적 우위를 가져오며 도입가격을 낮추는 효과가 있음.

- 유지보수 측면

· 국산 신호시스템 적용시 유지보수 소요기간은 외산 대비 1/3~1/4 수준인 3~4개월 정도로 기대

· 유지보수 과정에서 전문 기술자의 지원을 받을 수 있으므로 안정적인 시스템 운영이 가능할 것으로 기대

· 또한 장치의 세부 부품단위로 서비스를 받을 수 있으며 시스템 변경시 발생하는 비용도 합리적으로 책정이 가능함.

- 정부지원의 필요성 측면

· 철도 신호시스템의 경우 여타 개발품과 달리 개발과정외 별도로 실제 영업노선에서의 시험이 필요하며 이는 노선과 전력, 시험열차의 사용과 더불어 해당 운영노선의 운영자(기관사, 안전관리자 등 다수 지원 필요)의 인건비 등의 부대비용 등이 막대하게 소요되기 때문에 개별 기업에서 개발하는 것은 현실적으로 불가능하다고 생각함.

· 개발사에선 시장 불확실로 투자가 어렵고, 운영사는 안전성 등 위험부담 문제로 도입이 어려워 국가차원의 R&D 및 인증 지원이 요구됨

· 정부의 적극적인 투자 없이는 신호시스템의 기술종속을 면하기는 어렵다고 생각함. 특히 국외 CBTC의 경우 KRTCS와 비교할 때 지상의 제어설비 미 설비간 인터페이스가 굉장히 단순화되어 운영사 측면에서는 유지관리에 매력적임.

철도 운영사 '공항철도㈜' 회의록

· 금번 사업기획이 어려워지는 경우 국내 신호시스템 제작사 입장에서는 기존의 KRTCS의 개발인력을 유지하는 것이 어려울 수 있으므로 굉장히 중요한 연구기획사업이며 정부차원의 지원이 필요하다고 생각함.

- **기타 사항**
  - Alstom의 관제 ATS 소프트웨어가 무겁고 2중계 구성이 약해 순간정보를 소실하는 경우가 많음(특히 개통 직후). 알스톰이 관제설비는 풀었는데 전자연동장치는 풀어주지 않은 상태임
  - CBTC로 교체 시 궤도회로기는 비용/공사시간에 따라 철거하거나 back-up시스템으로 활용 고려 중
  - 시스템 교체 시 유지보수 및 운영을 하면서 동시에 공사하기가 쉽지 않고, 인력 투입도 어려운 상황
  - 개활지가 많아 무인자동운전은 부적합하며, 노조 관련 문제에 따른 적용 어려움이 예상

- **향후 계획 및 특이사항**
  - 해당사항 없음

순번	소속	직급	성명	순번	소속	직급	성명
1	공항철도㈜	팀장	정현중	4	㈜날리지웍스	팀장	박성준
2	KRRI	선임	오세찬	5	㈜날리지웍스	컨설턴트	이유경
3	KRRI	선임	최현영				

철도 운영사 '서울교통공사' 회의록	
작성자 소속	㈜날리지웍스 산업혁신본부
성 명	박성준
일 시	2019년 4월 25일 (목, 10:00-12:00)
장 소	서울교통공사 본관 승무시스템처
제 목	도시철도 운영 차원에서의 이슈 발굴
회 의 내 용	

• 주요 내용

- 담당 업무 (김광수 부장)

· 외철도안전관리체계, 종합안전심사 및 산업안전 및 재난안전 관리 등 업무를 담당

※ 열차운전계획 수립 등을 담당하는 이호석 부장을 최초 섭외하였으나, 외부출장으로 인해 인터뷰 대상자 변경

- 수송력 증대를 위해서는 기술개발 전에 선결되어야 할 요건이 다수임

· 플렛폼 환경, 정보전달 등 선결 요건이 먼저 해결되지 않으면, 기술개발을 하더라도 쉽지 않을 것임

- 호선별 특성이 상이하여 기술적용의 타겟 설정이 필요

· 2, 7, 5호선 수송력 증대가 필요하나 그 외 일부 호선의 경우 수송력 증대가 중요한 이슈가 아님

※ 무인운전과 관련된 내용은 자세한 인터뷰가 어려움을 어필하였으며, 이에 인터뷰가 중단됨 (운영사 내에서 무인운전에 대한 키워드는 상당히 주의해서 언급되어야 함에 유의)

• 향후 계획

- 해당사항 없음.

• 특이사항

- 해당사항 없음.

순번	소속	직급	성명	순번	소속	직급	성명
1	서울교통공사	부장	김광수	3	서울교통공사	연구원	김금비
2	서울교통공사	팀장	신건영	4	㈜날리지웍스	팀장	박성준

철도 신호제작사 '현대로템' 회의록	
작성자 소속	㈜날리지웍스 산업혁신본부
성 명	박성준
일 시	2019년 8월 13일 (화, 10:00-12:00)
장 소	현대로템 연구동 세미나 1 소회의실 2
제 목	열차자율주행 기술개발 사업기획 신호제작사 인터뷰
회 의 내 용	

• 주요 내용

- (최근 기업 이슈) 철도안전법 대응, 안정적 협업 등을 위해 윈드리버*와 MOU 체결

* 실시간 운영체제(RTOS, Real Time Operating System) 전세계 점유율 1위 기업

- 기술적 측면에서 시장진출이 어려움.

· 그동안 정부지원하에 국산화 측면에서 연구개발을 수행하여왔으나 너무 늦은 시점에서 기술개발 투자가 이루어지기 때문에 기술선점과 시장진출이 어려움.

· 2014년도 개발한 KRTCS 1의 경우 현재 국외 CBTC 시스템과 비교할 때 경쟁력이 떨어져 시장 진출이 어려운 실정임.

· 신분당선 및 인천 2호선의 경우 차세대 CBTC 기술인 Thales의 시스템을 적용 중임.

- (수주현황) 현대로템의 전체 수주 규모 중 신호 분야는 약 10% 규모이며, 운영사에서 실적을 요구하여 적극적인 수주 활동에 제약으로 적용(요청사항 1)

· 카자흐스탄 알마티에 국산 신호를 적용한 경험이 있으며, 서울 동북선 KRTCS 실시설계 중

- (해외시장) 유럽 변두리 국가(아일랜드, 폴란드 등)**와 러시아, 중동, 북아프리카**(이집트 등)**, 동남아, 남아메리카가 공략 가능한 시장으로 판단됨**

· 유럽, 중국, 일본, 미국은 공략이 쉽지 않은 상황임

- (철도신호시스템 R&D 필요성) 자체 신호 기술개발이 필요한 이유는(요청사항 2)

· 신호시스템은 SIL(안전무결성수준) 인증 등의 이유로 시스템 변경시 다시 기나긴 인증을 받아야 하므로 차량을 비롯한 모든 설비의 인터페이스를 신호시스템에서 제시하는 기준과 성능에 맞추어야 하는 상황.

· 이는 차량제작을 비롯한 관련 시스템 납품 기간에 상당한 영향을 미치며 계약 기간 지연비용이 발생(ex. 일당 계약금액의 1/1000)하며, 자체 신호시스템을 가지고 있는 경우 신호 관련 문제에 신속하게 대응할 수 있어 이러한 리스크 감소가 가능

· 국가차원에서 유지보수기간 종료 후 인력, 기술 부재에 따른 막대한 추가 비용 및 안전 관련한 문제 발생

- (협력사) Supply Chain에서 MMI, 센서, 무선통신 분야 등에 다수의 벤더기업이 존재함(요청사항 3)

철도 신호제작사 '현대로템' 회의록

- **(기타) KRTCS사업에서의 개발비 미지급 문제, 주행중 분리결합기술은 철도안전법*에 개정이 요구, 실용화를 위해서는 발주처와 기획 단계부터 긴밀한 협의가 필요**
  * 법률상 차량의 물리적 분리결합은 차량기지 내에서 정지상태여야 하며, 평탄하고 직선구간이여야 함. 가상의 분리결합은 기술적인 검토가 요구됨

• 요청사항
- **(요청사항 1) 해외(또는 국내) 신호시시템 수주활동시 애로요인을 구체적으로 확인가능한 자료** (ex. RFP상 실적요구 제약조건 등)
- **(요청사항 2) 신호시스템 자체개발에 대한 추가적인 논리**(ex. 차량과의 시너지 효과 등)
- **(요청사항 3) 현대로템의 주요 벤더 기업 리스트(Supply Chain)**

• 특이사항
- 해당사항 없음.

순번	소속	직급	성명	순번	소속	직급	성명
1	현대로템	책임	박주연	3	KRRI	선임	오세찬
2	현대로템	연구원	박성호	4	㈜날리지웍스	팀장	박성준

부록 5 철도교통 이슈해결을 위한 대안분석 설문지 양식

철도교통 이슈해결을 위한 대안분석 : AHP평가

안녕하십니까?

저희 한국철도기술연구원과 날리지웍스는 국가교통과학기술진흥원(KAIA)로부터 '열차 간 협력 기반 지능형 열차자율주행 기술개발 사업기획' 용역을 의뢰받아 현재 수행 중에 있습니다. 이를 위해 철도교통과 관련된 이슈를 파악하고 이를 해결하기 위한 대안 평가를 위해 설문을 추진하게 되었습니다. 해당 설문조사는 철도분야 전문가를 대상으로 국가 차원에서 대안 평가를 위해 실시하고자 하며, 조사개요 및 평가방법 등을 숙지하시어 평가를 부탁드립니다.

이번 조사내용은 조사목적 이외에 다른 용도로는 사용되지 않을 것을 약속드리며, 전문가 여러분의 많은 참여 부탁드립니다.

감사합니다.

2019. 7. 25

Knowledgeworks

조사담당자 : 이유경 컨설턴트
OFFICE : 070) 4035-7246
C.P : 010) 8260-4228
E-Mail : lee602@knowledgeworks.co.kr

성 명			
소속기관/부서		직위	
전문분야		경력	년
전화번호	Office: C.P.:	E-Mail	

평가지

● **철도의 수송력 증대 및 이용자 수요대응 문제를 해결하기 위한 아래 3개 대안을 확인하시고, 계층화된 평가기준을 고려하여 평가해주시기 바랍니다. ([별첨 1] 참고)**

대안A. 노선 증설을 통한 대응

- **철도 병목구간(일반/고속철도), 혼잡률(도시철도) 개선을 위해 기존노선의 복복선화(급행화를 위한 대피선로 구축 포함)와 신규노선의 건설을 통하여 수송력과 탄력적인 운영성을 확보하는 방안**
  - 장점 : 신규 노선의 건설과 복복선화를 통해 수송력 향상과 급행열차의 운영 등 병목구간, 혼잡도를 개선하면서도 탄력적인 운영이 가능한 방안임
  - 단점 : 철도 노선의 신규건설, 복복선화는 평택-오송 47.5km 복복선 사업비 약 2조 9천억원[176] 등 막대한 사업비용이 소요되며, 기존 노선의 복복선화의 경우 시설현황에 따라 기술적으로 불가능[177]한 경우 발생

대안B. 신규열차 투입을 통한 대응

- **철도차량의 승객정원을 증원하기 위해 2층 열차를 도입하거나, 승강장 설계 한도 내에서 열차 차량을 증량하여 운행하는 방안**
  - 장점 : 비교적 적은 비용으로 열차의 용량을 증대함으로써 수송력 대응이 가능[178]
  - 단점 : 2층 열차의 경우 승하차 시간이 오래 걸려 충분한 역 정차시간이 필요하며, 역간 거리가 짧은 도시철도의 경우 시 당 운행횟수가 줄어드는 문제가 발생함. 또한, 건설 당시 2층 열차 규격에 맞추어 건설되지 않은 노선의 경우 차량한계로 인해 2층 열차의 적용 및 운행 자체가 불가능

대안C. 연구개발을 통한 대응(자율협력기반 철도제어시스템 개발 및 도입)

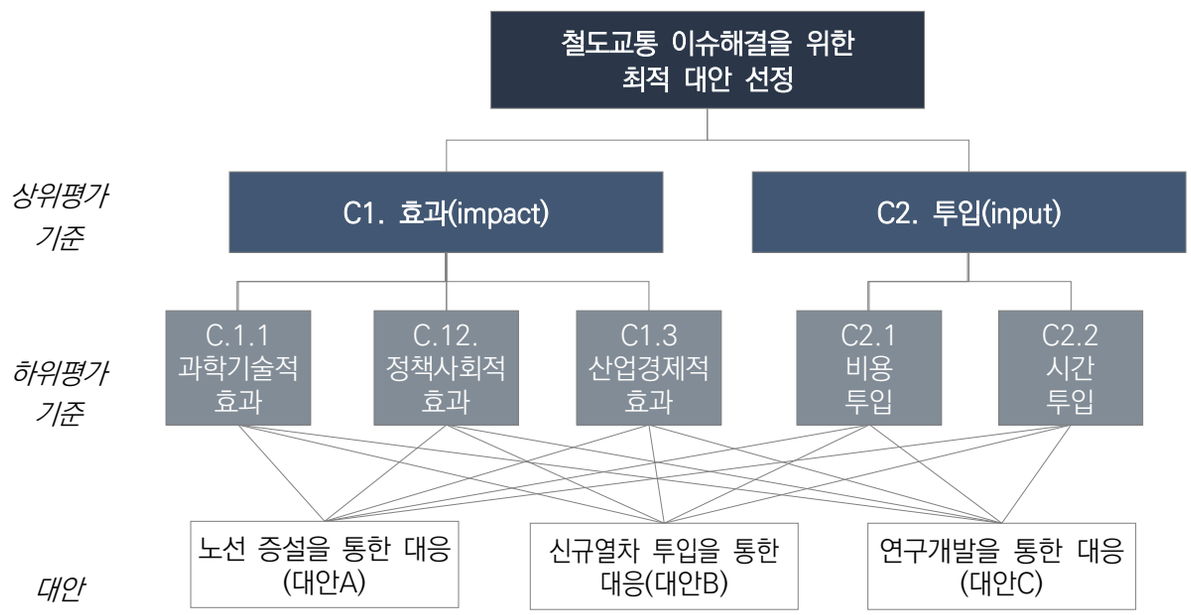
- **철도제어 패러다임의 획기적인 변화를 통해 열차의 주행 간격을 좁히고 주행 중 열차의 분리·결합이 가능하면서, 열차 간 협업을 통해 열차의 교착상태를 해결함으로써 수송력과 탄력적인 운영성을 확보하는 방안**
  - 장점 : 높은 수송력을 가지는 새로운 철도제어시스템으로의 개량은 상대적으로 저렴한 공사비용과 더불어 높은 수송효율과 이용객 편의성 제공이 가능
  - 단점 : 연구개발을 통해 추가적인 새로운 철도제어 기술력 확보가 필요

176) 제3차 국가철도망 구축계획(2016-2025)

177) 뉴스기사 철도기술연구원, "서울 지하철 2·5·7호선은 급행열차 불가능", 한국경제(2017.05.25.)

178) 9호선 열차 4량 1편성을 6량 1편성으로 증대

- **대안 평가를 위한 기준은 상위 및 하위평가 기준으로 계층화됩니다. 먼저 상위평가 기준은 'C1. 효과'와 'C2. 투입'으로 구분됩니다.**
- **하위평가 기준은 상위기준에 따라 총 5개로 구분됩니다. 효과는 'C1.1 과학기술적 효과', 'C1.2 정책사회적 효과', 'C1.3 산업경제적 효과'의 3개 기준으로, 투입은 'C2.1 비용 투입'과 'C2.2 시간 투입'의 2개 기준으로 세분화됩니다. 이를 고려하여 기준간 중요도 및 대안의 중요도를 비교하여 주시기 바랍니다.**



〈대안선택을 위한 기준의 계층도〉

〈상위·하위 기준 개념〉

구분	내용
효과	• 대안 선택 시 대안 실현으로 예상되는 효과*가 얼마만큼 중요한가를 나타내는 기준 * 과학기술적, 정책사회적, 산업경제적 효과로 구분됨
과학기술적 효과	• 과학진보, 기술력 확보 등 대안으로 인해 나타날 수 있는 효과 중 과학기술적 측면에서 발생하는 효과
정책사회적 효과	• 사회문제 해결, 정책 실현 등 대안으로 인해 나타날 수 있는 효과 중 정책사회적 측면에서 발생하는 효과
산업경제적 효과	• 국내 산업 활성화, 수출 증대 등 대안으로 인해 나타날 수 있는 효과 중 산업경제적 측면에서 발생하는 효과
투입	• 대안 선택 시 고려되는 투입(비용, 시간) 측면의 중요도를 나타내는 기준 ※ 철도교통 이슈를 해결할 때, 대안 실현을 위해 투입되는 비용과 시간이 얼마나 중요한 영향을 미치는지를 효과와 비교하여 평가
비용 투입	• 대안 실현 시 요구되는 연구개발, 구축, 운영, 유지보수 등의 모든 비용
시간 투입	• 대안 실현까지 소요되는 시간을 나타냄

1. 가중치 비교

1 상위 및 하위 기준

- **평가기준을 2개씩 짝지었을 때, 상대적으로 중요한 평가기준에 체크해주시기 바랍니다.**
  ※ 평가방법은 [별첨 1]에 자세히 나타나 있습니다.

구분	평가기준1	절대중요	–	매우중요	–	중요	–	약간중요	–	같다	–	약간중요	–	중요	–	매우중요	–	절대중요	평가기준2
1-1	C1 효과	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	C2 투입
1-2	C1.1 과학기술적 효과	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	C.1.2 정책사회적 효과
1-3	C1.1 과학기술적 효과	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	C.1.3 산업경제적 효과
1-4	C.1.2 정책사회적 효과	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	C.1.3 산업경제적 효과
1-5	C.2.1 비용 투입	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	C.2.2 시간 투입

2. 하위 기준 관점의 대안 비교

2-1 과학기술적 효과

- **과학기술적 효과 측면에서 대안 간 중요성을 평가해주시기 바랍니다.**

구분	대안1	절대중요	–	매우중요	–	중요	–	약간중요	–	같다	–	약간중요	–	중요	–	매우중요	–	절대중요	대안2
2-1-1	노선 증설을 통한 대응 (대안A)	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	신규열차 투입을 통한 대응(대안B)
2-1-2	노선 증설을 통한 대응 (A대안)	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	운영제어 시스템 개발을 통한 개선 (대안C)
2-1-3	신규열차 투입을 통한 대응 (대안B)	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	운영제어 시스템 개발을 통한 개선 (대안C)

2-2 정책사회적 효과

• **정책사회적 효과 측면에서 대안 간 중요성을 평가해주시기 바랍니다.**

구분	대안1	절대중요	–	매우중요	–	중요	–	약간중요	–	같다	–	약간중요	–	중요	–	매우중요	–	절대중요	대안2
2-2-1	노선 증설을 통한 대응 (대안A)	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	신규열차 투입을 통한 대응 (대안B)
2-2-2	노선 증설을 통한 대응 (대안A)	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	운영제어 시스템 개발을 통한 개선 (대안C)
2-2-3	신규열차 투입을 통한 대응 (대안B)	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	운영제어 시스템 개발을 통한 개선 (대안C)

2-3 산업경제적 효과

• **산업경제적 효과 측면에서 대안 간 중요성을 평가해주시기 바랍니다.**

구분	대안1	절대중요	–	매우중요	–	중요	–	약간중요	–	같다	–	약간중요	–	중요	–	매우중요	–	절대중요	대안2
2-3-1	노선 증설을 통한 대응 (대안A)	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	신규열차 투입을 통한 대응 (대안B)
2-3-2	노선 증설을 통한 대응 (대안A)	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	운영제어 시스템 개발을 통한 개선 (대안C)
2-3-3	신규열차 투입을 통한 대응 (대안B)	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	운영제어 시스템 개발을 통한 개선 (대안C)

2-4 비용 투입

• **비용투입 측면에서 대안 간 중요성을 평가해주시기 바랍니다.**

구분	대안1	절대중요	–	매우중요	–	중요	–	약간중요	–	같다	–	약간중요	–	중요	–	매우중요	–	절대중요	대안2
2-4-1	노선 증설을 통한 대응 (대안A)	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	신규열차 투입을 통한 대응 (대안B)
2-4-2	노선 증설을 통한 대응 (대안A)	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	운영제어 시스템 개발을 통한 개선 (대안C)
2-4-3	신규열차 투입을 통한 대응 (대안B)	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	운영제어 시스템 개발을 통한 개선 (대안C)

2-5 시간 투입

• **시간투입 측면에서 대안 간 중요성을 평가해주시기 바랍니다.**

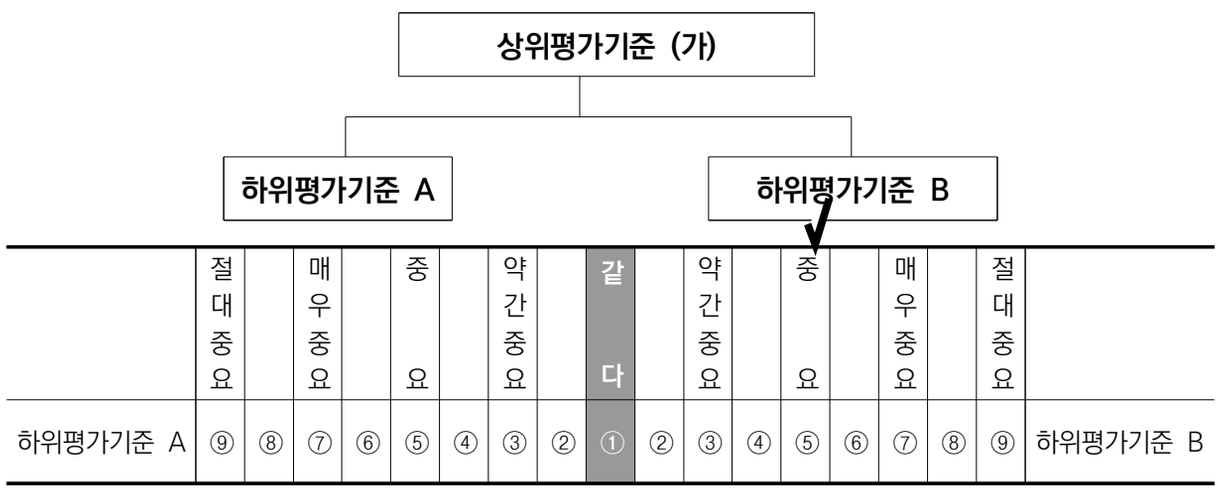
구분	대안1	절대중요	–	매우중요	–	중요	–	약간중요	–	같다	–	약간중요	–	중요	–	매우중요	–	절대중요	대안2
2-5-1	노선 증설을 통한 대응 (대안A)	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	신규열차 투입을 통한 대응 (대안B)
2-5-2	노선 증설을 통한 대응 (대안A)	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	운영제어 시스템 개발을 통한 개선 (대안C)
2-5-3	신규열차 투입을 통한 대응 (대안B)	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	운영제어 시스템 개발을 통한 개선 (대안C)

[별첨 1] 가중치 비교(예시)

1. 평가 방법(예시)

- **하나의 평가기준에 대해서 하위 평가기준 중 상대적 중요도가 높은 쪽에 '절대중요〉매우중요〉중요〉약간중요' 순으로 그 상대중요도의 크기를 선택하여 기입하시면 됩니다.**

  - [예시 1] 하위 평가기준 A가 하위 평가기준 B보다 상위 성과지표(가)의 관점에서 상대적으로 '중요'하다고 생각하시면, 기여도 크기에 맞게 좌측에 기입하면 됩니다.



	절대중요		매우중요		중요		약간중요		같다		약간중요		중요		매우중요		절대중요	
하위평가기준 A	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	하위평가기준 B

※ 하위평가기준의 상대적 중요도는 반드시 각 문항에서 제시하고 있는 상위평가기준 대한 중요성만을 고려하여 응답해 주셔야 합니다.

2. 응답 일관도

- **쌍대분석에서는 분석의 부산물로 비일관도 지수가 생성됩니다. 비일관도 지수가 0.20 이상이 될 경우 응답결과를 신뢰할 수 없다고 판단되어 재설문하게 됩니다. 비일관도 지수가 높게 나오는데는 크게 다음과 같이 두 가지 경우가 해당됩니다.**

> 예) 1. A 〉 B : A가 B보다 2배 중요하다고 응답
> 2. A ≫ C : A가 C보다 4배 중요하다고 응답
>
> → B 〉 C라고 응답해야 함.

[원인 1] 서수적 일관성 결여 : A 〉 B 〉 C의 순위가 바뀌게 응답
[원인 2] 기수적 일관성 결여 : 위 예에서 B가 C보다 9배 중요하다고 응답할 경우

부록 6 철도교통 기술분류체계

철도 기술분류

- **(철도교통 기술분류체계)** 미래 유망기술 및 철도교통 기술 분야 세세부 단위(Level 5) 기술분류 체계를 활용[179]

  - **(철도차량 분야)** 철도차량의 운행 특성을 고려한 차종별 분류 및 철도차량 하위 구성품으로 분류

  * 5개 소분류(L3), 6개 세분류(L4), 23개 세부기술(L5)로 분류

  - **(철도시설 분야)** 철도차량이 운행하기 위한 시설분야인 궤도토목, 전철전력 및 신호통신 분야

  * 3개 소분류(L3), 11개 세분류(L4), 37개 세부기술(L5)로 분류

  - **(철도운영 및 환경 분야)** 철도시스템의 운행을 위한 철도계획 및 운영, 안전 및 환경분야

  * 3개 소분류(L3), 11개 세분류(L4), 37개 세부기술(L5)로 분류

기술분류체계 개선(안) 필요성

- 국토교통과학기술진흥원에서 격년으로 실시하는 '국토교통 기술수준조사'에서는 철도교통 분야를 3단계(대-중-소 단위)로 기술을 분류하여 활용 중
  - 기존 3단계 기술수준체계의 경우, 국가 연구개발사업 추진근거로 활용하기에 다소 포괄적이며, 분류의 근거와 그 기준이 불명확하다는 문제가 있음

대분류 (1개)	중분류 (3개)	소분류 (12개)
철도교통	철도차량	일반철도차량, 고속철도차량, 자기부상철도차량, 도시철도차량(4개)
	철도시설	철도노반, 철도궤도, 철도교량/터널/역사, 전철/전력, 신호/통신(5개)
	철도운영 및 환경	철도운영 및 안전, 철도환경, 철도시스템 유지관리(3개)

※ 따라서 철도교통 全 부문의 유관기술을 종합적·체계적으로 정리하고 정부 정책 및 R&D 추진체계와 연동될 수 있는 수준(위계)으로 구성

179) 국토교통부(2018.5), "철도교통 기술수준 상세분석 및 R&D 추진전략수립 연구 최종보고서"

〈문제 해결을 위한 기술분류〉

대분류	중분류	소분류	세부분류
철도교통	철도차량	일반철도차량	• 차량시스템 기술
		고속철도차량	• 차체 및 설비기술
		도시철도차량	• 주행기술
		자기부상철도차량	• 제동기술
		신교통철도차량	• 추진제어기술
	철도시설	궤도토목	• 궤도 /주행로기술
			• 노반기술
			• 철도교량고가구조물 기술
			• 철도터널기술
			• 정거장 (역사)기술
		전철전력	• 급전계통기술
			• 전차선로기술
			• 전력 (에너지 변환 및 공급) 기술
		신호통신	• 신호제어기술
			• 철도통신서비스 기술
			• 철도통신전송 및 통신망 기술
	철도운영 및 환경	철도계획 및 운영	• 철도교통계획 기술
			• 운영 효율화 기술
			• 모드 연계기술
			• 철도물류기술
		철도안전	• 시스템 안전 엔지니어링 기술
			• 위험도 평가
			• 사고예방 /대응 기술
		철도환경	• 환경평가 /복원 기술
			• 쾌적성 /편의성 기술
			• 친환경소재

* 동 사업 범위는 음영처리하였으며, L5 단위 기술분류는 부록을 참조

부록 7 1차 총괄위원회 검토의견 보완사항

수정·보완요구사항			수정·보완요구사항 보완사항	관련 항목	비 고
사업기획배경	A 위원	-사업추진 배경이 현황위주 설명중심으로 목적하는 기획의도에 맞게 배경이 추가되어야 함.(자율주행 기술을 개발해야 하는 배경으로는 부족함)	- 항목 간 인과관계가 강조될 수 있도록 보완	1.1 사업추진 배경	
		-도시철도 수송밀도 증가목적을 주요배경으로 삼는 것은 맞지 않음, 출퇴근 시간 승하차 승객이 많은 것이 주요 원인임.	- 수송밀도와 혼잡도는 밀접하게 연결된 문제로 수송밀도뿐만 아니라 혼잡도 측면에서 사업기획 배경을 보완	1.1 사업추진 배경	
	B 위원	-기술한계를 뛰어넘고 기술을 연구한다는 것은 철도신호의 발전 및 안전성, 가용성 증대에 효과를 줄 수 있다. 그러나, 그러한 효과가 산업계에서 요구되고 있는가는 좀더 확인해볼 필요가 있음.	- 문제 및 이슈 부분 제작사 측면의 해외시장 부분을 보완 - 환경분석 부분에서 산업구조, 시장현황 및 전망, 기술동향을 분석함으로써 산업계 요구사항을 도출	3.4. 경제적 환경분석	
		-메가시티, 광역도시, 인구집중으로 인한 보다 효율적인 철도 수송력이 필요하다는 것에는 동의함. 하지만 앞서 의견과 같이, 대규모 화가 진행되지 않더라도 안전하고 효율적이고 공공성격이 강한 철도 신호방식의 교통업계 확인이 필요하다는 논리가 필요하다고 생각함.	- 미래 교통에서 철도신호 방식이 효율적임을 전문가 평가를 통해 최적대안으로 분석	1.1 사업추진 배경	
	C 위원	-이해 당사자 중 국가(철도 투자의 주체)와 철도산업(수출포함) 관점에서의 수요분석을 추가/보완하면 좋겠음.	- 정책환경분석을 통해 정책 니즈를 분석 - 기업 의견수렴(인터뷰 등)을 수행	3.3 정책적 환경분석	부록(인터뷰 내용) 참조
	D 위원	-메가트렌드와 문제인식 등은 도시철도 중심으로 구성되어 있으나 이후 철도분야 문제점	광역철도망으로 인해 도시철도에 대한 문제가 심화되고 있음을 보다 강조하여,	5. 사업추진 내용	

수정·보완요구사항			수정·보완요구사항 보완사항	관련 항목	비 고
		분석은 광역철도망에 대해 논의되고 있어 대상 공간적 범위의 명확화 필요.(개연성 확보 필요)	도시철도로의 공간적 범위 명확히 함		
		-사업의 구체화 후 거대 도시화, 도시 연담화 이슈 부각 or 차내 혼잡도 등의 이슈로 제시 필요	차내 혼잡도 이슈를 도출하기 위해 거대도시 및 광역도시권 형성과 같은 메가트랜드를 제시	1.1. 사업 추진 배경	
	E 위원	-사고율 저감, 숙련 기관사 확보 애로 등의 문제도 필요하면 언급할 수도 있을 듯.	운영사 등 의견수렴을 통해 관련 문제를 사업추진 배경에 반영	1.1 사업추진 배경	
	F 위원	-미래 전망이 추진배경에 비해 너무 기술위주로 설명되고 있음. 기술 중심적인 내용보다는 사회변화와 사회적 수요를 중심으로 기술 필요.	정책 및 사회분석을 통해 사회변화와 수요를 중심으로 보완	3.3 정책적 환경분석 3.5 사회적 환경분석	
		-열차 자율주행기술에 대한 설명은 미래 사회 변화, 미래 수요에 대한 대안으로 제시하는 것이 바람직할 것으로 판단됨	수요중심으로 미래 사회 변화를 반영한 대안을 제시	3.3 정책적 환경분석 3.5 사회적 환경분석	
	I 위원	-반면 해외이슈에 있어서 좀 더 보완이 필요함. 해외에서의 철도관련 경제사회적 이슈와 기술동향을 충분히 반영하고 있으나 우리나라가 해당 기술을 개발하여 국내시장만 아니라 해외시장 진출에 대한 타당성을 분석할 필요가 있음.	해외 국가별 산업규모를 분석하였으며, 제작사 인터뷰를 통해 시장진출에 대한 가능성을 확인 추후 경제성 분석에서 해외시장 분석이 요구되는 경우 해외시장에 대한 면밀한 분석을 수행할 예정	3.4. 경제적 환경분석	부록(인터뷰 내용) 참조
		-국내에서의 사회문제 해결을 위한 사업추진은 타당하나 경제적 측면에서 국내시장의 철도대체수요만을 생각하기에는 시장창출에 한계가 있음. 글로벌하게 보면 철도건설 수요가 아프리카와 동남아, 중앙아시아에서 매우 높은 수요를 가지고 있는데 이들 수요에 대한 분	해외 국가별 산업규모를 분석하였으며, 제작사 인터뷰를 통해 시장진출에 대한 가능성을 확인 추후 경제성 분석에서 해외시장 분석이 요구되는 경우 해외시장에 대한 면밀한 분석을 수행할 예정	3.4. 경제적 환경분석	부록(인터뷰 내용) 참조

수정·보완요구사항			수정·보완요구사항 보완사항	관련 항목	비 고
		석과 논리전개를 통해서 철도 기술 개발의 타당성을 제시할 필요가 있음			
사업기획 정부지원의 적절성	A 위원	-사업에 따른 정량적 효과를 에 측하여 제시, 이용자 편인증가 (ex. 요금인하 등)를 효과로 제시하면 좋을 듯	편익분석 후 보완 예정	9. 사업의 기 대 효 과 및 파급효과	
	C 위원	-대안에 대한 투자효과(효율성)에 대한 상대적 비교가 용이하도록 동일 목표 달성에 필요한 비용 비교가 제시되면 좋겠음.	경제성 분석이 아닌 비용효과 분석시 대응가능할 것으로 판단됨 (분석 방법론은 추후 선정예정)	9. 사업의 기 대 효 과 및 파급효과	
	D 위원	-기술수준 및 동향에 대한 구체화 필요 ·추후 중점 추진 분야 확보 후 보완 필요	중점 추진 분야 도출 후 각 분야별 기술수준 등을 분석	4. 국내외 R&D 기술 동향 분석	
		-산업 중심, 산업 관점에서의 정부자원 적절성 vs 수혜자, 공공성 중심의 정부 지원 적절성 선택or고민 필요.	공공성 중심의 정부지원의 적절성을 기반으로 산업측면에서의 이슈를 함께 기술	1.2 사업추진 필요성 2. 철도 부문 문제 및 이슈	
	F 위원	-대안에 대한 기술수준 동향분석은 좀 더 구체적이고 정량적으로 분석 필요	대안에 대한 기술수준 분석을 수행	4.3 기술수준 분석	
		-정부자원의 적절성과 관련하여 R&D가 아닌 다른 정책적 대안으로 문제를 해결할 수 없는지 검토 필요.	대안별 전문가 AHP 분석을 통해 열차자율주행 기술개발을 통한 대안이 가장 적합한 대안으로 분석	1.1 사업추진 배경	
	I 위원	-민간부문에서의 철도기술 개발이 제대로 이루어지기 어려운 종합적인 상황에 대한 설명과 해외시장 진출을 위한 기반기술로서 해외진출과 연계한 인센티브와 드라이브를 함께 걸 수 있는 정부지원과 정부의 선도적인 리더십이 필요한 분야임을 강조할 필요가 있음.	정부지원의 필요성을 강조하여 보완	1.2 사업추진 필요성	

수정·보완요구사항			수정·보완요구사항 보완사항	관련 항목	비 고
		-도로 및 버스교통체계의 대안에 대한 비교. 미래의 국토교통에서 철도수송 비율 향상에 대한 계획 등을 보다 부각할 필요가 있음.	교통수단별 특성을 보완하여 철도교통의 우수성을 부각	1.1 사업추진 배경	
문제 및 이슈 도출의 적절성	A 위원	-열차 제어분야 기술종속에 따른 문제점과 사례를 추가하는 것이 효과적일 듯	열차 제어분야 기술종속에 따른 문제점을 기술	1.2 사업추진 필요성	
		-이슈에 따른(주요 이슈별) 경제적 측면 분석도 필요	경제성 분석을 통해 이슈해결의 효과를 정량적으로 분석할 예정	9. 사업의 기대효과 및 파급효과	
		-본 과제 list 작성시 국내 제작가능 수준(기업여부), 유지보수 가능여부/범위 등 국내 개발 적용환경에 대한 분석 언급이 필요.	분과위원회를 통해 제작가능수준 등 포함할 예정임	6. 세부사업별 추진내용	
	B 위원	-문제 및 이슈를 식별하는 프로세스는 체계적이라고 생각됨. -이용자가 생각하는 문제와 이슈 도출은 충분하였다고 생각되나, 이해관계자 인터뷰가 부족하다고 판단됨. 특히, 자유로운 의견을 나누는 방법으로 인터뷰가 이루어진 것 같은 결과인데, 좀 더 구체적인 질문을 통해 진행할 필요가 있다고 생각됨. 이용자 측면에서 이슈된 내용에 대한 의견을 요구해 보는 것도 필요하다고 판단됨.	이해관계자 인터뷰를 지속 보완	2. 철도 부문 문제 및 이슈	부록(인터뷰 내용) 참조
	C 위원	-해결해야 할 문제/이슈는 잘 정의되어 있음. 그러나 서비스 향상과 수송력 향상에 집중되어 있어 경제적 측면의 어필을 위해서는 산업적 측면의 기여도 강조하는 것이 필요.	수송력과 함께 경제적 측면의 이슈를 연계하여 제시하였음.	2. 철도 부문 문제 및 이슈	
	F 위	-문제, 이슈도출 이 점은 적절한 것으로 판단됨. 다만, 도출된	중점 추진분야 설정 시 이슈 및 문제와의 연계성을 제시	5.3 사업의 구조	

수정·보완요구사항			수정·보완요구사항 보완사항	관련 항목	비 고
	원	문제, 이슈와 중점추진분야 도출 연계성에 대한 설명이 부족한 것으로 판단됨.			
	G 위원	-시험인증을 위한 투자가 많이 필요함으로 이에 대한 대책마련이 필요함. -유지보수와 생산원가 절감을 위하여 표준화 선행을 추진함이 타당함. · 세계시장 선점과 산업경쟁력 확보 · 해외시장 진출방안 모색	해당 내용을 중점추진 분야에 반영	5.3 사업의 구조	
	H 위원	-주요 사업의 구체화 필요 ·주요 장치별, 기간, 사업비, 상용화 계획 등	세부과제 도출을 통해 기간 및 사업비에 대한 근거 마련 예정	6. 세부사업별 추진내용	
		-향후 운영기관에서의 상용화 계획 수립 필요	인증/시험 부문의 과제화를 통해 반영할 예정	6. 세부사업별 추진내용	
		-사업의 목표의 구체화 필요. ·고속철도, 중고속철도, 도시철도 등	수송력 차원에서 도시철도로 사업목표를 구체화하고, 목표 제시	5. 사업추진내용	
	I 위원	-반면 전문가들을 대상으로 한 이슈도출에 좀 더 지면을 할애하는 것이 필요할 것으로 보임. -철도관련 이용자 관점에서의 국민 수요조사와 더불어 전문가들의 관점에서 철도산업과 철도 사용, 철도 운용의 관점에서 종합적으로 볼 수 있도록 이슈를 도출하는 것이 필요함.	- 운영기관 및 산업분야 전문가들을 대상으로 인터뷰를 진행함으로써 본 사업의 필요성을 보완	2.1 문제 및 이슈 식별/평가	부록(인터뷰 내용) 참조
		-특별히 국내 이슈의 도출만이 아니라 잠재적 고객이라고 할 수 있는 인도네시아, 중동, 아프리카 등의 개도국 철도 관련 수요 관계자들과의 인터뷰를 통해서 수요 이슈들을 도출하는 것이 도입될 필요가 있음.	산업분야 전문가의 인터뷰를 통해 가능한 해외 시장 및 이슈를 도출	2.1 문제 및 이슈 식별/평가	부록(인터뷰 내용) 참조
사	A	-기획의 의도/목표가 명확하지	도시철도 중심으로 내용을	1.1 사업추	

수정·보완요구사항			수정·보완요구사항 보완사항	관련 항목	비 고
업수혜자 및 논리모형의 적절성	위원	않아 혼선, 도시철도를 타켓으로 한다고 이야기 하였으나 설명내용에서 여러 시스템들이 혼용하여 사용 중	강조하여 혼동하지 않도록 사업기획의 배경 및 필요성에 제시	진 배경 1.2 사업추진 필요성	
	위원	-국민(이용자) 편익증가 분석/제시 -운영자 측면에서의 효과(ex. 유지보수비용 절감 % 등)를 제시하면 좋을 듯.	경제성 분석을 통해 제시 예정	9. 사업의 기 대 효 과 및 파급효과	
	C 위원	-철도산업 수출을 고려한다면 현재 운영사, 신호제작사 외에 수출관련 기관/회사 관점에서의 논리개발이 보완되면 좋겠음.	신호제작사 외에 타 개발 분야에 대한 관점에서 개발의 필요성을 보완	1.2 사업추진 필요성	
	D 위원	-논리 모형의 적절성을 위해 대상사업의 구체화 및 대상 사업 목표의 명확화 필요. ·이 사업의 종료로 이슈가 해결될 수 있는 수준.	개발된 논리모형을 기반으로 구체적 사업목표 제시	5. 사업추진내용	
	E 위원	-정부, 국민, 운영사 측면의 기대효과는 잘 언급되어 있으나, 제조사 부분은 적게 언급되어 있음. 세계 시장 진출을 염두에 두고 제조사 및 운영사의 기대효과가 추가되면 좋겠고, 특히 중소 중견 기업의 혜택 분야가 강조되면 좋겠음.	제조사 및 운영사 차원의 효과를 파급효과 부분에서 제시할 예정 중소, 중견기업 혜택은 인터뷰 등을 통해 보완할 예정	9. 사업의 기 대 효 과 및 파급효과	
	F 위원	-도출된 문제 이슈의 해결을 통해 어떻게 혹은 얼마나 효과를 가져올 수 있는가에 대한 논리적 설명이 다소 부족한 것으로 판단되고 이것이 결과적으로 사업 목표와 연계되어 설명이 필요함	개발된 논리모형을 기반으로 구체적 사업목표 제시	5. 사업추진내용	
	G 위원	-안전성과 시급성에 관하여 좀 더 언급함이 필요함.	안전성은 동 사업의 직접적인 이슈가 아니며, 시급성은 지속적으로 보완 예정	1.2. 사업추진 필요성	
	H 위	-국내산업 발전 비젼 및 해외 철도산업 수출 전망 발굴 필요	국내 및 해외 철도산업에 대한 환경분석을 수행	3.4 경제적 환경분석	

수정·보완요구사항			수정·보완요구사항 보완사항	관련 항목	비 고
사업의 목표 및 중점추진분야	원	-철도산업전망 및 일자리 확충 자료 필요	보고서 3장(대내외 환경분석)에서 시장환경분석을 통해 산업전망 제시하였음. 일자리 확충에 대한 기대효과는 보고서 9장(사업의 기대효과 및 파급효과)에서 정량적으로 제시할 예정	3.4. 경제적 환경분석 9. 사업의 기대효과 및 파급효과	
	I 위원	-사업수혜자에 대한 이해관계자 인터뷰는 매우 적절하나 광범위한 인터뷰로 보기 어려우며 해당 업체들의 분야별로 수요조사를 해 보는 것이 필요함. 특별히 해외기술의 대체 필요성에 대한 부분, 제작업체의 정부 연구개발 사업 추진의 필요성에 대한 부분을 보다 정교하게 논리구성하여 보완할 필요가 있는 중점 분야임.	다양한 분야의 기업들을 대상으로 기술수요조사를 실시할 예정임. 이를 기반으로 해외기술 종속 탈피, 정부의 사업지원 필요성 논리를 반영할 계획	5. 사업추진내용 6. 세부사업별 추진내용	
		-반면 해외 진출을 위한 이해관계자 인터뷰와 내용을 싣는 것이 필요함.	산업분야 전문가의 인터뷰를 통해 가능한 해외 시장 및 이슈를 도출	2.1 문제 및 이슈 식별/평가	부록(인터뷰 내용) 참조
		-논리구조는 경제사회적 이슈와 업체/산업의 필요성, 해외진출의 필요성을 근거로 논리모형을 구성하는 것이 필요함.	개발된 논리모형을 기반으로 구체적 사업목표 제시	5. 사업추진내용	
	A 위원	-개발 기술의 신뢰성 확보(검증)를 위한 연구가 포함되어야 함.	중점추진분야에 시스템 검증 방법에 대한 연구를 반영	5.3 사업의 구조	
		-개발 기술의 단계적 적용방안에 대해 추가 검토(연구) ex. ATP-ATS 혼용 운영	기존 시스템과 연계 방안에 대한 사업내용을 분과위원회를 통해 검토할 예정	5. 사업추진내용	
		-기 운영중인 무인경전철과 혼동될 수 있으니 같이 검토필요.	무인자동시스템과의 차별성에 대해 기술분과위원회를 통해 검토할 예정	5. 사업추진내용	
	B 위원	-토목 건축 증대에 의한 시설 증가로 해결하기 어려운 점, 그래서 수송 능력을 향상시키는 방법으로 해결하는 접근은 맞는 방법이라고 생각됨.	-	-	

수정·보완요구사항			수정·보완요구사항 보완사항	관련 항목	비 고
		-수송력 향상의 방법으로 열차 간격제어/분기제어 효율향상과 통신효율 향상등은 맞는 방법이라고 생각되지만, 고밀도 열차스케줄 최적화 기술이나 교착 지연 상태 회복운행을 좀더 예들 들어서 어떻게 수송력 향상을 높이게 되는지 설명이 필요함. -중점 추진분야에서 기술적인 내용에 대해 설명을 간략히 하였는데 더 구체적으로 설명이 필요. 불과 몇초의 개선이지만 실제로 이용하는 사람으로서 구조적인 문제나 이용자의 승하차 문제는 해결이 불가능에 가까우므로 기술적 향상이 가장 큰 도움이 될것이라고 생각함.	세부사업별 추진내용으로 기술내용에 대한 구체적인 설명을 보완할 계획	6. 세부사업별추진내용	
	C 위원	-사업 목표를 수송서비스 향상과 수송력 향상으로 할 경우 각각에 대한 도전적인 목표설정이 필요할 것으로 보임.(R&D 상품성을 높이기 위하여)	개발된 논리모형을 기반으로 구체적 사업목표 제시하고, 도전적 목표로 구성	5. 사업추진내용	
		-경제성 등을 감안한다면 사업목표를 수송서비스 향상과 수송력 향상을 통한 철도산업 경쟁력 확보로 하고 수출을 통한 효과까지를 포함하면 좋겠음.	수송력향상과 철도산업 경쟁력 확보를 이슈로 기획방향을 지속 보완하고, 이에 대한 효과는 경제적 타당성 분석에서 제시할 예정	9. 사업의 기대효과 및 파급효과	
		-사업목표로부터 연구목표를 도출하는 최적화 과정에 대한 설명이 보완되면 좋겠음.	사업목표를 구체화하고, 이를 달성할 수 있는 연구분야별 목표도출 근거를 제시할 예정	5.4 사업추진전략	
	D 위원	-대상 기술의 단계 구분 및 구체화 필요	개별기술에 대한 단계를 구분하고 구체화할 예정	6. 세부사업별 추진내용	
		-자율주행 용어의 고민 필요	본 기술을 표현할 수 있는 사업명을 보완 중	5. 사업추진 내용	
		-리빙랩 등을 통한 인증 및 실험	사업내용 구체화시 인증을	5.3 사업의	

수정·보완요구사항			수정·보완요구사항 보완사항	관련 항목	비 고
		대안 마련 필요.	포함하여 테스트베드 구축과 시험방안을 도출	구조	
	E 위원	-차량 간 자율통신의 핵심 기술은 무선통신이고 무선통신은 주파수 등 국제 표준이 중요하므로 사업 초기부터 국제 표준화 대응 전략 수립 및 작업이 필요할 것으로 생각됨.	세부사업별 추진내용 도출 시 통신분야 분과위원회를 통해 국제표준화 대응 전략을 검토할 예정	6. 세부사업별 추진내용	
	F 위원	-사업목표는 보다 구체적이고 진보적인 목표로 선정되어야 함. 또한 각 목표는 정량화될 수 있는 형태로 제시할 필요가 있을 것으로 판단됨.	개발된 논리모형을 기반으로 구체적 사업목표 제시하고, 도전적 목표로 구성하여 총괄위원회 2차를 실시할 예정	5. 사업추진내용	
		-자동차 “자율주행”기술과 차별화 되는 기술임을 좀 더 부각할 수 있는 방안 검토 필요.	자동차 자율주행과 동 사업의 기술의 차별성을 제시	3.6 기술적 환경분석	
	G 위원	-운영기관의 유지보수와 해외진출을 위한 산업경쟁력 확보를 위하여 시험인증 방안을 수립하고 선행표준화 사업도 동시에 추진할 필요성이 있음.	사업내용 구체화시 인증을 포함하여 테스트베드 구축과 표준체계 구축, 시험방안을 도출	5.3 사업의 구조	
	H 위원	-상용화를 위한 시험기간 및 시험선에서 상용화 시험 마련이 필요	사업내용 구체화시 인증을 포함하여 테스트베드 구축과 시험방안을 도출	5.3 사업의 구조	
	I 위원	-사업목표는 현재 제시한 기술개발분야들이 궁극적으로 종합하여 도출되는 결과물에 대한 목표제시가 미흡함. 해당 기술을 통해서 도출되는 전체 스마트 시스템의 결과물에 대한 제시와 해당 기술들이 전체 시스템의 개발에 어떻게 기여하고 해당 기여가 전체 스마트 시스템을 바꿀수 있을 지에 대한 전체적인 기술로드맵 제시가 필요함.	사업목표는 환경분석 등의 내용을 토대로 제시	5. 사업추진내용	
		-사업의 목표 제시에 있어서도 이슈 해결 중심의 사회문제해	수송력향상과 철도산업 경쟁력 확보를 이슈로 기획방	5.2 비전 및 목표	

수정·보완요구사항			수정·보완요구사항 보완사항	관련 항목	비 고
		결도 중요하지만 해당 기술개발을 통한 사업적 효과 창출에 대한 목표들도 명확하게 제시하고 국내 매출만 아니라 해외 진출에 대한 비전과 목표도 함께 제시되어야 함.	향을 지속 보완하고, 이에 대한 비전 및 목표를 제시		

부록 8 2차 총괄위원회 검토의견 보완사항

수정·보완요구사항			조치계획	관련 항목	비 고
제3장 대내외 환경분석	A 위원	-환경을 분석한 결과가 서로 상충되는 부분이 있다. 국산화 수요가 높을 때, R&D 투자는 낮아지고 있는 것들이나 선진국 경쟁이 심해지는데 해외 사업기회가 증대되었다.	항목 간 인과관계가 강조될 수 있도록 보완할 예정임.	제3장 대내외 환경분석	
	B 위원	-R&D 역량분석 필요. 인적역량, 인프라역량, 산업생태계, Supply chain 등.	R&D 역량분석 결과를 보완할 계획임.	제3장 대내외 환경분석	
		-기술수준 분석 필요. 기술분류체계 -〉 정성,정량 수준.	기술수준 분석결과를 반영할 계획임.	제3장 대내외 환경분석	
		-특허동향 표준선점중요. 관련 표준특허 현장조사 및 최대전략제시 요망.	핵심특허를 선점할 수 있도록 추진전략에 반영할 계획임.	제5장 4. 사업추진전략	
	C 위원	-기준운영노선의 급행선운영 및 신규노선의 건설을 통해서 수송력 증대 및 운영의 효율성확보 필요	급행선 운영과 신규 노선에 적용이 가능하도록 사업 추진전략에 반영할 계획임.	제5장 4. 사업추진전략	
		-주행 열차의 분리 및 결합이 가능하도록 분선 운행구간 내 또는 유치공간에서 가능하도록 공간 확보 필요	현재 운영 현황을 반영하여 분리결합 기술이 적용가능하도록 세부사업 추진내용에 반영할 계획임.	제6장 세부사업별 추진내용	
	D 위원	-일반적인 산업 및 시장데이터에 대한 분석을 대체적으로 수행			
		-향후에도 경제성분석이나 시장환경분석에서는 산업분야,기술분야별로 타겟하고 있는 대상 제품, 서비스의 시장규제 세부적으로 도출되어야 하는 상황으로 향후 컨설팅 보고서나 기업들의 내부자료들을 바탕으로 구체적인 자료확보필요	환경분석에 시장환경분석을 보완하여 해당 기술개발 분야의 시장성장률과 더불어 기술개발 이후 진출가능한 시장규모와 시장지배 구조 등을 보완할 계획임.	제3장 대내외 환경분석	
		-철도제어시스템과 관련해서 현대로템의 2018년 수주사례 만을 들고 있다. 해당시스템의 최근 몇 년간 국제입찰중인 리스트 내용들은 제시할 필요가 있음.	현대로템 뿐만 아니라 여러 제작사의 구제척인 사례들을 보완할 계획임	제2장 철도부문 문제 및 이슈	

수정·보완요구사항			조치계획	관련 항목	비 고
	E 위원	-기술분류체계 작성 후 기술수준 분석 필요.	본 사업의 정의와 함께 기술분류체계를 작성 및 기술수준 분석을 수행할 계획임.	제3장 대내외 환경분석	
		-대상기술이 전개된 후 시장분석과 기술수준분석 수행 예정이므로 적정.			
		-해외 산업 생태계 분석을 위한 데이터 확보 필요.	환경분석에 시장환경분석을 보완하여 해당 기술개발 분야의 시장성장률과 더불어 기술개발 이후 진출가능한 시장규모와 산업 생태계, 시장지배 구조 등을 보완할 계획임.	제3장 대내외 환경분석	
		-역량분석 필요.	R&D 역량분석 결과를 보완할 계획임.	제3장 대내외 환경분석	
		-자율주행차와 열차자율주행의 차이를 부각시킬 필요가 있음.	자율주행차와 열차자율주행의 차이를 보고서에 반영하였으며 추후 사업(기술)의 정의와 함께 이 부분을 부각시키도록 별도의 장을 추가할 계획임.	제3장 대내외 환경분석	
		-동향분석이 사업추진 방향과 조금 더 연계되었으면.	기술동향분석에 본 사업의 방향과 유사한 해외사례를 구체적으로 반영할 계획임.	제4장 국내외 R&D 및 기술동향 분석	
	F 위원	-기술수준 분석관련, 논문, 특허 등의 분야에서 프랑스가 빠져있는데 확인 필요.	기술수준 분석과 논문, 특허 등의 분석을 보완할 계획임.	제4장 국내외 R&D 및 기술동향 분석	
	G 위원	-거시적인 분석도 중요하지만 세부적이고 미시적인 분석과 이슈파악이 필요함.	향후 세부사업별 추진내용 작성시 세부사업별로 미시적인 분석과 이슈파악을 수행할 계획임.	제6장 세부사업별 추진내용	
제4장 국내외	A 위원	-매출액증대의 실질적 목표는 발전된 방향이다. 하지만, 연구개발이 기간이 길고 이후에 매출에 영향을 미칠 때까지 시간이 오래걸리기 때문에, 기업들의 반응이 크게 바뀌지 않을 것이라고 생각된다. 과제를 더 세분화하여 짧은 기간내에 매출에 영향을 줄 수 있는 방법이 필요할 것이다.	세부 사업구성시 과제별 로드맵을 구성하고 기술의 난이도에 따라 사업기간을 설정하도록 세부사업별 추진내용을 구성하겠음.	제6장 세부사업별 추진내용	

수정·보완요구사항			조치계획	관련 항목	비 고
R&D 및 기술동향 분석	C 위원	-신규 제어 패러다임을 선점하기 위한 신규노선 적용기간 산출방법 제시 필요 즉, 향후 시범노선 선정 후 연구사업진행 방안필요	기존 사업의 문제점이 개발 이후에 트랙레코드 확보 문제로 인해 실용화에 어려움을 겪었음을 고려하여 시험선 시험 이후에 시범노선 시험운영을 포함하여 사업추진 전략에 반영할 계획임.	제5장 4. 사업추진전략 제6장 세부사업별 추진내용	
		-운영과정에서 비첨두시간 및 각 노선별 분기노선의 대기시간 50% 감소 목표 값 제시 필요	노선마다 운전시격이 상이하므로 운영비용을 감안하여 현재 운영되고 있는 운영시간의 절반 감소를 목표로 설정하였음.	제5장 2. 비전 및 목표	
		-국내 철도신호 산업을 위해서 다양한 중소기업 참여 필요	과제 수요조사에 다양한 중소기업, 학계 및 연구계, 운영기관 등 참여할 수 있도록 다양한 학회, 협회를 통해 수요조사를 추진할 계획임.	제6장 세부사업별 추진내용	
	D 위원	-비전과 세부목표간의 조율이 필요 -비전에서 제어하는 철도패러다임의 전환을 통한 국제경쟁력 확보라는 비전이 좋으나 이를 달성하기 위한 전략들을 도출이 연계성어 떨어지고 있음	본 사업의 결과로 보일 수 있는 사업의 비전과 최종목표 그리고 사업목표를 특징지을 수 있는 세부목표로 보완할 계획임.	제5장 2. 비전 및 목표	
		-전략들을 SWOT분석을 통해서 이것들의 문제점, 장단점을 통해서 전략을 도출했으나, 기술전략적 관점에서 철도 새로운 패러다임을 전환하기 위한 전략들이 무엇인지에 대한 좀 더 집중화된 전략도출이 필요함	기술동향분석에 본 사업의 방향과 유사한 해외사례를 구체적으로 분석한 결과를 새로운 패러다임의 전환에 대한 전략도출에 반영할 계획임.	제3장 대내외 환경분석 제5장 2. 비전 및 목표	
		-혼잡도와 지연시간 감소는 새로운 철도 패러다임 건설의 핵심적인 지표도인지 확인할 필요가 있음	사업구조를 시스템 개발이라는 사업목표를 달성하기 위한 기술적 성과목표 달성으로 재 구성할 계획임.	제5장 2. 비전 및 목표	
	E 위원	-기술동향분석에서(24page) R&D가 일몰하기 때문에 대규모 기획이 필요하다는 논리는 부적절 한듯	사업 추진의 필요성 부분을 보완하겠음.	제1장 2. 사업추진 필요성	
	F 위	-통신,컴퓨팅 솔루션에 대한 분석(4G, 5G)등이 선행되어야 적절한	사업 추진전략 및 세부사업별 추진내용에 반영하여 분	제5장 4. 사업추진전략	

수정·보완요구사항			조치계획	관련 항목	비 고
	원	방향이 도출될 수 있을 것 같음.	석을 수행예정임.	제6장 세부 사업별 추진 내용	
	G 위원	-신호통신 특허/논문분석기반 기술 경쟁력분석에서 미국과 프랑스가 누락됨 (기술동향분석)	기술동향분석에 미국, 프랑스의 동향을 보완하겠음.	제4장 국내외 R&D 및 기술동향 분석	
제5장 사업추진내용	A 위원	-KRTCS 1은 이동폐색 기반의 도시철도시스템이고, KRTCS 2는 고정폐색 기반의 고속철도시스템이다. 따라서, 본 사업은 KRTCS 4 보다는 새로운 패러다임을 표현할 수 있는 다른 이름을 재 고려해보길 요청한다.	본 사업의 명칭과 사업에서 개발하고자하는 시스템의 명칭에 대해서는 추후 전문가 자문을 통해 검토를 받겠음.	제5장 사업추진내용	
		-무인 구원에 대해서 복구의 방법으로 논의되길 바란다. 무인구원은 하나의 폐색에 하나의 열차만 존재하도록 방호해야한다는 기본적인 원리를 침해할 수 있는 새로운 패러다임이다. 또한, 분과에서 가능하다면 현재 무인운전시스템이 상용화된 사이트에도 사용할 수 있도록 만든다면 훨씬 도움이 되는 R&D가 될것이라고 본다.	사업의 추진전략과 세부사업별 추진내용에 반영할 계획임.	제5장 4. 사업추진전략 제6장 세부 사업별 추진 내용	
	B 위원	-비전과 사업성과 목표 mismatch	본 사업의 결과로 보일 수 있는 사업의 비전과 최종목표 그리고 사업목표를 특징지을 수 있는 세부목표로 보완할 계획임.	제5장 2. 비전 및 목표	
		-제시한 성과목표는 기대효과/파급효과	성과목표를 보완할 계획임.	제5장 2. 비전 및 목표	
		-혼잡,불편,외산의존/유지보수 애로 등의 이슈/문제를 자율주행 철도신호시스템의 Global Market Needs/ 시장확대의 배경/요인으로 설명하고, 버전처럼 궁극적인 목표를 시장선점/확보를 위한 “기술확보”로 하면?	배경에 기술한 혼잡,불편,외산의존 등의 이슈/문제 해결을 위한 사업의 목표를 세계최고 수준의 철도신호시스템 기술확보로 하면서 정부지원이 필요한 이유에 대해 해당 시장확대 및 전망을 제시할 계획임.	제1장 사업개요 제2장 철도부문 문제 및 이슈 제3장 대내외 환경분석	

수정·보완요구사항			조치계획	관련 항목	비 고
		-성과목표를 “새로운 시스템”의 기술 성능으로 설정하면 어떨지?	성과목표를 신규 시스템의 기술적 특징을 반영할 수 있는 성능으로 설정하겠음.	제5장 2. 비전 및 목표	
		-분야명도 수정필요	성과목표에 따라 관련 분야의 구성과 명칭도 수정보완 예정	제5장 2. 비전 및 목표	
	C 위원	-사업목표에서 환경분석 측면에서 국내 철도산업 발전 측면에서 중소기업 육성방향 설정이 필요	과제 수요조사에 다양한 중소기업, 학계 및 연구계, 운영기관 등 참여할 수 있도록 다양한 학회, 협회를 통해 수요조사를 추진할 계획임.	제6장 세부사업별 추진내용	
		-운영기관의 다양성 및 향후 운영의 효율성을 위한 목표설정이 필요	운영효율성을 고려하여 사업의 비전과 최종목표 그리고 사업목표를 특징지을 수 있는 세부목표로 보완할 계획임.	제5장 2. 비전 및 목표	
		-국내 철도산업 발전을 위한 해외산업진출을 위한 로드맵 제시 필요	본 사업의 해외진출을 위한 시장분석과 진출을 위한 전략방안을 제할 계획임.	제3장 대내외 환경분석 제5장 4. 사업추진전략	
		-혼잡도 및 대기시간 단축측면에서 상세적인 효과측면 방향제시	본 사업의 결과로 보일 수 있는 사업의 비전과 최종목표 그리고 사업목표를 특징지을 수 있는 세부목표로 보완할 계획임.	제5장 2. 비전 및 목표	
		-운영과정에서 이례상황에 대해서 지능형 열차간 협력 측면에서 추상적인 이론에서 벗어나 실제 운영측면에서 이례상황 대처 현황 반영이 자율/주행 사업에 필요 · 원격제어 시나리오 · 구원운행 방법 등	세부사업별 추진내용에 정상/성능저하/비상 상황에 대한 운영시나리오 개발을 반영할 계획임.	제6장 세부사업별 추진내용	
	D 위원	-목표에서 기술목표가 빠져있음	사업의 비전과 목표를 대변할 수 있는 기술적인 성과목표로 제시할 계획임	제5장 2. 비전 및 목표	
		-사회적목표나 경제적목표는 충분하고 좋은것같음			
		-새로운 패러다임을 혁신 철도시스템	본 사업의 결과로 보일 수	제5장 2. 비	

수정·보완요구사항			조치계획	관련 항목	비 고
		을 대변할수 있는 기술목표로 파악하는 것이 필요함 -사회적 목표도 좀더 포괄적인 내용을 목표리스트는 제시하고 그 가운데 도출하는 것이 필요	있는 사업의 비전과 최종목표 그리고 사업목표를 특징지을 수 있는 세부목표로 보완할 계획임.	전 및 목표	
		-사업구조가 현재 이슈중심 2개(혼잡도, 지연시간)와 시스템(개발)1 개로 구성되어 있어 이슈와 시스템이 혼합되어 있음. -사업구조를 이중적으로 구성해서 이슈별로 구성하는 방안과 기술시스템 구성을 통해서 연계하는 방안이 함께 포함될 필요	사업구조를 시스템 개발이라는 사업목표를 달성하기 위한 기술적 성과목표 달성으로 재 구성할 계획임.	제5장 2. 비전 및 목표 제5장 3. 사업의 구조	
		-시스템 인프라외에도 상용화 기반 등 종합적인 기반도출의 필요성에 대해서 언급필요	상용화 기반마련을 위해서 트랙레코드 확보의 어려움을 해소하기 위한 시험평가 및 인증, 표준체계 구축 등에 대한 추진전략과 사업별 추진내용을 도출할 계획임.	제5장 4. 사업추진전략 제6장 세부사업별 추진내용	
	E 위원	-성과목표에서 기술적 성과를 신규 제시하고, 혼잡도 감소는 사회적 성과로 조정하는 방안 검토	본 사업의 결과로 보일 수 있는 기술개발 측면에서 성과목표를 제시하고 혼잡도 감소는 기대효과로 조정하는 방법에 대해 검토하겠음.	제5장 2. 비전 및 목표	
		-중점분야 핵심기술 중 수요대응 열차 가변편성 기술에서 수요대응은 적절하지 않은 듯 (도시철도의 경우는 수요대응이 불가능)	가변편성 기술의 적용성에 대해서는 향후 기술분과를 통해 면밀히 분석하겠음.	제5장 4. 사업추진전략 제6장 세부사업별 추진내용	
		-도시철도와 광역철도를 구분할 필요가 있을 듯.	분과위를 통해 면밀히 분석할 계획임.	제6장 세부사업별 추진내용	
		-자율주행차에 적합한 도로를 구상하듯, 열차자율주행에 적합한 선로개선은 필요하다는 논리 추가 검토.	기존의 제어한계를 뛰어넘기 위한 차량과 인프라의 선로개선에 대해서는 추후 기술분과를 통해서 분석할 계획임.	제6장 세부사업별 추진내용	
		-'복구'는 '공사'의 느낌이라 '회피'를 검토하실 필요.	용어에 대해서 검토하겠음.	제5장 사업추진내용	

수정·보완요구사항			조치계획	관련 항목	비 고
	F 위원	-성과목표에서 혼잡도해소와 대기시간 단축은 같은 항목으로 보이므로 혼잡하고 추가적으로 시스템 고장시간 단축 또는 사고율 저감 등이 목표로 반영되면 좋겠음.	사업에서 개발하고자 하는 시스템의 특징을 잘 대변할 수 있도록 성과목표를 보완하겠음.	제5장 2. 비전 및 목표	
		-통신,컴퓨팅관련 ETRI의 역할이 중요함.	사업기획TF에 참여하여 통신분야에 대한 사업기획을 참여하고 있음.	제5장 사업 추진내용	
		-소재,부품,장비에 대한 언급이 추가되면 좋겠음.	소재,부품,장비 수준에서의 국산화 수준을 분석하여 반영여부를 검토할 계획임.	제3장 대내외 환경분석	
		-시험 인증 업무관련 KTL 등 참여 유용할 듯.	향후분과위 구성시 추가 여부를 검토할 계획임	제5장 사업 추진내용	
	G 위원	-성과목표를 좀 더 세분화하고 자세히 수립할 필요가 있음. · 경제적 성과에서 간접 생산유발 효과 · 고용창출 효과 등.	성과지표 수립시 반영할 계획임.	제6장 세부 사업별 추진 내용	
		-표준화 범위를 규정할 필요가 있음. · KRS, KS. ISO/IEC 등	세부사업계획 수립시 검토하겠음.	제6장 세부 사업별 추진 내용	
		-구성원을 운영사 중심도 좋지만 업계,연구계 전문가도 더 필요함.	향후분과위 구성시 추가 여부를 검토할 계획임	제5장 사업 추진내용	
		-상호운용성(호완성) 검토가 필요함 (interoperability)	적합성 평가에 반영하였음.	제5장 사업 추진내용	
기타 기획연구 수행시 주안점	A 위원	-가상연결 기술의 효율성을 높이기 위해서는 차량의 상세한 스펙이 정밀해야 하며, 안전 마진의 최소화를 위해서는 기계적특성을 수학적으로 증명할 수 있는, 제동 장치 생산업체가 그 분과에 반드시 필요하다고 생각된다.	향후분과위 구성시 추가 여부를 검토할 계획임	제5장 사업 추진내용	
	C 위원	-운영기관 참여과정에서 수도권을 비롯해서 지방 공공운영기관 참여 필요	향후분과위 구성시 추가 여부를 검토할 계획임	제5장 사업 추진내용	
		-제동분야 및 신호분야에 다양한 중소기업을 포함해서 참여 필요	향후분과위 구성시 추가 여부를 검토할 계획임	제5장 사업 추진내용	
	E 위	-표준관련 업무를 위해 ITSK 참여 여부 검토 필요.	향후분과위 구성시 추가 여부를 검토할 계획임	제5장 사업 추진내용	

수정·보완요구사항			조치계획	관련 항목	비 고
	원	-리빙랩 구성. -목표를 나열하여 선택하도록. -기존 R&D와의 차별성 확보 필요	세부사업계획 수립시 검토하겠음.	제6장 세부사업별 추진내용	
	G 위원	-과제명에서 지능형 열차자율주행 보다는 자동주행이 더 적합하다고 생각됨.	본 사업의 명칭과 사업에서 개발하고자하는 시스템의 명칭에 대해서는 추후 전문가 자문을 통해 검토를 받겠음.	제5장 사업추진내용	
		-시험, 분석, 평가, 인증사업이 강화되어야 함. -KS, ISO/IEC 등 표준화 선택이 필요함.	세부사업계획 수립시 검토하겠음.	제6장 세부사업별 추진내용	

부록 9 3차 총괄위원회 검토의견 보완사항

수정·보완요구사항				조치계획	관련항목	비고
사업추진내용	사업추진방향(비전·목표)설정의 적절성	A 위원	- 중점분야 및 핵심기술 개발이 성공하였을 때 달성될 수 있는 효과에 대한 구체적 기술 필요 - 이러한 단위 중점분야가 전체 목표달성에 어떻게 기여하는지에 설명 필요	중점분야 도출방법과 달성시 얻어질 수 있는 효과 그리고 단위 중점분야가 전체 목표 달성에 어떻게 기여하는지를 체계적으로 보완하겠음.	제 6장 사업 기본방향 및 추진전략	
		B 위원	- 열차가 안전하게 효율적으로 운영되는 것이 철도 신호의 궁극적인 목표이므로, 미래 기술을 열차 중심으로 정의하는 방향성 설정은 탁월함 - 무인운전을 넘어 LOA(Level Of Autonomy)를 정의하고 열차 중심의 자율성 향상에 목표를 둠으로서, 본 과제를 통한 기술의 발전이 선로 용량의 증가로 이어질 수 있는 목표 설정이라고 생각함 - 또한 과제의 목표에 인증과 트랙 레코드까지 포함함으로서, 기존의 연구 과제가 과제 종료 후에 바로 실용화 및 사용화로 이어지지 못했던 아쉽고 불합리 했던 부분을 개선할 수 있게 될 것이라고 예상함 - 이는 현재의 기술을 지키려는 관행을 벗어나 기업들의 적극적인 미래 기술에 대한 연구과제 참여 의지를 이끌어 낼 것이고, 나아가 본 과제 비전인 철도 한류를 만들어 내는 원동력이 될 것임 - 다만, 기존의 연구과제들에서도 과제 종료 후에 표준을 관	표준체계 구축과 이를 지속적으로 유지관리 할 수 있도록 표준체계 상시정비할 수 있는 관리체계를 제시하였음.	제7장 중점 추진분야 및 세부내용 제8장 사업 추진체계 및 관리방안	

수정·보완요구사항				조치계획	관련항목	비고
			리하는 계획이 존재하지 않아 현장에 상용화하는 과정에서 많은 개선 요구가 발생하는데, 이것을 협의 및 합의하고 지속 발전해 나아갈 그룹을 구성하고 유지할 방법들도 본 과제 목표 내에 포함되기를 바람			
		C 위원	- 기술목표를 구체적으로 “자율주행 신호기술 선점” 과 “기존 철도기술의 제어성능 한계 극복” 으로 제시함 - 총괄위원회 검토용(0312) 파일, 4. 비전 및 목표 그림 중 목표에서, "제어성능 한계극복이 가능한 자율주행 철도신호체계 기술선점" 을 "자율주행을 위한 철도 신호기술 선점과 기존 철도기술의 제어성능 한계 극복" 으로 바꿔 자율주행기술임을 강조하면 좋겠음 - T2T, T2I 통신 및 보안기술 개발에 대한 과제목표, 과제목적, 과제내용을 일치시켜 재정리 하는 것이 필요함. - 예를 들어, 과제목표가 “T2T와 T2I 간 신뢰성이 높은 실시간 무선통신 수단 제공” 이라면 과제목표는 음영지역, 신뢰성, 보안성, 실시간성, 가용성 등에 정의가 필요해 보임	사업의 목표와 성과목표를 자율주행 철도신호체계, 기술의 선점을 고려하여 보완하겠음. T2T, T2I 통신 및 보안기술 과제카드를 과제목표, 목적, 내용을 일치시켜 재정리 하겠음.	제 6장 사업 기본방향 및 추진전략 제7장 중점 추진분야 및 세부내용	
		D 위원	- 2030년 철도신호시스템이 열차중심 자율주행 철도신호시스템 전환으로 이슈유형선정, 사전조사, 후보이슈도출 과정을 통해세계시장 선도를 위한 경제성 제고 및 국내 중소기업육성 확보 등 구체적임	기존 국산 KRTCS, LTE-R 등 선행사업과의 연계방안, 유사사업과의 유사 중복성 검토를 보완하겠음 트랙 레코드 확보를 위한 구체적인 절차와 방법에 대한 내용을 보완하였음.	제5장 국내외 R&D 역량분석 제 6장 사업 기본방향 및 추진전략	

수정·보완요구사항				조치계획	관련항목	비고
			- 단, 기존 국산 KRTCS, LTE-R 등 기존 철도 신호통신 인프라 상호연계 운영성, 노후 외산신호 시스템 효율적 교체 가능한 상용기술 확보 방안 등 보완 필요 - 이슈도출 결과에 따른 철도운영기관 및 발주처 안전성에 대한불신에 따른 국내 신호시스템 도입부담 해결을 위한 구체적 방향(안)이라도 제시 보완 필요			
		E 위원	- 사업의 비전을 세계 철도시장에 대한 진출과 선점으로 잡고 이를 위한 기술확보와 트랙 레코드를 달성하는 세부목표를 설정한 것은 적절함. - 현재의 추세가 단순 국내기술과 국내 시장점유가 목표가 아니라 글로벌 경쟁과 시장확보에 기여할 수 있는 사업목표가 구상되는 것이 필요함 - 다만 목표 설정에 있어서 세계 철도시장 선점이라고 하는 비전에 미치지 못하게 기술선점에 그치고 있으며 보다 시장중심적인 시장확보 목표 제시 필요 - 트랙레코드 역시 인증과 시험평가 기술확보 등으로 되어 있어서 실제 어떠한 시장들을 확보할 것인가에 대한 구체적인 목표 제시 필요	사업 비전 및 목표, 성과목표 설정을 보완하겠음.	제 6장 사업 기본방향 및 추진전략	
		F 위원	- 사업의 비전 및 목표는 비전문가가 보기에도 직관적으로 이해 가능하도록 효과적으로 표현된 것으로 보임(목표 및 성과목표에서 기존에 분석된 문제점(키워드)이 잘 표현됨)	사업 비전 및 목표, 성과목표 설정을 보완하겠음.	제 6장 사업 기본방향 및 추진전략	

수정·보완요구사항				조치계획	관련항목	비고
			· 높은 해외기업 의존도 〉 자립 · 비교적 높은 기술 격차 〉 선도개발, 기술선점 · 운영실적 부족 〉 (성과목표) 트렉 레코드 확보 · 독자적 인증역량 및 인프라 부족 〉 (성과목표) 트렉 레코드 확보 - 워딩을 좀 더 매끄럽게 수정 필요 · 비전과 목표의 서술에 좀 더 고민 필요 - 트렉레코드 확보 성과목표가 다른 3개의 성과목표의 기반이 되는 것으로 보여, 성과목표 구성 체계에 대한 고민 필요			
		이현우	- 대중교통이 에너지 효율 및 오염물질 배출 측면에서 열차 중심으로 전환 유리 - 철도 한류를 위해서는 선국내 검증 후해외진출 필요 - 국내 검증을 앞당기고 기간도 길게할 필요 있음	사업의 세부연구내용 재검토를 통해 사업기간과 소요비용에 대한 면밀한 검토를 수행하겠음.	제7장 중점추진분야 및 세부내용	
		H 위원	- 이 사업을 통해 해결하고자 하는 문제를 보다 분명하게 정의할 필요가 있음. - 선로 용량의 부족, 시스템 유연성 부족, 인적오류의 가능성, 지상설비의 유지보수 부담 등을 보고서에서 제시하였는데 너무 추상적으로 설명하고 있어 구체적으로 이런 문제들로 인해 발생하는 손실 또는 위험이 어느 정도인지 가능하다면 수치를 들어 설명할 필요가 있음 - 이 사업의 비전을 “세계철도시장을 선도”하고, “철도 한류 교두보 마련”으로 설정하	동사업의 배경 및 필요성을 다시 정리하였음. 동사업의 추진전략, 중점추진분야 도출과정과 비전목표의 설정, 성과목표를 재 검토하겠음. 성과목표를 정량적으로 설정하고 성과목표별 설정근거와 달성가능성을 제시하겠음. 성과목표 측정을 위한 성과지표에 대한 보완을 수행하겠음.	제2장 사업개요 제 6장 사업 기본방향 및 추진전략	

수정·보완요구사항				조치계획	관련항목	비고
			였는데 구체적인 문제 해결을 더 우선으로 두는 것이 설득력을 높일 수 있을 것으로 판단됨. - 사업목표 또한 “제어 성능 한계 극복이 가능한 자율주행 철도신호체계 기술 선점”이라는 목표가 매우 추상적임. 성과목표에서 LoA라는 개념으로 설명을 하고 있기는 하나, 앞서 언급한 “이 사업을 통해 해결하고자 하는 문제”를 해결하기에 이런 목표가 충분한지 가늠해볼 수 있어야 함. 즉 이 사업을 통해 LoA 3 기술을 실용화하면 어느 정도의 효과를 기대할 수 있고, 따라서 그에 따른 충분한 투자 대비 효과를 얻을 수 있는지가 설명되어야 함.			
	사업추진방향과 사업구조(중점추진분야)연계성	A 위원	- 중점추진분야들 간의 연계성은 있어 보이나 실용화 부분에서 테스트베드 구축 및 시험평가 기술 등 핵심기술들이 포함되는 좀더 구체적인 실용화 방안에 대한 기술 필요(각 핵심기술들간의 연계성에 관한 설명 포함) - 예를 들어서, 구체적으로 어떤 법과 표준체계를 활용할 것이며 단순히 T/B라고만 언급할게 아니라 요소기술레벨에서의 성능확인 T/B그리고 단계별 T/B를 통해서 결국은 어떻게 상용화가 이루어 질 것인지 등등..	제7장 중점추진분야 및 세부내용에 각 중점 추진분야별 개요와 과제 추진로드맵, 기술성과 추진로드맵을 제시하겠음.	제7장 중점추진분야 및 세부내용	
		B 위원	- 자율주행을 신호통신 기술과 차량 기술로 재편함으로서 기술간 상호연관이 높은 분야로	과제 간 개발 기술의 상호연계가 가능하도록 각 중점추진분야별 개요와 과제 추	제7장 중점추진분야 및 세부내용	

수정·보완요구사항				조치계획	관련항목	비고
			분류 통합한 것은 적절하다고 판단함 - 열차 간 상대거리를 외부장치로 만들 수 있도록 분류되었는데, Radio 연결기에서 해당 기술을 사용할 것이지만, 별도로 분리함으로서 안전을 이중으로 체크하는 구조가 이루어졌고, 연구 개발하기도 개별적으로 사용화하기도 더 유리할 것으로 생각함 - 인프라 기술도 분리함으로서 필수 인프라에 대한 기술향상에 본 과제의 결과가 도움이 될 것으로 예상함	진로드맵, 기술성과 추진로드맵을 제시하겠음.		
			- 핵심기술 개발, 실용화기술 개발, 트랙 레코드 확보, 표준화 활동으로의 구분 정의는 적절하다고 판단하며 충분한 시뮬레이션으로 실험실에서 연구의 성과를 확인하고, 트랙 레코드를 위해 준비를 한 후에 현장의 실용화 시험을 수행한다는 계획은 탁월하다고 생각함 - 다만, 표준화 활동에서, 기존 표준에서 상호 보완해서 확대 발전하는, 새로운 차세대 미래 표준만이 아닌 다음 단계의 표준임을 연계해서 표준을 구성하는 것도 제안함	표준체계 구축과 이를 지속적으로 유지관리 할 수 있도록 표준체계 상시정비할 수 있는 관리체계를 제시하였음.	제7장 중점 추진분야 및 세부내용 제8장 사업 추진체계 및 관리방안	
		C 위원	- 추진전략에 “세계 1등의 우리나라 정보통신기술과 신호기술을 결합하여 세계 최고의 신호기술 개발” 을 추가를 제안함 - 추진전략 ①“국내 기술-국제 표준화를 통한 국내 철도분야 중소·중견기업의 기술경	환경분석을 기반으로 SWOT분석을 수행하였으며 기술적 동향에 세계 최고 수준의 ICT 기술력을 보유함을 강점(S)으로 분류하여 최종 사업추진전략을 도출함. 사업 비전 및 목표, 성과목표, 추진전략 등의 설정을	제 6장 사업 기본방향 및 추진전략	

수정·보완요구사항				조치계획	관련항목	비고
			쟁력 확보 및 시장창출”로 되어 있는 것을 “국내전문기업의 기술경쟁력을 확보 및 시장창출”로 수정제안 (∵ 세계시장 선도를 위해서는 중소, 중견기업의 기술력 확보를 통해 달성하는 전략보다는 세계시장을 개척할 수 있는 대기업이나 중견기업이 추진하고, 여기에 중소기업을 참여시키는 것이 실현 가능성이 높다고 판단됨)	재검토 하겠음.		
		D 위원	- 해외 기업 의존 탈피를 위한 국내 산업생태계 활성화를 위한 산학연 협력체계 마련 추진전략은 기대가 되지만 국내 원천상용화기술이 부족하므로 충분한 데이터 확보 등 시제품개발까지 8년 과제이므로 단계별 전략 수립 시 충분한 검토 필요 - 시험선 현장시험 등 1년이상 필요 할 것으로 판단됨 - 자율주행 실용화기술 촉진기술 시스템 RAMS LCC 체계 구축 기술에 대한 분석 및 평가, 검증시 열차자율주행 관렵법이 없기 때문에 정량적인 목표치 설정 검토 필요 - 신속한 열차복구를 위한 중련 연결 시 연결기 각도 등 기관 중련 연결 가능토록 검토 필요(무인운전 기반) - 도시철도 열차간 지능형 열차 자율주행 운전, 운영 시나리오 및 비상복구시나리오 검토 필요 - 미반영 중 LTE-R과 IOT 기술 접목한 차량 및 승강장 인	기존 선행사업과의 연계방안을 수립함으로써 단계별 기술확보가 가능하도록 세부과제단위 기술확보 전략을 제시하겠음 시험선 현장시험 1년, 시범운영 1년으로 구성함. 철도신호 RAMS LCC와 관련된 국제 규격이 존재하며 해당 목표치에 준하여 개발 예정임. 중련 연결의 경우 물리적 연결기가 아닌 무선연결기를 통한 연결이므로 연결 장소와 연결기 각도 등의 제약이 없음. 자율주행 철도기반의 운영시나리오는 4-1) 사업총괄 및 시스템 안전성 확보, 인증 및 표준체계, 법제화 구축 기술 과제에 연구내용으로 반영됨. 해당 미반영 기술은 문제/이슈와 연계도가 낮아 우선순위 평가를 통해 제외함.	제7장 중점 추진분야 및 세부내용	

수정·보완요구사항				조치계획	관련항목	비고
			프라 연계 플랫폼 구축 연구개발에 대해 기존 철도 연계 인프라 검토필요			
		E 위원	- 전략은 중소중견기업의 기술경쟁력확보와 시장창출, 해외시장진출기반마련을 위한 트랙 레코드 달성과 인증체계 국제표준을 마련하는 전략, 인프라와의 상호연계 운영성을 달성하는 목표들을 제시하고 있으나 본 과제가 기술사업화와 시장진출에 중점을 둔다고 한다면 기술개발과 더불어서 시장진출을 위한 사업화 전략이 하나나 두 개 정도 추가로 포함될 필요가 있음. - 중소 중견기업으로 세계시장 진출을 노리기가 쉽지 않으며 글로벌 기업과의 협력방안과 진출전략 도출 필요	의견을 토대로 사업추진전략을 재검토 할 계획임.	제 6장 사업 기본방향 및 추진전략	
		F 위원	- 사업추진방향과 중점추진분야가 체계적으로 연결된 것으로 보임 - 사업목표 달성을 위한 추진전략 부분은, 패러다임 전환을 통한 새로운 기술 선점이 목표라면, 첫 번째 추진전략에서 이 목표에 대한 추진전략 제시 필요 - 추진전략 부분에서 중소기업 기술경쟁력 확보가 전략이 되려면, 목표나 비전에 해당 사항이 일부 키워드로라도(연상이 될 수 있도록) 언급 필요 - 사업예산 집행의 효율성 강화 부분은 추진전략보다는 기대효과 부분에 보다 적합한 것으로 생각됨	사업 비전 및 목표, 성과목표, 추진전략, 기대효과 등의 설정을 재검토 하겠음.	제 6장 사업 기본방향 및 추진전략	

수정·보완요구사항				조치계획	관련항목	비고
		G 위원	- 4대 중점분야 도출은 적절함 - 신호통신 기술에서는 국제표준화 및 주파수 학보가 필수적이므로 초기부터 대응 필요	표준화 및 주파수 확보 활동에 대해서는 4-1) 사업총괄 및 시스템 안전성 확보, 인증 및 표준체계, 법제화 구축 기술 과제에 연구내용으로 반영됨.	제7장 중점추진분야 및 세부내용	
		H 위원	- 중점추진분야로 총 4개 분야를 제시하였는데 중점추진분야의 도출 과정이 명확하게 설명되어 있지 않음. - 보고서에 제시된 중점추진분야 도출과정에서는 단순히 SWOT 분석에 의해 도출한 것으로 되어 있으나, 각각의 문제와 이슈가 어떻게 중점추진분야와 연결되는지 설명이 되어야 함 - 핵심기술 개발 단계와 실용화 기술 개발 단계로 구분하여 추진하고, 실용화 기술개발 단계에서 트랙 레코드 확보, 국제 표준화를 추진하는 등의 방향은 적절하다고 판단됨 - 다만, 각 기술별 수준과 연구소요기간 등이 다른 만큼 각 추진분야별 추진일정과 중점추진분야 간의 연계/통합 방안을 한눈에 볼 수 있도록 전체 기술개발 로드맵을 보여줄 필요가 있음 - 실용화 기술개발 단계에서는 도시철도, 일반철도, 고속철도 중 대상을 보다 분명히 정할 필요가 있음	동사업의 추진전략, 중점추진분야 도출과정을 각각의 문제와 이슈가 어떻게 연관되어 있는지를 함께 보완하여 제시하였음. 각 중점 추진분야별 개요와 과제 추진로드맵, 기술성과 추진로드맵을 제시하겠음. 적용대상은 도시철도와 일반 및 고속철도 모두를 대상으로 하며 그 이유에 대해 기술함.	제 6장 사업 기본방향 및 추진전략 제7장 중점추진분야 및 세부내용	
세부사업별추	목표달성을위	A 위원	적절함			
		B 위원	- 신호통신 기술, 차량 기술, 인프라 기술로 분류하고, 열차 중심 제어를 위한 필요 세부			

수정·보완요구사항				조치계획	관련항목	비고
진내용	한세부과제구성의적절성		기술들로 구분함으로써 그 구성이 더 적절해 졌다고 생각함			
		C 위원	- 자율주행 인프라기술 중 "자율주행 관제기술"은 자율주행 기술이 지상설비 최소화를 목표로 하는 것과 다소 상충되어 보임 - 대안으로 “자율주행 인프라기술”을 "자율주행 관리기술" 또는 "자율주행 I/F기술"로 제안함	자율주행 관제기술은 신호기계실의 설비가 아니며 전체 노선의 열차, 설비, 전력 등을 감시하는 기능을 수행 자율주행 철도신호체계를 지원하는 새로운 관제기술 개발이 필요	제 6장 사업 기본방향 및 추진전략 제7장 중점 추진분야 및 세부내용	
			- 자율주행 신호통신 기술 중 “이례상황 자율대응” 과 “동적경로 자율제어”는 잘 정리되어 있음 - 그러나 “혼잡지연 자율제어”는 일종에 운전정리를 열차 스스로 하는 것인 데, 운전정리에 대한 내용은 없음 - 혼잡예측과 승객제어기술을 중심으로 정리되어 있음 - 특히 승객제어기술은 본 주제와 거리가 있어 보임	혼잡지연 자율제어 기술은 열차간 협업을 통해 지연의 확산을 방지하기 위한 기술이며 이를 위해서는 열차의 정차시간을 절감하는 방안을 함께 고려해야 함.	제7장 중점 추진분야 및 세부내용	
		D 위원	- (1-4) Radio TCN 및 TCMS 연계기술 TCMS 는 열차의 메인 장치로써 감시나 진단, 승객서비스를 위한 전송대역폭과 전송 효율 네트워크 필요한 정량적 제시 보완 필요 - 기존 차량 설치 IEC 61375 유선 기반 TCN과 연계 개발 방향 제시 보완 필요 - 무선네트워크 SIL4 이상 목표치 제시 및 철도차량 시스템 구현 소프트웨어 설계 SIL 인증 방향 검토 필요	Radio TCN 및 TCMS 연계기술 목표치는 기존의 유선 기반 TCN 규격인 IEC 61375를 토대로 설정함. 무선네트워크 SIL-4 인증을 위한 관련 연구내용을 세부과제에 반영함.	제7장 중점 추진분야 및 세부내용	
		E 위원	- 현재의 세부과제들은 모두 기술개발과 연구개발에 초점을	사업화 홍보등을 위한 별도의 사업단 지원을 위한 과제	제 6장 사업 기본방향 및	

수정·보완요구사항				조치계획	관련항목	비고
			두고 있으며 과감하게 한 분야를 새로 설정하여 글로벌 시장진출을 위한 기술사업화 전략 수립과 기술마케팅 체계 구축, 글로벌 대기업과 중소중견기업과의 기술시장 진출 플랫폼 구축과 같은 시장진출 전략 수립을 위한 기술사업화 R&D 전략과제들을 도출을 위한 추가 분야가 설정될 필요가 있음	구성에 대해 검토하겠음.	추진전략 제7장 중점 추진분야 및 세부내용 제8장 사업 추진체계 및 관리방안	
		F 위원	- 각 중점추진분야 및 중점추진분야별 과제는 사업의 목표 달성을 위해 반드시 필요한 기술로 판단됨 - 다만, 사업목표 달성을 위한 세부과제 구성과정에서, 각 세부과제별로 일반철도/고속철도/도시철도로 개발 기술의 주요 적용 대상 철도를 구분하여 목표구성하면 좀 더 체계적일 것임(연차별로 구분하는 것도 한 대안이 될 수 있을 것 같음)	핵심기술개발 단계에서는 도시철도와 일반 및 고속철도 모두에 적용가능한 공통의 핵심기술을 개발하고 실용화 기술개발 단계에서는 각각 도시철도와 일반 및 고속철도 시스템을 개발하는 것을 목표로 함. 도시철도와 일반 및 고속철도를 함께 개발해야 하는 이유에 대해서는 적용범위 및 대상검토에 대한 부분을 추가하였음.	제 6장 사업 기본방향 및 추진전략	
		G 위원	- (p40-44) 기술분과와 중점추진분야가 매칭되게 표현하는 것이 이해하기 쉬울 듯함 - 제안과제 91번 “열차자율주행을 위한 무선통신전파특성”은 법제도 및 표준체계보다는 통신기술분야가 더 적합할 듯함	기술분과와 중점추진분야가 매칭되도록 표현하는 것을 검토하겠음. 무선통신전파특성을 고려한 주파수 활동을 포함한 연구내용으로 법제도 및 표준체계 분야에 적합하다고 사료되며 통신망 연구개발 과제와 서로 연계하도록 과제간 연계를 고려하겠음.	제 6장 사업 기본방향 및 추진전략 제7장 중점 추진분야 및 세부내용	
		H 위원	- LoA 1/2 단계의 기술이 LoA 3 단계에서도 필요한 기술이라면 포함되어야 하지	LoA3을 구현하기 위해서는 LoA2와 LoA1의 기술확보가 선제적으로 필요		

수정·보완요구사항				조치계획	관련항목	비고
			만, 그렇지 않은 기술은 과감히 제외할 필요가 있음 - 예를 들면 (2-1) Drone train의 원격주행 기술이 LoA 3 단계에서도 사용되는 기술인지 검토 필요 - (3-1) 실시간 인프라 이상상태 감시 및 인지기술에서 선로 인프라의 이례 상황과 선로변 기상재해 상황을 검지하고, 자율주행 위험도를 평가하는 기술을 포함하고 있으나 이는 선로변에 많은 수의 센서를 설치하는 것을 전제로 하고 있어서 지상설비를 최소화하여 유지보수비용을 줄이고자 하는 당초 사업 추진방향과 상충됨. - 또한 인프라의 이례 상황이라는 것은 주로 노반 침하나 유실, 레일 등 핵심 구성요소의 파손 등 일텐데 이런 경우는 대부분 사전 진단과 조사 활동을 통해 확인할 수 있으므로 자율주행 차량에서 직접 실시간 검지를 하는 것보다는 주기적인 진단과 점검(검사차량 등을 이용)을 통해 각 차량에 사전 정보를 제공하는 것이 더 효율적일 수 있음. 따라서 모든 선로 구간을 대상으로 하는 것보다는, 선로전환기와 같이 핵심적이고 복잡하며 고장 발생이 잦은 선로 요소에서의 고장 감지 및 예측에 초점을 두는 것이 더 바람직할 것으로 판단됨	LoA3 단계의 열차가 도시철도를 벗어나 장거리 운행을 하는 경우 만약의 오류상황에서 스스로 회복이 불가능한 경우 원격에서 해당 열차를 수동으로 조작하는 drone train 기술이 필요 모든 선로변에 센서를 설치해야하는 개념이 아니라 지적하신대로 선로전환기와 같이 핵심적이고 필요한 개소에 설치하는 것을 전제로 열차가 해당 정보를 직접 수신하여 제어하는 개념임.		
	세부	A 위원	- 자율주행 신호체계 T/B와 시험평가만 고려되어 있는	과제 단위의 단품시험평가는 해당 과제카드 연구내용에	제7장 중점추진분야 및	

수정·보완요구사항				조치계획	관련항목	비고
	과제별 내용의 적절성		데 각 중점추진분야별로 분야내에서 개발될 기술의 실증실험을 포함한 요소기술 T/B가 수행되어 단계적인 성능평가가 이루어진 이후에 종합적인 T/B(신호체계만이 아니라)계획이 필요함 - 자율주행 신호통신기술분야 전체를 포함하여 전반적인 전체연구과제의 연구기간은 총 8년(핵심4년 실용화 4년)으로 매우 긴 소요시간인 것으로 판단되어 좀 더 집약적인 예산 투입을 통해서 실용화기간을 단축할 필요가 있음. - 자율주행 신호통신기술분야는 민간 매칭이 25%를 만족시키지 못함 - 자율주행 철도차량기술분야는 전반적으로 25%수준을 만족시키고 있음 - 자율주행 인프라기술분야는 민간매칭 25% 수준을 만족시키지 못함 - 자율주행 실용화 촉진기술분야에서는 성능평가등이 타 분야의 연구가 이루어진 이후에 후년차에 진행되어야 함이 타당하나 동일하게 8년에 걸쳐서 진행되도록 계획되어 있으며 25%수준을 만족시키지 못함	반영되어 있으며 세부과제별로 통합하여 시험하는 단계로 구성함. 다만 총괄 과제인 4-1) 사업총괄 및 시스템 안전성 확보, 인증 및 표준체계, 법제화 구축 기술 과제는 각 세부과제의 기술을 통합하고 하나의 시스템으로 시험평가함으로써 목표 기능과 성능을 검증하도록 구성함. 사업기간은 국외의 사례와 기술개발의 난이도를 감안하여 분과위 의견을 토대로 설정하였음. 세부 사업별로 민간 매칭이 25%를 만족하도록 사업비를 재검토 하겠음 실용화 촉진기술의 경우 사전에 통합운영시나리오를 비롯한 트랙 레코드 확보를 위한 전문가 협의체의 구성, RAMS 및 LCC 관리계획, 표준 및 법령 분석, 시뮬레이터 개발사양 등의 연구내용이 사전에 이루어져야 함.	세부내용	
		B 위원	- 신호통신 기술을 신호와 통신으로 분리를 제안함. 1-3, 1-4, 1-5를 통신 기술로 분류하고, 1-1, 1-2, 1-6을 신호 기술로 분류하면 더 연관된 기술끼리 그룹한 것이라	중점추진분야의 구성에 따라 달라지는 내용이나 현재는 중점추진분야는 문제/이슈, 환경분석 등을 통해 도출한 구조임. 사업기간은 국외의 사례와	제7장 중점추진분야 및 세부내용	

수정·보완요구사항				조치계획	관련항목	비고
			고 생각함 - TCMS 연계를 신호로 보는 것은 부적절하다고 판단하며, 그 자체는 차량 기술로 분류해도 될 것 같음. 현재 KRTCS 1 표준도 차량 통신과 신호 통신을 믹스해서 표현하여, 서로 사용하지 않는 정보임에도 신호 통신을 통하는 상호 영향을 주는 문제가 있어 신호제어 1-1, 1-2, 1-6, 신호통신 1-3, 철도차량 1-4, 1-5 로의 분류도 추천함 - 전체적으로 시뮬레이션까지 가는데 4년 걸릴 것으로 예측함. 실제 시뮬레이션 시험을 통한 보완이 5차년도에 완료되긴 어려울 것으로 판단되고, 현장 시험이 6, 7, 8차년도로 3년으로 남는 것은 적절해 보임. 따라서, 시제품을 시뮬레이션 시험하는 것을 인증까지 고려하여 2년으로 잡는 것이 바람직할 것으로 보이며 전체적으로 기간이 줄더라도, 비율은 2년 정도에서 줄어드는 것이 맞을 것으로 생각됨	기술개발의 난이도를 감안하여 분과위 의견을 토대로 설정하였음.		
		C 위원	(중점추진분야 2) 자율주행 철도차량 기술 중 1) Drone-train은 일반인이 보편적으로 생각하는 것과 다르므로 이에 대한 정의, 필요성에 대한 설명 추가가 필요함 2) Virtual coupling 을 위해서는 견인과 제동을 미세하게 실시간으로 제어하는 열차간 간격제어 기술이 매우 중	Drone-train에 대한 기술개요, 필요성, 연구내용에 대한 과제 카드를 제시하였음. 당초에는 추진과 제동을 모두 연구개발을 통해 개선하고자 하였으나, 분과위에서 추진의 경우 모터카(M-car)의 증설이나 DDM의 적용과 같은 기 개발된 기술의 적용	제7장 중점추진분야 및 세부내용	

수정·보완요구사항				조치계획	관련항목	비고
			요하나 현재는 “정밀 제동기술”만 기술되어 있어 “정밀 실시간 간격제어기술”을 추가하는 것이 필요함 - (중점추진분야 3) "자율주행 인프라 기술"과 "자율주행 관제기술"은 상호 관련성이 적으므로 "자율주행 인프라 기술" 을 "자율주행 관리기술"로 수정을 제안함	을 통해 해결가능한 문제로 결론을 내림. 당초 인프라 이상상태는 관제로 전달되어 관제 운영자가 수동개입하는 구조이나 동 사업의 경우 인프라 이상상태를 열차가 직접 확인하여 스스로 제어하는 구조임.		
		D 위원	- (1-6) Radio coupler 기술 개발 시 중련 편성 자유롭게 수행에 대한 어느 악조건에서도 연결이 가능토록 설계 검토 필요 - 국제 RAMS 규격 적용 시스템 설계/제작 및 시험 평가 기술개발 완료 후 독립성 제3자 인증 평가 대한 구체적 방향 제시 검토 필요 - 과제별 유사기술 등이 상존하고 있는바 소요기간 8년 사업에 대한 검토 필요(단, 시험 및 시운전, 테스트 베드 등은 충분한 시간 필요)	Radio coupler는 물리적 연결기가 아닌 무선연결기를 통한 연결이므로 연결 장소와 연결기 각도 등의 제약이 없도록 개발이 가능함. 4-1) 사업총괄 및 시스템 안전성 확보, 인증 및 표준체계, 법제화 구축 기술 과제에 RAMS LCC 체계에 의한 설계 및 평가에 대한 연구내용을 반영함. 사업기간은 국외의 사례와 기술개발의 난이도를 감안하여 분과위 의견을 토대로 설정하였음.	제7장 중점추진분야 및 세부내용	
		E 위원	- 실용화 촉진기술에 있어서 특정 대상국가에 대한 목표를 제시하고 대상국가들을 중심으로 한 구체적인 세부시행계획들을 제시하는 것이 필요	국내외 철도노선에 실용화를 위해서 트렉레코드 확보를 통해 국내에 우선 적용하고 적용실적을 바탕으로 국외 시장 진출을 목표로 하며 관련 내용은 제8장 사업추진체계 및 관리방안에 적시하였음.	제8장 사업추진체계 및 관리방안	
		F 위원	- 1중점 추진분야의 (1-3) 세부기술과 관련하여, 최근 도로교통 분야 자율주행차 관련 연구의 핵심 분야 중 하나로 떠오르는 분야가 보안분야인 것과 마찬가지로, 열차자율주행의 경우도 보안이 주요 핵	보안분야의 경우 통신망 설계와 함께 이루어지는 것이 타당할 것으로 보이나 해당 건에 대해서는 분과위 의견을 통해 재검토 하겠음. 차량과 관련된 연구내용을	제7장 중점추진분야 및 세부내용	

수정·보완요구사항				조치계획	관련항목	비고
			심 분야의 하나로 연구될 필요가 있음. - 따라서, 보안 분야를 보다 확대하여, 4개 중점추진 분야 중 기반이 되는 분야인 4번째 분야의 하나로 이동하는 것을 검토할 필요가 있음. - 2중점 추진분야의 경우, 열차 자율주행의 핵심인 차량 제작 관련 부분 내용이 공백인 것으로 생각되는데, 연구의 범위 설정에서 이미 차량 제작 관련 부분은 제외한 것으로 보이기는 합니다만, 이에 대한 검토 필요	기술수요조사를 통해 받았으며 예측가능한 제동과 관련된 내용을 차량분야 연구내용으로 반영하였음.		
		G 위원	- 1단계 핵심기술 개발과 2단계 실용화기술개발 기간을 줄이고 검증 및 트랙레코드를 확보하는 시간을 늘리는 것이 상용화에 유리할 듯함	사업기간은 최종 트랙레코드 확보를 목표로 국산화 개발이 아닌만큼 종전의 과제와 동등하게 비교가 어렵다고 생각되며 국외의 사례와 기술개발의 난이도를 감안하여 분과위 의견을 토대로 설정하였음.	제7장 중점추진분야 및 세부내용	
		H 위원	(4-4) 법제도 및 표준체계 구축기술에서 국제 표준화 추진을 위한 활동 내용이 반영되어 있지 않은 것으로 보입니다. - 개별 과제의 세부기술이 서로 중복되는 경우가 있고(다음 “세부과제 내용 보완사항“ 참조) 일부는 연구내용에 비해 소요예산이 과다하게 책정된 것으로 보임 - 분과위원회 검토의견을 참조하여 예산을 현실적으로 조정할 필요가 있음. 예산 산정의 근거가 가능한한 정확하게 제시되어야 하므로 각 과제별 가이드라인을 정해서	국제 표준화를 위한 연구내용을 반영하였음. 과제간 연구내용 중복이 없도록 면밀히 검토할 계획이며 연구비 또한 재검토 하여 소요예산의 적절성을 확보할 계획임. 세부 과제별 책정된 민간부담금 매칭 비율을 재 검토하겠음.	제7장 중점추진분야 및 세부내용	

수정·보완요구사항				조치계획	관련항목	비고
			보다 현실적인 예산이 도출되어야 함 - 4분과를 제외하면 대부분 민간 매칭 비율을 만족하지 못하고 있으므로 정부지원 예산을 합리적으로 편성하고 민간 부담금을 늘려야 할 것으로 보임			
	세부과제내용보완사항	A 위원	해당 중점추진 분야에 적절히 배치되었으며 타중점분야로 이동이 필요하지 않음 과제의 예산을 비롯한 수행규모를 볼 때 타 과제와의 통합이 필요하지 않음 과제의 차별성과 연계방안 분석이 적절히 수행되었음			
		B 위원	1-1) 자율주행 열차 경합해소 및 연쇄지연 절감 기술개발 - 5차년도에 시제품을 개발해서 시뮬레이션을 수행하는데, 시뮬레이션이 3차년도에는 수행되어야 최초 개발하는 연구 제품으로서 문제 발생에 대처할 충분한 시간이 확보될 것이다. 인증을 수행하면서 하는 입장으로 볼 때에도 4차년도에 시뮬레이션이 완료되는 것이 적절하다고 생각함 - 해당 연구는 선로 복잡도에 따라 결과가 달라질 수 있으니, 경전철이나 지하철을 타겟으로 본 과제의 범위를 한정하는 것도 성공하기 위한 전략이라 생각됨 - 이미 설치된 CTC에 소프트웨어만 추가해도 업그레이드가 가능한 방법도 추가적으로 고민하여야 함	각 세부과제 별 프로토타입에 대한 시뮬레이션은 4차년도에 완성하는 것으로 변경하였으며 개발기간을 고려하여 전체 시스템 통합과 통합 시뮬레이션은 5차년도에 완료함으로써 현장시험에 활용될 시제품 제작에 반영할수 있도록 조정하였음. 연구의 효율성을 감안하여 핵심기술개발 단계에서는 도시철도와 일반 및 고속철도 모두에 적용가능한 공통의 핵심기술을 개발하고 실용화 기술개발 단계에서는 각각 도시철도와 일반 및 고속철도 시스템을 개발하는 것을 목표로 함. 기존 CTC를 업그레이드 하는 방법에 대해서는 분과위 관련 전문가 의견을 통해 확	제7장 중점추진분야 및 세부내용	

수정·보완요구사항	조치계획	관련항목	비고
	인하여 연구개발이 이루어져야 하는 경우 관련 연구내용에 반영하겠음.		
1-2) 열차중심 열차간격 및 분기제어기술 - 진로라는 개념이 경로라는 개념으로 업그레이드 하려는 시도가 있으나 과제카드를 보면, 진로라는 개념을 어떻게 잡을 것인지에 대한 계획이 보이지 않음.선로전환기만을 진로로 설정하는 요구가 포함되는 것을 제안함 - 개량 전략에서 신규 장치도 존재하고 인터페이스 장치도 존재하는 것으로 계획하고 있는데, 신규 장치가 인터페이스 가능하도록 만들어서 공간을 줄이는 것을 제안함 - 암호화는 신호의 영역이 아닌 통신의 영역으로 다루어지길 바람 - 분기에서 연동 방호 논리는 이미 KRTCS 1과 2를 통해서 이동권한에 포함된 기술로 연계성으로 표현을 바꾸는 것이 맞음 - 인증을 진행하는 과제인데, 5차년도에 모두 시뮬레이션 시험을 해서 보완한다고 계획하고 있으나 늘 만들어 오던 것을 인증하기에는 맞는 계획인데, 처음 연구하는 것을 인증하기에는 너무 늦고 부족한 시간으로 보이므로, 시뮬레이션을 더 길게 하도록 계획 수립이 필요함	세부 연구내용에 대한 기술개발 방법은 본 과제를 수행하면서 논의 되어야 할 사항이라고 사료됨. 개량전략에 대해서는 의견을 주신대로 혼용운용(mixed operation)과 절체운용(switched operation)방법을 모두 고려하여 연구내용을 도출하였음. 기존 기술과의 연계방안을 표현하겠음. 시뮬레이션 기간을 5차년도부터 현장시험 종료시까지 병행하는 것으로 변경하겠음.	제7장 중점추진분야 및 세부내용	

수정·보완요구사항	조치계획	관련항목	비고
1-3) T2T, T2I 통신 및 보안기술 개발 - 최대 지연시간은 Radio coupling에 핵심 요소가 될 것이기 때문에 T2T 무선통신의 최대 최소 지연시간을 정의할 수 있는 연구를 명시하여야 함 - T2I에서 1:1 접속으로 인한 핸드오버 자체를 없애는 방법으로 지상무선장치와 차상무선장치의 다중 접속(N:1)을 통해 가장 강한 접속의 데이터를 사용하는 방법에 대한 연구를 고려하여야 함 - 전원 이중화 및 표준 함체 구성 연구도 함께 진행을 제안함 - 신호 통신과 열차 통신 분리를 제안함	열차간 직접통신 direct T2T 최소지연시간은 Radio TCN에 반영하였음. 목표 신뢰도 만족을 위해서는 이중화 등의 방법을 본사업 연구개발 단계에서 수행할 것으로 판단됨.	제7장 중점 추진분야 및 세부내용	
1-4) Radio TCN 및 TCMS 연계기술개발 - 현재의 TCMS는 기업 자체도 내재화가 안 된 상태라 TCMS 자체를 고도화하는 내용도 포함되길 바람. 물론, 기존 TCMS로도 가능하도록 인터페이스를 개발해야 하지만, 이 기회에 병행하면 좋을 것 같음. 기간도 되고, 차량사 간에 표준화된 TCMS도 만들 수 있고, 일석 삼조의 기회를 만들 수 있을거라 생각됨 - TCN을 위한 표준 프로토콜 설계도 시간이 걸리는 일 것이라고 생각되며 TCN을 통한 기존 serial 같이 TCMS 마스터 구조로 하진 않길 바람	분과위를 통해 TCMS 장치의 신규 연구개발 이슈에 대해서 재확인 하겠음. radio TCN은 새로운 프로토콜을 만드는 것이 아니라 TCN 프로토콜을 유선에서 무선으로 변경하여 연결을 유지하는 것임 선행사업의 LTE-R과 같이 새로운 5G-R 통합무선망 즉, 철도에서 사용하는 모든 무선통신망을 단일 망으로 개발하기 때문에 방송통신에 대한 부분도 표준규격화 가능함. 형식승인과 관련하여 4-1) 사업총괄 및 시스템 안전성	제7장 중점 추진분야 및 세부내용	

수정·보완요구사항	조치계획	관련항목	비고
- 관제와의 방송 통신에 대한 표준화도 본 연구를 통해 실현되면 좋을 것임 - 철도차량 형식승인 부분에서도 개선 연구가 이루어지도록 계획해야 나중에 문제가 적어질 것임 - 통신 자체를 SIL4로 인증하진 않으므로, 무선 네트워크의 신뢰성을 어떻게 확보할지는 다른 분야 분석이 필요함. digital wired 방식 대비 네트워크 방식의 동등 이상의 신뢰성. T2T 분야...	확보, 인증 및 표준체계, 법제화 구축 기술 과제에 연구내용으로 반영하였음. 국외 연구개발 사례를 토대로 radio TCN을 SIL-4 인증을 받도록 목표를 설정하였음.		
1-5) Radio 연결기 열차 무결성 확인기술 - 본 기술은 무선 통신이 단절된 것으로 커플링이 디커플링 되었다고 판단해야 하는 기술인데, 무선 통신의 문제도 무선 통신으로 전달할 것인지, 각 열차마다 장치를 두어서 digital wired 방식(유선 이더넷 통신 포함)으로 전달할 것인지를 고려해야 함 - 별도의 독립된 제품으로 연구하는 것이 향후 효용성이 더 높을 것으로 판단되므로, 인원과 비용만 정상적으로 고려하면 다른데 문제는 없을 것으로 생각함	무선통신의 신뢰도를 높일 수 있도록 이중화 할것이며 무선통신의 연결에 대한 무결성을 별도의 장치를 두어 판단하도록 3-4) Radio coupler 기반 열차무결성 확보기술개발 연구내용에 반영함 Radio coupler는 별도의 독립된 장치로 동작하도록 관련 인터페이스를 모듈화하여 개발가능 함.	제7장 중점추진분야 및 세부내용	
1-6) Radio coupler 기술개발 - 철도 이외 분야의 적용 및 연구개발 사례 추가 검토 필요 - 비용 및 투입 인원에 대한 재검토 필요	철도 이외의 분야에 적용가능 여부와 비용 및 투입인원 대해 분과위 의견을 토대로 재검토 예정임.	제7장 중점추진분야 및 세부내용	

수정·보완요구사항	조치계획	관련항목	비고
2-1) Drone-Train 기술개발 - 열차 통신으로 원격 조정이 이루어지는 방식이어야 함. CCTV와 연계해서 정확도를 이중으로 체크할 수 있는 것도 제안함. - 철도안전법 검토 포함은 적절해보임 - 별도 장비로도 가능하겠지만, TCMS의 확장판을 제안함. 차량을 제어하는 종합 제어 시스템은 신호시스템과 분리되는 것이 맞다고 생각함	열차의 원격 조정을 위해 카메라 등의 전방감시 센서를 연구내용에 반영하였음 신호시스템과는 별도의 독립된 장치로 구성할 계획이며 인터페이스 모듈화를 통해 차종에 대해서도 독립적으로 적용이 가능하도록 연구개발 내용에 반영하였음.	제7장 중점추진분야 및 세부내용	
2-2) 예측 가능한 고성능 제동 기술개발 - 제동거리 변동성과 제동거리 예측도를 수준을 높이는 계획에 추가로 정확하지 않은 것을 최대 마진을 얼마로 계산해야 정확한 것인지를 결과로 도출하는 것을 추가하는 것이 필요함 - 열차 동특성을 정량화하고 특히 그것의 오차범위 마진을 보장할 수 있도록 정량화하는 것이 포함되어야 함	연구개발 목표를 정량적으로 보완하였음.	제7장 중점추진분야 및 세부내용	
2-3) 고정밀 열차 간 상대거리 측위 기술 - 각 열차의 신호장치가 계산하는 이동폐색을 보완하는 기술로서, 그 자체가 이동폐색을 대체하는 기능은 아니다. 따라서, 포커싱이 보조 장치로서 자체의 기능의 정밀도를 높이는 내용이 중심이어야 함. 거리를 측정하여 이동폐색이 문제 없는지 보조 검토하므로 이것의 정확도는 이동폐색의 딜레이 보다 더 짧은	상대거리 측위기술은 정밀도 향상을 위해 절대거리 측위에 보조정보를 제공하는 것을 목표로 함. 개발기간 및 비용에 대해서는 분과위 의견을 토대로 재검토 할 계획임.	제7장 중점추진분야 및 세부내용	

수정·보완요구사항	조치계획	관련항목	비고
계산이 이루어져야 하고 이동 폐색이 통신의 연속성이 끊어지는 것보다 덜 끊어져야 할 것임 - 본 장치도 최대 최소 오차를 정량화하고 증명하는 과정이 필요하며커브에서와 구배차이에서도 측정할 수 있는 방법에 대한 고민이 필요함 - 개발 기간은 재 산정되어야 한다고 생각됨			
3-1) 실시간 인프라 이상 상태 감시 및 인지 기술 개발 - 선로변 설비에 대한 정상 동작을 확인하는 것은 태그, 발리스, 무선통신을 확인하는 것으로써, 실제 주행차들의 인식 정확도를 측정하면 될 것으로 판단함 - 선로 상태에 대한 실시간 감시는 영상인식을 통한 기술이 필요하다고 하며 차량 내부의 승객 상태 감시도 필요하다고 판단하는데, 본 분야에 포함을 제안함. 승객의 위험을 영상으로 감지하여 실시간으로 대응하는 시스템이며, 글로벌 철도 신호 업체에서 이와 같은 영상인식에 대한 기술을 몇 년전부터 많이 홍보하고 있음. 이미 궤도의 노후나 크랙 등은 검측차를 이동하면서 영상과 초음파를 통해서 주기적으로 검사 및 보수하고, 전차선도 끊어질 위험이 없는지를 검측하고 있음. 실시간 무선 통신이 가능한 구조이므로, 검측을 위한 특별한 차량이 아니라 실제 운행하고 있	선로변 이상상태와 기상정보를 확인하는 구체적인 방법론은 추후 본 과제를 수행하면서 고려할 계획임.	제7장 중점추진분야 및 세부내용	

수정·보완요구사항				조치계획	관련항목	비고
			는 열차에 정보 수집 장치를 설치하고, 중앙 집중식 유지보수 시스템이 모든 정보를 실시간으로 수집하여 종합적인 결론을 낼 수 있을 것이라고 생각함 - 기상정보도 띄엄띄엄 존재하는 기상 정보 수집 장치로 수집된 결과를 판단하는데, 역마다 또는 열차마다 그것을 판단할 수 있는 센서 및 장치를 설치하면 더 정확한 정보로 판단할 수 있다고 생각됨			
			3-2) 자율주행 관제(ATS) 기술 - 인증에서 안전장치가 아닌 운영장치로서 SIL0를 만족하기 위하여, 해당 기능을 수행하기 위해 필요한 기능들을 안전장치로 이전하는 역할이 있음을 주의해야 함	본 과제 수행시 관련 연구를 수행하면서 고려할 계획임.	제7장 중점 추진분야 및 세부내용	
			3-3) 고속 스마트 선로전환 기술개발 - 추가 의견 없음		제7장 중점 추진분야 및 세부내용	
		C 위원	- 과제 간 연구비 규모에 대한 밸런싱이 필요함 1-1) 자율주행 열차 경합해소 및 연쇄지연 절감 기술개발 (63억) 1-2) 열차중심 (Train-centric) 열차간격 및 분기 제어기술 개발 (178억) 1-3) T2T, T2I 통신 및 보안기술 개발 (330억) - “자율주행 열차 경합해소 및 연쇄지연 절감 기술” 중 “자율주행 혼잡지연 제어 (A-GW) 기술개발” 중 “혼잡역 승하차 시간 절감 승객제어 기술” 은 관계가 적어 이 대신	세부 과제별 개발기간 및 비용에 대해서는 분과위 의견을 토대로 재검토 할 계획임. 혼잡지연 자율제어 기술은 열차간 협업을 통해 지연의 확산을 방지하기 위한 기술이며 이를 위해서는 열차의 정차시간을 절감하는 방안을 함께 고려해야 함.		

수정·보완요구사항				조치계획	관련항목	비고
			에 “열차 간 자율 운전정리기술”을 삽입 제안 - 과제의 차별성과 연계방안 분석은 적절해보임			
		D 위원	1-2) 과제는 기존 유사과제와 차별성이 존재하나 기존에 개발된 무선통신 기반 열차제어시스템과 ATO장치 활용기술이 많이 있을 것 보임. 연계방안에 대한 면밀한 수행 계획 필요 1-3), 1-4) 과제는 기존 유사과제와 차별성이 존재하나 적용대상 기술이 LTE 또는 5G 활용기술과 무선 네트워크 개발 기술에 대한 활용 부분의 연계 방안에 대한 면밀한 분석과 수행계획 필요 1-6) 과제는 안전성 확보 면에서 열차간격제어 등 1-2) 과제의 열차제어시스템(ATCS) 기술과 연동 수행 필요 3-2) 과제의 관제 ATS 시스템과 타 시스템 연계시험 및 검 중 부분에 대한 기술적인 면과 절차적인 면에서 수행의 어려움이 있을 것으로 사료됨. 이에 대한 세부 계획 필요 3-3) 과제의 선로전환 기술에 대한 국내외 동향 분석이 필요할 것으로 판단됨. 제품 개발 및 현장 적용 등에 대한 면밀한 수행 계획 필요 4-2) 과제의 SIL 인증부분과 4-3)과제를 통합 및 연계하여 수행할 수 있는 세부 계획 필요	제7장 중점추진분야 및 세부내용에 각 중점 추진분야별 개요와 과제 추진로드맵, 기술성과 추진로드맵을 제시하겠음. 과제단위에서 LTE, 5G 기술 활용과 관련된 연계방안에 대해 제시하였음. 총괄 과제인 4-1) 사업총괄 및 시스템 안전성 확보, 인증 및 표준체계, 법제화 구축 기술 과제에서 각 세부과제의 기술을 통합하고 하나의 시스템으로 시험평가함으로써 목표 기능과 성능을 검증하도록 구성하였음. 선로전환 기술과 관련하여 국내외 기술수준, 기술개발 현황, 본 사업에서의 중요도와 시급성 등을 토대로 분과위를 통해 관련 연구내용에 대한 반영여부를 최종 검토하겠음.	제7장 중점추진분야 및 세부내용	

수정·보완요구사항				조치계획	관련항목	비고
		E 위원	- 민간분담비율의 경우, 기술사업화와 해외시장진출에 중점을 두는 만큼 민간분담비율을 높일 필요가 있음 - 함께 리스크를 분담하도록 하고, 해당 기업에서의 해외시장진출을 위한 기존의 네트워크들을 활용할 수 있도록 하는 것이 필요 - 전반적으로 세부과제 분석에 있어서 개별기술분야별 시장규모나 경쟁자 등의 가치사슬 분석과 경쟁기술의 글로벌 동향과 국내 기술수준에 대한 분석이 부족하여 우리나라의 기술개발이 글로벌 경쟁에서 성과를 도출할 수 있는지에 대하여 판단하기가 어려움 - 현재의 세부과제 내용들은 기술개발내용에 대한 내용들로 구성되어 있어서 실제 해당 기술이 글로벌 경쟁에서 어떻게 성과를 낼 수 있고 시장사업화가 가능할 수 있는지에 대한 가능성을 판단할 수 있는 내용구성 필요	세부 과제별 책정된 민간부담금 매칭 비율을 재 검토하겠음. 개별 기술분야별 국외기술대비 기술수준에 대한 분석을 추가하겠음. 아울러 개발기술이 글로벌 최고 수준의 기술임을 확인할수 있도록 관련 내용을 보완하겠음.	제7장 중점 추진분야 및 세부내용	
		F 위원	- 기술수요조사의 4기술분과 부분 96, 97 제안기술은 총괄과제로서의 역할이라고 판단됨. 현 과제 분류체계 상에서는 1기술분과로의 이동이 더 적합한 것으로 판단됨 - 일반적으로 시나리오 구성은 각 개별 기술의 개발단계에서도 매우 중요하지만, 향후 실용화 단계까지를 감안하여 시나리오가 설계되어야 하고, 기술의 분야는 신호-차량-인프라 분야를 총괄할 수 있는	총괄 과제인 4-1) 사업총괄 및 시스템 안전성 확보, 인증 및 표준체계, 법제화 구축 기술 과제에서 각 세부과제의 개발 방향을 제시하고 기술을 통합하고 하나의 시스템으로 시험평가함으로써 목표 기능과 성능을 검증하도록 구성하였음. 사업기간은 지적하신 의견대로 현실적으로 축소가 어렵다고 보여지나 분과의 의견	제7장 중점 추진분야 및 세부내용	

수정·보완요구사항				조치계획	관련항목	비고
			운영 분야에서 설계되어야 함. 현 과제 분류체계 상에서는 신호 분과에서 담당하시는 것이 적절할 것임 - (1-1) 과제의 경우, 1차년도와 2차년도 연구가 (1-1) 과제의 전체 설계 영역에 해당하는 매우 중요한 파트이므로, 반드시 필요한 연구임 - 기획 TF 사전의견과 같이 과제의 사업 기간을 6년으로 축소하는 것은 적절하지 않은 것으로 판단됨	을 통해 기간과 비용에 대해 재검토할 예정임.		
		G 위원	- 자율주행 인프라 기술개발분야에서 환경(날씨, 주변이동체, 인위적 장애물)등에 대한 인식/인지 분야도 포함되면 좋을 듯함(자율주행 승용차에서 카메라 RADAR, LIDAR 등 사용해서 주변 감지하는 정도의 수준)	인프라 기술개발 분야에 날씨, 승객의 이동 등에 대한 인지와 관련된 연구내용을 반영하였음. 또한 열차스스로 오류 상황에서의 회복을 위하여 전방 감시가 가능하도록 관련 연구내용을 반영하였음.	제7장 중점추진분야 및 세부내용	
		H 위원	- (1-1) 자율주행 열차 경합해소 및 연쇄지연 절감 기술개발 과제는 (1-2) 열차중심(Train-centric) 열차간격 및 분기제어기술 개발 과제와 통합하여 추진하는 것이 바람직 - (1-3) T2T, T2I 통신 및 보안기술 개발 과제와 (1-4) Radio TCN 및 TCMS 연계 기술개발 과제와 통합하여 추진하는 것이 바람직 - (1-5) Radio 연결기 열차 무결성 확인기술 과제의 고신뢰/저지연 열차간 통신(T2T) 기술은 (1-3) 및 (1-4)과제와 중복되며, (2-3) 고정밀 열차간 상대거리 측위 기술 과제와 통합 추진이 바람직	문제/이슈의 해결을 위한 중점추진분야별 관련 세부과제의 구성에 대해 분과위를 통해 재검토하겠음. 총괄 과제인 4-1) 사업총괄 및 시스템 안전성 확보, 인증 및 표준체계, 법제화 구축 과제에 국제 표준화를 위한 연구내용을 반영하였음.	제7장 중점추진분야 및 세부내용	

수정·보완요구사항	조치계획	관련항목	비고
- (1-6) Radio Coupler 기술 개발 과제는 열차중심 열차제어시스템(S/W, H/W) 설계, 제작 및 시험, 무선열차편성제어(radio coupling & decoupling) 기술 등과 같이 너무 광범위하게 연구내용이 기술되어 있어 (1-2)과제와의 중복/연계에 대한 분석이 필요할 것으로 판단됨. - (3-1) 실시간 인프라 이상 상태 감시 및 인지기술 개발 과제는 앞서 제기한 바와 같이 적용 대상이 너무 광범위하므로 조정이 필요함. 또한 자율주행 위험도 평가와 최적 열차속도 산정 기술 등은 (1-2) 열차제어 시스템 개발에서 다루어져야 할 내용으로 판단됨. - (3-2) 자율주행 관제(ATS)기술은 (1-1) 자율주행 열차 경합해소 및 연쇄지연 절감기술 개발 과제, (1-2) 열차중심(Train-centric) 열차간격 및 분기제어기술 개발 과제와의 중복/연계 방안에 대한 분석이 필요 - (3-3) 과제 규모로 볼 때 타 과제와 통합이 바람직할 것으로 판단됨. (3-1)과제의 경우 적용 대상과 범위를 선로전환기의 상태 진단 및 예측으로 조정할 경우 (3-3)과제를 포함하여 구성이 가능할 것으로 판단됨 - (4-2) 시스템 RAMS/LCC 체계 기술 개발 과제와 (4-3) 시스템 적합성 확인을 위한 체계 연구 과제는 통합하여			

수정·보완요구사항				조치계획	관련항목	비고
			추진하는 것이 바람직 - (4-4) 법제도 및 표준체계 구축기술 과제는 전반적인 법제도 기술기준의 작성은 핵심기술 개발이 상당 수준 진행된 이후 추진하는 것이 바람직하며, 시험항목별 측정시스템 구축은 (4-3)과제에 포함되어야 할 것으로 판단됨. 국제표준화 추진 계획 포함 요망			
기타 기획연구 수행시 주안점		A 위원	- 실용화를 위해서는 민간부분의 적극적인 참여가 필요하므로 매칭부분에 대한 보강이 필요함 - 실용화를 위해서는 핵심기술 개발단계에서 선행적으로 연구될 기술개발분야와 후순위로 이를 이어받아서 진행되어야할 분야(예; 성능평가등)를 구분하여 순차적인 연구진행이 합리적인 수순으로 재 조정되길 바람	세부 과제별 책정된 민간부담금 매칭 비율을 재 검토하겠음. 제7장 중점추진분야 및 세부내용에 각 중점 추진분야별 개요와 과제별 선후관계를 확인할 수 있도록 과제 추진로드맵, 기술성과 추진로드맵을 제시하겠음.	제7장 중점추진분야 및 세부내용	
		B 위원	- 신호 통신과 열차 통신을 구분하고, 신호 관련 데이터는 신호 통신으로, 열차 관련 통신은 열차 통신으로 이루어져야 함 - CCTV를 열차 통신으로 전달하게 되는데, 업로드 다운로드 사이즈가 상당하여 열차 통신이 부담이 많은 편이나 신호 통신에 비 신호 데이터를 전송하는 것은 신호의 안전성에 영향을 주므로, 시작부터 분리되어 상호 간섭이 없도록 해야 할 것임 - 인증과 함께 진행되는 과제로 볼 때, 실험실에서 완성해야 하는 수준이 상당히 높다. 시	vital한 데이터 전송은 non-vital한 데이터의 전송과 독립된 전송채널을 활용 시뮬레이션 단계에 충분히 안전성 활동에 대한 검증이 이루어지도록 높은 수준의 시뮬레이션이 이루어지므로 관련 개발기간 산정에 고려하였음.	제7장 중점추진분야 및 세부내용	

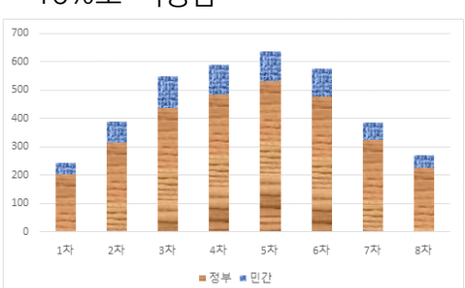
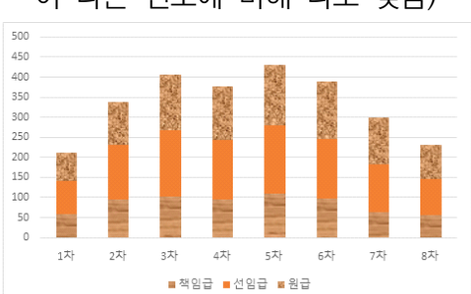
수정·보완요구사항			조치계획	관련항목	비고
		뮬레이션을 통한 검증도 시간이 오래 걸리는 것인데, 대부분 최초 연구는 프로토타입을 완제품까지 가져가기 어렵다는 것을 감안하면, 시뮬레이션 기간을 길게 잡고 금액을 높게 잡아서, 프로토타입 실패시에 만회할 수 있도록 기획하는 것이 좋다고 생각함. 인증에는 통합 시험이외에도 컴포넌트 시험들이 있다. 어떤 문제로든 선행 과정을 재수행해야 할 경우 이러한 시험들도 재 수행할 수 밖에 없으며, 시간과 비용이 상당히 들어가게 되므로 인증을 고려하여 비용과 시간을 다시 한번 검증하길 요청하며 5차년도를 2년으로 늘리는 방안을 제안함.			
	C 위원	- 처음에 구상했던 것 보다 내용이 너무 넓게 발산된 느낌임. 이렇게 될 경우, 깊이 보다는 양이 많아 관리가 더 중요한 요소가 될 수 있음 - 본 과제는 첫 시도되는 것이고, 목표가 세계를 선도할 수 있는 기술(제품)을 개발하는 것이므로, 질로 승부를 볼 수 있도록 선택과 집중이 필요해 보임 - 프로젝트 관리 측면에서도- 핵심기술에 대해서는 결과를 예측하기 어려운 진짜 핵심이 되는 기술을 중심으로 선행연구를 깊이 있게 중점적으로 수행하는 것이 필요해 보임 (Fast Prototyping Model) - 현재와 같은 전사적인 접근	과제단위의 연구내용이 아닌 사업기획의 문제/이슈 측면에서 이를 해결할수 있는 연구내용으로 접근하였으며 우려하신 결과의 질적 내용을 달성할수 있도록 연구프로젝트를 성공적으로 관리하는 방법에 대한 연구내용을 총괄 과제인 4-1) 사업총괄 및 시스템 안전성 확보, 인증 및 표준체계, 법제화 구축 기술 과제에 반영하였음.	제6장 사업 기본방향 및 추진전략 제7장 중점 추진분야 및 세부내용	

수정·보완요구사항			조치계획	관련항목	비고
		방법은 결과를 어느 정도 예측할 수 있고, 연구프로젝트를 관리하는 기술이 월등하거나, 경험이 많을 때 바람직해 보임			
	D 위원	- 본 연구의 주안점은 자율주행 시스템 개발과 상호 연동의 안전성 확보 면으로 4-2), 4-3) 과제 수행이 중요하다 사료됨 - 유사과제와 활용 연계, 안전성 및 적합성 검증에 충분한 시간과 비용의 투자 검토 필요 - 3-1) 과제 내용 중 다중 인프라 이례 상황 검지 기술 개발의 경우 고속철도 구간 안전설비에 대한 분석 활용이 필요해 보임 - 각 추진 분야별 제어시스템들에 대한 비정상 또는 동작 불능 상태의 이례적인 상황들에 대한 안전측 동작 기술 개발 검토 필요 - 본 과제는 기존 KRTCS 1/2/3에서 연구수행에 대한 RAMS LCC 및 표준화 등 사전 연구분석을 통한 보완 개발 필요 - 운영성 및 유지보수 효율성 제고를 위해 운영기관의 협의체 참여를 통해 기술개발 적극 활용 필요	선행사업, 유사사업 및 과제에 대한 분석을 통해 기존 개발기술의 연계방안을 제시하였음. 다중 인프라 이상상태 검지의 경우 확인이 필요한 주요 설비인 선로전환기, 안전설비, 건널목 차단기, PSD, 교량 등을 대상으로 함. 각 분야별 제어시스템의 경우 총괄과제에서 수립한 RAMS LCC 관리계획에 따라 이루어지도록 총괄 과제인 4-1) 사업총괄 및 시스템 안전성 확보, 인증 및 표준체계, 법제화 구축 과제에 관련 연구를 반영하였음. 운영기관 기술협의체를 사업 추진체계에 반영하였으며 사업종료 후에도 연구개발 실용화를 위해서 연구개발 실용화 협의체 내에 운영기관의 참여가 가능한 워킹그룹을 구성하였음.	제7장 중점 추진분야 및 세부내용	
	E 위원	- 현재의 전체적인 연구개발사업의 비전과 목표와 전략 및 세부과제들은 비전으로 제시한 세계시장 진출이라는 대명제에 비해서 기술개발 내용에 치중해 있음. - 해당 기술개발이 장기비전인	비전과 목표에 맞도록 성과목표를 비롯한 세부과제의 목표를 보완하겠음. 환경분석을 기반으로 SWOT분석을 수행하였으며 차세대 철도신호기술과 시장	제7장 중점 추진분야 및 세부내용	

수정·보완요구사항			조치계획	관련항목	비고
		세계시장진출을 달성하도록 할 수 있는 전략과 과제들인지에 대한 의문이 들게 함. - 해당 과제수행들을 통해서 기술들은 목표한 대로 개발이 될것으로 보이나, 세계시장진출은 전혀 명확한 해외시장진출의 경로나 방법, 성공가능성을 가늠하기가 어려워 실제 세계시장진출이 될지에 대해서 의문시됨. - 기술사업화를 위한 글로벌 시장진출전략과 글로벌 밸류체인상에서 우리나라가 진출할 수 있는 시장과 분야들에 대해서 제시하고 해당 시장진출을 이루기 위한 현실적인 전략과 방법론, 세부과제들을 제시 필요	선점이 가능하도록 최종 사업추진전략과 중점추진분야를 도출하였음. 환경분석에 시장환경분석을 보완하여 해당 기술개발 분야의 시장성장률과 더불어 기술개발 이후 진출가능한 시장규모와 산업 생태계, 시장지배 구조 등을 보완할 계획임.		
	F 위원	- 사업 세부과제내용 총괄위 검토용 2page 관련하여, 표현상 이해도를 높이기 위해 중점분야 및 핵심기술 부분과 성과목표 부분의 위치 조정 검토 필요 - 사업추진 배경 및 문제점 분석 등의 과정에서 철도를 일반철도/고속철도/도시철도로 서비스 목적에 따라 구분하였음에도 불구하고, 전체적인 과제 목표 설정 등이 분야 중심으로만 구성되어 있어, 각 세부과제를 앞서 언급한 3개의 서비스 목적으로 세분화 검토 필요	가독성을 위해 비전, 목표, 성과목표 등의 표현을 재검토 하겠음. 연구의 효율성을 감안하여 핵심기술개발 단계에서는 도시철도와 일반 및 고속철도 모두에 적용가능한 공통의 핵심기술을 개발하고 실용화 기술개발 단계에서는 각각 도시철도와 일반 및 고속철도 시스템을 개발하는 것을 목표로 함.	제6장 사업 기본방향 및 추진전략 제7장 중점 추진분야 및 세부내용	
	G 위원	- 자율주행 열차 사업은 범부처 성격이 있으므로 초기부터 자문단 구성할 때 타부처의 전문가 위촉이 바람직함	다부처 사업기획에 대한 부분도 고려하겠음. 대학, 연구소, 기업, 운영기관 등의 참여가 가능하도록	제8장 사업 추진체계 및 관리방안	

수정·보완요구사항			조치계획	관련항목	비고
		- 기초연구 또는 표준화 등에는 대학의 자원활용도 바람직함	추친체계 구성에 반영하겠음		
	H 위원	- 전체 사업의 목표와 그에 따른 기대효과, 중점추진분야의 구성, 분야별 목표, 분야별 세부기술 등이 일관된 논리를 바탕으로 체계적으로 잘 연결되도록 제시하는 것이 무엇보다 중요함. - 각 중점추진분야별 세부과제의 구성이 아직 체계적이지 못하고, 예산도 충분한 산정근거를 바탕으로 제시되지 못한 것으로 판단되므로 보완필요 - 정부지원의 필요성이 주로 국가 철도에 대한 투자 당위성이나 철도 산업 경쟁력 확보, 표준체계 구축과 관리 필요성 등으로 제시되어 설득력이 다소 떨어짐 - 현재 정부에서 추진하는 정책과의 연계성, 정부 지원이 없을 때 발생 가능한 문제 등을 보완하면 좋을 것 같음 - “자율주행”이라는 키워드가 도움이 될 수도 있지만 자칫 도로교통분야 연구와의 차별성 측면에서 마이너스가 될 가능성도 있음 - 큰 틀에서 철도교통이 도로교통과 어떻게 다른지 설명하는 것은 좋지만, 각 세부기술별로 도로교통분야에서 현재 개발 중인 기술들 중 활용 가능한 기술은 최대한 활용한다는 것을 어필하는 것도 중요하다고 생각됨	사업목표와 중점추진분야 구성, 분야별 목표, 세부기술들이 논리적으로 연결되어 있음을 가독성있게 보여줄수 있도록 보완하겠음. 정부지원의 필요성을 다시 설득력 있게 보완하겠음. 기술의 정의를 별도의 장으로 구성하여 기술의 특징과 도로교통분야와 차별성을 제시하겠음	제6장 사업 기본방향 및 추진전략 제7장 중점 추진분야 및 세부내용	

부록 10 4차 총괄위원회 검토의견 보완사항

수정·보완요구사항				조치계획	관련 항목	비 고
소요자원의 규모와 확보방안	소요예산·인력 규모 및 확보방안 적절성	A 위원	• 소요예산 산정의 적절성: 분야별 예산 산정 적정함 • 관제(4과제, 603, 17%), 열차제어(2과제, 704, 19%), 편성제어(4과제, 1176, 32%), 총괄(2과제, 1155, 32%) • 소요예산 조달방안의 적절성 • 단계별 예산이 초기와 적절하게 배정되어 있음 • 초기에는 민간예산의 비율이 20%로 높고 6단계 이후에는 15% ~ 16%로 적정함  • 소요인력 산정의 적절성: • 단계별 예산이 적정하게 배분되어 있음 (4차년도는 투자비 대비 인력이 다른 연도에 비해 다소 낮음)  • 소요인력 확보방안의 적절성: 철도분야 연평균 국가연구개발 참여 인력의 7.1% 수준으로 사업 수행을 위한 인력은 충분히 확보가 가능함	세부 과제별 개발기간 및 연구비용, 매칭비율, 소요인력 산출 등에 대해서는 분과위 의견을 토대로 재검토 할 계획임.	제9장 소요자원의 규모와 확보방안	

수정·보완요구사항				조치계획	관련 항목	비 고
		B 위원	• 사업비 규모가 다소 과다한 것으로 보이며, 민간부담금의 비율이 17.6% 가량으로 다소 낮은 것으로 판단되므로 소요예산과 소요인력의 산출근거를 보다 구체적으로 제시할 필요가 있음.	세부 과제별 개발기간 및 연구비용, 매칭비율, 소요인력 산출 등에 대해서는 분과위 의견을 토대로 재검토 할 계획임.	제9장 소요자원의 규모와 확보방안	
		C 위원	• 예산 방안에 대해서 기술개발 소요예산과 소요인력 추산은 개별 기술분야별로 도출되었으나 실제 사업화를 위한 예산도출은 구체적이지 않고 상용화를 위한 특허와 기술이전 등 상용화 관련 예산 편성과 산출근거를 제시할 필요가 있으며 더불어 글로벌 해외시장 진출을 위한 구체적인 예산소요와 이에 대한 산출근거를 제시할 필요가 있음. • 전체적으로 해당 예산의 적절성을 파악할수 있는 비교근거자료가 부족하고 예산확보방안이 구체적이지 않음.	소요예산과 소요인력이 유사사업에 비해 적절한지 여부에 대한 분석을 추가하겠음. 소요예산의 조달방안에 대해서도 보완하겠음.	제9장 소요자원의 규모와 확보방안	
		D 위원	• 소요예산에 대한 세부산출내역은 별도의 자료로 대체하였는지 의문임 • 소요예산에 대한 세부산출내역이 별도 자료로 없다는 전제로 말씀드립니다 • 세부산출내역이 별도 자료로 작성되어 있지 않다면, 인건비, 직접비, 간접비 항목에 대해 연차별 세부 산출내역 작성이 필요합니다. • 다만, 소요예산 세부산출내역을 작성하는 대상 과제의 작성 레벨이 '세부과제 단위'로 작성되는 것이 적정할지도 검토하면 좋을 것으로 생각됩니다. • 인건비의 경우 참여율과 합리적인 인건비 단가가 적용되어야 하고, 직접비의 경우 기술개발에 투입되는 장비와 재료 등이 누락되지 않고 모두 포함되어야 합니다.	세부 과제별 개발기간 및 연구비용, 매칭비율, 소요인력 산출 등에 대해서는 분과위 의견을 토대로 재검토 하고 관련 세부산출내역을 보완하겠음. 소요예산과 소요인력 구성이 유사사업에 비해 적절한지 여부에 대한 분석을 추가하겠음.	제9장 소요자원의 규모와 확보방안	

수정·보완요구사항				조치계획	관련 항목	비 고
			• 장비구축계획서도 소요예산 산정시 함께 고민되어야 하는 것으로 알고 있습니다. • 인력규모 산정 및 확보방안에 대해서는, 별도 자료가 있으실 것으로 생각됩니다만, 만약 논리적 고리가 약하다면, 전체 과제 구성상 인력양성 부분이 없으므로, 총괄과제 아래에 인력양성파트를 넣거나, 세부과제 단위에 인력양성 파트를 넣어서 해결하시는 것도 좋은 대안이 될 수 있을 듯 합니다.			
		E 위원	• 4. 사업총괄 및 실용화 촉진, 4-1 사업총괄 및 시스템 안전성 확보, 인증 및 표준체계, 법제화 구축 기술, 4-2 시스템 시험평가 기술개발, 상기 부분에 있어서 시험평가를 위하여 신규장비가 필요할 수도 있으므로 소요예산이 부족하다고 판단됨 • 기술 인력에 대한 전문적인 교육 훈련도 필요함	세부 과제별 개발기간 및 연구비용, 매칭비율, 소요인력 산출 등에 대해서는 분과위 의견을 토대로 재검토 하고 관련 세부산출내역을 보완하겠음.	제7장 중점추진분야 및 세부내용 제9장 소요자원의 규모와 확보방안	
		F 위원	• 2020년 ~ 2029년(8차) 총 소요인력이 2,684명 투입 세부적인 연구원 구성이 책임급 676명, 선임급 1,056명, 연구원급 952명 인력 투입이 예상 되나 다양한 연구진이 참여할 필요가 있음 • 특히 운영기관 실무적 연구 활동 등 고려 연구진 원급 참여 고려로 자율주행 철도신호체계 실용화 기술개발 저변 확대 극대화가 필요	소요예산과 소요인력 구성이 유사사업에 비해 적절한지 여부에 대한 분석을 추가하겠음. 운영기관의 적극적인 사업참여를 위해 과제의 참여기업 뿐만 아니라, 기술협의체를 사업추진체계에 반영하였으며 사업종료 후에도 연구개발 실용화를 위해서 연구개발 실용화 협의체 내에 운영기관의 참여가 가능한 워킹그룹을 구성하였음.	제7장 중점추진분야 및 세부내용 제9장 소요자원의 규모와 확보방안 제8장 사업추진체계 및 관리방안	
		G 위원	[소요 예산] • 4-1 과제 (689억) 사업비는 연차별로 일정하게 할당되는 게 일반적	세부 과제별 개발기간 및 연구비용, 매칭비율, 소요인력 산출 등에 대해서는	제7장 중점추진분야 및 세	

수정·보완요구사항				조치계획	관련 항목	비 고
			인데, 연차별로 들쭉날쭉한 면이 있고 전반적으로 과도하게 배부된 면이 있음 4-2 과제는 후반부로 갈수록 증액되는게 일반적인데 중간 단계에 많이 할당된 면이 있음. • 기획관리평가비는 사업규모에 비해 부족해 보임. [인력] • 선임급 인력이 중심이 되어야 하는 것은 타당하나, 원급 인력 규모에 비해 책임급 인력 비중이 높아 보임 • 젊은 신규 인력 채용에 대한 고민이 필요할 듯	분과위 의견을 토대로 재검토 하고 관련 세부산출내역을 보완하겠음.	부내용 제9장 소요자원의 규모와 확보방안	
제10장 사업타당성 분석	과학기술적 타당성	A 위원	• 기획과정의 적절성: 적절함 사전조사, 이해관계자 의견 수렴 등 5단계 (유형선정 -〉 사전조사 -〉 후보도출 -〉 이해관계자 의견수렴 -〉 정의) 를 거쳐 문제/이슈 도출함 =〉 적절함 • 사업목표의 적절성: 적절함 1) 사업비전: ① 철도신호기술 자립을 넘어 세계 철도 시장 선도, ② 미래 철도 신호기술 선도개발을 통해 세계 “철도한류” 교두보 마련 2) 사업목표: 철도신호 패러다임의 근본적인 변화(지상중심→열차중심)를 통한 제어성능 한계극복이 가능한 자율주행 철도신호체계 기술선점 =〉 의견: “~를 통한 제어성능 한계극복이 가능한” -〉 “~를 통하여 제어성능의 한계를 극복할 수 있는” 3) 성과목표 도출 4) 중점분야 및 핵심기술 도출 • 사업구성의 적절성: 적절함 기술수요조사와 과제 우선순위 평가를 통해 4개 기술분과에서 12개 세부기술 도출			
		B	• 성능목표(연쇄지연시간, 분기/간격	성능목표에 대한 달성가	제6장 사	

수정·보완요구사항				조치계획	관련 항목	비 고
		위원	제어 성능, 분리결합오류/시간 등)의 달성 여부를 어떻게 검증할 수 있는지 조금 더 구체적으로 설명할 필요가 있음.	능성 및 검증방법에 대해 보완하였음.	업 기본방향 및 추진전략 제7장 중점추진분야 및 세부내용	
		C 위원	• 중복성 체크를 통해서 예산 삭감에 대비하여 기술개발사업의 중복성이 세부과제별들로 있는지 확인하고 중복성 없음에 대해서 제시하는 것이 필요함.	세부과제별 중복성이 없도록 구성하였으며 분과위를 통해 재 검토하겠음.	제7장 중점추진분야 및 세부내용	
		D 위원	• 문제의 인식부터 시작되어 성과목표 및 중점분야 도출로 이어지는 흐름이 적절히 제시되었다고 생각됩니다. - 다만, 열차중심 관제기술 분과나 실용화 촉진기술 분과에서 3차 수혜자인 철도이용객의 수혜 효과가 반영될 수 있도록 교통계획 측면에서의 고민(혼잡개선효과, 통행시간절감효과 등)이 고려되었으면 하는 아쉬움이 남습니다.	철도이용객에 대한 수혜효과는 파급효과에 해당 내용을 반영하겠음.	제 1 0 장 사업타당성 분석	
		E 위원	• 과학기술적 타당성 적절하다고 판단됨			
		F 위원	• 철도신호의 지상중심에서 열차중심 제어성능 기술이 요구 되므로 산업적 구조적 악순환 문제점 극복을 위한 안전성이 확보 된 자율주행 국산 기술개발 필요(기운영중인 무인운전과는 차별화) • 국내에서 운영 중인 대부분의 철도신호통신시스템이 외산임을 감안할 때 신호통신기술의 국산화가 절실히 요구됨. • 다만 제시된 기술목표 및 성능목표의 달성 가능 여부를 철저하게 검증해야함.	성능목표에 대한 달성가능성 및 검증방법에 대해 보완하였음.	제6장 사업 기본방향 및 추진전략 제7장 중점추진분야 및 세부내용	

수정·보완요구사항				조치계획	관련 항목	비 고
		G 위원	• 국가 중추 인프라 기술 확보 차원에서 타당함.			
제 10 장 사업 타당성 분석	정책적 타당성	A 위원	• 상위계획과의 부합성 – 매우 잘 됨 필수계획과 선택군계획과의 부합성이 “적절(4)”, “대체로 적절(1)”로 상위계획과의 부합성이 매우 높음 • 사업추진체계 및 추진의지 – 매우 잘 됨 대국민 설문조사와 산업계 인터뷰 등 수행 사전조사, 이해관계자 의견 수렴 등 5단계를 거쳐 문제/이슈 도출 • 재원조달 가능성 사업의 원활한 추진을 위해 대규모 재원을 조달하는 과정에서 재원조달 방안과 재원분담 방식 등이 사업에 미치는 위험요인과 영향에 대한 분석이 필요함 연차별 예산투입 규모, 재원조달계획 등을 기초로 하여 사업 추정예산과 재원조달주체의 조달가능 재원 추정 값 간의 갭 분석이 필요함 • 법, 제도적 위험요인 사업과 관련된 법·제도·규정에 따른 사업추진상의 위험요인에 대한 분석이 필요함	정책적 타당성에 재원조달 가능성, 법·제도적 위험요인, 국고지원의 적합성 등에 대한 분석을 보완하겠음.	제 10 장 사업타당성 분석	
		B 위원	• 상위계획과의 부합성은 잘 제시된 것으로 보이나, 국가정책과의 연계성, 공공적 문제 해결 등과 관련하여 정부지원의 필요성을 좀 더 보강할 필요가 있을 것으로 판단됨.	정책적 타당성에 재원조달 가능성, 법·제도적 위험요인, 국고지원의 적합성 등에 대한 분석을 보완하겠음.	제 10 장 사업타당성 분석	
		C 위원	• 정책적타당성은 전반적으로 예타 평가기준에 따라서 상위계획과의 부합성과 전체적인 논리적인 정합성 등에 대해서 타당성평가를 잘 수행하였으나 글로벌 사업화와 산업 경쟁력 확보 비전과 현재 기술목표 간의 연계성과 고리가 취약한 부분	정책적 타당성에 재원조달 가능성, 법·제도적 위험요인, 국고지원의 적합성 등에 대한 분석을 보완하겠음.	제 10 장 사업타당성 분석	

수정·보완요구사항				조치계획	관련 항목	비 고
			에 보완이 필요함. 이는 현재 트랙레코드를 확보한다는 기술목표가 과연 글로벌 시장진출과 어느 정도의 연관성을 가질수 있을지 의문이며 이를 반영하여 비전을 이룰수 있는 선순환 논리모형 구조를 가질수 있을지 의문임. 전체적으로 시장지향성을 높일수 있는 목표설정과 연계성 설정에 대한 논리적 연결고리가 필요함.			
		D 위원	• 전체적으로 상위계획을 잘 반영하신 것으로 생각됩니다. - 다만, 검토된 상위계획을 위계에 맞게 순서를 조정하는 것도 좋을 것으로 생각됩니다. 예를들어 철도산업발전기본계획 보다 국토교통과학기술연구개발종합계획, 제4차 국토종합계획 수정계획이 먼저 검토되어야 할 것으로 생각됩니다. - 또한, 추후 정책적 타당성 보완이 필요하실 경우, 철도산업구조개혁기본계획, 도시철도망구축계획, 철도안전 종합계획, 철도안전 종합계획의 연차별 시행계획 등도 살펴보시면 도움이 될 것 같습니다.	상위계획에 대한 보완과 위계에 맞게 순서조정을 검토하겠음.	제 10 장 사업타당성 분석	
		E 위원	• 정책적 타당성 적절하다고 판단됨			
		F 위원	• 여러 상위계획과의 부합성은 적합한 것으로 판단됨. • 차상 중심시스템 자율주행 철도신호체계 실용화를 위한 장애요인 분석에 대한 구체적인 방법을 제시하여 관련 법 등 정책적 결정 등이 필요함. • 제원조달 가능성 및 법·제도적 위험요인 등의 타당성 확보를 위한 내용이 누락됨.	정책적 타당성에 재원조달 가능성, 법·제도적 위험요인, 국고지원의 적합성 등에 대한 분석을 보완하겠음.	제 10 장 사업타당성 분석	

수정·보완요구사항				조치계획	관련 항목	비 고
		G 위원	• 보편적 국민 서비스 향상 차원에서 타당.			
	경제적 타당성	A 위원	• 비용추정의 적절성: - B/C 분석을 통해 경제적 타당성을 파악하고, 추가적으로 NPV 분석과 IRR 분석을 수행함 =〉 적정함 • 편익추정의 적절성: 비용추정: 적절함 편익추정: 보수적 시나리오로 국내 시장 50% 점유에 대해서는 공감이 부족할 수 있음. 따라서 신기술 적용을 통한 생산량 증가와 가치창출을 신호시스템 시장으로만 국한하지 않고 신호시스템 개량으로 인한 사회적 편익도 고려하는 것이 필요함. 전체 사업비 중 신호시스템 비중이 적지만 영향은 가장 많이 미치는 특성 때문임. • 경제성분석의 적절성: 편익추정의 가정이 적절하다는 전제하에 경제성분석은 적절함			
		B 위원	• 가치 창출 편익의 산정에서 보수적인 시나리오로 2033년 이후 국내 신규 시장의 100%를 점유하고 개량 시장의 50%를 점유하는 것으로 가정하였는데 현재 개발되었거나 개발중인 신호시스템 기술이 빠르게 대체된다는 것을 전제로 하고 있어 보수적으로 가정한 것으로 보기는 어려울 것으로 판단됨. 또한 낙관적 시나리오로 세계 시장 점유율 10%를 가정하고 B/C가 3.10으로 나왔는데 세계 시장 점유율이 10%를 단번에 달성한다는 가정으로 납득이 어려울 것으로 생각됨. 타 사업의 사례를 참조하여 좀 더 현실적인 가정을 적용해야 할 것으로 판단됨.	경제적 타당성 분석과 관련하여 관련 전문가 자문을 통해 보완하겠음. 일반적으로 예타에서는 1차 수혜자에 대한 편익만을 인정하므로 운영기관, 승객의 편익은 파급효과에 제시하였음.	제 1 0 장 사업타당성 분석	

수정·보완요구사항				조치계획	관련 항목	비 고
			• 1차 수혜자를 민간기업으로 설정하고 가치 창출 편익을 검토하였는데 이 사업의 추진 필요성에서 강조한 운용효율 향상, 수송력 향상, 혼잡도 완화, 신뢰성 및 안전성 향상 등에 대한 사회경제적 편익도 검토할 필요가 있음.			
		C 위원	• 경제적 타당성 조사의 경우 예타 지침에 준하여 사업들의 경제적 타당성 패러미터들을 추정하여 제시하고 있어 기술수명주기나 사업화기여율 부가가치율 등에 큰 문제점이 없는 것으로 보임. 그리고 가장 논란이 예상되는 매출액 규모에 대해서는 일단 국내의 대체수요와 신규수요를 제시하였으나 미래예측에 대해서 현재 추세를 반영한 예측을 하고 있으나 미래 철도계획을 반영하는 것과 국내에 수입되는 대부분의 외산 제품들에 대한 수입대체와 신규발주시 성공가능성, 그리고 단계적인 수입대체 예상곡선 등에 대해서 합리적인 시나리오를 제시할 수 있는 것이 필요함. 해외시장 점유율도 10% 점유율에 대한 근거제시와 미래 시나리오에 대한 근거제시가 필요함. 특별히 예타에 들어가게 되면 세부기술별 시장에 대한 논의가 제시될것으로 현재 매출액 규모를 세부기술별 시장으로 세분화하거나 전체 시스템에서 해당 기술이 타겟하고 있는 제품들의 부가가치비율을 확인할 필요가 있음.	경제적 타당성 분석과 관련하여 관련 전문가 자문을 통해 보완하겠음.	제 10 장 사업타당성 분석	
		D 위원	• B/C가 1.09 이상이 되는 사업인 것으로 분석된 것으로 보아 반드시 추진될 필요가 있는 사업이라고 생각됩니다. – 다만, 낙관적 시나리오를 제시하여 B/C가 3.10이나 나오는 결과	경제적 타당성 분석과 관련하여 관련 전문가 자문을 통해 보완하겠음.	제 10 장 사업타당성 분석	

수정·보완요구사항				조치계획	관련 항목	비 고
			를 보여주는 것이 적절한 것인지는 고민이 필요해 보입니다. - 또한, 보수적 시나리오 설정에서 국내 신규시장 100%를 점유하는 것이 보수적인 가정인 것인지도 고민이 필요하다고 생각됩니다. 물론 정부의 국산 신호시스템 우선 적용 결정 보도가 있기는 하였지만, 검토과정에서 기존 시장점유율을 반영하는 것을 요구할 것으로 생각됩니다. - 따라서 보수적 가정의 근거를 조금 더 보완하실 필요가 있다고 생각됩니다.			
		E 위원	• 경제적 타당성은 조금 의문시 됨			
		F 위원	• 경제성 분석 - 비용과 편익분석에 대한 투자효과가 기존시스템 대비(외국사포함) 비교할 수 있는 구체적 제시가 아니더라고 목표치 비교라도 제시가 필요함, • 예상 매출액 추정이 너무 낙관적임. - 정부가 철도 신호통신시스템 국산화계획을 발표하여 신림선 및 동북선에 국산화 기술이 적용될 예정이나 운영과정에서 시스템이 안정적이지 못할 경우 향후 신규노선 및 개량선의 신호통신시스템은 외산으로 도입될 수 있음 - 따라서 보수적 시나리오로 제시한 국내 신규시장 100%, 개량시장 50%는 너무 낙관적인 전망이라 생각됨. - 또한 CBTC 기반의 지상신호통신시스템이 안정적으로 정착될 경우 신호통신 패러다임 전환에 어려움이 있을 수 있음.	경제적 타당성 분석과 관련하여 관련 전문가 자문을 통해 보완하겠음. CBTC 기반의 지상신호시스템이 정착되더라도 그간의 신호시스템 도입 추이가 내구연한을 고려한 부품의 단종에 대한 우려, 높은 성능과 유지보수성을 가지는 신규시스템을 신호하고 있기 때문에 자율주행 철도신호를 더 선호할것으로 판단됨.	제 10 장 사업타당성 분석	

수정·보완요구사항				조치계획	관련 항목	비 고
		G 위원	• 도출된 B/C 1.09~3.10 는 적절함.			
	파급효과분석	A 위원	• 사업 파급효과 분석의 적절성: 열차 간 협력기반 지능형열차자율주행 기술개발 사업의 파급효과 정리가 매우 잘 됨: 생산유발 8,510억원, 부가가치유발 3,103억원, 고용유발 2,719명, 취업유발 3,483명			
		B 위원	• 경제적 파급효과도 직접편익을 기준으로 산정하였으므로 직접편익과 소요인력의 적정성과 함께 검토가 필요할 것으로 판단됨.			
		C 위원	• 파급효과 분석은 경제적 파급효과는 산업연관분석에 의해서 기존의 방식대로 산업분류 재체계화해서 수행을 잘하였으나 사회적 파급효과 측면에서 이용자편의성 등이 시간단축의 효과 등 1차적인 효과만을 산출하고 있어 보다 임팩트 효과를 사회적 가치 측면에서 측정할수 있는 파급효과분석이 필요할것으로 보임.	전문가 자문을 통해 파급효과에 대한 면밀한 분석과 보완을 하겠음.	제 1 0 장 사업타당성 분석	
		D 위원	• 경제적 파급효과는 비용편익분석에서 제외한 편익 항목을 일부 검토한 것으로 적절하게 분석되었다고 판단됩니다. • 사회적 파급효과에서는 승객 편의성 향상, 운영자 편의성 및 운영비 절감, 운영 운전성 향상, 도입비용 절감 등이 제시되어 있어 적절하게 분석되었다고 생각됩니다. - 다만, 다른 예타 보고서에서 사회적 파급효과를 어느정도 수준으로 작성하였는지 검토할 필요가 있다고 생각됩니다. - 필요시 각 항목의 이론적 수치계산이 가능한지 검토해 볼 필요도 있다고 생각됩니다.	전문가 자문을 통해 파급효과에 대한 면밀한 분석과 보완을 하겠음.	제 1 0 장 사업타당성 분석	

수정·보완요구사항				조치계획	관련 항목	비 고
			• 과학기술적 파급효과도 적절하게 제시되었다고 판단됩니다. - 다만, 다른 예타 보고서에서 과학기술적 파급효과를 어느정도 수준으로 작성하였는지 검토할 필요가 있다고 생각됩니다.			
		E 위원	• 사업의 파급효과는 적절하게 분석되었다고 판단됨			
		F 위원	• 경제적 파급효과 - 경제적 타당성 분석과 비슷한 맥락으로 철도신호·통신시스템 연구개발 완료 시 발생하는 직접편익을 3,103억원 추정으로 철도산업의 발전에 긍정적인 계기가 될 것으로 판단됨.			
		G 위원	• 경제적/사회적/과학기술적 파급효과 분석 타당함.			
종합 의견	사업 기획 종합 검토	A 위원	• 전체적으로 사업의 구성과 내용, 전략, 비용들이 잘 정리되어 있음 • 정책적 타당성 평가부분에 대한 기술을 세부 평가기준에 따라 재배치하면 좋겠음 • 편익에 대한 가정(보수: 국내시장 50% 점유)에 대하여 타당성 검토가 필요함 • 건의사항: 한 가지 의견을 드린다면 “열차중심 관제”에서 “관제”의 의미가 매우 강력하므로 자칫 기존 “관제”의 개념에 비춰 다른 점에 대한 거부감이 있을 수 있으므로 “관제”라는 이름을 다른 이름으로 수정하면 어떨까요? 그런 의미에서 보고서를 기술하는 순서도 맨 앞에 있는 “열차중심 관제”를 뒤에 배치하는 것이 전략상 좋을 것 같습니다.	경제적 타당성 분석과 관련하여 관련 전문가 자문을 통해 보완하겠음. - 중점분야명도 다양한 측면에서 충분히 검토하겠음.	제 10 장 사업타당성 분석	
		B	• 철도 신호시스템의 문제점과 이슈	사업 기본방향 및 추진전	제6장 사	

수정·보완요구사항				조치계획	관련 항목	비 고
		위원	로부터 본 사업의 추진 필요성이 도출되어야 하는데 국내 철도신호산업의 경쟁력 확보 및 운영주권 회복, 시계시장 선점 등에 다소 무게중심이 쏠려 있는 것으로 보임(추진필요성, 비전과 사업목표 등). 사업의 추진 필요성과 사업목표, 사회적/경제적 타당성 및 파급효과의 논리 연결성을 보완할 필요가 있다고 판단됨. 또한 타 사업과 경쟁을 감안할 때 사업의 시급성에 대해서도 좀 더 논리를 보완할 필요가 있음.	략에 사업추진 분야도출의 과정을 논리적으로 보완하겠음.	업기본방향 및 추진전략	
		C 위원	• 전반적으로 아직까지 기술개발사업의 특성을 벗어나지 못하고 있어서 기술개발을 통한 상용화 파트를 어떻게 구체적으로 할 수 있고 이에 대한 경제적인 성과가 어떻게 날 수 있는지에 대한 전략과 근거가 제시될 필요가 있음. 해외시장 진출의 경우, 어떠한 국가들에 어떻게 접근해서 어떠한 성과들을 얼만큼 낼지 등 보다 구체화된 기획이 필요함.	사업추진체계 및 관리방안에 상용화에 대한 전략을 보완하겠음.	제8장 사업추진체계 및 관리방안	
		D 위원	• 전체적으로 세부과제를 한눈에 볼 수 있는 RFP는 별도로 작성되어 있는지 의문입니다. 앞서 말씀드렸던, 소요예산 세부산출내역과 함께 혹시 작성이 되어 있지 않다면, 정량적 목표와 주요결과물 등을 감안하여 미리 작성해 두는 것이 좋을 것으로 생각됩니다.	전체적으로 세부과제를 한눈에 볼수 있도로 제7장 중점추진분야 및 세부내용에 각 중점 추진분야별 개요와 과제 추진로드맵, 기술성과 추진로드맵을 제시하겠음.	제7장 중점추진분야 및 세부내용	
		E 위원	• 유럽지역에 수출을 염두에 둔다면 ISO TS 22163(IRIS) 인증을 획득하기 위한 방안을 마련할 필요가 있다고 판단됨	총괄 과제인 4-1) 사업총괄 및 시스템 안전성 확보, 인증 및 표준체계, 법제화 구축 과제에 인증과 관련된 국제 규격에 따른 연구내용을 반영하였음.	제7장 중점추진분야 및 세부내용	
		F 위원	• 국내 신호시스템 발주 동향을 보면 전동차와 신호시스템의 개발이 각자 제안서 데로 제작되어 인터페이	전동차와의 인터페이스 부분을 표준사양에 명시하여 추가비용이 수반되	제7장 중점추진분야 및 세	

수정·보완요구사항			조치계획	관련 항목	비 고
		스 부분에 인력과 비용이 추가 수반되는게 현실이므로, • 가능하면 본 연구시 전동차와 신호시스템의 공동개발 등 각자 요구사항에 대해서 공유가 되어 연구개발 효율성을 높일 필요가 있음	지 않도록 관리하겠음.	부내용	
	G 위원	• 시기적으로 적절하고 사업비규모도 무리하지 않게 산정된 것으로 보임.			
기획연구 종료시 주안점 또는 우려사항 등	A 위원	• 종료 시 우려사항: – 초심을 지키면서 “열차 간 협력기반 지능형열차자율주행”이 main이 되도록 관리하는 것이 중요합니다. 시간이 갈수록 익숙해짐으로 회귀할 수 있기 때문입니다.			
	B 위원	의견 없음			
	C 위원	• 연구종료시 향후 예타사업 준비를 위해서 보다 구체화된 자료들이 필요할 것으로 보이며 특별히 기술기획들은 대부분 보완이 되었으나 타당성조사를 본격적으로 할 수 있는 기반연구가 보완될 필요가 있음.	보고서 완성도를 높이기 위해 지속적으로 보완하겠음.	전체보고서	
	D 위원	• 어려운 과정을 거치신 연구진 분들게 먼저 수고하셨다는 말씀 드립니다. 기술적인 부분에 대해 워낙 많은 고민을 하신 것 같아, 저는 기술적인 부분보다는 전체적으로 보고서를 읽고 난 후의 느낌을 말씀드리고자 합니다. 초안본이므로 추후에 검토하시겠지만, 아직 오탈자가 다소 많은 것 같습니다. 용어도 통일해 주시면 좋겠습니다. 워낙 방대한 양이라 용어가 혼용되면 기획이 잘 되었다고 해도, 기획내용이 잘 전달되기 다소 어려울 수 있습니다. 예를들어 중점분야 아래 세부과제로	보고서 완성도를 높이기 위해 지속적으로 보완하겠음.	전제보고서	

수정·보완요구사항				조치계획	관련 항목	비 고
			구성되는 것으로 파악되는데, 일부에서 '세부과제'와 '과제', '기술구분' 등으로 혼용되어 사용되고 있습니다. 예타는 기술의 필요성과 기술간 구성 및 논리가 핵심이지만, 보여지는 인상도 무시할 수 없음을 감안하시어, 그동안 고생하신 노력을 놓치지 않도록, 첫 보고서가 들어가기 전에 전체적으로 확인을 한번 해주시면 감사하겠습니다.			
		F 위원	• 종래의 열차제어시스템과 전혀 다른 새로운 열차자율주행시스템의 성능평가를 위한 평가 기준 및 방법 설정으로 • 테스트 베드 구축시 열차자율주행 시스템의 기능 및 성능검증을 위한 lab 기반 성능평가 및 on site 기반 성능평가가 제시되어 있으나 • 테스트 베드구축시 기존설비 연계 최대한 기술 연구 활용으로 이중 연구비가 책정 되지 않고 저비용·고효율 도출 필요	기존 확보된 기술을 최대한 연계활용하도록 보완하겠음.	제6장 사업기본방향 및 추진전략 제7장 중점추진분야 및 세부내용	
		G 위원	• 총괄기획단계에서는 산업계의 참여가 많지 않아 보이는데, 세부 기획단계에서는 산업계의 적극적 참여 유도가 바람직함.	각분과위에는 산업계의 많은 참여를 통해 수행되었으며 본과제에서도 산업계의 적극적인 참여가 이루어지도록 관련 수행체계를 보완하겠음.	제8장 사업추진체계 및 관리방안	

부록 11 사업기획 기술수요조사서 양식

열차간 협력기반 지능형 열차자율주행 기술개발 사업 (가칭) 기획을 위한 기술수요조사

귀 기관의 무궁한 발전을 기원합니다.

현재 국토교통부에서 추진 중인 철도기술연구개발사업은 국가연구개발사업 효율화 방안 및 일몰 최종 결과(과기정통부, '17.12)에 따라 종료가 예정되어 있습니다.

이에 국토교통부는 국토교통과학기술진흥원, 한국철도기술연구원과 제어패러다임의 근본적인 변화(지상중심→차상중심)를 통한 철도 자율주행체계 구축을 위한 예비타당성 조사대응 사업기획(열차 간 협력기반 지능형 열차자율주행 기술개발 사업(가칭))을 추진 중입니다.

사업기획 연구진은 국가 사회적 문제 및 이슈, 현황 분석 등을 통해 4개 중점추진분야를 설정하고 향후 '22년부터 약 8년간 열차 간 협력기반 지능형 열차자율주행 기술분야 국가 연구개발 추진을 위한 세부기술 도출을 목적으로 국내 산·학·연·관 전문가 대상 기술수요를 조사하고자 합니다.

응답해주신 내용은 동 사업기획에 적극적으로 반영하여 더욱 실효성 있는 기술개발계획을 수립하고자 하오니, 바쁘시더라도 기술수요조사에 참여하여 좋은 의견 주실 것을 부탁드립니다.

2019. 10. 21.

조사기간 : 2019년 11월 11(월)일 까지
주최 : 국토교통과학기술진흥원
주관 : 한국철도기술연구원, ㈜날리지웍스
응답/문의처 : (주)날리지웍스 박성준 팀장 : ☏ 070-4035-9057
(주)날리지웍스 이유경 컨설턴트 : ☏ 070-4035-9577

※ 본 조사내용은『통계응답자의 의무 및 보호에 관한 법률』제33조(비밀의 보호)에 의거하여, 기획연구 이외의 어떠한 목적으로도 사용되지 않을 것임을 약속드립니다. 모쪼록 본 설문조사의 취지를 이해하시어 바쁘시더라도 조사 기간까지 psj@knowledgeworks.co.kr 로 응답해 주시면 감사하겠습니다.

※ 설문을 완성해 주시는 분께는 감사의 표시로 추후 모바일 상품권(스타벅스 커피 기프티콘)이 배송될 예정입니다.

국토교통부 KAIA 국토교통 과학기술진흥원

「통계응답자의 의무 및 보호에 관한 법률」
제33조 (비밀의 보호)
① 통계의 작성과정에서 알려진 사항으로서 개인이나 법인 또는 단체 등의 비밀에 속하는 사항은 보호되어야 한다.
① 통계의 작성을 위하여 수립된 개인이나 법인 또는 단체 등의 비밀에 속하는 자료는 통계작성 외의 목적으로 사용되어서는 아니 된다.

「열차간 협력기반 지능형 열차자율주행 기술개발 사업(가칭)」 기술수요조사서

1. 사업 추진 목적

- 대중교통체계의 핵심 교통수단으로써의 철도한계를 극복하기 위해서 과거 선진 철도신호 기술의 국산화 전략에서 벗어나 이제는 첨단 ICT 기반의 새로운 철도제어패러다임에서의 퍼스트 무버(First Mover) 전략으로 성능 및 기술의 한계를 극복한 세계 최고 수준의 철도신호기술 확보와 세계시장 선도를 위해 동 사업기획 추진

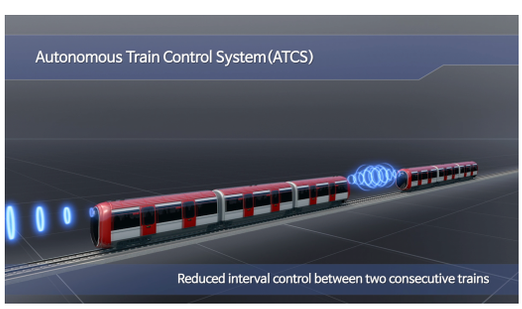
  - 광역대도시권 형성에 따른 철도 혼잡도(9호선의 경우 200% 초과)대응 한계를 극복하기 위한 열차 간 직접적인 통신기반의 열차제어 기술개발

  - 공급자 중심의 수송서비스 한계를 극복하기 위한 열차 간 직접통신기반의 자동분리결합 기술개발

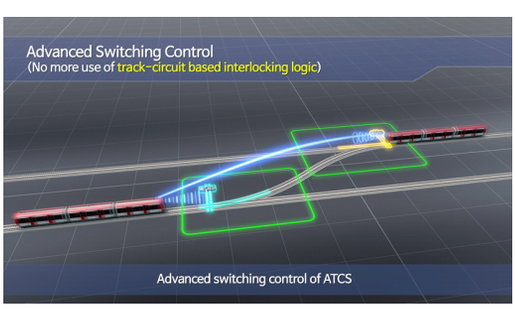
  - 이례상황 발생시 운영자 수동개입에 따른 운행지연과 인적오류 한계극복을 위한 열차 간 통신기반의 자율경합 해소 기술개발

  - 시장진입 한계극복과 기술선도 기반마련을 위한 새로운 제어패러다임의 철도신호시스템의 인증 및 표준체계 구축과 트랙 레코드 확보 기술개발

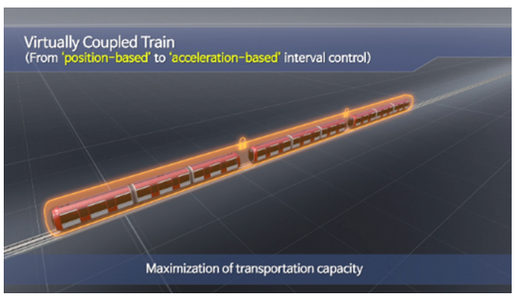
열차간 협력기반 지능형 열차자율주행 기술



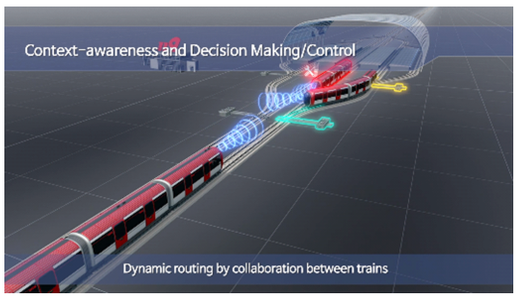
〈 T2T 기반 간격제어 기술〉



〈 열차-분기기 Direct 제어 기술 〉



〈 군집주행 및 분리결합제어 기술 〉



〈 경합 및 지연상황 인지 및 해소기술 〉

2. 사업 중점 추진 분야 (안)

중점분야 01	[열차중심 관제] 이례상황 발생시 열차 스스로 전방 상황을 인지하고 열차간 협업을 통해 대응하는 기술
중점분야 02	[열차중심 간격/분기제어] 지상 제어시스템(ZC, IXL) 없이 열차스스로 간격제어와 분기제어를 수행하는 기술 *ZC : Zone Controller, IXL : Interlocking
중점분야 03	[열차중심 편성제어] 열차간 직접적인 통신과 고정밀 제어기술을 기반으로 열차 무인자동 분리결합이 가능하도록 제어하는 기술
중점분야 04	[표준 및 인증체계] 신규 제어패러다임의 철도신호시스템의 트랙 레코드 확보를 위한 테스트베드 구축 및 시험평가, 인증 및 표준체계를 구축하는 기술

3. 향후 추진일정

- 신규사업 예타 기획에 활용(2019.11~2020.5월)
- 신규지원 사업으로 추진시 2022년 신규과제로 지원될 예정

  ※ 상기 일정은 사정에 따라 변경 가능

기술수요조사서 구성 및 작성 안내

1. 제안자 기본정보

- 제안자의 성명, 소속, 전화번호, e-mail을 기입해주시기 바랍니다.

2. 기술수요조사

2.1 제안기술명

- 제안해주시는 기술명에 대해 상세히 작성을 부탁드립니다.

2.2 기술개발목표

- 제안해주시는 기술의 정량적, 정성적 목표를 상세히 작성을 부탁드립니다.

2.3 기술분야

- 사업소개에 제시한 중점추진분야와 중점기술분야의 설명을 검토 후 해당하는 기술분야에 V 체크 표시를 부탁드립니다. (중복 체크 가능)
- 사업 추진 목적에 적합한 중점추진 분야 또는 중점기술분야를 신규로 제안 가능합니다.

〈예시〉

중점추진분야	세부 기술분야	V 체크
1. 열차중심 관제	1.1 열차중심 경합(지연)상황 인지 기술	V
	1.2 열차중심 경합(지연)해소 기술	
	1.3 기타(※ 필요세 세부 기술분야 추가 기능)	
2. 열차중심 간격/분기 제어	2.1 열차 간 통신기반의 간격 및 분기제어 기술	V
	2.2 기존시스템과 상호연계 기술	
	2.3 기타(※ 필요세 세부 기술분야 추가 기능)	
3. 열차중심 편성제어	3.1 가상연결기 기반 열차분리결합 제어 기술	
	3.2 가상연결기 기반 열차추진제동 기술	
	3.3 기타(※ 필요세 세부 기술분야 추가 기능)	
4. 표준 및 인증체계	4.1 시스템 통합 및 표준체계 구축	
	4.2 Lab. 기반 성능평가 기술개발	
	4.3 On site 기반 성능평가 기술개발	
	4.4 기타(※ 필요세 세부 기술분야 추가 기능)	

2.4 기술개발 필요성

- 제안해주시는 기술이 사업 추진 목적에 따른 정책적, 산업적, 기술적 필요성 관점에서 작성을 부탁드립니다. 실제 현장에서 발생하는 문제 해결 가능성 고려도 가능합니다.

2.5 기술개발 내용

- 제안해주시는 기술에 대한 구체적인 기술개발 내용을 작성 부탁드립니다.

2.6 제안기술의 기대효과

- 기술개발 달성시 예상되는 사회적, 경제적 기대효과에 대해 작성해주시기 바랍니다.

2.7 소요기간 및 예산

- 제안 기술을 개발하는 데 필요할 것으로 예상되는 기술개발 기간 및 비용(억원)을 작성해주시기 바랍니다

2.8. 예상 성과 및 활용처

- 기술개발 달성 시 산출되는 성과물과 각 성과물의 실제 활용처에 대해 제시 부탁드립니다.

※ 복수의 기술아이템을 제안해주실 경우 양식을 복사하여 제안해주셔도 무방합니다.

---------- 여기서부터 시작입니다 ----------

1. 제안자 기본정보 (필수*)

성 명*			
소속기관* /부서		직위*	
전화번호*		E-Mail*	

2. 기술수요조사 (기술개발 필요과제 제안)

2.1. 제안 기술명	- ※ 사업추진방향 관점에서 제시된 기술분야와 관련된 기술아이템을 제안해주시되, 기술아이템의 주요 기능이 드러날 수 있도록 제안기술명을 작성해 주시기 바랍니다
2.2 기술개발 목표	- - ※ 제안 기술아이템의 수준·성능 및 품질에 대한 달성목표를 가급적 정량적으로 제시해 주시기 바랍니다.
2.3. 기술분야	

중점추진분야	세부 기술분야	V 체크
1. 열차중심 관제	1.1 열차중심 경합(지연)상황 인지 기술	
	1.2 열차중심 경합(지연)해소 기술	
	1.3 기타(※ 필요세 세부 기술분야 추가 기능)	
2. 열차중심 간격/분기 제어	2.1 열차 간 통신기반의 간격 및 분기제어 기술	
	2.2 기존시스템과 상호연계 기술	
	2.3 기타(※ 필요세 세부 기술분야 추가 기능)	
3. 열차중심 편성제어	3.1 가상연결기 기반 열차분리결합 제어 기술	
	3.2 가상연결기 기반 열차추진제동 기술	
	3.3 기타(※ 필요세 세부 기술분야 추가 기능)	
4. 표준 및 인증체계	4.1 시스템 통합 및 표준체계 구축	
	4.2 Lab. 기반 성능평가 기술개발	
	4.3 On site 기반 성능평가 기술개발	
	4.4 기타(※ 필요세 세부 기술분야 추가 기능)	

<table>
<tr><td>2.4. 기술개발 필요성</td><td>-
-

※ 제안해주시는 기술이 사업 추진 목적에 따른 정책적, 산업적, 기술적 필요성 관점에서 작성을 부탁드립니다. 실제 현장에서 발생하는 문제 해결 가능성 고려도 가능합니다.</td></tr>
<tr><td>2.5. 기술개발 내용</td><td>-
-

※ 기술개발 목표를 달성하기 위하여 수행할 세부 기술의 내용 및 범위를 기술해 제시해 주시기 바랍니다.</td></tr>
<tr><td>2.6. 제안기술의 기대효과</td><td>-
-
-

※ 기술개발 달성시 예상되는 사회적, 경제적 기대효과에 대해 작성해주시기 바랍니다. (To – Be)</td></tr>
<tr><td>2.7. 소요기간 및 예산</td><td>( ) 년, ( )억원
※ 예상되는 연구개발사업의 소요기간 및 연구규모를 기입해 주시기 바랍니다.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">2.8. 예상 성과 및 활용처</td><td>예상 성과물</td><td>성과 활용처</td></tr>
<tr><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">※ 기술개발 완료시 예상 최종성과물과 성과물이 활용될 것으로 예상되는 수요처를 작성해 주시기 바랍니다..</td></tr>
</table>

- 설문 끝. 감사합니다. -

[기술수요조사서 참고1] 신규사업 중점추진분야(안)별 세부기술 예시

중점추진분야	세부 기술분야	기술 개요	세부기술 예시
1. 열차중심 관제	1.1 열차중심 전방상황 및 경합(지연) 인지 기술	열차의 전방상황을 스스로 인지하고 지연 및 경합상황을 예측하는 기술	• 열차 전방 상황 감시 및 인지 기술 • 이례 상황 조기대응을 위한 지능형 인프라 실시간 상태감시 및 인지 기술 • 러시아워/非러시아워 열차이용을 위한 승객 승하차 정보인지 기술 • 실시간 열차 경합예측 기술
	1.2 열차중심 경합(지연)해소 기술	열차 스스로 열차 간 협력을 통한 경합(지연)상황 해소 기술	• 실시간 수요변화 대응을 위한 열차스케줄링 기술개발 • 신속한 열차복구를 위한 원격제어기술 예) 원격 회복(리셋), 원격 주행 등 • 열차 간 협력기반 경합해소 및 지연확산 방지기술 • 열차간, 열차-관제간 선로자원 양도기술
2. 열차중심 간격/분기 제어	2.1 열차 간 통신 기반의 간격 및 분기제어 기술	지상 제어시스템(ZC: Zone Controller, IXL: Interlocking) 없이 열차 스스로 간격/분기제어 및 열차 간 직접통신 기술	• 열차중심 간격/분기제어를 위한 선로 인프라 좌표계 구축 및 DB 관리기술 • 열차간 선로자원의 배타적 소유를 위한 자원관리 기술 • 간격제어 및 분기제어 통합기술 • 열차 간 직접적인 합의를 기반으로 안전 주행간격 단축 한계를 극복하는 신호 기술 • 궤도회로 기반의 분기제어(switching control) 한계 극복기술 • 빠르고 신뢰도 높은 선로 분기 및 선로전환기술 • 열차가 직접 선로변 설비(선로전환기, PSD 등)를 제어하기 위한 object controller 개발 기술 • 열차 간 직접적인 통신(inter-train T2T) 및 열차와 선로인프라간 통신(T2I) 기술 • T2T 및 T2I 통신 보안기술
	2.2 기존시스템과 상호연계 기술	열차중심 간격/분기제어와 기존 열차제어시스템과의 상호연계 기술	• 기존 열차제어시스템과 연계운행(migration 전략 포함)계획 • KRTCS 1과의 연계기술 • KRTCS 2, 3과의 연계기술 • 기타 궤도회로 기반 열차제어와의 연계기술

중점추진분야	세부 기술분야	기술 개요	세부기술 예시
3. 열차중심 편성제어	3.1 가상연결기 기반 열차분리결합 제어 기술	열차의 안전한 분리와 결합이 가능한 열차제어 및 통신 기술	• 가상연결기 기반의 열차운행계획 기술 (자동편성 조성 및 열차스케줄링 포함) • 무선기반 열차통신네트워크(TCN) 및 TCMS 연계기술(intra-train T2T) • 상대 거리 기반 근접주행(군집주행)을 위한 열차간격제어기술 (Beyond Moving Block) • 가상연결기(Virtual Coupler) 기반 안전한 열차 결합 및 분리 제어기술 (신호시스템 감시에 기반한 안전한 편성 분리 결합기술 및 안전성 입증기술 포함) • 가상연결 열차무결성 확인기술 • 열차 간 상대거리 측위기술
	3.2 가상연결기 기반 열차추진제동 기술	열차의 안전한 분리와 결합이 가능한 차량추진 및 제동기술	• 예측 가능한 열차 제동기술 (열차 제동편차 최소화 기술) • 빠른 응답특성을 가지는 열차추진 및 제동기술 • 열차 가감속 향상기술 • 고정밀 제어를 위한 열차 모델링 기술
4. 표준 및 인증체계	4.1 시스템 통합 및 표준체계 구축	전체 시스템의 통합 및 열차자율주행시스템 표준 및 인증체계 구축기술	• 시스템 통합 및 인터페이스 기술 • 시스템 표준화 및 법제화 기술 • 시스템 검증(인증체계) 기술 • 시험평가결과의 적합성 평가제도 활용 체계구축
	4.2 Lab. 기반 성능평가 기술개발	Lab. 기반 시스템 검증을 위한 통합시뮬레이션	• Lab. 기반 시험평가 방안 도출기술 • Lab. 기반 지능형 시뮬레이션을 위한 통합 시뮬레이터 개발 • 시뮬레이터 건전성 입증기술 • 시스템 시험평가 및 검증 기술
	4.3 On site 기반 성능평가 기술개발	트랙레코드 확보를 위한 테스트 베드 구축 및 성능 확인	• On site 기반 시험평가 방안 및 트랙레코드 기준 도출 기술 • 테스트 베드 구축 기술 • On site 시험평가를 위한 테스트 베드 구축 • 테스트 베드 건전성 입증 기술 • 시스템 시험평가 및 검증 기술