

철도차량 유지보수 선진화 및 검수장비 자동화 기술개발 기획

2013. 12

Infrastructure
R&D Report

주관연구기관 / 서울메트로
공동연구기관 / 한국철도공사
한국철도기술연구원

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원장) 귀하

이 보고서를 "철도차량 유지보수 선진화 및 검수장비 자동화 기술개발 기획" 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2013. 12.

주관연구기관명 : 서울메트로
주관연구책임자 : 정수영 본부장
박시영 팀장
양용준 과장
고영훈 대리
이 동 과장
박달서 차장

공동연구기관명 : 한국철도공사
연구책임자 : 소진섭 차장
김광모 차장
정연일 부장
김대식 차장
김진우 차장
박근배 과장
김주원 대리
정형일 대리
김세기 부장
차재동 차장
한충석 과장
김종웅 파트장
김만태 차트장

공동연구기관명 : 한국철도기술연구원
연구책임자 : 권석진 책임연구원
김재철 책임연구원
서정원 선임연구원

보고서 요약서

과제고유번호		해 당 단 계 연 구 기 간	2013.4.29.~ 2013.12.29.	단 계 구 분	(시 단 계)/ (총 단 계)
연구사업명	중 사업명				
	세부사업명	건설교통연구기획사업			
연구과제명	대 과 제 명				
	세부과제명	철도차량 유지보수 선진화 및 검수장비 자동화 기술개발 기획			
연구책임자	정 수 영	해당단계 참 여 연구원수	총 : 22명 내부: 22명 외부: 명	해당단계 연 구 비	70,000천원
		총연구기간 참 여 연구원수	총 : 22명 내부: 22명 외부: 명	총연구비	70,000천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	서울메트로, 한국철도공사 한국철도기술연구원		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :			상대국연구기관명 :	
위 탁 연 구	연구기관명 :			연구책임자 :	
요약				보고서면수	200 p
○ 본 연구는 철도차량의 유지보수에 대한 선진화 기술 및 검수장비의 자동화 기술을 개발하기 위한 연구사업 추진에 앞서 명확한 목표 및 범위 설정과 합리적인 연구사업비 및 투입인력을 산정하고 동시에 연구목표 달성을 위한 추진방안 수립과 연구성과물에 대한 활용방안 및 실용화 추진방안 제시를 위한 기획연구임 - 국내외 철도차량 유지보수 및 검수시스템 현황조사 - 철도차량 유지보수시스템 선진화 및 검수장비 자동화 기술개발 로드맵 작성 및 핵심기술 정의 - 기술 개발 사양 도출 및 추진과제 발굴·기획 - 연구 목표 및 범위 설정 - 기술개발 동향 및 환경분석, 기술개발 전략 수립 - 연구목표 달성을 위한 추진전략 및 추진체계 수립 - 성과물에 대한 활용방안 및 실용화 추진방안 제시 - 인력투입 계획 및 소요예산 산정, 연구개발 사전타당성 조사 - 과제공모를 위한 RFP 작성 및 평가기준 설정					
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	철도차량,유지보수,진단,자동화,선진화			
	영 어	Railway Vehicle,Maintenance,Diagnosis,Automation,Advancement			

목 차

제1장 서론	1
제1절 기획의 필요성 및 목표	3
1. 기획연구의 필요성	3
2. 기획연구의 목표	6
제2절 기획의 추진방향 및 범위	8
1. 기획연구 추진방향	8
2. 기획연구 범위	8
제2장 국내외 철도차량 유지보수, 검수장비 자동화 현황 분석	11
제1절 정책, 시장, 기술, 특허, 논문 동향분석	11
1. 국내외 정책동향	11
2. 시장동향	15
3. 기술동향	21
4. 특허분석	30
5. 논문동향분석	42
6. 논문/특허 분석에 대한 시사점	49
제2절 철도차량 유지보수, 검수장비 자동화 유지보수 현황분석	50
1. 국내철도차량 유지보수 현황	50
2. 일본철도차량 유지보수 현황	83
제3절 시사점	93
1. 문제점 발굴 및 해결방안 모색	93
2. 국내 철도차량 유지보수 체계 기술, 검수장비 자동화 기술, 친환경 철도차량기지 기술 발전 방향	98
3. SWOT 분석	107
제3장 개발기술 분석 및 우선추진순위 선정	115
제1절 기술의 정의 및 필요성	115
1. 기술의 정의	115
2. 필요성	117
제2절 개발기술의 요구사항 분석	121
1. 철도차량 운영기관 수요조사	121
2. 철도 운영기관 기술 수요조사 세부내역	122

3. 철도차량 관련업체 기술조사	126
4. 기술개발 수요에 의한 요구사항 핵심과제 도출	130
제3절 우선 추진순위 선정 및 추진전략	133
1. 기술의 우선추진순위 선정배경	133
2. AHP 분석	134
3. 전문가 자문회의	136
4. 최종 리스트	139
제4장 연구개발과제 구성 및 추진전략	147
제1절 비전 및 목표	147
1. 비전	147
2. 연구목표 및 세부과제별 목표	150
제2절 연구개발과제 추진전략	164
1. 연구개발과제 추진전략	164
제3절 연구개발과제 추진체계	165
1. 기획대상과제 선정결과	165
2. 기획대상과제 조정결과	166
3. 연구개발과제 추진체계	167
제4절 기술개발에 따른 미래상	170
1. 철도차량 유지보수 과학화	171
2. 철도차량 검수장비 고도화 및 고장기준 평가 기술개발	172
3. 친환경 철도차량 기지설계 기술개발	173
제5절 핵심기술요소 선정 및 TRL 목표	174
제6절 연구개발과제 구성	177
1. 철도차량 유지보수 체계 기술개발	177
2. 철도차량 검수장비 자동화 기술개발	178
3. 친환경 철도차량기지 기술개발	179
제7절 과제별 기술 로드맵 및 연차별 기술개발 계획	180
1. 과제별 기술 로드맵	180
2. 연차별 기술개발 계획	183
제5장 기술개발 기대효과 및 타당성 검토	191
제1절 정책의 타당성	191
1. 정부 주요 정책과의 부합성 검토	191

제2절 기술적 타당성	192
1. 철도차량 유지보수 과학화	192
2. 철도차량 검수장비 자동화 기술개발	192
3. 친환경 철도차량 기지설계 기술개발	193
제3절 경제적 타당성	193
1. 철도시스템 관점의 효과	193
2. 철도 이용고객 민원 감소효과	194
3. 철도사고 예방효과	194
4. 철도시스템 유지보수 및 검수장비 자동화 관련기술 수입대체 효과	194
5. 철도시스템 유지보수 및 검수장비 자동화 기술 수출효과	194
6. 주요 예상성과에 따른 무형적 경제효과	195
7. 활용방안에 의한 경제적 효과	195
제4절 타당성 검토 종합	196
1. 기술개발투자의 시의성, 시급성	196
2. 정부 상위계획과의 부합성	196
3. 국토교통부 주도의 개발 및 지원 필요성	197
4. 정부 미지원시 문제점	197
제6장 소요예산 산정	201
제1절 전체사업 소요예산	201
제2절 과제별 소요예산	202
1. 철도차량 유지보수 체계 기술개발	202
2. 철도차량 검수장비 고도화 및 고장기준 평가 기술개발	203
3. 친환경 철도차량기지 기술개발	204
제7장 과제 제안요구서	207
제1절 철도차량 유지보수 체계 기술개발 제안요구서	207
제2절 검수장비 고도화 및 고장기준 평가 기술개발 제안요구서	210
제3절 친환경 철도차량 기지설계 기술개발 제안요구서	217
참고문헌	220

표 목 차

[표 1-1] 철도수송 인원	3
[표 2-1] 범유럽 교통망계획('07~'13년)	13
[표 2-2] 독일의 교통부분 투자계획	14
[표 2-3] 특허분석기준	31
[표 2-4] 특허분석범위	32
[표 2-5] 주요 핵심특허 현황	40
[표 2-6] 논문 분석 기준	43
[표 2-7] 기술별 검색 조합식 및 대상논문건수	43
[표 2-8] 주요 피인용 논문 현황	46
[표 2-9] 3년 내 발표논문 중 피인용수 높은 논문(Hot Paper) 현황	47
[표 2-10] 서울메트로 전동차 운행현황	51
[표 2-11] 국내 철도차량 운영기관 현황	60
[표 2-12] 국내 도시철도차량 운영기관 철도차량 보유현황	62
[표 2-13] 한국철도공사 철도차량 보유현황	62
[표 2-14] 서울메트로 철도차량 보유현황	63
[표 2-15] 부산교통공사 철도차량 보유현황	63
[표 2-16] 대구도시철도공사 철도차량 보유현황	64
[표 2-17] 인천교통공사 철도차량 보유현황	64
[표 2-18] 대전·광주도시철도공사 철도차량 보유현황	64
[표 2-19] 신분당선(주), 부산김해경전철운영(주) 철도차량 보유현황	65
[표 2-20] 서울메트로 철도차량 유지보수 조직현황	67
[표 2-21] 한국철도공사 철도차량 유지보수 조직현황	67
[표 2-22] 서울도시철도공사 철도차량 유지보수 조직현황	68
[표 2-23] 부산교통공사 철도차량 유지보수 조직현황	68
[표 2-24] 대구도시철도공사 철도차량 유지보수 조직현황	69
[표 2-25] 인천교통공사 철도차량 유지보수 조직현황	69
[표 2-26] 대전도시철도공사 철도차량 유지보수 조직현황	69
[표 2-27] 광주도시철도공사 철도차량 유지보수 조직현황	70
[표 2-28] 신분당선(주) 철도차량 유지보수 조직현황	70
[표 2-29] 부산김해경전철운영(주) 철도차량 유지보수 조직현황	70
[표 2-30] 도시철도 운영기관별 철도차량 경정비검사 현황	72
[표 2-31] 도시철도 운영기관별 철도차량 중정비검사 현황	73
[표 2-32] 검사 종류별 약호	74
[표 2-33] 일반차량 검수 종류	75

[표 2-34] 고속차량 검수 종류	76
[표 2-35] 디젤기관차 검수 종류	76
[표 2-36] 디젤동차 검수 종류	77
[표 2-37] 전후동력형 새마을동차 검수 종류	77
[표 2-38] 신형전기기관차 검수 종류	78
[표 2-39] 객차(테마차량 포함) 검수 종류	78
[표 2-40] 화차 검수 종류	79
[표 2-41] 발전차 검수 종류	79
[표 2-42] 운영기관별 보유장비 현황	80
[표 2-43] 상태검사장비 등 중요장비 성능 현황	81
[표 2-44] 운영기관별 근무형태 및 근무시간 현황	82
[표 2-45] 무사시가오카 차량검사	83
[표 2-46] 아야세 차량검사	85
[표 2-47] 중수선 작업공정	85
[표 2-48] 쇼우자쿠 차량검사	87
[표 2-49] 아보시 차량검사	89
[표 3-1] AHP 기술개발 우선순위	135
[표 3-2] AHP 기술수요조사	135
[표 3-3] 전문가 자문회의 가중치 분석(철도차량 유지보수 체계 기술)	136
[표 3-4] 전문가 자문회의 가중치 분석(철도차량 검수장비 자동화 기술개발)	137
[표 3-5] 전문가 자문회의 가중치 분석(친환경 철도차량기지 기술개발)	138
[표 3-6] 기존 연구와의 중복성 검토	142
[표 4-1] 철도차량 검수장비 고도화 및 고장기준 평가 기술개발 대상	159
[표 4-2] 핵심기술요소 후보	174
[표 4-3] 핵심기술요소 선정	175
[표 4-4] 핵심기술요소 목록	176
[표 4-5] 기술성숙도 단계별 목표	176

그 림 목 차

[그림 1-1] 국토해양 R&D 발전방향	5
[그림 2-1] The World Market for Vehicles Maintenance (2011년)	16
[그림 2-2] Shares of transport markets in the total after-sales market (2011년)	16
[그림 2-3] Market volume of after-sales services Top-10 Countries (2011년)	17
[그림 2-4] Market volume of after-sales services Vehicle Segment (2011년)	17
[그림 2-5] Shares of Maintenance Stages in the total after-sales market (2011년) ..	18
[그림 2-6] Number of sites by region (2011년)	18
[그림 2-7] Top-10 Manufacturers and service providers by turnover in the after-sales (2011년)	18
[그림 2-8] Total Nondestructive Test Equipment Market : Revenue Forecast, Global, 2008~2016	19
[그림 2-9] Total Nondestructive Test Equipment Market : Percent Revenue Forecast by Region, Global, 2008~2016	20
[그림 2-10] Percent of Sales, Total Nondestructive Test Equipment Market : Global, 2011	20
[그림 2-11] Nondestructive Test Equipment Market Top Competitors	21
[그림 2-12] 차량 위에 설치된 적외선 카메라와 전차선 열화상 이미지	22
[그림 2-13] 음향홀로그래피법을 이용한 철도차축베어링 이상 진단	23
[그림 2-14] 레일 설치형 차륜 답면 탐상용 시험	23
[그림 2-15] 차륜결함검사장치	24
[그림 2-16] 차륜 진동 감지장치	24
[그림 2-17] 윤축탐상설비 및 대차분해 조립틀	26
[그림 2-18] 차륜삭정기 및 윤축 축상조립	27
[그림 2-19] 윤축 분해조립 설비 및 집진설비	27
[그림 2-20] 중국의 WASH SYSTEM	28
[그림 2-21] 일본동경차량종합센터 택트시스템	29
[그림 2-22] 중정비 체계	29
[그림 2-23] 독일 Krefeld 검수공장의 차륜초음파 탐상장치	30
[그림 2-24] 독일 Nuremberg 검수공장의 차륜초음파 탐상장치	30
[그림 2-25] 출원년도 및 국가별 출원추이	33
[그림 2-26] 세부기술별 특허출원동향	34
[그림 2-27] 주요 출원인 동향	34
[그림 2-28] 연도별 주요 출원인 동향	35
[그림 2-29] 기술별/국가별 기술 분포(버블형)	36
[그림 2-30] 국가별 출원건수 및 시장 확보 지수	36
[그림 2-31] 국가별 인용도지수	37
[그림 2-32] 국가별 영향력지수 및 기술력지수	37
[그림 2-33] 특허 등고선 맵	38

[그림 2-34] 세부기술별 특허 등고선 맵	39
[그림 2-35] 핵심특허 도면	41
[그림 2-36] 핵심특허(US5492002A) 평가결과	42
[그림 2-37] 연도별 논문 발표 추이 및 주요 등재 저널	44
[그림 2-38] 논문 발표 주요 국가	45
[그림 2-39] 논문 발표 주요 저자	45
[그림 2-40] 논문 발표 주요 연구기관	45
[그림 2-41] 핵심논문 발표현황	48
[그림 2-42] 특허기술 연계 기술발전 추이	48
[그림 2-43] 논문 발표 연계 기술발전 추이	48
[그림 2-44] 경정비 프로세스	71
[그림 2-45] 중정비 프로세스	71
[그림 2-46] 무사시가오카 차량기지	84
[그림 2-47] 대차 작업장 레이아웃	86
[그림 2-48] 아야세 차량기지	86
[그림 2-49] 쇼우자쿠 차량기지	88
[그림 2-50] 검수자동화 장치	90
[그림 2-51] 아보시 차량기지	91
[그림 2-52] IT 융합 진단기술 및 윤축 검사장비	97
[그림 3-1] 철도차량 유지보수 과학화 기술	115
[그림 3-2] 검수장비 자동화 기술	116
[그림 3-3] 친환경 철도차량기지 기술	117
[그림 3-4] 해외 철도차량 유지보수 관련 장치	127
[그림 3-5] 자동검사장치 및 CSMS 장치	128
[그림 3-6] 일상검사장치, 초음파측정장치, 윤축형태측정기, 차축발열검사장치	129
[그림 4-1] 철도차량 유지보수 및 검수장비 기술 현황	148
[그림 4-2] 기술 개발에 따른 성과물	148
[그림 4-3] 철도차량 유지보수체계 및 검수장비 자동화 과제 구성도	149
[그림 4-4] 기술개발 방향 및 연구에 대한 추진전략	164
[그림 4-5] 기술개발 미래상	170
[그림 4-6] TRL 단계별 정의	174

제1장

서론

➡ 제1절 기획의 필요성 및 목표

➡ 제2절 기획의 추진방향 및 범위

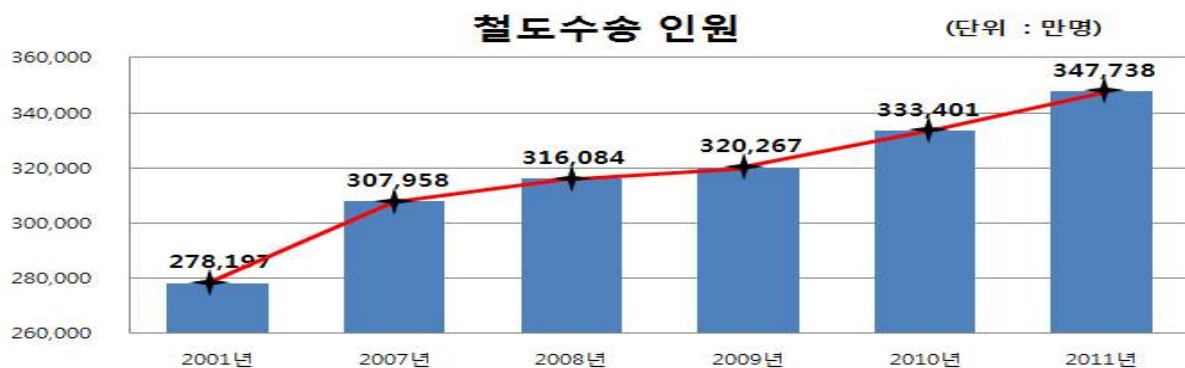
제1장 서론

제1절 기획의 필요성 및 목표

1. 기획연구의 필요성

- 철도는 도로수송 대비 CO2 배출 18~37%, 에너지 소비 12~36% 수준인 친환경 교통수단으로 철도여객은 승용차 대비 CO2 배출 18%, 에너지 소비 12% 수준으로 친환경적인 운송수단임.
- 여객에 대한 도로수송 비용은 198.8원/인·km이고 철도수송 비용은 6.6원/인·km으로 도로수송 대비 192.2원/인·km, 화물에 대한 도로수송 비용은 도로 182.7원/톤·km이고, 철도수송 비용은 9.7원/톤·km으로 도로수송 대비 173원/톤·km의 사회적 비용을 절감할 수 있는 효율적인 수송수단임.
- 대도시권 지역의 도로면적 비율은 서울 12.7%, 부산 6.6%, 대구 6.0%, 인천 6.5%, 광주 7.2%, 대전 6.4%, 울산 3.8% 정도의 수준이고, 철도면적 비율은 서울 1.1%, 부산 0.5%, 대구 0.3%, 인천 0.2%, 광주 0.4%, 대전 0.7%, 울산 0.2% 정도로 대중교통 확충 및 이용환경 개선을 위한 철도 비율 증대가 필요함.
- 경부고속철도 2단계 개통('10.11)의 영향으로 KTX 이용승객 증가와 대도시권 철도네트워크 확대에 따른 광역철도 및 도시철도 이용승객이 증가 등으로 고속철도망 구축 본격추진과 대도시권 철도망 확충 등에 따라 철도이용 인원이 증가하고 있는 추세임.

[표 1-1] 철도수송 인원



- 철도 고객의 수요는 고도화, 다양화되고 있으며, 철도 운영기관은 고속성, 쾌적성, 편리성을 위하여 지속적으로 노력하고 있음.
- 최근 5년(2008년~2012년) 고속도철도의 안전사고는 집중적인 안전관리와 주요 부품의 교체로 사고 및 장애가 2012년 다소 감소하였으나, 5년 운행장애 발생 추이로 판단(평균값 이상)시 증가 추세다. 사고 건수의 경우 고속철도의 건수가 일반 철도나 도시철도에 비해 현저하게 낮은 반면 장애의 경우 오히려 도시철도 건수보다 높은 빈도를 보이고 있다.
- 고속철도 운행장애 건수 감소 노력 필요
 - '09년 42건 → '10년 90건 → '11년 112건 → '12년 101건
- 고속철도는 지연운행 중에서 열차사고와 관련된 지연운행(위험요인)을 찾아서 현황화해보면 '11년(지연운행112건) 및 '12년(지연운행 101건)은 각각 28건이 열차사고로 진전될 수 있는 주요 잠재 위험요인들이다. 연도별로 지속적으로 증가추세이며 줄어들지 않은 것으로 나타났다. 위험요인들이 줄어들지 않는 이유에 대해 보다 근본적인 원인을 규명하고 대책마련 할 필요가 있는 것으로 판단된다.
- 도시철도는 운영노선 및 차량 증가에 따라 운행장애가 증가하고 있고 열차사고 빈도는 작으나 '12년도에는 열차사고(충돌, 탈선, 화재)로 경상자가 고속철도 및 일반철도에 비해 많이 발생하여 위험도 심각도 값(등가사망자/건별)이 높아져 실제 위험도 값이 높아지는 경향이 있다.
- 도시철도는 지연운행 중에서 열차사고와 관련된 지연운행(위험요인)을 찾아서 현황화해보면 '11년(지연운행56건) 및 '12년(지연운행 57건)은 각각 9건, 16건이 열차사고로 진전될 수 있는 잠재 위험요인들이다. 연도별로 지속적으로 증가추세이며 줄어들지 않은 것으로 나타났다. 위험요인들이 줄어들지 않는 이유에 대해 보다 근본적인 원인을 규명하고 대책마련 할 필요가 있는 것으로 판단됨.
- 또한, 국토해양부에서는 2011년도에 '제2차 철도안전종합계획(5개년 계획)'을 통해 체계적인 철도사고 원인분석에 기초한 안전관리를 핵심 추진방향으로 정하고, 대형 철도사고 발생 Zero화(신규), 1억km당 열차사고 발생건수 10% 감축(계속), 1억 km당 사망자수 10% 감축(신규)을 목표로 세웠다. 대형철도사고(결과) 중심의 관리에서 사고원인분석에 기초한 안전관리로 추진방향을 개선하고 있음.
- 철도차량 유지보수(Maintenance)는 철도 안전·서비스의 원천으로 경영상의 가장 중요한 코스트지만, 효율적인 철도차량 유지보수, 검수장비 자동화, 친환경 철도차량기지에 대한 개선을 위한 체계적인 연구는 없었음.
- 효율성이 적용된 합리적인 유지보수를 위한 철도차량 유지보수 체계 기술, 검수장비 자동화, 친환경 철도차량기지 기술개발은 이전의 방법을 답습하고 있음
- 국토해양부의 새로운 철도 연구개발 비전과 강소기업 육성전략 발표에서 국민행복

을 위한 빠르고(SMART) 안전하고(SAFE) 경제적인(ECONOMICAL) 철도개발을 위해 빠르고 지능적인 철도, 안전하고 편리한 철도, 정확하고 경제적인 철도를 포함하고 있음.



[그림 1-1] 국토해양 R&D 발전방향

- 철도차량 운행연수의 증가에 따라 차량부품의 손상발생 가능성이 증가하고 있고 고장으로 인한 운행 지연 사고가 증가하고 있어 이상 징후 파악 및 조기 진단을 통하여 운행지연 사고 및 대형 사고를 예방 할 수 있는 기술의 개발이 요구되고 있음.
- 최근 열차의 고장장애의 주요원인으로 차량 유지보수문제가 부각되고 있지만, 경제적이고 효율적인 철도차량 유지보수를 위한 관련 체계, 장비의 선진화가 필요하며 관련 인력이 투입되기 어려운 부문은 자동화가 필요한 시점임.
- 산업 설비 및 기계 설비 시설의 정비 패러다임이 고장 후 정비하는 사후 정비(Break-down Maintenance)에서 예방정비(Preventive Maintenance)로 발전하고 있고 최근에는 시간기반 정비(TBM, Time Based Maintenance)에서 상태기반 정비(CBM, Condition Based Maintenance)로 정비의 패러다임이 바뀌고 있음. 따라서 이러한 변화에 대응한 철도 시스템 정비 기술 선진화 필요함.
- 상태기반 정비는 설비 진단 기술, 상태 감시 기술에 근거하여 설비의 상태를 정확

히 취득하고, 결함을 가능한 조기에 검지, 그 경과를 추적하여 향후의 진전을 예측하고 적절한 시기에 정비를 수행.(유지보수 비용을 최대 사후 정비의 50% 까지 절감 가능하며 돌발고장을 감소시키고 고장으로부터 기인한 연속적인 2차 손상을 회피하여 설비의 수명이 증가함)

- 철도의 안전성 확보를 위한 유지 보수를 담당하고 있는 현장 기술자의 기술 역량 향상을 위하여 독자적인 기술 개발을 통한 검사 시스템 운용 및 관리 기술을 확보할 필요가 있음.
- 경영 효율 측면에서 검수주기의 연장에 대한 요구를 만족시키고 동시에 안전성을 확보하기 위해서는 신뢰성 있는 진단 및 검사 기술 개발이 필요.
- 국내 현장에서는 검사기술에 대한 해외 종속이 심화되어 대부분 검사 시스템을 단순 도입하여 이용하는 수준이라 장비 이상 발생 시 적절한 조치가 어렵고, 적시에 검사를 수행하지 못하는 경우도 있어 국내 고유 기술 개발이 시급함.
- 잠재적 경쟁 국가에 종속되어 있는 검사 시스템 분야 문제를 해결하고 철도 분야 경쟁력 확보차원에서 고유한 비파괴검사(NDT) 기술 개발을 통하여 국내 철도차량 검수기술 자립을 달성하고 세계를 선도하는 고유한 브랜드의 첨단 검사 및 진단시스템 기술 개발 필요.
- 유지보수를 위한 검수장비 자동화는 세계적인 추세로, 생산성, 품질향상과 작업의 리드타임 감소는 물론, 검수인공의 감소, 정밀도, 작업조건의 향상효과를 가져올 수 있으며, 또한 사무자동화를 통하여 수송수요를 고려한 차량운영 체계 수립과 검수 계획 수립, 관리효율화, 고장발생 상황을 고려한 검수내용 적정화를 계획, 비용, 인력, 시간절감은 물론 고장특성의 통계적 분석이 가능하게 됨.

2. 기획연구의 목표

- 1980년대 기술 수준인 철도차량 유지보수 방법에 대한 선진사례를 연구하여 합리적인 관리방법을 제시, 경제적·효율적인 정책 대안 개발
- 철도차량 유지보수 선진화를 위하여 현재 타 연구과제에서 개발 중인 각종 기술을 포함하는 정비기술을 적용하여 포괄적인 정비체계를 재구성
- 일괄적인 검사체계에 대한 과잉정비를 해소하기 위한 합리적인 상태기반 검사기술을 개발 적용함으로써 정비비용 합리화 및 안전성 강화로 신뢰받는 철도 구현
- 인력위주의 정비방식을 정량적인 데이터 생성이 가능한 상태정보를 확보하는 상태진단 기법을 도입하여 사회적인 비용 절감
- 인력 투입을 최소화 할 수 있는 정비체계를 구성하여 인구 감소에 따른 기술인력 감소에 대비한 철도 자동화 시스템을 구현

- 철도차량을 1량 단위로 기기를 분리하여 분해·검사·수선하는 유지보수 시스템을 철도차량을 연결한 편성 채로 대차, 지붕위 기기, 연결장치 등을 동시에 착탈하는 검수설비 기술을 개발하여 철도차량 가용성 향상
- 철도차량과 관제 등의 지상과 상호 인터페이스가 가능한 정보통신기술(ICT)를 접목하여 상태감시 체계를 포함하는 종합적인 정비기술을 개발하여 합리적이고 안전한 신뢰성 있는 기술 개발
- 중정비 이후 발생하는 초기고장을 줄이기 위한 다양한 분석 및 대책의 일환으로 중정비 수선공장의 집중화에 대한 새로운 분석 및 개념 적용
- 운행하는 철도차량의 상태를 확인할 수 있는 첨단 검수장비와 자동화 기술을 개발하여 차량의 상태를 진단할 수 있는 체계 구축
- 철도차량 성능확인 장비와 고장진단 장비 기술을 개발하여 철도차량 운행의 안전성과 신뢰성 확보
- 철도선진국에 종속된 검수장비의 자동화 기술을 개발하여 적용함으로써 기술적인 독자성을 확립하고 핵심기술을 이용한 국내 및 국외 자동화 장비 점유율 증대 및 강소기업 육성
- 첨단 통신기술(ICT)을 철도차량에 적용하여 실시간 운행감시체계 구성 및 고장진단으로 세계 철도기술 선도
- 차량에 대한 원격 모니터링 및 제어기술을 개발 적용하여 인적오류 최소화
- 체계적인 정비시스템 구축 및 장비 현대화
 - 철도차량 고장 최소화 및 관리비용 절감을 위한 철도차량 유지보수 방법 개선
 - 신뢰성 중심 유지보수 기반 정비시스템 개발
 - 스마트 철도차량 유지보수 기술개발
 - 철도차량 운행을 감시할 수 있는 시스템 구축 기술개발
 - 가용도 향상을 위한 유지보수시스템 향상 기술개발
- 지방자치단체 및 주변 주민의 기피시설인 철도차량 기지시설을 친화시설로 전환하기 위한 기지시설 지하화를 비롯한 전향적인 친환경 기술을 도입할 수 있는 토대 마련
- 중정비 기지시설에서 수선공정의 집중 배치로 인한 공간 제한을 해소하기 위하여 중정비 수선공정을 분산 배치하는 타당성에 대한 기초 연구
- 철도차량기지에 친환경 기술 및 소재를 적용하는 설계 및 구축기술을 개발 적용하여 환경 오염원으로써의 차량기지를 새롭게 재구성 및 활용하여 철도에 대한 이미지를 개선하고 각종 에너지원으로 철도차량기지 재생산
- 철도차량기지의 구내 Layout 등의 불합리성을 개선하여 철도차량과 궤도시설의 이상마모 개선, 구내 철도차량의 탈선 및 차륜 급속마모의 원인 제거, 검수선, 검수고배치, 편의설비, 사무실 배치 등에 대한 표준 설계 모델을 제시하여 철도차량 운영

기관 차량기지 설계 시 설계비용 절감

- 철도의 경쟁력 확보와 기술변화에 대응할 수 있는 철도차량 유지보수 선진화, 철도차량 검수장비 자동화, 친환경 철도차량기지 기술개발을 통하여 운영기관 기술수요와 연계된 철도차량 유지보수 효율화 연구개발과제를 도출하고자 함.

제2절 기획의 추진방향 및 범위

1. 기획연구 추진방향

- 본 연구는 철도차량의 유지보수에 대한 선진화 기술 및 검수장비의 자동화 기술을 개발하기 위한 연구사업 추진에 앞서 명확한 목표 및 범위 설정과 합리적인 연구사업비 및 투입인력을 산정하고 동시에 연구목표 달성을 위한 추진방안 수립과 연구성과물에 대한 활용방안 및 실용화 추진방안 제시

2. 기획연구 범위

- 국내외 철도차량 유지보수 및 검수시스템 현황조사
 - 운영기관별 차량 검수기지 현황 및 유지보수, 검수장비 현황 조사
 - 운영기관별 차량 유지보수 프로세스 및 검수체계 조사
- 철도차량 유지보수시스템 선진화 및 검수장비 자동화 기술개발 로드맵 작성 및 핵심기술 정의
 - 철도차량 유지보수시스템 및 검수장비 기술의 과거, 현재, 미래에 대한 로드맵 및 기존 과제와 연계성, 차별성 도출
 - 기술 단계별 증장기 기술개발 계획(목표 사양·수준 및 기술개발 달성 시점 명시)
 - 검수체계개선, 자동검사장치, 비파괴검사, 자동세척장치, 자동도장장치, 자체 자동분해 및 자동 조립 공정 기술 등 핵심기술 정의
- 기술 개발 사양 도출 및 추진과제 발굴·기획
 - 철도차량 유지보수시스템 선진화 및 검수장비 자동화 기술 도출 및 개발 요구사항 검토
 - 추진과제별 기술개발 효과 및 경제성 분석
 - 기술 단계별 실용화 적용 방안 및 안전성 신뢰성 검증을 위한 Test-bed 추진 계획 수립
 - 기술개발 우선순위 선정 및 소요예산, 추진방법 수립

제2장

국내외 철도차량 유지보수, 검수장비 자동화 현황 분석

➡ 제1절 정책, 시장, 기술, 특허, 논문
동향분석

➡ 제2절 철도차량 유지보수, 검수장비
자동화 유지보수 현황분석

➡ 제3절 시사점

제2장 국내외 철도차량 유지보수, 검수장비 자동화 현황 분석

제1절 정책, 시장, 기술, 특허, 논문 동향분석

1. 국내외 정책동향

가. 국내 정책동향

- 철도는 다른 교통수단 가운데 친환경적이며, 대량수송에 유용한 수단으로 인식되고 있는데 반해, 주요 철도망은 일제 강점기에 건설, 해방 이후 철도투자는 산업철도 건설과 노후된 기존선 개량에 치중되고 있는 실정임
- 이산화탄소저감 정책에 따라 정부는 온실가스 배출량을 2020년까지 전망치 대비 63~67% 수준까지 감축기로 하고 철도에 대한 투자계획 확대하고 있음
- 경부선과 호남선에 투입될 고속전철의 지속적인 추가물량 증가와 함께 평창 동계올림픽의 유치로 동서지역을 연결하는 200Km/h급 이상 고속차량의 수요증가 및 장기적인 관점에서는 서울과 제주도를 연결하는 고속철도 수요의 증가가 예상됨
- 한편 국토해양부에서는 세계적인 지구온난화 방지를 위한 이산화탄소 절감을 국가적 목표로 삼고, 국가의 교통정책의 도로중심에서 철도중심으로 변화하는 ‘국가기간 교통망계획’을 새롭게 수정함에 따라 철도산업의 획기적인 성장이 예상됨
- 이러한 계획으로 향후 국내 철도시장의 전반적인 확대와 더불어 고속화된 차량수요 및 전기기관차, 전동차, 고속전철, 경전철, 자기부상열차 등과 같이 친환경 고부가가치 차량의 수요증가가 예상됨
- 2000년대에 들어 첫 도시철도가 개통된 광주와 대전뿐만 아니라, 서울을 비롯하여 이미 도시철도를 보유하고 있는 부산, 대구, 인천 등 지방자치단체들도 지속적인 증설계획을 추진 중에 있음
- 2011년 4월 정부가 총 사업비 88조원 규모의 ‘제2차 국가철도망 구축 계획(2011~2020)’을 확정·발표하면서 2020년까지 주요도시가 KTX 고속철도망에 연결돼 전국이 ‘90분대’, 광역·급행 철도망(GTX)이 구축되는 수도권은 ‘30분대’ 생활권으로 계획 될 전망이어서 향후 철도투자가 더욱 활발해 질 것으로 예상됨
- '10.09.01 정부는 국토해양부 주관으로 “미래 녹색교통 구현을 위한 KTX 고속철도망 구축전략”으로 도로교통 중심의 국가교통망을 철도 중심으로 전환시키겠다는 정책적인 비전을 다음과 같이 제시하였음

- 목표 : 전국을 일상통근시간대인 90분대로 연결, 단일 도시권으로 통합
- 추진과제
 - 전국 주요거점을 KTX망으로 연결
 - 거점도시권내 30분대 광역-급행 교통망 정비
 - 5+2 광역경제권 특성화 발전 지원
 - 국토 전반을 대외 개방형 공간구조로 전환
 - 철도산업을 고부가가치 성장 동력으로 육성
- 주요 실천과제
 - 기존 경부/호남 고속철도의 적기 완공
 - 건설/운영 중인 주요 노선의 230kph급 고속화
 - 광역급행철도(GTX)의 추진
 - 도시/광역철도의 적기 완공 및 급행 위주 개선
- 이러한 정부의 정책방향은 국내 철도건설시장 자체뿐만 아니라 철도와 연관된 주변산업 및 다양한 형태의 시장수요를 창출하고,
- 철도 운영기관에서도 열차운행밀도의 향상을 통한 고객의 열차 이용시간대 확충과 더불어 가장 쾌적하고 안락한 열차 이용환경 구축을 위한 유지를 필요로 하고 특성상 주기적이고 반복적인 유지보수작업이 필요함.
- '13.6.10 국토교통부는 부산국제철도물류전을 통해 창조경제를 위한 새로운 철도 연구개발 비전과 강소기업 육성전략을 발표하였고, 새로운 비전은 “국민행복을 위한 빠르고 안전하고 경제적인 철도 개발”과 “철도산업을 고부가가치 창조형 신성장 동력으로 육성”을 양대 목표로 하여 국민행복과 일자리 창출에 초점을 맞추는 철도 개발 추진방향을 제시하였음
- SMART : 빠르고 지능적인 철도
 - 고속 2층열차와 HEMU-430X를 '15년까지 실용화
 - LTE 기반 무선 열차제어·통신 기술 개발
 - 무가선티램, 도시형 자기부상열차, 차세대 전동차를 '15년까지 실용화
- SAFE : 안전하고 편리한 철도
 - '16년까지 고속 종합검측시스템을 실용화
 - 3D 위치 안내, 연계 환승 정보 등 정보통신기술 기반 승객 맞춤 정보 제공기술, 철도 정보 표준화 기술, 교통약자를 위한 장벽 제거 기술 개발
 - 철도차량 / 부품 시험규격 및 기술기준 선진화
- ECONOMICAL : 정확하고 경제적인 철도
 - 핵심부품 및 장치 기술, 에너지 효율 향상 기술, 열차 검수 자동화 기술, 고정밀 위치검지 기술 등 개발

- 저비용·저심도 철도시스템, 인프라 성능 및 건설비 최적화 기술 등 개발

나. 국외 정책동향

- 해외 대부분의 국가에서 교통수단 간 균형을 통한 지속가능한 발전, 기후변화협약에 대한 대응의 일환으로 철도투자 확대 추세. 독일, 일본, 프랑스 등 고속철도가 운행함에도 불구하고 효율적인 교통체계의 구축을 위하여 일반철도의 고속화를 위한 투자 증대, 러시아 등의 국가도 신선로 건설과 일반 철도의 고속화를 동시에 진행하고 있으나, 막대한 건설비가 소요되는 신선로보다 일반철도의 고속화를 우선적으로 추진하고 있음
- EU
 - 유럽 2020 전략의 핵심인 스마트, 지속가능, 사회통합 성장을 위해 철도 중심의 범유럽 교통망계획(TEN-T) 추진 중에 있음
 - 총 30개의 프로젝트 중 22개가 철도 관련 프로젝트이며, 이 중 14개 노선은 일부 또는 전체를 고속철도 수준으로 계획하고 있음
 - 14개 노선의 사업비는 2,690억 유로('96~'20년)로 추정
 - 고속철도망 : 2,300km('95년)→22,140km('20년)→ 30,750km('30년)

[표 2-1] 범유럽 교통망계획('07~'13년)

구분	철도			도로	기타	합계
	고속철도	일반철도	소계			
투자액(억 유로)	624.2	533.4	1,157.6	145.7	202.7	1506.0
비율(%)	41.5	35.4	76.97	9.7	13.4	100.0

[출처] 제2차 철도사업발전기본계획(2011~2015), 국토해양부, 2011.5

- 여객 및 화물수송에 있어서 고객에게 최상의 이동성을 제공하는 고객 중심의 정책 추진 제안하여, 여객의 경우 단절 없는 대중교통을 공급하기 위해 타 교통수단과의 통합을 추진하고, 화물의 경우 고속전용선 건설 및 스마트 제어, Marco Polo II 프로그램과 같은 철도 화물수송 활성화 정책 추진 중임
- 높은 신뢰성 확보, 유지비용 절감, 선로 연장 대비 여객·화물 수송량의 증가를 추진하고 에너지 문제 및 기후변화에 대비한 기술개발과 상호운용 가능성 제고하기 위하여 에너지·환경 분야에 대한 R&D 강화 및 무선통신기술을 기반으로 한 철도 신호제어시스템(ERTMS) 확대를 시도하고 있음
- 철도 시스템 제품 및 구성품에 대한 규모의 경제 구현을 위해 표준화 추진하고 있음

- 유럽 철도 제조업체의 경쟁력 강화를 위해 상업제품의 기술적 개선 및 비용절감 등을 제안하여 제품 개발 시 주요 원가 요인, 고객의 요구조건 및 인프라, 유지관리, 용량 측면에 미치는 부수적 효과들을 고려한 경량화 자재 도입, 열차와 선로간 인터페이스 강화 및 혁신적 유지보수기술 개발 등 비용 효율성 기반의 기술개발을 시도하고 있음
- 수단간 통합운영을 도모할 수 있도록 기술적·제도적 장애 요소를 제거하는 인증 체계 개선 추진하고 있음

○ 독일

- 고속철도와 일반철도를 하나의 네트워크로 통합하여 일반철도를 활용하면서 단계적으로 새로운 라인을 건설하는 추세
- 독일연방교통계획(FTIP 2003)에 의하면, 2001~2015년 동안 철도, 도로, 해운에 대한 총투자규모는 약 1,500억 유로 규모에 달함

[표 2-2] 독일의 교통부분 투자계획

부분		FTIP 1992 (1991 ~ 2000)		FTIP 2003 (2001 ~ 2015)	
		금액(억유로)	비중 (%)	금액(억유로)	비중(%)
총예산	철도	362	42.3	639	42.9
	도로	441	51.6	775	52.1
	해운	52	6.1	75	5.0
계		885	100.0	1,489	100.0

[출처] Federal Ministry of Transportation, Building and Housing. 2005
Federal Transportation Infrastructure Plan 2003

- 고속철도와 일반철도를 하나의 네트워크로 통합하여 일반철도를 활용하면서 단계적으로 새로운 라인을 건설하는 추세.
- 독일연방교통계획(FTIP 2003)에 의하면, 2001~2015년 동안 철도, 도로, 해운에 대한 총 투자규모는 약 1,500억 유로 규모에 달함

○ 영국

- 영국에서의 철도차량 유지보수와 파이낸싱은 1년에 약 1.8조 파운드로 평가되며, 전체 철도 운영비용의 약 15%를 차지함
- 여객 철도차량은 12,000대, 64개 종류이며 평균 17.3년의 수명을 가진 것으로 평가됨
- 테임즈링크(Thameslink), 크로스레일(Crossrail), 인터시티 익스프레스 프로그램

(IEP, Inter City Express Programme)의 철도차량 구매가 철도차량 전체 수명을 낮추고 용량을 획기적으로 증가시킬 것으로 보임

- 철도차량 중량, 에너지 그리고 탄소 효율성 측면의 지속적인 개선
- 철도차량과 다른 시스템 간의 인터페이스를 최적화시키는 전체-시스템적 접근법은 궤도 마모, 차량 현수장치와 대차의 피로도를 감소시키고 상황 모니터링을 개선하며 소음, 진동 그리고 쓰레기 발생과 같은 환경 피해를 최소화시킬 것으로 예상됨
- 승객과 화물에서 필요한 사항을 더 잘 만족하게 하도록 적용된 철도차량과 새로운 철도차량 인테리어 레이아웃은 변화하는 수요 패턴과 승객의 인구통계학적 개념을 반영하며, 인테리어는 통근열차는 신속한 승하차 그리고 장거리 고속열차와 지역 간 열차는 안락함과 같은 승객 편의성에 대한 목표를 달성을 위해 최적화하고,
- 중량 감소를 위해 새 재료를 적용하여, 내구성과 매력도를 향상시킬 것으로 예측됨

○ 프랑스

- 지속적인 신선건설로 부채증가에 따라 일반철도를 활용하는 방향으로 정책을 전화하고, 일반철도의 전철화 및 선로 개량, 차량의 경량화와 고속화를 통해 서비스 지역을 확대하고 철도 경쟁력 강화
- 2000년 2009년 동안 중앙정부의 120억 프랑을 포함하여 향후 1,320억 프랑을 투자할 계획임.

○ 일본

- 재래간선철도와 신칸센의 접근성 향상 및 접속의 원활화가 목표이며, 신칸센과 연결되는 재래간선의 고속화, 가변계간 열차를 이용한 신칸센 직통 운전 등 추진하고 있음.

2. 시장동향

가. 국외 시장현황 - 철도차량 유지보수 선진화 관련기술

- 철도차량 유지보수 등 차량 판매후서비스(After-Sales Services)에 대한 세계시장 규모는 2011년 기준으로 385억유로 수준이며, 2016년까지 연 평균 3.4%씩 성장할 것으로 예측됨. 신규차량 OEM 시장 성장률(3.1%)보다 높게 성장하고 있어, 철도차량 전체 시장에서의 중요성이 확대되고 있음

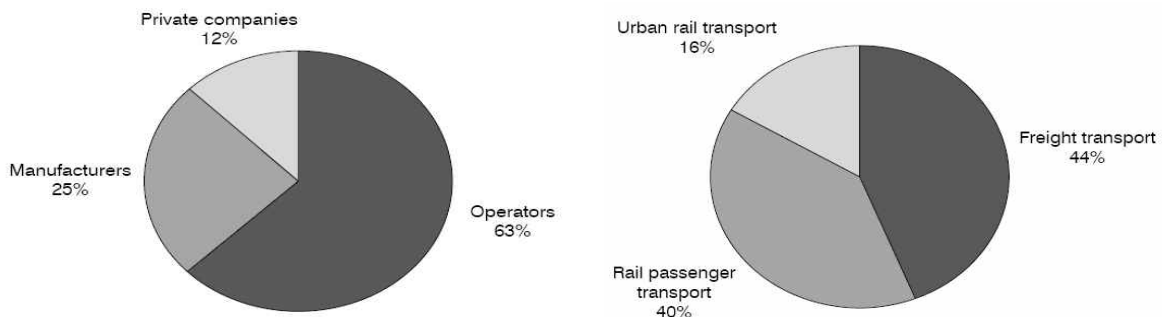
(출처 : Rail Vehicle Maintenance-Global Market Trends in After Sales Service, 2012, SCI Verkehr GmbH)



[그림 2-1] The World Market for Vehicles Maintenance (2011년)

- 철도차량 판매후서비스(After-Sales Services) 시장을 기관유형별로 살펴보면 철도운영기관이 소유차량의 유지 보수하는 시장규모가 60%이상이지만, 철도차량 제작사나 공급자를 통해 유지 보수하는 시장비율이 점차 증가하는 추세임.
- 수송유형별로 살펴보면 화물수송차량 유지보수가 44%로 시장규모가 가장 높게 나타났지만, 고속철도(HSR), METRO, 경량전철 등 여객수송 차량의 유지보수 시장비율이 크게 증가하는 추세임

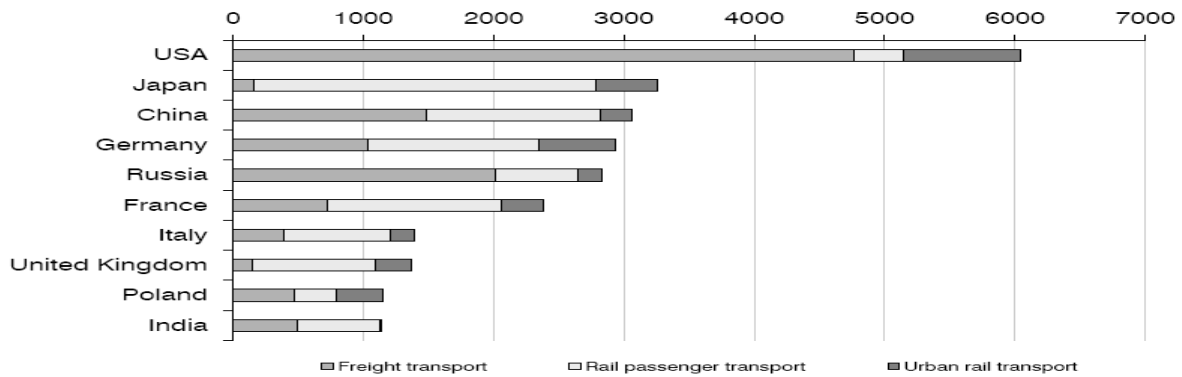
(출처 : Rail Vehicle Maintenance-Global Market Trends in After Sales Service, 2012, SCI Verkehr GmbH)



[그림 2-2] Shares of transport markets in the total after-sales market (2011년)

- 철도차량 판매후서비스(After-Sales Services) 시장을 국가별로 살펴보면 화물수송 비중이 높은 미국시장규모가 가장 크게 나타나고 있으며, 일본은 여객수송 비중이 높은 도시철도 등의 유지보수 규모가 크게 나타나는 특징을 보이고 있고, 독일 SCI Market Report에 따르면, 향후 아시아에서는 중국이, 유럽에서는 독일의 유지보수시장 규모가 확대될 것으로 예상하고 있음

(출처 : Rail Vehicle Maintenance-Global Market Trends in After Sales Service, 2012, SCI Verkehr GmbH)



[그림 2-3] Market volume of after-sales services Top-10 Countries (2011년)

- 철도차량 판매후서비스(After-Sales Services) 시장을 철도차량 유형별로 살펴보면 고속철도차량의 성장률이 연 7.4%로 가장 높게 나타나고 있으며, 이는 미국, 사우디아라비아, 브라질 등에서 새로운 고속철도 건설계획 등에 기인하는 것으로 판단되고, 또한 세계적으로 Metro차량의 업그레이드에 기인하여 연 4.7%의 높은 성장률을 나타내고 있음

(출처 : Rail Vehicle Maintenance-Global Market Trends in After Sales Service, 2012, SCI Verkehr GmbH)

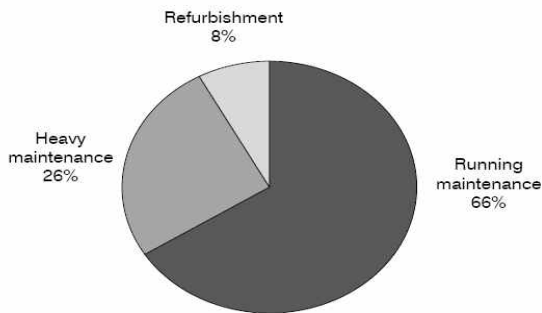
World: After-sales services			
Vehicle segment	Current market volume service p.a. (in EUR millions)	Average market development 2011-2016 (in % p.a.)	Volatility of market development 2011-2016 (in % total)
E locos	2 450	+2.7	0.2
D locos	7 000	+2.3	0.0
HSR	3 000	+7.4	1.4
EMU	5 800	+3.8	0.2
DMU	1 400	+3.4	0.1
PC	3 650	+1.9	0.2
FW	8 850	+2.8	1.0
LRV	2 650	+3.8	0.2
Metro	3 700	+4.7	0.2
Total	38 500	+3.4	0.2

[그림 2-4] Market volume of after-sales services Vehicle Segment (2011년)

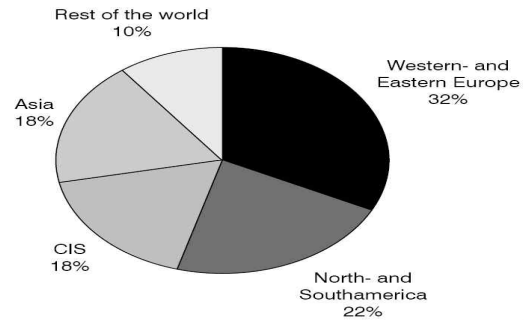
- 철도차량 판매후서비스(After-Sales Services) 시장에서, 유지보수 유형별로 살펴보면 차량 운영중(running)의 경정비(light maintenance) 시장규모가 250억유로(66%)로서 가장 많은 비중을 차지하고 있으며, 중정비(Heavy maintenance) 및 전면개편(Refurbishment) 시장규모는 각각 100억유로(26%)와 30억유로(8%)로 나타나고 있음.

－ 대륙별로는 유럽지역이 시장규모(32%)가 가장 크게 나타나고 있음

(출처 : Rail Vehicle Maintenance-Global Market Trends in After Sales Service, 2012, SCI Verkehr GmbH)



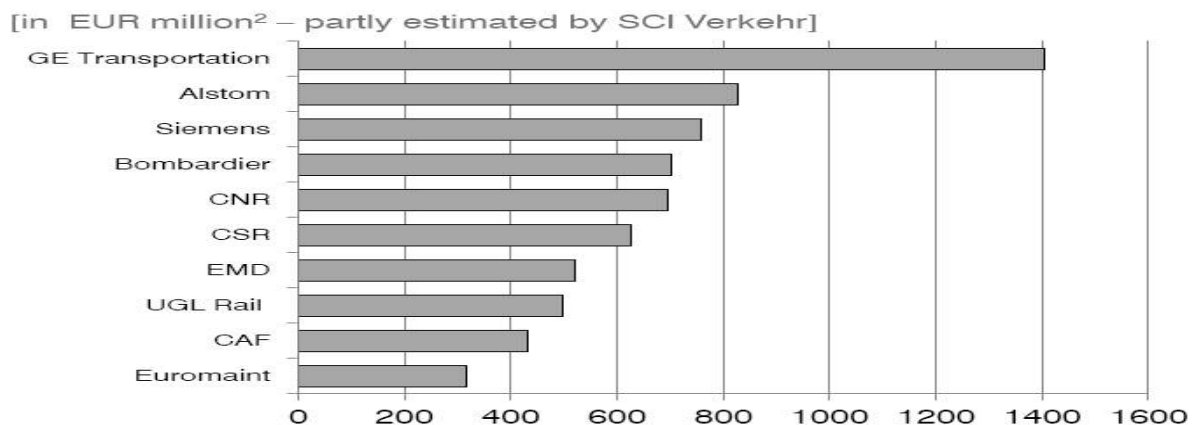
[그림 2-5] Shares of Maintenance Stages in the total after-sales market (2011년)



[그림 2-6] Number of sites by region (2011년)

○ 철도차량 유지보수 등 판매후서비스(After-Sales Services) 시장을 점유하는 주요 기업은 서비스 유형별로 나누어서 살펴보는 것이 일반적이며, 세계적으로 가장 큰 규모의 디젤 철도차량 제작회사인 GE Technology가 이 분야에서도 가장 큰 시장 점유를 하고 있으며, Alstom, Siemens, Bombardier가 그 뒤를 따르고 있으며, 아시아 시장에서는 중국의 철도차량 제작회사인 CNR, CSR이 가장 큰 점유를 하고 있으며, 이 분야에서 빠르게 성장하고 있음

(출처 : Rail Vehicle Maintenance-Global Market Trends in After Sales Service, 2012, SCI Verkehr GmbH)



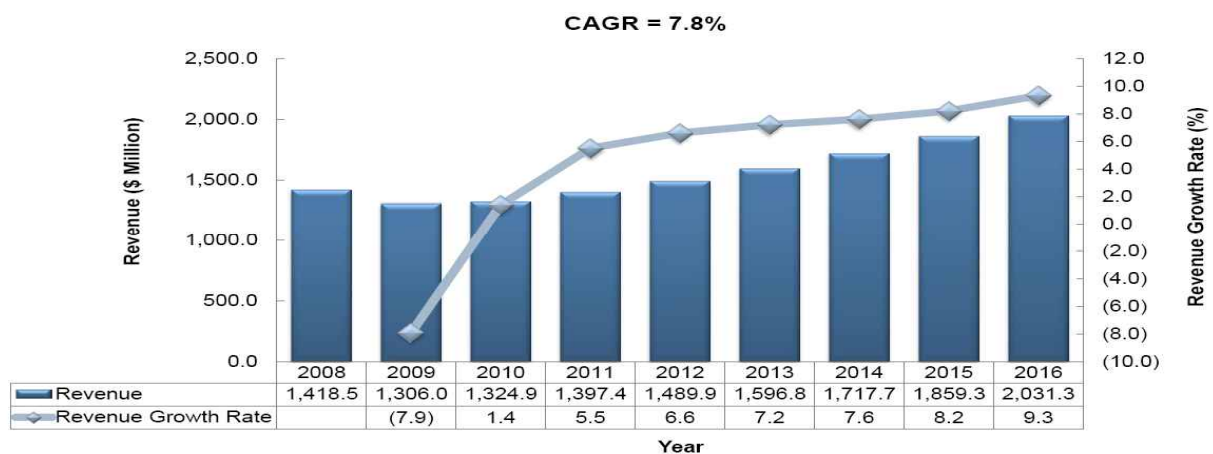
[그림 2-7] Top-10 Manufacturers and service providers by turnover in the after-sales (2011년)

나. 국외 시장현황 -철도차량 검수장비 자동화 관련기술 시장현황

○ 비파괴 시험장비에 대한 세계시장은 매우 성숙되어 있으며, 2011년 기준으로 14억 달러의 수익을 발생시키고 있음. 2016년까지 연 평균 7.8%씩 성장하여 20억달러의 수익을 창출할 것으로 예상됨.

－ 초음파(Ultrasonic)와 방사선(Radiography)시험장비가 비파괴장비시장의 양축을 이루고 있으며, 2011년 기준으로 각각 31.1%와 30.3%의 시장을 점유하고 있음.

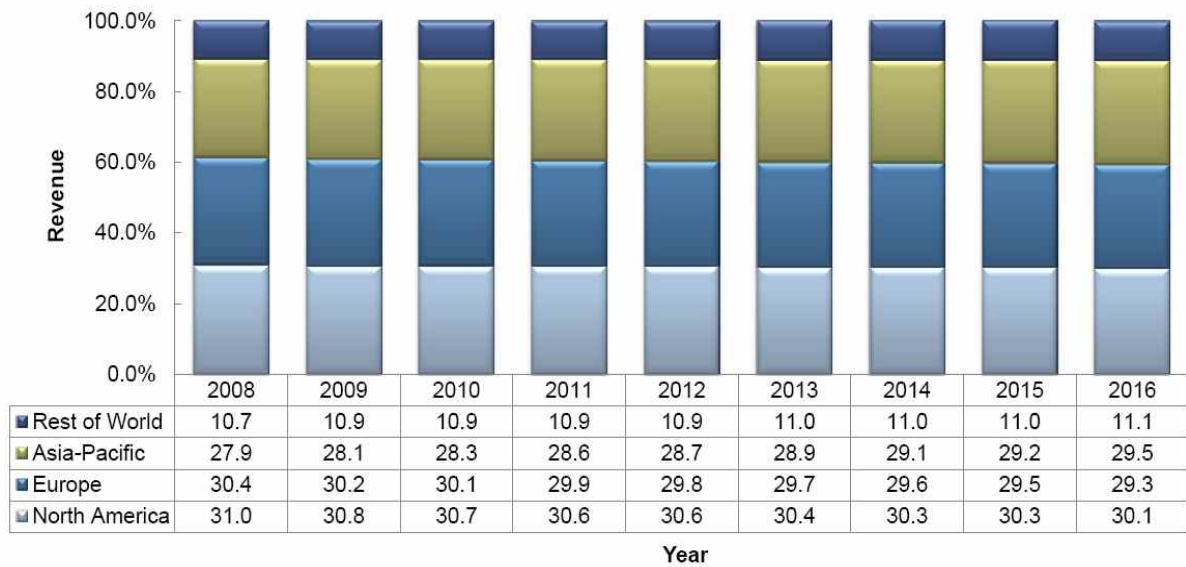
(출처 : Analysis of the Global Nondestructive Test Equipment Market, 2012, Frost & Sullivan)



[그림 2-8] Total Nondestructive Test Equipment Market : Revenue Forecast, Global, 2008~2016

○ 비파괴 시험장비에 대한 세계시장을 지역별로 살펴보면, 북미, 유럽, 아시아태평양 지역으로 3분되고 있으며, 향후 중국과 인도에서의 시장규모가 크게 성장할 것으로 예측되고 있음

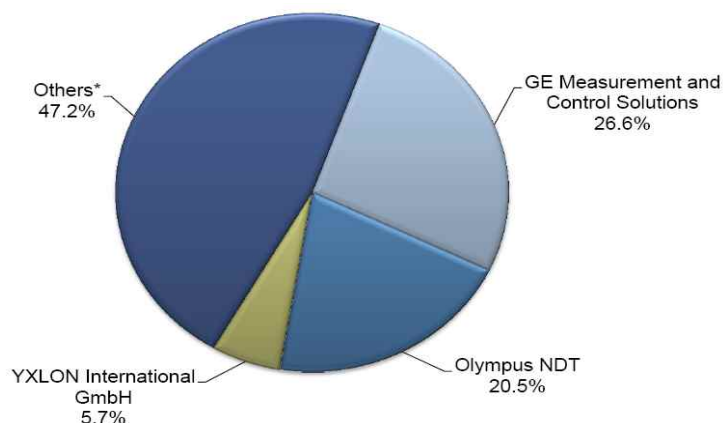
(출처 : Analysis of the Global Nondestructive Test Equipment Market, 2012, Frost & Sullivan)



[그림 2-9] Total Nondestructive Test Equipment Market : Percent Revenue Forecast by Region, Global, 2008~2016

- 비파괴 시험장비에 대한 세계시장을 주도하는 기업을 살펴보면, GE Measurement and Control Solutions가 26%, Olympus NDT가 20.5%의 높은 점유를 나타내고 있으며, 이 두 기업은 비파괴시장 여러분야에서 복합적으로 두각을 나타내고 있음. 이 외에 YXLON International GmbH, Sonatest PLC, Zetecinc, Magnaflux 등의 기업이 비파괴시장 1~2분야에서 특화되어 활동하고 있음

(출처 : Analysis of the Global Nondestructive Test Equipment Market, 2012, Frost & Sullivan)



[그림 2-10] Percent of Sales, Total Nondestructive Test Equipment Market : Global, 2011

Company	Strengths	Weaknesses	Opportunities	Threats
GE Measurement and Control Solutions	Presence across all NDT techniques, Common software platform across all NDT equipment	Marginally higher prices limit penetration in price sensitive markets	Asia-Pacific market	Competitors specializing in one or two NDT techniques may overtake GE technologically
Olympus NDT	Ultrasonic test equipment, visual inspection equipment	Lack of presence in radiography segment; one of the fastest growing market segments	Radiography product segment	Loss of customer confidence in brand Olympus due to recent scandal
YXLON International GmbH	Presence in the fastest growing market segment, Innovative and technologically advanced solutions	Presence only in one market segment, concentrated customer mix	Diversification into other NDT techniques and end-user segments	Downturn in automotive industry which forms a large concentration of customer base

[그림 2-11] Nondestructive Test Equipment Market Top Competitors

3. 기술동향

가. 국내 기술동향

- 국내 기술동향은 한국철도기술연구원, (주)우진산전, 샬롬엔지니어링(주), (주)에코마이스터를 대상으로 기술현황 동향을 조사하였고, 이를 토대로 분석 하였음
- 철도차량 유지보수는 차량검사 및 수선에 많은 비용 및 인력을 필요로 하고 있으며 분진작업, 중량물 운반작업, 고소작업 등 3D 작업이 많아 기피하고 있는 업무임
- 생산성 향상, 품질 향상, 높은 인건비 부담, IT기반의 신기술 도입, 안전한 작업장 및 근로자 보건환경 여건 구축, 근로자 의식의 변화 등이 나타나고 있으며 이에 대처하기 위해서도 철도차량의 유지보수 설비를 효율적이고 과학적인 방법으로 개선해야 할 필요성이 요구되고 있음
- 철도차량 유지보수 설비에는 컴퓨터 등을 이용한 진단기술의 개발, 센서기술의 발달로 비해체 검사 및 비접촉 상태 검사방식의 도입, CNC 및 로봇을 이용한 작업의 기계화·로봇화, 컨베이어, 입체창고, 무인반송시스템을 활용한 공장 작업장의 라인자동화 등의 도입이 일부 되고 있음
- 최근에 적외선 카메라를 이용한 검사 기술이 철도분야에도 적용되고 있고 적외선 온도 측정시스템을 활용한 연구와 검사시스템 개발이 증가하고 있으며, 유럽에서는 이미 운행 진단시스템을 90년대 초부터 현장에 적용하고 있으며, 현재 신뢰성과 효

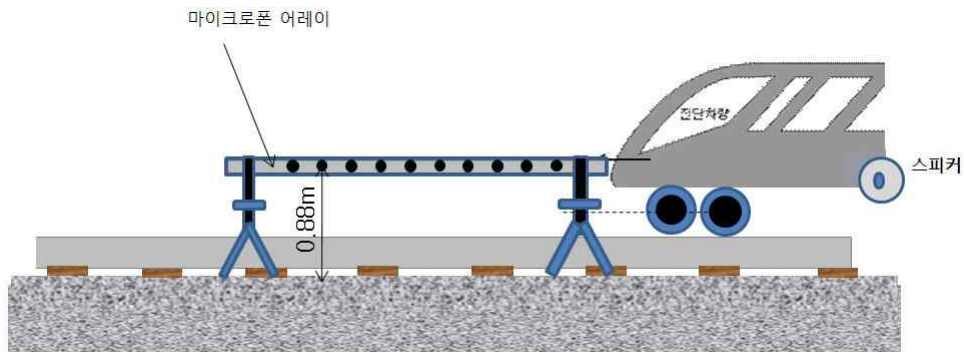
율을 높이기 위한 연구 검토가 이루어지고 있으며, 특히 예지정비(Predictive Maintenance) 기술 개발에 온도분포 측정 데이터가 사용되기 시작하면서 이 기술의 적용 영역이 확대되고 있음

- 철도연변 시설뿐만 아니라 적외선 카메라를 이용한 차량의 이상 감지를 위한 연구도 진행 중인데 현장의 선로 변에 카메라를 설치해 차량의 하부 주요장치의 검사 및 차량 내부의 주요 전기장치 및 기계장치의 검사에 적외선 카메라를 적용하는 기술들이 연구되고 있음
- 적외선 열화상법은 적외선 카메라를 적용하여 얻어진 온도장 이미지를 활용하여 구조물의 이상을 진단하는 비파괴 검사방법이고, 시험중에 발생하는 온도 신호를 활용하여 결함, 크랙, 열화 상태, 전기선 연결 상태, 접합부 계면 분리 등 다양한 상태를 분석 평가 할 수 있으며, 또한 시험 대상 물체의 열적 특성도 분석 할 수 있어 결국 내부의 이상이 표면 온도 분포의 불균일로 이어져 표면 및 내부의 이상을 검출 할 수 있음



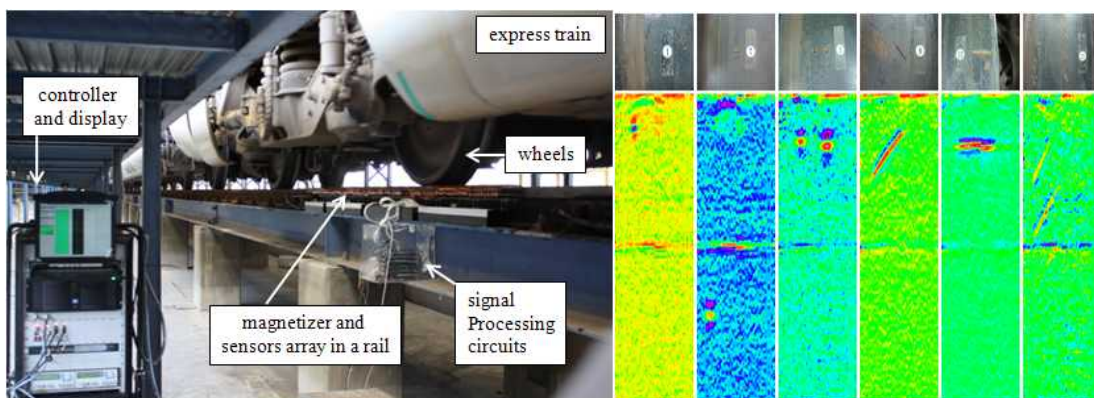
[그림 2-12] 차량 위에 설치된 적외선 카메라와 전차선 열화상 이미지

- 국내외로 이동하는 소음원의 위치를 파악하는 연구로 빔형성 방법과 이동 프레임 음향 홀로그래피 방법이 개발되었으나 결함에서 발생하는 이동하는 충격 소음의 위치를 찾아내는 데에 적용된 사례는 없으며, 음향 홀로그래피의 수행 방법은 기준 마이크로폰과 측정 마이크로폰에 대한 음압의 크로스파워 스펙트럼을 측정하여 음원을 추적할 수 있고 특정 마이크로폰에서 시간영역의 음압을 측정하여 주파수 영역으로 FFT 변환하여 각 스펙트럼에서의 홀로그램 계산으로 진행되고, 음향 인텐시티 방법 및 빔포밍 기법보다 더욱 정확한 음원 위치 파악이 가능함
- 한국철도기술연구원에서는 음향 홀로그래피법을 이용하여 철도차량의 축베어링을 대상으로 현장시험을 통한 결함신호 위치 및 주기 검출 방법을 수행하였으며 문제가 되는 소음원의 위치를 추적하기 위하여 각 주파수 대역별로 홀로그램을 생성, 이를 평균하여 주요 소음원 이외의 잡음의 영향을 감소시킨 연구를 수행하였음



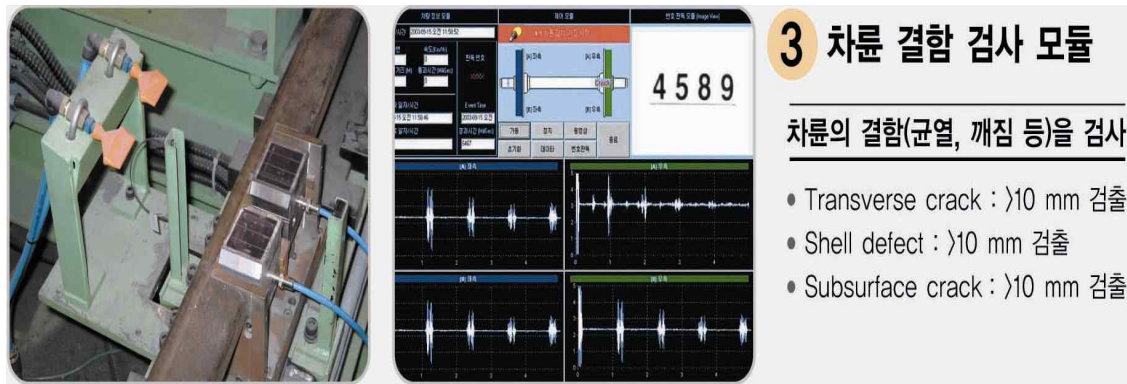
[그림 2-13] 음향홀로그래피법을 이용한 철도차축베어링 이상 진단

- 한국철도기술연구원에서는 최대 40km/h로 진입하는 차량의 차륜 표면을 레일에 2차원으로 배열된 전자기센서에 의하여, 최대 공간분해능 780 μ m의 자기영상을 취득할 수 있고 균열을 탐상할 수 있는 레일 설치형 차륜 답면 탐상용 시스템을 연구 개발하였음



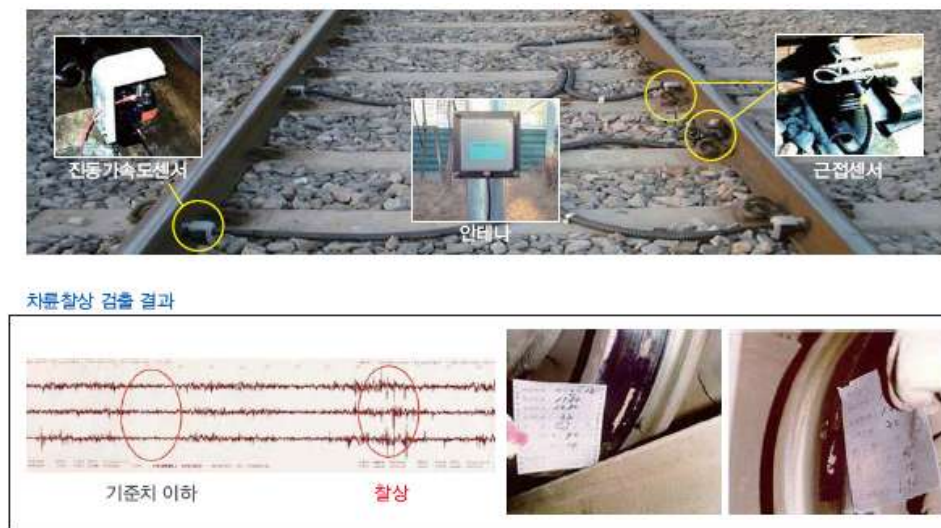
[그림 2-14] 레일 설치형 차륜 답면 탐상용 시험

- (주)에코마이스터는 전자기 유도 초음파법(Electro-Magnetic Acoustic Transducer, EMAT)에 의한 차륜 결함검사장치 (Automatic Wheel Measuring System)를 개발하였으며, 이 시스템의 성능은 최고 5.4 km/h 차륜 회전속도에서 횡단 표면균열 길이 10mm 이상, 표면결함 10mm 이상의 결함 검출이 가능함



[그림 2-15] 차륜결함검사장치

- 샬롬엔지니어링은 일상검사장치(ITIS)로서 고감도 진동가속도계에 의한 차륜속도, 진동, 이상 및 충격을 검지하여 차륜의 찰상을 차륜별, 편성별로 통합 관리하는 시스템을 보유하고 있으며 균열길이 20mm 이상, 균열폭 10mm 이상의 차륜결함을 탐상할 수 있음



[그림 2-16] 차륜 진동 감지장치

- 판타그래프 습판마모 측정장치는 철도공사 이문기지와 부산교통공사 대저기지에 사용, 일본 긴테츠 차량엔지니어링의 전하 결합소자가 장착된 카메라를 이용한 영상 감시 및 처리방식으로 서울메트로 창동기지, 한국철도공사 병점, 시흥기지, 코레일 공항철도와 서울메트로 9호선에 적용하고 있음
- (주)우진산전은 차량기지용 검수장비로서 위상배열 초음파 탐상에 의하여 철도차량의 윤축을 대차로부터 분리한 후 윤축의 균열 및 흠 등 결함을 검사하고 있음

- 최근의 철도차량유지보수는 차상과 지상의 자동화된 모니터링 시스템과 원격제어기술 등의 발전으로 무인감시장치 및 데이터 정보 전송과 실시간 통신이 중요한 역할을 담당하고 있으며, 새로운 첨단기술을 활용한 진단장비나, 자동화된 계측기기를 통하여 실시간으로 차량의 상태를 진단하고 조치하는 방법이 기존의 숙련된 기능인에 의존하는 것보다 효율적인 경우가 많기 때문에 유지보수 기술개발이 장비 신뢰도 확보측면이나 유지보수 비용관리 측면에서 유리함. 유지보수 기술 분야에 측정자의 육안으로 판단하기 어려운 부분은 전기전자 계측장비를 이용하여 정밀측정하고, 모니터를 통해 종합적으로 적정여부를 판단할 수 있는 장비를 적용하고 있음
- 비 해체검사 및 비접촉 상태감시 설비기기의 진단기술은 최근 산업계에서 활용되고 있는 첨단기술을 바탕으로 비해체 및 비접촉 방식으로 철도차량의 각 장치를 대상으로 자동화 및 실용화를 위하여 노력하고 있음
 - 초음파탐상장치는 초음파를 이용한 탐상장치가 기존의 아날로그 오실로스코프나 디지털 펄스방식을 이용하는 방식에서 첨단 의료검사 및 진단에 사용되고 있는 위상배열(Phased Array)방식으로 차축초음파탐상에 도입되고 있으며, 이를 이용하여 최근에는 차량의 고속화 등에 따라 차륜의 결함을 사전 검사하는 초음파탐상이 요구되고 있음
 - 자동일상검사장치는 차량기지에 입고되는 차량의 판타그래프, 차륜, 제륜자 및 디스크라이닝 등을 비접촉식으로 검사하는 자동일상검사장치가 점차 많은 차량기지에 적용되고 있음
 - 운행 차량 열·진동 검지장치는 운행차량의 모타, 접촉기, 브레이크 등 하부기기에서 발생하는 발열을 운행중인 차량을 자동으로 온도를 스캐닝하여 관리치와 비교하여 이상발열을 검지하여서 근무자에게 알려주는 시스템으로 열차의 안전운행을 위해 설치되고 있음
 - 운행정보(TCMS)수집장치는 운행 중 또는 차량기지에 입고시 차량상태 및 운행정보 등 차상의 열차종합제어정보장치(TCMS, TGIS)정보를 지상으로 전송하여 관제소나 차량기지에서 차량의 고장내용 등 상태를 즉시 파악·대응할 수 있게 해주고 있음
- 작업의 기계화 및 로봇화는 기존의 검사체계를 토대로 하여 종래의 차량정비에서는 자동계측 등 정밀도가 높은 검사, 기계화 등에 의한 3D 작업의 감소·해소를 추진하고 있다. 새로운 형태의 차량정비에 있어서 새로 도입된 신기술 기능을 통하여 3D 작업을 줄일 수 있게 해주고 있음
 - 자동화된 전장품 시험기는 최근 전동차 등 철도차량의 각종부품, 장치 및 전장품의 유지보수와 분해 정비 후 정상적인 기능을 유지하기 위하여 각 검사시기에 적절한 시험기를 확보하고 있으며, 철도차량 부품 및 장치시험기는 PLC와 컴퓨터를 이용하여 자동으로 시험을 시행하고 판정하여 관리하는 시험 기기임

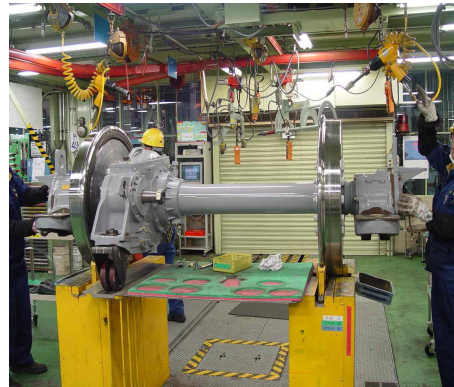
- 대차주행시험장치는 대차를 분해조립한 후 윤축, 대차, 차량조립 등을 완료 후 실제 운전조건과 유사한 조건에서 성능시험을 육안이나 측수에 의한 검사에서 진단 프로그램을 사용한 자동화 시스템으로 측정결과를 분석하고 자동 판정하는 장치를 개발하였음
 - 차량하부 자동기취장치는 차량 하부 기기의 기취·세정작업은 피트 안 등 협소한 부분에서의 작업이며 분진을 동반하는 3D 작업의 대표적인 작업이며 기지주변의 아파트 등 건설과 환경문제 해결을 위하여 차량 하부의 기취 및 세정작업과 집진 장치의 자동화를 추진하고 있음
 - 이동 및 인양설비는 작업자의 근골격계 질환을 예방하기 위하여 적정위치까지 자유로이 이동할 수 있는 에어발란스와 무구동 경량시스템 등을 도입하고 회전기, 윤축 등 비교적 많은 바닥면적을 차지하던 중량물을 입체창고에 보관하는 자동 무인랙과 무인반송시스템을 도입하고 있음
- 작업장의 자동화 및 라인화는 대차, 윤축, 회전기 등 검수수량이 많고 동일한 작업 내용이므로 흐름방식으로 라인화하여 공장 자동화를 진행하고 있음

나. 국외 기술동향

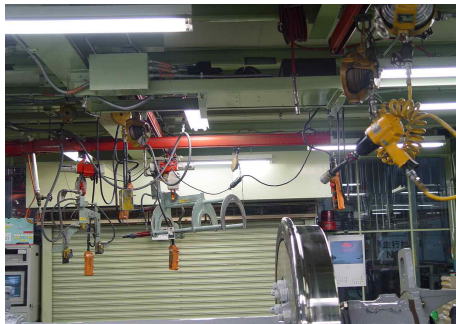
- 일본 동경종합차량센터는 차체검수를 위한 택트(Tact)시스템을 적용, 국내에서는 코리야마(郡山)차량기지에 대차검수를 위한 택트시스템, 한국철도공사 정비단에 대차윤축현대화 사업일환으로 택트시스템 개념을 일부 반영하였고, 택트시스템은 작업시간을 표준화함으로서 공정관리가 확실하고 작업시간을 단축할 수 있는 장점이 있으나, 초기 설비구축 및 운영을 위한 비용 증가의 단점 있음. 아래 사진은 JR신간선 총합차량사무소와 JR동해도 하마마쓰 정비창 검수장비로 윤축탐상설비, 대차분해 조립틀, 차륜삭정기, 윤축 축상조립, 윤축 분해조립설비, 집진설비임



[그림 2-17] 윤축탐상설비 및 대차분해 조립틀



[그림 2-18] 차륜삭정기 및 윤축 축상조립

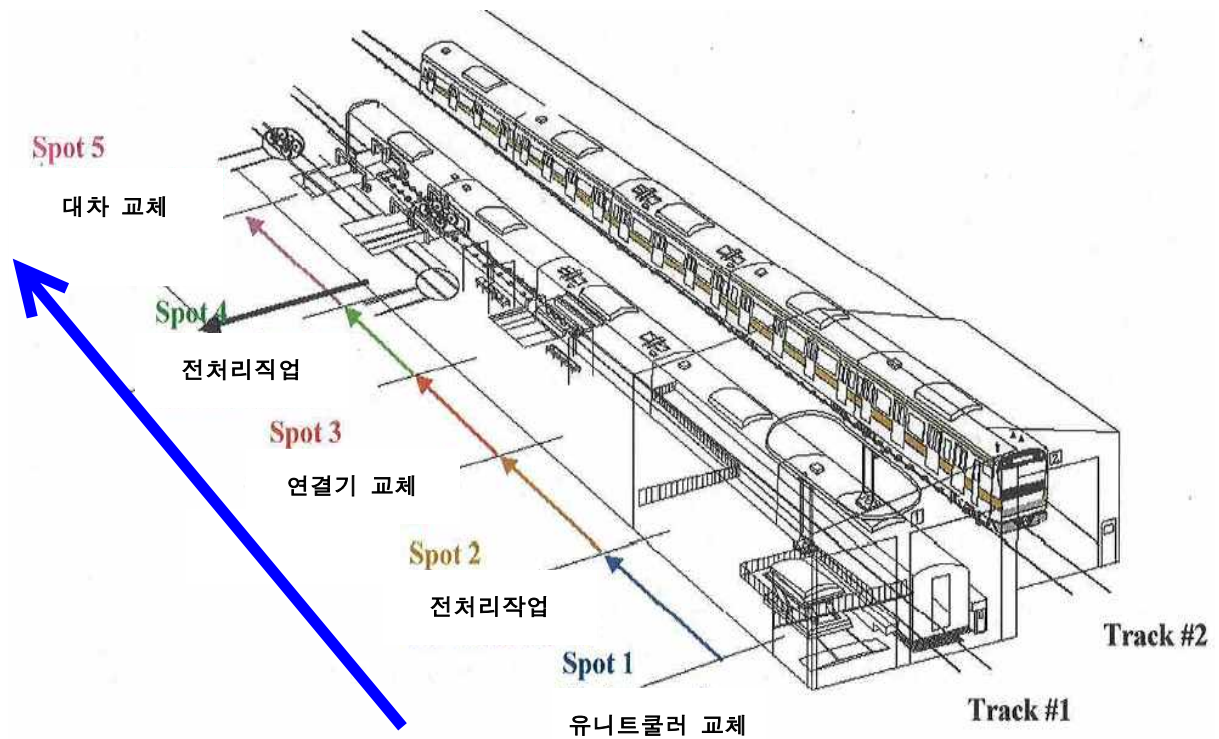


[그림 2-19] 윤축 분해조립 설비 및 집진설비

- 차륜형상 측정장치는 일본 미쓰비시 전기, 스페인 Talgo, 독일 헤겐사이트의 Laser 조사에 의한 카메라를 이용한 영상처리로 한국철도공사 이문, 시흥, 평내기지, 코레일공항철도, 부산교통공사 대저기지 적용, 한국철도공사 가야, 수색, 익산기지의 일반차량에도 확대 중에 있으며, 차륜찰상검출장치는 일본 긴테츠 차량엔지니어링의 진동가속도 센서를 이용한 처리방식으로, 서울메트로 2호선, 한국철도공사 병점, 시흥, 이문기지에 적용하고 있으며, 독일 헤겐사이트의 변위방식이 고속철도 기지에 적용되었고, 제륜자 및 디스크라이닝 마모 측정 장치는 일본 미쓰비시 전기의 카메라를 이용한 영상처리로 한국철도공사 이문, 시흥기지에 적용되었음
- 자동세척장치의 경우 측면부 세척이 대부분이며, 전-후면부 및 상-하부 스키드 세척이 일부 도입되었으나, 전차선 등의 간섭으로 작업 능률이 저하되는 특징이 있음



[그림 2-20] 중국의 WASH SYSTEM





연결기 교환설비
(편성별 입고시 분리조립 동시 시행)



냉방기 교환설비
(편성별 입고시 분리조립 동시 시행)

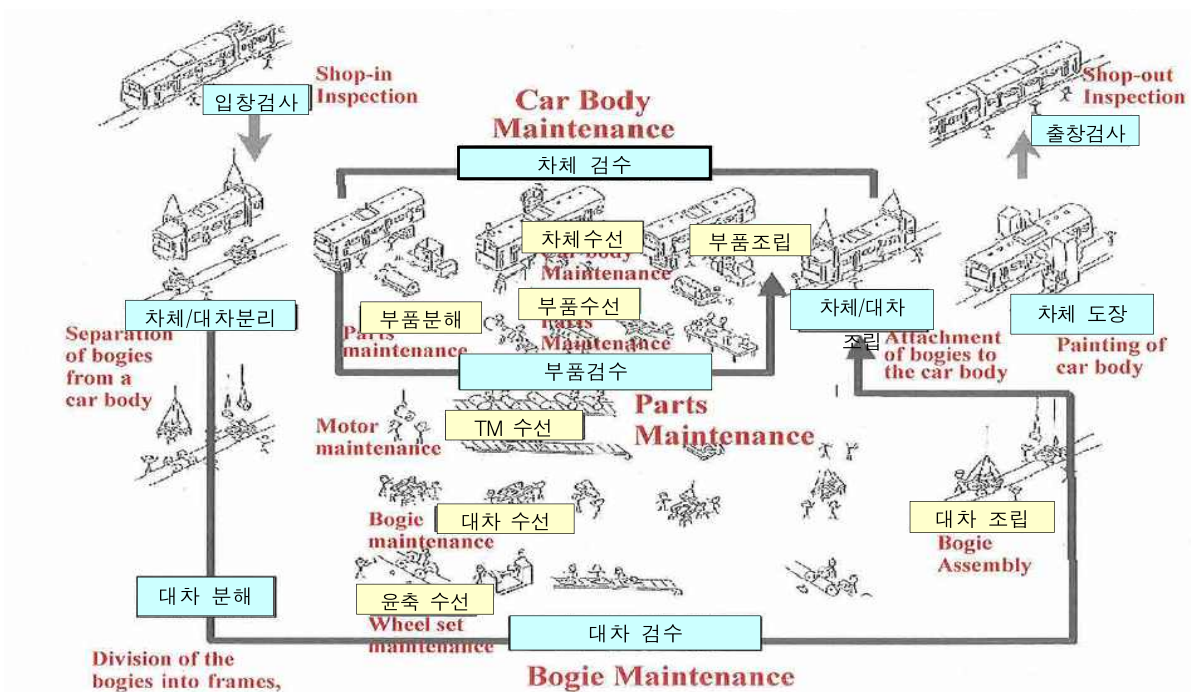


대차 교환설비
(편성별 입고시 분리조립 동시 시행)



차륜해체, 조립 자동화라인

[그림 2-21] 일본동경차량종합센터 택트시스템



[그림 2-22] 중정비 체계

- 일본은 비파괴 및 비분해 검사위주로 새로운 장비나 기계화를 통하여 개선, 초음파 및 카메라를 이용하여 판토티그래프 마모판의 두께를 자동검측하여 불필요한 지붕작업을 줄이고 상태모니터링을 통하여 교환이 필요할 때만 작업을 지시 차륜자동검사장치도 초음파나 레이저기술 등을 활용하여 개발된 장비로 차량이 일정속도로 선로를 통과 시 자동으로 차륜을 검사하여 차륜상태를 모니터링하고 있음
- 독일의 ICE차량을 정비하는 함부르크 차량정비기지에서는 차고로 입고되는 차량은 차량자동 검사장치를 통과하며 차륜의 마모상태나 균열여부, 진원도 등을 검사하여 이상이 발견되면 차륜삭정을 수행하고 있으며, 운행을 마치고 입고된 차량은 1시간 이내에 대차검사를 마칠 수 있도록 하고 있음



[그림 2-23] 독일 Krefeld 검수공장의 차륜초음파 탐상장치



[그림 2-24] 독일 Nuremberg 검수공장의 차륜초음파 탐상장치

4. 특허분석

- 철도차량 검측 진단시스템 기술개발 분야의 전체적인 특허동향을 살펴보면, 1990년부터 현재까지 총 299건의 특허가 출원되고 있으며, 일본이 121건(41%)로 최

- 다 출원이며, 미국과 유럽이 각각 58건 출원으로 이 분야 기술을 선도하고 있음
- 특허를 출원한 상위 10개의 출원인을 분석한 결과, 日 SUMOTOMO METAL, HIGASHI, MATSUSHITA, 獨 KNORR BREMSE, 美 GE 등의 회사들이 출원을 많이 하고 있음. 대체로 일본기업들은 대부분 자국을 중심으로 특허를 출원하고 있는 반면, 미국 업체는 자국뿐 아니라 유럽, 중국, 일본 등에 다양하게 출원하고 있음
 - 미국은 특허출원 건수는 일본에 이어 2번째이나 시장확보력을 의미하는 해외 Family Patent 수는 유럽에 이어 2번째로 높고, 피인용수는 타국가 대비 월등히 높아 원천특허의 비율이 높게 나타나고 있으며, 이에 따라 다른 국가보다 월등히 높은 기술력지수(TS : Technology Strength)를 보여주고 있음. 따라서, 미국 특허가 가장 경쟁력이 높은 것으로 판단되며, 미국 특허를 중심으로 세부 선행기술에 대한 분석이 필요함
 - 한국의 경우 특허건수, 시장확보력, 인용도 등 기술영향력 등 대부분의 지수에서 가장 낮은 수준을 보이고 있어, 관련 분야 기술의 고도화가 시급히 요구되는 상황임
 - 분석기준

[표 2-3] 특허분석기준

구 분	분석 기준				
특허검색 DB	Thomson Innovation				
검색국가	미국	유럽	일본	한국	중국
	출원, 등록	출원, 등록	출원, 등록	출원, 등록	출원
분석구간	1990.01.01.~2013.6.18				
검색범위	Title, Abstract, Claim				

○ 분석범위(기술별 검색 조합식 및 대상특허건수)

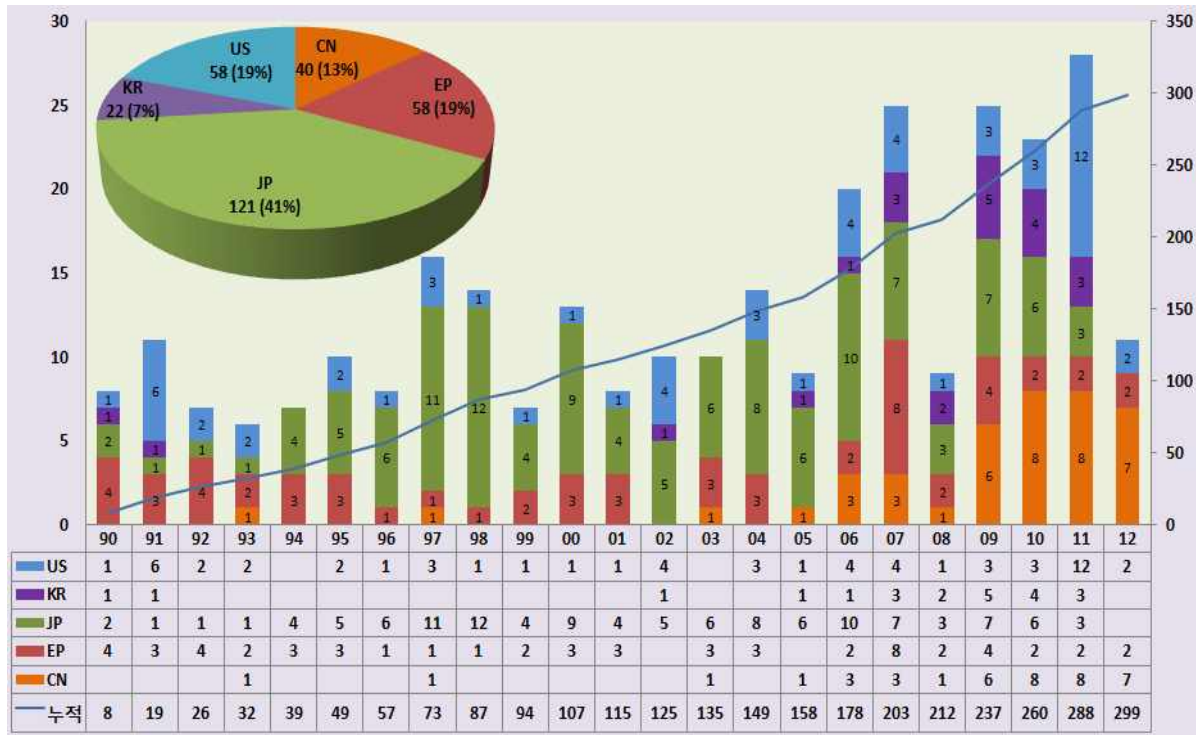
[표 2-4] 특허분석범위

기술구분	검색 조합식	대상 특허건수
A기술		
AA AB	(ctb=((railway or railroad or locomotive or (rail near2 (vehicle or car)) or train or (rolling adj stock)) and (bogie or wheelset or (electric* near2 (component or compartment)) or tact or washing or (spray near2 paint*) or (dust* near2 chamber)) and (maintenance or repair or replace or mend or fix or overhaul))) AND (all=(automat* or inspect* or monitor* or evalut*)));	636 건
B기술		
B	ti=((Ultrasonic or (Eddy ADJ Current*) or (Infrared ADJ Thermography) or Laser OR EMAT OR (ELECTRO ADJ MAGNETIC ADJ ACOUSTIC ADJ TRANSDUCER) OR (Acoustic ADJ Emission) or (non adj destruct*) or nondestruct*) near4 (test or Inspect* or monitor* or evaluat* or detect*)) and tab=((railway or railroad or locomotive or (rail near2 (vehicle or car)) or train or transit or (rolling adj stock)));	670건

○ 국가별/기술별 특허동향분석 (출원년도 및 국가별 특허출원 동향)

- 철도차량 검측 진단시스템 기술개발 분야의 전체적인 특허동향을 살펴보면, 1990년부터 현재까지 총 299건의 특허가 출원되고 있으며, 2000년대 중반부터 국가별 연 평균 3건 이상의 특허가 꾸준히 출원되고 있음
- 국가별 출원현황을 보면 일본이 121건(41%)로 최다 출원이며, 미국과 유럽은 각각 58건 출원으로 동일하며, 중국, 한국의 순서로 출원이 이루어지고 있음
- 최다 출원국인 일본은 2006년 10건을 정점으로 특허출원이 다소 정체상태에 있는 반면, 중국은 전체 특허의 약 90%를 2006년 이후에 출원하고 있어 최근 기술 상승세가 매우 높게 나타나고 있음

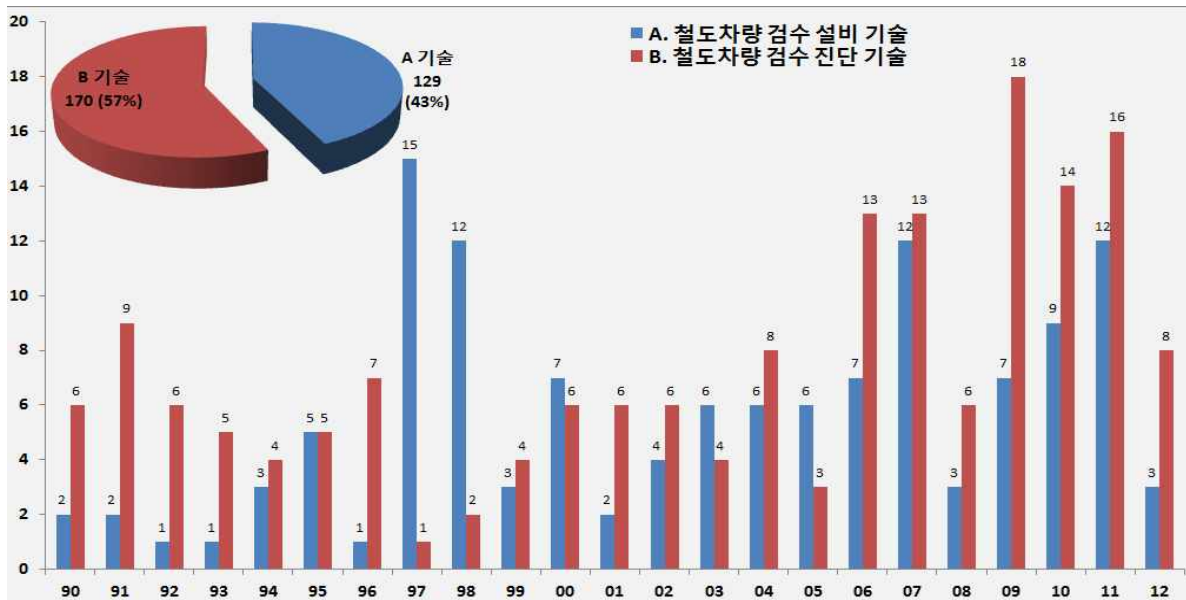
- 우리나라는 출원 건수가 많이 미흡한 수준이지만, 2007년 이후 특허가 지속적으로 출원되고 있어 관련 분야 관심이 증가하고 있다고 판단할 수 있음



[그림 2-25] 출원년도 및 국가별 출원추이

○ 세부기술별 특허출원 동향

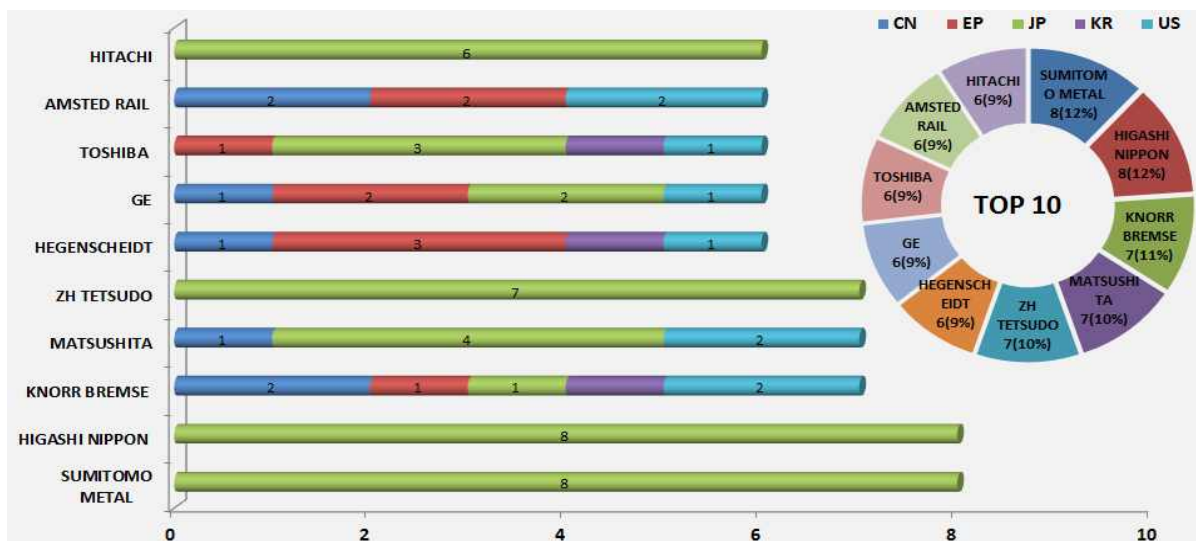
- 철도차량 검수 진단기술(B기술) 분야가 특허 출원건수가 더 많으며 최근에도 높은 수준의 특허 출원건수를 유지하고 있음.
- 철도차량 검수 설비기술(A기술) 분야도 지속적으로 특허 출원이 이루어지고 있으며, Maintenance Automation, Manatenance System등과 관련된 유지보수 관련 분야에 대한 관심도 지속적으로 유지되는 것으로 보여짐



[그림 2-26] 세부기술별 특허출원동향

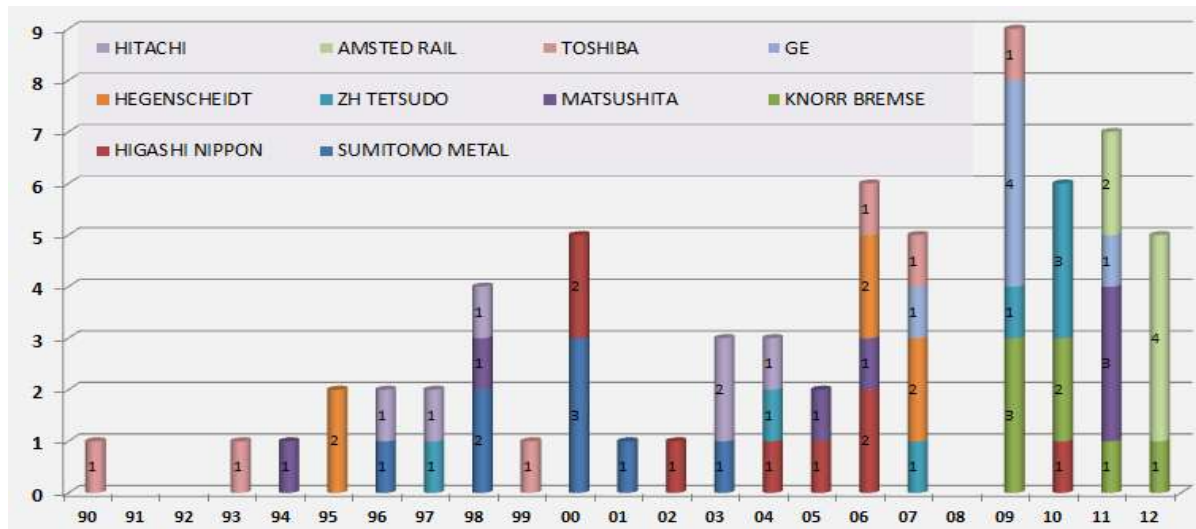
○ 주요 출원인 분석

- 철도차량 검측진단 시스템 기술 분야 전반에 걸쳐 많은 특허를 출원한 상위 10개의 출원인을 분석한 결과, 일본 SUMOTOMO METAL, HIGASHI, MATSUSHITA, 독일 KNORR BREMSE, 미국 GE 등의 회사들이 출원을 많이 하고 있음
- 특허 출원 성향을 보면 일본 회사들은 대부분 자국을 중심으로 특허를 출원하고 있는 반면, 미국 GE 등은 자국뿐 아니라 유럽, 중국, 일본 등에 다양하게 출원하고 있음



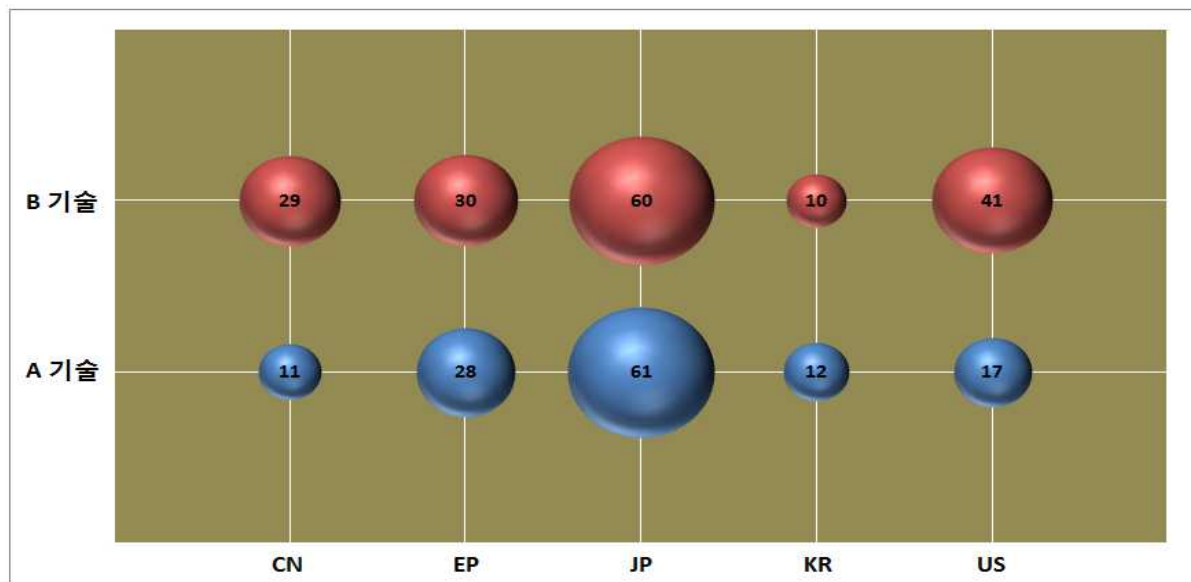
[그림 2-27] 주요 출원인 동향

- 주요 출원인의 연도별 특허출원을 보면 최대 출원인인 SUMITOMO METAL는 2004년 이후 특허 출원이 없으며, HIGASHI NIPPON도 2007년 이후 1건만 출원하는 등 다소 주춤하고 있는 추세임. 최근 3년간에는 독일 KNORR BREMSE, 미국 AMSTED RAIL가 많은 특허를 출원하고 있음



[그림 2-28] 연도별 주요 출원인 동향

- 국가별 기술 분포
 - 출원국가별 세부기술 특허분포를 살펴본 결과 일본은 철도차량 검수 진단기술(A기술), 철도차량 검수 설비 기술(B기술)에 대해 모두 집중도가 높게 나타나고 있음
 - 미국, 중국은 철도차량 검수 설비 기술(B기술)이 철도차량 검수 진단기술(A기술)보다 다소 높은 수준의 특허를 보유하고 있으며, 유럽은 A기술과 B기술의 분포가 비슷한 수준으로 나타나고 있음
 - 한국의 경우 모든 분야에서 특허가 가장 낮은 수준으로, 향후 기술 확보가 시급한 상황임을 알 수 있음



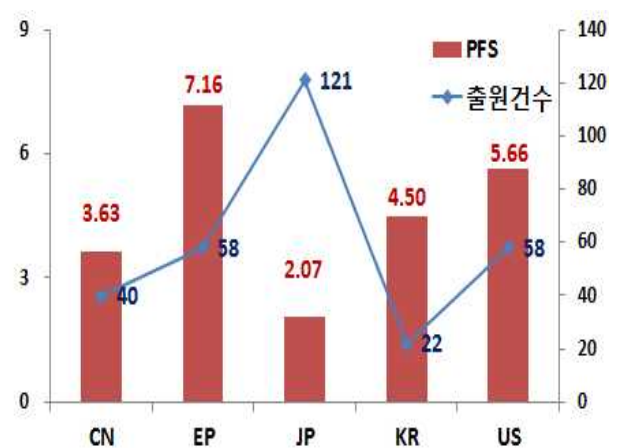
[그림 2-29] 기술별/국가별 기술 분포(버블형)

○ 국가별 특허분포 지수분석 : 시장확보지수 (PFS : Patent Family Size)

- (지표 설명) 특정 국가에서 상업적인 이익 또는 기술경쟁 관계에 있을 때 해외에 특허를 출원하므로, Family Patent 수가 많을 때 특허를 통한 시장성이 크다고 판단되어 이를 시장 확보력의 지표로 사용함
- (계산식) 국가별 시장확보지수(PFS) = ($\sum$ 해당국가 특허별 패밀리) / 해당국가 특허건수

○ (분석결과)

- 유럽의 시장확보지수(PFS)가 7.16으로 가장 높게 나타남
- 유럽 다음으로는 미국, 한국의 시장확보력이 높게 나타남
- 일본의 경우 특허 건수에 비해 시장확보력이 매우 낮게 나타나고 있음
- 한국의 시장확보력이 비교적 높게 나타났지만, 특허 출원건수가 매우 작은 수준임에 따라, 일반화하는 데에는 다소 무리가 있음



[그림 2-30] 국가별 출원건수 및 시장확보 지수

- 인용도지수 (CPP : Cites Per Patent)

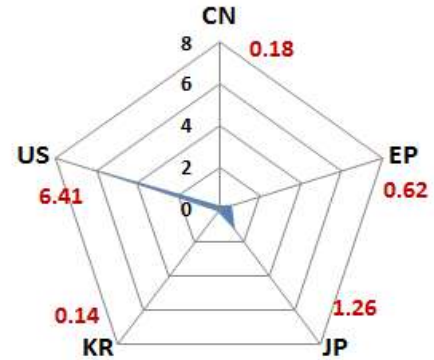
- (지표 설명) 특정 국가의 특허들이 이후 등록되는 특허들에 의해 인용되는 횟수가 많을수록 기술경쟁력이 높으므로, 인용도지수(CPP)가 클수록 원천특허/핵심특허를

많이 보유한 정도를 나타내는 지표로 사용함

- (계산식) 국가별 인용도 지수(CPP) = (∑ 해당국가 특허別 피인용수) / 해당국가 특허건수

○ (분석결과)

- 미국의 인용도지수(CPP)가 6.41로 가장 높게 나타남, 미국이 원천특허/핵심특허를 많이 보유한 것으로 판단할 수 있음
- 일본은 특허건수는 가장 많지만, 인용도지수(CPP)는 미국보다 많이 낮은 수준으로, 원천특허/핵심특허 비중이 미국보다 상대적으로 낮은 것으로 판단할 수 있음



[그림 2-31] 국가별 인용도지수

- 영향력지수(PII : Patent Impact Index) 및 기술력지수(TS : Technology Strength)

- (지표 설명) 영향력지수는 특정 국가가 소유한 기술의 질적수준을 측정하는 지수이며, 기술력지수는 특정 국가의 기술보유 양적수준(특허건수)과 영향력지수(질적수준)을 함께 나타냄

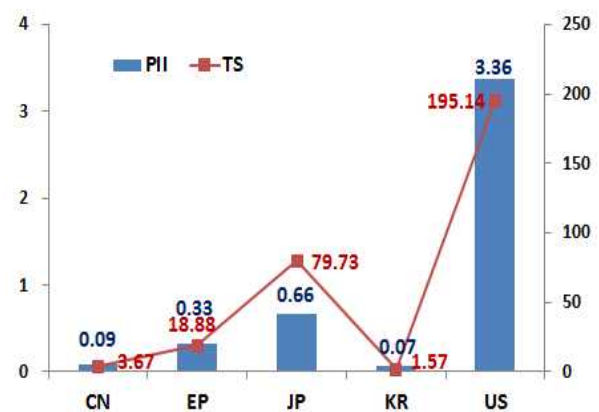
- (계산식)

- 국가별 영향력 지수(PII) = 해당국가 특허 인용도지수 / 전체(모든국가) 특허 인용도지수

- 국가별 기술력 지수(TS) = 해당국가 특허건수 × 해당국가 영향력 지수

○ (분석결과)

- 미국의 영향력지수(PII)가 3.36로 가장 높게 나타나 질적수준에서 가장 경쟁력 있는 것으로 보임
- 양적 수준(특허건수)을 고려한 기술력지수(TS)에서도 미국이 195.14로 다른 나라에 비해 월등하게 높게 나타남
- 우리나라는 영향력지수, 기술력 지수 모두 최하위 수준으로, 향후 지속적인 기술역량 강화가 필요함



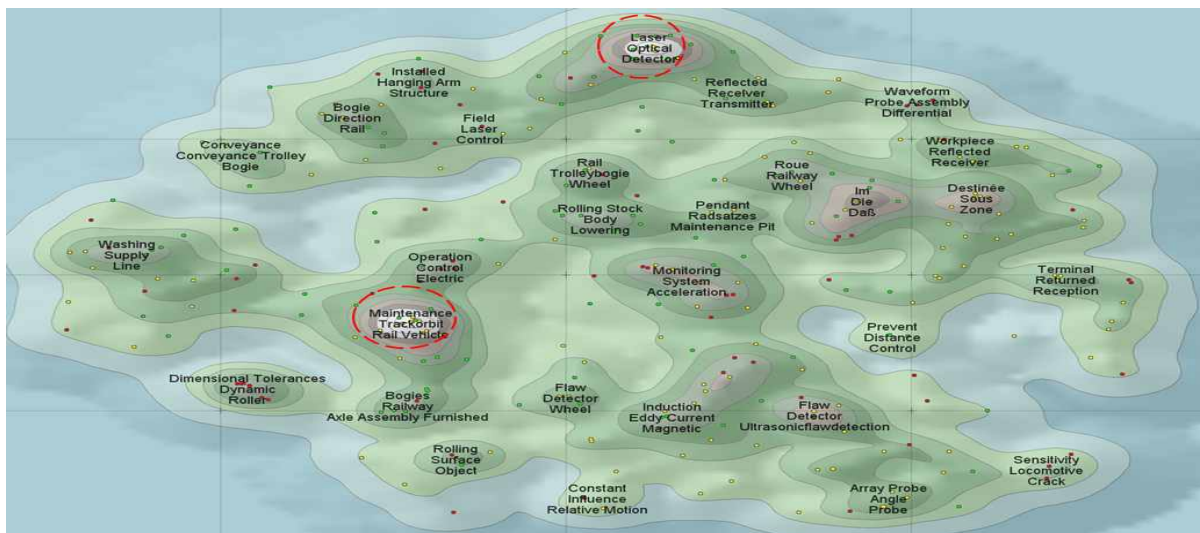
[그림 2-32] 국가별 영향력지수 및 기술력지수

○ 기술분야 특허 분포도 : Text mining을 통한 특허 분포

- 철도차량 검측진단 시스템 기술관련 검색결과 결과 1,306건 중 최종 299건의 유

효 특허기술이 분포함

- 등고선 꼭지점이 높은 Laser/Optical/Detector, Maintenance/ Track orbit / Rail Vehicle 등 2개 기술에 특허가 많이 분포하고 있어, 관련 분야가 기술 집중도가 높은 기술임을 알 수 있음
- 특히 최근 특허기술 분석결과 Portable Ultrasonic flow measuring system, Railway Wheel ultrasonic testing apparatus, Monitoring of a bogie of railway vehicle 등이 많이 나타나고 있어 관련기술이 최근 동향임을 알 수 있음

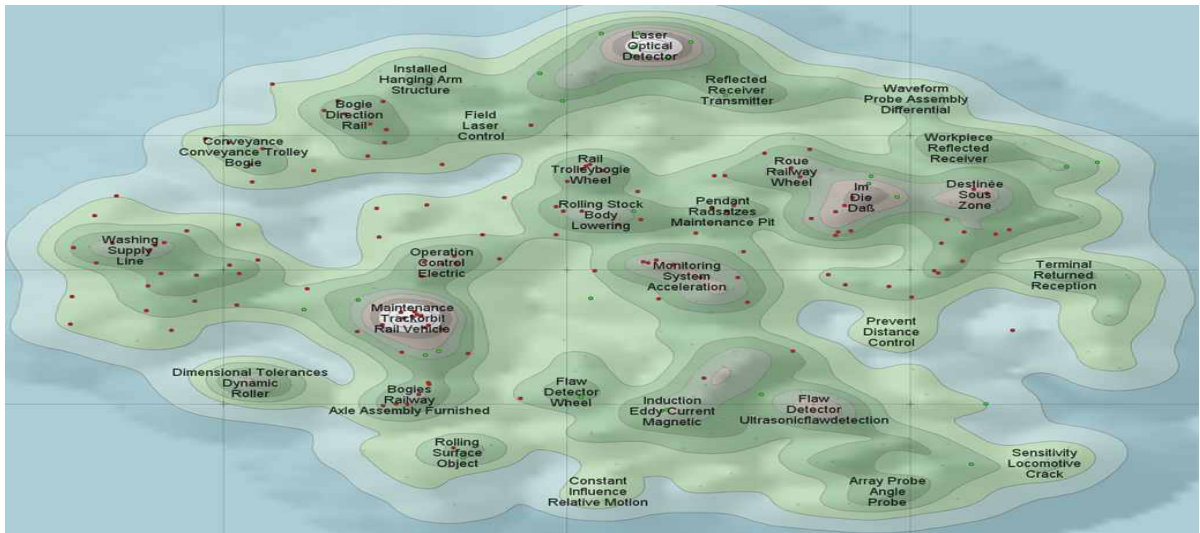


● 2010년 이후 ● 2000-2009 ● 1990-1999

[그림 2-33] 특허 등고선 맵

○ 핵심기술(중분류 기준)을 통한 특허 분포

- 철도차량 검수 진단 기술(B기술) 분야의 경쟁이 치열하며, 일본 SUMOTOMO METAL, HIGASHI, MATSUSHITA, 독일 KNORR BREMSE, 미국 GE 등의 회사가 관련 기술을 주도하고 있음
- KRRI는 철도차량 검수 설비 기술(A기술)에 4건, 철도차량 검수 진단 기술(B기술)에 1건으로 총 5건의 관련 특허를 보유하고 있는 것으로 나타나 향후 관련분야 기술개발이 시급한 것으로 판단됨



■ A기술. 철도차량 검수 설비 기술 ■ B기술. 철도차량 검수 진단 기술
[그림 2-34] 세부기술별 특허 등고선 맵

○ 주요 핵심특허 분석

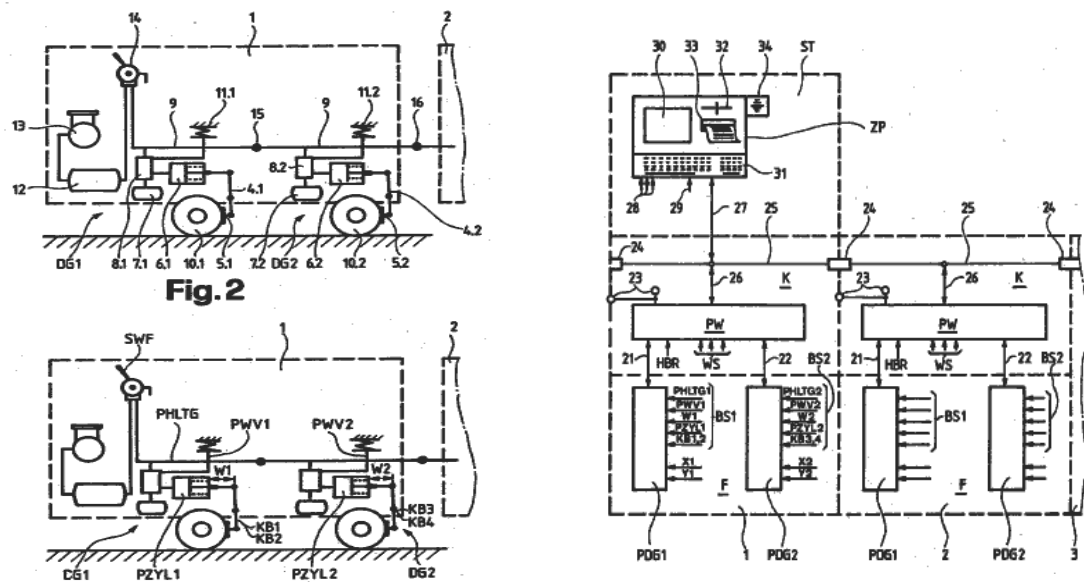
- 철도 차량의 Wheel-set 검사를 위한 측정 시스템과 관련된 미국 EL-SABAIEMA (American Railroads 협회 소속)의 등록특허 US5492002A건의 피인용 건수가 20건으로 가장 많고, 다음으로 Object detection과 관련된 KNAAK사의 미국특허가 피인용건수가 많음
- 기타 Ultrasonic transducer, wheel and flaw detection 등과 관련된 특허들이 피인용 건수가 많으며, 이러한 특허들을 중심으로 주요 특허를 선정하여 핵심특허 권리 분석을 할 수 있음

[표 2-5] 주요 핵심특허 현황

공개번호	발명의 명칭	출원인 정리	피인용수 (Forward)
US5492002A	Instrumented wheelset system	EL-SABAIEMA	20
US5787369A	Object detection system and method for railways	KNAAK T F	20
US5113697A	PROCESS AND APPARATUS FOR DETECTING DISCONTINUITIES ON LONG WORKPIECES	MANNESMANN AG	17
US5160927A	System and method for detecting the presence of objects in the path of movable vehicle	ARMATRON INC	13
EP646510A1	Device for orientating the axles of a railway vehicle on bends.	COSTAMASNA GA SPA	13
US5654510A	Ultrasonic transducer apparatus for testing railroad wheels	HEGENSCHEIDT-MFD GMBH	12
US5215168A	BRAKING SYSTEM FOR A RAILWAY VEHICLE	ALSTHOMSA	11
US5191385A	METHOD FOR DETERMINING THE SPATIAL COORDINATES OF POINTS, APPLICATION OF SAID METHOD TO HIGH-PRECISION TOPOGRAPHY, SYSTEM AND OPTICAL DEVICE FOR CARRYING OUT SAID METHOD	INSTGEOGRAPHIENAT	10
US6604421B1	Method, transducer wheel and flaw detection system for ultrasonic detecting railroad rails	LI G	10

○ 핵심특허 심층 분석 (예시)

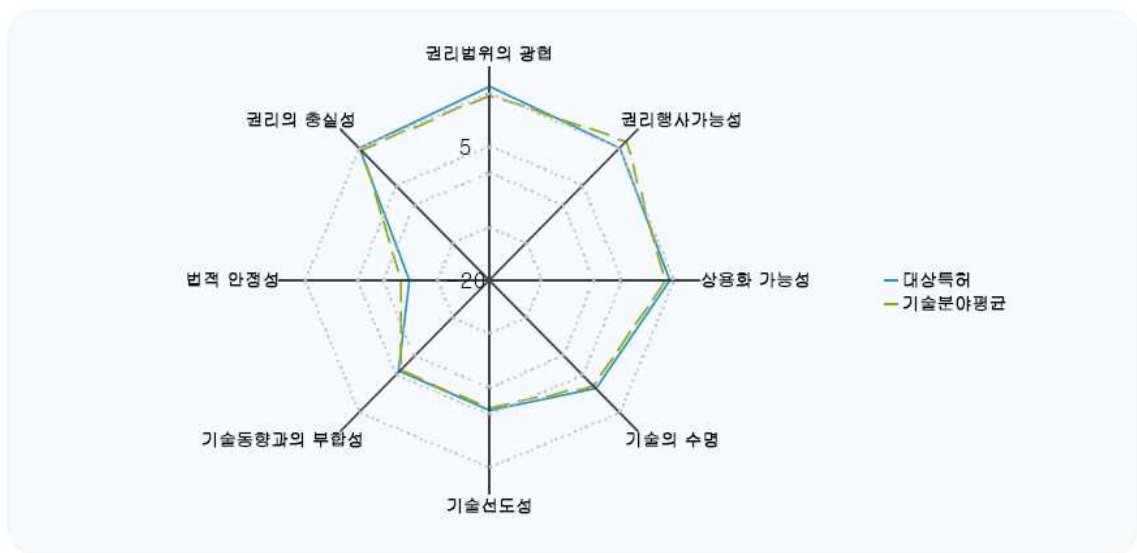
- 피인용수가 가장 많은 미국 EL-SABAIEMA (American Railroads 협회 소속)의 미국 등록특허 US5492002A는 철도 차량의 Wheel-set 검사에 위한 센서 등을 이용한 측정 시스템에 관한 특허임
- 1995년 2월 8일 출원 후 등록 되어 있으며 패밀리 특허는 1건으로 향후 연구 분야 설정 또는 침해대상특허 조사 등에 있어서 미국특허를 면밀히 검토하는 것이 필요함



[그림 2-35] 핵심특허 도면

- 특허청 발명진흥회의 특허분석 평가시스템(SMART3)를 활용하여, 미국 등록특허 US5492002A에 대해 상세 분석한 결과, 종합평가점수가 72.8 점으로 A로 평가되었음
- 전체 미국 등록특허 중 상위 16.4%에 위치하는 우수특허이며, 특히 명세서가 풍부하게 작성되어 있으며, 청구항 수가 14개로 많아 다양한 기술적 관점을 권리화 하였음.
- 미국 내 패밀리특허가 1건으로 시장확보력도 높게 평가됨
- 권리성 26.5점, 기술성 16.9점, 활용성 29.4점으로 물리/재료의 평균인 권리성 25.4점, 기술성 15.5점, 활용성 29.3점에 비하여 모두 높게 평가되었으며, 특히, 권리성과 기술성이 높게 평가되었으며 활용성은 상대적으로 낮게 평가됨

평가지표	점수	등급	대분류(물리/재료)			중분류(기구2)			소분류(측정)		
			백분위(%)	평균	표준편차	백분위(%)	평균	표준편차	백분위(%)	평균	표준편차
관리성 (40점)	26.5	BBB	29.8	25.4	2.2	32.7	25.5	2.3	38.6	25.5	2.3
기술성 (20점)	16.9	AAA	1.4	15.5	0.6	1.3	15.5	0.6	1.7	15.5	0.6
활용성 (40점)	29.4	BBB	39.5	29.3	0.9	41.3	29.4	0.8	44.0	29.4	0.8
총점 (100점)	72.8	A	16.4	70.3	2.8	17.6	70.4	2.8	20.9	70.8	2.8



※ 백분위(%) : 동일한 기술분야내에서 평가 점수별 순위에 대한 백분위 상의 위치

[그림 2-36] 핵심특허(US5492002A) 평가결과

5. 논문동향분석

- 철도차량 검측 진단시스템 기술개발 분야의 전체적인 논문동향을 살펴보면, 1990년부터 현재까지 총 637건의 SCI 논문이 발표되고 있으며, 유럽과 미국의 기관에서 전체 논문의 70% 이상을 발표하고 있음
- 매년 등락하는 경향이 있지만, 전체적으로 논문발표가 증가추세에 있는 것을 볼 때, 전 세계적으로 이 분야 기술개발에 대한 관심이 증가하고 있는 것으로 보이며, BRITISH INST NON-DESTRUCTIVE TESTING, PROFESSIONAL ENGINEERING PUBLISHING LTD, ELSEVIER SCI LTD 등 영국 저널을 통해 많은 논문이 발표되고 있음. 이 분야 최다 연구기관은 스페인 Univ Castilla La Mancha로 7건의 논문을 발표하고 있음
- 피인용도가 높은 핵심논문을 많이 발표하고 있는 저널로서, 영국의 PERGAMON-ELSEVIER SCIENCE LTD, ELSEVIER SCI LTD 등의 저널에 발표된 논문을 중심으로 선행기술을 우선 검토할 필요가 있음

○ 분석기준

[표 2-6] 논문 분석 기준

구 분	분석 기준
논문검색 DB	Web of Science, Thomson Innovation
분석구간	1990.01.01.~2013.6.18
검색범위	Title, Abstract

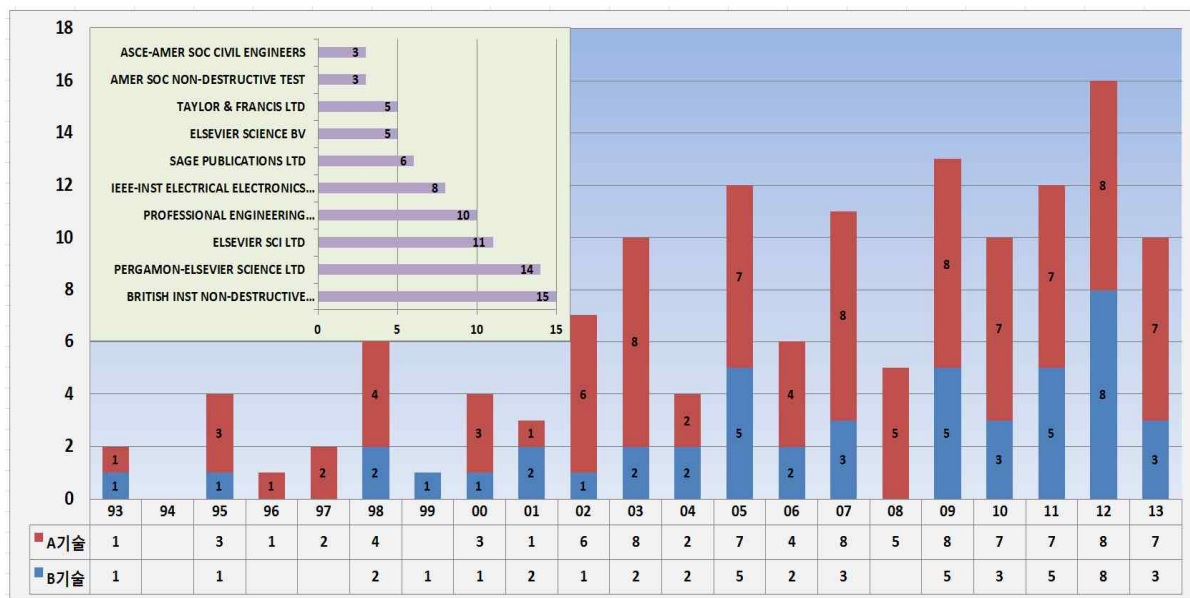
○ 분석범위

[표 2-7] 기술별 검색 조합식 및 대상논문건수

기술구분	검색 조합식	대상 논문건수
A기술		
AA AB	all=(railway or railroad or locomotive or (rail near2 (vehicle or car)) or train or (rolling adj stock)) and all=((maintenance or repair or replace or mend or fix or overhaul) and (automat* or inspect* or monitor* or evalut*))	311건
B기술		
B	ti=((Ultrasonic or (Eddy ADJ Current*) or (Infrared ADJ Thermography) or Laser OR EMAT OR (ELECTRO ADJ MAGNETIC ADJ ACOUSTIC ADJ TRANSDUCER) OR (Acoustic ADJ Emission) or (non adj destruct*) or nondestruct*)) and all=((test or Inspect* or monitor* or evaluat* or detect*) and (railway or railroad or locomotive or (rail near2 (vehicle or car)) or train or transit or (rolling adj stock))));	326건

○ 연도별 논문발표 추이 및 주요 등재저널 동향

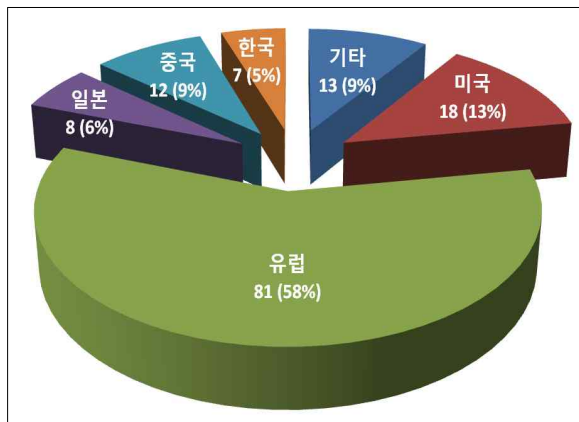
- 철도차량 검측 진단시스템 기술개발 전반에서 총637건의 SCI 논문이 검색되어, 이중 기술 관련성이 있는 논문 139건을 대상으로 분석을 수행함
- 철도차량 검수 설비기술(A기술) 분야 논문이 92건으로 더 많이 발표되고 있으며, 철도차량 검수 진단기술(B기술) 분야 논문이 47건 발표되고 있음
- 초음파 등을 활용한 비파괴 검수를 철도차량 검수 진단에 활용하는 B기술에 대한 논문은 상대적으로 발표건수가 작지만, 2010년 이후 19건(전체 47건의 40%)이 집중 발표되는 등 최근 관심이 증대하는 분야임을 알 수 있음
- 저널별 논문현황을 보면 BRITISH INST NON-DESTRUCTIVE TESTING, PROFESSIONAL ENGINEERING PUBLISHING LTD, ELSEVIER SCI LTD 등 영국 저널에서 많은 논문이 발표되고 있어, 이 분야 SCI논문 발표를 통한 미래 기술이 영국의 저널을 통해 선도되는 것으로 파악됨



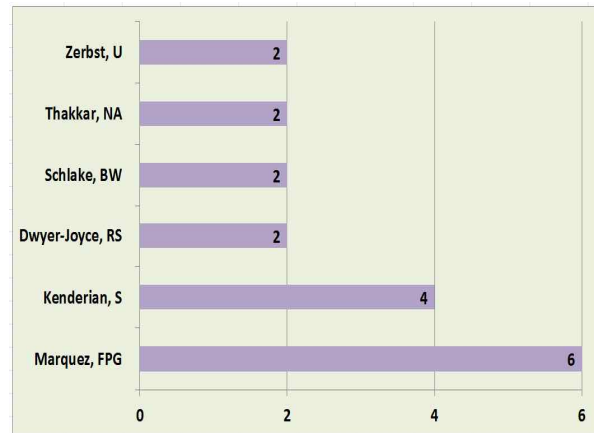
[그림 2-37] 연도별 논문 발표 추이 및 주요 등재 저널

○ 국가별, 주요연구기관, 주요저자 분석

- 철도차량 검측 진단시스템 기술개발 분야 전반의 논문은 과반수 이상이 유럽 기관에서 발표되고 있으며, 중국, 일본, 한국 등 아시아지역은 논문실적이 낮은 상황임
- 논문 주요저자 분석 결과 스페인 Univ Castilla La Mancha의 Marquez교수가 6건, 미국 Johns Hopkins Univ의 Kenderian교수가 4건으로 많은 발표를 하고 있음

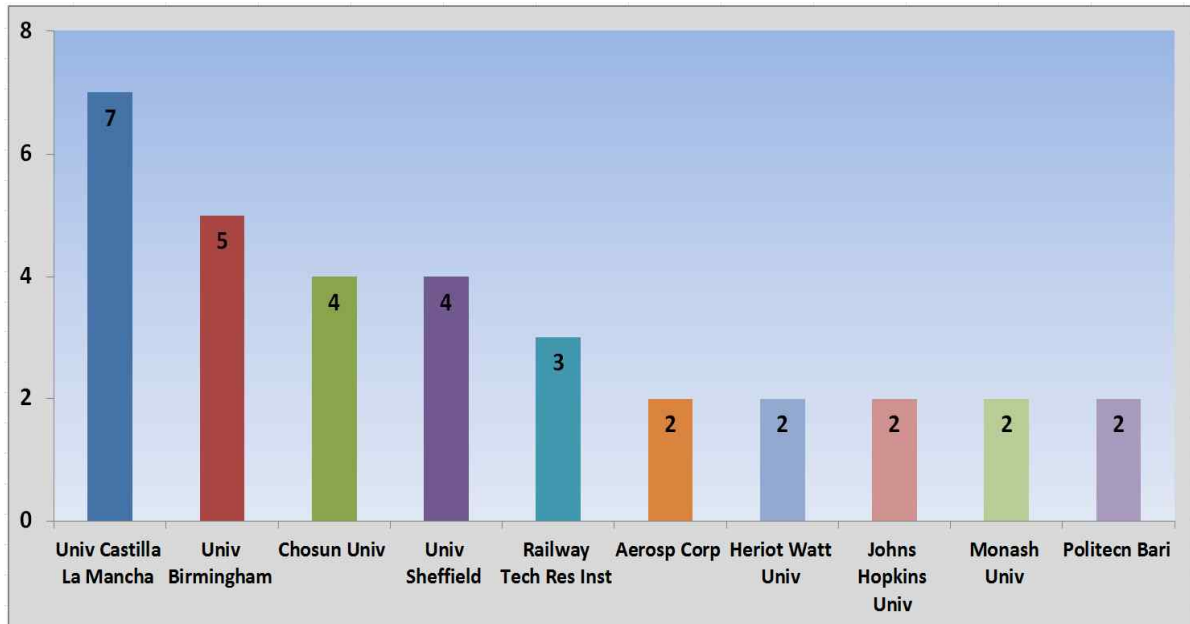


[그림 2-38] 논문 발표 주요 국가



[그림 2-39] 논문 발표 주요 저자

- 주요 연구기관별 논문분석 결과, 이 분야 최다 연구기관은 스페인의 Univ Castilla La Mancha로 7건이며 대부분을 Marquez교수가 발표하고 있음. 영국 Univ Birmingham이 5건, 영국 Univ Sheffield가 4건을 발표하는 등 영국대학에서 많은 논문발표가 이루어지고 있음. 한국의 조선대학교에서도 4건으로 많은 논문을 발표하고 있음



[그림 2-40] 논문 발표 주요 연구기관

○ 주요 핵심논문 분석

- 철도차량의 에너지 효율을 제고하기 위한 운영 및 유지보수와 관련된 미국 New Jersey Inst Technol의 Liu RF의 논문이 피인용 50건으로 가장 많음
- 기타 철도차량 차축의 손상(파괴)에 대한 분석과 예방에 대한 논문이 피인용수가 40건으로 많음. 이와 같이 피인용도가 높은 논문을 중심으로 핵심 논문을 파악할 수 있음

[표 2-8] 주요 피인용 논문 현황

번호	논문제목	저널명	발표 년도	피인 용수
1	Energy-efficient operation of rail vehicles	PERGAMON-ELS EVIER SCIENCE LTD	2003	50
2	The analysis and prevention of failure in railway axles	ELSEVIER SCI LTD	1998	40
3	Structural health monitoring in the railway industry: A review	SAGE PUBLICATIONS LTD	2005	37
4	Distributed quantitative and qualitative fault diagnosis: railway junction case study	PERGAMON-ELS EVIER SCIENCE LTD	2002	29
5	The development of a damage tolerance concept for railway components and its demonstration for a railway axle	PERGAMON-ELS EVIER SCIENCE LTD	2005	29
6	Applying RCM in large scale systems: a case study with railway networks	ELSEVIER SCI LTD	2003	26
7	Estimation of railway vehicle suspension parameters for condition monitoring	PERGAMON-ELS EVIER SCIENCE LTD	2007	21
8	A reliability centered approach to remote condition monitoring. A railway points case study	ELSEVIER SCI LTD	2003	20
9	A brief status on condition monitoring and fault diagnosis in wind energy conversion systems	PERGAMON-ELS EVIER SCIENCE LTD	2009	20
10	Ultrasonic measurements of nominal contact area and contact pressure in a wheel-rail system	PROFESSIONAL ENGINEERING PUBLISHING LTD	2000	20

- 최근 3년 내 발표 논문 중 피인용수가 높은 논문(Hot Paper)을 보면 철도차량에 대한 비파괴 검사, 차륜에 대한 초음파 진단 등의 연구내용이 주로 발표되고 있어 관련 분야 연구가 최근 주목받고 있는 분야임을 알 수 있음

[표 2-9] 3년 내 발표논문 중 피인용수 높은 논문(Hot Paper) 현황

번호	논문제목	저널명	발표 년도	피인 용수
1	Validating a nondestructive optical method for apportioning colored particulate matter into black carbon and additional components	PERGAMON-EL SEVIER SCIENCE LTD	2011	5
2	Nondestructive testing of express train wheel using the linearly integrated Hall sensors array on a curved surface	ELSEVIER SCI LTD	2011	3
3	Railway wheel-flat detection and measurement by ultrasound	PERGAMON-EL SEVIER SCIENCE LTD	2011	2
4	Ultrasonic measurement of railway wheel hub-axle press-fit contact pressures	PROFESSIONA L ENGINEERING PUBLISHING LTD	2011	2
5	Briefing: Modelling drainage across London Underground: a case study	ICE PUBLISHING	2012	1
6	Rail-wheel contact stress assessment using acoustic emission: a laboratory study of the effects of wheel flats	SAGE PUBLICATIONS LTD	2012	1
7	Ultrasonic evaluation of fatigue cracks at the wheel seat of a miniature wheelset	TAYLOR & FRANCIS LTD	2012	1
8	Nondestructive Testing of Train Wheels Using Vertical Magnetization and Differential-Type Hall-Sensor Array	IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC	2012	1
9	Train Delay and Economic Impact of In-Service Failures of Railroad Rolling Stock	NATL ACAD SCIENCES	2011	1
10	Probabilistic Rail Vehicle Localization With Eddy Current Sensors in Topological Maps	IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC	2011	1

－ 핵심논문 세부현황 (사례)

- SCI 논문 : 「Energy-efficient operation of rail vehicles」
- 저널명 : 영국 PERGAMON-ELSEVIER SCIENCE LTD, 2003
- 저자 : Liu, RF | Golovitcher, IM
- 주요내용 : 철도차량 경로에 따른 에너지 최적제어 계산 방법을 도출하고, 이 원리를 사용하여, 자동 열차운행 시스템과 철도 운영/유지보수 개선을 제안하는 논문임

Energy-efficient operation of rail vehicles

Rongfang (Rachel) Liu¹, Iakov M. Golovitcher^{1,2}

¹ Department of Civil and Environmental Engineering, New Jersey Institute of Technology, University Heights, Newark, NJ 07102, USA

² Parsons Rail and Transit Systems, 15th Floor, 469 Seventh Ave, New York, NY, USA

<http://dx.doi.org/10.1016/j.tre.2003.07.001>, How to Cite or Link Using DOI

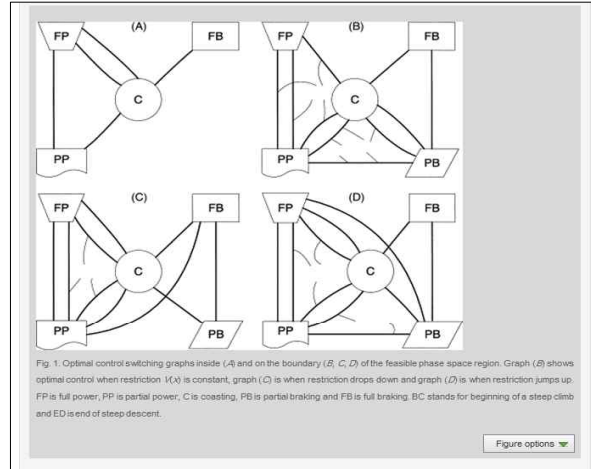
Permissions & Reprints

Abstract

This paper describes an analytical process that computes the optimal operating successions of a rail vehicle to minimize energy consumption. Rising energy prices and environmental concerns have made energy conservation a high priority for transportation operations. The cost of energy consumption makes up a large portion of the Operation and Maintenance (O&M) costs of transit especially rail transit systems. Energy conservation or reduction in energy cost may be one of the effective ways to reduce transit operating cost, therefore improve the efficiency of transit operations.

From a theoretical point of view, the problem of energy efficient train control can be formulated as one of the functions of Optimal Control Theory. However, the classic numerical optimization methods such as discrete method of optimum programming are too slow to be used in an on-board computer even with the much improved computation power, today. The contribution of this particular research is the analytical solution that gives the sequence of optimal controls and equations to find the control change points. As a result, a calculation algorithm and a computer program for energy efficient train control has been developed. This program is also capable of developing energy efficient operating schedules by optimizing distributions of running time for an entire route or any part of rail systems.

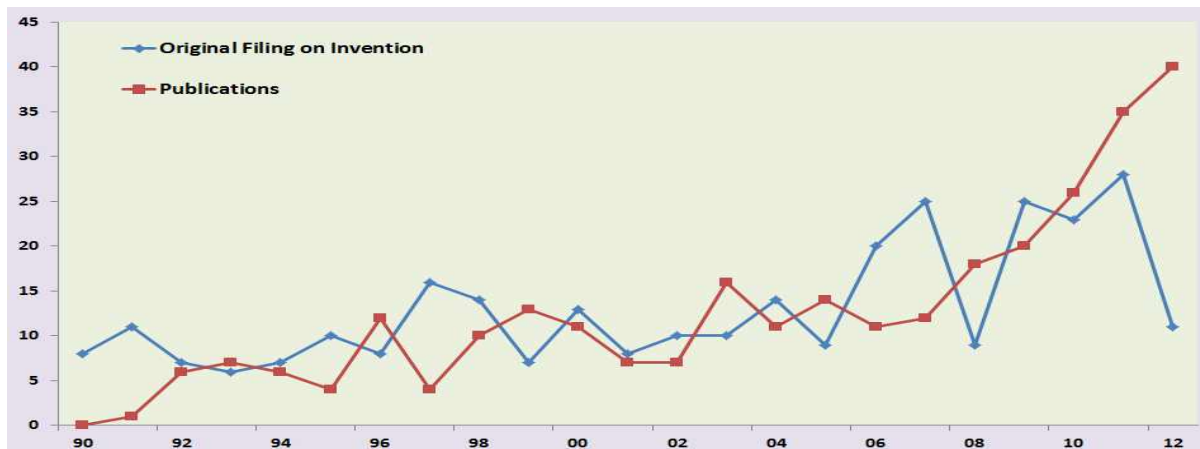
We see the major application of the proposed algorithms in fully or partially automated Train Control Systems. The modern train control systems, often referred as "positive" train control (PTC), have collected a large



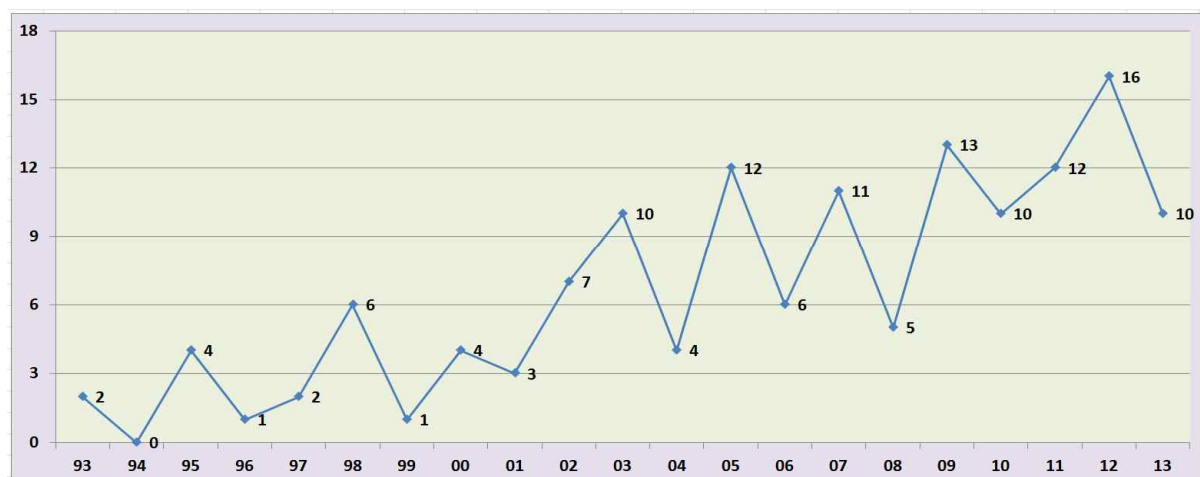
Using the similar logic, we can obtain conditions of existence for full braking and coasting (Golovitcher, 1986b). In particular, we found that full braking may exist only at the end of the route or to the left of a location where phase boundary $V(x)$ drops down. Hence, the phase trajectory for full braking can be determined either by the boundary conditions or by $V(x)$.

Based on analysis above, one can conclude that phase trajectory for partial power, partial braking and full braking is determined by value v_c , railroad profile $g(x)$, speed limit $V(x)$ and boundary conditions. These four sources may also determine preliminary location of intervals with full power and coasting. For final determination of the optimal phase trajectory on these intervals we apply necessary optimality conditions as discussed below.

[그림 2-41] 핵심논문 발표현황



[그림 2-42] 특허기술 연계 기술발전 추이



[그림 2-43] 논문 발표 연계 기술발전 추이

6. 논문/특허 분석에 대한 시사점

- 1990년대 초반부터 해외에 공개기술(적색선)과 기술의 발명(청색선)이 등락을 거듭하고 있으나, 2010년 이후 해외 공개기술이 더 많이 나타나는 것을 볼 때 해외 시장에서 중요한 기술로 부각되고 있는 기술임을 알 수 있음
- 철도차량 검측 진단시스템 기술개발 분야 전반의 특허·논문을 통해 시장 발전단계 위치를 추정하면, 방사선·초음파 등 다른 분야에서 성숙된 비파괴 진단기술 등을 철도분야에 적용하기 위한 기술개발이 꾸준히 이루어지고 있음을 알 수 있으며, 매년 특허·논문 건수의 등락이 있지만, 1990년대 이후 전반적으로 기술개발이 증가하는 추세에 있음

제2절 철도차량 유지보수, 검수장비 자동화 유지보수 현황분석

1. 국내철도차량 유지보수 현황

가. 국내 철도차량 운영기관별 설립·운영 현황

○ 서울메트로

- 서울메트로가 현재 운행하고 있는 노선은 4개 노선으로, 총 120개 역, 137.9km로 건설되어 운영중임
 - 1호선, 3호선, 4호선은 코레일과 직통 운전하는 구간을 포함하면 실질적으로 더 많은 구간을 매일 운행하고 있음
- 1호선의 운행 영업거리는 7.8km로, 서울역에서 청량리(지하)까지 10개 역(한국철도공사 운행구간을 포함하면 95개) 운영
 - 한국철도공사와 직통운전하는 구간을 포함하면 약 200km 이상을 운행
- 2호선의 운행 영업거리는 순환선, 성수지선, 신정지선을 합해 총 60.2km이고 53개 역을 운행 중에 있음
 - 본선은 영업거리 48.8km로 성수에서 성수까지 43개 역을, 성수지선은 영업거리 5.4km로 성수에서 신설동까지 4개 역을, 신정지선은 영업거리 6km로 신도림에서 까치산까지 3개 역을 운행
- 3호선의 운행 영업거리 38.2km로 지축에서 오금까지 34개 역을 운영하고 있으며, 한국철도공사의 운행구간인 일산선 구간을 포함하면 57.4km, 43개 역을 운행
- 4호선의 운행 영업거리 31.7km로 당고개에서 남태령까지 26개 역을 운행
 - 한국철도공사 직통운전구간을 포함하면 70.5km, 48개역을 운행
- 서울메트로 운행 구간에서의 전철 한 구간 당 운행시격은 2.3분에서 6.5분 사이로 <평일 2,456회>, <토요일 2,227회>, <일요일 2,129회> 운행되고 있음
- 시간대별로는 수송인원을 감안하여 출·퇴근 시에는 163대의 전동차가 편성되며, 평상시에는 87대의 전동차가 편성됨
 - 정차하는 역과 수송인원을 감안하여 각 노선에는 1호선과 2호선, 3호선, 4호선에 각각 출·퇴근 시 13개 편성, 69개 편성, 40개 편성, 40개 편성이며, 평상시에는 8개 편성, 37개 편성, 23개 편성, 19개 편성의 전동차를 편성, 운행 중에 있음

[표 2-10] 서울메트로 전동차 운행현황

(2013년 5월 7일 현재)

구분		계	1호선	2호선			3호선	4호선
				본 선	성수지선	신정지선		
구간		4개 노선	서울역 청량리	성수 성수	성수 신설동	신도림 까치산	지축 오금	당고개 남태령
영업거리 (km)		137.9	7.8	48.8	5.4	6	38.2	31.7
건설거리 (km)		146.1	9.9	62.1	37.7	33.4		
역수(개)		120	10	43	4	3	34	26
운행시격(분)		2.3~6.5	3.0~4.0	2.3~6.0	7.0~10.0	10.0	3.0~6.5	2.5~5.5
운행 회수 (회)	평일	2,456	550	548	226	224	410	498
	토요일	2,227	516	476	208	214	373	440
	휴일	2,129	516	420	208	214	349	422
소요시분 (분)		243.5	16	87	9.0	11.0	67.5	53
운행 편성	R.H	162편성	13	62	4	3	40	40
	N.H	87편성	8	31	3	3	23	19

○ 한국철도공사

- 국유 철도영업 관련 사무를 담당. 철도청이 2004년 1월 7일자로 시설 보유와 건설부문은 한국철도시설공단으로, 그리고 2005년 1월 1일자로 철도 영업 부문은 한국철도공사로, 상하분할방식으로 분리하면서 공기업의 형태로 각각 출범하였으며,
- 1971년 4월 7일 착공한 경원선, 경인선을 시작으로 1974년 8월 15일 수도권 전철을 개통하기 시작함
- 지배구조는 국토해양부를 주주로 한국철도시설공단 소유, 한국철도공사 운영으로 이원화 됨
- 한국철도공사의 경우 수도권전철 및 고속철도, 화물수송열차를 포함한 철도산업분야 속에서 여객 및 화물운송, 부대사업 등의 사업을 운영하고 있음
- 한국철도공사에서 운영하는 노선은 90개 노선, 652개 역, 3,361.3km를 18,308량(380개 편성)을 운영하고 있음
- 이중 수도권 전철 운영현황은
 - 수도권 전철 영역만 놓고 봤을 때, 경부선과 경인선, 경원선(1호선), 일산선(3호선), 안산·과천선(4호선), 중앙선, 분당선, 경의선, 경춘선 등 총 9개 노선을 운행중에 있음
 - 승무원들은 총 264개 편성 중 일부를 제외 한 대부분의 전동차를 수동운전방식으로, 한 대 당 평균 4~10량, 일평균 2,740천 명의 승객을 실어 나르고 있음
 - 운행거리는 총 484km에 이르며, 203개 역을 시속 37.1 ~ 61.7km의 속도로 약 2,326회 정도 운행하고 있음
 - 경부선과 경원선, 중앙선, 안산·과천선, 경의선, 경춘선의 경우 일부 역만을 경유하는 급행열차가 있어 시속 56.6 ~ 76.8km의 속도로 운행됨
 - 운행 배차는 평일시간대와 혼잡시간대를 포함하여 2.9~18.6분 간격으로 이뤄짐
 - 수도권 전철은 기본적으로 2007년부터 전면 시행된 수도권 대중교통 통합요금제를 따르고 있으며, 그에 따라 이동 거리에 따른 운임 산정, 타 대중교통 기관과의 환승 운임 할인 등이 이루어지고 있음
- 재무 현황(2011년 기준)을 살펴보면, 2010년을 기준으로 자산총액 22조1,792억 원에, 총 9조5,814억 원의 자본금을 보유하고 있고, 운수사업, 부대사업, 기타사업 등을 통한 총 매출액은 4조6,317억 원이고 관리비, 이자 지출 등을 제한 순이익이 4,506억원임

○ 서울도시철도공사

- 서울특별시를 단일 주주로 한 서울도시철도공사는 소유와 운영을 일원화하여 서울 지하철 5, 6, 7, 8호선, 총 4개 노선을 운영하고 있음
- 1990년 6월 27일 착공을 시작으로 1995년 11월 15일 처음 개통하여 운행하기

시작함

- 서울도시철도공사는 운수업을 주된 사업분야로 하여 활동 중에 있으며, 그 속에서 도시철도 관련 건설 및 도시개발, 부대사업 등을 함께 수행함
- 재무 현황(2011년 기준)을 살펴보면, 서울도시철도공사는 자산총액 6조8,576억 원에, 자본금 총 10조 7,646억 원을 보유하고 있지만 운수사업, 부대사업, 기타사업 등을 통한 총 매출액 5,365억 원에도 불구하고 관리비, 이자 지출 등을 제한 실질적인 순이익은 △ 2,822억 원의 적자를 이루고 있음
- 서울도시철도공사의 총 전동차 운행거리는 162.2km이고 157개 역을 평균 시속 40.8~44.5km의 속도로 1,538회 운행하고 있음
 - 전동차는 자동운전방식으로 운행되고 있으며, 207개 편성의 1,617량의 전동차에 8량 내지는 6량을 전동 칸을 달고 일평균 3,509천 명의 승객을 실어 나르고 있음
 - 전동차의 배차 간격은 2.5~12분임
 - 순수하게 각 역에 배치된 역무인원은 평균 10.51명으로 서울메트로 다음으로 많은 축에 속함
- 운임방식에 있어, 수도권 전철은 기본적으로 2007년부터 전면 시행된 수도권 대중교통 통합요금제를 따라 거리에 비례하여 추가 요금이 부과되는 방식을 따르고 있음. 그에 따라 이동 거리에 따른 운임 산정, 타 대중교통 기관과의 환승 운임 할인 등이 이루어지고 있음
 - 운임기준의 운수수익은 1,477백만원임

○ 서울시9호선

- 지하철 9호선은 강서구 개화역과 강남구 신논현역을 연결하는 ‘서울시 메트로9호선’과 ‘서울시9호선운영’의 도시철도 노선임
 - 서울 지하철 가운데 처음으로 수익형 민자사업(BTO)으로 건설된 노선으로, 2001년 12월 31일 착공하여 2009년 7월 19일 개통함
 - 건설은 ‘서울특별시도시기반시설본부’, 소유자는 서울특별시, ‘서울시 메트로 9호선’이 30년간 운영·관리를 맡고, 역무는 ‘서울시 9호선’이 운영위탁을 맡고 있는 복잡한 구조체제를 가짐
 - 2009년 1월에 ‘신논현 - 종합운동장’을 잇는 2차 4.5 km의 구간이 2013년 12월 개통을 목표로 착공되었고 2009년 12월에 3차 구간 중 종합운동장 - 올림픽공원역 5.94 km구간의 공사 착공, 2010년 하반기에 나머지 올림픽공원역-보훈병원 3.2 km구간의 공사가 착공되어 2015년에 9호선 전 구간이 완전 개통 될 예정임
- 서울시 9호선은 운수업을 주된 사업 분야로 활동 중에 있으며, 도시철도 관련 건설 및 도시개발, 부대사업 등을 함께 수행하고 있음
- 소유구조를 살펴보면, 서울시9호선의 운영 및 관리를 맡고 있는 서울시 메트로9호

선(주)의 경우 현대로템(25%)을 최대 주주로, 맥쿼리한국인프라투자회사(24%)와 포스코ICT(10.19%), 현대건설(7.64%)가 참여하여 2009년 기준 1,671억 원의 자본금을 보유하고 있음

- 서울시9호선의 운영위탁을 맡고 있는 서울시9호선운영(주)는 프랑스 다국적 기업인 베올리아 트랜스포르(80%)를 최대 주주로 현대로템이 20%를 출자하여 운영되고 있음
- 재무현황을 살펴보면, 서울시 메트로9호선(주)의 2010년 자산총액은 5,982억 원이고, 701억 원의 매출액을 기록하고 있지만 순이익은 △ 654억 원의 적자를 면치 못하고 있으며, 이에 대해 서울시의 손실보전(MRG)이 매년 이뤄지고 있음
- 운영현황을 살펴보면, 현재 개화역에서 신논현역까지 총 25개 역을 각각 정차하는 서울시9호선은 현재 1개 노선, 총 27.0km를 운행 중에 있음
- 개화-신논현 간 모든 역에 정차하는 일반열차와 김포공항-신논현 간 일부 역에만 정차하는 급행열차가 이원화 되어 운행됨
- 5:30부터 0:25까지 평균시속 30km를 운행하는 9호선의 배차간격은 평균 5~6.5분임
- 급행열차의 경우 평균 10~13분 간격으로 운행되며, 표정시속 46.8km를 유지함
- 현재 9호선의 전동차들은 36개 편성의 전동차가 수동/자동 방식으로 운전되고, 편성당 4량의 전동 칸이 장착, 일평균 438천명의 승객들을 실어 나름
- 총 24개 역을 4~5역씩 하나의 그룹 역으로 묶어 5개 그룹별로 관리하고 있음
- 한 역 안에 6.7명의 역무원이 배치되어 고객센터와 역사 내 질서유지 등의 업무를 수행하고 그룹별로 평균 11명이 근무함
- 역당 배치된 고객안전원 2~3명은 평소에 안전관리 및 서비스 업무를 수행하며 신호, 전기, 기계설비, AFC 장비 등의 이례사항이나 장애 발생 시 초동조치를 담당함
- 운임방식에 있어서는 수도권 대중교통 통합요금제를 따라 거리에 비례하여 추가요금이 부과되는 방식을 따르고 있음

○ 부산교통공사

- 부산교통공사는 부산광역시를 단독 주주로 부산 도시철도를 건설하고 운영하는 부산광역시의 공기업임
- 1981년 부산광역시 지하철건설본부로 출범하였으며, 1987년 부산교통공단법 제정에 따라 1988년에 부산교통공단으로 개편되었고, 2006년 1월 1일에 부산교통공사로 출범하였음
- 1981년 6월 23일 착공을 시작으로 1985년 7월 19일 부산도시철도 1호선 1단계 구간(범어사역~범내골역)이 개통되었고, 1999년 6월 30일 2호선이, 그리고 2005년 11월 28일 3호선과 2011년 3월 30일 4호선이 순차적으로 개통되었음

- 부산교통공사는 법적으로 도시철도를 통한 운수업뿐만 아니라 버스, 택시 등의 운영도 가능함. 현재 부수적으로 부산교통공사 축구단을 운영 중이고 도시철도 관련 건설 및 도시개발, 부대사업 등을 함께 수행함
- 재무현황(2011년 기준)을 살펴보면, 자산총액 4조4,477억 원, 4조1,170억 원 규모의 자본금을 보유 중이고, 2011년 한 해 동안 3,487억 원의 매출액을 달성하였지만 △1,146억 원의 순이익을 달성하여 적자운영을 하고 있음
- 전동차 운행은 4개 노선, 108개 역, 107.8km를 표정속도 36.2~41.1km로, 1,339~1,191회를 운행
 - 역과 역 사이의 배차 간격은 4~8분 사이이고, 총 138개 편성의 전동차에 각각 4량, 6량, 8량으로 구성되어 운영
 - 하루 평균 1,688천 명의 승객들이 부산도시철도를 이용하고, 이를 통한 운수수입은 하루에 625백만 원에 이름
 - 개별 전동차들은 자동운전방식을 채택하고 있고, 4호선의 경우 무인운전방식을 취하여 운전인력을 감축시켰음
 - 한 역당 9.2명의 역무원이 역사 내 치안과 고객서비스 등의 높이도록 근무하고 있음
- 운임방식에 있어서는 자체 운임 산정기준으로 이동구간제를 도입
 - 출발역을 기점으로 10km까지 1구간, 10km 초과 2구간으로 이원화하여 기본요금 1,200원(교통카드 1,100원)에 출발역으로부터 10km를 초과할 경우 1,400원을 지불함

○ 대구도시철도공사

- 대구광역시를 단독주주로 총 2개 노선의 지하철을 운영 중인 대구도시철도공사는 1991년 12월 7일 착공을 시작으로 1997년 11월 26일 1호선 1단계 구간을 개통하여 운행하기 시작하였음
- 이후 1998년 5월에 1호선 전 구간을 개통·운행하였으며, 2002년 1호선 연장 구간 개통, 2005년 2호선 전 구간 개통, 2012년 2호선 연장 구간 개통 그리고 2014년 3호선 개통을 목표로 공사 중에 있음
- 대구도시철도공사 사업분야는 도시철도의 운영 관리 및 제반 사업 분야임
 - 이를 통해 대구광역시의 모든 도시철도 건설 및 운영을 책임지고 철도 운영에 따른 주변지역 개발과 기타 도시계획사업, 편의시설 및 복리시설 건설·운영을 전적으로 맡고 있음
- 재무현황을 살펴보면, 2011년 기준으로 대구도시철도공사가 대구광역시로부터 받은 자본금은 4조1,393억 원으로 전체 지하철 건설 및 운영기관 10개 중 4번째에 해당하는 규모이고, 자산 총액 역시 3조2,818억 원으로 그 규모 면에서 중간 순위에 오르는 규모라고 볼 수 있음

- 2011년 한해 운수사업 및 기타, 부대사업을 통해 벌어들인 매출액은 913억 원이지만 다른 기관에 비해 상대적으로 순이익의 적자폭인 큰 △1,509억 원을 기록함
- 전동차 운행현황을 살펴보면, 대구지하철 2개 노선이 현재 운행 중인 거리는 53.9km이고 표정시속 40.1~43.1km의 속도로 총 56개의 역을 624회를 운행함
 - 지하철 운행은 5:00부터 0:00까지고 평균 배차간격은 5~7분 사이로 64개 편성의 전동차가 6량의 전동 칸을 장착하여 하루 689천 명의 승객들을 실어 나름
 - 이를 통해 걷어 들이는 운수수입은 하루 236백만 원임
 - 현재 대구지하철 내에 운행 중인 모든 전동차는 자동운전방식을 채택하고 있으며, 역 내에 근무 중인 역무원의 평균 인원은 10.66명으로 일반적인 규모임
 - 대구도시철도의 역 간 거리는 최소 0.7~ 최대 2.9km이고 이는 평균 1.0km라고 볼 수 있음
- 운임방식과 관련하여, 총 53.9km라는 긴 영업거리에도 불구하고 거리에 상관없는 동일한 요금을 받는 균일운임제를 운영

○ 인천교통공사

- 인천교통공사는 1992년 지하철건설본부를 시작으로 1998년 지하철 공사로 출범 하였음
 - 지하철 건설 착공은 1993년 7월 5일 시작되었으며 1999년 10월 6일 박촌역~동막역까지 개통되어 인천 시민들의 발이 되어 주고 있음
 - 2011년 12월 인천메트로는 인천교통공사에 합병되어 인천광역시의 육상교통 전반을 책임지고자 함
- 인천교통공사는 인천 도시철도 1호선과 더불어 인천종합버스터미널과 인천시 버스 정보관리시스템을 운영하고 있으며 장애인콜택시, 인천 시내 순환버스 등을 운행하고 있는 공기업으로 운수서비스업을 사업 분야로 하고 있음
 - 명칭이 유사한 부산교통공사는 실질적으로 도시철도만을 관리하고 있으나, 인천교통공사는 인천메트로와 인천교통공사가 합병됨으로 도시철도를 포함한 모든 대중교통 수단을 전반적으로 관리하는 것이 특징임
- 재무현황(2011년 기준)을 살펴보면, 인천교통공사는 인천광역시를 단독 주주로 자본금 2조1,184억 원, 자산 총액 2조2,621억 원의 지방 도시철도 담당 중소기관이라고 할 수 있음
- 2011년 기준 매출액은 686억 원이었고 지출을 제한 순이익은 △638억 원을 기록하였음. 이는 서울시9호선과 비슷한 규모로 대구도시철도보다는 낮지만 지출규모가 매출액보다 큰 편임
- 전동차 운행현황을 살펴보면, 인천교통공사는 지하철 1개 노선만을 운행 중이며 2007년 개양역 개통 이후로 영업거리 총 29.4km를 312회 운행

- 29개역, 표정속도는 시속 43.5km, 역간 배차 간격은 4.5~8.5분으로 수도권 도심 지하철에 비해 길긴 하지만 대전, 광주 지하철보다는 짧은 편이며, 영업종료가 10개 기관 중 가장 늦은 1:01임
 - 자동운전이 가능한 34개 편성의 전동차를 보유하고 있으며, 1편성 당 8량의 전동칸이 장착되어 운행됨
 - 하루 이용승객은 361천 명이고 이를 통해 걷어 들이는 운수수입은 하루 182백만 원임
 - 역 당 평균 9.34명의 인력이 근무 중임
 - 운임방식에 있어서는, 서울 지하철과 더불어 수도권 역으로서 거리비례제를 따르고 있음
- 대전도시철도공사
- 대전광역시 도시철도공사는 대전광역시의 도시철도를 운영하는 공기업임
 - 대전 지하철 운영 및 부대사업, 도시교통 발전과 시민복지 증진을 설립목적으로 1996년 10월 30일 지하철 1호선 1단계 공사를 착공하였음
 - 2006년 3월 16일 1단계 구간이 개통되었으며, 다음 해인 2007년 4월 전 구간이 개통되어 현재까지 운행 중에 있음
 - 대전도시철도공사는 대전광역시 도시철도 운영 및 관리, 부대사업을 그 사업영역으로 함
 - 재무현황(2011년 기준)을 살펴보면, 대전광역시를 단독 주주로 하는 대전도시철도공사는 자본금 1조7,373억원에 자산 총액 1조5,137억원으로 광주도시철도공사와 더불어 지하철 공기업으로서는 상대적으로 적은 자본금과 자산총액을 보유함
 - 매출액 대비 마이너스 순이익 면에서도 광주도시철도공사와 유사한 추세를 나타내고 있으며 2011년 한해 298억 원의 매출, 순이익은 △ 496억이었음
 - 전동차 운행현황을 살펴보면, 현재 대전도시철도공사는 1개 노선만을 운행 중에 있음. 총 영업거리는 20.5km, 22개 역을 242회 운행하고 있음
 - 자동운전이 가능한 21개 편성의 전동차를 보유하고 있으며, 1편성 4량으로 구성된 전동차를 하루 105천 명의 승객을 수송함
 - 전동차 간 배차간격은 역간 거리에 따라 5~10분 사이로 이뤄지고, 표정속도는 38.8km의 속도임
 - 평균 9.4명의 역무원이 역 내에 근무 중이며, 승객수송을 통해 걷어 들이는 운수수입은 하루 77백만 원임
 - 운임방식에 있어서는 자체 운임 산정기준으로 이동구간제를 도입
 - 출발역을 기점으로 10km까지 1구간, 10km 초과 2구간으로 이원화하여 기본요금 1,200원(교통카드 1,100원)에 출발역으로부터 10km를 초과할 경우 1,300원을 지불함

○ 광주도시철도공사

- 광주광역시 단독 주주로 설립된 광주도시철도공사는 1996년 8월 28일 지하철 1호선 공사의 첫 삽을 떴으며, 2004년 4월 28일 1단계 구간 개통, 2008년 4월 11일 2단계 구간 개통하였음
- 광주도시철도공사의 사업분야는 도시철도 운영 및 관리, 부대사업분야로 규정하고 있음
- 재무현황(2011년 기준)을 살펴보면, 광주광역시는 주주로 하는 광주도시철도공사는 자본금 1조7,155억원, 자산 총액 1조4,859억원 규모의 군소 철도공기업으로 2011년 한해 매출액 133억, 순이익 △ 311억원을 기록하였음
- 전동차 운행은 1호선은 녹동역~평동역 구간 20.6km을 운행 중이며, 19개의 역과 1개의 간이역을 포함 총 20역이 운영되고 있으며, 역 간 배차 간격 5~10분 사이임
 - 5:30~0:00까지 평일 기준 표정속도 34.3km의 속도로 240회를 운행
 - 무인 운전이 가능한 1인 자동운전방식의 전동차 23개 편성을 보유하고 있고, 전동차 1편성 당 4량이 편성되어 운행 중임. 하루 이용승객은 50천명이고 이를 통해 얻어지는 운송수입은 하루 30백만원임.
- 운임방식은 대구도시철도와 마찬가지로 균일운임제 방식을 채택

○ 코레일공항철도

- 철도청의 주관 하에 공영철도로 건설하려 한 인천국제공항철도가 인천국제공항공로 속도로와 함께 민자사업으로 지정되어 설립된 컨소시엄 업체임. 대한민국 정부 수립 이후 최초로 민간 자본을 투입하여 건설된 수익형 민자사업(Built- Transfer- Operate)방식의 철도이나, 현재는 국고 사업(준공영화)으로 전환됨
 - 소유자는 한국철도시설공단이고, 운영은 한국철도공사의 계열사인 '코레일공항철도'가 맡고 있는 이원화 구조로 2010년 12월 29일부터 30년간 운영한 후 국가에 운영권을 반납하는 조건으로 운영하고 있음
 - 2011년 4월 1일 공사가 착공되어 2007년 3월 23일 첫 운행을 개시함
- 서울역에는 도심공항터미널이 운영되어 탑승수송 및 수화물탁송, 출국심사까지 원스톱으로 진행되어 철도와 항공의 환승시스템 구축을 특색으로 하고, 기타 철도 관리와 운영에 있어서는 외주 입찰방식을 주로 활용함
- 소유구조를 살펴보면, 한국철도공사를 대주주(88.8%)로 국토해양부(9.9%)와 현대해상화재보험(1.3%)이 주주로 참여하고 있음
- 재무현황(2010년 기준)을 살펴보면, 자본금 9,310억원 규모(2009년 기준)로 2010년 기준 자산 총액 2조9,380억원을 기록하였고, 2010년 매출액 1,483억원을 달성, 이 중 110억원의 순이익을 기록, 한국철도공사와 함께 유일한 흑자 철도 기업이라고 할 수 있음
- 전동차 운행현황을 살펴보면, 현재 1개 노선으로 총 58.0km를 운행 중에 있으며,

- 인천국제공항역 - 서울역 간 모든 역(10개)에 정차하는 일반열차와 인천국제공항역 - 서울역을 논스톱으로 운행하는 직통열차가 이원화 되어 운행됨
- 표정속도 70.0km로 긴 구간을 빠르고 신속하게 도달하도록 하는 것을 특징으로 함
 - 현재까지 배차 간격은 일반 12분, 직통 30분 간격으로 운행하고 있으며 전동차 1편성 당 6량으로 구성되어 하루 134천명을 이용객을 수송함
 - 역 하나 당 평균 10.1명의 역무원이 근무하고 있으며, 하루 운수수입은 123백만원으로 인천지하철과 비교하여 1/3의 승객이 유사한 규모의 수익을 내어주고 있음
 - 운행방식은 기본적으로 거리 비례제로 산정하고 있음
 - 일반열차의 경우 수도권 대중교통 통합요금제를 따라 거리에 비례하여 추가 요금이 부과되는 방식을 따르고 있음
 - 직통열차의 경우 기본 운임 및 거리 비례산정 기준을 높여 어른 14,300원의 다소 비싼 운임을 받고 있음

○ 국내 철도차량 운영기관 현황

[표 2-11] 국내 철도차량 운영기관 현황

구 분	서울메트로	한국철도공사	서울도시철도공사	서울시9호선	부산교통공사
착공 및 개통일	1971.4.8 1974.8.15	1971.4.7 1974.8.15	1990.6.27 1995.11.15	2001.12.31 2009.7.24	1981.6.23 1985.7.19
사업분야	운수업	철도여객 화물운송업 부대사업	운수업	운수업	운수업
주주	대한민국정부 서울특별시	대한민국정부 (국토해양부)	대한민국정부 서울특별시	현대로템, 포스코CT 삼표E&C, 현대건설 포스코엔지니어링, 쌍용건설(주), 울트라건설(주) 베올리아 트랜스포르 현대로템	부산광역시
자본금	7조5,608억 (2011)	9조5,814억 (2011)	10조7,646억 (2011)	1,671억 (2009)	4조1,170억 (2011)
매출액	9,493억 (2011)	4조6,317억 (2011)	5,365억 (2011)	701억 (2010)	3,487억 (2011)
순이익	- 2,113억 (2011)	4,506억 (2011)	- 2,822 (2011)	- 654억 (2010)	-1,146억 (2011)
자산총액	4조5,383억 (2011)	22조1,792억 (2011)	6조8,576억 (2011)	5,982억 (2010)	4조4,477억 (2011)
노선	4개	90개(광역 9개)	4개	1개	4개
운행거리	137.9 km	3,361.3 km	162.2 km	27.0 km	107.8 km
역	120개	652개(광역203개)	157개	25개	108개
기지	5개	29개	6개	1개	5개
영업개시	5:20	5:20	5:30	5:30	5:05
영업종료	1:00	0:47	1:00	0:25	0:42
평균속도	36.7~46.1km/h 평균43.4km/h	일반:37.1~61.7km/h 급행:56.6~76.8km/h	40.8~44.5km/h 평균42.9km/h	일반: 30km/h 급행:46.8km/h	36.2~41.1km/h 평균38.8km/h
배차간격 (분)	2.5~6.5	2.9~18.6	2.5~12	급행:10~13 일반:5~6.5	4~8
이용승객 (천명/일)	6,086	2,740	3,509	438	1,688
운수수입 (백만원/일)	2,498	배분방식변경에 따른 비공개	1,477	공개거부	625
운전방식	수동/자동	수동/자동	자동	수동/자동	수동/자동
운임방식	거리비례제	거리비례제	거리비례제	거리비례제	이동구간제

구 분	대구도시철도공사	인천교통공사	대전도시철도공사	광주도시철도공사	코레일공항철도
착공 및 개통일	1991.12.7 1997.11.26	1993.7.5 1999.10.6	1996.10.30 2006.3.16	1996.8.28 2004.4.28	2001.4.1 2007.3.23
사업분야	대구도시철도 운영 관리 및 제반 사업	운수서비스업	대전 도시철도운영/ 관리,부대사업	광주도시철도운영/관 리,부대사업	운수업
주주	대구광역시	인천광역시	대전광역시	광주광역시	한국철도공사 국토해양부 현대해상
자본금	4조1,393억 (2011)	2조1,184억 (2011)	1조7,373억 (2011)	1조7,155억 (2011)	9,310억 (2009)
매출액	913억 (2011)	686억 (2011)	298억 (2011)	133억 (2011)	1,483억 (2010)
순이익	-1,509억원 (2011)	-638억 (2011)	-496억 (2011)	-311억 (2011)	110억 (2010)
자산총액	3조 2,818억 (2011)	2조2,621억 (2011)	1조5,137억 (2011)	1조4,859억 (2011)	2조9380억 (2010)
노선	2개	1개	1개	1개	1개
운행거리	53.9 km	29.4 km	20.5 km	20.5 km	58.0 km
역	56개	29개	22개	20개	10개
기지	3개	2개	2개	2개	1개
영업개시	5:30	5:30	5:30	5:30	5:20
영업종료	0:00	1:01	0:12	0:00	0:34
평균속도	평균41.6km/h	평균43.5km/h	평균38.8km/h	평균34.3km/h	평균70.0km/h
배차간격 (분)	5~7	4.5~8.5	5~10	5~10	일반: 12 직통: 30
이용승객 (천명/일)	689	361	105	50	134
운수수입 (백만원/일)	236	182	77	30	123
운전방식	자동	자동	자동	자동	자동
운임방식	균일운임제	거리비례제	이동구간제	균일운임제	일반: 거리비례 직통:균일운임

나. 운영기관별 철도차량 유지관리 현황

○ 철도차량 보유현황

－ 도시철도 운영기관별 철도차량 보유현황

[표 2-12] 국내 도시철도차량 운영기관 철도차량 보유현황

구 분		서울 메트로	서울도시 철도공사	부산교통 공사	대구도시 철도공사	인천 교통공사	대전도시 철도공사	광주도시 철도공사
차량 현황	편성	200	207	138	64	34	21	23
	량수	1,954	1,617	878	384	272	84	92
운행편성 (량)		10 (지선 4, 6)	6/8	4/6/8	6	8	4	4

－ 한국철도공사 철도차량 보유현황

[표 2-13] 한국철도공사 철도차량 보유현황

구 분	계	KTX	기관차	동차	객차	발전차	화차	기중기
보유량	18,308	1,160	501	2,897	1,057	147	12,530	16

○ 운영기관별 철도차량 종류 및 보유량

－ 철도차량 종류

- 운영기관별 도시철도차량은 저항제어 전동차와 초파제어 전동차, VVVF제어 전동차로 구분하며, 저항제어와 초파제어는 직류직권 전동기가 적용되었고 VVVF제어는 3상 유도전동기가 적용되었음
 - 저항제어 전동차는 서울메트로, 한국철도공사에서 운용하고 있으며 저항의 특성을 이용하여 속도를 제어하고, 도시철도차량에서 발생하는 전류를 저항기에서 열로 소모함
 - 초파제어 전동차는 서울메트로, 부산교통공사에서 운용하고 있으며 싸이리스터(대용량 SCR)를 제어소자로 적용하여 속도를 제어하고 도시철도차량에서 발생하는 회생전류를 가선으로 다시 전달하여 에너지 효율성을 높이는 계기가 되었음
 - VVVF제어 전동차는 3상 유도전동기를 구동할 수 있는 기술 및 소자가 개발됨에 따라 도시철도차량에 적용하였고, 적용된 전력전자 소자의 특성에 따라 제

어회로, 주변기기, 보호회로가 달라지고 제어장치의 경량화를 용이하게 할 수 있음

- 또한, 도시철도차량 서비스기기도 데이터 통신방식, 모니터링 기술, 전자회로의 집적화 기술 등의 발전에 따라 각종 기기의 소형화, 단순화, 편리성 등의 향상으로 발전하고 있음
- 철도차량 경량화를 위하여 차체의 재질은 연강재(mild steel) 차체에서 스테인레스강 차체, 알루미늄 차체, 복합재료 차체를 적용하여 차체를 구성하고 있음

－ 운영기관별 철도차량 현황

- 서울메트로

[표 2-14] 서울메트로 철도차량 보유현황

호 선	1호선		2호선					3호선					4호선				
소 속	군 자					신 정			지 축			수 서		창 동			
차 종	현대 VVVF	저항 제어	GEC 초파	로템 VVVF	한 진 저항	로템 VVVF	현대 초파	현대 VVVF	로템 VVVF	GEC 초 파	로템 VVVF	GEC 초파	현 대 VVVF	대 우 VVVF			
편성수	16		40			48			36			29		47			
	10	6	23	16	1	4	22	22	16	15	5	19	10	22	25		
보유량	100	60	230	136	4	24	220	220	160	150	50	190	100	220	250		
	530					464			360			290		470			
편성별	160		834					650							470		
	101 ~ 110	111 ~ 116	273 ~ 295	257 ~ 272	256	245 ~ 248	201~205 215 ~ 231	206~214 232 ~ 244	371 ~ 386	301~315	316 ~ 320	321 ~ 333 336~340 349	334~335 341 ~ 348	DCV	401 ~ 409	410 ~ 426	
														ADV	451 ~ 463	464 ~ 471	
														계	22	25	
제어별	【저항제어】1호선:6편성(60량), 2호선(성수/신정지선):1편성(4)/4편성(24) 【초파제어】MELCO:22편성(220량) GEC:38편성(380) 【VVVF제어】1호선:10편성(100량) 2호선(본선/지선):34편성(340)/4편성(16) 3호선:34편성(340량) 4호선:47편성(470량)													DCV : 26편성(260량) ADV : 21편성(210량)			

- 부산교통공사

[표 2-15] 부산교통공사 철도차량 보유현황

호 선	1호선		2 호 선		3 호 선		4 호 선	
소 속	노 포 신 평		호 포		대 저		안 평	
차 종	MELCO 초퍼		Alstom VVVF		로템 VVVF		우 진 VVVF	
편성수	45		56		20		17	
	25	20	56		20		17	
보유량	200	160	336		80		102	
	360		336		80		102	
편성별	101~105, 110~115, 117~131	106~109, 113, 116, 132~145	201~256		301~320		401~417	
제어별	【초퍼제어】1호선:45편성(360량) 【VVVF제어】2호선:56편성(336량) 3호선:20편성(80) 4호선:17편성(102)							

· 대구도시철도공사

[표 2-16] 대구도시철도공사 철도차량 보유현황

호 선	1호선		2 호 선
소 속	<u>월배차량기지사업소</u>	안심차량기지사업소	문양차량기지사업소
차 종	<u>한진중공업</u> VVVF		<u>로템</u> VVVF
편성수	17	17	30
	6	6	6
보유량	102	102	180
편성별	101 ~ 117	119~134	201~230
제어별	【VVVF제어】1호선:34편성(204량) 2호선:30편성(180)		

· 인천교통공사

[표 2-17] 인천교통공사 철도차량 보유현황

호 선	1 호 선	
소 속	<u>굴현차량기지사업소</u>	
차 종	<u>대우중공업</u> VVVF	<u>현대로템</u> VVVF
편성수	34	
	25	9
보유량	200	72
	272	
편성별	101 ~ 125	126 ~134

· 대전·광주도시철도공사

[표 2-18] 대전·광주도시철도공사 철도차량 보유현황

대전도시철도공사		광주도시철도공사	
호 선	1 호 선 (<u>판암</u>)	호 선	1호선(<u>용산</u>)
차 종	<u>현대로템</u> VVVF	차 종	<u>현대로템</u> VVVF
편성수	21	편성수	23
보유량	84	보유량	92
제어별	DCV : 21편성(84량)	제어별	【VVVF제어】1호선:23편성(92량)

- 신분당선(주), 부산김해경전철운영(주)

[표 2-19] 신분당선(주), 부산김해경전철운영(주) 철도차량 보유현황

신분당선(주)		부산김해경전철운영(주)	
호 선	신분당선(강남~정자)	호 선	부산김해경전철
차 종	현대로템 VVVF	차 종	현대로템 VVVF
편성수	12	편성수	25
보유량	72	보유량	50
제어별	【VVVF제어】 12편성(72량)	제어별	【VVVF제어】 25편성(50량)

○ 운영기관별 조직현황

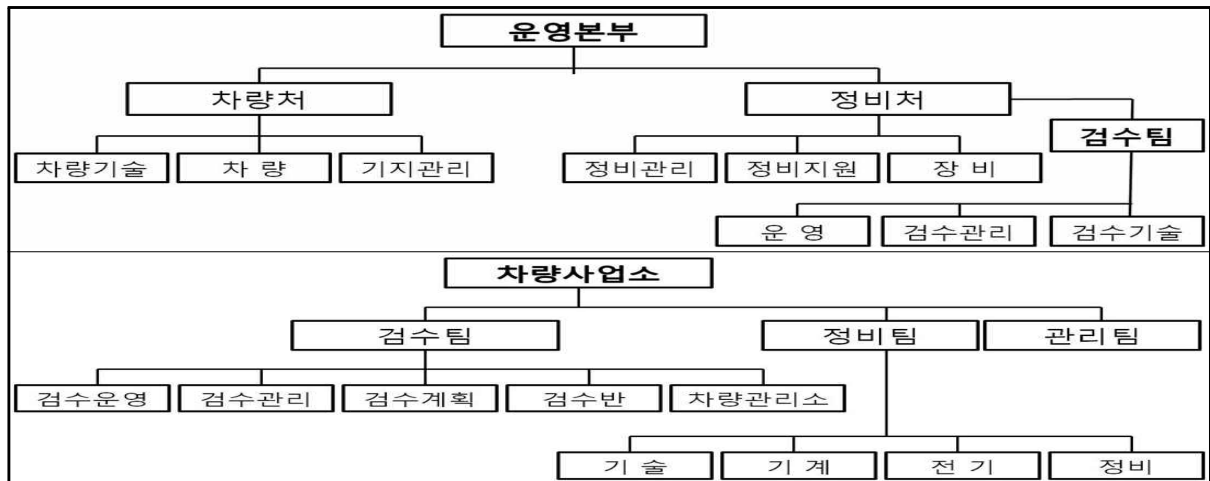
- 운영기관별 철도차량 유지보수 조직은 각 조직의 특성에 맞게 편성 운영하고 있음
- 철도차량 보유량에 따라 유지보수 조직을 구성하여 운영하고 있음
- 서울메트로 철도차량 유지보수 조직은 본사와 현업으로 조직을 분리하여 운영하고 있음
 - 본사조직은 차량처와 정비처의 2개 처를 운영하고 있으며, 차량처는 차량제작과 유지보수 인력 운영, 차량기지 관리 등의 업무를 수행하고 있고, 정비처는 철도차량운용, 고장예방활동, 유지보수용 기계장치 관리, 철도차량 유지보수 업무를 수행하고 있음
 - 현업은 5개 차량사업소 13개 팀으로 구성되어 있지만 철도차량 유지보수 업무는 8개 팀이 수행하고 있음
- 한국철도공사는 철도차량 유지보수 조직은 본사와 현업으로 조직을 분리하여 운영하고 있음
 - 본사조직은 차량기술단에 차량계획처, 고속차량처, 일반차량처, 전동차량처의 4개 처를 운영하고 있으며,
 - 차량계획처는 유지보수 인력 운영, 각종 발주업무 등을 수행하고, 고속차량처는 고속차량의 제작 및 유지보수 등의 차량관리 업무를 수행하며, 일반차량처는 새마을·무궁화 등의 철도차량 제작과 유지보수 등의 차량관리 업무를 수행하고 있으며, 전동차량처는 광역차량 제작 및 유지보수 등의 차량관리 업무를 수행하고 있음
 - 현업조직은 지역본부에 12개의 차량처와 29개의 차량사업소가 철도차량 경정비 및 광역철도차량 중정비업무를 수행하고 있으며, 3개의 철도차량정비단에서는 KTX 경정비업무 및 철도차량 중정비업무를 수행하고 있음

- 서울도시철도공사 철도차량 유지보수 조직은 본사와 현업으로 조직을 분리하여 운영하고 있음
 - 본사조직은 차량처에 차량계획팀, 차량정비팀으로 구성되어 있으며, 차량계획팀은 철도차량 제작업무 및 인력운영 업무 기지시설 개선업무를 수행하고 있으며, 차량정비팀은 철도차량운용, 고장예방 활동, 유지보수용 기계장치 관리, 철도차량 유지보수 업무를 수행하고 있음
 - 현업은 5개 차량사업소 2개부로 구성되어 철도차량 유지보수 업무를 수행하고 있음
- 부산교통공사 철도차량 유지보수 조직은 본사와 현업으로 조직을 분리하여 운영하고 있음
 - 본사조직은 차량처에 검수정비부, 차량부로 구성되어 있으며, 검수정비부는 철도차량운용, 고장예방활동, 유지보수용 기계장치 관리, 철도차량 유지보수 업무를 수행하고 있으며, 차량부는 철도차량 제작업무 및 인력운영 업무 기지시설 개선업무를 수행하고 있음
 - 현업은 5개 차량사업소 7개부로 구성되어 철도차량 유지보수 업무를 수행하고 있음
- 대구도시철도공사 철도차량 유지보수 조직은 본사와 현업으로 조직을 분리하여 운영하고 있음
 - 본사조직은 차량부가 있으며 철도차량 제작업무, 인력운영 업무, 기지시설 개선 업무, 철도차량운용, 고장예방활동, 유지보수용 기계장치 관리, 철도차량 유지보수 업무를 수행하고 있음
 - 현업은 3개 차량사업소 4개팀으로 구성되어 철도차량 유지보수 업무를 수행하고 있음
- 인천교통공사 철도차량 유지보수 조직은 굴현차량사업소에 3개 팀이 철도차량운용, 고장예방활동, 유지보수용 기계장치 관리, 철도차량 유지보수 업무를 수행하고 있음
- 대전도시철도공사 철도차량 유지보수 조직은 판암차량사업소에 1개 팀이 철도차량운용, 고장예방활동, 유지보수용 기계장치 관리, 철도차량 유지보수 업무를 수행하고 있음
- 광주도시철도공사 철도차량 유지보수 조직은 용산차량사업소에 1개 팀이 철도차량운용, 고장예방활동, 유지보수용 기계장치 관리, 철도차량 유지보수 업무를 수행하고 있음
- 신분당선(주) 철도차량 유지보수 조직은 본사 차량궤도팀이 한국철도공사 분당차량사업소에서 경정비업무를 수행하고 있으며, 경정비는 한국철도공사에서 고장예방활동, 철도차량 유지보수 업무를 위탁용역을 수행하고 있고, 광교차량기지가 건설 중

에 있음

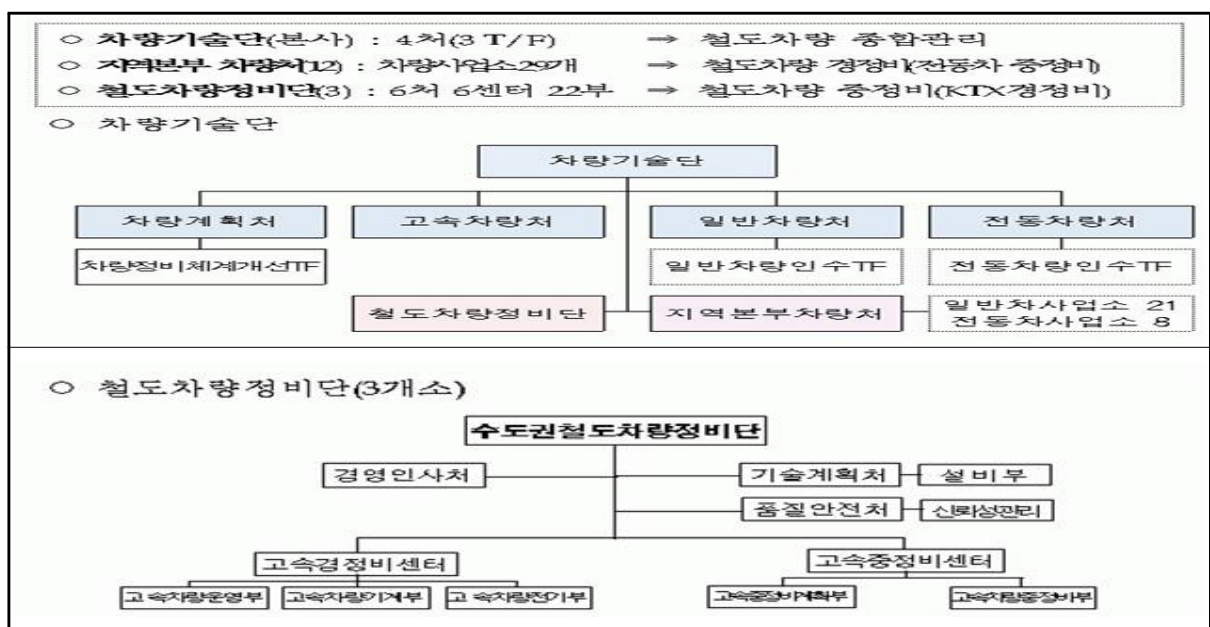
- 부산김해경전철운영(주) 철도차량 유지보수 조직은 신명차량기지에 운영사의 기술 운영팀과 유지보수사의 차량팀으로 구성되어 철도차량운용, 고장예방활동, 유지보수용 기계장치 관리, 철도차량 유지보수 업무를 수행하고 있음
- 운영기관별 철도차량 유지보수 조직현황
- 서울메트로

[표 2-20] 서울메트로 철도차량 유지보수 조직현황



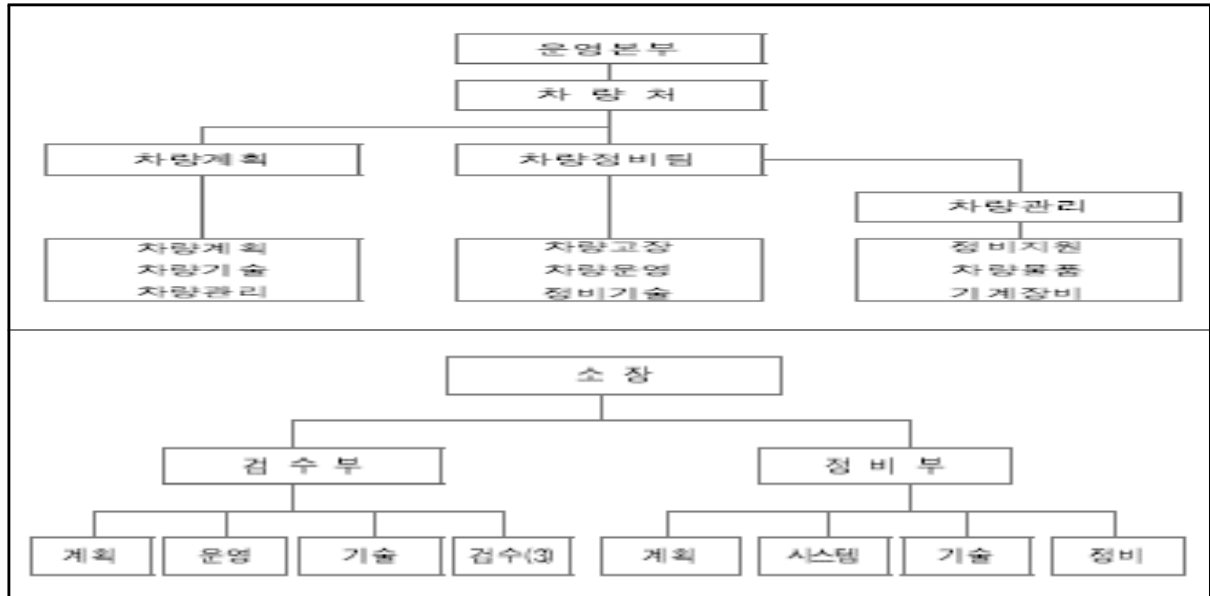
- 한국철도공사

[표 2-21] 한국철도공사 철도차량 유지보수 조직현황



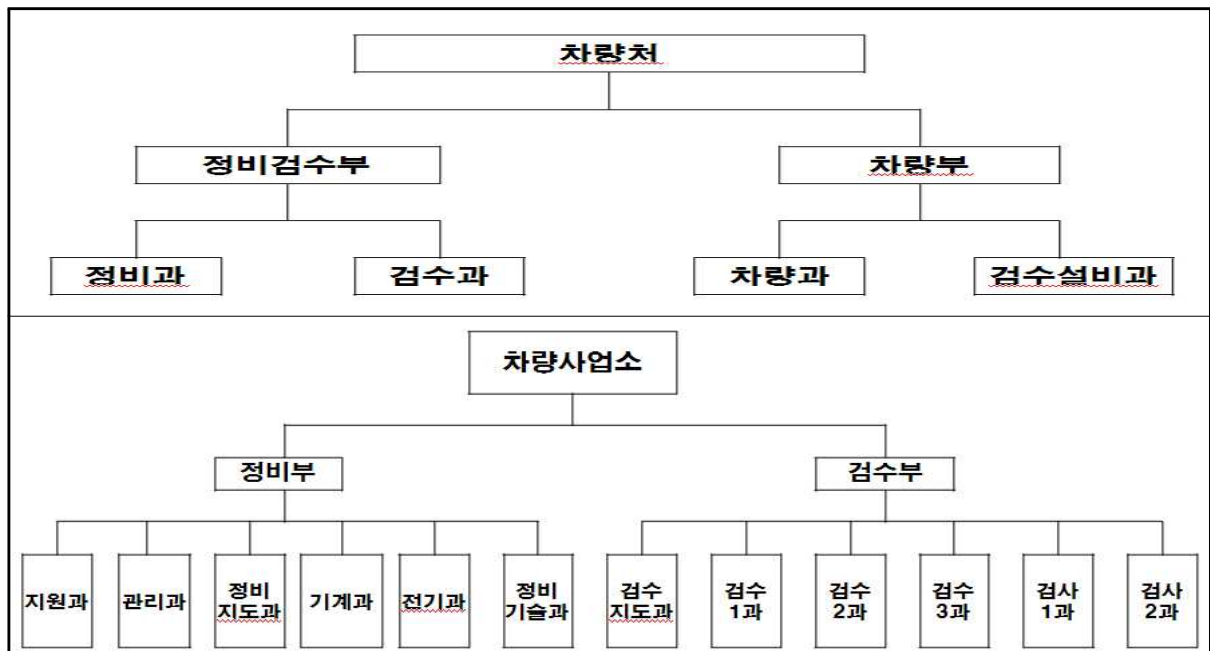
· 서울시철도공사

[표 2-22] 서울시철도공사 철도차량 유지보수 조직현황



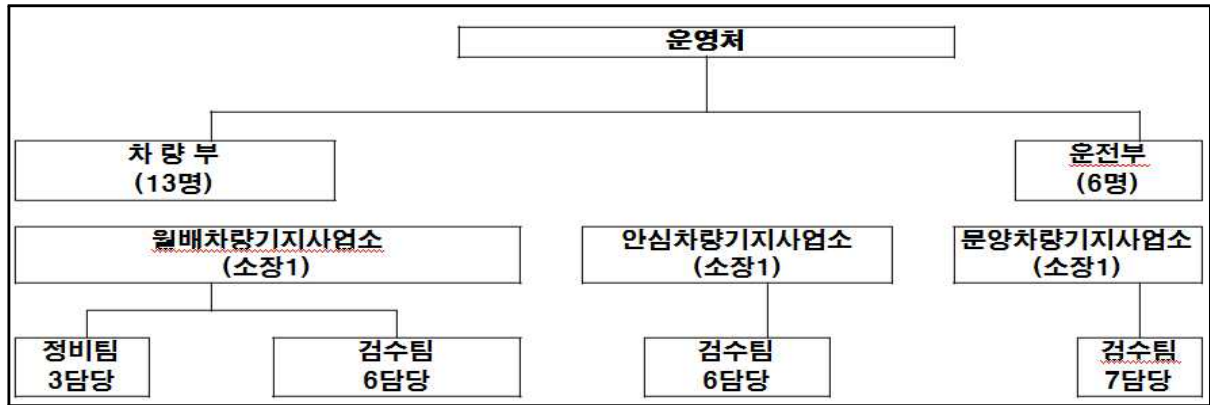
· 부산교통공사

[표 2-23] 부산교통공사 철도차량 유지보수 조직현황



· 대구도시철도공사

[표 2-24] 대구도시철도공사 철도차량 유지보수 조직현황



· 인천교통공사

[표 2-25] 인천교통공사 철도차량 유지보수 조직현황



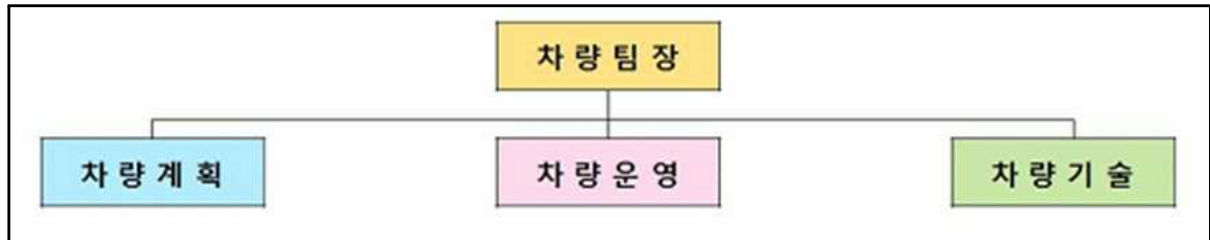
· 대전도시철도공사

[표 2-26] 대전도시철도공사 철도차량 유지보수 조직현황



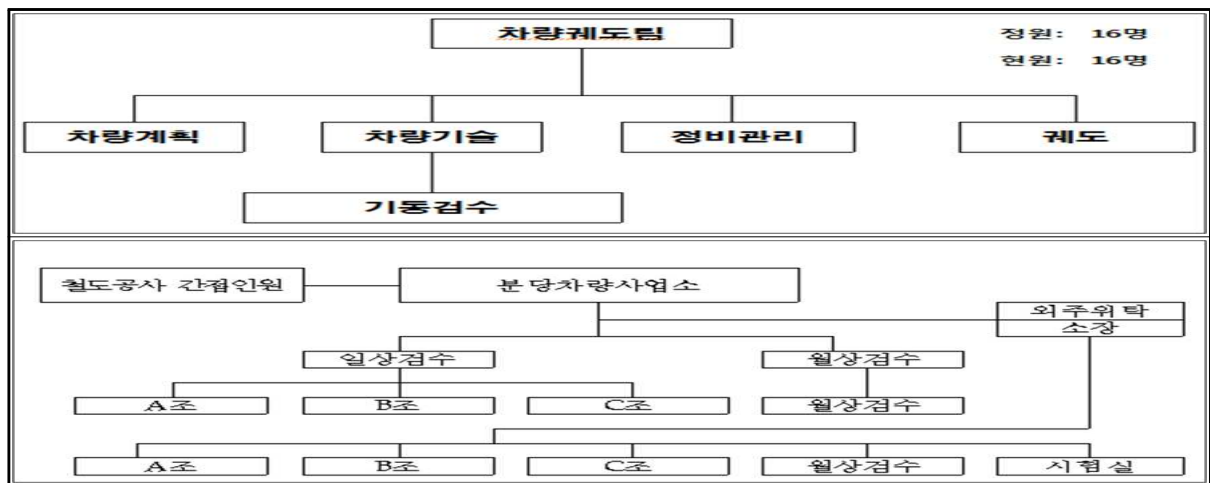
· 광주도시철도공사

[표 2-27] 광주도시철도공사 철도차량 유지보수 조직현황



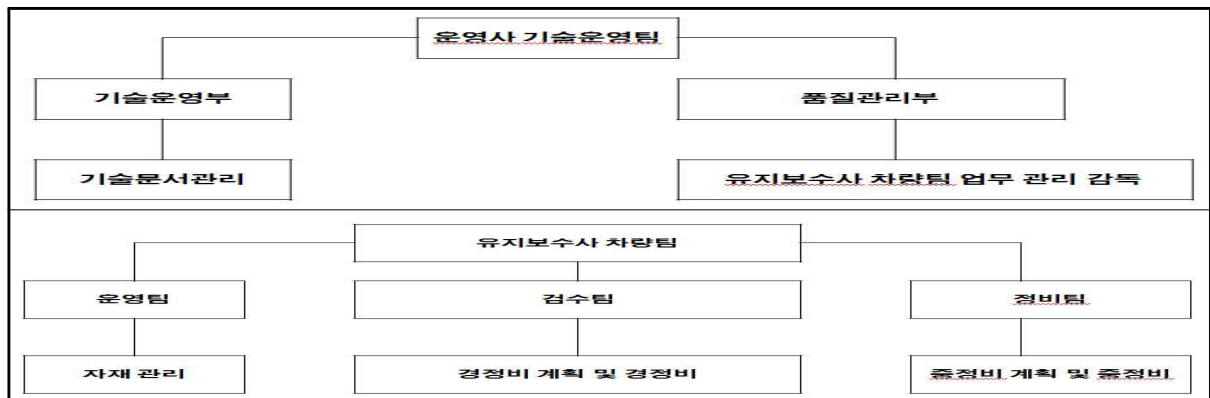
· 신분당선(주)

[표 2-28] 신분당선(주) 철도차량 유지보수 조직현황

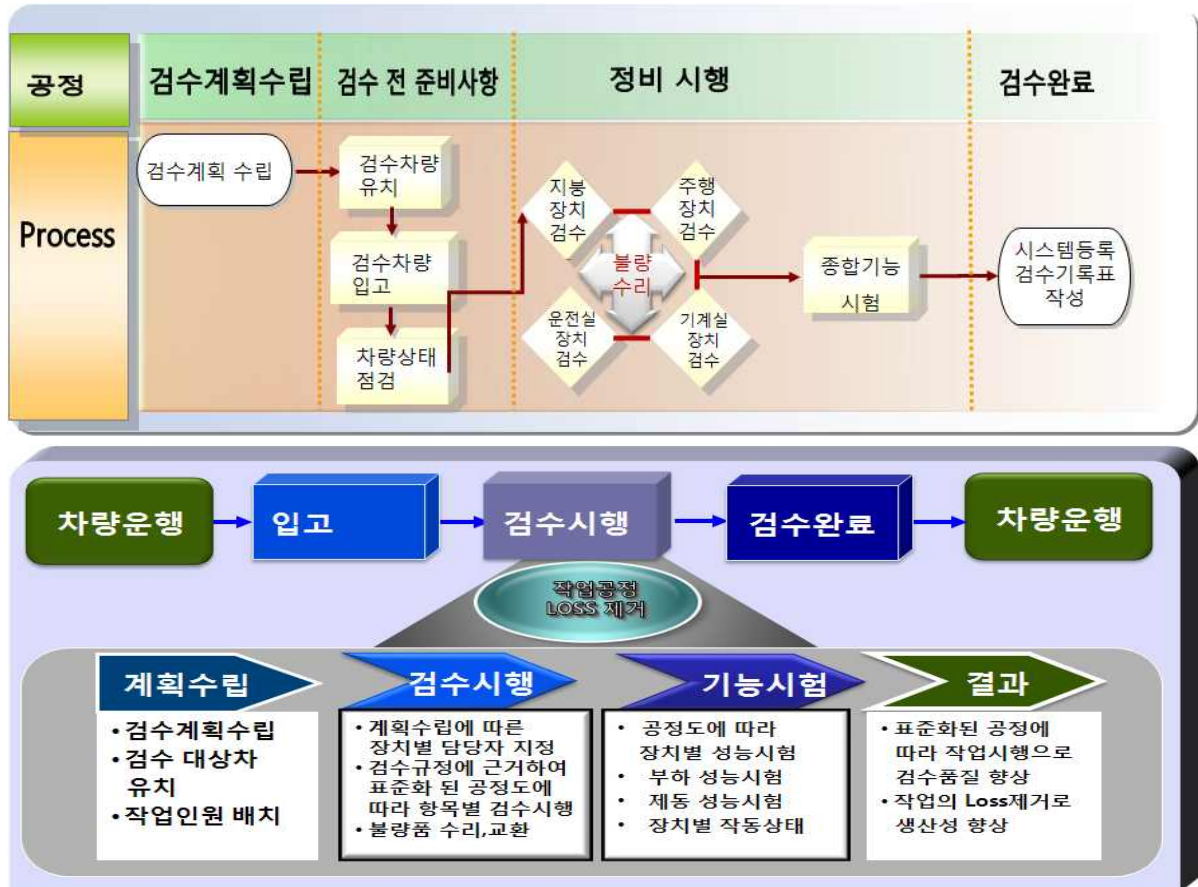


· 부산김해경전철운영(주)

[표 2-29] 부산김해경전철운영(주) 철도차량 유지보수 조직현황

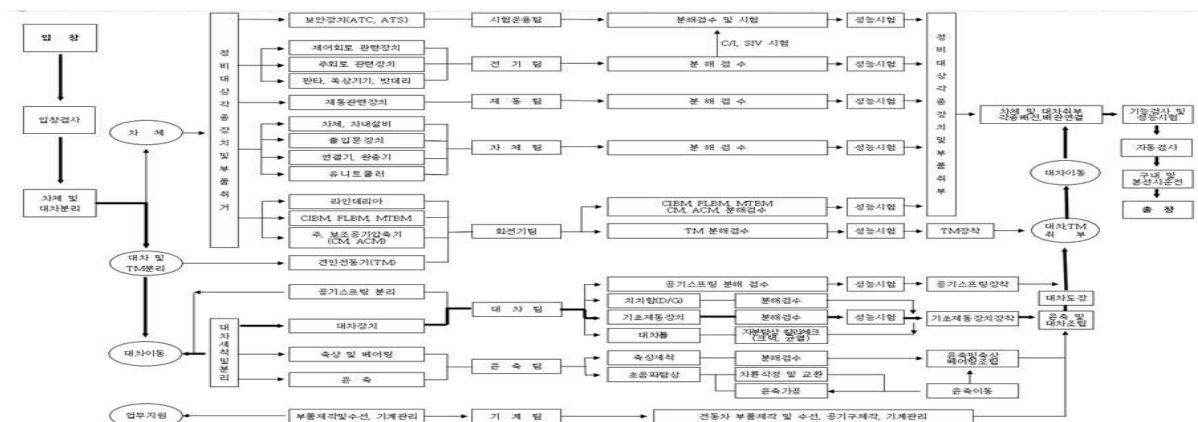


- 경정비 프로세스



[그림 2-44] 경정비 프로세스

- 중정비 프로세스



[그림 2-45] 중정비 프로세스

○ 철도차량 검사종류 현황

－ 철도차량 검사현황

- 국내 철도차량 검사는 경정비, 중정비로 구분하여 시행하고 있음
- 철도차량 검사기준은 일정시간이 지나면 시행하는 시간기준 정비와 일정거리를 운행하면 시행하는 거리기준 정비를 시행하고 있음
- 시간기준 정비와 거리기준 정비는 조직화된 기관을 갖추기 전에 주로 시행하였던 사후정비를 보완하기 위하여 적용
- 1990년대 중반 이전에 제작된 저항형 철도차량, 초과형 철도차량의 경우 직류직권 전동기 등 마찰 및 접촉에 의하여 지속적인 마모가 발생하는 부품 및 기기가 적용되었으며,
- 철도차량의 마모상태를 감시하고 관리하기 위하여 일정한 시간을 정하여 검사하는 방법인 시간과 거리를 기반으로 하는 검사방법을 적용하여 철도차량을 관리하였음
- 1990년대 중반 이후 철도차량 제어기술과 저전압·저전류 전력전자 소자에 사용되던 GTO, IGCT, IGBT 등의 대용량화로 VVVF 철도차량이 적용되었음
- VVVF 철도차량의 적용으로 직접적인 마찰 및 접촉에 의한 철도차량 제어에서 3상 유도전동기 등 비접촉식 부품과 기기가 적용되었음
- 철도차량의 제어방식의 변화로 인하여 유지보수 방법이 큰 변화가 발생하였지만 현재 각 철도차량 운영기관에서는 경정비·중정비 검사에서는 기존의 정비방식인 시간·거리를 기반으로 하는 검사방식을 채택하여 시행하고 있음

－ 도시철도 운영기관별 철도차량 경정비검사 현황

[표 2-30] 도시철도 운영기관별 철도차량 경정비검사 현황

구 분	서울 메트로	서울도시 철도공사	부산교통 공사	대구도시 철도공사	인천 교통공사	대전도시 철도공사	광주도시 철도공사
출고점검	－	운행전	－	－	－	－	－
도착점검	입고시	운행후	－	－	입고시	입고시	입고시
일상검사	72H	7D	72H	1호선 72H 2호선 120H	7D	2천km	7D
월상검사	구형 2M 신형 3M	4M (4만km)	구형 3M 신형 4M	1호선 3M 2호선 4M	4M	4M (3만km)	4M

－ 도시철도 운영기관별 철도차량 중정비검사 현황

[표 2-31] 도시철도 운영기관별 철도차량 중정비검사 현황

구 분	서울 메트로	서울도시 철도공사	부산교통 공사	대구도시 철도공사	인천 교통공사	대전도시 철도공사	광주도시 철도공사
중간검사	구형 2Y (30만km) 신형 3Y (50만km)	4Y (40만km)	구형 2Y (30만km) 신형 3Y (40만km)	3Y (40만km)	4Y	4Y (40만km)	3Y (40만km)
전반검사	구형 4Y (60만km) 신형 6Y (100만km)		구형 4Y (60만km) 신형 6Y (80만km)	6Y (80만km)			6Y (80만km)

－ 도시철도 운영기관별 철도차량 비정기검사 현황

- 임시검사, 차륜교환검사, 특별검사, 차량인수검사 등이 필요시 시행
 - 이상상태 발생시, 이상 징후 감지 시 원상회복을 위하여 임시검사 시행
 - 차륜 외경이 교환한도에 도달, 차륜의 균열, 파손 등이 발생시 차륜교환검사 시행
 - 전동차 개조 등 특별한 계획을 수립하여 특별검사 시행
 - 전동차 신규제작, 주요 부위 개조완료시 차량인수검사 시행

－ 한국철도공사 철도차량 검사 현황

- 검수 종류별 약호

[표 2-32] 검사 종류별 약호

검수종별	약 호	풀이
반복검수	RS	Repeat Service
기본검수	ES	Examination Service
제한검수	LI	Limited Inspection
일반검수	GI	General Inspection
차륜교환	NWC	New Wheel Change
차륜삭정	WC	Wheel Cut
임시검수	T	Temporary inspection
특종검수	R	Repair inspection
실내설비검수	CE	Comfort Examination
주행기어검수	RGI	Running Gear Inspection
체계검수	SWT	Systematic Works on Trainsets
계절검수	S-SWT	Season Systematic Works on Trainsets
기타주기 검수	P-SWT	Period Systematic Works on Trainsets
전반검수	FGI	Full General Inspection
부품교환 검수	RBO	Replace Between Overhaul
부품분해검수	ECO	Equipment Component Overhaul
미적대수선	CEO	Comfort Esthetic Overhaul
반수명대수선	HLO	Half Life Operation / Overhaul
최종수명검수	FLO	Final Life Operation / Overhaul
부품수명주기	TBO	Time Between Overhauls

· 일반차량 검수 종류

[표 2-33] 일반차량 검수 종류

검수종류	약 호	주기	DL	EL	PP	RDC	객차	화차	발전차	TEC
반복검수	RS		○	○	○	○	○		○	
기본검수	ES	일상	○	○	○	○	○	○	○	○
경수선1	LI-1	1M	○		○	○			○	
경수선2	LI-2									○
경수선3	LI-3	3M	○	○	○	○	○			
경수선5	LI-5	6M	○		○	○	○	○	○	
경수선6	LI-6	22M		○						
중수선1	GI-1	1Y	○		○	○	○	○	○	
중수선2	GI-2	2Y	○		○	○	○	○	○	
중수선3	GI-3	3Y	○	○						
중수선4	GI-4	4Y	○					○	○	
중수선5	GI-5	4.5Y								○
중수선6	GI-6	6Y	○	○						
중수선8	GI-8	9Y						○		○
중수선9	GI-9	12Y	○	○			○	○	○	
중수선10	GI-10			○						
차륜교환	NWC		○	○						○
임시검수	T		○	○	○	○	○	○	○	○
특종검수	R		○	○	○	○	○	○	○	○

· 고속차량 검수 종류

[표 2-34] 고속차량 검수 종류

검수종별	약 호	주행키로	검사주기	KTX	KTX-산천
기본검수	ES	5,000km(최대)	-	○	○
실내설비검수	CE	20,000km(최대)	14일	○	○
주행기어검수	RGI	20,000km(최대)	14일	○	○
체계검수	SWT	50,000~55,000km	-	○	○
계절검수	S-SWT	하절기 및 동절기 전과 기간 중	-	○	○
기타주기 검수	P-SWT	장치별 주기 도래 시	-	○	○
제한검수	LI	150,000~165,000km	4개월	○	○
일반검수	GI	300,000~330,000km	8개월	○	○
전반검수	FGI	600,000~660,000km	16개월	○	○
부품교환 검수	RBO	부품조립체 ECO를 위한 교환 시	-	○	○
부품분해검수	ECO	부품 조립체 오버홀 도래 시	-	○	○
미적대수선	CEO	8년 운행 이후	-	○	○
반수명대수선	HLO	15년 운행 이후	-	○	○
임시검수	T	수시	-	○	○
특종검수	R	수시	-	○	○
차륜삭정	WC	차륜 삭정시	-	○	○

· 디젤기관차 검수 종류

[표 2-35] 디젤기관차 검수 종류

검수종류	약 호	주행키로	검사주기	비 고
반복검수	RS	1일 1회	-	
기본검수	ES	1,200km 주행 후	3일	4400대형, KTX 구원용 기관차
경수선1	LI-1	16,000km 주행 후	1개월	
경수선3	LI-3	48,000km 주행 후	3개월	
경수선5	LI-5	96,000km 주행 후	6개월	
중수선1	GI-1	192,000km 주행 후	1년	
중수선2	GI-2	384,000km 주행 후	2년	
중수선3	GI-3	576,000km 주행 후	3년	
중수선4	GI-4	768,000km 주행 후	4년	
중수선6	GI-6	1,152,000km 주행 후	6년	
중수선9	GI-9	2,304,000km 주행 후	12년	
차륜교환	NWC	차륜교환(차륜삭정 : WC)	-	
임시검수	T	-	-	사업소 T1, 정비단 T2
특종검수	R	-	-	사업소 R1 정비단 R2

· 디젤동차 검수 종류

[표 2-36] 디젤동차 검수 종류

검수종류	약 호	주행키로	검사주기	비 고
반복검수	RS	1일1회	-	
기본검수	ES	1,500km 주행 후	-	
경수선1	LI-1	15,000Km 주행 후	1개월	
경수선3	LI-3	45,000Km 주행 후	3개월	
경수선5	LI-5	90,000Km 주행 후	6개월	
중수선1	GI-1	180,000Km 주행 후	12개월	
중수선2	GI-2	360,000Km 주행 후	24개월	
임시검수	T	-	-	사업소 T1, 정비단 T2
특종검수	R	-	-	사업소 R1 정비단 R2

· 전후동력형 새마을동차 검수 종류

[표 2-37] 전후동력형 새마을동차 검수 종류

검수종류	약 호	주행키로	검사주기	비 고
반복검수	RS	1일 1회	-	
기본검수	ES	2,000km 주행 후	-	
경수선1	LI-1	20,400Km 주행 후	1개월	
경수선3	LI-3	61,200Km 주행 후	3개월	
경수선5	LI-5	122,400Km 주행 후	6개월	
중수선1	GI-1	244,800Km 주행 후	12개월	
중수선2	GI-2	489,600Km 주행 후	24개월	
임시검수	T	-	-	사업소 T1, 정비단 T2
특종검수	R	-	-	사업소 R1 정비단 R2

· 신형전기기관차 검수 종류

[표 2-38] 신형전기기관차 검수 종류

검수종류	약 호	주행키로	검사주기	비 고
반복검수	RS	2일 1회	—	
기본검수	ES	5,000km 운행후	—	
경수선3	LI-3	40,000km 운행후	4개월	
경수선6	LI-6	240,000km 운행후	22개월	
중수선3	GI-3	480,000km 운행후	42개월	
중수선6	GI-6	960,000km 운행후	7년	
중수선9	GI-9	1,920,000km 운행후	14년	
중수선10	GI-10	2,880,000km 운행후	22년	
차륜교환	NWC	차륜교환(차륜삭정: WC)	—	
임시검수	T	—	—	사업소 T1, 정비단 T2
특종검수	R	—	—	사업소 R1 정비단 R2

· 객차(테마차량 포함) 검수 종류

[표 2-39] 객차(테마차량 포함) 검수 종류

검수종류	약 호	주행거리	검사주기	비 고
반복검수	RS	1일 1회	—	사업전
기본검수	ES	3,500km	—	
경수선3	LI-3	50,000km	4개월	
경수선5	LI-5	100,000km	8개월	
중수선1	GI-1	200,000km	16개월	
중수선2	GI-2	400,000km	32개월	
중수선9	GI-9	12년	12년	
임시검수	T	—	—	사업소 T1, 정비단 T2
특종검수	R	—	—	사업소 R1 정비단 R2

· 화차 검수 종류

[표 2-40] 화차 검수 종류

검수종류	약 호	주행거리	검사주기	비 고
기본검수	ES	1,600km	2주	공통
경수선5	LI-5	40,000km	12개월	공통
중수선1	GI-1	80,000km	24개월	E축 화차 제외
중수선2	GI-2	160,000km	48개월	E축 화차 제외
중수선4	GI-4	320,000km	48개월	한, E축화차
중수선8	GI-8	640,000km	96개월	한, E축화차
중수선9	GI-9	12년	12년	
임시검수	T	-	-	사업소 T1, 정비단 T2
특종검수	R	-	-	사업소 R1 정비단 R2

· 발전차 검수 종류

[표 2-41] 발전차 검수 종류

검수종류	약 호	주행거리	검사주기	비 고
반복검수	RS	1일 1회	-	사업전
기본검수	ES	3,500km	-	
경수선1	LI-1	17,000km	40일	
경수선5	LI-5	102,000km	8개월	
중수선1	GI-1	204,000km	16개월	
중수선2	GI-2	408,000km	32개월	
중수선4	GI-4	816,000km	64개월	
중수선9	GI-9	12년	12년	
임시검수	T	-	-	사업소 T1, 정비단 T2
특종검수	R	-	-	사업소 R1 정비단 R2

－ 운영기관별 보유장비 현황

[표 2-42] 운영기관별 보유장비 현황

구 분	계	상태검사장비	성능검사장비	정비관련 장비	비고
합 계					
서울메트로	739점	일상검사장치 등 16점	주제어기시험기 등 138점	크레인 등 585점	
한국철도공사	5,835점	차륜자동검사장치 등 65점	제동시험기 등 461점	공작기계 등 5,309점	
서울도시철도공사	410점	-	제동시험기 등 90점	크레인 등 320점	
부산교통공사	411점	일상검사장치 등 8점	제동시험기 등 146점	크레인 등 257점	
인천교통공사	163점	자기탐상기 등 3점	배선시험기 등 67점	크레인 등 93점	
대구도시철도공사			계전기시험기 등 65점		
대전도시철도공사	190점	초음파탐상기 등 4점	계전기시험기 등 46점	크레인 등 140점	
광주도시철도공사	117점	초음파탐상기 등 2점	계전기시험기 등 31점	크레인 등 84점	
신분당선(주)	8점	-	TCMS시험기 등 8점	-	
부산김해경전철 운영(주)	172점	-	CCU시험기 등 32점	부품세척기 등 140점	

[표 2-43] 상태검사장비 등 중요장비 성능 현황

연번	구 분	장비명	검 사 대 상	문 제 점	도입가격 (백만원)	핵심기술
1	상태검사장비	일상검사장치	전동차 판타그래프 및 옥상장치 감시, 차륜 상태감시 및 측정	신뢰도, 분해능 성능 미흡	1,185	센싱/신호처리 기술
2	상태검사장비	이상검지 장치	차륜진동상태 감시, 차축발열 상태 감시	신뢰도, 분해능 성능 미흡	2,973	센싱/신호처리 기술
3	상태검사장비	자분탐상기	밀착연결기, 볼스터 행거, 트랜스폼파이프 용접부 등	신뢰도, 분해능 성능 미흡 (검사시간 과다소요)	83	전처리 센딩기술, 자기장 형성 기술
4	검수지원장비	차륜전삭기	정비작업 지원	삭정시간 과다소요 (1축 기준 약 1시간 30분 소요)	1,340	정밀가공 기술
5	검수지원장비	차체세척기	정비작업 지원	차체 손상발생 및 세척성능 저하	279	센싱/모션제어 기술
6	성능시험장비	자동검사장치	철도차량 중수선 및 고장 발생시 시험용	신뢰도, 분해능 성능 미흡 및 검사시간 과다소요	3,400	센싱/신호제어 기술
11	상태검사장비	초음파탐상기	차축	신뢰도, 분해능 성능 미흡(검사 시간 과다소요)	779	초음파 탐촉자 기술

－ 운영기관별 근무형태 및 근무시간 현황

[표 2-44] 운영기관별 근무형태 및 근무시간 현황

구 분	근무형태	근무시간		휴게시간
서울메트로	3조2교대 (21일 주기)	주간	09:00~18:10	12:00~13:00(1H)
		야간	18:00~09:10	19:30 ~ 20:30(1H) 02:00 ~ 04:30(2H30M)
한국철도공사	3조2교대 (6일 주기)	주간	09:00~18:10	12:00~13:00(1H)
		야간	18:00~09:10	21:00~02:00(5H) 02:00~07:00(5H)
서울도시철도공사	3조2교대 (21일 주기)	주간	09:00~18:00	12:00~13:00(1H)
		야간	18:00~09:00	18:30~19:00(30M) 01:20 ~ 04:00(2H40M) 02:30 ~ 05:10(2H40M)
부산교통공사	3조2교대 (21일 주기)	주간	09:00~18:00	12:00~13:00(1H)
		야간	18:00~09:00	22:00~02:00(4H) 00:00~04:00(4H)
인천교통공사	3조2교대 (21일 주기)	주간	09:00~18:00	12:00~13:00(1H)
		야간	18:00~09:00	20:30~22:00(1H30M) 01:30~04:30(3H)
대구도시철도공사	3조2교대 (21일 주기)	주간	09:00~18:00	12:00~13:00(1H)
		야간	18:00~09:00	00:20~04:50(4H30M) 02:00~06:30(4H30M)
대전도시철도공사	3조2교대 (21일 주기)	주간	09:00~18:00	12:00~13:00(1H)
		야간	18:00~09:00	20:30~22:00(1H30M) 01:30~04:30(3H)
광주도시철도공사	3조2교대 (21일 주기)	주간	09:00~18:00	12:00~13:00(1H)
		야간	18:00~09:00	19:00~20:00(1H) 01:00~04:30(3H30M)
신분당선(주)	3조3교대 (6일 주기)	주간	08:30~18:30	12:00~13:00(1H)
		야간	18:30~08:30	01:00~05:00(4H)
부산김해경전철 운영(주)	3조2교대 (21일 주기)	주간	08:30~20:30	12:00~13:00(1H)
		야간	20:30~08:30	00:30~04:30(4H)

2. 일본철도차량 유지보수 현황

가. 서일본철도 무사시가오카 차량기지

- 철도차량 유지보수 시스템, 검수장비 및 친환경 차량기지 적용 등 확인
- 일반현황
 - 개 소 일 : 2000년 6월 16일(도코로자와 차량기지 이전)
 - 위 치 : 일본 사이타마현 한노시
 - 부지면적 : 85,000㎡(건평 36,213㎡)
 - 연간정비능력 : 480량
 - 동시정비능력 : 26량
 - 인 원 : 124명
 - ※ 세이부 철도그룹 차량보유수 : 10개 차종 1,286량
- 철도차량 유지보수 시스템
 - 차량의 검사종별

[표 2-45] 무사시가오카 차량검사

구 분	검사종별			
	전반검사	중요부검사	월검사 (상태,기능)	열차검사
검사주기	8년 이내	4년 600,00km	3개월 이내	10일
정비기간 (8량기준)	14일/90명		6시간/15명	0.5시간/4명

- ※ 사고 발생을 감소로 중정비 검사주기를 2년(중요부검사), 4년(전반검사)에서 4년, 8년으로 연장 요청하여 승인되어 현재의 검사주기로 변경 시행
- 작업공정별 Lay-out 구성으로 작업의 효율성 정밀도 안정성 도모
- 작업 공정별로 작업 구분, 짧은 작업동선, 로봇이나 컴퓨터 등의 최신 설비기기를 다수 도입으로 중량물 작업을 효과적으로 수행
- 차량기지 높이를 14m 제한(천정크레인을 사용하지 않음)하여 효율적인 작업장 활용
- 철도차량 주요장비(자동화설비)
 - 차체 기취장치(검수설비) : 하부 기기에 부착된 먼지의 제거 작업을 4대 로봇이 공기 내뿜거나 전용 브러쉬를 이용하여 먼지를 제거
 - 차체 리프팅 잭(검수설비) : 입·출창선에 차체를 들어 올리는 장치로 대차장치 취거

취부 시 사용

- 차량이송용장치(검수설비) : 차량을 안전하고 신속하게 이동시키기 위한 장치로 검수장의 남북을 횡단하도록 설치
- 드라이빙 기어 회전 시험기(상태검사) : 대차에 부착되어 있는 기어박스를 분해하지 않고 그리이스를 주입하고 회전시험을 통해 윤축 구동상태를 확인하는 장비
- 친환경 차량기지 조성
 - 차량기지의 형태나 색조를 주위의 산맥과 일치하거나 부지 내의 수목을 자연과 조화롭게 하여 주변의 자연환경에의 영향을 가능한 억제해 자연과 공존
 - 차량기지 지붕을 태양열 판넬 설치로 에너지를 생성하여 연간 5천만엔 수입 창출
 - 환경매니지먼트 시스템의 국제 규격인 ISO14001 인증을 취득(2000년 12월)
- 사진자료



차량기지 전경



기술현황 설명



드라이빙 기어 회전 시험기



차량 이송장치

[그림 2-46] 무사시가오카 차량기지

나. 동경메트로 아야세 차량기지

○ 철도차량 유지보수 시스템 및 검수장비 적용 등 확인

○ 일반현황

- 개 소 일 : 1971년 7월 20일
- 위 치 : 일본 도쿄도 아다치구
- 부지면적 : 141,810㎡(건평 17,926㎡)
- 보 유 량 : 1,107량
- 인 원 : 124명

○ 철도차량 유지보수 시스템

- 차량의 검사종별

[표 2-46] 아야세 차량검사

구 분	검사종별			
	전반검사	중요부검사	월검사 (상태,기능)	열차검사
검사주기	6년(신차 8년)	3년(신차4년) 600,00km	3개월 이내	10일
정비시간	18일(10량), 16일(8량) 15일(6량), 12일(3량)		-	-

- 작업공정의 탄력적으로 운영하여 정비시간 효율적 운영
- 다양한 차종과 다양한 편성으로 구성된 차량의 복잡한 검사주기를 검수능력을 갖춘 현대화 설비를 이용하여 탄력적으로 운영
- ※ 중수선(18일 작업공정) 예시

[표 2-47] 중수선 작업공정

구 분	A공정	B공정(4년 후)
전반검사	6량(1,2,5,6,9,10)	4량(3,4,7,8)
주요부검사	4량(3,4,7,8)	6량(1,2,5,6,9,10)

- 대차틀 작업장 레이아웃의 개선을 통해 작업 환경의 개선과 효율화 도모
- 대차틀 분해와 자분탐상검사를 동시에 할 수 있는 라인구성



[그림 2-47] 대차 작업장 레이아웃

— 철도차량 주요장비(자동화설비)

- 대차 이동 트레버서(검수설비) : 차체에서 분리된 대차를 손이나 지게차로 이송하지 않고 전용 이송장치를 이용하여 대차를 이송
- 대차분리 및 조립장치, 대차리프트, 대차를 이송장치(검수설비) 등 중량물 작업을 자동화하여 작업효율화에 기여함
- 대차 자분탐상기, 윤중 시험장치(상태검사) 등을 설치하여 신뢰성 있는 정비체계 구축으로 정비품질 향상
- 특히 옥상 작업장 안전을 위해 옥상작업대 및 안전난간 설치(안전설비)

— 사진자료



대차이동 트레버서



대차 조립장치



대차 자분탐상기



윤중 측정장치

[그림 2-48] 아야세 차량기지

다. 한큐철도(주) 쇼우자쿠 차량기지

○ 철도차량 유지보수 시스템, 검수장비 및 친환경 차량기지 적용 등 확인

○ 일반현황

- 개 소 일 : 1968년 12월
- 위 치 : 일본 오사카부 셋츠시
- 부지면적 : 107,126㎡(건평 43,887㎡)
- 보 유 량 : 1,315량
- 연간정비능력 : 340량
- 인 원 : 432명

※ 2개 차량기지(교토선 쇼우자쿠 공장+다카라즈카 선 구니시 노미야 공장)를 통합하여 보다 효율적인 차량검수 공장으로 개소

○ 철도차량 유지보수 시스템

- 차량의 검사종별

[표 2-48] 쇼우자쿠 차량검사

구 분	검사종별				
	전반검사	중요부검사	월검사 (상태,기능)	열차검사	임시검사
검사주기	8년 이내	4년 600,00km	3개월 이내	10일	필요시
정비시간	12일(8량)		-	-	-

- 최소 유니트단위 정비시행으로 작업시간 효율화
 - 1Unit(2량) 단위로 정비하고 정비일수는 7일이며 1편성(8량) 정비기간은 12일 소요
- 검수 장비의 FA(Factory Automation)화 효율적인 검수체계 구축
 - 작업동선이 비교적 짧고 대부분 자동화 설비를 통한 정비 시행
 - 검사 정밀도 향상 및 자동화 시행
- 친환경 차량기지 조성
 - 환경 문제를 고려하여 세제를 사용하지 않는 세척기 사용
 - 폐 신너를 정제하여 재사용등 자원의 재활용에 노력
 - 산업 폐기물 감소 및 적정 처리(ISO14001 인증취득,2001)
- 철도차량 주요장비(자동화설비)
 - 대차정비 작업장(검수설비)은 대차 조립 장비, 대차 회전 시험 장비, 대차 승강 장

치, 차륜 축 자동 검사 장치 등이 설치되고 각 장치들은 무인 반송 차, 트레버서 등에 의한 지상 운송 장비로 작업시간이 단축효과 기대

- 윤축 트레버서(검수설비) : 윤축을 자동으로 이송하는 장치
- 대차 구동시험기(상태검사) : 차륜을 회전시켜 대차베어링 및 구동 장치검사를 하는 장치로 자동으로 구동 장치 내부의 청소, 급유가 가능하고, 회전 검사 시는 시속 90km 상당한 속도로 차륜을 회전시켜 대차 각부에서 발생하는 진동, 소음, 온도 등을 측정하여 이상 유무를 확인
- ITV 검사시스템(상태검사) : 일상검사장치로 차량의 대차, 판타그래프, 브레이크 실린더, 브레이크 슈, 축상베어링의 온도체크 등을 점검하는 시스템

- 사진자료



기술현황 설명



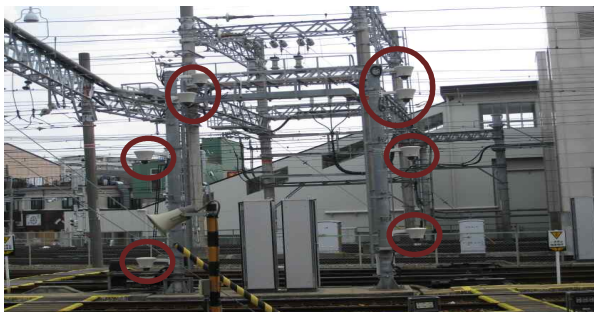
윤축 트레버서



대차구동시험기



자동축상시험기



ITV 검사시스템- 8개소



ITV 검사시스템 - 모니터현시

[그림 2-49] 쇼우자쿠 차량기지

다. JR서일본 철도(주) 아보시 총합차량소

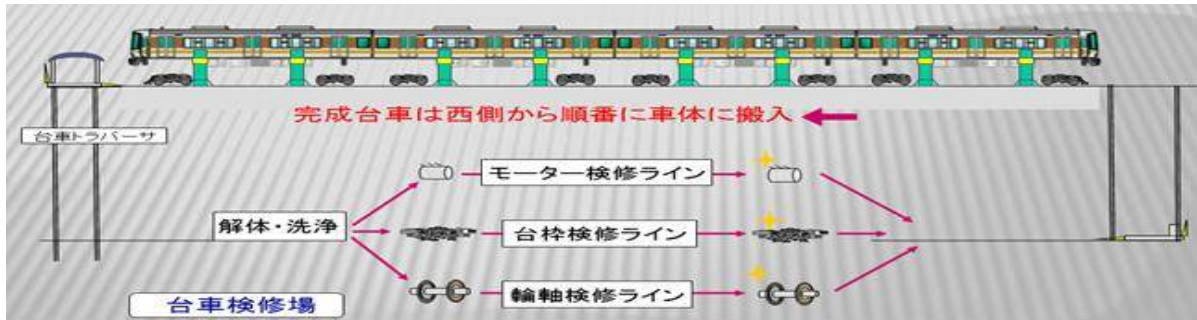
- 철도차량 유지보수 시스템, 검수장비 및 친환경 차량기지 적용 등 확인
- 일반현황
 - 개 소 일 : 1970년 3월
 - 위 치 : 일본 오사카부 효고현 이보구
 - 부지면적 : 130,000m²
 - 보 유 량 : 1,117량
 - 인 원 : 601명
 - ※ 아보시 총합차량소의 조직은 다카토리 공장의 3과 3직장과 아보시 전철구, 아카시 전철구의 검수부문을 통합하여 「검수일원화」 하여 운영하여 Low Cost 및 고품질의 차량검수를 시행을 목표로 조직을 구성하여 운영
- 철도차량 유지보수 시스템
 - 차량의 검사종별

[표 2-49] 아보시 차량검사

구 분	검사종별				
	전반검사	중요부검사	월검사 (상태,기능)	열차검사	임시검사
검사주기	8년 이내	4년 600,00km	3개월 이내	10일	필요시
정비시간	10일(8량)		-	-	-

- 편성단위의 검수변경으로 검사공정의 단축에 따른 차량가동률 향상
 - 1량 단위 검수(중전) ⇒ 8량 단위(1개 편성)의 검수(현행)
- 작업설비와 자동화 설비 구축으로 작업시간 효율화
 - ※ 중수선 작업공정 흐름도 : 입창라인에서 옥상기기 정비(냉방기, 판타그래프) ⇒ 옥상작업 이후 제1검수고에 이동 차체 승강 장치에서 편성 동시(최대8량)에 차체 인상 ⇒ 분리된 대차는 대차 라인으로 이송 ⇒ 전장품 검수장으로 이송(2층)
- 공정에 맞는 Lay-out으로 정비품질 및 작업능률 향상
 - 대차자동화, 윤축자동화, TM자동화 검수설비 도입
- 철도차량 주요장비(자동화설비)
 - 옥상장치 작업설비(검수설비) : 입창과 동시에 옥상기기를 바로 취거 할 수 있는 시스템 구축(에어콘, 판타그래프 등 부품 검수 및 취거)

- 차체 승강장치(검수설비) : 차체를 1편성(최대8량) 일괄적으로 들어 올리는 장치



[그림 2-50] 검수자동화 장치

- 대차 반전장치(검수설비) : 대차들을 180° 회전시킨 후 점검하는 장치
 - 그 외의 검수 및 상태검사 설비로는 차축연마기, 차축탐상기, 대차하중 시험기, 전자부품 현미경 검사실을 구비하여 작업능률 향상에 노력
- － 친환경 차량기지 조성
- JR서일본에서는 사내에 「지구 환경 위원회」를 설립해 전사적으로 지구 환경 보전에 노력하고 있으며.
 - 아보시 종합차량소에서도 배수 처리 장치나 태양전지에 의한 발전 시스템을 설치해, 에너지 절약, 자원 절약·리사이클 산업 폐기물 삭감 노력
 - 배수 처리는 차량소로부터의 배수는 물과 진흙을 완전하게 분리해 물은 하수도에 방류하고 진흙은 소각 시설에 반출해 처리.
 - 태양전지에 의한 발전은 검수고 지붕(약800cm²)에 설치된 태양전지 패널에 의해 태양광을 전기로 변환해 파워 콘덴서로 교류변환 후, 철도용 변전소와 제휴해, 엘리베이터나 천정크레인 등의 공장용 전력으로서 사용된다. 발전량은 연간 약11만kw로 아보시 종합차량소 전체 사용량의 3.7%에 차지하고 연간 약200만엔의 절전, 20톤의 이산화탄소 삭감에 기여
 - ISO14001 취득

－ 사진자료



차량기지 전경



운영현황 청취



옥상작업설비



차체승강설비



대차 반전설비



전자부품 현미경 검사실

[그림 2-51] 아보시 차량기지

라. 주요 선진사례

○ 철도차량 유지보수 시스템 및 철도차량 검수장비 기술개발(23)

- 노동집약적인 철도차량 정비방법을 기술집약적인 정비방법 개선(15)
 - 서일본 무사시가오카 차량기지 : 차량이송장치, 차량 리프팅 잭, 차량내면가공설비, 차량이송지그, 차량 반전장치, 대차작업용 리프트 등 6종
 - 동경메트로 아야세 차량기지 : 공기스프링 분해기, 대차분해조립기, 대차 이송용 트레바스, 윤축세정기 등 4종
 - 한큐철도 소우자큐 차량기지 : 에어발란스 차량 이송장치, 윤축교환설비, 차량세정장치 등 3종
 - 아보시 차량기지 : 대차 회전 장치(반전), 윤축이송 트레바스 등 2종
- 작업편성 및 정비공정일수를 탄력적으로 운영 작업시간 효율화(2)
 - 동경메트로 아야세 차량기지, 서일본아보시 차량사업소
- 철도차량 정비향상을 위한 상태기반정비(CBM) 기술 개발(6)
 - 무사시가오카 기지 : 드라이빙 기어 회전 시험기(윤축구동시험) 등 1종
 - 아야세·아보시 기지 : 대차틀 자분 탐상기, 윤축측정 시험기 등 2종
 - 소우자큐 기지 : ITV 상부 검사시스템, 대차구동시험기, 차축탐상기(수직사각) 등 3종

○ 친환경적인 차량기지 개발기술(3)

- 주민 편의 제공 및 차량기지 환경친화적 설치 등의 주민 친화시설 도입
 - 서일본 무사시가오카 차량기지, JR서일본 아보시 차량기지
- 철도차량기지의 친환경적 에너지(태양열) 발전 시설
 - 서일본 무사시가오카 차량기지, JR서일본 아보시 차량기지
- 환경매니지먼트 시스템의 국제 규격인 ISO14001 인증 취득
 - 서일본 무사시가오카 차량기지, JR서일본 아보시 차량기지, 쇼유자큐 차량기지

제3절 시사점

1. 문제점 발굴 및 해결방안 모색

- 국내 정책동향과 시장동향, 기술동향 및 국내 철도차량 유지보수 현황을 분석한 결과 철도차량 유지보수, 철도차량 검수장비 자동화, 철도차량기지에 대한 문제점을 확인하였음.

가. 철도차량 유지보수 분야

- 철도차량 유지보수 방법
 - 철도차량은 고속철도, 일반철도, 광역도시철도로 정의하여 운영기관별 책임검수를 시행하고 있음. 철도차량 유지보수 방법은 한국철도공사, 서울메트로에서 철도차량 도입시(1974년) 적용한 정비방법과 거의 유사한 정비방식으로 정비를 시행하고 있음
 - 일반철도 차량은 초기의 증기기관차에서 디젤기관차로 발전하였고, 친환경성과 효율이 대두되면서 전기기관차가 개발되어 운행하고 있으며, 광역도시철도 차량은 대용량 전력전자 소자가 개발되고 제어방식이 발전함에 따라 저항제어차량, 초과제어차량, 인버터제어차량으로 발전하였고, 전동기 제어기술의 발전으로 직류직권전동기에서 유도전동기를 철도차량에 적용하여 유지보수가 용이하게 되었지만, 유지보수 방법은 크게 변화하지 않고 있음
 - 철도차량 유지보수 인력은 경정비와 중정비로 구분하여 근무형태를 달리하고 있음. 철도차량 경정비를 수행하는 인력은 업무 특성상 주기를 정하여 교대하는 근무형태를 가지고, 중정비를 수행하는 인력은 아침에 출근하여 저녁에 퇴근하는 통상근무를 수행하고 있음. 경정비는 철도차량 운영기관별 특성에 맞추어 근무형태를 적용하고 있으며 철도차량 운용과 유지보수 인력의 휴게 및 수면시간 등을 종합적으로 고려하여 근무시간을 자체적으로 정하여 운영하고 있음. 최초 철도차량 도입 시의 근무형태는 24시간 근무 후 24시간 비번으로 휴게시간을 갖는 맞교대 형식의 근무형태에서 6일 주기의 3조2교대(주간-주간-야간-야간-비번-휴무) 근무제로 발전하였고, 현재 한국철도공사와 신분당선(주)에서 시행중에 있음. 도시철도차량 운영기관에서는 새벽시간대에서 야간 연장운행시간대 까지 운행하는 특성을 감안하여 21일주기의 3조2교대(주간 7일, 야간-비번 14일) 근무제로 변형하여 근무를 시행하고 있음

- 근무주기가 짧을수록 근로자에게 미치는 영향이 적은 특징을 기준으로 4조2교대제 (주간-야간-비번-휴무) 근무 적용을 검토할 필요가 있으며, 현재의 경정비 근무 형태는 검수장비의 자동화 설비를 고려하지 않은 근무형태로 철도차량 유지보수에 자동화 설비가 도입되면 철도차량 유지보수를 과학적으로 수행할 수 있는 시스템 및 근무형태 등의 체계개발이 필요함
- 철도차량 유지보수 검사체계
 - 철도차량은 수송에 직접 관계하는 설비로서 고장이 발생하면 즉각 수송에 영향을 미치게 되므로 승객에 대한 서비스 저하를 예방하기 위해서는 철도차량의 높은 신뢰성이 요구된다. 높은 신뢰성을 효율적으로 유지하기 위한 고장의 검지방식, 검사설비, 기술력 등 관련범위를 종합적으로 검토하여 효율적인 검사체계를 수립하여 실행하는 행위가 필요함
 - 직류직권전동기 등에 적용된 마모성 부품을 감시하기 위한 정비방법으로 시간거리를 기준으로 정비하는 방식을 유지하고 있어서 과잉정비 등의 비효율성이 발생하고 있으며, 철도차량의 운행상태 및 기지에 입고될 때 상태를 검사하는 상태검사장비가 도입된 운영기관에서도 자동화된 장비를 신뢰성으로 인하여 철도차량 검사에 적극적으로 반영하지 않는 등의 효율적인 운용을 하지 않고 기존의 철도차량 검사 방법을 유지하고 있음
 - TBM(Time Based Maintenance) 방식의 정비에서 CBM (Condition Based Maintenance) 방식으로 전환하여 합리적인 정비를 수행하는 방법을 제시할 필요가 있음
 - 철도차량 차체의 재질은 강재 차체에서 경량화와 내식성이 우수한 스테인레스강 차체와 알루미늄 차체, 복합재료 차체 등이 개발되어 적용 되어지고 있음. 특히 2010년 이후 제작된 고속철도 “산천”, 도시철도공사 SR 전동차, 광주도시철도 전동차 등의 철도차량에 적용된 알루미늄 차체는 해외 제작업체의 차량제작 기술을 도입하여 양산하고 있으며, 차체 재질 개선으로 기대할 수 있는 재활용성은 기대할 수 있지만, 에너지 사용 최소화를 위한 차체 경량화, 저소음화, 생산성 향상 등은 적용 목적만큼의 효과를 나타내고 있지 않음
- 철도차량 유지보수 업무는 차량의 발전과 속도의 향상으로 환경의 많은 변화가 있었지만 노동력 의존형의 비효율적인 시스템으로 철도차량 유지보수를 유지하고 있음
- 서울메트로, 한국철도공사는 근골격계질환 등의 산업재해를 감소시키고 철도차량 유지보수 효율을 증대시키기 위하여 일부 공정의 Lay Out을 개선하였음.
- 서울도시철도공사에서는 일부 공정의 Lay Out 개선을 계획하고 있지만 지방의 도시철도 운영기관에서는 예산상의 문제로 인하여 산업재해 발생 공정에 대하여 일부분만을 개선하고 있음

- 철도차량 유지보수를 노동 집약형의 철도시스템에서 기술 집약형의 철도차량 유지보수 시스템으로 전환하기 위한 기술도입이 필요하지만 현재까지 국내에 도입되어 적용된 사례는 없음
- 신뢰성이 높은 철도차량이 적용되었지만 효율적인 검사방법이 개발되지 않음으로 인하여 경제성이 저하되는 철도차량 유지보수를 시행하고 있음
- 철도차량 운영기관별 차이는 있지만 일정한 주기 및 주행거리를 중심으로 정비하는 방식을 채택하여 예방정비를 수행하고 있지만 과잉정비를 시행하여 중복적인 검사를 시행하여 과잉정비를 수행하고 있음
- 예방정비를 수행하고는 있지만 운행 중에 발생하는 고장을 효과적으로 예방하지 못하고 있어 신뢰성이 적용된 철도차량 유지보수 기법의 개발이 필요한 시점임
- 철도차량 단위로 일정하게 주기를 정하여 획일적으로 시행하는 검사체계를 시험을 통한 데이터를 기준으로 각종 철도차량의 합리적인 검사주기 설정이 필요함

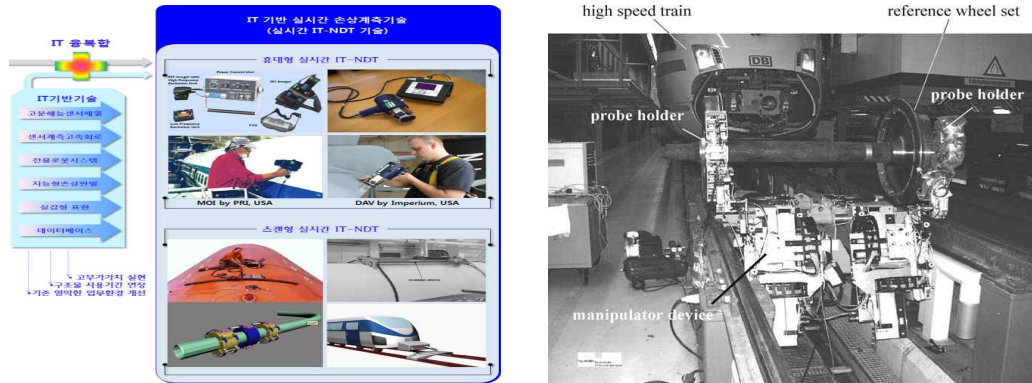
나. 철도차량 검사장비 자동화 분야

- 철도차량 검사장비는 상태를 검사하는 상태검사장비, 성능을 확인하는 성능검사장비, 철도차량 정비에 직접 사용되는 정비관련 장비로 구분됨. 각 철도차량 운영기관별 검사장비는 정비에 직접 사용되는 정비관련 장비가 주축을 이루고 있으며, 정비관련 장비는 정비작업 효율을 높이기 위하여 상태검사장비와 성능검사장비에 비하여 적극적인 도입으로 많은 장비를 보유하고 있음
- 성능을 확인하는 성능확인장비는 철도차량의 성능을 확인하는 최소한의 장비를 도입하여 운용하는 수준이고, 철도차량의 성능을 효율적으로 확인하기 위한 새로운 기술의 도입은 정비관련 장비에 비하여 상대적으로 투자하기 어려운 구조를 가지고 있음.
- 성능확인을 효율적으로 수행하기 위한 신기술 개발은 성능이 입증된 장비를 적용하는 철도차량 운영기관의 특성상 적극적인 도입이 안 되고 있는 상태임.
- 상태를 검사하는 장비는 이상검사장치(진동, 열감지장치), 일상검사장치(판타그래프 및 옥상기기 상태 감시, 차륜상태 감시) 등의 열차 운행을 감시하는 장비이며 수송수요가 많은 운영기관에 도입되어 운용 중에 있음. 철도차량의 상태를 진단하고 감시하는 장비는 VVVF 철도차량 유지보수를 효율적으로 수행할 수 있는 대안으로 적용할 수 있음
- 현재 차량 일부 부품에 대한 검사장치는 일부 일상검사에서 적용되고 있으나, 차량의 전반적인 상태모니터링은 적용되지 않고 있으며 신기술을 활용하여 일상 검수 단계에서 조기에 이상 징후를 검출 할 수 있는 시스템을 도입하면 차량의 운행장애

및 정지사고를 미리 예방 할 수 있음

- 철도차량 검사장치의 경우 국부 결함 검출만 가능하여 안전을 위하여 대상부위 전체까지 검사가 가능한 자동화 시스템 개발을 통하여 결함 검출 확률 및 정밀도를 높일 필요가 있음
- 차체 및 대차 용접부 결함 검사에 사용되는 자분 탐상법은 전후 처리가 필요하여 절차가 복잡하고, 오랜 시간이 소요되며, 육안 검사에 의존함으로써 신뢰성에도 문제가 있고, 깊이 숨어 있는 크랙의 검출에 한계가 있어 개선이 시급함
- 또한, 철도 차량의 점검에 있어서 어느 부분에 대한 점검이 필요한지에 대한 실질적 파악이 어려운 측면이 있었으나, 대상부위 전체까지 검사할 수 있는 자동화 시스템을 적용하면 이상모드 감지 기법에 새로운 분야로 각광받을 수 있고, 관련 신기술을 응용하여 신뢰성이 개선된 고장 진단 시스템을 구축 할 수 있을 것으로 판단됨
- 기획과제에서 제안하는 비파괴 진단기술은 현재 미흡한 기술 혹은 차량기지내의 고장/진단 기술 등과 함께 타 분야에서는 이용되는 비파괴 진단기술을 철도분야에 적용하는 새로운 기술 및 신개념을 도입한 기술을 발굴하여 철도 차량 고장/진단 기술의 개발을 추진할 필요가 있음
- 따라서, 본 기획과제를 통해서 기존의 진단 모니터링 기술과 차별이 되도록 연구항목, 목표 및 추진체계를 설정할 예정임
- 운행하는 철도차량의 상태를 확인할 수 있는 첨단 검수장비와 자동화 기술개발에 대한 필요성이 증대되어 정시운행에 대한 사회적인 요구가 증대되고 있음.
- 철도차량 유지보수 장비의 성능확인 기술과 고장진단 기술을 개발하여 철도차량 운행의 안전성과 신뢰성을 확보할 수 있는 방안에 대한 필요성이 있음.
- 최근 진단기술을 이용한 검사 기술이 철도분야에도 적용되고 있고 여러 가지 신기술과 IT 융합시스템을 활용한 연구와 검사시스템 개발이 증가하고 있음. 유럽에서는 이미 이러한 시스템들이 90년대 초부터 현장에 적용되어져 오고 있고 현재 신뢰성과 효율성을 높이기 위한 연구가 이루어지고 있으며, 특히 예지정비(Predictive Maintenance) 기술 개발에 온도분포 측정 데이터가 사용되기 시작하면서 진단기술의 적용영역이 확대되고 있음
- 최근의 차량 유지보수는 차상과 지상의 자동화된 모니터링 시스템과 원격 제어기술 등의 발전으로 무인 감시장치 및 데이터 정보 전송과 실시간 통신이 중요한 역할을 담당하고 있으며, 새로운 첨단기술을 활용한 진단 장비나, 자동화된 계측기기를 통하여 실시간으로 차량의 상태를 진단하고 조치하는 기술개발이 확대되고 있음
- 진단장비에 대한 세계시장은 매우 성숙되어 있으며, 2011년 기준으로 14억 달러의 수익을 발생시키고 있으며, 2016년까지 연평균 7.8%씩 성장하여 20억 달러의 수

익을 창출할 것으로 예상되고, 초음파(Ultrasonic)와 방사선(Radiography)시험장비가 비파괴 진단장비시장의 양축을 이루고 있으며, 철도차량 유지보수 진단에 적용하기 위한 기술개발이 지속적으로 증가하는 추세에 있음



[그림 2-52] IT 융합 진단기술 및 윤축 검사장비

다. 철도차량기지 분야

- 국내외 차량기지는 철도차량의 안정성 확보 및 원활한 운영 및 쾌적한 객실 유지 업무를 위해 검수 정비를 수행하는 장소이고 차량 정비 및 유지업무 이외의 용도로 활용이 전혀 없는 실정임.
- 또한 기존 차량기지 주변이 도시화 되면서 후발 입주민들에 의한 소음, 진동, 비산 먼지 등으로 차량기지를 이전할 것을 요구하는 민원이 발생 하고 있으며, 이러한 민원이 지역구 국회의원, 지자체장의 공약에 포함되면서 정치적 이슈화로 진행되고 있어 차량기지 이전에 대한 민원을 해소하고 차량기지 공간 활용을 통한 건설비용 경감 또는 장기운영수입 확보방안을 모색하게 되었음
- 전국의 69개소 차량기지 중 대부분은 차량기지 업무수행을 위한 시설물을 차량기지 부지에 평면배치 하였음. 차량기지 건설 당시 기지 주변이 개발되기 전이므로 다른 용도의 공간 활용에 대한 필요 수요나 요구가 없어서 차량기지 건설계획에서 배제 되었으며, 차량기지 주변이 도시화가 일부 진행되었더라도 차량기지 상부 공간 활용을 위한 인공대지 공사비와 기지주변 토지매입비를 비교하였을 때 경제적인 합리성이 결여되어 철도차량기지 상부 공간 활용을 하지 않았음.
- 철도는 정부의 저탄소 녹색성장 기조에 따라 친환경 교통시설로 각광받고 있으나, 철도차량 정비를 위한 대규모(약10만평) 복합시설인 철도차량기지는 소음, 분진, 폐수발생 등 지역발전을 저해하는 혐오시설로 인식되어 부지선정 및 공사과정에서 지역주민 및 환경단체의 반대로 사업추진에 어려움을 겪고 있음.

- 철도부문의 에너지 효율을 제고하고 온실가스 저감을 추진하기 위한 신재생 에너지를 통한 전력생산 등 친환경 에너지원 기술개발이 요구되는 현실이며 이는 철도차량기지를 에너지 생산원으로 재구성하고 친환경 에너지원에 대한 효율 등의 규격을 표준화하여 일정수준 이상의 설비를 운영할 수 있도록 기준을 정립하고 기술개발이 요구되는 실정임
- 현재의 철도차량 기지는 1980년대에 설계한 기준으로 적용하였고, 차중에 따른 구분 없이 일률적인 구조로 건설되어 운영하고 있음
- 철도차량 기지 내 철도차량의 입·출고를 고려하지 않은 동선으로 기지구내에서 차량 플랜지의 급격한 마모와 철도차량의 선로이탈 등이 빈번하게 발생되고 있음
- 이상적인 차량기지 설계는 철도차량 운영기관의 의견을 수렴하여 적용하면 어렵지 않게 결론을 도출할 수 있음
- 차량기지 주변 주민과 지방자치단체는 차량기지의 환경에 대한 요구사항이 점차 증가하고, 환경적인 문제를 이슈화하여 차량기지의 이전을 요구하는 사례가 지속적으로 발생하고 있음
- 친환경적인 철도차량 기지시설을 적용에 대한 필요는 있지만 실제 적용된 사례는 없으며, 철도차량 기지시설을 운영기관과 주민이 함께 공유할 수 있는 방법을 연구하는 것이 필요한 시점임
- 소음과 분진 등의 오염원을 최소화하고 에너지를 환경친화적인 설비로 구성하는 등의 새로운 개념의 철도차량 기지 적용 등 기존기술과의 차별성이 필요함
- 철도차량 기지시설은 지자체의 기피대상으로 이전에 대한 요구가 일반적으로 통용되고 있지만 환경 친화적인 시설로 전환하기 위한 기지시설 지하화를 비롯한 전향적인 개선을 통한 친환경 기술을 도입할 수 있는 토대를 마련하기 위한 운영기관의 요구가 있음.
- 중정비 기지시설 집중으로 인한 공간적인 제한을 해소하기 위하여 기지시설의 분산 배치의 타당성에 대한 기초 연구를 진행하여 인적오류에 의해 발생하는 운행지연 최소화에 대한 사회적인 요구가 증대하고 있음.

2. 국내 철도차량 유지보수 체계 기술, 검수장비 자동화 기술, 친환경 철도차량기지 기술 발전 방향

가. 철도차량 유지보수 과학화 기술

- 철도차량 유지보수 방법 기술개발(안전성 관련 지표)

- 철도차량 신뢰성기반 상태검사 정비체계 구축 기술개발
 - 효율적인 고장 및 운행장애를 예방하기 위하여 철도차량의 상태를 진단장비로 진단하고 진단된 상태를 적용한 유지보수를 적용하는 CBM 방식 유지보수 기술개발 필요
- 철도선진국 철도차량 유지보수 관리방법 분석 및 정책개발
 - 현재 수행하는 유지보수 방법에 대한 분석 및 연구를 통하여 효율적인 유지보수 방법 도입 필요
 - 철도선진국에서 수행하는 유지보수 방법 및 정책을 분석하여 한국 철도차량 분야에 적용 가능한 유지보수 방법 및 정책을 개발하여 향후 철도차량분야 발전방향 제시하는 연구 필요
- 정량적인 정비방법 기술개발
 - 인적오류를 예방하기 위하여 자동화 설비 및 측정 설비를 적용하여 정량적인 데이터로 철도차량을 관리하는 정비방법 기술을 개발
 - 인적오류 예방을 위하여 측정기기를 적용하여 오차를 최소화하는 기준을 정립하고, 검사자가 유지보수 상태를 판단하게 하는 것보다 각 부품의 상태기준을 설정하여 인적오류를 최소화하기 위한 정량적인 정비방식 기술개발 필요
- 철도차량 경정비 검사방법 최적화 기술개발
 - 효율적인 철도차량 경정비 유지보수를 시행하기 위하여 철도차량 검사비용을 최소화하는 방법 개발 필요
 - 합리적인 인력운영을 위하여 검사 인력이 최소화 할 수 있는 CCTV 등의 장비를 구성하여 화면을 보면서 소수의 인력으로 최대의 효과를 얻을 수 있는 유지보수 방법 개발 필요
 - 철도차량 도착검사에 대하여 장비를 활용한 정량적인 방법과 외관 및 상태를 감시하는 방법을 바탕으로 인력을 적정하게 투입하여 철도차량 경정비 유지보수 방법의 효율성을 증대하는 기술개발
 - 획일적인 검사방법으로 효율성이 저하되는 것을 예방하기 위한 인력투입 최소화 할 수 있는 CCTV를 활용한 검사방법, 직접 검사하는 방법과 자동화기기를 활용하는 검사방법 혼합 적용하여 경정비 검사방법 최적화 기술개발 연구 필요
- 철도차량 유지보수 Layout 개선 기술개발(기술발전성 관련 지표)
 - 공정시스템 개량 기술개발
 - 유지보수 설비 및 공정시스템을 개선하여 설비를 개량하면 가용도와 정비도를 크게 향상할 수 있음
 - 중정비 유지보수 설비 및 시스템을 개선할 수 있는 기술을 개발하여 적용하여 효율적인 정비가 될 수 있도록 기술개발 연구
 - 일본에서 적용하고 있는 택트시스템을 기준으로 우리 철도차량 실정에 적합한 형태

의 유지보수 설비 및 공정시스템 기술개발 연구

－ 기존 공정시스템 Layout 분석 연구

- 공정시스템 개량 기술개발 및 적용은 시간적인 제한사항과 예산적인 제한사항이 발생할 수 있음
- 현재 운영되는 각 공정시스템 공정흐름(Layout) 분석 등의 현실에 대한 평가를 수행할 수 있는 연구가 필요하고,
- 연구결과를 기준으로 운영기관에서 적용 가능한 방안을 도출하여 적용(Test bed)함으로써 현재의 공정기간을 단축하여 가용성 및 정비도를 향상할 수 있는 방안을 도출하는 연구 필요

－ 철도차량 유지보수 물품 수급관리 방안 연구

- 가용도를 증대시키기 위한 방법은 예비품을 확보하여 고장 또는 중정비 유지보수 과정에서 차량에서 해당 물품에 대한 취거와 동시에 예비품을 취부하여 철도차량 중정비 기간을 최소화하여 유지보수 공정을 단축하는 방법, 유지보수에 대한 설비를 증대하고 인력을 추가 투입하는 방법으로 정비용량을 확대하는 방법이 있음
- 예비품을 운영하여 공정을 단축하는 방법은 예비품에 대한 경제성, 정비성, 효율성 등을 감안한 적절한 대상을 합리적으로 선정하는 연구가 필요하고,
- 수급관리에 대한 적절한 방법을 도출하기 위한 방안을 연구하는 것이 필요함

－ One Step 정비체계 구축 기술개발

- 유지보수 주요기기 정비공정을 현재의 직렬적인 흐름방식에서 병렬적인 정비방식으로 전환하여 중정비 유지보수를 신속하게 배분하여 공정을 단축할 수 있는 최적의 원스텝 정비체계를 구축하는 기술개발
- 유지보수 시간 최소화를 위하여 중수선 공정을 합리적으로 배치 및 예비품을 효율적으로 운용하기 위한 유지보수 공정에 대한 기준을 정립하고,
- 인적오류 최소화를 위한 공장자동화(Factory Automatic) 기술개발에 대한 연구 필요

－ 철도차량 주요기기 유지보수 자동화 기술개발

- 철도차량 주요기기의 유지보수는 운영기관별 약간의 차이는 있지만 대부분 비슷한 작업방식 및 공정을 채택하여 유지보수를 시행하고 있고, 소규모 자동화 기술을 적용할 때 각 운영기관의 기준을 적용하여 효율성이 저하되고 있음
- 운영기관에서 주요기기 유지보수 자동화를 적용할 때 작업자의 안전사고 예방 및 공정단축을 위하여 최적의 자동화 시스템 구축에 기준을 제시할 수 있는 기술개발 연구필요

○ 철도차량 유지보수 검사체계 기술개발(기술발전성 관련 지표)

－ 철도차량 중정비 수선공정 분산 연구

- 중정비 유지보수 방법이 운영기관별 조금의 차이는 있지만 중수선 유지보수 공정 후 초기고장이 발생하여 정비품질 향상에 대한 분석 및 연구가 필요함
- 철도차량 유지보수 완료 후 발생하는 초기고장을 예방하고 정비품질을 향상시키기 위한 방법으로 유지보수 방법과 동일한 품목의 기기를 전문적으로 정비하는 방법 등의 연구가 필요함
- 철도차량 부품의 크기, 무게, 품목, 용도 등으로 구분하여 적정장소, 인력구성, 품목 선정 등의 수선공정을 분산의 기준을 적립할 수 있는 연구를 시행하여 Test bed를 적용하여 초기고장을 획기적으로 감소시키고 기지 면적을 최소화 할 수 있는 연구가 필요함
- 한국형 철도차량 정비방법 연구
 - 철도차량 발전에 따라 한국적인 독창적인 유지보수 정비모델을 개발·연구를 통하여 발전적인 모델을 제시함으로써 사회적인 변화와 철도차량 기술변화에 신속하게 대응하는 유지보수 방법 기술개발 연구 필요
- 철도차량 검사방법 표준화 기술개발(경전철, 도시철도, 일반철도, 고속철도)
 - 각 운영기관별 상이한 유지보수 방법에 대하여 표준화적인 검사방법을 적용하여 인적오류를 최소화하는 방법 검사방법 개발
 - 운행거리 및 기간에 대한 각 운영기관의 차이에 대한 장단점을 분석하고 합리적인 유지보수 방법 도출하여 표준화
 - 동일한 방식의 제어방식이 적용된 철도차량이라도 최고속도, 차량크기, 조성편성 량 수(경전철, 도시철도, 일반철도, 고속철도) 등에 따른 최적의 유지보수 방법 연구
 - 철도차량 검사방법 표준화(경전철, 도시철도, 일반철도, 고속철도)하여 유지보수 기준 정립 기술개발 연구 필요
- 철도차량 유지보수 검사체계 개선연구
 - 운영기관별 철도차량 운용상황 및 검사종류 등의 현황을 분석하여 현재 운영하는 검사체계의 합당성에 대한 연구가 필요하고,
 - 각 운영기관에서 개별적으로 진행하는 검사체계에 대한 연구를 국가단위에서 연구하여 최적화된 유지보수 검사체계 기준 설정하여,
 - 인적오류에 의한 고장을 최소화하기 위한 철도차량 유지보수 조직 최적화 기술개발 연구 필요

나. 검수장비 자동화 기술개발

- 철도차량 부품에 대한 검사장치는 일부 일상검사에서 적용되고 있으나 차량의 전반적인 상태모니터링은 적용되고 있지 않고 있으며 신기술을 활용하여 일상 검수 단

계에서 조기에 이상 징후를 검출 할 수 있는 시스템을 도입하면 차량의 운행장애 및 정지사고를 미리 예방 할 수 있음

- 철도차량 검사장치의 경우 국부 결함 검출만 가능하여 안전을 위하여 대상부위 전체까지 검사가 가능한 자동화 시스템 개발을 통하여 결함 검출 확률 및 정밀도를 높일 필요가 있음
- 차체 및 대차 용접부 결함 검사에 사용되는 자분 탐상법은 전후 처리가 필요하여 절차가 복잡하고, 오랜 시간이 소요되며, 육안 검사에 의존함으로써 신뢰성에도 문제가 있고, 깊이 숨어 있는 크랙의 검출에 한계가 있어 개선이 시급함
- 철도 차량의 점검에 있어서 어느 부분에 대한 점검이 필요한지에 대한 실질적 파악이 어려운 측면이 있었으나, 본 기술을 개발 적용한다면 이상모드 감지 기법에 새로운 분야로 각광받을 수 있을 것임. 또한 관련 신기술을 응용하여 신뢰성이 개선된 고장 진단 시스템을 구축 할 수 있을 것으로 판단됨
- 본 과제에서 제안하는 기술은 현재의 상황에서 미흡한 기술 혹은 차량기지내의 고장/진단 기술, 타 분야에서는 이용되는 비파괴 진단기술을 철도분야에 적용하는 새로운 기술 및 신개념을 도입한 기술을 발굴하여 철도 차량 고장/진단 기술의 개발을 추진할 필요가 있음
- 따라서, 본 기획과제를 통해서 기존의 진단 모니터링 기술과 차별이 되도록 연구항목, 목표 및 추진체계를 설정하여 철도차량이 본선구간에서 고장 없이 운행될 수 있도록 각종 진단장비를 다음과 같이 제안함
- 철도차량 고장 자동진단 스캐닝 시스템 기술개발
 - ICT 활용 차량상태 자동스캐닝 및 제어 기술개발
 - 철도 차량의 차고지 입,출고시 신속한 점검으로 차량부품 및 주행/구동장치의 이상상태를 파악하는 것이 상당히 중요함
 - 현재까지 육안이나 일상검사장치 등으로 차량 상태를 검수해 왔지만 일반차량과 고속차량의 편성에 취부된 모든 대차의 이상을 일상점검에서 신속하게 파악하는 것은 상당히 어려운 작업임
 - 발전하는 ICT 기술을 접목하여 철도분야에도 적용가능 한 여러 첨단 진단기술을 구축하는 것이 필요함. 적외선 모니터링 기술, 분포형 광섬유 기술, 소음 및 진동 신호를 이용한 주요 장치의 이상을 진단하는 기술 등은 선로변에 설치되어 차량이 차고지 입·출고시 신속하게 차량의 이상을 진단 할 수 있는 기술로써 철도차량 고장을 조기 진단하여 신속하게 대처하고 사고를 예방 할 수 있게 하는 기술임
 - 주행/제동장치/베어링부 비파괴 진단 기술개발
 - 철도 차량의 주행/제동장치/베어링부 진단에 있어서 정밀검사가 필요한 부분을 신속하게 파악하게 함으로써 안전을 향상 시키고 심각한 고장이 발생하기 전에 조치

할 수 있음으로써 유지관리비용을 최소화 할 수 있음

- 기존 휴대용 시스템을 이용하여 주요 기계설비의 이상을 진단하는 시스템이 발전되고 있음. 이와 같이 차량의 주요부품에 대한 검사 가능성은 이미 입증되었기 때문에 실시간으로 가시화, 자동화하는 연구를 통하여 철도차량의 비파괴 진단 시스템을 구축하고자 함
- LTE-R 이용 주행상태 진단 및 선로변 철도차량 진단 기술개발
 - 철도차량 운행중 잦은 고장으로 인한 안전관리의 필요성이 점차 높아져가고 있는 상황에서 신속하게 철도차량 주요장치에 대한 정보를 쌍방향 광대역 통신을 이용하여 송수신할 수 있는 기술은 매우 실용도가 높은 기술임
 - 신속, 정확한 스크리닝 기능은 고장의 조기 감지를 통한 안전성 향상기술임
- 차량 전장품/제어장치 고장진단 기술개발
 - 차량 전자/제어장치의 고장 진단을 위한 기술개발은 철도차량의 전자/전기 제어방향에서 고장진단 기술확보가 필요하여 기존 구축된 장비의 upgrade와 신기술을 활용한 진단 기술개발이 필요함
- 철도차량 고장 데이터 기반 고장체계 및 분석 기술개발
 - 차량부품별 고장진단을 위한 FMEA(Failure Mode Effect Analysis) 모델 개발
 - 구축된 진단장비에 의한 차량 주요장치별 고장데이터의 분석은 향후 차량유지보수 및 운영 측면에서 상당히 주요한 사안임.
 - 이상 징후 감지를 위한 체계(물리량, 모니터링 장비, 한계값) 구축 및 평가기술
 - 구축 진단 모니터링 시스템에서 검출된 각종 데이터의 이상여부 판단에 대한 물리량의 정의와 이상 감지에 대한 한계값 설정기준의 객관적 데이터가 필요함. 현장유지보수 관리자에 대한 유용성과 활용성을 위해서 체계적인 데이터 구축이 필요함
 - 차량 고장진단 데이터 구축에 의한 부품 고장기준 평가 및 정립기준
 - 최신 진단 모니터링 시스템에서 검출된 각종 데이터에 대한 고장 판단 및 평가 기준에 대한 객관적인 지표가 필요하여 이러한 체계적인 데이터량의 기준은 차량 고장에 대한 신뢰성 있는 시스템 구축에 필요함
 - 고장진단 데이터 분석체계 구축 및 FMEA 모델기반 손상/진전패턴 예측 기술개발
 - 최신 진단 모니터링 시스템에서 검출된 각종 데이터에 대한 고장 판단 및 평가 기준에 대한 객관적인 지표가 필요하여 이러한 체계적인 데이터량의 기준은 차량 고장에 대한 신뢰성 있는 시스템 구축에 필요함
 - 차량 부품별 손상 재현성 및 검증/분석을 위한 모사 시험장비 개발
 - 최신 진단 모니터링 시스템에서 검출된 각종 데이터에 대한 고장 판단 및 평가 기준에 대한 객관적인 지표가 필요하여 이러한 체계적인 데이터량의 기준은 차량 고장에 대한 신뢰성 있는 시스템 구축에 필요함

○ 철도차량 고장 진단시스템의 Long-term 내구성/신뢰성 확보기술개발

- 차량 진단시스템의 대용량 처리 및 이미지 전송 기술개발
 - 이상진단여부 신속/정확한 판단을 위하여 데이터의 빠른 전송이 필요로 함. 진단 모니터링 시스템에서 전송되는 많은 영상데이터의 압축, 전송, 처리에 대한 기술개발이 필요함
- 혹서·혹한기 대비 환경 부하형 고장진단시스템 기술개발
 - 최근 급변하고 있는 기후에 대한 혹한, 혹서기 대비 진단 모니터링 시스템의 한계 조건과 신뢰성있는 데이터 검출을 위한 보다 전문화된 환경변화 대응 시스템이 필요함
- 중장기 모니터링을 위한 효율적인 센서 관리기법 개발
 - 진단 모니터링 시스템에서 핵심적인 센서기술은 유지보수관리 측면에서 비용과 신뢰성, 내구성, 에러율, 보정 등의 판단 기준에 대한 전반적인 관리기법이 중요함
- 실용화 창출을 위한 진단시스템 중장기 내구성 평가 기술개발
 - 연구개발 단계에서 개발된 많은 진단 시스템이 중장기인 내구성에 많은 난점을 내포하고 있음. 현장활용성을 증대시키기 위하여 개발되어 구축되는 진단시스템의 중장기 내구성 평가 기준 개발이 필요함
- 중장기 적용 진단시스템의 자동화 기술개발
 - 진단시스템과 진단장치의 중장기 적용과 향후 연구개발 단계에서 개발되는 시스템의 호환성을 위한 자동화된 기술 개발이 필요함

다. 친환경 철도차량기지 기술개발

○ 철도차량기지 공간 효율적 활용 기술개발

- 철도차량기지 지하화 기술개발
 - 철도차량기지를 합리적인 면적으로 구성하기 위하여 철도차량기지를 지하화 하여 지상부를 주민 편의설비 및 공원화 등으로 구성하여 주민 친화적으로 구성하는 것이 필요함
 - 철도차량기지 지하화 또는 고층화에 따른 지하시설의 환기 등의 적용기술 개발 필요함
 - 평면적으로 구성된 기지면적을 효율적으로 활용할 수 있는 기술을 개발하여 도심지 철도차량 기지시설을 합리적으로 활용할 수 있는 기술개발 연구 필요함
- 지하 철도차량기지 인공대지 조성 기술개발
 - 지역 주민의 민원과 혐오시설에 대한 인식을 해소하기 위한 대안 중의 한 방법인 철도차량기지 지하화에 따른 기지 상부를 효율적으로 활용하기 위한 기술을 개발하여 철도차량 기지 지역 주민에게 환경친화적이고 편의를 증진하기 위한 기술개발

발 연구가 필요하며,

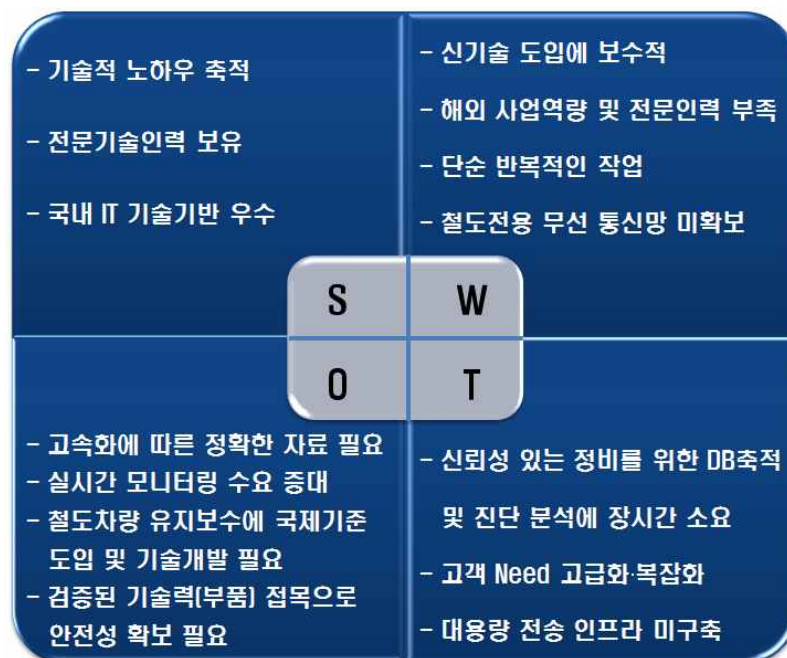
- 지하화한 철도차량기지 상부에 공원, 체육시설, 쇼핑센터 등 상업시설, 주거시설 등으로 개발하여 효율적으로 공간을 활용할 수 있는 기술개발 연구 필요
- 철도차량기지 데크화 기술개발
 - 한국 철도에서는 서울메트로 신정차량사업소 상부에 인공대지를 조성하여 주거시설 및 학교부지로 활용되고 있지만 반지하 형식이 아닌 철도차량기지 상부에 인위적인 구조물을 설치한 구조임
 - 철도차량기지 데크화에 따른 작업장 구성, 기기배치, 환기 등의 기술을 개발하고 데크화 적용 시 발생할 수 있는 각종 사안에 대하여 종합적인 기술개발을 위한 연구 필요
- 철도차량기지 데크화 상부 공간 활용을 위한 표준모델 개발
 - 철도차량기지 데크화에 따른 상부 공간을 활용하기 위한 모델을 개발
 - 철도차량기지 위치와 규모 등을 감안한 상부 공간의 효율적인 활용방안 표준모델을 제시할 수 있는 연구 필요
- 철도차량기지 면적 최소화 기술개발
 - 철도차량기지는 운영기관에서 보유한 차종 및 보유규모에 따라 적정면적을 산출하여 적용하여야 하지만 일반적인 기준으로 적용되어 경량전철, 도시철도, 일반철도, 고속철도 차량기지에 각각 적용할 수 있는 연구 개발이 필요
 - 비효율적으로 활용되는 철도차량기지 면적을 효율적으로 구성하고 활용할 수 있는 합리적인 기준을 설정하기 위한 연구 필요
- 철도차량기지 표준화 기술개발
 - 철도차량기지 표준모델 개발
 - 일본형 철도차량기지를 기준으로 건설되고 수요자가 아닌 건설의 편리함을 기준으로 구성되었고 추가적인 기지 건설시 이의를 제기되는 시설만을 일부 수정하여 건설되고 있으며 전체적인 Lay out은 변화하지 않고 있음
 - 철도차량 입출고선 구성 및 기지 시설물 구성 등을 유지보수를 최소화 할 수 있는 Lay out 개선이 필요함
 - 철도차량기지 내 급곡선을 해소하기 위한 노력과 입출고를 신속하고 편리하게 할 수 있는 배치, 검사고 구조개선 등에 대한 표준화 연구가 필요함
 - 경량전철, 도시철도, 일반철도, 고속철도 기지에 대한 각각의 고유한 표준화된 모델을 연구·개발하여 철도차량 운영기관에 제시하여 철도차량기지 건설시 기준으로 적용
 - 에너지 절약형 철도차량기지 기술개발
 - 건설시 또는 리모델링시에 철도차량기지에서 적용 가능한 에너지 절약형 건축물, 설비에 대한 모델을 개발을 위한 연구 필요
 - 에너지 절약형 모델을 개발하여 Test bed를 적용하여 효과를 인증하여 횡단전개

- 철도차량기지 소음 및 진동 최소화 기술개발
 - 유지보수 중 발생할 수 있는 소음·진동을 최소화 할 수 있는 기술을 개발하여 적용
 - 철도차량기지에서 정비·입환 중에 발생하는 소음 및 진동을 최소화 할 수 있는 기술개발
 - 소음·진동 발생 개소를 구분하고 이에 대한 최소화 목표를 확정하여 유지보수 공정 및 안전 등을 감안한 기술개발
- 특화된 철도차량기지 기술개발
 - 지역적인 특성(도심, 비도심), 철도차량기지 규모(보유량), 철도차량의 종류(경량철도차량, 중(中)량철도차량, 중(重)량철도차량, 일반철도차량, 고속철도차량), 철도차량 편성량수(4량 1편성, 6량 1편성, 8량 1편성, 10량 1편성, 20량 1편성) 등을 감안한 효율적인 철도차량기지 기술개발
 - 차량기지별 특화된 기술을 보유하고 특정 품목의 부품을 유지보수 할 수 있도록 구성하는 등의 기술을 정의하고 연구개발 필요
- 친환경 에너지원 구축 및 환경오염 최소화 기술개발
 - 친환경 에너지원 구축 표준 기술개발
 - 에너지 소비자로서의 철도차량기지를 에너지 생산원으로 재구성
 - 친환경 청정 에너지원으로 전력을 생산하는 에너지 생산 기술개발
 - 철도차량 운영기관별로 추진하는 친환경 에너지원에 대한 효율 등의 규격을 표준화하여 일정수준 이상의 설비를 운영할 수 있도록 기준을 정립하고 기술개발
 - 친환경 기술 및 소재를 활용한 설계디자인 기술개발
 - 철도차량기지에 적용할 수 있는 친환경적인 기준 및 소재를 정립
 - 신규 건설되는 기지에 적용할 수 있는 설계디자인 기술개발
 - 배출 오염원 차단 및 재생 기술개발
 - 철도차량 유지보수 과정에서 발생할 수 있는 오염물질을 최소화 할 수 있는 기술개발(기계장치 등)
 - 철도차량기지에서 발생하는 오염물질의 분산과 비산을 억제하여 차단할 수 있는 기술개발
 - 철도차량기지에서 발생하는 오염물질 확산을 예방하고 배출을 최소화할 수 있는 기술개발

3. SWOT 분석

가. 철도차량 유지보수 체계 기술개발 분야

구분	내용
강점 (Strengths)	- 풍부한 기술인력을 바탕으로 기술적 know-how 축적 - 전문기술인력을 활용한 시장성 확대 - 국내 IT 기술이 발달하여 철도차량 기술개발 역량 확보
약점 (Weaknesses)	- 타분야와의 기술력 폐쇄적 대응(신기술 도입에 보수적) - 해외 진출시 다원사업역량 및 전문인력 부족 - 단순 반복적 작업에 의한 의존도 높아 정밀도 저하 - 철도 전용 무선 통신망 확보가 어려움
기회 (Opportunities)	- 철도 고속화에 따른 보다 정확한 자료 및 실시간 모니터링에 대한 수요증대 - 국제기준의 철도차량유지보수 시스템 도입과 글로벌 기술개발 - 선진화된 기술력(부품) 접목에 따른 안정성 확보
위협 (Threats)	- 시스템 정확성 안정성을 제고하기 위한 DB축적 및 진단 분석고도화 등의 장시간 소요 - 고객 Needs의 고급화, 복잡화 - 현재 통신망 활용시 대용량 자료전송 및 축적 등이 용이하지 않음



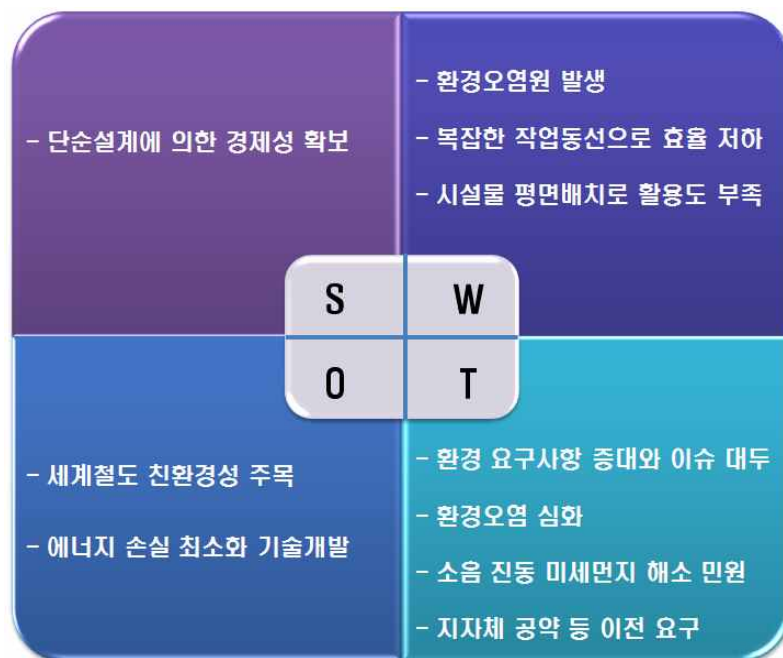
나. 차량기지 검수장비 고도화 및 고장기준 평가 기술개발 분야

구분	내용
강점 (Strengths)	- 국내 최신 비파괴 진단 센싱 기술 개발 경험 및 관련 연구 수행 - 철도운영기관과 현장 검수기술 연계하여 관련기술 개발 가능 - 장비 운영/관리 측면의 경험 및 노하우 보유 - 철도차량운행연한의 증가에 따른 부품의 노후화로 인한 고장의 발생횟수가 점차 증가함에 따라 비파괴 및 온라인 모니터링 기술개발에 대한 욕구가 커지고 있음
약점 (Weaknesses)	- 국외 NDT 및 구조물 건전성 평가기술은 오랜 연구개발을 통해 이미 상용화된 제품들이 설치 운용되고 있음 - 국내 NDT 업체는 매우 영세하며, 연구개발을 통해 제품을 개발하고 판매할 수 있는 업체는 많지 않으며 기존에 국외 장비들이 이미 사용되고 있기 때문에 단기간에 이를 대체하기는 어려울 것으로 보임 - 상태기반 정비관리 시스템 개발을 위해서는 철도 운영기관 협조 필요
기회 (Opportunities)	- 국내의 경우 2020년까지 고속철도 노선 확충, 기존선 고속화 사업, 중고속대역의 신선 건설사업, GTX 등 철도투자가 확대될 계획이며, 따라서 비파괴검사 장비의 수요는 지속적으로 늘어날 전망. 세계 시장 규모의 증가 : 전 세계적으로 녹색교통에 대한 관심증대와 철도 건설계획의 증가로 인한 세계 시장 규모 증가 - 철도안전에 대한 국민적 공감대 형성으로 인하여 기술개발 요구 높음 - 국산화 필요성에 대한 공감대 형성 : 고속철도에 사용된 국외 부품들의 고장시 대처가 어렵고 고가인 것에 대해 관련부품 및 기술에 대한 국산화 공감대가 형성되고 있으며 철도분야에 새롭게 기술 창출되는 기술을 융합하여 독자적인 진단기술 개발로 해외시장 수출 가능
위협 (Threats)	- 기존 구축된 진단장비 체계와 기술격차 극복이 용이하지 않음 - 국내 연구개발 추진시 기술이전에 대한 견제로 인하여 기술력 확보가 어려움 - 개발된 진단장비의 신뢰성 및 내구성 확보를 위한 장기간 소요 - 철도 선진국의 앞선 연구개발 : 일본, 독일, 영국, 이탈리아 등 철도 선진국이 우수한 NDT 기술을 기반으로 국내 철도시장에 대해 적극적 공략에 나섬. 세계적으로 몇몇 국가만 독자적으로 NDT 장비를 개발하고 있으며, 다년간 축적된 핵심기술 비공개

- 비파괴 진단 기술개발 경험 - 운영기관 연계 관련 기술개발 - 장비 운영/관리 경험·노하우 보유	- 검수장비 해외 수입에 의존 (독자개발 역량 부족) - 시간기반정비 위주 검수체계 - 상태기반정비 도입시 운영기관 협조 필요
- 철도안전 국민 공감대 형성 - 신뢰성 있는 검수진단 수요 증대 - 신기술 창출 융합으로 독자 진단 기술 개발 해외시장 수출 가능	- 기 구축 진단장비 체계와 기술 격차 극복의 어려움 - 국외 업체의 기술이전 견제로 기술력 확보의 어려움 - 장비 신뢰성·내구성 확보 어려움

다. 친환경 철도차량기지 기술개발 분야

구분	내용
강점 (Strengths)	- 단순설계에 의한 경제성 확보
약점 (Weaknesses)	- 환경오염원(소음, 분진, 등) 발생 - 복잡한 작업동선으로 효율성 저하 - 차량기지 업무수행을 위한 시설물 평면배치로 활용도 부족
기회 (Opportunities)	- 전세계 도시철도 차량의 철도의 친환경성 주목 - 철도 차량 에너지 소비 낭비 및 손실을 최소화하기 위한 기술개발 - 환경 친화적 교통수단인 철도 시장 투자 증대로 해외사업 진출 기회 증대
위협 (Threats)	- 주민과 지방자치단체의 환경에 대한 요구사항 증대와 환경적인 이슈 대두 - 차량기지 인근지역 환경오염 심화 - 차량기지 주변도시화 후발 입주민에 대한 소음 진동 미세먼지 해소 민원 제기 - 지자체의 공약에 의한 정치적 이슈화



라. 철도차량 유지보수 체계 기술 개발 및 검수장비 자동화기술 개발



제3장

개발기술 분석 및 우선추진순위 선정

- ➡ 제1절 기술의 정의 및 필요성
- ➡ 제2절 개발기술의 요구사항 분석
- ➡ 제3절 우선 추진순위 선정 및 추진전략

제3장 개발기술 분석 및 우선추진순위 선정

제1절 기술의 정의 및 필요성

1. 기술의 정의

- 철도차량 유지보수 선진화 및 검수장비 자동화 기술개발 기획연구는 철도차량 유지보수 체계 기술개발, 검수장비 자동화기술 기술개발, 친환경 철도차량기지 기술개발로 구분할 수 있음

가. 철도차량 유지보수 체계 기술개발

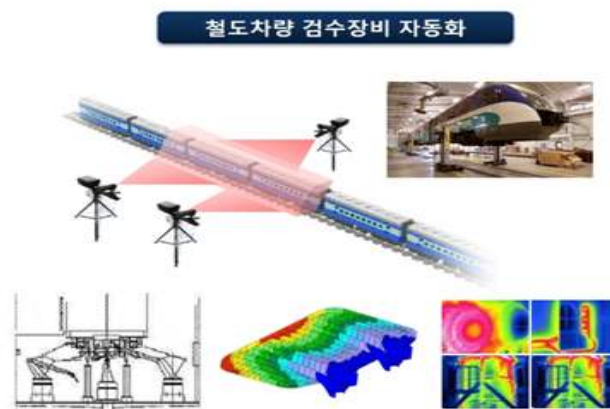
- 철도차량 운행 중 빈번하게 발생하는 차량 고장을 최소화하기 위하여 철도차량 신뢰성기반으로 상태검사 정비체계를 구축하고 철도선진국 철도차량 유지보수 관리방법을 분석하여 정책을 수립하여 정량적인 정비방법을 도출하여 철도 운영기관에 적용할 수 있는 기술개발
- 인력위주 정비방식을 정량적인 데이터를 기준으로 전환하여 경제적인 철도차량 유지보수를 위하여 유지보수 체계에 대한 합리적인 대안으로 중정비 수선공정을 분산하고 한국형 철도차량 정비방법 및 정비체계를 도입할 수 있는 기초를 마련할 수 있도록 철도차량별 검사방법을 표준화하여 철도 운영기관에 적용할 수 있는 기술개발
- 철도차량과 관제(차량관리 주체)와의 상호 인터페이스가 가능한 정보통신기술(ICT)을 접목하여 철도차량의 운행감시체계를 포함하는 종합적인 유지보수 기술을 개발하여 효율적이고 안전한 철도 구현



[그림 3-1] 철도차량 유지보수 과학화 기술

나. 철도차량 검수장비 고도화 및 고장기준 평가 기술개발

- 정보통신기술(ICT)을 활용한 철도차량의 주행상태 등을 자동스캐닝 및 제어할 수 있는 LTE-R 기술을 활용한 차량상태 모니터링 기술을 적용하고 고도화된 신뢰성 있는 비파괴 진단 장비를 활용하여 효율적인 철도차량 유지보수를 구현
- 입·출고선, 철로변에 철도차량을 진단할 수 있는 기술을 개발하여 운행 중 발생할 수 있는 고장을 예방하고 철도차량의 상태를 진단할 수 있는 장치를 개발하여 상태 중심정비를 구현할 수 있는 토대를 마련하여 대형 안전사고 예방
- 철도차량의 고장 데이터 기반 고장체계를 분석하기 위한 차량부품별 고장진단 모델을 개발하여 유지보수에 적용하여 손상 진전 패턴을 예측하고, 이상 징후를 감지할 수 있는 체계를 구축·평가하여 부품에 대한 고장을 예측하여 유지보수 정보에 적용할 수 있는 기술개발
- 효율적인 철도차량 유지보수를 위한 운영기관별 신뢰성중심유지보수에 대한 표준화 기술개발



[그림 3-2] 검수장비 자동화 기술

다. 친환경 철도차량기지 기술 개발

- 철도차량기지를 주민 친화적인 시설로 인식을 전환시키기 위하여 지하화 및 데크화 하여 기지 면적을 합리화하고 공간 효율적으로 구성하여 활용하기 위한 기술개발
- 철도차량기지를 운영기간에서 편리하게 운영할 수 있도록 기지 Layout을 개선하고 표준화하여 운영 효율을 향상시키고 에너지 사용을 최소화 할 수 있는 기술을 적용토록 하고 소음과 진동을 최소화할 수 있는 철도차량기지 표준화 기술개발

- 친환경 에너지원에 대한 표준 기술을 정의하고 친환경 기술과 소재를 활용할 수 있는 설계디자인으로 배출오염원 차단 및 재생기술을 개발하여 환경 친화적인 철도차량기지 구현



[그림 3-3] 친환경 철도차량기지 기술

2. 필요성

- 철도차량 운행 시 발생하는 고장을 최소화하기 위하여 현재의 유지보수 방법을 개선하고, 운행상태를 감시할 수 있는 시스템을 구성하여 운행에 지장을 초래하는 고장 및 대형사고를 예방하며, 정성적인 유지보수를 정량적인 장비를 적용하여 인적 오류를 예방하고, 환경친화적인 유지보수를 구현하기 위하여 친환경 철도차량기지를 적용하는 것이 필요함
- 철도차량 운행연수의 증가에 따라 차량부품의 손상발생 가능성이 증가하고 있고 고장으로 인한 운행 지연 사고가 증가하고 있어 이상 징후 파악 및 조기 진단을 통하여 운행지연 사고 및 대형 사고를 예방 할 수 있는 기술의 개발이 요구됨
- 최근 열차의 고장장애의 주요원인으로 차량 유지보수 문제가 부각되고 있지만, 경제적이고 효율적인 철도차량 유지보수를 위한 관련 체계, 검수장비 기술개발이 필요하며 단순하고 일상적인 검사에서 인적오류를 최소화 할 수 있는 합리적인 노력이 필요한 시점임
- 철도차량 유지보수는 친환경적이고 에너지 효율이 높은 검사장비가 요구되지만, 해당 장비는 기술 집약형 산업으로 국내시장성, 기술수준 및 투자대비 경제적 효과가 낮은 편이지만, 이에 대한 투자 없이는 영원히 기술중속국으로 남을 우려가 있으며, 외국기술로 제작된 기존의 검사 및 진단장치는 예러발생시 고장조치에 수리기간 장

기화 등 조치시간 지연에 따른 비용증가가 불가피함

가. 철도차량 유지보수 체계 기술개발

- 철도차량은 차량 제작에 적용되는 기술의 발달로 기존의 철도차량에 비하여 검사주기를 길게 설정하여 운영 중이고 검사개소도 축소하여 검사하는 시스템이 적용되었음.
- 철도차량이 발전하였지만 유지보수는 노동집약적인 특징을 가지는 3D(Difficulty, Dirty, Danger) 작업으로 인식되는 유지보수 방법을 고수하고 있음
- 합리적인 대안을 적용하여 철도차량 유지보수를 기술집약적인 방식으로 전환하기 위하여 신뢰성 높은 철도차량 적용, 효율적이고 비용적인 정비방법 연구, 친환경적인 시스템을 적용한 유지보수 방법을 개발하고 적용하는 것이 필요함
- 산업시설 및 기계설비의 정비 패러다임이 고장 후 정비하는 사후정비(Break-down Maintenance)에서 예방정비(Preventive Maintenance)로 발전하였고 근래에는 예방정비 중에서 시간기반정비(TBM, Time Based Maintenance)를 상태기반정비(CBM, Condition Based Maintenance)로 전환하는 정비의 패러다임이 유럽의 철도선진국을 중심으로 연구와 적용 연구하고 있으며, 이에 대한 적극적인 적용을 위한 철도차량 시스템 정비 기술 합리화가 필요함.
- 상태기반 정비는 설비진단 기술, 상태감시 기술에 근거하여 시스템의 상태를 정확히 파악하고, 결함을 가능한 조기에 검지하고, 그 경과를 추적하여 향후 발생할 수 있는 고장을 예측하고 적절한 시기에 정비를 수행하는 기술개발이 필요함.
- 상태기반정비는 해당 시스템에 대하여 일률적으로 진행하는 유지보수를 유니트 단위 또는 모듈 단위로 세분화하여 검사하여 돌발고장을 감소시키고 고장으로부터 기인한 연속적인 2차 손상을 회피할 수 있어 시스템 신뢰도를 향상시킬 수 있음.
- 철도의 안전성 확보를 위한 유지보수를 담당하고 있는 현장 기술자의 기술 역량 향상을 위하여 독자적인 기술 개발을 통한 검사 시스템 운용 및 관리 기술을 확보할 필요가 있음.

나. 철도차량 검수장비 고도화 및 고장기준 평가 기술개발

- 철도안전법 개정에 따라 운행연한이 기존 25년에서 40년으로 증가에 따라 차량부품의 손상발생 가능성이 점차 증가할 것으로 예상됨. 차량 이상 징후 파악 및 조기 진단을 통하여 운행지연 사고 및 대형 사고를 예방 할 수 있는 기술 개발이 요구됨
- 현재 차량 유지보수는 시간기반 정비 시스템(TBM)을 적용하여 일정기간 후에 검

수를 수행하기 때문에 차량정비 효율성 및 가용성을 저하시키고 있음

- 운행하는 철도차량의 상태를 자동으로 확인할 수 있는 침단 검수장비와 자동화 기술개발에 대한 필요성 증대
- 박근혜정부의 140대 국정과제의 4번째 국정목표인 “안전과 통합의 사회”의 15대 전략 “재난·재해 예방 및 체계적 관리”의 국정과제 93번 “항공, 해양 등 교통안전 선진화에 부합됨. 본 과제는 제2차 철도산업발전 기본계획에 따른 세계일류 철도국가의 도약을 위한 빠르고 편리하며, 안전한 선진철도 구현 정책에 부합됨
- 본 과제는 6대 중점분야 중 “세계 최고수준의 철도안전 확보”분야의 철도차량의 유지-보수 선진화에 부합되며, 수출 주도형 연구개발 추진, 미래 선도 기술개발 및 철도 인프라 기술수준 제고와 부합되고 있음
- 잠재적 경쟁 국가에 종속되어 있는 검사 시스템 분야 문제를 해결하고 철도 분야 경쟁력 확보차원에서 고유한 비파괴검사(NDT) 기술 개발을 통하여 국내 철도차량 검수기술 자립을 달성하고 세계를 선도하는 고유한 브랜드의 침단 검사 및 진단시스템 기술 개발 필요함.
- 철도차량 유지보수를 위한 검수장비 자동화는 세계적인 추세이고, 생산성, 품질향상과 작업의 리드타임 감소, 검수인공의 감소, 정밀도 및 작업조건의 향상 등의 효과가 있음.
- 검수장비 자동화를 통하여 수송수요를 고려한 차량운영 체계를 포함한 검수계획 수립, 철도차량의 효율적인 관리, 고장발생 상황을 고려한 검수내용 적정화를 계획, 비용, 인력, 시간절감은 물론 고장특성의 통계적 분석이 가능함.
- 국내 철도차량 운영기관별로 보유설비 및 인력에 따라 정비공정이 상이하고 투입인력을 최소화하기 위한 자동화 시스템이 부족한 상태임.
- 차륜, 베어링, 팬터그래프 등 신뢰성 기반을 통한 상태감시 정비체계 구축, 철도무선통신망을 이용한 주행상태 감시 및 진단 시스템이 필요하며, 차축 발열 및 차륜 찰상(Flat) 등 치명적인 차량고장을 진단/고장 분석하는 기술이 필요함.

다. 친환경 철도차량기지 기술개발

- 지방자치단체와 차량기지 주변에 거주하는 주민의 이전요구가 있는 차량기지는 기피대상으로 인식되어 지자체 및 주민을 위한 편의설비 및 공간을 제공하는 등의 주민 친화시설 도입이 필요함.
- 주민 편의를 위한 편의시설 및 공간을 확보하기 위하여 친환경적인 기지를 건설하고 조성할 수 있는 기술 개발이 요구됨.
- 철도차량 운영기관에서 효율적으로 적용할 수 있는 차량기지의 Layout 최적화에

대한 설계기술 개발이 필요함

- 차량기지 공원화, 차량기지 친환경 자원시설로 활용할 수 있는 기술 등 차량기지 활용을 극대화 할 수 있는 이미지 적용이 필요함.
- 철도차량을 분리하고 조립하여 시험하는 공정 수행자와 분리된 부품을 정비하는 공정 수행자를 별도로 운영하는 방법 검토가 필요함.
- 중정비 기지시설 집중으로 인한 공간적인 제한을 해소하기 위한 기지시설의 분산 배치의 타당성에 대한 기초 연구를 진행하여 인적오류에 의해 발생하는 운행지연 최소화에 대한 사회적인 요구가 증대하고 있음.

제2절 개발기술의 요구사항 분석

1. 철도차량 운영기관 수요조사

가. 철도차량 유지보수 체계 기술개발

- 철도차량 유지보수는 운영기관별로 차이는 있지만 1970년대 유지보수 방법과 유사한 검사방법으로 운영하고 있으며,
- 철도차량은 직류직권전동기에서 3상유도전동기로 변화되고 기계적인 접점으로 차량을 제어하는 저항형 제어 차량과 아날로그 회로를 이용하여 회로를 역바이어스로 인가하여 싸이리스터를 소호하는 쇼파 제어 차량에서 마이크로프로세서를 적용한 벡터제어 기술의 발전으로 인버터를 적용한 VVVF 제어 차량으로 획기적으로 발전하였음
- VVVF 제어 방식을 채택하여 브러시가 필요 없는 유도전동기 등을 도입하여 철도차량을 운용하고 있지만 유지보수 방법은 변화하지 않았음
- 철도차량의 신뢰성 중심 유지보수를 일부 운영기관에서 일부분만 적용하여 운영하고 있지만 초보적인 단계에 있으며, 대다수의 운영기관에서 시간·거리를 기준으로 하는 유지보수 방법을 유지하고 있음
- 철도차량 유지관리에서 시간과 거리를 기준으로 적용하는 예방정비를 시행하면 형식적인 유지보수로 과잉정비를 시행하여 효율적인 고장예방에 한계가 있음
- 유지보수의 경정비의 경우 각 기관별은 신뢰성을 기준으로 유지보수 주기를 조정하지 않고 운영기관에서 주관적으로 유지보수 주기를 조정하여 시행하고 있음
- 철도차량 유지보수 자동화 관련 장비가 운영기관에 설치되어 인적오류를 최소화하고 있지만 자동화 장비의 신뢰성 부족으로 유지보수 인력과 중복되는 검사방법을 유지하고 있음
- 경정비에 정량적인 데이터를 기준으로 유지보수를 시행할 수 있는 상태확인 및 성능확인 장비를 적용하지 않고 유지보수 인력을 투입하는 방법을 유지하고 있음
- 근무형태는 사회적인 복리후생 요구사항과 삶의 질의 향상에 따라 24시간제 근무인 맞교대제 근무에서 3조2교대제 근무로 발전하였지만 철도차량 유지보수에 적합한 근무인지, 근무인력의 피로도 해소에 적합한 모델을 검토할 필요가 있음
- 중정비 분야는 중정비 검사기간이 15~21일 정도로 휴일을 감안하면 약 1개월 정도를 중정비 검사를 수행하고 있어 가용도가 현저히 저하되고 있음

- 가용성을 확보하기 위하여 예비품을 최대한 확보하여 정비기간을 최소화하는 방법과 정비방식을 전면적으로 개편하여 가용도를 향상시키는 방법의 연구가 필요함
- 철도차량 편성단위의 주기적인 검사방법에서 부품단위별 검사로 전환하여 각각의 부품의 검사주기를 설정하여 운영하는 방법 등으로 일괄적으로 편성단위의 정비방식을 변경하는 연구가 필요함

나. 철도차량 검수장비 고도화 및 고장기준 평가 기술개발

- 검수장비 중 정비관련 장비인 크레인 등은 일반적인 기계·전기·전자 기술이 적용되어 시중에 널리 보급된 제품을 적용하고 있음
- 철도차량 성능을 검증하는 성능검사장비는 일반적인 기술을 철도차량의 제어시스템과 연계한 기술을 적용하여 운영하고 있음
- 철도차량 주행 중 차량상태를 확인하는 상태검사장비는 수송 수요가 많은 기관에 도입되어 운영하고 있지만, 원천기술이 외국기업에 종속되어 있으며 국내업체에서 원천기술 개발보다는 OEM 방식으로 생산하고 있음
- 또한, 현재 철도차량 운영기관에 설치되어 운영중인 상태검사장비의 일부는 신뢰성 부족 등으로 유지보수 인력이 중복적인 검사를 시행하고 있으므로 신뢰성을 높이는 연구가 필요함
- 상태검사장비의 원천기술을 개발하여 국내 운영기관에 적용하고 국외에 수출할 수 있는 경쟁력을 확보할 수 있는 지원책이 필요함
- 철도차량의 운행을 감시할 수 있는 장비는 한국철도공사 KTX, 서울메트로 2호선에 설치되어 운영 중에 있으나, 철도차량 일부 상태만을 감시할 수 있고 운행관련 사항은 최소한의 중고장만을 감시하고 있음
- 운행하는 철도차량 상태를 상시 감시가 가능한 대용량의 데이터를 전송할 수 있는 철도차량에 적용할 수 있는 기술(ICT / Information & Communication Technology) 연구개발 및 적용이 필요함

2. 철도 운영기관 기술 수요조사 세부내역

가. 서울도시철도공사

- 가용성 향상을 위한 중정비 공정단축

- 해외사례를 보면 편성 단위 정비보다 유니트 단위 또는 부품별 검사를 시행하고 있음(도어엔진의 경우 유니트의 1/2 단위로 검사)
- 예비품 확보(예산사항 수반)가 중요한 관건임
- 중정비 공정 단축시 인공관련 사안을 포함하여 연구
- 중정비 검사기간 축소는 현재의 획일적인 공정을 분석하여 조정하여 적용하는 연구가 필요함
- 장치를 단순하고 신뢰성 있게 구성하려면 신뢰성, 가용성, 정비성, 안전성을 고려한 차량제작이 우선임
- 운영에 적용 가능한 한국형 기술모델 개발
 - 운영기관별로 상이한 진단장치의 구축과 적절한 예비품 확보 등의 기준 적립하여 설정하는 것이 필요함
- CBM 정비체계 도입은 철도차량 유지보수 과학화가 우선 반영되어야 적용가능
 - 부품교체 지시서 생성 등의 신뢰성 기반의 정비체계가 구축되어야 예측정비 관점의 CBM 적용이 가능함
 - 부품의 과학적인 관리가 적용되어야 과학적인 유지보수 가능
 - 차상 컴퓨터를 개선하여 무선전송시스템으로 차량상태를 감시할 수 있는 시스템이 적용되어야 효율적임
- 기계장비 자동화는 가능한 무인운전이 되는 시스템으로 구축
 - 검측·검사 데이터가 자동저장 및 누적되어 이전기록과 비교하여 경보기능이 가능하도록 구축(자동 초음파검사장치, 로봇 대차 도장기 등)
- 차량기지 지하화는 Layout 최적화하여 정비 데이터가 확보되면 설계에 반영하여 적용
 - 철도차량을 분리하고 조립하여 시험하는 공정 수행자와 분리된 부품을 정비하는 공정 수행자를 별도로 운영하는 방법 검토 필요
 - 친환경 기지는 현재의 정비·검수시설 지붕을 태양광으로 구축하여 친환경성을 유지하는 것이 더 현실적인 대안임
 - 현실적으로 적용하기 힘든 기지 지하화 및 친환경 검수기지 설계적용은 Test Bed 보다는 Mock up 구성으로 효율성 향상
- 노후화된 부품 개발 등 성능개선과 표준화가 필요함
 - 부품 검증, 부품 수선체계 표준모델 적용

나. 신분당선(주)

- 신분당선 2단계 공사 시행 중임 (광고기지 건설 중)

- 검수선 등에 대한 표준적인 설계가 아닌 기존 기지시설에서 크게 바뀌지 않은 동선으로 불편함이 발생할 것으로 예상됨
- 주공장과 검수선을 통합하여 운영(시험장치 및 운영인력 통합운영)
- 신분당선 신호장치는 CBTC 방식으로 차상 신호장치에 의한 이동폐색방식으로 운영(안전요원(승무원)을 탑승시키는 DTO 방식으로 운영)
- 차량주행상태는 CBTC 망으로 편성별, 장치별 감시 및 제어
 - 대용량의 정보는 CCTV 망을 활용하여 전송
 - 상태고장의 대부분은 통신에러임(케이블 연결기부분 보강, 전압 잡음성분 제거 필터적용, 고압-저압 분리, 차폐 보강 등으로 통신에러가 안정됨)
- 신뢰성 검증방법 개선적용
 - 통상적인 검증 : 버닝기간 6개월 경과후 1년간 자료 기준분석
 - 신뢰성 검증 요구 : 버닝기간을 없애고 도입 6개월간의 자료를 기준으로 분석 후 미달할 경우 납품 잔금과 연계하여 관리
- 차량에서 TCMS 역할 제한
 - TCMS의 중복적인 제어기능을 하는 배제
 - TCMS는 모니터링 기능만 부여
- 정량적인 검수를 위한 검수장비 적극 활용
 - 월상검사 이상 검사공정에 적용하는 차량검사 장비를 일상검사에 적용하기 위하여 검수고에 배치하여 정량적인 검사
- 진단장비 고도화(인적자원과 검측장비의 조화로운 운용, 차량정비 중 상시적으로 사용하고 적용할 수 있는 장비개발 및 검수체계 개발 필요)

다. 부산교통공사

- CBM 및 신뢰성 기반 유지보수
 - 차량제작시 신뢰성 지표를 반영한 차량에 대하여 적용(RAMS, RCM)
 - CBM 적용시 어느 단계까지 적용할 것인지 정의 필요(유니트 단위 정도가 적정, 데이터를 재가공하고 분석할 수 있는 고급인력 양성 필요)
 - ※ 자동화 및 CBM의 잉여인력자원 교육 및 재배치의 일환
- 가용성 중심 정비는 예비품 확보가 적용
 - 창고관리시스템(물류관리시스템) 표준화 개발 필요
- 부품 인증의 최소단위를 어디까지 정할 것인지 정의 필요

라. 부산김해경전철운영(주)

- 기지시설 설계 건설시 동선을 고려하여 적용하는 것이 필요함
 - 동선이 고려된 표준기지 설계로 설계비용 절감 필요
 - 급곡선부 cant 적용 필요(탈선 및 차륜 급속마모의 원인이 되고 있음)
- 철도용품의 염해에 대한 기준 설정 필요
 - 방청대책을 포함한 표준화된 기준 필요
- 텍트시스템 적용 등의 가용성 개선은 정비물량이 많지 않아서 고려대상이 아님
- 차량 고장기록은 기지 입고시 무선으로 차량정비 분야로 전송되어 관리하고 있음

마. 대구도시철도공사

- CBM 방식은 신뢰성을 기본으로 적용할 수 있음
 - 차량 제작 도입시 RAMS, RCM 지표를 명확하게 설정되어 있는 차량을 대상으로 하여야 함
- 일상검사장치 등 상태진단 검수장비는 정확성 및 신뢰성이 우선임
 - ※ 차륜경, Flange 두께 측정은 인적오류가 발생하고 있으므로 장비를 활용하여 정확하게 측정하는 것이 필요함
- 판타그래프 측정장치는 주습판의 두께 및 접촉면 조도를 관리가 필요하여 검수원이 점검하는 것이 효율적임
- 상태 및 진단장비는 인력운영을 고려한 도입이 필요함
- 친환경기지 보다는 기지구조를 효율적으로 활용할 수 있는 검수선 배치 등을 최적화하는 것이 필요함(표준기지 설계)
 - 검수선, 정비시설 배치 등의 최적화 설계
- 중요부품의 호환성 필요
- 향후 본 과제 진행시 Test bed 설치시 기관별 분산하여 시험하는 것이 필요함

바. 대전도시철도공사

- 텍트시스템은 일량이 부족한 기관 적용은 비효율적임
- 상태진단장비는 많을수록 효율적인 차량관리에 도움이 될 것임
- 차량기지 최적화 설계 필요
 - 검수선, 검수고 배치, 편의설비, 사무실 배치 등

- 표준설계 사양도출 및 권고로 설계비용 절감 필요
- 도시철도 운영기관 통합 필요
 - 운영효율 제고 및 정비품질 향상

사. 광주도시철도공사

- CBM 적용시 비정상적인 고장에 대한 대책도 포함하여 검토 필요
- 노후화 진행시 기존 신뢰성 및 고장 데이터와 다른 고장 발생을 고려하여 적용
- 상태 모니터링 기술은 표준화된 기술개발 필요
 - TCMS에서 전송하는 방법(차량에서 관제 및 차량기지로의 전송) 표준화
 - 고장발생시 실시간으로 감시할 수 있는 시스템 개발 필요
- 각종 개발품의 시험 인증시 혼잡도가 상대적으로 낮은 운영기관에서 검증하는 것이 필요함

3. 철도차량 관련업체 기술조사

가. (주)우진산전

- 해외에서 적용되어 사용되고 있는 철도차량 유지보수 자동화 관련 설비와 철도차량 성능 및 상태를 검사할 수 있는 설비를 중심으로 국내 철도차량 분야에 적용할 수 있는 시스템 위주로 제안하였음
- 철도차량 유지보수 자동화 관련 설비는 TM 자동화 라인(정비라인, 저장라인), 윤축 검수 자동화 설비, 대차 검수 자동화 설비, 차체인상설비(이동식 리프팅잭), 코일스프링 분해조립 설비, 차체하부 자동기취 설비(로봇이용), 자동 차체도장 설비(로봇이용), 윤축 및 TM의 자동 저장창고 설비 등에 대하여 설명하여 중정비 유지보수에 적용하는 시스템을 제안하였음
- 철도차량 성능 및 상태 관련 설비는 중정비 후 철도차량의 상태를 확인할 수 있는 설비인 윤축구동 시험기(오일플러싱, 소음진동), 대차하중 시험기, ITV(일상검사장치), 윤중측정 시험기, 대차틀 자분탐상기(이동식), 초음파 차축 탐상기, 각종 PCB 현미경 검사기에 대하여 설명하여 철도차량 유지보수에 대한 정량적인 확인으로 운행 중 발생할 수 있는 고장예방 관련 장비를 제안하였음
- 철도차량 유지보수 관련 기타 선진화 설비는 철도차량 유지보수를 편리하게 시행할 수 있는 장비를 대상으로 할 수 있는 시스템인 독립형 에어 발란서(운반기기), 소

형 견인차량, 리프팅 테이블류, 그리스 및 윤활유 자동 주입설비, 냉방기 수선 라인, 견습생 교육훈련 설비 등을 제안하였음



[그림 3-4] 해외 철도차량 유지보수 관련 장치

나. 살롬엔지니어링(주)

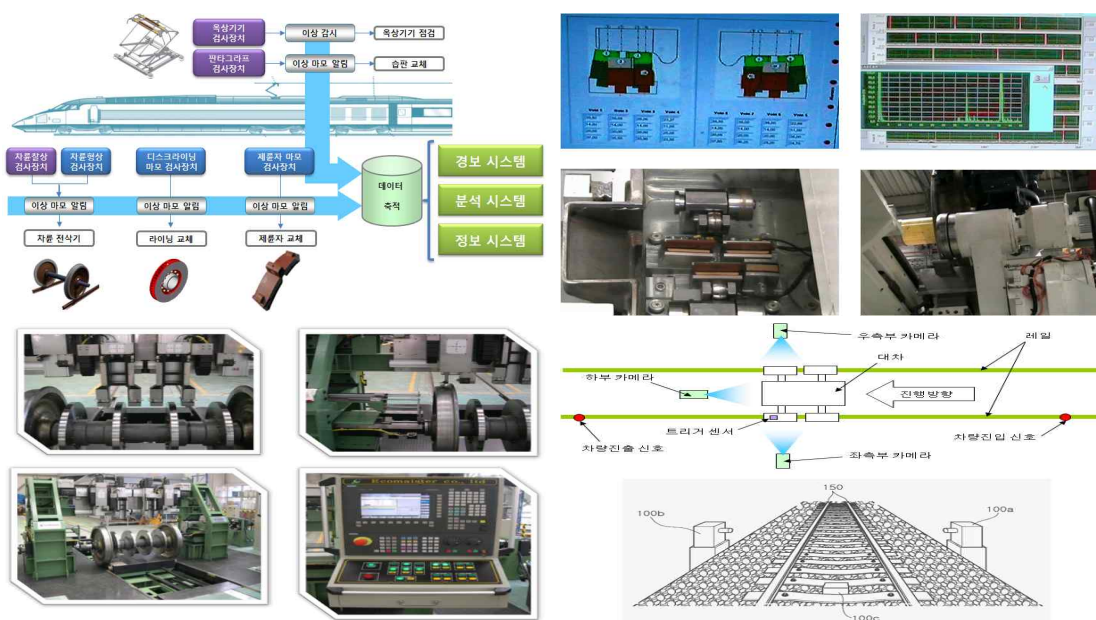
- 철도차량 유지보수 과정에서 발생하는 인적오류에 의한 고장을 예방하기 위한 정량적인 검사장치와 철도차량 운행 중에 발생하는 고장 및 특이사항을 모니터링하는 기술을 제안하였음
- 철도차량 중정비 유지보수 과정에서 발생할 수 있는 인적오류를 예방하기 위하여 철도차량 자동검사장치를 적용하여 정량화된 수치를 기준으로 이상 유무를 자동으로 검사하고, 철도차량 고장 발생시 원인 분석을 통한 원인규명 및 조치 개소를 쉽게 발견하여 효율적인 철도차량을 관리할 수 있는 장치를 적용하는 것을 제안하였음
- 차량의 인통선과 Tc, M, T의 주요한 전기 신호를 장치를 감시하여 무선통신으로 철도차량에 설치된 Server에 전송하고, 운전사령 또는 유지 보수원에게 차량의 상태를 실시간으로 전송할 수 있는 시스템(CSMS)을 구현하여 철도차량 고장발생시 고장조치시간을 단축하고 운행지연을 최소화하여 이용승객 불편이 최소화 할 수 있도록 하는 기술을 제안하였음



[그림 3-5] 자동검사장치 및 CSMS 장치

다. (주)에코마이스터

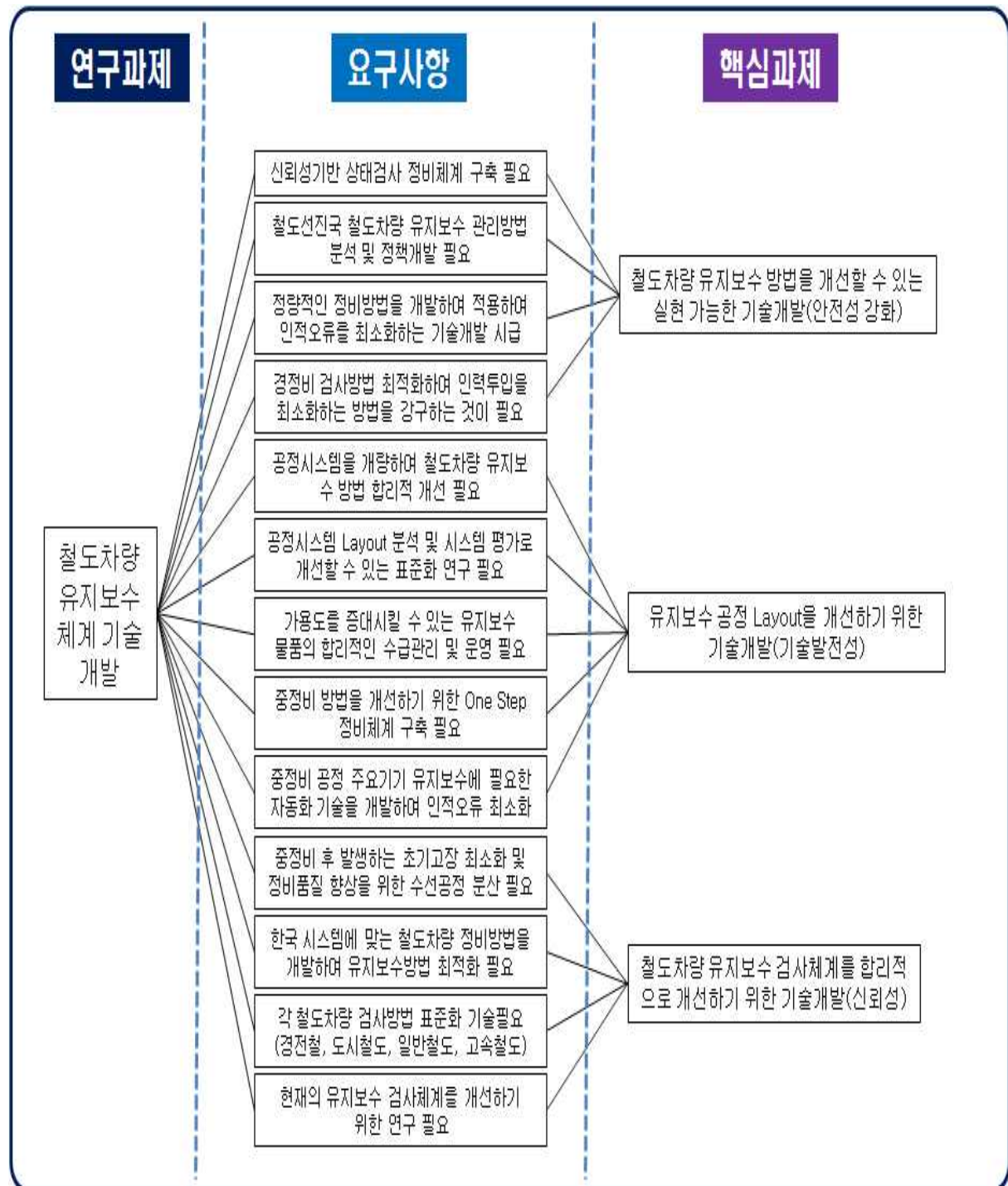
- 철도차량 상태를 검사할 수 있는 현재의 기술을 중심으로 고도화된 시스템에 대하여 제안하였음
- 현재 철도차량분야에서 일부 적용되어 운용중인 각종 철도차량 검사장치를 고도화하여 철도차량 검사를 정량적이고 유지보수에 인력 투입을 최소화 할 수 있는 철도차량 검사기기인 일상자동검사장치, 초음파검사장치, 차체하부기취장치, 윤축형태측정기, 차축 발열 검사장치 등을 제안하였음



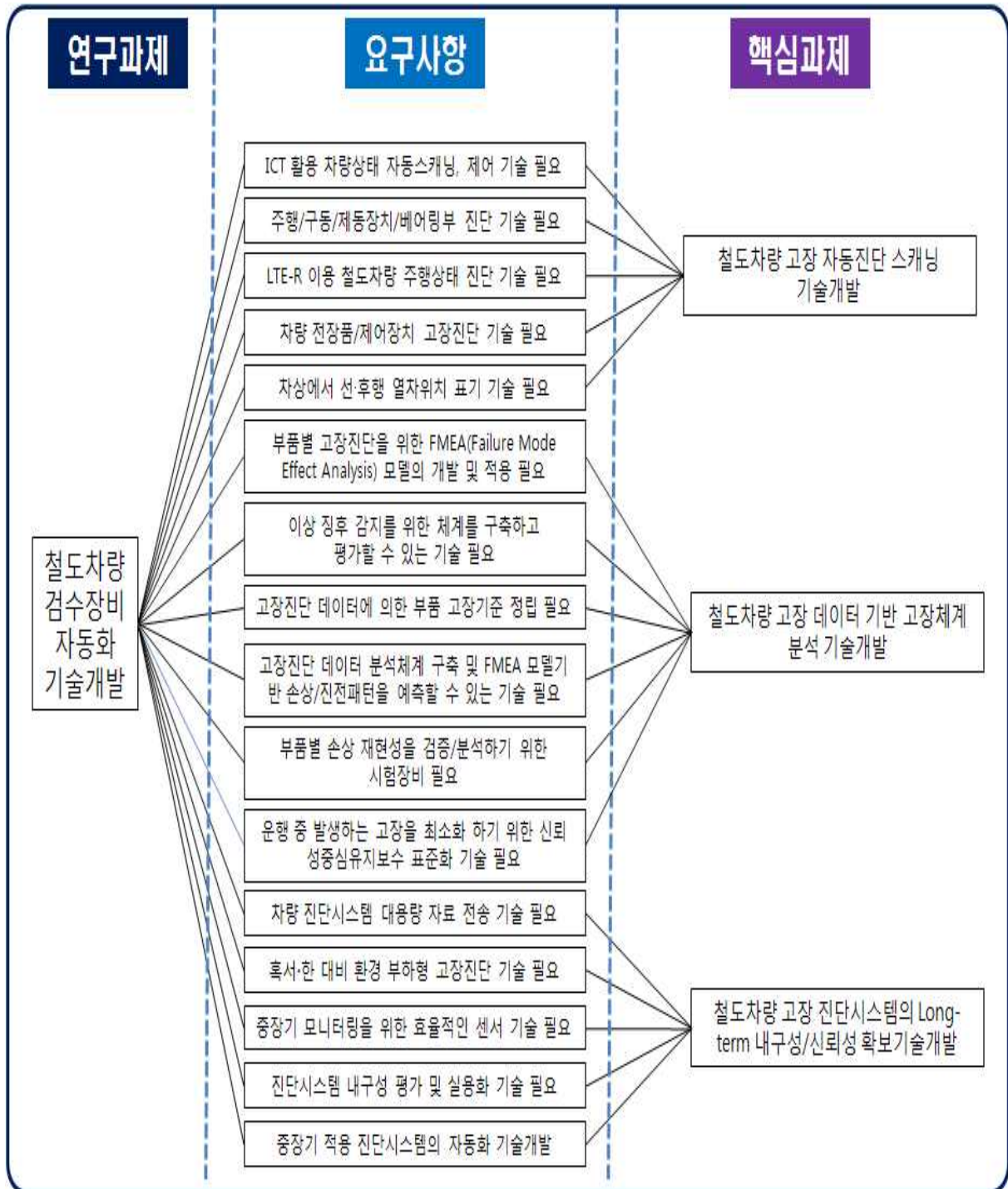
[그림 3-6] 일상검사장치, 초음파측정장치, 윤축형태측정기, 차축발열검사장치

4. 기술개발 수요에 의한 요구사항 핵심과제 도출

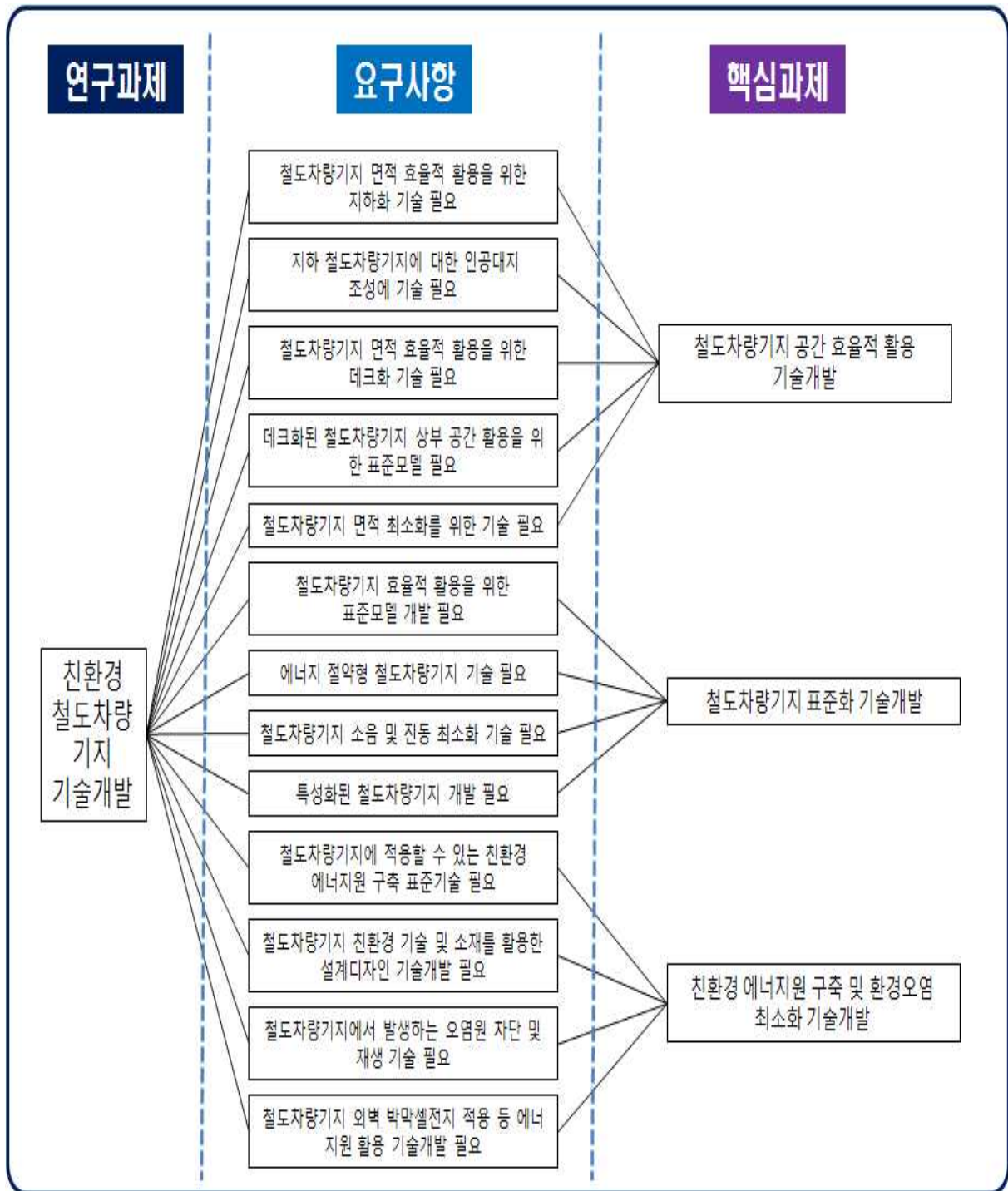
가. 철도차량 유지보수 체계 기술개발



나. 철도차량 검수장비 고도화 및 고장기준 평가 기술개발



다. 친환경 철도차량기지 기술개발



제3절 우선 추진순위 선정 및 추진전략

1. 기술의 우선추진순위 선정배경

- AHP 분석결과, 전문가 자문결과를 바탕으로 하는 가중치 분석결과, 운영기관 및 철도차량 유지보수 관련 기업의 기술수요 조사, 국외 벤치마킹 결과를 반영하여 철도차량분야에서 필요로 하는 핵심기술 및 중점추진 과제를 도출하였음
- 기술개발의 중요성, 연구개발 실현 가능성, 기술우위성 및 도전성 중심으로 우선순위에 대한 조사결과 차량 부품별 진단/고장 분석기술이 가장 시급한 것으로 분석되었으며,
- 철도차량 유지보수 체계를 분석하고 유지보수 방법을 개선하여 철도차량의 고장을 최소화하는 기술의 개발이 필요한 것으로 분석되었음
- 다음으로는 철도차량 유지보수 설비 자동화 기술을 개발하고 활용하여 인적오류를 최소화 할 수 있는 시스템을 구성하는 것이 필요한 것으로 분석되었고,
- 친환경 철도차량기지 기술개발에 대한 요구가 있지만 상대적인 시급성에서 후순위로 분석되었음
- AHP에서 분석된 우선순위를 토대로 필요기술에 대한 S(Specific/구체성), M(Measurable/측정 가능성), A(Attainable/달성 가능성), R(Result-oriented/결과 지향성), T(Time-bound/시간 제한성)를 적용한 전문가 자문을 통하여 분석하였음
- 철도차량 유지보수 과학화관련 기술
 - 철도차량 유지보수 과학화에서 요구된 전문가 의견은 텍스트관련 기술을 개발하고 적용하여 유지보수 방법을 개선하는 것이 가장 가중치가 높게 분석되었으며,
 - 철도 자동화 성능 향상 및 개선은 비파괴 기술을 적용하여 철도차량의 상태중심정비를 적용하는 것에 대한 가중치가 높은 것으로 분석되었음
 - 철도선진국의 철도차량 유지보수 관리방법을 분석하여 국내 철도차량에 맞는 정책을 개발하여 적용하는 것이 필요한 가중치로 분석되었고,
 - 중수선 수선공정에 대한 가중치가 상대적으로 낮은 것으로 분석되었음
- 철도차량 검수장비 자동화관련 기술
 - 철도차량 검수장비 자동화 기술개발 관련 전문가 의견은 철도차량의 상태를 진단하는 기술과 실용화 할 수 있는 진단장비에 대한 가중치가 가장 높게 분석되었으며,
 - 다음으로는 철도차량상태를 모니터링하고 제어하는 기술을 개발하여 적용하는 연구에 대한 가중치가 높게 분석되었고,
 - 주행상태를 실시간으로 감시할 수 있는 LTE-R(RFID 등)을 이용한 진단기술은

실현가능성에 대한 문제로 상대적으로 낮은 가중치로 분석되었음

○ 친환경 철도차량기지관련 기술

- 운영기관 수요조사에서 요구된 철도차량기지의 난개발에 따른 불편함을 해소하기 위한 철도차량기지 표준모델 개발에 대한 전문가 가중치가 가장 높게 분석 되었으며,
- 철도차량기지에 적용할 수 있는 친환경 기술 및 소재에 대한 개발과 구축에 대한 기술이 필요한 것으로 가중치가 분석되었고,
- 철도차량기지 면적을 최적화하기 위한 철도차량기지 지하화 및 데크화의 에 대한 가중치가 상대적으로 낮게 분석되었음

2. AHP 분석

가. 기술수요조사 추진

- 조사대상 : 철도유지보수 기술과 관련된 산학연 전문가를 대상으로 기술수요조사
 - 관련 학회 회원을 대상으로 온라인 조사 실시(한국철도학회, 한국정밀공학회)
 - 분야별 전문가 그룹을 대상으로 메일 발송 및 독려 등을 통해 기술수요 발굴 진행
- 조사내용 : 기술개발 과제 제안배경, 제안 기술의 필요성, 기술개발 목표, 소요예산 및 기간 등에 대한 사항
- 조사기간 : 2013년 5월 23일 ~ 5월 24일
- 조사방식 : 설문지

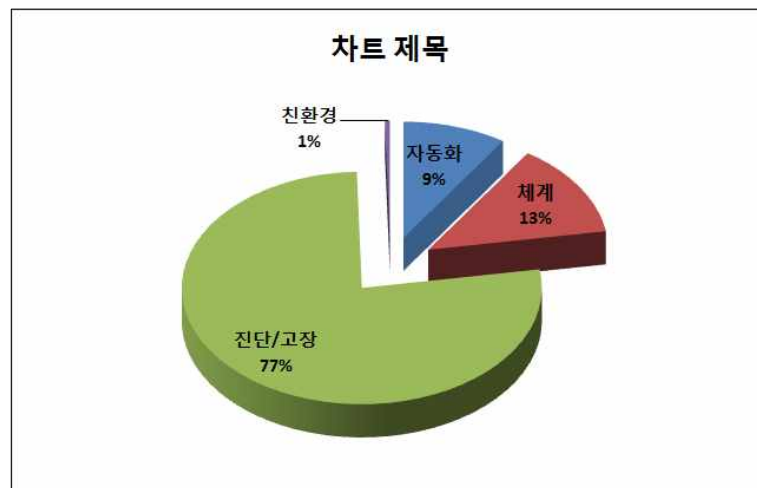
나. 수요조사 결과

- 수요조사 결과, 산학연 전문가들의 다양한 의견을 수렴하였으며 개발 및 상용화 관련 연구수요가 많은 것으로 나타났음
- 유지보수기술 분야의 경우, 실질적으로 유지보수에 활용할 상용화 기술에 대한 수요가 많았으며 주로 철도공사, 철도시설관리공단 등에서 기술개발 제안함
- 검수자동화 기술 분야의 경우, 검수장비의 첨단화를 위한 기술수요가 산학연 골고루 분포하였으며 응용 및 개발 연구수요가 많음
- 친환경 철도기지의 경우, 아직까지 관련 연구가 활성화되지 않고 있어 관련 연구를 추진한 경험이 있는 연구소를 중심으로 개발연구에 대한 수요가 조사되었음

[표 3-1] AHP 기술개발 우선순위

AID	Alternative	Total	기술개발 중요성	연구개발 실행가능성	기술우위성 및 도전성
A1	차량 유지보수 설비 자동화 기술	0.679	0.676	0.695	0.658
A2	차량 유지보수 체계 분석기술	0.708	0.708	0.727	0.681
A3	차량 부품별 진단/고장 분석기술	0.746	0.750	0.745	0.741
A4	친환경 차량 검수기지 기술	0.585	0.565	0.611	0.579

[표 3-2] AHP 기술수요조사

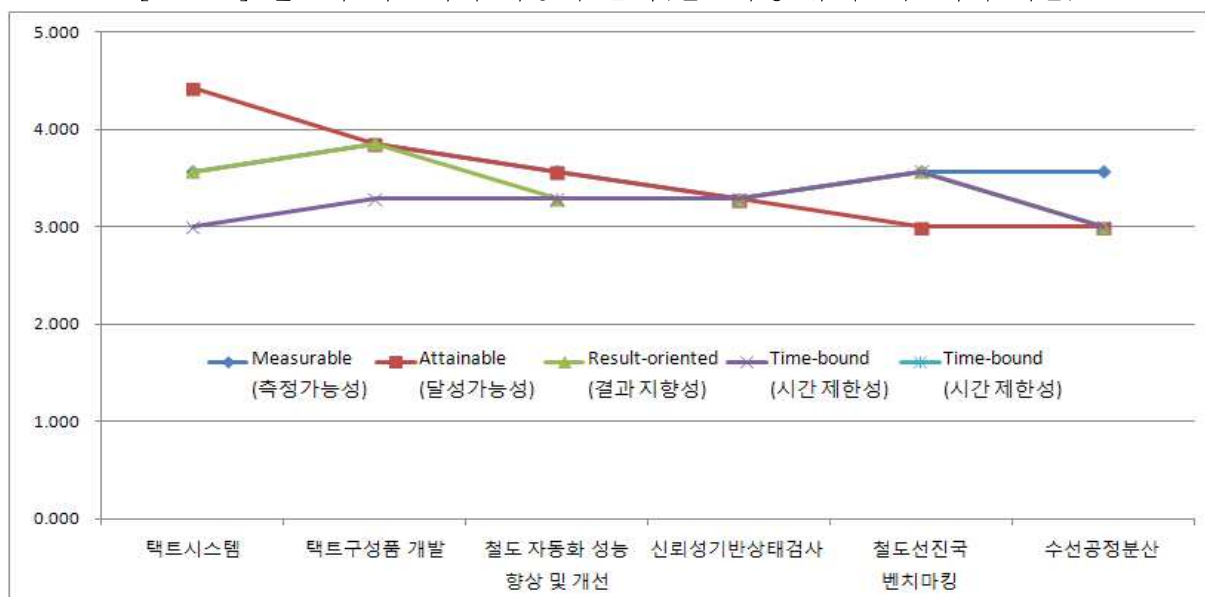


3. 전문가 자문회의

가. 철도차량 유지보수 체계 기술개발

- CBM은 RCM과 유사한 것으로 현실에 맞게 개발 필요
- 신규 도입되는 철도차량에 우선 적용하고 도입하기 쉬운 분야에 우선 적용 필요
- 고장에 대한 Data Base를 가지고 허용 한계치를 찾는 방법 적용
- CBM은 상태를 측정하여 한계치를 적용할 경우 측정된 값의 신뢰성과 이상 유무를 판단하여 설정하는 것을 적용
- 재료에 대한 Data를 기준으로 의사결정에 대한 것을 어떻게 할 것인지 RFP에 명시
- CBM은 안전에 대한 RISK가 포함된 RBM을 유지보수에 포함
- CBM은 상태를 정확하게 측정하고 증명하는 방법과 신뢰성 데이터를 축적 후 적용하는 방법 및 측정값 오차 최소화 방법 개발 적용
- 유지보수 방법은 교환 등 정비를 시행하는 부품과 상태만 관리하는 부품을 구분하여 관리하는 방법 적용
- 철도차량 제작시 유지보수 기준이 확정되는 현실을 감안하여 유지보수와 제작의 연계성을 가지도록 연구하고 적용
- 유지보수를 어떻게 할 것인지 구체적인 방법 개발하여 적용하고, 철도차량 유지보수 간소화를 위하여 차량 제작시 반영 필요
- CBM에서 구체적으로 철도차량 어떤 것을 대상으로 검사하여야 할 것인지 정의

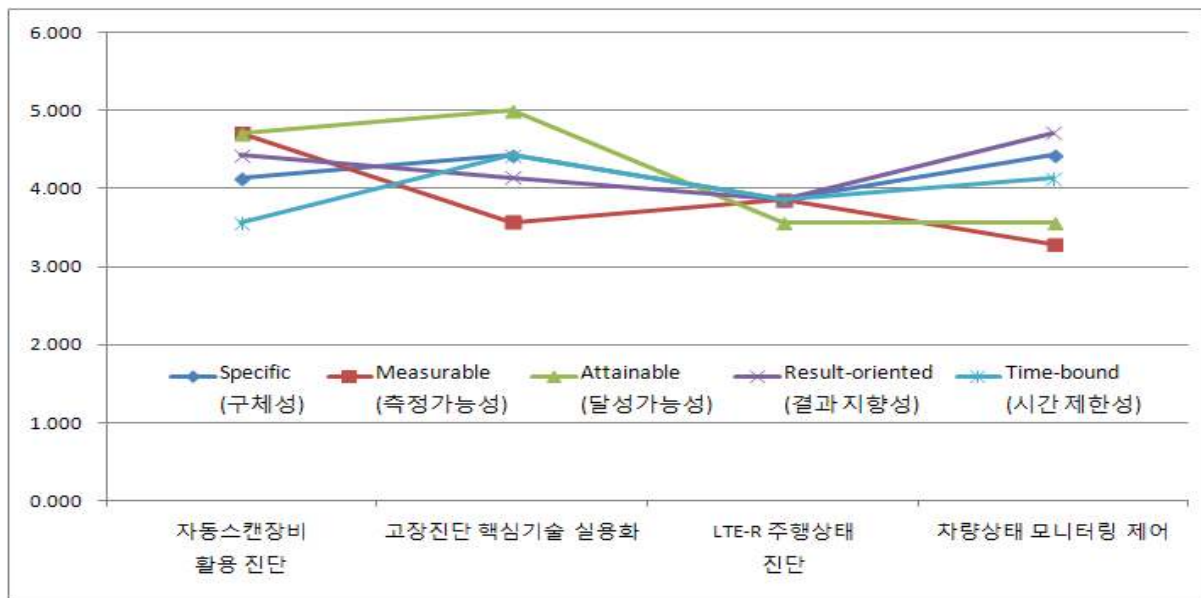
[표 3-3] 전문가 자문회의 가중치 분석(철도차량 유지보수 체계 기술)



나. 철도차량 검수장비 고도화 및 고장기준 평가 기술개발

- 비파괴 기술을 주행, 제동 등의 분야별로 구분하여 선진화 필요
- 철도차량 유지보수는 진단기술력이 차지하는 비중이 크기 때문에 집중적으로 분석하였지만 시장현황에 대한 종합적인 분석이 안 되어 있으며, 로드맵이 완성되지 않았음

[표 3-4] 전문가 자문회의 가중치 분석(철도차량 검수장비 자동화 기술개발)

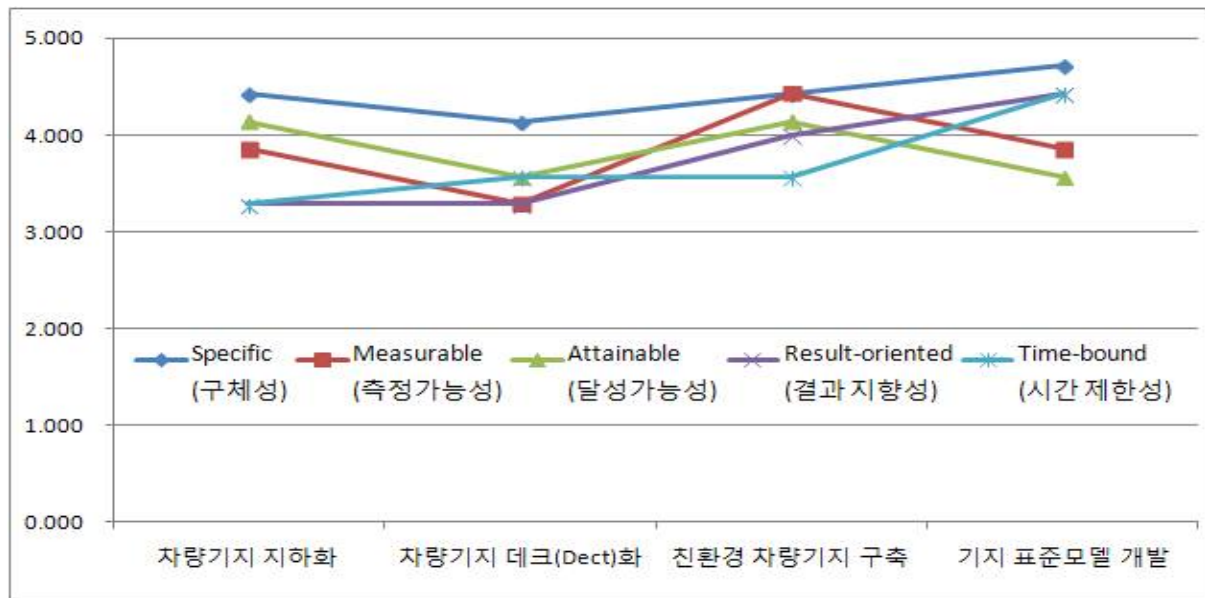


다. 친환경 철도차량 기지설계 기술개발

- 친환경을 목표로 기지를 지하화 하는 것은 작업환경을 악화시키는 것으로 변질될 수 있어 신중한 접근이 필요함
- 철도차량기지에는 토목분야에서 설계하고 운영은 차량분야에서 하게 되어 불합리하게 배치된 부분이 있으며, 운영자 관점에서 설계하는 것이 필요함
- 운영기관 수요조사로 기준을 확립하여 철도차량 기지 표준모델 개발 필요
- 친환경 기지의 에너지 생산에 대한 내용이 있지만 갑자기 돌출되어 있으며 구체적인 내용이 없음
- 로드맵에 친환경기지 에너지 생산과 관련된 과제가 없으며, 태양전지 관련 전력생산을 목표로 새로운 방향 제시
- 친환경 기지 건설에서 표준모델을 개발하고 공정에 대한 새로운 흐름을 개발하고

공정을 일정부분 표준화 할 필요성이 있으며, 향후 건설되는 철도차량 기지에 적용하여 시험할 필요가 있음

[표 3-5] 전문가 자문회의 가중치 분석(친환경 철도차량기지 기술개발)

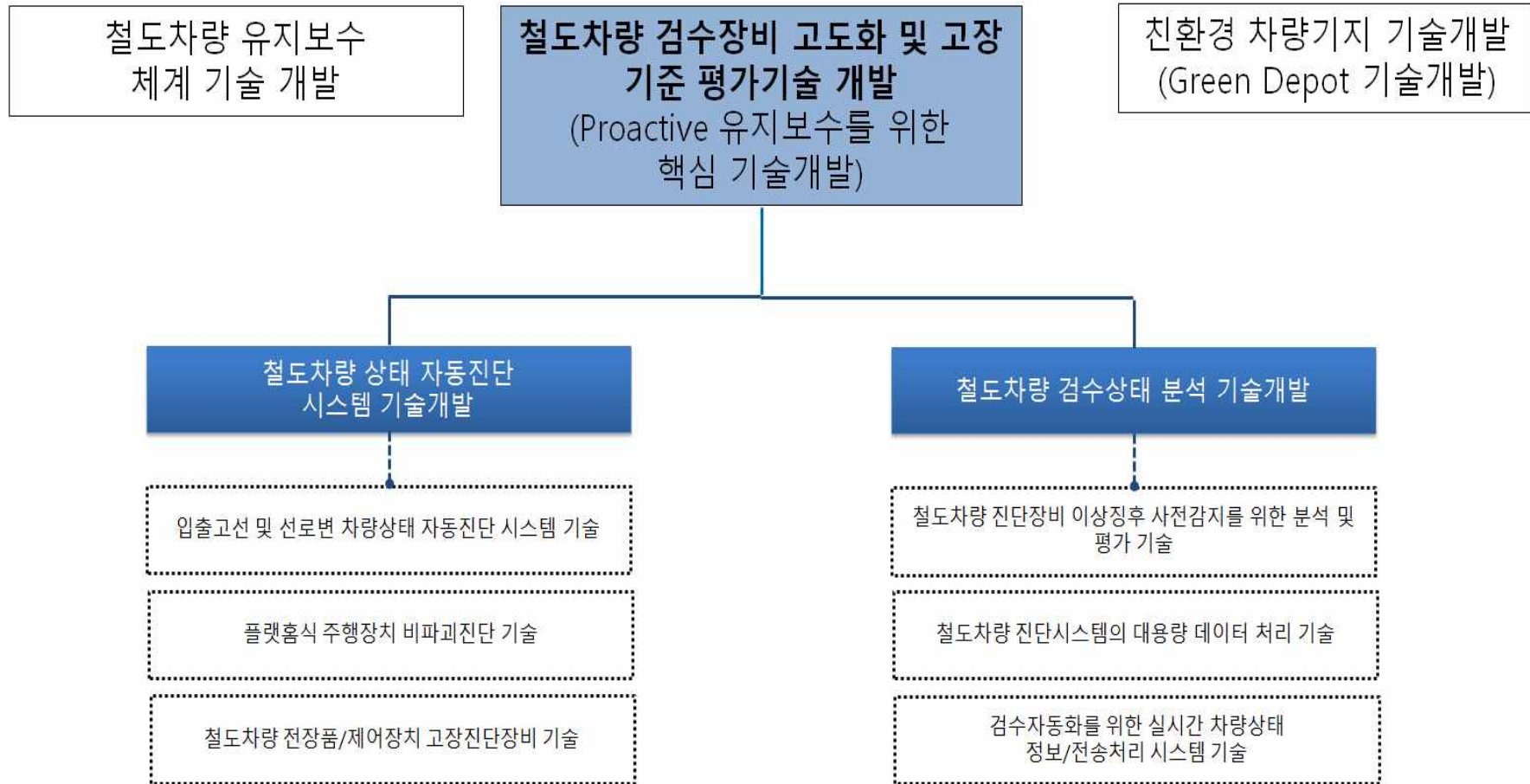


4. 최종 리스트

가. 철도차량 유지보수 체계 기술 개발



나. 검수장비 고도화 및 고장기준 평가 기술개발(Proactive 유지보수를 위한 핵심 기술개발)



다. 친환경 철도차량기지 기술개발



라. 기존연구결과의 중복성과 연계방안

[표 3-6] 기존 연구와의 중복성 검토

연구과제명	주관기관	연구내용	검토결과
차세대 전동차 시운전 시험 및 유지보수 향상방안 관련 연구	2010~2011 건교평	- 서울 메트로 최신 전동차 주요 장치 고장분석 - 기존 전동차 유지보수 교환 주기 및 소요비용 분석 - 차세대 전동차 실 운영노선 적용시 유지보수시스템 검토	차세대 전동차에 대한교환부품의 소요 비용 검토
틸팅열차시스템의 효율적 관리를 위한 유지보수체계 구축 연구	2008~2010 건교평	- 틸팅열차 유지보수체계 구축방안 - 인프라시스템 유지보수관리 방안 검토 - 틸팅열차 운행대비 곡선구간 개량방안 검토	틸팅열차에 대한 유지보수 체계방안에 대한 검토와 관련 내용 추출 연구
RAMS 기반 철도차량 유지보수주기 산정기술개발	2007 한국철도기술연구원	- 국내외 유지보수 체계 분석 - 신뢰성 기반 유지보수 현황 - RAMS 기반 유지보수주기 산정 프로세스 - 유지보수주기 산정 DB 체계	관련 이론적 방법 및 체계 연구
도시철도 유지보수체계 표준화 및 정보화연구	2004~2006 건교부	- 유지보수 정보체계 표준화 방안수립 - 차량분야 정보화시스템 개발 - 유지보수공통, 자제, 작업, 지원, 응용, 기술자료 지원 시스템 - 시설물 분야 정보화 시스템 개발 - 유지보수 정보체계 표준화 기준	유지보수 정보체계 표준화 연구는 제2연구단 과제와 상이하지만 필요시 연구 내용 활용
철도시스템 건전성 모니터링 기초연구	2009~2011 한국철도기술연구원	- 적외선 열화상 기술 평가 - 대차 및 제동장치의 결함 탐상에 열화상 기술 적용 검토	탐상기술에 대하여 적용 가능한 연구내용을 활용하여 연구

연구과제명	주관기관	연구내용	검토결과
철도차량 탈선 안전성능평가 및 사고방지 기술개발	2006~2010 전교평	- 차량하부결함 감시장치 개발 - 차륜이상 감시장치 개발 - 차축입입부 피로손상 감시장치 개발 - 대차 이상진동 감시경보시스템 개발 - 레일절손 감시 경보시스템 개발	윤축 탐상장치 및 기타 장비에 대한 upgrade와 활용
도시철도 역사운 영 효율화 및 상 태기반 유지보수 기술개발	2013~ 국토 진흥원	- CBM체계 실행방안 연구 · 주요부품의 RCM 분석 및 전략 수립	- 선행연구는 서울도시철도공사 주요부품에 대한 고장을 분석하고 RCM을 적용하기 위한 연구를 수행 중에 있음 - 철도차량은 차량종류, 전원방식, 견인전동기 형식, 차량조성, 선로조건, 승차인원 등에 따라 고장 발생 조건이 달라지는 특징이 있음 - 또한, 경량철도, 도시철도(광역철도), 일반철도, 고속철도에 따라 고장발생 형태가 전혀 다르게 발생하고 있어 각 차량 특성에 맞는 고장분석모델을 개발하고 이에 맞는 각 철도차량 운영기관에 맞는 모델을 개발하는 절차가 필요하지만, 선행연구에서는 관련된 연구가 연구내용에 포함되지 않으므로 연구 범위와 내용에서 중복성이 없음 - 또한, 선행연구에서는 철도차량 상태 진단 장비에 대한 연구를 포함하고 있지 않아 진단장비에 대한 부품 고장평가 기준 정립, 고장데이터 분석 기술 개발, 진단장비 유지보수 비용, 신뢰성, 내구성, 예러울, 보정 등의 판단기준에 대한 관리기법 개발, 고장 데이터 평가기준 객관적인 지표 개발, 중장기 내구성 평가기술 등이 포함되어 있지 않아 중복성이 없음 - 서울도시철도공사의 주요부품 고장분석 및 RCM 관련 연구내용과 연계하여 연구 수행 - 서울도시철도공사 주요부품 고장/유지보수데이터 기반 신뢰성 분석 연구 비용(약290백만원) 제외한 연구비용 적용

연구과제명	주관기관	연구내용	검토결과
도시철도 역사운영 효율화 및 상태기반 유지보수 기술개발	2013~ 국토 진흥원	- 유지보수자원 로지스틱스 최적화 시스템 개발 • 예비품/정비인력/정비설비 등의 유지보수 자원에 대한 적정성 평가시스템 개발	- 선행연구에서 유지보수자원 로지스틱스 최적화 시스템 개발에서는 예비품/정비인력/정비설비 등의 유지보수 자원에 대한 적정성 평가를 위한 최적 소요량 산출을 목표로 하고 있지만, 본 기획연구에서는 가용성을 최적화시키기 위한 시스템인 OMS 시스템 도입시 적용할 수 있는 적정한 물품 수급관리 방법 제안하고 있어 특정 시스템을 대상으로 하는 연구로 중복성이 없음 - 선행연구 유지보수자원 로지스틱스 최적화시스템에서 정의하는 일반적인 내용에 대하여 연계하여 연구 시행
소음진동 역사구조물 소음/진동 저감기술 개발, 철도 스퀴소음 저감기술 개발	2013~ 국토 진흥원	- 역사 구조물 소음/진동 저감 기술 개발 - 철도 스퀴소음 저감기술 개발	- 선행연구 소음진동 관련연구에서는 본선 철도차량 운행하는 과정에서 발생하는 소음진동 저감기술을 방진 방음하는 기술과 스퀴소음을 저감시키는 기술을 개발하는 것을 목표로 시설물을 대상으로 연구하고 있으나, 본 기획연구에서는 철도차량 유지보수 과정에서 발생하는 소음진동을 최소화하는 비교적 소규모적인 기술을 대상으로 하고 있어 중복성이 없음
철안사 사업에서 진행된 Fault-Tree 기법에 의한 차량고장상태 평가 기술		- Fault-Tree 기법에 의한 차량 고장상태 평가 기술	- 본 기획연구에서는 Fault-Tree 기법에 의한 고장상태 평가 기술연구를 제안하지 않고 있으나 과제 수행과정에서 필요시 해당기술과 연계하여 연구 시행
도시철도 유지보수체계 표준화 및 정보화 연구	2002~2005 건교평	- RAMS 기반 철도차량 유지보수 주기산정기술개발, 철도차량 탈선 안전성능 평가 및 사고방지 기술개발	- 도시철도 유지보수체계 표준화 및 정보화 연구의 RAMS 기반 철도차량 유지보수 주기산정기술개발, 철도차량 탈선 안전성능 평가 및 사고방지 기술개발을 과제 수행과정에서 필요시 해당하는 기술 연계하여 연구 시행

제4장

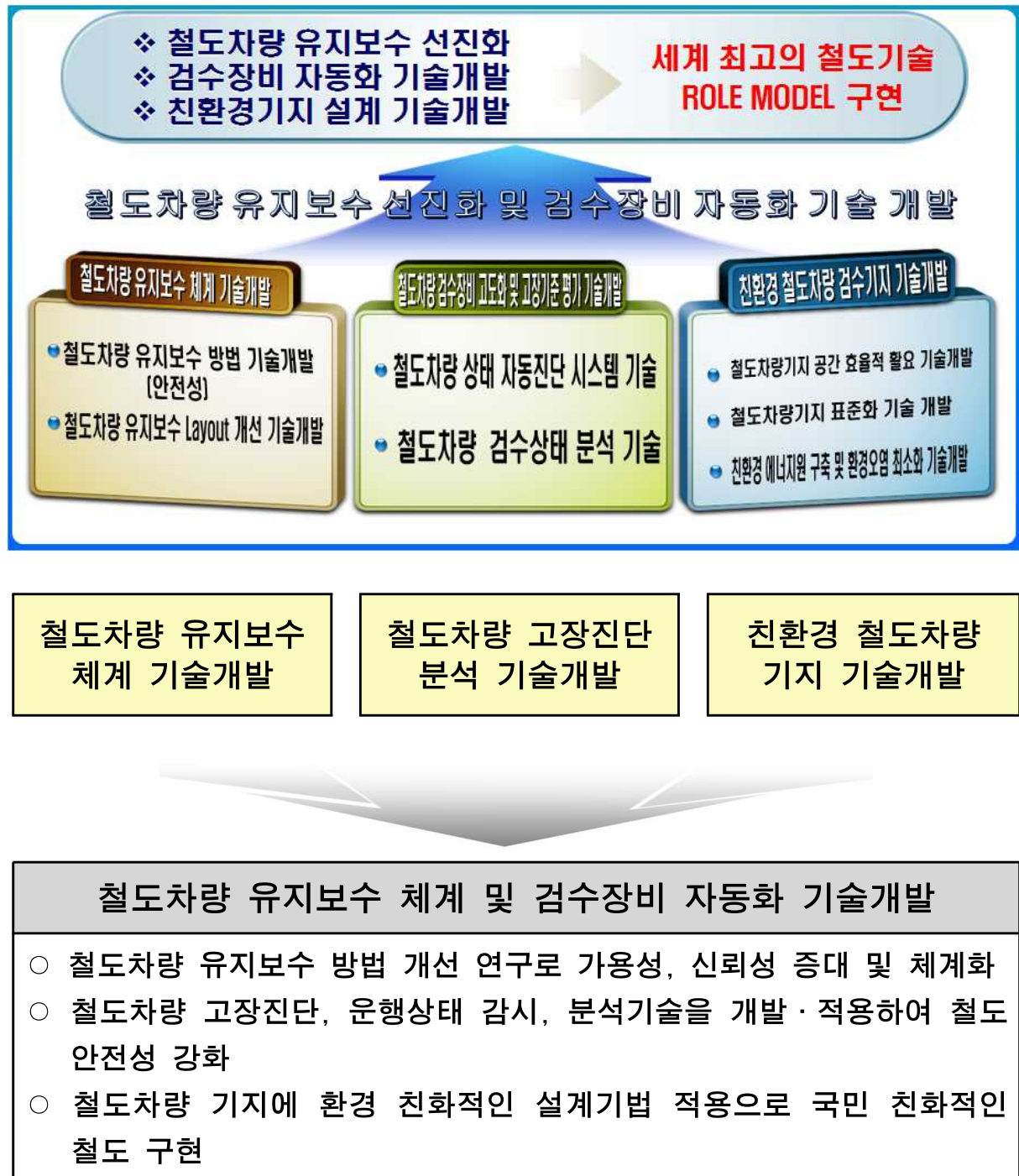
연구개발과제 구성 및 추진전략

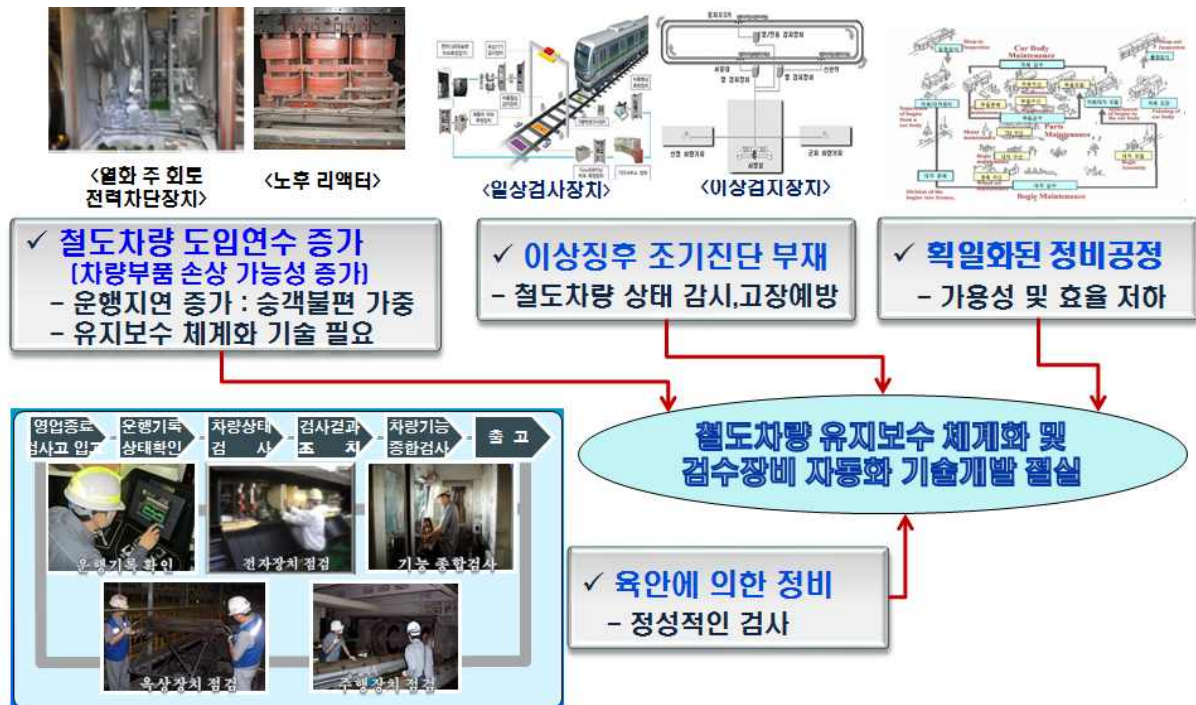
- ➡ 제1절 비전 및 목표
- ➡ 제2절 기술개발에 따른 미래상
- ➡ 제3절 핵심기술요소 선정 및 TRL 목표
- ➡ 제4절 연구개발과제 구성
- ➡ 제5절 과제별 기술 로드맵 및 연차별 기술개발 계획

제4장 연구개발과제 구성 및 추진전략

제1절 비전 및 목표

1. 비전





[그림 4-1] 철도차량 유지보수 및 검수장비 기술 현황



[그림 4-2] 기술 개발에 따른 성과물



[그림 4-3] 철도차량 유지보수체계 및 검수장비 자동화 과제 구성도

2. 연구목표 및 세부과제별 목표

가. 연구개발 목표

- 철도차량 유지보수 체계화 기술 개발
 - 철도 차량 유지보수 방법 및 검사체계 기술개발
 - 포괄적인 정비기술을 개발하여 정비체계 재구성할 수 있는 합리적이고 효율적인 철도차량 유지보수 방법으로서의 전환
 - 인력위주 정비방식을 정량적인 데이터를 기준으로 상태정보를 확보하는 상태기반유지보수를 적용하여 철도차량 유지보수 비용을 최소화
- 철도차량 검수장비 고도화 및 고장기준 평가 기술개발
 - 국민 불편 최소화 및 차량 고장발생 건수 30% 저감 차량검수 자동화 기술개발
 - 차량이상 상태 진단시스템 기술 개발 및 체계 구축
 - 철도차량과 관제 또는 차량을 관리하는 주체와의 상호 인터페이스가 가능한 정보통신기술(ICT)을 접목하여 철도차량의 운행감시체계를 포함하는 종합적인 정비기술을 개발하여 합리적이고 안전한 신뢰성 있는 기술 개발
- 친환경 철도차량기지 설계 기술개발
 - 철도차량 친환경기술 기반 기지 설계 기술개발

나. 철도차량 유지보수 체계 기술개발(세부과제별 목표 및 정의)

- 철도차량 유지보수 방법 기술개발(안전성)
 - ① 철도차량 신뢰성기반 상태검사 정비체계 구축 기술
 - 철도차량 유지보수는 초기에 사후정비방식에서 예방정비방식으로 발전시켜 정비하고 있음
 - 예방정비는 시간·주행거리 기준으로 정비하는 TBM 방식을 채택하고 있음
 - TBM 방식 정비는 철도차량의 상태를 고려하지 않고 철도차량 전체에 대하여 유지보수를 시행하여 과잉정비가 되고 있음
 - 철도차량에 대하여 전체적인 유지보수를 시행하고 있지만 고장 및 운행장애를 예방하지 못하고 있음
 - 일정시간 단위의 유지보수는 철도차량 운영효율이 저하되어 가용성이 저하되고 있음
 - 효율적인 고장 및 운행장애를 예방하기 위하여 철도차량의 상태를 진단장비로 진단하고 진단된 상태를 적용한 유지보수를 적용하는 CBM 방식 유지보수 기술개발 필요

② 철도차량 검사방법 최적화 및 효율성 향상 연구

- 철도차량 유지보수 방법은 1970년대 일본에서 시행한 정비방법을 적용하고 있으나, 철도차량의 발전으로 이전의 유지보수 방법은 효율이 저하되고 있음
- 철도차량 경정비 유지보수는 출고점검, 도착점검, 일상검사, 월상검사를 주기적으로 시행하고 있음
- 철도차량 유지보수 방법은 인력을 직접 투입하여 검사를 시행하고 있음
- 현재 수행하는 유지보수 방법에 대한 분석 및 연구를 통하여 효율적인 유지보수 방법 도입 필요
- 철도선진국에서 수행하는 유지보수 방법 및 정책을 분석하여 한국 철도차량 분야에 적용 가능한 유지보수 방법 및 정책을 개발하여 향후 철도차량분야 발전방향 제시하는 연구 필요
- 효율적인 철도차량 경정비 유지보수를 시행하기 위하여 철도차량 검사비용을 최소화하는 방법 개발 필요
- 합리적인 인력운영을 위하여 검사 인력이 최소화 할 수 있는 검수방법을 개발하여 합리적인 인력을 투입하여 최대의 효과를 얻을 수 있는 유지보수 방법 개발 필요
- 철도차량 도착검사에 대하여 장비를 활용한 정량적인 방법과 외관 및 상태를 감시하는 방법을 개발하여 인력을 적정하게 투입하여 철도차량 경정비 유지보수 방법의 효율성을 증대할 수 있는 기술개발
- 획일적인 검사방법으로 효율성이 저하되는 것을 예방하기 위하여 유지보수 인력투입을 최소화 할 수 있는 장비를 적용할 수 있는 기술을 개발하여 적용하고, 인력 투입에 대한 효율성을 검증하여 인력을 투입하는 검사방법과 병행하여 검사하는 최적의 기술을 도출하여 경정비 검사방법에 대한 최적화 기술개발
- 철도차량 유지보수에 대하여 경량전철, 도시철도(광역철도), 일반철도, 고속철도로 구분하여 각각의 유지보수 기준 정립 연구
- 철도차량 유지보수를 합리적으로 수행하기 위한 최소한의 기준을 마련하여 적절한 유지보수를 수행할 수 있도록 제도를 개선하기 위한 연구
- 경량전철, 도시철도(광역철도), 일반철도, 고속철도 등 각 철도차량별 유지보수 방법 등을 표준화하여 운영기관별 공통적으로 적용할 수 있는 정비방법 기술개발
- 철도차량 유지보수 검사체계는 통상적인 근무 및 3조2교대제 근무를 기반으로 유지보수 조직이 구성되어 있음
- 운영기관별 철도차량 운용상황 및 검사종류 등의 현황을 분석하여 현재 운영하는 검사체계의 합당성에 대한 연구가 필요하고,
- 각 운영기관에서 개별적으로 진행하는 검사체계에 대한 연구를 국가단위에서 연구하여 최적화된 유지보수 검사체계 기준 설정하여,

- 인적오류에 의한 고장을 최소화하기 위한 철도차량 유지보수 조직 최적화 기술개발 연구 필요
- 철도차량 유지보수는 정확한 데이터를 기준으로 수행하지 않고 있음
- 현재 시행하고 있는 유지보수는 운영기관별 조금의 차이는 있지만 육안으로 상태를 확인하고 수공구를 활용하여 측정하는 방법을 적용하고 있음
- 정성적인 유지보수 방법은 인적오류로 인한 품질 저하와 차량고장이 발생하여 열차 지연으로 이용승객의 불편함과 철도에 대한 국민 신뢰가 저하되는 원인이 되고 있음
- 인적오류를 예방하기 위하여 자동화 설비 및 측정 설비를 적용하여 정량적인 데이터로 철도차량을 관리하는 정비방법 기술을 개발
- 인적오류 예방을 위하여 측정기기를 적용하여 오차를 최소화하는 기준을 정립하고, 검사자가 유지보수 상태를 판단하게 하는 것보다 각 부품의 상태기준을 설정하여 인적오류를 최소화하기 위한 정량적인 정비방식 기술개발 필요
- 숙련 작업자와 비숙련 작업자의 정비품질 차이를 해소하기 위하여 정량적인 데이터를 기반으로 하는 정비방법을 개발하여 정비품질을 향상시키기 위한 기술개발
- 각 운영기관별 상이한 유지보수 방법에 대하여 표준화적인 검사방법을 적용하여 인적오류를 최소화하는 방법 검사방법 개발
- 운행거리 및 기간에 대한 각 운영기관의 차이에 대한 장단점을 분석하고 합리적인 유지보수 방법 도출하여 표준화
- 동일한 방식의 제어방식이 적용된 철도차량이라도 최고속도, 차량크기, 조성편성량 수(경전철, 도시철도, 일반철도, 고속철도) 등에 따른 최적의 유지보수 방법 연구
- 철도차량 검사방법 표준화(경전철, 도시철도, 일반철도, 고속철도)하여 유지보수 기준 정립 기술개발 연구 필요
- 철도차량 유지보수는 일본에서 도입된 정비방식을 적용하여 정비를 수행하고 있음
- 대용량 전력반도체 소자 개발, 모터 제어기술의 발전 등 전기·전자분야 집적화 기술 발전으로 철도차량 제작기술이 변화하여 유지보수 조건의 많은 변화가 있었지만 유지보수 방법은 이전의 방법을 답습하고 있음
- 철도차량 발전에 따라 한국적인 독창적인 유지보수 정비모델을 개발·연구를 통하여 발전적인 모델을 제시함으로써 사회적인 변화와 철도차량 기술변화에 신속하게 대응하는 유지보수 방법 기술개발 연구 필요

○ 철도차량 유지보수 Layout 개선 기술(기술발전성 관련 지표)

① OMS(One step Maintenance System) 기술

- 철도차량 유지보수에 적용되는 설비는 경정비의 경우 기지에 입고된 철도차량을 검사선에서 각종 주요기기를 분해하지 않고 유지보수하고 있으며, 이는 기준을 검사

시간과 검사대상이 차량을 분리하지 않고 검사를 시행하고 있음

- 중정비의 경우는 입창된 철도차량을 분리하여 각각의 공정으로 유지보수 중에 있지만, 이전부터 시행하던 방식을 답습하고 있어 철도차량의 가용도, 정비도(유지보수성) 등에서 효율이 저하되고 있음
- 유지보수 설비 및 시스템을 개선하지 않고 중정비 유지보수 방법을 변화하면 작은 변화는 가능하지만 효율은 크게 변화하지 않음
- 유지보수 설비 및 공정시스템을 개선하여 설비를 개량하면 가용도와 정비도를 크게 향상할 수 있음
- 중정비 유지보수 설비 및 시스템을 개선할 수 있는 공정 및 유지보수 요소기술을 개발하여 적용하여 유지보수 효율성 증대할 수 있는 기술개발 필요
- 일본에서 적용하고 있는 택트시스템을 기준으로 우리 철도차량 현실에 적합한 형태의 유지보수 설비 및 공정시스템 및 요소기술 개발
- 철도차량을 편성단위에서 분리하지 않고 각종 주요기기를 분해 및 조립할 수 있는 요소기술에 대한 설계기술을 개발하여 적용할 수 있는 기술개발
- 현재의 시스템에서 공정을 개선할 수 있는 기술과 신규로 개발되어 건설되는 철도차량 기지에 적용할 수 있는 기술로 구분하여 개발
- OMS 적용에 따른 효율적으로 정비를 시행할 수 있는 조직을 구성하는 정비체계 개발
- 중정비 입창시 한번에 일괄적인 분해 및 조립을 수행할 수 있는 분해 및 조립 기술 개발
- 중정비 레이아웃 분석, 공정 및 공간에 대한 설계 기술개발
- 공간에 대한 설계를 위하여 현재의 공정을 분석하여 현재의 시스템과 융합할 수 있는 기술개발
- 예비품을 확보하여 운영하는 것과 예비편성을 추가 확보하여 운영하는 것에 대한 경제적인 효과와 규모의 경제 등에 대한 현실적인 연구를 통한 최적의 유지보수 기술개발
- 공정시스템 개량 기술개발 및 적용은 시간적인 제한사항과 예산적인 제한사항이 발생할 수 있음
- 현재 운영되는 각 공정시스템 공정흐름(Layout) 분석 등의 현실에 대한 평가를 수행할 수 있는 연구가 필요하고,
- 연구결과를 기준으로 운영기관에서 적용 가능한 방안을 도출하여 적용(Test bed)함으로써 현재의 공정기간을 단축하여 가용성 및 정비도를 향상할 수 있는 방안을 도출하는 연구 필요
- 공정의 효율적인 적용을 위한 연구와 공정에 대한 공간의 제한성을 해소하기 위한

설계기술을 개발하여 시험적용 필요

- 현재의 시스템과 효율적으로 연계시킬 수 있는 융합기술을 개발하여 적용하는 연구 필요
- 철도차량 중정비 유지보수는 현재 운영기관별 상이한 부분이 있지만 대부분 직렬적인 흐름의 정비방식을 채택하여 운영
- 흐름방식의 중정비 유지보수는 주요기기 분리 및 이송을 단계별로 진행하고 있어서 공정의 효율성이 저하되고 있음
- 유지보수 주요기기 정비공정을 현재의 직렬적인 흐름방식에서 병렬적인 정비방식으로 전환하여 중정비 유지보수를 신속하게 배분하여 공정을 단축할 수 있는 최적의 원스텝 정비체계를 구축하는 기술개발
- 유지보수 시간 최소화를 위하여 중수선 공정을 합리적으로 배치 및 예비품 운용 등의 효율적인 활용을 위한 유지보수 공정에 대한 기준 정립
- 인적오류 최소화를 위한 공장자동화(Factory Automatic) 기술개발

② 철도차량 유지보수 물품 수급관리 방법 연구

- 가용도를 증대시키기 위한 방법은 예비품을 확보하여 고장 또는 중정비 유지보수 과정에서 차량에서 해당 물품에 대한 분리와 동시에 예비품을 취부하여 철도차량 중정비 기간을 최소화하여 유지보수 공정을 단축하는 방법과 유지보수에 대한 설비를 증대하여 정비용량을 확대하고 인력을 추가 투입하여야 하는 방법임 방법으로 가용도를 증대할 수 있음
- 예비품을 운영하여 공정을 단축하는 방법은 예비품에 대한 경제성, 정비성, 효율성 등을 감안한 적정한 대상을 합리적으로 선정하는 연구가 필요하고,
- 수급관리에 대한 방법론적인 정의 등을 결정할 수 있는 적정한 방법을 도출하기 위한 방안을 연구하는 것이 필요함

③ 철도차량 주요기기 유지보수 공정 자동화 기술

- 철도차량 주요기기(회전기기, 대차장치, 제동장치, 전장품, 출입문기기, 냉방기기)의 유지보수는 운영기관별 약간의 차이는 있지만 대부분 비슷한 작업방식 및 공정을 채택하여 유지보수를 시행하고 있고, 소규모 자동화 기술을 적용할 때 각 운영기관의 기준을 적용하여 효율성이 저하되고 있음
- 운영기관에서 주요기기(회전기기, 대차장치, 제동장치, 전장품, 출입문기기, 냉방기기) 유지보수 자동화를 적용할 때 작업자의 안전사고 예방 및 공정단축을 위하여 최적의 자동화 시스템 구축 기준을 제시할 수 있는 기술개발

다. 철도차량 검수장비 고도화 및 고장기준 평가 기술개발(세부과제별 목표 및 정의)

- 현재 차량 일부 부품에 대한 검사장치는 일부 일상검사에서 적용되고 있으나 차량의 전반적인 상태모니터링은 적용되고 있지 않고 있으며 신기술을 활용하여 일상검수 단계에서 조기에 이상 징후를 검출할 수 있는 시스템을 도입하면 차량의 운행장애 및 정지사고를 미리 예방할 수 있음
- 철도차량 검사장치의 경우 국부 결함 검출만 가능하여 안전을 위하여 대상부위 전체까지 검사가 가능한 자동화 시스템 개발을 통하여 결함 검출 확률 및 정밀도를 높일 필요가 있음
- 차체 및 대차 용접부 결함 검사에 사용되는 자분 탐상법은 전후 처리가 필요하여 절차가 복잡하고, 오랜 시간이 소요되며, 육안 검사에 의존함으로써 신뢰성에도 문제가 있고, 깊이 숨어 있는 크랙의 검출에 한계가 있어 개선이 시급함
- 철도 차량의 점검에 있어서 어느 부분에 대한 점검이 필요한지에 대한 실질적 파악이 어려운 측면이 있었으나, 본 기술을 개발 적용한다면 이상모드 감지 기법에 새로운 분야로 각광받을 수 있을 것임. 또한 관련 신기술을 응용하여 신뢰성이 개선된 고장 진단 시스템을 구축할 수 있을 것으로 판단됨
- 본 과제에서 개발 예정인 기술은 현재 미흡한 기술 혹은 차량기지내의 고장/진단 기술 등과 함께, 타 분야에서는 이용되는 비파괴 진단기술을 철도분야에 적용하는 새로운 기술 및 신개념을 도입한 기술을 발굴하여 철도 차량 고장/진단 기술의 개발을 추진할 필요가 있음
- 따라서, 본 기획과제를 통해서 기존의 진단 모니터링 기술과 차별이 되도록 연구항목, 목표 및 추진체계를 설정할 예정임
- 철도차량 고장 자동진단 스캐닝 시스템 기술
 - ① ICT 활용 차량상태 자동스캐닝 및 제어장비 기술
 - 철도 차량의 차고지 입·출고시 신속한 점검으로 차량부품 및 주행/구동장치의 이상상태를 파악하는 것이 상당히 중요함
 - 현재까지 육안이나 일상검사장치 등으로 차량 상태를 검수해 왔지만 일반차량과 고속차량의 편성에 취부된 모든 대차의 이상을 일상검사에서 신속하게 파악하는 것은 상당히 어려운 작업임
 - 현재 발전하고 있는 ICT 기술을 접목하여 철도분야에도 적용가능한 여러 첨단 진단기술을 구축하는 것이 필요함. 적외선 모니터링 기술, 분포형 광섬유 기술, 소음 및 진동, 온도 신호를 이용한 주요 장치 이상 진단 기술 등은 선로변에 설치되어

차량이 차고지 입, 출고시 신속하게 차량의 이상을 진단 할 수 있는 기술로써 철도 차량 고장을 조기 진단하여 신속하게 대처하고 사고를 예방 할 수 있게 하는 기술 개발

② 플랫폼식 주행장치 비파괴진단 기술

- 철도 차량의 주행/제동/베어링부 진단에 있어서 정밀검사가 필요한 부분을 신속하게 파악하게 함으로써 안전을 향상 시키고 심각한 고장이 발생하기 전에 조치 할 수 있음으로써 유지관리비용을 최소화 할 수 있음
- 기존 휴대용 시스템을 이용하여 주요 기계설비의 이상을 진단하는 시스템이 발전되고 있음. 이와 같이 차량의 주요부품에 대한 검사 가능성은 이미 입증되었기 때문에 실시간으로 가시화, 자동화하는 연구를 통하여 철도차량의 비파괴 진단 시스템을 구축하고자 함
- 유지보수 과정에서 유관으로 검사할 수 없는 부분에 대하여 효율적인 비파괴진단을 위하여 진단시간을 최소화하고 정확도를 증대시킬 수 있는 기술개발
- 철도차량 유지보수 과정에서 비파괴 진단을 시행하지 않는 주요부품(주행/제동장치/베어링부 등)에 대하여 진단을 시행하기 위한 각 부품에 특화되는 비파괴 진단 기술 개발

③ 차량 전장품/제어장치 고장진단장비 기술

- 차량 전자/제어장치의 고장 진단을 위한 기술개발은 철도차량의 전자/전기 제어분야에서 고장진단 기술 확보가 필요하여 기존 구축된 장비의 upgrade와 신기술을 활용한 진단 기술개발이 필요함
- 철도차량의 전기·전자·제어분야의 비중이 지속적으로 증가하여 철도차량에서 절대적인 비중을 차지하고 있지만 차량 전장품/제어장치에 대한 고장진단 기술은 기초수준에 머물러 있음
- 철도차량을 제어하는 전장품에 대한 고장을 신속하고 정확하게 진단하기 위하여 기초적인 지식을 가진 작업자가 쉽게 진단할 수 있는 진단장치 기술개발
- 철도차량을 운영하는 소프트웨어에 대한 버그 및 이상동작을 진단할 수 있는 진단장비 기술개발
- 고속철도차량, 도시철도차량, 일반철도차량, 경량철도차량 등에서 각각 전장품의 상태를 정량적으로 이상 유무를 진단할 수 있는 기술개발

○ 철도차량 고장 데이터 기반 고장 분석 및 평가 기술

① 차량부품별 고장진단을 위한 FMEA(Failure Mode Effect Analysis) 모델 개발 및 RCM 표준화 기술

- 구축된 진단장비에 의한 차량 주요장치별 고장데이터의 분석은 향후 차량유지보수 및 운영 측면에서 상당히 주요한 사안임
- 신뢰성을 바탕으로 하는 철도차량 유지보수는 많은 연구가 진행되었지만 현실에 적용된 예는 거의 없는 실정임
- 신뢰성중심유지보수는 운영기관별로 각각 소규모로 진행하고 있지만 예산상의 문제 등으로 인하여 적극적으로 수행 되지 않고 있음
- 2013년 시행한 지방공기업 평가(안전행정부)에서는 시스템 및 시설 노후화가 진행되고 있어 고장/장애에 의한 열차지연이 발생할 가능성이 있으므로 신뢰성중심유지보수를 도입하여 유지보수 체계를 과학화할 것을 권고하였음
- 철도차량 신뢰성중심유지보수의 필요성은 모든 운영기관에 공통적으로 필요로 하고 있지만 운영기관에 적용하기 위한 연구는 진행하고 있지 않음
- 신뢰성중심유지보수를 합리적이고 효율적으로 운영기관에 적용하기 위하여 국가적인 차원에서 연구를 진행하여 표준화된 모델 제시
- 국가에서 제시한 모델을 기준으로 합리적인 유지보수 기준을 가지고 유지보수를 시행하여 철도차량 정시운행과 안전성 향상 등으로 결과가 나타나면 친환경 운송수단인 철도 이용고객이 확대될 것으로 판단됨
- 최신 진단 모니터링 시스템에서 검출된 각종 데이터에 대한 고장 판단 및 평가 기준에 대한 객관적인 지표가 필요하여 이러한 체계적인 데이터량의 기준은 차량 고장에 대한 신뢰성 있는 시스템 구축에 필요함
- 국내 철도차량(고속철도, 일반철도, 광역철도(중량전철), 경량철도) 전체를 대상으로 하는 부품 고장평가 기준 정립, 철도차량 각 운영기관 및 철도차량에 대한 RCM 표준화 모델개발, 고장데이터 분석기술 개발하여 운영기관 적용
- 학문적인 영역에서의 연구가 아닌 운영기관 철도차량 유지보수에 실제적으로 적용하는 연구

② 진단장비 이상 징후 감지를 위한 체계(물리량, 모니터링 장비, 한계값) 구축 및 부품 고장기준 평가 기술

- 구축된 진단 모니터링 시스템에서 검출된 각종 데이터의 이상여부 판단에 대한 물리량의 정의와 이상 감지에 대한 한계값 설정기준의 객관적 데이터가 필요함. 현장유지보수 관리자에 대한 유용성과 활용성을 위해서 체계적인 데이터 구축이 필요함

- 최신 진단 모니터링 시스템에서 검출된 각종 데이터에 대한 고장 판단 및 평가 기준에 대한 객관적인 지표가 필요하여 이러한 체계적인 데이터량의 기준은 차량 고장에 대한 신뢰성 있는 시스템 구축에 필요함
- 진단 모니터링 시스템에서 핵심적인 센서기술은 유지보수관리 측면에서 비용과 신뢰성, 내구성, 에러율, 보정 등의 판단 기준에 대한 전반적인 관리기법이 중요함
- 연구개발 단계에서 개발된 많은 진단 시스템이 중장기인 내구성에 많은 난점을 내포하고 있으며, 현장 활용성을 증대시키기 위하여 개발되어 구축되는 진단시스템에 대한 중장기 내구성 평가 기술개발
- 최근 급변하고 있는 기후에 대한 혹한, 혹서기 대비 진단 모니터링 시스템의 한계 조건과 신뢰성 있는 데이터 검출을 위한 보다 전문화된 환경변화 대응 시스템에 대한 기술개발
- 진단장비 유지보수를 위한 비용, 신뢰성, 내구성, 고장률, 보정 등의 판단기준에 대한 관리기법 개발, 고장데이터 평가기준 객관적인 지표 개발, 중장기 내구성 평가 기술 등의 진단장비에 대한 유지보수 기술개발

[표 4-1] 철도차량 검수장비 고도화 및 고장기준 평가 기술개발 대상

연번	구분	장비명	용도(목적)	현재문제점	개선사항(목표값)	도입가격 (백만원)	보유량	핵심기술	개발소요 시간
1	상태검사 장비	이상결지 장치	○ 차량 탈선 회피, 중대사고 사전예방 - 차량 하부기기 발열상태 감시 - 차축 축상하향 발열 상태감시 - 차륜 진동상태 감시	신뢰도, 본해성능 저하 1. 측정 대상속도 60km/h 이하(일본기술 적용 장비) 2. 측정 오차가 큼(신뢰도 저하) 3. 측정온도 및 진동 편차가 큼(본해성능저하) 4. 장치의 노후화와 시스템 단종에 따른 유지보수 곤란함 5. SOFTWARE UP GRAD 안됨 6. 운영 프로그램 불건, 데이터 처리시간 과다 발생	신뢰도, 본해성능 향상 보완(탈선률 중대사고 예방) 1. 측정 대상속도 80km/h 이하(국내 기술 개발적용) 2. 측정온도/진동편차 최소오차 1%이하 성능 향상 4. 최신의 기술과 고성능의 장비적용으로 유지보수 문제점 해소 5. 운영 편의성 및 확장성 있는 SOFTWARE 개발	2,973	○ 국외기술(일본) - 서울메트로 2호선 ○ 국외기술(독일) - KTX 고속선로	센싱/신호 처리기술	4년
2	상태검사 장비	자본 탐상기	연결기 본체와 영구 로컬을 연결부 등	외관과 수동검사에 따른 정밀검사 불가, 측정오차 과다 신뢰도, 본해성능 미흡(검사시간 과다소요 : 40분)	장비 자동화 및 신뢰도, 본해성능 향상(무선 처리와업 및 검사시간 30% 단축)	83	○ 철도운영기관	전자회, 센싱 기술 자/정향향상, BCT, 카메라 본체기술	4년
3	상태검사 장비	초음파 탐상기	차축	1. 검사자가 A-SCAN 측정과정(Pulseecho방식)을 분석하여 차축 결함여부를 판단하여 초음파 전문지식, 초음파탐상 경험 필요 2. 일정한 각도의 탐촉자를 사용하여 축의 일부 영역만 탐상 가능(탐 상 사각지대 발생, 차축관절 결함 등 탐상 성능 미흡) 3. 검사시간 과다소요 : 측정 50분	1. 자동화 장비 및 PA(PhasedArray)방식 소프트웨어개발 로 자동탐상기술 적용 2. PA(PhasedArray) 장비 적용으로 차축의 광대역 정밀 탐상 가능 3. 탐상 시간단축 : 측정15분	779	○ 국외기술(일본) (서울메트로 코레일)	- 차축탐상소프트웨어개발 - 초음파탐촉자기술 - PhasedArray장비개발	4년
4	상태검사 장비	변형 검사장치	은행전후 철도차량 이상상태 감시	미개발	광상유에 의한 차량상태 진단장비 개발	500		진동/센싱/신호처리 기술	4년
5	상태검사 장비	음향 검사장치	은행전후 철도차량 이상상태 감시	일부 개발되어 있으나 차량 소음 DB 필요	음향방출기법을 활용한 차량상태 진단장비 개발(90DB이 상검지)	1,000		음향방출기법/센싱/ 신호처리분석기술	4년
6	상태검사 장비	전자장	은행전후 철도차량 이상상태 감시	미개발	전자자기장 스크리핑을 활용한 차체/대차 브레이크 상태 진단 장비 개발(3mm이상균열검지)	1,000		전자자기장스크리핑/센싱/ 신호처리분석기술	4년
7	상태검사 장비	온도 검사장치	은행전후 철도차량 이상상태 감시	개발비용의 저비용화 필요	온도스캐리핑을 활용한 차량상태 진단장비 개발(30kmh 내 200℃ 발열검지)	300		온도스캐리핑/센싱/ 신호처리분석기술	4년
8	상태검사 장비	초음파 진단장비	중형장차(차륜), 축상 베어링부 진단	미개발 1. KTX 차량의 경우 차륜초음파탐상은 프리볼징비(초음파탐상기)로 수동탐상 시행하고 있음(신뢰성 및 검사시간 작업인원 과다 소요 2. 베어링 진단은 세척작업 완료 후 작업자가 눈으로 확인하는 외관 검사 실시(축상 베어링부 진단장비 없음)	○ 중형장차, 베어링부 초음파(비파괴) 진단장비 개발 1. 자동차륜 진단장비 개발(5mm이상 균열, 결상 내부균열 감지) 2. 저동 베어링 진단장비 개발(비접촉식 차수검사 초음파검사)	-	비접촉 초음파 탐상 기술 비전카메라 기술 수직 초음파 탐상 기술	4년	
9	상태검사 장비	전장검 검사장치	전장검(C/LSI/TCMS 신호장제), 소프트웨어, 전자카드 진단	미개발	전장검, 전자카드 소프트웨어 동작상태 진단 필요를 시험장 비 개발(PC방정점/시스템정점/시스템모니터링)	-		전자/신호 분석기술	5년
10	성능시험 장비	자동 검사장치	철도차량 중수선 및 고장 발생시 차량 상태 확인검사	- 신뢰도 본해성능 저하 및 검사시간 과다 소요 - 잦은 고장으로 장비 사용을 저하 - 시스템 노후화에 의한 유지보수 곤란 - 검사시간 : 8시간	- 신뢰도 본해성능 향상 보완(검사시간20%단축) - 장비 자가진단기능 보완 - 자동보정 기능으로 측정 신뢰성 확보 - 현실에 맞는 시험항목 설정	3,400	○ 국내기술 (코레일)	센싱/신호처리 기술	3년
11	검수지원 장비	차륜 전상기	장비작업 지원	- 작업시간 과다소요(1출기준 약 2시간 소요) - 장비 고장 시 정비공정 중단	- 작업시간(장비시간) 단축(작업시간 30% 단축) - 장비 모니터링 기능으로 고장예방(전동 열 오일)	1,340	○ 국외기술(독일) (코레일) ○ 국내기술 (도시철도운영기관)	정밀가공 기술	4년
12	검수지원 장비	차체 세척기	장비작업 지원	차체 손상 발생 및 세척성능 저하 차량 통과속도 저속 운영(5km/h이하)으로 세척 시간 향상 필요	- 차체 손상 최소와 및 세척성능 향상 - 전면부 세척 기술 적용	279	○ 국내기술 (철도운영기관)	센싱/모션제어기술, 로봇제 어기술	3년

라. 친환경 철도차량기지 기술개발(세부과제별 목표 및 정의)

○ 철도차량기지 공간 효율적 활용 기술

① 철도차량기지 지하화 및 상부 인공대지 조성 기술개발

- 최초 도심외곽에 배치하여 건설된 철도차량 기지는 도시의 확대에 따라 도심 중심부에 편입되어 운영되고 있음
- 도심지의 철도차량 기지는 지자체 및 주민의 혐오시설로 인식되고 있음
- 철도차량기지는 평면적인 구성으로 넓은 면적을 점유하고 있음
- 철도차량기지를 합리적인 면적으로 구성하기 위하여 철도차량기지를 지하화 하여 지상부를 주민 편의설비 및 공원화 등으로 구성하여 주민 친화적으로 구성할 필요가 있음
- 철도차량기지 지하화 또는 고층화에 따른 지하시설의 환기 등의 적용기술 개발 필요
- 평면적으로 구성된 기지면적을 효율적으로 활용할 수 있는 기술을 개발하여 도심지 철도차량 기지시설을 합리적으로 활용할 수 있는 기술개발 연구 필요
- 철도는 지역을 발전시키는 원동력이고 공공운송 수단으로 지역주민에게 편의를 제공하는 수단인 철도는 지방자치단체에서는 노선을 유치하려고 지속적인 노력을 경주하고 있음
- 그러나, 철도차량기지는 주민 불편을 발생시키는 민원의 대상과 혐오시설로 인식되고 있음
- 운영자 위주의 철도 개념을 지역민과 같이 공간을 공유하고 활용할 수 있는 방안을 창출하여야 하나 특별한 대안이 없는 것이 현실임
- 지역 주민의 민원과 혐오시설에 대한 인식을 해소하기 위한 대안 중의 한 방법인 철도차량기지 지하화에 따른 기지 상부를 효율적으로 활용하기 위한 기술을 개발하여 철도차량 기지 지역 주민에게 환경친화적이고 편의를 증진하기 위한 기술개발 연구가 필요하며,
- 지하화한 철도차량기지 상부에 공원, 체육시설, 쇼핑센터 등 상업시설, 주거시설 등으로 개발하여 효율적으로 공간을 활용할 수 있는 기술개발 연구 필요

② 철도차량기지 데크화 및 상부공간 활용을 위한 표준모델 개발

- 철도차량기지를 데크화는 일본 도시철도 차량기지에 적용하여 운영하고 있음
- 한국 철도에서는 서울메트로 신정차량사업소 상부에 인공대지를 조성하여 주거시설 및 학교부지로 활용되고 있지만 반지하 형식이 아닌 철도차량기지 상부에 인위적인 구조물을 설치한 구조임

- 철도차량기지 테크화에 따른 작업장 구성, 기기배치, 환기 등의 기술을 개발하고 테크화 적용 시 발생할 수 있는 각종 사안에 대하여 종합적인 기술개발을 위한 연구 필요
- 철도차량기지 테크화에 따른 상부 공간을 활용하기 위한 모델을 개발
- 철도차량기지 위치와 규모 등을 감안한 상부 공간의 효율적인 활용방안 표준모델을 제시할 수 있는 연구 필요

○ 철도차량기지 표준화 기술

① 철도차량기지 면적 최소화 기술

- 평면적으로 구성된 철도차량기지는 넓은 면적의 용지를 점유하고 있음
- 철도차량기지는 운영기관에서 보유한 차종 및 보유규모에 따라 적정면적을 산출하여 적용하여야 하지만 일반적인 기준으로 적용되어 경량전철, 도시철도, 일반철도, 고속철도 차량기지에 각각 적용할 수 있는 연구 개발이 필요
- 비효율적으로 활용되는 철도차량기지 면적을 효율적으로 구성하고 활용할 수 있는 합리적인 기준을 설정하기 위한 연구 필요
- 철도차량의 중정비 유지보수 후 발생하는 초기고장은 철도에 대한 신뢰성을 저하시키는 원인임
- 중정비 유지보수 방법이 운영기관별 조금의 차이는 있지만 중수선 유지보수 공정 후 초기고장이 발생하여 정비품질 향상에 대한 분석 및 연구가 필요함
- 철도차량 유지보수 완료 후 발생하는 초기고장을 예방하고 정비품질을 향상시키기 위한 방법으로 유지보수 방법과 동일한 품목의 기기를 전문적으로 정비하는 방법 등의 연구가 필요함
- 철도차량 부품의 크기, 무게, 품목, 용도 등으로 구분하여 적정장소, 인력구성, 품목 선정 등의 수선공정을 분산의 기준을 적립할 수 있는 연구를 시행하여 Test bed를 적용하여 초기고장을 획기적으로 감소시키고 기지 면적을 최소화 할 수 있는 연구가 필요함

② 철도차량기지 표준모델 개발

- 철도차량기지 설계는 최초 일본의 철도차량기지 시설을 기준으로 건설되었음
- 일본형 철도차량기지를 기준으로 건설되고 수요자가 아닌 건설의 편리함을 기준으로 구성되었고 추가적인 기지 건설시 이의를 제기되는 시설만을 일부 수정하여 건설되고 있으며 전체적인 Lay out은 변화하지 않고 있음
- 철도차량 입출고선로, 시운전선로, 유지보수 시설 및 선로 구성, 기지 시설물 배치 및 구성 등 유지보수 비용 및 편리하게 사용할 수 있는 Lay out 개선이 필요함

- 철도차량기지 내 급곡선을 해소하기 위한 노력과 입출고를 신속하고 편리하게 할 수 있는 배치, 검사고 구조개선 등에 대한 표준화 연구가 필요함
- 경량전철, 도시철도, 일반철도, 고속철도 기지에 대한 각각의 고유한 표준화된 모델을 연구·개발하여 철도차량 운영기관에 제시하여 철도차량기지 건설시 기준으로 적용

③ 특화된 철도차량기지 기술

- 철도차량기지는 유사한 형식으로 구성되어 운영특성이 감안되지 않고 건설되었음
- 지역적인 특성(도심, 비도심), 철도차량기지 규모(보유량), 철도차량의 종류(경량철도차량, 중(中)량철도차량, 중(重)량철도차량, 일반철도차량, 고속철도차량), 철도차량 편성량수(4량 1편성, 6량 1편성, 8량 1편성, 10량 1편성, 20량 1편성) 등을 감안한 효율적인 철도차량기지 기술개발
- 차량기지별 특화된 기술을 보유하고 특정 품목의 부품을 유지보수 할 수 있도록 구성하는 등의 기술을 정의하고 연구개발 필요

○ 친환경 에너지원 구축 및 환경오염 최소화 기술

① 에너지 절약형 철도차량기지 기술

- 철도차량기지 시설은 일반적인 기준을 적용하여 건설되었으며 설비를 사용하지 않는 것으로 에너지를 절약하고 있으나, 이는 필수적인 설비를 가동하지 않아야 하는 불합리적인 사안이 발생되고 있음
- 건설시 또는 리모델링시에 철도차량기지에서 적용 가능한 에너지 절약형 건축물, 설비에 대한 모델을 개발을 위한 연구 필요
- 에너지 절약형 모델을 개발하여 Test bed를 적용하여 효과를 인증하여 횡단전개
- 에너지 소비자로서의 철도차량기지를 에너지 생산원으로 재구성
- 친환경 청정 에너지원으로 전력을 생산하는 에너지 생산 기술개발
- 철도차량 운영기관별로 추진하는 친환경 에너지원에 대한 효율 등의 규격을 표준화하여 일정수준 이상의 설비를 운영할 수 있도록 기준을 정립하고 기술개발
- 철도차량기지 외벽을 활용한 에너지원을 획득할 수 있는 기술 정립
- 신소재(박막셀전지)를 활용한 기지 외벽에 적용할 수 있는 기술 개발
- 생성된 에너지를 효율적으로 활용할 수 있는 기술개발
- 철도차량기지에 적용할 수 있는 친환경적인 기준 및 소재를 정립
- 신규 건설되는 기지에 적용할 수 있는 설계디자인 기술개발

② 철도차량기지 소음 및 진동 최소화 기술

- 철도차량기지서 유지보수 과정에서 발생하는 소음·진동은 종사원에게 직접적인

영향을 주고 있으며 기지주변 거주민에게 간접적인 영향을 주어 불편 민원의 대상이 되고 있음

- 유지보수 중 발생할 수 있는 소음·진동을 최소화 할 수 있는 기술을 개발하여 적용
- 철도차량기지에서 정비·입환 중에 발생하는 소음 및 진동을 최소화 할 수 있는 기술개발
- 소음·진동 발생 개소를 구분하고 이에 대한 최소화 목표를 확정하여 유지보수 공정 및 안전 등을 감안한 기술개발

③ 배출 오염원 차단 및 재생 기술

- 철도차량 유지보수 과정에서 발생할 수 있는 오염물질을 최소화 할 수 있는 기술개발(기계장치 등)
- 철도차량기지에서 발생하는 오염물질의 분산과 비산을 억제하여 차단할 수 있는 기술개발
- 철도차량기지에서 발생하는 오염물질 확산을 예방하고 배출을 최소화할 수 있는 기술개발

제2절 연구개발과제 추진전략

1. 연구개발과제 추진전략

- 실제적으로 국민이 기술개발 효과를 체감하고 공감할 수 있도록 기술의 개발단계 및 현장시험 검증단계에서 전문적인 평가방법 활용
- 정부 및 관련 기관들의 유기적 협조체제 구축
 - 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있는 운영기관, 산업계 등 기술 수요처 포함 연구
 - 실용화 관련 규정 및 법률에서 요구한 사항 이행
 - 현장 애로사항 및 의견 연구개발에 반영
- 본 사업은 3개의 연구단 연구과제로 작성하였고 본 과제를 원활하게 수행하기 위하여 각각 독립적인 연구가 수행될 수 있도록 구성하였음.
- 철도차량의 효율적인 유지보수를 위하여 검수장비 자동화 기술과 연계성을 가지고 과제간 유기적인 연계성이 있지만 각각 독립적인 연구단 과제의 연구결과를 적용하여 개발을 추진할 수 있도록 구성하였음
- 과제간 연계성 및 시너지 효과를 위해 기술개발 방향 및 활용방안에 대한 추진을 위하여 전략적인 연구단 역할이 중요하며, 최종 개발되는 기술이 목표에 부합하는지 지속적인 모니터링과 점검이 필요함



[그림 4-4] 기술개발 방향 및 연구에 대한 추진전략

제3절 연구개발과제 추진체계

1. 기획대상과제 선정결과

- 2013년도 건설교통연구기획사업 기획과제 최종평가 및 기획타당성 검토위원회 결과
 - 3개 연구단 18개 과제 확정(2개 후보과제 → 1개 후보과제로 통합)

연번	연구단명	세부과제	과제명	비 고
1	철도차량 유지보수 과학화	철도차량 유지보수 방법 기술개발	철도차량 신뢰성기반상태검사 정비체계 구축 기술개발	
2			철도차량 검사방법 최적화 및 철도선진국 유지보수방법 분석 적용 연구	과제명 재검토
3			철도차량 유지보수 표준화 및 한국형 모델 개발	과제명 재검토
4		철도차량 유지보수 Layout 개선 기술개발	OMS(One step Maintenance System) 기술개발	
5			철도차량 유지보수 물품 수급관리 방법 연구	
6			철도차량 주요기기 유지보수 자동화 기술개발	
7	철도차량 검수장비 자동화 기술개발	철도차량 고장 자동진단 스캐닝시스템 기술개발	ICT 활용 차량상태 자동스캐닝 및 제어 기술개발	
8			주행/제동장치/베어링부 비파괴 진단 기술개발	
9			철도차량 전장품/제어장치 고장진단 기술개발	
10		철도차량 고장 덩터 기반 고장 분석 평가 기술개발	차량부품별 고장진단을 위한 FMEA 모델 개발및 RCM 표준화 기술개발	
11			이상징후 감지를 위한 체계구축 및 부품 고장기준 평가 기술개발	
12	친환경 철도차량기 지 기술개발	철도차량기지 공간 효율적 활용 기술개발	철도차량기지 지하화 및 상부 인공대지 조성 기술개발	
13			철도차량기지 데크화 및 상부 공간 활용 표준모델 개발	
14		철도차량기지 표준화 기술개발	철도차량기지 면적 최소화 기술개발	
15			철도차량기지 표준모델 개발	
16			특화된 철도차량기지 기술개발	
17		친환경 에너지원 구축 및 환경오염 최소화 기술개발	에너지 절약형 철도차량기지 기술개발	
18			철도차량기지 소음 및 진동 최소화 기술개발	
19			배출 오염원 차단 및 재생 기술개발	

2. 기획대상과제 조정결과

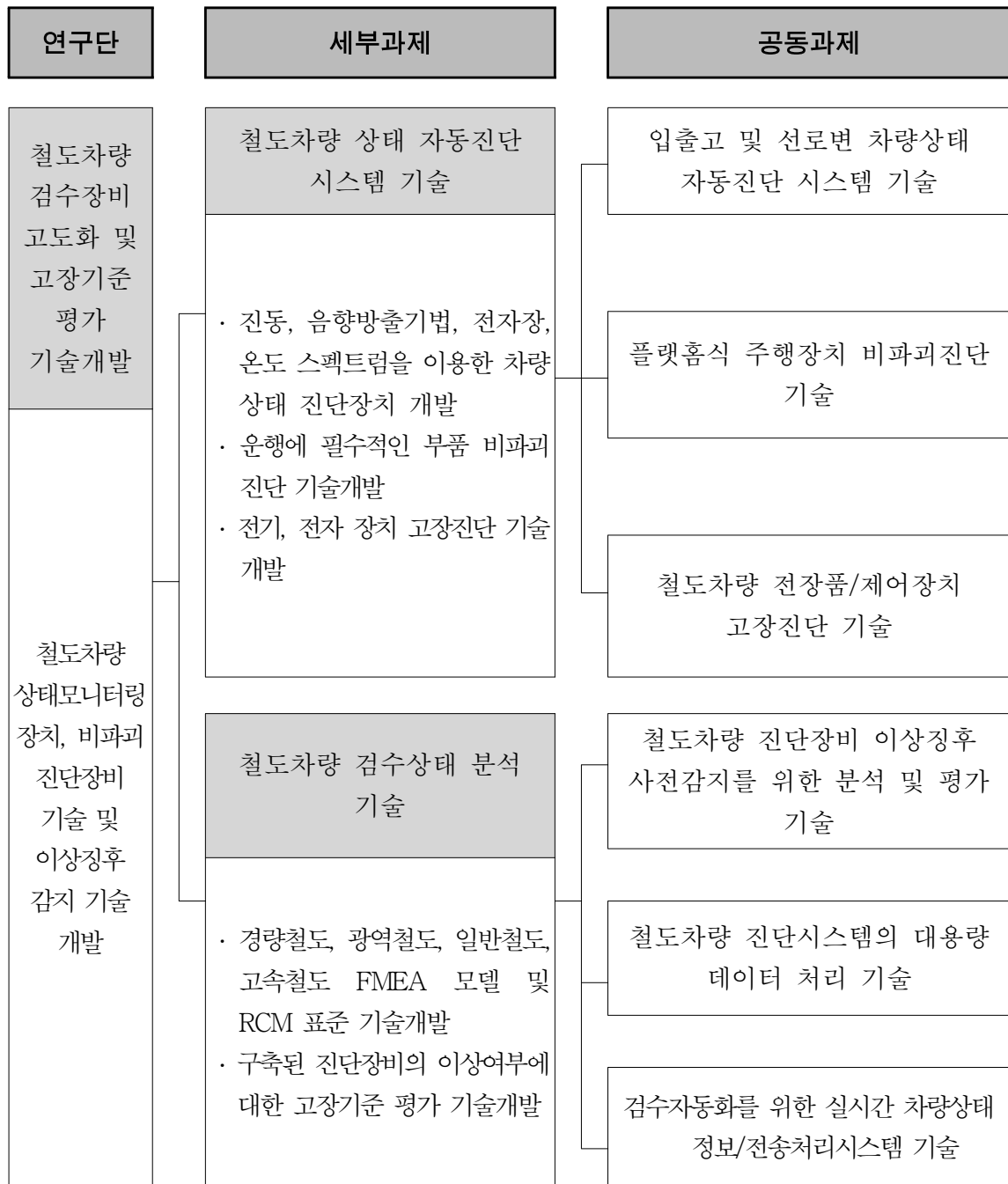
연번	당 초		변 경		조정사유
	과제명	예산 (백만원)	과제명	예산 (백만원)	
1	철도차량 신뢰성기반상태검사 정비체계 구축 기술개발	3,568	동일	3,422	시제품 제작비 조정
2	철도차량 검사방법 최적화 및 철도선전국 유지보수방법 분석 적용 연구	2,676	철도차량 검사방법 최적화 및 효율성 향상 연구	5,134	기획타당성 검토위원회 의견 반영
3	철도차량 유지보수 표준화 및 한국형 모델 개발	2,676			
4	OMS(One step Maintenance System) 기술개발	8,697	동일	8,634	시제품 제작비 조정
5	철도차량 유지보수 물품 수급관리 방법 연구	2,007	동일	1,992	시제품 제작비 조정
6	철도차량 주요기기 유지보수 자동화 기술개발	2,676	동일	2,657	시제품 제작비 조정
7	ICT 활용 차량상태 자동스캐닝 및 제어 기술개발	7,400	동일	7,373	시제품 제작비 조정
8	주행/제동장치/베어링부 비파괴 진단 기술개발	7,400	동일	7,373	시제품 제작비 조정
9	철도차량 전장품/제어장치 고장진단 기술개발	3,700	동일	3,687	시제품 제작비 조정
10	차량부품별 고장진단을 위한 FMEA 모델 개발및 RCM 표준화 기술개발	6,300	동일	6,277	시제품 제작비 조정
11	이상징후 감지를 위한 체계구축 및 부품 고장기준 평가 기술개발	2,700	동일	2,690	시제품 제작비 조정
12	철도차량기지 지하화 및 상부 인공대지 조성 기술개발	5,720	동일	5,720	-
13	철도차량기지 데크화 및 상부 공간 활용 표준모델 개발	4,680	동일	4,680	-
14	철도차량기지 면적 최소화 기술개발	3,120	동일	3,120	-
15	철도차량기지 표준모델 개발	3,120	동일	3,120	-
16	특화된 철도차량기지 기술개발	1,560	동일	1,560	-
17	에너지 절약형 철도차량기지 기술개발	3,120	동일	3,120	-
18	철도차량기지 소음 및 진동 최소화 기술개발	3,120	동일	3,120	-
19	배출 오염원 차단 및 재생 기술개발	1,560	동일	1,560	-

3. 연구개발과제 추진체계

○ (연구단) 철도차량 유지보수 체계 기술개발

연구단	세부과제	공동과제
철도차량 유지보수 과학화	철도차량 유지보수 방법 기술 · 철도차량 상태 진단장비로 진단하여 유지보수에 적용 · 상태기반검사 방법 개발 · 경량전철, 광역철도, 일반철도, 고속철도별 유지보수 방법 표준화 · 한국적인 독창적인 유지보수 정비모델 개발	철도차량 신뢰성기반상태검사 정비체계 구축 기술
	철도차량 유지보수 Layout 개선 기술 (기술발전성) · 철도차량 가용성 향상을 위한 Layout 설비(OMS) 요소 기술 개발 · 유지보수 물품 최적화된 수급 관리 방법 개발 · 안전사고 예방 및 공정단축을 위한 자동화시스템 기술 개발	철도차량 검사방법 최적화 및 효율성 향상 연구 OMS(One step Maintenance System) 기술 철도차량 유지보수 물품 수급관리 방법 연구 철도차량 주요기기 유지보수 자동화 기술

○ (연구단) 철도차량 검수장비 고도화 및 고장기준 평가 기술개발

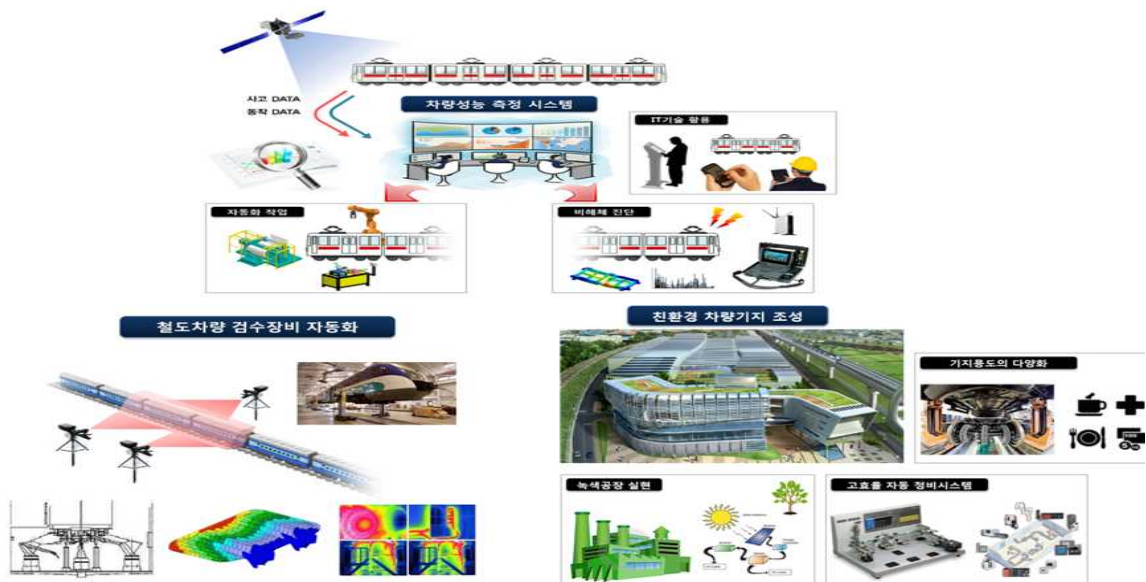


○ (연구단) 친환경 철도차량기지 기술개발

연구단	세부과제	공동과제
친환경 철도차량기지 기술개발	철도차량기지 공간 효율적 활용 기술개발	철도차량 지하화 및 상부 인공대지 조성 기술
	· 도심에 배치되는 철도차량기지 효율적 활용기술 개발	철도차량기지 테크화 및 상부 공간 활용 표준모델 개발
친환경적인 철도차량기지 구성 및 기지면적 최적화를 위한 기술개발	철도차량기지 표준화 기술개발	철도차량기지 면적 최소화 기술
	· 경량철도, 도시철도, 일반철도, 고속철도에 적용할 수 있는 표준화된 기지 기술개발	철도차량기지 표준모델 개발
	· 지역적인 특성, 규모, 차량종류, 편성 량수 등을 감안한 철도 차량기지 모델 개발	특화된 철도차량기지 기술
	친환경 에너지원 구축 및 환경오염 최소화 기술개발	에너지 절약형 철도차량기지 기술
	· 환경 친화적인 에너지원 구축 기술 개발	철도차량기지 소음 및 진동 최소화 기술
	· 유지보수 중 발생하는 소음 및 진동 최소화 기술개발	배출 오염원 차단 및 재생 기술
	· 유지보수 과정에서 발생하는 오염원 차단, 재생 기술 개발	

제4절 기술개발에 따른 미래상

- 첨단화된 IT기술을 접목한 인텔리전트한 차량, 스마트한 검수장비를 적용하여 과거의 3D 개념 철도 이미지를 탈피하기 위하여 주변 환경과 조화를 이루는 친환경과 에너지 효율을 최대화한 철도시스템을 구성하고 전문화된 기술 인력으로 기술집약적인 철도, 주민 친화적인 친환경 철도를 구현하기 위하여 철도차량 유지보수 선진화 및 검수장비 자동화 기술개발 기획연구를 통하여 미래를 개척하고자 지속적인 노력을 경주하는 모습이 현재의 모습이고,
- 철도차량 유지보수 과학화를 실현하여 철도차량 고장을 제로화하고 기술집약적인 산업으로 육성하여 경제성 있는 운영비용으로 Human - 철도차량 시스템 신뢰도, 가용도, 정비성, 안전성을 중심으로 최적의 유지보수 기술을 개발하여 운영하는 것이 철도차량 유지보수 기술개발의 미래상일 것이다.
- 또한, 철도차량 검수장비 고도화 및 고장기준 평가 기술개발은 효율적인 차량고장 진단 해석 및 예측기술 개발로 유지보수 비용을 최소화 할 수 있게 구현되어, 차량의 상태를 진단하여 모니터링 하여 승객의 안정성 및 신뢰성을 제공하는 역할을 할 것이다.
- 친환경 철도차량기지는 친환경 기술과 소재를 적용한 설계로 단순한 공장이 아닌 환경친화적이며 주민의 친화시설이 되어 지역의 새로운 랜드마크의 역할을 하게 될 것이다.



[그림 4-5] 기술개발 미래상

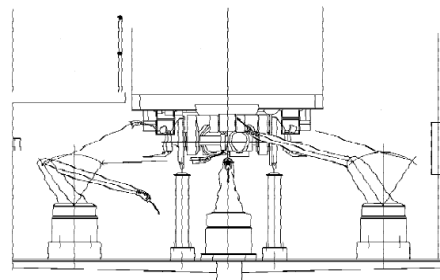
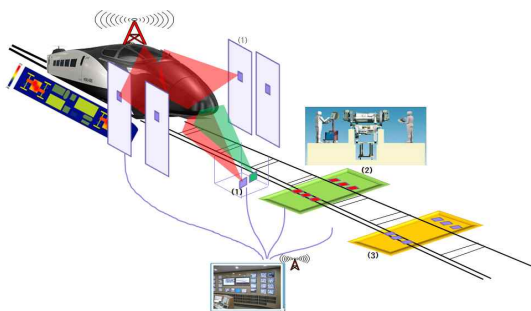
1. 철도차량 유지보수 과학화

As is(현재)	To be(미래)
○ 검수장비 등 장비들은 점차 복잡하게 설계되고 새로운 방식의 유지보수를 요구하지만 이러한 변화요구에 적절히 대응하지 못하고 현재까지 노동집약적인 형태의 유지보수를 취하고 있음 ○ 유지보수체계는 정해진 주기로 부품교환 또는 완전분해정비의 방법이 시행되고 있으며 다양한 고장의 원인을 쉽게 파악하지 못하고 있으며 예방유지의 유지보수를 하면 인건비 및 재료비가 증가하고 고장발생시 유지보수를 시행하면 사고에 대한 손실이 늘어나게 되는 현실임 예방 및 고장유지를 만족시킬 수 있는 유지보수 체계가 필요함 ○ 철도차량 유지보수 검수주기의 시간과 거리를 기준으로 하는 획일화된 검수주기로 철도차량이용 가용성이 미흡	○ 첨단기술과 장비를 활용한 기술집약적인 형태의 모습 속에서 운용차량의 과학적인 모니터링을 통하여 분석된 데이터를 바탕으로 전문 인력을 활용하는 철도차량유지보수 시행 ○ 차량 각 부품에 대한 신뢰도를 분배하여 적절한 수명예측으로 유지보수 주기의 탄력적인 적용하여 신뢰성 기반 유지보수 시스템(RCM) 구축 ○ 인텔리전트한 철도차량과 RCM분석으로 신뢰도 높은 데이터, 데이터기반의 부품관리, 데이터 기반의 유지보수를 통해 과잉정비를 해소하여 유지보수 비용절감 및 효율적인 예측정비로 운행 장애 예방하여 철도이용고객 편의성 증진확실적인 정비체계를 구축



2. 철도차량 검수장비 고도화 및 고장기준 평가 기술개발

As is(현재)	To be(미래)
○ 최근의 차량 유지보수는 차상과 지상의 자동화된 모니터링 시스템과 원격 제어기술 등의 발전으로 무인 감시장치 및 데이터 정보 전송과 실시간 통신이 중요한 역할을 담당하고 있으며, 새로운 첨단기술을 활용한 진단 장비나, 자동화된 측정기기를 통하여 실시간으로 차량의 상태를 진단하고 조치하는 기술개발이 확대 ○ 철도안전법 개정에 따라 운행연한이 기존 25년에서 40년으로 증가에 따라 차량부품의 손상발생 가능성이 점차 증가할 것으로 예상 ○ 현재 차량 유지보수는 시간기반 정비 시스템(TBM)을 적용하여 일정기간 후에 검수를 수행하기 때문에 차량정비 효율성 및 가용성을 저하	○ 효율적인 철도 차량 고장 진단 해석 및 예측기술 개발로 유지보수 절감을 통한 경영 효율화 증대 ○ 차량의 상태 모니터링시스템 구축 및 진단장비의 자동화로 철도차량의 승객의 안전성 및 신뢰도 제공을 통한 철도사고 예방



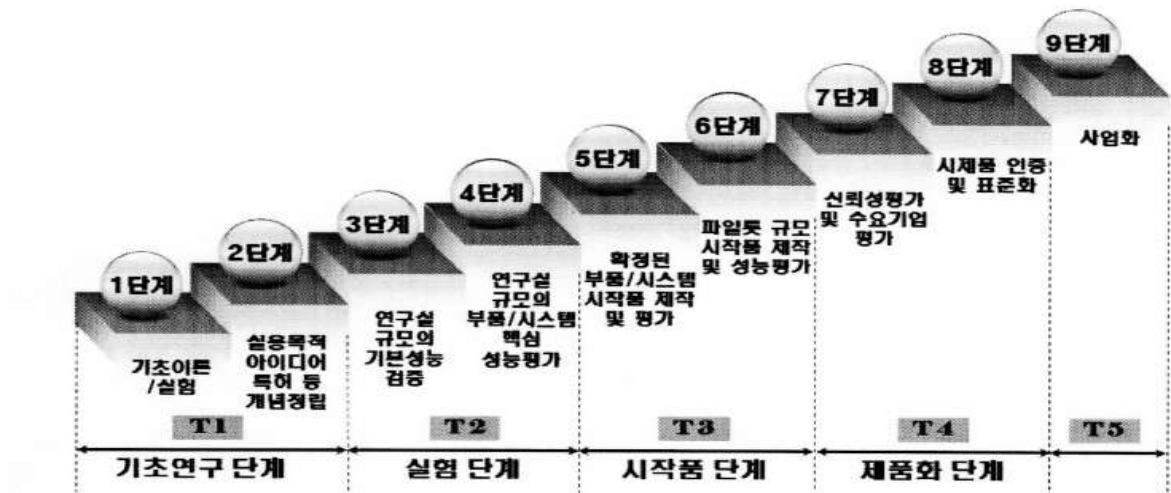
3. 친환경 철도차량 기지설계 기술개발

As is(현재)	To be(미래)
○ 차량기지에는 철도차량의 안정성 확보 및 원활한 운영 및 쾌적한 객실 유지 업무를 위해 검수 정비를 수행하는 장소 ○ 국내 대부분의 차량기지에는 부지를 차량 정비 및 유지업무 이외의 용도로 활용 없음. ○ 기존 차량기지 주변이 도시화 되면서 후발 입주민들에 의한 소음, 진동, 비산먼지등으로 차량기지 이전 민원 발생 되었고, 이전 민원이 지역구 국회의원, 지자체장의 공약에 포함되면서 정치적 이슈화로 진행 됨. ○ 이에 차량기지 이전 민원 해소와 차량기지 공간활용을 통한 건설비용 경감 또는 장기운영수입 확보방안 필요	○ 철도차량기지를 주민 친화적인 시설로 인식을 전환시키기 위하여 지하화 및 데크화하여 기지 면적을 합리화하고 공간 효율적으로 구성하여 활용하기 위한 기술개발 ○ 친환경 에너지원에 대한 표준 기술을 정의하고 친환경 기술과 소재를 활용할 수 있는 설계디자인으로 배출오염원 차단 및 재생기술을 개발하여 환경 친화적인 철도차량기지 구현 ○ 철도차량기지를 운영기간에서 편리하게 운영할 수 있도록 기지 Layout을 개선하고 표준화하여 운영 효율을 향상시키고 에너지 사용을 최소화 할 수 있는 기술을 적용토록 하고 소음과 진동을 최소화할 수 있는 철도차량기지 표준화 기술개발



제5절 핵심기술요소 선정 및 TRL 목표

- 본 사업의 연구추진은 연차별로 TRL(Technology Readiness Level) 단계에 맞추어 진행을 추진하고자 한다. 본 사업은 TRL에서 일부과제는 실용목적 아이디어의 개념 정립 단계와 연구실 규모의 기본 성능 검증단계로서 2~3단계에서 시작한다.



[그림 4-6] TRL 단계별 정의

- 1차, 2차년도는 기초연구단계, 실험에서 3차년도 시작품 단계를 거쳐 4차년도에서 제품화 단계를 달성하고 마지막으로 사업화 기반을 이루는 것까지를 최종 목적으로 하고 있다.
- 핵심기술요소(CTE) 후보

[표 4-2] 핵심기술요소 후보

No.	CTE명
후보1	철도차량 유지보수 방법 기술
후보2	철도차량 유지보수 Layout 개선 기술
후보3	철도차량 상태 자동진단 시스템 기술
후보4	철도차량 검수상태 분석 기술
후보5	철도차량기지 공간 효율적 활용 기술
후보6	철도차량기지 표준화 기술
후보7	친환경 에너지원 구축 및 환경오염 최소화 기술

○ 핵심기술요소(CTE) 선정

[표 4-3] 핵심기술요소 선정

체크리스트	후보1	후보2	후보3	후보4	후보5	후보6	후보7	비고
1. 이 기술이 사용요구조 건, 비용, 일정 등에 직접적으로 영향을 미 치는가?	○	○	○	○	○	○	○	반드시 충족
2. 해당기술을 개발하거 나 시연하는데 중대 한 (실패)위험이 예상 되는가?								하나 이상 충족
3. 해당기술이 새롭거나 독창적인가				○			○	
4. 기존에 성공적으로 적 용된 이후에, 이번에 개 발시 변경된 기술인가?			○					
5. 해당기술이 유사환경 에서 실현되도록 재 개발되는가?		○						
6. 이 기술이 임의의 환 경에서 작동할 것으 로 기대되거나 당초 의 설계 의도 혹은 규정된 성능을 뛰어 넘는 성능을 달성할 것으로 기대되는가?	○	○	○	○	○	○	○	
핵심기술요소(CTE) 선정여부	○	○	○	○	○	○	○	

○ 핵심기술요소(CTE) 목록

[표 4-4] 핵심기술요소 목록

CTE	유형	CTE명	최종 TRL
1	시스템	철도차량 유지보수 방법 기술개발	TRL8
2	공법·기법	철도차량 유지보수 Layout 개선 기술개발	TRL7
3	장비·장치	철도차량 고장 자동진단 스캐닝시스템 기술개발	TRL8
4	공법·기법	철도차량 고장 데이터 기반 고장 분석 평가 기술평가	TRL6
5	공법·기법	철도차량기지 공간 효율적 활용 기술개발	TRL3
6	시스템	철도차량기지 표준화 기술개발	TRL3
7	장비·장치	친환경 에너지원 구축 및 환경오염 최소화 기술개발	TRL4

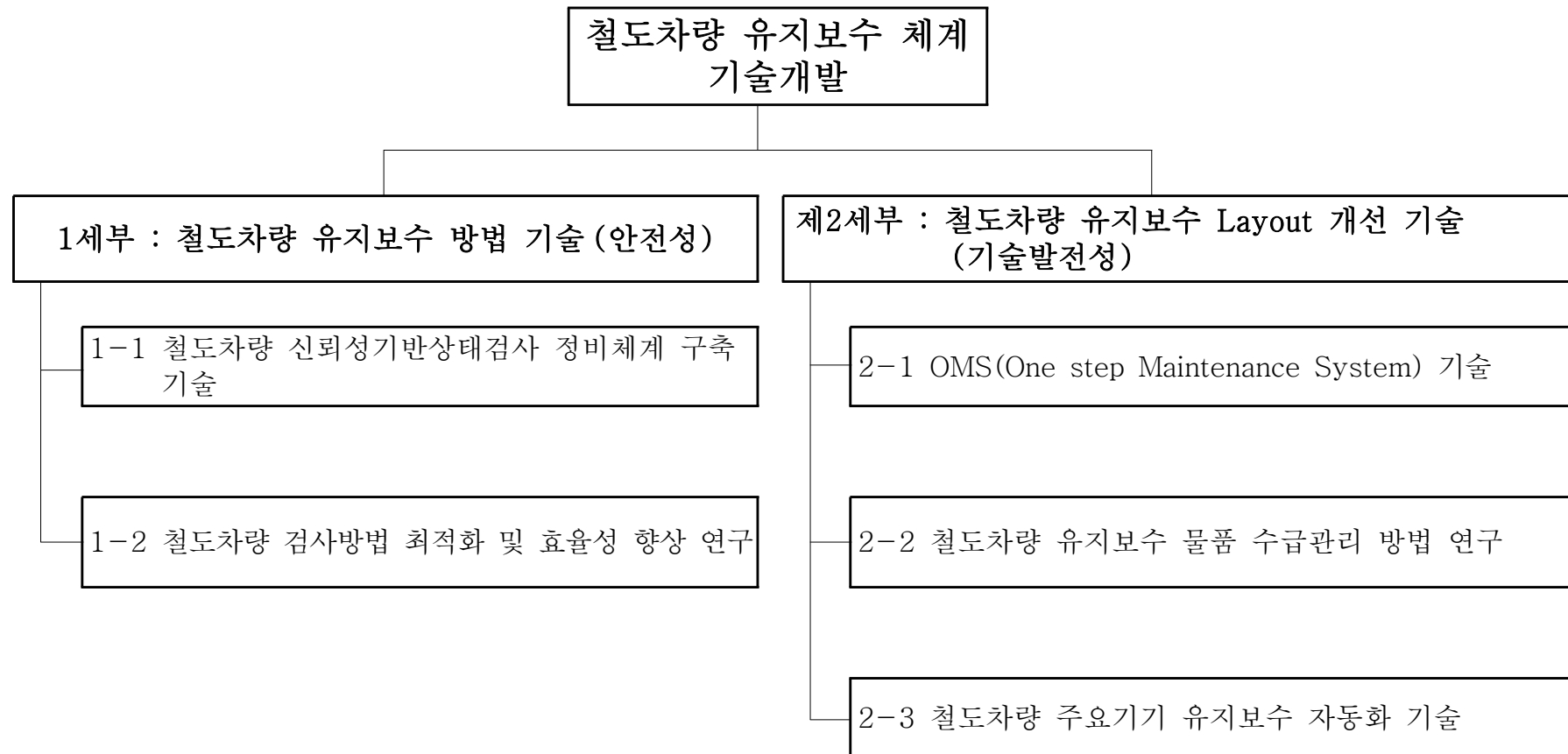
○ 기술성숙도(TRL) 단계별 목표

[표 4-5] 기술성숙도 단계별 목표

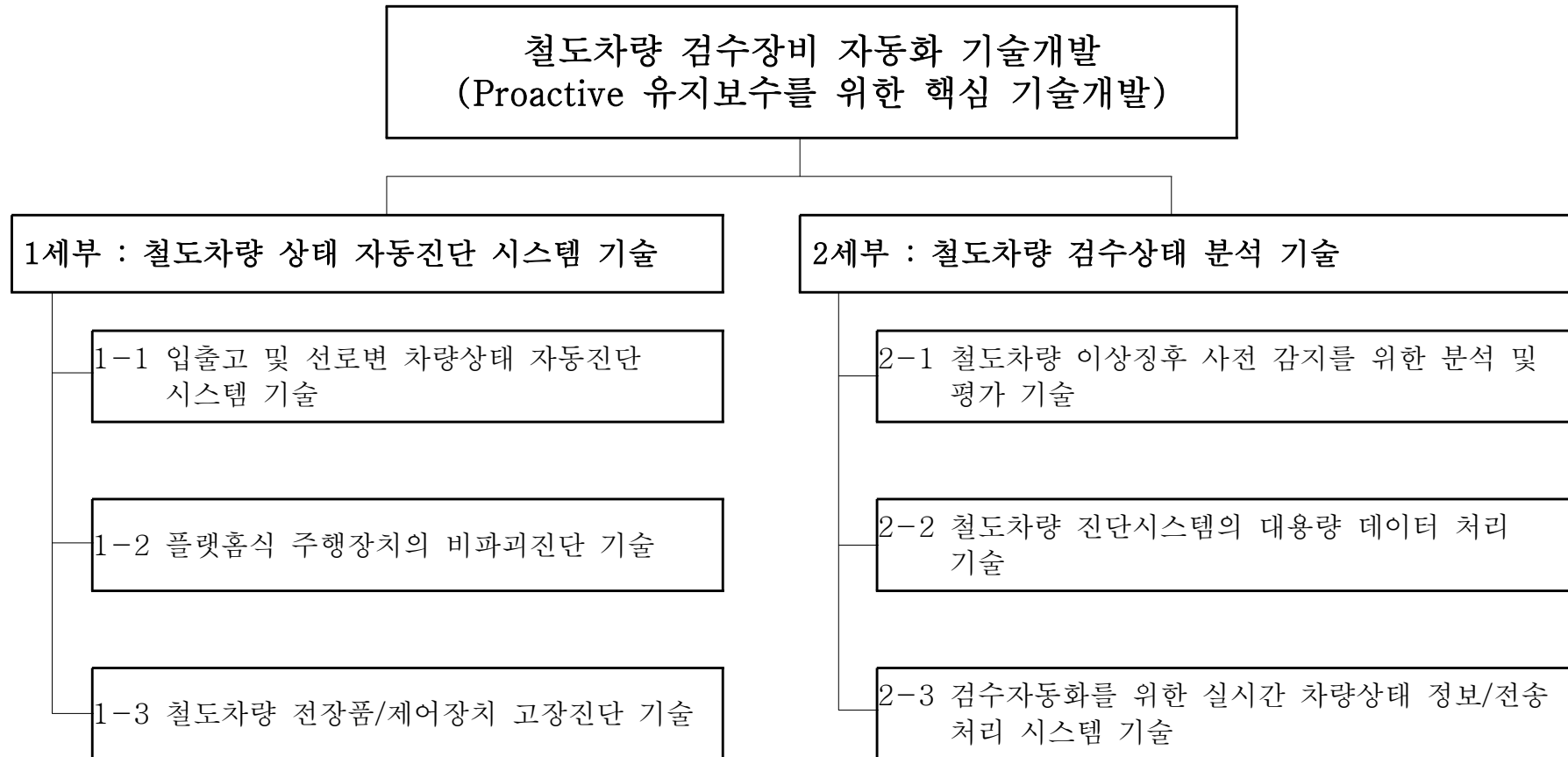
연구과제명		유형				
프레임워크		선행단계	시제품 제작 및 시연	현장적용	제품화/실용화	
마일스톤		현재 TRL	마일스톤 목표 TRL			
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도(종료)
마일스톤 일정		‘14.01	‘15.12.30.	‘16.12.30.	‘17.12.30.	2018.12.30.
CTE No.	기술명					
CTE 1	철도차량 유지보수 방법 기술	TRL2	TRL2	TRL3	TRL4	TRL5
CTE 2	철도차량 유지보수 Layout 개선 기술	TRL1	TRL2	TRL3	TRL3	TRL4
CTE 3	철도차량 상태 자동진단 시스템 기술	TRL2	TRL3	TRL4	TRL5	TRL6
CTE 4	철도차량 검수상태 분석 기술	TRL1	TRL2	TRL2	TRL3	TRL4
CTE 5	철도차량기지 공간 효율적 활용기술	TRL1	TRL1	TRL2	TRL2	TRL3
CTE 6	철도차량기지 표준화 기술	TRL1	TRL1	TRL2	TRL2	TRL3
CTE 7	친환경 에너지원 구축 및 환경오염 최소화 기술	TRL2	TRL2	TRL3	TRL3	TRL4

제6절 연구개발과제 구성

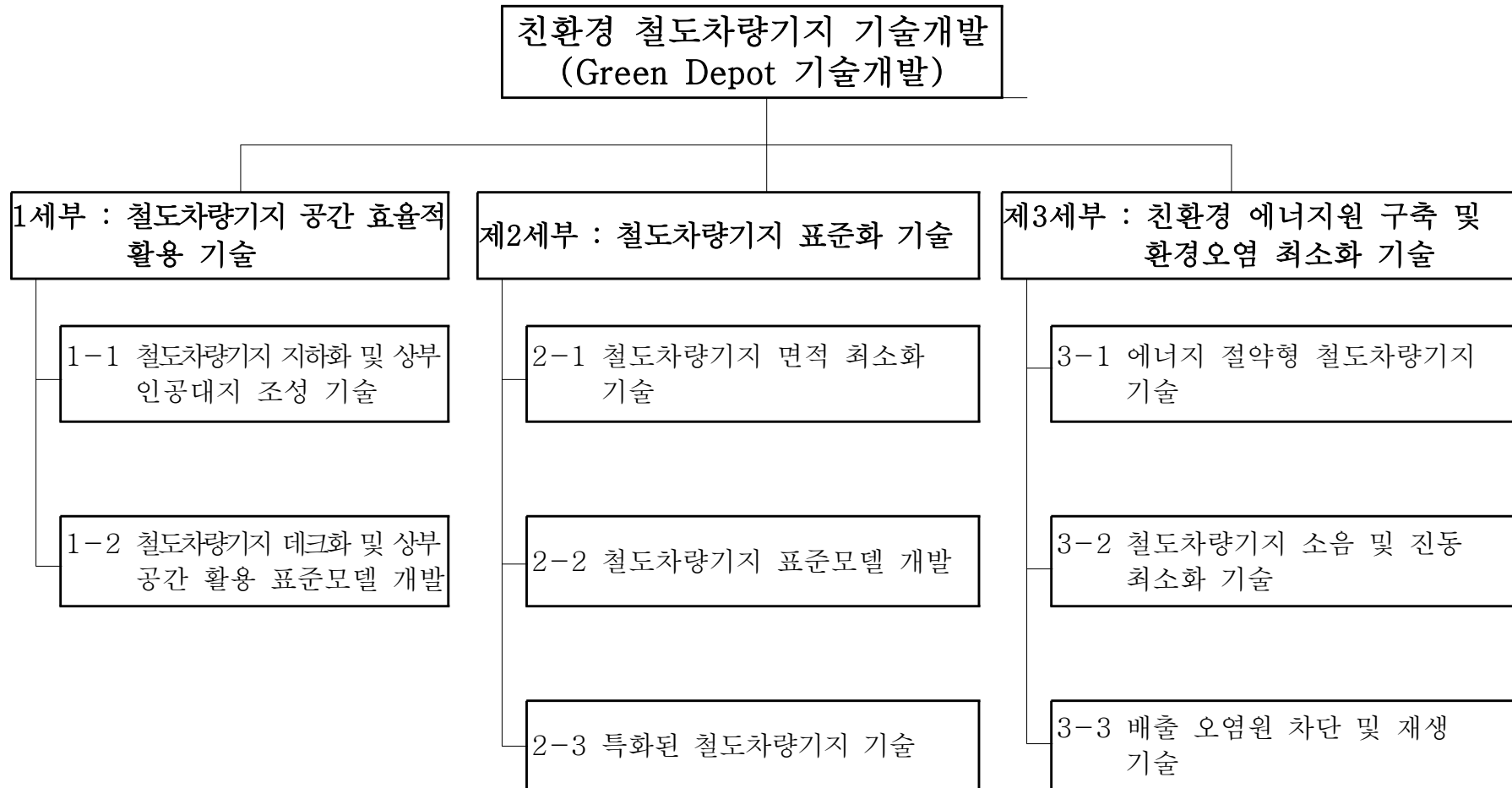
1. 철도차량 유지보수 체계 기술개발



2. 철도차량 검수장비 자동화 기술개발



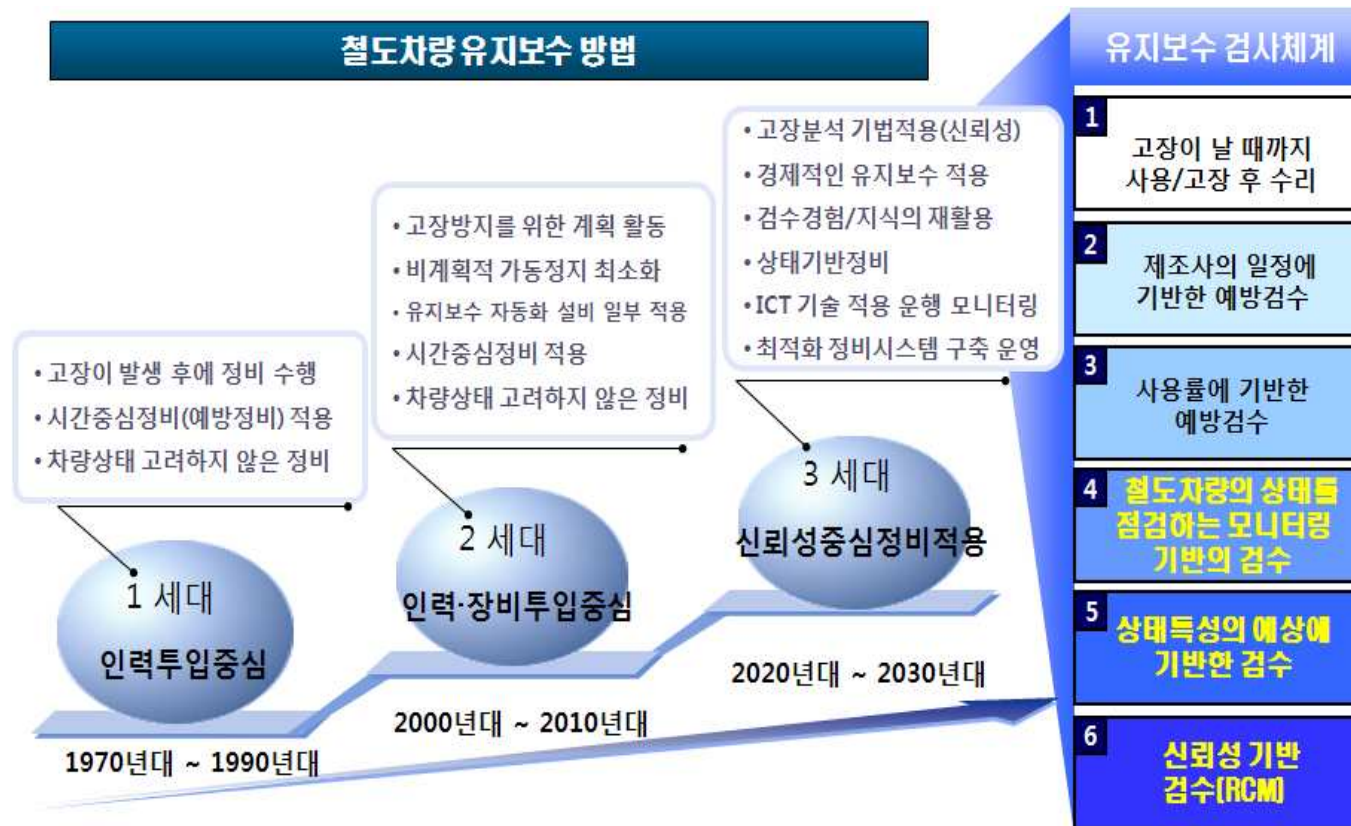
3. 친환경 철도차량기지 기술개발



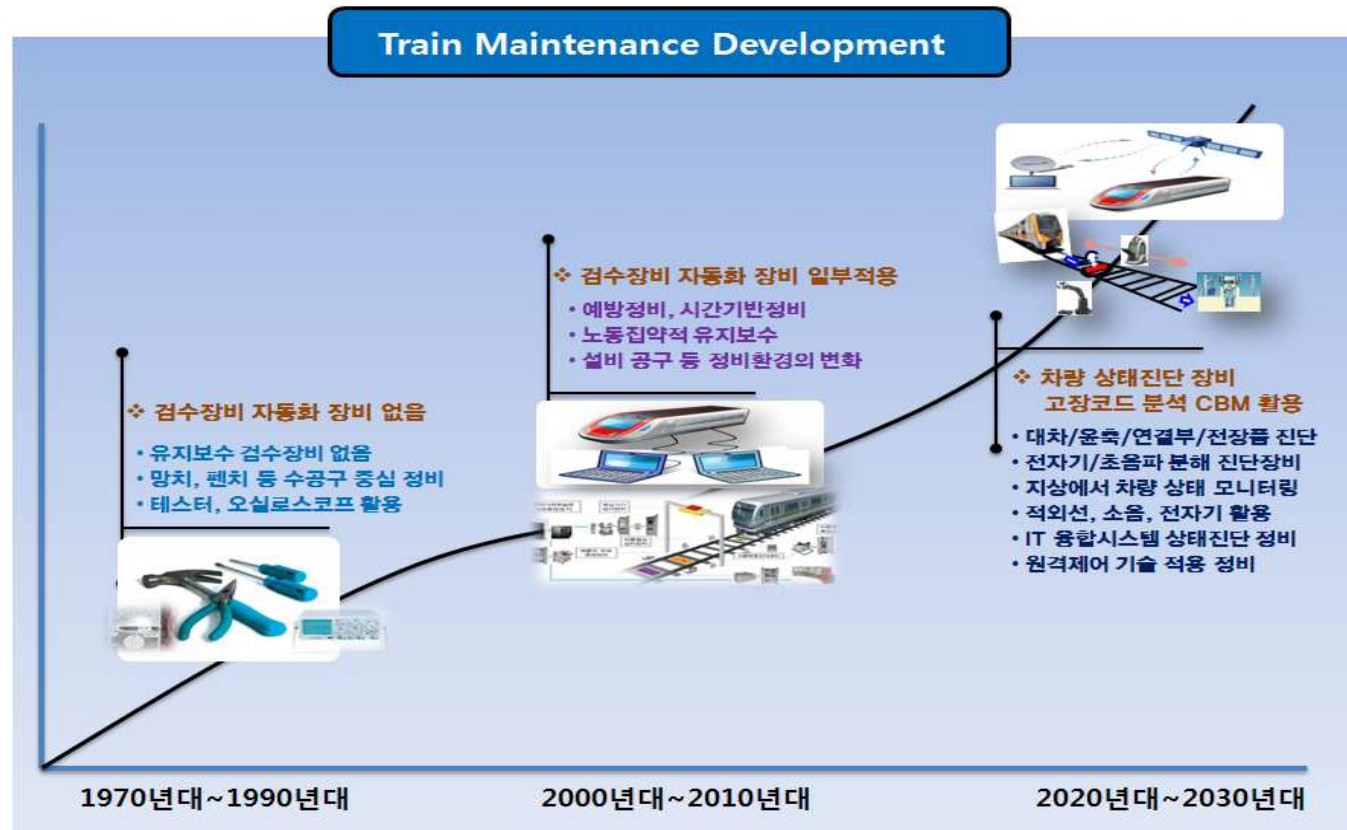
제7절 과제별 기술 로드맵 및 연차별 기술개발 계획

1. 과제별 기술 로드맵

가. 철도차량 유지보수 체계 기술개발



나. 철도차량 검수장비 고도화 및 고장기준 평가 기술개발



다. 친환경 철도차량기지 기술개발

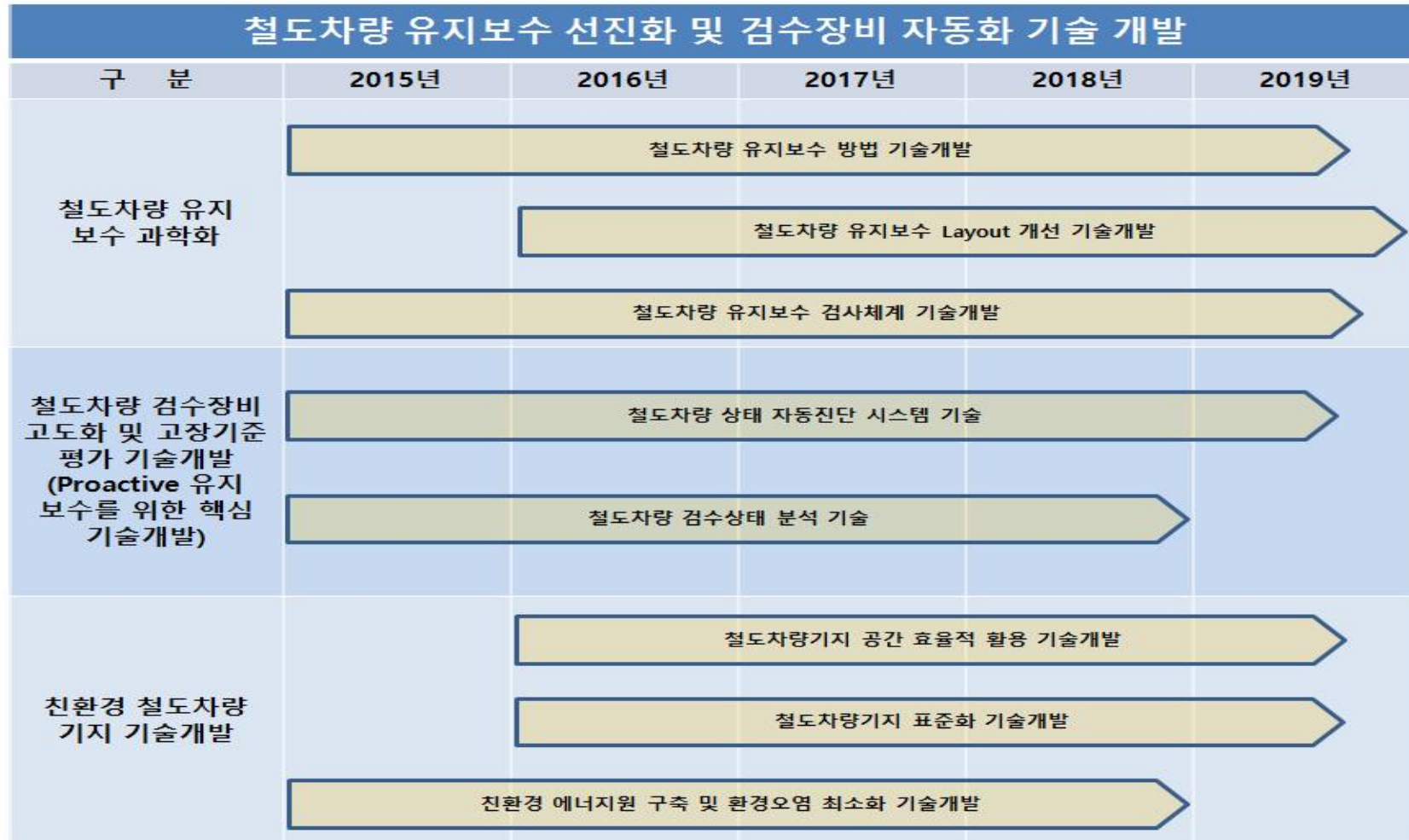


2. 연차별 기술개발 계획

가. 단계별 기술개발 계획

철도차량 유지보수 선진화 및 검수장비 자동화 기술 개발			
구 분	1단계(2015~2019년)	2단계(2020~2024년)	3단계(2025~2029년)
철도차량 유지보수 과학화	철도차량 유지보수 방법 기술	철도차량 유지보수 방법 시범 적용 및 횡단전개	
	철도차량 유지보수 Layout 개선 기술	철도차량 유지보수 Layout 개선 Test bed 적용	철도차량 유지보수 Layout 개선 효과검증 및 적용
	철도차량 유지보수 검사체계 기술	철도차량 유지보수 검사체계 시범적용 및 횡단전개	
철도차량 검수장비 고도화 및 고장기준 평가 기술개발 (Proactive 유지보수 위한 핵심 기술개발)	철도차량 상태 자동진단 시스템 기술	고장 자동진단 스캐닝 시스템 Test bed 적용	
	철도차량 검수상태 분석 기술	고장 데이터 기반 고장 분석 평가 기술 적용	
친환경 철도차량기지 기술개발	철도차량기지 공간 효율적 활용 기술	공간 효율적 활용 기술 타당성 확인	신규 건설 철도차량기지 공간 효율적 활용 기술 적용
	철도차량기지 표준화 기술	표준화 기술 타당성 확인	신규 건설 철도차량기지 표준화 기술 적용
	친환경 에너지원 구축 및 환경오염 최소화 기술	개발기술 타당성 확인	신규 건설 철도차량기지 친환경 개발기술 적용

나. 연도별 기술개발 계획



○ 철도차량 유지보수 체계 기술개발

철도차량 유지보수 과학화					
	1년차	2년차	3년차	4년차	5년차
철도차량 유지보수 방법 기술개발	- 신뢰성기반상태검사 현황 및 기술수준 조사, 적용범위 정의 - TBM 정비공정 정의 및 신뢰성 지표 정의 및 분석 - 철도차량 유지보수 선진사례 수집 및 분석 - 정량적인 정비방법 현황조사 및 개념 정의 - 철도차량 경정비 검사방법 현황 조사 및 최적화 기술 정의	- 신뢰성기반상태검사 정비공정 및 적용방법 분석 - 철도선진국 철도차량 유지보수 관리방법 및 정책 분석 - 정량적인 정비방법 적용대상 확정 및 적용방법 분석 - 철도차량 경정비 검사방법 최적화 적용대상 분석	- 신뢰성기반상태검사 정비공정 및 정비방법 개발 - 철도차량 유지보수 정책 개발 - 정량적인 정비 적용방법 개발 - 경정비 검사방법 최적화 적용방법 개발	- 신뢰성기반상태검사 Pilot system 구축, 현장 실용성 적용 및 평가 - 개발된 철도차량 유지보수 정책 적용 및 평가 - 정량적인 정비방법 Pilot system 구축, 현장 실용성 적용 및 평가 - 최적화한 경정비 검사방법 Pilot system 구축, 현장 실용성 적용 및 평가	
철도차량 유지보수 Layout 개선 기술개발	- OMS(One step Maintenance System) 공정시스템 개량기술 현황 및 기술수준 조사 - 중정비 공정별 시스템 현황조사 및 기술수준 정의 - 운영기관별 예비품 운영에 대한 현황조사 - 미래에 적용될 수 있는 정비체계 구축 기술정의 - 철도차량 주요기기 유지보수 자동화 기술현황 조사	- 공정시스템 개량 국외 기술 및 적용방법 정의 - 국내에 적용된 공정시스템 Layout 분석 - 철도차량 유지보수 물품 수급관리 및 대상품목 분석 - One Step 정비체계 구축 기술 분석 - 철도차량 주요기기 유지보수 자동화 기술 분석	- 공정시스템(Tact System) 구성품 기술사양 작성 - 공장별 자동화 시스템 대상 선정 기술개발 - 유지보수 물품 수급관리 및 대상품목 최적화 방법 개발 - One Step 정비체계 구축을 위한 중정비 유지보수 공정 시간 최소화 기술사양 작성 - 주요기기 정비공정 자동화 시스템 기술개발	- 공정시스템 구성품 기술 개발 - 공장별 자동화시스템 Pilot system 구축, 현장 실용성 적용 및 평가 - 유지보수 예비품 수급관리 최적화 Pilot system 구축, 현장 실용성 적용 및 평가 - One Step 정비체계 기술 개발 - 주요기기 Pilot system 구축 및 현장 실용성 적용 및 평가	

○ 철도차량 검수장비 고도화 및 고장기준 평가 기술개발

철도차량 검수장비 고도화 및 고장기준 평가 기술개발					
	1년차	2년차	3년차	4년차	5년차
철도차량 상태 자동 진단 시스템 기술	• ICT 기술활용 차량상태 자동스캐닝 기술 현황조사 • 비파괴 진단시스템 현황 및 수요조사, 개념모델 정립 • LTE-R(RFID 등)이용 주행상태 진단기술 현황조사 • 철도차량 전장품/제어장치 고장진단 기술 현황조사 • 열차내 선·후행 열차 위치 표기 기술 현황조사	• 차량상태 자동스캐닝 기술 분석 • 진단 부품 대상 손상해석 및 진단 시스템의 손상 평가 기준 설정 및 분석 • 진단부품의 안전성 평가 방법 정립 및 분석 • 비파괴 진단에 필요한 진단 부품의 손상거동 평가 및 분석 • 철도차량 주행상태 감시기술 대상 설정 및 안전성 평가 분석 • 선·후행 열차위치 감지기술 분석	• 차량상태 자동스캐닝 기술 개발 • 비파괴 진단시스템의 데이터 처리 및 진단기술 개발 • LTE-R(RFID 등) 활용 주행상태 감시 기술 개발 • 철도차량 전장품/제어장치 고장진단 기술 개발 • 선·후행 열차위치 표기기술 개발	• 차량상태 자동스캐닝 기술 Pilot system 구축, 현장적용 및 평가 • 비파괴 진단시스템 Pilot system 구축, 현장적용 및 평가 • LTE-R(RFID 등) 활용 주행상태 감시기술 신뢰성 평가 • 철도차량 전장품/제어장치 고장진단 기술 Pilot system 구축, 현장적용 및 평가 • 선·후행 열차위치 표기기술 신뢰성 평가	
철도차량 검수상태 분석 기술	• 차량부품별 고장진단 위한 FMEA 모델 현황조사 • 이상징후 감지를 위한 체계 구축 수요 및 조사 • 철도차량 고장기준 평가기술 현황조사 • 데이터 기반 고장진단 체계 구축 및 손상/진전패턴 기술 수요 및 현황조사 • 차량부품별 손상 재현성/검증/분석 모사장비 현황조사 • 철도차량 RCM 표준화 기술 현황조사	• 고장진단 대상 FMEA 분석 • 이상징후 감지진단 기준설정 연구 • 철도차량 이상모드 감지 기본모델 제시 및 분석 • 철도차량 고장기준 평가 및 분석 • 데이터 기반 고장진단 체계 구축 및 손상/진전패턴 기술수준 분석 • 차량부품별 손상 재현성/검증/분석 모사장비 기술사양 분석 • 철도차량 RCM 표준화 대상 확정 및 기술분석	• 고장진단 대상 FMEA 분석 기술 개발 • 이상징후 감지진단기술개발 • 철도차량 고장기준 평가 기술 개발 • 데이터 기반 고장진단 체계 구축 및 손상/진전패턴 예측 기술 개발 • 차량부품 손상 확인 모사장비 기술개발 • 철도차량 RCM 표준화 기술 개발	• 고장진단 대상 FMEA 분석 기술 Pilot system구축 및 현장실용성 적용 시험평가 • 이상징후 감지 진단 기술 Pilot system구축 및 현장실용성 적용 시험평가 • 데이터 기반 고장진단 체계 구축 및 손상/진전패턴 예측 기술 Pilot system구축 및 현장실용성 적용 시험평가 • 차량부품 손상 확인 모사장비 기술 Pilot system구축 및 현장실용성 적용 시험평가 • 철도차량 RCM 표준화 기술 신뢰성 평가	

○ 친환경 철도차량기지 기술개발

친환경 철도차량기지 기술개발					
	1년차	2년차	3년차	4년차	5년차
철도차량기지 공간 효율적 활용 기술 개발	- 차량기지 지하화 기술정의 및 현황조사 - 철도선진국 차량기지 지하화 및 데크(deck)에 따른 공간 활용 및 적용사례 조사 - 차량기지 지하화 기본계획 수립 - 차량기지 데크(deck)화 기술정의 및 현황조사	- 차량기지 지하화 및 데크화(deck) 경제성과 친환경성에 대한 적정성 검토 - 운영기관 차량기지 지하화, 데크화 타당성 조사 - 차량기지 지하화 계획 설계 - 차량기지 데크화(deck) 계획 설계 - 차량기지 상부 인공대지 조성에 대한 정책, 법률, 적용사례 분석	- 차량기지 지하화 실시 설계 - 차량기지 데크화(deck) 실시 설계 - 차량기지 지하화에 대한 환경영향 평가 - 차량기지 데크화에 대한 환경영향 평가 - 차량기지 상부 인공대지 조성 등 최적의 활용방안 개발	- 차량기지 지하화 Mock up 제작 및 신뢰성 평가 - 차량기지 데크화 Mock up 제작 및 신뢰성 평가 - 차량기지 상부 인공대지 개발에 대한 타당성 평가	
철도차량기지 표준화 기술개발	- 철도차량기지 표준모델 기술정의 및 현황조사 - 지역적 특색이 있는 철도차량기지 기술 현황 조사 - 철도차량기지 면적 구성, 활용 등의 현황조사	- 철도차량기지 수요자 요구사항 분석 및 계획 설계 - 지역적 특색에 맞는 철도차량기지 기술 분석 - 철도차량기지 시설, 설비 면적 최소화를 위한 Layout 분석	- 철도차량기지 표준모델 실시 설계 및 시뮬레이션 분석 - 지역적 특성을 감안한 철도차량기지 계획 설계 - 철도차량기지 면적 최소화를 위한 계획 설계	- 철도차량기지 표준모델 Mock up 제작 및 신뢰성 평가 - 특화된 철도차량기지 실시 설계 - 철도차량기지 면적 최소화를 위한 실시 설계	
친환경 기술 및 소재 사용 차량기지 설계 및 구축기술 개발	- 친환경 에너지원 구축기술 정의 및 현황조사 - 친환경 기술 및 소재 적용 차량기지 정의 및 사례조사 - 차량기지 친환경 기술 및 소재 적용 기본계획 수립 - 배출 오염원 차단 및 재생기술 정의 및 현황조사 - 철도차량기지 외벽 적용 가능 에너지원 생산기술 정의 및 현황조사 - 철도차량기지 소음 및 진동 발생 현황 조사 - 에너지 절약형 철도차량기지 기술 현황조사	- 친환경 에너지원 구축기술 분석 및 적용 타당성 조사 - 차량기지 친환경 기술 및 소재 적용 타당성 조사 - 배출 오염원 차단기술 및 재생기술 분석 - 차량기지 외벽에 적용 가능 에너지 생산 기술 타당성 조사 및 친환경 기술 및 소재 성능 평가 - 철도차량기지 소음 및 진동 발생원 분석 - 소음 및 진동 차폐 및 최소화 기술 적용방법 연구 - 철도차량기지 에너지 절약기술 적용 표준화 관련 기술 분석 및 타당성 조사	- 친환경 에너지원 선정 및 구축기술 개발 - 차량기지 친환경 소재 활용 설계 기술 개발 - 배출 오염원 차단 및 재생기술 개발 - 차량기지 외벽에 적용 가능한 에너지원 생산 기술 개발 - 철도차량기지 소음 및 진동 최소화 기술 개발 - 에너지 절약형 철도차량기지 기술 개발	- 친환경 에너지원 철도차량기지 적용 및 신뢰성 평가 - 차량기지 친환경 기술·소재 적용 설계, Mock up 제작 - 배출 오염원 차단기술 및 재생기술 Pilot system 구축, 현장 실용성 적용 - 차량기지 외벽 적용가능 에너지원 생산 기술 Pilot system 구축, 현장 실용성 적용 - 철도차량기지 소음 및 진동 최소화 기술 신뢰성 평가에 에너지 절약형 철도차량기지 타당성 평가	

제5장

기술개발 기대효과 및 타당성 검토

➡ 제1절 정책의 타당성

➡ 제2절 기술적 타당성

➡ 제3절 경제적 타당성

➡ 제4절 타당성 검토

제5장 기술개발 기대효과 및 타당성 검토

제1절 정책의 타당성

- 국토해양부 2010년 업무보고 시 철도정책 비전과 정책목표는 [녹색성장과 지역발전을 선도, 국민에게 사랑받는 철도]와 [전국을 하나로 묶는 빠르고 안전하며 편리한 철도망 구축]으로서 교통부분 녹색화를 위해 철도 운영 효율성을 제고하는 정책의 중심으로 철도부문 투자비중의 2020년 50% 목표로 확대하여 철도여객수송 분담률을 2020년 30% 조기 달성하기 위해 “녹색교통을 구현하는 철도 인프라 확충”, “철도건설·운영 전반의 비용절감과 효율화”, “쾌적하고 안전하고 편리한 이용환경 조성”, “철도산업 경쟁력 강화기반 구축”을 중점 추진과제로 선정하여 추진하고 있음
- 철도정책 비전을 반영하고 정책목표를 달성하기 위해서는 친환경적인 철도 구축을 위한 기술개발과 적용이 요구됨
- 친환경 철도를 구현하기 위해서는 철도차량 유지보수 과학화, 차량 부품별 고장진단 분석기술 개발, 친환경 차량 검수기지 기술 개발 등의 신기술 개발·적용이 필요하며, 철도의 경쟁력확보와 국민에게 사랑받는 철도를 구축 위한 정부의 적극적인 지원이 요구됨

1. 정부 주요 정책과의 부합성 검토

- “교통안전 선진화”를 위한 국가 교통정책(국정과제 93)에 따른 창조경제 및 교통복지 실현을 위하여 철도노후 취약시설을 꾸준히 개량하고, 안전대책 추진 체계 보강, 안전인증체계 개편과 전문자격제도 확대 등을 추진 중에 있으며, 이는 합리적인 철도차량 유지보수 과학화, 차량부품별 고장진단 분석기술 개발, 친환경 차량 검수기기 기술개발 등을 적극적으로 반영하여야 원활하게 추진 및 적용할 수 있음
- 철도 수송 분담율 증대를 위한 KTX 중심의 고속철도망을 전국으로 확대하기 위한 정책을 추진하고 있음
- 이를 위해 경부고속철도를 비롯한 전국 간선철도의 속도 향상이 요구되고 있으며, 기존 철도 노후화에 따른 유지보수비의 증가 및 승차감과 주행안전성이 저하될 우려가 있음
- 따라서, 과학적이고 체계적인 기술 개발을 통해 철도차량 유지보수를 최적화하는 철도차량 유지보수의 선진화 필요

- 과학기술을 기반으로 한 국민행복, 중소기업 육성, 일자리 창출 등을 주요 국정과제로 하는 현 정부의 창조경제 패러다임 변화에 따라 철도 R&D 비전을 제시할 필요성 대두에 따라 철도차량 개발 중심의 R&D에서 창조경제 패러다임에 부응할 수 있도록 기술수요자 중심, 국민 체감형 R&D 추진 필요
- 과시적인 대형 프로젝트보다 이용 편의성 향상, 운영비용 절감 등 상용화를 통해 검증된 성과를 기반으로 시장을 개척하는 R&D 필요

제2절 기술적 타당성

1. 철도차량 유지보수 과학화

- 노동집약적인 철도차량 유지보수를 정량적인 데이터를 기반으로 하는 신뢰성 중심의 기술집약적인 합리적인 철도차량 유지보수 산업으로 변화시킬 수 있는 기술로 경제성 있는 철도차량 유지보수로 철도 경쟁력을 향상시킬 수 있는 기술개발 필요
- 철도차량 운영기관에 적용된 중정비 시스템은 편성단위 검사를 위한 설비만을 구성하여 운영 중에 있으며 수선공정의 획일적인 적용으로 가용성이 현저히 저하되는 유지보수 체계를 유지하고 있어, 철도차량 유지보수에 택트시스템을 적용하여 철도차량이 입창되면 수선공정을 위한 대차, 옥상기기, 연결기, 전동기 등을 차량에서 분리하고 동시에 차량에 조립하여 종합시험으로 성능을 검증한 후 출고하여 가용성을 최적화 할 수 있는 택트시스템 Test-bed 기술개발 및 적용 필요
- 일반적인 철도차량 유지보수 방법인 시간·거리 기준 정비를 상태중심 정비로 변경 적용하여 과잉정비를 해소하고 유지보수 비용 절감 및 철도차량 운행 시 고장발생을 최소화 하는 신뢰성기반 유지보수 기술 개발 및 적용 필요
- 경영 효율 측면에서 검수주기의 연장에 대한 요구를 만족시키고 동시에 안전성을 확보하기 위하여 신뢰성 있는 진단 및 검사 기술 개발이 필요하고, 해외 종속된 국내 철도차량 고장진단 및 검사 시스템에 대한 국내 고유 기술을 개발하여 검사장비의 상시 유지 및 검사 공백을 최소화 시키는 방안이 시급함

2. 철도차량 검수장비 자동화 기술개발

- 철도차량이 영업운행을 시작하면 종착역과 기지로 입고되기 전에는 차량의 상태를 진단하고 감시할 수 있는 시설과 설비가 전무하여 각종 장애가 발생하여 사회적인 문제로 부각되어 철도산업의 신인도 저하의 원인으로 작용하고 있으며, 영업운행을

하는 본선에서의 철도차량의 상태를 실시간으로 감시할 수 있는 시스템을 구축하여 안전운행을 담보할 수 있는 시설 및 차량 감시 시스템 구축이 시급한 실정임

- 철도차량이 주행하면서 시설물을 실시간으로 감시할 수 있는 이동식 감시 장치와 측정된 데이터와 차량 이상상태를 지상으로 제어할 수 있도록 할 수 있는 LTE-R(RFID 등) 방식의 전송장치를 개발하여 시설물과 차량 결함을 상시 감시할 수 있는 장치 및 원격으로 제어할 수 있는 기술을 개발하여 실용화하는 연구가 필수적임
- 또한, 영업운행 중인 철도차량의 주요부위를 감시하여 이상여부를 차량의 탈선 등 사고를 예방할 수 있는 중요한 설비의 구축이 필요함
- 대차/윤축 검수시스템은 국내의 군자, 지축기지 등에 적용, 철도공사는 대차윤축현 대화 사업으로 정비단에 일부 적용하고는 있으나, 종합 시스템으로서의 자동화 기술개발은 미미한 수준으로 유지보수 선진화 및 검수장비 자동화 기술개발은 중요한 시점임

3. 친환경 철도차량 기지설계 기술개발

- 철도차량 유지보수 기지시설에 대한 패러다임 전환을 위한 친환경적인 요소를 적용한 설계기법을 적용하여 국민 친화적인 철도로 인식을 전환하는 것이 필요
- 철도가 에너지를 소비하는 집단으로 인식되고 있지만, 철도차량 유지보수 시설에 맞는 친환경적인 적용 기술을 개발하여 친환경성 강화
- 외국에 종속된 철도차량기지 설계기술을 한국형 표준에 맞게 설계하여 종속된 차량기지 설계기술에서 벗어나고 적극적인 기술력 수출을 위한 해외 기술자문 등의 지도를 통하여 설계기술 판매할 수 있는 적기임

제3절 경제적 타당성

1. 철도시스템 관점의 효과

- 철도차량 고장에 의한 국민들의 불안 해소와 대형사고 방지를 통한 행복한 사회 구현
- 철도안전에 치명적인 장애에 대한 조기 감지, 긴급 대응 체계 구축을 통하여 국가 안전 기술 선도
- 철도차량 운행연수 증가에 따라 차량부품 손상발생 확률 증가에 대비한 철도차량 이상 징후 조기진단을 통한 운행장애 및 대형사고를 예방할 수 있음

- 운행지연 및 고장으로 인한 경제적 손실 최소화
- 검사주기 연장에 대한 요구를 만족 및 안전성 확보 등 신뢰성 있는 진단 및 검사기술 개발하여 해외에 종속된 기술력에서 탈피
- 철도차량 분야의 경쟁력 확보를 위한 비파괴검사 기술 등의 개발을 통한 국내 철도차량 검수기술 자립 달성 및 세계를 선도할 수 있는 고유 브랜드의 첨단 검사시스템과 진단시스템 기술 개발

2. 철도 이용고객 민원 감소효과

- 표정속도의 저속도와 접근성, 잦은 철도차량 고장 등의 불편사항으로 외국 주요도시에 비해 철도의 분담률이 서울 27%, 뉴욕 75%, 파리 77%, 런던 78%, 도쿄 92% 등으로 현저히 떨어지는 것은 다양성 부족 및 철도의 급행열차 운행 부족 등의 다양성 부족으로 인하여 철도 분담률이 저하되고 민원 발생의 원인이 되고 있음
- 철도 이용고객의 민원은 철도차량 노후화와 인적오류에 대한 원인으로 발생하는 차량고장에 기인하고 있으며, 민원을 감소시키기 위하여 철도차량 유지보수에 신뢰성 기반의 상태기반검사 등의 철도차량 유지보수 과학화, 검수장비 자동화 기술개발(차량부품별 고장진단 분석기술 개발), 친환경 차량 검수기지 기술개발을 적극적으로 적용하면 철도차량의 고장이 감소하여 이용고객 민원이 감소할 것으로 예측됨

3. 철도사고 예방효과

- 운행정지 사고로 인한 경제적 손실(660억/년, 2건 기준) 최소화 달성
 - KTX 탈선사고 : (KTX-산천 피해 복구(300억원)+1일 운행 정지로 인한 운영수입 손실액 30억원)×2건

4. 철도시스템 유지보수 및 검수장비 자동화 관련기술 수입대체 효과

- 장비의 국산화에 따른 수입 대체효과 150억(연간) 발생
 - 국외도입 비파괴 진단장비 : 차량검사 초음파검사 30억×5개소

5. 철도시스템 유지보수 및 검수장비 자동화 기술 수출효과

- 고유 브랜드의 첨단 기술 확보를 통한 철도 분야 국제 경쟁력 제고

- 고속철도 분야 기술 경쟁이 치열한 가운데 첨단 기술을 이용한 안전 확보 기술이 철도 기술의 수준을 결정하는 지표가 되고 있음
- 중국의 고속철도 기술의 경우 안전 및 유지보수 관련 고유 기술 부족으로 인하여 국제시장에서 공격 받고 있음
- 장비의 국산화 및 첨단 시스템의 독자적 개발에 의한 해외 시장 개척
 - 미국(US) 검사기술 시장 2006년 23억불, 2011년 기준 30억불 예상
 - ☞ 연간 6% 성장
 - 교통안전 및 보안 분야가 시장 수요의 50% 차지

6. 주요 예상성과에 따른 무형적 경제효과

- 상태감시 기반 정비 절차 도입으로 철도분야 유지보수 선진화에 기여하고 유지보수 비용 절감 기술 개발에 지속적으로 활용 가능
- 고급 기술에 능통한 진단 검사 분야 전문가 양성을 통한 국내 검사 분야 문제 해결 능력 향상에 기여
- 철도 현장 및 산업 현장에 기술 전수를 통해 현장 기술자의 역량 강화 및 검사 신뢰성 향상
- 기술 완성 시 철도분야(궤도, 시설물 등)뿐 아니라 타 산업(항공, 자동차, 조선 등) 분야로의 기술과급 효과가 큼

7. 활용방안에 의한 경제적 효과

- 조기 진단 시스템 도입 후 예산 투입 대비 47배 이상 효과(2008년 기준, 미국 철도 협회(AAR) 평가 보고서)
 - 조기 진단 시스템 연구투자 비용 : 4.78백만 불(1990년-2008년)
 - 조기진단 시스템 도입 후 비용 절감(2008년) : 227백만 불(사고예방으로 인한 이익, 시스템 설치, 운영비용 및 조기 진단으로 인해 증가한 유지보수 비용 포함)
 - 과충격 유발 차륜 감소 (75%), 차량 탈선 전복 사고 예방(66%), 베어링 결함 사고 예방(37%), 차륜/레일 절손 사고 예방(20%)
- 효율적인 진단 검사 시스템 도입으로 검수비용 350억/년 절감
 - 경부고속철도 차량 검수비용 1,400억(2008년 KTX 차량 기준) 대비 25% 절감가능
 - 자동화로 인한 검수 시간 및 검수 인건비 절감

- KTX 신뢰성 향상 및 가용성 증가로 확보해야 할 예비편성 수량 감소
- 편성당 약 400억의 비용절감

제4절 타당성 검토 종합

1. 기술개발투자의 시의성, 시급성

- 철도차량 유지보수 선진화 및 검수장비 자동화는 철도차량의 신뢰성과 승객의 안전성과 직결되는 분야이며 관련 장비는 외국의 선진장비를 OEM방식으로 국내기업에서 설치 확대하고 있지만, 고장 시에는 부품조달의 어려움과 신뢰성 및 기술력 부족으로 사용하는 데 어려움이 있어 관련 연구개발이 시급함
- 철도차량의 유지보수 및 검수장비 자동화 기술개발은 신뢰성 향상이 우선시되는 시스템을 개발하는 것으로 관련 장비는 국외 기술대비 국내 기술수준이 낮으며 국외에서 핵심기술 이전을 꺼려하는 분야이며, 또한 외국기술로 제작된 기존 검사장치는 오류발생시 장기적 수리기간과 비용증가가 필연적이고, 신뢰성 있는 유지보수는 철도차량의 안전운행으로 연결되기 때문에 관련 필요기술과 기술도출이 시급히 필요한 실정임
- 경영 효율 측면에서 검수주기의 연장에 대한 요구를 만족시키고 동시에 안전성을 확보하기 위하여 신뢰성 있는 진단 및 검사 기술 개발이 필요하며, 고장진단 장비 기술의 해외 종속이 심화되어 대부분 검사 시스템을 단순 도입하여 이용하는 수준이라 장비 이상 발생 시 적절한 조치가 어렵고, 적시에 검사를 수행하지 못하는 경우도 있어 국내 고유 기술 개발이 시급함

2. 정부 상위계획과의 부합성

- 현 정부에서는 5대 국정목표를 “일자리 중심의 창조경제”, “맞춤형 고용복지”, “창의 교육과 문화가 있는 사람”, “안전과 통합의 사회, 행복한 통일시대의 기반구축”로 정하고 140대 국정과제를 제시
- 박근혜정부의 140대 국정과제의 4번째 국정목표인 “안전과 통합의 사회”의 15대 전략 “재난·재해 예방 및 체계적 관리”의 국정과제 93번 “항공, 해양 등 교통안전 선진화에 부합됨
- 본 과제는 제2차 철도산업발전 기본계획에 따른 세계일류 철도국가로의 도약을 위한 빠르고 편리하며, 안전한 선진철도 구현 정책에 부합됨

- 철도산업발전기본법 제5조에 의거 철도산업 관련 정책을 종합하고 체계화하는 법정 기본계획인 '제2차 철도산업발전 기본계획'은 세계 일류 철도국가로의 도약이라는 비전을 수립하고 4대 목표, 6대 중점분야, 27개 추진과제를 수립
- 본 과제는 6대 중점분야 중 “세계 최고수준의 철도안전 확보”분야의 철도차량의 유지-보수 선진화에 부합되며, 수출 주도형 연구개발 추진, 미래 선도 기술개발 및 철도 인프라 기술수준 제고와 부합되고 있음
- 본 과제는 정부에서는 국민행복을 위한 빠르고 안전하고 경제적인 철도 개발과 철도산업을 고부가가치 창조형 신성장 동력으로 육성하기 위한 정책에 부합함
 - 빠르고 지능적인 철도 (SMART)
 - (빠른 철도) 전 국토를 90분에 연결하는 철도 고속화 및 수송효율 향상
 - (지능적인 철도) 무인운영이 가능한 차량, 선로, 전력, 신호시스템 개발
 - 안전하고 편리한 철도 (SAFE)
 - (안전한 철도) 철도중대사고 ZERO의 철도안전 기술
 - (편리한 철도) 여객불만 ZERO의 차량역사 승객편의 기술
 - 정확하고 경제적인 철도 (ECONOMICAL)
 - (정확한 철도) 운행지연 ZERO의 철도운영 기술
 - (경제적인 철도) 건설비, 전력비, 운영비, 승차요금 50% 저감 기술

3. 국토교통부 주도의 개발 및 지원 필요성

- 본 과제는 “제2차 국가철도망 구축계획 2011-2020(2011.4)”에서 전국 주요 거점을 1시간 30분대로 연결한다는 구상을 발표한 바 있으며 본 사업은 이러한 목표 달성을 위해 반드시 추진이 필요함
- “제2차 국가철도망 구축계획 2011-2020(2011.4)”의 의하면 장래 지역간 총 목적통행량은 1일 '07년 1,398만 통행에서 '36년 1,567만 통행으로 증가할 것으로 예상되기 때문에 이에 대응하기 위한 속도향상이 요구되며, 이를 위한 차량의 유지보수 및 안전성 확보는 필수적임

4. 정부 미지원시 문제점

- 정부의 정책방향은 국내 철도건설시장 자체뿐만 아니라 철도와 연관된 주변산업 및 다양한 형태의 시장수요를 창출할 수 있을 것으로 판단됨
- 열차운행밀도의 향상을 통한 고객의 열차 이용시간대 확충과 더불어 가장 쾌적하고 안락한 열차 이용환경 구축을 위한 차량 상태 유지를 필요로 함

제6장

소요예산 산정

➡ 제1절 전체사업 소요예산

➡ 제2절 과제별 소요예산

제6장 소요예산 산정

제1절 전체사업 소요예산

(단위 : 천원)

구분	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
총괄	10,098,763		14,176,042		16,868,585		19,881,894		14,513,289		75,538,573	
철도차량 유지보수 체계기술	3,435,000		4,407,631		5,695,227		4,867,858		3,732,857		22,138,573	
검수장비 고도화 및 고장 기준 평가 기술개발	3,254,447		6,634,494		7,086,575		6,184,479		4,240,005		27,400,000	
친환경 철도차량 기지 기술개발	3,409,316		3,133,917		4,086,783		8,829,557		6,540,427		26,000,000	

제2절 과제별 소요예산

1. (연구단) 철도차량 유지보수 체계 기술개발

(단위 : 천원)

구분	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
총괄	3,435,000		4,407,631		5,695,227		4,867,858		3,732,857		22,138,573	
1세부	1,374,000		1,763,052		2,278,091		1,947,143		1,493,143		8,855,429	
1-1	549,600		705,221		911,236		778,857		597,257		3,542,172	
1-2	824,400		1,057,831		1,366,855		1,168,286		895,886		5,313,257	
2세부	2,061,000		2,644,579		3,417,136		2,920,715		2,239,714		13,283,144	
2-1	1,339,650		1,718,976		2,221,139		1,898,465		1,455,814		8,634,043	
2-2	309,150		396,687		512,570		438,107		335,957		1,992,472	
2-3	412,200		528,916		683,427		584,143		447,943		2,656,629	

2. (연구단) 철도차량 검수장비 고도화 및 고장기준 평가 기술개발

(단위 : 천원)

구분	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
총괄	3,254,447		6,634,494		7,086,576		6,184,478		4,240,005		27,400,000	
1세부	2,185,468		4,455,281		4,758,869		4,153,080		2,847,302		18,400,000	
1-1	1,005,316		2,039,429		2,139,079		1,907,416		1,308,760		8,400,000	
1-2	590,076		1,207,926		1,309,895		1,122,832		769,271		5,000,000	
1-3	590,076		1,207,926		1,309,895		1,122,832		769,271		5,000,000	
2세부	1,068,979		2,179,213		2,327,707		2,031,398		1,392,703		9,000,000	
2-1	416,901		849,893		906,800		784,245		542,161		3,500,000	
2-2	352,764		719,141		769,143		679,362		479,590		3,000,000	
2-3	299,314		610,179		651,764		567,791		370,952		2,500,000	

3. (연구단) 친환경 철도차량기지 기술개발

(단위 : 천원)

구분	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
총괄	3,409,316		3,133,917		4,086,783		8,829,557		6,540,427		26,000,000	
1세부	1,363,726		1,253,567		1,634,713		3,531,823		2,616,171		10,400,000	
1-1	750,049		689,462		899,092		1,942,503		1,438,894		5,720,000	
1-2	613,677		564,105		735,621		1,589,320		1,177,277		4,680,000	
2세부	1,022,795		940,175		1,226,035		2,648,867		1,962,128		7,800,000	
2-1	409,118		376,070		490,414		1,059,547		784,851		3,120,000	
2-2	409,118		376,070		490,414		1,059,547		784,851		3,120,000	
2-3	204,559		188,035		245,207		529,773		392,426		1,560,000	
3세부	1,022,795		940,175		1,226,035		2,648,867		1,962,128		7,800,000	
3-1	409,118		376,070		490,414		1,059,547		784,851		3,120,000	
3-2	409,118		376,070		490,414		1,059,547		784,851		3,120,000	
3-3	204,559		188,035		245,207		529,773		392,426		1,560,000	

제7장

과제 제안요구서

- ➡ 제1절 철도차량 유지보수 과학화
제안요구서
- ➡ 제2절 검수장비 고도화 및 고장기준
평가 기술개발 제안요구서
- ➡ 제3절 친환경 철도차량 기지설계
기술개발 제안요구서

제7장 과제 제안요구서

제1절 철도차량 유지보수 체계 기술개발 제안요구서

연구과제명	철도차량 유지보수 체계 기술개발
1. 연구 목표	○ 철도차량 유지보수 방법 및 검사체계 기술 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술개발 동향	
□ 연구개발 필요성	○ 노동집약적인 철도차량 유지보수를 정량적인 데이터를 기반으로 하는 신뢰성 중심의 기술집약적인 합리적인 철도차량 유지보수 산업으로 변화시킬 수 있는 기술로 경제성 있는 철도차량 유지보수로 철도 경쟁력을 향상시킬 수 있는 기술개발 필요 ○ 철도차량 운영기관에 적용된 중정비 시스템은 편성단위 검사를 위한 설비만을 구성하여 운영 중에 있으며 수선공정의 확실적인 적용으로 가용성이 현저히 저하되는 유지보수 체계를 유지하고 있어, 철도차량 유지보수에 택트시스템을 적용하여 철도차량이 입창되면 수선공정을 위한 대차, 옥상기기, 연결기, 전동기 등을 차량에서 분리하고 동시에 차량에 조립하여 종합시험으로 성능을 검증한 후 출고하여 가용성을 최적화 할 수 있는 택트시스템 Test-bed 기술개발 및 적용 필요 ○ 일반적인 철도차량 유지보수 방법인 시간·거리 기준 정비를 상태중심 정비로 변경 적용하여 과잉정비를 해소하고 유지보수 비용 절감 및 철도차량 운행 시 고장발생을 최소화 하는 신뢰성기반 유지보수 기술 개발 및 적용 필요 ○ 경영 효율 측면에서 검수주기의 연장에 대한 요구를 만족시키고 동시에 안전성을 확보하기 위하여 신뢰성 있는 진단 및 검사 기술 개발이 필요하고, 해외 중속된 국내 철도차량 고장진단 및 검사 시스템에 대한 국내 고유 기술을 개발하여 검사장비의 상시 유지 및 검사 공백을 최소화 시키는 방안이 시급함 ○ 철도차량은 수송에 직접 관계하는 설비로서 고장이 발생하면 즉각 수송에 영향을 미치게 되므로 승객에 대한 서비스 강화를 방지하기 위해서는 차량의 높은 신뢰성이 요구된다. 높은 신뢰성을 효율적으로 유지하기 위한 고장의 검지방식, 검사설비, 기술력 등 관련범위

를 종합적으로 검토하여 효과적인 정책을 수립하는 것이 필요	
□ 기술동향	○ 일본 동경종합차량센터는 차체검수를 위한 택트시스템을 적용, 국내에서는 코리야마(郡山)차량기지에 대차검수를 위한 택트시스템, 한국철도공사 정비단에 대차윤축현대화 사업일환으로 택트시스템 개념을 일부 반영하였고, 택트시스템은 작업시간을 표준화함으로서 공정관리가 확실하고 작업시간을 단축할 수 있는 장점이 있음 ○ 독일의 ICE차량을 정비하는 함부르크 차량정비기지에서는 차고로 입고되는 차량은 차량자동 검사장치를 통과하며 차량의 마모상태나 균열여부, 진원도 등을 검사하여 이상이 발견되면 차량삭정을 수행하고 있으며, 운행을 마치고 입고된 차량은 1시간 이내에 대차검사를 마칠 수 있도록 하고 있음 ○ 철도선진국에서는 작업장의 자동화 및 라인화는 대차, 윤축, 회전기 등 검수수량이 많고 동일한 작업내용이므로 흐름방식으로 라인화하여 공장 자동화를 진행하고 있음
3. 연구개발 내용	
○ 1세부과제 : 철도차량 유지보수 방법 기술 - 철도차량 신뢰성기반상태검사 정비체계 구축 기술 - 철도차량 검사방법 최적화 및 효율성 향상 연구 ○ 2세부과제 : 철도차량 유지보수 Layout 개선 기술 - OMS(One step Maintenance System) 기술 - 철도차량 유지보수 물품 수급관리 방법 연구 - 철도차량 주요기기 유지보수 공정 자동화 기술	
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 실제적으로 국민이 기술개발 효과를 체감하고, 공감할 수 있도록 기술의 개발단계 및 현장시험 검증단계에서 전문적인 평가방법 활용 ○ 정부 및 관련 기관들의 유기적 협조체계 구축 - 연구성과를 현장 적용시킬 수 있도록 관련기관 및 산업계 등 기술수요처 의견수렴 - 실용화 관련 규정 및 법률에서 요구한 사항 이행 - 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영
□ 추진체계	○ 참여 연구 기관간 협력을 통한 기술개발 과제간 연계성 확보 및 협조체계 구축 ○ 실용화를 위해 산학연 공동연구 추진방안을 모색하되 중소기업의

참여비율 확대 ○ 필요시 유럽, 일본, 미국 등 선진국 대학, 기업 및 연구기관과의 해외기술교류 및 공동연구 포함	
5. 최종성과물	
□ 주요 최종 성과물 ○ 철도차량 신뢰성기반상태검사 정비체계 ○ 철도차량 검사방법 최적화 기술 ○ OMS 요소기술 개발 ○ 철도차량 주요기기 유지보수 공정자동화 기술(Test-bed)	
6. 기대효과 및 파급효과	
○ 상태감시 기반 정비 절차 도입으로 철도분야 유지보수 선진화에 기여하고 유지보수 비용 절감 기술 개발에 지속적으로 활용 가능 ○ 고급 기술에 능통한 유지보수 분야 전문가 양성을 통한 국내 유지보수분야 문제 해결 능력 향상에 기여 ○ 철도 현장 및 산업 현장에 기술 전수를 통해 현장 기술자의 역량 강화 및 검사 신뢰성 향상으로 철도 이용에 대한 국민편익 증대 ○ 신뢰성 향상 및 가용성 증가로 확보해야 할 예비편성 차량 수량 감소	
7. 연구개발기간 및 소요예산	
○ 총 연구기간 : 5년 ○ 총 정부출연금 : 22,139백만원 - 1차년도 정부출연금 : 3,435백만원 ※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부 예산 사정에 따라 조정될 수 있음 ※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능	
8. 기 타	

제2절 검수장비 고도화 및 고장기준 평가 기술개발 제안요구서

연구과제명	철도차량 검수장비 고도화 및 고장기준 평가 기술개발
1. 연구개발 목표	○ 철도의 운행고장은 철도를 이용하는 국민에게 지대한 불편을 주는 중대한 사안으로 운행중에 발생할 수 있는 차량고장 발생 건수를 30% 이상 저감할 수 있는 철도차량 검수장비 고도화를 통한 기술개발이 필요하고, ○ 철도차량을 본선에 투입하기 전 차량의 상태를 진단하기 위한 진단시스템 기술을 개발하고 체계를 구축 ○ 철도차량의 성능을 확인하기 위한 검수장비와 고장을 체계적으로 진단할 수 있는 장비 기술을 개발하여 철도차량 운행의 안전성과 신뢰성 확보 ○ 철도선진국에 종속된 검수장비의 자동화 기술을 개발하여 적용함으로써 기술적인 독자성을 확립하고 핵심기술을 이용한 국내 및 해외 자동화 장비 점유율 증대 및 강소기업 육성 ○ 첨단 통신기술(ICT)을 철도차량에 적용하여 실시간 운행감시체계 구성 및 고장진단으로 세계 철도기술 선도 ○ 차량에 대한 원격 모니터링 및 제어기술을 개발 적용하여 인적오류 최소화 ○ 체계적인 정비시스템 구축을 위한 검수장비 고도화 - 철도차량 운행을 감시할 수 있는 시스템 구축 기술개발 - 가용도 향상을 위한 유지보수시스템 향상 기술개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	□연구개발의 필요성 ○ 현재 차량 유지보수는 시간기반 정비 시스템(TBM)을 적용하여 일정 기간 후에 검수를 수행하기 때문에 차량정비 효율성 및 가용성을 저하시키고 있음. 운행하는 철도차량의 상태를 자동으로 확인할 수 있는 첨단 검수장비와 자동화 기술개발에 대한 필요성 증대 ○ 최근 5년(2008년~2012년) 고속도철도의 안전사고는 집중적인 안전관리와 주요 부품의 교체로 사고 및 장애가 2012년 다소 감소하였으나, 5년 운행장애 발생 추이로 판단(평균값 이상)시 증가 추세다. 사고 건수의 경우 고속철도의 건수가 일반철도나 도시철도에 비해 현저하게 낮은 반면 장애의 경우 오히려 도시철도 건수보다 높은 빈도를 보이고 있음

- 기술동향
- 최근 진단기술을 이용한 검사 기술이 철도분야에도 적용되고 있고 여러 가지 신기술과 IT 융합시스템을 활용한 연구와 검사시스템 개발이 증가하고 있음. 유럽에서는 이미 이러한 시스템들이 90년대 초부터 현장에 적용되어져 오고 있고 현재 신뢰성과 효율성을 높이기 위한 연구가 이루어지고 있으며, 특히 예지정비(Predictive Maintenance) 기술 개발에 온도분포 측정 데이터가 사용되기 시작하면서 진단기술의 적용영역이 확대되고 있음.
 - 최근의 차량 유지보수는 차상과 지상의 자동화된 모니터링 시스템과 원격 제어기술 등의 발전으로 무인 감시장치 및 데이터 정보 전송과 실시간 통신이 중요한 역할을 담당하고 있으며, 새로운 첨단기술을 활용한 진단 장비나, 자동화된 계측기기를 통하여 실시간으로 차량의 상태를 진단하고 조치하는 기술개발이 확대되고 있음.
 - 진단장비에 대한 세계시장은 매우 성숙되어 있으며, 2011년 기준으로 14억달러의 수익을 발생시키고 있으며, 2016년까지 年평균 7.8%씩 성장하여 20억달러의 수익을 창출할 것으로 예상되고, 초음파(Ultrasonic)와 방사선(Radiography) 시험장비가 비파괴 진단장비 시장의 양축을 이루고 있으며, 철도차량 유지보수 진단에 적용하기 위한 기술개발이 지속적으로 증가하는 추세에 있음



상태기반 진단 시스템



IT 융합 진단기술

- 특히, 비 해체검사 및 비접촉 상태감시 설비기기의 진단기술은 최근 산업계에서 활용되고 있는 첨단기술을 바탕으로 비해체 및 비접촉 방식으로 철도차량의 각 장치를 대상으로 자동화 및 실용화를 위하여 노력하고 있음

3. 연구개발내용

- 1세부과제 : 철도차량 상태 자동진단 시스템 기술
 - 입출고 및 선로변 차량상태 자동진단 시스템 기술
 - 변형검사장치 기술개발

- ▶ 운행전후 철도차량 이상상태 감시
- ▶ 차량의 불균형 측정
- ▶ 광섬유(FBG)에 의한 차량상태 진단장비(불균형, 찰상) 개발
- ▶ 1편성 오차율 $\pm 3\%$ 이내, $200\mu\epsilon$
- 온도검사장치 기술
 - ▶ 운행전후 철도차량 이상상태 감시
 - ▶ 온도 스펙트럼을 활용한 차량상태 진단장비 개발
 - ▶ 30km/h에서 200℃ 이상 발열검지
- 누적손상 검사장치 기술
 - ▶ 운행전후 철도차량 이상상태 감시
 - ▶ 전자자기/레이저를 활용한 차체/대차 이상 진단장비 개발
 - ▶ 3mm 이상 균열 검지
- 플랫폼식 주행장치 비파괴진단 기술
 - 차축내부 결함 초음파 탐상 기술
 - ▶ 자동화 장비 및 PA(Phased Array)방식 소프트웨어 개발로 자동판정기술 적용
 - ▶ PA 초음파 검사장비 적용으로 차축의 광대역 정밀탐상(사각지대 3mm 이상 탐지)
 - ▶ 다양한 종류의 차축 적용 가능한 연마장치 및 프로브 홀더 개발
 - ▶ 연마장치 소음저감 기술개발
 - ▶ 탐상시간 단축 : 측당 15분 이내
 - 주행장치(차륜) 하이브리드식 내외부 탐상진단 기술
 - ▶ 차륜의 내외부 결함 진단장비(초음파+전자장) 기술
 - ▶ 자동차륜 진단장비 개발(5mm 이상 균열, 내외부균열 검지)
 - ▶ 경수선용 이동식 차륜탐상장치 개발
 - ▶ 중수선용 고정식 차륜탐상장치 개발
 - ▶ PA(Phased Array) 방식 프로브 개발
 - 축상 베어링부 초음파 진단 기술
 - ▶ 자동 베어링 진단장비 개발(비전검사, 치수검사, 초음파검사)
 - ▶ UT(초음파) 및 ECT(와전류) 등 최신기술을 이용한 내부결합검사 기술개발
 - ▶ 정밀 측정센서를 사용한 베어링 자동 측정기술 개발
 - ▶ 베어링 회전 구동 시 진동데이터 분석 기술개발
- 철도차량 전장품/제어장치 고장진단 기술
 - 전장품 검사장치 기술개발
 - ▶ 전장품, 전자카드에 대한 고장을 신속하고 정확하게 진단할 수 있는 진단장비 기술개발

- ▶ 철도차량을 운용하는 소프트웨어에 대한 버그 및 이상동작을 진단할 수 있는 동작상태 진단장비 기술개발
- ▶ PCB당 점검, 시스템 점검, 시스템 모니터링이 가능한 모듈시험장비 개발(분리하여 구성할 수 있음)
- ▶ 도시철도차량의 전장품의 상태를 정량적으로 이상 유무를 진단할 수 있는 기술개발
- ▶ 도시철도차량의 고장 등의 운행관련 정보를 특정지점에서 유지관리자에게 공유할 수 있는 시스템 표준기술 제시

□ 2세부과제 : 철도차량 검수상태 분석 기술

- 철도차량 진단장비 이상징후 사전감지를 위한 분석 및 평가 기술
 - 진단장비 이상징후 감지를 위한 체계(물리량, 모니터링 장비, 한계값) 구축
 - ▶ 진단 모니터링 시스템에서 검출된 각종 데이터의 이상여부 판단에 대한 물리량 정의
 - ▶ 이상 감지에 대한 한계값 설정기준 객관적 데이터 설정
 - ▶ 진단 모니터링 시스템에서 검출된 각종 데이터에 대한 고장 판단기준 정의
 - ▶ 평가기준에 대한 객관적인 지표 설정
 - ▶ 센서기술 유지보수관리 측면에서 비용, 신뢰성, 내구성, 예러울, 보정 등의 판단기준에 대한 전반적인 관리기법 정의
 - 진단장비 분석 및 평가 기술
 - ▶ 진단시스템 중장기 내구성 평가 기술개발
 - ▶ 혹한, 혹서기 대비 진단 모니터링 시스템 한계조건 정의
 - ▶ 신뢰성 있는 데이터 검출을 위한 환경변화 대응시스템 기술개발
 - ▶ 진단장비 유지보수를 위한 비용, 신뢰성, 내구성, 고장률, 보정 등의 판단기준에 대한 관리기법 개발
 - ▶ 고장데이터 평가기준 객관적인 지표 개발
 - ▶ 중장기 내구성평가 기술개발
 - ▶ 진단장비 유지보수 기술개발
- 철도차량 진단시스템의 대용량 데이터 처리 기술
 - 철도차량 진단시스템 부품별 고장진단을 위한 FMECA 모델개발
 - ▶ 진단시스템의 신뢰성 확보를 위한 부품별 예비위험도평가(PHA)
 - ▶ 진단시스템 RAMS 목표값 설정
 - ▶ 진단시스템 FMECA 수행
 - ▶ 진단시스템 위험원 분석(SHA)
 - ▶ 인터페이스 위험원 분석(IHA)

▶ 진단시스템 검증계획 수립 ▶ 진단시스템 RAM 값 검증 ▶ 진단시스템 RAM 값 확인 ▶ 진단시스템 안전도 분석을 통한 안전성 검증 - 진단시스템 RCM 표준화 기술 ▶ 진단시스템 RAM, 안전성 확인 ▶ 진단시스템 RCM 표준화 기술 개발 ▶ 진단시스템 FRACAS 도출 ○ 검수자동화를 위한 실시간 차량상태 정보/전송처리시스템 기술 - 실시간 차량상태 정보/전송처리시스템 기술개발 ▶ 진단시스템에서 진단한 정보를 실시간으로 인지할 수 있는 시스템 구축 ▶ 진단시스템에서 검출되는 데이터를 전송할 수 있는 신뢰성 있는 시스템 구축 ▶ 진단시스템에서 검출된 차량 데이터의 고장 판단 및 평가 기준에 대한 객관적이고 신뢰성 있는 지표 설정	
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 실제적으로 국민이 기술개발 효과를 체감하고, 공감할 수 있도록 기술의 개발단계 및 현장시험 검증단계에서 전문적인 평가방법 활용 ○ 정부 및 관련 기관들의 유기적 협조체제 구축 - 연구 성과를 현장 적용시킬 수 있도록 관련기관 및 산업계 등 기술 수요처 의견수렴 - 실용화 관련 규정 및 법률에서 요구한 사항 이행 - 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영 ○ 철도차량의 효율적인 유지보수를 위하여 철도차량 검수장비 고도화 및 고장기준 평가기술과 철도차량 유지보수 체계 기술개발은 과제간 유기적인 연계성이 있지만, 각각 독립적인 연구단 과제의 연구결과를 적용하여 개발을 추진할 수 있도록 구성
□ 추진체계	○ 제안기술 개발관련 유관기관 협의체를 구성하여 의견을 수렴하여 반영하고, 관련 학회, 업계, 학계 등의 전문가로 구성된 자문단 구성 운영. 필요시 유럽, 일본, 미국 등 선진국 대학, 기업 및 연구기관과의 해외기술교류 ○ 연구성과 실용화를 위한 실용화 추진체계 연계 강화 ※ 도시철도 운영기관 참여 필수 ○ 참여 연구 기관간 협력을 통한 기술개발 과제간 연계성 확보 및 협조체제 구축. 실용화를 위해 산학연 공동연구 추진방안을 모색하되 중소기업의

참여비율 확대 ○ 개발된 시스템의 테스트 및 운용을 위한 통합 Test-bed 구축이 필수적이므로 철도차량 운영기관이 참여하여야 함	
5. 최종성과물	
□ 주요최종 성과물	□ 1세부과제 : 철도차량 상태 자동진단 시스템 기술 ○ 입출고 및 선로변 차량상태 자동진단 시스템 기술 - 변형검사장치 기술 - 온도검사장치 기술 - 누적손상 검사장치 기술 ○ 플랫폼식 주행장치 비파괴진단 기술 - 차축내부 결함 초음파 탐상 기술 - 주행장치(차륜) 하이브리드 진단 기술 - 축상 베어링부 초음파 진단 기술 ○ 철도차량 전장품/제어장치 고장진단 기술 - 전장품 검사장치 기술개발 □ 2세부과제 : 철도차량 검수상태 분석 기술 ○ 철도차량 진단장비 이상징후 사전감지를 위한 분석 및 평가 기술 - 진단장비 이상징후 감지를 위한 체계 ▶ 진단 모니터링 시스템에서 검출된 각종 데이터의 이상여부 판단에 대한 물리량 정의 보고서 ▶ 진단 모니터링 시스템에서 검출된 각종 데이터에 대한 고장 판단기준 보고서 ▶ 평가기준에 대한 객관적인 지표 설정 보고서 ▶ 센서기술 유지보수관리 측면에서 비용, 신뢰성, 내구성, 에러율, 보정 등의 판단기준에 대한 전반적인 관리기법 정의 보고서 - 진단장비 분석 및 평가 기술 ▶ 흑한, 흑서기 대비 진단 모니터링 시스템 한계조건 정의 보고서 ▶ 신뢰성 있는 데이터 검출을 위한 환경변화 대응시스템 기술 ▶ 진단장비 유지보수를 위한 비용, 신뢰성, 내구성, 고장률, 보정 등의 판단기준에 대한 관리기법 개발 보고서 ▶ 고장데이터 평가기준 객관적인 지표 개발 보고서 ▶ 중장기 내구성평가 기술개발 보고서 ▶ 진단장비 유지보수 기술개발 보고서 ○ 철도차량 진단시스템의 대용량 데이터 처리 기술 - 철도차량 진단시스템 부품별 고장진단을 위한 FMECA 모델개발

▶ 진단시스템의 신뢰성 확보를 위한 부품별 예비위험도평가(PHA) ▶ 진단시스템 검증계획 보고서 ▶ 진단시스템 RAM 값 검증 보고서 ▶ 진단시스템 RAM 값 확인 보고서 ▶ 진단시스템 안전도 분석을 통한 안전성 검증 보고서 - 진단시스템 RCM 표준화 기술 ▶ 진단시스템 RAM, 안전성 확인 보고서 ▶ 진단시스템 FRACAS 도출 ○ 검수자동화를 위한 실시간 차량상태 정보/전송처리시스템 기술 - 실시간 차량상태 정보/전송처리시스템 기술 ▶ 진단시스템에서 진단한 정보를 실시간으로 인지할 수 있는 시스템 ▶ 진단시스템에서 검출된 차량 데이터의 고장 판단 및 평가 기준에 대한 객관적이고 신뢰성 있는 지표 설정 보고서	
6. 기대효과 및 파급효과	
○ 철도차량 고장에 대한 국민들의 불안 해소와 대형사고 방지를 통한 철도의 국민 신뢰 회복 ○ 철도안전에 치명적인 장애에 대한 조기 감지, 긴급 대응체계 구축을 통한 국가 안전기술 선도 ○ 철도차량 운행연수 증가에 따라 차량부품 손상발생 확률증가에 대비한 철도차량 이상징후 조기진단을 통한 운행장애 및 대형사고 예방 ○ 운행정지 사고로 인한 경제적 손실 최소화 달성 ○ 효율적인 진단 검사 시스템 도입으로 검수비용 350억/년 절감 ○ 상태감시기반 정비 체계 도입으로 철도 유지보수 기술력 향상 ○ 철도차량 검수장비 고도화를 통한 국산화로 수입대체 효과 약150억 원(연간) 이상 발생 ○ 국내 고유브랜드의 첨단 기술 확보를 통한 철도분야 국제 경쟁력 제고 및 해외 시장 개척 가능	
7. 연구개발기간 및 소요예산	
○ 총 연구기간 : 5년 ○ 총 정부출연금 : 27,400백만원 - 1차년도 정부출연금 : 3,255백만원	

제3절 친환경 철도차량 기지설계 기술개발 제안요구서

연구과제명	친환경 철도차량 기지 설계 기술개발
1. 연구 목표	
	○ 철도차량 친환경기술 기반 기지 설계 기술 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술개발 동향	
□ 연구개발 필요성	○ 철도차량 유지보수 기지시설에 대한 패러다임 전환을 위한 친환경적인 요소를 적용한 설계기법을 적용하여 국민 친화적인 철도로 인식을 전환하는 것이 필요함 ○ 철도가 에너지를 소비하는 집단으로 인식되고 있지만, 철도차량 유지보수 시설에 맞는 친환경적인 적용 기술을 개발하여 친환경성 강화가 필요 ○ 외국에 종속된 철도차량기지 설계기술을 한국형 표준에 맞게 설계하여 종속된 차량기지 설계기술에서 벗어나고 적극적인 기술력 수출을 위한 해외 기술자문 등의 지도를 통하여 설계기술 판매할 수 있는 적기임
□ 기술동향	○ 일본에서는 차량기지의 형태나 색조를 주위의 산맥과 일치하거나 부지 내의 수목을 자연과 조화롭게 하여 주변의 자연환경에의 영향을 가능한 억제해 자연과 공존토록 설계하고 있으며 차량기지 지붕을 태양열 판넬 설치로 에너지를 생성하여 연간 5천만엔 수입 창출하고 있음 ○ JR서일본에서는 사내에 「지구 환경 위원회」를 설립해 전사적으로 지구 환경 보전에 노력하고 있으며, 아보시 총합차량소에서 배수처리 장치나 태양전지에 의한 발전 시스템을 설치해, 에너지 절약, 자원 절약· 리사이클 산업 폐기물 삭감 노력하고 있음 ○ 배수 처리는 차량소로부터의 배수는 물과 진흙을 완전하게 분리해 물은 하수도에 방류하고 진흙은 소각 시설에 반출해 처리하며 태양전지에 의한 발전은 검수고 지붕(약800cm²)에 설치된 태양전지 패널에 의해 태양광을 전기로 변환해 파워 콘덴서로 교류변환 후, 철도용 변전소와 제휴해, 엘리베이터나 천정크레인 등의 공장용 전력으로서 사용된다. 발전량은 연간 약11만kw로 아보시 총합차량소 전체 사용량의 3.7%에 차지하고 연간 약200만엔의 절전, 20톤의 이산화탄소 삭감에 기여하고 있음 ○ 친환경 기지 건설과 관련하여 환경매니지먼트 시스템의 국제 규격인 ISO14001 인증을 취득하고 있음

3. 연구개발 내용	○ 1세부과제 : 철도차량기지 공간 효율적 활용 기술개발 - 철도차량기지 지하화 및 상부 인공대지 조성 기술개발 - 철도차량기지 데크화 및 상부공간 활용을 위한 표준모델 개발 ○ 2세부과제 : 철도차량기지 표준화 기술개발 - 철도차량기지 면적 최소화 기술개발 - 철도차량기지 표준모델 개발 - 특화된 철도차량기지 기술개발 ○ 3세부과제 : 친환경 에너지원 구축 및 환경오염 최소화 기술개발 - 에너지 절약형 철도차량기지 기술개발 - 철도차량기지 소음 및 진동 최소화 기술개발 - 배출 오염원 차단 및 재생 기술개발
4. 연구개발 추진방법	□ 추진전략 ○ 실제적으로 국민이 기술개발 효과를 체감하고, 공감할 수 있도록 기술의 개발단계 및 현장시험 검증단계에서 전문적인 평가방법 활용 ○ 정부 및 관련 기관들의 유기적 협조체제 구축 - 연구성과를 현장 적용시킬 수 있도록 관련기관 및 산업계 등 기술 수요처 의견수렴 - 실용화 관련 규정 및 법률에서 요구한 사항 이행 - 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영 □ 추진체계 ○ 참여 연구 기관간 협력을 통한 기술개발 과제간 연계성 확보 및 협조체계 구축 ○ 실용화를 위해 산학연 공동연구 추진방안을 모색하되 중소기업의 참여비율 확대 ○ 필요시 유럽, 일본, 미국 등 선진국 대학, 기업 및 연구기관과의 해외기술교류 및 공동연구 포함
5. 최종성과물	□ 주요 최종 성과물 ○ 철도차량기지 지하화 및 데크화 계획 설계 ○ 친환경 철도차량기지 표준모델 ○ 친환경 에너지원 구축 및 환경오염 최소화 기술
6. 기대효과 및 파급효과	○ 철도차량기지 지하화 및 데크(Dect)화를 통한 이용고객의 친환경적인 철도 이미지 부각 및 철도차량 이용 활성화 ○ 친환경 기술 및 소재를 철도차량기지에 적극적으로 적용 및 유지하

여 철도차량기지가 친환경적인 기술 선도 및 타분야 파급효과 ○ 철도차량기지 표준모델을 개발하여 철도 운영을 합리적으로 수행하고 적극적인 기술력 수출을 위한 해외 기술자문, 지도 등을 통하여 설계기술 판매를 수행하는 등 해외기술에 종속된 차량기지 설계 기술의 독립	
7. 연구개발기간 및 소요예산	
○ 총 연구기간 : 5년 ○ 총 정부출연금 : 26,000백만원 - 1차년도 정부출연금 : 3,410백만원 ※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부 예산 사정에 따라 조정될 수 있음 ※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능	
8. 기 타	

참고문헌

1. Jun JW, Lee JY, Park DK. NDT of a nickel coated inconel specimen using by the complex induced current-magnetic flux leakage method and linearly integrated hall sensor array. J KSNT 2007;27(5):375-82.
2. Shepard, S, "Understanding Flash Thermography," Materials Evaluation, May 2006, pp. 460-464.
3. Shepard, S, "Thermography of Composites," Materials Evaluation, July 2007, pp. 690-696.
4. "Case Study: NASA Return to Flight Program," Thermal Wave Imaging, Inc, 2006.
5. M. Morbidini, B.Kang and P. Cawley, "Improved Reliability of Sonic Infrared Testing," Materials Evaluation, 2009, Vol 67, No 10.
6. B. Kang and P. Cawley, "Low power PZT exciter for thermosonics," in Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation 26A, Vol. 820 of AIP Conference Proceedings, edited by D. O. Thompson and D. E. Chimenti(American Institute of Physics, Melville, NY, 2006), pp. 484-491.
7. X. Y. Han, Z. Zeng, W. Li, M. S. Islam, J. P. Lu, V. Loggins, E. Yita-mben, L. D. Favro, G. Newaz, and R. L. Thomas. "Acoustic chaos for enhanced detectability of cracks by sonic infrared imaging," Journal of Applied Physics, 95(7), pp. 3792-3797, 2004.
8. <http://www.flir.com/>
9. Tam, H.-Y., et al. Smart Railway Sensor Network Using Fiber Bragg Gratings as Sensing Elements. in The 2nd International Workshop on Advanced Smart materials and Smart Structures Technology. 2005. Gyeongju, Korea: Techno-Press.
10. Camerlingo, F.P., et al., Alenia SHM Fiber Optic Bragg Grating (FOBG) Strain Sensors Technology: Application and Requirements 2006, Alenia Aeronautica.
11. Betz, D., L. Staudigel, and M.N. Trutzel, Test of a Fiber Bragg Grating Sensor Network for Commercial Aircraft Structures. Optical Fiber Sensors Conference Technical Digest, 2002. OFS 2002, 15th, 2002. 1: p. 55-58.
12. Ho, S.-L., et al., A Comprehensive Condition Monitoring of Modern Railway, in Railway Condition Monitoring, 2006. The Institution of Engineering and Technology International Conference. 2006.
13. Stow, J. and E. Andersson, Field Testing and Instrumentation of Railway Vehicles. Handbook of Railway Vehicle Dynamics, ed. S. Iwnicki. 2006: CRC Press.

14. Jason S. Kiddy, Chris S. Baldwin and Toni J. Salter, "Certification of a submarine design using fiber Bragg grating sensors," *Proceedings of SPIE*, Vol. 5388, pp. 387–398, 2004.
15. Ajay Kesavan, Sabu John and Israel Herszberg, "Strain-based Structural Health Monitoring of Complex Composite Structure," *Structural Health Monitoring*, Vol. 7, No. 3, pp. 203–213, 2008.
16. B. Frankenstein, D. Hentschel, and F. Schubert. Monitoring Network for SHM in avionic applications. in *ECNDT*. 2006. Berlin.
17. Shawn J. Beard, Amrita Kumar, Xinlin Qing, H.L. Chan, Chang Zhang, Teng K. Ooi, Practical Issues in Real-World Implementation of Structural Health Monitoring Systems, *Proceedings of SPIE on Smart Structures and Material Systems*, March 2005.
18. Dennis Roach, Kirk Rackow "Health monitoring of aircraft structures using distributed sensor systems", Sandia National Laboratories Report.
19. Raghvan, A and Cesnik, C.E. Review of guided-wave structural health monitoring, *The shock and Vibration Digest* 39(2), 91 ~ 114. (2007)
20. Corkum, P.B., Brunel, F., Sherman, N.K. and Srinivasan-Rao, T. Thermal reponse of metals to ultrashort-pulse laser excitation, *Physics Review Letters* 61(25), 2886–2889. (1988)
21. Scruby, C.B. and Drain, L.E. *Laser ultrasonics: techniques and applications*, Adam Hilger, New York (1990)
22. Edwards, R.S., Dixon, S. and Jian, X. Non-contact ultrasonic characterization of defects using EMATs, *Review of Quantitative Nondestructive Evaluation* 24, 1568–1575. (2005)
23. Kenderian, S., Djordjevic, B.B. and Green Jr., R.E. Point and Line source laser generation of ultrasound for inspection of internal and surface flaws in rail and structural materials, *Research in Nondestructive Evaluation* 13, 189–200. (2001)
24. Staszewski, W. J., Lee, B. C., Mallet, L. and Scarpa, F. Structural health monitoring using scanning laser vibrometry: I. Lamb wave sensing, *Smart Materials and Structure* 14, 251 ~ 260. (2004)
25. Seok-Jin Kwon, Jung-Won Seo, Dong-Hyung Lee and Chan-Woo Lee, Evaluation of Surface Defects of Railway Wheel using Induced Current Focusing Potential Drop 2nd JSME/ASME International Conference on Materials and Processing, (2005)
26. M. Saka, M. Akama, Nondestructive sizing of three-dimensional surface crack in wheelseat of Shinkansen vehicle axle using D.C. potential drop technique, *Journal of Japan Society for Non -Destructive Inspection*, Vol.47

No.5, (1998), pp. 322–330

27. Lee JY, Jun JW, Hwang JS. Magnetic sensor array and apparatus for detecting defect using the magnetic sensor array. Patent Cooperation Treaty, 2007 (PCT/ KR2007/003801).
28. Lee JY, Hwang JS. A study of the quantitative nondestructive evaluation using the cross type magnetic source and the magnetic camera. Key Eng Mater 2006;321-323:1447-50.
29. Lee JY, Seo DW, Shoji TS. Numerical consideration of lens of magnetic camera for quantitative nondestructive evaluation. Key Eng Mater 2004;207-273: 630-5.
30. Jun JW, Hwang JS, Kim KJ, Ogawa KH, Lee JY. Development of signal processing circuit of a magnetic camera for the NDT of a paramagnetic material. Key Eng Mater 2007;353-358:2379-82.
31. Lee JY, Hwang JS. The detection probability improvement of the far-side crack on the high lift-off using the magnetic camera. Int J Mod Phys B 2006;20(25, 26, & 27):4631-6.
32. Lee JY, Hwang JS. The QNDE using image processing of the magnetic camera. Int J Mod Phys B 2006;20(25, 26, & 27):4625-30.

주 의 사 항

1. 이 보고서는 국토교통부가 출연하고 국토교통과학기술진흥원이 위탁 시행한 국토교통기술 연구개발사업의 최종보고서입니다.
2. 본 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시 국토교통부가 출연하고 국토교통과학기술진흥원이 위탁 시행한 국토교통기술연구개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.