

급곡선 차륜 마모, 소음 및 분진 저감을 위한 전동차용 능동조향대차 실용화 기술 개발 기획연구

Planning and Research on Development of
Active Steering Bogie for EMU for Reduction
of Wheel Wear, Noise and Dust

2018.12

급곡선 차륜 마모, 소음 및 분진 저감을 위한 전동차용 능동조향대차 실용화 기술 개발 기획연구

Planning and Research on Development of
Active Steering Bogie for EMU for Reduction
of Wheel Wear, Noise and Dust

2018.12

제 출 문

한국철도기술연구원 원장 귀하

본 보고서를 “급곡선 차륜 마모, 소음 및 분진 저감을 위한 전동차용 능동조향대차 실용화 기술 개발 기획연구” 과제 의 보고서로 제출합니다.

2018년 12월 14일

연구기관명 : 한국철도기술연구원
연구책임자 : 수석연구원 허 현 무
연구원 : 책임연구원 권 석 진
 책임연구원 이 찬 우
 책임연구원 박 준 혁
 책임연구원 문 경 호
 선임연구원 신 유 정
 선임연구원 안 다 훈
 선임연구원 박 성 원

보고서 요약서

과제코드	RP18101	총연구 기간	2018.06.15 ~ 2018.12.14	당해연도 연구기간	2018.06.15 ~ 2018.12.14
연구사업명	한국철도기술연구원 자체사업				
연구과제명	대과제명				
	세부과제명	급곡선 차륜 마모, 소음 및 분진 저감을 위한 전동차용 능동조향대차 실용화 기술 개발 기획연구			
연구책임자	허 현 무	해당단계 참여 연구원수	총 8명 내부 8명 외부 명	해당단계 연구비	정부 기업 계 5,000천원 천원 5,000천원
연구기관명 및 소속부서명	한국철도기술연구원 차세대철도차량본부		참여기업명		
국제공동연구	-		-		
위탁연구	-		-		
요 약				보고서면수	116
<p>○ 기술개발 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> - 철도차량 급곡선 주행 시 과도한 차륜, 레일 마모, 소음 및 분진 발생. 특히 지하구간 운행 전동차의 경우 미세먼지, 분진 발생으로 인한 공기질 악화, 차량기기 고장 등으로 여객서비스 저하, 유지보수비용 증가 등의 문제점 발생 - 능동조향기술은 이와 같은 미세먼지, 분진 발생을 근원적으로 해결하기 위한 미래 철도차량 원천기술임. 국토교통부 국가R&D “차륜/레일의 마모 저감을 위한 능동조향대차 기술개발(‘13.12~’ 18.12)” 연구를 통하여 확보한 세계 최고수준의 능동조향대차 고유원천기술을 실용화하기 위한 실증연구 기획 필요. <p>○ 연구 목표</p> <ul style="list-style-type: none"> - 급곡선 차륜 마모, 소음 및 분진 저감을 위한 전동차용 능동조향대차 실용화 기술 개발 기획안 도출 <p>○ 연구개발 내용 및 범위</p> <ul style="list-style-type: none"> - 국내외 능동조향대차 기술 동향 및 시장수요 조사 - 능동조향대차 실용화를 위한 특허 조사 및 분석 - 능동조향대차 주요 성능 분석 - 능동조향대차 도입 시 편익 분석 - 연구개발 과제 구성 및 추진전략 도출 - 기술개발 과제별 자원 투입 계획 도출 - 본 과제 주요 연구 내용 및 성과지표, 기대효과, 예산안 도출 - 연구개발과제 제안요구서(RFP) 도출 <p>○ 연구개발과제 제안요구서 도출 완료</p> <ul style="list-style-type: none"> - 급곡선 차륜 마모, 소음 및 분진 저감을 위한 전동차용 능동조향대차 실용화 기술 개발 제안요구서 도출 					
색인어	한글	능동조향대차, 차륜 마모, 소음, 분진, 급곡선			
	영어	Active steering bogie, Wheel wear, Noise, Dust, Sharp Curve			

요 약 문

I. 제목

급곡선 차륜 마모, 소음 및 분진 저감을 위한 전동차용 능동조향대차 실용화 기술 개발 기획연구

II. 연구개발의 목적 및 필요성

○ 연구개발 목적

- 급곡선 차륜 마모, 소음 및 분진 저감을 위한 전동차용 능동조향대차 실용화 기술 개발 기획안 도출

○ 연구개발 필요성

- 철도차량 급곡선 주행 시 과도한 차륜, 레일 마모, 소음 및 분진 발생. 특히 지하 구간 운행 전동차의 경우 미세먼지, 분진 발생으로 인한 공기질 악화, 차량기기 고장 등으로 여객서비스 저하, 유지보수비용 증가 등의 문제점 발생
- 능동조향기술은 이와 같은 미세먼지, 분진 발생을 근원적으로 해결하기 위한 미래 철도차량 원천기술임. 국토교통부 국가R&D “차륜/레일의 마모 저감을 위한 능동조향대차 기술개발(‘13.12~’ 18.12)” 연구를 통하여 확보한 세계 최고수준의 능동조향대차 고유 원천기술을 실용화하기 위한 실증연구 기획 필요.

III. 연구개발의 내용 및 범위

- 국내외 능동조향대차 기술 동향 및 시장수요 조사
- 능동조향대차 실용화를 위한 특허 조사 및 분석
- 능동조향대차 주요 성능 분석
- 능동조향대차 도입 시 편익 분석
- 연구개발 과제 구성 및 추진전략 도출
- 기술개발 과제별 자원 투입 계획 도출
- 본 과제 주요 연구 내용 및 성과지표, 기대효과, 예산안 도출
- 연구개발과제 제안요구서(RFP) 도출

IV. 연구개발결과(연구개발과제 제안요구서)

○ 기술개발 과제명

- 급곡선 차륜 마모, 소음 및 분진 저감을 위한 전동차용 능동조향대차 실용화 기술 개발

○ 기술개발 내용

- 전동차용 능동조향시스템 상용화 모델 개발
- 전동차용 능동조향대차 형식승인기준 적용 설계적합성 검증
- 능동조향대차 현차 장착 및 시운전 열차 편성
- 시험선 시운전 및 신뢰성 평가
- 전동차용 능동조향대차 상용화 모델 최종안 제시

○ 추진전략, 추진체계

- 능동조향대차 상용화를 위한 실용화기술 개발을 위하여 연구과제 종료 시 상용화가 가능한 기술수준(TRL8)에 도달하기 위한 실증 연구 추진
- 국토교통부 국가R&D “차륜/레일의 마모 저감을 위한 능동조향대차 기술개발 (‘13.12 ~ ’ 18.12 ”) 1단계 연구를 통하여 확보한 TRL6수준의 능동조향대차 원천기술을 바탕으로 급곡선 운용빈도가 높아 능동조향기술의 효용성이 가장 큰 도시철도차량 전동차용 능동조향대차 실용화를 위한 TRL7~8단계의 실증 연구 추진
- 실증 연구 종료 시, 상용화를 전제로 철도전문연구기관, 철도운영기관, 차량 제작사, 능동조향시스템 제작사, 대학 등 참여, 일반과제로 공동 협업연구 추진

급곡선 차륜 마모, 소음 및 분진 저감을 위한 전동차용 능동조향대차 실용화 기술 개발



철도연	철도운영기관	차량제작사	부품제작사
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 핵심기술 개발 및 성능 검증 - 연구출발, SE 및 Interface - 능동조향시스템 실용화 모델 개발, 성능시험 - 능동조향대차 신뢰성 평가 - 실용화 방안 제시 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 능동조향 시험자 구성 및 시운전, 신뢰성 시험 - 능동조향대차 적용 시험자 구성, 시운전 지원 - 시험자 장기 누적 시운전, 신뢰성, 유지보수성 평가 - 실용화 방안 도출 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 능동조향대차 상용화 모델 시제 제작, 형식승인 - 능동조향대차 상용화 모델 시제 제작 - 설계적합성 및 형식승인 인증 - 시험선 시운전 지원 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 능동조향시스템 상용화 모델 시제 제작 - 능동조향시스템 상용화 모델 시제 제작, 성능평가 - 시험선 시운전 지원 - 능동조향시스템 상용화 모델 최종안 제시

- 능동조향기술 상용화 확대 기반 마련을 위한 능동조향기술 원가절감 방안 도출 및 양산용 상용화 모델 개발, 형식승인기준 적용 설계적합성 검증 추진
- 능동조향시스템 적용 대차의 신뢰성, 유지보수성, 효율성 검증을 위한 시운전 열차 편성, 장기 누적주행 시험(10개월 이상)을 통한 계절별, 환경적 영향 평가(도시철도운영기관 시운전 주관, 테스트베드 지원, 유지관리, 성능 및 신뢰성 검토)
- 시운전 결과 반영 능동조향시스템, 능동조향대차 상용화 모델 최종안 도출

○ 최종성과물

- 전동차용 능동조향시스템 상용화 모델 설계안 및 시제
- 전동차용 능동조향대차 상용화 모델 설계안 및 시제
- 전동차용 능동조향대차 형식승인기준 적용 설계적합성 검증 및 신뢰성 시험결과
- 전동차용 능동조향대차 실용화 방안

○ 연구개발 기간 및 소요예산

- 과제기간: 4년(2021 ~ 2024)
- 소요예산 : 120.44억원(정부출연금 90.27억원, 민간 30.17억원)

[단위: 천원]

연차	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	계
정부출연금	3,000,000	3,338,000	1,669,000	1,020,000	9,027,000
민간부담금	1,000,000	1,120,000	557,000	340,000	3,017,000
소계	4,000,000	4,458,000	2,226,000	1,360,000	12,044,000

V. 기대효과, 활용계획

- 도시철도차량 전동차용 능동조향대차 세계 최초 상용화를 위한 실용화 기술 확보
- 환경 친화적 철도차량 실용화기술 확보, 대국민 여객서비스 제고, 유지보수비 절감
 - * 차륜 마모, 분진 약 80% 저감, 소음 4.4dB 저감, 차륜 수명 최소 2.6배 연장
 - * 능동조향차량 연간 1량당 편익 : 2,800천원/(량·연), 25년간 7억원/(량·연)
- 급곡선 철도차량 신차 개발 시 신조 대차기술로 활용(철도운영기관, 차량제작사)
 - * 향후 노후 전동차 교체수요 약 5,200량 대기 중, 실용화 과제 종료 시 참여 철도운영기관 상용화 추진
- 기존 대차 곡선부 주행성능 향상 및 소음 저감을 위한 개조 방안으로 활용(철도운영기관)

목 차

요약문	iv
제1장 기술개발 필요성	1
제1절 기술개발 배경	1
제2절 기술개발 필요성	6
제3절 기술개발 목표 및 연구내용	9
제2장 국내외 동향 및 환경분석	11
제1절 국내외 정책동향	13
제2절 국내외 시장현황 및 전망	22
제3절 국내외 기술 동향	26
제4절 특허 분석	36
제5절 종합분석	57
제3장 능동조향대차 기술 효용성 분석	59
제1절 차륜 마모량 분석	61
제2절 능동조향대차 우수성	63
제3절 능동조향대차 편익	79
제4장 연구개발과제 구성 및 추진전략	81
제1절 비전 및 목표	83
제2절 연구개발 주요 내용	86
제3절 추진전략 및 추진체계	90
제4절 기술/성과 로드맵	93
제5절 최종성과물 성능목표 및 활용방안	96
제5장 자원투입 계획	99
제1절 연구시설 및 장비 투입계획	101

제2절 인력 및 소요예산 투입계획	102
제6장 과제공모 방안	107
제1절 과제제안 요구서	109
참고문헌	115

표 목 차

표 1-2-1 능동조향대차 기술개발 최종평가 사전점검회의 의견	7
표 1-2-2 능동조향대차 기술개발 철도운영기관, 차량제작사 대상 기술설명회	7
표 2-1-1 국외 철도정책 동향	16
표 2-1-2 EU의 Shift2Rail 사업의 세부과제별 목표	20
표 2-3-1 국외 철도차량용 능동조향기술 개발 사례	27
표 2-3-2 철도차량용 능동조향대차 기술개발 개요	35
표 2-4-1 특허 검색 DB 및 검색범위	37
표 2-4-2 분석대상 기술분류	37
표 2-4-3 분석대상 기술분류 기준	38
표 2-4-4 핵심 키워드	38
표 2-4-5 최종 IPC 및 UPC 분류	39
표 2-4-6 기술분류체계에 따른 최종 특허 검색식	39
표 2-4-7 분석대상 노이즈 제거 기준	40
표 2-4-8 급곡선 차량시스템의 유효특허 선별 결과	41
표 2-4-9 기관별 출원건수	43
표 2-4-10 Bombardier Transportation社의 주요특허 List	45
표 2-4-11 일본 철도총합기술연구소의 주요특허 List	47
표 2-4-12 일본 Nippon Steel & Sumitomo Metal의 주요특허 List	48
표 2-4-13 AA. 조향메커니즘의 주요 특허 List	51
표 2-4-14 AB. 액추에이터의 주요 특허 List	51
표 2-4-15 AC. 센서의 주요 특허 List	52
표 2-4-16 AD. 제어관련 하드웨어의 주요 특허 List	53
표 2-4-17 AE. 제어관련 소프트웨어의 주요 특허 List	54
표 2-4-18 AF. Fail safe의 주요 특허 List	55
표 3-1-1 5호선 전동차 차륜 마모량 분석	62
표 3-2-1 곡선부 곡률반경 인식기술 비교	66
표 3-2-2 시험선 성능시험 결과 요약	69
표 3-2-3 곡률반경 추출결과	70
표 3-2-4 조향각 시험결과	70
표 3-2-5 급곡선구간 차륜 외궤 횡압 시험 결과	71
표 3-2-6 급곡선구간 차륜 소음 시험 결과	72

표 3-2-7 시운전 후 차륜 플랜지 마모 측정결과	73
표 3-2-8 능동조향대차 기술개발관련 시험성적서	74
표 3-2-9 주요 특허 및 논문 실적	74
표 3-3-1 능동조향대차 적용 시 편익 분석	79
표 3-3-2 해외 능동조향기술 경제성 분석 사례	79
표 4-2-1 연차별 연구내용	89
표 4-3-1 일반과제 추진 시 세부과제별 목표 및 연구내용	93
표 4-4-1 연구 성과지표	94
표 4-5-1 국내 노후 전동차 교체 수요	97
표 5-1-1 연구시설 및 장비 투입계획	101
표 5-2-1 인력 투입 계획(단위: 명)	102
표 5-2-2 인건비 소요예산	103
표 5-2-3 직접비 투입 계획(단위: 천원)	104
표 5-2-4 직접비 세부내역(단위: 천원)	104
표 5-2-5 연구개발비 소요예산(단위: 천원)	105
표 5-2-6 연차별 총 소요예산(단위: 천원)	105
표 6-1-1 과제제안요구서	109

그림 목 차

그림 1-1-1 차륜마모 사례	3
그림 1-1-2 도시철도구간 급곡선 분포	3
그림 1-1-3 기존 차량의 차륜 마모 현황	4
그림 1-1-4 기존 차량의 차륜 삭정주기	4
그림 1-1-5 인버터 냉각시스템 흐름도	4
그림 1-1-6 인버터 내 분진 성분	4
그림 1-1-7 정부 미세먼지 저감관련 보도	5
그림 1-2-1 곡선 통과시 윤축의 정렬	6
그림 1-2-2 도시철도차량 조향각 성능	6
그림 1-2-3 능동조향기술의 구성	8
그림 1-2-4 공격각 저감	8
그림 1-2-5 차륜 횡압 저감	8
그림 2-1-1 2019 정부 연구개발 기본계획	13
그림 2-1-2 국민 생활문제 해결을 위한 스마트 철도안전 물류 환경기술개발 미래상	14
그림 2-1-3 한국철도기술연구원 R&R	15
그림 2-1-4 Shift2Rail의 과제 구성	19
그림 2-1-5 일본 미래 철도 연구 방향	21
그림 2-2-1 주요 고속철도 차량 발주 현황	22
그림 2-2-2 주요 철도차량 분야별 시장규모	22
그림 2-2-3 철도차량 차종별 시장규모	23
그림 2-2-4 철도차량 지역 시장규모	23
그림 2-2-5 국내 철도차량 시장규모	24
그림 2-2-6 국내 철도차량산업 수출입 현황	25
그림 2-2-7 국내 철도차량 및 부품 수출입 현황	25
그림 2-3-1 철도차량용 조향기술 개발동향	26
그림 2-3-2 봄바르디어 사 능동조향대차(ARS)	28
그림 2-3-3 봄바르디어사 조향메커니즘	28
그림 2-3-4 JKA 메커니즘	29
그림 2-3-5 JKA 액추에이터와 조향시스템이 적용된 대차	29
그림 2-3-6 JKA 조향시스템 출시 기사	29
그림 2-3-7 일본 어시스트 조향 시체대차	30

그림 2-3-8 어시스트 조향메커니즘	31
그림 2-3-9 어시스트 액추에이터 구조	31
그림 2-3-10 어시스트 조향제어 블록선도	31
그림 2-3-11 어시스트 조향시스템 적용 시험차	31
그림 2-3-12 어시스트 조향대차 주행시험 결과	32
그림 2-3-13 어시스트 조향대차 소음 시험결과	32
그림 2-3-14 어시스트 조향대차 차륜마모 해석결과	33
그림 2-4-1 특허분석 전략	36
그림 2-4-2 연도별 국가 출원 동향	42
그림 2-4-3 주요 출원인의 역점 기술 분야	43
그림 2-4-4 기술 성숙도 단계	44
그림 2-4-5 기술 성숙도	45
그림 2-4-6 독일의 Bombardier Transportation社의 주요특허 특허 기술 흐름 분석	46
그림 2-4-7 독일의 Bombardier Transportation社의 대표기술	46
그림 2-4-8 일본 철도총합기술연구소의 주요특허 기술 흐름 분석	47
그림 2-4-9 일본의 재단법인 철도총합기술연구소의 대표기술	48
그림 2-4-10 일본 Nippon Steel & Sumitomo Metal의 주요특허 기술 흐름 분석	49
그림 2-4-11 일본의 Nippon Steel & Sumitomo Metal의 대표기술	49
그림 2-4-12 AA. 조향메커니즘의 주요 특허 기술 흐름 분석	50
그림 2-4-13 AB. 액추에이터의 주요 특허 기술 흐름 분석	52
그림 2-4-14 AC. 센서의 주요 특허 기술 흐름 분석	53
그림 2-4-15 AD. 제어관련 하드웨어의 주요 특허 기술 흐름 분석	54
그림 2-4-16 AE. 제어관련 소프트웨어의 주요 특허 List	55
그림 2-4-17 AF. Fail safe의 주요 특허 List	56
그림 3-1-1 전동차 M-car 차륜 마모	61
그림 3-1-2 전동차 T-car 차륜 마모	62
그림 3-2-1 능동조향기술 적용에 따른 차륜의 정렬	63
그림 3-2-2 기존 대차 구조	63
그림 3-2-3 능동조향대차 구조	64
그림 3-2-4 능동조향대차 시제	64
그림 3-2-5 곡률반경 추정 원리	66
그림 3-2-6 센서부 시제	66
그림 3-2-7 영구자석형 3상동기모터	66
그림 3-2-8 Electro-mechanical 조향구동부	66

그림 3-2-9 조향 메커니즘 비교	67
그림 3-2-10 Radial steering position 능동조향제어 알고리즘	68
그림 3-2-11 능동조향제어 블록다이어그램	68
그림 3-2-12 능동조향대차 적용 시험차	69
그림 3-2-13 곡률반경 추출 결과	70
그림 3-2-14 조향각 측정결과	70
그림 3-2-15 목표조향각 대비 조향각 분석결과	70
그림 3-2-16 차륜 횡압 시험결과	71
그림 3-2-17 급곡선 통과 시 차륜횡압 저감(Tc:기존차량, T1:능동조향차량)	71
그림 3-2-18 급곡선구간 차륜 소음 시험데이터	72
그림 3-2-19 시험차 차륜답면형상 측정	73
그림 3-2-20 차륜 횡압-Wear 관계	73
그림 3-2-21 2018 철도 10대기술 선정	78
그림 3-2-22 2018년 신기술(NET) 인증	78
그림 4-1-1 2019 정부 연구개발 기본계획	83
그림 4-1-2 연구원 비전, 경영목표, 추진전략	84
그림 4-1-3 기술개발 비전, 목표	85
그림 4-2-1 연구개발과제 구성	87
그림 4-3-1 연구개발 추진체계	91
그림 4-4-1 연구개발 로드맵	93
그림 4-5-1 국내 노후 전동차 교체 수요	97

제1장

기술개발 필요성

제1절 기술개발 배경

제2절 기술개발 필요성

제1장 기술개발 필요성

제1절 기술개발 배경

- 급곡선 비중이 높은 국내 철도운영기관은 차륜, 레일의 과도한 마모, 소음 및 분진 발생 등의 만성적 현안을 안고 있음. 특히 지하구간을 운행하는 전동차의 경우 공기 질 악화로 승객의 건강에 악 영향을 미칠 뿐만 아니라 분진 등이 차량 기기로 유입 되 차량 주요장치 고장의 주 원인이 되기도 함.
- 서울교통공사 5호선의 경우 영업선로의 25.8%가 곡선구간이며 이중 R300 이하의 급 곡선은 8.8%로 과도하여 서울메트로 5호선 차량 1량당 차륜마모량은 연간 약 22kg 발생

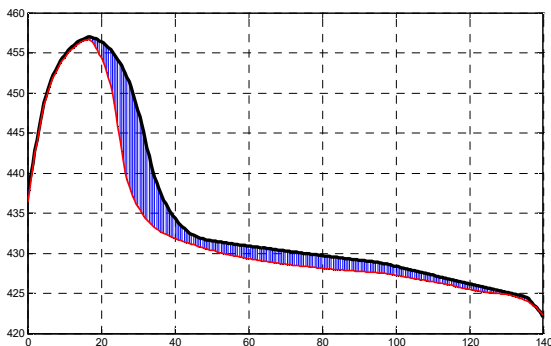


그림 1-1-1 차륜마모 사례

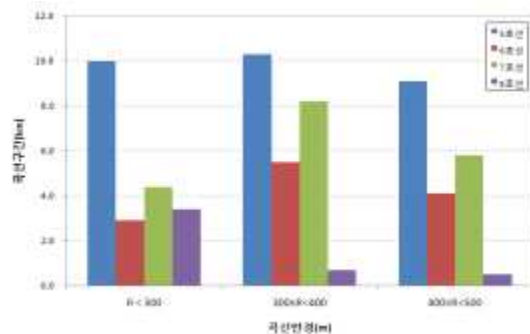


그림 1-1-2 도시철도구간 급곡선 분포

- 서울교통공사 5호선 차량의 경우, 차륜 삭정하여 운행 개시한 후 약 12개월, 누적주행거리 100,000km에 도달하면 차륜플랜지의 마모는 3.5mm로 재삭정 실시. 이 경우 차륜 사용한도까지 4회 삭정이 가능하며 차륜수명은 약 5년에 불가하여 차륜 조기 교체가 요구됨. 이로 인한 차량당 연간 차륜 유지보수비용은 3,248,000원으로 유지보수비용에 큰 부담이 되고 있음. 따라서 차륜의 마모는 여객의 편의성을 저하시키며 차륜, 레일의 조기 삭정, 교체로 인한 유지보수 비용 증가, 임시검수로 인한 차량가용성 저하로 철도경쟁력 저하의 요인이 됨.

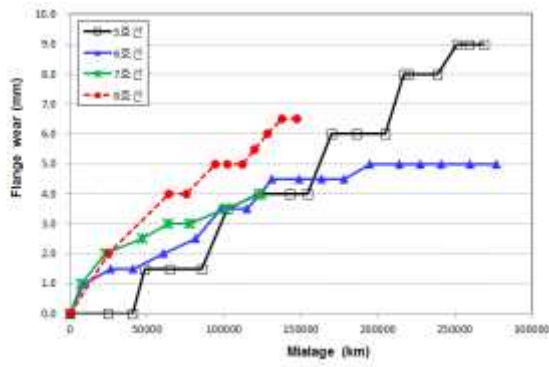


그림 1-1-3 기존 차량의 차륜 마모 현황

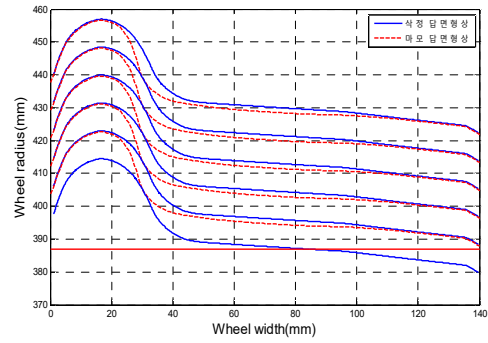


그림 1-1-4 기존 차량의 차륜 삭정주기

- 곡선부 차륜과 레일 마모로 인한 쇳가루 성분의 분진이 많이 발생함. 이는 지하철 내 공기질 저하와 차량의 인버터 등의 기기에 유입되어 차량 고장의 원인이 되기도 함. 전동차를 대상으로 하여 인버터 내 분진 성분 시험결과, 전체 분진 중 철성분이 평균 62.72% 차지함. 철성분은 차륜, 레일, 전차선 마모에 의한 영향으로 분석되며 외부필터측에서 여과되지 않은 채 인버터 내로 유입된 분진의 약 72%가 철성분임
- 원소별 구성비 순 : 철(Fe) > 규소(Si) > 칼슘(Ca) > 알루미늄(Al)

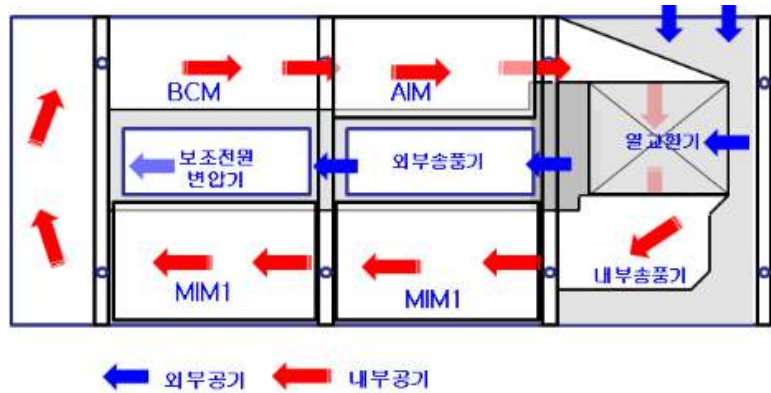


그림 1-1-5 인버터 냉각시스템 흐름도

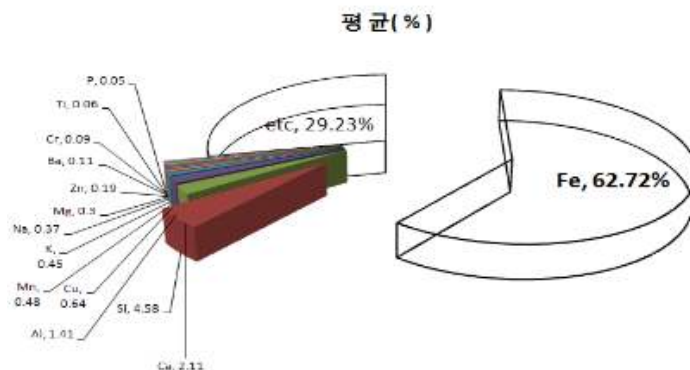


그림 1-1-6 인버터 내 분진 성분

- 미세먼지 및 분진 문제는 최근 사회적으로 가장 큰 문제로 제기되어 정부에서는 과학기술을 활용한 사회문제 해결을 위한 범부처적 해결 방안을 마련하기 위하여 진력하고 있음.

* 국무총리실 소속 미세먼지특별대책위원회, 2022년까지 2017년 대비 10% 저감 목표 설정

사회 환경

2022년까지 실내 미세먼지 2017년 대비 10% 줄인다

등록 :2019-06-28 14:53 수정 :2019-06-28 19:13



최악의 미세먼지 수치를 보인 지난 3월 초 서울 반포한강공원에서 바라본 서울 시내가 미세먼지로 뿌옇게 보인다. 김영진 기자 littleprince@hani.co.kr

정부가 오는 2022년까지 실내 미세먼지(PM10) 농도를 2017년 대비 10% 줄이기로 했다.

국무총리 소속 미세먼지 특별대책위원회는 28일 정부서울청사에서 이낙연 총리 주재로 2차 위원회를 열고 관계부처 합동으로 마련한 '실내공기질 관리 강화방안'을 심의·확정했다. 2017년 39 μ g/m³이었던 실내(다중이용시설) 미세먼지 연평균 농도를 2022년까지 35 μ g/m³로 낮추는 게 목표다.

그림 1-1-7 정부 미세먼지 저감관련 보도

- 본 과제는 철도 미세먼지, 분진을 근원적으로 저감시키기 위한 실용화 실증연구로 사회적 문제 해결을 위한 정부 정책에 부합함
 - * 국가과학기술자문회의 심의회(18.6.29) : 과학기술 기반 국민생활(사회) 문제 해결 종합계획('18~'22) 수립
 - * 과학기술을 활용한 사회문제 해결을 위한 범부처 종합계획, 비전, 목표, 전략, 과제 제시
 - * 사회문제 중 심각성, 시급성이 큰 연구과제 도출 및 실증단계 의무화

제2절 기술개발 필요성

- 기존 철도차량의 과도한 차륜 마모, 소음 및 분진 발생 등의 문제점은 기존 철도차량은 자동차와 달리 조향장치가 없기 때문에 비롯된 결과임. 즉 철도차량은 급곡선 주행 시 조향기능 부족으로 인한 차륜과 레일 간에 공격각이 발생하게 되어 차륜 주행방향의 종, 횡방향으로 불필요한 힘을 유발하여 마모, 소음 발생의 주 요인이 됨.

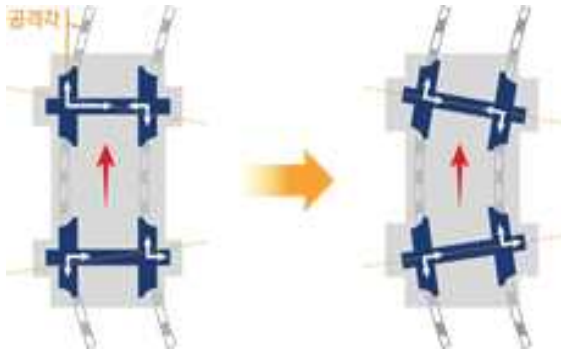


그림 1-2-1 곡선 통과시 윤축의 정렬

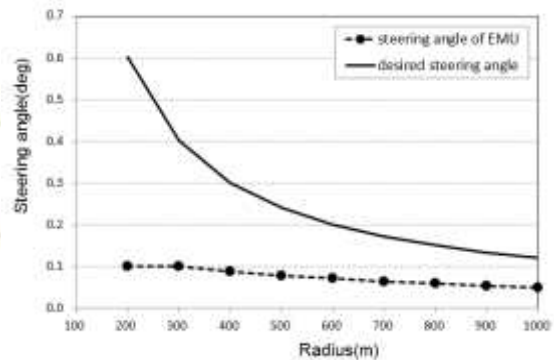


그림 1-2-2 도시철도차량 조향각 성능

- 이상적인 조향을 위해서는 윤축이 곡선의 곡률반경 중심방향으로 정렬하는 Radial position 위치이어야 하며 이 경우 공격각이 “0” 으로 됨. 즉 대차내 차륜의 외측간 거리는 증가하며 내측간 거리는 감소하여 윤축을 원추형상으로 구성하여야 함. 이때 전후 윤축간 각도를 조향각이라 함. 일례로 급곡선 구간 통과 빈도가 높은 도시철도 차량의 경우, R300곡선 주행 시 이상적인 조향각은 0.4deg이나 기존차량의 조향각 성능은 0.1deg 이하임
- 이러한 문제점을 근원적으로 해결하기 위하여 능동제어기술을 이용하여 급곡선 주행 시 윤축을 능동적으로 조향 제어함으로써 공격각 발생을 억제하고 원활한 곡선주행을 도모하기 위한 철도차량용 능동조향대차기술 개발 필요성이 제기됨.
- 철도차량용 능동조향대차 기술은 한국철도기술연구원이 국토교통부 국가R&D사업 (“차륜/레일의 마모 저감을 위한 능동조향대차 기술개발, ‘13.12~’ 18.12”) 으로 TRL6수준의 능동조향 핵심원천기술과 고유모델을 개발하였으며 세계 최초로 전동차용 능동조향대차 시제를 개발하여 영업선에서의 성능검증을 시험을 거쳐 세계 최고 수준의 조향성능을 검증하였음.
- 상용화를 위하여 철도운영기관과의 기술 설명회, 전문가 기술자문, 과제 사전점검 등의견 수렴 결과, 능동조향기술의 동적성능은 1단계 시험에서 입증되었으나 세계 최

초 신기술 적용으로 인한 최소한의 위험성을 배제하고 장기 사용에 따른 기술의 신뢰성 검증을 위하여 TRL7 수준 이상의 실용화를 전제로 한 후속 실증연구 수행이 필요하다는 다수의 의견이 수렴됨. 따라서 능동조향대차 실용화를 위한 실증연구사업 기획안 도출을 위한 기획연구 필요성이 제기됨.

표 1-2-1 능동조향대차 기술개발 최종평가 사전점검회의 의견

- 능동조향대차 성능뿐만 아니라, 견인모터 및 제동성능 등 대차 주행장치의 전반적인 검증을 위해서는 실용화 과제 추진 필요
- 향후 추가적으로 필요한 연구내용 제시 필요
- * (Ex.) M-Car 현장시험, 계절별 현장시험 등

표 1-2-2 능동조향대차 기술개발 철도운영기관, 차량제작사 대상 기술설명회

- 서울교통공사 능동조향대차 기술설명회 (서울교통공사 '18.6.21)
- 인천교통공사 능동조향대차 기술설명회 (인천교통공사 '18.10.25)
- 한국철도공사 능동조향대차 기술설명회 (KORAIL '18.11.19)
- 광주도시철도공사 능동조향대차 기술설명회 (광주도시철도공사 '18.11.27)
- 철도운영기관 기술교류회 능동조향대차 기술설명 (엘타워 '18.12.11)
- 부산교통공사 능동조향대차 기술설명회 (부산교통공사 '18.12.12)
- 우진산전 능동조향대차 기술설명회 (우진산전 '18.12.03)
- 다원시스 능동조향대차 기술설명회 (다원시스 '19.01.04)



<광주도시철도공사 기술설명회>



<철도운영기관 대상 기술설명회>



<서울교통공사 기술설명회>



<인천교통공사 기술설명회>

[기술의 정의]

- 능동액추에이터와 제어기술을 이용하여 윤축을 곡선구간의 곡률반경에 부합하게 적응시켜 차륜의 공격각 및 중/횡방향 작용력을 최소화함으로써 원활한 곡선 주행을 도모하기 위한 윤축 조향제어기술
- 능동조향대차는 센서부, 조향구동부, 제어부로 구성됨. 센서부는 곡선구간을 실시간 감지하여 곡률정보를 추출함. 제어부는 곡선감지 신호를 이용하여 조향각을 연산하고 구동부를 제어하는 기능을 수행함. 조향구동부는 제어부 출력 제어신호에 의해 윤축의 조향작용을 발생시킴.

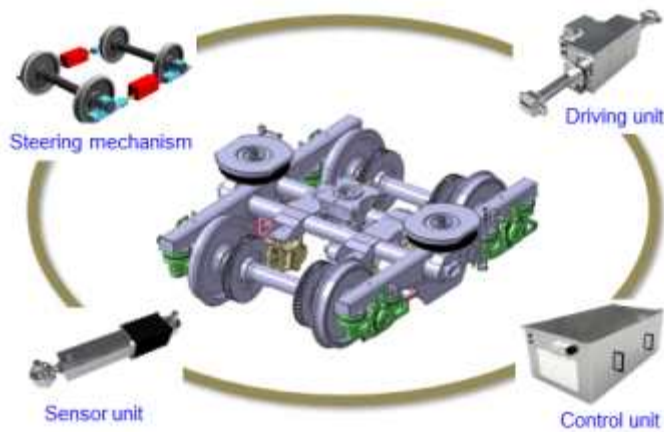


그림 1-2-3 능동조향기술의 구성

- 곡선구간 주행 시 능동조향 제어에 의한 공격각 저감으로 차륜 횡압과 마모는 현저한 저감이 가능함

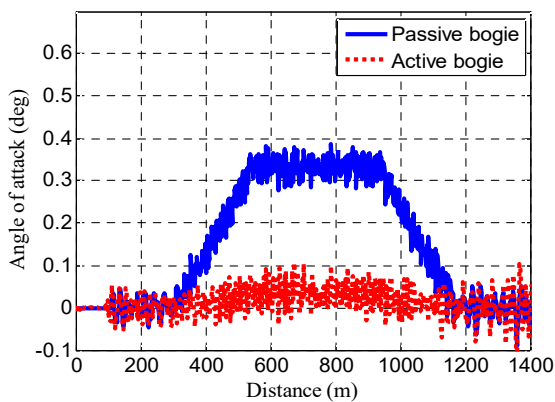


그림 1-2-4 공격각 저감

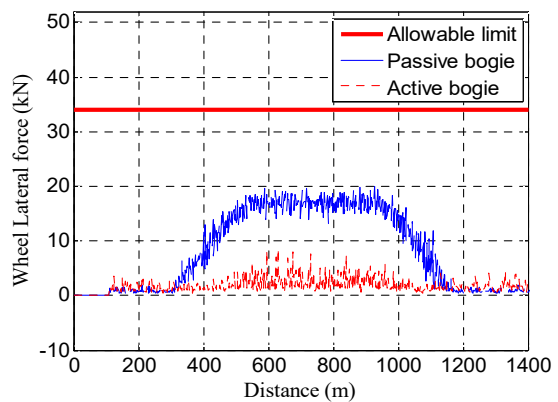


그림 1-2-5 차륜 횡압 저감

제3절 기술개발 목표 및 연구내용

본 연구의 최종목표와 연구내용은 다음과 같다.

○ 연구개발의 최종목표

- 급곡선 차륜 마모, 소음 및 분진 저감을 위한 전동차용 능동조향대차 실용화 기술 개발 기획안 도출

○ 연구개발 내용 및 범위

- 국내외 능동조향대차 기술 동향 및 시장수요 조사
- 능동조향대차 실용화를 위한 특허 조사 및 분석
- 능동조향대차 주요 성능 분석
- 능동조향대차 도입 시 편익 분석
- 연구개발 과제 구성 및 추진전략 도출
- 기술개발 과제별 자원 투입 계획 도출
- 본 과제 주요 연구 내용 및 성과지표, 기대효과, 예산안 도출
- 연구개발과제 제안요구서(RFP) 도출

○ 최종 성과물

- 급곡선 차륜 마모, 소음 및 분진 저감을 위한 전동차용 능동조향대차 실용화 기술 개발 기획안

제2장

국내외 동향 및 환경분석

- 제1절 국내외 정책동향
- 제2절 국내외 시장현황 및 전망
- 제3절 국내외 기술 동향
- 제4절 특허 분석
- 제5절 종합 분석

제2장 국내외 동향 및 환경분석

제1절 국내외 정책 동향

1. 국내

- 정부는 국정목표 중 하나인 “내 삶을 책임지는 국가”와 관련하여 국민안전과 생명을 지키는 안심사회를 지양하는 국정전략 하에 다음과 같은 국정과제를 추진하고 있음.
 - 안전사고 예방 및 재난 안전관리의 국가책임체제 구축
 - 통합적 재난관리체계 구축 및 현장 즉시대응 역량 강화
 - 국민 건강을 지키는 생활안전 강화
 - 지속가능한 국토환경 조성



그림 2-1-1 2019 정부 연구개발 기본계획

- 또한, 국가 R&D 혁신 방안에 의하면 사람중심, 국민 체감형 과학기술 성과 확산을 위하여 국민 생활 속의 문제를 해결하는 R&D를 강화할 것을 3대 추진전략으로 설정.
 - 예방 중심의 재난·재해 R&D 확대
 - 국민건강 및 생활편익 증진에 기여
 - 사회적 지속가능성 확보를 위한 R&D 투자 강화
- 위와 같은 정부 정책 기조에 의거하여 철도 산업의 정책방향도 안전성 및 공공성 강화, 삶의 질 향상에 부합한 정책을 마련하고 있음.

[한국철도기술연구원의 R&R 부합성]

- 본 능동조향대차 실용화 기술개발 기획은 국민의 삶의 질 향상, 미래 철도 안전 원천기술 선점을 통한 신성장 동력 창출 및 국내 철도의 글로벌 경쟁력 제고, 미래 고부가가치 원천기술 선점과 관련됨.
- 따라서 한국철도기술연구원의 R&R인 상위역할 [UP2] 국민 생활문제 해결을 위한 스마트 철도안전·물류·환경 기술 개발과 [UP3] 신성장동력 창출을 위한 철도 핵심기술 개발에 부합함.
 - 상위역할 : [UP2] 국민 생활문제 해결을 위한 스마트 철도안전·물류·환경 기술 개발
 - 주요역할 : MR2-3: 국민 체감형 철도 친환경기술 개발
 - 상위역할 : [UP3] 신성장동력 창출을 위한 철도 핵심기술 개발
 - 주요역할 : MR3-2: 고속 주행시스템 핵심성능 기술개발



그림 2-1-2 국민 생활문제 해결을 위한 스마트 철도안전·물류·환경 기술 개발 미래상

국민 삶의 질 향상과 혁신성장을 위한 미래 철도·교통 과학기술 개발

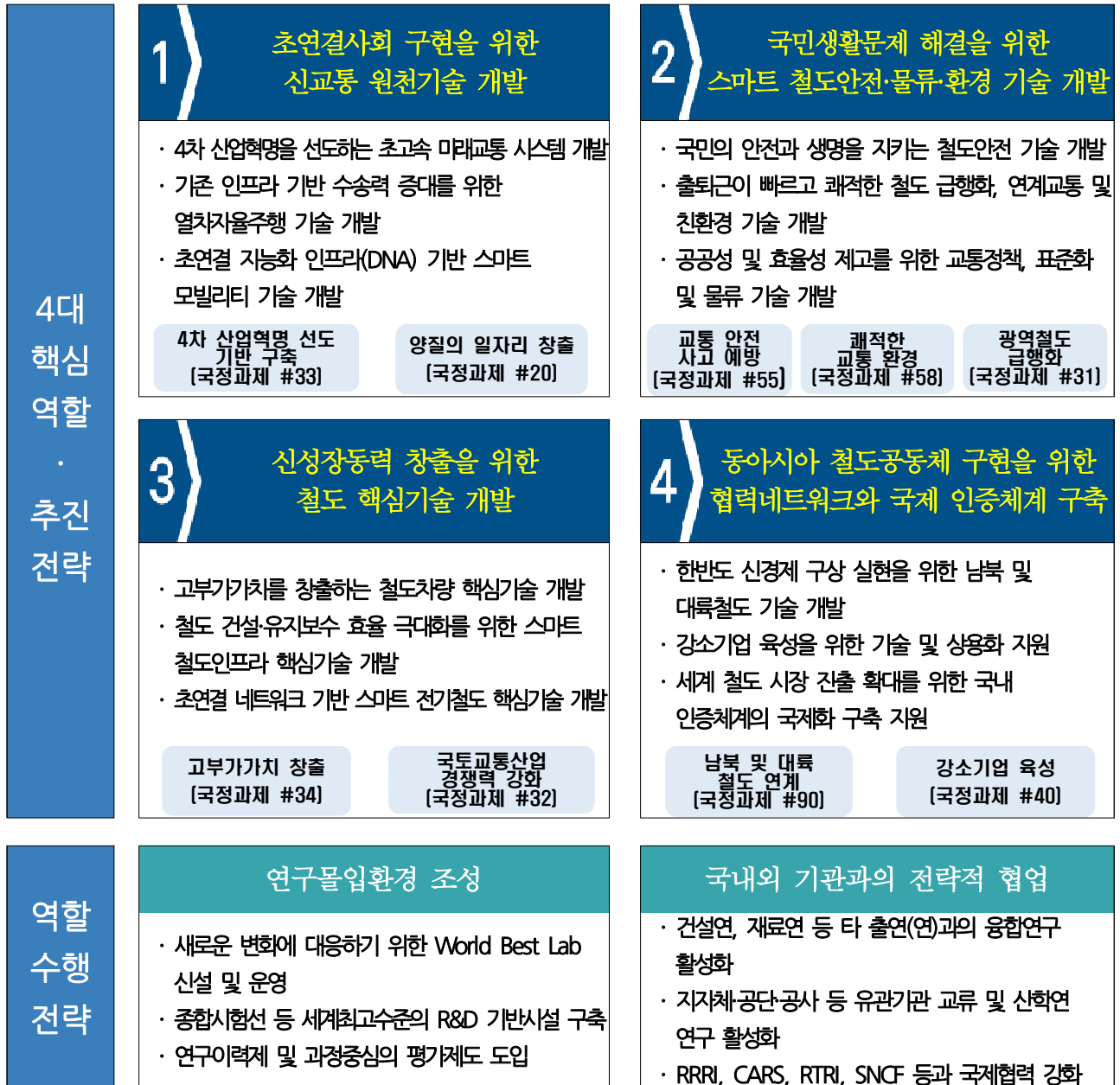


그림 2-1-3 한국철도기술연구원 R&R

2. EU

- 유럽 등 국외 철도 선진국에서는 철도 경쟁력 제고를 표 2-1-1과 같은 정책을 마련하고 있음. 정책동향 중 특히 모든 국가에서 공통적으로 강조되고 있는 것은 에너지, 환경, 안전, 공공성, 유지관리 효율성, 이를 통한 철도 경쟁력 제고임. 국외 철도선진국들의 정책기조도 철도 안전, 효율성 제고, 철도 이용자 편의 증진 등에 중점을 두고 철도교통의 경쟁력 제고를 위하여 다음과 같은 기술개발 사업을 진행하고 있음.

표 2-1-1 국외 철도정책 동향

구분	철도 정책 동향
유럽철도 연구자문 위원회 (EPRAC)	<ul style="list-style-type: none"> • 유럽의 ERRAC *Strategic Rail Research Agenda 2020 & Roadmap 2050 <ul style="list-style-type: none"> - 비전: 효율적인 도시교통, 끊임 없고 통합된 고속여객 서비스, door-to-door 화물 서비스 제공을 통한 유럽교통시스템에서의 철도 역할 증대 - 추진분야 <ol style="list-style-type: none"> ① 지능형 이동수단: 유럽 회원국간 및 교통수단간 호환기술제공을 위한 고객정보시스템 지원을 위해 유럽 전역의 지능적인 인프라 요구 ② 에너지 및 환경: 소음과 진동의 시스템적 접근과 설계를 개선시킴으로써, 화석연료 의존과 배출 가스 축소 등 환경보호를 통한 철도의 교통수단 경쟁력 강화를 위한 제도 마련 ③ 개인 안전: 테러와 공공 시설의 파괴와 관련하여 고객과 직원의 안전 개선 ④ 안전과 표준화(시험·인증): 개선된 안전 관리를 통한 위험을 제거하면서, 유럽의 인증 절차의 확산을 통한 제품의 빠른 승인 요구 ⑤ 경쟁력있는 실행 기술: 차량, 유지보수 절차, 발권시스템, 인프라 등 철도 운영 전반에 대한 현대적 기술의 접목을 통한 제품의 고객 선호도 개선과 수명주기비용 절감 달성 등 철도 경쟁력 제고 ⑥ 전략 및 경제성: 철도 서비스 종류 및 빈도 변화에 따른 운영·유지보수비의 변화를 더 쉽게 이해할 수 있는 새로운 회계 및 열차운영계획 모델 필요 ⑦ 인프라: 교통 용량 증대, 차량·궤도 안정성 향상을 위한 고효율 유지보수 및 공동 운영이 가능한 유지보수 프리 개념의 인프라 개발
유럽철도 연합-국제 철도연맹 (CER-UIC)	<ul style="list-style-type: none"> • 철도분야 2030-2050 전략(환경정책 기반) <ul style="list-style-type: none"> - 2030년 이후 철도분야 전략: 지속가능한 이동성(Sustainable Mobility) 지향 - 목표 <ol style="list-style-type: none"> ① 기후보호: 이산화탄소배출량 50% 감소(-2030년), 카본-프리(carbon-free) 열차운영(-2050년) ② 에너지 효율성: 에너지 소비량 30% 감소(-2030년), 50% 감소(-2050년) ③ 배출가스 방출 감소: 질소산화물과 입자상 물질(PM10) 배출량 40% 감소(-2030년), 배출량 0(-2050년) ④ 소음 감소: 소음수준이 사회적이고 환경적으로 수용 가능한 수준(-2050년) - 추진전략: 그린 에너지(카본-프리 에너지원) 사용, 에너지 효율성 향상, 노선 전철화 확충 및 저탄소 추진기술 개발 ※ 교통분야 '지속가능성' 개념: 현재 세대와 미래 세대가 동등한 기회를 가지고 환경의 질을 보존하면서도 사회경제의 발전을 이루고, 사람과 화물의 이동성과 접근성 향상을 이루는 것
영국	<ul style="list-style-type: none"> • HLOS(High Level Output Specification) 2 기술발전계획(CP5: 2014.4-2019.3) <ul style="list-style-type: none"> - 목표 <ul style="list-style-type: none"> 영국 전체 철도 수요 증가(승객 16%, 화물 23%)를 충족하도록 ① 주요 노선의 승객·화물 노선의 고용량 전철화 ② 주요 도시간 수송용량 증가와 여정 시간의 감소 ③ 효과적인 노동시장의 확대와 노동자의 더 넓은 일터로의 접근이 가능하도록 주요 도시 지역으로의 통근 실현 ④ 항구와 공항으로의 철도 연결 개선 <p>*CP: Control Period</p>

프랑스	<ul style="list-style-type: none"> • PREDIT4: 교통분야 연구프로그램(2012) <ul style="list-style-type: none"> - 목표 <ul style="list-style-type: none"> ① 수송 기술 개발 강화 ② 수송 관련 서비스 강화 ③ 공공 정책을 위한 지식과 도구 강화 - 철도관련 주제 <ul style="list-style-type: none"> ① 에너지 및 환경: 추진 기술, 온실효과와 영향 평가 연구 ② 수송 품질 및 안전: 철도 안전, 교통관리, 인간 공학, 편의성, 접근성 연구 ③ 도시내 이동성: 새로운 교통시스템 및 서비스 연구 ④ 물류 및 화물운송: 서비스 품질, 추적, 인프라 최적화, 복합수송 효과, 항공 및 해상 운송과의 인터페이스 추진으로 비(非) 도로 화물 운송에 대한 연구 ⑤ 수송산업의 경쟁력: 운송 산업의 효율성 제고를 위한 고안 도구 및 프로세스, ICT통합 등 연구 ⑥ 수송 정책: 규제 목적, 방법 및 도구(자금 조달 및 관세) 연구
독일	<ul style="list-style-type: none"> • 이동성과 수송(Mobility and Transport): 독일연방 교육부의 연구프로그램 <ul style="list-style-type: none"> - 목표 <ul style="list-style-type: none"> ① 지속가능성 ② 효율화, 안전, 고객 지향 ③ 교통분야 국제경쟁력 향상 - 연구분야 <ul style="list-style-type: none"> ① 지능형교통 네트워크 ② 철도 및 수로를 통한 화물수송 증대 ③ 빠르고, 안락하며, 환경 친화적인 철도와 버스 서비스 ④ 지속가능형 교통시스템을 위한 건강, 환경, 자원 보호 ⑤ 안전과 보안 ⑥ 이동성 • Hightech Strategy(HTS) 2020 <ul style="list-style-type: none"> - 목표: 글로벌 당면과제 해결의 선두, 인간의 삶과 생활수준 향상, 민간 부문에서 새로운 가치 창출, 높은 수준의 일자리 창출 등 - 5대 중점 핵심기술 개발 및 혁신 성과 확산을 위한 환경 조성 및 제도 개선 <ul style="list-style-type: none"> ① 기후변화/에너지: 전 지구적 기후변화 저감 및 적응 기술 ② 보건/영양공급: 고령화 사회의 보건 정책, 전염성 질환에 따른 신약 기술 ③ 이동성: 이동성 관련 새로운 IT 기술, 모바일 기기를 활용한 교통정보 제공, 교통소음 저감 등 ④ 보안: 테러 혹은 천재지변으로부터 국민건강 및 재산 보호 관련 기술 ⑤ 정보통신: 미래지향적 인터넷 기술, 글로벌 표준화, 임베디드 시스템
일본	<ul style="list-style-type: none"> • 철도종합기술연구소(RTRI), 철도기술개발방향(Research Map 2009) <ul style="list-style-type: none"> -추진방향: 고속화와 수송력 증강을 위해 안전하고, 친환경적이며, 고효율 에너지형 저비용의 편리한 철도 개발 -추진분야 <ul style="list-style-type: none"> ① 안전한 철도: 신뢰성 높은 철도 ② 친환경 철도: 차량 제작부터 폐기까지 전과정 환경성 평가를 통한 자원 리사이클 ③ 고효율 에너지형 저비용 철도: 모달 시프트를 위한 에너지절감형 신시스템 ④ 편리하고 쾌적한 철도: 무가선, 소음·진동 저감, 승·하차 편리한 철도

※참고문헌: 성덕룡, 정혁상, 철도저널 제20권 제4호, 2017.8, pp.61-69

- 유럽 철도 산업체의 경쟁력을 지키기 위해 산업체 주도로 EU는 Shift2Rail 사업 추진.
 - 7년간(2014~2020) 총 예산 €9.2억 투자(민간투자 €4.7억)
 - S2R 프로그램의 마지막 과제공모가 2020년도에 이루어 질 예정
 - S2R 과제는 2020년대 중반까지 진행되어 2029~2030년까지 상용화를 목표로 함

- Shift2Rail 목표는 수송량, 신뢰성, LCC 분야로 다음과 같음
 - (Capacity) 수송량 100% 증대로 철도교통 수요 증가
 - (Customer) 신뢰성 50% 향상으로 사용자 만족도 확보
 - (Cost) 수명주기비용(LCC) 50% 감소로 철도교통의 경쟁력 확보

- Shift2Rail 사업은 다음과 같이 분류되며 철도차량의 경우 지능화, 성능 향상을 통한 친환경성을 강화함
 - [IP1] Cost-efficient and Reliable Trains, including high capacity trains and high speed trains
 - (목표) 차량 경량화, 차량 에너지효율 증대, 운행시간 감소, 궤도 손상과 환경 영향 저감, 수명주기 비용의 감소
 - (분야) 신재료 적용을 통한 차량 경량화. 추진 및 제동시스템 효율화, 능동형 주행 장치, HVAC, 무선 TCMS 등의 혁신을 통한 수송량 증대, 에너지 효율화, 소음 저감 등
 - [IP2] Advance Traffic Management & Control Systems
 - (목표) 현재의 ERTMS에 기반을 둔 차세대 신호 및 제어시스템 개발, 지능형 관제 및 자동운전 구현, 수송능력과 신뢰성을 최적화, 수명주기 비용 저감
 - (분야) 차세대 ERTMS 개발, Traffic management 기능 구현을 통해 시설물 유지보수 계획, 간선철도와 도시철도의 연계운행을 가능케 하고 TCO/수명주기비용을 저감
 - [IP3] Cost efficient, Sustainable & Reliable High Capacity Infrastructure
 - (목표) 선로 용량과 성능을 향상한 새로운 인프라 시스템 구현, 인프라 시스템의 수명주기 비용 저감
 - (분야) 신개념 궤도 및 분기기 개발, 지능형 유지보수 방법 개발. 에너지 효율화 및 소음진동 저감을 통한 건설비, LCC 저감
 - [IP4] IT Solutions for a Seamless Attractive Railway
 - (목표) 2020년 까지 범유럽 multimodal 교통 정보, 관리 및 지불 시스템 구축, 혁신적인 솔루션과 서비스 개발, 대중교통 이용 증대

- (분야) Seamless ticketing, 개별화된 승객정보 시스템, multimodal demand management system

[IP5] Technologies for Sustainable & Attractive European Freight

- (목표) 도로교통 수요를 철도 및 내륙수상 교통으로 이동(2030년까지 30%, 2050년 까지 50%)하기 위한 혁신 기술 개발
- (분야) 경량 화물차량, electro-pneumatic 디스크브레이크, 자동 커플러 등

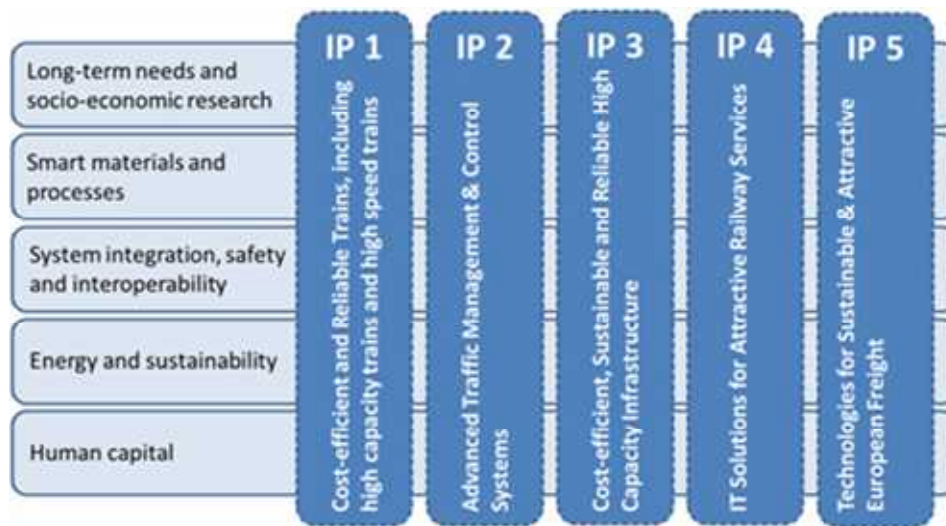


그림 2-1-4 Shift2Rail의 과제 구성

표 2-1-2 EU의 Shift2Rail 사업의 세부과제별 목표

구분	과제 개요 및 목표	주요 결과물
WP1: Traction	-효율적이고 신뢰성이 보장되며 작고 가벼운 철도 추진 시스템을 만들기 위해, 현재의 전력전자 기술의 최대 효율 달성하고 SiC 반도체의 장점을 활용 -고속열차를 위한 저상 직접구동 전동기의 신뢰성과 가용성을 향상시키고 소음을 저감과 같은 성능 향상을 추진하며 비용 저감을 위한 기술표준화 연구를 진행	-차세대 전력전자 부품에 대한 표준 사양 작성 -도시형 DC 시스템과 간선형 AC 시스템에 적용하기 위한 시스템 구조 -고속철도용 저상 직접구동 견인전동기의 타당성을 확인하고 소음과 전자기간섭에 의한 영향을 줄이는 해결책 수립 -신뢰성과 가용성 확보를 위한 기술기준 및 시스템 구조
WP2: TCMS	-열차 제어와 모니터링을 위한 무선기술 기반의 혁신적인 차세대 열차통신 시스템의 개발을 목표로 하며, 차내의 통신 케이블을 줄이거나 완전히 없애고 열차 간 연결을 단순화함	-신뢰성이 높고 수명주기비용이 저렴한 철도용 무선통신 기술 -차량무선통신의 표준 구조와 인터페이스 개발로 관련 장치의 개발을 선도
WP3: Car Bodyshell	-차체의 중량을 줄이기 위한 복합재료 기술의 개발과 적용. 기존 REFRESCO의 연구 결과를 활용하고, 기술적 조건(힘, 피로, 진동, 소음, 단열성, 정비성), 차체 내부의 sub-assembly기능 그리고 제작조건을 고려한 적절한 재료 선택에 관한 연구를 진행	-고속철도와 도시철도 차체를 위한 기술사양 개발 -차체 각 부위에 사용되는 복합재료의 인터페이스와 최적의 조합을 찾기 위한 연구 -철도 환경에서의 새로운 복합재료간의 접합에 대한 연구 -복합재료의 제조와 자동화 솔루션에 관한 연구
WP4: Running Gear	-메카트로닉스 기술을 적용한 능동화 대차 및 능동현가 장치의 개발 -이와 같은 혁신적인 주행 장치의 경제적인 효과를 정량화함으로써 시장성을 입증	-메카트로닉스 대차, 능동현가장치 등을 적용하여 궤도의 열화를 저감할 수 있음을 입증하고 궤도 유지보수 비용에 대한 정량적인 모델을 수립 -차륜 마모와 손상 저감에 의한 차량 유지보수 비용 저감에 대한 정량적 모델
WP5: Brake	-제동시스템의 인증에 시간과 비용을 줄이기 위해 시스템의 요건을 표준화	-표준화 제안을 위한 각 국가의 규정과 요건 분석 -인증절차 간소화 및 비용 저감을 위한 검토
WP6: Comfortable and Attractive Train Interiors	-ICT 시대의 승객 요구사항을 최대한 반영할 수 있는 차량 내부 환경 조성	
WP7,8: Transversal activities (Noise - Energy)	-철도소음 저감을 위해서는 차량소음과 선로소음을 분리할 수 있는 평가 방법 개발이 필요 -철도차량(여객, 화물)의 에너지 소비를 정량화 할 수 있는 표준화된 계산법 개발	

3. 일본

- 일본은 일본철도총연(RTRI)를 중심으로 철도차량 제작사, 운영기관과 협력하여 안전성 제고, 저비용, 친환경성, 여객 편리성 향상에 철도기술개발 방향과 목표를 설정하여 연구개발 추진 중.
- 일본의 철도 연구는 RTRI를 중심으로 신간선의 300km/h 운행 속도 증가, 자기부상철도 개발 등을 중심으로, 2000년도부터 “철도 미래 연구개발(장래지향과제)”의 프로젝트를 만들어 여러 기술개발분야를 합친 집합적 과제로써 5년 단위로 하부 수습과제를 실시하여 성과를 달성함
- 2010년~2015까지 기본 계획(RESEARCH 2010) : 철도사업자의 필요성과 철도에 기대되는 역할을 고려하여 “안전성 향상”, “환경과의 조화”, “저비용”, “편리성의 향상” 등 4가지 연구개발을 목표로 설정함
- 일본 철도 미래 연구는 “철도시스템 안정성 및 신뢰성 향상”, “에너지 고효율 이용”, “유지보수 혁신”, “철도 네트워크 발전” 등 4개의 대과제 및 고도기술로 고도 시뮬레이션 기술의 향상을 목적으로 ‘철도시뮬레이터 구축’을 추가함

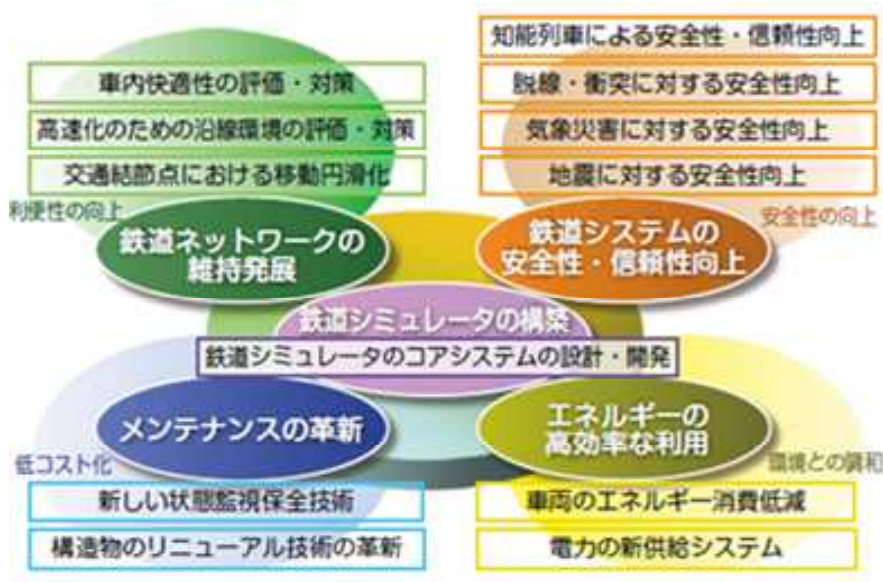


그림 2-1-5 일본 미래 철도 연구 방향

- 특히, 철도의 안전성 및 친환경성, 유지보수성을 향상시키기 위하여 열차 운행에 있어 각종 센서를 설치한 지능형 열차에 의한 안전성 및 신뢰성 향상, 대차 개선 연구 추진 중.

제2절 국내외 시장현황 및 전망

- 국외 철도차량 시장은 유럽 제작사가 최근 수요를 대부분을 점유하고 있으나 중국 차량제작사인 CRRC의 급부상으로 일본 제작사와 함께 경쟁이 심화될 것으로 예측됨.
- 세계 철도 시장은 개발도상국 고속철도 수요증가 등으로 인하여 지속적으로 성장할 것으로 예측됨. '19년도 세계 철도차량분야 시장은 1조 1,378억 달러 규모를 형성할 것으로 전망됨.

Rail Market: Market Positioning Of HSR Rolling Stock by Orders and Delivery Date, Global, 2012-2020

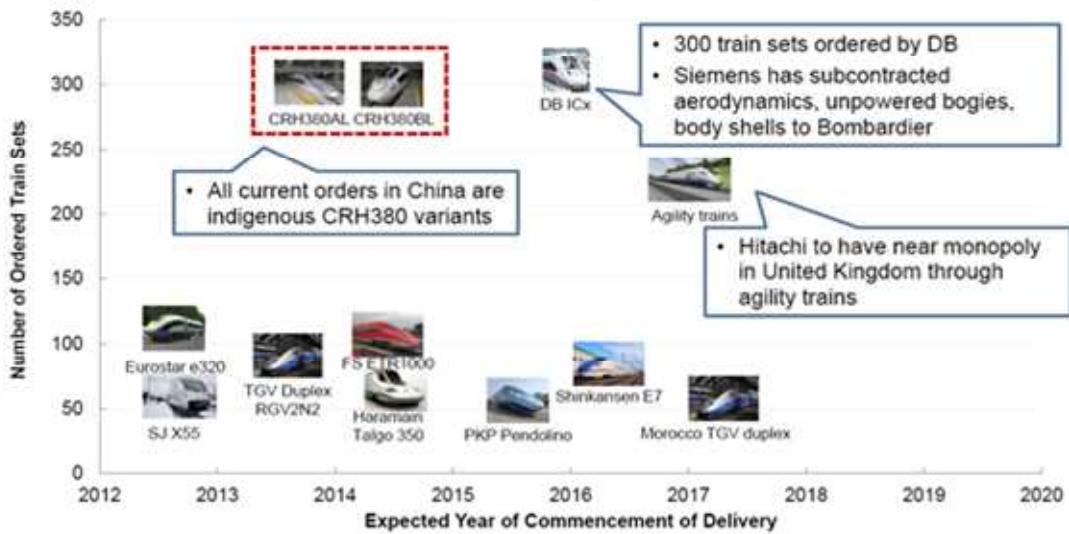


그림 2-2-1 주요 고속철도 차량 발주 현황

- 분야별로는 철도차량 509억 £, 차량유지보수 525억 £, 전력-궤도 463억 £, 신호통신 195억 £로 추정됨.

[분야별 철도시장 규모]

분야	규모 (단위:억유로)	비중(%)
철도차량	509	30
차량유지보수	525	31
전력·궤도	463	27
신호·통신	195	12
합계	1,692	100

* 토목·건축 등 기반시설 제외

분야	규모 (단위:억유로)	비중(%)
철도차량	1,034	61
철도시스템(E&M)	658	39

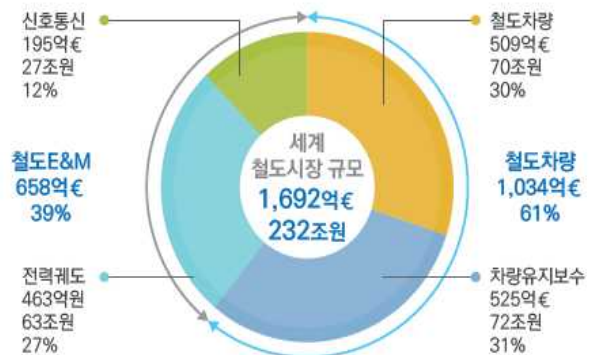


그림 2-2-2 주요 철도차량 분야별 시장규모

- 철도차량 차종별로는 고속전철 99억 €, 화차 101억 €, 전동차 81억 €, 메트로 68억 € 순으로 추정됨.

[차종별 시장 규모]

분야	규모 (단위:억유로)	비중(%)
화차	101	20
고속전철	99	19
전동차	81	16
메트로	68	13
디젤기관차	47	9
전기기관차	45	9
객차	35	7
경전철	24	5
디젤동차	10	2
합계	509	100

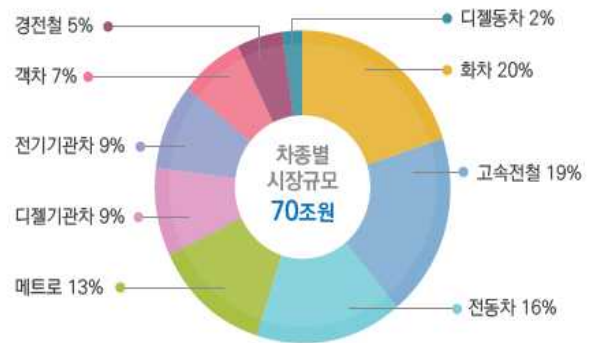
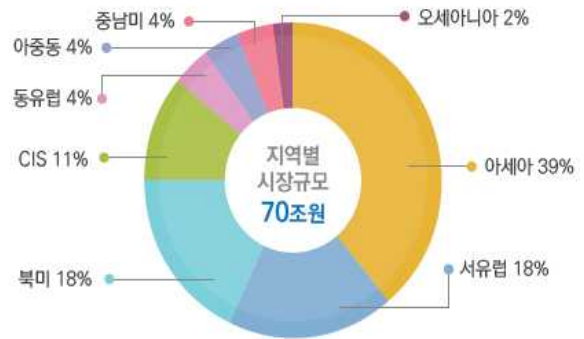


그림 2-2-3 철도차량 차종별 시장규모

- 철도차량 지역별로는 아시아 198억 €, 서유럽 91억 €, 북미 91억 €, CIS 58억 € 순으로 추정됨.

[지역별 시장 규모]

지역	규모 (단위:억유로)	비중(%)
아시아	198	39
서유럽	91	18
북미	91	18
CIS	58	11
동유럽	23	4
아중동	22	4
중남미	18	4
오세아니아	8	2
합계	509	100



※ 자료인용 : SCI 자료 (세계시장 규모는 '13~'15년 평균임)
 ※ 2018년 9월 SCI의 최근 세계시장규모 발표 자료에 따라 업데이트 예정

그림 2-2-4 철도차량 지역 시장규모

- 유럽은 철도의 효율과 경제성의 향상 등 점진적 혁신을 추구하는 기술개발에 초점을 두고 속도경쟁에서 Life Cycle Cost(LCC) 경쟁으로 전환되고 있음. 에너지 소비량 최소화, 유지보수감소, 친환경 및 승객편의성 향상을 목표로 연구개발이 수행 중임. EU의 Roll2Rail 프로젝트에 따라 Velaro Novo(Siemens), ECO-Design(CAF), ECO4 Solution(Bombardier) 등의 차량이 개발 중이며, 일본의 경우 JR East에서 ALFA-X 시험차량의 개발이 수행됨
- 중국은 내수 수요를 중심으로 CRRC의 압도적인 시장 점유율(50%) 및 지속적인 성장이 예상되며 이를 바탕으로 세계 시장을 선도할 것으로 예측됨. 철도차량별 세계 시장 점유율은 다음과 같음

- 고속차량 : CRRC (50%), 일본제작사 (18%), Alstom(12%), Siemens(6%)
- 전 동 차 : Bombardier (18%), Alstom (17%), 일본제작사 (12%)
- 경 전 철 : Bombardier (20%), Alstom (19%), Siemens (10%)

- 국내 철도차량 시장은 고속철도 시장의 포화로 시장 확장에 어려움이 있으나 노후 전동차 교체 시기에 도래하여 신규 전동차 수주 물량이 큰 폭으로 확대될 것으로 예측됨.
- 향후 5년간 국내 차량 발주계획을 보면 고속차량이 총 192량, 7,089억원, 일반차량이 총 523량, 14,066억원, 전동차는 총 2,851량, 44,169억원으로 예상됨. 이중 전동차 수요가 가장 큰 전동차의 경우, 교체가 2,636량으로 가장 크며 신규는 203량, 보강 12량으로 대부분 노후 전동차 교체 수요가 큰 폭을 차지함.

(차량 발주시점 기준, 단위 : 량, 억원)

운영 기관	차종	세부차종	구매 구분	운영노선	총사업비		합계(5년간)		2018년		2019년		2020년		2021년		2022년					
					사업비	단기	발주량수	금액	발주량수	금액	발주량수	금액	발주량수	금액	발주량수	금액	발주량수	금액				
합계					71,425	12.3	5,908	58,062	1,468	3,782	1,276	7,805	810	12,415	1,341	18,911	913	15,149				
					고속	소계	7,089	36.9	192	7,089	192	708	0	708	0	708	0	4,965	0	0	0	
						교체																
						신규																
						보강	7,089	36.9	192	7,089	192	708	0	708	0	708	0	4,965	0	0	0	
					중고속	소계	3,648	32	114	3,648	72	345	42	479	0	479	0	1,403	0	942		
						교체																
						신규	3,648	32	114	3,648	72	345	42	479	0	479	0	1,403	0	942		
						보강																
					일반	소계	14,066	26.9	523	12,201	190	627	219	1,321	14	1,637	48	3,493	52	5,122		
						교체	12,909	26.7	483	11,044	150	338	219	1,032	14	1,348	48	3,204	52	5,122		
						신규	1,157	28.9	40	1,157	40	289	0	289	0	289	0	289	0	0		
						보강																
					전동	소계	44,169	15.5	2,851	32,671	1,014	2,102	640	4,865	439	9,181	684	8,346	74	8,178		
						교체	38,928	14.8	2,636	28,632	916	1,602	562	3,502	400	8,173	684	7,465	74	7,890		
						신규	4,941	24.3	203	3,739	86	455	78	1,236	39	881	0	881	0	288		
보강	300	25	12	300		12	45	0	128	0	128	0	0	0	0							
화물	소계	2,453	1.2	2,128	2,453	0	0	375	432	357	410	609	704	787	907							
	교체	2,453	1.2	2,128	2,453	0	0	375	432	357	410	609	704	787	907							
	신규																					
	보강																					

※자료 인용: 철도차량, 2018. 1, 제14호

그림 2-2-5 국내 철도차량 시장규모

- 국내 철도차량 수출입 규모는 2017년 기준 수출 198백만달러, 수입 77백만달러로 산정됨. 수출 중 철도차량은 64,330천달러, 철도차량부품이 133,594천달러로 철도차량에 비하여 부품 수출 규모가 큰 편임. 무역 수지는 121백만달러 흑자임. 그러나 연도별 수출입 시장규모는 편차가 커 안정적인 시장 확대 노력이 요구됨.

(단위 : 백만달러)

구 분	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
수 출	729	786	367	402	699	458	198
수 입	179	126	249	162	119	85	77
무역수지	550	660	118	240	580	373	121

*자료 : KITA

그림 2-2-6 국내 철도차량산업 수출입 현황

(단위 : 천달러, %)

품목	구 분	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
철도 차량	수 출	289,095 (-26.7)	602,690 (108.5)	119,860 (-80.4)	220,725 (84.2)	391,901 (77.6)	280,984 (-28.3)	64,330 (-71.1)
	수 입	78,345 (155.5)	41,398 (-47.2)	99,948 (141.4)	20,938 (-79.1)	11,437 (-45.4)	8,497 (25.7)	5,394 (-36.5)
	수 지	210,750	561,292	19,911	199,787	380,464	272,487	58,936
철도 차량 부품	수 출	439,761 (76.0)	182,993 (-58.4)	246,718 (34.8)	181,086 (-26.6)	307,438 (69.8)	177,018 (-42.4)	133,594 (-24.5)
	수 입	100,665 (-12.7)	84,224 (-16.3)	148,687 (76.5)	141,198 (-5.0)	107,825 (-23.7)	76,735 (-28.8)	71,894 (-6.3)
	수 지	339,096	98,769	98,031	39,888	199,613	100,283	61,700

*자료 : KITA, ()는 전년 동기대비 증가율

그림 2-2-7 국내 철도차량 및 부품 수출입 현황

제3절 국내외 기술동향

1. 국외

- 철도차량의 과도한 차륜 마모 저감을 위한 조향시스템에 대한 연구가 오래 전부터 시작되어 왔음. 축상스프링 전후강성을 유연하게 하여 곡선구간 통과 시 원활한 곡선 주행을 도모하는 자기조향방식이나 링크를 적용하여 윤축을 곡률반경방향으로 정렬시키는 radial steering 조향 방식이 시도되고 있음
- 그러나 이와 같은 수동적인 방식의 조향장치로는 그 조향 효과에 한계가 있으며 다양한 주행 환경에 능동적으로 적응할 수 있는 능동조향시스템 개발 연구가 1990년대 초부터 활발히 진행되고 있음.

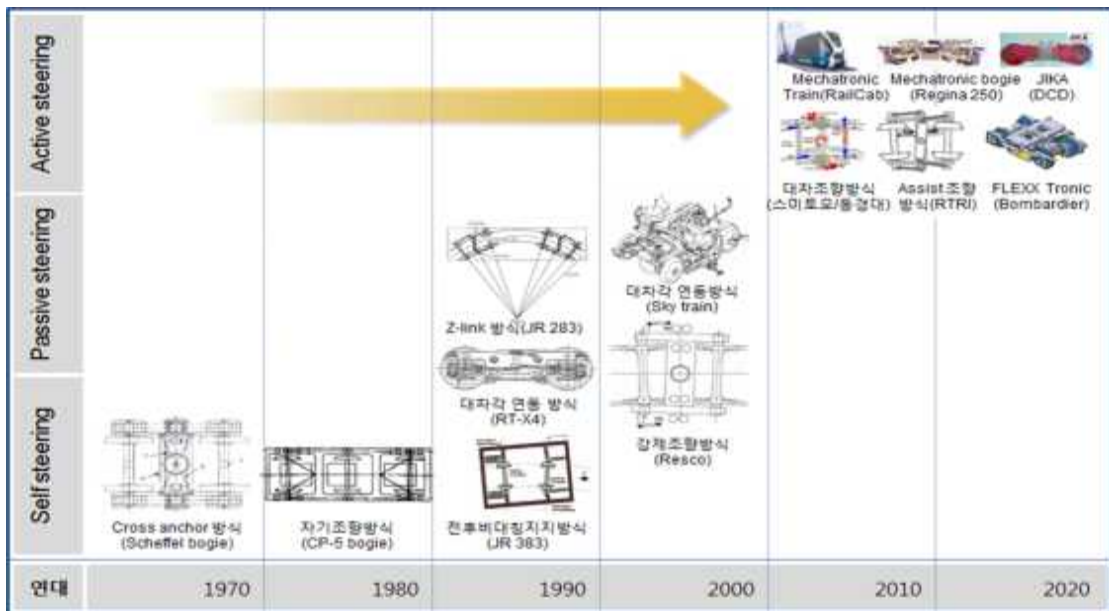


그림 2-3-1 철도차량용 조향기술 개발동향

- 최근 철도차량의 기술 추이는 Energy, Efficiency, Economy, Ecology의 ECO4 개념의 저에너지, 고효율, 저마모/저소음 Track-friendly 친환경 주행장치 기술 개발에 있으며 따라서 미래 철도차량 주행장치 원천기술 선점 차원에서 더욱 더 활발한 연구가 진행되고 있음. 조향대차는 수동형 대차와 능동형 대차 형식으로 개발되고 있다. 수동형은 자기조향방식을 적용하고 있으며 능동형은 능동 혹은 반능동 조향방식을 적용하고 있음.
- 자기조향방식은 액슬박스의 전후 지지강성을 유연하게 하여 곡선통과 성능을 도모하

고 링크구조의 안정성 향상 장치를 적용하여 고속주행 시 사행동 안정성을 도모하는 방식임. 비교적 단순한 구조 설계가 가능하나 1차현가계의 자기조향성능에 따라 조향성능이 좌우되므로 횡압 저감 효과에는 한계가 있음. 또한 차체와 대차간의 상대운동을 링크와 같은 기구학적 메커니즘을 이용하여 윤축을 곡률반경방향으로 정렬시키는 radial steering 조향 방식도 적용되고 있음

- 능동조향방식은 윤축을 액추에이터의 구동을 이용하여, 윤축의 공격각을 적절히 제어하는 방식으로 횡압 저감 효과가 가장 높지만, 제어장치 고장 시에는 역조향 동작을 할 가능성이 있으므로 실용화 시에는 fail-safe의 신뢰성을 확보해야 한다. 그러나 최근 fail-safe 극복, 신뢰성 확보로 능동형 주행장치를 적용한 철도차량이 개발 적용되고 있음. 국외 철도차량용 능동조향기술 개발 사례는 표 2-3-1과 같음.

표 2-3-1 국외 철도차량용 능동조향기술 개발 사례

기관명	보유 기술	기술 수준	TRL
Bombardier	능동조향기술 포함, 능동형 주행장치 통합 설계 기술 (WAKO system)	250km/h급 기존철도차량(Regina 250) 개발 SBB(59편성) 총 2조6천억원 규모 납품(2011)	TRL 9
DCD	기관차용 능동조향기술 (JIKA system)	기관차에 적용, 상용화 착수(2013)	TRL 9
Paderborn대학	Mechatronic train 기술	1/2.5 scale RailCab 시제 개발, 구내 시운전 단계	TRL 6
RTRI	Assist steering 기술	구내 시운전 단계	TRL 5
일본교통시스템부/스미토모/동경대	Active bogie steering 기술	주행시험대 시운전 단계	TRL 5
CRRC	Assist radial steering 기술	2018 Innotrans 실물 mock-up 출시	

- 봄바르디어는 저소음, 저마모, 에너지 소비 저감을 위한 친환경 주행장치로 최적의 운용조건을 제공하기 위한 능동조향, 능동현가, 틸팅시스템, 스마트 센서 기술 등이 모듈화 되어 집약된 미래 철도차량 원천핵심술인 Mechatronic Train 기술 개발을 선도하고 있음. 응용 목적에 따라 FLEXX Tronic(mechatronic technology), FLEXX Track(track condition monitoring), FLEXX Guide (bogie condition monitoring) 기술 형태로 개발되고 있음.
- 능동조향, 능동현가, 틸팅기술이 혼용된 능동형 철도차량기술(WAKO)이 적용된 TWINDEXX Express차량을 개발하여 2011년 상용화에 착수함. 2010년 6월 스위스연방철도(SBB)에 436량(59편성) 계약, 2018 영업운전을 개시 중임. 유압방식 조향구동부

를 대차 좌우측에 장착하여 조향각을 형성하는 메커니즘 적용. 조향각 구현에 한계, 구동부 스트로크, 부피가 증대하며 디스크 제동 시 문제 요인 잠재 등의 단점이 있음. 봄바르디어의 경제성 분석자료에 의하면 차륜 수명 최소 25%, 레일 수명 약 2.7 배 연장, 소음 4dB 저감, 2년내 초기 투자금 회수가 가능하다고 보고되고 있음.

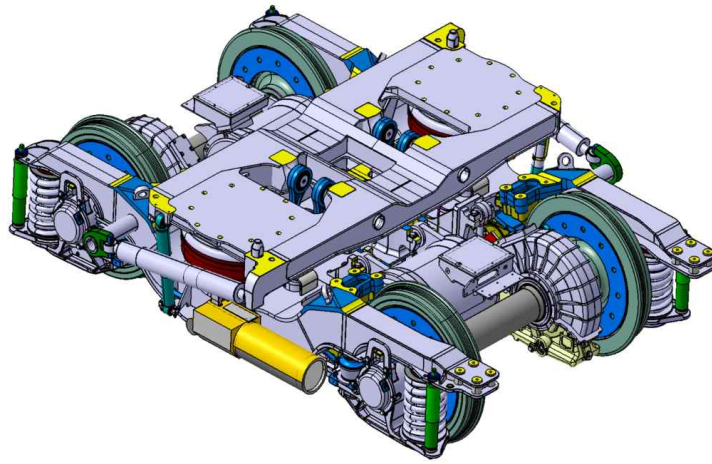


그림 2-3-2 봄바르디어 사 능동조향대차(ARS)

역동적 능동 스티어링장치, 전기수력학적 액추에이터를 통해 ARS는 종방향으로의 유연성을 확보하고 휠셋이 커브 주행 시 큰 복원력이 가해지지 않아도 커브 주행에 맞게 세팅 될 수 있게 함. (그림 제공: Bombardier)

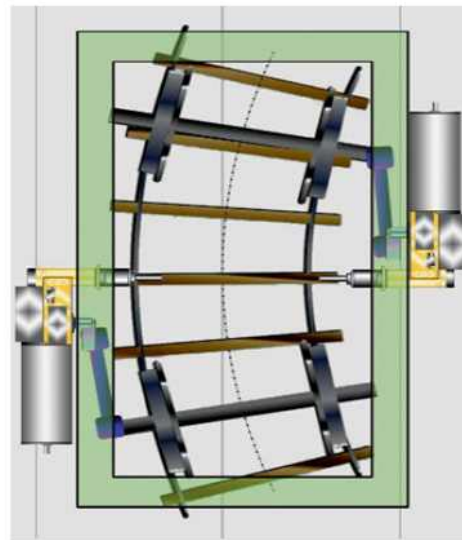
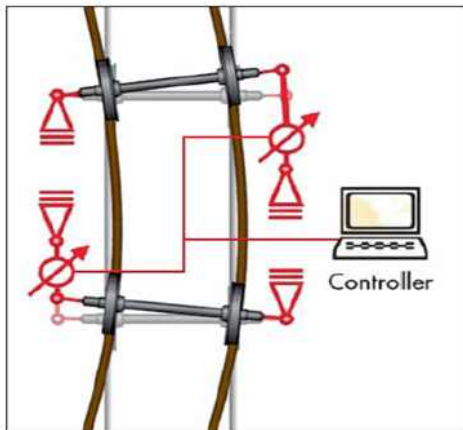


그림 2-3-3 봄바르디어사 조향메커니즘

- 남아프리카공화국의 DCD Rolling Stock에서는 2013년 10월 Nasrec Expo Centre에서 유압구동 조향시스템이 장착된 기관차를 출시하였음. JIKA PHS system이라고 명명된 이 유압식 조향시스템은 기존의 기계적인 링크타입의 조향장치를 대체하기 위한 목적으로 개발됨. 궤도 유지보수 비용을 60%까지 저감하고 에너지 소비도 3%까지 저

감시킴. 2013년 8월 시행한 기관차를 대상으로 한 현차적용시험 결과, 기관차의 차륜 수명이 기존 351,000km 에서 1,600,000km로 4.6배 정도 연장되었다고 발표하였음.

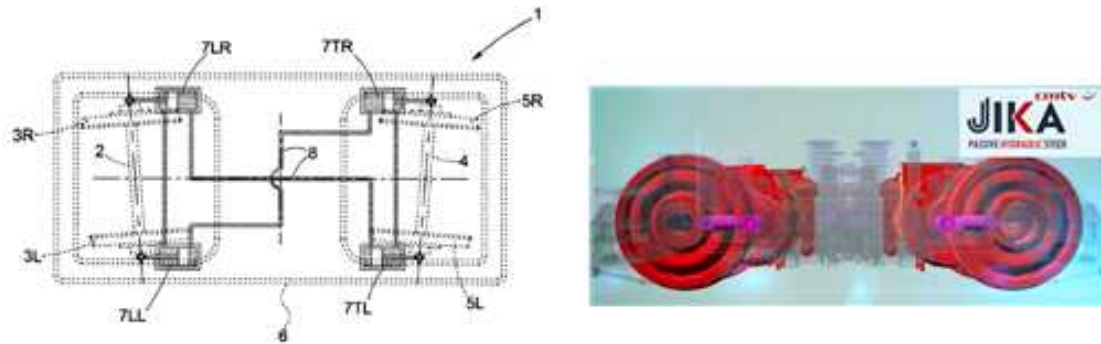


그림 2-3-4 JIKA 메커니즘

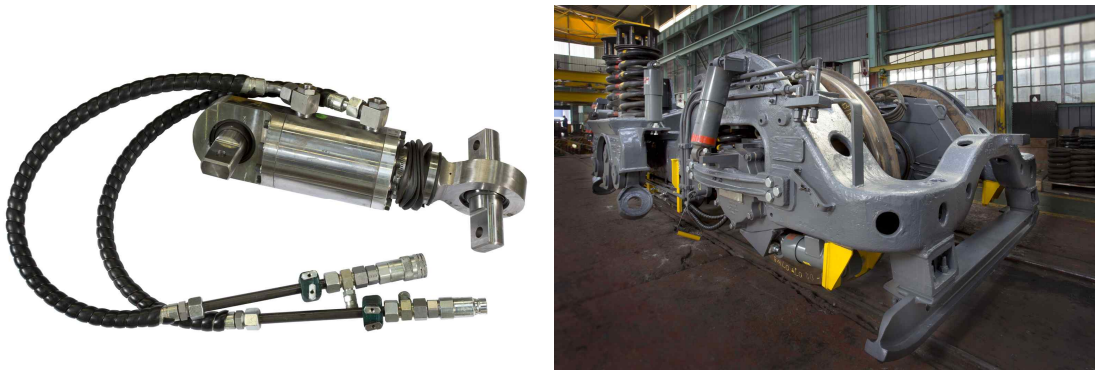


그림 2-3-5 JIKA 액추에이터와 조향시스템이 적용된 대차

DCD Rolling Stock launches new bogie steering solution

Published: Mon, 2013-12-16 11:44
New cost effective solution

DCD Rolling Stock has developed an ergonomic, cost effective solution for bogie steering - the patented Jika PHS (passive hydraulic steering) system – which serves as an alternative to the current mechanical linkage system for locomotives. The innovative system reduces wheel and track wear by 80% and the energy consumption of a locomotive by 3% and is set to significantly reduce operating and maintenance costs for rail as well as track maintenance operators.

Jika PHS is currently being trialled and we endeavour to provide regular updates of test results and progress on this website. We welcome any feedback or comments.

DCD Rolling Stock is a division of R3 billion international manufacturing and engineering company DCD Group, and has established itself as a supplier of locomotives, wagons, bogies and related equipment to local and international railways, mining and industrial operations.

그림 2-3-6 JIKA 조향시스템 출시 기사

- 일본은 능동조향기술에 대한 연구가 활발함. 기존의 대차각 연동 유도조향대차는 대차 구조가 복잡해지고, 대차 제작비용과 유지보수 비용, 대차 중량이 증가하는 단점이 있음. 이러한 점을 고려하여 대차 구조를 복잡하게 하지 않는 동시에 fail-safe를 고려한 조향시스템이 개발됨.
- 볼스타레스 대차에 조향기능을 추가하는 방식으로, 윤축 자체가 가진 자기조향기능을 보완하여 곡선통과 성능을 향상시키는 방식으로 어시스트 조향시스템이라 정의함. 만일 역조향된 경우에도 안전성 확보가 가능한 범위로 조향력의 상한을 제한하여 조향 제어의 fail-safe를 유지할 수 있음.
- 어시스트 조향시스템의 설계는 대차의 기계적인 구조와 제어 기기류가 최대한 간단해지는 구성으로 개발됨. 볼스타레스 대차에 조향 선회력을 추가하는 것에 대하여 대차프레임/액슬박스 사이에 공압 조향액추에이터를 장착하여 윤축에 조향력을 가하여 윤축 간 상대각을 곡선반경의 중심 방향으로 발생시키는 방법을 적용함. 이 시스템에서 모노링크는 제어계의 fail이나 고무벨로즈의 손상 시에 액슬박스의 전후 지지강성을 확보하기 위하여 모노링크와 액추에이터를 병렬로 스프링을 설치함



그림 2-3-7 일본 어시스트 조향 시제대차

- 어시스트 액추에이터는 공기압방식이며 이를 내장한 모노링크의 내부구조는 액추에이터 비동작 시나 제어기 fail 시에 미리 압축한 스프링의 작용으로 모노링크와 동등한 액슬박스 전후 지지강성을 가지고 있어서 대차 주행안정성에 영향을 미치지 않음. 액추에이터를 동작시킬 때에는 사전에 압축한 스프링을 더욱 압축시켜 전체 길이를 변화시키는 방법으로 사전 압축스프링은 액추에이터의 발생력의 손실이 되기도 하지만, fail-safe의 관점에서 적절한 구성이라 할 수 있음. 어시스트 조향제어 방식을 적용한 조향대차 시제에 대한 성능시험이 일본 철도총연 구내 시험선에서 실시되

었다. 실험 결과, 평균 횡압으로 비교한 경우, 비제어에 비하여 조향 제어 시 약 30%의 횡압 저감 효과가 보고되고 있음

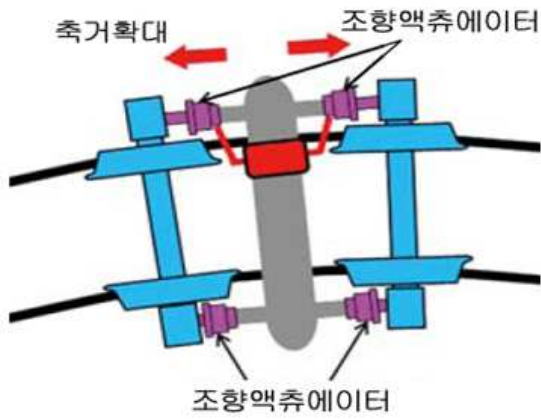


그림 2-3-8 어시스트 조향메커니즘

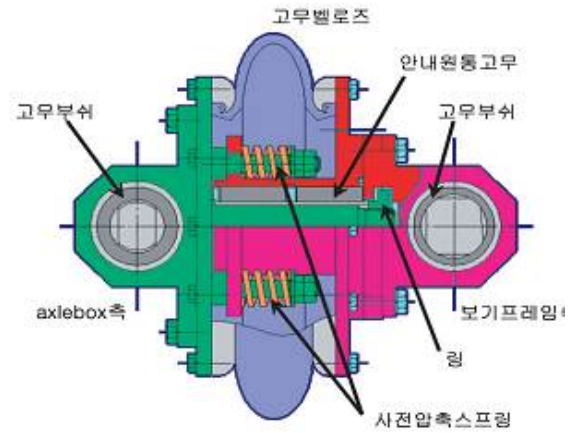


그림 2-3-9 어시스트 액츄에이터 구조

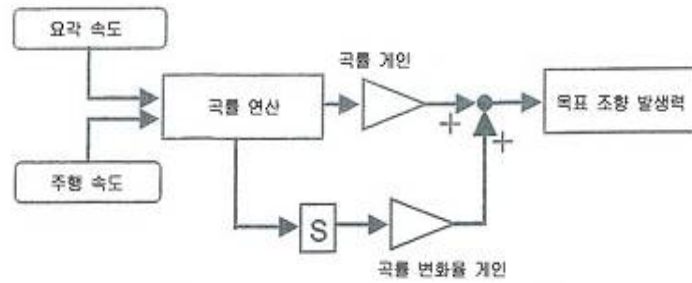


그림 2-3-10 어시스트 조향제어 블록선도



그림 2-3-11 어시스트 조향시스템 적용 시험차

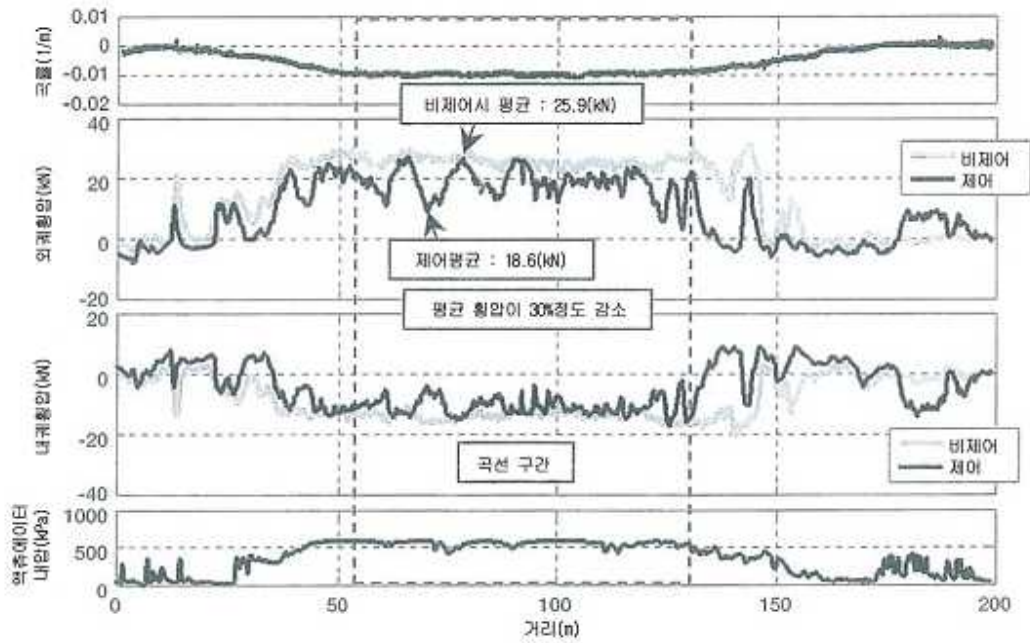


그림 2-3-12 어시스트 조향대차 주행시험 결과

- 어시스트 조향에 따른 곡선구간 주행 스킬음은 조향제어를 통해 음압레벨에서 최대 5dB 정도 저감되는 효과가 확인됨. 차륜마모 저감 효과를 분석하기 위하여 시뮬레이션 해석결과, 곡선통과 중에 차륜 플랜지 부근의 접촉이 일어나지 않기 때문에 그 부분의 마모가 저감되는 것으로 예측됨. 차량의 운동에너지 변화로부터 환산된 주행저항에 관해서도, 반경 100m인 곡선통과에 따른 에너지 소비가 20% 정도 개선된 결과가 예상됨. 그러나 공압 조향구동부 적용으로 조향각 구현에 한계, 구동부 스트로크, 부피가 증대하며 디스크 제동 시 문제 요인 잠재 등의 단점이 있음

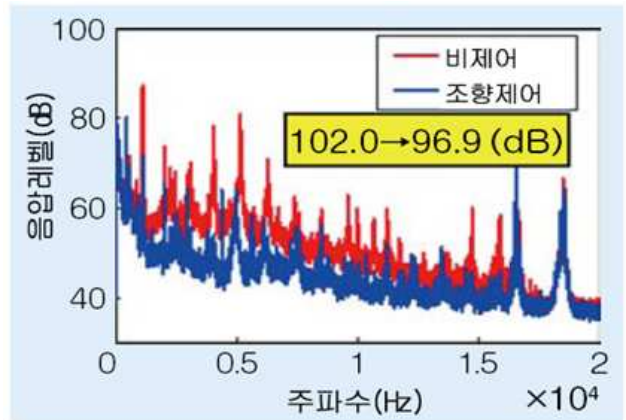


그림 2-3-13 어시스트 조향대차 소음 시험결과

- 본 시제대차는 향후 고속주행 시험과 영업선에 적합한 조향시스템 사양에 대한 검토를 거쳐 실용화를 추진할 예정임.

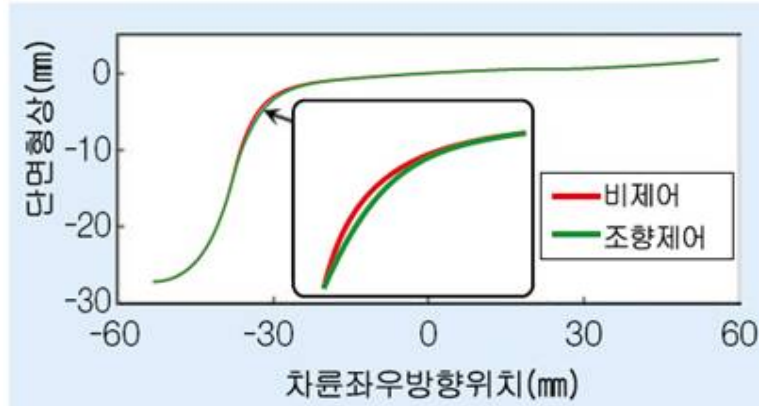


그림 2-3-14 어시스트 조향대차 차륜마모 해석결과

- 이와 같이 능동조향기술은 기존 차량의 성능 한계를 극복하기 위한 미래 능동형 철도차량 원천기술로 교통수단의 지능화 추세, 미래 철도차량시장 선점 차원에서 철도 선진국들에선 치열한 기술 개발에 진력하고 있음.

2. 국내

- 한국철도기술연구원은 기존 철도차량의 과도한 차륜, 레일의 마모, 분진 및 소음 발생 등의 문제점을 근원적으로 해결하기 위한 철도차량용 능동조향 원천기술을 국토교통부 국가R&D사업으로 개발하였음.
- TRL 6수준의 능동조향 핵심원천기술과 고유모델을 개발하였으며 세계 최초로 전동차용 능동조향대차를 개발하여 영업선 성능시험을 거쳐 세계 최고 수준의 조향성능을 검증하였음. 주요 내용은 표 2-3-2와 같음.

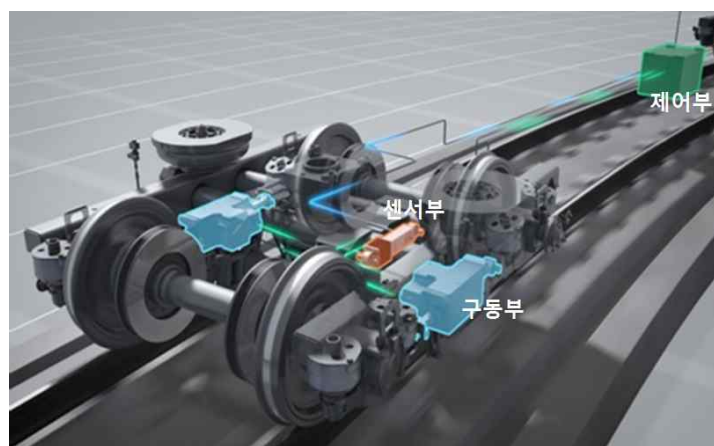
표 2-3-2 철도차량용 능동조향대차 기술개발 개요

구분	내 용
과제명	○ 국토교통부 국가R&D “차륜/레일의 마모 저감을 위한 능동조향대차 기술 개발” - 주관연구기관: 철도연, 공동연구기관: 오성기공, 제이모션, 서울교통공사 - 기간: 2013.12 ~ 2018.12
연구성과	○ 차륜 마모, 소음 저감을 위한 철도차량용 능동조향대차 고유모델 개발 및 원천기술 확보(세계 3번째, TRL6) - 실용성이 우수한 곡선부 곡률반경 실시간 추정기술 개발 - 소형, 고추력 Electro-mechanical 형식 조향구동부 개발 - 실시간 곡률반경 추정 능동조향 제어기술 개발 - 철도차량용 능동조향시스템 고유모델 개발

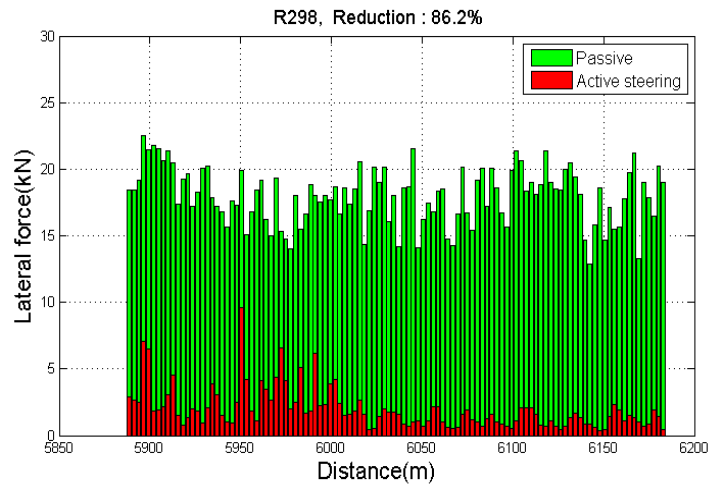
- 조향각 구현이 우수한 조향 메커니즘 적용 능동조향 시제대차 개발
- 능동조향 시제대차 전동차 적용 시운전 열차 편성 및 영업선 성능시험 완료 (도시철도차량으로는 세계 최초)
- 세계 최고수준의 조향성능: 조향각 0.5deg, 횡압 80% 저감, 소음 4.4dB 저감
- 2018 철도10대기술 선정: “차륜 마모, 소음 저감을 위한 도시철도차량용 능동 조향대차”
- 신기술(NET) 인증: “차륜 마모 및 소음 저감을 위한 전동차량용 능동조향대차 기술”
- 2019 올해의 10대 기계기술 선정: “철도차량 마모, 분진, 소음 저감을 위한 도시철도차량용 능동조향대차 기술”
- 지적재산권 확보
 - 논문: 게재 9건(SCI 3건 포함), 발표 25건
 - 특허: 등록 10건(PCT 1건 포함), 출원:4건
- 기술이전: 3건(기술료 1.95억원)



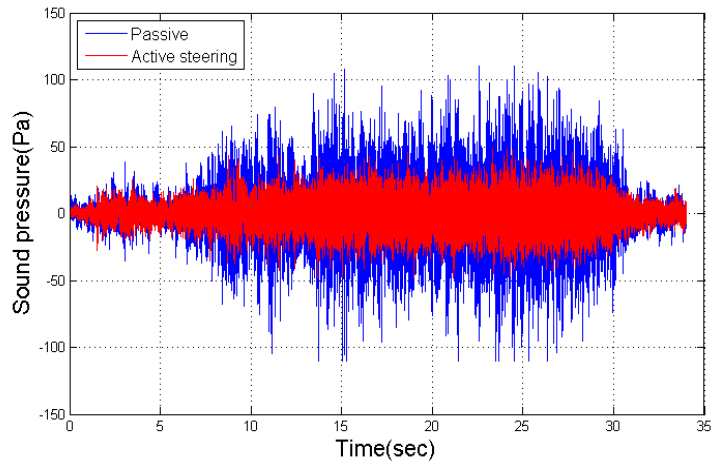
(능동조향대차 시제)



(철도연 능동조향대차 기술)



(차륜 횡압 저감 성능)



(차륜 소음 저감 성능)

제4절 특허 분석

1. 분석 개요

- 급곡선 철도차량 핵심기술인 능동조향시스템 기술에 대한 특허출원 동향을 파악하고 핵심특허 도출에 필요한 대응방안을 검토하여 독자기술 확보 및 보호에 기여하기 위하여 특허 분석을 수행함. 특허 분석 전략으로는 그림 2-4-1과 같이 장벽특허에 대한 분석 및 대응전략 수립, 신규 IP 창출, 선행특허분석에 의한 설계반영 기술 제시의 관점에서 특허를 분석함.

순위	항목	상세 내용
1	장벽 특허에 대한 대응전략수립	핵심특허 선정(장벽특허+R&D 참고특허)
		장벽 특허 심층 분석 및 경쟁사(현대로템) 특허 심층 분석
		장벽 특허별 회피 설계, 비침해 논리 개발, 무효화 검토 등 대응 전략 수립
2	신규 IP 창출	회피설계 및 아이디어 도출에 의한 신규특허 발굴
		POWER 기법 적용
3	선행특허분석에 의한 설계반영 기술제시 (특허분석에 의한 벤치마킹)	자유실시기술을 중심으로 설계 참조 파라미터 도출
		선진사 특허분석을 통한 향후 R&D 방향 설정

그림 2-4-1 특허분석 전략

2. 분석 범위

- 특허분석에서는 연구성과의 파급효과 및 연구의 필요성을 고려하여 선택된 중분류 기술 분야를 특허분석대상으로 하였으며, 출원공개 및 출원 등록된 한국, 일본, 미국 및 유럽 공개 특허, 등록 특허, 공개 실용신안, 등록 실용신안을 분석 대상으로 함.¹⁾

1) ※ 한국, 미국, 일본, 유럽 특허: 출원일 기준으로 분석하며, 일반적으로 특허출원 후 18개월이 경과된 때에 출원 관련정보를 대중에게 공개하고 있음. 따라서 아직 미공개 상태의 데이터가 존재하는 2012.07~2014년 자료는 유효하지 않으므로 정량분석은 ~2012.06년까지 유효데이터로 분석함. 단, 정성분석에는 가장 최근 특허자료까지 포함하여 분석함

표 2-4-1 특허 검색 DB 및 검색범위

자료 구분	국 가	검색 DB	분석구간	검색범위
공개.등록특허 (공개.등록일 기준)	한국특허 (KR)	WIPSON	1979.07.12 ~ 2014.03. 까지 공개 및 DB에 등록된 문헌	특허 공개 및 등록 실용신안 공개 및 등록 전체 문서
	미국특허 (US)	WIPSON	1976.01.06 ~ 2014.03. 까지 공개 및 DB에 등록된 문헌	특허 공개 및 등록 전체 문서
	일본특허 (JP)	WIPSON	1989.01.01 ~ 2014.03. 까지 공개 및 DB에 등록된 문헌	특허 공개(공표) 및 등록 실용신안 공개 및 등록 전체 문서
	유럽특허 (EP)	WIPSON	1978.12.20 ~ 2014.03. 까지 공개 및 DB에 등록된 문헌	특허 공개(공표) 및 등록 실용신안 공개 및 등록 전체 문서

※ 정량분석구간: 한국, 미국, 일본, 유럽 ~2012.07(출원기준)

※ 정성분석구간: 전체분석구간 대상 (~2014.3(검색일))

3. 분석 기준

가. 기술 분류

- 본 분석에서는 표 2-4-2의 제시 기술을 분석 대상으로 하여 동향분석(정량분석)을 실시하였으며, 상기 동향분석에서의 기술 분야와 심층 분석(정성분석)시의 기술 분야를 동일하게 적용함.

표 2-4-2 분석대상 기술분류

대분류	중분류	소분류
급곡선 차량시스템 기술 개발	A. 급곡선 능동 조향 시스템	AA. 조향 메커니즘
		AB. 액추에이터
		AC. 센서
		AD. 제어관련 하드웨어
		AE. 제어관련 소프트웨어
		AF. Fail safe
		AG. 기타 독립차륜
		AH. 축상스프링

표 2-4-3 분석대상 기술분류 기준

소분류	기술범위
AA. 조향 메커니즘	Solid Wheel 관련 능동조향을 위한 기계적인 메커니즘 및 링크 구조 기술
AB. 액추에이터	조향 액추에이터 설계 기술
AC. 센서	위치, 곡률반경 센서 설계 및 조향제어용 센서 응용 기술
AD. 제어관련 하드웨어	능동조향 제어를 위한 하드웨어(제어 용이성을 위한 구성요소 추가) 관련 기술
AE. 제어관련 소프트웨어	능동조향 제어방법 및 알고리즘, 제어시스템 기술
AF. Fail safe	능동조향 운행 시스템 Fail-safe 기술
AG. 기타 독립차륜	Rigid wheel set이 아닌 독립차륜 등에 대한 메커니즘, 센서, 액추에이터, 제어 등 기술
AH. 축상스프링	액슬박스를 지지하는 축상스프링 관련 기술

나. 검색식 도출 및 검색결과

○ 핵심 키워드 도출

- 능동조향시스템 요소기술을 기초로 키워드를 도출하였으며 핵심 키워드는 표 2-4-4와 같음. 소분류에 따라 확인된 IPC 및 UPC 분류와 수정된 키워드 초안을 바탕으로 가검색한 특허에 대한 screening 결과 확인한 유효특허의 IPC 및 UPC 분류 정보 수집을 통하여 표 4-1-5와 같은 최종 IPC 분류를 한정함.

표 2-4-4 핵심 키워드

키워드군	키워드군(핵심 키워드)	
능동조향	국문	능동조향* 능동조타* 능동스티어링* (능동* adj2 (조향* 조타* 스티어링* 주행*)) ((곡선* 윤축* 선회* 횡방향*) near5 (조향* 조타* 주행* 이동* 통과* 제어*))
	영문	(active* adj3 steer*) ((curv* wheelset* (wheel adj set) swivel* rotation* circl* slew* transversal) near5 (steer* movement pass* control*))
축상스프링	국문	축상스프링* 액슬스프링* 축스프링* ((축상* 액슬* 액시얼* 차축*) adj3 (스프링 용수철* 지지* 서스펜션*))
	영문	((axial* axle*) adj (spring support* suspension*))
철도차량	국문	열차* 기차* 철도차량* 궤도차량* 트랙차량* 레일차량* ((궤도* 레일* 트랙* 철도*) adj2 (차량)) 모노레일* 트램* 대차* 보기* 기관차* 객차*
	영문	train railcar* ((rail railway railroad track*) adj (transit vehicle car)) monorail* tram* bogie* locomotive* coach*

표 2-4-5 최종 IPC 및 UPC 분류

분류	특허 분류 코드
IPC	B61* : 철도
	B60M* : 전기적 추진차량을 위한 전력공급선 또는 레일에 따른 장치(철도노선에 따르는 포인트제어 또는 안전장치)
	B60L* : 전기적 추진차량의 전기장치 또는 추진장치, 차량용 자기적 현가 또는 부양장치, 차량용 전기적 제동방식일반
	E01* : 도로, 철도 또는 교량의 건설
	E02* : 토사(土砂)의 이송(移送); 기초; 수공(水工)W
UPC	104* : railways
	105* : RAILWAY ROLLING STOCK
	D12 : TRANSPORTATION
	295* : RAILWAY WHEELS AND AXLES
	701* : DATA PROCESSING: VEHICLES, NAVIGATION, AND RELATIVE LOCATION

○ 검색식 도출 과정

- 특허 분석에 사용된 검색식은 도출된 키워드를 바탕으로 해당 기술 분류를 포함할 수 있는 가능한 넓은 범위의 기술이 검색되도록 검색식을 작성하였으며, 자문위원의 검토를 반영하여 최종 검색식을 완성함.

○ 특허 검색식 및 검색건수

- 기술 분류에 따른 최종 특허 검색식 및 검색건수는 표 2-4-6과 같음.

표 2-4-6 기술분류체계에 따른 최종 특허 검색식

소분류	검색식	검색건수				
		KR	JP	US	EP	합계
AA. 조향 메커니즘	▶(능동조향 and 철도차량).KEY. AND (IPC,UPC) ((능동조향* 능동조타* 능동스티어링* ((능동* 액티브*) adj2 (조향* 조타* 스티어링* 주행*)) ((곡선* 만곡* 윤축* 선회* 횡방향*) near3 (조향* 조타* 주행* 이동* 통과* 제어*)) 레이디얼스티어링* ((레이디얼* 레디얼*) adj2 (조향* 스티어링* 제어*)) (active* adj3 (steer* run*)) ((curv* wheelset* (wheel adj set) swivel* rotation* circl* slew* transversal) near3 (steer* movement pass* control*)) (radial* adj2 (steer* control*))) and (열차* 기차* 철도차량* 궤도차량* 트랙차량* 레일차량* ((궤	488	2,022	1,413	373	5,643
AB. 액추에이터						
AC. 센서						
AD. 제어관련 하드웨어						
AE.						

소분류	검색식	검색건수				
		KR	JP	US	EP	합계
제어관련 소프트웨어 AF. Fail safe AG. 기타 독립차륜	도* 레일* 트랙* 철도*) adj2 (차량) 기관차* 객차* 대차* 보기* train railcar* ((rail railway track*) adj (transit vehicle car)) locomotive* coach* bogie*).KEY.) and ((B61* E01B* B60L* B60M*).IPC. (104* 105* D12* 295* 701*).UC.)					
AH. 축상 스프링	▶축상스프링.KEY. and (철도차량).DSC. (축상스프링* 액슬스프링* 축스프링* ((축상* 액슬* 액시얼* 차축*) adj3 (스프링 용수철* 지지* 서스펜션*)) ((axial* axle*) adj (spring support* suspension*))).KEY. And (철도* 열차* 기차* 철도차량* 궤도차량* 트랙차량* 레일 차량* ((궤도* 레일* 트랙* 철도*) adj2 (차량)) 모노레일* 트램* 대차* 보기* 기관차* 객차* train railcar* ((rail railway railroad track*) adj (transit vehicle car)) monorail* tram* bogie* locomotive* coach*).DSC.	84	589	591	83	1,347
총합		572	2,611	2,004	456	6,990

다. 유효특허 선별 기준 및 결과

- 급곡선 차량 시스템 기술의 Raw-Data(표 2-4-7 참조)에 대한 유효특허 선별 기준을 표 4-1-7과 같이 마련하여 적용함

표 2-4-7 분석대상 노이즈 제거 기준

소분류	노이즈 제거 및 유효특허 추출 기준
AA. 조향 메커니즘	Solid Wheel 관련 능동조향을 위한 기계적인 메커니즘 및 링크 구조 기술
AB. 액추에이터	조향 액추에이터 설계 기술
AC. 센서	곡선 감지 및 곡률반경 추정방법은 센서로 분류 신규 파라미터 측정을 위한 센서 구비 및 해당 파라미터를 이용하는 제어관련 특허는 센서로 분류
AD. 제어관련 하드웨어	용이 제어를 위한 새로운 구성요소 추가 구비 특허는 제어 하드웨어로 분류
AE. 제어관련 소프트웨어	능동조향 제어방법 및 알고리즘, 제어시스템 기술
AF. Fail safe	마모 억제 구조 개선은 Fail-safe로 분류
AG. 기타 독립차륜	Rigid wheel set이 아닌 독립차륜 등에 대한 메커니즘, 센서, 액추에이터, 제어 등 기술

AH. 축상스프링	원추형 축상스프링을 유효특허로 분류함
-----------	----------------------

- 유효특허 선별 결과
- 급곡선 차량시스템 기술의 Raw-Data(표 2-4-6 참조)에 대한 유효특허 선별 결과는 각각 표 2-4-8과 같음..

표 2-4-8 급곡선 차량시스템의 유효특허 선별 결과

소분류	검색건수				
	KR	JP	US	EP	합계
AA. 조향 메커니즘	7	20	14	11	52
AB. 액추에이터	2	6	1	1	10
AC. 센서	2	4	1	2	9
AD. 제어관련 하드웨어	-	5	4	3	12
AE. 제어관련 소프트웨어	3	7	4	4	18
AF. Fail safe	-	7	-	-	7
AG. 기타 독립차륜	5	13	5	4	27
AH. 축상스프링	4	22	1	1	28
총 합	23	84	30	26	163

라. 분석 방법

- 본 분석에서는 양적인 통계를 의미하는 정량분석으로서 연도별 특허출원 동향분석과 각 기술의 다출원인을 분석하였으며 특허의 심층분석을 통하여 장벽특허 선정과 그 대응전략의 제시, 신규 IP 창출 및 유망 R&D 기술의 제시를 하였다.

○ 특허 동향분석

- 키워드 검색으로부터 추출 분류한 유효특허 163건에 대해서는 연도별 특허 출원 동향, 주요 출원인 동향, 주요 출원인의 역점분야 및 공백기술, 기술 성숙도 분석, 등의 정량적인 분석을 진행하였다. 이때, 능동조향시스템 내에서 AG. 기타 독립차륜 및 AH. 축상스프링은, 특허 DB 확보나 발명 보강의 Needs에서 기술분류 설계에는 포함되었으나, 특허 동향 확인의 경우 솔리드 윤축에 대한 능동조향 관련 특허로 한정하고자 AG. 기타 독립차륜 및 AH. 축상스프링의 특허는 정량 분석에서 제외하였다.

4. 능동 조향 시스템 분야의 특허동향

가. 연도별 특허 동향

- 출원연도별 특허동향을 살펴보면, 1990년 후반 활발한 출원이 이뤄지다가 최근 다시 출원이 증가하는 경향을 보임. 이는 제어기술 발달의 영향으로 파악됨. 일본이 45%로 최다 출원국으로 2000년대 중반 이후에 가장 활발히 출원이 이루어지고 있으며 미국의 경우 1990년대 중반 출원건수가 증가하다가 최근 다시 출원 건수가 증가하고 있는 것으로 나타남.

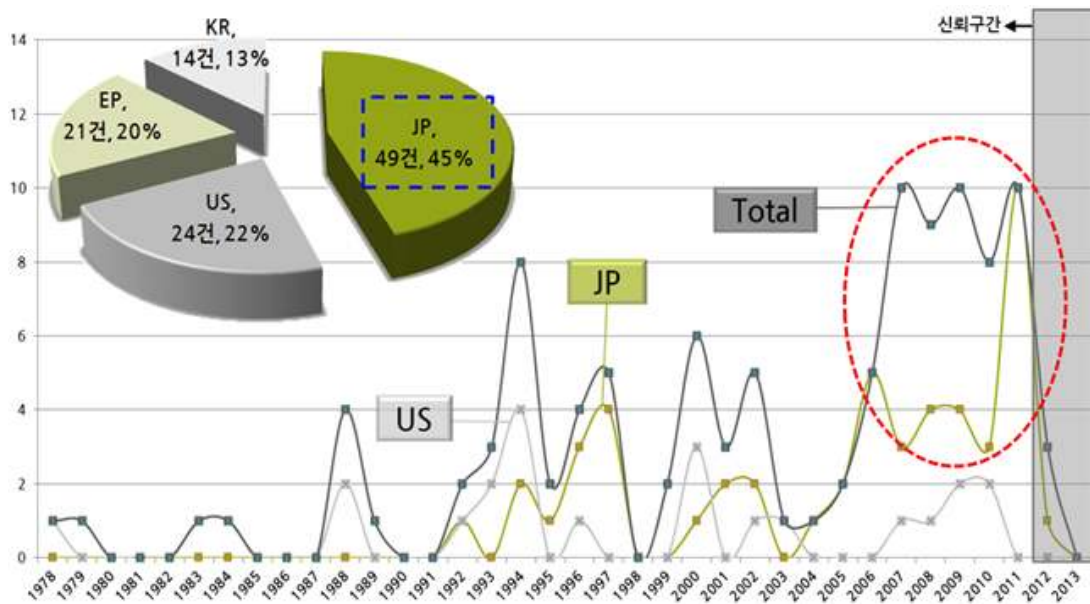


그림 2-4-2 연도별 국가 출원 동향

나. 주요 출원인 동향

- 최다 출원 기업은 Bombardier Transportation이 18건으로 1위이며, 다음으로 재단법인 철도총합기술연구소, Nippon Steel & Sumitomo Metal, 한국철도기술연구원, Mitsubishi중공업 순이었다. 한국철도기술연구원에서 최근 출원 건수가 급격히 증가하는 것은 기초연구 수행 및 국가연구개발사업 착수에 따른 것으로 분석됨.

표 2-4-9 기관별 출원건수

순위	출원인	국적	출원건수
1	Bombardier Transportation	독일(DE)	18
2	재단법인 철도 총합 기술 연구소	일본(JP)	17
3	Nippon Steel & Sumitomo Metal	일본(JP)	15
4	한국철도기술연구원	한국(KR)	10
5	Mitsubishi Heavy	일본(JP)	6
6	ABB Patent	독일(DE)	5
7	Alsthom	프랑스(FR)	5
8	DaimlerChrysler	독일(DE)	5
9	LIEBHERR-AEROSPACE LINDENBERG	독일(DE)	4
10	Siemens	독일(DE)	4

다. 주요 출원인의 역점분야 및 공백기술

- 그림 2-4-3와 같이 8대 주요 출원인별 역점 기술 분야를 살펴보면, 우선 다출원 1위인 독일의 Bombardier Transportation은 조향 메커니즘(AA), 제어관련 소프트웨어(AE) 관련 기술 분야에 많은 출원을 진행하고 있는 것을 나타냄.

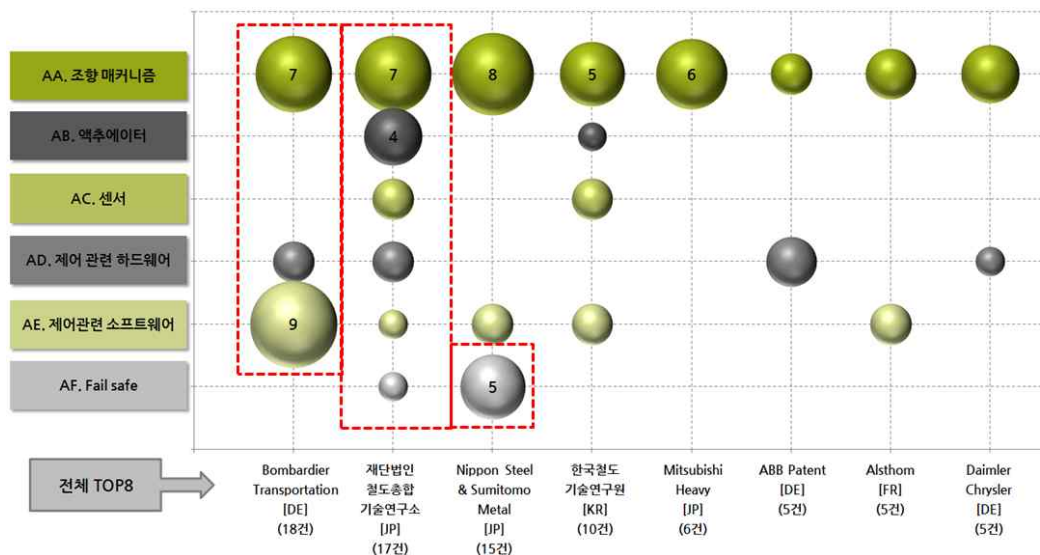


그림 2-4-3 주요 출원인의 역점 기술 분야

- 반면, 일본의 철도총합기술연구소는 조향메커니즘(AA), 액추에이터(AB), 센서(AC), 제어관련 하드웨어(AD), 제어관련 소프트웨어(AE), Fail safe(AF) 까지 다양한 기술 분야에 대해 많은 출원을 진행하고 있는 것으로 나타나 연구개발의 방향이 다양함을 확인할 수 있음. 한편, 일본의 Nippon Steel & Sumitomo Metal 社は BF. Fail safe 관련 기술에 다수의 출원건수일 보유하고 있는 것으로 분석됨.

라. 기술 성숙도 분석

- 그림 2-4-4과 같이 특허출원 동향으로 파악한 기술 성숙단계는 다섯 단계로 구분됨. 태동기는 신기술이 출현하여 특허건수와 출원인수의 증가가 미비한 단계이고, 성장기는 관련 시장규모(또는 기대 시장규모)의 확대에 따라 출원인의 수와 출원건수가 함께 증가하는 추세임.
- 성숙기는 시장이 성숙되어감에 따라 경쟁에서 살아남은 기업만이 연구개발 활동을 하여 출원인이 감소하며 출원건수가 정체되는 단계이고, 쇠퇴기는 시장 규모가 축소되면서 출원인과 출원건수가 모두 감소하는 추세임. 회복기는 일부 분야에서 나타나는 현상인데 새로운 모멘텀의 출현에 의하여 다시 연구개발 활동이 활발해지면서 출원건수와 출원인수가 다시 증가하고 있음.



그림 2-4-4 기술 성숙도 단계

- 그림 2-4-5는 한국, 일본, 미국, 유럽 전체 출원 동향으로 전 세계 기술 성숙도를 파악하기 위하여 1976년부터 2012년까지 5년 단위의 국가로 출원건수와 출원인 수의 변화를 나타냄. 전체적으로 출원인수와 출원건수가 증가하다가 2001년부터 2005년까지 일시적 감소하는 추이를 보이며, 최근 2000년 중반에 들어서 출원인수와 출원건수의 증가폭이 커지고 있는 것으로 보아 최근 발전기가 커지고 있다는 것으로 분석됨.

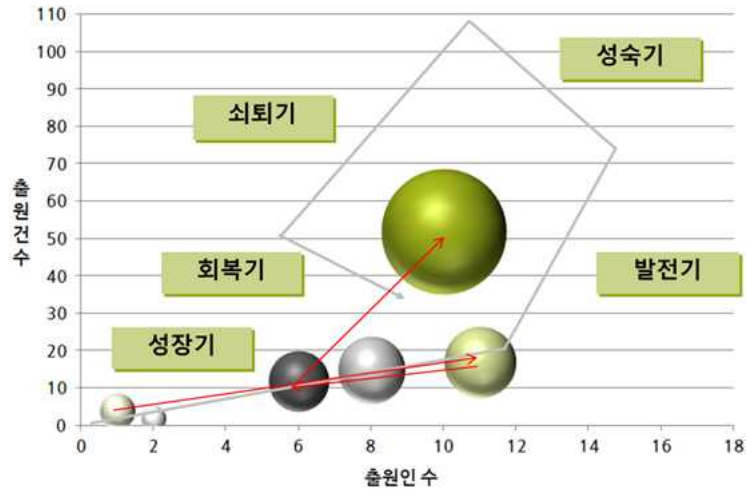


그림 2-4-5 기술 성숙도

마. 주요 경쟁사별 기술흐름 분석

○ Bombardier Transportation社

- 그림 2-4-6은 독일의 Bombardier Transportation社의 주요 특허 기술 흐름 분석 차트임. Bombardier Transportation社는 1978년부터 조향 메커니즘 관련 기술의 주요 특허를 다수 출원하고 있으며, 2006년에는 제어관련 소프트웨어 관련 기술의 주요 특허를 다수 출원하고 있음. Bombardier Transportation社는 Urban Transportation Development, ADtranz(ABB Henschel Lokomotiven, DaimlerChrysler Rail Systems), A.N.F와의 합병을 통하여 조향 메커니즘 관련 기술을 확보하였으며, 타 주요 경쟁사에 비해 기술개발이 빠른 것으로 확인됨.

표 2-4-10 Bombardier Transportation社의 주요특허 List

	Patent No.	Priority App.yr	Patentee	Title	Family	Citation	Category
1	EP 0007225 B1	1978	Urban Transportation Development	Articulated railway vehicle or truck carried on radial single wheel sets	8	-	AA. 조향 메커니즘
2	US 4519329 A	1983	A.N.F.	Bogie with orientable axles for railroad vehicles	3	4	AD. 제어관련 하드웨어
3	US 5375533 A	1991	ABB Henschel Lokomotiven	Running gear for rail vehicles with radial control of the wheelsets	4	2	AA. 조향 메커니즘
4	EP 1003660 B1	1998	DaimlerChrysler Rail Systems	RUNNING GEAR FOR RAIL VEHICLES	9	2	AA. 조향 메커니즘
5	US 6966266 B1	1999	Bombardier Transportation	Device for the radial control of a rail vehicle	6	3	AA. 조향 메커니즘
6	KR 0916439	2006	Bombardier Transportation	차량의 휠셋 또는 휠 세트의 능동 레이다일 제어 방법 및 장치	24	5(US)	AE. 제어관련 소프트웨어
7	JP 5221523	2006	Bombardier Transportation	궤도 차량의 능동 주행 기어 제어 방법	14	7	AE. 제어관련 소프트웨어

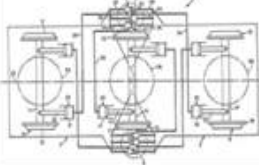
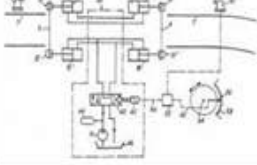
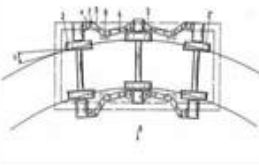
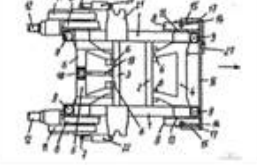
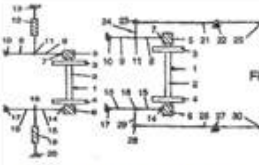
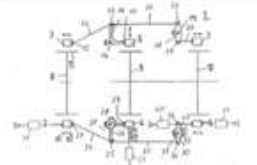
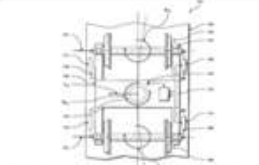
<p>~ 1990</p> <p>등록번호: EP 0007225 출원일: 1978.07.12 기술분류: AA, 조향 메커니즘</p>  <p>연접 몸체부 사이의 각도를 탐지하는 감지수단을 통하여 바퀴 안내</p>	<p>1991</p> <p>공개번호: US 4519329 출원일: 1983.07.25 기술분류: AD, 제어관련 하드웨어</p>  <p>차축의 각도를 수정하기 위한 스프링 (수압 잭 구성) 및 링크암(가변 길이)</p>	<p>1991</p> <p>공개번호: US 5375533 출원일: 1991.12.20 기술분류: AA, 조향 메커니즘</p>  <p>피봇은 주행기어프레임에 고정된 회동중 심보다 멀리 배치하여 윤축의 역모션 조정</p>	<p>1998</p> <p>등록번호: EP 1003660 출원일: 1998.06.13 기술분류: AA, 조향 메커니즘</p>  <p>휠 구동 쌍과 센서에 의해 결정된 값에 따라 비구동 바퀴들을 반경방향으로 안내</p>
<p>1999</p> <p>등록번호: US 6966266 출원일: 1999.11.25 기술분류: AA, 조향 메커니즘</p>  <p>몰드형 바퀴축 구동 로드를 통하여 radial control의 힘 감소</p>	<p>2006</p> <p>등록번호: KR 0916439 출원일: 2006.04.25 기술분류: AE, 제어관련 소프트웨어</p>  <p>제1의 주파수 범위와 제2의 주파수 범위의 중첩을 이용하여 능동 조향 제어</p>	<p>2006</p> <p>등록번호: JP 5221523 출원일: 2006.05.31 기술분류: AE, 제어관련 소프트웨어</p>  <p>미리 설정된 보정인자를 사용한 목표치를 사용하여 능동 조향 제어</p>	<p>특허 Portfolio</p> <p>•Bombardier Transportation는 Urban Transportation Development, ABB Henschel Lokomotiven, DaimlerChrysler Rail Systems, A.N.F와의 합병을 통하여 조향 메커니즘 및 제어 관련 소프트웨어 관련 기술의 특허에 대해 각국 출원을 보유하고 있음</p>

그림 2-4-6 독일의 Bombardier Transportation社의 주요특허 특허 기술 흐름 분석

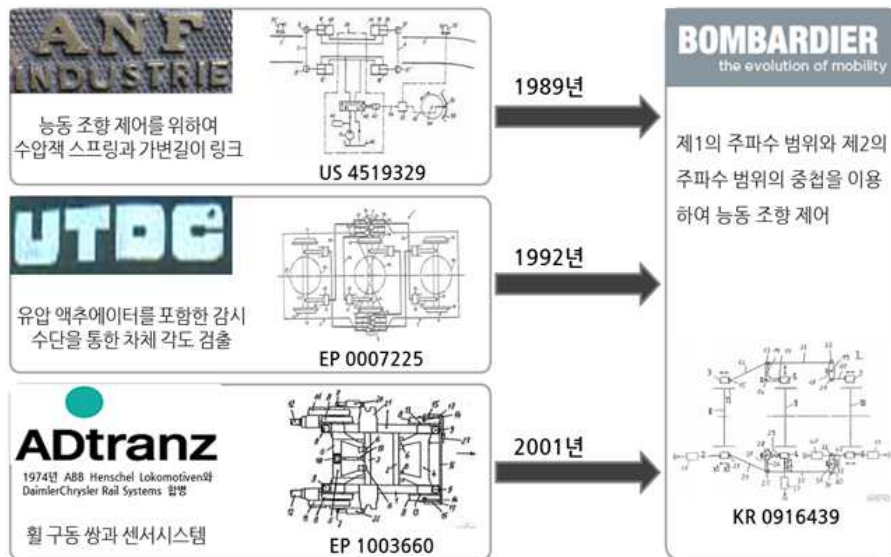


그림 2-4-7 독일의 Bombardier Transportation社의 대표기술

- 재단법인 철도총합기술연구소
- 그림 2-4-8은 일본의 재단법인 철도총합기술연구소의 주요 특허 기술 흐름 분석 차트로서, 2000년대부터 유지관리, 조향메커니즘, 제어관련 소프트웨어, 액추에이터, 센서, 제어관련 소프트웨어 등 다양한 기술에 대해 주요 특허를 출원하고 있음. 한편, 2000년 중반은 능동조향 메커니즘 관련 주요 특허를 출원하였으며, 2000년 후반에는

제어 관련 하드웨어 및 소프트웨어 관련 주요 특허를 출원하고 있음. 이는 능동조향 메커니즘 개발 이후 메커니즘 구현을 위한 제어관련 하드웨어 및 소프트웨어 개발 연구가 이루어지는 것으로 판단된다. 주요 특허임에도 불구하고 자국 출원만 진행을 하고 있으며, 해외특허출원에는 소극적인 것으로 분석됨.

표 2-4-11 일본 철도총합기술연구소의 주요특허 List

	Patent No.	Priority App.yr	Patentee	Title	Family	Citation	Category
1	JP 4160741	2001	재단법인 철도 종합 기술 연구소	대차 조타식 철도차량	-	3	AF. Fail safe
2	JP 4283141	2004	재단법인 철도 종합 기술 연구소	철도차량 용어시스트 조타 대차	-	6	AA. 조향 메커니즘
3	JP 4808507	2006	재단법인 철도 종합 기술 연구소	철도차량 용축 상자 어시스트 조타 대차	-	5	AA. 조향 메커니즘
4	JP 5254058	2009	재단법인 철도 종합 기술 연구소	축 상자 지지 장치	-	3	AD. 제어관련 하드웨어
5	JP 2012-245959	2011	재단법인 철도 종합 기술 연구소	어시스트 보기가각 조타 대차용 액추에이터	-	-	AB. 액추에이터
6	JP 2013-006453	2011	재단법인 철도 종합 기술 연구소	볼스터리스 대차용 보기가각 검출 기구 볼스터리스 대차용 보기가각 연동 공기압 밸브 시스템 및 볼스터리스 대차용 보기가각 연동 어시스트 조타 시스템	-	-	AC. 센서
7	JP 2012-166733	2011	재단법인 철도 종합 기술 연구소	철도 차량 주행시의 횡압을 감소시키는 액추에이터의 동작 신호 생성 방법 및 그 장치	-	-	AE. 제어관련 소프트웨어

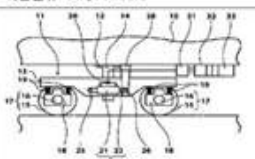
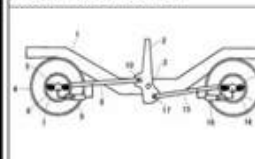
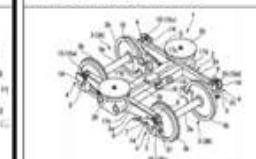
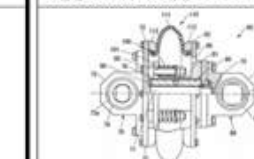
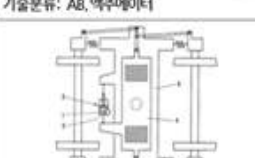


~ 2005		2006 ~ 2010	
<p>등록번호: JP 4160741 출원일: 2001.08.17 기술분류: AF, Fail safe</p>  <p>공기압액추에이터, 대차와 차체 사이의 회동각 or 각속도 검지 센서를 통하여 간단한 구조의 Fail safe 실현</p>	<p>등록번호: JP 4283141 출원일: 2004.03.17 기술분류: AA, 조향 메커니즘</p>  <p>패시브 조향 링크와 병렬로 액추에이터를 설치하여 곡률 전회점에서의 횡압 감소 효과 도모</p>	<p>등록번호: JP 4837422 출원일: 2006.03.31 기술분류: AA, 조향 메커니즘</p>  <p>축 상자를 지지하는 제1, 제2의 탄성 결합부, 공기 액추에이터 작동에 의한 압축 공기 공급경로의 밸브를 제어하는 제어장치</p>	<p>등록번호: JP 5254058 출원일: 2009.01.20 기술분류: AD, 제어관련 하드웨어</p>  <p>역조향 지령시 횡압 증가를 방지하기 위하여, 공기스프링에 공급하는 내압을 제한할</p>
<p>2011</p>			<p>특허 Portfolio</p> <ul style="list-style-type: none"> · 재단법인 철도 종합 기술 연구소는 2000년대부터 유지관리, 조향 메커니즘, 제어관련 소프트웨어, 액추에이터, 센서, 제어관련 소프트웨어 등 다양한 기술에 대해 주요 특허를 출원함 · 능동 조향 메커니즘 개발 이후 메커니즘 구현을 위한 제어관련 하드웨어 및 소프트웨어 개발이 이루어지는 것을 판단됨
<p>공개번호: JP 2012-245959 출원일: 2011.05.31 기술분류: AB, 액추에이터</p>  <p>유압 회로 제어용 스톱 밸브를 결합한 유압 회로와 이 유압 회로를 구동하는 펌프를 일체화한 액추에이터</p>	<p>공개번호: JP 2013-006453 출원일: 2011.06.22 기술분류: AC, 센서</p>  <p>차체-대차사이의 보기 모뎀을 검지하기 위하여 신속가능한 등속 조인트 기구 구비</p>	<p>공개번호: JP 2012-166733 출원일: 2011.02.16 기술분류: AE, 제어관련 소프트웨어</p>  <p>차량 주행제어장치가 횡압을 최소화 되도록 액추에이터의 동작 신호를 계산하여 운속 또는 대차에 요잉각도 부여</p>	

그림 2-4-8 일본 철도총합기술연구소의 주요특허 기술 흐름 분석

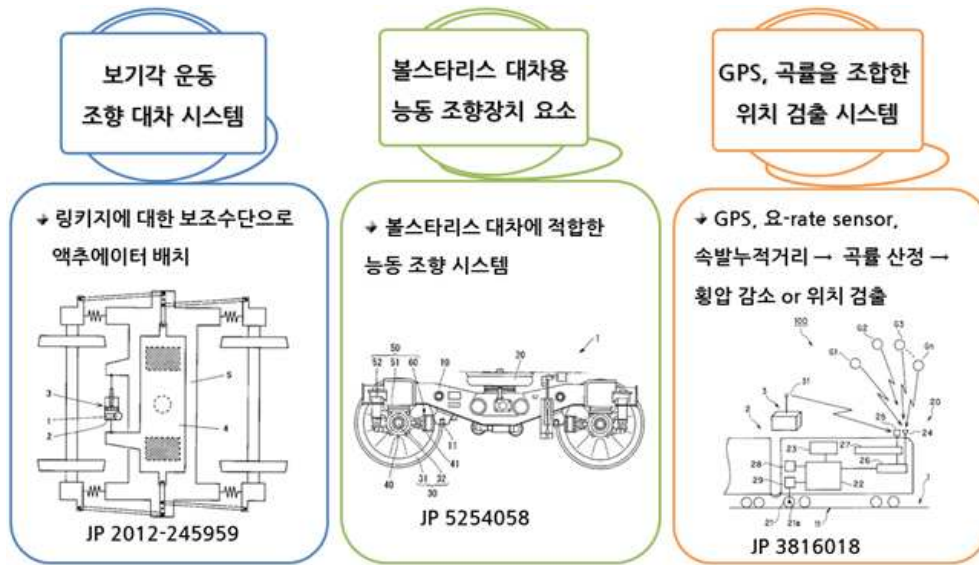


그림 2-4-9 일본의 재단법인 철도융합기술연구소의 대표기술

- Nippon Steel & Sumitomo Metal社
- 그림 2-4-10은 일본 Nippon Steel & Sumitomo Metal 社의 주요 특허 기술 흐름 분석 차트로서 1995년부터 조향메커니즘, 제어관련 소프트웨어, fail-safe 등 다양한 기술에 대해 주요 특허를 출원하였으며, 이는 Nippon Steel과 Sumitomo Metal의 합병의 영향을 받은 것으로 판단됨.
- 최근 출원된 Fail-safe 관련 기술은 스톱퍼를 필수 구성요소로 구비하고 있는 것으로 확인되며, 스톱퍼 관련 기술 개발 후 능동조향시스템에 적용한 것으로 사료됨. Nippon Steel & Sumitomo Metal은 해외 특허출원은 비교적 소극적이나, 해외 출원 시에는 미국, 유럽, 한국, 중국에 우선적으로 출원하고 있음.

표 2-4-12 일본 Nippon Steel & Sumitomo Metal의 주요특허 List

	Patent No.	Priority App.yr	Patentee	Title	Family	Citation	Category
1	JP 3536869	1995	SUMITOMO METAL	철도차량용 조타 대차의 이상 해소 방법	-	5	AF. 유지관리
2	JP 4788955	2004	SUMITOMO METAL	철도차량에 있어서의 조타용 액추에이터의 제어 방법	-	8	AE. 제어관련 소프트웨어
3	JP 5187311	2008	NIPPON STEEL	철도차량용 조타 대차, 철도차량 및 연결 차량	10	13(US)	AA. 조향 메커니즘
4	JP 2010-058650	2008	NIPPON STEEL	철도 차량용 조타 대차 및 철도 차량, 연결 차량	-	-	AA. 조향 메커니즘
5	JP 2013-023093	2011	NIPPON STEEL	철도 차량용 조타 대차	-	-	AA. 조향 메커니즘
6	JP 2013-023094	2011	NIPPON STEEL	철도 차량용 조타 대차	-	4	AF. 유지관리
7	JP 2013-126834	2011	NIPPON STEEL	철도 차량용 조타 대차	-	3	AF. 유지관리

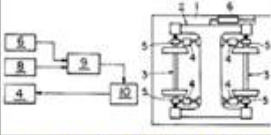

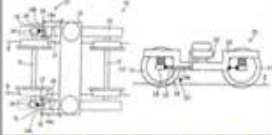
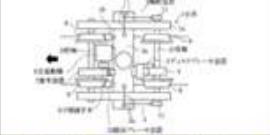
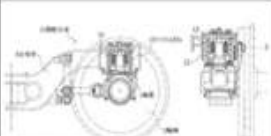
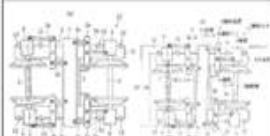
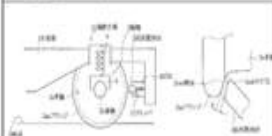
~ 2000		2008	
<p>등록번호: JP 3536869 출원일: 1995.04.18 기술분류: AF, Fail safe</p>  <p>보기 모서리 검출 센서+조타 동작 방향 검지 센서—이상 진단 회로 입력—비교—이상 진단시 제어장치 입력—연산—조타력 발생기구 출력</p>	<p>등록번호: JP 4788955 출원일: 1997.03.17 기술분류: AE, 제어관련 소프트웨어</p>  <p>액추에이터에 대해 곡률 속도, 보기 각 속도 또는 액추에이터의 스트로크 속도를 로부터 산출되는 마찰 저항 보상을 사용하여 액추에이터 제어</p>	<p>등록번호: JP 5187311 출원일: 2008.09.17 기술분류: AA, 조향 메커니즘</p>  <p>대차 프레임에 장착되는, 제1링크, 제2링크로 구성되는 링크 구조와 이러한 링크들의 접속점을 격음점으로 조향할</p>	<p>공개번호: JP 2010-058650 출원일: 2008.09.03 기술분류: AA, 조향 메커니즘</p>  <p>대차의 간단한 구성을 구현하기 위하여 조향 경치를 부수축에만 설치</p>
<p>공개번호: JP 2013-023093 출원일: 2011.07.21 기술분류: AA, 조향 메커니즘</p>  <p>대차의 회전시에도 밀착하지 않는 코일 스프링의 축소량 확보</p>	<p>공개번호: JP 2013-023094 출원일: 2011.07.21 기술분류: AF, Fail safe</p>  <p>스토퍼를 설치하여 조향장치의 파단에 대한 영향을 최소화함으로써 억제</p>	<p>공개번호: JP 2013-126834 출원일: 2011.12.19 기술분류: AF, Fail safe</p>  <p>고형 윤활제가 차륜 롤러지부에 접근을 방지하는 스톱퍼를 구비하여 윤활제의 마모 억제</p>	<p>특허 Portfolio</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nippon Steel & Sumitomo Metal은 Nippon Steel과 Sumitomo Metal의 협명을 통하여 조향 메커니즘, 제어관련 소프트웨어, fail safe 등 다양한 기술에 대해 주요 특허를 출원함 • 최근 스톱퍼 관련 기술 개발 이후 Fail safe 관련 기술에 집중함으로써 판단됨

그림 2-4-10 일본 Nippon Steel & Sumitomo Metal의 주요특허 기술 흐름 분석

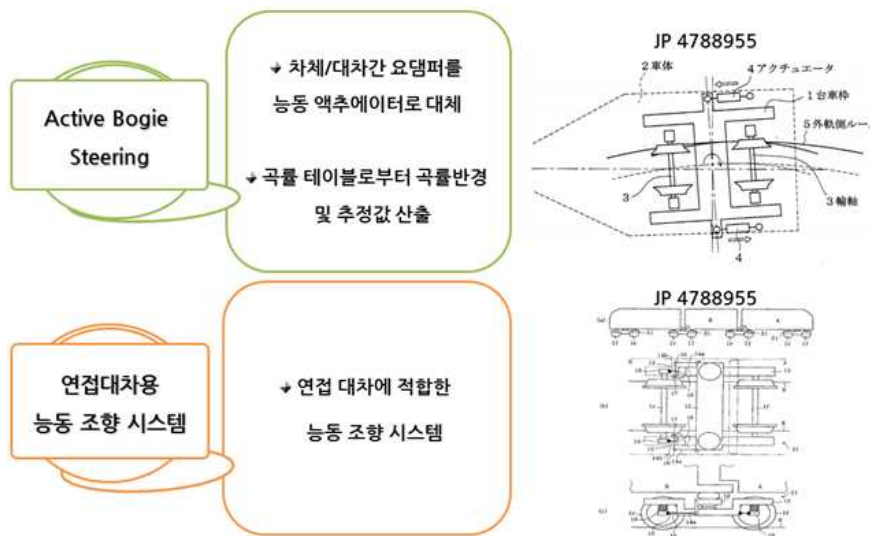


그림 2-4-11 일본의 Nippon Steel & Sumitomo Metal의 대표기술

바. 기술분류별 기술흐름 분석

○ AA. 조향메커니즘

- 그림 2-4-12는 AA. 조향메커니즘의 주요 특허 기술 흐름 분석 차트로서 다수의 출원인이 특허 출원을 진행하고 있는 것으로 확인되며, 이 중 일본 철도총합기술연구소의 'JP 4837422'는 한국철도기술연구원의 기술 spec.과 침해 Risk가 있는 장벽특

허 후보임. 한편, 남아프리카의 'RSD- A DIVISION OF DCD-DORBYL (PTY)' 에서 조향 메커니즘 관련 기술에 대한 특허 출원이 이루어지고 있음.

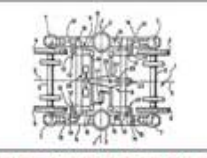
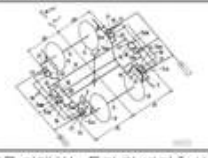
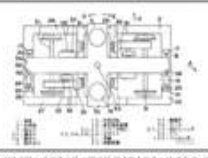
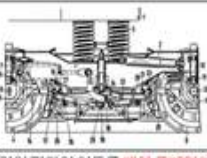
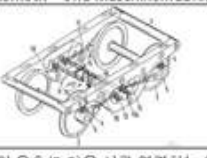
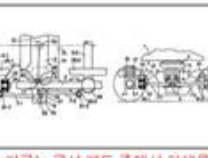
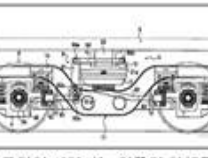
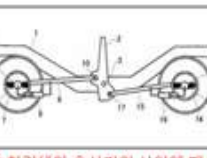
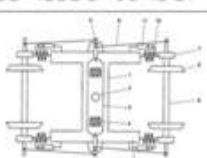
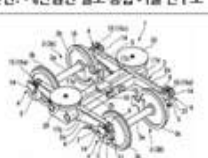
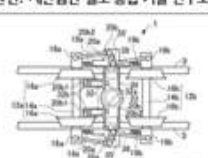
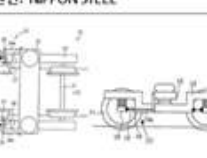
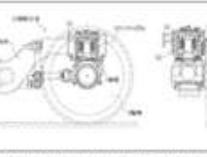
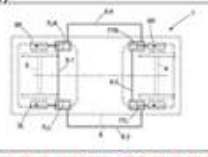
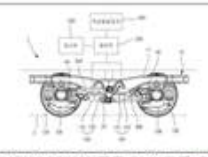
<p>공개번호: EP 0365489 출원일: 1989.06.20 출원인: FIAT FERROVIARIA S.p.A</p>  <p>커넥팅로드(10)에 연결된 트랜스버스 암(14)과 길이방향 암(15)는 직각레버(12)와 연결되고 길이방향 암(15)의 끝은 대차의 Y축에 횡방향으로 탄성 부재를 포함한 크로스 멤버(16)와 병렬 연결되어 있어, 차체 진동 저감</p>	<p>등록번호: JP 2556871 출원일: 1992.01.14 출원인: KINKISHARYO</p>  <p>차체를 지탱하는 틀과 각 바퀴축 사이에 각각 실린더(15, 16)를 설치하고 실린더는 베관(19)에 의해 기동 누락 보상의 오일 탱크에 연결되며 실린더의 단면적 연산식을 통하여 곡선 주행시 바퀴축이 자동적으로 곡률 중심으로 향할 수 있음</p>	<p>공개번호: JP 1996-040269 출원일: 1994.07.27 출원인: HITACHI</p>  <p>차량 진행방향에 대해 직각인 방향으로 전차로드(6)가 대차 프레임(2)에 설치되고 전차로드는 회동 자재인 십자 모양의 세로드(5)에 설치되며 세로드의 양단부에는 유압 실린더(41, 42)가 설치되어, 차체 경사와 대차 회전을 동시에 실시할 수 있음</p>	<p>공개번호: US 5421269 출원일: 1993.02.27 출원인: ABB Patent</p>  <p>스프링의 편향이 없도록 대차 프레임(2)에 유압 가이드 로드(14)를 wristpoint(21)에 의해 연결되고 연결 가이드 로드(16)는 유압 가이드 로드와 보상용 레버(19) 사이에 연결되며 연결 가이드로드의 연결(고정)을 보완하기 위해 명료도결(17)을 구비하여, 유압의 스프링 편향을 방지하고 휠과 레일의 마모 감소</p>
<p>공개번호: EP 0759390 출원일: 1995.08.23 출원인: SLM Schweizerische Lokomotiv- und Maschinenfabrik</p>  <p>2개의 유축(2, 3)을 서로 연결하는 연결 장치와 동일 방향을 향한 조향 동작을 유축의 서로 상반된 방향으로 할 수 있도록 커풀링 장치(6) 및 조정장치(15)를 구비하여, 바퀴 횡입을 감소하여 곡선 주행의 안정성 향상</p>	<p>등록번호: JP 3448445 출원일: 1997.01.17 출원인: 재단법인 철도 종합 기술 연구소</p>  <p>조향 기구는 곡선 궤도 주행시 차체를 지탱하는 틀의 상대 회동각도를 파악하여 해당 상대회동각도α는 차체를 지탱하는 틀에 대한 자륜축의 상대회동각도β를 연산하여 이론적 상대회동각도β의 20~30% 증가만큼 차륜축으로 회동을 주도하도록 구성하여, 자륜축이 신속하게 궤도 곡선의 곡률 중심으로 향하도록 함</p>	<p>공개번호: JP 2002-211394 출원일: 2001.01.19 출원인: RUMHEAVY</p>  <p>축스프링이 설치되는 위쪽의 차체를 지탱하는 틀에 해당 축스프링의 일부를 수용하는 홈부를 형성하여, 고속 주행시 차체의 진동 저감</p>	<p>등록번호: JP 4283141 출원일: 2004.03.17 출원인: 재단법인 철도 종합 기술 연구소</p>  <p>조향 회전체와 축상자의 사이에 패시브 조향링크를 설치하고 패시브 조향 링크는 축상자 전후 지지 스프링과 차륜축에 고정되며 액추에이터는 병렬로 구비되어, 곡률 변화점으로 횡향 감소 효과를 가질 수 있음</p>
<p>등록번호: JP 4808507 출원일: 2006.02.16 출원인: 재단법인 철도 종합 기술 연구소</p>  <p>차체프레임과 조향프레임 사이에 슬라이드판이 설치되고 차체프레임과 축상자 사이에 어시스트 조향 액추에이터를 설치하여, 간단한 구성으로 차체를 지탱하는 틀과 축상자간 정확하게 선회 토크를 발생시킬</p>	<p>등록번호: JP 4837422 출원일: 2006.03.31 출원인: 재단법인 철도 종합 기술 연구소</p>  <p>차체 프레임에 유축을 탄성 결합부에 의해 상하 변위가 가능하게 설치하고 탄성결합부를 지지하는 축상자와 액슬빔으로 축상자륜 좌우방향으로 이동가능하게 하는 복수의 공기 액추에이터를 설치하여, 곡선 주행시 유축의 어택라의 경각과 횡청의 감소</p>	<p>공개번호: JP 2011-079407 출원일: 2009.10.06 출원인: 재단법인 철도 종합 기술 연구소</p>  <p>차체를 지탱하는 틀과 베개 바늘 사이에 회전 지지 기구를 평행하게 배치하고 회전 지지 기구의 회전 저항 가변을 위해 베개 바늘이 차체를 지탱하는 틀을 회전시킬 수 있어, 완화 곡선과 같은 궤도를 반지름이 변화하는 곡선 궤도에서도 부드럽게 통과할 수 있음</p>	<p>등록번호: JP 5187311 출원일: 2007.09.21 출원인: NIPPON STEEL</p>  <p>후륜축의 중심선을 이루는 조향각을 전륜축의 중심선을 이루는 조향각보다 크게 되도록 후륜축의 조향각을 제어하고 곡선 궤도의 궤선방향을 따르도록 링크 구조에 의하여 조향하여, 간단한 구성으로 뛰어난 곡선 통과 성능을 구현함</p>
<p>공개번호: JP 2013-023093 출원일: 2011.07.21 출원인: NIPPON STEEL</p>  <p>축상자와 차체를 지지하는 틀 사이에 설치된 코일 스프링을 곡선 구간에서는 최대 적재량의 축소량을 부여하고 조형시에는 축상자의 회전시에도 밀착하지 않는 축소량을 확보하여, 조형시 축상자의 회전에 따른 코일 스프링의 변형 방지</p>	<p>공개번호: US 2013-0312634 출원일: 2011.10.31 출원인: RSD- A DIVISION OF DCD-DORBYL (PTY)</p>  <p>복수의 유체 실린더는 유축과 프레임 사이에 배치되고 바퀴의 회전을 제어하기 위하여 유체 실린더 사이에 유체 흐름 수단을 연결하여, 유축의 마모 감소 및 링크의 구성을 간단하게 할 수 있음</p>	<p>공개번호: KR 2013-0080527 출원일: 2012.01.05 출원인: 현대로템</p>  <p>철도차량에 레일의 곡률 및 속도를 측정하는 센서부는 제어부에 연결되고 제어부는 센서 신호에 따라 액추에이터의 길이 신축이 조절되어, 다양한 곡선구간 및 속도변위에서 전후방 유축의 조형성을 극대화함</p>	<p>특허 Portfolio</p> <ul style="list-style-type: none"> • AA, 조향 메커니즘은 다수의 출원인이 특허 출원을 진행하고 있음 • 일본 '재단법인 철도 종합 기술 연구소'의 JP 4837422는 철도연기 spec.과 침해 Risk가 있는 강력 특허 후보임 • 2011년 남아프리카 'RSD- A DIVISION OF DCD-DORBYL (PTY)' 에서 조향 메커니즘 관련 기술에 대한 특허 출원이 이루어짐

그림 2-4-12 AA. 조향메커니즘의 주요 특허 기술 흐름 분석

표 2-4-13 AA. 조향메커니즘의 주요 특허 List

	Patent No.	Priority App.yr	Patentee	Title	Family	Citation
1	EP 0365489	1989	FIAT FERROVIARIA S.p.A.	A bogie with steering axes for railway vehicles	2	-
2	JP 2556871 Y2	1992	KINKI SHARYO	철도 차량용 차체롤 지탱하는 부분	-	-
3	JP1996-040269	1994	HITACHI	스티어링 대차	-	-
4	US 5421269 A	1993	ABB Patent	Radially adjustable running gear for a railborne vehicle	3	5
5	EP 0759390 B1	1995	SLM Schweizerische Lokomotiv - Und Maschinenfabrik	Bogie for a railway vehicle with adjustable wheel sets and railway vehicle with such a bogie	10	5
6	JP 3448445	1997	재단법인 철도 종합 기술 연구소	철도차량용 대차의 조타 장치	-	3
7	JP 2002-211394	2001	FUJI HEAVY	철도 차량용 대차	-	-
8	JP 4283141	2004	재단법인 철도 종합 기술 연구소	철도차량 용어시스트 조타 대차	-	6
9	JP 4808507	2006	재단법인 철도 종합 기술 연구소	철도차량 윤축 상자 어시스트 조타 대차	-	5
10	JP 4837422	2006	재단법인 철도 종합 기술 연구소	축 대들보 환관 마루차 및 그 윤축 조타 방법	-	2
11	JP 2011-079407	2009	재단법인 철도 종합 기술 연구소	철도 차량용 조타 대차	-	-
12	JP 5187311	2007	NIPPON STEEL	철도차량용 조타 대차, 철도차량 및 연결 차량	10	13(US)
13	JP 2013-023093	2011	NIPPON STEEL	철도 차량용 조타 대차	-	-
14	US 2013-0312634	2011	RSD- A DIVISION OF DCD-DORBYL (PTY)	SELF-STEERING RAILWAY BOGIE	6	-
15	KR 2013-0080527	2012	현대로템	철도차량용 윤축 조향 시스템	-	-

○ AB. 액추에이터

- 그림 2-4-13은 AB. 액추에이터의 주요 특허 기술 흐름 분석 차트로서, 총 10건의 특허 중 패밀리 특허를 제외한 7건의 특허를 주요 특허로 선정하여 시간 순으로 나열한 것이다. 한편, 패밀리 특허 중 각 나라별 인용 건수가 다른 경우는 인용 건수가 많은 특허를 기준으로 주요 특허를 선정하였음.
- AB. 액추에이터는 2000년대 후반 특허 출원이 활발하게 이루어지고 있으며 특히, 일본 철도종합기술연구소에서 액추에이터 관련 다수의 특허를 확보하고 있는 것으로 확인됨.

표 2-4-14 AB. 액추에이터의 주요 특허 List

	Patent No.	Priority App.yr	Patentee	Title	Family	Citation
1	JP 4942347	2006	KAWASAKI HEAVY	철도차량 용윤축 조타 장치	-	4
2	KR 0936822	2007	한국철도기술연구원	가변댐퍼가 구비된 철도차량용 반능동조향대차	-	4
3	JP 2009-234328A	2008	재단법인 철도 종합 기술 연구소	철도 차량용 조타 대차	-	-
4	JP 2011-178204A	2010	재단법인 철도 종합 기술 연구소	철도 차량용 어시스트 보기각 조타 대차용 액추에이터	-	-
5	US 2013-0032054A	2010	LIEBHERR-AEROSPACE LINDENBERG	Actuator Providing Multiple Actuation	15	-
6	JP 2012-245959A	2011	재단법인 철도 종합 기술 연구소	어시스트 보기각 조타 대차용 액추에이터	-	4
7	JP 2013-199157A	2012	재단법인 철도 종합 기술 연구소	윤축 조타 대차	-	-

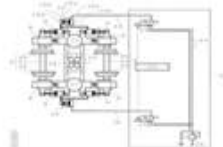
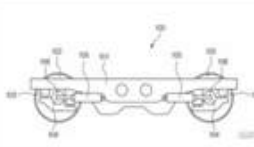
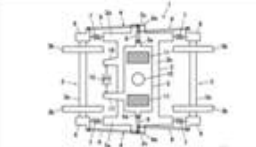
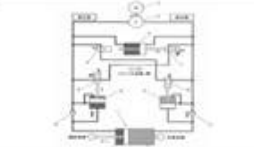
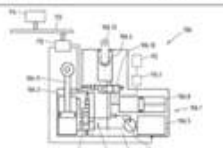
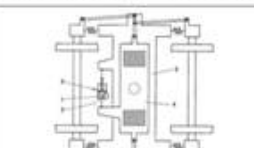
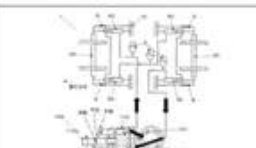
<p>등록번호: JP 4942347 출원일: 2006.01.18 출원인: KAWASAKI HEAVY</p>  <p>전자 밸브 장치 공기압 및 제어 장치 등은 차체에 배치하고, 대차 옆의 편측에 1기씩 마련한 중심 실린더로 지체영의 공기압력으로 공급하는 공기압을 유압으로 변환하여 유압 액추에이터에 전달되어 대차 중량의 경감 및 공간 레이아웃의 자유도 향상</p>	<p>등록번호: KR 0936822 출원일: 2007.12.06 출원인: 한국철도기술연구원</p>  <p>대차프레임에 힌지결합된 가변댐퍼가 윤축의 양단에 체결된 액슬박스를 지지하며 윤축의 진동을 측정하는 센서부 및 제어부에 의해 가변 댐퍼의 감쇠계수를 조정함으로써 주행안정성을 향상 시킴</p>	<p>공개번호: JP 2009-234328 출원일: 2008.03.26 출원인: 재단법인 철도 종합 기술 연구소</p>  <p>별도의 제어장치 없이 차체를 지탱하는 물이 조타대들보에 대해 회동함으로써, 유압 액추에이터에 의한 조타력을 보조하여, 대차의 곡선 통과중의 횡청을 감소 시킴</p>	<p>공개번호: JP 2011-178204 출원일: 2010.02.26 출원인: 재단법인 철도 종합 기술 연구소</p>  <p>역방향 조타 지령이 주어졌을 경우 차체를 지탱하는 물 축유실과 조타 보축 유실사이를 연통시키는 바이패스 회로에 의해 펌프가 발생 하는 유압을 무효화하여, 주행 안전성의 저하를 방지</p>
<p>공개번호: US 2013-0032054 EP, KR, JP 출원일: 2010.09.14 출원인: LIEBHERR-AEROSPACE LINDENBERG</p>  <p>액추에이터는 각 제어 유닛의 제어하에 공유 동력원으로부터 동력을 공급받는 다수의 유체 액추에이터 유닛을 포함하여, 액추에이터를 소형화 시킴</p>	<p>공개번호: JP 2012-245959 출원일: 2011.05.31 출원인: 재단법인 철도 종합 기술 연구소</p>  <p>액추에이터에 유압 회로 제어용 스톱 밸브를 결합한 유압 회로와 이 유압 회로를 구동하는 펌프를 일체화하여, 제어 패일 때 선회 저항의 증대를 억제하는 것</p>	<p>공개번호: JP 2013-199157 출원일: 2012.03.23 출원인: 재단법인 철도 종합 기술 연구소</p>  <p>가변 용량형 액셀 피스톤 펌프의 가변 시퀀스를 보기 오동기와 연동시키며 유압 구동 기구와 차체에 대한 상대회전이 연동하여 가변시퀀스의 각도를 변경하는 연동 기구를 구비하여, 윤축 조향 장치가 역방향으로 조향하는 것을 방지하고 조향 동작 지연을 감소</p>	<p>특허 Portfolio</p> <ul style="list-style-type: none"> AB. 액추에이터는 2000년대 후반 특허 출원이 활발하게 이루어짐 일본 '재단법인 철도 종합 기술 연구소'에서 액추에이터 관련 다수의 특허를 확보함

그림 2-4-13 AB. 액추에이터의 주요 특허 기술 흐름 분석

○ AC. 센서

- 그림 2-4-14는 AC. 센서의 주요 특허 기술 흐름 분석 차트로서, 총 9건의 특허 중 패밀리 특허를 제외한 7건의 특허를 주요 특허로 선정하여 시간 순으로 나열한 것이다. AC. 센서는 2000년대 후반 특허 출원이 활발하게 이루어지고 있음

표 2-4-15 AC. 센서의 주요 특허 List

	Patent No.	Priority App.yr	Patentee	Title	Family	Citation
1	JP 3148980	1997	TOKYU CAR	궤도 형상 검출 장치	-	3
2	EP 1116637B1	2000	Siemens	Railway vehicle bogie with an active steering device	4	3
3	US 8276522B2	2007	Central Queensland University	Steering railway bogie	9	-
4	KR 1131777	2009	한국철도기술연구원	철도차량의 곡선구간 곡률반경 추정방법	-	1
5	JP 2012-145350	2011	재단법인 철도 종합 기술 연구소	철도 차량 여객각 측정 장치 및 방법2	-	-
6	JP 2013-006453	2011	재단법인 철도 종합 기술 연구소	볼스터리스대차용 보기각 검출 기구, 볼스터리스대차용 보기각 연동 공기압 밸브 시스템 및 볼스터리스대차용 보기각 연동 시스템 조타 시스템	-	-
7	KR 1345582	2012	한국철도기술연구원	좌우차륜의 회전수를 이용한 곡선구간 곡률반경 추정방법	-	4

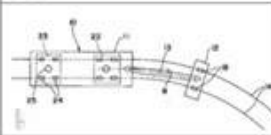
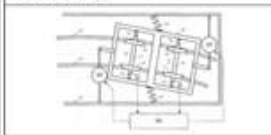
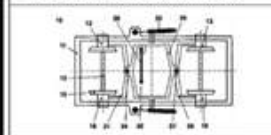
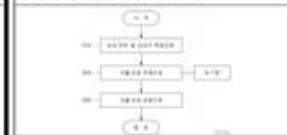
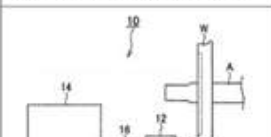

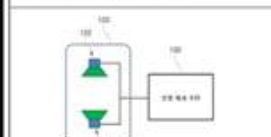
<p>등록번호: JP 3148980 출원일: 1997.11.26 출원인: TOKYU CAR</p>  <p>측정기기 장비차량 및 축 대차는 선로를 추방하며 각 주행 위치에 있어서 측정기기 장비차량의 좌우 중심선에 대한 연결봉(13)의 경사각을 검출하며, 선로의 실제 형상을 검출할 수 있음</p>	<p>등록번호: EP 1116637 출원일: 2000.01.14 출원인: Siemens</p>  <p>변위 센서를 통하여 하나의 휠 또는 휠 세트를 측정하고 대차 프레임에 대한 운동의 속 편향력은 계산된 대차의 지면 각도를 제어하기 위하여 사용되며, 곡선 주행의 안정성 향상</p>	<p>등록번호: US 8276522 출원일: 2007.02.22 출원인: Central Queensland University</p>  <p>요각 및 속도를 측정하는 센서의 신호를 연산처리장치에 입력하고 입력된 센서 신호에 의해서 배치를 가동해 프레임에 대한 차판 본체의 위치를 조정하며, 차륜 접촉 크립률 최소화</p>	<p>등록번호: KR 1131777 출원일: 2009.12.01 출원인: 한국철도기술연구원</p>  <p>변위센서를 이용하여 철도차량의 곡선 구간 주행시 발생하는 차체와 전 후부 대차 사이의 길이방향 상대변위를 측정하고 곡률반경(전부 대차와 후부 대차의 중심 사이의 거리)/차체와 전 후부 대차 사이의 길이방향 상대변위(에 의해 추정하여 단순한 구성을 통하여 철도차량의 곡선구간의 곡률 반경을 추정</p>
<p>공개번호: JP 2012-145350 출원일: 2011.01.07 출원인: 재단법인 철도 종합 기술 연구소</p>  <p>차체가 통과하는 위치가 측정 범위가 되도록 1개의 센서를 설치하고 센서의 측정 결과로부터 차량의 주행 속도와 소정 시간에 있어서의 차륜까지의 거리 변화량을 통하여 레일에 대한 어택각을 산출하여 간단한 장치 구성으로 철도차량의 어택각을 지상으로부터 측정하는 것이 가능해짐</p>	<p>공개번호: JP 2013-006453 출원일: 2011.06.22 출원인: 재단법인 철도 종합 기술 연구소</p>  <p>차체 및 볼스터리스 대차 사이의 보기 모뎀이를 전달하는 신호 가능한 동축 조인트 기구를 구비하며 동축 조인트 기구는 철도차량 차체에 고정된 입력축과 볼스터리스 대차에 회전 가능하게 설치된 출력축과 결합하여, 차체-대차 사이의 보기 모뎀이를 기계적으로 검지함</p>	<p>등록번호: KR 1345582 출원일: 2012.11.13 출원인: 한국철도기술연구원</p>  <p>차륜회전수 측정수단에서 측정된 회전수를 곡률반경 추정식에 대입하여 곡률 반경을 추정하여, 곡선 구간의 곡률 반경 및 곡선 정보를 실시간으로 추정할 수 있음</p>	<p>특허 Portfolio</p> <ul style="list-style-type: none"> AC. 센서는 2000년대부터 특허 출원이 활발하게 이루어짐 최근 2011년에 일본 '재단법인 철도 종합 기술 연구소'에서 다수의 주요 특허를 출원

그림 2-4-14 AC. 센서의 주요 특허 기술 흐름 분석

○ AD. 제어관련 하드웨어

- 그림 2-4-15는 AD. 제어관련 하드웨어의 주요 특허 기술 흐름 분석 차트로서, 특허 등급평가를 통하여 선정된 S, A 등급 특허를 주요 특허로 선정하여 시간 순으로 나열한 것임. 한편, 패밀리 특허의 경우, 각 나라별 인용 건수가 다른 경우는 인용 건수가 많은 특허를 기준으로 주요 특허를 선정하였음. AD. 제어관련 하드웨어는 일본의 HITACHI社, FUJI HEAVY社, 재단법인 철도종합기술연구소 등 일본 기업 및 기관의 특허가 4건으로 다수의 주요 특허를 출원하고 있음.

표 2-4-16 AD. 제어관련 하드웨어의 주요 특허 List

	Patent No.	Priority App.yr	Patentee	Title	Family	Citation
1	US 4519329A	1983	A.N.F.	Bogie with orientable axles for railroad vehicles	3	4
2	EP 0600172B1	1993	Siemens	Running gear for railway vehicles	6	-
3	JP 1997-226576A	1996	HITACHI	철도 차량용 대차의 치차축 조타 장치	-	-
4	JP 1998-175547A	1996	FUJI HEAVY	철도 차량의 액티브 스티어링 지원 장치	-	-
5	EP 0833766B1	1997	Daimler Chrysler	Railway vehicle with single-axle running gear	15	3
6	JP 2008-247173	2007	재단법인 철도 종합 기술 연구소	축함 지지 장치	-	-
7	JP 5254058	2009	재단법인 철도 종합 기술 연구소	축 상자 지지 장치	-	3

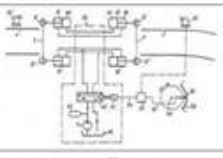
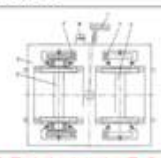
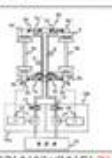




<p>공개번호: US 4519329 출원일: 1983.07.25 출원인: A.N.F.</p>  <p>대차의 현가장치는 곡선 변경에 따라 대차 프레임에 대한 차축의 각도를 수정하기 위한 수압 액으로 구성된 스프링과 가변 길이의 링크를 포함하여, 차체의 요잉 방지</p>	<p>등록번호: EP 0600172 출원일: 1993.09.22 출원인: Siemens</p>  <p>센서를 통하여 변위 각도를 측정하고 이를 통하여 변위제어 액추에이터의 작동을 조절하며, 변위제어 액추에이터는 윤축 베어링에 직렬로 연결되어, 곡선 주행의 안정성 도모 및 마모를 감소시킬 수 있음</p>	<p>공개번호: JP 1997-226576 출원일: 1996.02.28 출원인: HITACHI</p>  <p>축상자 지지장치에 배치된 각 차륜축으로 유각 지령치에 따른 오각을 주는 1개~2개의 액추에이터를 이용하고 강제 조향 기구 곡선 제도에 대응한 유각 지령치를 각 강제 조향 기구에 출력하는 복수의 강제 조향 제어 수단을 구비하여, 고속 주행시 진동 감소 및 차륜의 지지 강성 증대를 통한 고속 주행 안정성 향상</p>	<p>공개번호: JP 1998-175547 출원일: 1996.12.20 출원인: FUJHEAVY</p>  <p>회상 처리장치에 CCD 카메라로부터의 회상 데이터를 입력받아 실제 차량의 곡률 및 변화를 곡선 패턴 데이터를 내장한 지령 제어 장치에 입력받아 제어에 필요한 타이밍을 각 차량에 지령하여, 컴퓨터 프로그램의 오차급에 의한 페일 아웃을 방지함</p>
<p>등록번호: EP 0833766 출원일: 1997.04.15 출원인: Daimler Chrysler</p>  <p>레일의 곡률 반지름에 의해 영향을 받는 변위 센서 유닛은 전기 변위기 센서와 전기 저역 통과 필터를 구비하며 전기 저역 통과 필터를 통하여 노이즈 신호를 제거한 정적 출력신호를 통하여 액추에이터를 제어하여, 액추에이터 제어의 신뢰성을 향상시킴</p>	<p>공개번호: JP 2008-247173 출원일: 2007.03.30 출원인: 재단법인 철도 종합 기술 연구소</p>  <p>축상자와 차체를 기행하는 틀을 연결하는 연결 수단을 출원 방향으로 부세 하는 제 2 스프링 요소와 늘임 방향으로 부세 하는 제 1 스프링 요소를 설치하고 곡선 주행시에 제 1 스프링 요소의 스프링 강도를 크게 할 수 있도록, 직선 주행시의 주행 안정성을 확보하면서 곡선 주행시의 조타 성능을 향상시킬 수 있음</p>	<p>등록번호: JP 5254058 출원일: 2009.01.20 출원인: 재단법인 철도 종합 기술 연구소</p>  <p>곡기 스프링의 신장력 <math>\leq</math> (축상자 축부재와 대차 축부재를 접근시키는 압축력 + 내계축을 주행하는 전륜이 레일로부터 받는 차량 진행 방향에 다른 외력)의 관계와 성립되도록 곡기 스프링에 공급하는 내압을 제한하여, 역조향 지령이 입력되었을 경우에도 휠칭의 증가를 억제</p>	<p>특허 Portfolio</p> <ul style="list-style-type: none"> • AD. 제어관련 하드웨어는 일본 기업 및 기관의 특허가 4건으로 다수의 주요 특허를 출원 • 2000년 후반에 일본 '재단법인 철도 종합 기술 연구소'는 다수의 주요 특허를 출원

그림 2-4-15 AD. 제어관련 하드웨어의 주요 특허 기술 흐름 분석

○ AE. 제어관련 소프트웨어

- 그림 2-4-16은 AE. 제어관련 소프트웨어의 주요 특허기술 흐름 분석 차트임. AE. 제어관련 소프트웨어는 한국철도기술연구원의 기술 spec.과 침해 Risk가 있는 3건의 장벽특허 후보가 있으며, 이 중 2건은 Bombardier Transportation社의 특허임.

표 2-4-17 AE. 제어관련 소프트웨어의 주요 특허 List

	Patent No.	Priority App.yr	Patentee	Title	Family	Citation
1	US 4982671	1987	Alsthom	Vehicle with steerable axles	7	4
2	US 5429056A	1992	Krupp Verkehrstechnik	Method of operating a bogie using actuators for wheel steering	6	5
3	JP 1996-142862	1994	HITACHI	철도 차량용 대차	-	-
4	KR 0916439	2003	Bombardier Transportation	차량의 휠 샵 또는 휠 세트의 능동 레이디얼 제어 방법 및 장치	24	3(JP)
5	JP 4788955	2006	SUMITOMO METAL	철도차량에 있어서의 조타용 액추에이터의 제어 방법	-	8
6	KR 2009-0020634A	2006	Bombardier Transportation	궤도 차량의 능동 주행 기어 제어 방법	14	JP(7)
7	JP 2012-166733A	2009	재단법인 철도 종합 기술 연구소	철도 차량 주행시의 횡압을 감소시키는 액추에이터의 동적 신호 생성 방법 및 그 장치	-	-

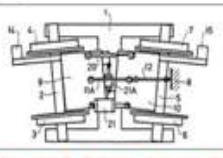
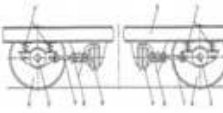
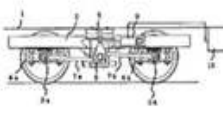


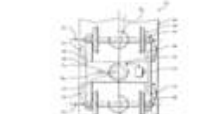
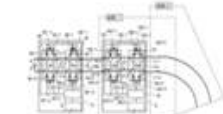
<p>등록번호: US 4982671 출원일: 1987.12.03 출원인: Alsthom</p>  <p>차축의 각도를 측정하는 각도센서 및 차축의 위치를 측정하는 위치 센서를 포함하며, 센서로부터 신호를 수신하는 서보제어 회로를 통해 제어 신호를 생성하여, 곡선 주행의 안정성 향상</p>	<p>공개번호: US 5429056 출원일: 1992.11.28 출원인: Krupp Verkehrstechnik</p>  <p>대차의 윤축의 끝부분에 설치된 하중제어 및 변위제어 액추에이터가 윤축 베어링에 따라 작동하며 하중 제어 액추에이터는 베어링에 병렬로 연결되고 변위제어 액추에이터는 베어링에 직렬로 연결하여, 차축의 마모 감소</p>	<p>공개번호: JP 1996-142862 출원일: 1994.11.24 출원인: HITACHI</p>  <p>기산점으로부터 곡선 지점까지의 거리를 나타내는 곡선 위치 데이터나 곡선 경도를 저장할 기억 수단과 해당 데이터와 차량의 주행거리 산출 데이터를 비교하여 액추에이터의 동작량을 산출하여, 미리 설정된 범위의 곡률 반지름을 갖는 곡선 궤도 통과시에만 조항을 실시</p>	<p>등록번호: KR 0916439 출원일: 2003.02.06 출원인: Bombardier Transportation</p>  <p>곡선 주행시의 횡 유닛을 제어하는 제1의 주파수 범위(0는 내지 3)에 있는 제1의 제어 운동과 차량의 주행 안정성의 제어하는 제1의 주파수 범위와 다른 제2의 주파수 범위(0는 내지 10)에 있는 제2의 제어 운동이 중첩되어, 직선 곡선 및 분기에 관계없이 주행시의 횡향 감소</p>
<p>등록번호: JP 4788955 출원일: 2006.01.13 출원인: SUMITOMO METAL</p>  <p>(미리 측정된 액추에이터 자체의 마찰력) * ((곡률 속도 or 보기 각속도 or 액추에이터의 스트로크 속도) + (마찰 저항 보상량))을 사용하여 액추에이터를 제어함으로써, 곡선 구간 통과시에 액추에이터의 동작 지연이나 정상 편차의 발생을 방지</p>	<p>공개번호: KR 2009-0020634 출원일: 2006.05.31 출원인: Bombardier Transportation</p>  <p>미리 설정된 보정인자를 사용한 목표치를 통하여 차륜의 선회각도를 제1주파수(0~4Hz 내지 1Hz)와 제2주파수 범위(4~8Hz 내지 8~12Hz)에서 조정하여, 차륜의 국부적인 마모 감소</p>	<p>공개번호: JP 2012-166733 출원일: 2009.04.24 출원인: 재단법인 철도 종합 기술 연구소</p>  <p>주행 위치 정보 궤도 데이터 기억장치와 횡향을 계산하기 위한 중앙 처리장치를 포함한 차량 주행 제어장치가 횡향을 최소화하도록 액추에이터의 동작 신호를 계산하며, 그 신호에 의하여 액추에이터가 윤축 또는 대차에 요인 각도를 부여하여 직선, 곡선 및 분기에 관계없이 주행시의 횡향을 감소시킴</p>	<p>특허 Portfolio</p> <ul style="list-style-type: none"> • AE, 제어관련 소프트웨어는 철도연 기술 spec.과 침해 Risk가 있는 3건의 강박 특허 후보가 있으며, 이 중 2건은 Bombardier Transportation의 특허임

그림 2-4-16 AE, 제어관련 소프트웨어의 주요 특허 List

○ AF, Fail safe

- 그림 2-4-17은 AF, Fail safe의 주요 특허 기술 흐름 분석 차트로서, 유효특허 7건을 주요 특허로 선정하여 시간 순으로 정리한 것임. AF, Fail safe는 2010년부터 일본의 'Nippon Steel & Sumitomo Metal社'에서 다수의 주요 특허를 출원하고 있음.

표 2-4-18 AF, Fail safe의 주요 특허 List

	Patent No.	Priority App.yr	Patentee	Title	Family	Citation
1	JP 3536869	1995	SUMITOMO METAL	철도차량용 조타 대차의 이상 해소 방법	-	5
2	JP 4160741	2001	재단법인 철도 종합 기술 연구소	대차 조타식 철도차량	-	3
3	JP 4205080	2005	ODAKYU DENTETSU	연접식 철도차량의 대차 조타 기구의 이상 검출 방법 및 장치	-	4
4	JP 2013-023092A	2011	NIPPON STEEL	철도 차량용 조타 대차	4	-
5	JP 2013-023094A	2011	NIPPON STEEL	철도 차량용 조타 대차	4	-
6	JP 2013-103689A	2011	NIPPON STEEL	철도 차량용 조타대차	3	-
7	JP 2013-126834A	2011	NIPPON STEEL	철도 차량용 조타 대차	3	-

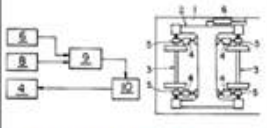
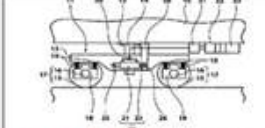
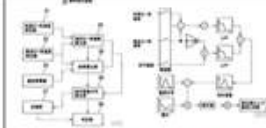
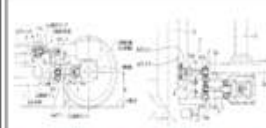
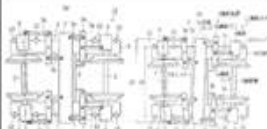
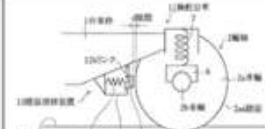
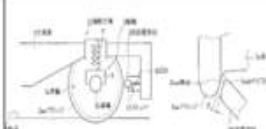
<p>등록번호: JP 3536869 출원일: 1995.04.18 출원인: SUMITOMO METAL</p>  <p>보기 모서리를 검출하는 센서(6)+조타 동작 방향을 검지하는 센서(4)→이상 진단 회로(9)입력 → 비교 → 이상 진단 시 제어장치(10)입력 → 연산 → 조타력 발생기구(4) 출력하여, 차량의 이상 진동이나 탈선의 위험을 미연에 방지</p>	<p>등록번호: JP 4160741 출원일: 2001.08.17 출원인: 재단법인 철도 종합 기술 연구소</p>  <p>공기압 구동 액추에이터를 포함한 대차 조타기구와 대차와 차체 사이의 회동각 또는 각속도를 검지하는 센서와 고장시에 액추에이터의 공기압이 개방되는 페일세이프 기구를 구비하여, 간단한 구조로 고장시의 페일세이프 기능을 실현할 수 있음</p>	<p>등록번호: JP 4205080 출원일: 2005.07.06 출원인: ODAKYUDENTETSU</p>  <p>미리 산출된 정상 작동시의 각속도 및 극률 과 산출된 동상 주행시의 각속도 및 극률을 비교하여 조타기구의 이상을 검출하여, 조타기구의 이상을 조기에 검출할 수 있음</p>	<p>공개번호: JP 2013-023092 출원일: 2011.07.21 출원인: NIPPON STEEL</p>  <p>조타 링크의 길이를 마모 한계에 이른 차륜의 반경보다 짧게하여, 낙하 방지용 부품을 추가하지 않아도 파손한 조타링크가 궤도면에 접촉하는 것을 방지</p>
<p>공개번호: JP 2013-023094 출원일: 2011.07.21 출원인: NIPPON STEEL</p>  <p>조타축을 지지하는 축상부와 맞닿는 스톱퍼를 차체받침부의 축거가 성장하는 축과 줄어드는 축의 양쪽 모두에 구비하여, 조타 장치의 파단의 영향을 최소화하여 억제하면서 차체를 계속 지지할 수 있음</p>	<p>공개번호: JP 2013-103689 출원일: 2011.11.16 출원인: NIPPON STEEL</p>  <p>곡선 통과시에만 청소사이가 차륜 담연율 접하도록함으로써, 청소사이의 마모를 억제할 수 있음</p>	<p>공개번호: JP 2013-126834 출원일: 2011.12.19 출원인: NIPPON STEEL</p>  <p>곡선 구간 통과시에 차륜이 떨어지는 동안 계속 및 직선 구간 주행시는 접촉하지 않도록 고풍 윤활재가 차륜 롤면 지부에 접근을 방지하는 스톱퍼를 구비하여 윤활재의 마모를 억제하면서 충분한 윤활작용을 유지</p>	<p>특허 Portfolio</p> <ul style="list-style-type: none"> • AF, Fail safe는 2010년 부터 일본 'Nippon Steel & Sumitomo Metal'에서 다수의 주요 특허를 출원함

그림 2-4-17 AF, Fail safe의 주요 특허 List

사. 특허 분석 소결

- 능동조향시스템의 전체 특허출원 동향에서는 1990년 후반 이후 활발한 출원건수를 보이다가 최근 다시 출원건수가 증가한 것으로 나타나고 있으며, 이는 제어기술의 발달에 기인한 것으로 파악됨.
- 능동조향시스템의 주요 특허 출원인에 있어서는 다출원 기업은 Bombardier Transportation이며, 한국철도기술연구원은 최근 기초연구 수행으로 출원건수가 증가하고 있음.
- 능동조향시스템의 7대 출원인의 주요 출원인별 역점 기술 분야에는 다출원 1위인 독일의 Bombardier Transportation은 조향 메커니즘(AA)과 제어관련 소프트웨어(AE) 관련 기술 분야에 많은 출원을 진행하고 있는 것을 나타나고 있음.. 특허동향 분석을 통하여 급곡선 능동조향시스템의 기술성숙도를 종합적으로 평가하면 발전기에 있는 것으로 파악됨.

제5절 종합 분석

- 철도차량용 능동조향기술은 기존 철도차량의 곡선구간 주행 시 조향기능 미흡으로 인하여 발생하는 차륜과 레일의 과도한 마모, 소음 및 분진 방생을 근원적으로 해결할 수 있는 미래 원천핵심기술임.
- 따라서 철도 미세먼지, 분진 발생으로 인한 지하구간 공기질 악화를 저감할 수 있는 유일한 기술로 상용화를 위한 실증연구가 시급하다고 사료되며 국내외 정책방향, 기술 동향, 특허 분석 등을 통하여 종합적으로 분석한 검토의견은 다음과 같다.

[정책 방향]

- 정부 국정목표 중 하나인 국민안전과 생명을 지키는 안심사회를 지양하는 **“내 삶을 책임지는 국가”** 와 관련하여 본 기술은 최근 사회 문제로 제기되어 해결방안 마련이 시급한 미세먼지 저감, 공기질 악화 문제를 해결할 수 있는 기술로 정부정책에 부합함.
- 철도연 R&R의 상위역할 [UP2] 국민 생활문제 해결을 위한 스마트 철도안전·물류·환경 기술 개발과 [UP3] 신성장동력 창출을 위한 철도 핵심기술 개발에 부합함.
- 국외 철도선진국들의 정책기조도 철도 안전, 효율성 제고, 철도 이용자 편의 증진, 친환경성 등에 중점을 두고 철도교통 경쟁력 제고를 위한 미래 원천기술 개발 확보하고 있음. 따라서 국민의 삶의 질 향상, 사회 문제 해결과 관련된 본 능동조향 실용화기술개발 연구는 국내 외 정책 방향, 철도연의 고유임무인 R&R과 부합함을 고려하면 시급한 연구개발이 필요함.

[SWOT 분석]

- 철도차량용 능동조향대차 기술에 대한 SWOT 분석 결과, 그림 2-5-1과 같은 강점, 약점, 기회, 위협 요소가 있음.
- 능동조향기술의 효과가 가장 큰 전동차용 능동조향대차 원천기술 및 고유모델 확보는 강점으로 분석되며 노후 전동차 교체 수요 도래에 따른 시장수요 확대, 교통수단의 지능화 추세, 태동기에 있는 세계 지능형 철도차량 시장 선점은 기회로 분석됨.
- 반면 영세한 국내 철도차량 시장 규모, 신기술 적용에 따른 리스크 내재, 보수적인

국내 철도차량 운영기관 현황 등은 약점으로 분석됨. 또한 후발 중국, 일본과 같은 연구기관의 철도차량용 능동조향 원천기술 연구 집중에 따른 기술 간격 축소, 시장 규모가 큰 경쟁국의 철도 환경 등은 위협요소로 분석됨.

- 따라서 강점과 기회 요인을 토대로 빠른 시일 내 국내 능동조향대차 상용화를 통한 신뢰성 입증, 이를 토대로 세계 시장 진출 및 선점을 위한 실증연구 사업 추진이 시급함.

<p style="text-align: center;">강점(strength),</p> <ul style="list-style-type: none"> • 철도차량용 능동조향 원천핵심기술 및 고유모델 확보 • 세계 최고 수준의 검증된 능동조향기술 확보 	<p style="text-align: center;">약점(weakness)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 영세한 국내 철도차량 시장 규모 • 개발 신기술에 대한 세계 최초 상용화에 따른 리스크 • 매우 보수적인 국내 철도운영기관 환경
<p style="text-align: center;">기회(opportunity),</p> <ul style="list-style-type: none"> • 전동차 노후에 따른 교체 시기 도래로 신규 전동차 수요 대기 • 교통수단의 지능화 추세 • 태동기에 있는 세계 지능형 철도차량 시장 확대 	<p style="text-align: center;">위협(threat)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 후발 연구기관의 철도차량용 능동조향 원천기술 연구 집중에 따른 기술 간격 축소(중국, 일본) • 시장 규모가 큰 경쟁국의 철도 환경

그림 2-5-1 능동조향기술의 SWOT 분석

제3장

능동조향대차 효용성 분석

- 제1절 차륜 마모량 분석
- 제2절 능동조향대차 우수성
- 제3절 능동조향대차 편익

제3장 능동조향대차 효용성 분석

제1절 차륜 마모량 분석

- 기존 철도차량의 조향기능 미흡으로 인한 급곡선 주행 시 차륜은 레일과의 공격각 발생으로 과도한 차륜 플랜지의 마모가 발생함. 차륜의 마모는 쇳가루와 같은 미세 먼지와 분진으로 이는 공기 순환이 취약한 지하구간과 같이 공기질 악화의 주 요인이 됨. 또한 쇳가루는 대부분이 철성분으로 차량 인버터 등의 기기에 유입되어 고장을 초래하는 요인이 되어 차량 유지보수로 유지보수비용 증대 뿐만 아니라 임시 검수로 인한 차량 가용성을 저하시키는 문제를 초래함.
- 따라서 실제 차륜의 마모량을 분석하기 위하여 전동차를 대상으로 차륜의 마모량을 분석하였음, 차량은 서울교통공사 5호선 전동차 M-car, T-car 각 1량을 대상으로 하여 차륜 삭정 후 약 13개월간 차륜의 답면형상을 추적 계측하여 마모된 마모량을 분석하였음. 시험기간 중 총 누적주행거리는 113.911km임.
- 그림 3-1-1은 전동차 M-car 1량, 8개 차륜의 마모 형상을 측정된 결과이며 그림 3-1-2는 전동차 T-car 1량, 8개 차륜의 마모 형상을 측정된 결과임.

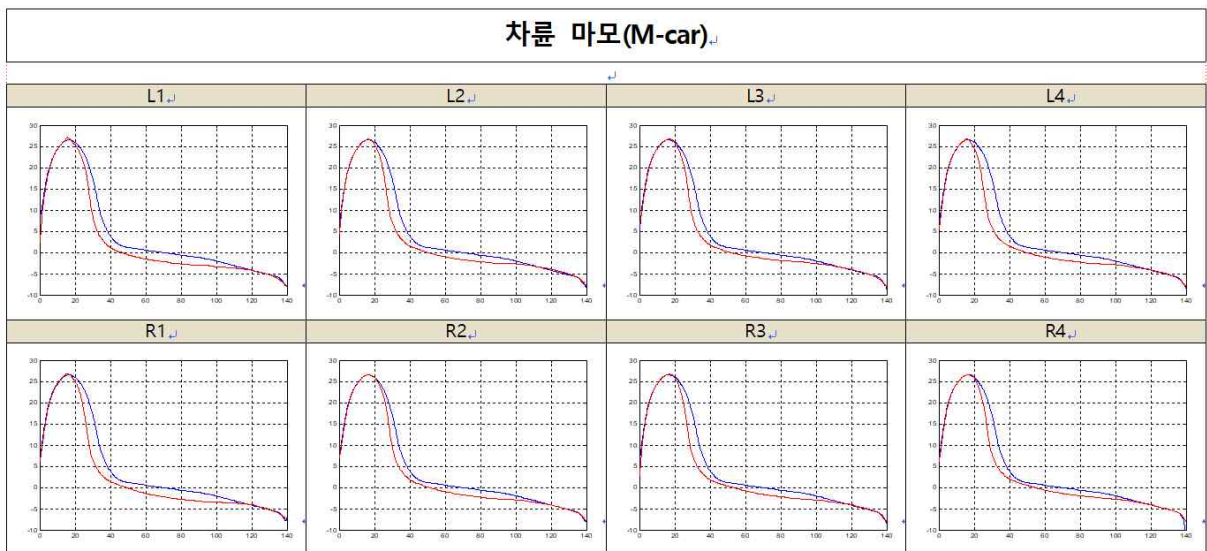


그림 3-1-1 전동차 M-car 차륜 마모

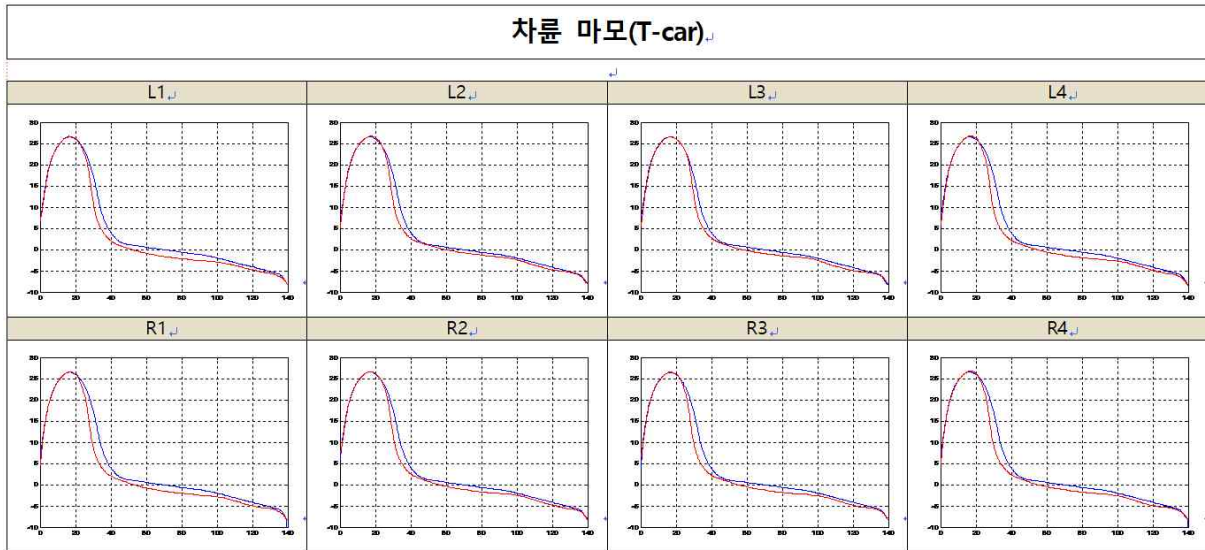


그림 3-1-2 전동차 T-car 차륜 마모

- 1년(12개월)로 차륜 마모량을 산정하면 M-car 1량은 연간 총 19.136kg의 마모량이 발생하며 이를 차륜 1개로 환산하면 차륜 1개당 연간 2.392kg의 마모가 발생함. T-car 1량은 연간 총 22.099kg의 마모량이 발생하며 이를 차륜 1개로 환산하면 차륜 1개당 연간 2.762kg의 마모가 발생함.
- 5호선 운행차량 608량을 기준으로 할 때 연간 M-car는 총 5,817kg, T-car는 총 6,718kg의 차륜 마모가 발생함. 따라서, 5호선 전체 운행차량(608량)에 대한 연간 총 차륜마모량은 12,536kg으로 추정됨.

표 3-1-1 5호선 전동차 차륜 마모량 분석

구분	누적주행거리(km)	주행일수(일)	일주행거리(km/일)	1년간누적주행거리(km)	1량당총마모량(kg)	1차륜당평균마모량(kg)	연간 1량당총마모량(kg/연)	연간 1차륜당평균마모량(kg/연)
M-car	113,911	392	290.6	106,065	20.552	2.569	19.136	2.392
T-car	113,911	392	290.6	106,065	23.734	2.967	22.099	2.762

제2절 능동조향대차 우수성

1. 기존 기술과의 차별성

- 철도차량은 자동차와는 달리 조향장치가 없어 곡선구간 주행 시 차륜과 레일간의 공격각 발생으로 원활한 곡선주행이 어려움, 그로인하여 차륜과 레일간의 과도한 마모, 분진 및 소음발생이 극심함. 이러한 문제점을 근원적으로 해결하기 위하여 능동제어기술을 이용하여 급곡선 주행 시 차륜을 능동적으로 조향 제어함으로써 공격각 발생을 억제하고 원활한 곡선주행을 도모하기 위한 전동차량용 능동조향대차기술을 세계 최초로 개발함

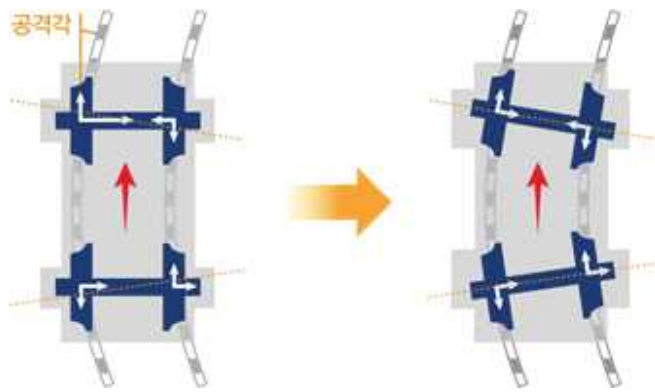


그림 3-2-1 능동조향기술 적용에 따른 차륜의 정렬

- 기존 기술은 그림 3-3-2와같이 차륜과 차축으로 구성된 윤축은 좌우에 저널박스에 삽입되어 회전 구름운동을 하며 저널박스는 대차프레임에 1차현가장치인 축상스프링으로 연결됨. 축상스프링은 전후, 좌우, 상하방향 강성을 가진 고무스프링으로 구성되어 윤축의 조향 운동을 구속함. 곡률반경 300인 곡선구간(R300) 주행 시 요구되는 조향각 목표치는 0.4deg이나 기존 대차의 조향각 구현 성능은 0.1deg 미만으로 매우 취약함.

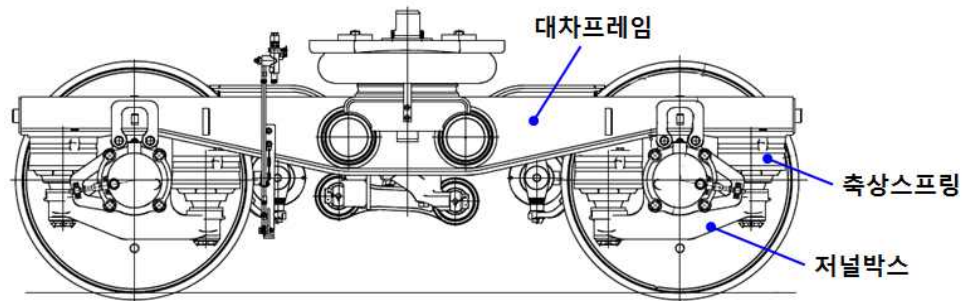


그림 3-2-2 기존 대차 구조

- 능동조향기술은 기존 대차의 미흡한 조향기능을 향상시키기 위하여 기존 대차 구조에 곡률센서, 조향구동부를 그림 3-2-3과 같이 장착한 구조임. 센서부인 곡률센서는 곡선구간 주행 시

곡선을 감지하는 기능을 수행하며, 조향구동부는 대차프레임의 사이드프레임 하부에 장착되어 저널박스에 연결된 구조로서 곡률센서로부터 취득한 곡률정보에 따라 연산된 제어부 조향제어신호에 따라 윤축의 조향운동을 발생시키는 기능을 수행함.

- 능동조향을 위한 능동조향시스템은 곡선을 감지하는 센서부(sensor unit), 감지된 곡선정보에 따라 윤축의 조향제어를 위한 연산을 수행하는 제어부(controller), 제어부 출력 제어신호에 의해 윤축의 조향작용을 발생시키는 구동부(driving unit), 그리고 조향기구부(steering mechanism)로 구성됨. 센서부는 대차당 1set씩 장착되며 구동부는 대차당 사이드프레임 하단에 2set씩 장착됨, 제어부는 차량단위로 1set씩 장착됨.

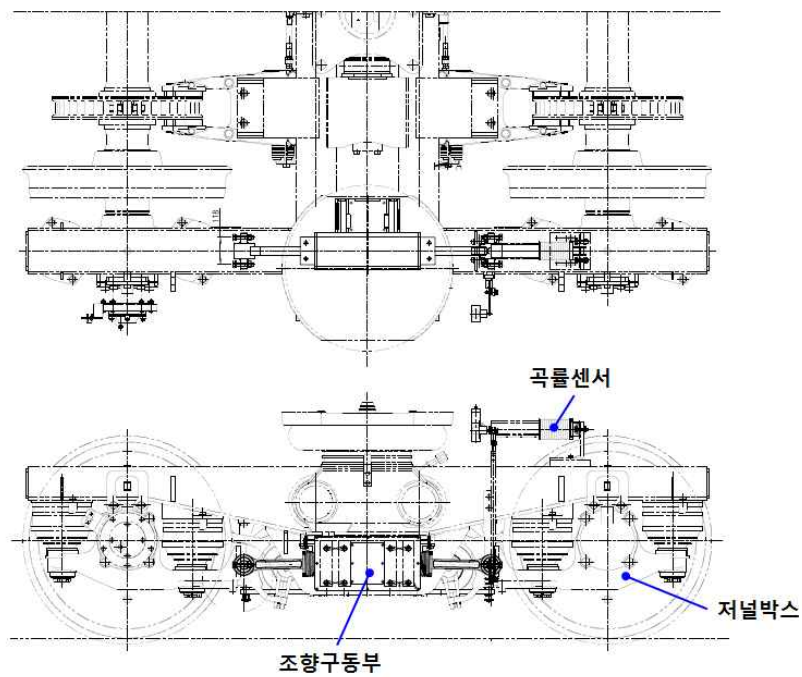


그림 3-2-3 능동조향대차 구조

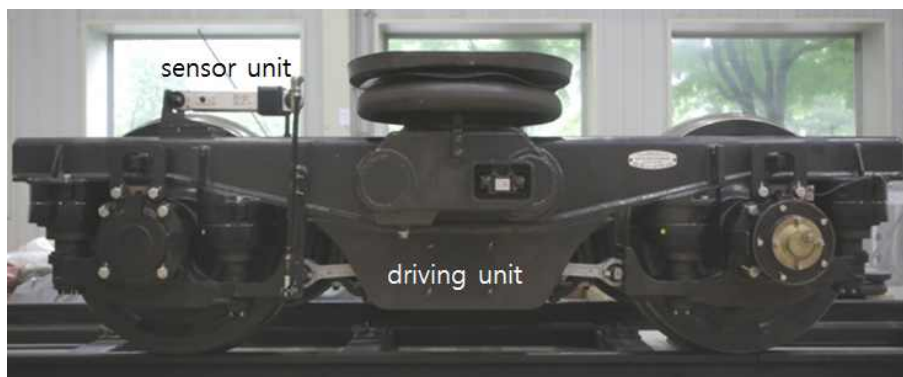


그림 3-2-4 능동조향대차 시제

- 개발된 능동조향 기술은 도시철도차량용 능동조향 기술로 기존 대차와 동적성능은 동일하며 기존 도시철도차량에 호환이 가능하게 설계돼 장착이 용이함. 그리고 능동조향시스템이 적용됨에 따라 0.5deg까지 조향각 구현이 가능하고 급곡선 R250까지 원활한 곡선주행이 가능함.
- 본 능동조향기술은 곡률감지 기술이 매우 실용적이고 우수하며, 소형·고추력 전기기계식 구동부를 개발 적용함으로써 조향시스템 장착이 용이함. 그리고 조향각 구현 기능이 우수한 조향메커니즘이 적용되어 능동조향시스템이 추가로 장착됨에도 불구하고 소형, compact한 대차 제작이 가능함.

2. 능동조향대차 기술의 우수성

- 능동조향 기술은 기존 철도차량용 대차의 미흡한 조향성능을 개선하기 위한 철도차량용 능동조향기술로 다음과 같은 특징이 있음.
 - 철도차량용 능동조향대차 고유모델 독자 개발 및 원천기술 확보
 - 실용성이 우수한 곡선부 곡률반경 실시간 추정기술 적용
 - 소형, 고추력 Electro-mechanical 형식 조향구동부 적용
 - 조향각 구현이 우수한 조향 메커니즘 적용 대차구조
 - 최고수준의 탁월한 조향성능: 조향각 0.5deg, 횡압 80% 저감, 소음 4.4dB 저감
 - 도시철도차량 적용, 영업선 시운전 성능검증 완료(세계 최초)

① 실용성이 우수한 곡선부 곡률반경 실시간 추정기술 적용

- 기존에는 곡선구간 정보를 사전에 입력하여 활용하거나 고가의 자이로센서를 이용하여 곡선 감지 및 곡률정보를 추출하였음. 그러나 기존 기술은 고가의 센서를 사용하고 주행 속도에 영향을 받아 사전에 충분한 시운전을 통한 보정과정이 수반됨. 또한 사전 궤도정보 입력 곡선감지방식은 주행 중 현 위치에 대한 정보가 정확하여야만 한다는 전제조건이 선행되고 궤도에 대한 세부정보를 사전에 입력하여 활용하여야 한다는 단점이 있음. (표 3-2-1) 이와 같은 단점으로 실시간 곡선 감지를 통한 조향제어에는 활용이 어려움.
- 따라서 이를 극복하기 위하여 실시간으로 곡선을 감지하고 곡률정보를 추출할 수 있는 매우 실용적인 곡선부 곡률반경 실시간 추정기술을 개발하였음. 측정정밀도는 선로제표의 곡률반경 대비 오차 $\pm 5\%$ 이내
- 관련 특허 확보
 - * 특허 10-1131777 철도차량의 곡선구간 곡률반경 추정방법

- * 특허 10-1545963 철도차량의 능동조향제어를 위한 곡률반경 추정용 상대변위 측정장치
- * 특허 10-2015-0056517 철도차량용 능동조향제어를 위한 곡률반경 센싱을 위한 센서시스템

표 3-2-1 곡선부 곡률반경 인식기술 비교

구분	기존 기술	개발 기술
검지 방식	-가속도센서, 자이로스코프 센서 이용방법 -사전 거리에 대한 궤도정보 입력방법	-곡선구간 주행 시 발생하는 차체/대차간 상대변위 측정, 곡률반경 추정방법
특징	-주행속도의 영향이 큼 -센서 고가 -사전 시운전을 통한 튜닝과정 수반 -주행 중 현위치 정보 필요	-주행속도 영향 없음 -센서 저가 -사전 시운전과정 필요 없음 -실용적

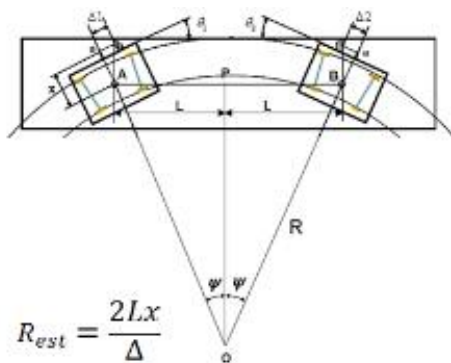


그림 3-2-5 곡률반경 추정 원리



그림 3-2-6 센서부 시제

② 소형, 고추력 Electro-mechanical 형식 조향구동부 적용

- 조향구동부용 영구자석형 3상동기모터 개발 적용
- 응답특성이 양호하고 소형, 고추력 Electro-mechanical 형식 조향구동부 개발 (추력 5ton 이상, stroke ±5.5mm, 응답속도 0.3Hz 이상)
- 추력 시험결과, 설계목표 5ton을 상회하는 추력 7ton 구현
- 관련 특허 확보

* 특허 10-1536658 철도차량용 능동조향을 위한 조향액추에이터 장치



그림 3-2-7 영구자석형 3상동기모터

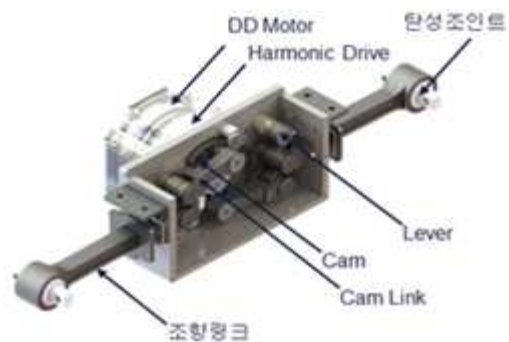


그림 3-2-8 Electro-mechanical 조향구동부

③ 조향각 구현이 우수한 조향 메커니즘 적용대차 구조

- 밀고 당김 작용이 우수한 전기기계식 조향구동부 적용으로 외궤 조향구동부는 밀어 주고 내궤 조향구동부는 당겨주어 조향각 구현이 우수함. 즉 기존의 방법에 비하여 외궤, 내궤 조향구동부의 스트로크를 기존의 반만으로도 원활한 조향각 구현이 가능함. 또한, 윤축의 요운동 피봇 회전중심이 윤축 중심에 있어 기존 조향메커니즘에 비하여 제동 시 문제점이 발생하지 않음. 이와 같은 장점으로 소형, compact한 구조로 대차 장착이 용이하여 compact한 대차 제작이 가능함.
- 조향각 구현성능은 0.5deg로 일본의 0.26deg에 비하여 현저히 우수함(본선 최소곡선인 R250곡선까지 원활한 조향제어 가능)
- 관련 특허 확보
 - * 특허 10-2018-0056109 철도차량용 능동조향대차 구조


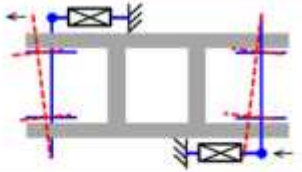

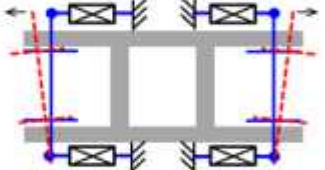

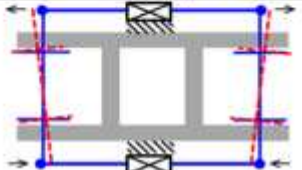
구분	steering bogie	steering mechanism
Bombardier		
RTRI		
KRRI		

그림 3-2-9 조향 메커니즘 비교

④ 곡률반경 실시간 추정기술적용 능동조향 제어기술

- 곡률반경 실시간 추정기술 적용, 윤축 조향제어에 의한 윤축이 곡선의 곡률반경 중심 방향으로 정렬(Radial steering position)하게 하여 공격각을 저감시키는 윤축 조향각 제어기술
- 기존의 조향제어방법은 곡선부 선형 정보를 사전에 입력하여 제어함. 이 방법은 곡선구간 완화곡선, 원곡선의 길이, 곡률반경 등 선형특성이 제 각기 다른 다양한 선형에 효율적인 조향제어가 불가함. 이에 비하여 본 기술은 이러한 단점을 개선한 조향 제어방법은 실시간 곡률정보 추출에 의한 효율적 윤축 조향제어가 가능함

- 곡선구간 곡률반경에 따른 조향각 목표치($2\delta_{desire}$) 실시간 계산 알고리즘
- Fail-safe 기능 포함, Fail mode 전환 시 수동형 대차상태로 전환
- 관련 특허 확보
 - * 특허 10-1084157 철도차량용 능동조향 제어장치 및 방법
 - * 특허 10-2017-0099782 철도차량용 능동조향 제어장치 및 방법
 - * 특허 10-2018-0046104 철도차량용 능동조향 제어장치 및 방법

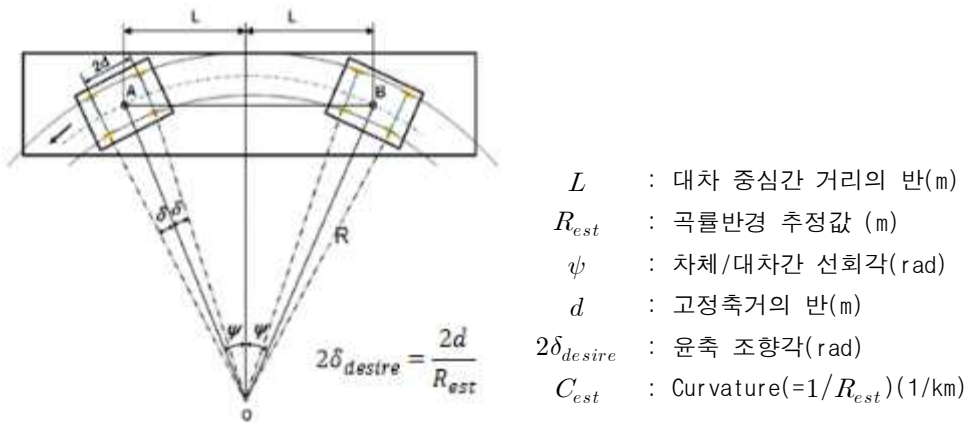


그림 3-2-10 Radial steering position 능동조향제어 알고리즘

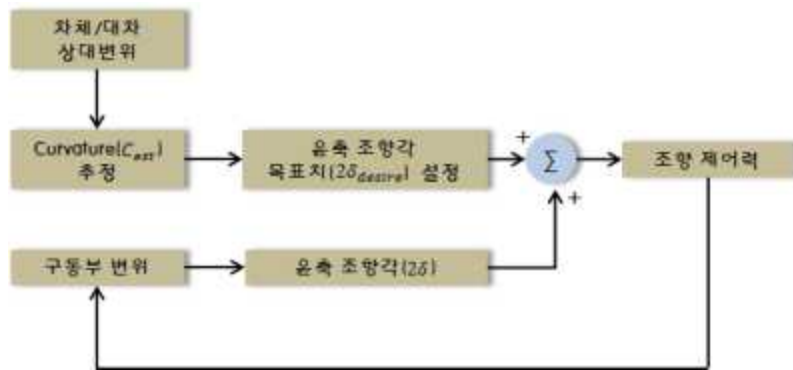


그림 3-2-11 능동조향제어 블록다이어그램

⑤ 기존기술 대비 탁월한 조향성능

- 능동조향대차 실차적용 성능 검증을 위한 Test-bed 구성, 시운전 실시 (서울교통공사 8호선 1편성, 모란~암사구간 시운전)
- 도시철도차량 적용, 영업선 시운전 성능검증 완료(세계 최초)
- 기존기술 대비 탁월한 조향성능



그림 3-2-12 능동조향대차 적용 시험차 구성

표 3-2-2 시험선 성능시험 결과 요약

시험항목	시험 결과	비고
조향 성능	<ul style="list-style-type: none"> - 곡률추출: 선로제표상 곡률반경의 $\pm 5\%$ 이내 - 조향각: 목표조향각의 $\pm 10\%$ 이내 - 횡압: 기존 차량 대비 차륜횡압 최대 80% 이상 저감 	성적서: 능동조향대차(조향성능 시험)(STB18-1205) ※일본 조향대차 구내시운전 결과, 차륜 횡압 30% 저감
차륜 소음	<ul style="list-style-type: none"> - 최대 4.4dB 저감 	성적서: 능동조향대차(소음시험)(STB18-1203)
주행안전성	<ul style="list-style-type: none"> - 윤증감소율(max.): 61.5% \rightarrow 36% - 탈선계수(max.) : 0.95 \rightarrow 0.28 (약 3배 향상) - 최대 횡압(max.) : 26.6 \rightarrow 11.1kN 	성적서: 능동조향대차(주행안전성 시험)(STB18-1204)

급곡선구간 곡률반경 시험 결과

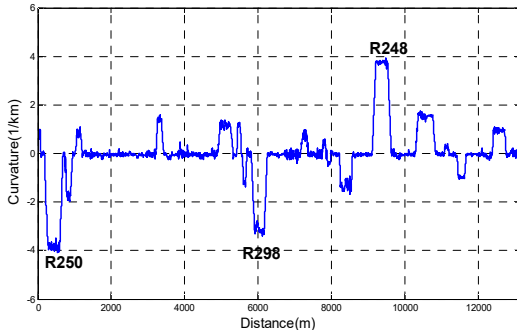


그림 3-2-13 곡률반경 추출 결과

표 3-2-3 곡률반경 추출결과

곡선 구간	곡률반경 측정결과(m)	허용기준(m)	
R250 (잠실-석촌)	245	237.5 ~ 262.5	선로제표상 곡률반경 ±5%
R298 (북정-산성)	296	283.1 ~ 312.9	
R248 (산성-남한산성)	254	235.6 ~ 260.4	

급곡선구간 조향각 시험 결과

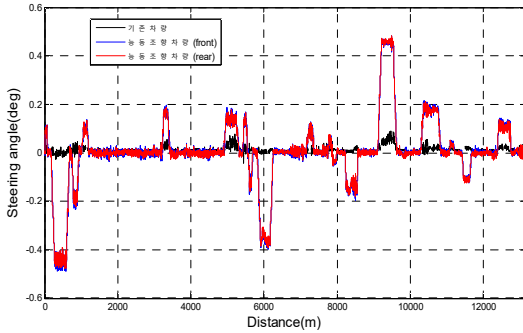


그림 3-2-14 조향각 측정결과

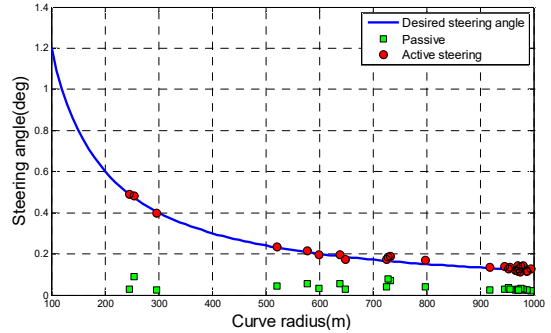
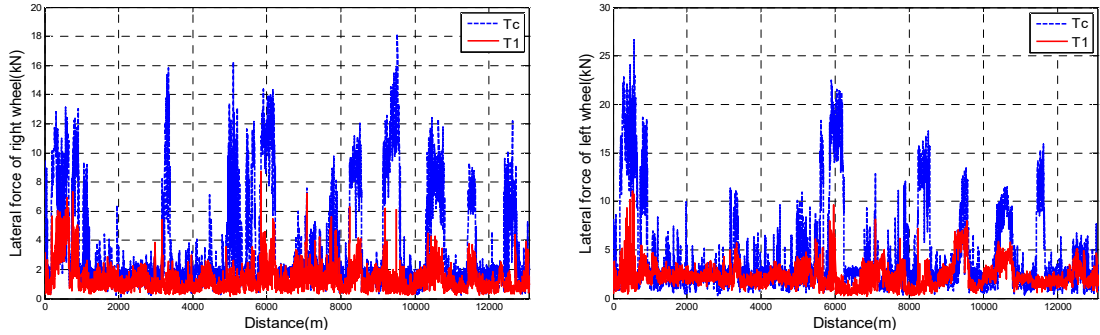


그림 3-2-15 목표조향각 대비 조향각 분석결과

표 3-2-4 조향각 시험결과

곡선 구간	기존	능동조향		허용기준(deg)	
	후부	전부	후부		
R250(잠실-석촌)	0.03	0.49	0.48	0.43~0.53	선로제표상 곡률 반경(R)에 부합하는 목 표 조 향 각 의 ±10% 이내 일 것
R298(북정-산성)	0.02	0.40	0.39	0.36~0.44	
R248(산성-남한산성)	0.05	0.48	0.48	0.44~0.53	

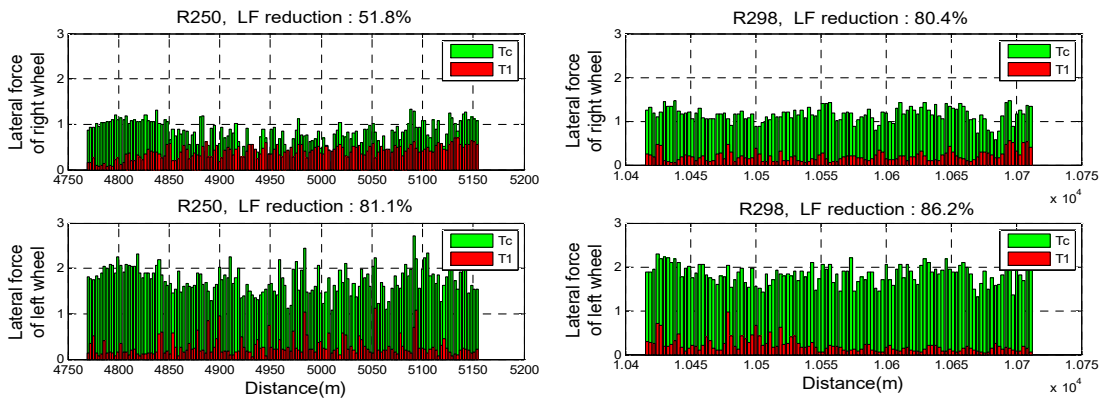
급곡선구간 차륜 횡압 시험 결과



<우측 차륜 횡압>

<좌측 차륜 횡압>

그림 3-2-16 차륜 횡압 시험결과



<R250 곡선>

<R298 곡선>

그림 3-2-17 급곡선 통과 시 차륜횡압 저감(Tc:기존차량, T1:능동조향차량)

표 3-2-5 급곡선구간 차륜 외궤 횡압 시험 결과

곡선 구간	횡압(kN)				횡압 저감(%)		비고	허용기준
	기존차		능동조향대차 적용차(active)		right	left		
	right	left	right	left				
R250 (잠실-석촌)	8.61	17.44	4.15	3.30	51.8	81.1	외궤: left	외궤 횡압 저감 30% 이상
R298 (북정-산성)	11.47	18.13	2.25	2.50	80.4	86.2	외궤: left	
R248 (산성-남한산성)	11.89	7.63	1.42	5.87	88.1	23.1	외궤: right	

※ 시운전열차편성 : 서울교통공사 8호선 810편성
(압사 ← Tc(8110)+M1(8210)+T1(8410)+M1(8610)+M1(8710)+Tc(8010) → 모란)

※ 시험차
- 기존차 : Tc(8110), 공차조건(32.9 ton)
- 능동조향대차 적용차 : T1(8410), 공차조건(31.2 ton)

※ 시험구간 : 서울교통공사 8호선 하행(잠실-모란구간)

※ 횡압 결과는 곡선구간 통과 시 발생하는 횡압의 RMS(root mean square) 결과임
횡압 저감은 기존차량(Tc)에 대한 능동조향대차 적용차량(T1)의 횡압저감 비율임

급곡선구간 차륜 소음 시험 결과

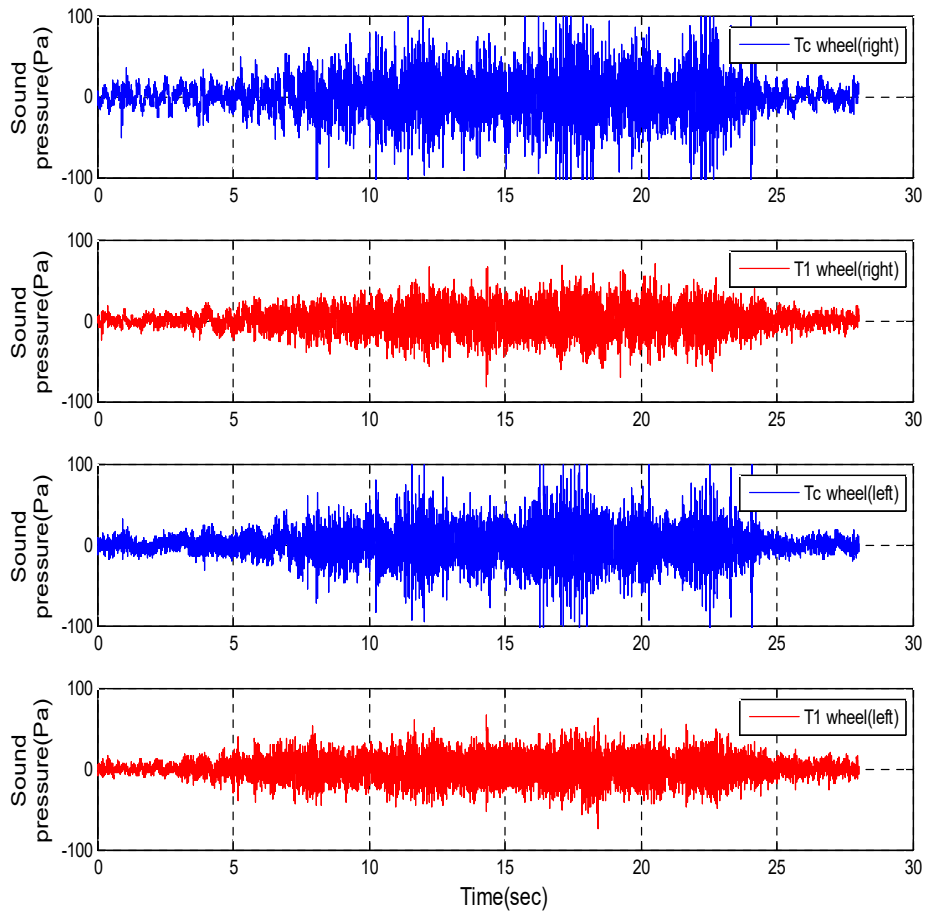


그림 3-2-18 급곡선구간 차륜 소음 시험데이터

표 3-2-6 급곡선구간 차륜 소음 시험 결과

시험항목	곡선 구간	시험결과(dBA)			
		기준차(Tc)	능동조향대차 적용차(T1)	차이	비고
차륜 소음 (우측 차륜)	R250 (잠실-석촌)	113.9	109.5	4.4	내궤
	R298 (북정-산성)	112.9	108.5	4.3	내궤
	R248 (산성-남한산성)	111.7	110.4	1.3	외궤
차륜 소음 (좌측 차륜)	R250 (잠실-석촌)	111.0	108.7	2.3	외궤
	R298 (북정-산성)	111.0	107.8	3.2	외궤
	R248 (산성-남한산성)	113.1	110.7	2.4	내궤

※ 시운전열차편성 : 서울교통공사 8호선 810편성
 (암사 ← Tc(8110)+M1(8210)+T1(8410)+M1(8610)+M1(8710)+Tc(8010) → 모란)
 ※ 시험차
 - 기준차 : Tc(8110), 공차조건(32.9 ton)
 - 능동조향대차 적용차 : T1(8410), 공차조건(31.2 ton)
 ※ 시험구간 : 서울교통공사 8호선 하행(잠실-모란구간)

차륜 마모 측정 결과

- 능동조향시험차 시운전 후 차륜담면 마모 상태 측정
- 시운전 주행거리 : 1,000km
- 측정 장비 : Calipri Wheel Gage
- 측정결과: 기존차 차륜 플랜지 마모 0.54mm 발생, 능동조향대차 적용차 차륜 플랜지 마모 발생 없음
- 차륜 횡압 저감에 따른 차륜 플랜지 마모 저감 효과 확인



그림 3-2-19 시험차 차륜담면형상 측정

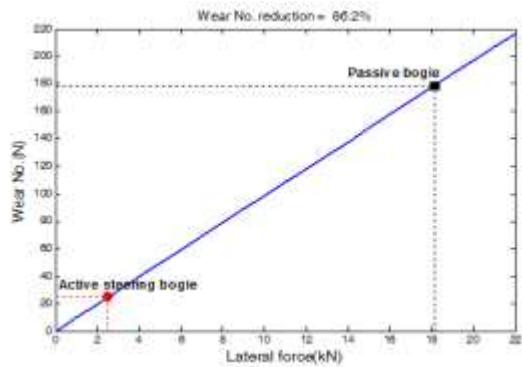


그림 3-2-20 차륜 횡압-Wear 관계

표 3-2-7 시운전 후 차륜 플랜지 마모 측정결과

구분	측정 형상	플랜지 마모(mm)
기존차		0.54
능동 조향대차 적용차		-

표 3-2-8 능동조향대차 기술개발관련 시험성적서

연번	발행일자	시험기관	시험내용
1	'15.5.8	(주)스탠다드뱅크	능동조향대차용 조향장치 성능시험(R15KR-007(Y))
2	'15.4.6	(주)스탠다드뱅크	능동조향시스템 전기적합성시험(R15KR-005(K))
3	'15.10.20	(주)스탠다드뱅크	능동조향대차용 조향장치 성능시험(R15KR-024(Y))
4	'16.7.1	(주)스탠다드뱅크	능동조향대차용 조향장치 성능시험(R16KT-008(S))
5	'15.5.14	RSP	능동조향대차 대차프레임 정하중시험(2015-S4644)
6	'15.11.26	RSP	능동조향대차 대차프레임 피로시험(2015-S6921)
7	'16.7.5	케이알이앤씨	능동조향대차 조립검사(KRENC-16-092)
8	'16.7.5	케이알이앤씨	능동조향대차 조립검사(KRENC-16-093)
9	'16.8.9	한국철도기술연구원	능동조향 시제대차 주행안정성시험(R16-1060)
10	'16.10.31	(주)스탠다드뱅크	능동조향대차 조향각시험(R16KR-013(S))
11	'16.6.18	(주)스탠다드뱅크	능동조향대차(주행안전성시험)(R18KR-014)
12	'16.6.18	(주)스탠다드뱅크	능동조향대차(조향성능시험)(R18KR-015(Rev.1))
13	'16.6.18	(주)스탠다드뱅크	능동조향대차(소음시험)(R18KR-013)

※ 공인시험기관 인정번호 : 스탠다드뱅크(KT558), 한국철도기술연구원(KT115), RSP(KT399)

⑥ 지적재산권 확보

- 논문 발표: 목표 13건, 실적 25건
- 논문 게재: 목표 5건, 실적 8건 (SCI 2건 포함)
- 특허 출원: 목표 8건: 실적 14건
- 특허 등록: 목표 2건, 실적 10건 (PCT 1건 포함)
- 기술이전 : 3건

표 3-2-9 주요 특허 및 논문 실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/ 특허명/ 기타	소속 기관명	역할	논문 게재지/ 특허 등록 국가	영향력 지수	논문게재일 /특허등록일	사사 여부 (단독 사사 또는 중복 사사)	특기 사항 (SCI여부/ 인용횟수 등)
1	특허	철도차량의 능동조향 제어를 위한 곡률반경 추정용 상대변위 측정 장치	한국철도 기술연구원	발명자	대한민국		2015.8.13	단독	등록 10-1536658
2	특허	철도차량용 능동조향을 위한 조향액추에이터 장치	한국철도 기술연구원	발명자	대한민국		2015.7.8	단독	등록 10-1545963
3	특허	철도차량의 윤축 조향과 휠디스크 제동장치의 연동구조	한국철도 기술연구원	발명자	대한민국		2016.5.20	단독	등록 10-1624656
4	특허	철도용 축상스프링 구조	한국철도 기술연구원	발명자	대한민국		2016.7.6	단독	등록 10-1638852

5	특허	철도차량용 능동조향 제어를 위한 곡률반경 센싱을 위한 센서시스템	한국철도 기술연구원	발명자	대한민국		2015.4.22	단독	10-2015-0056517
6	특허	Active steering control device and method for railroad vehicle(PCT, China)	한국철도 기술연구원	발명자	중국 (PCT)		2015.7.22	단독	등록 ZL2010080058 728.X
7	특허	와전류 감쇠특성을 이용한 철도차량용 댐퍼 및 축상스프링	한국철도 기술연구원	발명자	대한민국		2016.10.25	단독	등록 10-1671009
8	특허	곡선구간 주행성능 향상을 위한 철도차량용 3축대차구조	한국철도 기술연구원	발명자	대한민국		2017.8.23	단독	등록 10-1772606
9	특허	관절대차형식 철도차량 곡선구간 주행 시 곡률반경 추정장치 및 방법	한국철도 기술연구원	발명자	대한민국		2017.9.29	단독	등록 10-1772606
10	특허	실시간 곡선감지를 통한 철도차량 주행안전성 분석시스템 및 방법	한국철도 기술연구원	발명자	대한민국		2018.3.29	단독	등록 10-1845339
11	특허	철도차량 차륜의 윤중 감소 저감을 위한 축상지지장치 및 방법	한국철도 기술연구원	발명자	대한민국		2018.11.07	단독	등록 10-1918095
12	특허	철도차량용 능동조향 제어장치 및 방법	한국철도 기술연구원	발명자	대한민국		2017.8.7	단독	10-2017-0099782
13	특허	철도차량용 능동조향 제어장치 및 방법	한국철도 기술연구원	발명자	대한민국		2018.4.20	단독	10-2018-0046104
14	특허	철도차량용 능동조향 대차구조	한국철도 기술연구원	발명자	대한민국		2018.5.16	단독	10-2018-0056109
1	게재	곡선부 주행안전성 향상을 위한 윤축 조향 제어	한국철도 기술연구원 이주대	주저자	한국정밀공학 회지, 제31권 9호		2014.9.2		
2	게재	Study of the active radial steering of a railway vehicle using the curvature measuring method	한국철도 기술연구원 이주대	공동 저자	J. of Mechanical Science and Technology, Vol. 28, No.11	1.194	2014.11.21		SCIE
3	게재	철도차량 1차현가 특성에 따른 윤축 조향각 성능 분석	한국철도 기술연구원	주저자	한국정밀공학 회지, 제32권 7호		2015.7.1		
4	게재	차륜 전삭에 따른 차량 동적성능 분석	한국철도 기술연구원 도시철도 공사	주저자	한국철도학회 논문집, Vol.19., No.5		2016.10.1		

5	게재	능동형 시제 조향대차의 임계속도 평가	한국철도 기술연구 원	주저자	한국정밀공학 회지, 제34권 3호		2017.3.1		
6	게재	관절대차형식 철도차량 곡선구간 주행 시 곡률 반경 추정방법	한국철도 기술연구 원	주저자	대한기계 학회지, 제41권 12호		2017.12.1		
7	게재	Steering Performance Evaluation of Active Steering System for a Railway Vehicle by Simulating Real Track Running	한국철도 기술연구 원	주저자	INTERNATIONAL JOURNAL OF PRECISION ENGINEERING AND MANUFACTURING, Vol. 19, No. 10	1.661	2018.10.1		SCIE
8	게재	철도차량 능동조향을 위한 실시간 곡률측정 센서	한국철도 기술연구 원	주저자	한국정밀공학 회지, 제36권 3호		2019.3		
1	학술 대회 발표	Radial steering을 위한 능동조향대차 구동부 추력 해석	한국철도 기술연구 원 아주대	주저자	2014한국정밀 공학회 춘계 학술대회		2014.5.16		
2	학술 대회 발표	조향성능에 영향을 주는 철도차량 일차현가장치의 종방향 매개변수 변화에 따른 고유모드 특성 해석	한국철도 기술연구 원	주저자	2014한국정밀 공학회 춘계 학술대회		2014.5.16		
3	학술 대회 발표	철도차량 차륜형식에 따른 조향성능 해석	한국철도 기술연구 원 아주대	주저자	2014한국철도 학회 춘계학 술대회		2014.5.22		
4	학술 대회 발표	철도차량의 마모 저감을 위한 조향장치 개념설계 연구	한국철도 기술연구 원 아주대	공동 저자	2014대한기계 학회 생산 및 설계부분 춘 계학술 대회		2014.4.24		
5	학술 대회 발표	A study of an active steering bogie system for the curve negotiation on a sharp curved track	한국철도 기술연구 원 아주대	공동 저자	Computers in Railways XIV (1 4 t h International conference on Railway Engineering Design and Optimization)		2014.6.24		
6	학술 대회 발표	능동조향대차 역조향에 따른 주행안전성 해석	한국철도 기술연구 원 아주대	주저자	2014한국정밀 공학회 추계 학술대회		2014.10.29		
7	학술 대회 발표	능동조향대차 구동시스템의 설계	한국철도 기술연구 원 제이모션	주저자	2014한국정밀 공학회 추계 학술대회		2014.10.29		

8	학술 대회 발표	Active Steering System to Reduce Wear of Wheels of a Railroad Vehicle	한국철도 기술연구 원 아주대	공동 저자	ACEAT-164 (2014 The Annual Conference on Engineering and Technology)		2014.10.17		
9	학술 대회 발표	A Study on a Primary suspension for Improvement of Curving Performance of an Active Steering Bogie	한국철도 기술연구 원 아주대	공동 저자	Applied Mechanics & Materials; 2015,		2015.3.14		
10	학술 대회 발표	능동조향 철도차량의 조향성능 향상을 위한 1차 현기장치 설계 연구	한국철도 기술연구 원 아주대	공동 저자	2015대한기계 학회 CAE 및 응용역학부문 춘계학술대회		2015.04.16		
11	학술 대회 발표	운행선로에서의 곡선주행시 전동차 실내소음 측정	한국철도 기술연구 원	주저자	2015한국정밀 공학회 춘계 학술대회		2015.5.13		
12	학술 대회 발표	철도차량 능동조향에 따른 차륜작용력 해석	한국철도 기술연구 원	주저자	2015한국정밀 공학회 춘계 학술대회		2015.5.13		
13	학술 대회 발표	전동차 누적 주행거리 증가에 따른 차륜마모 특성 및 소음/진동 특성 분석	한국철도 기술연구 원 도시철도 공사	공동 저자	2015한국철도 학회 추계학 술대회		2015.10.23		
14	학술 대회 발표	윤축 조향제어용 구동부 추력 시험	한국철도 기술연구 원 제이모션	주저자	2015한국정밀 공학회 추계 학술대회		2015.12.17		
15	학술 대회 발표	선로 보수 전후의 곡선부 전동차 실내소음 비교	한국철도 기술연구 원	주저자	2015한국정밀 공학회 추계 학술대회		2015.12.17		
16	학술 대회 발표	철도차량용 축상고무스프링 시제 내한성 시험	한국철도 기술연구 원	주저자	2016한국철도 학회 춘계학 술대회		2016.5.11		
17	학술 대회 발표	철도차량 능동조향을 위한 구동시스템 특성시험	한국철도 기술연구 원 제이모션	주저자	2016한국철도 학회 추계학 술대회		2016.10.28		
18	학술 대회 발표	철도차량 능동조향을 위한 곡률 센서 평가	한국철도 기술연구 원	주저자	2017한국정밀 공학회 추계 학술대회		2017.12.13		
19	학술 대회 발표	철도차량 제동 주행특성이 조향 성능에 미치는 영향 분석	한국철도 기술연구 원	주저자	2017한국정밀 공학회 추계 학술대회		2017.12.13		
20	학술 대회 발표	철도차량 능동조향시스템 성능평가를 위한 시험차 구성	한국철도 기술연구 원 서울교통 공사	주저자	2018한국정밀 공학회 춘계 학술대회		2018.5.9		
21	학술 대회 발표	능동조향대차 제동 시 조향구동 성능 시험	한국철도 기술연구 원	주저자	2018 한국정 밀공학회 춘 계학술대회		2018.5.9		

22	학술 대회 발표	철도차량 곡선주행 시 캔트변화에 따른 조향성 능 영향 분석	한국철도 기술연구 원	주저자	2018 한국정 밀공학회 춘 계학술 대회	2018.5.9		
23	학술 대회 발표	능동조향대차 소음성능 계측시스템	한국철도 기술연구 원	주저자	2018한국정밀 공학회 춘계 학술대회	2018.5.9		
24	학술 대회 발표	급곡선 차륜 마모 저감 을 위한 철도차량용 능 동조향대차 개발	한국철도 기술연구 원 오성기공 제이모션 서울교통 공사	주저자	2018한국철도 학회 추계학 술대회	2018.10.18		
25	학술 대회 발표	철도차량용 능동조향대 차의 성능평가를 위한 테스트베드 구축	한국철도 기술연구 원 서울교통 공사	주저자	2018한국철도 학회 추계학 술대회	2018.10.18		

⑦ 신기술 인증

- 2018년 신기술(NET) 인증(한국산업통상자원부 제1168호, '18.12.20)
 - * 신기술명 "차륜마모 및 소음저감을 위한 전동차량용 능동조향 대차 기술"
- "2018 철도 10대 기술" 선정(한국철도학회 제18-079호, '18.11.21)
- "2019 올해의 10대 기계기술" 선정(기단연 제2019-9호, '19.11.6)



그림 3-2-21 2018 철도 10대기술 선정



그림 3-2-22 2018년 신기술(NET) 인증

제3절 능동조향대차 편익

- 능동조향대차기술 적용에 따른 편익은 차륜, 레일의 마모, 분진 및 소음 저감으로 인한 유지보수비용 절감, 차량 가용성 제고, 공기질 개선 등의 편익이 예상된다.
- 한국ITS학회 의뢰 능동조향대차 적용에 따른 경제성 분석 결과, 능동조향대차 적용 차량 1량당 편익은, 연간 약 28백만원, 25년간 약 700백만원으로 추정됨.

표 3-3-1 능동조향대차 적용 시 편익 분석

구 분	연간 편익(원)	내구연한(25년간) 편익(원)
차륜 유지보수비 절감	1,738,000	43,450,000
분진저감	21,662,000	541,550,000
임시삭정 저감 운수수입	2,568,000	64,192,000
레일 유지보수비용 절감	970,000	24,250,000
소음 저감	1,045,000	26,125,000
합	27,983,000	699,568,000

※ 한국ITS학회, “능동조향대차 적용에 따른 경제성 분석보고서”, 2018.9

※ 능동조향기술 성능시험결과 반영, 차량 1량당 편익

※ 내구연한 도래시까지 차륜 유지보수 : 기존 차량대비 차륜 마모 약 80% 저감, 차륜 수명 약 2.6배 연장

- 기존 : 소요차륜 5개, 삭정 20회, 삭정주기: 12개월

- 능동조향 : 소요차륜 2개, 삭정 11회, 삭정주기: 24개월

- 능동조향대차 기술의 경제성은 기존 해외 사례에서도 검증된 바 있음.

표 3-3-2 해외 능동조향기술 경제성 분석 사례

구 분	경제성
Bombardier	- Bombardier의 능동조향차량 스위스연방철도(SBB) 적용 경제성 검토 - 차륜수명 최소 약 25% 연장, 레일수명 약 2.7배 연장, 소음 저감 - 2년내 투자금 회수
DCD	- 남아공 DCD의 기관차 적용 경제성 검토 - 차륜수명 최소 약 4.6배 연장 (351,000 → 1,600,000km) - 레일 마모, 소음 저감

제4장

연구개발과제 구성 및 추진전략

제1절 비전 및 목표

제2절 연구개발과제 구성 및 주요내용

제3절 추진전략 및 추진체계

제4절 기술/성과 로드맵

제5절 최종성과물 및 활용방안

제4장 연구개발과제 구성 및 추진전략

제1절 비전 및 목표

- 본 능동조향 실용화기술 철도 소음 및 분진 발생 등 사회적 현안을 해결하는 국민체감형 기술개발로서 철도교통을 이용하는 승객의 안전과 여객 편의성 제고, 그리고 철도운영기관의 차량 유지보수성을 향상시키는 기술임.
- 정부의 국정지표인 “네 삶을 책임지는 국가”와 국가 R&D 3대 추진전략 중 하나인 “국민 체감형 과학기술성과 확산”, 추진과제인 “국민생활 속 문제를 해결하는 R&D 강화”에 부합함.



그림 4-1-1 2019 정부 연구개발 기본계획

- 그리고 연구원 비전인 “세상을 바꾸는 철도기술의 혁신으로 더불어 잘사는 국민경제 실현”에 부합함.
- 그리고 연구원 경영목표인 “건강한 철도연구 혁신생태계를 통한 한국 철도기술의 4차 산업혁명 선도”에 부합하며 경영전략인 “국민체감형 연구확대 및 철도유관기관과의 전략적 협력강화”에도 부합함.

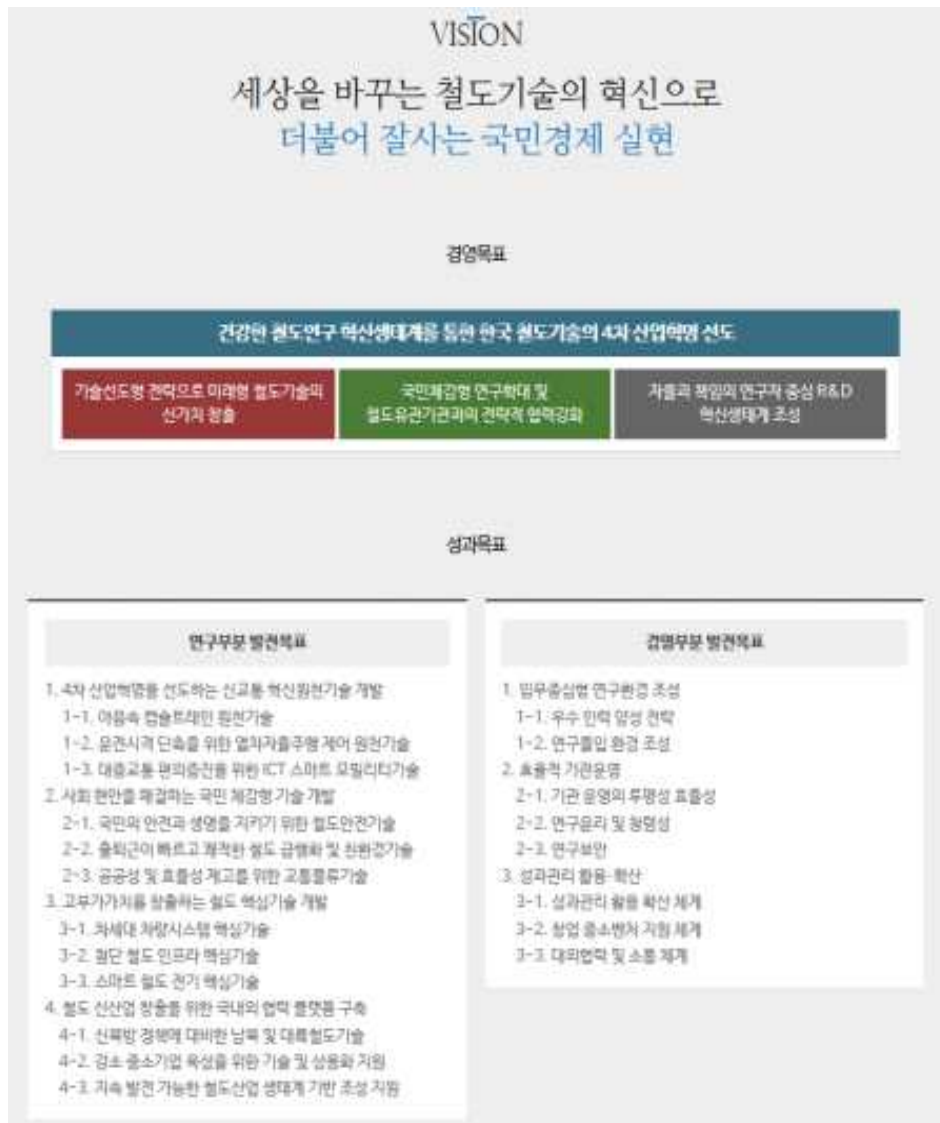


그림 4-1-2 연구원 비전, 경영목표, 추진전략

- 본 기술개발의 비전은 연구원 비전인 “세상을 바꾸는 철도기술의 혁신으로 더불어 잘사는 국민경제 실현”으로 설정하였고 이를 구현하기 위한 미션으로는 “유지보수비 절감을 위한 철도차량기술 확보”로 설정함.

- 그리고 기술개발 목표로 “급곡선 차륜 마모, 소음 및 분진 저감을 위한 전동차용 능동조향대차 실용화기술 개발”로 설정하였으며 이를 달성하기 위한 전략으로 “능동조향시스템 상용화 모델 개발”, “능동조향대차 형식승인기준 적용 설계적합성 검증”, “능동조향대차 시운전 및 신뢰성 검증”, “능동조향기술 실용화 방안 제시”로 설정하였음.

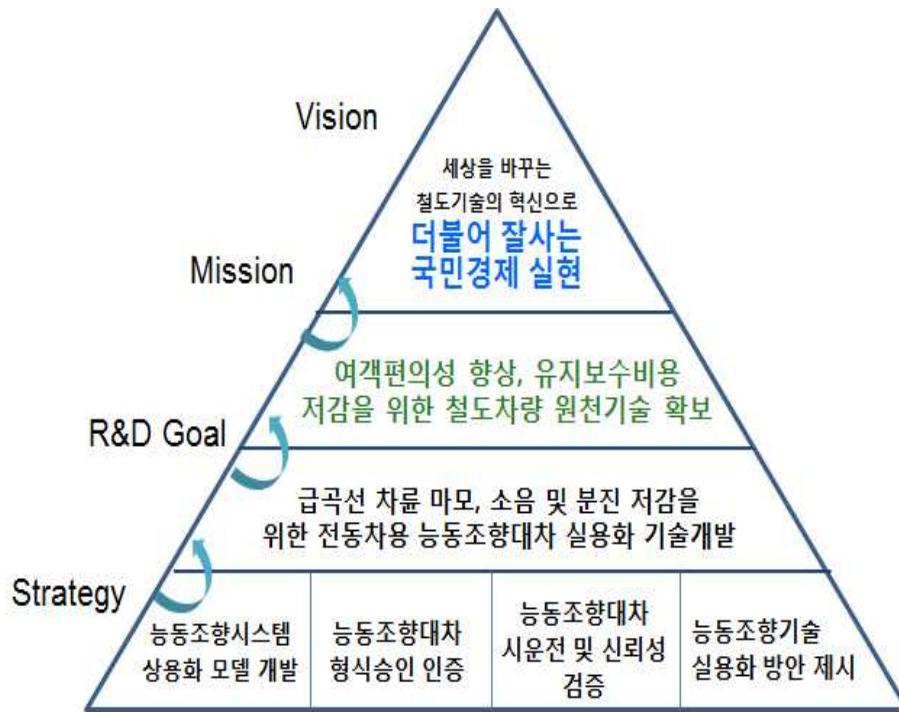


그림 4-1-3 기술개발 비전, 목표

제2절 연구개발과제 구성 및 주요 내용

- 철도 이용자의 삶의 질 향상을 위한 철도차량 차륜 마모, 소음 및 분진 저감을 위한 능동조향대차 실용화기술 개발을 위한 다음과 같은 후속 실증연구가 수행되어야 함. 본 후속 실증연구 내용은 철도운영기관, 차량제작사, 전문가 의견 수렴을 거쳐 도출된 내용임.
 - 철도차량용 능동조향기술의 적용대상은 급곡선 운용 빈도가 높아 차륜, 레일의 마모, 소음 및 분진 발생이 극심하며 지하구간 운행으로 공기질 악화 문제가 심각하여 능동조향기술 적용에 따른 효율성이 가장 탁월한 도시철도차량 전동차를 대상으로 함
 - 1단계 연구수행을 통하여 확보한 능동조향시스템 고유모델, TRL6수준의 원천기술, 시험차 구성을 통한 성능시험 결과에 기초하여 상용화에 기반을 둔 양산용 철도차량용 능동조향시스템 상용화 모델 개발을 추진토록 함
 - 능동조향기술이 적용된 능동조향대차 실용화를 전제로 형식승인에 대비하여 설계 적합성 검증 및 상용화 모델에 대한 형식승인기준 적용 설계적합성 검증 연구 수행
 - 세계 최초 상용화에 따른 최소한 위험성 등에 대하여 대비하기 위하여 장기 사용에 따른 신뢰성 확보를 위한 시험차 구성 및 장시간 시운전을 통한 신뢰성, 유지보수성, 효율성 평가와 같은 능동조향대차 신뢰성 실증(TRL7~8) 연구 수행
 - 능동조향대차 신뢰성 검증 및 실증연구를 통하여 과제 종료 시 상용화를 위한 능동조향대차 상용화 모델 최종안 제시 및 실용화를 위한 방안 도출
- 따라서, 능동조향대차 실용화기술 확보를 위한 주요 연구개발과제 구성은 그림 4-2-1과 같음



그림 4-2-1 연구개발과제 구성

- 본 기술개발은 철도차량 차륜 마모, 소음 및 분진 저감을 위한 능동조향대차 상용화를 위한 실용화기술 개발로 연구목표와 연구내용은 다음과 같음..

[연구개발 최종목표]

- 급곡선 차륜 마모, 소음 및 분진 저감을 위한 전동차용 능동조향대차 실용화 기술 개발

[연구개발 주요 내용]

- 전동차용 능동조향시스템 상용화 모델 개발
 - 양산용 능동조향시스템 상용화 모델 설계
 - 능동조향시스템 상용화 모델 시제 제작, 성능 평가
- 전동차용 능동조향대차 설계적합성 검증
 - 능동조향시스템 적용 능동조향대차 상용화 모델 설계
 - 능동조향대차 상용화 모델 형식승인기준 적용 설계적합성 검증
- 능동조향대차 현차 장착 및 시운전 열차 편성
 - 능동조향대차 시제 제작(시운전 열차 장착용)
 - 능동조향대차적용 시운전 열차 조성(1편성)
 - 조향시스템 구축 및 조향성능 모니터링시스템 구축
- 시험선 시운전 및 신뢰성 평가
 - 능동조향기술 적용 시험차 통합 조향제어기술 개발
 - 능동조향시험차 시험선 시운전(시운전기간 10개월 이상)
 - 능동조향대차 조향성능 및 신뢰성, 유지보수성 평가
 - 편성단위 통합 능동조향제어기술 개발
- 전동차용 능동조향대차 상용화 모델 최종안 제시
 - 전동차용 능동조향대차 상용화 모델 최종안 도출
 - 능동조향대차 실용화 계획 제시

[연차별 연구내용]

표 4-2-1 연차별 연구내용

연차	연구목표	주요 연구내용
1차년도	전동차용 능동조향 시스템 상용화 모델 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 능동조향대차 실용화를 위한 조향시스템 상용화 모델 개발 전략 검토 및 제작사양 도출 - 원가절감 양산용 능동조향시스템 상용화 모델 설계 (센서부, 구동부, 제어부) - 능동조향시스템 상용화 모델 시제 제작 - 능동조향시스템 상용화 모델 시제 성능 평가(공인시험)
2차년도	전동차용 능동조향 대차 설계적합성 검증	<ul style="list-style-type: none"> - 능동조향시스템 적용 능동조향대차 상용화 모델 설계(M-car, T-car 대차) - 능동조향대차 상용화 모델 형식승인기준 적용 설계 적합성 검증 - 시운전열차 장착용 능동조향대차 시제 제작 - 능동조향대차 시험선 시운전 계획 수립 및 협조체계 구축
3차년도	능동조향대차 시험선 시운전 및 신뢰성 평가	<ul style="list-style-type: none"> - 능동조향대차 시험차 장착 및 조립 검사, 능동조향 시운전 열차 조성(1편성) - 조향시스템 구축 및 조향성능 계측 및 모니터링시스템 구축 - 시운전열차 편성 통합 능동조향제어기술 개발 - 능동조향시험차 신뢰성 검증을 위한 누적 주행 시운전 착수 (시운전 기간 10개월 이상, 계절별, 누적주행거리별 성능 계측)
4차년도	전동차용 능동조향 대차 상용화 모델 최종안 도출 및 실용화 계획 제시	<ul style="list-style-type: none"> - 누적 주행 시운전을 통한 능동조향시험차 신뢰성 시험 계속 - 누적 주행 시운전 종료 후 능동조향대차 신뢰성, 유지보수성, 검토 - 신뢰성 시험결과 반영 전동차용 능동조향대차 상용화 모델 최종안 도출 - 전동차용 능동조향대차 실용화 계획 제시

제3절 추진전략 및 추진체계

- 능동조향대차 실용화기술 개발을 위하여 연구과제 종료 시 상용화가 가능한 기술수준(TRL8)dp 도달하기 위한 기술개발 추진전략은 다음과 같음.
 - 국토교통부 국가R&D “차륜/레일의 마모 저감을 위한 능동조향대차 기술개발 (‘13.12 ~ ’ 18.12” 1단계 연구를 통하여 세계 최고수준의 능동조향대차 고유모델 개발과 TRL6 수준의 원천기술을 확보하였음.
 - * 도시철도차량용 능동조향대차 시험선 성능검증 완료(세계 최초), 차륜 횡압 최대 80% 이상 저감, 소음 최대 4.4dB 저감, 마모 분진 80% 저감
- 기 확보한 능동조향대차 원천기술을 바탕으로 급곡선 운용빈도가 높아 능동조향기술의 효용성이 가장 큰 도시철도차량 전동차용 능동조향대차 실용화를 위한 TRL7 ~ 8단계의 실증 연구 추진
- 실증 연구 종료 시 상용화를 전제로 철도전문연구기관, 철도운영기관, 차량 제작사, 능동조향시스템 제작사, 대학 등 참여, 공동 협업연구 추진
- 능동조향기술 상용화 확대 기반 마련을 위한 능동조향시스템 원가절감 방안 도출 및 양산용 상용화 모델 개발, 성능 인증
- 능동조향기술 상용화를 위한 능동조향기술 적용 대차 형식승인기준 적용 설계적합성 검증 추진
- 능동조향대차 적용 시운전 열차 편성에 대한 통합 조향제어기술 개발 추진
- 능동조향시스템 적용 대차의 동적성능, 신뢰성, 유지보수성, 효용성 검증을 위한 시운전 열차 편성, 장기 누적주행 시험(10개월 이상)을 통한 계절별, 환경적 영향평가 (도시철도운영기관 시운전 주관, 테스트베드 지원, 유지관리, 성능 및 신뢰성 검토)
- 시운전 결과 반영 능동조향시스템, 능동조향대차 상용화 모델 최종안 도출
- 실증연구 종료 시 조속한 상용화를 위한 능동조향대차 실용화 방안 제시

- 본 연구는 능동조향대차 상용화를 위한 실증연구로 전문연구기관, 철도운영기관, 차량제작사, 차량부품제작사 등으로 구성된 협업 연구 추진.

급곡선 차륜 마모, 소음 및 분진 저감을 위한 전동차용 능동조향대차 실용화 기술 개발



그림 4-3-1 연구개발 추진체계

- 본 실증연구의 추진체계는 1단계 연구결과를 활용하여 상용화를 위한 실용화 모델 개발 및 실증연구로 능동조향 원천기술 확보한 전문연구기관, 철도운영기관, 차량 제작사 및 부품제작사 등으로 구성된 연구진이 유기적으로 협업하여 기술개발을 수행하며 연구 공정 및 예산집행의 효율성 제고를 위하여 일반과제 형태로 추진함.
- 철도 전문연구기관은 1단계 연구로 확보된 능동조향기술 원천 고유기술을 활용하여 실용화 모델 개발, 시험선 성능평가, 편성단위 통합제어기술 개발, 신뢰성 검증 연구 등 SE 및 Interface 등 핵심기술개발 및 총괄 연구업무 수행.
- 차량부품제작사, 차량제작사는 철도 전문연구기관이 확보한 능동조향 원천고유기술을 상용화하기 위하여 능동조향시스템, 조향대차에 대한 실용화 모델 설계, 시제 제작, 형식승인기준 적용 설계적합성 검증관련 제반 업무를 수행함. 차량부품제작사, 차량제작사는 능동조향대차기술에 대한 원천기술이 없으므로 원천기술을 보유한 철도 전문연구기관의 기술이전 절차를 통한 원천기술을 확보하여 조향시스템, 조향대차에 대한 실용화 모델 개발에 활용함
- 철도운영기관은 최종 연구성과 수요기관으로 신기술 상용화에 대한 강력한 의지와 능동적인 연구자세를 갖는 철도운영기관으로 실용화 연구 종료 후 능동조향대차 상용화를 전제로 참여함. 능동조향대차 실용화 기술개발 및 실증연구를 위한 시험차 구성 및 운용, 시험선 지원 등의 Test-bed 지원 업무를 수행.
 - 시험차 구성 및 Test-bed 지원관련 시험차 1편성과 관련 인력을 시운전기간 동안

인 최소 10개월 이상 지원함.

- 시험차 편성은 기존대차 적용차량의 조향성능과 능동조향대차 적용차량의 조향성능을 동일 시운전 조건 하에서 객관적, 정량적으로 상대 비교하여야 함으로 시험차 1편성에 혼용 편성함. 기존대차와 능동조향대차의 혼용비율 및 편성위치 등 시험차 편성관련 제반사항은 철도운영기관의 시운전 여건 등을 고려하여 실증과제가 성공적으로 진행될 수 있도록 상호 협의하에 진행함. 단 능동조향대차는 M-car 대차와 T-car 대차는 필히 시험차편성에 장착되어야 하며 누적 주행시험과 더불어 주기적으로 동적성능, 조향성능을 계측하여 실용화 모델에 대한 기술 검증 수행
- 시험차는 승객 취급없이 10개월 이상 운용하며 누적 주행거리는 가능한 최대한 될 수 있도록 운용함. (최소 누적 주행거리는 10,000km 이상으로 함)
- 시험차 구성관련 시운전 열차 사전 중정비, 기존대차 탈거 및 능동조향대차 장착, 시운전 및 일상점검, 시험 종료 후 시험차 원복관련 능동조향대차 탈거 및 기존대차 재장착 등 시운전관련 제반 사항 지원
- 능동조향대차 상용화를 위하여 필요한 양산용 상용화 모델 개발, 신뢰성 검증, 형식 승인기준 적용 설계적합성 검증 등과 같은 상용화 기반 마련
- 실증연구를 통하여 연구개발이 성공적으로 완료되면 철도운영기관 신차 발주 시 본 기술 적용 구매사양 명시, 상용화 추진

표 4-3-1 연구 목표 및 연구내용

구분	역할
일반과제	<p>(목표) 전동차용 능동조향대차 실용화 모델 개발 및 신뢰성 검증</p> <p>(연구 내용)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 전동차용 능동조향시스템 상용화 모델 개발 - 전동차용 능동조향대차 상용화 모델 설계 - 전동차용 능동조향대차 상용화 모델 시제 제작(시운전열차 1편성 분) - 전동차용 능동조향대차 상용화 모델 형식승인기준 적용 설계적합성 검증 - 능동조향대차 신뢰성 검증을 위한 시운전 계획 수립 및 협조체계 구축 - 능동조향대차 상용화 모델 시제 시험차 장착을 위한 Interface 검토 및 상세 시험계획 도출 - 능동조향대차 신뢰성 검증을 위한 시험차 구성 및 시운전열차 편성(1편성 분) - 능동조향대차 적용 시운전열차 통합 조향제어기술 개발 - 능동조향대차 신뢰성 검증을 위한 장기 시운전, 동적성능 계측 및 유지보수성 분석(시운전 기간 10개월 이상, 계절별, 누적 주행거리별 성능 계측) - 능동조향대차 상용화 모델 신뢰성, 유지보수성 검토 - 전동차용 능동조향대차 상용화 모델 최종안 제시

제4절 기술/성과 로드맵

1. 기술개발 로드맵

- 기술개발 로드맵은 그림 4-4-1과 같이 전동차용 능동조향시스템 상용화 모델 개발, 전동차용 능동조향대차 설계적합성 검증, 능동조향대차 시운전 및 신뢰성 평가, 전동차용 능동조향대차 상용화 모델 도출 및 실용화 방안 제시 단계로 수행되며 연구기간은 총 4년이 소요됨.
- 능동조향대차 상용화 모델에 대한 신뢰성 검증을 위하여 10개월 이상의 장기 누적 주행시험을 통하여 능동조향대차 상용화 모델에 대한 신뢰성, 유지보수성 등을 검증하여 실용화에 대비한 실증적인 연구를 수행할 계획임.



그림 4-4-1 연구개발 로드맵

2. 성과지표

- 철도차량 마모, 소음 및 분진 저감을 위한 능동조향대차 실용화기술 개발과 관련된 기술적, 과학적, 경제적, 사회적 성과지표는 다음과 같음.

표 4-4-1 연구 성과지표

요약서 (성과목표/지표)									
유 형	지표구분	성과지표		1차년도	2차년도	4차년도	4차년도	최종 목표	
기술적 성과	기술혁신	전동차용 능동조향시스템 상용화 모델 개발		전동차용 능동조향시스템 상용화 모델				전동차용 능동조향시스템 상용화 모델 개발	
		전동차용 능동조향대차 상용화 모델 개발		전동차용 능동조향대차 설계안	전동차용 능동조향대차 형식 승인기준 적용 설계적합성 검증			전동차용 능동조향대차 상용화 모델 개발	
		능동조향대차 시운전 및 신뢰성 검증			능동조향대차 적용 시운전 계획 수립	능동조향대차 적용 시험차 구성 및 시운전열차 조성	능동조향대차 시운전 및 신뢰성 검증	능동조향대차 신뢰성 검증 및 실용화 방안 제시	
	특허	국외	등록						
			출원						
		(유.무상)기술이전					2	21	
		국내	BBB 이상 등록					1	1
			BBB 이하 등록				2	1	4
			출원		2	2			4
	과학적 성과	논문	SCI(E)	IF 상위 20%					
IF 상위 20% 미만						1	1	2	
KCI 등재지			1	1	2	2	6		

경제적 성과	기술료	금액(백만원)				300	300
사회적 성과	기술규격	철도표준규격 및 기술기준(건)					
	정책효과	정책활용(건)					
기타	성과확산	언론매체 홍보건수				2	2
		기술거래소 등록, MOU 체결	1				1
		세미나 개최, 기타 등	2	2	2	2	8
	기타	기타 내용들					

제5절 최종성과물 및 활용방안

1. 최종성과물

- 철도차량 마모, 소음 및 분진 저감을 위한 능동조향대차 실용화기술 개발 완료 후 예상되는 최종성과물은 다음과 같음.

[최종 성과물]

- 전동차용 능동조향시스템 상용화 모델 설계안 및 시제
- 전동차용 능동조향대차 상용화 모델 설계안 및 시제
- 전동차용 능동조향대차 형식승인기준 적용 적합성 검증 및 신뢰성 시험결과
- 전동차용 능동조향대차 실용화 방안

2. 활용방안

- 철도차량 마모, 소음 및 분진 저감을 위한 능동조향대차 실용화기술 개발 완료 후 연구성과물에 대한 활용계획은 다음과 같음.
- 급곡선 철도차량 신차 개발 시 신조 대차기술로 활용(철도운영기관, 차량제작사)
 - 철도운영기관, 차량제작사는 본 사업에 참여하여 개발과정 모니터링, 개발품 시제에 대한 성능시험을 위한 Test-bed 지원 역할 수행. 연구개발 종료 시 향후 도시 철도차량 전동차 사양에 능동조향기술 적용 상용화 추진
 - 노후 전동차 교체 수요에 대응한 신조차량 제작 시 능동조향대차 기술 적용 추진
※향후 노후 전동차 교체수요 약 5,200량 대기 중
- 기존 대차 곡선부 주행성능 향상 및 소음 저감을 위한 개조 방안으로 활용(철도운영기관)
 - 본 능동조향시스템은 소형, compact한 구조로 기존 대차 개조를 통하여 조향시스템 장착이 용이함
 - 서울교통공사 운용 차량 중 능동조향대차 적용성 검토 결과, 볼스터리스형식 센터피봇 적용 공기스프링 구조 차량 적용 가능

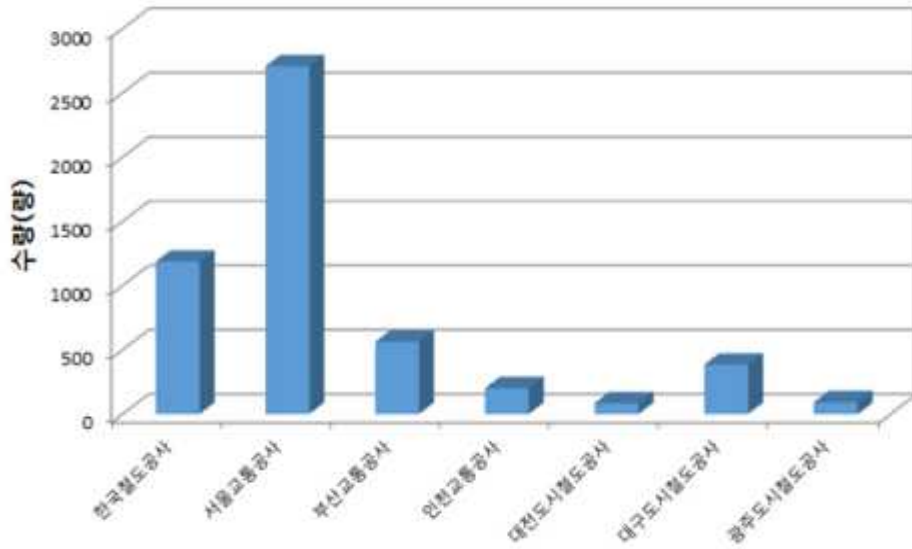


그림 4-5-1 국내 노후 전동차 교체 수요

표 4-5-1 국내 노후 전동차 교체 수요

운영기관	철도차량	수량(량)	도입 시기(년)	교체 예상시기(년)
서울교통공사	1호선	100	1998	2023
	2호선	356	2005	2030
	3호선	150	1990	2020~2021
	4호선	470	1993	2020~2021
	5호선	608	1994	2020~2021
	6호선	320	1999	2024
	7호선	566	1996	2021~2022
	8호선	90	1995	2020~2021
한국철도공사	분당선	244	1994	2020~2021
	일산선	160	1996	2021~2022
	1호선	262	2005	2030
	경부선	220	2003	2028
	과천안산선	300	2001	2026
부산교통공사	1호선	84	1994	2020~2021
	1호선	60	1997	2021~2022
	2호선	336	2002	2027
	3호선	80	2005	2030
인천교통공사	1호선	200	1999	2024
대전도시철도공사	1호선	84	2006	2031
대구도시철도공사	1호선	204	1997	2021~2022
	2호선	180	2005	2030
광주도시철도공사	1호선	92	1004	2029
합		5,166		

제5장

자원투입 계획

제1절 연구시설 및 장비 투입계획

제2절 인력 및 소요예산 투입계획

제5장 자원투입계획

제1절 연구시설 및 장비 투입계획

- 본 기술개발에 투입할 연구시설 및 장비 투입계획은 표 5-1-1과 같음. 능동조향시스템 상용화 모델 개발 및 성능시험, 능동조향대차 상용화 모델 개발 및 성능시험, 능동조향시스템 시운전 및 신뢰성 평가 등에 해석 및 시험 평가관련 장비가 필요함. 연구원 보유 장비 외 요구되는 장비는 구매 및 임차를 통하여 수급할 계획임.

표 5-1-1 연구시설 및 장비 투입계획

연구시설 및 장비	사양	수량	용도	비고
대차 동특성 주행시험기	max 420km/h	1	철도차량 주행성능 시험	보유
스프링/댐퍼 시험기	max 40 to	1	철도차량 현가장치 단품 시험	보유
ANSYS	S/W	1	구조해석용	보유
VI-RAIL	S/W	1	철도차량 동역학 해석용	보유
텔레메트리시스템	4ch	1	스트레인 측정	보유
비접촉 차륜형상측정기	Calipri-Wheel 분해능 ±0.1mm	1set	차륜답면형상 측정 (reference 용)	보유
신호분석기	8CH	1set	능동조향시험차 신호 계측신호 분석	보유
임의파형 발생기	2Ch	1set	신호처리용 파형 생성	보유
Data acquisition system	20Ch	1set	능동조향시험차 신호 계측	보유
횡압측정용 윤축	전동차용	2set	전동차 횡압측정용 윤축	제작
3D modelling S/W	CATIA	1set	조향대차 설계 및 모델링	임차
CAD S/W	AutoCad	1set	조향대차 설계 및 모델링	임차
능동조향시스템 성능 계측 모니터링시스템	능동조향시험차 성능계측용 DAQ	1set	능동조향시스템 성능계측	구입

제2절 인력 및 소요예산 투입계획

- 연구내용별 인력투입계획은 표 5-2-1과 같이 총 27명의 인력이 투입됨. 1차년도에는 능동조향시스템 상용화 모델 설계 및 시제 제작, 능동조향대차 상용화 모델 설계, 시제 제작, 설계적합성 검증 및 형식승인 분양에 인력이 집중 투입된다. 2차년도에는 능동조향대차 상용화 모델 시제 제작 및 형식승인, 시험차 구성에 예산 투입이 필요하다. 3차 4차년도에는 시험차 신뢰성 검증을 위한 장시간 실증 시운전관련 시제대차 장착, 장기 시운전, 시운전 종료에 따른 시제대차 장착 및 시험, 탈거 및 원복관련 비용이 소요됨.
- 연차별로는 1차년도 6.5명, 2차년도 7.5명, 3차년도 7명, 4차년도 6명 총 27명의 인력 투입이 요구된다. 인건비 총액은 인건비 중 인건비가 정부출연금으로 계상되는 철도 전문연구기관인 정부출연연구기관 참여 인력에 한해 계산함. 표 5-2-2와 같이 선임급 4.2명, 책임급 4명, 총 8.2명분으로 총 800,000천원이 소요됨. 민간 참여 인력은 현물 부담함.

표 5-2-1 인력 투입 계획(단위: 명)

연구 내용	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	소계
전동차용 능동조향시스템 상용화 모델 개발	1				1
능동조향시스템 상용화 모델 시제 제작, 성능 평가	2	1	0.2	0.2	3.4
능동조향시스템 적용 능동조향대차 상용화 모델 설계, 시제 제작, 성능평가	2	2.5			4.5
능동조향시스템 적용 능동조향대차 상용화 모델 형식승인기준 적용 설계적합성 검증	1.5	2			3.5
능동조향대차 시험차 장착 및 시운전 열차 조성(1편성)			2	1	3
조향시스템 구축 및 조향성능 모니터링시스템 구축		2	0.3		2.3
능동조향시험차 시험선 시운전(시운전기간 10개월 이상)			2	2	4
능동조향 통합 제어기술 개발			2	2	4
능동조향대차 조향성능 및 신뢰성, 유지보수성 평가			0.5	0.5	1
전동차용 능동조향대차 상용화 모델 최종안 도출 및 실용화 방안 제시				0.3	0.3
소 계	6.5	7.5	7	6	27

표 5-2-2 인건비 소요예산

구분	월단가(천원)	참여인원	실 참여개월	소계(천원)
선임급	7,310,000	4.2	12	368,000
책임급	9,000,000	4	12	432,000
소 계				800,000

- 직접비중 소요 예산은 표 5-2-3과 같으며 상세 세부내역은 표 5-2-4과 같음. 전동차용 능동조향시스템 상용화 모델 개발, 전동차용 능동조향시스템 상용화 모델 설계, 시제 제작, 설계적합성 검증, 능동조향대차 적용 시험차 구성 및 장기 누적 주행 시 운전, 신뢰성 평가 분야에 집중적인 예산투입이 요구됨. 연차별로는 1차년도 2,400,000천원, 2차년도 2,700,000천원, 3차년도 1,250,000천원, 4차년도 680,000천원으로 총 7,030,000천원의 예산 투입이 요구됨.
- 인건비와 직접비, 간접비를 모두 포함한 연구개발비 총액은 표 5-2-5와 같이 정부출연금 9,027,000천원이 소요된다. 연차별로는 1차년도 3,000,000천원, 2차년도 3,338,000천원, 3차년도 1,669,000천원, 4차년도 1,020,000천원이 투입됨. 민간부담금은 연구단 중소기업 참여 조건으로 정부출연금의 1/3로 산정함.

표 5-2-3 직접비 투입 계획(단위: 천원)

연구 내용	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	소계
전동차용 능동조향시스템 상용화 모델 개발	500,000				500,000
능동조향시스템 상용화 모델 시제 제작, 성능 평가	900,000	300,000	50,000	50,000	1,300,000
능동조향시스템 적용 능동조향대차 상용화 모델 설계, 시제 제작, 성능평가	800,000	1,800,000			2,600,000
능동조향시스템 적용 능동조향대차 상용화 모델 형식승인기준 적용 설계 적합성 검증	200,000	400,000			600,000
능동조향대차 시험차 장착 및 시운전 열차 조성(1편성)			500,000	200,000	700,000
조향시스템 구축 및 조향성능 모니터링시스템 구축		200,000			200,000
능동조향시험차 시험선 시운전, 통합 제어기술개발 및 신뢰성 시험(시운전 기간 1년 이상)			450,000	300,000	750,000
능동조향 통합 제어기술 개발			150,000		150,000
능동조향대차 조향성능 및 신뢰성, 유지보수성 평가			100,000	100,000	200,000
전동차용 능동조향대차 상용화 모델 최종안 도출 및 실용화 방안 제시				30,000	30,000
소 계	2,400,000	2,700,000	1,250,000	680,000	7,030,000

표 5-2-4 직접비 세부 내역(단위: 천원)

연구 내용	세부 내역	소계
전동차용 능동조향시스템 상용화 모델 개발	-능동조향시스템 상용화 모델 설계 : 100,000 -능동조향시스템 상용화 모델(센서부, 제어부) 시제 제작 (1set), 성능시험: 100,000 -능동조향시스템 상용화 모델 구동모터, 케이스 금형제작: 300,000	500,000
능동조향시스템 상용화 모델 시제 제작, 성능평가	-능동조향시스템 상용화 모델 구동부 링크부 금형제작: 500,000 -시제대차 장착용 능동조향시스템 상용화 모델 시제 제작 (1편성분): 800,000	1,300,000
능동조향시스템 적용 능동조향대차 상용화 모델 설계, 시제 제작, 성능평가	-능동조향시스템 상용화 모델적용 대차모델 시제 제작(1편성분) : 2,000,000 -능동조향시스템 상용화 모델적용 대차모델 시제 구성품 시험 : 600,000	2,400,000
능동조향시스템 적용	-능동조향시스템 상용화 모델적용 대차모델 설계(Mcar,	600,000

능동조향대차 상용화 모델 형식승인기준 적용 설계적합성 검증	Tcar) : 100,000 -능동조향시스템 상용화 모델적용 대차모델 형식승인 기준적용 설계적합성 검증, 구상품 시험 : 500,000	
능동조향대차 시험차 장착 및 시운전 열차 조성(1편성)	-능동조향대차 장착용 시운전 열차 편성 준비: 100,000 -능동조향대차 시운전 열차(1편성) 장착 및 조립검사: 400,000 -능동조향대차 시운전 열차(1편성) 구내 시운전 및 본선 시운전 준비 : 200,000	700,000
조향시스템 구축 및 조향성능 모니터링시스템 구축	-능동조향대차 시험차 조향시스템 구축 : 50,000 -능동조향대차 시험차 성능시험을 위한 동적성능 계측시스템 구축 : 150,000	200,000
능동조향시험차 시험선 시운전, 통합제어기술개발 및 신뢰성 시험(시운전기간 1년 이상)	-능동조향 시운전열차 시운전 보험 가입 : 250,000 -능동조향 시운전열차 시운전관련 제반 비용(기관사, 시험인력, 유지보수인력 인건비, 선로사용료, 전기사용료, 공고요금 및 수용비 포함) : 500,000	750,000
능동조향 통합 제어기술 개발	-시험차 편성단위 차량간 연계 능동조향 통합 제어기술 개발 : 150,000	150,000
능동조향대차 조향성능 및 신뢰성, 유지보수성 평가	-능동조향대차 시험차 조향성능 신뢰성 평가 : 100,000 -능동조향대차 시험차 유지보수성 평가 : 100,000	200,000
전동차용 능동조향대차 상용화 모델 최종안 도출 및 실용화 방안 제시	-전동차용 능동조향대차 상용화 모델 최종안 도출 -능동조향대차 실용화 방안 도출관련 설명회, 회의비 : 30,000	300,000

표 5-2-5 연구개발비 소요예산(단위: 천원)

비목	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	소계	비고
인 건 비	200,000	200,000	200,000	200,000	800,000	
직 접 비	2,400,000	2,700,000	1,250,000	680,000	7,030,000	
간 접 비	400,000	478,000	219,000	140,000	1,197,000	(인건비+직접)의 15% 이상
소 계	3,000,000	3,338,000	1,669,000	1,020,000	9,027,000	

표 5-2-6 연차별 총 소요예산(단위: 천원)

비목	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	소계	비율(%)
정부출연금	3,000,000	3,338,000	1,669,000	1,020,000	9,027,000	75
민간부담금	1,000,000	1,120,000	557,000	340,000	3,017,000	25
소 계	4,000,000	4,458,000	2,226,000	1,360,000	12,044,000	100

제6장

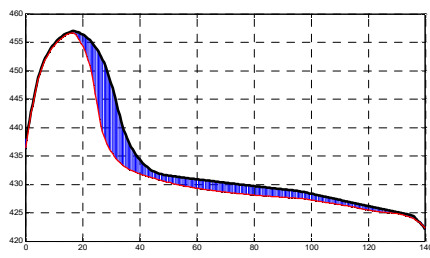
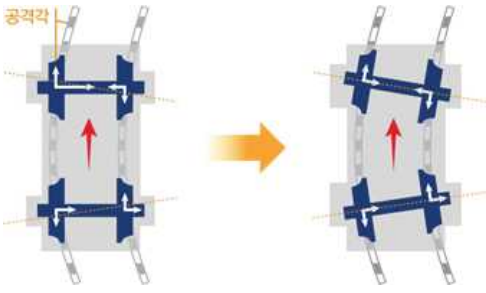
과제공모 방안

제1절 과제제안 요구서

제6장 과제공모 방안

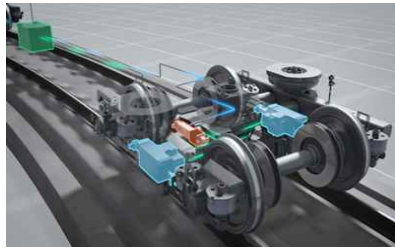
제1절 과제제안 요구서

표 6-1-1 과제제안요구서

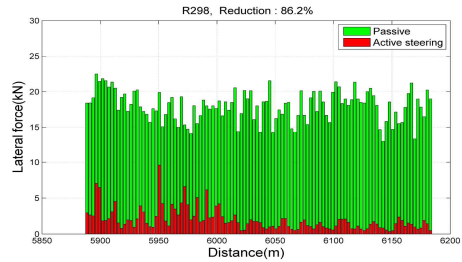
연구과제명	급곡선 차륜 마모, 소음 및 분진 저감을 위한 전동차용 능동조향대차 실용화 기술개발
1. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 급곡선 차륜 마모, 소음 및 분진 저감을 위한 전동차용 능동조향대차 실용화 기술개발 - 전동차용 능동조향시스템 상용화 모델 및 능동조향대차 실용화기술 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	<p>□ 연구개발의 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 곡선 비중이 높은 국내 철도 운영기관은 철도차량의 조향기능 미흡으로 차륜, 레일의 과도한 마모, 소음 및 분진 발생 등의 만성적 현안을 안고 있음. 이는 승객의 여객 편의성을 저하할 뿐 아니라 차륜, 레일의 조기 삭정, 교체로 인한 유지보수 비용 증가, 임시 검수로 인한 차량 가용성 저하로 철도 경쟁력 저하의 요인이 됨. <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>[차륜 플랜지 마모]</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>[곡선구간 주행 시 차륜의 거동]</p> </div> </div> <ul style="list-style-type: none"> ○ 이러한 문제를 근원적으로 해결하기 위해선 기존 철도차량의 미흡한 조향기능 향상을 통한 곡선구간을 원활히 주행할 수 있는 지능형 조향제어기술 개발이 필요하며 이를 적용한 철도차량용 능동조향대차 상용화가 시급함. ○ 능동조향대차 기술은 1단계 연구로 국토교통부 철도기술연구사업 “차륜/레일의 마모 저감을 위한 능동조향대차 기술개발(‘13.12 ~ ’18.12)” 과제

를 수행하여 세계 최고수준의 전동차용 능동조향대차 고유모델을 성공적으로 개발 완료하였음.

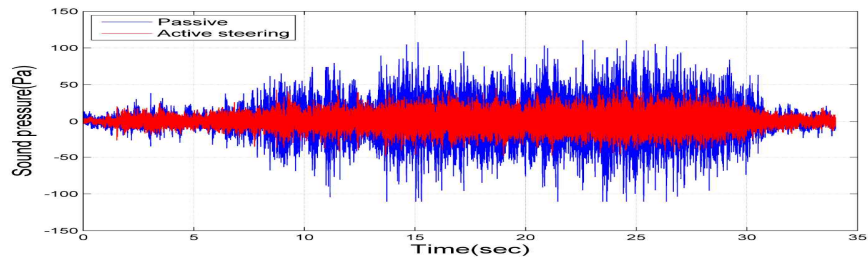
- * 전동차용 능동조향대차 기술 고유모델 개발(세계최초 영업선 성능검증 완료)
- * 기존차량 대비 차륜 횡압 80% 저감, 소음 4.4dB 저감
- * 차륜 마모, 분진 약 80% 저감, 차륜 수명 최소 2.6배 연장
- * 2018 철도10대기술 선정, 신기술(NET) 인증



[능동조향대차]



[횡압 저감]



[차륜 소음 저감]

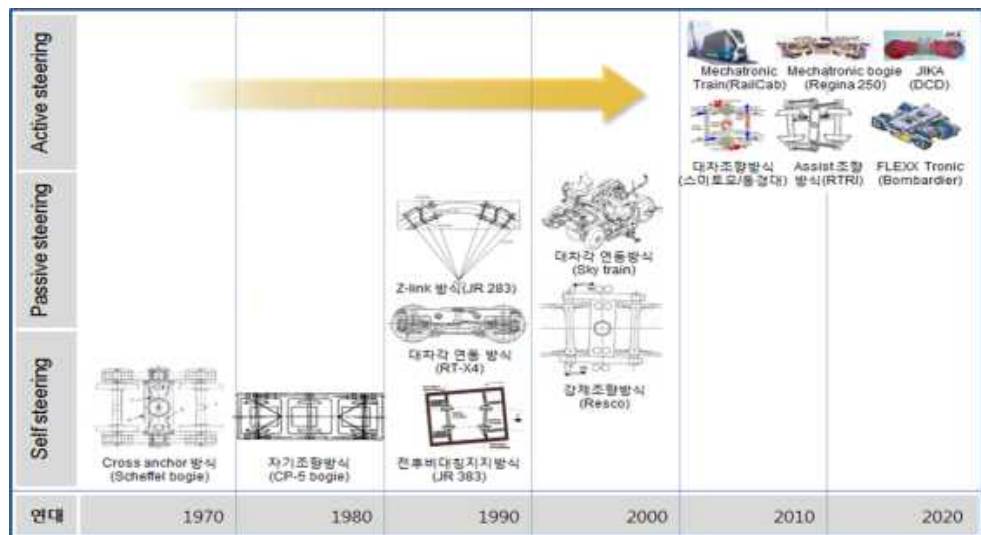
- 그러나 본 기술의 실용화를 위해선 상용화 제품 개발 및 형식승인기준 적용 설계적합성 검증, 그리고 장시간 시험차 시운전을 통한 신뢰성 검증과 같은 실증연구가 필히 선행되어야 함.
- 본 제안 기술은 최근 교통수단의 지능화 추세에 따라 철도차량의 성능 향상을 위한 미래 철도차량 핵심 원천기술임. 실용화 연구를 통하여 본 기술이 실용화되면 기존 철도차량의 성능 한계를 극복할 수 있는 신기술로 여객 편의성 향상, 유지보수비용 절감을 통한 국내 철도경쟁력 제고에 기여할 수 있음. 또한 도시철도차량으로는 세계 최초 상용화로 현재 태동기에 있는 미래 지능형 철도차량 시장을 선점할 수 있음
- 본 기술은 철도차량 성능 향상을 통한 여객 편의성 제고와 관련된 기술로 국가 R&D 3대 추진전략 중 하나인 “국민 체감형 과학기술성과 확산”, 추진과제인 “국민생활 속 문제를 해결하는 R&D 강화”에 부합함.

□ 기술동향

- 최근 세계 철도차량 기술개발 동향은 에너지 저감, 수송력 향상, 성능 향상을 목표로 함. 교통수단의 지능화를 통한 기존 철도차량의 성능한계 극복, 미래 철도차량 원천기술 선점차원에서 기술개발에 노력하고 있음.
- 철도차량용 능동조향기술은 기존 철도차량의 곡선부 주행 시 문제점을 혁신적으로 개선할 수 있는 미래 철도차량 원천기술로서 1990년대부터 연구

개발이 착수되었으며 현재는 유럽, 일본이 연구개발을 선도하고 있음

- 봄바르디어는 능동조향이 적용된 능동형 철도차량기술(WAKO)을 개발하여 2011년 상용화에 착수하였음. 본 기술이 적용된 철도차량인 TWINDEXX를 SBB에 총 59편성(2조 6천억원 규모) 납품하여 상용 운용 중임. 봄바르디어의 경제성 분석자료에 의하면 차륜 수명 최소 25%, 레일 수명 약 2.7배 연장, 소음 4dB 저감, 2년내 초기 투자금 회수가 가능하다고 함.
- 일본은 전동차용 능동조향대차를 개발 중에 있으며 현재 시험선 시운전 단계에 있음. 시험선 시운전 결과, 기존 차량 대비 차륜 횡압 60% 저감, 소음 최대 5dB가 저감 효과가 있음.



- 남아공의 DCD사는 기관차용 조향장치를 개발하여 2013년 상용화에 착수하였음. 기관차 적용 시험결과, 기관차의 차륜수명이 기존 351,000km에서 1,600,000km로 약 4.6배 연장되었다고 보고됨.
- 중국은 2018 Innotrans에 능동조향기술이 적용된 차세대 전동차 개발 계획과 실물 mock-up을 출시한 바 있음.
- 국내에선 철도연이 국토교통부 국가R&D 과제를 수행하여 세계 최고수준의 전동차용 능동조향대차 고유기술을 성공적으로 개발하여 영업선 성능검증을 세계 최초로 완료한 상황임.
- 이와 같이 능동조향기술은 기존 차량의 성능 한계를 극복하기 위한 미래 능동형 철도차량 원천기술로 기술적 우위 확보를 통한 미래 철도차량시장 선점 차원에서 철도 선진국들에선 치열한 기술 개발에 진력하고 있음.

3. 연구개발 내용

- 전동차용 능동조향시스템 상용화 모델 개발
 - 능동조향대차 실용화를 위한 조향시스템 상용화 모델 개발 전략 검토 및 제작 사양 도출
 - 원가절감 양산용 능동조향시스템 상용화 모델 설계(센서부, 구동부, 제어부)
 - 능동조향시스템 상용화 모델 시제 제작

- 능동조향시스템 상용화 모델 시제 성능 평가(공인시험)
- 전동차용 능동조향대차 형식승인기준 적용 적합성 검증
 - 능동조향시스템 적용 능동조향대차 상용화 모델 설계적합성 검토
 - 설계적합성 검증 및 시운전열차 장착용 능동조향대차 시제 제작
 - 능동조향대차 상용화 모델 형식승인기준 적용 설계적합성 검증
- 능동조향대차 현차 장착 및 시운전 열차 편성
 - 능동조향대차 시험선 시운전 계획 수립 및 협조체계 구축
 - 능동조향대차 시험차 장착 및 조립 검사, 능동조향 시운전 열차 조성(1편성)
 - 조향시스템 구축 및 조향성능 계측 및 모니터링시스템 구축
- 시험선 시운전 및 신뢰성 평가
 - 능동조향기술 적용 시험차 통합 조향제어기술 개발
 - 능동조향시험차 신뢰성 검증을 위한 누적 주행 시운전
(시운전 기간 10개월 이상, 계절별, 누적주행거리별 성능 계측)
 - 누적 주행 시운전에 따른 능동조향대차 조향성능 및 신뢰성, 유지보수성 평가
- 전동차용 능동조향대차 상용화 모델 최종안 제시
 - 신뢰성 시험결과 반영 전동차용 능동조향대차 상용화 모델 최종안 도출
 - 전동차용 능동조향대차 실용화 계획 제시

4. 연구개발 추진방법

- 추진전략
 - 능동조향대차 상용화를 위한 실용화기술 개발을 위하여 연구과제 종료 시 상용화가 가능한 기술수준(TRL8)dp 도달하기 위한 실증 연구 추진
 - 국토교통부 국가R&D “차륜/레일의 마모 저감을 위한 능동조향대차 기술 개발(‘13.12~ ’ 18.12” 1단계 연구를 통하여 세계 최고수준의 능동조향대차 고유모델 개발과 TRL6 수준의 원천기술을 확보하였음.
 - * 도시철도차량용 능동조향대차 시험선 성능검증 완료(세계 최초), 차륜 횡압 최대 80% 이상 저감, 소음 최대 4.4dB 저감, 분진 80% 저감
 - 기 확보한 능동조향대차 원천기술을 바탕으로 급곡선 운용빈도가 높아 능동조향기술의 효용성이 가장 큰 도시철도차량 전동차용 능동조향대차 실용화를 위한 TRL7~8단계의 실증 연구 추진
 - 실증 연구 종료 시 상용화를 전제로 철도전문연구기관, 철도운영기관, 차량 제작사, 능동조향시스템 제작사, 대학 등 참여, 공동 협업연구 추진
 - 능동조향기술 상용화 확대 기반 마련을 위한 능동조향시스템 원가절감 방안 도출 및 양산용 상용화 모델 개발, 성능 인증
 - 능동조향기술 상용화를 위한 능동조향기술 적용 대차 설계적합성 검증 및 형식승인기준 적용 설계적합성 검증 추진
 - 능동조향시스템 적용 대차의 신뢰성, 유지보수성, 효용성 검증을 위한 시운전 열차 편성, 장기 누적주행 시험(10개월 이상)을 통한 계절별, 환경적 영향 평가

(도시철도운영기관 시운전 주관, 테스트베드 지원, 유지관리, 성능 및 신뢰성 검토)

□ 추진체계

- 시운전 결과 반영 능동조향시스템, 능동조향대차 상용화 모델 최종안 도출
- 실증연구 종료 시 조속한 상용화를 위한 능동조향대차 실용화 방안 제시
- 본 실증연구의 추진체계는 1단계 연구결과를 활용하여 상용화를 위한 실용화 모델 개발 및 실증연구로 능동조향 원천기술 확보한 전문연구기관, 철도운영기관, 차량 제작사 및 부품제작사 등으로 구성된 연구진이 유기적으로 협업하여 기술개발을 수행하며 연구 공정 및 예산집행의 효율성 제고를 위하여 일반과제 형태로 추진함.
 - 철도 전문연구기관은 1단계 연구로 확보된 능동조향기술 원천 고유기술을 활용하여 실용화 모델 개발, 시험선 성능평가, 편성단위 통합제어기술 개발, 신뢰성 검증 연구 등 SE 및 Interface 등 핵심기술개발 및 총괄 연구업무 수행
 - 차량부품제작사, 차량제작사는 철도 전문연구기관이 확보한 능동조향 원천고유기술을 상용화하기 위하여 능동조향시스템, 조향대차에 대한 실용화 모델 설계, 시제 제작, 형식승인기준 적용 설계적합성 검증관련 제반 업무를 수행함. 차량부품제작사, 차량제작사는 능동조향대차기술에 대한 원천기술이 없으므로 원천기술을 보유한 철도 전문연구기관의 기술이전 절차를 통한 원천기술을 확보하여 실용화 기술개발에 활용함
 - 철도운영기관은 최종 연구성과 수요기관으로 신기술 상용화에 대한 강력한 의지와 능동적인 연구자세를 갖는 철도운영기관으로 실용화 연구 종료 후 능동조향대차 상용화를 전제로 참여함. 능동조향대차 실용화 기술개발 및 실증연구를 위한 시험차 구성 및 운용, 시험선 지원 등의 Test-bed 지원 업무를 수행.
 - 시험차 구성 및 Test-bed 지원관련 시험차 1편성과 관련 인력을 시운전기간 동안인 최소 10개월 이상 지원함.
 - 시험차 편성은 기존대차 적용차량의 조향성능과 능동조향대차 적용차량의 조향성능을 동일 시운전 조건 하에서 객관적, 정량적으로 상대 비교하여야 함으로 시험차 1편성에 혼용 편성함. 기존대차와 능동조향대차의 혼용비율 및 편성위치 등 시험차 편성관련 제반사항은 철도운영기관의 시운전 여건 등을 고려하여 실증과제가 성공적으로 진행될 수 있도록 상호 협의하에 진행함. 단 능동조향대차는 M-car 대차와 T-car 대차는 필히 시험차편성에 장착되어야 하며 누적 주행시험과 더불어 주기적으로 동적성능, 조향성능을 계측하여 실용화 모델에 대한 기술 검증 수행
 - 시험차는 승객 탑승없이 10개월 이상 운용하며 누적 주행거리는 가능한 최대한 될 수 있도록 운용함. (최소 누적 주행거리는 10,000km 이상으로 함)

- 시험차 구성관련 시운전 열차 사전 중정비, 기존대차 탈거 및 능동조향대차 장착, 시운전 및 일상점검, 시험 종료 후 시험차 원복관련 능동조향대차 탈거 및 기존대차 재장착 등 시운전관련 제반 사항 지원
- 실증연구를 통하여 연구개발이 성공적으로 완료되면 철도운영기관은 신차 발주 시 본 기술 적용 구매사양 명시, 상용화 추진

급곡선 차륜 마모, 소음 및 분진 저감을 위한 전동차용 능동조향대차 실용화 기술 개발



철도연	철도운영기관	차량제작사	부품제작사
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 핵심기술 개발 및 성능 검증 - 연구출발, SE 및 Interface - 능동조향시스템 실용화 모델 개발, 성능시험 - 능동조향대차 신뢰성 평가 - 실용화 방안 제시 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 능동조향 시험차 구성 및 시운전, 신뢰성 시험 - 능동조향대차 적용 시험차 구성, 시운전 지원 - 시험차 장기 누적 시운전, 신뢰성, 유지보수성 평가 - 실용화 방안 도출 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 능동조향대차 상용화 모델 시제 제작, 형식승인 - 능동조향대차 상용화 모델 시제 제작 - 설계적합성 및 형식승인 인증 - 시험선 시운전 지원 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 능동조향시스템 상용화 모델 시제 제작 - 능동조향시스템 상용화 모델 시제 제작, 성능평가 - 시험선 시운전 지원 - 능동조향시스템 상용화 모델 최종안 제시

5. 최종성과물

- 주요
 - 전동차용 능동조향시스템 상용화 모델 설계안 및 시제
 - 전동차용 능동조향대차 상용화 모델 설계안 및 시제
 - 전동차용 능동조향대차 형식승인기준 적용 설계적합성 검증 및 신뢰성 시험결과
 - 전동차용 능동조향대차 실용화 방안

6. 기대효과 및 파급효과

- 도시철도차량 전동차용 능동조향대차 세계 최초 상용화를 위한 실용화 기술 확보
- 환경 친화적 철도차량 실용화기술 확보, 대국민 여객서비스 제고, 유지보수비 절감
 - * 차륜 마모, 분진 약 80% 저감, 소음 4.4dB 저감, 차륜 수명 최소 2.6배 연장
 - * 능동조향차량 연간 1량당 편익 : 2,800천원/(량·연), 25년간 7억원/(량·연)
- 급곡선 철도차량 신차 개발 시 신조 대차기술로 활용(철도운영기관, 차량제작사)
 - * 향후 노후 전동차 교체수요 약 5,200량 대기 중, 실용화 과제 종료 시 참여 철도운영기관 상용화 추진
- 기존 대차 곡선부 주행성능 향상 및 소음 저감을 위한 개조 방안으로 활용(철도운영기관)

7. 연구개발기간 및 소요예산

- 총 연구기간 : 4년
- 소요예산: 120.44억원(정부출연금 90.27억원, 민간 30.17억원)

[단위: 천원]

비목	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	소계
정부출연금	3,000,000	3,338,000	1,669,000	1,020,000	9,027,000
민간부담금	1,000,000	1,120,000	557,000	340,000	3,017,000
소 계	4,000,000	4,458,000	2,226,000	1,360,000	12,044,000

8. 기타

참고문헌

- [1] 데이터과학 설명자료, <https://statklee.github.io/data-science/ds-tidyverse.html>
- [2] 김영상외1(2017), 4차 산업혁명과 IoT-AI 플랫폼, 한국정보기술학회지 제15권제1호, 2017.6, 1-7
- [3] Roland Berger, World rail market study forecast 2016 to 2021, unife
- [4] BIR Research Group. 지능형 자동차 기술, 시장 현황과 개발동향. BIR(비아이알)
- [5] 서울지하철 1~4호선 10대 중 6대 21년 넘게 운영중 (2016.10) 서울메트로 설명자료
- [6] SOC 재정투자규모 추이, 기획재정부
- [7] 2015~2019 국가재정운용계획 (SOC교통 분야 보고서), 국가재정운용계획 SOC분야 작업반, 2015
- [8] 한국철도기술연구원, “자유주행기반 스마트철도 핵심기술 개발 기획보고서 [PARTII] 주환경 감응형 스마트 주행장치(VDC) 기술개발”, 국토교통과학기술진흥원, 2017.11
- [9] 한국철도기술연구원, “차세대철도차량본부 역할과 책임 기획연구”, 한국철도기술연구원, 2018.12
- [10] 한국철도기술연구원, “과학기술 출연(연) R&R -한국철도기술연구원-”, 한국철도기술연구원, 2019. 3
- [11] 한국철도기술연구원, 국토교통부 철도기술연구사업 최종보고서, “차륜/레일의 마모 저감을 위한 능동조향대차 기술 개발”, 2019. 4
- [12] H.M. Hur, D.H. Ahn, J.H. Park, “Wheelset Steering Angle of Railway Vehicle according to Primary Suspension Property”, Journal of the Korean Society for Precision Engineering, 32(7), 2015
- [13] T. Mei, R. Goodal, “Recent Development in Active Steering of Railway Vehicles, Vehicle System Dynamics”, 39(6), 2003
- [14] Railway Technology, Bombardier TWINDEXX Double-Deck Trains <http://www.railway-technology.com/projects/bombardiertwindexx-double-decktrains>
- [15] DCD Rolling Stock Launches A World-First In Locomotive Steering, <http://media.ngage.co.za/dcd-rolling-stocklaunches-a-world-first-in-locomotive-steering>
- [16] Y. Umehara, S. Kamoshita, K. Ishiguri, Y. Yamanaga, “Development of Electro-hydraulic Actuator with Fail-safe Function for Steering System”, QR of RTRI, 55(3), 2014
- [17] M. Suzuki, S. Kodama, T. Tanaka, Y. Umehara, S. Kamoshita, T. Miyamoto, “Evaluation of the Performance of the Bogie to Control the Decrement of Wheel Load Using the Test Line of RTRI”, RTRI Report, 30(2), 2016
- [18] H.M. Hur, D.H. Ahn, Y.J. Shin, “Steering Performance Evaluation of Active

- Steering System for a Railway Vehicle by Simulating Real Track Running” ,
International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, 19(10), 2018
- [19] H.M. Hur, M.S. Park, M.S. You, J.C. Lee, “Development of Active Steering Bogie for Railway Vehicle to Reduce Wheel Wear in Curved Section” , Proceeding of Autumn Conference of the Korean Society for Railway, Jeju, Korea, 2018
- [20] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, “Technical Specifications for Urban Railway Vehicles(KRTS-VE-Part 51- 2016(R1))” , 2016
- [21] H.M. Hur, D.H. Ahn, N.P. Kim, K.S. Sim, T.W. Park, “Wheelset Steering Control for Improvement a Running Safety on Curved Track” , Journal of The Korean Society for Precision Engineering, 31(9), 2014
- [23] 유원희 외, “도시형 친환경 열차대차시스템 개발” , 한국철도기술연구원, 2007~2008
- [24] 허현무 외, “능동/반능동 조향기술 기초연구” , 한국철도기술연구원, 2009~2010
- [25] “FTA 협상, 국내철도산업의 현실과 미래” , 한국철도차량공업협회
- [26] “철도차량” , 제14호, 2018.1, 한국철도차량산업협회
- [27] “철도차량” , 제15호, 2019.1, 한국철도차량산업협회

KRRI 연구 2018-101

급곡선 차륜 마모, 소음 및 분진 저감을 위한
전동차용 능동조향대차 실용화기술 개발 기획연구

발 행 인 나 회 승

발 행 일 2018년 12월 14일

발 행 처 한국철도기술연구원

우(16105) 경기도 의왕시 철도박물관로 176

전화 : (031)460-5000 팩스 : (031)460-5159

홈페이지 : <http://www.krri.re.kr>

ISBN :

본 보고서의 내용은 無斷轉載·譯載·複寫를 금함.