

보 고 서 요 약 서

제 출 문

국토해양부장관 귀하

이 보고서를 "도시철도차량용 능동조향대차 기술개발 기획연구" 과제의 보고서로 제출합니다.

2011. 7.

주관연구기관명 : 아주대학교

주관연구책임자 : 박태원

연구원 : 정성필

" : 김옥현

" : 이진희

" : 심경석

" : 최지훈

과제고유번호		해 당 단 계 연구 기 간	2010.12.23 ~ 2011.6.22	단 계 구 분	1/1
연구사업명		2010 기획연구			
연구과제명	세부과제명	도시철도차량용 능동조향대차 기술개발 기획연구			
연구책임자	박태원	해당단계 참여 연구원수	총 : 6 명 내부 : 6 명 외부 : - 명	해당단계 연구비	정부: 65,000천원 기업: - 계 : 65,000천원
		총연구기간 참여 연구원수	총 : 6 명 내부 : 6 명 외부 : - 명	총연구비	정부: 65,000천원 기업: - 계 : 65,000천원
연구기관명 및 소속부서명	아주대학교 기계공학과		참여기업명	-	
국제공동연구	상대국명 : -		상대국연구기관명 : -		
위탁연구	연구기관명 : -		연구책임자 : -		
요 약				보고서 면수	130p
도시철도 곡선부 차륜/레일 마모저감 및 소음저감을 위한 철도차량용 능동조향대차 기술개발 기획 연구를 수행하였으며 기술개발 기획안을 도출하였음 ▪ 목표: 곡선부 차륜/레일 마모 및 소음 저감을 위한 능동조향시스템 기술 개발 ▪ 연구기간 및 소요예산: 5년(2012~2016), 총 9,529,000천원(정부: 7,146,752천원, 민간: 2,382,248천원) ▪ 연구내용: - 능동조향 핵심기술 개발: 능동조향메커니즘 설계, 성능 해석, 능동조향용 센서/액추에이터 개발, 곡선 인지 및 곡률반경 실시간 검출 기술 개발, 능동조향제어전략 도출 및 제어알고리즘 구현, Fail-Safe 기능 포함 능동조향제어기 개발, 능동조향시스템 시제 Lab test - 능동조향시스템 시제 제작 및 성능평가: 능동조향요소 설계 지원, 능동조향/기존시스템간 호환, interface 검토, 능동조향시스템 통합 설계 및 시제 제작, 능동조향시스템 적용 시험대차/시험차 구성, 시험차 안전성 검증(철도안전법 준용 구성품, 완성차 제반 시험), 시험선 성능시험(주행안전, 동특성, 조향성능, 차륜마모, 소음 등), 신뢰성 확보, 유지보수규정 도출, 실용화 방안 제시					
색인어	한글	능동조향, 차륜 마모, 소음, 대차, 철도차량			
	영어	Active steering, Wheel wear, Noise, Bogie, Rolling-stock			

목 차

[국문 요약문]	5
[영문 요약문]	8
1장. 연구과제 개요	12
1절. 능동조향기술의 개요	12
1. 능동조향기술 개발 추진배경	12
2. 능동조향기술 개발 중요성	14
2장. 기술개발 전략 수립	16
1절. 기획연구 필요성	16
1. 기획연구 배경	16
2. 기획연구 목적 및 추진방향	16
2절. 국내외 동향 및 환경분석	21
1. 국내외 정책동향 및 분석	21
2. 국내외 경제동향 및 분석	27
3. 국내외 기술개발 동향조사 및 분석	31
4. 기술개발 수준 및 기반 역량 분석	91
3절. 기술수요 및 예측	98
1. 기술수요조사 및 결과	98
2. 기술예측조사 및 결과	105
4절. 기술개발 방향 설정	107
1. 분석결과 종합	107
2. 비전 및 목표	109
3. 기술개발에 따른 미래상	111
5절. 후보과제 도출 및 정의	112
3장. 연구개발과제 추진체계	114
1절. 기획대상과제 선정 및 조정결과	114
1. 후보과제 검토결과	114
2. 후보과제 조정결과	114
2절. 연구개발과제 추진체계	115

4장. 연구개발과제 주요내용 및 기대효과	117
1절. 연구개발과제 주요내용	117
1. (일반과제) 철도차량용 능동조향시스템 기술개발 과제	117
2절. 연구개발과제 성과활용방안	124
3절. 기대효과	125
1. 도시철도차량용 능동조향대차 기술개발 기획	125
2. (일반과제) 철도차량용 능동조향시스템 기술개발 과제	126

5장. 연구개발과제 소요예산	127
1절. (일반과제) 철도차량용 능동조향시스템 기술개발 과제 소요예산	127

[첨부] 후보과제 우선순위 도출결과 및 과제카드	128
---	------------

참고 문헌	130
--------------------	------------

(별권) 철도차량용 능동조향시스템 기술개발 기획보고서

요약문

I. 제목

- 도시철도차량용 능동조향대차 기술개발 기획연구

II. 연구개발의 목적 및 필요성

- 목적
 - 도시철도 곡선부 차륜/레일 마모저감 및 소음(Squeal Noise)저감을 위한 도시철도차량용 능동조향대차 기술개발 기획
- 필요성
 - 도시철도 구간은 대부분이 지하 구간으로 차륜/레일 접촉에 따른 마모에 의해 터널내 분진(60% 이상이 철분)이 발생하고 있으며, 이로 인해 공기질 저하 및 각종기기 고장의 원인이 되고 있음. 또한 마찰로 인한 스킵소음이 승객 쾌적성에 영향을 주고 있음
 - 현재 운영중인 도시철도 차량의 대차장치는 고정축거 및 축의 고정으로 곡선부 운행시 차륜 플랜지 마모 및 소음이 있어 친환경 및 속도 향상을 위해 이를 저감시킬 필요가 있음
 - 도시철도 곡선부 차륜/레일 마모저감 및 소음저감을 위한 능동조향대차 기술의 상용 연구개발 내용 도출 및 추진전략 수립 필요

III. 연구개발의 내용 및 범위

- 기술개발 동향 및 환경분석
- 연구개발 사전 타당성 조사
- 기술개발과제의 최종목표 및 범위 설정
- 세부과제, 추진전략, 추진체계, 소요예산 도출
- 본과제 공모를 위한 RFP 도출

IV. 연구개발 결과

- 기술 동향 및 특허 분석
 - 다양한 곡선 주행 환경에 능동적으로 적응할 수 있는 능동조향시스템 연가 1990

년대 초부터 시작, 최근 fail-safe 문제를 극복한 능동조향대차 시제 개발 완료, 영업운행 단계 진입

- 국내 기초연구 수행, TRL 3 level의 기술 수준 및 역량 보유
- 특허분석 결과, 개량특허가 우선적으로 가능하며 해외특허 출원 가능
- 기존 연구사례와의 중복성은 없음
- 정책적/기술적/경제적 타당성 검토
 - 정부 녹색성장 정책기조, 국토해양부 연구개발 정책, TRM에 부합
 - 해외 사례, 기술적 검토 분석 결과, 기술적 우수성, 개발 가능성 우수
 - 경제적 효과 기대, 유지보수비용 절감, 소음 및 환경오염 저감
- 기술개발(안) 도출
 - 국내 철도차량 산업의 경쟁력 제고를 위한 “미래 철도차량 원천기술 선점”이란 비전 하에 목표, 내용, 전략 도출

구분	내용
목표	○ 곡선부 차륜/레일 마모 및 소음 저감을 위한 철도차량용 능동조향시스템 기술 개발 - R300 이하 급곡부 주행 시 기존 차량 대비 차륜 횡압 30% 저감, 소음 평균 3dB 저감
주요 연구 내용	○ 능동조향 핵심기술 개발 - 능동 조향메커니즘 설계, 성능 해석 - 능동 조향제어용 센서시스템 개발 - 능동 조향제어용 액추에이터 개발 - 곡선 인지 및 곡률반경 실시간 검출 기술 개발 - 능동조향제어전략 도출 및 제어알고리즘 구현 - Fail-Safe 기능 포함 능동조향제어기 개발 - 능동조향시스템 시제 Lab test ○ 능동조향시스템 시제 제작 및 성능평가 - 능동조향요소 설계 지원 - 능동조향/기존시스템간 호환, interface 검토 - 능동조향시스템 통합 설계 및 시제 제작 - 능동조향시스템 적용 시험대차, 시험차 구성 - 시험차 통합계측시스템 구축 - 시제적용 시험대차 주행안정성 평가(대차동특성시험기 이용) - 시험차 안전성 검증(철도안전법 준용 구성품, 완성차 제반 시험) - 시제적용 시험차 시험선 성능시험 및 시험차 운용(주행안전, 동특성, 조향성능, 차륜마모, 소음 등) - 신뢰성 확보, 유지보수규정 도출, 실용화 방안 제시

예산, 기간	◦ 소요예산: 9,529,000천원(정부: 7,146,752천원, 민간: 2,382,248천원) ◦ 연구기간: 5년(2012~2016)
과제유형	◦ 일반과제
추진체계	◦ 산학연 공동연구 추진

V. 활용 계획, 기대성과

- 활용계획
 - “철도차량용 능동조향시스템 기술개발” 연구개발사업 기획안으로 활용
 - 급곡선 운용 철도차량의 곡선부 차륜마모, 소음 저감 을 위한 능동형 철도차량 기술로 활용
- 기대효과
 - 차륜 마모, 소음 저감을 위한 Track friendly 친환경 주행장치기술 확보
 - 곡선부 주행성능 향상을 위한 미래 철도차량 주행장치 원천기술 선점
 - 차륜/레일 마모 저감(최소 30%), 차륜 수명 최소 60% 연장, 소음 저감(3dB)
 - 차륜 유지보수비용 절감(1량당 연간 85만원), 차량가용성 0.5% 제고, 레일 유지보수 비용 제고

SUMMARY

I. Title

- A planning study on the development of an active steering bogie for an urban railway vehicle

II. Objective and necessity of the research and development

- Objective
 - Planning for the development of an active steering bogie for an urban railway vehicle to reduce the wheel wear and squeal noise of the rail and wheel during curve negotiation.
- Necessity
 - Urban railway system is composed of lots of tunnel sections and curved lines. So, much amount of dust is generated by the wear of the wheel and rail due to contact, and this dust is a main source of the faults of machines and air pollution. Also, the squeal noise by the friction contact has a significant effect on the ride and comfort of passengers.
 - The bogie system of an urban railway vehicle, which is on service in South Korea, cannot be steered smoothly. So, lots of wear and noise of the wheel is generated during curve negotiation, and decrease of the wear and noise is strongly required.
 - Therefore, in order to reduce the wear and squeal noise of the wheel and rail of an urban railway vehicle during curve negotiation, detail contents and strategy for the research and development of an active steering bogie are necessary.

III. Contents and criteria of the research and development

- Analysis of the trend and environment of R & D
- Pre-study to secure the validity of R & D
- Set the objective and criteria of R & D

- Deriving the detail work, processing strategy and budget
- Deriving the RFP to contest the main project

IV. Result of the research and development (R & D)

- Analysis of the trend of the technology and patent
 - In early 1990s, the active steering system, which is applicable to various situations of curve negotiations, started to be developed.
 - Recently, the development of the prototype of an active steering bogie with the fail-safe function has been completed, and is willing to be operated commercially.
 - The basic study has been performed in South Korea, and the technology and capacity of TRL level 3 is secured.
 - As a result of the patent analysis, the modified patent can be firstly secured, and the application of the international patent is available.
 - No overlap with the previous R & D projects.
- Review of the political, technical and economical validities
 - Coincident with the policy of the green growth of the government, R & D policy of the MLTMA and TRM
 - After the analysis of the example and technology of foreign countries, the possibility of the successful development and the technological standard are very high.
 - Economical saving due to the decrease of maintenance fee, and reduction of the noise and environmental pollution.
- Deduction of the process of the research and development
 - With the vision of preoccupation of the root technology of the future railway vehicle, the objective, contents and strategy are derived.

Category	Contents
Objective	◦ Development of the technology of the active steering system for a railway vehicle to reduce the wear and noise of the wheel and rail during curve negotiation. - Reduction of 30% of lateral force and 3dB of noise during curve negotiation under R300.
Main Research criteria	◦ Development of the core element technology of an active steering - Design and analysis of the active steering mechanism - Development of the sensor system for the active steering control - Development of the actuator for the active steering control - Development of technologies of recognition of curve and detection of curvature - Deduction of active steering control technology and control algorithm - Development of the active steering controller with the 'fail-safe' function - Lab test on the prototype production of the active steering system ◦ Development of prototype production of the active steering system and performance test - Unified design and prototype production of the active steering system - Set-up of the test bogie and test car for the active steering system - Validation of the safety of the test car - Performance test of the test car at the test line (Safety, steering, wear, noise) - Secure the reliability, Deduction of the maintenance regulation and commercialization strategy
Budget, Period	◦ Budget: 9,529,000,000 won(Government: 7,146,752,000 won, Public: 2,482,248,000 won) ◦ Period: 5 years (2012~2016)
Type of project	◦ General project
Propulsion system	◦ Cooperation of enterprise, school and research institute

V. Application planning, Predicted effect

- Application plan
 - Utilization as the R&D project proposal for “Development of the active steering system for a railway vehicle”
 - Utilization as the technology of the active railway vehicle to reduce the wear of the wheel and noise.

○ Predicted effect

- Secure of the track-friendly technology to reduce the wear of the wheel and noise
- Preoccupancy of the root technology of the driving equipment of the future railway vehicle to improve the driving performance during curve negotiation
- Decrease of the wear of the wheel and rail (30%), Increase the life time of the wheel (60%), Reducement of noise (3dB)
- Decrease of the maintenance fee of the wheel and rail, Increase the availability of the vehicle (0.5%)

1장 연구과제 개요

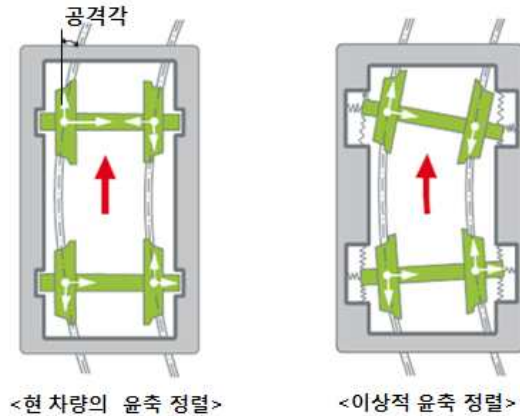
1절 능동조향기술의 개요

1. 능동조향기술 개발 추진배경

- 기존 철도차량 주행장치 설계 관점은 설계 최고속도에서의 주행 안정성 확보에 중점을 두고 현가장치를 설계하고 있음. 이는 직선구간에서의 고속 주행 안정성에는 장점이 있지만 급곡선 구간에서의 주행은 윤축의 곡선 선형에 대해 적응성을 약화시킴
- 즉, 윤축의 조향 기능 미흡으로 차량의 종방향, 횡방향 작용력을 증가시켜 차량/레일의 마모를 발생시키며 더불어 심한 소음 문제를 유발하여 민원 요인이 되고 있음
- 특히, 급곡선 빈도가 높은 도심 구간을 통과하는 철도차량에 있어서는 그 정도가 매우 심하여 과도한 차량의 마모가 초래됨, 이는 차량의 조기 삭성, 그로인한 차량가용성 저하, 유지보수 비용 증가와 같은 문제점을 초래하고 있음
- 또한, 도시철도 구간은 대부분이 지하 구간으로 차량/레일 접촉에 따른 마모에 의해 터널 내 분진(60% 이상이 철분)이 발생하고 있음. 이로 인하여 공기질 저하의 요인이 되며 차량에 유입 시 인버터 등 각종기기 고장의 원인이 되고 있음. 또한 마찰로 인한 스킨소음은 승객 쾌적성에 악영향을 주고 있음
- 현재, 도시철도 운영기관에서 운용 중인 전동차의 경우 급곡선 빈도나 높은 도심 구간을 통과함으로써 환경적 측면에서 차량 플랜지 마모 및 소음에 대한 현안 문제를 시급히 해결할 필요가 있음
- 이를 극복하기 위한 방안으로 일본, 독일 등 철도선진국들에선 급곡선 주행 시 차량의 속도향상을 위한 틸팅차량 개발과 더불어 차량/레일의 마모, 손상 저감을 위한 조향장치를 개발 적용하고 있는 추세임. 과거엔 조향링크를 적용한 수동형조향장치에 대한 연구 개발, 실용화가 활발하였으나 최근에는 능동제어기술을 응용한 능동형 조향장치 연구에 집중하고 있음

※ 능동조향기술(Active Steering Technology)

능동액추에이터와 제어기술을 이용하여 윤축을 곡선구간의 곡률반경에 부합하게 적응시킴으로서 차륜의 공격각 및 중, 횡방향 작용력을 최소화하여 원활한 곡선 주행을 도모하기 위한 능동제어 기술



- 특히 최근에는 기존 수동형 차량기술과 능동형 차량기술을 혼용하고 Fail-safe 기능을 확보함으로써 능동형 철도차량의 실용화를 구현하고 있는 단계임. 최근 봄바르디어사에선 능동조향이 적용된 2층열차를 스위스연방철도(SBB)에 59편성이란 대규모 납품 계약을 체결한 바 있음. 이는 이제 능동형 주행장치기술이 적용된 철도차량이 미래 철도차량 시장에서 대세가 될 것이란 기술적 추이를 반영한 사례라 할 수 있음
- 이는 또한 철도차량의 주행성능을 혁신적으로 향상시킬 수 있는 미래형 철도차량 주행장치인 Mechatronic Train의 조향모듈로도 활용될 수 있음. 또한 능동형 조향대차기술은 고효율, 저마모/저소음 구현을 위한 track-friendly 친환경 주행장치의 핵심기술로서 기술 개발 성공 시 철도차량의 마모, 소음 저감효과로 사회적, 경제적 파급효과가 지대하여 미래 철도차량 주행장치 원천기술 선점관점에서 기술 개발이 시급함

2. 능동조향 기술개발 중요성

■ 기술적 측면

- 철도차량이 곡선구간을 통과할 때 이상적인 곡선 추종을 위해서는 곡률반경에 적합한 내외궤 차륜의 구름반경차를 발생시키거나 윤축을 곡률반경 중심방향으로 정렬시키는 Radial steering 조건을 충족시켜야 함. 이를 위하여 기존 철도차량 주행장치는 차륜의 답면구배, 1차현가계 전후강성 특성을 이용한 자기조향(self-steering) 기능을 이용하고 있으나 1차현가계 강성 저하에 따른 차량 안정성 저하 문제와 상충됨으로 그 성능엔 한계가 있음. 따라서 기존 철도차량의 조향기능은 미흡한 수준으로 차륜, 레일의 과도한 마모를 유발하고 소음 발생의 요인으로 작용하고 있음. 이는 차륜, 궤도의 유지보수 비용 증가를 초래하고 비정상적인 유지보수 요인 발생으로 인한 차량 가용성 저하 등의 문제점을 초래하기도 함
- 곡선구간 주행 시 조향기능을 향상시키기 위한 다양한 형태의 조향링크를 기구학적으로 설계한 수동형 조향장치가 개발되어 틸팅열차나 급곡선 운용 철도차량에 적용되고 있음. 그러나 이 방식 또한 자기조향방식에 비해서는 양호한 조향성능을 보이고 있으나 특정 곡선반경에만 그 효과가 발휘되는 한계가 있음
- 따라서 차량의 주행안정성과 곡선부 주행 시 조향성능을 동시에 향상시킬 수 있는 능동형 주행장치 기술 개발이 효율적임. 일본, 독일 등 철도선진국들에선 급곡선 주행 시 차량의 속도향상을 위한 틸팅차량 개발과 더불어 차륜/레일의 마모, 소음 저감을 위한 능동조향대차를 개발하고 있음. 특히 능동형 조향기술은 해외 선진국에서 최근해야 가시적 성과를 내고 있을 정도로 첨단 기술에 속하는 분야로서 기존 철도차량 주행장치기술과 기술적 차별을 통한 기술적 우위를 점할 수 있는 미래 철도차량 주행장치 원천기술임

- 능동조향기술은 곡선부 차륜/레일 마모 및 소음 발생 문제를 근원적으로 해결할 수 있는 방안으로 친환경 녹색기술임. 또한, 본 과제 성공 시 세계 3번째로 기술 개발에 성공한 국가가 되어 국내 철도차량 산업 경쟁력 제고에 크게 기여할 것임

■ 경제·사회적 측면

- 차륜 마모, 소음 발생 민원 등의 문제는 도시철도 운영기관이나 기존철도 운영기관의 현안으로 철도운영의 부정적 요인으로 작용하고 있음. 이러한 문제점들을 해

결하기 위한 방안으로 적용 중인 철도차량 및 궤도 연변에서의 도유시스템은 환경 오염 및 유지보수의 취약 등의 새로운 문제점을 내포하고 있음

- 따라서 차륜 마모, 소음 발생을 근본적으로 제거할 수 있는 본 능동조향기술은 기술개발 성공 시 경제적, 산업적 파급효과가 지대함
 - ※ Bombardier의 능동조향차량 스위스연방철도(SBB) 적용 타당성 검토 결과
 - 차륜 수명 최소 약 25% 연장, 레일 수명 약 2.7배 연장, 소음 4dB 저감, 에너지소모율 1.5% 저감
 - 2년안에 투자금 회수 기대
- 첨단철도기술 적용으로 철도차량 승차감 및 쾌적성을 향상시키고 승객의 불편을 최소화함으로써 철도 승객 유입 제고를 통한 철도수송률 및 철도 영업이익 증대에 기여할 수 있음.

2장 기술개발전략 수립

1절 기획연구 필요성

1. 기획연구 배경

- 도시철도 구간은 대부분이 지하 구간으로 차륜/레일 접촉에 따른 마모에 의해 터널내 분진(60% 이상이 철분)이 발생하고 있으며, 이로 인해 공기질 저하 및 각종 기기 고장의 원인이 되고 있음. 또한 마찰로 인한 스킵소음이 승객 쾌적성에 영향을 주고 있음
- 현재 운영중인 도시철도 차량의 대차장치는 고정축거 및 축의 고정으로 곡선부 운행시 차륜 플랜지 마모 및 소음이 있어 친환경 및 속도 향상을 위해 이를 저감시킬 필요가 있음
- 도시철도 곡선부 차륜/레일 마모저감 및 소음저감을 위한 능동조향대차 기술의 상세 연구개발 내용 도출 및 추진전략 수립 필요
- 도시철도차량용 능동조향대차 기술개발을 위한 과제추진 타당성 조사 및 연구성과 활용성 사전 검토 등 기획연구 추진 필요

2. 기획연구 목적 및 추진방향

가. 목적

- 도시철도 곡선부 차륜/레일 마모저감 및 소음(Squeal Noise)저감을 위한 도시철도차량용 능동조향대차 기술개발 기획
 - 소음, 분진 저감, 유지보수비 저감 등 도시철도 환경개선 및 운영효율화 향상에 기여하고, 철도선진화 및 Eco-Green 철도산업화를 위한 도시철도 대차 핵심기술 개발 추진전략 마련
 - 곡선부에서 차륜/레일 마모 30% 내외 저감이 가능하고, 곡선부 소음(Squeal Noise) 5dB 저감으로 승객 쾌적성 제고 및 승차감 향상을 위한 능동조향대차 연구 과제 기획

나. 기획연구 내용

- 기술개발 동향 및 환경분석
 - 국내외 정책·시장·기술 동향분석
 - ※ 주요국의 기술개발 정책 및 시장분석 포함
 - 국내외 기술개발현황 및 국내 기술 인프라·기술 인력 현황(기업, 연구소 대학 등) 분석
 - ※ '철도차량용 능동현가장치 기술개발'(지식경제부) 및 '도시형 친환경 열차 대차시스템 개발'(한국철도기술연구원) 과제와 차별성 확보 및 활용방안 검토
 - 국내 도시철도 운영현황조사 및 선로 특성 분석
 - ※ 현재 도시철도차량용 대차의 곡선부 운행시 문제점 등
 - 기술수요 및 기술예측 조사 실시
 - ※ 특허동향 분석을 통해 국내외 기관의 원천특허 보유여부, 기술경쟁력 등 분석
 - 동향분석 결과를 바탕으로 기술개발 추진방향 정립(SWOT 분석 등)
- 기술개발 전략 수립
 - 비전 및 기술발전 시나리오 제시
 - 비전달성을 위한 세부과제 도출
 - 세부과제에 대한 우선순위 도출
 - ※ 기술개발 성공가능성, 기술개발 중요도·시급성 검토 등
 - 세부과제 확정 및 로드맵 작성
- 연구 목표 및 범위 설정
 - 목표, 연구범위 설정
 - 세부과제별 연구내용 설정
 - 세부과제별 연차별·단계별 성과목표(정량적, 정성적)와 성과지표(필수지표 포함)설정 및 성과맵 제시
 - ※ 연구내용별 개발기술을 설정하고, 개발기술의 목표(성능)수준 및 달성여부판단 기준(방법) 제시
- 연구목표 달성을 위한 추진방안 수립
 - 기존 기술·인프라 등의 활용 및 연계 방안 수립
 - ※ 기술 수요기관(지자체, 공단, 공사 등)의 충분한 의견수렴을 통한 실용성 확보

- ※ 국제공동연구 파트너와 국내 관련기관 및 전문가 분석, 활용계획 포함
- 컨소시엄 형태 등 최적 연구추진체계 제안

- 성과물에 대한 활용방안 및 실용화 추진전략 제시
 - 성과분석 및 검증방안 제시
 - 제도·정책 활용, 현장적용, Test Bed 및 시범사업 등 구체적인 실용화 방안 제시
- 인력투입 계획 및 소요예산 산정
 - 세부과제구성에 따른 연구일정 및 인력투입계획 수립
 - 세부과제별 소요예산 산정
 - ※ 단위과제 기준으로 연차별 예산산출 근거를 작성하여 소요예산 적정성 검토 필요
- 연구개발 사전 타당성 조사
 - (정책적 타당성) 국가 전략적 중요성, 상위계획과의 부합성, 사업 추진의지 및 관련 기관 협조 의지, 사업추진상의 위험요인과 대응방안 등에 대한 검토
 - (기술적 타당성 검토) 기존 사업과의 중복성, 기술개발 계획의 우수성, 기술 수준 및 개발 성공 가능성, 사업의 특수사항 등에 대한 검토
 - (경제적 타당성 검토) 경제성 분석, 경제·사회적 파급효과, 과학기술적 파급효과 등에 대한 검토
- 과제공모를 위한 RFP 작성 및 평가기준 설정

다. 추진방향

- 국내외 능동조향기술 동향 및 환경 분석
 - 능동 조향시스템을 실제 적용한 독일 및 일본의 업체의 연구 성과를 체계적으로 분석하여 핵심 기술을 파악하고 각 시스템의 장단점을 명확히 분석함
 - 능동 조향기술관련 국내외 전문가 발굴을 통한 기획안 핵심 연구 내용인 중점연구분야에 대한 기술 자문 추진
 - 국내 기술 인프라·기술 인력 현황(기업, 연구소 대학 등) 분석관련 기존 연구사례와 차별성 확보 및 활용방안 검토
- 능동 조향시스템 핵심 기술 분야의 원천기술 습득 및 개발 방안 모색

- 특허분석전문기관 활용을 통한 능동 조향시스템의 국내외 특허 및 기술 자료를 분석하고 해외 선진기관의 특허를 회피하여 국내 기술의 해외 종속을 억제하기 위한 방안을 모색함.

○ 연구 개발의 기술적/경제적 타당성 확보

- 기술 개발 목표, 성능목표, 기술 수준 및 범위 등을 명확하게 제시하고, 이를 기반으로 타당성조사를 실시함
- 능동 조향 핵심기술관련 이론적 조사를 통한 기술 개발 목표 설정
- 능동조향대차 설계속도 및 사양, 대차시스템과 타 시스템간의 integration, 신뢰성 등 상세 연구내용 본 사업 RFP 반영

○ 기술 수요처 현황 및 문제점 파악을 통한 목표치 설정

- 철도 운영기관 의견 수렴을 통한 도시철도차량 주행장치의 문제점 및 요구사항을 분석하여 타당한 목표치를 설정함
- 현재 도시철도차량용 대차의 곡선부 운행시 문제점, 선로 특성 등 운행환경 분석 모색
- 실용화를 고려한 도시철도차량용 능동조향대차 목표 사양 결정

○ 선행 또는 진행 연구 과제와의 차별성 및 연계성 확보

- 기존에 연구중인 능동형 조향대차 시스템에 대한 연구 결과와 연계성 및 실용화 사업 추진을 위한 차별성 확보 방안 마련

○ 능동조향대차 기술개발 기획위원회를 구성하여 기획연구내용 및 제안요구사항(RFP) 등에 대한 기술적 타당성 검토와 기술 자문을 수행함으로써 기획연구의 완성도를 제고토록 함



그림 2-1-2-1 기획연구 추진 체계

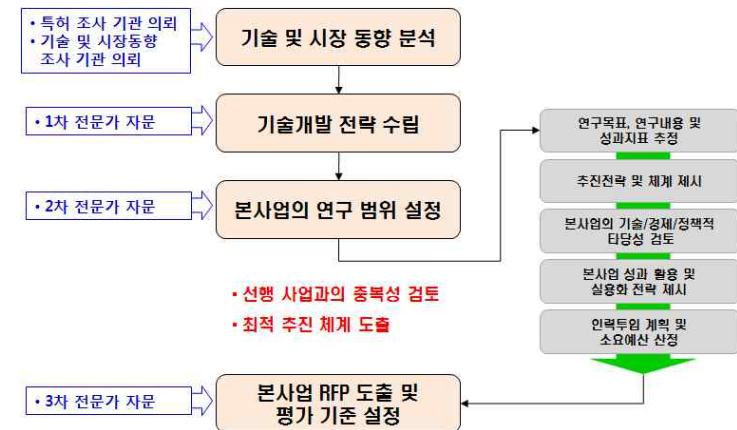


그림 2-1-2-2 기획연구 추진 흐름도

2절 국내외 동향 및 환경분석

1. 국내외 정책동향 및 분석

가. 녹색성장 중심의 교통정책

- 전 세계적으로 철도는 저탄소 녹색성장을 위한 교통수단으로 부각되고 있음. 온실가스 감축을 위한 교통수단으로 철도 교통에 대한 투자를 확대하고 있음
- 1인 1km 수송 시 승용차에 비하여 약 1/6에 불과한 이산화탄소 배출. 또한 화물 1톤을 1km 수송 시 화물자동차 대비 1/13에 불과한 이산화탄소 배출. 에너지 소비측면에서도 승용차의 약 1/8, 화물차의 약 1/14에 불과함

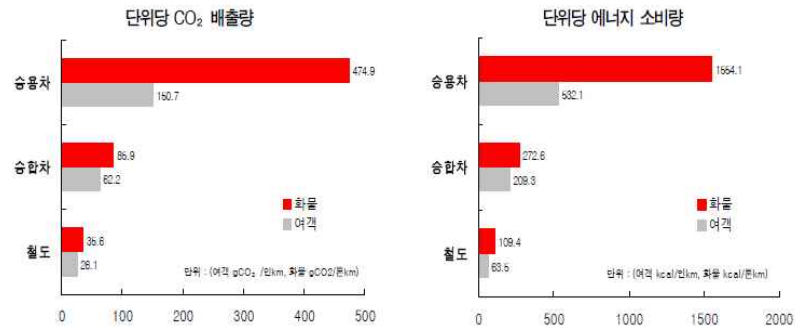


그림 2-2-1-1 철도의 온실가스 배출 효과

표 2-2-1-1 교통수단별 에너지 효율성

주요 교통수단의 에너지 효율성 비교

교통수단	1인당 용지면적 (m ²)	단위자원소모 (Kcal/사람·km)	1인당 CO ₂ 배출량 (g/사람·km)	운송량 (사람/시간)	운송범위
고속철도	0~0.5	70~100	0	1만~3만	장거리
버스	1~2	180~213	19.4	6천~9천	중거리
소형차	10~20	721~813	44.6	3천	비교적 넓은
자전거	6~10	0	0	2천	근거리

- 금융위기 이후 경기 부양을 위하여 SOC를 중심으로 한 공공투자 확대 정책 수립. 2009년 미국 정부는 감세와 재정지 확대를 포함한 8,250억달러(GDP 6%) 규모의

종합적인 경기 부양책을 발표하였고 이중 14%인 1,090억 달러를 SOC에 투입

- 중국도 GDP의 약 17%에 달하는 5,800억 달러의 경기부양책 중 45%인 2,600억 달러를 대규모 SOC 투자에 배정하였음. 한국도 경기부양책 중 45%인 2,600억 달러를 대규모 SOC 투자에 배정하였음. 조속할 점은 미국, 중국, 프랑스 등 주요국들의 SOC 투자 내역에 대부분 철도가 포함되어 있다는 점임

표 2-2-1-2 주요국 경기부양 재정규모 및 SOC 투자(2009년)

국가	추가재정 지출(달러)	SOC 투자	주요 정책 내용
미국	8,250 억	1090 억 (13.2%)	도로 철도 교량 신설 및 보수 등 SOC 투자 학교 건물 현대화 및 기자재 보급 미래 성장 동력인 친환경 기술 부문 투자
중국	5,800 억	2,600 억(45%)	철도 고속도로 등 SOC 부문 투자 농어촌 소비재 구매 지원의 가점하향 정책
프랑스	330 억	51 억(15.5%)	교통 에너지 부문 SOC 투자 철도노선 확대, 자동차산업 지원, 교육 부문 투자
일본	8600 억	-	이직자 무상 주택제공 등 고용안정 지원정책 소비쿠폰 지급 등의 소비활성화 정책
한국	246 억	36 억(14.8%)	도로 철도 항만 등 교통인프라 구축 산업기반시설 확대

- 정부는 향후에도 SOC 투자를 2010년 24.8조원에서 2013년 26.7조원까지 확대할 계획임. 이중 철도에 대한 투자 비율은 현재의 29%에서 2020년 50%까지 확대할 계획임.

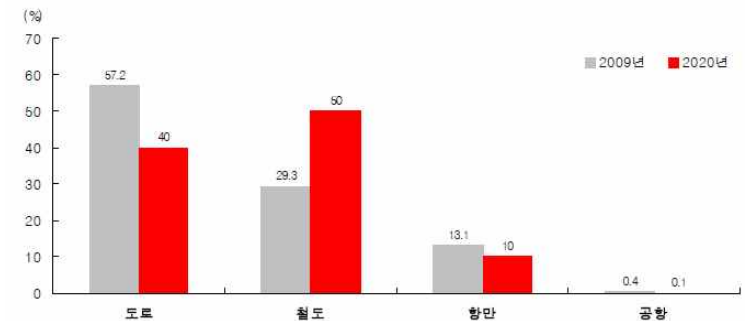


그림 2-2-1-2 교통수단별 SOC 투자

나. 정부정책 방향

■ 녹색성장 비전 및 목표

- 정부는 신성장동력과 일자리 창출을 위한 신국가발전 정책으로 녹색기술과 청정에너지 중심의 성장 비전 제시



그림 2-2-1-3 정부의 녹색성장 비전 및 정책과제

- 10대 정책 방향 중 녹색국토 · 교통의 조성 계획 수립. 철도, 자전거 등 녹색교통수단을 활성화하고 대중교통 중심의 녹색교통, 물류체계 구축 계획 수립

※ 철도 여객수송 분담률 : ('09)18%→('20)26%→('50)30%

자전거 교통수단 분담률 : ('08)1.5%→('20)10%→('50)20%

■ 국토해양부 녹색성장 정책방향

- 국토해양부는 “저탄소 녹색국토·해양구현으로 녹색성장 주도”의 비전하에 추진전략을 “저탄소 녹색교통·물류체계로의 전환”으로 수립. 2020년까지 교통 온실가스

배출량(BAU)의 33~37% 감축 계획



그림 2-2-1-4 국토해양부의 녹색성장 비전 및 추진전략

- 교통분야 추진계획 목표를 저탄소 교통·물류체계 구축으로 설정하여“교통수요 관리정책 강화”, “생활밀착형 자전거·보행 활성화”, “승용차보다 빠르고 편리한 대중교통 구현”, “철도·연안해운 위주의 녹색물류체계 구축”, “녹색교통기술 개발 및 보급”의 세부 목표 설정

표 2-2-1-3 국토해양부 녹색성장 교통분야 추진계획

세부 목표	추진 계획
교통수요 관리 정책 강화	- 교통수요 관리 강화 - 주요 도시·고속도로 혼잡통행료 확대 및 자동차 공동이용 제도 도입을 추진하고 에코드라이브(Eco-drive) 보급으로 경제적 운전습관 정착 - 저탄소형 스마트 교통시스템 구축 - 전국도로 ITS 구축 확대 및 고속도로 하이패스 이용 유도로 교통흐

	를 개선 - 녹색교통 권역 조성 - 탄소배출 과다, 혼잡지역을 ‘녹색교통 대책지역’으로 지정·관리하고 권역별 자동차 통행 총량제를 실시
생활밀착형 자전거·보행 활성화	- 대중교통과 자전거 연계강화 - 철도, 버스에 자전거 동반승차를 확대하고 역·정류소에 자전거 주차시설 확충 - 안전한 자전거 도로망 구축 4대강·경인 아라뱃길·국도 등 전국 자전거 도로네트워크를 구축하고 안전한 자전거도로 건설기준을 마련 - 사람중심으로 보행환경 개선 - 보행우선구역 시범사업, 대중교통 전용지구 등 보행자 중심의 교통 인프라 구축
승용차보다 빠르고 편리한 대중교통 구현	- 버스의 서비스 경쟁력 확보 - 광역급행버스·간선급행버스 및 고속도로 휴게소 환승제 확대 - 도시·광역철도 서비스 확대 - 대도시권 철도망을 확대 구축하고 급행철도 운영을 확대 - 전국 고속화 철도망 구축 - 경부 2단계·호남 고속철도(KTX) 조기완공 및 노선의 고속화 추진
철도·연안해운 위주의 녹색물류체계 구축	- 컨테이너 2단적재 열차 운행 추진 - 주요 노선(경부선·경전선)에 우선 적용하여 철도 수송능력 증대를 통한 CO2 저감 도모 - 철도 복합일관수송 확대 - 문전수송(Door-to-Door)이 가능하도록 화물자동차와 연계서비스를 강화 - 녹색교통수단으로 전환 촉진(Modal-Shift) - 도로수송 화물의 친환경 철도·연안해운 전환시 보조금 지급 - 연안해운 활성화 지원 - 연안선박 건조자금 지원 및 항만시설 사용료 감면, 유가보조금 확대 등 연안화물선 경쟁력 제고방안 검토 - 경인 아라뱃길 수운 활성화 - 중국항과의 항로개설 추진 및 R/S 선박 설계·건조 지원 - 탄소배출 저감형 물류체계 구축 - 내륙물류기지·물류단지 확충 및 RFID 기반 물류정보시스템, IT 기반·해양교통정보제공시스템 등 정보 활용체계 확대 - 녹색물류인증제 도입 및 경유화물차의 LNG 화물차 전환 지원 등 - Green Port 구축 및 친환경 항만물류시설 개발 - 신재생에너지 활용, 폐기물 친환경적 처리기능 등을 갖춘 에너지자립형 항만을 구축하고 해양교통시설물에 녹색에너지 활용 - 선박부문 온실가스 감축 및 에너지효율화 - 에너지절약형 선박, 선박용 탄소포집, 친환경에너지 해상운송 기술 등을 개발하고 선박 온실가스 관리시스템을 구축

녹색교통기술 개발 및 보급	- 친환경자동차 상용화 기반 구축 - 하이브리드·전기자동차 안전기준 정비 및 저속전기자동차 도로주행 허용을 위한 충전인프라 구축 등 - 첨단 녹색교통수단 개발 - 차세대 고속열차(400km/h급), 도시형 자기부상열차, 바이모달 트램 등 친환경 첨단 교통수단의 개발 추진 - 항공기 엔진효율 제고 - 고효율 클린 경량항공기 개발 및 해외수출 추진
Green highway를 위한 흡수원 확대	온실가스 저감을 위한 “로화수(路·花·樹) 프로젝트” 추진; 수목 식재 및 도로 녹화 관련 기준 정비

- 철도정책 목표를 “전국을 하나로 묶는 빠르고 안전하며 편리한 철도망 구축”으로 설정하여 5개의 중점 추진과제 추진 중

표 2-2-1-4 국토해양부 철도정책 중점과제

중점과제	추진 내용
녹색교통을 구현하는 철도 인프라 확충	- KTX 서비스 확대, 기존 간선철도망 고속화, 경부·호남·수도권 고속철도 건설 - 광역·도시철도 확충, 급행중심 광역철도 서비스 확대 - 저비용 고효율 철도물류 인프라 확충 및 철도물류 활성화 기반 조성
철도건설·운영 전반의 비용절감과 효율화	- 계획·설계과정의 비용절감(속도대별 최적 설계기준, 역사규모 적정화) - 건설과정의 비용절감(시공관리 개선, 고비용 기자재 재활용) - 시설물 유지보수, 차량관리·차량기지 효율화 - 철도건설과 운영의 연계강화
쾌적하고 안전하고 편리한 이용환경 조성	- 철도역사 환경개선과 이동편의시설 확충 - 철도역 교통광장 구축 등 철도연계 대중교통시설 확충 - 철도-자전거 연계를 위한 보관소 확대, 역사내 경사로 설치, 관광상품 개발
철도산업 경쟁력 강화기반 구축	- 철도공사 선진화, 역무·시설 자동화를 통한 인력효율화 지원 - 철도산업기본법을 산업육성과 지원체계 중심으로 개정 - 철도건설과 운영과정의 민간투자 활성화 기반조성

2. 국내외 경제동향 및 분석

※ 국내외 기술개발관련 경제(시장환경, 산업구조 등)동향을 분석하여 서술

가. 시장환경

■ 철도산업 시장 확대

- SCI/Verkehr에서 발간된 “The world wide market for railway technology 2009-2014”(2009)에 의하면 현재 세계 철도시장 규모는 인프라, 시스템기술, 철도차량 분야를 포함하여 약 197조원으로 추정됨
- 이중 철도차량 시장 규모는 약 115조원 규모로 추정되며 2014년까지의 연평균 성장률은 약 3.7%로 예측되고 있음. 또한, 저탄소 녹색교통수단으로서의 철도의 장점이 부각되어 지속적인 성장이 예측됨

표 2-1-2-1 세계 철도시장 규모

분야	현 시장규모		2009~2014년 평균 시장성장률(%)
	백만유로	십억원	
Infrastructure	39,500	61,620	+5.5
System Technology	13,200	20,592	+4.1
Rolling Stock	73,800	115,128	+3.7
총계	126,500	197,340	+4.2

※ 1EUR(유로) = 1560 KRW(원)

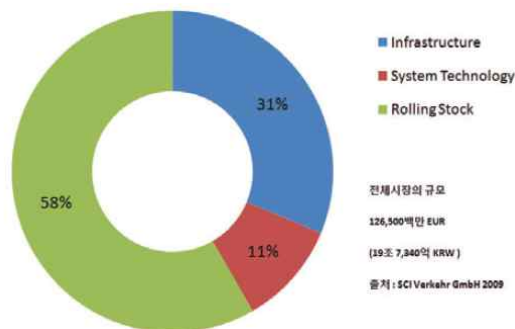


그림 2-1-2-1 세계 철도시장 분야별 규모

- 세계 철도시장은 2014년 약 454조원 규모로 성장할 것으로 예측되며 2015년 이후에는 이전에 비하여 2배 이상 성장할 것으로 예측됨
- 지역별로는 2014년까지 중국을 포함한 아시아 시장이 가장 클 것으로 예측됨. 2015년 이후에는 북미 시장이 가장 클 것으로 예측되고 있음

표 2-1-2-2 세계 철도시장 지역별 규모

지역	현재 시장규모		2009년~2014년 평균시장성장률(%)
	백만유로	십억원	
서유럽	39,000	60,840	+3.5
동유럽	8,850	13,806	+3.3
북미	23,500	36,660	+4.3
남미 / 중미	3,000	4,680	+7.1
아시아	31,700	49,452	+5.2
아프리카/중동	4,250	6,630	+5.8
CIS	13,700	21,372	+3.7
오스트레일리아/태평양	2,500	3,900	+3.8
총계	126,500	197,340	+4.2

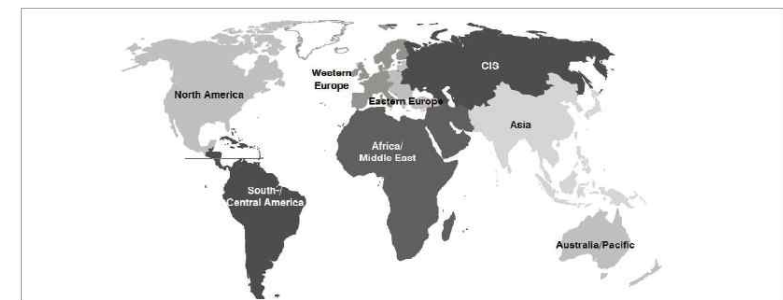


그림 4. 세계철도기술시장의 지역적 구분

※ 철도기술 시장에서 일반토목공사 비용을 제외한 인프라(궤도, 전철화, 시스템 기술(신호/제어, 여객정보), 차량 등에 소요되는 비용을 대상으로 함. (3개 분야, 1 EUR = 1,541 KRW 환산)

표 2-1-2-3 세계 철도시장 향후 전망

	서유럽	동유럽	북미	중남미	아시아	아프리카/중동	CIS	오세아니아	(단위: 백만 EUR)	
									계	
									(백만 EUR)	(조원)
'14년까지	34,970	18,763	8,900	15,621	123,983	54,356	35,355	3,006.7	294,954.7	454.6
'15년 이후	182,471	29,132	309,172	33,499	101,786	25,915	70,155	3,289.3	755,419.3	1164.3
계	217,441	47,895	318,072	49,120	225,769	80,271	105,510	6,296	1,050,374	1618.9

출처: The Worldwide Railway Technology Market 2009~2014, SCI/Verkehr 2009

○ 세계 철도시장은 고속철도를 중심으로 유럽과 아시아를 기반으로 지속적으로 시장이 성장할 것으로 예측됨(평균 성장률 4%)

○ 아시아 시장의 경우 중국의 시장규모가 가장 크게 성장할 것으로 예측되며 그 이후에는 북미 시장 규모가 급속히 증대할 것으로 예측됨. 따라서 서유럽, 일본 등과 같은 철도 선진국과 중국, 한국 등 후발 주자들 간의 시장 선점을 위한 치열한 경쟁이 예상됨

나. 산업구조 및 경쟁력

○ 국내 철도차량 산업은 현대로템㈜이 주도하고 있으며 2009년도 매출액은 15,690억원임. 철도차량 부품업체를 포함한 전체 매출 규모는 전 세계 시장의 약 2% 수준으로 추정됨.

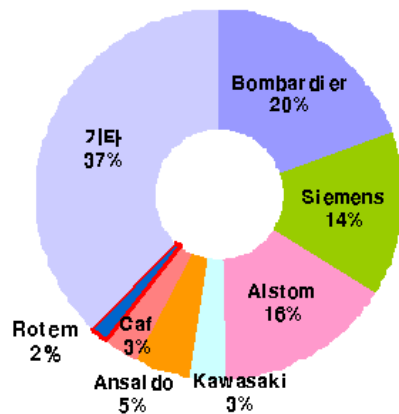


그림 2-1-2-2 철도차량 시장 점유율

표 2-1-2-4 현대로템 철도차량 매출 향후 전망

(단위: 억원)

구 분	2005	2006	2007	2008	2009	2009.09	2010.09
철도차량	5,562	7,409	8,565	13,251	15,690	11,705	13,255
중 기	2,978	3,314	3,747	4,478	5,175	4,137	3,583
플 란 트	3,700	4,919	5,010	4,870	6,402	5,054	5,090
매출 합계	12,240	15,642	17,322	22,599	27,267	20,896	21,928
수주잔고 합계	30,053	44,765	53,378	69,635	60,453	62,452	43,683

○ 국내의 철도 산업 관련업체는 고속철도차량 설계 및 생산기술을 확보하고 있으며 터키, 브라질 및 호주 등 고속철도 도입을 추진 중인 나라로 수출을 추진하고 있어, 고속철도차량 관련 매출이 크게 성장할 것으로 전망됨

○ 향후 5년간의 국내 철도차량 성장률을 연평균 15%로 가정하여, 현대로템㈜의 2008년도 철도차량 매출액을 기준으로 추정한 시장 규모는 2013년 약 26,000억원에 이를 것으로 예상됨

3. 국내외 기술개발 동향 및 분석

가. 국외 기술개발 동향

■ 연구 동향

- 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
- 이와 더불어 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 있음. 수동형은 자기조향방식을 적용하고 있으며 능동형은 능동 혹은 반능동 조향방식을 적용하고 있음
 - 자기조향방식은 액슬박스의 전후 지지강성을 최적화하여 곡선통과 성능과 이에 상충되는 직선 고속주행 시 사행동 안정성의 양립을 도모한 방식임. 가장 단순한 구조로 조향대차를 구성할 수 있는 반면 횡압 저감 효과에는 한계가 있음. 또한 차체와 대차간의 상대 운동을 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, 제어장치가 fail이 된 경우에 역조향 동작을 할 가능성이 있으므로 실용화 시에는 fail-safe의 신뢰성을 확보해야 함. 이외 수동형과 능동형의 중간 형태인 반능동 조향방식으로도 개발되고 있음

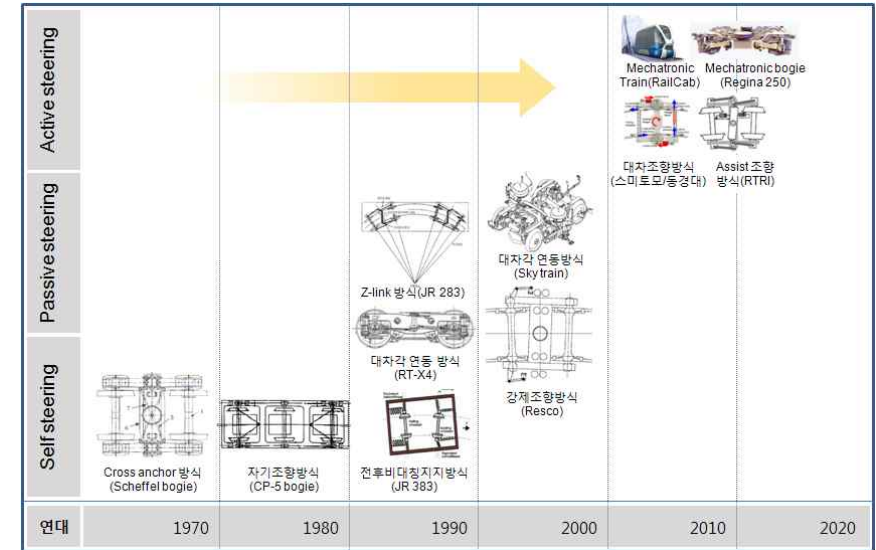


그림 2-2-3-1 철도차량 조향기술 발전 단계

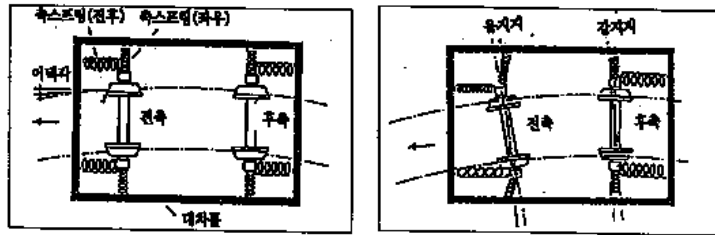
■ 조향시스템 종류

(1) 수동형 조향대차(passive steering bogie)

- 수동형 조향대차에는 1차현가계 축상스프링의 전후강성을 유연하게 하여 자기조향 기능을 향상시키는 조향방식과 링크를 연결하여 윤축을 곡률반경 중심으로 정렬시켜 차륜과 레일간의 공격각을 저감시키는 radial steering방식의 조향방식이 적용되고 있음
- 1차현가계의 축상스프링 강성을 이용한 대표적인 자기조향방식으로일본에서 실용화된 전후비대칭강성 조향대차가 있음.(그림 2-2-3-2) 기존의 대차는 직선선로에서의 주행안정성 향상에 초점을 두고 윤축을 지지하는 1차 현가장치의 전후강성을 강하게 함으로서 곡선부에서의 윤축의 조향성능이 취약하고 횡압 증가의 원인이 되는 구조임. 이에 비하여 전후비대칭강성 조향대차는 전륜축의 전후 강성을 유연하게 하여 자기조향성능을 강화하고 후륜축의 전후강성은 기존의 강성을 유지하여 직선선로에서의 주행안정성을 담당하는 구조임. 이 대차는 JR동해 383계 wide view 시나에 적용되고 있음.(그림 2-2-3-3) 구조가 간단하여 적용성 및 유지보수면에서는 양호하나 횡압저감에는 한계가 있다. 또한 볼스터리스 대차 이외의 대차

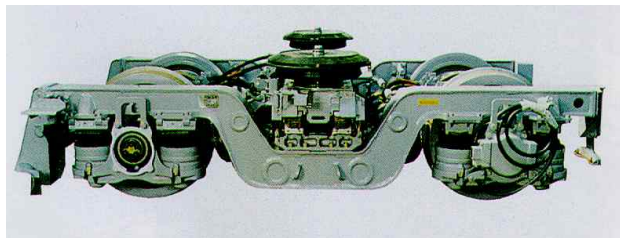
에는 진행 방향의 변경이 필요한 단점이 있음

- 15만km 주행 후 조향대차 차륜 플랜지 마모는 종래 381대차의 경우 1.3mm임에 비하여 조향대차의 경우에는 0.3mm로 차륜 플랜지의 현저한 마모 저감 효과를 보임. 원형상태와 비교하면 답면부의 마모는 진행되어도 플랜지의 마모는 매우 미미하여 플랜지형상이 원형상태에 근사한 결과를 보이고 있음.(그림 2-2-3-3)



(a) 종래 일반대차 개념

(b) 전후비대칭조향대차 개념



(c) 전후축 비대칭 조향대차

그림 2-2-3-2 383계 전후축 비대칭강성 조향대차

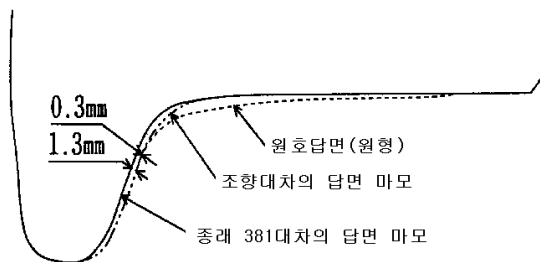


그림 2-2-3-3 조향대차 차륜마모 시험결과

- 링크구조의 자기조향대차로 최초로 개발된 것이 남아프리카 연방의 Sheffel 대차로서 남아프리카연방 철도에서 시제 제작 시험 후 1970년대에 실용화됨.(그림 2-2-3-4) 두 윤축의 상대변위 모드를 고려한 cross-anchor가 적용되어곡선주행 시 두 윤축은 곡선에 따라 선회하는 것이 가능하고 기타의 운동은 구속함에 따라 안정성을 도모할 수 있음. 이 때문에 기존의 대차와 동급의 안정성은 확보하면서 조향성능은 향상됨. Sheffel 대차는 그 이후에 cross-anchor가 여러 형태로 변경되어 점차 개선된 성능의 대차로 발전되었음

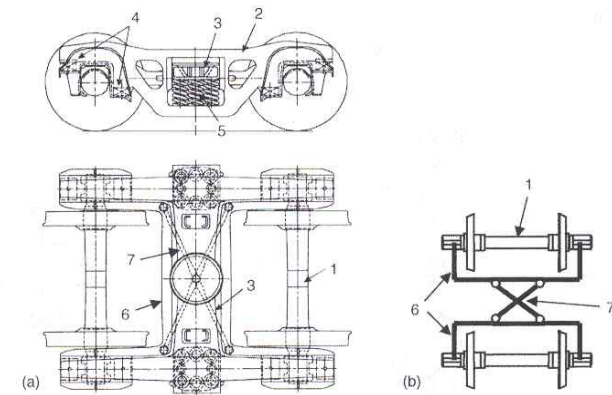


그림 2-2-3-4 Sheffel 자기조향대차 구조

- 조향링크가 적용된 조향방식 중 차체와 대차간의 상대변위나 윤축과 대차간의 상대변위를 윤축에 전달하여 조향을 보조하는 방식으로 자기조향방식과 구분하기 위하여 강제조향방식(forced steering)으로도 표현됨. 즉, 대차사이의 상대변위나 윤축과 대차사이의 상대변위를 링크 등의 기구학적 구조를 통한 기계적인 방법으로 증폭하고 이 힘을 이용하여 윤축의 조향을 보조하는 방법임. 설계에 따라 공격각을 영으로 만들 수 있으며 구조가 다소 간단하여 실용화가 용이함. 일본에서는 1984년에 시험대차 DT953을 제작하여 각 조향방식을 적용하였고 이에 대한 곡선주행 시험을 수행한 것이 이 분야에서 큰 출발점으로 되어 있음
- 강제조향대차의 대표적인 시스템으로는 JR 홋카이도에서 틸팅시스템과 병행하여 사용된 Z-링크방식이 있음.(그림 2-2-3-5) 즉, 윤축을 대차프레임에 대하여 전후방향으로 유연하게 지지하고, 대차가 곡선에 진입하여 자기조향성에 의해 차체에 대

하여 선회하는 각도(대차각)를 링크기구에 의하여 윤축으로 전달하고, 윤축의 축중심이 곡선의 곡률중심으로 향하도록 강제적으로 조향시킴. 차륜을 곡선에 따라 원활히 전주시키도록 하여 곡선주행중의 횡압을 종래 대차에 비하여 1/2~1/3 수준으로 저감시킴

한편, 이 방식의 취약점은 축상지지장치 노후에 따라 축상지지강성이 극단적으로 작게 되거나, 차륜의 답면이 마모하고 레일에 접하는 차륜답면구배가 커지다면 1축 사행동이 발생하게 되고 승차감도 나빠질 수 있다는 점임. 따라서 자기조향성을 이용하는 경우, 이러한 사행동이 발생하지 않는 범위로 축상지지강성이나 차륜답면경사를 설정할 필요가 있기 때문에 횡압저감효과에도 스스로 한계가 있음

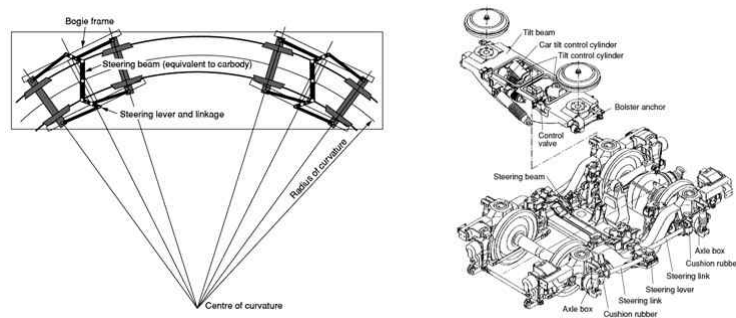


그림 2-2-3-5 대차각연동 Z-링크식 조향대차

- 1985년 일본에서 여러 조향방식에 따른 횡압 저감 효과를 비교한 주행시험 결과 능동조향방식이 횡압저감 효과가 가장 크게 나타남.(그림 2-2-3-6)

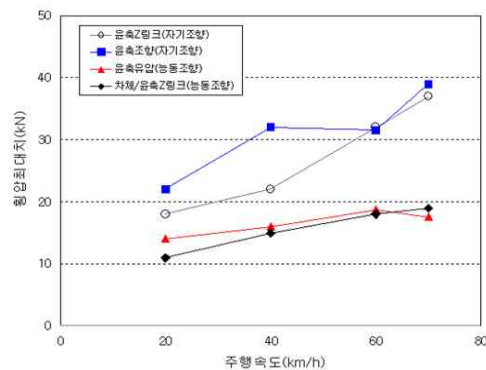


그림 2-2-3-6 조향방식별 횡압저감 효과

- 강제조향대차의 또 다른 메커니즘으로 현재 실용화되어 있는 방식은 대차각연동 조향대차시스템으로 유도조향대차라고도 칭함. 이 방식은 캐나다의 Sky train에 적용되어 실용화되었음. 조향의 기본원리는 차체와 대차프레임간의 상대각을 조향링크로 윤축에 전달하는 방식이며 선두 대차의 경우, 대차는 차체에 대하여 좌로 회전하는 요(yaw)운동을 한다면 선두 윤축과 결합된 링크와 차체와의 결합점은 뒤로 향해 이동하게 되고 윤축을 조향시키게 된다. 마찬가지로 후측 링크도 후방으로 이동하고 윤축을 조향시키는 방식임.(그림 2-2-3-7)

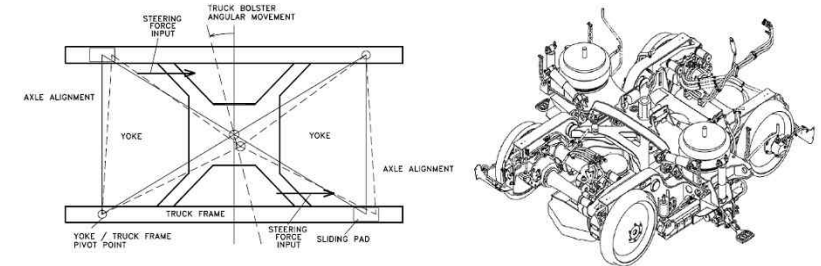


그림 2-2-3-7 대차각연동 유도조향대차

- 강제 조향대차시스템은 링크의 적절한 구성에 의해 여러 방법으로 응용될 수 있는데 Resco사는 2003년에 강제조향대차시스템을 적용한 화차를 선보임. 이 시스템은 차체와 대차의 상대변위를 이용하는 방법으로 차체와 하나의 윤축을 링크를 통하여 직접 연결하여 곡선 주행 시 발생하는 차체의 상대 운동을 링크를 통하여 윤축에 직접 전달하는 방법임

차체의 상대운동은 링크에 연결된 윤축에 요운동을 일으켜 윤축이 조향하게 되고 조향된 윤축과 대차 그리고 대차에 고정된 윤축의 상대 변위에 의하여 다른 윤축이 뒤따라서 조향하게 됨. Resco사는 이 방식을 이용하여 시험선로에서 실차 시험을 하였으며 주행안정성 및 곡선 주행성능의 향상을 보였음.(그림 2-2-3-8)

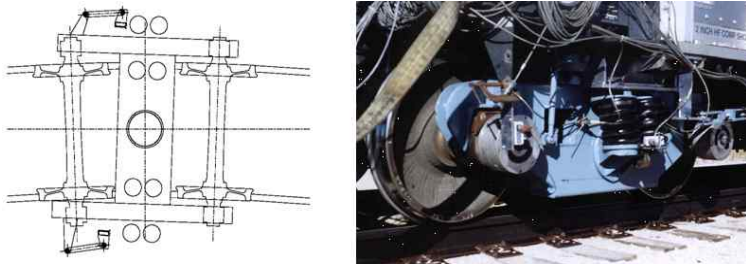


그림 2-2-3-8 Resco사의 강제조향대차

- 이외에도 2002년도에 스위스의 봄바르디어는 관절대차용 단축 조향시스템을 선보였음. 이 대차는 최근에 차량이 보다 넓어짐과 동시에 길이가 짧아지는 추세에 맞추어 적용한 관절대차시스템의 문제점을 극복하기 위한 방안으로 연구된 것으로서 하나의 윤축을 가지고 있는 단축대차와 단축대차 사이를 링크로 연결한 관절대차 시스템임. 이 시스템은 차량과 차량의 상대변위가 발생하면 자연스럽게 단축 대차 사이의 링크가 움직이기 때문에 강제조향을 위한 별도의 링크와 같은 힘 전달 장치가 필요 없어 간단하게 조향을 구현할 수 있는 방법임. 이 방식은 실차 시험을 거쳐 노르웨이의 72 클래스에 적용되고 있음.(그림 2-2-3-9)



그림 2-2-3-9 봄바르디어의 단축관절 조향대차

(2) 능동형 조향대차(active steering bogie)

- 기존의 강제조향방식이 차체와 대차간의 상대변위를 이용함에 비하여 능동형 액추에이터를 이용하여 윤축에 외력을 전달하여 윤축의 조향을 도와주는 방법으로 별도의 제어가 가장착되어 곡선반경, 주행속도 등 다양한 환경에서 최적의 조향성능을 낼 수 있도록 고안된 조향방식임.

- 능동 조향대차에 대한 아이디어는 1970년대 후반에 시작되었으나 그 당시 기술로는 실제 구현하기 어려웠으며 이후 제어공학의 비약적인 발전에 힘입어 1990년대 초반부터 활발히 연구되기 시작하였음. 능동 조향은 1차 현가계로 구축되어 있는 윤축이 순수구름을 할 수 있도록 제어를 통해 윤축 조향을 도모하는 방법으로 크게 다음과 같이 네 가지 조향방법으로 구분할 수 있음

① 조향운동을 능동 구동장치를 통해 직접 구현하는 방법

- 능동 구동장치를 이용하여 윤축을 직접 조향시키는 대표적인 방법은 윤축의 요방향 운동을 제어함. 이 방법은 요토크(yaw torque)를 일으킬 수 있는 액추에이터를 윤축에 직접 부착시키는 방법으로 대표될 수 있으나 실제에서는 윤축의 액슬박스나 대차 또는 차체사이에 액추에이터를 연결하는 방법이 적합함
- 수동형인 1차 현가계의 일부 또는 전체를 제거하고 이 방법을 적용하면 고대역폭(high bandwidth)의 능동 조향성능을 달성할 수 있으며 다양한 제어를 통하여 조향성능과 함께 주행안정성을 함께 도모할 수 있는 방법임.

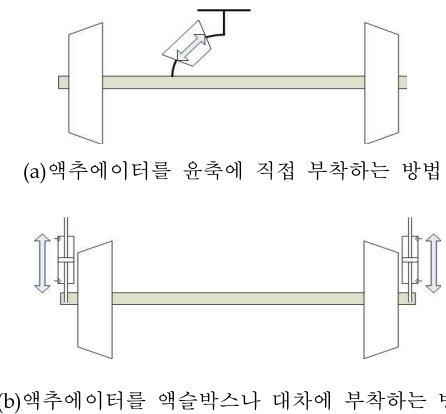


그림 2-2-3-10 요토크(yaw torque)를 이용한 조향방법

- 윤축을 직접 구동하는 방법의 두 번째 방식으로는 윤축의 횡방향으로 액추에이터를 부착하여 윤축을 직접 좌우로 미는 경우로서 이 방법은 윤축의 횡방향을 제어함으로써 주행안정성을 향상을 도모할 수 있으며 차륜 답면에 의한 좌우차륜의 구름반경 차를 이용하여 매우 우수한 조향성능을 달성할 수 있다는 점임. 그러나 액슬박스에 액추에이터를 직접 부착해야하기 때문에 공간의 제약이 많고 특히 작용/반작용의 법칙에 의해 대차 또는 차체에 윤축에 가해지는 제어력 만큼의 힘이 반대로 작용하여 승차감을 저해시킬 수 있다는 단점이 있음



그림 2-2-3-11 횡방향 액추에이터를 이용한 조향방법

② 자기조향 방식과 능동 안정성 제어 혼용 방법

- 이 방법은 1차 현가계의 종방향, 횡방향 강성을 최소화하는 것을 기본전제로 함. 즉 최소화된 1차 현가계의 강성에 의하여 윤축은 차륜의 답면구배에 의한 기구학적 운동을 하게 되고 곡선주행 시 원활한 주행을 하게 됨. 그러나 이 방법을 사용하는 경우에는 주행안정성 및 임계속도가 매우 낮기 때문에 능동 구동장치를 통해 주행안정성을 확보하는 방법임. 이 방식은 따라서 능동 구동장치에 계속적으로 제어력이 입력되어야 하기 때문에 에너지 효율 측면에서 취약한 방법임
- 이 방식에서 한 단계 발전한 방법이 1차 현가계를 유지하며 1차 현가계에 의한 윤축의 구속력을 능동 조향장치를 통해 약화시키는 방법임. 즉 직선주행에서는 1차 현가계에 의하여 윤축의 주행안정성이 확보되며 곡선주행 시에는 능동 조향장치가 작용하여 1차 현가계에 의한 윤축의 구속력을 약화시키는 방법으로 앞의 방법과 반대되는 개념임. 이 방법은 1차 현가계가 존속하고 있기 때문에 큰 제어입력이 필요하다는 단점이 있음.

③ 독립차륜을 이용하는 방법

- 독립차륜(independent rotating wheel: IRW)은 좌우 차륜이 하나의 차축에 고정되어 같은 회전 속도를 가짐으로써 발생하는 여러 문제를 해결하기 위하여 오래 전부터 검토되어온 방식임. 그러나 여러 요인에 의해 일부 특수한 예를 제외하고는 실용화에는 이르고 있지 못한. 그 원인은 독립차륜을 사용하면 원활한 조향 성능을 구현할 수 있지만 윤축이 궤도중심으로 이동하려는 복원작용이 없어지게 되어 차량의 자체 안정성이 손실되고 그 결과 조향을 위한 제어기술과 안정성을 확보하기 위한 제어 기술이 함께 적용되어야 한다는 문제점 때문임.
- 그러나 최근에는 이들 문제점을 해결하기 위하여 다양한 방법이 시도되고 있는데, 아래 그림과 같이 좌우 차륜을 동일 축으로 결합하지 않고 평행링크로 결합하여 조향시키는 방식이 있으며 전륜축은 기존의 고정차륜을 사용하고 후륜축에만 독립차륜을 사용하는 방법 등도 제시되고 있음. 철도시스템이 결국 독립차륜의 형태로 발전되리라는 전망을 나타내는 일부 전문가들이 있으며 그들은 독립차륜 방식의 구현을 위하여 다양한 연구 결과를 내놓고 있음. 그러나 독립차륜 방식으로 철도시스템이 바뀔 경우에는 동력차의 경우 각 차륜 별로 별도의 모터가 배치되어야 하는 문제와 좌우 차륜의 회전 속도를 동일하게 제어하여야 하는 guidance 문제 등 새로운 문제가 발생하기도 함.

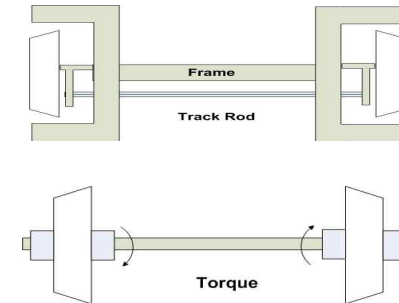


그림 2-2-3-12 독립차륜 조향방법

④ 기타

- 이외에도 대차각 능동조향제어 방법(active bogie steering)과 차동기어(differential gear)를 이용한 조향 방법이 있음. 대차각 능동조향제어 방법은 간접적인 조향방법으로 급곡선 주행 시 과도하게 발생하는 차륜/레일의 마모

를 저감하기 위하여 과도한 횡압 및 공격각을 저감시키는 것을 목표로 대차를 곡선에 대하여 radial 위치로 조향시키는 방법임

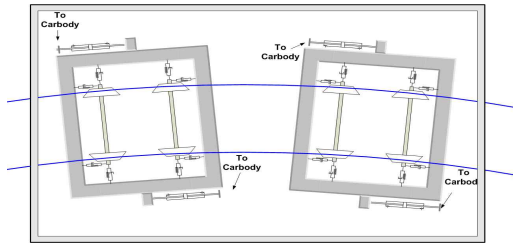


그림 2-2-3-13 대차각 능동조향제어 방식

- 대차각 능동조향제어 방법은 대차시스템의 구성을 기존 그대로 사용할 수 있고 차체와 대차간에 액추에이터를 적용하여 대차를 조향시킴. 액추에이터는 기존 철도차량의 요댐퍼를 대체하여 사용함. 능동 액추에이터의 고장 및 오작동시 발생할 수 있는 신뢰성 저하 문제를 극복하기 위하여 능동 액추에이터와 병렬로 기존 수동형 요소를 유지하는 방법도 제시되고 있음. 이 방법은 관성이 큰 대차를 조향하는 방법이기 때문에 곡선부를 선회하는 고속주행시스템에서는 제어기에 큰 부담을 줄 수가 있어 신중하게 적용 여부를 고려해야 하지만 도시철도차량과 같은 중저속 철도차량에는 용이하게 적용 가능함

- 차동기어를 이용한 조향 방법은 ITTS사의 Gajdár가 제안한 방법으로 고정 축에 연결된 좌우차륜의 회전 속도가 같음으로 인해 발생하는 조향성능의 저감을 자동차의 차동기어와 같이 철도에 차동 기어시스템을 적용하여 해결하고자 하는 방법임. 즉 직선 궤도를 주행 시에는 좌우차륜이 같은 회전속도를 가지며 주행을 하게 되고 곡선주행 시에는 차동 기어에 의하여 좌우차륜이 서로 다른 회전속도를 가지게 됨

독립차륜의 문제점 중 하나로 지적되는 자기 복원력 손실에 의한 주행안정성 저하는 차동기어 내에 클러치시스템을 두어 직진주행 시에는 클러치에 의하여 좌우차륜을 단단하게 고정시키고 곡선 주행 시에는 클러치를 풀어서 좌우차륜의 독립 회전을 도모하여 해결할 수도 있음. 이 방법을 응용하면 클러치의 조작을 능동 제어 요소를 통해 자동으로 제어할 수 있는 방안도 고려될 수 있음

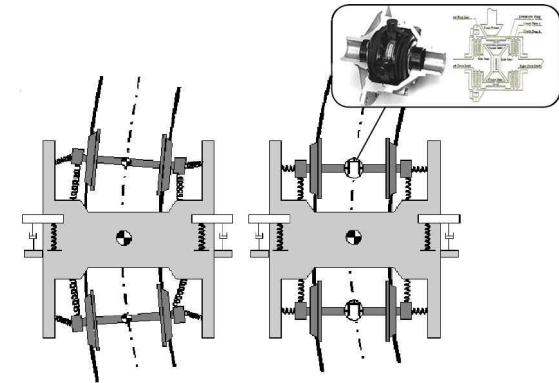


그림 2-2-3-14 차동기어를 이용한 조향대차

■ 능동조향시스템 개발 사례

(1) Active Bogie steering

○ 일본 도쿄대학의 수다교수와 일본 교통시스템부, 스미토모금속이 공동으로 대차각 능동조향제어 방법을 적용한 반차량 능동조향대차 시제를 개발하였으며 주행시험 대상에서 조향제어 실험을 수행하였음. 차체/대차간 요댐퍼를 능동 액추에이터로 대체함으로써 용이하게 구현 가능함

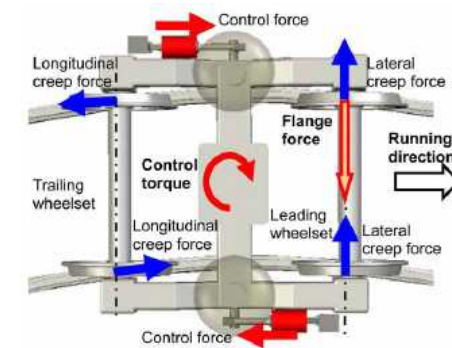


그림 2-2-3-15 Active bogie steering 원리

- 대차각 능동 조향제어는 곡률반경(R_c)와 곡률반경 추정값(ρ)를 입력으로 하여 보정치(k)를 곱한 제어력(F)은 아래 식과 같이 계산됨.

$$F = k(R_c) \cdot \rho$$

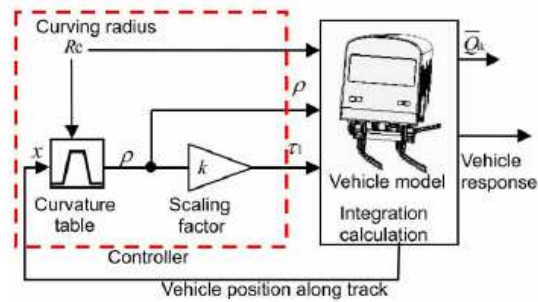


그림 2-2-3-16 곡률반경 정보를 이용한 조향 제어

- 반차량 시제를 대상으로 한 주행시험대상에서의 실험 결과 전륜축 외케 차륜 횡압은 능동 조향제어에 따라 매우 급격한 급곡선임에도 불구하고 거의 "0"으로 되어 대차각 능동조향에 따른 효용성을 보임. 그러나 승객 변화로 인한 하중 변동이나 차륜/레일간에 마찰계수 변화와 같은 파라미터 변화에 대한 영향은 신중히 고려되어야 함

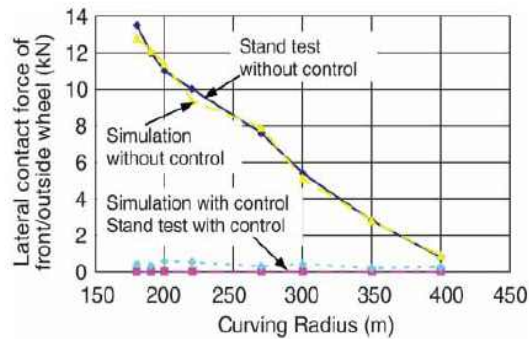


그림 2-2-3-17 대차각 능동조향제어에 따른 차륜횡압

(2) 어시스트 조향시스템

- 대차각 연동 유도 조향대차는 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 검토되었음. 폭 넓게 보면 볼스타레스 대차에 조향기능을 추가하는 방식으로, 윤축 자체가 가진 자기 조향기능을 보완하여 곡선 통과 성능을 향상시키는 방식으로 어시스트 조향시스템이라 정의하였음. 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 개발되었음. 볼스타레스 대차에 조향 선회력을 추가하는 것에 대하여 대차프레임/액슬박스 사이에 윤축 조향력을 가하여 윤축단 상대각을 곡선 반경의 중심 방향으로 발생시키는 방법을 적용하였음. 이 시스템에서 모노링크는 제어계의 fail이나 고무벨로즈의 손상 시에 액슬박스의 전후 지지강성을 확보하기 위하여 모노링크와 액추에이터를 병렬로 스프링을 설치하였음



그림 2-2-3-18 어시스트 조향대차

- 어시스트 액추에이터는 공기압 방식이며 이를 내장한 모노링크의 내부구조는 아래 그림과 같음. 이 구조는 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 구성임

- 어시스트 조향제어 방식을 적용한 조향대차 시제에 대한 성능시험이 일본 철도총연 구내 시험선에서 실시되었음. 실험 결과, 평균 횡압으로 비교한 경우, 비제어에 비하여 조향 제어 시 대략 30%의 횡압 저감 효과가 보고되고 있음

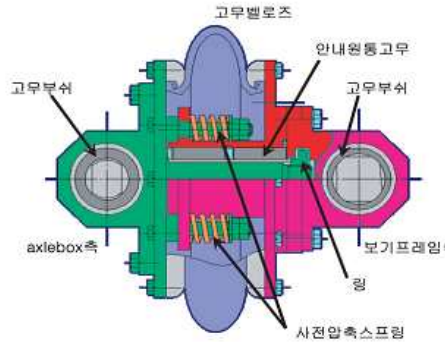


그림 2-2-3-19 어시스트 액추에이터 구조

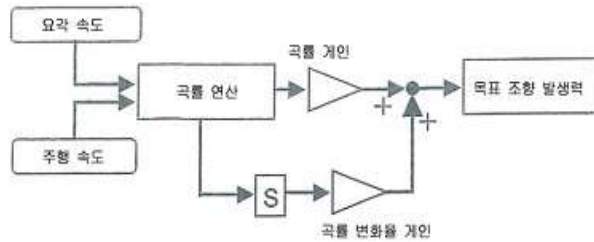


그림 2-2-3-20 어시스트 조향제어 블록선도

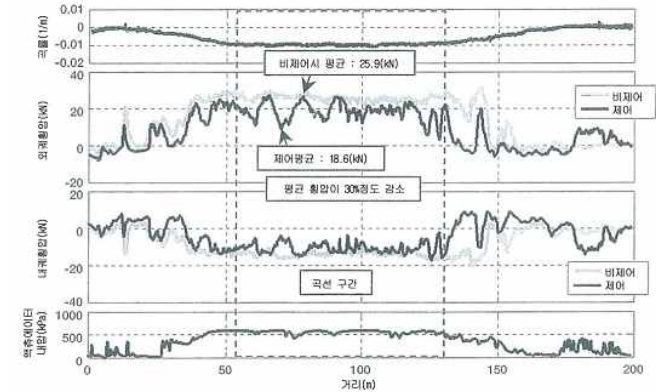


그림 2-2-3-21 어시스트 조향대차 주행시험 결과

- 또 다른 어시스트 조향방식으로 일본 철도총연에서는 어시스트 대차 조향 액추에이터와 액슬박스 어시스트 액추에이터를 이용한 조향방식에 대한 연구를 수행하고 있음. 대차와 액슬박스의 요운동을 보완하는 방식으로서 시제차량에 적용하여 곡률반경 100m의 급곡선에 대한 주행시험을 수행하였음. 주행시험결과, 어시스트 대차 조향방식에 비하여 액슬박스 어시스트 조향방식의 횡압 저감 효과가 큼을 보임. 어시스트 조향방식은 기존 차량시스템의 간단한 구조 변경으로도 횡압 저감 효과를 기대할 수 있고 또한 fail-safe 측면에서 매우 양호한 방식이라 할 수 있음. 이 방식을 이용한 고속 주행 시의 조향제어 연구가 추후 진행될 계획임

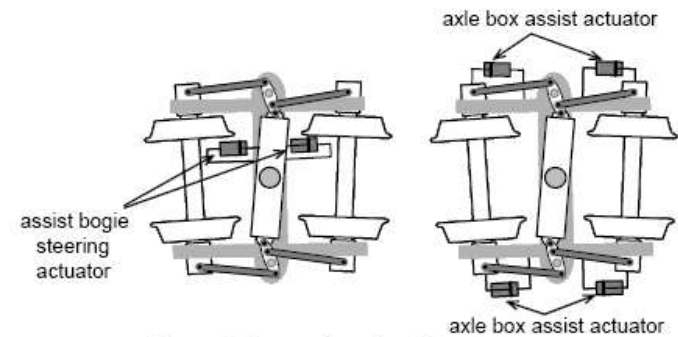


그림 2-2-3-22 어시스트 액추에이터 구성

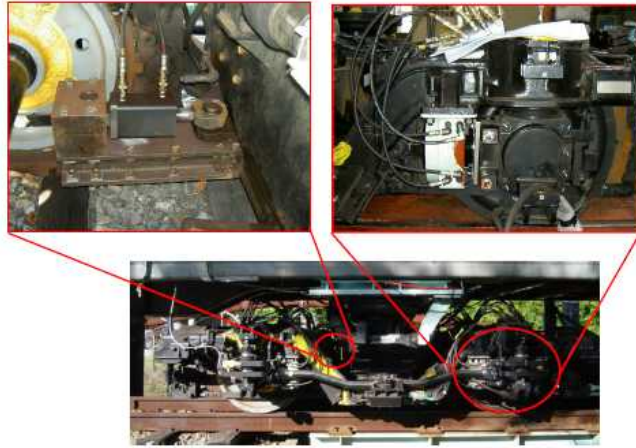


그림 2-2-3-23 어시스트 조향방식 적용 시제 대차



그림 2-2-3-24 FLEXX Tronic technology 응용 시제 대차

(3) Bombardier의 Mechatronic Train

- 봄바르디어사는 “메카트로닉 대차(Mechatronic bogie)”라는 능동 제어기술이 적용된 대차시스템을 개발하였음. “메카트로닉 대차”에서 능동 제어의 목적은 주행안정성 향상과 곡선부 주행성능 향상이라는 두 목표를 동시에 충족시키기 위함. “메카트로닉 대차”는 전기 모터와 윤축의 액슬박스를 링크에 의하여 연결하고 윤축의 좌우차륜 또한 링크로 연결되어 모터가 회전하게 되면 윤축에 요운동이 발생하는 메커니즘으로 구성되어 있음. 유럽 각국 중에서 상이한 궤도시스템에 대해 향상된 호환 기능을 가지고 있으며 rotary electro-mechanical actuator를 장착한 윤축 조향제어 방식을 적용하고 있음. 현재 스웨덴 “Green Project”로 개발된 Regina 250 시제대차를 개발하여 시운전 중에 있음.
- Mechatronic Train은 저소음, 저마모, 에너지 소비 저감을 위한 친환경 주행장치로 최적의 운용조건을 제공하기 위한 능동조향, 능동현가, 틸팅시스템, 스마트 센서 기술 등이 모듈화되어 집약된 미래 원천 기술임. Mechatronic Train 기술은 응용 목적에 따라 FLEXX Tronic(mechatronic technology), FLEXX Track(track condition monitoring), FLEXX Guide (bogie condition monitoring) 기술 형태로 개발되고 있으며 다음과 같은 개발의 이점을 가지고 있음

능동형 철도차량 특징

- 고전적 철도차량 설계의 한계를 극복하고 차량 주행성능을 향상시킬 수 있음 → 차량 경량화 및 차량부품 절감 가능
- 능동제어기술 적용으로 다양한 환경하에서의 차량 운용조건에서도 최적의 주행환경 확보 가능
- 차륜, 레일의 마모 저감, 구름저항 저감에 의한 에너지 소비 저감, 소음 저감 기대
- 친환경 녹색 교통수단
- 차량 제작비 및 유지보수비 절감
- Passive 차량 구성요소와의 혼용에 의한 Fail-Safe 확보

그림 2-2-3-25 능동형 철도차량 특징

- Mechatronic Train 개발 사례로 FLEXX Tronic은 active radial steering (ARS)과 stability control 기술이 적용되었으며, 고속 주행안정성과 곡선 주행성능 간의 상충되는 기존 차량 설계기술의 단점을 극복하였음. 유럽 각국의 상이한 궤도시스템에 대하여 향상된 호환 기능을 가지고 있으며 rotary electro-mechanical actuator를 장착한 윤축 조향제어 방식을 적용하고 있음
- FLEXX Tronic기술을 적용한 시제대차를 제작하여 주행시험대에서 성능 시험을 하였으며, 2007년에는 282km/h로 스웨덴 철도 최고속도 기록을 경신시켰음. 200km/h급 여객 서비스 운용을 위한 UIC 인증을 통과

- 현재, 스위스연방철도(SBB)에 능동조향, 능동현가기술을 적용한 2층객차 TWINDEXX 59편성(436량)을 2019년까지 납품하기로 계약 완료. 초도차량 2012년 인도, 2013년 12월 영업 운용 개시 예정



그림 2-2-3-26 SBB 능동조향차량 시운전 차량

(4) Paderborn대학 Mechatronic Train

- 독일 Paderborn 대학 RailCab 센터는 1997년부터 주정부의 지원 하에 미래 철도 차량 주행장치의 핵심 원천기술인 Mechatronic Train에 대한 기술 개발을 주도하고 있음
- passenger, cargo, urban traffic, flexible 편성 응용 등의 수용자 요구에 부합하게 다양한 응용분야에 대해 관련된 핵심 원천요소기술을 개발하여 보유하고 있음

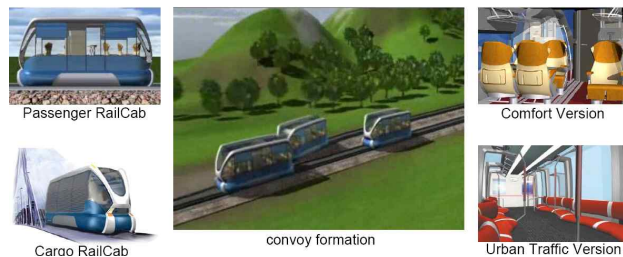


그림 2-2-3-27 Mechatronic train 응용 분야

- Mechatronic module이 집합된 형태의 mechatronic train system으로 power supply module, active suspension and tilting module, active steering module, drive and brake module로 구성되어 있음.(그림 2-2-3-28)

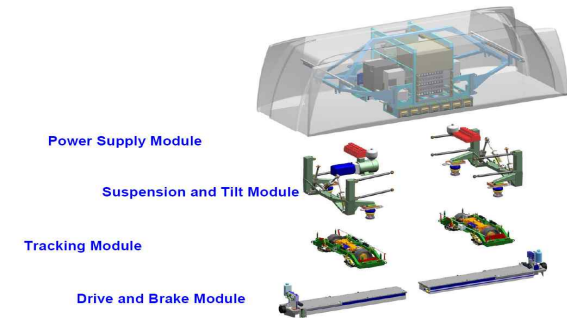


그림 2-2-3-28 Mechatronic module

- Mechatronic module 중에서 Active steering module은 독립차륜 방식으로 윤측 능동조향을 통한 분기기에서의 선로 전환 기능, 분기기 구조가 간편하고 반무보수로 유지보수비 절감 가능한 시스템임.(그림 2-2-3-29)

그리고 조향력의 제어는 가속도계 및 변위센서(gap sensor) 사용하여 차륜과 레일과의 상대변위를 측정함으로써 능동조향이 가능하도록 되어 있음. Active suspension과 tilting module은 공기스프링과 유압 서보 액추에이터를 조합한 방식으로 차체 자세 및 승차감을 제어함.

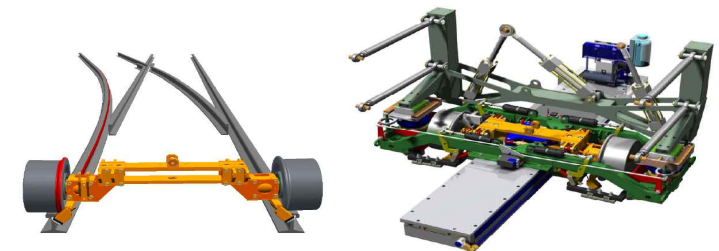


그림 2-2-3-29 Active steering, suspension and tilting module

- 핵심 요소기술로 능동 조향, 능동 현가, LIM 추진 기술을 적용한 2축 차량 형식의 1/2.5 스케일의 Mechatronic train 시제품을 개발하여 시험선에서 운용 중에 있음.

(그림 2-2-3-30 ~그림 2-1-31) 능동조향방식은 독립차륜 방식이며 주행시험 결과 최대 약 5dB의 소음 저감 효과가 있음(그림 2-2-3-32)

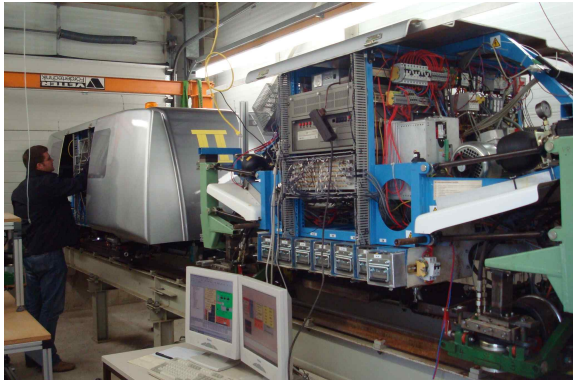


그림 2-2-3-30 1/2.5 scale Railcab 시제

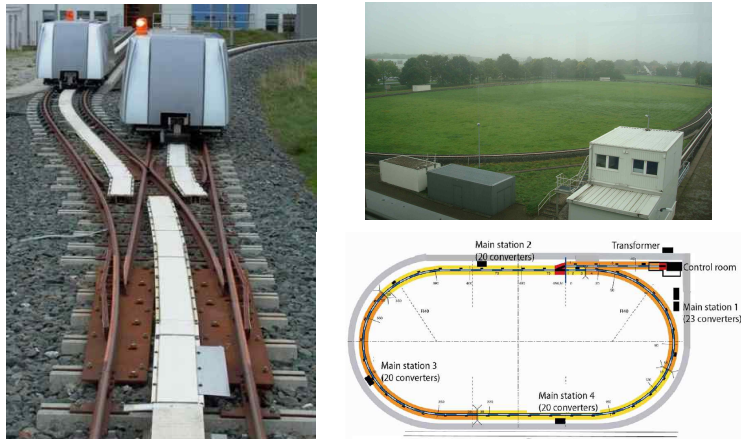


그림 2-2-3-31 Mechatronic train용 시험선

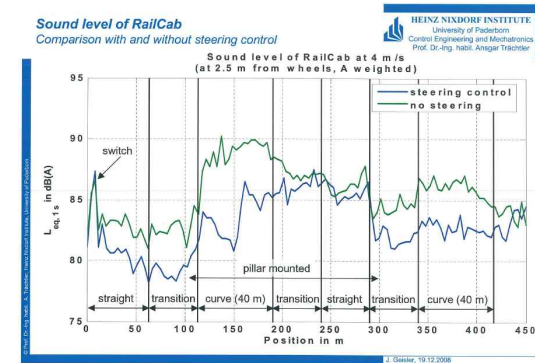
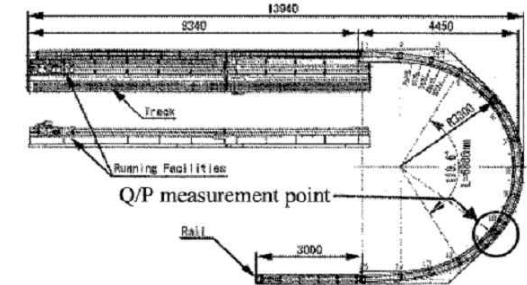


그림 2-2-3-32 Mechatronic train의 소음 저감 효과

(5) 축소모델을 이용한 능동조향기술 연구

- 일본 동경대에서는 독립차륜 능동조향대차와 일축 능동조향대차의 조향제어 기술을 연구하기 위하여 1/10 스케일 규모의 축소모델 시제와 축소 트랙 시험시스템을 구축하고 있음.(그림 2-2-3-33 ~ 그림 2-2-3-34)



Length of first straight track	9.3m
Length of transition curve	2.7m
Length of constant curve	6.8m
Radius of constant curve	3.3m
Rail cant	6.0mm
Radius of rail head	30.0mm
Gradient of curved section	13.0‰
Gauge	150.0mm

그림 2-2-3-33 축소 트랙 구조 및 사양

- 축소 트랙의 총길이는 35m이며 이중 원곡선구간 20.7m, 원곡선의 곡률반경은 3.3m로서 능동조향대차 축소모델 시제를 대상으로 1m/s의 속도로 곡선부 주행시험을 수행하고 있음
- 독립차륜 능동조향대차 축소모델 시험결과, 제작된 독립차륜 조향대차의 피드포워드 제어를 통한 주행성능 향상 효과가 있음. 또한 일축 능동조향대차 축소모델 시험결과, 제안된 완화곡선 어시스트 제어를 통해 정상 곡선에서 뿐만 아니라, 완화곡선 통과 시에도 이상적인 곡선 선회가 가능함을 실험을 통하여 확인하였음. 축소상프링 구조 및 조향방식에 따른 차륜의 레일 횡압 저감 효과가 있음.(그림 2-2-3-35)

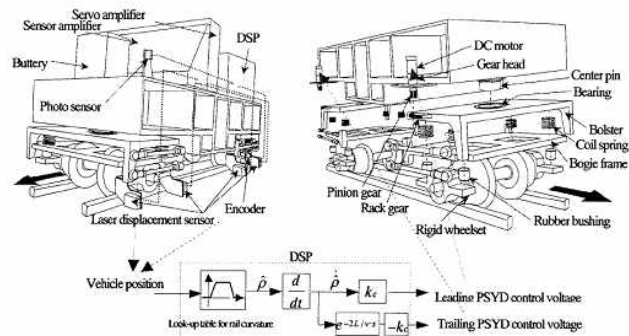
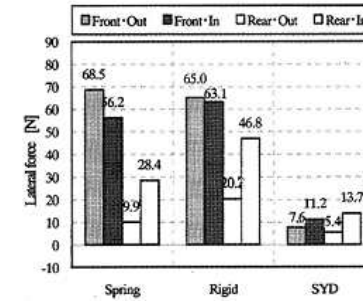
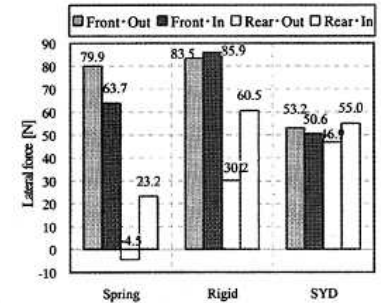


그림 2-2-3-34 1축 능동조향대차 축소 시제 및 구조



(a) 답면구배 (1/8)



(b) 답면구배 (1/20)

그림 2-2-3-35 축소모델 시험 결과(횡압 저감 효과)

나. 국내 기술개발 동향

- 국내에서 철도차량의 조향기술과 관련된 연구는 1990년대 중반 기존철도차량의 과도한 차륜 마모를 저감시키기 위한 방안 도출 연구와 관련되어 한국철도기술연구원에서 기술 조사, 분석 연구가 수행된 바 있음
- 2001년부터 시작된 철도기술연구개발사업의 한국형 틸팅열차 차량시스템에 조향시스템을 적용하고 있음. 그러나 틸팅차량에 적용한 조향시스템은 곡선주행성능을 향상시키기 위하여 적용한 자기조향방식(self-steering) 조향장치임
- 즉, 대차의 축상스프링 전후방향 강성을 유연하게 하여 곡선구간 주행 시 축상스프링 전후 변위를 발생시켜 곡선의 곡률반경 중심으로 윤축을 정렬하게 하여 원활한 곡선 추종을 도모하는 자기조향개념을 적용하고 있음. 이때 조향링크는 축상스프링 전후강성 약화에 따른 고속주행 시의 사행동 발생을 예방하기 위한 수동형 링크구조로서 안정성 향상에 목적이 있음. 따라서 엄밀한 의미에서 외력에 의하여 강제로 조향하는 능동조향방식과는 상이하다고 할 수 있음. 따라서 조향성능에는 한계가 있음

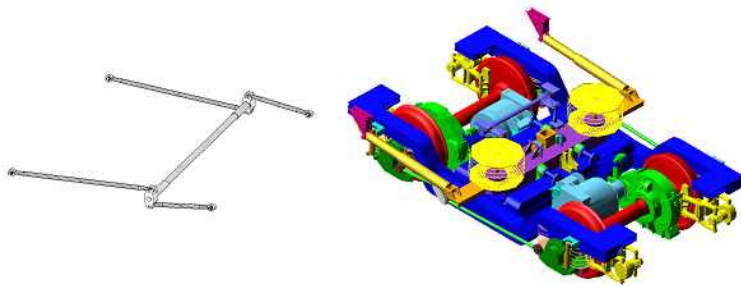


그림 2-2-3-36 한국형 틸팅열차용 조향링크

- 또한 현재 국가 R&D사업으로 진행 중인 차세대 전동차 시스템기술개발사업을 통하여 개발 중인 시제차량에도 조향장치가 적용되고 있으나 이 또한 틸팅차량에 적용 중인 조향기구와 같은 성격으로 볼 수 있음.

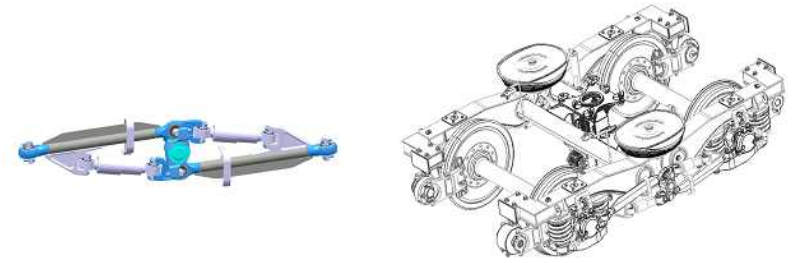


그림 2-2-3-37 차세대 전동차에 적용 중인 조향링크

- 2007년부터 2010년까지 한국철도기술연구원에서는 “도시형 친환경 열차 대차시스템 개발”, “능동/반능동 조향기술 기초연구” 과제가 수행되었음. 이 과제를 통하여 능동조향기술에 대한 기초연구가 진행되었으며 조향메커니즘 설계 및 해석, 조향제어전략 도출, 축소모델시험시스템 구축 및 조향제어성능 시험평가 등 실용화 연구 이전 단계의 TRL 3 수준의 요소기술과 지적재산권 등은 확보되었음



그림 2-2-3-38 능동조향대차 축소모델 시험시스템

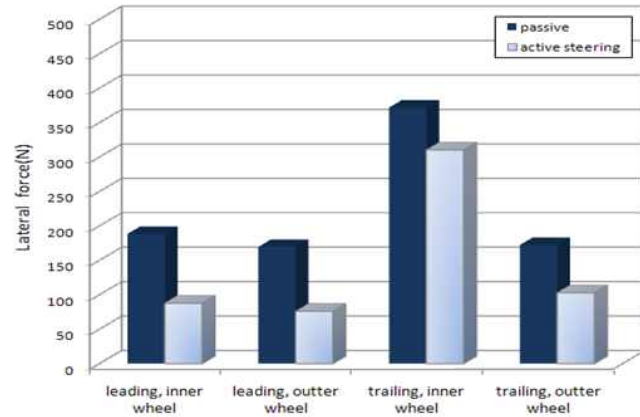


그림 2-2-3-39 축소모델 시험결과

- 실물 능동조향대차 기술개발을 위해선 실차에 적용 가능한 능동조향메커니즘, 센서 및 능동액추에이터, 능동조향제어기 및 제어전략 구현, 능동조향대차 시제 개발, 능동조향대차 성능 시험평가 등의 분야에 대한 핵심기술 개발이 추진되어야 함. 이를 위해서는 정부와 산학연 등이 연계한 국가연구개발사업 규모의 실용화 기술개발 연구가 추진되어야 함.

다. 특허 분석

■ 핵심기술 특허 조사

① 특허장벽 분석

- 도시철도차량용 능동조향대차 기술 관련 특허 131건을 대상으로 기술분류(중복분류 허용)하여 관련성이 높다고 판단되는 주요 특허를 추출하여 분석하였음, '도시철도차량용 능동조향대차'기술의 핵심기술인 '능동조향 메커니즘', '능동조향 액추에이터 및 센서 관련 기술', 그리고 '능동조향 제어방법'로 분류하여 특허 분석을 수행하였음

표 2-2-3-1 특허 검색 건수

기술분류	세부 기술 내용	관심기술 분야	관련건수 (중복기술 분류적용)
능동조향 메커니즘 (A)	능동조향을 위한 기계적인 메커니즘 및 링크 구조	○	106건
능동조향 액추에이터 및 센서 (B)	능동조향에 사용되는 액추에이터, 센서 및 이의 제어	○	23건
능동조향 제어방법 (C)	능동조향 제어방법 및 알고리즘, 제어시스템	○	24건
합계	※특허 131건을 관련기술에 대해 중복으로 기술 분류		관련건수 153/ 총특허수 131

- 도시철도차량용 능동조향대차 기술 중에 유사기술은 총 25건의 유사기술(중복특허 제거 후 17건의 유사선행문헌)이 발견되었음, 각 기술별로 보면 능동조향 메커니즘이 13건, 능동조향 액추에이터 및 센서 기술이 2건, 능동조향 제어방법이 10건임

표 2-2-3-2 특허 유사도 분석

유사도 점수	내용	능동조향 메커니즘 (A)	액추에이터 및 센서 (B)	능동조향 제어방법 (C)
9~10점	과제 기술과 거의 일치하는 특허	-	-	-
6~8점	과제 기술과 기술의 CORE부분과 일부 유사한 특허	15	2	10
4~5점	과제 기술과 일부 유사한 특허	17	6	6
1~3점	과제 기술과 유사하진 않지만 참고할 만한 특허	74	15	8
합계		106	23	24
국내/해외 특허장벽 대상건수		15	2	10
참고대상 특허건수		17	6	6

○ 능동조향 메커니즘 주요 특허

- 출원인 국적을 기준으로 해외 및 국내 주요 특허 분석

표 2-2-3-3 능동조향 메커니즘 주요 특허

기술코드	기술분류		핵심기술요약		
A	능동조향 메커니즘		능동조향을 위한 기계적인 메커니즘 및 링크 구조		
해외 특허					
특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인 (국적)	권리 상태	유사도 점수 (1-10)	핵심요지
	2008-12-19	봄바르디에 트랜스포테이션 (DE)	공개 (심사미청구)	8	*기술코드 A, C관련 차륜의 선회각도를 제1주파수와 제2주파수 범위내에서 조정하는 제어 방법에서, 미리 설정된 보정인자를 사용한 목표치를 사용하는 능동 주행 기어 제어 방법
	2002-07-29	봄바르디에 트랜스포테이션 (DE)	등록	7	*기술코드 A, C관련 한쌍의 휠 또는 휠세트의 능동 레이드의 제어방법 및 장치로, 2개의 상이한 주파수 범위(제1주파수, 제2주파수) 내에서 제어운동이 중첩되어 휠 유닛을 제어하는 구조
	2008-09-17	SUMITOMO METAL IND (JP)	공개 (심사미청구)	7	후륜축의 중심선을 이루는 조향각을 전륜축의 중심선을 이루는 조향각보다 커지도록 후륜축의 조향각을 제어하여 곡선 궤도의 접선방향을 따르도록 조향하는 대차 구조 및 제어방법

	2004-03-17	RAILWAY TECHNICAL RES INST (JP)	등록	7	조향 회전체(2)와 축상자(6,12)의 사이에 패시브 조향링크(8,12)를 설치하고, 조향링크(8,12)일 일단에 고정된 차륜축(5,13)을 갖고, 조향링크(8,12)와 병렬로 액추에이터(9,16)을 구비한 구조
	2005-12-20	RAILWAY TECHNICAL RES INST (JP)	공개 (심사중)	7	차체 프레임(1)과 조향 프레임(3) 사이에 액추에이터(11)를 설치하여 차체가 곡선부에서 선회토크를 발생시킬때 이를 보조하는 구조
	2006-02-16	RAILWAY TECHNICAL RES INST (JP)	공개 (심사중)	7	차체프레임(1)과 조향프레임 사이에 슬라이드판(4)이 설치되고, 차체프레임(1)과 축상자(7) 사이에 어시스트 조향 액추에이터(11)를 설치한 구조
	2006-03-31	RAILWAY TECHNICAL RES INST (JP)	공개 (심사중)	7	차체 프레임(2)에 윤축(3)을 탄성 결합부(4)에 의해 상하 변위가 가능하게 설치하고, 탄성결합부를 지지하는 축상자(5)와 액슬빙(7)으로 축상자(5)를 좌우방향으로 이동가능하게 하는 복수의 공기 액추에이터(15)를 설치한 구조
국내 특허					
특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인 (국적)	권리 상태	유사도 점수 (1~10)	핵심요지
	2007-12-06	한국철도기술연구원 (KR)	등록	7	고속주행시 대차의 주행안정성을 향상시키기 위해, 전방 윤축의 양측 액슬박스과 힌지 결합한 전방조향장치와, 후방 윤축의 액슬박스과 힌지 결합한 후방조향장치로 구성
	2008-12-26	한국철도기술연구원 (KR)	공개 (심사중)	6	곡선구간 주행시 발생하는 센터피봇의 요방향 변위를 3절 링크로 전달하여 곡선구간 주행시 레디얼 조향을 추종하는 구조
검토의견 (종합유사도 및 대처방안) - 106건의 선행기술문헌들을 살펴보면 유사도가 60이상인 선행문헌이 9건(총 15개의 문헌 중 Family특허인 경우 중복제거)으로 해외문헌이 7건, 한국문헌이 2건으로 나타남 - 능동조향 메커니즘은 해외에서는 독일과 일본기업 위주로 특허출원이 이루어지고 있고, 국내에서도 한국철도기술연구원에 의한 특허활동이 활발히 이루어지고 있음 - 능동조향 메커니즘에 관련된 특허기술에는 해외에 능동조향 메커니즘에 따른 제어방법 도 같이 기재되어 있음					

	- 출원인 국적으로 보면 국내 출원인은 한국철도연구원에 의해 핵심특허 2건을 포함한 관련특허가 8건으로 다수의 특허를 출원하고 있어, 국내 기술력을 바탕으로 다수의 해외기업의 국내출원에 대한 지재권 확보 및 방어 전략이 필요할 것으로 판단됨
--	--

○ 능동조향 메커니즘 참고 특허

표 2-2-3-4 능동조향 메커니즘 참고 특허

기술코드	기술분류		핵심기술요약		
A	능동조향 메커니즘		능동조향을 위한 기계적인 메커니즘 및 링크 구조		
해외 참고 특허					
특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인(국적)	권리상태	유사도점수(1~10)	발명의 명칭
	1996-08-22	SLM Schweizerische Lokomotiv – Und Maschinenfabrik (SW)		5	Bogie for a railway vehicle with adjustable wheel sets and railway vehicle with such a bogie
	2007-03-30	RAILWAY TECHNICAL RES INST (JP)		5	*기술코드 A, B관련 액슬박스 지지장치
	2009-01-20	RAILWAY TECHNICAL RES INST (JP)		5	*기술코드 A, B, C관련 액슬박스 지지장치
	1994-07-27	HITACHI LTD (JP)		5	*기술코드 A, C관련 스티어링 대차
	1994-11-24	HITACHI LTD (JP)		5	*기술코드 A, C관련 철도차량용 대차
	1996-02-28	HITACHI LTD (JP)		5	*기술코드 A, C관련 철도차량용 대차의 차륜축 조향 장치
	1995-04-28	KINKI SHARYO (JP)		5	철도차량 대차의 조향 방법과 그 장치
참고 국내 특허					
특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인(국적)	권리상태	유사도점수(1~10)	발명의 명칭

	2007-12-06	한국철도 기술연구원 (KR)	등록	5	철도차량용 능동 조향대차
	2007-12-06	한국철도 기술연구원 (KR)	등록	5	철도차량용 능동 조향대차

○ 능동조향 액추에이터 및 센서 주요 특허

표 2-2-3-5 능동조향 액추에이터 및 센서 주요 특허

기술코드	기술분류		핵심기술요약		
B	능동조향 액추에이터 및 센서		능동조향에 사용되는 액추에이터, 센서 및 이의 제어		
해외 특허					
특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인 (국적)	권리 상태	유사도 점수 (1-10)	핵심요지
	1993-11-23	Krupp Verkehrstechnik GmbH (DE)	소멸 (유지료 미납)	7	*기술코드 B, C관련 대차의 윤축의 끝부분에 설치된 하중제어(force-controlled) 및 변위 제어(displacement-controlled) 액추에이터가 윤축 베어링에 따라 작동하며 하중제어 액추에이터인 경우에 베어링에 병렬로 연결되고, 윤축을 규제하는 변위제어 액추에이터인 경우에 베어링에 직렬로 연결되어 있는 구조
	1984-08-31	Thyssen Industrie (DE)	소멸	7	하나의 윤축의 두개의 저널박스는 다른 윤축의 다른 두개의 저널박스와 유압시스템으로 연결되어 있고, 각각의 저널박스는 대차의 길이방향으로 작동하는 복동 피스톤을 갖는 유압실린더에 의해 연결된 구조
국내 특허					
특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인 (국적)	권리 상태	유사도 점수 (1-10)	핵심요지
-	* 국내 장벽 특허는 조사되지 않음				
검토의견 (종합유사도 및 대처방안)	- 총 23건의 선행기술문헌들을 살펴본 결과, 유사도가 60이상인 선행문헌은 2건으로, 대차의 윤축에 액추에이터 설치방법 및 이의 제어구조에 관한 기술인 것으로 나타남. 다른 선행문헌의 경우 6점 아래로 본 개발과제의 방향과는 다소 차이가 있는 것으로 판단됨 - 출원인 국적을 보면 해외특허장벽의 특허가 독일기업인 것으로 나타났고, 출원시점도 많이 지나 현재 소멸된 특허임 - 핵심특허의 기술이 현재 소멸된 점을 감안하면 능동조향의 액추에이터 및 센서에 관련된 기술이 단순 공지기술의 인용일 가능성이 높음				

○ 능동조향 액추에이터 및 센서 참고 특허

표 2-2-3-6 능동조향 액추에이터 및 센서 참고 특허

기술코드	기술분류		핵심기술요약		
B	능동조향 액추에이터 및 센서		능동조향에 사용되는 액추에이터, 센서 및 이의 제어		
해외 참고 특허					
특허 (등록/공개번호)	출원일자	출원인 (국적)	권리 상태	유사도 점수 (1~10)	발명의 명칭
	2008-03-26	RAILWAY TECHNICAL RES INST (JP)		5	철도차량용 조향대차
	2008-07-25	HITACHI LTD (JP)		5	원통형 리니어 모터 및 그것을 이용한 전자 서스펜션 및 전동 파워스티어링 장치
	2007-03-30	RAILWAY TECHNICAL RES INST (JP)		5	*기술코드 A, B관련 액슬박스 지지장치
	2009-01-20	RAILWAY TECHNICAL RES INST (JP)		5	*기술코드 A, B, C관련 액슬박스 지지장치
	1989-11-10	에스오. 씨. 아이. 엠아이. (IT)		4	철도차량용 조향보우기
	2005-07-06	ODAKYU DENTETSU KK (JP)		4	연접식 철도차량의 대차 조향기구의 이상 검출 방법 및 장치

○ 능동조향 제어방법 특허 장벽

표 2-2-3-7 능동조향 제어방법 주요 특허

기술코드	기술분류		핵심기술요약		
C	능동조향 제어방법		능동조향 제어방법 및 알고리즘, 제어시스템		
해외 특허					
특허(등록·출원일자)	출원인	권리	유사도	핵심요지	

공개)번호		(국적)	상태	점수 (1~10)	
	2008-12-19	볼바르디아 트랜스포테 이션 (DE)	공개 (미심사)	8	*기술코드 A, C관련 차륜의 선회각도를 제1주파수와 제2주파수 범위내에서 조정하는 제어방법에서, 미리설정된 보정인자를 사용한 목표치를 사용하는 능동 주행 기어 제어 방법
	2002-07-29	볼바르디아 트랜스포테 이션 (DE)	등록	7	*기술코드 A, C관련 한쌍의 휠 또는 휠세트의 능동 레이디얼 제어방법 및 장치로, 2개의 상이한 주파수 범위(제1주파수, 제2주파수) 내에서 제어운동이 중첩되어 휠 유닛을 제어하는 구조
	1993-11-23	Krupp Verkehrstechnik GmbH (DE)	소멸 (유지료 미납)	7	*기술코드 B, C관련 대차의 윤축의 끝부분에 설치된 하중제어(force-controlled) 및 변위제어(displacement-controlled) 액추에이터가 윤축 베어링에 따라 작동하며 하중제어 액추에이터인 경우에 베어링에 병렬로 연결되고, 윤축을 규제하는 변위제어 액추에이터인 경우에 베어링에 직렬로 연결되어 있는 구조
	2009-02-20	MITSUBISHI HEAVY IND (JP)	공개 (미심사)	7	차량의 횡향을 저감시켜 진동 및 소음을 방지하는 구조로, 축 지지부재(10)와 차체프레임(9)의 횡방(9a)사이에 한쌍의 stub link(12)가 설치되고, stub link(12)가 축 지지부재(10) 방향으로 벌어지도록 경사지게 형성된 구조
	2006-01-13	1.SUMITOMO METAL 2.NATIONAL TRAFFIC SAFETY ENVIRONMENT LABORATORY 3. UNIV OF TOKYO 4. TOKYO UNIV OF AGRICULTURE & TECHNOLOGY (JP)	공개 (심사중)	7	조향용 액추에이터 작동방법으로, 차체(2)와 차체를 지탱하는 차체프레임(1) 사이에 설치된 액추에이터(4)를 제어하기 위해, 액추에이터 지령전압으로 미리 측정된 액추에이터 마찰력(Fc)에 곡률속도, 대차의 보기 각속도, 액추에이터 속도 중의 하나를 곱한 마찰 저항 보상량을 더한것을 사용하는 방법

국내 특허					
특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인 (국적)	권리 상태	유사도 점수 (1~10)	핵심요지
-	* 국내 장벽 특허는 조사되지 않음				
검토의견 (중합유사도 및 대처방안)	- 총 10건의 선행기술문헌들을 살펴본 결과, 유사도가 6이상인 선행문헌은 5건(총10개의 문헌 중 Family특허인 경우 중복제거)으로, 모두 해외문헌으로 나타남 - 능동조향 제어방법 자체에 특징을 갖는 특허같이 능동조향 메커니즘 또는 액추에이터 구조와 관련된 제어방법이 다수 조사됨 - 출원인 국적으로는 독일과 일본기업 위주로 특허출원이 활발하며, 독일기업은 봄바르디어 트랜스포테이션사가 기술을 선도하고 있으며, 일본기업은 4개의 회사가 공동 출원한 조향 액추에이터 지령전압 관련 특징을 보이고 있음 - 국내의 경우 국내출원인에 관한 선행문헌이 검색되지 않았음, 따라서 국내의 기술개발이 시급한 실정으로 판단됨				

○ 능동조향 제어방법 참고 특허

표 2-2-3-8 능동조향 제어방법 참고 특허

기술코드	기술분류	핵심기술요약			
C	능동조향 제어방법	능동조향 제어방법 및 알고리즘, 제어시스템			
해외 참고 특허					
특허(등록/ 공개번호)	출원일자	출원인 (국적)	권리 상태	유사도 점수 (1~10)	발명의 명칭
	2009-01-20	RAILWAY TECHNICAL RES INST (JP)		5	*기술코드 A, B, C관련 액슬박스 지지장치
	1994-07-27	HITACHI LTD (JP)		5	*기술코드 A, C관련 스티어링 대차
	1994-11-24	HITACHI LTD (JP)		5	*기술코드 A, C관련 철도차량용 대차
	1996-02-28	HITACHI LTD (JP)		5	*기술코드 A, C관련 철도차량용 대차의 윤축 조향 장치
	2007-08-10	카와사키 중공업 (JP)		4	열차의 자차위치 검출 장치, 차체경사제어시스템, 조향시스템, 액티브제진시스템 및 세미 액티브제진시스템

② 핵심특허 비교

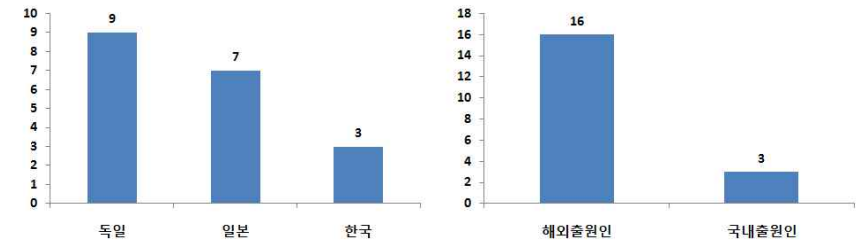


그림 2-2-3-40 국가별 핵심특허 점수

○ 특허장벽을 구성하고 있는 핵심특허(유사도 점수 6점 이상)의 출원인 국가별 현황을 보면 해외출원인이 16건, 국내출원인은 3건으로 나타남, 따라서 해외기업에 비해 국내기업의 특허 출원이 현저하게 적게 나타나고 있어 국내 기업(출원인)의 기술 확보가 필요 할 것으로 판단됨

○ 핵심특허 주요기업의 출원인 국가별로 살펴보면 독일기업(출원인)이 9건으로 가장 많은 것으로 나타남, 다음으로 일본이 7건, 한국 3건으로 나타남

○ 독일 국적의 관련출원은 봄바르디어 트랜스포테이션사에서 많이 출원하였고, 주로 능동조향 메커니즘과 이의 제어방법에 관련된 기술이고, 일본 국적의 관련출원은 RAILWAY TECHNICAL RES INST사에 의해 차체프레임과 조향 프레임 사이에 액추에이터를 설치구조에 관한 기술이 출원되었고, 다소 관련성은 적으나 Hitachi 사도 다수의 특허를 출원하고 있음

○ 독일 봄바르디어 트랜스포테이션사는 동일 내용의 특허(Family 특허)를 주요국가(미국, 일본, 유럽, 한국 등)에 다수 출원하여 기술뿐만 아니라 시장지배력까지 확장해가고 있음

○ 상기 핵심특허에 관하여는 한국기업은 한국철도기술연구원에 출원한 3건의 특허 “지렛대작용을 이용한 철도차량용 능동 조향대차”, “3절링크방식을 이용한 철도차량용 조향대차”로 주로 능동조향 메커니즘에 관련된 기술로, 능동조향 액추에이터

및 센서, 능동조향 제어방법 등에 대해서는 선도국가인 독일과 일본에 비해 아직 기술개발이 초기 단계인 것으로 분석됨

③ 핵심특허 유사도 비교

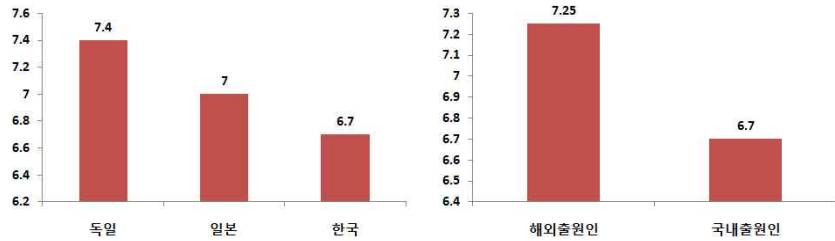


그림 2-2-3-41 핵심특허 유사도 분석

- 핵심특허(관련성이 높은 선행문헌)의 평균 유사도를 보면 국내 출원인의 유사도 점수는 6.7점인 반면, 해외 출원인의 경우 7.25점의 유사도를 보이고 있음. 세부 출원인 국가별로 보면 독일 출원인이 7.4점, 일본 출원인이 7점의 유사도를 보이고 있음
- 독일, 일본, 한국 출원인 모두 본 과제와 관련한 핵심특허를 보유하고 있는 것으로 나타나고 있으나, 국내의 경우 핵심특허 수 및 유사도에서 해외기업에 비해 기술력이 다소 떨어지는 것으로 나타남

④ 결론

표 2-2-3-9 세부기술별 핵심특허 보유국

세부 핵심기술	구성별 분류	독일	일본	한국
능동조향 메커니즘 (A)	조향링크와 액추에이터 구성			
	윤축의 주파수 범위 내 제어			
	후륜측 조향각 제어			
능동조향 액추에이터 및 센서(B)	하중 및 변위 제어 액추에이터			
	두 개의 윤축 연결 유압시스템			
능동조향 제어방법 (C)	차량의 횡압 저감			
	액추에이터 지령전압			

- 도시철도차량용 능동조향대차 기술에 관하여 세부 구성별로 분류해 본 결과, 능동조향대차와 가장 관련이 능동조향 메커니즘에서 많은 핵심특허가 조사되었으며, 관련 핵심특허의 대부분은 모두 독일의 봄바르디어 트랜스포테이션사와 일본의 RAILWAY TECHNICAL RES INST이 차지하고 있음
- 능동조향 액추에이터 및 센서 기술에 있어서는, 하중 및 변위 제어 액추에이터가 설치된 구조와, 두 개의 윤축을 연결하는 유압시스템에 대한 기술이 독일기업 Krupp Verkehrstechnik GmbH와 Thyssen Industry에서 소개되고 있음
- 능동조향 제어방법에 있어서는, 차량의 횡압저감 방법 및 조향 액추에이터의 지령전압에 대한 기술이 일본출원인 MITSUBISHI HEAVY IND와 SUMITOMO METAL에 의해 제시됨

■ 특허 기술수준 분석

- 특허관점에서 보면 도시철도차량용 능동조향대차기술에 대한 국내 관심은 매우 미미한 실정으로 주로 한국철도기술연구원에 최근 출원하고 있는 능동조향대차 관련 기술 외에는 전무한 실정으로 파악되고 있고, 해외에서는 일본과 미국에서 관련특허가 다수 출원되고 있음
- 일본은 주로 자국기업들의 특허활동이 활발히 이루어지고 있고, 주로 RAILWAY TECHNICAL RES INST와 HITACHI LTD사의 능동조향 대차와 관련하여 많은 특허를 출원하고 있음
- 미국과 유럽에서는 독일기업들의 특허활동이 활발히 이루어지고 있으며, 주로 봄바르디어 트랜스포테이션사의 특허활동이 활발히 이루어지고 있어, 일본과 독일기업의 특허장벽을 넘어서는 연구개발이 필요한 실정이고, 지재권 획득 시 전략적인 시장을 국가별로 선별하여 지재권 확보를 위한 노력이 효율적일 것으로 판단됨
- 종합적으로 도시철도차량용 능동조향대차기술을 개발하기 위한 국내 기초연구 분야 및 설계기술은 매우 미미한 수준에 있으나, 최근 이러한 연구개발 및 지재권 확보를 위한 시도가 이루어지고 있는 것으로 판단되며, 독일이나 일본기업에 비하여 연구개발시점이 상당히 뒤쳐진 부분은 상용화 기술을 통해서 극복해 나가야 할 숙제로 판단됨

< 기술수준 및 격차 >

표 2-2-3-10 특허 기술수준

관련 기술명	기술 선도국 및 기업/연구소	상대적 수준(%)	기술격차(년)
능동조향 메커니즘	[독일] 기업 봄바르디어 트랜스포테이션	78%	4년 이상
능동조향 액추에이터 및 센서	[독일] 기업 Krupp Verkehrstechnik GmbH	75%	4년 이상
능동조향 제어방법	[독일] 기업 봄바르디어 트랜스포테이션	75%	4년 이상

<기술수준 분석에 따른 판단>

표 2-2-3-11 특허 상대수준

상대수준			
90%이상	80~90%	70~80%	70%이하

※ 최상위 기술을 100%라고 했을 때 상대적인 기술수준

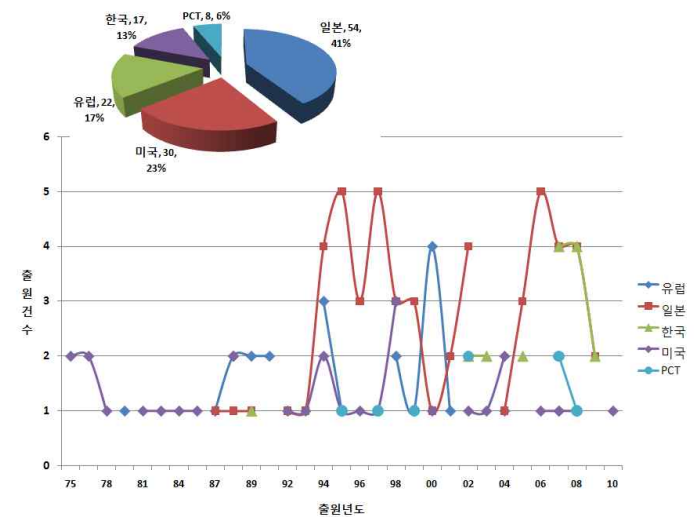
표 2-2-3-12 특허 기술격차

기술격차			
0~1년	1~2년	2~4년	4년 이상

※ 현 수준의 국내 기술 잠재역량을 고려할 때 최상위 기술 수준에 도달하는 데 걸릴 것으로 예상되는 기간

■ 특허 동향 분석

- 도시철도차량용 능동조향대차기술의 국가별 출원동향



※ 분석구간 : 한국, 일본, 유럽, 미국, PCT ~ 2011.1.31(등록/공개건 기준)

그림 2-2-3-42 능동조향기술 출원(등록)건수 추이

- 도시철도차량용 능동조향대차기술 출원(등록) 현황을 살펴보면 일본이 54건(41%)로 가장 많은 특허출원활동을 보이고 있음. 다음으로 미국이 30건(23%)의 현황을 보이고 있으며, 유럽 22건, 한국 17건, PCT 8건의 출원현황을 보이고 있음. 도시철도차량용 능동조향대차기술은 미국과 일본에서 많은 연구 활동을 하고 있는 것으로 나타남

- 전 세계적으로 1990년대 중반부터 특허활동을 활발히 진행되고 있으며, 특허 일본의 특허활동이 활발히 진행되고 있음

- 일본 내 특허활동은 주로 일본기업에 의해 이루어지고 있는 반면, 미국 내 특허활동 기업의 대다수가 독일기업으로 독일기업의 미국 진입이 활발히 진행되고 있음

○ 한국에서의 출원인별/출원인 국적별 출원현황

- 한국에서 도시철도차량용 능동조향대차기술에 관한 출원인-국적별 현황을 보면 한국-국적의 출원인이 출원한 건수가 11건, 독일-국적 출원인이 4, 이탈리아-국적 출원인이 1건, 일본-국적출원인이 1건 출원하였음

표 2-2-3-13 한국 출원인별 출원현황

출원인	국적	건수
한국철도기술연구원	KR	8
봄바디어 트랜스포테이션	DE	3
현대로템 주식회사	KR	2
유니베르시타트 파더본	DE	1
스미토모 메탈 인더스터리	JP	1
에스오. 씨. 아이. 엠아이.-쏘시에타 코스트루찌오니 인두스트리알리 밀라노 쏘시에떼 퍼 아찌오니	IT	1
현대자동차 주식회사	KR	1
총합계		17

○ 일본에서의 출원인별/출원인 국적별 출원현황

- 일본에서 도시철도차량용 능동조향대차기술에 관한 출원인-국적별 출원현황을 보면 일본-국적 출원인이 47건, 독일-국적 출원인이 4, 스위스, 이탈리아, 한국-국적 출원인이 각각 1건씩 출원하였음. 일본-국적 출원인 중 재단법인 철도 종합 기술 연구소와 히타치사의 특허 활동이 활발히 진행되고 있음

표 2-2-3-14 일본 출원인별 출원현황

출원인	국적	건수
재단법인 철도 종합 기술 연구소	JP	12
주식회사 히타치 제작소	JP	11
스미토모 금속공업	JP	4
봄바디어 트랜스포테이션	DE	3
미츠비시중공업 주식회사	JP	3
서일본 여객철도 주식회사	JP	3
주식회사 도시바	JP	3
독립 행정법인 교통 안전 환경 연구소	JP	2
카와사키 중공업 주식회사	JP	2
킨키 차량 주식회사	JP	2
후지 중공업 주식회사	JP	2
국립대학 법인 도쿄대학	JP	1
SCHWEIZ LOKOMOTIV & MAS FAB	CH	1
GEC ALSTHOM TRANSPORT SA	FR	1
오다큐전철 주식회사	JP	1
ABB DAIMLER BENZ TRANSP	DE	1
카와사키 제철 주식회사	JP	1
한국철도기술연구원	KR	1
총합계		54

○ 미국에서의 출원인별/출원인 국적별 출원현황

- 미국에서 도시철도차량용 능동조향대차기술에 관한 출원인-국적별 출원현황을 보면 독일-국적출원인이 10건으로 가장 많음. 다음으로 미국-국적출원인이 7건, 프랑스-국적 출원인과 일본-국적출원인이 각각 3건씩, 캐나다-국적 출원인이 2건의 현황을 보이고 있음

표 2-2-3-15 미국 출원인별 출원현황

출원인	국적	건수
DaimlerChrysler AG	DE	3
Alsthom	FR	2
Nissan Motor Co	JP	2
Transportation Investors Service Corporation	US	2
BOMBARDIER TRANSPORTATION	DE	2
Active Steering, LLC	US	2
A.N.F. Industrie	FR	1
ABB Patent GmbH	DE	1
Auer,Wolfgang	US	1
CENTRAL QUEENSLAND UNIVERSITY	AU	1
Duewag Aktiengesellschaft	DE	1
Franz Philip M.	US	1
General Steel Industries Inc.	US	1
Kikko,Satoshi	JP	1
Krupp Verkehrstechnik GmbH	DE	1
Lukens General Industries Inc.	US	1
Messerschmitt-Bolkow-Blohm GmbH	DE	1
National Steel Car Limited	CA	1
SLM Schweizerische Lokomotiv - Und Maschinenfabrik AG	CH	1
South African Inventions Development Corporation	ZA	1
Thyssen Industrie Aktiengesellschaft	DE	1
Urban Transportation Development Corporation Ltd.	CA	1
Westinghouse Electric Corp.	US	1
총합계		30

○ 유럽/PCT에서의 출원인별/ 출원인 국적별 출원현황

- 유럽/PCT 도시철도차량용 능동조향대차기술의 출원인-국적별 현황을 보면 독일-국적 출원인이 17건, 스위스, 이탈리아, 일본-국적 출원인이 각각 3건씩, 캐나다, 스페인, 프랑스, 한국-국적 출원인이 각각 1건의 현황을 보이고 있음. 주로 유럽/PCT에서는 독일-국적 출원인에 의한 특허활동이 활발히 이루어지고 있음

표 2-2-3-16 유럽 출원인별 출원현황

출원인	국적	건수
DaimlerChrysler AG	DE	4
ABB PATENT GmbH	DE	3
BOMBARDIER TRANSPORTATION GMBH	DE	3
FIAT FERROVIARIA S.p.A.	IT	2
Liebherr-Aerospace Lindenberg GmbH	DE	2
SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT	DE	2
SIG Schweizerische Industrie-Gesellschaft	CH	2
ALSTOM LHB GmbH	DE	1
CONSTRUCCIONES Y AUXILIAR DE FERROCARRILES, S.A.	ES	1
INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE SUR LES TRANSPORTS ET LEUR SECURITE	FR	1
Korea Railroad Research Institute	KR	1
Messerschmitt-Bkow-Blohm Gesellschaft mit beschrkter Haftung	DE	1
Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.	JP	1
SLM Schweizerische Lokomotiv- und Maschinenfabrik AG	CH	1
SO.C.I.MI.-SocietCostruzioni Industriali Milano S.p.A	IT	1
Suda, Yoshihiro	JP	1
SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD.	JP	1
UNIVERSITAT PADERBORN	DE	1
URBAN TRANSPORTATION DEVELOPMENT CORPORATION LTD	CA	1
총합계		6

■ 지적재산권 확보 가능성

○ 지재권 확보 가능성 판단 대상 특허 목록은 표 2-2-3-17과 같음

표 2-2-3-17 지재권 확보 가능성 판단 대상 특허 목록

연번	기술코드	특허(등록/공개)번호	출원일자	출원인	권리상태	유사도점수(1~10)	발명의 명칭
1	A		2008-09-17	SUMITOMO METAL IND	공개 (미심사)	7	철도 차량용 조향 대차, 철도 차량 및 연결 차량
2			2004-03-17	RAILWAY TECHNICAL RES	등록유지	7	철도 차량용 어시스트 조향대차
3			2005-12-20	RAILWAY TECHNICAL RES	공개 (심사중)	7	철도 차량용 어시스트 보기각 조향 차체를 지명하는 부분
4			2006-02-16	RAILWAY TECHNICAL RES	공개 (심사중)	7	철도 차량용 축상자 어시스트 조향 차체를 지명하는 부분
5			2006-03-31	RAILWAY TECHNICAL RES	공개 (심사중)	7	축프레임식대차 및 윤축 조향방법
6			2007-12-06	한국철도기술연구원(KR)	등록유지	7	지렛대작용을 이용한 철도 차량용 능동 조향대차
			2008-12-26	한국철도기술연구원(KR)	공개 (심사중)	6	3절 링크 방식을 이용한 철도차량용 조향대차
7	B		1984-08-31	Thyssen Industrie (DE)	소멸	7	Axle control mechanism for rail vehicles
8	C		2009-02-20	MITSUBISHI HEAVY IND (JP)	공개 (미심사)	7	저상식 차량
9			2006-01-13	SUMITOMO METAL IND	공개 (심사중)	7	철도 차량에 있어서의 조향용 액추에이터의 제어 방법
10	A+C		2008-12-19	봄바르디에르 트랜스포테이션	공개 (미심사)	8	궤도 차량의 능동 주행 기어 제어 방법
11			2002-07-29	봄바르디에르 트랜스포테이션	등록유지	7	차량의 휠 쌍 또는 휠 세트의 능동 레이디얼 제어 방법 및 장치
12	B+C		1993-11-23	Krupp Verkehrstechnik GmbH (DE)	소멸	7	Method of operating a bogie using actuators for wheel steering

- 핵심기술별 지재권 확보 가능성 및 대응전략은 표 2-2-3-18 ~ 표 2-2-3-20과 같음
- 각 기술코드별 특허권을 유지하고 있거나 권리획득 가능성이 높은 특허를 대상으로 지재권 확보 가능성 및 대응전략을 분석함

표 2-2-3-18 능동조향 메커니즘 지적재산권 확보 가능성 및 대응 전략

기술코드	기술분류	기술요약			
A	능동조향 메커니즘	능동조향을 위한 기계적인 메커니즘 및 링크 구조			
특허(등록/공개)번호		출원일자	출원인(국적)	권리상태 (Family국)	권리존속기간
		2004-03-17	RAILWAY TECHNICAL RES (JP)	등록유지 (JP)	2024-03-17
발명의 명칭		철도 차량용 어시스트 조향대차			
유사점/차이점		유사점 : 조향회전체와 축상자 사이에 패시브 조향링크와 조향링크에 병렬로 연결된 액추에이터를 구비한 구조로 본 과제의 능동 조향 메커니즘의 액추에이터 설치구조와 다소 유사함 차이점 : 본 과제 기획방향이 차체에 설치된 액추에이터의 힘이 구동 링크를 통해 액슬박스로 전달하는 구조일 경우, 본 핵심특허는 조향링크와 축상자쪽에 병렬설치 된 액추에이터의 구조와 다소 차이가 있음			
특허(등록/공개)번호		출원일자	출원인(국적)	권리상태 (Family국)	권리존속기간
		2005-12-20	RAILWAY TECHNICAL RES (JP)	심사중 (JP)	2025-12-20
발명의 명칭		철도 차량용 어시스트 보기각 조향 차체를 지명하는 부분			
유사점/차이점		유사점 : 차체 프레임과 조향 프레임 사이에 액추에이터를 설치한 구조로 본 과제의 액추에이터가 설치된 능동조향 구조와 다소 유사함 차이점 : 본 과제 기획방향이 차체에 설치된 액추에이터의 힘이 구동 링크를 통해 액슬박스로 전달하는 구조일 경우, 본 핵심특허는 차체와 조향 프레임 사이에 액추에이터가 설치된 구조로 액추에이터 설치위치에서 본 과제와 다소 차이가 있음			
특허(등록/공개)번호		출원일자	출원인(국적)	권리상태 (Family국)	권리존속기간
		2006-02-16	RAILWAY TECHNICAL RES (JP)	심사중 (JP)	2026-02-16
발명의 명칭		철도 차량용 축 상자 어시스트 조향 차체를 지명하는 부분			
유사점/차이점		유사점 : 차체프레임과 조향프레임 사이에 슬라이드판을 설치하고, 차체프레임과 축상자 사이에 어시스트 조향 액추에이터를 설치한 구조로 본 과제의 액추에이터 설치 구조와 다소 유사함 차이점 : 본 과제 기획방향이 차체에 설치된 액추에이터의 힘이 구동			

	링크를 통해 엑셀박스로 전달하는 구조일 경우, 본 핵심특허는 차체프레임과 조향프레임 사이에 슬라이드판을 설치한 구조로 본 과제와 다소 차이가 있음			
특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인(국적)	권리상태 (Family국)	권리존속기간
	2006-03-31	RAILWAY TECHNICAL RES (JP)	심사중 (JP)	2026-03-31
발명의 명칭	축프레임식대차 및 윤축 조향방법			
유사점/차이점	유사점 : 윤축이 차체프레임에 탄성결합부에 의해 상하 변위가능하게 설치되고, 탄성결합부를 지지하는 축상자를 액추에이터에 의해 좌우 이동가능하게 하는 구조로, 액추에이터에 의한 능동조향 구조가 본 과제와 다소 유사함 차이점 : 본 과제 기획방향이 차체에 설치된 액추에이터의 힘이 구동링크를 통해 엑셀박스로 전달하는 구조일 경우, 본 핵심특허는 차체프레임과 윤축 사이에 액추에이터로 윤축을 좌우로 조절하는 구조로 본 과제와 다소 차이가 있음			
특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인(국적)	권리상태 (Family국)	권리존속기간
	2007-12-06	한국철도기술 연구원(KR)	등록유지 (KR, WO, JP, EP, CN)	2027-12-06
발명의 명칭	지렛대작용을 이용한 철도차량용 능동 조향대차			
유사점/차이점	유사점 : 전방 윤축의 양측 엑셀박스와 힌지 결합한 전방조향장치와, 후방 윤축의 엑셀박스와 힌지 결합한 후방조향장치로 구성된 구조로 본 과제의 액추에이터가 설치된 능동조향 구조와 유사함			
종합의견 (종합유사도)	(1) 상기 핵심특허는 기술유사도가 7점인 특허로 본 핵심기술과 일부 유사한 선행특허가 조사되었으나, 본 과제의 기획방향의 구체화 단계에서 능동조향 액추에이터를 차체에 설치하고 링크기구를 통해 윤축을 조향한다면 상기 특허를 회피할 수 있을 것으로 분석되나, 능동조향 액추에이터를 윤축에 적용하거나, 조향프레임에 적용시키는 구조를 사용한다면 상당부분 유사기술에 해당할 것으로 판단됨			
지재권확보 가능성	(1) 본 핵심기술들과 관련된 선행문헌이 다수 조사되었으나, 일부 구성만이 유사하며, RAILWAY TECHNICAL RES 출원인에 의한 지속적인 개량특허의 성격이 높은 것으로 나타남 - 본 과제와 유사한 특허가 다수 존재하고 있으나, 능동조향대차의 액추에이터와 링크 메커니즘에 대한 구조는 구성 및 위치변경 등의 설계변경을 통해서 기술적으로 개량 가능성이 높은 것으로 판단되며 추가적인 개량특허기술 확보 및 해외 특허 확보 가능성이 있을 것으로 판단됨 - 국내특허의 KR916594의 경우, 현재 국내에서 특허등록을 유지하고 있으며, 해외 지정국에 특허를 출원한 상태로 본 과제의 기획방향과 일치할 경우, 다수의 개량특허와 해외특허 확보가 가능할 것으로 판단됨			

	(2) 본 과제의 능동조향 메커니즘과 관련되어 기계적인 특허기술이라는 점에서 권리범위, 도면 등을 면밀히 분석하여 대체 가능성(회피설계, 역설계)을 검토할 경우 개량특허출원이 가능할 것으로 판단됨 (3) 등록된 일본특허의 경우 윤축에 적용된 액추에이터와 축 지지시스템을 특허 권리범위로 하고 있어, 본 과제 구체화 단계에서, 이 부분을 고려한 설계변경 및 대체기술 확보가 필요함 (4) 공개상태로 현재 심사 중에 있는 것으로 파악되며 추후 등록여부를 모니터링 할 필요가 있음 (5) 상기 4건의 일본특허는 모두 RAILWAY TECHNICAL RES에서 출원한 개량특허로 본 과제가 RAILWAY TECHNICAL RES의 기술과 유사한 방향으로 진행될 경우 상기 기업이 관련특허를 다수 보유하고 있음으로 상기 기업에 대한 특허분석이 필히 이루어져 할 것으로 사료됨
--	---

표 2-2-3-19 능동조향 액추에이터 및 센서 지적재산권 확보 가능성 및 대응 전략

기술 코드	기술분류	기술요약			
B	능동조향 액추에이터 및 센서	능동조향에 사용되는 액추에이터, 센서 및 이의 제어			
특허(등록·공개)번호		출원일자	출원인(국적)	권리상태 (Family국)	권리존속기간
		1984-08-31	Thyssen Industrie (DE)	소멸 (AT, CH, DE, DK, FR, IT, NO, ZA)	-
발명의 명칭		Axle control mechanism for rail vehicles			
유사점/차이점		유사점 : 하나의 윤축에 설치된 두 개의 저널박스가 다른 윤축의 저널 박스와 유압시스템으로 연결된 구조로 본 과제의 유압 액추에이터가 구비된 능동조향대차 구조와 다소 유사함 차이점 : 본 과제의 기획방향이 각각의 윤축을 제어하는 액추에이터가 독립된 유압회로를 구비하여 제어될 경우, 본 핵심특허와 차이가 있음			
기술 코드	기술분류	기술요약			
B+C	능동조향 액추에이터/ 센서 및 제어방법	1. 능동조향에 사용되는 액추에이터, 센서 및 이의 제어 2. 능동조향 제어방법 및 알고리즘, 제어시스템			
특허(등록·공개)번호		출원일자	출원인(국적)	권리상태	권리존속기간

			(Family국)	
	1993-11-23	Krupp Verkehrstechnik GmbH(DE)	소멸 (AT, CA, DE, US, EP)	-
발명의 명칭	Method of operating a bogie using actuators for wheel steering			
유사점/차이점	유사점 : 하중제어 액추에이터인 경우에 윤축의 베어링에 병렬로 연결되고, 윤축을 규제하는 변위제어 액추에이터인 경우에 베어링에 직렬로 연결되어 있는 구조로 본 과제의 액추에이터 설치 구조와 다소 유사함 차이점 : 본 핵심특허는 액추에이터가 윤축에 제어 암(arm)으로 연결되어 있는 구조로, 본 과제의 기획방향이 액추에이터가 링크 방식으로 윤축에 연결되는 구조일 경우 핵심특허와 다소 차이가 있음			
중합의견 (중합유사도)	(1) 본 과제와 일부 유사한 선행특허가 조사되었지만, 본 과제의 기획방향과 정확히 일치되는 선행문헌은 발견되지 않았음 (2) 본 과제의 기획방향이 서로 다른 윤축을 연결하는 유압시스템을 구비하게 되거나, 윤축에 하중 및 변위를 제어하는 액추에이터가 병렬 또는 직렬로 설치될 경우 상기 핵심특허의 기술과 매우 유사하나, 상기 핵심특허의 권리가 소멸되어 특허권을 보유하지 않은 상태로 공지기술에 해당됨			
지재권확보 가능성	(1) 본 과제의 능동조향 액추에이터 및 센서 기술과 관련하여 액추에이터에 관련된 특허는 조사되었으나, 능동조향 센서에 관련된 기술은 조사되지 않음 - 능동조향 액추에이터의 경우, 관련 핵심특허의 권리상태가 소멸되어 핵심특허의 기술을 공지기술로 사용이 가능함 - 능동조향 센서의 경우 현재 관련 핵심특허가 조사되지 않고 있음 (2) 본 과제의 능동조향 액추에이터 및 센서는 관련 핵심기술을 공지 기술로서 사용가능하거나, 능동조향대차의 메커니즘 설계에 따른 액추에이터 및 센서의 구성 및 제어에 대해 기술적으로 개량 가능성이 높은 것으로 판단되며 추가적인 개량특허 확보가 가능할 것으로 판단됨			

표 2-2-3-20 능동조향 제어방법 지적재산권 확보 가능성 및 대응 전략

기술 코드	기술분류	기술요약			
C	능동조향 제어방법	능동조향 제어방법 및 알고리즘, 제어시스템			
특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인(국적)	권리상태 (Family국)	권리존속기간	
	2006-01-13	1. SUMITOMO METAL 2. NATIONAL TRAFFIC SAFETY ENVIRONMENT	공개 (심사중)	등록시 2026-01-13	

		LABORATORY 3. UNIV OF TOKYO 4. TOKYO UNIV OF AGRICULTURE & TECHNOLOGY (JP)		
발명의 명칭	철도 차량에 있어서의 조타용 액추에이터의 제어 방법			
유사점/차이점	유사점 : 조향용 액추에이터 작동방법으로 액추에이터 지령전압으로 미리 측정된 액추에이터 마찰력(Fc)에 곡률속도, 대차의 보기 각속도, 액추에이터 속도 중의 하나를 공급 마찰 저항 보상을 더한것을 사용하는 방법으로 본 과제의 능동조향대차 제어방법과 다소 유사함 차이점 : 본 과제의 기획방향이 곡선구간에서 차체와 대차의 상대변위를 이용하여 윤축조향각을 산출하고 이에 따라 액추에이터를 제어하는 구조인 경우, 본 핵심특허와 다소 차이가 있음			
기술 코드	기술분류	기술요약		
A+C	능동조향 메커니즘 및 제어방법	1. 능동조향을 위한 기계적인 메커니즘 및 링크 구조 2. 능동조향 제어방법 및 알고리즘, 제어시스템		
특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인(국적)	권리상태 (Family국)	권리존속기간
	2002-07-29	봄바르디에르 트랜스포테이션	등록유지 (AT, AU, CA, CN, CZ DE, DK, ES, HU, IL, JP, KR, NO, PL, PT, FI, FR, IT, SE, GB, GR, US, ZA, RU)	2024-03-17
발명의 명칭	차량의 휠 쌍 또는 휠 세트의 능동 레이디얼 제어 방법 및 장치			
유사점/차이점	유사점 : 휠유닛의 휠이동량 및 요잉각, 작동장치(액추에이터)의 작동거리, 작동각, 작동력 및 이동거리, 곡률반경 등 중 적어도 하나가 2개의 상이한 주파수 범위에서 제어하는 방법에 사용된 것으로, 본 과제의 곡률반경을 추정하기 위해 차체와 대차간의 상대변위와 상대각을 이용하는 기술과 다소 유사함 차이점 : 상기 핵심특허는 능동조향 메커니즘 설계에서 작동링크와 액추에이터 구조에 대한 내용이 본과제와 다소 차이가 있으나, 제어방법에서 본 과제 기획방향에 충분히 적용될 가능성이 매우 높은 것으로 판단됨			
특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인(국적)	권리상태 (Family국)	권리존속기간
	2008-12-19	봄바르디에르 트랜스포테이션	공개(미심사) (AU, CA, CN, DE, EP, JP, KR,	등록시 2028-12-19

			NO, RU, US, WO, ZA)	
발명의 명칭	궤도 차량의 능동 주행 기어 제어 방법			
유사점/차이점	유사점 : 차량의 선회각도를 제1주파수와 제2주파수로 제어하는 방법에서 미리 설정된 보정인자 값을 곱한 것을 목표치 값으로 사용하는 구조로, 본 과제의 곡률반경을 추정하여 윤축 조향각을 제어하는 방법과 다소 유사함 차이점 : 상기 핵심특허는 KR916439의 개량특허로 능동조향 메커니즘 설계에서 작동링크와 액추에이터 구조에 대한 내용이 본 과제와 다소 차이가 있으나, 제어방법에서 본 과제 기확방향에 충분히 적용될 가능성이 매우 높은 것으로 판단됨			
종합의견 (종합유사도)	(1) 본 핵심기술과 유사한 선행특허가 조사되었으며, 본 과제의 기획방향 구체화 단계에서 관련특허에 대한 방어 및 회피전략을 마련해야 할 것으로 판단됨 (2) JP2007-0186126는 4개의 일본회사가 공동으로 출원한 특허로 전략적 중요성이 높은 특허로 파악되고, 봄바르디에르 트랜스포테이션사의 KR916439와 KR2009-0020634는 본 과제와 기술적 유사도(8점)가 매우 높은 특허임			
지재권확보 가능성	(1) 본 과제의 핵심기술인 능동조향 제어방법과 관련하여 유사한 선행특허가 조사되었으며, 조사된 선행특허의 특허 권리범위가 매우 넓고 본과제의 충분히 적용될 가능성이 매우 높은 것으로 판단됨 - JP2007-0186126은 조향 액추에이터의 지령전압에 관련된 특허로 4개 일본회사가 공동으로 출원한 특허로 전략적 중요도가 매우 높은 기술임 - 봄바르디에르 트랜스포테이션사의 KR916439는 윤축을 2개의 상이한 주파수 범위에서 제어하는 구조로 매우 넓은 권리범위를 갖고 있고, KR2009-0020634는 KR916439의 개량특허로 KR916439의 제어방법에 보정인자를 추가한 구조임. KR2009-0020634의 경우 현재 국내에 미심사상태로 존재하고 있으나, 국제특허로서 자사의 선행특허 KR916439가 등록되어 등록을 유지하고 있는 점으로 미루어봐, 국내에서 심사청구 후 등록가능성이 매우 높은 것으로 판단됨 (2) 본 과제의 기획방향이 상기 핵심특허와 유사하게 진행될 경우, 상기 핵심특허들의 권리범위, 도면 등을 면밀히 분석하여 대체가능성을 검토하여 회피설계가 필요한 것으로 판단됨 - 다만 KR916439의 청구항1의 권리 범위가 다소 넓은 것으로 판단되어, 이에 따른 회피설계의 곤란성이 우려되나, 능동조향대차의 메커니즘 구조 및 형상의 변경과 이에 따른 제어방법의 변경 등을 통해 우선적인 회피설계를 수행해야 하며, 회피설계에 다른 부수적인 개량특허의 도출이 가능할 것으로 사료됨			

○ 핵심특허에 대한 대응전략은 표 2-2-3-21 ~ 표 2-2-3-24와 같음

표 2-2-3-21 핵심특허 JP2005-0262957(등록 JP4283141)에 대한 대응전략

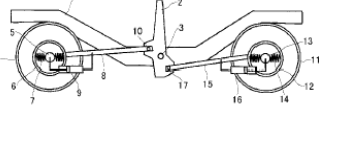
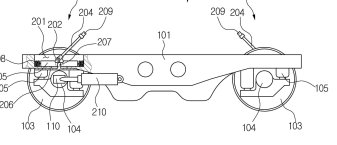
구 분	핵심특허	유사특허
출원번호	2004-76390	10-2007-0126434
출원일	2004-03-17	2007-12-06
출원인	RAILWAY TECHNICAL RES	한국철도기술연구원
등록(공개)번호		
권리상태	등록유지(존속기간 2024-03-17)	등록유지
대표도면		
요약	조향 회전체(2)와 축상자(6,12)의 사이에 패시브 조향링크(8,12)를 설치하고, 조향링크(8,12)일 일단에 고정된 차륜축(5,13)을 갖고, 조향링크(8,12)와 병렬로 액추에이터(9,16)를 구비한 구조	대차의 전방 윤축과 후방 윤축에 슬라이더를 일체로 구성하여 직선구간 및 곡선구간에서 주행성능을 높이는 구조
청구항 비교	A : 차체프레임을 지지하는 조향 회전체와 축상자 사이에 배치된 패시브 조향링크 B : 차륜축의 전후이동을 허용하는 축상자 전후 지지 스프링 C : 일단이 패시브 조향링크에, 타단이 차륜축에 고정되고 조터링크와 병렬로 설치되어 액티브 조향을 실시하는 액추에이터	B' : 전방 윤축을 조향하는 전방 윤축 슬라이딩 장치와 후방 윤축을 조향하는 후방 윤축 슬라이딩 장치 C' : 액추에이터
구성요소 비교	A+B+C	B'+C'
유사도 분석	- 유사특허 KB921549는 핵심특허 JP2005-0262957와 같이 차량의 윤축을 액추에이터에 의해 제어하는 구조에 관한 것으로, 핵심특허 JP2005-0262957 청구항의 A+B+C기술구성은 윤축을 지지하는 스프링이 설치되어 있고 조향링크와 윤축에 병렬로 설치된 액추에이터를 구성한 구조로, 유사특허 KB921549의 청구항과 관련성이 있으나, 핵심특허 JP2005-0262957는 윤축을 지지하는 스프링이 설치된 구조이고, 유사특허 KB921549는 윤축의 상부에 슬라이딩 부재를 설치한 구조로 차이가 있음	
대응전략	- 본 핵심특허에 관한 대응전략으로는 개량특허확보 가능성이 있을 것으로 판단되며, 개량여부는 국내연구소에서 출원한 KB921549를 바탕으로 본 과제 방향에 맞도록 설계하거나, 능동조향 메커니즘의 구성 및 위치변경 등의 설계변경을 통해 개량특허를 확보할 수 있을 것으로 판단됨	

표 2-2-3-22 핵심특허에 대한 대응전략

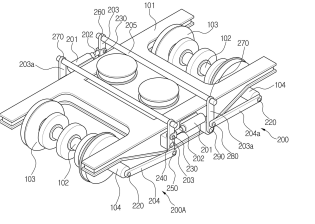
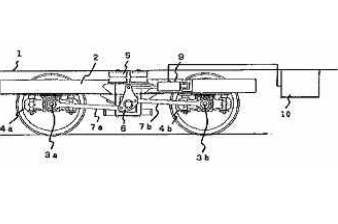
구분	핵심특허	유사특허
출원번호	10-2007-0126426	1994-289454
출원일	2007-12-06	1994-11-24
출원인	한국철도기술연구원	HITACHI LTD
등록(공개)번호		
권리상태	등록유지(존속기간 2027--12-06)	취하(심사미청구)
대표도면		
요약	고속주행시 대차의 주행안정성을 향상시키기 위해, 전방 윤축의 양측 액슬박스 와 힌지 결합한 전방조향장치와, 후방 윤축의 액슬박스와 힌지 결합한 후방조향장치로 구성	곡선로에서의 완전한 강제 조향기능과 소형 및 경량으로 고속주행성능이나 승차감을 저해하지 않는 조향 장치를 제공
청구항 비교	A : 전방 윤축의 양측 액슬박스와 힌지 결합된 전방조향장치 B : 후방 윤축의 양측 액슬박스와 힌지 결합된 후방조향장치 C : 액추에이터, 구동링크, 종동링크, 전달링크로 구성	A',B' : 전후방향에 이동 가능한 한쌍의 차축 C' : 차체에 설치된 조향 회동체(6,6'), 전후의 축상자에 연결된 조향 봉부재(7a,7a',7b,7b')의 Z링크식 기구, 조향 회동체를 강제 회동시키는 액추에이터, 곡선 궤도 검출수단의 출력신호에 근거해 액추에이터를 동작시키는 제어장치
구성요소 비교	A+B+C	A'+B'+C'
유사도 분석	- 유사특허 JP1996-142862는 핵심특허 KR916594와 같이 차량의 윤축을 액추에이터에 의해 작동되는 링크에 의해 제어하는 구조에 관한 것으로, 핵심특허 KR916594 청구항의 A+B+C기술구성은 윤축을 구동링크, 종동링크, 전달링크를 액추에이터로 제어하는 구조로, 유사특허 JP1996-142862의 청구항의 구성 A'+B'+C'와 관련성이 있으나, 핵심특허 KR916594는 독립된 액추에이터로 전후방 윤축을 제어하는 링크 메커니즘 구조로, 유사특허 JP1996-142862의 하나에 액추에이터로 전후방 윤축을 제어하는 구조와 차이가 있고, 링크부재의 구성에서 서로 상이하여 핵심특허 KR916594와 차이가 있음	
대응전략	- 본 핵심특허의 경우, 현재 국내에서 등록되어 특허권을 유지하고 있고, 국제출원되어 해외 지정국에 출원된 상태임 - 따라서, 본 과제의 기획방향이 본 핵심특허와 유사할 경우, 상기 핵심특허를 바탕으로 연구개발을 통해 다수의 개량특허 및 해외특허 확보가 가능할 것으로 판단되며, 지재권 획득 전략 시 해외기업의 기술과의 차별성을 염두하여, 해외 선형특허에 대한 철저한 사전 검토가 필요할 것으로 사료됨	

표 2-2-3-23 핵심특허에 대한 대응전략

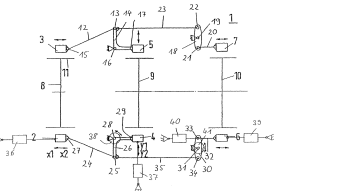
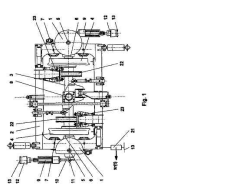
구분	핵심특허	유사특허
출원번호	10-2004-7001148	1997-538504
출원일	2004-01-26	1997-04-15
출원인	봄바디어 트랜스포테이션(DE)	DAIMLER CHRYSLER AG
등록(공개)번호		
권리상태	등록유지 (존속기간 2022-07-29)	거절
대표도면		
요약	한쌍의 휠 또는 휠세트의 능동 레일디얼 제어방법 및 장치로, 2개의 상이한 주파수 범위(제1주파수, 제2주파수) 내에서 제어운동이 중첩되어 휠 유닛을 제어하는 구조	곡률반경에 의해 영향을 받는 변환센서 유닛에 연결된 서브유닛(15)에 의해 구동부(9)를 제어하는 레일차량 구조
청구항 비교	A : 차량의 러닝기어의 적어도 하나의 휠 유닛 B : 제1주파수 범위내의 제1의 제어운동과 제1주파수 범위와 제2주파수 범위 내에 있는 제2의 제어운동이 중첩	A' : 곡률 반경에 의해 영향을 받는 변환기 센서유닛에 연결된 제어유닛으로 제어되는 레일 차량 B' : 변환기 센서 유닛(14)이 변환기 센서(17)와 저역 통과필터(18)고 구성되고, B'' : 변환기 센서(17)가 동적 전기 소스 신호(w(t) dyn)를 출력해, 준정상적인 출력 신호(w(t))가 서브유닛(15)를 제어하는 저역 통과 필터(18)에 소스 신호(w(t) dyn)를 도입하는 것
구성요소 비교	A+B	A'+B'+B''
유사도 분석	- 유사특허 JP1998-509403 T와 핵심특허 KR916439는 차량의 윤축을 제어하는 방법에 관련된 것으로, 핵심특허 KR916439 청구항의 A+B기술구성은 윤축의 제어운동을 상이한 두 개의 주파수 범위내에서 발생하도록 하는 방법으로, 유사특허JP1998-509403 T 청구항 A'+B'+B''의 기술구성인 변환기 센서 유닛을 이용한 제어유닛에 의해 윤축을 제어하는 구조와 다소 관련성이 있으나, 상이한 두 개의 주파수를 이용하여 중첩된 범위에서 제어하는 구조가 아니므로 본 핵심특허와 차이가 있고, 이외 유사한 특허문헌은 조사되지 않았음	
대응전략	- 본 핵심특허에 관한 대응전략으로는 상기 특허를 면밀히 검토하여 대체가능성을 고려한 회피설계에 중점을 두어야 할 것으로 판단됨 - 상기 핵심특허를 비교적 넓은 권리범위를 갖고 있음으로, 능동대차의 곡률반경에서의 제어방법으로 다르게 설계하여 핵심특허 KR916439의 권리범위를 회피하는 전략이 필요할 것으로 판단되며, 회피설계 시 상기 핵심특허 KR916439의 후속특허 KR2009-0020634의 기술내용과도 회피가능성도 동시에 고려해야 함 - 상기 핵심특허 KR916439의 경우 국내뿐 아니라 해외 지정국(AT, AU, CA, CN, CZ DE, DK, ES, HU, IL, JP, KR, NO, PL, PT, FI, FR, IT, SE, GB, GR, US, ZA, RU)에서 현재 권리를 보호받고 있기 때문에 상기 핵심특허의 기술내용과 유사한 방향으로 본과제의 기획방향을 설정할 경우 분쟁의 소지가 있음	

표 2-2-3-24 핵심특허에 대한 대응전략

구분	핵심특허	유사특허
출원번호	10-2008-7031063	1997-028170
출원일	2008-12-19	1997-02-12
출원인	봄바디어 트랜스포테이션(DE)	HONDA MOTOR CO LTD
등록(공개)번호		
권리상태	공개상태(미심사)	등록유지(2017-02-12까지)
대표도면		
요약	차륜의 선회각도를 제1주파수와 제2주파수 범위 내에서 조정하는 제어방법에서, 미리설정된 보정인자를 사용한 목표치를 사용하는 제어방법	노면상태에 대한 횡방향 움직임에 대한 안정성을 도모하도록 한 차량의 조향 장치
청구항 비교	A : 차륜의 선회각도를 제1주파수와 제2주파수 범위 내에서 조정하는 제어방법에서, B : 미리 설정된 제1 보정 인자(K1)를 곱한 제1 이상 목표치에 해당하는 제1 목표치를 사용하여, 제1 차륜 유닛(105)의 선회 각도를 제1 주파수 범위 내에서 조정하되, C : 제1 목표치가 트랙의 실제 곡률에서의 제1 이상 목표치와 일치(즉, K1 = 1)하면, 제1 차륜 유닛(105)이 대략 곡률 반경 방향으로 조정되도록 제1 이상 목표치를 선정하고, D : 미리 설정된 제2 보정 인자(K2)를 곱한 제2 이상 목표치에 해당하는 제2 목표치를 사용하여, 제1 차륜 유닛(105)의 선회 각도를 제2 주파수 범위 내에서 조정하되, E : 제2 목표치가 트랙의 제2 이상 목표치와 일치(즉, K2 = 1)하면, 트랙 배치 변동 또는 굴곡형 주로에 기인한 제1 차륜 유닛(105)의 적어도 횡방향 운동이 본질적으로 보상되도록, 제2 이상 목표치를 선정	A' : 정상 상태 및 과도 상태에 있어서의 차체 슬립각이 최소가 되도록 보상하는 적응형 feed forward 보상 수단을 갖춘 제어 수단을 가지는 차량의 조향 장치이며, B' : 제어 수단은, 조향각 신호, 전기 적응형 feed forward 보상 수단으로부터 제공되는 리어사각 신호, 실차량으로부터 공급되는 요레이트 신호에 근거해 타이어나 노면간의 마찰 계수를 추정하는 마찰 계수 추정 수단과 마찰 계수 추정 수단에 의해 추정된 전기 타이어나 전기 노면간의 전기 마찰 계수에 따라 전기 적응형 feed forward 보상 수단의 제어량을 보정하는 보정 수단을 갖춘 것을 특징으로 하는 차량의 조향 장치.
구성요소 비교	A+B+C+D+E	A'+B'

유사도 분석	- 유사특허 JP1998-226348와 핵심특허 KR2009-0020634는 차량의 윤축을 제어하는 방법에 관련된 것으로, 핵심특허 KR2009-0020634 청구항의 A+B+C+D+E기술구성은 동일출원인의 등록특허 KR916439에서 제시된 능동대차 제어방법에 보정인자를 추가한 제어구조로, 유사특허 JP1998-226348의 청구항(A'+B')에 기재된 타이어나 노면간의 마찰계수에 따라 제어량을 보정하는 방법과는 차이가 있음 - 이외에 핵심특허 KR2009-0020634와 유사한 선행문헌은 조사되지 않았음
대응전략	- 본 핵심특허 KR2009-0020634는 현재 국내 뿐 아니라 해외 지정국(AU, CA, CN, DE, EP, JP, KR, NO, RU, US, WO, ZA)에서 모두 공개상태로 남아 있어 추후 특허청에 심사청구 후 등록여부와 청구항의 보정여부를 검토해야 할 것으로 판단됨 - 본 핵심특허KR2009-0020634의 선행특허 KR916439가 등록을 유지하고 있어, 본 핵심특허의 등록가능성이 높을 것으로 사료됨 - 추후 본 핵심특허가 등록되었을 시, 상기 특허에 대한 대응전략으로, 핵심특허 KR2009-0020634와 동일출원의 등록특허 KR916439의 특허를 면밀히 검토하여 대체가능성을 고려한 회피설계에 중점을 두어야 할 것으로 판단됨

○ 핵심특허별 지재권 확보 가능성 및 대응방안 분석 결과는 표 2-2-3-25와 같음

표 2-2-3-25 지재권 확보 가능성 및 대응방안 분석 결과

기술 코드	핵심특허 (공개/등록번호)	권리 상태	Family 출원국	1차 분석결과	대응방안 분석
A		등록유지	-	개량특허 확보 가능 해외특허 확보 가능	개량특허 확보 가능 해외특허 확보 가능 (RAILWAY TECHNICAL RES사의 특허를 검토하여 이를 개량 또는 회피)
		공개 (심사중)	-	개량특허 확보 가능 해외특허 확보 가능	
		공개 (심사중)	-	개량특허 확보 가능 해외특허 확보 가능	
		공개 (심사중)	-	개량특허 확보 가능 해외특허 확보 가능	
		등록유지	KR, WO, JP, EP, CN	개량특허 확보 가능 해외특허 확보 가능	개량특허 확보 가능 해외특허 확보 가능 (한국철도기술연구원 특허)
B		소멸	AT, CH, DE, DK, FR, IT, NO, ZA	공지기술	개량특허 확보가능 (공지기술의 사용 또는 공지기술을 이용한 개량특허 확보)
C		공개 (심사중)		회피설계 가능	회피설계 가능
A+C		공개 (미심사)	AT, AU, CA, CN,	회피설계 필요	회피설계 가능 Cross License 가능

			DE, DK, ES, HU, IL, JP, KR, NO, PL, PT, FI, FR, IT, SE, GB, GR		(다양한 제어방법간의 라이선싱)
		등록유지	AU, CA, CN, DE, EP, JP, KR, NO, RU, US, WO, ZA	회피설계 필요	회피설계 가능 Cross License 가능 (다양한 제어방법간의 라이선싱)
B+C		소멸	AT, CA, DE, US, EP	공지기술	개량 특허확보 가능 (공지기술의 사용 또는 공지기술을 이용한 개량특허 확보)

○ 지적재산권 확보 가능성

- 철도차량 능동조향기술에 대한 지적재산권 확보 가능성은 개량특허가 우선적으로 가능하며 해외특허 출원도 가능할 것으로 분석됨

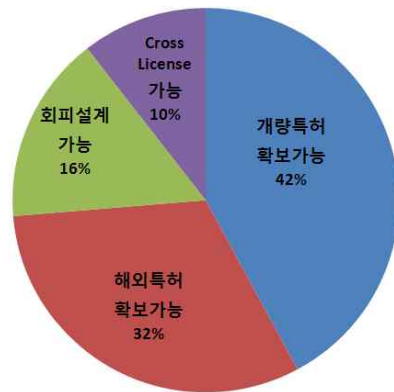


그림 2-2-3-51 지적재산권 확보 가능성

표 2-2-3-26 지적재산권 확보 가능성

지재권 확보 가능성			
개량특허 확보 가능	해외특허 확보 가능	Cross License 가능 특허 확보 가능	세계적으로 독창적 기본/표준 특허 확보 가능

[별첨] 도시철도차량용 능동조향대차기술 관련 핵심특허

표 2-2-3-27 도시철도차량용 능동조향대차기술 관련 핵심특허 목록

연번	기술코드	유사도	공보	공개번호	등록번호	발명의 명칭	출원인
1	A,C	8	JP			철도차량의 능동적인 주행장치를 제어하는 방법	봄바르디에르 트랜스포테이션
2	A,C	8	KP			궤도 차량의 능동 주행 기어 제어 방법	봄바르디에르 트랜스포테이션
3	A,C	8	US			METHOD FOR CONTROLLING AN ACTIVE RUNNING GEAR OF A RAIL VEHICLE	BOMBARDIER TRANSPORTATION GMBH
4	A,C	8	WO			METHOD FOR REGULATING AN ACTIVE CHASSIS OF A TRACKED VEHICLE	BOMBARDIER TRANSPORTATION GMBH
5	C	7	JP			저상식 차량	미츠비시중공업 주식회사
6	A,C	7	JP			차량의 차륜대 또는 1조의 차륜을 능동적으로 래디얼 제어하는 방법 및 장치	봄바르디에르 트랜스포테이션
7	A,C	7	KP			차량의 휠 쌍 또는 휠 세트의 능동 래디얼 제어 방법 및장치	봄바르디에르 트랜스포테이션
8	A	7	KP			철도 차량용 조타 대차, 철도 차량 및 연결 차량	수미도모 메탈 인터스트리츠, 리미티드
9	C	7	JP			철도 차량에 있어서의 조타용 액츄에이터의 제어 방법	스미토모 금속공업 주식회사 독립 행정법인 교통 안전 환경 연구소 국립대학 법인 도쿄대학 국립대학 법인 도쿄 농공대학
10	A	7	JP			지렛대의 작용을 이용한 철도 차량용 액티브조타보기	코리아레이어드리서치인스티테트
11	A	7	EP			ACTIVE STEERING BOGIE FOR RAILWAY VEHICLES USING LEVERAGE	Korea Railroad Research Institute
12	A	7	JP			철도 차량용 어시스트 조타대차	재단법인 철도 종합 기술 연구소
13	A	7	JP			철도 차량용 어시스트 보기각 조타 차체를 지탱하는 부분	재단법인 철도 종합 기술 연구소

14	A	7	JP		철도 차량용 축 상자 어시스트 조타 차체를 지탱하는 부분	재단법인 철도 종합 기술 연구소
15	A	7	JP		축프레임식대차 및 윤축 조타방법	재단법인 철도 종합 기술 연구소
16	A,C	7	WO		METHOD AND DEVICE FOR ACTIVE RADIAL CONTROL OF WHEEL PAIRS OR WHEEL SETS ON VEHICLES	BOMBARDIER TRANSPORTATI ON GMBH
17	B,C	7	US		Method of operating a bogie using actuators for wheel steering	Krupp Verkehrstechnik GmbH
18	B	7	US		Axle control mechanism for rail vehicles	Thyssen Industrie Aktiengesellscha ft
19	A	6	KP		3절 링크 방식을 이용한 철도차량용 조향대차	한국철도기술연 구원
20	A	5	JP		조정 가능한 윤축을 적용한 철도차량의 대차 및 동대차를 적용한 철도 차량	에스에르엠슈바 이트릿시로코모 티후운트마시넨 파브리크아크체 게제르샤후트
21	B	5	JP		철도차량용 조타대차	재단법인 철도 종합 기술 연구소
22	A,B	5	JP		축상 지지 장치	재단법인 철도 종합 기술 연구소
23	A,B, C	5	JP		축상 지지 장치	재단법인 철도 종합 기술 연구소
24	A,C	5	JP		스티어링 대차	주식회사 히타치 제작소
25	A,C	5	JP		철도차량용 대차	주식회사 히타치 제작소
26	A,C	5	JP		철도차량용 대차의 차륜축 조타 장치	주식회사 히타치 제작소
27	B	5	JP		원통형 리니어 모터 및 그것을 이용한 전자 서스펜션 및 전동 파워스티어링 장치	주식회사 히타치 제작소
28	A	5	JP		철도차량 대차의 조타 방법과 그 장치	킨키차량주식 회사
29	A	5	KP		지렛대작용을 이용한 철도차량용 능동 조향대차	한국철도기술 연구원
30	A	5	KP		철도차량용 능동 조향대차	한국철도기술 연구원

31	A	5	KP		철도차량용 능동 조향대차	한국철도기술 연구원
32	A	5	US		Bogie for a railway vehicle with adjustable wheel sets and railway vehicle with such a bogie	SLM Schweizerische Lokomotiv – Und Maschinenfabrik AG
33	A	5	EP		Running gear for a railway vehicle with adjustable wheelsets and railway vehicle with such a running gear	SLM Schweizerische Lokomotiv- und Maschinenfabrik AG
34	B	4	KP		철도차량용 조향보우기	에스오. 씨. 아이. 엠아이.-쏘시에 따 코스트루찌오니 인두스트리알리 밀라노 쏘시에떼 퍼 아찌오니
35	B,C	4	JP		연접식 철도차량의 대차 조타기구의 이상 검출 방법 및 장치	오다큐전철 주식회사 일본차량제조 주식회사
36	C	4	JP		열차의 자차위치 검출 장치, 차체경사제어시스템, 조타시스템, 액티브제진시스템 및 세미 액티브제진시스템	카와사키 중공업 주식회사
37	A	4	US		Running gear for a railborne vehicle with radial adjustability	ABB Patent GmbH
38	A	4	EP		Running gear for a railway vehicle with radial adjustment	ABB PATENT GmbH
39	A	4	US		Steering Railway Bogie	CENTRAL QUEENSLAND UNIVERSITY
40	A	4	EP		Articulated railway vehicle carried on radial single wheel sets	URBAN TRANSPORTATI ON DEVELOPMENT CORPORATION LTD
41	A	4	US		Steering articulated car	Urban Transportation Development Corporation Ltd.

4. 기술개발 수준 및 기반역량 분석

가. 기술개발 수준 분석

- 기술개발을 추진하기 위한 기본 방향을 분석하기 위하여 국내외 기술수준을 NASA의 연구개발 기술 수준인 TRL 등급을 적용하여 분석함

※TRL(Technology Readiness Level, 기술성숙도)은 특정기술(재료, 부품, 소자, 시스템 등)의 성숙도 평가, 이종기술간의 성숙도 비교를 위한 체계적인 미터법
미국 NASA에서 우주산업의 기술투자 위험도 관리의 목적으로 1989년 Sadin 등이 처음 TRL 도입, 현재, 미국의 NASA, DoD, 영국의 MoD 등에서 활용 중

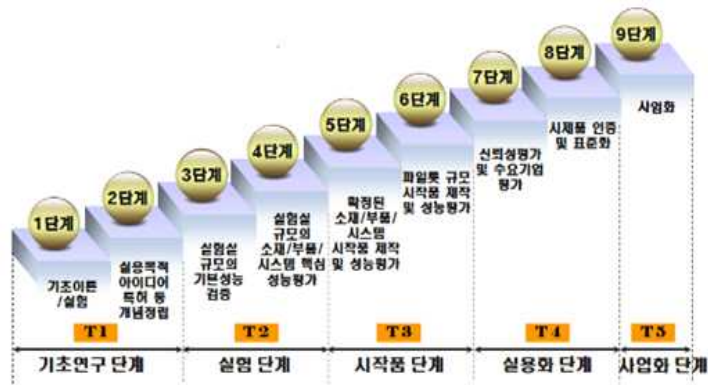


그림 2-2-4-1 NASA의 연구개발 TRL level

표 2-2-4-1 TRL level 및 정의

구분	단계	정의 ¹⁾	세부 설명
기초연구 단계	1	기초 이론/실험	- 기초이론 정립 단계
	2	실용 목적의 아이디어, 특허 등 개념 정립	- 기술개발 개념 정립 및 아이디어에 대한 특허 출원 단계

실험 단계	3	실험실 규모의 기본성능 검증	- 실험실 환경에서 실험 또는 전산 시뮬레이션을 통해 기본성능이 검증될 수 있는 단계 - 개발하려는 부품/시스템의 기본 설계도면을 확보하는 단계
	4	실험실 규모의 소재/부품/시스템 핵심성능 평가	- 시험샘플을 제작하여 핵심성능에 대한 평가가 완료된 단계 - 3단계에서 도출된 다양한 결과 중에서 최적의 결과를 선택하려는 단계 - 컴퓨터 모사가 가능한 경우 최적화를 완료하는 단계 - 의약품 등 바이오 분야의 경우 목표 물질이 도출된 것을 의미
시작품 단계	5	확정된 소재/부품/시스템 시작품 제작 및 성능 평가	- 확정된 소재/부품/시스템의 실험실 시작품 제작 및 성능 평가가 완료된 단계 - 개발 대상의 생산을 고려하여 설계하나 실제 제작한 시작품 샘플은 1~수개 미만인 단계 - 경제성을 고려하지 않고 기술의 핵심성능으로만 볼 때, 실제로 판매가 될 수 있는 정도로 목표 성능을 달성한 단계 - 의약품은 GMP(Good Manufacturing Practice, 제조품질관리기준) 파일럿 설비를 구축
	6	파일럿 규모 시작품 제작 및 성능 평가	- 파일럿 규모(복수 개 ~ 양산규모의 1/10 정도)의 시작품 제작 및 평가가 완료된 단계 - 파일럿 규모 생산품에 대해 생산량, 생산용량, 수율, 불량률 등 제시 - 파일럿 생산을 위한 대규모 투자가 동반되는 단계 - 생산기업이 수요기업 적용환경에 유사하게 자체 현장테스트를 실시하여 목표 성능을 만족시킨 단계 - 성능 평가 결과에 대해 가능하면 공인인증 기관의 성적서를 확보 - 의약품의 경우 비임상 시험기준인 GLP(Good Laboratory Practice, 동물실험규범)기관에서 전임상시험을 완료하는 단계
제품화 단계	7	신뢰성평가 및 수요기업 평가	- 실제 환경에서 성능 검증이 이루어지는 단계 - 부품 및 소재개발의 경우 수요업체에서 직접 파일럿 시작품을 현장 평가(성능 뿐만 아니라 신뢰성에 대해서도 평가) - 의약품의 경우 임상 2상 및 3상 시험 승인 - 가능하면 KOLAS 인증기관 등의 신뢰성 평가 결과 제출
	8	시제품 인증 및 표준화	- 표준화 및 인허가 취득 단계 - 조선 기자재의 경우 선급기관 인증, 의약품의 경우 식약청의 품목허가
사업화 단계	9	사업화	- 본격적인 양산 및 사업화 단계 - 6-시그마 등 품질관리가 중요한 단계

- 국외 능동조향기술 수준은 Bombardier사가 가장 실용화에 근접한 것으로 분석됨. 현재 시운전을 통한 UIC 성능 인증 단계로 사업화를 목적에 두고 있음. 스위스연방철도(SBB)에 능동형 철도차량 납품 계약을 체결 완료 단계로 TRL 9 level로 평가됨

- 일본 동경대, RTRI의 기술 수준은 현재 실물 능동조향대차 시제 개발 및 시운전 단계로 TRL 6 level로 평가됨

표 2-2-4-2 국외 기술 수준

기관명	보유 기술	기술 수준	TRL level
Bombardier	능동조향기술 포함, 능동형 주행장치 통합 설계 기술	250 km/h급 준고속형 차량 (Regina 250) 개발 스위스 SBB 능동형철도차량 59편성 납품계약	TRL 9
Paderborn 대	Mechatronic train 기술	1/2.5 scale RailCab 시제 개발, 시운전 단계	TRL 6
RTRI	Assist steering 기술	구내 시운전 단계	TRL 6
일본교통시스템부 /스미토모금속/ 동경대	Active bogie steering 기술	주행시험대 시운전 단계	TRL 6
동경대	능동조향차량 축소모델 시제 기술	1/10 축소모델 2축차량 시제 개발	TRL 4

- 국내 능동조향대차 관련기술은 현재 기초 및 원천기술을 확보하는 태동기로 볼 수 있음. 기초연구 수행 경험으로 TRL 3 level 수준의 요소기술 및 지적재산권은 확보하고 있는 수준으로 TRL 7 level 수준의 실용화 연구 추진을 위한 기술 역량은 확보하고 있다고 분석됨

표 2-2-4-3 국내 기술 수준

연구내용	기존 확보 기술	향후 연구 내용
능동조향대차 설계	- 조향메커니즘 동역학 모델 구축 및 기구 해석 기술 - 능동조향대차 안정성, 조향성능 해석기술 - 능동 조향메커니즘(안)	- 실용적 능동조향제어전략 적용 능동조향대차 사양안 도출 - 실차 능동조향 메커니즘 상세 설계 - 능동조향용 차륜담면형상 설계 - 능동조향메커니즘 적용을 위한 대차 프레임 구조 설계
센서	- 실용적 능동조향제어전략 적용을 위한 곡률반경 추정 센서기술 확보	- 실용적 능동조향제어전략 적용 실차 구현을 위한 스마트 센서시스템 사양 도출 및 시제 설계, 개발

액추에이터	- 실용적 능동조향제어전략 적용을 위한 축소 조향액추에이터 기술 확보	- 실용적 능동조향제어전략 실차 구현을 위한 조향 액추에이터 사양 도출 및 시제, 설계, 제작
제어기	- 실용적 능동조향제어전략 적용을 위한 축소 조향제어기 구현 기술 확보	- 실용적 능동조향제어전략 실차 구현을 위한 조향 제어기 사양 도출 및 시제, 설계, 제작
시제 제작/시험평가	- 축소모델 시제를 이용한 시험평가 기술 확보	- 실용적 능동조향제어전략 적용 능동조향대차 시제 설계, 제작 - 시험차 구성 및 인터페이스 방안 수립(철도안전법 준용 제 시험) - Lab test 및 시험선 성능시험 방안 수립, 유관기관 협조체계 구축 - 시제차량 성능시험(안전, 조향성능, 차륜마모, 소음 등) - 신뢰성 확보, 유지보수기준 제시
비고	TRL 3 level	TRL 7 level

나. 연구 역량 분석

- 국내 철도전문연구기관은 능동조향대차 기초 연구 수행과 다수의 철도분야 국가 R&D 연구개발사업 수행 경험을 통한 차량시스템에 대한 설계, 제작, 시험평가 등 SE 기술 보유
- 능동조향대차 개발관련 설계 및 해석, 제작, 시험평가관련 기반 기술 보유
- 현재의 국내 능동조향대차 기술수준은 실험실 규모의 기본 성능 검증 단계인 TRL 3 level 수준으로 평가됨. 실용화 기술개발 성공 시 파일럿 규모 시작품에 대한 신뢰성 평가 단계인 TRL 7단계 level로 제고 기대

표 2-2-4-4 연구개발 역량

구분	Fully Feasible	Possible	Possible through global outsourcing	Not Feasible as now
연구 역량		○		

표 2-2-4-5 핵심기술별 선진국 대비 현 기술 수준

기술명	현재 기술수준			기술개발 완료시 국내 기술수준		
	기술 수준 (%)	기술 격차 (년)	TRL수준	기술 수준 (%)	기술 격차 (년)	TRL수준
능동조향대차 설계기술	80	3	TRL 4	100	-	TRL 7
센서및 액추에이터 기술	60	5	TRL 3	80	2	TRL 7
능동조향 제어기술	70	3	TRL 3	100	-	TRL 7

다. 연구 인프라 분석

- 능동조향기술 기초연구 수행을 통하여 구축한 축소모델 시제 및 축소시험시스템 구축



그림 2-2-4-2 축소모델 및 시험시스템

- 능동형 철도차량 주행장치 개발을 위한 실험대형 대차동특성시험기 및 스프링/댐퍼 시험기 포함 10종 보유
- 철도차량 시제차량 구성품, 완성차, 실선로 성능시험을 위한 244종의 시험장비 구축

□ 장비개요

- 철도차량용 대차의 주행안정성 및 주행중 동적특성을 시험하고 평가하기 위한 장비
- 주행안정성(임계속도) 시험
 - 주행 동적특성 시험
 - 주행모사 시험



□ 주요 성능 및 사양

시험장비	구분	장비 사양
대차동특성주행시험기	시험대차	2축 대차 1대 및 차량 1량(Half carbody 방식)
	시험속도	최고 420km/h
	축하중	최대 20ton
	허용 제간	1435(mm), 1676(mm)
	허용 축거	1400(mm)~3500(mm)
	횡방향 가진	±1.5(mm)~10(mm) (40~6Hz)
	수직방향 가진	±1.5(mm)~10(mm) (40~6Hz)
	회전방향 가진	2.5(°)~12(°) (20~6Hz)
	가진 제어	- 정현파, 구형파 가진 - 임의파형, 임계도 불규칙 가진
	데이터 연속채널	총 64채널 (가속도 32채널, 변위 32채널)

그림 2-2-4-3 대차동특성시험기

□ 장비개요

- 철도차량 1,2차 현가요소인 스프링, 댐퍼, 부위류에 대한 특성시험을 위한 시험장치
- 스프링 특성, 내구시험
 - 댐퍼 특성, 내구시험
 - 부위, 고무류 특성시험



□ 주요 성능 및 사양

시험장비	구분	장비 사양
스프링시험기	수직 가진기 (Vertical hydraulic servo actuator)	- 최대 변위: ±150 mm
		- 용량 : 45 ton
		- 주파수 : 2 Hz 이상
	수평 가진기 (Lateral hydraulic servo actuator)	- 진폭 : ±25 mm
댐퍼시험기	수평 가진기 (Lateral hydraulic servo actuator)	- 최대 변위: ±130 mm
		- 용량 : 10 ton
		- 주파수 : 2 Hz 이상
	제어방식	- DSP 제어방식(Tiab Limited)
댐퍼시험기	수평 가진기 (Lateral hydraulic servo actuator)	- 최대 변위: ±200 mm
		- 용량 : 3.5 ton
		- 주파수 : 10 Hz 이상
		- 진폭 : ±10 mm

그림 2-2-4-4 스프링/댐퍼 시험기

라. SWOT 분석

- 기술 동향, 기술 수준, 연구 인프라 및 연구개발 역량, 지적재산권 확보 가능성 등을 종합적으로 분석하여 Strength(강점), Weakness(약점), Opportunity(기회), Threat(위험) 요인 분석

표 2-2-4-6 SWOT 분석

강 점	약 점
▪ 2007 ~ 2010년 한국철도기술연구원에서 수행된 능동조향 기초연구 수행을 통하여 실용화 이전단계의 기반기술 및 요소 기술 확보 ▪ 능동조향 원천기술 및 지적재산권 확보	▪ 능동형 조향대차 구성요소 시제 개발 관련 국내 부품산업 및 요소기술 기반 취약 ▪ 국내 철도차량 제작 업체의 독점적 구조, 시험선 부재로 인한 연구 환경 취약
기회요인	위험요인
▪ 도시철도 차량을 비롯한 급곡선 운행 차량에 대한 차륜/궤도 마모, 손상 발생으로 인한 유지보수비용 증가 및 소음 민원 발생 ▪ 기존 철도차량의 한계를 극복한 저마모/저소음 Track-friendly 친환경 능동형 철도차량 개발 필요성 제고 ▪ IT 및 능동제어기술관련 유사분야 인력 및 기술 활용 가능 ▪ 최근 능동제어기술 적용 차량의 실운용 단계 진입에 따른 능동형 주행장치 적용차량에 대한 인식 제고(실용화 시 기술적, 경제적 파급효과가 매우 지대함)	▪ 철도 선진국들은 차세대 능동형 주행장치 실용화 착수로 원천기술 및 지적재산권 선점 ▪ 해외 업체들의 특허 장벽 강화 및 기술 개발 이전에 대한 높은 견제(지적재산권 실시 국내 진입)

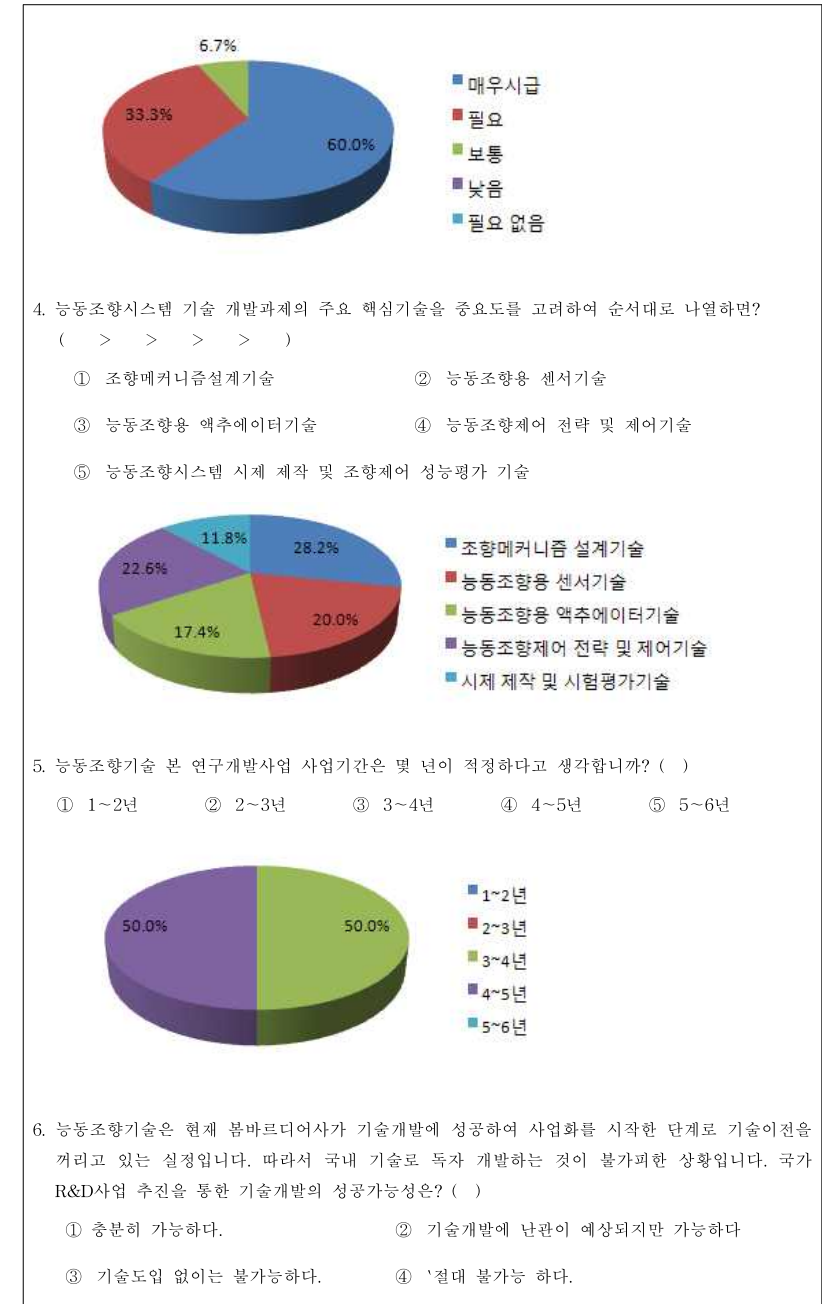
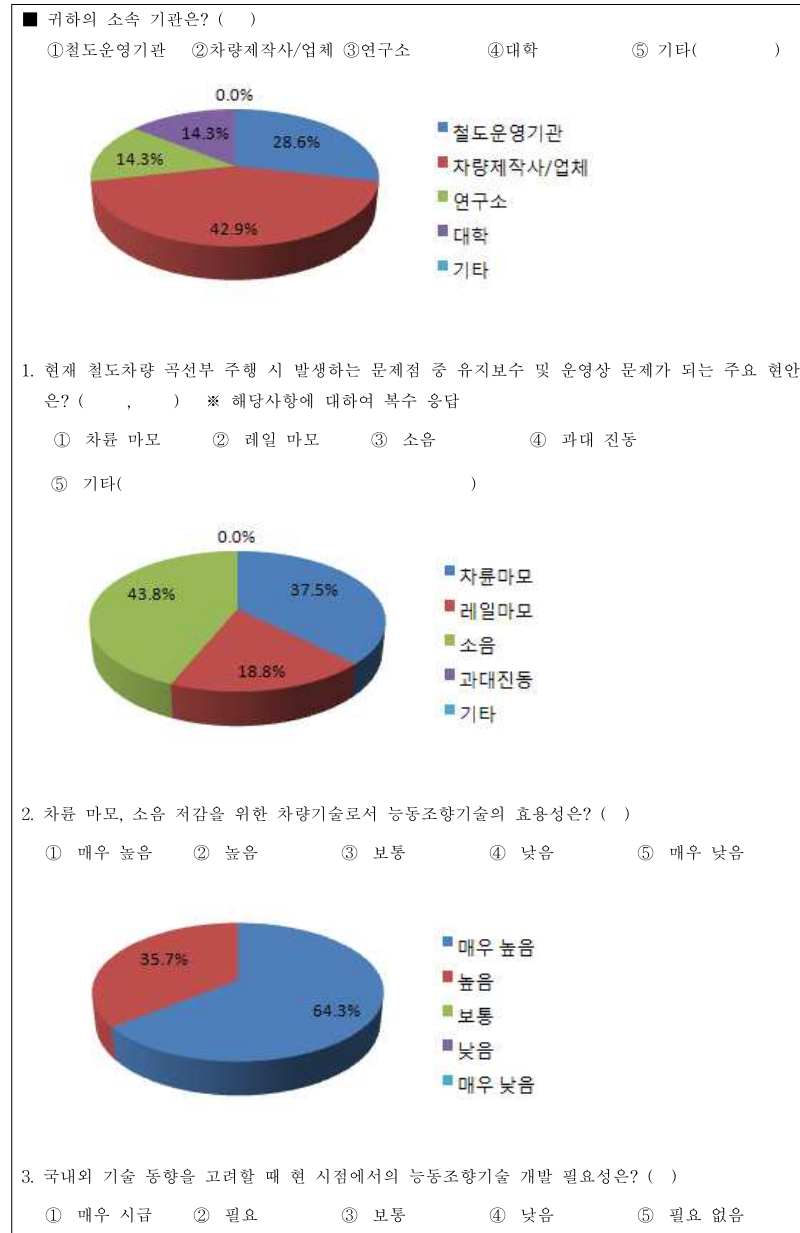
- 상기의 SWOT 분석 결과와 같이 기회요인과 위험요인이 공존함. 4년간의 선행 기초연구를 통하여 향후 연구수행에 필요한 기반기술 및 요소기술, 지적재산권 등의 원천기술 일부를 확보하고 있다는 점은 강점이라 할 수 있음
- 현재 국내에서는 능동형 조향대차 개발관련 국내 부품산업 및 요소기술 기반이 취약하고 철도산업의 독점적 구조로 연구 개발의 유연성이 저하하는 약점이 있지만 IT 및 자동차 등 유사분야의 우수 인력 및 기술인프라를 활용하면 충분히 극복 가능할 것으로 판단됨

3절 기술 수요 및 예측

1. 기술수요조사 및 결과

- 본 기술의 개발, 활용관련 철도차량 제작사, 부품업체, 철도운영기관, 대학 등의 전문가를 대상으로 기술 자문, 상시 및 기획위원회 회의, 설문조사 등을 통하여 기술 수요 및 기술예측 조사 실시
- 능동조향기술에 대한 국내외 현황 및 동향, 기술개발의 효용성, 필요성, 핵심개발 기술, 기술개발 가능성 등에 대한 의견 수렴
- 기술수요 조사관련 기술개발 목표, 범위, 필요성, 효과, 동향, 수준, 기술개발 내용, 기간 및 예산, R&D사업 참여 여부 등에 대한 의견 수렴
- 능동조향기술개발 기획관련 설문 조사 실시, 회수된 총 42건에 대한 결과 분석
 - 철도 운영기관의 유지보수및 운영상 주요 현안은 차륜마모 37.5%, 레일 마모 18.8%, 소음 43.8%로 조사
 - 능동조향기술의 효용성에 대한 기대는 매우 높음(64.3%), 높음(35.7%)로 긍정적임
 - 국내외 기술 동향을 고려할 때 현 시험에서의 기술개발 필요성은 높음
 - 핵심기술개발 내용 중 중요도는 「조향메커니즘설계기술」 > 「능동조향제어 전략 및 제어기술」 > 「능동조향용 센서기술」 > 「능동조향용 액추에이터기술」 > 「능동조향시스템 시제 제작 및 조향제어 성능평가 기술」로 조사
 - 본 연구개발사업 기간은 3~4년(50%), 4~5년(50%)로 약 4~5년이 적정
 - 기술개발 성공가능성은 충분히 가능(64.3%), 기술개발에 난관이 예상되나 가능(28.6%)로 긍정적임
 - 기술개발 완료 시 실용화 가능성은 매우 높음(64.3%), 높음(21.4%), 보통(14.3%)로 긍정적임
 - 본 연구개발사업 추진 시 참여 의사는 적극 참여(71.4%), 가능한 참여(21.4%)로 기술개발 관련기관의 참여 의지 확인
 - 그 외 연구개발사업 기획에 대한 기타 의견 수렴

표 2-3-1-1 능동조향기술 개발 설문 조사 내용및 결과

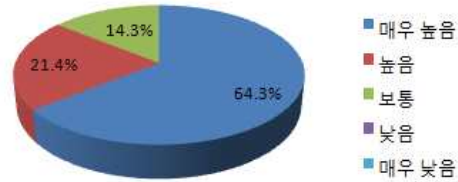


⑤ 모르겠다.



7. 본 연구개발사업 성공 시 능동조향기술이 적용된 철도차량의 실용화 가능성은? ()

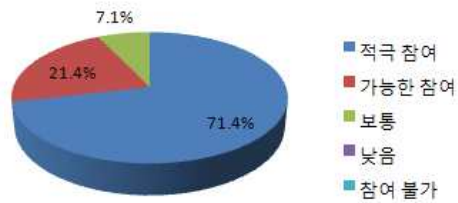
- ① 매우 높음 ② 높음 ③ 보통 ④ 낮음 ⑤ 매우 낮음



8. 본 연구개발사업 추진 시 연구개발사업 참여기회가 주어지면 참여 가능성은? ()

※ 참여형태: 주관연구기관, 협동연구기관, 공동연구기관, 위탁연구기관, 참여기업 등

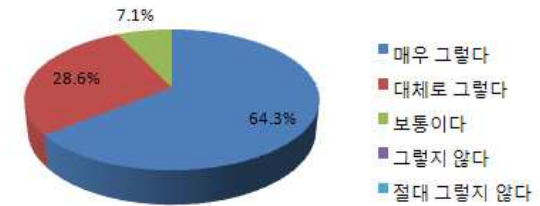
- ① 적극 참여 ② 가능한 참여 ③ 보통 ④ 낮음 ⑤ 참여 불가



9. 향후 미래철도차량은 능동제어기술을 융합하여 기존 철도차량의 성능 한계를 극복하고 기술적 우위, 경제적 파급효과를 바탕으로 능동형 철도차량이 철도차량 시장에서의 새로운 트렌드가 될 가능성이 있습니다. 본인의 생각은? ()

- ① 매우 그렇다. ② 대체로 그렇다
③ 보통이다 ④ 그렇지 않다.

⑤ 절대 그렇지 않다.



10. 본 능동조향기술 연구개발에 바라는 주문 사항이나 의견은?

- 기존 차량 대비 조향성능 비교평가를 위하여 시험조건을 동일하게 하기위하여 고정 편성 시험 전략 도출 필요
- 철도 유지보수 현안인 차량 마모, 소음을 획기적으로 저감시킬 수 있는 능동제어기술로 기술 개발 시점이 적절함
- 시운전 과정시 철도운영기관의 협조가 필요함으로 본 과제 수행 시 참여 유도
- 미래 철도차량 시장을 선점할 수 있는 핵심기술로 지속적인 투자 및 연구 개발 필요
- 향후, 능동형 주행장치기술(능동현가, 능동조향, 틸팅 등)들을 통합한 메카트로닉 트레인 기술개발을 위한 대형 과제 기획 필요
- 봄바르디어사의 능동조향기술 적용 차량 SBB 대규모 납품계약 체결로 상용화가 시작된 점은 능동형 철도차량 시장의 태동을 알리는 계기가 될 수 있음. 따라서 본 분야및 관련분야에 대한 지속적인 연구개발 수행 필요

표 2-3-1-2 능동조향시스템 기술수요 의견수렴 결과

구분	조사내용
목표	- 기획과제의 기획목표가 “도시철도차량용 능동조향대차 기술개발 기획”으로 설정되어 있음 - 능동조향기술은 급곡선 비중이 높은 도시철도나 기존철도차량에 적용하면 효용성이 높고 모든 철도차량에 적용이 가능한 기술이므로 목표설정 시 도시철도차량에 한정하지 말고 급곡선 주행에 효율적인 “철도차량용 능동조향시스템 기술 개발”로 설정함이 적절함 - 다만 능동조향기술 적용 시 효과는 급곡선 빈도가 높은 운용구간에서 효용성이 제고됨으로 도시철도차량에 우선 적용토록 함이 적절함
기술개발 범위	- 본 과제 수행 시 차량개발 규모의 능동조향차량시스템 개발은 범위, 예산, 기간이 비대해짐으로 기술개발범위를 능동조향시스템 기술개발에 한정함

	- 성능 검증을 위한 시제차량 운용을 위해선 기존 차량, 대차를 개조하여 활용함
기술개발 필요성	- 급곡선 빈도가 높은 구간에서 운용 중인 도시철도차량이나 기존철도차량은 극심한 차륜 마모로 인한 유지보수상의 애로점을 안고 있음. 또한, 차륜의 마모와 더불어 곡선부에서의 소음 발생은 민원의 원인이 되고 있음 - 이를 해결하기 위하여 사용 중인 도유기는 환경오염, 유지보수 측면에서 애로점이 있음 - 차륜 마모, 소음 저감을 위한 근원적 차량기술 개발 시급하며 이러한 관점에서 능동조향기술은 효과적인 대안 기술이 될 수 있음
기술개발 효과	- 해외 개발사례인 봄바르디어의 능동형 철도차량 SBB 적용 타당성 검토 사례를 참조하면 차륜 마모 25% 이상 저감, 레일 수명 2.7배 연장 등의 효과가 기대됨 - 또한 SBB가 이러한 효과를 반영하여 2019년까지 능동형 철도차량인 TWINDEXX 59편성(436량)을 납품하기로 계약을 체결한 사항은 본 기술개발의 효과를 시사하는 바가 큼 - 따라서 본 기술개발을 통해서도 이와 등가수준 이상의 기술적, 경제적 효과를 거둘 것으로 기대됨
기술개발 동향	- 유럽, 일본 등의 철도선진국에서는 기존 철도차량의 곡선부 주행 성능 한계를 제고시키기 위한 제어기술을 접목한 능동조향기술 개발 추진 - 미래철도차량 주행장치 핵심기술 선정 차원에서 저마모/저소음, 고효율 구현을 위한 궤도친화적 차량기술 개발이 진행 중임 - 시제차량 개발 완료, SBB 납품계약 체결, 2013년 영업운전 시작 예정 단계에 있으며 기술 개발 성공 시 기술적, 경제적 파급 효과가 매우 지대할 것으로 예측되어 철도차량 기술 트렌드가 수동형에서 능동형으로 전환되는 계기가 될 것으로 예상됨 - 현재 태동이기에 있는 능동형 철도차량 시장이 향후 대세가 될 가능성이 있음으로 이에 대한 대비 필요
기술개발 수준	- 국외 최고 기술수준은 봄바르디어사가 영업차량 납품단계로 TRL 9 level 수준으로 평가됨 - 일본의 기술수준은 TRL 6 level 수준의 실차 시제 개발을 통한 시운전 단계로 평가됨 - 국내 기술수준은 철도연이 기초연구를 수행하여 기초, 기반기술을 습득한 실험실 환경하에서의 기술 검증단계인 TRL 3 level로 평가됨. 실물 시제 개발을 위한 기반기술과 연구개발 역량은 보유하고 있다고 평가됨
기술개발 내용	- 능동조향 핵심 요소기술에 대한 기술개발 확보가 수반되어야 함: “능동 조향메커니즘 설계, 성능 해석”, “능동 조향제어용 센서시스템 개발”, “능동 조향제어용 액추에이터 개발”, “능동

	- 조향제어에 효율적인 차륜답면형상(안) 설계” 등 - 실차 적용이 용이하고 구현 가능한 능동조향 제어전략 도출과 제어기 구현기술 확보에 대한 연구가 필요함: “실용적 능동조향 제어전략 및 알고리즘 개발”, “곡선 인지 및 곡률반경 실시간 검출 기술 개발”, “능동조향제어전략 도출 및 제어알고리즘 구현”, “Fail-Safe’ 기능 포함 능동조향제어기 개발” - 능동조향시스템 시제 개발 및 성능 검증에 대한 연구 필요: “능동조향시스템 통합 설계 및 시제 제작”, “능동조향시스템 적용 시험대차, 시험차 구성”, “시험차 안전성 검증”, “시험차 시험선 성능시험(안전, 조향성능, 차륜마모, 소음 등)”, “신뢰성 확보 및 유지보수 규정 도출” 등
기술개발 기간	- 능동조향시스템 설계, 핵심기술인 센서/액추에이터 개발, 능동조향제어기 구현, 능동조향시스템 시제 개발, 시험차 적용 및 실선로 성능시험 등의 일련의 연구 수행 과정이 요구됨 - 최소 4년~5년 기간의 본 과제 수행기간이 요구됨
기술개발 예산	- 각 각의 연구내용을 충실히 수행하기 위한 예산 지원이 수반되어야 함 - 참여인력의 인건비, 직접비, 간접비등을 고려하면 정부출연금 기준 약 80억원 내외가 적절함
R&D 참여 가능성	- 차륜 마모, 소음 등의 현안을 안고 있는 철도운영기관이나 본 기술 개발 실용화 시 수혜기간인 제작사, 부품업체 등의 본 R&D사업 참여 가능성 타진 - 본 기술의 효과, 성공가능성을 고려할 때 적극적인 참여 의사를 표명

2. 기술예측조사 및 결과

- 기술예측조사관련 기술의 중요도, 최고기술 보유국 및 국내 기술수준, 국내 실용화 시기, 핵심 기술, 기대효과, 기술획득 방식, 실현 상 장애요인 등에 대한 의견 수렴

표 2-3-2-1 능동조향시스템 기술예측 조사 결과

구분	조사내용
기술개발 중요도	- 능동조향기술은 급곡선 주행 시 발생하는 차륜 마모, 소음을 근본적으로 저감할 수 있는 신기술로 기술적, 경제적 효과가 지대함 - 능동제어기술을 접목함으로써 기존 철도차량 주행장치의 한계성을 제고시키기 위한 기술로서 기술의 가치와 기술개발 추이를 고려할 때 현시점에서의 기술개발 사업 추진은 적절하고 중요함
최고 기술 보유국	- 본 기술관련 최고기술 보유기관은 세계적 철도차량 제작사인 봄바르디어사로서 능동조향기술 외에 능동현가, 틸팅, 에너지저장 친환경기술을 보유하여 세계 철도차량기술을 선도하고 있음 - 능동형 철도차량 영업 개시를 위한 차량 납품계약 단계의 기술을 보유하고 있음으로 본 기술관련 시장을 선도할 것으로 예상됨
국내 기술수준	- 철도연이 4년간 기초연구를 수행한 바 있음. 기술 수준은 기초, 기반기술 확보 수준인 실험실 환경 하에서의 기술 검증단계인 TRL 3 level로 평가됨. 실물 시제 개발을 위한 기반기술과 연구개발 역량은 보유하고 있다고 평가됨 - 철도차량 제작사의 기술 수준은 수동형 조향대차 설계 기술 보유수준으로 평가됨
국내 기술성숙도	- 능동조향기술 개발의 필요성을 인식하고 있는 단계로 태동기로 볼 수 있음. 능동현가기술은 2010년부터 지식경제부 산업원천기술개발 사업으로 진행 중에 있음 - 해외 능동형 철도차량 시장 형성으로 국내에서도 향후 능동형 철도차량에 대한 연구 활성화가 기대됨
국내 기술실현 예측시기	- 국가 R&D규모의 체계적 연구사업이 완료된 후 즉각 실용화 추진이 가능함
핵심 개발기술	- 능동조향시스템 기술개발을 위해서는 설계, 센서/액추에이터, 제어, 시험평가 분야에서 다음과 같은 핵심기술이 요구됨 ◦ 능동조향 핵심기술 개발 · 능동 조향메커니즘 설계, 성능 해석 · 능동 조향제어용 센서시스템 개발

	· 능동 조향제어용 액추에이터 개발 · 곡선 인지 및 곡률반경 실시간 검출 기술 개발 · 능동조향제어전력 도출 및 제어알고리즘 구현 · Fail-Safe 기능 포함 능동조향제어기 개발 · 능동조향시스템 시제 Lab test ◦ 능동조향시스템 시제 제작 및 성능평가 · 능동조향요소 설계 지원 · 능동조향/기존시스템간 호환, interface 검토 · 능동조향시스템 통합 설계 및 시제 제작 · 능동조향시스템 적용 시험대차, 시험차 구성 · 시험차 통합계측시스템 구축 · 시제적용 시험대차 주행안정성 평가(대차동특성시험기 이용) · 시험차 안전성 검증(철도안전법 준용 구성품, 완성차 제반 시험) · 시제적용 시험차 시험선 성능시험 및 시험차 운용(주행안전, 동특성, 조향성능, 차륜마모, 소음 등) · 신뢰성 확보, 유지보수규정 도출, 실용화 방안 제시
기대효과	- 해외 개발사례인 봄바르디어의 능동형 철도차량 SBB 적용 타당성 검토 사례를 참조하면 차륜 마모 25% 이상 저감, 레일 수명 2.7배 연장 등과 같은 수준의 효과가 기대됨 - 미래철도차량 주행장치 핵심기술 확보로 국내 철도차량 기술의 기술적 우위를 확보할 수 있는 계기가 될 수 있으며 또한, 해외 기술 종속에서 탈피할 수 있는 기반이 조성됨
기술획득 방식	- 능동조향기술은 미래 철도차량 주행장치 핵심기술로서 기술 이전이나 유출을 극도로 회피하고 있는 실정임 - 따라서 국내 기술로 독자 개발이 불가피한 실정임. 다행히 국내 유사분야 산업인 자동차나 IT분야의 기술 수준이 세계적이므로 이를 접목하면 국내기술로 충분히 독자 개발이 가능함
실현상 장애요인	- 철도선진국에서는 본 기술의 중요도를 파악하여 능동조향 메커니즘에 대한 원천 특허를 국내에 기 출원 등록한 상태임. 따라서 이를 극복하기 위한 원천기술 개발 및 지적재산권 확보가 필수적임 - 국내 시험선로 부재로 능동조향시험차 시운전 시 자유로운 시운전에 애로가 있음. 현재 국토해양부에선 철도 시험선로 건설 계획 수립 중으로 향후 시험선 적극 활용

4절 기술개발 방향 설정

1. 분석결과 종합

- 철도차량의 세계적인 기술개발 패러다임은 녹색 성장을 위한 친환경, 고효율 기술 개발에 있음
- 철도차량의 주행속도가 향상됨에 따라 발생하는 차륜/레일의 유지보수비용 상승, 소음 및 승차감 품질 저하를 극복하는 것이 기존 기술로는 한계에 있다는 판단에 따라 다분야 기술을 융합한 능동 제어기술을 철도차량에 접목시키기 위한 연구가 진행되고 있음

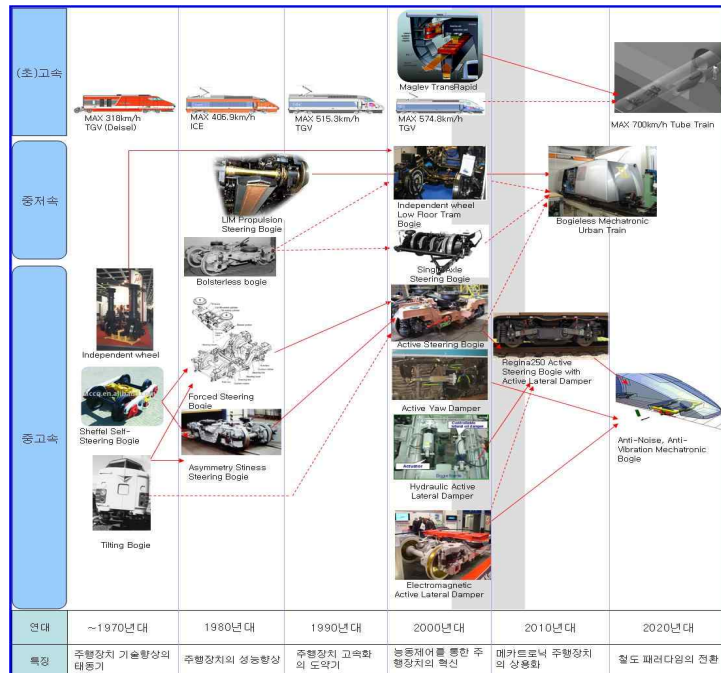


그림 2-4-1-1 철도차량 주행장치 개발 추이

- 국내 도시철도나 기존철도와 같이 급곡선 비중이 높은 선로에서의 차량 운용은 곡선 주행성능 저하에 따른 유지보수 문제를 유발함. 따라서 기존 철도차량의 곡선

주행성능을 근본적으로 향상시킬 수 있는 능동형 윤축 조향기술 개발 필요

- 능동형 조향장치는 국내 철도차량에 적용된 사례가 없으나 차륜/레일 마모, 소음 민원 등의 현안을 안고 있는 철도 운영기관은 이러한 문제점을 개선시킬 수 있는 친환경 능동조향대차에 대한 기술 개발 필요성이 절실함
- 안전, 쾌적성 향상, 고효율 주행성능 향상, 비용 절감, 친환경, 저탄소 녹색성장, 신성장동력관련 사회, 기술, 경제, 환경, 정치적 요구에 부합하기 위한 저마모/저소음 Track-friendly 친환경 능동형 철도차량 개발 수요가 제기되고 있음

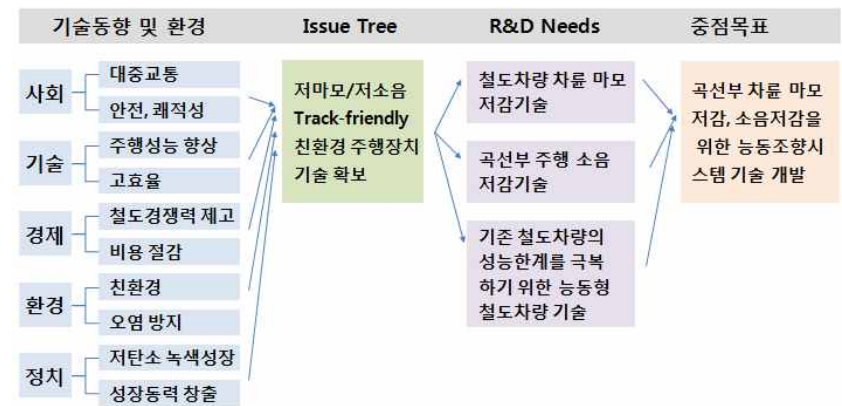


그림 2-4-1-2 능동조향기술 Issue Tree

- 세계적 철도차량 제작사인 봄바르디어사에선 SBB에 납품계약을 체결함으로써 태동기에 있는 능동형 철도차량 시장을 선점하였다고 볼 수 있음. 따라서 기술 종속 탈피, 선진기술 격차 해소를 위하여서도 능동형 주행장치 기술분야에 대한 국내 독자기술 개발이 시급함
- 기초연구 수행경험 및 연구인프라, 역량이 확보되어 있어 대규모 R&D 사업 추진 시 국내 기술로 독자개발이 충분히 가능하다고 분석됨

2. 비전 및 목표

- 본 기술이 추구하는 비전을 국내 철도차량 산업의 경쟁력 제고를 위한 “미래 철도차량 원천기술 선점”으로 설정하였고 이에 따른 미션, 목표, 전략을 설정하였음
- 비전 달성을 위한 미션으로 “유지보수비 절감을 위한 철도차량기술 확보”로 설정하였음. 연구개발 목표로 **“곡선부 차륜 마모 및 소음 저감을 위한 철도차량용 능동조향시스템 기술 개발”**로 설정하였음.
 - 세부 성과목표로는 중간평가 시 요구된 구체적인 정량화된 목표 제시 의견을 반영하여 국외 연구사례의 최고 성능 결과를 반영하였음.
 - “R300 이하의 급곡선 주행 시 기존 철도차량 대비 차륜 횡압 30% 저감, 소음 평균 3dB 저감 가능한 능동조향기술 개발”로 설정
 - ※ 횡압의 경우, 실선로 주행 시 최대 30%저감, 소음은 봄바르디어의 경우 최대 피크 4dB 사례가 있으나 인체가 체감하는 정도는 평균 3dB 저감이 체감효과가 큼
 - 또한, 본 기술은 차량의 최고속도에는 영향을 미치지 않고 도시철도나 기존선을 주행하는 모든 차량에 적용 가능함. 따라서 목표속도는 본 시스템의 목표속도가 아니라 본 기술을 적용하는 시험차량의 목표속도로 표현함이 적절함. 따라서 본 과제 수행 시 시험차량을 구성할 경우 본 시스템 적용 시험차량의 최고속도 조건을 고려하여 목표속도를 설정함이 적절함.
 - ※ 능동조향시스템 시제적용 시험차량의 최고속도는 현존하는 차량의 최고속도 사양에 부합하게 설정 가능(도시철도차량의 경우 180km/h급 이상, 기존선 철도차량의 경우 200km/h급 이상)
- 연구개발 목표 달성을 위한 전략으로 「능동조향 메커니즘 설계기술 개발」, 「조향 센서/액추에이터 기술 확보」, 「능동조향 제어기술 확보」, 「시제제작/조향 제어성능 시험평가」로 설정하였음
- 중점기술 확보를 통한 능동조향시스템 시제를 제작하고 시제대차에 적용 추진. 시험차를 구성하여 능동조향 제어성능, 안전성을 평가함으로써 성능 검증 및 개발 목표 확인

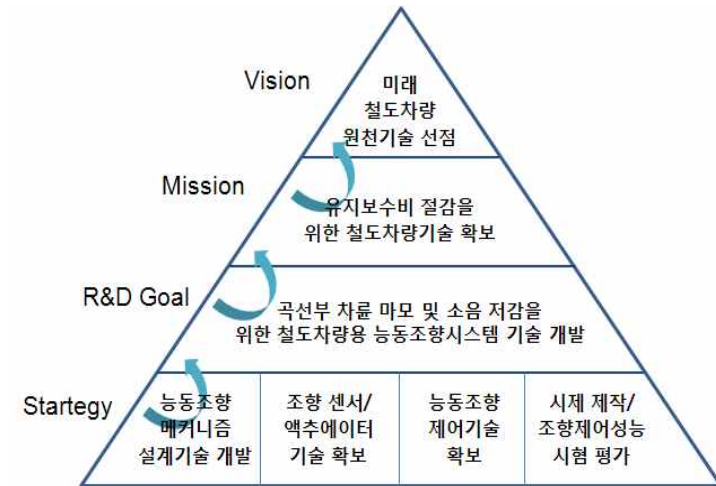


그림 2-4-2-1 연구개발 비전 및 목표

3. 기술개발에 따른 미래상

- 능동조향기술 개발 적용으로 인한 국내 최초로 능동형 철도차량 실용화
- 철도차량 차륜 및 레일 마모 저감 : 기존 철도차량 대비 차륜마모 최소 30%
- 소음 및 분진 저감: 소음 평균 3dB 저감, 분진 저감 등으로 환경오염 방지, 분진 저감으로 인한 차량 기기고장 저감
- 차륜/레일 수명연장으로 인한 유지보수 비용 절감: 차륜 수명 최소 60% 연장, 1량 당 연간 85만원 저감
- 국내 철도차량 주행장치 기술 제고 및 능동형 철도차량 시장 선점
- 국내 철도차량 제작사, 부품업체의 기술적 우위 제고 및 매출 증대

5절 후보과제 도출 및 정의

- 유지보수비 절감을 위한 철도차량기술 확보를 위하여 “곡선부 차륜 마모 및 소음 저감을 위한 능동조향시스템 기술 개발”을 기술개발 목표로 설정
- 기술개발 목표 달성을 위한 중점추진 분야로 “능동조향메커니즘 설계”, “능동조향 센서/액추에이터 기술”, “능동조향제어기술”, “시제제작 및 조향제어성능 평가” 분야로 선정함

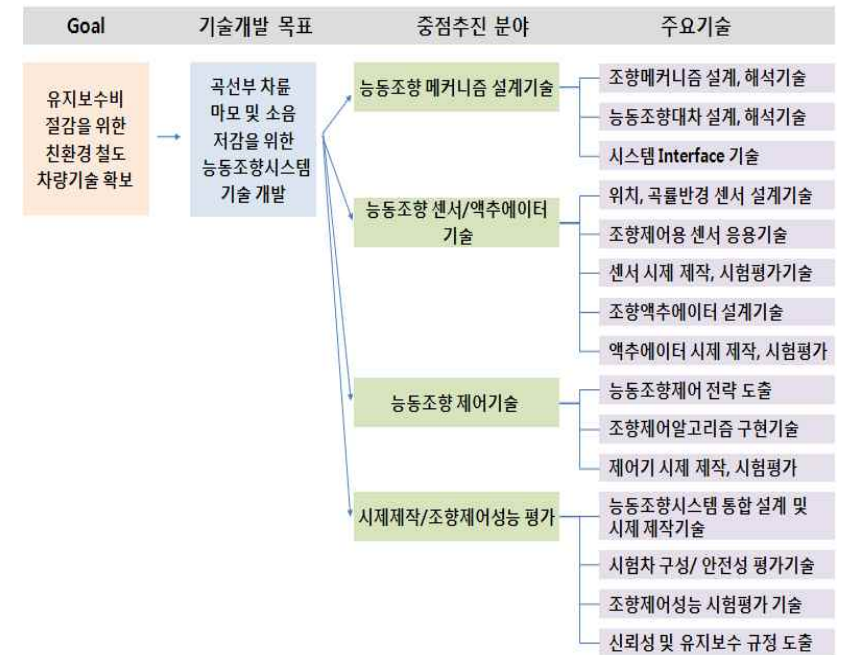


그림 2-5-1-1 능동조향 주요 기술

- 중점추진 분야는 철도차량의 능동조향을 구현하기 위하여 반드시 확보해야하는 핵심 요소기술임
- 따라서 본 과제는 철도차량용 능동조향기술이란 단위 원천기술과 이를 구현하기

위한 하위 세부기술을 개발함을 목적으로 함. 따라서 후보과제를 단일 일반과제로 선정하였음

연번	후보과제명	후보과제 정의
1	철도차량용 능동조향시스템 기술 개발	차륜 마모, 소음 저감을 위한 철도차량용 능동조향시스템 원천기술 및 하위 요소기술 개발

3장 연구개발과제 추진체계

1절 기획대상과제 선정 및 조정결과

1. 후보과제 검토결과

연번	후보과제명	검토의견	보완사항	비고
1	도시철도 차량용 능동조향시스 템 기술 개발	○ 기술개발 추진방향 관련 - 기술개발 방향이 요소기술에 국한되어 있어 향후 활용가능성을 높이기 위한 전략 제시 필요 - 기획내용에 실용화를 포함한 전체 기술개발 로드맵을 제시하고, 필요한 경우 단계별 추진전략 제시 - 기술개발 결과물 활용을 위한 운영기관과의 협력방안 마련 필요 ○ 후보과제 내용 관련 - 지하구간의 곡선인식 방법 등을 핵심요소기술에 반영하고, 목표속도에 대한 설정이 필요 - 최종성능물의 실차시험을 위한 전략이 필요 - 적용차량에 대한 검토 및 타 연구개발사업과의 연계방안 검토 필요	- 본 연구개발사업에 제작사 및 부품업체, 철도운영기관을 참여시켜 연구성과의 활용 및 실용화 추진 - 실용화 단계까지의 기술 개발 내용 포함	
		- 곡률반경 검출기술 개발, 실차시험 전략연구내용 포함 - 적용차량은 급곡선 운행빈도가 높은 도시철도차량, 기존철도차량 모두 적용 가능 - 기존 연구사례 결과 연계 활용 및 향후 관련 사업 도출 시 본 연구결과 활용 추진		

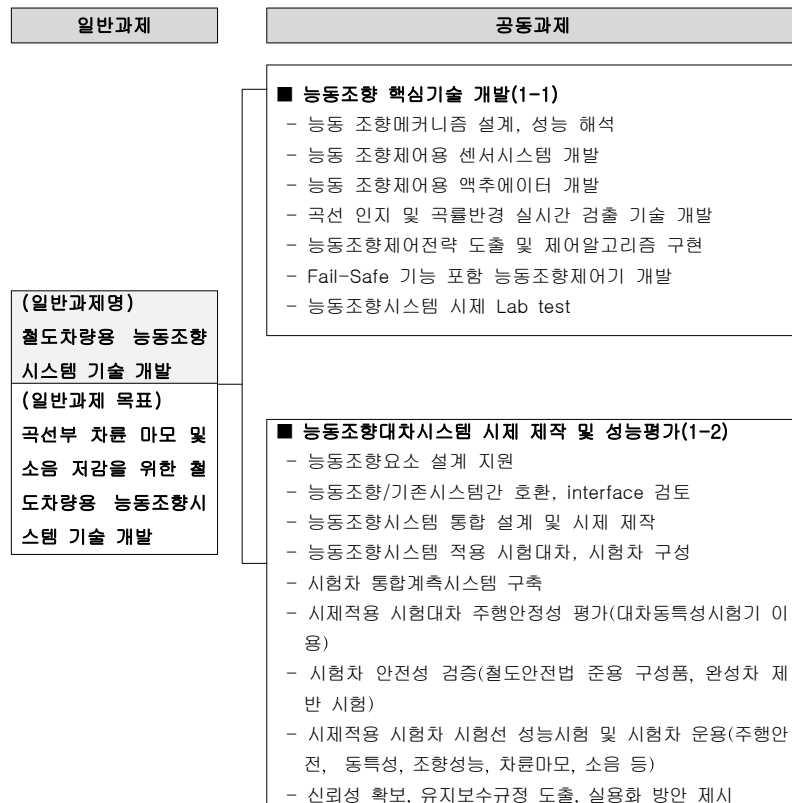
2. 후보과제 조정결과

연번	기존후보과제			조정결과		
	과제명	주요연구내용	예산	과제명	주요연구내용	예산
1	도시철도 차량용 능동조향 시스템 기술 개발	◎곡선부 차륜 마모, 소음 저감을 위한 철도 차량용 능동조향시스템 기술 개발 -능동조향 설계기술 -센서/액추에이터 개발 -능동조향제어기술 개발 -능동조향시스템 시제 개발 -능동조향제어 성능 시험 평가	- 총 92억원 (정부: 84억 원, 민간: 8억원) - 연구기간: 4년	“철도차 량용 능 동조향시 스템 기 술 개 발”으로 변경	- 중간, 최종자문 회의 의견 수렴 반영 - 연구기간 조정 반영	- 총 9,529,000천원 (정부: 7,146,752천원, 민간: 2,382,248천원) - 연구기간: 5년

2절 연구개발과제 추진체계

- “철도차량용 능동조향기술”이란 단위 요소기술 개발을 목표로 함으로 “일반과제” 유형에 부합함
- 연구 내용의 효율적 수행, 연구 공정의 효율성 제고를 고려하여 하위 연구 내용을 2개의 공동과제로 분담하여 추진. 1-1과제에선 과제 총괄과 핵심요소기술 개발 등에 연구 집중. 1-2과제에선 능동조향시스템 시제제작, 기존시스템과의 interface 검토, 시험대차 구성, 시험차 구현, 능동조향시험차량에 대한 성능평가와 같은 시험차 구성, 성능평가, 시험차 운용에 대한 연구업무 수행

표 3-2-1-1 과제 연구수행 체계



- 연구개발 사업의 성공적 추진을 위하여 본 사업 주무부처인 국토해양부 및 관련 기관의 의견 수렴을 반영하여 효율적인 연구개발사업 추진
- 철도관련 국가 R&D 연구개발사업 경험이 풍부하고 SE, 시험평가, 엔지니어링 기술을 보유하고 있는 철도 전문연구기관, 시제 및 시험차 제작을 담당할 철도차량 제작사 및 부품업체, 그리고 시운전 지원을 위한 철도운영기관, 요소기술 개발을 위한 대학, 연구소 등 참여 산학연 연계, 연구개발사업 참여
- 주관연구기관은 능동조향시스템 설계, 요소기술 개발, 조향제어기술 구현 등 연구 총괄 주관. 공동연구기관은 개발사양 도출, 요소설계 지원 및 interface 검토, 시제 제작, 시험대차 개조 및 시험차 구현, 안전성 및 조향제어 시험평가 등의 성능 시험 업무 수행
- 대학, 연구소, 부품업체 등은 핵심요소기술 개발에 주력. 철도운영기관은 개발 사양 도출, 시제 제작, 시운전 및 성능 시험업무 지원
- 국내에서 기 확보된 요소기술 및 연구 경험, 인프라 연계 최대 활용, 연구 성과 및 결과물 실용화를 위하여 참여기업 및 국내외 관련 업체 활용 유도



그림 3-2-1-1 연구개발 추진체계

4장 연구개발과제 주요내용 및 기대효과

1절 연구개발과제 주요내용

1. (일반과제) 철도차량용 능동조향시스템 기술 개발 과제

- 연구목표에 따른 기술 개발 범위는 능동조향시스템 요소기술을 확보하고 성능을 검증하기 위한 파일럿 규모 시제품 제작 및 성능 평가, 신뢰성 평가 단계까지 연구 범위를 설정하였음.
- 현재 능동조향분야 국내 연구개발 수준은 실험실 규모의 기본 성능 검증단계인 TRL 3 level 수준임. 따라서 파일럿 규모 시제품 제작 및 성능평가, 신뢰성 평가 단계인 TRL 7 level 단계까지 해당하는 중점기술 개발 내용을 연구범위로 설정
- 따라서 본 과제 수행을 통하여 확보할 연구내용 범위는 「실험실 규모의 소재/부품/시스템 핵심성능 평가」 단계인 TRL 4 level, 「확정된 소재/부품/시스템 시제품 제작 및 성능평가」 단계인 TRL 5 level, 「파일럿 규모 시제품 제작 및 성능평가」 단계인 TRL 6 level, 「신뢰성 평가 및 수요기업 평가」 단계인 TRL 7 level에 해당하는 연구내용임

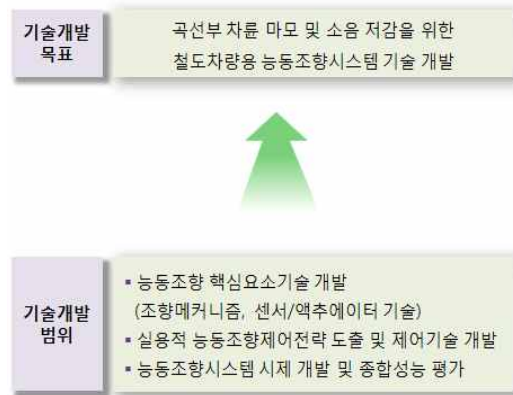


그림 4-1-1-1 기술개발 목표 및 범위

- 세부 연구내용은 연구목표 달성과 연구범위를 고려하여 중점기술인 능동조향시스템 기술 개발을 위해서는 조향메커니즘 설계기술, 센서/액추에이터 기술, 제어 기술, 시험평가 분야의 핵심기술 확보가 요구됨. 따라서 세부 핵심분야의 기술 확보를 위하여 「능동조향 메커니즘 설계기술 개발」, 「조향 센서/액추에이터 기술 확보」, 「능동조향 제어기술 확보」, 「시제제작/조향제어성능 시험평가」에 부합하는 내용으로 도출하였음

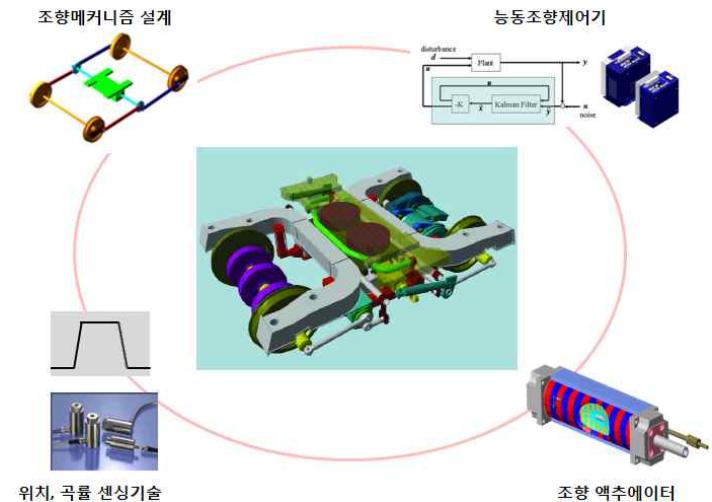


그림 4-1-1-2 능동조향 핵심기술

- 능동조향기술을 구현하기 위해서는 기존 철도차량 주행장치 설계, 제작, 시험평가 기술을 기반으로 SE기술, 조향기술, 능동제어기술, 시험평가기술등을 접목하여야 함
- 조향기술은 곡선부 주행 시 윤축을 곡선 중심으로 향하게 하는 Radial position 조건으로 구현하기 위한 조향메커니즘 설계, 시제 제작, 특성평가 등과 관련된 요소 기술임
- 능동제어기술은 능동조향제어전략을 구현하기 위한 실차에 적용이 용이한 실용적 능동조향제어전략 도출, 이를 구현하기 위한 센서시스템, 액추에이터시스템 설계, 시제 제작, 제어기 설계 및 제어알고리즘 구현, On-board용 능동조향제어기 개발

등을 포함. 또한 능동조향시스템과 기존 철도시스템간 기계적, 전기적 호환 및 interface를 고려한 시스템 설계가 고려되어야 함

- 시험평가 분야는 능동조향시스템의 안전, 제어성능 등을 검증하기 위한 제반 시험을 포함

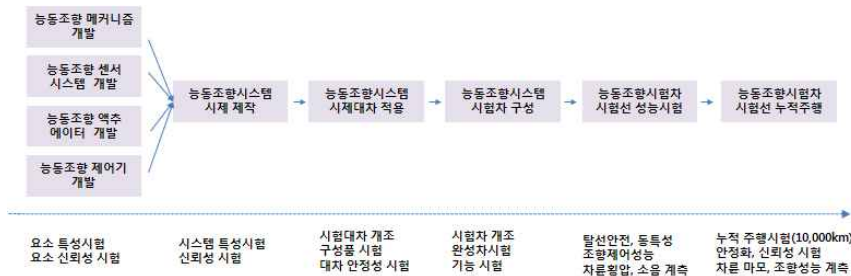


그림 4-1-1-3 능동조향 성능시험 흐름도

- 능동조향시스템 시제를 제작하여 성능시험과 Fail-safe 확보를 위한 기계적, 전기적 시험을 수행, 성능 안전 확보
- 능동조향시스템 시제를 시험차량 1량분 대차(2set)에 적용, 시험대차 개조 및 안전성 평가
 - 철도안전법 준용 구성품 시험 실시(대차 시험, 현가요소 특성시험 외)
- 능동조향시스템 시제적용 시험차 구성
 - 능동조향 시험대차(2set) 시험차 적용(1량분), 시험차 개조 및 안전성 평가
 - 능동조향성능 통합 계측 및 모니터링 시스템 구축
 - 철도안전법 준용 완성차 시험(외관구조검사, 측정에 의한 검사 외)
 - 시험선 주행 전 안전성 검증을 위한 대차동특성시험기 이용 주행안전성 평가
- 시험선 주행시험을 위한 시험차 편성(표 3-3-4-1 참조)
 - 시험차 실선로 시험선 시운전관련 제반 계획 수립, 관련기관 협조체계 구축
 - 능동조향 시험차의 주행안전, 동특성, 조향제어, 차륜 횡압마모, 소음 등의 종합 성능을 비교 평가하기 위하여 기존 차량과 고정편성하여 동일 조건하에서 시험선에서 비교 시험 수행
 - ※ 고정편성이 아닐 경우, 운행속도, 선로 조건 등이 상이하여 성능 비교가

불가함으로 반듯이 기존차량과 능동조향 시험차량을 고정편성하여 비교 시험 필요

- 시험선은 철도운영기관을 참여시켜 시험선, 기관사, 유지보수 등에 대한 제반 사항 지원 유도 및 비상 시의 협조체계 구축
- 능동조향 시험차량의 특성을 고려하여 효율적인 시험이 가능한 시운전 조건 및 시험선 선정 필요
- 차륜 마모 저감 모니터링, 시스템의 안정화, 신뢰성 확보를 위하여 최소 10,000km 이상 시험선 실 주행 필(도시철도차량의 경우 1일 100km 시험 주행 시 약 100일 소요, 준비기간 및 대기 시간, 예비시험 등을 고려하여 최소 12개월 이상 시험기간 소요)

- 위와 같은 연구목표 달성, 연구과제 수행을 위해선 능동조향시스템 개발 3년, 시험선 성능 검증 및 안정화 연구 2년을 포함한 총 5년의 연구개발기간 소요

표 4-1-1-1 시험차 구성

시험차 구분	시험차 구성
도시철도	시험대상차 TC1 M1 M2 T1 (기존차량) T2 (능동조향차량) M1 M2 TC2
일반철도	시험대상차 DL T1 (기존차량) T2 (능동조향차량) T3 (Dummy)

※조향성능 검증을 위하여 기존차량과 능동조향적용차량 고정 시험차 편성

※현차 적용성 검증 및 차륜 마모 비교시험을 위하여 최소 10,000km 이상 실선로 주행

※시험항목: 완성차 시험, 주행안전성, 탈선안전도, 동특성(승차감, 진동 등), 조향제어 성능, 차륜 마모, 소음 등

표 4-1-1--2 세부 연구개발 내용

구분	연구 내용	세부 연구 내용
능 동 조 향 핵심 기술 개발	- 능동 조향메커니즘 설계, 성능 해석	- 곡선부 곡률반경에 부합하게 윤축의 운동을 기구학적, 동력학적으로 구현할 수 있는 능동 조향메커니즘(안) 설계 및 시제 제작, 조향메커니즘에 대한 성능 해석
	- 능동 조향제어용 센서시스템 개발	- 능동조향제어 전략 구현을 위한 스마트센서 설계 및 1/2차 시제 개발, 성능평가, 신뢰성 확보
	- 능동 조향제어용 액추에이터 개발	- 능동조향제어 전략 구현을 위한 능동조향 액추에이터 설계 및 1/2차 시제 개발, 성능평가, 신뢰성 확보
	- 곡선 인지 및 곡률반경 실시간 검출 기술 개발	- 능동조향제어 전략 구현을 위한 곡선인지 및 곡률반경 실시간 검출기술 개발 - Lab test, 실선로 주행시험을 통한 성능 검증
	- 능동조향제어전략 도출 및 제어알고리즘 구현	- 실차에 적용이 용이하고 구현 가능한 능동조향제어전략 도출 - 고속 DSP를 이용한 능동조향 제어알고리즘 구현, Lab test 수행, 실선로 주행시험을 통한 성능 보완
	- Fail-Safe 기능 포함 능동조향제어기 개발	- 제어기 고장 시의 Fail-Safe 기능을 포함한 On-board 능동조향제어기 설계, 1/2차 시제 개발 - Lab, test 및 성능 평가, 신뢰성 평가, 실선로 주행시험을 통한 성능 보완
	- 능동조향시스템 시제 Lab test	- 능동조향시스템 시제 특성 시험 및 제어성능 시험평가를 위한 Hils 시스템 구축 - Lab test를 통한 성능 보완
	- 능동조향요소 설계 지원	- 능동조향시스템 구성요소인 메커니즘, 센서, 액추에이터, 제어기 개발 관련 설계 지원
	- 능동조향/기존시스템간 호환, interface 검토	- 능동조향시스템과 기존 철도시스템간 호환, 안전성 확보를 위한 interface 방안 검토 (통신, 제어, 현시 및 확인 등)
	- 능동조향시스템 통합 설계 및 시제 제작	- 시제 적용 차량 고려 능동조향메커니즘, 센서, 액추에이터, 제어기가 통합된 능동조향시스템에 대한 통합 설계, 시제 제작
	- 시험차 통합계측시스템 구성	- 능동조향시스템 시제 적용 시험차량의 안전, 동특성, 조향성능 등을 통합 계측하고 모니터링 할 수 있는 계측시스템 구성(차륜작동력 측정을 위한 measuring wheelset 제작 포함)

능 동 조 향 대 차 시 스템 시제 제작 및 성능평가	- 능동조향시스템 적용 시험대차, 시험차 구성	- 능동조향시스템의 성능 평가를 시운전 계획 수립 - 능동조향시스템 시제 적용을 위한 시험대차 2량 구성 - 능동조향 시험대차 적용 시험차 1량 구성 (성능 비교시험을 위한 시험차 고정편성: 기준차 1량 + 능동조향시험차 1량) - 능동조향 통합 계측시스템 시험차 탑재
	- 시제적용 시험대차 주행안정성 평가	- 능동조향시스템 시제 적용 시험대차의 시험선 주행 안전성 확보를 위한 대차동특성시험기 이용 주행안정성 평가
	- 시험차 안전성 검증(철도안전법 준용 구성품, 완성차 제반 시험)	- 능동조향시스템 적용 시험차에 대한 안전성 검증 계획 수립 - 철도안전법 준용 시제 및 시험차에 대한 구성품, 완성차관련 제반 시험 수행, 안전성 확보
	- 시제적용 시험차 시험선 성능시험 및 시험차 운용(안전, 조향성능, 차륜마모, 소음 등)	- 시험차 실선로 시험선 시운전관련 제반 계획 수립, 관련기관 협조체계 구축 - 시험차 편성(제반성능 비교시험을 위한 시험차 고정편성: 기준차 1량 + 능동조향시험차 1량) - 시험차 주행안전성 시험(탈선안전도, 동특성 평가) - 시험차 조향제어성능(차륜 횡압, 차륜마모, 소음 등) - 시험차 10,000km 운운을 통한 성능 검증, 안정화 및 시제 성능 보완 - 차륜마모 저감 효과 및 유지보수성 분석
	- 신뢰성 확보 및 유지보수 규정 도출, 실용화 방안 제시	- 능동조향시스템 시제에 대한 신뢰성 평가(신뢰성관련 규격 준용) - 적용차량 검수주기를 고려한 유지보수 규정 및 기준 도출 - 연구개발사업 운용규정에 의거 실용화 추진 방안 제시

표 4-1-1-3 연구개발과제 주요 연구내용

구분	과제명	주요내용	최종 성과물
일반 과제	공동 1 능동조향 핵심기술 개발 (1-1)	- 능동 조향메커니즘 설계, 성능 해석 - 능동 조향제어용 센서시스템 개발 - 능동 조향제어용 액추에이터 개발 - 곡선 인지 및 곡률반경 실시간 검출 기술 개발 - 능동조향제어전략 도출 및 제어알고리즘 구현 - Fail-Safe 기능 포함 능동조향제어기 개발 - 능동조향시스템 시제 Lab test	-능동조향시스템 설계기술 및 설계안 -능동조향요소인 센서/액추에이터 개발 기술 및 시제
	공동 2 능동조향대차 시스템 시제 제작 및 성능평가 (1-2)	- 능동조향요소 설계 지원 - 능동조향/기존시스템간 호환, interface 검토 - 능동조향시스템 통합 설계 및 시제 제작 - 능동조향시스템 적용 시험대차, 시험차 구성 - 시험차 통합제측시스템 구축 - 시제적용 시험대차 주행안전성 평가(대차 동특성시험기 이용) - 시험차 안전성 검증(철도안전법 준용 구성품, 완성차 제반 시험) - 시제적용 시험차 시험선 성능시험 및 시험차 운용(주행안전, 동특성, 조향성능, 차륜마모, 소음 등) - 신뢰성 확보, 유지보수규정 도출, 실용화 방안 제시	-철도차량용 능동조향시스템 제어기술 및 제어기 시제 -철도차량용 능동조향시스템 시제, 성능시험 결과보고서 -능동조향기술관련 논문 및 특허 등 지적재산권

2절 연구개발과제 활용방안

1. (일반과제) 철도차량용 능동조향시스템 기술 개발 과제

구분	과제명	최종 성과물	최종 수요처	활용방안
일반 과제	공동 1 능동조향 핵심기술 개발 (1-1)	-능동조향시스템 설계기술 및 설계안 -능동조향요소인 센서/액추에이터 개발 기술 및 시제 -철도차량용 능동조향시스템 제어기술 및 제어기 시제	-철도차량 제작사/부품업체 -철도운영기관	-급곡선 운용 철도차량의 곡선부 차륜마모, 소음 저감을 위한 능동형 철도차량기술로 활용
	공동 2 능동조향대차 시스템 시제 제작 및 성능평가 (1-2)	-철도차량용 능동조향시스템 시제, 성능시험 결과보고서 -능동조향기술관련 논문 및 특허 등 지적재산권		-기존 철도차량 주행장치 조향성능 개선을 위한 방안으로 활용

3절 기대효과

1. 도시철도차량용 능동조향대차 기술 개발 기획

가. 기술적 효과

- 철도차량 능동조향기술 기획연구를 통한 기술 동향, 수준, 개발 가능성, 효용성 등 기술적 타당성 사전 검토
- 능동조향기술 미래 기술 수요 및 주요 핵심기술 조사를 통한 본 연구사업 수행 시 오류 최소화 및 연구 효율성 제고
- 미래 철도차량 원천기술 확보를 위한 능동형 철도차량 핵심기술에 대한 기획안 도출
- 철도차량 차륜 마모, 소음 저감을 위한 능동형 철도차량기술 개발을 위한 연구 개발 환경 조성

나. 경제, 사회적 효과

- 철도차량용 능동조향시스템 기술 개발 연구사업 기획을 통한 연구 예산 산정의 효율성 제고
- 능동조향기술 적용 차량의 시장 형성 및 확대 촉진을 통한 신수요 및 신성장 동력 창출
- 곡선부 소음 저감을 통한 승객 서비스 품질 향상 및 민원 발생 최소화
- 고품질 철도교통 서비스 제공을 통한 철도승객 부담을 제고 및 이로 인한 철도 경영수지 제고
- 첨단 철도차량 서비스에 따른 대내외 철도 교통 이미지 제고

2. (일반과제) 철도차량용 능동조향시스템 기술 개발 과제 기대효과

가. 기술적 효과

- 차륜 및 궤도 마모, 소음 저감을 위한 Track friendly, 친환경 주행장치기술 확보
- 주행성능 향상을 위한 미래 철도차량 주행장치 원천기술 확보
- 향후 급곡선 운용 철도차량의 조향 성능 향상으로 인한 운용선로 선형 설계 시 유연성 제고
- 국내 철도차량 및 부품산업의 기술수준 향상 및 동반 성장 기대

나. 경제, 사회적 효과

- 능동조향대차의 시장형성 및 확대 촉진을 통한 신수요 및 신성장동력 창출
- 미래 철도차량 주행장치 핵심기술 확보를 통한 능동형 철도차량 시장 선점 및 국내 철도 기술 경쟁력 제고
- 곡선부 소음 저감을 통한 승객 서비스 품질 향상 및 민원 발생 최소화
- 조향성능 개선으로 인한 차륜, 궤도 마모 저감, 유지보수비용 절감 기대
(차륜 마모 30% 저감, 차륜수명 연장 최소 60% 이상, 차륜 유지보수비용 1량당 85만원 저감, 차량가용성 0.5% 제고)
- 고품질 철도교통 서비스 제공을 통한 철도승객 부담을 제고 및 이로 인한 철도 경영수지 제고
- 첨단 철도차량 서비스에 따른 대내외 철도 교통 이미지 제고

5장 연구개발과제 소요예산

1절 (일반과제) 철도차량용 능동조향시스템 기술 개발과제 소요예산

(단위 :천원)

과제명	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
일반과제 총괄	1,330,542	443,513	2,295,576	765,192	1,928,173	642,724	835,017	278,338	757,444	252,481	7,146,752	2,382,248
공동 1-1	1,197,541	399,180	1,101,982	367,327	568,723	189,574	233,213	77,737	183,543	61,180	3,285,002	1,094,998
공동 1-2	133,001	44,333	1,193,595	397,864	1,359,450	453,150	601,804	200,601	573,902	191,300	3,861,752	1,287,248

[첨부] 후보과제 우선순위 도출결과 및 과제카드

1. 과제명	철도차량용 능동조향시스템 기술 개발
2. 연구개발목표	- 철도차량이 곡선부 주행 시 발생하는 차륜 마모 및 소음을 능동제어기술을 적용하여 저감시키기 위한 철도차량용 능동조향시스템 기술 개발 - R300 이하의 급곡선 주행 시 기존 철도차량 대비 차륜 횡압 30% 저감, 소음 평균 3dB 저감 가능한 능동조향기술 개발
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	- 차륜 마모 및 소음 저감을 위하여 자기조향방식이나 링크를 적용한 수동형 조향장치가 개발 적용되었으나 그 성능에 한계가 있음 1990년대, 유럽, 일본 등의 철도선진국에서는 기존 철도차량의 곡선부 주행성능 한계를 획기적으로 저감시키기 위하여 능동제어기술을 접목한 능동조향기술 개발 추진 - 미래철도차량 주행장치 핵심기술 선점, 녹색철도기술 확보, 철도차량기술의 기술적 비교 우위 확보차원에서 저마모/저소음, 고효율 구현을 위한 궤도친화적 차량기술 개발에 전력함 - 최근 철도선진국에서는 능동형 차량의 단점인 fail-safe 문제를 극복한 시제차량을 개발, 완료 - Bombardier는 2011년 스위스연방철도(SBB)에 능동조향기술 적용차량 59편성(1.7조원 규모) 2019년까지 납품 계약 체결, 영업운전 준비 중 - 영업운전을 통하여 기술적, 경제적 효과가 검증되면 그 파급효과는 매우 지대할 것으로 예측되어 집중적 연구 수행 중 - 국내에선 2007~2010 능동조향기술에 대한 기초연구 수행, 실험실 환경 하에서의 성능검증 단계의 기초기술 및 연구 역량 확보 - 차륜 마모, 소음 발생 등의 만성적 현안을 안고 있는 철도운영기관들은 저소음/저마모 구현을 위한 능동형 조향대차 개발에 대한 연구개발 필요성 제기
4. 기존기술 활용방안	- 국내에서 능동조향 기초연구 수행을 통하여 TRL 3 level 수준의 연구성과와 지적재산권은 확보하고 있음 - 본 R&D는 파이어트 규모의 시제(TRL 7 level) 개발을 대상으로 하는 실용화 연구임, 따라서 기초연구 수행을 통하여 확보된 연구경험과 기존 연구성과를 적극적으로 연계 활용토록 함
5. 기술개발 필요성	- 급곡선 비중이 높은 국내 도시철도 및 기존철도 운영기관은 차륜/레일의 과도한 마모, 소음 민원 발생, 분진 발생 등의 만성적 현안을 안고 있음 - 차륜, 레일의 조기 교체, 그로인한 수명저하 등은 유지보수 비용의 증가, 차량 가용성 저하, 환경 오염 등의 문제를 유발하여 철도 경쟁력 저하의 요인이 됨 - 이러한 문제를 근원적으로 극복할 수 있는 능동조향기술 개발 적용이 효율적임, 철도 선진국에선 능동조향기술 개발 완료, 상업화 단계에 진입하고 있음 - 상업화 통하여 기술적, 경제적 가치가 검증되면 파급효과는 매우 지대할 것으로 예측됨, 따라서 국내 미래 철도차량기술 확보측면에서 기술개발이 시급함

6. 주요연구 개발내용	◦ 능동조향 핵심기술 개발 - 능동 조향메커니즘 설계, 성능 해석 - 능동 조향제어용 센서시스템 개발 - 능동 조향제어용 액추에이터 개발 - 곡선 인지 및 곡률반경 실시간 검출 기술 개발 - 능동조향제어전력 도출 및 제어알고리즘 구현 - 'Fail-Safe' 기능 포함 능동조향제어기 개발 - 능동조향시스템 시제 Lab test ◦ 능동조향시스템 시제 제작 및 성능 평가 - 능동조향요소 설계 지원 - 능동조향/기존시스템간 호환, interface 검토 - 능동조향시스템 통합 설계 및 interface 검토, 시제 제작 - 능동조향시스템 적용 시험대차, 시험차 구성 - 시험차 통합계측시스템 구성 - 능동조향시스템 적용 시험대차, 시험차 구성 - 시제적용 시험대차 주행안정성 평가 - 시험차 안전성 검증(철도안전법 준용 구성품, 완성차 제반 시험) - 시제적용 시험차 시험선 성능시험 및 시험차 운용(안전, 조향성능, 차륜마모, 소음 등) - 신뢰성 확보 및 유지보수 규정 도출, 실용화 방안 제시
7. 정부지원의 타당성	◦ 능동조향 기술은 현재 시장 형성단계인 미래철도차량 기술로서 국가적 기술개발을 통한 중·장기적 접근이 필요 ◦ 정부지원을 통한 집중적 투자에 의한 단기간 개발에 성공하여야 곧 형성될 시장에서 세계적 기업과 경쟁할 수 있으며 비교 우위를 점할 수 있음
8. 기술확보 전략	◦ 연구개발 사업의 성공적 추진을 위하여 정부, 산업체, 철도운영기관, 등 관련분야 기관 및 전문가의 의견 수렴을 반영하여 효율적인 연구개발 사업 추진 ◦ 본 능동조향기술은 현재 태동기에 있는 능동형 철도차량 핵심기술로서 철도 선진국에선 기술 이전을 극도로 회피하고 있는 실정임. 따라서 국내 기술로 독자 개발이 불가피 한 실정임 ◦ 기초연구 수행으로 확보한 요소기술 및 지적재산권을 연계 활용하고 세계적으로 경쟁 우위에 있는 국내 IT 및 자동차관련 유사기술을 접목함으로써 애로기술 극복 ◦ 핵심기술 개발, 시제제작 및 성능평가, 시험선 운용 등 연구내용 추진을 위한 철도전문연구기관, 철도차량/부품제작사, 대학, 연구소, 철도운영기관 등 참여, 공동연구 추진 ◦ 시제 제작, 시험차 구성, 실선로 성능 검증, 신뢰성 확보등 일련의 연구 프로세스를 거친 상업화 직전 수준의 실용화 기술 개발 추진

9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물		◦ 능동조향시스템 설계기술 및 설계안 ◦ 능동조향요소인 센서/액추에이터 개발 기술 및 시제 ◦ 철도차량용 능동조향시스템 제어 기술 및 제어기 시제 ◦ 철도차량용 능동조향시스템 시제, 성능시험보고서 ◦ 능동조향기술관련 논문 및 특허 등 지적재산권				
	활용방안		◦ 급곡선 운용 철도차량의 곡선부 차륜마모, 소음 저감을 위한 능동형 철도차량기술로 활용 ◦ 기존 철도차량 주행장치 조향성능 개선을 위한 방안으로 활용				
10. 연구개발 과제의 규모	구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도
	연차별 연구비 (천원)	정부	1,330,542	2,295,576	1,928,173	835,017	757,444
		민간 (추정)	443,513	765,192	642,724	278,338	252,481
	합 계		1,774,055	3,060,768	2,570,897	1,113,355	1,009,925
	총 연구비 (천원)	정부	7,146,752		총 연구기간	5 년	
		민간	2,382,248			연도별 평균소요인력	7.6 명
총합계		9,529,000					
11. 기대효과 및 파급효과	◦ 차륜 마모, 소음 저감을 위한 Track friendly 친환경 주행장치기술 확보 ◦ 곡선부 주행성능 향상을 위한 미래 철도차량 주행장치 원천기술 선정 ◦ 차륜/레일 마모 저감(최소 30%), 차륜 수명 최소 60% 연장, 소음 저감 (3dB) ◦ 차륜 유지보수비용 절감(1량당 연간 85만원), 차량가용성 0.5% 제고 레일 유지보수비용 절감						

참고 문헌

1. 유원희 외, “도시형 친환경 열차대차시스템 개발”, 한국철도기술연구원, 2007~2008
2. 허현무 외, “능동/반능동 조향기술 기초연구”, 한국철도기술연구원, 2009~2010
3. 2009 철도통계연보, 한국철도공사 · 코레일공항철도 · 한국철도시설공단
4. 2010 녹색기술 연구개발 시행계획, 녹색성장위원회, 2010.5
5. 2011년도 국토해양기술 연구개발사업 시행계획, 국토해양미래기술위원회, 2011. 2
6. 제2차 국가철도망 구축계획(2011-2020), 국토해양부, 2011. 4
7. 대통령직속 녹색성장위원회 2011년 업무보고, 청와대, 2011. 1
8. 이상윤 외, “철도 르네상스가 온다”, 동양증권 이슈분석 보고서, 2010. 9
9. 현대로템 신용평가보고서, 한국신용평가, 2011. 1
10. 오지택, “세계 철도기술 시장의 현황과 한국철도의 해외진출 추진”, 한국토목학회논문집 제58권 제6호, 2010. 8
11. Maria Leenen, market for railway technology 2009-2014", SCI?Verkehr Cologne
12. "철도산업통계자료", 한국철도차량공업협회, 2007. 10
13. “FTA 협상, 국내철도산업의 현실과 미래”, 한국철도차량공업협회
14. Richard Schneider, " Wankkompensation und aktive adsatzsteuerung -Flexx Tronic-von Bombardier", Eisenbahn-Revue, 2010. 4
15. Murray Hughes, "Mechatronic bogie heralds 250 km/s on Swedish tracks", Railway Gazette, 2007. 10

주 의

1. 이 보고서는 국토해양부에서 시행한 2010 기획연구사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토해양부에서 시행한 2010 기획연구사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.