

(뒷면) (옆면)

(앞면)

3cm	32	4cm	건설교통연구기획사업 최종보고서
	급구배 급곡선 주행을 위한 철도차량시스템 핵심기술개발 기획최종보고서		3cm
			0.5cm
			32
			2.5cm
			9cm
			(견고닥31p)
			5cm
			급구배, 급곡선 주행을 위한 철도차량시스템 핵심기술개발 기획연구
			(0.1cm)
			2012. 10.
			0.15cm
			(견고닥15p)
			(별색바탕 : C50, M20, Y59, K0)
			주관연구기관 / 한국철도기술연구원
			(백색바탕)
			국 토 해 양 부
			한국건설교통기술평가원
			(견고닥 20p)
5cm	2012 국 토 해 양 부 한국건설교통기술평가원 (견고닥 17p)		
3cm			

제 출 문

국토해양부 장관 귀하

이 보고서를 "급구배, 급곡선 주행을 위한 철도차량시스템 핵심기술개발
기획연구" 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2012. 10.

주관연구기관명 : 한국철도기술연구원

주관연구책임자 : 이 병 송

보고서 요약서

과제고유번호		해 당 단 계 연 구 기 간	2011.12.23. ~ 2012.6.22.(6개월)		
연 구 사 업 명	건설교통연구기획사업				
연 구 과 제 명	급구배, 급곡선 주행을 위한 철도차량시스템 핵심기술개발 기획연구				
연 구 책 임 자	이병송	총연구기간 참 여 연구원수	총 : 6 명 내부 : 6 명 외부 : 0 명	총연구비	정부: 60,000천원 기업: 0천원 계: 60,000천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	한국철도기술연구원 고속철도연구본부		참여기업명	-	
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
위 탁 연 구	연구기관명 :		연구책임자 :		
요약			보고서면수	106쪽	
○ 급구배, 급곡선 주행을 위한 철도차량 기술개발의 본격적인 연구 과제의 추진에 앞서 대규모 예산 투입에 따른 예산 효율성과 연구개발 성공 가능성을 높이기 위해서 연구 과제의 전략적 방향성 및 실행방안을 제시 ○ 주요 연구내용 - 시스템 요구수준 및 적용 대상 제시 - 급곡선 주행을 위한 핵심요소기술 제시 - 급구배 주행을 위한 핵심요소기술 제시 - 급구배, 급곡선 주행을 위한 핵심기술 간의 인터페이스 기술 제시 ○ 과제별·연차별 기술로드맵 제시, 인력투입계획 및 소요예산 산정 ○ 과제 제안요구서 작성 및 평가기준 설정					
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	급구배, 급곡선, 독립차륜대차, 공심형 선형동기전동기			
	영 어	Steep gradient, Sharp curve Independently Rotating Wheel of Bogie, Coreless LSM			

요약문

I. 국내외 기술개발 현황 및 문제점

1. 관련 산업 현황 및 문제점

1.1 국내 산업 현황 및 문제점

- 기존 철도는 능판능력이 떨어져 급구배 통과시 선회선형 및 터널길이 증가 등 건설비가 과다하게 투입되며, 곡선선로 추종성의 한계로 노선 선형의 유연성이 확보되지 않아 이를 위한 철도시스템 구축으로 경제성 강화가 필요함
- 서울 및 경기 수도권 지자체 등 도심내 대중교통의 접근 및 환승시간 단축으로 철도의 대중교통 경쟁력 강화가 요구됨

1.2 국외 산업 현황 및 문제점

- 도시철도시스템의 상당수가 과다한 초기 건설비와 상당한 운영·유지보수비가 소요되고 있어, 전 세계적으로 경제성과 운영효율성을 함께 극대화할 수 있는 미래 도시철도시스템에 대한 기술 개발이 경쟁적으로 이루어지고 있는 추세임
- 경전철은 환경정책 및 교통 혼잡문제를 해결하는 핵심적인 대안으로 개발되어 상용노선에서 괄목할 만한 실적을 올리고 있으며 세계 경전철 시장의 규모는 연간 1조 4천억 원 수준으로 매년 6% 내외의 증가율을 나타내고 있음
- 경전철 시장에서 각 시스템 별로 차지하는 비중을 살펴보면 AGT는 13%, LIM은 1.4%, 모노레일은 9.4%에 불과하며, 나머지 76.2%를 노면 트램이 차지하고 있으며 노면 트램은 무가선 형태의 저상형에 대한 요구와 전두부와 실내디자인에 대해 수요처의 요구사항이 다양하며 제작사는 이러한 주문자 요청에 의한 맞춤형 구매를 선호하고 있는 추세를 반영하여 다양한 형태의 전두부와 실내디자인을 제공하고 있음
- 도시 교통망과 광역 교통망의 연결 수요를 위한 트램-트레인은 급곡선의 주행 문제, 고속 운행을 위한 문제 등을 해결하기 위해 독립차륜형 저상대차 개발을 추진중이며 기존 도시 주행용 트램에 비해 훨씬 높은 강도의 설계가 요구되며, 고속 주행에 따른 안전성 확보 기술이 요구됨
- 급구배 주행을 위해서 일본은 선형유도전동기를 이용한 리니어 전철이 상용화되어 도쿄, 후쿠오카, 오사카 등에서 운행 중임

- 지하구간 터널 공사비 저감 및 급구배 등판을 위하여, 향후 이러한 추세는 계속 증가할 것으로 보임
- 국외에서도 국내와 같이 건설비 절감과 고가경전철의 문제를 해결하기 위한 노면 트램과 지하철 수요가 증가하는 추세이며 이에 대한 적절한 시스템 개발을 지속적으로 추진하고 있는 추세임

2. 국내외 기술개발 및 투자현황

2.1 국내 기술개발 및 투자현황

- 국토해양부 과제로 “무가선 저상트램 차량시스템”이 개발되고 있으며, 현재 기술목표사양은 설계 최고속도 70km/h, 최소곡선반경 25m, 2차 전지(Battery)를 이용한 무가선 방식 등으로 개발이 진행되고 있음(2009. 12 - 2013. 4, 3년 5개월)
- 한국철도기술연구원에서는 2011년 하반기부터 저비용 저심도 도시철도기술에 대한 브레인 스톰을 시작하여 2012년 1월부터 지식경제부 과제로 “저심도 철도시스템 핵심기술 개발”의 주요사업을 시작하여 급구배, 급곡선 주행에 대한 기초 연구를 수행 중임

2.2 국외 기술개발 및 투자현황

- 유럽에서는 독립차륜형 대차차량을 구축하고자 하는 움직임이 활발하며 일본 내에서는 기술 도입과 독자적인 기술의 파생 등으로 최근, 독립차륜대차 연구가 추진되고 있음

<독립차륜대차 기술 수준>

회사명	보유 기술 또는 특허	기술 수준	비고
Bombardier	A32, Flexity 차량에 적용	부분 저상 기술	
		세계최고 기술수준 대비 상대적 수준(100%)	
Alstom	Dualis, Regio-Citadis	Tram-Train, Train-Tram을 차별화함.	
		세계최고 기술수준 대비 상대적 수준(70%)	
Siemens	AVANTO	T4라인에 실용화	
		세계최고 기술수준 대비 상대적 수준(70%)	
Stadler	TANGO	부분 저상 기술	
		세계최고 기술수준 대비 상대적 수준(100%)	

- 차량시스템 모듈화 및 표준화 구현으로 유지보수성 향상 및 생산성 향상을 위해 기술개발이 필요하고 선진국에서도 활발히 추진하고 있음
- 세부 기술별 국내외 기술 수준 비교

기술명	관련기술 최고보유국 (기관명)	기술 수준(요약)	현재 기술수준 (%)	기술개발 목표수준 (%)
급곡선 기술	한국, 독일, 프랑스, 캐나다 (로템, 지멘스, 봄바르디아, 알스톰 등)	· 100% 저상 및 초저상 대차 기술보유 · 100% 저상이면서 제한 속도 70~80km/h 수준임 · 최소 곡선반경 20m 수준임	50	100
급구배 기술	캐나다, 일본, 미국 (봄바르디아, 히타치, GA)	· 리니어모터 최적설계 및 제어 기술 보유 · 공심형 리니어모터 시제 개발 · 리니어모터 성능평가 시험기술 보유	80	95

3. 관련 기술 개발 필요성

- 도심지내 지하철도 노선의 증가로 후발로 건설되는 도시 철도시스템은 고심도화되고 있는 추세임
 - ☞ 지하철 1기 역사 평균심도: 14.5m, 2기 역사평균심도: 22.1m
- 도시철도시스템의 고심도화에 따라 건설비 증가 및 환승 불편초래
 - ☞ 지하철건설비(9호선기준): 총사업비 1000억/km, 터널공사비 500억/km, 평균환승거리 1기 98m, 2기 138m, 지하철-버스정류장 거리 160m(신도림역)
- 도로와 병행하는 도시철도시스템 개발을 통하여 도로 및 철도시스템간의 연계성 확보 및 저비용의 도시철도 시스템 건설이 요구됨
- 중소 도시간 신규 철도건설시 철도 건설비 저감을 위해 기존 도로 인프라 지하구간을 활용할 경우, 이에 적합한 급구배(100%), 급곡선(15R) 주행이 가능한 철도차량 핵심 요소기술개발 필요
- 소음감소 및 승차감향상 등 기존 급구배, 급곡선 선로에서 원활한 주행이 가능한 차량 핵심요소기술 개발 필요
- 도시의 발달로 교통수단의 다양화가 요구됨. 특히 도심내 공간 활용의 극대화, 접근성이 우수하며, 친환경적인 미래형 교통수단의 수요가 제기됨
- 더불어 경제성, 접근성 및 타 교통수단과의 연계성이 우수한 대중교통 시스템 개발 필요

○ 취약구간에 적용 가능한 철도차량 대차 및 추진시스템 등 핵심기술개발 필요

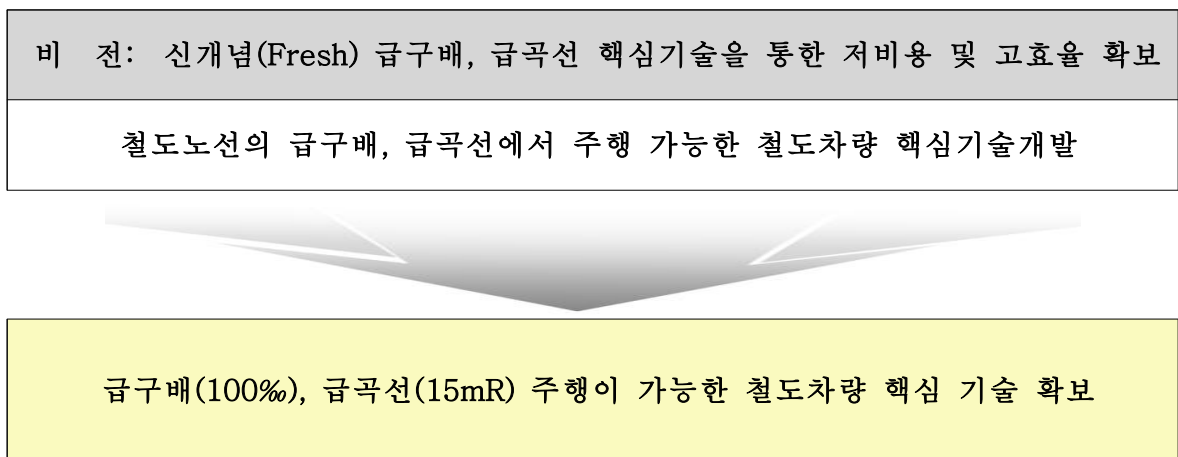


II. 연구목표, 내용 및 추진전략

1. 연구개발의 목적

- 최소곡선반경 15m 곡선 주행이 가능하며, 기존 경전철이나 도시철도 대비 곡선 추종 성능을 30%향상 가능한 독립차륜형 대차 기술개발
- 최급구배 100% 주행이 가능한 리니어 추진시스템 기술개발

2. 비전 및 전략목표



□ 전략목표

- 「급구배, 급곡선 주행을 위한 철도차량시스템 핵심기술」은 도심내 최속곡선 반경 15m을 갖는 도로 곡선 조건에서 운행이 가능하고 100%의 급구배 등판 추진 능력을 갖는 철도차량시스템의 핵심기술임
- 급곡선 주행성이란 도심내 도로와 같은 곡선 조건에서도 차량의 원활한 주행이 가능한 것으로서, 도심내와 동일한 선상(최소곡선반경은 15~20m)에서 운행이 가능한 것임
 - 저심도 차량의 도시 내 주행을 위한 곡선 주행성 확보와 시외 주행을 위한 고속 직진성 확보를 위해서는 대차에 조향장치의 탑재가 필요함
 - 조향장치에는 다양한 종류가 있으며, 저심도 차량의 특성상 100% 저상대차에 조향장치를 탑재하기 위해서는 조향장치에 대한 선행연구와 저상대차에의 적용 가능성에 대한 사례조사가 필요함

- 조향장치를 탑재한 대차의 고속 직진성과 곡선 주행성을 극대화 하고, 차량의 중량을 낮춰 운영비 및 개발비를 절감하기 위해서는 구조의 설계 최적화가 필요함
- 급구배란 100%의 급구배 등판능력으로서, 이는 경사가 심한 도로와 동일 선상에서 운행하기 위해서는 급구배 등판능력을 가진 비점착 추진 또는 별도의 점착능력을 향상시키는 것임

급곡선, 급구배 철도차량시스템 핵심기술개발을 통한 저비용 및 고효율 확보



<급곡선, 급구배 주행을 위한 철도차량시스템 핵심기술 개발 방향>

3. 연구내용

○ 급곡선, 급구배 차량시스템 기술 개발

- 급곡선 기술 : 급곡선 주행성 연구를 위한 주행 동특성 분석, Active suspension 설계, 대차 기구학적 설계, 동력전달 장치, 주행 성능평가, 스프링장치 최적화 및 급곡선 통과시 탈선방지 기술
- 급구배 기술 : 100% 이상의 급구배 주행을 위한 공심형 LSM 설계/해석/제어기술, 추진장치 성능시험평가 기술

목표	○ 도로 지하구간을 활용한 철도노선의 급구배, 급곡선에서 주행 가능한 철도차량 핵심기술개발 - 급구배(100%), 급곡선(15mR) 주행이 가능한 철도차량 핵심 요소기술개발 기획 - 기존 취약선로(급구배, 급곡선)에서 원활한 주행이 가능한 차량 핵심 요소기술 개발 기획
주요 내용	○ 곡선 반경 15m 회전 가능한 대차시스템 기술개발 ○ 100% 급구배 등판용 공심형 LSM 추진시스템 개발 ○ 추진 및 주행 성능시험평가 기반 기술개발

□ 세부과제별 주요 추진내용

세부 과제(연구비)		주요 추진 내용
급곡선 급구배 차량시스템 기술개발 (100억원)	급곡선 기술	○ 급곡선 주행 장치 기술개발 ○ 독립차륜형 조향장치 기술개발 ○ 고속성 확보를 위한 기술개발
	급구배 기술	○ 급구배 등판용 공심형 LSM 추진시스템 개발 ○ 성능시험평가 기반 기술개발

4. 연차별 연구비 및 연구기간

□총괄 예산계획

(단위 : 백만원)

구분	1차년		2차년		3차년		4차년		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
급곡선, 급구배 차량시스템 기술	1,900	250	3,400	375	3,200	125	1,500	-	10,000	750

□중점추진분야별 예산계획

(단위 : 백만원)

구분	1차년		2차년		3차년		4차년		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
급곡선,급구배 차량시스템 기술	1,900	250	3,400	375	3,200	125	1,500	-	10,000	750
급곡선 기술	900	250	1,400	375	700	125	-	-	3,000	750
급구배 기술	1,000	-	2,000	-	2,500	-	1,500	-	7,000	-

5. 추진전략

- 한국철도기술연구원내 주요사업인 “저심도 철도시스템 핵심기술 개발”의 참여 연구원 및 분야별 전문가, 지자체 등 운영기관들과 지속적으로 의견을 수렴함
- 국내외 철도시스템 적용을 위하여 도시 및 단지설계 시공기관과 연계(지자체, 각 지자체 도시개발공사, LH 공사 등)

III. 기대 및 파급효과

1. 주요 예상성과(outcome) 및 활용방안

□ 주요 예상 성과

연 번	세부과제	기술개발목표	주요 예상 성과물
1	급곡선 기술	·곡선 반경 15m 회전 가능한 대차시스템 기술개발 ·80km/h 이상 주행성능 기술 ·성능시험 평가 기술개발 ·급곡선 주행을 위한 최적화 기법 기술	·15m 급곡선 저상 대차시스템 시제품 1set
2	급구배 기술	·100% 급구배 등판용 공심형 LSM 추진시스템 개발 ·성능시험평가 기반 기술개발	·100% 급구배 등판용 공심형 LSM 추진시스템

□ 활용방안

- 도심내 곡선반경 15mR 및 저상 주행이 가능함으로써 곡선반경 제한으로 인해 발생하는 건설비를 줄일 수 있으며, 이는 초기건설비의 절감(타 경전철의 1/3 수준) 및 건설기간(타 경전철의 1/5 수준)을 단축시킬 수 있음
- 급구배, 급곡선 철도차량 기술 확보로 철도 노선 설계의 자유도가 대폭 향상되어, 산악지형 철도, 도시철도 등 도시친환경적인 설계 기술을 확보하여 전세계적 기술을 선도하고 수입대체효과와 기술수출을 이루게 될 것임
- 국가적 대중교통망을 국민 생활과 한 층 더 밀접하게 하고 대국민 교통서비스의 질을 향상시킬 수 있음
- 국가과학기술지도(NTRM)의 환경 친화적인 철도 시스템 기술에 부합하는 연구의 기초자료로 활용함

IV. 기존 기술과의 차별성

1. 기존 핵심기술의 현주소

- 급곡선, 급구배 주행을 위한 차량시스템 기술의 한계와 문제점
 - 도로와 동일 선상에서 주행하기 위해서는 최소 곡선반경 15m이며 이를 위해 조향 등 곡선 주행기능을 가진 저상대차구조이면서 100km/h 고속 주행에서 안정성 기술 부재
 - 철제차륜 점착구동방식의 경우, 급구배 등판능력은 최대 약 60% 이내이며, 고무차륜 점착구동방식 및 철제차륜 비점착구동방식은 최대 약 90% 이내임 (100%이상 급구배 주행기술 부재)
 - 터널단면에 부합되는 차량설계기술 부재

2. 개발 예정인 핵심기술의 개발 목표 설정

- 급곡선, 급구배 주행을 위한 차량핵심시스템 기술 개발
 - 급곡선(15mR) 및 80km/h 이상 고속 주행이 가능한 독립차륜 저상 조향대차 기술개발
 - 100% 급구배 등판용 공심형 LSM 추진시스템 개발

V. 정부 지원 필요성

1. 기술개발투자의 시의성, 시급성('13년)

- ☐ 국가 철도망 계획(2020년까지 88조 투입 정책)에 따른 철도 건설 예산 절감 및 효율적 투자를 위한 기술개발에 역점을 둠. 이는 철도 건설예산 절감을 유도하고 고효율을 지향할 수 있는 정책적 방향 도출됨.
- ☐ 이를 위해 저탄소 녹색성장의 견인을 위해 녹색기술 및 미래핵심기술 “Green-Up 30”에 지속적으로 투자할 계획이며, 본 기획과제는 국가 R&D 정책방향에 포함되어 있음.
- ☐ 급구배 및 급곡선 핵심기술이 확보된다면 경제적으로 건설이 가능할 뿐만 아니라, 도시미관, 환경소음 등 여러 환경 요인을 극복할 수 있을 것으로 예상되며 이에 국가 R&D 정책 방향에 반영될 필요가 있음.
- ☐ 고속용 도심내 도로와 같은 곡선 조건에서도 차량의 주행 원활 국내의 도심내 곡선반경은 가혹한 15m 상태이므로 차량의 원활한 주행이 가능함.
- ☐ 고속으로 주행하면서 차량 하중을 지지하고, 횡방향 자유도가 최대한 확보되어 국가 대중교통망 설계시 효과적으로 대응이 될 수 있도록 범국가적 연구개발이 필요함.
- ☐ 국가 대중교통의 시장 정책적 방향은 도심 교통수단으로 환경 친화성과 수송효율이 높은 도시철도에 대한 수요가 급증에 대처가 가능하며,
- ☐ 도시의 미관을 해치지 않고 안전성이 확보 될 수 있는 새로운 개념의 철도 차량시스템 기술개발의 필요성에 대응하는 것으로 국가 정책적 방향과 일치함.
- ☐ 대중교통망 설계시 토지보상 및 민원문제를 적극적으로 대응하기 위한 방안이 국가 차원에서 마련되어야 함.

2. 정부 상위계획과의 부합성

- ☐ 광역도시철도와 관련하여 2012년 현재 국토해양부에서는 속도경쟁력을 갖춘 효율적 광역·도시철도망 구축을 목표로 정책 방향을 수립하였음[국토해양부 광역도시철도정책 2012].
- ☐ 빠르고 편리한 도시교통 실현: 광역도시철도 지속 확충 및 개통을 마무리하고, 수도권 광역급행철도 본격 추진할 계획임.
- ☐ 수요자 지향 생활철도 구현: 환승역 이동편의시설 및 장애인 승차 편의 개선 등 도시철도 편의시설을 개선할 계획임.
- ☐ 미래도시철도 성장 동력 육성: 지하·지상부문 안전대책을 강구하고, 미래형 도

시철도 차량 개발을 추진할 계획임.

- 철도 건설, 운영 효율성 구현: 도시철도법 전부개정 및 광역철도 제도를 개선하고, 경전철 민간투자사업 제도를 개선할 계획임.
- 도시교통시스템은 도시의 특성에 맞게 설계 및 적용 되어야 함. 예를 들어 서울의 경우 강북과 강남의 도로망 형태(강남 그리드, 강북 혼합형)가 서로 다른 패턴이며 유동인구의 특성, 지표면의 특성 등 다양한 요인들이 차이날 수 있음.
- 이처럼 도시환경에 따라 도시교통 수단은 선택적으로 적용되어 대중교통 적용에 따른 부작용을 최소화 하여야 함.

3. 국토부 주도의 개발 및 지원 필요성

- 도심지의 교통난이 가중되고 환경 및 에너지 문제가 심각해질수록 건설비와 운영비가 저렴한 경전철 사업에 대한 관심이 커지고 관련 시장 규모가 증가할 것으로 전망됨. 또한, 민자사업(BTL, BTO, Turn Key등)이 확대되고 있으며, 민자사업의 특성상 일정기간동안 운영에 의한 수익을 창출해야 하기 때문에 경제성과 시공성이 높은 기술에 대한 수요가 늘어날 것으로 전망됨.
- 터널단면에서 도로와 같은 급곡선, 급구배 조건에서 주행가능한 대차, 추진장치 및 E&M 지상설비의 슬립화에 대한 기술 개발이 필요하며 터널의 급속시공공법 개발, 차량/궤도에서 진동·소음 저감 기술개발 등 핵심장치 개발 및 검증이 정부 주도로 선행되어야 할 필요가 있음.

4. 정부 미지원시 문제점

- 고가 경전철 건설시 육중한 고가 구조물로 인하여 도시미관을 저해하고 인근 지역에 소음 등 여러 환경문제를 야기하며 상부구조물에 의한 도로 차선 잠식으로 교통혼잡을 초래할 가능성이 있음.
- 급곡선(15mR), 급구배(10%)의 기능을 차량이 구현할 수 없을 경우에는 주행노선 및 역사 위치에 제약이 따르며 추가적인 토지보상비와 건설비를 부담하는 등 본래 취지를 약화시킬 수 있음.
- 기존과 같은 심도의 지하철에서 승객의 접근성과 타 대중교통과의 환승 이동거리, 자연채광 등의 승객 서비스 제공에 어려움이 예상되며 타 교통수단과의 경쟁력 저하가 예상됨.

목 차

1장. 기술의 정의 및 필요성	1
1절. 기술의 정의 및 필요성	1
2절. 기술 분류 및 내용	6
2장. 국내외 동향 및 환경 분석	7
1절. 국내외 정책 동향	7
2절. 국내외 시장 현황 및 전망	12
3절. 기술동향 분석	25
4절. 연구개발 인프라 분석	55
5절. 종합 분석	56
3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략	58
1절. 비전 및 목표	58
2절. 기술개발에 따른 미래상	59
3절. 연구개발과제 구성	61
4절. 세부과제별 주요내용 및 추진체계	62
5절. 세부과제 간 연계관계	67
6절. 과제별·연차별 기술로드맵 및 성과로드맵	67
7절. 성과의 활용방안	69
8절. 연구수행체계 제안	70
4장. 사전타당성 검토	71
1절. 정책적 타당성	71
2절. 기술적 타당성	77
3절. 경제적 타당성	82
4절. 기술개발 필요성	91
5절. 정부지원 타당성	92

6절. 종합평가 및 결론	94
5장. 인력투입계획 및 소요예산 산정	96
1절. 연구일정에 따른 인력투입계획	96
2절. 소요예산 산정	97
6장. 과제 제안요구서	99
1절. 과제 제안요구서(RFP)	99
2절. 평가기준 설정	105

1장. 기술의 정의 및 필요성

1절. 기술의 정의 및 필요성

1. 기술의정의

「급구배, 급곡선 주행을 위한 철도차량시스템 핵심기술」은 도심내 최소 곡선반경 15m를 갖는 도로 곡선 조건에서 운행이 가능하고 100%의 급구배 등판 추진 능력을 갖는 철도차량시스템의 핵심기술임

- 급곡선 주행성이란 도심내 도로와 같은 곡선 조건에서도 차량의 원활한 주행이 가능한 것으로서, 도심내와 동일한 선상(최소곡선반경은 15~20m)에서 운행이 가능한 것임.
- 저심도 차량의 도시 내 주행을 위한 곡선 주행성 확보와 시외 주행을 위한 고속 직진성 확보를 위해서는 대차에 조향장치의 탑재가 필요함.
- 조향장치에는 다양한 종류가 있으며, 저심도 차량의 특성상 100% 저상대차에 조향장치를 탑재하기 위해서는 조향장치에 대한 선행연구와 저상대차에의 적용 가능성에 대한 사례조사가 필요함.
- 조향장치를 탑재한 대차의 고속 직진성과 곡선 주행성을 극대화 하고, 차량의 중량을 낮춰 운영비 및 개발비를 절감하기 위해서는 구조의 설계 최적화가 필요함.
- 급구배란 100%의 급구배 등판능력으로서, 이는 경사가 심한 도로와 동일 선상에서 운행하기 위한 급구배 등판능력을 가진 비점착 추진 또는 별도의 점착능력을 향상시키는 것임.

급곡선, 급구배 철도차량시스템 핵심기술개발을 통한 저비용 및 고효율 확보



<급곡선, 급구배 주행을 위한 철도차량시스템 핵심기술 개발 방향>

2. 기술의 필요성

- 세계적으로 경제성과 운영효율성을 극대화하면서도 환경 친화적이면서 복잡한 도시환경에 적합한 스마트한 도시철도시스템에 대한 기술개발이 요구됨.
- 2010년 이후 철도 정책방향은 국민의 삶의 질 향상을 위한 인프라/안전 등 공공기반기술 위주로서, 정부의 역할이 상대적으로 중요하게 다루어 지고 있음. 또한 국내외 시장에서 이러한 트렌드를 반영하여 지속적으로 활발히 투자가 이루어지고 있음.
- 도시철도시스템의 진화되는 과정은 여러 단계로 변화되었음. 처음의 도시철도는 노면에서 운행하기 시작했으나 도시가 복잡해 짐에 따라 타 교통수단의 운행에서 걸림돌로 작용했고 이로 인해 교통 혼잡 유발, 소음과 진동 등의 문제점으로 인해 도시민의 혐오 시설로 전락하게 됨.
- 두 번째 단계로 소음과 진동, 도시혼잡 등의 문제를 해결할 수 있는 지하철로 트렌드가 바뀌게 되었지만 막대한 건설비, 유해한 미세먼지, 환승문제 등이 대두되었음. 그 다음으로 지하철의 문제점을 해결하기 위해 지하철에 비해 경제적인 고가 경전철시스템이 보편화 되었으나 수송수요에 비해 막대한 건설비, 도시미관 저해, 소음과 진동 등 모든 문제점을 해결하진 못함.
- 이러한 문제를 해결하기 위해서는 도시철도시스템 기술이 한 단계 더 발전해야 됨. 독일, 영국, 일본 등 철도 선진국에서는 세계 시장선점을 위해 새로운 도시철도시스템 기술을 확보하기 위해 꾸준한 연구투자를 하고 있음.
- 전 세계적으로 다양한 도시철도시스템이 도입·운영되고 있는 가운데, 최근 들어 경제적인 건설이 가능하면서도 도시미관, 환경소음 등의 여러 환경 요인과 급곡선, 급구배 등 제약조건이 많은 복잡한 도시환경 등 여러 복합적인 요인을 모두 고려할 수 있는 미래 친환경적이고 도시민에게 한층 더 친숙하게 다가 설 수 있는 “신개념(Fresh) 도시철도시스템 기술개발”이 필요함.
- 국가 교통분야의 정책적 방향은 고부가가치 녹색교통기술 육성으로 국가 성장동력을 창출하여 국토 통합 및 균형발전 및 글로벌 경쟁력 향상을 지향하고 있음.
- 국토해양부 R&D 정책적 추진방향은 저탄소 녹색 성장 견인을 위해 녹색기술 개발에 지속적인 투자와 시장 수요변화에 탄력적 대응을 위한 과제 발굴과 기획 고도화를 추진하고 있음. 이를 위해 지속적으로 투자비를 늘리고 있음.
- 국가 철도망 계획(2020년까지 88조 투입 정책)에 따른 철도 건설 예산 절감 및 효율적 투자를 위한 기술개발에 역점을 둠. 이는 철도 건설예산 절감을 유도하고 고효율을 지향할 수 있는 정책적 방향 설정임.
- 이를 위해 저탄소 녹색성장의 견인을 위해 녹색기술 및 미래핵심기술

“Green-Up 30”에 지속적으로 투자할 계획이며, 본 기획과제는 국가 R&D 정책방향에 포함되어 있음.

- 도심지내 도로 하부 지하공간을 이용하여 경제적으로 건설이 가능할 뿐만 아니라 도시미관, 환경소음 등의 여러 환경 요인과 함께 급곡선, 급구배 등 제약조건이 많은 복잡한 도시환경 등 여러 복합적인 요인을 모두 만족할 수 있는 기술개발이 필요함.
- 또한, 용인 구갈~전대리 18km 무인 경전철 시공 후 승객수요 재검증 결과 11만명이 과대평가되어 개통이 연기되는 문제점에서 확인할 수 있듯이, 도시철도 시스템이 효율적으로 운행되기 위해서는 건설·운영주체(지자체 혹은 민간)의 소요 비용을 최소화 할 필요가 있으며 이에 따라 적정 규모 산정을 통한 건설 및 유지보수비용이 최소화된 기술이 필요함.
- 급곡선 및 급구배 주행 성능을 갖는 차량기술과 급속시공, 소음진동저감, E&M 설비 최적화 및 슬림화 등의 저비용 인프라 기술 등 다양한 분야에 대한 연구를 통하여 경제적이며 최적의 시스템 도출이 요구됨.
- 전체적인 도시철도시스템의 연구방향은 도로 및 철도하중의 작용에 따른 지지구조에 설치됨에 따른 기존 지하매설물과의 처리 및 회피방안, 내진하중 지지 성능, 지하 콘크리트 박스 설치에 따른 강성차이로 부등침하 발생을 위한 접속부 성능 등에 대한 새로운 연구 대안이 필요함. 더불어 이에 맞는 차량 핵심기술이 개발되어야 함.
- 세계적인 기술발전 추이는 연구개발한 기술을 표준화하고 체계적으로 관리함으로써 고효율이면서 경제적인 도시철도시스템을 구축하게 되는 것이며, 이를 위해 도로와 동일한 조건에서 주행할 수 있는 핵심 기술이 필요함.
- 교통약자의 승·하차 및 승강장 설치로 건설비 절감을 위해 일반 승객뿐만 아니라 장애인 휠체어, 유모차 등 교통약자의 승·하차가 용이하도록 하기 위해서는 차량의 바닥 높이를 탑승장의 높이와 유사하게 낮추어야 하며, 이를 위해서는 차축이 없는 형태의 저상대차 기술개발이 필요함.
- 고속용 도심내 도로와 같은 곡선 조건에서도 차량의 주행 원활 국내의 도심내 곡선반경은 가혹한 (20~25m) 상태이므로 저상트램 차량의 원활한 주행이 가능하고 고속으로 주행하면서 차량의 하중을 지지하고, 횡방향 자유도가 최대한 확보할 수 있는 연구가 필요함.
- 에너지 소모의 최소화 및 유지보수성을 고려한 차량시스템 개발을 위해 운행시 에너지 소모 및 운영유지비를 최소화하기 위해서는 대차의 중량을 최소화 하여야 하는 관계로 대차시스템 경량화 및 1차, 2차 스프링 강성을 최적화 할 수 있는 기술개발이 필요
- 역사진입을 위하여 급구배 등판능력을 가진 추진 기술이 필요하고 이는 약 100%의 급구배 등판능력의 비점착 추진 또는 별도의 점착능력을 향상시키는

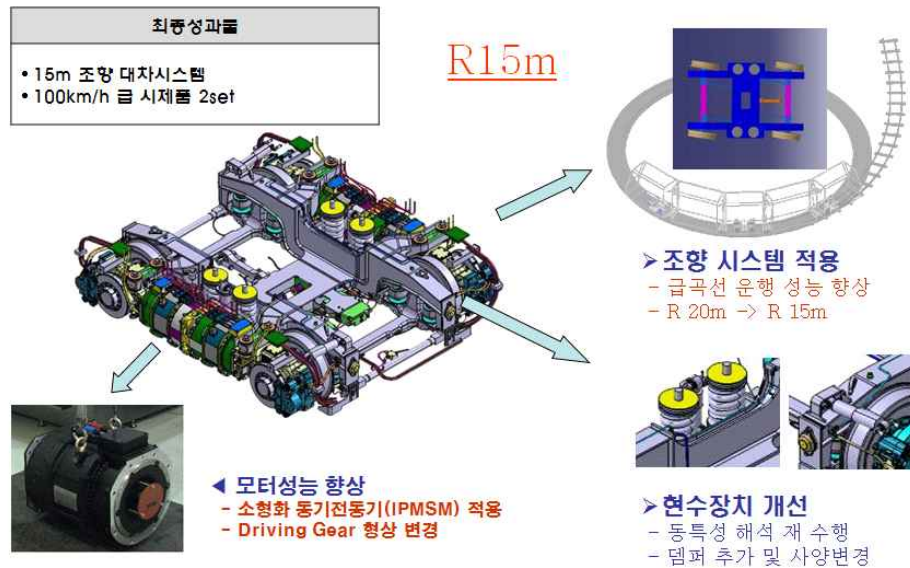
기술이 필요함

- 에너지 소모의 최소화 및 유지보수성을 고려하기 위해 운행시 에너지 소모 및 운영유지비를 최소화하기 위해서는 추진 장치의 중량을 최소화 하여야 하는 기술 개발이 필요함.
 - 국가 대중교통의 시장 정책적 방향은 도심 교통수단으로 환경 친화성과 수송효율이 높은 도시철도에 대한 수요가 급증에 대처하고, 도시의 미관을 해치지 않고 안전성이 확보 될 수 있는 새로운 철도시스템의 필요성에 대응하는 것임.
 - 국내 지자체(광주, 대전, 김포 등)에서는 철도 도입을 위해 적극적인 지원을 요청하고 있음. 이는 경전철시스템에서 보유한 도시미관, 소음, 건설비 과대 등을 해결 수 있는 신개념 기술을 요구하고 있음.
 - 급곡선/급구배 핵심기술과 신개념(Fresh) 철도 인프라 등 핵심기술개발은 조속히 추진되어야 하며, 신뢰성/ 안전성을 확보 후 실용화를 위한 노력이 필요함.
 - 또한, 급곡선 핵심기술에 있어서, 도시철도차량의 통과 최소곡선반경은 현재 100mR이나 기지 내 특정개소에 한정되며, 실 운용선로상 주요 급곡선은 300mR 곡선이 주류를 이루고 있음. 현재 운용 중인 도시철도차량은 조향성능 미흡으로 급곡선에서의 차륜/레일 마모, 소음 발생, 분진으로 인한 기기 고장 유발 등의 문제를 유발하고 있음. 이는 결국 차량유지보수비용 증가, 차량 가용성 저하, 민원 발생 등의 경제적, 사회적 문제점을 초래하여 이에 대한 근원적인 해결방안으로 도시철도차량용 능동조향기술 개발에 대한 별도의 연구개발이 필요함. 이에 대해선 :도시철도차량용 능동조향대차 기술개발 기획연구“로 기획된 바 있으므로 기획내용은 해당 기획보고서 참조
- ※ 기획과제 “도시철도차량용 능동조향대차 기술개발 기획연구(2011.8, 한국건설교통기술평가원)”

3. 세부과제별 기술 정의

- 급곡선 주행성이란 도심내 도로와 같은 곡선 조건에서도 차량의 원활한 주행이 가능한 것으로서, 도심내와 동일한 선상(최소곡선반경은 15~20m)에서 운행이 가능한 것임

④ 급곡선 기술(정성적 정량적 성과물 그림)



- 급구배 주행성이란 100%의 급구배 등판능력으로서, 이는 경사가 심한 도로와 동일 선상에서 운행하기 위한 급구배 등판능력을 가진 추진 기술임

2절. 기술분류 및 내용

1. 기술 분류

구분	중분류	소분류
급구배, 급곡선, 차량시스템 기술 개발	급곡선 기술	▪ 주행 동특성 분석 기술 ▪ Active suspension 설계 기술 ▪ 대차 기구학적 설계 기술 ▪ 동력전달 장치 설계 기술 ▪ 주행 성능평가 기술 ▪ 스프링장치 최적화 기술 ▪ 급곡선 통과시 탈선방지 기술
	급구배 기술	▪ 공심형 LSM 설계/해석기술 ▪ 공심형 LSM 제어/냉각기술 ▪ 추진장치 성능시험평가 기술

2. 기술 내용

□ 급구배/급곡선용 차량시스템 기술

- 급곡선 기술 : 급곡선 주행성 연구를 위해서는 주행 동특성 분석, Active suspension 설계, 대차 기구학적 설계, 동력전달 장치, 주행 성능평가, 스프링장치 최적화 및 급곡선 통과시 탈선방지 기술 등이 필요함
- 급구배 기술 : 100% 이상의 급구배 주행을 위해서는 공심형 LSM 설계/해석/제어/냉각기술, 추진장치 성능시험평가 기술 등이 필요함

2장. 국내외 동향 및 환경 분석

1절. 국내외 정책 동향

1. 국내 정책동향

- 국토해양부에서 추진하고 있는 철도 정책은 녹색 교통 구현을 위한 철도 인프라 확충을 주 내용으로 비용절감, 첨단 철도기술 개발 및 해외 진출 활성화 등을 목표로 하고 있음[국토해양부 교통정책실 철도정책 2010].
 - 녹색 교통을 구현하는 철도 인프라 확충: KTX서비스를 전국적으로 확대하고, 광역/도시 철도 및 저비용 고효율 철도물류 인프라를 확충할 계획임.
 - 철도 건설/운영 전반의 비용 절감화 및 효율화: 비용 절감을 위해 계획 설계 과정과 관설 과정의 비용을 절감할 수 있는 방안을 지원할 계획임.
 - 첨단 철도기술 개발과 해외진출 활성화: 첨단 철도 차량 기술 개발, 철도 신호 / 궤도 기술 선진화를 통해 해외 진출을 활성화 하고자 함.
 - 쾌적하고 안전하고 편리한 이용환경 조성
- 광역도시철도와 관련하여 2012년 현재 국토해양부에서는 속도경쟁력을 갖춘 효율적 광역·도시철도망 구축을 목표로 정책 방향을 수립하였음[국토해양부 광역도시철도정책 2012].
 - 빠르고 편리한 도시교통 실현: 광역도시철도 지속 확충 및 개통을 마무리하고, 수도권 광역급행철도 본격 추진할 계획임.
 - 수요자 지향 생활철도 구현: 환승역 이동편의시설 및 장애인 승차 편의 개선 등 도시철도 편의시설을 개선할 계획임.
 - 미래도시철도 성장 동력 육성: 지하·지상부문 안전대책을 강구하고, 미래형 도시철도 차량 개발을 추진할 계획임.
 - 철도 건설, 운영 효율성 구현: 도시철도법 전부개정 및 광역철도 제도를 개선하고, 경전철 민간투자사업 제도를 개선할 계획임.
- 국토해양부의 철도정책 및 광역도시철도정책에 나타나 있는 정책 방향은 건설비용을 절감하고 효율적인 운영이 가능할 뿐만 아니라 쾌적하고 안전하며 편리한 도시철도 이용이 가능하고 환경친화적이며 승객친화적인 “급구배/급곡선 철도시스템 기술개발”과 정책적으로 매우 부합됨.

- 서울과 도시 철도시스템이 잘 발달된 동경을 비교해 보면 두 도시가 비슷한 면적의 조건에서 (서울 605km², 동경 621km²) 도시철도의 연장은 서울 362km, 동경 704km, 이며, 도시철도 밀도는 서울 0.598km/km², 1.13km/km²임. 특히 철도의 수송분담율 측면에서 보면 서울 34.8%, 동경 64.1%로 압도적인 차이를 보임. 이러한 원인으로 두 도시의 개인별 승용차 보유는 서울 0.28(대/인), 동경 0.19(대/인)의 결과를 초래함.
- 도시교통시스템은 도시의 특성에 맞게 설계 및 적용 되어야 함. 예를 들어 서울의 경우 강북과 강남의 도로망 형태(강남 그리드, 강북 혼합형)가 서로 다른 패턴이며 유동인구의 특성, 지표면의 특성 등 다양한 요인들이 차이날 수 있음.
- 이처럼 도시환경에 따라 도시교통 수단은 선택적으로 적용되어 대중교통 적용에 따른 부작용을 최소화 하여야 함.
- 서울시에 기 설치된 도시철도 시스템의 또 다른 특징을 살펴보면 도심지내 교통수단의 증가로 인하여 후발로 건설되는 철도시스템은 고심도 추세임.(※ 지하철 1기 역사 평균심도: 14.5m, 2기 역사평균심도: 22.1m)
- 고심도화 되는 추세에 따라 건설비가 크게 증가하고 있음. 또한 도시철도 역사에서 최장 거리 환승구간은 5호선에서 1호선을 잇는 종로3가역으로 315m이며 최장 환승시간은 노원역 7호선에서 4호선으로 5분 10초가 걸고, 환승거리가 50m 이상인 구간은 41개 구간으로 환승거리 및 시간의 증가로 이용객의 불편이 가중되고 있어 이를 해결하기 위한 정책방향의 수립이 요구됨.



<환승거리 500m이상(종로3가)>



<환승시설이용 혼잡사례(사당역)>

<환승 시 이용객의 불편>

- 국토해양부의 철도 R&D 추진방향은 국가철도망계획(2020년까지 88조 투입)에 따라 철도건설 예산절감을 위한 기술개발과 철도시설 유지보수, 관리 시스템 등 운영효율성 제고기술 개발에 집중하는 것을 계획하고 있으며 저탄소 녹색성장 견인을 위한 녹색기술 개발에 지속적으로 투자할 계획으로 있음.

- 기초·원천 연구역량 강화로 핵심기술의 해외의존을 탈피하고자 하는 정부의 의

지를 반영하고 있음.

- 창조형 혁신을 주도할 핵심 과학기술인재의 양성·활용과 창의적·도전적 연구지원 강화를 목표로 하는 방향과도 부합하고 있음.
- 정부에서 계획하고 있는 2013년까지 85%의 선진국 대비 기술력 달성 및 세계 7위의 철도시장 점유 목표 달성, 2018년까지 90%의 기술력 달성 및 세계 5위의 점유 목표 달성을 위해서는 기술 추종형 연구개발이 아닌 기술 선도형 연구개발이 반드시 필요함.



- 『도시철도차량의 성능시험에 관한 기준』(국토해양부고시 제 2009-641호)에서 도시철도 차내 실내 및 실외소음에 대하여 규정하고 있으며, 도시철도차량에 대해서도 이에 부합하도록 기술 개발이 필요함.
- 친환경적인 철도 교통의 수용 용량 증가와 특히 온실가스 저감을 위한 다양한 철도 관련 지원 정책들이 세계적으로 추진되고 있음. 철도분야에서 유도급전 및 배터리 기술을 적용한 친환경적인 미래형 전기철도 시스템 개발을 위한 해외 선진국들의 R&D 투자 증대되고 있으며 국내에서도 정부 및 지자체의 친환경, 저비용, 고효율 수송시스템에 대한 관심이 고조되고 있음.
- 국가기간교통망 계획 제19조2항에는 국가교통기술개발계획을 수립하도록 명시하고 있고 제21조3항에는 신교통기술의 지정과 활용에 대해 설명하고 있으며 제21조4항에는 신교통기술의 시범사업 계획에 대한 근거를 제시하고 있으므로 이러한 법 조항을 기초로 새로운 미래형 철도차량 추진시스템의 개발이 필요함 (교통체계효율화법시행령([시행 2010.1.7] [대통령령 제21985호, 2010.1.7 전부개정] 주요내용 中))
- 정부가 추진하고 있는 녹색성장 정책은 에너지 소비절약/사용 효율화, 저탄소·친환경 인프라 구축, 녹색기술에 대한 R&D 투자, 신 재생에너지 등 녹색산업 육성 및 수출 산업화, 세계시장 선점 지원 등이 핵심임. 철도차량용 급구배 추진시스템 개발은 이런 정부의 녹색 성장 정책과 매우 부합되는 새로운 사업임.

2. 국외 정책동향

- 유럽은 2007년 브뤼셀 협의를 통하여, 철도시스템의 최종 소음저감 3dB(A) 목표로 관련 기준 및 저감대책 도출을 위한 연구 진행
- 해외 철도 정책은 일반적인 철도정책 보다 경전철과 수송 분야에서 환경 친화적인 솔루션으로 부각되고 있는 철도에 대한 각국의 철도 정책에 대한 내용을 분석하였음(참고문헌: 해외 기후변화대응 철도 정책 분석을 통한 국내 기후변화대응 철도정책 방향제시(강승우 등, 2009)).
- 도심철도용 트램 차량의 형식은 기존의 축이 있는 대차에서 100% 독립차륜형(시장점유율 23%)으로 확산되고 있는 상태이며, 2009년도 독립차륜형 대차의 구매를 확정된 주요 도시들 중 브레멘, 뒤셀도르프, 쾰른 등은 주문자 요청에 의해 각자 독특하고 특정한 Tailor made 구매를 선택하였으며, 암스테르담, 브뤼셀 등은 Combino와 City runner와 같이 반-표준화된 모델을 선택하였음.
- 유럽연합의 철도부문의 최근 정책들은 도로부문 수요를 비도로 부문으로 전환하는 정책임. 대표적으로 'Revitalization of Railways'와 'Promotion of Intermodal Freight Transport' 의 2가지 정책이 있음.
- Revitalization of Railways 에서는 유럽 철도 네트워크 통합을 통한 철도의 수송비중 증대를 위한 5가지 전략을 내세웠음. 그 정책으로는 첫째, 안전도 인증을 통해, 철도의 안전성을 개선하고 모든 철도회사들은 유럽 철도 네트워크에서 철도를 운영하기 위해 안전인증을 확보하도록 함. 둘째, Directives 96/48과 2001/16을 통해 Interoperability의 기본원리들을 보장함. 셋째, 효율적인 운영기구인 the European Railway Agency를 설립한함. 넷째, 철도물류시장의 개방을 확대하고 가속함. 마지막으로, OTIF(the Intergovernmental Organization for International Carriage by Rail)에 가입하는 것임. 이러한 5가지 전략을 통해 유럽연합에서는 철도 물류의 비중 증대에 힘쓰고 있음.
- 'Revitalization of Railways' 외에도 'Promotion of Intermodal Freight Transport'라는 정책으로 인터모달 물류교통 증대정책이 있음.
- 본 정책의 일환으로 유럽 의회는 2002년 2월 4일, 인터모달 물류 교통을 지원하기 위해 Marcopolo 프로그램을 제안하였음. 본 프로그램은 가능한 도로물류 대신책이 될 수 있는 새로운 국제솔루션을 재정적으로 뒷받침함.
- 연간 120억톤-킬로미터의 증가율이 예상되는 혼잡한 도로부문 물류를 철도로, 단거리 해상물류와 내륙수로 등의 친환경 교통수단으로의 전환을 도와줌. 교통협의회는 2002년 12월 5일, 마르코 폴로 프로그램에 대해 정치적 합의를 이루었고, 마르코 폴로 프로그램은 2003년-2006년 7,500백만 유로를 지원했음.

- EU에서는 연구예산이 2천만 유로에 달하는 MODURBAN 연구 프로그램을 통해 차세대 자용 유도궤도 차량 연구 개발을 목적으로 메트로와 경전철을 포함하고 있는 도시철도 연구 과제를 추진하고 있음.
- 프랑스의 철도부문 최근 정책은 유럽의 정책과 같은 방향으로써, 도로교통을 철도교통으로의 대체에 초점을 맞추고 있음. 'Grands chantiers de transports complémentaires à la route' 정책은 도로교통 대체를 위한 교통 개발 프로젝트로써, 특히 TGV 네트워크의 확장이 주요사항임. TGV 네트워크 확장을 위해서 재정, 건설, 새로운 고속도로의 개통을 가속화 하고 현재, 3개의 추가 TGV 고속철 노선을 동시에 진행 중에 있음.
- 영국의 철도정책은 철도부문의 수송용량을 늘리고 철도로의 수송모드변환, 철도자체의 온실가스 배출량 저감으로 요약할 수 있음.
- 영국 정부는 R&D 에 대한 투자 지원을 통하여, 철도산업체들이 저탄소 차량 개발을 할 수 있도록 지원하고 있음. 철도 물류의 경우 1995/96년에 비해 톤-킬로미터 단위로 계산 시 55퍼센트의 성장률을 보이고 있음. 정부는 현재 매년 800,000 대의 화물자동차를 대체하기 위해 2천만 파운드를 투자하고 있음.

□ 아시아에서도 아래와 같이 일본과 중국을 중심으로 주요 철도 정책을 수립하여 추진하고 있음.

- 일본의 철도분야 기후변화 대책은 철도 자체의 에너지효율 향상 및 물류 효율화로 구분됨. 철도의 에너지 효율 향상을 위해 2010년까지 1995년 대비 에너지 소비 원단위를 약 7% 감축을 목표로 하고 있음.
- 물류 효율화를 위해서는 철도 및 해운화물운송 추진과 국제 컨테이너화물 등 국내 육상운송거리 감축을 위해 항만정비, 트럭의 적재효율향상, 트레일러화 및 차량 대형화 촉진, 물류 정보화 등을 추진하여 물류를 효율화하고 CO2배출을 억제해야 함.
- 또한, 철도화물의 인프라 정비, 효율적인 철도화물 집배시스템구축, 선박적재량 조정, 국제해상터미널 정비. 트럭 적재 효율화를 빠른 시일 내에 50% 향상시킬 목적으로 자영(自營)전환, 공동 집배 및 수송 등의 여러 대책을 적극적으로 추진하고 있음.
- 중국의 경우 [중장기 철도망 건설계획]에 의거 2020년 까지 4종 4형의 여객전용선 건설을 통해 전 국토를 거미줄처럼 연결하여 국토의 균형 발전을 꾀하고 있으며, 철도 속도 증강을 통해 철도가 경제도약의 원동력이 될 수 있도록 철도 정책을 추진하고 있음. 도심 내 이동의 경우 지하철과 경전철을 주요 수단으로 추진 중 임.

2절. 국내외 시장 현황 및 전망

1. 국내 시장 현황

□ 국내 시장 규모 및 전망

- 국내 경전철 시장의 경우, 의정부와 용인, 광명 등 전국 21개 지자체들이 연계 교통망 확충을 위해 13조 8810억 원 규모의 경전철 사업을 추진 중이고, 현재 전국적으로 78개 노선의 경전철이 추진 및 계획 중에 있음.
- 건설비 및 차량 구입비와 유지 보수 경비를 감안할 경우 향후 10여 년간 최소 60조원 이상의 시장 규모로 추산됨(문화일보, 2005년 5월 24일자).
- 서울시는 2014년부터 단계적 개통을 목표로 경전철에 대한 계획을 수립하거나 검토 중에 있음.
- 서울시는 총 건설비(4조8,503억원) 중 28%(1조4,090억원)만을 부담 나머지는 민간자본을 유치할 계획이며, 도시철도기본계획(국토해양부, 2011. 11. 12)에 따른 경전철 공사 계획은 다음과 같음.

<서울시의 경전철 건설 계획>

번호	노선명	연장(km)	총사업비(억원)	공사비(억원)	차량	진행현황
1	우이-신설선	11.4	6,961	5,724	AGT(지하)	2013년 완공 예정
2	우이-신설 연장선	3.5	2,277	1,872	AGT(지하)	도시철도기본계획 확정
3	신림선	7.7	5,390	4,300	AGT(지하)	도시철도기본계획 확정
4	면목선	9	6,300	4,950	AGT(지하)	도시철도기본계획 확정
5	서부선	12.5	8,750	6,875	AGT(지하)	도시철도기본계획 확정
6	동북선	13.2	9,240	7,260	AGT(지하)	도시철도기본계획 확정
7	목동선	11.9	7,490	5,500	AGT(지하)	도시철도기본계획 확정
8	DMC(상암)	6.5	2,000	1,300	모노레일(고가)	도시철도기본계획 확정
9	금전선	7.2	5,200	4,100	AGT(지하)	서울시 검토 중
10	홍제-길음선	8.7	6,100	4,900	AGT(지하)	서울시 검토 중
11	시청-은평선	11.4	7,980	6,270	AGT(지하)	서울시 검토 중
12	송파 노면전차	5.5	2,000	1,200	노면전차(지상)	서울시 검토 중

- 경기수도권에서는 이미 활발히 경전철 사업이 진행 중이고, 수원시, 부천시, 고양시, 파주시 등에서는 일부 구간에 대한 기본 계획을 수립하고 있음.
- 경기 수도권에서 진행 중인 경전철 사업은 다음과 같음.

〈경기수도권의 경전철 건설 계획〉

번호	노선명	연장 (km)	총사업비 (억원)	공사비 (억원)	차량	진행현황
1	용인선	18.8	6,970	5,553	LIM(고가)	공사완료, 개통 준비중
2	의정부선	11.08	4,750	3,489	고무차륜 AGT(고가)	공사중
3	광명선	10.3	4,512	3,400	고무차륜 AGT(고가)	실시협약완료
4	수원선	18.7	9,419	6,700	노면전차 (지상)	기본설계 준비중
5	김포선	25	14,000	12,560	AGT(지하)	예비타당성 조사 진행중
6	고양선	11.4	5,300	3,700	모노레일 (고가)	전격성 심사중
7	성남선	20.7	7,556	5,605	노면전차 (지상)	예비타당성 조사 진행중
8	인천 자기부상	6.1	4,140	3,400	자기부상 (고가)	건교부 시범 사업
9	인천 월미도선	6.1	830	760	모노레일 (고가)	재정 사업
10	시흥선	14.5	6,775	5,600	AGT(고가)	예비타당성 조사 진행중
11	인천 2호선	29.2	6,000	5,000	AGT(고가)	공사중

- 부산, 울산 등 수도권 이외의 지방에서도 아래와 같은 경전철 사업이 공사 중이거나 계획 중에 있음.

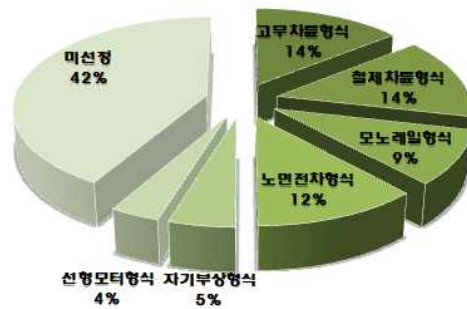
기타 지방권의 경량전철 건설 계획

번호	노선명	연장 (km)	총사업비 (억원)	차량	진행현황
1	부산 반송선	12.7	10,492	K-AGT (지하, 고가)	운행중
2	부산 김해선	23.7	7,742	철제 차량(고가)	운행중
3	부산 초읍선	7.3	2,890	AGT(고가)	현상 중단
4	대구 3호선	23.9	11,100	모노레일(고가)	공사중 (재정사업)
5	대전 2호선	30.8	15,204	AGT(고가)	대전시 검토중
6	울산 1호선	11.3	4,268	노면전차(지상)	기본 설계 진행중
7	광주 2호선	41.7	17,394	AGT(지하)	적격성 심사중
8	천안선	12.3	4,898	K-AGT(고가)	기본계획 수립완료

국내 경전철 계획 현황 : 84개(60조 규모)



고가 : 38%, 지하 : 20%, 미선정 : 42%



* 경전철 건설 수요 분석결과(2012년 철도연)

<국내 경전철 건설 현황 및 수요 분석>

□ 수도권 통행 수단 분담률

- 수도권의 철도 수단분담률은 매우 낮은 수준으로 2006년 수도권 가구통행실태 조사 자료에 따르면 전철 또는 철도를 교통수단으로 이용하는 통행이 전체 통행량의 7.9%에 해당하는 것으로 나타남.
- 수도권 철도 이용이 낮은 원인은 철도 인프라 부족으로 수도권과 비슷한 규모의 인구와 면적을 가진 선진국에 비해 철도 인프라가 상당히 부족한 것으로 조사됨.

<수도권 통행 수단 분담률>

단위 : %

구 분	승용차	버스	전철/철도	택시	자전거	기타
경기도 전체	49.9	27.0	7.9	5.4	1.5	8.3
경기 서울간	45.3	23.5	20.1	3.7	0.2	7.2
경기 경기간	50.4	29.9	2.7	6.7	2.2	8.1

<세계 주요 대도시권 철도망 비교>

구 분	수도권	동경권	파리권	런던권
인 구	2,222만명	3,258만명	1,103만명	1,196만명
면 적	11,753km ²	13,143km ²	12,011km ²	10,385km ²
고속도로	513km	991km	782km	343km
철 도 망	504km	3,128km	1,602km	2,125km
도시철도	312km	249km	115km	392km
광역철도	192km	2,879km	1,487km	1,733km

□ 광역시 통행 수단 분담률

- 도시철도가 운행되고 있는 광역시 통행 수단 분담률 조사 결과 부산과 인천을 제외한 모든 지역에서 10% 미만의 분담률을 보이는 것으로 나타남.

<광역시 통행 수단 분담률>

단위 : %

구 분	승용차	택 시	버 스	지하철	기 타	합 계
부 산	26.7	38.5	18.1	16.7	-	100
인 천	42.1	5.8	28.4	15.2	8.5	100
대 구	27.0	24.2	12.0	7.2	29.5	100
대 전	56.3	12.9	27.8	3.1	-	100
광 주	30.6	16.9	37.9	2.2	12.4	100

□ 도심지의 교통난이 가중되고 환경 및 에너지 문제가 심각해질수록 건설비와 운영비가 저렴한 경전철 사업에 대한 관심이 커지고 관련 시장 규모가 증가할 것으로 전망됨. 또한, 민자사업(BTL, BTO, Turn Key등)이 확대되고 있으며, 민자사업의 특성상 일정기간동안 운영에 의한 수익을 창출해야 하기 때문에 경제성과 시공성이 높은 기술에 대한 수요가 늘어날 것으로 전망됨.

○ 급곡선은 오랜 철도기술의 발전사에서 해결되지 못한 가장 큰 문제점으로 들 수 있으며, 그로 인한 철도차량의 승차감과 안정성 저하, 그리고 부차적인 유지 관리 비용의 증가는 반드시 해결되어야 할 사항임. 아직까지 국내의 경우 해외 선진국에 비해 조향시스템 분야에서 축적된 기술력이 크지 않은 만큼 기술적인 격차를 좁히기 위한 연구개발이 더욱 요구됨.

○ 국토해양부에서 발표한 KTX 고속 철도망 구축 방안과 관련하여 KTX 주요 거점 역 뿐 아니라, 고속화 노선의 계획도 추진 중임. 이러한 국내 철도 노선의 고속화에 맞추어 고속 주행이 가능하면서 도심 내에서 손쉬운 승객의 접근이 가능한 철도시스템에 대한 연구가 필요하며, 저상대차시스템을 적용한 차량시스템을 우선적인 기술 확보가 필요함.

○ 국내의 10여개 지자체에서 저상차량용 철도시스템을 도시 내 혹은 지역 교통망으로 적용하기 위한 활동을 전개 중임. 이 중 일부 지자체의 경우 트램 도입 시점에서 인근 중소 도시 혹은 인근 경제 권역과의 통합을 위해 도입 초기부터 저상차량시스템용 개념적 접근을 요구하고 있음.

○ 저상 대차 기술은 현재 무가선 저상 트램 기술 개발 과제를 통해 진행되고 있으며, 이는 트램-트레인의 실현을 위한 고속 저상 대차 기술의 확보가 시급함.

○ 리니어 추진장치는 추가적인 기계장치 없이 선형운동을 할 수 있다는 장점으로 리니어 전철 및 자기부상열차 등에 주로 적용되어 왔으며, LIM을 이용하는 철도차량은 터널단면적 축소 등의 공사비 저감, 급구배 등판능력 등의 노선선정

용이성으로 인하여 향후 시장 규모는 계속 증가할 것으로 보임

- 현재 기계연구원에서 연구개발된 도시형 자기부상열차의 추진방식도 선형유도전동기를 통해 얻고 있으며, 이외 봄바르디아에서 용인경전철에 선형유도전동기를 적용한 경전철 시스템을 구축한 바 있음



<기계연구원의 도시형 자기부상열차>



<용인경전철>

2. 국외 시장 현황

□ 해외 시장 현황 및 전망

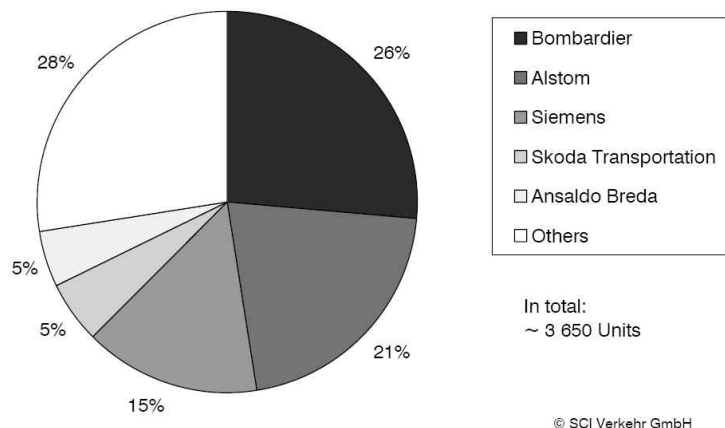
- 경량전철은 유럽을 중심으로 하여 일본, 싱가포르, 말레이시아, 미국, 캐나다 등지에서 운행 중이며, 기존 지하철의 연결을 통한 교통망 구축, 환경정책과 교통혼잡 문제 해결, 신 개발지역과 도심과 연결을 주목적으로 하여 도입되고 있음.
- 세계 경전철 시장은 Bombardier, Alstom, Siemense가 분할하고 있으며 70% 저상형 시장은 Bombardier가, 100% 저상형 시장은 Alstom에서 주도하고 있으며 중장기적으로 유럽 및 미주시장에서의 수요 확대가 이루어 질것으로 예측됨.
- 차량의 형식은 기존의 70%저상형 (시장 점유율67%)에서 100% 저상형(시장점유율 23%)으로 확산되고 있는 상태 2009년도 트램의 구매를 확정된 주요 도시들중 브레멘, 뒤셀도르프, 쾰른 등은 주문자 요청에 의해 각자 독특하고 특정한 Tailor made 구매를 선택하였으며, 암스테르담, 브뤼셀 등은 Combino와 City runner와 같이 반-표준화된 모델을 선택함.
- 세계 주요 차량 제작사들은 Ansaldo의 Sirio family 표준 모듈차량은 전두부와 실내디자인을 수요처의 요구사항에 적합한 맞춤형 생산을 하고 있으며, Bombardier에서는 City runner와 Flexity, Cobra 등의 차종을 시장에 내놓고 있음.
- Siemens는 기존의 Combino 클래식의 차종이외에 Avenio을 중점 모델로 마케팅 하고 있음. 후발주자로 들어선 CAF, Stadler, SKODA 역시 각자 모델을 개발하여 시장에 내놓고 있음.
- 현재 독립차륜형 저상 대차 적용을 성공적으로 수행한 나라는 독일과 프랑스로서 최근 개통된 프랑스의 T4라인의 경우 기존 T1-T3라인이 RATP에서 운영

하여 도시 내부 교통으로서의 역할을 담당하였던데 반해, SNCF가 운영을 하면서 도시 교통망과 광역 교통망의 연결이 가능하게 되됨.

- 활용 가능한 분야는 트램-트레인이며, 이를 적용하기 위한 고속 대차의 경우, 기존 Tram이 가지고 있는 기술적 제약을 극복해야 함. 고속 및 독립차륜형 저상대차가 적용될 차량시스템은 다음과 같은 요구사항을 만족하도록 설계 되어야 함.
- 고속 저상 대차의 기술은 기존 도시 주행용 트램에 비해 훨씬 높은 강도의 설계가 요구되며, 고속 주행에 따른 안전성 확보가 핵심 기술이 됨. 특히, 도심 주행을 위해 적용되는 저상 구조와, 작은 휠 직경 및 구조적 특성들은 광역 철도망과 병행하여 운행되기 위해 여러 가지 추가적인 요구사항이 발생됨.
- 급곡선 및 고속 저상 대차 기술을 적용한 차량은 Bombardier사의 Flexity Link와 Bombardier-Adtranz의 A32차량 (부분저상), Alstom사의 Regio-Citadis, Dualis 등임.
- 스페인에 적용할 Alstom사의 차량은 RegioCitadis의 변경모델이 아닌 2004년에 합병된 VOSSLOH의 독자 모델의 성격을 가지고 있으며, 부분저상을 채택한 최고속도 110km/h의 고속 저상 대차 모델임.



Worldwide delivery by Manufacturer LRV 2006-2010 [Number of Units]



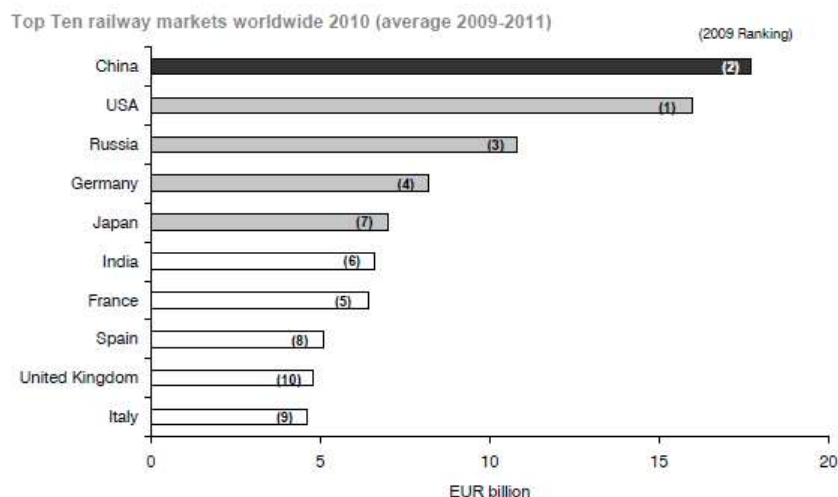
< 경전철(LRV) 차량시스템 제작사별 market shares >

<전세계 경전철 신규생산 추이>

Light Rail Vehicles: New Vehicles			
Region	Current market volume new vehicles p.a. (EUR millions)	Average market development 2010-2015 (in % p.a.)	Volatility of market development 2010-2015 (in % total)
Western Europe	970	+5.6	7.0
Eastern Europe	400	-14	50
North America	180	+22	70
South/Central America	15	+30	190
Asia	70	+20	60
Africa/Middle East	170	-18	35
CIS	240	-17	38
Australia/Pacific	15	+38	110
Total	2 060	+3.2	9.3

© SCI Verkehr GmbH

- 경량전철은 환경정책 및 교통 혼잡문제를 해결하는 핵심적인 대안으로 개발되어 실제로 상용노선에서 괄목할 만한 실적을 올리고 있으며 전 세계 경량전철 시장의 규모는 연간 1조 4천억 원 수준으로 매년 6% 내외의 증가율을 나타내고 있음(김정태 2009).
- 국외는 중국, 미국을 중심으로 철도시장이 형성되고 있으며, 현재 대표 도시교통수단으로 각광받고 있는 경전철시스템에 대하여서도 세계 신규 경전철 차량 생산 추이에서도 보듯이 경전철 시장이 지속적으로 성장하고 있음.
- 현재 여러 국가에서 다양한 경전철시스템이 운영 및 건설 중에 있고, 향후에도 그 시장은 확대되는 추세에 있음. 상기 철도시장의 톱을 달리고 있는 중국의 경우에도 가까운 장래에 경전철시스템이 도입된다면 매머드급 시장이 형성될 것으로 판단됨.



< 2010년(2009년-2011년 평균) 세계 Top 10 철도 시장 >

(출처: The worldwide market for railway technology 2010, SCI Verkehr GmbH)

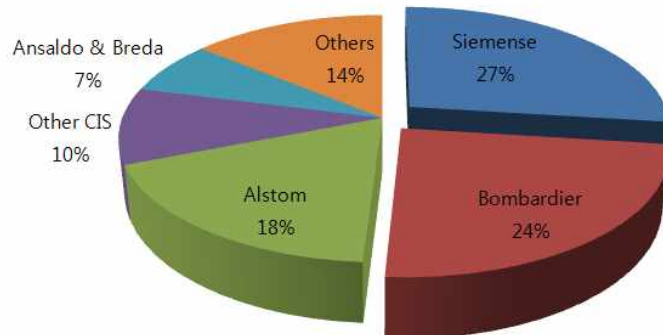
□ 세계 각 지역에서의 경량전철 시장 추이는 다음과 같음(The Worldwide Market for Railway Technology 2007-2100, SCI Verkehr, 2006).

- 서유럽은 세계에서 가장 큰 LRV 시장임. 다수의 새로운 프로젝트로 프랑스는 최근 (국가적으로) 가장 큰 시장이며, 지금 까지 가장 큰 시장이었던 독일 시장은 최근 잠시 침체를 보이고 있음. 최근 사업은 주로 교체조달을 포함하고 있으며, 향후에는 푸랑크푸르트와 베를린 등에서 계획되고 있는 신규프로젝트가 새로운 시장의 역동성을 가져올 것임.
- 동유럽의 많은 국가들의 노후 차량에 대한 수요가 매우 많으나, 현재의 조달 능력이나 재정이 부족하여 교체에 어려움을 겪고 있음. 터키에서의 LRT 붐이 일어나고 있어 신규 개발프로젝트와 성능개선 프로젝트가 계획 되고 있으며, 추가적으로 많은 국가들이 EU에 가입하게 되어, 신규 차량과 노후 차량의 재생에 대한 수요가 늘어날 것임.
- 현재 아시아에서는 대부분의 국가에서 LRT 시스템이 대중교통 수단에서 주요한 수단이 아님. 백만을 넘는 거주자가 살고 있는 130개 아시아의 도시 대부분이 여전히 도시내부에 열차 시스템을 갖고 있지 않고 있어서 그 잠재성이 매우 높은 시장임. 현재 중국, 일본, 홍콩, 인도 등이 가장 큰 시장으로 보이며, 이런 대부분의 나라에서 LRT 시스템 건설계획을 갖고 있지만, 구체적인 시간계획은 정해져 있지 않은 실정임.
- 미국의 LRV 시스템은 과거에 급격한 증가를 경험하였으며, 신규차량에 대한 수요가 2011년 까지 약간 감소할 것으로 예상됨. 이는 대부분의 신규 개발프로젝트와 업그레이드 프로젝트가 완성되었기 때문임. 중남미의 대다수 나라들이 새로운 LRT 시스템을 계획하고 있지만, 2011년이나 이루어질 것으로 예상되고, 중동 및 아프리카 지역은 매우 작은 시장규모로서 3가지 시스템만이 운행되고 있고 신규 개발이 예루살렘, 알제, 리야드에서 이루어지고 있음.
- 해외 경량 전철 시장에서 각 시스템 별로 차지하는 비중을 살펴보면 AGT는 13%, LIM은 1.4%, 모노레일은 9.4%에 불과하며, 나머지 76.2%를 노면 트램이 차지하고 있으며 운행하고 있는 도시는 334개 달하고 있음(한국철도기술연구원 2007).
- 경량전철 제조자는 전통적인 차량 제작사와 화차 제작사를 포함하며, 이중에서 Bombardier, Alstom, Siemens 가 가장 크며, 이 밖에 Skoda, Ansaldo, Breda, 러시아 등의 지역 제작사가 있음. SCI Verkehr의 분석 결과에 따르면 현재까지 Siemens와 Bombardier가 세계 시장을 지배하고 있으나 양사는 최근 시장 점유율을 잃고 있음.
- 몇 년 전까지만 해도 두 개사는 시장의 2/3정도를 차지하고 있었지만, 최근에는 모든 납품의 반 정도를 공급하고 있음. Siemens의 시장 점유율은 북아메리카와 아시아 이외의 주문이 없음에 따라 지속적으로 떨어질 것임. 반면 Alstom

은 점유율을 높여가고 있으며 최근은 서유럽 경량전철 차량의 주요 공급자이기도 함.

- 작은 차량공급업체는 시장에서 위치를 굳건하게 할 수 있도록 해오고 있으며, 점유율은 한자리 수이지만 앞으로 성장할 예정이며, SCI Verkehr 는 동유럽 제조업체가 시장 점유율을 높일 것으로 예측하였음. 아래 그림은 2002 - 2006 사이 시장 점유율을 보여주고 있음.

2002 - 2006년 사이 시장 점유율



< 그림 차량 제작사별 경량전철 시장의 점유율 >

출처 : Maria Leenen 외, < The Worldwide Market for Railway Technology 2007~2100>, SCI Verkehr

GmbH, 2006.10

*CIS: Commonwealth Independent States(독립국가연합)

- 현재 일본에서는 지하구간 터널 공사비 절감에 큰 효과가 있는 선형유도전동기를 이용한 리니어 전철이 상용화되어 도쿄, 후쿠오카, 오사카 등에서 운행 중임.



<도쿄의 리니어 전철>



<후쿠오카의 리니어 전철>

- 일본의 리니어전철과 더불어 캐나다 봄바디어사의 리니어 전철이 세계 시장을 양분하고 있으며, 미국의 JFK공항선, 말레이시아 쿠알라룸푸르, 캐나다 밴쿠버, 중국 북경, 한국 용인 경전철에 봄바디어의 리니어전철이 상용 운행되고 있음.



<세계의 리니어 전철>

- 지하구간 터널 공사비 저감 및 급구배 등판을 위하여, 향후 이러한 추세는 계속 증가할 것으로 보임.

□ 세계 경전철 차량시스템 비교 분석

형식		고무차륜AGT							철제차륜AGT		모노레일(과좌식)			
모델명		Crystal Mover	INNOVIA	K-AGT	Neihu Line	VAL208	유리카모메	차세대 APM	Ansaldo LRT	Rotem LRT	히다치 대형	히다치 표준	히다치 소형	KL-Monorail
차량사		미쯔비시중공업	봄바디	우진산전	봄바디	지멘스	IHI/미쯔비시중공업/가와사키	IHI	안saldo	로템	히다치			Mtrans
적용노선		•광명(제안) •인천공항(IAT) •부킷/판장(싱가폴)	•달라스공항(미국)	•부산3호선(반송선)	•대만무자라인연장(Neihu LINE)	•의정부 •릴르/렌느(프랑스)	•유리카모메(일본)	•개발차량(현, 제작중)	•김해(최초모델) •우이~신설(최초모델)	•김해 •우이~신설(제안) •청량리~신내(제안)	•고양(제안) •두바이(UAE)	•오키나와(일본)	•센토사섬(싱가폴)	•쿠알라룸푸르 •강남모노레일(제안)
차량사진														
기본편성		1량1편성	1량1편성	2량1편성	1량1편성	2량1편성	6량1편성	1량1편성	3량1편성	2량1편성	2량1편성	2량1편성	2량1편성	2량1편성
승객정원(6명/㎡)/좌석		122/18	146/8	100/14 (200/28)	107/20	110/19 (220/38)	71(26)/428(158)	153(8)/144(18)	134(32)/402(96)	152(32)/304(64)	140(30)/280(60)	126(31)/252(62)	97(194)	87/24 (175/48)
주요치수	폭(m)	2.69	2.84	2.4	2.54	2.08	2.47	2.85	2.65	2.65	2.98	2.98	2.79	3.0
	길이/량(m)	11.2	11.96	9.14(18.28)	13.78	13.07(26.14)	8.5(54)	12.5	12.66(38)	13.5(27)	15.1(31.6)	14.7(29.4)	12.53(25.06)	10.6(21.2)
	높이(m)	3.615	3.38	3.5	3.53	3.8	3.34	3.68	3.4	3.6	5.287	5.1	4.805	4.5
	궤간(m)	1.85	-	1.7	-	1.62	1.7	-	1.435	1.435	-	-	-	-
중량	공차/량(톤)	17.5	13.61	11.5(23)	19.2	15.65(31.3)	10.53(63.2)	15	18.47(55.4)	23.25(46.5)	30.9(61.8)	26.9(53.8)	18.9(37.8)	11.25(22.5)
	만차/량(톤) (62kg기준)	25.06	22.78	17.5(35.4)	25.83	22.47(44.94)	15(89.74)	24.49	40.16(80.32)	32.67(65.35)	39.58(79.16)	34.71(69.42)	24.91(49.83)	16.68(33.35)
	최대축중(톤)	13	-	9	-	11.545	-	13.5	-	11.08	11	10	9	9.1
최소곡선반경(본선)(m)		50	22	40	38.2	60	45	-	50	50	60	60	40	70
최대등판구배(본선)(%)		6	10	5.8	5.8	8	5	6	4	4	6	6	6	6
차량성능	성능/운행최고속도(Km/h)	80/70	90/80	70/60	80/70	80/72	80/60	-	80/70	80/70	80/70	80/70	80/60	90/80
	가속도(m/s²)	0.97	1	0.97	1	1.3	0.97	-	1.2	1.1	0.97	0.97	0.97	1
	감속도(m/s²)	0.97	1	0.97	1	1.3	0.97	-	1.2	1.1	1.11	1.11	1.11	1
	감속도(비상)(m/s²)	1.3	-	1.25	2.35	1.8~3.0	1.25	-	1.3	1.3	1.25	1.25	1.25	1.5
	저크한계(m/s³)	0.69	-	0.8	-	0.65	-	-	-	0.8	0.8	-	-	-
	최소운전시각(초)	60	60	90	-	60	120	-	90	-	150	-	-	-
추진시스템	견인전압	750 VDC	750VDC(표준) 600VAC(옵션)	750 VDC	750 VDC	750 VDC	600AC	750 VDC	750 VDC	750 VDC	1500 VDC	1500 VDC	750DC	750 VDC
	모터형식/제어방식	유도전동기/VVVF	유도전동기/VVVF	유도전동기/VVVF	유도전동기/VVVF	동기전동기/VVVF	유도전동기/VVVF	유도전동기/VVVF	유도전동기/VVVF	유도전동기/VVVF	유도전동기/VVVF	유도전동기/VVVF	유도전동기/VVVF	유도전동기/VVVF
	견인전동기수량	2대/량	-	1대/량	2대/량	4대/량	1대/량	2대/량	2대/량	2대/량	6대/편성	6대/편성	4대/편성	-
	견인전동기용량	80kw×2=160kw/량	-	100Kw	-	65Kw×4=260kw/량	110kW	-	105Kw×6=630kw/량	125Kw×2=250kw/량	105Kw×6=630kw/편성	100Kw×6=600kw/편성	75Kw×4=300kw/량	-
유도방식		측방유도방식	중앙유도방식	측방유도방식	측방유도방식	측방유도방식	측방안내방식	측방유도방식	철제레일	철제레일	모노레일	모노레일	모노레일	모노레일
소음(dBA)		76	-	75	-	72~74	-	-	-	78	73~76	73~76	73~76	-
현가장치		1차:고무타이어 2차:공기스프링	1차:고무타이어 2차:공기스프링	1차:고무타이어 2차:공기스프링	1차:고무타이어 2차:공기스프링	1차:고무타이어 2차:공기스프링	1차:고무타이어 2차:공기스프링	1차:고무타이어 2차:공기스프링	-	1차:셰브론고무스프링 2차:공기스프링	1차:고무타이어 2차:공기스프링	1차:고무타이어 2차:공기스프링	1차:고무타이어 2차:공기스프링	1차:고무타이어 2차:공기스프링
급전방식		제3궤조(측면)	제3궤조(중앙집전)	제3궤조(측면)	제3궤조(하면)	제3궤조(측면)	제3궤조(측면)	제3궤조(측면)	제3궤조(하면)	제3궤조(하면)	제3궤조(측면)	제3궤조(측면)	제3궤조(측면)	제3궤조(하면)
운전방식		완전자동무인운전	완전자동무인운전	완전자동무인운전	완전자동무인운전	완전자동무인운전	완전자동무인운전	완전자동무인운전	완전자동무인운전	완전자동무인운전	무인운전(승무원첨승)	ATC 1인운전	ATC 1인운전	ATC 1인 운전
차체재질		알루미늄	복합소재	알루미늄	알루미늄	알루미늄	알루미늄	복합소재	알루미늄	알루미늄	알루미늄	알루미늄	알루미늄	알루미늄
차량특징		*1량단독운행가능(2량, 3량 증대 가능)	*경량화차량 *1량단독운행가능(승객정원 多)	*일본표준고무차륜 AGT와 동일한 사양(일본차량모델)	*기존VAL256구간과 호환 가능한 시스템으로 신규 개발	*차륜장착동기전동기 적용으로 가속성능우수(표정속도 단축 가능)	*일본고무차륜 AGT 표준 모델 *IHI:SE수행	*차세대고무차륜 AGT로 개발중 *1량단독운행가능(승객정원 多)		*캐나다뱅크버&터키 수출모델과 유사			*관절대차 적용	

형 식		LIM	상전도 자기부상		Tram				
모 델 명		ART	LINIMO	Rotem Maglev	Wtram	320	BKV 6section	302	Berlin
차 량 사		봄바디	일본차량/가와사키/ 미쯔비시중공업	로템	로템	ALSTOM	siemens	ALSTOM	BOMBARDIER
적용노선		용인	나고야(일본)	대전시형선, 인천공항	오송 시험선	Lyon	Budapest	Buenos Aires, Madrid, Melbourn	Augsburg ,Germany
차량사진									
기본편성		1량1편성	3량1편성	2량1편성	5모듈/편성				
승객정원(6명/㎡)/좌석		226/32	117(35)/351(104)	100(34)/200(68)	204/48(편성)	201/55/145(4)	352(58seats) +6foldingseats	213(204)	206
주 요 치 수	폭(m)	3.2	2.6	2.85	2.45	2.4	2.4	2.4	2.4
	길이/량(m)	17.602	14(41.5)	13.5(27)	31.8(편성)	32.42	53.99	32.9	30.8/40.0
	높이(m)	3.939	3.45	3.5	3.4	3.27	3.639	3.27	
	궤간(m)	1.435	1.7	1.7	1.435				
중 량	공차/량(톤)	24	17(51)	23.8(47.6)	43(편성)				
	만차/량(톤) (62kg기준)	-	23.25(72.76)	30(60)	55.6(편성)				
	최대축중(톤)	10.464	8.05(환산치)	-	9.9				
	최소곡선반경(본선)(m)	60	50	60	25		20		17.25
최대등판구배(본선)(%)		6	7	8	6				
차 량 성 능	성능/운행최고속도 (Km/h)	90/80	130/100	110/80	70/60	70	70 / 60	60	70
	가속도(m/s²)	1.3	1.1	1.1	0.97				
	감속도(m/s²)	1.3	1.1	1.1	1.3				
	감속도(비상)(m/s²)	2.4	1.25	1.25	2.5				
	저크한계(m/s³)	0.65							
	최소운전시격(초)	90							
추 진 시 스 템	견인전압	750 VDC	1,500 VDC	1,500 VDC	750 VDC	750 VDC	DC600v+20%/-33% overheadcontactwire	DC 750V	
	모터형식/제어방식	선형유도/VVVF	선형유도/VVVF	선형유도/VVVF	유도전동기/VVVF				
	견인전동기 수량	2대/량	10개 LIM/량	6개 LIM/량	8개/편성			5개(편성)	
	견인전동기 용량	-	부양력 26ton/량	부양력15.6ton/량	45KW*8=360KW편성		8*100kw / 1580rpm	6* 120kw/ 4*120, 9kW	
유도방식		철제레일	EMS	EMS	철제레일				
소음(dBA)		-		65	70				
현가장치		-	1차:Module시스템 2차:공기스프링	1차:Module시스템 2차:공기스프링	1차:탄성차륜 2차:장구형코일				
급전방식		제3궤조(측면)	PowerTrolley Line(하면)	PowerTrolley Line(하면)	무가선/유가선(상부)				
운전방식		완전자동무인운전	자동운전	자동운전	유인운전				
차체재질		알루미늄	알루미늄	알루미늄	스테인레스			알루미늄	
차량특징			*모노레일토목구조물 대비 85% 경량화		*배터리종류:Li-Polymer *1회충전시거리:25km *배터리용량160kWh				

3절. 기술동향 분석

1. 국내 기술동향

□ 한국철도기술연구원은 그동안 철도분야 인터페이스 설계/관리 및 설비성능 최적화 설계/관리기술을 선도

- 고무차륜 AGT(Automatic Guided Transit : 자동무인운전 경량전철)시스템을 개발하기 위해 관련 기술을 부분적으로 적용하였으며, 시스템 개발을 위한 목표사항 정의, 시험선 건설 및 종합시험평가 등을 수행
- 한국철도기술연구원은 350km/h 한국형 고속전철 기술개발사업, 200km/h 틸팅열차 기술개발사업 등을 주관하면서, 시스템 개발의 성공을 위해 시스템 기술개발 관점에서 관련기술을 적용함
- 서울메트로, 한국철도시설공단 등에서 관련 기술 인력양성 및 기반기술 축적에 노력하고 있으나, 이를 사업에 적용하기에는 미흡한 실정이며, 기타 운영 기관에서는 기술이해 및 기반기술 확보 준비 중임.
- 현대로템(주), 우진산전(주) 등에서 철도차량분야에 대한 관련 기술 경험을 보유하고 있으나, 상위 시스템 수준의 기술 확보는 미미한 실정임.

□ 국내 여건으로 국내 철도 사업의 경우 해외 선진국의 엔지니어링 관련 기관들이 국내 시장을 거의 독점하고 있는 실정이며, 국내 기업은 해외기업의 하부 기관형태로 참여하고 있음.

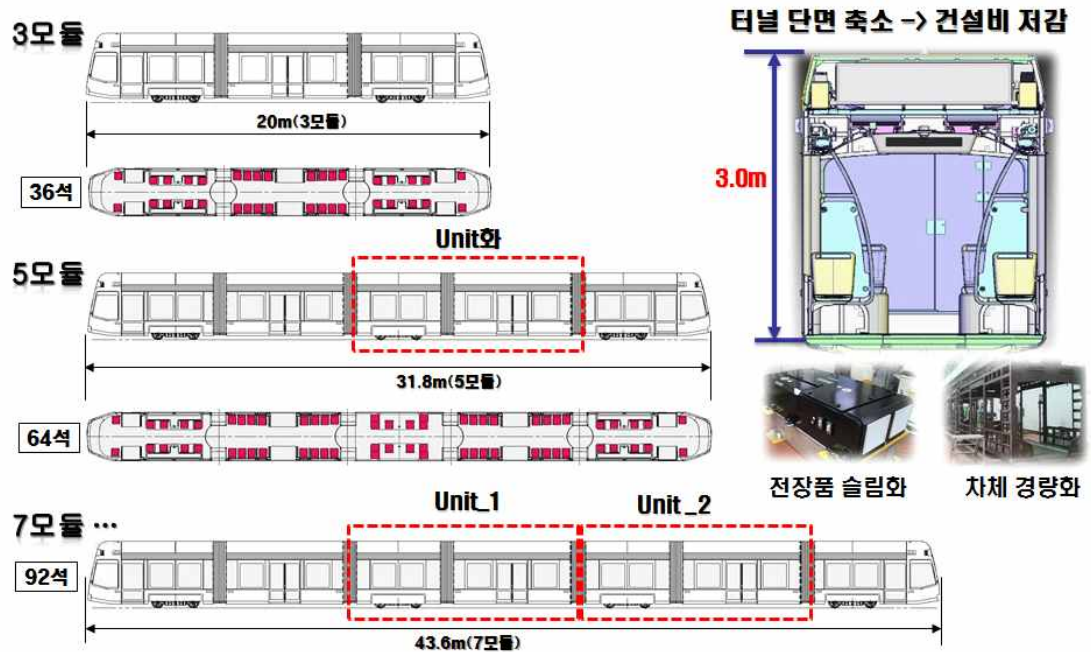
- 국내에 진출한 주요 해외기관 : 이태리 디아폴로니아(부산-김해 경량전철), 캐나다 봄바디어(용인경량전철), 독일 지멘스(의정부경전철), 일본 코벨코(부산지하철 4호선) 등
- 국내 업체 : 한국철도기술연구원(고무차륜 K-AGT 개발), 현대로템(차량제작사), 우진산전(차량제작사), 유텍코리아(신분당선, 경량전철 시스템엔지니어링 체계개발 국책과제) 등

< 국내 경량전철 시스템엔지니어링 적용 현황 >

프로젝트	주관사	SE 수행	사업비(억원)	비 고
부산~김해	현대산업	이태리 디아플라니아	92	영업운전중
용인	봄바르디아	캐나다 봄바르디아	158	영업운전 준비중
의정부	GS건설	독일 지멘스	314	시운전중
신분당연장선	두산건설	미국 DMJM+ 유텍코리아	150	영업운전중
우이~신설	포스코	포스코(해외협력)	46.5	시행중
반송선	우진산전	일본 코벨코	120	영업운전중
광명경량전철	고려개발	LS산전+ 일본MHI	150	계약단계
계			1030.5	

□ 도시철도 차량시스템 개발 방향은 저비용 건설이 가능하도록 하기 위해 노선 설계 시 도로와 동일한 노선으로 설계가 가능하고 터널 단면을 최소화 할 수 있어야 함. 이는 급곡선 주행성과 고속성을 만족시킬 수 있는 차량시스템이 개발되어야 함.

- 국토해양부 과제로 “무가선 저장트램 차량시스템”이 개발되고 있으며, 현재 기술목표사항은 설계 최고속도 70km/h, 최소곡선반경 25m, 2차 전지(Battery)를 이용한 무가선 방식 등으로 개발이 진행되고 있음.(2009. 12 - 2013. 4, 3년 5개월)
- 지식경제부 과제로 “철도차량 능동현가장치 기술개발”이 개발되고 있으며, 축이 있는 대차의 능동현가장치에 대한 기술개발을 추진하고 있음.(2010. 4.1 - 2015. 3.31. 5년)
- 2001년부터 시작된 “기존 철도기술개발사업”에서 틸팅시스템과 함께 강제형 조향시스템을 적용하고 있으나, 대차와 차체의 상대 변위에 링크를 연결한 방식으로 차량의 곡선 진입 속도에 따라 조향 각도가 변할 수 있는 방식이나 축이 있는 방식이고 능동적으로 제어가 불가능한 단점이 있음.
- 차량시스템의 주요 핵심기술은 낮은 높이에서도 주행성능을 유지시키기 위하여 대차의 구조가 저장형에 적합하게 개발되어야 하고 터널 단면에 맞도록 전장품 등이 슬림화될 수 있도록 개발되어야 함.
- 아울러 언더 프레임 하부에 비해 상대적으로 공간이 협소한 Roof에 각종 기기 장치가 취부됨으로써 전장품 및 각종 의장 기기들은 기존의 EMU 전동차 보다 Compact한 형태로 개발되어야 함. 또한 15m에 이르는 최소 곡선반경 하에서 운행조건을 만족하기 위한 차체 Articulation등이 핵심적인 기술로 요약될 수 있음.
- 표준 모듈화 차량시스템개발로 중복 투자 방지 및 지자체 승객 수요에 대응하기 위한 표준차량 모델을 개발할 필요가 있음.



<차량시스템 개발 방향(안)>

□ 리니어 추진시스템의 경우에도 터널 단면적 축소 및 급구배 등판능력이 요구되는 노선에서 계속 필요성이 인정되어 향후 널리 사용될 것으로 예상됨.

- 리니어 추진시스템은 1980년대 도시형 자기부상열차의 추진시스템으로 연구 개발되어 온 이후, 2013년 실용화를 목표로 하고 있으며, 리니어전철은 캐나다 봄바디어사의 기술이 도입되어 용인 경전철 건설이 완료되었으며 실용화를 준비 중임
- 선형유도전동기는 지난 20여년간 산업 공작기 위주로 연구되었으며, 철도차량용으로 연구된 것은 1989년 기계연구원의 자기부상열차의 추진장치로 최초로 활용되어 현재 실용화를 눈앞에 두고 있음
- 전기연구원은 2011년 영구자석 사용량을 대폭 줄여 저렴한 비용으로 제작이 가능한 자속역전식 선형전동기(Flux Reversal Linear Motor)를 개발하였음. 속도 변동과 발열이 낮으면서도 금속성 분진에 강한 특성으로 반도체 분야의 반송장치에 우선 적용이 가능함
- 많은 수율과 정밀도를 요하는 고정도 PCB 천공장비, 내환경성을 요하는 장비, 자동차 조립라인에서의 물류 이동, 반도체 분야의 공정간 장거리 반송, 다양한 물류 Sorting 시스템 등 리니어 모터의 성능을 필요로 하는 다양한 분야가 개발되고 있으며, 이들 모두 모터의 고추력화로 성능 향상을 기대하고 있음
- 리니어 모터 관련제품은 LCD, PDP 제품장치의 수용이 급증하고 있어, 현재는 반도체, 액정관련 제품이 시장전체의 68% 이상을 차지하고 있으며, 그 다음으로 공장기계, 금속가공기기 16% 정도 수준이며, 일반 반송기기가 약 6%, 전자부품 조립, 실

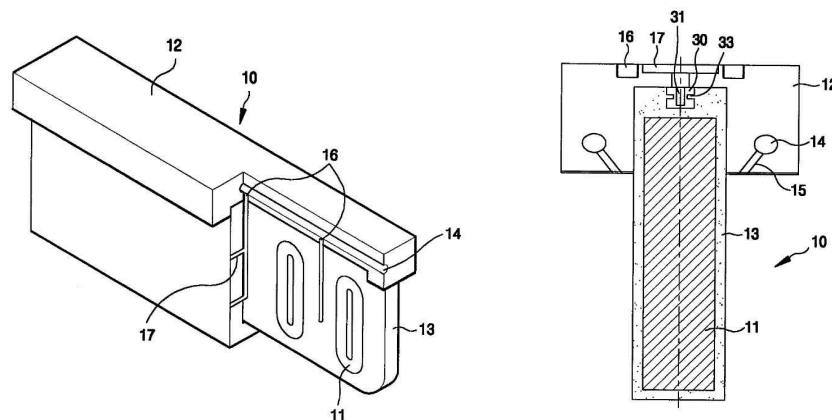
장 기기가 약 3%, 검사, 계측기기가 약 3% 정도의 시장구성을 차지하고 있는 것으로 조사되고 있음

- LCD, PDP 관련 제조장치에서는 액정 글래스의 반송장치, 글래스접착장치 등을 중심으로 리니어모터가 많이 사용되어, 박형 TV 급신장과 연동하여 시장규모가 확대되었음. 특히, 2004~2005년도는 판넬의 대형화 영향이 커져 제조장치가 급속한 대형화 추이가 이루어져 리니어 모터의 출력향상과 스트로크 확장이 진행되었음
- 고추력 리니어 모터는 고속, 고추력, 고정도를 모두 만족하는 첨단 분야에 적용되며, 특히 냉각 시스템의 구현이 중요한 기술로 대두될 것으로 예상됨. 따라서, 이에 대한 구체적인 해석 및 설계 기술이 동반되어야 함
- 고추력 리니어 모터는 기존 회전형 시스템과의 경쟁이 필수적이므로, 경쟁우위를 확보하기 위해서는 저가격전략이 확보되어야 하며, 이를 위해 조립공정을 단순화할 수 있는 조립 기술개발이 필수적임

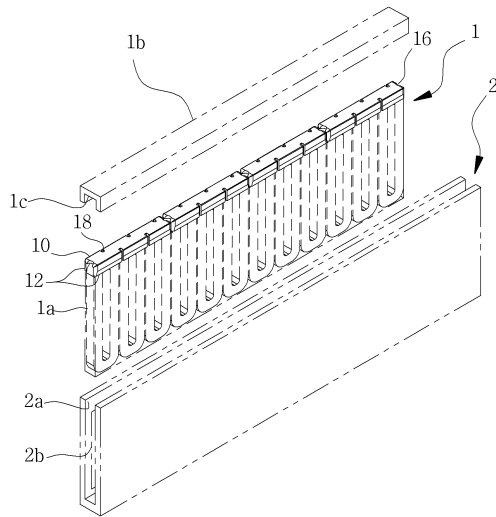
<리니어모터의 주요요소기술별 성능 목표>

주요요소기술	종류	기술목표	국내외 최고 성능대비 기술 수준(%)
디텐트력 저감을 위한 가동자 및 고정자 형상 설계기술	고정자	디텐트력 저감화(± 2.5이하)	80%
정확한 손실 계산을 위한 전기장판 특성반영 해석기술	고정자/가동자	전자기 손실 최소화(소재/구조/조립)	60%
영구자석의 안정적인 고정을 위한 조립기술	고정자	흡인력 강성 구조 설계	80%
정확한 공극 유지를 위한 조립기술	고정자	영구자석 일정피치 유지 조립	100%
		양측 공극 유지 조립	90%
정렬권선 유지를 위한 정밀조립기술	가동자	점적율 최대화 설계(70% 이상)	90%
리니어 모터의 전자기 해석 및 설계기술	고정자/가동자	고추력화(5,000N 이상) 및 고추력 밀도화	70%
		고속화(최고속도 3m/sec 이상)	80%
	고정자	목표 역기전력 도출 설계	80%
안정적인 몰딩 구조 형성을 위한 몰딩제조기술	가동자	고강성, 최소변형 몰딩 기술	80%
		열변형 방지구조 설계	80%
		내절연성 향상 조립기술	90%
냉각 성능 최대화를 위한 냉각채널 설계기술	냉각부	최적의 냉각 path 설계	70%
냉각부 부착기술	냉각부	열전달 극대화 조립구조 설계	70%
투입전류 형상을 반영한 리플저감 설계기술	고정자/가동자	추력리플 저감 설계(± 2.5%이하)	80%
안정적인 홀센서 지지구조 설계기술	홀센서	정확한 위치결정 구조설계	100%
		자기신호 발생의 안정화 설계	95%
최적 제어 기술	-	고정밀화(제어정밀도 1um 이내)	80%

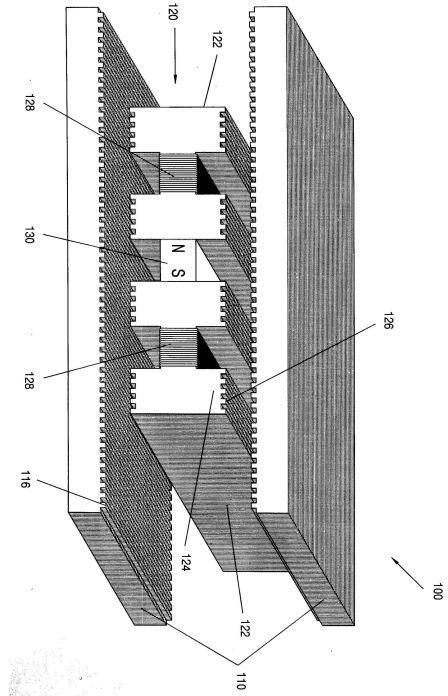
- 양측식 리니어 모터는 반도체 반송용 장치로 활용하기 위하여 2000년 초반부터 집중적으로 연구 개발되어 졌음
- 양측식을 산업용 리니어 모터는 대부분 코어레스 타입으로 공심형 코일 양측으로 영구자석을 배열하여 추력을 배가 시킨 제품이 대부분임. 세우산전, 삼익THK, 모아텍, DCT, 저스텍, TSA사 등이 양측식 리니어 서보 모터를 상품화하여 판매하고 있음
- 산업용 리니어모터 생산업체들이 확보하고 있는 특허중 양측식 리니어모터 기술을 확보하고 있는 특허는 모두 5개가 있음. 세우산전은 양측식 리니어모터의 체결구조(특허 10-466255, 2005.1.4)와 냉각구조(특허 10-366565, 2002.12.16)에 대한 특허를 보유하고 있으며,
- 삼익THK에서는 양측식 리니어 모터의 코일 고정구조 (특허 20-434383, 2006.12.14)에 대한 특허를 보유하고 있음
- 모아텍은 양측식 리니어 펄스모터(특허 20-286889, 2002.8.12)에 대한 특허를 보유하고 있으며, 고등기술연구원연구조합에서는 양측식 리니어 모터를 이용한 공작기계(특허 10-314861, 2001.11.03) 특허를 2001년 확보하였음



<세우산전 특허, 양측식 리니어모터 냉각구조(10-366565)와 체결구조(10-466255)>

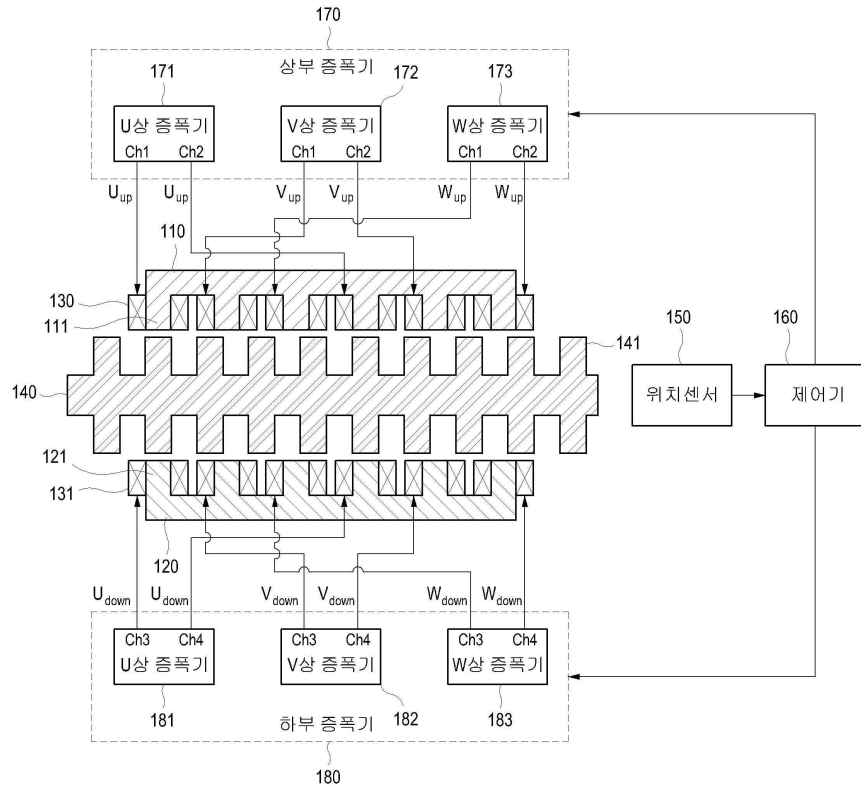


<삼익THK 특허, 양측식 리니어
모터의 코일의
정구조(20-434383)>



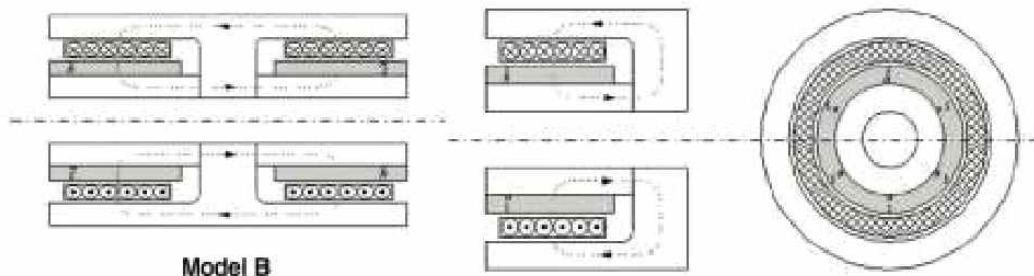
<모아텍 특허, 양측식 리니어
펄스모터(20-286889)>

- 충남대 이은웅교수는 양측식 리니어 펄스모터와 구동 드라이버 설계 및 제어에 관한 학위논문을 2001년 발표하였음
- 충남대 장석명교수는 “양측식 영구자석 가동형 슬롯리스 직선 동기전동기의 전자기 특성 및 동특성 해석에 의한 설계정수 도출”연구결과를 2007년 전기학회 논문지에 발표하였음
- 한양대 기계공학과에서는 영구자석형 베어링리스 선형 모터의 특성 해석 및 제어에 관한 학위논문을 2008년 발표하였음
- KIST에서는 가이드, 베어링 등의 지지요소가 없이도 이동자의 위치를 제어할 수 있는 리니어 모터(특허 10-984488, 2010.09.24)에 관한 특허를 출원하였는데 양측식 구조로 이루어져 있음



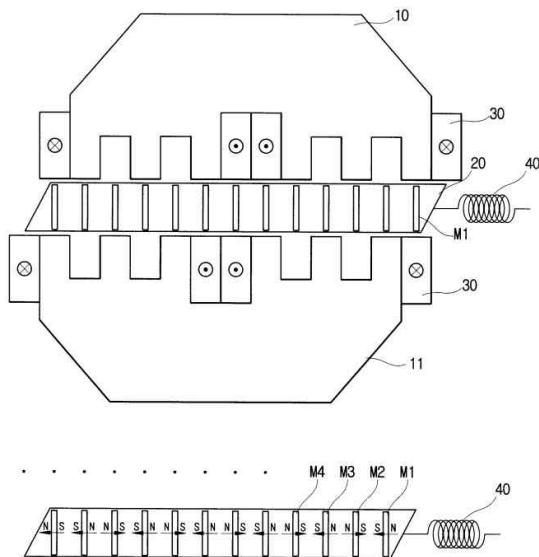
<KIST 특허 리니어모터(10-984488)>

- 나노모션테크놀로지는 중소기업청 기술이전사업으로 KIST의 특허기술을 이전받아 베어링리스 리니어모터 시스템을 상품화하였음
- (주)우영에서는 1999년부터 2003년까지 과학기술부 민군겸용기술개발사업으로 냉각용 스테링 극저온 냉동기를 개발하였음. 냉동기 구동체는 원형타입으로 영구자석을 이용한 LOA로 개발하였음. 양측식 리니어모터와 유사한 구조를 갖고 있음. LOA개발시 성능평가지험장치도 동시에 개발하여 양측식 리니어모터의 시험항목을 완성하였음

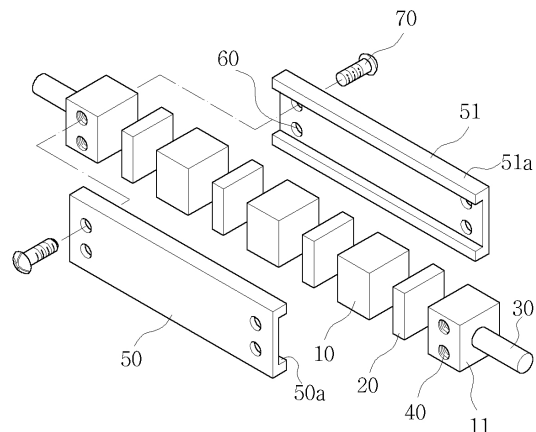


<냉동기 구동용 양측식 가동코일형 LOA 모델>

- 한양대 전기공학과 이주교수는 양측식 리니어모터를 이용한 압축기를 루마니아 티미소아라대학 이온 볼디아 교수와 공동연구하여 자속역전형 양측식 리니어 액츄에이터를 개발하였음. 선형왕복운동기기(특허 10-484535, 2005.04.12)와 선형액츄에이터를 위한 가동자(특허 10-518780, 2005.09.26.) 2건의 특허를 등록하였음



<한양대 특허 선형왕복운동기기
(10-484535)>



<한양대 특허 선형액츄에이터를 위한
가동자 (10-518780)>

- 이주 교수는 초고속 튜브철도 추진시스템용 선형동기전동기의 특성해석기법을 개발하였음. 특히 실험계획법을 이용하여 파라미터 특성 분석하여 최적설계시간을 단축시킬 수 있는 방법을 제시하였음

2. 국외 기술동향

- 유럽에서는 독립차륜대차차량을 구축하고자 하는 움직임이 활발하며 일본 내에서는 기술 도입과 독자적인 기술의 파생 등으로 최근, 독립차륜대차차량이 연구가 추진되고 있어 우리나라도 기술변화에 빠르게 반영할 필요가 있음.

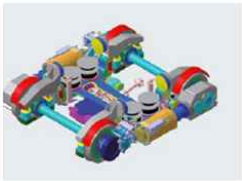
- 독립차륜형대차 시장은 Bombardier, Alstom, Siemens가 분할하고 있으며, 70% 독립차륜형대차의 시장은 Bombardier가, 100% 독립차륜형대차의 시장은 Alstom에서 주도하고 있음.
- 도심철도용 트램 차량의 형식은 기존의 축이 있는 대차에서 100% 독립차륜형으로 확산되고 있는 상태이며, 2009년도 독립차륜형대차의 구매를 확정된 주요 도시들 중 브레멘, 뒤셀도르프, 쾰른 등은 주문자 요청에 의해 각자 독특하고 특정한 Tailor

made 구매를 선택하였으며, 암스테르담, 브뤼셀 등은 Combino와 City runner와 같이 반-표준화된 모델을 선택하였음. 이에 따라 주요 차량 제작사들은 Ansaldo의 Sirio family 표준 모듈차량은 전두부와 실내디자인을 수요처의 요구사항에 적합한 맞춤형 생산을 하고 있으며, Bombardier에서는 City runner와 Flexity, Cobra 등의 차종을 시장에 내놓고 있음. 특히, 선진국에서는 독립차륜형 대차기술개발을 활발히 연구하고 있음.

- Siemens는 기존의 Combino 클래식 차종 이외에 Avenio를 중점 모델로 마케팅하고 있음. 후발주자로 들어선 CAF, Stadler, SKODA 역시 각자 모델을 개발하여 시장에 내놓고 있음.
- 고속 독립차륜이면서 액티브 조향기능을 가진 대차시스템을 개발하는 것은 국제적으로 최초이고 앞으로 기술개발이 완료된다면 각 국가들의 쟁점이 될 것이며, 기술 투자와 연구개발이 활발히 진행될 것으로 예상됨.
- Independently Rotating Four Wheel Trailer Truck은 독립적으로 회전하는 차륜을 장착한 4륜 부수대차 기술이며, 본 기술을 적용한 대표적인 차량으로는 크랭크축을 사용한 독일의 ZR2000과 Stub축을 사용한 프랑스의 Eurotram 등이 있음.
- 크랭크축과 대차 프레임 사이에 있는 현가장치가 기존의 대차와 유사하며, 하나의 차륜이 레일에 접촉해서 달릴 때 다른 쪽도 평행을 유지하며, 차륜과 레일의 접촉면에서 횡 방향 힘에 대한 자기-조향이 가능한 장점이 있음.
- 자연스러운 회전을 위한 차륜에 직접 연결되는 Hub-Motor 및 베어링, 곡선 통과시 레일과의 마찰을 줄이기 위한 대차베이스 크기의 감소나 자기-조향의 효율적인 작동을 위한 스핀-슬라이드 제어장치의 설치가 필요한 문제가 있음.

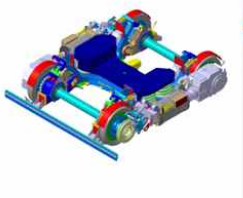


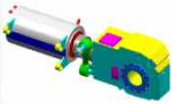
- 100LF three modules vehicle with turning bogies
- Project award: September 2010
- Number of vehicles: 50 fix order and 100 optional vehicles
- Length: 33m.
- Width: 2,65m.
- Passengers: 210



Bombardier

FLEXITY 2 pivoting bogie

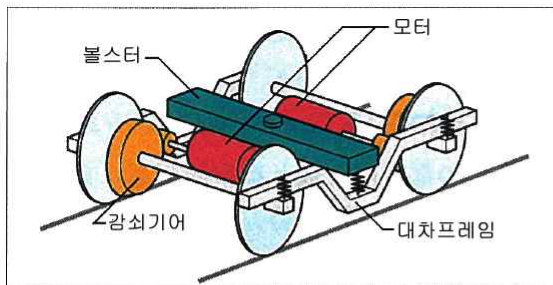




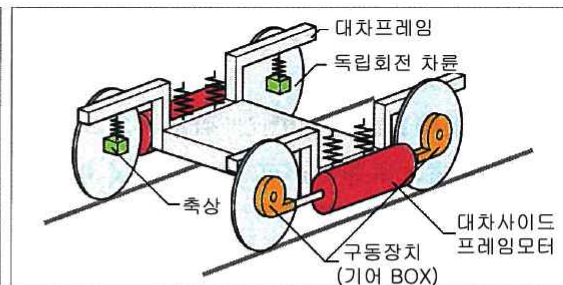
- 100% 저상기술보유(200mm - 350mm)
- 최고 속도 70km/h
- LCC 개념을 도입한 월과 레일 설계 기술
- 최적의 신뢰성 및 가용성을 확보한 대차 기술

<유럽 독립저상대차 기술 수준>

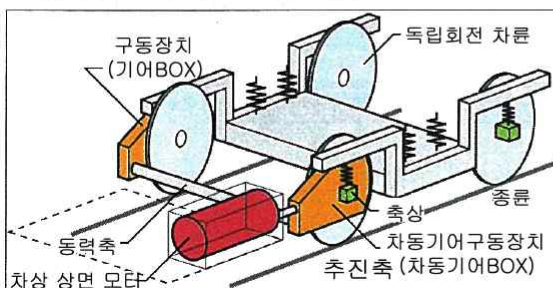
- [독립차륜대차용 차량]에는 차내의 상면에 고상부와 저상부가 존재하는[축이 있는 일부 저상차량]과 플랫폼한 저상부를 실현시키고 있는[독립차륜대차용 차량]의 2종류가 있음. [독립차륜대차용 차량]이라고 해도 버스와 같이 차내에 돌출된 [타이어 하우스]구조를 좌석 등에 활용하고 엄밀한 의미에서는 전 저상이라고 할 수 없는 부분도 존재함.
- [축이 있는 대차의 차량]의 경우에는 그림 (a)에 나타낸 것처럼 일반적으로 볼스터 부착 보기 대차(차체에 대해 회전을 허용하는 대차)를 사용할 수 있는데 대차 중앙부에 볼스터와 모터 등이 있음.
- 독립차륜대차의 LRV(Light Rail Vehicle)는 스텝이 없는 상면을 정류소와 같은 높이로 하고 독립차륜대차에 중점을 둔 저속 주행용의 차량이며 주행로에서 반경 수십 m의 평면 급 곡선 주행을 실현시키기 위해 대차 구조와 차체 구성의 두 가지 방향으로 연구가 필요함.



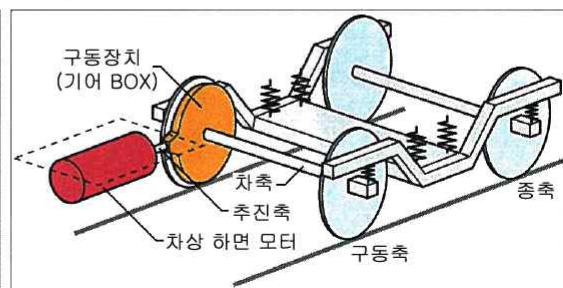
(a) 일반적인 전동기 구동 대차



(b) 전동기 대차 측면 취부 볼스터레스 대차



(c) 전동기 차체 취부 독립회전 볼스터레스 대차



(d) 전동기 차체 취부 볼스터레스 대차

<독립차륜형 대차의 대표적인 구조의 예>



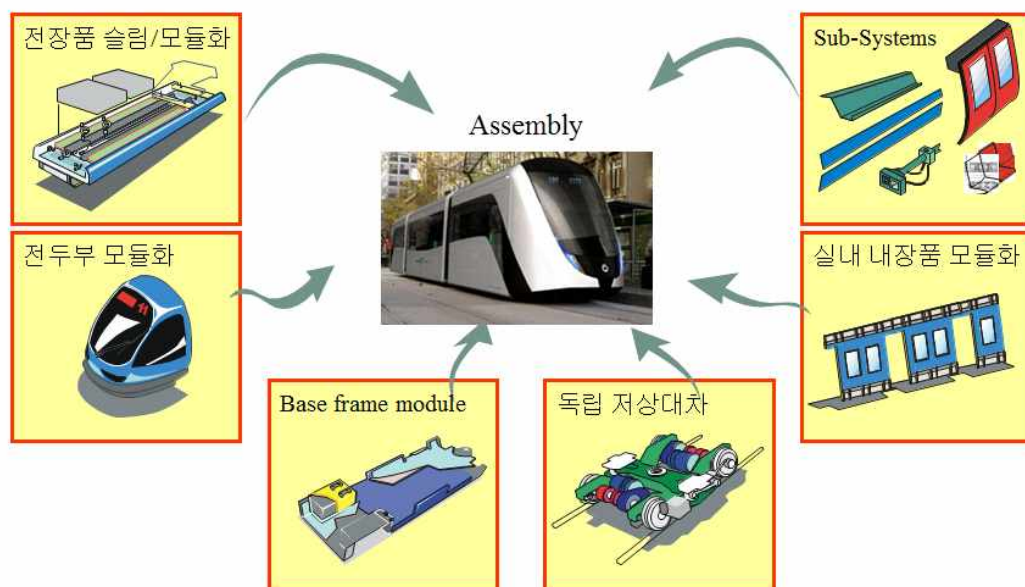
<해외 트램-트레인 구현 방안>

<독립차륜대차 기술 수준>

회사명	보유 기술 또는 특허	기술 수준	비고
Bombardier	A32, Flexity 차량에 적용	부분 저장 기술	
		세계최고 기술수준 대비 상대적 수준(100%)	
Alstom	Dualis, Regio-Citadis	Tram-Train, Train-Tram을 차별화함.	관련 특허 출원
		세계최고 기술수준 대비 상대적 수준(70%)	
Siemens	AVANTO	T4라인에 실용화	
		세계최고 기술수준 대비 상대적 수준(70%)	
Stadler	TANGO	부분 저장 기술	
		세계최고 기술수준 대비 상대적 수준(100%)	

- 유효 답면구배를 설정하거나 조향성능을 동시에 만족시킬 수 있는 조향대차(Steering Bogie)의 연구개발이 기술적인 대안으로 제시되고 있지만, 차륜 플랜지와 레일 접촉면 사이에서 일어나는 상기 문제점을 근본적으로 방지하기 위한 기술이 필요

- 대차(Bogie)는 2 개의 차륜이 하나의 윤축에 고정되어 있고, 이러한 윤축 2~3개가 하나의 대차에 고정된 상태로 차량을 구성하게 되며 차륜과 윤축이 고정되어 있기 때문에 곡선 구간에서 원활한 조향을 보조할 수 없으며, 이로 인해 차륜/레일 간의 원천적인 공격각(Inherent Angle of Attack)을 지니게 되므로 공격각을 최소화 할 수 있는 기술연구가 필요함.
- 독일의 봄바디어(Bombardier)에서 개발하여 Sweden Regina Train에 적용하고 있는 FLEXX Tronic Bogie가 유일하고 일본, 독일, 이탈리아 등 자체적인 철도기술을 보유한 여러 국가에서도 이와 관련된 연구를 활발히 진행하고 있음.
- Squeal noise를 저감하기 위해서는 곡선 주행시 레일과 휠과의 마찰을 최소화할 수 있는 구조적 연구가 필요함.
- 곡선통과시 좌측레일과 우측레일 사이에 곡선 거리차이로 인해 레일이 미끄럼이 발생하게 됨. 이는 좌우측레일의 곡선 주행시 회전속도 차이로 인해 발생하게 되는데 이를 해결하기 위해서 모터 제어시 각각의 휠의 속도차를 제어할 수 있는 기술이 필요함.
- 조향기능을 추가하여 주행안전성과 곡선 추종성을 향상시키므로써 Squeal noise를 저감할 수 있는 기술이 필요함.
- 차량시스템 모듈화 및 표준화 구현으로 유지보수성 향상 및 생산성 향상을 위해 기술개발이 필요하고 선진국에서도 활발히 추진하고 있음.



<차량핵심기술 표준화 방안 구현 방법(안)>

- 일본, 캐나다, 미국 등을 중심으로 1980년대 후반부터 리니어 추진시스템을 이용한 지하철 또는 경전철의 상용화가 이루어졌으며 현재도 많은 기술개발을 도모하고 있음.
- 선형유도전동기를 이용한 철도차량은 1980년대 일본, 캐나다 위주로 집중 연구되어 현재 일본, 캐나다, 미국, 말레이시아, 중국, 한국 등 많은 나라에서 실용화에 성공하였음.



<일본 오사카 리니어 모터카
Shinsaibashi-Kyobashi선>



<일본 동경 리니어 모터카
Shinjuku-Nerima선>



<일본 후쿠오카 리니어모터카>

- 선형유도전동기는 비점착 구동방식으로서 급구배 성능이 우수하고 터널 단면적을 줄일 수 있어서 지하철용으로 개발되었음.
- 2012년 현재 리니어 전철(메트로) 시스템을 자체적으로 설계 제작 가능한 국가는 캐나다와 일본 2개 국가가 있음. 캐나다 Bombardier사는 미국, 말레이시아, 중국, 한국 등에 MK-I, MK-II 모델의 리니어 모터 차량을 수출하고 있으며, 일본에서는 국산화된 기술을 바탕으로 자국의 5개 도시에 리니어 메트로 시스템을 운영 중이고, 1개 도시는 건설 중임
- 향후 15년간은 캐나다, 일본 등에서 개발한 Linear Motor 경전철이 자국뿐만 아니라 국제적으로 많이 설치 운행될 것으로 보임
- 따라서 캐나다, 일본에서는 리니어메트로의 고효율화에 대하여 많은 연구가 진행될

것으로 보이며, 최근 독일, 일본 등에서는 가공선로 또는 제 3레일을 이용하지 않는 즉, 집전장치가 없는 리니어 모터 철도차량의 개발이 진행 중에 있음

- 특허 동향을 살펴보면, JICST의 분류에 의하면 1986년 1월부터 1995년 12월까지 리니어 모터 관련 논문 발표는 일본 3,037건이 제 1위로서, 전 세계의 80%를 차지하고 있음. 또 리니어 드라이브 관련 연구 개발자도 미국의 10배 이상으로 추정. 리니어 모터 전철에 관련하여 출원된 각국(일본, 캐나다, 미국 등)의 특허를 조사한 결과 대략 다음과 같음.

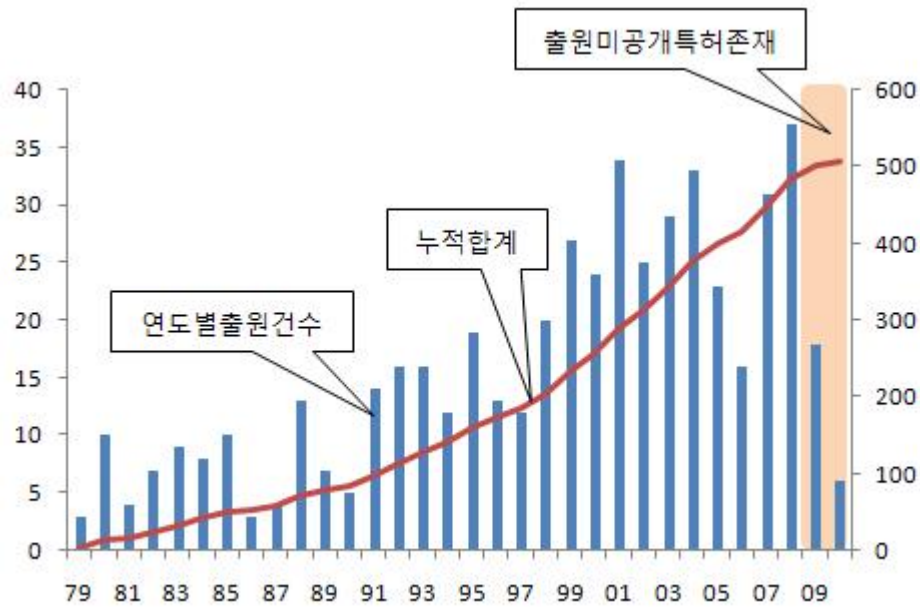
- ① 공극변화 및 2차 측 도체유무를 고려한 리니어 모터의 전류 및 추력제어 알고리즘
- ② 리니어 모터의 제동
- ③ 분기기 통과시의 리니어 모터 제어
- ④ 2차 측 도체 및 back iron지지 구조
- ⑤ 1차 측 권선 방법 및 결선 방법
- ⑥ 리니어 모터 추력 보상 방법
- ⑦ 리니어 모터 차상 급전 방식
- ⑧ 리니어 모터 장착 대차 구조
- ⑨ 리니어 모터 공극 계측 방법
- ⑩ 기타 리니어 모터 차량에 관한 내용

- 리니어 추진시스템의 논문 동향을 살펴보면, 캐나다에서는 1980년대, 일본에서는 1990년대에 자체적으로 리니어 모터 전철 시스템의 설계 및 제어기술을 보유하여 각각 상업 운전을 시작하였으며, 과거 20 여년에 걸쳐서 리니어 모터 전철의 기술 개발에 관한 많은 기술 논문 및 자료가 발표되었음.

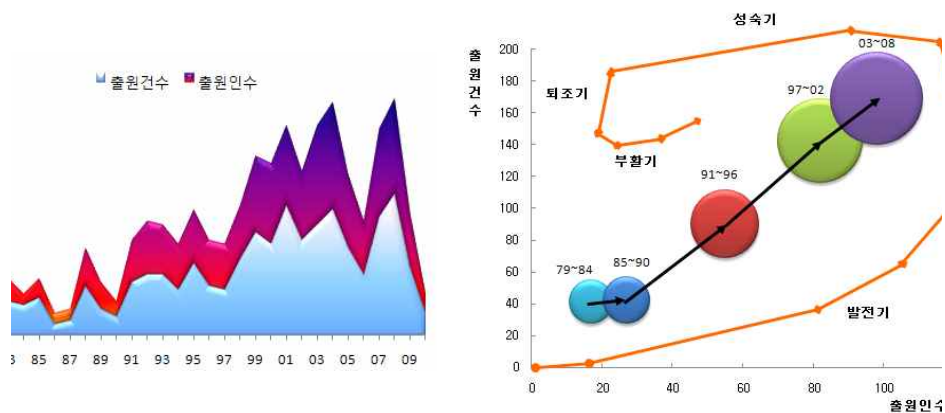
- 이들 논문의 주요 주제는 리니어 모터 설계, 2차 측 레일의 구조, 리니어 모터의 추력제어, 리니어 추진 시스템 시험선로, 리니어 메트로 개발 현황 등으로 분류되며, 최근 집전장치가 없는 리니어 추진 시스템의 개발에 대한 연구진행도 보고되고 있음.

3. 특허 동향 분석

- 국제특허분류 기준에 의거하여 IPC 코드 B61(철도)에 해당하는 세부기술 동향을 분석하였으며, 9개 중분류 및 이하 세분류에 해당하는 특허수를 기준으로 분석을 실시하였음
- 분석대상은 2001년부터 2010년까지 등록된 한국, 미국, 일본, 유럽특허이며, 특허 DB업체인 WIPS 자료를 활용하였음



<전체 연도별 출원건수 및 누적 출원건수>



<출원건수 및 출원인수 비교를 통한 포트폴리오>

- 각 국가별로 등록된 연도별 특허현황, 출원인의 국적분포, 주요출원인, 국가별 IPC 분야별 특허분포 및 연도별 등록추세 등을 파악하였음

〈특허분석 방법론〉

구분	내용
분석기간	2001년 ~ 2010년 (10년간)
분석국가	한국, 미국, 일본, 유럽 등록특허
분석범위	등록특허의 IPC가 B61(철도)로 분류된 특허
분석DB	WIPS 특허DB
분석방법	연도별 특허현황, 출원인 국적분포, 주요출원인, 국가별 IPC 특허분포 및 연도별 등록추세 등

- 미국등록특허는 2005년까지 지속적인 감소세를 보였으나 2009년까지 완만한 감소 및 증가를 기록했다가 2010년 다시 207건으로 증가하였음
- 일본특허의 경우, 2005년부터 2009년까지 큰 폭의 증가를 보이다가 2010년 다시 538건으로 감소하였음
- 유럽특허의 경우, 매년 200건 내외 특허등록을 기록하면서 비슷한 수준을 유지하고 있는 것으로 나타났음
- 한국 등록특허의 경우, 2007년까지 증가추세를 보이다가 2008년, 2009년 등록특허수가 감소하였으나 2010년에는 181건으로 다시 증가하고 있어 연구개발 투자규모 대비 양적인 특허성과 창출은 부족하지 않은 상황임

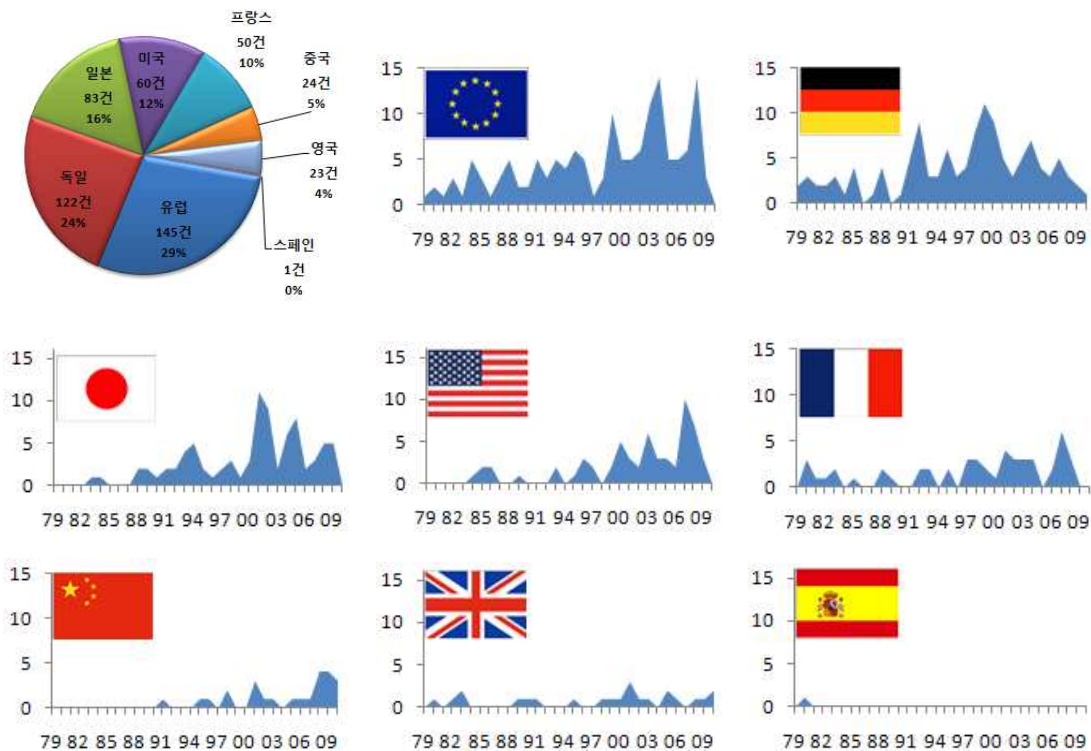
〈각국별 철도 분야 등록특허 연도별 현황〉

(단위 : 건)										
구분	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
한국	41	63	67	43	133	128	213	173	128	181
미국	258	235	201	170	141	165	149	142	158	207
일본	349	365	417	399	289	336	448	634	638	538
유럽	104	162	235	252	197	189	157	238	206	178

- 한국 등록특허를 보유하고 있는 출원인의 국적 분포를 살펴보면, 한국을 제외하고 일본, 독일, 프랑스, 미국 순임
- 미국특허에서는 독일, 일본, 캐나다, 프랑스 순으로 등록특허수를 많이 보유하고 있으며, 유럽특허의 경우에는 독일이 가장 많은 특허를 보유하고 있는 가운데 프랑스, 오스트리아, 미국, 중국 순임
- 전반적으로 미국, 독일 및 프랑스가 다양한 국가에서 철도 관련 특허를 보유하고 있

는 것으로 조사되었으며, 일본은 미국과 한국 특허보유 비율이 상대적으로 높음

- 한국의 경우, 해외특허보유가 상대적으로 적어 기술경쟁력 확보가 미흡한 것으로 나타났다으며, 중국은 유럽특허를 많이 확보해나가고 있는 것을 확인할 수 있음
- 철도분야에서 글로벌 경쟁력을 확보하기 위해서는 자국 뿐만 아니라 시장진출 국가의 특허권을 확보함으로써 시장진입 시 기술적 장벽을 제거하려는 노력이 꾸준히 이루어져야 함



<국가별 출원 현황>

- 히다치(일본)는 각국에 자사특허를 등록하여 특허포트폴리오를 구축하고 있으며, 지멘스(독일) 및 알스톰(프랑스), 봄바디어(캐나다) 역시 유럽 및 미국특허를 중심으로 특허를 확보하여 글로벌 경쟁력을 확보하고 있음
- 국내에서는 한국철도기술연구소가 보유한 등록특허가 192건으로 가장 많은 가운데 한국철도공사(16건), 서울메트로(15건) 등의 유관기관 특허는 많지 않은 것으로 조사되었음
- 세계적인 글로벌 기업인 GE는 철도부분 사업을 추진하면서 미국에서 가장 많은 특허를 보유하고 있으며 National Steel Car는 캐나다 철도차량 제조업체로서 62건의 특허를 보유하고 있음
- 일본에서는 히다치에 이어 일본철도종합연구소가 351건의 특허를 보유하고 있는 것으로 조사되었으며 철도신호 주식회사의 특허가 291건인 것으로 파악되었음
- 국내에서는 철도기술연구원의 연구활동이 가장 두드러지고 있으며, 단기간에 해외

선진 기술주체들의 기술수준에 도달하고 기술경쟁력을 확보하기 위해서는 해외 연구 주체와의 공동연구 또는 산학협력을 바탕으로 한 특정 연구분야에서의 실용화 R&D 아이템을 발굴하려는 노력이 요구됨.

- 특허의 피인용수(CPP)¹⁾ 및 Family 특허의 수(PFS)²⁾를 통해, 국가별 특허의 질적 수준과 시장확보력을 분석한 결과 미국에서 출원된 특허들이 피인용수가 가장 높아 특허의 질적 수준이 가장 높은 것으로 나타났으며, 유럽에 출원된 특허들이 상대적으로 여러 국가에 출원되고 있어 시장확보력이 상대적으로 큰 것으로 판단됨.



<국가별 특허수준 및 시장확보력>

<각국별 특허출원인 분포>

구분	한국특허수(건)		미국특허수(건)		일본특허수(건)		유럽특허수(건)	
1	한국철도 기술연구원	192	General Electric	90	Hitachi	394	Siemens	208
2	현대로템 주식회사	73	National Steel Car	62	Railway Technical Research	351	Bombardier Transportation	112
3	주식회사 로템	35	Hitachi	34	Nippon Signal	291	Alstom	66
4	히다치	34	Miner Enterprise	29	East Japan Railway	287	Alcatel	50

- 1) CPP = 등록특허의 피인용 횟수/등록특허 건수, CPP값이 클수록 질적 수준이 높은 핵심특허 또는 원천 특허를 많이 보유하고 있을 가능성이 높다고 판단.
- 2) 한 발명에 대해 각 국가마다 출원된 특허를 Family patent라 하며, Family Patent 수가 많을 때에는 특허를 통한 시장성이 크다고 판단되어 이를 시장확보력의 지표로 사용.

$$PFS = \frac{\text{해당출원인(소유권자) 평균 Patent Family 수}}{\text{전체평균 Patent Family 수}}$$

5	혁신전공사	19	TRN Business Trust	27	Central Japan Railway	268	Hitachi	49
6	살롬 엔지니어링	17	Westinghouse Air Brake Technology	26	Nippon Sharyo Seizo	206	Knorr-Bremse	41
7	한국철도공사	16	Siemens	24	Mitsubishi Electric	200	Innova Patent	38
8	서울메트로	15	ASF-Keystone	18	Kawasaki Heavy Industry	195	Voith Turbo Scharfenberg	32
9	디유에이 엔아이	13	Alstom	18	Daifuku	173	Schwab Verkehrstechnik	20
10	나부테스코	11	New York Air Brake	16	Toshiba	151	Daimler Chrysler	19

- 미국특허의 경우에는 B61D(철도 차량 종류, 차체 세부) 특허가 565건으로 가장 많으며, 그 다음으로 B61B(철도방식), B61L(철도 교통 안내, 철도 교통 보안)의 등록 특허가 높은 비율을 차지하고 있음
- 일본특허의 경우에는 B61B(철도방식), B61L(철도 교통 안내, 철도 교통 보안) 분야의 특허수가 비슷한 수준에서 가장 많으며, 그 다음으로 B61D(철도 차량 종류, 차체 세부) 특허가 많음
- 유럽특허의 경우에는, B61D(철도 차량 종류, 차체 세부) 및 B61L(철도 교통 안내, 철도 교통 보안) 분야 특허가 가장 높은 비율을 차지하고 있는 가운데 B61F(철도 차량 현가장치) 특허도 292건으로 많음
- 한국에서는 B61L(철도 교통의 안내, 철도 교통의 보안)에 속하는 특허가 391건으로 가장 높은 비율을 차지하고 있으며, B61D(철도 차량의 종류와 차체 세부) 특허도 323건으로 상대적으로 많음

<IPC 중분류 수준에서의 특허분포>

구분	한국 특허수	미국 특허수	일본 특허수	유럽 특허수
B61B(철도방식; 달리 분류되지 않는 설비)	190	317	1,241	224
B61C(기관차; 동력차)	25	160	215	145
B61D(철도 차량의 종류와 차체 세부)	323	565	1,159	610
B61F(철도 차량 현가장치)	124	199	584	292

B61G(철도 차량에 특별히 이용되는 연결기)	41	129	90	179
B61H(철도 차량에 특유한 제동장치 또는 기타 감속장치)	59	74	179	86
B61J(차량을 이동하는 것 또는 교환하는 것)	11	42	54	13
B61K(철도를 위한 다른 보조장치)	62	91	220	111
B61L(철도 교통의 안내; 철도 교통의 보안)	391	288	1,236	503

- 각국별 IPC 중분류 분포 비율을 비교해보면 전반적으로 기술분야별 분포는 유사한 형태를 보이고 있으나 B61L, B61B에서는 각각 한국 및 일본의 특허비율이 상대적으로 높음
- 한국과 일본의 경우 B61L 분야의 특허비율은 미국 및 유럽수준을 상회하고 있으며, B61B 및 B61D 분야에서도 상대적으로 그 비율이 높거나 비슷한 수준을 기록하고 있음
- 미국 및 유럽의 특허에서는 B61D 분야의 특허비율이 상대적으로 높은 것으로 조사되었음
- 철도분야를 8개 중분류(시스템 엔지니어링, 운영, 차량, 궤도토목, 전기신호, 환경, 안전방재, 역사) 수준으로 구분하여 각각 미국등록특허를 기준으로 키워드 검색을 실시하여 주요국의 특허보유 수준을 비교하였음

<철도 기술 분야 분류>

대분류	중분류	소분류
철도	시스템 엔지니어링	철도시스템 평가 및 검증
	운영	운영효율화 기술
	차량	차체 및 실내외 설비기술
		제동제어 기술
		대차 및 현가장치 기술
		차량전기기술
		차량제어기술
		차량유지보수
	궤도토목	궤도기술
		철도교량기술
		철도터널기술
		노반기술
		궤도유지보수

	전기신호	전력설비 기술
		신호통신
		전기신호유지보수
	환경	소음저감기술
		온실가스저감기술
	안전방재	안전방재기술
	역사	플랫폼
자료) 한국과학기술기획평가원(2007), 건설교통기술 특허·논문 동향조사		

- 또한, 본 연구기획을 통해 연구 중점추진분야를 도출하기 위해서 4대 세부분야별로 키워드 검색을 통해 각 분야에서의 연도별 동향, 국가별 특허의 양적/질적 성과수준 비교 등을 실시함
- 분석대상은 2001년부터 2010년까지 등록된 한국, 미국, 일본, 유럽특허이며, 특허 DB업체인 WIPS 자료를 활용하였음

<특허분석 방법론>

구분	내용
분석기간	2001년 ~ 2010년 (10년간)
분석국가	한국, 미국, 일본, 유럽 등록특허
분석범위	철도 8대 분야별 특허, 기획을 위한 4대 세부분야별 특허
분석DB	WIPS 특허DB
분석방법	연도별 특허현황, 출원인 국적분포, 주요출원인, 국가별 IPC 특허분포 및 연도별 등록추세 등

- 미국특허를 중심으로 비교한 자료이기 때문에 미국이 대부분의 특허를 차지하고 있는 것으로 조사되었음
- 그러나 일본, 독일의 경우 운영, 차량, 궤도토목, 전기신호 등의 분야에서 전략적으로 미국특허를 보유하면서 국제 경쟁력 확보를 위해 노력하고 있음을 확인할 수 있음
- 상대적으로 한국의 경우, 미국특허보유수 자체가 많지 않으며 환경 및 안전방재/역사 분야에서는 한 건의 특허도 보유하고 있지 않은 것으로 조사되었음

<분야별 특허성과 비교결과>

분야	미국	일본	독일	프랑스	영국	한국
시스템 엔지니어링	37	0	8	1	1	3
운영	181	50	19	9	5	7
차량	491	104	114	35	7	3
궤도토목	375	38	128	17	50	12
전기신호	188	35	28	11	4	3
환경	21	8	1	1	0	0
안전방재 /역사	87	11	12	2	2	0
합계	1,283	235	298	73	67	28

- 국내등록특허를 보유한 주요 주체들의 현황을 살펴보면, 한국철도기술연구원이 전 분야에서 기술력을 확보하고 있는 것을 확인할 수 있으며, 현대로템, 철도공사, 삼표이앤씨 등이 일부 해당 분야에서 관련 특허를 상당수 보유하고 있음
- 철도운영 효율화 관련 기술분야를 4대 분야로 구분하여 특허성과를 비교하였으며, 유지보수 자동화 선진화 측면에서 검측차량, 철도유지관리 시스템 분야를 구분하였고 철도에너지 관리 효율화 측면에서 철도 에너지 절감 및 최적화 분야, 환경비용 저감 측면에서 친환경 철도시스템을 구분하였음
- 철도유지관리 시스템에 활용가능한 IT 관련 기술이 상당수 존재하여 가장 많은 특허성과가 창출되고 있는 것으로 조사되었으며, 에너지 및 환경 관련 분야의 특허는 상대적으로 많지 않음
- 미국이 가장 많은 특허수를 보유하고 있는 가운데, 일본은 철도 에너지 절감 및 최적화 분야에서, 유럽국가들은 친환경 철도시스템 분야에서 가장 많은 특허를 보유하고 있음
- 전반적으로 특허 피인용도는 높지 않으며 미국의 피인용도 수준이 상대적으로 높음

<분야별 미국/유럽 특허성과 비교결과>

분야	1위	2위	3위	4위	5위	한국
철도에너지 절감 및 최적화	일본 (30)	미국 (24)	유럽 (9)	한국 (8)	캐나다 (5)	4위 (8)
친환경 철도시스템	유럽 (47)	일본 (20)	미국 (16)	-	-	-
주) 분야별 주요국의 특허보유 수준비교는 미국 및 유럽특허 검색결과만을 활용하여 집계 유럽특허의 경우, 유럽 개별국가에 대한 정보가 세분화되지 않아 유럽(EP)로 통합하여 집계						

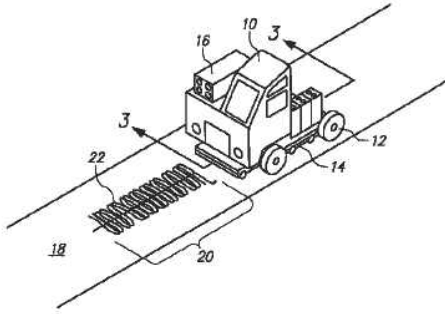
□ 급곡선 차량시스템 기술

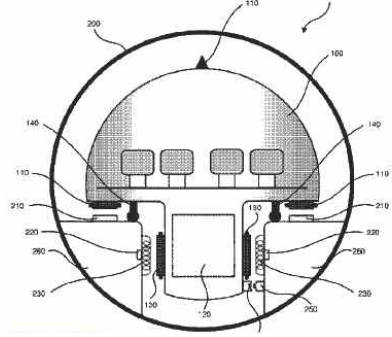
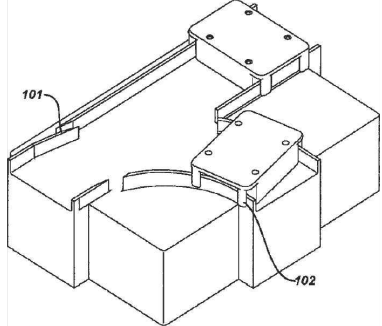
대분류	세부기술	분석대상건수
저상대차	3궤도급전	2
	구동장치	3
	대차구성	77
	도어	3
	속도제어	2
	연결장치	14
	운영신호	1
	윤축	1
	제동장치	6
	조향대차	2
	집전장치	6
	차량검수	2
	차량신호	7
	차량편성	14
	차체	17
	충돌완화	2
	프레임구조	2
	현가장치	4

대상국가	미국, 일본, 중국, 유럽, 독일, 프랑스, 영국
특허 DB	Thomson Innovation
검색기간	최근 30년간
검색범위	저상대차(구동장치, 대차구성, 연결장치, 윤축, 제동장치, 조향대차, 집전장치, 프레임구조, 현가장치)

Keyword		저상대차(구동장치, 대차구성, 연결장치, 윤축, 제동장치, 조향대차, 집전장치, 프레임구조, 현가장치)
검색건수		165
유효특허건수		21
핵심특허 및 관련성	특허명	Motor-driven bogie for a streetcar
	보유국	프랑스
	등록년도	2010-03-24
	관련성(%)	40
	유사점	저상형 대차
	차이점	축이 있든 대차
핵심특허 및 관련성	특허명	Twin-axle traction chassis for low-floor tram (streetcar), with asymmetric T-shaped frame with long bearers connected by rubber-metal joints
	보유국	독일
	등록년도	2000-04-20
	관련성(%)	50
	유사점	저상대차 프레임
	차이점	조향기능 없음
핵심특허 및 관련성	특허명	RUNNING GEAR FOR A RAIL VEHICLE
	보유국	캐나다
	등록년도	2002-09-18
	관련성(%)	40
	유사점	독립차륜형 대차
	차이점	구동장치 설치 위치
핵심특허 및 관련성	특허명	Motorized running gear with independent wheels for railway vehicles, especially for low floor tramway
	보유국	독일
	등록년도	2005-03-23
	관련성(%)	60
	유사점	독립차륜형 대차
	차이점	조향기능 없음

□ 급구배 추진시스템 기술

Keyword		linear synchronous motor AND (vehicle or railway or motor)
검색건수		65
유효특허건수		1
핵심특허 및 관련성	특허명	Electric vehicle of linear motor charging
	보유국	중국
	등록년도	2012
	관련성(%)	70%
	유사점	•선형동기전동기의 1차측이 지상에 설치, 2차측이 차량에 설치
	차이점	•철도가 아닌 차량을 이용한다는 점에서 차이가 있음 

Keyword		linear synchronous motor AND coreless	
검색건수		19	
유효특허건수		2	
핵심특허 및 관련성	특허명	PROPULSION AND GUIDANCE TYPE TUBE TRANSPORTATION SYSTEM, WHICH SUPPLIES A CORELESS PROPULSION SYSTEM PROPULSION FORCE	IMPROVED TRANSPORT SYSTEM POWERED BY SHORT BLOCK LINEAR SYNCHRONOUS MOTORS AND SWITCHING MECHANISM
	보유국	한국	한국
	등록년도	2010	2012
	관련성(%)	70%	
	유사점	•선형동기전동기의 1차측이 지상에 설치, 2차측이 차량에 설치	•공극이 없는 선형동기전동기를 이용함
	차이점	•Tube를 이용한 인프라 •Coil이 Guideway를 따라 설치됨 	•Coil이 Guideway에 설치됨 

4. 논문 동향 분석

- 철도분야의 전반적인 각국별 논문성과를 비교해보기 위해서 7개 중분류(시스템 엔지니어링, 운영, 차량, 궤도토목, 전기신호, 환경, 안전방재/역사)에 대한 키워드 검색을 통해 해당 분야에서의 각국별 논문 성과수를 비교함

<철도분야별 논문성과 비교 방법론>

구분	논문성과
분석범위	2000년 ~ 2011년 Science Citation Index Expanded, Social Sciences Citation Index, Arts&Humanities Citation Index 게재논문
분석방법	7개 중분류로 구분하여 논문타이틀 키워드 검색 실시
분석DB	Thomson Reuters의 Web of Science DB
분석방법	주요 논문게재 국가비교, 분야별 국내 주요 연구주체과악

- 본 연구기획을 통해 연구 중점추진분야를 도출하기 위해서 4대 세부분야별로 키워드 검색을 통해 각 분야에서의 연도별 동향, 국가별 논문의 양적/질적 성과수준 비교 등을 실시
- 특허성과에 비해 상대적으로 논문성과는 양적, 질적으로 우수한 것으로 판단되어 산업적 권리확보보다는 학술적인 연구중심으로 그동안 연구개발이 이루어져 왔음을 확인할 수 있음.
- 그러나 주요국과의 기술격차는 여전히 존재하고 있어 향후 이러한 학문적 성과물도 적극적으로 활용할 경우, 선진국과의 기술격차를 줄여나가는데 도움이 될 것으로 판단됨
- 기술개발 상세기획 단계에서는 특허 뿐만 아니라 논문성과에 대한 추가적인 검토를 통해 활용가능한 연구성과물을 선별하고 적극 활용해야 할 것으로 판단됨

□ 논문분석 범위

대상국가	미국, 일본, 유럽
논문 DB	Web of Science
검색기간	최근 5년간
검색범위	제목 및 초록

□ 급곡선 차량시스템 기술

Keyword		Low floor bogie, steering suspension, tram, tram-train, wheel/rail interactive force, wheel-rail contact, tramway
검색건수		25
유효논문건수		8
핵심논문 및 관련성	논문명	Simulation of dynamic behaviour of the new low floor tram SIRIO for Milan
	학술지명	simpack conference
	저 자	Mario Romani
	게재년도	2008
	관련성(%)	60
	유사점	독립차륜형 저상대차 시뮬레이션 기법에 관한 연구
	차이점	해석기법에 대한 방법 등
핵심논문 및 관련성	논문명	Stability analysis of high speed railway vehicles
	학술지명	JSME International Journal
	저 자	Jing Zeng, Pingbo Wu
	게재년도	2004
	관련성(%)	40
	유사점	대차시스템의 고속성
	차이점	독립차륜형식이 아님
핵심논문 및 관련성	논문명	Wheel/rail contact analysis of tramways and LRVs against derailment
	학술지명	Elsevier B.V.
	저 자	Yasuhiro Sato, Akira Matsumoto, Hiroyuki Ohno, Yasushi Oka, Hiromichi Ogawa
	게재년도	2008
	관련성(%)	50
	유사점	매립형 궤도와 휠 간의 인터페이스 설계
	차이점	해석기법에 대한 방법
핵심논문 및 관련성	논문명	A new wheel-rail contact model for railway dynamics
	학술지명	2nd Mini Conference on Contact Mechanics and Wear of Rail/Wheel System
	저 자	João Pombo, Jorge Ambrósio and Miguel Silva
	게재년도	2008
	관련성(%)	40
	유사점	wheel-rail 인터페이스 및 설계방법론
	차이점	축이 있는 대차시스템

핵심논문 및 관련성	논문명	Two-level numerical optimization of ride comfort in railway vehicles
	학술지명	Journal of Rail and Rapid Transit
	저 자	R Enblom
	게재년도	2005
	관련성(%)	50
	유사점	승차감 향상을 위한 최적설계 해석기법
	차이점	축이 없는 대차에 대한 적용이 아님
핵심논문 및 관련성	논문명	Improvement of bogie curving performance by using friction modifier to rail/wheel interface Verification by full-scale rolling stand test
	학술지명	Elsevier B.V.
	저 자	Akira Matsumotoa,*, Yasuhiro Satoa, Hiroyuki Ohnoa, Masao Tomeokab, Kousuke Matsumotob, Tomohisa Oginob, Masuhisa Tanimotoc, Yasushi Okad, Masayuki Okanoc
	게재년도	2005
	관련성(%)	50
	유사점	곡선추종성에 대한 해석 기법
	차이점	독립차륜형 조향대차의 기법
핵심논문 및 관련성	논문명	지하철용 신조타 대차 개발
	학술지명	철도차량과 기술
	저 자	荻野 智久・岩本 厚・梅原 康宏・砥上 靖弘
	게재년도	2005
	관련성(%)	40
	유사점	조향대차의 기술적 접근
	차이점	축이 있는 대차 시스템
핵심논문 및 관련성	논문명	급곡선에 있어서의 여러 문제와 그 해결 기술
	학술지명	RTRI 기술지
	저 자	코야마 히나타
	게재년도	2006
	관련성(%)	50
	유사점	곡선 추종성에 대한 기술적 접근
	차이점	축이 있는 대차 시스템

□ 급구배 추진시스템 기술

Keyword		(coreless) AND (linear motor)	
검색건수		6	
유효논문건수		2	
핵심논문 및 관련성	논문명	Coreless Linear Permanent Magnet Synchronous Machine as a Direct Servo Drive for CNC Milling Machine	Calculation of optimal current density of double side permanent magnet linear synchronous motor
	학술지명	PRZEGLAD ELEKTROTECHNICZNY	JOURNAL OF CENTRAL SOUTH UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
	저 자	Drazikowski Lukasz; Kaminski Bartlomiej	Jang Ki-Bong; An Ho-Jin; Kim Gyu-Tak
	게재년도	Volume: 86 Issue: 2 Pages: 131-135 Published: 2010	Volume: 18 Issue: 1 Pages: 165-170 Published: 2011
	관련성(%)	70	60
	유사점	•공심형 PMLSM을 사용하여 추진	•공심형 PMLSM을 사용하여 추진
	차이점	•CNC 밀링머신의 위치제어를 위한 소형 LSM	•양측식 PMLSM을 이용하였으며, 1차측 코일이 이동하는 방식으로 코일의 온도에 따른 최대 전류밀도 산출을 위한 논문

Keyword		air-core AND linear synchronous motor	
검색건수		8	
유효논문건수		2	
핵심논문 및 관련성	논문명	Winding factor calculation for analysis of back EMF waveform in air-core permanent magnet linear synchronous motors	Modeling of Air Core Permanent-Magnet Linear Motors With a Simplified Nonlinear Magnetic Analysis
	학술지명	IET ELECTRIC POWER APPLICATIONS	IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS
	저 자	Mohammadpour, A; Gandhi, A; Parsa, L	Kazan, E; Onat, A
	게재년도	Volume: 6 Issue: 5 Pages: 253-259 Published: 2012	Volume: 47 Issue: 6 Pages: 1753-1762 Published: 2011
	관련성(%)	70	80
	유사점	•공심형 PMLSM을 이용	•공심형 PMLSM을 이용
	차이점	•역기전력과 권선계수산출을 위한 논문	•공심형 PMLSM을 이용한 소비 전력을 제한한 point-to-point positioning 산출을 위한 논문

4절. 연구개발 인프라 분석

- 전기전자분야에서 20년 이상 국가 프로젝트 수행 경험을 가지고 있고, 연구결과를 국제 유명저널에 전력소자(IGBT, MOSFET)의 회로설계 및 응용에 관한 다수의 논문발표를 하였으며, 회로설계 및 구현 경험이 풍부한 전문가 참여 가능
- 전기 및 기계 분야에서 10년 이상 연구 또는 프로젝트 수행 경험을 가지고, 한국형 경량전철시스템 및 도시철도차량용 리니어전철 시스템 기술개발 과제 및 다양한 철도시스템 관련 과제 다수 등의 연구경험이 있는 전문가 참여 가능
- 리니어모터, 회전모터 및 성능 시험평가 기술 분야에서 5년 이상 연구 또는 프로젝트 수행경험을 가지고 있는 전문가 참여 가능
- 한국철도기술연구원 활용 장비
- H/W 활용 방안
 - AC/DC Power Supply : 축소 시제품 전원공급
 - Multi-Meter : 축소 시제품의 간단한 전류/전압 측정 테스트
 - Oscilloscope : 축소 시제품 제작시 측정용
 - MCU Emulator : 축소 시제품 제작 MCU Writing 및 Debugging
 - Power Analyzer : 전력사용량 측정 및 분석
 - PXI Host : Real Target 장비 Control용 PXI 장비
 - DAQ : Test-bed 구성품 Data Logging용
- S/W 활용 방안
 - Maxwell 2D/3D Ver.11 : 리니어모터의 설계 및 특성 분석
 - Simplorer/Matlab-Simulink : 리니어모터의 제어 알고리즘 개발 및 특성 분석
 - JAVA Software : AMI Prototype MCU Source Programming
 - LabVIEW : 축소형 시제품 모델의 성능계측용 PXI장비 및 DAQ 구동 및 분석

5절. 종합 분석

1. 국내외 정책 및 시장분석

□ 전 세계가 녹색 및 친환경 교통수단인 철도를 미래 장거리 교통수단으로 인식하여 지하철의 수요가 지속적으로 증가 할 것으로 예상되는 가운데, 도시철도시스템은 국내뿐만 아니라 세계 최초로 제시하는 저비용의 신교통시스템 모델로서 추후 상용화에 따른 국제적인 경쟁력 확보가 가능할 것으로 판단됨

- 저탄소형 사회 구현과 성장을 위해, 전 세계적으로 신재생에너지 보급이 확대되고 있는 추세임.
- 우리 정부도 환경오염과 온실가스 배출을 최소화하면서도 경제성장을 이루겠다는 녹색성장(Green Growth)을 새로운 국가 발전전략으로 제시.
- 국가 신재생에너지 보급목표 달성 및 온실가스 배출 절감에 일조함으로써 정부의 저탄소·녹색성장에 크게 기여할 수 있는 산업임.
- 대체냉매 적용 고효율 지열 히트펌프와 이를 적용한 지열 냉난방 시스템은 향후 수출산업화는 물론 에너지 분야의 국제협력에서 우리의 위상을 높일 수 있는 유망 산업임.

2. 기술개발 동향 및 인프라 분석

□ 세부 기술별 국내외 기술 수준 비교

기술명	관련기술 최고보유국 (기관명)	기술 수준(요약)	현재 기술수준 (%)	기술개발 목표수준 (%)
급곡선 기술	한국, 독일, 프랑스, 캐나다 (로템, 지멘스, 봄바르디아, 알스톰 등)	· 100% 저상 및 초저상 대차 기술보유 · 100% 저상이면서 제한 속도 70~80km/h 수준임 · 최소 곡선반경 20m 수준임	50	100
급구배 기술	캐나다, 일본, 미국 (봄바르디아, 히타치, GA)	· 리니어모터 최적설계 및 제어 기술 보유 · 공심형 리니어모터 시제 개발 · 리니어모터 성능평가 시험기술 보유	80	95

- 특허성과에 비해 상대적으로 논문성과는 양적, 질적으로 우수한 것으로 판단되어 산업적 권리확보보다는 학술적인 연구중심으로 그동안 연구개발이 이루어져 왔음을 확인할 수 있음
- 그러나 주요국과의 기술격차는 여전히 존재하고 있어 향후 이러한 학문적 성과물도 적극적으로 활용할 경우, 선진국과의 기술격차를 줄여나가는데 도움이 될 것으로 판단됨
- 기술개발 상세기획 단계에서는 특허 뿐만 아니라 논문성과에 대한 추가적인 검토를 통해 활용가능한 연구성과물을 선별하고 적극 활용해야 할 것으로 판단됨
- 선형전동기를 추진으로 이용하는 철도 기술은 일본, 캐나다, 미국, 독일, 중국 등에서 활발히 진행중이며, 투자를 확대하고 있어 전망이 매우 밝음
- 선형전동기의 활용이 산업계에서 활발히 진행되고 있으며, 대용량이 필요한 철도 응용분야로 확대되고 있음
- 이와 관련한 기술개발이 이루어지고 있으며, 기존의 기술을 토대로 새로운 추진시스템의 기술개발 가능성은 매우 높으며, 기술 선점을 위하여 반드시 우리나라에서 최초로 연구개발을 수행하여야 함
- 기술 개발을 위한 관련 인적, 물적 인프라는 충분히 공급 가능한 것으로 분석됨.
- 또한, 급곡선 핵심기술에 있어서, 시장의 수요가 큰 도시철도차량의 300mR 급곡선 주행기술은 기 기획과제인 “도시철도차량용 능동조향대차 기술개발 기획연구 (2011.8, 한국건설교통기술평가원)”를 참조할 수 있음

3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략

1절. 비전 및 목표

비 전: 신개념(Fresh) 급구배, 급곡선 핵심기술을 통한 저비용 및 고효율 확보

철도노선의 급구배, 급곡선에서 주행 가능한 철도차량 핵심기술개발

급구배(100%), 급곡선(15mR) 주행이 가능한 철도차량 핵심 기술 확보

□ 전략목표

「급구배, 급곡선 주행을 위한 철도차량시스템 핵심기술」은 도심내 최속곡선반경 15m를 갖는 도로 곡선 조건에서 운행이 가능하고 100%의 급구배 등판 추진 능력을 갖는 철도차량시스템의 핵심기술임

- 급곡선 주행성이란 도심내 도로와 같은 곡선 조건에서도 차량의 원활한 주행이 가능한 것으로서, 도심내와 동일한 선상(최소곡선반경은 15~20m)에서 운행이 가능한 것임
- 저심도 차량의 도시 내 주행을 위한 곡선 주행성 확보와 시외 주행을 위한 고속 직진성 확보를 위해서는 대차에 조향장치의 탑재가 필요함
- 조향장치에는 다양한 종류가 있으며, 저심도 차량의 특성상 100% 저상대차에 조향장치를 탑재하기 위해서는 조향장치에 대한 선행연구와 저상대차에의 적용 가능성에 대한 사례조사가 필요함
- 조향장치를 탑재한 대차의 고속 직진성과 곡선 주행성을 극대화 하고, 차량의 중량을 낮춰 운영비 및 개발비를 절감하기 위해서는 구조의 설계 최적화가 필요함
- 급구배란 100%의 급구배 등판능력으로서, 이는 경사가 심한 도로와 동일 선상에서 운행하기 위해서는 급구배 등판능력을 가진 비점착 추진 또는 별도의 점착능력을 향상시키는 것임

2절. 기술개발에 따른 미래상

1. 현황 및 미래상

○ 급곡선, 급구배 차량시스템 기술 개발

현황 (As-Is)	○ 도로와 동일 선상에서 주행할 수 있는 수준인 최소 곡선반경 15m이며 이를 위한 능동형 조향대차 기술 부재 ○ 철제차륜 점착구동방식의 경우, 급구배 등판능력은 최대 약 60% 이내이며, 고무차륜 점착구동방식은 최대 약 90% 이내임 (100%이상 급구배 주행기술 부재) ○ 중소 도시간 신규 철도건설시 철도 건설비 저감을 위해 기존 도로 인프라 지하구간을 활용할 경우, 이에 적합한 급구배(100%), 급곡선(15R) 주행이 가능한 철도차량 핵심 요소기술개발 필요 ○ 소음감소 및 승차감향상 등 기존 급곡선, 급구배 선로에서 원활한 주행이 가능한 차량 핵심요소기술 개발 필요 ○ 도시의 발달로 교통수단의 다양화가 요구됨. 특히 도심내 공간 활용의 극대화, 접근성이 우수하며, 친환경적인 미래형 교통수단의 수요가 제기됨 ○ 더불어 경제성, 접근성 및 타 교통수단과의 연계성이 우수한 대중교통 시스템 개발 필요 ○ 취약구간에 적용 가능한 철도차량 대차 및 추진시스템 등 핵심기술개발 필요
↓	
주요 연구 내용	○ 곡선 반경 15m 회전 가능한 독립차륜형 대차시스템 기술개발 ○ 100% 급구배 등판용 공심형 LSM 추진시스템 개발 ○ 성능시험평가 기반 기술개발
↓	
미래상 (To-Be)	○ 선형조건이 불리한 도심철도, 산악철도 등의 급곡선, 급구배에서 주행 가능한 철도차량 핵심기술개발 - 급구배(100%), 급곡선(15mR) 주행이 가능한 철도차량 핵심 요소기술개발 기획 - 기존 취약선로(급곡선, 급구배)에서 원활한 주행이 가능한 차량 핵심요소기술 개발 기획

2. 기술개발 전략 및 효과

- 도심내 곡선반경 15mR 및 저상 주행이 가능한 도시철도차량을 도입함으로써 곡선 반경 제한으로 인해 발생하는 건설비를 줄일 수 있으며, 이는 초기건설비의 절감(타 경전철의 1/3 수준) 및 건설기간(타 경전철의 1/5 수준)을 단축시킬 수 있음.
- 급구배, 급곡선 철도차량 기술 확보로 철도 노선 설계의 자유도가 대폭 향상되어, 산악지형 철도, 도시철도 등 도시친환경적인 설계 기술을 확보하여 전세계적 기술을 선도하고 수입대체효과와 기술수출을 이루게 될 것임.

○ 성공 요소 분석

- 철도 수요 및 경제성 증가 요소 가능 : 외부 통행시간 단축으로 기존 철도시스템 대비 수단 분담률 3%이상 발생 유도 가능
- 편익 증가, 비용 감소로 인한 사업 타당성(B/C) 증가
- 정책적 지원 등을 위한 통한 세계적 기술 선도 이미지 부각 : 첨단 교통시스템 도입을 통한 도시 랜드 마크 및 국가 자존심 부각
- 국내 첨단 기술력 극대화로 충분한 검증 : 공사비 단축을 위한 최첨단 공법 기술 개발, 차량 및 시스템 표준화 기술개발 등

□ 경제적 기대효과

- 경량전철 대비 10% 절감된 기술 실용화
- 경량철도 대비 건설비 20% 절감된 기술 확보

□ 기술적 기대효과

- 급곡선, 급구배 차량 기술 확보
 - 15mR 주행 가능한 독립차륜형 대차시스템 기술
 - 구배100% 주행 가능한 공심형 LSM 추진시스템 기술
- 80km/h 이상의 고속이면서 저상인 대차 시스템 실용화

3절. 연구개발과제 구성

□ 연구개발과제는 급구배/급곡선 차량시스템 기술은 2개 세부과제로 구성되어 있으며, 중점추진분야별 세부과제의 기술개발목표 및 내용 구성은 아래와 같음.

○ 급구배/급곡선 차량시스템 기술

1	급곡선 기술	· 곡선 반경 15m 회전 가능한 대차시스템 기술개발 · 80km/h 이상 주행성능 기술 · 성능시험 평가 기술개발	· 급곡선 주행 장치 기술개발 · 독립차륜형 조향장치 기술개발 · 고속성 확보를 위한 기술개발
2	급구배 기술	· 100% 급구배 등판용 공심형 LSM 추진시스템 개발 · 성능시험평가 기반 기술개발	· 급구배 등판용 공심형 LSM 추진시스템 설계/해석/제어 · 성능시험평가 기반 기술개발

4절. 세부과제별 주요내용 및 추진체계

1. 세부과제별 주요내용

1. 과제명		급곡선 기술				2. 기술개발단계		개발																																												
3. 연구개발 배경 및 필요성		- 독립차륜형 100% 저상대차(IRW bogie)는 저상차량시스템을 개발하고자하는 국가나 기업에서 가장 우선시 되는 기술이며 - 편리성 및 접근성을 극대화하기 위한 저상대차시스템은 정거장과 차량과의 레일 상면에서 높이 차이를 35cm이하로 건설함으로써 교통약자에게 불편함을 없애고 건설비를 줄일 수 있는 대중교통 시스템임으로 대중 교통체계를 혁신적으로 바꿀 수 있음. - 현재까지 100% 저상시스템이면서 속도를 80km/h이상, 25mR, 소음 및 진동을 확보하지 못하고 있음. - 저상의 조건은 휠 축이 제한으로 따르게 되고 축이 없는 독립 휠을 설계할 경우 속도향상에 기술적 어려움이 발생함. - 또한, 독립 휠의 기술적 한계는 대차 주요구성품에 대한 기기배치, Unspring mass, 동력전달방식 등이 기술적 제한조건임. - 특히, 도시교통과 효과적인 접근성을 위해 저상대차 설계가 요구되어 지고 속도향상을 위해 고용량/초경량 추진제어시스템 적용이 필요함. 장치의 효과적인 배치를 위해 위치 최적화를 위한 연구가 수행되어야 함.																																																		
		4. 연구개발목표																																																		
		5. 대상 과제의 TRL 분류		<table><tr><td>사업화 기술</td><td>기초이론 /실험</td><td>실용목적 아이디어 특허 등 개념 정립</td><td>실험실 규모의 기본성능 평가</td><td>실험실 규모의 핵심 성능평가</td><td>확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능 평가</td><td>파일럿 규모 시작품 제작 및 성능 평가</td><td>신뢰성 평가 및 수요기업 평가</td><td>시제품 신기술 검증·인증 및 표준화</td><td>사업화</td></tr><tr><td>공공기술</td><td>현상규명</td><td>DB구축</td><td>시스템 및 모델개발</td><td>시스템 및 모델의 적용</td><td>표준 가이드라인 제시</td><td>통합시스템 개발·적용 및 평가관리 기술</td><td>제도개선 (안) 등 도출</td><td>통합적 모델 및 시스템의 표준화 /인증</td><td>정책 등 활용</td></tr><tr><td>현재시점</td><td>☐</td><td>☒</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr><tr><td>개발완료 시점</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☒</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr></table>									사업화 기술	기초이론 /실험	실용목적 아이디어 특허 등 개념 정립	실험실 규모의 기본성능 평가	실험실 규모의 핵심 성능평가	확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능 평가	파일럿 규모 시작품 제작 및 성능 평가	신뢰성 평가 및 수요기업 평가	시제품 신기술 검증·인증 및 표준화	사업화	공공기술	현상규명	DB구축	시스템 및 모델개발	시스템 및 모델의 적용	표준 가이드라인 제시	통합시스템 개발·적용 및 평가관리 기술	제도개선 (안) 등 도출	통합적 모델 및 시스템의 표준화 /인증	정책 등 활용	현재시점	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	개발완료 시점	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐
				사업화 기술	기초이론 /실험	실용목적 아이디어 특허 등 개념 정립	실험실 규모의 기본성능 평가	실험실 규모의 핵심 성능평가	확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능 평가	파일럿 규모 시작품 제작 및 성능 평가	신뢰성 평가 및 수요기업 평가	시제품 신기술 검증·인증 및 표준화	사업화																																							
공공기술	현상규명			DB구축	시스템 및 모델개발	시스템 및 모델의 적용	표준 가이드라인 제시	통합시스템 개발·적용 및 평가관리 기술	제도개선 (안) 등 도출	통합적 모델 및 시스템의 표준화 /인증	정책 등 활용																																									
현재시점	☐			☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐																																									
개발완료 시점	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐																																											
6. 연구개발내용 및 범위		독립차륜형 급구배 저상대차 기본설계 독립차륜형 저상대차 상세설계 및 시제품 제작 독립차륜형 저상대차 구성품 시험 및 성능평가																																																		
7. 기술개발 최종성과물 및 활용방안		최종성과물		· 곡선 15mR 주행평가 등 저상대차 설계 방향 도출 · 시제품 제작(시스템 구현용) · 국제 특허기술 확보 및 SCI 논문게재																																																
				활용방안		· 신규 국가 R&D 창출(대중교통 혁신 사항 도출) · 미래 원천기술확보 및 대차생산 전문기업 양성 등 저상트램 신산업 창출 · 저상대차 실용화 및 제품화를 위한 기획(안) 작성 · 저상대차 기술이전 및 기술전파																																														
8. 연구개발 과제의 규모		구분				1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도																																										
		연차별 연구비	정부	900	1,400	700																																														

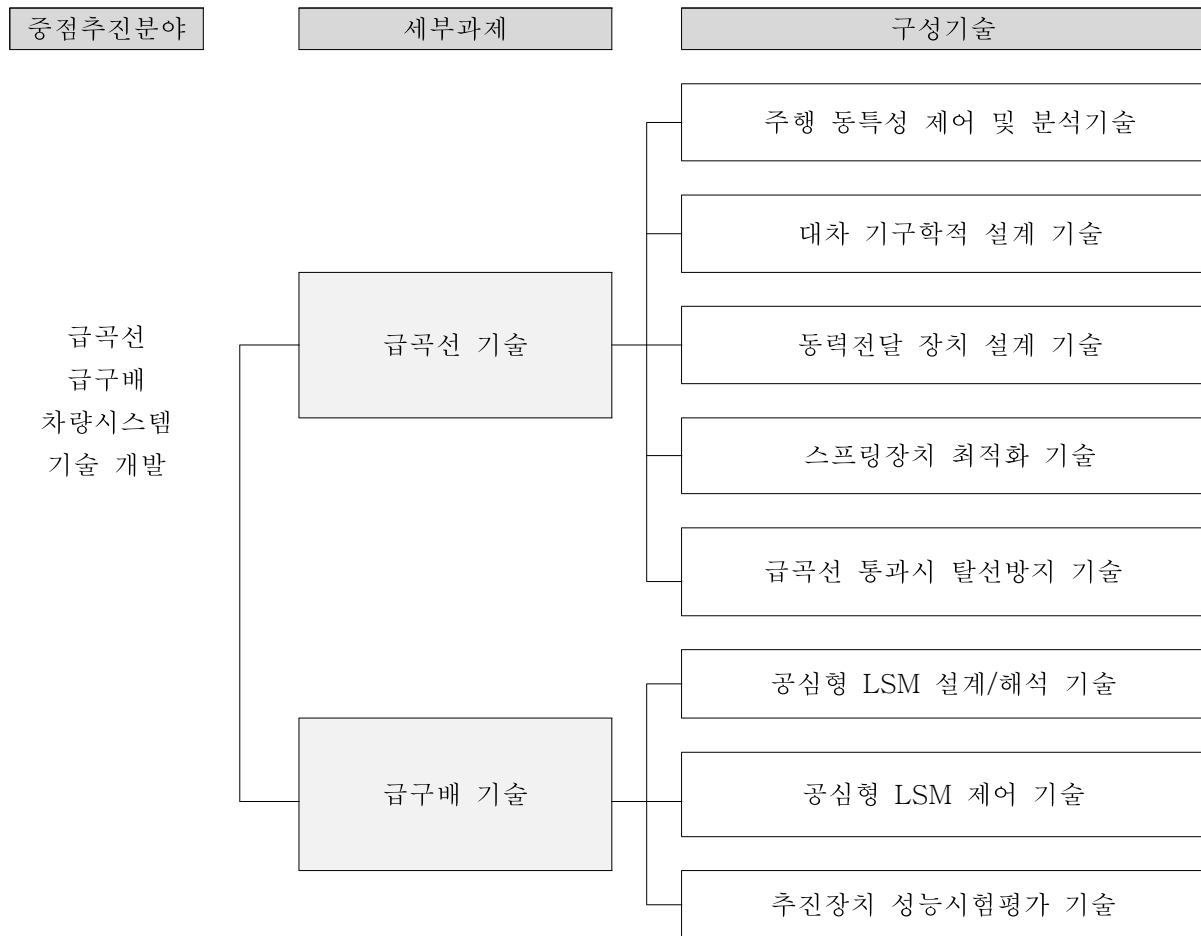
	(백만원)	민간(추정)	250	375	125		
	합 계		1,150	1,775	825		
	총연구비 (백만원)	정부	3,000		총 연구기간	3 년	
		민간	750				
		총합계	3,750		연도별 평균소요인력	11 명	
9. 연구성과의 확산 및 기대효과	(1) 정량적 기대효과						
	○ 일반 경전철의 경우 지상 및 지하에 전용 궤도를 건설하여야 하는 관계로 km당 약 500억 원 이상의 초기건설비가 소요되고, 이러한 궤도 건설기간의 장기화로 인하여 도심의 교통체증이 더욱 심각해짐에 따라 혁신적인 기술개발이 필요함. 저상대차 기술을 적용시 지하화로 경제성 확보 및 기술 선도(상위 1% 기술 확보)						
	○ 일반적인 노면전차는 전용 궤도가 불필요한 관계로 초기건설비의 절감(타 경전철의 1/3 수준) 및 건설기간(타 경전철의 1/5 수준)을 단축시킬 수 있음. 이는 전세계 경량 전철의 76%를 차지하는 트램의 시장성을 통해 그 선호도가 입증되고 있음. 또한 과제로 개발코자하는 대차시스템은 80km/h급 이상 고속이면서 저상 시스템으로서 교통 이용 약자의 승·하차 편리성이 최적화 되어 있으며,						
	○ 기존 도로에 타 운송 시스템과 병행운영이 가능하여 기존 교통과의 연계성 및 접근성과 차량의 비상사태에 대비한 승객 안전성이 높고 도심지 대중교통시스템 설계시 경제성 우수함.						
	(2) 정성적 기대효과						
	○ 저상대차는 기존의 7·80km/h 급 대차시스템과 시스템적으로 비교할 때 Sequence 측면에서는 차이는 나지 않지만 운용되는 방식(tram-train)이 상이함으로 인하여 대차의 구조는 전반적으로 새로운 기술이 요구됨.						
	○ 고속성 및 급곡선 주행에 따른 안정성/저진동/저소음 제어 기술이 도심지 내에서 운행하기 위해서는 제일 우선적으로 확보되어야 할 기술임. 특히 저상을 확보하기 위해 차축을 없애고 고속을 유지해야 함.						
	○ 대차내의 협소한 공간 구조로 인해 주요 기능을 담당하는 대부분의 Hard ware는 기술적으로 Compact Design이 수반되어야 하며 추진장치인 모터, 제동장치 등은 기존의 EMU와 공동으로 사용할 수 있는 부품이 거의 없어서 별도의 개발이 필수적으로 수행되어야 함.						
	○ 따라서 저상대차시스템을 통해 확보하게 될 Compact Design 기술은 기존의 철도차량 부품에도 동일하게 적용될 수 있으므로 인해 국내 철도차량 제작 기술이 한 단계 Up Grade 된 계기가 될 것으로 예상됨.						

1. 과제명		급구배 기술				2. 기술개발단계		개발			
3. 연구개발 배경 및 필요성		- 역간 간격이 좁은 도시철도의 경우 환승편리, 노선 및 정거장 건설비 절감 등을 고려하여 철도 시스템 적용이 유리 - 철도 건설시 건설비 저감 및 노선 설계의 유연성을 고려하여 급구배 등판에 유리한 새로운 추진시스템 개발이 필요 - 전 세계적으로 친환경 운송 및 교통수단에 대한 관심 고조로 전기철도차량에 대한 기술개발이 더욱 심화될 것으로 판단되며, 이에 따라 추진시스템 기술의 고효율화, 고출력밀도화, 소형화 등이 지속적으로 이루어질 것으로 예상됨 - 특히 기술의 세계화로 인하여 관련 시장이 더욱 확대될 것이며, 보다 체계적인 기술개발 방법론을 도입하여 확보된 사용자 및 사용 환경, 유지보수, 기술이전 등 시스템 엔지니어링 패키지를 보유한 기술이 각광을 받을 것으로 전망됨									
		- 100% 이상 등판 능력 확보에 따른 노선 선정의 유연성 및 도로 연계성 향상 도모 - 기존 엔진 기반의 철도 추진시스템에서 전동기를 이용한 추진시스템으로의 변화가 빠르게 진행되는 시점에서 전철 견인전동기, 전력변환장치, 에너지 활용장치 등 전기동력시스템에 대한 요소기술 확보 및 성능향상 연구개발의 필요성 대두									
4 연구개발목표		·100% 급구배 등판용 공심형 LSM 추진시스템 개발 ·성능시험평가 기반 기술개발									
5. 대상 과제의 TRL 분류		사업화 기술	기초이론 /실험	실용목적 아이디어 특허 등 개념 정립	실험실 규모의 기본성능 평가	실험실 규모의 핵심 성능평가	확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능 평가	파일럿 규모 시작품 제작 및 성능 평가	신뢰성 평가 및 수요기업 평가	시제품 신기술 검증·인증 및 표준화	사업화
		공공기술	현상규명	DB구축	시스템 및 모델개발	시스템 및 모델의 적용	표준 가이드라인 제시	통합시스템 개발·적용 및 평가·관리 기술	제도개선 (안) 등 도출	통합적 모델 및 시스템의 표준화 /인증	정책 등 활용
		현재시점	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		개발완료 시점	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐
6. 연구개발내용 및 범위		· 가변 구배 공심형 LSM 추진시스템 축소모델 설계 · 전자장 해석을 통한 모델의 성능 예측 및 검증 · 공심형 LSM 축소시제품 제작 · 추진장치의 기구적 취부기술 개발 · 공심형 LSM 추진시스템 시제품 개발 · 성능평가를 위한 제반사항 정립 · 성능평가를 통한 성능검증									
7. 기술개발 최종성과물 및 활용방안		최종성과물		·100% 급구배 등판용 공심형 LSM 추진시스템							
		활용방안		·철제차륜 전기철도의 급구배 노선 활용 ·전기철도 추진시스템의 경량화 및 소형화 ·철도차량 제작업체 및 수요처 기술 이전							
8. 연구개발 과제의 규모		구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도			
		연차별 연구비 (백만원)	정부	1,000	2,000	2,500	1,500				
			민간(추정)								
		합 계		1,000	2,000	2,500	1,500				

	총연구비 (백만원)	정부	7,000	총 연구기간	4 년
		민간			
		총합계	7,000	연도별 평균소요인력	18 명
9. 연구성과의 확산 및 기대효과	(1) 정량적 기대효과 ○ 급구배 100% 철도 실용화 (2) 정성적 기대효과 ○ 철도용 공심형 LSM 추진시스템을 개발함으로써, 도심지 노선 설계가 유연해져 건설비 저감 가능 및 교통 편의 증대 효과 기대 ○ 철도용 급구배 등판을 위한 추진시스템 기반기술 확보 ○ 차량의 실내 이용 공간 증대 및 그에 따른 전체 시스템 효율 증대 ○ 다양한 추진시스템 개발 활성화에 따른 철도문화 개선 및 국가 경쟁력 향상 ○ 요소기술의 국산화 및 제어기법은 향후 철도분야 및 타 산업분야에 다양하게 응용될 미래첨단 기술개발의 발판이 됨 ○ 건인전동기 및 전장품 관련 설계/제어/시험평가 전문인력 양성 ○ 학계 및 산업계 대용량 철도 추진시스템 관련 인력 확충 ○ 미래형 교통수단에 대한 일본, 독일, 미국 등 선진국과 강력한 후발주자인 중국의 기술선점 및 특허장벽에의 극복 ○ 유관기관 공동연구 참여에 따른 조기 실용화 및 기술료 수입과 관련시장 형성에 따른 철도산업 성장 ○ 철도의 해외 시장 개척에 대한 국가 기술력 홍보 ○ 철도 교통 분야 미래 신성장 동력 창출				

2. 세부과제별 추진체계

○ 중점추진분야 : 급곡선, 급구배 차량시스템 기술 개발



5절. 세부과제 간 연계관계

- 비전 및 목표 달성을 위한 1개 중점추진분야별로 2개 세부과제를 수립하였으며, 세부과제간 유기적으로 연계되어 있음.

6절. 과제별·연차별 기술로드맵 및 성과로드맵

1. 과제별·연차별 기술로드맵

- 급곡선, 급구배 차량시스템 기술

- 급곡선 기술



- 급구배 기술



2. 과제별·단계별 성과표

구분		1단계(2013~2015)	2단계(2016~2018)
급곡선 급구배 차량시스템 기술개발	급곡선 기술	- 급곡선 주행 장치 기술개발 - 독립차륜형 조향장치 기술개발 - 고속성 확보를 위한 기술개발	- 급곡선 주행 안전성 성능검증 - 고속성 확보를 위한 성능검증 - 차량시스템 RAMS 평가
	급구배 기술	- 급구배 등판용 공심형 LSM 추진시스템 개발 - 성능시험평가 기반 기술개발	급구배 등판용 공심형 LSM 추진시스템 성능검증

3. 과제별 성과목표 및 성과지표

목표	성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정근거
급 곡 선 기술	급 곡 선 주 행 용 독 립 차 륜 형 조 향 대 차 개 발	최소 15mR 급곡선 주행	모의실험 및 축소모형 성능시험	m	15	0.7	도로와 동일 선상에서 주행하기 위해서는 최소 곡선반경 15m임. 이를 위해 조향기능을 가진 대차구조이어야 함
		독립차륜형 조향기능	모의실험 및 축소모형 성능시험	°	8	0.1	조향기능을 적용하여 곡선반경이 최소화 될 수 있도록 설계해야 함
		고속 안정성 기능	모의실험 및 축소모형 성능시험	%	100	0.2	표정속도 향상을 위해 고속화 연구가 필요하고 독립차륜형 대차는 고속성에 취약한 구조임
급 구 배 기술	급 구 배 등 판 용 공 심 형 LSM 추 진 시 스템 개발	100%이상 급구배 주행	모의실험 및 축소모델 성능시험	%	100	0.5	철제차륜 점착구동방식의 경우, 급구배 등판능력은 최대 약 60% 이내이며, 고무차륜 점착구동방식은 최대 약 90% 이내임
		15mR 이하 급곡선 주행	모의실험 및 축소모델 성능시험	mR	15	0.5	대차 하부에 부착되는 공심형 LSM은 곡선구간에서 추력의 손실이 불가피하므로 곡선반경을 작게 할 수 없으며, 회전형 추진시스템의 경우도 현재 25mR 곡선반경이 최소이므로 15mR은 매우 도전적임

7절. 성과의 활용방안

□ 도시철도시스템 기술 개발시 다음과 같은 활용이 기대됨.

- 신규 국가 R&D 창출(대중교통 혁신 사항 도출)에 활용
- 철도시스템 도입가능지역에 대한 신속하고 정확한 수요분석에 활용
- 도시내 대중교통체계 효율적 연계운영체계 수립방안 제공에 활용
- 철도와 같은 신교통수단 특성이 고려된 효율적 투자평가 분석에 활용
- 철도 도입 가능여부에 대한 신속하고 정확한 의사결정 지원 가능
- 저장대차 기술이전 및 기술전파
- 도심지 경량전철 설계시 활용 및 철도 터널, 역사 설계 반영
- 도시철도 건설·운영 지자체의 역사 건설시 활용
- 도시철도 운영기관 기술이전을 통한 유지보수 비용 저감

□ 세부과제별 최종성과의 세부 활용방안

연 번	세부과제	최종성과물	활용방안
1	급곡선 기술	·15m 조향 대차시스템 ·80km/h 급 시제품 1set	·신규 국가 R&D 창출(대중교통 혁신 사항 도출) ·미래 원천기술확보 및 대차 생산 전문 기업 양성 등 저장트램 신산업 창출 ·저상대차 실용화 및 제품화를 위한 기획(안) 작성 ·저상대차 기술이전 및 기술전파
2	급구배 기술	·100% 급구배 등판용 공심형 LSM 추진시스템	·철제차륜 전기철도의 급구배 노선 활용 ·전기철도 추진시스템의 경량화 및 소형화 ·철도차량 제작업체 및 수요처 기술 이전

8절. 연구수행체계 제안

- 도시철도의 비전 및 연구목표 달성을 위해 연구단 규모로 산학연 공동연구 수행을 추진하는 것으로 제안함
 - 급구배/급곡선 차량시스템 기술은 1개 중점추진분야에 대한 연구수행체계를 다음과 같이 1개 협동연구기관 3개 위탁연구기관으로 제안함.
 - 국내 철도, 추진, 차량, 초전도 기술 전문가 그룹을 구성하고 산학연 연계 및 정부 지원 하에 연구를 수행
 - 시작품 제작 및 시험 평가를 위해 관련 산업체의 참여가 반드시 필요하며, 기초 요소기술 연구를 위한 대학 등의 연구기관 참여가 바람직함
 - 기술의 활용을 위해 도시철도 운영기관의 참여가 바람직함
 - 산·학·연 공동연구를 기본으로 하며, 필요시 선도적 위치에 있는 해외기관 및 전문가와 공동연구를 추진할 수 있음
 - 연구신청자는 과다한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구추진의 효율성을 도모할 것
 - 연구진의 연구 참여율을 높여 연구 집중도 제고 필요
- ※ 시장의 시급한 현안인 도시철도차량의 300mR 급곡선 주행기술에 대한 연구개발 과제 구성 및 추진전략은 기 기획과제인 “도시철도차량용 능동조향대차 기술개발 기획연구(2011.8, 한국건설교통기술평가원)”를 참조하기 바람

4장. 사전타당성 검토

1절. 정책적 타당성

□ 국토해양부에서 추진하고 있는 철도 정책은 녹색 교통 구현을 위한 철도 인프라 확충을 주 내용으로 비용절감, 첨단 기술 개발 및 해외 진출 활성화 등을 목표로 하고 있음[국토해양부 교통정책실 철도정책 2010].

- 녹색 교통을 구현하는 철도 인프라 확충: KTX서비스를 전국적으로 확대하고, 광역/도시 철도 및 저비용 고효율 철도물류 인프라를 확충할 계획임.
- 철도 건설/운영 전반의 비용 절감화 및 효율화: 비용 절감을 위해 계획 설계 과정과 건설 과정의 비용을 절감할 수 있는 방안을 지원할 계획임.
- 첨단 철도기술 개발과 해외진출 활성화: 첨단 철도 차량 기술 개발, 철도 신호 / 궤도 기술 선진화를 통해 해외 진출을 활성화 하고자 함.
- 쾌적하고 안전하고 편리한 이용환경 조성

□ 광역도시철도와 관련하여 2012년 현재 국토해양부에서는 속도경쟁력을 갖춘 효율적 광역·도시철도망 구축을 목표로 정책 방향을 수립하였음[국토해양부 광역도시철도정책 2012].

- 빠르고 편리한 도시교통 실현: 광역도시철도 지속 확충 및 개통을 마무리하고, 수도권 광역급행철도 본격 추진할 계획임.
- 수요자 지향 생활철도 구현: 환승역 이동편의시설 및 장애인 승차 편의 개선 등 도시철도 편의시설을 개선할 계획임.
- 미래도시철도 성장 동력 육성: 지하·지상부문 안전대책을 강구하고, 미래형 도시철도 차량 개발을 추진할 계획임.
- 철도 건설, 운영 효율성 구현: 도시철도법 전부개정 및 광역철도 제도를 개선하고, 경전철 민간투자사업 제도를 개선할 계획임.

□ 국토해양부의 철도정책 및 광역도시철도정책에 나타나 있는 정책 방향은 건설비용을 절감하고 효율적인 운영이 가능할 뿐만 아니라 쾌적하고 안전하며 편리한 도시철도 이용이 가능하고 환경친화적이며 승객친화적인 “도시철도시스템 기술개발”과 정책적으로 매우 부합됨.

- 서울과 도시 철도시스템이 잘 발달된 동경을 비교해 보면 두 도시가 비슷한 면적의 조건에서 (서울 605km², 동경 621km²) 도시철도의 연장은 서울 362km, 동경 704km,이며, 도시철도 밀도는 서울 0.598km/km², 1.13km/km²임. 특히 철도의 수송분담을 측면에서 보면 서울 34.8%, 동경 64.1%로 압도적인 차이를 보임. 이러한 원인으로 두 도시의 개인별 승용차 보유는 서울 0.28(대/인), 동경 0.19(대/인)의 결과를 초래함.
- 도시교통시스템은 도시의 특성에 맞게 설계 및 적용 되어야 함. 예를 들어 서울의 경우 강북과 강남의 도로망 형태(강남 그리드, 강북 혼합형)가 서로 다른 패턴이며 유동인구의 특성, 지표면의 특성 등 다양한 요인들이 차이날 수 있음.
- 이처럼 도시환경에 따라 도시교통 수단은 선택적으로 적용되어 대중교통 적용에 따른 부작용을 최소화 하여야 함.
- 서울시에 기 설치된 도시철도 시스템의 또 다른 특징을 살펴보면 도심지내 교통수단의 증가로 인하여 후발로 건설되는 철도시스템은 고심도 추세임.(※ 지하철 1기 역사 평균심도: 14.5m, 2기 역사평균심도: 22.1m)
- 고심도화 되는 추세에 따라 건설비가 크게 증가하고 있음. 또한 도시철도 역사에서 최장 거리 환승구간은 5호선에서 1호선을 잇는 종로3가역으로 315m이며 최장 환승시간은 노원역 7호선에서 4호선으로 5분 10초가 걸고, 환승거리가 50m 이상인 구간은 41개 구간으로 환승거리 및 시간의 증가로 이용객의 불편이 가중되고 있어 이를 해결하기 위한 정책방향의 수립이 요구됨.

□ 글로벌 경쟁 심화, 지식기반 경제 도래, 에너지·자원 위기 속에서 세계 각국의 새로운 성장 동력 확보 경쟁이 치열해 지고 있음. 건강, 식량, 환경 등 인류 난제 해결에 필요한 바이오신약, 제품 및IT 융합의료기기 개발을 통해 고부가가치 미래산업 창출하고자 함.

- ‘성공 가능성’과 ‘파급효과’, ‘경제·사회적 문제 해결’ 측면을 고려하여 6대 분야, 22개 신성장 동력 발굴
- 기후 변화, 고령 사회 등 현안 문제를 해결하면서 고성장이 예상되는 분야 : 에너지·환경, 바이오
- 세계시장 규모, 국내기업 점유율, 우리의 기술역량 고려 : 수송시스템, New IT, 융합신산업
- 일자리 창출과 타 산업 파급효과 고려 : 지식서비스

<2008 신성장 동력 6대 분야>

6대 분야		22개 신성장 동력
에너지·환경	(6)	무공해 석탄에너지, 해양 바이오 연료, 태양전지, 이산화탄소 회수 및 자원화, 연료전지 발전시스템, 원전 플랜트
수송시스템	(2)	Green Car, 선박·해양 시스템
New IT	(5)	반도체, 디스플레이, 차세대 무선통신, LED 조명, RFID/USN
융합신산업	(4)	로봇, 신소재·나노융합, IT융합 시스템, 방송통신 융합미디어
바이오	(1)	바이오 신약 및 의료기기
지식서비스	(4)	소프트웨어, 디자인, Healthcare, 문화 콘텐츠

○ 철도차량 급구배 추진시스템은 운송 시스템 혁신을 가져오는 신기술로, 2008년 신성장 동력 사업에 포함되어 있지 않지만, 미래 신성장 동력으로 반드시 정부의 투자가 필요한 부분임. 현재 자동차 기반의 수송 시스템의 한계를 극복하고, 기존의 상부가선식의 열차 시스템에서 탈피하게 됨으로써, 도심에 적합한 철도 개발이 가능하고, 나아가 중전철 및 고속 전철에 적용 시 파급효과가 막대한 새로운 신성장 산업이 될 것임

□ 국제 온실가스 규제대응, 저탄소 친환경 신성장 전략사업 창출, 환경규제에 대한 국가경쟁력 향상 및 세계시장 선점을 위한 정책들을 현재 정부에서는 적극적으로 추진하고 있음. 저탄소 녹색성장(Low Carbon, Green Growth)은 온실가스와 환경오염을 줄이는 지속가능한 성장으로 녹색기술과 청정에너지를 활용하여 신성장 동력과 일자리를 창출하는 신 국가 발전 패러다임임.

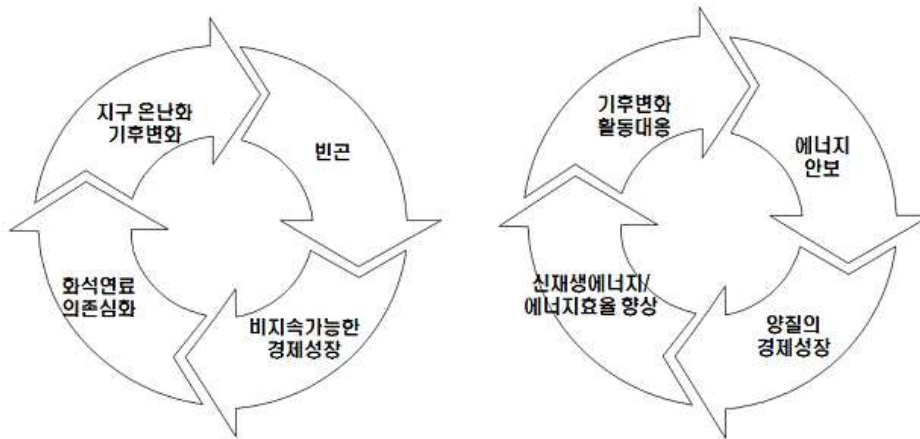
□ 세계는 환경문제에 대한 고려 없이는 경제발전도 생각할 수 없는 메커니즘으로 운영되고 있고, 녹색성장의 핵심은 경제성장을 추구하되 자원이용과 환경오염을 최소화하고, 이를 다시 경제성장의 동력으로 활용하는 ‘선순환구조’에 있음

□ 정책적 목표

- 신 재생에너지 비율 확대 : '06년 2.4% ⇒ 30년 11% ⇒ 50년 20% 이상
- LED, 무공해석탄, 녹색기술 R&D등 그린 에너지 기술개발 확대
- 그린홈 100만호 프로젝트 추진
- 하이브리드 등 그린카 육성

□ 10대 추진방향

- 온실가스 줄이는 저탄소 정책, 녹색기술을 새로운 성장동력으로 선정
- 고도의 융합기술 정책, 새로운 일자리 창출
- 기업의 경쟁력 강화, 국토·도시·건축·교통 개조
- 소비패턴까지 바꾸는 생활혁명, 녹색성장은 교육·환경정책
- 환경 친화적인 세제정책, 국가브랜드를 높이는 외교정책



<악순환 구조(좌)와 선순환 구조(우)>

※ 자료 : 대한민국 정책 포털 <http://green.korea.kr/>

□ 국회 기후변화대책 특별위원회에서 ‘저탄소 녹색성장 기본법안’을 상정하여 현재 위원회 심사 진행 중임. 다수 부처에서 개별 법률로 진행 중인 기후변화, 신재생 에너지 등의 정책을 통합하여 효율적, 체계적으로 관리하기 위한 제도적 장치를 마련하고 있음

- 녹색성장 국가전략을 대통령 소속으로 설치되는 녹색성장위원회 등의 심의를 거쳐 수립·시행하도록 함(안 제9조)
- 녹색경제·녹색산업의 창출, 녹색경제·녹색산업으로의 단계적 전환 촉진 등을 위하여 녹색경제·녹색산업의 육성·지원 시책을 마련(안 제22조 및 23조)
- 녹색산업과 관련된 기술개발 및 사업을 활성화하기 위하여 녹색산업 등에 자산을 투자하여 그 수익을 투자자에게 배분하는 것을 목적으로 하는 녹색산업 투자회사를 설립할 수 있도록 함(안 제29조)
- 정부는 온실가스를 획기적으로 감축하기 위하여 온실가스 배출 중장기 감축목표 설정 및 부문별·단계별 대책, 에너지 수요관리 및 안정적 확보대책 등을 포함한 ‘기후변화대응 기본계획’과 ‘에너지기본계획’을 수립 및 시행하도록 함(안 제40조 및 41조)

- 정부는 온실가스 감축, 에너지 절약과 에너지 이용효율 향상 및 신·재생에너지 보급 확대를 위하여 중장기 및 단계별 목표를 설정하고, 일정 수준 이상의 온실가스 다 배출업체 및 에너지 다소비업체로 하여금 매년 온실가스 배출량 및 에너지 사용량을 정부에 보고하도록 하며, 정부는 온실가스 종합정보 관리체계를 구축·운영하도록 함(안 제42조, 44조, 45조)
- 정부는 시장기능을 활용하여 효율적으로 온실가스를 감축하고 국제적으로 팽창하는 온실가스 배출권 거래시장에 대비하기 위하여 온실가스 배출허용 총량을 설정하고 배출허용량을 거래하는 ‘총량제한 배출권 거래제’ 등을 실시하되, 배출허용량의 할당·등록 및 관리방법 등은 따로 법률로 정하도록 함(안 제46조)
- 정부는 건강하고 쾌적한 환경과 사회·경제개발이 조화를 이루는 녹색 국토를 조성하고, 저탄소 교통체계를 구축하며, 녹색성장을 위한 생산·소비문화를 확산시키고 녹색생활 실천을 위한 교육·홍보 등을 강화함으로써 지속가능발전을 실현할 수 있도록 함(안 제52조, 제54조, 제58조 및 제60조)
- 정부가 추진하고 있는 녹색성장 정책은 에너지 소비절약/사용 효율화, 저탄소·친환경 인프라 구축, 녹색기술에 대한 R&D 투자, 신 재생에너지 등 녹색산업 육성 및 수출 산업화, 세계시장 선점 지원 등이 핵심임
- 철도차량 급구배 추진시스템 핵심기술 개발은 이런 정부의 녹색 성장 정책과 매우 부합되는 새로운 사업임. 도심 내 철도 서비스를 활성화하여 에너지 사용을 효율화 하고, 저탄소 친환경 인프라를 구축할 수 있음. R&D 투자를 통해 국내 철도 기술을 발전시킴으로, 나아가 해외 수출 및 해외 시장을 선점할 수 있는 교두보를 마련할 수 있을 것임
- 국가 과학기술의 주요 정책은 신성장동력 발굴, 저탄소 녹색성장을 위한 R&D 지원 기초·원천연구 강화, 연구자 친화적 제도개선 등이 주요 내용임
- 투자규모는 2009년도 정부예산안 기준으로 총 8조 2,569억 원 규모로 50개 중점과제 분야의 08년도 투자액 대비 19.5% 증가한 규모
 - ※ 7대 기술 분야 : 4조 6,282억 원, 7대 시스템 분야 : 3조 6,257억 원 등
 - ※ 시행계획 범위 : 50개 중점과제 관련 R&D사업, 과학문화 확산 등 비 R&D사업, 정책·제도개선을 포함하고, 인문사회계 연구, 출연(연) 기본사업, 비밀로 분류된 국방연구 등 제외
- 연구자 친화적 연구 관리제도 구축, PBS 제도개선, 기초원천기술연구 확대 등 과학기술기본계획 중점추진과제의 주요시책을 포함

<국가 과학기술 정책 주요시책>

주요시책	내 용
5% 투자 달성	· 정부 : '09년도 정부R&D 예산안 12.3조원(10.8% 증가) · 민간 : 세제지원 등으로 연평균 16.5%(매년 5.5조원) 확대 ※ R&D 시설투자 세액공제 한도 확대(투자금액의 7 → 10%), 중소기업 R&D 비용 세액공제 확대(당해 연도 지출분의 15 → 25%), R&D 투자 준비금의 손금 산입제도 도입(매출액의 3%) 등
7대 기술분야 집중육성	· 총 4조 6,282억 원 투자, '08년 4조 1,210억 원 대비 12.3% 증가 ※ 신성장동력 발굴 1조 1,923억원, 녹색기술 연구개발 1조 3,297억원 등
7대 시스템 선진화	· 총 3조 6,257억 원 투자, '08년 2조 8,293억 원 대비 28.1% 증가 ※ 인력양성 8,123억 원, 기초·원천연구 8,521억 원, 출연(연) 안정적 인건비 확대 (30.8% → 50.2%), 기초연구투자 확대 (25.6% → 29.3%)등

- 철도차량 급구배 추진시스템 핵심기술 개발은 새로운 신성장 동력 사업으로 경전철 뿐만 아니라 중전철 및 고속 전철까지 적용 가능한 핵심 원천 기술 개발을 1차적 목표로 하고 있으며, 이는 현재 국가적으로 추진하고 있는 국가 과학 기술 정책과 매우 부합되는 새로운 연구 개발 사업임

2절. 기술적 타당성

- 한국의 철도기술은 지속적으로 발전하고 있으나 선진국 대비 기술수준은 2009년 기준으로 74% 정도인 것으로 평가하고 있음
- 2001년 발간된 철도기술백서에서는 선진국 대비 기술수준을 40% 내외로 평가하였으며, 2002년 국가기술지도에서도 40~50% 수준으로 평가함
- 2005년 한국철도시설공단 전문가 설문조사 결과에서는 선진국 대비 60~70% 수준의 기술력을 보유하고 있다고 평가함
- 2007년 건설교통기술 중장기 R&D로드맵에서는 주요국(독일, 프랑스, 일본) 기술수준 대비 76.2%이라고 평가함
- 급구배, 급곡선 관련 분야별 기술수준을 살펴보면 다음과 같음

<국내 철도기술의 수준비교>

분야	기술수준(%)	기술격차(년)	최고수준국가
시스템 엔지니어링	67.2	6.8	독일
차량	79.2	6.1	독일
전철/전력	61.4	13.0	일본
유지관리	78.4	5.8	일본
자료) 한국과학기술기획평가원(2007), 건설교통기술연구개발사업 중장기계획수립연구			

- 철도 핵심 기술 분야 상세 기술별 기술개발 인식도 현황을 Likert 5점 척도로 설문 분석한 결과에 따르면 평균적으로 연구개발의 필요성 4.36점, 연구개발의 시급성 4.13점, 연구개발의 중요성 4.28점, 연구개발의 파급효과 4.21점으로 인식하고 있었음
- 철도 요소기술 분야에는 급전/전력, 역사건설/운영, 궤도/토목, 유지보수, 철도차량, 철도정책/운영/물류, 안전/방재, 환경/에너지, 신호통신/제어, 시스템 엔지니어링 기술 있음
- 최고 국가 대비 기술수준이 가장 높은 철도 요소기술은 급전/전력 기술로써 세계최고 기술수준 대비 평균 84.93%, 기술격차는 평균 5.64년이며, 기술수준이 가장 낮은 기술은 시스템 엔지니어링 기술로 세계최고 기술수준 대비 평균 76.18%, 기술격차는 평균 7.57년으로 분석됨

<철도기술 기술개발 인식도 현황>

철도기술 분야	기술개발 인식도 현황 (Likert 5점 척도)			
	필요성	시급성	중요성	파급효과
유지보수 기술	4.37	4.16	4.32	4.12
고속화 기술	4.34	3.98	4.26	4.36
물류 기술	4.29	4.13	4.21	4.21
철도정책 및 운영 기술	4.30	4.07	4.17	4.08
안전/방재 기술	4.48	4.30	4.47	4.21
표준화 기술	4.45	4.26	4.38	4.26
대륙철도 기술	4.10	3.77	3.96	4.07
친환경/에너지 기술	4.58	4.38	4.49	4.38
평균	4.36	4.13	4.28	4.21
자료) 철도기술연구원(2008), 2008년 철도기술수준조사 결과 보고서				

<철도 요소기술 분야 선진국대비 기술수준 및 기술격차>

철도 요소기술 분야	최고수준국가	세계최고 대비 기술수준(%)	세계최고 대비 기술격차(년)
급전/전력	일본	84.93	5.64
유지보수 기술	일본	82.13	6.82
철도차량	일본	80.39	7.07
시스템 엔지니어링	일본	76.18	7.57
자료) 철도기술연구원(2008), 2008년 철도기술수준조사 결과 보고서			

- 철도 요소기술 분야 상세 기술별 기술개발 인식도 현황을 Likert 5점 척도로 설문 분석하였고, 평균적으로 연구개발의 필요성 4.41점, 연구개발의 시급성 4.22점, 연구개발의 중요성 4.34점, 연구개발의 파급효과 4.27점으로 인식하고 있었음

<철도 요소기술 분야 기술개발 인식도 현황>

철도 요소기술 분야	기술개발 인식도 현황 (Likert 5점 척도)			
	필요성	시급성	중요성	파급효과
급전/전력	4.19	3.91	4.19	4.08
유지보수 기술	4.36	4.19	4.31	4.16
철도차량	4.42	4.15	4.29	4.33
시스템 엔지니어링	4.50	4.35	4.45	4.38
자료) 철도기술연구원(2008), 2008년 철도기술수준조사 결과 보고서				

- 분야별 전체 인용도 대비 각국의 분야별 인용도 수준인 기술영향력지수에서는 유럽 국가는 철도 에너지 절감 및 최적화분야에서 질적으로 우수한 특허를 다수 보유하고 있음
- 한국의 경우, 특허의 양적/질적 성과가 부족하여 해당 기술개발 분야를 선도하지 못하고 있는 것으로 나타나 국가차원의 연구개발투자를 통해 관련 분야의 연구 활성화를 촉진할 필요가 있는 것으로 파악됨
- 특히 글로벌 기술경쟁력을 확보하기 위해서는 특허인용도가 높은 선진기술에 대한 검토를 실시하여 해외 주요 연구주체들이 구축하고 있는 특허포트폴리오를 회피하여 특허권을 확보할 필요가 있으며 공백기술 영역을 파악하여 집중적인 연구개발을 추진할 필요가 있음
- 급구배와 급곡선 주행을 위한 추진기술은 선형모터를 이용한 기술로 비점착 구동을 위한 기술로 분류함
- 선형모터를 이용한 추진기술은 회전형모터에 비해 많은 연구가 이루어져 있지는 않지만 추진메커니즘이 간단하고 점착력 향상을 위한 추가적인 연구가 필요 없다는 점에서 본 연구에 매우 적합한 구조라고 볼 수 있음. 공심형 LSM 경우에 관한 연구가 본격적으로 이루어진 바가 없어 심도 깊은 선행연구가 필요함
- 여러 가지 제약조건에도 불구하고 급구배와 급곡선의 구현이 필요한 추진시스템에서는 부가적인 메커니즘이 필요한 회전형모터보다는 직접구동이 가능한 선형모터가 기술적으로 더 적합한 대안으로 보임
- 특히 드러난 연구과제들을 해결할 수만 있다면 국내는 물론이고 국외에서도 다른 연구기관이 가지지 못한 첨단기술을 보유할 수 있게 되어 전철추진시스템에 관한 선도적 위치를 점유할 수 있게 되어 전 세계에 기술력 과시는 물론 상업화에도 유리한 고지를 선점할 수 있을 것으로 예상되어 도전해 볼만한 가치가 있는 기술로 인정됨.

□ 차량분야 중점 추진 분야 설정(현대로템 차량제작사 의견)

저비용 도시철도 시스템의 핵심 기술로 고려되고 있는 급곡선, 급구배 주행 시스템의 개발에 필요한 핵심 기술 연구 필요함.

■ 조향 시스템의 개발

- 급구배 주행 구현을 위해 고려되고 있는 선형 유도모터 (LIM) 나 선형 동기모터의 연구는 타 과제에서 개발 중인 모터의 적용 또는 보완으로 가능할 것으로 사료되나, 이러한 추진 시스템을 적용할 대차 기술의 동시 협업 개발이 시급함.
- 일반적인 LIM 방식의 선형모터 장착 대차들은 선형모터의 성능 보장 및 관리를 위해 진도판 (일반적으로 알루미늄이나 구리판)과의 간극을 일정하게 유지할 목적으로 1차 현가 장치의 강성을 높이고 있음.
- 1차 현가 장치의 강성 증대는 동시에 종방향과 횡방향 현가장치의 강성 증대 효과를 가져옴으로써 차량의 곡선부 조향 성능을 악화시켜 차륜 플랜지 마모 및 곡선 통과시 소음 및 주행 안락성 등에 문제를 일으킴. 이를 해결하기 위해 조향 장치를 부가적으로 장착한 차량 설계가 필요함.
- 본 연구 과제에서도 선형 모터를 이용한 급구배와 급곡선 주행을 동시에 달성하기 위해서는 조향 장치에 대한 연구가 필수적임.
- 기존에 연구 중인 수동형, 능동형, 반능동형 링크 타입 조향 장치에 대한 고도화 연구 및 LIM 적용 대차, 윤축 및 현수시스템에 적합한 조향장치의 개발과 함께 최근에 제어기의 발달과 함께 일반화 되고 있는 차량의 VDC기술을 도입할 수 있는 독립 구동형 차륜을 적용한 조향 기술 개발도 고려 필요함.
- 선형 모터와 독립 구동 차륜의 적용을 통해 좌우 독립 차륜의 휠디스크 적용과 각 휠 디스크의 제동력을 조정하여 능동적인 부가 요모멘트의 발생을 통해 차량의 조향력을 발생시키는 메커니즘에 대한 신개념의 연구 필요.

■ 저상대차 및 차량 저상화의 구현

- 선형모터를 적용한 대차는 100% 저상화의 구현이 어렵기 때문에 75% 저상 대차의 적용이 필요하며 이를 위해 대차/차체 인터페이스 관련 연구가 필요함.
- 만일 100% 저상 대차 구현이 필요한 경우 대차 중앙에 취부되는 형식인 선형 모터의 적용이 어렵고 현재 개발중인 무가선 트램 기술 개발과제의 독립 구동방식 대차의 적용이 필요함.
- 독립 구동 대차의 경우도 급 곡선 주행 성능과 직진 주행 안정성 향상을 위해서 조향 기구나 안내 기구에 대한 보다 적극적이며 안정성이 높은 시스템에 대한 연구가 필요하며, 독립 구동 모터의 제어 연구, 독립 제동 장치의 제어 연구에 대한 적용 가능성도 함께 고려할 필요가 있음.

■ 대차레이아웃 최적화

- 급곡선 급구배 구현을 위한 대차 레이아웃 최적화에 대한 연구가 필요함. 일반적으로 급구배를 주행하는 차량의 경우 차량의 행오버를 줄이기 위해 대차의 위치를 전후 선단에 배치하는 경향이 있음.
- 실제로 급구배 차량의 경우 안정성과 함께 견인력 향상을 위해 대차의 위치를 양끝단에 배치하는 것이 효과적이며, 구원운전 등에 있어서도 이를 고려한 설계가 필요함.
- 하지만, 급곡선을 주행하는 차량의 경우 차체 중심과 대차 중심을 일치시키기 위해 차체 중심에 대차를 배치하는 구조가 곡선통과성능이 가장 우수함 (요변위가 작아짐).
- 따라서 급구배와 급곡선 성능을 동시에 만족하기 위해서 이러한 궤도나 건축물과의 인터페이스 고려 및 KE Analysis를 통한 최적의 차량 레이아웃 설계 기술 개발이 필요하며, 이는 대차의 조향성능 및 구동 성능과도 연계된 기술로서 통합적인 대차 최적 설계 기술 개발이 필요함.

□ 차량분야 세부과제 목표 및 주요내용

- 일반적인 도시철도의 기본 사양으로 정해진 10% 급구배와 15m 급곡선 주행 성능
- 확보와 함께 차량의 성능 고급화를 위한 실내외 소음 레벨 감소와 차량의 승차감 개선에 관한 연구가 수행되어야 함.
- 언급한 기본 성능 사양을 만족하기 위해 다음의 기술이 필요함
 - 선형모터와 독립구동 차륜 조합에 의한 조향 성능 향상 기술
 - 100% 저상 대차의 조향 성능 향상 기술
 - 대차 인터페이스 기술
 - 급구배 및 급곡선 주행 시의 궤도와 건축물과의 인터페이스 검토
 - 대차 레이아웃 최적화 기술

□ 이중에서 핵심 기술은

- 조향 대차 시스템 인테그레이션
- 독립 구동 차륜의 안내 기구 및 조향 기술,
- 좌우 독립 모터 제어를 통한 조향 및 안정성 증대 기술

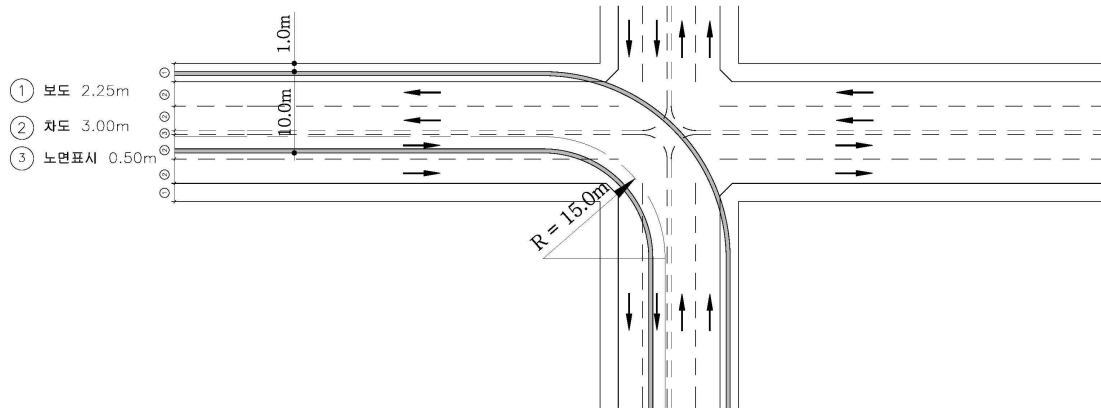
- 좌우 독립 구동 차륜의 개별 제동 제어를 이용한 조향 및 안정성 향상 기술
- 급구배 및 급곡선 주행성능 극대화를 위한 대차 레이아웃 설계 기술
- 급구배 등판용 리니어 추진시스템 기술

3절. 경제적 타당성

1. 급구배/급곡선 철도시스템 도입 배경

- 궤도교통수단 도입 활성화를 위해서는 수도권을 비롯한 전국 대부분의 도시에서 기존 공로 중심의 대중교통수단의 한계를 인지하여 지속적으로 궤도교통수단을 도입하고자 함.
- 2011년 기준 전국적으로 78개 노선의 경전철 등 궤도교통수단 도입을 위한 기초 연구 및 계획수립이 진행 중이며 국내시장규모는 60조원 이상일 것으로 분석됨.
- 대중교통 중심의 도시성장 요구에 따라 인구증가율을 훨씬 뛰어넘는 승용차의 지속적인 증가율과 이에 따른 도로건설 위주의 도시교통체계가 도시성장의 저해 요소로 인식되고 있음.
- 유럽과 같은 고밀도 도시성장을 도모하는 교통선진국에서 빠르게 정착하고 있는 대중교통중심의 도시교통체계 전환이 국내도 시급한 실정임.
- 대중교통수단의 새로운 패러다임 등장으로 기존의 도시내 대중교통수단의 도입 정책의 가장 중요한 쟁점은 빠른 수송과 대량 수송인 반면 최근의 정책 이슈는 복지와 환경임. 기존 궤도교통수단의 대표적 형태인 고가 경전철은 용인이나 의정부 등 공사가 완료된 도시의 사례에서 볼 수 있듯이 도시 기능 면에서 도시민의 주거환경 및 복지와 같은 중요한 요소를 간과하고 있음.
- 도시교통수단의 새로운 기능 요구로 교통시스템 자체가 도시성장을 유도할 수 있는 새로운 신성장 동력으로 작용할 수 있는 기능적 측면의 도약을 미래사회가 요구함. 특히 기존의 이동성 뿐 만아니라 도시내 이용자의 커뮤니티 형성 및 안락하고 편리한 이용을 요구하고 있음.
- 철도시스템의 유연한 대응성을 위해서는 사회적 여건변화와 도시성장 전망 등을 고려할 때 도시내 궤도교통수단의 개혁은 필연적이라 판단됨. 기존의 무거운 궤도교통시스템으로는 다변화되어가는 미래사회에 대한 유연한 대응을 기대하기 어려움.
- 철도시스템의 다양한 경제적 효과로는 사업비 측면에서 지하공간 활용에 소요되는 부담을 완화시킬 수 있다는 전제하여 향후 철도시스템은 도시권 대중교통체계에 대한 일대 개혁을 도모할 수 있는 유용한 첨단 신교통 시스템이 될 것임.
- 지하철도를 도로하부에만 설치되도록 계획할 때 교차로 구간에서 가장 작은 곡선반

경을 필요로 한다. 이 경우 아래 그림에서와 같이 열차가 곡선반경 15m로 회전이 가능하다면 철도 노선을 사유지 침범 없이 도로의 하부만을 따라 계획하는 것이 가능하다.



<교차로 통과 구간>

2. 철도시스템의 경제적 효과 분석

- 도시내 도로공간이 충분하여 교통혼잡이 높지 않은 지역이나 인구밀도가 높지 않은 지역에서는 충분히 노면트램이 장점이 있을 것으로 판단되나 교통혼잡이 높은 지역에서는 도시공간의 입체적 활용이 더욱 효과적이므로 급구배, 급곡선 철도핵심기술을 적극 도입할 필요가 있음
- 급구배 산악 지형에서의 경제적 효과를 분석하면 다음과 같음
 - 두 지역을 연결하는 철도노선은 가능한 한 직선으로 계획하여 노선연장을 최소화하는 것이 공사비 감소, 운행시간 단축 등의 측면에서 바람직하다. 그러나 표고차가 큰 산간지역을 직선으로 연결하도록 철도노선을 계획할 경우 종단기울기가 열차의 등판능력을 초과하게 되어 열차의 주행이 불가능하게 된다. 이러한 구간에서는 부득이하게 곡선구간을 설치하여 연장을 증가시키므로써 보다 낮은 종단기울기를 갖도록 노선을 계획하게 된다.
 - 이러한 대표적인 사례는 “영동선 동백산~도계간 이설공사(솔안터널)”에서 찾아볼 수 있다. 영동선 동백산역과 도계역 사이는 험준한 산악지형으로 표고차가 커서 직선 형태의 노선으로 계획할 경우 종단기울기 기준을 초과하게 된다. 따라서 현재 “스위치백 시스템”(홍전역과 나한정역 사이)과 곡선 형태의 철도노선을 계획하여 열차를 운행하고 있으며, “스위치백 시스템”의 불편함과 구조물의 노후화로 인하여 노선 개량공사가 진행 중에 있다. 개량공사 노선 17.77km 중 16.24km는 터널(솔안터널)로 계획되어 있다.



<술안터널 시·종점 사이의 직선거리는 약 6,507m이며, 계획고 차이는 370m
(아래 표 참조)>

<술안터널 시·종점 제원>

구 분	측 점	X-좌표	Y-좌표	계획고	계획연장	직선거리	계획고차
터널시점	93km420	406184.8510	202995.9297	736.6m	16,240m	6,507m	370.1m
터널종점	109km660	412671.1961	203510.8076	366.5m			

- 따라서 시점과 종점을 직선으로 연결한 경우 종단기울기는 57% ($370\text{m}/6,507\text{m} \approx 5.7\%$)에 이르게 되어 설계기준을 위배하기 된다. 따라서 터널 중간에 루프형태의 구간 삽입으로 연장을 증가시켜 종단기울기가 낮아지도록 계획하였다. 즉 루프형태의 구간 삽입으로 터널연장이 16,240m로 증가되고 평균 종단기울기가 30% ($370\text{m}/16,240\text{m} \approx 2.3\%$)이하로 계획할 수 있었다.
- 만약 등판능력이 우수한 차량(종단기울기 10% 등판)이 개발되고 종단기울기 관련기준이 개정된 후 술안터널과 같은 철도 노선이 계획된다면, 루프형태의 구간을 삽입하지 않고 직선에 가까운 노선을 계획할 수 있어 터널연장 단축으로 공사비가 절감된다. 또한 환기 및 방재시설의 축소도 가능하여 추가적인 비용 감소도 기대할 수 있다.

구 분	CASE 1	CASE 2
개 요		
평 면 / 종 단		
단위공사비	1,500만원/m	1,500만원/m
개략공사비	$1,500\text{만원/m} \times 6,057\text{m}$ $\approx 909\text{억원}(100\%)$	$1,500\text{만원/m} \times 16,240\text{m}$ $\approx 2,436\text{억원}(268\%)$

3. 급곡선 급구배 철도시스템의 설계 기준 및 공사비 분석

○ 설계 기준 검토

- 도로의 선형 관련 기준

■ 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙

제19조(평면곡선 반지름) 차도의 평면곡선 반지름은 설계속도와 편경사에 따라 다음 표의 길이 이상으로 한다.

설계속도 (킬로미터/시간)	최소 평면곡선 반지름(m)		
	적용 최대 편경사		
	6퍼센트	7퍼센트	8퍼센트
120	710	670	630
110	600	560	530
100	460	440	420
90	380	360	340
80	280	265	250
70	200	190	180
60	140	135	130
50	90	85	80
40	60	55	50
30	30	30	30
20	15	15	15

제25조(종단경사) ① 차도의 종단경사는 도로의 구분, 지형 상황과 설계속도에 따라 다음 표의 비율 이하로 하여야 한다. 다만, 지형 상황, 주변 지장물 및 경제성을 고려하여 필요하다고 인정되는 경우에는 다음 표의 비율에 1퍼센트를 더한 값 이하로 할 수 있다.

최대 종단경사(퍼센트)								
설계속도 (킬로미터/시간)	고속도로		간선도로		집산도로/연결로		국지도로	
	평지	산지등	평지	산지등	평지	산지등	평지	산지등
120	3	4						
110	3	5						
100	3	5	3	6				
90	4	6	4	6				
80	4	6	4	7	6	9		
70			5	7	7	10		
60			5	8	7	10	7	13
50			5	8	7	10	7	14
40			6	9	7	11	7	15
30					7	12	8	16
20							8	16

비고) 산지 등이란 산지, 구릉지 및 평지(지하차도 및 고가도로의 설치가 필요한 경우만 해당한다)를 말한다.

- 철도의 선형 관련 기준

■ 도시철도 건설규칙

제2절 곡선

제10조(선로의 곡선반경 등)

- ① 선로의 곡선반경은 선로의 구간 및 기능 등에 따라 그 크기를 다르게 할 수 있다.
- ② 제1항에 따른 곡선반경의 크기는 시·도지사 등이 정한다.

제3절 기울기

제15조(정거장 밖의 기울기한도)

- ① 정거장 밖의 지역에 있는 본선의 기울기는 1천분의 35를 초과해서는 아니 된다.
- ② 곡선인 선로에 기울기를 두는 경우에는 제1항에 따른 한도에 적절한 곡선보정을 한 기울기를 한도로 한다.

■ 서울특별시 도시철도 건설기준에 관한 규칙

제2절 곡 선

제4조(선로의 곡선반경) 영 제10조 제2항의 규정에 의한 선로의 곡선반경의 크기는 별표 1에서 정하는 곡선반경 이상으로 한다.

【별표1】

선로의 최소 곡선반경

(단위 : m)

선 로 별 구 분		1호선	2호선	1,2호선외의 선로
정거장외의 본 선	일반의 경우	160	180	250
	부득이한 경우	135	140	180
정거장내의 본선		400	400	400
측 선	일반의 경우	120	120	120
	부득이한 경우	—	—	90
분기부대		145	145	150

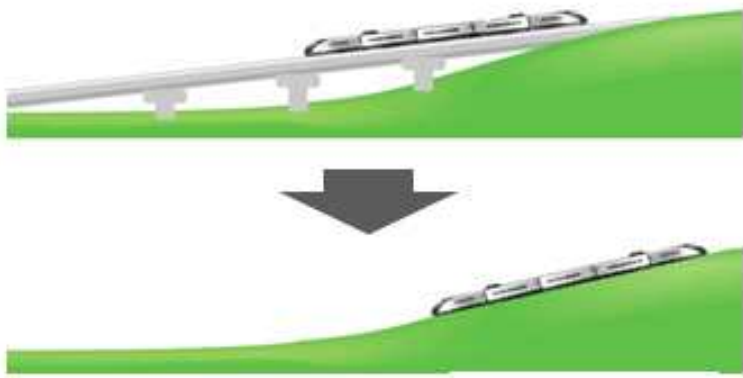
○ 교차로 구간에서의 공사비 절감

- 지하철도를 개착공법으로 시공할 경우 굴착심도에 차이가 크지 않다면 공사비 변화가 거의 없으며, 지반조건에 따른 공사비 차이도 미미하다. 따라서 최소토포를 유지하면 상대적으로 저렴한 공사비가 소요된다. 반면에 터널공법을 적용할 경우 지반조건에 따라 공사비 차이가 매우 크다. 즉 지반조건이 불량할 경우에는 개착공법에 비하여 매우 큰 공사비가 소요된다. 특히 건물하부를 통과할 경우에는 건물에 미치는 영향을 최소화하기 위한 보강공법과 진동제어 발파공법 등의 적용으로 인하여 공사비가 큰 폭으로 증가하게 되며, 사유지 통과에 따른 지하 보상비도 지불하여야 한다. 따라서 도로하부에 지하철도 노선을 계획함으로써 상대적인 공사비 절감이 가능하다.

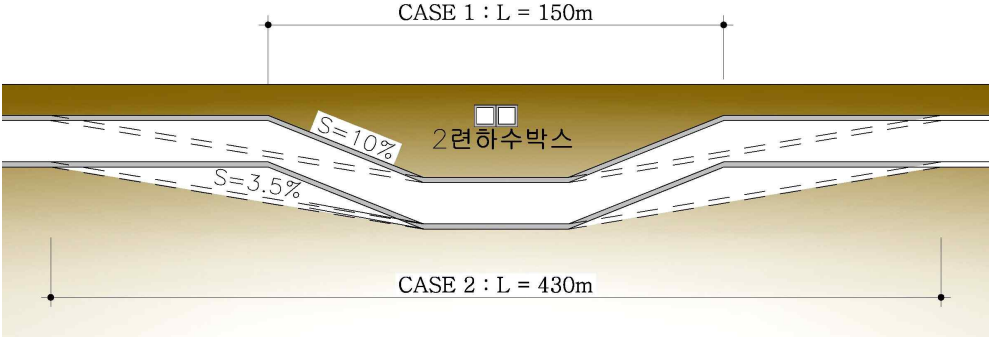
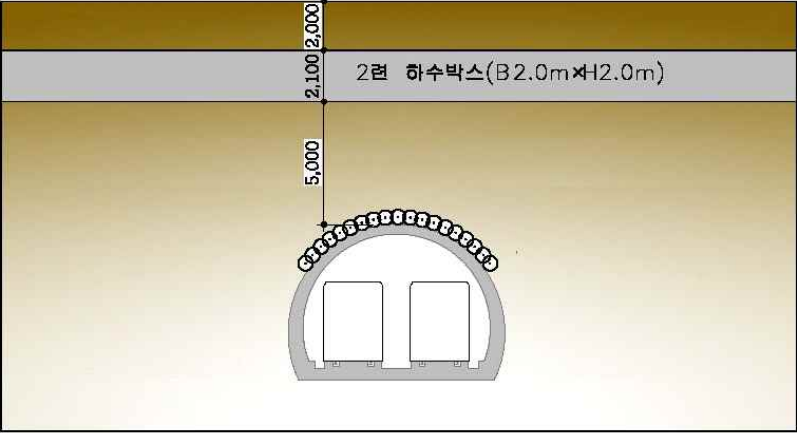
구 분	CASE 1	CASE 2
평 면		
단 면		
단위공사비	2,000 만원/m	3,000 만원/m
개략공사비	$2,000\text{만원/m} \times 353.6\text{m} \approx 71\text{억원}$	$3,000\text{만원/m} \times 282.7\text{m} \approx 85\text{억원}$
보 상 비	-	서울특별시 지하부분 토지사용에 따른 보상기준에 대한 조례에 의거 산정 $526\text{만원/m} \times 282.7\text{m} \approx 15\text{억원}$
합 계	71억원(100%)	100억원(141%)

○ 급구배 구간에서의 공사비 절감

- 일반적으로 도심지에 건설되는 도로의 경우 설계속도가 60~80km/h 정도임을 고려하면 도로의 최대 종단기울기는 5~7%정도(부득이한 경우 6~8%)이다. 현재 도시철도 설계기준에 의하면 도시철도 차량에 적용 가능한 최대 종단기울기는 35%이다. 만약 7%의 종단기울기를 갖는 철도를 건설한다면, 고가비용을 크게 줄일 수 있다.

구 분	급구배 등판	고가교 등판
평 면		
단위공사비	2,000만원/m(100%)	2,650만원/m(133%)

- 또한 도시철도의 경우, 지하철이나 대형 하수박스 등 기존 도시 인프라와 간섭이 발생할 수 있다. 이러한 지장물과의 간섭 발생 시 지하철도의 종단기울기를 크게 할 수 있다면 지장물을 횡단하는데 유리하다. 예를 들어 노면에서 2.0m 깊이에 있는 2×2m 크기의 2련 하수박스를 횡단할 경우, 이때 지하철도의 종단기울기를 35%로 적용한다면 약 430m의 통과구간이 필요하다. 반면에 종단기울기 10%(100%)를 적용할 경우 약 150m로 통과구간이 감소하게 된다. 이 통과구간에서는 굴착 깊이가 증가하거나, 터널공법을 적용할 경우 보강비 증가로 인하여 일반구간이 비해 공사비 증가가 예상된다. 따라서 종단기울기를 크게 함으로써 지장물 통과구간을 가능한 한 짧게 하는 것이 공사비 측면에서 유리하다.

구 분	CASE 1	CASE 2
평 면		
단 면		
개략공사비	$(2,000 \text{ 만원/m} \times 280 \text{ m}) + (2,650 \text{ 만원/m} \times 150 \text{ m})$ $\approx 96 \text{ 억원}(100\%)$	$(2,650 \text{ 만원/m} \times 430 \text{ m})$ $\approx 114 \text{ 억원}(119\%)$

4절. 기술개발 필요성

- 세계적으로 경제성과 운영효율성을 극대화하면서도 환경 친화적이면서 복잡한 도시 환경에 적합한 스마트한 도시철도시스템에 대한 기술개발이 요구됨
- 도시철도시스템의 노면 운행에 따른 도시의 복잡성 증가와 이에 따른 교통 혼잡 유발, 소음과 진동 등의 문제점 등이 노출되었으며, 지하철에 의한 지하 운행에 따른 소음과 진동, 도시혼잡 등의 문제는 해결할 수 있었지만, 막대한 건설비, 유해한 미세먼지, 환승문제 등이 대두되었음. 그 다음으로 지하철의 문제점을 해결하기 위해 지하철에 비해 경제적인 고가 경전철시스템이 보편화 되었으나 수송수요에 비해 막대한 건설비, 도시미관 저해, 소음과 진동 등 모든 문제점을 해결하진 못함
- 이러한 문제를 해결하기 위해서는 도시철도시스템 기술이 한 단계 더 발전해야 하며, 독일, 영국, 일본 등 철도 선진국에서는 세계 시장선점을 위해 새로운 도시철도 시스템 기술을 확보하기 위해 꾸준한 연구투자를 하고 있음
- 전 세계적으로 다양한 도시철도시스템이 도입·운영되고 있는 가운데, 최근 들어 경제적인 건설이 가능하면서도 도시미관, 환경소음 등의 여러 환경 요인과 급곡선, 급구배 등 제약조건이 많은 복잡한 도시환경 등 여러 복합적인 요인을 모두 고려할 수 있는 미래 친환경적이고 도시민에게 한층 더 친숙하게 다가 설 수 있는 “신개념(Fresh) 도시철도시스템 기술개발”이 필요함
- 도심지내 도로 하부 지하공간을 이용하여 경제적으로 건설이 가능할 뿐만 아니라 도시미관, 환경소음 등의 여러 환경 요인과 함께 급곡선, 급구배 등 제약조건이 많은 복잡한 도시환경 등 여러 복합적인 요인을 모두 만족할 수 있는 기술개발이 필요함
- 또한, 용인 구갈~전대리 18km 무인 경전철 시공 후 승객수요 재검증 결과 11만명이 과대평가되어 개통이 연기되는 문제점에서 확인할 수 있듯이, 도시철도 시스템이 효율적으로 운행되기 위해서는 건설·운영주체(지자체 혹은 민간)의 소요 비용을 최소화 할 필요가 있으며 이에 따라 적정 규모 산정을 통한 건설 및 유지보수비용이 최소화된 기술이 필요함
- 급곡선 및 급구배 주행 성능을 갖는 차량기술과 급속시공, 소음진동저감, E&M설비 최적화 및 슬립화 등의 저비용 인프라 기술 등 다양한 분야에 대한 연구를 통하여 경제적이며 최적의 시스템 도출이 요구됨
- 고속용 도심내 도로와 같은 곡선 조건에서도 차량의 주행이 원활한 국내의 도심내 곡선반경은 가혹한 (20~25m) 상태이므로 저상트램 차량의 원활한 주행이 가능하고 고속으로 주행하면서 차량의 하중을 지지하고, 횡방향 자유도가 최대한 확보할 수 있는 연구가 필요함
- 역사진입을 위하여 급구배 등판 능력을 가진 추진 기술 필요하고 이는 약 100%의 급구배 등판 능력으로서, 비점착 추진 또는 별도의 점착능력을 향상시키는 기술이 필요함
- 에너지 소모의 최소화 및 유지보수성을 고려하기 위해 운행시 에너지 소모 및 운영

유지비를 최소화하기 위해서는 추진장치의 중량을 최소화 하여야 하는 기술 개발이 필요함

- 또한 산악지형에서 철도를 건설하기 위해서는 구배제한으로 인한 지그재그 또는 스위치 백 방식이나, 루프트랙 방식으로 산악지형을 오르고 있어 열차의 운행시간 및 건설비가 많이 들고 있으나 급구배 등판기술이 개발되면 산악지형 철도노선의 운행시간 및 건설비 절감이 가능함
- 국가 대중교통의 시장 정책적 방향은 도심 교통수단으로 환경 친화성과 수송효율이 높은 도시철도에 대한 수요가 급증에 대처하고, 도시의 미관을 해치지 않고 안전성이 확보 될 수 있는 새로운 철도시스템의 필요성에 대응하는 것임
- 국내 지자체(광주, 대전, 김포 등)에서는 철도 도입을 위해 적극적인 지원을 요청하고 있음. 이는 경전철시스템에서 보유한 도시미관, 소음, 건설비 과대 등을 해결 수 있는 신개념 기술을 요구하고 있음
- 급곡선/급구배 핵심기술개발은 조속히 추진되어야 하며, 신뢰성/ 안전성을 확보 후 실용화를 위한 노력이 필요함
- 전세계적으로 급곡선 15mR을 주행할 수 있고 고속저상인 대차시스템 확보를 통한 철도기술 선진화에 기여
- 세계최고수준의 경제성을 갖는 철도시스템 기술의 확보로 선진철도기술시장의 선점 효과 및 철도산업의 수출을 통한 수익창출 가능

5절. 정부지원 타당성

1. 기술개발투자의 시의성, 시급성('13년)

- ☐ 국가 철도망 계획(2020년까지 88조 투입 정책)에 따른 철도 건설 예산 절감 및 효율적 투자를 위한 기술개발에 역점을 둬. 이는 철도 건설예산 절감을 유도하고 고효율을 지향할 수 있는 정책적 방향 도출됨.
- ☐ 이를 위해 저탄소 녹색성장의 견인을 위해 녹색기술 및 미래핵심기술 "Green-Up 30"에 지속적으로 투자할 계획이며, 본 기획과제는 국가 R&D 정책방향에 포함되어 있음.
- 급구배 및 급곡선 핵심기술이 확보된다면 경제적으로 건설이 가능할 뿐만 아니라, 도시미관, 환경소음 등 여러 환경 요인을 극복할 수 있을 것으로 예상되며 이에 국가 R&D 정책 방향에 반영될 필요가 있음.
- 도심내 도로와 같은 곡선 조건에서도 차량의 주행 원활 국내의 도심내 곡선반경은 가혹한 15m 상태이므로 차량의 원활한 주행이 가능함.
- 고속으로 주행하면서 차량 하중을 지지하고, 횡방향 자유도가 최대한 확보되어 국가 대중교통망 설계시 효과적으로 대응이 될 수 있도록 범국가적 연구개발이 필요함.

- 국가 대중교통의 시장 정책적 방향은 도심 교통수단으로 환경 친화성과 수송효율이 높은 도시철도에 대한 수요가 급증에 대처가 가능하며,
- 도시의 미관을 해치지 않고 안전성이 확보 될 수 있는 새로운 개념의 철도 차량시스템 기술개발의 필요성에 대응하는 것으로 국가 정책적 방향과 일치함.
- 대중교통망 설계시 토지보상 및 민원문제를 적극적으로 대응하기 위한 방안이 국가 차원에서 마련되어야 함.

2. 국토부 주도의 개발 및 지원 필요성

□ 도심지의 교통난이 가중되고 환경 및 에너지 문제가 심각해질수록 건설비와 운영비가 저렴한 경전철 사업에 대한 관심이 커지고 관련 시장 규모가 증가할 것으로 전망됨. 또한, 민자사업(BTL, BTO, Turn Key등)이 확대되고 있으며, 민자사업의 특성상 일정기간동안 운영에 의한 수익을 창출해야 하기 때문에 경제성과 시공성이 높은 기술에 대한 수요가 늘어날 것으로 전망됨.

- 터널단면에서 도로와 같은 급곡선, 급구배 조건에서 주행가능한 대차, 추진장치 및 E&M 지상설비의 슬립화에 대한 기술 개발이 필요하며 터널의 급속시공공법 개발, 차량/궤도에서 진동·소음 저감 기술개발 등 핵심장치 개발 및 검증이 정부 주도로 선행되어야 할 필요가 있음.
- 도시철도 시스템 성공 요소 분석
 - 철도 수요 및 경제성 증가 요소 가능 : 외부 통행시간 단축으로 기존 철도시스템 대비 수단 분담률 3%이상 발생 유도 가능
 - 편익 증가, 비용 감소로 인한 사업 타당성(B/C) 증가
 - 정책적 지원 등을 위한 통한 세계적 기술 선도 이미지 부각 : 첨단 교통시스템 도입을 통한 도시 랜드 마크 및 국가 자존심 부각
 - 국내 첨단 기술력 극대화로 충분한 검증 : 공사비 단축을 위한 최첨단 공법 기술 개발, 차량 및 시스템 표준화 기술개발 등

3. 정부 미지원시 문제점

- 고가 경전철 건설시 육중한 고가 구조물로 인하여 도시미관을 저해하고 인근 지역에 소음 등 여러 환경문제를 야기하며 상부구조물에 의한 도로 차선 잠식으로 교통혼잡을 초래할 가능성이 있음.
- 급곡선(15mR), 급구배(100%)의 기능을 차량이 구현할 수 없을 경우에는 주행노선 및 역사 위치에 제약이 따르며 추가적인 토지보상비와 건설비를 부담하는 등 본래 취지를 약화시킬 수 있음.

- 기존과 같은 심도의 지하철에서 승객의 접근성과 타 대중교통과의 환승 이동거리, 자연채광 등의 승객 서비스 제공에 어려움이 예상되며 타 교통수단과의 경쟁력 저하가 예상된다.

6절. 종합평가 및 결론

□ 국내 도시철도의 문제점과 사회적 요구사항

- 대도시 지하철은 과대한 1,000억원/km 이상 건설비 등으로 만성적자의 어려움을 겪고 있으며(서울 메트로 2010년 2,567억원 적자), 이에 대안으로 도입된 고가 경전철은 도시미관, 소음 문제, 사생활 침해 등으로 민원 발생하고 있음.
- 최근 검토되는 지하 경전철 또한 여전히 건설비 부담, 지하 심도의 승객 접근성, 환승 문제 등으로 사업 추진에 애로를 겪고 있음.
- 경전철을 계획하고 있는 지자체는 건설방식(지상, 지하)의 혼선으로 광주, 대전, 김포 등 지하 경전철로 결정하기까지 10년 이상 사업이 표류 중이며 친환경 저비용의 편리한 교통수단을 요구하고 있음.
- 도심내 곡선반경 15mR 및 저상 주행이 가능함으로써 곡선반경 제한으로 인해 발생하는 건설비를 줄일 수 있으며, 이는 초기건설비의 절감(타 경전철의 1/3 수준) 및 건설기간(타 경전철의 1/5 수준)을 단축시킬 수 있음.
- 급구배, 급곡선 철도차량 기술 확보로 철도 노선 설계의 자유도가 대폭 향상되어, 산악지형 철도, 저심도 철도 등 도시친환경적인 설계 기술을 확보하여 전세계적 기술을 선도하고 수입대체효과와 기술수출을 이루게 될 것임.
- 국가적 대중교통망을 국민 생활과 한 층 더 밀접하게 되고 대국민 교통서비스의 질을 향상시킬 수 있음.
- 국가과학기술지도(NTRM)의 환경 친화적인 철도 시스템 기술에 부합하는 연구의 기초자료로 활용함.

□ 국가 철도 정책 방향

- 도시철도를 계획하는 지자체 및 사업자는 지하철과 같이 지상의 도시기능을 살리면서 건설비가 적은 철도의 구현을 요구하고 있으며 대중교통 탑승을 위한 접근의 용이성과 타 교통과의 환승의 용이성을 대중교통을 이용하는 시민이 요구하고 있음.
- 이와 같은 지자체, 시민의 요구사항을 수렴하여 국토부 철도정책 2010과 광역도시 철도정책 2012에는 도시철도 건설비용 절감과 승차/환승 편의 및 운영 효율을 향상시키는 내용을 포함하고 있으며 이를 구현하기 위한 국가연구개발사업의 추진을 계획하고 있음.
- 고속으로 주행하면서 차량 하중을 지지하고, 횡방향 자유도가 최대한 확보되어 국가

대중교통망 설계시 효과적으로 대응이 될 수 있도록 범국가적 연구개발이 필요함.

- 국가 대중교통의 시장 정책적 방향은 도심 교통수단으로 환경 친화성과 수송효율이 높은 도시철도에 대한 수요가 급증에 대처가 가능하며,
- 도시의 미관을 해치지 않고 안전성이 확보 될 수 있는 새로운 개념의 철도 차량시스템 기술개발의 필요성에 대응하는 것으로 국가 정책적 방향과 일치함.

□ 기술적 타당성

- 차량의 자유로운 곡선 주행을 위한 곡선 주행성 확보와 시외 주행을 위한 고속 직진성 확보를 위해서는 대차에 조향장치의 탑재가 하며, 조향장치에는 다양한 종류가 있으며, 저심도 차량의 특성상 100% 저상대차에 조향장치를 탑재하기 위해서는 조향장치에 대한 선행연구와 저상대차에의 적용 가능성에 대한 사례조사가 필요함.
- 조향장치를 탑재한 대차의 고속 직진성과 곡선 주행성을 극대화 하고, 차량의 중량을 낮춰 운영비 및 개발비를 절감하기 위해서는 구조의 설계 최적화가 필요함.
- 특히, 차량기술은 현재 도로 상황을 고려하여 차량에서 요구되는 곡선주행 성능은 15mR 이며, 급구배 주행 성능은 10%, 운행최고속도 80km/h 를 차량 목표사양으로 제시하며 이를 위한 조향 시스템의 개발, 저상대차 및 차량 저상화의 구현, 차륜/레일 접촉 성능 향상, 터널 사이즈 축소, 집전 시스템과 대차 인터페이스, 대차레이아웃 최적화 기술개발이 요구됨.

※ 도시철도의 시급한 현안인 도시철도차량의 300mR 급곡선 주행기술에 대한 사전타당성 검토는 기 기획과제인 “도시철도차량용 능동조향대차 기술개발 기획연구 (2011.8, 한국건설교통기술평가원)”를 참조하기 바람

5장. 인력투입계획 및 소요예산 산정

1절. 연구일정에 따른 인력투입계획

1. 전체사업 인력투입계획

총괄 소요인력 (단위 : 명)					
구분	1차년	2차년	3차년	4차년	합계
급곡선, 급구배 차량시스템 기술	31	30	27	18	106

2. 세부과제별 인력투입계획

(단위 : 명)					
구분	1차년	2차년	3차년	4차년	합계
급곡선 기술	12	12	9	-	33
급구배 기술	19	18	18	18	73
합계	31	30	27	18	106

2절. 소요 예산 산정

1. 예산 산정 방법

(정부출연금 기준, 단위: 백만원)

중점추진분야	세부과제		소요 연구비	1차년도				2차년도				3차년도				4차년도			
				1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
급구배, 급곡선 차량시스템 기술 개발																			
	급곡선 기술		3,000	900				1,400				700							
		독립차륜형 대차시스템 조향기구학 설계	600	300				300											
		독립차륜형 대차시스템 최적설계 및 상세설계, 제작	2,100			600		1,100				400							
		독립차륜형 대차시스템 구성품 시험 평가 및 완성차 조립	300									300							
	급구배 기술		7,000	1,000				2,000				2,500				1,500			
		급구배 등판용 공심형 LSM 추진시스템	6,000	1,000				2,000				2,000				1,000			
		성능시험평가 기반 기술	1,000									500				500			

2. 전체사업 소요 예산

(단위 : 백만원)

구분	1차년		2차년		3차년		4차년		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
급곡선, 급구배 차량시스템 기술	1,900	250	3,400	375	3,200	125	1,500	-	10,000	750

3. 세부과제별 소요 예산

(단위 : 백만원)

구분	1차년		2차년		3차년		4차년		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
급곡선,급구배 차량시스템 기술	1,900	250	3,400	375	3,200	125	1,500	-	10,000	750
급곡선 기술	900	250	1,400	375	700	125	-	-	3,000	750
급구배 기술	1,000	-	2,000	-	2,500	-	1,500	-	7,000	-

※ 도시철도의 시급한 현안인 도시철도차량의 300mR 급곡선 주행기술에 대한 인력투입계획 및 소요예산 산정은 기 기획과제인 “도시철도차량용 능동조향대차 기술개발 기획연구(2011.8, 한국건설교통기술평가원)”를 참조하기 바람

6장. 과제 제안요구서

1절. 과제 제안요구서(RFP)

연구과제명	급구배, 급곡선 차량시스템 기술 개발
1. 연구 목표	○ 최소곡선반경 15m 곡선 주행이 가능하며, 기존 경전철이나 도시철도 대비 곡선추종성능을 30%향상 가능한 독립차륜형 대차시스템 기술개발 ○ 최급구배 100‰ 주행이 가능한 리니어 추진시스템 기술개발
2. 연구 필요성	○ 현재까지 철재차륜 방식 경전철 및 도심철도에 있어, 15mR 미만의 급곡선 주행기술과 스킵 소음 및 마모저감 기술을 확보하지 못하고 있음. ○ 기존 도심철도의 경우 주행가능한 최소곡선반경이 커서 노선 설계의 자유도가 줄고, 건설비용이 증가되는 어려움이 있음 ○ 급곡선부가 많은 도심철도에 있어, 차륜/ 레일의 마모와 금속분진으로 유지보수비의 증가와 스킵 소음으로 인한 지속적 민원에 시달리고 있어, 급곡선 추종성능을 혁신적으로 해소할 수 있는 기술개발의 필요성이 제기되어 왔음 ○ 국내뿐만 아니라 국외에 도입·운영 중인 도시철도시스템의 상당수가 과다한 초기 건설비와 상당한 운영·유지보수비가 소요되고 있어, 전 세계적으로 경제성과 운영효율성을 함께 극대화할 수 있는 미래 도시철도시스템에 대한 기술 개발이 경쟁적으로 이루어지고 있는 추세임 ○ 또한, 기존의 타 도시교통과 연계성이 뛰어나고 승객의 접근성이 우수할 뿐만 아니라 이용 승객의 편의성을 극대화하고 쾌적한 서비스를 제공할 수 있는 도시철도시스템에 대한 요구가 커지고 있는 추세임 ○ 한편, 현재 정부에서 2020년까지 국가온실가스 감축을 배출 전망치 대비 최대 30%를 절감토록 추진하고 있는 등 전 세계적으로 온실가스 감축이 주요 이슈로 대두됨 ○ 이에, 경제적인 건설이 가능하면서도 도시미관, 환경소음 등의 여러 환경요인과 급구배, 급곡선 등 제약조건이 많은 복잡한 도시환경 등 여러 복합적인 요인을 모두 고려할 수 있는 미래 친환경적이고 도시민에게 한층 더 친숙하게 다가 설 수 있는 “신개념 도시철도시스템 기술개발”이 필요
3. 연구 중점분야	○ 급곡선 주행 기술 ○ 급구배 등판 기술
4. 연구 내용	☐ 세부과제 1 : 급곡선 기술 개발(시스템 총괄 포함) ○ 시스템 통합 기술 개발 - 급구배, 급곡선 차량 기술의 통합 및 총괄운영관리 체계 구축 - 시스템 인터페이스 내용 분석

- 시스템 요구사항 분석 및 정의
- 급곡선용 독립차륜형 저상대차 기술 개발
 - 독립차륜형 대차 자료 조사 및 분석
 - 목표사양을 달성하는 대차 설계
 - 최소 곡선 반경 : 15mR
- 급곡선 주행 동역학 해석 및 시험평가 기술 개발
 - 급곡선 주행 대차 설계 및 해석
 - 독립차륜형 대차 시스템 통합 설계 및 시제 제작 기술
 - 최적설계 및 안전성 평가
 - 최고속도 주행안정성 제어 성능 시험평가
- 독립차륜형 대차 기구학 설계 기술 개발
 - 급곡선 주행장치 기기 설계 및 해석
 - 급곡선 대차프레임 설계 및 해석
 - 시스템 인터페이스 기술
- 독립차륜형 저상 능동조향 제어 기술 개발
 - 시스템 설계 알고리즘 구현 기술 개발
 - 조향 제어기 시제 제작 및 시험 평가
- 스켈소음 및 진동 저감 기술 개발
 - 차륜 진동저감을 위한 재료 연구
 - 스켈소음 저감을 위한 주행 제어 연구
 - 실내소음 저감을 위한 소음재 연구
- 급곡선 통과시 탈선방지 기술 개발
 - 곡선 인지 및 곡률반경 주행평가 기술 개발
 - 독립차륜형 저상대차 탈선 방지 제어기 개발

□ 세부과제 2 : 급구배 기술 개발

- 대용량 공심형 LSM 설계/해석 기술 개발
 - 공심형 LSM 자료 조사 및 분석
 - 목표사양을 달성하는 공심형 LSM 설계
 - 등판능력 : 100 %
 - 공심형 LSM 등가회로 분석
 - 공심형 LSM 전자장 해석
 - 추력 리플 저감 기술 개발
- 지상 권선 성형 기술 개발
 - 공심형 LSM의 전기자 권선 성형 기술 개발
 - 권선 재료에 따른 특성 분석
 - 지상 권선의 특성 및 전압강하 보상 기술 개발
- 공심형 LSM 전력변환 장치 설계/해석 기술 개발
 - 공심형 LSM 구동을 위한 인버터 설계
 - 가용 스위치 조사 및 전기적 특성 분석
 - 구동 전류 및 전압에 대한 전력변환장치 특성 해석
- 정밀 위치 및 속도 검지 기술 개발
 - 대용량 스위치기어 조사 및 특성 분석
 - 차량 위치에 따른 섹션 전환 기술 개발
 - 차량 절대위치 검지 기술 개발
 - 차량 상대위치 검지 기술 개발
 - INKREFA, Slot counter, 광센서, 도플러센서 등 다양한 위치 검지 기술 검

	토 및 적용 기술 개발 - 다양한 악조건에서의 차량 위치검지 구현 방안 수립 ○ 전력변환 제어 알고리즘 및 운영 기술 개발 - 전력변환장치의 운전 및 제어 기법 개발 - 속도 제어기술 개발 - 지상 전력시스템 및 지상 코일, 차상 집전시스템 등 주요장치의 고장 시 대처방안 및 유지보수 방안 수립 ○ 차량 하부 구조 분석 및 대차 취부 기술 - 계자용 전자석 취부를 위한 하부 구조 분석 - 동력전달을 위한 전자석의 대차 취부 기술 ○ 궤도 등 인프라 구조 / 취부 구조 개발 - 전기자 권선 설치를 위한 궤도 구조 분석 - 전기자 권선의 인입 특성 분석 및 기술 개발 ○ 성능시험평가 기반 기술개발 - 전용 테스트베드 제작 및 운용 기술 개발 - 핵심 기술간의 인터페이스 기술 개발 - 각 기술의 안전 및 내구성 검토 - 시험검증 및 성능평가 기법 개발 ○ 전자장 등 관련 안전성 문제 검토 - 전용 테스트베드에서 안전성 검토 및 운용 기술 개발
□ 주요 산출물	□ 세부과제 1 : 급곡선 기술 개발(시스템 총괄 포함) ○ 시스템 인터페이스 설계안 및 주요 시스템 성능시험 기준 연구 - 대차시스템 요구사항분석 및 정의 - 대차 주요장치 인터페이스 내용 분석 - 주행장치 성능평가 시험계획 및 절차서 - 독립차륜형 저상 조향대차시스템 성능시험 기준 마련 ○ 독립차륜형 저상 조향대차 시제품 및 종합성능평가 결과 - 독립차륜형 저상 조향대차 설계사양서, 설계도면 - 독립차륜형 저상 조향대차 주요장치 시제품 - 탈선 방지 센서 및 조향 제어 알고리즘 - 제동장치, 1,2차 스프링장치 등 주요장치 구성품 평가 시험기준안 □ 세부과제 2 : 급구배 기술 개발 ○ 100% 급구배 등관용 공심형 LSM 시제품 및 성능평가 시험기준안 - 공심형 LSM 설계사양서, 설계도면 - 공심형 LSM 시제품 - 전력변환장치 설계사양서, 설계도면 - 전력변환장치 시제품 - 공심형 LSM 제어 알고리즘 - 추진시스템 성능계측시스템 - 추진시스템 성능평가 시험기준안 ○ 위치 검지 시스템 및 제어 알고리즘 - 제어 알고리즘 - 스위치 기어 시제품 - 위치검지 및 제어 알고리즘 성능평가 시험기준안 ○ 궤도 등 인프라 구조 - 전기자 권선 설치를 고려한 궤도 시제품

	○ 공심형 LSM 기술 적용 철도차량 전용 테스트베드 - 전용 테스트베드 설계사양서, 설계도면 - 시험검증 및 성능평가 기준안 ○ 전자장 등 관련 안전성 문제 해결 방안 - 전용 테스트베드에서 안전성 시험성적서
☐ 보고서 제출	☐ 최종보고서 : 과제 종료시
5. 연구 추진방법	
☐ 추진전략	○ Top-down 방식으로 원천기술 개발 - 시스템 설계 및 해석을 통한 아키텍처 및 시스템 사양 개발 - 테스트베드 개발을 통한 설계 및 제어 수정보완 및 시스템 통합 구축, 핵심 기술 검증 ○ 산학연 협동 및 단계별 기술개발 추진 - 산학연의 역할분담 및 관련 전문가·전문기관 협력체계 구축 - 개념설계를 통한 시스템 사양 결정 및 아키텍처 개발 - 핵심장치에 대한 시작품의 설계·제작·시험 추진 - 시험평가를 통한 기술 실용화 검증 ○ 새로운 추진시스템의 적용과 테스트베드 구축/운영을 위해 철도 운영기관 참여 유도 - 테스트베드 부지 제공 및 시험평가 ○ 기반구축 연구로 4년 이내에 실용화 연계가 가능하도록 핵심기술 개발 · 실증 역량 확충 · 철도 운영처로 다각화 추진 ○ 국외 전문가 활용 등을 통한 선진기술 습득 및 연구결과 검증을 위하여 다양한 분야의 전문가 활용 ○ 연구성과 홍보를 통해 기술이전 및 실용화 확산 노력
☐ 추진체계	○ 국내 철도, 추진, 차량 기술 전문가 그룹을 구성하고 산학연 연계 및 정부 지원 하에 연구를 수행 ○ 시작품 제작 및 시험 평가를 위해 관련 산업체의 참여가 반드시 필요하며, 기초 요소기술 연구를 위한 대학 등의 연구기관 참여가 바람직함 ○ 원천기술 및 시작품의 테스트베드를 통한 실증을 위해 도시철도 운영기관의 참여가 바람직함 ○ 연구내용의 검증 및 객관성 확보를 위해 외부 전문가 자문위원회 구성 및 운영 ○ 연구개발 성과의 실제적용 과정에서 설계사항 변경가능성을 줄일 수 있도록 연구과정에서 철도 전문기술을 보유한 기관을 반드시 참여하도록 함 ○ 본 연구단은 산·학·연 공동연구를 기본으로 하며, 필요시 선도적 위치에 있는 해외기관 및 전문가와 공동연구를 추진할 수 있음 ○ 연구신청자는 과다한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구추진의 효율성을 도모할 것 ○ 연구진의 연구 참여율을 높여 연구 집중도 제고 필요
6. 사업기간 및 소요예산	

- 총 연구기간 : 2013.1 ~ 2016.12 (4년)
 - 1차년도 연구기간 : 2013.1 ~ 2013.12 (1년)
 - 2차년도 연구기간 : 2014.1 ~ 2014.12 (1년)
 - 3차년도 연구기간 : 2015.1 ~ 2015.12 (1년)
 - 4차년도 연구기간 : 2016.1 ~ 2016.12 (1년)
- 총 정부출연금 : 100억원
 - 1차년도 연구개발비 : 정부출연금 30억원
 - ※ 1차년도 이후 연차별 연구개발비는 제시된 총 정부출연금 범위 내에서 편성
 - ※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부 예산 사정에 따라 조정될 수 있음
 - ※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토해양부소관 연구개발사업 운영규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
 - ※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소조정 가능

7. 기 타

- 과제별 주요 연구내용, 연구기간 및 연구개발비는“과제제안요구서(이하 ‘RFP’)”를 참조하여 작성
 - 과제의 목적 달성을 위해 필요하다고 판단되는 경우에는 세부연구내용을 일부 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시
 - ※ 총 정부출연금 및 연차별 정부출연금은 향후 선정평가 결과, 정부예산 사정 등에 따라 조정될 수 있음
- 연구관리 전문기관(한국건설교통기술평가원)은 필요시 선정된 동 과제 연구책임자와 협의를 거쳐 연구개발계획서를 수정·보완(연구기간 변경, 연구 목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
- 성과목표(지표)별 연차별 정량적·정성적 달성목표치 및 가중치 등을 연구개발계획서에 제안하여야 하며, 이는 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용
 - 제시한 성과지표에 미래철도기술개발사업 성과지표를 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능
- 연구개발 성과물의 현장시험을 통한 검증 및 향후 추진계획을 필히 제시해야 함
- 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
 - 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함
- 연구개발계획서에는 구체적 연구방법론이 반드시 제시되어야 함
- 매년 기술 및 시장 동향조사를 실시하여 차년도 연구계획에 반영
- 기 수행되었거나 현재 수행중인 공모과제 관련 연구개발결과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
- 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함
 - ※ www.kictep.re.kr 열린정보, <http://rndgate.ntis.go.kr>의 유사과제목록 참조
 - 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함
 - ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음

- 도시철도의 시급한 현안인 도시철도차량의 300mR 급곡선 주행기술에 대한 RFP는 기 기획과제인 “도시철도차량용 능동조향대차 기술개발 기획연구 (2011.8, 한국건설교통기술평가원)”를 참조하기 바람

2절. 평가기준 설정

1. 연구목표의 적절성, 연구개발 필요성 및 타당성 : 배점 30점

세부항목	평가내용	배점				
		우수	양호	보통	미흡	불량
연구목표의 적절성	연구목표의 적절성 및 제안요구서와의 부합성	10	8	6	4	2
연구개발의 필요성	연구추진 및 기술개발 필요성	10	8	6	4	2
연구개발의 타당성	정책/기술/경제적/정부지원 타당성	10	8	6	4	2
소계						

2. 연구계획의 적정성 : 배점 50점

세부항목	평가내용	배점				
		우수	양호	보통	미흡	불량
연구추진체계의 합리성	연구추진체계 및 추진일정의 합리성	10	8	6	4	2
연구추진전략의 적정성	목표 달성을 위한 연구추진전략의 적정성	10	8	6	4	2
연구성과목표 및 지표의 적정성	연구성과목표 및 지표의 적정성	10	8	6	4	2
연구성과의 활용성	연구성과의 실용성 및 활용성, 기대효과	10	8	6	4	2
연구비 편성의 적정성	연구내용대비 예산 규모, 예산 편성의 적정성	10	8	6	4	2
소계						

3. 연구기관의 적정성 : 배점 20점

세부항목	평가내용	배점				
		우수	양호	보통	미흡	불량
연구기관의 규모	연구기관의 규모, 연구인력 및 전문성	10	8	6	4	2
연구기관의 전문성	유사연구 수행실적 및 경험	10	8	6	4	2
소계						

주의

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