

3cm	2012-연구 기획 -AE-01	4cm	건설교통연구기획사업 기획보고서(견고닥13p)
			3cm
			0.5cm 2012-연구기획-AE-01
			2.5cm 9cm
			(견고닥31p) 5cm
			레일방식 500km/h(HEMU-500X) 철도시스템 핵심기술 개발 기획보고서
			(0.1cm)
			2012 . 9.
			0.15cm (견고닥15p)
			(별색바탕 : C50, M20, Y59, K0)
			주관연구기관 / 한국철도기술연구원 협동연구기관 / 2cm
			(견고닥 15.5p)
			(백색바탕)
			국 토 해 양 부 한국건설교통기술평가원
			(견고닥 20p)
5cm	레일방식 500km/h 철도시스템 핵심기술개발 기획보고서 2012 국 토 해 양 부 한국건설교통기술평가원	Land Transport and Maritime R&D Report (견고닥 25p)	
3cm			

제 출 문

국토해양부장관 귀하

이 보고서를 "레일방식 500km/h (HEMU-500X) 철도시스템 핵심기술 개발 기획연구" 과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2012 . 9.

주관연구기관명 : 한국철도기술연구원

주관연구책임자 : 김 남 포

연 구 원 : 이 태 형

" : 권 혁 빈

" : 윤 수 환

" : 구 병 춘

" : 엄 기 영

" : 강 윤 석

" : 최 찬 용

" : 이 광 섭

보 고 서 요 약 서

과제고유번호	2012-연구 기획-AE-0 1	해 당 단 계 연 구 기 간	2012. 4.13 ~ 2012. 9.12	단 계 구 분	1/1
연 구 사 업 명	중 사 업 명	미래철도기술개발사업			
	세부사업명	2012 건설교통연구기획사업			
연 구 과 제 명	대 과 제 명				
	세부과제명	레일방식 500km/h (HEMU-500X) 철도시스템 핵심기술 개발 기획연구			
연 구 책 임 자	김남포	해당단계 참 여 연구원수	총 : 8 명 내부 : 8 명 외부 : 명	해당단계 연 구 비	정부:50,000천원 기업: - 계:50,000천원
		총연구기간 참 여 연구원수	총 : 8 명 내부 : 8 명 외부 : 명	총연구비	정부:50,000천원 기업: - 계:50,000천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	한국철도기술연구원 고속철도연구본부		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
위 탁 연 구	연구기관명 :		연구책임자 :		
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				보고서 면수	159
급팽창하는 고속철도 시장을 선점, 석권하기 위한 일본, 프랑스, 중국 및 한국 각국의 철도 R&D 경쟁이 치열한 가운데, 고속철도의 속도 목표를 500km/h 대로 향상하기 위한 본 기획과제가 추진되었음. 고속철도의 물리적 속도한계를 극복하는 데 필요한 기술과 그 기술적 타당성, 국가 정책 및 연구 인프라 등의 종합적 검토를 통해 본 과제를 틀을 마련하였음. 본 과제의 효율적 수행을 위한 2개의 세부과제를 도출하고, RFP를 제시하였음. ○ 세부과제 1 : 500kph급 한계극복 핵심기술 및 시험 평가기술 개발 ○ 세부과제 2 : 500kph급 시험열차(HEMU-500X) 고도화 기술 개발					
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	고속철도, 레일방식, 속도향상, 최고 시험속도, 한계극복 핵심기술			
	영 어	High-speed Railway, Wheel on Rail, Speed-up, Maximum test speed, Core technology to overcome the limits			

요 약 문

I. 기획연구배경 및 목적

- 2015년 250조로 예상되는 거대 철도시장을 석권하기 위해 각 국의 치열한 기술 및 속도경쟁 중임. 후발 중국이 500km/h 시험열차를 출시하는 등 공격적 행보를 보임에 따라, 우리나라도 개발 중인 430km/h 속도의 HEMU-430X 고속열차 기술을 토대로 500km/h 속도로 진입하기 위한 핵심기술 개발의 필요성이 제기됨. 속도는 그 나라 철도기술 및 고속철도 브랜드 가치의 척도로서 500km/h 속도 달성은 고속철 후발국인 우리나라가 철도기술 강국으로 부상하는 계기가 될 것임.
- 레일방식 500km/h급으로의 한계를 극복하는 데 필요한 핵심기술 개발 및 실증 시험연구의 본격적인 추진에 앞서 예산 효율성과 연구개발 성공 가능성을 높이기 위해서 연구 과제의 전략적 방향 및 실행방안을 수립함
- 레일방식 500km/h급 초고속철도 핵심기술 개발 및 기존 HEMU-430X를 HEMU-500X 로의 고도화하는 기술개발 기획

II. 기획연구 내용 및 범위

- 국내·외 정책, 시장, 기술개발 동향조사 및 환경 분석
- 레일방식 초고속화의 물리적 한계기술 분석 및 개발 전략 검토
- 차세대 고속철도차량(HEMU-430X)의 500km/h 급으로 확대개량 방안 및 세부적 연구개발 내용 검토
- 500km/h 실험실 시험 계획 및 실험장비 업그레이드 방안 검토
- 500km/h 실 선로 시험을 위한 Test Bed 확보방안 검토
- 개발 전략 수립 및 검토
- 연구 목표 및 범위 설정
 - 본 과제의 최종목표 및 범위 설정
 - 본 과제의 최종 및 연차별 성과물/산출물 제시
 - 세부과제별 성과목표(정량적, 정성적)와 성과지표 설정 및 성과맵 제시
 - 연구과제별 및 세부과제별 기술전략 로드맵 작성
- 연구목표 달성을 위한 추진전략 및 추진체계 수립
- 성과물에 대한 활용방안 및 실용화 추진방안 제시
- 인력투입 계획 및 소요예산 산정
- 연구개발 사전타당성 조사
- 과제공모를 위한 RFP 작성 및 평가기준 설정

Ⅲ. 기획연구 결과

1. 연구개발 필요성

- 세계 고속철도 시장의 확대 대응
 - 환경, 에너지 문제 해소를 위한 철도중심 Modal Shift
 - 철도시장은 연간 4.5% 성장, 2015년 250조 거대시장 형성 예상
 - 고속철도 시장규모는 연간 약 61조 규모로 추정됨 (2011 UIC)
- 거대 시장 석권을 위한 치열한 속도 경쟁 대응
 - 중국의 공격적 마케팅에 조속 대응 (2011.12 500키로 시험열차 출시 및 2011. 4 575키로 실험실 시험)
 - HEMU 의 브랜드 가치 500키로 대로 향상 필요
- 국가정책방향에 부응하여 국부기술 창출
 - 철도중심 교통체계, 전국 주요거점 통근시간대 연결 단일 도시권화
 - 철도산업을 수출위주 한국경제의 성장 동력원으로 육성
- 500km/h급 철도의 가시화에 대응한 일류기술 선점
 - 기술혁신으로 고속화 한계요인 해소, 쿼텀점프 가능성 높음
 - 선제적 기술개발로 고속철 일류 국가로 도약 기회

2. 국내외 동향 및 환경 분석

- 프랑스, 일본, 중국 등은 고속철도 세계시장 선점을 위해 공격적 R&D 투자 중이며, 프랑스와 중국은 기술 과시를 통한 세계최고 기술 보유국임을 경쟁하고 있음.
- 우리나라도 세계 4번째 고속철도기술 보유국으로, 최고 시험속도 430km/h급 동력분산형 고속철도 시스템 및 핵심기술개발 및 400km/h급 고속철도 인프라 시범적용 기술개발사업 등이 추진 중이며, 차세대 고속철도(HEMU-430X) 차량을 확대 개량하고, 기 추진 중인 사업의 결과를 연계 활용하면 단기간에 적은 예산으로 속도기록 달성과 500km/h급 실증 시험이 가능할 것으로 판단.

3. 연구개발 내용 및 범위

- 가. 1세부과제 : 500kph급 한계극복 핵심기술 및 시험평가 기술 개발
- 한계극복 핵심기술(공기저항 저감기술) 개발
 - 한계극복 핵심기술(점착력 향상기술) 개발
 - 한계극복 핵심기술(초고속 주행안정성 향상기술) 개발
 - 과제 총괄 및 시스템 엔지니어링

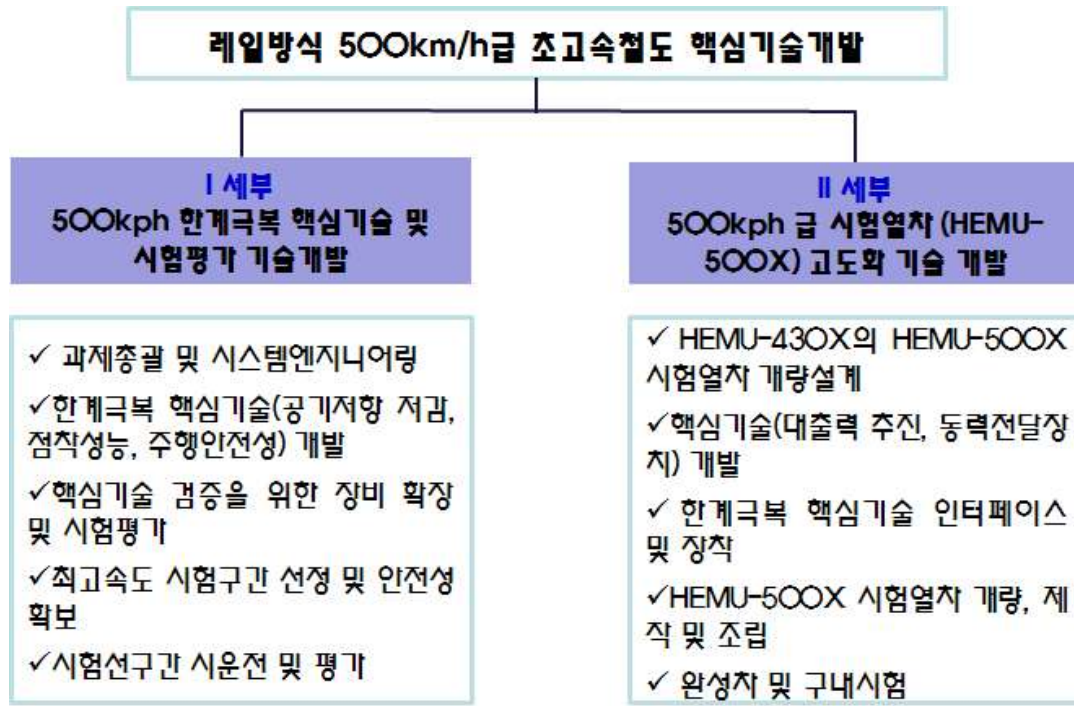
- HEMU-500X 시스템 개념설계, 요구사항 정의
- 핵심장치, 차량시스템, 시험선로간 인터페이스 조정 관리
- 사업 일정 및 위험도 관리
- 핵심기술 검증을 위한 장비 확장 및 시험평가
 - 추진성능 시험장비 속도 업그레이드
 - 대차 주행시험장치(Roller rig) 속도 업그레이드
 - 기타 실험실 검증 차원의 시험장비 속도 업그레이드
 - 선두 동력차 추진장치의 조합 성능 시험 및 평가
 - 주행장치의 고속 주행안정성 시험 및 평가
- 최고속도 시험구간 선정 및 안전성 평가/ 보강
 - 최고속도 시험 구간 분석 및 선정
 - 최고속도 시험을 위한 하부구조, 전차선 안전성 평가 및 보강
- 500km/h 실선로 시험운전 및 평가
- 후속 500키로 실용화기반 극복기술개발 기획

나. 2세부과제 : 500kph급 시험열차(HEMU-500X) 고도화 기술 개발

- HEMU-500X 시험열차 제작 및 조립
 - HEMU-430X를 확대 개량 설계 및 해석 검증
 - HEMU-500X 시험열차 개조 및 편성조립
 - 한계극복 핵심장치 인터페이스 설계 및 장착
- 한계극복 핵심기술(대출력 추진장치 및 동력전달장치) 개발
- HEMU-500X 시험열차 완성차 및 구내 시험
- HEMU-500X 시험열차 유지보수

4. 연구개발과제 구성 및 추진전략

- 연구개발 과제의 구성 (2개 세부과제)



5. 사전타당성 검토

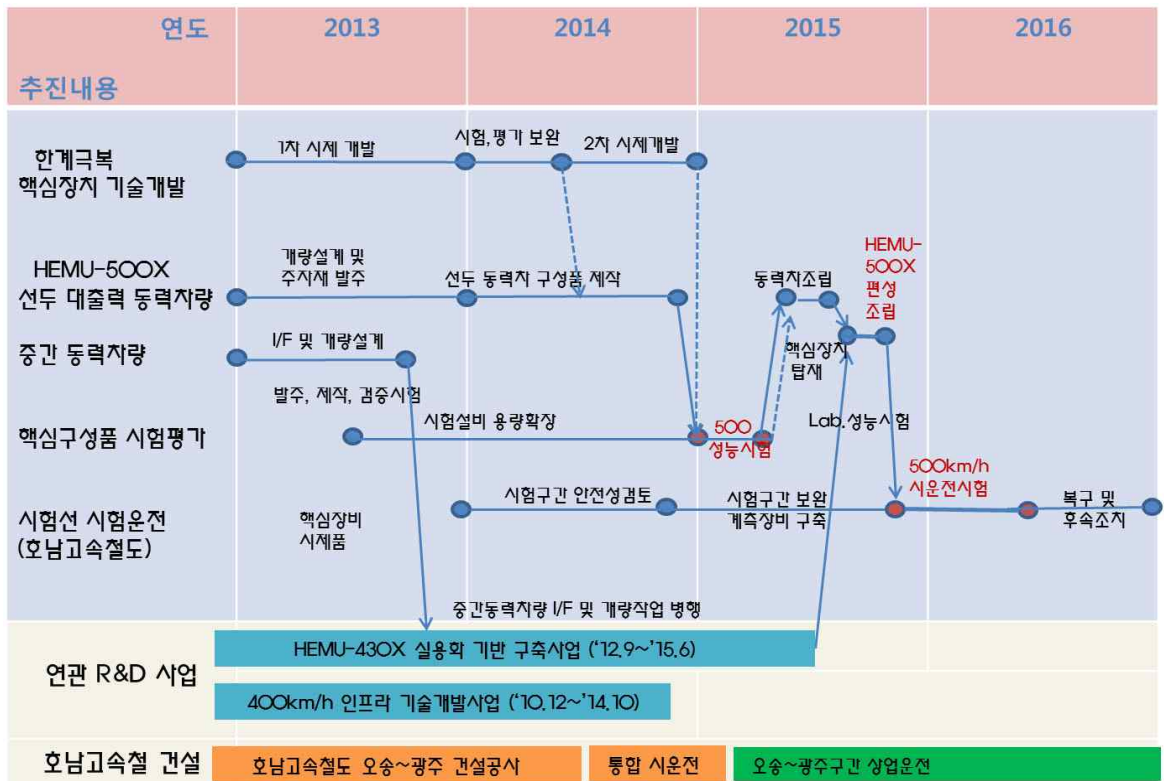
- 본 과제의 기술개발 목표 및 후속 실용화 추진방향은 국가기간교통망계획 및 국가 철도망 구축계획 등 국가 상위계획과 부합하며, 향후 KTX 고속철도망을 통해 국토를 통합·다핵·개방형 구조로 재편함으로써 속도 경쟁력을 갖추고 국토의 균형 발전을 꾀한다는 “미래녹색교통 구현을 위한 KTX 고속철도망 구축전략”과 저탄소 녹색성장이라는 국토해양 추진전략에도 부합함.
- 제2차 국가철도망 구축계획에서 추진 중인 전국 주요거점 고속 KTX망 연결 및 대도시권 30분대 광역·급행 철도망 구축 완료와 함께 500km/h 고속철도가 운행 시 전국을 1시간 이내로 연결하여 지역갈등 해소 및 국토 통합 실현 가능할 것으로 예상.
- 고속철도의 속도향상은 국내뿐만이 아니라 해외의 변화를 고려하여도 선택사항이 아니라 필수사항임.
 - 우리나라도 이제는 Wheel/Rail 방식의 고속철도기술은 동력집중식과 동력분산식 모두 갖게 되어 세계적으로 충분한 경쟁력을 확보 할 수 있다고 판단됨.
 - 우리나라는 세계 4번째 고속철도기술 보유국으로, 최고 시험속도 430km/h급 동력

분산형 고속철도 시스템 및 핵심기술개발 및 400km/h급 고속철도 인프라 시범 적용 기술개발사업 등이 추진 중이며, 현재 시험운전 중인 차세대 고속철도 (HEMU-430X) 차량을 확대 개량하고, 기 추진 중인 400km/h급 고속철도 인프라 시범적용 사업의 결과를 연계 활용하면 단기간에 적은 예산으로 속도기록 달성과 500km/h급 실증 시험이 가능할 것으로 판단.

- HEMU-430X의 기술적 토대위에 첨단 기술을 추가적 접목을 통해 500kph의 속도 기록 달성이 전망됨
- 500km/h급 고속열차 실용화로 인한 해외시장 선점 등의 기술적 파급효과 및 국내 경제적·사회적 파급효과가 클 것으로 예상.
 - 500km/h급 속도기록과 이를 통한 원천기술 확보를 계기로 초고속철도의 설계, 시공 및 성능평가기술 등 철도시스템의 기술력을 확보하여 향후 차량-건설인프라의 패키지 사업화시 유리한 국외진출환경을 조성.
 - 수출위주 한국경제에 철도산업을 고부가가치 성장동력으로 육성하기 위해 세계 최고속도의 철도기술 확보하는 것으로, 이를 실행하기 위해서는 세계최고수준의 고속 철도기술개발은 반드시 필요함.
- 능동적 공기저항 저감 기술 등이 차별화된 기술로, 경쟁국보다 적은 에너지로 고속화하며, 500km/h 급 실용화에 한 발짝 먼저 접근 가능
- 중국의 고속철도 해외 선점 의지를 봤을 때, 우리 정부도 HEMU-430X 후속으로 500km/h 이상 고속철도 기술개발에 대한 필요성을 인식하고 지속적으로 도전적인 핵심 기술개발 투자가 필요할 것으로 판단되며, 이는 정부 및 국토해양부의 의지가 중요함.

6. 연구개발 소요기간 및 예산

- 전체 소요기간은 4년이나, 기술적 및 제도적 문제가 없이 원활하게 추진된다면 500km/h급의 실증 시운전은 3차년도 후반부터 호남고속철도 시험선 구간에서 이루어 질 것으로 전망됨



○ 전체 예산은 정부출연금 280억, 민간 49.5억으로 산출됨

(단위 : 억원)

구분	1차년		2차년도		3차년		4차년		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
총괄	60		100		80		40		280	49.5
1세부	30		40		30		30		130	
	주관		35		25		25		112	
	공동									
	위탁	3	5		5		5		18	
2세부	30	9.9	60	19.8	50	16.5	10	3.3	150	49.5
	주관		45		35		4		105	
	공동	6	10		10		4		30	
	위탁	3	5		5		2		15	

IV. 연구개발결과의 활용계획

- 레일방식 세계고속철도 시장(연간 61조 예상)을 선점할 수 있는 고속철도 기술보유국으로의 국가브랜드 가치 확보 및 고속철도의 국제 경쟁력 대폭적 향상으로 고속철 기술의 세계진출에 활용
- 고유가 및 저탄소 교통 체계 전환 대비 교통 체계의 적응력이 강화되고 차세대 친환경 에너지를 이용한 저비용 고효율의 초고속 교통 체계가 구축되어 온실가스 배출 규제 및 원유자원의 고갈에 따른 국가적 교통 대응 능력을 확보에 활용
- 500km/h급 속도기록과 이를 통한 원천기술 확보를 계기로 초고속철도의 설계, 시공 및 성능평가기술 등 철도시스템의 기술력을 확보하여 향후 차량-건설인프라의 패키지 사업화시 유리한 국외진출환경을 조성함.
- 세계최초로 레일방식 500km/h급 실용화를 후속 사업으로 추진할 수 있는 기반으로 활용
- 전국 주요거점을 1시간대 연결이 가능하여 서비스 개선뿐만 아니라 우리나라 교통의 혁신을 이룩하는 데 활용

목 차

[요약문]	3
1. 기획 필요성	15
1.1 기획 배경	16
1.2 기획 목적 및 추진방향	17
2. 기술개발 동향 및 환경분석	19
2.1 국내외 정책·시장·기술 동향분석	19
2.2 국내외 기술개발 현황 및 국내 기술 인프라·기술 인력 현황	56
2.3 기술수요 및 기술예측 조사	79
2.4 기술개발 추진방향	86
3. 기술개발 전략 수립	89
3.1 비전 및 기술발전 시나리오	89
3.2 후보기술 도출	97
3.3 후보기술 우선순위 선정	100
3.4 과제 연구수행 체계 및 후보과제 과제카드	101
3.5 연구개발 로드맵	105
4. 연구 목표 및 범위	106
4.1 목표, 연구범위	106
4.2 세부과제별 연구내용	106
4.3 세부과제별 연차별·단계별 성과목표 및 성과지표	108
5. 연구목표 달성을 위한 추진방안	110
5.1 기존 기술·인프라 등의 활용 및 연계 방안	110
5.2 연구추진체계	112
6. 연구성과 활용방안 및 실용화 추진방안	115
6.1 성과분석 및 검증방안	116
6.2 실용화 방안	117

7. 인력투입 계획 및 소요예산 산정	118
7.1 연구일정 및 인력투입계획	118
7.2 과제별 소요예산	119
8. 연구개발 사전 타당성 조사	122
8.1 정책적 타당성	122
8.2 기술적 타당성	125
8.3 경제적 타당성	134
8.4 타당성 검토 종합	148
8.5 정부 지원의 타당성	151
9. 과제 RFP 및 평가기준	153
9.1 본 과제 RFP	153
9.2 연차별 연구성과 평가방법 및 기준 설정	158
부록 (자문위원)	159

표 목 차

표 2-1 철도 건설추진사업(주요검토사업).....	19
표 2-2 철도의 수송실적 추이.....	20
표 2-3 세계 국가별 고속철도 현황(2009년 기준).....	23
표 2-4. CRH 500 시험열차의 주요제원.....	68
표 2-5 국내 철도분야 전문 연구인력 현황.....	69
표 2-6 SWOT - SO/ST/WO/WT 전략도출.....	86
표 3-1 최신 고속열차 성능비교.....	94
표 3-2 각 국별 고속철도 비교.....	95
표 3-3 핵심후보 기술명 및 정의.....	99
표 7-1 연차별, 연구내용별 인력투입 계획(단위: 명)	118
표 7-2 주요 소요예산 추정.....	119
표 7-3 연차별, 세부과제별 소요예산 종합.....	120
표 7-4 1세부과제 연차별 소요예산 산정.....	120
표 7-5 2세부과제 연차별 소요예산 산정.....	121
표 8-1 공기저항 성분 별 적용 기술 및 공기저항 저감 목표.....	125
표 8-2 시험열차 편성안에 대한 점착 한도 검토.....	127
표 8-3 주행속도에 따른 전차선장력.....	131
표 8-4 HEMU-500X의 제동거리.....	131
표 8-5 한국철도차량 공급의 현황 및 비교(2009년 기준).....	135
표 8-6 한국 철도산업의 수출입 현황.....	136
표 8-7 한국 철도차량의 수출입 현황.....	136
표 8-8 한국 철도차량부품의 수출입 현황.....	137
표 8-9 국가별 철도산업 수출 규모.....	137
표 8-10 국가별 철도산업 수출 규모.....	138
표 8-11 한국 및 세계의 철도차량 및 부품의 수출 규모.....	139
표 8-12 한국 및 세계의 철도차량 판매사례.....	141
표 8-13 연도별 서울-부산 기종점간 통행실적.....	143
표 8-14 서울-부산 기종점간 통행량 예측(2021년 기준).....	144
표 8-15 요금수준별 서울-부산 기종점간 통행량 전망.....	145
표 8-16 연간 사회적 편익 전망(2021년 기준).....	145
표 8-17 한국철도차량 공급의 현황 및 비교(2009년 기준).....	147

그 립 목 차

그림 1-1 국내 고속철도망 구축전략.....	15
그림 1-2 세계 고속철도 현황.....	16
그림 1-3 프랑스 중국의 속도경쟁 사진.....	16
그림 1-4 연도별 철도의 최고속도 기록.....	17
그림 2-1 세계 고속철도 노선 연장 추이 및 전망.....	22
그림 2-2 세계 철도시장 규모(건설교통기술 글로벌 동향, 2011 발췌).....	25
그림 2-3 세계 철도시장 전망(건설교통기술 글로벌 동향, 2011 발췌).....	25
그림 2-4 전 세계 지역별 철도시장 전망.....	25
그림 2-5 세계 고속철도 건설 계획.....	26
그림 2-6 북경~지방 주요성까지의 도달시간.....	27
그림 2-7 주요국가 철도중심의 Modal Shift 계획.....	28
그림 2-8 KTX 고속철도망 구축계획.....	29
그림 2-9 정부의 녹색성장 비전 및 정책과제.....	30
그림 2-10 경부고속열차(KTX).....	56
그림 2-11 한국형 고속열차(HSR-350X).....	57
그림 2-12 KTX-산천.....	57
그림 2-13 차세대 고속열차 HEMU-430X.....	58
그림 2-14 프랑스 시험열차 TGV 140 구성도.....	65
그림 2-15 프랑스 시험열차 TGV 150 구성도.....	66
그림 2-16 China Star 시제 고속열차.....	67
그림 2-17 중국의 500km/h 시험열차 전경.....	69
그림 2-18 400km/h급 인프라 시범적용 사업의 현장 시험설비 계획.....	78
그림 2-19 고속철도시스템의 기술 Tree(1/4).....	79
그림 2-20 고속철도시스템의 기술 Tree(2/4).....	80
그림 2-21 고속철도시스템의 기술 Tree(3/4).....	80
그림 2-22 고속철도시스템의 기술 Tree(4/4).....	81
그림 2-23 고속철도 속도향상 핵심 소요기술.....	81
그림 2-24 속도증가에 따른 주행저항 요인.....	82
그림 2-25 플라즈마를 이용한 능동형 공기 유동제어의 예.....	82
그림 2-26 자갈궤도에서 슬래브 궤도 전환기술.....	83
그림 2-27 국내에서 개발 중인 비접촉식 전력전송 시스템 기술.....	83
그림 2-28 추진 시스템 구성.....	84
그림 2-29 영구자석형 전동기.....	84
그림 2-30 와전류 제동장치 기술의 예.....	85
그림 2-31 공력 활용 제동장치의 예.....	85

그림 2-32 Issue Tree 도출	87
그림 2-33 기술개발 추진전략	88
그림 3-1 연구개발 비전 및 목표	89
그림 3-2 프랑스 및 한중일 국가별 속도 향상	91
그림 3-3 노선연장 및 인구분포	92
그림 3-4 핵심 후보기술 도출	98
그림 3-5 핵심 후보 기술의 상관 관계	98
그림 3-6 연구개발 로드맵	105
그림 5-1 축소형 점착성능 시험기	111
그림 5-2 고속 차륜-레일 접촉 시험기	112
그림 5-3 추진체계도(공기저항 저감 분야)	114
그림 5-4 추진체계도(점착력 향상 분야)	114
그림 6-1 500km/h 초고속철도기술의 실용화 전략	117
그림 8-1 공기저항 저감기술 적용 예	125
그림 8-2 각 국의 점착계수 계획식 비교	126
그림 8-3 VI-Rail 선형 동역학 해석 모델	127
그림 8-4 차륜 유효 답면구배(conicity)별 임계속도	128
그림 8-5 HEMU-500X 시험열차 편성의 가속능력 해석	129
그림 8-6 HEMU-500X 시험열차 구성(안)	130
그림 8-7 HEMU-500X 선두동력차 개량설계 방안	130
그림 8-8 경부 고속철도 상행구간 해석결과, R7000제한속도 350km/h 경우	132
그림 8-9 호남 고속철도 상행구간 해석결과, R7000제한속도 350km/h 경우	132
그림 8-10 경부 고속철도 상행구간 해석결과, R7000제한속도 400km/h 경우	133
그림 8-11 호남 고속철도 상행구간 해석결과, R7000제한속도 400km/h 경우	133
그림 8-12 기대효과 및 파급효과	150

1장. 기획 필요성

2010년 9월 1일 대통령에게 보고된 “미래녹색교통 구현을 위한 KTX 고속철도망 구축 전략”에는 향후 KTX 고속철도망을 통해 국토를 통합·다핵·개방형 구조로 재편함으로써 속도 경쟁력을 갖추고 국토의 균형 발전을 꾀한다는 목표로 다음의 5개의 추진과제를 선정하였다.

- 첫째, 전국 주요거점을 KTX망으로 1시간 30분대로 연결하는 것으로, 고속철도의 속도 향상이 필수적인 사항임
- 둘째, 거점도시권내 30분대 광역·급행 교통망 정비
- 셋째, KTX 역세권을 고려하여 5+2의 광역 경제권의 특성화 발전 도모
- 넷째, 항만과 공항의 철도연계를 강화하여 국토 전반을 대외 개방형 공간구조로 전환
- 다섯째, 철도산업을 고부가가치 성장동력으로 육성하기 위해 세계최고속도의 철도 기술 확보하는 것으로, 이를 실행하기 위해서는 세계최고수준의 고속철도기술개발은 반드시 필요함.

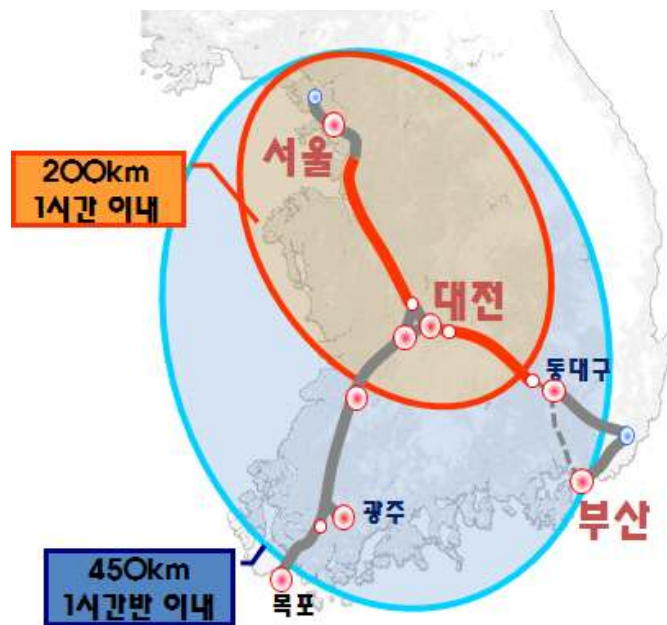


그림 1-1 국내 고속철도망 구축전략

이와 함께 국외에서는 기후변화에 대응하고, 경기 부흥을 위해 중국, 브라질, 미국, 러시아, 사우디아라비아 등을 중심으로 레일방식 고속철도의 신규 건설계획을 발표하였고, 유럽에서도 기존 고속선의 연장을 추진하고 있다. 고속철도 시장규모는 2010~2024년간 약 20,000km 연장 증설될 것으로 전망됨에 따라 세계 철도 시장규모 2015년 250조원의 거대시장이 형성될 것으로 추정된다. 따라서 고속철도 산업을 수출 위주 한국 경제의 성장

동력원으로 육성 필요한 실정이다(UIC 8th training on high speed systems, 2011).

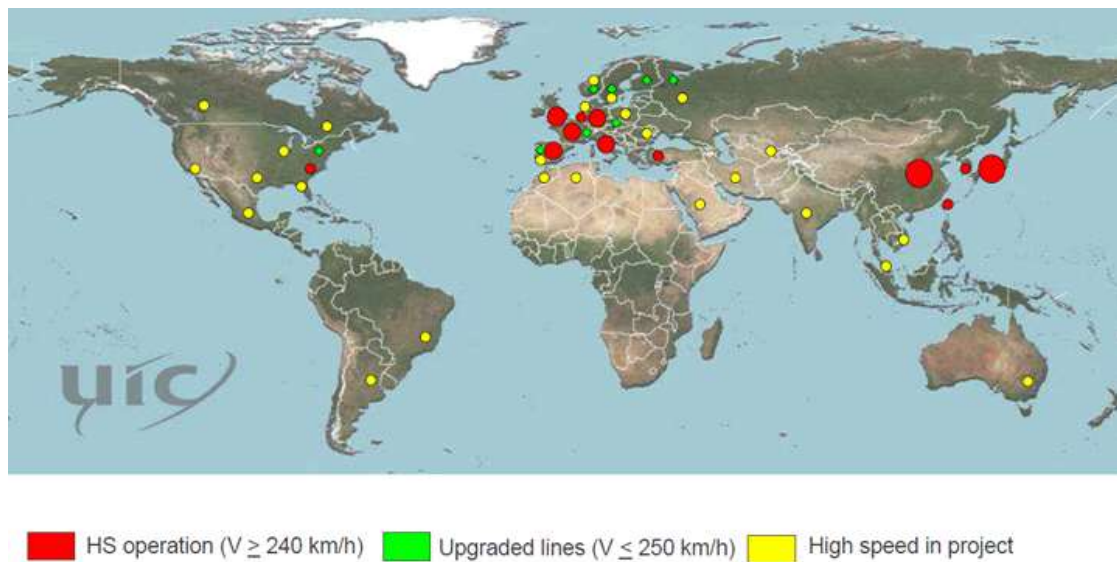


그림 1-2 세계 고속철도 현황

1.1 기획 배경

- 고속철도의 속도향상은 국내뿐만이 아니라 해외의 변화를 고려하여도 선택사항이 아니라 필수사항임. 우리나라도 이제는 Wheel on Rail 방식의 고속철도기술은 동력집중식과 동력분산식 모두 갖게 되어 세계를 선도할 잠재력을 갖추었다고 판단 됨.
- 일본, 프랑스 및 독일이 고속철도의 세계시장 선점을 위해 속도기록 경쟁을 이어왔고, 근래에는 중국이 공격적 R&D 투자를 통해 세계 두 번째의 속도기록을 달성한 바 있으며 최근에는 500km/h 시험을 위해 시제열차를 출시한 바 있음.
 - 프랑스 2007년 4월 574.8 km/h 시험주행 실시
 - 중국 2010년 12월 486.1 km/h 시험주행 실시
 - 중국 2011년 12월 500km/h 시제열차 출시



그림 1-3 프랑스 중국의 속도경쟁 사진

○ 고속열차의 운행속도가 90년대 300km/h대에 진입하여 장기간 속도의 벽을 넘지 못하다가, 기술의 급속한 발전과 무한경쟁 상황 하에서 유럽, 중국, 일본, 한국이 가세하여 400km/h 이상으로의 속도 향상이 시도되고 있는 실정임. 90년대 이후 고속화의 한계요인들이 기술혁신(비접촉식 집전기술, 자갈궤도에서 콘크리트 궤도로의 전환, 항공분야의 능동적 공기저항 저감기술, 신소재 활용 경량화, 영구자석형 고출력밀도 추진장치 등)에 의해 해소되며 퀀텀점프(quantum jump)할 수 있는 가능성이 높아지고 있으며, 이는 **우리나라에게 고속철도기술을 선도할 수 있는 기회**가 되고 있음. 따라서 500km/h대로의 혁신적 속도향상을 시급히 추진하지 않으면 이 기회를 놓칠 수 있음.

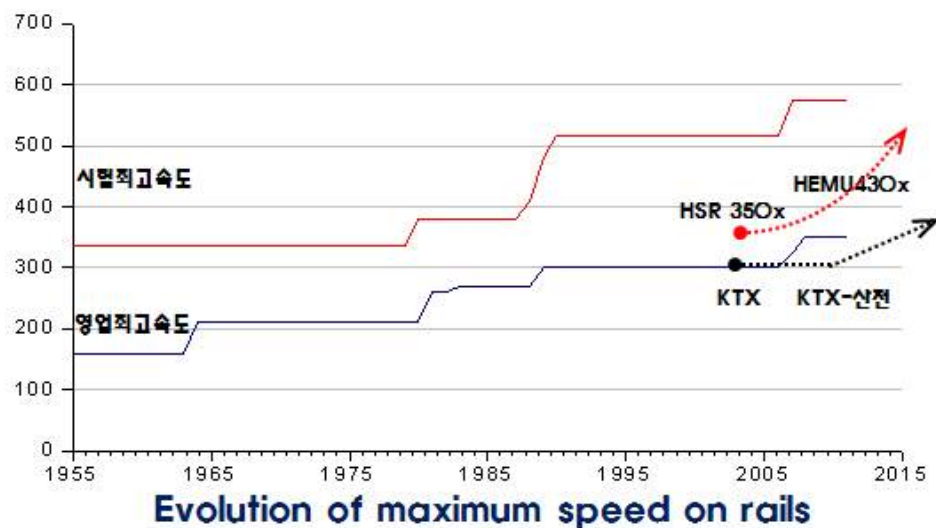


그림 1-4 연도별 철도의 최고속도 기록

1.2 기획 목적 및 추진방향

철도의 속도기록은 철도의 시장경쟁력과 기술의 심벌로 의미가 크며, 속도예의 도전은 철도기술 전 분야, 국가산업 전반의 진보를 도모함에 따라 우리나라도 철도가 국가 신성장 동력 산업으로, 세계 일류기술로 부상시키기 위해서는 500km/h급으로의 퀀텀 점프 주도가 필요가 있다. 또한 국내 고속철도 기술의 경쟁력 제고를 통한 국내·외 고속철도 시장의 능동적 대응과 지속가능한 미래 성장동력산업의 기반기술 확보를 위해 최고시험 속도 430km/h급 “동력분산형 고속철도시스템 및 핵심기술개발(차세대고속철도기술개발 사업)”을 ‘07.7.31~’12.8.30(5년간) 수행되어 왔다. 사업의 5차년도인 2012년에는 동력분산형 고속열차(HEMU-430X)가 제작되어 경부2단계 구간에서 주행성능시험을 시작하였으며, 2012년 9월 8일에 국내 최고속도기록인 354.6 km/h를 돌파하였다. 올 하반기에는 430km/h 최고 시험속도를 달성할 예정이다. 이와 함께, “400km/h급 고속열차의 증속을 고려한 철도 인프라 선진화 기술개발 및 확보(400km/h급 고속철도 인프라 시범적용 기술개발사업)”사업이 ‘10.12~’14.10(46개월) 추진 중에 있다.

따라서 본 기획의 목적은 현재 시험운전 중인 차세대고속철도(HEMU-430X) 차량을 고

도화 개량하고, 500km/h에 필요한 핵심기술을 개발 적용하여 단기간에 적은 예산으로 500km/h급 선순위 핵심기술 확보와 500km/h급 실증 시험과 속도기록 달성이 가능하도록 하는 것이다.

2장. 기술개발 동향 및 환경분석

2.1 국내외 정책 · 시장 · 기술 동향분석

가. 국내 시장 현황

(1) 국내 동향

저탄소 녹색 시장을 주도할 신성장 동력으로 철도산업을 선정하고 대규모 투자계획을 발표함에 따라 고속철도시장의 성장이 기대된다. 하지만, 철도산업은 BOT, BTL 등 투자개발형 사업의 발주가 많아 민간기업의 자원조달을 필요로 하지만 우리나라의 경우 민간의 금융조달 역량이 부족해 국제경쟁력을 보완하기 위한 체계적 전략 수립 필요하다.

○ 정부의 교통시설투자계획 및 현황

- '05~'09년 중기교통시설 투자계획의 총투자규모는 117.8조원이며, 연차별 교통시설 투자규모는 '05년 21.0조원, '06년 22.5조원, '07년 25.4조원, '08년 25.4조원, '09년 23.5조원으로 연평균 23.6조원이 중기교통시설투자규모로 제시됨
- '05~'09년간 중기교통시설 총 투자실적은 144.6조원으로 집계되었으며, 도로 부문의 비중이 58.7%로 가장 높으며, 철도 부문 18.3%로 26.4조원이며, 도시철도가 6.7%로 9.8조원임
- 중앙정부의 교통SOC 투자현황은 '10년 기준 도로 56%, 철도 30%, 공항 0.5%, 항만 13%, 수준임(도시철도, 기타 제외)
- 철도 수송 수요의 증대와 함께 녹색성장, 기후변화에 대비하고 자족적인 철도망 구축을 위해 철도에 대한 투자가 확대되고 있음
- 고속철도 사업을 우선 추진하며, 경제적 타당성 및 네트워크를 고려하여 일반철도 및 연계철도에 대한 투자를 효율적으로 추진하고 있음

표 2-1 철도 건설추진사업(주요검토사업)

구분	주요 사업내역
일반철도	춘천~속초 복선전철, 여주~원주 복선전철 등 8개 사업, 457.6km(227.8km)
광역철도	수도권 광역급행철도 등 1개 신설사업, 140.7km(140.7km)
연계철도	동해항 인입철도, 여수 율촌단지 인입철도 등 2개 신설사업, 8.4km(8.4km)
도시철도	대전 도시철도 2호선(1단계), 울산~양산 철도 등 8개 사업 128.73km(128.73km)

주: () 안은 신설 연장

- 이를 위해 정부는 2015년까지 약 49조원을 투입할 예정임
- 우리나라의 철도시장규모는 매년 약 5.5조원 수준 (간선철도 약 4.4조, 지하철 약 1.1조원, 2010년 기준)
- GTX사업은 2012~2017년까지 약 6년간 12조원의 사업비를 투입하여 160Km 3개 라인을 구축할 예정임

○ 철도 시설 현황

- 철도부문의 시설 현황을 살펴보면, 철도연장은 '09년 3,912km로써 '05년 대비 약 1.3% 증가 하였음
- 철도의 시설현황을 살펴보면 철도의 총 연장은 '10년 4,094.3km로 고속철도 368.5km, 일반철도 3,188.8km, 도시철도 537.0km로 이루어짐

○ 철도 수송실적 추이

- 철도의 여객수송실적은 매년 증가하는 추세이며 화물수송의 경우 '08년까지 증가세를 유지하다가 '09년의 경우 글로벌 경제위기 등으로 인하여 전년대비 약 16% 감소한 것으로 나타남

표 2-2 철도의 수송실적 추이

구 분	2005	2006	2007	2008	2009
여객수송 (백만인)	3,561	3,662	3,711	3,799	3,849
화물수송 (백만톤)	42	43	45	47	39

주: 여객수송은 KTX, 일반철도, 전철, 도시철도 포함

자료: 국토해양부, 『철도업무편람』, 2010

- '04년 고속철도 개통 등으로 철도여객의 수송분담률이 증가한 반면, 도로 및 항공 수송 분담률은 감소
- 도로, 철도의 국내화물 수송분담률은 증가하였으나, 항공, 해운의 경우 감소
- 철도의 수송실적은 화물 수송은 '09년 전체 수송량은 '01년 대비 14% 감소하였으나, 철도 컨테이너 수송실적은 9.5% 증가
- 지역간 철도 여객 수송실적은 '80년 이래 통일호-비둘기호의 역할 축소로 감소하다가 KTX 개통 이후 반등
- 국내교통 수요 전망을 살펴보면 '08년 대비 '15년까지 국내 지역간 여객수요는 1.07배 (백만인/년 기준), 지역간 화물수요는 1.20배(천톤/년 기준) 증가 예상됨
- 국내 지역간 여객수요는 '08년 약 5,160백만 인/년에서 '15년 약 5,529백만 인/년으로 연평균 0.99%의 증가율로 증가 예상
- 국내 지역간 화물수요는 '08년 1,705백만톤/년에서 '15년 1,916백만톤/년으로 연평균

1.68%의 증가율로 증가 예상

○ 철도 차량 수요

- 2010년 국가철도망에서 운영중인 철도차량의 대수는 18,338량으로서, 고속차량 5%, 동력차 17.5%, 객차 6.2%, 화차 70%로 구성(도시철도 제외)되어 있음
- 최근 신선건설과 전철-복선화가 적극 추진되고 있어, 철도차량의 신규 수요도 계속 증가할 전망이다
- 이에 따른 철도차량의 안정적 수급과 차량관련 산업의 발달을 위하여 정부차원의 정책-제도적 지원 대책이 필요한 상황
- 철도의 운영부분을 살펴보면, 한국철도청은 국영철도의 만성적 적자를 해소하고, 철도 선진화를 위해 철도의 시설과 운영부분을 분리하는 구조개혁을 2004년 12월 단행하였음
- 이에 따라 2005년 1월 철도운영회사로 신규출범한 한국철도공사의 강도 높은 경영혁신이 요구되는 상황임
- 차량 시장 규모는 약 5,000억원으로 우리나라 철도시장규모는 약 6조원으로 추정하고 있음

나. 국외 시장 현황

(1) 해외 동향

고속철도 시장은 최근 환경에 대한 관심이 커지면서 저탄소 녹색성장을 위한 교통해법으로 부각되면서 시장 수요가 급격히 증가할 것으로 예상된다. 특히, 고속철도는 지속성장 가능한 녹색 교통의 대표 수송수단으로 주목받고, 미래 교통시장을 이끌 주역으로 급부상하고 있다.

WTO 및 정부조달협정 가입국이 늘어나면서 국제입찰에 부치는 공사가 많아 시장규모가 계속 확대될 예상되며, 특히, 고속철도를 건설할 때 경기부양 효과가 클 것으로 예상되어 미래형 교통수단으로 지목하며 관심이 높다. 실제로, 일본의 경우 개통후 3년째에 단기연도 흑자를 기록하였고 프랑스도 개통 후 12년 만에 투자비를 모두 회수한 바가 있다.

(2) 해외 고속철도

현재, 일본의 신간선(500계), 프랑스의 TGV 군과 타리스, 유로스타, 독일의 ICE3, 스페인의 AVE, 한국의 KTX가 세계최고속도인 300km/h로 영업운전 하고 있다. 특히, 유럽과 아시아 지역의 고속철도가 전 세계 노선의 97% 이상을 차지하며 이중 유럽 56%, 아시아 41% 규모이며 미국, 캐나다, 러시아 등의 계획 노선까지 고려하면 세계 고속철도 노선망은 더욱 확대될 것으로 전망된다. 이와 함께, 인도네시아, 터키, 알제리, 이집트, 이란, 태국 등 많은 나라에서 고속철 프로젝트 진행 중이거나 구상 중이며, 2011년 개통된 핀란드의 헬싱키와 러시아의 상트페테르부르크 간 노선처럼 국경을 넘는 고속철도도 등장하였다.

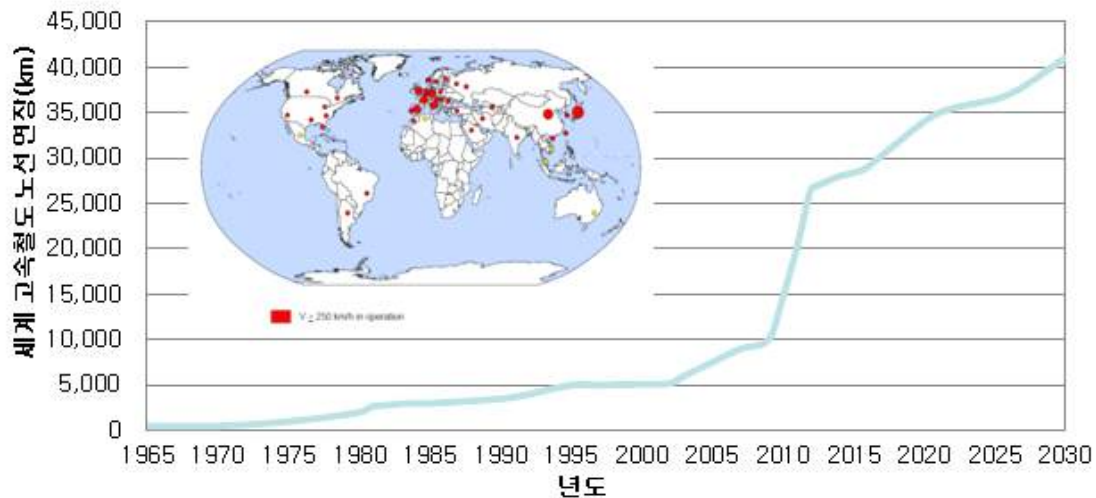


그림 2-1 세계 고속철도 노선 연장 추이 및 전망

미국과 브라질 등의 국가에서는 대규모 고속철도사업 발주계획에 따라, 국내 고속철도 건설의 경험을 갖고 있는 우리나라 건설업체의 미래전략산업으로 고려되고 있다. 특히, 고속철도사업은 차량 표준의 결정에 따라 차량 및 시스템, 건설 등의 진출 가능성 여부가 달라지기 때문에, 고속철도 기술을 보유한 일본, 독일, 스페인, 중국, 그리고 우리나라의 경쟁이 치열히 치열할 것으로 예상된다. 이처럼, 시장개방과 경제활동의 세계화가 진행되면서 유럽과 아시아 간의 대륙철도 연계망의 확대에 대한 필요성이 증대되며, 중국과 러시아의 급속한 발전에 따라 그 확대 가능성이 더욱 높아진다.

표 2-3 세계 국가별 고속철도 현황(2009년 기준)

국가	총연장	시험운행 최고속도	평균속도	인구	총연장/인구
	(km)	(km/h)	(km/h)	(십만명)	(십만명/km)
영 국	109	335	219	618	5.7
미 국	734	264	161	3,074	4.2
터 키	245	303	140	705	2.9
러시아	600	290	172	1,474	2.4
한 국	239	355	200	488	2.0
중 국	6,552	394	313	13,347	2.0
네덜란드	100	336	140	165	1.6
노르웨이	48	260	151	48	1.0
스위스	79	280	140	73	0.9
이태리	815	368	178	598	0.7
대 만	336	315	245	231	0.7
독 일	1,290	406	226	820	0.6
일 본	2,459	443	256	1,276	0.5
벨기에	214	347	237	108	0.5
프랑스	1,700	574	272	626	0.4
스페인	1,272	404	236	458	0.4
포르투갈	624	275	140	106	0.2
핀란드	490	255	152	54	0.1
스웨덴	1,200	303	173	92	0.1
합 계	19,105	n/a	197	24,302	1.3

자료 : KB투자증권 정리

(3) 국가별 동향

○ 일본

- 국토종단 노선 포함해 2,459km의 고속철도망 보유 중.
- 하노이와 호치만을 연결하는 1,630km 구간(326억 달러)을 2020년 개통을 목표로 일본 업체가 착공할 전망.

○ 프랑스

- 프랑스국영철도(SNCF)는 2008-2014년까지 300개 전후의 고속철도 열차 구매를 진행 중
- 2020년까지 TGV파리~남동부 열차 현대화 계획

○ 독일

- 독일국영철도(DB)는 2036년까지 300개의 신형 ICE고속철도를 구매할 계획

○ 스페인

- 1992년 바르셀로나 올림픽과 세비야 엑스포 '92에 따른 국내 수송 장애 문제점 해결 방안으로 고속철도가 건설.
- 마드리드~세비야 교통축의 코르도바~슈디드 릴 간 산악지대의 복선화 및 표준 궤간화를 검토.
- 안달루시아 지역개발 촉진책의 목적으로 마드리드~세비야간 고속철도 건설계획 확정.

○ 중국

- 전국 7.7만km의 철도망 보유(최고속도 350km로 세계 1위 수준)
- 2010~2014년 사이에 사종사횡의 골격인 고속철도망이 기본적으로 형성되어, 대규모 고속철도의 건설·운영이 미래 중국경제의 지역·산업구조에 중요한 영향을 미칠 것이며 해당지역은 관련된 상장기업에 투자기회를 가져다 줄 전망.

○ 미국

- 598억 달러의 비용이 소요될 것으로 추정되는 캘리포니아 고속철도(1,280km, 450억 달러), 플로리다 고속철도(502km, 118억 달러) 건설 및 도시간 철도건설 투자 등 철도 인프라투자를 통해 경기 활성화 추진 계획.

- 고속철도 초기비용으로 2009년 80억 달러 배정하고 향후 5년간 매년 10억 달러 투입 계획

- 31개 주에서 31개 노선, 13개 지역의 고속철도망 건설사업 추진 예정

○ 아프리카/중동지역

- 2010년 GCC 사무국이 걸프 6개국을 연결하는 총연장 2,177km의 GCC 고속철도 프로젝트를 2010년 12월 발주, 2016년에 완공을 목표로 추진(건설교통기술 글로벌 동향, 2011)

- GCC 6개국이 추진중인 철도 프로젝트 규모는 1,135억 달러

- 중동과 아프리카(MENA) 지역의 연평균 철도시장 규모는 2005~2015년 20% 증가세.

○ 브라질

- 리우데자네이루~상파울루~캄피나스를 연결하는 총연장 511km, 190억 달러의 발주 계획

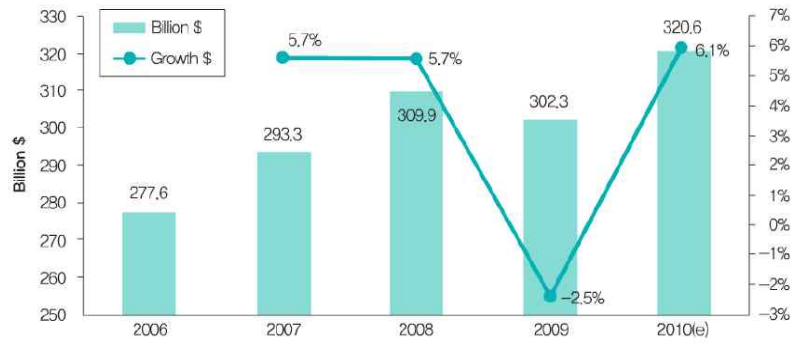
- 브라질 정부는 기술이전 등을 고려해 향후, 상파울루, 미나스 제라이스, 파라나 주 등 인접지역을 연결하는 고속철도 추가 발주 계획.

(4) 규모 및 전망

세계 철도 시장규모는 2010년 3,206억달러 규모에서 매년 5.3%씩 성장하여 2015년에는 4,147억달러에 이를 것으로 전망된다(건설교통기술 글로벌 동향, 2011). 고속철 시장 규모는 2010~2024년간 약 20,000km의 연장 증설 전망에 기반, 1km당 0.26억달러의 사업비 가정, 총 5,200억달러, 연평균 350억달러의 시장이 전망된다.

각국 경기부양에 따른 철도 예산 투입액은 프랑스 300만유로, 중국 1,250억달러, 미국 130억달러로 유럽과 아시아는 각각 CAGR(2006~2010)이 2.8%와 5.4% 성장하여 2010년 1,133억달러와 1,117억달러 규모로 예측된다.

세계 철도 분야별 시장점유율은 화물부문이 전체의 50.5%를 차지하고, 여객부문이 49.5%를 차지한다. 세계 철도시장의 지역별 규모는 2010년 기준으로 유럽 35.3%, 아시아 34.8%, 미국 29.8%로 조사되며, 철도시스템 분야별로는 차량이 58%, 인프라 31%, 시스템 11% 차지한다.



구 분	2006	2007	2008	2009	2010(e)	CAGR(%)('06~'10)
철 도	277.6	293.3	309.9	302.3	320.6	3.7

자료 : Daramonitor, "Global Railroads", 2010, 11

그림 2-2 세계 철도시장 규모(건설교통기술 글로벌 동향, 2011 발췌)



구 분	2010	2011	2012	2013	2014	2015	CAGR('10~'15)
세계시장	320.6	336.0	353.7	372.4	392.1	414.7	5.3

자료 : Daramonitor, "Global Railroads", 2010, 11

그림 2-3 세계 철도시장 전망(건설교통기술 글로벌 동향, 2011 발췌)

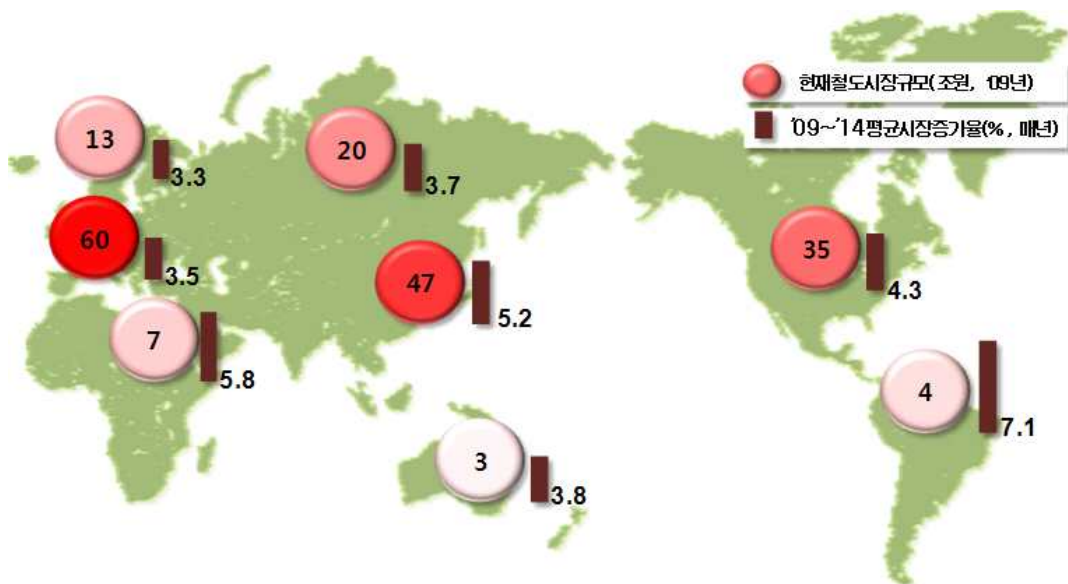


그림 2-4 전 세계 지역별 철도시장 전망

다. 국외 정책동향

고속철도 산업은 고효율, 고속화, 접근성 제고 및 친환경적인 교통시스템으로 근래 환경에 대한 관심이 커지면서 저탄소 녹색성장을 위한 교통해법으로 부각되고 있다. 특히, 고속철도는 승용차의 1/6 수준의 CO2 배출량을 보이는 친환경 운송수단으로 글로벌 경기 침체를 타개하기 위해 각국에서 대규모 고속철도사업을 주도하고 있다. 또한, 빠른 속도 외에 철도의 기본 특징인 대량수송성, 안전성, 정시성, 저공해성, 쾌적성 등의 장점으로 21세기 육상교통 및 육상교통산업의 주력으로 성장할 전망이다.

최근 세계 고속철도 건설 계획을 살펴보면, 가장 두드러지는 것은 중국의 고속철도에 해당되는 여객전용선 건설계획이다. 중국은 2020년까지 16,000키로 이상의 여객전용선을 구축하겠다고 2008년에 공표한 바 있으며, 미국은 11개 노선 13,700키로의 고속철도를 건설하겠다는 계획을 오바마 대통령이 발표한 바 있다. 이외에도, 브라질, 아르헨티나, 남아프리카, 폴란드 등에서 고속철도 건설 계획이 수립되어 있다.



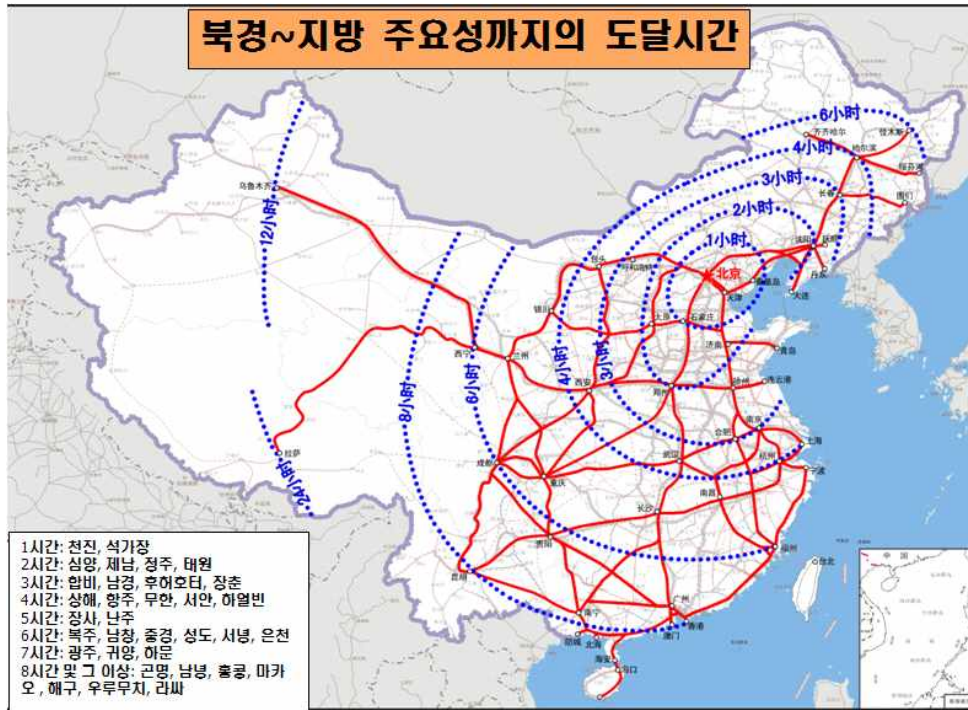


그림 2-6 북경~지방 주요성까지의 도달시간

최근 고속철도 건설현황을 소개할 때 중국을 빼 놓고 얘기할 수 없으며, 중국은 2008년에 중국 고속철도망 구축계획을 수립 발표한 바 있는데, 이는 고원지대인 티베트를 제외한 중국 전 국토를 북경을 중심으로 1일 생활권으로 묶겠다는 원대한 포부를 제시하였다.

이러한 국제적 동향과 함께 일본, 프랑스 및 독일이 고속철도의 세계시장 선점을 위해 속도기록 경쟁을 이어왔고, 근래에는 중국이 공격적 R&D 투자를 통해 세계 두 번째의 속도기록을 달성한 바 있으며 최근에는 500km/h 시험을 위해 시제열차를 출시한 바 있다. 따라서 고속철도의 속도향상은 국내뿐만이 아니라 해외의 변화를 고려하여도 선택사항이 아니라 필수사항임을 간과해서는 안 된다.

- 프랑스 2007년 4월 574.8 km/h 시험주행 실시
- 중국 2010년 12월 486.1 km/h 시험주행 실시
- 중국 2011년 12월 500km/h 시제열차 출시



미국 : 2030년까지 교통부문 온실가스 배출 40% 감축 목표
 • 플로리다 고속철도사업 등 10개 노선의 고속철도 건설 추진 (오바마대통령 발표)



EU : 철도투자를 전체 교통투자의 85% 수준으로 확대할 계획
 • Marco Polo 프로그램 : 도로에서 철도로 운송수단으로 전환 시 500톤·km당 1유로 지원



일본 : 철도로의 Modal shift 50% 이상 달성 목표 설정
 • 에코레일마크제도 및 철도전환 보조금 등을 통해 녹색물류 활성화 추진 중



중국 : 철도망 연장과 고속화 계획을 동시에 추진 중
 • 인구 20만 이상 모든 도시를 철도로 연결하고, 2012년까지 13,000km 고속철도 건설

그림 2-7 주요국가 철도중심의 Modal Shift 계획

라. 국내 정책동향

정부의 녹색교통 추진전략('09.11)에서는 기후변화 에너지 위기 등 미래 환경 변화에 대비하기 위하여 전체 SOC 투자 가운데 철도비율을 25%('09)에서 50%('20)까지 확대할 계획이며 철도 수송분담율을 8%('09)에서 20%('20)까지 확대할 것을 목표로 제시하였다.

2010년 9월 1일 대통령에게 보고된 “미래녹색교통 구현을 위한 KTX 고속철도망 구축 전략”에는 향후 KTX 고속철도망을 통해 국토를 통합·다핵·개방형 구조로 재편함으로써 속도 경쟁력을 갖추고 국토의 균형 발전을 꾀한다는 목표로 다음의 5개의 추진과제를 선정하였다.

- 첫째, 전국 주요거점을 KTX망으로 1시간 30분대로 연결하는 것으로, 고속철도의 속도 향상이 필수적인 사항임.
- 둘째, 거점도시권내 30분대 광역·급행 교통망 정비
- 셋째, KTX 역세권을 고려하여 5+2의 광역 경제권의 특성화 발전 도모
- 넷째, 항만과 공항의 철도연계를 강화하여 국토 전반을 대외 개방형 공간구조로 전환
- 다섯째, 철도산업을 고부가가치 성장동력으로 육성하기 위해 세계최고속도의 철도기술 확보하는 것으로, 이를 실행하기 위해서는 세계최고수준의 고속철도기술개발은 반드시 필요함.

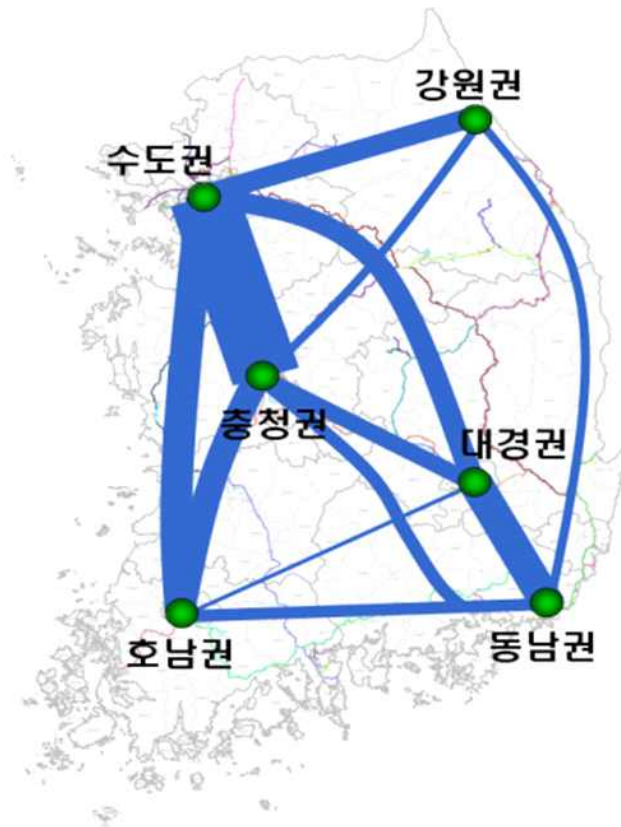


그림 2-8 KTX 고속철도망 구축계획

정부 지원정책의 대표적 사례는 국토해양부 주관으로 수행된 “G7 고속전철기술개발사업 및 고속철도기술개발사업”과 현재, 수행 중인 “차세대고속철도기술개발 사업” 그리고 “400km/h급 고속철도 인프라 시범적용 기술개발 ”이 있다.

- G7 고속전철기술개발사업 및 고속철도기술개발사업
 - 연구기간: 1996. 12 - 2007. 10
 - 총 사업비: 2557억 원
 - 주요 성과: 한국형 고속열차 HSR-350X 개발 및 350km/h 시운전 성공
- 국토해양부 주관으로 차세대 고속철도기술개발사업 추진 중
 - 연구기간: 2007. 7 - 2012. 8
 - 총 사업비: 931억 원
 - 주요 성과: 430km/h급 차세대 분산형 HEMU-430X 개발
- 국토해양부 주관으로 400km/h급 고속철도 인프라 시범적용 기술개발 추진 중
 - 연구기간: 2010.12 - 2014. 10
 - 총 사업비: 303.6억원 (정부 209억원, 민간 94.6억원)
 - 주요 성과: 400km/h급 고속철도 인프라시스템 개발 (호남고속철도 400km/h급 테스트 베드 구축)

정부의 녹색성장 비전 및 목표는 다음과 같다. 신성장동력과 일자리 창출을 위한 신국가 발전 정책으로 녹색기술과 청정에너지 중심의 성장 비전 제시



그림 2-9 정부의 녹색성장 비전 및 정책과제

또한, 10대 정책 방향 중 녹색국토·교통의 조성 계획 수립. 철도, 자전거 등 녹색교통 수단을 활성화하고 대중교통 중심의 녹색교통, 물류체계 구축 계획을 아래와 같이 수립 하였다.

- 철도 여객수송 분담률 : ('09)18%→('20)26%→('50)30%
- 자전거 교통수단 분담률 : ('08)1.5%→('20)10%→('50)20%

○ 저탄소 녹색성장 국토해양 추진전략

2005년 기준으로 지난 15년간 우리나라의 탄소배출량은 2배 이상으로 증가하였으며, 우리나라의 전체 탄소 배출량은 산업분야 52%, 건물 25%, 교통 17%, 기타 6%로 나타났다(출처: 저탄소녹색성장을위한국토해양정책추진전략). 이에 따라 환경부는 전 분야를 망라하여 최고 수치에 해당되는 수송분야 이산화탄소 배출량 감축률을 34.3%로 설정하였으며, 국토해양부는 “저탄소 녹색국토·해양구현으로 녹색성장 주도”의 비전하에 추진전략을 “저탄소 녹색교통·물류체계로의 전환”으로 수립하여 2020년까지 교통 온실가스 배출량(BAU)의 33~37% 감축 계획이다.

이에 국토해양부는 『제2차 철도산업발전기본계획(2011~2015)』을 통하여 다음과 같은 목표를 설정하고 추진 중에 있음 (2011.5.30)

- 수송분담율 제고 (수송 인-km) : 15.9%('08) → 24%('15)
- 사고감축 (건/백만km) : 0.108건('10) → 0.100 ('15)
- 기술력 제고 (선진국 대비) : 74% ('09) → 95% ('15)
- 해외진출 확대 (차량시장 점유율) : 2%('09) → 4%('15)

○ 주요 국가계획 및 추진내용 정리

국가계획	성격	주요 추진전략
제4차 국토종합계획 수정계획	국토의 이용·개발 및 보전에 관한 최상위 계획	국토경쟁력 제고를 위한 지역특화 및 광역적 협력강화 자연친화적이고 안전한 국토공간 조성 쾌적하고 문화적인 도시·주거환경 조성 녹색교통·국토정보 통합 네트워크 구축 세계로 열린 신성장 해양국토 기반 구축 초국경적 국토경영기반 구축
제2차 국가기간교통망계획 수정계획	국가기간교통시설에 대한 투자기본정책을 설정하며 교통정책 및 교통시설계획에 관한 최상위 계획	부문간 효율적 스톡 조정을 통한 국가경쟁력 강화 교통연계성 강화를 위한 인터모달리즘 구현 21세기 글로벌 교통·물류 강국 실현 저탄소 녹색성장형 교통체계 구축 선진국 수준의 교통서비스 제공
제2차 국가철도망구축계획	철도투자를 효율적·체계적으로 수행하기 위한 계획 (국가기간교통망계획 등과 연계)	전국 주요거점을 고속 KTX망으로 연결 대도시권 30분대 광역·급행 철도망 구축 녹색 철도물류체계 구축 편리한 철도 이용환경 조성
제2차 철도산업발전기본계획	철도산업 관련 정책을 종합하고 체계화 하는 중장기 철도 종합계획	KTX 고속철도 중심의 국가철도망 구축 철도운영 부문의 경쟁력 제고 세계 최고수준의 철도안전 확보 철도제조업 육성 및 기술개발 촉진 해외 철도시장 진출 확대 철도분야 핵심 전문인력 양성
제2차 국가교통기술개발계획	교통기술개발에 대한 기본이 되는 계획 (국가교통정책목표를 달성하기 위한 기술적 수단)	기후변화 및 고유가 대비 지속가능한 교통물류기술개발 교통물류시스템 효율성 제고를 위한 인터모달리즘 기술개발 교통수단별 특성에 맞는 미래형 교통기술 개발 구현

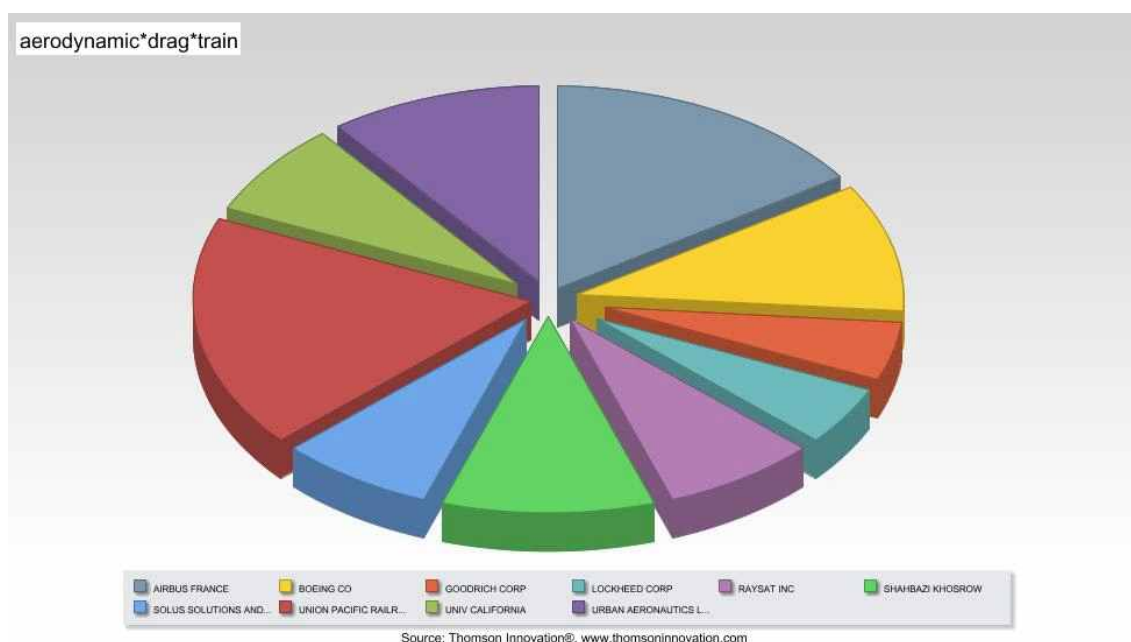
마. 특허/ 논문 분석

○ 특허분석

특허분석은 레일방식 500km/h급 초고속화에 있어 극복해야할 핵심기술 위주로 조사하였음. 특허 검색은 특허정보검색서비스인 KIPRIS나 Thomson Innovation을 이용하여 수행되었음.

- 능동형 공기저항 저감기술

Keyword		aerodynamic*drag*train	
검색건수		133(미국:95, 유럽:22, 일본:7, 중국:5, 한국:4)	
유효특허건수		2	
핵심특허 및 관련성	특허명	The reduction method and apparatus of underfloor traveling airflow of a rail vehicle	Plasma enhanced riblet
	보유국	JP	US
	등록년도	2011	2012
	관련성(%)	30	70
	유사점	대차 하부유동을 수동적으로 제어	플라즈마 방전장치와 리블렛 구조를 결합하여 마찰저항 감소
	차이점	유동제어 방식 및 세부형상	플라즈마 구동기 응용 방법



공기저항 저감기술에 대한 특허 분석결과(검색어:aerodynamic*drag*train), 총 133편(미국:95편, 유럽:22, 일본:7, 중국:5, 한국:4)의 특허가 검색되었다. 위 그림에서 보여주는 것

과 같이 대부분의 공기저항 기술들은 항공회사(AIRBUS FRANCE, BOEING CO) 등에서 많이 소유하고 있으며, 미국의 철도운영회사인 UNION PACIFIC RAILROAD에서도 관련 특허를 다수 소유하고 있음.

- 점착력 향상기술

Keyword		(adhesion+friction+traction)*(material+composite)*(railway+rail+railroad)	
검색건수		156 (미국 124, 유럽 32, 일본 0, PCT 0)	
유효특허건수		5	
핵심특허 및 관련성	특허명	Friction control compositions	Solid lubricants and friction modifiers for modifiers for heavy loads and rail applications
	보유국	미국	유럽
	등록년도	2006. 05. 16	2005. 11. 16
	관련성(%)	80%	50%
	유사점	증점착 재료 적용	증점착 재료 적용
	차이점	국내 고유의 재료 개발	국내 고유의 재료 개발

Keyword		(adhesion+friction)*(electromagnetic+electrodynamic+electrical+air)*(railway+rail+railroad)	
검색건수		40 (미국 31, 유럽 9, 일본 0, PCT 0)	
유효특허건수		1	
핵심특허 및 관련성	특허명	Electromagnetic system for railroad track crack detection and traction enhancement	
	보유국	미국	
	등록년도	2001. 07. 17	
	관련성(%)	50%	
	유사점	전자기력의 인력을 이용	
	차이점	이 특허는 wheel-axle-set에 magnetic flux가 흐르게 하여 레일과 흡인력을 발생시킴. 본 연구에서의 기술개발 개념은 본 특허와 차별화되도록 추진	

Keyword		(adhesion+friction+traction)*control*(railway+rail+railroad)	
검색건수		68 (미국 49, 유럽 19, 일본 0, PCT 0)	
유효특허건수		7	
핵심특허 및 관련성	특허명	Wheel/Rail Adhesion Enhancement	Railway train friction management and control system and method
	보유국	유럽	미국
	등록년도	2006. 03. 01	2005. 05. 17
	관련성(%)	60	80
	유사점	슬립을 검출하여 점착력 제어	센서로부터 정보를 얻어 wheel/rail 접촉면적에 friction modifying agent를 능동적으로 제어
	차이점	이 특허는 제동에 사용되는 알고리즘임. 본 과제에서는 추진, 제동 병용 개념임	

- 고속열차 주행장치(대차) 분야

고속철도차량 대차에 관련성을 가지고 있는 국내 특허는 아래 표와 같이 한국철도기술연구원 등록특허 9건, 대우중공업(주) 등록특허 2건, 현대로템 등록특허 5건, 현대모비스 등록특허 1건, 한국기계연구원 등록특허 1건, 한국기계연구원 등록특허 1건, 다이모스(주) 등록특허 1건으로 분류되었음. 고속철도차량 대차관련 특허는 미국등록특허 6건, 유럽공개특허 7건, PCT 4건, 독일 3건, 프랑스 1건, 일본 4건으로 분류되었으며, 주요특허출원기관으로는 Mitsubishi Heavy Industry, ABB, Hitachi, KRRI 등의 고속열차 관련 제작사 및 연구기관들로 조사되었음.

< 주행장치관련 국내 특허조사>

순번	출원번호/등록번호	상태	특허명	출원인	관련성
1	10-1997-0042589/ 1002503780000	등록	철도차량 대차의 기어박스 공진현상 방지구조(A PREVENTION-STRUCTURE OF A GEAR BOX SYMPATHETIC VIBRATION FOR A RAILROAD CAR)	대우중공업(주)	○
2	10-1997-0076594/ 1002387320000	등록	철도차량의 대차/차륜간 횡방향 변위 측정장치(A HORIZONTAL DISPLACEMENT MEASURING DEVICE OF THE BOGIE AND THE WHEEL FOR THE TRAIN)	대우중공업(주)	○
3	10-2001-00	등록	철도차량의 궤간가변	한국철도기	○

	84751/ 1004544250 000		대차장치(variable truck device use for track of electric train)	술연구원	
4	10-2000-00 71396/ 1003896740 000	등록	두 개의 관절을 갖는 유연 대차(Secondary jointed flexible Bogie)	한국철도기 술연구원	○
5	10-2000-00 32682/ 1003695600 000	등록	한 개의 관절을 갖는 유연 대차(First jointed flexible Bogie)	한국철도기 술연구원	○
6	10-2004-01 16287/ 1006043800 000	등록	3차 현수기능을 갖는 철도차량용 대차(The railway vehicle bogie for having tertiary suspension function)	한국철도기 술연구원	○
7	10-2004-01 16288/ 1006043790 000	등록	3차 현수기능의 철도차량용 대차(The railway vehicle bogie for tertiary suspension function)	한국철도기 술연구원	○
8	10-2004-00 40685/ 1005728940 000	등록	철도차량 대차 트랜스 용접용 회전 장치(ROTATING APPARATUS FOR WELDING BOGIE TRANSOM OF RAILCARS)	현대로템 주식회사	○
9	10-2003-00 93295/ 1005160330 000	등록	철도차량용 조향대차(Steering bogie for rallway vehicle)	한국철도기 술연구원	○
10	10-2007-01 26426/ 1009165940 000	등록	지렛대작용을 이용한 철도차량용 능동 조향대차(The steering bogie for railway vehicle with leverage)	한국철도기 술연구원	○
11	10-2006-00 70634/ 1007465620 000	등록	대차 프레임 부시 삽입장치(bogie frame Bush insertion system)	현대로템 주식회사	○
12	10-2007-01 37152/ 1009215470 000	등록	철도차량용 대차의 피로도 감시장치 및 이를 이용한 철도차량 보호방법(The Fatigue Monitoring System For Railway Vehicle Bogie and Method For Protecting Railway Vehicle Using The	한국철도기 술연구원	○

			Fatigue Monitoring System)		
13	10-2006-00 36832/ 1007566000 000	등록	철도차량용 대차 코일 스프링 탄성 측정장치(Railway car Bogie coiled spring elastic measuring equipment)	현대로템 주식회사	○
14	10-2008-00 58250/ 1009622390 000	등록	철도차량의 대차단위 제동장치(bogie-unit brake system of railway vehicle)	한국철도기 술연구원	○
15	10-2008-00 10386/ 1009122480 000	등록	철도차량 대차프레임 가변 지지장치(A variable Supporting Device for a train bogie frame)	한국기계연 구원	○
16	20-1998-00 19805/ 2002096290 000	등록	곡선레일용 이동대차	현대로템 주식회사	○
17	20-1995-00 54968/ 2001279290 000	등록	철도차량과 그 운송용대차의 결합구조(A STRUCTURE FOR COUPLING A RAILWAY VEHICLE AND TRANSPORT BOIGE)	대우중공업 (주)	○
18	20-1995-00 21750/ 2001217880 000	등록	철도차량의 볼스타레스 대차의 견인장치	현대모비스 주식회사	○
19	20-2004-00 24550/ 2003687300 000	등록	철도차량의 공기 스프링 대차의 보조 공기통 연결장치 (APPARATUS FOR CONNECTING AUXILIARY AIR TANK OF AIR SPRING BOGIE IN RAIL CARS)	현대로템 주식회사	○
20	20-2002-00 17538/ 2002891810 000	등록	철도차량용 대차의 댐퍼(Damper of Bogie for High-Speed Train)	다이모스 (주)	○

< 주행장치 관련 국제특허조사>

출원 국가	주요 관련 특허명(출원기관)	건수
미국등록	-Railway car bogie with axle bearings centered on bogie axle (개인)	6건

	-High speed bogie(Maschinenfabrik Augsburg-Nurnberg Aktiengesellschaft) -Braking device for railroad bogie running at high speed (Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi (ACEC)) -Pneumatic-spring bogie (Man Guttehoffnungshutte GmbH) -Railroad vehicle bogie (Krauss-Maffei Aktiengesellschaft) -Bogie for high-speed rail vehicles (ABB Henschel Waggon Union GmbH)	
유럽 공개	-Single axle and independent wheels bogie for a railway vehicle (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.) -Device for improving warp stiffness of a railcar bogie (AMSTED Industries Incorporated) -BOGIE FOR HIGH-SPEED RAILWAY VEHICLES (ABB HENSCHHEL WAGGON UNION GmbH) -A bogie, in particular for high speed rolling stock (BREDA COSTRUZIONI FERROVIARIE S.p.A.) -Railway car bogie (개인) -Bogie mounting (ASSOCIATED ELECTRICAL INDUSTRIES LIMITED) -Bogie for wagons of high-speed freight trains (FIAT FERROVIARIA SAVIGLIANO S.p.A.)	7건
PCT	-COUPLABLE BOGIE DESIGNED TO CARRY AND TILT A RAILWAY-CARRIAGE BODY (SIG SCHWEIZERISCH INDUSTRIE-GESELLSCHAFT) -BOGIE FOR HIGH-SPEED RAILWAY VEHICLES (ABB HENSCHHEL WAGGON UNION GMBH) -ACTIVE STEERING BOGIE FOR RAILWAY VEHICLES USING LEVERAGE (KOREA RAILROAD RESEARCH INSTITUTE) -STEERING BOGIE FOR RAILWAY VEHICLES (KOREA RAILROAD RESEARCH INSTITUTE)	4건
일본PAJ	-STEERING DEVICE FOR RAILWAY ROLLING STOCK BOGIE (HITACHI LTD) -BOGIE STRUCTURE OF RAILROAD VEHICLE (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) -WHEEL SET HAVING GAUGE VARIABLE MECHANISM AND BOGIE (RAILWAY TECHNICAL RES INST , NIPPON SHARYO SEIZO KAISHA LTD , SUMITOMO METAL IND LTD) -DRIVING DEVICE FOR ROLLING STOCK AND BOGIE	4건

	(RAILWAY TECHNICAL RES INST , SUMITOMO METAL IND LTD)	
독일	-High speed railway vehicle bogie mounting - has linked swivelling levers with lugs hinging axle bushing via flat guide plates (개인) -Tandem running gear for bogies of high-speed rail vehicles (RACKOW AXEL) -Tracking control of railway vehicle using laser triangulation sensors - detecting incorrect bogie wheel tracking by reflection and generating correction pulses (BOCHUMER EISEN HEINTZMANN)	3건
프랑스	-Arrangement of the brakes on a rail-vehicle bogie.(BUDD CO.)	1건

- 추진시스템 분야

국내특허를 검색키워드를 초록내용=[(컨버터+인버터)*(철도+열차)]로 설정한 결과 총 94건의 특허 정보가 검색되었으며, 이 중 고속철도 내에 탑재되는 C/I와 관련된 특허정보는 총 15건으로 다음 표와 같이 한국철도기술연구원 등록특허 2건, 현대중공업 등록특허 1건, 현대중공업 공개특허 12건으로 분류됨.

< 전력변환장치 C/I 관련 국내특허조사>

순 번	출원번호/ 등록번호	상태	특허명	출원인	관련성
1	102005012 9892/	공개	한국형 고속철도의 연장급전 제어방법(POWER SUPPLY CONTROL METHOD OF KOREAN TYPE HIGH-SPEED RAILWAY)	현대중공업	○
2	102006007 6855/	공개	고속전철용 추진제어장치의 대용량 전력소자 과변조시 최소온타임 제어방법(ON TIME CONTROL METHOD)	현대중공업	○
3	102006006 9339/	공개	고속전철의 사구간 진입시 주전력 변환장치 운전방법(DRIVING METHOD)	현대중공업	○
4	102007003 8989/ 100897399 0000	등록	D S P 를 이용한 고속전철용 배터리 충전기의 D C / D C 컨버터 제어방법(DC/DC CONVERTER CONTROL DEVICE AND CONTROL METHOD FOR HIGH SPEED BATTERY CHARGER	현대중공업	○

			USING DSP)		
5	102004011 6498/ 100683590 0000	등록	고속철도차량의 브이브이브이에프 인버터 및 보조 컨버터진단 시스템(A SYSTEM OF VVVF INVERTER AND AID-CONVERTER DIAGNOSE IN HIGH-SPEED RAILWAY)	한국철도기 술연구원	○
6	102008011 7703/	공개	고속전철용 PWM 컨버터의 전원전압 위상 검출장치(PHASE LOCKED LOGIC DEVICE OF HIGH SPEED SUBWAY PWM CONVERTER)	현대중공업	○
7	102005012 9145/ 100768939 0000	등록	철도차량 추진제어 인버터 온도상승 시험장치 및 그 방법 (APPARATUS AND METHOD FOR TESTING INVERTER FREEZER IN RAILWAY VEHICLES)	한국철도기 술연구원	○
8	102007013 8606/	공개	고속전철 추진제어용 대용량 아이지비티 스택구조(HIGH CAPACITY DUMMY SPRING STACK FOR HIGH SPEED TRAIN)	현대중공업	○
9	102006013 1020 /	공개	플러그인 형식을 가진 고속전철 추진제어장치용 대용량아이지비티 스택 구조(IGBT STACK STRUCTURE OF PLUGIN FORM)	현대중공업	○
10	102006007 6854/	공개	고속전철용 추진제어장치의 저주파 동기 공간백터과변조제어방법 (OVER MODULATION CONTROL METHOD)	현대중공업	○
11	102006007 6853/	공개	고속전철용 주전력 변환장치의 제동초파 듀티 제어방법(CHOPPER DUTY CONTROL METHOD)	현대중공업	○
12	102006007 6779/	공개	고속전철용 추진제어장치의 대용량 전력소자의 펄스폭변조제어방법 (PWM CONTROL METHOD)	현대중공업	○
13	102006007 6781/	공개	고속전철용 추진제어장치의 평지 및 구배에서 기동특성이 개선된 백터제어방법(VECTOR CONTROL	현대중공업	○

			METHOD)		
14	102008011 7703/	공개	고속전철용 P W M 컨버터의 전원전압 위상 검출장치(PHASE LOCKED LOGIC DEVICE OF HIGH SPEED SUBWAY PWM CONVERTER)	현대중공업	○
15	202008001 2602/	공개	고속전철용 추진제어장치의 스위칭 기판 케이스(SWITCHING BOARD CASE)	현대중공업	○

국내특허에서 검색키워드를 [(전동기+모터)*(철도+열차)]로 설정한 결과 총 318건의 특허정보가 검색되었으며, 이 중 고속철도 내에 탑재되는 전동기와 관련된 특허정보는 총 12건으로 다음 표와 같이 한국철도기술연구원 등록특허 6건, 현대로템 등록특허 5건, 도시바 등록특허 1건으로 분류됨.

< 주전동기 관련 국내특허조사>

순 번	출원번호/ 등록번호	상태	특허명	출원인	관련성
1	102004011 6491/ 100651190 0000	등록	전기철도차량의 전동기 고장진단 시스템(A SYSTEM OF HINDRANCE DIAGNOSE OF ELECTROMOTOR FOR COOLING IN ELECTRICAL RAILWAY)	한국철도기 술연구원	○
2	102004011 6497/ 100699549 0000	등록	전기철도차량의 전동기 진동 가속도 측정 시스템(A MEASUREMENT SYSTEM OF VIBRATE-ACCELERATION OF ELECTROMOTOR IN ELECTRICAL RAILWAY)	한국철도기 술연구원	○
3	202006002 8124/ 200439605 0000	등록	철도차량 견인전동기용 접지선 고정구(EARTH WIRE FIXTURE FOR TRACTION ELECTROMOTOR OF RAILWAY CARRIAGE)	현대로템	○
4	202004001 5617/ 200360679 0000	등록	철도차량의 트랙션 모터 냉각 에어 분할 공급장치(COOL AIR DIVISION SUPPLYING APPARATUS FOR TRACTION MOTOR OF RAIL CARS)	현대로템	○
5	102003007 1471/	등록	주전동기의 입력전류에 의한 전기철도차량의 견인력 측정장치 및	한국철도기 술연구원	○

	100517107 0000		그 방법(APPARATUS FOR MEASURING HAULING FORCE USING THE CURRENT APPLIED TO TRACTION MOTOR AND METHOD THERE OF)		
6	102003008 3479/ 100528586 0000	등록	전폐 외선 냉각형 전동기(TOTALLY ENCLOSED FAN COOLED TYPE MOTOR)	도시바	○
7	102001004 9582/ 100422204 0000	등록	유도전동기 회전자의 자속각 획득방법(MAGNETIC FLUX ANGLE ACQUISITION METHOD BY ROTOR OR INDUCTION MOTOR)	한국철도기 술연구원	○
8	102004011 4582/ 100636819 0000	등록	유도전동기 병렬제어를 위한 수정형 벡터제어시스템(A VECTOR-CONTROL APPARATUS FOR A PARALLEL INDUCTION MOTOR)	한국철도기 술연구원	○
9	102007007 0378/ 100874142 0000	등록	철도차량용 축방향 직접 구동 견인전동기(AXIAL DIRECT DRIVING HAULING MOTOR FOR RAIL CARS)	한국철도기 술연구원	○
10	202008001 3950/ 200449649 0000	등록	철도차량의 직접 구동 모터용 커플링 구조(COUPLING STRUCTURE FOR DIRECT DRIVE MOTOR OF RAILWAY VEHICLE)	현대로템	○
11	202004003 4215/ 200377124 0000	등록	견인 전동기용 톱 서스펜션 블록(TOP SUSPENSION BLOCK FOR TRACTION MOTOR)	현대로템	○
12	102008011 1513/ 100978298 0000	등록	차량용 회전식 회생 발전기 겸용 모터를 구비한 회생 발전 시스템(REGENERATIVE SYSTEM HAVING ROTARY REGENERATIVE ACTUATOR FOR VEHICLE)	현대로템	○

고속철도의 감속구동장치 관련 국내 특허는 8건으로 다음 표와 같이 김봉택 등록특허 3건, 현대다이모스(주) 등록특허 1건, 가부시끼가이샤 도시바 등록특허 1건, 지멘스 악티엔게젤샤프트 공개특허 1건, 대우중공업(주) 등록특허 1건, 김동섭 등록특허 1건으로 분

류됨.

<감속구동장치 관련 국내 특허 조사>

순 번	출원번호/ 등록번호	상태	특허명	출원인	관련 성
1	10-1996-00 12013/ 1001546890 000	등록	열차의 감속제어장치 및 그 제어방법(DECELERATION CONTROL DEVICE AND METHDO IN A RAILCAR)	김봉택	○
2	20-2002-00 17537/ 2002896970 000	등록	고속 철도 차량 감속기용 베어링 심조정 및 정렬 장치(Bearing Shim Adjustment and Arrangement Apparatus forHigh-Speed Train Reduction Gear Box)	현대다이모 스(주)	○
3	10-2005-00 80723/ 1006750790 000	등록	철도 차량 정보 제어 시스템(RAILWAY VEHICLE INFORMATION CONTROL SYSTEM)	가부시끼가 이샤 도시바	○
4	10-2006-00 24556/ 1007561860 000	등록	열차 정위치 정차 자동 제어시스템 및 그 제어방법 (AUTOMATIC TRAIN STOP CONTROL SYSTEM AND METHODE FORSTOP POSITION OF TRAIN)	김동섭	○
5	10-2007-00 93445	공개	철도 차량을 제동시키기 위한 방법 및 장치(METHOD AND DEVICE FOR BRAKING A RAILWAY VEHICLE)	지멘스 악티엔게젤 샤프트	○
6	10-1996-00 76852/ 1002092830 000	등록	철도차량의 경사 제어장치 (SLANT CONTROL DEVICE IN A RAIL CAR)	대우중공업 (주)	○
7	10-2000-00 52032/ 1007510560 000	등록	무선통신을 이용한 열차자동정지 장치 및 그 제어방법(AUTOMATIC TRAIN STOPPER USING TELEMETERING SYSTEM)	김봉택	○
8	10-2000-00 45150/ 1005980020 000	등록	열차자동정지장치 및 그 운행 자동제어방법 (ATS AND ATS CONTROL METHOD TO DRIVE TRAIN AUTOMATICALLY)	김봉택	○

철도에 탑재되는 C/I에 관련성을 가지고 있는 국제 특허는 미국공개특허 3건, 미국등록특허 6건, 유럽공개특허 5건, PCT 5건, 독일 9건, 프랑스 1건, 일본 8건으로 분류됨. 주

요 특허 출원 기관으로는 ABB, Alstom, Bombardier, Hitachi, Siemens, Fuji 등의 열차 전장품 및 전기기기 제작사들로 조사됨

< 전력변환장치 C/I 관련 국제특허조사>

출원 국가	주요 관련 특허명(출원기관)	건수
미국공개	-HYDRODYNAMIC TORQUE CONVERTER DEVICE FOR AN AUTOMOTIVE DRIVE TRAIN(LUK LAMELLEN UND KUPPLUNGSBAU BETEILIGUNGS KG) -MULTILEVEL CONVERTER ARRANGEMENT AND USE THEREOF(ABB RESEARCH LTD) -SYSTEM AND PROCESS FOR POWER SUPPLY TO A RAILWAY VEHICLE, CONVERTER, CONTROL UNIT, AND AIR-CONDITIONING UNIT FOR THE SYSTEM(ALSTOM TRANSPORT SA)	3건
미국등록	-A-C or D-C to D-C CONVERTER FOR DUAL CURRENT LOCOMOTIVES WITH D-C MOTORS(JEUMONT-SCHNEIDER CORPORATION) -COMMON TURN-OFF CIRCUIT FOR A THYRISTOR POWER CONVERTER(ASEA BROWN BOVERI AG) -INVERTER CONTROL APPARATUS(HITACHI, LTD.) -D.C.-A.C. POWER CONVERTER WITH MULTIPLE CONVERSIONS(KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) -MULTILEVEL AC/DC CONVERTER FOR TRACTION APPLICATIONS(ABB RESEARCH LTD) -MULTILEVEL CONVERTER AND METHOD OF CONVERTING A SUPPLY VOLTAGE(ABB TECHNOLOGY AG)	6건
유럽공개	-POWER CONVERTER, IN PARTICULAR FOR RAILWAY TRACTION VEHICLE(BOMBARDIER TRANSPORTATION GMBH) -MULTILEVEL AC/DC CONVERTER FOR TRACTION APPLICATIONS(ABB RESEARCH LTD) -MULTILEVEL CONVERTER ARRANGEMENT AND USE THEREOF(ABB RESEARCH LTD) -POWER CONVERTER SYSTEM FOR RAILWAY VEHICLES(HITACHI, LTD.) -RAILWAY REGENERATIVE POWER ABSORPTION CONTROL METHOD, DEVICE THEREOF AND POWER CONVERTER CONTROL DEVICE(HITACHI, LTD.)	5건
PCT	-MULTILEVEL CONVERTER ARRANGEMENT AND USE	5건

	THEREOF(ABB RESEARCH LTD) -MULTILEVEL CONVERTER AND METHOD OF CONVERTING A SUPPLY VOLTAGE(ABB TECHNOLOGY AG) -MULTILEVEL AC/DC CONVERTER FOR TRACTION APPLICATIONS(ABB RESEARCH LTD) -DETECTING A FAILURE IN A CONVERTER-LOAD SYSTEM(BOMBARDIER TRANSPORTATION GMBH) -TRANSFERRING ELECTRIC POWER FROM A PRIMARY SIDE TO A SECONDARY SIDE OF A CONVERTER(BOMBARDIER TRANSPORTATION GMBH)	
독일	-METHOD FOR STARTING AND SHUTTING DOWN A RAILWAY CONVERTER, USING THE DIRECT CONVERTER WHICH IS REQUIRED FOR SLIP SUPPLY(LICENTIA PATENT-VERWALTUNGS-GMBH) -DEVICE FOR ELECTRICALLY EQUIPPING D.C. CHOPPER CONVERTER RAILWAY VEHICLES(LICENTIA PATENT-VERWALTUNGS-GMBH) -CONVERTER SYSTEM HAVING AN INTERMEDIATE-CIRCUIT DC VOLTAGE WHICH IS OBTAINED BY MEANS OF A RECTIFIER(LICENTIA PATENT-VERWALTUNGS-GMBH) -DEVICE FOR SUPPLYING A THREE-PHASE INSULAR NETWORK FROM A SINGLE-PHASE RAILWAY NETWORK VIA A RAILWAY CONVERTER(LICENTIA PATENT-VERWALTUNGS-GMBH) -STATIC POWER CONVERTER FOR RAILWAY TRACTION CURRENT SUPPLY(ASEA BROWN BOVERI AG) -SELF-VENTILATING RAILWAY DRIVING MECHANISM FOR LOCAL-SERVICE RAIL CARS, HAS A POWER CONVERTER, A SELF-COOLED ELECTRIC MOTOR AND AN AIR-CONDUCTING CHANNEL(SIEMENS AG) -METHOD FOR PREDICTIVE CURRENT LIMITING IN A SOLID-STATE RAILWAY CURRENT CONVERTER(AEG WESTINGHOUSE TRANSPORT-SYSTEME GMBH) -CONTROLLING RECTIFIERS IN AC INVERTER FOR LOCOMOTIVE TRACTION-FORMING AC RATED VALUE BY MULTIPLYING REGULATING SIGNAL WITH	9건

	SINUSOIDAL SIGNAL AT FREQUENCY OF AC ACTUAL VALUE(ASEA BROWN BOVERI AG) -ELECTRICAL LARGE COMPONENT E.G. TRACTION INVERTER, ASSEMBLY FOR USE IN DOUBLE-STACK TRAIN E.G. RAIL VEHICLE, HAS LARGE COMPONENT ARRANGED IN ENCLOSURE OF RAIL BODY OF TRAIN, WHERE ENCLOSURE IS ACCESSIBLE FROM SIDEWALL OF TRAIN(SIEMENS AG)	
프랑스	-RAIL TRNSIT CAR E.G. TRAMCAR, HAS REGULATION BLOCK CONTROLLING ACTIVE POWER DELIVERED BY AUXILIARY CONVERTER ON POWER SET POINT ASSOCIATED TO THREE PHASE FUNDAMENTAL FREQUENCY ON BUS BY MONOTONOUS CONTINUOUS FUNCTION DEFINED IN MEMORY(ALSTOM TRANSPORT SA)	1건
일본	-READHESIVELY CONTROLLING METHOD FOR INVERTER ELECTRIC VEHICLE AT SLIPPING/SLIDING TIME(RAILWAY TECHNICAL RES INST) -SERIES OPERATION CIRCUIT OF DC-DC CONVERTER(FUJI ELECTRIC CO LTD) -CONTROL METHOD OF PULSE WIDTH MODULATION CONVERTER(FUJI ELECTRIC CO LTD) -CONTROL METHOD OF REGENERATIVE INVERTER FOR ELECTRIC RAILROAD AND APPARATUS THEREOF(MEIDENSHA ELECTRIC MFG CO LTD) -REDUCTION SYSTEM FOR DC SIDE HARMONIC DISTURBED CURRENT AT SINGLE-PHASE INVERTER(FUJI ELECTRIC CO LTD) -INVERTER(FUJI ELECTRIC CO LTD) -REVERSIBLE STATIC POWER CONVERTER FOR DC ELECTRIC RAILWAY(TOSHIBA CORP) -POWER CONVERTER FOR ELECTRIC RAILWAY SUBSTATION(MITSUBISHI ELECTRIC CORP)	8건

철도에 탑재되는 주 전동기에 관련성을 가지고 있는 국제특허는 미국공개특허 4건, 미 국등록특허 4건, 유럽공개특허 3건, PCT 6건, 독일 7건, 프랑스 2건, 일본 14건으로 분류 되었으며, 주요특허출원기관으로는 ABB, Siemens, Hitachi, Alstom 등의 열차 전장품 제 작사들로 조사됨.

< 주전동기 관련 국제특허조사>

출원 국가	주요 관련 특허명(출원기관)	건수
미국공개	-MOTOR-VEHICLE CARRYING RAILCAR WITH IMPROVED SIDEWALL STRUCTURE(THRALL CAR MANUFACTURING COMPANY) -RAILROAD LOCOMOTIVE TRACTION MOTOR ISOLATION(개인) -SLEEVED MOTOR SUSPENSION UNIT(개인) -PASSENGER CONVEYING SYSTEM COMPRISING A SYNCHRONOUS LINEAR MOTOR(SIEMENS AG)	4건
미국등록	-CONTROL SYSTEM FOR A DRIVE HAVING AN ASYNCHRONOUS MOTOR(ABB DAIMLER-BENZ TRANSPORTATION GMBH) -SYNCHRONOUS POSITION CORRECTION SYSTEM FOR A LINEAR SYNCHRONOUS MOTOR TRAIN : (HITACHI, LTD.) -APPARATUS FOR RAIL OPERATION COMPRISING A LONG-STATOR LINEAR MOTOR(SIEMENS AG) -METHOD OF CONTROLLING THE DRIVE TRAIN OF A MOTOR VEHICLE, AND INTEGRATED DRIVE TRAIN CONTROL SYSTEM(SIEMENS AG)	4건
유럽공개	-LINEAR MOTOR(HITACHI, LTD.) -CONTROL APPARATUS FOR INDUCTION MOTOR AND ELECTRIC ROLLING STOCK(HITACHI, LTD.) -DC HIGH-SPEED VACUUM CIRCUIT BREAKER AND ELECTRIC MOTOR VEHICLE EQUIPPED WITH THIS CIRCUIT BREAKER(HITACHI, LTD.)	3건
PCT	-MOTOR-DRIVEN BOGIE FOR A STREETCAR(ALSTOM) -SECTION SWITCHING PROCESS FOR RAILWAY SYSTEMS WITH A LONG STATOR LINEAR MOTOR(SIEMENS AG) -ELECTRIC MOTOR DRIVE(SIEMENS AG) -SYSTEM FOR A VEHICLE, COMPRISING A LINEAR MOTOR WITH A LONG STATOR ALONG THE TRACK(SIEMENS AG) -PERSON CONVEYING SYSTEM COMPRISING A SYNCHRONOUS LINEAR MOTOR(SIEMENS AG) -POWER SUPPLY UNIT FOR THE MOTOR OF A MAGNETIC LEVITATION RAILWAY SYSTEM(SIEMENS AG)	6건
독일	-LINEAR MOTOR POWRED TRAIN OPTIMUM DRIVE	7건

	DETERMINING SYSTEM-HAS FRONT AND REAR END OSCILLATORS SIGNALLING TRACKSIDE COMPUTER VIA INDUCTIVE COUPLING FOR TRAIN LENGTH PHASE CORRECTION(HITACHI, LTD.) -DRIVE SYSTEM FOR ELECTRIC MOTOR-DRIVEN RAILWAY VEHICLE ENABLES INSTALLATION COSTS FOR PERMANENT WAY TO BE CONSIDERABLY REDUCED WITHOUT DEPARTING FROM PROVEN PRINCIPLE OF ELECTRIC MOTOR DRIVE(SIEMENS AG) -SELF-VENTILATING RAILWAY DRIVING MECHANISM FOR LOCAL-SERVICE RAIL CARS, HAS A POWER CONVERTER, A SELF-COOLED ELECTRIC MOTOR AND AN AIR-CONDUCTING CHANNEL(SIEMENS AG) -TRACTION DRIVE FOR ELECTRICAL RAILWAY LOCOMOTIVES, HAS AT LEAST ONE SYNCHRONOUS RELUCTANCE MOTOR; ELECTRICAL RAILWAY LOCOMOTIVE IS IMPLEMENTED AS CARGO LOCOMOTIVE(SIEMENS AG) -RAILWAY VEHICLE CHASSIS HAS EMERGENCY HOLDING DEVICE WITH WHICH DRIVE MOTOR CAN BE CAUGHT IF ATTACHMENT DEVICE TO CHASSIS FAILS(SIEMENS AG) -CONTROL CIRCUIT FOR DC MOTOR SPEED AND DIRECTION-CONTAINS THREE PAIRS OF OPERATIONAL AMPLIFIERS FOR VARIATION OF MULTIVIBRATOR PULSE WITH ACCORDING TO POTENTIOMETER POSITION(SIEMENS AG) -PROCESS TO MONITOR THE CONDITION OF RAILWAY LINES HAS LOCOMOTIVE WITH A NOSE-AND-AXLE SUSPENDED MOTOR AND DATA LOGGER(SIEMENS AG)	
프랑스	-SUBWAY TRAIN, HAS BACKUP POWER SUPPLY WITH SET OF BATTERIES DIMENSIONED FOR PROVIDING SUFFICIENT USEFUL ELECTRIC ENERGY TO MOTORS TO DRIVE TRAIN FOR DISTANCE OF THREE HUNDRED METERS IN CASE OF LOSS OF MAIN ELECTRIC POWER SUPPLY(ALSTOM) -PASSENGER RAIL TRANSPORT VEHICLE, WITH CENTRAL MOTORISED SECTION(ALSTOM)	2건
일본	-CONTROL SYSTEM FOR A DRIVE HAVING AN	14건

	ASYNCHRONOUS MOTOR(ABB DAIMLER-BENZ TRANSPORTATION GMBH) -MOVING DEVICE FOR LINEAR MOTOR CAR(HITACHI, LTD.) -SECONDARY CONDUCTOR FOR LINEAR MOTOR(HITACHI, LTD.) -FREQUENCY CONTROL SYSTEM OF LINEAR MOTOR TYPE ELECTRIC RAILCAR(HITACHI, LTD.) -SPEED CONTROLLER FOR LINEAR MOTOR TYPE ELECTRIC RAILCAR(HITACHI, LTD.) -POWER SUPPLYING DEVICE FOR LINEAR MOTOR(HITACHI, LTD.) -EXCITER OF LINEAR MOTOR(HITACHI, LTD.) -LINEAR MOTOR DRIVEN TYPE ELECTRIC RAILWAY (HITACHI, LTD.) -LINEAR MOTOR FOR VEHICLE(HITACHI, LTD.) -LINEAR MOTOR DRIVING DEVICE FOR RAILWAY TRAIN(HITACHI, LTD.) -AUTOMATIC OPERATION CONTROLLING METHOD FOR ELECTRIC MOTOR VEHICLE(HITACHI, LTD.) -CONTROL SYSTEM FOR INDUCTION MOTOR TYPE ELECTRIC RAILWAY CAR(HITACHI, LTD.) -LINEAR MOTOR GAP MEASURING APPARATUS(HITACHI, LTD.) -METHOD AND SYSTEM FOR REGULATING POWER DEMANDED BY RAIL MOTOR(ALSTOM)	
--	--	--

감속구동장치 관련 국제특허는 검색키워드를 [제목 = (reduction gear)] * [초록 = (train+ railroad+ railway)] 설정한 결과 총 83건의 특허정보가 검색되었으며, 이들 특허 정보는 국가별로 미국공개특허 3건, 미국등록특허 11건, 유럽공개특허 3건, PCT 4건, 독일 5건, 프랑스 4건, 일본 53건으로 분포되어 있음. 주요특허출원기관으로는 Honda Motors, Mazda Motors, Nabco Ltd 등의 일본 대기업과 감속장치 관련 제조업체 및 연구기관으로 조사됨.

<감속구동장치 관련 국제특허조사>

출원 국가	주요 관련 특허명(출원기관)	건수
미국공개	-Driving unit that comprises a hydraulic motor and a reduction gear (개인) -Reduction gear of a multi-range-gearbox for a vehicle (개인) -Flexible connection system between a planet carrier and the stationary support in a speed reduction gear train	3건

	(Hispano-Suiza)	
미국등록	-Power shift transmission power train having a forward low speed gear train with dual reduction gear set means (개인) -Starter motor incorporating an epicyclic reduction gear mechanism (Lucas Industries) -Hub reduction gear unit (개인) -Reduction-distribution unit particularly suitable for industrial machines (Hurth Axle S.p.A.) -Final reduction gear unit for an automobile (개인) -Reduction gear unit (F.LLI Maris S.p.A.) -Winch with epicyclic final reduction gear drive (Lewmar Marine Limited) -Motorized reduction gear unit, in particular for driving a screen wiper in a motor vehicle (Valeo Systemes) -Flexible connection system between a planet carrier and the stationary support in a speed reduction gear train (Hispano-Suiza) -Position sensor with reduction gear train (Stoneridge Control Devices Inc.) -Driving unit that comprises a hydraulic motor and a reduction gear (Nabco Ltd.)	11건
유럽공개	-A driving unit that comprises a hydraulic motor and a reduction gear (Nabco Ltd.) -Reduction-addition unit particularly suitable for industrial machines (CLARK-HURTH COMPONENTS S.p.A.) -Manual drive system for shutter with epicycle reduction gear (SOMFY SAS)	3건
PCT	-MOTOR VEHICLE STARTER WITH REDUCTION GEAR COMPRISING MEANS FORMING TORSIONAL DAMPER (VALEO EQUIPEMENTS ELECTRIQUES) -IMPROVED REDUCTION GEAR UNIT (F.LLI MARIS S.P.A.) -PLANETARY REDUCTION GEAR WITH ECCENTRIC MESHING (ASSOTSIATSIA "ROSSIISKY DOM MEZHDUNARODNOGO) -LUBRICATION AND COOLING OF A REDUCTION GEAR WITH EPICYCLIC GEAR TRAIN (SNECMA)	4건
일본PAJ	-REDUCTION GEAR FOR VEHICLE (HONDA MOTOR CO	10건

	LTD) -ECCENTRIC REFERENTIAL REDUCTION GEAR (TOKICO LTD) -REDUCTION GEAR (KAYABA IND CO LTD) -SPEED REDUCTION GEAR (TSUOISU KK) -CONTROL SPEED REDUCTION GEAR (개인) -DEVICE FOR CONTROLLING COMPOUND-CLUTCH-TYPE MULTISTAGE MECHANICAL REDUCTION GEAR (MAZDA MOTOR CORP) -REDUCTION GEAR OF HEADER AND THE LIKE (ASAHI OKUMA IND CO LTD) -LOCKED TRAIN TYPE REDUCTION GEAR (개인) -REDUCTION GEAR MECHANISM (DAI ICHI SEIKO CO LTD)	
독일	-Multi-step reduction gear train for pneumatic hoist - has one output gear for all planetary gear steps and directly formed in housing of tempered cast iron. (NEUHAUS J D FA) -Magnetically-driven conveying system for carrying passengers - has stator magnets along track and circulating magnets on train coupled via reduction gear to mechanical drive (BECKER WALTER GMBH) -Speed reduction gear train - is for exhaust gas turbocharger and has torsion bush to damp out torsional vibrations (DAIMLER BENZ AG) -Seat belt reel unit has length sensor with impedance track transmitter ring driven by reduction gear train to provide control disc child safety function (TRW REPA GMBH) -Multistep reduction gear in planetary type of construction has three planetary gear trains, at least six rotatable shafts, and at least five shift elements comprising brakes and clutches to effect different transmission ratios (ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN)	5건
프랑스	-Vehicle rear wheel steering drive train - has worm and nut reduction gear from motor driving converter to linear movement of steering shaft using trapezoidal threads (KOYO SEIKO CO) -Speed reduction gear with epicycloid gear train (NIEL YVES)	4건

	-Planetary reduction gear with two double eccentrics (DURAND FRANCOIS) -Epicyclic train speed reduction gear having two output speeds. (DEPONT GERARD)	
--	---	--

○ 특허분석 결과

고속전철 공기저항 저감을 위한 관련특허 분석결과, 현재까지 등록된 공기저항저감 특허들은 기존 일반열차 혹은 화물열차를 대상으로 개발된 것이 대부분임. 하지만, 항공분야에서 등록된 특허의 경우에는 고속영역에서 유동제어를 통해 마찰저항 혹은 압력저항 등을 저감하는 특허들이 다수 등록되어 있음. 따라서 본 연구과제에서는 항공공학을 고속철도 공기역학분야로 접목함으로써, 세계 초고속열차기술을 선도할 미래지향적 공기저항 저감기술을 개발하고, 관련 특허 선점과 기술우위를 확보할 필요가 있음.

점착력향상분야에서 기존 특허는 증점착 재료, 점착제어 알고리즘 및 증점착 재료 분사 제어 분야에 치중되어 있으며, 일부 실용화 되어 있는 상태이나 국내 자체 개발한 증점착 재료 및 제어기술은 전무한 실정임. 따라서 상기 기술에 대한 국내 기술 확보와 함께 동시에 혁신적인 공력, 전자기력 등을 활용한 점착력 향상기술을 개발하고, 특허를 선점할 필요가 있음.

주행장치 분야의 해외 특허 기술로는 능동조향대차, 레이저 센서 등을 통한 대차 제어, 고속철도에서의 대차 설계 등에 대한 기술이 주류를 이루었으며, 레일방식 초 고속화에 관한 기술은 공개되지 않았음. 따라서 국내에서도 초고속화에 필요한 안정성 향상기술, 능동적 진동제어 기술 등의 개발과 특허 확보가 필요함.

○ 논문분석

- 능동형 공기저항 저감기술

Keyword		aerodynamic*drag	
검색건수		195	
유효논문건수		2	
핵심논문 및 관련성	논문명	Drag and lift reduction of a 3D bluff-body using active vortex generators	Energy-saving Technologies of the Series N700
	학술지명	Experiments in Fluids Volume: 48 Issue: 5 Pages: 771-789	International Symposium on Speed-up, Safety and Service Technology for railway and Maglev Systems 2009
	저자	Aider, J. L. , Beaudoin, J. F. Wesfreid, J. E.	Hajime Ito, Shuji Nakamura
	게재년도	2010	2009
	관련성(%)	90	70
	유사점	VG를 차량후미부에 장착하여 공기저항 저감	페어링 혹은 대차스커트 등을 이용한 공기저항 저감
	차이점	차량용 표준 시험모델 적용	수동형 공기저항 저감 기법

- 점착력 향상 기술

Keyword		adhesion wheel rail	
검색건수		1075	
유효논문건수		22	
핵심논문 및 관련성	논문명	Recent developments in coefficient of friction measurements at the rail-wheel interface	Wheel rail adhesion and analysis by using full scale roller rig
	학술지명	Wear 253 (2002) 114-123	Wear 253(2002) 82-88
	저자	H. Harrison, T. McCanney, J. Cotter	Weihua Zhang, Jianzheng Chen, Xuejie Wu
	게재년도	2002	2002
	관련성(%)	70	70
	유사점	차륜과 레일간의 마찰계수를 측정할 수 있는 시험장비 (TriboRailer)를 개발, 타 측정장비와 비교	차량 주행시험대를 이용하여 손잡, 차륜, 오염 조건과 같은 다양한 차륜/레일 접촉조건하에서 마찰계수 시험 및 해석연구 수행
	차이점	국내 미수행 분야	국내 미수행 분야

핵심논문 및 관련성	논문명	Estimation of wheel/rail adhesion coefficient under wet condition with measured boundary friction coefficient and real contact area	Experimental investigation of influential factors on adhesion between wheel and rail under wet conditions
	학술지명	Wear 271 (2011) 32 - 39	Wear 265 (2008) 1504 - 1511
	저 자	Hua Chena, Makoto Ishidaa, Akira Namuraa, Koan-Sok Baek, Tsunamitsu Nakahara, Bruno Leband, Massimiliano Pau	H. Chena., T. Bana, M. Ishidaa, T. Nakahara
	게재년도	2011	2008
	관련성(%)	70	70
	유사점	차륜/궤조륜 점착 실험을 통하여 점착계수를 추정할 수 있는 기법을 개발함	차륜, 레일의 표면 조도, 수분 온도와 점착계수간의 영향 분석을 위하여 twin disk형식의 축소모형을 응용한 점은 유사함
	차이점	국내 미수행 분야	국내 미수행 분야
핵심논문 및 관련성	논문명	Experimental study on adhesion behavior of wheel/rail under dry and water conditions	Study on the adhesion behavior of wheel/rail under oil, water and sanding conditions
	학술지명	Wear 271 (2011) 2699 - . 2705	Wear 271 (2011) 2693 - . 2698
	저 자	W.J. Wang, P. Shen, J.H. Song, J. Guo, Q.Y. Liu., X.S. Jin	W.J. Wang, H.F. Zhang, H.Y. Wang, Q.Y. Liu., M.H. Zhu
	게재년도	2011	2011
	관련성(%)	70	70
	유사점	속도, 공격각, 축중 등에 따른 점착계수 영향 분석을 위한 실험 연구 수행	오일, 수분, 살사조건 등에 따른 점착계수 영향 분석을 위한 실험 연구 수행
	차이점	국내 미수행 분야	국내 미수행 분야

핵심논문 및 관련성	논문명	Twin disc assessment of wheel/rail adhesion	Creep forces in simulations of traction vehicles running on adhesion limit
	학술지명	Wear 265 (2008) 1309 - .1316	Wear 258 (2005) 992 - -1000
	저 자	E.A. Gallardo-Hernandez, R. Lewis	O. Polach
	게재년도	2008	2005
	관련성(%)	70	70
	유사점	twin disk 점착시험기를 이용하여 차륜/레일 표면 상태에 따른 점착계수 영향 분석	실측 점착계수 데이터에 대한 추정식 모델링
	차이점	국내 미 수행 분야	국내 미 수행 분야
핵심논문 및 관련성	논문명	A new experimental device to investigate creep forces between wheel and rail	Traction, forces, wheel climb and damage in high-speed railway operations
	학술지명	Wear 271 (2011) 40 - .46	Wear 265 (2008) 1446 - .1451
	저 자	Hisayo Doi., Takefumi Miyamoto, Yukio Nishiyama, Shintaro Ohe, Hideya Kamach	Eric Magel., Ali Tajaddini, Michael Trosino, Joe Kalousek
	게재년도	2011	2008
	관련성(%)	70	70
	유사점	실 선로 차륜과 레일간의 점착계수를 측정할 수 있는 시험장비(Creep Tester) 개발	실 선로의 차륜과 레일간의 점착계수 측정 연구
	차이점	국내 미수행 분야	국내 미수행 분야

○ 논문분석 결과

고속전철 공기저항 저감을 위한 연구논문은 대부분이 수동적 유동제어 즉, 형상최적화 등을 통한 결과를 바탕으로 하고 있다. 하지만, 항공우주분야에서는 능동적 유동제어를 기반으로 많은 논문결과들이 제시되고 있다. 초고속열차를 위한 능동적 공기저항 저감기술은 현재까지 수행되지 않은 분야인 만큼, 그 논문 또한 학문적/산업적 가치가 높을 것으로 판단된다.

기존 국외 논문은 점착특성에 실험적 접근과 측정기술, 점착의 영향인자 분석 등 원천적 연구와 이를 통한 점착 기준 수립 내용을 담고 있으나, 국내에서는 이 분야에 대한 연구 논문이 아주 미흡하다. 따라서 이 분야의 국내 기술개발이 시급히 추진되어 국외와의 기술격차를 해소하여야 한다.

바. 제품 분석

○ 환경오염에 대한 세계적 관심이 높은 만큼, 항공운송체의 속도와 경쟁할 수 있는 초고속열차시스템의 개발은 그 가치가 매우 높을 것으로 예상됨.

○ 고효율/고안정 초고속열차시스템을 위한 능동적 유동제어 기술수요는 지속적으로 증가할 것임.

○ 국내 및 국외시장 분석결과 점착력 향상을 위한 살사장치, 증점착 재료와 장치 등의 생산 및 판매가 이루어지고 있으며, 증점착제 시장은 국외 기업이 선점하고 있음. 본 연구과제에서는 증점착 재료에 대한 국내 기술 확보에 주력할 필요가 있음

2.2 국내외 기술개발 현황 및 국내 기술 인프라·기술 인력 현황

가. 국내외 고속철도 기술개발 동향

(1) 국내 기술개발 현황

○ KTX 도입

2004년 4월 1일 경부고속선 1단계 구간에서 영업운전을 시작한 경부고속열차(KTX)는 프랑스 고속열차인 2세대 TGV-A 차량을 기본으로 한국의 운행여건에 맞게 변경 제작되었다. 이로써 한국은 세계 4번째 고속철도 운행국가가 되었다. 열차의 편성은 동력차 2량, 동력객차 2량 및 객차 16량으로 총 20량 1편성으로 구성되어 있으며, 총 46편성이 영업운행 중에 있다. KTX 열차는 고속선 및 기존선을 연계 운행할 수 있는 차량으로 단상교류 25,000V 전원을 사용하며, 단일 편성으로 운행하며 중련편성은 불가능하다.



그림 2-10 경부고속열차(KTX)

○ 한국형 고속열차(HSR-350X) 개발

1996년 12월부터 2007년 10월까지 G7 고속전철기술개발사업을 통해 한국형 고속열차 시스템이 개발되었다. 이 고속열차는 KTX 시스템의 성능을 기반으로 국내 기술로 제작된 고속열차로서, 최고속도 350km/h로 운행 가능한 동력을 갖추고 동력차 2량, 동력객차 4량과 객차 15량의 총 20량을 1편성 또는 11량 중련 편성이 가능하도록 설계되었다. 시제열차는 “동력(운전)차+동력객차+객차3량+동력객차+동력(운전)차”의 7량 1편성으로 제작되었으며 20량 또는 11량 편성 단위로 열차의 성능과 특성을 시험할 수 있도록 설계되었다. 2004년 12월 시험최고속도 352.4 km/h를 기록한 바 있다.



그림 2-11 한국형 고속열차(HSR-350X)

○ KTX-산천

KTX-산천 고속열차는 우리기술로 만든 최초의 상용 고속열차로, HSR-350X의 상용화 모델로 호남선과 전라선 운영 목적으로 한국철도공사가 발주하고 국제입찰을 통해 최종적으로 2006년 6월 8일에 현대로템이 수주한 열차이다. 2010년 3월 고속열차 운행을 시작하였으며 세부적인 사양은 HSR-350X와 유사함.



그림 2-12 KTX-산천

○ 차세대 고속열차 HEMU-430X 개발

동력집중식의 한국형 고속열차 기술개발의 성공에 고무되어, 최고속도 430km/h 동력분산식 고속철도시스템 및 핵심기술 개발사업이 2007년 7월 시작하여 2012년 9월까지 5개년 계획으로 추진되었다. 국내 최고속도 기록을 경신하고 후속 신뢰성 검증 및 실용화 사업으로 연계되어 최고속도 기록에 도전하고 있는 상황이다.



그림 2-13 차세대 고속열차 HEMU-430X

○ 400km/h급 고속철도 인프라 시범적용 사업

국내에서는 고속철도의 속도향상과 관련하여 인프라의 안정성확보를 위하여 400km/h급 고속철도 인프라 시범적용 사업이 2010년 12월 시작하여 2014년 10월까지 4개년 계획으로 추진되고 있으며, 이 사업에서 개발되는 연구성과품의 호남고속철도 적용을 통한 성능평가 및 현장 적용성 검증에 준비 중에 있다.

(2) 국외 기술개발 현황

○ 일본

일본 고속열차의 발전사는 세계에서 가장 길고, 각 선로상황과 환경적인 수요를 결합하였으며, 개발된 고속열차의 종류가 가장 많다. 가장 일찍 건설하여 개통한 토카이도 신간선은 1964년에 0시리즈 고속열차로 시작했으며, 운행속도는 210km/h였다. 10년 후 1985년 토호쿠, 조에쓰 신간선이 개통하였으며, 200시리즈와 100시리즈 고속열차를 공식적으로 운행하였다. 200시리즈의 운행 속도는 시험운행시기 210km/h에서 240km/h로 향상되었으며, 100시리즈는 210km/h에서 1986년 0시리즈와 함께 220km/h로 제고되었다.

300시리즈에 이어 300N, WIN350 실험형을 거쳐 완성된 차세대 고속열차가 500시리즈이다. 이는 1997년 운행을 시작하였으며 최고속도 300km/h, 실험속도는 350.4km/h(WIN350)에 이른다. 500시리즈 열차의 16량 편성차량이 모두 동차로 총출력이 18,240kW에 달하는 세계에서 출력이 가장 큰 열차이다. 300시리즈와 비교하여 열차의 머리형태가 더욱 뾰족하고 길며, 기동 저항력과 기타 기동성이 더욱 개선되어 한층 경량화하고 반자동 제어 감진기를 장착하여 차내 소음과 쾌적함 및 환경소음을 개선하였다.

700시리즈 고속열차는 500시리즈와 300X 실험형 열차를 토대로 새롭게 개발한 열차이다. 1999년 운행을 시작한 이래로 산요신간선과 토카이도신간선에서 각각 285km/h와 270km/h의 속도로 운행되었다. 500시리즈의 장점 이외에도 추진장치에 스위칭주파수가 더욱 높은 IGBT 모듈을 적용하였다.

E4시리즈는 또 다른 유형의 대표적인 일본 고속열차이며 E1형 차량에 의해 발전한 전체가 2층 차량으로 구성된 신형열차로 1997년 240km/h의 속도로 운행에 들어갔다. 16량(2×4M4T)으로 길게 편성되어 여객운송량이 1,634명에 달한다. 또 다른 특징은 STAR21 실험전동차 조직의 연구실험 결론과 고속화 신기술을 반영하였다. STAR21이라는 이름은 “21세기 철도 발전을 지향하는 고급열차”의 의미를 지녔으며 300km/h 운행

속도를 목표로 하고 있다. 이를 위해 최소 350km/h이하에서 안정적으로 운행해야하며 최고속도가 400km/h에 달할 수 있어야 한다. 1993년 12월 425km/h속도로 안전운행이 가능한 기록을 세웠다.

이후 JR 동일본은 신간선 고속화 프로젝트로 시험차 'FASTECH 360'로써 고속성, 신뢰성, 환경적합성, 쾌적성 등을 목표로 개발하였다. 'FASTECH 360S'는 8량 1편성으로 2005년 6월 25일부터 시험 개시하였고, 'FASTECH 360Z'는 6량 1편성으로 2006년부터 시험을 시작하여 현재 완료 단계이다. 신간선의 각종 요소기술 및 최신의 신간선 열차(E2계, E3계)를 기본으로 차량의 주행안전성, 지상설비, 환경 영향, 쾌적성 등 실제 환경 및 조건에 대한 신간선 기술의 종합적 평가, 검증에 위해 전용 고속시험 전차를 개발, 제작 완료한 열차로서 고속 주행시험 등을 실시하였다. JR 동일본은 자체 연구개발센터 중심으로 2004년 4월 '신간선 고속화 추진 프로젝트'라는 신간선 고속화 연구개발에 착수, ①지금까지의 기술과제 결과 정리 및 요소기술개발 자료의 데이터를 활용 ②상업운행용 신간선(E2계 1000 및 E3계)을 이용한 고속 주행시험 결과의 활용 ③ 기존차량 시험 결과 수집데이터를 'FASTECH 360' 시험차량의 설계에 참고, 반영하였다.

최근에는 FASTECH 360 시험결과를 기반으로 하여 320km/h까지의 주행성능을 갖는 E5계 양산선행차를 10량편성(8M2T)으로 제작하여 시험주행을 수행하였다. E5계(양산선행차)는 2005년도부터 주행시험을 해 온 「FASTECH360S (E954형식)」의 결과를 기반으로 한 것으로, 320km/h 주행까지의 능력성능 및 브레이크 성능을 보유한 것은 물론이고, 환경성능이나 차내 쾌적성도 향상시킨 차량이다. 환경 성능에 관해서는 롱노즈 타입의 선두형태로 터널 미기압 저감, 대차커버, 전체포장 및 저소음 팬터그래프 등에 의한 차외 소음저감을 꾀했다. 또 차내 쾌적성에 관해서는 전 차량에 전 능동형 현가장치를 설치하여 고속 주행 시 승차감을 향상시키고 차체경사장치로 곡선 통과 시 승차감도 향상시켰다.

○ 프랑스

신기술 고속열차로 TGV-A(KTX 모델), Eurostar, TGV-R, TGV-POS, AGV(Automotrice Grande Vitesse)로 이어지는 차량을 개발하였다. 특히, 2001년부터 알스톰과 SNCF가 공동으로 350km/h의 영업속도를 갖는 차세대 고속열차 프로젝트를 착수하여 2008년 2월에 AGV를 소개하였다.

제2세대 차량으로 TGV 대서양선에 쓰인 TGV-A(Atlantique)는 동기전동기를 이용한 경부고속철도 KTX 열차와 같은 형식 차량이며, 최고속도는 300km/h이다. 같은 세대의 TGV-R(Reseau)은 북유럽선의 릴과 파리를 통하여 남동방면으로 운행하고 있다. 또한, 동 세대 차량으로 1994년부터 운영한 유로스타(Eurostar)는 추진장치에 유도전동기를 사용하였으며, 열차 길이가 394m이다.

이후 TGV-POS(Paris-Ostfrankreich-Suddeuschland)를 개발하여 320km/h 영업운행에 투입하고 있다. 이 열차는 2량의 동력차, 8량의 객차로 총 20량 1편성의 신형 고속열차이다. TGV-POS 차량의 주행장치는 TGV-A, TGV-R, TGV-D와 달리 Eurostar에 채택된 유도모터를 사용한 IGBT 회로로 구성된 모터블럭 2기와 1기의 보조 블럭, 1대의 주변압기로 구성하여 1 편성을 제어하는 동력집중 방식의 열차이다. TGV-POS 차량은 모터 1대당 1,160kw의 출력을 가지며, 총 출력 9,260kw의 추진력을 갖는다. TGV-R 차

량에 비해 기술적으로 개선된 점은 동력차의 각 견인전동기가 독립되어 있어 일부 전동기 장애 시에도 장애가 발생한 모터를 임의로 격리하고 정상적인 전동기만으로 운행 가능하도록 만든 것이 특징이며, 유지보수의 용이성 측면으로 보면 Eurostar < POS < AGV의 순서로 정리할 수 있다. 또한 TGV POS 차량은 프랑스의 고속선 및 기존선과 독일 지역의 고속선을 통과하기 위해 3가지의 서로 다른 공급 전원을 받을 수 있도록 개발되었다. 제동장치의 경우 공기압제동, 가변저항의 전기제동, 회생제동, 와전류 제동을 사용하며 공기제동은 KTX열차와 같은 방식을 사용한다. 전기제동은 전차선을 이용하지 않고 비상제동 시 사용하는데, 사용 시 각 대차 당 1,900kW의 제동에너지가 공급된다. 반면에 회생제동은 상용제동 시 사용되며, 각 대차 당 2,200kW의 제동 파워가 공급되는데, 와전류제동은 독일 기존선 구간에서만 사용할 수 있도록 개발하였다.

이후 프랑스는 기존의 동력집중식에서 동력분산식 AGV를 개발하여 SNCF에서 이를 구입해줄 것을 설득하고 있다. AGV는 기존 TGV처럼 기관차가 필요 없어 좌석수를 늘릴 수 있고 기관차의 무게를 전체에 분산시킬 수 있어 운전 및 정비에 유리하다. 또한, 최고운전속도는 기존 TGV의 320km/h에서 360km/h로 40km/h가 빠르다. 차량 사이를 연결하는 대차는 관절대차로서, 진동과 소음을 저감할 수 있는 장점을 가지고 있다. 또한 관절대차는 탈선이 발생한 경우에 열차가 묶여있는 형태이므로 안전성도 탁월한 것으로 알려져 있다. AGV는 이러한 관절대차의 장점에 동력분산식의 장점을 조합하여 모터 등 동력에 기여하는 장치를 부착할 수 있는 공간을 기존 열차에 비해 20% 더 확보할 수 있고, 동력장치의 분산으로 인해 좌석수 증대 및 승객편의시설 확보의 이점을 가지고 있다. AGV의 큰 장점으로 견인과 제동을 담당하는 영구자석동기전동기를 예로 들 수 있다. 11량 편성에서 6개의 동력대차를 사용하여 기존 경쟁 열차와 비교가 안 될 정도로 큰 톤당 22.6kW의 에너지를 낼 수 있고, 대차에 취부가 편리하도록 작게 설계되었으며, 보수가 편하고 높은 신뢰성을 갖도록 간단한 환기회로가 부착되어 있다. 설계 시 전산설계방법을 이용하여, 시간과 비용의 절감을 이루었고, 소음최소화를 위해 소음차폐재와 대차의 위치, 노우즈 모양 변경 및 대차 커버를 부착하여 300km/h에서 330km/h의 속도향상 시 소음이 두 배가 되는 것을 360km/h 운행시 타 경쟁업체가 300km/h~320km/h에서 나타나는 소음 수준으로 낮추었다. 경량화를 통해 경쟁차종 대비(동일 열차길이) 무게를 17% 감소시키고, 에너지 소비를 15% 감소시켰다. 필요에 따라 7, 8, 11, 14량으로 편성가능토록 모듈화 설계/제작하여 편성에 따라 250명에서 650명 정도로 승객이 탑승할 수 있게 하였다.

○ 독일

ICE(InterCityExpress)는 독일 및 인접한 이웃국가들의 고속열차 시스템을 의미하며, 철도차량 제작업체인 Bombardier와 Siemens사가 공동으로 제작한 ICE는 독일의 국영철도회사인 Deutsche Bahn의 대표적 브랜드이기도 하다. ICE는 1991년 최초의 독일 고속열차 모형인 ICE1을 개발한 이후, ICE 2(1996), ICE 3(1999)순으로 크게 3가지 고속열차 모델을 개발하였다. ICE는 단순히 독일 내의 고속철도망만을 의미하는 것은 아니며, 독일 주변 국가들 역시 폭넓게 ICE 노선을 공유하고 있다. 2007년에는 파리-스트루트가르트/프랑크푸르트 노선이 개통되었으며, 이들 노선은 Deutsche Bahn과 SNCF가 공동으로 운영하고 있다. ICE1과 ICE2는 전통적인 독일의 고속철도 기술을 발전시킨 형태라 할 수

있으며, 이들 차량은 유럽에서 가장 일반적인 고속철도 편성방식인 push-pull 방식의 동력 집중식 편성을 채택하고 있다. 이 때문에 유지보수가 편리하고 주행저항 및 에너지 소모가 적은 동력 집중식의 장점을 그대로 가지고 있는 반면에 운행도중 고장 시 조치가 어려운 단점을 가지고 있다.

Siemens는 미래형 ICE3 성능향상 개발계획을 발표하고, 최고속도 350km/h를 갖는 'Velaro'차량을 개발하였으며 'Velaro E Version 고속열차'는 2001년 7월에 스페인 RENFE로부터 마드리드-바르셀로나-프랑스 국경에 이르는 625km 노선을 2시간 30분 이내로 주행하기 위하여 16편성을 의뢰하였다. 이 차량은 동력 분산식을 채택하여 최대출력 8,800kW로 350km/h를 주행할 수 있으며, 8량 1편성으로 제작하여 GSM-R-Stanford에 기초한 유럽 신호표준인 ETCS Level 2를 적용함으로써 전 유럽지역에 적용할 수 있다. 또한 차량 제어신호는 가장 선진화된 표준인 2중 안전구조를 갖는 TCN을 채택하고, 중련 편성 운행에 대한 제어도 가능하도록 설계하였다. Velaro 시리즈는 그 외에도 중국과 러시아에 수출하여 운행되고 있다.

○ 스페인

스페인에서는 스페인어로 새를 의미하는 AVE(Alta Velocidad Espanola)는 전용노선에서 300km/h 이상으로 운영되는 고속열차 서비스이다. 전통적인 스페인의 철도 시스템은 광복 노선을 쓰고 있는 반면 스페인 AVE 네트워크는 인접 국가들과의 네트워크 구성을 위해 표준궤를 사용하고 있다. 1992년 4월 세빌리아에 국제박람회가 개최되면서 마드리드와 세빌리아를 연결한 연장 472km의 고속철도 선로에 영업최고 속도 250km/h의 AVE가 영업을 개시함으로써 양 도시를 철도 노선을 이용해 2시간 45분으로 연결하였다. 같은 해 10월 마드리드와 톨레도, 마드리드와 과달라하라 노선이 개통됨으로서 스페인의 본격적인 고속철도 시대가 개막되었다. 1993년 기존선과 전용선 혼용 노선으로 마드리드와 말라가를 잇는 구간(Talgo 200)이 서비스를 시작했으며, 이 해 4월 시험주행에서 AVE 최고속도인 356.8km/h를 달성하였다. 1994년에는 마드리드와 세비야 노선이 기존의 250km/h에서 300km/h로 운행속도를 향상시키며 기존 통행속도를 40분 단축시켰다. 2007년에는 마드리드-말라가 노선의 마지막 구간이 완성되었다.

○ 이탈리아

이탈리아는 국토의 대부분이 산악지형으로서 직선화된 고속철도의 건설이 부적합하다고 판단되어 곡선이 많은 기존선을 활용하여 운행시간을 단축하는 연구 및 정책이 진행되었으며, 교통수단의 성능향상과 편리성 증진을 위하여 고속 신선망 구축 계획을 수립하여 진행하고 있다. 고속 신선망 구축에는 국철에서 기획하고, 별도의 추진주체(TAV)는 국철 45% 및 9개 시중은행 참여로 설립하였으며, 설계 및 공수 주체일 뿐 운영은 별도의 조직(TAV CO SpA)이 하고 있다. 1978년 로마와 피렌체를 연결하는 Direttissima로 시작한 고속철도 노선은 최대 속도 250km/h 평균 200km/h로 두 도시를 잇고 있다. Pendolino라고도 불리는 ETR 450은 FIFA Ferroviaria에 의해 제작된 이탈리아 최초의 틸팅 열차이다. 1989년 로마-밀란 구간에서 서비스를 시작했으며 편성당 9량으로 구성되어 있다. 스위스와 이탈리아의 합작 철도 운영회사인 Cisalpino에 의해 운영되고 있는 ETR 470은 편성당 9량의 동력분산식 틸팅차량이다. 이탈리아 고속신선 전용으로 사용될

ETR 500차량은 기존의 펜돌리노 차량과 달리 동력 집중 방식으로 틸팅차량으로 적용하지 않았다. 열차차량은 최대 300km/h까지 운영이 가능하나 대부분의 노선이 공사 중으로 실질적으로는 최대 250km/h로 운행된다.

○ 중국

- CRH1

CRH1 고속열차는 중국 철도부가 제6차 재래선 고속화를 위해서, 독일의 봄바디어 트랜스포테이션사(캐나다에 본거지를 두고 있는 봄바디어 그룹의 철도 부문)등과 제휴해 도입한 고속열차이다.

CRH1A, B의 원형은 봄바디어의 Regina C2008형이며, CRH1E는 봄바디어 Zefiro 250 설계를 기반으로 하며, CRH380C/CL은 Zefiro 380 설계를 근간으로 하고 있다.

CRH1A 고속열차는 2007년 2월 1일부터 광심선(광저우~선전)에서 영업 운전을 개시했고 CRH1B는 2009년 4월 상해-난징, 상해-항주 구간에서, CRH1E도 2009년 4월에 북경-상해구간에서 첫 번째 운영을 시작했다. CRH380C/CL은 봄바디어 Zefiro 380 초고속 동차 유닛을 기술 플랫폼으로 설계 운영시속 350km로, 최고 운영속도는 시속 380km, 최고 시험속도는 420km이며 짧은 편성의 동차유닛은 CRH380C이고 장편성 동차유닛을 CRH380CL로 명명했다. CRH380C 동차유닛은 2012년 7월에서 2014년 9월 사이에 납품될 예정이다.

- CRH2

CRH2 고속열차는 중국 철도부가 제6차 재래선 고속화를 위해서 일본의 가와사키 중공업 차량회사로부터 구입한 고속철도 차량으로 일본의 E2계 1000번대 신칸센 열차가 기반이 되어 있다.

CRH2와 신칸센 E2의 차이점을 정리하면, CRH2A 견인전동기는 E2계 1000번대와 동일하지만, 전동차(M)과 부수차(T)의 구성(MT비)은 4M4T이기 때문에, 영업운전최고속도는 E2계 1000번대(8M2T)의 최고속도 275km/h(설계최고속도 315km/h)보다 낮은 250km/h로 되었다.

CRH2의 파생형인 CRH2C는 총 60편성이 발주되었으며 30편성은 최고속도 300km/h, 30편성은 최고속도 350km/h를 목표로 했다. 350km/h 고속열차 연구개발을 위해 철도부는 CRH2-300 프로젝트를 2006년에 시작하여 150조 위안의 개발비를 투입하였고, 50개의 대학, 150,000명 기술진, 600개 기업이 프로젝트에 참여하였다. 1단계에서 최고운영속도 300km/h의 CRH2 변형모델을 위해 두개의 중간객차를 동력객차로 대체하였으며 알루미늄 차체를 통한 경량화, 고속 대차, 고속 판토품그래프, 광섬유를 사용한 통합제어시스템 등의 첨단기술을 적용하였다. 2007년 12월 22일에 초도 편성이 제작되었으며 2008년 4월 22일 시험운행을 통해 베이징-천진 구간에서 370km/h를 기록하였다. 2009년 12월 11일 Zhengzhou-Xi'an 구간 시험운행에서 394.2km/h를 달성하였다. CRH2C 1단계 고속열차는 CRH3C 고속열차와 함께 2008년 8월 1일에 베이징-천진 구간에서 영업운행을 시작하였고 2009년 4월에 CRH2C 1단계 고속열차는 CRH3C 고속열차로 대체되고 현재는 상하이-난징 구간에서 운영되고 있다.

CRH2C 2단계 고속열차는 CRH2 모델을 새로 설계한 것이다. 알루미늄 차체, 소음 감소기술 등 주요 기술은 CRH3C를 따르고 있다. 세부적인 내용을 살펴보면 고속에서의

열차 진동을 억제하기 위해 축중을 14톤에서 15톤으로 증가시키고, 기어비를 3.036에서 2.379로 변경하였다. 이를 통해 임계속도는 550km/h가 되었다. 대차의 온도용량을 증가시켜 350km/h 지속운행을 가능하게 했다. YQ-365형 교류전동기를 사용하여 최고운행속도까지 추진을 가능하게 하였으며 총 출력은 8760kW이다. 차체 강성을 높여 소음과 진동을 억제했다. 차체와 창문 설계를 최적화하여 기밀성을 확보하였으며 압력보호시스템을 추가했다. 옥상 안테나, 창문 등에 대한 최적화 설계를 통해 주행저항을 낮추었다. CRH2C 2단계 고속열차의 초도편성은 2010년 1월에 제작되었으며 2010년 2월부터 Zhangzhou-Xi'an 구간에서 운행을 시작했다.

2008년에 CRH2-350 프로젝트를 시작하였으며 목표는 최고운영속도 380km/h의 고속열차를 개발하는 것이다. 이를 위해 2009년 9월 28일 철도부 무한 철도국과 사망기차차량은 북경에서 140편성의 시속 350km인 동차유닛 구매 계약을 체결하였다. 이는 CRH2 모델을 기반으로 운영속도를 올린 고속열차로 CRH380A로 명명하였다. 이중 100편성은 1편성이 16량인 장편성(CRH380AL), 40편성은 1편성이 8량인 단편성(CRH380A)으로서 운영 시속은 350km, 최고 운영시속은 380km이며 최고 시험속도는 400km 이상이다. CRH380A는 호항 여객전용선에서 고속시험을 진행하였고 최고 시속 416.6km에 도달하였다. 아울러 2010년 12월 3일에는 베이징-상해 구간에서 481.6km/h의 기록을 달성하였다. 2010년 10월 26일부터 CRH380A는 정식으로 호항 여객전용선에서 운영을 시작하고 있다.

- CRH3

CRH3 고속열차는 중국 철도부가 제6차 재래선 고속화를 위해서 독일 지멘스사의 기술제공에 의해 중국의 차량 메이커가 제조하는 고속철도차량으로 원형 모델은 ICE3 Velaro이다.

CRH3C 고속열차는 2008년 6월 24일 베이징-천진 선로에서 394.3km/h를 기록하였고, 2009년 12월 9일에 중련편성으로 Zhengzhou-Xi'a 구간에서 394.2km/h를 달성하였다.

2009년 3월 중국 철도부와 지멘스, 중국북차집단 산하의 당산궤도객차공사와 장춘객차주식유한공사 및 중국 철도과학연구원은 일련의 구매 계약을 체결하여 100편성 16량 구조의 동차유닛을 합작 생산하기로 하였으며 CRH380B로 명명했다. CRH3C와 비교할 때 최고 운영시속은 350km에서 380km로 제고되었고 최고 시험시속은 400km 이상이다. 견인출력을 제고시키고, 전동비를 감소시키며 동차유닛의 주행저항을 감소시킨 것이 성능 최적화의 주요 내용이다. 열차 쾌적성을 향상시키기 위해 진동, 소음, 기압변화를 최적화하였다. 16량 편성의 동차유닛은 VIP석이 1량, 1등석이 4량, 2등석이 10량, 식당차 1량으로 구성되고 정원은 1009명이다. 2010년 5월 27일에 CRH380B 시제차량을 제작 완료하였고, 첫 동차유닛은 2011년 경호 고속철도에 사용 예정이며 180편성을 생산할 예정이다. 현재까지의 시험결과는 2010년 12월 5일에 457km/h를 달성했다.

- CRH5

CRH5 고속열차는 중국 철도부가 제5차 재래선 고속화를 위해서 프랑스의 TGV를 제조한 알스톰사와 제휴해서 도입한 고속철도 차량이다. 틸팅열차인 ETR600 고속열차를 기반으로 한 동력분산방식의 고속열차이지만 틸팅 기능은 없으며 설계속도는 300km/h이지만 현재 250km/h로 운영하고 있다.

CRH5와 ETR600의 차이점은 차폭을 확장하여 신칸센, 다른 CRH1, 2, 3형과 마찬가지로

지로 일렬에 최대 5석을 설치할 수 있다. 단, 좌석의 방향은 CRH1과 같은 고정식으로 CRH2, 3형과 같이 좌석의 방향을 회전해 바꿀 수 없다.

특히, 2007년 4월 2일에 중국철도과학원(China Academy of Railway Sciences)은 CRH5에 기반으로 한 시험고속열차를 주문했는데 이 열차는 궤도 조건, 휠/레일 작용력, 전차선, 통신 및 신호시스템을 모니터링하는 장치를 장착한 것으로 공식이름은 Code Zero Comprehensive Testing Train으로 CIT001로 명하고 있다. 이 열차는 노란색과 흰색으로 도장을 하여 2007년 7월 1일부터 시험운행을 시작하고 있다.

(3) 국외 속도향상 프로그램 사례

국가	속도기록	년도	시험구간	최고속도 시험 조치
프랑스 (V150)	574.8 km/h	2007. 4	Paris-strausburg	추진동력시스템 개조 공력저항 감소대책 동력차 차륜경 증대(920 → 1092) 전압조정(25kV → 31kV) 전차선 조정(20kN → 40kN) 1mm 오차로 레일 align. 조정 곡선 캔트조정, 미세 자갈 제거
프랑스 (T G V 140)	515.3 km/h	1990	LGV Atlantique 시험구간: KP 135~170 기록 지점 = KP 166 (2.5% 하구배)	추진동력시스템 개조 공력저항 감소대책 동력차 차륜경 증대(920 → 1090) 전차선 조정 (20kN → 28kN) 전압 조정(25kV → 29.5kV) 1mm 오차로 레일 align. 조정 미세 자갈 제거
독일 (ICE-V)	406.9 km/h	1988	Fulda-Wurzburg 선 (Sinnbuerg 터널)	레일 align 장력 조정
일 본 (FASTE CH 360)	405 km/h	2005	Sendai ~ Kitakami 구간 (Tohoku Shinkansen)	센다이~기타가미 간의 선형이 좋은 고속주행 가능한 구간에서 고장력 전차선선(크롬, 실리콘 동합금) 적용

○ 프랑스 TGV 140 시험 프로그램

- 프로그램 목표: TGV 시스템 한계 초월, 초고속 영역의 열차거동 규명
1989. 11 ~ 1990. 5 SNCF 주도 수행
- 차량: TGV Atlantique 325편성 개조 사용, 종료 후 상업열차 복귀
구간: Atlantique의 Dangeau-Tour branch 구간 (최소반경 15000m, 25 % 하구배, 175m 교량)
- 궤도 준비: 1mm 오차로 정열, blasting 으로 작고 느슨한 자갈 제거
- 가선 준비: 장력 증가 (20kN -> 28, 32kN) 가선 임계속도 532km/h, 전압 증가 (25 kV-> 29.5 kV)
- 차량 개조: 부수객차10량에서 8량 축소 (동력비 26kW/ton -> 51.2kW/ton)

동기기 스위칭주파수 제한에 차륜경 증대, 감속 기어비 변경으로 대응
 주변압기 용량 증대 등 전기적 장애 대응
 주행장치 개량 (사행동 임계속도 증가)
 공기저항 감소대책, 판토 미세튜닝 등

● 시험운행

첫 시험 주변압기 파괴, 한달 복구 후 재개
 역 분기기 통과속도 502km/h
 1990. 5. 18 공식 최고기록 515.3 수립

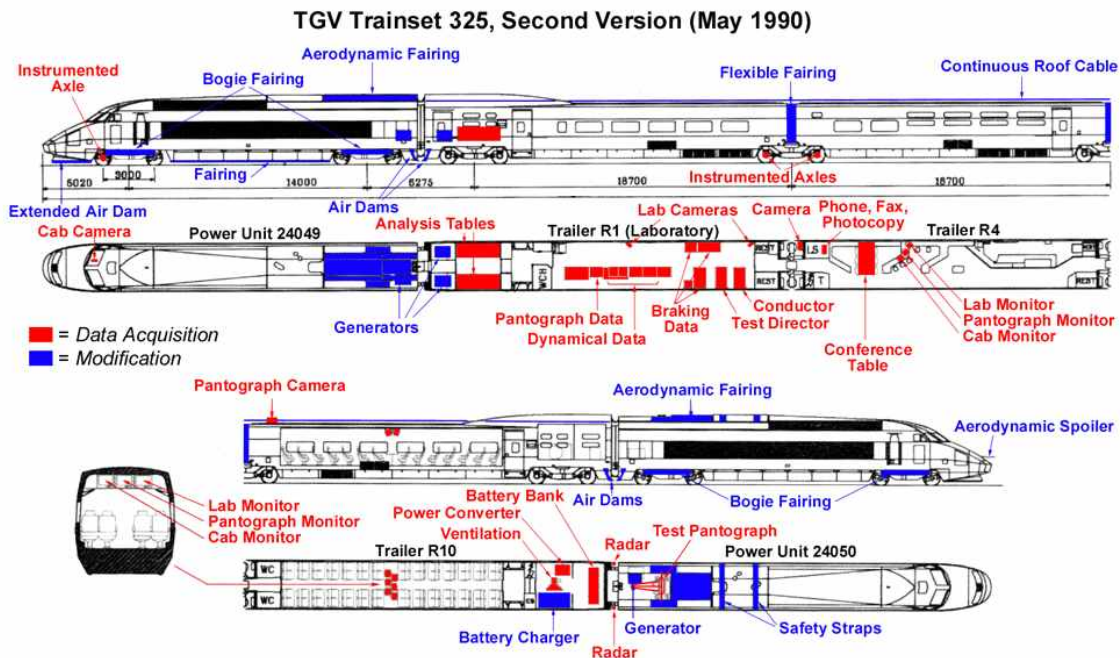


그림 2-14 프랑스 시험열차 TGV 140 구성도

○ 프랑스 TGV 150 시험 프로그램

[프로그램 개요]

- 목표속도 150 m/s (540 km/h)
- 2007년 6월 개통예정인 LGV Est 노선에서 실시
- SNCF, TGV 제작사인 Alstom, LGV Est owner가 협력하여 수행
- 2007년 1월 15일에서 4월 15일간 실시
- 공식적 최고속도기록은 2007년 4월 3일, 가장 좋은 선형을 가진 Meuse와 Champagne Ardenne TGV 역 사이의 Le Chemin 마을 부근 191키로 지점에서 도달한 574.8km/h임.

[선로에 대한 준비사항]

- 기록 주행시험은 LGV Est의 1번선 140km 구간에서 이루어졌음. 이 구간은 곡선부가 적고, 195와 191키로 지점간에 하구배가 있어 최고속도에 도달하는 데 유리했음.
- 곡선의 캔트(super elevation)량을 증가
- 가선 전압 25kV에서 31kV로 증가

- 가선장력을 25kN에서 40kN으로 증가(파동전파속도 610km/h)로 열차최고속도와 안전을 부여
- 궤도 응력, 소음, 공기역학적 영향, 가선 동역학 등을 모니터링하기 위한 센서들 설치
- 500km/h를 초과하는 223과 167키로 구간은 주의 깊게 감시되었음.

[TGV150운행 대비 차량 준비사항]

- 이 시험주행에 사용된 열차코드는 V150으로, 2대의 동력대차를 장착한 3량의 수정 2층열차(Duplex)와 양단에 TGV동력차(POS 4402편성에서 분리)를 배치, 총 5량 편성으로 구성됨

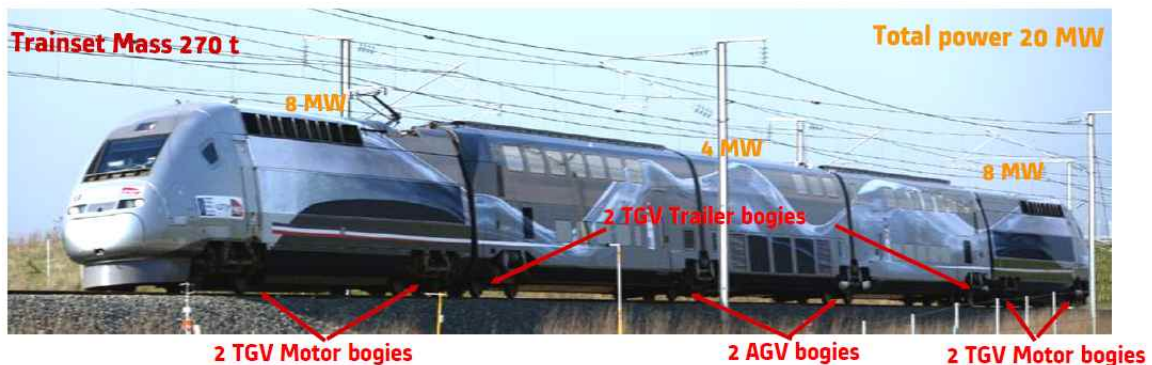


그림 2-15 프랑스 시험열차 TGV 150 구성도

- 1990년 TGV117, 140 시험 때 보다 동력축이 4개 더 많고, 따라서 총 출력은 19.6 MW임 (상용 TGV POS는 9.3 MW임). 시험편성의 동력비는 약 72.6kW/ton임.
- 이런 흔치않은 편성조합과 POS동력차에 새로운 비동기형 전동기(asynchronous motor), AGV대차에는 경량 영구자석형 동기전동기 사용, 능동 제어 판토틀레프 사용하였음.
- 이층열차는 초고속영역의 시험열차에 최초로 사용됨
- 공기역학적 개량은 1990년 시험열차와 유사하나, 풍동실험을 통해 보다 정교하게 개량하여 일반 편성대비 15%의 항력(drag)을 저감하였음. 이 개선에는 전두부 에어뎀, 판토틀레프 개구부의 페어링, 열차간 공백을 메우는 고무막과 flush mounted windshield가 포함되어 있음
- 600개 이상의 센서가 차량에 설치됨
- 차륜 직경은 통상의 920mm에서 1092mm로 증가시킴 (동력계통의 회전수 제한을 극복키 위함)

[TGV 150 기록 시험운행]

- 2007년 1월 15일에서 4월 15일간 V150열차의 500km/h 이상 속도로 주행한 누적거리가 728km에 달하였음
- 공식적 최고속도기록은 2007년 4월 3일, 가장 좋은 선형을 가진 Meuse와 Champagne Ardenne TGV 역 사이의 Le Chemin 마을 부근 191키로 지점에서 도달한 574.8km/h임.
- V150의 매 고속주행에 앞서 다른 TGV열차가 선행 주행하여 궤도를 청소(sweep)하

였음. 이 선행열차는 TGV POS 4404편성, 8량 표준편성으로 순간 최고속도가 380km/h에 달하였음.

- V150열차의 가속거리는 70km에 달하였음
- 공식 속도기록 및 일부 시험운전에서 비행기(Aerospatiale Corvette)를 따라 붙게함.

○ 중국 고속철도 시험 사례

- 2000년대 초반 고속열차 개발 R&D 사업(China Star) 추진하여 2002. 11월 321.5 km/h 시험속도 기록 수립



그림 2-16 China Star 시제 고속열차

- 상업열차 시험운행

2010년 10월 CRH380A로 416.6 주행

2010년 12월 CRH380AL로 486.1 기록

※CRH380A 6M2T, 9.6 MW

CRH380AL 14M2T, 20.4 MW

- 500급 시험열차(CRH500) 개발

중국과학부와 철도부의 지원 프로젝트

2011. 12 난차쓰팡(南車四方)사에서 시험열차 출시

2012. 4 쓰팡차량사의 주행시험대(pure roller rig)에서 575km/h 실험

표 2-4. CRH 500 시험열차의 주요제원

Item	Parameter
Train Marshalling	6 in one unit, all motor cars
Operating speed	400km/h
Test speed on line	≥500km/h
Control device	IGBT water-cooled VVVF
Breaking type	Regenerative braking Direct electro-pneumatic brake
Train network	Industry Ethernet
Power supply system	25kv/50Hz AC through overhead cables
Vehicle length	153.5 m
Leading vehicle length	27/26.5 m (according to various head shapes)
Mid-vehicle length	25 m
Vehicle width	2950mm
Vehicle height	3650 mm (new wheel, pantograph excluded)
Bogie distance	17500 mm
bogie	bolsterless air spring bogie

Item	Parameter
Bogie wheelbase	2,800 mm
Wheel diameter	920/860 mm
Track gauge	1,435 mm
Maximum axle load	15t
Traction power	22800kW(during testing)
Axle power	950kW(during testing)

※ 시험열차: CRH380A 속도와 안전성 높게 개량
 6량 편성, 양쪽 전두부 형상 상이, 총 출력22.8 MW
 알루미늄 압출재 골조, 나머지 복합소재와 마그네슘 합금 적용



CRH500 선두차량 (검 형상)

CRH500 후미차량 (로켓 형상)

그림 2-17 중국의 500km/h 시험열차 전경

나. 연구 역량 분석

(1) 철도분야 연구인력 현황

국내에 다음과 같이 500명이 넘는 철도 분야 전문 연구 인력을 보유하고 있음. 선진국과의 고속철도기술 분야의 기술 격차를 해소하고, 이를 넘어 세계 일류기술을 선도할 잠재 역량이 충분할 것으로 판단됨.

표 2-5 국내 철도분야 전문 연구인력 현황

기관	철도분야 연구직	비고
한국철도기술연구원	270	정부출연연구소
한국기계연구원, 자기부상연구실	7	정부출연연구소
서울과학기술대학교, 철도전문대학원	10	대학
한국교통대학교, 철도대학	20	대학
한양대학교, 철도시스템공학과	12	대학
우송대학교, 철도대학원	15	대학
한국철도공사, 철도연구원	30	공사
현대로템, 기술연구소	120	산업체
우진산전, R&D부문	30	산업체

(2) 연구시험 장비 분석

○ 주요 실험실 장비

국내에는 한국철도기술연구원을 중심으로 다음과 같은 철도전용 실험대형 시험설비가 구축되어 있음. 이 대형 설비들은 선진국 수준과 견주어 손색이 없는 설비들로 세계 일류의 고속철도 기술개발에 별도의 투자 없이 활용 될 수 있을 것으로 판단됨. 단 500km/h 이상의 실험을 위해서는 일부 시험설비의 속도 업그레이드가 필요할 것으로 사료됨.

- 추진장치 성능시험장치

o장비용도: ● 추진장치 성능시험설비는 추진인버터와 전동기의 조합인 피시험체의 성능시험을 실시하며, 추진장치의 개발 또는 형식인증 단계에서 추진장치의 성능을 시험하고 검증하는 장비

- 전원제어 설비, 부하제어 설비 및 운전/계측 설비로 구성되어 추진장치에 대한 속도, 부하제어 및 속도-토크, 전류, 전압, 출력, 손실, 온도 등을 측정할 수 있는 기능을 갖추고 있음

o시험항목: 시험대상 : DC 1.5KV, DC 750KV, AC 22KV-차량 추진장치

o주요사양: ● 장비 주요 성능

- 정격용량 : 1대 단독운전 660kW, 3500N.m / 2대 연결운전 1320kW, 7000N.m
- 최대 시험속도 : 최대 5000rpm
- 최대 토크시험 : 10000N.m
- 장비 주요 사양
- 교류전원설비 : 정격 3000kVA, 25kVA 단상 AC, 2500kW 상평형 장치
- 직류전원설비 : 정격전압 750V/1500V, 제어범위 450V~1000V, 900V~2000V

o보유기관: 한국철도기술연구원



- ATC 시험기

o장비용도: 열차의 ATC시스템 차상제어장치의 기능을 시험 및 분석하기 위한 연구시험장비

- 철도신호시스템의 운용환경시험을 위한 온습도진동 복합시험기
- ATC 차상장치시험 기능
- 피시험체와의 인터페이스 : 각각 독립된 인터페이스 박스를 통해 해당 피 시험체와 인터페이스
- 운용환경시험 : 온습도진동 복합시험기를 통한 온도, 습도 및 진동에 대한 복합적인 시험가능 환경 제공
- 사용전원 : AC 220 V

o시험항목: ATC 차상장치 운전모드 및 기능분석에 활용

● ATC 차상장치의 주요 기능 분석 및 동작 메커니즘 분석 용도로 활용

o주요사양: 진동시험기 24kN, 5~2500Hz
ATC 차상기능시험설비

- VXI MainFrame, Embedded Controller, Switch Matrix
- Digital Oscilloscope, Multi Function Synthesizer, Pulse Generator, Dynamic Signal Analyzer, Frequency Response Analyzer
- ATC 차상기능시험설비 제어기
- Pentium-III Dual CPU 1GHz, 256M RAM

o보유기관: 한국철도기술연구원



- 제동성능시험기

o장비용도: ● 열차 주행 중 비상제동 및 상용제동 시 열차를 정지할 수 있도록 하는 각종 제동장치 부품(제동디스크, 제륜자 등)의 성능을 평가하기 위한 장비 ● 실차의 기계제동 마찰특성의 정량적 시험평가 및 철도차량 제동시스템의 연구개발을 위한 장비

o시험항목: ● 마찰재 및 디스크 성능시험
● 디스크 및 제륜자의 마찰계수측정
● 시험신청에 따른 성능평가시험

o주요사양: ● 최고속도 420km/h, 1900kg·m² 관성
● 최대 구동동력 : 540HP
● 최대 구동토크 : 2,527Nm
● 최대 구동속도 : 2500RPM(400km/hr, Φ860mm 기준)
● 최대 제동토크 : 25,000Nm

o보유기관: 한국철도기술연구원



- 철도구조물 성능시험기

o장비용도: 철도교량모형, 궤도구조, 건축구조, 철도차량 등의 모형 또는 실물 크기 실험체에 대한 정/동적 시험을 수행하는 시험설비로 2500kN의 수직 액츄에이터, 500kN의 수평 액츄에이터 및 유압펌프, 컨트롤러로 구성된 유압가진 시스템, 재하프레임 일체형으로 2축 동시 재하가 가능한 장비

o시험항목: ● 휨/전단/압축/인장 시험
● 2축 동시재하 동적 시험
● 피로시험

o주요사양: 250톤, Actuator 외
● 재하 프레임 : 허용 수직최대하중 250kN, 허용 수평최대하중 500kN
● 500kN 동적액츄에이터 : 1기 (stroke 100mm, ±10mm at 5Hz)
● 2500kN 동적액츄에이터 : 1기 (stroke 150mm, ±3mm at 5Hz)
● Hydraulic Pump : 680lpm
● Hydraulic Service Manifold : 2개
● Controller
● DAQ : 64Ch (EDX-2000A)

o보유기관: 한국철도기술연구원



- 철도차량 실내형 환경챔버

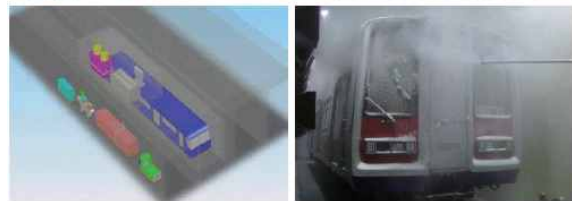
o장비용도: ● 철도차량 객실의 냉방성능 시험
 ● 철도차량 객실의 난방성능 시험
 ● 객실내 온도, 기류 분포 시험
 ● 객실내 덕트 풍량 분포 시험
 ● 철도차량 객실용 공기정화장치의 성능시험

o시험항목: UIC 553, 553-1 규격 시험
 ISO 7726 규격 시험, EN 13129-1,2 규격,
 EN 14750-1,2 규격, EN 14813-1,2 규격 시험

o주요사양: ● 챔버 크기 : 34(L) X 6(W) X 6(H)
 m (시험가능 차량 크기 : 27(L) X 3.6(W) X
 4.8(H) m

- 고온 및 저온 구현 : $-40 \sim 60^{\circ}\text{C}$
- 고습 및 저습 구현 : $10 \sim 95\text{ RH}\%$
- 결빙 성능 : -10°C 에서 10 mm 이상
- 태양광 모사 : $500 \sim 1,120\text{ W/m}^2$
- 풍동 성능 : $0 \sim 15\text{ km/h}$
- 객실 내 100지점 동시 온도 모니터링 가능
- 객실 내 20지점 동시 3차원 풍향풍속 모니터링 가능
- 객실 내 2지점 동시 덕트 풍량 측정 가능
- 객차 내외부 표면 온도 측정 가능

o보유기관: 한국철도기술연구원



- 레일체결장치 다축피로시험장비

o장비용도: 강제프레임에 고정된 유압 액츄에이터를 이용하여 철도 현장의 열차하중 재하상태를 정적 및 동적으로 유사하게 모사하여 피시험체인 레일/침목/레일체결장치 등 궤도구성품의 응답특성을 분석하는 장비

- o시험항목: ● 레일체결장치 성능시험관련
- 정적/동적 수직스프링계수시험 - 초기체결력시험
 - 종방향저항력시험 - 비틀림저항력시험
 - 반복하중재하시험 - 인발저항시험
 - 일반적인 피로시험
 - 일반적인 강도시험

o주요사양: ● Static force rating : $\pm 250\text{kN}$, $\pm 100\text{kN}$, $\pm 50\text{kN}$, $\pm 25\text{kN}$

- Dynamic force rating : $\pm 200\text{kN}$, $\pm 80\text{kN}$, $\pm 40\text{kN}$, $\pm 20\text{kN}$ or more
- Dynamic displacement : 150mm or more
- Hydraulic performance : minimum $\pm 1.5\text{mm}$ at 20Hz of 200kN dynamic load
- LVDT : Internally mounted in cylinder rod, Non-linearity < 0.25% of full range

o보유기관: 한국철도기술연구원



- 견인전동기 성능시험기

o장비용도: ● 철도차량용 Traction Motor의 성능 시험을 위해 실제 차량과 동일한 제어환경을 구성하여 Traction Motor의 전반적인 기능과 성능을 확인하고, 차량운행조건에 대한 특성시험을 수행
● 철도차량의 견인전동기를 주행상태의 부하 여러 조건하에서 시험가능

o시험항목: ● 무부하 특성시험
● 구속시험
● 부하특성시험
● 연속정격온도상승시험

o주요사양: ● 6.6Kv, 정격용량 22,000kVA
● 6.6Kv, 3상 500kVA, 주파수변환방식, 정격용량 22,000kVA
● 정격전압 3,000V, 1,500V, 750V
● 부하발전기 : 660kW 농형유도전동기 2대
● 제어장치 : 백터제어 인버터
● 제어방식 : 토크/속도제어
● 최대시험속도 : 5,000rpm
● 토크시험검출용량 : 3,000N·m, 10,000N·m
● 정격용량 : 1대 단독운전 660kW, 3,500N·m / 2대 연결운전 1,320kW, 7,000N·m

o보유기관: 한국철도기술연구원



- 스프링 시험기

o장비용도: 철도차량 1, 2차 현가요소(스프링, 댐퍼, 부쉬류 등)에 대한 특성 및 성능 시험장치
● 스프링 특성, 내구시험
● 댐퍼 특성, 내구시험
● 부쉬, 고무류 특성시험

o시험항목: ● 고속철도차량, 기존철도차량 현가요소(스프링, 댐퍼) 특성 시험 및 성능평가
● 각종 방진재, 노후 현가요소 특성 시험

o주요사양: ● 스프링시험기
- 시험하중 : 수직 40톤, 수평: 10톤
- 액추에이터 변위 : 수직 150mm, 수평 130mm
- 동적성능 : 수직 2Hz, 25mm, 수평 2Hz, 50mm
- 피시험체 : 코일/고무 축상 스프링, 공기스프링, 부쉬 및 스프링류
● 댐퍼시험기
- 시험하중 : 3톤
- 최대변위 : 최대 200mm
- 동적성능 : 10Hz, 10mm
- 피시험체 : 1차/2차 오일댐퍼, 요댐퍼, 차체간댐퍼

o보유기관: 한국철도기술연구원



- 대차 동특성 주행시험기 (Roller Test Rig)

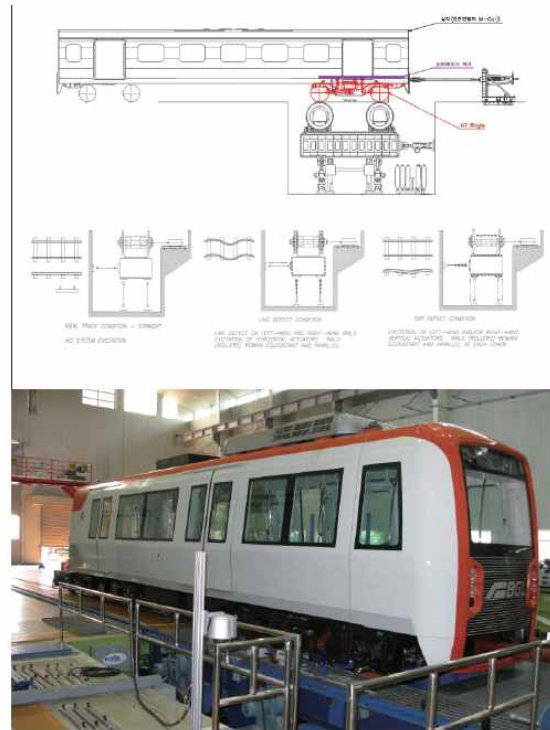
o장비용도: 열차 주행 시 궤도틀림 등으로 인하여 대차에 전달되는 진동특성 등의 연구를 위해, 시험실 내에서 레일에 해당하는 궤조륜시스템과 궤도틀림을 모사하기 위한 유압가진시스템 등을 구성하여 실제 열차가 영업선에서 주행하는 것과 동일한 조건을 구현함으로써 1 Bogie 또는 1 Car에 대한 동특성 메커니즘을 평가하기 위한 장비

o시험항목: ● 주행안정성(임계속도) 시험
● 주행 동적특성 시험
● 주행모사 시험

o주요사양: ● 최고시험속도 : 420km/h

- 최대축하중 : 20ton
- 시험대상 : 2축대차 1량 및 차량 1량(Half Carbody 방식)
- 궤간 : 표준궤간(1435mm), 광궤간(1676mm)
- 축간거리 : 1400~3500mm
- 궤조륜 직경 : 1376mm
- 가진장치
- One Table 가진방식
- 가진제어 : 정현파, 구형파, 임의파형 및 실궤도 불규칙파
- 액츄에이터 : 7대(수직 4대, 수평 3대)
- 횡방향 가진 : $\pm 1.5 \sim 10\text{mm}$ (40~6Hz)
- 수직방향 가진 : $\pm 1.5 \sim 10\text{mm}$ (30~6Hz)
- 회전방향 가진 : $2.5^\circ \sim 12^\circ$ (20~6Hz)

o보유기관: 한국철도기술연구원



- 실대형 통합 성능시험기

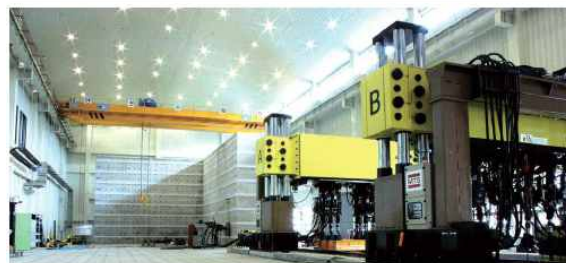
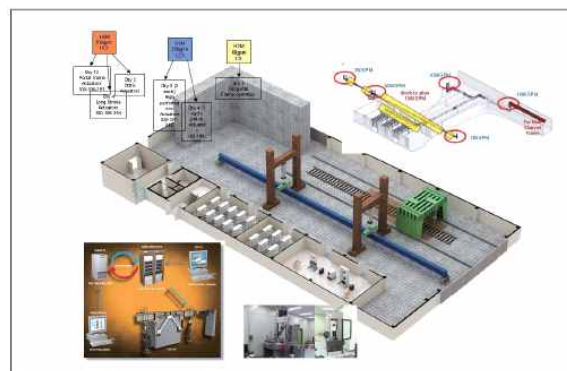
o장비용도: 철도교량, 궤도구조, 건축구조, 철도차량 등 실물 크기 시험체에 대한 정/동적 시험을 수행하는 시험설비

o시험항목: ● 정적 재하 및 파괴시험
● 고사양(High Frequency & Long Stroke) 동적가진 시험
● 피로시험
● Quasi-Static & Pseudo-Dynamic 시험
● 실시간 하이브리드 (Real Time Hybrid 시험)

o주요사양: ● 45.5m(L)×14.4m(W)×1.2m(T) 외

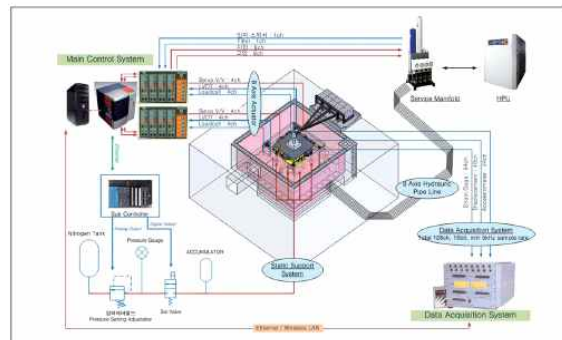
- 반력벽 : (13.5+10)m(L)8m(W)2m(T)
- 반력상 : 45.5m(L)14.4m(W)1.2m(T)
- 재하용 이동프레임 : 자주식 이동, 허용 수직최대하중 250kN×6ea, 허용 수평최대하중 250kN×3ea

o보유기관: 한국철도기술연구원



- 자유진동대

- o장비용도: • 지진과(지반가속도 이력) 모사 장비
• 토목/건축구조물 및 기계 구성품의 진동실험
• 축소모형실험 및 유사 동적실험
• 최대 6-자유도 제어가능
- o시험항목: 토목/건축 (비)구조체의 내진성능 실험 및 기계구성품 진동실험
- o주요사양: • 진동대 평면 : 4.1m×4.1m
• 최대(공칭)시편중량 : 30톤(20톤)
• 구동 주파수대역 : 0.1~60Hz
• 부상식 면진 콘크리트 기초 (1,440톤)
• 300~320kN 동적 액츄에이터 : 8기 (수평4, 수직4)
• 주요 주파수대역(1~2.0Hz) 최대가속도 : ± 0.8~1.7g
• 최대 스트로크 : ± 200~300mm
• 최대 수평 전도저항모멘트(무게중심 2.5m기준) : 1,200 kNm
• 수평 부가질량 모사장비 : Hydrostatic방식의 저마찰 Mass-Rig
• Sabio 계열 6자유도 제어시스템 및 소프트웨어
- o보유기관: 한국철도기술연구원



- EMI/EMC 챔버

- o장비용도: • 전자파 적합성(EMC) 시험을 위해 주변 전자파의 영향을 받지 않는 전자파 차폐실 및 균일한 전자계를 형성하기 위한 전자파 무반사실을 설치하고 전자파 장애(EMI) 측정 시스템 및 전자파 내성(EMS) 시험
- EMI Test Receiver 및 Loop Antenna, Bilog Antenna를 별도로 구성하여 완성차의 전자파 장애 측정(IEC62236-3-1/ EN 50121-3-1) 가능
- o시험항목: • 철도차량 구성품 EMC 시험 (IEC 62236-3-2, EN 50121-3-2)
• 방사내성 시험(IEC 61000-4-3), 전도내성 시험(IEC 61000-4-6)
• Radiated Emission 시험/Conducted Emission 시험 (CISPR 11)
- o주요사양: • CISPR 11, IEC 61000-4-3
• 전자파 반무반사실, 전자파 차폐실
• Radiated Emission(3m), Conducted Emission 측정 시스템
• 방사 내성 시험, 전도 내성 시험 시스템
• 정전기 방전 시험 시스템
• 전원 설비 용량 : DC 150V/ 40A, AC 단상 300V/ 50A
- o보유기관: 한국철도기술연구원



- 판토타그래프 시험기

o장비용도: 전차선으로부터 열차에 전력을 공급하는 팬터그래프의 인증시험, 형식시험 및 전수시험 등의 각종 정적특성시험과 내구성 시험 및 팬터그래프 동적거동 평가 등의 연구개발을 위한 장비

o시험항목: 팬터그래프 압상력 시험, 동작시험, 내구성 시험, 동적시험 등.

o주요사양: 팬터그래프 정적시험기

- 근접센서 : 20mm, 100Hz
- Load sell : 0~490 N
- Distance Gauge : 4000mm, 0~10V RS-232
- Servo Motor : AC220V, 800W
- Lead Screw : Ball Screw, BNF4010-5
- Electric Cylinder : 40kgf-m
- 이동대차 자동고정설치 : 유압 CLAMP 방식

팬터그래프 내구성시험기

- 근접센서 : 20mm, 100Hz
- Servo Mortor : AC220V, 800W
- Lead Screw : Ball Screw, BNF4010-5
- 이동대차 자동고정설치 : 유압 CLAMP 방식

팬터그래프 동적시험기

- 유압가진기 : 용량-20kN, 최대진폭-1mm, 최대주파수-50Hz
- 가속도센서 : 최대가속도-50G
- 변위센서 : AML/E±100

o보유기관: 한국철도기술연구원



- 드라이빙 기어 시험기

o장비용도: 고속전철 및 전동차용 감속구동장치의 부하에 따른 진동, 소음, 누유, 기어강도, 온도, 베어링 이상유무, 기계효율 등의 성능 측정과 내구성을 평가하고 확인하기 위한 시험 장비

o시험항목: • 기어의 굽힘강도 및 치면 피로에 대한 내구성 시험

- 감속기 오일 누유 시험
- 온도상승 시험
- 효율 시험
- 진동 시험
- 소음 시험
- 백래쉬 측정(Tooth Clearance)
- 치면 접촉 상태 및 베어링 이상 유무

o주요사양: • 입출력모터 : 1300kW(690V)

- 입출력 모터 : 1300kW(690V)
- 토크 : 57,000Nm
- 시험대상 : 전동차, KTX, G7감속기
- 측정인자 : 토크, 회전수, 진동, 온도
- 시험방식 : 동력흡수식

o보유기관: 한국철도기술연구원



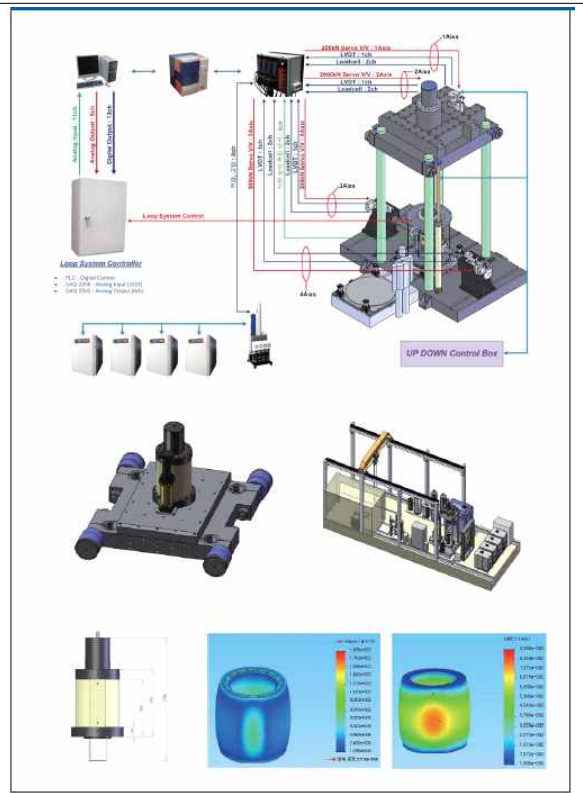
- 대형 삼축압축시험기

o장비용도: 도상자갈, 암성토재료와 같은 조립재료의 정적강도, 동적물성, 탄성계수 등 정,동적 물성 획득을 목적으로 하는 요소시험장비

o시험항목: 정적삼축압축시험(UU, CU, CKoU, CD), 정적삼축인장시험, 삼축투수, Ko압밀, 이방압밀, 온도제어(동결/융해)
시험, 대형 오이도미터(1차원 압축)
시험, 동적삼축압축시험, 평면변형률(중간주응력) 제어 시험, 최대전단탄성계수(Gmax) 시험

o주요사양: • Main Frame : 4800(kN) Hydraulic Clamp Cylinder, 400(kN) Hydraulic Up/Down Cylinder
• Static Actuator : 2000kN, Stroke ± 200 mm, Hydraulic performance maximum test speed 500mm/min & Minimum test speed 0.01mm/min
• Dynamic Actuator : 200kN, Stroke ± 200 mm, Hydraulic performance minimum ± 10 mm at 10Hz on 160kN dynamic load
• Load cell : 2000kN, 200kN, 내압 방수형

o보유기관: 한국철도기술연구원



- 고속 차륜/레일 접촉시험기

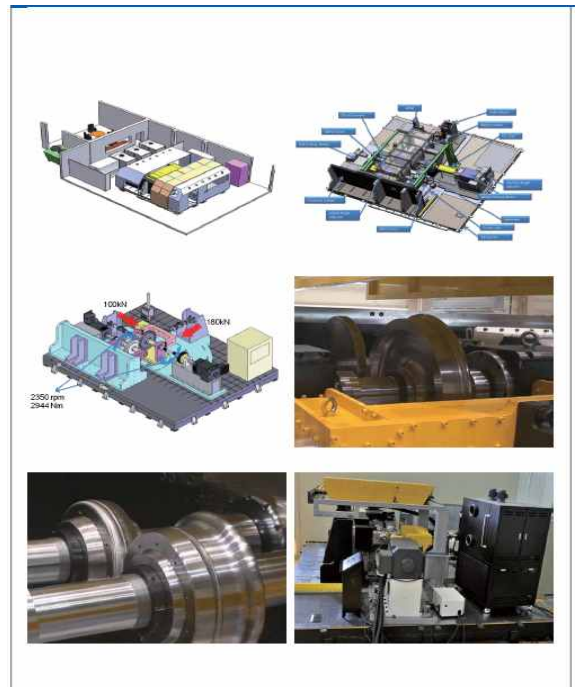
o장비용도: • 차륜 및 레일의 접촉성능평가

- 차륜과 레일의 프로파일 최적화
- 레일과 차륜의 피로수명 산정
- 직곡선부 레일 마모현상 규명
- 레일과 차륜의 점착특성 규명
- 레일과 차륜의 마찰특성 규명

o시험항목: • 레일-차륜 회전 접촉 시험 (Rolling Contact Fatigue Test)
• 레일, 차륜 마모 시험
• 레일, 차륜 마찰계수 측정 시험
• 레일, 차륜 점착계수 측정 시험 등

o주요사양: • SSpecimen : Wheel & Rail 300~1000mm (diameter)
• Driving Motor : 355KW Servo Motor,
• Radial Loader : Max. 180kN, ± 2.5 mm @ 20Hz
• Thrust Loader : Max. 100kN, ± 7.5 mm @ 20Hz
• Test speed : 0~2470RPM @ 1000mm (445km/h)
• Slip rate : $-10\sim+100\%$
• Contact angle range : $0\sim 3^\circ$
• Attack angle range : $-3^\circ\sim+3^\circ$
• Environment Control : Dry, Wet, Sand, Oil, Temperature, Humidity

o보유기관: 한국철도기술연구원



○ 400km/h급 고속철도 인프라 시범적용 사업의 현장 시험설비

- 국내에서는 고속철도의 속도향상과 관련하여 인프라의 안정성확보를 위하여 400km/h급 고속철도 인프라 시범적용 사업이 2010년 12월 시작하여 2014년 10월까지 4개년 계획으로 추진되고 있으며, 이 사업에서 개발되는 연구성과품의 호남고속철도 적용을 통한 성능평가 및 현장 적용성 검증을 준비 중에 있다.



그림 2-18 400km/h급 인프라 시범적용 사업의 현장 시험설비 계획

- 시범(TEST-BED)구간은 ①호남고속철도 TPS 분석, ②환경소음, 전차선, 선로구축물 등 분야별 기술검토, ③국토해양부, 한국철도시설공단 등 유관기관 협의를 통해, 호남고속철도 상행선 100~128k, 하행선 54-82k를 400km/h Test-bed 구간으로 선정하였고 이를 전차선로 핵심장치, 환경소음 저감장치, 선로구축물 측정계획을 수립하고 있음. 본 기본계획은 호남고속철도 건설공정과 HEMU-430X의 시험운행 계획을 반영하여 Rolling-plan 형태로 지속적으로 보완 예정이다.

2.3 기술수요 및 기술예측 조사

본 장에서는 기술트리에서 철도기술관련 세부기술을 나열하고, 이들 기술군중에서 본 과제에 소요되는 세부기술에 대하여 정리하였다.

철도시스템 기술은 포괄적으로 시스템 엔지니어링기술, 차량기술, 궤도토목기술, 전기신호기술, 환경기술, 안전방재기술 및 시험인증기술로 분류할 수 있고 이들 각 기술에 대하여 아래 4개 기술트리 그림과 같이 세부기술로 분류된다. 이와 같은 일반적 기술트리 중에 500km/h 이상의 초고속으로 속도수준으로 향상시키기 위해 필요한 기술을 발췌하였으며, 크게 물리적 한계극복 측면의 소요기술과 실용화 측면 소요기술로 분류하였다. 이 두 가지 기반의 소요기술을 상관관계로 엮어, 핵심 소요기술로 분류한 것이 그 다음의 그림이다.

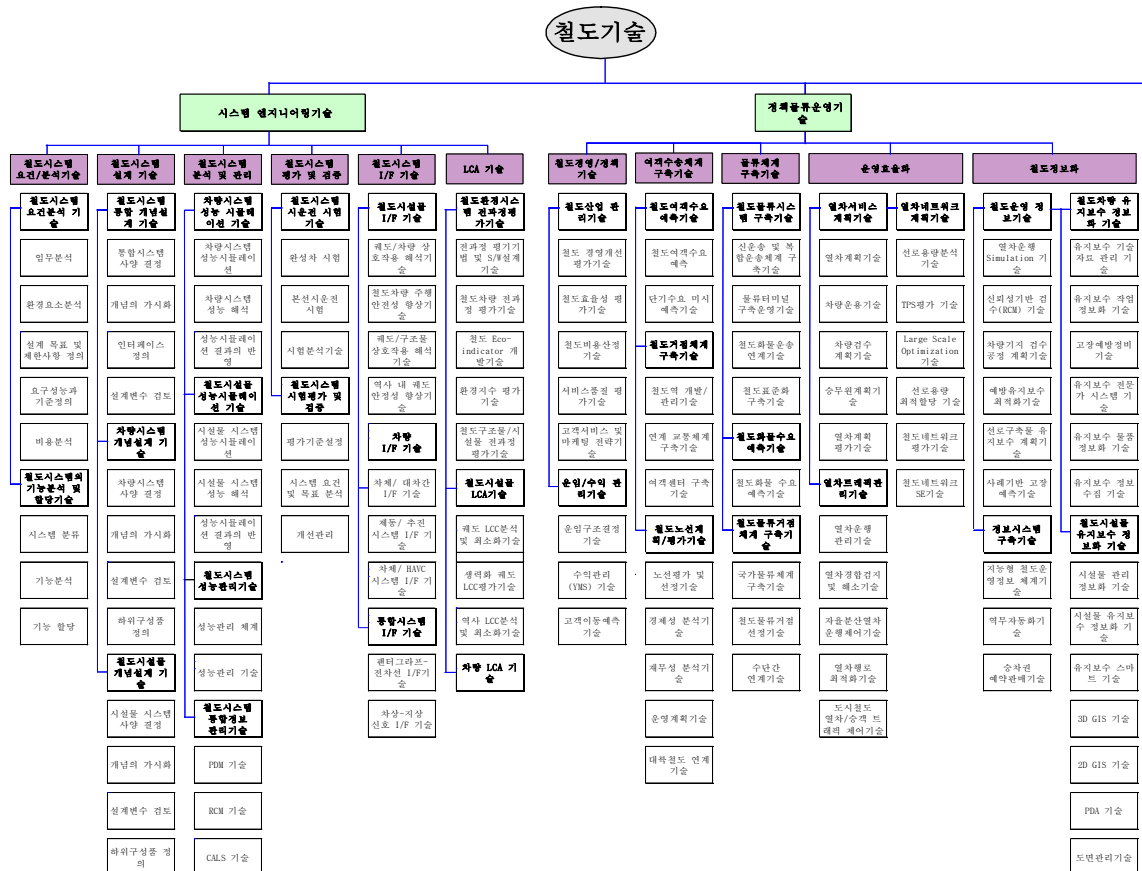


그림 2-19 고속철도시스템의 기술 Tree(1/4)

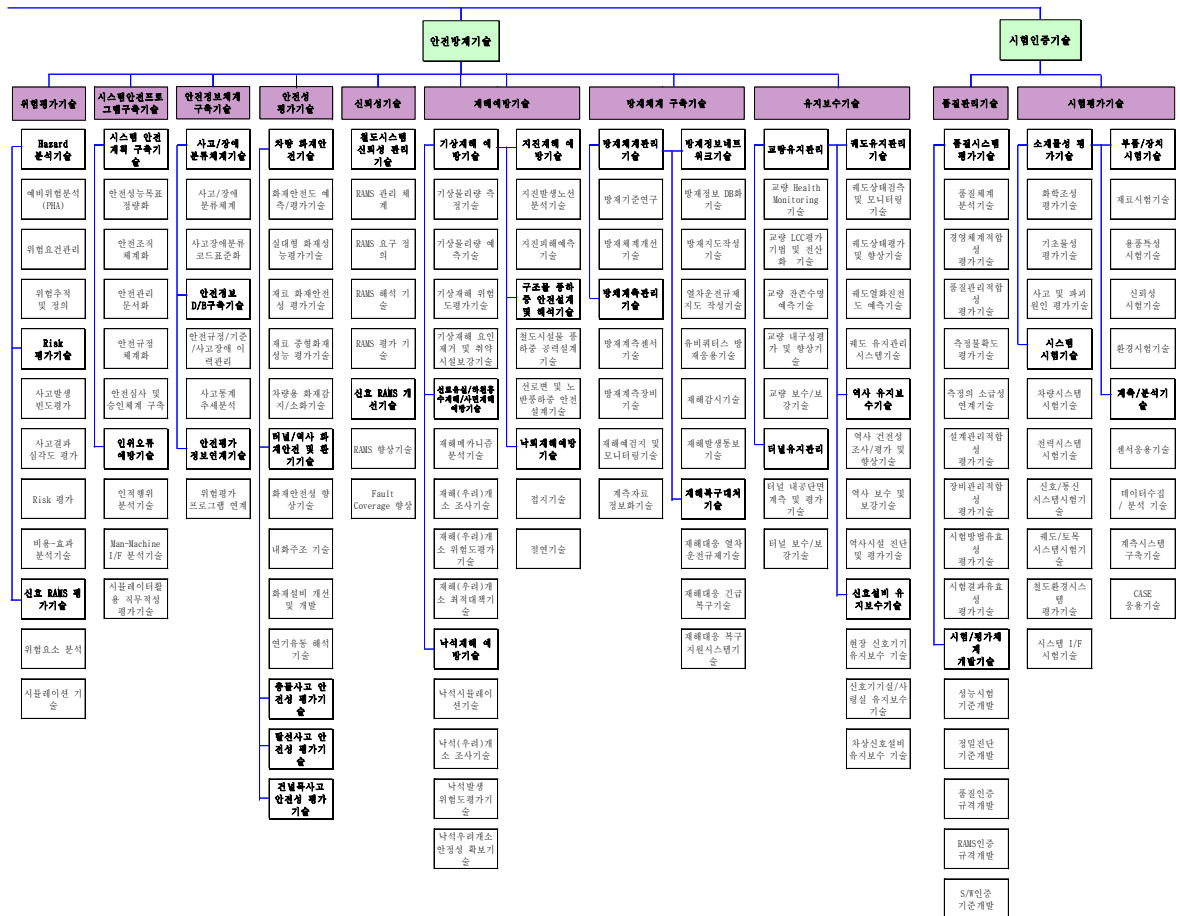


그림 2-22 고속철도시스템의 기술 Tree(4/4)

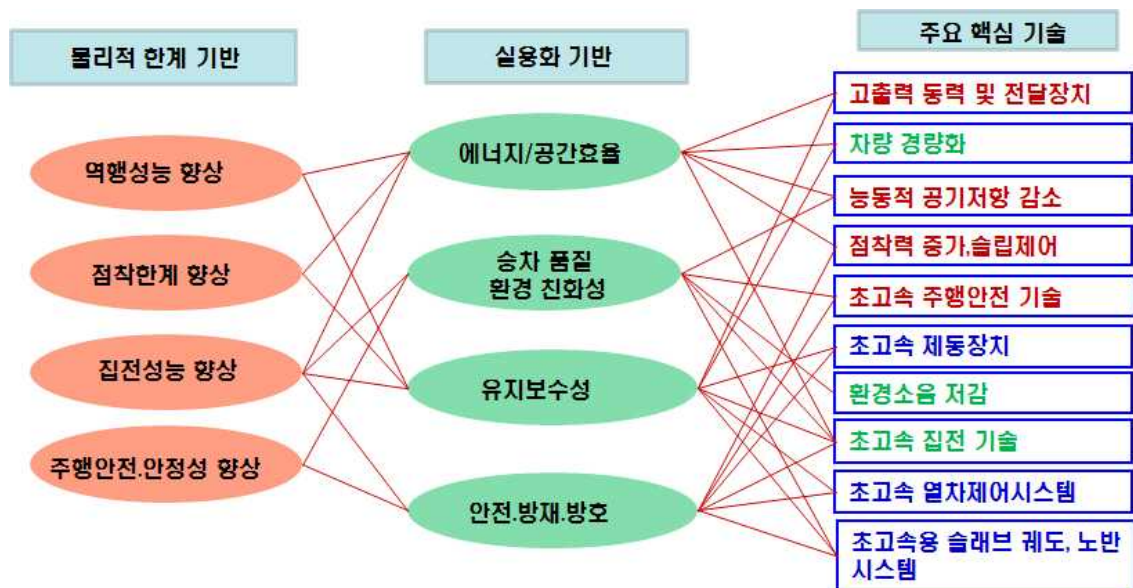


그림 2-23 고속철도 속도향상 핵심 소요기술

가. 핵심 소요기술 내용

(1) 능동형 공기저항 저감기술

고속열차 주위의 공기유동을 제어하여 열차의 공기저항을 획기적으로 감소시키는 기술로서, 유동의 분출·흡입, 플라즈마 등을 통한 전형적인 능동 유동 제어(Active flow control) 기술과 함께 통상적인 열차 형상에 대하여 부가적으로 적용되는 나노 표면 구조, 후미부 볼텍스 제너레이터, 요철부 페어링, 형상 최적화 기술 등의 반능동·수동 유동 제어 기술도 포함된다.

차륜/레일 방식의 고속철도의 속도를 현재보다 비약적으로 증가시키기 위해서는 고속주행 시 주행저항의 대부분을 차지하는 공기저항을 획기적으로 저감하여야 하며, 현대의 고속철도 차량은 유선형 전두부, 하부를 평평하게 감싼 구조 등을 채용하면서 고전적 철도차량에 비해 공기저항을 크게 줄인 상태이므로 고속열차 공기저항의 획기적 저감을 위해서는 능동형 공기저항 기술의 개발 및 적용이 필요하다.

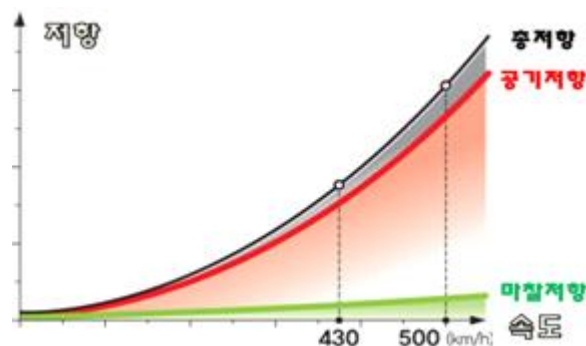


그림 2-24 속도증가에 따른 주행저항 요인



그림 2-25 플라즈마를 이용한 능동형 공기 유동제어의 예

(2) 점착력 증가 및 슬립제어 기술

속도가 증가할수록 차륜과 레일간의 점착력이 급격히 저하되어, 주행저항을 극복하고 열차를 가속하는 데 필요한 추진력을 전달하지 못하고, 슬립이 발생할 가능성이 높아진다. 고속영역에서도 슬립과 슬라이드의 발생빈도를 극소화하여 안정적으로 추진 및 제동력이 전달 될 수 있도록 하는 점착력 증가기술이 핵심기술 중의 하나다. 아울러 제반 환경조건 하에서 슬립이 발생할 경우, 이를 빨리 감지, 재 점착을 유도하는 최적 제어기술도 중요하다.

(3) 주행안정성/ 안전성 향상 기술

차륜-레일 안내방식의 주행장치 특성 상, 동역학적 임계속도(헨팅 발생속도)가 존재하며, 초고속화에 있어 이를 극복하는 것이 중요한 선결 과제이다. 임계속도를 목표속도 이상으로 향상하는 현가장치 최적화 기술, 능동 제어로 고속 안정성을 향상하는 기술이 있으며, 국외의 경우 헨팅 임계속도를 600kph 이상으로 개발한 예가 있으며, 국내에서도 해석 및 실험기술이 발달하여 500kph 이상의 기술개발 역량을 보유하고 있다.

(4) 초고속용 슬래브 궤도 노반 시스템 기술

고속열차의 속도증가에 따라 궤도에 부담되는 활하중도 속도에 비례하여 증가하므로 기존의 자갈궤도에서는 유지보수비가 급격히 증가하고 있다. 초고속에서도 기존 자갈궤도 수준의 비용으로 유지보수가 가능한 초고속용 슬래브 궤도 노반 시스템 기술이 500km/h 급 초고속철도에는 핵심기술 중의 하나이다. 이미 국내에서 자갈궤도를 콘크리트로 급속 전환하는 기술개발을 추진하려 하고 있다.



그림 2-26 자갈궤도에서 슬래브 궤도 전환기술

(5) 집전성능 향상기술

기존의 가선/ 판토틀레프 접촉에 의한 집전방식은 열차속도가 가선의 파동전파속도에 접근하면, 가선이 크게 굽이치고 이선이 많아져 속도향상의 가장 큰 장애요인이 되어왔다. 선 밀도가 낮은 신재료 가선, 능동/ 반능동 판토틀레프 기술을 통한 어느 정도의 속도향상 가능할 것으로 예상되나, 혁신적 속도향상과 접촉방식의 근본적 문제를 해소하기 위해서는 비 접촉식 전력전송기술이 유효하며, 이 기술은 현재 국내에서 개발 중에 있다.

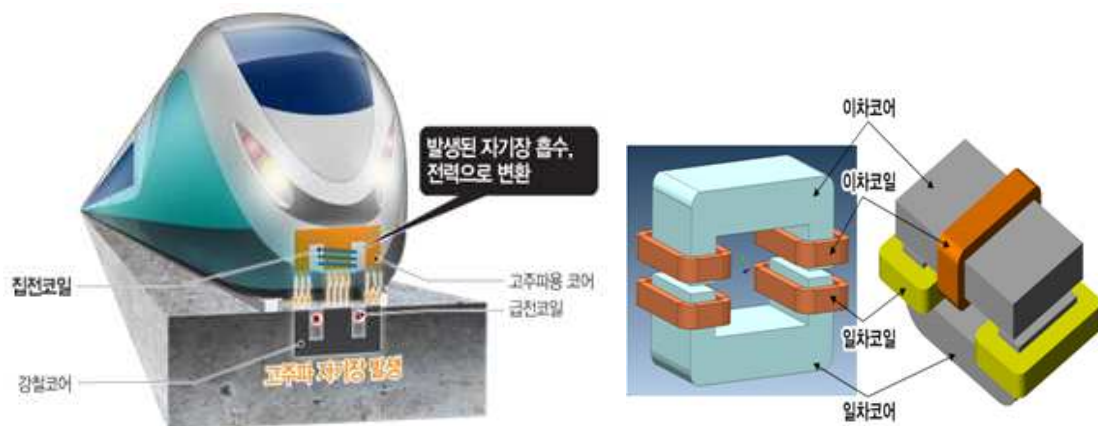


그림 2-27 국내에서 개발 중인 비접촉식 전력전송 시스템 기술

(6) 공력소음 저감설계 기술

고속열차의 속도의 증가에 따라 소음은 더욱 급격히 증가되며, 350 km/h 이상에서는 공력소음이 가장 주요한 소음원으로 알려져 있으므로 공력소음은 초고속 지상운송체의 상업운행에 가장 큰 제약조건이 될 가능성이 높다. 따라서 공력소음을 저감할 수 있는 열차의 형상 설계 및 유동제어를 통한 공력소음 저감 기술은 500km/h급 초고속열차의 상용화에 있어 중요한 핵심기술이다.

(7) 고출력 추진시스템 기술

공기저항, 구름저항, 구배저항, 가속저항 등의 주행저항을 극복할 추진력이 부족하면 속도는 한계점에 도달하게 된다. 차량을 어느 정도로 동력을 증가시키려는가는 비용과 성능의 문제이지만 물리적인 면에서 추진시스템의 단위 동력과 설치공간의 문제가 된다. 따라서 추진시스템 단위 중량당 출력이 높은 고출력 밀도 추진시스템 기술이 초고속화를 하는 데 있어 핵심기술 중의 하나가 된다. 프랑스의 경우 전인전동기 출력밀도가 1kW/kg이며, 국내 KTX산천이 0.73kW/kg, 차세대고속열차는 0.77kg/kW의 수준을 보이고 있어 기술수준은 선진국 대비 70~80% 수준이다.

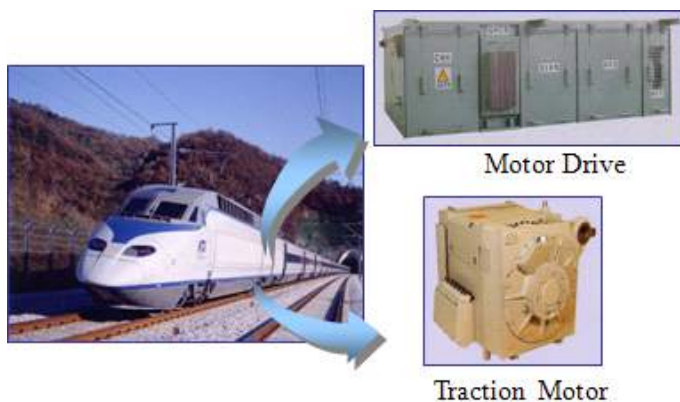


그림 2-28 추진 시스템 구성

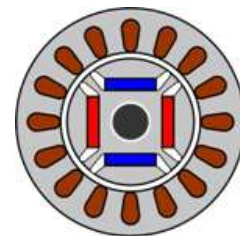


그림 2-29 영구자석형 전동기

(8) 초고속용 제동 기술

기존 제동시스템으로는 500km/h에서 제동 시, 초속도 300인 경우 대비 제동거리 4배 증가되어 안전, 보안의 문제가 예상된다. 따라서 제동거리 단축 및 제동 에너지 분산을 위한 추가적 제동장치 개발 필요하며, 고속에서는 차륜/레일 사이의 점착력이 작아지므로 공력, 전자기력 등을 사용하는 비 점착식 제동기술이 유효하다.

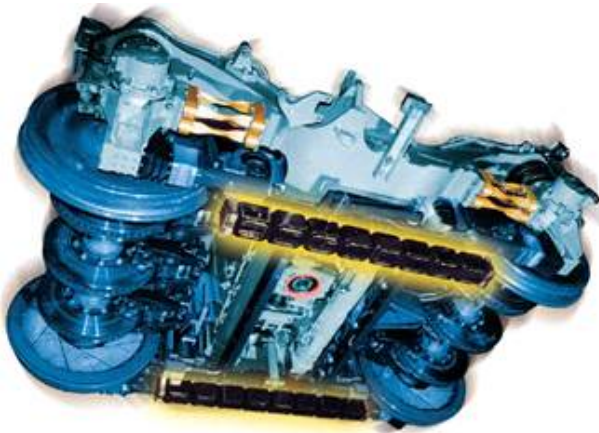


그림 2-30 와전류 제동장치 기술의 예



그림 2-31 공력 활용 제동장치의 예

나. 기술개발투자의 시의성 및 시급성('13년)

○ 철도 선진국들은 고속철도 기술 선점을 위해 글로벌 속도 경쟁이 치열하며, 시장 선점을 위해 공격적 R&D 투자

- 프랑스 2007년 4월 574.8 km/h 시험주행 실시
- 중국 2010년 12월 486.1 km/h 시험주행 실시
- 중국 2011년 12월 500km/h 시제열차 출시

○ 철도의 속도기록은 철도의 시장경쟁력과 기술의 심벌로 의미가 있으며, 우리나라 철도가 국가 신성장 동력으로 산업화하기 위해서, 그리고 세계 일류기술로 부상시키기 위해서는 레일방식 500km/h 속도 돌파가 시급함

○ 현재 시험 운전 중인 차세대 고속철도(HEMU-430X) 차량을 공격적으로 확대 개량하고 능동적 공기저항 감소와 같은 미래 첨단기술을 적용한다면, 단기간 적은 비용으로 500km/h 속도를 낼 수 있어 고속철도의 속도 경쟁에 유리한 고지를 점할 수 있음

○ 정부의 신성장동력과 일자리 창출을 위한 국가 R&D 미션에도 부합

다. 국토해양부 주도의 개발 및 지원 필요성

○ 초고속철도 기술개발을 통해 국가기간산업인 철도산업을 단기간 신성장 동력화하기 위해서는 정부의 전략적 접근 및 집중적 지원이 필요

○ 고속철도는 차량, 신호, 전력, 궤도 등의 시스템이 유기적으로 연계된 대형 복합시스템으로 민간 주도 기술개발에는 한계가 있음

○ 특히 500km/h 수준의 미래지향적이고, 공격적이며 그 파급효과가 산업 전반으로 확대되는 고속철도 연구개발 투자는 국가가 지원하는 것이 타당함

○ 국토해양부가 추진하고 있는 1시간 30분대 고속철도망 구축에 크게 기여할 수 있으며, 철도에 의한 국토통합으로 지역갈등이라는 고질적 사회문제 해소할 수 있음

○ 에너지소비 및 탄소저감에 기여하는 친환경 녹색성장에 가장 부합하는 철도교통 수단의 기술개발 지속적 지원 필요

2.4 기술개발 추진방향

국내외 동향 및 환경 분석, 기술분석을 바탕으로 500km/h급 초고속 철도 핵심기술의 SWOT 분석을 실시하였고, 이를 통해 SO/WO/ST/WT를 아래 표와 같이 파악하였다.

표 2-6 SWOT - SO/ST/WO/WT 전략도출

	강점(S)	약점(W)
	1. 고속철도 개발 및 운영경험 보유 2. 고속철도 연구능력 보유 3. 국내 IT, 조선, 자동차 일류기술 보유	1. 독자적 원천기술 부족 2. 국내 철도시장 규모 작음 3. 철도 부품산업 취약 4. 고속철도 대외신인도 낮음
기회(O)	SO 전략(시너지 창출) 1. 미래첨단 융합기술 접목 2. 국내 고속철 연구성과 연계, 활용으로 단기, 저 예산으로 목표달성 3. 고속철도 후발국에서 선도국으로 약진 발판	WO 전략(보완) 1. 기술 과시 전략으로 대외신인도 개선 2. 글로벌 시장 진출을 궁극적 목표로
위협(T)	ST 전략(위험 최소화) 1. 중국의 약진에 대응, 단기간 기술개발 전략 2. R&D 투자방향의 유동성에 대응 연구기간 최소화	WT 전략(위험 극복) 1. 선 순위 핵심기술 선택과 집중으로 원천기술 확보 주력 2. 본선 500키로 시험운전으로 기술의 완성도 및 신인도 재고 3. 부품고장 등 시운전 기간반영

국내외 동향 및 환경 분석, 기술 분석 등을 바탕으로 Key word와 Issue Tree가 다음 그림과 같이 도출되었다.

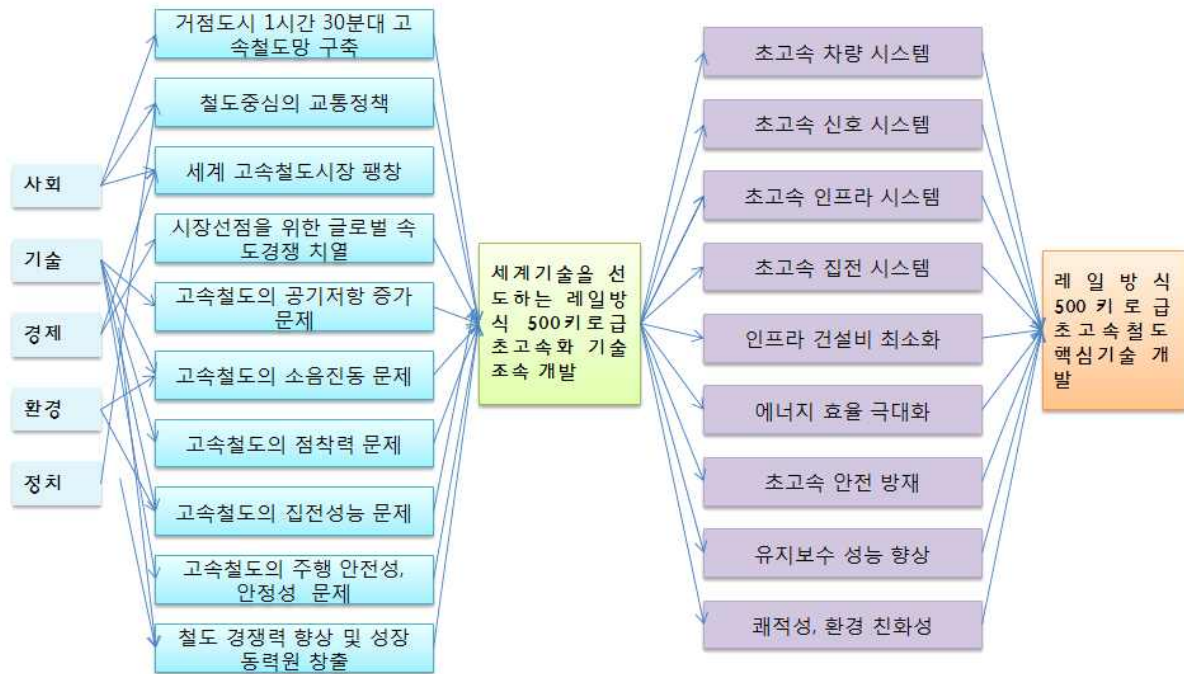


그림 2-32 Issue Tree 도출

레일방식 500km/h급 초고속철도 개발을 위한 미래첨단 융합기술, 즉 항공기 분야에서 개발 중에 있는 플라즈마, 블로잉, 나노코팅 등 능동형 공기저항 저감 기술 응용·개발하여 고속영역에서 주행저항의 90% 이상을 차지하는 공기저항을 혁신적으로 낮추기 위한 능동형 공기저항 감소 기술 개발한다. 또한, 고속으로 갈수록 차륜-레일 간 점착성능 저하로 충분한 견인력이나 제동력을 발휘할 수 없게 됨에 따라, 증 점착재료, 전자기력 응용기술 개발 등을 통해 점착성능의 30% 이상을 향상하기 위한 가볍고, 부피가 작은 고출력밀도 추진 시스템 기술을 적용하여, 효율적으로 초고속에서 필요로 하는 추진력 확보하고자 한다.

G7 사업 이래 국가 중점연구개발 사업으로 추진되어온 고속철도 기술개발사업의 유무형적 성과를 연계, 활용하여 세계 일류수준이 되도록 한다. 특히 한국철도기술연구원을 중심으로 구축된 대형 시험장비를 업그레이드하여 활용한다면, 적은 비용으로 효율적으로 일류기술을 개발 할 수 있을 것이다. 또한, 차세대 고속철도 기술개발 사업의 성과물인 HEMU-430X 시제차량을 개량 활용하고, 400km/h급 고속철도 인프라 시범적용 기술개발사업에서 추진하는 호남선의 400km/h급 시범구간을 활용하여, 단 기간에 적은 예산으로 500km/h의 속도기록을 달성과 실증 시운전을 할 수 있을 것으로 판단된다.

호남 고속철도 선로는 시속 350km/h로 설계, 시공된 구간으로서 차세대고속철도 개발 차량이 400km/h 이상의 속도증속에 대비하여 “400km/h급 인프라 시범적용 기술개발”사업을 통해 TEST-BED구간 내에 인프라보강(전차선, 선형개량) 및 측정센서(선로구축물, 환경소음) 설치가 예정되어 있다. 따라서 500km/h 열차의 시운전은 본 구간에서 수행함으로써 연구의 기간, 비용 및 RISK를 최소화하여 추진 할 수 있을 것으로 판단된다.

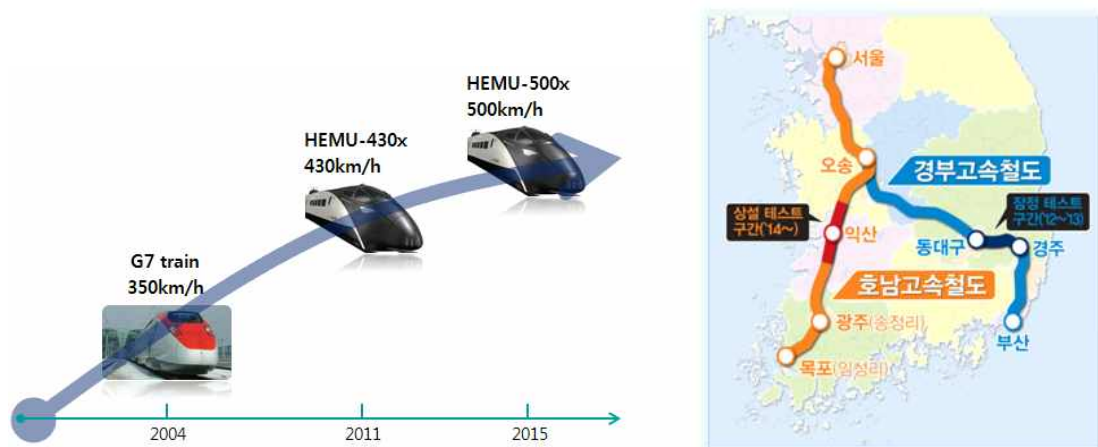


그림 2-33 기술개발 추진전략

또한, 국외 전문가 활용 등을 통한 선진기술 습득 및 연구결과 검증을 위하여 다양한 분야의 전문가 활용하여 연구 성과 해외 홍보를 통해 HEMU 및 국가 브랜드 가치 향상 시키고자 한다. 연구개발의 리스크를 줄일 수 있도록 연구과정에서 전문기술을 보유한 기관을 반드시 참여하도록 하며, 연구신청자는 과다한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구추진의 효율성을 도모할 것이다.

3장. 기술개발 전략 수립

3.1 비전 및 기술발전 시나리오

1) 비전 및 시나리오

- 본 과제에서는 기존철도 네트워크 호환형, 즉 레일방식의 500km/h수준의 초고속철도 기술을 주도하는 “세계 고속철도 강국”이라는 범국가적 비전을 설정하였고 이에 따른 미션, 목표, 전략을 설정하였음
- 정부의 신성장동력과 일자리 창출이라는 국가 R&D 미션에 부응하도록 고속철도의 국부기술화로 임무를 설정하였음
- 연구의 전략적 목표로는 레일방식으로 500km/h 주행을 위해 극복해야할 한계극복 핵심기술의 선도적 개발로 설정하였음
- 연구개발 목표를 달성하기 위한 전략으로는 국내에서 지속적으로 투자되어온 고속철도 기술과 그 성과물, 연구 인프라를 최대한 활용하고, 여기에 능동적 공기저항 감소와 같은 미래 첨단기술을 적용하여, 단기간 적은 비용으로 500km/h 속도 기록을 돌파하는 실증 시험을 통해 국내 토종 고속철도 브랜드인 HEMU의 브랜드 가치와 국가 브랜드 가치를 향상함으로써 세계 고속철도 시장을 선점하는 데 유리한 고지를 점할 수 있도록 수립하였음

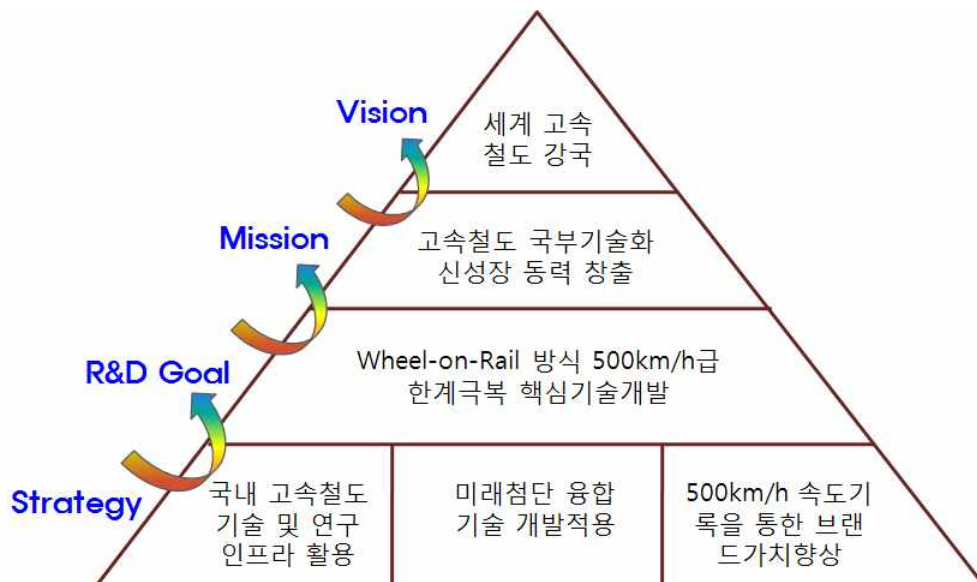
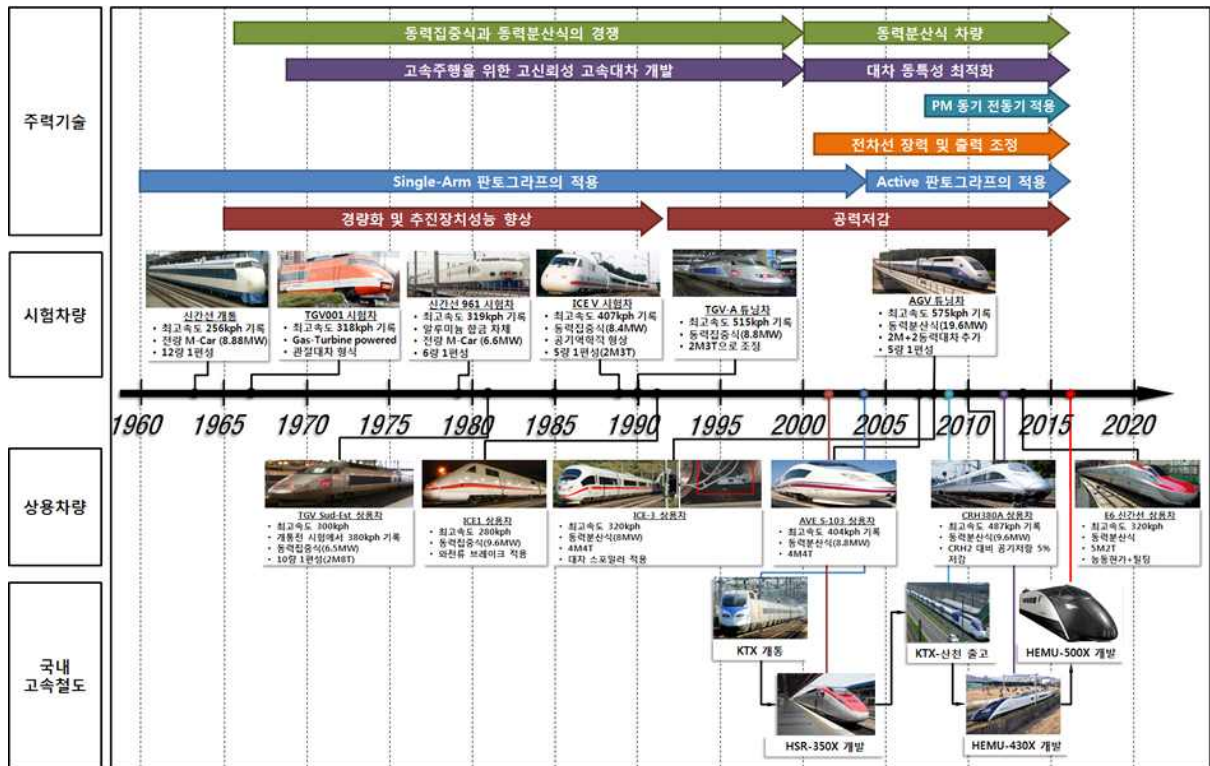


그림 3-1 연구개발 비전 및 목표

○ 기술개발에 따른 미래상

현황 (As-Is)	○ 국내 고속철도 브랜드 가치 저평가 - 해외에서는 고속철도 후발국으로 인식 - 연대 순으로 세계 7번째(HSR 350X, 2004년 실증시운전) 고속철도 개발 국가로 기록 (출처: Wikipedia) ○ 현재 국내 고속철도 속도기록은 2004년 12월 수립한 352.4km/h가 최고이며, 상업운전 속도는 KTX 및 KTX 산천의 300km/h 수준 임 ○ HEMU-430X 차세대 고속열차 기술개발사업이 진행 중으로, 년내 430km/h 시험속도 기록을 달성할 것으로 예상되고 있음. ○ 정부는 철도 중심의 교통체계와 주요 거점도시를 1시간 30분대 고속철도 망으로 연결을 중점적으로 추진하고 있어, 보다 빠르고 성능이 좋은 고속열차의 진화가 필요함 ○ 세계 고속철 시장은 연간 약 61조로 성장하고 있으며, 이를 선점하기 위한 글로벌 속도경쟁이 치열함 ○ 프랑스는 2007년 574.8km/h의 속도 기록을 달성하여, 세계 최고의 고속철도 기술 보유국임을 전 세계에 과시한 바 있으며, 중국도 500km/h의 벽을 돌파하기 위해 국가주도로 공격적 R&D 투자를 하고 있음. ○ 전 세계적으로 상용속도는 400km/h 미만으로 운영되고 있으나, 기술의 비약적 발전으로 인해 500km/h 시대가 곧 도래 할 것으로 예상되고 있음
↓	
주요 연구 내용	○ 레일방식 500km/h 한계극복 핵심기술 개발 ○ 핵심기술의 HEMU-500X 시험열차에 적용 ○ 500km/h 실증 실험 및 속도기록 수립
↓	
미래상 (To-Be)	○ 우리나라도 500km/h급의 고속철도 기술 보유국으로 브랜드 가치 향상 ○ 상용화에 근접한 기술개발로써, 영업속도 500에 다른 나라보다 앞서 나갈 수 있음 ○ 우리나라가 명실상부한 교통 강국으로 자리매김함  초고속열차 기술로 우리나라를 1시간대로 연결, 하나의 도시화 4,000년 동안 내려온 지역갈등 해소 세계 일류의 초고속열차 기술로 우리나라는 교통산업(자동차, 조선, 철도) 강국

○ 고속철도 기술의 진화과정 및 기술발전 방향



2) 고속철도 기술개발 미래방향

가. 속도 향상

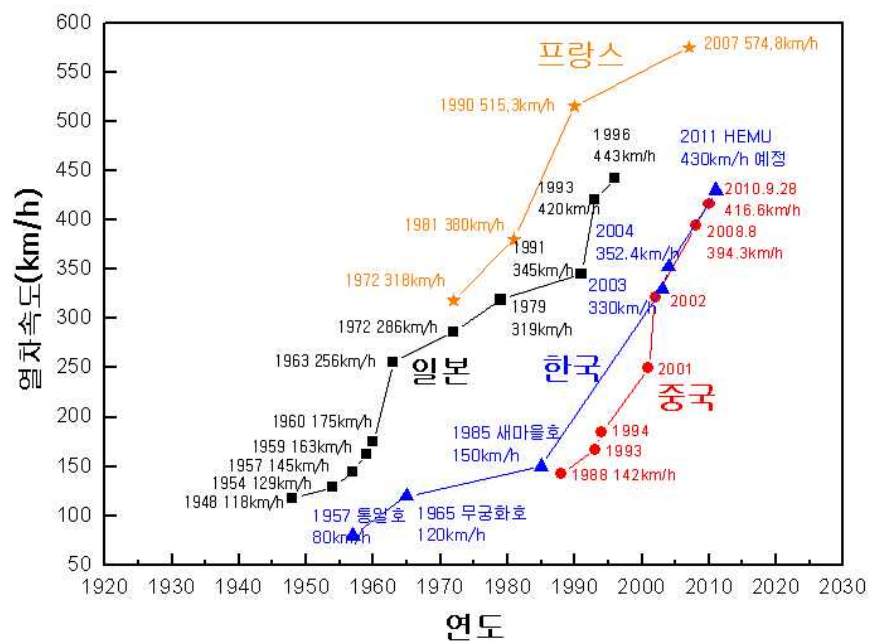


그림 3-2 프랑스 및 한중일 국가별 속도 향상

○ 고속철도 기술개발 방향성에 대해 얘기할 때, 첫번째 화두는 고속철도의 속도 향상

이며, 이는 속도가 승객의 이동수단을 결정하고 교통수단으로서의 경쟁력 및 효율성을 지배하기 때문이다. 위 그림은 각국의 레일 방식 철도의 속도 향상 기록임.

- 250km/h를 처음으로 돌파한 국가는 1963년에 일본이나, 그 이후 속도 향상을 주도해 온 것은 프랑스임. 프랑스는 2007년에 574.8km/h의 세계최고 기록을 수립한 바 있으며, 그림으로 부터 한중일의 420km/h 도달 기록을 보면 일본이 한국과 중국에 비해 약 17년 정도 앞서 있는 것을 알 수 있음. 그러나 중국은 기술력 과시를 통한 시장선점 측면에서 2010년 12월에 상업용 열차로 486.1 km/h 최고속도를 기록한 바 있고, 2011년 12월에는 500km/h급 시제열차를 출시하였으며 여기에는 프랑스의 최고 속도기록을 경신하고자 하는 의도가 있음. 한국도 430km/h급 동력분산식 고속철도 차량 개발을 진행 중에 있으며, 2012년에 430km/h 최고 시험속도 기록을 달성할 전망이며, 내친김에 500km/h 시험속도 기록을 돌파하기 위한 기획이 진행 중임.
- 각국의 고속철도 속도 향상은 승객의 여행시간을 최대한 줄임으로써 타 교통수단과의 경쟁에서 유리한 고지를 점한다는 측면에서 큰 의미가 있음.

나. 수송력 증대

- 다음 그림은 한국, 일본, 프랑스, 중국의 건설이 완료되었거나, 건설 중인 고속철도 노선 연장 및 인구 40만 명 이상의 역 및 역이 위치한 도시의 인구수를 보여주고 있음.

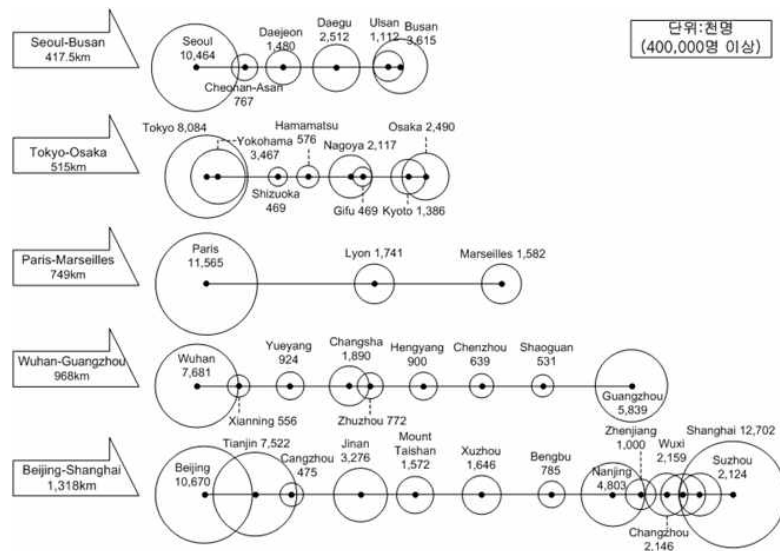


그림 3-3 노선연장 및 인구분포

- 국가별 수송 패턴을 비교해 보면, 한국은 전체 노선연장이 짧고, 역간 거리도 짧으나, 인구는 많은 편이며, 일본도 유사한 패턴을 갖고 있음. 프랑스의 경우, 전체 노선연장이 중간 정도이고, 역간 거리는 길며 인구분포는 적은 것을 알 수 있음. 중국의 경우 노선연장이 길고, 역간 거리도 상대적으로 길며 인구분포는 많은 것을 알 수 있음.

음. 이는 기존의 고속철도 노선연장 및 수송량을 보다 상회하는 새로운 유형의 수송 패턴이 필요하게 되었으며, 즉 고속철도의 고속화와 수송량 증대를 위한 기술개발이 필요하게 되었다는 것을 의미함.

- 이와 같은 수송력 증대 필요성은 다음 그림과 같이 각 국 개발 차량의 편성당 승객 수송인원으로부터 확인할 수 있음. 일본은 많은 승객을 수송하기 위한 대량 수송에 강점이 있는 차량을 많이 개발해 온 것을 알 수 있으며, 한국은 프랑스의 영향으로 대량 수송 측면에서는 부족한 부분이 있음을 보여주고 있으며, 중국의 경우 A타입의 일본 독일 기술 도입 후, B타입 차량 개발 과정에서 속도향상 및 수송력 증대 노력을 꾀하고 있음.

다. 최근 고속철도 건설 기술 개발의 목표

- 최근 고속철도 건설 기술 개발의 목표는 크게 세 가지로 요약할 수 있음.
 - 첫째, 여객과 화물을 분리함으로서 하중 체계를 최적화하여 구조물을 슬림화
 - 둘째, 열차성능 향상 및 선형개선을 통하여 교량과 터널 구조물 비율을 줄임
 - 셋째, 단면저감 및 공기 단축, 신개념 공법 적용으로 구조물 건설 비용을 저감
- 예를 들면, 터널의 내공 단면적 크기는 건설비에 큰 영향을 미치는데 국가별 그 차이는 일본이 약 64, 프랑스 100 중국 100, 경부고속철도 107, 호남 고속철도가 97 제곱미터로 상당히 큰 것을 알 수 있음.
- 물론 영업 최고속도에 차이는 있지만, 일본은 차량 전두부 형상 최적화, 터널 입출구부 후드설계, 전차선 형식 변경 등에 대한 연구를 통하여 속도향상에도 불구하고 터널 단면적을 키우지 않는 터널 단면 최적화에 많은 노력을 기울인 것임.

라. 최근 세계 각국 고속열차 비교

- 최근 세계 각국 개발 차량의 성능을 비교해 보면, 운영최고 속도면에서는 내년에 중국 경호선에 투입예정인 CRH380 타입이 380km/h로 당분간 가장 높은 수준일 것으로 예상되며, 동력 배치 형식으로는 분산식이 주를 이루고 있으며, 일본은 경량화에 강점이 있으며, 프랑스는 다양한 노선 적용이 가능한 차량을 개발하고 있음.

표 3-1 최신 고속열차 성능비교

형식	HEMU-430X	CRH2 300	CRH3	CRH380B	E5	N700	AGV
영업년도	2011년 제작 완료	2008년	2008년	2011년	2011년	2007년	2011년
제작사	현대로템	사방	당산	당산/장춘	JR East	JR Central JR West	알스톰
운영최고속도 (km/h)	370	350	350	380	320	300	300+
최대속도 (km/h)	430	385	394.3	400	360	Tokaido 270 Sanyo 300	360+
동력 배치	분산식	분산식	분산식	분산식	분산식	분산식	분산식
편성길이(m)	197.6	201.4	200	-	253	405	190
차체폭(mm)	3,100	3,380	3,265	-	3,350	3360 차체경사	2,980
차체재료	알루미늄	알루미늄	알루미늄	-	알루미늄	알루미늄	알루미늄 복합재
정원(명)	456	610	557	1,009	731	1,323	446
축중(톤)	13	14	17	17	11.75	10.94	17
견인출력(kW)	9,840	8,200	8,800	-	9,960	17,080	8,640
견인출력/ 차량중량비	23.65	19.8	20.3	-	21.96	19.28	21.18
MT비	6M2T	6M2T	4M4T	8M8T	8M2T	14M2T	6M6T
전압방식	AC25kV 60Hz	AC25kV 50Hz	AC25kV 50Hz	AC25kV 50Hz	AC25kV 50Hz	AC25kV 60Hz	AC25kV 50Hz AC15kV 16 2/3Hz DC 3kV, 1.5kV

마. 고속철도 기술개발 미래 방향

○ 앞의 내용들을 정리해보면, 일본은 수송력 중시 기술개발을, 프랑스는 속도 중시 기술개발을 해 온 것을 알 수 있음. 중국은 이를 혼합한 속도 및 수송력 둘 다를 중시하는 기술 개발을 진행 중이며, 인프라 건설은 각국의 지형 특성에 맞게 한국은 터널이 많은, 프랑스는 토공이 많은 특징이 있음.

표 3-2 각 국별 고속철도 비교

국가 항목	일본	프랑스	중국	한국
기본방향	수송력	속도	속도+수송력	속도
건설 특징 (지형적 특징)	자갈케도(토공) 콘크리트케도 (터널 혹은 교량)	토공	교량-노반 -터널 순	터널
케도 구조 (대량 공장생산, 빠른시공)	무도상케도 (프리캐스트식)	자갈케도	무도상케도 (프리캐스트식)	자갈케도 무도상케도 (현장타설식)
차량 형식	동력분산식	동력집중식 동력분산식 개발 중	동력분산식	동력집중식 동력분산식 개발 중
차량 단면	크다	작다	크다	작다
축중 (대차수 및 경량화)	작다	상대적으로 크 다	혼재	경량화 방향 기술 개발 중
터널단면적	작다	크다	크다	줄이는 방향 기술 개발 중
공력 및 소음대책 (전두부 형상, 터널 후드 설치)	중요 많은 기술 축적	상대적으로 낮 다	상대적으로 낮으나, 최근 중요하게 고려	최근 건설비 저 감을 위해 중요 하게 고려

- 케도구조는 무도상케도 구조가 대세를 이루고 있으며, 그 중에서도 대량 공장생산과 빠른 시공이 장점인 프리캐스트 식 케도가 주류를 이룰 전망이다.
- 차량은 동력 분산식이, 수송력 증대 측면에서 차량단면은 크면서 축중은 작은, 건설비 저감 측면에서 터널 단면적을 작게 하는 기술개발이 중요할 것임.
- 이외에도 고속철도 고속화에 따라 필연적으로 발생하는 소음 문제는 각 국이 해결해야 할 숙제로 남아 있음.
- 현재 세계 각 국은 고속화와 수송력 증대 두 마리 토끼를 잡을 수 있는 기술 개발이 진행되고 있음. 이는 넓은 국토와 많은 인구를 보유하고 있는 중국, 미국, 브라질 등이 고속철도 건설을 시작하면서 필요한 기술이기 때문임.
- 속도향상에 더불어 최고속도로 지속가능성이 높은 기술도 여행시간 단축 측면에서 매우 중요하다. 또한, 동일 수준의 용품을 값싸게 제공할 수 있는 기술, 에너지 효율적인 기술, 대량 수송에 직결되는 무선 통신 기반 열차제어 기술, 경량화를 위한 신소재 기술, 소음저감 등 친환경성 기술, 상호호환 및 표준화를 통한 국제화 관련 규정 개정 등이 중요할 것임.
- 상기와 같은 내용을 포함할 수 있는 자국 고유 브랜드 기술 개발이 서둘러 진행되고 있는 이유임. 이제 고속철도 기술은 서유럽과 동아시아 중심에서 벗어나 전 세계가 필요로 하는 기술로서, 제 1세대인 1960년에서 1990년까지의 고속철도 기술 개발

과정을 지나, 제 2세대인 기술을 주변국에 수출하고 수출된 기술은 각 국 특성에 맞게 진화하는 과정을 거쳐 미래에는 제 3세대인 전 세계화 방향으로 나아갈 것임.

- 제 3세대 고속열차는 90년대 이후 고속화의 한계요인들이 기술혁신(비접촉식 집전 기술, 자갈궤도에서 콘크리트 궤도로의 전환, 항공분야의 능동적 공기저항 저감기술, 신소재 활용 경량화, 영구자석형 고출력밀도 추진장치 등)에 의해 해소되면서 500km/h 이상으로 퀀텀점프(quantum jump)할 수 있는 가능성이 높아지고 있음.

3.2 후보기술 도출

1) 기술의 정의

- 기존 고속철도 네트워크와의 연계 및 호환이 가능한 차륜-레일(wheel on rail) 방식으로 500km/h 이상의 초고속화를 달성하는 데 필요한 핵심원천 기술
- 레일방식 500km/h급 초고속열차 핵심기술
 - 레일방식 500km/h급 초고속열차의 설계, 제작, 시험 및 운영을 위한 제반 기술 중 기존 고속열차기술 대비 질적 또는 양적으로 차별되는 핵심 원천기술로서, ① 주행저항을 극복하고 500km/h에서의 안전한 주행이 가능하도록 하기 위한 물리적 한계 극복 기술과 ② 500km/h에서의 상업운행에 대한 제반 기술적 문제점을 해결하는 실용화 기반 기술로 나눌 수 있음
- 레일방식 500km/h급 초고속열차 핵심기술 - 물리적 한계 극복기술
 - 유선형 형상설계, 페어링 적용 및 공기유동 능동제어 등을 이용하여 기존 고속열차 대비 15% 이상의 공기저항 저감을 실현하는 능동형 공기저항 저감 기술
 - 새로운 점착력 증가 재료 등을 이용, 차륜-레일간 점착한도 증가를 통하여 차륜의 슬립 없이 최고속도에 도달 할 수 있는 점착 성능 향상 기술
 - 500km/h 이상의 가혹한 속도조건에서 열차의 주행 안정성과 안전성을 보장하기 위하여 필요한 제반 기술인 초고속 주행안전 기술
 - 500km/h 이상의 초고속 주행에는 속도 제곱에 비례하여 급증하는 주행저항력을 극복하여야 한다. 이에 필요한 대출력을 효과적이고 안정적으로 확보할 수 있는 추진 장치와 동력전달장치 기술
- 레일방식 500km/h급 초고속열차 핵심기술 - 실용화 기반 극복기술
 - 속도 증가에 따른 유지보수비의 급격한 증가 문제를 해결하기 위하여 기존 자갈궤도 수준의 비용으로 유지보수가 가능한 초고속용 슬래브 궤도 노반 시스템 기술
 - 초고속 주행에 따른 파동전파 한계속도 근접, 이선율 증가 등 제반 문제점을 해결하기 위한 신개념 무접촉 급전시스템 등을 포함한 초고속 집전 기술
 - 500km/h급 운행속도에서 지배적인 소음원인 공력소음을 저감하여 환경소음 기준을 만족하기 위한 공력소음 저감설계 기술
 - 초고속에서 안정적이고 효율적인 제동이 가능한 초고속 제동장치 기술

2) 핵심 후보 기술

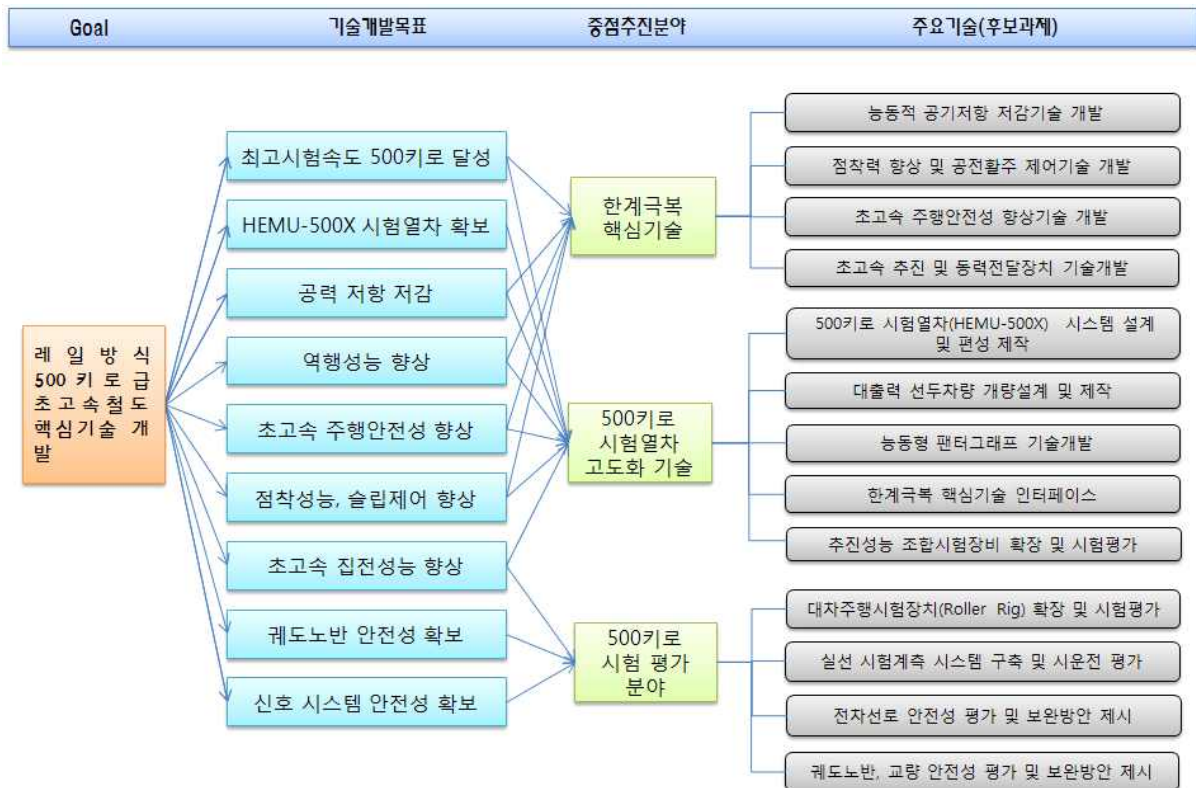


그림 3-4 핵심 후보기술 도출

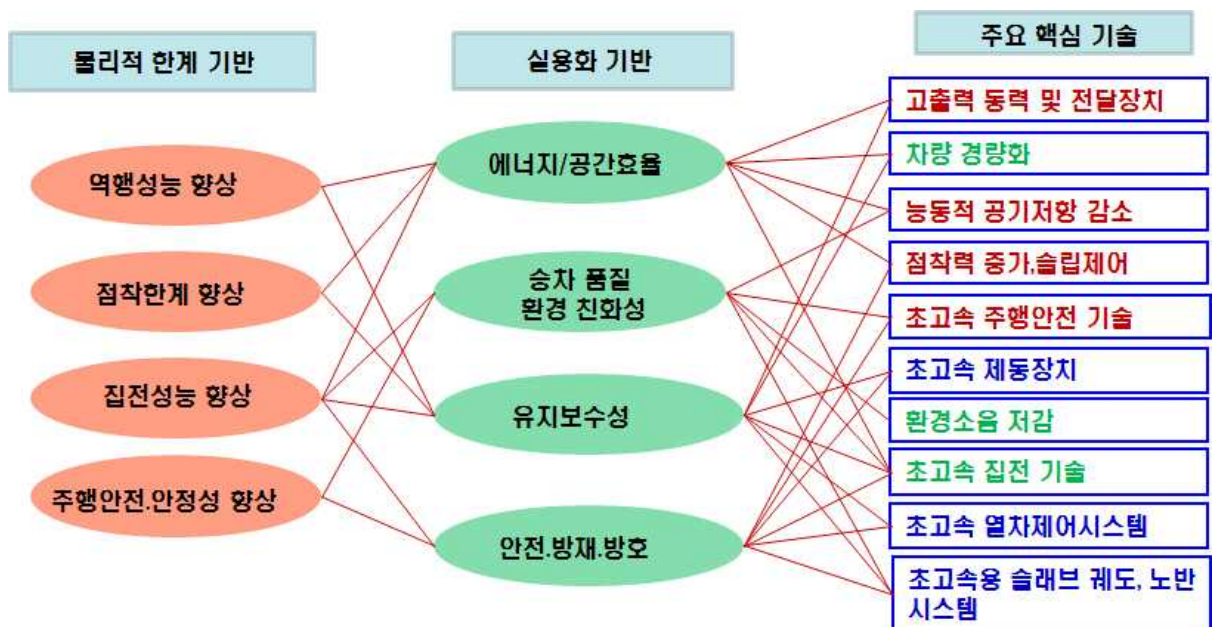


그림 3-5 핵심 후보 기술의 상관 관계

표 3-3 핵심후보 기술명 및 정의

연번	후보 기술명	후보 기술 정의
1	능동형 공기저항 저감 기술개발	고속주행 시 주행저항의 대부분을 차지하는 공기저항을 능동적 유동제어 등을 이용하여 획기적으로 저감하는 기술
2	점착력 증가 및 슬립 제어 기술	고속영역에서도 슬립과 슬라이드의 발생빈도를 극소화하여 안정적으로 추진 및 제동력이 전달 될 수 있도록 하는 점착력 증가기술과 슬립 발생시 추진/제동력의 손실을 최소화하도록 재 점착을 유도하는 최적 제어기술
3	주행안정성/ 안전성 향상 기술	차륜-레일 안내방식의 동역학적 임계속도를 향상하고, 탈선에 대한 안전성을 확보하는 기술
4	초고속용 궤도 노반 시스템 기술	초고속 주행 시 궤도에 부담되는 활하중을 지지하고, 궤도의 왜란을 최소화시키며, 유지보수비용을 저감할 수 있는 콘크리트 궤도화 기술
5	집전성능 향상기술	파동 전파속도에 의한 속도 제한, 아크 발생 등의 문제를 해소할 수 있는 비접촉 방식과 같은 전력공급 방식 기술
6	고출력 추진장치 및 동력전달장치 기술	초고속 운행의 대 출력을 현실성 있게 확보하는 데 필요한 단위 중량, 부피당 출력이 높은 고출력 밀도 추진시스템 기술
7	초고속용 제동 기술	초고속 운행의 안전성을 확보하기 위해서는 기존 제동기술에 공력, 전자기력 등을 응용한 비 점착식 제동기술을 추가하여야 함

3.3 후보기술 우선순위 선정

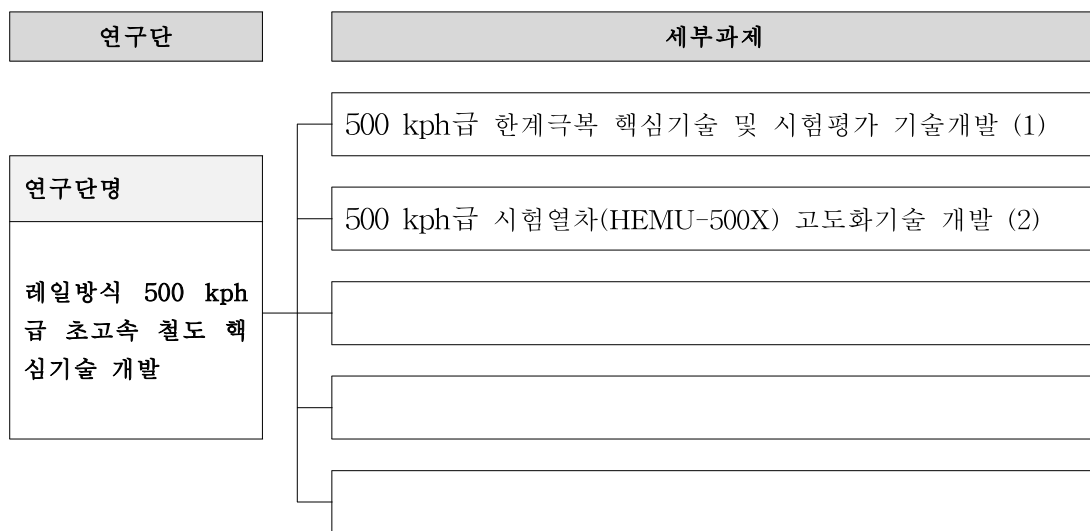
핵심 후보기술 또는 과제의 선정 기준은 다음과 같이 설정하였음.

- 1) 본 연구사업의 성격 상 레일방식 500km/h급 초고속을 주행하는 데 우선적으로 필요한 물리적, 기술적 한계를 극복하는 기술
 - 유선형 형상설계, 페어링 적용 및 공기유동 능동제어 등을 이용하여 기존 고속열차 대비 15% 이상의 공기저항 저감을 실현하는 능동형 공기저항 저감 기술
 - 새로운 점착력 증가 재료 등을 이용, 차륜-레일간 점착한도 증가를 통하여 차륜의 슬립 없이 최고속도에 도달 할 수 있는 점착 성능 향상 기술
 - 500km/h 이상의 속도에서 고속열차의 주행 안전성을 확보하기 위하여 필요한 제반 기술인 초고속 주행안전 기술
 - 500km/h 이상의 초고속 주행에는 속도 제곱에 비례하여 급증하는 주행저항력을 극복하여야 한다. 이에 필요한 대출력을 효과적이고 안정적으로 확보할 수 있는 추진장치와 동력전달장치 기술
- 2) 실용화에 소요되는 핵심기술은 후순위로 해서 차후에 실용화 기반 사업에서 개발하는 것으로 함.
- 3) 다른 국가 R&D 사업에서 개발 중이거나 개발 계획인 부분은 중복성 측면에서 배제하고, 차후 실용화 기반 사업에서 타 과제 개발 기술을 활용하는 것으로 함.

3.4 과제 연구수행 체계 및 후보과제 과제카드

본 과제는 예산 규모 상 연구단 과제에 해당하며, 과제의 구성은 한계극복 핵심 후보 기술 개발과 이 기술의 검증에 필요한 시험평가 내용을 한 개의 세부과제로 편성하였고, 이 핵심기술을 탑재하여 시험할 수 있는 HEMU-500X 시험열차를 획득하는 과제를 또 하나의 세부과제로 편성하였다.

핵심기술이 차량 시스템과 밀접하게 상호 연계되고, 이 기술을 접목하여 시험평가하기 위한 부분에 더 많은 예산과 인력이 필요하기 때문에 후보 기술군을 후보 과제로 일대일로 매칭하지 않았다.



1. 과제명	레일방식 500 kph(HEMU-500X)급 초고속철도 핵심기술개발
2. 연구 개발 목표	레일방식의 500km/h 속도한계를 극복하기 위한 핵심 소요기술 개발과 HEMU-500X 시험열차를 통한 실증시험 및 평가 - 최고속도 500km/h 의 고속 주행안정성 확보 기술개발 (헌팅 임계속도 500km/h 이상) - HEMU-430X 대비 15% 이상 공기저항을 저감하는 기술개발 500km/h 속도역에서의 안정적 점착력 확보 기술개발 (우천, 건조 조건 미적용 시 대비 10~30% 점착한도 향상) - 최고속도 500km/h, 15MW이상(6량 편성기준) 대출력 추진장치와 동력전달장치 기술개발
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	해외 고속철도시장은 연간 약 61조원 (2011 UIC) 규모이며, 매년 약 2만 km 씩 증설되고 있으며, 고속철도 시장에서 기업 간, 국가 간의 경쟁은 더욱 치열해질 것으로 예상됨. <국내 기술개발 동향> ○ 2004년 4월 프랑스로부터 KTX 도입하여 경부고속철도 개통됨. KTX는 프랑스 고속열차인 2세대 TGV-A 차량을 한국의 운행여건에 맞게 변경 설계된 것임

	○ 1996년 12월부터 2007년 10월까지 KTX 성능을 기반으로 만든 한국형 고속열차기술개발사업(HSR-350X)을 수행하였으며, 2004년 12월 시험 최고속도 352.4 km/h를 기록한 바 있음 ○ 동력 집중식의 HSR-350X의 성공에 고무되어, 최고속도 430km/h 동력 분산식 고속철도 시스템 HEMU-430X 개발사업이 2007년 7월 시작하여 진행 중에 있음 ○ 고속철도의 속도향상과 관련하여 인프라의 안정성확보를 위하여 400km/h급 고속철도 인프라 시범적용 사업이 2010년 12월 시작하여 2014년 10월까지 4개년 계획으로 추진되고 있음 <국외 기술개발 동향> ○ 프랑스, 일본, 중국 등은 고속철도 세계시장 선점을 위해 공격적 R&D 투자 중이며, 프랑스와 중국은 기술 과시를 통한 세계최고 기술 보유국임을 경쟁하고 있음 ○ 프랑스는 TGV140, V150 시험 프로그램을 통해 515.3km/h(1990년), 574.8km/h(2007년 4월)의 철도 속도기록을 달성함으로써 세계 최고기술 보유국임을 과시함 ○ 일본은 STAR21, FASTECH360 기술개발사업을 통해 지속적인 고속철도 성능향상 연구를 진행해 왔으며, 속도기록은 1993년에 425 km/h를 수립한 바 있음 ○ 중국은 봄바디아, 지멘스, 가와사키, 알스톰사로부터 다양한 고속철을 도입하여 중국화 하였으며, 2010년 CRH380AL 상업열차로 486.1 km/h 속도를 달성한 바 있으며, 정부 지원의 고속철 개발 프로젝트를 통해 500km/h의 시험열차를 2012년말에 출시하여 시험을 추진 중에 있음
4. 기존기술 활용방안	○ G7 사업 이래 국가 중점연구개발 사업으로 추진되어온 고속철도 기술개발사업의 유무형적 성과를 연계, 활용함. 특히 한국철도기술연구원을 중심으로 구축된 대형 시험장비를 업그레이드하여 활용 ○ 현재 시험운전 중인 차세대 고속철도(HEMU-430X) 차량과 관련 기술을 직간접적으로 연계 활용하고 400km/h급 고속철도 인프라 시범적용 사업의 시범노선을 시운전 구간으로 활용
5. 기술개발 필요성	○ 세계 고속철도 시장의 확대 대응 - 환경, 에너지 문제 해소를 위한 철도중심 Modal Shift - 철도시장은 연간 4.5% 성장, 2015년 250조 거대시장 형성 예상 - 고속철도 시장규모는 연간 약 61조 규모로 추정됨 (2011 UIC) ○ 거대 시장 석권을 위한 치열한 속도 경쟁 대응 - 중국의 공격적 마케팅에 조속 대응 (500키로 시험열차 출시 및 575시험) - HEMU 의 브랜드 가치 500키로대로 향상 필요 ○ 국가정책방향에 부응하여 국부기술 창출 - 철도중심 교통체계, 전국 주요거점 통근시간대 연결 단일 도시권화 - 철도산업을 수출위주 한국경제의 성장동력원으로 육성 ○ 500km/h급 철도의 가시화에 대응한 일류기술 선점 - 기술혁신으로 고속화 한계요인 해소, 쿼터점프 가능성 높음 - 선제적 기술개발로 고속철 일류 국가로 도약 기회
6. 주요연구 개발내용	○ 한계극복 핵심기술 (공기저항 저감기술) 개발 ○ 한계극복 핵심기술 (점착력 향상기술) 개발 ○ 한계극복 핵심기술 (초고속 주행장치 안정성기술) 개발 ○ 한계극복 핵심기술 (대출력 추진장치 및 동력전달장치 기술) 개발 ○ 핵심기술 검증을 위한 실험장비 확장 및 시험 평가 ○ HEMU-500X 시험열차 개량 확보 - HEMU-430X를 확대 개량 설계 및 해석 검증 - HEMU-500X 시험열차 개조 및 편성조립 - 한계극복 핵심장치 인터페이스 및 장착

	○ HEMU-500X 시험열차 완성차 및 구내 시험 ○ HEMU-500X 시험열차 시험선 시운전 및 평가					
7. 정부지원의 타당성	○ 국가기간산업인 철도산업을 단기간 신성장 동력화하기 위해서는 세계일류 기술개발에 정부의 집중적 지원이 필요 ○ 년 61조의 세계 고속철 시장 선점을 위한 글로벌 속도 경쟁이 치열하며, 특히 후발국인 중국은 이미 500km/h급 시제열차를 출시하는 등 국가주도의 공격적 R&D 투자를 하고 있어 이에 대한 시급한 대응 필요 ○ 국가가 추진하는 고속철도망 구축을 통한 국토통합 실현으로 지역갈등이라는 고질적 사회 문제 해소에 기여					
8. 기술 확보 전략	○ 한국형 고속철도, 차세대 고속철도 기술개발 사업 등 국가 연구개발 사업으로 추진되어온 관련 사업의 유 무형적 성과를 연계, 활용 ○ 국가에서 지원 구축된 철도 전용 대형 시험장비를 속도 업그레이드하여 활용 ○ 차세대 고속철도 기술개발 사업의 성과물인 HEMU-430X 시제차량을 개량 활용 ○ 400km/h급 고속철도 인프라 시범적용 기술개발사업에서 추진하는 호남선의 시범구간을 시험운전 구간으로 활용함 ○ 국외 전문가 활용 등을 통한 선진기술 습득 및 연구결과 검증을 위하여 다양한 분야의 전문가 활용 ○ 연구성과 해외 홍보를 통해 HEMU 및 국가 브랜드 가치 향상					
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물		○ 한계극복 핵심장치 설계사양서 및 도면 ○ 한계극복 핵심장치 시제품 ○ 핵심장치 실험실 성능 시험 결과 보고서 ○ 시험선 구간 최고속도 시험결과 보고서 ○ HEMU-500X 시험열차 기술자료 및 도면 ○ HEMU-500X 시험열차 편성			
	활용방안		본 과제의 성과물인 한계극복 핵심장치 및 HEMU-500X 시험열차는 후속 실용화 사업, 핵심 부품 국산화 개발사업 등 고속철도 관련 국가 R&D 과제의 시제품으로 활용될 수 있을 것으로 예상됨			
10. 연구개발 과제의 규모	구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도
	연차별 연구비 (백만원)	정부	6,000	10,000	8,000	4,000
		민간 (추정)	990	1,980	1,650	330
	합 계		6,990	11,980	7,650	4,330
	총 연구비 (백만원)	정부	28,000		총 연구기간	4 년
		민간	4,950			
총합계		32,950		연도별 평균소요인력	30 명	
11. 기대효과 및 파급효과	1) 경제적 측면 ○ 연간 61조원 규모의 세계 고속철도 시장 선점 ○ 고속철도의 강국 국가이미지 강화 및 국내 고속철도 500키로급 브랜드 화를 통한 세계 고속철도시장 점유율 확대 기대 ○ 고속철도산업의 국부기술화 및 국가 신성장 동력화 (글로벌 시장 6% 점유 가정, 생산 유발효과 3.7조원 예상)					

	(2) 기술적 측면 ○ 거대한 세계고속철 시장을 장악할 수 있는 국부기술 창출 ○ 레일방식의 한계를 극복하여, 500키로 속도대로 퀀텀 점프 토대 마련 ○ 미래형 기술로 자동차, 조선 등의 타 산업으로의 확대 기여 (3) 사회적 측면 ○ 더 빠른 고속철도망으로 전국을 연결, 하나의 도시권으로 통합함으로써, 고질적 지역갈등 문제 해소 ○ 중국 및 유라시아로 뻗어나가는 대륙 철도망의 기종점 역할 확보 ○ 고속철도 기술 강국으로 국가 브랜드 가치 향상
--	---

3.5 연구개발 로드맵

세계 철도시장을 놓고 무한기술경쟁상황 하에 있는 철도산업의 여건을 고려하여, 가능한 한 빠른 시간에 목표를 달성하여야 한다. 또한 병행 추진되는 연관 연구개발 사업 및 호남고속철도 건설일정과의 맥을 같이 하여야만 했다. 따라서 3년, 4년, 5년 대안과 핵심기술을 1단계로 먼저 개발하고, 시험운전을 2단계로 추진하는 단계별 추진방안을 놓고 다각도로 검토하였고, 산학연 전문가 자문회의를 통해 의견을 수렴하여 최종적으로 4년 추진방안이 가장 효율적인 것으로 판단하였다.

3년 추진대안은 핵심기술개발과 이를 장착할 HEMU-500X를 개량 조립하고 시운전까지 하기에 무리한 일정으로 판단하였고, 5년 추진대안과 단계별 추진대안은 기간이 길어져 시의성을 잃게 되고, 예산의 증가로 비효율적으로 판단하여 배제되었다.

4년 추진대안은 도전적인 핵심기술 개발의 시행착오를 어느 정도 흡수할 수 있고, HEMU-500X 구성에 필요한 관련 사업과의 인수시점이 잘 맞아떨어지는 장점이 있다. 또한 500키로 본선 시운전 기간을 충분히 확보할 수 있어 안전하게 단계별로 증속을 할 수 있어 목표의 달성 가능성이 높다고 할 수 있다.

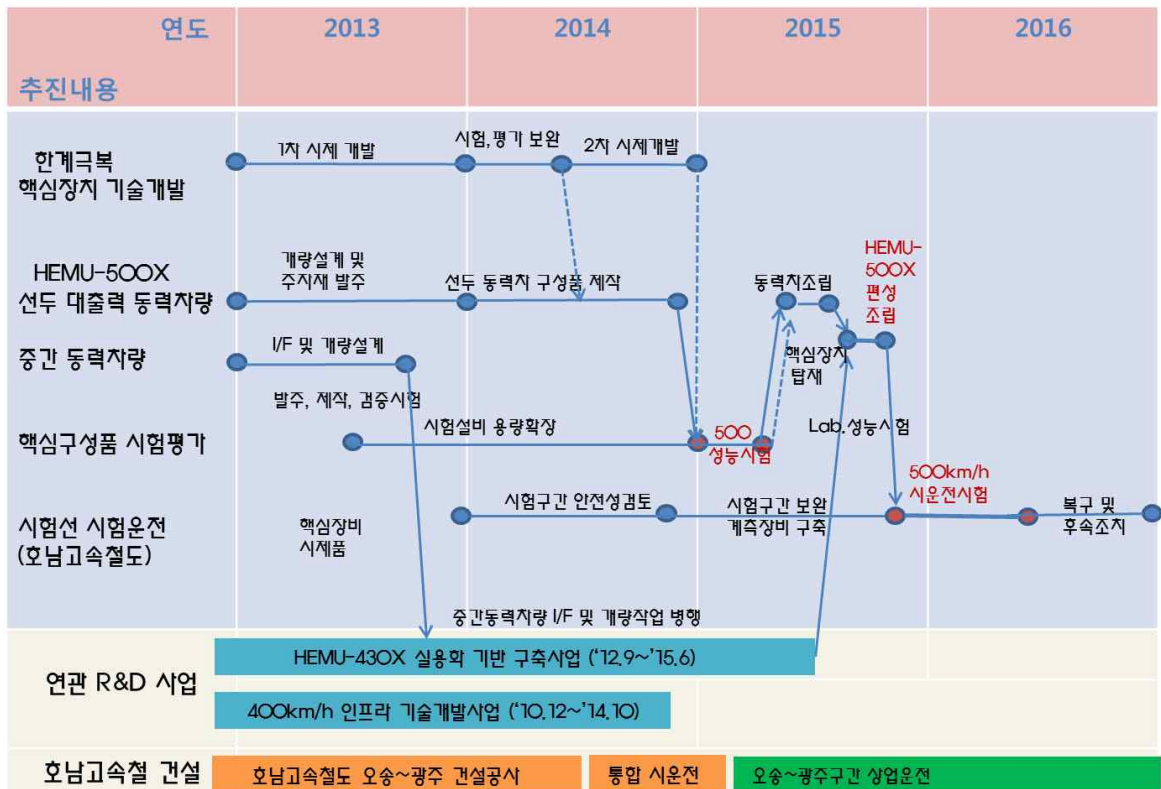


그림 3-6 연구개발 로드맵

4장. 연구 목표 및 범위

4.1 목표, 연구범위

(1) 최종목표

레일방식의 500km/h 속도한계를 극복하기 위한 핵심기술 개발과 HEMU-500X 시험열차를 통한 실증시험 및 평가

- 최고 속도 500km/h 이상 안정성, 안전성 확보
- 공기저항 감소: HEMU-430X 대비 15% 이상
- 500km/h 속도역에서의 안정적 점착성능 확보
- 최고속도 500km/h 의 대출력 추진장치와 동력전달장치 기술개발

(2) 연구범위

- 레일방식 500km/h 주행을 위해 우선적으로 극복해야할 물리적, 기술적 한계기술 개발
- 기존 HEMU-430X 시제열차에 한계극복 기술의 접목, 속도향상 개량을 통해 HEMU-500X 시제열차로 확장
- 실험실 레벨, 시험선 레벨의 시험과 평가를 통한 기술 검증 및 500km/h 이상의 속도 기록 달성

4.2 연구내용

(1) 1세부과제 : 500 kph급 한계극복 핵심기술 및 시험평가 기술 개발

- 한계극복 핵심기술(공기저항 저감기술) 개발
- 한계극복 핵심기술(점착력 향상기술) 개발
- 한계극복 핵심기술(초고속 주행장치 안정성 향상기술) 개발
- 과제 총괄 및 시스템 엔지니어링
 - HEMU-500X 시스템 개념설계, 요구사항 정의
 - 핵심장치, 차량시스템, 시험선로간 인터페이스 조정 관리
 - 사업 일정 및 위험도 관리
- 핵심기술 검증을 위한 장비 확장 및 시험평가
 - 추진성능 시험장비 속도 업그레이드
 - 대차 주행시험장치(Roller rig) 속도 업그레이드
 - 기타 실험실 검증 차원의 시험장비 속도 업그레이드
 - 선두 동력차 추진장치의 조합 성능 시험 및 평가
 - 주행장치의 고속 주행안정성 시험 및 평가
- 최고속도 시험구간 선정 및 안전성 평가/ 보강

- 최고속도 시험 구간 분석 및 선정
- 최고속도 시험을 위한 하부구조, 전차선 안전성 평가 및 보강
- 500km/h 실선로 시험운전 및 평가
- 후속 500키로 실용화기반 극복기술개발 기획

(2) 2세부과제 : 500 kph급 시험열차(HEMU-500X) 고도화 기술 개발

- HEMU-500X 시험열차 확보
 - HEMU-430X를 확대 개량 설계 및 해석 검증
 - HEMU-500X 시험열차 개조 및 편성조립
 - 한계극복 핵심장치 인터페이스 설계 및 장착
- 한계극복 핵심기술(대출력 추진장치 및 동력전달장치 기술) 개발
- HEMU-500X 시험열차 완성차 및 구내 시험
- HEMU-500X 시험열차 유지보수

4.3 연차별 · 단계별 성과목표 및 성과지표

(1) 1세부과제 : 500 kph급 한계극복 핵심기술 및 시험평가 기술 개발

성과목표	성과지표	연차별 목표			
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
500 kph급 한계극복 핵심기술 및 시험평가 기술 개발	공기저항 저감기술 (HEMU-430대비 15%수준 저감)	시제품 설계	시제품 제작	실험실 레벨 성능 시험평가	실선 시운전 평가
	점착력 향상기술 (미적용 대비 20% 수준 향상)	시제품 설계	시제품 제작	실험실 레벨 성능 시험평가	실선 시운전 평가
	주행안정성 향상기술 (500km/h 이상의 주행안정성 확보)	시제품 설계	시제품 제작	실험실 레벨 성능 시험평가	실선 시운전 평가
	핵심기술 실험실 시험평가기술	시험장비 시험속도 500km/h 확장설계	시험장비 시험속도 500km/h 확장, 시험절차 및 기준 수립	500km/h 이상 실험실 시험 및 평가	-
	실선 주행시험 및 평가 기술	종합 시험운전 계획 수립	시험구간 안전성 검토 완료 차상 및 지상 시험계측 시스템 설계	시험구간 보강공사 완료 차상 및 지상 시험계측 시스템 구축	500km/h 이상 실선 주행 시험 및 평가
	연구논문 게재 및 발표	논문게재 2건 논문발표 4건	논문게재 2건 논문발표 4건	논문게재 2건 논문발표 4건	논문게재 2건 논문발표 4건
	지적재산권 출원	출원 3건	출원 3건 등록 1건	출원 3건 등록 2건	등록 3건

(2) 2세부과제 : 500 kph급 시험열차(HEMU-500X) 고도화 기술 개발

성과목표	성과지표	연차별 목표			
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
500 kph급 시험 열차 (HEMU-500X) 고도화 기 술 개발	대출력 추진장치 및 동력전달장 치 기술 (4400 kW/량, 최고속도 500 km/h)	시제품 설계	시제품 제작	실험실 레벨 성능 시험평가	실선 시운전 평가
	HEMU-500X 선두 대출력 동력 차량 2량 제작	시제차량 설계	시제차량 제작	완성차 시험평가	실선 시운전 평가
	HEMU-500X 중간 동력차량 4 량 고도화	HEMU-430X 고 도화 설계	HEMU-430X 고 도화 작업	HEMU-500X 시 험열차 편성 조립	실선 시운전 평가
	연구논문 게재 및 발표	논문게재 1건 논문발표 2건	논문게재 1건 논문발표 2건	논문게재 1건 논문발표 2건	논문게재 1건 논문발표 2건
	지적재산권 출원	출원 2건	출원 2건 등록 1건	출원 2건 등록 1건	등록 2건

5장. 연구목표 달성을 위한 추진방안

5.1 기존 기술·인프라 등의 활용 및 연계 방안

- G7 사업 이래 국가 중점연구개발 사업으로 추진되어온 고속철도 기술개발사업의 유무형적 성과를 연계, 활용.
- 철도 전용 대형시험장비를 업그레이드하여, 500km/h급 핵심기술의 개발, 검증에 활용
- 차세대 고속철도 기술개발 사업의 성과물인 HEMU-430X 시제차량을 개량 활용
- 400km/h급 고속철도 인프라 시범적용 기술개발사업에서 추진하는 호남선의 400km/h급 시범구간을 시험운전 구간으로 활용

가. 연구개발 수행방법

① 고속열차 능동형 공기저항 저감 기술 개발

- 공기저항 평가를 위해 3차원 압축성, 점성 전산유체해석과 축소모형 풍동시험을 수행이 필요하며, 상기 기술의 철도시스템에 특화된 경험 및 노하우는 철도연이 보유하고 있음
- 시험 및 해석을 통해 얻어낸 공기저항은 타행시험을 통한 결과와 비교할 예정이며, 이를 위해 차세대 고속철도사업단이 수행 예정인 HEMU 차량의 시운전시험 결과를 활용할 예정
- 한국항공우주연구원 중형 아음속 풍동 및 KAIST 음향풍동 등 공기저항 및 공력소음 측정 관련 국내 최고 수준의 시험설비를 활용하며 보유 기관과의 적극적인 연구 협력을 추진 예정
- 특히, 공력소음의 소음원에 관한 체계적 연구는 국내 및 철도연의 연구가 거의 전무한 수준이므로 해당 분야 대학 연구실과의 협력을 추진하여 신속한 기술 확보를 달성

② 차륜-레일 접촉성능 향상 기술 개발

- 철도차량의 점착력 원천기술 연구는 국내에서 거의 연구된 적이 없는 분야로서 연구기관이 주도가 되어, 국내 기술 수준을 철도 선진국 수준으로 끌어올려야 함
- 점착계수에 영향을 미치는 인자와 각종 환경조건에서의 점착력 특성 변화는 축소형 시험기를 활용하여 진행하고, 실험 횟수를 최적화하기 위한 실험계획법을 적용함.
- 고속차륜 레일 접촉시험기의 업그레이드(예산별도)를 통해, 500km/h급 초고속 영역에서의 점착력 실험 및 검증 예정임

- 국내 최초의 공력을 통한 능동적 점착력제어 기술 개발은 우선적으로 진행되는 공력제어용 익형을 차량의 운행조건과 대차 주변의 유동특성을 고려하여 항공분야의 전문가의 도움으로 설계를 진행. 일차적인 검증과 성능예측을 위해 전산유체 시뮬레이션을 통해 적합한 익형을 선정하고 이에 대한 풍동실험용 축소모형을 제작함
- 공력제어용 익형과 대차의 조합된 축소모형과 차량하부를 구현하는 실제와 흡사한 경계환경을 만들어 풍동실험을 수행하여 공력특성을 평가 및 분석. 이를 기반으로 일반주행, 가속, 감속 및 고속주행 등에 적합한 익형 제어각을 도출하여 이를 제어시스템과 연동하여 공력을 활용한 능동적 점착력 제어 대차의 축소모형을 보완 제작하여 최종적으로 풍동실험을 통해 제어성능을 평가하고자 함.

나. 연구장비 활용방안

① 고속열차 능동형 공기저항 저감 기술 개발

- 철도연이 보유중인 전산해석 S/W FLUENT v12 및 GAMBIT을 활용하여 전산유체 모델링 및 해석을 수행
- 철도연이 보유중인 전산해석 장비(8 core)를 본 과제에서 보완하여(32 core) 병렬 프로세싱 기법을 이용한 전산유체 해석을 수행
- 철도연이 보유중인 소형 풍동(공력특성 시험장치)를 활용하여 열차 부분모델의 공기저항 측정 실험을 수행
- 실차 모델에 대한 고속의 풍동시험 평가를 위해 중대형 아음속 풍동시험 장비(항공우주연구원, 공군사관학교 보유)를 임차하여 활용

② 차륜-레일 점착성능 향상 기술 개발

- 한국철도기술연구원이 보유하고 있는 축소시험기와 실물크기의 고속 레일-차륜 접촉시험기 활용



그림 5-1 축소형 점착성능 시험기

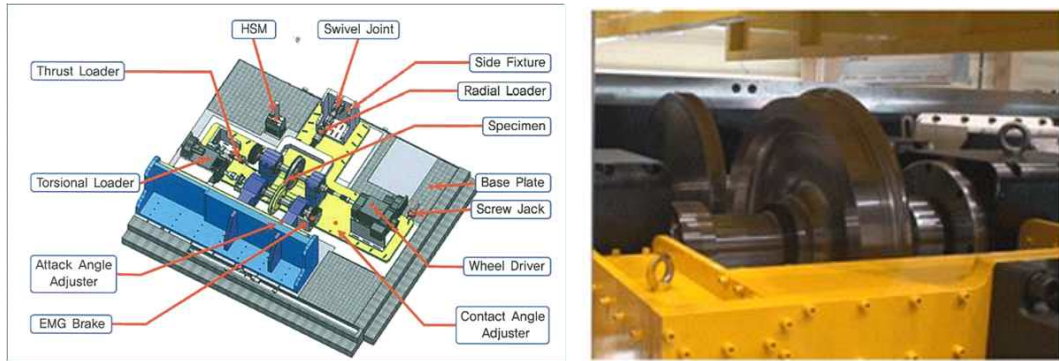


그림 5-2 고속 차륜-레일 접촉 시험기

5.2 연구추진체계

본 연구과제의 성공적인 달성을 위하여 주관연구기관을 중심으로 총 2세부과제로 구성하고, 각 세부과제에 아래에 공동, 위탁과제 기관으로 연구추진 체계를 구축한다.

1세부과제에서는 총괄 및 시스템엔지니어링을 중심으로 HEMU-500X의 개념설계 및 요구사항 정의 등의 내용을 추진함과 동시에 사업일정 및 위험도 등을 관리한다. 또한 다음 3가지 아이টে을 본 사업성공을 위한 핵심기술로 개발하면서, 핵심기술 검증을 위한 장비확장 및 시험평가 기술을 향상시킨다. 그 외, 본 연구과제를 추진하면서 최고속도 시험구간 선정 및 안전성 평가 그리고 시험운전 등을 위한 기획을 수행한다.

○ 한계극복 핵심기술1: 공기저항 저감기술

공기저항 저감 분야에서 평가를 위한 해석, 실험 및 저감기술 개발 전반을 출연연구기관이 주관하되, 공력소음 평가 및 플라즈마 발생장치 등 기초 원천분야는 대학교 등에서 위탁연구로 추진함

공기저항 저감 기술 중 마찰저항과 관련 있는 ‘나노/마이크로 임프린트를 이용한 유선 적합 연구 분야’는 과제 초기에 마찰저항 저감 분야 세계 최고 전문가의 자문을 받아 연구의 타당성 및 방향을 자문 받고 진행하는 것이 필요함

○ 한계극복 핵심기술2: 점착력 향상기술

점착성능 향상 분야에서 점착력 기초기술 및 실용적 점착력 향상기술 등은 출연연구기관이 주관하며, 전자기력 응용 등 기초 원천적 분야는 대학교 등에서 위탁연구로 추진함

○ 한계극복 핵심기술3: 초고속 주행장치 안정성 향상기술

초고속 주행장치 안정성 분야에서 차량적용을 목표로 하는 실용화 중심연구 등은 철도연이 주관하며, 초고속 주행장치 안정성 향상을 위한 기초기술은 대학교 등에서 위탁연구로 추진하여, 추후 실용화 기술로 응용 가능하도록 추진함.

2 세부과제에서는 500kph급 시험열차(HEMU-500X)를 위한 개량기술을 개발한다. HEMU-430X를 바탕으로 500km/h 성공을 위한 고도화 개조 및 편성조립을 하며, 완성된 시험열차에 대해서 구내시험 등을 수행한다. 또한, 추후 진행될 시험열차에 대한 유지보수 계획 등을 기획하고자 한다.

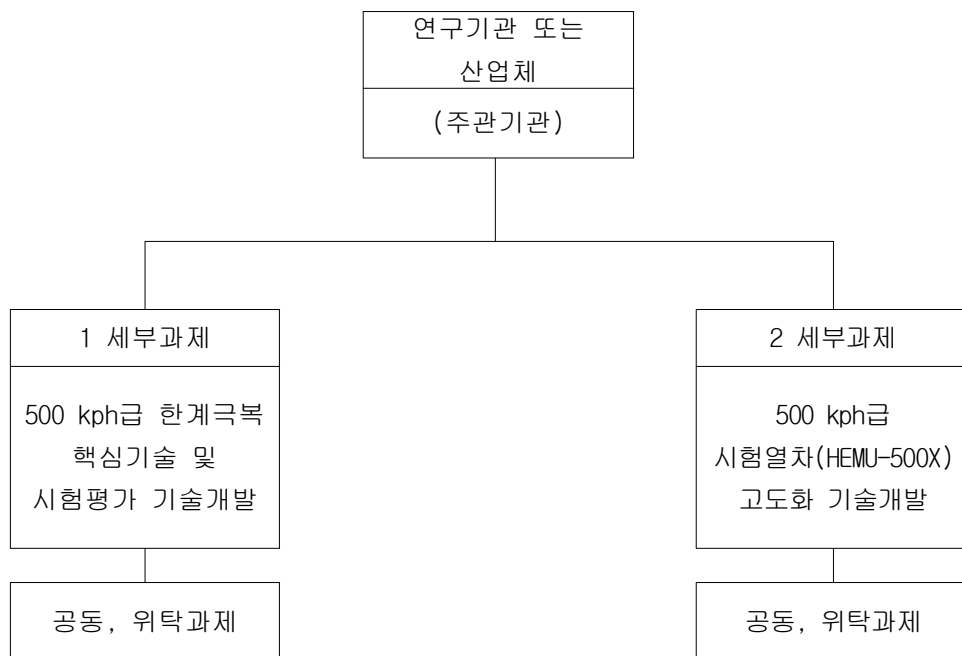




그림 5-3 추진체계도(공기저항 저감 분야)



그림 5-4 추진체계도(점착력 향상 분야)

6장. 연구성과 활용방안 및 실용화 추진방안

레일방식 500km/h급 철도시스템의 핵심기술 개발 사업은 격화되고 있는 고속철도 시장의 기술 경쟁력을 향상시키고, 철도강국으로의 이미지 강화를 위해 추진되는 것이다. 국내 고유브랜드인 HEMU-430X에 핵심기술 접목과 고도화로 단기간에 적은 예산으로 500키로의 속도기록과 기술의 검증으로 500km/h급 실용화에 타 선진국보다 한 걸음 앞서간다는 전략이다. 본 과제의 연구성과에 대한 활용방안을 정리하면 다음과 같다고 할 수 있다.

- 레일방식 세계고속철도 시장(연간 61조 예상)을 선점할 수 있는 고속철도 기술보유국으로의 국가브랜드 가치 확보 및 고속철도의 국제 경쟁력 대폭적 향상으로 고속철 기술의 세계진출에 활용
- 고유가 및 저탄소 교통 체계 전환 대비 교통 체계의 적응력이 강화되고 차세대 친환경 에너지를 이용한 저비용 고효율의 초고속 교통 체계가 구축되어 온실가스 배출 규제 및 원유자원의 고갈에 따른 국가적 교통 대응 능력을 확보에 활용
- 500km/h급 속도기록과 이를 통한 원천기술 확보를 계기로 초고속철도의 설계, 시공 및 성능평가기술 등 철도시스템의 기술력을 확보하여 향후 차량-건설인프라의 패키지 사업화시 유리한 국외진출환경을 조성함.
- 세계최초로 레일방식 500km/h급 실용화를 후속 사업으로 추진할 수 있는 기반으로 활용
- 전국 주요거점을 1시간대 연결이 가능하여 서비스 개선뿐만 아니라 우리나라 교통의 혁신을 이룩하는 데 활용

6.1 성과분석 및 검증방안

성 과 지 표	도출근거	평가(검증)방법
500km/h 고속 주행안정성 기술	초고속 영역의 주행에 있어 안정성과 안전성의 확보가 무엇보다 중요함.	- 주행시험대(Roller Rig) 시험을 통한 동역학적 임계속도 검증 - 500km/h 시험운전조건에서 탈선계수, 횡압 등 측정 평가
공기저항 15% 저감기술	HEMU 열차 기준 500km/h 달성을 위한 견인력 증가 요구량은 52%에서 공기저항 15% 감소 시 30%로 감소	- HEMU-430X 열차 대비 공기저항 저감기술 적용된 HEMU-500X의 공기저항 측정 결과 비교평가
500km/h 안정적 점착성능 확보기술	속도 증가에 따라 점착계수가 저하되는 물리적 특성 상, 차량의 공전, 활주 없이 안정적으로 최고속도에 도달하는 것이 중요함	- 점착성능 향상 수준(미적용 대비 20%이상)을 실험실 레벨에서 검증 - 실선 500km/h 주행시험에서의 공전, 활주 발생 빈도로 평가
대출력 추진장치 및 동력전달장치 기술	초고속 영역의 고속 회전하에서 안정적으로 대출력을 발생, 전달하는 것이 중요함	- 추진성능 시험기, 감속기 시험기 등 실험실 실험을 통해 성능 일차적 성능 검증 - 시험구간에서 500km/h 도달 여부와 안정성 평가
HEMU-500X 시험열차 기술	핵심기술의 완성 및 검증을 위해서는 실제로 시험열차 편성을 제작하여 실선 시험운전을 수행하여 함	- HEMU-500X 시제열차 편성 - 완성차 성능 시험기준 통과여부 - 최고속도 500km/h 달성여부 (안전관련 평가지표 준수여부, 진동 승차감, 소음수준 등은 참고치)
논문발표 및 게재	- 연구결과에 대한 정량적 산출물	- 게재 논문 건수 확인
특허출원/ 등록	- 연구결과에 대한 정량적 산출물	- 출원 내용 및 건수 확인

6.2 실용화 방안

본 사업을 통해 선도국가의 기술공개를 기피하고 있는 500km/h이상의 초고속철도 주행 시험데이터 확보로 초고속철도 설계 및 원천기술을 확보하며, 선진국에서 시도되지 않은 능동형 공기저감 기술 등을 접목하여 차별화된 국내 고유 초고속 철도의 핵심기술을 선도적으로 개발한다.

고유가 및 저탄소 교통 체계 전환 대비 교통 체계의 적응력이 강화되고 차세대 친환경 에너지를 이용한 저비용 고효율의 초고속 교통 체계가 구축되어 온실가스 배출 규제 및 원유자원의 고갈에 따른 국가적 교통 대응 능력을 확보한다. 레일방식 세계고속철도 시장(연간 61조 예상)을 선점할 수 있는 고속철도 기술보유국으로의 국가브랜드 가치 확보하며,

- 최고성능 및 최고효율의 고속철도차량 개발을 위한 공기저항 저감 신기술의 독자적 지적재산권 확보로 기술자립 및 원천기술 수출
- 선진국 대비 기술우위 선점하여, 국산 고속열차 및 시스템기술 수출
- 초고속화 대응 점착능력 향상기술의 선제적 개발로, 세계 고속철도 시장에서의 경쟁우위 확보 기대할 수 있다.

500km/h급 속도기록과 이를 통한 원천기술 확보를 계기로 초고속철도의 설계, 시공 및 성능평가기술 등 철도시스템의 기술력을 확보하여 향후 차량-건설인프라의 패키지 사업화시 유리한 국외진출환경을 조성한다.

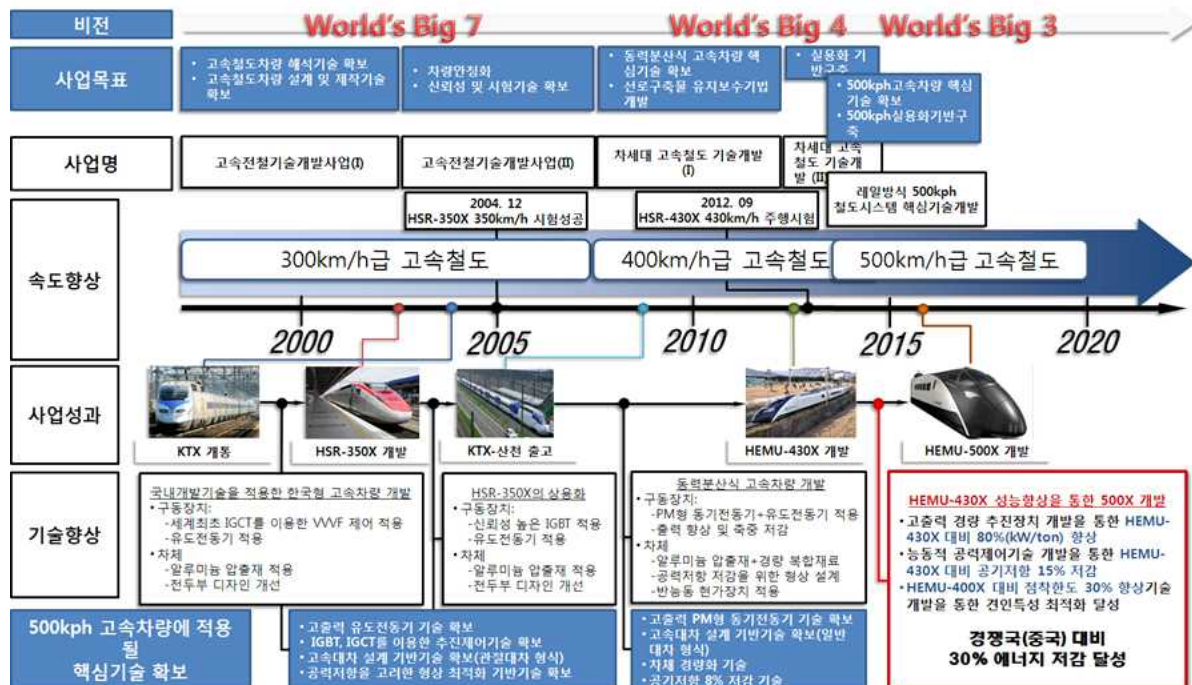


그림 6-1 500km/h 초고속철도기술의 실용화 전략

7장. 인력투입 계획 및 소요예산 산정

7.1 연구일정 및 인력투입계획

레일방식 500km/h 핵심기술 개발사업의 세부과제별 연구내용을 토대로 소요되는 인력을 아래와 같이 산정하였음.

표 7-1 연차별, 연구내용별 인력투입 계획(단위: 명)

연구단 과제	세부과제 및 연구 내용	소요인력				
		1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	계
레일방식 500km/h 급 초고 속 철 도 핵심기술 개발	■ 500kph급 한계극복 핵심기술 및 시험 평가 기술 개발	15	17	16	12	60
	○ 한계극복 핵심기술 (공기저항 저감기 술) 개발	3	3	2	1	
	○ 한계극복 핵심기술(점착력 향상기술) 개발	2	2	2	1	
	○ 한계극복 핵심기술 (초고속 주행장치 안정성 향상기술) 개발	3	2	1	1	
	○ 과제 총괄 및 시스템 엔지니어링	2	2	2	2	
	○ 핵심기술 검증을 위한 장비 확장 및 시험평가	3	3	3		
	○ 최고속도 시험구간 선정 및 안전성 평가/ 보장	2	3	3	2	
	○ 500km/h 실선로 시험운전 및 평가		2	3	5	
	■ 500kph급 시험열차(HEMU-500X) 고도 화 기술 개발	15	17	17	11	60
	○ 한계극복 핵심기술 (대출력 추진장치 및 동력전달장치) 개발	3	3	2	1	
	○ HEMU-500X 시험열차 확보 - HEMU-430X를 확대 개량 설계 및 해석 검증 - HEMU-500X 시험열차 개조 및 편 성조립 - 한계극복 핵심장치 인터페이스 설 계 및 장착	12	13	10	4	
	○ HEMU-500X 시험열차 완성차 및 구 내 시험		1	2	1	
	○ HEMU-500X 시험열차 유지보수			3	5	
	소 계	30	34	3	23	120

7.2 과제별 소요예산

(1) 전체사업 소요예산

레일방식 500km/h 핵심기술 개발사업의 주요한 연구개발은 4종의 한계극복 핵심기술 개발과 6량으로 구성되는 HEMU-500X 시제열차편성의 고도화 설계 및 제작, 시험선의 500키로 시운전 시험 및 평가이다. HEMU-500X는 8장 2절의 시험열차 구성(안)에서 나타낸 바와 같이 양단 선두차량에 대출력을 배치하고, 편성 중간에 소출력을 배치하는 방식이다. 대출력 선두차량 2량은 HEMU-430X 선두차량과 KTX 산천과 동력시스템을 토대로 새롭게 설계 제작되며, 소출력의 편성 중간차량 4량은 HEMU-430X 시제열차의 중간편성을 소폭 개량하여 확보된다. 따라서 이에 소요되는 주요 예산은 대출력 선두차량 2량의 제조비용 량당 약 50억 수준이 소요될 것으로 판단하여 100억원, 한계극복 핵심장치 시제품 개발비 3종 약 30억, 실험실 실험을 위한 장비확장에 약 30억, 시험선 구간 안전성 평가 및 보강에 약 20억, 시험선 시운전 제반비용(계측장비 구축, 보험료, 전기사용료 등) 약 30억 정도로 직접비를 산정하였다. 인건비는 7장 1절의 소요 인력에 직급별 평균단가를 고려하여 약 73억으로 산정하였다. 간접비는 인건비와 직접비의 대략 20%로 계상하여 산출되었고, 주요 소요예산의 추정치는 아래 표와 같다.

표 7-2 주요 소요예산 추정

주요 소요예산	소요예산 추정 (억원)	
	산출 내역	금액
인건비	120 ManYear x 직급별 단가 x 참여율	73.0
직접비	- 대출력 선두차량 제작 50억 x 2량: 100억 (대출력 추진장치 포함) - 핵심장치 시제품 개발 : 30억 (대출력 추진장치 제외) - 실험실 실험장비 확장 및 시험: 27.1억 - 시험선 구간 보강 및 복구: 20억 - 시험선 시운전 시험 및 제반비용: 30억	207.1
간접비	(인건비 + 직접비) x 20%	49.4
합계		329.5

표 7-3 연차별, 세부과제별 소요예산 종합

(단위 : 억원)

구분	1차년		2차년도		3차년		4차년		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
총괄	60		100		80		40		280	49.5
1세부	30		40		30		30		130	
	주관	27	35		25		25		112	
	공동									
	위탁	3	5		5		5		18	
2세부	30	9.9	60	19.8	50	16.5	10	3.3	150	49.5
	주관	21	45		35		4		105	
	공동	6	10		10		4		30	
	위탁	3	5		5		2		15	

(2) 1세부과제 소요예산

표 7-4 1세부과제 연차별 소요예산 산정

(단위 : 억원)

예산 항목	세부 항목	예 산 항 목							비율 (%)
		단가 (연급여)	연평균 인원/참 여율	1차년도 (2013)	2차년도 (2014)	3차년도 (2015)	4차년도 (2016)	소계	
인 건 비	책임 연구원	0.9	4/100	3.6	3.6	3.6	2.7	13.5	
	연구원	0.7	6/100	4.2	5.6	3.5	3.5	16.8	
	연구보조 (박사과정)	0.4	2/100	0.8	0.8	0.8	0.8	3.2	
	연구보조 (석사과정)	0.3	3/100	0.9	0.9	0.9	0.9	3.6	
	소 계			9.5	10.9	8.8	7.9	37.1	28.6
직 접 비	연구장비 재료비			9.6	12.0	5.0	1.5	28.1	
	연구활동비			1.5	4.1	5.2	9.8	20.6	
	연구수당			1.9	2.2	1.8	1.6	7.5	
	소 계			13	18.3	12.0	12.9	56.2	43.2
위탁연구개발비				3.0	5.0	5.0	5.0	18.0	13.8
간접비				4.5	5.8	4.2	4.2	18.7	14.4
합 계				30.0	40.0	30.0	30.0	130.0	100.0

(3) 2세부과제 소요예산

표 7-5 2세부과제 연차별 소요예산 산정

(단위 : 억원)

예산 항목	세부 항목	예 산 항 목							비율 (%)
		단가 (연급여)	연평균 인원/참여율	1차년도 (2013)	2차년도 (2014)	3차년도 (2015)	4차년도 (2016)	소계	
인 건 비	책임 연구원	0.9	4/100	3.6	3.6	3.6	1.8	12.6	
	연구원	0.7	6/100	4.2	5.6	5.6	2.8	18.2	
	연구보조 (박사과정)	0.4	2/100	0.8	0.8	0.8	0	2.4	
	연구보조 (석사과정)	0.3	3/100	0.9	0.9	0.9	0	2.7	
	소 계			9.5	10.9	10.9	4.6	35.9	18.0
직 접 비	연구장비 재료비			16.8	45.0	34.2	3.0	99.0	
	연구활동비			2.6	4.2	4.0	0.9	11.7	
	연구수당			1.9	2.2	2.2	0.9	7.2	
	소 계			21.3	51.4	40.4	4.8	117.9	59.1
위탁연구개발비				3.0	5.0	5.0	2.0	15.0	7.5
간접비				6.1	12.5	10.2	1.9	30.7	15.4
합 계				39.9	79.8	66.5	13.3	199.5	100.0

주1) 과제별 소요예산은 인건비, 직접비, 위탁연구개발비, 간접비로 구분하였으며, 간접비는 인건비와 직접비의 20%로 계상하였음

주2) 2세부과제는 기업의 참여를 원칙으로 하고, 민간부담금은 대기업1개와 중소기업 2개의 참여를 기준으로 25%를 적용하였음

8장. 연구개발 사전 타당성 조사

8.1 정책적 타당성

1. 저탄소 녹색성장 국토해양 추진전략과의 부합

- 2005년 기준으로 지난 15년간 우리나라의 탄소배출량은 2배 이상으로 증가하였으며, 우리나라의 전체 탄소 배출량은 산업분야 52%, 건물 25%, 교통 17%, 기타 6%로 나타남. (출처: 저탄소녹색성장을위한국토해양정책추진전략)
- 환경부는 전 분야를 망라하여 최고 수치에 해당되는 수송 분야 이산화탄소 배출량 감축률을 34.3%로 설정함
- 국토해양부는 “저탄소 녹색국토·해양구현으로 녹색성장 주도”의 비전하에 추진전략을 “저탄소 녹색교통·물류체계로의 전환”으로 수립. 2020년까지 교통 온실가스 배출량(BAU)의 33~37% 감축 계획
- 장거리 교통부문에서 탄소배출량을 감축할 수 있는 가장 효율적인 대안은 철도망 확충을 통한 자동차 교통수요의 철도교통으로의 전환임
- 이에 국토해양부는 『제2차 철도산업발전기본계획(2011~2015)』을 통하여 다음과 같은 목표를 설정하고 추진 중에 있음 (2011.5.30)
 - 수송분담율 제고 (수송 인-km) : 15.9%('08) → 24%('15)
 - 사고감축 (건/백만km) : 0.108건('10) → 0.100 ('15)
 - 기술력 제고 (선진국 대비) : 74% ('09) → 95% ('15)
 - 해외진출 확대 (차량시장 점유율) : 2%('09) → 4%('15)

2. 국가 상위계획과의 부합

- 정부의 녹색성장 비전 및 목표에 부합
 - 정부는 신성장동력과 일자리 창출을 위한 신국가발전 정책으로 녹색기술과 청정에너지 중심의 성장 비전 제시
 - 10대 정책 방향 중 녹색국토 · 교통의 조성 계획 수립. 철도, 자전거 등 녹색교통수단을 활성화하고 대중교통 중심의 녹색교통, 물류체계 구축 계획 수립
 - ※ 철도 여객수송 분담률 : ('09)18%→('20)26%→('50)30%
 - 자전거 교통수단 분담률 : ('08)1.5%→('20)10%→('50)20%
- 국가기간교통망계획 제2차 수정계획(2001~2020)에 부합
 - 철도 고속화를 통해 속도 경쟁력 확보
 - 철도기술개발 및 실용화 촉진을 통한 세계 최고수준의 철도기술 확보
 - 철도산업을 고부가가치 성장동력으로 육성
 - 녹색교통수단 개발을 촉진하여 해외시장 진출 및 성장동력으로 활용

- 자동차·도로 중심에서 녹색성장형 교통체계로의 패러다임 전환에 부합
- 상호 연계되고 국토의 균형발전을 촉진하는 국가종합교통체계 구축
- 21세기 글로벌 교통물류 강국도약을 위한 철도 교통기반시설 확충
- 교통혼잡비용 등 사회·경제적 비용의 감축으로 국가경쟁력 강화
- 제2차 국가철도망 구축계획(2011~2020)과 부합하며 고속화 증진에 기여
 - 전국 주요거점을 고속 KTX망으로 연결
 - 일상 통근시간대인 1시간 30분대로 연결
 - 하나의 도시권으로 통합하는 국가철도망
- 세계 일류 수준의 고속철도기술을 확보는 지속가능한 미래성장 동력산업의 기술기반 확보를 의미하며, 국민의 삶의 질을 향상과 효율적 교통 인프라확대를 추구하는 정부의 목표에 부합됨

3. 사회적 파급효과

- 초고속철도의 주행시험데이터 확보로 초고속철도 설계 및 원천기술을 확보하며 시험경험을 통해 국제적인 철도의 위상제고
- 전 세계적인 고속철도의 신뢰도 향상으로 관련 철도 산업체의 기술발전 유도인한 국가경쟁력 강화와 국가이미지 제고
- 전국 주요거점을 1시간대 연결이 가능하여 서비스 개선뿐만 아니라 우리나라 교통의 혁신을 이룩할 수 있음
 - 접근성의 획기적 개선으로 실질적인 지역균형발전 기대
- 고유가 및 저탄소 교통 체계 전환 대비 교통 체계의 적응력이 강화되고 차세대 친환경 에너지를 이용한 저비용 고효율의 초고속 교통체계가 구축되어 온실가스 배출 규제 및 원유자원의 고갈에 따른 국가적 교통 대응 능력을 확보
- 교통혼잡비용, 교통사고비용 등 사회·경제적 비용의 감축으로 국가경쟁력 강화
- 국가 신 성장 동력을 확보하고, 초고속 이동에 따른 국민의 편익 증진
- 선진 일류국가로 도약하기 위한 국토 가치를 재창출하고 동북아 경제중심국가로서의 국민적 자긍심을 고취하게 됨.
- '10. 9. 1 개최된 이명박 대통령 주재의 '미래 녹색구토 구현을 위한 KTX 고속철도망 구축전략 보고회의'의 국토해양부의 정책방향에 대응을 통해 다음과 같은 효과가 기대됨.
 - 전국 주요 거점을 일상 통근시간대인 1시간 30분대로 연결하여 고속철도 서비스 수혜범위가 인구의 84%, 국토의 82%로 확대됨(2시간대 서비스 범위는 인구의 98%, 국토의 95% 수준)
 - 1일 이용객이 '07년 31만명에서 '25년 77만명으로 증가
 - 연간 사회적 편익 7.5조원, CO2 감축 1164만톤 예상

- 2020년까지 총 230만개(연평균 23만)의 신규 일자리 창출가능
(건설 212만명, 운영 15.5만명, 차량·부품 2.5만명)

8.2 기술적 타당성

○ 능동형 공기저항 저감 기술

- 고속열차의 공기저항은 크게 ① 전두부/후미부 압력저항, ② 팬터그래프 하우징 등 상부 형상, ③ 차간 연결부, ④대차 및 하부 형상 ⑤ 표면 마찰저항 등의 5가지 성분으로 크게 나눌 수 있으며, 각 성분 별로 적합한 공기저항 저감 기술을 개발하여 5 ~ 40%의 공기저항 저감 목표를 달성할 경우 총 공기저항의 15%까지 저감이 가능할 것으로 예상된다. (아래 표 참조)

표 8-1 공기저항 성분 별 적용 기술 및 공기저항 저감 목표

공기저항 성분	기여율 (%)	공기저항 저감 기술		저감 목표 (%)
		반능동·수동형	능동형	
1. 전두부/후미부	15~20	후미부 볼텍스제너레이터	정체영역 날림	10
2. 상부 형상	20~25	매립형 팬토그래프 하우징	-	20
3. 차간 연결부	10~15	연결부 감싼 구조	반능동 공기 페어링	40
4. 대차/하부 형상	20~30	대차 측면 페어링	플라즈마, 흡입 등을 이용한 능동 유동 제어	30
5. 표면 마찰저항	20~25	나노 표면 구조재		5

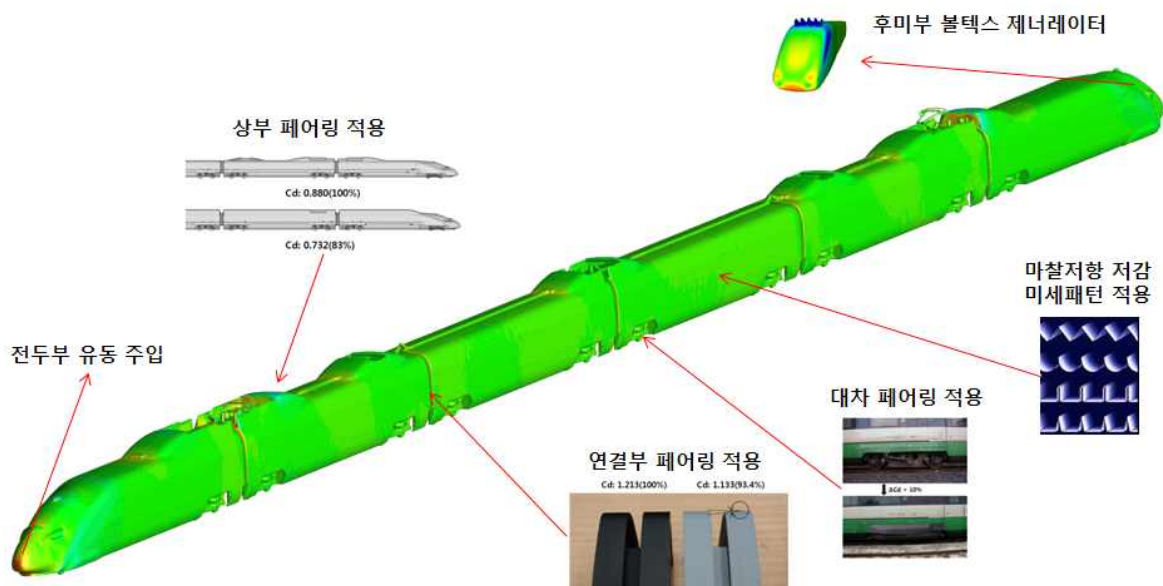


그림 8-1 공기저항 저감기술 적용 예

○ 점착성능 향상 기술

- 점착의 한도를 좌우하는 차륜-레일간 점착계수가 접촉면의 상태, 기후환경, 속도 등 각종 변수에 민감한 속성이 있어, 전 세계적으로 점착한도 기준이 정형화 되어 있지 않고 참고 또는 계획식 수준으로 제시되어 있으며, 각 국가별로 기준이 상이 함.
- 본 검토 에서는 일본 신간선에 적용되었던 점착계수 계획식을 확장하여 500km/h 까지 적용하여 검토 한 것임.

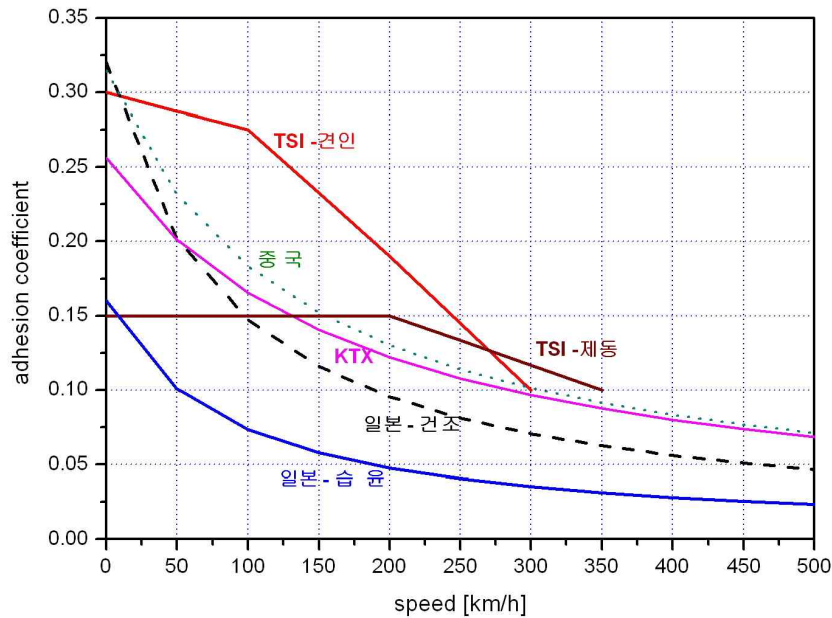


그림 8-2 각 국의 점착계수 계획식 비교

- 이상적 조건에서 편성 중간차량(M차)는 점착의 문제는 없을 것으로 예상되나, 대출력의 선두동력차의 경우에는 건조조건 점착한도 10% 증가, 습윤조건 100% 증가 필요할 것으로 예측됨(표 8-2 참조)
- 증점착 재료 투입 시 마찰계수 약 30% 증가 예상 되며, 이외에 전자기 흡인력 등을 이용한 점착력 향상 기술 개발을 통해 점착 문제를 해소할 수 있을 것임

표 8-2 시험열차 편성안에 대한 점착 한도 검토

시험열차 편성	4M+2PC
열차 견인력 (HEMU M차+ 선두제어차)	15.36 MW (6.56+ 8.80)
축당견인력	M차 : 2.95kN 선두제어차: 7.92kN
축당 수직하중	M차: 14톤 선두제어차: 17톤
500km/h 조건 점착계수	습윤조건 0.023 건조조건 0.046
습윤조건 축당점착한도	M차: 3.26 kN 선두제어차: 3.83 kN
건조조건 축당점착한도	M차: 6.31 kN 선두제어차: 7.66 kN

○ 초고속 주행안전 기술

- KTX 산천 동력차용 주행장치를 기초로 500 km/h 주행가능성 검토를 위하여 VI-Rail 이용 선형 동역학 해석을 수행하였음
- 요 댐퍼를 변경하여 안정성을 상실하는 동역학적 임계속도를 높일 수 있음을 확인하였음.
- 임계속도는 차륜의 유효답면구배(conicity)의 영향을 많이 받기 때문에 신조 차륜/레일의 답면구배 0.025부터 마모가 많이 진행된 0.3까지 해석을 수행하였음
- 결과적으로 요 댐퍼의 성능을 증가시키고, 유효답면구배를 0.01이내가 되는 차륜/레일 마모량이 적은 조건에서는 500km/h의 주행에 문제가 없을 것으로 예상됨

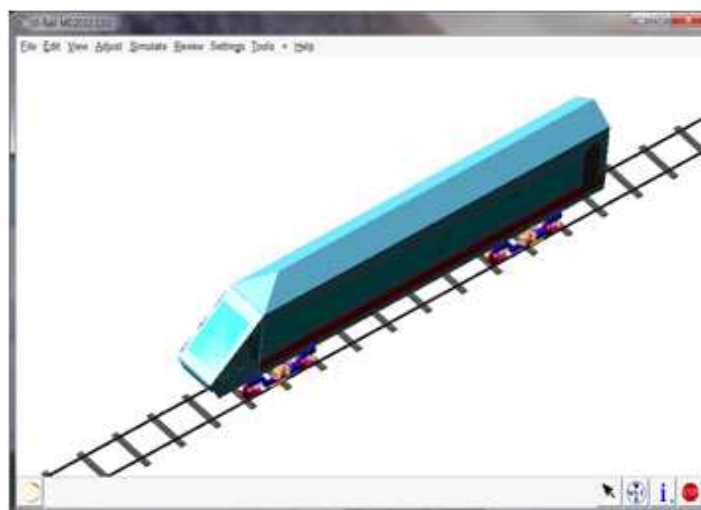


그림 8-3 VI-Rail 선형 동역학 해석 모델

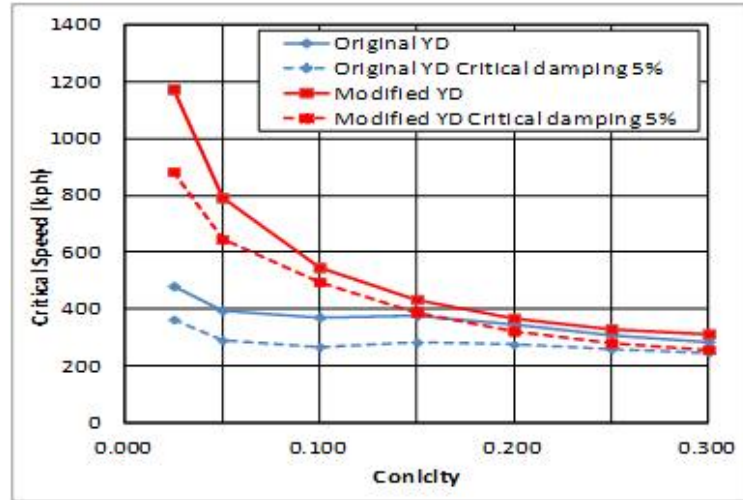


그림 8-4 차륜 유효답면구배(conicity)별 임계속도

○ 500km/h 도달을 위한 추진력 증강 대안 검토

대안	시험 열차편성	편성중량 (ton)	총 출력 (MW)	단위중량당 출력(kW/t)	균형속도 (km/h)	0→ 400 가속거리 (km)	400→ 500 가속거리 (km)
기존	HEMU (5M1T)	337.1	8.20	24.33	430	48.0	NA
1	5M + 1M*	337.1	10.50	31.15	480	23.4	NA
2	4M + 2M*	337.1	11.16	33.11	490	21.2	NA
3	6M*	337.1	13.80	40.94	528	15.6	35.2
4	5M + 1PC	344.6	12.60	36.56	511	18.1	56.2
5	4M + 2PC	352.1	15.36	43.62	548	15.2	27.4
ref.	TGV 140 (515.3 km/h 기록) PC + 3T +PC	250.0	12.80	51.20	—	—	—

- 주행저항은 공기저항 15% 저감 기준임
- M (410kW 유도기 적용), M* (575kW 모터 적용), PC (KTX산천 동력차, 1100kW 유도기 적용)
- 차량 중량은 HEMU-430X W2 조건 계급 중량 사용, PC는 KTX산천 동력차 67ton 적용
- 5개 대안 중 가속능력이 가장 좋은 5번째 안을 채택

○ HEMU-500X 시험열차 편성 가속능력 예측

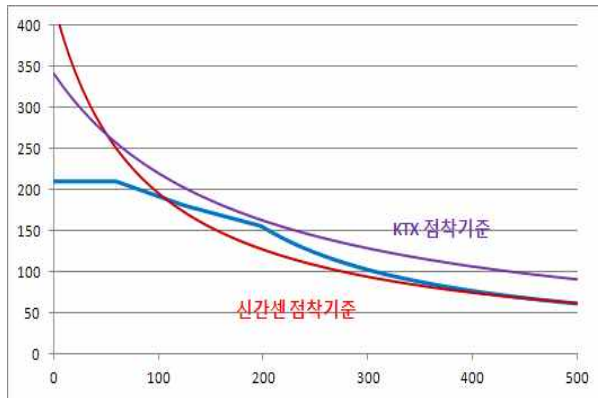
- 열차편성 4M+2MC* 추진동력 : 15.36MW

M : HEMU-430X의 동력차의 추진장치 활용

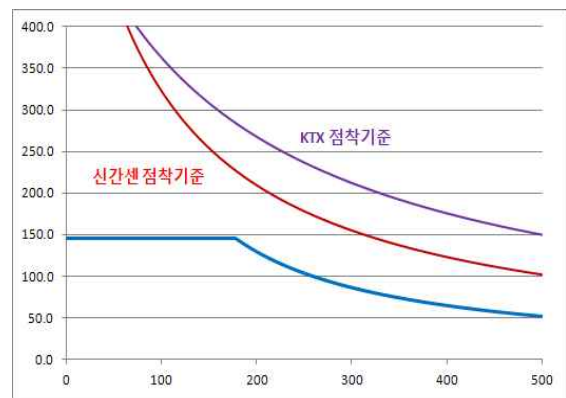
MC* : KTX 산천 동력차의 대출력 추진장치 적용

- 500km/h 도달시간 및 거리 : 432초(7.2분), 42.6 km

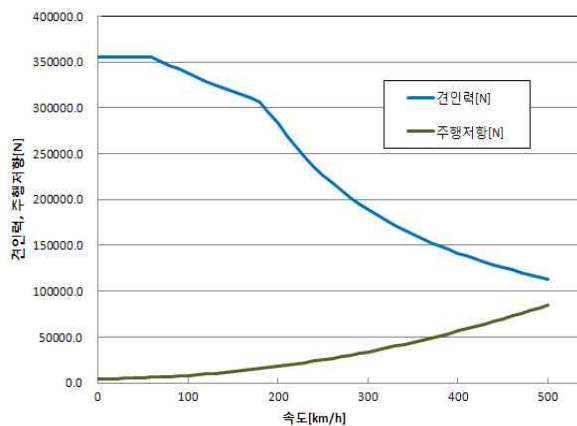
(직선 평탄선로 기준, HEMU 주행저항 계획식에서 공기저항 15% 저감 조건
점착력 부족에 의한 슬립은 없는 것으로 가정)



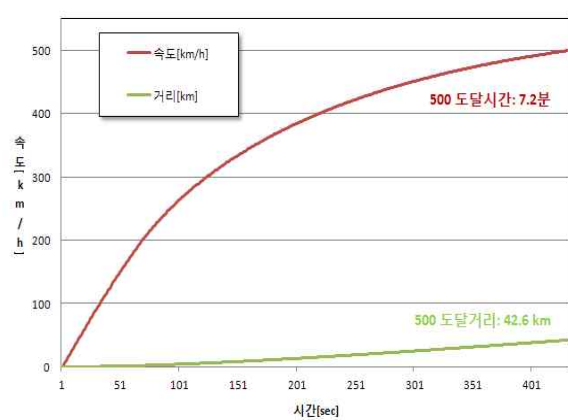
[2MC* 견인력 선도와 점착한도]



[4M 견인력 선도와 점착한도]



[4M+2MC* 견인력 선도와 주행저항]



[열차 주행거리 및 속도 결과]

그림 8-5 HEMU-500X 시험열차 편성의 가속능력 해석

○ HEMU-500X 시험열차 구성(안)

- HEMU-430 출력(8.2MW)을 15.4MW급으로 확장 및 연관 시스템 개량

· 5M1T -> 4M+2MC*

- 선두 동력차량은 HEMU TC/MC 차량에 산천기반의 대출력 추진장치 적용토록 개량설계 및 신규제작

- 선두제어차량에 능동적 공기저항 저감, 점착력 향상 핵심기술 적용



그림 8-6 HEMU-500X 시험열차 구성(안)

○ HEMU-500X 선두동력차 확보 방안

- HEMU Mc 차량 Base에 산전기반의 대출력 추진장치가 탑재되도록 재설계 제작
- 산천 기반의 대출력 동력장치 및 동력전달장치는 500km/h의 고속 회전을 견딜 수 있도록 핵심기술로 분류 개발
- 개량설계범위: 차체골조 전반, 고압케이블, 제어선, 통신선, 공기배관, 대차 IF, TDCS S/W 수정, 주변압기 보호로직 추가, 운전실 현시수정, 차량 IF 신호 재설정, 동력대차 감속장치 및 요 댐퍼류

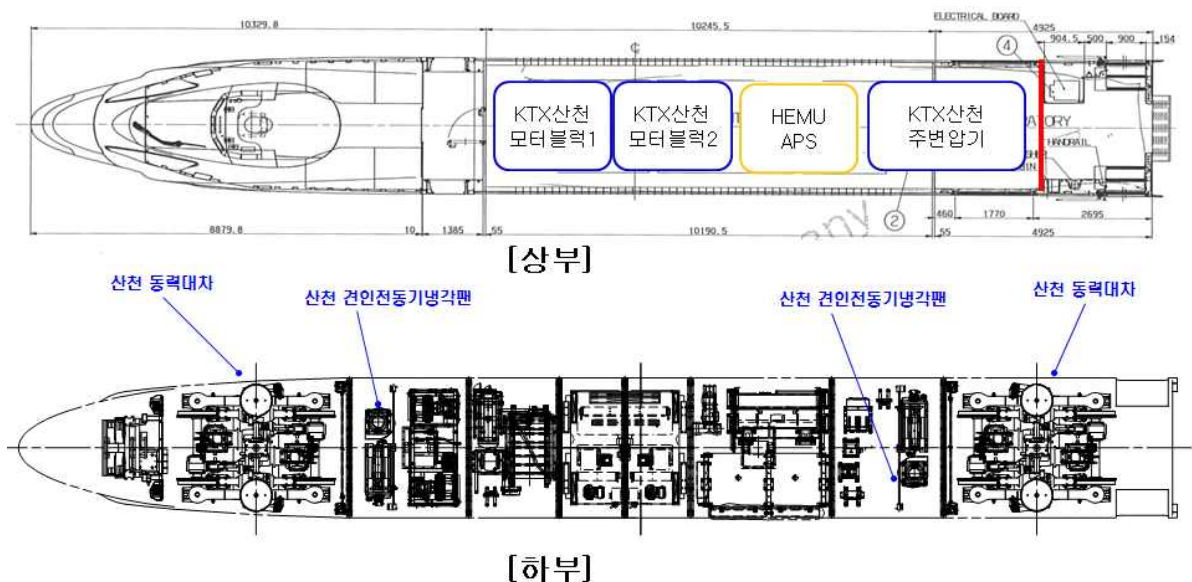


그림 8-7 HEMU-500X 선두동력차 개량설계 방안

○ 초고속 집전성능 검토

- 500km/h 시험운전을 위해 32kN 증대 필요(표 8-3 참조)
- 현 전차선 강도측면에서 장력 34kN까지 증대가 가능하므로, 장력 증대에 문제는 없음
- 현 전차선 1000A 전류용량 수용가능 (전차선 25KV에 대하여 추진력 17MW 까지 수용)

표 8-3 주행속도에 따른 전차선장력

시험 분류	열차 속도	전차선 장력	과동전과속도	과동전과속도 대비 시험속도의 비
1991년, 대서양선	515.3km/h	32kN	532km/h	96.7%
2007년, East선	574.8km/h	40kN	623km/h	92.3%
2010년, 2011년 베이징-상하이	487km/h	28.5kN	521km/h	93.5%
한국형 500 (예상)	500km/h	32KN	556km/h	90%

○ 초고속 제동성능 분석

- 기존의 제동성능을 기준으로 HEMU-500X에 대한 제동거리 계산(표 8-4 참조)
- 500km/h 초속도에서의 제동거리는 초속도 300에 비해 약 3.5배 증가되나, 기존 신호 시스템을 차단하고 하는 한시적 최고속도 시험에는 제동거리는 문제가 안 됨
- 그러나 최고속도 시험기록을 돌파한 후 정지에 이르기까지 기초제동장치의 열 손상은 검토되어야 함.
- 시험열차 편성이 모두 구동차량이므로 전기제동을 병행하는 상용제동 조건에서는 열 에너지 문제가 없지만, 불가피하게 비상제동 상황이 발생하면, 디스크나 패드의 손상여부에 따라 교체하면 됨
- 상용화 시엔 비점착 방식인 공기제동 또는 와전류 제동장치의 추가 검토 필요

표 8-4 HEMU-500X의 제동거리

초속도	상용 (m)	비상(m)
500	14,700	12,000
400	8,630	6,800
300	4,230	3,300

○ 500km/h 최고속도 시험구간 확보가능성 검토

이상과 같이 검토 수립된 시험열차 편성의 추진성능과 제동성능으로 국내 경부 및 호남고속선로에서 최고 시험속도 도달 가능성을 개략적으로 검토해 보았다. 속도향상 시험에 유리한 직선위주의 구간을 선정하여, 최고속도 제한은 500km/h, 곡선 R7000의 속도제한은 현행기준 350km/h와 한시적 시험조건 400km/h를 적용하여 TPS 시뮬레이션을 수행하였다. 두 경우 모두 500km/h 속도정점에 도달할 수 있으며, R7000의 속도제한을 400km/h로 향상한 경우엔 500km/h로 주행할 수 있는 거리가 충분하게 확보되어 보다 의미있는 실험 데이터를 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

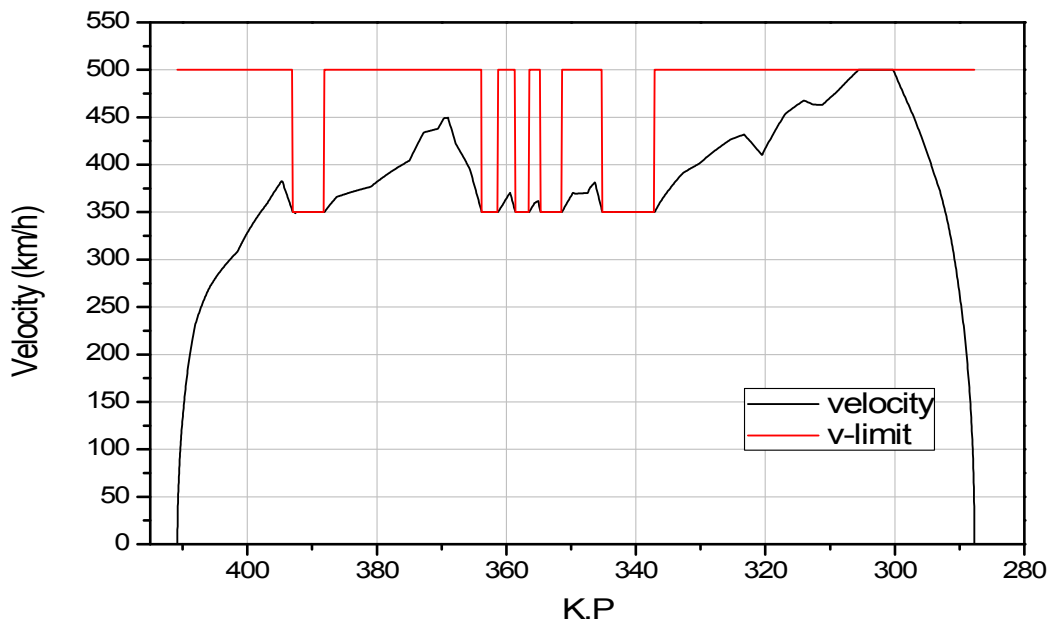


그림 8-8 경부 고속철도 상행구간 해석결과, R7000제한속도 350km/h 경우

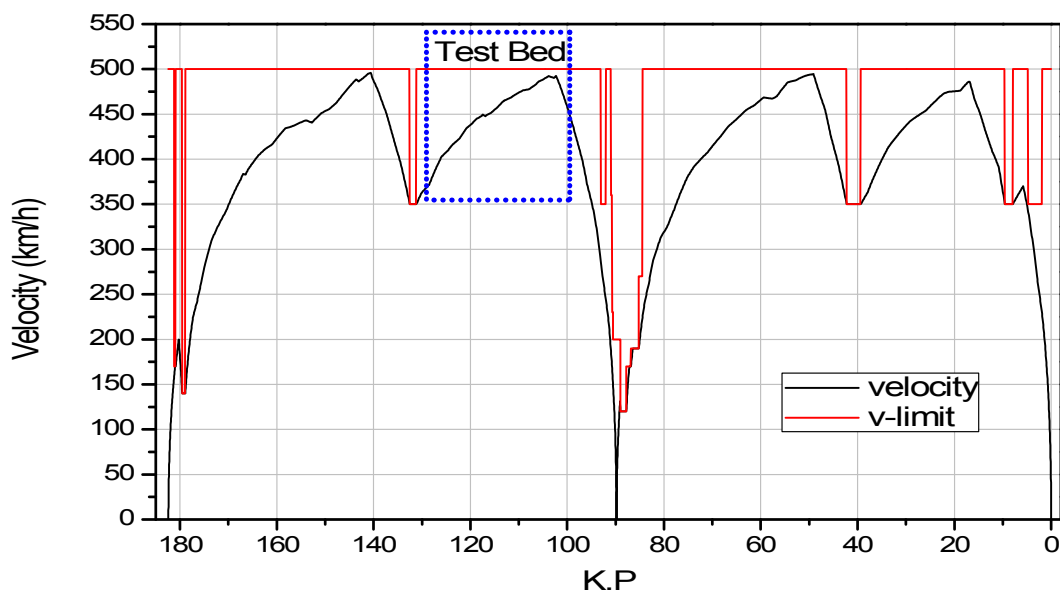


그림 8-9 호남 고속철도 상행구간 해석결과, R7000제한속도 350km/h 경우

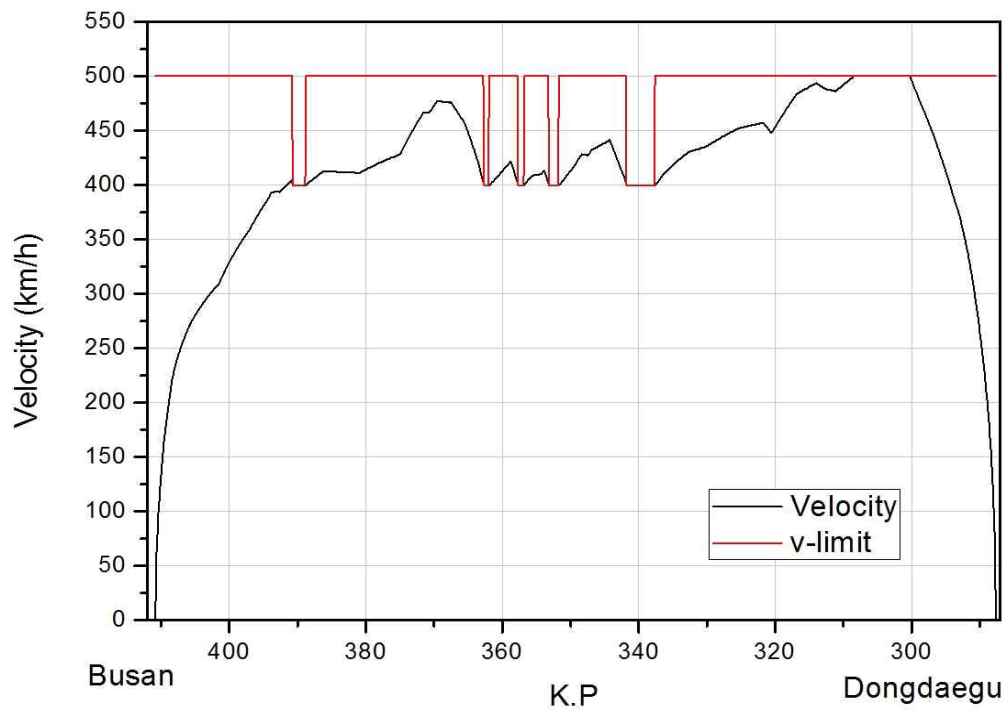


그림 8-10 경부 고속철도 상행구간 해석결과, R7000제한속도 400km/h 경우

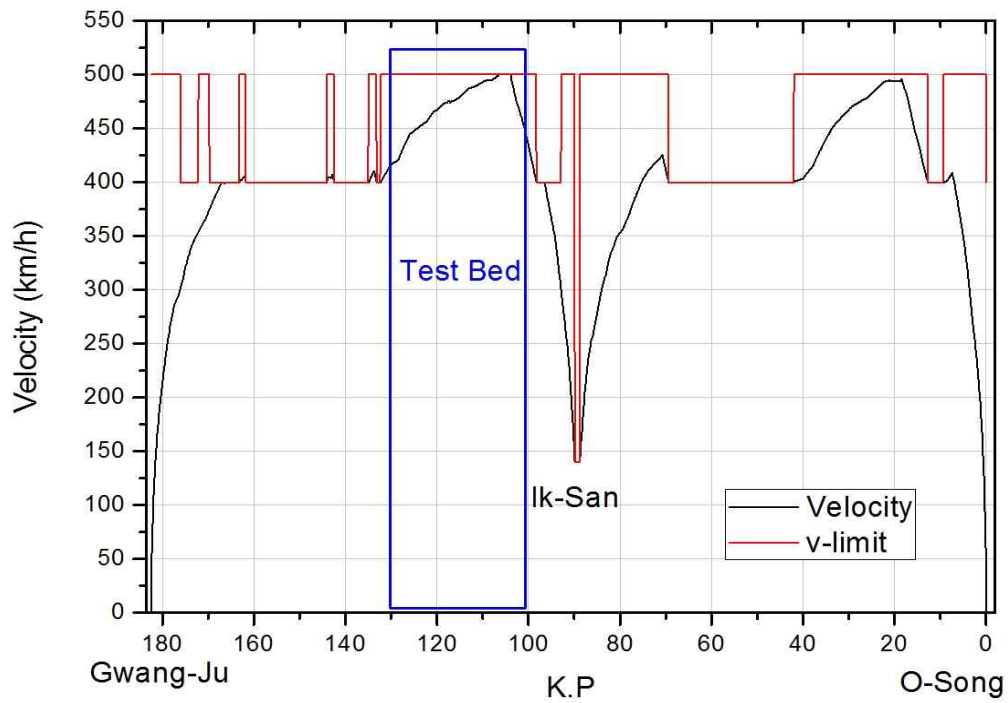


그림 8-11 호남 고속철도 상행구간 해석결과, R7000제한속도 400km/h 경우

8.3 경제적 타당성

- 경제적 파급효과는 국내 및 해외시장의 파급효과로 구분할 수 있으며, 해외수출, 국내 경제적, 사회적 및 환경적 측면에서 분석을 수행함.
 - 첫째, 해외수출 및 환경적 파급효과는 500km/h 고속열차 핵심기술개발을 통해 고속철도 시스템의 해외 수출 시 발생할 수 있는 파급효과, 원천기술 확보 및 에너지 효율향상에 기여할 수 있는 요소에 대한 정성적, 정량적 분석을 수행함.
 - 둘째, 경제적 효과는 정성적·정량적 파급효과를 분석하며, 속도향상(시간절감)에 따른 경제적 효과를 정량적으로 비교·평가하기 위해 500km/h급 고속철도를 국내에 실용화시 예상되는 경제적 기대효과를 선행적으로 수행함.

8.3.1 해외수출 및 환경적 파급효과

- 전 세계적으로 500km/h이상 최고속도 기록갱신 및 영업운행 추진을 통한 기술력 과시 경쟁이 치열함.
 - 프랑스 시험열차 574.8km/h('07.4)
 - 중국 CRH380AL 486.1km/h('10.12), 중국 남차 500km/h급 시제차량 발표('11.12)
 - 레일방식 세계고속철도 시장(연간 61조, 2011년 UIC)을 선점할 수 있는 고속철도 기술보유국으로의 국가브랜드 가치 확보
 - 최고성능 및 최고효율의 고속철도차량 개발을 위한 공기저항 저감 신기술의 독자적 지적재산권 확보로 기술자립 및 원천기술 수출 기대
 - 초고속화 대응 점착능력 향상기술의 선제적 개발로, 세계 고속철도 시장에서의 경쟁 우위 확보 기대
 - 500km/h급 속도기록과 이를 통한 원천기술 확보를 계기로 초고속철도의 설계, 시공 및 성능평가기술 등 철도시스템의 기술력을 확보하여 향후 차량·건설인프라의 패키지 사업화시 유리한 국외진출환경을 조성함.
 - 초고속철도의 시험경험을 통해 국제적인 철도의 위상제고
 - 철도 시스템 해외 수출 시, 차량수출의 4배 이상의 철도시스템 수출 효과 기대
 - 선진국 대비 기술우위를 선점하여, 국산 고속열차 및 시스템기술 수출기반 마련
 - 세계 철도시장 규모: 194조원(2010년), 시장성장율 4.1% 추산(SCI Verkehr Cologne, 2010년)
 - 브라질 고속철도: 차량 1.2조, E&M 2조, 설계·PM·교육훈련 1조, 건설(시험선) 1조
 - 국내시장 규모 1조 5,800억원 추산(국토해양부, 2011년)
 - 한국은행의 산업연관표에 의하면, 2009년 기준 한국철도차량의 공급시장 규모는 약 2조 5,514억원(이순철, 2012년)
- ※ 철도산업은 국내 총 공급의 0.08%로, 자동차, 선박, 통신 및 방송기기보다 낮

은 수준임

- ※ 철도차량의 수출은 3,697억 원이며, 우리나라 전체 수출액의 0.07%를 차지함.
철도차량 수출 규모는 자동차 산업의 1.2%, 선박 산업의 0.8%, 항공기 산업의 30%에 불과한 수준임.
- ※ 수입은 2,056억원으로 전체 수입액의 0.04%를 차지함.

표 8-5 한국철도차량 공급의 현황 및 비교(2009년 기준)

(단위: 억원, %)

구분	철도차량	자동차	선박	항공기	통신 및 방송기기
총공급	25,514 (0.08)	595,829 (1.81)	629,178 (1.91)	58,419 (0.18)	632,064 (1.92)
수출	3,697 (0.07)	309,942 (5.80)	481,818 (1.24)	12,147 (0.23)	386,224 (7.23)
수입	2,056 (0.04)	35,242 (0.69)	63,364 (1.91)	31,774 (0.62)	63,001 (1.23)

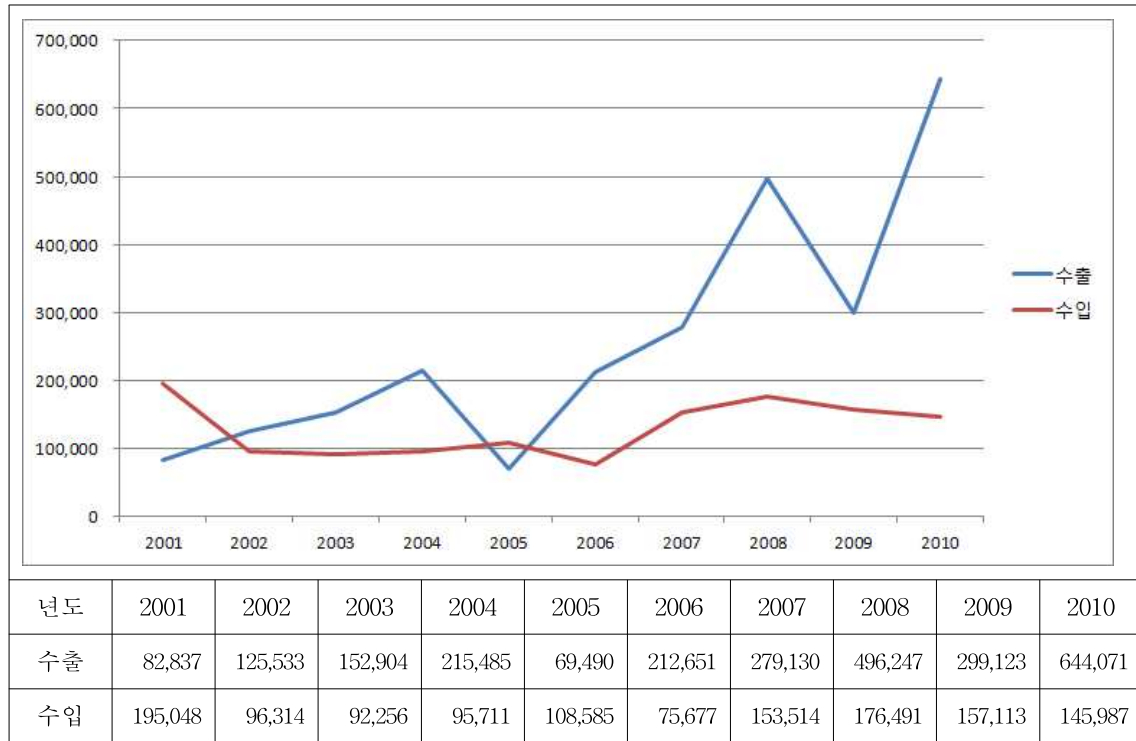
- ※ 주) 생산 및 부가가치 유발계수는 국내와 해외를 합한 것, ()는 총공급, 총수출, 총수입에서 차지하는 비중
- ※ 자료: 한국은행 산업연관표, 이순철(2012)에서 재인용

- 우리나라의 철도산업 전체 및 철도차량 부분은 수입보다 수출이 더 많은 추세이고, 철도차량부품의 경우는 2008년까지 수입이 많았으나 점차 수출이 증가하는 추세임 (아래 표 참조)

- ※ 2010년 기준 우리나라 철도산업의 해외 수출액은 644백만 달러로 철도차량이 약 394백만 달러로 약 61%를 차지하며, 철도부품은 약 250백만 달러로 나타남.

표 8-6 한국 철도산업의 수출입 현황

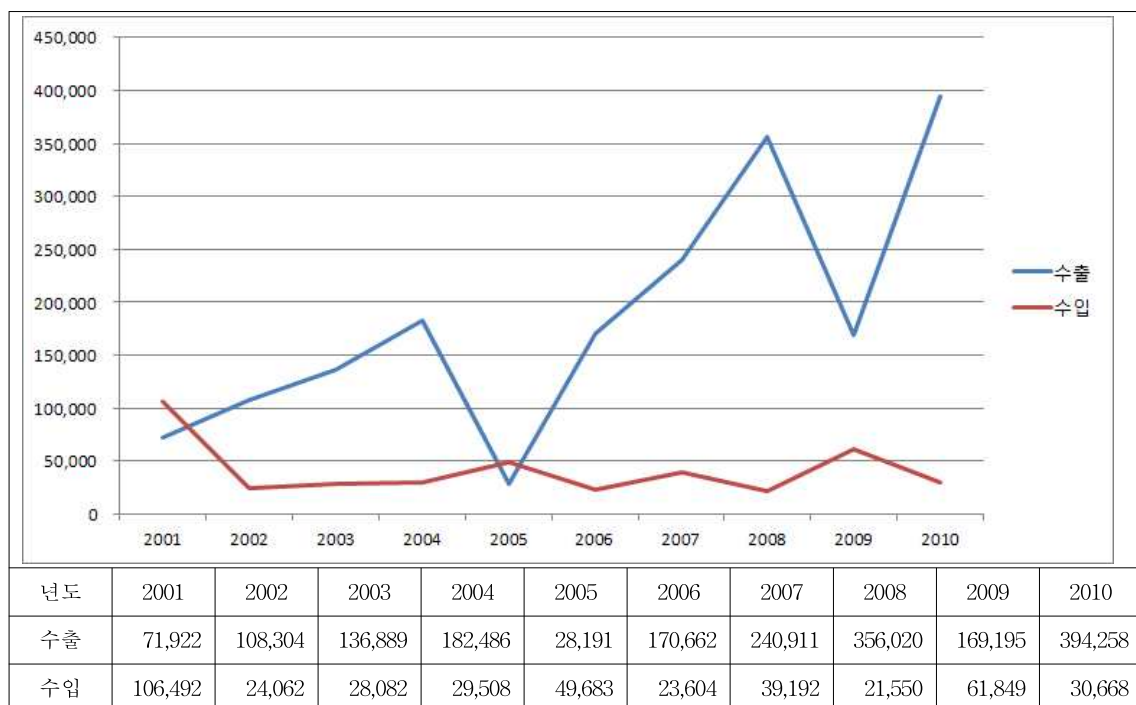
(단위: 천 달러)



※ 자료: 한국무역협회, 이순철(2012)에서 재인용.

표 8-7 한국 철도차량의 수출입 현황

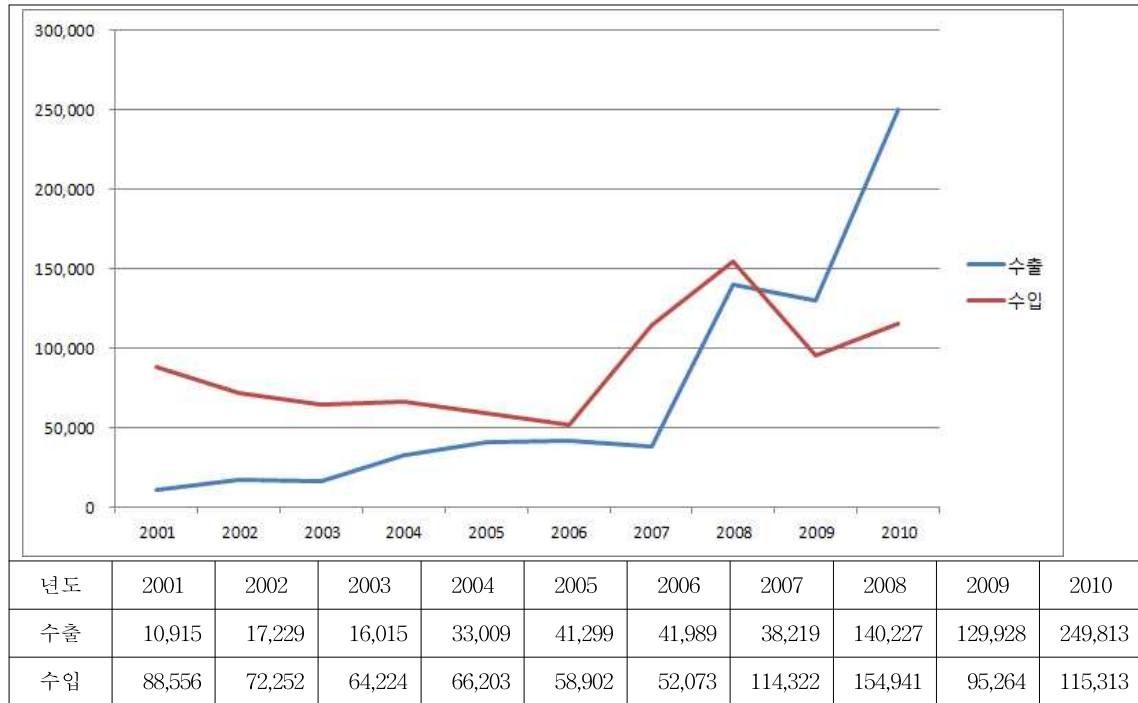
(단위: 천 달러)



※ 자료: 한국무역협회, 이순철(2012)에서 재인용.

표 8-8 한국 철도차량부품의 수출입 현황

(단위: 천 달러)



※ 자료: 한국무역협회, 이순철(2012)에서 재인용.

- 2008년 기준으로 철도차량 해외 수출은 유럽(180.4백만 달러, 75%) 및 중동(37.2백만 달러, 15%) 지역이 대부분을 차지했으나 2008년에 북미로의 수출이 증가함.
- 2007년 기준으로 철도 부품의 경우 22.7백만 달러(61%)로 아시아에 집중한 반면, 2008년엔 유럽으로의 수출이 증가함.

표 8-9 국가별 철도산업 수출 규모

단위 : 백만USD

대륙 국가	차량		부품	
	2007년	2008년	2007년	2008년
아시아	0.6	0.5	22.7	25.3
중동	37.2	20.4	3.3	15.0
유럽	180.4	153.6	3.4	34.7
북미	14.7	29.8	6.3	5.8
중남미	8.6	0.0	1.1	0.1
아프리카	0.0	0.0	0.0	0.0
오세아니아	0.0	2.3	0.3	0.0
합계	241.4	206.5	37.1	81.1

※ 주: 2008년은 상반기 실적

※ 자료: 한국교통연구원, [철도산업 해외진출 활성화 방안(중간보고서)], 2011

- 우리나라의 철도기술 경쟁력 수준은 출처 및 기술 분야에 따라 약간의 차이는 있으나, 전반적으로 세계최고 기술수준 대비 약 60~80% 수준으로 최고수준과는 상당한 격차가 있는 것으로 나타남(한국교통연구원, 2011).
- 건설교통기술평가원(2009)에 따르면 우리나라의 철도기술 수준이 선진국 대비 74% 수준으로 조사됨(아래 표 참조).
 - ※ 궤도토목의 기술 수준이 가장 높게 나타났으며, 철도시스템 안전방재, 신호 및 통신 등의 기술 수준이 상대적으로 낮게 평가 됨.
 - ※ 철도차량 기술(76.76%) 부분이 평균보다 높게 나타남.

표 8-10 국가별 철도산업 수출 규모

대분류 기술	평가점수		선진국 100% 환산	
	한국	최고기술 보유국	한국	최고기술 보유국
철도시스템 엔지니어링	47.52	62.63	75.87	100
철도시스템 운영관리	56.16	77.70	72.28	100
궤도토목 기술	56.35	70.04	80.45	100
전철 기술	47.17	61.29	76.96	100
철도신호 및 통신	54.93	77.92	70.50	100
철도시스템 안전방재	33.58	51.87	64.74	100
철도역사 시설물 및 역무자동화 기술	62.46	81.34	76.79	100
철도차량 기술	26.86	34.99	76.76	100
평균	48.13	64.72	74.29	100

※ 자료: 건설교통기술평가원, 2009

- 우리나라의 철도 건설기술 수준은 세계최고 기술수준(일본, 영국, 독일 등) 대비 경쟁력이 60~80%로 나타남(한국철도기술연구원, 2010)
- 한국건설산업연구원(2005)에 따르면, 우리나라 철도 엔지니어링 부문의 경쟁력은 선진국 대비 70% 이하 수준으로 나타남.
- 한국 철도산업부문의 해외경쟁력 분석(이순철, 2012)에 따르면, 우리나라의 철도 차량부문에서 “기타 기관차 및 탄수차”, “기타 철도차량” 및 “외부전원에 의해 주행

하는 기관차”가 국제적인 경쟁력이 있는 것으로 나타남(아래 표 참조).

- 철도차량 부품부문에서는 “기타 대차”와 “철도차량 기타 부분품”에서 경쟁력이 있는 것으로 나타남.
- 따라서, 한국철도산업이 성장하기 위해서는 해외시장 진출이 필수적이며 한국 철도 공급 부문이 경쟁력을 갖추고 철도 핵심기술 수준 향상을 위해 체계적이고 지속적인 노력이 필요함.

표 8-11 한국 및 세계의 철도차량 및 부품의 수출 규모

(단위: 천 달러)

HS6 단위	품목명	연도	한국수출 (A)	세계수출 (B)	비중 (A/B)
860110	외부전원기관차	2008	270	808,122	0.03
860110	외부전원기관차	2009	42705	1,135,024	3.76
860120	축전지철도기관차	2007	147	13,057	1.13
860120	축전지철도기관차	2008	123	11,939	1.03
860210	디젤전기기관차	2007	228	1,381,032	0.02
860210	디젤전기기관차	2008	57	2,255,550	0
860210	디젤전기기관차	2009	227	946,604	0.02
860290	기타기관차및탄수차	2007	177,084	570,411	31.04
860290	기타기관차및탄수차	2008	161,715	549,342	29.44
860290	기타기관차및탄수차	2009	52,772	498,109	10.59
860310	외부전원으로주행하는것	2007	3,452	2,890,202	0.12
860310	외부전원으로주행하는것	2008	86,396	3,326,746	2.6
860310	외부전원으로주행하는것	2009	11,740	3,864,696	0.3
860390	기타	2007	51,397	469,156	10.96
860390	기타	2008	104,468	462,436	22.59
860390	기타	2009	52,106	296,622	17.57
860400	철도또는케도의유지또는보수용의차량	2007	6	792,679	0
860400	철도또는케도의유지또는보수용의차량	2009	81	1,220,981	0.01
860500	철도또는케도의유지또는보수용의차량	2007	5	877,390	0
860692	철도또는케도의유지또는보수용의차량	2009	911	591,768	0.15
860699	철도또는케도용의기타화차	2007	8,592	550,841	1.56
860699	철도또는케도용의기타화차	2008	2,992	1,569,031	0.19
860699	철도또는케도용의기타화차	2009	8,652	878,320	0.99
860711	구동식의보우기(대차)와비셀보우기	2007	365	418,273	0.09
860711	구동식의보우기(대차)와비셀보우기	2008	8,236	408,082	2.02
860711	구동식의보우기(대차)와비셀보우기	2009	2,086	335,473	0.62

860712	기타의보우기(대차)와비셀보우기	2007	115	481,443	0.02
860712	기타의보우기(대차)와비셀보우기	2008	1,609	558,444	0.29
860712	기타의보우기(대차)와비셀보우기	2009	21,813	454,393	4.8
860719	기타(부분품을포함한다)	2007	9,318	2,318,258	0.4
860719	기타(부분품을포함한다)	2008	24,581	3,363,104	0.73
860719	기타(부분품을포함한다)	2009	11,018	2,425,552	0.45
860721	공기식제동장치와그부분품	2007	107	1,177,313	0.01
860721	공기식제동장치와그부분품	2008	309	1,460,569	0.02
860721	공기식제동장치와그부분품	2009	451	1,247,293	0.04
860729	기타제동장치와그부분품	2007	141	227,987	0.06
860729	기타제동장치와그부분품	2008	90	251,462	0.04
860729	기타제동장치와그부분품	2009	1,263	277,961	0.45
860730	혹과기타의연결장치·완충장치및부분품	2007	838	423,190	0.2
860730	혹과기타의연결장치·완충장치및부분품	2008	1,744	611,365	0.29
860730	혹과기타의연결장치·완충장치및부분품	2009	1,494	490,604	0.3
860791	기관차용의기타부분품	2007	104	1,145,163	0.01
860791	기관차용의기타부분품	2008	253	1,041,461	0.02
860791	기관차용의기타부분품	2009	211	752,994	0.03
860799	철도또는궤도용차량의기타부분품	2007	24,322	2,971,977	0.82
860799	철도또는궤도용차량의기타부분품	2008	99,833	3,225,448	3.1
860799	철도또는궤도용차량의기타부분품	2009	88,780	3,223,899	2.75
860800	철도또는궤도선로용장치물부분품	2007	3,030	603,789	0.5
860800	철도또는궤도선로용장치물부분품	2008	6,215	753,577	0.82
860800	철도또는궤도선로용장치물부분품	2009	7,994	679,622	1.18

※ 자료: 이순철(2012), “현시비교우위지수를 통한 한국철도차량부문의 경쟁력 분석”

○ 세계철도시장 점유율 6%* 달성 시 예상되는 생산 유발효과는 3.7조원

- 『제2차 철도산업발전기본계획(2011~2015)』에서는 해외진출 확대(차량시장 점유율) 목표를 2009년 2%에서 2005년 4%로 설정하고 추진 중임.

※ 세계철도시장 점유율 6%는 『제2차 철도산업발전기본계획』에서 제시하는 목표치를 상회하는 도전적인 목표치로, 공기저항 저감 신기술의 독자적 지적재산권 확보로 원천기술 수출 기대, 초고속화 대응 점착능력 향상기술의 선제적 개발로 세계 고속철도 시장에서의 경쟁 우위 확보 및 초고속철도의 시험경험을 통해 국제적인 철도의 위상을 제고할 수 있을 것으로 판단됨.

○ 세계적 기술추세인 동력분산식 HEMU-430X 차량을 확대 개량하고 능동적 공기저항 감소와 같은 미래 첨단기술을 적용하여 적은 비용으로 단기간에 500km/h 속도를 얻을 수 있어 고속철도 속도 경쟁에 유리한 고지를 점할 수 있음.

- 최근의 판매 사례를 바탕으로 1량당 차량가격을 비교해 보면, KTX-산천이 가격 경쟁력이 있는 것으로 나타남.

표 8-12 한국 및 세계의 고속철도차량 판매사례

구분	로템 KTX-산천	알스톰 AGV	봄바르디아 ZEFIRO 380	지멘스 VELARO
기본 편성	10량	7량	8량	8량
열차 길이	201m	130m	215m	201m
좌석 수	363	250	664석	601석
공차 중량	403톤	272톤	420톤	447톤
축하중	17톤	-	17톤	17톤 미만
총출력	8,800kw	6,000kw	8,800kw	8,800kw
영업운행 최고속도	303km/h	360km/h	380km/h	350km/h
출발가속도	0.65m/s ²	-	0.48m/s ²	0.38m/s ²
추진방식	동력집중	동력분산	동력분산	동력분산
대차방식	연접대차	연접대차	단독대차	단독대차
판매사례	KORAIL(2008) 31.4억원/량 (10량 편성 주문)	이탈리아(2008) 206만 유로/량 (11량 편성 기준)	중국(2009) 241만 유로/량 (8량편성과 16량 편성 기준)	중국(2009) 3,640만 위안/량 (8량 편성 기준)

※ 자료: 한국교통연구원, 2010

- 고유가 및 저탄소 교통 체계 전환 대비 교통 체계의 적응력이 강화되고 차세대 친환경 에너지를 이용한 저비용 고효율의 초고속 교통 체계가 구축되어 온실가스 배출 규제 및 원유자원의 고갈에 따른 국가적 교통 대응 능력을 확보.
- 열차 공기저항 약 15% 감소로 고속열차 에너지 효율 향상
 - ※ 400km/h 주행시 공기저항 10% 감소에 대해 에너지 9%의 절감효과

8.3.2 국내 경제적 효과

- 경제적 효과는 정성적·정량적 파급효과를 분석하며, 속도향상(시간절감)에 따른 경제적 효과를 정량적으로 비교·평가하기 위해 500km/h급 고속철도를 국내에 실용화시 예상되는 경제적 기대효과를 선행적으로 수행함.

1) 분석의 기초

○ 레일방식 500km/h 고속철도 핵심기술개발의 목표

- 500km/h 고속철도 도입 시, 서울⇔부산 기종점 기준 통행시간이 60분대로 단축될 것으로 예상

※ 서울⇔부산 기종점 통행시간 비교 : KTX(130분), HEMU-430x(90분대)

○ 경제적 효과분석

- 분석의 목적 : 속도 증대에 따른 시간절감 편익 등의 사회적 편익 산정
- 분석의 공간적 범위 : KTX 교통망(경부선, 호남선, 전라선)

※ 호남고속철도 오송~광주 구간은 '14년까지, 광주~목포 구간은 '17년까지 완공 예정

※ 수도권 고속철도 수서~평택 노선, 경부고속철도 대전·대구 도심구간은 '14년까지 완공 예정

- 통행시간 및 요금에 따른 분석 시나리오 설정(서울⇔부산 기준)

※ KTX : 130분대

※ HEMU-430x : 90분대

※ 500km/h 고속철도 : 60분대

○ 분석의 방법

- 현재 및 장래 국가교통DB의 지역 간 여객수요와 2011년 고속철도 실적자료를 바탕으로 정산함.

- 지역간 수단선택

※ 수단선택은 승용차, 버스, 고속철도, 일반철도 등 통행시간 및 통행비용에 따라 통행자들이 특정수단을 선택할 확률을 산정하여 결정함.

※ 일반적으로 다항로짓모형을 활용.

※ 500km/h급 고속철도는 승용차 및 버스뿐 아니라 항공수단과 속도경쟁이 가능하여 항공수요도 일부 흡수 할 것으로 예상됨.

※ 하지만, 기존 연구 또는 예비타당성조사 지침 등에서는 지역간 수단선택모형에서 고속철도와 일반철도를 구분하지 않거나, 항공을 함께 고려하지 못한 한계가 있음.

※ 따라서, 기존 다항로짓모형과 함께 과거 실적자료를 활용하여 항공수단과의 경쟁을 분석함.

2) 전국 철도 이용객 전망

○ 분석결과

- 『제2차 국가철도망 구축계획(2011~2020)』에 따르면, 철도중심의 교통·물류체계로 전환되어 철도 이용객이 1일 31만 명('08) → 60만 명('20)로 증가될 것으로 예상하

고 있음.

- 500km/h급 고속철도 구축하여 전국 주요도시를 1시간대로 연결할 경우, '20년 기준 1일 60만 명으로 예측된 수요가 28% 증가하여 1일 77만 명으로 확대될 것으로 전망됨.

3) 서울⇔부산 기종점 기준 고속철도 이용객의 통행 현황 및 전망

○ 500km/h 고속철도의 효과

- 500km/h 고속철도는 장거리 이용객에게 가장 큰 효과(수요 및 사회적 편익)이 발생할 것으로 예상됨으로, 전국권 중에서 서울⇔부산 기종점 기준으로 교통수요 분석결과를 제시함.

○ 통행 현황

- 아래 표는 서울-부산 기종점간 교통수단별 통행실적(2003년~2011년)을 나타냄.
- KTX는 2004년 개통이후, 2005년부터 2009년까지 꾸준히 58%~60%의 수단분담률을 나타냄.
- 항공수요는 KTX 개통이후 이용객이 절반 수준으로 줄었으나, 경부선 2단계 개통에는 큰 영향을 받지 않은 것으로 나타남.
- 경부선 2단계(대구-부산)의 개통 효과 : 2011년 서울-부산간 KTX 이용객이 2009년 대비 약 16% 증가하여 약 841만 명(2011년)이 이용함.

표 8-13 연도별 서울-부산 기종점간 통행실적

단위: 천명/년, %

구간	통행수단	연도별 통행실적							
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2011
서울 ⇔ 부산	일반철도	3,412	1,637	858	843	641	582	526	539
	KTX	0	4,502	7,233	7,676	7,488	7,450	7,195	8,412
	철도계	3,412	6,139	8,091	8,519	8,129	8,032	7,721	8,952
	승용차	1,114	969	881	900	930	930	930	1,023
	고속버스	982	715	532	754	906	1,059	967	945
	항공	5,220	3,815	2,862	2,686	2,654	2,415	2,303	2,343
	합계	10,728	11,638	12,366	12,859	12,619	12,436	11,921	13,262
구간	통행수단	수단분담률							
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2011
서울 ⇔ 부산	일반철도	32%	14%	7%	7%	5%	5%	4%	4%
	KTX	0%	39%	58%	60%	59%	60%	60%	63%
	철도계	32%	53%	65%	66%	64%	65%	65%	67%
	승용차	10%	8%	7%	7%	7%	7%	8%	8%
	고속버스	9%	6%	4%	6%	7%	9%	8%	7%
	항공	49%	33%	23%	21%	21%	19%	19%	18%
	합계	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

○ 서울⇔부산 기종점 기준 고속철도 이용객 전망(2021년 기준)

- 분석결과, 미시행시(현재 수준의 KTX 운영 가정), 연간 약 796만 명이 KTX를 이용할 것으로 예측.
- HEMU-430x 운행(현 KTX 요금수준)일 경우, 연간 이용객이 약 914만 명으로 전망됨.
- 500km/h급 고속철도를 운행(현 KTX 요금수준)일 경우, 이용객이 미시행시 대비 23% 증가하여 연간 약 982만 명으로 전망됨.
- 일반철도 이용객도 미시행시 대비 약 75% 감소 예상.

○ 항공 이용객의 고속철도 수단전환

- 500km/h급 고속철도의 고속화로 인해 항공수요는 49% 감소하여 연간 약 114만 명이 이용할 것으로 전망됨.

표 8-14 서울-부산 기종점간 통행량 예측(2021년 기준)

단위: 천명/년, %

구 분		승용차	고속버스	항공	철도		계
					KTX	일반철도	
서울 ⇔ 부산	A. 미시행	968 (7.7%)	894 (7.1%)	2,218 (17.7%)	7,963 (63.4%)	510 (4.1%)	12,554 (100%)
	B. HEMU-430x 고속철도	850 (6.8%)	763 (6.1%)	1,536 (12.2%)	9,138 (72.8%)	267 (2.1%)	12,554 (100%)
	C. 500km/h 고속철도	782 (6.2%)	687 (5.5%)	1,141 (9.1%)	9,818 (78.2%)	126 (1.0%)	12,554 (100%)
	미시행 대비 증가율 ((B-A)/A)	-12%	-15%	-31%	15%	-48%	-
	미시행 대비 증가율 ((C-A)/A)	-19%	-23%	-49%	23%	-75%	-
	HEMU-430x 대비 증가율 ((C-B)/B)	-8%	-10%	-26%	7%	-53%	-

○ 요금 수준별 서울⇔부산 500km/h 고속철도 이용객 전망

- 요금 20% 인상 시 : 고속철도 분담률이 15% 감소하여 63%로 나타남.
- 요금 10% 인하 시 : 고속철도 분담률이 12% 감소하여 90%로 나타남.

※ 요금에 대한 수요의 탄력성을 -1.5과 -1.0으로 가정

표 8-15 요금수준별 서울-부산 기종점간 통행량 전망

단위: 천명/년, %

요금 증감율	승용차	고속버스	항공	고속철도	일반철도	합계
20%	1,343 (11%)	1,179 (9%)	1,960 (16%)	7,854 (63%)	217 (2%)	12,554 (100%)
10%	1,203 (10%)	1,056 (8%)	1,756 (14%)	8,345 (66%)	194 (2%)	12,554 (100%)
0%	782 (6%)	687 (5%)	1,141 (9%)	9,818 (78%)	126 (1%)	12,554 (100%)
-10%	361 (3%)	317 (3%)	527 (4%)	11,291 (90%)	58 (0%)	12,554 (100%)
-20%	221 (2%)	194 (2%)	322 (2%)	11,781 (94%)	36 (0%)	12,554 (100%)

4) 사회경제적 편익

○ 속도증대에 따른 운행시간 절감효과

- 현재 KTX는 서울~부산 기준으로 130분대에서 운행
- HEMU-430x는 90분대(서울~부산) 운행 예상
- 500km/h급 고속철도는 60분대(서울~부산) 운행 예상

○ 사회적 편익 및 경제적 효과 분석

- 고속철도 승객수요 증가로 인해 크게 4대 편익(통행시간 절감, 운행비용 절감, 사고 및 환경비용 절감)이 발생함.
- 이 중 통행시간 절감편익과 운행비용 절감편익이 가장 클 것으로 예상되므로, 본 연구에서는 두 가지 편익에 대한 정량적 분석을 수행함.
- ※ 운행비용 절감 편익은 고속철도 속도향상으로 인해 타 교통수단(승용차, 버스, 항공기 등) 이용객의 차량 운행 감소에 따른 편익

○ 사회적 편익 비교

- 아래 표는 현 KTX에 비해, HEMU-430X 및 500km/h급 고속철도 시행시의 연간 사회적 편익을 비교함(전국권 대상).

표 8-16 연간 사회적 편익 전망(2021년 기준)

구 분	HEMU-430x	500km/h급 고속철도
통행시간 절감편익	3,999억원	5,488억원
운행시간 절감편익	1,475억원	3,126억원
사회적 편익 합계	5,474억원	8,614억원

○ 기타 사회적 편익

- 전국 주요거점을 1시간대 연결이 가능하여 서비스 개선뿐만 아니라 우리나라 교통의 혁신을 이룩할 수 있음
- 접근성의 획기적 개선으로 실질적인 지역균형발전 기대
- 교통혼잡비용, 교통사고비용 등 사회·경제적 비용의 감축으로 국가경쟁력 강화
- 국가 신 성장 동력을 확보하고, 초고속 이동에 따른 국민의 편익 증진

5) 생산, 임금, 고용유발효과 등 지역경제 활성화

○ 고속철도산업을 신성장 동력화하는데 기여

- 수입 대체효과: 8,250억
- 생산 유발효과: 3.7조원

○ 국내 철도시장 규모 및 지역경제 활성화 효과

- 제2차 국가철도망 구축계획에서 추진 중인 전국 주요거점 고속 KTX망 연결 및 대도시권 30분대 광역·급행 철도망 구축 완료와 함께 500km/h 고속철도가 운행 시 전국을 1시간 이내로 연결하여 지역갈등 해소 및 국토 통합 실현 가능할 것으로 예상.

- 국내 철도시장 규모는 1조 5,800억원으로 추산(국토해양부, 2011년)

○ 타 산업에 비해 철도산업의 규모는 작으나 생산, 고용 및 부가가치 유발계수는 작지 않아 파급효과가 클 것으로 기대 됨(아래 표 참조)

- 국내 타 산업과 비교해 철도차량의 공급시장 규모가 작은 편임
- 하지만, 생산유발계수는 철도차량이 1.5로, 항공기, 통신 및 방송기기를 제외한 자동차와 선박보다 높음.
- 부가가치 유발계수는 항공기, 통신 및 방송기기보다는 낮지만, 자동차보다는 매우 높고 선박과 유사한 수준.
- 고용유발계수는 자동차를 제외한 다른 산업보다 높음.
- 철도차량의 피고용인은 6,796명으로 자동차의 8.5%, 선박의 5% 수준

표 8-17 한국철도차량 공급의 현황 및 비교(2009년 기준)

(단위: 억원, %, 명)

구분	철도차량	자동차	선박	항공기	통신 및 방송기기
총공급	25,514 (0.08)	595,829 (1.81)	629,178 (1.91)	58,419 (0.18)	632,064 (1.92)
생산유발계수	1.5	1.01	1.33	1.7	1.73
부가가치 유발계수	0.038	0.001	0.039	0.386	0.153
감응도계수	0.5	0.34	0.45	0.6	0.59
피고용인수	6,796	80,065	136,266	8,245	85,916
고용유발	6.8	7.2	6	6.1	5

※ 주) 생산 및 부가가치 유발계수는 국내와 해외를 합한 것, ()는 총공급, 총수출, 총수입에서 차지하는 비중

※ 자료: 한국은행 산업연관표, 이순철(2012)에서 재인용.

8.4 타당성 검토 종합

- 본 기획과제의 기술개발 목표 및 후속 실용화 추진방향은 국가기간교통망계획 및 국가철도망 구축계획 등 국가 상위계획과 부합하며, 향후 KTX 고속철도망을 통해 국토를 통합·다핵·개방형 구조로 재편함으로써 속도 경쟁력을 갖추고 국토의 균형 발전을 꾀한다는 “미래녹색교통 구현을 위한 KTX 고속철도망 구축전략”과 저탄소 녹색성장이라는 국토해양 추진전략에도 부합함.
- 레일형 고속철도는 친환경 저에너지 교통수단으로 부각, 전 세계적으로 기술개발 및 시장이 급팽창 중임.
 - 세계 철도 시장규모 연간 194조원(SCI Verkehr Cologne, 2010) 추정
 - 세계 고속철도 시장규모 연간 61조원(UIC, 2011) 추정
 - 국내시장 규모 1조 5,800억 원(국토해양부, 2011) 추정
 - 프랑스, 중국 등은 고속철도 세계시장 선점을 위해 공격적 R&D 투자 중.
 - 기후변화에 대응하고, 경기 부흥을 위해 중국, 브라질, 미국, 러시아, 사우디아라비아 등에서는 레일방식 고속철도의 신규 건설계획을 발표하였고, 유럽에서도 기존 고속선의 연장을 추진하고 있음.
 - 세계 고속철도 연장은 2010~2024년간 약 20,000km 증설 전망됨(UIC 8th training on high speed systems, 2011)
- 일본, 프랑스 및 독일이 고속철도의 세계시장 선점을 위해 치열한 속도기록 경쟁을 이어왔고, 근래에는 중국이 공격적 R&D 투자를 통해 세계 두 번째의 속도기록을 달성한 바 있으며 최근에는 500km/h 시험을 위해 시제열차를 출시한 바 있음.
- 고속열차의 운행속도가 90년대 300km/h대에 진입하여 장기간 속도의 벽을 넘지 못하다가, 기술의 급속한 발전과 무한경쟁 상황 하에서 유럽, 중국, 일본, 한국이 가세하여 400km/h 이상으로의 속도 향상이 시도되고 있는 실정임.
 - 90년대 이후 고속화의 한계요인들이 기술혁신(비접촉식 집전기술, 자갈궤도에서 콘크리트 궤도로의 전환, 항공분야의 능동적 공기저항 저감기술, 신소재 활용 경량화, 영구자석형 고출력밀도 추진장치 등)에 의해 해소되며 퀀텀점프(quantum jump)할 수 있는 가능성이 높아지고 있으며 이는 우리나라에게 고속철도기술을 선도할 수 있는 기회가 되고 있음

- 철도의 속도기록은 철도의 시장경쟁력과 기술의 심벌로 의미가 크며, 속도에는 도전은 철도기술 전 분야, 국가산업 전반의 진보를 도모함. 따라서 우리나라도 철도가 국가 신성장 동력 산업으로, 세계 일류기술로 부상시키기 위해서는 500km/h급으로의 쿼터점프 주도가 필요함.
- 고속철도의 속도향상은 국내뿐만이 아니라 해외의 변화를 고려하여도 선택사항이 아니라 필수사항임.
 - 국내 고속철도 기술의 경쟁력 제고를 통한 국내·외 고속철도 시장의 능동적 대응과 지속가능한 미래 성장동력산업의 기반기술 확보를 위한 최고시험속도 430km/h급 “동력분산형 고속철도시스템 및 핵심기술개발”을 위해 “차세대 고속철도기술개발사업”이 수행되었음.
 - 우리나라도 이제는 Wheel/Rail 방식의 고속철도기술은 동력집중식과 동력분산식 모두 갖게 되어 세계적으로 충분한 경쟁력을 확보 할 수 있다고 판단됨.
 - ※ 400km/h급 고속열차의 증속을 고려한 철도 인프라 선진화 기술개발 및 확보”를 위해 “400km/h급 고속철도 인프라 시범적용 기술개발사업”이 ‘10.12 ~’14.10(46개월) 추진 중에 있음.
 - 우리나라는 세계 4번째 고속철도기술 보유국으로, 최고 시험속도 430km/h급 동력분산형 고속철도 시스템 및 핵심기술개발 및 400km/h급 고속철도 인프라 시범적용 기술개발사업 등이 추진 중이며, 현재 시험운전 중인 차세대 고속철도(HEMU-430X) 차량을 확대 개량하고, 기 추진 중인 400km/h급 고속철도 인프라 시범적용 사업의 결과를 연계 활용하면 단기간에 적은 예산으로 속도기록 달성과 500km/h급 실증 시험이 가능할 것으로 판단.
- 본 과제를 통해 미지의 영역인 500km/h급 인프라 성능검증을 및 설계기준 도출근거 마련하고 선로구축물 안정성 및 차량주행안정성 확보 가능함
- 500km/h급 고속열차 실용화로 인한 해외시장 선점 등의 기술적 파급효과 및 국내 경제적·사회적 파급효과가 클 것으로 예상.
 - 500km/h급 속도기록과 이를 통한 원천기술 확보를 계기로 초고속철도의 설계, 시공 및 성능평가기술 등 철도시스템의 기술력을 확보하여 향후 차량-건설인프라의 패키지 사업화시 유리한 국외진출환경을 조성.
 - 수출위주 한국경제에 철도산업을 고부가가치 성장동력으로 육성하기 위해 세계 최고고속도의 철도기술 확보하는 것으로, 이를 실행하기 위해서는 세계최고수준의 고속철도기술개발은 반드시 필요함.
- 레일방식 500km/h급 고속철도 시험열차 및 핵심기술 개발을 위해서는 공기저항저감기술, 점착성능, 추진 및 전장품, 제동 및 열차제어, 신호, 콘크리트 궤도 등 각 기술 분야에 대한 핵심기술의 검토 및 개발 목표와 범위를 설정하고, 시험열차 시스템 설계 및 핵심기술 개발, 핵심 시제품 제작 및 시험평가, 시험열차 조립 및 시운전

- 등 500km/h 실용화 기술개발 후속사업 기획 연구에 대한 연차별 추진전략이 필요.
- 본 과제의 기술개발 필요성과 관련해 중국정부의 고속철도 건설 및 기술개발 투자의 의미를 살펴볼 필요 있음.
 - 중국은 베이징-톈진 구간의 고속철도만 매년 \$1억(1,100억원)의 영업손실이 발생하고 있음에도 2020년까지 25,000km의 고속철도 건설을 위해 총 \$3,000억(338.7조원)을 고속철도에 투자할 계획.
 - 고속철도에 대한 중국의 철학은 “Import-Digest-Reinvent”로 요약 가능.
 - 즉, 고속철도의 선진국인 프랑스, 독일, 일본 등으로부터 핵심기술을 전수 받고, 중국 국내에 맞는 고속철도를 건설해 경험과 노하우를 쌓은 뒤 해외 고속철도 시장을 선점하고자 함.
 - ※ 예를 들어, 2010년 중반기, IBM은 베이징에 “Global Rail Innovation Center”를 건립을 발표하고, 산학연이 합동으로 고속철도 운행에 대해 연구를 시작함.
 - 결국, 중국 정부는 해외 고속철도 시장의 막대한 규모와 기술개발 투자 가치, 중국 국내 고속철도 건설의 필요성을 인식하고 정부주도하에 공격적인 투자를 시작했음.
 - 우리나라도 500km/h이상 고속철도에 대한 기술개발 투자가 정책적 의의(“KTX 고속철도망 구축전략”과 “저탄소 녹색성장”이라는 국토해양 추진전략에 부합)와 사회·경제적 파급효과 측면에서 의미를 가지며, 기술적 검토와 더불어 본 연구에 대한 필요성 및 타당성이 유효한 것으로 판단됨.
 - 기대효과 및 파급효과를 요약하여 도표로 표현하면 다음과 같음



그림 8-12 기대효과 및 파급효과

8.5 정부 지원의 타당성

1. 기술개발투자의 시의성 및 시급성('13년)

- 철도 선진국들은 고속철도 기술 선점을 위해 글로벌 속도 경쟁이 치열하며, 시장 선점을 위해 공격적 R&D 투자
 - 프랑스 2007년 4월 574.8 km/h 시험주행 실시
 - 중국 2010년 12월 486.1 km/h 시험주행 실시
 - 중국 2011년 12월 500km/h 시제열차 출시
- 철도의 속도기록은 철도의 시장경쟁력과 기술의 심벌로 의미가 있으며, 우리나라 철도가 국가 신성장 동력으로 산업화하기 위해서, 그리고 세계 일류기술로 부상시키기 위해서는 레일방식 500km/h 속도 돌파가 시급함
 - 고속철도 후발국인 중국이 우리나라를 추월하고 있어, 세계시장에서의 국가적 위상과 국내 고속철도 브랜드 가치의 향상이 시급함
 - 500km/h대로의 혁신적 속도향상을 시급히 추진하지 않으면 이 기회를 놓칠 수 있으며 고속철도 산업을 수출 위주 한국 경제의 성장 동력원으로 육성 필요
- 현재 시험 운전 중인 차세대 고속철도(HEMU-430X) 차량을 공격적으로 확대 개량하고 능동적 공기저항 감소와 같은 미래 첨단기술을 적용한다면, 단기간 적은 비용으로 500km/h 속도를 낼 수 있어 고속철도의 속도 경쟁에 유리한 고지를 점할 수 있으며 미래기술에 대한 대응 및 세계 시장의 선점을 위해 새로운 기술개발이 시급히 필요함
- 높은 수준의 목표로 기술개발을 추진하게 되면 현재 미완 또는 부족한 고속철도 기술수준을 끌어올리는 효과가 있음
- 본 과제는 차세대 고속철도(HEMU-430X)의 연구성과와 400km/h급 고속철도 인프라 시범적용 기술개발의 성과를 연계 활용하여 적은 비용으로, 단기간에 500km/h 속도를 향상시킬 수 있는 기술개발로 정부의 집중적인 지원으로 저비용 고효율의 효과를 배가시킬 수 있음
- 정부의 신성장 동력과 일자리 창출을 위한 국가 R&D 미션에도 부합

2. 국토해양부 주도의 개발 및 지원 필요성

- 초고속철도 기술개발을 통해 국가기간산업인 철도산업을 단기간 신성장 동력화하기 위해서는 정부의 전략적 접근 및 집중적 지원이 필요
- 고속철도는 차량, 신호, 전력, 궤도 등의 시스템이 유기적으로 연계된 대형 복합시스템으로 민간 주도 기술개발에는 한계가 있음
- 특히 500km/h 수준의 미래지향적이고, 공격적이며 그 파급효과가 산업 전반으로 확대되는 고속철도 연구개발 투자는 국가가 지원하는 것이 타당함

- 중국의 고속철도 해외 선점 의지를 봤을 때, 우리 정부도 HEMU-430X 후속으로 500km/h 이상 고속철도 기술개발에 대한 필요성을 인식하고 지속적으로 도전적인 핵심 기술개발 투자가 필요할 것으로 판단되며, 이는 정부 및 국토해양부의 의지가 중요함.
- 국토해양부가 추진하고 있는 1시간 30분대 고속철도망 구축에 크게 기여할 수 있으며, 철도에 의한 국토통합으로 지역갈등이라는 고질적 사회문제 해소할 수 있음
- 에너지소비 및 탄소저감에 기여하는 친환경 녹색성장에 가장 부합하는 철도교통수단의 기술개발 지속적 지원 필요

3. 정부 미지원시 문제점

- 프랑스, 중국을 비롯해 세계는 최고의 고속철도 기술 선점을 위해 글로벌 속도경쟁이 뜨겁고, 개발 및 투자 집중해 차세대 고속철도기술을 먼저 상용화하기 위한 자존심을 건 무한 경쟁이 펼쳐지고 있음
- 고속철도 기술개발은 철도강국뿐 아니라 국내에서도 국가주도로 이루어져 오고 있음. 현대의 기술은 하루가 다르게 발전 진화하고 있고, 어제의 최신 기술이 내일의 불용기술이 되고 있는 실상임. 따라서 고속철도의 기술개발이 지속적, 공격적으로 추진하지 않으면 선진국과의 기술경쟁에서 뒤처지게 되고, 해외시장 진출은 고사하고 국내 시장도 빼앗기게 됨.
- 우리나라도 500km/h급 고속열차에 대한 개발투자 없이는 194조원에 이르는 세계 철도시장에 뒤처질 수 있으며, 철도를 국가 신성장동력으로 산업화하려는 정부의 정책에 차질 예상
- 철도 선진국들의 고속철도 기술선점을 위한 공격적인 R&D 투자 및 글로벌 속도경쟁이 치열한 현재의 상황에서, 고속철도 기술개발에 대한 지속적이고 공격적인 투자 없이는 선진국과의 기술경쟁 뿐만 아니라 국내 시장도 위협받게 되어 결국 국가 신성장 동력으로 산업화하려는 정부의 정책에 차질 예상

9장. 과제 RFP 및 평가기준

9.1 본 과제 RFP

연구과제명	레일방식 500km/h(HEMU-500X)급 초고속철도 핵심기술 개발
1. 연구개발 목표	레일방식의 500km/h 속도한계를 극복하기 위한 핵심 소요기술 개발과 HEMU-500X 시험열차를 통한 실증시험 및 평가 ▪ 최고속도 500km/h 의 고속 주행안정성 확보 기술개발 (현행 임계속도 500km/h 이상) ▪ HEMU-430X 대비 15% 이상 공기저항을 저감하는 기술개발 ▪ 500km/h 속도역에서의 안정적 점착력 확보 기술개발 (우천, 건조 조건 미적용 시 대비 10~30% 점착한도 향상) ▪ 최고속도 500km/h, 15MW이상(6량 편성기준) 대출력 추진장치와 동력전달장치 기술개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	☐ 연구개발의 필요성 ○ 국가철도망 구축계획의 전국을 1시간 30분대로 연결 하나의 도시권으로 통합하는 정책에 기여 ○ 철도산업발전계획의 철도기술력 제고 및 해외진출 확대를 위한 일류의 철도기술 개발 필요 ○ 환경, 에너지 문제해소를 위해 전 세계는 철도 중심으로 Modal Shift되고 있음. 철도시장은 연간 성장률 4.5%로 성장, 2015년 250조의 거대시장 형성 예견되며, 특히 고속철도 시장은 연간 61조의 시장 규모로 추정됨 ○ 고속철도 후발국에서 기술 선도국으로 주도권 확보 및 국가 브랜드화로 철도산업을 신성장 동력화하는 국부기술 창출 ○ 세계시장 석권을 위한 치열한 속도경쟁에 대응 필요 - 프랑스 2007년 4월 574.8 km/h 시험주행 실시 - 중국 2010년 12월 486.1 km/h 시험주행 실시 - 중국 2011년 12월 500km/h 시제열차 출시 및 2012년 4월 575km/h 실험실 시험실시 ○ 기술혁신으로 500km/h 속도대의 초고속철도 시대가 가시화되고 있어, 선제적 기술개발을 통해 고속철 일류국가로 도약할 기회임 ☐ 기술동향 <국내 동향> ○ 2004년 4월 프랑스로부터 KTX 도입하여 경부고속철도 개통됨. KTX는 프랑스 고속열차인 2세대 TGV-A 차량을 한국의 운행여건에 맞게 변경 설계된 것임 ○ 1996년 12월부터 2007년 10월까지 KTX 성능을 기반으로 만든 한국형 고속열차기술개발 사업(HSR-350X)을 수행하였으며, 2004년 12월 시험 최고속도 352.4 km/h를 기록한 바 있음

- 동력 집중식의 HSR-350X의 성공에 고무되어, 최고속도 430km/h 동력 분산식 고속철도시스템 HEMU-430X 개발사업이 2007년 7월 시작하여 진행 중에 있음
- 고속철도의 속도향상과 관련하여 인프라의 안정성 확보를 위하여 400km/h 급 고속철도 인프라 시범적용 사업이 2010년 12월 시작하여 2014년 10월 까지 4개년 계획으로 추진되고 있음

<국의 동향>

- 프랑스, 일본, 중국 등은 고속철도 세계시장 선점을 위해 공격적 R&D 투자 중이며, 프랑스와 중국은 기술 과시를 통한 세계최고 기술 보유국임을 경쟁하고 있음
- 프랑스는 TGV140, V150 시험 프로그램을 통해 515.3km/h(1990년), 574.8km/h(2007년 4월)의 철도 속도기록을 달성함으로써 세계 최고기술 보유국임을 과시함
- 일본은 STAR21, FASTECH360 기술개발사업을 통해 지속적인 고속철도 성능향상 연구를 진행해 왔으며, 속도기록은 1993년에 425 km/h를 수립한 바 있음
- 중국은 봄바디아, 지멘스, 가와사키, 알스톰사로부터 다양한 고속철을 도입하여 중국화 하였으며, 2010년 CRH380AL 상업열차로 486.1 km/h 속도를 달성한 바 있으며, 정부 지원의 고속철 개발 프로젝트를 통해 500km/h의 시험열차를 2012년말에 출시하여 시험을 추진 중에 있음

3. 연구개발내용

□ 세부과제 1 : 500kph급 한계극복 핵심기술 및 시험평가 기술 개발

- 한계극복 핵심기술 (공기저항 저감기술) 개발
- 한계극복 핵심기술 (접착력 향상기술) 개발
- 한계극복 핵심기술 (초고속 주행장치 안정성 향상기술) 개발
- 과제 총괄 및 시스템 엔지니어링
 - HEMU-500X 시스템 개념설계, 요구사항 정의
 - 핵심장치, 차량시스템, 시험선로간 인터페이스 조정 관리
 - 사업 일정 및 위험도 관리
- 핵심기술 검증을 위한 장비 확장 및 시험평가
 - 추진성능 시험장비 속도 업그레이드
 - 대차 주행시험장치(Roller rig) 속도 업그레이드
 - 기타 실험실 검증 차원의 시험장비 속도 업그레이드
 - 선두 동력차 추진장치의 조합 성능 시험 및 평가
 - 주행장치의 고속 주행안정성 시험 및 평가
- 최고속도 시험구간 선정 및 안전성 평가/ 보강
 - 최고속도 시험 구간 분석 및 선정
 - 최고속도 시험을 위한 하부구조, 전차선 안전성 평가 및 보강
- 500km/h 실선로 시험운전 및 평가
- 후속 500키로 실용화기반 극복기술개발 기획

□ 세부과제 2 : 500kph급 시험열차(HEMU-500X) 고도화 기술 개발

- HEMU-500X 시험열차 확보
 - HEMU-430X를 확대 개량 설계 및 해석 검증
 - HEMU-500X 시험열차 개조 및 편성조립
 - 한계극복 핵심장치 인터페이스 설계 및 장착
- 한계극복 핵심기술(고출력 추진장치 및 동력전달장치) 개발

○ HEMU-500X 시험열차 완성차 및 구내 시험 ○ HEMU-500X 시험열차 유지보수	
4. 연구개발 추진방법	
☐ 추진전략 ○ 한국형 고속철도, 차세대 고속철도 기술개발 사업 등 국가 연구개발 사업으로 추진되어온 관련 사업의 유 무형적 성과를 연계, 활용 ○ 국가에서 지원 구축된 철도 전용 대형 시험장비를 속도 업그레이드하여 활용 ○ 차세대 고속철도 기술개발 사업의 성과물인 HEMU-430X 시제차량을 개량 활용 ○ 400km/h급 고속철도 인프라 시범적용 기술개발사업에서 추진하는 호남선의 시범구간을 시험운전 구간으로 활용함 ○ 국외 전문가 활용 등을 통한 선진기술 습득 및 연구결과 검증을 위하여 다양한 분야의 전문가 활용 ○ 연구성과 해외 홍보를 통해 HEMU 및 국가 브랜드 가치 향상	
☐ 추진체계 ○ 연구개발의 리스크를 줄일 수 있도록 연구과정에서 전문기술을 보유한 기관을 반드시 참여하도록 함 ○ 연구신청자는 과다한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구추진의 효율성을 도모할 것 ○ 한국철도시설공단/ 철도공사 참여를 통해 효과적 시험운전 도모 ○ 연구진의 연구 참여율을 높여 연구 집중도 제고 필요	
5. 최종성과물	
☐ 주요 최종 성과물 ☐ 세부과제 1 : 500kph급 한계극복 핵심기술 및 시험평가 기술 개발 ○ 시스템 요구사항 설계안 및 시스템 성능시험 기준안 ○ 한계극복 핵심장치 설계사양서 및 도면 ○ 한계극복 핵심장치(공기저항 저감장치 등) 시제품 ○ 핵심장치 실험실 성능 시험 결과 보고서 ○ 시험선 구간 최고속도 시험결과 보고서 ☐ 세부과제 2 : 500kph급 시험열차(HEMU-500X) 고도화 기술 개발 ○ HEMU-500X 시험열차 기술자료 및 도면 ○ 한계극복 핵심장치(대출력 추진장치 및 동력전달장치) 시제품 ○ HEMU-500X 시험열차 편성	
6. 기대효과 및 파급효과	
(1) 경제적 측면 ○ 연간 61조원 규모의 세계 고속철도 시장 선점 ○ 고속철도의 강국 국가이미지 강화 및 국내 고속철도 500키로급 브랜드화를 통한 세계 고속철도시장 점유율 확대 기대	

- 고속철도산업의 국부기술화 및 국가 신성장 동력화
(글로벌 시장 6% 점유 가정, 생산 유발효과 3.7조원 예상)
- (2) 기술적 측면
 - 거대한 세계고속철 시장을 장악할 수 있는 국부기술 창출
 - 레일방식의 한계를 극복하여, 500키로 속도대로 퀀텀 점프 토대 마련
 - 미래형 기술로 자동차, 조선 등의 타 산업으로의 확대 기대
- (3) 사회적 측면
 - 더 빠른 고속철도망으로 전국을 연결, 하나의 도시권으로 통합함으로써, 고질적 지역갈등 문제 해소
 - 중국 및 유라시아로 뻗어나가는 대륙 철도망의 기종점 역할 확보
 - 고속철도 기술 강국으로 국가 브랜드 가치 향상

7. 연구개발기간 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 : 280억원
 - 1차년도 연구개발비 : 정부출연금 60억원
 - ※ 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

8. 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, 연구목표, 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

9.2 연차별 연구성과 평가방법 및 기준 설정

기준항목	세 부 항 목
연구개발목표 (10점)	최종목표 및 연차별 달성목표의 적절성·타당성(5점)
	성과지표 설정의 명확성 및 적정성(5점)
연구개발내용 (20점)	RFP와의 적합성(5점)
	과제목표달성을 위한 세부과제 구성 및 상호연계성(5점)
	연구개발내용의 완성도 및 실현가능성(5점)
	연차별 연구내용의 차별성 및 창의성(5점)
추진전략 및 계획 (20점)	연구수행체계 적정성 및 연구진 전문성(5점)
	연구추진 전략의 구체성 및 타당성(5점)
	연구인프라 및 연구지원시스템의 적절성(5점)
	연구기간 및 연구개발비 편성의 적절성(5점)
개발기술의 실용성 및 경제성 (40점)	개발기술의 혁신성 및 차별성(10점)
	활용방안의 적절성 및 구체성(10점)
	개발기술의 실용성 및 사업성(10점)
	개발기술의 경제적 기대성과(투자 및 파급효과 등)(10점)
연구책임자의 전문성 및 관리능력 (10점)	연구전문성 및 해당분야 실적(5점)
	연구과제 관리 및 운영 능력(5점)

부합성 평가	평가위원 과반수 이상이 연구개발계획서가 과제제안요구서(RFP)와 부합되지 않는다고 판정시 탈락 조치
중복성 평가	평가위원 과반수 이상이 기 수행되었거나, 수행중인 과제와 중복되는 것으로 판정시 탈락 조치

※총점은 100점이며, 총점의 60% 미만인 경우에는 탈락

부록 (자문 위원)

구분	성 명	소 속	직 위	e-mail	비 고
1	송문석	교통대학	교수	9288km@hanmail.net	위원
2	신광복	한밭대학교	교수	shin955@hanbat.ac.kr	위원
3	김인재	철도시설공단	처장	injaero@krri.re.kr	위원
4	정인수	한국철도공사	단장	chungis@hanmail.net	위원
5	김현식	한국철도공사	센터장	khs051105@korail.com	위원
6	박영대	인피닉스	대표	ydp4428@infinics.co.kr	위원
7	이정율	현대로템	수석 연구원	jylee@hyundai-rotem.co.kr	위원
8	유현규	현대로템	수석 연구원	hg.ryu@hyundai-rotem.co.kr	위원
9	노애숙	현대로템	책임 연구원	askno@hyundai-rotem.co.kr	위원
10	정 훈	현대로템	선임 연구원	hjeong@hyundai-rotem.co.kr	위원

겉표지에 인쇄할 것

겉표지에 인쇄할 것

주 의

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 아니됩니다.