

3cm 과제 번호 4cm	철도 차량 간 자동 연결 및 분리 시스 템 R&D Report 개발 기획 연구 보 고 서 2013 국토교통과학기술진흥원 5cm 3cm (견고덱 25p)
미래철도기술개발사업 기획보고서 3cm 0.5cm R&D / oooo-oooo 2.5cm9cm (견고덱31p)5cm 철도 차량간 자동 연결 및 분리 시스템 개발 기획보고서 (0.1cm) 2013 . 06. 0.15cm(견고덱15p) (별색바탕 : C50, M20, Y59, K0) 주관연구기관 / 한국철도기술연구원 공동연구기관 / 서울메트로, 유진기공산업(주) (견고덱 15.5p) (백색바탕) 국 토 교 통 부 국토교통과학기술진흥원 (견고덱 20p)	

제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원장) 귀하

이 보고서를 "철도 차량간 자동 연결 및 분리 시스템 개발 기획"과제 보고서로 제출합니다.

2013 . 06 .

주관연구기관명 : 한국철도기술연구원
주관연구책임자 : 이강미 선임연구원
연 구 원 : 오세찬 선임연구원
연 구 원 : 채은경 선임연구원
연 구 원 : 홍재성 책임연구원
연 구 원 : 김무선 선임연구원
연 구 원 : 정현승 선임연구원
연 구 원 : 장동욱 선임연구원
연 구 원 : 김정태 선임연구원

공동연구기관명 : 서울메트로
공동연구책임자 : 전진형 책임연구원
연 구 원 : 조문수 책임연구원
연 구 원 : 정호형 선임연구원
연 구 원 : 김우교 전임연구원
연 구 원 : 정구인 주임연구원
연 구 원 : 김정수 연구원
연 구 원 : 유재광 연구원

공동연구기관명 : 유진기공산업(주)
공동연구책임자 : 김기남 책임연구원
연 구 원 : 황성운 선임연구원
연 구 원 : 김진모 연구원
연 구 원 : 전희권 연구원

보고서 요약서

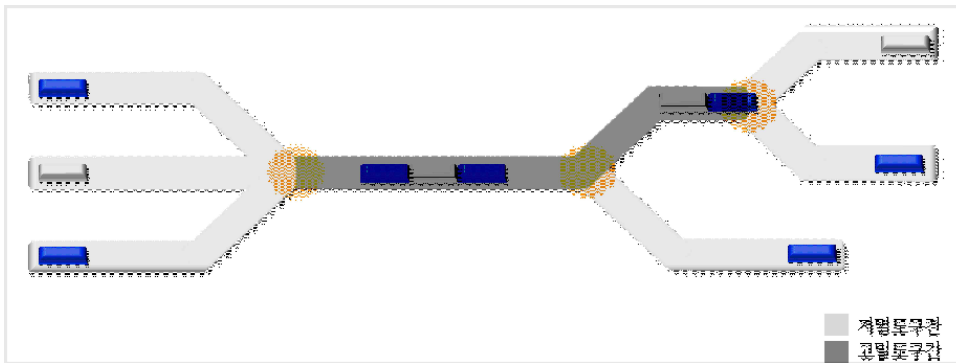
과제고유번호		해당단계연구기간	2012.12.26. ~2013.06.25	단계구분	
연구사업명		미래철도기술개발사업			
연구과제명	대과제명				
	세부과제명	철도 차량간 자동 연결 및 분리시스템 개발 기획			
연구책임자	이강미 선임연구원	해당참여연구원수	총: 19명 내부: 외부:	해당단계연구비	정부:50,000천원 기업: 계:50,000천원
		총연구기간 참여 연구원수	총: 19명 내부: 외부:	총연구비	정부:50,000천원 기업: 계:50,000천원
연구기관명 및 소속부서명	한국철도기술연구원 시험인증안전센터		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 : - 상대국연구기관명: -				
공동연구	연구기관명 : 서울메트로		연구책임자 : 전진형 책임연구원		
	연구기관명 : 유진기공산업(주)		연구책임자 : 김기남 책임연구원		
위탁연구	연구기관명 :		연구책임자 :		
요약				보고서 면수	231
본 연구는 철도인프라의 효율적 운영과 철도 이용자 편의성 향상(여정시간 단축 및 배차 간격 단축)에 따른 철도 이용수혜 확대를 위하여, 철도 차량의 편성을 단시간내 가변하기 위한, 스마트 열차분리결합기술을 정의하였다. 스마트 열차분리결합이란, 차량간 연결을 자동으로 분리 혹은 결합하여 운행 중 이용자의 수요에 맞게 편성을 가변하기 위한 기술이다. 본 연구는 스마트 열차분리결합 기술의 연구목표, 비전, 연구체계를 수립하고, 연차별 연구내용에 대한 기획을 수행하였다.					
색인어 (각 5개 이상)	한글	스마트, 열차분리결합, 가변편성, 도킹, 자동연결기			
	영어	Smart, Train coupling & uncoupling, Flexible train set, Docking			

[국문 요약문]

1. 기술의 정의 및 필요성

□ 스마트 열차분리결합시스템의 정의

- **이용자 수용에 따라 열차를 자동으로 분리결합하여, 편성을 가변 할 수 ICT 철도 융합 기술**
(본 기획연구에서는 특정역에서 선행열차 정차 후 후행열차가 10km/h 이하의 속도로 진입하여 결합 및 분리하는 것을 전제함)



[스마트 열차분리결합 시스템 개요]

□ 필요성

● 이용자 측면-철도 이용 기피

이용자 요구
가파이,
빠르게,
자주 편리하게 철도이용



이용자 현실(철도 이용 기피)
낮은 접근성, 대기시간과 배차간격에 따른
승객여정시간 증가(저밀도구간)
노선간 환승(53%), 환승시간(10분)
여정시간, 혼잡도 증가

● 운영자 측면-서비스 품질 악화

운영자 요구
인프라(선로, 차량)의 효율적
운행을 통한 이익창출



운영자 현실
수요에 무관하게 일정간격의 열차 운행
공공교통으로의 철도, 적자노선 운영
서비스 질 악화

● 정부 측면-철도 투자 감소

정부 요구
철도의 공공성 강화를 통한
대중교통 활성화 및
균등한 국토공간 발전



정부 현실
이용자 철도이용기피로 대중교통분담 저하
운영자 비효율적 운영에 따른 적자노선 보전
철도투자 감소

- 이용자 중심의 가변편성 운영으로 이용자 편의성, 운영효율성, 철도공공성 향상
- 스마트 열차 분리결합시스템으로 새로운 철도운영방식 제안

2. 국내외 동향 및 환경분석

정책동향분석

저탄소 녹색성장정책 장려, 국민의 보편적 복지확대를 통한 균형발전 정책

- 친환경 교통수단인 철도의 공공성 확대 및 이를 통한 국가 균형발전필요
- 철도의 이용자 편의성 향상 및 운영효율성 향상 필요
- 철도 신규노선 투자보다는 기존 인프라 활용으로 철도이용확대 요구
- 범정부 차원 ICT 융합기술 장려

저탄소 녹색성장

제2차 국가철도망계획

이용자 중심운영

보편적 교통복지

ICT 융합 기술 장려

운영효율성 향상

경제동향분석

철도 운영효율화, 철도 핵심기술/핵심부품 원천기술 확보를 통한 경제성

- 철도운영효율화를 통한 운영 및 유지보수비 절감필요
- 철도 제어핵심기술, 핵심원천기술 확보를 통한 국제적 경쟁력확보 및 국외시장을 선도 할 수 있는 원천기술 개발 시급
- 전세계적으로 철도 운영효율을 향상시키기 위한 관련분야의 연구를 진행

철도 원천기술 확보를
통한 국가 경쟁력 확보

해외 의존도가 높은
부품 개발 및 국산화

국내외 시장을 선도할
수 있는 기술력 확보

기술개발분석

열차제어핵심기술, 차량 인터페이스 핵심부품기술, 운영기술, 검증기술

- 국내 열차분리결합의 사람개입에 따른 소요시간, 인적오류를 운영비효율을 조래함.
- 국내 열차분리결합을 위한 원천기술 미확보로, 현재 100% 해외 의존하고 있음.
- ICT강국인 국내 기술력과 철도기술의 융합을 통한 스마트 열차기술 확보 가능.
- 국내 차량 인터페이스 핵심부품은 해외 의존하고 있음 상황임.
- 국내외 현재 기술수준으로 핵심기술 및 부품기술의 원천기술 확보를 위하여, 다학제 간 연구가 필요함.

ICT 융합 열차제어

국제수준의 RAMS검증

전세계적 필요기술

핵심부품 국산화

다학제간 융복합 연구

스마트 운영기술

3. 연구개발과제 구성 및 추진전략

□ 비전 및 목표

VISION	ICT 융합기술 기반 이용자 중심 스마트 열차분리결합시스템						
MISSION	이용자 중심 열차운행을 통한 철도 공공성 확대						
R&D GOAL	○ 열차 분리결합 자동화 기술을 위한 제어 및 부품 원천기술 확보 ○ ICT 철도 융합 기술을 통한 열차 운행 안전성 향상 ○ 이용자 편의성, 운영 효율성 향상을 위한 운영기술 고도화						
STRATEGY	<table border="1"> <tr> <td>ICT 철도융합 열차분리결합 원천기술</td><td> · 열차운영효율성 향상을 위한 열차분리결합 자동화 방안 · 열차분리결합의 자동화를 통한 인적오류 저감 · ICT 기술을 활용한 철도 안전성 확보 기술 개발 </td></tr> <tr> <td>차량 핵심부품 국산화 기술</td><td> · 차량간 연결시스템 국산화 기술 개발 · 승객 편의성 향상을 위한 도어기술 · 기존 전동차 개량기술 개발 </td></tr> <tr> <td>스마트 운영기술</td><td> · 이용자 수요기반 열차 스케줄링 기술 개발 · 이용자 수요기반 열차 운행 기술 개발 · 인프라 활용 극대화 기술개발을 통한 철도 수혜 확대 </td></tr> </table>	ICT 철도융합 열차분리결합 원천기술	· 열차운영효율성 향상을 위한 열차분리결합 자동화 방안 · 열차분리결합의 자동화를 통한 인적오류 저감 · ICT 기술을 활용한 철도 안전성 확보 기술 개발	차량 핵심부품 국산화 기술	· 차량간 연결시스템 국산화 기술 개발 · 승객 편의성 향상을 위한 도어기술 · 기존 전동차 개량기술 개발	스마트 운영기술	· 이용자 수요기반 열차 스케줄링 기술 개발 · 이용자 수요기반 열차 운행 기술 개발 · 인프라 활용 극대화 기술개발을 통한 철도 수혜 확대
ICT 철도융합 열차분리결합 원천기술	· 열차운영효율성 향상을 위한 열차분리결합 자동화 방안 · 열차분리결합의 자동화를 통한 인적오류 저감 · ICT 기술을 활용한 철도 안전성 확보 기술 개발						
차량 핵심부품 국산화 기술	· 차량간 연결시스템 국산화 기술 개발 · 승객 편의성 향상을 위한 도어기술 · 기존 전동차 개량기술 개발						
스마트 운영기술	· 이용자 수요기반 열차 스케줄링 기술 개발 · 이용자 수요기반 열차 운행 기술 개발 · 인프라 활용 극대화 기술개발을 통한 철도 수혜 확대						

□ 세부과제별 중점 목표

1세부과제	스마트 열차분리결합 핵심제어기술개발
· 안전자동화 주행제어 기술 개발 · 총괄제어네트워크 기술 개발 · 안전성 평가 및 인증	
2세부과제	스마트 열차분리결합 핵심부품기술개발
· 자동연결기 및 에너지흡수장치 국산화 개발 · 편성간 승객이동을 위한 FFD 및 갱웨이 개발 · 스마트 열차분리결합을 위한 전동차 개량 기술 개발	
3세부과제	스마트 열차분리결합 핵심운영기술개발
· 스마트 열차분리결합시스템 운영최적화 기술개발 · 스마트 열차분리결합시스템 지능형 관제기술개발 · 스마트 열차분리결합시스템 운영을 위한 법제화	
4세부과제	스마트 열차분리결합 성능 검증기술 개발
· 스마트 열차분리결합 성능평가를 위한 인프라 구축 기술개발 · 스마트 열차분리결합 성능평가 기술	

□ 세부과제별 주요내용

1세부-1 : 스마트 열차분리결합 안전자동화 주행제어기술개발

기술정의

무인자동으로 운행하는 두 열차가 운행 중 거점역에서 안전을 확보하면서 분리 혹은 결합하기 위한 핵심제어기술로, 우주분야의 랑데부 도킹기술에 해당하는 기술임.

기술동향 및 분석

- 기존 열차제어시스템은 선행열차와의 추돌을 방지하기 위해 안전간격을 유지하는 것이며 열차의 분리시 열차제어시스템이 방호함.
- 선행열차의 위치는 차상-지상-차상의 매우 긴 triangular-path로 인해 오차가 누적되므로 열차 분리결합에서 요구하는 수준의 고정밀 상대위치 계산에는 부적합함
- 또한 기존 티의 연동논리는 하나의 진로내에서는 두 대의 열차가 진입을 할 수 없도록 되어 있기 때문에 열차의 분리결합을 위하여 역사내 선행열차 정차시, 후행열차 진입이 불가능함

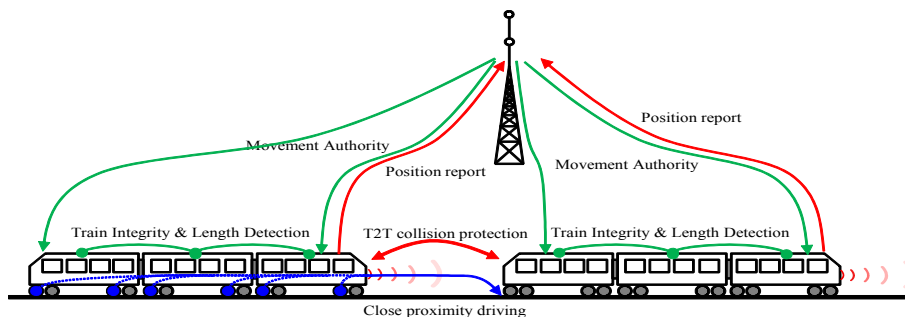
주요핵심기술

- 고정밀 열차 상대위치검지 기술개발
- 열차 추돌방지기술 및 고정밀 근접주행제어 기술개발
- 자동 분리결합용 진로제어 기술개발
- 실시간 열차 무결성 및 열차길이 모니터링 기술개발

기대효과

- 저속 고정밀 상대위치 및 주행제어기술 확보에 따른 주행안전성 향상
- 자동분리결합을 통한 분리결합 시간 단축 및 인적오류에 의한 사고감소
- 열차근접주행기술 및 분리결합 기술 확보에 따른 운영효율성 향상

개념도



[열차 안전자동화 주행제어기술]

1세부-2 : 스마트 열차분리결합 총괄제어네트워크 기술개발

기술정의

이종 네트워크로 구성된 열차간 상호결합시 실시간 단일 네트워크를 구성하여, 열차제어 및 모니터링 정보와 방송서비스를 통합운영하기 위한 국제 표준에 부합하는 고신뢰성 광대역 철도차량 네트워크 기술임.

기술동향 및 분석

- 철도차량 통신네트워크는 차량내 분산된 전자장치 및 제어기들의 실시간 제어, 온라인 감시, 자가 진단, 승객 정보서비스 등 다양한 기능을 수행함. 열차분리 결합할 경우 열차통신네트워크 구조 변경 및 전자장치 조성 변경으로 인해 제어기들과 네트워크장치들의 자동 재구성 기능 필요.
- 국제표준화기관(IEC)에서 봄바르디아, 지멘스 등의 차량제작사를 중심으로 기존 현대역 열차통신네트워크의 서비스 수용 한계 및 호환성 부족을 극복하기 위해 이더넷 기반 광대역 열차통신네트워크에 대한 표준화를 진행중이며 해외 철도차량 발주사양으로 요구되고 있으나 국내에서는 관련 연구가 미흡한 상태임.

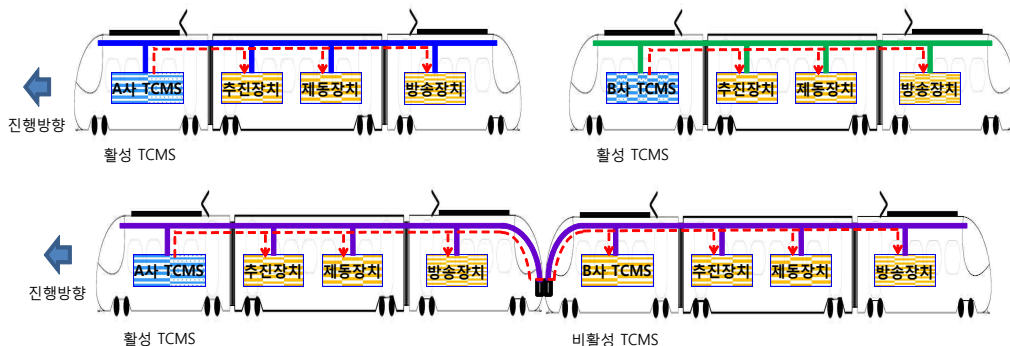
주요핵심기술

- 스마트 열차분리결합 지원 네트워크 프로토콜, 주소체계, DB 기술개발
- 철도차량 이더넷 네트워크 전송체계 및 장치 개발

기대효과

- 기존 철도차량 네트워크에 비해 확장성, 호환성, 가격 경쟁력, 기술지원에서 우수한 이더넷 기술의 활용으로 철도운영사의 운영 효율성 향상
- 세계적으로 경쟁력있는 국내 IT기술로 국제표준에 부합하는 열차통신네트워크 기술을 세계 최고수준으로 개발하여 해외시장 개척

개념도



[총괄네트워크 기술]

1세부-3 : 스마트 열차분리결합 안전성 활동 및 평가 기술개발

기술정의

국제표준에 따른 스마트 열차분리결합 핵심기술 및 핵심부품 성능평가 및 안전평가

기술동향 및 분석

- 유럽 내 상호운용성(TSI)법에서는 철도기술의 품질안전규정(EN 50126 등)을 강제하고 있으며, 이에 대한 준수여부를 Notified Body형태로 전문분야별 평가기관을 운영하여 품질안전을 사전검증토록 하고 있음.
- 유럽철도의 품질안전 검증체계는 EN 50126이 국제표준 IEC 62278로 제정되는 등, 글로벌 스탠다드로 활용되고 있으며, 유럽뿐만 아니라 우리나라를 포함한 아시아 시장에서도 개발된 철도기술의 실용화를 위한 필수 요건으로 적용되고 있음
- 국제표준기반의 품질안전평가는 실용화를 위한 기술개발단계에서 추가적인 비용이 발생하지만, 발생한 비용이 향후 실용화 과정에서 발견되는 품질안전 미흡을 해결하기 위한 비용과 비교하여 편익이 크므로 건설운영기관 및 산업계에서는 앞다투어 수명주기 전반에 대한 품질안전평가를 시행하고 있음

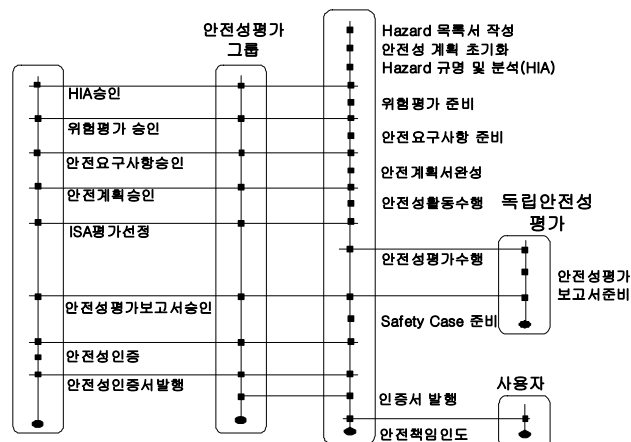
주요핵심기술

- 스마트 열차분리결합 핵심제어기술 및 부품기술 성능 및 안전성 평가
- 스마트 열차분리결합시스템 안전보고서

기대효과

- 스마트 열차분리결합 핵심제어 및 핵심부품기술 품질 및 안전성 평가를 통한 객관적으로 검증된 시스템 확보
- 국내 적용 및 해외 수출시 철도선진국과 대등한 수준의 경쟁력을 확보할 수 있음

개념도



[스마트 열차분리결합 성능 및 안전성 평가 절차(IEC61508)]

2세부-1 : 자동연결기 및 에너지 흡수장치 국산화 개발

기술정의

차량간 자동분리결합하기 위한 차량핵심부품으로 물리적·전기적으로 연결하기 위한 자동연결기와 결합시 발생하는 에너지를 흡수하기 위한 에너지 흡수장치 개발기술임.

기술동향 및 분석

- 국내 철도차량에 주로 적용되는 연결기는 밀착식으로 철도차량 수출 주대상인 유럽 및 아시아 지역에서 요구하는 모델과 호환이 불가능함. 최근 KTX-산천 등의 신규 차량에는 TSI에서 요구하는 콘 형식의 자동복합연결기가 설치되고 있음.
- 국내 자동복합연결기는 물리적 연결 외에 논리적 연결(전기, 신호, 통신)을 위한 전기 접점 표준 부재로 차량간 호환이 불가능한 상황임.
- 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙 제23조, 철도차량 안전기준에 관한 규칙 제36조에 따라 각각 5km/h, 10km/h로 주행하는 공차상태의 열차가 제동이 되어 있는 유사한 형태의 열차와 연결기를 통하여 충돌하였을 때 차체에는 손상이 발생하지 않도록 명시되어 있고, 유럽의 경우, 충돌속도 36km/h가 기준임. 국내 충돌에너지 흡수장치가 전량 수입에 의존하고 있는 상황으로 이에 대한 국산화 개발이 필수적임.

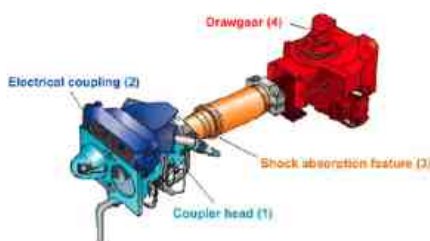
주요핵심기술

- 분리결합시 차량간 전기, 신호, 통신, 제동관 등 자동연결분리가능한 연결기개발
- 밀착식-콘타입 연결기 인터페이스(Adapter) 기술
- 만차 상태 충돌시나리오에 따른 충격완충방안 및 에너지 흡수장치 개발
- 충격완화용 완충기를 탑재한 차량의 탑승자 안전도 기준 설정 기술
- 에너지 흡수장치 시제품 개발 및 충격시험을 통한 성능 평가 기술

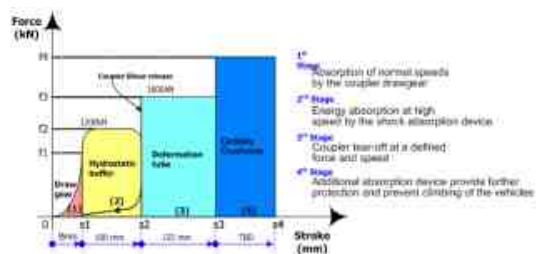
기대효과

- 물리적인 분리결합 자동화로 인적오류에 의한 위험원 제거
- 자동연결기 및 에너지 흡수장치 국산화 개발을 통한 경쟁력 확보

개념도



[자동복합연결기 개념도]



[에너지흡수장치 시나리오]

2세부-2 : 편성간 승객이동을 위한 FFD 및 갱웨이 개발

기술정의

열차가 분리결합을 통하여 운행 중 편성이 변경될 경우, 새롭게 조성된 열차내에서 승객이 개별 목적지에 따라 탑승 열차선택이 가능한 안전통로시스템 개발기술임.

기술동향 및 분석

- 국내의 경우, 계획된 열차결합(중련), 비정상적 열차결합(구원)시 승객 이동을 위한 안전통로시스템이 없음. 다만, 비상시 차량 탈출을 위한 전두부 비상탈출시스템이 신분당선, 월미은하레일열차에 구성되어 있음.
- 2000년대 운행한 새마을 중련운전시, 편성별로 목적지가 상이하고, 이에 따른 승객 불편의 문제가 운영상의 큰 문제가 되었음.
- 국외의 경우, 철도의 대중교통분담율이 높은 유럽, 일본에서는 가변편성이 적극적으로 운영되고 있었으며, 이에 따른 승객이동을 위한 통로시스템이 운영되고 있음.
- 정상운영상황에 열차분리결합시 승객의 편의성 향상을 위하여, 반드시 개발되어야 하는 핵심장치로 이를 위해서는 차량의 전두부 형상이 새롭게 개발되어야 함.

주요핵심기술

- 출입문 및 연결부위 상호 간섭 최소화를 위한 안전통로시스템 설계 기술
- 연결통로 자동형성을 위한 자동화 시스템 기술
- 차량 연결시 외부 차폐 공간 내 진동 및 소음 방지 밀폐 기술
- 결합 분리 반복 운영에 의한 내구성 확보를 위한 기술

기대효과

- 차량간 승객이동 편의성 및 안전성 확보
- 결합 부위 외부 소음 및 진동 차폐 효과 개선

개념도



[편성간 승객이동을 위한 FFD 및 갱웨이]

2세부-3 : 스마트 열차분리결합 운영을 위한 전동차 개량기술 개발

기술정의

국내 운영 중인 전동차(EMU)를 대상으로 스마트 열차분리결합기술의 적용을 위하여 차량간 호환성을 위한 보호회로, 전장품간 I/F회로에 대한 설계 도출

기술동향 및 분석

- 유럽을 중심으로 철도 부품 및 차량공급회사, 운영회사를 중심으로 다양한 공급자간 부품 호환성확보 및 시스템 모듈화에 대한 연구개발을 진행하고 있음.(약 3,000만 유로/년)
- 유럽, 일본 등에서는 고속철도-일반철도간, 디젤동차-전동차량간 호환성 확보로 열차간 분리병합운행을 시행중에 있음.
- 국내의 경우, 차량간 호환 불가로 인하여 신규노선 건설시 신규차량의 도입이 불가피함. 이는 철도건설비 증가의 주요원인이 되고, 운영기관의 차량 이용효율·유지보수효율을 낮추게 됨.

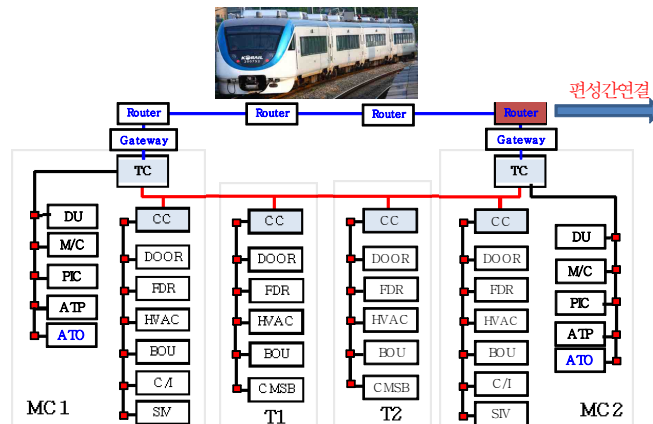
주요핵심기술

- 철도 차량간 I/F 안전연동회로 설계기술
 - 차상제어장치와 차상신호장치간 통합설계기술
 - 철도 차량간 차량특성, 견인특성, 제동특성 일체화 설계기술
 - 철도 차량간 이종 통신의 표준통신 체계 구축 설계기술
- (표준 프로토콜을 적용하여 이종 차량간 통신 I/F 확보)

기대효과

- 국내 운영중인 전동차(EMU) 이용효율을 통한 운영효율성 향상
- 국내 철도차량 제어시스템 통합 설계기술 확보에 따른 철도경쟁력 확보

개념도



[전동차 개량기술 개발]

3세부-1 : 스마트 열차분리결합 운영최적화 기술개발

기술정의

안정적인 열차분리결합 운영체계 확보를 위한 운영스케줄 및 차량 반복운행 스케줄 수립 기술

기술동향 및 분석

- 국내는 고정편성으로 이용자 수요에 따른 배차시격 조정과 같은 소극적 열차운영으로 긴 배차 간격, 환승 등으로 인한 이용자 불편의가 철도이용기피의 원인이 되고 있음.
- 운영자 측면에서는 철도의 공공교통으로의 역할로 인하여, 저밀도구간, 비첨두시에도 일정수준의 열차를 운행함으로써 운영비효율이 발생하고 있음.
- 국외의 경우, 운행구간이 긴 노선의 열차 운영시 열차의 분리결합 운영을 통하여, 선로의 효율적 사용, 이용자 편의성 향상을 꾀하고 있음.

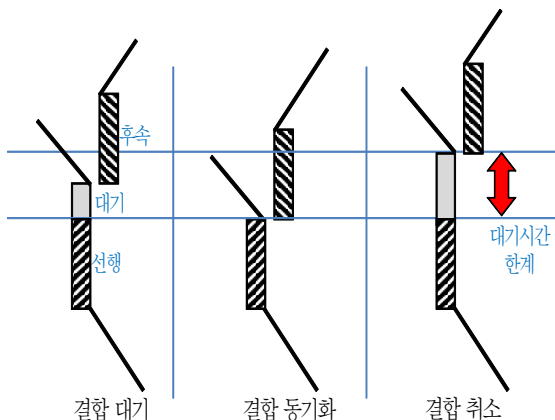
주요핵심기술

- 수요 및 재차율 변화가 큰 장거리 노선의 수요 맞춤형 최적 가변편성 열차계획 기술개발
- 스마트 열차분리결합 운영체계에서 선·후행 동기화 스케줄 기술개발
- 열차 분리결합체계로 운용되는 철도차량의 반복 및 할당계획 최적화에 따른 차량 이용률 극대화 기술개발

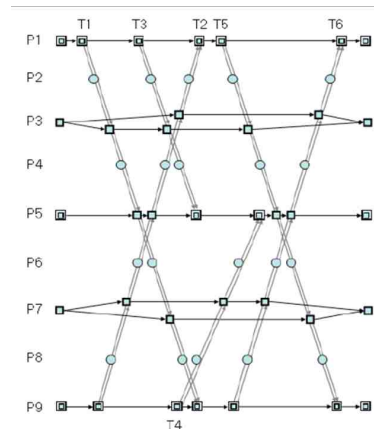
기대효과

- 노선의 수요 및 재차율 패턴을 고려한 수요 맞춤형 가변편성 열차운영으로 차량의 동력비(전기료) 등 운영비 절감 가능 (연간 약 37.6억 원/량 절감 가능)
- 수요 맞춤형 가변편성 열차운영으로 좌석 이용률 5.8% ~ 10% 향상

개념도



[열차 분리결합 동기화 스케줄링]



[열차분리결합 차량흐름 모델링 사례]

3세부-2 : 스마트 열차분리결합 지능형 관제기술개발

기술정의

스마트 열차분리결합 운영스케줄에서 당일 열차운행의 건전성 확보를 위한 지능형 관제 기술개발

기술동향 및 분석

- 국내 로컬 트래픽을 고려한 역 시스템 설계에 관한 연구 및 대형·고밀도 철도역 자동운행제어시스템의 핵심서브시스템 설계와 개발
- 탈레스 캐나다 - SelTrac의 CBTC 시스템을 브라질 상파울로 17호선(모노레일, 18 km, 무인운전)에 완전 자동화된 야드 관리 및 분리·결합 기능 포함

주요핵심기술

- 열차의 분리·결합 과정 실시간 감시 및 통제 기술개발
- 스마트 열차분리결합 운영체계에서 후속열차의 지연도착에 대한 지능형 관제 기술개발
- 스마트 열차분리결합 운영체계를 위한 기존 CTC 시스템 기능 확장 및 보완 기술개발

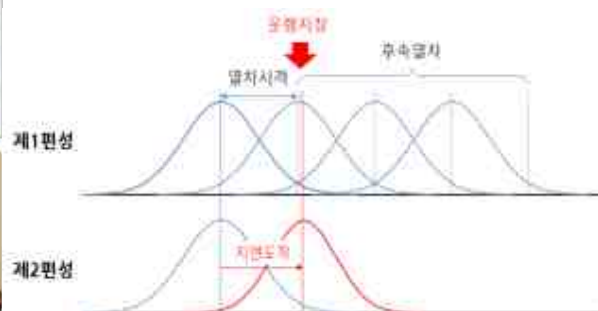
기대효과

- 기존 CTC 시스템의 스마트 열차분리결합 운영체계 관련 기능 확장 및 지능화 가능
- 본선의 다양한 이례사태 감안한 스마트 열차분리결합 운영체계의 유지 및 확보
- 복잡한 열차·차량의 분리·결합 운영체계의 빠르고 정확한 관제업무 실행 가능

개념도



[분리·결합 절차 실시간 감시·통제]



[후속열차 지연도착 지능형 관제]

3세부-3 : 스마트 열차분리결합 운영을 위한 법제화

기술정의

스마트 열차분리결합의 실용화를 위한 전략 수립 및 법제화 기반 확보

기술동향 및 분석

- 스마트 열차분리결합 시스템의 안정적인 영업운행을 위해서는 정상적인 운영체계에
서 역무원, 관제원, 승무원, 운전원 간의 상호 역할 분담에 대한 업무매뉴얼과 이례
상황 발생 시나리오에 따른 업무처리 매뉴얼 구축이 필요함.
- 스마트 열차분리결합시스템의 안전점검 및 유지보수 관리 프로세스 매뉴얼 구축도
필요함.
- 시제품 검증시험을 통한 스마트 열차분리결합 상용화 제품에 적용될 개선사항을 도
출하고 이를 통한 안정화/신뢰성 향상 가능성을 예측하고, 상용화 제품의 경제적 유
지보수 기준 수립 필요

주요핵심기술

- 스마트 열차분리결합 운영을 위한 법제화 연구
- 스마트 열차분리결합 운영체계 실용화 전략 수립

기대효과

- R&D 연구개발사업과 실용화 전략 수립 연구의 동시진행을 통한 기술개발사업이 상
용화 정책과 상호 조화를 이룰 수 있는 방향 제시 가능
- R&D 시제품의 성능검증 시험 결과를 반영한 상용화 제품을 대상으로 실용화 전략을
수립함으로써 제품의 신뢰성 확보에 기여함

성과물

- 스마트 열차분리결합 영업운행을 위한 열차운영 및 신호 취급 매뉴얼 및 유지관리
체계 및 관리 매뉴얼
- 스마트 열차분리결합 상용화 제품의 실용화 대상 노선 선정 및 종합 추진전략(안)

4세부-1 : 스마트 열차분리결합 인프라 구축기술개발

기술정의

스마트 열차분리결합 핵심기술 및 핵심부품의 기능 및 성능검증을 위한 인프라 구축기술

기술동향 및 분석

- 열차제어시스템의 기능과 성능검증을 위해서는 모의 정상운영환경에서 시스템의 기능과 성능을 검증해야함. 또한, 철도시스템의 물리적인 장치는 축소모형의 형태로 완벽한 검증이 불가능함.
- 모의 정상운영환경은 지상인프라(관제 등), 차상인프라(차량)로 구성하여야하며, 특히 스마트 열차분리결합시스템의 기능 및 성능검증을 위해서는 기존 지상 및 차상 인프라의 개량이 필요함.
- 국내 열차제어시스템의 표준사양 및 법제화를 위하여, 2011년부터 국가 R&D로 수행하고 있는 KRTC S 과제는 전남 목포의 12km의 시험선을 구축하여, 모의 관제 및 시험차량개량으로 열차제어시스템의 기능 및 성능평가를 수행하고 있음.

주요핵심기술

- 스마트 열차 분리결합 지상인프라 확보 및 구축 기술개발
- 스마트 열차 분리결합 차상인프라 확보 및 구축 기술개발

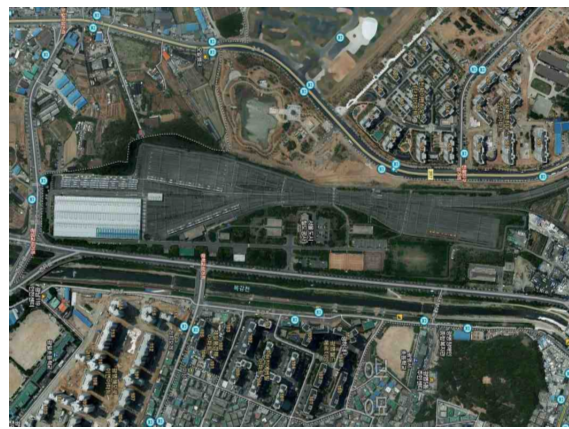
기대효과

- 스마트 열차분리결합시스템 기능 및 성능평가를 위한 시설확보
- 핵심제어 및 부품기술에 대한 단위시험, 조합시험, 현장시험이 가능함.

개념도



[스마트 열차분리결합 차상인프라 구축(예)]



[스마트 열차분리결합 지상인프라 구축(예)]

4세부-2 : 스마트 열차분리결합 성능평가 기술

기술정의

스마트 열차분리결합 기능 및 성능평가 기술

기술동향 및 분석

- 철도 분야는 운행방식에 따라 도시철도법, 철도안전법에 근거한 시스템의 기능 및 성능을 검증하고, 영업노선에 운행이 가능함.
- 스마트 열차분리결합 성능평가는 개발장치별 단위시험, 조합시험, 현장시험으로 구성되고, 시스템의 실용화를 위한 제3자 인증절차에 대한 구성이 요구되고, 모든 시험은 철도종합시험운행시험지침(국토부고시 2010-474)에 의거하여 작성된 시험절차서에 따라 수행되어야함.
- 스마트 열차분리결합 시스템의 성능평가는 실제 철도운영조건에 열차분리결합이라는 특수한 운영시나리오를 구성하여 그 성능을 평가해야함.

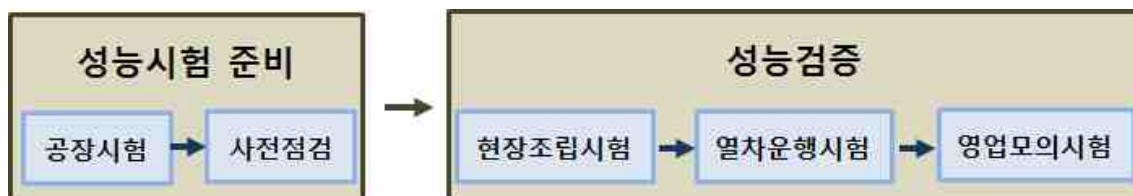
주요핵심기술

- 스마트 열차분리결합시스템 기능사양서
- 스마트 열차분리결합시스템 성능평가 항목 및 절차서
- 스마트 열차분리결합시스템 성능평가
- 스마트 열차분리결합시스템 유지보수 및 교육훈련 매뉴얼

기대효과

- 스마트 열차분리결합시스템의 핵심제어 및 핵심부품 기능 및 성능평가의 객관적 검증을 통한 실용화 시스템 확보
- 국내 적용 및 해외 수출시 철도선진국과 대등한 수준의 경쟁력을 확보할 수 있음

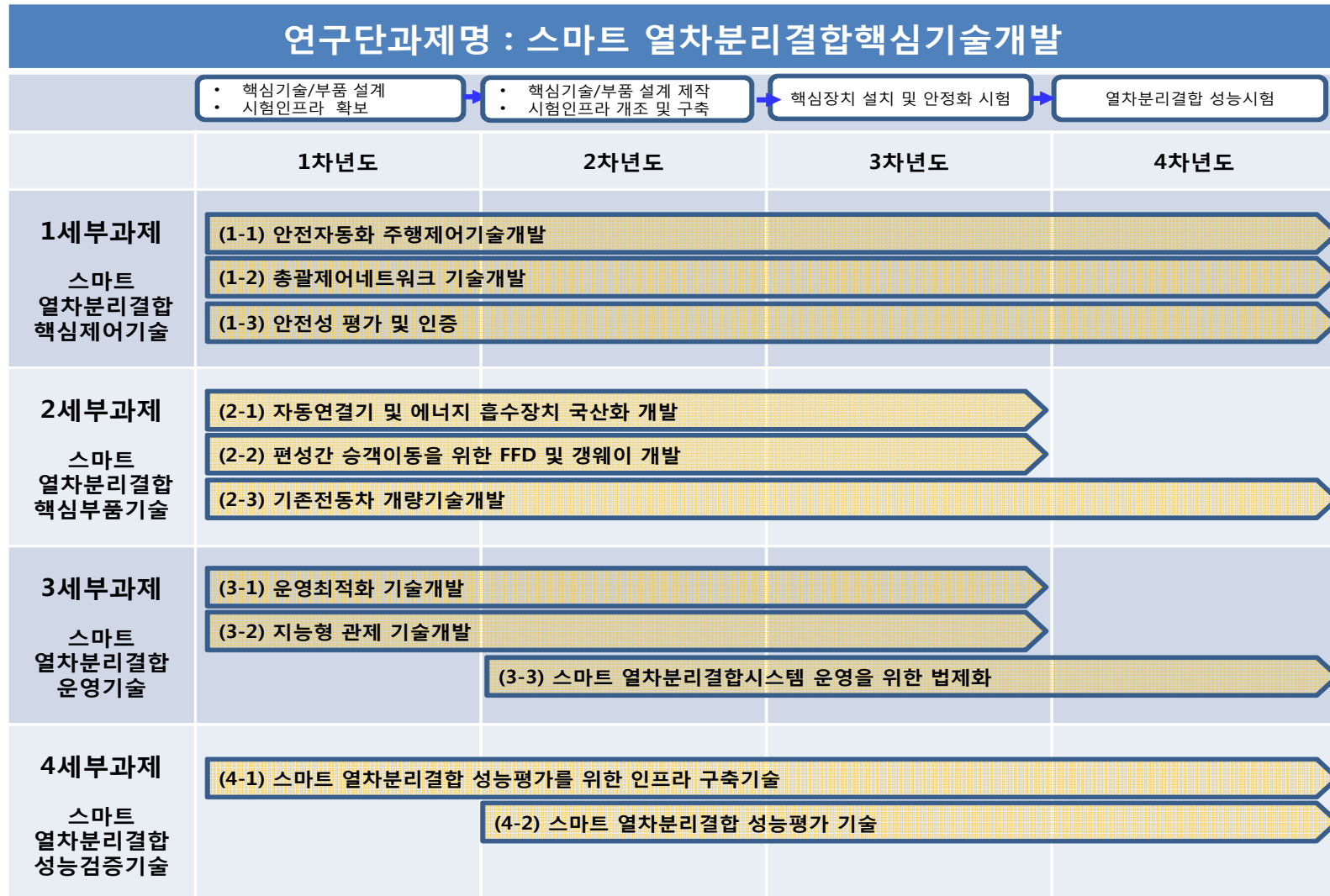
개념도



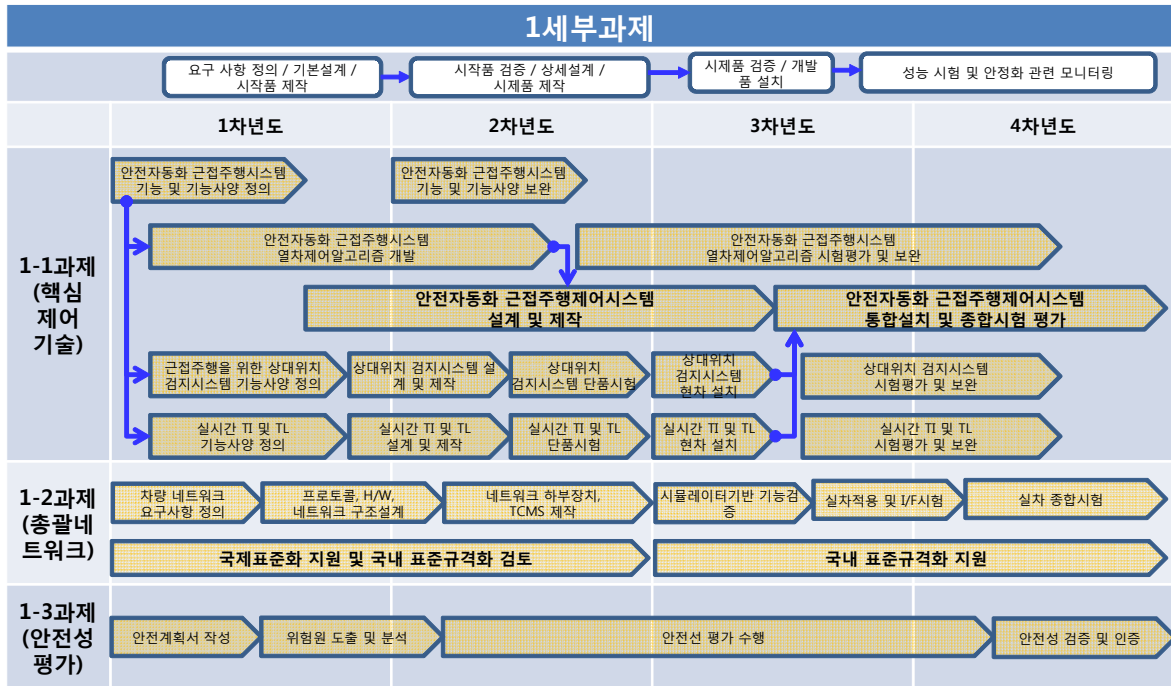
[스마트 열차분리결합 성능평가 절차(안)]

□ 연구개발과제 및 세부과제별 TRM

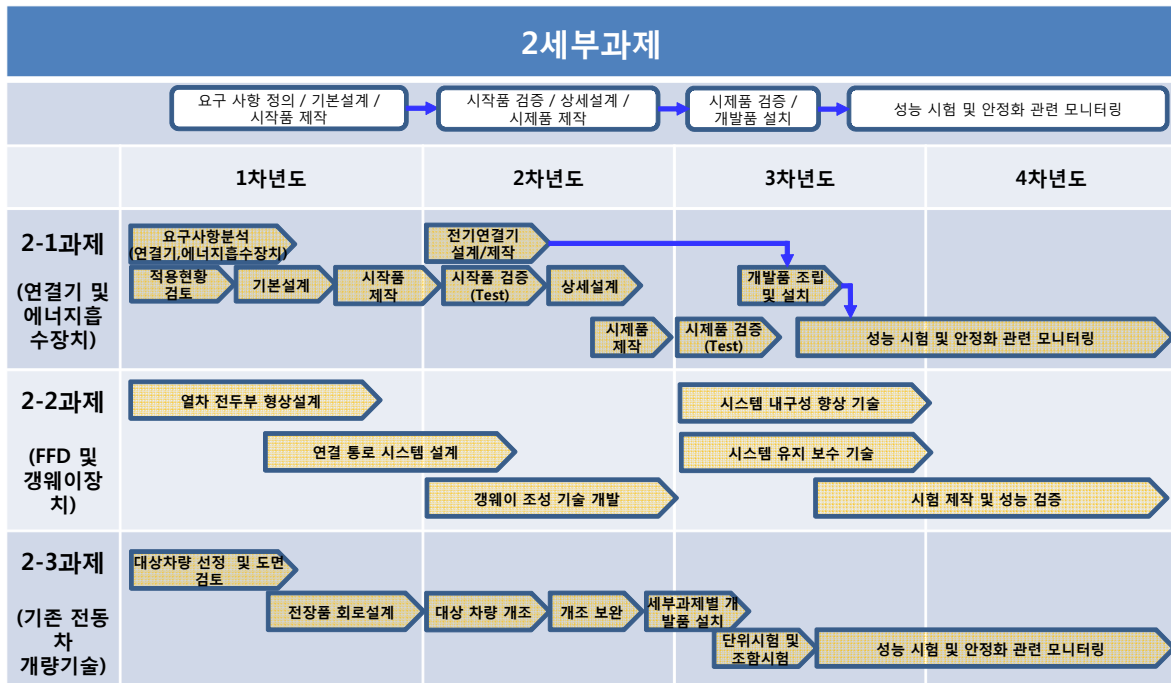
○ 스마트 열차분리결합시스템 개발과제



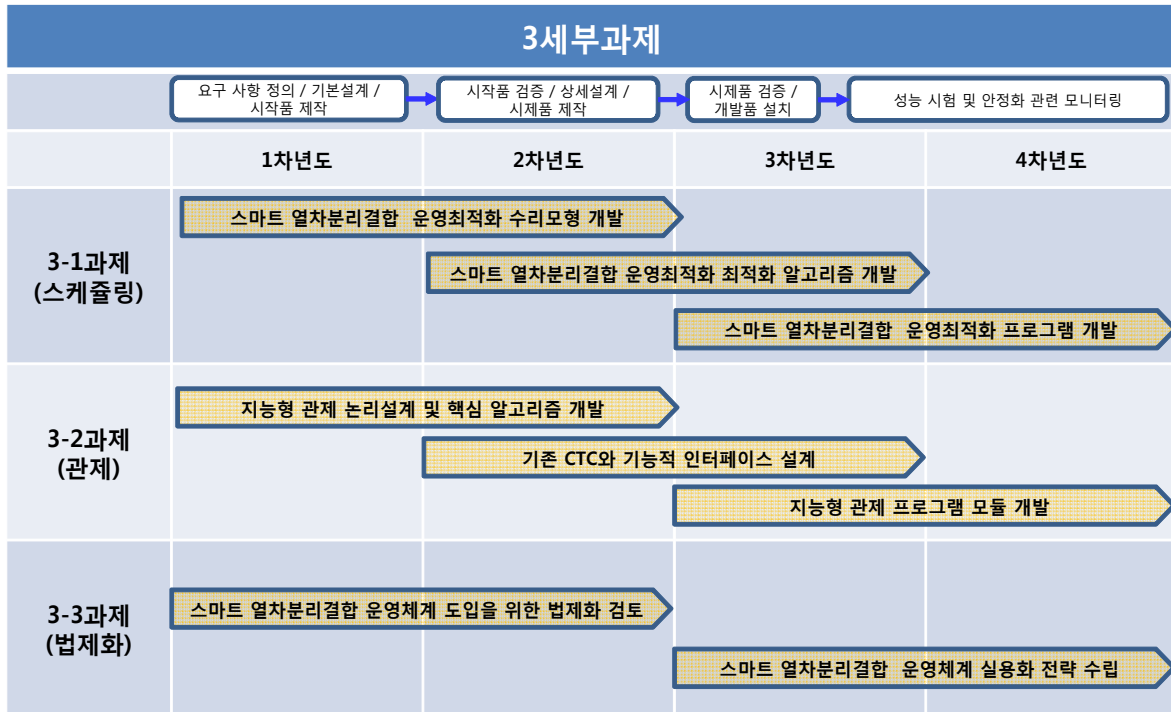
- 1세부과제



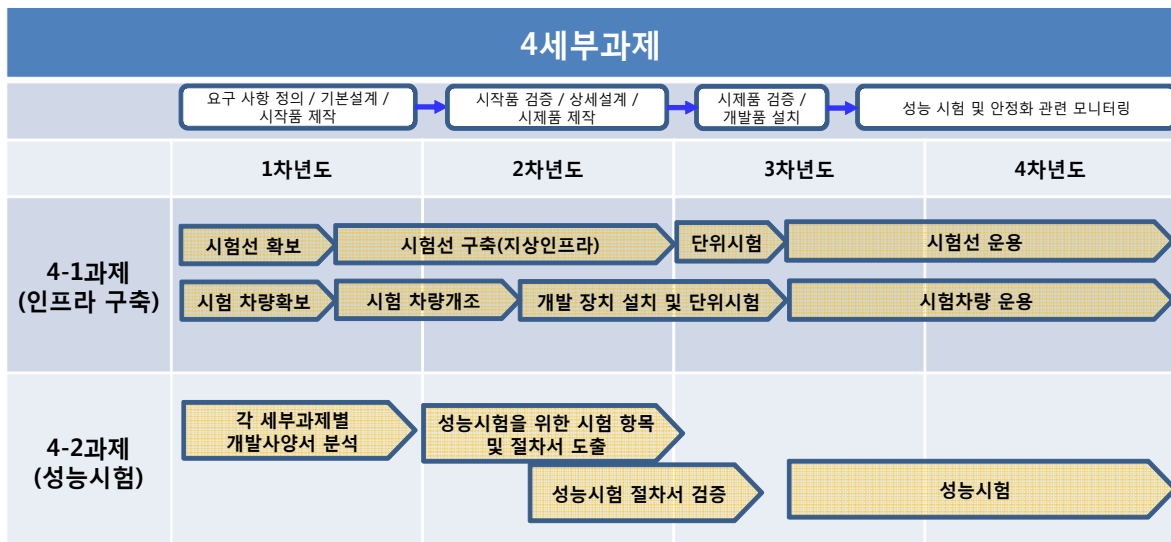
- 2세부과제



- 3세부과제



- 4세부과제



□ 기대효과 및 활용방안

기술적 기대효과	• 열차분리결합을 위한 핵심제어 및 핵심부품의 원천기술 확보 • 국제수준의 핵심제어 및 핵심부품의 안전성 및 신뢰성 확보 • 전세계적 열차운영효율화를 위한 열차분리결합 기술 시장 대응기술 • 열차운영효율화를 통한 CO2 절감 기여 • 철도기술분양 국가 경쟁력 확보 • 자동복합연결기 적용에 따른 열차 분리결합 작업 신속성과 안정성으로 편성 가변 운영의 효율성 향상 • 열차 충돌사고에 대한 안전도 설정 및 검증기술 확보 • 열차 지연패턴을 고려한 동기화 기술개발에 따라 열차의 환승·연계 서비스 기술향상 기대 • 기존 CTC 시스템의 스마트 열차분리결합 운영체계 관련 기능 확장 및 지능화 가능 • 핵심제어기술 및 핵심부품기술 평가기준 구축 및 국내 자체 시험평가기술 확보
정책적 기대효과	• 스마트 열차분리결합 기술을 활용한 운영기관의 선로인프라, 차량인프라 활용 효율성 효율성 향상 기대가능 (수요 맞춤형 가변편성 열차 배차로 공급하는 열차의 평균 좌석 이용율 향상 기대 (5.8% ~ 10% 예상)) • 철도의 이용편의성 향상 및 수혜지역 확대에 따른 공공성 확대 • 철도 이용율 향상에 따른 탄소배출량 저감 • 공공교통의 이용향상에 따른 저탄소 사회 구축 및 보편적 복지의 공평한 혜택을 통한 국토공간의 균증한 발전 정책 부합 • 차량핵심부품의 국산화 및 표준화를 통한 국내 차량운용 효율화
경제적 기대효과	• 스마트 열차분리결합 기술로 차량의 동력비(전기료) 등 운영비 절감 기대 (연간 약 37.6억 원/량 절감 예상) • 수요 맞춤형 가변편성 열차운영으로 좌석 이용율 5.8% ~ 10% 향상 • 열차운영효율화를 통한 직간접비 절감 • 핵심기술 및 부품기술의 원천기술 확보를 통한 운영유지보수비용 절감 • 핵심기술 및 부품기술의 원천기술 확보를 통한 외산 국산화 대체 • 신규 노선 건설 대비 효율적인 기존 인프라 활용에 따른 정부예산 절감

4. 인력투입계획 및 소요예산

□ 인력투입계획

(단위 : 명)

세부과제	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
1세부	35	45	35	20	135
2세부	22	25	25	15	87
3세부	12	17	15	12	56
4세부	12	20	50	65	147
합 계	81	107	125	112	425

□ 소요예산 산정

[총괄]

(단위 : 억원)

세부과제	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
정부	75.50	99.75	68.70	55.5	299.45
민간	24.45	45.20	31.15	27.75	128.55
합 계	99.95	144.95	99.85	83.25	428

[세부과제별]

(단위 : 억원)

세부과제	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		합계
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	
1세부	27.00	20.00	46.00	39.00	29.00	27.00	17.00	24.00	229.00
1-1	15.00	17.00	32.00	35.00	20.00	25.00	10.00	23.00	177.00
1-2	8.00	3.00	10.00	4.00	5.00	2.00	2.00	1.00	35.00
1-3	4.00	-	4.00	-	4.00	-	5.00	-	17.00
2세부	9.50	3.20	14.75	4.95	8.70	2.90	7.50	2.50	54.00
2-1	4.50	1.50	9.75	3.25	4.20	1.40	4.50	1.50	30.60
2-2	2.00	0.70	2.00	0.70	1.50	0.50	1.50	0.50	9.40
2-3	3.00	1.00	3.00	1.00	3.00	1.00	1.50	0.50	14.00
3세부	7.00	1.25	10.0	1.25	10.00	1.25	6.00	1.25	38.00
3-1	3.00	-	5.00	-	5.00	-	2.00	-	15.00
3-2	3.00	1.25	4.00	1.25	4.00	1.25	2.00	1.25	18.00
3-3	1.00	-	1.00	-	1.00	-	2.00	-	5.00
4세부	32.00	-	29.00	-	21.00	-	25.00	-	107.00
4-1	30.00	-	25.00	-	15.00	-	15.00	-	85.00
4-2	2.00	-	4.00	-	6.00	-	10.00	-	22.00
합 계	75.50	24.45	99.75	45.20	68.70	31.15	55.5	27.75	428.00

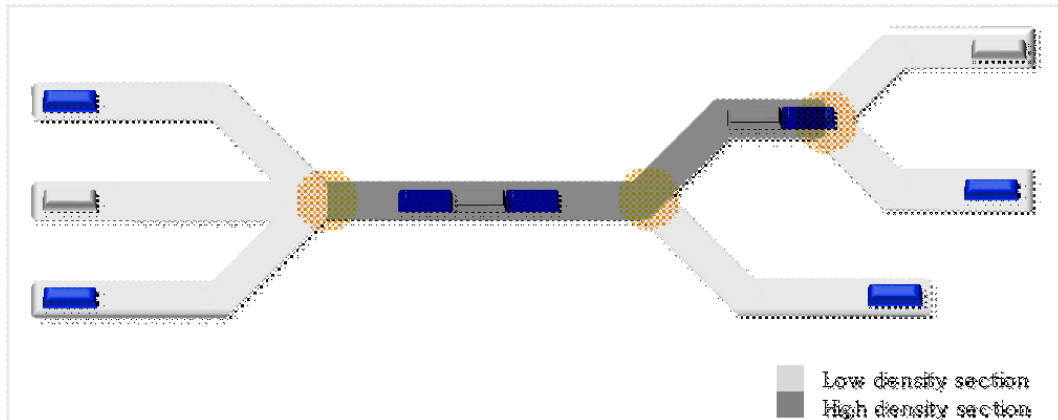
[Summary]

1. Definition and Needs

□ Definition of Smart Train Coupling & Decoupling

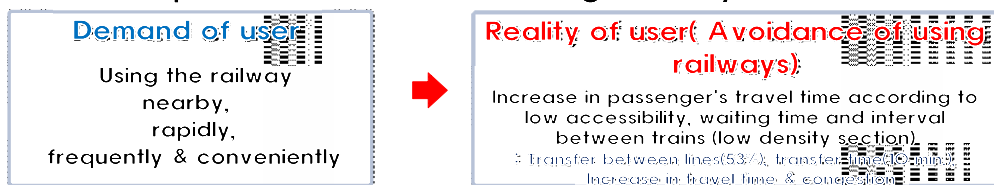
- ICT railway convergence technology which can vary train formation by decoupling and coupling trains automatically in accordance with the acceptance of users

(In this planning research, it is on the premise that the coupling and decoupling are conducted at the specific station where the following train enters there at the speed of below 10km/h after a preceding train is stopped there)

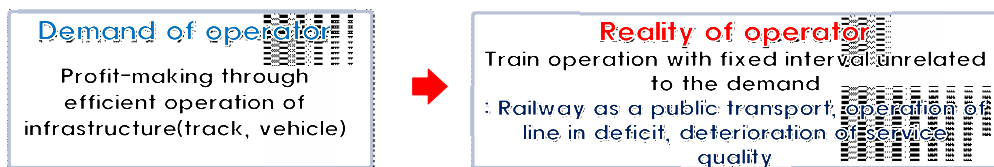


□ Needs

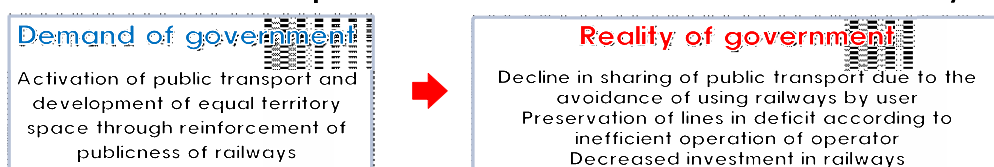
- User's aspect-Avoidance of using railways



- Operator's aspect-Deterioration of service quality



- Government's aspect-Decreased investment in railways



- Enhancement of user's convenience, operational efficiency, publicness of railway due to the operation with variable formation centered on users
- Proposal of new railway operation method with smart train coupling/decoupling system

2. Domestic/International trend and Analysis

Analysis on policy trend

Encouragement of low-carbon green growth policy, equal development policy through expansion of universal national welfare

- Expansion in publicness of railways that is environment-friendly means of transportation and equal development of nation through it are required
- Necessary to enhance convenience of railway users and to enhance operational efficiency
- Demand for expansion of using railways through utilizing existing infrastructures rather than investing in new railway lines
- Encouragement of ICT convergence technology at the government-wide level

Low-carbon green growth	Second national railway network plan	Operation centered on users
Universal Transportation welfare	Encouragement of ICT convergence technology	Enhancement in operational efficiency

Analysis on economic trend

Economic feasibility through securing efficiency of railway operation, core technology of railway/original technology of core parts

- Necessary to reduce operating & maintenance costs through efficiency of train operation
- Urgent to develop original technologies which can secure international competitiveness and lead overseas markets through securing core technology for railway control & core original technology
- Progress of study on relevant fields to enhance operational efficiency of railways globally

Securement of national competitiveness through securing original technologies for railways	Development of parts whose level of dependence on overseas is high and their localization	Securement of technical skills possible to lead markets in home and abroad
--	---	--

Analysis on technical development

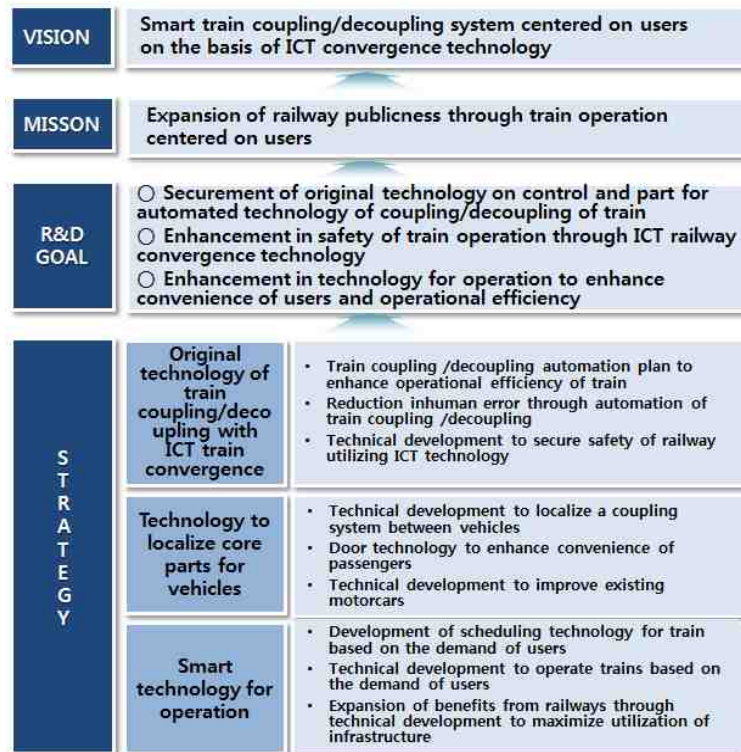
Core technology for train control, core parts technology for vehicle interface, operational technology, validation technology

- Time required according to human intervention in coupling/decoupling of domestic trains, decrease in efficiency of operating cost due to human errors.
- 100% dependent on overseas currently because original technologies for coupling/decoupling of domestic trains were not secured.
- Smart train technology through convergence of technical skills and railway technology of Korea which is the powerful nation of ICT.
- Core parts for interface with domestic vehicles are dependent on overseas.
- Multidisciplinary study is required to secure original technologies on core technology and part technology on the basis of current technology in home and abroad.

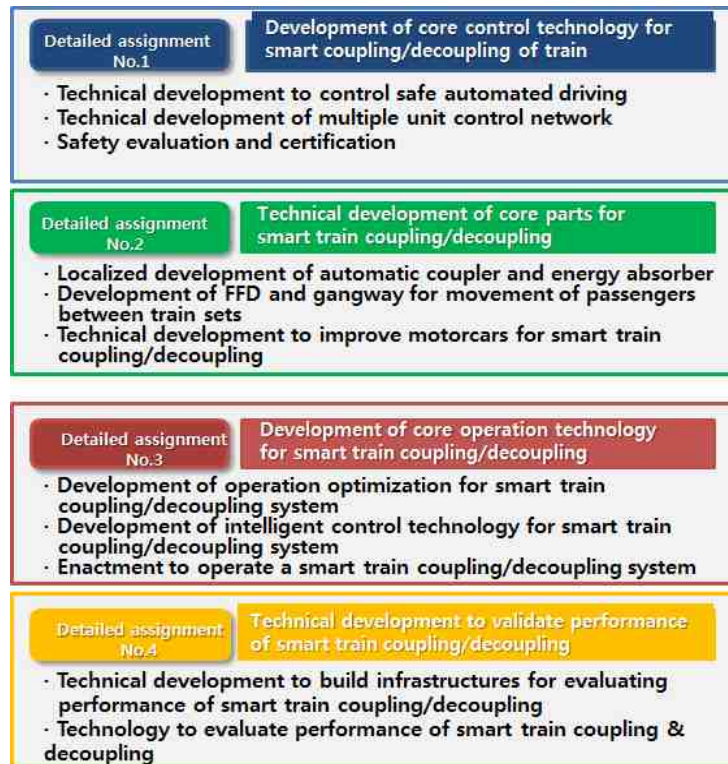
ICT convergence train control	Validation of RAMS At international level	Technology required globally
Localization of core parts	Multidisciplinary convergence/complex study	Smart technology for operation

2. Organization of R&D project and Research Strategies

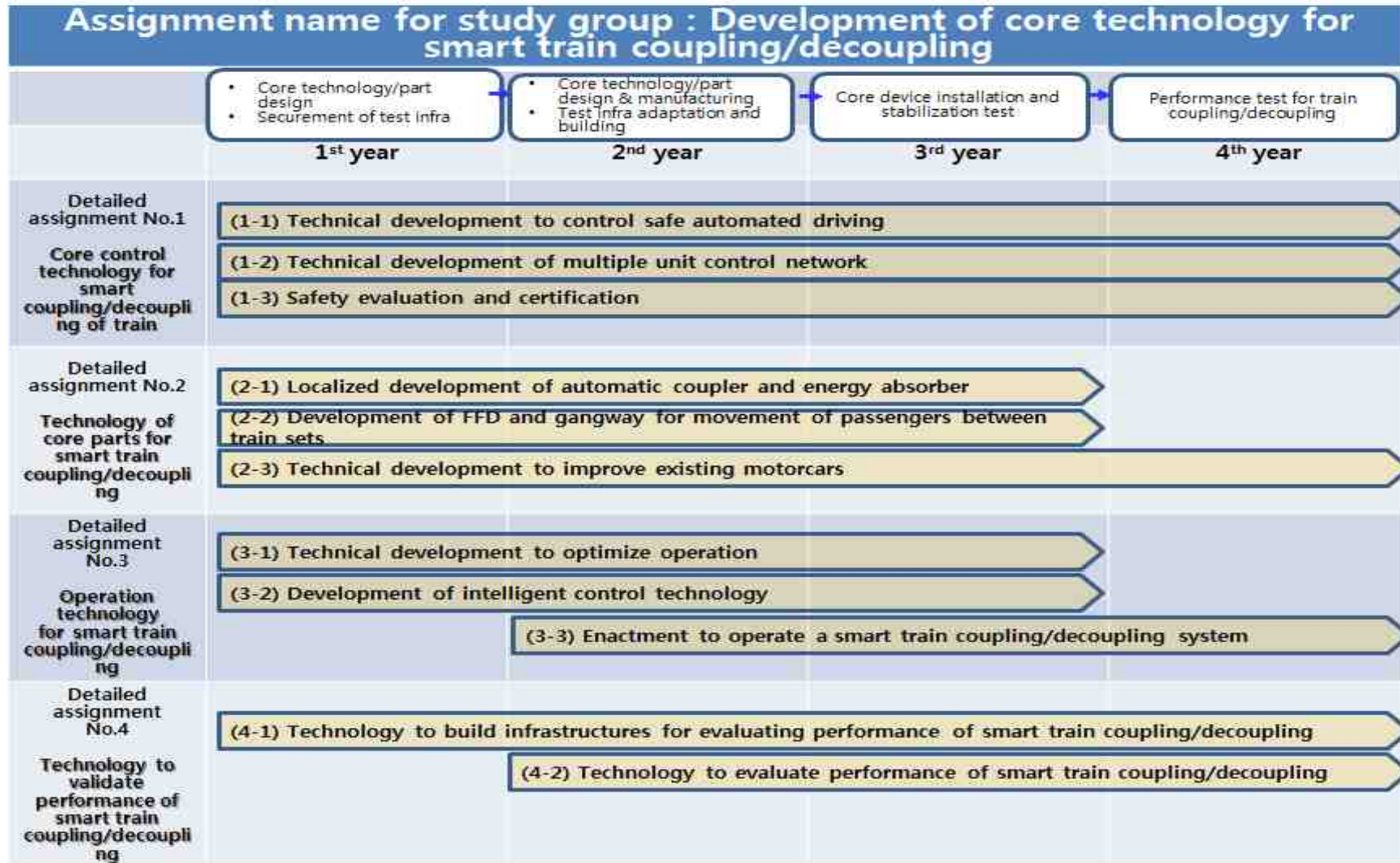
□ Vision and Research goals



□ Research goals of Sun-tracks



□ TRM



□ Expected effect and Application

Technical expected effect	• Securement of original technology on core control and core part for train coupling/decoupling • Securement of safety and reliability for core control and core part at the international level • Technology to cope with train coupling/decoupling technology markets for efficiency of global train operation • Contribution to reduction of CO₂ through efficiency of train operation • Securement of national competitiveness for sale of technology on railways • Enhancement in efficiency of operation with variable formation through speed and stability of train coupling/decoupling work in accordance with application of automatic complex coupler • Establishment of safety level against train collision accident and the securement of validation technology • Expectation of technical enhancement in train transfer and linkage services according to technical development of synchronization taking consideration into the delayed pattern of train • Expansion of functions in relation to operation system of existing CTC system and intelligence function • Evaluation criteria building on core control technology and core part technology and securement of its own domestic test & evaluation technology
Political expected effect	• Possible to expect enhancement in efficiency of utilization of track infrastructure and vehicle infrastructure of operation institution by utilizing smart train coupling/decoupling technology [expect to enhance average usage rate of seats for train which is supplied with variable formation of train interval customized to the demand (5.8% ~ 10% expected)] • Enhancement in convenience of using railways and expansion of publicness according to the expansion of regions getting benefits • Reduction in amount of emission of carbon in accordance with enhancement in usage rate of train • Building a low-carbon society according to enhancement in usage of public transport, and meeting to the policy of equal development of national spaces through equal benefits of universal welfare • Localization of core part for vehicle and efficiency of domestic vehicle operation through standardization
Economic expected effect	• Expect to reduce operating costs such as power costs (electric charges) of vehicle, etc. by using smart train coupling/decoupling technology(expected to reduce about 3.76 billion Won/train annually) • Enhancement in usage rate of seat by 5.8% ~ 10% through train operation with variable formation customized to the demand • Reduction in direct/indirect costs through efficiency of train operation • Reduction in operating/maintenance costs through securing original technology of core technology and part technology • Replacement of foreign materials with domestic materials through securing original technology of core technology and part technology • Reduction in budget of government according to efficient utilization of existing infrastructures in comparison with construction of new lines

3. Plan of manpower and budget

☐ Plans of manpower

(unit : count)

Subtrack	1st year	2nd year	3rd year	4th year	Total
Subtrack 1	35	45	35	20	135
Subtrack 1	22	25	25	15	87
Subtrack 3	12	17	15	12	56
Subtrack 4	12	20	50	65	147
Total	81	107	125	112	425

☐ Budget

[Total]

(unit : one hundred million)

Subtrack	1st year	2nd year	3rd year	4th year	Total
Public	75.50	99.75	68.70	55.5	299.45
Private	24.45	45.20	31.15	27.75	128.55
Total	99.95	144.95	99.85	83.25	428

[세부과제별]

(unit : one hundred million)

Subtrack	1st year		2nd year		3rd year		4th year		Total
	Public	Private	Public	Private	Public	Private	Public	Private	
Subtrack 1	27.00	20.00	46.00	39.00	29.00	27.00	17.00	24.00	229.00
1-1	15.00	17.00	32.00	35.00	20.00	25.00	10.00	23.00	177.00
1-2	8.00	3.00	10.00	4.00	5.00	2.00	2.00	1.00	35.00
1-3	4.00	-	4.00	-	4.00	-	5.00	-	17.00
Subtrack 2	9.50	3.20	14.75	4.95	8.70	2.90	7.50	2.50	54.00
2-1	4.50	1.50	9.75	3.25	4.20	1.40	4.50	1.50	30.60
2-2	2.00	0.70	2.00	0.70	1.50	0.50	1.50	0.50	9.40
2-3	3.00	1.00	3.00	1.00	3.00	1.00	1.50	0.50	14.00
Subtrack 3	7.00	1.25	10.0	1.25	10.00	1.25	6.00	1.25	38.00
3-1	3.00	-	5.00	-	5.00	-	2.00	-	15.00
3-2	3.00	1.25	4.00	1.25	4.00	1.25	2.00	1.25	18.00
3-3	1.00	-	1.00	-	1.00	-	2.00	-	5.00
Subtrack 4	32.00	-	29.00	-	21.00	-	25.00	-	107.00
4-1	30.00	-	25.00	-	15.00	-	15.00	-	85.00
4-2	2.00	-	4.00	-	6.00	-	10.00	-	22.00
Total	75.50	24.45	99.75	45.20	68.70	31.15	55.5	27.75	428.00

목 차

제 1장 기술의 정의 및 필요성	1
제 1절 기술의 정의	1
1. “스마트 열차분리결합” 기술 정의	1
2. “스마트 열차분리결합” 기술개발 범위	1
제 2절 “스마트 열차분리결합기술개발” 기획의 필요성	15
1. 정책적 필요성	15
2. 경제적 필요성	16
3. 사회적 필요성	16
4. 기술적 필요성	19
제 2장 국내외 동향 및 환경분석	27
제 1절 국내외 정책동향	27
1. 국내 정책 동향	27
2. 국외정책동향	32
3. 시사점	39
제 2절 국내외 기술동향	40
1. 국내 기술 및 산업 동향	40
2. 국외 기술 및 산업 동향	72
3. 시사점	97
4. 특허분석	98
5. 논문분석	122
6. 시장분석	131
7. 연구인력 인프라	137
8. 연구 기자재 인프라	138
9. 연구인력 현황	141

제 3절 종합분석	143
1. 정책동향 소결 및 시사점	143
2. 기술동향 소결 및 시사점	143
3. 특허분석	144
4. 논문분석	145
5. 시장분석	146
6. 연구개발 인프라 분석	146
7. STEEP 분석	147
8. SWOT분석	148
9. Keyword 도출	149
 제 3장 연구개발 과제 구성 및 추진전략	 151
제 1절 비전 및 목표	151
제 2절 기술개발에 따른 미래상	152
1. 스마트 열차분리결합 기술의 미래상	152
2. 세부 과제별 미래상	153
제 3절 연구개발과제 구성	160
1. 연구개발과제의 구성	160
2. 기존연구와의 중복성	162
제 4절 세부과제별 주요내용 및 추진전략	163
1. 1세부과제	163
2. 2세부과제	165
3. 3세부과제	167
4. 4세부과제	169
5. 최종성과물 및 성과지표	171
6. 목표 성과물 및 활용방안	172
7. 연구추진체계 제안	174
8. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성	175

제 4장 사전타당성 검토	177
제 1절 정책성 타당성	177
제 2절 기술적 타당성	182
1. 핵심제어기술	183
2. 핵심부품기술	183
3. 핵심운영기술	183
4. 핵심검증기술	183
제 3절 경제적 타당성	184
1. 도시철도 5호선`	185
2. 신안산선	186
3. 결론	188
 제 5장 인력투입계획 및 소요예산 산정	189
제 1절 연구일정에 따른 인력투입계획	189
제 2절 소요예산 산정	189
 제 6장 과제제안요구서	191
 제 7장 자체평가 의견서	203
 제 8장 참고문헌	207

[별첨] 전문가 자문의견

<표 차례>

표 1.1 연결기 기술의 국산화 현황	23
표 2.1 최근 5년간 교통 SOC 투자 투이	27
표 2.2 서울기점 도로/철도 통행시간 비교	28
표 2.3 수송분담률 변화	28
표 2.4 일본 철도종합연구소의 연구목표 및 내용	32
표 2.5 유럽 주요국가의 철도기술연구현황	34
표 2.6 구원운전, 중련운전, 가변편성 비교	40
표 2.7 국내 추돌에 의한 사고사례[2000년대]	41
표 2.8 국내 중련운전 사례	42
표 2.9 국토교통부의 국가연구개발사업 및 시범사업 현황	44
표 2.10 열차분리검지기술의 분류	49
표 2.11 검지센서별 성능	52
표 2.12 국내 지하철 호선 별 네트워크 주요 사양	57
표 2.13 국외 운영사례	93
표 4.1 철도 가변편성 운영 편익 항목 구성	184

<그림 차례>

그림 1.1 스마트 열차분리결합 기술 개념	1
그림 1.2 스마트 열차분리결합 기술개발 범위	2
그림 1.3 안전성 검증 절차	7
그림 1.4 시스템 안전성 활동 · 평가 조직 구성	8
그림 1.5 소요시간 별 전국 대도시권 출퇴근 인구 비율	17
그림 1.6 철도 운영목적 변화	17
그림 1.7 성능 및 안전성 평가 체계	22
그림 1.8 철도종합시험운행지침에 따른 성능시험절차(안)	26
그림 2.1 자기부상신호시스템 구성도	46
그림 2.2 철도신호시스템 기술동향 및 국내 구축현황	47
그림 2.3 ITS 분야 센서별 감지 거리	51
그림 2.4 현대기아차의 지능형 자동차 내부 센서들	53
그림 2.5 만도의 초음파 기반 주차조향 보조시스템	54
그림 2.6 초음파 센서를 이용한 주차 조향 보조 시스템	54
그림 2.7 차세대 지능형 교통 시스템	55
그림 2.8 TDCS 구성품별 위치	57
그림 2.9 TDCS 구성 및 개념도	58
그림 2.10 누리로 TCMS/제어통신 시스템 구조 및 구성	59
그림 2.11 자동복합연결기 외형	61
그림 2.12 고정형(우), 이동형(좌)	62
그림 2.13 국내 운용 중인 연결기 모델	62
그림 2.14 콘타입 연결기의 다양한 응용방안(예)	63
그림 2.15 연결기 형상에 대한 개선 방향	63
그림 2.16 국내 철도차량 프로젝트 현황	66
그림 2.17 PTC 시스템 구조	75
그림 2.18 ETCS Level 1 구성	76

그림 2.19 ETCS Level 2 구성	76
그림 2.20 ETCS Level 3 구성	77
그림 2.21 GM의 지능형 자동차 센서	80
그림 2.22 TCN 표준화 현황	82
그림 2.23 봄바르디어의 이더넷기반 열차통신네트워크 구조	83
그림 2.24 ETB/ECN이 적용된 상용노선	83
그림 2.25 대표적인 이더넷기반 차량통신망 구성도 (네덜란드 sprinter light train)	84
그림 2.26 INTEROS가 적용된 MUE-Train 차량네트워크 구조	84
그림 2.27 자동연결기 예	87
그림 2.28 TSI 연결기 표준 모델	89
그림 2.29 유럽의 Trainsafe 프로젝트 관련 Milestone	89
그림 2.30 국외 연결기 시장에 대한 경쟁관계	90
그림 2.31 국외 전동차 전면, 후면 형상	92

제 1장 기술의 정의 및 필요성

제 1절 기술의 정의

1. “스마트 열차분리결합” 기술 정의

가. 정의

- (1) “스마트 열차분리결합”이란, 철도교통수요에 따라 지정된 역사 또는 지점에서, 열차편성을 자동으로 분리 또는 결합하는 이용자 중심 열차 운영을 위한 핵심 제어기술 및 핵심부품기술임.
- (2) 이용자 수요에 따라 동일 구간내 첨두레벨에 따라 열차 편성을 가변하는 가변 편성, 이중 노선간 환승없이 목적지까지 운행하는 직결운행이 가능하게 하는 열차 자동 분리결합 기술임.
- (3) 본 기획과제는 특정역에서 선행열차 정차 후 후행열차가 10km/h이하의 속도로 열차 결합 및 분리하는 것을 전제로 핵심제어기술 및 핵심부품기술을 도출함.

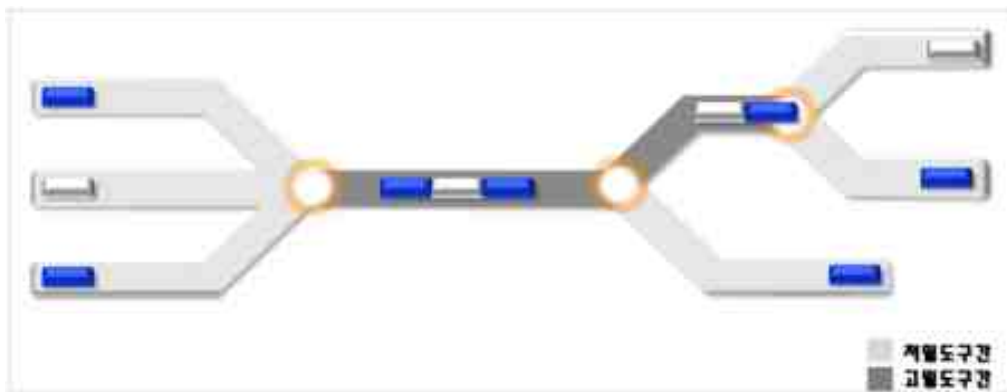


그림 1.1 스마트 열차분리결합 기술 개념

2. “스마트 열차분리결합” 기술개발 범위

가. 스마트 열차분리결합 개요

역간, 역사내에서 열차의 안전주행 및 근접주행을 하기 위한 핵심제어기술개발, 물리적으로 이동체를 연결하기 위한 핵심부품기술개발(자동연결기 및 에너지 흡수장치), 가변편성운행을 위한 운영기술개발, 연구개발된 기술 및 부품의 성능 및 기능 검증을 위한 검증기술개발이다.

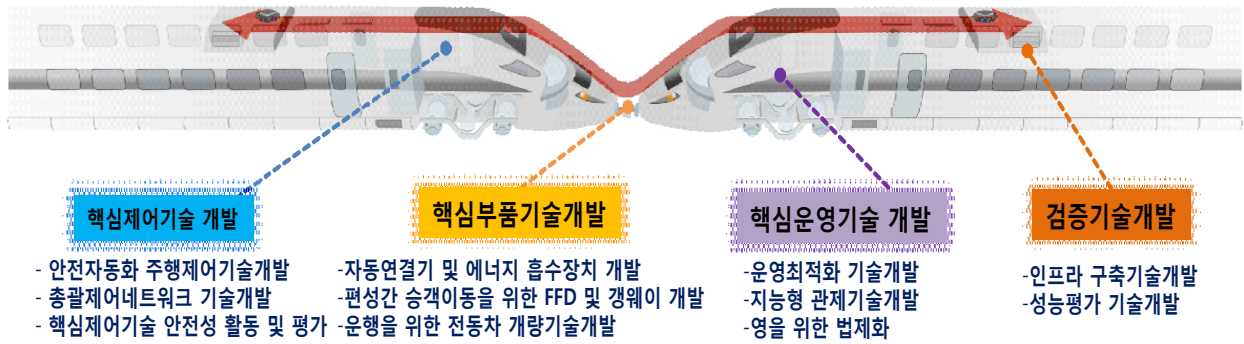
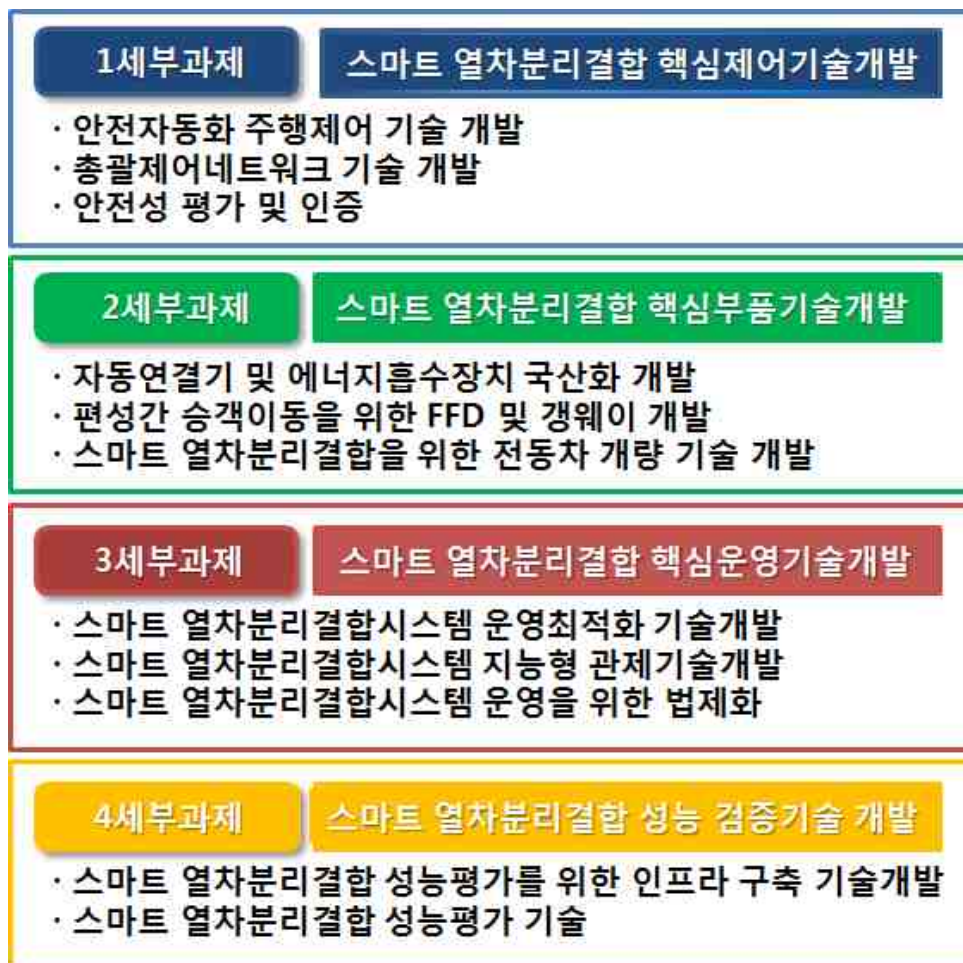


그림 1.2 스마트 열차분리결합 기술개발 범위

나. 스마트 열차분리결합 핵심기술단위 개발범위

스마트 열차분리결합기술은 열차분리결합을 위한 핵심제어기술, 핵심 부품기술 그리고, 운영기술, 성능검증기술에 대한 연구가 필수적이다.



(1) 스마트 열차분리결합 핵심제어기술



(가) 스마트 안전자동화 주행제어기술개발

- 열차 분리결합의 자동화 및 안전주행을 위해서는 선행열차에 대한 고정밀의 열차위치결정과 근접주행제어기술, 빈번한 분리결합에 따른 실시간 Train Integrity 및 Train Length의 모니터링에 대한 기술개발이 요구된다.
- 기존의 무선통신기반 열차제어시스템에서의 선행열차위치는 차상에서 열차위치를 계산하여 지상으로 보고하고 지상은 해당열차에 대한 선행열차 위치를 차량으로 전송하는 경로를 가진다. 따라서 자신에 대한 위치결정시 발생하는 검지오차와 함께 차상-지상-차상으로 이어지는 triangular-path는 통신 delay 등으로 인해 열차위치에 대한 오차가 열차분리결합이 요구하는 오차이상으로 발생하게 된다.
- IEEE 1474.1(CBTC 열차제어시스템 규격)에서는 역간에서의 열차의 위치 오차는 $\pm 6.25\text{m}$ 와 rollback 검지오차인 $\pm 2\text{m}$ 를 포함하게 되므로 열차 한 대의 위치오차는 $\pm 8.25\text{m}$ 이고 선행열차와의 거리에 대한 오차는 $\pm 16.5\text{m}$ 가 되어 이러한 체계는 고정밀 열차위치검지가 요구되는 스마트 분리결합에 사용하기에는 불가능하다.
- 따라서, 열차의 분리결합시에는 분리결합을 수행하는 후행열차와 선행열차 사이의 상대적인 거리가 중요하기 때문에 지상을 거치는 기존의 triangular-path를 이용할 필요가 없이 후행열차와 선행열차 사이에 vehicle-to-vehicle로 이어지는 direct-path로 상대 위치기반의 열차간격을 계산함으로써 오차율을 줄일 수 있다.
- 열차의 근접주행제어기술은 기존의 안전주행기술인 ATP(Automatic Train Protection)의 개념과는 일부 상충된다. ATP의 핵심기능은 선행열차와의 추돌을 방지하기 위한 열차의 안전간격 유지이며 이를 방호하기 위해 열차 추진제

어장치를 통해 EB(Emergency Breaking) 및 FSB(Full Service Breaking)를 출력한다. 하지만 열차의 자동분리결합을 위한 근접주행제어기술은 최종적으로 열차를 결합하고 분리하는 역할을 수행하여야 하기 때문에 기존의 ATP와는 다른 열차추돌에 대한 정의가 요구된다. 또한 결합시 열차의 상대거리를 이용한 자동방호 및 주행기술에 대한 고정밀 근접제어기술개발이 요구된다.

- 열차 근접주행제어를 위해서는 ATP와 ATO(Automatic Train Operation) 뿐만 아니라, 진로를 제어하는 TI(Electronic Interlocking)와 열차의 운행을 관장하는 ATS(Automatic Train Supervision)의 개량이 함께 요구된다. 예를 들어, 기존의 TI의 연동 논리는 하나의 진로에 두 대의 열차가 존재하는 것을 허용하지 않는다. 따라서 두 대의 열차가 분리와 결합을 하기 위해서는 추가적인 연구개발이 반드시 필요하다.
- 실시간 Train integrity 기술은 궤도회로를 이용하지 않는 완전한 무선통신기반 열차제어시스템에 있어서 중요한 기술요소이며, 아직 전세계적으로 정형화된 기술이 정의되지 않고 있다. 더욱이 열차의 빈번한 분리와 결합이 발생하는 경우 정상적인 분리와 사고 상황과 같은 비정상적인 분리를 구분하고 사고 상황인 경우 ATP와 연계되어 방호동작을 수행할 수 있는 높은 신뢰도를 가지는 장치의 개발이 필요하다.
- 열차의 분리와 결합에 따라 주행제어에 필요한 열차의 길이 값이 동적으로 변하게 되므로 분리 결합에 따라 변동되는 열차의 길이를 높은 신뢰도를 가지면서 실시간으로 계산할 수 있는 장치의 개발이 필요하다.
- 안전자동화 근접주행기술을 확보함으로써 우선적으로 열차분리 결합에 필요한 고정밀 주행제어 및 근접제어기술을 확보할 수 있으며, 기존의 구원운전, 중련운전과 같은 기관사와 선로안전감시원의 개입에 의한 수동적인 가변편성 위험요소를 자동화함으로써 인적오류에 의한 잠재적인 위험원의 안전대책으로 시스템의 안전도를 향상시킬 수 있다.
- 또한 안전자동화 근접주행제어기술은 국내외 개발사례가 없으므로 본 기획을 통하여 열차감시 및 제어, 열차자동운전 요소기술의 구체적인 개발 방안을 수립한다면 해당 분야의 기술력을 선점하기 위한 발판을 마련할 수 있다.

(나) 스마트 열차분리결합 총괄제어네트워크기술개발

- 철도 차량내 전자장치들의 분산환경에서 실시간 제어, 온라인 감시, 자가 진단, 승객 정보서비스 등 다양한 기능을 수행하기 위해서 철도 차량내 차량 네트워크는 분산된 다양한 제어기들 사이의 빠르고 정확한 정보의 교환을 위해 필수적이며, 특히 열차분리 결합할 경우 차량네트워크 구조의 변경으로 인해 제어기들과 네트워크장치들의 자동 재구성 기능이 필요하다.
- 기존의 철도 차량 네트워크는 차량 전장품 감시 및 제어를 위한 TCMS(Train Control & Monitoring System) 시스템, 승객을 위한 방송 및 비상 전화 시스템, 최근 도입이 시작되고 있는 멀티미디어 서비스, CCTV(Closed Circuit Television)시스템 등이 모두 별도의 네트워크로 구성되어 비용 측면에서 비효율적이다.
- 최근 철도차량 네트워크의 광대역화가 요구되고 있으나 기존 철도차량 내 네트워크 국제표준인 MVB(Multifunction Vehicle Bus)와 WTB(Wired Train Bus)는 1.5Mbps 수준으로 다양한 서비스를 수용하지 못하고 있다.
- 전기통신분야 국제표준화기관(IEC)에서는 광대역 차량네트워크에 대한 봄바르디아, 지멘스 등의 차량제작사의 요구에 따라 이더넷기반 광대역 차량네트워크에 대한 표준화를 진행 중에 있고, 2013년 하반기 국제 표준화 제정을 위한 활동이 있으나, 국내에서는 관련 연구가 미흡한 상태이다.
- 이더넷 통신은 기존 TCN(MVB/WTB)(TCN(Train Communication Network)(MVB(Multifuction Vehicle Bus)/WTB(Wire Train Bus)))에 비하여 IT 분야의 절대적 인지도, 미래 지향적 개발 기반 및 넓은 개발 저변, 넓은 시장에 따른 저렴한 가격, 비즈니스와 플랜트 통합의 유일한 솔루션, 높은 전송율의 보장이라는 장점이 있다.
- 또한 영향력 있는 IEEE에 의해 최신 기술들이 지속적으로 표준화 및 관리되고 있어 호환성 및 향후 확장성을 보장할 수 있고, 현재까지 주로 사람의 정보전송수단으로 사용하였으나 그 활용성이 기계와 기계(Machine to Machine)를 연결하는 원자력, 항공, 국방산업 등으로 확대되어 산업자동화 네트워크의 표준으로 자리잡아가고 있다.

- 특히 이더넷 기반의 철도차량 네트워크는 확장성, 호환성, 가격 경쟁력, 기술지원에서 기존 TCN에 비해 월등하며, 네트워크 프로토콜, 데이터 베이스 관리 기술 등의 첨단IT기술이 접목된 열차통신네트워크 재구성 기술 개발로 국내 IT 산업 저변 확대가 기대된다.
- 이더넷기반 차량 네트워크는 철도차량이 진동이 심하며, 고압 전력선 및 고속 기계장치로부터 강한 전자파가 발생하여 취약하므로 내환경, 내고장에 대한 연구가 진행되어야 한다.

(다) 스마트 열차분리결합 안전성 활동 및 평가기술개발

- 2004년 10월 22일 철도안전법(법률 제7245호) 제정에 따라, 철도운영자 및 철도시설관리자는 시스템의 도입, 구축, 개량, 유지보수시에 안전을 확인하도록 하고 있다. 따라서, 기존 최종사용자에 의한 시스템 안전확보의 판단기준이 보다 객관적인 증거를 요구하게 되었으며, 확보된 증거의 건전성과 안전확보의 유무를 판단하여 시스템을 승인해야 한다.
- 국제규격을 근거로 시스템 수명주기 전반에 대한 RAMS관리 활동이 제작사를 주축으로 수행되고 있으며, 이러한 활동의 결과로 안전확보를 판단하고 사용을 승인하기 위한 활동은 최종사용자를 중심으로 확대되고 있다.
- 안전성활동을 통하여 대상에 대한 안전이 확보되었음을 최종사용자 또는 최종사용자가 권한을 위임한 독립기관에서 승인을 실시하고 있다. 승인을 위해서는 SIL(Safety Integrity Level)과 같이 비교적 정량적인 기준이 사용되게 되었으며, 최근에는 정량화 과정에 대한 건전성을 SIL만족여부와 함께 평가하여 안전확보 유무를 승인하고 있다.
- 스마트 열차분리결합시스템(핵심제어 및 핵심부품)의 신뢰성 및 안전성확보는 실용화에 직접적인 관계가 있다. 핵심제어설비의 하드웨어의 장애, 소프트웨어에 포함되어 있는 시스템설계오류 또는 운전요원의 인적인 오류 등은 시스템의 안전과 관련되어 있는 장치 또는 시스템의 장애를 유발하여 사람의 사상사고, 시설물 파손 등을 발생시킬 수 있다. 이러한 위험 또는 사고의 발생을 차단하거나 감소시키기 위한 방법으로 안전기능 및 SIL을 명확히 하고 이를 관리하여야 한다.

- 설계, 개발 및 제작과정에서 시스템 오류가 포함되지 않도록 하는 방법
 - 운영과정에서 발생하는 시스템 오류를 제어(관리)하는 방법
 - 운영과정에서 발생하는 하드웨어의 무작위적인 오류를 제어(관리)하는 방법
- 국내 철도의 경우, 철도청(현 코레일)에 의하여, 2001년도에 고시된 “철도청 지시 제2001-49호(열차제어시스템 안전성 확보 기술권고안)”를 기점으로, 현재 실용화 노선에 투입되는 신호장치의 경우, 안전성 인증은 필수사항이다.
- 안전성 인증은 국제 규격을 근거로 장치의 설계단계부터 제작사의 안전성 활동이 수행되고, 안전성 활동에 대한 독립기관의 안전성 평가로 장치의 전수명 주기동안 수행된다.
- 국내의 안전성 평가절차는 IEC62278에서 제시한 안전관련 시스템에 적용되는 안전성평가 절차를 준용하였다. 안전성의 평가절차는 시스템에 근본적으로 요구되는 시스템 안전요구사항과 그 시스템이 갖고 있는 위험원을 도출하여, 분석을 통하여 시스템의 안전요구사항과 일치되도록 시스템 안전요구사항을 설정한다. 시스템의 안전성 활동을 통하여 이미 설정된 안전성 요구사항에 따라서 시스템이 안전하도록 고유한 기술과 방법을 이용한다. 채용된 기술과 방법이 시스템의 위험을 저감시켜, 안전성이 확보를 객관적으로 검증하는 하는 것이다. 이러한 절차를 이용하여 다음과 같은 안전성 검증절차를 변형하였다.

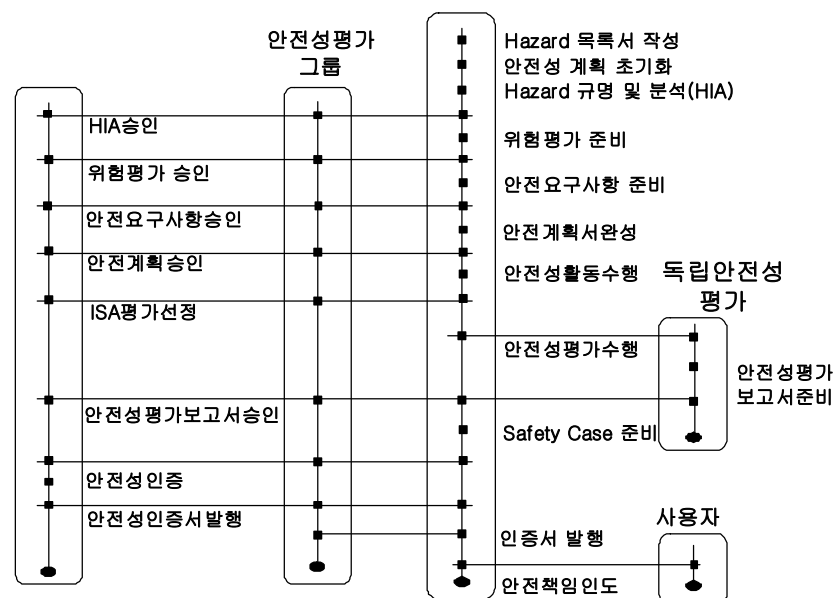


그림 1.3 안전성 검증 절차

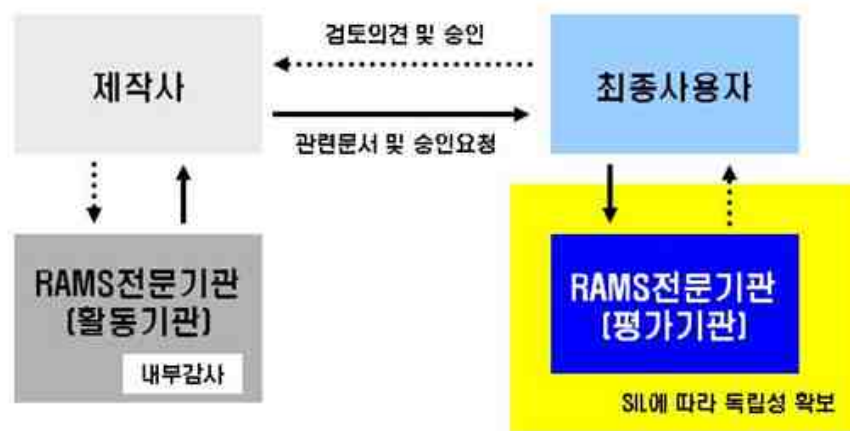
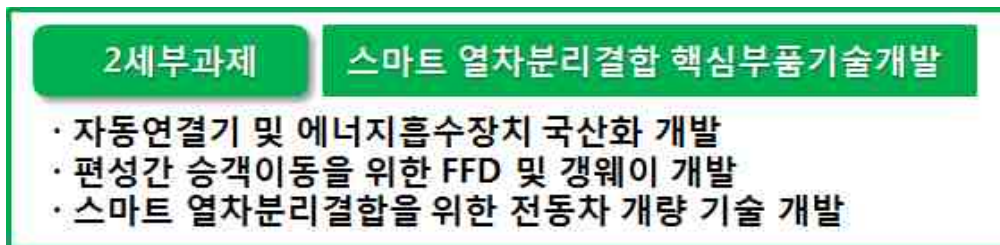


그림 1.4 시스템 안전성 활동·평가 조직 구성

- 국내외 철도프로젝트에서 발주자는 시스템공급자에서 안전성 활동과 평가를 요구하고 있으며, 이를 위한 안전성 활동·평가조직은 일반적으로 그림 5와 같은 구성을 요구하고 있다.
- 시스템 안전성 활동과 평가의 목적이 하드웨어의 장애, 시스템설계오류 및 운영과정에서 발생하는 취급오류에 의해서 발생하는 사고를 차단하거나 감소시키는 것이 목적이며, 이러한 목적을 달성할 수 있도록 안전성 활동 및 평가조직을 구성하여야 한다. 그러나 이러한 조직은 프로젝트의 목적, 프로젝트 발주기관의 안전성평가 역량, 제작사의 개발역량 등 제반 여건을 고려하여 구성하는 것이 적절하다.
- 철도분야에서 최종사용자(운영기관)와 제작사간의 계약관계는 IEC 62278(EN 50126)에 의해 공급하는 시스템의 SIL등급에 따라 독립된 기관으로부터의 평가가 요구된다. 특히 열차제어분야와 같이 장치 또는 시스템으로 인한 위험측고장의 결과가 열차충돌 및 탈선과 같이 인명사상과 대규모 재산손실을 초래하는 응용분야에 대해서는 제작사의 RAMS전문기관 선임과 별도로 제작사로부터 독립된 RAMS전문기관으로부터 수명주기단계별 확인(Verification)과 전체 장치 또는 시스템에 대한 검증(Validation)을 필수사항으로 권고하고 있으며, 이러한 일련의 활동을 ISA로 명시하고 있다

(2) 스마트 열차분리결합 핵심부품기술개발



(가) 자동연결기 및 에너지흡수장치 국산화 개발

- 연결기는 철도차량간 물리적인 연결을 위한 차량부품으로, 편성간 구원 및 입환을 위한 전두연결기와, 편성내 차량연결을 위한 중간연결기로 구분된다. 기존 철도차량의 입환 및 구원운전시 연결기의 수동연결은 긴 조성시간, 인적오류에 따른 안전사고 발생 등의 운영상의 문제점을 가지고 있다.
- 최근 간선 및 고속철도 차량을 중심으로 연결기가 수동연결이 아닌 자동연결이 가능한 AutoCoupling(자동연결기)이 주류이며, 자동연결기는 크게 일본에서 사용되는 밀착식연결, 유럽에서 사용되는 콘연결기의 두가지 타입이 존재한다. 그러나, 기존 국내 철도차량에 적용되는 연결기는 밀착식으로 철도차량 수출 주 대상인 유럽 및 아시아 지역에서 요구하는 모델과 호환이 불가능한 실정이다.
- 최근 KTX-산천, ITX-새마을 138량 등의 신규 차량에는 TSI(Technical Specifications for interoperability)에서 요구하는 콘 형식의 자동복합연결기가 설치되고 있다.
- 스마트 열차분리결합시스템을 위해서는 물리적으로 차량을 연결하기 위한 차량간 호환성을 갖춘 자동연결기의 개발이 필수적이다. 또한 국내의 경우, 자동연결기의 논리적 연결(전기, 신호, 통신)에 대한 점점 표준화 부재로, 운영사의 요구에 따라 다양한 점점을 구성하는 실정이다. 차량간 호환을 위하여, 점점의 표준화도 연구되어야 한다.
- 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙 제23조에 따라 5km/h로 주행하는 공차상태의 열차가 제동이 되어 있는 유사한 형태의 열차와 연결기를 통하여 충돌하였을 때 차체에는 손상이 발생하지 않도록 명시하고 있으며, 철도차량 안전기준에 관한 규칙 제36조에 따라 10km/h로 주행하는 공차상태의 열차가 제동이

되어 있는 유사한 형태의 열차와 연결기를 통하여 충돌하였을 때 차체에는 손상이 발생하지 않도록 명시되어 있다.

- 그러나, 충격 흡수 장치의 경우 완충장치를 제외하고, 유압 버퍼, 변형 튜브의 국산화 개발이 이루어지지 않았다. 유압 버퍼와 변형 튜브는 단품 개발이 아니라 연결기 시스템으로 개발되어야 하며, 국내의 수요가 한정되어 있으므로 개발의 장점이 없는 것이 현실이며, 기술적으로 접근이 가능하다고 하여도 Dynamic test 등을 통한 신뢰할 수 있는 결과를 확보해야 하는 것이 현실적인 어려움 이다.
- 또한, 국내 차량사의 해외 진출이나 부품 기술의 해외 진출을 위해서는 장기적인 관점에서 국산화 개발이 필요하다고 할 수 있다
- 스마트 열차분리결합시스템은 거점역에서 선행열차 정차후 후행열차가 10km/h이하로 이동하여 결합하는 것을 전제로 할 때, 충격에 대한 에너지 흡수장치 개발과 장치의 시험시설의 구축이 반드시 필요하다.

(나) 편성간 승객이동을 위한 FFD 및 갭웨이 개발

- 열차 결합시 편성간 승객들의 이동을 원활하게 하여 이동편의성을 제공하기 위한 기술로서, 이동시 안전성을 확보하기 위하여 열차간 결합부위의 신뢰성 높은 안전통로 확보 기술이 요구된다.
- 국내 차량시스템에는 시도된 적이 없으나, 해외 열차분리결합 운영사례 및 기존 새마을 동차 운영사례를 볼 때, 승객 행선지별 하차 자유도를 높이기 위한 전면개방도어의 개발이 필요하다.
- 또한 승객 이동 안전성과 더불어 차량외부에서 발생하는 소음과 진동을 차폐하여 외부로부터 밀폐형 공간을 창출하고 그로부터 감성품질을 개선할 수 있다. 그리고 수시로 열차 분리결합 과정이 반복되므로 결합 부분의 진동에 대한 대책과 일정 성능 이상의 반복 내구 특성이 확보되어야 한다.
- 열차 결합부위는 분리 운영시 최외곽에 드러나는 부분으로 디자인적인 요소도 고려되어야 한다. 이는 평소 운영시 차체 고정벽으로 운영되다가 결합운영시 안전통로를 형성할 수 있는 기능적인 면이 고려된 차체 설계로 구성되어야 한다.

- 또한 가능한 승객 이동 형태를 고려하여 통로 크기의 적절성을 확보하여야 한다. 안전보행통로 형성을 위한 기구학적 요소와 외관의 심미적인 요소의 조화를 이뤄 편성 결합분리 운영시 이용승객의 만족도를 높일 수 있다.

(다) 스마트 열차결합분리 운영을 위한 전동차 개발기술개발

- 유럽을 중심으로 철도 부품 및 차량공급회사, 운영회사를 중심으로 다양한 공급자간 부품 호환성확보 및 시스템 모듈화에 대한 연구개발을 진행하고 있음.
(약 3,000만 유로/연)
- 유럽, 일본 등에서는 고속철도-일반철도간, 디젤동차-전동차량간 호환성 확보로 열차간 분리병합운행을 시행중에 있음.
- 국내의 경우, 차량간 호환 불가로 인하여 신규노선 건설시 신규차량의 도입이 불가피함. 이는 철도건설비 증가의 주요원인이 되고, 운영기관의 차량 이용효율·유지보수효율을 낮추게 됨.
- 따라서, 국내 운영중인 전기동차의 개량범위를 최소화하여, 운영효율성을 향상시키기 위한 연구가 수행되어야함. 국내 도시철도, 광역철도, 누리로, 경춘선 등의 전기동차가 운행되고 있음.
- 이를 위하여 철도 차량간 I/F 안전연동회로 설계기술 즉, 차상제어장치와 차상 신호장치간 I/F 설계기술, 유사 이중 차종간 최소 운행조건이 되도록 차량특성, 견인특성, 제동특성을 조정할 수 있는 철도 차량간 차량특성, 견인특성, 제동특성 일체화 설계기술에 대한 연구가 필요함.
- 또한, 철도차량 전장품간 표준 프로토콜을 적용하여 이중 차량간 통신 I/F 확보를 위한 철도 차량간 이중 통신의 표준통신 체계 구축 설계기술이 필요함.

(3) 스마트 열차분리결합 핵심운영기술개발

3세부과제

스마트 열차분리결합 핵심운영기술개발

- 스마트 열차분리결합시스템 운영최적화 기술개발
- 스마트 열차분리결합시스템 지능형 관제기술개발
- 스마트 열차분리결합시스템 운영을 위한 법제화

(가) 스마트 열차분리결합시스템 운영최적화 기술개발

- 열차 가변편성 운영체계 확보를 위해 개발되는 제반 H/W 기술의 현실 노선 적용효과 극대화를 위한 운영 스케줄링 기술개발 필요하다.
- 이는 본선에서 발생하는 다양한 이례상황(승객, 차량 기능 관련)에 유연하게 열차 분리결합 운영체계 유지를 위함이다.
- 최적화 기반의 운영 스케줄링 기술확보를 통하여 스마트 열차분리결합 운영체계에서 달성하고자 하는 분기선 및 지선의 시격단축 효과(예, 도시철도 5호선 강동→상일동 : 7.4분 → 3.7분) 및 수요 맞춤 효과를 제시할 수 있다.
- 이와 같은 운영최적화 기술로 동일한 선로를 중편편성의 열차로 운영함으로써 선로용량 활용 효율성 및 수요 맞춤형 가변편성 열차 배차로 공급하는 열차의 평균 좌석 이용율 향상 기대 (5.8% ~ 10% 예상)할 수 있다.

※ 좌석이용율 = 승객 점유좌석수/공급 좌석수 × 100%

(나) 스마트 열차분리결합시스템 지능형 관제기술개발

- 스마트 열차분리결합 시스템의 지능형 관제는 거점역에서 열차 분리결합 작업 절차의 과정을 Monitoring 및 통제하기 위한 원격 감시·통제 기술로, 기존의 역사의 취급인력 과다를 해소하기 위한 기술이다.
- 지능형 관제기술은 차량으로부터 열차의 상태를 관제가 역사 인프라를 통하여 수신하고, 관제를 이와 같은 정보를 자동으로 갱신하여, 차량의 신규 운행번호, 스케줄을 회신하는 형태로 구성된다.
- 국내 광역·도시철도의 혼잡 정거장에서는 승하차 과정에서 열차가 지연되는 사례, 본선에서 운행하는 열차들의 기기불량 등의 원인으로 열차가 사전 계획된 스케줄에서 지연되는 사례를 고려한 본선 운영환경에서 무작위로 발생하는 이례사태에 대한 효율적인 대응체계에 대한 연구가 필요하다.
- 스마트 열차분리결합 운영체계는 기존 CTC(entralized traffic control) 시스템에 스마트 열차분리결합 운영체계의 기능을 확장하고 이를 지능화하여 효율적으로 열차를 운영하여야 한다.

(다) 스마트 열차분리결합 운영을 위한 법제화

- 스마트 열차분리결합시스템의 안정적인 영업운행을 위해서는 정상적인 운영체계에서 역무원, 관제원, 승무원, 운전원 간의 상호 역할 분담에 대한 업무매뉴얼과 이례상황 발생 시나리오에 따른 업무처리 매뉴얼 구축이 필요하다. 또한, 시스템의 안전점검 및 유지보수 관리 프로세스 매뉴얼 구축도 필요함.
- 시제품 검증시험을 통한 스마트 열차분리결합시스템이 상용화 제품에 적용될 개선사항을 도출하고 이를 통한 안정화/신뢰성 향상 가능성을 예측하고, 상용화 제품의 경제적 유지보수 기준 수립 필요하다.
- 스마트 열차분리결합시스템의 실용화 대상 노선을 선정하여 기존 열차운행체계 대비 수요창출 및 네트워크 활용효과를 종합적으로 분석하여 스마트 열차분리결합시스템 상용화 제품의 상용화 개발 전략을 수립함으로서 R&D 개발 제품의 실용화 정책 수립에 활용할 필요가 있다.
- R&D 연구개발사업과 실용화 전략 수립 연구의 동시진행을 통한 기술개발사업이 상용화 정책과 상호 조화를 이룰 수 있는 방향 제시하여야한다.
- R&D 시제품의 성능검증 시험 결과를 반영한 상용화 제품을 대상으로 실용화 전략을 수립함으로서 제품의 신뢰성 확보에 기여할 수 있다.

(4) 스마트 열차분리결합 시스템 검증기술개발

4세부과제

스마트 열차분리결합 성능 검증기술 개발

- 스마트 열차분리결합 성능평가를 위한 인프라 구축 기술개발
- 스마트 열차분리결합 성능평가 기술

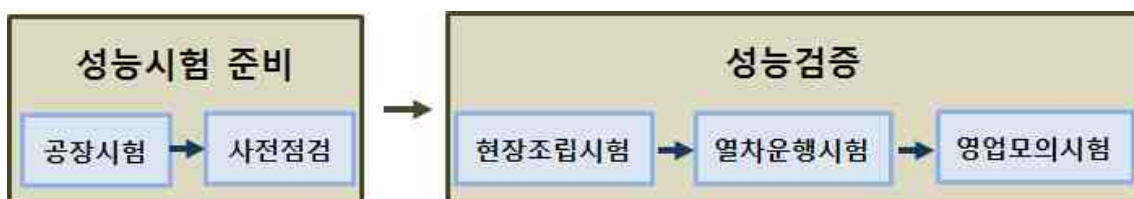
(가) 스마트 열차분리결합 성능평가를 위한 인프라 구축 기술개발

- 스마트 열차분리결합시스템은 핵심제어기술과 핵심부품의 기술개발이 필요하여, 이는 국내 철도안전법에 의거한 성능 및 기능시험, 안전성 인증을 위한 시험평가가 필수적이다.

- 열차제어장치(ATP,ATO), 근접주행장치(TCAS,Train Collision avoidance System), 총괄네트워크 장치, 자동연결기 및 에너지 흡수장치 단위 시험, 조합 시험, 현장시험이 수행되어야하며, 이를 위한 시험인프라 구축이 필수적이다.
- 성능시험평가를 위한 인프라는 지상인프라와 차상인프라로 구축되어야하며, 스마트 열차분리결합을 위한 지상인프라는 ATS, 지상신호시스템, 연동시스템, 감시시스템, 차상인프라는 차상신호시스템, 차량전장품이 구비된 차량 2편성이 요구된다.
- 스마트 열차분리결합은 수동운전, 무인운전 모드를 전제로 시험인프라가 구축되어야 한다.

(나) 스마트 열차분리결합 성능평가 기술개발

- 스마트 열차분리결합 성능평가는 개발장치별 단위시험, 조합시험, 현장시험으로 구성된다. 또한, 시스템의 실용화를 위한 제3자 인증절차에 대한 구성이 요구된다.
- 모든 시험은 철도안전법에 의거하여 작성된 시험절차서에 따라 수행되어야한다.
- 시험조직의 구성, 시험방법, 시험절차, 시험기준에 대한 협의는 각 개발 장치를 담당하는 세부과제와 함께 작성되어야한다.
- 스마트 열차분리결합 시스템의 성능평가는 실제 철도운영조건에 스마트 열차 분리결합이라는 특수한 운영시나리오를 구성하여 그 성능을 평가하여야 한다.



제 2절 “스마트 열차분리결합기술개발” 기획의 필요성

1. 정책적 필요성

가. 철도시스템 운영현황

(1) 철도교통의 교통분담율 저하

철도시스템은 시간·공간적으로 상이한 교통수요를 고려하지 않는 운영자 중심의 고정편성으로 운영되고 있다. 이는 첨두시간대 역사내 교통 혼잡도와 배차간격, 환승에 따른 승객 여정시간 증가를 유발시켜 철도의 교통 분담율을 낮추는 원인이 된다.

(2) 철도교통의 이용자 중심의 운영기술 요구

철도가 경제성과 수송효율성의 장점에도 교통수요자에게 외면받는 이유는 목적지까지의 직결성 부족에 따른 환승, 환승에 따른 역사내 교통혼잡도와 여정시간 증가가 그 원인이 된다. 철도운영기관은 시간에 따른 배차간격조정과 같은 소극적인 방법으로 교통수요에 대응하고 있다. 그러나, 이와 같은 소극적인 대응은 자가교통과 같이 목적지까지 무정차, 무환승으로 이동하기를 원하는 철도교통 수요자의 기대를 만족시킬 수 없다. 따라서, 철도 승객과 운영자 모두는 수요자 중심의 새로운 철도 운영기술에 대한 필요성을 제기하고 있다.

나. 철도관련 법규 현황

교통수요자요구와 운영기관의 수요중심 철도교통망 운영이라는 적극적 운영목표를 반영하는 국가철도교통정책이 계획되고 있다.

- 수도권 광역교통망계획(2001-2020) : 764.5km 연장 및 건설도시철도, 경량전철 포함)
- 대도시 광역교통시행계획(2012-2016) : 399.1km 연장 및 건설광역급행철도 포함)
- 제2차 국가철도망계획(2011-2020) : 4대 중점주진계획(대도시권 광역급행 철도망 구축)
 - 접근성 저하, 노선간 상호운영 불가에 따른 철도 교통분담율 저하(이용자 불편)
 - 이용편의 제고를 위해 운행간격이 긴 노선은 수요맞춤형 열차(8량 → 4~6량) 운행
 - 대도시 교통난 해소를 위한 광역철도망 지속 확충
(대곡~소사~원시, 월곶~광명~판교~여주~원주, 인덕원~수원,천안~청주공항, 충청권 철도(논산~청주공항), 대구선 동대구~영천 등)

2. 경제적 필요성

가. 철도이용자의 여정시간 단축필요

철도는 시간·공간적으로 상이한 교통수요를 고려하지 않는 운영자 중심의 고정편성으로 운영되고 있다. 이는 첨두시간대 역사내 교통 혼잡도와 배차간격, 환승에 따른 승객 여정시간 증가를 유발시켜 철도의 교통 분담율을 낮추는 원인이다. 철도 운영기관은 수요에 따라 배차간격조정과 같은 소극적인 방법으로 교통수요에 대응하고 있다. 그러나, 이와 같은 소극적인 대응은 자가교통과 같이 목적지까지 무정차, 무환승으로 이동하기를 원하는 철도 수요자의 기대를 만족시킬 수 없다.



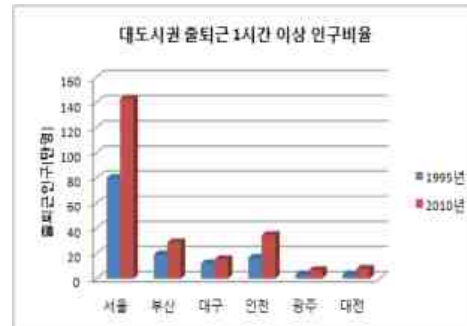
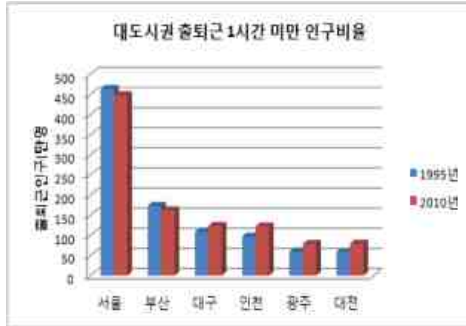
3. 사회적 필요성

가. 도시생활권의 공간적확대

수도권에 집중된 인구·산업을 분산정책에 따라 정부기관, 공공기관, 산업시설이 분산되고, 이에 따라 도시생활공간이 확대된다.

나. 도시광역화에 따른 통근 통행 증가

도시 광역화는 생활패턴의 변화를 가져왔고, 국민의 출퇴근 동선에 변화를 가져옴. 대도시권의 출퇴근 시간 1시간 이상 인구비율이 전국 대도시를 기준으로 평균 76% 증가하였다.

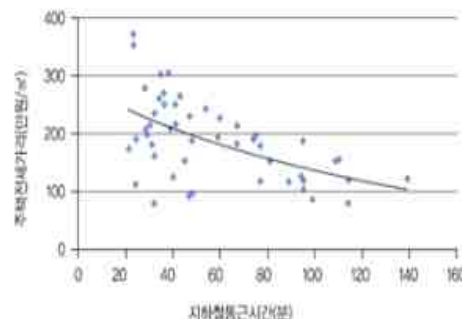
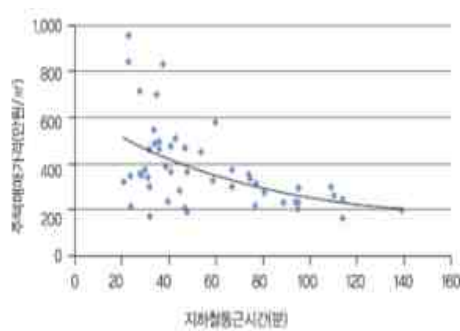


[출처 : 통계청 인구주택총조사]

그림 1.5 소요시간 별 전국 대도시권 출퇴근 인구 비율

다. 통근통행 양극화

장거리 통근통행증가 및 통근통행 양극화에 따른 시간적 공간적 교통체계변화 필요, 거주기회 확대 방안 필요하다.



[출처 : 한국교통연구원, 월간교통 2012-11호]

라. 철도 인프라 구축 및 운영 목적 변화

기존의 도시철도 망 구축에 따른 철도교통 수요대응의 소극적 철도운영에서 수요 중심의 철도교통망 운영으로 그 목적이 변화하고 있다.



그림 1.6 철도 운영목적 변화

마. 대중교통 취약지역 광역전철 및 경전철 구축

철도교통의 취약점인 Door To Door를 해결하기 위한 경전철, 교통사각지대 개선을 위한 광역전철이 구축 및 계획되고 있다.

사업명	노선	연장(km)
		전체
경의선	용산~문산	48.60
분당선	선릉~왕십리	6.83
경춘선	망우~금곡	16.90
신분당선	강남~정자	18.50
우이~신설	우이동 ~신설동	11.4
신림선	여의도~서울대	7.8
동북선	왕십리~중계동	12.3
면목선	청량리~신내동	9.1
서북선	새절역~장승배기	12.1
목동선	신원동~당산역	10.9
DMC선	DMC지역 순환	6.5

[출처 : 2012년도 서울시철도 수송계획]

바. 교통약자의 지속적 증가와 이에 대응하는 교통서비스 요구

평균수명의 증가, 저출산으로 인해 고령화사회로 진입함에 따라 교통약자의 이동성, 접근성을 높이는 대중교통서비스의 필요성 증대됨. 또한, 교통약자 이동편의 증진법 시행에 따라 장애인, 임산부 등 교통약자의 철도이용 증가 예상된다.

* 65세 이상 인구비율 : 11.0%('10년) → 15.6%('20년) → 24.3%('30년)

구 분	1980	1990	2000	2005	2010	2020	2030	2040	2050
14세 이하	34.1	25.8	21.1	19.2	16.2	12.4	11.4	10.3	8.9
15 ~ 64세	62.5	69.8	71.7	71.7	72.9	72.0	64.4	57.2	53.0
65세 이상	3.4	4.4	7.2	9.1	11.0	15.6	24.3	32.5	38.2

[출처 : 통계청, 『장래인구추계』, 2006]

사. 이용자 중심 운영서비스 요구 증대

기존 노선의 연장 및 경전철을 이용한 새로운 직결노선의 건설이 계획, 진행되고 많은 인프라 구축비용에 따른 현실적 어려움, 노선간 신호·차량간 호환성 부재에 따른 운영비효율과 같은 문제점을 안고 있다. 따라서, 도시철도 승객과 운영자 모두는 수요자 중심의 새로운 도시철도 운영기술에 대한 필요성을 제기하고 있다.

수요자 중심의 도시철도 운영기술은 교통수요 예측에 따라 열차의 운행편성·운행 노선을 가변하는 노선 간 상호직결운영기술(무환승을 위한 직결노선운행), 혼합운영기술(노선 간 차량혼합운행), 동일 노선 내 수요에 따른 가변편성운영 등이 있다. 기존의 열차 가변편성기술인 종련 및 구원운전은 수동으로 열차편성을 변경하는 운영기술로 분리결합을 위한 인력, 편성조성시간 및 편성조성에 따른 운행제어로직 갱신 시간이 필요함에 따라 교통수요에 즉각적인 대응이 불가능하다. 즉, 교통수요에 탄력적으로 대응하기 위해서는 기 조성된 편성내 차량을 짧은 시간내 자동으로 연결, 분리하는 기술이 필요하다.

4. 기술적 필요성

지금까지 도시철도 교통 혼잡 완화 및 운영 효율성 향상을 위하여 열차 가변편성 운영에 대한 필요성은 각 도시철도 운영기관 및 교통수요자를 중심으로 꾸준히 제기되었으나, 열차 분리결합 자동화 기술의 부재로 수요자중심의 가변편성운영이 불가능하였다. 즉, 기존의 열차 가변편성기술인 종련 및 구원운전은 수동으로 열차편성을 변경하는 운영기술로 분리결합을 위한 인력, 편성조성시간 및 편성조성에 따른 운행제어로직 갱신 시간이 필요함에 따라 교통수요에 즉각적인 대응이 불가능하다. 따라서 교통수요에 탄력적으로 대응하기 위해서는 운영자의 개입 없이 시스템적으로 안전을 확보할 수 있으면서도 짧은 시간내 자동으로 분리·결합하는 기술이 필요하다.

가. 핵심제어기술개발 필요성

- 열차제어장치는 열차의 추돌과 충돌을 방지하기 위한 안전장치로 선두열차의 Roll back과 후행 열차의 접근과 같은 위험상황이 발생하지 않도록 감속 또는 제동명령을 내려 열차를 방호한다. 즉, 열차제어시스템은 열차 방호를 위하여 열차간 간격제어 및 진로제어를 통한 방호기능, 자동운전기능 및 감시·관리기능 등을 갖는다.
- 기존 국내 열차 분리·결합기술은 종련운전 및 구원운전 상황에서 Sleep 모드, 종련운전모드 또는 완전개방 모드하에서 운영자 개입과 선로 안전요원의 감시

하에서 수행되었지만 무인자동운전 환경하에서 두 편성이 제한된 속도하에서 의도적인 충돌을 통하여 자동으로 편성이 가변되는 새로운 운영을 위해서는 새로운 개념의 열차 운전모드 및 그에 따른 열차제어핵심기술 개발이 필요하다.

- 기존의 자동열차운전장치는 주로 열차의 정위치정차 및 출입문 개폐를 담당하고 있으며, 일반적으로 역사 플랫폼에서의 열차 정위치 정차 지점은 하나이고 정위치정차가 확인되면 자동열차방호장치의 허가 하에 열차의 출입문과 함께 플랫폼스크린도어(Platform Screen Door: PSD)의 개폐를 진행한다. 자동열차 분리 결합 상황인 경우 열차는 최소 두 편성 이상으로 각각의 정차지점에 대한 제어와 함께 열차 출입문 및 플랫폼스크린도어 제어가 이루어져야 한다. 따라서 이를 지원할 수 있는 기능구현이 필요하다.
- 열차제어시스템은 열차의 위치를 기반으로 충돌과 탈선을 방지하기 위한 열차 간격과 진로를 결정한다. 열차의 위치는 선두 차량의 위치 및 후미 차량의 위치를 정확하게 설정하여야 안전한 열차 간격 제어가 가능하기 때문에 열차 무결성 검증이 필요하다. 기존의 열차 무결성 검증은 지상 설비인 궤도회로에서 열차의 위치를 검지하여 열차의 분리를 검지하였으나 열차제어시스템이 궤도회로를 사용하지 않는 무선통신기반으로 발전하고 있어 새로운 무결성 검증기술이 요구되고 있다.
- 열차 분리결합의 핵심은 자동성, 신속성, 안전성에 있음. 이의 확보를 위해서는 열차가 최소한의 충격으로 신속하게 결합하여야 하고, 분리 시에도 안전하게 분리되어야 한다. 이와 같은 결합과 분리를 위해서는 열차 간 근접 시 정밀한 상대적 위치, 속도제어가 필수적임. 이러한 위치와 속도의 정밀한 제어를 수행하기 위해 **근접 주행제어** 알고리즘을 개발하여야 한다.
- 성공적인 근접주행제어를 위해서는 정확한 측정과 적절한 제어 출력이 필요하다. 정확한 측정을 위해서는 열차 간 상대적 거리와 속도를 정확히 측정하는 센서 및 관련 부품의 개발이 필요하고, 적절한 제어 출력을 위해서는 열차의 역행과 제동을 담당하는 견인전동기, 유압제동기의 성능확보와 함께 이의 제어를 담당하는 제어기 및 종합제어기의 연산 및 반응 속도 등 성능 향상이 필요하다.

- 열차가 분리 및 결합하는 시점에서 두 열차의 주행제어 시스템이 기능적 오류를 일으켰을 경우 상당한 인적, 물적 피해를 야기할 수 있음. 이를 방지하고 보완하기 위해서는 이중화 구현 등 신뢰성 확보가 필요하다.
- **철도 차량내의 통신네트워크**는 분산된 다양한 전자장치 및 제어기들의 실시간 제어, 온라인 감시, 자가 진단, 승객 정보서비스 등 다양한 기능을 수행한다.
- 열차분리 결합할 경우 열차통신네트워크 구조 변경 및 전자장치 조성 변경으로 인해 제어기들과 네트워크장치들의 자동 재구성 기능이 필요하다.
- 철도차량은 진동이 심하며, 고압 전력선 및 고속 기계장치로부터 강한 전자파가 발생하여 취약하므로 내환경, 내고장의 차량 네트워크 구성에 대한 연구가 필요하다. 이더넷 통신은 기존 TCN에 비해 IT분야의 절대적 인지도, 미래 지향적 개발 기반 및 넓은 개발 저변, 넓은 시장에 따른 저렴한 가격, 고속 전송을 보장이라는 장점이 있다. 또한 산업계 영향력 있는 전기통신표준화단체(IEEE)에 의해 최신 기술들이 지속적으로 표준화 및 관리되고 있어 호환성 및 향후 확장성을 보장할 수 있다. 과거 주로 사람의 정보전송수단으로 사용하였으나 그 활용성이 기계와 기계(Machine to Machine)를 연결하는 산업용 제어 등으로 확대되어 산업자동화 네트워크의 표준으로 자리잡아가고 있다.
- 철도와 같은 안전필수장치에 대한 유럽 내 상호운영성(TSI)법에서는 철도기술의 **품질안전규정(EN 50126 등)**을 강제하고 있으며, 이에 대한 준수여부를 Notified Body형태로 전문분야별 평가기관을 운영하여 품질안전을 사전검증토록 하고 있음. 이러한 유럽철도의 품질안전 검증체계는 EN 50126이 국제표준 IEC 62278로 제정되는 등, 글로벌 스탠다드로 활용되고 있으며, 유럽뿐만 아니라 우리나라와 중국을 포함한 아시아 시장에서도 개발된 철도기술의 실용화를 위한 필수 요건으로 적용되고 있다.
- 우리나라에서는 2004년 철도안전법 시행 이후 코레일 차상신호(ATP)시스템 구축사업 등의 사례와 같이 안전과 밀접한 신호분야를 중심으로 국제표준에 따른 품질안전 관리와 검증을 시행하고 있으며, 2011년 부터는 KRTC와 같이 실용화를 목적으로 하는 연구개발사업에서도 개발전주기에 대한 국제표준 기반의 수명주기 단계별 검증을 시행하고 있다.

- 국외 열차 분리결합 실용화 사례에 착안하여 국내 철도운영환경에 적합하도록 철도 차량간 연결 및 분리시스템의 사고 및 고장정의부터 정량적 목표의 입증까지 국제표준에 따라 안전에 영향을 미치는 순으로 기술을 나열하여 핵심기술을 선정하고, 핵심기술별 정량적 안전무결성등급을 정의하여 관리하는 등 신기술의 품질안전평가를 위한 연구개발도 병행되어야한다.

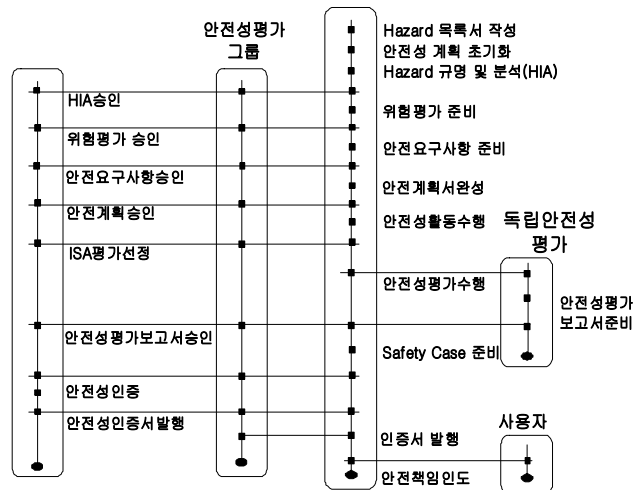


그림 1.7 성능 및 안전성 평가 체계

나. 핵심부품기술개발 필요성

- 열차간 분리 결합을 위해서는 물리적인 결합·분리를 자동으로 수행할 수 있는 **자동연결기 기술개발**이 필요하다. 자동연결기는 열차 분리/결합을 위한 핵심기술로서 차량 연결시 발생할 수 있는 충격 및 기계적 연결의 문제점을 감소시켜 승객의 안전을 보장한다. 연결기의 논리적 연결부로 차량내 전장품 상태 및 정보를 점점형태로 차량간 정보교환을 통해 원활한 열차 제어가 가능할 수 있게 한다. 따라서 자동연결기에 대한 기술은 열차 분리/결합 기술에 있어 필수적으로 개발되어야 하는 기반기술이다.
- 열차를 결합하여 운행하기 위해서는 각 편성별 열차제어정보 및 열차상태정보의 원활한 인터페이스가 가능해야 한다. 기존의 열차 분리 결합에서는 전자 연결기를 사용하여 인통선으로 주요 정보를 전송하였으나 많은 수의 인통선 연결작업이 필요하고 이종의 차량은 전자연결기 표준화가 되어 있지 않아 인터페이스가 불가능하였다. 이종노선간 이종차량간 분리결합을 위해서는 표준핀이 확보된 연결기가 필요하다.

- 자동연결기의 경우 KTX-산천등에 사용되고 있는 콘 방식은 수입에 의존하고 있는 것이 현재의 상황이다. 유압 버퍼와 변형 튜브는 단품 개발이 아니라 연결기 시스템으로 개발되어야 하며, 국내의 수요가 한정되어 있으므로 개발의 장점이 적지만, 기술적으로 접근이 가능하다고 하여도 Dynamic test 등을 통한 신뢰할 수 있는 결과를 확보해야 하는 것이 현실적인 어려움이 존재한다.
- **콘 형식의 연결기 헤드**는 국내 수요가 없으므로 개발에 어려움이 있으나, 국내 차량사의 해외 진출이나 부품 기술의 해외 진출을 위해서는 장기적인 관점에서 국산화 개발이 필요하다고 할 수 있다. 일반적으로 전두 연결기에 유압 버퍼와 Shear off 시스템이 적용되는 경우와 중간연결기에 변형 튜브가 적용되는 경우에는 외자가 제품 가격의 약 60 %를 차지한다.
- **연결기의 에너지 흡수용량**은 철도안전법이 발효되면서 중요하게 검토되기 시작하였으며, 국내에서는 2004년부터 철도안전법에 따라 철도차량안전기준에 관한 규칙을 제정하여 국내에서 제작되거나 수입되는 차량에 대해 충돌안전도 설계를 의무화하고 있다. 철도차량 안전기준에 관한 규칙 제 36 조에서는 연결기를 통하여 10 km/h 충돌시 차량의 안전을 확보하여야 하며, 표준충돌사고 각본 세부기준에서는 36 km/h 정면충돌시 차량의 안전에 관련된 요구조건이 명시되어 있다.

표 1.1 연결기 기술의 국산화 현황

구분	연결기의 구성											
	몸체		완충장치		유압버퍼		변형튜브		Shear off		전기연결기	
	내자	외자	내자	외자	내자	외자	내자	외자	내자	외자	내자	외자
TL60	○		○									
M60	○		○								○	
M60UD2	○		○								○	
M80UD2	○		○							●	○	
M120UD3	○		○			●				●	○	
M60UD2	○		○			●				●	○	
TL160D3	○		○			●				●		
AAR E	○					●				●		
SP60	○		○									
RC60	○		○									
M160UD3	○		○			●				●	○	
SP160D3	○		○					●				
콘 방식		●		●		●		●		●		●

- 국내 수요 연결기에 관한 주요부품 국산화는 위 표와 같다. 표에서 보는 바와 같이 충격흡수 장치의 경우 유압 버퍼, 변형 튜브, Shear off 시스템을 중심으로 국산화 비율이 전무한 실정이다.
- 열차 결합시 편성간 승객이동을 원활하게 하여 승객의 편의성을 향상하기 위한 기술로서, 승객이동을 위한 열차간 결합부위의 **신뢰성 높은 안전통로 기술** 확보가 필수적이다.
- 이동경로의 확보차원 뿐만 아니라 차량외부의 발생 소음을 차단할 수 있는 밀폐형 공간 창출을 통한 승차감 개선 및 차량간 결합시 수시로 결합 및 분리를 반복하는 연결부위에서 발생할 수 있는 진동에 대한 대책과 반복 내구성의 확보 기술에 대한 연구도 함께 수행되어야한다.
- 국내의 경우, 계획된 열차결합(중련), 비정상적 열차결합(구원)시 승객 이동을 위한 안전통로시스템이 거의 전무한 상황이다. 결합분리 용도가 아닌 비상시 차량 탈출을 위한 전두부 비상탈출시스템은 신분당선과 월미은하레일열차에 구성되어 있다.
- 국내 열차 연결통로는 초기에 취장막 구조로 설치 되어 있거나 하부가 밀폐되지 않은 통고무식 연결통로로 운영되어 오다 열차의 운전충격음 및 마찰소음 등의 유입으로 승차감저하의 문제 개선을 위하여 2000년대 초반부터 완전 밀폐형 고무주름 연결통로 시스템이 적용되어지고 있다.
- 도어시스템의 경우, 90년대 말까지 새로운 도어시스템 개발 없이 초기 도입된 공기압 작동식 도어엔진을 지속적으로 사용하여 왔으나, TCMS의 지속적 발전으로 차량 운용의 효율성 및 안전성이 향상되었고, 승객안전과 직결되는 도어시스템의 상태정보가 필수불가결한 요소로 대두되었다.
- 승객안전을 위해 보다 안정적인 도어시스템의 필요성 대두됨에 따라, 국내최초로 1호선에 전기식 도어시스템이 도입되었고, 안정성 입증 후 대부분의 도어시스템은 DCU 제어에 의한 전기식 도어 시스템으로 적용되고 있다.

다. 운영기술개발 필요성

- 스마트 열차분리결합은 기존의 고정편성 운영을 탈피하여, 이용자 수요중심의 탄력적 운영을 위한 기술이다. 이를 위해서는 제어기술 및 핵심부품기술의 개발 못지않게 효율적인 운영방안에 대한 연구가 우선되어야한다.

- 운영기관은 수요 및 재차율의 변화가 큰 장거리 노선에 대한 수요 맞춤형 최적 가변편성 열차계획을 수립하여 전기료 등 운영비 절감기술, 정거장의 승객처리 및 본선 운행 열차의 기기결합 등 다양한 열차지연을 고려한 최적 가변편성 열차운영스케줄 기술개발이 필요하다.
- 기존 국내 광역·도시철도의 혼잡 정거장에서는 승객의 승하차 과정에서 열차가 사전 계획된 스케줄에서 지연되는 사례가 많고, 본선에서 운행하는 열차들은 자체 기기불량 등의 원인으로 열차가 사전 계획된 스케줄에서 지연되는 사례가 많다. 이와 같이 다양한 당일 본선 운영환경에서 무작위로 발생하는 이례사태에 대한 효율적인 대응체계의 구축이 필요하다.
- 스마트 열차분리결합 운영체계와 같이 열차 및 차량의 운영이 복잡한 상황에서는 지능화된 관제 시스템을 통해 이례사태를 처리할 필요하다. 이를 위하여, 열차 분리·결합 시점에서의 안전한 운행 지원을 위한 모니터링, 열차 결합 시점에 두 열차의 도착 경합성 지원을 위한 지원시스템, 스마트 열차분리결합시스템의 안정적인 영업운행을 위해서는 정상적인 운영체계에서 역무원, 관제원, 승무원, 운전원 간의 상호 역할 분담에 대한 업무매뉴얼과 이례상황 발생 시나리오에 따른 업무처리 매뉴얼 및 스마트 열차분리결합 시스템의 안전점검 및 유지보수 관리 프로세스 매뉴얼 구축되어야 한다.
- 시제품 검증시험을 통한 스마트 열차분리결합시스템 상용화 제품에 적용될 개선사항을 도출하고 이를 통한 안정화/신뢰성 향상 가능성을 예측하고, 상용화 제품의 경제적 유지보수 기준 수립하고, 실용화 노선을 선정하여 기존 열차운행체계 대비 수요창출 및 네트워크 활용효과를 종합적으로 분석하여야한다.

라. 스마트 열차분리결합기술 성능검증기술 개발

- 국내 철도운영기관은 실용화 요구사항으로 기능과 성능에 대한 국제규격 기준으로 충분한 품질 및 안전성 검증을 요구하고 있다. 철도 분야는 운행방식에 따라 도시철도법, 철도안전법에 근거한 시스템의 기능 및 성능을 확보하고, 철도종합시험운행지침(국토부고시 2010-474)을 준용하여 시험평가를 수행해야 한다.

- 스마트 열차분리결합시스템은 기존의 국내운영시스템에 열차분리결합에 따른 특수 운영모드가 추가되어야 한다. 이때, 기존 열차제어시스템 및 운영시스템과의 호환성이 고려되어야 한다.
- 철도종합시험지침은 철도노선을 새로 건설하거나 기존노선을 개량하여 운영하고자 할 때에 실시하는 종합시험운행에 적용하며, 다른 법령에 특별히 규정된 것을 제외하고는 이 지침이 정하는 바에 따라 시험평가가 수행되어야 한다.
- 신규 장치 및 기술의 실용화를 위해서는 국내외적으로 단위시험부터 일정기간의 시운전평가를 요구함에 따라, 스마트 열차분리결합시스템 성능검증을 반드시 수행해야 한다.
- 성능평가를 위해서는 스마트 열차분리결합시스템 기능사양서, 스마트 열차분리결합시스템 성능평가 항목 및 절차서에 따라 성능평가를 수행하고, 유지보수 및 교육훈련 매뉴얼을 작성한다.
- 이를 통하여, 스마트 열차분리결합시스템의 핵심제어 및 핵심부품 기능 및 성능평가의 객관적 검증을 통한 실용화 시스템 확보하고, 국내 적용 및 해외 수출시 철도선진국과 대등한 수준의 경쟁력을 확보할 수 있다.
- 또한, 철도안전법에 따라, 운행노선에 설치되는 장치의 안전필수기능에 대한 안전성 검증이 수반되어, 국제규격에 맞는 안전성 활동 및 제3기관 평가와 인증이 수행될 예정이다.

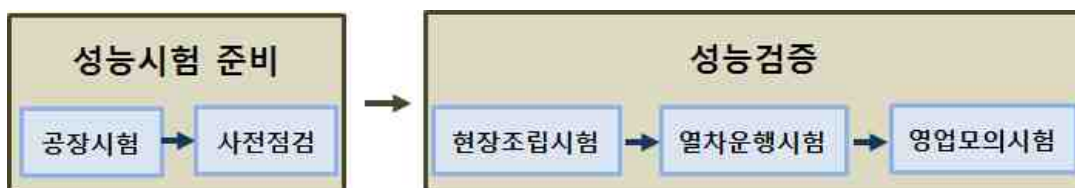


그림 1.8 철도종합시험운행지침에 따른 성능시험절차(안)

제 2장 국내외 동향 및 환경분석

제 1절 국내외 정책동향

1. 국내 정책 동향

가. 철도 운영효율성 제고를 위한 정책

(1) 제2차 국가철도망 구축계획

(가) 철도투자의 문제점

○ 철도투자 부족에 따라 20년간 지역간 철도연장은 287km 만 증가하였다.

표 2.1 최근 5년간 교통 SOC 투자 투이

구 분	2006	2007	2008	2009	2010	합계	비율
도 로	73,567	75,330	79,259	92,736	77,281	398,173	46.9%
철 도	32,941	34,625	40,345	51,838	42,020	201,769	23.8%
도시철도	12,953	12,845	14,108	16,143	11,492	67,541	8.0%
항 만	19,402	20,622	20,605	21,263	18,565	100,457	11.8%
공 항	3,918	3,334	2,109	592	666	10,619	1.3%
물류 등 기타	10,081	10,746	13,277	17,066	18,619	69,789	8.2%
합 계	152,862	157,502	169,703	199,638	168,643	848,348	100.0%

(나) 철도 속도경쟁력 부족

- 고속철도를 제외하고는 다른 교통수단에 비해 철도의 속도경쟁력 취약하고, 취약한 속도경쟁력으로 철도이용을 기피하고, 이에 따라 철도투자가 정체되었다.
- 한 예로, 열차운행의 효율을 떨어뜨리는 급경사(총연장의 9.1%)·급곡선(총연장의 16.8%) 구간이 과다하다.
- 철도역 접근시간을 제외한 평균속도 측면에서도 일반철도의 평균속도는 고속도로의 평균속도보다 느린 수준으로, 일반철도(km/h): 경부선 85, 전라선 77, 중앙선 64, 장항선 66, 고속도로(km/h): 경부고속도로 92, 중부고속도로 93, 서해안고속도로 97이다.

표 2.2 서울기점 도로/철도 통행시간 비교

구 간	도 로 1)	철 도 2)
서울 - 부산	4:20	2:08
서울 - 대구	3:00	1:38
서울 - 포항	3:50	5:13
서울 - 광주	3:00	2:51
서울 - 목포	3:50	3:11
서울 - 여수	4:30	5:15
서울 - 광양	4:00	5:02
서울 - 진주	3:30	6:49
서울 - 강릉	2:20	5:56

* 도로 이동시간 : 톨게이트간 이동시간 기준

* 철도 이동시간 : 차내시간 기준, KTX 미정차 지역은 새마을·무궁화 기준

(다) 철도수송분담률 정체

- 철도여객 수송분담률은 2001년 13.6%에서 2007년 15.6%로 증가하는 데에 그쳤으며, 화물수송 분담률은 정체상태로, 여객 분담률의 증가는 KTX 1단계 개통과 수도권 광역철도 등의 영향으로 소폭 증가하였다.

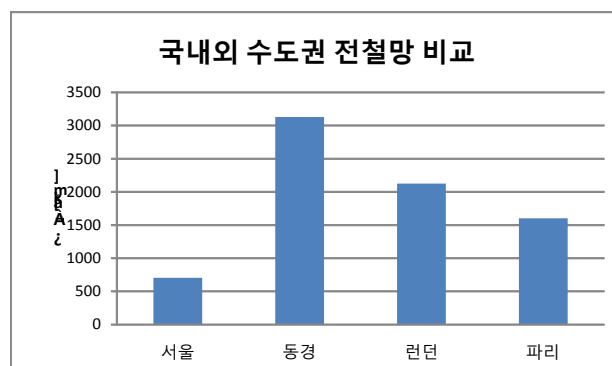
표 2.3 수송분담률 변화

구 분		도 로	철 도	항 공	해 운	계
2001년	천인/일, (%)	11,051 (86.5)	1,645 (12.9)	61 (0.5)	16 (0.1)	12,773 (100)
	천인km/일, (%)	518,787 (83.0)	85,050 (13.6)	19,952 (3.2)	1,120 (0.2)	624,909 (100)
2007년	천인/일, (%)	11,980 (85.8)	1,936 (13.8)	46 (0.3)	18 (0.1)	13,982 (100)
	천인km/일, (%)	562,076 (81.7)	107,715 (15.6)	16,987 (2.5)	1380 (0.2)	688,159 (100)
2001년	백만톤/년, (%)	1,343 (87.0)	45 (2.9)	0.4 (0.03)	155 (10.0)	1,543 (100)
	백만톤km/년, (%)	90,875 (65.9)	10,491 (7.6)	168 (0.1)	36,443 (26.4)	137,977 (100)
2007년	백만톤/년, (%)	1,631 (90.8)	44 (2.5)	0.3 (0.02)	120 (6.7)	1,796 (100)
	백만톤km/년, (%)	105,222 (73.0)	10,873 (7.5)	128 (0.1)	27,998 (19.4)	144,221 (100)

자료: 『2008년 국가교통수요조사 및 DB구축사업』, 국토해양부, 2009.6

나. 철도교통여건변화 및 전망

- (1) 국민소득 증가에 따른 철도서비스 기대수준 향상으로 양적 공급 보다는 질적 공급 확대가 중요하며, 철도차량 및 철도시설의 안전성·쾌적성 제고에 대한 요구 증가 예상된다. 이에 따라, 대형 철도사고, 테러 등에 대비한 안전·보안의 중요성과 정시성 향상 및 고품질의 여객서비스 필요하다.
- (2) 철도산업의 개방 확대 및 경쟁 심화될 것으로 예측되며, 이에 따라 철도 운영기관의 다양화, 철도 분야별 전문시장 형성 및 민간기업의 참여가 확대될 것으로 전망된다.
- (3) 에너지 환경 친화적 교통수단 활성화정책으로 환경 친화적이고 에너지 효율적인 철도의 수송 분담률을 획기적으로 제고하기 위한 투자 증대 예상된다.
* 교통분야 SOC 중 철도예산 : 29%('09) → 50%('20)
- (4) 인구 증가세 둔화에 비해 노령인구 비율이 높아짐에 따라 교통약자의 교통기본권 확보 요구 증대 되고 있다.
- (5) 새로운 지역발전 정책인 '5+2 광역경제권' 개발과 같은 광역경제권 지원을 위한 교통체계 구축 필요성이 증대되고 있다. 고속철도와 연계한 지역발전, 지하공간을 활용한 효과적인 인프라 구축 및 고속·급행 운행 등이 그 해결책이 될 수 있다. 지방 대도시권 고속철도서비스 제공지역을 중심으로 하는 도시재생 또는 신시가지 형태의 개발 촉진이 예상된다.
- (6) 서울시 유·출입 통행량은 '96~'06년간 33.9% 증가하였으며, 승용차 통행량은 47.9% 증가와 같이 대도시권의 광역화로 광역교통 인프라 부족에 따라 도시경쟁력을 약화시키는 요인으로 작용될 예정이다. 수도권 전철망은 외국 대도시의 22~44% 수준에 불과한 현실이다.



- (7) 통합 여객서비스 도입, 실시간 화물열차 운행·요금 및 터미널 관리 등을 위한 지능형 철도기술 수요 증가하고, 차량 경량화, 에너지 효율적인 열차제어 시스템 개발 등 에너지 및 환경 관련 철도기술 개발, 안전 및 보안에 관한 철도기술 개발 수요 증가되는 등 미래 지향적 철도기술 개발이 요구된다.

다. 국가철도망 구축 계획 및 추진과제

(1) 전국주요거점을 고속 KTX망으로 연결

- 국토 최단 연결 X자형과 해안권 연결 □자형을 결합한 국가철도망 구축하고, 경부·호남·수도권 고속철도를 중심으로 X자형의 국가 철도망 대골격 구성하여, 고속철도망 보완을 위해 충북선, 중앙선, 원주~강릉선, 남부내륙선을 통해 기능 분담하고, 서해선, 동해선, 경춘선, 춘천~속초선, 경전선을 통해 □자형 연결로, 초광역권 구상에 부합하는 해안권 □자형 네트워크 구축할 계획이다.

(2) 대도시권 30분대 광역·급행 철도망 구축

- 광역철도 운영체계를 급행위주로 재편, 시설확충 등을 통해 도심접근 30분대 광역철도망 구축 계획
- 거점역 정차, Skip & Stop 등 운행방식 다양화를 통해 기존 운영노선 고속화 추진
- 이용편의 제고를 위해 운행간격이 긴 노선은 수요맞춤형 열차(8량 → 4~6량)운행을 통해 급행열차 운행 확대
- 경춘선, 경의선, 분당선 등 진행 중인 광역철도 사업을 적기 완공
- 월곶~판교, 인덕원~수원 등 5+2 광역경제권 특성화 발전 지원을 위한 광역교통기능 철도망 확충등 도심 접근 30분대 광역철도망 구축을 목표로 수도권 광역급행철도 사업추진 본격화할 계획

(3) 녹색 철도물류체계 구축

- 산업·물류거점간 대량·고속 철도 물류네트워크 구축을 위하여, 경부 및 호남고속철도 개통 이후 경부선·호남선을 주요 화물 발생 거점과 연계한 화물 중심 노선으로 전환하고, 화물수송비율이 높은 주요 선로·구간의 선로용량 증대를 통해 철도의 수송능력 확충, 핵심 물류거점인 항만/산업단지/ 내륙화물기지를 간선 철도망과 연결하는 인입철도의 지속 확충할 계획이다.

(4) 편리한 철도 이용환경 조성

- KTX역, 전철역, 터미널 등에 상업·문화·업무 등이 결합된 복합환승센터 개발, 철도·대중교통 연계를 위해 택시베이, 버스베이 등 교통광장 설치, 고속철도역 접근 편의를 위해 광역직행버스, 리무진 버스, 셔틀버스 도입 및 확대, 엘리베이터 등 편의시설 확충, barrier free 역사 지정 등 교통약자의 이용편의 제고, 역사내 자전거 보관시설, 경사로 설치 등 지속 추진고속철도 및 일반철도역의 접근성을 개선하고, 이용 편의시설 지속 확충할 계획이다.

라. 운영기관 중장기 운송전략

(1) 기본방향

- 여객의 경우, 전국 90분대 연결을 위하여, 고속화노선에 적절하도록 열차를 운영하여 타교통수단과의 시간경쟁력을 확보할 계획
- 고속열차는 수혜지역의 지속적 확대와 운행빈도를 향상시키고, 일반열차는 고속화 정책에 부응한 차량운영으로 거점간 접근시간의 획기적 단축을 통한 서비스 질 향상을 추진할 계획
- 광역의 경우, 광역철도 운영범위 명확화와 셔틀전철 운영 추진, 급행화를 통한 속도 경쟁력 확보 및 연계수송체계 확립을 위하여, 광역철도 운영범위 설정에 맞는 열차 운영계획, 광역급행전동열차 급행전철 비율 확대 등 직결운행이 곤란한 노선은 열차간 연계를 추진할 계획

(2) 운영전략

- 고속열차는 고속전용선 및 직결노선 운영으로 KTX 수혜지역 확대시킬 예정이며, 기존노선 직결운행으로 KTX 수혜지역을 확대할 예정
- 일반열차의 경우, 고속화된 주요간선축에 신규 EMU를 운영하고, 비개량 노선은 고속화 노선 또는 KTX 연계를 위한 일반차량으로 운행할 예정.
- 광역열차는 수송수요에 따른 탄력적인 편성운용, 급행열차 확대, 광역 신선건설 확대에 따라 직결 또는 셔틀을 운행할 계획.
- 셔틀전철을 광역범위를 벗어나거나 수송수요의 차이가 확연히 드러난 경우, 편성 당 차량수를 줄여 일부 구간만 별도로 운행.
- 일반철도와 광역철도간 효율적인 역할분담으로 합리적인 광역철도 운영범위를 설정

- 대도시권 내는 도시철도와 연계한 광역철도를 운영하고, 대도시권 이탈하여 광역철도 연장요구시 요구자의 경제적 부담 및 추가요금을 책정
- 광역철도 미지정구간은 신선과 노선연장 구간이 광역철도로 지정되지 않은 경우, 고상홈 설치와 관계없이 광역전철을 운행하지 않음.
- 노선별 수송수요에 따라 편성량수의 최적화를 통한 탄력적 편성운행을 추진할 예정임.
- 수요가 많은 구간은 급행열차 운행확대로 속도 경쟁력을 확보하는 등 급행열차운행을 확대하고, 기존선과 신설노선간 직결운행으로 차량운영 효율 극대화, 광역범위내 급행열차와 광역범위외 운행열차에 좌석형 전동차를 투입할 예정임.

(3) 차량운영계획

- 국가철도망 건설에 따라 신선에 운행할 EMU를 건토하고 있으며, 간선철도 차량은 중장기적 운용측명과 차량 표준화의 취지에 부합하도록 단일화하여, EMU230km/h급 차량을 도입하여, 단일차량을 수송수요에 따라 편성량 수 조절이 가능하도록 추진할 계획이다.

2. 국외정책동향

가. 일본

「제2차 과학기술기본계획(2001 ~ 2015)」에서 제시하고 있는 철도기술개발의 기본방향은 다음과 같음

표 2.4 일본 철도종합연구소의 연구목표 및 내용

연구개발의 목표		연구내용
신뢰성	주행안정성향상	-RAMS 지표에 의한 신호시스템 구성법과 그 응용 -하이브리드 시뮬레이터에 의한 차량운동특성 평가법 개발
	안전수송확보	-기 설치된 철도시설의 내진성 평가와 대책 -설비관리업무에 대한 센싱기술, IT 적용
편리성	편리성 향상	-철도 차량 고속대용량 정보통신기술 개발 -동적수요추정에 따른 수송계획의 효율화
	쾌적성 향상	-안전성,쾌적성을 향상시키는 휴먼 시뮬레이션 기술개발
저비용	유지보수비용의 절감	-레일손상, 궤도열화 모델구축과 보수저감기술 평가 -보수절감, 저소음 신형식 궤도 개발
환 경	조용한 철도	-저진동, 구조물의 예측과 저감대책법의 개발
	신에너지	-연료전지차량개발 -리니어철도기술 적용

- (1) 이용하기 쉬운 질 높은 철도네트워크 구축: 재래 간선철도의 고속화, 대도시권 철도의 통근·통학 시 혼잡 해소 등
- (2) 편안함과 쾌적성 증진, 총 인구가 감소하고 있어 대폭의 수요 증가는 예상되지 않은 상황에서 이용의 용이성과 서비스의 향상에 주력함
- (3) 이용자의 요구에 대응한 철도네트워크의 구축 :향후 철도정비에 있어서 기존 시설의 개량 등에 의해 고도화와 질적인 향상을 도모함
- (4) 새로운 사회적 요구에 대응하는 철도정비의 추진: 친환경적인 교통체계를 구축하고 고령화와 복지중시형 사회로의 전환에 대한 대응으로 교통약자의 이동 원활화 추진함
- (5) 효율적 철도정비 실시:수요 동향과 사회적 요구에 대응하여 최소한의 투자로 큰 효과를 얻어지도록 노력함
- (6) 다른 교통수단과의 관계 고려:고속성·대량성·정시성 등과 같은 철도의 특성을 발휘할 수 있는 분야에 대하여 중점적 추진함

나. 유럽연합

(1) Strategic Rail Research Agenda,2020

- 유럽철도연구자문위원회(European Rail Research Advisory Council: ERRAC)는 유럽철도의 부활과 경쟁력 제고를 위한 연구개발 노력의 활성화와 혁신을 촉진하기 위해 '01년 설립되었으며, 유럽 차원의 철도부문 연구개발 전략의 수립과 협력 연구를 주도하고 있음
- '02년 전략적 철도연구계획인 「Strategic Rail Research Agenda,2020」를 발표하였으며 중점 연구영역은 상호 이용성, 정보기술 접목, 안전, 환경,소재 및 생산방식의 혁신으로 나뉘짐
- 주요 연구 프로젝트는 다음과 같음
 - MODTRAIN(Modular Innovative Vehicle Designs for an Integrated European Railway System):연구예산이 3천만 유로(약 414억 원)7)에 달하는 철도 연구프로그램으로 차세대 장거리 표준고속철을 연구하여 시스템 구성의 모듈화를 추구하고, 다양한 공급자간의 부품호환성을 통해 규모의 경제와 효율성을 도모함

표 2.5 유럽 주요국가의 철도기술연구현황

국가	독일	프랑스	스페인	영국	스웨덴
공공연구개발투자액	€18M	€50 ~ 75M	€40M	€8 ~ 10M	€7.6M
Interoperability(상호운용성)					
미래교통운영시스템	●	●	●	◎	X
화물전용시스템기술	◎	●		●	X
호환성과 모듈화 기술	X	●	◎	●	X
표준화된 운영규칙제정	X	●	X	X	X
Intelligent Mobility(정보기술 접목)					
수송편리성	◎	◎	●	●	●
철도운영을 위한 서비스	◎	◎	◎	X	X
승객을 위한 서비스	◎	◎	◎	X	●
Safety and Security(안전과 보안)					
인간행동연구	●	◎	◎	◎	◎
Environment(환경)					
소음저감	◎	●	●	●	●
매연저감	◎	X	◎	●	X
저에너지	●	●	◎	●	X
미적디자인	●	●	◎	◎	X
Innovative Materialis & Production Method(소재 및 생산방식 혁신)					
차륜-궤도상호작용연구	◎	●	X	◎	●
엔지니어링	◎	●	X	◎	◎
통합작용연구	◎	●	X	◎	◎
하이브리드 에너지	◎	●	X	◎	X
물류	◎	◎	◎	◎	X
철도재료	◎	●	X	●	◎
제품연구 및 표면처리	◎	X	X	●	◎

주: ◎ 주연구분야, ● 부연구분야, X 해당없음.
출처 : ERRAC 2004, Rail Research in EU

- MODURBAN(Modular Urban Guided Rail System):연구예산은 2천만유로(약 276억 원)로 차세대 자동유도궤도차량 연구개발을 목적으로 하며 메트로와 경전철을 포함하는 도시철도 연구과제임
- ERTMS(EuropeanRailwayTransportManagementSystem):전 유럽에 걸쳐 호환이 가능한 운영체제를 구축하기 위한 프로그램이며 국경을 넘어 안전한 철도 운영을 목표로 유럽의 철도회사들이 참여함
- UGTMS(Urban Guided Transport Management System):도시철도의 유럽표준운영시스템이라고 할 수 있는 도시철도 유럽표준운영시스템을 개발함
- OPERA(Operationng Project of ra European Rail Freight Network): 유럽화물 운송의 효율성을 높이기 위한 종합연구로서 화물수송기간망과 화물전용라인, 새로운 운송차량 그리고 기술운영체계 등을 연구함

- 유럽각국의 철도 부품 및 차량공급회사, 철도운영회사, 그리고 정부 및 공공기관을 망라하여 연구개발에 투자하는 금액은 '02년 기준으로 약 10억 유로(약 1조 3,800억 원)에 달하는 것으로 추정되며, 이중 유럽연합을 통하여 투자되는 금액은 약 3%인 3천만 유로(약 414억 원)로 추정됨

다. 프랑스

- 프랑스의 철도망은 굴곡이 심한 장거리 철도 구간이 거의 없고 고속구간이 많은 특성을 갖고 있으며 기존선로에 틸팅열차를 운행하는 시뮬레이션 결과 주행시간이 5~10% 정도 단축되는 것으로 나타났으며 이는 다른 국가의 절반 수준임
- 따라서 틸팅열차 개발에 대한 투자 타당성은 인정받고 있지만 구체적인 연구개발이 활발하게 진행되고 있지는 않음
- 프랑스의 철도기술 개발방향은 전체 교통시스템 목표와 연계하여 철도기술정책을 수립하고 연구개발을 수행하는 것임
- 환경 친화적인 수송시스템을 구축하는 기술개발 :승객 및 화물의 운송량이 증대되어도 환경에 무리가 없는 지속발전(Sustainable Development)이 가능한 수송체계 확립. 안전한 철도 이미지를 확고히 하는 기술개발:안전시스템을 개선하여 사고가 없는 안전한 철도의 이미지를 공고히 함
- 차량관련 기술에서 고속열차관련 기술, 틸팅관련 기술, 전기모터발전 등이 연구되고 있으며, 전기동력처리와 분산동력 등 고속전철 관련 특허도 나타나고 있으며, 컴퓨터 및 통신관련 정보처리기술의 통합시스템에 많은 진전이 있음
- 프랑스의 철도기술정책은 육상교통기술혁신정책 프로그램(Programme de Recherche etd' innovation dans les Transports Terrestres : PREDIT)을 중심으로 전개되고 있음
- PREDIT은 4~5년에 걸쳐 시행되는 중장기 계획으로 현재까지 3회에 걸쳐 수립됨. PREDIT 1('90~'94):TGV,LRT,AGT 등 대형 기술사업 위주로 연구되었으며 3억 9,600만 유로(약 5,465억 원), PREDIT 2('96~'00):폭넓은 분야에 걸쳐 연구가 진행되어 약 1,400여건의 연구 프로젝트가 수행되었으며,3억 유로(약 4,140억 원)가 투자됨

- 주요 연구목표는 서비스 질의 개선, 에너지 절감 및 공해 저감을 가져오는 신 교통수단의 실용화, 안전성 향상, 재료 및 운영시스템 개선으로 기업의 경쟁력 향상, 유럽연합 수준의 통합시스템 지향 등임
- PREDIT 3('02 ~ '06):에너지와 환경이라는 이슈에 초점을 맞추어 연구를 진행 하였으며 총 연구예산은 3억 유로(약 4,140억 원)로 이중 철도관련 예산은 약 4천만 ~ 6천만 유로(약 552억 원 ~ 828억 원)로 추정됨
- 주요 연구목표는 환경에 무리를 주지 않으면서 승객 및 화물의 이동성향상,수 송시스템의 안전성 향상, 공해 감소(특히 온실효과)등 환경문제 해결임

라. 독일

독일철도그룹(Deutch Bahn)은 '05년 10년간의 기술투자 가이드라인인 「Technology Strategy」를 완성하고 다음과 같은 추진 전략을 설정함

- 표준화와 모듈화라는 중요 기술개발 지향점을 설정함
- 유럽에서 우수한 공급자를 확보하여 유럽 최고의 철도시스템의 통합 및 운영회사를 추구함
- 철도 기간시설과 철도 운영 및 일부 도로교통까지도 통합하여 물류에 있어 끊임없이 신속하게 운송하는 해결책을 도모함
- 승객을 위한 신뢰할 수 있는 고품질 서비스를 이룩하기 위하여 현대적, 혁신적, 환경 친화적 철도시스템 구축함
- 표준화 : 유럽레벨의 표준화를 도모하여 유럽시장에서 독일 철도의 우수성을 검증함
- 모듈화 : 운송회사가 다양한 국가의 다양한 기업으로부터 양질의 차량및 부품을 공급받도록 하며 유럽 내 철도공급회사간의 경쟁을 도모함
- 독일철도그룹 시스템 연구소의 주요 기술개발 과제
 - 낙엽 또는 서리와 같은 철로 이물질에 의한 문제점 해결
 - 국경을 넘어서 운영할 수 있는 철도시스템 개발
 - 열차 내 디지털 무선통신을 위한 GSM-R 시스템 설치
 - 안전관리에 관한 품질경영기법 도입
 - 틸팅이 가능한 고속철도시스템(ICE-T2)의 문제점 개선

- 철도 이상 자동 감시시스템 구축
 - 초기 고속철도차량인 ICE1의 재디자인 사업
 - 화물철도운송의 최적화를 위한 시뮬레이션
 - 25년간 계속 사업인 프랑스와 독일간의 연구협력
 - 열차의 모듈화 연구
- 정부의 철도기술 연구개발 투자액은 약 1,800만 유로(248억 원)로 추정됨
 - '05년 현재 독일철도주식회사는 독일의 공공연구개발예산 중 약 250만 유로(약 36억 원)를 철도연구에 투자하고 있으며, 별도로 약 150만 유로(약 21억 원)규모의 유럽공공연구예산 프로그램을 수행하고 있음

마. 영국

영국 정부의 「The Future of Rail」에서 10년간의 비전과 구체적인 가이드라인을 제시함

- 공공과 민간의 협력을 강조함
- 안전한 운행을 보장하도록 제도적이고 기술적인 모든 면을 개선함
- 정보시스템의 개선을 통하여 서비스 질을 높일 뿐만 아니라 철도운행의 신뢰성을 높임
- 영국 교통부(2007)의 「Rail Technical Strategy」에 따르면 향후 10년간은 기존시설을 최대한 활용할 수 있는 기술개발에 집중하며, 이후 20년간은 시스템을 전면 개선할 수 있는 기술개발에 집중할 예정임
- 국철 민영화가 진행되면서 '84년 350명 규모의 영국철도연구소(British Railway Research Institute:BRRI)가 해체되었으며 인력의 대부분은 현재의 AEC Technology Consulting으로 흡수됨
- 국철 민영화가 진행되면서 '84년 350명 규모의 영국철도연구소(British Railway Research Institute : BRRI)가 해체되었으며 인력의 대부분은 현재의 AEC Technology Consulting으로 흡수됨
- AEC Technology Consulting사는 구체적인 기초연구를 수행하지 않는 경향이 있어 현재 영국에는 타 국가에 견줄만한 대규모 철도기술연구기관이 부재한 상황임

- Railway Research UK라는 대학연합 연구기관이 버밍햄대학에 본부를 두고 가장 핵심적인 연구센터 역할을 하고 있음
- 연구프로젝트 예산은 '04년 120만 파운드(약 22억 원)규모임
- 연구예산의 대부분을 공학 및 물리 연구회에서 조달하고 있으며, 런던 지하철과 Network rail(기간망사업자)로부터 수탁 연구도 수행하고 있음
- Railway Research UK는 크게 3가지의 연구개발 주제를 연구하고 있음
 - 객차와 궤도, 승객과 열차, 궤도와 토목 구조간의 인터페이스 연구
 - 인간 · 기계를 통합한 시스템 수준의 성능 연구
 - 승객·사회·환경을 고려하는 기술연구

바. 중국

- 중장기철도망계획(2003 ~ 2020)」에 따르면 주요 철도관련 기술수준을 선진국 수준에 도달하거나 그에 근접하도록 개선할 계획이며, 특히 국산화를 강력하게 추진할 계획임
- 중국 철도부의 「국산화, 선진기술의 체계적 도입, 독립적인 기술혁신 추진 및 철도차량의 현대화 촉진」 지침에 따르면 모든 여객차량은 200km/h의 속도가 가능하여야 하며, 화물차량은 기관차당 5,000톤의 화물 및 120km/h의 속도가 가능하도록 개발하는 것을 목표로 하고 있음
- '03년에 수립된 「중국철도개발도약전략」의 기술혁신 부문 목표는 주로 고속 철도, 고속여객수송 및 고속화물수송, 고중량 화물운송에 초점이 맞추어져 있으며 기관차, 일반차량, 교량, 통신 및 신호기술을 선진화된 국제규격수준으로 향상시키고, 철도의 정보화 구현에 중점을 두고 있음
- 「제11차 5개년 철도망계획(2006 ~ 2010)」에 따르면 '10년까지 200km/h급 고속 열차의 국산화 실현, 300km/h급 고속열차 핵심기술의 개발 및 연구제작 추진, 다양한 여객수요 및 운용조건에 적합한 신형객차 및 화차 개발을 목표로 하고 있음

3. 시사점

- 국내외적으로, 이용자 중심의 철도시스템 개발에 대한 계획이 수립되었음.
 - 일본의 경우, 새로운 사회적 요구에 대응하는 철도정비의 추진 : 친환경적인 교통체계를 구축하고 고령화와 복지중시형 사회로의 전환에 대한 대응으로 교통약자의 이동 원활한 철도시스템을 계획
 - 유럽연합의 경우, 시스템의 모듈화를 통한 운영 뿐아니라, 다양한 공급자간 부품의 상호호환성을 통한 경제적 효율성에 대한 계획을 중점으로 함.
 - 프랑스의 경우, 철도 서비스 질의 개선, 에너지 절감 및 공해 저감을 가져오는 신교통수단의 실용화, 안전성 향상, 재료 및 운영시스템 개선으로 기업의 경쟁력 향상, 유럽연합 수준의 통합시스템 지향함.
 - 독일의 경우, 시스템의 표준화, 모듈화를 통하여, 철도운영사가 다양한 국가의 다양한 기업으로부터 양질의 차량및 부품을 공급받도록 하며 유럽 내 철도공급회사간의 경쟁을 도모함
 - 영국의 경우, 시스템의 자동화를 통하여, 인간·기계를 통합한 시스템, 그리고 승객·사회·환경이 고려된 철도시스템을 지향함.
 - 중국의 경우, 차량의 핵심원천기술 확보를 통한 고속차량 개발로, 다양한 여객수요 및 운용조건에 대응하고자 함.
- 국내의 철도 정책도 이용자 편의 및 시스템의 원천기술 확보, 모듈화, 표준화에 대한 기술개발이 필요한 시점임.

제 2절 국내외 기술동향

1. 국내 기술 및 산업 동향

가. 국내 열차결합분리 운영기술 현황

- (1) 국내 열차의 결합분리는 크게 구원운전, 중련운전, 가변편성운행의 형태로 수행되고 있다. 구원운전의 경우 비정상상태의 차량을 기지까지 이동시키기 위하여 기관사와 관제의 통신에 의하여 본선에서 열차를 결합한다. 중련운전, 가변편성은 열차운행효율을 위하여 객차를 수요에 맞게 증량 또는 차감하여 운행하는 형태이다.
- (2) 구원운전의 경우, 무선에 의존하여 피구원차가 구원차량의 구원지점까지 운행하여 열차를 결합하는 형태로 기관사의 인적오류 등에 의한 사고확률이 높다. 이때, 피구원차량은 구원차량의 정확한 위치와 해당 구간의 선로조건 등의 정보가 없기 때문에 결합시 탈선, 충돌 등의 사고가 발생한다. 이는 수동취급에 의한 인적오류가 그 원인이 된다.

표 2.6 구원운전, 중련운전, 가변편성 비교

비교항목	구원운전	중련운전	가변편성
차량상태	·구원차 : 정상 ·피구원차:차량기동불량	· 연결차 모두 정상	· 연결차 모두 정상
제어범위	제동제어, 비상제동해제, 방송 등 운행을 위한 최소한의 기능만 인통제어 (신호제어기능 연결안됨)	추진, 제동제어, 비상제동해제, 방송 등의 최소한의 기능만 인통제어(신호제어 기능연결안됨)	통합된 Master car에서 전체 편성의 일괄제어가 필요한 추진, 제동제어, 비상제동제어, 방송, 출입문, 신호제어기능을 인통연결
운영방안	최단 시간 내 인접역으로 이동승객 취급 후 차량은 입고조치 또는 영업운행에 지장이 없는 대피선으로 이동	운행스케줄에 따른 탄력운행	승객수요에 따른 탄력운행
편성조성	피구원차 위치에서 조성	출고 전 기지에서 조성	가변편성이 가능한 도킹역

표 2.7 국내 추돌에 의한 사고사례[2000년대]

순번	사고장소	사고원인	피해규모
1 2012.11.22. 08:15	 [부산도시철도 3호선]	구원운전시 기관사 인적오류 (40km/h) 추돌 사고	승객 78명 부상
2 2007.11.03. 06:25	 [부산역 KTX 9번승강장]	역구내 진입 기관사 인적오류 (7km/h) 충돌 사고	차량 전두부 대파, 연결기 파손 피해액 100억원
3 2007.05.12 09:20	 [영등포 역구내]	역구내 진입 기관사 인적오류 (54km/h) 추돌 사고	동력차, 객차 2량 폐차
4 2005.01.30. 18:10	[제천역 구내]	역구내 진입 열차제어 장치 고장	승객 70여명 부상
5 2003.08.08. 07:14	 [고모역 인근]	역인근 폐색내 3개차량 운행 기관사, 역무원 인적오류 충돌 사고	객차2량 파손 승객 2명사망, 96명 부상
7 2002.02.22.	[수원역]	인적오류 철도청 전철 보수차량 승무원의 신호 오판으로 정차하지 않고 계속 진행	객차 2량 파손 승객부상 31명. 피해액 약 49억 2천만원

표 2.8 국내 중련운전 사례

항 목	KTX산천	온양선	광명서들
중련모습 (사진)			
중련구간	서울-동대구, 용산-익산 	서울-온양온천 	광명-영등포 
중련목적	수요에 따른 탄력적 대처	수요 적은 구간 운행	중앙선 탑승 수요 반영
중련운행 문제점	고장이 잦아 한동안 중련운행 중단(2011.5), 보완 후 개시(2012.7)	결합, 분리 후 재시작 필요	정위치 정차 문제

- (3) 현재까지 국내외 열차분리결합기술은 사람의 개입으로 열차를 분리결합하는 수준으로 열차의 분리결합에 따른 시간 및 인력이 필요하게 하며, 표와 같이 개입되는 인력의 인적오류가 열차사고의 원인이 된다.
- (4) 국내의 경우 KTX-산천, 온양선 누리로 열차, 광명서들 차량이 중련편성 (운행 전 차고에서 열차편성 조정)운행이 가능하도록 개발되었으나 초반에는 중련편성으로 운행을 하다가 열차의 잦은 고장으로 인해서 해당 열차 운영이 중지된 상태이며, 현재는 누리로 열차만이 중련편성 운행을 하고 있다.
- (5) 새마을호 PP동차 중 13편성에 다방향 복합연결기를 설치하여 8량 2편성을 복합 연결하여 서대전에서 8량씩 분리하여 경부선, 호남선 각각 8량1편성으로 하행운행하고 상행 시에는 서대전에서 다시 8량 2편성을 복합 연결하여 서울로 상행 운전하는 방식으로 열차분리결합이 이루어졌으며 2010년 4월 1일부로 새마을호 중련열차는 폐지되었다. 그 뒤를 이어 누리로호 열차가 4량1편성을 기본으로 하여 혼잡시간대에는 2편성을 서로 연결하여 복합운행을 하고 있다.

- (6) 국내 고속철도의 경우 KTX-산천호(10량 1편성)만 2편성을 연결하여 중련편성으로 운행하고 있으며, 일반 KTX의 경우 20량 1편성이 기본이기 때문에 20량을 기본으로 설계된 승강장 길이로 인해 중련편성 운행이 불가하다.
- (7) KTX 산천의 경우, 익산역에서 전라선, 호남선열차를 분리 혹은 결합하는 형태로 운행하고 있다. 익산역에서 결합을 위한 구내진입시, 통신무전으로 진입을 허가받고, 특수모드로 전환하여 수신호에 의해 결합된다.

국내기술보유 기관 (운영기관)	업체 및 기관	보유기술	기술특징
	코레일	입환,중련 기술	수동운영
	서울메트로	입환,중련 기술	수동운영
	서울도시철도공사	입환,중련 기술	수동운영

나. 스마트 열차분리결합 핵심제어기술개발

(1) 스마트 열차분리결합 안전자동화 주행제어기술

열차제어시스템의 제어 하에 열차의 분리결합을 수행하는 사례는 국내외적으로 전무한 실정으로 국내의 열차제어시스템 관련 연구개발실적과 산업동향을 기술한다.

(가) 국내 연구개발 실적

- 국내 열차제어시스템은 G7고속철도기술개발사업, 도시철도표준사업, 경량전철 시스템개발사업, 자기부상철도기술개발사업 등 국가의 연구개발사업을 수행하면서 관련 핵심기술과 시스템엔지니어링기술을 확보하고 있다.
- 이러한 기술을 철도관제설비, 사령설비, 전자연동장치 등을 개발하고 실제 적용하는데 활용하고 있으나 ATP 등 핵심기술은 해외철도신호기업의 제품을 도입하거나 기술협력을 하고 있는 상황이다.
- 1995년 이후 국내에서 추진되었던 신호시스템 개발 또는 시스템 도입 타당성 연구와 관련하여 진행된 과제는 다양하며 그간 국내에서 수행된 철도관련 국가 연구개발 사업현황은 다음과 같다.

표 2.9 국토교통부의 국가연구개발사업 및 시범사업 현황

사업(과제)명	수행내용	
	기간 및 주관기관	내용
도시철도차량 표준화·국산화	1995.8 ~2001.12 ROTEM	-개발내용 ·시험선 운행용 ATC차상장치 개발 ·시험선 운행용 ATO차상장치 개발 ·열차내 종합제어장치(Train Control & Monitoring System) 개발
도시철도표준화 연구개발사업 (도시철도 신호시스템 표준화 연구)	2001.1~ 2006.12 ROTEM	-개발내용 ·표준사양을 확인하기위한 열차제어시스템 차상핵심장 치 개발 및 MBS사업에 적용하여 시험 -개발결과 ·도시철도 시설물 표준규격, 성능시험기준 및 안전기 준 고시
경량전철시스템 기술개발사업 (경량전철 신호제어시스템 기술개발)	1999.1~2005.12 철도연 + 포스콘	-개발내용 ·무인자동운전이 가능한 열차제어시스템기술개발 ·2.4[GHz]를 사용하는 무선LAN 통신방식을 적용하여 열차위치추적, 열차속도제어 및 열차진로제어 수행
고속철도 자동열차제어장치 기술개발	1999.10 ~2001.9 LS산전	-개발내용 ·고속철도용 자동열차제어장치 (AF궤도회로, 차상장 치) 개발 -개발결과 ·G7고속차량에 차상장치 설치 및 현장시험 (오송기 지) 완료
고속철도 열차제어시스템 안정화 기술개발	2002.12~2007.10 LS산전	-개발내용 ·열차제어시스템안정화 및 RAMS검증
차세대 고속철도 기술개발사업 (통합차상신호시 스템개발)	2007.7 ~2013.7 LS산전	-개발내용 ·경부고속철도의 지상신호를 수신하여 처리하는 호환 성을 갖는 차상신호장치 개발(ATS/ATC/ATP통합) ·최고시속 400[km/h]의 열차주행속도 제어 ·운전자 정보표시장치 개발
도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계 구축 및 성능평가	2010.12~ 2014.6 철도연	-개발내용 ·한국형 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계 구축 및 안전성 평가 ·최고시속 150[km/h]의 열차주행속도 제어 ·철도전용 무선통신망 개발
도시형 자기부상열차 개발사업 1단계 (과학기술부)	1989.12~1993.7 해사연구소+ 전기연구소	-개발내용 ·기본개념 정립 ·축소형 및 실차형 부상추진 시스템 ·100m 시험선로, 대차개발 ·소형 시작모델 개발

사업(과제)명	수행내용	
	기간 및 주관기관	내용
도시형 자기부상열차 개발사업 2단계 (과학기술부)	1994.5 ~1998.8 한국기계연구원	-개발내용 ·한국기계연구원에 시험선 구축 ·2량 1편성 시제차량 개발 ·일본 HSST의 패턴벨트방식을 적용하여 열차속도 및 위치를 추적하는 기술개발
도시형 자기부상열차 개발사업 3단계 (과학기술부)	1998.11~1999.8 한국기계연구원	-개발내용 ·실용화 연구 ·무인자동운전시스템 개발 ·고속분기기개발 ·기술개선 및 성능 향상
중기거점기술개발사업 (자기부상열차실용화를 위한 차량모델개발) (산업자원부)	2003.10~2006.9 ROTEM	-개발내용 ·실용화 수준의 무인자동 자기부상열차 신호시스템 개발 ·차상과 지상간 정보전송을 위해서 무선LAN 개발 -개발결과 ·대전 국립과학관 자기부상철도에 적용
지능형 열차제어시스템 (MBS) 시범구축 (한국철도공사)	2002.12~2007.10 삼성SDS	-사업내용 ·새로운 신호시스템의 광역철도망 도입 타당성 검증을 위해서 Thales사의 CBTC시스템 도입하여 분당선에 설치 ·지상과 차상간 정보전송장치인 무선LAN을 국산화함.

○ 도시철도표준화 연구개발사업(도시철도 신호시스템 표준화 연구)

본 사업에서의 시스템 개발은 차상의 일부 핵심장치 개발로 국한되었으며, 신호시스템을 구성하는 지상설비 및 통신부분은 개발범위 밖으로 조사되었다. 본 사업을 통해 개발한 차상의 핵심장치는 분당선의 ‘지능형 열차제어시스템 시범구축 사업’의 차상설비와 기능 및 구조가 동일한 시스템이다.

○ 자기부상열차 실용화 차량모델개발

국내 자기부상열차 기술개발은 부상추진시스템 개발, 시제차와 시험선 건설, 기술개선과 성능향상 및 시스템 신뢰성과 안전성 구축을 통한 실용화 모델개발 등의 과정을 거쳤고, 신호시스템기술개발은 “자기부상열차 실용화 차량모델개발”의 부분과제로 수행되었다.

○ 자기부상열차 설치사업[국립중앙과학관-엑스포과학공원]

자기부상열차를 위한 신호시스템을 장래 무인자동화를 목표로 동시 추진 중인 차세대 무인자동운전을 위한 열차제어시스템의 개발이 이루어지며, 열차제어시스템은 최첨단 방식인 RF-CBTC(Radio Frequency CBTC)방식을 개발 적용

하였다. 본 사업은 정상적인 노선 개발을 염두에 둔 축소형 시스템 구축으로 제반 시설들이 상업 노선 시설에 맞춘 축소형 시스템으로 이루어졌다. 먼저 현장 신호기기실에는 전자연동장치(계획)와 RF-CBTC 감시 제어를 위한 WATC 설비가 설치되며, 데이터 통신망을 통하여 사령실과 결합한다. 또한, 광케이블을 통해 각 현장에 산재되어 있는 무선 안테나(AP)와 연결하여 실시간 양방향 데이터 통신을 제공한다. 선로변에는 일정간격으로 트랜스 폰더를 설치하여, 열차 위치 보정과 안전 폐색 경계를 설정토록 하고 있다.

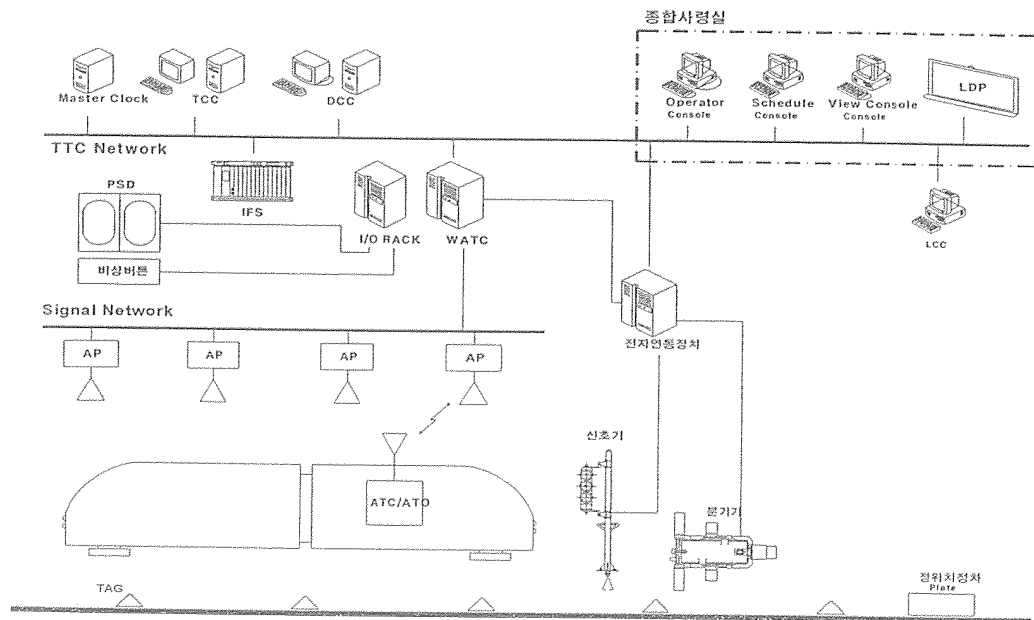


그림 2.1 자기부상신호시스템 구성도

○ 지능형 열차제어시스템(MBS) 시범구축 사업

- 사업목적은 양방향 무선통신을 이용한 열차제어시스템인 CBTC 시스템의 국내 적용을 위한 시범설비 구축 및 이를 통한 표준사양 연구와 시범설비 구축 사업을 통해 확대 적용방안을 도출하는 것이다. 해외의 CBTC 시스템의 국내 적용을 위한 시범사업으로서, CBTC 시스템의 수입 및 이의 국내 설치 운용시험이 수행되었으며, CBTC 시스템의 핵심부분의 하나인 무선통신 부분은 국산화하여 운용시험을 수행하였다. 시험구간은 분당선 18.5 km 구간이며, 지상과 열차 2편성에 CBTC를 구축하였다.

○ 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계 구축 및 성능평가 사업

- 사업목적은 무선통신기반 열차제어시스템의 국내 표준체계를 구축하고 구축된 표준체계에 대한 안전성을 검증하기 위해 안전성 활동 및 평가를 수행하고 성능검증을 위해 시험선 현장시험을 수행하는 것이다. 현재 표준체계를 기준을 시스템을 제작하고 시험선차량 및 지상에 설치하여 성능검증 중에 있다.

(나) 국내 산업동향

○ 국내 철도신호기술개발동향

- 국내 열차제어시스템의 기술발전은 운행모드와 통신부문의 발전과 그 맥락을 같이 하고 있으며, 그림 2.2와 같이 진행되고 있다. 2000년대 이후 무선통신 방식을 적용하는 열차제어시스템과 속도프로파일을 적용하는 DTG(Distance to Go)방식의 ATP시스템이 철도신호시장을 주도하고 있는 것을 단적으로 보여주고 있다.
- 2000년대 이후 경량전철은 무선통신방식의 열차제어시스템을 구축하고 있으며, 광역도시철도는 DTG방식의 ATP가 대부분을 차지하고 있으나, 우리나라는 신분당선이 무선통신방식의 열차제어시스템을 처음으로 도입 되었다. 국내 도시철도운영기관이 현재 검토중인 신호시스템과 향후 도입을 계획하고 있는 신호시스템은 세계적 추이를 감안하여 대부분 무선통신기술을 적용한 열차제어시스템으로 방향이 확정되고 있는 실정이다.

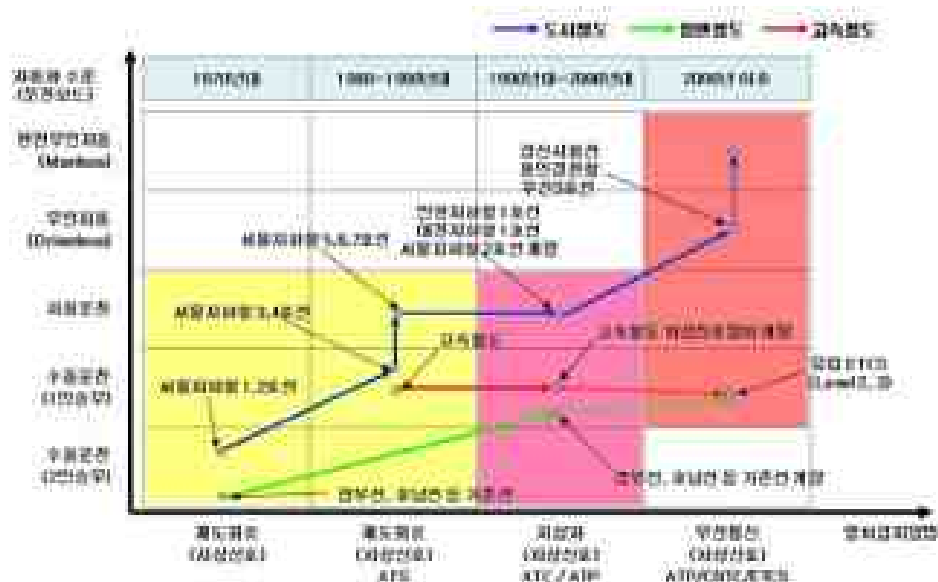


그림 2.2 철도신호시스템 기술동향 및 국내 구축현황

○ 국내 철도신호 주요기업 및 개발내용

- 국내 철도신호기업의 기술개발 실태를 보면 고정폐색방식을 기반으로 하는 사령설비 및 연동장치 분야는 대우엔지니어링, 대아티아이, 테크빌, 삼성 SDS, LS 산전, 유경제어 및 혁신전공 등 국내 여러 신호 업체에 의해 국산화 기술 개발과 상용화가 실현되었다.
- 속도코드 방식의 ATC 차상장치는 현대로템(광주지하철) 및 LS 산전(경부고속철도 유지보수차량)에서 개발하여 상용화한 실적이 있다. DTG 방식의 ATP 지상 및 차상장치는 현대로템, LS 산전, 대우엔지니어링, 한터기술 및 포스코 ICT 등이 기술개발을 추진하였으나, 상용화 실적은 없다.
- CBTC 방식의 열차제어시스템에 대해서는 분당선 시범구축사업(삼성 SDS), 대전과학관 자기부상철도(현대로템 및 한터기술) 및 경산 시험선(포스코 ICT) 등에서 시범구축에 의한 연구개발이 시행되었으나 일부 분야(예 : 통신분야)의 국산화 기술개발만 추진되거나 전체 시스템의 국산화 기술개발이 추진되었다 하더라도 상용화 실적은 없는 상황이다.

국내업체 보유기술	업체 및 기관	보유기술	기술특징
	대우ENG	1. 사령설비 2. ATP 기술	-Distance to Go (DTG)방식
	대아티아이 테크빌 삼성SDS	1. 사령설비 2. ATC 3. ATP 4. 전자연동장치(EI)	-속도 코드방식 ATC -이동폐색 방식 ATP -고정폐색 방식 EI
	LS 산전	1. 사령설비 2. ATC 3. ATP 4. 전자연동장치	-속도 코드방식 ATC -DTG 방식의 ATP 및 이동 폐색 방식 ATP -고정폐색 방식 EI -이동폐색 방식 EI
	현대로템 혁신전공사	1. 사령설비 2. ATC 3. ATP 4. 전자연동장치	-속도 코드방식 ATC -DTG 방식의 ATP 및 이동 폐색 방식 ATP -고정폐색 방식 EI -이동폐색 방식 EI
	포스코ICT 한터기술 유경제어	1. 사령설비 2. ATC 3. ATP	-속도 코드방식 ATC -DTG 방식의 ATP 및 이동 폐색 방식 ATP

- 열차의 무결성 검증은 열차의 분리가 일어나지 않고 완전한 편성이 유지하고 있음을 검증하는 기술로 차상기반 직접연결 방식, 차상기반 간접적 방식, 지상기반 방식 및 기타 방식으로 분류된다.
- 열차의 위치 검지가 궤도회로를 이용하는 고정폐색의 경우 열차의 선로 점유 상태로 열차의 무결성을 동시에 확인가능 하였다. 궤도회로를 사용하지 않는 무선 통신 기반 열차제어시스템의 경우 각각의 차량을 통과하는 케이블을 사용하거나 열차 무결성 감시를 위한 무선 통신 장치 및 센서를 이용하는 방법 등이 연구되고 있다.

표 2.10 열차분리검지기술의 분류

종 류	기술·방식 사례
지상기반 방식 (지상의 궤도회로 등을 이용)	- 지상궤도의 점유정보 기반 방식 - 지상궤도 진입-진출 검지방식
차상기반 직접연결 방식 (차량을 물리적 설비로 연결)	- 통신선(train lines)을 이용한 데이터통신 방식 - 제동관(brake pipe)의 공기압 측정 방식
차상기반 간접적 방식 (무선통신, 센서 등을 이용)	- 차상 무선통신을 이용한 데이터통신 방식 - 근접 센서를 이용한 인접 차량 검지 방식 - 차량 간 거리 측정(distance measurement) 방식
기타 방식	- 차량 전·후두부 속도 및 위치 비교 방식 등

○ 지상기반 열차분리 검지 방식

지상에 설치되어 있는 기존 궤도회로 이용하여 열차의 분리를 검지한다. 궤도회로를 사용하는 방식으로는 지상에서 검출하는 점유정보를 기반으로 열차분리를 검지하는 방법과 특정 궤도회로에 진입-진출하는 시간을 기반으로 열차전두부-후두부 사이의 거리를 측정하여 열차분리를 검지하는 방법을 들 수 있다. 지상 기반 열차의 무결성 검지는 궤도회로가 설치되어야 하며 열차 검지에 시간이 소요되고 열차의 분리를 검지할 수 있으나 어느 차량에서 분리가 발생했는지 검지가 불가능한 단점이 있다.

○ 차상기반 직접 연결 열차분리 금지 방식

차상에서 열차분리를 판별하며 열차에 물리적 설비를 설치하여 연결하는 방식은 차량이 분리되면 물리적 설비도 연결이 끊어지기 때문에 이를 금지하여 열차 분리 여부를 금지한다. 차량간에 설치되는 물리적인 설비는 열차 제어용으로 사용되는 통신선(Train Line)과 열차 제동용으로 사용되는 제동관(Brake Pipe) 등이 있으며 통신선을 사용하는 경우에는 제어기 사이의 주기적인 데이터 통신을 이용하고, 제동관을 이용하는 경우는 제동관 내의 공기압 변화를 측정하여 열차의 분리 여부를 금지할 수 있다.

○ 차상기반 간접 연결 열차분리 금지방식

차상기반 간접연결방식은 각 차량을 무선통신 및 센서 등을 이용하여 간접적으로 연결하고 이를 이용하여 열차 분리를 금지하는 방식이다. 차상에서 열차분리를 판별하지만 각 차량이 물리적으로 직접 연결되지는 않고 간접적인 방식을 통해 연결된다는 점에서 간접연결 방식으로 부른다. 차량간의 물리적 연결이 없기 때문에 유연한 변경이 가능하다는 것이 장점이라 할 수 있다. 열차에서 차량 사이의 간접적인 연결로 사용할 수 있는 대표적인 기술로는 무선통신 기술과 근접센서, 거리센서가 있다. 빠른 열차 검지가 가능하지만 무선 통신 장치나 센서의 오류로 인한 금지 오류가 발생할 수 있으며 철도 환경에서 검증이 이루어지지 않은 상황이다.

○ 기타 열차분리 금지 방식

차량 전두부와 후두부의 속도 및 주행거리를 비교하여 열차 분리를 금지하는 방식 등 다양한 방식에 대한 연구가 가능하다.

○ 한국철도공사에서는 열차분리에 대해 2종사고로 분류하고 있으며 2011년 2건 및 2012년 10월까지 2건의 열차 분리사고 발생으로 인해 열차 운행이 지연되었음이 보고되었다. 열차 분리 사고가 발생하였을 때 제동 장치이상으로 인한 비상제동으로 열차가 정지하도록 구현되어 있을 뿐 실질적으로 주행 중 열차 분리를 금지하여 통보 할 수 있는 시스템이 적용된 사례는 보고되지 않고 있다.

- 열차 무결성 검증과 관련된 특허로는 “열차 탈선 사고 시 무선통신기반 열차제어시스템의 충돌사고방지 장치(한국철도기술연구원)”이 있으며, 특허 내용은 차량에 중대한 고장이 발생한 경우 차량의 제어 신호와 감시 신호를 전송할 수 있도록 각 차량을 관통하여 선두차량에서 후미 차량에 걸쳐 설치되는 신호선의 단선 유무를 감지하여 단선 상태에 따라 열차의 분리 상태를 지상 설비로 전송한다.
- 국내 열차제어시스템은 역간에서 폐색 또는 제동거리를 확보하여 열차를 방호하고 역구내에서는 선행 열차시 후행 열차의 진입이 불가능하여 근접 주행 제어 기술은 적용되지 않음.
- 승객의 안전한 승하차를 위해 자동 열차 운전장치(ATO)는 정차지점으로부터 정해진 거리에 설치된 정위치 정차용 지상설비(RFID Tag)에서 정보를 전달받아 정차지점까지 남은 거리를 판단하여 제동 작용을 하게 되며 정차 지점에는 정위치 정차용 금속판을 설치하여 차량에서 생성한 근접센서의 신호를 반사시켜 정위치에 정차하도록 제어하고 있음.
- 자동차에는 도로의 전방 상황을 주시하는 영상 센서, 초음파 센서, 적외선 센서, 레이저 센서, 레이더 센서, 레이저 레이더 센서 등을 이용하여 전방 자동차와의 거리 및 상태속도를 감지하여 안전한 차간 거리를 확보하고 충돌을 방지하는 기술이 적용되었거나 개발되고 있음.

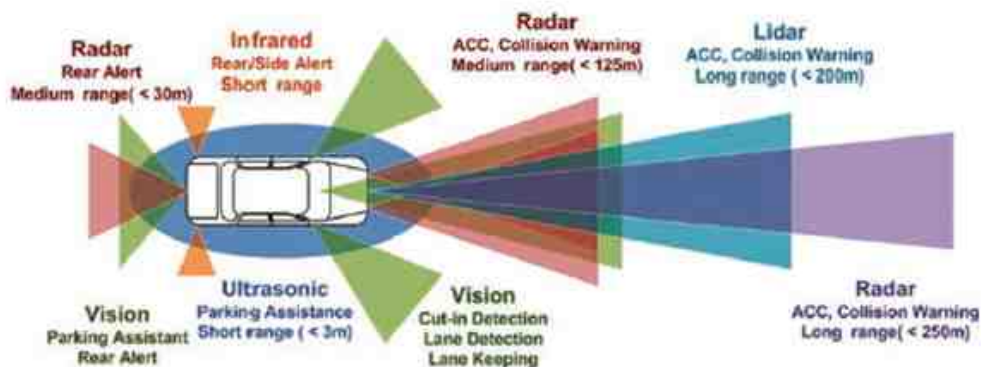


그림 2.3 ITS 분야 센서별 감지 거리

표 2.11 검지센서별 성능

	레이더	레이저 레이다	적외선	영상	초음파
검지 거리	장거리	장거리	중거리	보통	단거리
검지 각도	협각 및 광각	협각 및 광각	협각	보통	광각
거리 정밀도	좋음	좋음	보통	보통	좋음
기상 조건	둔감	민감	민감	민감	민감
조도	둔감	둔감	민감	민감	둔감
가격	고가	고가	보통	저가	저가
검지 정보	속도, 거리, 각도	속도, 거리, 각도	거리, 열	목표 유형	거리
검지 성능	도로 환경에 안정적임	악천후에서 성능 저하	악천후에서 성능 저하	목표 유형이 한정적임.	단거리에서 가격대비 성능 우수

- 비나 눈, 안개와 같은 열악한 기상 조건에서의 안정적인 성능 및 가격 경쟁력 측면에서 레이더 센서가 중요하게 연구되고 있으며 자동차 레이더는 장거리용으로 77GHz와 단거리용으로 24GHz를 사용하였으나 77GHz를 사용하는 레이더로 통합될 예정임.
- 레이더 센서의 경우 자체 특성으로 인해 전방 다중 차량이 근접하여 동일한 속도 주행 시 이를 구분하지 못하거나 레이더 신호의 난반사로 인하여 정지된 차량을 인식하지 못하는 등 복잡한 주행 환경에서 성능이 떨어지는 문제점이 있어서 레이더 센서와 비전 센서를 융합을 통하여 개선하는 연구가 활발히 진행되고 있음.
- 자동차는 초음파 후방 감지 센서 및 후방 카메라를 설치하여 후방의 장애물이 근접할 경우 경고음으로 알려주고 전방에도 센서를 부착해 전방과 후방을 모두 감지하는 주차 보조시스템이 사용되고 있음.
- 삼성경제연구소는 10년 이내 구현 가능성이 큰 ‘파괴적 혁신기술’ 7가지 중 하나로 자동 주행차를 선정했으며 차량 스스로 위치와 상황을 감지해 속도와 조향을 제어하고 자동 주행 차량간 네트워크를 이용하여 근접 주행과 군집 주행이 가능해져 도로 활용도가 높아지고 도로확장, 신호 등과 같은 인프라가 줄어들고 교통사고가 크게 감소할 것으로 예상함.

- 현대모비스는 무인자율주행 자동차 원천 기술 확보를 위해 핵심 기술의 하나인 영상센서의 정밀도를 높이기 위한 연구를 진행 중이며 영상센서는 차량 주변 지형 및 장애물을 정밀하게 탐지해 주행 보조 정보로 활용하여 레이저, 전파 등과 총합해 운전자에게 안전한 운전 환경을 제공할 예정임.
- 현대 모비스는 운전자가 설정한 속도로 자동 운행 및 차량 전방에 레이더 센서를 설치하여 차량간 거리를 측정하여 안전거리를 유지할 수 있는 차간거리제어 장치를 개발하였음.
- 현대자동차는 2000년 초부터 무인자동차 개발을 시작하였으며 현재 자동차의 전방과 후방에 레이더 센서를 장착하고 차간 거리를 실시간 측정하여 안전 거리를 유지하는 시스템을 적용하였으며 레이더 센서와 정면 유리창에는 카메라를 설치하여 자동차간 안전거리 확보 외의 다른 기능이 포함된 지능형 자동차를 연구중임.
- 기아차는 후방으로 레이저 센서를 사용하여 후방 차량의 속도를 확인하여 차로 변경시 위험이 있으면 비상 경보음을 알려주는 후측방 경보시스템을 적용하였음.
- 만도는 초음파 센서를 이용해 차량의 전후방에 접근하는 물체와의 거리와 위치에 따라 시청각적인 방법으로 운전자에게 알려 접촉사고를 방지하는 시스템을 개발하였으며 현재 현대 기아자동차에 적용되고 있음.



그림 2.4 현대기아차의 지능형 자동차 내부 센서들

- 철도 차량의 무선통신은 음성 통신을 위해 VHF, TRS 방식이 사용되고 있으며 열차 제어 신호 전송을 위한 2.4GHz를 사용하는 IEEE 802.11 표준의 무선랜 방식, 영상 전송을 위한 5.7GHz 무선랜 방식 및 18GHz 영상 전송 방식이 사용되고 있으며 철도 통합 무선망 구축을 위해 4세대 이동 통신 방식인 LTE-R 적용을 연구 중이다. 음성 통신의 경우는 근접 거리에서 기지국을 경유하지 않고 기관사간의 직접 무선 통신이 가능하지만 열차제어 신호 및 영상 정보 전송의 경우는 차량 간의 직접 무선 통신을 사용하지 않으나 향후 개발이 가능함.



그림 2.5 만도의 초음파 기반 주차조향 보조시스템

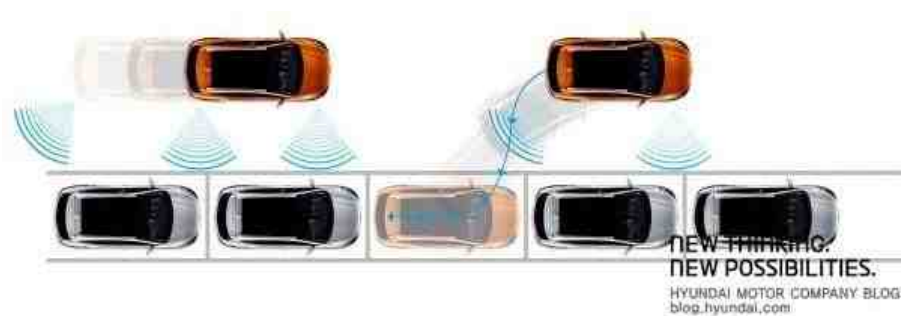


그림 2.6 초음파 센서를 이용한 주차 조향 보조 시스템

- WAVE(Wireless Access for the Vehicular Environment) 통신 기술은 IEEE 802.11 무선랜 기술을 차량 환경을 반영한 IEEE 802.11.p와 IEEE 1609 표준으로 구성된 무선 통신 시스템의 표준 사양으로 차량 간 통신 및 차량과 기지국 통신을 지원하고 최대 1km의 통신 거리와 최대 200km/h의 이동성, 짧은 전송 지연 시간을 지원을 목표로 하고 있음

- 자동차의 경우 차량 안전 및 ITS(지능형 교통시스템)을 위해 차량간 통신 및 차량과 기지국간 통신에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있음,
- 자동차 간의 무선 통신 기술은 한국전자통신연구원을 중심으로 연구가 진행되고 있다. 2000년에 5.8 GHz 대역에서 DSRC(Dedicated Short Range Communication) 기술을 개발하여 차량 단말과 노변 기지국간 고속 통신(1Mbps급)을 제공하는 시스템을 개발하였으며, 현재 도로공사 하이패스 서비스 및 교통 정보 수집에 활용되고 있음.
- 2005년에 2.4 GHz 대역의 무선랜을 이용한 차량 간 통신 시스템을 개발하여 고속 이동 차량간 통신 시험을 실시하였으며 2007년부터 VMC 기술 연구를 진행하여 5.8 GHz 대역을 사용하는 WAVE 기술을 준용하고 및 센서망이 통합된 차량-IT 융합 서비스 개발을 완료하여 한국도로공사의 스마트 하이웨이 시스템과 경찰청의 도시교통정보시스템에 적용할 계획임
- 국토교통부는 도로-차량간, 차량-차량간 통신이 가능한 차세대 지능형 교통시스템을 확대할 계획으로 2015년까지 도로부문 예산의 2% 수준으로 투자를 단계적으로 늘리고 2020년까지 차세대 교통 체계를 확대할 예정임.



그림 2.7 차세대 지능형 교통 시스템

(2) 스마트 열차분리결합 총괄제어네트워크 기술개발

- 국내 철도차량분야에 통신네트워크를 이용한 모니터링장치의 도입은 1990년대 초에 본격적으로 시작되어 초기에는 단순히 차량에 설치된 주요장치의 고장 현시 및 기록을 위해서 속도기록계 및 다수의 고장표시 등을 사용한 것이 전부

였으나, 이후 컴퓨터와 통신기술의 급속한 발전에 힘입어 열차의 상태현시 및 고장기록을 할 수 있는 열차정보장치(TIS : Train Information System)가 도입되어 지하철 각 노선에 적용 중.

- 1990년대 중반부터는 열차의 안전성과 편의성 및 신속하고 쾌적한 승객수송 환경을 확보하기 위하여 차량의 추진·제동 시스템, 신호보완 시스템, 승객 서비스 장치, 자체 전기장치의 상태를 통합적으로 관리하고 제어하는 열차진단제어(TCMS : Train Control & Monitoring System)가 새롭게 도입되어 계전기 로직에 의존하던 종전의 설계기술을 프로그램으로 대체.
- 국내에서는 경부고속열차 도입과 병행하여 고속철도기술개발사업을 통해 코레일에서 개발한 한국형 고속열차 G7 시제차(HSR350x)에, 차량컴퓨터 제어장치(OBCS)와 국제표준규격인 IEC 61375를 사용한 TCN 방식의 열차진단 및 제어 시스템을 자체개발, 적용(2009).
 - 이 시스템은 열차제어의 주 기능을 수행하는 동력차 제어장치(MPU)와 객차에 탑재되어 부기능을 수행하는 객차제어장치(TPU), 보조컴퓨터(APU), 모터블럭 컴퓨터(MBU)가 동력차에 1개씩 배치되고 기본적인 네트워크 기반의 구조로 운전자와 차량내부 기기 간에 필요한 정보를 주고 받는 통신 네트워크는 TORNADO 방식 적용
- 국내 전동차의 종합제어장치는 과천, 분당선의 TGIS (Train General Information System)을 기점으로 TIS(Train Information System)와 최근은 TCMS (Train Control Monitoring System) 방식까지 함께 사용하여 여러 방식이 탑재된 전동차가 운행 중.
 - TCMS (Train Control Monitoring System)은 기존 System과 비교하여 각종 주요장치인 인버터, 제동, ATC, SIV, 고압장치들을 운영할 수 있는 제어기능을 강화하여 가지고 있음으로써 System의 제어를 가능하게 하는 장치로 발전되었으며, 이 과정에서 차량의 네트워크도 함께 발전.
 - 초기에는 Corrent Loop, RS485, 등으로 구성 되었고, 현재는 국제표준인 CAN, LONWORK, S-L NET, FIP, DINBUS, MVB, TORNADO 등 다양한 네트워크 통신망을 구성하여 제어.

- 현재 국내에서도 MVB 버스를 사용하기 시작하여, 국내에서 제작한 차량인 인천 2호선에 적용.

표 2.12 국내 지하철 호선 별 네트워크 주요 사양

구 분	5 호선	6 호선	7 & 8 호선
제 작 사	Adtranz	Melco	Toshiba
통 신 명	IVDC	ArcNet	SL-NET
속 도	153 Kbps	2.5 Mbps	2 Mbps
전송신호	12 Vpp	16 Vpp	5 Vpp
토폴로지	Multi-drop bus	Bi-direction ring	Multi-drop bus
프로토콜	Polling/Selecting	Token-passing	Polling/Selecting
통신매체	Shield Twisted Wire Pair		

○ 산천/호남고속차량

- 차량진단제어장치(TDCS)는 화면장치, 제어랙 및 기록 분석장치로 구성되며, 하부장치 및 차량전기회로와 시리얼통신, 디지털 입/출력 및 아날로그 입력 방식으로 인터페이스를 수행한다. 하부장치와 차량전기회로에서 입력되는 각종 상태/고장 정보로 모니터링과 제어기능을 수행함.
- 상태정보와 고장정보는 시스템 내부에 저장되어 운행 종료 후 분석시스템으로 분석되고, 데이터베이스에 저장.
- TDCS는 중앙제어장치(CCU:Central Control Unit), 객차제어장치(VCU : Vehicle Control Unit) 및 화면현시장치(DU : Display Unit)로 구성.

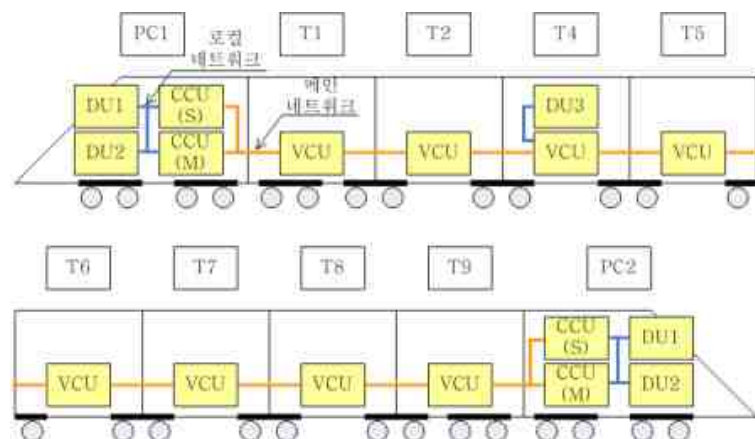
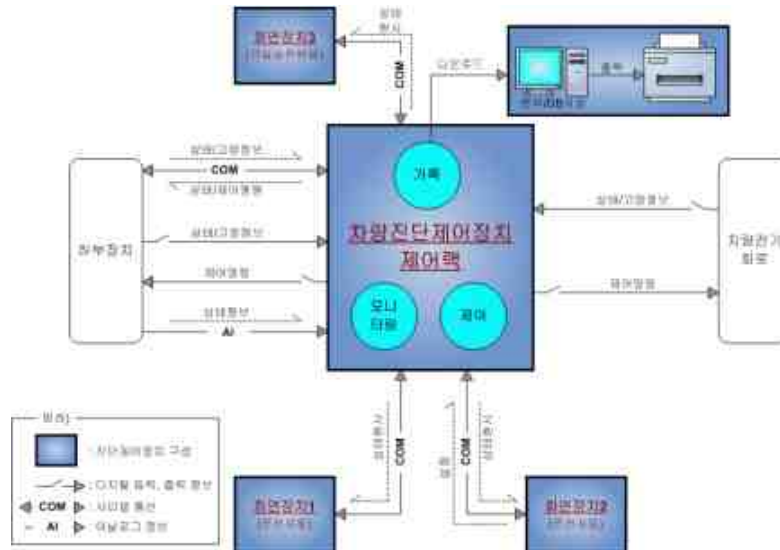


그림 2.8 TDCS 구성품별 위치



- CCU는 동력차 배전반에 설치되고, 마스터와 슬레이브로 이중화 구조를 갖는다. VCU는 각 객차 배전반에 설치된다. DU는 DU1, DU2와 DU3으로 구분되고, DU1과 DU2는 동력차 운전실 데스크에 설치되고, DU3은 4호 객차 승무원실에 설치.
- DU1, DU2와 DU3은 하드웨어적으로 동일한 구조이나, 기능 소프트웨어가 다름. TDCS는 차량의 하부장치들과의 통신에는 MVB와 RS-485, RS-422 통신 방식을 사용하며 열차간 통신에는 WTB 통신방식을 사용함. 차량회로 혹은 하부장치로부터 진단제어장치로 입력되는 모든 정보는 CCU에 전송되고, CCU는 획득된 정보를 이용하여 차량상태 모니터링 및 주 제어기능을 수행.

○ 신분당선

- 신분당선 TCMS는 중앙제어 장치 (CCU:Central Control Unit), 화면장치(DU: Display Unit), 차량제어 장치(VCU:Vehicle Control Unit)장치 및 MVB-IO로 구성된 분산시스템으로 각 장치는 운전실 및 각 차량의 내부에 장착된다. 각 TCMS 장치 및 차량의 하부시스템은 TCN(Train Communication Network) 네트워크를 통해 연결.
- TCN(IEC61375-1)은 1999년 국제전기 표준위원회(IEC : International Electrotechnical Commission)에서 철도차량용 네트워크로 제정되었으며, 1999년 IEEE의 표준(IEEE-1473-T)으로 채택.

- 대부분의 차상 장치는 TCN 네트워크의 MVB네트워크로 TCMS와 연결되나, 차상신호 장치, RADIO, 방송/표시기 제어기 등은 일반적으로 철도차량에서 많이 사용되고 있는 RS-485 (ISO3309/4335) 통신 방식을 채택하였다. 이처럼 TCMS와 연결된 차량의 하부 장치는 TCMS에 의해 감시 및 제어.

○ 누리로 TCMS/제어통신

- TCMS은 선두차와 후미차에 Train Computer(이하 TC), Car Computer(이하 CC) 및 Display Unit(이하 DU)가 탑재되고, 각 중간차량에는 Car Computer를 배치되어 있다. 차량간을 2Mbps SL-NET 전송로로서 결합하여 기기 동작 정보의 수집과 동시에 통신을 행하고 운전자 지원, 검수 지원, 고장원인 해석 지원 등의 기능을 실현한다.
- TC는 DU에 대한 표시제어를 행하고 동시에 각각의 CC의 정보수집을 한다. CC는 차량에 탑재된 기기의 정보를 수집한다.
- TC는 선두차와 후미차에 설치되며 내부구성은 중앙처리 모듈, 직렬통신 처리 모듈, 디지털 입력모듈 그리고 아날로그 입력모듈, CC와의 데이터 교환을 위한 SL-NET 모듈, PWM 입력 및 디지털 출력을 갖는 아날로그 모듈과 운행기록 및 각종 데이터 기록을 위한 16MByte의 용량의 메모리 모듈을 갖는다.
- 선두차 (Mc) 및 후미차 (Mc)에는 보조전원장치와 주변환장치가 있으며, 모든 차량에는 제동장치, 냉난방장치, 화재탐지기가 있다. CC는 이들과 직렬통신을 행한다.

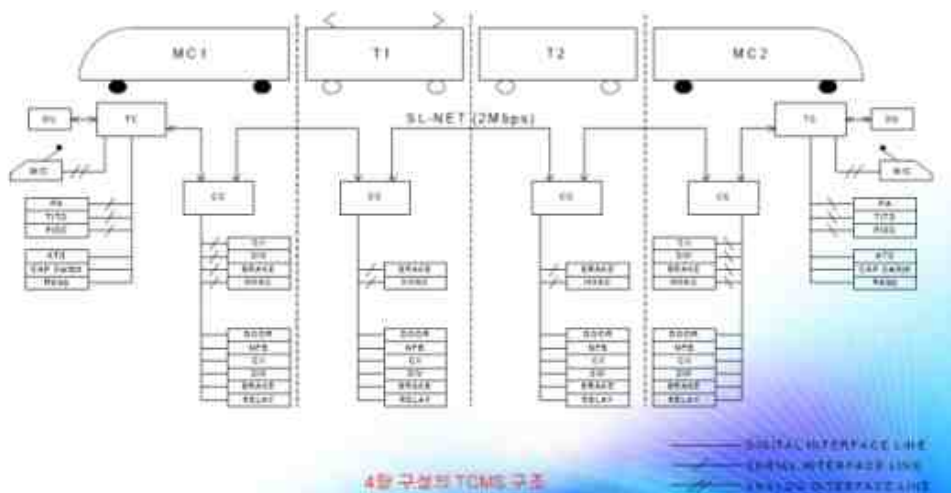


그림 2.10 누리로 TCMS/제어통신 시스템 구조 및 구성

○ 종합정보제어장치 네트워크 방식의 국내 차량 적용 동향

네트워크 방식	통신속도	정보제어장치		적용 프로젝트	차량구성
		약어	제작사		
SPC 통신 방식	1Kbps, 멀티드롭 버스 구성	TGIS	KOITO	코레일 전동차(안산선, 분당선, 1호선등 1993년도 도입차량)	10량 1편성(분당선 6량1편성)
도시바 SL-NET	2Mbps, 링루프 토크링 구성	TCMS	도시바	SMRT 전동차(7호선 2차분, 1998년도 도입차량)	8량 1편성
	2Mbps, 링루프 토크링 구성	TGIS	도시바	코레일 전동차(경부선, 분당선등 2001년도 도입차량)	10량 1편성(분당선 6량1편성)
GEC 네트워크	38.4Kbps, 이중 멀티드롭 버스 구성	TCMS	GEC	SMRT 전동차(7호선 1차분, 1995년도 도입차량)	8량 1편성
FIP	1Mbps, 멀티드롭 버스 구성	TIS	GEC	부산2호선, 인천1호선	8량 1편성
Vicle Bus	500Kbps, 멀티드롭 버스 구성	TCMS	Simens e	대구1호선	8량 1편성
LON Work	1.5Mbps, 멀티드롭 버스 구성	TCMS	ROTEM	대구2호선, 인천신공항, 광주지하철, 대전지하철	8량 1편성, 4량1편성
MVB	1.5Mbps, 멀티드롭 버스 구성	TCMS	ROTEM	인천2호선, 터키마르마라이등	10량 1편성, 5량1편성, 2량1편성
Tonard	1Mbps, 링루프 토크링 구성	TCMS	ROTEM	KTX1	20량 1편성
우진 SL-NET	2Mbps, 시리얼 토크링 버스 구성	TGIS	우진 산전	코레일 전동차(경부선, 중앙선, 경의선, 광명선, 수인선, 경춘선, 분당선, 1호선등 2004년도 도입차량)	10량 1편성, 8량1편성, 6량1편성, 4량1편성
	2Mbps, 이중 멀티드롭 버스 구성	TCMS	우진 산전	코레일 전동차(누리로, 경춘선(ITX), 간선형138, 부산4호선 등 2009년도 도입차량)	6량1편성, 4량1편성

국내업체 보유기술	업체 및 기관	보유기술	기술특징	기술적용 효과
	현대로템	국제표준화된 1세대 TCN기술 (WTB/MVB) 및 TCMS	국제표준에 부합하는 1세대 철도차량 네트워크 기술과 TCMS 제작 기술 보유,	인천 2호선, 대전지하철, KTX1 등 국내외 운영 중인 전기동차 다수 적용
	인터콘시스템즈	국제표준화된 1세대 TCN기술 (WTB/MVB) 및 TCMS	국제표준에 부합하는 1세대 철도차량 네트워크 기술과 TCMS 제작 기술 보유,	KTX-산천적용
	우진산전	비표준의 TCN기술 및 TCMS	일본 도시바 SL-NET 기술을 응용한 철도차량 네트워크기술과 TCMS 제작 기술 보유	경인선 광명서를 부산4호선 적용

다. 스마트 열차분리결합 핵심부품기술개발

(1) 스마트 열차분리결합 자동연결기 및 충격완충기 국산화 개발

기존 국내 철도차량에 적용되는 연결기는 밀착식으로 철도차량 수출 주대상인 유럽 및 아시아 지역에서 요구하는 모델과 호환 및 상호 연결이 불가능하며, 최근 KTX-산천등의 신규 차량에는 TSI 에서 요구하는 콘 형식의 자동복합연결기가 설치되고 있다. 최근, 국내에서 생산되고 있는 자동복합연결기는 물리적 연결외에 논리적 연결을 위한 기본 접촉자만 적용되고 있는 것이 현실이다.

일반적으로 자동복합연결기는 연결기 헤드, 전기연결기, 에너지 흡수장치(충격흡수장치), 인터페이스 기술 등으로 구성된다. 그림 2.11은 국내에서 적용되고 있는 자동복합연결기의 외형을 나타낸다.

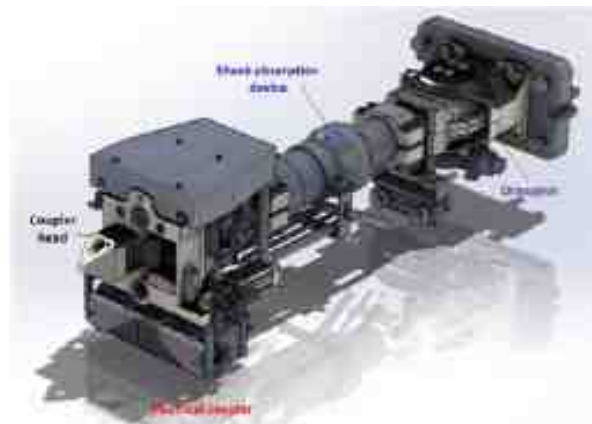


그림 2.11 자동복합연결기 외형

(가) 연결기 헤드

국내에서 사용되고 있는 연결기는 밀착연결기, AAR E 형식, 콘 형식등이 있으나 90% 이상이 밀착연결기를 사용하고 있다. 밀착연결기는 키블럭을 이용하여 연결·분리되며, 보조적으로 수동해방을 위한 고리가 적용되고 있다. 밀착연결기는 일본에서 개발되어 사용되는 모델로 국내 전동차 도입시 일본차량이 도입되면서 국내 표준으로 사용.

(나) 전기연결기

열차의 중련을 위해서는 별도의 전기연결기가 있어야 하며, 전기연결기가 적용된 연결기를 복합연결기라고 이야기 한다. 전기연결기는 작동방식이 고정형(Fixed type)과 이동형(Retractable)이 있다.



그림 2.12 고정형(우), 이동형(좌)



그림 2.13 국내 운용 중인 연결기 모델

○ 국내외 연결기 관련 규격 현황

규격 번호	제목	비고
KS R 9208	자동연결기	자동연결기
KS R 9219	철도 차량용 자동 복합 연결기	자동연결기
KS R 9209	철도차량-밀착연결기	밀착연결기
KRS CP 0001-08(R)	자동연결기	자동연결기
KRT EV100 TC001	전동차용 밀착연결기	밀착연결기
UIC 829-1	Technical specification for the supply of head for UIC type automatic coupler with center buffer for tractive and trailing stock	자동연결기
EN 16019	Railway application - Automatic coupler - Performance requirements, specific interface geometry and test method	자동연결기
EN 15020	Railway applications-Rescue coupler-Performance requirements, specific interface geometry and test method	구원연결기
EN 15566	Railway applications-Railway rolling stock-Draw gear and screw coupling	중간연결기
AAR M-205	Yoke, Coupler - test requirements	자동연결기
AAR M-211	Couplers and Yokes, AAR approved-Purchase and acceptance	자동연결기

○ TSI에서 요구하는 연결기 형상

열차간 분리 결합을 위해서는 물리적인 연결·분리를 자동으로 수행할 수 있는 자동복합연결기 기술 개발이 필요하다. 자동복합연결기는 열차 분리·결합을 위한 핵심기술로서 차량 연결시 발생할 수 있는 충격 및 기계적 연결의 문제점을 감소시켜 승객의 안전을 보장할 수 있다.

Multi-Auto coupler 개발을 위한 요소 기술중 핵심은 연결기 형상이라고 할 수 있다. 콘 방식 연결기는 기본 모델에 다양한 형식의 Front plate 를 설치하여 아래 그림에서와 같이 다양한 모델을 구성할 수 있다.

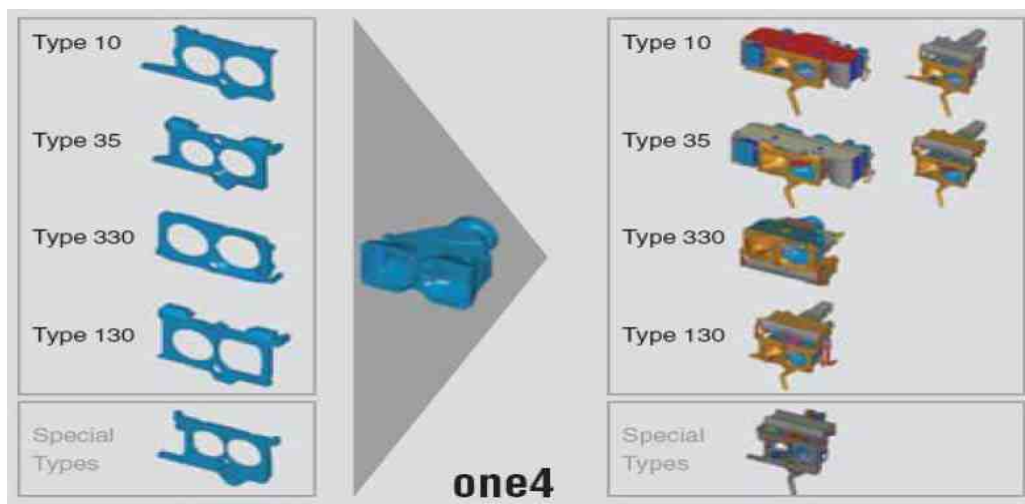


그림 2.14 콘타입 연결기의 다양한 응용방안(예)

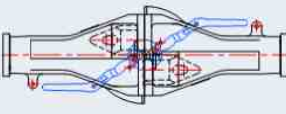
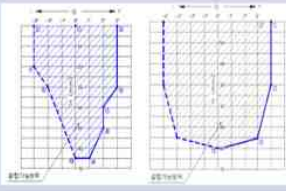
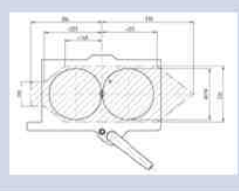
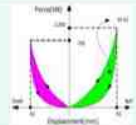
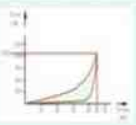
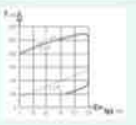
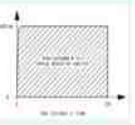
요구 기능	현재	개선 방향	비고
•연결 방법	•Key block 을 이용한 연결	•CAM 을 이용한 연결	
•형상			•설계 유연성 확보. •TSI Comply.
•연결 범위			•연결범위 확대. •Gathering bar 적용. •Guide bar 적용.
•전기연결기	•아래방향에 설치(제한적) 	•상하좌우 설치 가능 	•설계 유연성 확보. •곡선에서 연결/분리.

그림 2.15 연결기 형상에 대한 개선 방향

(다) 에너지 흡수장치

- 열차간 결합을 위해서는 자동복합연결기 기술 개발과 더불어 결합시 발생할 수 있는 충격을 완화하여 차량과 승객의 안전을 보장할 수 있는 에너지 흡수장치 기술개발이 필요하다. 국내에서는 완충장치(Drawgear) 라는 말로 사용되고 있으며, 일반적으로 고무완충기(Rubber drawgear) 를 의미한다.

구분	다판식 완충기	고무링 완충기	관절형 완충기	유압 버퍼	변형 튜브
5 km/h	전두 또는 중간에 적용	전두 또는 중간에 적용	전두 또는 중간에 적용	N/A	N/A
10 km/h	전두 또는 중간에 적용	전두 또는 중간에 적용	전두 또는 중간에 적용	전두에 적용	N/A
36 km/h	전두 또는 중간에 적용	전두 또는 중간에 적용	전두 또는 중간에 적용	전두 또는 중간에 적용	전두 또는 중간에 적용
에너지 흡수용량	6.9 ~ 10.8kJ	약 10kJ	[Static] : 14.1kJ [Dynamic] : 19kJ	약 135 kJ	약 200 kJ
					

- 최근 철도차량의 충돌요구조건의 강화에 따라 기존 완충장치로는 에너지 흡수용량에 한계가 있으므로 대용량 에너지 흡수장치가 필요하게 되었다. 현재, 국내에서는 20 kJ 이하의 용량을 가지고 있는 고무 완충장치가 주로 생산되고 있으며, 철도안전법에서 요구하는 충돌조건을 만족시키기 위해서는 150 kJ 수준의 대용량 에너지 흡수장치가 필요하다.
- 대용량 에너지 흡수장치는 현재 전량 수입에 의존하고 있는 상황이다. 관절형 완충장치는 충돌 각도에 무관하게 항상 에너지 흡수용량을 유지하고 있다는 장점이 있다.
- 국내 시장에서 주로 쓰이는 연결기 기술은 기계적연결, 공기연결, 전기연결, 충격흡수 기능이 적용되며 전기연결에 있어 대부분 신호선 위주로 구성되어 있다.
- 또한, 철도안전법에서 요구하는 연결기시스템은 10km/h 속도로 열차가 충돌하였을 경우 발생하는 충돌에너지를 흡수할 수 있는 성능 기준의 시스템을 요구하고 있다. 「철도차량 안전기준에 관한 규칙」 제36조의 내용은 다음과 같다.

제26조 (최소곡선구간의 통과) 철도차량은 20밀리미터의 슬랙(Slack)을 가진 반경 120미터의 곡선구간의 선로를 통과할 수 있는 구조를 가져야 한다. 다만, 철도차량의 종류 및 특성상 불가피한 경우에는 그러하지 아니하다.

제36조 (철도차량의 연결) 공차중량 상태의 철도차량은 시속 10킬로미터의 속도에서 제동이 되어 있는 유사한 형태의 철도차량과 연결기를 통하여 충돌한 경우 차체 및 연결기 등에 손상이 발생하지 아니하여야 한다.

제86조 (연결기)

1. 철도차량의 양단에는 자동으로 연결되는 구조를 가진 연결기가 설치되어야 한다. 다만, 고정편성차량은 선두 차량의 앞쪽을 제외하고는 그러하지 아니하다.

2. 제 1 항의 규정에 의한 연결기는 그 연결부에서의 형태는 국토해양부장관이 정하는 기준에 적합하여야 한다. 다만, 밀착식 연결기 등 연결기와 서로 연결하여 사용할 수 있는 것인 경우에는 그러하지 아니하다.

3. 연결기의 중심높이는 정차 중에 레일윗면으로부터 815밀리미터 이상 900밀리미터 이하이어야 하고 너클(Knuckle)이 설치되는 경우에는 너클 높이가 225밀리미터 이상이어야 한다. 다만, 철도차량 구조상 불가피하여 연결기의 중심높이를 맞출 수 없는 경우에는 다른 철도차량과 연결할 때 지장이 없도록 설계하여야 한다.

4. 연결기는 철도차량을 다른 철도차량과 연결하는 경우에 자동적으로 고정되는 구조이어야 하며, 열차 운행중 진동, 충격 등에 의하여 연결장치가 분리되지 아니하도록 풀림방지장치가 설치되어야 한다.

5. 연결기는 철도차량을 다른 철도차량과 연결하는 경우에 연결기의 상대각도로 인한 측면변위를 고려하여야 하며, 분리하는 경우에는 운전실에서 원격분리를 하거나 연결기 양 측면에서 수동분리가 가능한 구조이어야 한다.

6. 연결기는 주어진 온도 및 기후조건하에서 운행중 발생하는 하중을 견딜 수 있는 강도를 가져야 한다.

7. 연결기는 수평하중과 수직하중이 작게 유지하도록 설치되어야 한다.

8. 연결기는 정확한 결합여부가 시각, 청각 등에 의하여 확인되는 구조이어야 한다.

- 열차간 결합시 연결기 완충성능에 관한 국내 규정을 살펴보면, 「도시철도차량 안전기준에 관한 규칙」 제23조의 내용은 다음과 같다.

제23조 (차체의 충돌안전성) 시속 5킬로미터의 속도로 주행하는 공차상태의 열차가 제동이 되어 있는 유사한 형태의 열차와 연결기를 통하여 충돌하였을 때 차체에는 손상이 발생하지 아니하여야 한다.

제77조 (차량연결장치)

1. 차량연결장치는 주어진 온도 및 기후조건하에서 운행 중 발생하는 하중을 견딜 수 있는 강도를 가져야 한다.

2. 차량연결장치는 수평하중 및 수직하중이 낮게 유지되도록 설치되어야 한다.

3. 연결장치는 정확한 결합여부가 시각적으로 확인되는 구조이어야 한다.

4. 연결장치에는 가감속시 연결장치가 분리되지 아니하도록 풀림 방지 장치를 설치하여야 한다.

5. 연결장치에는 스프링을 사용하여서는 아니 된다. 다만, 부득이 스프링을 사용할 필요가 있는 경우에는 스프링의 절단 및 파손으로 인하여 연결장치의 기능이 방해 받지 아니하도록 하여야 한다.

- 최근 국내 차량제작사는 해외 프로젝트 수주량을 늘리고 있으며 아래는 2012년 해외 시장 수주 현황을 보여주고 있다.

City	Cars	Supplier	Date order announced	Contract value	Price per car
Kazan	9	Transmashholding	Jan 26	N/A	N/A
Singapore	156	Alstom	Feb 1	€240m *	N/A
St Petersburg	102	Transmashholding	Feb 15	2-6bn roubles	25-5m roubles
Suzhou	115	Nanjing PRT *	Feb 29	526-9m yuan	4-6m yuan
Moscow	682	Metrowagonmash	Mar 14	N/A	N/A
Wuxi	138	CSR Zhuzhou	Mar 21	N/A	N/A
Beijing	378	CSR Sifang-CNR Changchun Bombardier-New United	Mar 28	469m yuan *	N/A
Kuala Lumpur	120	CSR Zhuzhou	Apr 5	530m ringgit	4-4m ringgit
New York	300	Bombardier	Jun 4	US\$599m	US\$2-0m
Hong Kong	N/A	CNR Changchun	Jun 9	HK\$1-4bn	N/A
San Francisco	260	Bombardier	Jun 14	US\$631m	US\$2-4m
San Francisco	150 *	Bombardier	Jun 25	US\$266m	US\$1-8m
Dongguan	120	CSR Nanjing Puzhen Bombardier-New United	Jun 26	860m yuan	7-2m yuan
Kolkata	84	CAF-Mitsubishi Electric	Jun 30	€110m	€1-3m
Berlin	8 *	Stadler	Jul 9	€158m *	N/A
Nizhny Novgorod	12	Metrowagonmash	Jul 27	644-1m roubles	53-7m roubles
Ankara	342	CSR Zhuzhou	Aug 1 *	2-5bn yuan	7-3m yuan
Singapore	132	Kawasaki-CSR Sifang	Aug 29	55281-5m	552-1m
St Petersburg	3	Transmashholding	Aug 31	73m roubles	24-3m roubles
Hyderabad	171	Hyundai Rotem	Sep 11	Rs18bn	Rs105-3m
Kuala Lumpur	232	Siemens	Sep 14	1-5bn ringgit	6-7m ringgit
Hangzhou	170 *	Nanjing PRT	Oct	1bn yuan	N/A
Milano	180	AnsaldoBreda	Oct 1	€210m	€1-2m
Dalian	228	CNR Dalian	Oct 12	N/A	N/A
Kazan	9	Transmashholding	Oct 16	700m roubles	77-8m roubles
Roma	96	CAF	Oct 29	€113m	€1-2m
Miami	136	AnsaldoBreda	Nov 9	US\$300m	US\$2-2m
Paris	84	Alstom	Nov 14	€107m	€1-27m

Shanghai	210	CNR Changchun-Alstom *	Nov 22	N/A
Porto Alegre	60	Alstom-CAF Brazil	Nov 27	€94m
Rio de Janeiro	80	Alstom	Dec 3	€105m
Vancouver	28	Bombardier	Dec 3	CS\$90-7m
Hong Kong	333	Hyundai Rotem	Dec 14	HK\$4bn
Cairo	180	Hyundai Rotem	Dec 19	EG£2-2bn
Novosibirsk	8	Transmashholding	Dec 29 **	N/A
Total	5296			

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Totals
Asia	1912	1040	1896	362	3478 ^{1,2}	2595 ²	11283 ²
Europe	444	419	258	683	691	1185	3680
Latin America	357	174	468	585	623	140	2347
USA + Canada	620	396	18	1115	300	874	3323
Middle East + Africa	0	455	400	88	300 ²	522	1765
Totals	3333	2484	3040	2833	\$208²	\$316²	22398²

1. Includes additional orders not counted in March 2012 survey

2. Includes estimated figures

3. Estimated figure

출처
Metro Report International | March 2013,
pp 46-49.

- 또한, 최근에 수주된 해외 철도차량 프로젝트는 그림 2.16에서와 같이 전량 외국의 연결기 제작사에서 공급하고 있는 것이 현실이다. 이러한 기술 종속 및 대체 모델의 부재는 국내 차량제작사의 경쟁력 약화를 유발할 수 있으므로 핵심기술의 개발이 시급하게 필요하다고 할 수 있다.



그림 2.16 국내 철도차량 프로젝트 현황

- 국내의 경우 철도안전법이 적용되어야 하는 한국철도공사 증장기 열차 운용계획에 따라 2020년까지 약 1000량 이상의 수요가 예상됨.

노선 측	경유도시	완공년	최고속도
영동선 측	(서울)-원주-강릉	2017	250 km/h
중앙선 측	청량리-원주-재천-영주-신경주	2017	250 km/h
서해안 측	(대곡)-원사-화양-대야-익산-(여수)	2015	250 km/h
동해 남부 측	포항-울산-부산	2017	250 km/h
경전선 측	(광주/목포)-광양-진주-부산-(포항)	2017	250 km/h
중부 내륙 측	여주-충주-문경	2021	200 km/h

- 본 기획과제에서 검토된 Multi-Auto coupler 핵심기술은 반드시 국내 개발을 통하여 기술 및 가격 경쟁력을 확보해야 하며, 핵심 부품의 국산화를 통하여 차량제작사의 경쟁력을 향상시킬 수 있는 중요한 장치라고 할 수 있다.
- 또한, 국내에서 사용되고 있는 연결기 시스템 및 에너지 흡수장치의 기술은 한 발 더 발전할 수 있는 계기가 필요하다고 할 수 있다

국내업체 보유기술	업체 및 기관	보유기술	기술특징
	유진기공산업(주)	연결기 설계, 제작 및 완충기 설계, 제작	밀착식 연결기 독자설계 자동연결기(AAR) 제작 자동복합연결기 설계 및 제작(간선형등) 해외 전문업체와 기술제휴로 완 충기 국산화 제작
	디엠에스알	연결기, 완충기 설계 제작기술 및 대차 및 철도차량 고무제품 제작	경량전철용 선두차 및 중간연결 기 자체 기술 확보 및 부산 3호 선 적용

(2) 편성간 승객이동을 위한 FFD 및 갱웨이 개발

- 국내 열차 연결통로는 초기에 취장막 구조로 설치 되어 있거나 하부가 밀폐되
지 않은 통고무식 연결통로로 운영되어 오다 열차의 운전충격음 및 마찰소음
등의 유입으로 승차감저하의 문제 개선을 위하여 2000년대 초반부터 완전 밀
폐형 고무주름 연결통로 시스템이 적용되어지고 있다.
- 도어시스템의 경우, 90년대 말까지 새로운 도어시스템 개발 없이 초기 도입된
공기압 작동식 도어엔진을 지속적으로 사용하여 왔으나, TCMS의 지속적 발전
으로 차량 운용의 효율성 및 안전성이 향상되었고, 승객안전과 직결되는 도어
시스템의 상태정보가 필수불가결한 요소로 대두되었다.
- 승객안전을 위해 보다 안정적인 도어시스템의 필요성 대두됨에 따라, 국내최초
로 1호선에 전기식 도어시스템이 도입되었고, 안정성 입증 후 대부분의 도어시
스템은 DCU제어에 의한 전기식 도어 시스템으로 적용되고 있다.
- 공기압 작동 슬라이딩 도어시스템은 승객 안전에 대한 보호대책(장애감지, 닫
힘 힘 등)이 전무하고 차량과 인터페이스가 부족하다. 전기작동 슬라이딩 및
플러그 형 도어는 승객안전을 위한 대책을 구비하고 또한 실시간 통신에 의한
차량 운용 및 가용성의 장점을 가지고 있다.
- 국내에는 중련시 승객이동을 위한 안전통로 시스템이 구축되지 않았으며, 중련
운전시, 승객이 목적지에 적합한 차량을 확인하고 탑승하는 형태이다.
- 열차 분리결합 기술 확보 시 거점역에서 승객수요에 따라 편성이 가변되므로,
이에 따른 승객 편의성 확보도 중요한 개발요소이다. 특히, 유아, 노인, 거동불

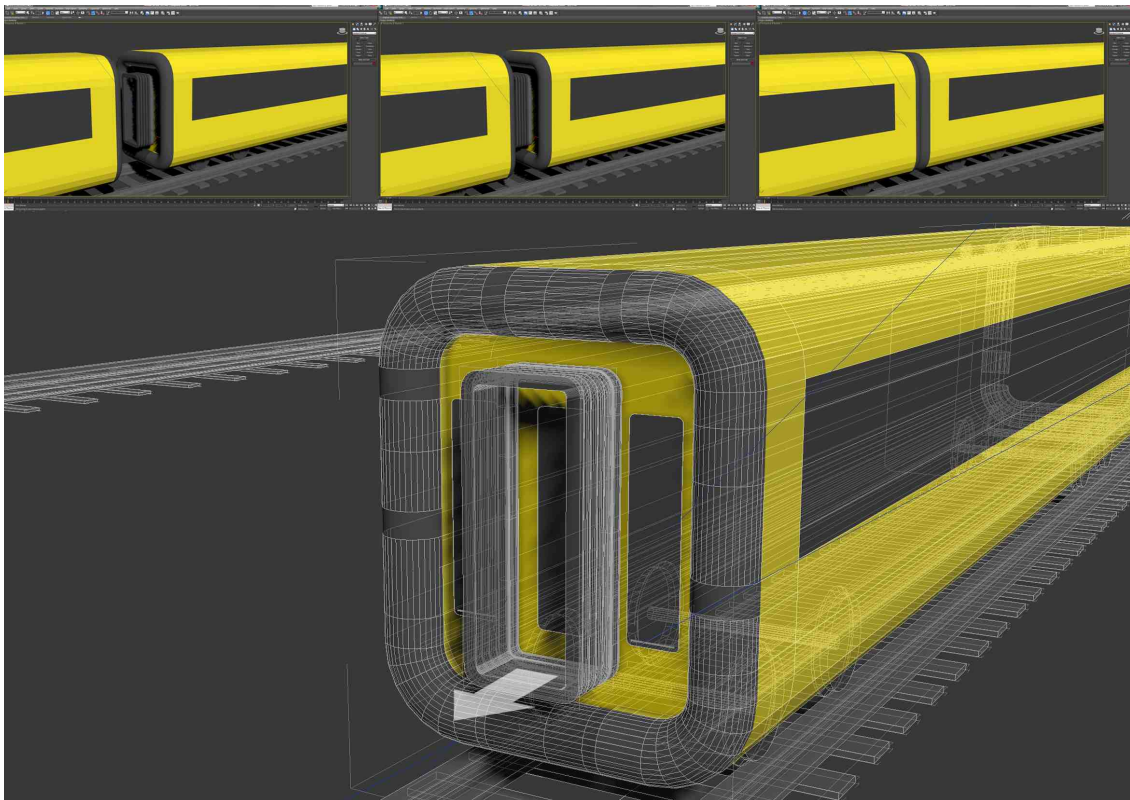
편자 등 교통약자의 경우 목적지를 구분하여 탑승이 불가능할 수도 있으며, 이와 같은 문제점으로 인하여 목적지에 도착할 수 없는 불편사항을 갖고 있다.

○ 국내 철도차량의 경우, 편성간 승객이동시스템 적용사례가 없으며, 이를 적용하기 위하여 다음과 차량의 3D 모델링을 통하여 전면/후면 형상 설계 요구사항을 도출하였음.

- 차량 개념 설계를 위한 기초적 형상시뮬레이션

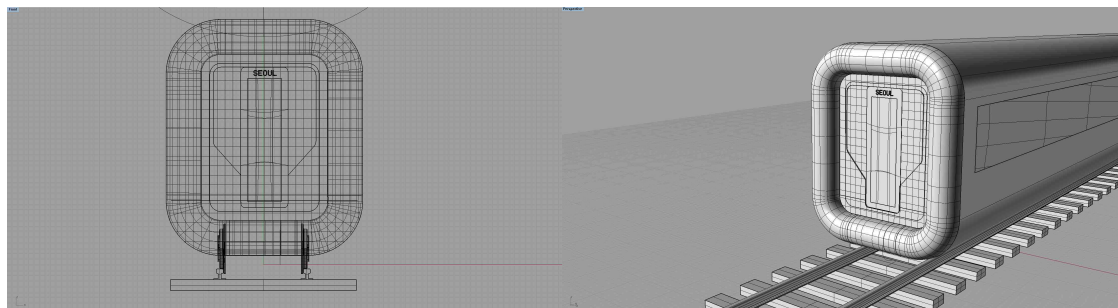
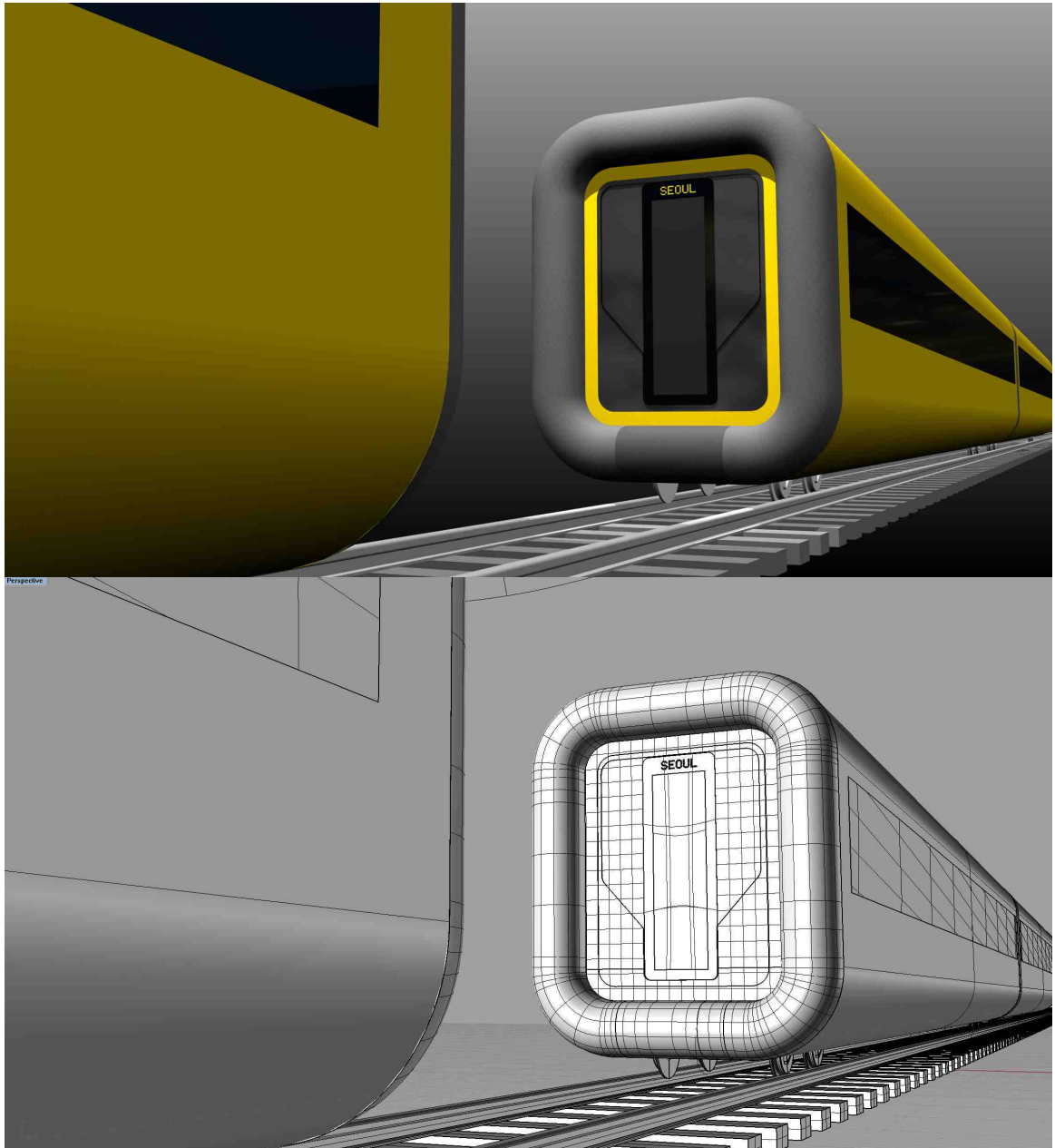
- 열차 연결 상황에 대한 개념적 시뮬레이션

: 출입구의 이동형 형상구현을 통해 열차 연결의 기능적 만족도를 향상시키고 효율적인 통로로서의 기능성 검토



- 차량 전두부의 미려도 향상을 위한 개념적 시뮬레이션

: 재료 및 질감, 기능적 형상과 함께 디자인적 완성도를 위한 변수를 적용한 시뮬레이션



<형상적 비례 및 입체감에 대한 시뮬레이션 분석>

○ 3D 시뮬레이션을 통하여, 열차분리결합을 위한 전면/후면 설계 요구사항을 다음과 같이 도출하였음.

- 자동연결 및 분리 시스템의 최적화를 위한 기능적 구조에 대한 검토
- 열차 연결 통로 설계시 필요한 기계적, 기능적 구조와 작동한계 검토
- 출입문 유저의 다양성과 동선을 고려한 인체공학적 설계기준 설정
- 출입문 개폐시 안전하고 편리한 이동성 확보를 위한 설계기준 검토
- 건설한계, 차량설계, 제작 및 유지, 보수의 적정성 확보 방안 검토
- 차량 전두부의 기능적 형상구조에 대한 개념설계 기반 마련
- 심미적 요인을 고려한 미려한 디자인요소의 개발 기준 검토

국내업체 보유기술	업체 및 기관	보유기술	기술특징
	ADS Rail	도어시스템	공기압, 전기식 작동 슬라이딩 및 플러그 도어 설계 기술
	신형ENG	벨로우즈 제작	케블라 섬유 삽입형 실리콘 벨로우즈 및 갱웨이 플레이트 설계 기술
	디엠에스알	철도차량 고무소재	객차용 통고무형 통로연결막, 고속철도차량용 공기저항방지 고무몰딩

라. 스마트 열차분리결합 운영기술개발

(1) 스마트 열차분리결합 운영최적화 기술개발

○ 코레일의 KTX 산천 및 새마을 PP동차 등 시격이 비교적 긴 지역간 열차의 분리·결합 운행 사례 있음

○ 최적화 기술기반의 KTX 산천 중련편성 운영 효율성 극대화 연구사례 있음

국내업체 보유기술	업체 및 기관	보유기술	기술특징	기술적용 효과
	코레일	지역간 분리·결합 운행기술	KTX 산천 및 새마을 PP동차등 시격이 비교적 긴 열차 분리·결 합 운행기술	선로용량 활 용 향상
	한국철도기술 연구원	고속철도의 효율적인 중련편성 운영기술	최적화 기술기반의 KTX 산천의 중 련편성 운영 효율성 극대화기술	공 급 좌 석 의 이용율 증대

(2) 스마트 열차분리결합 지능형 관제기술개발

- 국내 로컬 트래픽을 고려한 역 시스템 설계에 관한 연구 및 대형·고밀도 철도역 자동운행제어시스템 핵심 서브시스템 설계와 개발에 관한 국가연구개발 사례
- KTX 산천 및 새마을 PP 동차 등 열차 운전시각이 비교적 긴 곳에 열차 분리·결합 운전 관제 사례 있음

국내업체 보유기술	업체 및 기관	보유기술	기술특징	기술적용 효과
	대아티아이	대형고밀도 철도역 자동운행장치 개발	대형·고밀도 철도역의 분산제어형 자동운행장치 개발	중앙제어 방식에서 탈피
	LS산전	CTC 개발기술	기존 CTC 제작 기술	기존 CTC를 바탕으로 열차 분리결합 관제 기능 확대

(3) 스마트 열차분리결합 운영을 위한 법제화

- G7 고속철도기술개발 사업의 실용화 성공 사례 있음
- 틸팅열차 연구개발사업 실용화 사례 있음

국내업체 보유기술	업체 및 기관	보유기술	기술특징
	한국철도기술연구원	국내개발차량의 실용화 기술	국내 국가연구개발사업으로 개발된 차량시스템의 실용화 기술

마. 스마트 열차분리결합 검증기술 개발

(가) 스마트 열차분리결합 성능평가를 위한 인프라 구축 기술개발

- 현재까지 국내에는 개발된 철도시스템의 성능검증을 위한 시험선 인프라 및 시험차량은 존재하지 않음.
- 2016년 국토교통부주관으로 오송시험선이 구축완료 예정이며, 시험차량의 제작 계획이 있음.
- 현재까지는 시험선 인프라의 경우, 운영노선을 대상으로 개발시스템의 시험이 가능한 구간을 코레일, 한국철도시설공단의 협조를 통하여 시험운영하고 있음.
- 시험차량의 경우, 차량개발위주로 수행되었음. 그러나, 개발된 차량의 실효성 등을 고려할 때, 시험용차량을 개발하는 하는 것보다, 운행차량의 개조, 대폐차의 활용 등을 고려하는 것이 바람직함.

국내업체 보유기술	업체 및 기관	보유기술	기술특징
	한국철도시설공단	지상인프라 구축기술	도시철도를 제외한 국내 모든 선로인프라 구축
	한국철도공사	차상인프라 운영기술	도시철도, 경량전철을 제외한 국내 관역, 간선, 고속철도 운영
	도시철도공사	차상인프라 운영기술	도시철도 O&M 기술확보
	서울메트로	차상인프라 운영기술	도시철도 O&M 기술확보

(나) 스마트 열차분리결합 성능평가 기술

- 국내 철도기술에 대한 시험평가는 철도안전법을 기준으로 한국철도기술연구원에서 성능인증시험이 독립적으로 수행되고 있음. 2014년 3월부터는 기존의 성능인증시험이 형식인증시험으로 변경됨에 따라, 이에 대한 법규제정이 현재 진행중에 있음.

국내업체 보유기술	업체 및 기관	보유기술	기술특징
	한국철도기술연구원	철도용품 성능인증시험	국내유일 철도용품에 대한 독립성 능인증기술확보
	한국철도시설공단	철도성능검증제도	KRS규격외 철도용품에 대한 한국 철도시설공단 성능검증제도

2. 국외 기술 및 산업 동향

- 가. 스웨덴, 덴마크의 경우 1991년부터 간선을 운행하는 디젤차량(IC3)을 대상으로 열차가변편성 운영을 시행 중에 있으며, 분기역을 중심으로 열차가 분리결합된다. 차량자체가 열차분리결합을 위하여 설계되어 현재는 전동차(IC4) 및 IC3-IC4간 상호 운영 가능
- 나. 영국의 경우, c2c, Southeastern, London Overground 등의 운영사에서 전동차, 디젤동차를 대상으로 3량 혹은 4량 1편성을 최소편성으로 가변편성운행을 매우 적극적으로 운행에 투입하고 있다.
- 다. 독일, 오스트리아를 운행하는 S-Bahn에서도 가변편성으로 운행되며, 모두가 수동운전 및 안전요원에 의하여 이루어진다.

라. 일본의 경우, 고속차량인 선라이즈 이즈모/선라이즈 세토 열차는 서일본 여객철도(JR West)와 도카이 여객철도(JR Tokai)가 운행하고, 사철인 게이오 9000계 전동차는 분기역에서 역사안전요원에 의하여 열차를 결합 또는 분리하여 운행 중에 있다.

마. 특히, 일본의 경우, 도시철도의 운영주체가 국가가 아닌 일반 기업임에 따라 운영효율성을 최대한 높이기 위하여, 대부분의 노선에서 가변편성으로 운영하고 있다. 또한, 동일 노선 내 운행하는 차량의 최소편성을 1량 1편성에서부터 6량 1편성 등 다양화함으로써, 시간, 계절 등에 따라 탄력적으로 운행.

(1) 스마트 열차분리결합 핵심제어기술개발

(가) 스마트 열차분리결합 안전자동화 주행제어기술개발

○ 열차제어시스템의 제어 하에 열차의 분리결합을 수행하는 사례는 국내외적으로 전무한 실정이기 때문에 국외의 열차제어시스템 관련 기술동향 및 산업동향에 대해서 기술한다.

○ 국외 기술동향 및 주요 기업현황

- 1990년대 후반까지는 Adtranz, US&S, GRS등이 있었으나, 세계 철도신호시장은 6대 메이저 공급사인 Alstom Transport, Ansaldo Signal, Bombardier Transportation, Invensys, Siemens mobility, Thales Rail Signalling solutions이 70%를 점유하고 있다. 최근에 중국 시장 규모가 급속히 확대되면서 중국철도신호회사가도 중요한 위치를 차지하고 있다.
- 세계신호부문 6개 메이저기업을 포함한 철도신호업체는 철도운영기관의 요구사항인 안전성과 운영효율향상을 충족하기 위해서 신호시스템 또는 열차제어시스템에 대한 기술개발을 지속적으로 수행하고 있음.
- 무선통신방식을 적용하는 열차제어시스템과 속도프로파일을 적용하는 DTG방식의 ATP시스템이 2000년대 이후 신호시스템 시장을 주도하고 있는 것을 확인할 수 있다. 1985년 캐나다 토론토의 Scarborough RT노선에 무선통신기반 열차제어시스템을 처음으로 상업화한 이후 1990년까지 구축된 무선통신기반 열차제어시스템은 Vancouver의 SkyTrain시스템과 Detroit의 people mover가 있다. 2000년까지는 무선통신기반 열차제어시스템을 7개 노선에 추가적으로

구축하였다. 2010년까지 50여개 정도의 노선에서 무선통신기반 열차제어시스템의 영업운전 예상.

○ 국외 무선통신기반 열차제어시스템 해외현황

- 미국의 CBTC 및 PTC(Positive Train Control)

뉴욕지하철의 신호시스템은 자동폐색장치를 사용하는 지상신호방식을 사용하고 있으며, 연동장치를 중심으로 열차운행에 필요한 열차검지, 열차안전간격 및 여러 가지 제어를 처리한다. 1991년에 발생한 선로전환기에서의 발생한 열차탈선사고를 조사·분석한 결과 신호시스템은 설계에 맞추어 정상적으로 동작을 하였으며, 신호기 설치와 관제요원의 승인 등의 조치방안이 필수적으로 마련되어야 할 것으로 조사되었다. 이런 연유로 최신 신호시스템의 설치에 관한 연구를 실시하거 다음과 같은 전략을 마련하였다.

- 20년간의 장기적인 구축기간
- Pilot선(Canarsie선)에 시스템을 시범구축

- 시스템을 표준화하여 시스템공급자를 다양화함.

또한 미국은 열차속도를 110mph에서 187mph로 고속화하여 승객과 화물의 수송용량을 높이기 위한 목적으로 적정 시스템인 PTC시스템을 2015년까지 모든 간선철도에 적용하는 것을 근간으로 하는 the Rail Safety Improvement Act of 2008을 의결하였다. PTC시스템을 적용한 목적은 열차간 충돌사고 방지, 열차속도감시강화, 열차과속에 의한 탈선사고 방지, 선로작업자 및 시설물 보호 등이다. 2008년 9월 로스엔젤레스에서 발생한 열차사고를 조사한 결과 PTC시스템을 적용한 경우 사고발생을 방지하였거나 최소화하였을 것으로 분석되었다. 열차는 GPS 또는 트랜스폰더를 이용하여 열차위치를 확인하고, 열차이동권한이 설정된 위치까지 주행을 하며, 열차의 현재상태, 열차의 속도 및 이동권한위치를 감시한다. 열차속도와 열차이동권한은 열차의 속도곡선과 열차의 제동곡선을 비교하여 비교된 값을 토대로 열차가 허용속도이하로 내려가지 않거나 제동력이 부족하여 정지위치에 정차하지 못할 경우 PTC시스템이 작동하도록 되어 있다.

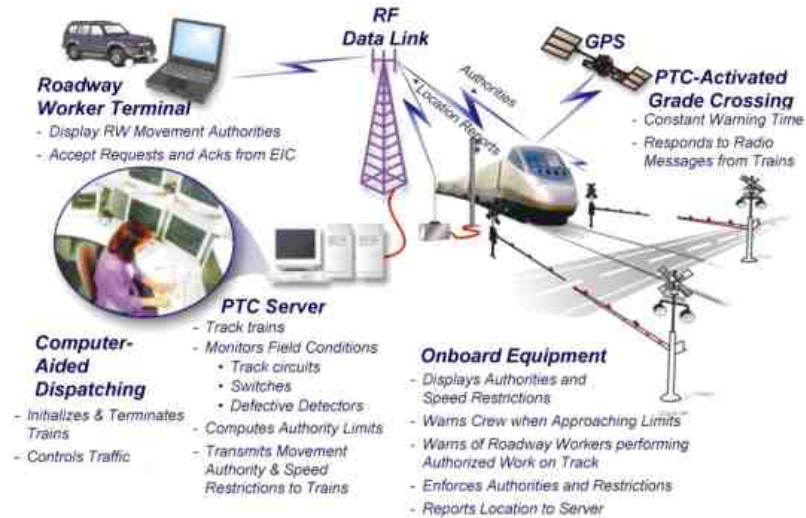


그림 2.17 PTC 시스템 구조

- 유럽의 ERTMS/ETCS

유럽연합은 유럽내 열차상호운용성에 필요한 여건을 지원하기 위해서 지침(directives), 상호운용을 위한 기술사양서 및 각종 사양서를 작성하는 등 필요한 제도적인 체계를 구축하였다.

1990년대에 UIC에서 ETCS의 검토·개발을 처음 시작하였으며, UIC A200 위원회는 ETCS 기능요구사양서 (FRS : Function Requirements Specification)와 시스템요구사양서 (SRS : System Requirements Specification)를 작성하였다. ERTMS 사용자그룹은 ETCS의 SRS를 기본으로 고속선을 대상으로 하는 SRS(version 4A : 1997년, 5A : 1998년)를 작성하였다.

- * ETCS level 1

- 열차에 대한 정보전송과 위치검지를 위한 Balise (Euro-Balise)
 - 안전속도에 대한 연속적인 감시
 - 차상신호(cab signaling : 운전자에 의한 신호현시 확인/준수 필요)
 - 기존의 궤도회로(track circuit) 또는 선로 비점유 indication을 이용하여 선로점유 및 train integrity 확인
 - Block section을 활용한 열차간 안전간격 확보
 - Euro-loop나 통신장비를 추가로 설치하여 해당 balise에 열차가 도착하기 전에 신호현시 변화정보를 전송받음.

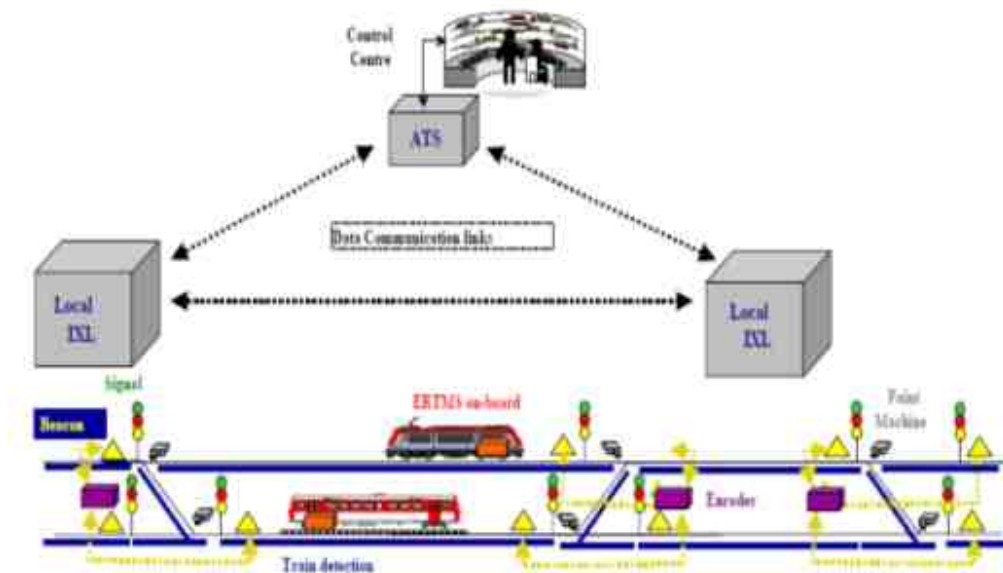


그림 2.18 ETCS Level 1 구성

★ ETCS level 2

- GSM-R을 이용하여 열차와 중앙사령실(RBC: Radio Block Center)사이
양방향 정보전송
- 열차위치확인 목적으로 balise 사용,
- 연속적으로 열차의 안전속도(제한속도)를 감시함.
- 기존의 선로 비점유 indication을 이용하여 선로점유 및 train integrity 확인
- Block section의 기술적 메커니즘을 통하여 열차간 안전시각 확보

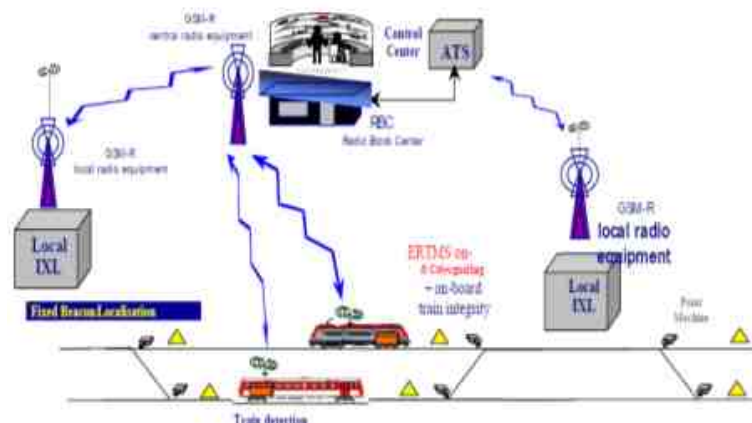


그림 2.19 ETCS Level 2 구성

★ ETCS level 3

Level 3은 Level 2에 대해서 다음과 같은 차이점이 있음

- 차상신호장치의 열차위치정보 및 train integrity정보를 토대로 선로점유상

- 태 파악(열차는 내장된 train integrity감시장치를 이용할 수 있어야 함)
- 중앙사령실(RBC)을 통하여 열차간 안전간격 확보
 - ETCS의 차상장치를 장착한 열차만이 Level 3 선로에서 운행될 수 있음



그림 2.20 ETCS Level 3 구성

- 중국의 CTCS(Chinese Train Control System)

일찍부터 유럽이동통신망 GSM을 도입한 중국은 GSM을 자국내의 철도망에 적용하기 위한 중국열차제어시스템(CTCS)체계를 구축하고, 각각의 적용 대상 기술에 따라 Level 0, Level 1, Level 2, Level 3, Level 4로 분류하여 규정화 하였다. 이는 네트워크화, 정보화, 지능화, 표준화, 안전설계·평가, 종합시험 및 시운전을 목적으로 추진하였다.

CTCS level 0와 CTCS level 1은 기존에 사용 중인 열차신호와 열차운행제어 장치를 대상으로 하며, 불연속제어로 인해서 과속보호기능이 없는 노선은 CTCS level 0, 연속제어를 통해 과속보호가 가능한 노선은 CTCS level 1로 정의한다. CTCS level 0은 120km/h 이하에만 적용하며, 지상신호가 설치되며, CTCS level 1은 120~160km에 적용되며, 선로에는 발리스가 설치되어 있다. CTCS level 2도 CTCS level1의 개념을 적용하여 160km/h 이상으로 열차운행을 실행하지만, ETCS level1과의 가장 큰 차이점은 가변형 발리스 대신 지상에서 차상으로의 열차운행정보전송이 가능한 디지털 궤도회로 또는 다중 정보전송이 가능한 아날로그 궤도회로를 사용한다. CTCS level3은 궤도회로를 사용하여 열차점유, 열차분리등의 기능을 처리하고 발리스를 사용하여 열차위치정보를 확인하며, GSM-R망을 통하여 열차이동권한을 전송하고 목표

거리모드를 적용하여 열차의 안전운행을 감시 제어한다. 열차의 최고운행속도는 300 ~ 350km/h이고, 최소운전시각은 3분이다. CTCS level 4는 안정성을 확보한 무선정보 전송에 근거한 열차제어시스템으로서 궤도회로를 사용하지 않을 수 있음.

- 레이더 센서의 경우 자체 특성으로 인해 전방 다중 차량이 근접하여 동일한 속도 주행 시 이를 구분하지 못하거나 레이더 신호의 난반사로 인하여 정지된 차량을 인식하지 못하는 등 복잡한 주행 환경에서 성능이 떨어지는 문제점이 있어서 레이더 센서와 비전센서를 융합을 통하여 개선하는 연구가 활발히 진행되고 있음.
- 자동차에서 발생하는 자기장이 자동차 사이의 거리에 역비례 한다는 관계를 이용하여 미네소타 대학의 연구진은 두 차량이 근접할 때 거리를 측정할 수 있는 저렴한 센서를 개발하여 차량이 1m 이하로 접근하였을 때 이방성 자기 저항 센서를 이용하여 차량의 위치를 측정할 수 있는 방법을 제시하였음.
- 구글은 360도를 감지하는 레이저를 자동차 지붕에 탑재한 자율 주행 자동차를 2010년 발표하였으며 10대 이상의 실험용차를 개발하여 도로 주행 시험을 진행하고 있으며 Velodyne 64-빔 레이저는 주변환경 자료를 수집하여 삼차원 지도를 생성하고 자동차에 설치된 4개의 레이다 센서로 고속주행시에도 장거리 식별이 가능하도록 하며 룸미러 옆에 장착된 1개의 카메라는 교통신호등을 식별함.
- 벤츠는 도로 전방 상황을 주시하는 레이더 센서를 사용하여 악천후로 인한 가시거리가 감소된 상황에서 정확한 거리를 측정하여 안전거리를 유지하고 레이더 신호의 송수신에 걸리는 시간이 짧아 선행 차량이 급격하게 속도를 줄일 경우에도 신속하게 제동을 작용하여 충돌을 방지하고 있음.

- 일본의 마쓰다는 레이저 레이더로 전방의 차량이나 장애물을 탐지하여 충돌을 막아주는 기술을 개발하여 4 ~ 30km/h 주행 시 차간 거리가 6m 이하일 경우 자동으로 정차하고 운전자에게 경보음과 거리를 표시해 주도록 함
- 콘티넨탈은 미국 네바다주에서 4개의 단거리 레이더 센서, 1개의 장거리 레이더 센서와 스테레오 카메라를 설치하여 센서 퓨전 기술을 사용하여 사물을 추적하여 자동 주행을 시험하였으며 2016년까지 기본 기술을 상품성을 갖출 예정임.
- GM은 초음파 거리 센서와 카메라와 레이더 센서 등 다양한 센서를 사용하여 360도를 인지하는 안전한 주행이 가능한 차량을 개발하고 있음.
- 자동차용 레이더 센서는 77GHz 기반 장거리 레이더와 24GHz 기반 중거리 레이더로 개발되고 있었으나 24GHz 대역이 통신장비와의 혼신으로 유럽 연합에서는 2013년 이후 77 GHz로 이동 중에 있음.
- 미국 도로교통안전국은 2013년 스스로 주행하는 자동 주행 자동차에 대한 가이드라인을 발표하였으며 2020년이 되면 레이저와 레이더 등 복합적인 센서를 활용해 주변 상황을 모니터링하고 앞차간 거리를 유지하며 주행할 수 있는 자동차를 구입할 수 있을 정도로 양산시스템이 구축될 것으로 예상함.
- 미국 네바다주는 구글 및 아우디의 무인자동차에 운전면허를 발급한 일이 있음.
- 아우디, 폭스바겐, BMW, 볼보, GM, 포드, 토요타, 닛산 등 전세계 자동차 회사들은 자율 주행 자동차를 위해 역량을 집중하고 있으며 IT 산업의 우위를 바탕으로 미국이 개발에 앞서 나가고 있음.
- 세계 신호 시장은 전술한 바와 같이 6개의 메이저 공급사인 Alstom Transport, Ansaldo Signal, Bombardier Transportation, Invensys, Siemens mobility, Thales Rail Signalling solutions이 과점하고 있다. General Electric은 시스템 일부를 공급하고 있으며, 지역에 따라 시스템을 공급하기도 한다. 최근에 중국 시장 규모가 급속히 확대되면서, 국영 회사인 China Railway Signal and Communication Corp. 또한 중요한 위치임.
- 그 외에도 유럽에서는 열차 분리 결합을 검증하기 위해 차량 종단부에 무선 통신 및 센서를 활용한 방식의 제품이 개발되기 초기 단계임.

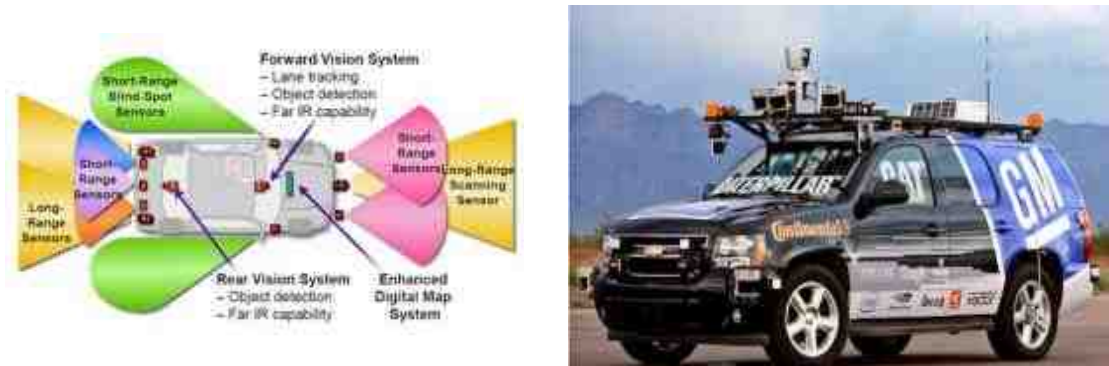


그림 2.21 GM의 지능형 자동차 센서

표 2.13 열차 분리검지 사례

종 류	기술·방식
• DAIKEN EOT-End of Train Unit 	- 제동관 압력을 감시 및 보고, 열차의 무결성검지 - 비상제동 장치의 Back up을 제공 - 양방향 UHF 통신으로 차상 장치와 정보 전송
• Inteletrack-EOT of Train Devices 	- 열차 무결성, 제동 압력, 차량 속도, 차량 길이, 비상 제동 등의 정보 제공 - 각종 센서와 GPS 신호를 결합함

	업체 및 기관	보유기술	기술특징
국외업체 보유기술	Alstom Transport	열차제어시스템 관련 모든 기술 보유	열차제어시스템을 포함한 전체 철도시스템 관련 기술을 보유
	Ansaldo Signal		
	Bombardier Transportation		
	Invensys		
	Siemens mobility		
	Thales Rail Signalling solutions		열차제어시스템 관련 기술 보유

(나) 스마트 열차분리결합 총괄제어네트워크 기술개발

○ 국제표준 현황

- 기존 TCN(Train Communication Network)의 MVB (Multifunction Vehicle Bus)와 WTB (Wire Train Bus)가 제공하는 최대 1.5 Mbps의 대역폭은 승객 인터넷 접속, 디지털 음성/ 영상 전송 등의 증가하는 서비스 요구를 충족하기에는 제한적이다. 현재 MVB와 WTB는 프로세스 데이터 (제어 및 진단 데이터) 전송에 주로 사용되고 있으며 텍스트의 승객표시정보를 전송하는 수준임.
- 철도 차량내에서 이러한 음성과 영상 전송 등의 광대역 서비스를 충족하기 위해, 봄바르디아와 지멘스 등의 주요 유럽 철도 차량 제조사들은 이더넷에 기반한 철도 차량 네트워크에 대한 연구를 추진중.
- TCN관련 표준문서들 IEC의 TC9 WG 43에서 관리 및 작업하고 있다. WTB와 MVB의 표준은 2007년에 IEC 61375-1과 61375-2의 2판이 발간되었다. 2008년부터 IEC 61375-1의 3판이 개정 작업중에 있으며 여기서는 철도차량 네트워크로 기존 WTB와 MVB뿐만 아니라 CCN (CANopen Consist Network), 100Mbps의 전송속도를 지원하는 ECN(Ethernet Consist Network)/ETB(Ethernet Train Backbone)를 포함하여 확장될 예정이다.
- IEC 61375-1 3판은 TCN의 요구사항인 계층적 네트워킹, 이중화, 통신 조성 개시, 기능에 따른 주소부여 등을 개방형 통신시스템으로 구현할 수 있도록 일반적인 통신 구조를 제시.
- 표준화 그룹은 기존 WTB와 MVB 표준과 일관성을 유지하면서 새로운 편성

네트워크와 이더넷 기반 통신 사양을 담을 수 있도록 TCN 표준 확장.

- 기존의 IEC 61375-1과 IEC 61375-1의 2판 표준문서는 3개의 표준문서 (IEC 61375-1 3판, IEC 61375-2-1 1판, IEC 61375-3-1 1판)로 분리되고, 새로운 편성 네트워크를 담을 표준문서들이 준비.

기존 TCN관련 표준		작업중인 TCN관련 표준	
IEC61375-1	TCN	IEC61375-1	TCN General Architecture
		IEC61375-2-1	WTB
		-2	WTB Conformance Test
		-3	Communication Profile
		-4	Application Profile
IEC61375-2	TCN Conformance Test	-5	ETB
		-6	On-board to Ground Commun.
		IEC61375-3-1	MVB
		-2	MVB Conformance Test
		-3	CCN
		-4	ECN

그림 2.22 TCN 표준화 현황

○ 국외 개발 현황

- 봄바르디아는 2006년에 ECN/ETB 개발을 착수하였고 봄바르디아, 지멘스, Far시스템, 도시바, 미쓰비시, 히다치 등에서 일본철도에서 요구하는 수준으로 IP기반의 TRDP (Train Real-Time Data Protocol)를 비롯한 ECN/ETB 장치를 개발하였다. 2008년부터 독일, 네덜란드 등의 20여개 상용노선에 TCMS 망으로 5,100개의 스위치 등 관련 장비를 적용한 상용화하였다. 알스톰은 SNCF와 더불어 TGV에 이더넷 적용연구를 추진 중에 있다.

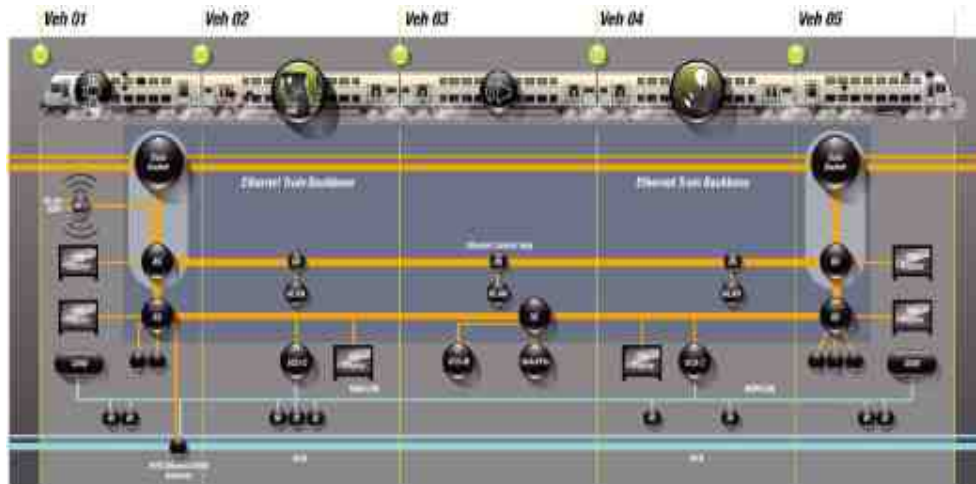


그림 2.23 봄바르디어의 이더넷기반 열차통신네트워크 구조

	ECN	ETB	consists	switches/consist
In service				
Chicago (CTA)* (1 year 8 cars)	x	x	4	4
Dehli Metro 2	x	x	40	14
NAT (SNCF)	x	x	172	18
SLT (NS)	x	-	134	6-8
SSL (London Underground)	x	x	190	9-10
BR 422 (DB)	x	-	84	6
Toronto Rocket (TTC)	x	-	70	10
In commissioning				
Chicago (CTA) (serial delivery)	x	x	353	4
TALENT (DB)	x	(x)	321	4-8
DT5 Hamburg (HH)	x	x	27	6
Singapore (SDTL)	x	-	219	8
Under development				
ZEFIRO Italy	x	x	50	19
Regio2N (SNCF)	x	x	129	18-22
TWINDEXX (SBB)	x	x	59	12
DO 2010 (DB)	x	x	27	14
BR430 Stuttgart (DB)	x	x	83	6
Metro Montreal	x	-	60	18

그림 2.24 ETB/ECN이 적용된 상용노선

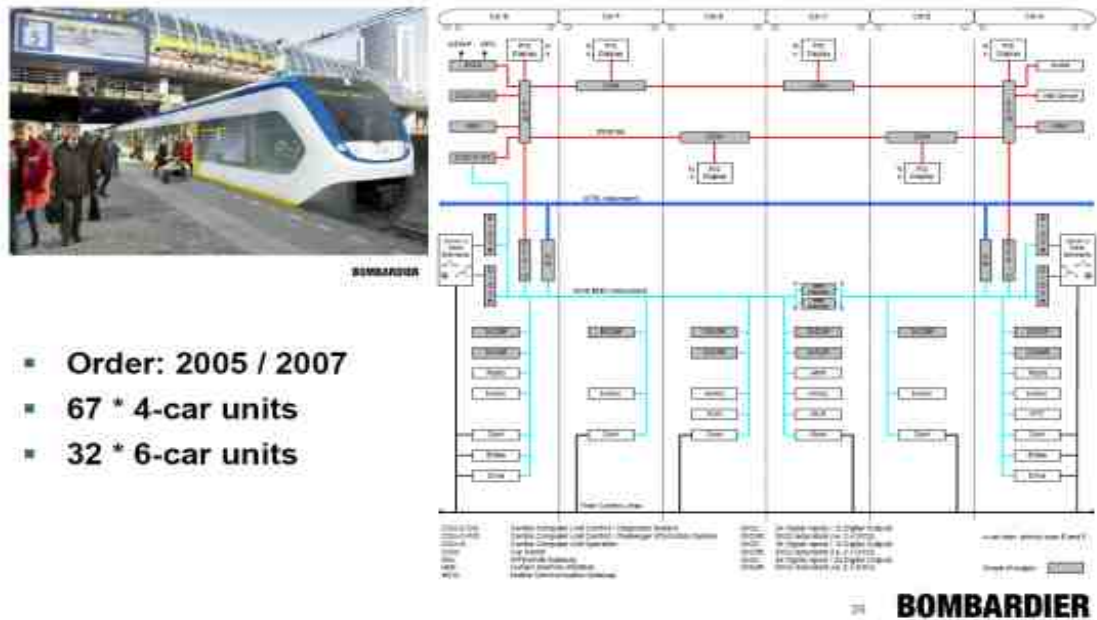


그림 2.25 대표적인 이더넷기반 차량통신망 구성도 (네덜란드 sprinter light train)

- JR EAST는 히다치, 미쓰비시와 더불어 100Mbps 이더넷 기반 TCN을 개발하여 INTEROS (INtegrated Train Communication/control networks for the Evolvable Railway Operation System)라 명명하였다. 기존 Mue-Train의 차량네트워크는 10Mbps의 전송속도를 지원하는 ARCNET과 TIMS(Train Information Management System)으로 구성되어 있으며 INTEROS를 적용하기 위해 차량을 리모델링하였다.
- CSR(China Southern Railway)는 20011년에 500km/h의 시험용 고속열차에 제어 및 센서망으로 이더넷 링 네트워크를 적용하여 시험 완료하였다.

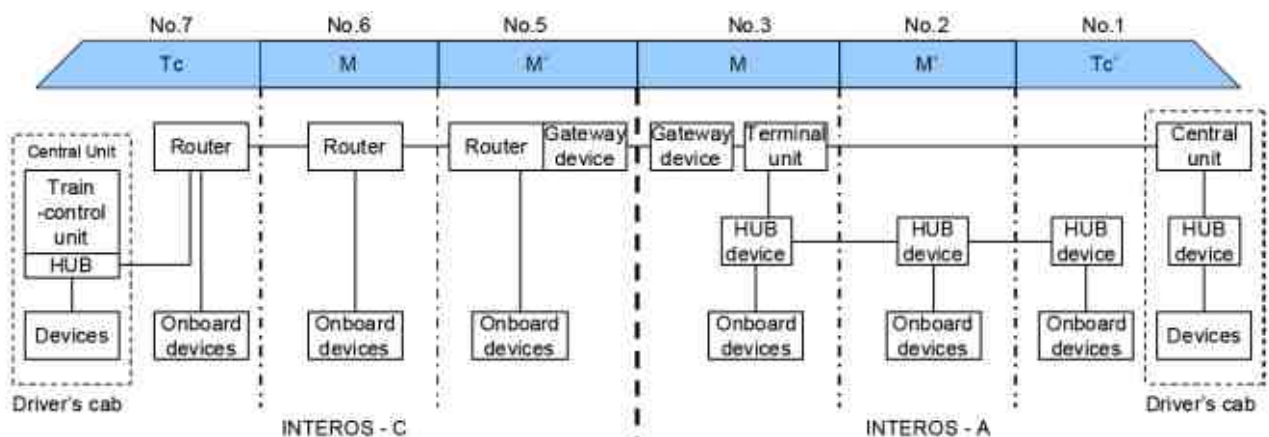


그림 2.26 INTEROS가 적용된 MUE-Train 차량네트워크 구조

국외업체 보유기술	업체 및 기관	보유기술	기술특징	기술적용 효과
	봄바르디아	국제표준의 2세대 TCN(이더넷기반) 기술	- 이더넷기반 철도차량 네트 워크 선행개발 및 국제표 준 반영	해외 신규 차 량 발주사양
	히다찌, 미쓰비시	이더넷기반 철도차량 네트워크 기술	-이더넷기반 철도차량 네트 워크 연구추진	상용차량 시험 완료

(다) 스마트 열차분리결합 기술 안전성 활동(RAMS)

- 유럽 내 상호운용성(TSI)법에서는 철도기술의 품질안전규정(EN 50126 등)을 강제하고 있으며, 이에 대한 준수여부를 Notified Body형태로 전문분야별 평가기관을 운영하여 품질안전을 사전검증토록 하고 있음.
- 이러한 유럽철도의 품질안전 검증체계는 EN 50126이 국제표준 IEC 62278로 제정되는 등, 글로벌 스탠다드로 활용되고 있으며, 유럽뿐만 아니라 우리나라와 중국을 포함한 아시아 시장에서도 개발된 철도기술의 실용화를 위한 필수 요건으로 적용되고 있음
- 국제표준기반의 품질안전평가는 실용화를 위한 기술개발단계에서 추가적인 비용이 발생하지만, 발생한 비용이 향후 실용화 과정에서 발견되는 품질안전 미흡을 해결하기 위한 비용과 비교하여 편익발생함.

국외업체 보유기술	업체 및 기관	보유기술	기술특징
	Lloyd's Register	국제 품질검증 및 인증, 컨설팅	철도 전분야에 걸쳐 안전과 성능 을 향상시키기 위한 컨설팅, 검증 및 인증, 교육 및 훈련 서비스를 제공하고
	TUV SUD korea	국제 품질검증 및 인증, 컨설팅	철도 전분야에 걸쳐 안전과 성능 을 향상시키기 위한 컨설팅, 검증 및 인증, 교육 및 훈련 서비스를 제공하고

(2) 스마트 열차분리결합 핵심부품기술개발

(가) 자동복합연결기 및 에너지흡수장치 국산화개발

- 해외 연결기 제작사는 독일의 Voith Turbo Scharfenberg(Schaku), 스웨덴의 Dellner, 프랑스의 Faiveley(최근 스위스의 Schwab Verkehrstechnik 를 인수 함), 일본의 Yutaka 등이 있다. 독일의 Scharfenberg 가 세계시장의 60 % 이상을 선점하고 있으며 기술적으로 가장 진보된 기술을 선보이고 있다. 일본의 경우 Yutaka에서 독점 공급하고 있음.
- 최근, 차량의 고속화 및 기술의 발전에 따라 단순히 연결기만 공급하는 것이 아니라 차량의 전두부 형상을 포함한 모듈 형식으로 공급을 하고 있다. 연결기와 전두부 형상 및 자동해치시스템이 적용된 예를 보여주고 있으며, 자동해치 시스템에서도 독일의 Scharfenberg 가 강점을 보이고 있다.
- 전두부 모듈은 차량의 형상과 밀접한 관계가 있으며, Auto hatch system 을 구성하는 가장 기본 요소이다.
- 전두부에 설치되는 커버를 개폐하는 장치는 Kinematic 메커니즘과 전자제어장치로 구성되며, Kinematic 메커니즘 설계를 위해서는 전두부 모듈과 취부 인터페이스가 필요하며, 커버를 개폐하기 위해서는 전자제어유닛에 의하여 공압 및 전기에 대한 제어가 가능하여야 한다.
- 국외의 경우, 열차간 결합시 연결기 완충성능에 관한 국외 규정을 살펴보면, UIC566에 최대속도 10km/h까지의 완충시험에 대한 내용이 규정되어 있고, GM/GN2690에는 최대속도 7.2km/h까지의 차량연결에 대한 충격에너지 흡수 규정이 있다.
- 독일 Schanfenberg 연결기
 - 세계 철도차량용 연결기 제작회사 중 가장 큰 규모의 회사로 독일 브라운슈바이크 찰츠기타 지역에 위치하고 있으며 Voith 그룹의 계열사로 연결기 사업부가 포함되어 있는 Voith Turbo 사업부의 2012년 매출은 약 2.3조를 넘는다.
 - Voith Turbo 사업부는 철도차량 분야에서 트랜스미션, 구동기어, 연결기를 제작하고 있으며, 최근에는 자체적으로 Maxima 라는 이름으로 하이브리드 기관차도 개발하여 시장에 참여하고 있다.

- 국내에는 새마을 복합열차, KTX, KTX-산천, 용인경전철, 의정부 경전철등에 공급되고 있으며, 연결기 기술에 대한 원천기술을 가지고 있으며, 유럽 표준 규격인 EN16019 및 충돌안전규격인 EN1557 에 따른 연결기 시스템 공급.
- 특히, EN 16019 는 Scharfenberg 사의 연결기 모델을 기본으로 만들어진 규격으로 연결기의 표준. Scharfenberg는 철도차량 연결기 분야의 기술적인 리더로 유압완충기 제작회사인 영국의 OLEO, 폴란드의 Axtone 으로부터 연결기 시스템을 구성하는 에너지 흡수 장치 공급.
- 연결기 시스템은 수요자의 요구에 부합될 수 있도록 그림 2.27에서와 같이 모듈 형태로 제작되어 요구조건에 따라 시스템 손쉽게 구성

그림 2.27 자동연결기 예

- 1941년 설립된 연결기 전문회사로 1993년 당사의 계열사였던 유진차전공업과 도시철도 5~8 호선에 적용된 고무링형 중간연결기 개발을 위하여 기술제유.
- 독일의 Schaku 와 경쟁구도를 이루고 있으며, 제품군의 경우도 유사한 형태를 이루고 있으며, 콘 방식 연결기의 경우 상호 호환.
- 또한, 최근에는 차량사에서 연결기 + 충돌을 고려한 차량의 전두부 형상을 Package 로 요구하고 있으므로 충돌시 에너지 흡수를 고려하여 Schaku 에서와 같은 Front module 개발을 진행하고 있는 것으로 확인되고 있다.

○ 프랑스 Faiveley 연결기

- 2012년 매출이 약 1.3조 규모로 제동시스템, 도어, 차량의 전장품 및 연결기 등 다양한 분야에서 활동하고 있다.
- 최근 스웨덴의 연결기 제작사인 Schwab Verkehrstechnik 를 인수하여 북유럽을 포함한 여러 지역에서 영역을 넓히고 있다.



○ 영국 OLEO 유압완충기

- 영국 런던 Coventry 에 위치하고 있는 유압완충기 제작사로 50년이 넘는 역사를 가지고 있으며 최근에는 중국에도 공장을 설립하였다.
- 철도차량에 적용되는 다양한 종류의 유압완충기를 제작하고 있으며, 유압완충기는 연결기 제작사에 공급하고, 사이드 버퍼는 직접 차량사에 공급하고 있다.
- 변형 튜브 및 다양한 종류의 에너지 흡수 부재를 설계 제작하고 있으며, 다양한 요구조건에 따라 유압완충기 내부의 설계변수를 제어할 수 있고, 충돌해석을 통하여 적절한 제품을 제안 또는 개발 할 수 있는 기술과 경험을 가지고 있다.



[고무링 완충기]

[유압완충기]

○ 폴란드의 Axtone

- 1925년 독일에서 설립되었으며, 최근에는 체코, 러시아 폴란드등에 공장을 가지고 있다. 동구권에 위치한 회사로 최근 적극적인 영업을 통하여 시장을 확보하고 있다. 국내에서는 화물전기기관차 31량등에 현대로템을 통하여 사이드 버퍼를 공급있음.

○ TSI 에서 연결기의 경우 국가간 운행에 따른 Interoperability 요구.

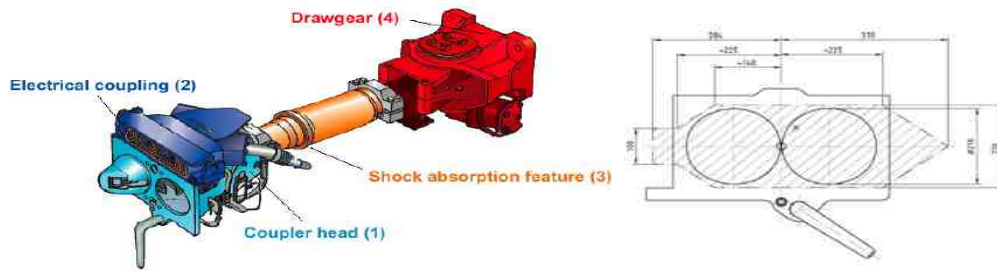


그림 2.28 TSI 연결기 표준 모델

○ Structural crash worthiness 에서 충돌요구조건 규정 및 요구.

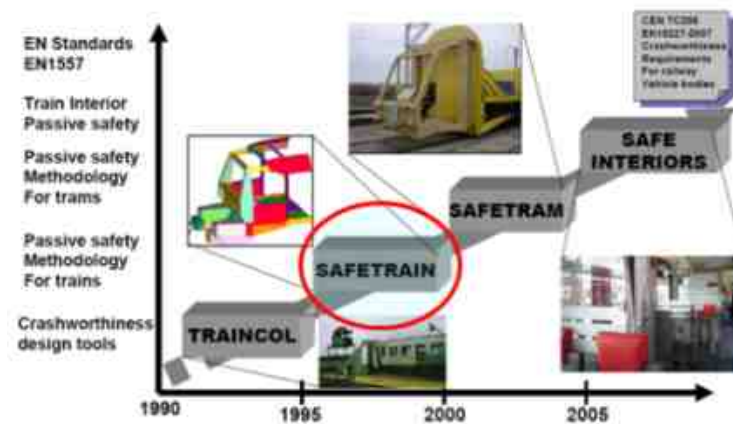


그림 2.29 유럽의 Trainsafe 프로젝트 관련 Milestone

- 중국의 경우 TSI 에서 요구하는 Corn 방식 연결기도 개발/생산하고 있음.
- 일본의 경우 유럽 시장 진출을 위하여 Hitachi 사는 영국에 연구센터를 설치함.
- 연결기시스템 부분은 기술적인 Know-how와 엔지니어링 능력이 있어야 하는 부분으로 고부가가치 분야로 인식되고 있다.
- 현실적으로 해외프로젝트에 적용할 수 있는 제품군(Corn 방식 연결기 및 대용량 에너지흡수장치) 부재



그림 2.30 국외 연결기 시장에 대한 경쟁관계

국외업체 보유기술	업체 및 기관	보유기술	기술특징
	Scharfenburg (독일)	연결기시스템 및 제작기술	설계
	Dellner (스웨덴)	연결기시스템 및 제작기술	설계
	Faiveley (프랑스)	연결기시스템 및 제작기술	설계
	Yutaka (일본)	연결기시스템 및 제작기술	설계

(나) 편성간 승객이동을 위한 FFD 및 갱웨이 개발

- 국외 FFD 및 갱웨이 기술 전문 업체는 스웨덴의 Dellner 그룹과 독일의 Hubner 그룹이 대표적이다. 이는 유럽에서 보편적으로 이루어지고 있는 열차 결합 분리를 위하여 적용되고 있으며, 승객 이동시 안전성 확보에 중점을 두고 있다. 또한 결합시 발생할 수 있는 외부 진동과 소음을 효과적으로 차단할 수 있는 기술에 있어서도 최고 수준의 기술을 보유하고 있다, 이외에도 단열을 위한 소재 설계 기술과 열차 고속 운영시 공기저항 저감을 위하여 갱웨이 폴딩의 선두기술을 보유하고 있음.

- 열차의 전면/후면 형상은 유선형이 아닌, 대부분 사각 형태로 설계됨으로서 분리결합시 통로 조성이 상대적으로 수월함.
- 덴마크에서 운행중인 IC3(디젤동차)의 열차간 연결부위 같은 경우 통고무 Gangway 구조로 형성되어 있어 열차간 연결시 소음 및 진동의 억제 효과가 우수하며 열차간 밀폐공간을 제공할 수 있다. 또한 연결부위의 운전석은 연결시 벽으로 밀착시켜 승객의 이동통로를 최대로 확보할 수 있는 장점임.
- 유럽도어시스템의 특성은 알루미늄 샌드위치 판넬을 통한 경량화 효과와 함께 승객용 열림 버튼(운전자 모드/ 승객모드)을 활용하여 개폐 주체를 변환할수 있음.
- 또한 장애물 감지에 대한 기준이 마련되어 있으며 RAMS 분석을 통한 위험도 등급 할당. 그리고 안전보전 수준 SIL2 이상(Safety Integrity Level)과 같은 규정이 있어 도어시스템의 안전성 확보함.
- 그리고 기계적 차단과 전기적 차단을 동시에 수행할 수 있는 이중 안전장치가 마련. 최근 신규차량 부분에 있어 도어시스템은 모두 전기식을 적용함.
- 선진국 철도차량의 경우 도어시스템의 개발 방향은 시스템 안정화와 신뢰성 향상을 위한 관련규격의 정비 등에 많은 투자를 할애하고 있으며, 특히 RAMS와 같은 분석을 통해 도어시스템의 안전보전수준(SIL)을 최소 SIL2이상의 신뢰성을 갖는 성능을 요구하고 있다.
 - EN 14752 철도차량 도어시스템 제작규격
 - EN 50126 철도차량 RAMS 관련 규격
 - EN 50128 철도차량 전기관련 Software 규격
 - EN 50125-1 환경 요구 조건
 - GMRT 2457 철도차량 출입문 강도 규격 등



그림 2.31 국외 전동차 전면, 후면 형상

국외업체 보유기술	업체 및 기관	보유기술	기술특징	기술적용 효과
	HUBNER	갱웨이 자동 조성 기술	확장형 갱웨이 방식과 스프링 스위치 동작 방식 슬라이딩 플레이트 조성 기술 적용, 모듈형 갱웨이 설계 기술	모듈형 갱웨이 적용시 시속 400km/h까지 정상 기능 유지
	DELLNER	갱웨이 및 벨로우즈 조성 기술, 소음, 열 차단 기술	맞춤형 소재 설계 기술 보유, 밀폐형 갱웨이 설계 기술 보유	운행사의 요구특성에 맞는 소재 기반 시스템 제작

(3) 스마트 열차분리결합 운영기술개발

(가) 스마트 열차분리결합 기술개발

- 영국 Leeds 대학에대서 Sheffield ~ York간 가변편성 열차 스케줄링 기술개발 사례
- 네덜란드 TU Delft 열차 분리·결합에 따른 차량 배차 및 반복 스케줄링 최적화 연구 사례

국외업체 보유기술	업체 및 기관	보유기술	기술특징	기술적용 효과
	영국 Leeds 대학	가변편성 열차 스케줄링 최적화 기술	수리과학적 최적화 기반기술 적용	최적 가변편성 열차스케줄 작성 가능
	네덜란드 TU Delft	열차 분리·결합에 따른 차량 배차 및 반복 스케줄링 최적화 기술	수리과학적 최적화 기반기술 적용	열차 분리·결합 체계에서 차량운영 효율성 확보 가능

표 2.13 국외 운영사례

운행국가	운영대상	열차제어특징	운행열차특징	승객이동시스템
스웨덴, 덴마크	일반철도	수동운전	•차량명 : 봄바르디어 콘테사 (스웨덴(X31), 덴마크(ET)) •최소편성 : 3량/1편성 •최대속도 : Max.180km/h 	유
독일, 오스트리아	일반철도	수동운전	•차량명 : DBAG Class 474 •최소편성 : 3량/1편성 •최대속도 : Max.100km/h 	무
독일, 오스트리아	일반철도	수동운전	•차량명 : RBDe 560 series •최대속도 : Max.140km/h 	무
영국	일반철도 도시철도	수동운전	•차량명 : Electrostar class 375,377,378,379 •최소편성 : 3량/1편성, 4량/1편성 •최대속도 : Max.161km/h 	유

운행국가	운영대상	열차제어특징	운행열차특징	승객이동시스템
독일	고속철도	수동운전	·차량명 : IC2 ·최소편성 :6량/1편성 ·최대속도 :Max.160km/h 	무
프랑스, 독일, 네덜란드	고속철도	수동운전	·차량명 : Thalys ·최소편성 :8량/1편성,9량/1편성 ·최대속도 :Max.300km/h 	무
일본	일반철도	수동운전	·차량명 :683 series 선더버드 ·최소편성 :6량/1편성,3량/1편성 ·최대속도 :Max.130km/h 	유,무
일본	도시철도	수동운전	·차량명 : JR서일본 전동차 207계 ·최소편성 :4량/1편성,4량/1편성 ·최대속도 :Max.120km/h 	유 (직원)

운행국가	운영대상	열차제어특징	운행열차특징	승객이동시스템
일본	일반철도	수동운전	·차량명 : Nex express ·최소편성 :6량/1편성 ·최대속도 :Max.130km/h 	유 (직원)
일본	도시철도	수동운전	·차량명 : 게이오 6000/8000 series ·최소편성 :8량/1편성,2량1편성 ·최대속도 :Max.110km/h 	유
일본	도시철도	수동운전	·차량명 : E257계 500번대 ·최소편성 :5량/1편성,10량/1편성 ·최대속도 :Max.110km/h 	유
일본	도시철도	수동운전	·차량명 : E721계 ·최소편성 :2량/1편성 ·최대속도 :Max.120km/h 	무
일본	도시철도	수동운전	·차량명 :313계 (0번대~1500번대 신파식) ·최소편성 :3량/편성,4량/1편성  ·최대속도 :Max.130km/h	

(나) 스마트 열차분리결합 지능형 관제기술개발

- 일본 신칸센 (도쿄 ~ 모리오카 ~ 아키타 및 도쿄 ~ 모리오카 ~ 하시노헤) 분리·결합 운영 사례 있다
- 탈레스 케나다 - SelTrac의 CBTC 시스템을 브라질 상파울로 17호선(모노레일, 18 km, 무인운전)에 설치. 완전 자동화된 야드 관리 및 분리·결합 기능 포함하여 설치한다.

국외업체 보유기술	업체 및 기관	보유기술	기술특징	기술적용 효과
	일본 신칸센 (모리오카~아키타, 모리오카~하시노헤)	고속철도 분리·결합 관제	기존 고속철도 열차에 분리·결합 운영체계를 감안한 관제	효율적인 고속철도 분리·결합 운영체계 확보
	케나다 탈레스	브라질 상파울로 모노레일 분리·결합 운행 관제	완전 자동운전체계에서 야드 및 열차의 분리·결합 운행	모노레일 운행효율성 향상

(다) 스마트 열차분리결합 운영을 위한 법제화

- 국내 철도 민간투자사업의 O&M 사업 분야 탈레스 해외 운영기관 진출 활발

국외업체 보유기술	업체 및 기관	보유기술	기술특징	기술적용 효과
	탈레스	민자철도사업 운영기술	김해경전철 O&M 사업	국내외 다양한 철도운영 사업에 진출
	베올리아	민자철도사업 운영기술	서울메트로 9호선 운영사업	국내외 다양한 철도운영 사업에 진출

3. 시사점

- 유럽, 일본을 중심으로 철도의 대중교통분담율이 높은 국가에서는 철도인프라의 효율적이 활용을 위한 가변편성 운영이 활발히 적용되고 있음.
- 가변편성운영을 위한 열차제어기술, 차량핵심부품기술, 운영기술에 대한 노하우가 축적하고 있었으며, 국내에서는 핵심기술의 원천기술 확보가 시급한 시점임.
- 또한, 국내 철도운영의 문제점이 선로용량 부족을 해결하기 위한 방안으로 고밀도 구간과 저밀도 구간의 효율운행 및 이용자 편의를 위한 기술임.
- 국내에서는 열차제어분야의 표준화가 2014년 완료되며, 국내에서도 열차제어분야의 고도화 기술, 새로운 기술에 대한 시도가 가능한 시점임. 현재 **한국철도기술연구원에서는 열차제어시스템의 표준화를 주도하고**, 국내 3개 컨소시엄 5개 주요 신호관련 기업이 이를 토대로 시스템을 개발 시험중에 있음.
- 차량 네트워크는 열차제어 및 방송, CCTV 용으로 대용량의 정보전송과 실시간성을 요구하고 있음. 현재의 네트워크는 이에 대한 요구사항을 만족할 수 없는 현실임. 국제적으로 IEC 61375에서는 2013년 이더넷기반의 차량네트워크에 대한표준이 제정 될 예정으로, 국내에서도 표준제정과 함께 이에 대한 연구가 필요함.
- 국내 연결기 및 에너지 흡수장치의 경우, 일부 모델의 경우 국산화가 완료되었으나, 수출 및 해외 차량과의 호환성이 없음. 전세계적인 모델의 국산화 및 호환성이 필요한 시점임. 또한 국내외 적으로 차량충돌에 대한 에너지 흡수장치의 규격이 상향 조정되고 있는 시점이나, 국내 기술이 부재상태임. 이용자 안전을 위한 에너지흡수장치의 국산화가 필요함.
- 열차가변운행은 해당 기술의 신뢰성과 안전성이 매우 중요함. 핵심기술, 핵심부품 대한 검증평가가 수행되어야함. 국내는 한국철도기술연구원과 국외 인증기관을 통하여 품질평가가 수행되고 있으며, 이는 국제 규격에 근거함.
- 각 분야의 기술수준을 종합 검토할 때, 스마트 열차분리결합기술의 핵심기술과 핵심부품은 국내기술로 원천기술 확보가 가능한 상황이며, 이에 대한 운영기관의 효율운영 방안 또한 함께 검토되어야함.

4. 특허분석

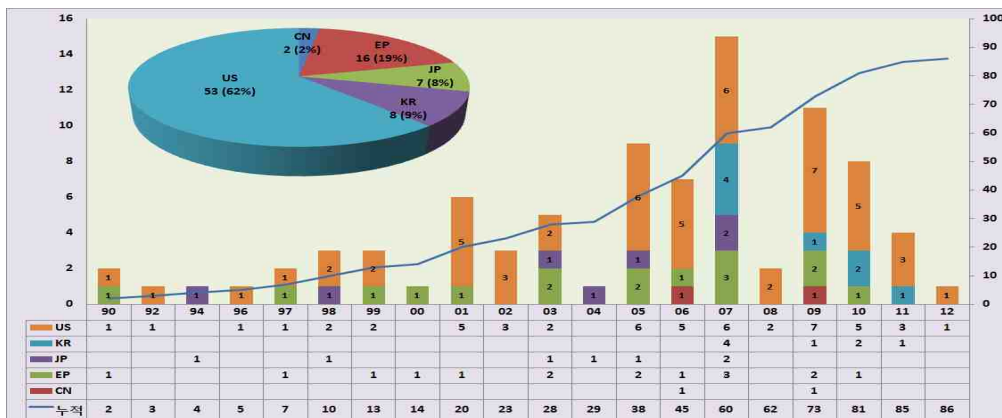
가. 특허분석의 개요

본 기획의 특허는 Thomson Innovation DB를 기준으로 미국, 유럽, 일본, 한국, 중국을 대상으로 1990.01.01.~2013.06.18.기간 동안 출원 및 등록을 대상으로 스마트 열차분리결합시스템의 각 요소기술 별로 조사분석하였다.

(1) 스마트 열차분리결합시스템 핵심제어기술

(가) 출원년도 및 국가별 특허출원 동향

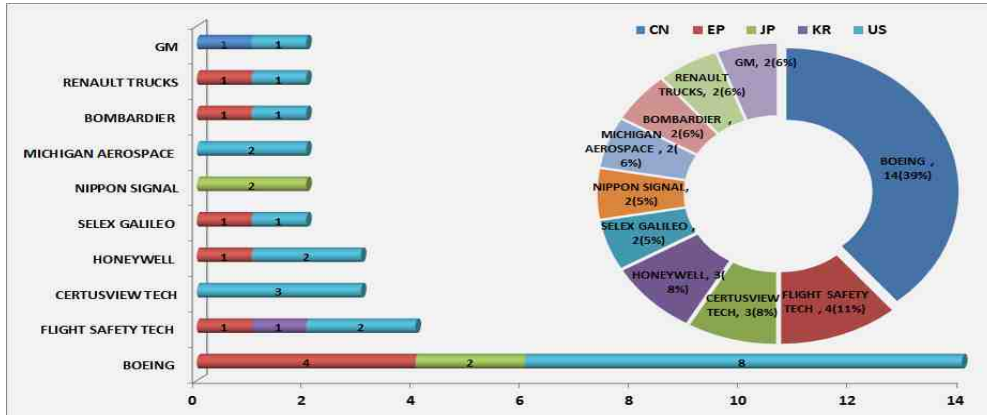
- 열차제어 핵심기술개발 분야의 전체적인 특허동향을 살펴보면 1990년부터 현재까지 총 86건의 특허로 건수는 많지 않으며, 2000년대 초반에 출원 건수가 증가하였다가 최근 출원 건수가 소폭 감소하고 있는 추세를 나타내고 있음
- 국가별로는 미국이 62%로 최다이며, 유럽, 한국, 일본, 중국의 순으로 출원되고 있음
- 최다 출원국인 미국은 전체 특허의 65% 이상을 2005년 이후 출원하여 최근 기술 상승세가 높게 나타나고 있으며, 우리나라는 출원 건수는 적지만 모든 특허가 2007년 이후 출원 되어 최근 관련 분야 기술에 대한 관심이 증가하고 있다고 판단할 수 있음



[출원년도 및 국가별 출원추이]

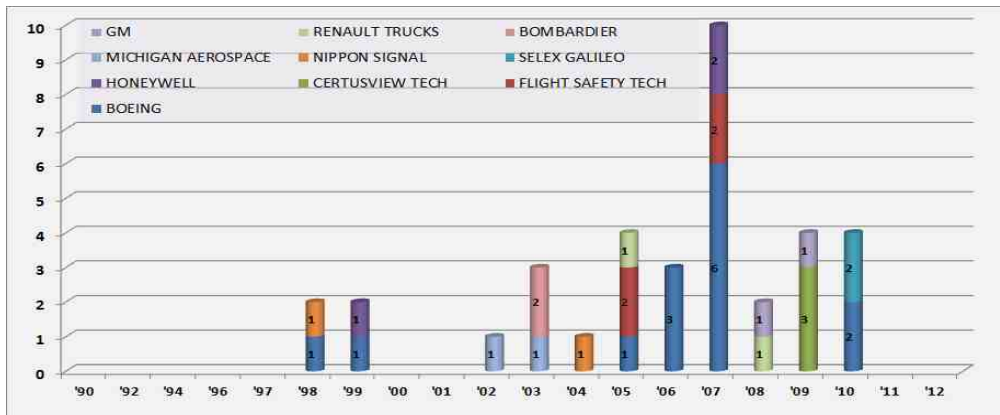
(나) 주요 출원인 분석

- 열차제어 핵심기술개발 분야 전반에 걸쳐 많은 특허를 출원한 상위 10개의 출원인을 분석한 결과, BOEING, FLIGHT SAFETY TECH, CERTUSVIEW TECH, SELEX GALILEO 등의 항공관련 회사들과 HONEYWELL 등 전자부품 업체들이 출원을 많이 하고 있음



[주요 출원인 동향]

- 주요 출원인의 연도별 특허출원을 보면 2000년대 들어 특허출원이 증가하고 있으며, 특히 최다 출원인인 BOEING은 최근까지 꾸준히 특허를 출원하고 있음을 알 수 있음
- 우리 연구원(KRRI)의 경우 관련 특허가 1건에 불과하여 기술 확보가 시급한 상황임



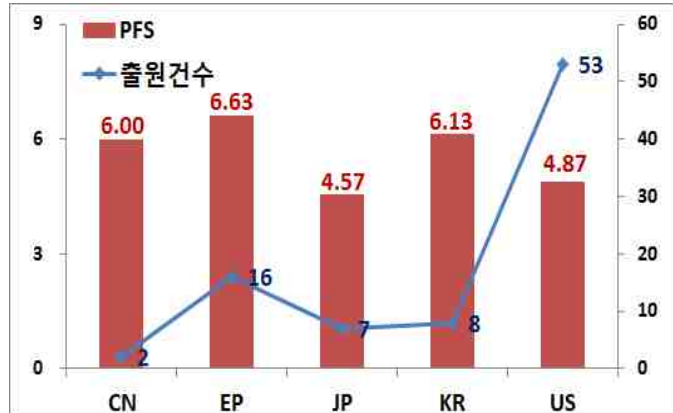
[연도별 주요 출원인 동향]

(다) 국가별 특허분포 지수분석

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

- 분석결과

- 유럽의 시장확보지수(PFS)가 6.63으로 가장 높으며, 미국은 특허 건수에 비해 시장 확보력은 낮게 나타나고 있음
- 한국과 중국은 출원건수는 적지만, 시장 확보력은 상대적으로 높게 나타남
- 이는, 한국과 중국시장 진출을 위해 해외 업체(FLIGHT SAFETY TECH INC, GM 등)가 한국과 중국에 패밀리 특허를 많이 출원하였기 때문임



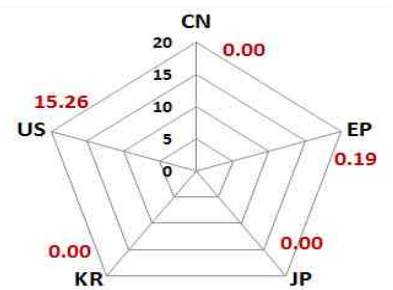
[국가별 출원건수 및 시장확보지수]

- 인용도지수 (CPP : Cites Per Patent)

- (지표 설명) 특정 국가의 특허들이 이후 등록되는 특허들에 의해 인용되는 회수가 많을수록 기술경쟁력이 높으므로, 인용도지수(CPP)가 클수록 원천특허/핵심특허를 많이 보유한 정도를 나타내는 지표로 사용함
- (계산식) 국가별 인용도 지수(CPP) = ($\sum$ 해당국가 특허별 피인용수) / 해당국가 특허건수

- 분석결과

- 미국의 인용도지수(CPP)가 15.26로 타 국가에 비해 월등하게 높게 나타남, 이를 통해, 미국이 원천특허/핵심특허를 많이 보유한 것으로 판단할 수 있음
- 반면, 유럽은 특허건수에 비해 인용도지수(CPP)가 많이 낮아, 원천특허/핵심특허 비중이 상대적으로 낮은 것으로 판단할 수 있음



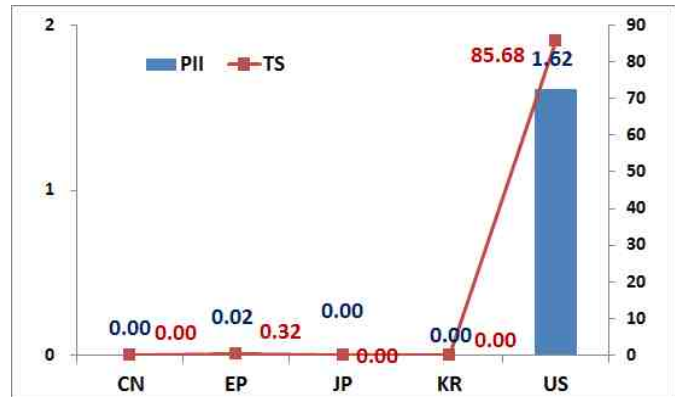
[국가별 인용도지수]

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

- (지표 설명) 영향력지수는 특정 국가가 소유한 기술의 질적수준을 측정하는 지수이며, 기술력지수는 특정 국가의 기술보유 양적수준(특허건수)과 영향력지수(질적수준)를 함께 나타냄
- (계산식)
 - 국가별 영향력 지수(PII) = 해당국가 특허 인용도지수 / 전체(모든국가) 특허 인용도지수
 - 국가별 기술력 지수(TS) = 해당국가 특허건수 × 해당국가 영향력 지수

○ (분석결과)

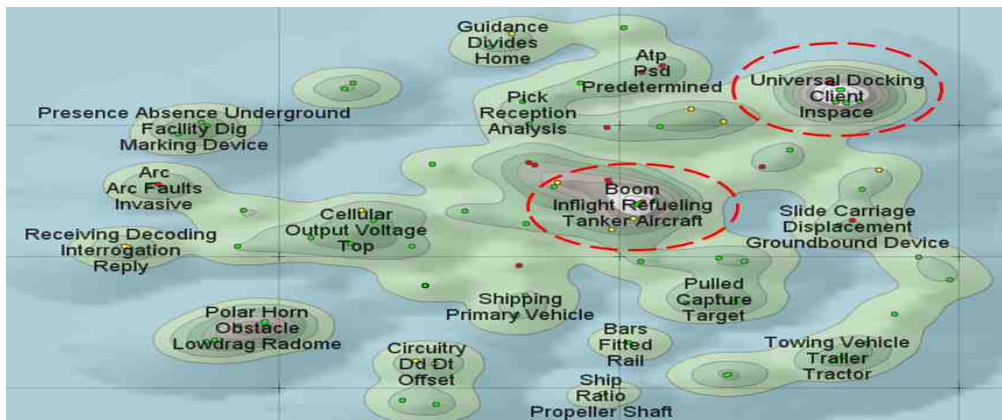
- 미국의 영향력지수(PII)가 1.62로 가장 높아 질적수준이 우수한 것으로 나타남
- 양적 수준(특허건수)을 고려한 기술력지수(TS)에서도 미국이 85.68으로 다른 나라에 비해 월등하게 높게 나타남
- 우리나라는 영향력지수, 기술력 지수 모두 최하위 수준으로, 향후 지속적인 기술 역량 강화가 필요함



[국가별 영향력지수 및 기술력지수]

(라) 기술분야 특허 분포도 (Text mining을 통한 특허 분포)

- 열차제어 핵심기술개발 관련 검색결과 결과 975건 중 검색 특허 중 최종 86건의 유효 특허기술이 분포함



● 2010년 이후 ● 2000-2009 ● 1990-1999

[특허 등고선 맵]

- 등고선 꼭지점이 높은 Universal Docking/Client/Inspace, Boom/Inflight Refueling/Tanker Aircraft 등 2개 기술에 특허가 많이 분포하고 있어 관련 분야가 기술 집중도가 높은 기술임을 알 수 있음
- 특히 최근 특허기술 분석결과 Refueling drogue coupling system, System for controlling movement of train 등이 많이 나타나고 있어 관련기술이 최근 동향임을 알 수 있음

(마) 주요 핵심특허 분석

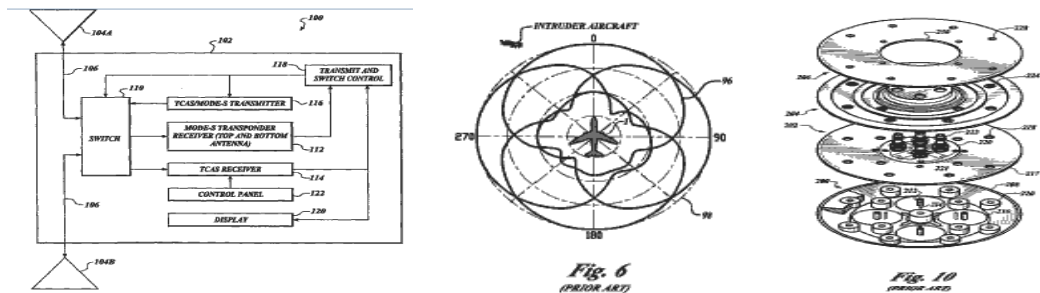
- 항공기 충돌 제어시스템에 대한 ALLIEDSIGNAL社의 미국 등록특허 *****B1건의 피인용 건수가 53건으로 가장 많고, 다음으로 도킹시스템에 대한 CERTUSVIEW TECHNOLOGIES LLC의 미국특허가 피인용건수가 41건으로 많음
- 기타 공중급유, 충돌회피, 차량 간 통신 등과 관련된 특허들이 피인용 건수가 많으며, 이러한 특허들을 중심으로 주요 특허를 선정하여 핵심특허 권리 분석을 할 수 있음

[주요 핵심특허 현황]

공개번호	발명의 명칭	출원인 정리	피인용수 (Forward)
*****B1	Multifunction aircraft transponder	ALLIEDSIGNAL	53
*****570 1A1	MARKING DEVICE DOCKING STATIONS HAVING SECURITY FEATURES AND METHODS OF USING SAME	CERTUSVIEW TECHNOLOGIES LLC	41
*****A	Aerial refueling boom with translating pivot	BOEING CO	38
*****A	Collision avoidance radar detector system	SURVIVAL SAFETY ENGINEERING	38
*****B2	Midair collision avoidance system	L 3 COMM CORP	36
*****B2	Engine management system	OPTIMUM POWER TECHNOLOGY LP	36
*****B1	Transponder having directional antennas	HONEYWELL INTERNATIONAL INC	32
*****299 7A1	Vehicle communication network	HEXAGON SYSTEM ENGINEERING	26
*****B2	Autonomous satellite docking system	MICHIGAN AEROSPACE CORP	24
*****B1	Security system for power and display of consumer electronic devices	PROTEX INTERNATIONAL CORP	24

○ 핵심특허 심층분석 (예시)

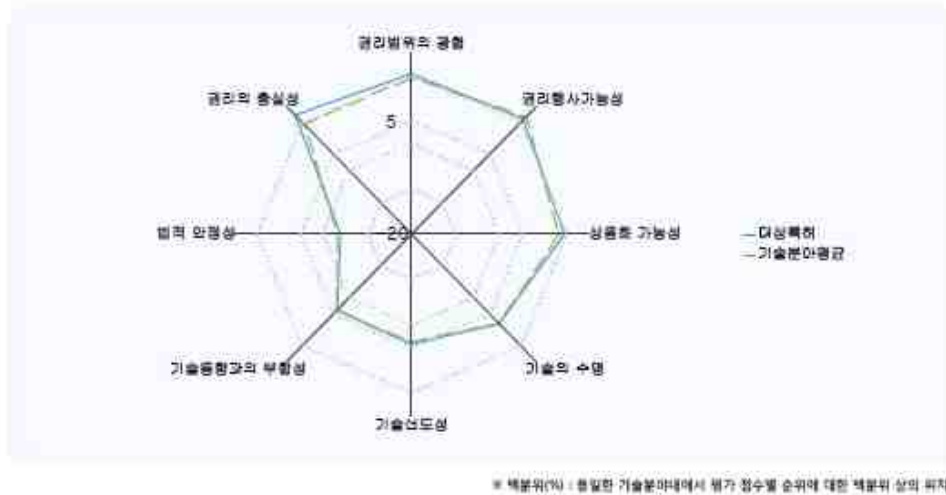
- 피인용수가 가장 많은 ALLIEDSIGNAL社의 미국 등록특허 *****B1건은 항공기에서 교통상황 경고 및 충돌 회피를 위한 Transponder 장치를 통한 통신에 관한 특허임
- 1998년 8월 6일 출원 후 현재까지 유지되고 있으며, 향후 연구 분야 설정 또는 침해대상특허 조사 등에 있어서 미국특허를 면밀히 검토하는 것이 필요함



[핵심특허 도면]

- 특허청 발명진흥회의 특허분석 평가시스템(SMART3)를 활용하여, 미국 등록특허 *****B1에 대해 상세분석한 결과, 종합평가점수가 75.3점으로 AA로 평가되었음
 - 전체 미국 등록특허 中 상위 4.4%에 위치하는 우수특허임. 특히 종속항이 계층적으로 구성되었으며, 독립항수가 평균보다 높아 권리범위가 넓게 다방면으로 작성되었음
 - 또한, 미국 內 패밀리특허가 9건, 미국 外의 해외 패밀리특허가 24건으로 시장 확보력도 높게 평가됨
 - 권리성 28.6점, 기술성 16.3점, 활용성 30.4점으로 물리/재료 분야 평균인 권리성 25.4점, 기술성 15.5점, 활용성 29.3점에 비하여 권리성, 기술성, 활용성 모두 높게 나타남

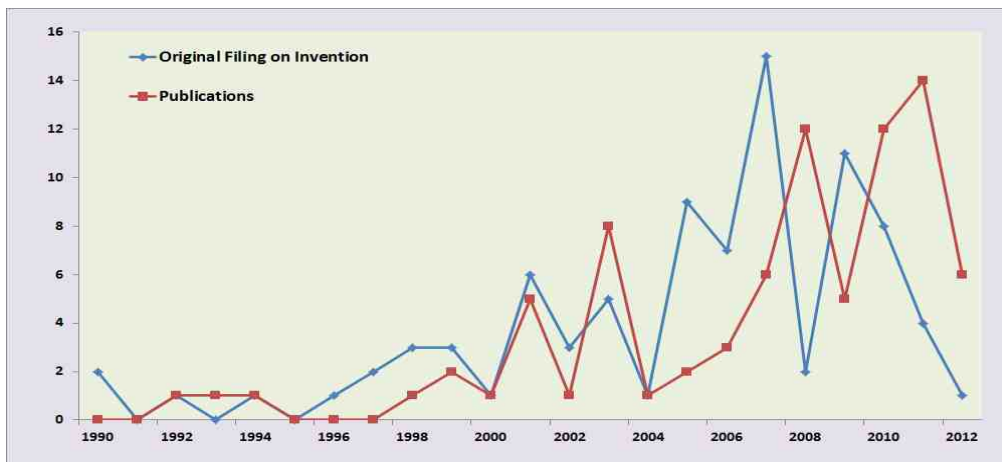
평가지표	점수	등급	대분류(물리/재료)			중분류(기구2)			소분류(측정)		
			백분위(%)	평균	표준편차	백분위(%)	평균	표준편차	백분위(%)	평균	표준편차
권리성 (40점)	28.6	AA	7.3	25.4	2.2	8.0	25.5	2.3	9.5	25.5	2.3
기술성 (20점)	16.3	A	11.7	15.5	0.6	10.8	15.5	0.6	12.3	15.5	0.6
활용성 (40점)	30.4	AA	5.4	29.3	0.9	5.3	29.4	0.8	5.8	29.4	0.8
총점 (100점)	75.3	AA	4.4	70.3	2.8	4.8	70.4	2.8	5.5	70.8	2.8



[핵심특허(*****B1) 평가결과]

(바) 특허기술 연계 기술발전 추이

- 2010년부터 기술의 발명(청색선) 대비 해외 공개기술(적색선)이 많다는 점으로 볼 때, 최근 해외시장에서 중요한 기술로 부각 되는 기술 분야임을 알 수 있음
- 또한, 특허 출원 건수는 많지 않지만 꾸준히 출원되고 있으며 2000년대 중반이후 증가하는 것으로 보아 최근 계속적으로 주목받고 있는 기술 분야임을 알 수 있음

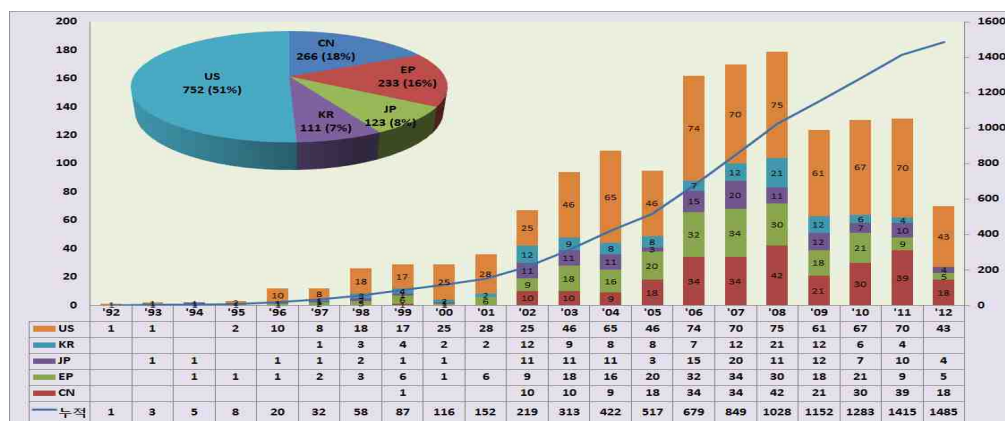


[특허기술 연계 기술발전 추이]

(2) 스마트 열차분리결합시스템 총괄 네트워크 기술

(가) 출원년도 및 국가별 특허출원 동향

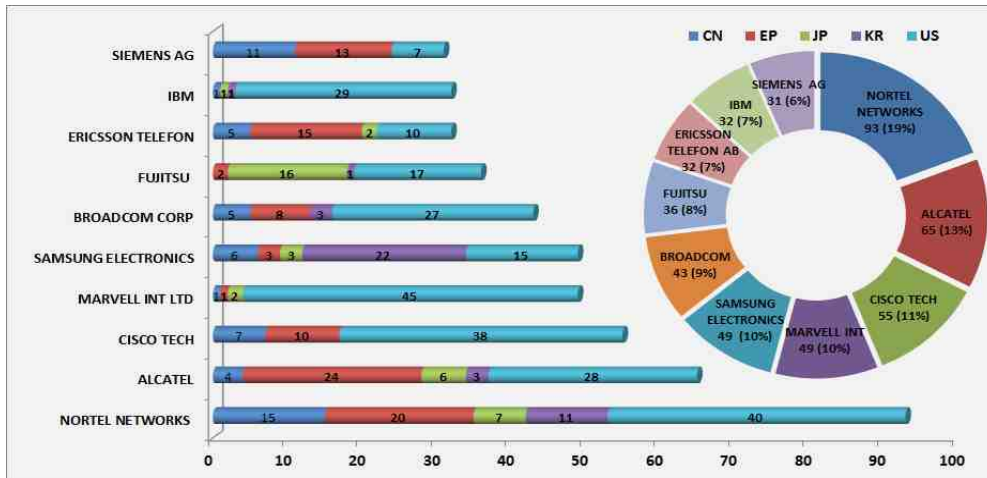
- 열차 신호/통신 핵심기술개발 분야의 전체적인 특허동향을 살펴보면 1990년부터 현재까지 총 244건의 특허가 출원되고 있으며, 2000년대 중반부터 국가별 年 평균 20~30건씩의 특허가 꾸준히 출원되고 있음
- 특히, 2000년 이후 특허출원이 급격하게 증가하는 경향을 나타내고 있는 것으로 보아 최근 이슈화되고 있는 기술 분야로 판단할 수 있음
- 국가별로는 미국이 51%로 최다이며, 중국, 유럽, 일본, 한국의 순으로 출원되고 있음
- 최다 출원국인 미국은 전체 특허의 65% 이상을 2005년 이후 출원하여 최근 기술 상승세가 높게 나타나고 있으며, 우리나라의 경우 출원 건수는 적지만 미국과 마찬가지로 최근 특허 출원이 급격하게 증가하여 관련 분야 기술에 대한 관심이 증가하고 있다고 판단할 수 있음



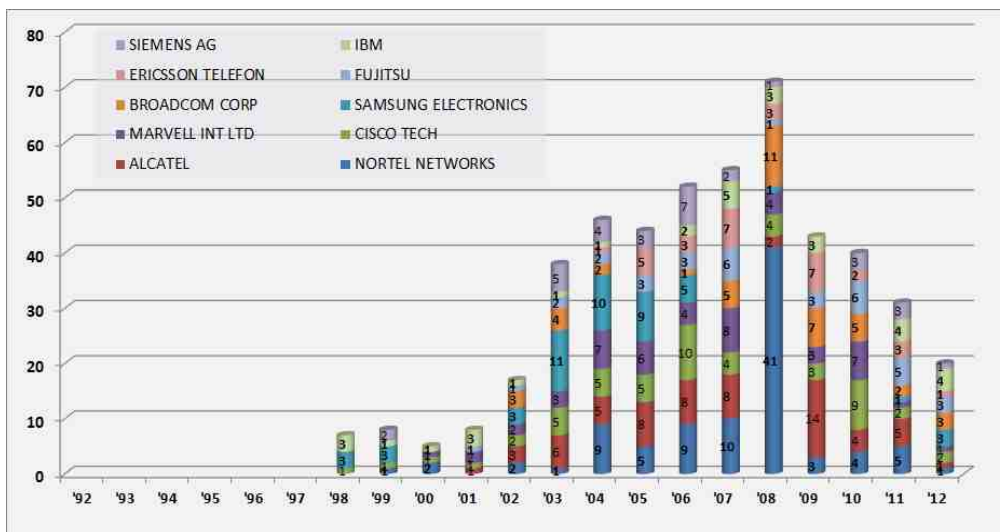
[출원년도 및 국가별 출원추이]

(나) 주요 출원인 분석

- 열차 신호/통신 핵심기술개발 분야 전반에 걸쳐 많은 특허를 출원한 상위 10개의 출원인을 분석한 결과, 철도분야 업체보다는 NORTEL NETWORKS, ALCATEL, CISCO TECH, SAMSUNG ELECTRONICS 등의 전자/통신 업체들이 출원을 많이 하고 있음



[주요 출원인 동향]



[연도별 주요 출원인 동향]

- 주요 출원인의 연도별 특허출원을 보면 모든 업체에서 2000년대 초반부터 특허 출원이 급격하게 증가하고 있어 해당 시기에 산업체 전반에 걸쳐 기술이 확대됨을 알 수 있음
- 한국의 경우 주요 출원인이 삼성전자 한 곳에 불과하며, 우리 연구원(KRRI)의 경우 관련 특허를 전혀 보유하고 있지 못해 기술 확보가 시급한 상황으로 볼 수 있음

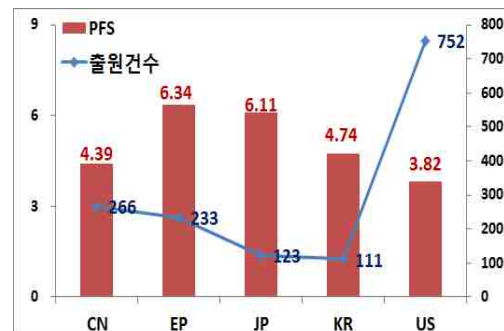
(다) 국가별 특허분포 지수분석

○ 시장확보지수 (PFS : Patent Family Size)

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

○ (분석결과)

- 유럽의 시장확보지수(PFS)가 6.34로 가장 높게 나타남
- 유럽과 비슷한 수준으로 일본의 시장확보력이 높게 나타남
- 미국의 경우 특허 건수에 비해 시장 확보력이 낮게 나타나고 있음
- 한국은 특허건수는 낮지만 상대적으로 시장 확보력은 높은 것으로 평가됨



[국가별 출원건수 및 시장확보지수]

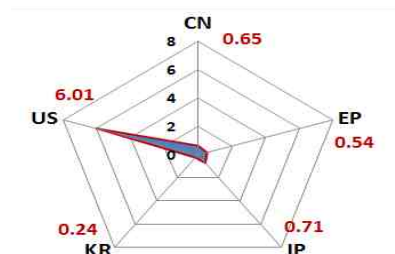
○ 인용도지수 (CPP : Cites Per Patent)

- (지표 설명) 특정 국가의 특허들이 이후 등록되는 특허들에 의해 인용되는 회수가 많을수록 기술경쟁력이 높으므로, 인용도지수(CPP)가 클수록 원천특허/핵심특허를 많이 보유한 정도를 나타내는 지표로 사용함

- (계산식) 국가별 인용도 지수(CPP) = ($\sum$ 해당국가 특허별 피인용수) / 해당국가 특허건수

○ (분석결과)

- 미국의 인용도지수(CPP)가 6.01로 타 국가에 비해 월등하게 높게 나타남, 이를 통해, 미국이 원천특허/핵심특허를 많이 보유한 것으로 판단할 수 있음
- 반면, 중국, 유럽 등은 특허건수에 비해 인용도지수(CPP)가 많이 낮아, 원천특허/핵심특허 비중이 상대적으로 낮은 것으로 판단할 수 있음



[국가별 인용도지수]

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

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

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

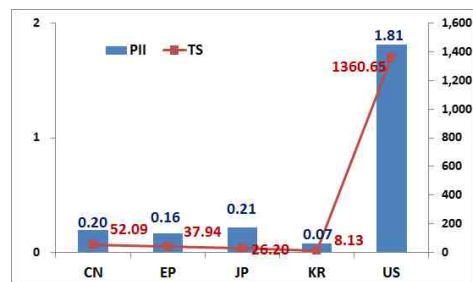
-국가별 기술력 지수(TS) = 해당국가 특허건수 × 해당국가 영향력 지수

○ (분석결과)

-미국의 영향력지수(PII)가 1.81로 가장 높아 질적수준이 우수한 것으로 나타남

-양적 수준(특허건수)을 고려한 기술력지수(TS)에서도 미국이 1,360.65로 다른 나라에 비해 월등하게 높게 나타남

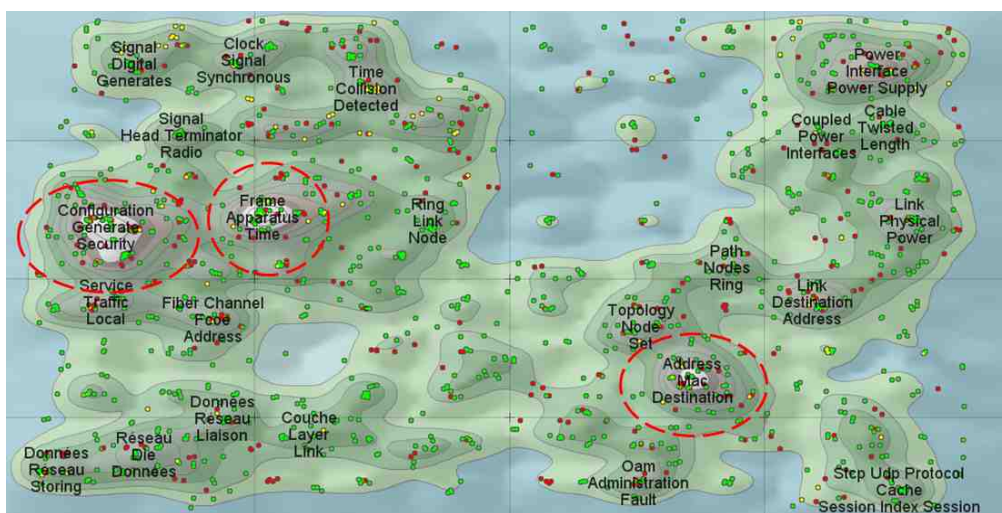
-우리나라는 영향력지수, 기술력 지수 모두 최하위 수준으로, 향후 지속적인 기술역량 강화가 필요함



[국가별 영향력지수 및 기술력지수]

(라) 기술분야 특허 분포도 (Text mining을 통한 특허 분포)

- 열차 신호/통신 핵심기술개발 관련 검색결과 최종 1,485건의 유효 특허기술이 분포함



[특허 등고선 맵]

- 등고선 꼭지점이 높은 Configuration/Generate/Security, Frame/Apparatus/Time, Address/Mac/Destination 등 3개 기술에 특허가 많이 분포하고 있어 관련 분야가 기술 집중도가 높은 기술임을 알 수 있음
- 특히 최근 특허기술 분석결과 Network device for interconnecting synchronous transfer module network, Method for communicating data in Ethernet network 등이 많이 나타나고 있어 관련기술이 최근 동향임을 알 수 있음

(마) 주요 핵심특허 분석

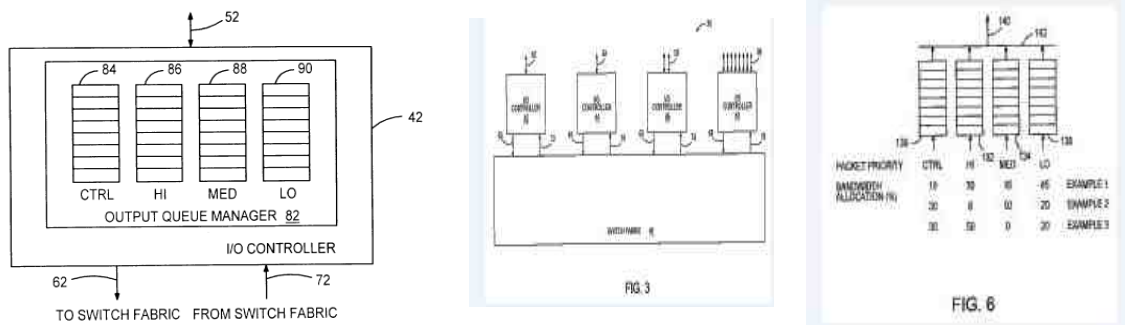
- 이더넷 네트워크를 위한 광대역폭 관리방법에 대한 CABLETRON SYSTEMS INC社의 미국 등록특허 *****A건의 피인용 건수가 147건으로 가장 많고, 다음으로 네트워크 장비 제어 등에 대한 ADVANCED MICRO DEVICES INC의 미국특허가 피인용건수가 103건으로 많음
- 기타 이더넷 네트워크, TCP/IP프로세서 등과 관련된 특허들이 피인용 건수가 많으며, 이러한 특허들을 중심으로 주요 특허를 선정하여 핵심특허 권리 분석을 할 수 있음

[주요 핵심특허 현황]

공개번호	발명의 명칭	출원인 정리	피인용수 (Forward)
*****A	Method and apparatus for forwarding packets from a plurality of contending queues to an output	CABLETRON SYSTEMS INC	147
*****A	Apparatus and method for selectively controlling transmission of consecutive packets in a network station	ADVANCED MICRO DEVICES INC	103
*****B1	Active resistive summer for a transformer hybrid	MARVELL INT LTD	101
*****0612A1	High performance IP processor using RDMA	PANDROYAAA	83
*****A	Apparatus and method for processing data frames in an internetworking device	3COM CORP	82
*****B1	Automatically configurable computer network	INTEL CORP	77
*****B1	Input/output (I/O) scanner for a control system with peer determination	SCHNEIDER	73
*****1179A 1	Ethernet bridge	AKROS SILICON INC	70
*****B2	TCP/IP processor and engine using RDMA	PANDROYAAA	70
*****B1	Facility for transporting TDM streams over an asynchronous ethernet network using internet protocol	ATRICA ISRAEL LTD	69

○ 핵심특허 심층분석

- 피인용수가 가장 많은 CABLETRON SYSTEMS INC社의 미국 등록특허 *****A건은 기가바이트 이더넷 네트워크 통신 및 관리방법에 관한 특허임
- 1998년 5월 29일 출원 후 현재까지 유지되고 있으며, 향후 연구 분야 설정 또는 침해대상특허 조사 등에 있어서 미국특허를 면밀히 검토하는 것이 필요함.

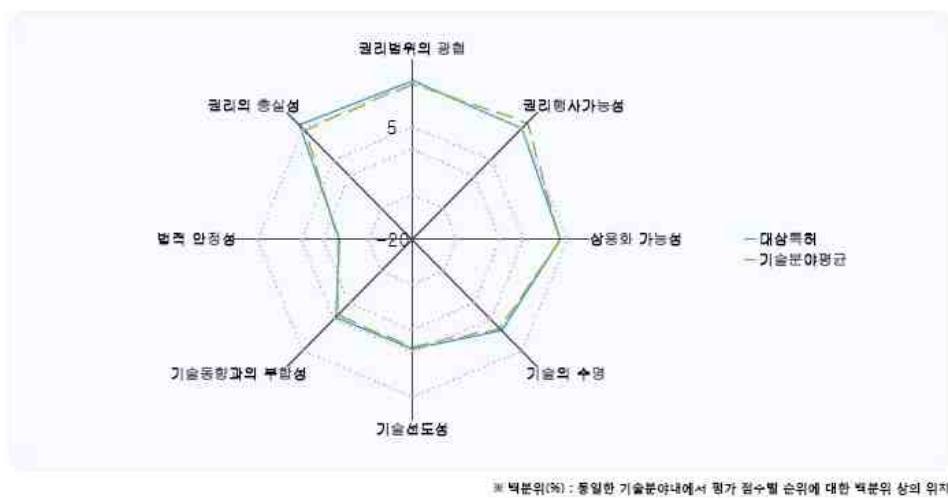


[핵심특허 도면]

○ 특허청 발명진흥회의 특허분석 평가시스템(SMART3)를 활용하여, 미국 등록특허 *****A에 대해 상세분석한 결과, 종합평가점수가 73.1점으로 AA로 평가되었음

- 전체 미국 등록특허 中 상위 4.4%에 위치하는 우수특허임. 특히 청구항 수가 많아 다양한 기술적 관점을 기술하였고, 청구항을 복수 계열로 권리화하여 작성되었음
- 또한, 미국 內 패밀리특허가 1건, 미국 外의 해외 패밀리특허가 10건으로 시장 확보력도 높게 평가됨
- 권리성 27.9점, 기술성 16.8점, 활용성 28.4점으로 전기/전자/IT의 평균인 권리성 24.8점, 기술성 15.1점, 활용성 28.3점에 비하여 권리성, 기술성, 활용성 모두 높게 나타남

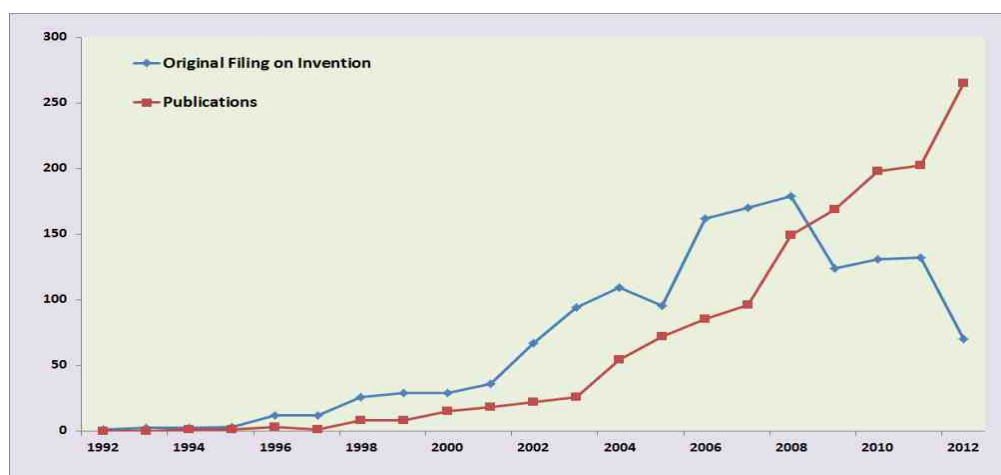
평가지표	점수	등급	대분류(전기/전자/IT)			중분류(전기/전자/IT)			소분류(디지털통신)		
			백분위(%)	평균	표준편차	백분위(%)	평균	표준편차	백분위(%)	평균	표준편차
권리성 (40점)	27.9	A	11.1	24.8	2.6	11.2	24.8	2.6	17.1	24.8	2.5
기술성 (20점)	16.8	AA	4.8	15.1	0.9	4.9	15.1	0.9	5.4	15.1	1.0
활용성 (40점)	28.4	BB	43.5	28.3	1.6	43.5	28.3	1.6	41.3	28.3	1.7
총점 (100점)	73.1	AA	9.0	68.2	3.9	9.0	68.2	3.9	12.5	69.2	3.9



[핵심특허(*****A) 평가결과]

(바) 특허기술 연계 기술발전 추이

- 2009년부터 기술의 발명(청색선) 대비 해외 공개기술(적색선)이 많다는 점으로 볼 때, 최근 해외시장에서 중요한 기술로 부각 되는 기술 분야임을 알 수 있음
- 또한, 해외 공개기술이 2000년대 중반 이후 급격하게 증가하는 것으로 보아 현재 성장기에 있는 최신 기술 분야임을 알 수 있음

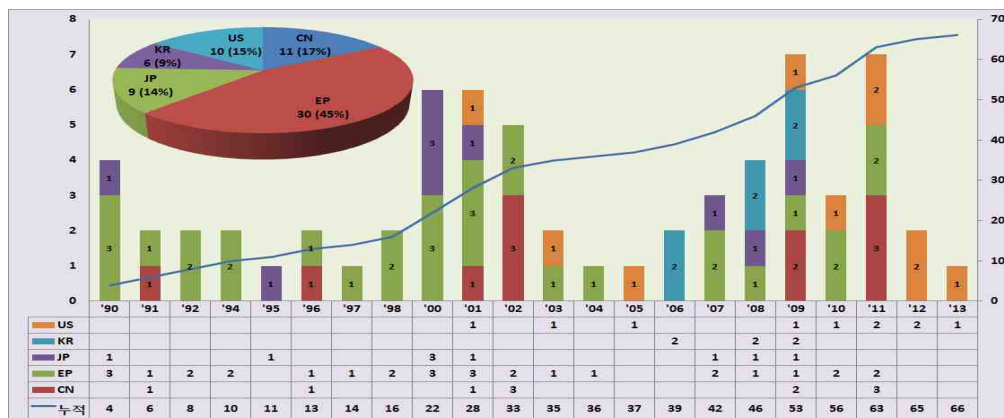


[특허기술 연계 기술발전 추이]

(3) 스마트 열차분리결합 시스템 핵심부품기술

(가) 출원년도 및 국가별 특허출원 동향

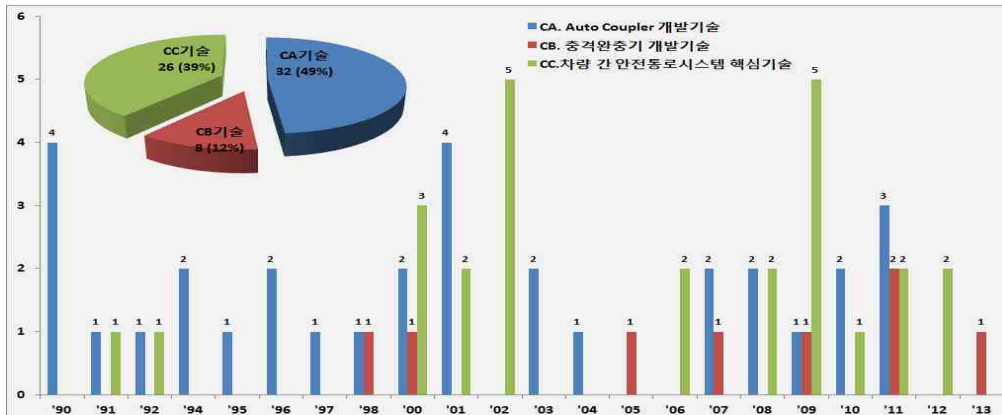
- 차량 핵심부품 기술 분야의 전체적인 특허동향을 살펴보면, 1990년부터 현재 까지 총 66건의 특허가 출원되고 있어 특허 건수는 많지 않지만, 2000년대 중반 들어 특허출원 건수가 다소 증가하고 있는 상황임
- 국가별로는 유럽이 45%로 최다 출원이며, 나머지 국가들은 15% 내외로 비슷한 수준임
- 최다 출원국인 유럽은 2011년 이후 특허출원이 다소 정체상태에 있는 반면, 미국은 전체 특허의 70%를 2009년 이후에 출원하고 있어 최근 기술 상승세가 매우 높게 나타나고 있음
- 우리나라는 출원 건수도 많이 미흡하며 2009년 이후 관련 특허를 출원하지 못하고 있어, 향후 관련 분야 기술개발이 절실한 상황임을 알 수 있음



[출원년도 및 국가별 출원추이]

(나) 세부기술별 특허출원 동향

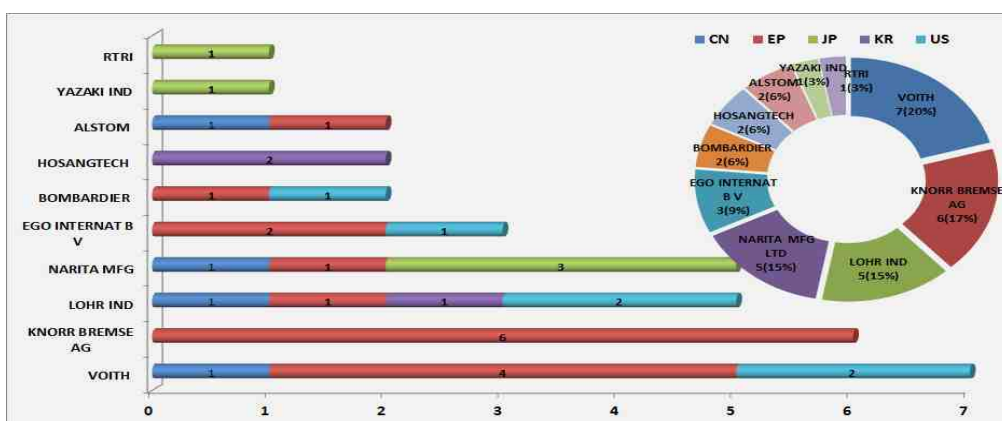
- Auto Coupler 개발기술(CA기술) 분야가 특허 출원건수가 가장 많으며 최근에도 높은 수준의 특허 출원건수를 유지하고 있음
- 차량 간 안전통로시스템 핵심기술(CC기술) 분야가 두 번째로 특허 출원이 많으며, 최근 까지 年 2~3건씩 특허 출원이 꾸준히 되고 있음



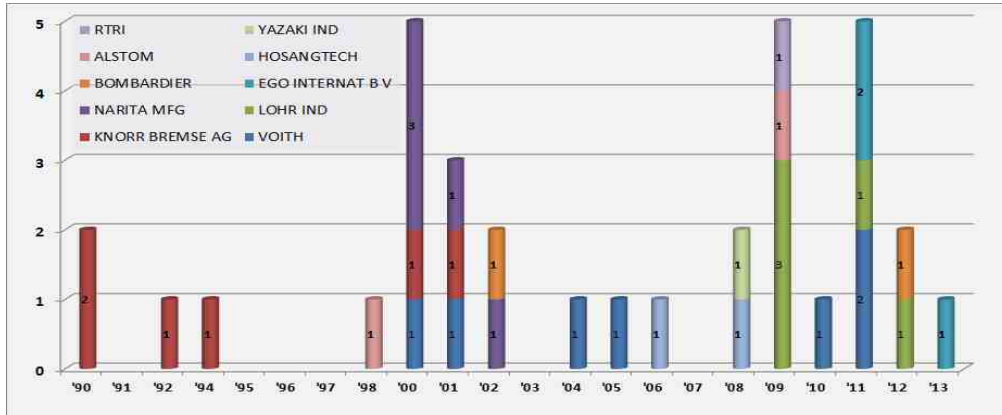
[세부기술별 특허출원동향]

(다) 주요 출원인 분석

- 차량 핵심부품 기술 분야 전반에 걸쳐 많은 특허를 출원한 상위 10개의 출원인을 분석한 결과, 유럽 VOITH, KNORR BREMSE AG, LOHR IND, EGO INTERNAT B V 등의 철도관련 회사들이 출원을 많이 하고 있음
- 한국의 경우 HOSANGTECH 1개 업체에 불과해 관련 기술이 많이 부족한 상황이며, KRRI의 경우 특허가 전혀 없어 관련 분야 기술개발이 시급한 상황임
- 주요 출원인의 연도별 특허출원을 보면 최다 출원인인 VOITH는 꾸준하게 특허를 출원하고 있으며, 최근에는 LOHR IND, EGO INTERNAT B V, BOMBARDIER 등이 많은 특허를 출원하고 있음을 알 수 있음



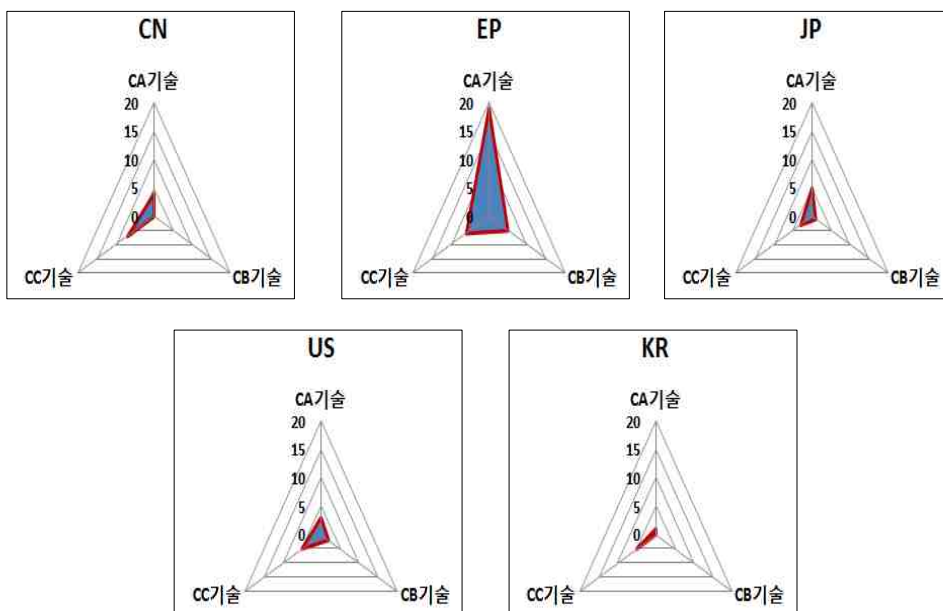
[주요 출원인 동향]



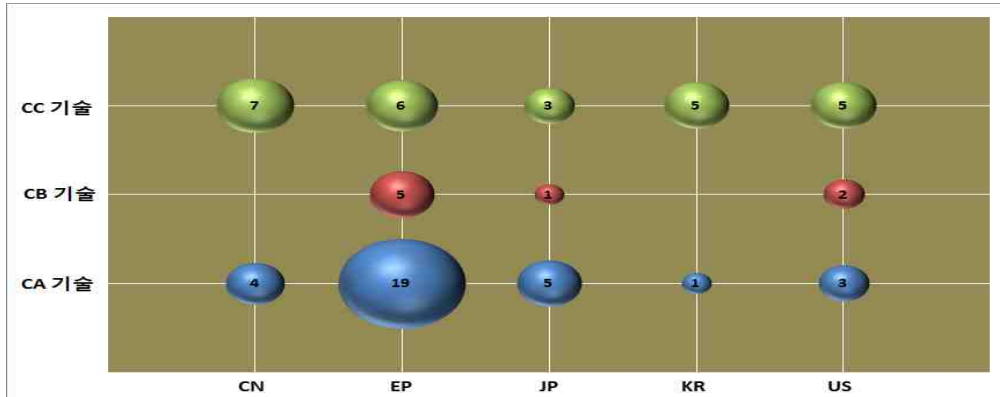
[연도별 주요 출원인 동향]

(라) 국가별 기술 분포

- 출원국가별 세부기술 특허분포를 살펴본 결과 유럽은 전반적으로 모든 기술분야에 높은 수준의 특허를 보유하고 있으며, 특히 Auto Coupler 개발기술(CA기술)이 다른 분야에 비해 높게 나타나고 있음
- 일본도 유럽과 마찬가지로 Auto Coupler 개발기술(CA기술) 분야 특허가 많이 나타나고 있으며, 미국, 중국은 차량 간 안전통로시스템 핵심기술(CC기술) 분야가 타 분야에 비해 높은 기술 분포를 보이고 있음
- 한국의 경우 차량 간 안전통로시스템 핵심기술(CC기술) 분야는 다른 국가들과 비슷한 수준이지만, CA/CB기술은 가장 낮은 수준으로 향후 기술 확보가 시급한 상황임



[국가별 기술분포(방사형)]



[기술별/국가별 기술분포(버블형)]

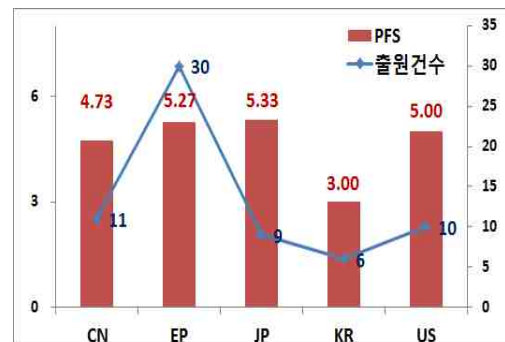
(마) 국가별 특허분포 지수분석

○ 시장확보지수 (PFS : Patent Family Size)

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

○ (분석결과)

- 일본의 시장확보지수(PFS)가 5.33으로 가장 높게 나타남
- 일본과 비슷한 수준으로 미국, 유럽의 시장확보력이 높게 나타남
- 하지만, 유럽의 경우 특허 건수에 비해 시장확보력이 낮게 나타나고 있음
- 한국은 특허 출원건수도 적고, 시장확보력도 가장 낮은 것으로 평가됨



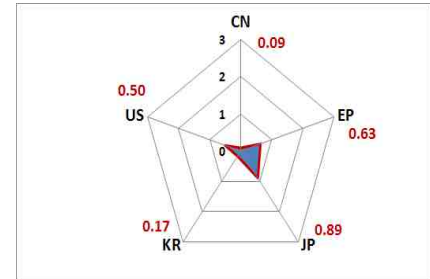
[국가별 출원건수 및 시장확보지수]

○ 인용도지수 (CPP : Cites Per Patent)

- (지표 설명) 특정 국가의 특허들이 이후 등록되는 특허들에 의해 인용되는 회수가 많을수록 기술경쟁력이 높으므로, 인용도지수(CPP)가 클수록 원천특허/핵심특허를 많이 보유한 정도를 나타내는 지표로 사용함
- (계산식) 국가별 인용도 지수(CPP) = ($\sum$ 해당국가 특허별 피인용수) / 해당국가 특허건수

(분석결과)

- 일본의 인용도지수(CPP)가 0.89로 가장 높게 나타나 원천특허/핵심특허를 많이 보유한 것으로 판단할 수 있음
- 반면, 유럽은 특허건수에 비해 인용도지수(CPP)가 많이 낮아, 원천특허/핵심특허 비중이 상대적으로 낮은 것으로 판단할 수 있음



[국가별 인용도지수]

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

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

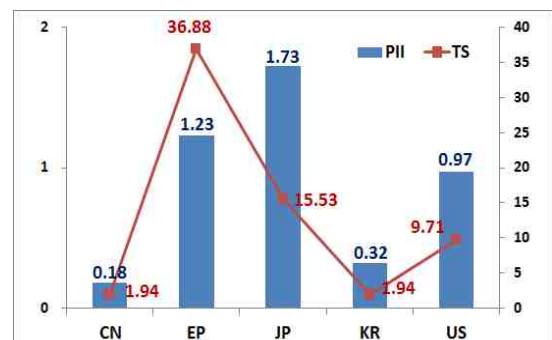
• (계산식)

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

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

(분석결과)

- 일본의 영향력지수(PII)가 1.73으로 가장 높게 나타나 질적 수준에서 가장 경쟁력 있는 것으로 보여짐
- 양적 수준(특허건수)을 고려한 기술력지수(TS)에서는 유럽이 36.88로 다른 나라에 비해 월등하게 높게 나타남
- 우리나라는 영향력지수, 기술력 지수 모두 최하위 수준으로, 향후 지속적인 기술역량 강화가 필요함



[국가별 영향력지수 및 기술력지수]

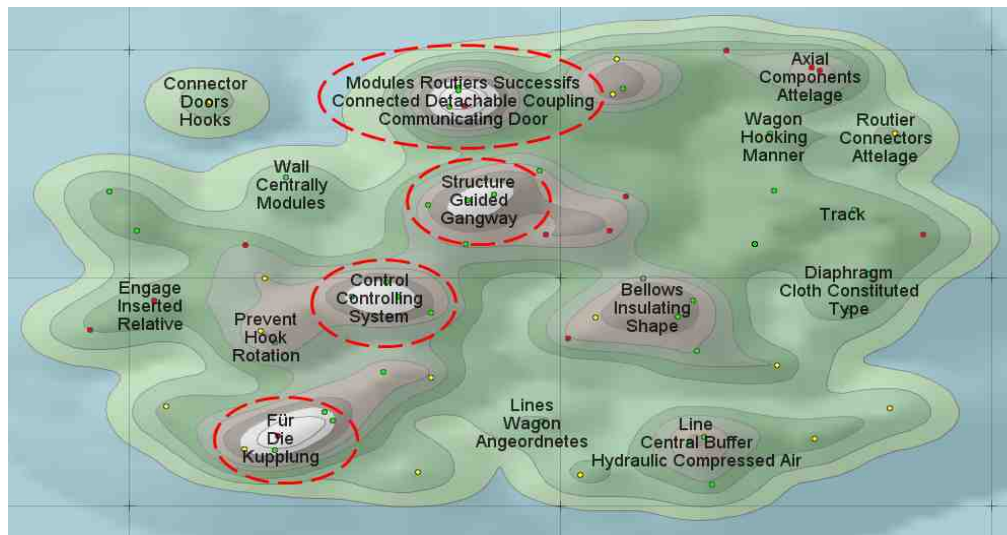
(바) 기술분야 특허 분포도

○ Text mining을 통한 특허 분포

- 도심 내 철도시설물을 이용한 공동물류시스템 기술관련 검색결과 결과 1,310건 중 검색 특허 중 최종 66건의 유효 특허기술이 분포함
- 등고선 꼭지점이 높은 Control/Controlling/System, Structure/Guided/Gangway, Fur/Die/Kupplung, Modules routlers successifs/Connected Detachable Coupling/Communicating Door 등 4개 기술에 특허가 많이 분포하고 있어 관련

분야가 기술 집중도가 높은 기술임을 알 수 있음

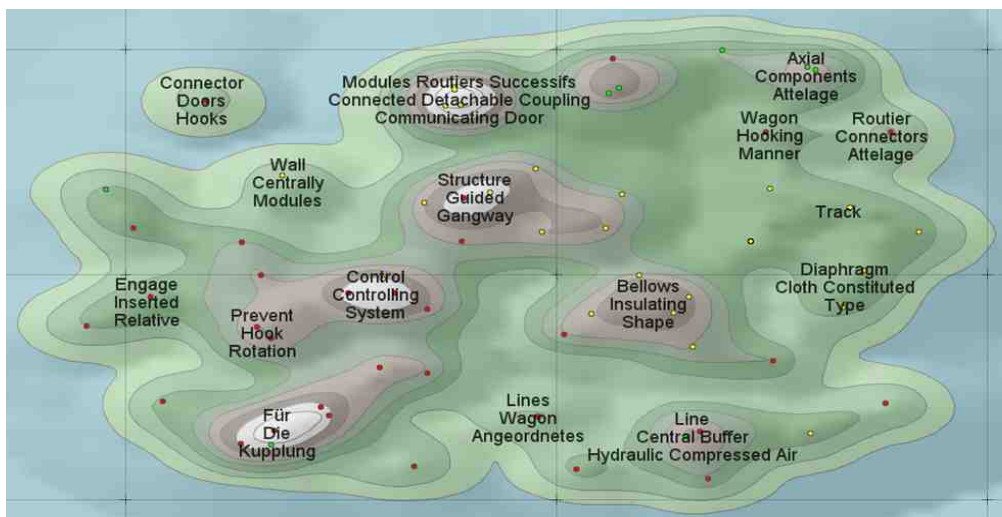
- 특히 최근 특허기술 분석결과 SHOCK-ABSORBING COUPLER HEAD FOR A COUPLING ARRANGEMENT, Deformable assembly for use on end of beam plates of railway rolling base in railway vehicle 등이 많이 나타나고 있어 관련기술이 최근 동향임을 알 수 있음



[특허 등고선 맵]

○ 핵심기술(중분류 기준)을 통한 특허 분포

- Auto Coupler 개발기술(BA기술) 분야의 경쟁이 치열하며, 유럽 VOITH, KNORR BREMSE AG 등이 관련 기술을 주도하고 있음



■ CA기술. Auto Coupler 기술 ■ CB기술. 충격완충기 기술 ■ CC기술. 차량간 안전통로시스템 기술

[세부기술별 특허 등고선 맵]

(7) 주요 핵심특허 분석

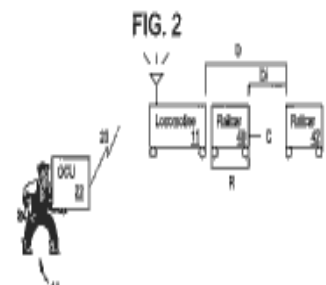
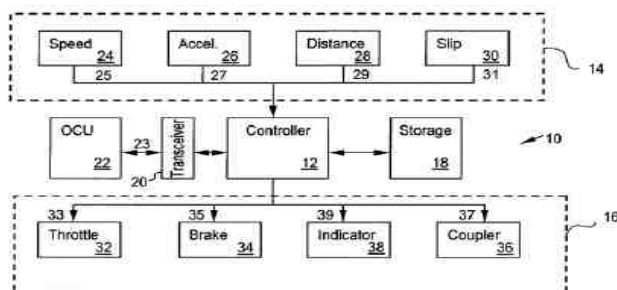
- 검색 특허들이 전반적으로 피인용수가 높지는 않지만, 검색 특허 중에는 자동 연결(Automatic coupling)에 대한 미국 GE의 등록특허 *****B2건의 피인용 건수가 3건으로 가장 많으며, 기타 차량 연결기술, Gangway 등에 대한 특허가 피인용건수가 있는 특허로 나타나고 있음

[주요 핵심특허 현황]

공개번호	발명의 명칭	출원인 정리	피인용수 (Forward)
*****B2	Automatic coupling of locomotive to railcars	GE	3
EP888946B1	Railway vehicle with at least one interchangeable end module	ALSTOM	2
*****A	ELECTRIC CONNECTOR FOR ROLLING STOCK AUTOMATIC COUPLER	AMERICAN STANDARD INC	1
EP537670A1	Bellows for connection of articulated vehicles	MOELLER WERKE GMBH	1
*****A	Passageway cloth for track vehicle and connection corridor	SEITA MFG CO LTD	1
KR746186B1	GANGWAY DIAPHRAGM ASSEMBLY	HOSANGTECH CO LTD	1
*****B2	Automatic central buffer for a multi-member rail vehicle	VOITH	1
*****B2	Tracking gate for extended gangway	ALUMINUM LADDER CO	1

○ 핵심특허 심층분석 (예시)

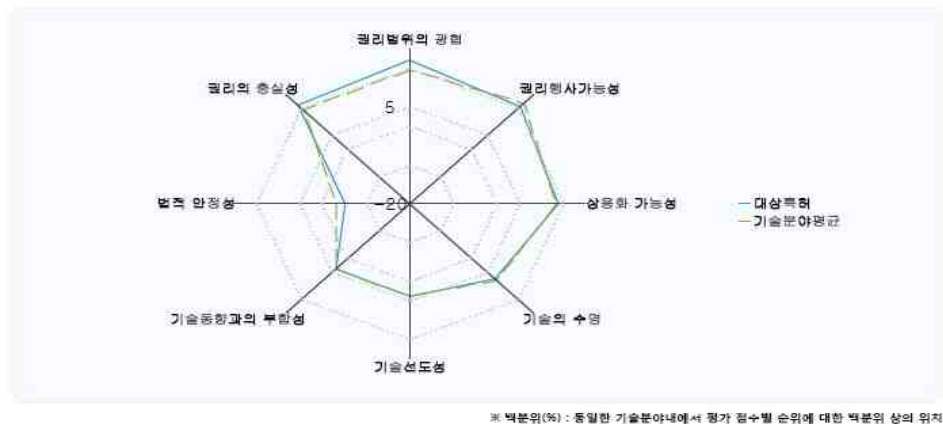
- 피인용수가 가장 많은 GE의 미국 등록특허 *****B2건은 철도 결합 작업 모니터링 및 신호생성 감지기 센서 등을 통한 열차 결합제어장치에 관한 특허임
- 2003년 2월 6일 출원 후 현재까지 유지되고 있어 향후 연구 분야 설정 또는 침해대상특허 조사 등에 있어서 미국특허를 면밀히 검토하는 것이 필요함



[핵심특허 도면]

- 특허청 발명진흥회의 특허분석 평가시스템(SMART3)를 활용하여, 미국 등록특허 *****B2에 대해 상세 분석한 결과, 종합평가점수가 72점으로 A로 평가되었음
- 전체 미국 등록특허 中 상위 14.6%에 위치하는 우수특허이며, 청구항 수가 28개로 평균보다 많아 다양한 기술적 관점을 권리화한 것이 특징임
- 세부적으로는, 권리성 27.9점, 기술성 15점, 활용성 29.2점으로 전기/전자/IT의 평균인 권리성 24.8점, 기술성 15.1점, 활용성 28.3점에 비하여 권리성과 활용성은 높게 평가되었으며 기술성은 상대적으로 낮게 평가됨
- 다만, 미국 內 패밀리특허가 2건, 미국 外의 해외 패밀리특허가 2건으로 아직 관련 시장확보력은 높지 않을 것으로 판단됨

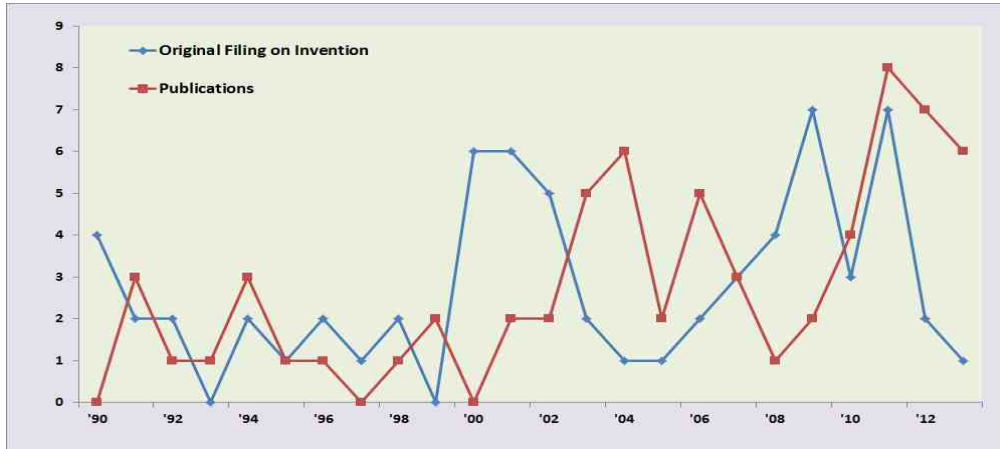
평가지표	점수	등급	대분류(전기/전자/IT)			중분류(기구1)			소분류(기구제어)		
			백분위(%)	평균	표준편차	백분위(%)	평균	표준편차	백분위(%)	평균	표준편차
권리성 (40점)	27.9	A	11.2	24.8	2.6	9.4	24.6	2.7	9.4	24.6	2.7
기술성 (20점)	15	BB	48.4	15.1	0.9	45.3	15.0	0.9	45.3	15.0	0.9
활용성 (40점)	29.2	A	21.2	28.3	1.6	21.9	28.3	1.7	21.9	28.3	1.7
총점 (100점)	72	A	14.6	68.2	3.9	13.1	67.9	4.1	13.1	67.9	4.1



[핵심특허(*****B2) 평가결과]

(사) 특허기술 연계 기술발전 추이

- 2010년부터 기술의 발명(청색선) 대비 해외 공개기술(적색선)이 많다는 점으로 볼 때, 최근 해외시장에서 중요한 기술로 부각 되는 기술 분야임을 알 수 있음
- 또한, 특허 출원 건수는 많지 않지만 꾸준히 출원되고 있는 것으로 보아 계속적으로 주목받고 있는 기술 분야임을 알 수 있음



[특허기술 연계 기술발전 추이]

(4) 스마트 열차분리결합 시스템 운영기술

(가) 열차 분리결합 운영기술 분야 기술의 특허출원 동향 분석을 위해 해당 기술을 3개의 세부기술로 분류하여 특허를 검색하였음

○ 1) 상호운영(Reciprocal operation) 2) 직결운행(Direct Operation) 3) 가변운영 (Flexible operation)

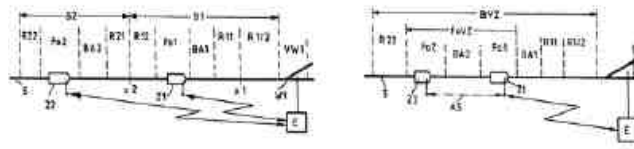
(나) 분류된 기술별 특허를 검색한 결과 총 7건의 유효특허에 불과하여, 표나 그래프 등으로 도식화하는 것이 불가능하여 유효특허 현황만 기술하였음

[유효특허 현황]

공개번호	발명의 명칭	출원인 정리	피인용수 (Forward)
*****B1	Method for reducing data in railway operation	SIEMENS AG	17
*****B2	System for, and method of, monitoring the movement of mobile items	CONTIGO SOLUTIONS INC	12
*****B2	System for, and method of, monitoring the movement of mobile items	CONTIGO SOLUTIONS INC	11
*****B2	System and method to provide communication-based train control system capabilities	GEN ELECTRIC	9
*****B2	System for, and method of, monitoring the movements of mobile items	GUARDIAN MOBILE MONITORING SYS	9
*****B2	Tracking gate for extended gangway	ALUMINUM LADDER CO	1
*****256A	THE TRACK SIGNAL INTERLOCKING CONTROL SYSTEM OF MULTI TRAIN SIMULATOR, AND OPERATING METHOD THEREOF	DAEATI CO LTD	0
*****102A	AUTOMATIC TRAIN OPERATING DEVICE	NIPPON SIGNAL CO LTD	0

(다) 핵심특허 심층분석

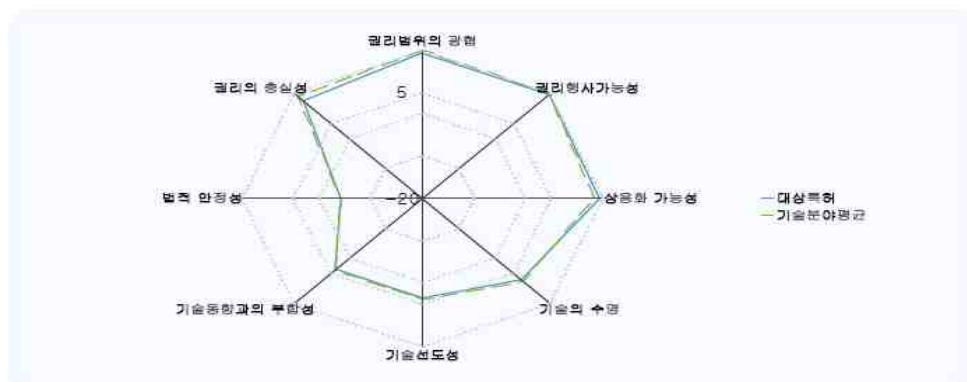
- 피인용수가 가장 많은 SIEMENS AG의 미국 등록특허 *****B1건은 결합 (Coupling) 차량의 운행 시 데이터 트래픽 감소방법에 관한 특허임
- 2000년 3월 16일 출원 후 현재까지 유지되고 있어 향후 연구 분야 설정 또는 침해대상특허 조사 등에 있어서 미국특허를 면밀히 검토하는 것이 필요함



[핵심특허 도면]

- 특허청 발명진흥회의 특허분석 평가시스템(SMART3)를 활용하여, 미국 등록특허 *****B1에 대해 상세 분석한 결과, 종합평가점수가 65.7점으로 CCC로 평가되었음
- 전체 미국 등록특허 中 상위 87.1%에 위치하는 기술이며, 권리성 22.4점, 기술성 14.3점, 활용성 29점으로 기계분야의 평균인 권리성 24.7점, 기술성 15.3점, 활용성 29.8점에 비하여 모든 분야에서 낮게 나타나고 있음
- 다만, 미국 內 패밀리특허가 1건, 미국 外의 해외 패밀리특허가 6건으로 해외 특허망을 형성하고 있어, 향후 시장확보력은 커질 가능성이 있을 것으로 판단됨

평가지표	점수	등급	대분류(기계)			중분류(기계)			소분류(운송)		
			백분위(%)	평균	표준편차	백분위(%)	평균	표준편차	백분위(%)	평균	표준편차
권리성 (40점)	22.4	CCC	81.3	24.7	2.7	81.6	24.7	2.6	81.8	24.7	2.5
기술성 (20점)	14.3	CCC	84.7	15.3	0.9	84.6	15.3	0.9	85.4	15.3	0.9
활용성 (40점)	29	CCC	78.1	29.8	1.4	78.4	29.8	1.4	78.2	29.8	1.3
총점 (100점)	65.7	CCC	87.1	69.8	4.0	87.6	69.7	3.8	87.7	69.5	3.6



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

[핵심특허(*****B1) 평가결과]

5. 논문분석

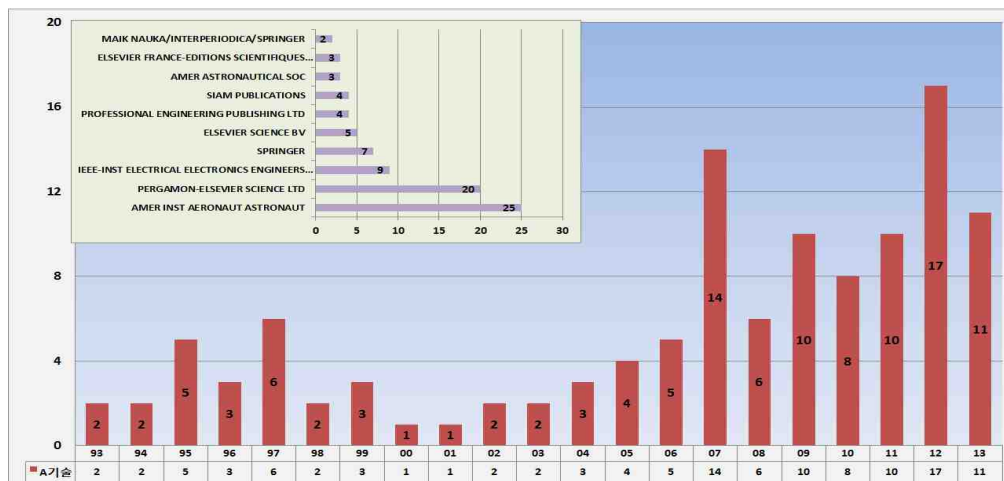
가. 논문분석 개요

논문은 Web of Science, Thomson Innovation DB를 기준으로 1990.01.01.~2013.06.18.기간동안 게재된 논문을 대상으로 스마트 열차분리결합시스템의 각 요소기술 별로 조사분석하였다.

(1) 스마트 열차분리결합시스템 핵심제어기술

(가) 연도별 논문 발표 추이 및 주요등재저널 동향

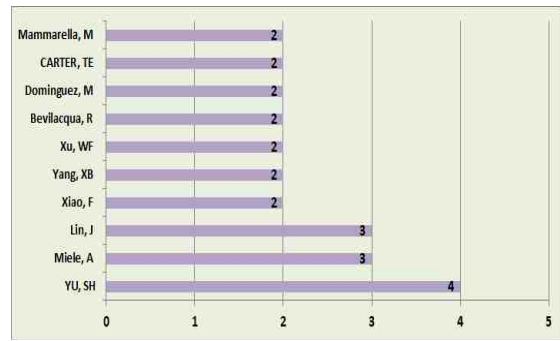
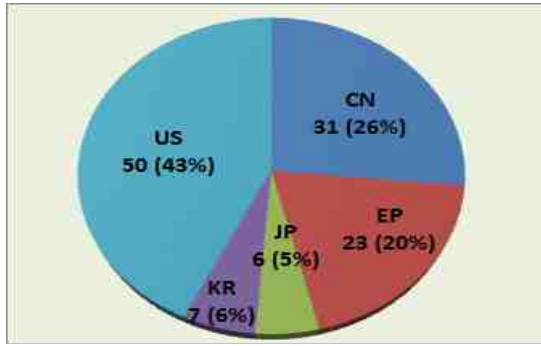
- 열차제어 핵심기술 분야 논문 추이를 살펴보면, 1990년부터 현재까지 총 117건의 논문이 발표되고 있으며, 2000년대 중반 이후 논문이 급격하게 증가하는 추세를 보이고 있음
- 저널별 논문현황을 보면 AMER INST AERONAUT ASTRONAUT, PERGAMON-ELSEVIER SCIENCE LTD 등 유럽과 미국의 저널에서 많은 논문이 발표되고 있음



[연도별 논문 발표 추이 및 주요 등재 저널]

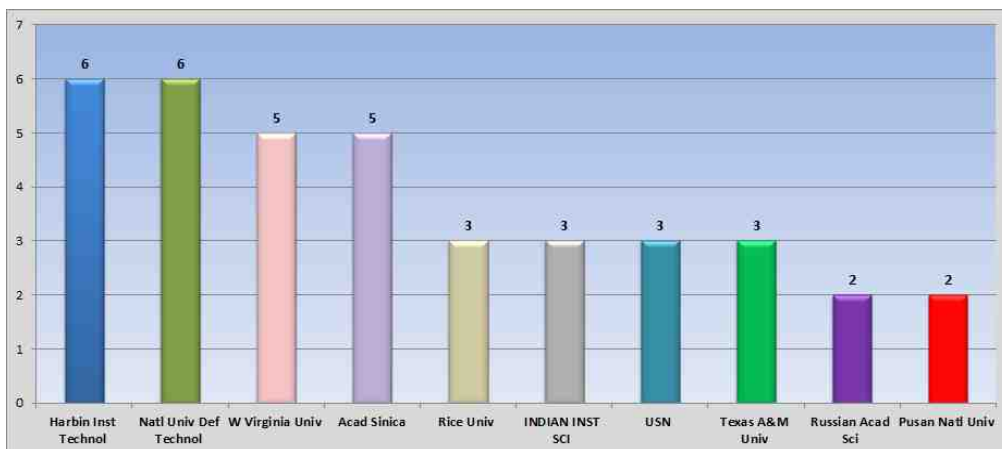
(나) 국가별, 주요연구기관, 주요저자 분석

- 국가별 현황을 보면 미국이 가장 높고, 중국이 두 번째이며 한국은 가장 낮은 수준임
- 논문 발표 주요저자를 보면 중국 Acad Sinica의 YU, SH 박사가 4건으로 최다 저자이며, Rice Univ의 Miele, A교수가 3건으로 두 번째 최다저자임.



[논문 발표 주요 저자]

- 주요 연구기관별 논문분석 결과, 중국의 Harbin Inst Technol과 Natl Univ Def Technol이 각각 6건으로 이 분야 최다 연구기관이며, 한국의 경우 Pusan Natl Univ가 2건으로 관련 분야 연구를 수행하고 있음



[논문 발표 주요 연구기관]

(다) 주요 핵심논문 분석

- 우주선의 선형 추진력 랑데부와 관련된 CARTER, TE(美 WORCESTER POLYTECH)박사의 논문이 피인용 43건으로 가장 많음
- 기타 우주선 랑데부 및 도킹시스템 등과 관련된 논문이 피인용수가 높은 것으로 보아 핵심 논문 분야로 파악할 수 있음

[주요 핵심논문 현황]

번호	논 문 제 목	저 널 명	발표년도	피인용수
1	LINEARIZED IMPULSIVE RENDEZVOUS PROBLEM	SPRINGER	1995	43
2	The multi-agent rendezvous problem. Part 1: The synchronous case	SIAM PUBLICATIONS	2007	42
3	Relative position and attitude estimation and control schemes for the final phase of an autonomous docking mission of spacecraft	PERGAMON-ELSEVIER SCIENCE LTD	2003	32
4	Navigation analysis for Eros rendezvous and orbital phases	AMER ASTRO-NAUTICAL SOC	1995	31
5	Near-earth asteroid rendezvous: Mission overview	AMER GEO-PHYSICAL UNION	1997	28
6	The multi-agent rendezvous problem. Part 2: The asynchronous case	SIAM PUBLICATIONS	2007	23
7	LEVEL SETS OF VISCOSITY SOLUTIONS - SOME APPLICATIONS TO FRONTS AND RENDEZVOUS PROBLEMS	SIAM PUBLICATIONS	1994	22
8	Adaptive output feedback control for spacecraft rendezvous and docking under measurement uncertainty	AMER INST AERONAUT ASTRONAUT	2006	21
9	History of Space Shuttle rendezvous and proximity operations	AMER INST AERONAUT ASTRONAUT	2006	20
10	Orbital rendezvous and flyaround based on null controllability with vanishing energy	AMER INST AERONAUT ASTRONAUT	2007	19

○ 핵심논문 심층분석

- SCI 논문 : 「LINEARIZED IMPULSIVE RENDEZVOUS PROBLEM」
- 저널명 : SPRINGER, 1995
- 저자 : CARTER, TE (美 WORCESTER POLYTECH)
- 주요 내용 : 우주선 피사체의 랑데부 시 발생하는 선형 추진력과 관련된 문제 해결

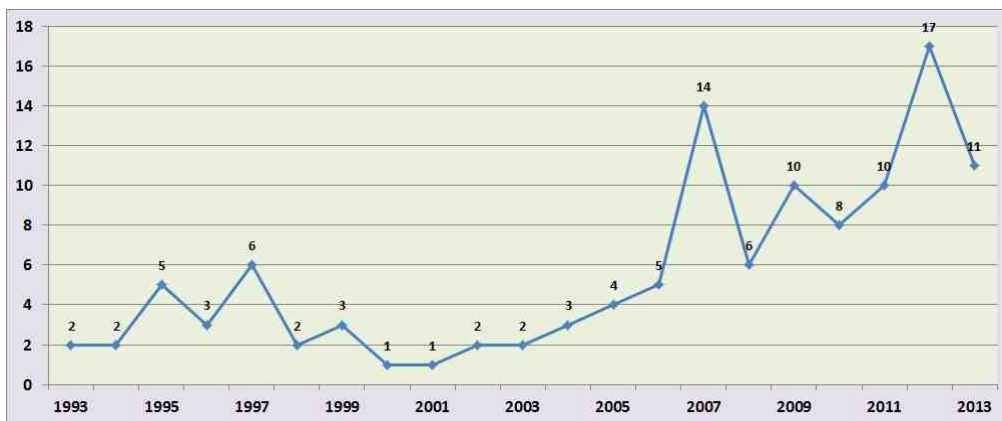
○ 최근 3년 內 발표 논문 중 피인용수가 높은 논문(Hot Paper)도 역시 핵심논문과 마찬가지로 우주선 랑데뷰, 철도 에너지 절감 등에 관한 논문이 주로 발표되고 있어 관련 분야 연구가 최근 주목받고 있는 분야임을 알 수 있음

[3년 內 발표논문 중 피인용수 높은 논문(Hot Paper) 현황]

번호	논 문 제 목	저 널 명	발표 년도	피인용수
1	Finite-Time Rendezvous Algorithms for Mobile Autonomous Agents	IEEE-INST ELEC- TRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC	2011	10
2	Fuel Optimization for Continuous-Thrust Orbital Rendezvous with Collision Avoidance Constraint	AMER INST AERONAUT ASTRONAUT	2011	4
3	Optimal design of metro automatic train operation speed profiles for reducing energy consumption	PROFESSIONAL ENGINEERING PUBLISHING LTD	2011	2
4	Co-ordinated rendezvous of unmanned air vehicles to a formation using a sliding mode approach	PROFESSIONAL ENGINEERING PUBLISHING LTD	2011	1
5	Model Predictive Control approach for guidance of spacecraft rendezvous and proximity maneuvering	WILEY-BLACKWELL	2012	1

(라) 논문발표 연계 기술발전 추이

- 열차제어 핵심기술 분야의 논문 발표추이를 통해 시장 발전단계 위치를 추정하면 2000년대 중반이후 급격하게 성장하고 있으며, 전반적으로 우상향하는 추세를 보이고 있어 성장기에 있는 기술 분야임을 알 수 있음

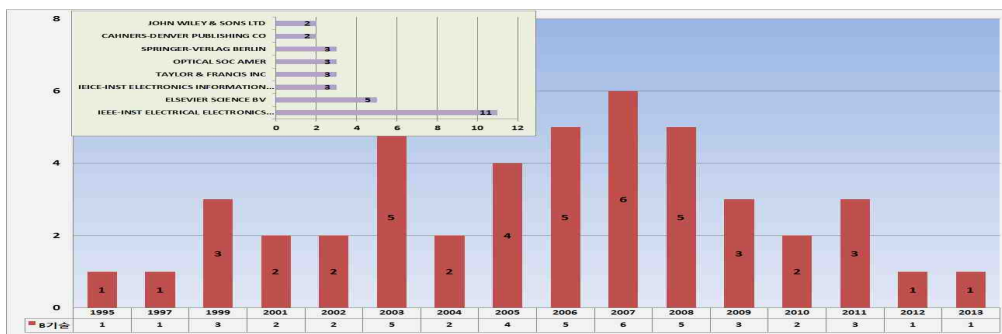


[논문 발표 연계 기술발전 추이]

(2) 스마트 열차분리결합 총괄네트워크 기술

(가) 연도별 논문 발표 추이 및 주요등재저널 동향

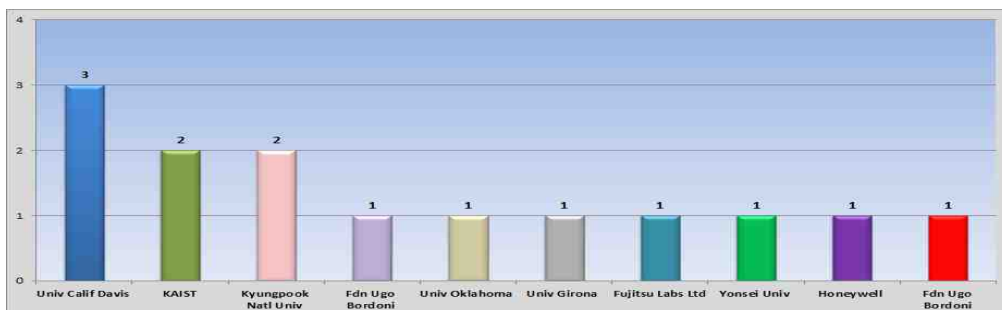
- 열차 신호/통신 핵심기술 분야 논문 추이를 살펴보면, 1990년부터 현재까지 총 46건의 논문이 발표되고 있어 논문 건수는 많지 않지만 年 5건 내외로 꾸준히 특허가 출원되고 있는 상황임
- 저널별 논문현황을 보면 IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC, ELSEVIER SCIENCE BV 등 유럽과 미국의 저널에서 많은 논문이 발표되고 있음



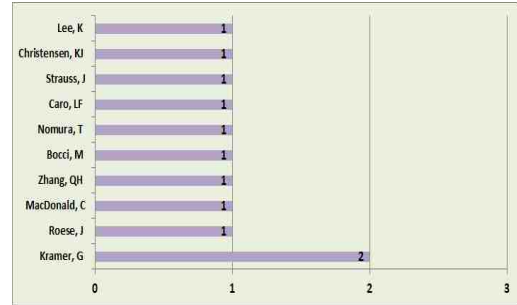
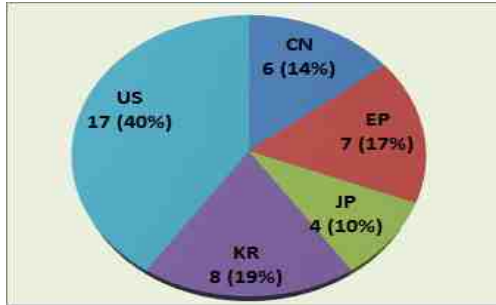
[연도별 논문 발표 추이 및 주요 등재 저널]

(나) 국가별, 주요연구기관, 주요저자 분석

- 국가별 현황을 보면 미국이 가장 높고, 한국, 유럽, 중국, 일본의 순으로 발표 건수가 많음
- 논문 발표 주요저자를 보면 미국 Univ Calif Davis의 Kramer, G교수가 2건으로 최다 저자임
- 주요 연구기관별 논문분석 결과 미국 Univ Calif Davis가 3건으로 이 분야 최다 연구기관이며, 한국의 경우 KAIST, 경북대, 연세대 등이 관련 분야 연구를 수행하고 있음



[논문 발표 주요 연구기관]



[논문 발표 주요 저자]

(다) 주요 핵심논문 분석

- 이더넷 네트워크와 관련된 Kramer, G(美 Univ Calif Davis)교수의 논문이 피인용 262건으로 가장 많음
- 기타 피인용수가 높은 논문은 전부 이더넷 네트워크와 관련된 논문으로 이 분야 논문이 피인용수가 높은 것으로 보아 현재 주목받는 기술임을 알 수 있음

[주요 핵심논문 현황]

번호	논문 제목	저널명	발표년도	피인용수
1	Ethernet passive optical network (EPON): Building a next-generation optical access network	IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC	2002	262
2	Ethernet PON (ePON): Design and analysis of an optical access network	KLUWER ACADEMIC PUBL	2001	159
3	Compensation for transmission delays in an Ethernet-based control network using variable-horizon predictive control	IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC	2006	52
4	ETHERNET PASSIVE OPTICAL NETWORK ARCHITECTURES AND DYNAMIC BANDWIDTH ALLOCATION ALGORITHMS	IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC	2008	39
5	Optical network design for a multiline-rate carrier-grade ethernet under transmission-range constraints	IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC	2008	19
6	Metropolitan ethernet network: A move from LAN to MAN	ELSEVIER SCIENCE BV	2007	13
7	Network partition for switched industrial Ethernet using genetic algorithm	PERGAMON-ELSEVIER SCIENCE LTD	2007	9
8	Network traffic behaviour in switched Ethernet systems	ELSEVIER SCIENCE BV	2004	9
9	Confronting the performances of a switched Ethernet network with industrial constraints by using the network calculus	JOHN WILEY & SONS LTD	2005	9
10	A neural network approach to QoS management in networked control systems over ethernet	SPRINGER-VERLAG BERLIN	2006	7

○ 핵심논문 심층분석

- SCI 논문 : 「Ethernet passive optical network (EPON): Building a next-generation optical access network」
- 저널명 : IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC, 2002
- 저자 : Kramer, G (美 Univ Calif Davis)
- 주요 내용 : 이더넷 수동 광네트워크 등을 결합한 새로운 액세스 아키텍처에 대한 설명

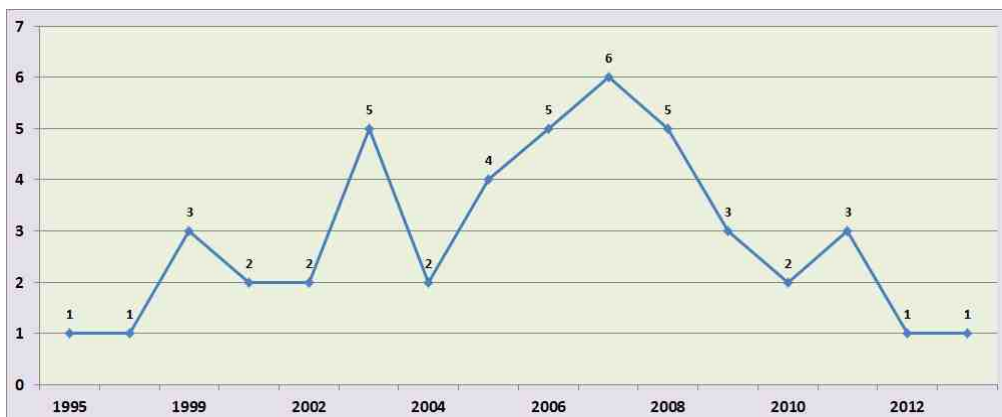
○ 최근 3년 內 발표 논문 중 피인용수가 높은 논문(Hot Paper)도 핵심논문과 마찬가지로 이더넷 네트워크에 관한 논문이 주로 발표되고 있어 이 분야 연구가 최근 주목받고 있는 분야임을 알 수 있음

[3년 內 발표논문 중 피인용수 높은 논문(Hot Paper) 현황]

번호	논 문 제 목	저 널 명	발표 년도	피인 용수
1	Efficient Ethernet Ring Mesh Network Design	IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC	2011	6
2	Optical Transport Network Evolving with 100 Gigabit Ethernet	IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC	2010	2

(라) 논문발표 연계 기술발전 추이

○ 열차 신호/통신 핵심기술 분야의 논문 발표추이를 통해 시장 발전단계 위치를 추정하면 논문 발표건수는 적지만 꾸준히 발표되고 있으며, 2000년대 중반 이후 논문이 증가된 것으로 보아 최근 주목받는 기술로 판단할 수 있음



[논문 발표 연계 기술발전 추이]

(3) 스마트 열차분리결합시스템 핵심부품기술개발

- 차량 핵심부품기술 분야 기술의 논문 동향 분석을 위해 해당 기술을 3개의 세부기술로 분류하여 논문을 검색하였음
- 1) Auto Coupling 기술(Auto Coupling Technology) 2) 충격완충기 기술(absorber technology) 3) 차량 간 안전통로시스템 핵심기술(safety passageway(gangway) between rolling stocks)
- 분류된 기술별 논문을 검색한 결과 총 12건의 유효논문에 불과하여, 표나 그래프 등으로 도식화하는 것이 불가능하여 유효논문 현황만 기술하였음.

[유효논문 현황]

순번	논문 제목	발표년도	저널명	피인용수
1	Dynamic modelling of planetary gears of automatic transmissions	2008	PROFESSIONAL ENGINEERING PUBLISHING LTD	9
2	A new shock absorber model for use in vehicle dynamics studies	2005	TAYLOR & FRANCIS INC	5
3	Fluid formulae for damping changeability conceptual design of railway semi-active hydraulic dampers	2009	PERGAMON-ELSEVIER SCIENCE LTD	3
4	A new type of hydraulic shock absorber using electrorheological fluid – Countermeasures for electric current blocked	1998	JAPAN SOC MECHANICAL ENGINEERS	2
5	Failure analysis of automatic coupler SA-3 in railway carriages	2007	PERGAMON-ELSEVIER LTD	2
6	PRINCIPLES FOR MODELLING TECHNOLOGICAL PROCESSES INVESTIGATION INTO THE STRENGTH AND DURABILITY OF AUTOMATIC COUPLER SA-3 IN RAILWAY CARRIAGES	2009	VILNIUS GEDIMINAS TECH UNIV	2
7	Advances on railway yaw damper characterisation exposed to small displacements	2006	INDERSCIENCE ENTERPRISES LTD	1
8	The development and testing of rail-vehicle buffers filled with elastomer spring packages	2000	ASSOC MECHANICAL ENGINEERS TECHNICIANS SLOVENIA	0
9	A design methodology for a magnetorheological fluid damper based on a multi-stage radial flow mode	2012	IOP PUBLISHING LTD	0
10	Collision behaviour of crashworthy vehicles in rakes	1999	PROFESSIONAL ENGINEERING PUBLISHING LTD	0
11	Non-linear modelling of a gas strut used in ground vehicle suspensions	2007	SAGE PUBLICATIONS LTD	0
12	Non-linear parametric modelling of a high-speed rail hydraulic yaw damper with series clearance and stiffness	2011	SPRINGER	0

○ 핵심논문 심층분석

- SCI 논문 : 「Dynamic modelling of planetary gears of automatic transmissions」
- 저널명 : PROFESSIONAL ENGINEERING PUBLISHING LTD, 2008
- 저자 : Inalpolat, M (Ohio State Univ)
- 주요 내용 : 자동변속 기어의 일반화된 동적 모델을 제안함

(4) 스마트 열차분리결합시스템 운영기술

(가) 열차 분리결합 운영기술 분야 기술의 논문 동향 분석을 위해 해당 기술을 3개의 세부기술로 분류하여 논문을 검색하였음

- 1) 상호운영(Reciprocal operation) 2) 직결운영(Direct Operation) 3) 기변운영 (Flexible operation)

(나) 분류된 기술별 논문을 검색한 결과 총 8건의 유효논문에 불과하여, 표나 그래프 등으로 도식화하는 것이 불가능하여 유효논문 현황만 기술하였음.

[유효논문 현황]

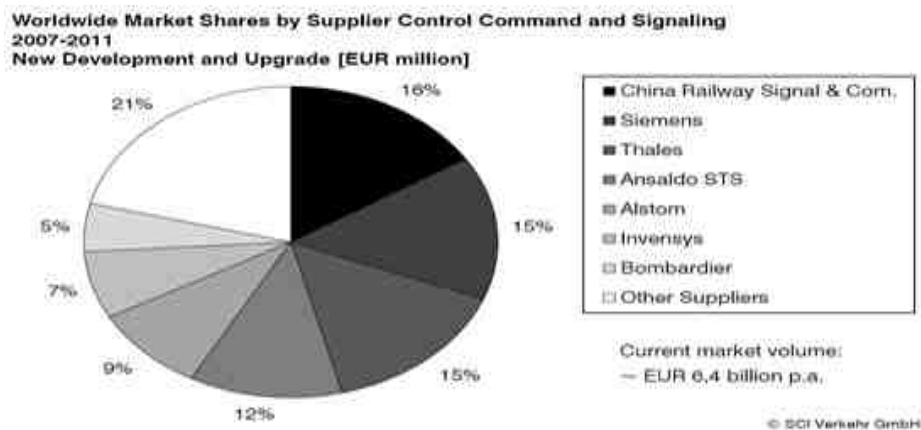
순번	논문 제목	발표년도	저널명	피인용수
1	INTERACTION RESPONSE OF TRAIN LOADS MOVING OVER A TWO-SPAN CONTINUOUS BEAM	2013	IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC	16
2	Modeling and supervisory control of railway networks using Petri nets	2008	ELSEVIER SCIENCE BV	8
3	Using a multi-agent approach to optimise the train coupling and sharing system	2001	PERGAMON-ELSEVIER SCIENCE LTD	13
4	Assessment of flexible timetables in real-time traffic management of a railway bottleneck	2008	MDPI AG	0
5	Integrated Flight Path Planning System and Flight Control System for Unmanned Helicopters	2011	HINDAWI PUBLISHING CORPORATION	0
6	Study on the Stochastic Chance-Constrained Fuzzy Programming Model and Algorithm for Wagon Flow Scheduling in Railway Bureau	2012	TAYLOR & FRANCIS LTD	0
7	Modeling transit vehicle repair duration and active service time	2011	INST TRANSPORTATION	0
8	Increase of metro line capacity by optimisation of track circuit length and location: In a distance to go system	2010	ASSOC MECHANICAL ENGINEERS TECHNICIANS SLOVENIA	0

6. 시장분석

가. 산업현황

(1) 스마트 열차분리결합 핵심제어기술

(가) 신호/제어 관련 쏘세계 신규/개량(New development and upgrade)시장은 64억 유로(2011년 기준, 약 9.2조)로, China Railway signal & com, Siemens, Thales, Ansaldo STS 등이 시장을 주도하고 있음 (※ 출처 : Worldwide Market for railway technology, 2012, 독일 SCI)



[신호/제어 관련 신규/개량분야의 쏘세계 시장 점유율(업체별) - 2011년 기준]

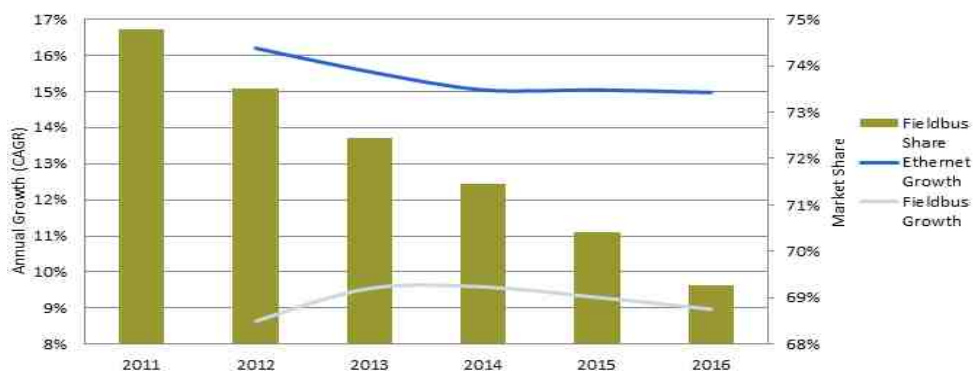
(나) 쏘세계 통신장비 시장(Global Signaling Equipment market)은 2012년에서 2015년사이 年평균 6.1% 증가할 것으로 예상되는데, 이는 주로 데이터 집약적 응용프로그램(data-intensive application)의 도입 증가로 판단됨 (※ 출처 : Global Signaling Equipment market 2011-2015, 2013, market research reports.biz)

(다) 쏘세계 이더넷 액세스 장치(Global Ethernet Access Device market) 시장은 2012년에서 2016년사이 年평균 13.62% 증가할 것으로 예상되는데, 이는 주로 통신 네트워크 백홀 이더넷 액세스 장치 도입의 증가로 판단됨 (※ 출처 : Global Ethernet Access Device Market 2012-2016, 2013, Infiniti Research Limited(Technavio))

(라) 쏘세계 이더넷 스위치(Global Ethernet Switch market) 시장은 2012년에서 2016년사이 年평균 8.21% 증가할 것으로 예상되는데, 이는 주로 10GB 이더넷 스위치에 대한 수요 증가로 판단됨

○ 이 분야 주요 업체로는 알카텔 - 루슨트, Avaya Inc, 시스코 시스템즈, D-Link Corp, HP, 화웨이 테크(주), 주니퍼 네트워크 등이며, 이 업체들이 시장을 주도하고 있음 (※ 출처 : Global Ethernet Switch Market 2011-2015, 2012, Infiniti Research Limited(Technavio))

(마) 전세계 산업용 네트워크 시장에서 필더버스(Fieldbus) 프로토콜은 증가율이 감소하면서 점유율 또한 2011년 75%에서 2016년 69% 수준으로 감소될 것으로 예상되며, 산업용 이더넷(Ethernet)은 높은 증가율이 지속되면서 점유율이 증가될 것으로 예상되고 있음 (※ 출처 : How Sustainable is an Industrial Fieldbus Infrastructure, 2013, IMS Research)



[Industrial Ethernet & Field Growth vs Fieldbus Market Share]

(2) 스마트 열차분리결합 핵심부품기술개발

(가) 국내에서는 유진기공산업(주)가 독일의 Schaku(연결기), 스웨덴의 Dellner(연결기), 영국의 Oleo(유압완충기), 폴란드 Axtone(유압완충기)와 경쟁 또는 협력 관계를 유지하면서 국내 신규차량의 대부분을 담당하고 있다. 그러나, Corn 방식 연결기 및 충격완충장치중 유압완충기에 대한 국산화 기술 미확보로 인하여, 유지보수도래시 전량 국외에서 유지보수를 수행해야하므로, 운영비 증가의 원인이 된다.

(나) 독일 Voith Turbo Schar-FenBerg社에서는 경량전철, 고속철도, 모노레일, 입환열차 등 다양한 목적과 사양에 적합한 많은 종류의 커플러들을 개발하고 있음 (※ 출처 : Connect and protect. Coupler and Front End Systems, Voith Turbo Schar-FenBerg GMBH, 2012.9)

○ Type 10 (Coupler) : 고속철도 적용(High speed Application)



[Type 10 (Coupler)]



[High Speed DMU Velocity, Australia]



[High Speed train Velaro CN, China]



[Pesa Elf EMU, Poland]

○ Type 35 (Coupler) : 도시철도 및 전기철도차량 적용(Metro and all-electric vehicles)



[Type 35 (Coupler)]



[Nanjing metro, China]

○ Type 335 (Coupler) : 경량전철 및 모노레일 적용(Light Rail and Monorail)



[Type 335 (Coupler)]



[Delhi Metro, India]

○ Type 430/530 (Coupler) : 저상트램 및 모노레일(Low-floor urban tram and Monorail)



[Type 430 (Coupler)]



[Halle Lightrail vehicle(tram), Germany]

○ Type 55/140 (Coupler) : 입환열차(Shunting) 및 화물/산업용 열차(Freight wagon/Industrial)



[Type 55 Coupler (for shunting)]



[Type 140 Coupler (for freight wagon)]

[열차 자동분리결합 커플러 (독일 Voith Turbo Schar-FenBerg社)]

(다) 스웨덴의 Dellner社에서는 다양한 타입의 커플러들을 개발하여 50개국 이상에 납품하고 있음 (※ 출처 : Dellner-world leader in train connection system(coupler), DELLNER Report)



LRV:
Retractable Latch Coupler



METRO:
Type 330 Coupler with EFG



Foldable Albert Coupler



Ernst Type Coupler



MAIN LINE:
Type 10 Coupler with Gas Hydraulic Buffer



Type 12 Coupler with Rubber Doughnut

[열차 자동분리결합 커플러 (스웨덴 Dellner社)]

(라) 또한, 2008년에 최초로 커플러를 통해 ethernet network 기반의 고속 데이터 전송시스템(100 Mbit/s)이 가능한 D-REX를 개발하였음

- 이 시스템은 높은 해상도와 주파수를 통해 고화질 미디어 정보, 승객 정보시스템, 진단시스템 등을 가능하게 하여 열차 안전을 위해 첨단 정보를 제공할 수 있게 됨 (※ 출처 : Dellner D-REX-ROBUST HIGH-SPEED ETHERNET Through every car, DELLNER Report)



[D-REX (ethernet connection system)]

- 운영기관의 신규차량 도입계획을 고려할 때, 2017년도부터 수요가 발생할 것으로 가정할 때, 국산화 효과로 약 110억/년의 국산화 대체 효과가 발생한다.
- 국내 차량 도입은 제2차 국가철도망계획에 따라 선로속도, 영업성, 경제성, 차량운용전략에 부합하기 위하여 다음과 같이 계획하고 있다.
- 2018년 동계올림픽수송을 위한 EMU-230이 추가적으로 필요하다. 개폐회식 최대 26,000원, 운용편성 6량(350석/량)으로 차량소요는 예비율 포함하여, 약 18편성이다. 2017년 중부내륙서 수서출발시 EMU230 2편성이, 2019년 수서출발 원강선, 중앙선 운행시 12편성의 추가 소요가 발생한다.

(단위: 편성, 량)

구분	차종	2012년	2015년	2020년	비고
KTX	KTX	46(920)	46(920)	46(920)	
	KTX-산천	24(240)	24(240)	24(240)	
	KTX-신규	-	22(220)	31(310)	
	계	70(1,160)	92(1,380)	92(1,470)	
EMU-230		-	-	180	'17년부터 도입
EMU-150		-	23(138)	23(138)	'13~'14년 도입
새마을호		344	114	34	'17년부터 운행중지
무궁화호	객차	770	751	650	무수차 등 154량 제외
	RDC	100	100	-	
	누리로	8(32)	8(32)	8(32)	
통근열차(CDC)		6(31)	6(31)	-	바다열차 3량 별도
동력차	DL	321	289	248	
	EL	177	200	193	
전동차		2,307	2,439	2,740	
ITX청춘		8(64)	8(64)	8(64)	
화차		12,636	12,408	11,768	

(마) 스웨덴의 Dellner社에서는 실리콘 고무 재질로 내화성이 강하고 고속에서 밀착하여 승객을 안전하게 이송할 수 있는 Gangway를 개발하였음 (※ 출처 : Dellner-world leader in train connection system(Gangway), DELLNER Report)



[Gangway (스웨덴 Dellner社)]

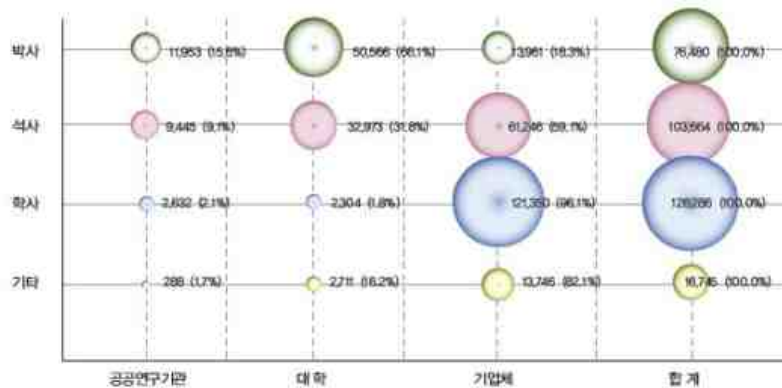
7. 연구인력 인프라

가. 아래 그림은 우리나라 학위별 연구원 수 추이를 나타내는 자료임

나. 2009년 우리나라의 박사 연구원은 전년대비 4.1%(3,036명) 증가한 76,480명

(1) 석사 연구원은 103,664명(32.1%), 학사 연구원은 126,286명(39.1%), 기타 연구원은 16,745명(5.2%)으로 나타남

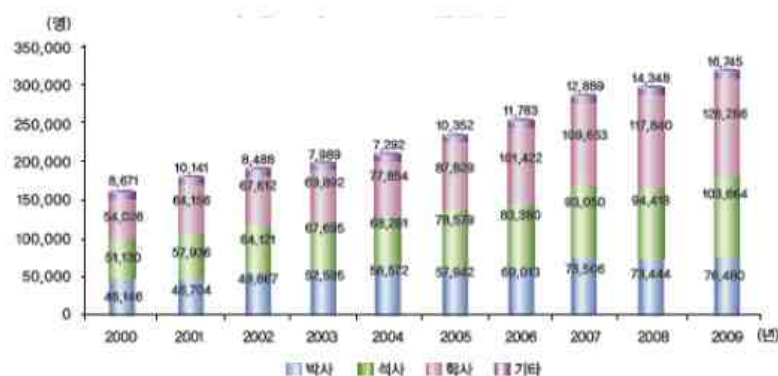
(2) 2000년 이후 박사 연구원의 연평균 증가율은 5.2%, 석사 연구원은 7.3%



▶ 자료원 : 교육과학기술부, 2010 연구개발활동조사보고서

다. 전체 연구원 중 박사 연구원 비중은 전년대비 0.8% 포인트 하락한 23.7%

(1) 석사 연구원 비중은 0.6% 포인트 상승한 32.1%, 학사 연구원 비중은 0.2%포인트 하락한 39.1%임



▶ 자료원 : 교육과학기술부, 연구개발활동조사보고서, 각 연도

라. 2009년 우리나라 박사 연구원의 66.1%인 50,566명이 대학에 집중

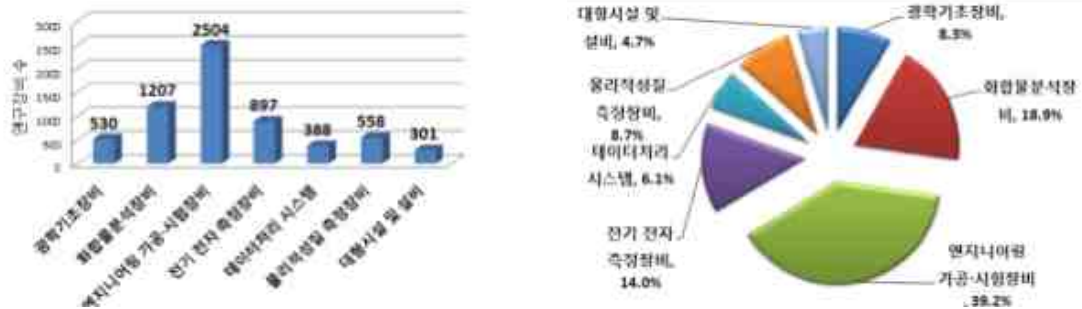
(1) 대학(50,566명)과 공공연구기관(11,953명)에서는 연구원 중 박사 학위자가 가장 많으며, 다음으로 석사, 학사 학위자순으로 나타남

(2) 반면, 기업체는 연구원 중 학사 학위자(121,350명)가 가장 많으며, 박사 학위자(13,961명)는 상대적으로 적음

8. 연구 기자재 인프라

가. 자재 인프라 현황

- (1) 연구 기자재는 다양한 분야에서 사용될 수 있는 측면이 강하므로, 기술분야별로 분류하기에는 한계가 있으며, 산업별로 용도에 따라 분류하였음. 엔지니어링 가공시험장비 (39.2%), 화학물 분석 장비(18.9%)가 가장 높게 나타남



나. 연구 실험시설 현황

- (1) 국내 전기·전자관련 연구 실험시설을 NFEC(국가연구시설장비진흥센터)를 통해, “전기·전자”이라는 검색어를 통해, 대형, 중형, 소형 등의 실험시설을 파악함
- (2) 전기·전자 관련 연구시설 장비는 측정장비, 시험장비, 분석장비, 신호발생장비, 교정장비, 기타로 6가지로 분류되며 다음 그림에서 국내 현재 구축되어 있는 현황을 나타냄
- (3) 총 825개의 전기·전자 관련 연구시설장비가 구축되어 있고, 연구시설장비가 구축 되어 있는 기관의 구성은 아래 그림과 같음.



[국내연구실험시설 구축수]

[국내 연구시설 장비 구축기관 구성]

(4) 철도 시험을 위한 연구 인프라 현황은 다음과 같다.

시험기명	전경	기능
제동성능 시험기	  	• 장비용도 : 열차 주행 중 비상제동 및 상용제동시 열차를 정지할 수 있도록 하는 각종 제동장치부품(제동 디스크, 제륜자 등)의 성능을 평가하기 위한 장비 : 실차의 기계제동 마찰특성의 정량적 시험평가 및 철도차량 제동시스템의 연구개발을 위한장비 • 시험항목 : 마찰재 및 디스크 성능시험 : 디스크 및 제륜자의 마찰계수측정 : 시험신청에 따른 성능평가시험 • 주요사양 : 최고속도-420km/h, 1900kg·m² 관성 : 최대 구동동력-540HP : 최대 구동토크-2,527Nm : 최대 구동속도-2500RPM(400km/hr, Ø860mm기준) : 최대 제동토크-25,000Nm • 보유기관 : 한국철도기술연구원
드라이빙 기어 시험기		• 장비용도 : 고속전철 및 전동차용 감속구동장치의 부하에 따른 진동, 소음, 누유, 기어강도, 온도, 베어링 이상유무, 기계효율 등의 성능 측정과 내구성을 평가하고 확인하기 위한 시험 장비 • 시험항목 : 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 • 주요사양 : 입출력모터-1300kW(690V), 토크-57,000Nm : 시험대상-전동차, KTX, G7감속기 : 측정인자-토크, 회전수, 진동, 온도 • 보유기관 : 한국철도기술연구원

시험기명	전경	기능
ATC 시험기		• 장비용도 : 열차의 ATC시스템 차상제어장치의 기능을 시험 및 분석하기 위한 연구시험장비 • 장비구성 : 철도신호시스템의 운용환경시험을 위한 온습도 진동 복합시험기 : ATC 차상장치시험 기능 : 피시험체와의 인터페이스 시험 : 운용환경시험 : 온습도진동 복합시험기를 통한 온도, 습도 및 진동에 대한 복합적인 시험가능 환경 제공 • 시험항목 : ATC 차상장치 운전모드 및 기능분석에 활용 • 주요사양 : 진동시험기 24kN, 5~2500Hz • 보유기관 : 한국철도기술연구원
추진장치 성능시험 장치		• 장비용도 : 추진장치 성능시험설비는 추진인버터와 전동기의 조합인 피시험체의 성능시험을 실시하며, 추진장치의 개발 또는 형식인증 단계에서 추진장치의 성능을 시험하고 검증하는 장비 : 전원제어 설비, 부하제어 설비 및 운전/계측설비로 구성되어 추진장치에 대한 속도, 부하제어 및 속도-토크, 전류, 전압, 출력, 손실, 온도 등을 측정할 수 있는 기능을 갖추고 있음 • 시험항목 : 시험대상 : DC 1.5KV, DC 750KV, AC22KV-차량 추진장치 • 주요사양 : 정격용량 : 1대 단독운전 660kW, 3500N.m / 2대 : 연결운전 1320kW, 7000N.m : 최대 시험속도 : 최대 5000rpm : 최대 토크시험 : 10000N.m • 보유기관: 한국철도기술연구원

9. 연구인력 현황

가. 핵심제어기술분야

국내업체 보유기술	업체 및 기관	보유기술	기술특징
	한국철도기술연구원	1. ATP/ATO 2. 전자연동장치 3. CTC 4. TCN	-속도 코드방식 ATC -이동폐색 방식 ATP -고정폐색 방식 ET -TCN 표준화 기술
	대아티아이 테크빌 삼성SDS	1. 사령설비 2. ATC 3. ATP 4. 전자연동장치(ET)	-속도 코드방식 ATC -이동폐색 방식 ATP -고정폐색 방식 ET
	LS 산전	1. 사령설비 2. ATC 3. ATP 4. 전자연동장치	-속도 코드방식 ATC -DTG 방식의 ATP 및 이동폐색 방식 ATP -고정폐색 방식 ET -이동폐색 방식 ET
	현대로템 혁신전공사	1. 사령설비 2. ATC 3. ATP 4. 전자연동장치	-속도 코드방식 ATC -DTG 방식의 ATP 및 이동폐색 방식 ATP -고정폐색 방식 ET -이동폐색 방식 ET
	포스코ICT 한터기술 유경제어	1. 사령설비 2. ATC 3. ATP	-속도 코드방식 ATC -DTG 방식의 ATP 및 이동폐색 방식 ATP
	현대로템	국제표준화된 1세대 TCN기술 (WTB/MVB) 및 TCMS	국제표준에 부합하는 1세대 철도차량 네트워크기 술과 TCMS 제작 기술 보유,
	인터콘시스템즈	국제표준화된 1세대 TCN기술 (WTB/MVB) 및 TCMS	국제표준에 부합하는 1세대 철도차량 네트워크기 술과 TCMS 제작 기술 보유,
	우진산전	비표준의 TCN기술 및 TCMS	일본 도시바 SL-NET 기술을 응용한 철도차량 네 트워크기술과 TCMS 제작 기술 보유
	인하대학교	국제표준 TCN 표준화 기술	-국제표준에 부합하는 1세대 철도차량 네트워크기 술과 TCMS 제작 기술 보유 -TCN 국제표준화 기술

나. 핵심부품기술분야

국내업체 보유기술	업체 및 기관	보유기술	기술특징
	유진기공산업(주)	연결기 설계, 제작 및 완충기 설계, 제작	-밀착식 연결기 독자설계 -자동연결기(AAR) 제작 -자동복합연결기 설계 및 제작(간선행등) -해외 전문업체와 기술제휴로 완충기 국산화 제작
	디엠에스알	연결기, 완충기 설계 제작기술 및 대차 및 철도차량 고무제품 제작	-경량전철용 선두차 및 중간연결기 자체 기술 확 보 및 부산 3호선 적용 -객차용 통고무형 통로연결막, 고속철도차량용 공기저항방지 고무몰딩
	동명기전	산업용 유압기술	-산업용 유압응용시스템 (자동차, 선박 유압장치 개발)
	디엔씨 하이드로릭 스	유압시험 기술	-유압시험기, 산업용 유압설비 시험 기술
	한국철도기술연구원	충돌안전성평가기술	-철도차량 충돌안전성 평가기술 (시험기 및 시험선 확보)
	ADS Rail	도어시스템	-공기압, 전기식 작동 슬라이딩 및 플러그 도어 설계 기술
	신형ENG	벨로우즈 제작	-케블라 섬유 삽입형 실리콘 벨로우즈 및 갱웨이 플레이트 설계 기술

다. 핵심운영기술

국내업체 보유기술	업체 및 기관	보유기술	기술특징
	코레일	지역간 분리·결합 운행 기술	-KTX 산천 및 새마을 PP동차 등 시격이 비교적 긴 열차 분리·결합 운행기술
	서울메트로	광역,도시철도 O&M 기술	-국내 도시철도, 광역철도 운영기술 -국내 경전철 O&M 기술
	-서울특별시 도시철도공사 -인천교통공사 -대전도시철도공사 -부산교통공사 -광주도시철도공사	도시철도 운영기술	-국내 도시철도 운영기술
	대아티아이	대형고밀도 철도역 자동운행장치 개발	-대형·고밀도 철도역의 분산제어형 자동운행장치 개발 -관제국산화 기술
	LS산전	CTC 개발기술	-CTC 제작 기술
	한국철도기술연구원	고속철도의 효율적인 중련편성 운영기술	-최적화 기술기반의 KTX 산천의 중련편성 운영 효율성 극대화기술
	-서울대학교 -서울시립대학교	교통시스템 운영최적화 기술	-철도 및 교통시스템 운영최적화 기술

라. 핵심검증기술

국내업체 보유기술	업체 및 기관	보유기술	기술특징
	한국철도기술연구원	국내개발차량의 실용화 기술	-국내 국가연구개발사업으로 개발된 차량시스템의 실용화 기술 -국내유일 철도용품에 대한 독립성능인증기술확보
	한국철도시설공단	지상인프라 구축기술 철도성능검증제도	-도시철도를 제외한 국내 모든 선로인프라 구축 -KRS규격외 철도용품에 대한 한국철도시설공단 성능검증제도
	한국철도공사	차상인프라 운영기술	-도시철도, 경량전철을 제외한 국내 광역, 간선, 고속철도 운영
	-서울메트로 -서울특별시 도시철도공사 -인천교통공사 -대전도시철도공사 -부산교통공사 -광주도시철도공사	차상인프라 운영기술	-도시철도 차량 운영기술

제 3절 종합분석

1. 정책동향 소결 및 시사점

국내외적으로, 이용자 중심의 철도시스템 개발에 대한 계획이 수립되었고, 국내의 철도 정책도 이용자 편의 및 시스템의 원천기술 확보, 모듈화, 표준화에 대한 기술개발이 필요한 시점임.

- (1) 일본의 경우, 새로운 사회적 요구에 대응하는 철도정비의 추진 : 친환경적인 교통체계를 구축하고 고령화와 복지중시형 사회로의 전환에 대한 대응으로 교통약자의 이동 원활한 철도시스템을 계획
- (2) 유럽연합의 경우, 시스템의 모듈화를 통한 운영 뿐아니라, 다양한 공급자간 부품의 상호호환성을 통한 경제적 효율성에 대한 계획을 중점으로 함.
- (3) 프랑스의 경우, 철도 서비스 질의 개선, 에너지 절감 및 공해 저감을 가져오는 신교통수단의 실용화, 안전성 향상, 재료 및 운영시스템 개선으로 기업의 경쟁력 향상, 유럽연합 수준의 통합시스템 지향함.
- (4) 독일의 경우, 시스템의 표준화, 모듈화를 통하여, 철도운영사가 다양한 국가의 다양한 기업으로부터 양질의 차량및 부품을 공급받도록 하며 유럽 내 철도공급회사간의 경쟁을 도모함
- (5) 영국의 경우, 시스템의 자동화를 통하여, 인간 · 기계를 통합한 시스템, 그리고 승객·사회·환경이 고려된 철도시스템을 지향함.
- (6) 중국의 경우, 차량의 핵심원천기술 확보를 통한 고속차량 개발로, 다양한 여객 수요 및 운용조건에 대응하고자 함.

2. 기술동향 소결 및 시사점

- (1) 유럽, 일본을 중심으로 철도의 대중교통분담율이 높은 국가에서는 철도인프라의 효율적이 활용을 위한 가변편성 운영이 활발히 적용되고 있음.
- (2) 가변편성운영을 위한 열차제어기술, 차량핵심부품기술, 운영기술에 대한 노하우가 축적하고 있었으며, 국내에서는 핵심기술의 원천기술 확보가 시급한 시점임.
- (3) 또한, 국내 철도운영의 문제점이 선로용량 부족을 해결하기 위한 방안으로 고밀도 구간과 저밀도 구간의 효율운행 및 이용자 편의를 위한 기술임.

- (4) 국내에서는 열차제어분야의 표준화가 2014년 완료되며, 국내에서도 열차제어 분야의 고도화 기술, 새로운 기술에 대한 시도가 가능한 시점임. 현재 한국철도기술연구원에서는 열차제어시스템의 표준화를 주도하고, 국내 3개 컨소시엄 5개 주요 신호관련 기업이 이를 토대로 시스템을 개발 시험중에 있음.
- (5) 차량 네트워크는 열차제어 및 방송, CCTV 용으로 대용량의 정보전송과 실시간성을 요구하고 있음. 현재의 네트워크는 이에 대한 요구사항을 만족할 수 없는 현실임. 국제적으로 IEC 61375에서는 2013년 이더넷기반의 차량네트워크에 대한 표준이 제정될 예정으로, 국내에서도 표준제정과 함께 이에 대한 연구가 필요함.
- (6) 국내 연결기 및 에너지 흡수장치의 경우, 일부 모델의 경우 국산화가 완료되었으나, 수출 및 해외 차량과의 호환성이 없음. 전세계적인 모델의 국산화 및 호환성이 필요한 시점임. 또한 국내외 적으로 차량충돌에 대한 에너지 흡수장치의 규격이 상향 조정되고 있는 시점이나, 국내 기술이 부재상태임. 이용자 안전을 위한 에너지흡수장치의 국산화가 필요함.
- (7) 열차가변운행은 해당 기술의 신뢰성과 안전성이 매우 중요함. 핵심기술, 핵심부품 대한 검증평가가 수행되어야함. 국내는 한국철도기술연구원과 해외 인증기관을 통하여 품질평가가 수행되고 있으며, 이는 국제 규격에 근거함.
- (8) 각 분야의 기술수준을 종합 검토할 때, 스마트 열차분리결합기술의 핵심기술과 핵심부품은 국내기술로 원천기술 확보가 가능한 상황이며, 이에 대한 운영기관의 효율운영 방안 또한 함께 검토되어야함.

핵심기술 항목		기술 확보현황		차별성
		국내	국외	
핵심 제어 기술	안전주행 자동제어기술	X	△	·열차분리결합을 위한 제어기술은 1)수신호, 2)신호기, 3)자동화 로 국내는 1)수신호에 의한 기술이 확보되었고, 유럽의 경우, 특수상황(구원)에서 열차 분리결합을 위한 3)자동화기술이 확보된 상황임. ·본 기획에서 정상운영상황에서 안전을 확보한 자동화 기술개발을 목표로 함.
	총괄제어기술 (이더넷기반)	X	△	·열차 분리 혹은 결합시 총괄제어를 위한 단일화 기술은 네트워크에 의한 차량전장품 제어로 제한함. 2013년 연말에 국제표준인 IEC 61375 Part 3-4 로 이더넷기반 차량네트워크 표준이 제정될 예정으로, 국내에서도 표준제정과 함께 이에 대한 연구가 필요함. 현재 유럽, 일본의 차량제작사를 중심으로

핵심기술 항목		기술 확보현황		차별성
		국내	국외	
				개발 및 시운전 단계에 있으나, 국내에서는 연구 및 개발사례가 전문한 상황임.
핵심 부품 기술	자동연결기 및 에너지 흡수장치 국산화	△	○	·연결기의 경우, 전세계적으로 밀착식(일본 및 아시아), 콘식 자동복합연결기(유럽,미국)가 활용되고 있으나, 국내의 경우, 두 타입의 자동복합연결기가 사용되고 있음. 특히, 콘식 자동복합연결기의 경우, 연결기를 구성하는 90%이상의 부품이 국외기술에 의존하고 있음. 본 기획에서는 콘식 자동복합연결기(에너지흡수장치 포함)의 국산화 및 기존 밀착식 자동복합연결기와의 상호호환을 위한 어댑터개발을 목표로 함.

3. 특허분석

- (1) 철도차량 간 자동연결 및 분리시스템 기술개발 분야의 전체적인 특허동향을 살펴보면, 열차제어/신호 및 통신 분야는 미국이 특허를 가장 많이 출원하고 있으며, 차량핵심 부품기술 분야는 유럽이 특허를 가장 많이 출원하고 있음
- (2) 이는 열차 분리결합 제어 분야는 항공관련 기술이 많이 활용되어 BOEING, FLIGHT SAFETY TECH 등 항공관련 업체가 보유한 특허가 많이 검색되었고, 신호/통신 분야는 이더넷(Ethernet)과 관련된 NORTEL NETWORKS, ALCATEL 등의 전자/통신 업체 특허가, 차량핵심 부품분야는 Auto coupling 기술을 보유한 유럽의 VOITH, KNORR BREMSE AG 등 철도차량 업체 특허가 많이 검색되었기 때문임
- (3) 특히, 신호/통신 분야의 경우 이더넷(Ethernet)과 관련하여 산업 전반에 걸쳐 많은 특허가 검색되어 이 분야가 최근 각광받고 있는 기술임을 알 수 있지만, 상대적으로 철도관련 업체들은 관련 기술을 보유하고 있지 못해 이 분야 기술이 취약기술임을 알 수 있음
- (4) 국가별로 보면 해외 특허 시장확보력을 의미하는 시장확보지수(PFI)는 해외 출원 Family Patent가 많은 유럽이 상대적으로 높게 나타나고 있으며, 미국은 출원건수 및 원천/핵심 특허 보유와 관련이 높은 영향력지수(PII) 및 기술력지수(TS)에서 가장 높게 나타나고 있음, 따라서, 미국 특허가 量的·質的으로 가

장 경쟁력이 높은 것으로 판단되며 향후 미국 특허를 중심으로 세부 선행기술에 대한 분석이 필요함

- (5) 한국의 경우 특허건수도 다른 나라에 비해 많이 부족한 상황이며, 시장확보력, 인용도 등 기술영향력 등 대부분의 지수에서 가장 낮은 수준을 보이고 있어 향후 관련 분야 기술개발이 시급한 것으로 판단됨

4. 논문분석

- (1) 철도차량 간 자동연결 및 분리시스템 기술개발 분야의 전체적인 논문동향을 살펴보면, 1990년부터 현재까지 총 183건의 논문에 불과해 관련 분야 논문이 많이 발표되지 않고 있음을 알 수 있음
- (2) 이는 철도차량 간 자동 연결/분리(Auto coupling/decoupling) 기술자체가 산업계와 관련이 높은 시스템 기술로 선행기술인 논문 보다는 특허 위주로 기술이 개발되고 있기 때문임
- (3) 이 분야 기술을 주도하고 있는 미국 및 유럽의 저널에 대부분의 논문이 발표되고 있어 향후 AMER INST AERONAUT ASTRONAUT, PERGAMON-ELSEVIER SCIENCE LTD, IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC, ELSEVIER SCIENCE BV 등 미국과 유럽 저널에 발표된 논문을 중심으로 선행기술을 우선 검토할 필요가 있음

5. 시장분석

- (1) 철도 분야 신호/제어 관련 시장은 중국의 China Railway signal & com, 유럽의 Siemens, Thales, Ansaldo STS 등이 시장을 주도하고 있음
- (2) 전세계 이더넷 네트워크 시장(이더넷 액세스, 스위치, 통신장비 등)은 향후 산업계 전반적으로 계속적으로 시장이 확대될 것으로 예상되는데, 철도의 이더넷 적용 부분은 아직 시장이 활성화되지 못해 향후 이 부분에 대한 기술 확보가 시급할 것으로 판단됨
- (3) 열차 분리결합용 Atuo Coupler 및 승객 이송용 밀착 Gangway는 독일 Voith Turbo Schar-FenBerg社, 스웨덴의 Dellner社 등이 다양한 제품을 공급하며 시장을 주도하고 있으며, 특히 Voith社의 경우 이더넷 기반 커플러도 개발하여

제공하고 있음

- (4) 이에 따라, 향후 관련 기술개발을 위해 해당 업체의 기술을 면밀히 검토할 필요가 있으며, 시장이 점차 확대되고 있는 이더넷 네트워크 기술의 철도 적용 방안도 검토해야 할 것으로 판단됨

6. 연구개발 인프라 분석

- (1) 전기전자의 국내외 석박사 연구인력은 꾸준히 증가하는 추세이며, 대학 및 연구소 중심으로 인력 인프라가 형성되어 시어 관련 분야의 연구역량은 충분하다고 사료됨.
- (2) 국내 관련 기업, 연구소, 대학 등의 연구 인력은 충분할 것으로 판단되나 다학제간 전문가 공동 연구 및 융합이 필요한 것으로 사료됨
- (3) 국가 연구시설장비진흥센터(NFEC)를 통한 국내 전기전자 관련 연구실험은 총 825개의 연구 실험시설이 파악되었으며, 이를 활용한 연구시설 및 장비는 대부분 국내에서 활용 가능한 것으로 사료됨

7. STEEP 분석

국내외 동향 및 환경분석을 바탕으로 “스마트 열차분리결합기술”의 경쟁력에 영향을 끼치는 인자로서 5종류의 거시적 환경요인(사회적, 기술적, 경제적, 환경적, 정치적 요인)을 분석하고 기술개발방향 설정에 활용함.

Social	철도이용자 편의성 향상, 운영효율, 철도공공성 확보 필요 • 환승, 배차간격에 따른 긴 승객여정시간은 이용불편의 발생 • 불균형한 철도수요에 따른 운영효율성 저하 • 철도 접근성 저하에 따른 대중교통분담율 저하
Technological	핵심제어기술, 핵심부품기술의 국산화 필요 • 열차제어핵심기술 및 근접주행기술의 원천기술 확보필요 • 차량핵심부품의 높은 해외의존도 • 핵심제어기술 및 부품기술의 국내외 연구활발
Economic	운영기술의 고도화를 통한 철도운영효율화 필요 • 국내철도운영부진에 따른 철도 투자 저감 및 철도교통 기피 • 인프라 건설 한계에 따른 새로운 운영기술 필요 • 기존 인프라의 운영효율성 극대화 기술 개발 필요
Environmental	지속가능 발전, 탄소발생 최소화 운행 • 시공간 상이한 철도이용수요 • 기존의 고정운영기술의 효율성 향상을 위한 가변운영기술 필요
Political/Legal	국민의 보편적 교통복지와 지역간 균등발전을 위한 기술 • 철도의 공공성 강화를 위한 전략과 기술 요구 • 핵심원천기술 확보에 따른 철도경쟁력 강화필요 • 철도분야 예산감소에 따른 효율적 운영예산 활용 필요

- **보편적 교통복지와 지역간 균등발전을 위한 상위 정책과의 부합성**
 - 공공교통으로의 철도교통 수혜지역 확대 필요
- **철도인프라 효율적 운영기술 필요**
 - 선로인프라, 차량인프라의 가변기술 활용을 통한 운영효율화 필요
- **철도운영 효율화를 위한 열차운영기술 개발 확보 필요**
 - 열차안전주행기술 및 차량핵심기술 개발의 원천기술 확보

8. SWOT분석

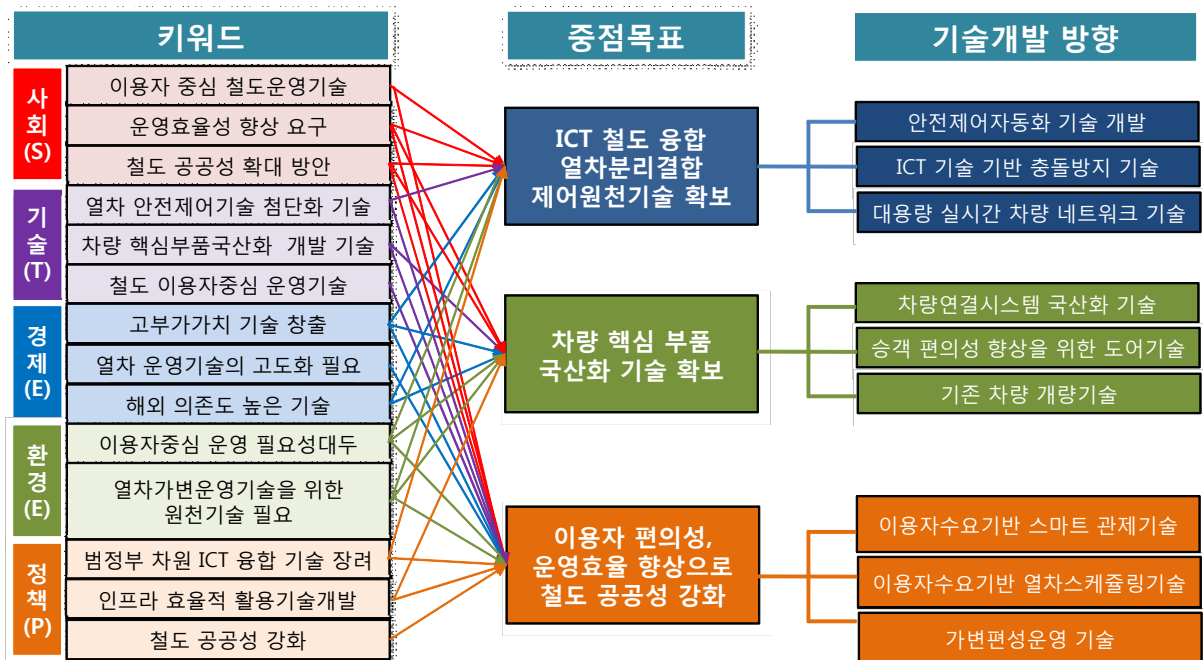
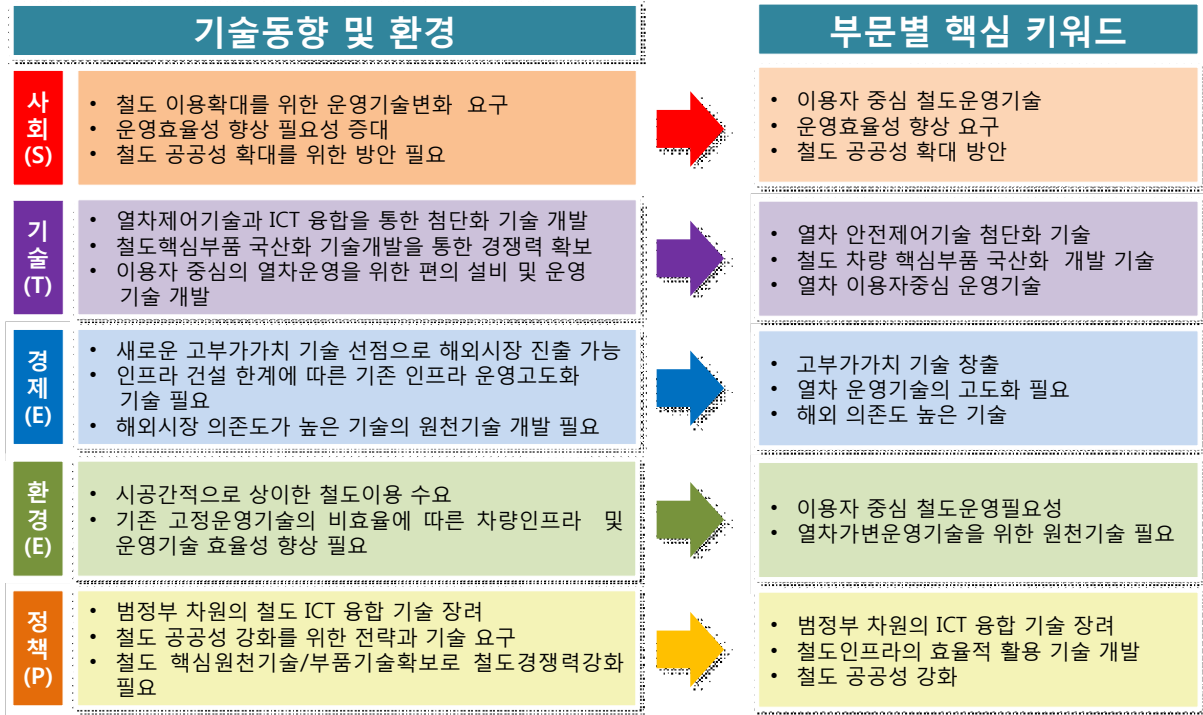
내부환경과 외부환경 요인을 분석하여, 강점/약점/기회/위험요인을 도출함. 이를 통하여 기술개발 전략을 수립하는데 활용함.

내 부 환 경	강점 (S)	- 국내 전기전자, 기계분야 기술자들의 높은 전문성 - 주요기술에 대한 선행연구 및 활용역량 보유(열차제어, 차량네트워크, 연결기, 운영 기술 등)
	약점 (W)	- 스마트 열차분리결합시스템 원천기술/개발 경험 부족 - 제어/기계분야의 다학제간 산학연 공동연구 부족(융합기술 개발 부족)
외 부 환 경	기회 (O)	- 국내 스마트 열차분리결합을 이용한 열차운영기술 시장형성단계 - 국외 보편화된 시스템으로 원천기술, 부품단위 해외 진출 가능 - 관련 주요기술에 대한 연구개발 및 활용요구 급증
	위험 (T)	- 해외업체들의 주요 요소기술 선점 및 국내 시장 잠식 우려(제어기술, 부품기술) - 국내 철도 R&D 투자 감소에 따른 관련 분야 연구개발 위축 우려

SWOT 매트릭스		외 부 환 경	
		기 회 (O)	위험 (T)
내 부 환 경	강점 (S)	SO 전략 (시너지 창출 전략) 선행연구 및 보유역량 활용한 연구개발을 통하여 국내시장 확대 및 국가 경쟁력 제고 - 미래지향적 고부가가치 스마트 열차분리결합 시스템 구축전략 → 열차제어/부품기술 역량 활용 - 국내 ICT 기술을 활용하여 철도기술의 고도화 → 국내외 시장 확보 및 해외 시장 확대	ST 전략 (다각화 전략) 선행연구의 고도화 및 활용분야 확대를 통한 시장 다각화 노력 - 열차제어/부품기술 역량과 국내 ICT 기술을 활용 → 철도 ICT 특성화 및 융합기술 확보 - 열차제어/부품기술에 대한 연구역량 보유 → 철도운영효율화를 위한 대응책 개발
	약점 (W)	WO 전략 (보안 전략) 관련분야 시장 확대를 위한 원천기술 개발노력 - 열차분리결합시스템의 운영 고도화 필요 → 열차 가변운영기술의 현장적용 방안 필요 - 개발 기술 상용화 저하 우려 → 기술 수요처의 Feedback 반영필요	WT 전략 (현상유지 전략) 외국기업으로부터 국내시장 보호를 위하여 관련 분야 핵심주요기술 확보 - 해외 기술대비 취약분야 경쟁력 확보 → 국제 공동연구 및 해외전문가 활용 - 산학연 공동연구 프로젝트 추진 → 기술개발 효과 증대 및 실용화 확대

9. Keyword 도출

사회, 기술, 경제, 환경, 정책에 대하여 아래와 같이 핵심 키워드를 도출함.



제 3장 연구개발 과제 구성 및 추진전략

제 1절 비전 및 목표

국내외 동향조사 및 환경분석, 기술수요·예측조사를 바탕으로 한 STEEP 분석 및 SWOT 분석을 수행하여 다음과 같은 비전 및 목표를 설정하였음

VISION	ICT 융합기술 기반 이용자 중심 스마트 열차분리결합시스템						
MISSION	이용자 중심 열차운행을 통한 철도 공공성 확대						
R&D GOAL	○ 열차 분리결합 자동화 기술을 위한 제어 및 부품 원천기술 확보 ○ ICT 철도 융합 기술을 통한 열차 운행 안전성 향상 ○ 이용자 편의성, 운영 효율성 향상을 위한 운영기술 고도화						
STRATEGY	<table> <tr> <td>ICT 철도융합 열차분리결합 원천기술</td><td> · 열차운영효율성 향상을 위한 열차분리결합 자동화 방안 · 열차분리결합의 자동화를 통한 인적오류 저감 · ICT 기술을 활용한 철도 안전성 확보 기술 개발 </td></tr> <tr> <td>차량 핵심부품 국산화 기술</td><td> · 차량간 연결시스템 국산화 기술 개발 · 승객 편의성 향상을 위한 도어기술 · 기존 전동차 개량기술 개발 </td></tr> <tr> <td>스마트 운영기술</td><td> · 이용자 수요기반 열차 스케줄링 기술 개발 · 이용자 수요기반 열차 운행 기술 개발 · 인프라 활용 극대화 기술개발을 통한 철도 수혜 확대 </td></tr> </table>	ICT 철도융합 열차분리결합 원천기술	· 열차운영효율성 향상을 위한 열차분리결합 자동화 방안 · 열차분리결합의 자동화를 통한 인적오류 저감 · ICT 기술을 활용한 철도 안전성 확보 기술 개발	차량 핵심부품 국산화 기술	· 차량간 연결시스템 국산화 기술 개발 · 승객 편의성 향상을 위한 도어기술 · 기존 전동차 개량기술 개발	스마트 운영기술	· 이용자 수요기반 열차 스케줄링 기술 개발 · 이용자 수요기반 열차 운행 기술 개발 · 인프라 활용 극대화 기술개발을 통한 철도 수혜 확대
ICT 철도융합 열차분리결합 원천기술	· 열차운영효율성 향상을 위한 열차분리결합 자동화 방안 · 열차분리결합의 자동화를 통한 인적오류 저감 · ICT 기술을 활용한 철도 안전성 확보 기술 개발						
차량 핵심부품 국산화 기술	· 차량간 연결시스템 국산화 기술 개발 · 승객 편의성 향상을 위한 도어기술 · 기존 전동차 개량기술 개발						
스마트 운영기술	· 이용자 수요기반 열차 스케줄링 기술 개발 · 이용자 수요기반 열차 운행 기술 개발 · 인프라 활용 극대화 기술개발을 통한 철도 수혜 확대						

1세부과제	스마트 열차분리결합 핵심제어기술개발
· 안전자동화 주행제어 기술 개발 · 충돌제어네트워크 기술 개발 · 안전성 평가 및 인증	
2세부과제	스마트 열차분리결합 핵심부품기술개발
· 자동연결기 및 에너지흡수장치 국산화 개발 · 편성간 승객이동을 위한 FFD 및 갱웨이 개발 · 스마트 열차분리결합을 위한 전동차 개량 기술 개발	
3세부과제	스마트 열차분리결합 핵심운영기술개발
· 스마트 열차분리결합시스템 운영최적화 기술개발 · 스마트 열차분리결합시스템 지능형 관제기술개발 · 스마트 열차분리결합시스템 운영을 위한 법제화	
4세부과제	스마트 열차분리결합 성능 검증기술 개발
· 스마트 열차분리결합 성능평가를 위한 인프라 구축 기술개발 · 스마트 열차분리결합 성능평가 기술	

제 2절 기술개발에 따른 미래상

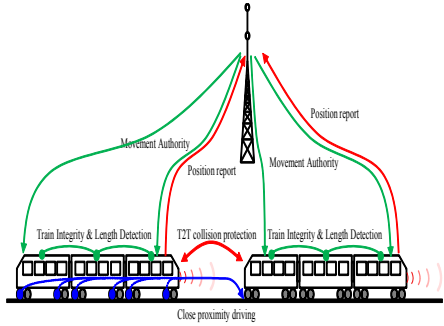
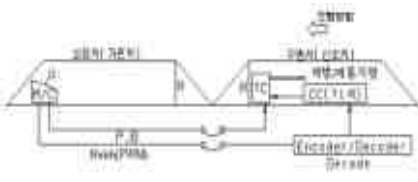
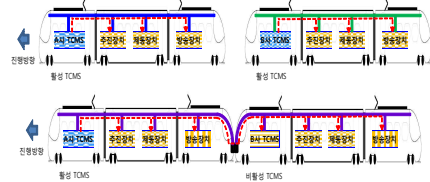
1. 스마트 열차분리결합 기술의 미래상

- 가. 운행 중 열차의 안전을 확보하면서 자동으로 열차를 분리 결합하여 주행하기 위한 자동제어기술 원천 기술 확보
- 나. 물리적으로 자동 분리 결합하기 위한 자동연결기 및 충격완충장치 국산화 기술 확보
- 다. 국내 운행구간 수요, 시간수요에 따른 열차 최적 스케줄링 자동화 기술 확보
- 라. 스마트 열차분리결합 검증기술 확보



2. 세부 과제별 미래상

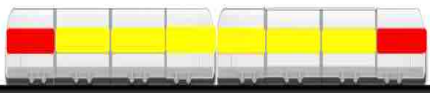
가. 스마트 열차분리결합 핵심제어기술

구분		AS-IS	TO-BE
안전자동화 주행제어 기술	현황	사람 개입에 의한 수동 열차분리결합	무인 자동 열차분리결합
	개발 방향	열차분리결합을 위한 기술 전무	무인자동 열차분리결합을 위한 열차제어시스템 개발
	요소 기술	-요소기술 없음.	-고정밀 열차 상대위치검지 기술개발 -열차 추돌방지기술 및 고정밀 근접주행제어 기술개발 -실시간 열차 무결성 및 열차길이 모니터링 기술개발 -자동 분리결합용 진로제어 기술개발
	대표도	-해당사항없음	
총괄제어 네트워크 기술	현황	제작사 마다 상이한 협대역(1Mbps)의 철도차량 네트워크 및 TCMS	광대역(100Mbps)의 호환성을 지원하는 국제표준에 적합한 철도차량 네트워크 및 TCMS
	개발 방향	광대역 철도차량네트워크 접속기술 개발	국제표준 선도기술 개발
	요소 기술	- 기존 철도차량네트워크 데이터 변환 및 연계기술	-표준화된 철도차량네트워크 프로토콜 -철도차량환경에 강인한 네트워크 H/W기술
	대표도		

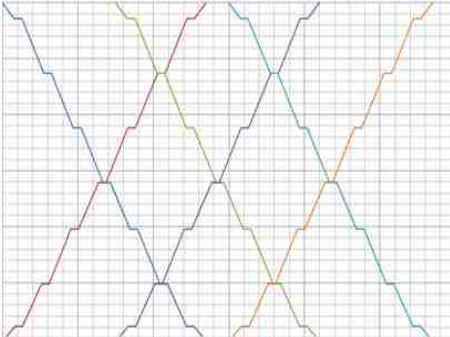
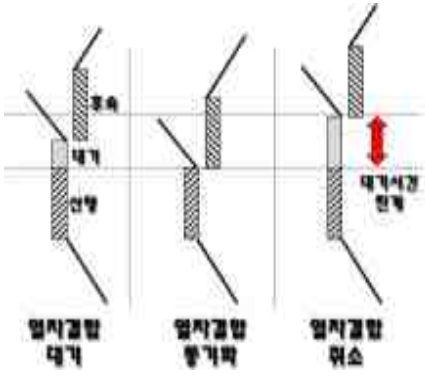
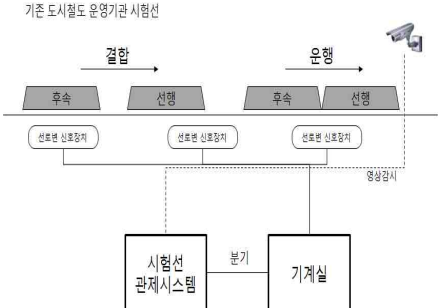
구분		AS-IS	TO-BE
안전성 평가 및 인증	현황	철도신호용품에 대한 국제 규격기준의 안전성 평가 및 검증	철도시스템-스마트 열차분리결합 시스템에 대한 국제 규격기준의 안전성 평가 및 검증
	개발 방향	국제 규격기준의 안전성 평가 및 검증	국제 규격기준의 안전성 평가 및 검증
	요소 기술	국제 규격기준의 안전성 평가 및 검증기술	국제 규격기준의 안전성 평가 및 검증기술
	대표도	최종사용자 RAMS수행기관 공급기관 RAMS수행기관 산출물 -RAMS활동 계획서 -예비위험원분석보고서 -위험원도출 및 분석보고서 -RAM예측보고서 -RAM입증계획서 및 보고서 -위험원목록 -종합안전대책기술서(Safety Case)	

나. 스마트 열차분리결합 핵심부품기술개발

구분		AS-IS	TO-BE
자동연결기 및 에너지 흡수장치 국산화 개발	현황	밀착식 연결기, 완충기 전량 수입	Corn 형식 연결기 및 유압 완충기 국산화 개발
	개발 방향	밀착식 연결기의 단점 및 사용상 문제점을 개선	TSI 요구조건에 부합되는 제품 개발(KTX-산천과의 호환성 검증)
	요소 기술	연결부 형상, 잠금 기능(Key block)	-연결기 소재, 전기연결기 신뢰성, 잠금 기능(Cam 방식), 중심유지 기능, Gathering 장치등 -에너지 흡수장치 매체 개발 총진 방법, 소재 기술
	대표도		
편성간 승객이동 을 위한 FFD 및 갱웨이	현황	국내 열차 분리결합을 위한 FFD 구성 기술 및 갱웨이 형성 기술 적용 현황 없음	편성간 결합시 갱웨이 자동조성 기술 및 출입문 활용 안전통로 확보 기술 확보
	개발 방향	비상상황시 단순 비상통로 역할	-가변형 출입문 적용으로 평상 운영시 내부 운전 공간 확보 -결합운영시 안전통로 변환가능 -갱웨이 자동 조성으로 외부와 차단된 공간 확보 가능
	요소 기술	운전석 비상 탈출 공간 확보	-출입문 활용 안전통로 시스템 설계 기술 -연결통로 자동형성을 위한 자동화 시스템 기술 -외부 진동 및 소음 차폐 기술 -반복 운영에 따른 내구성 기술
	대표도		

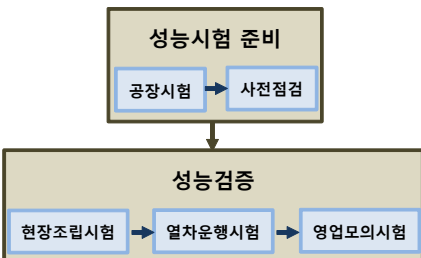
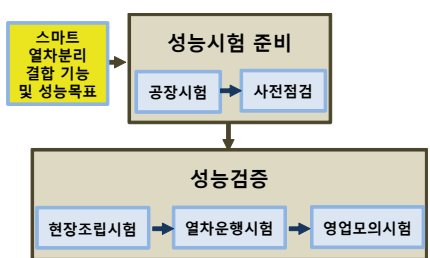
구분		AS-IS	TO-BE
기존전동차 개량	현황	자동 열차분리결합 기능 부재	무인자동 열차분리결합 가능한 기존 전동차
	개발 방향	고정편성 운영을 위한 전동차	가변편성 가능한 전동차
	요소 기술	해당사항없음	전동차 최소 개량 방안
	대표도		

다. 스마트 열차분리결합 핵심운영기술

구분		AS-IS	TO-BE
스마트 열차분리결합시스템 운영최적화 기술	현황	지역간 열차(예, KTX 산천)에 적용	광역·도시철도에 확대적용 (분리·결합 시간단축)
	개발 방향	-단일 편성 열차에 대한 운영계획 수립 -열차시각이 비교적 긴 지역간 열차에서 적용	가변편성 열차운영체계에서 수요 맞춤 및 시격 단축 효과 극대화를 위한 분리·결합 열차 및 차량 스케줄링 기술개발
	요소 기술	단일 편성 열차 및 차량 운영에 대한 수리과학적 (Operations Research) 모델링 및 해법 기술	가변편성 열차 및 차량 운영에 따른 열차 스케줄링 분야 수리과학적 모델링 및 해법 기술
	대표도		
스마트 열차분리결합시스템 지능형 관제기술	현황	열차운행시각이 비교적 긴 지역간 철도에서 가변편성 열차·차량 관제	열차운행시각이 짧은 광역·도시철도에서 가변편성 열차·차량 관제
	개발 방향	-단일 편성 열차에 대한 운행관제 -기존 CTC 시스템	스마트 열차분리결합 운영체계에서 단일 열차운행의 건전성 확보를 위한 지능형 관제 기술개발
	요소 기술	단일 편성 열차에 대한 열차운행 감시 및 통제	본선에서 발생하는 확률적인 지연 패턴을 감안한 지능형 열차 동기화 관제
	대표도		

구분		AS-IS	TO-BE
스마트 열차분리결 합시스템 법제화	현황	도시철도, 고속철도 및 경전철 등 국가연구개발사업을 통해 개발된 시스템의 법제화 및 실용화	기존 국가연구개발사업을 통해 개 발된 시스템의 법제화 및 실용화 사례를 감안하여 추진
	개발 방향	개발된 시스템의 국내 철도운영에 적용	-스마트 열차분리결합시스템의 영 업운행 실용화 기반 확보를 위한 운영 및 유지보수 관리체계 구축 -시제품 검증을 통한 스마트 열차 분리결합시스템 상용화 제품의 안정화 및 신뢰성 확보 및 경제 적 유지보수 체계 구축 -스마트 열차분리결합시스템의 실 용화 대상노선 선정 및 효과분석 을 통한 상용화 제품(Production version) 개발 전략 수립
	요소 기술	철도운영기관 및 지자체의 요구를 감안한 법제화 및 실용화 전략 수립	기존 철도운영과 관련된 법규와 스 마트 열차분리결합시스템 적용에 따른 개정 및 제정안 도출 및 법제화

라. 스마트 열차분리결합 성능 검증

구분		AS-IS	TO-BE
스마트 열차분리결합 성능평가를 위한 인프라 구축기술	현황	국내 철도시스템 시험인프라 부재	스마트 열차분리결합시험을 위한 시험차량, 시험선로, 시스템 구축
	개발 방향	해당사항없음	스마트 열차분리결합시험을 위한 시스템(관제, 신호, 차량, 선로)구축
	요소 기술	해당사항없음	-스마트 열차분리결합 성능시험을 위한 관제시스템 -스마트 열차분리결합 지상인프라 -스마트 열차분리결합 차상인프라
	대표도	해당사항없음	
스마트 열차분리결합 성능평가 기술	현황	국토부고시 2010-474, 철도종합 시험운행시험지침	국토부고시 2010-474 철도종합 시험운행시험지침기반으로 스마트 열차분리결합시스템 기능 및 성능 시험
	개발 방향	철도운영기관, 연구기관 등 전문 기관 협의체로 도출	철도운영기관, 연구기관 등 전문 기관 협의체로 보완
	요소 기술	국토부고시 2010-474, 철도종합 시험운행시험지침	국토부고시 2010-474, 철도종합 시험운행시험지침
	대표도		

제 3절 연구개발과제 구성

1. 연구개발과제의 구성

- 각 분야별 전문가 그룹의 자문회의를 통하여 연구과제를 구성함
- “스마트 열차분리결합시스템개발”연구단은 “스마트 열차분리결합 핵심기술개발”, “스마트 열차분리결합 핵심부품기술개발”, “스마트 열차분리결합 핵심운영기술개발”, 스마트 열차분리결합 성능검증기술 개발“의 4개 세부과제로 구분하여, 총 11개의 세세부과제로 분류됨.

구분		과제명
연구단 총괄		스마트 열차분리결합 시스템 개발
	1세부과제	스마트 열차분리결합 핵심제어기술개발
	1-1	안전자동화 주행제어기술 개발
	1-2	총괄제어네트워크 기술개발
	1-3	안전성 평가 및 인증기술
	2세부과제	스마트 열차분리결합 핵심부품기술개발
	2-1	자동연결기 및 에너지흡수장치 국산화 개발
	2-2	편성간 승객이동을 위한 FFD 및 갭웨이 개발
	2-3	스마트 열차분리결합을 위한 전동차 개량기술 개발
	3세부과제	스마트 열차분리결합 핵심운영기술개발
	3-1	스마트 열차분리결합시스템 운영최적화 기술개발
	3-2	스마트 열차분리결합시스템 지능형 관제기술개발
	3-3	스마트 열차분리결합시스템 운영을 위한 법제화
	4세부과제	스마트 열차분리결합 성능검증기술 개발
	4-1	스마트 열차분리결합성능평가를 위한 인프라 구축개발
	4-3	스마트 열차분리결합 성능평가 기술

연구단과제명 : 스마트 열차분리결합핵심기술개발

• 핵심기술/부품 설계
• 시험인프라 확보

• 핵심기술/부품 설계 제작
• 시험인프라 개조 및 구축

핵심장치 설치 및 안정화 시험

열차분리결합 성능시험

	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
1세부과제 스마트 열차분리결합 핵심제어기술	(1-1) 안전자동화 주행제어기술개발 (1-2) 총괄제어네트워크 기술개발 (1-3) 안전성 평가 및 인증			
2세부과제 스마트 열차분리결합 핵심부품기술	(2-1) 자동연결기 및 에너지 흡수장치 국산화 개발 (2-2) 편성간 승객이동을 위한 FFD 및 갱웨이 개발 (2-3) 기존전동차 개량기술개발			
3세부과제 스마트 열차분리결합 운영기술	(3-1) 운영최적화 기술개발 (3-2) 지능형 관제 기술개발	(3-3) 스마트 열차분리결합시스템 운영을 위한 법제화		
4세부과제 스마트 열차분리결합 성능검증기술	(4-1) 스마트 열차분리결합 성능평가를 위한 인프라 구축기술 (4-2) 스마트 열차분리결합 성능평가 기술			

2. 기존연구와의 중복성

제시된 4개 중점분야는 국내 연구개발 사업추진방향에 부합하며, 본 기획의 목적에 맞게 기존 연구를 활용하여 연계하고 유기적 결합을 통한 시너지 효과가 클 것으로 판단됨

선행 R&D	연구내용	유사분야	차별성
경량전철시스템 기술개발사업 (신호분야)	- 신호제어 시스템 엔지니어링 - 신호제어시스템 제작(보완), 구축 및 검증 : CBTC-SC장치, 전자 연동장치, 차상 ATO장치, 역 ATO장치, 열차무선데이터전송장치 구축 및 통신시험 - CBTC 위치계측기술	열차제어기술분야 (무선)	- 정상운영상태에서 열차 분리결합 자동화를 위한 ATO, 연동장치, 관제 원천기술 개발 - 핵심제어기술의 국제수준의 안전성 평가 및 검증을 통한 안전확보
다방향 복합조성열차용 자동복합연결기 PMC차량적용연구	- 새마을 동차 물리적 연결을 위한 자동연결기 개발	열차제어분야	- 차량간 전기적·물리적 연결을 위한 자동연결기 개발(타기종호환가능)
철도차량 충돌 안전 성능 평가 및 피해저감 기술 개발	- 충돌 시나리오별 충격 해석기술 - 충돌 완충을 위한 저감기술 (에너지흡수장치 사양 도출)	충격완충장치 개발과 연결기 분야	- 차량간 충돌 에너지 흡수장치 국산화 개발 (기존 100% 외산)

제 4절 세부과제별 주요내용 및 추진전략

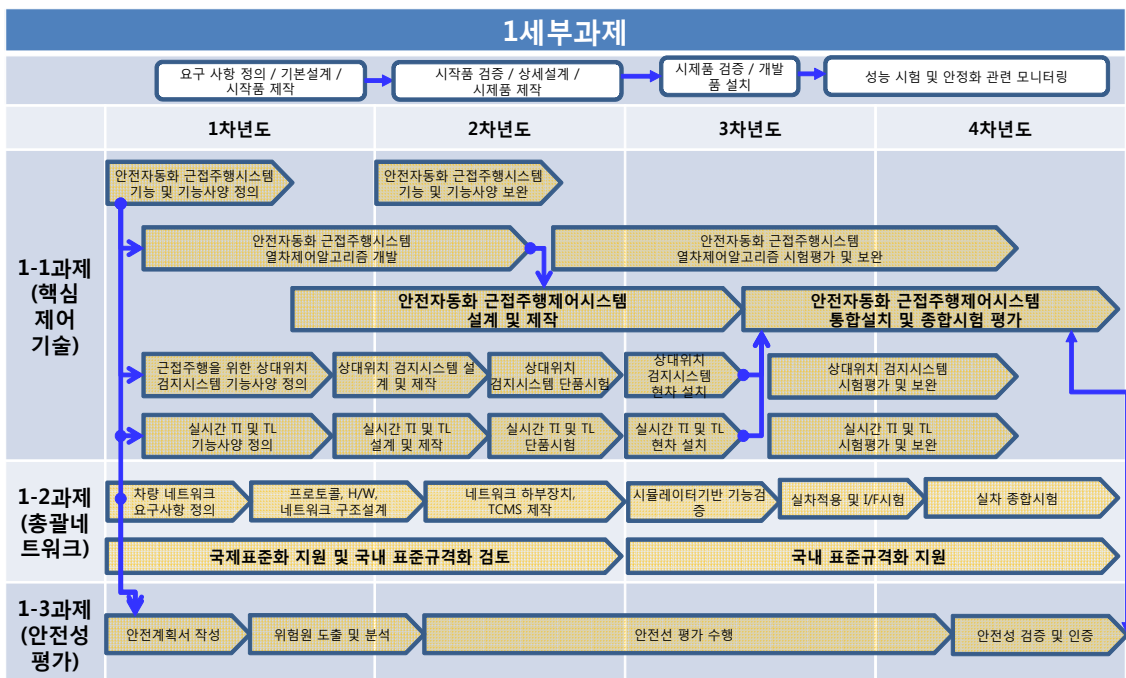
1. 1세부과제

가. 개요

1세부과제는 스마트 열차분리결합시스템의 핵심기술로, 크게 지상핵심기술과, 차상기술로 분류된다. 역간의 열차의 안전거리확보를 위한 자동열차보호장치, 근접거리에서 열차를 자동으로 취급하기 위한 자동열차운전장치, 열차운행시스템을 위한 관제시스템, 차상/지상시스템 연동장치로 기존의 열차제어장치의 갱신이 요구된다. 추가적으로, 신뢰성이 보장된 대용량 차상네트워크시스템이 요구된다. 차량 네트워크는 IEC 61375에서 국제 표준으로 제안하고 있으며, 본 기획에서 제안하는 기술은 Ethernet 기반의 차량네트워크로 현재 국제 표준제정을 위한 단계에 있다.

철도시스템의 안전과 관계된 장치는 철도안전법에 근거하여, 의무적으로 안전성 평가 및 검증을 수행해야한다. 안전성 평가는 장치 및 시스템의 실용화를 위하여 반드시 필요한 단계로, 스마트 열차분리결합 시스템의 안전성평가가 함께 수행되어야한다.

나. 로드맵



다. 세부연구내용

세부과제의 개념	스마트 열차분리결합 핵심제어기술 개발
세부과제의 범위	▪ 안전자동화 주행제어기술 개발 ▪ 총괄네트워크 기술개발 ▪ 안전성 평가 및 인증
기술 개발 목표	▪ 안전자동화 주행제어기술개발 - 열차분리결합의 안전성 확보를 위한 열차 감시 및 제어기술 개발 - 열차분리결합의 자동화를 위한 열차자동운전 기술 개발 - 열차분리결합시 실시간 자동 주행제어 구성기술 ▪ 총괄제어네트워크 기술개발 - 열차분리결합시 분산된 차량 전자장치의 자동인지 및 재구성 - 열차 제어 및 모니터링 정보와 방송 등 승객 정보서비스 통합운영 - 국제표준에 부합하는 고신뢰성의 광대역 철도차량 네트워크기술개발 ▪ 안전성 평가 및 인증 - 국제표준에 따른 철도 차량간 연결 및 분리스시스템 품질안전 확보 - 안전필수 구성품의 정량적 품질안전목표 설정 및 검증 - 개발기술의 실용화 관련 법, 규정, 표준의 요구사항 만족
기대효과	▪ 기술적 기대효과 - ICT융합제어기술로 열차 운행 자동화에 따른 주행안전성 향상 - 핵심제어기술 원천기술 확보를 통한 국가 경쟁력 강화 - 국제표준에 부합하는 열차통신네트워크 기술을 세계적으로 경쟁력 있는 국내 IT기술로 세계 최고수준으로 개발하여 해외시장 개척 ▪ 정책적 기대효과 - 인적자원투입으로 인한 위험요소를 자동화함으로써 인적오류에 의한 잠재적인 위험원의 안전대책으로 시스템의 안전도를 향상시킬수 있음 - 철도 이용 편의성 및 운영 효율성을 향상을 통한 철도 공공성 확대 ▪ 경제적 기대효과 - 철도 제어원천기술 확보에 따른 경쟁력 강화 및 국외 시장 진출가능 - 운영효율성 향상에 따른 철도 운영이용효율성 확대 - 철도이용확대에 따른 탄소저감
주요성과물	▪ 안전자동화 주행제어기술개발 - 가변편성시 안전주행을 위한 실시간 열차감시 및 제어시스템 HW 및 SW - 안전자동화 근접주행(상대위치 금지)제어시스템 HW 및 SW - 실시간 Train Integrity 및 Train Length 장치 HW 및 SW ▪ 총괄제어네트워크 기술개발 - 국제표준에 부합하는 열차분리결합 네트워크 HW 및 SW (프로토콜 및 알고리즘, 데이터베이스 관리기술, 전송장치, 내진동/내환경 커넥터) - 기존차량 전장품 인터페이스 HW 및 SW - 이더넷기반 열차통신네트워크 분석 Tool ▪ 안전성 평가 및 인증 - 스마트 열차분리결합 시스템 품질안전 평가보고서 - 안전필수 아이템별 품질안전 평가보고서

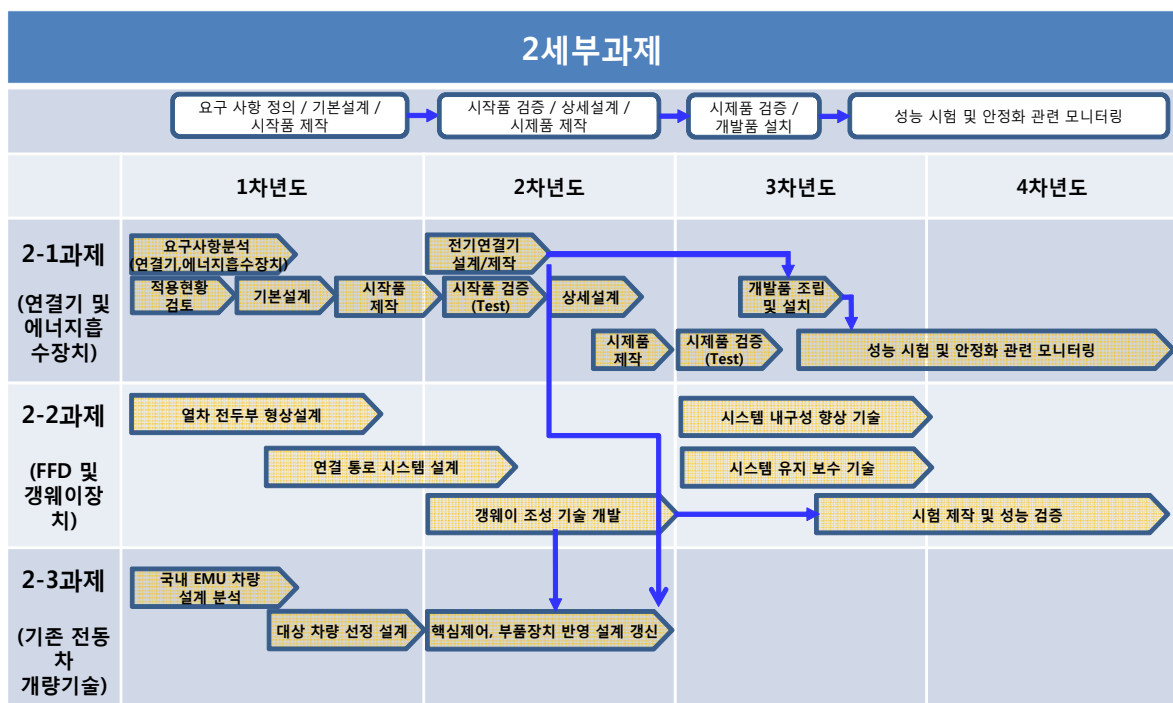
2. 2세부과제

가. 개요

2세부과제는 스마트 열차분리결합시스템의 핵심부품기술로, 열차를 물리적으로 연결하는 자동연결기(전기연결기 포함), 열차간 결합시 충격을 완충하기 위한 에너지 흡수장치(철도안전법 근거, 만차 상태), 열차 결합시 차량간 승객이 동하기 위한 승객이동시스템을 개발한다. 또한, 스마트 열차분리결합기술을 기존 전동차에 적용하기 위한 개량기술을 통하여 신규차량발주만이 아닌 기존전동차에도 적용하고자 한다.

핵심기술로 제안하는 자동연결기는 국내 유럽, 일본식의 연결기가 혼재되어 운영하고 있으며, 최근 발주되는 신규차량은 국내 국산화 기술이 부재인 유럽형 콘타입으로 100% 외산에 의존하고 있다. 국외 뿐 아니라, 국내에서도 충돌에 대한 기준이 강화되고 있으며, 국내는 철도안전법에 의하여 공차상태 10km/h의 충돌에 견딜 수 있는 용량의 완충기를 제안하고 있으나, 이 또한 100% 외산에 의존하고 있다. 승객이동시스템은 교통약자를 위하여 운행중에도 도착지에 맞게 이동차량으로 환승할수 있는 승객편의 설비이다.

나. 로드맵



다. 세부연구내용

세부과제의 개념	스마트 열차분리결합 핵심부품기술개발
세부과제의 범위	▪ 자동복합연결기 및 에너지흡수장치 국산화 개발 ▪ 편성간 승객이동을 위한 FFD(Flexible Front Door) 및 갱웨이 개발 ▪ 기존 전동차 개량기술 개발
기술 개발 목표	▪ <u>자동복합연결기 및 에너지흡수장치 국산화 개발</u> - 열차 분리결합 무인자동화를 위한 자동복합연결기 핵심기술 개발 - 열차 주행시 승객 탑승 상황에서 열차 결합에 의한 충격을 완화 할 수 있는 에너지흡수장치 기술 개발 및 탑승자 안전도 기준 설정 - EN16019 및 TSI 요구조건 만족 ▪ <u>편성간 승객이동을 위한 FFD(Flexible Front Door) 및 갱웨이 개발</u> - 열차 분리결합시 승객이동을 위한 안전통로 자동조성 기술 확보 - 열차 통로간 밀폐를 위한 갱웨이 형성 기술 확보 ▪ <u>기존전동차 개량기술개발</u> - 자동 열차분리결합을 위한 간선형 EMU 차량 개조 설계기술 - 핵심제어기술(자동, 방호장치). 핵심부품 적용기술
기대효과	▪ <u>기술적 기대효과</u> - 자동복합연결기적용에 따른 열차분리결합 작업 신속성,안전성으로 향상 - 핵심부품기술 원천기술 확보를 통한 국가 경쟁력 강화 - 기술개발로 승객 편의성 및 안전성, 이동성 확보 ▪ <u>정책적 기대효과</u> - 인적자원투입으로 인한 위험요소를 자동화함으로써 인적오류에 의한 잠재적인 위험원의 안전대책으로 시스템의 안전도를 향상시킬 수 있음 - 철도 이용 편의성 및 운영 효율성을 향상을 통한 철도 공공성 확대 ▪ <u>경제적 기대효과</u> - 핵심부품 원천기술 확보를 통한 외산 국산화 대체 효과 및 해외 시장 진출 - 핵심부품 개발에 따른 운영 및 유지보수 효율성 향상 - 신규 철도차량 적용대비 기존차량 개량 기술을 통한 비용절감
주요성과물	▪ <u>자동복합연결기 및 에너지흡수장치 국산화 개발</u> - 자동복합연결기 시스템 설계 기술 국산화 - 에너지흡수장치 설계 기술 및 제작 기술 국산화 - 주행 결합시 충격에 관한 안전성 평가 기술 확보 ▪ <u>편성간 승객이동을 위한 FFD(Flexible Front Door) 및 갱웨이 개발</u> - 열차 전후부 형상 설계 기술 - 승객 이동통로 확보를 위한 열차간 통로 조성 시스템 기술 - 열차 가변편성운영시 편성차량에 확보기술 적용 ▪ <u>기존전동차 개량기술개발</u> - 자동 열차분리결합을 위한 간선형 EMU 차량 개조 설계기술 - 핵심제어기술(자동, 방호장치). 핵심부품 적용기술

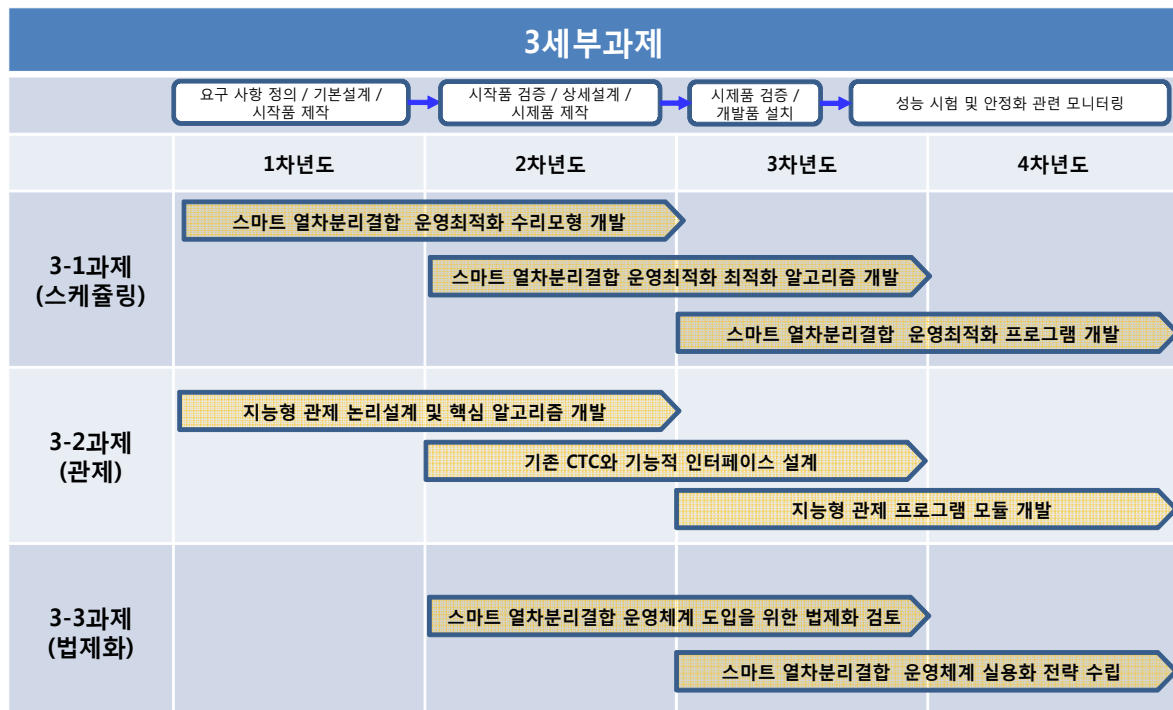
3. 3세부과제

가. 개요

3세부과제는 스마트 열차분리결합시스템의 핵심운영기술로, 기존의 고정편성으로 운행되던 열차의 운행을 다변화하기 위한 기술이다. 열차분리결합의 핵심은 분리결합역에서 선행열차의 정차시간을 최소화 하는데 있다. 이를 위하여 열차의 스케줄링 최적화 기술이 연구되어야한다. 또한, 역사내에서 열차의 분리결합 정보를 관제에서 자동으로 확인하고, 이를 운영시스템에 실시간 적용하기 위한 지능형 관제 기술도 연구되어야하며, 이와 같은 시스템은 국내 열차운영에 없었던 운영기술로 이를 위하여, 철도안전법, 운전규정, 시설규정등에 대한 제정, 개정이 함께 이루어져야한다.

국내 운전규정에 의하여, 1폐색구간 1열차의 원칙이 존재한다. 정상운영상황에서 열차를 분리결합시키기 위해서는 1폐색구간 2열차 정상운영모드에 대한 정의, 이에 따른 관련 법규의 검토가 선행되어야만 향후 개발되는 시스템의 실용화가 가능하다.

나. 로드맵



다. 세부연구내용

세부과제의 개념	운영기술개발
세부과제의 범위	▪ 운영최적화 기술개발 ▪ 지능형 관제 기술개발 ▪ 운영을 위한 법제화
기술 개발 목표	▪ 운영최적화 기술개발 - 이용자 수요 기반 분리·결합 열차 및 차량 스케줄링 최적화 기술개발 ▪ 지능형 관제 기술개발 - 열차운행의 건전성 확보를 위한 지능형 관제 기술개발 ▪ 운영을 위한 법제화 - 영업운행 실용화 기반 확보를 위한 운영 및 유지보수 관리체계 구축 - 실용화 대상노선 선정 및 효과분석 - 관련 법규 개정 및 제정
기대효과	▪ 기술적 기대효과 - 가변편성 열차 및 차량 운영에 따른 열차 스케줄링 분야 수리과학적 모델링 및 해법 기술 고도화 - 기존 CTC 시스템의 기능 확장 및 지능화 가능 ▪ 정책적 기대효과 - 분리·결합하는 열차의 본선 지연패턴을 고려한 동기화 기술개발에 따라 열차의 환승·연계 서비스 기술향상 기대 - R&D 연구개발사업과 실용화 전략 수립 연구의 동시진행을 통한 기술개발사업이 상용화 정책과 상호 조화를 이룰 수 있는 방향 제시 ▪ 경제적 기대효과 - 동일한 선로를 중련편성의 열차로 운영함으로써 선로용량 활용 효율성 향상 기대가능 - 수요 맞춤형 가변편성 열차 배차로 공급하는 열차의 평균 좌석 이용률 향상 기대 (5.8% ~ 10% 예상) - 수요 맞춤형 가변편성 열차 배차로 차량의 동력비(전기료) 등 운영비 절감 기대 (연간 약 37.6억 원/량 절감 예상)
주요성과물	▪ 운영최적화 기술개발 - 열차분리결합을 위한 스케줄링 최적화 알고리즘 및 소프트웨어 - 최적화 알고리즘 적용에 따른 국내 노선 적용에 따른 열차운영 및 승객처리 효과 사전 검증 ▪ 지능형 관제 기술개발 - 지능형 관제 프로그램 모듈▪ 열차의 분리·결합 과정 실시간 감시 및 통제 시스템 설계서 - CTC 시스템 적용 및 확장을 위한 기술사양서 ▪ 운영을 위한 법제화 - 열차분리결합 영업운행을 위한 열차운영 및 신호 취급 매뉴얼 및 유지관리 체계 및 관리 매뉴얼 - 관련 법규 개정 및 제정

4. 4세부과제

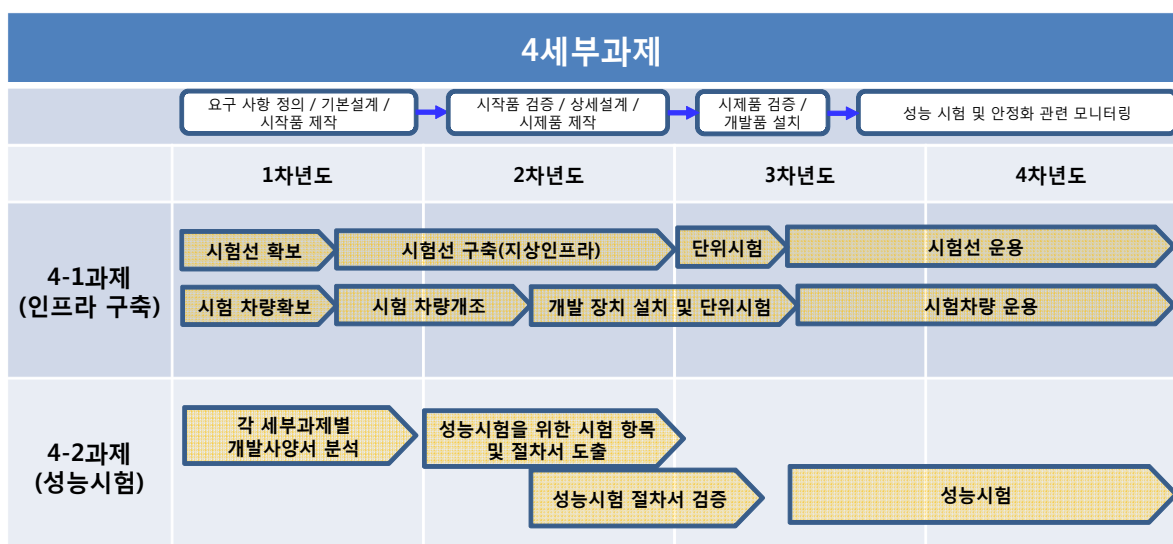
가. 개요

4세부과제는 스마트 열차분리결합시스템의 핵심검증기술로, 핵심제어기술, 핵심부품기술에 대한 기능 및 성능검증이 수행되어야한다. 검증을 위해서는 지/차상인프라의 구축과, 검증기준 수립이 우선되어야한다. 철도종합시험지침에 따라 철도노선을 새로 건설하거나 기존노선을 개량하여 운영하고자 할 때에 실시하는 종합시험운행에 적용하며, 다른 법령에 특별히 규정된 것을 제외하고는 이 지침이 정하는바에 따라 시험평가가 수행되어야 한다. 신규 장치 및 기술의 실용화를 위해서는 국내외적으로 단위시험부터 일정기간의 시운전평가를 요구함에 따라, 스마트 열차분리결합시스템 성능검증을 반드시 수행해야한다.

성능평가를 위해서는 스마트 열차분리결합시스템 기능사양서, 스마트 열차분리결합시스템 성능평가 항목 및 절차서에 따라 성능평가를 수행하고, 유지보수 및 교육훈련 매뉴얼을 작성한다.

이를 통하여, 스마트 열차분리결합시스템의 핵심제어 및 핵심부품 기능 및 성능평가의 객관적 검증을 통한 실용화 시스템 확보하고, 국내 적용 및 해외 수출시 철도선진국과 대등한 수준의 경쟁력을 확보할 수 있다.

나. 로드맵



다. 세부연구내용

세부과제의 개념	운영기술개발
세부과제의 범위	• 인프라 구축 기술 개발 • 성능평가 기술개발
기술 개발 목표	▪ <u>인프라 구축 기술 개발</u> - 핵심기술 및 부품기술 기능검증을 위한 차량개조 - 핵심기술 및 부품기술 기능검증을 위한 지상인프라 구축 - 시험선 운영 ▪ <u>성능평가 기술개발</u> - 핵심기술 및 부품 기술 성능평가 기준 및 절차 개발 - 핵심기술 및 부품 기술 평가 (제3자 평가)
기대효과	▪ <u>기술적 기대효과</u> - 스마트 열차분리결합 운용을 위한 인프라 구축 경험으로 실용화 가능 - 스마트 핵심제어기술과 부품기술의 성능검증 완료 ▪ <u>정책적 기대효과</u> - 스마트 열차분리결합 운용을 위한 제반기술 마련 - 주요 핵심기술의 국산화에 따른 철도경쟁력 강화 ▪ <u>경제적 기대효과</u> - 스마트 열차분리결합 실용화를 위한 시험기술 및 시험선 확보
주요성과물	▪ <u>인프라 구축 기술 개발</u> - 스마트열차분리결합시스템 지상인프라 - 스마트열차분리결합시스템 차상인프라 ▪ <u>성능평가 기술개발</u> - 스마트열차분리결합시스템 성능기준 - 스마트열차분리결합시스템 시험절차서 - 스마트열차분리결합시스템 성능평가서(제3자)

5. 최종성과물 및 성과지표

세부 과제	성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치	목표치 설정근거
1세부	학술적성과	학술지 게재 건수	학술지 게재여부	건	6	기술적가치 인정필요
	산업재산권	특허출원/등록 건수	특허출원확인서 특허등록증 신기술출원선	건	6	기술선점을 통한 사업화 기반확보
	기술성능 목표달성	제품성능 목표달성도	실험 및 해석검증	-	-	사업화 성능만족도 검토 필요 - 전송속도 : 100Mbps이상- 추진 및 제품명명 등 중요 데이터에 대한 전송 시간 < 10ms - 고장시 복구시간 < 20s
	현장적용 효과	현장적용건수	현장적용건수	건	2	실용화 목표달성 기준 설정
	표준화	기준/지침/시방 서화	설계/지침반영여부	건	2	사업화 환경기반을 위한 시방기준제시
	기술이전	기술이전건수	사업화를 위한 기술이전건수	건	1	기술적용기업 확보필요
	연구성과 확산노력	연구개발 관련홍보	홍보건수	건	5	기술력 홍보필요
2세부	학술적성과	학술지 게재 건수	학술지 게재여부	건	5	기술적가치 인정필요
	산업재산권	특허출원/등록 건수	특허출원확인서 특허등록증 신기술출원선	건	4	기술선점을 통한 사업화 기반확보
	기술성능 목표달성	제품성능 목표 달성도	실험 및 해석검증	-	3	사업화 성능만족도 검토 필요
	현장적용 효과	현장적용건수	현장적용건수	건	2	실용화 목표달성 기준 설정
	표준화	기준/지침/시방 서화	설계/지침반영여부	건	4	사업화 환경기반을 위한 시방기준제시
	기술이전	기술이전건수	사업화를 위한 기술이전건수	건	2	기술적용기업 확보필요
	연구성과 확산노력	연구개발 관련홍보	홍보건수	건	2	기술력 홍보필요
3세부	학술적성과	학술지 게재 건수	학술지 게재여부	건	18	기술적가치 인정필요
	산업재산권	특허출원/등록 건수	특허출원확인서 특허등록증 신기술출원선	건	11	기술선점을 통한 사업화 기반확보
	기술성능 목표달성	제품성능 목표 달성도	실험 및 해석검증	-	-	사업화 성능만족도 검토 필요
	현장적용 효과	현장적용건수	현장적용건수	건	4	실용화 목표달성 기준 설정
	표준화	기준/지침/시방 서화	설계/지침반영여부	건	-	사업화 환경기반을 위한 시방기준제시
	기술이전	기술이전건수	사업화를 위한 기술이전건수	건	-	기술적용기업 확보필요
	연구성과 확산노력	연구개발 관련홍보	홍보건수	건	7	기술력 홍보필요
4세부	학술적성과	학술지 게재 건수	학술지 게재여부	건	2	기술적가치 인정필요
	산업재산권	특허출원/등록 건수	특허출원확인서 특허등록증 신기술출원선	건	4	기술선점을 통한 사업화 기반확보
	기술성능 목표달성	제품성능 목표 달성도	실험 및 해석검증	-	-	사업화 성능만족도 검토 필요
	현장적용 효과	현장적용건수	현장적용건수	건	2	실용화 목표달성 기준 설정
	표준화	기준/지침/시방 서화	설계/지침반영여부	건	-	사업화 환경기반을 위한 시방기준제시
	기술이전	기술이전건수	사업화를 위한 기술이전건수	건	-	기술적용기업 확보필요
	연구성과 확산노력	연구개발 관련홍보	홍보건수	건	5	기술력 홍보필요

6. 목표 성과물 및 활용방안

세부 과제	목표성과물	기술수요처	활용방안
1세부	- 스마트 열차분리결합을 위한 안전·자동화 근접주행제어시스템 HW 및 SW - 실시간 TI 및 TL 시스템 HW 및 SW	- 국내외 철도운영기관 - 국내외 차량제작사 - 국내외 철도신호제작사	- 신규노선 및 기존노선의 운영효율향상(선로 및 차량 효율적 운영)을 위한 가변편성운영 및 상호운영기술로 적용 - 구내 입환운전 및 구원운전시 인적오류를 저감기술로 적용 - 무인열차운영시스템의 열차안전향상기술로 적용 - 스마트 열차분리결합 핵심제어 및 핵심부품기술 품질 및 안전성 평가를 통한 객관적으로 검증된 시스템 확보 - 국내 적용 및 국외 수출시 철도선진국과 대등한 수준의 경쟁력을 확보할 수 있음 - 과제 개발시 기술수요처가 참여 유도를 통한 실용화 전략
	- 국제표준에 부합하는 열차분리결합 지원 열차네트워크 프로토콜 및 알고리즘, 데이터베이스 관리기술, 전송장치, 내진동/내환경 커넥터 - 응용계층(TCMS, 추진/제동제어, 출입문제어등) 인터페이스를 위한 개방형 API - 이더넷기반 열차통신네트워크 분석 Tool	- 국내외 차량제작사 - 국내외 철도운영기관 - TCN 및 TCMS 제작사 - 철도차량 전장품 제작사	- 기존 철도차량 네트워크에 비해 확장성, 호환성, 가격 경쟁력, 기술 지원에서 우수한 이더넷 기술의 활용으로 철도 운영 효율성 향상 - 세계적으로 경쟁력있는 국내 IT기술로 국제표준에 부합하는 열차통신네트워크 기술을 세계 최고수준으로 개발하여 해외시장 개척 - 열차통신네트워크의 내고장성/내환경성의 전송체계 기술은 항공, 선박, 공장의 제어네트워크 기술로 응용 활용 가능 - 과제 개발시 기술수요처가 참여 유도를 통한 실용화 전략
2세부	스마트 열차분리결합을 위한 자동복합연결기 및 에너지흡수장치	- 국내외 차량제작사 - 국내외 철도운영기관	- 물리적인 분리결합 자동화로 인적오류에 의한 위험원 제거기술 적용 - 프로젝트 제안을 통한 국산화 개발품(자동연결기 및 에너지 흡수장치)경쟁력 확보 - 과제 개발시 기술수요처가 참여 유도를 통한 실용화 전략
	- 안전통로 조성을 위한 가변형 출입문 시스템 - 궤웨이 조성 기술	차량 제작사	- 차량간 승객이동 편의성 및 안전성 확보기술 적용 - 결합 부위 외부 소음 및 진동 차폐 효과 개선 - 시험차량 장착후 기능성 및 내구성능 검증 - 열차가변편성 운영 차량에 적용 - 과제 개발시 기술수요처가 참여 유도를 통한 실용화 전략

세부 과제	목표성과물	기술수요처	활용방안
3세부	▪스마트 열차분리결합 운영계획 최적화 프로그램	▪국내외 차량제작사 ▪국내외 철도운영기관 ▪철도운영계획 S/W 개발업체	▪기존 수요감응형 도시(광역)철도 운영계획 프로그램의 기능을 개선하여 실용화기술 적용 ▪노선의 수요 및 재차율 패턴을 고려한 수요 맞춤형 가변편성 열차운영으로 차량의 동력비(전기료) 등 운영비 절감 가능 (연간 약 37.6억 원/량 절감 가능) -수요 맞춤형 가변편성 열차운영으로 좌석 이용율 5.8% ~ 10% 향상 ▪과제 개발시 기술수요처가 참여 유도를 통한 실용화 전략
	▪스마트 열차분리결합 지능형 관제 프로그램	▪국내외 철도운영기관 ▪철도관제 시스템 개발업체	▪기존 CTC 시스템의 스마트 열차분리결합 운영체계 관련 기능 확장 및 지능화 기술 적용 ▪본선의 다양한 이레사태 감안한 스마트 열차분리결합 운영체계의 유지 및 확보 ▪복잡한 열차·차량의 분리·결합 운영체계의 빠르고 정확한 관제기술 적용 ▪과제 개발시 기술수요처가 참여 유도를 통한 실용화 전략
	▪스마트 열차분리결합 운영체계 법제화 및 실용화 계획	▪국내외 철도운영기관 ▪국가 및 지자체	▪R&D 연구개발사업과 실용화 전략 수립 연구의 동시진행을 통한 기술개발사업이 상용화 정책과 상호 조화를 이룰 수 있는 방향 제시 ▪R&D 시제품의 성능검증 시험 결과를 반영한 상용화 제품을 대상으로 실용화 전략을 수립함으로써 제품의 신뢰성 확보 ▪과제 개발시 기술수요처가 참여 유도를 통한 실용화 전략
4세부	▪스마트 열차분리결합 차지상 인프라	▪철도차량/신호/인프라 구축사	▪스마트 열차분리결합시스템 기능 및 성능평가를 위한 시설확보 ▪핵심제어 및 부품기술에 대한 단위시험, 조합시험, 현장시험 수행 ▪과제 개발시 기술수요처가 참여 유도를 통한 실용화 전략
	▪스마트 열차분리결합 성능시험기술	▪국내외 철도운영기관	▪스마트 열차분리결합시스템의 핵심제어 및 핵심부품 기능 및 성능평가의 객관적 검증을 통한 실용화 시스템 확보 ▪국내 적용 및 해외 수출시 철도선진국과 대등한 수준의 경쟁력을 확보 ▪과제 개발시 기술수요처가 참여 유도를 통한 실용화 전략

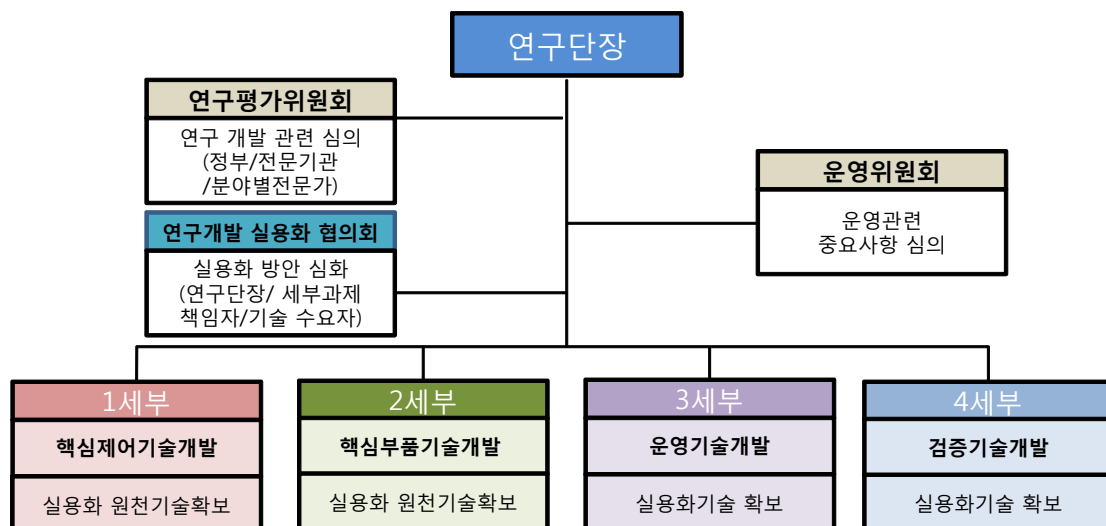
7. 연구추진체계 제안

가. 연구단 추진전략 - 1연구단 4세부과제



[연구단 추진체계]

나. 연구단 운영전략



[연구단 운영체계]

8. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

가. 연구개발 필요성

- (1) 철도교통의 공공성과 지역 형평성 향상을 위한 新개념 수요맞춤형 열차운행기술 필요
 - 운영자 중심의 열차운행은 특정 구간·시간에 집중되어, 지역별 철도이용기회의 불평등을 초래하여 지역 균형발전을 저해
 - 경부선 146회/1일, 호남선 24회/1일, 전라선 12회/1일, 충북선 16회/1일 등
- (2) 친환경 녹색교통의 대중교통분담율 향상을 위한 이용자 편의성 향상 기술 요구 증대
 - 환승으로 인한 혼잡도, 여정시간 증가의 이용자 불편요소를 해결하기 위한 무 환승 운행기술 필요성 대두
 - 환승시 평균이동거리 293m, 보행시간 4.5분(선진국의 2배 이상)
 - 여객수송 분담률 15.6%, 화물수송 분담률 7.5%(2007년도 기준)
- (3) 철도 운영효율성 향상 필요
 - 구간·시간 수요를 고려하지 않는 고정편성 운행은 저밀도 구간, 비첨두시 불필요한 운영비(전력비, 유지보수비 등) 발생
- (4) ICT 융합기술을 적용한 미래지향형 철도시스템 개발 필요
 - 철도 핵심기술의 국외 도입으로 높은 기술 의존도·종속도 및 도입비, 운영·유지보수비로 막대한 국부 유출

나. 정부지원 필요성

- (1) 특정 구간·시간에 집중된 운영자 중심의 열차운행으로 지역별 철도이용기회의 불평등을 초래하고 국민대통합을 위한 지역 균형발전을 저해
- (2) 이용자 불편요소(환승불편, 승객여정시간 증가, 접근성 저하)를 극복하지 못함으로써 국민의 철도교통 외면, 철도의 대중교통역할의 범위 축소
- (3) 철도의 비효율적인 운영에 따른 운영적자 누적은 미래지향적 철도시스템 구축에 대한 추가투자를 저해하고 철도 교통서비스의 악순환으로 이어져 국민의 대정부 교통정책에 대한 불만 급증
- (4) 미래지향적 최첨단 철도 핵심기술의 국외 기술 종속시 막대한 국부유출, 국내 환경에 부적합한 유지관리로 인한 운영비효율성
 - 차량핵심부품 국산화 대체 비용 : 약 100억/연

- (5) 물류·해양·교통체계 선진화를 위한 열차 운영효율향상 방안으로 대도시권 광역철도 및 도시내 혼잡도 개선 및 철도의 대중교통체계 선진화
- (6) 국민대통합을 위한 지역균형발전으로 언제 어디서나 철도이용의 균등한 기회를 보장하는 열차운영기술은 국민대통합을 위한 지역 균형발전 초석
- (7) 수요맞춤형 열차운행을 위한 열차 자동분리결합기술은 실시간 무선통신기술과 고정밀 센서기술을 융복합화를 촉진하는 방안으로 적합함
- (8) 언제 어디서나 철도이용의 균등한 기회를 보장하는 보편적 교통복지 실현하는 국민행복 구현하는 기술로 삶의 질 향상

제 4장 사전타당성 검토

스마트 열차분리결합 핵심기술개발의 타당성을 정책적, 기술적 그리고 경제적 측면에서 검토하여 보고자 한다. 국내 스마트 열차분리결합 핵심기술 확보가 국가 정책적 필요성, 기술발전에 기여도 및 미래 활용성 및 해외시장의 진출과 에너지 절감 측면에서의 필요성을 기술한다.

제 1절 정책성 타당성

가. 국가계획과의 부합성

- 물류·해양·교통체계 선진화를 위한 열차 운영효율향상 방안으로 대도시권 광역철도 및 도시내 혼잡도 개선 및 철도의 대중교통체계 선진화
- 국민대통합을 위한 지역균형발전으로 언제 어디서나 철도이용의 균등한 기회를 보장하는 열차운영기술은 국민대통합을 위한 지역 균형발전 초석
- 수요맞춤형 열차운행을 위한 열차 자동분리결합기술은 실시간 무선통신기술과 고정밀 센서기술을 융복합화를 촉진하는 방안으로 적합함
- 언제 어디서나 철도이용의 균등한 기회를 보장하는 보편적 교통복지 실현하는 국민행복 구현하는 기술으로 삶의 질 향상

(1) 2011~2020 국가철도망 구축 계획 中

(가) 전국주요거점을 고속 KTX망으로 연결

국토 최단 연결 X자형과 해안권 연결 □자형을 결합한 국가철도망 구축하고, 경부·호남·수도권 고속철도를 중심으로 X자형의 국가 철도망 대골격 구성하여, 고속철도망 보완을 위해 충북선, 중앙선, 원주~강릉선, 남부내륙선을 통해 기능 분담하고, 서해선, 동해선, 경춘선, 춘천~속초선, 경전선을 통해 □자형 연결로, 초광역권 구상에 부합하는 해안권 □자형 네트워크 구축할 계획이다.

(나) 대도시권 30분대 광역·급행 철도망 구축

광역철도 운영체계를 급행위주로 재편, 시설확충등을 통해 도심접근 30분대 광역철도망 구축을 계획하고 있다. 이를 위하여,

- 거점역 정차, Skip & Stop 등 운행방식 다양화를 통해 기존 운영노선 고속화 추진

- 이용편의 제고를 위해 운행간격이 긴 노선은 수요맞춤형 열차(8량 → 4~6량) 운행을 통해 급행열차 운행 확대
- 중장기적으로 고속화 차량(110→150~180km/h) 도입, 대피선 설치 등 시설개선을 통해 대부분의 광역철도를 급행화
- 경춘선, 경의선, 분당선 등 진행 중인 광역철도 사업을 적기 완공
- 월곶~판교, 인덕원~수원 등 5+2 광역경제권 특성화 발전 지원을 위한 광역교통기능 철도망 확충
- 도심 접근 30분대 광역철도망 구축을 목표로 수도권 광역급행철도 사업추진 본격화할 계획이다.

(다) 녹색 철도물류체계 구축

- 산업·물류거점간 대량·고속 철도 물류네트워크 구축을 위하여, 경부 및 호남고속철도 개통 이후 기존 경부선·호남선을 주요 화물 발생 거점과 연계한 화물 중심 노선으로 전환하고, 화물수송비율이 높은 주요 선로·구간의 선로용량 증대를 통해 철도의 수송능력 확충, 핵심 물류거점인 항만·산업단지·내륙화물기지를 간선 철도망과 연결하는 인입철도의 지속 확충할 계획이며, KTX 화물전용칸 등을 통해 고부가가치 소량화물 운송·대량수송체계 도입을 통해 철도수송의 경쟁력 제고할 계획이다.



[장래 교통수단 분담률 예측 변화]

- 친환경 및 에너지 문제 해소를 위해 철도중심의 교통변화 추세는 전 세계의 중점목표로 선정되고 있다. 미국은 2030년 까지 교통부문 온실가스 배출 40% 감축을 목표로 플로리다 고속철도사업 등 10개 노선의 고속철도 건설을 추진하고 있으며 유럽연합도 철도투자를 전체 교통투자의 85% 수준으로 확대하고

자 도로에서 철도로운송수단 전환 시 500톤*km당 1유로를 지원하는 Macro Polo 프로그램을 계획하고 있다.

- 일본의 경우도 철도로의 Modal shift 50% 이상 달성 목표를 설정하여 에코레일 마크제도 및 철도전환 보조금 등을 통해 녹색물류 활성화 정책을 추진하고 있다.

(라) 편리한 철도 이용환경 조성

KTX역, 전철역, 터미널 등에 상업·문화·업무 등이 결합된 복합환승센터 개발, 철도·대중교통 연계를 위해 택시베이, 버스베이 등 교통광장 설치, 고속철도역 접근 편의를 위해 광역직행버스, 리무진 버스, 셔틀버스 도입 및 확대, 엘리베이터 등 편의시설 확충, barrier free 역사 지정 등 교통약자의 이용편의 제고, 역사내 자전거 보관시설, 경사로 설치 등 지속 추진고속철도 및 일반철도역의 접근성을 개선하고, 이용 편의시설 지속 확충할 계획이다.

제2차 국가철도망 계획은 철도수혜지역을 확대하여 국토의 균등발전 및 국민의 교통기본권을 확대를 목적으로 하고 있다. 이를 위하여, 지선의 열차 인프라 확대 및 수요맞춤형 열차운행을 계획하고 있었다.

나. 운영기관 계획과의 부합성

(1) 기본방향

여객의 경우, 전국 90분대 연결을 위해, 고속화노선에 적절하도록 열차를 운영하여 타교통수단과의 시간경쟁력을 확보할 계획으로, 고속열차는 수혜지역의 지속적 확대와 운행 빈도를 향상시키고, 일반열차는 고속화 정책에 부응한 차량운영으로 거점 간 접근시간의 획기적 단축을 통한 서비스 질 향상을 추진할 계획이다. 광역의 경우, 광역철도 운영범위 명확화와 셔틀전철 운영 추진, 급행화를 통한 속도 경쟁력 확보 및 연계 수송체계 확립을 위하여, 광역철도 운영범위 설정에 맞는 열차 운영계획, 광역급행전동열차 급행전철 비율 확대 등 직결운행이 곤란한 노선은 열차간 연계를 추진할 계획이다. 화물열차의 경우, 품목의 선택과 집중으로 비용구조개선 및 거점화를 통한 직통수송체계 추진, 신선을 활용한 최단거리 수송 및 수송량 증대를 추진할 예정이다.

(2) 운영전략

- (가) 고속열차는 고속전용선 및 직결노선 운영으로 KTX 수혜지역 확대시킬 예정이며, 기존노선 직결운영으로 KTX 수혜지역을 확대할 예정이다.
- (나) 일반열차의 경우, 고속화된 주요간선축에 신규 EMU를 운영하고, 비개량 노선은 고속화 노선 또는 KTX 연예를 위한 일반차량으로 운행할 예정이다.
- (다) 광역열차는 수송수요에 따른 탄력적인 편성운용, 급행열차 확대, 광역 신선 건설 확대에 따라 직결 또는 서틀을 운행할 계획이다.
- 급행전철은 광역철도 운행구간 중 일부역을 통과하는 형태로 별도노선 또는 열차 추월을 위한 대피선이 설치되어 있는 노선에 운영하고, 서트전철을 광역범위를 벗어나거나 수송수요의 차이가 확연히 드러난 경우, 편성 단 차량수를 줄여 일부 구간만 별도로 운행한다.
- 일반철도와 광역철도간 효율적인 역할분담으로 합리적인 광역철도 운영범위를 설정한다. 즉, 대도시권 내는 도시철도와 연계한 광역철도를 ndsgod하고, 대도시권 이탈하여 광역철도 연장요구시 요구자의 경제적 부담 및 추가요금을 책정하고, 광역철도 미지정구간은 신선과 노선연장 구간이 광역철도로 지정되지 않은 경우, 고상홈 설치와 관계업이 광역전철을 운행하지 않는다.
- 노선별 수송수요에 따라 편성량수의 최적화를 통한 탄력적 편성운용을 추진할 예정이다.
- 수요가 많은 구간은 급행열차 운행확대로 속도 경쟁력을 확보하는 등 급행열차운행을 확대하고, 기존선과 신설노선간 직결운영으로 차량운영 효율 극대화, 광역범위내 급행열차와 광역범위외 운행열차에 좌석형 전동차를 투입할 예정이다.

(3) 차량운영계획

국가철도망 건설에 따라 신선에 운행할 EMU를 건토하고 있으며, 간선철도 차량은 중장기적 운용측명과 차량 표준화의 취지에 부합하도록 단일화 하여, EMU230km/h급 차량을 도입하여, 단일차량을 수송수요에 따라 편성량 수 조절이 가능하도록 추진할 계획이다.

분석결과, 제2차 국가철도망 계획에 근거하여, 국내 최대 운영노선을 확보한 코레

일은 2020년까지 고속화 및 수요맞춤형 운행을 계획하고 있다. 이는 본 과제에서 목표하는 바와 일치함을 확인할 수 있었다.

제 2절 기술적 타당성

선로용량이 포화상태에 도달할 때, 열차 수송량을 향상시키기 위한 방법으로 주로 검토되고 있는 것이 열차 시격을 단축하는 방안이나 편성 차량 수를 증가시켜 1회 수송량을 증대시키는 방안 등이 있다. 하지만 열차 시격 단축은 복잡한 신호시스템 및 제동거리를 단축하기 위한 고성능 제동장치의 개발이 필수적일 뿐만 아니라 시격 단축 자체도 한계가 있다. 편성 차량 수를 증가시키는 방법은 긴 역사를 필요로 하므로 역사 증축 등 부가적인 시설비의 투자가 요구된다. 따라서 일본, 유럽 등 철도 선진국에서는 이용자 수용에 따른 가변편성 운용을 하고 있으며, 국내에서 이를 위한 필요한 기술이 개발되어야 한다.

- 본 기획에서는 비전 및 목표 수립에 있어 기술개발 방향을 설정하고자 STEEP 분석 및 SWOT 분석을 실시하고 기술동향 및 환경분석 결과를 기반으로 Issue Tree를 작성하였으며, 이를 통해 기술개발 목표와 중점추진분야, 주요 기술 개발 분야를 선정함
- 또한, QFD를 활용하여 후보 과제간 연계성 및 중요성을 고려하여 각 후보과제의 우선순위를 도출하고 기술개발 전략을 재수립함
- 또한, 각 세부과제 및 세세부과제별 구체적인 연구내용 및 성과물을 정리하기 위해 연구개발 목표, 기술개발 및 산업/시장 동향, 기존 기술 활용방안, 기술개발 필요성, 정부지원의 타당성, 주요 연구개발내용, 기술 확보 전략, 기술개발 최종성과물 및 활용방안, 연구개발과제 규모, 기대효과 및 파급효과 등을 구체적으로 작성함
- 이처럼 본 기획 연구를 통해 도출된 결과는 철도 차량간 자동연결 및 분리시스템 개발 측면에서 계획의 완성도가 높은 것으로 조사되었으며, 기술개발 전략 분석 결과 국내 기술 수준을 고려하여 적절한 연구개발 계획을 수립한 것으로 조사됨
- 본 기획 결과는 기술개발 기획에 있어 각 세부과제별 연구목적 및 배경, 연구개발 목표, 기술개발 및 산업시장 동향, 기존 기술 활용방안, 선행 연구와의 차별성 등이 구체적으로 제시되는 등 연구 개발 계획의 완성도 및 적절성이 우수한 것으로 조사됨

1. 핵심제어기술

현재 국내에는 무선통신기반의 열차제어시스템과 관련된 기반기술이 확보되어 있는 상황이며 열차의 자동분리결합에 대한 기술적 분석과 접근만 신중하게 수행된다면 충분히 개발이 가능하다. 또한, 현재 국내 IT기술, 철도차량 제작기술은 세계적인 수준으로 최고수준의 철도차량네트워크를 개발할 수 있는 기반이 마련되어 있다. 해당 기술의 연구투자가 이루어진다면, 기술개발이 가능할 것으로 판단된다.

2. 핵심부품기술

유럽방식의 연결기인 Corn 방식은 국내 KTX-산천과 용인경전철 및 의정부 경전철에 적용되고 있다. 성공가능성에 대한 관건은 요소 부품에 대한 설계 기술 이라고 할 수 있으며 요소기술에 대한 설계 능력은 국내 밀착식 연결기의 국산화 설계, 제작 경험이 확보되어 있으므로, 소기의 목적을 달성할 수 있을 것이다. 출입구 안전통로 형성 기술은 기존 도어 시스템에 기구학적 기술 요소를 적용하고 공간 확보를 위한 디자인 요소를 접목하여 융합 기술로 개발 가능하며, 갱웨이 형성은 소재 기술을 기반으로 외부 차폐 효과를 향상시킬 수 있으며 자동 조성기술 또한 자동화 시스템 기술의 응용으로 개발이 가능하다.

3. 핵심운영기술

국내에서는 KTX 산천 및 새마을 PP 동차의 가변편성 운영 경험 뿐 아니라, 해당 분야 수리과학적 접근 방법 관련 연구 경험 및 실적 가지고 있다. 또한, 열차운영계획수립 관련 국내 연구 수준 세계적으로 높은 수준으로 관제 CTC 시스템 및 프로그램 국내 자체 개발이 가능하다. 스마트 열차분리결합시스템의 운영최적화를 위하여, 검증된 의사결정 부분만 모듈화하여 관제시스템으로 탑재하므로 국내 개발 가능하며, 다양한 국내외 벤치마킹 사례 있다.

4. 핵심검증기술

국내 연구개발되는 철도시스템은 시험차량 및 인프라 구축으로 기능 및 성능검증이 이루어졌다. 고속철도, 경량전철, 틸팅차량 등의 차량개발 사업외에 최근 한국형 열차제어시스템 표준사양개발을 위하여, 시험차량과 시험인프라구축을 통하여 무선기반 열차제어시스템의 시험평가가 수행 중에 있다. 국내 운영기관, 건설기관의 참여가 이루어진다면 소기의 목적을 달성할 수 있다.

제 3절 경제적 타당성

경제적 분야에 대한 스마트 열차분리결합시스템은 철도이용 편의성 향상에 따른 수송수요 증가가 발생한다. 본 연구에서는 열차분리결합 기술을 실제 노선에 적용·운영 시에 발생하는 편익을 추정하고 그에 따른 경제적 타당성을 분석하였다. (편익 산정시, 본 과제에서 제안하는 정보R&D비용을 고려하였다.)

스마트 열차분리결합에 의한 가변편성운영이 이루어지면 철도의 효율적인 운영 및 운행시각이 단축이 가능해진다. 열차의 운행시각이 단축되는 경우, 철도 이용자의 대기시간이 단축되며 이는 곧 통행자의 수단 선택 시 철도의 효용 증가로 이어져 결과적으로 타수단에서 철도로의 수단전환이 이루어지고 철도 이용수요가 증가한다.

본 분석에서는 열차분리결합 적용에 따른 수요맞춤형 철도 가변편성 운영을 통한 철도 이용수요 증가에 따른 편익 및 대기시간 단축에 따른 편익을 제시하였으며, 이 중 이용수요 증가에 따른 편익은 통행시간 절감편익, 차량운행비용 절감편익, 환경비용 절감편익, 교통사고 감소편익의 세부 항목으로 구분하였다.

본 분석에서는 철도 이용자의 쾌적성, 정시성, 안정성 향상에 따른 편익 및 지역개발, 시장권 확대, 산업구조 개편 등의 파급효과와 같은 편익들은 계량화에 어려움이 있어 편익항목에서 제외하였다.

표 4.1 철도 가변편성 운영 편익 항목 구성

편익 항목	세부 항목
철도 이용수요 증가에 따른 편익	철도 이용수요 증가에 따른 타수단 및 철도 이용자의 통행시간 절감 편익
	철도 이용수요 증가에 따른 타수단 이용자의 차량운행비용 절감편익
	철도 이용수요 증가에 따른 타수단 이용자의 환경비용 절감편익
	철도 이용수요 증가에 따른 타수단 및 철도 이용자의 교통사고 감소 편익
대기시간 단축에 따른 편익	대기시간 단축에 따른 철도 이용자의 대기시간 절감편익

1. 도시철도 5호선

현재 도시철도 5호선은 강동-상일동, 강동-마천반향이 지선이 존재하며, 8량 1편성의 열차가 번갈아 운행을 한다. 따라서 방화에서 강동까지 평균시각이 5.3분인데 반하여 지선구간의 평균시각은 10분을 초과한다. 열차분리결합기술을 적용한다면, 지선의 시각이 본선의 평균시각과 동일한 5.3분이 된다. 즉 시각의 50% 절감 효과가 발생한다.

가. 운행개요

● 도시철도 5호선 Y선으로 인한 지선구간

(현재)강동-상일동/강동-마천 지선 구간 본선 시각 2배 ▶ (개선)5호선 전구간 시각 동일

운행 시간	방화→강동	강동→상일동	강동→마천
평 균	5.3분	11.4분 → 5.3분	10.2분 → 5.3분

기존 배차간격 약 50% 단축으로
지선구간 이용편의성 향상



나. 대기시간 절감 분석

[단위 :분]

구분		운행 시각		평균 대기시간		분리결합 소요시간	대기시간 절감
		미시행	시행	미시행	시행		
마천-강동	상행	10.2	5.3	5.1	2.65	3	-0.55
	하행	10.2	5.3	5.1	2.65	0	2.45
상일동-강동	상행	11.4	5.3	5.7	2.65	3	0.05
	하행	11.4	5.3	5.7	2.65	0	3.05

다. 지선구간 수요분석

[단위 :명]					
구 분	2018년	2021년	2026년	2031년	2036년
미시행시 5호선 이용수요 (인/일)	157,750	175,671	176,209	179,728	168,660
시행시 5호선 이용수요 (인/일)	162,923	181,508	182,157	185,858	174,561
수요 변화량	▲ 5,173	▲ 5,837	▲ 5,948	▲ 6,130	▲ 5,901

라. 편익분석

[단위 :억원]						
구 분	시간절감	대기시간절감	운행비용절감	환경비용 절감	사고비용 절감	총
편익	35~49억원	154~175억원	15~20억원	3~5억원	2~3억원	55~77억원 199~252억원 (대기시간절감 포함)

마. 결과분석

도시철도 5호선에 열차분리결합기술을 적용했을 때(강동역에서 결합시 3분, 분리시 0분을 가정), 승객대기시간 절감에 따른 지선구간 수요가 증가하였고, 이에 대한 편익이 연간 199억원~252억원 발생하였다.

2. 신안산선

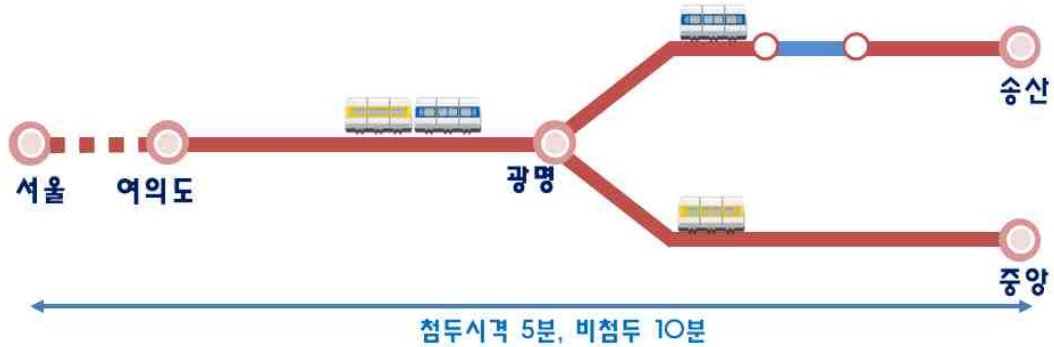
경기서남권의 광역철도로 2013년 착공하여 2018년 개통을 목표로 하고 있다. 현재 실시설계가 완료되었으나, 도시철도 5호선과 마찬가지로 Y자 의 선로구조를 통하여 인프라 수혜를 확대하려 하였으나, 지선의 운전시각이 본선의 두배라 됨에 따라 철도이용자들의 불편을 야기할 수 있다. 이와 같은 구간에 스마트 열차분리결합 기술을 적용하고, 이에 대한 경제성을 분석하였다.

가. 운영개요

● 신안산선 분리결합 열차적용 운행안

- 적용노선 : 46.956km, 서울역~송산/중앙
- 운행시각 : 첨두 5분, 비첨두 10분
- 단위편성 : 3량 1편성
- 열차결합 3분, 분리 0분

- 1단계 개통(2018년)
- ... 2단계 개통(2023년)
- 소사 ~ 원시선



나. 대기시간절감분석

[단위 :분]

구분		운행 시격				평균 대기시간				대기시간 단축			분리결합 소요시간 (가정)	대기 시간 절감
		미시행		시행		미시행		시행		첨두	비첨두	평균		
		첨두	비첨두	첨두	비첨두	첨두	비첨두	첨두	비첨두					
하행	서울역 ~ 광명	5	10	5	10	2.5	5	2.5	5	-	-	-	0 (분리)	4.5
	광명~ 송산	10	20	5	10	5	10	2.5	5	2.5	5	4.5		
	광명~ 중앙	10	20	5	10	5	10	2.5	5	2.5	5	4.5		
상행	중앙~ 광명	10	20	5	10	5	10	2.5	5	2.5	5	4.5	3 (결합)	1.5
	송산~ 광명	10	20	5	10	5	10	2.5	5	2.5	5	4.5		
	광명~ 서울역	5	10	5	10	2.5	5	2.5	5	-	-	-		

다. 수요분석

[단위 인/일]

구분	2018년	2023년	2026년	2031년	2036년
미시행시	72,929	79,269	79,710	80,371	81,648
시행시	76,543	83,309	83,820	84,586	86,052
수요변화량	▲ 3,614	▲ 4,040	▲ 4,110	▲ 4,215	▲ 4,404

라. 경제성 분석

구분	무인운전 시나리오		유인운전 시나리오	
	대기시간 절감편익 포함	대기시간 절감편익 미포함	대기시간 절감편익 포함	대기시간 절감편익 미포함
할인편익(억원)	2,374	1,010	2,374	1,010
할인비용(억원)	433	433	786	786
B/C	5.48	2.33	3.02	1.28
NPV(억원)	1,942	577	1,589	224
IRR	27.0%	13.3%	23.3%	8.7%

기준 : 교통시설 투자평가지침, 제4차(2011.11), 국가교통부

마. 결과분석

신안산선의 경우, 열차분리결합기술을 적용했을 때(광명역에서 결합시 3분, 분리시 0분을 가정), 승객대기시간 절감에 따른 지선구간 수요가 증가하였고, 이에 대한 B/C가 최대 5.48, 최소 1.28로 분석되었다.

3. 결론

스마트 열차분리결합 기술은 철도 수혜확대, 이용자 편의성 향상을 통한 철도의 공공성 확대라는 선순환을 가져올 뿐 아니라, 경제적 타당성이 확인되었다. 녹색교통 수단으로써의 철도교통이용 확대를 위하여, 철도교통경쟁력 강화를 위하여, 반드시 시급하게 수행되어야 한다.

제 5장 인력투입계획 및 소요예산 산정

제 1절 연구일정에 따른 인력투입계획

□ 인력투입계획

(단위 : 명)

세부과제	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
1세부	35	45	35	20	135
2세부	22	25	25	15	87
3세부	12	17	15	12	56
4세부	12	20	50	65	147
합 계	81	107	125	112	425

제 2절 소요예산 산정

[총괄]

(단위 : 억원)

세부과제	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
정부	75.50	99.75	68.70	55.5	299.45
민간	24.45	45.20	31.15	27.75	128.55
합 계	99.95	144.95	99.85	83.25	428

[세부과제별]

(단위 : 억원)

세부과제	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		합계
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	
1세부	27.00	20.00	46.00	39.00	29.00	27.00	17.00	24.00	229.00
1-1	15.00	17.00	32.00	35.00	20.00	25.00	10.00	23.00	177.00
1-2	8.00	3.00	10.00	4.00	5.00	2.00	2.00	1.00	35.00
1-3	4.00	-	4.00	-	4.00	-	5.00	-	17.00
2세부	9.50	3.20	14.75	4.95	8.70	2.90	7.50	2.50	54.00
2-1	4.50	1.50	9.75	3.25	4.20	1.40	4.50	1.50	30.60
2-2	2.00	0.70	2.00	0.70	1.50	0.50	1.50	0.50	9.40
2-3	3.00	1.00	3.00	1.00	3.00	1.00	1.50	0.50	14.00
3세부	7.00	1.25	10.0	1.25	10.00	1.25	6.00	1.25	38.00
3-1	3.00	-	5.00	-	5.00	-	2.00	-	15.00
3-2	3.00	1.25	4.00	1.25	4.00	1.25	2.00	1.25	18.00
3-3	1.00	-	1.00	-	1.00	-	2.00	-	5.00
4세부	32.00	-	29.00	-	21.00	-	25.00	-	107.00
4-1	30.00	-	25.00	-	15.00	-	15.00	-	85.00
4-2	2.00	-	4.00	-	6.00	-	10.00	-	22.00
합 계	75.50	24.45	99.75	45.20	68.70	31.15	55.5	27.75	428.00

제 6장 과제제안요구서

연구과제명	스마트 열차분리결합 기술 개발
1. 연구 목표	◦ 열차 운행 중 이용자 수요를 기반으로 편성을 단시간 내에 안전하게 가변하기 위한 스마트 열차분리결합 자동화 기술개발 [개발목표] ▪ 대 상 : 운행속도 150km/h급 도시광역을 운행하는 EMU(Electronic Multiple Unit)차량 ▪ 운전모드 : 유인자동, 무인자동 ▪ 열차제어시스템 : 무선기반 열차제어시스템 ▪ 위 치 : 역사내 본선(선행열차 정차) ▪ 운행조건 : 정차 중 결합 ▪ 소요시간 : 결합 3분(선행열차도착기준), 분리 0분 ▪ 특 징 : 핵심 제어기술과 핵심 부품기술을 개발하여 기존 전동차에 적용할 수 있도록 개발 ◦ [연구개발요소] ▪ 스마트 열차분리결합을 위한 핵심제어기술 · 안전주행 자동제어 기술 · 차량 총괄네트워크 기술 · 안전성 평가 및 검증 기술 ▪ 스마트 열차분리결합을 위한 핵심부품기술 · 상호호환성을 갖춘 자동연결기 및 에너지 흡수장치 · 승객이동을 위한 차량 전면도어 및 갭웨이 조성기술 · 기존 전동차 개량 기술 ▪ 스마트 열차분리결합을 위한 핵심운영기술 · 최적화 스케줄링 기술 · 지능형 관제기술 · 법제화 기술 ▪ 스마트 열차분리결합 핵심기술검증 · 차지상 인프라 구축기술 · 성능평가 기술

2. 연구 필요성

□ 연구의

필요성

◦ [사회·경제적 필요성]

- 철도는 시간·공간적으로 상이한 교통수요를 고려하지 않는 운영자 중심의 고정편성으로 운영되고 있음.
- 이는 첨두시간대 역사내 교통 혼잡도와 배차간격, 환승에 따른 승객 여정시간 증가를 유발시켜 철도의 교통 분담율을 낮추는 원인이 됨.
- 철도가 경제성과 수송효율성의 장점에도 교통수요자에게 외면받는 이유는 목적지까지의 직결성 부족에 따른 환승, 환승에 따른 역사내 교통 혼잡도와 여정시간 증가가 그 원인이 됨.
- 철도 운영기관은 시간에 따른 배차간격조정과 같은 소극적인 방법으로 교통수요에 대응하고 있음.
- 그러나, 이와 같은 소극적인 대응은 자가교통과 같이 목적지까지 무정차, 무환승으로 이동하기를 원하는 철도 수요자의 기대를 만족시킬 수 없음.
- 따라서, 도시철도 승객과 운영자 모두는 수요자 중심의 새로운 도시철도 운영기술에 대한 필요성을 제기하고 있음.
- 수요자 중심의 철도 운영기술은 교통수요 예측에 따라 열차의 운행편성·운행노선을 가변하는 노선간 상호직결운영기술(무환승을 위한 직결노선 운행), 혼합운영기술(노선간 차량혼합운행), 동일 노선내 수요에 따른 가변편성운영 등이 있음.
- 기존의 열차 가변편성기술인 중련 및 구원운전은 수동으로 열차편성을 변경하는 운영기술로 분리결합을 위한 인력, 편성조성시간 및 편성조성에 따른 운행제어로직 갱신 시간이 필요함에 따라 교통수요에 즉각적인 대응이 불가능함.
- 즉, 교통수요에 탄력적으로 대응하기 위해서는 기 조성된 편성내 차량을 짧은 시간내 자동으로 연결, 분리하는 기술이 필요함.

◦ [기술적 필요성]

- 운행 중에 열차를 분리결합하기 위해서는 안전거리 확보를 위한 열차간격제어기술, 근접거리까지 열차를 이동하기 위한 근접주행기술 등의 핵심기술이 필요함.
- 국내 열차분리결합이 활용되고 있는 KTX산천의 경우 열차의 분리결합시 사람의 개입이 필수적임. 이는 운영비의 증가 및 인적오류에 따른 사고 발생으로 이어짐.
- 따라서 열차분리결합수행을 위한 자동화시스템 개발이 요구됨.
- 또한, 열차의 물리적인 결합과 분리를 위한 연결기와, 결합, 분리시 탑승한 승객의 안전을 위한 충돌에너지를 흡수장치의 개발이 요구됨. 이와 같은 기술은 현재 100% 국외 기술에 의존하고 있는 상황으로 원천기술의 확보가 시급한 실정임.

- 독립된 열차의 결합시 독립된 네트워크의 실시간 단일화를 구성하여, 차량내 열차운전, 방송과 관련된 정보를 공유하여야함.
- 최근 들어 이더넷기반의 차량 네트워크의 IEC 61375에서 새롭게 제정될 예정으로, 유럽과 일본의 차량제작사의 경우, E-Train이라는 명칭으로 실용화 차량을 개발하고 있음. 국내 차량 제작사에서도 차량 수주시 이더넷기반의 차량 네트워크에 대한 요구를 받고 있음.
- 이더넷기반 차량 네트워크는 기존 TCN에 비해 IT분야의 절대적 인지도, 미래 지향적 개발 기반 및 넓은 개발 저변, 넓은 시장에 따른 저렴한 가격, 고속 전송을 보장이라는 장점이 있음.
- 실시간 네트워크 확장을 위한 inaguration (실시간 단일화)기능은 열차결합 분리를 위한 기능으로 활용이 가능하며, 현재 국제 규격 제정단계에서 열차분리결합시스템의 적용·검증은 세계시장을 선도할 수 있는 기회임.
- 승객이동을 위한 전면도어는 열차 결합시 편성간 승객이동을 원활하게 하여 승객의 편의성을 향상하기 위한 기술로서, 승객이동을 위한 열차간 결합부위의 신뢰성 높은 안전통로 기술 확보가 필수적임.
- 이때, 이동경로의 확보차원 뿐만 아니라 차량외부의 발생 소음을 차단할 수 있는 밀폐형 공간 창출을 통한 승차감 개선 및 차량간 결합시 수시로 결합 및 분리를 반복하는 연결부위에서 발생할 수 있는 진동에 대한 대책과 반복 내구성의 확보 기술에 대한 연구되어야함.
- 스마트 열차분리결합시스템의 실용화를 위하여 핵심제어기술과, 부품기술을 적용하여 성능 검증과 안전성평가가 함께 수행되어야함.
- 이를 위하여, 시험선 구축과 시험차량구축, 시험평가가 수행되어야함. 시험평가는 철도종합시험운행시험에 따라 수행되어야하며, 시험을 통하여, 스마트 열차분리결합시스템의 객관적 검증을 통한 실용화 시스템 확보, 국내 적용 및 국외 수출시 철도선진국과 대등한 수준의 경쟁력을 확보할 수 있음.
- [정책적 필요성]
- ICT 과학 기술과의 융복합화 촉진 - “정부연구개발 투자 중점추진분야”
 - ICT 기술과 철도 핵심제어기술의 융합을 통한 철도 안전주행성 향상
 - 철도분야와 항공우주 분야의 도킹기술, 도로ITS 분야의 Platooning Driving 기술의 융복합 기술개발
- SOC 투자 감소에 따른 철도운영 효율성 향상 요구- “창조정부 투자방향”
 - 철도교통은 공공교통의 하나로 철도에 대한 신규인프라 투자를 감소하고, 기존 인프라를 최대한 활용하는 인프라 효율성 향상 정책 수립
- 철도운영 경쟁력 강화 필요- “철도산업 발전 방안”
 - 철도 운영의 경쟁체제 도입을 통한 철도 효율성 향상 및 이용자 중심 철도 운영 계획수립

- 철도이용자 기반 열차운영 요구- “제 2차 국가철도망 계획(2011-2020)” 中
- 접근성 저하, 노선간 상호운영 불가에 따른 철도교통분담율 저하
- 이용편의 제고를 위하여 운행간격이 긴 노선은 수요맞춤형열차(8량→4-6량)운행
- 철도 운영효율화 및 이용자 만족을 위한 운영계획- “코레일 중장기 운송전략”
-[고속용] 고속전용선 및 직결노선 운영으로 KTX 수혜지역 확대
(KTX 산천 차량의 열차 결합 분리 운행을 통한 전라선, 호남선 고속철도 수혜 사례)
-[간선용] 지역간 연계 및 수송수요에 따른 편성조정, 셔틀 운행
-[광역용]수송수요에 따른 탄력적 편성운용, 급행열차 확대, 광역직결 또는 셔틀운행

□ 국내외

기술동향

◦ [국내 기술 동향]

- 국내 열차분리결합은 KTX산천차량에서 호남, 전라권의 고속철도 수혜 확대 및 서울-시흥구간 선로이용 효율성 향상을 위하여 운행중에 있음.
- 열차결합분리를 위한 핵심제어시스템(안전주행제어)은 프랑스 Ansaldo STS社 의 장치로 100% 외산이며, 열차의 결합을 위한 근접주행시 최소 7명의 인원이 투입되어 수동으로 취급함에 따라 인적오류의 발생요인이 될 수 있음.
- 물리적으로 결합분리를 위한 핵심부품(자동해치, 자동연결기, 에너지흡수장치)또한 100% 외산에 의존하고 있어, 취급시, 유지보수시 운영기관이 어려움을 겪고 있음.
- 차량 네트워크의 경우, 2013년 IEC 61375 part 3-4 이더넷기반 열차네트워크의 제정예정이며, 신규차량 수주시 국내 차량제작사 및 네트워크사에서 해당기술의 차량적용을 요구받는 상황임.
- 승객간 이동시스템의 경우, 국내 적용사례가 없으나, 열차분리결합시 해당장치의 적용을 통하여 승객편의성을 제고할 수 있음.
- 열차분리결합을 위한 운영기술은 국내 부재중으로 해당기술의 실용화를 위하여, 스케줄링, 관제기술에 대한 연구가 수행되어야함.
- 스마트 열차분리결합기술은 이미, 우주선 도킹, 항공기 공중급유, 모바일하버 및 도로ITS의 Platooning Driving에서 ICT기술과 융합한 최첨단의 실용화 기술로, 철도분야의 연구개발이 필요한 시점임.

◦ [해외 기술 동향]

- 철도의 대중교통분담율이 높은 일본, 유럽 등에서는 열차분리결합이 매우 활발히 이용되고 있음.
- 주로 중심에서 교외, 지선 등으로 즉, 고밀도구간에서 저밀도 구간의 철도이용수혜 기회를 균등이 하고, 운영기관의 운영효율성을 향상시키기 위한 방안으로 사용되고 있었음.
- 일본의 경우, 대부분의 교외선에서 활용되고 있었으며, 한가지 사례로 나리타공항의 급행열차(NEX)는 단위 편성 6량1편성으로 나리타 공항에

서 2편성이 결합되어 운행하다가 도쿄에서 두 편성이 분리되어 오후나-다카오방향, 다카오-오미야방향 등 주요 도시로 운행함.

- 영국의 경우, 런던에서 주요도시(Ramsgate, Dover)로 운행하기 위하여 London Victoria에서 기본편성 3량 1편성의 차량이 2~3편성 결합 운행하다가, Faversham에서 분리되어 Dover, Ramsgate로 운행함.
- 이외에도 다수의 국가에서 활용되고 있었으며, 요수기술인 핵심제어기술, 부품기술은 유럽의 일부 국가에서 제작되고 있음.
- 특히, 유럽의 경우 ERTMS/ETCS로 핵심제어기술을, TSI규정으로 핵심부품기술의 표준화를 통하여 이종차량간 상호환성을 갖도록 규정하고 있음.

3. 연구 내용

□ 세부과제 1: 연구개발의 SE 및 핵심제어기술 개발

[1-1세부] : 안전자동화 주행제어기술개발

- 안전자동화 열차감시 및 제어시스템 장치개발
 - 가변편성에 따른 역간 간격제어를 위한 속도제어기술개발
 - 다중편성 진로제어기술개발
- 열차분리결합 자동화를 위한 열차자동운전장치 개발
 - 고정밀 상대속도/위치 검지기술 개발
 - 상대속도기반 열차제어기술개발
- 실시간 TI(Train Integrity) & TL(Train Length) 장치 개발

[1-2세부] : 총괄네트워크 기술개발

- 고신뢰성 차량 이더넷 전송체계 및 하부네트워크 장치 개발
 - ETB(Ethernet Train Backbone) /ECN (Ethernet Consist Network) 전송망 구조 및 빠른 복구 체계 개발
 - 차량 잡음에 강인한 ETB 네트워크장치, ECN 네트워크장치 개발 (train inauguration, 바이패스 기능 등)
 - 신규 또는 기존 TCMS 등 차량전장품의 ETB/ECN 접속장치 개발
 - 내진동규격(KS R 9185)에 적합한 케이블 차폐용 커넥터 개발
- 열차분리결합을 위한 차량네트워크 표준 규격 연구
 - 국내 철도차량네트워크 표준화 연구
 - IEC 표준화 연구

[1-3세부] : 안전성 평가 및 인증

- 스마트 열차분리결합시스템 품질안전계획 수립
 - 철도 차량간 연결 및 분리시스템의 사고 및 고장정의
 - 시스템 전체 및 구성시스템의 예비위험원분석과 신뢰성목표
- 수명주기별 안전요구사항 및 신뢰성, 유지보수성 관리계획
 - 핵심제어기술, 부품기술, 운영기술 품질안전계획 평가

- 수립된 계획의 실용화 관련 법, 규정, 표준의 요구사항 만족
 - 철도시스템 기능안전 국제표준 요건적합성 평가
 - 철도안전법 및 고속/일반/도시철도 운전규정 적합성 평가

□ 세부과제 2: 핵심부품기술개발

[2-1세부] : 자동연결기 및 에너지 흡수장치 국산화 개발

- 자동복합연결기 국산화 기술 개발
 - 신호,방송,통신용 연결 가능한 전기연결기 개발(점점 표준화)
 - Corn Type 전두 연결기 개발
 - 이중 연결기 연결을 위한 Adapter 개발
- 에너지 흡수장치 국산화 기술 개발
 - 충돌시나리오에 따른 에너지 흡수용량 산정
 - 충돌 해석기술개발
 - 충돌 안전기준 설정(만차상태 10km/h 충돌조건에 대한 안전기준)

[2-2세부] : 편성간 승객이동을 위한 FFD 및 갱웨이 개발

- 열차전두부 형상 설계
 - 분리결합시 승객이동이 자유로운 안전통로시스템을 고려한 열차 형상 설계
- 연결통로 시스템 설계 기술 개발
 - 출입문 및 연결부위 상호 간섭 최소화를 위한 안전통로 시스템 설계 기술
 - 안전통로 형성 후 안전성 유지 기술 개발
 - 통로 안전성 확보 모니터링 기술 개발
- 밀폐형 갱웨이 형성 기술 개발
 - 차량연결부위 진동 및 소음 방지를 위한 밀폐형 갱웨이 조성 기술

[2-3세부] : 기존 전동차 개량기술 개발

- 기존전동차 설계 검토
 - 국내 운행중인 전동차 제어 및 I/F 시스템 분석
 - 열차제어장치-차상신호장치간 I/F 회로설계
 - 차량간 표준통신구축을 위한 프로토콜 선정
- 차량제어장치와 차상신호장치간 통합 I/F 설계
- 이중 차종간 차량특성, 견인특성 제동특성 일체화 설계
 - 이중 차종간 전장품 특성 일체화 회로설계

□ 세부과제 3: 핵심운영기술개발

[3-1세부] : 운영최적화 기술개발

- 수요 맞춤형 최적 가변편성 열차계획 기술개발
 - 실제 노선 중심의 가변편성 운행계획 도출
- 열차분리 결합을 위한 선·후행 열차간 동기화 열차운행 스케줄링 기술개발
 - 선·후행 열차의 운행시간 지연패턴을 고려한 본선 분리·결합 운행체계 유지 및 차내 승객 대기시간 최소화 기술

- 열차분리결합 운영체계하에서 차량의 배차 및 반복 할당 최적화 기술개발
 - 차량 반복 할당을 위한 철도차량운용의 과학적 모형 및 해법을 개발

[3-2세부] : 지능형 관제기술개발

- 열차의 분리·결합 과정 실시간 감시 및 통제 기술개발
 - 열차 분리·결합 과정 모니터링 기술개발
- 열차분리결합 운영체계에서 후속열차의 지연도착에 대한 지능형 관제 기술개발
 - 후속열차 지연에 따른 선행열차 출발 및 대기 의사결정
 - 수요 맞춤형 운영스케줄 관리 및 인터페이스 기술
- 열차분리결합 운영체계를 위한 기존 CTC 시스템 기능 확장 및 보완 기술개발
 - 열차관제를 위한 기존 CTC 시스템의 최소 비용 호환성 확보

[3-3세부] : 운영을 위한 법제화

- 열차분리결합 운영을 위한 법제화 연구
 - 스마트 열차분리결합 운영을 위한 열차운영 및 신호 취급 프로세스 표준매뉴얼 및 이례상황 취급 매뉴얼 구축 연구
 - 스마트 열차분리결합 시스템의 적정 유지보수 체계 및 관리 기준 수립 연구
- 열차분리결합 운영체계 실용화 전략 수립
 - 스마트 열차분리결합 시스템의 실용화 대상 노선 선정 연구
 - 스마트 열차분리결합 시스템 실용화 종합추진전략 수립 연구

□ 세부과제 4: 성능검증기술개발

[4-1세부] : 성능평가를 위한 인프라 구축 기술개발

- 스마트 열차분리결합시스템 성능검증을 위한 지상인프라 구축기술
 - 시험선 확보 및 운용
 - 지상 통신인프라구축(백본 외)
 - 지상 신호인프라 구축(ATS, EI)
- 스마트 열차분리결합시스템 성능검증을 위한 차상인프라 구축기술
 - 시험 차량 확보 및 개조 설계, 원상복구

[4-2세부] : 성능평가

- 성능평가를 위한 시험항목 도출 및 시험 절차서 개발
 - 자체성능평가
 - 제3기관 성능평가

4. 연구 추진방법

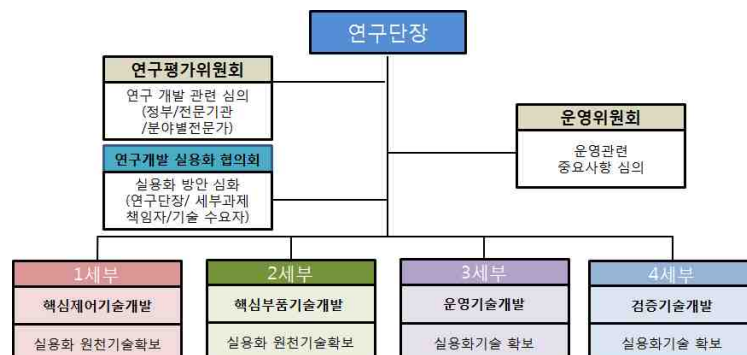
□ 추진전략

- 스마트 열차분리결합시스템의 실용화를 목적으로 추진(Commercialization)
 - 국내 철도운영기관을 대상으로 한 연구내용 및 진행상황에 대한 적극적인 홍보를 하고 이들의 의견 및 요구사항을 연구과정에 반영

- 관계부처, 철도건설운영기관 및 지자체의 철도건설계획중실용화 가능성이 높은 대상노선을 선정하고, 이를 목표로 하여 안전성을 평가할 수 있는 시험선, 평가인프라 및 시험차량을 구축
- 시스템의 안전성 평가를 위해서 IEC 또는 이에 준하는 규격을 적용하고, 열차제어시스템의 안전성 평가와 인증에 충분한 경험을 갖춘 전문기관을 참여시켜 안전성평가결과의 객관성을 확보
- 스마트 열차분리결합시스템의 핵심제어기술, 핵심부품기술의 국산화 개발전략
 - 국내 열차제어시스템 표준제정 예정인 KRTCS의 표준사양을 근거로 하여 향후 실용화시 국내 열차제어분야 관련 기관에게 동등한 기회 제공
 - 핵심부품의 국산화를 통한 국내외 시장진출 기회 확대
- 시스템 최적화를 통한 비즈니스모델 창출 (System of Systems)
 - 개별 요소 시스템의 조합을 최적화하는 System of Systems형 기술개발을 통한 새로운 철도차량 비즈니스모델 제시
 - 각 세부과제간 긴밀한 연계를 통해 시스템 기술개발의 효율성 제고
- 세부과제별 추진전략
 - 1세부과제 : 국내 열차제어시스템 표준사양을 활용한 열차분리결합 안전주행 자동화 핵심기술, 종괄네트워크 핵심기술 확보 및 국제규격을 근거로 한 안전성 평가를 통한 경쟁력 강화
 - 2세부과제 : TSI 규격에 맞는 자동연결기 국산화 및 에너지충돌장치 개발을 통한 국내 해외의존도 저감 및 국내 차량핵심부품 경쟁력 강화
 - 3세부과제: 열차분리결합시스템 실용화를 위한 실제 노선 대상을 통한 운영기술 확보
 - 4세부과제: 열차분리결합시스템 실용화를 위한 객과적 성능검증
- 주기적인 공정회의(월별, 분기별)과 워크샵 등을 통한 진도점검 및 내부의견 수렴
- 공청회, 토론회 등을 통한 외부 의견수렴

□ 추진체계

- 연구단
- 주관연구기관 및 공동연구기관 : 기업/대학/연구원
- 추진체계



	 ○ 성과위주의 연구추진 체계를 통한 연구주체의 책임감/연구열 고취 ○ 참여 연구진 간 유기적인 협력체계 구축 ○ 산·학·연 연계 전략 ○ 목표달성 수준에 대한 평가를 통한 과제 관리 체계 구축
□ 성과목표 지표설정	○ 성과목표(지표)별 달성목표치와 가중치 등을 연구개발계획서에 제안하여야 하며, 이는 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검, 관리 및 성과평가 등의 자료로 활용됨.
5. 최종 성과물	○ 스마트 열차분리결합을 위한 안전주행제어시스템 개발 ○ 스마트 열차분리결합 근접자동화 제어시스템 개발 ○ 이더넷기반 총괄차량네트워크개발 ○ 스마트 열차분리결합을 위한 자동연결기 및 에너지 흡수장치 국산화 개발 ○ 차량 전면 승객이동 시스템 개발 ○ 기존전동차 스마트 열차분리결합 설계기술 개발 ○ 스마트 열차분리결합시스템 운영기술개발 ○ 스마트 열차분리결합시스템 성능평가 인증 ○ 스마트 열차분리결합시스템 안전성 평가 인증
6. 기대효과	○ 지역·시간 수요에 따라 필요시 편성내 차량을 재조성하여 본선과 동일한 시격으로 지선까지 열차 탄력운행 가능 - (기존)도시철도 5호선 본선 5분시격(8량1편성), 지선 10분시격(8량1편성) - (변경)도시철도 5호선 본선 5분시격(8량1편성), 지선 5분시격(4량1편성)

	○ 노선간 상호운영기술에 따른 최소 환승시간 ‘0분’ 실현. - 철도 이용자 편의성 향상하여 타교통수단이용자의 수단전환을 포함한 철도의 대중교통분담율 제고 ○ 수요패턴에 따른 차량편성 분리·결합 운영 최적화로 운영비 절감 및 좌석 이용률 향상 - (도시철도) 운영비, 전력요금 및 차량 유지보수비 등 연간 약 40억 원/량 절감 - (간선,고속철도) 좌석 이용률 5.8% ~ 10% 향상 ○ 열차분리결합 자동화를 위한 핵심부품의 국산화개발을 통하여 국부유출 방지 및 해외 시장경쟁력 확보 - 차량핵심부품(자동연결기 및 충격완충장치)수입 국산대체효과 100억/연, 해외 수출을 통한 국부 창출 ○ ICT 및 센서기술을 철도분야에 융합한 최첨단 미래철도기술로 세계철도기술 주도 ○ 철도이용편의성 향상에 따른 철도 대중교통분담율 향상, 철도운영기관 운영효율증대에 따른 철도서비스 향상, 철도 대중화에 따른 철도투자증가의 선순환 구조
7. 연구개발 기간 및 소요예산	○ 총 연구기간 : 2014. ~ 2017. (48년) ○ 총 정부출연금 : 29,945 백만원 이내 ※ 각 단위과제별 정부출연금은 별첨 기획보고서의 예산편성에 준하여 제시할 것 ※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정에 따라 조정될 수 있음 ※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능 ※ 연구단과제는 세부과제 별로 기업부담금 비율 준수 ※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소조정 가능
8. 기타	○ 연구단 컨소시엄 신청시 연구단장 신청자는 반드시 세부주관연구책임자로 참여하여야 함 ○ 연구내용, 연구기간 및 연구개발비는 본 과제제안요구서(RFP)를 참조하여 작성 - 과제의 목적 달성을 위해 필요하다고 판단되는 경우에는 세부연구내용을 일부 추가할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시 ○ 제안서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시 - 기획보고서에서 제시한 기술개발TRM을 기반으로 전체 연구단의 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시

- 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시
- 연구개발 성과목표·지표 등을 연구개발계획서 및 성과점검기준표에
필히 제시
- 연구개발 성과목표·지표별 달성목표치 및 가중치 등을 연구개발계획
서에 제시
- 개발된 기술·성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방
안 제시(성과점검기준표 별도작성, 제출)
- 연구성과의 검증 계획을 반드시 제시해야 함
- ※ 성과목표·지표체계와 성과점검기준표는 과제선정 후 해당 연구책임자
(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용
- 연구성과의 사업화 예상성과를 구체적으로 명시
- 연구성과의 정량적·정성적 파급효과 제시
- 연구성과의 사업화로 예상되는 기술, 경제, 사회·문화적 파급효과 및
산출근거 제시
- 연구성과의 사업화 달성전략을 구체화하여 제시
- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적
이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제
공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업
에 한함
- 기 수행(종료과제, 중단과제) 및 현재 수행중인 동 과제 관련 연구개
발결과와의 중복성 검토 및 연계·활용방안을 구체적으로 연구계획에 포함
- 추후 연구단 운영계획 및 연구개발계획은 수정·보완될 수 있으며, 이
에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
- 연구단장 및 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의
를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구
체화·명확화)할 수 있음
- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이
조정될 수 있음
- 기타 연구내용, 주요성과물, 세부과제별 연구비(안) 등은 ‘철도 차량
간 자동 연결 및 분리 시스템 개발 기획’ 최종보고서 참조

제 7장 자체평가 의견서

1. 과제현황

			과제코드			
사 업 명	미래철도기술개발사업					
과 제 명	철도 차량간 자동연결 및 분리시스템 개발 기획					
연 구 기 관	주관:한국철도기술연구원 공동:서울메트로, 유진기공산업(주)			연 구 책 임 자		이 강 미
연 구 기 간 연 구 비 (천원)	연 차	기 간	정 부 출 연 금	기 업 부 담 금	정 부 외 출 연 금	계
	1차연도	2012.12.26. ~ 2013.06.25.	50,000			
	2차연도					
	3차연도					
	4차연도					
	5차연도					
	계					
참 여 기 업						
상 대 국			상대국 연구기관			

2. 작 성 일 : 2013.06

3. 연구책임자

소 속	직 위	성 명
한국철도기술연구원	선임연구원	이강미

4. 연구책임자 확인

본인은 평가대상 과제의 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 이 자료가 전문가 및 전문기관 평가시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확 약	
-----	--

I. 연구개발실적

1. 연구개발결과의 우수성 및 창의성

- 현재까지 철도 R&D는 속도향상을 위한 기술개발 위주의 차량개발로 수행되어 왔으며, 철도차량 운영을 위한 핵심제어기술 및 핵심부품기술은 여전히 해외 의존하고 있는 실정임.
- 본 과제는 열차운영 효율성 및 열차이용 편의성 향상을 위하여 철도 차량 분리결합 자동화 요소기술을 도출하였음.
- 도출된 요소기술은 핵심제어기술과, 핵심부품기술임.
- 국내외 사례 조사 결과, 철도차량의 분리결합 자동화를 위한 핵심제어기술개발은 국내외에서 전무한 상황으로 해당 기술의 개발을 통하여 운영효율성 및 안전성이 향상될 수 있으며, 제어기술의 세계적 경쟁력을 갖출 수 있음.
- 핵심부품기술은 국내 철도차량의 물리적 자동연결 및 분리를 위한 유럽형 표준타입자동연결기와 연결분리시 충격에너지 흡수장치의 해외의존도가 100%되는 실정으로 해당기술의 국산화가 시급함.
- 본 과제에서 도출한 요소기술은 ‘언제 어디서나 철도이용의 균등한 기회를 보장하는 보편적 교통복지 실현’을 위한 국민행복 구현기술로 조속히 수행되어야 함.

2. 연구개발결과의 파급효과

- 지역·시간 수요에 따라 필요시 편성내 차량을 재조성하여 본선과 동일한 시격으로 지선까지 열차 탄력운행 가능
 - (기존)도시철도 5호선 본선 5분시격(8량1편성), 지선 10분시격(8량1편성)
 - (변경)도시철도 5호선 본선 5분시격(8량1편성), 지선 5분시격(4량1편성)
- 노선간 상호운영기술에 따른 최소 환승시간 ‘0분’실현.
 - 철도 이용자 편의성 향상하여 타교통수단이용자의 수단전환을 포함한 철도의 대중교통분담율 제고
- 수요패턴에 따른 차량편성 분리결합 운영 최적화로 운영비 절감 및 좌석 이용률 향상
 - (도시철도) 운영비, 전력요금 및 차량 유지보수비 등 연간 약 40억 원/량 절감
 - (간선,고속철도) 좌석 이용률 5.8% ~ 10% 향상
- 열차분리결합 자동화를 위한 핵심부품의 국산화개발을 통하여 국부유출 방지 및 해외 시장경쟁력 확보
 - 차량핵심부품 수입 국산대체효과 100억/연, 해외 수출을 통한 국부 창출

- ICT 및 센서기술을 철도분야에 융합한 최첨단 미래철도기술로 세계철도기술 주도
- 실제노선 대상 경제성 분석 결과
 - 도시철도 5호선 편익분석

	대기시간 절감편익 포함	대기시간 절감편익 미포함
편익	199~252억원	55~77억원

- 신안산선 경제성분석

	무인운전		유인운전	
	대기시간 절감편익 포함	대기시간 절감편익 미포함	대기시간 절감편익 포함	대기시간 절감편익 미포함
B/C	5.48	2.33	3.02	1.28

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

- 본 기획과제 수행시, 국내 철도운영기관인 코레일, 서울메트로, 서울특별시 도시철도 공사와의 여러차례의 기술세미나를 통하여 해당 기술적용에 대한 공감대를 갖음. 국가 R&D를 통한 기술개발 및 검증후 실용화가 가능할 것으로 기대됨. 실용화는 1. 철도가변편성운행, 2. 구원 및 입환운전의 자동화, 3. 철도 핵심제어 및 부품기술의 국산화 등 기대할 수 있음.

4. 연구개발 수행노력의 성실도

국토교통기술연구개발 수행지침에 근거하여 해당과제를 성실히 수행하였음.

5. 공개발표된 연구개발성과(논문·지적재산권·발표회 개최 등)

	개최일	개최명	개최내용	참석기관
1	2013년 2월 27일	기술교류회	열차분리결합 개발연구	서울특별시도시철도공사
2	2013년 3월 27일	기술교류회	도시철도 5호선 열차분리결합 시스템 적용방안	서울특별시도시철도공사
3	2013년 4월 19일	기술교류회	도시철도 5호선 열차분리결합 시스템 적용을 위한 인프라 검토	서울특별시도시철도공사
4	2013년 5월 6일	세미나 (서울대 환경대학원 콜로키움)	수요맞춤형 운영을 위한 열차분리결합 기술	서울대학교, 한국교통대학교, 한국철도공사
5	2013년 6월 12일	세미나	신안산선 열차분리결합적용방안 검토	한국철도공사 서울대학교
6	2013년 6월 21일	세미나	철도교통수혜확대를 위한 스마트 열차분리결합기술	철도관련 관계자 200여명

II. 연구목표 달성도

번호	세 부 연 구 목 표	달 성 내 용	달성도(%)
1	무인자동으로 열차분리결합을 위한 새로운 열차운행제어방안 도출	핵심제어기술 도출 (안전·주행제어기술)	100%
2	열차분리결합자동화를 위한 자동연결기 및 충격완화 방안 도출	핵심부품기술 도출 (자동연결기 및 에너지흡수장치 개발)	100%
3	열차분리결합시 이동편의를 위한 안전통로시스템 검토	핵심부품기술 도출 (승객이동시스템 개발)	100%
4	본 과제 RFP	1연구단 4세부과제 RFP 작성	100%

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

- 본 기획과제를 통하여 도출된 스마트 열차분리결합시스템 개발과제는 새로운 철도 차량 개발이 아닌 핵심제어기술과, 핵심부품기술의 원천기술 확보를 위한 과제임.
- 본 과제 수행으로 핵심제어기술과 핵심부품기술의 원천기술을 확보하여 국내 철도 기술경쟁력을 확보를 통한 시장확대를 기대할 수 있음.
- 더불어, 철도의 운영효율성과 이용자 편의성 향상을 통한 철도의 공공성 확대가 기대됨.
- 기획된 스마트 열차분리결합시스템 개발을 위한 국가 R&D가 시급히 수행되어야 함.

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

- 본 과제는 차량개발이 아닌 핵심제어기술 및 핵심부품기술의 국산화 개발을 통한 철도교통 이용확대를 위한 과제임.

3. 연구개발결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

- -기획된 스마트 열차분리결합 기술개발의 국가 R&D 도출을 위한
 - 정부, 운영기관의 공감대 형성
 - 열차 운영효율성 향상을 위한 정부 정책반영을 위한 노력이 필요함.

IV. 보안성 검토

1. 연구책임자의 의견

- 해당사항없음.

2. 연구기관 자체의 검토결과

- 해당사항없음.

제 8장 참고문헌

- [1] 함영삼, KTX-산천 열차의 중련편성 운행시 주행안전성 평가, 대한기계학회 춘계학술대회 논문집, 2010.
- [2] 오석문, 손무성, 최인찬, 한국 고속철도의 효율적 중련편성 운영방법에 대한 연구, 한국철도학회 논문집, 제10권 6호, 2007.
- [3] 조봉관, 황현철, 류상환, 조홍식, 한국형 경량전철 다중편성시험방안, 한국철도학회 춘계학술대회 논문집, 2008.
- [4] 이한민, 김길동, 오세찬, 이장무, 도시철도시스템을 위한 가변편성시스템의 적용성 연구, 대한전기학회 논문집, 2006.
- [5] 서상준, 한정수, 최종목, “전동차의 중련연결시 TCMS장치의 데이터 통신에 관한 네트워크 구현”, 한국철도학회, 2005.
- [6] 신한철, 무선 전송 장치를 이용한 열차정보 수집 장치 개선 방안에 관한 연구, 한국철도학회논문집 제 13권 제6호, 2010년 12월
- [7] 최병욱, 서인명, 김수호, 박종헌, 종합제어장치(TCMS)요구사항 분석과 개발, 한국철도학회논문집 제14권 제6호, 2011.12
- [8] 철도차량 기술정보, 차량분할 병합의 메카니즘-그 생력화를 위한 연구(일본 철도 저널 2002년2월), Railway technology & Topics 2002년 3월호/20호
- [9] "열차 분리 금지 시스템 및 이것을 이용한 철도 차량용 브레이크 장치", Takada katsuji, Nabco Ltd, 공개번호 2000-318602 (Japan)
- [10] "Train Separation Detection", Emilio A. Fernandez, Westinghouse Air Brake Company, 등록번호 5813635 (USA)
- [11] "Method and computer program product for monitoring integrity of railroad train", Craig Stull 외, General Electric Company, 등록번호 7222003 (USA)
- [12] "System and method for verifying the integrity of a train", Jean-Pierre Franckart 외, Alstom Belgium S.A., 공개번호 2007-021890 (USA)

- [13] 철도차량용 공기호스 커플러, 한국철도기술연구원, 특허 10-2004-0048253
- [14] DSB IC3 (Intercity 3)
 분리 영상 : <http://www.youtube.com/watch?v=56J0Vuwdu2A>
 결합 영상 : <http://www.youtube.com/watch?v=M9FPeSaelrg&feature=related>
- [15] 일본 고속철도 승객편의설비
 http://www.youtube.com/watch?v=Vj_eSqJ-eUo&feature=fvvr
- [16] Dellner – word leader in train connection systems
- [17] Hubner– Front–end gangways
- [18] TGV 파리–오스트 프랑크라이히– 슈트 도이칠란드
 <http://translate.google.co.kr/translate?hl=ko&sl=en&tl=ko&u=http%3A%2F%2Fwww.atkielski.com%2FPhotoGallery%2FParis%2FGeneral%2FTGVCouplerSmall.html&anno=2>
- [19] 서울메트로, <http://www.seoulmetro.co.kr>
- [20] 서울도시철도, <http://www.smrt.co.kr/>
- [21] 광주도시철도공사, <http://www.gwangjuseubway.co.kr/subway/>
- [22] 부산교통공사, <http://www.humetro.busan.kr/korea/main/>
- [23] 대전 광역시 도시철도공사 <http://www.djet.co.kr/>
- [24] 대구 도시철도공사 <http://www.dtro.or.kr/>
- [25] 공항철도 <http://www.arex.or.kr/jsp/main.jsp>
- [26] 신분당선 <http://www.shinbundang.co.kr/main/main.jsp>
- [27] 서울시 메트로 9호선 <http://www.metro9.co.kr/index.do>
- [28] 부산 김해 경전철 www.bglrt.com
- [29] 의정부 경전철 <https://www.ulrt.co.kr/main/index.do>
- [30] 코레일 <http://www.korail.com/>
- [31] Deutsche Bahn, , <http://dlarygus.tistory.com/44>
- [32] 지속가능 교통물류발전법과 정책방향, 국토해양부 종합교통정책과장 발표자료, 2009.8
- [33] 스마트 녹색교통 실현과 신성장동력 육성을 위한 지능형 교통체계 (ITS) 발전전략, 제27차 국가경쟁력강화위원회. 2012.1

- [34] 경기도 지능형 교통체계 기본계획(안),
- [35] 자동차·도로교통 분야 지능형교통체계(ITS) 계획 2020, 국토해양부, 2012.6
- [36] 지능형교통체계 기본계획 2020 - 육.해.공 통합 교통체계지능화 계획('11 ~ '20) -, 국토해양부, 2011.12.29
- [37] 제1차지속가능국가교통물류발전기본계획 (2011 ~ 2020), 국토해양부, 2011.6
- [38] 광역철도 급행화 기술개발 기획과제, 홍제성
- [39] 주요부품 실용기술개발 감속구동장치, 판토티그래프 & 연결기 (4차년도 연차 보고서), 건설교통부, 2005.7
- [40] ERTMS, Functional Requirements Specification, Ver 3.01
- [41] ERTMS, System Requirements Specification, Ver 3.01
- [42] North American Joint Positive Train Control Project", Federal Railroad Administration, April. 2009
- [43] Guillaume de Tiliere, "Interoperability in europe : Case of the ERTMS development in the new european rail market" Association for European Transport 2004.
- [44] 국토해양부 미래도시철도기술개발사업 철도분야 신호시스템 상세기획 연구 보고서』 (2010, 특허청)
- [45] 철도분야 신호시스템 상세기획연구, 2010, 한국건설교통기술평가원
- [46] 서울특별시 교통백서, 1995
- [47] 차상신호(ATP)시스템도입 예비타당성조사 사업의 수요 및 편익분석, 2002, 철도청
- [48] 차상신호(ATP) 설치 타당성 조사 및 기본계획 수립 (타당성 조사 부문), 2003, 한국개발연구원
- [49] 경량전철 신호제어시스템 기술개발 연구결과 보고서(최종보고서), 2004, 한국건설교통기술평가원
- [50] 자기부상열차 실용화 사업에 대한 예비타당성 조사, 2005, 한국과학기술기획평가원
- [51] 한진해운 선박운항관리 시스템 도입 관련기사, 해운신문, 2005. 3. 8.
- [52] 컨버전스 시대의 선박 관제 시스템, 도선, 41호, pp.22-31, 2006.

- [53] 도시형 자기부상열차 실용화사업 경제적 타당성조사, 2006, 한국교통연구원
- [54] 수도권가구 통행실태조사, 2006, 수도권교통본부
- [55] 한국형 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템개발체계 연구, 2006, 한국철도기술연구원
- [56] 자기부상열차 설치사업(국립중앙과학관-엑스포과학공원간) 실시설계보고서, 2006, 국립중앙과학관
- [57] 도시철도 신호시스템 표준화연구, 2006, 한국철도기술연구원
- [58] ERTMS, Functional Requirements Specification, Ver 4.29
- [59] ERTMS, System Requirements Specification, Ver 2.3.0
- [60] 박재현, 한국형 고속전철의 신경망: 제어네트워크(TCN), 대한전기학회 전기의 세계, 제53권, 제6호, 2006.6.
- [61] Manfred Schmitz, Will Ethernet be the only train bus in the trains of the future?, European Embedded Computing Magazine, Sept. 2010.
- [62] IEC 61375-1, Electronic railway equipment - Train communication network - Part 1: TCN - Train Communication Network General Architecture, 3rd Ed., 2009.11 Voting, RDIS(Text for FDIS received and registered), 2011.4 공표예정
- [63] IEC 61375-2-5, Electronic railway equipment - Train Communication Network - Part 2-5: ETB - Ethernet Train Backbone, 2013.8(예정)
- [64] IEC 61375-2-6, Electronic railway equipment - On-board to Ground Communication, under Investigation, 2014.6 공표예정
- [65] IEC 61375-3-4, Electronic railway equipment - Train bus - Part 3-4: ECN - Ethernet Consist Network, 1st Ed., 2011.1 Voting, 2013.8(예정)