보안 과제( ), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개( )
국토교통연구기획사업 최종보고서

R&D / 16RDPP-C123506-01

# 철도교통 기술수준 상세분석 및 R&D 추진전략수립 연구 최종보고서(부록)

2018. 05.

주관연구기관 / 한국철도기술연구원
공동연구기관 / 더비엔아이

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

Technology level analysis of railway transportation and establishment of R&D strategy

# 제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

‘철도교통 기술수준 상세분석 및 R&D 추진전략 수립 연구’(연구개발 기간 : 2016.12.27. ~ 2018. 02.09.) 과제의 최종보고서(부록) 10부를 제출합니다.

2018. 05.

주관연구기관명 : 한국철도기술연구원 (대표자) 정호성 (인)
공동연구기관명 : 더비엔아이 (대표자) 김윤명 (인)

주관연구기관책임자: 정호성
공동연구기관책임자: 김윤명

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

# 〈 목 차 〉

제1장. 기술수준상세분석 세부내용 ····· 1
제1절. 환경분석 세부내용 ····· 1

제2장. 중점추진기술(유망~공백 기술) 기술카드 ····· 65
제1절. 중점추진기술(유망~공백 기술) 목록 ····· 65
제2절. 중점추진기술(유망~공백 기술) 세부내용 ····· 67

제3장. 프라운호퍼 기술검토 관련 세부내용 ····· 277
제1절. 프라운호퍼 일반사항 ····· 277
제2절. KRRI~프라운호퍼 기술검토 연구교류 ····· 297

# 제1장 기술수준상세분석 세부내용

## 제1절 환경분석 세부내용

### 1. 환경분석

#### 가. 정책현황

##### (1) 철도차량

❑ **철도차량은 기술분류체계 소분류에 근거해 일반철도차량, 고속철도차량, 도시철도차량, 자기부상철도차량, 신교통철도차량 등 5개 분야로 구분하여 국내외 정책현황을 살펴봄**

##### (가) 일반철도차량

❑ **해외**

○ (인도) 인도 정부 주요 투자계획('15~'19)으로 총 8조 5,600억 루피 중, 차체 및 설비를 포함한 철도차량 분야에 약 1조 200억 루피 투자 계획[1)]

- 기관차, 객차, 화물차의 차체 및 설비, 생산 및 보수 등의 투자로 5년간('15~'19년) 약 1조 200억 루피 규모를 투자할 계획

❑ **국내**

○ 전 세계적으로 초고속 열차 기술개발의 필요성이 증가됨에 따라, 관련 핵심기술을 확보하기 위한 미래선도형 R&D 추진

※ 美: 1000km/h급 하이퍼루프 개발, 日: 580km/h급 자기부상열차 건설

- '17년부터 철도 속도경쟁력 향상의 일환으로 일반철도 고속화 추진 과제를 진행

##### (나) 고속철도차량

❑ **해외**

○ (독일) 차량 경량화를 통한 초고속철도 확보를 위해 대차 중량을 줄일 수 있는 기술확보를 목적으로 투자가 진행중[2)]

- Siemens(독)가 제작한 Combino-Supra는 현재 가장 긴 트램(6섹션, 53.99m)이며, 모터, 기어, 대차 등의 재구성을 통한 경량화로, 100~110km/h 속도까지 운행이 가능하며, 이와 더불어 경량화를 통한 속도향상 관련 기술개발을 지속적으로 시도 중

○ (미국) 트럼프 정부는 약 1조 달러 규모의 인프라 투자정책 추진과 더불어, 민간 주도인 고속철도 및 차량시스템 사업 투자지원 부각('17.6월)[3)]

---

1) 인도 철도시장동향 2017(jetro), 국토부 철도산업정보센터(kric.go.kr), 2017
2) 국토교통 RnD 동향 report_철도교통분야, 국토교통과학기술진흥원, 2015
3) US-China Economic and Security Review Commission, Center for Strategic and International Studies(CSIS), Financial Times, Washington Post, Bloomberg, South China Morning Post, Chicago Sun-Times

- 트럼프 정부는 민간 자본 확대의 일환으로 세제혜택 등을 지원하며, 특히나 민간 비중이 높은 고속철도 프로젝트(차량시스템 포함)가 호재로 작용

・이에 일본 아베총리는 미국 인프라에 1,500억 달러 규모의 투자를 공표('17.2월)

・또한 잠재력 높은 미국 고속철도 시장을 진입하기 위해 다양한 국가의 기업에서 미국 철도시스템에 대한 투자 병행과 프로젝트 수주를 위한 노력 진행

※ 미국 고속철도는 중국(1만 1,622마일)이나 일본(2,1396마일) 대비 시장 초기단계로 성장 잠재력 높음

**[표 1] 트럼프 정부 철도분야 주요 인프라 프로젝트**

| 주요 인프라 | 내 용 | 주 | 규모 (억 달러) | 고용효과 (천 명) |
|---|---|---|---|---|
| Gateway Program | ▪ 뉴어크와 뉴욕시티 사이 북동부 해안지대 낙후된 철도 재건 | 뉴저지 | 120 | (직접) 15<br>(간접) 19 |
| The Brent Spence Bridge | ▪ 휴스턴과 댈러스 사이 240마일의 고속철도 건설 | 텍사스 | 120 | (직접) 40 |
| National Research Lab for Infrastructure | ▪ 유니언스테이션의 현대화 및 철도인프라 건설 | 워싱턴 D.C. | 87 | (직접) 16 |
| Locks and Dams 52 and 53 | ▪ 볼티모어 항구에서 오고가는 이중으로 쌓은 컨테이너들이 Howard Street Tunnel을 지날 수 있도록 터널 재개발 | 메릴랜드 | 4.25 | (직접) 0.5<br>(간접) 3.2 |
| I-95 Critical Highway Repairs | ▪ 미국 전역에서 세 번째로 많은 사람들이 사용하는 시카고 유니온역 재개발 | 일리노이 | 10 | (직접) 1 |

※ 출처: NewYork Times, McClatchy DC, 2017

❍ (인도) 인도 정부 주요 투자계획('15~'19)으로 총 8조 5,600억 루피 중, 차체 및 설비를 포함한 철도차량 분야에 약 1조 200억 루피 투자 계획[4)]

- 특히, 고속철도 및 고가회랑 프로젝트의 경우 '15년부터 '19년까지 최대 6,500억 루피 규모로 투자가 이루어질 예정

**❑ 국내**

❍ 초고속 철도 수요에 대비한 차세대 초고속철도 핵심기술을 확보하기 위한 미래선도형 R&D 추진

❍ 국토교통부 제3차 철도산업발전기본계획에 따르면, 고속철도차량의 기술수준을 '20년까지 최고기술국 대비 90%까지 상승을 목표로 제시('15년, 83.2% 수준)

### (다) 도시철도차량

**❑ 해외**

4) 인도 철도시장동향 2017(jetro), 국토부 철도산업정보센터(kric.go.kr), 2017

○ (일본) 한신철도는 도심내 완행열차 속도 향상을 위해 최고속도 개선 대신 가감속력 개선으로 속도향상을 도모

- 기동가속도 4.5km/h/s 수준인 5001형 전동차는 상용감속도 5.0km/h/s로 최고의 가감속 성능을 보유

- 이와 더불어 가감속력 개선으로 속도경쟁력 확보를 위해 국가연구개발사업이 추진중

❑ 국내

○ 국내에서는 대심도 급행 도시철도 및 개인용 철도시스템(PRT) 등에 대한 연구개발 사업을 추진 중임

- 대심도 급행시스템(GTX)은 최고속도 시속 180km/h로 서울과 수도권을 연결하는 대중교통 수단으로 4개 철도 노선 건설을 추진 중임

- PRT(Personal rapid transit)는 한국철도기술연구원이 자체예산으로 5년간 개발을 추진하여 향후, 공항, 관광단지, 테마파크 등에 적용하여 시설물 내의 이동 편의성 제고에 기여할 전망임

○ 도시철도의 속도향상 방안은 신호체계 개선에 머물러 있으며, 일부 구간에서는 급행열차 운영을 통해 속도 효율성 향상을 추진 중임

### (라) 자기부상철도차량

❑ 해외

○ (일본) 국토교통성을 중심으로 초고속철도와 자기부상 철도시스템 개발, 유지보수 비용 저감, 승객 편의성 증대를 위한 기술개발을 국가연구개발사업으로 추진 중[5)]

- 일본정부와 JR도카이는 세계 최고 시속 603km 자기부상열차 '45년 개통을 목표로 지속적 투자 진행

・리니어 중앙신칸센(도쿄-오사카)은 건설비가 9조엔(약 96조6천억원) 규모인 거대 프로젝트로 전액 JR도카이가 부담

○ (중국) 시속 600km 자기부상열차 개발을 위해 5년내 산둥성 지난-칭다오 구간에 5km에 달하는 시범 라인을 건설하고 기술검증을 거쳐 상용화에 돌입할 계획('16.10월)[6)]

- 최대 철도 제조사 중국중차를 주축으로 13차 5개년 계획에 포함된 '시속 600km 고속자기부상열차 연구개발 프로젝트'를 본격 추진

・이 일환으로 국영 철도회사 중국철건은 20억위안(약 3400억원)을 투자해 중국 최초로 전문화・산업화된 신형 도시철도 투자건설회사를 설립

5) 국토교통성(mlit.go.jp), 2015
6) 제일재경일보(第一财经日报) 보도자료, 2016.10

○ (미국) 콜로라도주 hyperloop(초고속 진공열차)* 건설 프로젝트 추진을 위한 타당성 조사를 진행할 계획('17.9월)[7)]

* 하이퍼루프는 파드(pod)와 튜브 시스템을 이용하여 시속 1,126km를 달릴 수 있는 열차

- 콜로라도주 덴버와 푸에블로, 베일, 와이오밍주 샤이엔을 있는 초고속 진공열차의 건설비용은 약 240억불로 추정되며, 프로젝트 타당성 조사는 Hyperloop One에서 수행할 계획

※ 1단계는 덴버공항과 그릴리를 있는 64km이며, 2단계는 실버트론/딜런 정거장을 포함 산악지대를 달리는 121km 구간

○ (인도) 인도고속도로공사는 해외연기금으로부터 철도 관련 45억불 금융조달 추진('17.1월)

- 시속 1,200km의 초음속 자기부상열차인 하이퍼루프(hyperloop)를 개발중인 테슬라社에 뭄바이-뿌네 간 고속도로에서 하이퍼루프(hyperloop) 시험운행을 진행할 것을 제안

- 더불어 인도고속도로공사는 근로자적립기금(EPFO)로부터 약 15억불을 추가 조달할 예정

❑ **국내**

○ 국토부에서는 초고속 철도 수요에 대비, 차세대 초고속철도 핵심기술 확보를 위한 정부 차원의 R&D 투자 비중을 '20년까지 확대할 계획[8)]

- 초고속 철도 수요에 대비하여 기후변화에 대응 가능한 신재생에너지 동력 철도 개발과 더불어 차세대 초고속철도 핵심기술 관련 R&D 투자비중을 점진적으로 확대할 예정

※ 도시형자기부상열차('06 ~ '12년 2,880억원), 동력분산식 고속열차('07 ~ '15년, 827억원), 무가선 저상트램('09 ~ '15년, 359억원) 등 개발 진행

- 차세대 고속철 방식과 최종속도대역을 선정하여 개발여부를 결정하고('17년), 시험운행을 통해 안전성 검증을 진행할 계획

※ 초고속 철도방식으로 유럽은 레일형(EMU 고속화), 일본은 자기부상형(초고속자기부상철도) 건설, 미국은 진공튜브형(하이퍼루프) 열차 개발 중

- '18년부터 초경량 부품 설계·적용 기술이나 소음·진동 저감을 위한 능동현가장치 등 핵심부품 개발을 위한 투자 본격화

·국내 차세대 철도 관련 핵심부품 국산화 및 고도화의 일환으로 연구개발에 대한 지속적 확대를 진행('16년 12개 → '20년 22개)

·이와 더불어 부품에 대한 표준화·모듈화를 진행 → 차종별 활용 가능한 국가표준을 제정할 계획

7) 국토교통부 철도산업정보센터(kric.go.kr) 해외철도동향, 2017.10
8) 제3차 철도산업발전기본계획(2016~2020), 국토교통부, 2017.2

### (마) 신교통철도차량

#### ❑ 해외

○ (네덜란드) 마스다르(Marsdar)시의 친환경 생태도시 개발 계획에 따라, ADFEC社(Abu Dhabi Future Energy Company)가 2getthere 차량시스템 개발

- 최고속도는 40kph로 가상궤도(경로자료 변경)에 의한 안내방식(분기)을 보유하고 있으며 AC유도 전동기를 통해 추진되는 방식으로 설계

- 마스다르시는 현재 운영중인 2getthere 차량시스템을 전 도시로 확대할 계획을 보유

○ (일본) 교통정책기본계획('14년) 발표와 더불어 철도분야 경량철도 보급 확대를 목표로 철도차체 기술개발 추진[9)]

- 철도차량 경량화를 위한 '혁신적 신구조재료 기술' 연구를 '13년부터 착수하여 향후 10년간 4,500억 원을 투자할 예정

・RTRI 주관으로 난연 마그네슘 합금 등 신소재를 향후 신칸센 열차에 적용하는 것이 목표이며, 일부 내장재에 이미 적용을 진행

#### ❑ 국내

○ 기후변화에 대응하는 신재생에너지 동력 철도 개발 추진 및 첨단기술과 소재를 활용해 차량의 부가가치를 높이고 승객편의성을 향상시킬 수 있는 핵심부품 개발('18년 이후)

- 초경량 부품 설계・적용 기술, 소음・진동 저감을 위한 능동현가장치 등

○ 철도시스템 관련 글로벌 시장 선점을 목표로 신개념 추진제어 기술을 확보하기 위한 정부 차원의 투자를 진행[10)]

- 무가선 저상트램, 무선급전 방식 철도 등 미래성장동력 확보 및 국내외 시장대응을 위한 신형식 철도 시스템 개발 및 실증 관련 투자가 진행중

9) 철도 R&D 추진방향, 철도국[철도정책과], 2016.8
10) 2017년도 국토교통과학기술 연구개발사업 시행계획, 국토교통부, 2016.12

(2) 철도시설

❑ 철도시설은 기술분류체계 소분류에 근거해 궤도토목, 전철전력, 신호통신 등 3개 분야로 구분하여 국내외 정책현황을 살펴봄

(가) 궤도토목

❑ 해외

○ (폴란드) Kwiecinski 개발부 차관, 폴 교통 인프라 구축에 총 88억PLN 투자할 전망[11)]

- 본 투자금은 바르샤바 지하철 노선 확장 및 17개의 추가 지하철 차량 구입에 사용될 예정

- 또한 우츠(Lodz) 내 원활한 철도 교통을 위해 노선 확장 및 교차 터널 건설할 계획

○ (중국) 중장기 철도망계획('03~'20년)을 기반으로 관련 인프라 확장을 위한 노력을 강행 중임[12)]

- 중장기 철도망계획에서는 '20년까지 12만km 이상의 철도노선 확충을 계획

  · '20년까지 약 5조 위안을 투입, 8종 8횡 주간선을 강화하고 4종 4횡 여객전용 고속철도 건설을 계획

- 중국철도총공사는 철도 기업의 혼합소유제 개혁을 추진 중이며 철도 분야에 민간 자본을 유치할 계획이라고 발표('17.8월)

  · 철도 분야의 혼합소유제 개혁은 △철도 분야 기업 간의 협력, △철도 분야와 인터넷 분야 기업 간의 협력, △철도 발전 기금 설립 등의 형식으로 진행될 것으로 전망

○ (미국) '17년 철도 투자 계획의 일환으로 노후화된 교량 교체와 UP West 노선에 새로운 세그먼트 추가로 약 2.16억 달러 규모 투자를 진행('17.4월)[13)]

- 美 Metra 투자를 통해 Union-Pacific North 및 Milwaukee West 철도 노선의 노후화 교량 교체, UP West 노선의 新세그먼트 추가를 진행

- 더불어 Milwaukee North 노선의 Grayland Station에 1.2백만 달러 규모의 주차시설과 Healy Station 현대화 사업에는 3.7백만 달러 추가투자 예정

❑ 국내

○ 제3차 철도산업발전기본계획 수립('16~'20년) 이후 철도시설측면에 대한 인프라 구축, 인력 양성, R&D 지원 등 정부차원의 지원 계획을 마련 중임[14)]

---

11) businessinsider.com.pl 2017.10.4
12) 중국 철도 발전에 따른 한중협력 및 대응방안, 대외경제정책연구원·한국교통연구원, 2013 / 중국온라인매체 펑파이뉴스(thepaper.cn), 2017.8
13) http://www.kric.go.kr/jsp/industry/glp/countryMarketDetail.jsp?menuId=M01040201&board_seq=8010&pageNo=2&q_region=A020150004&q_cnty=A010110129&q_cnty_name=&q_value=&q_name=All
14) 제3차 철도산업발전기본계획(2016~2020), 국토교통부, 2017.2

- 철도시설 궤도토목 기술 관련 정부 연구개발 과제( ‘05년~ ‘16년)[15]는 약 108개로 총 501.18억 원의 정부연구비를 지원

- 제3차 철도산업발전기본계획('16~'20년)에 따르면, 철도 안전성 강화의 일환으로 철도시설 유지보수에 대한 추진계획을 마련, '18년부터 이행 계획('17.2월)

- 더불어 중장기 철도운영 전략에 부합하는 효율적 철도망 구축을 위해 주요 간선을 중심으로 단절구간 해소, 시설수준 일치에 우선순위

  ・주요 간선축 내 전철/비전철 구간 혼재에 따른 투자비용 매몰을 방지하기 위해 전철화 사업 추진

- 재정여건을 고려하여 경제성 있고 민간자금 유치가 가능한 사업은 민간투자를 활성화할 계획을 도모

- '17년부터 철도 시설 관련 민간사업 활성화의 일환으로 민간사업 우선순위 및 세부추진계획을 수립하고 민간-공공 구간 선로 배분 기준을 마련

  ・더불어 중장기 운영전략에 적합한 간선망 구축을 위해 단절구간 연결, 용량부족 해소, 시설수준 일치에 투자 본격화

### (나) 전철전력

#### ❑ 해외

○ (인도) 정책수립 및 개발계획 총괄기관인 국가개조기구(NITI Aayog)는 29억불 규모의 Delhi-Mumbai 및 Delhi-Howrah 철도 고속화 사업 승인('17.6월)[16]

- 평균 운행시속을 160km까지 높이기 위해 Delhi-Baroda-Ahmedabad-Mumbai 구간(1,483km, 18억불), Delhi- Kanpur-Lucknow-Howrah(1,525km, 11.2억불) 등 총 연장 3,000km의 전차선로, 신호시스템 업그레이드 등을 포함

#### ❑ 국내

○ 신재생에너지 추진동력 기술개발을 통해 전력 인프라 건설비용 절감(도시철도는 km당 38억원)과 더불어 연관기술 확보를 위한 투자계획 수립[17]

- 수소연료전지를 포함하는 신재생에너지 관련 에너지 변환 및 공급 등 관련 기술을 확보하기 위한 정부차원의 R&D 투자를 진행할 계획(총 6년간 560억원 규모)

※ 철도기술연구원에서는 수소연료전지의 철도차량적용을 위한 5kW급 수소연료전지 추진시스템 관련 기초연구 수행

---

15) 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)에서 제공되는 정보 기준(키워드: 철도, 궤도, 노반, 교량, 터널), 2017.10
16) Economic Times, 2017.6.20
17) 철도 R&D 추진방향, 철도국[철도정책과], 2016.8

### (다) 신호통신

#### ❑ 해외

○ (유럽) 유럽 철도연구 자문위원회(ERRAC)는 유럽연합집행위원회(EC)가 채택한 포괄적 미래 교통시스템 공급 전략을 달성하기 위해 ‘Rail route 2050’ 계획을 수립[18)]

- '01년 발족한 유럽 철도연구 자문위원회는 유럽의 철도 연구개발 전략 수립 및 협력 연구를 주도

  · 자문위원회는 유럽철도의 재생 및 경쟁력 제고를 위한 연구개발 및 혁신 활성화를 목표로 유럽 철도연구 총괄기구 역할을 수행

  · 유럽 철도연구 자문위원회는 '12년에 발표한 ‘Rail Route 2050’에서 '50년까지 화물수송 분담률과 여객 수송 분담률을 각각 22.2%, 15.3%로 높이는 구체적인 목표를 제시

  · 더불어 '50년까지 추구할 철도교통 기술 연구개발 주요 목표로 지속가능성, 환경친화성, 고속화, 지능화 등 방향성을 제시

○ (프랑스) 철도산업개혁 정책* 마련('14년)이후 국가주도의 철도 관련 시스템 구축과 더불어 인프라 개발을 위한 투자가 진행 중

* 철도산업개혁정책은 철도의 공공성과 효율성을 제고하기 위한 국가주도 철도전략 계획

- 공동위원회를 구성하고 공공기관을 설립 → 이를 주축으로 국가 주도의 철도 관련 시스템 구축 및 인프라 투자를 진행

○ (인도) 철도 안전대책 일환으로 신호 및 통신 분야 등에 5년간('15~'19년) 약 1조 2,700억 루피 규모의 투자 계획 수립[19)]

- 인도 철도 비전 2020에 따르면 화물분야와 여객분야의 수송능력을 증가하고, 선로 연장 및 차량 확충 개선을 주된 목표로 선정

- 이에 인도는 비전달성을 위한 일환으로 궤도와 교량보수, 철도교량과 더불어 신호 및 통신 분야에 5년간 약 1조 2,700억 루피의 규모를 투자할 계획

#### ❑ 국내

○ 국토교통부는 중장기 철도운영 전략에 부합하는 효율적인 철도운영의 일환으로 연계노선의 동일한 신호 시스템 구축을 추진('17.2월)[20)]

- 간선축 내 신호 시스템 불일치로 인해 발생하는 비효율 문제를 해소하기 위해 연계노선에 동일한 신호 시스템 구축을 추진

- LTE, 사물인터넷, 인공지능 등을 활용하여 고속 및 일반 열차용 무선기반 신호시스템 개발을 위한 투자계획 수립[21)]

---

18) 국토교통 RnD 동향 report_철도교통분야, 국토교통과학기술진흥원, 2015
19) KOTRA 해외시장뉴스(news.kotra.or.kr), 2017.8.24
20) 제3차 철도산업발전기본계획(2016~2020), 국토교통부, 2017.2

・도시철도용 신호・통신 KRTCS-Ⅰ('10~'13년, 388억원), 고속・일반철도용 신호・통신 KRTCS-Ⅱ('14~'17년, 270억원) 등의 투자를 진행

※ 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 신림선 도입 확정('15.9월)

※ 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 한국철도표준규격(KRS) 채택('15.12월)

**(라) LTE 기반 철도통신시스템(LTE-R) 부산1호선 및 원강선('17년 말 완공예정) 적용**

- 첨단 신호・통신 R&D와 병행하여, 旣개발(또는 개발 예정)된 한국형 신호시스템의 신설 노선 조기도입을 추진

- 더불어 철도운행 집중구간인 경부선·중앙선 등의 용량 부족 문제를 해소하기 위한 방안을 검토 중

○ 세계표준을 선도적으로 개발해야하는 차세대 한국형 신호통신 시스템 기술의 경우 별도의 기획단을 구성, 연구기간 단축 및 조기상용화 추진('17.2월)

- 연구기간을 단축하여 연구 장기화로 인한 연구성과와 수요간 '미스매칭'을 해소하고, 시의성 있는 R&D로 상용화율 제고

- '실용화 문턱지원 과제'를 통해 旣 확보한 지적재산권을 기반으로 한 성능검증 및 제품화 등을 지원

**(3) 철도운영 및 환경**

**□ 철도운영 및 환경은 기술분류체계 소분류에 근거해 철도계획 및 운영, 철도안전, 철도환경 등 3개 분야로 구분하여 국내외 정책현황을 살펴봄**

**(가) 철도계획 및 운영**

**□ 해외**

○ (영국) 철도서비스 품질과 더불어 효율적 운영을 포함하는 The Future of Rail'을 제시(30년간)하고, 이를 달성하기 위한 철도기술개발 전략을 수립[22)]

- 30년간 산업의 전략적 계획을 지원하고 기술개발의 이점 등을 정부에 제공, 철도 산업의 기술개발 방향에 대한 지침을 포함

- 운영 효율성 향상의 일환으로 소비자(승객, 운송업자 등) 만족도 향상, 운송 증대를 통한 혁신적 비용 절감 등 6가지의 기술개발 전략을 수립

21) 철도 R&D 추진방향, 철도국[철도정책과], 2016.8
22) 국토교통 RnD 동향 report_철도교통분야, 국토교통과학기술진흥원, 2015

- 2035년까지 HLOS(High Level Output Specification) 철도 기술개발 발전 계획을 수립 → HLOS2('14~'19SUS) 계획을 통해 미래 철도 수요 증가에 대비한 주요 노선의 고용량 전철화, 여정시간 감소를 통한 주요 도시로의 접근성 확대, 해운과 공항과의 연결을 추진

○ (독일) '첨단기술전략(HTS) 2020'으로 기후변화/에너지. 이동성 등 5대 중점 핵심기술 개발을 추진, 혁신 성과 확산을 위한 환경 조성 및 제도개선에 역점을 두고 있음[23)]

- 지속 가능성, 철도운영 효율화, 철도분야 국제경쟁력 향상을 위한 목표 아래, 이동성 관련 新 IT 기술, 모바일 기기를 활용한 교통정보 제공, 교통소음 저감 등을 확보하려는 R&D 투자와 제도 개선을 추진 중

○ (프랑스) 교통분야 연구프로그램인 PREDIT3과 PREDIT4를 통해 지속가능한 철도운영, 안전 향상, 환경 보존과 함께 수송기술 개발 및 수송서비스 강화 등을 추진

- 계획 및 운영의 효율화를 위해 수송 기술개발 강화, 수송 관련 서비스 강화, 공공 정책을 위한 지식과 도구 강화를 목표로 수송 품질을 위한 운영 관리・이동성 관련 규제에 대한 연구가 추진 중

○ (일본) 철도 경영 및 운영체질 개선으로 약 35억 엔을 투자할 계획을 수립('17.3월)[24)]

- 홋카이도 신칸센의 이용촉진과 후라노-오호츠크 방면의 임시열차 운행으로 관광수요를 환기하는 동시에 이용증가가 현저한 쾌속열차 에어포트의 수송력 증강 검토 착수

・더불어 이용이 적은 역의 재검토와 사용빈도가 낮은 부 본선 등의 선로와 건널목 등의 사용정지 등을 진행

- 수송력 정비의 일환으로 '17년 수송인원을 1억 3,600만 명으로 확보하고, 이에 대응하는 열차의 운행량을 3,200만km 설정

・이용이 활발한 삿포로 권과 홋카이도 신칸센을 중심으로 편리성을 향상 시킬 계획

❑ **국내**

○ 고속철도 부문의 자유로운 경쟁을 통해 시설과 더불어 운영 관리업무의 효율화를 높이기 위한 거버넌스 개편 추진[25)]

- 철도 운영기관들이 건전한 환경에서 경쟁할 수 있도록 시설 및 운영 관리업무(유지보수, 관제)의 공공성 강화

- 철도 운영관리체계 합리화를 위해 선로사용료, 선로공용 기준에 대한 근본적 제도개선 추진

- 더불어 보다 효율적 철도운영을 위한 주요 추진과제로 경쟁체제의 원활한 정착, 철도공사의 사업구조 개편 등을 진행

23) 미래철도 전망 2040, 국토교통과학기술진흥원, 2016.8
24) 佐藤正樹, emerging media Response, 2017. 3. 29
25) 제3차 철도산업발전기본계획(2016~2020), 국토교통부, 2017.2

・시설사용량(운행거리)에 따른 사용료를 적용('17년)하되, 실제 운행실적 및 사용료 규모에 따라 필요시 기준을 개선·보완('17년~)

・운영자 간 시설사용료의 분담, 기존사업자와 후발사업자의 공정한 시설 사용에 대한 규정을 마련('17년 철도사업법 개정)

・철도시설 유지보수는 공공성뿐만 아니라 안전성・효율성 등을 종합검토하여 '17년에 추진방향 확정 후 세부추진계획을 마련하고 '18년부터 이행할 계획

・관제의 경우 공단 이관 등의 방안에 대하여, '17년에 추진방향 확정 후 세부추진계획*을 마련하고 '19년까지 완료할 계획

* 관제사 양성(' 17.7, 자격제 시행), 신규 관제운영시스템 구축, 철도공사 서버 분리, 중앙 및 로컬 관제 역할 등

○ 속도경쟁력 향상, 편리한 환승, 유기적인 연계교통, 서비스 향상 등 철도이용자 중심의 서비스 개선을 추진('17년~)

- 이용자 권익 확대를 위한 표준약관을 제정('17년)하고 철도서비스별 운임체계를 마련할 계획('19년)

- 교통망 확충에 따른 철도의존도가 낮아짐에 따라, 벽지노선 축소 및 감축 운행

### (나) 철도안전

#### ❑ 해외

○ (유럽) 철도네트워크와 교통관리 정책을 추진 → 탈선・자동경보시스템 등의 안전, 상호운영성, 폐 인프라의 재활용 등의 연구정책을 수립[26)]

- 철도시스템 품질과 안전성 확보를 위해 철도안전 4대 표준을 '99년부터 유럽 내 표준(EN)으로 제정, '02년부터 국제표준화(IEC)를 진행

・ 특히 IEC 62278은 계획부터 폐기까지의 전수명주기 관리개념을 도입, 각 단계별 요구사항에 대한 확인 및 검증을 수행토록 추진중

- 유럽철도연구자문위원회(ERRAC)에서는 안전 및 표준화를 포함하는 7개 분야*에 대한 기술개발 로드맵을 수립('12년)[27)]

* 개인 안전, 안전과 표준화, 지능형 이동수단, 에너지 및 환경, 경쟁력 기술, 전략 및 경제성, 인프라

○ (영국) HLOS 철도 기술발전계획을 수립(~'35년) 이후 환경 개선과 더불어 안전성・효율성이 확보된 철도안전 구현을 모색

26) 미래철도 전망 2040, 국토교통과학기술진흥원, 2016.8
27) European Rail Research Advisory Council, "ERRAC ROADMAP", 2012

○ (프랑스) 교통분야 연구프로그램(PREDIT4)을 통해 안전 향상을 위한 관련 기술 개발 및 서비스 강화 등을 추진 중

○ (일본) 홋카이도는 2017년도 사업계획을 안전수송의 일환으로 약 180억 엔 규모의 투입 계획을 발표('17.3월)[28]

- 노후설비 교체와 안정수송 대책으로 운행관리시스템 교체, 건널목 보안장비의 정비, 탈선에 직결되는 데이터에 대한 다중 체크, 역간 PC 침목화, 궤도의 중궤도화와 도상교환 등 추진

○ (미국) 제1차 장기국가철도계획('10~'35년) 수립 이후 안전성 확보를 위한 다양한 투자 프로그램 진행[29]

- 철도 안전성 향상을 위한 프로그램으로 철도 안전 기술 그랜트 프로그램, 철도-도로 횡단 위험 저감 프로그램 수립

❑ **국내**

○ 정부는 철도기술연구사업의 일환으로 ICT 융합 재난·재해 감시·예방, 공기질 개선 기술 개발 및 안전성 평가 인프라 구축 등으로 철도 안전·편의 향상을 추진중[30]

- 정부는 철도 안전·편의 향상을 위해 '07년~'12년까지 1,020.15억 원 투자를 진행, 이후 '13년부터 투자규모를 점진적으로 확대

○ 철도의 안전성을 확보하고자 안전관리 육성 및 활성화를 위한 지원전략을 수립 → 국내 철도안전 분야 글로벌 선도를 위한 노력을 진행[31]

- 시설 유지보수 작업 시 철도운행안전관리자 배치를 의무화하는 등 발주자의 책임을 강화

※ 공공기관 기능조정안('15, 기재부)에 따라 시설 유지보수('16년 21.4% → '20년 28%), 차량정비('16년 12% → '20년 17.4%) 분야 외주 위탁을 단계적으로 확대할 계획

- 차량 정비업체 선정 방식을 수행능력·성과품질 등을 고려하는 '종합평가제'(최적가)로 전환('17)하고, 정비업 등록제를 도입('18)

- 지진 피해 최소화를 위해 내진보강을 완료하고, 일반철도 주요 시설에 지진가속도계측기 확대('17)

※ 내진보강 완료 시점 : 고속철도 '18년, 일반철도 '19년

- 또한, 안전성 확보의 일환으로 전문자격제 도입과 더불어 관련 시스템 및 설비를 확대할 예정

※ 안전검지 및 통합감시제어('13~'18년, 198억원), 고속검측('13~'16년, 198억원) 도시철도 공기질 개선('09~'13년, 81억원) 등의 투자를 진행

---

28) 佐藤正樹, emerging media Response, 2017. 3. 29
29) 국토교통 RnD 동향 report_철도교통분야, 국토교통과학기술진흥원, 2015
30) 2017년도 국토교통과학기술 연구개발사업 시행계획, 국토교통부, 2016.12
31) 국토교통 R&D 중장기전략, 국토부('14.7) / 2018년도 정부연구개발 투자방향 및 기준, 과학기술정보통신부('17.7) / 제3차 철도산업 발전기본계획(2016~2020), 국토부('17.2) / 2020년 철도산업 미래상[보도자료], 국토교통부('17.2)

○ 국토교통부는 철도 관련 잠재적 위험요인에 대한 선제적·체계적 관리의 일환으로 철도안전 종합계획 수립('16.6월)[32]

- 인명중시 철도안전 구현 비전아래 '20년까지 대형철도사고 발생률 '0'화, 철도사고 30% 감소를 목표로 6대 분야에 대한 추진과제 수립

· 중점추진 분야로 자발적 안전관리 체계를 정착하고 철도인프라 확충, 보안 및 재난 대응 강화, 철도안전 정책 추진기반 강화 등이 포함

### (다) 철도환경

#### ❑ 해외

○ (유럽) FP7의 후속 R&D프로그램인 Horizon2020에서는 녹색 및 스마트한 통합 교통 구현을 위해 철도분야의 에너지효율화, 스마트기술, 차세대차량 기술개발을 추진[33]

- Horizon2020은 FP7의 후속 R&D프로그램으로 운송부분의 에너지 효율화, 환경부담저감, 운송을 통한 중소기업 혁신 지원 등의 프로그램을 포함

- 운송부문의 에너지 효율화 기술개발의 세부영역으로 철도를 선정하고 3개 세부 방향을 제시

·지능형 인프라(Intelligent Infrastructure) : 철도운용 및 유지보수 비용 감소를 위하여 비용효율화, 지능형 이동관리, 에너지관리 관련 연구 진행

·스마트 철도 서비스(Smart rail services) : 스마트 기술을 철도와 연계하여 다양한 여객서비스 및 효율적이고 이동성이 향상된 물류서비스 연구 진행

·차세대 철도차량(New generation of rail vehicles) : 열차의 수명, 용량, 환경을 고려한 장기적 관점에서의 철도차량 개발에 대한 연구 진행

○ (독일) 독일철도 DB는 2020년까지 이산화탄소 30% 감축 계획을 수립('16.4월)[34]

- 주식회사 형태의 공기업 독일철도(DB)는 2016-2020년간 이산화탄소 배출량 30% 감축 목표를 설정했다고 발표

※ 독일철도 DB는 기존의 20% 감축목표를 이미 달성한바 감축량을 상향조정, 할당량 감축 진행상황을 감독, 현재 자사 소비에너지의 42% 수준인 신재생에너지 비중도 2020년 45%로 제고할 것이라고 설명

○ (일본) 국가차원에서 초고속철도시스템 개발과 더불어 철도환경 보호를 위한 관련 기술개발을 국가연구개발사업으로 추진 중[35]

- 국토교통성을 중심으로 환경보호와 철도 교통안전을 확보하는 기술투자에 집중하여 축전지를

32) 제3차 철도안전 종합계획(안), 국토교통부, 2016.6
33) 국토교통 RnD 동향 report_철도교통분야, 국토교통과학기술진흥원, 2015 / Horizon 2020 in brief, European Commission, 2014
34) 외교부 홈페이지(mofa.go.kr)
35) 국토교통성(mlit.go.jp), 2015

탑재한 에너지 절약형 차량을 통한 에너지 절약 기술개발 추진

- 이와 더불어 노령화 사회에 대비하여 노년층의 철도이용 장벽을 없애는 철도시스템 개발을 추진(저상 경전철 등)

❑ 국내

○ 국토부는 친환경·기후변화 대응역량 강화의 일환으로 저탄소 교통물류 체계 구축을 통한 친환경 교통물류 기반 조성(안)을 제시('17.8월)[36]

- 저탄소 교통물류 체계 구축을 통한 친환경 교통물류 기반 조성(안) → 녹색물류수단으로 전환을 위한 교통·철도물류 활성화 및 탄소배출 저감형 물류체계 구축지원

- 시설물 온실가스 저감, 친환경 발전플랜트·교통수단 등을 통한 친환경 국토환경 조성(안) → 친환경 에너지 활용기반 조성 및 친환경 철도교통 등의 서비스 적용을 통한 친환경 국토환경 조성

○ 철도이용자 편의성/쾌적성을 확보하기 위한 일환으로 이용자 중심의 서비스 개선 추진('17.2월)[37]

- (이용자 권익 확대) 철도이용자가 누려야 하는 혜택과 권리 등을 명시하는 표준약관을 제정('17년)

·철도사업자의 의무, 명확한 부가운임 징수 기준, 열차운행 취소 시 배상 등 이용자 권익보호에 필요한 사항들을 표준약관에 포함

- (서비스별 운임체계 확립) 철도운행 패턴의 다양화에 따라 속도, 승차감 등에 따른 운임 차별화 방안 마련('19년)

·정차횟수에 따른 특급, 초고속, 고속 등 표정속도 차이, 고속열차, 준고속열차 등 차량 차이 등에 따른 운임·요금체계 개편 추진

- (서비스 경쟁 유도) '철도서비스 품질평가' 결과를 선로 배분 등 경쟁구도에 적용하여 실효성 제고

·예발매 체계, 승차감 등 이용자의 만족도를 선로배분 시 평가항목에 포함하여 철도사업자간 서비스 개선에 대한 경쟁 유도

36) 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(안)('18~'27), 2017.8
37) 제3차 철도산업발전기본계획(2016~2020), 국토교통부, 2017.2

## 나. 기술현황

### (1) 철도차량

#### (가) 일반철도차량

❑ 해외

○ (독일) Siemens社는 ICE-T를 개발하였으며, 독일과 오스트리아의 일반철도에서의 고속화 운행을 시작

○ (이탈리아) FIAT社(Fabbrica Italiana Automobili Torino)를 중심으로 한 이탈리아 컨소시엄은 틸팅기술이 접목된 펜돌리노 차량을 개발하여 자국 및 세계 각국으로 기술지원 및 차량 수출('15년)

○ (일본) 틸팅열차 TEMU2000을 대만에 수출하여 '14년부터 타이페이-타이둥 구간에서 운행을 시작[38)]

- 대만 철도국(TRA)은 신형 틸팅전동차인 푸요우마호(TEMU2000형)를 도입하여 노선속도를 100km/h에서 130km/h로 향상

❑ 국내

○ '01년부터 틸팅열차 개발에 착수하여 ' 07년까지 180km/h운행이 가능한 차량을 제작완료하고 '12년까지 신뢰성평가 및 운용기술을 개발[39)]

- 이탈리아, 스페인, 프랑스, 독일, 일본 등에 이어 아시아에서는 2번째로 틸팅차량 기술을 확보하였으며, 당초 계획은 '12년 상용화 예정이었으나, 노후화 선로 개선사업 등으로 수요처를 확보하지 못하여 미도입

※ 곡선구간이 많은 충북선, 중앙선, 태백선을 대상구간으로 설정하였으나, 이 구간의 이용객 수요가 적고 일반차량에 대비 차량가격이 고가인점(+5억/1량)이 실용화 제약 요인으로 작용

#### (나) 고속철도차량

❑ 해외

○ (스웨덴) 친환경 고효율 고속열차 개발을 위한 그린트레인 프로젝트 추진[40)]

- 시스템 엔지니어링을 적용하여 에너지 소비를 20~30% 절감하면서 운행 속도 250 km/h 이상의 성능을 갖는 고속열차 설계

· 초경량 PM 모터(MITRAC PM Motor) 및 운전보조 시스템 채택

38) http://www.railway.gov.tw/ko/index.aspx, 타이완 철도국, 2015.3.
39) 철도차량 소비전력량 평가에 따른 틸팅기술 효과분석, 한국철도학회논문집 제 15권 4호, 2012.8
40) 녹색열차 구현을 위한 철도차량시스템 경량화 연구, 한국철도기술연구원, 2014.12

○ (스페인) CAF社(Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles)는 AVI-2015 프로젝트를 통해 철도차량 에너지 10% 절감을 목표로 재료 경량화 연구를 수행중이며, 차량 차체의 Roof 재료를 알루미늄에서 복합재료로 변경('15년)

○ (일본) 최신형 신칸센 열차 N700 시리즈 경량화에 시스템 엔지니어링을 적용하였으며, 이를 통해 N700시리즈 중량은 기존 0 시리즈에 비해 68%의 연료를 사용하고 200km/h에서 270km/h로 향상. 또한, 일본은 연약한 화산지형으로 구성된 지반조건과 역간 거리가 짧은 운영환경을 고려하여 동력분산식으로 운영)[41]

※ 시스템 엔지니어링을 통해 N700 시리즈 신칸센 열차에 적용된 기술은 공기역학적 전두부 설계를 통한 주행저항 및 미기압파 감소, 교류전동기의 가변전압 가변주파수 제어에 IGBT를 적용한 견인 시스템 경량화 등이 있음

[표 2] Performance comparison of the high-speed railway

| 구분 | CRH2-300 | CRH3 | E5 | N7000 | TGV |
|---|---|---|---|---|---|
| 국가 | 중국 | 중국 | 일본 | 일본 | 프랑스 |
| 영업년도 | 2008 | 2008 | 2010 | 2007 | 2011 |
| 제작사 | 사방 | 당산 | JR East | JE Central JR West | 알스톰 |
| 운영최고속도(km/h) | 350 | 350 | 320 | 300 | 300+ |
| 최고속도 (km/h) | 185 | 194.3 | 360 | Tokaido 270, Sanyo 300 | 360+ |
| 독력배치 | 분산식 | 분산식 | 분산식 | 분산식 | 분산식(관절식) |
| 편성길이(m) | 201.4 | 200 | 253 | 405 | 190 |
| 차세폭(mm) | 3380 | 3265 | 3350 | 3360(차체경사) | 2980 |
| 차체재료 | 알루미늄 | 알루미늄 | 알루미늄 | 알루미늄 | 알루미늄복합제 |
| 정원(명) | 610 | 557 | 731 | 1323 | 446 |
| 축중(t) | 14 | 17 | 11.75 | 10.94 | 17 |
| 견인출력(kW) | 8200 | 8800 | 9960 | 17080 | 8640 |
| 견인출력/차량 중량비 | 19.8 | 20.3 | 21.96 | 19.28 | 21.18 |
| MT비 | 6M2T | 4M4^ | 8M2T | 12M2T | 6M6T |

※ 출처 : 철도선진국 고속철도 개발 비교연구, 한국철도학회, 2015

## ❑ 국내

○ HEMU-430X 사업을 통해 430km/h 급 동력분산식 고속열차 제동시스템 해석 및 설계 기술력을 축적

- HEMU-430X(Highspeed Electric Multiple Unit - 430km/h eXperiment)는 한국철도기술연구원(KRRI)의 주도로 한국건설교통기술평가원 등이 참여하여 진행 중인 차기 고속철도 시제차량 제작 및 기술 개발 프로젝트

○ 국내에서도 세계시장의 추세에 대응하며 동력분산식 고속철도 차량 기술을 개발[42]

41) 차세대 고속철도시스템 실용화기반구축사업 기획보고서, 국토해양부·한국건설교통기술평가원, 2012.8
42) 고속철도 기술수준 분석보고서(3차년도), 국토교통부·국토교통과학기술진흥원, 2015

- 동력집중식 장치 제작기술은 보유하고 있으나, 동력분산식 장치 제작기술의 신뢰성 확보 필요

・C/I 추진제어장치는 BUS Bar, Stack Frame, Heatpipe, Filter Capacitor 등이 핵심기술이고 전력소자인 IGBT를 제외한 모든 부분은 충분한 성능을 확보하였으나, 신뢰성 연구가 필요

・국내 변압기 제작사에서는 동력분산식에 적용되는 주변압기를 개발/제작한 경험이 없어 4350kVA급 외국 제품(프랑스 JST)을 탑재하여 시운전 중

### (다) 도시철도차량

#### ❑ 해외

○ (미국) Raco社에서는 전기모터식 제동엑츄에이터(SLBS, Spring Loaded Brake System)를 개발하여 실제 도시철도차량에 적용('16년)[43]

- 500ms이내의 고응답특성을 가지며 유지보수가 거의 필요 없는 장점을 보유

- SLBS는 스프링과 결합된 구조로 설계되어 전원 차단 시에도 안전하게 제동이 체결되도록 제작되었으며, 모노레일 (Wuppertal, H-bahn 등)에 적용되어 운행 중

#### ❑ 국내

○ 상신브레이크社는 도시철도 운행기관 별 운행환경 및 성능조건에 부합하는 표준화된 공용화 마찰재 확보 및 세계 환경표준에 부합된 친환경 재질의 확보를 위해 '도시철도차량용 제동 마찰재' 개발을 진행중

※ 총연구비: 5억원, 연구기간: '16.7월~'20.5월

- 도시철도 운영 기관 및 차량 간의 호환성 부족 문제를 해결하기 위한 제동 마찰재 표준화 규격을 마련할 계획으로 표준 제품 개발을 최우선 목표로 선정

※ 기존 도시철도차량용 제동 마찰재는 운영기관별 차량에 따라 부품 종류와 사양이 달라 효율성이 낮고, 현재 전체 운영기관의 제품이 국내제품과 수입제품이 혼용되어 사용되는 상황

- 표준 제품이 개발되면 현차 시험을 통해 상용화할 계획으로 한국철도공사가 운영하는 1호선 구로-천안까지 지상 구간에 테스트를 실시하고, 서울메트로가 운영하는 2호선 지하 구간에 온도와 습도 등에 대한 반응을 검토 할 예정

○ ㈜스마텍社는 '도시철도차량용 제동작용장치 모듈개발 및 표준화 연구'를 통해 국내 도시철도 차량용 제동작용장치(BOU & ECU)와 ICT융합형 모듈 개발 및 표준화를 진행중

- 제동작용 장치의 모듈화를 통한 부품체계 단순화, 표준화를 통한 이종 차량간 호환성 향상 등을 통해 유지보수성 향상이 가능하며, 각 운영 사업소간 운영·유지보수 비용 절감을 위한 데이터 공유가 가능

※ 총연구비: 3억 4,000만원 투입, 연구기간: '16.7월~'20.5월

43) RACO, The Flexible RACO Modular System, 2016.11

### (라) 자기부상철도차량

#### ❑ 해외

○ (일본) 차세대 초고속 자기부상 열차인 리니어 주오신칸센*을 개발하고 야마나시 현의 시험코스에서시험(최고시속 603km) 주행 실시('16.4월). 또한, 초전도 반발식의 초고속 자기부상열차를 개발 중에 있으며, '14년 오사카구간(시범노선 18.4km)에서 시험 운행을 완료[44)]

- 리니어 주오신칸센의 자기부상 방식은 레일과 차체가 가진 자체 자성만으로 부상해 움직일 수 있도록 해 비용이나 관리 면에 뛰어난 장점을 지님

- 다만, 부상제어시스템이 존재하지 않아 빠른 속도로 달릴 경우 직선구간이 아닌 꺾어지는 구간이나 미세한 변화가 있는 구간에서는 상당한 진동이 발생해 승차감을 저해하고 있으며, 고속 주행시 소음과 심각한 안전 문제가 발생할 여지가 높음

※ 이에 일반주행에서는 시속 400km 수준으로 운행

- 초고속자기부상 프로젝트의 재원은 JR Central에서 자체조달 등을 통해 시행, 1단계 도쿄-나오고(286km) 구간이 2027년 개통, 2단계 나고야-오사카구간은 2045년 완공을 목표로 하고 있음

・소요시간은 도쿄-나고야간 40분, 도쿄-오사카간 1시간 7분에 주파할 것으로 예상

○ (중국) 차세대 중저속 자기부상열차 운행 테스트 진행 → 결과를 기반으로 2018년 내 대량생산 예정('17.9월)[45)]

○ 중국중처 다롄社 주도로 진행된 운행 테스트를 통해 차세대 중저속 자기부상 시스템 통합(SI) 등의 핵심 기술 확보

○ 더불어 차세대 중저속 자기부상열차 핵심기술인 열차 현가장치 기술*은 세계적인 수준에 도달한 상황

* 현가장치 기술은 차세대 중저속 자기부상열차의 핵심기술로 열차의 안전성과 신속성을 결정

○ (미국) 전 세계적으로 자기부상차량 안정화・신속화 확보에 대한 관심이 고조 → 이에 미국에서는 초고속 진공열차(hyperloop) 관련 연구가 활발[46)]

- 하이퍼루프는 파드와 튜브 시스템을 이용하여 시속 1,126km를 달릴 수 있는 열차 기술로 Hyperloop One에서 추진체 프로토타입 운행 시험을 진행('16.5월)

※ (참고) 美: 1000km/h급 하이퍼루프 개발, 日: 580km/h급 자기부상열차 건설

---

44) 도시형자기부상열차의 실용화 제고방안에 관한 연구, 우송대학교 녹색철도대학원, 2014
45) 국토교통부 철도산업정보센터(kric.go.kr) 해외철도동향, 2017.9.11
46) 국토교통부 철도산업정보센터(kric.go.kr) 해외철도동향, 2017.9.27

❑ 국내

○ 초고속 자기부상열차는 부상 및 추진시스템 핵심기술 개발 관련 '15년 완료 진행했으며, 진공튜브방식은 한국철도기술연구원에서 기획연구 수행 중

- 자기부상열차의 경우 도입단계로 저속 도심철도가 우선적으로 상용화되었으며, ET3, Hyperloop 등 신개념의 초고속 자기부상열차가 구상되는 상황

**[표 3] 국내 자기부상 관련 핵심기술 추진과제**

| 주요 추진과제 | 내 용 |
|---|---|
| 초고속 자기부상열차 | ▪ 초고속 자기부상열차 핵심기술 고도화(부상 및 추진장치 등) 및 단거리 실증노선 성능 검증('18~'20년, 3년간 총 190억원 투자지원) |
| 진공튜브방식 | ▪ 진공튜브방식(現한국철도기술연구원 자체연구 중)은 기획연구('17년)를 통해 안전성, 경제성 등 분석 후 개발여부 검토 |

※ 출처: 철도 R&D 추진방향, 철도국[철도정책과], 2016.8

- 국내는 한국기계연구원과 한국철도기술연구원을 중심으로 자기부상관련 연구가 수행중이며, 최대 700km 이상의 초고속으로 달리는 자기부상 기술 연구를 진행, 진공튜브를 이용한 초고속 열차에 대한 특허를 다량으로 확보

・시스템 해석 및 축소모형 시스템 개발연구가 진행되고 있으나, 실 규모 시스템에 관련 연구는 미진한 상황

○ 국내에서는 도시교통난 해소와 고급 교통수단으로 대중교통서비스 수준 향상을 위해 도시형 자기부상열차가 개발

- 도시형 자기부상 열차는 국내 최초이자 세계 두 번째로 상업운전을 위한 시스템 개발이 완료된 상황[47)]

・무인운전 가능한 인천국제공항 자기부상철도 (노선길이: 6.1km, 복선, 6개 역사, 차량기지 등) 건설공사 완료

・인천국제공항 자기부상철도에서 상업운전을 위한 도시형 자기부상열차 EcoBee 4개편성(총 8량) 제작완료

- '도시형자기부상열차실용화사업'을 통해 중・저속 도시형 자기부상열차의 국내외 도시철도 실용화에 필요한 시스템 기술개발을 완료('06.12월~'13.6월, 총 4,145억원 투입)

※ (주관) 국토해양부, (전문기관) 한국건설교통기술평가원, (총괄주관기관) 한국기계연구원

・한국형 도시형자기부상열차는 국책사업의 일환으로 1989년 흡인식(EMS, Electro-Magnetic Suspension) 시스템 부상 및 선형유도전동기(LIM, Linear Induction Motor) 추진으로 이루어지는 형태

47) 도시형자기부상열차 실용화사업 운영/총괄관리, 국토교통부·국토교통과학기술진흥원, 2013

### (마) 신교통철도차량

#### ❑ 해외

○ (영국) 브리스톨(Bristol) 대학의 마틴 로슨(Martin M. Lowson) 교수연구팀은 세계 최초로 ULTra시스템을 제안・연구

- 대학 내에 설립된 ATS社(Advanced Transport Systems Ltd, 현 Ultra Global사)를 중심으로 컨소시엄이 구성되어 영국 정부의 지원으로 개발이 진행

- ULTra 시스템의 성공적인 운행으로 인해서 최근 ‘Q6프로젝트’라는 노선 확장 계획(영국 히드로 공항 터미널 2, 3과 장기주차장 간 연결, 총 30억 파운드의 예산 투입)이 진행되고 있는 상황('14년～'19년)

#### ❑ 국내

○ 철도 수송력 향상을 위한 일환으로 급곡선/급구배 차량시스템 기술개발을 진행('17.3월)[48]

※ 한국철도기술연구원은 급곡선/급구배 차량시스템 기술개발 과제('13.12월 ~ '17.3월)로 총 연구비 129.21억 원을 투자

- 산악 지역에 적용이 가능한 급구배 추진시스템의 핵심기술인 대차 추진시스템, 경량구조체, 궤도시스템 개발 및 곡선 구간 주행 시 철도차량 차륜/레일 마모. 소음 저감을 위한 친환경 능동조향대차 기술개발을 진행

- '17년 급구배 추진시스템 구동 시험과 급구배 노반 표준안 제시, 능동조향 시제대차 시험차량 장착 및 시운전을 진행

○ 기존 개발된 국내・외 미니트램 시스템과의 차별화된 기술적용을 통해 친환경성 및 건설/운영 측면에서 경제성 향상을 장점으로 지닌 한국형 미니트램 시스템 개발('15년)

※ 한국철도기술연구원의 부처임무형 기관 고유사업(총 113억원: 정부 90억원, 민간 23억원)으로 진행('12년 착수~'16년)

- 한국형 미니트램의 개념구현 가능성을 검토할 목적으로 무인운전 및 정거장에서의 호출기능과 무선급전 기술의 구현가능성을 확인하기 위한 시험차량 제작

- 시험차량을 활용한 시험결과를 바탕으로 '13년~'14년 시제1호(시작차) 차량을 설계・제작하여 연구원에 구축된 시험노선에서 기능시험 수행

- 시스템 설계 단계에서 차량을 실제 제작하기 전 성능확보 여부를 사전에 검증하고 설계를 보완할 목적으로 구조, 열・유동 및 동역학 시뮬레이션 수행

○ 인터모달 트램 차체 경량화를 위해 신개발 스테인리스 강재의 적용성을 연구('16.3월)

- 신규 개발된 초연성 듀플렉스 스테인레스강은 강도와 연성이 우수하기 때문에 철도차량

48) 2017년도 국토교통과학기술 연구개발사업 시행계획, 국토교통부, 2016.12

차체에 적용하여 경량화와 가공 효율화에 기여할 수 있음

- 해당 연구개발을 통해 다양한 두께 (0.4mm에서 5.0mm까지)의 시편을 가공하고 점용접 시험을 통한 적정 용접조건을 확인

- 또한 인장하중 시험을 통해 점용접 이음의 인장-전단 강도를 평가하고, 품질을 확인하기 위해 너깃 지름 측정 진행

○ 경전철용 무선급전시스템 적용 기술개발 진행중('17.3월)[49]

※ 한국철도기술연구원은 경전철용 무선급전시스템 적용 기술개발 과제('15.7월 ~ '19.1월)로 총 연구비 200억 원 투자

- 경전철용 최대출력 500kW용 무선급전시스템 개발 및 테스트베드 시험선 구축 등을 통한 성능검증을 실시

- '17년에는 무선급전 경전철 운영시나리오 수립, 테스트베드 구축 및 운용, 무선급전시스템 적용을 위한 차량 개조, 환경영향성 평가를 중점 진행

### (2) 철도시설

#### (가) 궤도토목

❑ 해외

○ (영국) 국책연구소를 중심으로 원심모형시험 기술* 개발을 선도하고 있으며, Cambridge 대학은 진동대를 포함한 관련 시설을 보유[50]

* 터널 시공을 위한 지반 굴착과 관련된 시공 과정을 축소 모델을 통해 모사할 수 있는 기술·시설 (Geotecnical Centrifuge)

- 지진 등 진동 관련 자연재해를 모사하는 방재 기술 분야에서 그동안 사용되어온 수치 모델링 기법이 한계에 직면하면서, 대규모 진동대 및 동적 원심모형시험 시설을 통한 관련 기술개발이 증가하는 추세

○ (일본) 철도종합기술연구소는 새로운 타입의 탄직궤도(탄성침목 직결궤도)* 개발('17.8월)[51]

* 탄직궤도는 고무 등의 탄성재료를 통해 침목과 콘크리트 제의 도상을 고정하는 궤도로 열차주행 시 소리와 진동을 줄일 수 있어 주로 도시부의 구름다리 등에서 사용

- 철도종합연구소가 개발한 탄직궤도는 "S형" 이라 명명하며 침목 측면의 돌기(첨단 키)에서 가로 하중을 떠받치는 구조를 활용함

49) 2017년도 국토교통과학기술 연구개발사업 시행계획, 국토교통부, 2016.12
50) 항복 거동을 이용한 신개념 기초 내진설계 기법 연구, 국토교통부, 2016.11.16
51) emerging media Response(response.jp), 2017.8.21

- 이에 따라 콘크리트 도상이 기존 탄직궤도보다 날씬하게 되어 재료비를 절감할 수 있으며, 거푸집을 침목 끝과 첨단 키에 가져다 대는 것만으로 도상의 정확한 형상을 얻을 수 있도록 하는 등 작업의 간략화 도모

  ・1998년에 개발된 기존 D형에 비해 작업량이 줄어들어 궤도공사 시 공기를 40%이상 줄일 수 있으며, 재료비 감소로 궤도 전체의 부설비가 20% 감축

○ (중국) 중국철도총공사와 인룽그룹이 고속철도 CRTSⅢ형 Pre-tension Prestressed 궤도 슬래브*를 공동으로 개발('16.5월)

* 궤도 슬래브는 고속철도 궤도를 구성하는 주요 부품으로 고속, 안전, 안정된 열차 운행이 주요한 요인으로 작용

- 국가전략에 따라 CRTSⅢ형 'pre-tension prestressed방식 ballastless 궤도 구조 시스템 시험연구'를 철도부가 수행하였으며, 인룽궤도공사 허젠연구실험기지가 개발・생산을 담당

- 중국이 자체 개발한 해당 궤도 슬래브는 일본Ⅰ형과 독일Ⅱ형 궤도 슬래브에 존재하던 배근, prestressed, 절연설계장치, 궤도 슬래브 연결고정 등 시스템상의 부족한 점을 해결・극복하기 위해 노력함

  ・중국은 CRTSⅢ형 궤도를 자국 브랜드화 및 현장에 적용하여, 시공비, 유지보수 및 운용비용 절감 등을 도모

❑ **국내**

○ 국외 설계기준의 준용, 궤도교량 상호작용 등 일부 궤도해석 기술을 확보하고 있는 수준으로, 최근 국내 환경에 적합한 신뢰성 기반의 궤도 설계기술 연구가 진행되는 추세[52)]

- 철도공단과 한국철도기술연구원은 국산 레일체결장치(KR형 레일체결장치)*를 공동 연구・개발('15년)하였으며, 해당 장치는 원주~강릉 복선전철 사업에 적용・실용화 될 예정('17년 개통 예정)

* 레일체결장치에 적용한 언더플레이트가 레일에 의한 굽힘 하중을 상쇄해 체결볼트의 손상을 억제하는 기술로 '17년 교통안전을 지킬 수 있는 신기술에 지정(36호)

  ・그동안 전량 수입에 의존해 온 레일체결장치의 원천기술을 확보함에 따라 수입대체 및 해외진출이 기대되는 상황

- 한국철도기술연구원은 열차가 운행되지 않는 야간에 노후화된 철도 자갈궤도를 콘크리트 궤도로 교체하는 급속 콘크리트 궤도화 기술* 상용화('14.12월)

* 노후화된 자갈궤도를 콘크리트 궤도로 전환하는 궤도개량 기술로, 자갈 사이의 공간을 급속 경화 시멘트로 채워, 자갈층을 콘크리트 층으로 바꾸는 공법

  ・작업 시간 단축, 시공 1시간 이후부터 열차 하중을 견딜 수 있는 강도를 확보하기 때문에

52) 미래철도 전망 2040, 국토교통과학기술진흥원, 2016.8.

열차가 운행되지 않는 심야시간을 이용해 공사가 가능한 장점 보유*

○ 철도 지반 보강·시공에 따른 지반지지 조건 및 허용잔류침하량 국내 기준이 엄격해짐에 따라 관련 연구와 더불어 토공 투입비용 절감기술 연구가 함께 진행되는 추세

- 한국철도기술연구원은 저비용·저심도 터널 시공을 위한 모듈식 개착 공법*을 개발하고, 실물재하실험을 통한 내하성능 검증 및 현장 시험시공을 통한 시공성 검증을 완료('16.12월)[53]

* 지하 5~10m 깊이로 낮은 심도에 건설되는 저심도 터널을 상부 도로교통 혼잡을 최소화하면서도 저비용으로 급속하게 시공 가능

·저심도 모듈식 개착공법은 연장이 긴 저심도 도시철도 개착 터널 구축 뿐만 아니라, 상대적으로 연장이 짧은 일반 도로 지하차도 등의 시공에도 적용 가능할 것으로 기대

- 지표에서 선지보재를 시공한 후 터널을 굴착하는 공법인 '건설 보강 후 터널 굴착 공법*' 이 민간기업 공동연구를 통해 개발('17.08월)

* 해당 공법은 터널의 출입구 부위와 같이 지반 두께가 얕아 붕괴 위험이 높은 구간에 미리 지반을 보강함으로써 안전하게 터널을 굴착하는 공법(건설신기술 821호 지정)

·굴착전 선지보를 통해 원지반을 보강하므로 변위감소 및 무지보 상태가 없어 터널 및 막장의 안정성 확보가 가능하며, 연약지반에도 터널시공이 가능

·해당 터널 시공으로 안전하고 빠른(2배 이상) 터널 굴착이 가능해졌으며, 공사비도 최대 46%까지 절감이 가능한 것으로 나타남

### (나) 전철전력

#### ❑ 해외

○ (유럽) Siemens社, Alstom社, ABB社 등 선진메이커들과 Lemme社 Gmbh社, Diagnostic Monitoring Systems Ltd(DMS) 등의 진단장비 제조업체들은 전력기기의 진단항목별 검출장치 개발하였고[54], ERRAC(European Rail Research Advisory Council)의 'Deliverable Towards 2030-Energy Roadmap for the European Railway sector' 로드맵에서는 에너지 손실을 최소화하기 위한 연구 방향을 제시

※ 지능화된 에너지 최적 분배 및 저장과 관련하여 철도망과 스마트그리드의 연계 관련 연구를 추진하고 있으며, Siemens社 및 ABB社는 '12년 Innotrans 박람회에서 철도망과 스마트그리드 연계 관련 기초 패러다임 설정 및 연구 추진 계획을 발표

○ (독일) 모니터링 시스템 회사인 Wehrbahn社에서는 OVHWizard 장비를 운용하여 전차선 비접촉 측정 서비스를 제공하였으며, 차선로 모니터링 회사인 Eurailscout社는 전차선로 상태에 대한 모니터링 자동화 시스템을 구축[55]

53) 저심도 터널 시공 위한 모듈식 개착 공법, 한국철도기술연구원, 2016.12.
54) ETR : Eisenbahntechnische Rundschau Vol.61 No.6, 2012.6.

○ (프랑스) Systra社에서는 철도시스템을 분석하고 평가하기 위한 소프트웨어로 RAILSIM을 개발하였으며, 전력공급 및 급전계통 해석 관련 'Load Flow Analyzer' 모듈을 제공[56)]

○ (영국) Balfour Beatty는 프로젝트 개발계획 시 전력시스템을 분석하여 AC 배전반, DC 배전반, SCADA, 터널 접지 등 철도 급전 및 배전 설비 등을 공급[57)]

○ (일본) RTRI社는 다수의 열차주행상황에서 전력공급해석이 가능한 시뮬레이션 기술을 개발[58)]하였고, RTRI 전력기술연구부에서는 전차선과 팬터그래프 사이의 보다 정밀한 아크 방전 검출을 위한 자외선 검출식 이선 측정장치를 개발

※ 신칸센 고속 주행 구간의 전차선 높이 실측 데이터를 활용한 모션 시뮬레이션으로 집전성능을 통계적으로 분석하여 집전성능을 확보하기 위한 지표의 목표치를 설정하고 가설 지침서를 작성

**❑ 국내**

○ 350km/h급 및 400km/h급 고속 전차선로가 국내 독자 개발되어 부설[59)]

- (360km/h급 전차선로) 한국철도시설공단 주도로 개발되었으며 호남선에 건설・개통('15.4월)

- (400km/h급 전차선로) 세계 최초로 독자개발 되었으며, 호남선 시범구간에 부설되어 집전성능 등의 기준을 통과하고 현장 성능시험이 완료

  ・설계, 시스템엔지니어링 및 전차선, 가동브래킷, 장력장치, 드로퍼를 비롯한 핵심부품 및 모니터링 장치를 포함하여 개발 진행

○ 실제 철도망에 기반한 이론 및 시뮬레이션 프로그램, 측정기술, 전력공급에 대한 기술개발을 진행중

- 전기철도설비 신규 계획시 설비투자비를 최소화하면서 최대의 운송능력을 확보하기 위한 ETAP eTraX 이용 전기철도 급전계통 해석 기술을 보유

  ・전기철도의 물리적 조건과 운행패턴에 대응하여 철도차량에 안정적인 전력공급을 하기위한 전기설비용량과 허용전압강하를 중심으로 급전계통 시뮬레이션 진행('16년)

- 한국전력은 초고압직류송전(HVDC)기술을 개발하여 진도-제주 구간에 설치하고, 현재 시운전 중에 있으며 육상 구간인 북당진~고덕 사업에 착수 진행 중

- 계통 및 배전 운영제어 기술관련 기반기술 보유 및 관련 연구개발활동이 활발하게 진행되고 있으나, 개발제품에 대한 신뢰도, 호환성 등 미검증

55) 일본 철도 종합 연구소, 2013
56) http://railsim.com railsim, 2013.10.
57) bbrail-Balfour Beatty Rail의 제품 및 서비스제공 내용, 2013.10.
58) 일본 철도 종합 연구소, 2013
59) 고속철도 기술수준 분석보고서, 국토교통부, 2015

### (다) 신호통신

#### ❑ 해외

○ (유럽) 민간주도의 무선통신 방식의 상용화를 추진 중이며, 차세대 기술인 열차간 통신기반 제어시스템 개발 프로젝트 수행 중이며, ERTMS를 통해 EU 지역 내의 국가간 열차 신호 시스템 통합을 추진하고 있음

※ 기술표준을 주도하는 유럽업체는 ETCS L3 무선통신 방식의 상용화를 추진 중이며, 차세대 기술로서 열차간 통신기반 제어시스템 개발 프로젝트를 수행 중(Next Generation Train Control, '13~'16, 1,000만 유로)

※ ERTMS는 ETCS(European Train Control System)과 표준 GSM 기반의 선로와 열차 간의 음성 및 데이터 통신을 제공하는 무선 시스템인 GSM-R로 구성됨[60]

○ (독일) 자국 철도시스템에 열차제어시스템(ETCS-L2) 구축시 기존에 규격화 되어 있는 사양, 성능, 시험방법을 준용하여 시험·평가, 실증을 통해 안정성과 상호운영성이 검증된 기술 개발('12년), 또한, Deutsche Bahn社는 '14년 9월부터 Deutsche Telekom社와 함께 고속열차(ICE) 1등석 차량에 WIFI 서비스를 운용

- 외부 통신망과 주행 중인 열차 사이에 안정적인 셀룰러 데이터 용량 공급은 여전히 현안 사항[61]

○ (프랑스) Alstom社는 중국 통신회사인 Huawei社와 함께 CBTC(Communication Based Train Control)를 위한 LTE 4G 시험 운영을 준비('14년)[62]

○ (일본) 일본철도종합연구소(RTRI)에서는 무선 열차제어에 활용되는 통신시스템의 안정성을 시험하기 위한 시뮬레이터를 개발('15년)

- 개발 시뮬레이터는 철도 전차선의 전파환경이나, 열차에서 발생하는 노이즈 환경, 다른 기지국 간섭 방해 등을 고려하여 여러 기지국과 열차 사이의 무선전송 품질 계산 가능

#### ❑ 국내

○ LTE-R 철도전용통합무선망 기술개발 및 성능 검증에 기반하여 LTE-R 관련 국내 표준이 '14년 10월 한국정보통신기술협회(TTA)에서 확정됨[63]

- 철도전용 통합무선망 연구는 160km/h 이상 고속 및 일반 철도 적용시 증속에 따른 검증 시험이 필요하며, 기술개발 및 성능검증 내용을 기반으로 한국정보통신기술협회(TTA)에서 국내 표준을 확정됨

  · 표준은 LTE기반 철도통신 기능 요구사항 관련 표준인 TTAK.KO-06.0369, LTE 기반 철도통신 사용자 요구사항인 TTAK.KO-06.0370로 구성함

60) westermo, 2015
61) 해외철도동향-유럽 철도산업을 이끌 미래 기술은?, 철도산업정보센터, 2015.1
62) Alstom and Huawei to test first LTE 4G for CBTC, International Railway Journal, 2014.8.
63) 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계구축 및 성능평가 성과 실용화 계획, 한국철도기술연구원, 2015

❍ 한국철도시설공단은 평창동계올림픽에 대비하여 현재 개발 중인 LTE-R을 원주~강릉 철도 구간에 구축하고 '18년부터 이에 기반한 서비스를 제공할 계획[64)]

- LTE-R기술이 국내에서 최초로 개발에 착수('10년)한 후, 철도공사의 영업선을 대상으로 한 시험선 구축 및 성능 평가 시험을 통해 '14년 10월 한국정보통신기술협회(TTA)에 철도통신 국내표준으로 확정됨

  · 영업선 상업운행이 부산교통공사의 1호선 구간에서 시작('17년)되었으며, 관련 기술은 다양한 철도 영업선에서 철도통신망 구축을 위해 활용될 예정임

❍ 무선통신 기반의 무인운전용 열차제어시스템의 국산화를 위해 무인운전 열차제어시스템 시험이 가능한 인프라를 구축하고 시스템 성능 평가를 수행('14.12~'17.12월)

- 한국형 무선통신 열차제어 시스템(KRTCS-Ⅰ) 개발 및 실용화 연구를 통해 국토교통부는 '도시철도용 무선통신기반 열차 제어시스템'을 한국 철도 표준 규격(KRS*)로 제정('15.12월)

* 철도의 안전과 호환성 확보를 목적으로 철도차량 및 철도용품에 대한 국가표준규격

  · 철도기술연구원을 주관연구기관으로 차상(車上)-지상(地上) 장치 간 상호 운영성과 안전성을 검증하고, 노선별 각기 다른 시스템을 규격화된 단일 시스템으로 표준화할 수 있는 기반 마련

  · 도시철도용 KRTCS-Ⅰ은 IEEE1474 사양 기반 CBTC와 UNISIG SUBSET 사양 기반 ETCS를 혼용해 국산화한 표준규격으로 150km/h급의 도시철도, 경량철도에 적용이 가능하도록 설계

- 철도시설공단은 KRTCS-Ⅱ* 시스템의 성능검증시험을 착수, 초고속 열차인 해무(HEMU-430X)를 활용해 호남시험선로 테스트 베드 현장에서 KRTCS-II의 성능검증시험을 진행

* ATP(Automatic Train Protection) 시스템의 다음 단계 기술로 LTE-R 무선 통신을 이용해 열차의 위치 정보 송·수신으로 열차 간의 운행 간격을 제어하는 등 연속적인 열차제어정보를 전송하고, 현장 신호설비 최소화로 유지보수와 장애요인을 감소시키는 역할을 담당

  · 주요 개발 내용은 지상(地上)·차상(車上) ATP장치 제작 및 성능평가와 RBC 인터페이스 기술과 지상-차상 안전 전송 인터페이스 구축

  · KRTCS-II는 '18년부터 새로 건설되는 철도와 내구연한이 도래한 기존철도 개량사업에 적용될 전망

### (3) 철도운영 및 환경

#### (가) 철도계획 및 운영

❑ 해외

64) 철도공단, 원주-강릉구간에 '철도무선통신망' 구축, 2015.3

○ (유럽) FP7의 후속 R&D프로그램인 Horizon2020에서는 녹색 및 스마트한 통합 교통 구현을 위해 철도분야의 에너지효율화, 스마트기술, 차세대차량 기술개발을 추진[65)]

- 특히, 운송부문의 에너지 효율화 기술개발의 세부영역으로 스마트 철도 서비스(Smart rail service)를 선정하고 세부 방향 제시

※ 스마트 기술을 철도와 연계하여 다양한 여객서비스 및 효율적이고 이동성이 향상된 물류서비스 연구가 진행 중

○ (프랑스) SNCF(프랑스 국유 철도)는 철도수송계획을 위하여 RailPlus 시스템을 개발[66)] 운영하고 있으며, 이는 WS편집기, 수익성평가, 실행성평가, 용량할당, 라우팅 모듈로 구성, 또한 지리적 동일 운임이 적용되는 거리비례제를 기준으로 기본운임을 설정하며, 원거리 체감제를 적용

* SNCF(프랑스 국유 철도)는 '90년대 초에 TGV의 거리 비례 운임 체계를 폐지하고, 교통기관과의 경쟁조건을 고려하여 구간별 운임을 결정

○ (독일) 고속철도 운임은 거리비례제와 경쟁 요인을 고려한 노선별 상이한 추가요금으로 구성되므로 노선 특성에 따라 운임이 상이

○ (일본) 2000년부터 연료전지의 철도적용에 대한 지속적인 연구를 수행하여 '06년 고체분자형 100kW급 친환경 소재를 활용한 고효율 연료전지 시험차량 개발, 또한 철도기술연구소(신호정보 기술연구부)에서는 교통 기호성 및 운임, 시간 등을 고려한 교통 선택행동모델, 지정석, 자유석의 탄력적용 방안 등을 연구[67)]

* 좌석 종류별로 좌석수량이나 요금을 변경하여 구간별 좌석이용률을 향상시키는 방법 개발

### ❑ 국내

○ 한국교통연구원은 도시철도 역사의 운영 효율화 및 상태기반 유지보수를 위한 기술개발 진행('13.12월~'17.6월, 총 연구비 3,000만원)

- (로프형 승강장 안전도어 국제표준 인증 및 상용화) 부품의 신뢰성 확보, 제작검사・설치(시공)・배송 등의 편의성 확보를 위한 모듈화 기술, 구조체 경량화 기술, 고속철도와 이외 철도 및 철도건널목 시제품 개발 진행

- (도시철도 역사 에너지 절감) 신재생에너지와 회생에너지를 연계한 전력저장장치 기반의 복합에너지 생산기술, 도시철도 역사 에너지 최적관리 및 에너지 저감 기술, 도시철도 역사 실증표준 테스트베드 구축 및 평가기술 개발 진행

- (상태기반 스마트 유지보수) 시존 유지보수체계와 CBM의 연계기술 개발 진행

○ 한국철도기술연구원은 물류기술 R&D 연구단 과제에서 '노동의존 물류환경 개선을 위한 하역, 운반 보조장비 기술개발'을 추진중('14년~'18년)

65) A Flagship Joint Technology Initiative in Horizon 2020 Work Programme 2014-2015, ECDC, 2014
66) SNCF, 2015.4
67) 교통의 기호성을 고려한 교통 선택 행동 모델, 일본철도종합연구소, 2015.6

- 한국해양수산개발원이 적재효율 및 하역편의 향상을 위한 유리전용 모바일 랙 개발, 한국기계연구원이 안전한 중량물 취급을 위한 350KN급 에어쿠션 이송장비 기술 개발, 한국철도기술연구원이 물류현장 안전도 및 편의향상 보조장비기술을 개발 추진 중

○ 철도차량・운영 소재부품의 경우 환경친화적 기술개발, 에너지 절감 및 유지보수 효율화 중시, 저비용 도시철도 건설을 요구하는 환경적 수요에 대응하기 위한 개발이 활발한 추세

- 환경 친화적 기술개발을 위해 경량화 기술요구와 노면전차(Tram)의 무가선 급전 기술 개발, 기 운행 전동차의 추진과 보조전원장치에서의 에너지 절감 및 유지보수 효율화 기술 개발저비용 도시철도를 위한 건설비 저감 및 차량가격 저감을 위한 기술 개발 등[68)]

○ 최근 환경부하를 줄이고 지속가능한 운송체계 구축을 위해 인터모달 운송시스템 구축을 위한 기술개발이 활발한 추세

- 한국교통연구원은 자동화물운송시스템의 선도적인 기술을 개발하여 실대형 시연모형 구현을 위한 기술력 확보를 목표로 '인터모달 자동 화물운송시스템 기술개발' 을 추진중('17.6월~'20.12월)

* 해당 개발과제는 운송체계 인프라 시스템 기술, 운송대차 및 추진시스템 기술, 시스템 운영기술로 구분하여 수행중(現 1차년도 사업 진행중)

- 한국철도기술연구원은 ICT 및 융복합기술을 적용한 안전하고 경제적인 철도인프라 구축을 위해 '저비용의 철도 인프라 구축・개량' 과제를 추진중('17.7월~'19.1월)

* 특히, 4차 산업혁명에 따른 철도 인프라 기술변화에 적극적으로 대응하기 위해 대규모・대심도 스마트 인터모달 허브 구축기술을 개발할 예정

### (나) 철도안전

#### ❑ 해외

○ (영국) 위험요인별 평가기준(기준 적용, 유사 시스템 비교, 명시적 위험도 예측) 등을 제공하는 등 체계적인 철도안전관리체계 마련

○ (스페인) 다양한 화재 시나리오 하에서 고속철도 차량 내에서 원활한 대피를 위한 탈출구 모델링 및 승무원 절차 등을 연구

○ (핀란드) 마리오프社와 독일 포그텍(Fogtec)社는 철도차량 및 터널에 적용가능한 소화시스템기술을 확보하여 적극적인 마케팅을 벌이고 있으며 고속철도차량, 무인운전철도차량 등으로 적용범위 확대 추세

○ (일본) 철도시뮬레이터 코어 시스템을 통해 지진 재해시뮬레이터 구축[69)]하였으며, RTRI는

68) 중소기업 기술로드맵(녹색제조-08. 수송기계), 중소기업청, 2014
69) 철도기술과 화제, KORAIL, 2012.12

차량과 구조물의 동적상호작용 해석 프로그램인 DIASTARS(Dynamic interaction anlysis for shinkanse train and railway structure)를 개발하여 차량・궤도・하부구조물 상호작용 해석에 활용[70]

- (지진재해시뮬레이터) 전체 철도노선을 자동으로 모델링하여 임의의 위치에 단층을 기준으로 지진 피해 시나리오를 예견하는 시뮬레이터

- (DIASTARS) 차량운동 시뮬레이터 VDS를 연계하여 지진 발생시 사장교 주행안전성 해석이 가능하며, 탈선 후 차량과 이탈 방지 가드를 포함한 궤도 구조를 반영하여 DIASTARS를 통하여 탈선 후 차량 거동 해석이 가능

- (구조물 내진성 평가) 지진시 구조물에 미치는 요인으로 차량 종류 및 속도, 구조물의 등가 고유주기와 항복 진도, 구조물과 차량의 질량비, 지진동의 우수성주기 등의 영향을 정량화하여 수치해석을 수행('13년)[71]

### ❑ 국내

○ 철도안전기술과 관련하여 재난・재해에 선제적 대응하고 경제성과 안전성을 동시에 확보 가능한 통합감시・제어시스템 구축에 많은 관심을 기울이는 추세[72]

- 재난・재해를 포함한 철도사고 예방・대응으로 실시간 안전감시시스템, 고속철도 탈선 방지를 위한 일탈방호 시설 개발을 추진

※ 실시간 철도안전 통합감시제어시스템 테스트베드 규모 : 원주-강릉 신설노선('17.12월 준공예정) 중 10km 구간(서원주-만종)

- 한국철도기술연구원은 총 연구비 206억 원으로 '14.8월부터 기존 안전검지 장치 및 현장운영 데이터 기반 실시간 철도안전 통합 감시제어 시스템 개발을 진행중('18.1월까지 완료 예정)

  ・연구단은 철도 이용 편의 향상을 위한 주요 정보 표준화 및 경로정보제공 시스템 개발을 추진하고 있으며, '17년 주요 연구내용으로 철도안전 통합 감시제어시스템, 리스크 감시시스템 현장 시범적용 및 안전검지장치 개발품 성능 검증을 진행

- 실시간 철도사고 예측 알고리즘 개발, 철도안전빅데이터 통합 플랫폼 시스템 요구사항 및 기능 정의, 리스크 감시 사례분석 및 철도운영 정보 분석, 사고대응 SOP 개발 및 현장 데이터 체계/연계 방안 분석 시행('15년)

- ㈜대아티아이社는 빅데이터 처리와 실시간 처리 성능을 동시에 제공하는 하이브리드 방식의 철도안전 관제시스템 개발('16년)[73]

- 철도시스템을 구성하는 열차, 신호, 전력 및 설비 등으로 분산되어 감시되던 시스템의 안전관련 데이터를 통합하여 안전감시 효율을 향상시키고 사고 예방이 가능

70) 일본 철도 종합 연구소, 2014
71) 2013년 주요연구개발성과, 일본 철도 종합 연구소
72) 2017년도 국토교통과학기술 연구개발사업 시행계획, 국토교통부, 2016.12
73) 실시간 철도안전 관제를 위한 데이터 처리방안 연구, ㈜대아티아이, 2016.8

○ 차량 및 용품 형식승인 제도 시행('14.3월)에 따른 시험·인증과 개발품의 성능평가 관련 실대형 시험 인프라 구축 추진중(~'18.1월)

※ 구축장비 : 멀티스캔 EMC 측정시스템, 완성차량 종합 환경 성능시험 장비

- 서울특별시와 도시철도공사는 '16.4월부터 철도안전관리 체계 기술기준을 지원하는 도시철도 RAMS 통합시스템 연구를 추진중('18.1월 완료 예정)

  · 도시철도 전기, 신호, 관제 등 열차 안전운행과 직결되는 주요설비에 대한 RAMS 통합 관리체계를 구축하기 위한 연구를 추진중

  · '17년 탈선방호 시설물에 대한 실대형 성능 평가시설이 구축되었으며, 기존 방호시설 인터페이스 검토 및 실내시험, 방호성능을 겸비한 신형식 콘크리트 재료 사양 도출을 진행

- 충남대학교 산학협력단에서는 '16.11월부터 철도차량 일탈 방호를 위한 시설개발 및 성능기준 연구를 추진중('21.1월까지 100억원 규모 투자 예정)

  · 탈선방호 시설물에 대한 실대형 성능 평가시스템을 구축하고 旣 방호시설 성능을 검토하여 철도 탈선시 거동예측을 통해 일탈방지·방호 성능을 갖는 콘크리트궤도 개발을 진행할 예정

### (다) 철도환경

#### ❑ 해외

○ (유럽) 유럽에서는 노면선로에 도로교통과 트램이 주행공간을 공유할 수 있는 매립궤도 개발 진행[74)]

- 궤도 구조에 대한 소음 및 진동을 흡수할 수 있는 연속지지형 다방향 탄성충진재 개발과 잔디식재가 가능한 친환경 구조, 이중방진 매립궤도, 분기기구조 등의 개발 적용

○ (독일) '20년까지 철도진동소음을 현재의 절반수준으로 경감하는 개술개발을 목표로 LZarG: Quiet Train on Real Track 프로그램 추진 중[75)]이며, 인체공학적설계를 채택하여 Velaro차량의 실내인터리어 및 내부구조 개선을 위한 기술개발 수행

○ (일본) 철도종합연구소에서는 침목 제작시 발생하는 $CO_2$를 저감하기 위해 시멘트를 사용하지 않는 지오 폴리머 침목을 개발했으며 향후 고분자 섬유를 통한 보강연구 지오폴리머 침목을 실용화[76)]하였고, 국토교통성을 중심으로 초고속철도와 자기부상 철도시스템 개발과 유지보수 비용 저감, 승객 편의성 증대를 위한 기술개발을 국가연구개발사업으로 추진 중[77)]

※ 또한, 열차의 고속화에 대응하고, 환경 친화적인 Low-Maintenance 기반의 노반 설계기술 연구를 진행하고 있으며, 철도종합연구소에서는 환경비용 절감을 위하여 발생 밸러스트를 활용하는 노반 강화공법을 개발

74) 미래 첨단 철도 건설을 위한 궤도 시스템 기술, 대한토목학회 뉴스레터, 2013.8
75) https://www.deutschebahn.com/de/start.html, 2015.2.
76) 2012년 주요연구개발성과, 일본 철도 종합 연구소, 2012
77) http://www.mlit.go.jp, 국토교통성, 2015

○ (중국) 침목 내구성 향상을 위한 신소재 적용 및 디자인 개선, 침목제작의 경제성 확보의 공정 최적화 기술개발을 추진[78)]

- 중국에서는 콘크리트 침목의 내구성 향상을 목적으로 플라이 애시, 실리콘 애시 등의 혼합재 적용 기술이 연구

**❑ 국내**

○ 국토교통부는 철도기술연구사업을 통해 철도 안전·편의성 향상을 중점지원분야로 선정 → 소음 및 공기질 개선, 쾌적성 등을 확보하기 위한 기술개발 추진중[79)]

※ 미세먼지 제거장치 개발사양 : 미세먼지 제거율 50% 이상, 미세먼지 수거량 2×109 ㎍g/월 이상, 세정주기 : 1개월 (약 25일), 작업속도 5km/h 이상

- 철도 선로변 및 차량 운행소음 저감 장치, 나노구조체 활용 초미세먼지 제거기술, 이용객 이동·환승 편의 향상 정보제공 및 시설 개발 등을 추진

- 철도기술연구원을 주관으로 '13.12월부터 '17.2월까지 도시철도 역사 이용객 편의성 향상 기술개발 과제를 진행 → 이용객의 이동·환승시간 단축, 혼잡도 완화, 역사 내 쾌적성 등을 확보

- 철도 소음진동 저감을 위한 국제 수준의 저소음 지진동 기술개발('13.12~'17.3월)을 추진 → 친환경 고효율 방음기술과 저소음 전동차 기술, 역사 구조물 소음/진동 저감기술을 확보

·'17년도 주요연구 내용으로 급곡선부 스킬소음 저감 방음레일 현장부설 및 성능검증, 철도역사 소음진동기준(안) 제시, 선하역사 급속기송형 프리캐스트 플로팅 궤도 시제품 현장성능시험을 추진

- ICT 기반 철도 이용객 정보 제공기술 개발('14.11~'17.4월)을 통해 철도 이용 편의향상을 위한 주요 정보 표준화 및 경로정보제공 시스템 확보

·'17년도 주요연구 내용으로 철도이용객 정보 공유시스템 구축 및 시범운영과 Door-to-Door 경로 안내시스템 구축 및 시범운영, IoT 기반 철도시설물 연계 통합 플랫폼 구축 추진

○ 국내 공공연구기관 및 기업에서는 철도분야에 대한 신재생에너지 연계와 에너지 비용 최적화를 위한 기술개발을 진행[80)]

- 스마트그리드의 전철/전력 적용에 따라 철도분야에서도 스마트 전철변전소 건설 관련 연구개발사업이 수행

·에너지 최적 활용을 목적으로 한 스마트그리드 연구개발사업이 국가연구개발사업으로 진행중이며, 세부과제로 철도분야의 에너지 최적 활용 기술이 포함

78) 고속철도 기술수준 분석보고서, 국토교통부·국토교통과학기술진흥원, 2015
79) 2017년도 국토교통과학기술 연구개발사업 시행계획, 국토교통부, 2016.12
80) 철도 운영 효율화를 위한 차량 개발 및 환경 인프라 구축기술, 국토해양부, 2012

- ㈜우신산전은 고속철도 전철변전소 피크전력 저감을 위해 피크전력 저감장치와 능동형 고조파 필터에 대한 연구개발 진행('15년)[81]

  ・피크전력 저감장치는 고속철도 교류급전시스템에서 부하가 작을 때에 전력을 저장해두고, 부하가 증가했을 때에 공급함으로써 변전소의 부하 변동을 억제

  ・능동형 고조파 필터는 고속열차 운행시 실시간으로 변하는 고조파를 억제・관리

- 한국철도기술연구원에서는 도시철도 역사 에너지 절감과 전력시스템의 고효율화를 달성하기 위해 철도인프라용 에너지관리시스템을 개발('16년)[82]

## 다. 시장현황

### (1) 철도차량

#### (가) 일반철도차량

**❑ (해외) 일반철도차량의 세계시장 규모는 '16년 159.9조원(70.7%)으로 추산**

○ 권역별 세계 철도차량 시장은 아시아, 서유럽, CIS가 각각 26.4%, 22.7%, 19.8%로 전 세계 일반철도차량시장의 절반 이상을 차지하고 있으며, '11년부터 '16년까지 권역별 철도차량 시장 성장률은 아프리카・중동, 북미가 타 권역대비 높음

**❑ (국내)**

○ 국내 전동차 품질,기술, 가격은 세계적 경쟁력을 확보하고 있으나, 최근 중국업체의 저가 공세로 고전중임. 특히, 기술의 평준화 및 보편화로 업체들 사이 경쟁이 매우 치열함

#### (나) 고속철도차량

**❑ (해외) 고속철도차량의 세계시장 규모는 '16년 31.4조원(14%)으로 추산**

○ 권역별 세계 고속철도차량 시장은 아시아, 서유럽이 각각 64.0%, 34.6%로 전 세계 고속철도차량 시장의 대부분을 차지하고 있으며, '11년부터 '16년까지 권역별 고속철도차량 시장 성장률은 동유럽, CIS, 북미가 타 권역대비 높음

- '14년 기준, 세계 운영 중인 고속철도 차량 3,629대 중 97%가 서유럽과 아시아에 집중되어 있으며, 향후 중동 권역에서 고속철도 차량이 신규로 운영될 전망

○ 전 세계 고속철도 차량은 향후 250km/h 초과~300km/h 이하 차량 운영 비중은 소폭 감소하고, 250km/h 이하 차량 운영 비중이 소폭 확대될 것으로 전망됨

81) 고속철도 전철변전소 피크전력 저감을 위한 기술개발 연구, ㈜우신산전 중앙연구소, 2015
82) 철도인프라용 에너지 관리시스템 설계, 한국철도기술연구원, 2016

○ '10년~14년 차량구동방식별 차량 도입비중은 동력분산식의 비중이 약 88%를 차지하며, 20년까지 도입계획 반영 시 약 81%수준을 차지할 것으로 전망됨

○ 최근 5년간 상위 3개 제작사가 50%이상의 시장점유율을 보유하였으나 향후 차량조달기업이 미정인 시장이 45%를 차지하여 이에 따른 시장점유율 변화가 전망

❑ (국내)

○ 한국형 고속열차인 KTX-산천 국산화로 1조 4,200억원의 매출이 발생하였고, 기술국산화를 통해 국산 및 외산 철도차량 도입가격을 인하하여, KTX-산천(로템)은 KTX(Alstom) 대비 약 6% 저렴하게 도입해 총 920억원 구입비용 절감(KTX: 31억/량, KTX-산천: 29억/량)

○ 세계 고속철도시장에서 고속열차의 75%이상이 운영효율성과 경제성이 뛰어난 동력분산식 시스템으로 이루어지고 있음에 따라, 국내에서는 동력분산식 고속열차(HEMU-430X)를 개발하였음

- 그러나, 핵심부품은 외자 의존단계로 KTX 수출차량 국산부품 적용율이 50%이하인 점을 적용하면 동력분산식 고속열차 핵심부품 국산화를 통해 판매 단가를 낮춰 차량 판매 비용 3조원에서 추가 매출이 발생 할 것으로 판단됨

### (다) 도시철도차량

❑ (해외) 도시철도차량의 세계시장 규모는 '16년 31.0조원(13.7%)으로 추산

○ 권역별 세계 도시철도차량 시장은 서유럽, 아시아가 각각 31.8%, 28.1%로 전 세계 도시철도차량 시장의 절반 이상을 차지하고 있으며, '11년부터 '16년까지 권역별 도시철도차량 시장 성장률은 호주/태평양, 중남미, CIS가 타 권역대비 높음

- '12년 기준 권역별 도시철도차량 대수 비중은 아시아, 서유럽, CIS가 각각 25.8%, 24.6%, 18.0%로 전 세계 도시철도차량 시장의 절반이상을 차지함

- '07년~11년 기준 프랑스 Alstom, 중국의 CNR, CSR이 전 세계 도시철도차량 시장의 44%를 차지함

○ 차종별 연간 성장률은 도시철도(4.1%), 일반철도(1.9%), 고속철도(2.6%) 순으로 조사되며, 철도차량시장은 도시철도 수요를 기반으로 성장할 것으로 기대됨[83)]

❑ (국내)

○ 세계 철도차량시장이 도시철도 수요를 기반으로 성장할 것으로 기대됨에 따라, 이에 대한 시장 전략을 마련 및 투자가 필요함

83) SCI, 2016

### (라) 자기부상철도차량

❑ (해외) 자기부상철도 및 신교통철도차량의 세계시장 규모는 '16년 3.9조원(1.7%)으로 추산

○ 세계적으로 도시 철도교통 시장이 빠르게 발전됨에 따라 다양한 모델의 도시 철도교통 발전시스템을 도입하는 도시가 점차 증가하는 추세

○ 이에 자기부상 기술은 도시 철도교통의 중요한 구성부분으로 저소음, 우수한 성능, 바퀴 마모가 없는 점 등의 장점으로 인해 향후 미래 도시의 새로운 선택으로 급부상중

○ 철도차량 차체 및 설비의 세계시장 연평균 성장률은 55.56%로 '21년 258.7억 달러의 규모('16년 대비 910.9% 증가)를 형성할 전망

- '16년 전 세계 철도차량분야*에서 자기부상이 차지하는 비중은 약 0.8% 규모

* 세계 철도차량분야 시장규모는 3,077.9억 달러('11년) → 3,479.3억 달러('16년) → 4,268.5억 달러('21년)

❑ (국내) 세계시장 대비 10.6% 규모('16년 3억 달러)

○ 국내시장은 세계시장 대비 10.6% 규모를 차지('16년)하며 약 3억 달러의 시장을 형성, 이후 세계시장 보다 낮은 성장률(5.92%)로 '21년 4억 달러(세계시장 대비 8.0%)의 시장을 전망

- '16년 국내 철도차량분야*에서 자기부상이 차지하는 비중은 전 세계와 유사한 1.0%

* 국내 철도차량분야 시장규모는 266.2억 달러('11년) → 296.3억 달러('16년) → 320.6억 달러('21년)

### (마) 신교통철도차량

❑ (해외) 자기부상철도 및 신교통철도차량의 세계시장 규모는 '16년 3.9조원(1.7%)으로 추산

○ 해외경량전철시장에서 AGT(무인자동대중교통수단), LIM(선형유도전도기), 모노레일 외에 트램이 약 76%를 차지하고 있는 것으로 나타남

○ 유럽과 서유럽 중심으로 트램 시장 규모는 지속적으로 증가하고 있으며 시장규모는 연평균 3조원 임

❑ (국내)

○ 최근 현대로템이 이즈미르 트램(38편성, 837억원), 안탈리아 트램(18편성, 386억원) 등 터키에서 2건의 트램사업을 수주하여 납품 중에 있으나 해외수출 실적이 많지 않음

○ 무가선 저상트램은 세계 최초 160km/h급 대용량 2차 전지 개발 등을 통해 일반트램 대비 30% 이상 에너지 효율을 향상시켜 친환경성과 기술경쟁력을 바탕으로 가격 경쟁력을 확보한다면 해외시장 진출 전망이 높음

### (2) 철도시설

#### (가) 궤도토목

❑ (해외) 궤도토목시설의 세계시장 규모는 '17년 384.7억 달러로 추산

○ 궤도토목의 세계시장 연평균성장률은 2.39%로 '21년 422.7억 달러의 규모('16년 대비 112.5% 증가)를 형성할 전망

- '16년 전 세계 철도시설분야*에서 궤도토목이 차지하는 비중은 약 65.0%를 차지하며 철도시설분야 시장을 견인

* 세계 철도시설분야 시장규모는 494.1억 달러('11년) → 577.7억 달러('16년) → 653.0억 달러('21년)

○ 세계 궤도노반 시장('11~'15년)은 독일, 중국, 프랑스, 캐나다 등의 상위 8개 업체가 전체 시장의 34%를 점유[84)]

- 독일의 Voestalpine(7%), Vossloh(4%), 중국의 China Railway Construction corp(6%), China Railway Group(6%), Baosteel(3%), 프랑스의 Consolis SAS(3%), 캐나다의 Stella-Jones(3%), 러시아의 Evraz Group(2%) 등이 세계 궤도노반시장을 견인

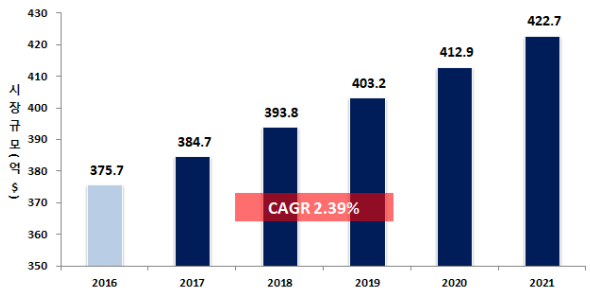
❑ (국내) 세계시장 대비 8.5% 규모('16년 31.93억 달러)

○ 국내시장은 세계시장 대비 8.5% 규모를 차지('16년)하며 약 31.93억 달러의 시장을 형성, 이후 세계시장 보다 낮은 성장률(1.20%)로 '21년 33.9억 달러(세계시장 대비 8.0%)의 시장을 전망

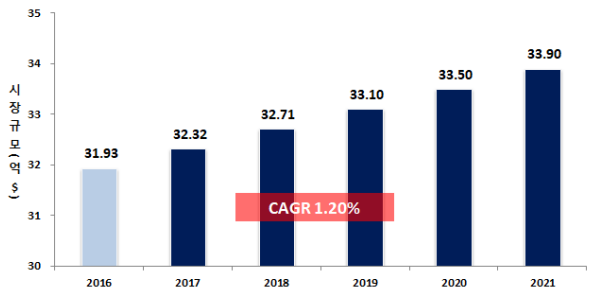
- '16년 국내 철도시설분야*에서 궤도토목이 차지하는 비중은 전 세계와 유사한 65.0%

* 국내 철도시설분야 시장규모는 45.8억 달러('11년) → 49.1억 달러('16년) → 52.1억 달러('21년)

<세계시장>




<국내시장>




(단위: 억 달러)

| 구분 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | CAGR('16~'21) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 세계 | 375.7 | 384.7 | 393.8 | 403.2 | 412.9 | 422.7 | 2.39% |
| 국내 | 31.93 | 32.32 | 32.71 | 33.10 | 33.50 | 33.90 | 1.20% |

※ 출처 : PK&WISE, 2017

[그림 3] 철도 궤도토목 국내/외 시장현황 및 전망

84) Worldwide Market for Railway Industries, SCI Verkehr Cologne, 2016.9

### (나) 전철/전력

#### ❑ (해외) 전철/전력시설 세계시장 규모는 '17년 38.1억 달러로 추산

○ 철도 전철/전력시설 세계시장 연평균 성장률은 2.91%로 '21년 42.7억 달러의 규모('16년 대비 115.4% 증가)를 형성할 전망

- '16년 전 세계 철도시설분야*에서 전철/전력시설이 차지하는 비중은 약 6.4% 규모

* 세계 철도시설분야 시장규모는 494.1억 달러('11년) → 577.7억 달러('16년) → 653.0억 달러('21년)

○ 세계 전철/전력 시장('11~'15년)은 독일, 중국, 영국, 프랑스 등의 상위 6개 업체가 전체 시장의 63%를 점유[85)]

- 독일의 Siemens(13%), 중국의 China Railway Construction corp(13%), China Railway Group(13%), 영국의 Balfour Beatty Rail(10%) 프랑스의 Alstom(9%), 스위스의 ABB(5%) 등이 세계 전철/전력시장을 견인

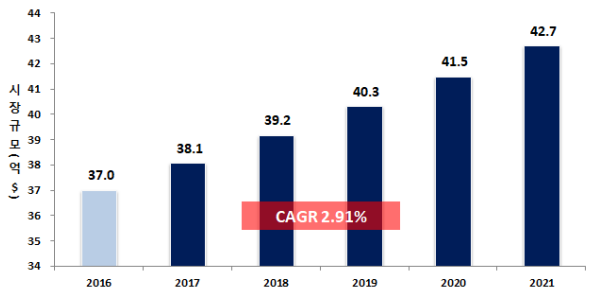
#### ❑ (국내) 세계시장 대비 8.5% 규모('16년 3.15억 달러)

○ 국내시장은 세계시장 대비 8.5% 규모를 차지('16년)하며 약 3.15억 달러의 시장을 형성, 이후 세계시장 보다 낮은 성장률(1.20%)로 '21년 3.34억 달러(세계시장 대비 7.8%)의 시장을 전망

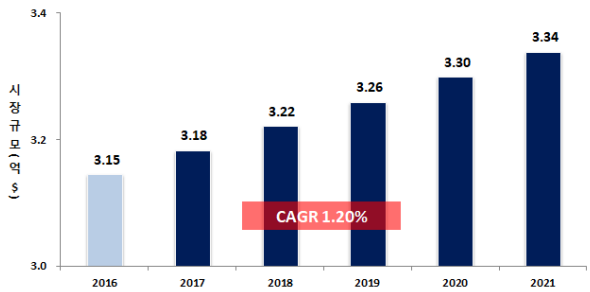
- '16년 국내 철도시설분야*에서 전철/전력시설이 차지하는 비중은 전 세계와 유사한 6.4%

* 국내 철도시설분야 시장규모는 45.8억 달러('11년) → 49.1억 달러('16년) → 52.1억 달러('21년)

<세계시장>




<국내시장>




(단위: 억 달러)

| 구분 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | CAGR('16~'21) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 세계 | 37.0 | 38.1 | 39.2 | 40.3 | 41.5 | 42.7 | 2.91% |
| 국내 | 3.15 | 3.18 | 3.22 | 3.26 | 3.30 | 3.34 | 1.20% |

※ 출처 : PK&WISE, 2017

**[그림 4] 철도 전철/전력 국내/외 시장현황 및 전망**

85) Worldwide Market for Railway Industries, SCI Verkehr Cologne, 2016.9

### (다) 신호통신

#### ❑ (해외) 신호통신시설의 세계시장 규모는 '17년 169.3억 달러로 추산

○ 철도 신호통신시설의 세계시장 연평균 성장률은 2.60%로 '21년 187.6억 달러의 규모('16년 대비 113.7% 증가)를 형성할 전망

- '16년 전 세계 철도시설분야*에서 신호통신이 차지하는 비중은 약 28.6% 규모

* 세계 철도시설분야 시장규모는 494.1억 달러('11년) → 577.7억 달러('16년) → 653.0억 달러('21년)

○ 세계 신호통신 시장('11~'15년)은 독일, 중국, 이탈리아, 프랑스 등의 상위 5개 업체가 전체 시장의 76%를 점유[86)]

- 독일의 Siemens(24%), 중국의 CRSC(20%), 이탈리아의 Ansaldo STS(13%), 프랑스의 Alstom(10%), Thales(9%) 등이 세계 전철/전력시장을 견인

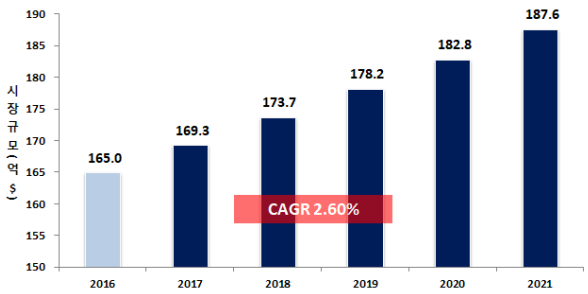
#### ❑ (국내) 세계시장 대비 8.5% 규모('16년 14.03억 달러)

○ 국내시장은 세계시장 대비 8.5% 규모를 차지('16년)하며 약 14.03억 달러의 시장을 형성, 이후 세계시장 보다 낮은 성장률(1.20%)로 '21년 14.89억 달러(세계시장 대비 7.9%)의 시장을 전망

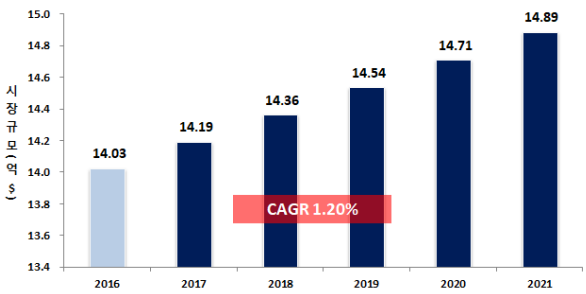
- '16년 국내 철도시설분야*에서 신호통신시설이 차지하는 비중은 전 세계와 유사한 28.6%

* 국내 철도시설분야 시장규모는 45.8억 달러('11년) → 49.1억 달러('16년) → 52.1억 달러('21년)

<세계시장>




<국내시장>




(단위: 억 달러)

| 구분 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | CAGR('16~'21) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 세계 | 165.0 | 169.3 | 173.7 | 178.2 | 182.8 | 187.6 | 2.60% |
| 국내 | 14.03 | 14.19 | 14.36 | 14.54 | 14.71 | 14.89 | 1.20% |

※ 출처 : PK&WISE, 2017

[그림 5] 철도 신호통신 국내/외 시장현황 및 전망

86) Worldwide Market for Railway Industries, SCI Verkehr Cologne, 2016.9

### (3) 철도운영 및 환경

#### (가) 철도계획 및 운영

❑ (해외) 철도계획 및 운영의 세계시장 규모는 '17년 246.7억 달러로 추산

○ 사회·환경 여건이 삶의 질을 중시하는 경향으로 변화됨에 따라 철도운영에 있어서 서비스의 양적인 확대는 물론 질적 개선에 대한 요구가 증가되어 관련 시장은 급격한 성장을 보일 것으로 예측

○ 철도계획 및 운영의 세계시장 연평균 성장률은 4.80%로 '21년 297.6억 달러의 규모('16년 대비 126.4% 증가)를 형성할 전망

- '16년 전 세계 철도운영 및 환경 분야*에서 계획 및 운영이 차지하는 비중은 약 62.4%로 철도운영 및 환경 분야 시장을 견인

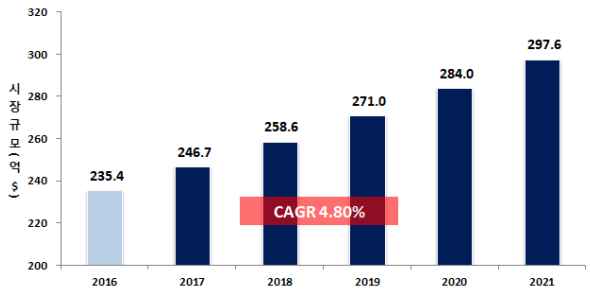
* 세계 철도운영 및 환경 분야 시장규모는 303.6억 달러('11년)

❑ (국내) 세계시장 대비 11.0% 규모('16년 25.9억 달러)

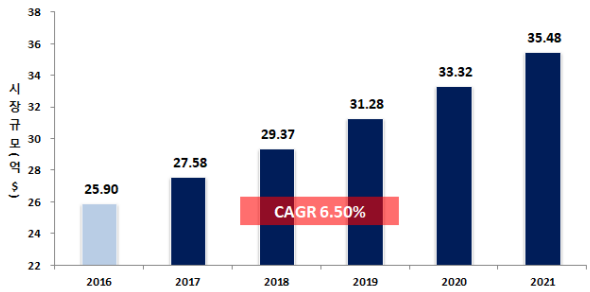
- '16년 국내 철도운영 및 환경 분야*에서 계획 및 운영이 차지하는 비중은 전 세계 보다 낮은 49.9% 규모

* 국내 철도운영 및 환경분야 시장규모는 39.5억 달러('11년) → 51.9억 달러('16년) → 74억 달러('21년)

<세계시장>




<국내시장>




(단위: 억 달러)

| 구분 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | CAGR('16~'21) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 세계 | 235.4 | 246.7 | 258.6 | 271.0 | 284.0 | 297.6 | 4.80% |
| 국내 | 25.90 | 27.58 | 29.37 | 31.28 | 33.32 | 35.48 | 6.50% |

※ 출처 : PK&WISE, 2017

[그림 6] 철도계획 및 운영 국내/외 시장현황 및 전망

### (나) 철도 안전

#### ❑ (해외) 철도안전의 세계시장 규모는 '17년 105.8억 달러로 추산

○ 철도안전의 세계시장 연평균 성장률은 3.80%로 '21년 122.8억 달러의 규모('16년 대비 120.5% 증가)를 형성할 전망

- '16년 전 세계 철도운영 및 환경 분야*에서 철도안전이 차지하는 비중은 약 27.0% 규모

* 세계 철도운영 및 환경 분야 시장규모는 303.6억 달러('11년) → 377.5억 달러('16년) → 478.9억 달러('21년)

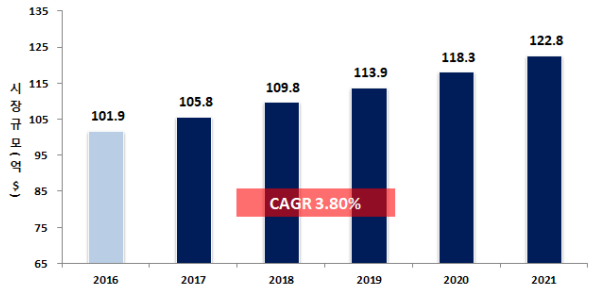
#### ❑ (국내) 세계시장 대비 14.0% 규모('16년 14.26억 달러)

○ 국내시장은 세계시장 대비 14.0% 규모를 차지('16년)하며 약 14.26억 달러의 시장을 형성, 이후 세계시장 보다 높은 성장률(5.70%)로 '21년 18.82억 달러(세계시장 대비 15.3%)의 시장을 전망

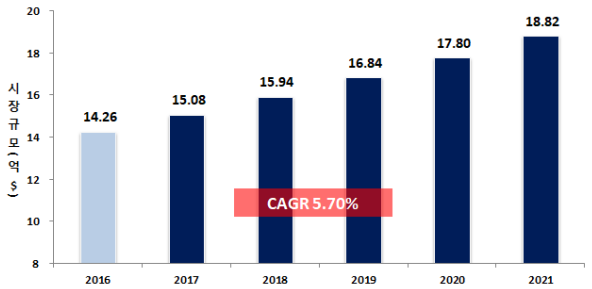
- '16년 국내 철도운영 및 환경 분야*에서 철도안전이 차지하는 비중은 전 세계와 유사한 27.5% 규모

* 국내 철도운영 및 환경분야 시장규모는 39.5억 달러('11년) → 51.9억 달러('16년) → 74억 달러('21년)

<세계시장>




<국내시장>




(단위: 억 달러)

| 구분 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | CAGR('16~'21) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 세계 | 101.9 | 105.8 | 109.8 | 113.9 | 118.3 | 122.8 | 3.80% |
| 국내 | 14.26 | 15.08 | 15.94 | 16.84 | 17.80 | 18.82 | 5.70% |

※ 출처 : PK&WISE, 2017

[그림 7] 철도안전 국내/외 시장현황 및 전망

### (다) 철도 환경

#### ❑ (해외) 철도환경의 세계시장 규모는 '17년 43.3억 달러로 추산

○ 전 세계적으로 기후변화를 대비하고 환경부하를 최소화할 수 있는 환경복원 기술, 친환경 소재 기술에 대한 이슈가 본격화되면서 관련 시장은 급격한 성장을 보일 것으로 예측

○ 철도환경의 세계시장 연평균 성장률은 7.79%로 '21년 58.5억 달러의 규모('16년 대비 145.5% 증가)를 형성할 전망

- '16년 전 세계 철도운영 및 환경 분야*에서 철도환경이 차지하는 비중은 약 10.6% 규모

* 세계 철도운영 및 환경 분야 시장규모는 303.6억 달러('11년) → 377.5억 달러('16년) → 478.9억 달러('21년)

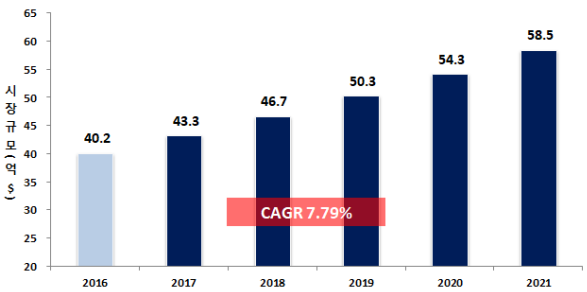
#### ❑ (국내) 세계시장 대비 29.1% 규모('16년 11.7억 달러)

○ 국내시장은 세계시장 대비 29.1% 규모를 차지('16년)하며 약 11.70억 달러의 시장을 형성, 이후 세계시장 보다 높은 성장률(10.98%)로 '21년 19.7억 달러(세계시장 대비 33.7%)의 시장을 전망

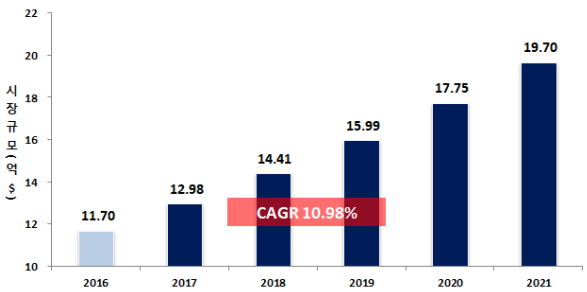
- '16년 국내 철도운영 및 환경 분야*에서 철도환경이 차지하는 비중은 전 세계 보다 높은 22.6% 규모

* 국내 철도운영 및 환경분야 시장규모는 39.5억 달러('11년) → 51.9억 달러('16년) → 74억 달러('21년)

<세계시장>




<국내시장>




(단위: 억 달러)

| 구분 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | CAGR('16~'21) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 세계 | 40.2 | 43.3 | 46.7 | 50.3 | 54.3 | 58.5 | 7.79% |
| 국내 | 11.70 | 12.98 | 14.41 | 15.99 | 17.75 | 19.70 | 10.98% |

※ 출처 : PK&WISE, 2017

[그림 8] 철도환경 국내/외 시장현황 및 전망

## 라. 산업현황

### (1) 철도차량

❑ **철도차량분야의 기술분체계 세부분류에 근거해 차량시스템, 차체 및 설비, 주행, 제동, 추진제어 등 5개 분야로 구분하여 국내외 산업현황을 살펴봄**

❑ **차량시스템**

○ 해외

- 차량시스템관련 업체로 Simens(독), Alstom(프), Bombardier(캐) 등이 있으며, 주로 영구자석 동기전동기(PMSM) 등을 주로 개발하고 있음

**[표 4] 차량시스템 관련 해외업체 및 제품 현황**

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| Simens(독) | AC피뢰기 |
| | 통합형 전장제어 |
| | 영구자석 동기전동기(PMSM) |
| Alstom(프) | 영구자석 동기전동기(PMSM) |
| | 통합형 전장제어장치 |
| Bombardier(캐) | 영구자석 동기전동기(PMSM) |
| | 통합형 전장제어장치 |
| Kawasaki(일) | 영구자석 동기전동기(PMSM) |
| Hitachi(일) | HVAC |
| | 보조전원장치 |
| | 견인전동기 |
| CRRC(중);CNR | 영구자석 동기전동기(PMSM) |
| GE(미) | 운전자 보안장치 |

○ 국내

- 국내의 경우, 차량시스템 관련 업체로는 현대로템, 성신 RST, 유진기공 등이 있으며, 방송장치, 견인전동기, 제어장치, 변압기 등 다양한 부품을 개발 중에 있음

**[표 5] 차량시스템 관련 국내업체 및 제품 현황**

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| 현대로템 | 차체/차량조립 |
| | 방송장치 |
| | 표시기 |
| | 열차운행정보저장장치 |
| | 대차프레임(객차/동력대차) |
| | 주력변환장치완성품 |
| | 견인전동기 |
| | 보조전원공급장치(APU) |
| | 축전지 충전기(Battery charger) |
| | 중앙제어장치 |
| | 단말제어장치 |
| | 운전자화면장치 |
| | 대차프레임 |
| | 주전력변환장치 |

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| | 보조전력변환장치 |
| | 견인전동기 |
| | 중앙제어장치(CCU) |
| | 단말제어장치(VCU) |
| | 화면장치(DU) |
| | 객차용 인버터 |
| | 동력차 |
| | 부수차 |
| | 도유기(고체 및 액체 도유기) |
| | 대차/차체 연결장치 |
| 성신RST | 차체소조립 |
| | 바닥구조용고무 |
| 유진기공 | 자동연결기,전두부 |
| | 중간연결기, 차량간 |
| | 전두부 해치커버 |
| | 판토그래프 |
| | 제동장치 |
| | 주공기압축기 |
| | 보조공기압축기 |
| | 활주방지장치 |
| | 기초제동장치 |
| | 제동디스크 |
| | 제동패드 |
| | 감속기(구동기어) |
| | 제동디스크 |
| | 답연제동장치 |
| | 제동실린더 |
| | 제동캘리퍼 |
| | 제동블렌딩제어장치(BBCU) |
| | 구원제동제어장치(BTCU) |
| | 제동전자제어장치(ECU) |
| | 구원제동장치(BTU) |
| | 제동표시기 |
| | 활주방지밸브 |
| | 속도센서 |
| | 살사장치 |
| | RACK, AIR SUPPLY MODULE |
| | 주공기압축기 |
| | 보조공기압축기 |
| | 트윈타워공기건조기 |
| | 휠디스크 |
| | 차축디스크 |
| | 제동마찰재(브레이크제동패드) |
| | 제동캘리퍼 |
| 우진기전 | 25KV라인 차단스위치 |
| | 지붕고압케이블 전원연결장치 |
| | 주간제어기 |
| | 전압용 변압기 |
| | 절연 변압기 |
| | 제동/보조제동 레버 |
| | 주간제어기 |
| 우진산전 | 방송장치 |
| | 표시기 |
| | 배전반(동력차/객차) |

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| | 주력변환장치 완성품 |
| | 단말제어장치 |
| | 운전자화면장치 |
| | 객실 모니터 |
| | 방송표시기 |
| | 방송장치 |
| | 객차배전반(ECTR) |
| | 동력차배전반 |
| 현대중공업 | 주력변환장치 완성품 |
| | 주변압기 |

## ❑ 차체 및 설비

○ 해외

- 차체 및 설비 관련 업체로 Simens(독), Alstom(프), Bombardier(캐) 등이 있으며, 주로 영구자석 동기전동기(PMSM) 등을 주로 개발하고 있음

**[표 6] 차체 및 설비 관련 해외업체 및 제품 현황**

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| Zhongwang(중), MIDAS(중)<br>SSAB(스), Nollvetech(중) | 원소재(스테인레스스틸,알루미늄 압출재) |
| VOITH Schaku(독), Faiveley(독)<br>Dellner(스), SRI(중), Axtone(폴) | 자동연결기,전두부 |
| VOITH Schaku(독), Faiveley(독)<br>Dellner(스), SRI(중) | 중간연결기, 차량간 |
| BODE(독), IFE(독), Faiveley(프,중),<br>KANGNI(중) | 전기식출입문 |
| Merak(중,스), Faiveley(프,중)<br>KING(중) | 냉방장치(HVAC) |
| Hubner(독,중), Dellner(스,영)<br>Ultimate(중), KTK(중) | 갱웨이 |
| FAINSA(스), SAIRA(이,프)<br>Ultimate(중), KTK(중) | 승객의자 |
| Altro(영), MONDO(이), NORA(독) | 바닥재 |
| Rudolf(독) | 바닥판 |
| Rogers(영), Getzner(독) | 바닥구조용고무 |
| TM Glass(중), Saint Gobain(프,폴)<br>AGC(프), Glastrosch(스), Isoclima(이) | 객실측창 |
| KTK(중), Victall(중) | 내장판 |
| KTK(중), Victall(중) | 선반 |
| Merak(중), KTK(중), Victall(중) | 공기덕트 |
| VOITH Schaku(독), Dellner(스)<br>SRI(중) | 전두부 해치커버 |
| Saint Gobain(프,폴), GlasTrosch(스)<br>TM Glass(중), FUYAYO(중) | 운전실 전면창 |
| AM Equipment(미), White Elephant(중),<br>EC Engineering(폴), HEPWorth(영) | 창닦이 장치 |
| Knorr Bremse(독) | 기적 |
| TOA(일), RUF(스), STE(싱) | 방송장치 |

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| TOA(일), RUF(스), STE(싱) | 표시기 |
| NEXANS(프), TE(영)<br>Huber+Suhner(스), LEONI(스) | 케이블 |
| Teknoware(핀) | 등구류(실내등,전조등,후미등) |
| Consilium(스웨덴) | 열차화재감지장치<br>화재감지기 |
| Deuta Werke(독), Hasler rail(스)<br>Bach-Simpson(미), SAIRA(프) | 열차운행정보저장장치 |
| Stemmann(독), Gerken(스) | 접지브러쉬 |
| Faiveley(체), Stemmann(독)<br>Schunk(독) | 판토그래프 |
| Stemmann(독),Brecknell Willis(Wabtec그룹)<br>Schunk(독) | 제3궤조 집정장치 |
| Simens(독), 도시바(일), Secheron(독) | AC피뢰기 |
| TMGLASS(중) | 객실측창 |
| SAINTGOBAIN SULLY(프) | 전면창 |
| LEKOV(체) | 집접장치(판토그래프) |
| BROT(프) | 창닦이장치 |
| FAIVELEY(프) | 속도지령장치 |
| FBO(프) | 기적(고,저) |
| Nexans(독,프), Prvsmian(프)<br>Huber+Suhner(스) | 방송 및 네트워크 케이블 |
| BODE(독) | 승강문 |
| ALCORE RIGANTINE(프) | 충격흡수장치 |
| SCHAKU(독) | 자동연결기 |
| AXTONE(폴) | 사이드버퍼 |
| ANSALDO(프) | 차상신호장치 |

❍ 국내

- 국내의 경우, 차체 및 설비 관련 업체로는 현대로템, 유진기공, 우진산전 등이 있으며, 승객 및 운전실의자, 방송장치, 바닥재, 내장재 등 차체 및 설비에 관련된 다양한 부품을 개발 중에 있음

**[표 7] 차체 및 설비 관련 국내업체 및 제품 현황**

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| 성신RST, 대호에이엘, 진양, SHC중공업 | 차체소조립 |
| 현대로템 | 차체/차량조립 |
| 현대제철, (구)동양강철 | 원소재(스테인레스스틸,알루미늄압출재) |
| 유진기공, KOBI | 자동연결기,전두부 |
| 유진기공 | 중간연결기, 차량간 |
| ADS-RAIL, 인터콘시스템즈 | 전기식출입문 |
| 오텍캐리어, ADS-RAIL, 갑을오토텍 | 냉방장치(HVAC) |
| 신형ENG | 갱웨이, 벨로우즈 |
| 거명인텍 | 단열재 |
| 대원강업, 현대다이모스, 삼오 | 승객의자 |
| 제일데코 | 바닥재 |
| 한국SS | 바닥판 |
| 한국SJ, 성신기업 | 바닥구조용고무 |
| 국영지엔앰, KBI Tech | 객실측창 |
| 한국화이바, 삼오, 와이엘산업, KARSE | 내장판 |
| 가본, KBI Tech | 선반 |

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| 와이엘산업, 성주엠아이, 한국선진철도시스템 | 공기덕트 |
| 범아기전, 삼원FA | Desk 모듈 |
| 한국화이바, 삼오 | 전두부 마스크 |
| ADS RAIL, 유진기공, 한국화이바 | 전두부 해치커버 |
| DRS Tech, 예동NVR, 이지파워 | 창닦이 장치 |
| 선우전자 | 기적 |
| 대원강업 | 운전실의자 |
| 현대로템, 인터콘시스템즈, 우진산전, 한터 | 방송장치 |
| 현대로템, 인터콘시스템즈, 우진산전, 한터 | 표시기 |
| LS전선, LAPP코리아 | 케이블 |
| 우진산전, 오성기전, 대앙전기공업 | 배전반(동력차/객차) |
| 경성정기, 오성기전 | Cable Harness&duct |
| JKA, VC Tech | 등구류(실내등,전조등,후미등) |
| CSIN Tech | 열차화재감지장치, 화재감지기 |
| 한터기술, 현대로템 | 열차운행정보저장장치 |
| CSIN Tech | 열차운행정보전송장치 |
| 메르센코리아, 슝크카본금속 | 접지브러쉬 |
| 유진기공 | 판토그래프 |
| 비츠로테크 | AC피뢰기 |
| 알루코, 동양강철 | 알루미늄 프로파일 |
| 한국화이바 | 전두부 카바 |
| 한국SJ | 머드플랩 |
| 거명인텍 | 단열재 |
| 대원강업 | 객실의자,접이식의자,운전실의자 |
| 가본실업 | 선반 |
| 우진산전 | 객실 모니터 |
| 우진산전 | 방송표시기 |
| 우진산전 | 방송장치 |
| 우진산전 | 객차배전반(ECTR) |
| 우진산전 | 동력차배전반 |
| LS산전 | 방송 및 네트워크 케이블 |
| 제일데코 | 바닥재 |
| 한국화이바 | 내장재 |
| 한국SS | 바닥합판 |
| 비츠로테크 | 주회로차단기 |
| 비츠로테크 | 피뢰기 |
| 비츠로테크 | 접지스위치 |
| 우진기전 | 25KV라인 차단스위치 |
| 우진기전 | 지붕고압케이블, 전원연결장치 |
| 우진기전 | 주간제어기 |
| 우진기전 | 전압용 변압기 |
| 우진기전 | 절연 변압기 |
| 한일전원 | 전류용변압기 |
| 한일전원 | 단상변압기 |
| LAPP KOREA | 고압케이블(25KV 제외) |
| LAPP KOREA | 저압케이블 |
| JKA | 등류(실내등,전조등, 독서등) |
| 범아기전, 삼원FA | 운전대판넬 |
| 흥일기업,소명, 주은기공 | 출입문 |
| PPG코리아, 조광페인트, KCC | 도장 |
| CSINTECH | 화재감지장치 |
| 모토로라 | 열차무선장치 |
| 샬롬엔지니어링 | 열차방호장치 |
| 한터기술 | 차상신호화면장치(MMI) |
| 현대로템 | 동력차 |

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| 현대로템 | 부수차 |
| 신형ENG | 엔드프레임 |
| 신형ENG | 건널판 |
| 신형ENG | 싸이드베리어 |
| 국영G&M | 객실유리 |
| 씨그널정보통신 | 열차무선(Train-Radio) |
| 한터기술 | 이벤트레코더 |
| 한국화이바 | 운전대패널 |
| 오텍캐리어 | 증발기팬용인버터 |

❑ 주행

○ 해외

- 주행관련 업체로 KONI(독), CONTITECH(독) 등이 있으며, 주로 댐퍼, 공기스프링, 보조스프링 등을 주로 개발하고 있음

**[표 8] 주행 관련 해외업체 및 제품 현황**

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| 인도/브라질/터키 현지화 | 대차프레임(객차/동력대차) |
| IGW(체,중), Voith Turbo(독), ZF(독) | 감속기(구동기어) |
| ContiTech(독), Paulstr(프)<br>Sumitomo(일), Bridgestone(일) | 공기스프링 |
| HZAP(체), Axtone L&S(폴) | 코일스프링 |
| TOKAI(일), GMT(독), MTC(스) | 고무스프링 |
| Bonatrans(체), Lucchini(이)<br>MA-Valdune(프), Sumitomo(일) | 차축 |
| Bonatrans(체), Lucchini(이)<br>MA-Valdune(프), Sumitomo(일) | 차륜 |
| ITT Koni(독), Sachs(중), Alsom,<br>ALKO | 댐퍼 |
| Paulstr(프), GMT(독)<br>Tokai(일), MTC(스) | 방진고무류 |
| NTN(일), SKF(독), NSK(일),<br>TIMKEN(미), FAG(독) | 차축베어링 |
| REBS | 액체도유기 |
| - | 센터피봇 |
| KONI | 차간댐퍼 |
| KONI | 1차수직댐퍼(동력/단부/객차 대차용) |
| KONI | 2차수직댐퍼(동력/단부 대차용) |
| KONI | 2차 횡 댐퍼(동력/객차 대차용) |
| KONI | 요 댐퍼(동력/객차 대차용) |
| PAULSTRA(프) | 방진고무 |
| REBS(독) | 액체도유기 |
| LUCCHINIRS(이) | Wheel set(동력차용) |
| FECR(프) | CENTER PIVOT |
| FECR(프) | CENTER PIVOT, EQUALIZER |
| CONTITECH(독) | 공기스프링 |
| CONTITECH(독) | 보조스프링 |
| CONTITECH(독) | 가이드스프링 |
| NTN-SNR | 대차베어링 |

○ 국내

- 국내의 경우, 주행관련 업체로는 현대로템, 대원강업, 금깅기공 등이 있으며, 대차프레임, 공기스프링, 코일스프링 등 관련부품을 개발 중에 있음

**[표 9] 주행 관련 국내업체 및 제품 현황**

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| 현대로템,세안정기,태양,대경 | 대차프레임(객차/동력대차) |
| 유진기공,현대다이모스 | 감속기(구동기어) |
| 대원강업(콘티텍대원) | 공기스프링 |
| 대원강업 | 코일스프링 |
| 뉴렉RSI | 차축 |
| 뉴렉RSI | 차륜 |
| 만도 | 댐퍼 |
| SRB동일 | 방진고무류 |
| 신명금속,벽진,금강기공 | 저널박스 |
| 베어링아트(일진베어링) | 차축베어링 |
| 아원(BEKA) | 액체도유기 |
| 현대로템 | 도유기(고체 및 액체 도유기) |
| 현대로템 | 대차/차체 연결장치 |
| 벽진,금강기공,신명금속 | 센터피봇 |
| 현대로템 | 대차프레임 |
| 현대다이오스 | 감속장치 |
| 금강기공 | CENTER PIVOT |
| 금강기공 | CENTER PIVOT, EQUALIZER |
| 금강기공 | 리액션암 서포트 |
| 대원강업 | 내측스프링(동력/단부/객차 대차용) |
| 대원강업 | 외부스프링(동력/단부/객차 대차용) |
| 대원강업 | 안티롤바 조립체 |
| 메르센코리아 | 접지브러쉬 |
| 신명금속,벽진 | 액슬박스 케이스 |
| 신명금속,벽진 | 액슬박스 하우징 |
| 신명금속,벽진 | 액슬박스 피봇하우징 |
| 유진기공 | 제동디스크 |
| 유진기공 | 답연제동장치 |
| 유진기공 | 제동실린더 |
| 유진기공 | 제동캘리퍼 |
| 인터콘시스템즈 | 헌팅센서 |

## ❑ 제동

○ 해외

- 제동관련 업체로 Knorr bremse(독), Faiveley(독), Wabtec(미) 등이 있으며, 주로 제동장치, 압축기, 활주방지장치, 제동디스크, 제동패드 등을 개발하고 있음

**[표 10] 제동 관련 해외업체 및 제품 현황**

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| Knorr Bremse(독), Faiveley(독), Wabtec(미) | 제동장치 |
| Knorr Bremse(독), Faiveley(독), Wabtec(미) | 주공기압축기 |
| Knorr Bremse(독), Faiveley(독), Wabtec(미) | 보조공기압축기 |

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| Knorr Bremse(독), Faiveley(독), Wabtec(미) | 활주방지장치 |
| Knorr Bremse(독), Faiveley(독), Wabtec(미) | 기초제동장치 |
| Knorr Bremse(독), Faiveley(독), Wabtec(미) | 제동디스크 |
| Knorr Bremse(독), Faiveley(독), Wabtec(미) | 제동패드 |
| Knorr Bremse(독), Faiveley(독), Wabtec(미) | 배관 및 배관모듈 |
| Becorit, Jurid, Le Carbone Lorraine, Fine sinter, 아케보노 | 제동슈·패드 |

○ 국내

- 국내의 경우, 제동관련 대표업체로 유진기공 등이 있으며, 제동장치, 압축기, 제동디스크, 제동패드 등 관련부품을 개발 중에 있음

**[표 11] 제동 관련 국내업체 및 제품 현황**

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| 유진기공 | 제동장치 |
| 유진기공 | 주공기압축기 |
| 유진기공 | 보조공기압축기 |
| 유진기공 | 활주방지장치 |
| 유진기공 | 기초제동장치 |
| 유진기공 | 제동디스크 |
| 유진기공, 상신브레이크 | 제동패드 |
| 하이록코리아, 하나글로텍 | 배관 및 배관모듈 |
| 유진기공 | 제동블렌딩제어장치(BBCU) |
| 유진기공 | 구원제동제어장치(BTCU) |
| 유진기공 | 제동전자제어장치(ECU) |
| 유진기공 | 구원제동장치(BTU) |
| 유진기공 | 제동표시기 |
| 유진기공 | 활주방지밸브 |
| 유진기공 | 속도센서 |
| 유진기공 | 살사장치 |
| 유진기공 | RACK,AIR SUPPLY MODULE |
| 유진기공 | 주공기압축기 |
| 유진기공 | 보조공기압축기 |
| 유진기공 | 트윈타워 공기, 건조기 |
| 파카하니핀 | 고압공기제동호스 |
| 하나글로텍 | 압력공기통 |
| 하이록코리아 | 배관단품 |
| 우진기전 | 제동/보조제동 레버 |
| 유진기공 | 휠디스크 |
| 유진기공 | 차축디스크 |
| 유진기공 | 제동마찰재(브레이크제동패드) |
| 유진기공 | 제동캘리퍼 |

## ❑ 추진제어

○ 해외

- 추진제어관련 업체로 MELCO(일), SKODA(체), 미츠비씨(일) 등이 있으며, 주로 주변압기, 견인전동기, 제어장치, 주전력변환장치 등을 개발 중에 있음

**[표 12] 추진제어 관련 해외업체 및 제품 현황**

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| MELCO(일), SKODA(체), MEDCOM(폴) | 주력변환장치 완성품 |
| MELCO(일), ABB(스) | 주변압기 |
| MELCO(일), SKODA(체), TSA(오) | 견인전동기 |
| Secheron(독) | 주회로차단기 |
| Schaltbau(독), MELCO(일)<br>Alpah Union(체) | 주간제어기 |
| SKODA(체),MELCO(일),SMA(독,중)<br>MEDCOM(폴) | 보조전원공급장치(APU) |
| SKODA(체),MELCO(일),SMA(독,중)<br>MEDCOM(폴) | 축전지 충전기(Battery charger) |
| Saft(프),Hoppecke(독) | 축전지 |
| Saft(프),KTK(중) | 측전지박스 |
| MELCO(일) | 중앙제어장치 |
| MELCO(일) | 단말제어장치 |
| MELCO(일) | 운전자화면장치 |
| 미츠비씨(일) | 주전력변환장치, IGBT |
| INPOWER(체) | 주전력 변환장치 Gate Drive Unit |
| SECHERON(스) | 주전력 변환장치 주접촉기 |
| AVX(프) | 주전력 변환장치 필터 캐패시터 |
| Rogenberg(독) | 주전력 변환장치 냉각팬 |
| JST(프) | 주변압기 |
| GEA(독) | 주변압기 Oil pump |
| Haugg(독) | 주변압기 Cooler |
| Solyvent(프) | 주변압기 Cooling fan |
| SAFT(프) | 축전지(객차) |
| FAIVERLEY(프) | 속도연산장치(ATESS) |
| JST | 주변압기 |
| Men, BT, Simens | 통합형 전장제어 |
| ABB | 차량용피뢰기 |

○ 국내

- 국내의 경우, 추진제어 관련 대표업체로 현대로템, VCTech, 인터콘시스템즈, 우진기전 등이 있으며, 견인전동기, 중앙제어장치, 단말제어장치, 주전력 변환장치 등 관련 부품을 개발 중에 있음

**[표 13] 추진제어 관련 국내업체 및 제품 현황**

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| 현대로템, 현대중공업, 우진산전<br>VCTech | 주력변환장치 완성품 |
| 국제전기,현대중공업 | 주변압기 |
| 현대로템 | 견인전동기 |

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| 비츠로테크 | 주회로차단기 |
| 우진기전 | 주간제어기 |
| 현대로템 | 보조전원공급장치 (APU) |
| 현대로템, 팩테크 | 축전지 충전기(Battery charger) |
| cs에너텍, 더센테크 | 축전지 |
| 오성기전 | 측전지박스 |
| 현대로템, 인터콘시스템즈<br>한터기술, 우진산전 | 중앙제어장치 |
| 현대로템, 인터콘시스템즈<br>한터기술, 우진산전 | 단말제어장치 |
| 현대로템, 인터콘시스템즈<br>한터기술<br>우진산전 | 운전자화면장치 |
| 현대로템 | 주전력변환장치 |
| 현대로템 | 보조전력변환장치 |
| 현대로템 | 견인전동기 |
| 현대로템 | 중앙제어장치(CCU) |
| 현대로템 | 단말제어장치(VCU) |
| 현대로템 | 화면장치(DU) |
| 대흥기업 | 주전력변환장치, Stack Ass'y |
| VCTech | 주전력 변환장치, 냉각용팬 인버터 |
| VCTech | 주전력 변환장치,제어기 |
| VCTech | 보조전력변환장치,stack Ass'y |
| VCTech | 보조전력변환장치,제어기 |
| VCTech | 보조전력변환장치,52kVA 보조인버터 |
| VCTech | 440V AC필터박스 |
| 팩테크 | 축전지 충전기(동력차/객차) |
| 현대로템 | 객차용 인버터 |
| 더센테크 | 축전지(동력차) |
| 현대다이모스 | 동력전달장치 |
| 한일전원 | 계기용변압기 |
| 한일전원 | 계기용변류기 |
| 팩테크 | 컨버터인버터일체형 AC전원장치<br>(보조전력변환장치) |

### (2) 철도시설

#### (가) 궤도토목

**❑ 철도시설분야의 기술분체계 세부분류에 근거해 궤도토목은 궤도/주행로기술, 노반기술, 철도교량/고가구조물기술, 철도터널기술, 정거장(역사)기술 등 5개 분야로 구분하여 국내외 산업현황을 살펴봄**

**❑ 궤도/주행로기술**

○ 해외

- 궤도/주행로기술 관련 업체로 TTCI(미), Simens(독), Railone(독) 등이 있으며, 철도종합시험선로, 레일체결장치, 침목 등을 개발 중에 있음

[표 14] 궤도/주행로기술 관련 해외업체 및 제품 현황

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| TTCI(미) | 철도종합시험선로 |
| Simens(독) | 철도종합시험선로 |
| Max Bög(독) | 콘크리트침목, 슬래브궤도 등 |
| Railone(독) | Wide sleeper(침목) |
| GERB(독) | 방진궤도 |
| Vossloh AG(독) | 레일체결장치(System 300, System 304) |
| Pandrol(영) | 레일체결장치(Vanguard) |
| Voestalpine AG(오) | BWG 고속분기기,VAEE 유압식선로 전환기(Hydrostar) |

○ 국내

- 국내의 경우, 궤도/주행로기술 관련 대표업체로 KRRI, 삼표E&C 등이 있으며, 주로 콘크리트 궤도화 기술, 슬라이딩궤도, 고속분기기 등 관련 부품을 개발 중에 있음

[표 15]궤도/주행로기술 관련 국내업체 및 제품 현황

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| KRRI | 급속 콘크리트 궤도화 기술 (노후화된 자갈궤도를 콘크리트 궤도로 전화하는 궤도개량 기술) |
| KRRI | 슬라이딩궤도 |
| 삼표E&C | 고속분기기 |

## ❑ 노반기술

○ 해외

- 노반기술 관련 업체로 Robel GmbH(독), RTRI(일) 등이 있으며, 주로 도상다짐장비, 노반보강기법 등을 개발 중에 있음

[표 16] 노반기술 관련 해외업체 및 제품 현황

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| Robel GmbH(독) | 도상다짐장비 등 |
| China Railway Construction corp. | CFG(CementFlyashGravel)말뚝 및 토목섬유를 활용한 공법 |
| Calenberg Ingenieure GmbH(독) | 서브 밸러스트(도상) (sub-ballast) |
| RTRI(일) | 그라우트재를 활용하는 노반보강기법 |

○ 국내

- 국내의 경우, 궤도/주행로기술 관련 대표업체로 KRRI, 삼표E&C 등이 있으며, 주로 콘크리트 궤도화 기술, 슬라이딩궤도, 고속분기기 등 관련 부품을 개발 중에 있음

[표 17] 노반기술 관련 국내업체 및 제품 현황

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| GS건설 | 고강도 토목섬유를 활용한 연약지반 보강공법 |
| KRRI | 콘크리트 궤도 노반침하에 대응하기 위한 급속복원공법 (PROG:Pressurized Rapid hardening Cement Grouting) |

## ❑ 철도교량/고가구조물 기술

○ 해외

- 철도교량/고가구조물 기술 관련 업체로 SYSTRA(프) 등이 있으며, 철도교량 설계 및 구성품 관련 부품 등을 개발 중에 있음

[표 18] 철도교량/고가구조물 관련 해외업체 및 제품 현황

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| SYSTRA(프) | 철도교량 설계 |
| 독일 | 철도교량 구성품 |
| 일본 | 철도교량 구성품 |
| 일본 | 철도교량 시공 |
| | 콘크리트 뿜칠장비 |
| | 콘크리트 바닥마무리 장비 |
| 미국 | 철도교량 성능평가 |
| 일본 | 철도교량 성능평가 |

○ 국내

- 국내의 경우, 철도교량/고가구조물 관련 대표업체로 GS건설, KRRI 등이 있으며, 주로 시공자동화 장치, 종방향 상호작용 해석 프로그램 등 관련 부품을 개발 중임

[표 19] 철도교량/고가구조물 관련 국내업체 및 제품 현황

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| GS건설 | 거더교량 시공자동화 장치 |
| KRRI | '궤도-교량 종방향 상호작용 해석 프로그램 |

## ❑ 철도터널기술

○ 해외

- 철도터널기술 관련 업체로 RTRI(일), Amberg(스) 등이 있으며, 터널모형실험 모델링, 터널 스캐닝 시스템 등에 관련된 기술을 개발 중임

[표 20] 철도터널 관련 해외업체 및 제품 현황

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| 强化土Eng(일) | 철도터널 시공 |
| Cambridge 대학(영) | 원심모형실험시설 |
| RTRI(일) | 터널 모형실험 모델링 |
| 영국/독일 | 철도터널 공력평가 및 설계 |
| Hyperloop One | 초고속 진동터널 설계 |
| Amberg(스) | 터널 스캐닝 시스템, 영상데이터 처리기술 |
| Mott Macdonald(영) | 철도터널 유지관리 시스템 |

○ 국내

- 국내의 경우, 철도터널 관련 대표기관으로 KRRI 등이 있으며, 저심도 지하철 건설을 위한 모듈식 지하구조물 등을 개발 중에 있음

[표 21] 철도터널 관련 국내업체 및 제품 현황

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| KRRI | 저심도 지하철 건설을 위한 모듈식 지하구조물 |
| ㈜상상돔 | 철도터널 안전검사 로봇시스템(TIBOS) |

## ❑ 정거장(역사)기술

○ 해외

- 정거장(역사)기술 관련 업체로는 STRASBAG(독), COWI(덴), RTIRI(일) 등이 있으며, 신재생에너지 기반의 역사건설, 철도 및 역사 건설 엔지니어링에 관련된 기술을 개발 중임

[표 22] 정거장(역사)기술 관련 해외업체 및 제품 현황

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| STRASBAG(독) | 신재생에너지 기반 역사 건설 |
| COWI(덴) | 철도 및 역사 건설 엔지니어링 |
| RTRI(일) | DIASTARS |

○ 국내

- 국내의 경우, 정거장(역사)철도터널 관련 업체로는 삼성물산 등이 있으며, 역사시공 관련된 기술을 개발중임

[표 23] 정거장(역사)기술 관련 국내업체 및 제품 현황

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| 삼성물산 | 역사시공 |

(나) 전철전력

❑ 철도시설분야의 기술분체계 세부분류에 근거해 전철전력은 급전계통기술, 전차선로기술, 전력(에너지 변환 및 공급)기술 등 3개 분야로 구분하여 국내외 산업현황을 살펴봄

❑ 급전계통기술

○ 해외

- 급전계통기술 관련 업체로는 RTRI(일), Systra(프) 등이 있으며, 전력공급해석 시뮬레이션 기술, 철도시스템 분석 및 평가소프트웨어 등 관련 기술을 개발 중임

[표 24] 급전계통기술 관련 해외업체 및 제품 현황

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| RTRI(일) | 전력공급해석 시뮬레이션 기술 |
| Systra(프) (SNCF 자회사) | 철도시스템 분석 및 평가 소프트웨어 (RAILSIM) |
| Balfour Beatty(영) | 전력시스템 분석 소프트웨어 |
| Thyssenkrupp(독) | 유도급전기술 |

○ 국내

- 국내의 경우, 급전계통기술 관련 업체로는 KRRI 등이 있으며, 주로 급전계통 해석 프로그램 등을 개발 중임

[표 25] 급전계통기술 관련 국내업체 및 제품 현황

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| KRRI | 급전계통 해석 프로그램 |

❑ 전차선로기술

○ 해외

- 전차선로기술 관련 업체로는 Wehrbahn, RTRI(일), SNCF(프) 등이 있으며, 전차선로 모니터링 기술, 팬터그래프 등에 관련된 부품을 개발 중임

[표 26] 전차선로기술 관련 해외업체 및 제품 현황

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| Wehrbahn(독) | 전차선 비접촉 모니터링 기술 |
| Eurailscout(독) | 전차선로 모니터링 기술 |
| RTRI(일) | 전차선 비접촉 모니터링 기술 |
| Faiveley(프) | 초경량 팬터그래프 |
| RTRI(일) | 고속 액티브 팬터그래프 |
| SNCF(프) | 고속 팬터그래프 |

○ 국내

- 국내의 경우, 급전계통기술 관련 업체로는 KRRI 등이 있으며, 주로 급전계통 해석 프로그램 등을 개발 중임

**[표 27] 전차선로기술 관련 해외업체 및 제품 현황**

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| KRRI | 실시간 고속철도 차상 전기검측시스템 |
| 유진기공 | 팬터그래프(EL-YP400G) |

**❑ 전력(에너지 변환 및 공급)기술**

○ 해외

- 전력(에너지 변환 및 공급)기술 관련 업체로는 Hitachi(일), EPRI(일) 등이 있으며, 잉여에너지 및 회생에너지 저장장치 등에 관련 부품을 개발 중임

**[표 28] 전력(에너지 변환 및 공급)기술 관련 해외업체 및 제품 현황**

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| Toshiba(일) | 잉여에너지 저장장치 |
| Hitachi(일) | 피크전력 저감장치 |
| EPRI(일) | 회생에너지 저장장치 |
| 독일 | 전원 공급 변환기 변전소 |
| GE Energy | 에너지관리시스템 소프트웨어 |

○ 국내

- 국내의 경우, 전력(에너지 변환 및 공급)기술 관련 업체로는 한국전력, KRRI 등이 있으며, 주로 HVDC 기술, 에너지관리시스템 등 기술을 개발 중임

**[표 29] 전력(에너지 변환 및 공급)기술 관련 국내업체 및 제품 현황**

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| 한국전력 | 초고압직류송전(HVDC)기술 |
| KRRI | 철도에너지관리시스템 |

**(다) 신호통신**

**❑ 철도시설분야의 기술분체계 세부분류에 근거해 신호통신은 신호제어기술, 철도통신서비스 기술, 철도통신전송 및 통신망 기술 등 3개 분야로 구분하여 국내외 산업현황을 살펴봄**

**❑ 신호제어기술**

○ 해외

- 신호제어기술 관련 업체로는 RTRI(일), Bombardier(캐) 등이 있으며, 통신 시뮬레이터, GPS기반 위치검출 등에 관련된 기술을 개발 중임

[표 30] 신호제어기술 관련 해외업체 및 제품 현황

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| RTRI(일) | 통신 시뮬레이터 |
| RTRI(일) | GPS기반 위치 검출 |
| 이탈리아 | GNSS기반 위치 추정 |
| Bombardier(캐) | 위성항법기반기술 |

○ 국내

- 국내의 경우, 신호제어기술에 관련된 업체로는 LS산전, 현대로템 등이 있으며, 무선통신 기반열차제어 시스템 관련된 기술을 개발 중임

[표 31] 신호제어기술 관련 국내업체 및 제품 현황

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| LS산전 | '엘트란 씨엑스(LTran-CX)<br>(무선통신 기반열차제어 시스템) |
| 현대로템 | RF-CBRC |

## ❑ 철도통신서비스기술

○ 해외

- 철도통신서비스기술 관련 업체로는 Telefunken(독), Deutsche Bahn(독) 등이 있으며, 광대역 무선 모듈, WIFI서비스 등에 관련된 기술을 개발 중임

[표 32] 철도통신서비스기술 관련 해외업체 및 제품 현황

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| Telefunken(독) | 철도용 광대역 무선 모듈 |
| Deutsche Bahn(독) | WIFI 서비스 |

○ 국내

- 국내의 경우, 철도통신서비스기술 관련 업체로는 현대로템 등이 있으며, 철도통신서비스에 관련된 기술을 개발 중임

[표 33] 철도통신서비스기술 관련 국내업체 및 제품 현황

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| 현대로템 | 철도 통신 서비스 |

❑ 철도통신전송 및 통신망기술

○ 해외

- 철도통신전송 및 통신망기술 관련 업체로 Simens(독), Alstom(프) 등이 있으며, 열차 신호시스템, 정보통신설비 등에 관련된 기술을 개발 중임

[표 34] 철도통신전송 및 통신망기술 관련 해외업체 및 제품 현황

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| Simens(독) | 열차 신호시스템 |
| Alstom(프) | CBTC를 위한 LTE 4G |
| 마르코니(영) | 정보통신설비 |

○ 국내

- 국내의 경우, 철도통신전송 및 통신망기술 관련 업체로는 한국철도시설공단, 삼성SDS 등이 있으며, LTE-R 서비스 등에 관련된 기술을 개발 중임

[표 35] 철도통신전송 및 통신망기술 관련 국내업체 및 제품 현황

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| 한국철도시설공단 | LTE-R 서비스 |
| 삼성SDS | LTE-R 서비스 |

### (3) 철도운영 및 환경

#### (가) 철도계획 및 운영

❑ 철도계획 및 운영분야의 기술분체계 세부분류에 근거해 철도교통계획기술, 운영효율화기술, 모드연계기술, 철도물류기술 등 4개 분야로 구분하여 국내외 산업현황을 살펴봄

❑ 철도교통계획기술

○ 해외

- 철도교통계획기술 관련 유럽, 일본, 중국 등 다양한 국가에 PREDIT, 교통정책기본계획, 5개년 철도망 계획 등을 제시하여 정책을 수행하고 있음

[표 36] 철도계획 및 운영 관련 해외업체 및 제품 현황

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| EU | CEF (Connecting Europe Facility) Transport |
| 프랑스 | '14 철도산업개혁 정책 |
| 프랑스 | PREDIT |
| SNCF(프) | RailPlus |
| 일본 | 교통정책기본계획 |
| 중국 | '08 중장기 철도망 계획 |
| 중국 | '11 제12차 5개년 철도망 계획 |

○ 국내

- 국내의 경우, 철도계획 및 운영에 관련된 기관으로는 한국철도시설공단, 한국철도공사, KRRI 등이 있으며, BIM기반 철도인프라 관리 표준기술, TOPS, TRIPS 등에 대한 개발을 수행중임

**[표 37] 철도계획 및 운영 관련 국내업체 및 제품 현황**

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| 한국철도시설공단 | BIM기반 철도인프라 관리 표준기술 |
| 한국철도공사 | 열차운영계획시스템(TOPS) |
| KRRI | 트립스 |
| KRRI | 닥터 메트로 |

## ❑ 운영효율화기술

○ 해외

- 운영효율화기술 관련 기관으로 RTRI(일), SIMENS(독) 등이 있으며, 열차주행 및 여객행동 시뮬레이터, CyberRail 프로젝트 등 다양한 분야에 대한 개발을 수행 중임

**[표 38] 운영효율화기술 관련 해외업체 및 제품 현황**

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| RTRI(일) | 열차주행 및 여객행동 시뮬레이터 |
| RTRI(일) | CyberRail 프로젝트 |
| IVE(독) | Railsys CRM |
| IVE(독) | Railsys Enterprise |
| IVE(독) | Railsys Map |
| SIEMENS(독) | LZB |
| Delft.(네) | MAX-PLUS Algebra |
| 네덜란드 | PETER |
| 유럽 | European Union RDT, Programme-Telematics Applications Programme |
| EU | CEF(Connecting Europe Facility) Transport |
| EU | Shift2Rail |
| 영국 | The Future of Rail |
| 영국 | 기술발전계획(HLOS: High Level Output Specifiaction) |
| 프랑스 | TVM-430 |

○ 국내

- 국내의 경우, 운영효율화기술 관련 기관으로 KRRI, 한터기술 등이 있으며, 무선통신기반 열차제어시스템, 다중제어장치 등에 대한 개발을 수행하고 있음

**[표 39] 운영효율화기술 관련 국내업체 및 제품 현황**

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| KRRI | 무선통신기반 열차제어시스템(KRTCS) |

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| 한터기술 | 열차안전운행을 위한 다중제어장치 |

### ❑ 모드연계기술

○ 해외

- 모드연계기술 관련 업체로는 FRA(미) 등이 있으며, 관련 정책으로 Passenger Rail investment and improvement act 2008 등 계획 내에서 관련 기술개발을 수행중임

**[표 40] 모드연계기술 관련 해외업체 및 제품 현황**

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| FRA(미) | Passenger Rail Investment and Improvement Act of 2008 |
| EU | CEF (Connecting Europe Facility) Transport |

○ 국내

- 국내의 경우, 모드연계기술과 관련된 기관으로 Korail 등이 있으며, 대중교통 통합요금제도, 연계교통서비스 등에 대한 제도를 운영 중에 있음

**[표 41] 모드연계기술 관련 국내업체 및 제품 현황**

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| 서울시 | 대중교통통합요금제도 |
| KORAIL | 연계교통서비스 |

### ❑ 철도물류기술

○ 해외

- 철도물류기술 관련 업체로는 Megatrux(미), JR-화물(일), Greencargo(스) 등이 있으며, RFID사업, IT-FRENS, 실시간 화차추적/배치 시스템 등에 대한 연구를 수행중임

**[표 42] 철도물류기술 관련 해외업체 및 제품 현황**

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| Megatrux(미) | RFID사업 |
| JR-화물(일) | IT-FRENS |
| GreenCargo(스웨덴) | 실시간화차추적/배치 시스템 |
| ISL(독) | SCUSY |

○ 국내

- 국내의 경우, 철도물류기술과 관련된 업체(기관)으로 DMT 수송시스템, 철도물류정보시스템 등에 대한 기술을 개발 중임

[표 43] 모드연계기술 관련 국내업체 및 제품 현황

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| 범창종합기술 | DMT 수송시스템 |
| KORAIL | 철도물류정보시스템 |

(나) 철도 안전

❑ 철도 안전분야의 기술분체계 세부분류에 근거해 시스템 안전 엔지니어링 기술, 위험도 평가, 사고예방/대응기술 등 3개 분야로 구분하여 국내외 산업현황을 살펴봄

❑ 엔지니어링 기술

○ 해외

- 엔지니어링 기술에 관련된 업체로는 FRA(미), ABB(스) 등이 있으며, 철도안전성 향상 프로그램, 철도재건 및 보수프로그램 등에 근거해 관련 연구를 수행중임

[표 44] 엔지니어링 기술 관련 해외업체 및 제품 현황

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| FRA(미) | 철도 안전성 향상 프로그램 |
| FRA(미) | 철도 재건 및 보수 프로그램 |
| 영국 | 기술발전계획(HLOS: High Level Output Specifiaction) |
| EU | 신뢰성 중심 유지보수(RCM) |
| Circumviana Railway(이) | 유지보수 전산통합관리체계 |
| 일본 | 지진 재해시뮬레이터 |
| ABB(스) | RE0517 |
| 일본 | 감시제어/예방진단 시스템 |

○ 국내

- 국내의 경우, 엔지니어링 기술 관련 기관(업체)으로는 KRRI, KORAIL, 인터콘시스템즈(주), 현대로템 등이 있으며, 실시간 철도안전관제 플랫폼 설계 및 사고방어체계 개발, 철도부품 상태 예측기술, 차축발열검지장치 등에 대한 개발 등을 수행 중임

[표 45] 엔지니어링 관련 국내업체 및 제품 현황

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| KRRI, KAIST | 실시간 철도 안전관제 플랫폼설계 및 사고방어체계 개발 |
| KORAIL | KTMSYS |
| KAIST | 이력데이터 군집화 기반 철도부품 상태 예측 기술 |
| 인터콘시스템스(주), (주)세화 | 고속열차용 차축발열검지장치 |
| KORAIL, 현대로템(주), 인터콘시스템스(주) | KTX 차량컴퓨터제어장치 |

### ❑ 위험도 평가

○ 해외

- 위험도 평가 관련된 업체로는 ERA(유), DOT(미) 등이 있으며, 열차통신시스템에 대한 연구, 위험도 평가기반 철도안전관리, 구조물 내진성 평가 등에 대한 평가를 수행중임

[표 46] 위험도 평가 관련 해외업체 및 제품 현황

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| ERA(유) | 유럽열차통신시스템에 대한 ESROG 특별연구 |
| DOT(미) | MIL-STD-882 |
| 호주 | AS 4292-Series, AS/NZS 4360 Risk Management |
| 일본 | 구조물 내진성 평가 |
| 호주 | 수명주기별 위험분석 및 안전관리 |
| 캐나다 | 위험도 평가기반 철도안전관리 |

○ 국내

- 국내의 경우, 위험도 평가 관련 기관으로는 KRRI 등이 있으며, 철도시스템 위험도 평가 매뉴얼 작성, 철도차량 제동장치 위험도 평가 및 열차 충돌/탈선사고 위험도 평가 모델 등에 대한 연구를 수행 중임

[표 47] 위험도 평가 관련 국내업체 및 제품 현황

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| KRRI | 철도시스템 위험도 평가 매뉴얼 |
| KRRI | 철도차량 제동장치 위험도 평가 모델 |
| KRRI | 열차 충돌/탈선사고 위험도 평가 모델 |

### ❑ 사고예방/대응기술

○ 해외

- 사고예방/대응기술 관련 기관으로는 EBA(독), RFI(이), 포그텍(독) 등이 있으며, 사고예방 및 저감, 소화시스템 등에 관련된 연구를 수행 중임

[표 48] 사고예방/대응기술 관련 해외업체 및 제품 현황

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| 유럽 | EN15227 |
| 유럽연합 | UIC 564-2, UIC779-9 |
| 영국 | BS 6853 |
| 영국 | 탈선사고 예방 기술 |
| 프랑스 | NF 16-101 |

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| EBA(독) / RFI(이) | 사고예방·저감 |
| 포그텍(독) / 마리오프(핀) | 소화시스템 |
| 미국 | 49CFR238 |
| 스페인 | 화재 탈출구 모델링 |
| NRCC Fire Technology(캐) | 소화시스템 |

○ 국내

- 국내의 경우, 사고예방/대응기술에 관련된 기관으로 KRRI, 현대로템 등이 있으며, 실시간 감시/제어시스템, 장애사고 방지 시뮬레이션, 스크린도어 사고방지시스템 등에 대한 연구를 수행중임

**[표 49] 사고예방/대응기술 관련 국내업체 및 제품 현황**

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| KRRI | 실시간 감시/제어시스템 |
| KRRI | 장애사고 방지 시뮬레이션 |
| 현대로템 | 승강장 스크린도어 사고방지시스템 |

### (다) 철도 환경

**❑ 철도 환경분야의 기술분체계 세부분류에 근거해 환경평가/복원기술, 쾌적성/편의성기술, 친환경소재 등 3개 분야로 구분하여 국내외 산업현황을 살펴봄**

**❑ 환경평가/복원기술**

○ 해외

- 환경평가/복원기술 관련 기관으로 RTRI(일), SNCF(프), ASHRAE(미), JR Group(일), SBB(스) 등이 있으며, 철도오염부지 정화사업, 도상자갈 정화장치, 오염토양 처리 및 확산방지 등에 대한 사업을 수행 중임

**[표 50] 환경평가/복원기술 관련 해외업체 및 제품 현황**

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| UC버클리대학(미) | PicoRadio |
| RTRI(일) | 쾌적지수 |
| SNCF(프) | 쾌적사양 |
| 스웨덴 | INTEND-PCR(Product Category Rule) |
| 유럽 | EU Flower |
| ASHRAE(미) | CO센서/CO2센서/혼합가스센서 |
| EPA(미) | In-situ (soil vapor extraction) |
| SBB(스)/Dutch Railway(네) | 철도오염부지 정화사업 |
| 영국 | 도상자갈 정화장치 |
| JR Group(일) | 오염토양 처리 및 확산 방지 |

○ 국내

- 국내의 경우, 환경평가/복원기술에 관련된 기관으로 한국철도공사 등이 있으며, 유류오염

토양 복원사업 등에 대한 사업을 수행 중임

표 51 환경평가/복원기술 관련 국내업체 및 제품현황

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| 한국철도공사 | 유류오염토양 복원사업 |

### ❑ 쾌적성/편의성기술

○ 해외

- 쾌적성/편의성기술 관련 기관으로는 Deutsche Bahn(독) 등이 있으며, 열차 실내 환경 향상, 고속열차 WIFI 서비스 등에 대한 연구를 수행 중임

**[표 52] 쾌적성/편의성기술 관련 해외업체 및 제품 현황**

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| EU | CEF (Connecting Europe Facility) Transport |
| 영국 | The Future of Rail |
| 영국 | 기술발전계획(HLOS: High Level Output Specifiaction) |
| 일본 | 과학기술기본계획 |
| 일본 | 저상 경전철 |
| 일본 | 열차 실내 환경 향상 (FASTECH360S) |
| 독일 | 열차 실내 환경 향상 (Velaro) |
| Deutsche Bahn(독) | 고속열차 WIFI 서비스 |

○ 국내

- 국내의 경우, 쾌적성/편의성기술 관련 기관(업체)으로 KRRI, ㈜애니텍, 한터기술 등이 있으며, 초미세먼지 및 이산화탄소 정제 청정장치 등에 대한 연구를 수행 중임

**[표 53] 쾌적성/편의성기술 관련 국내업체 및 제품 현황**

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| KRRI,(주)애니텍 | 초미세먼지 및 이산화탄소 정제 청정장치 |
| 한터기술 | LTE-R |

### ❑ 친환경소재

○ 해외

- 친환경소재 관련 기관으로는 동경공대, DSB 등이 있으며, 주로 나노 광촉매, 나노 탄소섬유 등에 대한 연구를 수행중임

[표 54] 친환경소재 관련 해외업체 및 제품현황

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| 동경공대(일) | 나노 광촉매 |
| 미국 | 나노 탄소 섬유 |
| DSB | S-rain |

○ 국내

- 국내의 경우, 친환경소재 관련 기관으로 KRRI 등이 있으며, 광촉매소재, 오염물질 흡착용 나노소재 기술 등에 대한 연구를 수행 중임

[표 55] 친환경소재 관련 국내 및 제품현황

| 업체명/기관명 | 주력생산품 |
|---|---|
| KRRI | 광촉매소재 기술 |
| KRRI | 오염물질 흡착용 나노소재 기술 |

# 제2장 중점추진기술(유망~공백 기술) 기술카드

## 제1절 중점추진기술(유망~공백 기술) 목록

| 분야 | 번호 | 기술명 (기술정의) |
|---|---|---|
| 철도차량 | 1 | 실시간 주행환경감응형 스마트철도차량 능동제어기술 |
| | 2 | 신 전력소자(와이드밴드갭소자, Sic 전력반도체 등) 적용 고효율 추진제어 전력변환기술 |
| | 3 | Brake by Wire 전기기계식 제동시스템 기술 |
| | 4 | 고속차량 고성능 고내열성 제동패드(마찰재 포함) 및 제동디스크 기술 |
| | 5 | Door-to-Door 운행기반 무인 개인용 소형 수송수단시스템 기술 |
| | 6 | 급속충전기반 ESS 추진 제어 기술(ESS 일체형 추진 인버터 등) |
| | 7 | 철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 기술 |
| | 8 | 고용량 대출력 철도용 희토류저감형 영구자석동기 전동기기술 |
| | 9 | 하이퍼튜브 초고속철도 기술 |
| | 10 | 철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 기술 |
| | 11 | 고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트램용 관절장치 기술 |
| | 12 | 철도차량 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 기술 |
| | 13 | 철도차량용 전기공급장치 고효율화 및 모듈화 기술 |
| | 14 | 철도차량용 친환경 컴팩트형 고효율 공조시스템 기술 |
| | 15 | 첨단 신소재 적용 철도차량 차제 및 부품 경량화 기술 |
| | 16 | 수소연료전지 기반 철도차량 추진제어시스템 기술 |
| | 17 | 초경량 저소음 능동형 팬터그래프 기술 |
| | 18 | 철도 지능형 센싱 및 유지관리 자동화 시스템 기술 |
| | 19 | 기밀성 향상을 위한 포켓 슬라이딩 방식 출입문 모듈화 및 표준화 기술 |
| | 20 | 대용량 수송용 초고속 2층 철도시스템 기술 |
| 철도시설 | 1 | IoT기반 철도  전기설비상태정보 공유시스템 기술 |
| | 2 | 신재생에너지 및 ESS 연계 기반 철도전력망의 마이크로그리드 시스템 구축기술 |
| | 3 | 대용량 철도 수소연료전지기반 급전시스템 기술 |
| | 4 | 전기철도 급전계통 해석용 실시간 시뮬레이터 기술 |
| | 5 | On-line 정보 에너지관리 네트워크 기반 열차운행 모드제어 기술 |
| | 6 | 신호 제어시스템 사이버 보안기술 |
| | 7 | 고밀도 운행을 위한 열차간격 제어기술 (이동폐색을 이용하여 선행열차와 후속열차간 안전간격제어) |
| | 8 | 철도 노후 인프라 보수/보강 및 개량기술 |

| | | |
|---|---|---|
| | 9 | 게이트리스/티켓리스기반 이용자 이동정보 제공기술 |
| | 10 | 소음진동 저감용 스마트 궤도시스템 기술 |
| | 11 | 복합환승기반 인터모달 교통허브 구축 및 운영기술 |
| | 12 | 철도용 초장대 철도교량 기술 |
| | 13 | 열차간통신(T2T)기반 무인 열차자율주행기술 |
| | 14 | 도시 경관 친화형 초경량 도시 경전철 고가구조물(sky-guideway)건설기술 |
| | 15 | 상태평가 기반 궤도평가 및 유지보수 장비 기술 |
| | 16 | 대륙간 초고속 이동이 가능한 1000km/h급 열차 인프라 기술 |
| | 17 | 전차선로 유지관리 및 진단 자동화 기술 |
| | 18 | 대용량 무선전력 전송 기술 기반 전력공급 기술 |
| | 19 | 스마트 철도 인프라를 위한 LTE-R 기반 IoT 통신 기술 |
| | 20 | 열차 운행 무중단 무선통신기반 기존 열차제어시스템 개량 최적화 기술 |
| 운영 및 환경 | 1 | BIG Data 기반 철도차량 및 인프라 상태 기반 모니터링 및 진단기술 |
| | 2 | 무인기 기반 지능형 철도운행 조기경보 및 시설물 관리기술 |
| | 3 | ICT 기반 철도 테러, 범죄 탐지 및 대응기술 |
| | 4 | 철도시스템 및 부품 단위 국제 통합 인증기술 |
| | 5 | 지능형 통합 능동 관제시스템 기술 |
| | 6 | ICT기반 철도 시설물 통합 이력관리시스템 기술 |
| | 7 | 철도 급행화를 위한 인프라 개량 및 급속 보수보강기술 |
| | 8 | 철도이용객 보행환경 및 연계교통 정보제공 기술 |
| | 9 | CPS기반 철도차량 및 시설 유지관리체계 구축기술 |
| | 10 | 철도 인프라 복합 재난재해 대응 및 복구기술 |
| | 11 | 철도 (초)미세먼지 발생요인 규명 및 제거기술 |
| | 12 | 철도차량 입환 자동화 및 무인피킹 기술 |
| | 13 | Iot기반 철도 위험성 사전예측 및 위험도 관리기술 |
| | 14 | 철도 부품 장치의 신뢰성 및 가속수명 시험검증 적용 기술 |
| | 15 | IOT기술 기반 화물차량, 화물터미널 지능화 및 화물 실시간관리 기술 |
| | 16 | 철도차량 쾌적성 및 승차감 향상 기술 |
| | 17 | Big data기반 운전관계자(기관사, 관제사 등) 인적오류분석 및 저감기술 |
| | 18 | 철도 사고 피해 확산방지 및 신속대응시스템(복구장비) 기술 |
| | 19 | 기후변화대비 철도교통분야 대응방안기술 |
| | 20 | 철도 공기질 및 위해물질 저감기술 |

## 제2절 중점추진기술(유망~공백 기술) 상세내용

# [철도차량 1] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 실시간 주행환경감응형 스마트철도차량 능동제어기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 철도 차량의 승객편의성 향상을 위한 핵심 요구사항인 승차감 및 정시성 향상을 위하여, 관련 핵심성능인 추진, 제동, 진동 특성을 주행환경을 감응하여 능동적으로 제어하는 기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도차량 | 일반 | 주행 | 대차시스템 기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 차량 | IoT | X |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | ○ | | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | | | | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | ○ | ○ | | |

**글로벌 동향**

ㅇ 스마트 현가시스템

- 해외 선진국은 스마트 현가 요소기술을 확보, 단방향 진동저감 위주의 상용화 성공

※ 일본은 1990년대부터 요소기술 개발에 착수하여 2000년대초 상용화, 유럽은 2000년대 요소기술 개발에 착수, 2010년대초 상용화

| 개발기관 | 스마트 현가 요소기술 적용 열차 |
|---|---|
| SUMITOMO(일) | E2, E5, 케시이전철, 8600 express, Romancecar VSE, E657, Shimakaze |
| KAYABA(일) | E2, E3, N700계, 800계, 700계, 700E계, N700A계, 500계, 300계, N700S(2020년 상용화 예정) |
| KAWASAKI(일) | 500계 |
| Siemens(독) | BR189, RH116 |
| Alstom(프) | Prima locomotive |
| Bombardier(독) | V300 Zefiro, Twindexx(스위스), CTA 5000(미국), ETR 1000(이탈리아) |

- 통합제어 기술은 시장 태동기로, 조만간 시장형성 및 확대 예상

※ 유럽에서는 승객편의성 외에 정량적 경제적 효과를 입증하기 위하여 LCC 절감비용을 구체적으로 산출하는 공동프로젝트 진행 중(Roll2Rail, WP4)

- 현가장치 부품과 관련하여 KONI社(네덜란드), Dispen社(프랑스)에 대한 기술 의존성이 강하고, 댐퍼의 경우에도 100% 해외 부품이 적용되고 있음.

| | |
|---|---|
| | ○ 제동분야<br>– (독일) LCC 절감을 위한 고성능 제동장치 개발, ICE-3고속열차 적용<br>※ 제동거리 단축 및 LCC절감 효과로 인하여 유럽 내 시장 확대 예정<br>– (일본) 지진 등 긴급 상황시의 제동거리 단축기술을 개발, 신규 신간선 적용<br>※ N700A(1,2편성)대비 N700S 열차에선 제동거리 10% 추가 단축<br><br>○ 추진분야<br>– (프랑스) 1C1M 방식 추진제어장치 및 고성능 동기전동기 조합으로 영업열차(AGV, TGV-POS)에 적용<br>※ 1C1M(신뢰성 유리)방식 2-Level제어, 최근 LCC절감을 위한 3-Level연구 가속화<br>– (일본) 세계최초 3-Level 제어 도입 및 영업열차(E5/6, N700계) 적용<br>※ 1C4M+유도기 방식(축중감소 유리), SiC소자 도입을 통한 경량화(신간선 N700S) |
| **중점추진 필요성** | ○ (추진배경) 4차 산업혁명 도래에 따라 기술개발 패러다임이 기존 산업사회에서 인간(국민)중심으로 전환<br>– 스마트 주행시스템 기반의 철도 승객편의성 향상 기술은 시장 태동기로서 선진국(독일, 일본 등) 위주로 기술개발 진행 중<br><br>○ (필요성) 철도이용자 만족도 향상 중심 기술개발을 통한 국가기간교통망 공공성 강화 및 국내 철도산업의 세계 기술선도 필요<br>– 삶의 질 향상 등으로 승객의 편의성(승차감, 정시성 등)이 중요시되고 있어 여객편의 향상 중심 기술개발을 통한 국민의 대중교통 이용 편의 증진<br>※ 최근 SRT 진동 관련 사회적 문제화 (2017.9 JTBC)<br>※ KTX 평균 지연시간 156.6초 (2013. 한국경영과학회지 김한수 외)<br>– 가격경쟁력, 기술추격 등을 통한 성장이 한계에 달함에 따라, 첨단기술을 융·복합하는 미래 지향적 기술혁신으로 철도산업 경쟁력 강화 필요<br>※ 세계 철도차량 시장규모(70조원), 국내업체 시장점유율 2.4%(10위 수준)<br>※ 선진국 대비 국내 고속철도 기술수준 : 84.4% (2014년 국내 고속철도 기술수준 분석연구 보고서, 2015 날리지웍스) |

| **주요 내용 및 예상 성과** | |
|---|---|
| **과제 목표** | ○ 승객편의성 향상을 위한 고속열차 VDC(Vehicle Dynamic Control)기술 개발<br>– 선로 취약구간 승차감 향상(기존대비 30% 이상)을 위한 스마트 현가시스템 개발<br>– 정시성 향상을 위한 능동 추진/제동 제어시스템 개발(순간출력 10%, 제동거리 10%감소) |
| **추진 내용** | ○ 궤도/윤축 진동의 대차 전달 저감을 위한 능동형 1차 상하방향 현가시스템<br>– 대차 상하방향 진동제어용 1차 액추에이터<br>– 1차 액추에이터 구동용 전원공급장치 제어기 |

| | |
|---|---|
| | ○ 측풍 등에 의한 차체 진동, 대차 진동의 차체 전달 저감을 위한 능동형 2차 현가시스템<br>– 차체/상하/좌우 방향 진동제어용 2차 액추에이터<br>– 2차 액추에이터 구동용 전원공급장치 및 제어기<br>○ 스마트 현가 제어시스템<br>– 최적 진동저감을 위한 1차, 2차 현가장치 통합 제어전략<br>– 능동형 1차, 2차 현가장치 장애/고장 모니터링 및 대응전략<br>○ 고속철도 차량용 현가장치(댐퍼류) 기술개발<br>– 인장 및 압축 행정 감쇠력 동시제어 밸브 기술 개발<br>– 오일 씰 내환경(극한온도조건 -45℃ / +80℃) 오일 누유 방지기술 개발<br>• EN13802 기준 극한온도범위 : −25℃ ~ +70℃<br>– 댐퍼 부싱 방진 및 내구력 향상 기술 개발<br>○ 감/가속 특성 향상을 위한 능동형 추진/제동 제어시스템 개발<br>– 능동형 제동제어 시스템 개발<br>• 능동 제동제어를 위한 제동전자제어장치(ECU)<br>• 제동거리 단축을 위한 감속도 기반 제동력 다단제어로직<br>• 주행환경 감응형 스마트 제동력 분담(Blending) 제어로직<br>• 제동력 Feedback 제어를 위한 Sensing 및 관련 H/W<br>• SIL3~4 대응 ECU 장치 설계 및 Fail/Safe 로직 적용<br>– 능동형 추진제어 시스템 개발<br>• 능동 추진제어를 위한 추진제어장치(C/I 포함)<br>• 가속도 향상을 위한 추진제어장치 DC 링크전압 가변 제어로직 (고속영역 출력 부스팅 기능 포함)<br>• 가변 DC 링크전압 대응형 soft−transient C/I 제어기술<br>• 추진장치 신뢰성 향상을 위한 냉각시스템 성능향상(H/W 및 S/W)<br>• 추진시스템 성능 향상을 위한 차세대 소자 적용 C/I 개발 (H/W)<br>• 제어정밀도 향상을 통한 추진장치 Dynamic 특성 개선 및 회생제동력 향상: 손실 저감형 추진제어 기술(S/W)<br>– 최적 운행속도 제어를 위한 통합(추진/제동/진동)제어(Train control Unit) 시스템 개발<br>• 선형조건, 공사구간 등을 감안한 최적 운행 프로파일 도출<br>• 운행 속도 프로파일 준수를 위한 통합(추진/제동/진동) 제어로직<br>○ 고속열차 VDC(Vehicle Dynamic Control) 시제 성능 검증 |
| **예상성과물/스펙** | ○ 궤도/윤축 진동의 대차 전달 저감을 위한 능동형 1차 상하방향 현가장치<br>○ 측풍 등에 의한 차체 진동, 대차 진동의 차체 전달 저감을 위한 능동형 2차 현가장치<br>○ 스마트 현가 제어시스템<br>○ 능동형 제동 전자제어기(ECU)<br>○ 능동형 추진제어기(C/I) |

| | |
|---|---|
| | ○ 스마트 현가시스템 개발을 통한 승차감(동일차종 대비 30% 이상) 향상<br>– 선로 취약구간 차체진동 3dB 이상 향상(KS R 9216 기준)<br>※ 진동저감효과로 서행구간 속도 향상 가능 : 170km/h → 230km/h , 230km/h → 270km/h<br>○ 능동형 추진제어시스템 개발을 통한 가속특성(순간출력 10%) 향상<br>– 동력분산형 고속열차 적용 시 300km/h 도달시간 22초 단축<br>※ 동력분산형 고속열차 300km/h 도달시간: 202초 → 180초 (※ KTX-산천: 316초)<br>○ 능동형 제동제어시스템 개발을 통한 감속특성(제동거리 10%) 향상<br>– 비상 제동거리 300m(10%) 단축 및 제동거리 정확도 50% 개선<br>※ 제동거리 정확도 : 600m → 300m, 비상제동시간 : 73초 → 67초<br>○ VDC기술 통합 적용 시 경부선(광명-부산)구간 표정속도 7km/h 향상 (202km/h → 209km/h), 이동시간 4분(118분 →114분) 단축<br>※ 조건 : 398km 구간에 6개 정차역(출발/종점 포함)에서 2분정차 차량진동 증가에 따른 170km/h 서행구간 3개소, 230km/h 서행구간 2개소 (총25km). 도심통과구간 약 28km (80km/h, 21분).<br>※ 가정 : 최대 운영속도 300km/h, 상용최대제동(비상제동의 75%), 선로구배 영향 제외 |

**추진 방법**

| | |
|---|---|
| **추진 체계** | ○ 국내 철도차량, 추진, 제동 기술 전문가 그룹을 구성하고 산학연 연계 및 정부 지원 하에 연구를 수행<br>○ 시제품 제작 및 시험 평가를 위해 관련 산업체의 참여가 반드시 필요하며, 기초 요소기술 연구를 위한 대학 등의 연구기관 참여가 바람직함<br>○ 연구내용의 검증 및 객관성 확보를 위해 외부 전문가 자문위원회 구성 및 운영하고, 연구내용의 기술적 · 정책적 · 경제적 보완사항에 대한 자문을 받을 것<br>○ 연구개발 성과의 실제적용 과정에서 설계사항 변경가능성을 줄일 수 있도록 연구과정에서 철도 전문기술을 보유한 기관을 반드시 참여하도록 함<br>○ 본 연구는 산 · 학 · 연 공동연구를 기본으로 하며, 필요시 선도적 위치에 있는 해외기관 및 전문가와 공동연구를 추진할 수 있음<br>○ 연구신청자는 과다한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구추진의 효율성을 도모할 것<br>○ 연구진의 연구 참여율을 높여 연구 집중도 제고 필요<br>○ 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술개발 과제 간 연계성 확보 및 협조 체계 구축 |
| **사업기간** | ○ 총 연구기간 : 5년 |
| **소요예산** | ○ 정부출연금 280억원 이내 |

| 계 | 1차년 | 2차년 | 3차년 | 4차년 | 5차년 |
|---|---|---|---|---|---|
| 280 | 30 | 60 | 90 | 70 | 30 |

| 기대 효과 | |
|---|---|
| **경제적 효과** | ㅇ 고부가가치 철도차량 기술개발을 통한 선로 관리기준 완화, 주행환경 실시간 모니터링/제어를 통한 고장예방 등 유지보수 비용 감소 및 운임 감소<br>ㅇ 국내 고속열차 기술의 해외시장 경쟁력 확보 및 시장진출을 통해 글로벌 시장 점유율 확대<br>ㅇ KTX평균 지연시간(156.6초**) 회복에 대한 통행시간 절감 편익 약 280억원<br>– 한국개발연구원(2013), 통행시간 재산정 가이드라인 준용<br>– 김한수 외(2013), 고속철도 열차지연 유형의 구분지표 및 기준, 한국경영과학회지<br>ㅇ 선로 유지보수 감소 등 LCC 비용감소와 같은 간접적 편익 발생 및 지진 등 비상상황 시 안전 확보를 통한 사회적 비용 감소<br>– 스마트 현가시스템 : 선로 유지보수 비용 감소<br>– 능동추진시스템 : 경량화 및 3-Level제어를 통한 운행 신뢰성 향상<br>– 능동제동시스템 : 지진 등 긴급상황시 비상제동거리 여유 추가확보 |
| **사회적 효과** | ㅇ 삶의 질 향상 등으로 승객의 편의성(승차감, 정시성 등)이 중요시되고 있어 여객편의 향상 중심 기술개발을 통한 국민의 대중교통 이용 편의 증진<br>ㅇ 철도이용자 만족도 향상을 통한 수송분담율 제고 및 국가기간교통망 공공성 강화, 첨단철도기술로 철도산업의 혁신성장동력화 |
| **정책적 효과** | ㅇ 문재인정부 국정과제 32「국가기간교통망 공공성 강화 및 국토교통산업 경쟁력 강화」, 국정과제 34「고부가가치 창출 미래형 신산업 발굴 · 육성」<br>ㅇ 과기정통부「2018년도 과학기술 · ICT 분야 R&D사업 종합시행계획」<br>– 6대 분야(시티, 교통, 복지, 환경, 안전, 국방)의 사회문제 해결을 위한 ICT R&D 확대<br>ㅇ 국토부「제3차 철도산업발전기본계획」철도 R&D 주요 추진과제<br>* 승객편의성을 향상시킬 수 있는 소음 · 진동저감을 위한 능동현가장치 개발 |

# [철도차량 2] 중점추진기술 전략카드

| | |
|---|---|
| 기술명 | 신 전력소자(와이드밴드갭소자, Sic 전력반도체 등) 적용 고효율 추진제어 전력변환기술 |
| 기술 정의 | 최근 새롭게 등장하는 전력반도체 소자를 활용하여 철도차량 추진제어용 전력변환장치(컨버터, 인버터)의 효율을 향상시키는 기술로, 새로운 소자 적용을 통해 전력변환장치 스택의 사이즈 저감 및 효율향상을 기대할 수 있음 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도차량 | 일반 | 추진제어 | 전력변환기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 차량 | - | - |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | ○ | | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | | | | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | ○ | ○ | ○ | |

**글로벌 동향**

ㅇ 기술 동향

- Mitsubishi Electric.
  - ※ SiC Full-pack을 이용한 1500Vdc용 190kW급 추진인버터 개발하여 2014년 일본 Odakyu 전철에 납품(기존 대비 30% 손실 절감, 65% 사이즈 절감, 노이즈 감소)
  - ※ SiC Full-pack 적용 고속철도용 C/I 시스템 개발하여 N700계 신칸센에 적용 테스트 중 (2015.06)
- Hitachi-Rail
  - ※ SiC 하이브리드 IGBT를 적용한 1500Vdc용 철도차량 인버터 개발(2012)
- ALSTOM
  - ※ 세계 최초 SiC 파워모듈을 채택한 철도차량 보조전원장치 생산
- 기타
  - ※ 독일 SMA사에 의해 개발된 100kVA급 산업용 인버터의 경우에는 기존 인버터 시스템 대비 40% 소형 · 경량화를 달성.

ㅇ 관련 정책

- 2015년 국제기후변화 대응 조약에 따르면, 우리나라의 경우 2030년까지 배출 전망치 대비 37%의 탄소배출 감축안을 발표한 바 있음
- 국토부 “3차 철도산업발전기본계획(2016~2020)” 중 철도차량 · 시스템 분야의 기본추진방향인 ‘철도차량 경쟁력 강화’,철도 R&D분야의 ‘미래선도형 핵심기술 개발’과 부합
- 유럽 ERRAC에서는 European Railway Energy Roadmap:towards 2030 을 설정하여 개발 지원

| | |
|---|---|
| | – 북미 EPA에서는 철도차량, 자동차, 트럭 등에서 발생하는 온실가스 배출량을 법적으로 규제하는 'Tier4' 기준안을 2015년부터 발효, 적용 중<br><br>ㅇ 관련 시장<br>– 세계 철도 시장은 약 250조원으로 예상되며 최근까지 지속적 성장세를 이루어 왔음. 2015~2017년 시장 성장률은 연 2.7%로 예상되며 이러한 철도시장의 규모에서 핵심적 역할을 담당하며 차량에 있어서 경쟁력 요소로 작용할 SiC를 적용한 추진인버터 기술은 향후 큰 성장세와 더불어 핵심적 비중을 차지할 것임. |
| **중점추진 필요성** | ㅇ 세계 철도시장이 신흥국을 중심으로 급속히 팽창하고 있으나 우리나라의 철도산업은 뚜렷한 강점을 갖추지 못하고 선진국들의 기술이나 자본력에 밀려 수주에 실패하는 상황임<br>ㅇ 전력반도체 시장에서 기존 Si 소자에 비해 우수한 특성(고주파 구동, 낮은 손실)을 가진 새로운 소자들이 빠르게 시장에 도입되는 추세임<br>ㅇ 최근 SiC 전력반도체가 출시됨에 따라 이를 이용한 고효율 전력변환장치 기술개발이 이루어지고 있으며, 이를 통해 에너지 변환손실을 크게 절감할 수 있을 뿐만 아니라 30% 이상 경량화도 가능하게 됨. 이에 해외에서는 이미 철도용 전력변환장치 제작사들이 기술개발을 통해 제품을 출시하여 신뢰성 검증 중임<br>ㅇ 본 기술개발을 통해 핵심 철도 부품 산업을 활성화시키고, 철도차량 측면의 국가 경쟁력 확보가 이루어지는 기술로서 시급한 기술개발이 필요함 |

| 주요 내용 및 예상 성과 | |
|---|---|
| **과제 목표** | ㅇ 철도차량용 전력변환장치의 30% 손실저감을 위한 차세대 소자 적용 기초기술 및 제품개발 |
| **추진 내용** | ㅇ 추진제어시스템 효율 향상 및 기초기술 경쟁력 강화를 위한 회로설계 기술 개발<br>– 추진전력변환장치 사양 선정<br>– 핵심부품(차세대 전력반도체) 사양 수립 및 차세대 소자 적용을 통한 장단점 분석<br>– 차세대 소자 적용을 위한 고효율 전력변환 회로(토폴로지) 설계 및 시뮬레이션<br>ㅇ 차세대 반도체 소자 적용 상세설계 및 제작기술 개발<br>– 차세대 전력반도체 소자를 적용한 철도차량 추진시스템 상세 설계<br>– 소자 구동을 위한 최적 Gate diver unit 설계 기술 개발<br>– 동작주파수 및 동작특성 변화에 따른 수동소자 설계기술 개발<br>ㅇ 추진제어 전력변환장치용 방열시스템 설계 기술 개발<br>– 차세대 전력반도체 소자 열특성 해석 및 방열 설계 사양 수립<br>– Power Stack 방열시스템 설계 및 시뮬레이션<br>ㅇ 차세대 전력반도체 적용 전력변환장치 시작품 제작 및 시험<br>– 추진전력변환장치 시제품(Power stack, 수동소자) 제작 및 성능시험 |

| 예상성과물/스펙 | ㅇ 30% 손실저감형 추진제어 전력변환장치 시작품 (장치/장비)<br>ㅇ 차세대 전력반도체 적용을 위한 추진제어 전력변환장치 설계도 (보고서/논문)<br>ㅇ 타 철도차량 전력변환장치 개발 시 활용 가능한 설계 시뮬레이션툴 (S/W) |
|---|---|

| 추진 방법 | |
|---|---|
| 추진 체계 | ㅇ 목표달성을 위해 연구원, 부품업체, 제작사로 구성되는 복합적인 수행체계 구축<br>– 연구원 : 사양선정, 설계기술 개발<br>– 부품업체 : 차세대 반도체 특성 분석 및 방열시스템 설계 지원<br>– 제작사 : 추진전력변환장치 시제품 제작 |
| 사업기간 | ㅇ 총 연구(개발)기간 : 5년 |
| 소요예산 | ㅇ 총예산 180 억원 이내 |

| 계 | 1차년 | 2차년 | 3차년 | 4차년 | 5차년도 |
|---|---|---|---|---|---|
| 160 | 30 | 30 | 40 | 40 | 40 |

| 기대 효과 | |
|---|---|
| 경제적 효과 | ㅇ 기존의 철도차량용 추진제어시스템 대비 효율 향상으로 철도차량의 운송효율이 크게 증대 (운영비용 절감)<br>ㅇ 새로운 전력반도체 소자의 적용으로 관련 핵심요소기술이 발전, 기존 외산모듈 구매비용 절감<br>ㅇ 국제 탄소규제에 대응하는 기술개발로 세계시장 선점효과<br>ㅇ 새로운 분야의 기술개발로 철도차량 · 철도부품 산업의 신규인력 고용창출, 국내 강소 중소기업 육성 가능 |
| 사회적 효과 | ㅇ 새로운 기술개발 분야로 철도차량, 철도부품 분야의 신규인력 고용창출, 산업 활성화, 인프라 등의 부흥 기대 |
| 정책적 효과 | ㅇ 전력변환장치의 경량화 및 고효율 달성에 따라 에너지 비용, 탄소환경 부담금, 유지보수비, 전기요금, 온실가스 배출 등에서 큰 절감효과 발생<br>ㅇ 철도 전장품의 수출경쟁력 상승뿐만 아니라, 국내 완성차 수출 경쟁력이 강화 |

# [철도차량 3] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | Brake by Wire 전기기계식 제동시스템 기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 전기 액추에이터에 의하여 제동을 체결하는 기초제동장치 및 관련 제어기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도차량 | 일반 | 제동 | 전기제동시스템기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 차량-인프라 | IoT/AI | X |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | ○ | | |

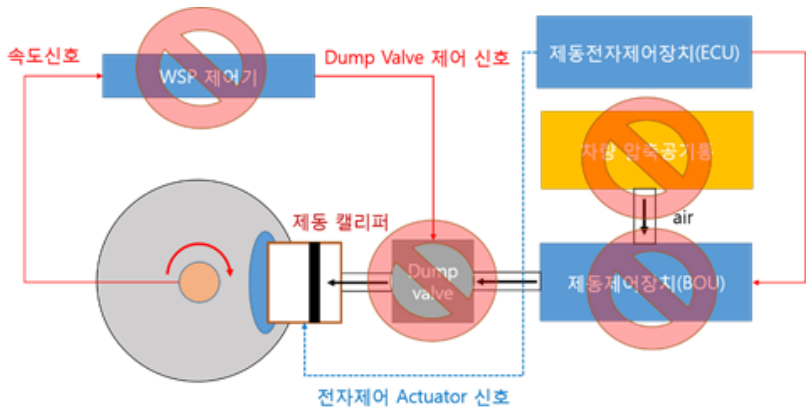
| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | | | | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | ○ | ○ | ○ | |

**글로벌 동향**

ㅇ 기술 동향

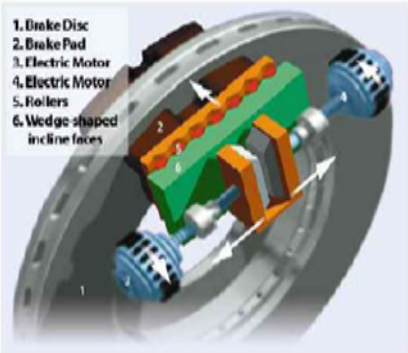
– 세계 고속철도 시장 핵심이슈는 고속철도의 운영속도 향상 및 수송용량 증대로, 이를 위하여 제동시스템 등 주요장치의 성능고도화 및 소형화화에 대한 연구가 진행되고 있으며 전기기계식 제동(Electro Mechanical Brake)시스템이 강력한 후보군으로 등장 중이다. 철도에 EMB를 적용할 경우 제동공기통, 제동제어장치(BOU) 등의 제거로 소형화가 가능하며, 빠른 응답속도로 인하여 고정밀 제동제어 및 공주거리 단축이 가능해지나, 제동용량상의 문제로 EU는 1차적으로 EMB를 LRV에 적용하고, 이를 통하여 장치의 소형화/정밀 위치제어/진단제어 기능 확보를 목표로 하고 고속열차, 일반열차에 필요한 고용량 EMB시스템은 지속적 기술향상을 추진하고 있다.



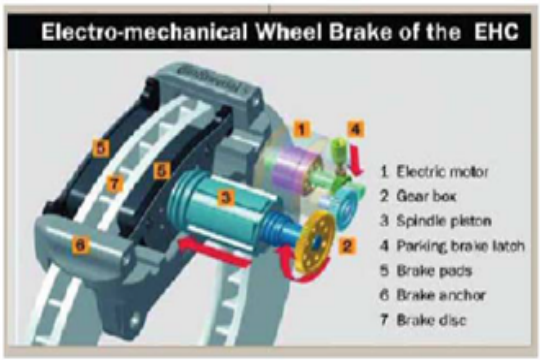

**<EMB 적용 시 제거 가능한 하부 제동장치 개념도>**

– 또한 EMB는 자동차 산업에서는 이미 개발되어 일부 전기자동차에 적용 중에 있으며 항공기에서도 빠른 응답특성으로 적용 진행 중이다. 특히 자동차 쪽은 전기자동차 개발이 활성화되면서 EMB 기술의 개발이 매우 활발하게 진행되고

있으며, 성능적 측면에선 이미 기존 시스템(유압) 동등 성능을 확보 (컨티넨탈, 만도, 브렘보, 보쉬 등)하였고 EMB의 가장 큰 문제점인 Fail-Safe도 2중계 구성 등을 통하여 문제 해결이 어느 정도 완료 상태이다. 자동차용 EMB 기술은 지멘스를 중심으로 한 wedge 방식과 컨티넨탈, 보쉬 등의 Ball Screw 방식이 주류이나, 최근에는 Ball Screw 방식으로 정리가 되어가는 경향을 보이고 있다.




<지멘스 Wedge EMB>




<컨티넨탈 Ball Screw EMB>

○ 관련 정책

– 유럽 철도관련 연구개발 정책인 Shift2Rail은 제동시스템과 관련하여 아래와 같은 내용을 중점적으로 다루고 있으며 독일 Knorr 중심으로 EMB를 개발하여 LRV에 적용하는 내용이 반영되어 있다.

- 제동시스템(하드웨어, 소프트웨어)의 신뢰성 및 안정성 확보 (SIL Level 3~4)
- LCC관점에서 휠 및 제동디스크의 유지보수 비용 감소 기술 연구
- EMB(Electro-Mechanical Brake) 개발 및 LRV 적용

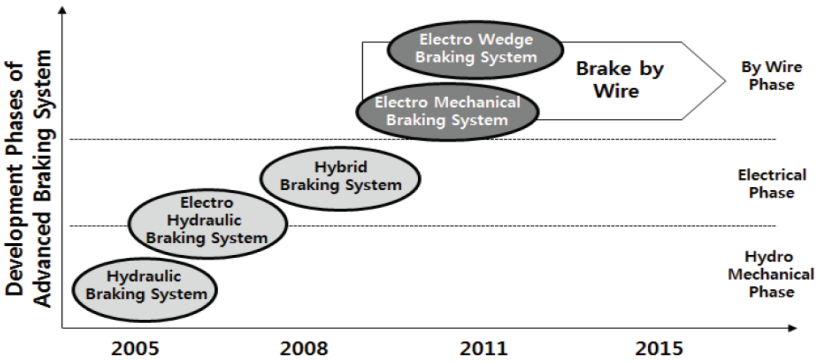
| | |
|---|---|
| LRVs use hydraulic friction brakes, while high speed, regional, metro and freight use pneumatic technology. Electromagnetic brakes are not compatible with the space requirements of hydraulic LRV brake systems and are not competitive against pneumatic friction brakes. | Electromechanical friction brakes are as compact as to substitute the hydraulics in LRVs and competitive enough to be introduced to other vehicle types, allowing better control and diagnosis. |

<EU Shift2Rail 내 EMB 기술개발 내용>

○ 관련 시장

– EMB 기술이 가장 활발하게 개발되고 있는 자동차 분야 시장 전망은 매우 유동적이나, 관련 전문가에 따른 아래와 같이 요약 가능하다.

- 국내의 경우 현대자동차는 선도업체가 아니며, 다른 선도업체가 아직 EMB를 적용하지 않고 있어 관망 중 (기술은 이미 확보 완료)
- 제동장치 업체의 경우 유압방식 ABS가 매우 복잡하고 어려운 시스템으로, 그 자체가 하나의 기술장벽이 되어 더욱 더 유압시스템을 유지하려는 관성이 있음(EMB는 상대적으로 ABS 제어가 용이, ABS 선도업체 : 컨티넨탈, 보쉬)
- 또한 EMB가 되면 단가가 1.5 배가 되기 때문에 자동차 업체들은 현재 적용을 기피하는 중

| | |
|---|---|
| | • 그러나 전기차로 패러다임이 전환될 경우 EMB의 적용은 증가할 것으로 보이는데, 이는 유압을 별도로 생성하는 것 자체가 에너지 낭비이며, EMB는 배터리 구동이므로 시스템이 간단해짐<br>• 아우디의 경우 E-tron에 EMB가 적용되어 있는 것으로 알려져 있으며, 전기차를 추구하는 애플이나 테슬라는 EMB에 관심이 많으며, 시장상황이 허락된다면 EMB로 전환 고려<br>• 또한 브렘보 등 유압시스템이 없는 자동차 제동업체도 EMB 시스템으로 전환 선호<br>– 또한 EMB 기술은 자동차용 전장부품으로 분류될 수 있다. 최근 친환경 차량 기술 및 스마트차량 기술 이슈로 인하여 자동차용 전장부품의 수요가 증가될 것으로 예측되고 있으며, 세계적인 자동차 부품 회사인 Bosch의 자료에 의하면 자동차 부품 중 전장부품 비율이 2010년 30% 수준에서 2020년 40% 수준으로 높아질 것으로 전망되고 있으며, 유럽의 한 연구기관(Research and Markets)의 조사 결과에 의하면 EMB에 의한 비용절감 효과가 늘어날 것으로 기대된다.<br>  <br><br><자동차용 제동장치 기술개발 로드맵><br>– 한편 세계 철도차량 시장 역시 2020년까지 연간 7.3% 성장률로 폭발적인 성장세가 예측되고 있으며(Frost & Sullivan 2015 세계 철도시장 전망 보고서), 특히 고부가가치 차량인 고속차량의 경우 2015~2020년까지 9000량의 신규수요가 예측되고 있다. 따라서 철도차량용 EMB 기술이 개발되고 신뢰성이 검증된다면, 세계 철도차량 시장에 대한 빠른 확산을 기대할 수도 있다. |
| **중점추진 필요성** | ㅇ 다양한 속도대역 및 형식의 철도차량이 개발/제작되었음에도 불구하고 핵심성능인 주행, 추진, 제동 설계기반 분야는 차세대 기술개발을 위한 고유 원천기술 미흡<br>– 해외기술 국산화 등을 통해 제동시스템 기초설계는 가능하나 구현기술 및 차세대 기술개발 노력 미흡<br>※ KTX-산천, HEMU-430X 모두 해외기술 도입 및 국산화 등 추종자 전략에 집중, 차세대 기술 확보노력 부족<br>ㅇ 세계시장 경쟁력 확보, 철도교통 경쟁력 제고를 위해서는 국내독자 핵심성능 설계 및 차세대 기술 확보 필요<br>– 철도차량용 EMB 기술의 경우 해외도 기술개발 및 도입기이므로, 국내 독자기술로 차세대 제동 원천 기술 확보를 통한 세계시장 선점가능성이 높음 |

| 주요 내용 및 예상 성과 | |
|---|---|
| 과제 목표 | ㅇ 열차용 고출력 전기기계식 제동시스템 기술개발<br>– 고출력 전기기계식 기초 제동장치 개발<br>– 전기기계식 제동장치 제어기술 및 제어 ECU 개발<br>– 열차용 전기기계식 제동 시스템 차량 인터페이스 기술개발<br>– 열차용 전기기계식 제동 시스템 신뢰성/안정성 향상 기술개발 |
| 추진 내용 | ㅇ 1차년도<br>– 고출력 EMB 시스템 요구사항 도출<br>– 고출력 EMB 동작 메커니즘 도출 및 시제품 기본설계<br>– EMB 제어로직 기본설계 및 차량 인터페이스 검토<br>ㅇ 2차년도<br>– 고출력 EMB 기초제동장치 상세설계<br>– EMB 제어로직 상세설계 및 제어 S/W 개발<br>– EMB 제어 제동 ECU H/W설계 및 차량 인터페이스 고려<br>ㅇ 3차년도<br>– 고출력 EMB 기초제동장치 1차 시제품 제작 및 기본성능(요구압부력) 달성 검증<br>– EMB 제어 ECU 시제품 제작 및 제어로직 반영<br>– 시제품 차량 통신 인터페이스 검토시험<br>– EMB 성능검증을 위한 단품/조합 시험절차서 도출<br>ㅇ 4차년도<br>– EMB 시스템 구성품 단품 시험(진동, 환경, 전자기파 등)<br>– EMB 제어로직 고도화(WSP , 저크 제어 등) 및 ECU 적용<br>– HILS기반 EMB 시스템 조합시험 및 성능검증 (Fail-Safe 포함)<br>– 다이나모 시험을 통한 EMB 시제품 내구성 검토<br>ㅇ 5차년도<br>– EMB 시스템 신뢰성/안정성 향상 개선안 도출 및 2차 시제품 제작<br>– EMB 시스템 2차 시제품 신뢰성/안정성 시험 및 성능확보<br>– EMB 시스템 설계 사양서 작성 |
| 예상성과물/ 스펙 | ㅇ 연차별 성과물<br>– 1차년도 : 고출력 EMB 시스템 요구사항 문서, EMB 시스템 기본설계 문서<br>– 2차년도 : 고출력 EMB 시스템 상세설계 문서 및 각 구성품 도면/회로도<br>– 3차년도 : 고출력 EMB 시스템 1차 시제품, 시제품 기본성능 검토 보고서<br>– 4차년도 : 고출력 EMB 시스템 단품/조합 시험 보고서, 고도화 제어로직<br>– 5차년도 : 고출력 EMB 시스템 2차 시제품, EMB 시스템 설계사양서<br>ㅇ 개발목표<br>– 요구압부력 : 단위 캘리퍼당 52kN 이상<br>– 시스템 인터페이스 : 기존차량 인터페이스 완전 호환(차량 통신, 대차 취부 등) |

| | |
|---|---|
| | – 시스템 반응속도 : 0.5sec 이내<br>– 기본제어성능 : 요구압부력 대비 오차 ±5%이내<br>– 부가제어성능 : WSP 성능 EN15595 만족, Jerk제어 EMU–250 동등 이상<br>– 단품 신뢰성 : EN 50121(전자기파), EN50125(환경), EN50155(전기), EN60529(진동/충격) 등 만족<br>– 대차당 제동시스템 전체 부피 : 기존 대비 50% 이하<br>– 대차당 제동시스템 전체 무게 : 기존 대비 동등 이하 |

| 추진 방법 | |
|---|---|
| **추진 체계** | ○ 주관<br>– 제동시스템 관련 기초/원천 기술개발 경험 필요<br>– 국내 제동시스템 업체의 기초기술 부족으로 정부출연 연구기관 주도 연구개발 필요<br>○ 공동<br>– 제동시스템 관련 제작기술 보유 및 기존 철도용 제동시스템 납품 업체<br>– 핵심 원천기술 확보가 필요한 중견/중소기업 위주로 참여 |
| **사업기간** | ○ 총 연구기간 : 5년 |
| **소요예산** | ○ 총예산 140억원 이내 |

| 계 | 1차년 | 2차년 | 3차년 | 4차년 | 5차년 |
|---|---|---|---|---|---|
| 140 | 30 | 30 | 30 | 30 | 20 |

| 기대 효과 | |
|---|---|
| **경제적 효과** | ○ 국내 고속철도 기술을 고도화하여 시장 경쟁력 확보<br>○ 국내 고속철도의 해외 진출에 따른 국내 철도산업 성장과 고용창출 |
| **사회적 효과** | ○ 이용자 측면<br>– 제동시스템 장치의 부피 최소화를 통한 승객공간 확보로, 이용자의 편의성 증대<br>○ 운영자 측면<br>– 제동장치의 반응속도 향상을 통한 제동 공주거리 감소 및 이를 통한 운전시격 감소 가능, 향상된 WSP 성능을 바탕으로 차륜찰상 최소화 등 유지보수 비용 감소 |
| **정책적 효과** | ○ 「철도산업발전기본법」에 따라 수립된 제 3차 철도산업발전기본계획의 철도수송분담률 27% 달성 및 철도수송 효율 15% 향상, 철도건설 및 운영유지비 5% 절감 등의 중기목표를 달성하는데 크게 기여할 수 있으며, 또한 제 3차 국가철도망 구축계획과 연계하여 국토 주요거점의 고속철도 연결 정책강화 및 철도중심 국가기간망 구축정책에 기여 |

# [철도차량 4] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 고속차량 고성능 고내열성 제동패드(마찰재 포함) 및 제동디스크 기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 동력집중식 고속철도 제동장치 중 제동패드와 제동슈는 차량정지를 위해서 중요한 역할을 담당하는 핵심장치. 제동패드는 차륜(Wheel)의 회전축에 연결 장착된 액슬(Axle)디스크 면에 수직방향으로 접촉제동하고, 제동슈는 동력차의 차륜답면에 접촉제동. 제동패드와 제동슈는 차량의 제동에너지를 열에너지로 바꾸어 차량을 원하는 위치에 차량 및 승객의 안전을 보장하고 정지시키는 기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도차량 | 고속 | 제동 | 기계제동시스템기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 차량-시설 | X | X |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | | ○ | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | | | | ○ |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | ○ | ○ | | |

**글로벌 동향**

ㅇ 2020년 기준으로 예상할 때, 우리나라 고속철도 제동패드와 제동 슈의 시장은 58억이며, 중국과 유럽을 포함한 해외시장은 18,620억원으로 추정

| 구분 | | 연도별 시장규모(단위:억원) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 2004 | 2015 | 2020 | 총계 |
| 국내 | KTX | 44.0 | 44.0 | 44.0 | 58 |
| | 산천 / 호남선 | | 11.3 | 11.3 | |
| | 원강선 | | | 2.7 | |
| | 소계 | 44.0 | 55.3 | 58 | |
| 해외 | 중국 | 6,800 | 8,800 | 10,120 | 18,620 |
| | 유럽 외 | 5,700 | 7,390 | 8,500 | |
| | 소계 | 12,500 | 16,190 | 18,620 | |
| [출처] | • 한국철도시설공단철도산업정보센터, 제2차국가철도망구축계획주요내용(국토교통부)<br>• 중국철로국, 2014-2019 중국고속철 제동 시장 투자분석 및 발전 전망 연구보고<br>• UIC, Annual Rolling stock Markets by Region, Current and Projections to 2016 | | | | |

ㅇ 선진기술업체는 프랑스, 독일, 일본 등 선진외국의 몇 개의 업체가 제동시스템의 구성과 요소부품의 적절한 설계 및 정확한 성능평가 등 복합적인 고도기술을 장악하고 있으며 자국의 이익을 위하여 국가적인 차원에서 철저한 기술 장벽과 높은 기술료 등을 요구하며 기술을 보호하고 있음

ㅇ 선진업체의 특징은 고속철도를 제작할 수 있거나 운행 중인 국가로서 ICE를 제작하고 운행하는 독일의 경우는 독일의 Becorit와 Jurid, TGV를 생산하고 운행하는 프랑스의 Le Carbone Lorraine, 신칸센을 생산하고 운행하는 일본의 FINE SINTER와 아케보노가 있음

- 철도제동장치 전문업체로서 디스크 제동장치의 제동패드와 답면제동장치의 제륜자를 함께 개발, 생산

| | |
|---|---|
| **중점추진 필요성** | ㅇ 집중식 고속철도차량의 제동패드는 KTX-TGV(46편성)대상으로 국산화되었으나, 그나마도 소량이 양산 적용되고 있는 실정.<br>– 이외 산천(24편성), 호남선(32편성), 원강선(15편성)은 전량 외자제품을 사용중으로 국산화 개발이 시급함.<br>ㅇ 제동슈는 국산화개발이 실패하여 차량의 구분 없이 전량 외자 제품을 사용 중<br>– 제동패드와 제동슈는 상대재인 제동디스크와 차륜과 함께 고속철도차량의 부품중에서 소모성이 가장 크고 유지보수비용이 매우 많은 마찰·마모재료부품 선진기술에 종속되어 외자제품이 채택<br>– 신규차량 설계, 제작시 외자제품 채택이 당연시되었고 국산화개발을 회피하고 있는 실정<br>ㅇ 집중식 고속철도차량의 제동시스템이 고속철도차량간 상이하게 설계되어 제품의 호환성이 낮고 표준화가 필요함<br>– 해외선진기술업체의 경우, 국내에서 하자발생시 차량제작사의 제동시스템설계나, 운영사의 가혹한 운행조건을 탓하거나 상대재(제동디스크, 차륜)의 문제를 탓하며 제품개선을 회피하지만 마땅히 국내 공급업체가 없기 때문에 해외선진기술업체의 횡포를 당할 수밖에 없는 실정 |

| **주요 내용 및 예상 성과** | |
|---|---|
| **과제 목표** | ㅇ 동력집중식 고속철도차량 간 호환사용 가능한 제동패드(Brake Pad)와 제동슈(Brake Shoe) 개발 및 표준규격서 도출<br>– 제동패드(재질: 소결마찰재)와 제동슈(재질:합성제륜자) 개발 및 시제품 제작<br>• 제동디스크 인장강도 930~1060N㎟, 항복강도700N㎟ 이상<br>• 제동패드 평균마찰계수: 0.300 ~ 0.450(UIC 2017년 기준)<br>• 제동패드 전단강도: 6 MPa 이상<br>• 제동패드 마모량 : 0.35 cm3/MJ 이내<br>– 제동패드와 제동슈의 설계 프로세스 정립<br>– 실차시험을 통한 신뢰성 평가 및 표준규격서(안) 도출<br>– 제동패드 최대 2가지 모델 확보 및 제동 슈 최대 2가지 모델 확보 |
| **추진 내용** | ㅇ 마찰재 개발기술<br>– 제동조건을 고려한 마찰재의 소재선정<br>– 마찰재의 조성(Formulation)설계 및 배합기술<br>– 마찰재 제조공정의 설계변수 추출 및 제어기술<br>– 마찰마모특성에 영향을 미치는 인자 및 측정법 도출<br>ㅇ 접촉향상 구조 해석 및 설계 기술<br>– 마찰열의 열전도 및 온도분포해석을 통한 설계 데이터 획득 기술; 마찰재 선정 및 마찰재 형상 설계 데이터<br>– 접촉제동의 유한요소해석(응력해석 및 열해석); 마찰재와 상대재(디스크 또는 차륜)간 균일접촉 설계기술 |

<table>
<tr><td></td><td>– 균일접촉기술 평가 및 구현기술<br>– 제동패드와 제동슈 제작 생산기술<br>○ 성능평가(인증)기술 및 표준화(안)<br>– 성능평가(인증)기술<br>– 유한요소해석과 마찰성능평가의 연관성(correlation)분석; 해석모델의 타당성 검증 및 독자적인 구조설계 기술 확보<br>– 브레이크 소음 발생 메카니즘 규명, 소음측정 및 분석 기술 지원<br>– 고속철도간 이종차량간 규격의 통합을 위한 표준화(안)<br>– 국내 및 해외 인증획득</td></tr>
<tr><td>예상성과물/<br>스펙</td><td>○ 마찰재 기술확보<br>– 마찰재와 상대재의 마찰경계에서의 일어나는 마찰마모특성에 영향을 미치는 인자 및 측정법 도출, 제어하는 기술
<table>
<tr><th colspan="2">구분</th><th>현재 스펙 (수준)</th><th>개발 목표 스펙(수준)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">마찰계수</td><td>순간마찰계수</td><td>해외선진기술업체 대비 80% 수준</td><td>해외선진기술업체 대비 90% 수준</td></tr>
<tr><td>평균마찰계수</td><td>만족 (UIC541-3의거)</td><td>만족 (UIC541-3의거)</td></tr>
<tr><td colspan="2">마찰계수 안정성</td><td>해외선진기술업체 대비 80% 수준</td><td>해외선진기술업체 대비 90% 수준</td></tr>
<tr><td colspan="2">Stick-Slip Test ($\Delta\mu$)</td><td>해외선진기술업체 대비 80% 수준</td><td>해외선진기술업체 대비 90% 수준</td></tr>
<tr><td colspan="2">전단강도(MPa)</td><td>6 이상</td><td>6 이상</td></tr>
<tr><td colspan="2">마모량(㎤/MJ)</td><td>0.35 이내</td><td>0.35 이내</td></tr>
</table>
○ 접촉향상 구조해석 및 설계<br>– 열적 불안정성을 최소화하는 역학적인 접근방법으로 마찰 상대재의 변형에도 마찰재가 유동적으로 균일한 접촉을 최적화하도록 마찰재와 마찰재가 결속되는 백플레이트 간의 체결 메카니즘에 대한 구조해석과 설계 기술
<table>
<tr><th>구분</th><th>현재 스펙 (수준)</th><th>개발 목표 스펙(수준)</th></tr>
<tr><td>디스크 온도편차<br>($\Delta T=T_{MAX}/T_{AVG}$)</td><td>2.5</td><td>1.5이하</td></tr>
<tr><td>열 분포(열화상카메라)</td><td>해외선진기술업체 대비 70% 수준</td><td>해외선진기술업체 대비 90% 수준</td></tr>
</table>
○ 성능평가(인증)기술 및 표준화<br>– 마찰재와 상대재의 마찰경계에서의 일어나는 마찰마모특성에 영향을 미치는 인자 및 측정법 도출, 제어하는 기술
<table>
<tr><th>구분</th><th>현재 스펙 (수준)</th><th>개발 목표 스펙(수준)</th></tr>
<tr><td>형식시험</td><td>KRCS 규격(1종, KTX-TGV)<br>차량제작사 규격(3종, 산천/호남선/원강선)</td><td>KRS 규격</td></tr>
<tr><td>실차시험</td><td>KTX-TGV, 산천, 호남선, 원강선<br>: 4회 각각 실시</td><td>1회 실시로<br>동력집중식 고속철도 차량 적용</td></tr>
<tr><td>표준화(안)</td><td>KRCS 규격(1종, KTX-TGV)<br>차량제작사 규격(3종, 산천/호남선/원강선)</td><td>KRS 규격</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="2">추진 방법</th></tr>
<tr><td>추진 체계</td><td>ㅇ 본 과제에서는 철도 운영 기관 및 산/학 등의 융합/협력이 필요한 개발사업으로 각 분야의 전문가들을 위탁기관으로 구성하여 공동 연구로 추진<br>ㅇ 제동패드와 제동슈의 적합성과 운용/유지보수의 효율성의 문제에 대해서는 철도운영기관과 상호 협력/보완 하면서 추진<br>ㅇ 국내에 이미 개발되어 있는 기술 과 전량 수입되어 적용되는 외자품 벤치마킹하여 철도 분야에 최적화 연구를 진행하며 각 기술이나 상용화 제품 간의 인터페이스 및 기준, 표준 등을 개발<br>ㅇ 연구개발품의 형식시험은 시험전문기관에 의뢰하거나 공인기관입회하에 자체장비로 진행, 해외 형식시험은 철도운영사 또는 글로벌 협력기관을 통하여 실시<br>ㅇ 연구개발품의 실차 시험은 운용 환경에 따른 영향을 충분히 검증 할 수 있게 운영기관을 위탁기관으로 선정하여 추진</td></tr>
<tr><td>사업기간</td><td>ㅇ 총 연구기간 : 5년</td></tr>
<tr><td>소요예산</td><td>ㅇ 정부출연금 60억원 이내
<table>
<tr><th>계 (억원)</th><th>1차년</th><th>2차년</th><th>3차년</th><th>4차년</th><th>5차년</th></tr>
<tr><td>60</td><td>12</td><td>12</td><td>12</td><td>12</td><td>12</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="2">기대 효과</th></tr>
<tr><td>경제적 효과</td><td>ㅇ 전량 수입에 의존하고 있는 KTX-TGV(일부 물량만 국산화 제동패드 사용), 산천, 호남선, 원강선의 제동패드와 제동슈를 표준화 대체함에 따라 매년 40억의 외화 절감 가능<br>ㅇ 본 기술을 적용한 제품 양산 시 상대재 보호로 인하여 Total cost절감이라는 경제적 측면에서 접근해야 함. 디스크와 차륜의 삭정횟수 절감, 교체비용 절감, 인건비 절감 등의 효과가 예상<br>ㅇ 국내시장에서 고용창출효과는 20명 정도이며, 해외시장 개척시 40명의 고용창출 예상. 초기 설비투자는 국내시장의 경우 14억 예상되고, 해외시장 개척시 25억 정도 예상</td></tr>
<tr><td>사회적 효과</td><td>ㅇ 고속철도 차량의 제동디스크와 차륜의 보호는 차량 안전과 직결되고 이로 인해 고속철도 차량의 안전율에 대한 신뢰도가 한 단계 더 커지고 질 것으로 예상되며, 사회적인 안전과 편의제공, 안전한 운송수단으로 자리매김이 예상</td></tr>
<tr><td>정책적 효과</td><td>ㅇ 고속철도 제동관련기술은 친환경 에너지 분야인 풍력발전기의 제동장치, 항공기 제동시스템분야 등에 적용할 수 있어 타 산업에 기술적 파급효과가 기대</td></tr>
</table>

# [철도차량 5] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | Door-to-Door 운행기반 무인 개인용 소형 수송수단시스템 기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 무인자동 소형궤도 차량시스템으로서, 다중경로 네트워크형 주행로를 가지며 Mass-transit 개념에서 벗어나 소수의 승객이 차량에 탑승하여 원하는 목적지 까지 정차 없이 갈 수 있는 신교통 시스템 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도차량 | 일반 | 차량시스템 | 미래 차량시스템(고밀도) |
| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 | |
| | 차량 | IoT | X | |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | | ○ | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | | | | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | | | | ○ |

| 글로벌 동향 | ㅇ Dashaveyor<br>– 팔레트를 이용한 화물 이송 시스템<br>– 역 사이를 고속으로 이동하여 수직상승도 가능하였으며, 무인차량으로 대체되어 광산에서 이용됨<br>– 유지보수 부족에 따른 사고로 1994년 시스템 중단<br>ㅇ 히드로 PRT<br>– 플랫폼에서 이용자가 목적지를 선택하고, 차량 탑승 후 승객이 도어 스위치를 누르면 목적지까지 자동으로 주행하는 무인시스템<br>– 히드로 공항은 PRT 시스템을 도입함에 따라 제5터미널과 장기 주차장간 3.9km를 5분에 이동할 수 있게 되었으며, 기존 셔틀버스 시스템 보다 시간 절감과 운영비용 절감 효과를 창출<br>– ULTra PRT의 차량 제작사는 영국 Advanced Transport System |
|---|---|
| 중점추진 필요성 | ㅇ (추진배경)<br>– 4차산업혁명 시대 미래형 대중교통 시스템 구축으로 국가 경쟁력 확보<br>ㅇ (필요성)<br>– 높은 시스템 접근성과 프라이버시 보장 등 승용차 수준의 서비스 제공이 가능하며 무인운전, 완벽한 운영자 통화 등의 구현으로 유지비 절감 가능<br>– 삶의 질 향상 등으로 승객의 편의성(승차감, 정시성 등)이 중요시되고 있어 여객편의 향상 중심 기술개발을 통한 국민의 대중교통 이용 편의 증진<br>– 대기오염 물질이 없는 친환경적 대중교통 시스템 필요 |

| 주요 내용 및 예상 성과 | |
|---|---|
| **과제 목표** | ○ 온실가스 배출 및 도시에너지 소비량 저감, 대중교통 이용률 증대 및 도시공간의 활용성 제고가 가능한 기후변화 대응형 스마트 모빌리티 연계기술 개발과 이를 활용한 PRT 실용화<br>– PRT 개발을 위한 시스템 엔지니어링/하부시스템 등 세부 구성요소 기술 분석<br>– PRT 무인주행 연계기술 분석<br>– PRT 실용화 및 종합시험평가 기술개발<br>– PRT 실용화 검증을 위한 시범사업 구축방안 기획 |
| **추진 내용** | ○ 무인운전 제어기술의 성숙 및 사회적 요구에 따른 소형 무인운전 대중교통시스템(PRT)의 개발을 위한 시스템 엔지니어링<br>– 유지보수 및 시험시설 구성, 시스템운영 매뉴얼 개발, 미니트램(PRT) 시스템의 차량, 전력, 운행제어, 통신, 구조물 등의 하부시스템별 소프트웨어/하드웨어의 통합설치 및 기능구현에 따른 종합 시험 평가<br>– 시스템(차량 및 인프라) 구축을 통한 성능 및 시험평가 기준/절차서 개발<br>– 국내 · 외 자동차 및 신교통수단 관련 제도 검토 및 기준(안) 도출, 기준(안)에 따른 검증<br>○ 무인운전에 따른 주행안정성 및 쾌적한 승차감을 제공할 수 있는 소형의 경량 안전차체로 이루어진 차량 개발 및 검증<br>– 주요 구성장치 안정성 및 성능향상 기술 개발을 통한 무인운전 기술의 고도화/실용화를 위한 기반 마련(무인운전 관련 주요 핵심 부품의 국산화)<br>○ 단위지역의 분산된 통행수요를 흡수하는 새로운 교통수단인 미니트램의 네트워크 운행제어에 필요한 소프트웨어 및 하드웨어 기술개발 및 검증<br>○ 환경 친화적이고 경제적이며 에너지 효율이 우수한 미니트램 도입을 위한 선로 구조물의 핵심기술 확보 및 설계·제작·시공 기술개발 및 검증<br>– 이용자 편의 및 보행자 안전을 증진하기 위한 ICT기반 첨단 교통인프라 구축 기술개발<br>○ 차량에 효율적으로 전력을 공급하기 위한 하이브리드 배터리 시스템 개발 및 검증 |
| **예상성과물/스펙** | ○ 2030년~2040년 사이 부분적 자율주행 자동화(Level 3: Google Car) 단계로의 산업화가 진행될 것으로 예상되며, 이와 관련하여 제한된 조건(별도 노선 운행 및 중앙제어 등)에서의 기술(승차감, 안전성 등) 검증 및 초기 산업 생태계 조성<br>○ 차량의 소형화에 따른 수송용량의 한계를 극복하기 위한 고밀도 운행 및 대중교통의 고급화, 교통약자에 대한 편의 시설제공을 위한 첨단대중교통수단으로서 네트워크 노선 운영을 위한 무인 자동운행 핵심기술의 실용화<br>○ 기 확보된 분야별 핵심기술을 기반으로 시스템 측면에서의 S/W 및 H/W의 통합 및 운영의 신뢰성을 확보하기 위한 체계적인 연구 필요 |

<table>
<tr><th colspan="2">추진 방법</th></tr>
<tr><td>추진 체계</td><td>ㅇ 국내 PRT차량, 추진, 제동 기술 전문가 그룹을 구성하고 산학연 연계 및 정부 지원 하에 연구를 수행<br>ㅇ 시제품 제작 및 시험 평가를 위해 관련 산업체의 참여가 반드시 필요하며, 기초 요소기술 연구를 위한 대학 등의 연구기관 참여가 바람직함<br>ㅇ 연구내용의 검증 및 객관성 확보를 위해 외부 전문가 자문위원회 구성 및 운영하고, 연구내용의 기술적 · 정책적 · 경제적 보완사항에 대한 자문을 받을 것</td></tr>
<tr><td>사업기간</td><td>ㅇ 총 연구기간 : 4년</td></tr>
<tr><td>소요예산</td><td>ㅇ 정부출연금 350억원 이내
<table>
<tr><th>계</th><th>1차년</th><th>2차년</th><th>3차년</th><th>4차년</th></tr>
<tr><td>350</td><td>75</td><td>100</td><td>100</td><td>75</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="2">기대 효과</th></tr>
<tr><td>경제적 효과</td><td>ㅇ 경제산업적 측면<br>– 다양해진 수송수요의 처리와 친환경성, 경제성 등의 요구조건을 만족하기 위해 미래지향적이고 첨단화된 대중교통체계로의 전환 필요<br>– 자동화된 무인운전 대중 교통수단의 개발을 통한 교통 분야 IT · SW 개발관련 중소 · 중견 기업의 시장성 확대</td></tr>
<tr><td>사회적 효과</td><td>ㅇ 사회문화적 측면<br>– 2026년의 초고령화 사회 진입 및 교통약자(노인, 장애인 등)의 증가(총인구 대비 25%)에 대한 대비와 대중교통수단 이용 시 프라이버시 보호에 대한 요구 증가, 교통 체증의 감소와 수동조작으로 인한 사고의 경감 및 정부차원의 CO2 배출량을 감축하기 위한 방안으로 지속가능한 교통수단의 개발 필요<br>– 사회적 인식의 개선을 위한 안전성에 관한 법적 · 제도적 장치 마련과 시스템 인증, 시범운영 및 대중화를 위한 경제성 확보 방안 도출 필요</td></tr>
<tr><td>정책적 효과</td><td>ㅇ 미니트램은 타 교통수단에 비해 에너지 소비가 현저히 낮으며, 운영 현장에서 CO2 등의 방출이 없는 장점을 지니고 있음<br>– 자동차 : 2.38mj, 버스 : 1.65mj, 철도 : 2.02mj, PRT : 0.55mj의 에너지 소비로 철도에 비해 3.6배의 에너지 소비 감소효과가 예상됨(mj: MJoule Per Passenger Per Kilometer)(출처: Frost&Sullivan영국)<br>ㅇ 도심지 등에서의 8~9%의 교통 혼잡 완화 효과를 지님<br>– EU의 EDICT(Evaluation and Demonstration of Innovative City Transport) 프로젝트에 따르면, 대체적으로 8% 정도의 교통 혼잡 완화 효과를 지니는 것으로 예상됨<br>ㅇ 무인운전 기술의 단계별 개발을 통한 자율주행 관련 파생 산업의 조기실용화를 위한 기반 마련<br>ㅇ 신도시의 교통망 구축, 구도심지의 교통선진화를 통한 도시 경쟁력 확보 및 도시 교통 생태계 구축산업 분야에서의 기술우위 확보를 통한 미래시장 선점</td></tr>
</table>

# [철도차량 6] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 급속충전기반 ESS 추진 제어 기술(ESS 일체형 추진 인버터 등) |
|---|---|
| 기술 정의 | 효율적인 회생에너지 활용과 철도 전기에너지 저감을 위한 온보드 에너지저장시스템(ESS) 일체형 추진제어시스템 기술 개발 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도차량 | 도시 | 추진제어 | 하이브리드 추진기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 차량 | IoT | X |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | | ○ | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | | | | ○ |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | | ○ | ○ | |

| 글로벌 동향 | ㅇ 봄바르디어 사는 2003년 독일의 Manheim의 경전철에 전기이중층 커패시터를 탑재한 에너지저장장치를 선보였음<br>– 직류 가선전압 750V를 공급받아 운전되는 이 경전철은 저장대체 (1,900mm X 950mm X 450mm) x 2set의 크기를 갖고 954kg의 무게와 2kWh의 에너지를 저장할 수 있는 에너지 저장장치를 탑재<br>– 제동시 회수되는 전력을 차량에 저장하여 재사용하는 방식으로 기존 차량에 비해 20% 에너지를 절감하고 있음<br>ㅇ 독일의 지멘스사는 회생에너지 저장이 가능한 750V급 차량을 개발 및 시범 운영<br>– 회생에너지 저장이 가능한 750V 급 18kWh 용량의 고밀도 Ni-MH 배터리와 0.85kWh 용량의 슈퍼커패시터를 이용<br>– 운행 중 가선으로부터 에너지를 저장하고 가선이 없는 구간에서 저장된 에너지를 사용하는 방식의 차량을 개발하여, 포르투갈의 Almada와 Seixal간에서 운행하고 있음<br>ㅇ 알스톰사는 에너지저장장치로 750V 4kWh 용량의 Ni-MH 배터리를 탑재한 하이브리드 경전철을 프랑스 니스에서 최대속도 30km/h로 시운전에 성공하였음<br>– 최대 1km까지 무가선으로 운행을 할 수 있는 도심형자차량으로 정차역에서 충전하여 다음 역까지 저장된 전기에너지로 운행하는 방식임<br>– 제동시 발생하는 순간적인 에너지를 고속 충/방전하여 에너지를 절감하는 목적이 아니라 고밀도 배터리를 사용하여 무가선 구간에서 운행하기 위한 것 |
|---|---|
| 중점추진 필요성 | ㅇ 차량경량화 등 철도운영에너지를 최소화하고 효율적인 에너지 저장/분배로 철도에너지 효율화를 실현하며, 신재생에너지의 활용, 청정에너지를 추진원으로 활용하여 탄소배출 저감을 통한 지구온난화 방지 등 기후를 보고하고, 철도차량/인프라의 환경부하 최소화를 통한 지속가능한 친환경 철도 실현<br>– 대도시 집중화와 교통난 해소를 위한 대안으로 신규노선의 개발과 운영에 따른 철도분야의 전기에너지 사용량은 증가할 것으로 예측되므로 ESS 일체형 추진제어시스템의 개발로 전기사용량을 줄여야 할 것 |

| | |
|---|---|
| | ○ 전기에너지를 사용하는 전기동차의 효율향상을 위해, 기존의 직류직권 전동기의 저항제어 차량을 교류전동기와 인버터에 의한 회생제동 차량으로 대체하고 있으나, 차량에 탑재된 판토그래프, 변압기, 컨버터, 인버터 등의 전력변환기기의 효율 향상은 한계가 있음<br>– 전동차에서 발생된 회생에너지를 활용하여 에너지 절감을 극대화할 수 있는 ESS 일체형 추진제어시스템 개발이 절실함<br>○ 에너지 저장장치를 탑재할 경우 단지 차량 중량의 1/20 수준의 무게 정도만 증가하여 약 1.5% 정도 전력비가 증가하지만, 전동차 소비전력량 최대 15%를 절감 가능하여 차량 운행시 소요되는 전기에너지를 줄일 수 있는 장점이 있음 |

| 주요 내용 및 예상 성과 | |
|---|---|
| **과제 목표** | ○ 전동차에서 발생된 회생에너지를 활용하여 에너지 절감을 극대화할 수 있는 ESS 일체형 추진제어시스템 개발<br>– 기존 전동차 소비전력량 대비 약 15% 저감<br>– 기존 인버터+분리형 온보드 ESS 대비 경량화 (15% 중량 감소)<br>– 가선 전압 안정화 및 전력 품질 개선 |
| **추진 내용** | ○ ESS 기능탑재 전력변환장치 개발<br>– 차상 온보드 에너지저장장치 기능을 탑재한 하이브리드 전력변환장치 개발 (고효율/초소형 DC/AC 컨버터 개발)<br>○ 추진제어장치 탑재용 에너지저장장치 개발<br>– 기존 추진제어장치와 별도의 온보드 ESS를 탑재하여 사용하던 것을 추진제어 시스템에 일체형으로 ESS 기능을 탑재하기 위한 ESS 개발<br>○ 경량화를 위한 시스템 구조 소형화 기술 및 방열시스템 기술<br>– 기존 추진제어장치와 별도의 온보드 ESS를 설치하던 것을 일체형으로 개발함에 따라 시스템 구조의 경량화 기술 개발 및 방열시스템 기술 개발<br>○ 시스템 토플로지 및 제어알고리즘 개발<br>– ESS기능 탑재 전력변환장치에 대한 시스템 토플로지 및 제어알고리즘 개발<br>○ EMS(Energy management system) 개발<br>– ESS일체형 추진제어장치용 EMS 개발<br>○ 차량 시스템과의 인터페이스 기술<br>– 차량시스템과 ESS기능 탑재 전력변환장치의 인터페이스 기술 개발 |
| **예상성과물/ 스펙** | ○ 예상성과물<br>– ESS 일체형 추진제어시스템 시제품 제작<br>– ESS 기능을 구비한 고효율/초소형 DC–AC 컨버터 H/W, S/W 기본설계<br>– 시스템 상세설계<br>○ 스펙<br>– 전기에너지 저감 (기존 전동차 소비전력량 대비): 15%<br>– 전동차 중량 감소 (기존 인버터+분리형 온보드 에너지 저장시스템 대비): 15% |

<table>
<tr><th colspan="2">추진 방법</th></tr>
<tr><td>추진 체계</td><td>ㅇ 철도 관련 연구역량을 가진 기관이 주관이 되어 연구개발 추진<br>– 연구결과의 활용성 확보, 현장요구의 수용, 시험운전 및 시운전 관련 부분의 지원 및 문제해결을 위해서는 도시철도 관련 공기업과 연계 필요<br>– 제작·설계 관련 기술은 국내의 전력변환기 제조사, 저장매체 제조사 등이 컨소시엄을 구성하여 연구를 수행하고, 해석과 평가는 학계와 연구소가 수행, 앞서의 사용주체인 공기업의 3원체계로 단일화 및 객관화하는 연구체계 필요</td></tr>
<tr><td>사업기간</td><td>ㅇ 총 연구기간 : 4년</td></tr>
<tr><td>소요예산</td><td>ㅇ 정부출연금 60억원 이내
<table>
<tr><th>계(억원)</th><th>1차년</th><th>2차년</th><th>3차년</th><th>4차년</th></tr>
<tr><td>60</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>15</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="2">기대 효과</th></tr>
<tr><td>경제적 효과</td><td>ㅇ ESS 일체형 추진제어시스템 기술개발을 통해 기존 전동차 소비전력량 대비 약 15%를 절감하여, 국내 도시철도 전동차 적용 시 약 300억원(국내 8,398량 적용 시)의 전력요금을 절감할 것으로 기대<br>ㅇ 국산화 및 핵심기술 확보에 의한 해외의존도 감소 및 수입대체효과 예상</td></tr>
<tr><td>사회적 효과</td><td>ㅇ 에너지 절감이 가능한 추진제어시스템을 적용하여 전동차 운행에 필요한 전기를 절약할 수 있어 지구 온난화 주범인 CO2 배출가스 삭감에 기여할 수 있고, 삭감된 Co2 배출가스는 탄소배출권으로 획득이 가능하여 범 국가적 차원에서 전력비용 절감이 가능<br>– 회생 부하 환경에 기인하는 회생 실효나 회생 좁히기를 억제하기 위해서, 배터리 탑재에 의한 질량 증가에 따르는 소비 에너지 증대에 대하여, 회수 재이용 할 수 있는 에너지량이 상회하면 결과적으로 에너지 절약 됨</td></tr>
<tr><td>정책적 효과</td><td>ㅇ 전기에너지로 일원화되고 있고, 같은 하이브리드라도 엔진 방식이나 연료전지 방식과 다르고, 액체연료나 기체 연료를 다루지 않으므로 취급이 용이<br>– 도시환경 미관 개선 및 친환경 도시 개발 등 정책적 효과 제고</td></tr>
</table>

# [철도차량 7] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 철도전장품 상호호환성을 위한 개방형 통합제어시스템 플랫폼 기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 철도차량 전장제어기기의 상호호환성 및 유지보수성 향상을 위한 철도차량용 개방형 네트워크 프로토콜 및 기능안전 공통 제어플랫폼 개발 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도차량 | 도시 | 차체 및 설비 | 기타 차량설비기술 |
| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 | |
| | X | Iot | X | |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | | ○ | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | ○ | | | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | ○ | ○ | ○ | |

| 글로벌 동향 | ㅇ 철도차량 전장제어기의 주요 수요처인 유명 철도차량 제작사 및 철도차량 전장솔루션 업체를 중심으로 철도차량 전장제어기 시장을 주도하고 있음<br>ㅇ 유럽철도산업협회(UNIFE) 소속 제작사를 중심으로 철도차량내 통신 네트워크 장치 및 전장제어기기 관련 워킹그룹 활동 중<br>– UNIFE의 TCMS(Train Control Management System 워킹그룹 회원사로는 Alstom, Bombardier, CAF, EKE Electronics, ANIE, FarSystems, Harting, Knorr-Bremse(Selectron), Siemens, Talgo, UniControls, VDS, CAF, Vossloh, Faiveley 등 있음<br>ㅇ 국외 대형 철도차량 제작사 및 철도차량용 각종 전장제어기기 솔루션 제작사를 중심으로 각종 철도차량 종류에 공통으로 적용 할 수 있는 모듈형 전장제어 플랫폼 개발 및 적용이 가속화되고 있음<br>– 독일 MEN사, 미국 Artesyn사를 중심으로 철도차량을 포함한 국방, 항공, 원자력 등 다양한 기능안전 및 임무중심 제어기기 분야에 범용적으로 적용 가능한 공통제어 플랫폼 개발하고 공통제어 플랫폼과 실시간 운영체제(VxWorks, QNX, Linux RTOS), BSP(Board Support Package)를 통합 · 솔루션화하여 공통제어 플랫폼의 상품성을 향상시킴<br>ㅇ 국외의 경우 Bombardier, Siemens, Alstom 등의 대형 차량제작사 별로 차량 네트워크 프로토콜을 개발하여 적용 중에 있으며, 독일 MEN사, 미국 Artesyn사 등 일반응용(GA)수준의 안전성이 인증된 공통 플랫폼을 활용하여, 철도차량 전장제어기 분야를 선점하고 있음 |
|---|---|
| 중점추진 필요성 | ㅇ 국내의 경우 프로젝트별/제작사별 신규 제어기를 개발하거나 국외 제품을 도입함에 따라 개발비용/시간 추가, 다품종 제어기 개발로 철도차량 전장제어기의 품질 및 상호호환성이 저하되는 단점이 있으며, 국외기술의 국내시장 잠식 등의 문제도 발생 |

| | |
|---|---|
| | – 차량 전장장치간 네트워크 프로토콜은 국내 제작사의 지적 재산권이 적용되어 차량 개보수시에도 특정 제작사에 의존되는 폐쇄적인 구조<br>ㅇ 철도차량 기술기준에 의하여, 차량제어기 안전성 표준 강화로 인해 제작사별로 신뢰성, 안전성 개발환경 구축, 안전인증취득을 위한 컨설팅 및 인증비용의 중복 발생으로 제조기업의 국내외 경쟁력 악화로 인한 제품의 품질과 안전부실화 우려<br>ㅇ 철도차량 전장장치간 개방형 네트워크 및 각종 차량제어 분야에 공통으로 적용 가능한 기능안전성이 확보된 공통 제어플랫폼 개발을 통해 차량 전장장치간 상호호환성 확보 및 유지보수성의 개선이 가능하며, 전체적인 철도차량 안전성의 대폭적인 개선이 가능 |

| 주요 내용 및 예상 성과 | |
|---|---|
| **과제 목표** | ㅇ 철도차량 전장제어기기의 상호호환성 및 유지보수성 향상을 위한 철도차량용 개방형 프로토콜 및 기능안전 공통 제어플랫폼 개발<br>– 철도차량 전장제어기기간 상호호환성을 갖는 개방형 네트워크 프로토콜 개발<br>– 개방형 네트워크 프로토콜을 준수하고, 기능안전성이 인증된 차량제어용 공통 제어플랫폼 개발<br>– 철도차량 실차 테스트베드 구축기술 |
| **추진 내용** | ㅇ 철도차량 전장제어기기간 상호호환성을 갖는 개방형 네트워크 프로토콜 개발<br>– IEC 61375 규격기반 상호호환 가능한 차량 내부 네트워크 개발<br>– IEC 61375 Conformance Testing(Certification) 기반 검증시험기 개발<br>– 철도차량 전장제어기 상호호환을 위한 인터페이스 프로토콜 KRS 규격화<br>– IEC 61375 국제 표준화 활동<br>ㅇ 개방형 네트워크 프로토콜을 준수하고, 기능안전성이 인증된 차량제어용 공통 제어플랫폼 개발<br>– (개방형 네트워크 프로토콜 지원) 고성능 기능안전 공통플랫폼 개발(CPU/입출력/확장모듈)<br>– (개방형 네트워크 프로토콜 지원) 보급형 기능안전 공통플랫폼 개발(CPU/입출력/확장모듈)<br>– 철도차량 전장제어 공통플랫폼 기능안전성 검증 및 인증(GA 및 SA)<br>– (개방형 네트워크 프로토콜 지원) 기능안전 공통플랫폼 실차적용 제어기 개발 및 실차 적용<br>ㅇ 철도차량 실차 테스트베드 구축기술<br>– 실차 테스트베드 설계시공기술<br>– 실차 테스트베드 운영제어기술 |
| **예상성과물/스펙** | ㅇ 시제품: 철도차량 전장제어기기간 상호호환성을 갖는 개방형 네트워크 프로토콜<br>– 철도차량 네트워크 시스템 및 국내 표준규격화(KRS)<br>(제작사 프로토콜 ⇒ IEC 61375 기반 개방형 표준화제품) |

| | |
|---|---|
| | ㅇ 시제품: 차량제어 전장장치용 기능안전인증 공통 제어플랫폼(CPU/IO/확장모듈 등)<br>– 철도차량 각종 전장장치 제어기기 시장 대체(국외제품 ⇒ 국산 표준화제품) (CPU모듈/IO모듈/확장모듈 등)<br>ㅇ 예상성과물<br>– 개방형 프로토콜 및 KRS 규격(안)<br>– 개방형 프로토콜 검증 시험기<br>– 철도차량 전장제어기 기능안전 공통 플랫폼<br>– 철도차량 기술기준(안)<br>– 실차 적용 제어기, 기능안전 인증서 (GA/SA)<br>– 철도차량 실차 테스트 베드 |

| 추진 방법 | |
|---|---|
| **추진 체계** | ㅇ 공통플랫폼 실용화를 위해 다양한 분야(산·학·연)로 참여기관을 구성<br>ㅇ 성능별 공통플랫폼의 연구결과는 실용화를 위해 하드웨어(PCB 도면 및 부품리스트), 소프트웨어(실행코드), 안전인증서를 협의체에 참여한 기업을 대상으로 공개<br>ㅇ 참여기관은 공통플랫폼의 소프트웨어(소스코드)와 안전인증 취득을 위한 평가문서에 대한 소유권을 가짐<br>ㅇ 참여기관은 세부과제 별로 안전인증취득 또는 컨설팅, 철도차량관련 제어기 개발 및 제조실적이 있는 기관으로 구성 |
| **사업기간** | ㅇ 총 연구기간 : 5년 |
| **소요예산** | ㅇ 정부출연금 300억원 이내 |

| 계(억원) | 1차년 | 2차년 | 3차년 | 4차년 | 5차년 |
|---|---|---|---|---|---|
| 300 | 30 | 80 | 80 | 60 | 50 |

| 기대 효과 | |
|---|---|
| **경제적 효과** | ㅇ 품질안전이 검증된 표준플랫폼의 실용화를 통해 현재 제작사별 개발과 독립안전성 평가에 소요되는 비용은 물론 구성품 단위 안전인증을 취득한 핵심 하드웨어와 운영체제의 중복 사용 비용의 절감 예상<br>– 신호장치의 경우, 국내 기업들이 형식승인 및 해외 진출을 위한 국제표준에 부합한 제어기의 공통플랫폼 활용을 통해 기업별 약 5억원의 인증취득 및 준비 비용 절감 추정 |
| **사회적 효과** | ㅇ 고안전 제어기가 철도 전체 전장품으로 사용이 확산됨에 따라 안전한 철도 운행을 통해 철도관련 대형사고 예방 및 공공시설에 대한 믿음 확산에 기여<br>– 안전관련 철도 이외의 분야(발전소 등)에 활용 가능 |
| **정책적 효과** | ㅇ 해외 기업에서 판매하는 고가의 고안전제어기 국내 도입 비용 대비 국산기술을 바탕으로 비용 절감 가능과 개발된 고안전 제어기의 국외 수출 가능<br>– 국가경쟁력 향상에 기여 |

# [철도차량 8] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 고용량 대출력 철도용 희토류저감형 영구자석동기 전동기기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 철도차량 차량용 추진 시스템으로 적용하기 위한 희토류 저감형 동기 전동기의 설계/해석/성능예측 및 구동제어 인버터의 설계/제작/제어 기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도차량 | 고속 | 추진제어 | 전동기 기술 |
| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 | |
| | 차량 | X | X | |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | | ○ | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | | | | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | ○ | | | |

| | |
|---|---|
| 글로벌 동향 | ㅇ 해외에서는 소형 경량화 및 소비전력량 저감, 우수한 유지보수성 및 소음 특성을 갖춘 영구자석 동기전동기(PMSM : Permanent Magnet Synchronous Motor)에 대한 수많은 연구 개발이 진행 중이며, 이를 토대로 다양한 철도견인용 전동기의 개발 진행 중<br>– 희토류 저감형 영구자석 동기전동기의 경우 희토류 생산국(중국이 전세계 매장량의 50% 이상 보유)의 전략물자화 및 가격상승의 문제로 전기차 분야에서 기술개발이 활발히 진행<br>– 5상 이상의 다상 추진시스템은 유럽의 Infineon, Volkswagen에서 전기자동차 추진시스템으로 개발중이며, 미국 Oak Ridge Lab.에서 하이브리드 자동차용 5상 인버터 적용<br>– 희토류 저감형 영구자석 동기전동기를 기본으로 한 다상 추진시스템의 경우, 아직 상용화 사례는 없으나 높은 신뢰성과 고효율의 장점이 있어 전기 추진시스템의 기술적 대안으로 각국에서 연구 진행 중<br>ㅇ 일본의 경우 신소자 및 영구자석 동기전동기를 채용한 추진시스템을 적용하여 철도차량의 운행효율을 향상시키는 노력을 지속적으로 추진 |
| 중점추진 필요성 | ㅇ 기존의 철도차량용 구동 장치는 주로 3상 유도전동기 시스템으로 구성되어 낮은 효율과 큰 부피를 가짐<br>– 대부분의 철도 선진국들은 영구자석을 이용한 동기전동기를 적용하여 높은 효율과 출력밀도를 갖는 추진시스템을 개발하여 적용 중임<br>ㅇ 최근 철도차량 견인전동기로 고효율, 경량화가 가능한 영구자석 동기전동기(PMSM)로의 개선 연구가 활발히 진행되고 있으나, 희토류 영구자석의 가격상승과 저온에서의 영구자석 성능 저하에 따른 희토류 저감형 동기전동기의 개발 필요<br>ㅇ 기존의 3상 구동 인버터는 고장에 취약한 구조를 가지고 있으므로 추진시스템의 안정성 향상과 고장 발생 시 3상으로 전환하여 비상운전 모드로 구동이 가능한 5상 시스템 도입이 필요함 |

| 주요 내용 및 예상 성과 | |
|---|---|
| 과제 목표 | ㅇ 동력분산형 고속열차용 고효율, 고안정성 5상 희토류 저감형 동기전동기 및 인버터 개발<br>– 유도기 적용 추진시스템 대비 운행 효율 3% (90% → 93%) 향상 및 25% 경량화 (530kg→400kg) |
| 추진 내용 | ㅇ 희토류 저감형 동기전동기 기술<br>– 희토류 저감형 동기전동기 설계 및 해석 기술<br>– 희토류 저감형 동기전동기 제작 및 성능평가 기술을 포함<br>– 450kW급 분산형 고속열차용 5상 희토류 저감형 동기전동기기술 개발<br>ㅇ 5상인버터 설계 및 전동기 구동 기술<br>– 희토류 저감형 동기전동기 제어 및 5상 인버터 설계/제작 기술<br>– 인버터 비상운전을 고려한 회로 설계 및 제작, 성능평가 기술<br>– 500kW급 분산형 고속열차용 5상 인버터기술 개발<br>ㅇ 운용기술 및 성능검증 기술 개발<br>– 1C1M형 5상 추진시스템 제어/운영 시나리오 개발<br>– 1C1M형 5상 추진시스템 차량 및 전력시스템 연계 기술 개발<br>– 1C1M형 5상 추진시스템 구성품 및 시스템 조합시험/종합인터페이스시험, 실차 시험을 통한 단계별 성능 검증 및 인증을 기준개발, Test-bed 구축 및 성능평가 |
| 예상성과물/ 스펙 | ㅇ 450kW급 희토류 저감형 영구자석 동기전동기 사양<br>– 토크 (Nm) : 2100 max<br>– 회전속도 (rpm) : 5,000 max<br>– 효율 (%): 96 이상<br>– 출력 밀도 (kW/kg): 0.9 이상<br>– 온도 및 절연 성능: H 종 (180 ℃ 이하)<br>ㅇ 500kW급 5상 인버터 사양<br>– 효율 (%) : 95 이상<br>– 제어정밀도 (%) : 98 이상<br>– 결함진단 및 수명예측 정확도 (%) : 95 이상 |

| 추진 방법 | |
|---|---|
| 추진 체계 | ㅇ 산학연 협동 및 단계별 기술개발 추진<br>– 주관기관: 기술개발 총괄<br>– 대학 및 연구기관: 세부기술별 핵심기술 개발<br>– 개발업체: 시제품 제작 및 핵심기술 실용화 기술연구<br>– 전문기관/운영기관: (전문기관)법/제도 개선 지원 및 시험 인프라 지원 (운영기관)제품인증, 표준규격서 |

<table>
<tr><td>사업기간</td><td>○ 총 연구기간 : 5년</td></tr>
<tr><td>소요예산</td><td>○ 정부출연금 120억원 이내
<table>
<tr><th>계(억원)</th><th>1차년</th><th>2차년</th><th>3차년</th><th>4차년</th><th>5차년</th></tr>
<tr><td>120</td><td>15</td><td>26</td><td>38</td><td>23</td><td>18</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

| 기대 효과 | |
|---|---|
| **경제적 효과** | ○ 기존의 자기 통풍식 견인전동기가 가지고 있는 유지보수 문제 해결이 가능하여 경제적인 추진시스템 구축 가능<br>○ 고효율 추진시스템 구성에 의해 운영기관의 에너지 비용 절감<br>○ 철도차량의 하중저감에 의한 인프라 시공 및 유지보수 비용 저감<br>○ 전기철도의 핵심인 추진시스템의 고도화에 의한 고부가가치 창출 및 해외 수출시 경쟁력 강화<br>○ 철도차량업체의 인력 고용 향상과 경기부양 효과 기대 |
| **사회적 효과** | ○ 요소기술의 국산화 및 제어기법은 향후 철도분야 및 타 산업분야에 다양하게 응용될 미래첨단기술개발의 발판이 됨<br>○ 각종 산업 현장에서 사용되는 유도전동기가운데 설비 소형화 및 고효율화가 중요한 분야에 다상 희토류 저감형 동기전동기 적용을 통한 관련 설비 소형화 및 고효율화 가능<br>○ 학계 및 산업계 대용량 철도 추진시스템 관련 인력 확충 |
| **정책적 효과** | ○ 정부의 철도망 확충 및 녹색교통과 연계 시너지효과 극대화 |

# [철도차량 9] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 하이퍼튜브 초고속철도 기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 아진공 튜브 안을 시속 1,000km 이상의 속도로 주행하는 핵심 거점간(Point-to-Point) 초고속 신개념 교통 시스템 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도차량 | 고속 | 차량시스템 | 미래 차량시스템 (초고속분야) |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 차량 | - | O |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | ○ | | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | | | | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | ○ | | | ○ |

| 글로벌 동향 |
|---|
| ㅇ (미국) SpaceX 社<br>– Elon Musk 하이퍼루프 개념 최초 제안(2013)<br>– LA · 샌프란시스코(610Km) 구간에 민간투자로 건설 제안<br>ㅇ (미국)Virgin Hyperloop One 社<br>– 2014년 창립 이후 3억불(3,600억원) 민간 펀드 확보<br>– 300여명의 전문 기술자 전담<br>– 네바다 사막 시험선(500m) 건설 및 384km/h 속도 달성<br>ㅇ (미국) HTT(Hyperloop Transportation Technology) 社<br>– 1억불(1,200억원)의 민간 펀드 확보<br>– 공동기금/공동연구방식으로 시험선 개발 중<br>ㅇ (캐나다) TransPod 社<br>– 전문 기술자 30여명, 캡슐차량 개발 중<br>ㅇ (프랑스) 생테티엔 국립대, 톨루즈 市<br>– 리옹-생테티엔 노선 타당성 검토(TransPod 社와 협력 도모)<br>– HTT 社 시험선 건설<br>ㅇ (중국) 중국우주과학공업그룹 및 서남교통대<br>– 4,000km/h 아진공 튜브트레인 개발 중 |
| 중점추진 필요성 (기술 선정이유) | ㅇ 4차 산업혁명의 초연결사회(Hyper Connected Society) 구현을 위한 5세대 초고속 운송수단 필요<br>– 자율주행차, IoT, AI 와 연계하여 초고속 door-to-door 운송 구현<br>– 공간 이동시간을 대폭 단축함으로써 고속화/정보화 시대를 선도 |

| | |
|---|---|

| 1세대 : 선박 | 2세대 : 기차 | 3세대 : 자동차 | 4세대 : 항공기 |
|---|---|---|---|
| – 속도 느림<br>– 선박사고 환경 문제 | – 가감속 성능 한계<br>– 탄력적 운행 어려움 | – 기존도로 포화(정체)<br>– 대기 환경 오염 | – 접근성 낮음<br>– 수속 및 이/착륙시간 과다<br>– 날씨 영향 큼 |

○ 추종자(Follower)가 아닌 선도자(First Mover)로서 세계를 선도하는 교통 신기술 필요

– 국가 과학기술의 상징성 제고 및 산업 성장동력의 기반 구축

– 세계 최초 하이퍼튜브 실용화 기술선점을 통한 신산업 시장 선도

○ 고속철도 수송량 포화로 신설노선, 해저노선(목포–제주, 한국–일본, 한국–중국), 남북 및 대륙 고속 운송선에 대한 선제적 대응 필요

– 2014년도 경부 KTX 여객 이용율은 103%로 이미 포화 상태

– 관광 및 국가교류 활성화로 제주 및 일본 · 중국 해저노선에 대한 잠재 수요 증대

| 주요 내용 및 예상 성과 | |
|---|---|
| **과제 목표** | ○ 항공기 수준 이상의 안전성을 지니며 1,000 km/h 이상의 속도로 아진공 튜브 가이드웨이를 주행하는 초고속 신개념 육상교통인 하이퍼튜브 시스템 기술 개발 |
| **추진 내용** | ○ SE 및 HTX 운영/안전 기술 개발<br>– 아진공 상태 공력 및 HTX 시스템 인터페이스기술<br>• 시스템 운영 및 인터페이스 설계 기술<br>• 아진공 공력시스템 통합설계 기술<br>• 시험선 구축 및 시험 총괄 기술<br>– 아음속 육상 신교통 운영기술<br>• 교통수단간 원활한 연계 운영기술<br>• 하이퍼튜브 서비스 네트워크 및 운영 기술<br>– HTX 시스템 안전기술<br>• 하이퍼튜브 지능형 IoT 디바이스 및 플랫폼 기술<br>• 하이퍼튜브 안전 응용기술<br>○ HTX 차량 기술 개발<br>– 아음속 LSM 추진기술<br>• 시스템 LSM 추진 제어 기술<br>• 캡슐 차량 이동위치 실시간 검지기술<br>• 공심형 초전도 LSM 설계기술<br>– 냉동기 분리형 초전도 EDS 부상기술<br>• 자기부상용 지상 전자레일 기술<br>• 자기부상용 고온 초전도 전자석 시스템 기술<br>– HTX 캡슐차량 기술<br>• 캡슐차량 주행안정화 기술 |

| | |
|---|---|
| | • 차체 구조 및 기밀유지 기술<br>ㅇ HTX 인프라 기술 개발<br>– 아진공 튜브 및 초고속 가이드웨이 기술<br>• 아진공 튜브 기술<br>• 초고속 가이드웨이 인프라 기술<br>• 역사 디자인 기술<br>– HTX 전력 시스템 기술<br>• 대용량 급전시스템 및 전력변환시스템 기술<br>• 신재생 에너지 연계 기술<br>• 무선급전 기술<br>ㅇ HTX 운행/통신 기술 개발<br>– 아음속 운행 제어 기술<br>• 다수 차량 경로생성 및 차량 속도제어 기술<br>• 차량운행 모니터링 및 안전거리 유지 기술<br>– HTX 초고속 데이터통신 기술<br>• 초고속 저지연 무선전송기술<br>• 하이퍼튜브 이동성 관리 기술 |
| **예상성과물/ 스펙** | ㅇ 단계별 성과물<br>– 1단계(3년) : 하이퍼튜브 핵심원천 기술 확보 (핵심요소기술에 대한 실험모델)<br>– 2단계(4년) : 화물용 하이퍼튜브 개발 (시속 1,000km, 3km 시험선)<br>– 3단계(6년) : 승객/화물 겸용 하이퍼튜브 개발 (시속 1,000km, 20km 시험선)<br>ㅇ 개발 사양<br>– 속도<br>• 설계최고속도 : 1,200 km/h<br>• 운행최고속도 : 1,000 km/h<br>– 가감속도<br>• 정상 운행 시 : 4.9 m/s2 (0.5 g) 이상<br>• 비상 제동 시 : 6.9 m/s2 (0.7 g) 이상<br>– 운전시격 : 2분 이내<br>– 튜브 감압 성능<br>• 전체 튜브 감압 (대기압 → 0.001 기압) 소요 시간 : 24시간 이내<br>※ 튜브길이 : 680 km (= 340 km × 2) 기준<br>• 감압실 감압 (대기압 → 0.001기압) 소요 시간 : 30초 이내<br>※ 튜브길이 : 30 m 기준 |

<table>
<tr><th colspan="2">추진 방법</th></tr>
<tr><td>추진 체계</td><td>○ 주관 : 철도전문 연구기관<br>– SE 및 HTX 운영/안전 기술 : 철도 연구기관 및 해당분야 유관 출연연 / 대학<br>– HTX 차량 기술 : 철도 연구기관 및 해당분야 유관 출연연 / 대학<br>– HTX 인프라 기술 : 철도 연구기관 및 해당분야 유관 출연연 / 대학<br>– HTX 운행/통신 기술 : 철도 연구기관 및 해당분야 유관 출연연 / 대학</td></tr>
<tr><td>사업기간</td><td>○ 총 연구(개발)기간<br>– 1단계(3년) : 2019~2021(예상)<br>– 2단계(4년) : 2022~2025(예상)<br>– 3단계(6년) : 2026~2031(예상)</td></tr>
<tr><td>소요예산</td><td>○ 총예산 8,000억원 이내
<table>
<tr><th>계</th><th>1차년</th><th>2차년</th><th>3차년</th><th>4차년</th><th>5차년</th><th>6차년</th></tr>
<tr><td>8,000</td><td>300</td><td>350</td><td>350</td><td>500</td><td>600</td><td>600</td></tr>
</table>
<table>
<tr><th>7차년</th><th>8차년</th><th>9차년</th><th>10차년</th><th>11차년</th><th>12차년</th><th>13차년</th></tr>
<tr><td>500</td><td>500</td><td>1,000</td><td>1300</td><td>1000</td><td>600</td><td>400</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="2">기대 효과</th></tr>
<tr><td>경제적 효과</td><td>○ 관련 산업의 성장 및 신산업 창출<br>– 철도산업 세계시장 규모는 2014년 223조에서 2025년 610조원으로 성장<br>– 하이퍼튜브의 세계시장 규모 : 100여개국 2,600노선 (2경 3,438억원)<br>※ Virgin Hyperloop One 추정치</td></tr>
<tr><td>사회적 효과</td><td>○ 서울 · 부산 간 20분대로 주행하여 전국을 30분대 도시생활권으로 혁신<br>– 국민 편익 증진 및 고속화/정보화 시대 선도<br>– 지역간 교육 · 문화 · 주거환경 격차 해소</td></tr>
<tr><td>정책적 효과</td><td>○ 지역 불균형 해소 및 국토공간의 효율적 이용 가능<br>– 도시 집중화 문제 해결 및 국토 균형 발전</td></tr>
</table>

# [철도차량 10] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 철도차량용 마그네틱 추진제어시스템 기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 미래형 철도차량용 구동장치는 마그네틱 기어 기술이 적용된 비접촉식 감속기와 영구자석형 동기전동기가 일체화되어 기어비 만큼의 속도 차이가 발생되는 2중 회전자를 갖는 마그네틱 기어드 동기전동기를 철도차량용 구동장치로의 적용을 위한 실용화 기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도차량 | 고속 | 추진제어 | 전력변환 기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 차량 | X | X |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | ○ | | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | | | | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | ○ | | ○ | |

| 글로벌 동향 | ㅇ 국내는 물론 해외에서도 마그네틱 기어 및 마그네틱 기어드 동기전동기가 견인전동기용으로 실용화된 사례는 없는 상황<br>ㅇ 철도 분야에서는 아직 마그네틱 기어나 마그네틱 기어드 동기전동기의 개발 사례가 없으며, 여전히 기계식 감속기와 견인전동기를 구동시스템으로 사용하고 있으며. 기계식 감속기 시장은 거의 유럽(독일)의 감속기 제작사인 VOITH에 의해 주도되고 있음<br>– VOITH사는 최근 고속철도용 감속기로 최고속도 440km/h까지도 주행이 가능하도록 개발을 하였으며, 그 이상의 속도대역까지도 주행이 가능하며, 알루미늄 케이스를 적용하여 신뢰성이 향상된 감속기 개발도 진행하고 있는 상황 |
|---|---|
| 중점추진 필요성 | ㅇ 기존의 철도차량용 구동 장치는 견인전동기, 1단 또는 2단의 기계적 감속기와 휠로 구성되어 시스템이 복잡함<br>– 기존 구동장치 구조가 복잡하여 시스템의 크기/무게 줄이는데 한계가 있음<br>– 감속기의 Transmission Oil 누수 및 기어 치 마모에 따른 유지보수 비용 증가 초래 : 감속기 불량으로 인한 장애 사례 : 21건 (KTX, 2004 ~ 2014)<br>– 유도전동기 적용에 따른 저효율 (최대 92%) 문제와 기계적 감속기로 인한 추가적인 동력손실 존재 (약 3%)<br>– 철도차량에 따라서는 구동장치에 Overload Protection을 위한 추가적 장치가 필요함<br>ㅇ 최근 철도차량 견인전동기로 고효율, 경량화가 가능한 영구자석 동기전동기(PMSM)로의 개선 연구가 활발히 진행되고 있지만 여전히 기계적 감속기를 사용하는 구조<br>ㅇ 따라서, 마그네틱 기어와 영구자석 동기전동기를 구조적으로 일체화시킨 마그네틱 기어드 동기전동기의 핵심기술 개발이 필요함 |

| 주요 내용 및 예상 성과 | |
|---|---|
| 과제 목표 | ○ 도시철도차량 경량화를 위한 신개념 구동용 210kW급 마그네틱 기어드 동기전동기 기술 개발<br>– 개발품 상세설계 및 시제품 제작<br>• 목표 토크 및 회전속도 : 고속부 402Nm, 5000rpm / 저속부 2312Nm, 870rpm<br>• 목표 효율 및 출력밀도 : 92%(감속 기어부 포함), 기존 대비 15% 이상 개선<br>– 시제품의 실 대차 적용 및 실차 조건 성능시험/실용화 기술 개발 |
| 추진 내용 | ○ 210kW급 마그네틱 기어드 동기전동기의 설계/해석 기술 개발<br>– 210kW급 마그네틱 기어드 동기전동기의 기초/상세 및 최적 설계 기법 개발<br>– 마그네틱 기어드 동기전동기의 효율 및 출력밀도 향상 기법 개발<br>○ 210kW급 마그네틱 기어드 동기전동기의 제어 알고리즘 및 구동 드라이버 기술 개발<br>– 210kW급 마그네틱 기어드 동기전동기 구동을 위한 전용 제어 알고리즘 기술 개발<br>– 백러쉬가 없는 고정밀 제어기법 개발<br>– 구동용 드라이브의 효율 및 출력밀도 향상 기법 개발<br>○ 210kW급 마그네틱 기어드 동기전동기의 구조 및 냉각성능 확보 기술 개발<br>– 210kW급 마그네틱 기어드 동기전동기의 2중 회전자부 기구 설계 기술<br>– 냉각시스템 및 하우징 설계 기술<br>○ 210kW급 마그네틱 기어드 동기전동기의 철도차량용 구동장치 적용을 위한 단품/실차 적용 성능평가 및 실용화 기술 개발<br>– 대차시스템 연계 인터페이스 기술 (윤축일체형 기술 개발)<br>– 시제품의 단품 및 조합 성능시험 및 평가 기술<br>– 시제품의 실 대차 적용 실차 조건에서의 성능평가 기술 |
| 예상성과물/스펙 | ○ 210kW급 마그네틱 기어드 동기전동기의 설계/해석 기술 개발<br>– 목표 토크 및 회전속도 : 고속부 402Nm, 5000rpm / 저속부 2312Nm, 870rpm<br>– 목표 효율 및 출력밀도 : 92%(감속 기어부 포함), 기존 대비 15% 이상 개선<br>○ 210kW급 마그네틱 기어드 동기전동기의 제어 알고리즘 및 구동 드라이버 기술 개발<br>– 목표 효율 및 출력밀도 : 95% 이상, 기존 대비 20% 이상 개선<br>○ 210kW급 마그네틱 기어드 동기전동기의 구조 및 냉각성능 확보 기술 개발<br>– 강성 및 온도 성능 목표 : 고속 회전부 5000rpm / H종 절연성능 확보(한계 180℃)<br>○ 210kW급 마그네틱 기어드 동기전동기의 철도차량용 구동장치 적용을 위한 단품/실차 적용 성능평가 및 실용화 기술 개발<br>– 주행속도 100km/h 까지 성능 확보 |

<table>
<tr><th colspan="2">추진 방법</th></tr>
<tr><td>추진 체계</td><td>ㅇ 산학연 협동 및 단계별 기술개발 추진<br>– 산학연의 역할분담 및 관련 전문가 · 전문기관 협력체계 구축<br>– 개념설계를 통한 시제품 사양 결정 및 아키텍처 개발<br>– 핵심기술에 대한 시제품의 설계 · 제작 · 시험 추진<br>– 시험평가를 통한 기술 실용화 가능성 검증<br>ㅇ 새로운 추진시스템의 적용과 테스트베드 구축/운영을 위해 철도 운영기관 참여 유도<br>ㅇ 국외 전문가 활용 등을 통한 선진기술 습득 및 연구결과 검증을 위하여 다양한 분야의 전문가 활용</td></tr>
<tr><td>사업기간</td><td>ㅇ 총 연구기간 : 5년</td></tr>
<tr><td>소요예산</td><td>ㅇ 정부출연금 60억원 이내
<table>
<tr><th>계</th><th>1차년</th><th>2차년</th><th>3차년</th><th>4차년</th><th>5차년</th></tr>
<tr><td>60</td><td>10</td><td>10</td><td>10</td><td>15</td><td>15</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="2">기대 효과</th></tr>
<tr><td>경제적 효과</td><td>ㅇ 기존의 기계식 감속기가 가지고 있는 유지보수 문제 해결이 가능하여 경제적인 추진시스템 구축이 가능<br>ㅇ 하중저감에 의한 인프라 시공 및 유지보수 비용 저감 가능<br>ㅇ 전기철도의 핵심인 추진시스템의 고도화에 의한 고부가가치 창출 및 해외 수출시 경쟁력 강화</td></tr>
<tr><td>사회적 효과</td><td>ㅇ 견인전동기 및 전장품, 감속기 관련 설계/제어/시험평가 전문인력 양성<br>ㅇ 학계 및 산업계 대용량 철도 추진시스템 관련 인력 확충<br>ㅇ 향후 상용 전기차(버스, 트럭 등)에 활용 가능</td></tr>
<tr><td>정책적 효과</td><td>ㅇ 정부의 철도망 확충 및 녹색교통과 연계 시너지효과 극대화<br>ㅇ 철도차량업체의 인력 고용 향상과 경기부양 효과 기대</td></tr>
</table>

# [철도차량 11] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트램용 관절장치 기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 저상트램용 관절장치는 차량간 연결 목적 뿐만 아니라 승객을 위한 내부공간 확보를 목적으로 하는 비대차 차량의 하중을 지탱해야하는 복합기능을 가지고 있는 중요부품으로 승차감 확보를 위해 아주 중요하고 필수적 부품에 해당하는 기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도차량 | 신교통 | 차체 및 설비 | 연결기 및 완충장치 기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | X | X | O |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | | ○ | ○ |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | | | | ○ |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | | | | ○ |

| | |
|---|---|
| 글로벌 동향 | ㅇ 유럽, 아시아, 미주 등 전 세계적으로 388개 도시에서 트램 운행 중<br>– 현대식 노면전차의 부흥은 1980년대 이후 프랑스 소도시로부터 시작되어 유럽 전역 대도시권으로 점차 확대<br>– 2000년 이래 78개 시스템이 새롭게 운행을 시작하였으며, 현재 건설 중이거나 계획 중인 노선 또한 다수 존재<br>ㅇ 현재 저상용 트램 관절장치는 독일의 Hubner가 전 세계시장의 가장 많은 부분을 차지하여 인지도가 높은 편이고, 중국 등 일부 국가 등에서 나머지 시장을 나누고 있는 실정 |
| 중점추진 필요성 | ㅇ 트램관련 핵심 부품장치들의 국내 산업생태계가 미비하여 해외업체의 부품수입에 전량 의존해야만 하는 실정<br>– 해외 수많은 국가에서 저상트램용 관절장치의 독자적 모델을 보유하고 있으나 국내의 경우 핵심부품의 개발이 제대로 이루어지지 않고 있음<br>– 글로벌 시대에서 신규시장을 개척해 나가기 위해서는 경쟁력 있는 국산화 모델을 독자적으로 개발해야 함<br>ㅇ 현대 로템에서는 이미 트램의 수출을 진행한 상태이며, 그중 관절장치는 수입품으로 적용되어 있어, 고가의 관절장치를 그대로 수입하여야 함<br>– 향후 국내 도입될 트램에도 수입품이 그대로 적용되면 국고유출 등 막대한 경제적 손실 야기 |

| 주요 내용 및 예상 성과 | |
|---|---|
| 과제 목표 | ○ 고강도 및 경량화를 위한 모듈형 저상트램용 관절장치 개발<br>– 트램 곡선 추종성 기술 확보<br>– 단위부품별 시제품 제작 및 성능검증<br>– 관절장치 성능평가 기술 확보<br>– 생산기술 및 제품경쟁력 확보 |
| 추진 내용 | ○ 트램곡선 추종성 기술 확보<br>– 관절장치 상하연동기 구부 설계 기술 개발<br>– 고강도 고내구성 관절장치용 베어링부 개발<br>– 운행환경 곡선반경 차량 제원에 따른 관절장치 시스템엔지니어링 기술개발<br>– 회전 성능극대화 기술(측정지그 및 인터페이스 설계 기술)<br>○ 단위부품별 시제품 제작 및 성능검증<br>– 부품별 (상하부 관절장치, 베어링부, 댐퍼부) 시제품 제작<br>– 부품별 CAE를 통한 엔지니어링 기술 확보<br>– 경량화 설계 기술 확보<br>○ 관절장치 성능평가 기술 확보<br>– (부품규격서 작성) 향후 발주처 구매사양 및 정부기관 법제화 대비<br>– 정하중강도 및 내구성 피로강도 성능 평가 기술<br>– (충격성능평가) 사고 시 차량기지까지 안전하게 구원할 수 있도록 내충격성 평가<br>– (충격량 산정) EN 15227에 의해 충돌사고시 충격량 산출<br>– (곡선 추종성 현차시험) 곡선구간 반경 25미터, 반경 50미터 등에서 실차 장착 시험<br>– (내구성 현차시험) 최대속도 70km/h 1,000km 안전성에 대한 모니터링 평가 기술<br>○ 생산기술 및 제품경쟁력 확보<br>– (생산성 연구) 양산체계 최적화<br>– (가격경쟁력 확보) 생산성 및 경제적 제작 방안 확보<br>– (수입품 대체) 가격경쟁력 및 마켓팅 |
| 예상성과물/스펙 | ○ 예상성과물: 저상트램용 관절장치 국산화 개발 및 실차 평가, 평가기준 확립<br>– 회전성능: 42 degree (세계최고수준: 37 degree)<br>– 곡선추종성: 25m (세계최고수준: 25 m)<br>– 정적강도: 550kN (세계최고수준: 500 kN)<br>– 동적강도: 55kN (세계최고수준: 50kN)<br>– 내충격성: 35km/h 교통사고에도 견딤 (세계최고수준: 35km/h) |

<table>
<tr><th colspan="2">추진 방법</th></tr>
<tr><td>추진 체계</td><td>ㅇ 산/학/연 협동으로 연구하되, 연구원 주도로 개발 실시<br>– 금형 및 단품 개발, 시작품 성능평가, 개선품 성능평가 항목은 민간과 협력하여 기술확보 실시<br>– 도입품과의 비교분석은 해외 공동협력 연구로 추진</td></tr>
<tr><td>사업기간</td><td>ㅇ 총 연구기간 : 4년</td></tr>
<tr><td>소요예산</td><td>ㅇ 정부출연금 50억원 이내<br><table><tr><th>계(억원)</th><th>1차년</th><th>2차년</th><th>3차년</th><th>4차년</th></tr><tr><td>50</td><td>12</td><td>14</td><td>12</td><td>12</td></tr></table></td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="2">기대 효과</th></tr>
<tr><td>경제적 효과</td><td>ㅇ 신규시장매출액: 약 288억원(연 약 19.2억원)<br>– 240편성 x 4set/편성 x 0.3억원(관절장치 단가)<br>– 저상트램 신규도입 추정: 2026~2040년까지 240편성(1,200량, 5량/편성 기준)<br>ㅇ 해외신규시장매출액: 연간 약 8억원<br>(2030년 기준, 해외트램 시장 연간 63편성, 예상 점유율 10%)<br>ㅇ 수입대체효과: 20% 절감효과를 목표<br>– 수입관절장치 비용: 약 3천만원</td></tr>
<tr><td>사회적 효과</td><td>ㅇ 사회적 이슈인 CO2 배출 문제 해결을 위한 트램의 도입은 친환경적인 교통수단으로서 많은 교통 인원을 수용하여 교통문제와 환경문제를 동시에 해결 가능</td></tr>
<tr><td>정책적 효과</td><td>ㅇ 트램용 핵심 부품의 관절장치 개발로 인한 미래 교통수단의 수입 대체 품목의 국산화 산업 패러다임을 주도<br>– 글로벌 경쟁력을 갖춘 트램용 관절장치 개발 성공으로 인하여 다른 핵심 부품의 국산화 개발로 세계시장 선점이 가능한 글로벌 철도 산업 육성하여 국가경쟁력 제고 가능</td></tr>
</table>

# [철도차량 12] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 철도차량 에너지 효율 향상을 위한 컨버터 일체형 반도체 변압기 기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 전력전자 기술을 적용한 고주파 스위칭으로 전력변압기의 크기와 중량을 절감하기 위한 전력변환장치로 철도차량 적용 시 별도의 컨버터를 사용하지 않아 차량의 분산제어 및 경량화에 유리(변압기+컨버터 중량의 감소로 출력밀도 향상) |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도차량 | 일반 | 추진제어 | 차상급전 기술 |
| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 | |
| | 차량 | X | X | |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | | ○ | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | | | | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | | ○ | | |

| 글로벌 동향 | ㅇ 철도차량의 경우 현재 중량 대 전력비(0.3~0.4kW/kg)의 유입식 변압기 사용 중이며, 기기배치 공간의 감소 및 차량의 경량화로 차량의 운행 에너지 효율 증대를 목표로 다양한 방식의 변압기에 대한 연구가 진행 중임<br>ㅇ 최근 절연유를 사용하지 않는 고주파 변압기 이용하여 절연유에 의해 발생하는 환경문제 및 사고 위험 제거 가능한 반도체 변압기에 대한 연구가 진행 중임. 하지만 반도체 변압기의 경우 아직 실용화 되지 않았으나 ABB, Siemens, Alstom, Bombardier 등은 자체기술을 보유함<br>– ABB 15kV, 16 2/3Hz, 1.2MVA급 반도체변압기의 차량 시운전 완료(2013) |
|---|---|
| 중점추진 필요성 | ㅇ 기존 60 Hz 변압기 대신 반도체 스위치 이용해 운전 주파수 높이면 변압기, 인덕터 등을 소형화/경량화 가능해 전력 밀도 2배 이상 향상 및 차량 전장품의 경량화 가능함. 또한 절연유를 사용하지 않는 고주파 변압기 이용하여 절연유에 의해 발생하는 문제 및 사고 위험 제거 가능.<br>ㅇ 이러한 기술을 지능형 변압기 또는 반도체 변압기라고 하며, 관련한 개념은 이미 1980년대에 나왔으나, 반도체 스위치 기술의 한계로 인해 개발이 지연되다가 최근에 고압/대전류용 Si-IGBT 및 특히 SiC 기술의 급격한 발달로 구현 가능해지자 주목받는 기술임. 이러한 지능형 변압기를 이용하면 전력 품질 제어가 가능하기 때문에, 계통의 전력품질이 낮더라도, 고 품질의 출력 전압을 유지할 수 있으며, 양방향 컨버터 이용 회생 가능함.<br>ㅇ 지금은 세계적으로 기술 개발의 초기단계이며, 최근 반도체 소자의 발달과 이산화탄소 규제 등에 따라 친환경 교통수단 (EV, 전기버스 등) 및 신재생 에너지에 대한 관심이 높아져, 이러한 지능형 변압기에 대한 연구 및 수요가 커져 향후 10년 내에 주력산업으로 대두될 가능성이 커짐.<br>ㅇ 따라서 이러한 지능형 변압기에 대한 핵심 기술을 빠르게 개발해 세계 기술 및 시장을 선도할 필요성이 있음. |

| 주요 내용 및 예상 성과 | |
|---|---|
| **과제 목표** | ○ 양방향 에너지 전달 가능한 25kV AC 입력, 3.0kV DC 출력 반도체 변압기 |
| **추진 내용** | ○ 철도차량용 반도체 변압기 구성을 위한 최적 설계/해석기술의 개발<br>– 주변압기+컨버터의 중량 25%(2.5톤) 저감<br>※ 기존 주변압기(3.7톤) 및 컨버터(2.5톤 2대)를 반도체변압기(6.2톤)로 대체<br>○ 고주파 고절연 변압기 설계/제작 기술 개발<br>– 하드웨어 설계/제작 기술로 절연의 확보 및 냉각 기술 개발<br>– 고주파 스위칭 회로의 차폐 설계 및 해석<br>○ 반도체 변압기 운용 기술 개발<br>– 시스템 요구사항 도출/검증<br>– 차량/전력네트워크 인터페이스<br>– 인증/검증 기술 |
| **예상성과물/ 스펙** | ○ 정격절연전압 25kV AC, 운전주파수 1kHz 이상 고주파 변압기<br>– 출력용량 410kW 견인전동기 8대 및 보조전원전력 1MW<br>– 냉각방식: 강제냉각 혹은 자연냉각<br>– 무게 대 출력비: 0.5kW/kg 이상<br>– 고장 시 비상운전 가능 시스템 |

| 추진 방법 | |
|---|---|
| **추진 체계** | ○ 산학연 및 전문기관과 협업으로 추진<br>– 주관기관: 기술개발 총괄 (개발사업 기획 관리 평가, 참여기관간 인터페이스 조정)<br>– 대학 및 연구기관: 세부기술별 핵심기술 개발<br>– 개발업체: 시제품 제작 및 핵심기술 실용화 기술연구<br>– 전문기관: 법/제도 개선 지원 및 시험 인프라 지원<br>– 운영기관: 제품 인증, 표준규격서/인증기준 마련 |
| **사업기간** | ○ 총 연구기간 : 4년 |
| **소요예산** | ○ 정부출연금 140억원 이내 |

| 계(억원) | 1차년 | 2차년 | 3차년 | 4차년 | 5차년 |
|---|---|---|---|---|---|
| 140 | 20 | 30 | 40 | 30 | 20 |

| 기대 효과 | |
|---|---|
| **경제적 효과** | ○ 국내신규시장 매출액: 약7,200억원(연간 약480억원)<br>– EMU-250,300 기준: 450편성×2SET/량×4억원/SET, 450편성(2040년) 예상, 연간 약 480억원(2025년 이후)<br>– 반도체 주변압기 단가: 약 4억원<br>– 해외시장 매출액: 2.24조원(14조원×2%(목표점유율)×2SET/량×4억원/SET) |
| **사회적 효과** | ○ 철도분야 및 타 산업분야에 다양하게 응용될 미래첨단기술 발판 마련<br>– 전기철도의 핵심인 추진시스템의 고도화에 의한 고부가가치 시장창출 및 해외 수출경쟁력 강화 |
| **정책적 효과** | ○ 국내외의 철도차량 변압기 시장도 계속 증가 추세로 관련 기술 및 산업 발전에 큰 기대 예상<br>○ 주변압기 국산화 개발로 부품 수급이 용이하고, 구매예산 절감으로 재정 건전성 기여 |

# [철도차량 13] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 철도차량용 전기공급장치 고효율화 및 모듈화 기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 철도차량 전기공급장치 주요 부품인 차단기, 변압기 및 보조전원장치 및 전기장치 냉각을 위한 송풍기의 고효율화 및 모듈화를 통한 전기공급장치 성능향상 기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도차량 | 일반 | 추진제어 | 차상급전 기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 차량 | X | X |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | | ○ | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | | | | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | ○ | ○ | ○ | |

| 글로벌 동향 | ㅇ 철도차량의 주회로차단기는 객차 지붕에 설치되므로 충격 · 진동 · 소음 등에 취약한 구조이며 스위스 Secheron의 경우 동력분산식 철도차량에 주회로 차단기 모듈화 시스템을 적용중임<br>ㅇ 전동차용 변압기의 경우, ABB에서 Effilight를 개발하여 2016년 InnoTrans에서 전시하였으며, 해당 제품은 기존 동일 용량대비 20 %의 중량감소로 차량의 최대 부하를 저감시키고, 마모현상 감축 가능<br>– 혁신적인 설계를 통하여 중량감소를 실현시킴으로써 더 많은 양의 도체를 사용할 수 있게 되어 손실을 최대 50 %까지 감소 가능<br>ㅇ 일본의 경우, 경량화가 큰 요구사항으로 되어 개발이 진행되었지만, 일본 재래선의 경우는 경량화와 다른 방향으로 개발됨<br>– 차량이 주행할 때의 공기의 흐름을 이용하여 주변압기를 냉각시키는 주행풍 자연냉각방식을 개발하여 적용<br>– 강제송풍기의 전동기가 필요없게 되어 유지보수 향상 및 저소음화가 가능한 이점이 있으며, 송풍기를 구동하기 위한 전력이 불필요하여 에너지가 절약<br>ㅇ 철도차량의 보조전원장치는 고장 빈도가 가장 높아 유럽은 보조전원장치 내부 구조를 모듈화하여 신뢰성과 용량의 한계 극복<br>ㅇ 철도차량의 전력변환장치 및 견인전동기에 사용되는 송풍전동기와 냉각팬은 마모 및 균열로 인해 차량장애가 빈번히 발생<br>– 카본 재질의 냉각팬의 경우 프랑스 Howden社 제조하고 있으며 국내의 경우 전량 수입품에 의존하고 있는 실정 |
|---|---|
| 중점추진 필요성 | ㅇ 외부환경에 분리 · 노출되어 있는 주회로차단기, 변류기, 피뢰기, 단로기 등 주요 지붕장치의 모듈형(box)으로 일체화하여 효율적 관리 필요하며, 주회로차단기 장애 발생을 예방할 수 있는 상태진단감시시스템(IoT) 기술 필요 |

| | |
|---|---|
| | ㅇ 철도차량의 고속화를 위하여 주변압기의 소형 및 경량화 설계 필요<br>ㅇ 철도차량용 주변압기의 유지보수성 등을 고려하여 콤팩트한 구조 필요<br>ㅇ 철도차량의 핵심 추진시스템인 주변압기를 콤팩트하게 개발하여 철도차량의 가격 경쟁력 및 품질 향상에 기여 할 필요가 있음<br>ㅇ 보조전원장치의 경우 모듈화 · 경량화가 필요하며, 철도차량 전원공급 고장 예방을 보조전원장치 2중화 신기술 개발 필요<br>ㅇ 신소재를 적용하여 고내구성을 보유한 송풍기 기술의 확보가 필요 |

| 주요 내용 및 예상 성과 | |
|---|---|
| **과제 목표** | ㅇ 주회로차단시스템 모듈화 개발<br>– 주회로차단기(MCB), 접지스위치(ES), 단로기(DS), 서지피뢰기(SA), 계기용 변류기(CT), 계기용 변압기(PT)<br>– 교류 전압 파형을 판단하고 원하는 파형의 위치에서 투입/차단 기능을 보유한 주회로차단기용 위상제어기 개발<br>– 실시간으로 주회로차단기의 주요 특성 및 모니터링 기능이 있는 상태진단감시 모듈 및 시스템 개발<br>ㅇ 광역도시철도차량용 경량화 및 유지보수 비용 절감을 위한 자연냉각방식 외장코어형 컴팩트 주변압기 개발<br>– 목표 용량 및 중량감소: 2 MVA이상, 기존 동일 변압기 대비 20 % 중량 감소<br>– 목표 손실감소: 기존 변압기 유입식 변압기 대비 손실 10 % 감소<br>– 시제품의 실차 적용 및 실차 조건 성능시험/실용화 기술 개발<br>ㅇ 모듈구성의 보조전원장치 개발<br>– 100kVA 단위모듈 스택 개발<br>– 경제성을 고려한 선택적 2중화에 의한 신뢰성 향상 및 최적화 방안 개발<br>– 내부고장 발생 시 안전하고 신속한 순시 고장절체 기술개발<br>– 기존차량과 신규차량에 적용 가능한 통합제어시퀀스 기술개발<br>ㅇ 신소재 송풍전동기용 냉각팬 기술 개발<br>– 알루미늄 다이캐스팅 재질의 전동기 외통 기술<br>– 송풍전동기 냉각팬 상태감시 기술 |
| **추진 내용** | 〈주회로차단기〉<br>ㅇ 주회로차단시스템 설계<br>– 주회로차단기 설계(29kV, 1,000A, 충격뇌전압: 175Bil, 내전압 75kV 절연성능 만족)<br>– 위상제어 모듈 H/W 설계<br>– 위상제어 및 제어지연편차(0.1msec 이내) 보상 알고리즘 설계<br>ㅇ 주회로차단시스템 시제품 제작<br>– 주회로부 소형화, 전자식 조작기, 진동 저항기술적용 시제품 제작<br>– 주회로 차단기 상태진단감시 모듈 개발<br>– 주회로차단기 상태진단감시 시스템 구축 |

| | |
|---|---|
| | – 모듈형(BOX) 밀폐 · 절연 기술<br>ㅇ 주회로차단시스템 시험검증<br>– 위상제어 모듈 및 감시모듈의 EMC, 온도, 진동 성능 시험<br>– 모듈형(Box) 절연성능 및 진동성능 시험<br>– 현차시험(동력분산식 철도차량)<br><br>〈변압기〉<br>ㅇ 자연냉각방식 유입식 변압기 설계/해석/제작기술 개발<br>– 자연냉각방식 외장코어형 변압기의 기초/상세 및 최적 설계 기법 개발<br>– 자연냉각방식 외장코어형 변압기 효율 및 냉각설계 기법 개발<br>ㅇ 자연냉각방식 유입식 변압기 구조 및 냉각성능 확보기술 개발<br>– 자연냉각방식 변압기 열유동 해석기술 개발<br>– 자연냉각방식 변압기 냉각기 설계 및 해석기술 개발<br>ㅇ 자연냉각방식 변압기 손실 저감기술 개발<br>ㅇ 자연냉각방식 외장코어형 변압기 실차 작용 실용화 기술 개발<br>– 자연냉각방식 외장코어형 변압기 제작 및 공정기술 개발<br>– 시제품의 단품 및 조합 성능시험 및 평가 기술<br>– 시제품의 실 대차 적용 실차 조건에서의 성능평가 기술<br><br>〈보조전원장치〉<br>ㅇ 보조전원장치 기술개발<br>– 보조전원장치 2중화 최적화 설계<br>– 고장 시 스위치 오버방법 설계<br>– 경량화/저소음 설계<br>– 차량제어 시퀀스 설계<br>ㅇ 모듈형 전력스택 시제품 제작<br>– 입력컨버터 스택 시제품 제작<br>– 출력인버터 스택 시제품 제작<br>– 모듈 직/병렬 연결기술 개발<br>ㅇ 모듈형 제어기 개발<br>– 단위 제어장치 기술개발<br>– 기능별 단위 제어 알고리즘 기술개발<br>– 병렬운전제어 알고리즘 개발<br>ㅇ 모듈최적화 냉각장치 기술개발<br>– (내구성시험) 단위기술의 효용성 시험<br>– (기능시험) 단위모듈의 정격성능, 보호동작, 보조전원장치 시퀀스 등 기능시험<br>– (현차시험) 도시철도차량 현차 적용시험(4계절)을 통한 성능 검증 |

| | |
|---|---|
| | 〈송풍기〉<br>ㅇ 송풍전동기 및 송풍전동기 냉각팬 개발<br>– 알루미늄 다이캐스팅 재질의 송풍전동기 외통 설계<br>– 송풍전동기 냉각팬 설계<br>– 송풍전동기 냉각팬 상태감시장치 설계<br>– 송풍전동기 냉각팬 유한요소 해석<br>ㅇ 송풍전동기 및 송풍전동기 냉각팬 시제품 제작<br>– 상태감시장치 시제품 제작<br>ㅇ 송풍전동기 및 송풍전동기 냉각팬 성능 검증<br>– 송풍전동기 외통 및 송풍전동기 냉각팬 내구성 검증<br>– 송풍전동기 냉각팬 현차시험 |
| **예상성과물/ 스펙** | ㅇ 주회로차단시스템<br>– 600mm이하 일체형 보호애관<br>– 충격뇌전압(175BIL), 내전압(75kV)<br>– 수평 · 수직 설치 가능<br>– 29kV, 1,000A 소형 VI<br>ㅇ 주회로차단기 위상제어 모듈<br>– 주회로차단기 투입 지연편차(0.1msec이내) 알고리즘<br>– 가선전압/주파수/ 부하전류 고정밀 계측<br>– Ethernet 기반 실시간 감시/제어 통신 구축<br>ㅇ 철도차량용 변압기 설계기술<br>– 기존 동일한 유입식 변압기 대비 20 % 중량감소 및 10 % 손실 감소<br>– 외장 코어형 자연냉각방식 2 MVA급 철도차량용 변압기 개발<br>ㅇ 철도차량용 변압기 설계기술<br>– 기존 동일한 유입식 변압기 대비 20 % 중량감소 및 10 % 손실 감소<br>– 외장 코어형 자연냉각방식 2 MVA급 철도차량용 변압기 개발<br>ㅇ 자연냉각방식 변압기 열해석 기술<br>– 변압기 코어/코일 냉각성능 확보를 위한 최적 설계기법 개발(H 종 내열성능 및 절연성능 확보)<br>– 자연냉각방식 적용을 위한 냉각기 최적 컴팩트 설계 기법 및 상세설계 검증 기술 개발<br>ㅇ 철도차량용 변압기 설계기술<br>– 2 MVA급 자연냉각방식 외장코어형 변압기 제작<br>– 시제품의 단품 및 조합성능시험 및 평가기술 개발<br>– 시제품 실차적용을 통한 성능평가 기술 개발<br>ㅇ 철도차량용 보조전원장치 모듈화 기술<br>– 100kVA 단위모듈 스택 개발<br>– 입력컨버터/출력인버터 모듈스택 개발<br>– 모듈 직병렬 연결 기술개발 |

| | |
|---|---|
| | – 모듈전용 고속제어기 기술개발<br>ㅇ 신소재를 적용한 고내구성 송풍기 기술<br>– 알루미늄 아이캐스팅 재질의 송풍기<br>– 송풍기 상태감시기술 |

| 추진 방법 | |
|---|---|
| **추진 체계** | ㅇ 산학연 및 전문기관과 협업으로 추진<br>– 주관기관: 기술개발 총괄 (개발사업 기획 관리 평가, 참여기관간 인터페이스 조정)<br>– 대학 및 연구기관: 세부기술별 핵심기술 개발<br>– 개발업체: 시제품 제작 및 핵심기술 실용화 기술연구<br>– 전문기관: 법/제도 개선 지원 및 시험 인프라 지원<br>– 운영기관: 제품 인증, 표준규격서/인증기준 마련 |
| **사업기간** | ㅇ 총 연구기간 : 4년 |
| **소요예산** | ㅇ 정부출연금 200억원 이내 |

| 계(억원) | 1차년 | 2차년 | 3차년 | 4차년 | 5차년 |
|---|---|---|---|---|---|
| 200 | 40 | 40 | 50 | 40 | 30 |

| 기대 효과 | |
|---|---|
| **경제적 효과** | ㅇ 철도차량용 차단기의 품질과 신뢰도 향상에 따른 기술경쟁력 확보<br>ㅇ 외국산 주변압기 수입대체 효과로 완성차량 가격경쟁력 확보.<br>ㅇ 철도차량 가격경쟁력 확보에 의한 국가 예산 절감 및 수출 경쟁력 강화<br>ㅇ 독자적인 송풍기 설계/제작 기술력 확보 및 해외 선진기술보유 기업과의 동등 수준 기술력 확보 |
| **사회적 효과** | ㅇ 차량의 옥상장치를 모듈화를 하여 지붕의 공간, 단열, 소음 및 열차의 속도와 관계된 제약 조건을 해결과 외부환경에 의한 파손 예방<br>ㅇ 전기철도 차량에 적합한 컴팩트화, 저손실화, 고효율, 고안정성으로 차별화된 주변압기 핵심기술 확보<br>ㅇ 기존 변압기 오일 누유 등 문제점 개선을 통한 부품 신뢰성 확보 등 변압기 고장에 의한 사고방지 가능<br>ㅇ 송풍전동기 냉각팬 설계 및 제작기술 신뢰성 확보로 열차운행 안전성 확보 |
| **정책적 효과** | ㅇ 국내외의 전동차 시장도 계속 증가 추세로 관련 기술 및 산업 발전에 큰 기대 예상<br>ㅇ 주변압기 국산화 개발로 부품 수급이 용이하고, 구매예산 절감으로 재정 건전성 기여<br>ㅇ 모듈방식의 보조전원장치 지속 공급 및 고장예방 기술 선도<br>ㅇ 에너지 신재생분야 확대 적용 가능(태양광, 풍력, 에너지 저장장치 등) |

# [철도차량 14] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 철도차량용 친환경 컴팩트형 고효율 공조시스템 기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 객실 쾌적성 향상을 위한 철도차량용 에너지 절약형 HVAC 기술 및 이를 제어하기 위한 제어기 및 알고리즘 개발 기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도차량 | 일반 | 차체 및 설비 | 공조 및 여압장치기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 차량-운영/환경 | X | X |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | | ○ | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | | | | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | ○ | ○ | ○ | |

| | |
|---|---|
| 글로벌 동향 | ㅇ 에너지 절감을 위해 다양한 부품 및 제어 알고리즘 등을 적용하고 있으며, 이에 따라 냉방 효율, 유지보수성 (LCC = Life Cycle Cost) 등을 향상시키고 있음. 인버터 압축기 적용, 신선공기량 Modulation 제어, Heat-pump 적용 등이 대표적인 그 예라 할 수 있음<br>ㅇ 오존층 파괴, 지구 온난화를 최소화하기 위한 제품군을 출시하고 있으며, 사막과 같은 환경에서도 객실의 공기질을 유지할 수 있는 공기 정화 시스템과 고속 주행 시 객실 압력파에 의한 변동을 최소화하는 압력파 보호 장치 등을 적용하여 쾌적한 객실을 조성할 수 있는 HVAC를 생산하고 있음. |
| 중점추진 필요성 | ㅇ 철도차량 이용 승객이 제기하는 민원의 60% 이상 (여름철에는 90% 가량)이 객실의 냉방 및 난방에 관한 것일 정도로 철도차량 객실의 온열 쾌적성에 대한 승객의 만족도가 매우 낮으며, 이에 따라 냉난방을 위해 많은 에너지를 사용하고 있음<br>ㅇ 2014년 환경부에서 '대중교통 차량의 제작 · 운행 관리지침' 을 제정하여 철도차량 객실의 실내 공기질을 관리<br>– 객실의 실내 공기질을 쾌적하게 유지하기 위해서는 객실 내부의 이산화탄소 및 미세먼지 등의 오염물질을 외부로 배출하고, 신선한 외기를 지속적으로 객실에 공급해주는 환기를 더 늘려야 하는데, 이 때 신선공기의 유입에 따른 승객의 온열쾌적성 저하를 방지하기 위해서는 더 많은 냉난방 에너지를 사용하여야 함.<br>– 냉난방 에너지를 절감함과 동시에 승객의 열적 쾌적성을 향상시키고, 실내공기질도 획기적으로 개선하는 기술의 개발이 필요함.<br>ㅇ 이러한 실내 공기질 제어를 위해 고효율 인버터 제어방식의 HVAC 개발이 필요함. 하지만 국내 냉방기 제작사는 KTX 냉방기 제작사도 아직 이런 기술을 보유하지 못하고 있어, 국제적 기술경쟁력이 매우 낮음. |

| 주요 내용 및 예상 성과 | |
|---|---|
| 과제 목표 | ○ 고속철도용 에너지 절약형 HVAC 개발<br>– 실부하 대응 부분부하 운전을 통한 에너지 절감 (35% 절감)<br>※ 관련규격: KS C 9306(에어컨디셔너)의 냉방시스템 용량산정 기준의 적정성에 관한 분석<br>– 가변형 팽창 밸브 적용을 통한 사이클 최적화<br>– 이산화탄소 농도 감지를 통한 배기 공기량 조절 |
| 추진 내용 | ○ 고속철도용 친환경/에너지 절약형 HVAC 개발<br>– 인버터 방식 압축기 적용 및 인버터 구동장치 개발<br>– 고효율 증발기/응축기 팬 개발<br>– 고효율 BLDC 모터 개발<br>– 가변형 팽창 밸브 적용<br>– 고효율 열교환기 적용<br>○ 객실 쾌적성 향상<br>– 저소음 증발기/응축기 팬 개발<br>– 신선 공기량 Modulation 댐퍼 적용<br>– 열환경 인간 공학을 적용한 한서감(PMV) 및 예상 불만족률(PPD) 지수 적용<br>○ 제어기 및 제어 알고리즘 개발<br>– 고속전철용 기능 모듈별 제어기 개발 및 통합화<br>– 최적 효율을 위한 통합 제어 알고리즘 개발<br>– 난방용 히터 용량 가변 제어기 개발<br>– 실내 공기질 개선을 위한 이산화탄소 농도 제어 알고리즘 개발<br>– 고속전철용 고효율 인버터 드라이브 개발<br>– 고효율 인버터 제어 알고리즘 개발<br>– 신선 공기 및 배기 공기량 조절 알고리즘 개발<br>– 고속전철용 한서감(PMV) / 예상 불만족률(PPD) 지수 알고리즘 개발<br>– HVAC 데이터 저장 시스템 및 분석 시스템 구축 |
| 예상성과물/스펙 | ○ 고속철도용 에너지 절약형 HVAC Prototype 제작<br>– 인버터 압축기 및 고효율 팬 등의 적용<br>○ 제어기 Prototype 제작 및 제어 알고리즘<br>– 최적 / 쾌적 제어를 위한 제어기 및 알고리즘 제시 |

| 추진 방법 | |
|---|---|
| 추진 체계 | ○ 철도차량 HVAC 제작사, 철도차량 제작사, 학계 및 기술연구기관 등의 융합/협력이 필요한 개발 사업으로서, 각 분야의 전문가들로 연구단을 조직하고 장치 단위 시험에서부터 차량 단위의 시험까지 실시하여 최종 평가하는 것으로 추진 |

<table>
<tr><td></td><td>ㅇ 연구개발 비용 절감 및 연구개발 기간 단축을 위해 아래와 같이 산학연 협력 공동연구 추진<br>– 산 : 철도차량용 고효율 HVAC 제작 및 상용화, 수입 의존적 주요 부품 국내 제조사 개발<br>– 학 : 인버터 제어 원천기술 개발, 객실 열 쾌적도, 실내 공기질, 소음해석 알고리즘과 설계용 환경예측 시뮬레이션<br>– 연 : 개발된 HVAC의 실차 시운전 시험 및 문제점 해결</td></tr>
<tr><td>사업기간</td><td>ㅇ 총 연구기간 : 5년</td></tr>
<tr><td>소요예산</td><td>ㅇ 정부출연금 70억원 이내
<table>
<tr><th>계(억원)</th><th>1차년</th><th>2차년</th><th>3차년</th><th>4차년</th><th>5차년</th></tr>
<tr><td>70</td><td>8</td><td>12</td><td>16</td><td>20</td><td>14</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="2">기대 효과</th></tr>
<tr><td>경제적 효과</td><td>ㅇ 국내 철도차량용 냉난방기 제작사 및 철도차량 완성차 제작사의 기술 경쟁력 확보를 통해 해외 시장 점유율 증대 가능<br>ㅇ 국산 냉난방기의 해외 수출차량 적용시 연 400억원 이상의 수입대체 효과<br>(철도차량 연 1000량 수출 가정 : 1000량 × 2대/량 × 0.2억원/대 = 400억원)<br>– 국내 차량 적용시 연 80억원 이상 시장 확보가 가능함<br>(200량 수요 가정 : 200량 × 2대/량 × 0.2억원/대 = 80억원)<br>ㅇ 기존 냉방기 대비 전기 에너지 사용량 20% 이상 절감하여 철도 운행 중 에너지 사용량 10% 이상 절감 가능</td></tr>
<tr><td>사회적 효과</td><td>ㅇ 철도차량의 냉방 에너지를 절감할 수 있는 혁신적인 공조 기술확보 가능<br>ㅇ 인버터 제어방식 냉방기 기술 개발을 통한 국내 냉난방기 제작사의 기술력 확보 및 해외 수출 증대 가능</td></tr>
<tr><td>정책적 효과</td><td>ㅇ 객실 내부의 열적 쾌적성을 확보하여 철도 이용 승객의 민원을 최소화함으로써 철도운영사의 이용만족도 향상 및 철도의 타 교통수단 대비 경쟁력 확보를 통한 대중교통 이용 활성화<br>ㅇ 객실의 실내 공기질을 개선하여 환경부의 대중교통수단 실내 공기질 기준을 만족시킴으로써 법으로 제정된 대중교통수단 실내 공기질 기준 확보를 위한 기술적 발판 확보<br>ㅇ 고효율 HVAC 적용으로 인한 에너지 절감 효과로 철도 운용비용 절감</td></tr>
</table>

# [철도차량 15] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 첨단 신소재 적용 철도차량 차제 및 부품 경량화 기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 에너지 효율 향상을 위한 철도차량 부품 경량화 설계 기술 및 신소재 적용 기술 개발 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도차량 | 고속 | 차체 및 설비 | 차체구조물기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 차량 | x | O |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | | ○ | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | | | | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | ○ | ○ | ○ | ○ |

**글로벌 동향**

ㅇ 기술 동향

- 철도차량 경량화를 위한 주요부품 경량화 및 소형화 설계기술 및 혁신적인 신소재 적용 기술 개발을 통한 기술도약이 필요한 실정임
- 국내에서는 6005A 알루미늄 합금이 철도차량 차체소재로 적용되고 있으나, 향후 추가 경량화를 위해 고강도 알루미늄 합금, 난연 마그네슘 합금 및 CFRP 관한 적용성 연구 필요
- 일본 및 중국의 경우 기존 알루미늄 합금의 경량화 기술 한계를 극복하기 위해 난연 마그네슘 합금을 철도차량 차체 구조물에 적용하는 기술 개발 추진 중 (마그네슘 합금은 금속재료 중 가장 가벼운 재료로 스테인레스 스틸 대비 1/5, 알루미늄의 2/3 수준)
- 대차의 경우 유럽은 소형화 설계기술을 도입하여 소형경량 대차를 상용화하여 운영비 절감 및 수명 향상을 달성
- 일본의 경우 ㈜가와사키사에서 탄소섬유 복합소재를 대차 구조물에 적용하여 기존 대비 약 30% 경량화된 첨단 신소재 대차 기술 개발

ㅇ 관련 정책

- 기후변화로 국제적인 온실가스 감축 압력이 높아지고 '저탄소 녹색성장' 이 세계적 조류로 등장
- 선진국들은 UN기후변화협약(COP)을 통해 중.장기 온실가스 감축목표 설정.공포

  ※ 우리나라는 2030년 우리나라의 온실가스 감축 목표를 배출 전망치(BAU) 대비 37%로 확정하고 유엔에 계획안 제출

ㅇ 관련 시장

- 해외 철도시장은 '16년까지 연평균 3.3%로 매년 지속적으로 성장하고 있으나 국내기업의 시장 점유율은 2%에 불과

| | |
|---|---|
| | – 국내에서는 R&D를 통한 고속철도 및 경량전철 기술 국산화 및 실용화에 성공하였으나, 소재 기술 및 부품 경량화 및 소형화 기술은 아직 선진국을 추격하는 단계 |
| **중점추진 필요성** | ㅇ (기술개발 필요성) 철도운영비 부담 증가, 낮은 시장 점유율 등을 극복하기 위해 운영비 저감 및 기술 혁신이 가능한 철도차량 부품 소형화 설계 및 신소재 적용 관련 핵심기술 확보 필요<br>ㅇ (목적) 경제적이고 고성능인 철도차량 기술을 확보함으로써 국내외 차량시장에서 경쟁력 제고 및 시장점유율 제고<br>– 철도산업의 글로벌 경쟁력 확보를 위해 고부가가치 철도차량 기술 개발 및 차세대 선도기술 확보가 필요<br>– 량당 중량 15% 이상 경량화 및 항공 및 자동차 등 타 분야에서 적용되는 고기능성 소재 및 복합소재 등 첨단소재의 철도분야 적용을 통한 차체 경량화 · 고성능화 추진 |

| **주요 내용 및 예상 성과** | |
|---|---|
| **과제 목표** | ㅇ 철도차량 부품의 소형화 및 신소재 적용 경량화 및 고성능화를 통한 철도차량의 운행 경제성 및 에너지 효율 향상 |
| **추진 내용** | ㅇ AI 기반 다목적 설계변수를 고려한 철도차량 차체 형상 최적설계 기술 개발<br>– 공력, 구조, 충돌, 기기배치 등 다목적 요구성능을 고려한 최적화 기술 개발<br>ㅇ 다중소재(multi-material) 기술 적용 초경량 차량 설계 기술 개발<br>– 고강도 알루미늄 합금, 난연성 마그네슘 합금 및 첨단 복합소재 등을 최적 배치한 다중소재 적용 기술<br>ㅇ 선로친화 대차 구현을 위한 경량 소형 대차 기술 개발<br>– 탄소섬유 강화 복합소재 (CFRP) 프레임을 갖는 경량소형 대차<br>ㅇ 재진 소재 적용 수동형 차체 진동 저감 기술 개발<br>ㅇ 반능동 및 능동형 차체 패널 기술 적용을 통한 소음진동 저감 기술 개발<br>ㅇ 첨단소재 적용 하이브리드형 차체 제작 기술 개발<br>ㅇ 테스트 베드를 활용한 주행시험을 통한 현장 적용성 평가 |
| **예상성과물/ 스펙** | ㅇ AI기술 적용 다목적 최적 설계기술을 적용한 15% 이상 경량화 기술<br>ㅇ 첨단다중소재 적용기술 : 일체형 소재 대비 다중소재간 접합 강도 비율 80% 이상 확보<br>ㅇ 탄소섬유 적용 경량소형 대차기술 :기존 대차 대비 경량화율 20% 이상 확보<br>ㅇ 차체 진동 저감 기술 개발 : 진동저감율 15% 이내 |

<table>
<tr><th colspan="2">추진 방법</th></tr>
<tr><td>추진 체계</td><td>ㅇ 본 기술의 핵심기술 개발이 가능한 연구기관이 적합하며, 향후 실용화를 위해서 제작사와 운영처가 참여기관으로 참여</td></tr>
<tr><td>사업기간</td><td>ㅇ 총 연구(개발)기간 : 7년</td></tr>
<tr><td>소요예산</td><td>ㅇ 총예산 450억원 이내
<table>
<tr><th>계</th><th>1차년</th><th>2차년</th><th>3차년</th><th>4차년</th><th>5차년</th><th>6차년</th><th>7차년</th></tr>
<tr><td>450</td><td>50</td><td>70</td><td>80</td><td>80</td><td>80</td><td>50</td><td>40</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="2">기대 효과</th></tr>
<tr><td>경제적 효과</td><td>ㅇ 신소재 적용 차체, 대차 및 의장/내장 부품 20% 경량화시 철도경량화에 의한 에너지 절감 서울메트로 년간 73.2억 부산도시철도 년간 24.6억 절감 기대<br>ㅇ 신소재 적용 차체, 대차 및 의장/내장 부품 20% 경량화시 철도경량화에 의한 CO2배출 절감 서울메트로 년간 41,831톤 부산도시철도 년간 14,082톤 절감 기대<br>ㅇ 신소재 적용 차체, 대차 및 의장/내장 부품 20% 경량화시 고속철도 확대적용시 고속철도레일 교체비용 절감 향후 10년간 고속철도레일교체비용 163.5억 절감 기대<br>ㅇ 축중감소에 따른 레일 수명 향상 차체, 대차 및 의장/내장 부품 20% 경량화시 축중 감소율 14%, 레일수명 14% 증가 차체, 대차 및 의장/내장부품 30% 경량화시 축중 감소율 21%, 레일수명 21% 증가</td></tr>
<tr><td>사회적 효과</td><td>ㅇ 차체, 대차 및 부품, 의장/내장 부품관련 중소기업의 참여를 통해 해당기업의 기술 향상 및 강소기업 육성에 기여<br>ㅇ 첨단소재를 활용한 차량 경량화 기술개발로 해외 철도선진국가와 동등이상 수준의 기술경쟁력을 확보하여 해외시장 진출 기회 확대</td></tr>
<tr><td>정책적 효과</td><td>ㅇ 교체물량이 도래하는 노후 도시철도차량에 첨단 부품 소재 기술을 적용한 차량 투입을 통해 경제성과 안전성 동시 확보 가능<br>ㅇ 철도차량 경량화에 따른 철도 전력사용량의 2/3을 차지하는 전철전력 절감 및 국가 에너지 부족 대응 기술 개발 가능</td></tr>
</table>

# [철도차량 16] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 수소연료전지 기반 철도차량 추진제어시스템 기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 1,500마력급(1.2MW) 수소연료전지/2차전지 직렬하이브리드 철도차량(디젤전기기관차)용 주요핵심기술의 설계·제작·실차검증 및 시운전 기술을 개발하고 수소충전에 대한 철도인프라 구축과 수소안전관련 법규 및 제도 등의 발굴을 통하여 친환경적이고 고효율 교통수단을 철도에 도입하기 위한 기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도차량 | 일반 | 추진제어 | 하이브리드추진기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 차량 | X | O |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | ○ | | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | | | | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | | | ○ | |

**글로벌 동향**

ㅇ 영국에서는 버밍험 대학교에서 주관하여 수소연료전지와 납축전지를 결합하여 최대 13kW를 출력할 수 있는 하이브리드 협궤용 기관차를 개발해 운행에 성공

ㅇ 미국 및 캐나다에서는 수소연료전지와 배터리가 조합된 동력원을 적용한 입환기관차(250kW급)를 개발하여 시험운행을 마쳤고 현재 실용화를 위한 연구가 진행 중

ㅇ 일본 JR에서는 일반 전동차를 수소연료전지차량(450kW급)으로 개조하여 시험운행을 실시하였고 현재도 용량이 증대된 수소연료전지차량에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있음.

ㅇ 중국 난처칭다오쓰팡 기관 차량 유한공사는 2013년부터 수소연료전지를 전동차에 적용하기 위한 기술을 개발하여 2015년 3월 차량개발을 완료함.

– 이 차량은 3분 충전에 100km를 주행할 수 있고 최고 운행속도는 70km/h이나 1회 충전 주행거리가 짧아 개선의 여지가 있음

ㅇ Alstom은 수소연료전지 기술을 기반으로 한 여객열차를 개발한 최초의 철도 업체 중 하나이며 첫 번째 적용사례로 2017년 12월 Lower Saxony주의 Buxtehude-Bremerv□rde-Bremerhaven-Cuxhaven 구간에서 운행을 시작할 예정





**중점추진 필요성**

ㅇ (국가정책 부합)온실가스 국제기후협약(UNFCCC)에 따른 철도교통의 온실가스배출 최소화

– 수소연료전지 차량은 수소와 공기 중 산소의 화학적 반응을 이용하여 전기를 생산하고 물(H2O)만 배출함에 따라 이산화탄소를 전혀 배출하지 않는 친환경 무공해 차량임

| | |
|---|---|
| | – 수소연료전지를 활용한 철도차량 활용을 위한 차량기지 및 주요역 근처 신규 수소충전소 구축을 통해 수소에너지 이용의 편의성 향상 및 사용 증진을 위한 국가 전략적 환경구축 필요<br>※ (제3차 신재생에너지 기본계획) 2020년까지 핵심부품소재 및 연료전지 시스템 제작 기술의 원천기술 확보 목표<br>ㅇ (철도인프라 구축비용 저감) 기존 전차선을 통한 전력공급 방식은 변전소, 전차선 등 전력인프라가 필요하고 그에 따른 건설비용등이 수반되므로 별도의 외부 전력설비로부터 에너지를 공급받지 않는 에너지 자립형 철도시스템인 대용량 수소연료전지를 활용한 철도차량 추진시스템 기술의 확보가 필요<br>ㅇ (배출가스저감)2016년 교통연구원 및 환경부의 조사에 따르면 디젤기관차 233대가 연간 운행하면서 배출하는 오염물질 배출량은 질소산화물 5303톤 및 미세먼지 970톤에 달할 것으로 예상하였으며 이는 2013년에 환경부가 조사한 수도권 경유 자동차 310만대와 비교하여 각각 약 5% 및 23.7%에 달함.<br>– 2017년 디젤기관차에 대한 배출허용기준 마련되고 점차적으로 엄격해질 것이 예상됨에 따라 대안이 필요하며 수소연료전지 차량은 완전한 친환경차량이면서, 에너지 독립형 차량으로 디젤기관차의 기능수행이 가능<br>– 환경부의 2016년 12월 1일자 발표에 따르면 2018년 1월부터 고농도 미세먼지 발생시 “비상조치” 시행함에 따라 디젤기관차 배출저감기준 신설 및 전기 화물차 보급 등 신규과제 추가·보완을 요구하고 있음.<br>※ 개발대상인 4400대 디젤전기관차는 2000년이후부터 약 50량이 운행 중에 있고 2025년에는 노후화되어 교체가 필요<br>– 국제기후협약에 따른 배출가스 저감을 위해 1차적으로 고려된 CNG는 대중교통인 버스에서 이미 적용되었으며, CNG 버스의 경우 디젤 버스와 비교하여 미세먼지는 크게 감소하나 이산화탄소는 30% 저감 효과만 있어 앞으로 계속적으로 강화될 온실가스 국제기후협약 대체에 있어 한계를 지님 |

| 주요 내용 및 예상 성과 | |
|---|---|
| **과제 목표** | ㅇ 전력인프라(전차선, 변전소 등)가 없는 에너지 독립형 수소연료전지/2차전지 친환경 동력<br>– 시스템을 적용한 철도차량 및 수소충전인프라 핵심기술 확보 및 실차검증<br>– 철도차량 출력 1,500마력(1.2MW), 최고속도 110km/h, 1회 충전주행거리 500km이상인 수소연료전지 하이브리드 철도차량 및 수소충전인프라 핵심기술 개발 |
| **추진 내용** | ㅇ 수소연료전지 하이브리드 철도차량용 계통 연계형 전력변환 및 추진제어 핵심기술 개발<br>– 철도차량 실부하 모의환경(HIL)을 통한 제어기 설계검증용 플랫폼 구축<br>– 영구자석형 동기전동기(PMSM) 구동용 SiC기반 보조전원장치 일체형 1C1M 추진제어시스템 설계/제작 및 성능평가<br>– 주행거리 확장을 위한 효율적 에너지 이용 및 신뢰성/안전성 확보를 위한 스마트에너지관리시스템 설계/제작 및 성능평가 |

| | |
|---|---|
| | – 200kW급 상용계통 연계형 전력변환용 컨버터 설계/제작 및 성능평가<br>– 시작품들의 조합된 성능검증을 위한 조합시험용 Test Bench 개발<br>– 개발품 실차적용에 따른 성능검증 및 관련 기술기준(안) 수립<br>o 수소연료전지/2차전지 하이브리드 친환경 동력시스템 개발<br>– 1500마력급 철도차량용 대용량 수소연료전지발전시스템 설계/제작 및 성능평가<br>– 수소연료전지 하이브리드용 2차전지/BMS 설계/제작 및 성능평가<br>– 고효율 장수명 운전을 위한 1.2MW 동력시스템 제어기 설계 및 제작<br>– 경제성 및 유지보수성 향상을 위한 수소연료전지/2차전지 동력분배방안 연구<br>– 수소연료전지/2차전지 하이브리드 조합시험을 통한 성능평가<br>– 개발품 실차적용을 위한 효율적 철도차량 인터페이스방안 연구<br>– 개발품 실차적용을 통한 성능검증 및 관련 구성품 기술기준(안) 수립<br>o 수소연료충전을 위한 수소충전인프라 설계 및 활용기술 개발<br>– 철도차량 고속충전용 고압수소충전인프라 설계기술 개발<br>– 수소충전시간 단축을 위한 충전효율향상 기술 개발<br>– 개발품 실차 성능검증용 임시 수소충전소 및 관련 설비 구축<br>– 수소사용에 따른 안전성 및 신뢰성 확보를 위한 법규/인증제도 검토<br>o 실차검증 및 실용화 방안 연구<br>– 실차검증용 1500마력급 시스템 통합 기술 및 철도차량 개발<br>– 실차검증을 위한 긴급구원용 보조동력시스템 개발<br>– 철도차량 완성차시험을 통한 차량성능검증<br>– 실차검증용 Test Bed 구축 및 차량 시운전 방안 연구<br>– 철도차량 주행안전성 및 신뢰성확보방안 연구<br>– 수소연료전지/2차전지 하이브리드 철도차량 실용화 방안연구<br>– 수소연료전지 하이브리드 철도차량 기술기준(안) 수립 |
| **예상성과물/ 스펙** | o 수소연료전지 하이브리드 철도차량 핵심기술<br>o 수소충전소 사양 및 고속충전기술<br>o 철도차량 형식승인 기술기준(안) |

| **추진 방법** | |
|---|---|
| **추진 체계** | o 주요 연구 추진 체계 방향<br>– 국가 철도전문연구소 및 학교, 전문 기관에서 기 확보된 주요 핵심기술의 성능 보완 및 최적화를 진행하고 기업체에서 제품화할 수 있도록 산학연 공동연구 진행<br>– 철도안전법에 따른 형식승인체계내 관련 기술기준(안) 확보<br>o 중장기 단계별 추진체계<br>– 1단계 : 핵심기술개발을 통한 실차 시운전 및 실용화방안 확보, 임시수소충전소 및 관련 법규/제도검토<br>– 2단계 : 철도차량 실용화 설계, 제작 및 성능평가/신뢰성 검증, 수소인프라 구축 및 관련 법규/제도(안) 수립 |

<table>
<tr><td>사업기간</td><td>ㅇ 총 연구(개발)기간 : 5년(1단계)</td></tr>
<tr><td>사업기간<br>및 소요예산</td><td>ㅇ 정부출연금 250억원 이내
<table>
<tr><th>계</th><th>1차년</th><th>2차년</th><th>3차년</th><th>4차년</th><th>5차년</th></tr>
<tr><td>250</td><td>40</td><td>40</td><td>80</td><td>60</td><td>30</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

| 기대 효과 | |
|---|---|
| **경제적 효과** | ㅇ 연료전지는 다양한 기술이 융합된 기술이기 때문에 타 산업에 대한 파급효과가 크며 조립 산업으로서 자동차 산업에 비유될 정도로 고용창출 효과가 높음. 신재생에너지 산업의 경우 전통에너지산업의 2~3배 고용창출효과, 연료전지의 경우 10억원 투자시 약 2.9명의 고용창출 효과가 있음<br>ㅇ 기존의 전기 철도차량과 공유되는 기술인 2차전지, 전동기, 전력전자 및 첨단 제어기술 분야 등 관련 산업도 병행 발전할 것으로 보여짐. 즉 연로전지 철도차량 기술은 시너지 효과가 크므로 향후 우리나라의 산업쇄신을 가속화 |
| **사회적 효과** | ㅇ 대용량 하이브리드 시스템의 통합제어원천기술, 표준화 및 평가기술 확보<br>ㅇ 환경친화적 차량개발로 온실가스 배출량 감소에 따른 국가경제 영향성 제고<br>ㅇ 대용량 하이브리드 시스템 부품기술 및 인프라 확립을 통한 수입대체와 수출기반 마련 기대<br>ㅇ 국가의 선도적 연구추진에 따른 산업계 및 학계의 기술적 편중현상의 해소<br>ㅇ 수소연료전지 응용분야의 확대에 대한 기대감으로 인한 관련 연구개발 증가 |
| **정책적 효과** | ㅇ 기존의 디젤 철도차량을 무공해의 연료전지 추진 하이브리드 철도차량으로 대체함에 의해서 점차 심각해져 가는 대기 오염을 약 30% 저감시킬 수 있을 것임.<br>ㅇ 기존 화석연료 철도차량에 비해 2배 이상의 상대적으로 높은 에너지 효율을 갖는 연료전지 추진 하이브리드 철도차량을 운용함에 의해 수송 분야에서의 커다란 에너지 절약 효과를 얻을 수 있을 것임<br>ㅇ 매장량이 한정된 화석연료에 치중되어 있는 수송분야에서의 에너지 편중화를 해결하여 에너지원의 다양화를 얻을 수 있을 것임.<br>ㅇ 지구환경보호라는 기치하에 선진국 주도로 진행되고 있는 Green Round에서 국제적 연비기준 달성, 무공해자동차 사용의 의무화, 및 CO2 배출량이 적은 연료사용 의무화 및 사용비율 확대와 같은 구체적 협약이 채택되는 것에 대비하여 국내산업 기반의 조기구축이 가능함. |

# [철도차량 17] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 초경량 저소음 능동형 팬터그래프 기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 집전 성능 향상을 위한 복합소재 적용 등 팬터그래프 경량화기술, 능동형 이선 저감기술 및 저소음 탄소 집전판 개발 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도차량 | 고속 | 추진제어 | 차상급전기술 |
| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 | |
| | 차량-인프라 | 소재 | X | |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | | ○ | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | | | | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | ○ | | | |

| | |
|---|---|
| 글로벌 동향 | ㅇ 기술 동향<br>– 열차 운영의 효율화를 위한 고속열차의 중련운전이 보편화가 됨에 따라서 집전 성능 확보가 어려워져 팬터그래프가 고속운행의 핵심기술로 등장함<br>– KTX열차에는 프랑스 페블리사 및 독일 판트랙사 제품 사용<br>– 프랑스 페블리사는 세계 최고의 팬터그래프 경량화 설계기술을 보유하고 있음에도 불구하고 팬터그래프의 추가적인 경량화 연구를 추진 중임<br>ㅇ 관련 시장<br>– KTX열차에 탑재된 수입 팬터그래프의 연간 매출 56억원, 차량수명 30년기준 1,689억원 예상 |
| 중점추진 필요성 | ㅇ 선진국 대비 격차 요인<br>– 팬터그래프는 소재/동역학/구조/공력/소음/기구학 등 다양한 전공이 융합되어야 개발할 수 있어 국내 중소기업이 주도적으로 개발을 하는 것은 어려움<br>– 팬터그래프 개발에 장시간에 걸친 연구개발이 필요하므로 EU에서는 팬터그래프 관련 유럽의 산학연에 많은 연구비를 지속적으로 지원하고 있음<br>ㅇ 국산화개발을 통해 국내중소기업의 새로운 시장개척 및 일자리 창출지원 필요<br>– KTX열차에는 현재 프랑스 페블리사의 팬터그래프가 사용되고 있으며, 모든 탄소계열 집전판은 전량 수입에 의존하고 있음.<br>– 국내 고속 팬터그래프 및 집전판 시장을 모두 외국에 내주고 있는 실정임<br>– 이를 타파하기 위한 기술개발로 수입품을 대체함으로써 국내 중소기업에는 새로운 시장을 열어주고, 국민들에게는 새로운 일자리를 제공하는 것이 필요함 |

| 주요 내용 및 예상 성과 | |
|---|---|
| **과제 목표** | ㅇ 집전 성능 향상을 위한 팬터그래프 경량화기술, 능동형 이선 저감기술 및 저소음 집전판 소재 개발 |
| **추진 내용** | ㅇ 집전 성능 향상을 위한 팬터그래프 경량화 기술개발<br>– 팬터그래프 구조체 경량화 방안 수립<br>– 경량 구조체 구조해석 및 시작품 제작<br>– 경량 구조체 최적설계 및 성능평가(구조 및 내구성)<br>– 경량 구조체의 정적 통전용량 성능평가<br>– 경량 구조체 결함 탐상 기술개발 및 유지보수 방안 수립<br>ㅇ 능동형 이선 저감기술개발<br>– 정적 압상력 제어를 위한 팬터그래프 기구학 설계 및 캠 설계<br>– 속도 응동형 벨로우즈 공압제어 설계 및 시제품 제작<br>– 고속 주행에 따른 작용 공력의 최적화를 위한 공력해석 및 형상설계<br>– 벨로우즈 및 공력 조합을 통한 압상력제어 성능평가(풍동 및 본선시운전시험)<br>ㅇ 저소음 탄소 집전판 소재 개발<br>– 탄소계 집전판 제조공정 변수 해석 및 시험편 특성시험 수행<br>– 집전판 시편 수준 제조공정개발 및 성능평가<br>– 집전판의 저소음화를 위한 형상 설계<br>– 저소음 집전판 샘플 수준 제조/접합공정개발 및 최적화<br>– 집전판 내마모성 성능평가 및 형식시험 수행<br>– 고속 주행에 따른 집전판 공력소음 성능평가<br>ㅇ 팬터그래프 설계 및 시제품 제작<br>– 경량화 기본설계(경량화, 저소음 및 이선저감)<br>– 서스팬션(스프링 및 댐퍼) 설계<br>– Automatic Drop Device 및 높이상승제한장치 설계<br>– 상세설계 및 시작품 제작<br>– 팬터그래프 시제품 제작 및 성능평가<br>ㅇ 팬터그래프 형식시험 및 본선성능평가<br>– 팬터그래프 구조체 형식시험<br>– 팬터그래프 본선성능시험<br>– 팬터그래프 유지보수 매뉴얼 작성 |
| **예상성과물/ 스펙** | ㅇ 경량화: 수입 팬터그래프 대비 동특성(경간통과주파수대역) 20% 이상 개선<br>ㅇ 소음: 수입 집전판 대비 풍동시험 소음측정결과 1.5dB 이상 저감<br>ㅇ 능동형 이선 저감: EN 50119 기준 대비 본선 접촉력 측정결과 10% 이상 개선 |

<table>
<tr><th colspan="2">추진 방법</th></tr>
<tr><td>추진 체계</td><td>○ 연구기관, 대기업, 운영처<br>– 팬터그래프 운영 및 개발 경험을 보유하였고, 다양한 전공기술의 산학연 융합을 할 수 있는 역량이 있는 기관</td></tr>
<tr><td>사업기간</td><td>○ 총 연구(개발)기간: 4년</td></tr>
<tr><td>소요예산</td><td>○ 총예산 60억원 이내
<table>
<tr><th>계</th><th>1차년</th><th>2차년</th><th>3차년</th><th>4차년</th></tr>
<tr><td>60</td><td>10</td><td>20</td><td>15</td><td>15</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="2">기대 효과</th></tr>
<tr><td>경제적 효과</td><td>○ KTX열차에 탑재된 팬터그래프의 수입대체를 통하여 연간 56억원, 차량수명 30년 기준 1,689억원의 매출 예상<br>– 경부고속철도 24편성, 호남고속철도 22편성, 경강선 15편성 기준</td></tr>
<tr><td>사회적 효과</td><td>○ 팬터그래프 개발을 통하여 중련 운전이 가능한 이선 저감형 팬터그래프를 개발함으로써 철도운영자가 고속철도 운영을 보다 유연하게 할 수 있어 고속철도 요금을 낮출 수 있고, 추가적인 속도향상이 가능하여 고속철도를 이용하는 국민들의 이동시간 단축에 기여할 것으로 기대</td></tr>
<tr><td>정책적 효과</td><td>○ 국산화 연구개발을 통해 수입품을 대체함으로써 정부가 강하게 추진하고 있는 중소기업 육성 및 신규 일자리 창출에 기여</td></tr>
</table>

# [철도차량 18] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 철도차량 지능형 센싱 및 유지관리 자동화 시스템 기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 철도차량의 보다 효과적인 유지관리를 위해서 차량 상태를 점검할 수 있는 보다 고도화된 센서와 데이터처리를 하는 센싱기술과 유지관리를 자동화하기 위한 자동화 설비와 관련한 기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도차량 | 일반 | 차량시스템 | 차량유지관리 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 차량-인프라-운영환경 | 빅데이터/AI | X |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | O | O | O | |

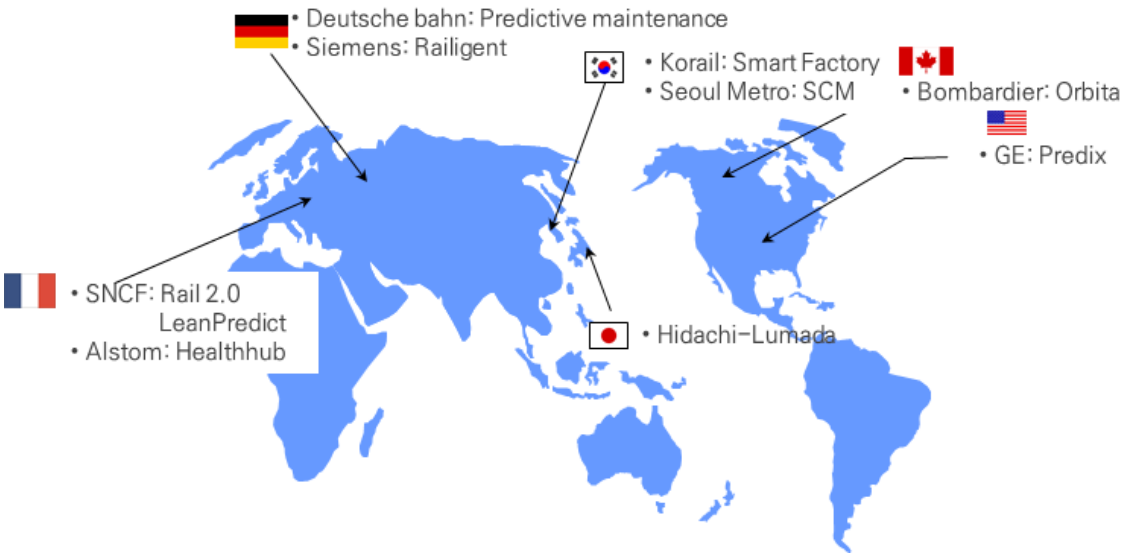
| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | O | O | O | O | O |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | O | O | O | |

**글로벌 동향**

○ (기술) 국외에서는 차량 진단시스템을 IoT기술, 스마트 센싱기술과 융합하여 자동화된 시스템으로 구축하는 추세임

- 영국에서는 차량 상태를 모니터링하는 시스템을 구축하여 운용 중에 있으며, 적외선/음향/초음파 센서를 선로변에 설치하여 차량상태를 진단하고 철도차량의 탈선사고를 예방
- 일본에서는 유지보수효율성 증대를 위한 ICT기술을 철도에 활용하는 연구개발을 수행하고 있으며 차량 모니터링과 상태기반유지보수(CBM)를 바탕으로 하는 스마트 유지보수를 진행 중. 다양한 센서를 통한 차량상태 모니터링, 모니터링 빅데이터를 분석하고 열화모델을 개발하여 의사결정, 수리 및 평가 등으로 세분화함




<국내외 검사장치의 자동화기술 연구현황>

| | |
|---|---|
| | ○ 철도분야의 경우에도 TCMS(Train control and monitoring system)의 발전 및 상태기반 유지보수(CBM) 기술 개발 과제 등을 통해 개념을 정립하고 이를 적용하고자 하는 단계에 도달하였으나, 진동, 온도 등의 단편적 물리량에 의존하는 전통적 접근 방법과 인력에 의존하는 유지보수 체계로 인하여 실용화 단계까지 도달하지 못하고 있음. 첨단 센싱기술을 이용한 자동화된 모니터링 및 이를 기반으로 한 종합적인 진단을 위한 단계까지는 도달하지 못하고 있음<br>○ 국내의 진단장비는 측정정확도 95%이상 요구, 자동측정 및 수동 확인측정을 병행하고 있음. 국내 운영사도 유지보수 자동화를 위한 기술개발을 하고 있으나, 단편적 기술개발로 인한 한계를 면치 못하며, 소규모 지자체 운영사의 재정 악화개선을 위해서도 자동화 기술 필요 |
| **중점추진 필요성** | ○ 차량의 상태를 모니터링하기 위해서는 차량에 설치된 수많은 센서와 지상에 설치된 진단장비에 데이터는 문자뿐만 아니라 영상도 포함되어 있는 빅 데이터로써 이를 이용하면 정확한 진단을 할 수 있음. 최근에 철도차량의 유지보수에 효율성을 높이기 위하여 인공지능, 빅데이터 분석 기술을 적용하고 있음.<br>○ 최근 철도선진국에서는 센싱 데이터 기반으로 유연하고 합리적인 유지보수 주기와 계획을 수립하기 위한 대책마련에 부심하고 있음. IT기술과 센싱기술의 비약적인 발전에 따라 경험적이고 일률적인 유지보수가 아닌 차지상 데이터와 축적된 데이터로 합리적이고 비용절감적인 차량 유지보수를 수행하기 위해 노력하고 있음<br>○ 또한 중국의 일대일로 정책에 막혀 신규 시장진출이 어려워진 알스톰, 지멘스, 히타치, 봄바르디어, GE 등 철도회사는 그들만의 오랜 기간 동안의 설계부터 제작, 운영 및 유지보수의 경험을 토대로 하여 철도 유지관리를 쉽게 할 수 있는 자동화 플랫폼을 본격적으로 개발하기 시작하였으며, 이미 여러 곳에서 시도되어 효과를 보고 있음 |

| **주요 내용 및 예상 성과** | |
|---|---|
| **과제 목표** | ○ 철도차량 유지관리를 위한 철도지능형 센싱 및 모니터링 기술개발 및 자동화기반 유지보수체계 및 장비개발 |
| **추진 내용** | ○ 센싱기술<br>– 외관검사를 위한 머신비전 기술<br>– 손상측정을 위한 레이저 스캐닝 기술<br>– 손상측정을 위한 적외선 감지 기술<br>– 물리량(진동/소음/유량/탁도 등) 측정을 위한 스마트센싱 기술<br>○ 신호처리 기술<br>– 열차내 고속통신망 기술<br>– 차지상 유무선 통신망<br>– 무선 센서네트워크 통신기술<br>– 실시간 신호처리 기술 |

| | |
|---|---|
| | ○ 상태모니터링 기술<br>– 외관상태 자동모니터링기술<br>– 표면 손상 자동모니터링기술<br>– 마모 및 변형 손상 자동 모니터링기술<br>– 진동 손상 자동모니터링기술<br>– 이상온도 자동모니터링기술<br>– 이상전류 자동모니터링기술<br>○ 웨어러블검사 및 로봇 기술<br>– 웨어러블 검사장비 기술<br>– 반자율운행로봇 기반 검사장비 기술<br>○ 모바일기반 유지보수 지원 시스템 기술<br>– 모바일 기반 유지보수 판단/조치 기술<br>– 가상시뮬레이션 기반 고장진단 및 대응 기술<br>○ 자동화장비기반 유지보수기술<br>– 자동화 프로세스 기반 유지보수 체계<br>– 자동화 프로세스 기반 유지보수기준 및 절차 개정 |
| **예상성과물/ 스펙** | ○ 철도차량용 센싱기술(머신비전, 레이저 스캐닝, 적외선 감지)<br>○ 철도차량용 유무선 통신 네트워크<br>○ 웨어러블검사 및 로봇<br>○ 모바일기반 유지보수 지원 시스템<br>○ 자동화장비기반 유지보수 자동화 프로세스 및 기준 |

| **추진 방법** | |
|---|---|
| **추진 체계** | ○ 정부 및 철도운영기관 및 제작사 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축<br>– 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있도록 관련 기술수요처 의견수렴<br>– 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영<br>○ 관련분야 전문가 자문회의 등 내 · 외부 전문가 의견 수렴<br>○ 해외 선진기술에 대한 지속적인 벤치마킹을 위한 외국기업체 및 연구기관과의 협력 추진<br>○ 축적된 기술을 반영하고, 산학연의 공동 연구개발 체계를 구축하고 기초 연구와 설계 및 해석, 평가가 이루어 질 수 있는 추진체계 구축 |
| **사업기간** | ○ 총 연구(개발)기간: 7년 |
| **소요예산** | ○ 총예산 1,100억원 이내 |

| 계 | 1차년 | 2차년 | 3차년 | 1차년 | 2차년 | 3차년 | 3차년 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,100 | 100 | 100 | 200 | 200 | 300 | 100 | 100 |

| 기대 효과 | |
|---|---|
| **경제적 효과** | ㅇ 철도차량 유지관리를 위한 센서 및 자동화 시스템 등 신규 시장 창출<br>ㅇ 철도차량 유지관리 자동화로 인한 단순 유지보수 인력 대체 비용 절감 및 기존 유지보수 인력의 전문화를 통한 유지보수 시장 확대<br>ㅇ 센서 및 자동화 설비 이용 확대로 타 분야의 산업 활성화에 기여 |
| **사회적 효과** | ㅇ 철도차량 유지관리 자동화로 인해 사고를 사전에 감지할 수 있으며, 유지보수 최적화를 통한 사회적 비용 절감<br>ㅇ 보다 안전한 철도 서비스 이용 확대 가능<br>ㅇ 타 산업 분야 유지보수 자동화에 활용 가능 |
| **정책적 효과** | ㅇ 국가 차원의 철도 차량 유지보수 관련 새로운 산업 발굴 가능으로 일자리 창출<br>ㅇ 철도차량 수출시 유지보수 관련 상품 패키지화 가능으로 철도차량 수출 경쟁력 강화에 기여 |

# [철도차량 19] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 기밀성 향상을 위한 포켓 슬라이딩 방식 출입문 모듈화 및 표준화 기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 철도차량의 기밀성 향상을 위한 포켓 슬라이딩 방식의 출입문 기술 개발 및 상이한 차량 출입문의 표준화 기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도차량 | 도시 | 차체 및 설비 | 차체구조물 기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | X | X | X |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | | ○ | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | | | | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | ○ | ○ | ○ | |

| | |
|---|---|
| 글로벌 동향 | ㅇ 세계 철도차량부품 산업현황을 살펴보면, 유럽철도차량공업협회(UNIFE) 중심의 품질관리체계(IRIS) 등록업체 분석시, 특정 품목(추진, 제동, 신호/정보, 출입문, 연결기 등)의 독과점이 심함<br>ㅇ 선진업체(Faiveely, Bode, IFE 등)에 의한 시장 과점 상태이며, 중국 공급사가 급성장하는 추세<br>ㅇ 도시철도용 출입문은 철도차량 도입 시 여러 기업의 제품들로 공급되어 부품간 호환 불가로 노후부품 수급 및 교체 시기 지연으로 안전사고와 직결됨<br>– 국내제작사: ADSRail, 인터콘시스템스, 흥일기업, 소명(2017년 폐업)<br>– 해외제작사: 커티스(캐나다) |
| 중점추진 필요성 | ㅇ 외자 부품의 국내시장 잠식현상으로 신규업체의 시장 진입 장벽이 나타나며, 다품종 소량생산에 따른 개발비 과다 및 경쟁력 약화<br>– 일부 제품 기술 종속 탈피 및 유연한 대처가 요구됨<br>– 승객이 안전하고 편리하게 철도차량을 이용할 수 있도록 차량의 가용성 증대 및 안전성 확보<br>ㅇ 시행청마다 신뢰성이 검증된 기 실적 사양의 출입문 시스템을 선호하고 있으며, 이에 따라 신규 기술이 적용된 시스템을 채택하는데 소극적<br>ㅇ 상이한 도시철도 출입문의 경우 표준화로 출입문 장애 예방 및 안전성 향상 필요 |

| 주요 내용 및 예상 성과 | |
|---|---|
| 과제 목표 | ㅇ 고속철도/도시철도 기밀성 향상을 위한 포켓 슬라이딩 방식의 출입문 기술 개발 및 표준화<br>– 신뢰성, 안전성이 확보된 잠금장치 기술 개발<br>– 포켓 슬라이딩 형식의 초고속차량 출입문 시스템의 구동장치에 대한 신뢰성 및 안전성 도출 |

| | |
|---|---|
| | – 향후 개발 예정인 초고속 철도차량의 포켓 슬라이딩 출입문 시스템에 적용<br>– 안전 및 성능이 향상된 출입문 시스템 구동장치 개발에 의한 유지보수 편의성과 부품 확보의 문제점 해결을 검증 |
| **추진 내용** | ㅇ 도시철도용 출입문시스템 표준 구동장치 기술개발<br>– 출입문 구동장치 표준 요구사양 정립 및 시스템 기본 설계<br>– 구동장치 시스템 상세 설계 및 시제품 제작(EN14752 검증)<br>– 구동장치 시스템 시험(기능시험/내구성시험/인증시험)<br>– 현차 성능 확인 시험<br>– 표준 기술사양서 획득<br>– 표준 실용화 방안 제시<br>ㅇ 도시철도용 출입문 시스템 표준 제어장치 기술개발<br>– 출입문 제어장치 표준 요구사양 정립 및 개념 설계<br>– 출입문 제어장치 상세 설계 및 시제품 제작<br>– 출입문 제어장치 적용 시험 (구동장치 연계)<br>ㅇ 도시철도용 출입문 시스템 표준 비상개방장치 개발<br>– 비상 개방장치 표준 요구사양 정립 및 개념 설계<br>– 비상개방장치 모듈 상세 설계 및 시제품 제작<br>– 출입문 시스템 적용 시험<br>ㅇ 포켓슬라이딩 방식 출입문 시스템 표준 구동장치 기술 개발<br>– 포켓슬라이딩 방식 출입문 시스템 통합 개발 기술<br>– 포켓슬라이딩 방식 출입문 잠금장치 개발 기술<br>– 포켓슬라이딩 방식 출입문 동작 감지장치 개발 기술<br>– 포켓슬라이딩 방식 출입문 안내장치 개발 기술<br>ㅇ 포켓슬라이딩 방식 출입문 시스템 표준 제어장치 기술 개발<br>– 포켓슬라이딩 방식 출입문 제어장치 HW 개발 기술<br>– 포켓슬라이딩 방식 출입문 제어장치 SW 개발 기술<br>– 포켓슬라이딩 방식 출입문 제어장치 인터페이스 기술 |
| **예상성과물/ 스펙** | ㅇ 도시철도 차량 출입문 표준 기술사양서<br>ㅇ 도시철도 차량 출입문 표준 제어장치<br>ㅇ 포켓슬라이딩 방식 출입문 제어장치 표준 요구사양 및 상세 요구사양서<br>ㅇ 포켓슬라이딩 방식 출입문 제어장치 시제품 제작<br>ㅇ 포켓슬라이딩 방식 출입문 제어장치 표준 기술사양서 |

| **추진 방법** | |
|---|---|
| **추진 체계** | ㅇ 산학연 및 전문기관이 협력하여 연구개발 추진<br>– 주관기관: 차량제작사 / 출입문 시스템 규격개발, 핵심 개발기술 상용화<br>– 대학 및 연구기관: 규격의 적합성 검증 및 확인, 상용화를 위한 기술과제 해결<br>– 개발업체: 출입문 제작사 / 출입문 시스템 제작 및 시험, 시제품 제작 및 경제성 분석<br>– 전문기관: 신뢰성 확보 및 사업화 전략연구, 시장진입 전략, 인증확보 전략 수립 |

<table>
<tr><td>사업기간</td><td>○ 총 연구기간 : 4년</td></tr>
<tr><td>소요예산</td><td>○ 정부출연금 50억원 이내
<table>
<tr><th>계(억원)</th><th>1차년</th><th>2차년</th><th>3차년</th><th>4차년</th></tr>
<tr><td>50</td><td>10</td><td>15</td><td>15</td><td>10</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

| 기대 효과 | |
|---|---|
| **경제적 효과** | ○ 출입문 시스템의 표준화된 모듈 개발 확대 적용시 부품 수량 감소 및 호환성이 확보됨에 따라 다양한 유지보수품 확보 불필요 및 유지보수 편리성이 확보됨에 따라 획기적으로 비용을 절감하여 차량 운용 효과가 기대됨 |
| **사회적 효과** | ○ 철도차량 출입문 시스템에 대한 주요 장치별 표준화 모듈에 대한 안전성 및 신뢰성이 보장된 독자적 설계 능력 및 제작 기술 확보로 운행중 안전사고 방지 등을 기대<br>○ 철도차량 운영기관별 도시철도용 출입문을 표준화하여 최적조건의 출입문 사양 도출<br>○ 승객 안전성을 고려한 도시철도용 출입문 시스템 개발로 철도차량 운행 안전성 확보 |
| **정책적 효과** | ○ 철도차량 부품의 호환성을 높이고 기능을 고도화 하여 철도차량 운행안전성 확보를 통해 국민생활의 안전을 증진하고자 함<br>○ 철도차량 출입문 부품산업의 표준화를 통한 규모의 경제 실현 및 부품산업 발전과 전문인력 양성 기여 |

# [철도차량 20] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 대용량 수송용 초고속 2층 철도시스템 기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 고속철도 시스템의 수송 효율을 높이기 위해 대용량 수송용 초고속 2층 철도시스템을 개발 운영하는 기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도차량 | 일반 | 차량시스템 | 미래차량시스템 |
| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 | |
| | 차량 | IoT | X | |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | | ○ | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | | | | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | ○ | | | ○ |

| 글로벌 동향 | ㅇ 현재 유럽의 고속열차는 2층 고속열차 중심으로 수송력 증대를 꾀하고 있으며 세계 고속철도시장에서 2층 고속열차가 큰 주류로 변화 중.<br>ㅇ 세계 프랑스 및 일본 2개국 2층 고속열차 제작 기술 확보<br>ㅇ 국내에서는 중고속(180km/h) 2층 고속열차 제작 기술 확보 |
|---|---|
| 중점추진 필요성 | ㅇ 고속철도 이용수요와 선로이용율 급증에 대응하여 최적의 비용으로 선로수송용량을 확대하는 고수송력을 확보한 2층 고속열차 투입 필요<br>ㅇ 대수송력 차량과 일반차량과의 중련운전을 통한 선로용량 포화지역 및 비포화지역의 수송효율 최적화 필요<br>ㅇ 국민소득 3만불 시대의 가계 경재력 향상에 따른 이동범위 및 이동빈도 증가를 대비한 2층 고속열차 설계 및 검증기술 필요 |

| 주요 내용 및 예상 성과 | |
|---|---|
| 과제 목표 | ㅇ 2층 초고속열차 핵심기술 확보, 상용화 및 유지보수 체계 확립<br>– 고속철도를 활용한 생활권 확대에 따른 수송력 및 공간 활용도 증대를 위한 2층 초고속열차 기술 개발<br>– 2층 초고속차량 SE 및 시험평가 기술 확보<br>– 2층 초고속열차 설계, 제작, 부품시험 및 인터페이스 기술 확보 |
| 추진 내용 | ㅇ 2층 고속열차 기본사양 및 개념설계(안) 도출<br>– 고속철도를 활용한 생활권 확대에 따른 수송력 및 공간 활용도 증대를 위한 2층 고속열차(300km/h급) 기본사양 및 개념설계 방안 제시<br>– 철도안전법 형식승인시험절차 분석 및 기본방안 검토 |

| | |
|---|---|
| | – 개념설계(안)에 대한 주행동특성, 구조안전성, 공기조화 및 공력특성 해석평가<br>– 2층 고속열차 운영자 요구사항 조사 및 분석<br>○ 2층 고속열차 설계, 제작, 시험에 대한 기준 분석<br>– 차량의 기술사양 및 시험기준 조사 및 분석<br>○ 인터페이스를 고려한 형상 개념설계 기술<br>– 수송력 극대화를 위한 2층 고속열차 설계방안(여객공간 기준 KTX-산천 대비 50%이상 증대) 제시<br>– 차량과 인프라 시스템간 인터페이스 검토<br>○ 운영자 요구사항을 반영한 사양 및 디자인 분석<br>– 운영자 요구사항을 반영한 차량 요구사양 작성<br>– 2층 고속열차 수요예측 및 경제성 분석 계획 수립<br>– 국내외 2층 고속객차 사례조사(벤치마킹)<br>– 수송수요(최대 1회 수송인원)를 반영한 고속열차의 편성 구성안 도출<br>○ 개발차량 설계방안에 대한 성능 및 안정성 예측 평가기술<br>– 2층 구조를 고려한 차량 내외부 형상 디자인 및 공력 특성 검토<br>– 2층 구조특성 및 경량화를 고려한 차체구조 설계검증 및 방안 제시<br>– 차량한계(Dynamic Analysis) 분석<br>– 차량동특성해석에 따른 정적·동적성능 모델링 및 분석 (임계속도, 탈선계수, 터널내 열차교행특성, 윤중변화율 등)<br>○ 철도안전법 형식승인시험 시행규정 검토 |
| **예상성과물/스펙** | ○ 2층 초고속열차 시스템(사양 및 디자인)<br>○ 철도안전법 형식승인시험 시행규정 적용방안 |

| **추진 방법** | |
|---|---|
| **추진 체계** | ○ 국내추진, 제동 기술 전문가 그룹을 구성하고 산학연 연계 및 정부 지원 하에 연구를 수행<br>○ 연구내용의 검증 및 객관성 확보를 위해 외부 전문가 자문위원회 구성 및 운영 |
| **사업기간** | ○ 총 연구기간 : 4년 |
| **소요예산** | ○ 정부출연금 350억원 이내 |

| 계 | 1차년 | 2차년 | 3차년 | 4차년 |
|---|---|---|---|---|
| 350 | 75 | 100 | 100 | 75 |

| 기대 효과 | |
|---|---|
| **경제적 효과** | ㅇ 1열차 당 약 700~1,500명 내외의 수송량 확보로 서울~오송구간 병목현상 해소<br>– 필요시 KTX기준 18량의 객차배치로 1회 약 1,400명 내외의 수송량 확보<br>ㅇ 시제 열차는 고속철도 Test-bed로 활용하여 향후 연구성과의 검증 및 영업실적 확보에 활용<br>ㅇ 확보된 2층 고속열차 핵심기술을 통한 한국형 2층 고속열차 상용화 |
| **사회적 효과** | ㅇ 확보된 2층 고속열차 핵심기술을 통한 한국형 2층 고속열차 상용화 |
| **정책적 효과** | ㅇ 대수송기간(추석, 설, 여름휴가 등) 대규모 수송수요 발생기간 중장거리 수송수요 충족<br>ㅇ고속철도 해외진출 시 다양한 수출모델 제안에 활용 |

# [철도시설 1] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | IoT기반 철도 전기설비상태정보 공유시스템 기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 철도 전기설비 상태정보를 감시하고 이를 통한 유지보수를 효율화하기 위한 최신 ICT 기술을 활용하여 철도 전력설비의 상태진단 정밀화 및 이를 활용한 설비 유지보수 최적화하기 위한 IoT 기반 상태정보 공유 시스템 기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도시설 | 신호통신 | 신호제어 | 열차운행제어기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 차량-시설 | IoT | X |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | | ○ | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | | | | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | | | | ○ |

| | |
|---|---|
| 글로벌 동향 | ㅇ 현재 전력시스템은 전 세계적으로 IEC 61850 프로토콜을 이용한 변전자동화를 구축하는 추세이며, 전철변전소도 유럽 일부 국가에서 적용하고 있음.<br>– 변전자동화와 함께 실시간 모니터링 및 부하 제어 기술 등 확장 기술의 개발을 통하여 시스템의 성능 향상 및 새로운 시장의 개척이 필요함.<br>ㅇ 전차선로 시스템 분야는 속도향상의 핵심기술로서 이에 대응하기 위한 연구가 진행되고 있음<br>ㅇ 프랑스, 독일, 일본, 스페인, 중국 등에서 최고운영속도 350km급 전차선로 시스템에 대한 독자 모델을 개발하여 영업운행 구간에 적용하고 있는 실정<br>ㅇ 일본에서는 접촉력 측정을 통하여 전차선로의 장력 및 경간내 configuration 등을 점검하는 방법을 연구개발 중<br>ㅇ 독일에서는 활차식 장력조절장치를 대상으로 작동 상태를 모니터링 하는 시스템 개발 |
| 중점추진 필요성 | ㅇ 최근 급격하게 발달하고 있는 ICT 기술과 machine learning 기술을 전통적인 급전시스템에 적용하여 전력계통의 감시 및 제어의 편리성과 신뢰성 향상을 꾀할 수 있고 각종 전력설비의 진단 데이터들의 폭넓은 활용으로 유지보수 비용을 절감할 수 있을 것임.<br>ㅇ 장력조정장치는 작동확인을 위하여 주기적으로 유지보수를 수행하여야 하지만, 고속구간 및 터널 등의 이유로 도보순회에 의한 유지보수에 한계<br>ㅇ 짧은 유지보수 시간에 정확한 작동상태를 판단하는데 애로점이 있음<br>ㅇ 최근 저전력 통신기술인 LoRa 등과 철도 전용 통신망인 LTE-R 구축확대 등에 따라 IoT를 이용한 유지보수 효율화를 위한 기반기술이 확보되었음<br>ㅇ IoT 기술을 이용하여 장력조정장치 작동에 대한 정밀한 검측기술 개발을 통하여 시설물의 효과적인 관리와 단선감시 그리고, 불량개소에 대한 장해를 사전에 차단할 필요가 있음 |

| 주요 내용 및 예상 성과 | |
|---|---|
| 과제 목표 | ○ ICT 기술 융합을 통한 철도 전력 설비의 상태진단 자동화<br>– 빅데이터 기반의 예방 진단 및 자산관리 시스템 개발<br>○ IoT 기반의 철도전기설비 상태감시 시스템 개발<br>– 스프링식 장력조정장치 |
| 추진 내용 | ○ 빅데이터 기반의 예방 진단 및 자산관리 시스템 개발<br>– 빅데이터 기반의 급전시스템 전력설비의 예방진단장치 기술 개발<br>– IEC 61850 변전자동화와 연계된 종합 예방진단 시스템 개발<br>○ 철도전기설비 모니터링 및 IoT 기술 조사 / 분석<br>– 국내 유지보수 현황 및 기준<br>– 유지보수 효율화를 위한 국내/외 모니터링 기술<br>– 저전력 통신망 LoRa 등 적용성<br>– 철도 전용망인 LTE-R 활용성<br>○ 환경 및 선로조건 등을 고려한 센서, 통신 및 DAQ 등 선정<br>– 상용 측정센서(장력, 변위, 온도 등)별 특성 및 상시전원/배터리 고려<br>– wireless 인터넷 기반 지상처리부 및 데이터 전송 시스템<br>○ 상태감시 시스템 상세설계 및 시제품 제작<br>– 단위기능 및 시스템 사양 정의<br>– 설치조건 및 유지보수 절차 등을 고려한 시스템 상세설계<br>○ 부품별 및 시스템별 공장성능 평가 및 현장 시험 |
| 예상성과물/스펙 | ○ 급전시스템 온라인 수요관리를 위한 빅데이터 기반의 예방진단 알고리즘<br>○ 철도차량-급전시스템간 실시간 모니터링 및 통신장치<br>○ 온라인 예방진단 및 유지보수 자동화를 위한 HMI<br>○ IEC 61850 기반 온라인 예방진단 시스템<br>○ 스마트 전력시스템 성능 시험 결과<br>○ 스프링식 장력조정장치 상태감시 센서/시스템 시작품<br>○ 스프링식 장력조정장치 모니터링을 위한 실증 테스트베드 |

| 추진 방법 | |
|---|---|
| 추진 체계 | ○ 국내 전문가 그룹을 구성하고 산학연 연계 및 정부 지원 하에 연구를 수행<br>○ 시제품 제작 및 시험 평가를 위해 관련 산업체의 참여가 반드시 필요하며, 기초 요소기술 연구를 위한 대학 등의 연구기관 참여가 바람직함<br>○ 연구내용의 검증 및 객관성 확보를 위해 외부 전문가 자문위원회 구성 및 운영 |
| 사업기간 | ○ 총 연구기간 : 4년 |
| 소요예산 | ○ 정부출연금 200억원 이내 |

| 계 | 1차년 | 2차년 | 3차년 | 4차년 |
|---|---|---|---|---|
| 200 | 40 | 50 | 60 | 50 |

| 기대 효과 | |
|---|---|
| **경제적 효과** | ㅇ 세계의 변전소 자동화 시장은 2015년 325억 3,000만 달러를 기록했으며, 향후 5년간 5.97%의 연평균 성장률(CAGR)로 성장할 전망이며 국내 특성을 반영한 기술적 우위 확보를 통해 기술종속화 탈피<br>ㅇ ICT 기반의 온라인 예방진단 기술을 통하여 전력설비의 유지보수 체계를 최적화하여 자산관리에 활용 및 설비 수명 연장에 기여<br>ㅇ 유지보수 자동화로 철도시장 상용화<br>– 인력위주의 유지보수 비용을 획기적으로 감소시키는 기술로 4,000억원 규모의 철도 계측 시장 참여 가능 |
| **사회적 효과** | ㅇ 사회 전반의 4차산업혁명에 발맞추어 전통적인 산업에 머물러온 철도 전력 시스템의 자동화를 통하여 철도 물류 전반의 안정화 및 효율 향상에 기여<br>ㅇ 변전소 설비운영 데이터 자동감시로 설비신뢰도 향상 및 고장원인 신속해소에 따른 철도 이용 신뢰성 증대를 통해 대국민서비스 질제고 |
| **정책적 효과** | ㅇ 제3차 국가철도망 구축계획(2016~2025)은 “국민행복과 지역 발전을 실현하는 철도” 를 구축하겠다는 비전 아래, 6대 추진방향을 달성하기 위해 기존 설비의 이용률을 높이는데 기여<br>ㅇ 제3차 국가교통기술개발계획의 기본방향인 “융복합 등을 통한 미래사회 여건 변화에 능동적인 기술개발” 에 대해 IT, ET의 융합 기반의 본 연구를 통해 국가 정책과의 연계성을 확보하고 추진력 확보 가능 |

# [철도시설 2] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 신재생에너지 및 ESS 연계 기반 철도전력망의 마이크로그리드 시스템 구축기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 철도 전력망의 에너지 생산 및 효율적 운영을 위해<br>철도전력망에 신재생에너지 및 ESS 연계한 마이크로그리드 시스템 기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도시설 | 전철전력 | 급전계통기술 | 철도용 스마트그리드 기술 |
| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 | |
| | 시설-운영환경 | IoT | X | |

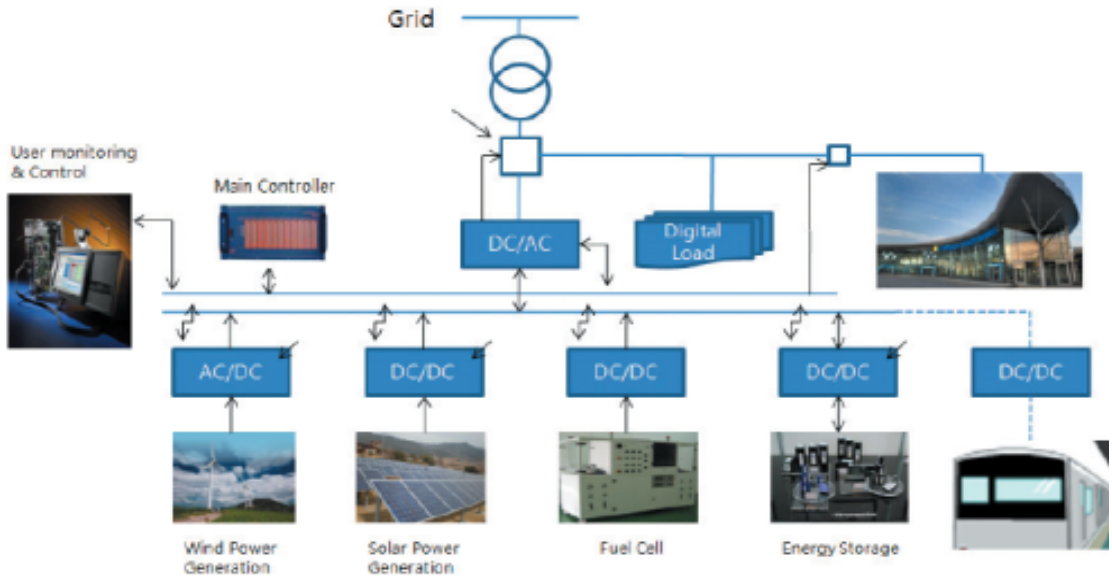
| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | ○ | | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | | | | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | | | | ○ |

| | |
|---|---|
| 글로벌 동향 | ㅇ 미국 NJ Transitgrid의 경우, 신재생 에너지원으로 천연가스를 이용한 100MW급 발전소를 설치하여 철도, 자동차, 버스, 선박을 포함하는 교통과 관련된 마이크로그리드 시스템을 구축할 계획을 수립함<br>ㅇ 미국 NJ Transitgrid에서는 일정 지역 범위로 교통시스템을 독립형 마이크로그리드로 운영할 계획이며, 필요에 따라 계통연계형으로 운영되며 개별의 마이크로그리드를 관리하는 중앙집중제어형 운영시스템을 구축할 계획임<br>ㅇ 스웨덴의 경우, 2013년에 직류 배전에 대한 공급방식을 검토하여 소규모 직류 배전망 실증을 추진하고 있음<br>ㅇ 핀란드의 경우, 일부 도서지역에 직류 ±750V의 바이폴 방식으로 계통연계형 직류 배전망 구축을 완료하였음<br>ㅇ 일본의 경우, NTT 사에서 에너지 효율 1억kWh 절감을 위해 인터넷 데이터 센터를 직류 배전으로 교체함 |
| 중점추진 필요성 | ㅇ 철도분야에서 에너지 공급원 다양화는 1차적으로 현재 한국전력공사에 거의 100% 의존하고 있는 공급원 의존도를 낮춤으로써 철도 운영기관의 에너지 자립도를 높이는 것과 2차적으로 신재생에너지 연계 운전, 차량 내 자가 발전원 설치, 등 철도시스템의 친환경성을 높여 저탄소 교통시스템 구축하는데 필수적으로 요구되는 기술임<br>ㅇ 이와 같이 생산된 전력은 철도용 에너지 관리 시스템을 통해 현재 스마트그리드 전력시스템 감시 및 제어 시스템인, SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition)와 연계함으로써 에너지의 안정적인 공급 및 철도교통에서의 효율적인 에너지 활용에 기여할 수 있어 향후 친환경 교통수단으로 보다 더 활용 가치가 높일 수 있는 기술임. |

| 주요 내용 및 예상 성과 | |
|---|---|
| 과제 목표 | ○ 철도 전력망의 직류 마이크로그리드 시스템 구성에 따른 실시간 전력관리 및 전력 제어시스템 개발 및 성능평가 |
| 추진 내용 | ○ 철도 전력망의 직류 마이크로그리드 시스템 구성에 따른 실시간 전력관리 및 전력 제어시스템 개발<br>– 철도 전력망의 직류 마이크로그리드 시스템 구조(독립형 및 연계형) 개발<br>– 보호협조 및 접지 구성방식 분석<br>– 철도 전력망 부하 특성에 따른 최적화 운영방식(중앙집중제어형 및 분산제어형) 수립<br>– 신재생 시뮬레이터 연계 유무, 부하용량, 고장종류에 따른 전압 및 전류 분석<br>– 에너지 저장장치의 SOC를 고려한 Droop 전력 제어 최적 알고리즘 개발<br>– 신재생 시뮬레이터 및 에너지 저장장치를 고려한 실시간 조류해석 기법 개발<br>– 신재생 시뮬레이터 및 에너지 저장장치의 모니터링 및 제어를 위한 실시간 전력관리 시스템 구조 및 기능 개발<br>– 신재생 시뮬레이터 및 에너지 저장장치의 에너지 효율관리 등을 위한 EMS 개발<br>○ 철도 전력망의 직류 마이크로그리드 시스템 안전성 분석<br>– FTA 기법을 적용한 위험원 도출 및 안전 요구사양 도출<br>○ 철도 전력망 연계를 위한 신재생 시뮬레이터의 전력변환 장치 및 차단기 개발<br>– 철도 전력망 연계용 절연형 DC/DC 컨버터 개발<br>– 철도 전력망 연계용 절연형 AC/DC 컨버터 개발<br>– 독립형 및 연계형 구조를 고려한 차단기 개발<br>○ 철도 연계용 신재생, 모의부하 시뮬레이터 개발 및 표준 제정<br>– 일사량, 온도에 따른 태양광 모듈 모의 알고리즘(MPPT, Droop 제어 등) 및 기상청 데이터 적용 태양광 시뮬레이터 개발(500kW×3대)<br>– 풍속에 따른 블레이드 및 발전기 모듈 모의 알고리즘(MPPT, Droop 제어 등) 및 기상청 데이터 적용 풍력 시뮬레이터 개발(500kW×3대)<br>– V2G 연계용 전기자동차 충·방전기 및 시뮬레이터 개발(50kW×5대)<br>– 태양광 및 풍력 시뮬레이터 연계용 에너지 저장장치 개발(2MW×1대)<br>– 가정용 부하 등 철도 전력망 인근의 부하패턴 입력 적용 모의부하 시뮬레이터 개발(100kW×1대)<br>– 철도 연계용 신재생, 모의부하 시뮬레이터 단체 표준 제정<br>○ 철도 배전의 마이크로그리드 환경에서 빅데이터 기반 동작 영향 분석 및 성능평가<br>– 철도 전력망의 부하특성 등을 기반으로 주요 이벤트 선정 및 영향 분석<br>– 주요 이벤트에 대한 빅데이터 기반 추적분석 알고리즘 개발<br>– 철도 연계용 신재생 시뮬레이터와 모의부하 설치 및 성능평가<br>– 실시간 전력관리 및 전력 제어 알고리즘 운영 성능평가<br>– 마이크로그리드 적용 여부에 따른 전력효율 및 경제성 분석 |

<table>
<tr><td></td><td> 

〈 철도급전시스템의 DC 마이크로그리드의 구성(예) 〉</td></tr>
<tr><td>예상성과물/<br>스펙</td><td>○ 철도 전력망의 직류 마이크로그리드 시스템 구성<br>○ 철도 전력망 연계를 위한 신재생 시뮬레이터의 전력변환 개발<br>○ 철도 연계용 신재생, 모의부하 시뮬레이터 개발 및 표준 제정<br>○ 철도 배전의 마이크로그리드 환경에서 빅데이터 기반 동작 영향 분석 및 성능평가</td></tr>
<tr><td colspan="2">추진 방법</td></tr>
<tr><td>추진 체계</td><td>○ 정부 및 철도운영기관 및 제작사 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축<br>– 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있도록 관련 기술수요처 의견수렴<br>– 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영<br>○ 관련분야 전문가 자문회의 등 내 · 외부 전문가 의견 수렴<br>○ 해외 선진기술에 대한 지속적인 벤치마킹을 위한 외국기업체 및 연구기관과의 협력 추진<br>○ 축적된 기술을 반영하고, 산학연의 공동 연구개발 체계를 구축하고 기초 연구와 설계 및 해석, 평가가 이루어 질 수 있는 추진체계 구축</td></tr>
<tr><td>사업기간</td><td>○ 총 연구기간 : 4년</td></tr>
<tr><td>소요예산</td><td>○ 정부출연금 150억원 이내
<table>
<tr><th>계</th><th>1차년</th><th>2차년</th><th>3차년</th><th>4차년</th></tr>
<tr><td>150</td><td>30</td><td>40</td><td>50</td><td>30</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

| 기대 효과 | |
|---|---|
| **경제적 효과** | ㅇ 정부의 중소기업 육성 정책 및 대·중소기업 동반성장 정책에 부합한 요소기기 기술개발을 통해 국내 철도 시스템화 수출에 기여함<br>ㅇ 철도용 마이크로그리드 시스템 구축을 통해 전기요금이 비교적 저렴한 야간에 전기를 충전하고, 피크부하 시 저장된 전기를 사용함에 따른 경제적 이득이 발생함<br>ㅇ 철도 전력망 및 모의부하 시뮬레이터를 이용한 인근 가구 등의 부하패턴 분석을 통해 최적 철도용 마이크로그리드 실증 시스템 구축이 가능하며, 시스템화의 수출이 가능함<br>ㅇ 철도 차량기지 등에 우선적으로 마이크로그리드 시스템을 구축하고 검증함에 따라 철도의 새로운 수익성 사업화 모델 수립 및 중소기업 제품의 경쟁력 강화에 일조함<br>ㅇ 아시아, 유럽, 미국 등 섬이 다수인 지역 및 도서지역 중심으로 가구의 배전망 및 교통의 전력망을 통합함에 따른 스마트 독립섬 구축이 가능함에 따라 철도의 시스템화 수출이 가속화 될 수 있음 |
| **사회적 효과** | ㅇ V2G 전기자동차 충·방전기 설치로 인한 자동차와 철도의 교통 연계를 통해 친환경 Door-to-Door 서비스 구현이 가능함<br>ㅇ 국내의 고압직류송전시스템(HVDC) 구축이 가속화됨에 따라 향후 HVDC와 연계한 직류 철도 시스템 개발 및 구축이 가능함<br>ㅇ 철도 전력망에 대한 신재생 에너지원 적용은 전 세계적으로 확대될 것으로 예상되므로 철도 전력망에 대한 마이크로그리드 핵심기술 개발을 통해 국가 철도산업 경쟁력 강화에 기여함 |
| **정책적 효과** | ㅇ 철도 전력망의 마이크로그리드 시스템 구축 사업이 전 세계적으로 초기 단계에 있는 만큼 관련 기술 주도 및 우선적 시장선점이 가능하며 표준에 대한 정립이 가능함<br>ㅇ 태양광 및 풍력 시뮬레이터의 기상청 데이터 연동이 가능함에 따라 향후 철도역사 및 배전소가 위치한 국내 모든 지역에 대한 신재생 에너지원 설치에 대한 경제성 분석 및 최적화된 용량산정이 가능함<br>ㅇ 기존 철도계통에서 마이크로그리드 시스템 구축을 통해 전력효율 및 고 신뢰도를 보장함 |

# [철도시설 3] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 대용량 철도 수소연료전지기반 급전시스템 기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 대용량 수소연료전지 발전시스템을 활용하여 전기철도 차량에 전력을 공급하기 위한 자체 발전전원 구축 및 실증 기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도시설 | 전철전력 | 전력(에너지변환 및 공급)기술 | 신재생에너지 및 전기저장장치 연계 네트워크 기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 차량 - 시설 | IoT | X |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | | ○ | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | | | | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | | | | ○ |

| | |
|---|---|
| 글로벌 동향 | ㅇ 미국은 PEMFC 통합시스템 기술 성능 인증을 위한 실증연구를 본격적으로 진행하고 있음. 특히 연료전지 시스템 개발의 경우 미국 DOE는 2013년에 도요타, 닛산, 현대차, Daimer와 파트너십을 맺고 'H2USA' 프로젝트를 추진하고 있음. 완성차업체와 미국 정부기관, 에너지 회사 등 45개 기관이 참여해 수소연료전지의 제작단가 절감, 미국 내 수소 충전소 설립, 충전 설비 규격 등 수소연료 인프라 발전 방안을 연구 중이며 캘리포니아 주는 21기의 충전소를 운영 중임<br>ㅇ 유럽에서는 교통 인프라 구축 프로그램인 TEN-T(Trans European Transport Network) 프로젝트를 통하여 유럽 전역에 수소충전 인프라 구축을 지원 중임. 특히 독일은 2002년 수소자동차와 수소에너지 프로젝트인 CEP가 창설돼 독일 정부와 산업 간의 협력기관으로서 수소자동차산업 및 수소충전소 인프라 구축을 위한 활동을 시작하고 있으며, Shell, Total, Linde, OMV, Statoil 등의 에너지 기업이 협력해 수소충전소 인프라 확보를 진행중이며 2023년까지 독일 내 수소충전소를 전국 400개로 확대 설치할 계획임.<br>ㅇ 일본은 연료전지차 상용화에 대비하여 수소충전소 구축에 집중, 민간단체와 협력하여 기술개발과 실증사업을 통한 규제 완화 추진 중임. 2020년 도쿄 올림픽에 연료전지차를 행사차량으로 이용할 계획으로 2020년까지 연료전지차 6,000대, 수소충전소 35개소를 구축을 위해 452억엔(약 4,100억 원)을 투입 계획을 발표함. |
| 중점추진 필요성 | ㅇ 수소연료전지발전시스템은 친환경적이고 공해배출이 거의 없어 국제기후협약(교토의정서, 신기후체제)에 따른 온실가스배출을 최소화 할 수 있어서 온실가스감축에 따른 온실가스배출권을 확보할 수 있음.<br>ㅇ 기존 선로에서 국가적 전력피크시 전동차를 대체하여 투입될 수 있으므로 전력 |

| | |
|---|---|
| | 피크저감효과가 탁월하고 집전장치 추가시 가선 또는 역사등으로 전력공급이 가능하여 전력계통과 연계할 수 있음.<br>ㅇ 일반 발전용 또는 자동차분야에서는 상용화를 위한 개발 및 적용이 활발히 진행되고 있으나 철도차량분야에의 수소연료전지적용을 위한 개발 시도는 전무한 실정임.<br>ㅇ 가선에서 전기를 공급받지 않아서 집전설비가 불필요하고 독립자주식으로 주행하므로 가선이 없는 선로운행 및 기존 전동차선로에서도 주행이 가능하여 필요시 비상전원으로 활용 가능함 |

| 주요 내용 및 예상 성과 | |
|---|---|
| **과제 목표** | ㅇ 철도차량용 대용량 수소연료전지발전시스템 구축<br>– 철도차량용(최고속도 80km/h, 1회충전 주행거리 300km이상) 수소연료전지 발전시스템을 동력원으로하는 철도차량분야 핵심기술 개발<br>– 수소연료전지+이차전지를 탑재한 철도차량 구축을 통한 차량 시운전시험 및 신뢰성 확보(동적특성시험 4만km이상)<br>– 수소연료전지를 탑재한 전기기관차(6MW급) 기본 설계사양 수립<br>– on-site 천연가스개질형 수소충전소(350bar, 700bar) 구축 |
| **추진 내용** | ㅇ 철도차량용 대용량 수소연료전지발전시스템(750V) 구축 및 운용기술개발<br>– 고압 수소저장탱크(350바이상) 구축<br>– 수소연료전지스택 및 BOP(balance of plant) 구축<br>– 수소연료전지+이차전지용 하이브리드 통합운영관리제어시스템 개발<br>– K-AGT 적용 및 운용기술 개발<br>– 수소연료전지+이차전지를 적용한 하이브리드 철도차량용 추진 및 발전제어 시스템 개발<br>ㅇ 수소연료전지+이차전지를 탑재한 하이브리드 철도차량 실증기술 개발(최고속도 80km/h, 1회 충전 주행거리 : 300km이상)<br>– 하이브리드 철도차량(2량 1편성)설계 및 제작<br>– 주행성능평가 및 신뢰성 실증시험<br>– 수소연료전지를 동력원으로 하는 디젤전기기관차 기본 설계사양 수립 |
| **예상성과물/ 스펙** | ㅇ 철도차량용 대용량 수소연료전지발전시스템 및 발전운영관리제어시스템 개발<br>ㅇ K-AGT 차량시스템을 활용한 수소연료전지발전시스템 탑재시 운용기술 개발<br>ㅇ 수소연료전지탑재용 하이브리드 철도차량 시스템 사양 개발 및 설계방안 수립<br>ㅇ 수소연료전지+이차전지를 적용한 철도차량용 추진 및 발전제어시스템 개발<br>ㅇ 수소연료전지발전시스템에 적합한 하이브리드 경량전철 설계 및 제작<br>ㅇ 철도차량 형식승인 기술기준에 따른 적합성 및 합치성 평가<br>ㅇ 4만km이상 주행에 따른 신뢰성 실증시험 |

| | |
|---|---|
| | ○ 수소연료전지를 동력원으로 하는 전기기관차(6MW급) 기본 설계사양 수립<br>○ 철도용 수소충전소용 주요구성품 표준사양 개발<br>○ 수소충전소 운영 및 유지보수 매뉴얼 개발<br>○ 수소충전소 설치 |

| 추진 방법 | |
|---|---|
| 추진 체계 | ○ 정부 및 철도운영기관 및 제작사 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축<br>– 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있도록 관련 기술수요처 의견수렴<br>– 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영<br>○ 관련분야 전문가 자문회의 등 내 · 외부 전문가 의견 수렴<br>○ 해외 선진기술에 대한 지속적인 벤치마킹을 위한 외국기업체 및 연구기관과의 협력 추진<br>○ 축적된 기술을 반영하고, 산학연의 공동 연구개발 체계를 구축하고 기초 연구와 설계 및 해석, 평가가 이루어 질 수 있는 추진체계 구축 |
| 사업기간 | ○ 총 연구기간 : 6년 |
| 소요예산 | ○ 정부출연금 725억원 이내 |

| 계 | 1차년 | 2차년 | 3차년 | 4차년 | 5차년 | 6차년 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 725 | 100 | 100 | 75 | 75 | 75 | 500 |

| 기대 효과 | |
|---|---|
| 경제적 효과 | ○ 수소연료전지관련 시장 창출에 따른 기업이익증대 및 새로운 일자리 창출<br>○ 수소연료전지관련 산업에 대한 국가경쟁력 확보에 의한 수출증가 |
| 사회적 효과 | ○ 수소연료전지관련 연구개발의 증가에 따른 관련 기술의 선도<br>○ 수소연료전지의 응용분야 확대(소형 –> 대형) |
| 정책적 효과 | ○ 미래지향적 국가적 이해심 고취<br>○ 수소에너지산업분야에 대한 자신감 제고 및 관련 규격의 국제화 선도 |

# (철도시설 4) 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 전기철도 급전계통 해석용 실시간 시뮬레이터 기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 전기철도 구간의 전기사고 발생 시 나타나는 현상을 실제 환경과 유사하게 모의하여 전기적 현상 검증과 사고 원인을 분석할 수 있고, 신규 급전시스템 구축시 적정용량의 사전 산정을 통한 건설비 절감이 가능한 전기철도 모의 시스템 개발 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도시설 | 전철전력 | 전철전력 | 급전계통 해석 및 설계기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 차량-인프라-운영환경 | AI | X |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | O | | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | O | O | | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | O | O | O | |

**글로벌 동향**

ㅇ 전력용 실시간 시뮬레이터 국외 동향

- 전력계통 해석용 실시간 시뮬레이터는 1986년부터 연구개발 되기 시작하여 1993년부터 기업체 및 대학에서 활용되기 시작함
- 캐나다 RTDS Technologies Inc. 의 RTDS가 최초로 연구 개발하여 다각적으로 공급하고 있으며, 이외에도 OPAL-RT Technologies Inc., 등 후발 주자 업체들이 공급하고 있음
- ABB, SIEMENS, ALSTOM, TOSHIBA 등 국외 전력분야 대기업 및 Technical Univ. of Denmark, Univ. of New South Wales, Univ. of Manchester 등의 연구기관에서 개발 제품에 대한 제어기의 검증, 대규모 계통모의, 보호시스템 및 통신환경 개발 및 검증, 보호계전기 개발 및 성능 검증 등을 위해 실시간 시뮬레이터를 이용한 HIL Test환경 구축하여 활용 중에 있음.
- 철도용 실시간 해석용 시뮬레이터는 전 세계적으로 개발 및 연구된 사례가 없는 것으로 조사되나, 최근 중국 서남교통대 및 중국 북차(CNR)에서 모델링, 해석 등을 시도하고 있음

ㅇ 전력용 실시간 시뮬레이터 국내 동향

- 전력용 실시간 시뮬레이터는 국내 개발 사례가 없음(도입·운용)
- 한국전력연구원은 보호계전기, 계통분야 등에서 주로 활용중이며 한국전기연구원, LS산전, 효성중공업 등 국내 전력분야 연구원 및 대기업에서 개발 제품에 대한 제어기 및 보호계전기 검증을 위해 실시간 시뮬레이터를 구입하여 활용 중임

| | |
|---|---|
| | ○ 급전계통 해석용 시뮬레이터 국내외 동향<br>– 미국 및 유럽(프랑스, 독일, 스위스 등)에서 PC 기반의 급전계통 해석용 시뮬레이터를 상용화하였음. 조류계산 기반의 프로그램으로 단일 계통의 일부 및 단일 부하(전철 등) 해석단위임<br>– 우리나라에서는 자체개발한 프로그램(PowerRail) 으로 다단자망 회로모델을 이용한 전기철도 급전계통의 정적해석, 일반 전력해석용 툴을 이용한 단일 전기철도 동적해석(오프라인) 연구를 수행하고 있음 |
| **중점추진 필요성** | ○ 제3차 국가철도망 구축계획(국토교통부 고시 제2016-374호) 에 따라 계획기간인 '16 ~ '25 영업거리는 3,729km에서 5,364km (144%↑)로, 전철화연장은 2,595km에서 4,421km (170%↑)로 증가, 운행용량 확대 등을 통해 급전계통 시설물도 증가 예상<br>○ 기존의 철도 전력해석프로그램은 차량의 특성곡선을 활용한 오프라인 해석으로 차량의 동적특성을 반영하지 못하고 있음. 따라서 실시간 시뮬레이터를 통해 차량의 동적특성을 도출하고 이를 반영한 실시간 전력해석기법 도출이 필요함<br>○ 신규 전기철도 노선 설계하거나 기존 운행구간에서 열차 운행계획이 변경되는 경우 해당노선의 열차 운행상황을 고려한 정밀한 시뮬레이션 부재로 열차운행에 필요한 전력설비 용량, 고조파 등에 대한 적정 설계 검증이 마련되어 있지 않음<br>○ 전기를 동력으로 하는 철도차량, 변전설비, 전력품질 보상장치 등 제어기가 적용된 다양한 설비들의 현장계통 적용 시 사전 발생할 수 있는 사고 발생 가능성 및 계통영향 등의 문제점들이 사전 검증 되지 않고 있으며, 보호계전기의 정정 및 보호용 계통설비의 성능 검증이 부족하며, 실계통 적용을 통한 설비 검증은 시험품 설치에 따른 많은 시간과 비용이 소요되며 사고발생 위험성 등이 상시 존재함<br>○ 또한, 급전장애 발생 시 보호계전기의 사고데이터 분석 등을 수작업으로 확인하여 원인 분석을 하고 있는 실정이며, 상시 열차가 운행하고 있어 사고원인에 대한 재차 검증은 곤란한 실정임, 또한 사고원인을 정확히 알 수 없는 사고가 종종 발생하고 있지만 원인규명의 어려움으로 인하여 이에 대한 재발방지 대책을 마련하지 못하고 있는 실정임<br>○ 따라서, 실제 제품이 투입될 계통과 유사한 모델에 제품의 제어기 및 보호계전기의 실시간 시뮬레이터를 적용한 HIL- Test를 통해 다양한 상황에서의 정상동작 확인 및 문제발생 가능성 유무, 계통 전력품질을 확인할 필요가 있으며,<br>○ 급전계통 사고 발생 시 기존 사고 현상을 정확하게 모의하여 사고원인 규명을 통해 대책마련이 필요함에 따라 사고분석 및 원인규명에 필요한 시뮬레이션 시스템의 개발이 필요함<br>○ 급전계통에서의 고장 발생 시 휴먼에러로 인한 장애빈도가 빈번하며, 이를 최소화하기 위한 휴먼에러 방지기술 개발이 필요함<br>○ 변전자동화 시스템 유지보수 및 급전장애(사고) 발생 시 신속한 대응을 위한 휴먼에러 방지기술 검증용 설비의 구축이 필요로 함 |

| 주요 내용 및 예상 성과 | |
|---|---|
| 과제 목표 | ㅇ 전기철도 구간의 전기사고 발생 시 나타나는 현상을 실제 환경과 유사하게 모의하여 전기적 현상 검증과 사고 원인을 분석할 수 있고, 신규 급전시스템 구축시 적정용량의 사전 산정을 통한 건설비 절감이 가능한 전기철도 모의 시스템 개발<br>– 전기철도 급전계통 실시간 해석을 위한 시뮬레이터 구축, 급전계통설비 모델링 및 모델 검증<br>– 실시간 시뮬레이터를 활용한 응용기술 개발 |
| 추진 내용 | ㅇ 시뮬레이터 시스템 구축 및 검증<br>– 급전계통 시뮬레이션 구현 범위에 따른 시뮬레이터 구축 규모 산정 및 도입<br>– 실시간 시뮬레이터 검수 조건 개발<br>– HIL Test를 위한 외부연계시스템 도입 및 구축<br>– 전기철도 급전해석용 시뮬레이션 모델 개발(현장 실측 데이터 반영)<br>ㅇ 보호계통시스템의 검증이 가능한 시스템 및 검증기술 개발<br>– HIL Test를 통한 전력설비의 설치효과 예측<br>– 신규 추가설비 검증을 위한 HIL 인터페이스 연계방안 도출<br>– 보호계전기 성능 검증 기술 개발<br>– 고장점 표정장치 성능검증 기술 개발<br>ㅇ 급전계통용 제어설비(차단기, SVC 등)의 제어기 검증이 가능한 시스템 및 검증 기술개발<br>ㅇ 철도 계통 적용 기기(철도 운영기관에서 활용중인 기기)의 실시간 시뮬레이션을 통한 사전 검증 절차 및 표준 가이드라인 개발<br>ㅇ 전기철도 급전사고 예방을 위한 사고분석 및 방지 대책 도출 / 휴먼에러 방지 기술 개발 |
| 예상성과물/ 스펙 | ㅇ 급전계통용 실시간 시뮬레이터 H/W 및 급전용 HIL-Test 시스템<br>ㅇ 전기철도 급전해석용 실시간 시뮬레이션 모델 개발<br>ㅇ HIL-Test 용 제어설비검증기술 개발<br>ㅇ 보호시스템검증기술 개발<br>ㅇ 사고재현 및 원인 분석을 통한 사고예방<br>ㅇ 변전설비 휴먼에러 방지기술 개발<br>ㅇ 구축 실시간 시뮬레이터 및 HIL-Test 기술 활용기술 개발 |

| 추진 방법 | |
|---|---|
| 추진 체계 | ㅇ 정부 및 철도운영기관 및 제작사 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축<br>– 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있도록 관련 기술수요처 의견수렴<br>– 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영<br>ㅇ 관련분야 전문가 자문회의 등 내 · 외부 전문가 의견 수렴<br>ㅇ 해외 선진기술에 대한 지속적인 벤치마킹을 위한 외국기업체 및 연구기관과의 협력 추진 |

<table>
<tr><td></td><td>ㅇ 축적된 기술을 반영하고, 산학연의 공동 연구개발 체계를 구축하고 기초 연구와 설계 및 해석, 평가가 이루어 질 수 있는 추진체계 구축</td></tr>
<tr><td>사업기간</td><td>ㅇ 총 연구기간 : 4년</td></tr>
<tr><td>소요예산</td><td>ㅇ 총예산 180억원 이내
<table>
<tr><th>계</th><th>1차년</th><th>2차년</th><th>3차년</th><th>3차년</th></tr>
<tr><td>180</td><td>20</td><td>60</td><td>60</td><td>40</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="2">기대 효과</th></tr>
<tr><td>경제적 효과</td><td>ㅇ 철도 전력용 시뮬레이터 구축시 신규설비 도입 또는 개량전 사전 시뮬레이션을 통해 최적 용량을 산정함으로써 과설계로 인한 예산낭비 방지 및 전력계통 사고의 획기적 저감 가능<br>– 철도 전기계통 사고는 연 18건 가량 발생, 25억원/연 경제적 손실 발생<br>ㅇ 시스템 구축 기술로 국내외 타 철도 운용 기관 및 전력설비 제작 업체에 판매를 통한 수익 창출<br>ㅇ 급전계통 전력설비 제어기 및 보호계전기 인증 시험<br>– 실제와 유사한 환경 내에서의 보호계전기 인증 시험 및 정정값 Setting을 통한 수익 창출</td></tr>
<tr><td>사회적 효과</td><td>ㅇ 전기철도 급전계통 시뮬레이터 개발에 따른 철도 전력계통 사고·장애 감소로 안정적인 국민철도 교통 기여<br>ㅇ 철도 급전계통 상황을 시뮬레이션을 통해 면밀하게 분석, 전력부하(LOAD) 운영계획에 반영함으로서 전기에너지 절감<br>ㅇ 철도 전력용 시뮬레이터를 세계 최초로 개발(원천기술 확보)에 따라 국내외 실용화 가능 및 해외사업에 참여 가능<br>ㅇ 전기철도 기술의 축적 및 계통사고 방지효과와 정밀한 전기철도 급전계통해석, 전력기기 현장 실증시험의 대체 및 엔지니어의 훈련 가능</td></tr>
<tr><td>정책적 효과</td><td>ㅇ 전기철도 급전계통에서 발생하는 각종현상 모의 분석을 통해 전기철도의 안정적인 전력공급 방안 제시<br>ㅇ 전기철도 급전계통 시뮬레이터를 이용한 신기술의 실계통 적용연구를 수행하여 신기술도입 및 적용 타당성을 실제 계통과 동등하게 검증<br>ㅇ 전기철도 급전계통 운용자의 기술훈련을 통하여 실계통 운용체계 확립<br>ㅇ 급전계통 모델링 기술과 전기철도 급전계통 시험 기술의 향상, 각종 신기술 및 제어기기의 효과적인 기술개발능력 축적 가능<br>ㅇ 전기철도 급전계통 해석기술을 통한 최적화 교류시스템 기술 확보 및 에너지 변환·저장 기술 확보</td></tr>
</table>

# [철도시설 5] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | On-line 정보 에너지관리 네트워크 기반 열차운행 모드제어 기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | ICT 기술을 활용한 실시간 전력상태 모니터링 및 제어를 통한 급전시스템의 전력공급 성능 및 이용효율 향상 기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도시설 | 전철전력 | 급전계통기술 | 급전계통 운영 및 제어기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 인프라-운영환경 | 빅데이터/AI | X |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | ○ | | | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | | | | ○ |

| | |
|---|---|
| 글로벌 동향 | ㅇ ICT 기술의 발전에 따라 전력분야에도 기존 아날로그 기술의 디지털화를 통한 시스템 자동화를 꾀하고 있음.<br>ㅇ 일반 전력계통에서는 대규모 블랙아웃에 대비하여 광대역 계통의 전력을 실시간 모니터링하고, 이를 기반하여 블랙아웃이 발생하기 전 실시간으로 부하를 차단하는 WAMAC(Wide Area Monitoring And Control) 기술을 개발하여 상용화하고 있음.<br>– 특히, 영국의 「Network Rail」에서는 Integrated Protection and Control 기술을 개발하여, 선로를 따라 광케이블을 포설하고 이를 이용하여 급전시스템의 보호의 정확성과 성능을 향상시키고 있음<br>ㅇ 제3차 국가교통기술개발계획의 기본방향인 “융복합 등을 통한 미래사회 여건 변화에 능동적인 기술개발” 에 적정한 ICT, ET 기술의 융합이 필요함. |
| 중점추진 필요성 | ㅇ 최근 철도 교통의 수송 수요 증가에 따라 고속철도 및 도시철도 등의 확대 추세에 따라 양질의 철도 서비스에 대한 요구가 증대되고 있음. 이에 따라 철도차량의 전력 공급도 높은 안전성과 신뢰도가 요구됨.<br>ㅇ 2015년 기준 전철화율 80%에 다다르면서, 경부고속선, 호남고속선 및 수도권 고속선 등처럼 서로 선로를 공유하는 구간이 증가함에 따라 계획 단계에서 예상하지 못한 열차 통행량 증가와 선로간 전력공급설비 공유에 의한 급전시스템의 용량 부족 현상이 초래되고 있음.<br>ㅇ 또한, 열차 부하 증가에 따른 원활한 전력공급을 위해 전통적인 공급 설비 증설 해법 대신 일반 전력계통의 부하 관리 개념을 도입하는 것이 필요함. 고속 통신 및 데이터 처리가 가능한 네트워크의 구성으로 전력공급 설비와 부하간의 실시간 해석 및 예측을 통하여 전압강하 및 에너지 부족을 해결하는 것이 필요함. |

| 주요 내용 및 예상 성과 | |
|---|---|
| 과제 목표 | ○ ICT 기술 융합을 통한 전철전원의 안정성 향상 및 이용효율 증대<br>– On-line 부하관리를 통한 전력공급 안정성 향상<br>– 실시간 에너지 충·방전 시스템을 활용한 에너지 이용 효율 향상<br>○ ICT 기반 스마트 급전시스템 테스트베드 구축 |
| 추진 내용 | ○ 급전시스템 운영 자동화를 위한 스마트 네트워크 기술 개발<br>– 급전시스템을 구성하는 설비간 통신망 구축 방안 개발<br>– 실시간 모니터링 및 제어를 위한 통신망 요구사항 및 설계<br>– IEC61850 프로토콜 및 LTE_R의 인터페이스 및 적용 방안 개발<br>○ 실시간 정보 기반 Online-TPMS(Train Power Management System) 기술 개발<br>– 철도 부하의 실시간 모니터링 및 제어 기술 개발<br>– 실시간 부하 관리 알고리즘 및 열차제어 인터페이스 개발<br>– 에너지저장장치를 활용한 실시간 충방전 관리 방안 및 에너지 이용 효율 향상 기술 개발<br>○ ICT 기반 자동화된 스마트 철도 전력시스템 테스트베드 구축 방안 |
| 예상성과물/스펙 | ○ 급전시스템 온라인 수요관리를 위한 시스템 및 통신 네트워크 요구사항<br>○ 급전시스템 온라인 자동화를 위한 각종 데이터 수집 및 분류체계<br>○ 철도차량-급전시스템간 실시간 데이터 통신을 위한 프로토콜 및 통신 네트워크 설계(안)<br>○ 급전시스템 온라인 수요관리를 위한 실시간 수요 예측 알고리즘<br>○ 철도차량-급전시스템간 실시간 모니터링 및 통신장치<br>○ 실시간 급전시스템 수요관리를 위한 Online-TPMS 플랫폼<br>○ 스마트 전력시스템 성능 시험 결과 |

| 추진 방법 | |
|---|---|
| 추진 체계 | ○ 철도전문연구기관<br>– 철도 전력시스템의 ICT 기술에 기반한 구현하고자 하는 전체 시스템의 기능 및 성능 정의<br>– ICT 기반 급전시스템 자동화 관련 다양한 알고리즘 개발 및 설계<br>– 급전시스템 자동화를 위한 통신 인프라 구축 계획 및 설계<br>– ICT 기반 스마트 철도 전력시스템 구현을 위한 프로토콜 개발<br>– ICT 기반 스마트 철도 전력시스템 테스트베드 구축 방안<br>○ 철도/전력 관련 설비 제작사, 철도 운영/건설기관<br>– ICT 기반의 실시간 모니터링 및 제어 기술 H/W 제작<br>– 새로운 기술의 적용을 통한 급전시스템 운영 및 실용화 방안 도출 |
| 사업기간 | ○ 총 연구(개발)기간 : 5년 |
| 소요예산 | ○ 정부출연금 180억원 이내 |

| 계 | 1차년 | 2차년 | 3차년 | 4차년 |
|---|---|---|---|---|
| 180 | 40 | 50 | 60 | 30 |

| 기대 효과 | |
|---|---|
| **경제적 효과** | ㅇ 급전시스템의 용량은 최대 부하 크기에 따라 산정하지만 부하율이 작은 철도 전력 부하의 특성상 최대 부하는 단시간 발생하여 설비 용량의 이용 효율이 낮음. ICT 기반의 실시간 수요관리 기술의 개발을 통하여 최대 부하의 관리로 이용 효율의 증대<br>ㅇ 전력공급의 신뢰도를 높이기 위해서는 수송수요 증가에 따라 증가하는 최대 부하에 따라 용량 증설이 필요함. ICT 기반의 실시간 수요관리 기술의 개발을 통하여 용량 증설의 비용 절감 가능<br>ㅇ 신규 건설 급전시스템의 경우, 실시간 수요관리 기술에 기반한 용량 설계로 기존 용량보다 최적화하여 보다 많은 열차 수요 담당 및 구축 비용 절감 |
| **사회적 효과** | ㅇ 사회 전반의 4차산업혁명에 발맞추어 전통적인 산업에 머물러온 철도 전력 시스템의 자동화를 통하여 철도 물류 전반의 안정화 및 효율 향상에 기여<br>ㅇ 실시간 수요관리 기술에 기반한 급전시스템의 용량 최적 설계에 따라 기존 용량보다 최적화하고, 이를 통하여 보다 많은 열차 수요 창출에 기여 |
| **정책적 효과** | `ㅇ 제3차 국가철도망 구축계획(2016~2025)은 “국민행복과 지역 발전을 실현하는 철도”를 구축하겠다는 비전 아래, 6대 추진방향을 달성하기 위해 철도 전력 네트워크의 지능화 및 효율화를 달성하여 기존 설비의 이용률을 제고하여 에너지 효율을 높이는데 기여<br>ㅇ 파리협정이 발효되면서 우리나라도 비준을 위한 국회 동의 절차를 밟고 있는 상황임. 또한 2030년까지 우리나라는 BAU(배출전망치, Business As Usual) 대비 37% 감축(국내에서 25.7%, 해외에서 11.3%가 해당)을 목표로 하는 의무에 대응 가능<br>ㅇ 기존자원 활용률이 높음에 따라 전 세계적으로 진행중인 탄소배출량 규제 강화 문제에 대해 적절히 대응할 수 있는 기술임 |

# [철도시설 6] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 신호 제어시스템 사이버 보안 기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 열차 안전운행을 위한 신호 제어시스템 전자파 및 사이버 보안기술 개발 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도시설 | 신호통신 | 철도통신전송및통신망기술 | 열차무선통신망 기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 인프라-운영환경 | AI | X |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | ○ | | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | ○ | ○ | | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | ○ | ○ | ○ | ○ |

**글로벌 동향**

ㅇ 기술 동향

[EU SECRET Project]

- EU는 전자파 공격으로부터 철도 인프라를 보호하기 위하여 2012년부터 3년간 SECRET Project 수행. SECRET Project를 통해 전자파 공격 시나리오에 따른 위협 분석 및 위험도 평가, 정적/동적 보호대책 수립, 전자파 환경 감시 및 전자파 탐지 기법 개발, 전자파 공격에 대한 관리시스템 설계 방안 등 연구

[EU Cyrail Project]

- EU는 Shift2Rail 프로젝트의 일환으로 철도 인프라에 대한 사이버 보안 위협 분석, 공격 탐지 기술 개발, 사이버 공격 대책 및 완화 기술 등을 개발하기 위한 Cyrail(CYbersecurity in the RAILway sector) Project 수행 중

ㅇ 정책 동향

[미국]

- APTA(전미대중교통협회)에서는 2016년 기준 5개의 철도교통분야 사이버보안 표준규격 제정
- NIST(국립표준기술연구소)에서는 공공기관 및 공공 정보시스템 대상 사이버 보안 및 개인정보보호 대책, 산업제어시스템 대상 사이버보안 지침 제정

[EU]

- EU Directive 2016/1148(2016년) 제정 : 유럽 내 공통 네트워크 및 정보 시스템 대상 보안 대책에 관한 규정으로 적용 대상 필수 서비스로 철도교통 포함

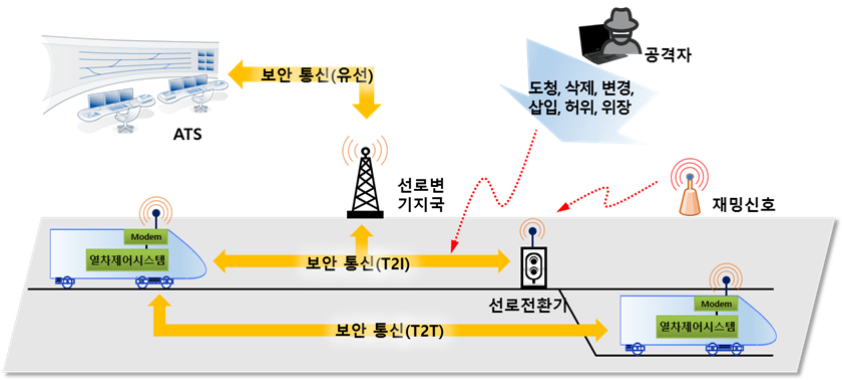
[영국]

- DoT(교통부)에서는 철도산업계 대상 사이버보안 지침 공표(2016년)
- Network Rail에서는 위험도 기반 철도운영 관점의 사이버보안 전략 수립

[독일]

- DKE(독일전기표준위원회)에서는 철도 신호제어 분야 사이버보안 규격 2건 제정

| | |
|---|---|
| | ○ 시장 동향<br>– Thales 社는 철도운영제어 대상 사이버보안 통합관제 솔루션인 CyberRail 개발<br>– Bombardier 社는 러시아 Positive Technologies와 공동으로 연동장치 사이버 보안 감시 시스템 개발 및 적용<br>– Siemens 社는 위험도 분석, IT 보안시스템 구축 등 보안 컨설팅을 포함한 철도교통 정보보안 서비스인 Siemens Mobility Services(SIMOS) 개발<br>– 이스라엘 Waterfall security 社는 열차제어 보안을 위한 단방향 게이트웨이 개발<br>– 영국 Razor secure 社는 열차제어시스템 보안을 위해 계층적 방어(Defence in depth) 개념이 적용된 MDRP(Monitor, Detect, Report, Project) 솔루션 개발 |
| **중점추진 필요성** | ○ EU나 미국 등에서도 2016년에서야 철도 신호제어시스템에 대한 전자파 및 사이버 보안에 대한 지침이나 규정 등을 제정하는 추세로 철도 보안 시장의 태동기라고 할 수 있음<br>○ 현재까지 외국 기술에 종속되어 왔던 국내 신호제어시스템 기술은 철도 제어 및 통신 보안 기술 개발을 통해 선진국들과 동등하게 선진 기술 및 시장을 선점할 수 있는 기회가 될 수 있음<br>○ 또한, IP 네트워크(Ethernet, LTE-R 등), 클라우드 등 ICT 기술의 적용 확대로 철도시스템의 보안 위협이 점차 증대될 것으로 예상되므로, 물리적/사이버 보안 기술 적용을 통한 안전성 확보가 필수적임 |

| **주요 내용 및 예상 성과** | |
|---|---|
| **과제 목표** | ○ 열차제어시스템 및 철도 통신시스템 보안 기술 개발<br>– 물리적 신호교란에 강인한 보안기술 개발<br>– 사이버 보안 공격에 강인한 보안기술 개발<br>– 철도 보안 검증체계 개발<br>  <br><br><물리적 신호교란 및 사이버 공격에 강인한 열차제어 및 통신시스템> |
| **추진 내용** | ○ 철도 신호제어시스템의 보안 안전성 분석<br>– 철도 신호제어시스템에서 신호 교란 유형 분석<br>– 네트워크 공격 유형 분석<br>– 기존 네트워크 보안 솔루션 (IDS, firewall 등) 분석<br>– 철도 신호제어시스템의 보안 취약성 및 안전성 분석 |

| | |
|---|---|
| | ○ 철도 신호제어시스템의 보안성 향상 기술 및 통신 시스템 개발<br>– 물리적 신호 교란에 강인한 신호제어시스템 전송 기술 개발<br>– 논리 패킷 수준의 공격에 강인한 프로토콜 기술 개발<br>– 보안성 향상 기술이 적용된 신호제어 통신 시스템 개발<br>○ 철도 신호제어시스템에 대한 공격 및 방어 실증 단지 개발<br>– 보안 취약성 별 공격 시나리오 도출 및 보안성 평가 체계 정립<br>– 보안성 점검을 위한 신호제어시스템용 신호 교란기 개발<br>– 프로토콜 논리 공격 구현을 위한 프로토콜 레벨 공격 장비 개발<br>– 테스트베드 기반 보안 평가 시험 수행<br>○ 철도 신호제어시스템 통신 네트워크 공격에 대한 보안 솔루션 개발<br>– 철도 신호제어시스템에 적합한 방어시스템 구축<br>– 철도 신호제어시스템 네트워크용 IDS 및 firewall 개발 및 실용화.<br>– 보안성 향상 기술이 적용된 신호제어시스템 통신 네트워크 개발<br>○ 철도 신호제어시스템 통신 네트워크 공격에 대한 방어 실증 단지 개발<br>– 시뮬레이터 개발 (공격시나리오 생성 모듈, 방어 모듈, 피해 모듈로 구성)<br>– 네트워크 공격에 대한 보안성능 정량적 평가도구 개발<br>– 네트워크 공격 장비 개발<br>– 테스트베드 기반 보안 평가 시험 수행<br>○ 철도 신호제어시스템에 대한 보안성 평가를 위한 시험 기술 개발<br>– 물리 신호 교란 및 프로토콜, 네트워크 공격 시나리오 모델링 구현<br>– 각 공격에 대한 보안 향상 기술 통합 테스트 베드 구축<br>– 통합 테스트베드 기반 보안 평가 시험 수행 |
| **예상성과물/ 스펙** | ○ 철도 보안체계 구축<br>○ 철도 신호제어시스템 및 통신시스템 보안성 평가 및 검증 체계 개발<br>○ 물리적 신호교란에 강인한 열차제어/통신기술 개발 및 시제품<br>○ 사이버 공격에 강인한 프로토콜 개발 및 보안 모듈 시제품<br>○ 철도 신호제어시스템 및 통신시스템에 대한 공격 및 방어 실증 단지 |

**추진 방법**

| | |
|---|---|
| **추진 체계** | ○ 철도 전문 연구기관이 철도 보안체계 및 핵심기술을 개발하고, 철도 운영기관 및 보안 전문기관과의 협력을 통한 연구 수행 |
| **사업기간** | ○ 총 연구(개발)기간 : 총 7년 |
| **소요예산** | ○ 총 연구비 152억원 이내 |

| 계 | 1차년 | 2차년 | 3차년 | 4차년 | 5차년 | 6차년 | 7차년 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 152 | 25 | 25 | 25 | 25 | 18 | 18 | 16 |

| 기대 효과 | |
|---|---|
| **경제적 효과** | ○ 신호제어시스템 보안성 강화로 열차운행 안전성 및 가용성 확보 |
| **사회적 효과** | ○ 철도에 특화된 신호제어시스템 통신 네트워크의 공격 및 방어 시뮬레이터 개발을 통해 사이버 공격에 대한 모의 방어체계 구현<br>○ 철도 신호제어시스템 및 소프트웨어에 대한 보안성을 사전에 시험하고 정량화함으로써 보안 사고를 예방할 수 있고, 향후 개발되는 신호제어시스템 및 소프트웨어 시스템에 대한 보안성 강화를 촉진할 수 있음<br>○ 철도 통신 및 무선열차제어에 대한 보안성 강화로 더욱 안전한 철도 서비스 제공이 가능 |
| **정책적 효과** | ○ 국가 기반시설물의 제어 네트워크 안정성 측정 및 사이버 공격에 대한 대책 수립 마련에 기여 |

# [철도시설 7] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 고밀도 운행을 위한 열차간격 제어기술<br>(이동폐색을 이용하여 선행열차와 후속열차간 안전간격제어) |
|---|---|
| 기술 정의 | 궤도회로를 사용하지 않고 열차에서 열차위치정보를 무선통신을 이용하여 지상에 있는 제어장치(Automatic Train Protection)로 실시간 전송하고, 지상의 ATP가 모든 열차의 위치를 확인하고 선행열차와 후속열차간 안전간격을 설정하여 열차의 간격을 제어하는 기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도시설 | 신호통신 | 신호제어기술 | 열차운행제어기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 차량-인프라 | IoT/빅데이터 | X |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | | ○ | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | ○ | ○ | | ○ |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | ○ | ○ | | |

**글로벌 동향**

ㅇ 기술 동향

- 유럽은 궤도회로를 사용하지 않는 열차제어시스템 ETCS L3을 사업화하기 위한 4단계 구축전략을 수립하고 있으며, ETCS L3의 기능과 성능을 향상하기 위해서 자동열차운전기능, 열차분리사고 검지기능, 레일절손검지 등을 개발하고 있음
- 국내의 경우, 고속철도와 일반철도용 열차제어시스템을 개발하고 있으나, ETCS L2를 기준으로 하고 있어 궤도회로와 무선통신을 사용하고 있음

ㅇ 관련 정책

- 유럽의 현재의 철도시장의 주도권을 유지하기 위하여 철도산업혁신프로그램(NGTC, Shift2Rail)을 수립하여 시행하고 있음. 궁극적으로 고속철도, 일반철도, 도시철도를 구분하지 않고 무인운전을 지원하는 통합된 열차제어시스템을 2050년까지 상용화하는 것이 기술목표임
- 국내의 경우 국토교통부에서 한국형 철도시스템 구축계획, 철도신호통신시스템 국산화계획을 마련하였고, 다음과 같은 개발계획을 포함하고 있음
  - 1단계 : 기존 시스템과 호환성을 확보하고, 자동운전이 가능한 무선기반의 신호시스템(ETCS L3급) 개발
  - 2단계 : IoT, 인공지능(AI)을 활용하여 자율주행, 군집운행 등이 가능한 무인운전 시스템 개발

ㅇ 관련 시장

- 철도신호통신을 포함한 시장은 전체 철도시장의 연평균 성장률을 상회하는 4.9% 성장할 것으로 예상되며, 2017~2019의 시장규모는 2.1조원을 상회할 것으로 예상됨

| | |
|---|---|
| **중점추진 필요성** | ㅇ 본 기술을 포함된 열차제어시스템(또는 신호시스템)은 열차운행의 안전을 보장하는 안전설비이지만, IoT기술이 접목되면서 효율적인 철도운영체계를 구축하는데 필요한 핵심정보를 제공하고 있음<br>– 안전을 이유로 외산시스템을 도입할 경우, 철도운영체계를 구축하는 것도 외산기술에 종속될 수 있음<br>ㅇ 본 기술은 vital S/W기술, H/W, 유 · 무선통신기술, 통신보안기술 등의 융합을 요구하고 있으며, 본 기술의 검증을 통해서 융합기술이 다른 산업으로 전파되는 것을 촉진할 수 있음. 이를 통해서 국내산업의 고도화화 경쟁력향상에 기여할 수 있음 |

| **주요 내용 및 예상 성과** | |
|---|---|
| **과제 목표** | ㅇ 궤도회로를 사용하지 않고 자동운전을 지원하는 고속철도용 열차제어시스템의 이동폐색제어기술 개발 |
| **추진 내용** | ㅇ 열차제어시스템 개발요구사항 조사 및 분석(상호운영내용 반영)<br>ㅇ 열차제어시스템 개발사양서 작성(상호운영내용 반영)<br>ㅇ 열차제어시스템 인터페이스 사양서 작성<br>ㅇ ATP/ATO장치 개발사양서 작성(상호운영 반영)<br>ㅇ ATP/ATO장치 인터페이스 사양서 작성<br>ㅇ 이동폐색용 지상ATP개발<br>– 이동폐색제어기술 및 안전간격제어기술 요구사항 분석 및 개념설계<br>– 이동폐색제어기술 및 안전간격제어기술 기본설계<br>– 이동폐색제어기술 및 안전간격제어기술 상세설계 및 H/W 제작<br>– ATP지상장치 상세설계<br>– ATP 지상장치 제작(기존 KRTCS장치 수정)<br>ㅇ 자동운전을 지원한 차상ATP/ATO개발<br>– 차상 ATP 개발 규격서<br>– ATO 개발 규격서<br>– ATO 인터페이스 통제 문서<br>– 열차자동제어 및 속도제어 알고리즘<br>– 차상 ATP 및 ATO 검증용 시뮬레이션 프로그램 및 시뮬레이터<br>ㅇ 종합성능시험 인프라 구축 및 시험<br>– 시스템 단계별 기능점검을 위한 시험계획서 작성<br>– 종합성능시험을 위한 시험항목, 방법, 절차 등 작성(상호운영성 포함)<br>– 종합성능시험 인프라 설계(상호운영성 포함)<br>– 종합성능시험 인프라 구축<br>– 시스템에 대한 종합성능시험 완료(시험성적서) |

| | |
|---|---|
| **예상성과물/스펙** | ㅇ 열차제어시스템사양서<br>ㅇ ATP/ATO장치사양서<br>ㅇ 이동폐색용 지상ATP<br>ㅇ 자동운전을 지원하는 차상ATP/ATO<br>ㅇ 종합성능시험성적서<br>– 열차위치검지 정밀도 : ±80m<br>– 열차정위치정차 : ±2.5m |

| **추진 방법** | |
|---|---|
| **추진 체계** | ㅇ 국내 열차제어, 통신 및 보안 전문가로 참여연구원을 구성하고 산 · 학 · 연이 참여하는 연구체계를 구성<br>– 연구개발 성과를 적용하는 과정에서 설계사항 변경 가능성을 최소화할 수 있도록 철도전문기술을 보유한 기관의 참여를 도모함<br>– 시스템기술의 성능시험을 통한 제품의 실용화 가능성을 확보하기 위해서 철도운영기관의 참여를 도모함<br>ㅇ 연구내용의 검증 및 객관성 확보를 위해 외부 전문가 자문위원회를 구성 및 운영하고 연구내용의 기술적 · 정책적 · 경제적 보완사항에 대한 자문 실시 |
| **사업기간** | ㅇ 총 연구(개발)기간 : 5년 |
| **소요예산** | ㅇ 총예산 300억원 이내 |

| 계 | 1차년 | 2차년 | 3차년 | 4차년 | 5차년 |
|---|---|---|---|---|---|
| 300 | 30 | 50 | 50 | 120 | 50 |

| **기대 효과** | |
|---|---|
| **경제적 효과** | ㅇ 고밀도 운행을 위한 열차간격 제어기술을 통한 B/C는 3.65이며, 차상장치 개량비 절감편익, 지상장치 개량비 절감편익, 유지보수비 절감편익, 열차 연착율 감소편익, 선로용량확충에 따른 편익을 고려한 전체 편익은537,076백만원임. |
| **사회적 효과** | ㅇ 철도열차운행효율향상, 열차운행의 안전성향상, 열차운행의 정시성 보장으로 사용자에 대한 이동편의 제공 |
| **정책적 효과** | ㅇ 유럽의 철도산업혁신프로그램(NGTC, Shift2Rail)에 대응하며, 국토교통부에서 마련한 한국형 철도시스템 구축계획, 철도신호통신시스템 국산화계획을 지원함 |

# [철도시설 8] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 철도 노후 인프라 보수/보강 및 개량기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | ICT 및 융복합 기술이 적용된 안전하고 비용 효율적인 철도인프라(궤도/노반, 교량, 터널, 정거장, 전철/전력, 신호/통신 등) 보수/보강 및 개량 기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도시설 | 궤도토목 | 궤도/주행로 기술 | 궤도/주행로 유지관리기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 인프라 | IoT/빅데이터 | x |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | ○ | ○ | ○ |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | ○ | ○ | | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | ○ | ○ | ○ | |

**글로벌 동향**

o 기술 동향

- 유럽은 녹색 및 스마트한 통합 교통 구현을 위해 철도분야의 에너지 효율화, 스마트기술, 차세대 차량 기술개발을 추진(Horizon 2020)
- 궤도/교량/터널 등 철도시설물의 성능규정에 대한 세계적인 방향은 WTO/TBT (Agreement on Technical Barriers to Trade)협정의 체결을 바탕으로 한 설계 지침류의 국제 표준화 (독일에서는 신설선 콘크리트 궤도에 대해 속도대역별로 대표단면을 구분하여 설정, 각 요구 성능수준별로 강화노반을 포함한 상부노반 층두께, 사용 재료 및 품질관리 기준을 설정함)
- 일본 RTRI는 철도의 혁신을 위한 마스터플랜 “Research 2020”을 2014년에 수립하고 4개항목(비용절감, 안전, 친환경, 편의성)에 대한 기술개발 추진
- 유럽(eTraX’社), 미국 등에서 무선 센서 네트워크(WSN) 기반 실시간 정보를 취득위한 전송 선로 상태 모니터링, 디지털 변전소 지능형 모니터링, 배전망용 온라인 모니터링 및 조기경보시스템 등에 대한 연구 진행
- 신호/통신 분야에서 EU(European Union)를 중심으로 유럽 각 국의 상이한 철도 신호통신시스템을 통합하고 있음. 현재까지 활발히 진행되고 있는 열차제어시스템의 통합은 상호 운전성을 목적으로 하는 ETCS (European Train Control System)개발이며, 완성된 시스템의 기능사양서와 요구 사양서를 토대로 개발한 몇 개의 시스템에 대한 현장시험을 거쳐 여러 노선에 적용
- 유럽은 철도중심의 교통체계 전략(Shift2Rail)을 추진하고 있으며, 이를 위해 신호분야에서 NGTC(New Generation Train Control) 프로젝트를 추진

o 관련 정책

- 유럽의 철도 서비스 개선을 위한 7년간의 연구개발 프로그램을 관리하는 민관협업으로(Shift2Rail) 철도수송 비용(건물, 운영, 유지보수, 철도차량비용 등)을

| | |
|---|---|
| | 50% 줄이고, 수용력을 100%까지 확대하며 철도 부문의 신뢰도를 50% 이상 높이는 것을 목표로 함<br>– 미국은 '제1차 장기 국가철도계획(' 10년~' 35년)' 수립을 통해 2020년 고속철도 건설목표 달성을 위해 3,000억 달러를 투자하고 대도시간 연결, 도심구간 열차속도 향상, 타 교통수단과의 연계정책을 추진중임. 도로, 철도, 항공 인프라를 개선하고 확대하는 계획을 핵심으로 "교통부문 미래비전(Renewing and Expanding America's Roads, Railways and Runways)" 추진<br>– 일본은 '14년 교통정책기본계획(~' 20년)' 수립을 통해 LRT와 BRT의 도입, 공항 및 철도 접근력 강화, 철도인프라의 안전성 강화를 위한 정책을 추진<br>o 관련 시장<br>– 철도인프라 시장은 전세계 철도산업의 40% 이상으로 평균성장률을 상회<br>– 궤도·노반시스템 시장은 신규(신설 및 개량)시장보다 기존(유지보수 및 교체) 시장 규모 및 성장률이 높으며, 유지보수 및 교체 시장은 각 권역별 3%~5%의 성장률(궤도·노반시스템의 신설 및 개량 분야 시장은 2015년 기준 137억 유로, 1.0%의 평균성장률을 보이고 있어 전체적으로 정체 또는 저성장)<br>– 전철/전력의 신설 및 개량 분야 시장은 2015년 기준 48억 유로, 3.9%의 성장률을 보이며, 아시아 권역이 가장 시장규모가 큰 반면, 성장률은 2.2%로 상대적으로 낮은편 (유지보수 및 교체 시장은 2015년 기준 38억 유로로 신규 시장 대비 규모는 작으나, 성장률은 평균 5.0%)<br>– 신호제어의 신설 및 개량 분야 시장은 2015년 기준 82억 유로, 2.6%의 평균 성장률이며, 동유럽을 제외하고 성장률을 보이고 있음. 신호제어의 유지보수 및 교체 분야 시장은 2015년 기준 84억 유로로 3.0%의 평균 성장률을 보이며 전 권역에서 2~4% 수준의 성장률을 보이고 있음<br>– 여객정보시스템의 신설 및 개량 분야 시장은 2015년 기준 24억 유로, 2.7%의 성장률을 보이며, 아시아 권역이 가장 시장규모가 크고 성장률도 가장 높음<br>– 전세계 스마트 철도시스템 시장은 2015년 매출액 192억 달러, 2020년까지 연평균 27.3%로 빠르게 성장하여 644억 달러로 성장할 것으로 전망 |
| **중점추진 필요성 (기술 선정이유)** | o 우리나라의 선진국대비 철도연장은 적정 스톡규모(6,000km*)에 비해 부족한 실정이고, 광역철도는 해외 주요도시에 비해 연장이 부족, 분담률도 낮아 지속적인 철도망 확대를 추진해왔으나, 한정적 예산 내에서 타 교통 대비 높은 인프라 구축 및 개량비용이 걸림돌로 작용<br>– "제3차 국가철도망 구축계획(2016~2025)"를 통해 ' 25년까지 철도연장 6,133km이며 총 70.4조원 소요 전망되므로 구축/개량 비용 절감이 필수적임<br>o 철도 인프라 노후화에 대한 소요비용의 증가에 대한 비용절감 필요<br>– 인프라 노후화에 대한 개량비용의 지속적 증가<br>– 일반철도 시설 개량예산 (17년 7,400억 투입, 18년 8,700억 계획)<br>– 노후도를 고려 시 개량비용의 증가 예상치는 9,000억(2020년), 1조(2025년) |

| | |
|---|---|
| | o 자연재난(지진, 강우, 폭설 등)대비 인프라 성능향상을 위한 개량 필요<br>– 경주, 포항지진 이후 대규모 지진의 발생 가능<br>o 속도향상 및 수송수요 증가 등으로 인프라 성능 향상 개량 필요<br>– 철도 네트워크망 확대를 위한 선로 공유공간 증가<br>– 수송량 확대를 위한 선로용량 증대, 급행화를 위한 대피선 설치 등<br>o 철도 운영효율화 및 서비스 향상을 위한 철도인프라 개량 필요<br>– 에너지 절감 및 효율화, 접근성 및 연계성 향상<br>– 친환경(공기질, 소음진동 등) 및 안전성 구현 |

| 주요 내용 및 예상 성과 | |
|---|---|
| **과제 목표** | o ICT 및 융복합기술을 적용한 안전하고 경제적인 철도인프라(궤도/노반, 전철/전력, 신호/통신 등) 구축 · 개량 기술 개발을 통하여 철도 안전성 향상, 철도인프라 구축 · 개량비용 절감, 철도인프라 성능 증대 가능 |
| **추진 내용** | o 노후 철도인프라 스마트 급속개량기술 개발<br>– 운행 또는 차단 시간을 고려한 급속개량 기술<br>– LCC 최소화를 위한 스마트 유지관리 기술, Big data 기반 수명예측 기술<br>– 노후화 상태진단 및 표준화 기술<br>– 저비용 · 고효율 선로용량 증대를 위한 궤도 · 노반 스마트 기술<br>– 광역 · 도시철도 급행화 확장을 위한 기존 인프라 개량 기술<br>o 철도인프라 성능향상을 위한 스마트개량기술 개발<br>– 열차 자율주행 인프라 협업, 통신, 관제, 보안 기술<br>– 재난 대응 설계기준 및 보강, 손상진단, 급속복구 기술<br>– 일반/고속 무선급전 기술<br>– AI기반 재난조기대응시스템 기술<br>o 철도 운영 효율 향상을 위한 저비용 스마트 개량 기술 개발<br>– 철도 급전계통/전력부하 효율성 향상 기술을 위한 철도 전력망의 직류 마이크로그리드 시스템 기술,<br>– 철도인프라 진단, 운영, 평가, 예측, 의사결정 통합플랫폼 기술<br>– 유해물질 검출 및 여객환경 개선 기술<br>– 고효율 전력공급 네트워크 개발 기술 |
| **예상성과물/스펙** | o LCC 최소화를 위한 스마트 유지관리 기술: 유지관리 비용 30% 절감<br>o 저비용 · 고효율 선로용량 증대 스마트 기술: 개량 비용 15% 절감<br>o 재난 대응 설계기준 및 보강, 손상진단, 급속복구 기술: 인적 피해 40% 감소, 복구비용 30% 절감<br>o AI기반 재난조기대응시스템 기술: 인적·물적 피해 30% 이상 감소<br>o 철도급행화 급속개량 기술: 개량비용 20% 절감, 통행시간 50% 단축<br>o 지능형 열차자율주행시스템: 설비투자비용 20% 절감, 열차시격 30% 단축 |

| | |
|---|---|
| | o 철도 직류마이크로그리드 시스템: 전력효율 30% 향상, 전력요금 15%절감<br>o 철도 무선급전시스템: 인프라 건설비용 5% 절감, 유지보수비 10%절감<br>o 유해물질 검출 및 여객환경 개선 기술: 친환경 및 편의성 30% 이상 확대 |

| 추진 방법 | |
|---|---|
| **추진 체계** | o 철도 전문 연구기관<br>– 차량과의 인터페이스를 고려한 다양한 철도인프라 분야 전문성 확보 필요<br>– 철도건설 및 운영기관과의 원활한 네트워크 구성 및 운영 가능 기관<br>– 국내·외 철도인프라 분야의 전문가 네트워크 구축 기관<br>o 설계/건설 기관 및 운영기관, ICT기술 전문기관, 학교(기초기술 활용) |
| **사업기간** | o 총 연구(개발)기간 : 8년 |
| **소요예산** | o 총예산 1,400억원 이내 |

| 계 | 1차년 | 2차년 | 3차년 | 4차년 | 5차년 | 6차년 | 7차년 | 8차년 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,400 | 120 | 130 | 150 | 150 | 150 | 200 | 250 | 250 |

| 기대 효과 | |
|---|---|
| **경제적 효과** | o 노후 철도인프라 개량 비용 10% 이상 절감<br>o 재난 예방 및 신속한 대응을 통한 인적·물적 피해 비용 최소화<br>o 선로용량 증대를 통한 혼잡 감소로 교통비용 20%이상 감소<br>o 에너지 비용 절감 통한 철도운영 비용 효율화<br>o ICT기반 융복합 기술의 발전을 통한 신성장 동력 구축 및 신 시장 개척<br>o 노후화 개량기술의 선진화를 통한 해외시장 진출을 통한 일자리 창출 |
| **사회적 효과** | o 노후 철도인프라의 개량을 통한 대국민 철도 이용 안전성 확보<br>o 교통혼잡 완화를 통한 철도 수송분담율 확대<br>o 재난 예방 및 신속한 대응을 통한 철도교통 신뢰성 확보 및 이용 활성화<br>o 대국민 철도서비스 수준 향상 |
| **정책적 효과** | o 국정과제 “국가기간 교통망 공공성 강화와 국가교통산업 경쟁력 강화” 달성<br>o 교통인프라 분야의 ICT융합관련 정책 달성<br>o 제3차 국가철도망구축계획의 “주요 거점간 고속이동 서비스 제공”, “대도시권 교통난 해소”, “안전하고 이용편리한 시설 조성” 달성 |

# [철도시설 9] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 게이트리스/티켓리스기반 이용자 이동정보 제공기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 기존 게이트 및 티켓이 필요 없는 이용객 이동경로 정보 기반 실시간 과금/정산이 가능한 차세대 과금/정산 기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도시설 | 궤도토목 | 정거장(역사) 기술 | 정거장 설비시스템 기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 인프라-운영환경 | - | X |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | | ○ | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | | | | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | | | | ○ |

| | |
|---|---|
| 글로벌 동향 | ㅇ 미국의 경우 얼굴인식 및 블루투스 기술 등을 융합하여 게이트 없이 인증된 사람들을 구분하여 통과시킬 수 있는 기술에 대한 연구를 진행하고 있음<br>ㅇ 중국의 경우 스마트폰을 통한 지하철 과금시스템에 대한 기술개발을 지속적으로 진행하고 있으며, NFC기술과 모바일 결제기술을 결합한 시스템은 현장에서 운영하고 있음<br>ㅇ 국외의 연구개발 수준은 현재 국내와 유사한 수준으로 NFC와 모바일 결제기술을 융합한 형태이며, 이용자의 이동경로 정보 기반의 과금/정산 기술개발은 아직까지 활발하게 진행되고 있지 못한 초기 단계임 |
| 중점추진 필요성 | ㅇ 교통 이용객 서비스품질 향상을 위한 종합적인 연구개발 필요<br>– 교통 이용객의 여행 경로에 단절점으로 작용하고 있는 게이트 및 티켓을 사용하지 않고 과금 및 정산이 가능하게 함으로써 이용객의 이동 편의성 향상 및 안전성 확보가 가능한 연구개발이 필요함<br>– 대중교통 통합 요금 정산 체계에서 도시철도, 버스, 택시 등 교통운영기관 간 발생하는 정산 문제 갈등 해결을 위한 합리적 정산체계의 정책적, 기술적 연구개발이 필요함<br>ㅇ 정보화 환경 구축 확대에 따른 ICT-철도 융합기술 개발 필요<br>– 정부에서 추진 중인 “제3차 과학기술기본계획” 내 국가전략기술개발전략의 IT융합 신산업 창출분야 세부과제인 스마트 교통시스템 구축을 수행하기 위한 ICT와 융합한 새로운 형태의 차세대 과금/정산 기술개발이 필요함<br>ㅇ 교통약자를 포함한 이용객의 역사 접근성 향상 및 편리한 환승을 위한 역사 편의성 개선 연구 필요 |

| | |
|---|---|
| | – 정부의 '교통약자의 이동 편의 증진법 제정(2012.4) 등 교통약자에 대한 사회적 인식의 확산과 공공기관이나 대형 건물에는 각종 장애인 편의시설 설치가 의무화되고 도시철도 교통약자의 이동편의성 향상을 위한 기술개발 지원정책이 활성화되고 있음 |

| 주요 내용 및 예상 성과 | |
|---|---|
| **과제 목표** | ○ 제4차 산업혁명의 핵심기술인 IoT와 인공지능(AI) 기술을 바탕으로, 철도 이용객이 단절 없이 다양한 교통 시스템을 이용하고, 이용객의 이동경로를 기반으로 이용객 과금 및 운영기관 간 합리적 운임 정산이 가능한 이용객 이동경로 정보 기반 차세대 과금/정산 기술 연구개발<br>– 이용객 이동경로 정보 기반 과금/정산을 위한 표준화 및 암호화 적용 기술 개발<br>– IoT센서기반 실내 정밀위치인식기술 개발<br>– 이용객 이동경로 데이터 수집관리 및 운임정산을 위한 통합플랫폼 기술 개발<br>– 부정승차 방지기술 개발 |
| **추진 내용** | ○ 이용객 이동경로 정보 기반 과금/정산을 위한 표준화 및 암호화 적용 기술 개발<br>– 이용객 이동경로 정보 기반 모바일 결제관련 규정 및 표준규격<br>– 이용객 이동경로 정보 기반 모바일 결제 표준화 및 암호화 모듈<br>○ IoT기반 이용객 위치인식 기술 개발<br>– 이용객 이동경로 정보 기반 과금/정산 시스템용 IoT센서 및 통신장치<br>– IoT센서기반 실내 정밀위치인식 핵심알고리즘<br>○ 이용객 이동경로 데이터 수집관리 및 운임정산을 위한 통합플랫폼 기술 개발<br>– 운임수익 배분을 위한 데이터 구조 설계<br>– 이용객 이동경로 데이터 통합 플랫폼<br>○ 부정승차 방지 기술개발<br>– 무선통신을 통한 부정승차자 검지 기술 분석 및 알고리즘 개발<br>– 무선통신기반 부정승차자 검지 실증시스템 개발 및 실증시험<br>– 상습 부정승차자 정보관리 기술개발 |
| **예상성과물/ 스펙** | ○ 이용객 이동경로 정보 기반 모바일 결제관련 규정 및 표준규격<br>○ 이용객 이동경로 정보 기반 모바일 결제 표준화 및 암호화 모듈<br>○ IoT기반 이용객 위치인식 시스템<br>○ 이용객 이동경로 데이터 수집관리 및 운임정산을 위한 통합플랫폼<br>○ 부정승차자 검지 및 관리 시스템 |

<table>
<tr><th colspan="2">추진 방법</th></tr>
<tr><td>추진 체계</td><td>○ 주관(연구기관)<br>– 이용객 이동경로 정보 기반 실시간 과금/정산 체계 구축을 위한 운영기관 협의체 구성 및 운영<br>– 이용객 이동경로 정보 기반 모바일 결제 표준화 및 암호화 모듈개발 연구<br>– 이용객 이동경로 데이터의 통합플랫폼 개발 연구<br>○ 공동연구기관(운영기관, 대학, 연구기관)<br>– 차세대 과금/정산 체계 기술 개발을 위한 철도 및 대중교통 운영기관의 현황 파악 및 기존기술 분석<br>– 이용객 이동경로 기반 실시간 과금/정산 기술 현장테스트 및 시범운영<br>– 인공지능을 이용한 무임승차 방지기술 개발 및 실내위치측위기술 개발연구</td></tr>
<tr><td>사업기간</td><td>○ 총 연구(개발)기간: 5년</td></tr>
<tr><td>소요예산</td><td>○ 총예산 100억원 이내<br><table><tr><th>계</th><th>1차년</th><th>2차년</th><th>3차년</th><th>4차년</th><th>5차년</th></tr><tr><td>100</td><td>15</td><td>20</td><td>20</td><td>30</td><td>15</td></tr></table></td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="2">기대 효과</th></tr>
<tr><td>경제적 효과</td><td>○ 이용객의 실시간 이동경로 정보 기반의 과금/정산 시스템 도입을 통하여 합리적인 요금체계와 실시간 정산을 실시함으로써 불필요한 사회적 갈등 비용 절감<br>○ 인공지능 및 스마트기기 인지기술 등의 융합기술 개발을 통해 부정승차를 방지하고, 이로 인한 수익누수 대비책을 마련함으로써 운영기관의 사업 건전성 확보가 가능해짐<br>○ 이용객들 출 · 도착에 의해 정체되는 상황에서 교통카드 태그를 하지 않고 개찰구를 통과함으로써, 정체 및 통행시간 감소가 기대되며, 이에 따른 통행시간 가치와 안전성 향상을 통한 인적 · 물적 피해 감소 등의 직간접 효과를 가짐<br>○ 기존 교통카드 태그 형태의 개찰구 1개당 분당처리용량은 최대 20명 수준으로, 전 구역 스마트 게이트리스/티켓리스 기술 도입 시 해당구간의 처리용량은 300% 가량 향상 될 것으로 판단됨</td></tr>
<tr><td>사회적 효과</td><td>○ 차단식 게이트 설치를 생략함으로써 플랫폼 혼잡도가 완화되고 이에 따른 승하차 시간이 단축됨<br>○ 융 · 복합기술 적용을 통해 철도역사 내 이동하는 이용객들의 이동정보를 손쉽게 취득할 수 있게 되어 보다 효율적으로 역사를 관리하고, 다양한 서비스를 이용객에게 제공 할 수 있음<br>○ 이용객 이동경로 기반의 실시간 과금/정산 기술개발을 통해 도출되는 교통기술에 대한 지적재산권을 확보하고, 국내 · 외 기술경쟁력 강화를 유도함으로써 공정하고 효율적인 대중교통시스템을 구축에 기여함</td></tr>
</table>

| | |
|---|---|
| | ○ 이용자 측면에서, 새로운 요금 지불 기술을 통해 철도 이용 시 불필요한 태그를 하지 않고 이용 할 수 있으며, 이로 인한 정체 발생이 감소하고, 교통약자의 이동 편의성을 증대하여 철도이용객의 통행시간 절감효과 측면에서의 서비스 향상 효과가 기대됨 |
| **정책적 효과** | ○ 운영기관 간 합리적이고 실시간 정산이 가능하게 됨으로써 연락운임 정산에 대한 불필요한 논란을 해소할 수 있음<br>○ 이용객의 이동경로 데이터를 확보하여 국민의 이동 편의성 확보 등에 대한 정책 수립이 실제 데이터 기반으로 이루어질 수 있음<br>○ 데이터 기반의 합리적인 과금/정산을 실시간으로 수행함으로써 정부 정책의 대국민 신뢰도가 향상될 수 있음 |

# [철도시설 10] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 소음진동 저감용 스마트 궤도시스템 기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 소음진동을 저감하고 자기발열 기능 및 전기전도성을 활용한 자기계측 기능을 확보함으로써, 기존 콘크리트 궤도의 한계점을 극복할 수 있는 기능성 나노 콘크리트 궤도시스템 기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도시설 | 궤도토목 | 궤도/주행로 기술 | 궤도/주행로 해석/설계기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 인프라 | X | X |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | o | o | o |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | o | o | | o | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | o | o | o | |

**글로벌 동향**

- o 대구대학교는 탄소나노튜브로 보강된 시멘트 복합체의 수화발열 특성에 관한 연구를 수행하여 시멘트 복합체 내 매트릭스 보강재로 탄소나노튜브를 혼입할 경우의 수화발열 특성을 실험적으로 규명함. 탄소나노튜브의 분산법은 기존의 산처리 방법을 적용함. 부경대학교 연구팀은 대구대의 탄소나노튜브 시멘트 복합체 시편을 이용하여 교류저항 기반의 센싱 기초기술을 개발함.
- o 우리나라에서는 기존선의 자갈궤도 유지보수 절감을 위한 방안으로 급속으로 경화되는 모르타르를 자갈궤도에 주입하여 콘크리트 궤도화시키는 급속경화 궤도 기술을 개발하고 있음. 이러한 기술의 적용을 위해서는 강도확보와 동절기의 콘크리트 양생온도 확보가 필요한 상황이므로 다기능 나노 콘크리트의 적용이 필요함.
- o 탄소나노튜브 콘크리트 분야는 다수의 연구팀(Li, 2005; Morsy, 2011; Sanjeev, 2012; Camacho, 2014)이 탄소나노튜브의 함량을 변경시키며 압축강도와 휨강도를 분석하며 최적의 혼합비를 찾기 위한 연구를 수행하고 이를 다양한 분석방법인 SEM, 투과 전자현미경(Transmission Electron Microscope), TGA(Thermo Gravimeter Analysis)와 EDX(Energy Dispersive X-ray) 등을 이용하여 탄소나노튜브의 시멘트 복합체 내에서의 보강관계를 규명하였음.
- o 그래핀 콘크리트 분야는 국외에서도 매우 초기단계임. 그래핀의 소수성을 제거하기 위해서 산화그래핀으로 치환하고 이를 시멘트 계열에 적용하는 연구가 진행되고 있음. 연구방법론은 앞서 기술한 탄소나노튜브 콘크리트 분야와 동일함.
- o 나노재료 혼입 콘크리트의 기능화 연구 분야에서는 탄소나노튜브를 아스팔트 재료에 혼입하고 탄소나노튜브의 우수한 열전도성을 이용하여 도로를 해빙시키는 기술개발을 위한 기초연구를 미국 Texas A&M 대학에서 수행 중임.

| | |
|---|---|
| | ○ 호주의 Eden Energy Limited사와 Queensland 대학에서는 미국연구팀과 공동으로 콘크리트에 적용을 위한 탄소나노튜브의 대량생산 공정을 개발하여 공급가를 낮추는데 성공함. |
| **중점추진 필요성 (기술 선정이유)** | ○ 최근 건설재료 분야는 콘크리트와 강재로 구분되는 기존 패러다임에서 새로운 건설 재료인 복합소재의 적용, 이종재료의 혼합을 통한 구조적 향상(예: 강섬유 보강 콘크리트) 등의 새로운 양상을 맞고 있다. 특히 항공우주분야와 기계분야에서는 새로운 첨단 나노기술을 이용하여 역학적으로 탁월하면서 기능적으로 우수한 새로운 분야를 개척 중<br>○ 건설 분야에서는 선진국을 중심으로 첨단 나노기술과 건설재료의 융합을 통한 차세대 건설재료의 연구개발이 2000년대 중반부터 시작되고 있으나 국내에서는 아직 나노기술을 이용한 건설재료의 성능향상 분야는 시작단계로 해외의 기술 수준에 비해 심각하게 뒤쳐져 있는 실정<br>○ 따라서 현재 단계에서는 정립되어 있지 않으나 발전가능성이 무궁한 나노기술의 건설재료로의 융합연구가 절실<br>○ 콘크리트 재료는 인장에 약하고 압축에 강한 재료로 취약부인 인장에 대한 보강을 위해 오랫동안 철근과 프리스트레스 강재를 활용하여 왔다. 이러한 인장에 취약한 콘크리트의 보강재로서 나노재료는 우수한 기계적 특성으로 인해 콘크리트의 재료적  약점을 크게 개선하면서 압축성능도 향상시킬 수 있는 가능성이 매우 높음<br>○ 현재는 세계적으로 관련 연구가 상업단계는 아니므로, 국내의 활발한 탄소나노튜브/그래핀 기초연구를 건설재료와 융합하여 향후 건설 나노콘크리트 분야의 선도적 연구 수행이 필요하다고 사료됨<br>○ 탄소나노튜브/그래핀 등의 탄소기반 나노재료는 우수한 기계적 성능 뿐만 아니라 전기적, 열전도적 특성을 가지고 있어 다양한 응용분야에서 기능화에 대한 연구가 진행 중<br>○ 탄소나노튜브는 직경과 구조에 따라 반도체에서 도체까지 전기 전도도의 조절이 가능하며 구리보다 약 1000배 정도 우수한 전기전도도를 가지고 있으며, 열전도도도 구리에 비해 약 10배 정도 우수한 것으로 알려져 있다. 건설분야에서도 나노재료의 전기적, 열전도적 특성을 이용하여 자기계측 및 자기발열 기술 확보가 가능할 것으로 판단되어, 기계적인 성능향상 뿐만 아니라 추가적인 기능성을 확보할 수 있는 다기능 재료로서의 연구가 필요<br>○ 탄소나노튜브/그래핀은 본연의 우수한 물성에도 불구하고 무기물인 시멘트 매트릭스와 복합체화될 경우, 튜브 벽 간 혹은 시트 간의 강한 반데르발스 힘에 의해서 매트릭스에 균일하게 분산되지 못 하고 응집되거나 뭉쳐지는 현상이 발생함<br>○ 이로 인해서 가공성이 떨어져서 용액 공정이 어려워지고 전기적 특성이나 비표면적이 낮아지며 최종 복합체인 콘크리트의 물성 역시 낮아지는 단점이 |

| | |
|---|---|
| | 발생한다. 이를 해결하기 위해서 현재까지는 산처리와 같은 화학적 방법에 의해서 탄소나노튜브/그래핀을 기능화 하였지만, 기능화 과정에서 발생하는 결함으로 인해서 본연의 물성을 잃어버리는 경우가 많고 다량의 산이 요구되므로 환경적으로도 불리한 방법이었다. 따라서 콘크리트 복합체의 물성을 극대화 시키기 위해서는 탄소나노튜브/그래핀의 본연의 물성이나 표면적을 최대한 유지하면서 표면을 기능화 시킬 수 있고 대량생산이 가능한 오존 기능화 공정이 최근에 각광을 받고 있음. 이를 콘크리트에 선도적으로 적용하여 원천 제작 기술을 확보하고 콘크리트 궤도와 같은 기초적용 연구의 수행이 절실함 |

| 주요 내용 및 예상 성과 | |
|---|---|
| **과제 목표** | o 오존을 활용한 탄소나노튜브와 그래핀 나노소재의 표면기능화를 통해서 시멘트와의 계면특성을 개선한 나노 콘크리트 제조에 대한 핵심원천기술을 확보<br>o 기능화된 탄소나노튜브/그래핀의 콘크리트 재료로의 혼입을 통해 최종 나노복합체의 기계적 물성을 극대화하고, 나노 콘크리트의 탁월한 열전도성을 이용한 자기발열 기능 및 전기전도성을 활용한 자기계측 기능을 확보함으로써, 기존 콘크리트 궤도의 한계점을 극복할 수 있는 한계극복형 기술을 구현하면서 동시에 기능성 나노 콘크리트를 개발하여 콘크리트궤도에 적용 |
| **추진 내용** | o 오존 기능화 공정을 통한 탄소나노튜브/그래핀 표면 제어 기술 개발<br>– 오존 조사 조건에 따른 탄소나노튜브/그래핀의 결함의 종류 및 농도 제어 기술 개발<br>– 오존 기능화에 의한 탄소나노튜브/그래핀의 용액 분산성 향상<br>– 오존 기능화에 의한 탄소나노튜브/그래핀의 전기적 특성과 비표면적 최적화<br>– 탄소나노튜브/그래핀의 대량 기능화 기술 확보<br>o 오존 기능화된 탄소나노튜브/그래핀 콘크리트 합성기술 개발<br>– 탄소나노튜브/그래핀과 콘크리트 매트릭스 간의 계면 접합 개선<br>– 기능기의 종류 및 농도에 따른 계면 특성 최적화를 위한 나노 콘크리트 복합체의 최적 배합비율 및 방법 선정<br>– 콘크리트의 압축강도, 휨강도, 인장강도, 탄성계수, Fracture Toughness, 균열폭 등의 재료적 성능향상을 위한 나노소재의 최적 혼입비율 분석<br>– 나노 콘크리트의 전기적 특성을 이용한 콘크리트 궤도 자기계측 기술 확보<br>– 나노 콘크리트의 열전도성을 활용한 자기발열 기능 및 콘크리트 궤도의 양생 촉진 기초기술 확보<br>o 오존 기능화된 탄소나노튜브/그래핀 혼입 시멘트 나노복합체의 multi-scale 모델링을 통한 콘크리트 궤도 거동 예측기술 개발 |

**예상성과물/스펙**

| 평가항목 (주요성능) | 단위 | 세계최고수준 | 연구개발전 국내수준 | 개발목표치 |
|---|---|---|---|---|
| 가.탄소나노소재의 전기전도도 | S/m | - | 500 | 1000 |
| 나.탄소나노소재의 비표면적 | m2/g | 500~700 | 700 | 1200 |
| 다.콘크리트궤도의 압축강도 및 휨강도 증진 | MPa | 강도 25% 이상 향상 | 강도 15% 이상 향상 | 강도 25% 이상 향상 |
| 라.나노콘크리트의 Fracture toughness 증진 및 CMOD 감소 | MPa-mm mm | Fracture toughness 15% 이상증진 CMOD 20% 이상 감소 | 선행연구 없음 | Fracture toughness 15% 이상증진 CMOD 20% 이상 감소 |
| 마.나노 콘크리트 궤도 자기발열 | ° C | 아스팔트 온도 10° C 증가 | 선행연구 없음 | 시편온도 10° C 이상 증가 |
| 바.나노 콘크리트 궤도 자기계측 | - | Gauge Factor 결정 및 변형률 측정 | 저항-하중 관계 규정 | 센서화를 위한 Gauge Factor 결정 |

**추진 방법**

**추진 체계**

o 국내추진, 제동 기술 전문가 그룹을 구성하고 산학연 연계 및 정부 지원 하에 연구를 수행

o 연구내용의 검증 및 객관성 확보를 위해 외부 전문가 자문위원회 구성 및 운영하고, 연구내용의 기술적 · 정책적 · 경제적 보완사항에 대한 자문을 받을 것

**사업기간**

o 총 연구(개발)기간 : 7년

**소요예산**

o 총예산 : 280 억원

- 연차별 예산

| 계 | 1차년 | 2차년 | 3차년 | 4차년 | 5차년 | 4차년 | 5차년 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 280 | 20 | 40 | 60 | 60 | 60 | 20 | 20 |

| 기대 효과 | |
|---|---|
| **경제적 효과** | ㅇ 현재 세계적으로 나노기술 개발투자비를 지속적으로 늘리고 기술 개발 경쟁이 더욱 치열하게 전개되고 있음. 비교적 후발 분야인 건설분야에서도 나노기술 제품과 나노산업에 의한 영향력이 증가되어 새로운 산업의 선점이 가능함.<br>ㅇ 산업간 네트워크 형성과 융합적 협력체계를 구축하여 기술개발을 극대화 함. 도출된 핵심기술의 산업체 기술이전을 통해 실용화를 도모함. |
| **사회적 효과** | ㅇ 나노기반 콘크리트 궤도 분야의 새로운 융합학문 분야를 개척하고 관련 고급 인력을 양성함.<br>ㅇ 국내의 건설분야 연구개발 모델을 선진기술을 추격하는 방식에서 창의적이고 도전적인 융합형 선도연구로 패러다임을 전환할 수 있을 것으로 기대됨.<br>ㅇ 최근 국가사업 등에 의해 지나치게 왜곡된 '철도'와 '콘크리트'라는 부정적인 인식이 전환될 수 있는 계기가 되어 보다 능력있고 우수한 인재의 유입이 기대됨. |
| **정책적 효과** | ㅇ 나노기술의 건설분야 적용으로 국가의 산업간 불균형적 발전을 해소함. 기존 인력중심의 건설산업을 기술력 중심의 제조업 개념으로 전환하는데 기여하여 건설기술 경쟁력 강화함.<br>ㅇ 나노기술을 활용한 콘크리트의 기능화로 관련 계측 산업과 건설재료 산업의 새로운 분야를 도출함. |

# [철도시설 11] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 복합환승기반 인터모달 교통허브 구축 및 운영기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 대규모 대심도 복합환승센터 구축에 따른 1) 시민 체감형 이동·환승 등 모빌리티 연계 편의 기술, 2) 재난재해 등 비상대응 관련 안전 기술, 3) 미세먼지 등 실내 환경 사전 관리 기술로 구성되며, 기술 간 분석 인터페이스를 통한 상호 기술별 피드백이 가능한 능동형 시스템 기술임 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도시설 | 궤도토목 | 정거장(역사) 기술 | 정거장 설계 및 운영기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | | IoT/빅데이터/AI | O |

| 과제유형 | 기초·원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | ○ | ○ | ○ |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준·지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | ○ | ○ | ○ | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | | | | ○ |

**글로벌 동향**

ㅇ 기술 동향

- 전 세계적으로 인구의 도시 집중 현상이 심화됨에 따라 다양한 도시 문제가 야기되고 있으며, 해결 방안으로 4차 산업혁명 융합 기술을 근간으로 한 스마트 시티에 대한 관심이 높아지고 있음
- 스마트 모빌리티는 Seamless & Safe & Sustainable (3S)을 목표로 하는 교통 솔루션이며, 지속가능한 도시구조 및 정책과 맞물려 대중교통 중심(TOD)의 개발이 진행되고 있음
- 스마트 모빌리티 궁극적인 목표는 통합 모빌리티 (교통) 시스템 기술 구현 및 적용이지만, 現 기술은 스마트 주차, 교통시설 관리, 운영기관별 대중교통 노선 및 운영 관리 등 독립적 시스템 기술 위주의 개발이 진행 중임
- 서울시 영동대로 복합개발 사업 등 대규모 대심도 복합환승센터 개발은 우리나라의 특성이 잘 반영된 미래형 도시건설 활성화 패러다임을 반영하고 있으며, 시민 체감형 기술을 접목한 복합환승센터 구축 기술을 접목하여 국제적으로 특화된 독보적인 기술로 자리 잡을 것으로 예상됨

ㅇ 관련 정책

- 새 정부 「국정운영 5개년 계획」의 “과학기술 발전이 선도하는 4차 산업혁명”과 “국민 안전과 생명을 지키는 안심사회” 전략과 직접적인 연관된 기술로, ICT 기술 기반의 이종 빅데이터 수집과 분석을 통해 사전 대응 할 수 있는 시스템과 기술 적용을 근간으로 하며, 재난재해, 미세먼지로 인한 건강 영향 등에 대한 토털 솔루션임
- 국토교통 연구개발 추진 4대 전략 중 안전하고 편리한 국토공간 조성 및 국민

| | |
|---|---|
| | 생활 복지 향상을 위한 4차 산업혁명 기술을 근간으로 한 기술 개발<br>– 10대 중점 프로젝트 중 TOP 메가 스트럭쳐, 인공지능 국토공간, 지능형 인프라 자동관리, 스마트 철도 교통 시스템 등 4개 중점 프로젝트의 주요 목표에 부합<br>ㅇ 관련 시장<br>– Navigant Research (2016)에 의하면, 現 독립된 시스템을 기반으로 한 교통기술이 2050년 까지 통합된 시스템 기술로 안착될 것으로 전망하고 있으며, 스마트 모빌리티 세계 시장 규모는 2016년 $5.4billion에서 2025년 $14.4 billion으로 연간 11.5% 성장 추정 |
| **중점추진 필요성** | ㅇ 100 여명 전문가 집단을 통한 기술 예측 조사 결과 (2016.11.25.~12.16.), 정부주도 혹은 정부 · 민간 공동 기술 획득이 필요한 항목이 93% 이상으로 조사됨<br>ㅇ 기술적 실현시기 격차는 대부분 2년 안팎의 기술 격차를 보이며, 기술적으로 해외 선진국 기술에 근접한 것으로 예측됨<br>ㅇ 특히, 본 연구는 시스템 융합 기술을 근간으로 하고 있어, 해외 선진국 기술과 차별화되고 선점 효과로 인해 대중교통 중심의 스마트 시티 시장 진출에 유리할 것으로 예상됨 |

| **주요 내용 및 예상 성과** | |
|---|---|
| **과제 목표** | ㅇ 대규모 대심도 스마트 인터모달 교통허브의 편의성, 안전성 향상을 위한 인공지능 기반의 능동형 시스템 구축 기술 개발 |
| **추진 내용** | ㅇ 복합환승센터의 공간 기능별 보행행태 빅데이터 분석 시스템 구축<br>– 보행자 인식 기반 빅데이터 수집 장치 시제품 제작 및 실용화<br>– 복합환승역사 통합 모빌리티 분석 플랫폼 구축<br>– 보행자 인식 기반 빅데이터 분석을 통한 통행목적/유형별 실내공간의 보행 통행 예측 기술 개발<br>– 실시간 실내공간 보행통행 예측 기술을 활용한 연계 (안전, 실내환경 등) 관리 기술 개발 및 시스템 인터페이스 구축<br>ㅇ 복합환승센터의 비상대응 안전 관리 기술<br>– 대심도 복합환승센터 재난 유형별 비상대응 체계 조사 · 분석<br>– 재난 유형별 안전 탈출을 위한 요인 도출 및 상세 속성 DB 구축<br>– 안전 탈출 요인 및 보행통행 예측 기술을 연계한 스마트 비상대응<br>– 의사결정 체계 수립 및 시스템 구축<br>– 실시간 안전 탈출 경로 분석 및 정보 제공 시스템 기술 개발<br>– 교통 약자의 안전 탈출을 위한 커뮤니티 맵핑 시스템 구축<br>ㅇ 복합환승센터의 스마트 실내 대기질 관리 기술<br>– 센서를 활용한 교통 환경요소를 고려한 실내 대기질 순환 경로 분석<br>– 빅데이터 기반의 재난 유형별 대기질 순환 경로 예측 시뮬레이션 기술<br>– 공조 관리 시스템 적정 규모 및 최적 위치 선정 기술 개발 |

| | |
|---|---|
| | – 안전 탈출을 위한 최적 공조 시스템 (ON/OFF/속도 및 방향) 제어 기술 개발<br>– 스마트 실내 대기질 관리 기술과 스마트 비상대응 시스템과 실시간 인터페이스 기술개발 |
| **예상성과물/ 스펙** | ㅇ 복합환승센터 보행통행 예측 오차율 10% 이내 개선<br>ㅇ 복합환승센터 재난재해시 안전 구역으로 탈출 2분 이내<br>ㅇ 공조 시스템 제어 기술을 통한 복합환승센터 연기 환산 속도 30% 저감 |

| **추진 방법** | |
|---|---|
| **추진 체계** | ㅇ 본 연구는 철도 시스템과 다양한 수단, 다양한 공간 기능을 융합한 대규모 대심도 복합환승센터 구축 기술로, 철도 시스템 기반의 전문적 경험과 노하우를 가진 국책연구기관의 통합적이고 복합적인 연구 관리를 통해 주도적으로 수행이 필요함<br>– 주관기관의 역량: 통찰력 있는 현안 및 복합 요인 도출, 국내외 선진기술 파악 및 적용에 대한 전반적인 이해 필요, 융복합적 문제 해결 방안 및 솔루션 창출 등<br>– 공동/위탁 연구기관: 시설관리(설계, 건설 등 포함) 및 운영기관, 지방자치단체 (실증 등), 융복합적 요인에 대한 심도 깊은 연구 및 공동 솔루션 도출을 위한 대학 및 국가출연연, 대기업, 중견 · 중소기업 등 |
| **사업기간** | ㅇ 총 연구(개발)기간: 6년 |
| **소요예산** | ㅇ 총예산 240억원 이내 |

| 계 | 1차년 | 2차년 | 3차년 | 4차년 | 5차년 | 6차년 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 240 | 30 | 50 | 50 | 50 | 40 | 20 |

| **기대 효과** | |
|---|---|
| **경제적 효과** | ㅇ 특화된 복합환승센터 고유 기술을 기반의 스마트 모빌리티 세계 시장 (2025년, $14.4billion규모) 진출 가능성 대두<br>ㅇ 적정 설계, 건설, 운영 효율화를 통한 비용 절감 효과<br>ㅇ 설계 단계에서 직관적인 문제점 파악을 통한 사후 개선비용 절감 효과<br>ㅇ 비상 대응 체계 구축을 통한 재난재해, 대규모 참사로 인한 사회적 손실 비용 (인명 피해, 재산 피해, 구조비용, 경기침체, 국가가치 하락 등) 절감<br>– 2003년 대구지하철 중앙로역 화재로 192명 사망, 151명 부상 |
| **사회적 효과** | ㅇ 빅데이터 분석 및 정확한 예측을 통한 시민체감형 통합 모빌리티 향상<br>ㅇ 사회 안전망 구축을 통한 안전성 향상 및 정부 · 사회에 대한 신뢰 향상<br>ㅇ 연계 · 환승에 대한 편의성 정량화 및 복합환승센터의 공간 기능에 따른 가시적인 보행행태 분석 |
| **정책적 효과** | ㅇ 국토교통부, 지방자치단체, 관련 국책기관 등 복합환승센터 및 철도역사 등 교통시설 투자사업의 실효성 제고<br>ㅇ 설계사, 철도시설 운영자 등 개발시스템 보급을 통한 효율적 복합환승역사 설계 및 운영 전략 수립<br>ㅇ 복합환승센터 시설 운영 평가 및 사전 사후 관리 등 자료 기반 정책 |

# [철도시설 12] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 철도용 초장대 철도교량 기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 목표수명 200년 경간장 300m 이상 차세대 장경간 장수명 철도교량 핵심기술 개발 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도시설 | 궤도토목 | 철도교량(고가구조물)기술 | 철도교량 고가구조물 해석/설계 기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 인프라 | | X |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | | ○ | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | | | | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | ○ | ○ | | |

**글로벌 동향**

- ㅇ 국내 철도교량은 경간 30~50m 사이의 중소경간에 대해 전문업체 위주의 개발로 편중되었음. 경간 25~45m로 고속철도 노선 대부분에 적용되고 있는 PSC Box거더 교량의 경우 고속철도 연구사업을 통해 많은 최적화가 이루어진바 있음. 그 이상 경간에 대해서는 강상형 교량, 아치교량 등 일반적인 형태의 교량이 적용되고 있음
- ㅇ 대부분의 교량이 도로교를 기반으로 개발된 교량이 철도교로 변형 적용되는 형태이며, 하중의 크기, 궤도구조의 존재, 열차 주행안전성 확보 등 설계 주요 사항에서 도로교와 차별성을 갖는 철도교량의 특징을 기반으로 개발된 사례가 없음
- ㅇ 중국은 대규모의 철도건설과 함께 다수의 100m 이상의 장경간 철도교량이 건설되고 있음. 2015년 현재 100~600m 경간의 rigid frame 아치교, 사장교 등이 30여개 이상 건설 완료되고 있음. 일본의 경우에도 다수의 케이블 지지 형식의 철도교량이 존재하며 이에 대한 기술력을 확보하고 있음
- ㅇ 최근 유럽에서는 스페인이 신규 고속철도 건설과 함께 이 분야에 대한 연구/설계가 활발하게 진행되고 있으며, rigid frame 아치 형식의 경우 300m 이상의 경간으로 건설하는 기술력을 확보하고 있음
- ㅇ 지속가능형 시설물에 대한 내구성 확보는 현재 전세계적인 키워드로서 유럽연합의 “Long Life Bridge Project (2011~2015)” 등 다수 존재함
- ㅇ 세계철도시장 규모는 2015년 현재 약 250조 규모로 예측되고 있으며, 2009~2014년 평균시장성장율은 4.2%에 달하고 있음 (“The Worldwide Market for Railway Technology 2009~2014 (SCI/Verkehr))
- ㅇ UN ESCAP에서 파악한 Trans-Asian-Railway의 단절구간(missing link)은 총 10,500km에 달하는 것으로 파악됨. 아시아 시장의 경우에도 인도네시아의

| | |
|---|---|
| | 2030 국가 철도비전에 따른 11,950km 건설, 태국 고속철도 1,900km 등 총 3,000km 사업, 말레이시아~싱가폴 330km 고속철도, 싱가폴~쿤밍 5,000km, 네팔 1,012km, 방글라데시 600km 등 대규모의 사업이 예정되고 있음. 이 외 중동, 아프리카, 아메리카 대륙 등 대규모의 철도사업이 추진될 예정임<br>ㅇ 이 중, 철도교량이 차지할 수 있는 비중은 정확한 규모 추정은 철도노선의 특성 상 상당 부분을 차지할 것으로 예상 됨 (국내의 경우 경부고속철도 전체 노선 중 29%, 호남고속철도 전체 노선 중 48%가 교량으로 구성) |
| **중점추진 필요성** | ㅇ 현재 세계 고속철도 시장에서 중국과 일본, 유럽 각국의 치열한 경쟁이 벌어지고 있는 데 반해, 우리나라는 자칫 시장 경쟁에서 뒤처질 위기에 놓여 있음. 국내 건설시장의 위축으로 우리 건설업계 및 철도업계가 큰 위기에 직면하고 있는 상황에서 해외 시장 진출을 적극 모색할 필요가 있으며, 특히 향후 시장 규모가 크게 증가할 것으로 예상되는 동남아를 비롯한 신흥 시장 진출을 위해 철도 차량은 물론 인프라 분야에 대한 고부가가치 기술력 확보가 절실한 상황임<br>ㅇ 장경간 철도교량은 철도 인프라 분야의 기술집약체로서 해석/설계/시공/유지관리 기술의 향상으로 이어질 수 있어 엔지니어링 산업과 건설업 전반의 기술력 진흥으로 연계되며, 따라서 이에 대한 개발은 해외시장에서의 경쟁력 확보로 연계됨<br>ㅇ 남북철도 연결, 대륙간 철도 연결 등을 대비할 때 지형적 특성 상 장경간 교량 수요는 더욱 높을 것으로 예상되며, 이에 대한 기술확보는 필수적임<br>ㅇ 100m 이상의 Rigid Frame 형식의 아치교 및 케이블 지지 방식의 장경간 철도교가 중국에 30여개 이상, 일본, 스페인, 이탈리아 등에 다수 건설된데 반하여 국내 철도교량에는 도로/철도 복합교량을 제외하면 경부고속철도 모암고가 등 매우 제한적임. 철도교량 장경간화에 따른 건설비 증가 가능성 및 궤도/교량 인터페이스 문제 해소, 교량 유연성의 증가에 대한 열차 주행안전성 및 승차감 확보 등 핵심기술에 대한 연구 개발이 필요함<br>ㅇ 100m 이상의 장경간 철도교량은 노선계획 자유도 증대 및 철도선형 직선화에 효과를 줄 수 있어 100m 이상 장경간 철도교량에 의한 기술적, 미학적 효과 외에 운행시간 단축 및 경제적 효과를 유발할 수 있음. 구조적 안전성은 물론 건설비 경쟁력을 갖춘 장경간 철도교 개발 시 효과를 극대화 할 수 있음<br>ㅇ 또한 최근 전세계적으로 사회 인프라의 유지관리비용 증가에 따른 국가 재정의 어려움으로 인해 지속가능성(sustainability)에 대한 요구가 커지고 있으며 이에 따라 인프라 구조물의 장수명화 기술과 유지관리 효율화 기술에 대한 관심이 부각되고 있음. 특히 철도 교량은 도로교량과 달리 승차감 및 주행안전성 확보가 필요하므로 유지관리비용이 더 증가할 뿐 아니라 고속으로 운행되는 열차에 의해 큰 진동이 발생하므로 피로 수명 확보에 어려움이 예상되고, 장경간 교량의 경우 열악한 환경에 건설되는 경우가 더 많아지므로 내구성에 대한 요구도 높다는 특징이 있음. 따라서 해석/설계/시공 기술 외에도 진동저감기술이나 초내구성/내피로 재료기술을 적극적으로 접목한 장수명화 기술의 개발이 필요함 |

| | |
|---|---|
| | ○ 국내 철도교량 개발은 경간 30~50m 사이의 중소경간에 대해 전문업체 위주의 개발로 편중되었으며, 그 이상 장경간 철도교량에 대한 시스템적 개발이 이루어진 사례가 없음. 활하중, 고정하중의 크기 및 비중이 전혀 다르고, 궤도시스템의 존재, 열차의 주행안전성 확보 등의 측면에서 도로교량과 차별화된 개념의 철도교량 개발 추진이 필요함<br>○ 선진국과의 교량 설계 및 시공기술 경쟁이 필연적이며, 따라서 “장경간에 의한 공간창출기술”, “급속시공”, “Modular”, “고강도 신재료”, “지속가능형 장수명” 등의 최신기술을 접목한 고부가가치 차세대 철도교량 설계 및 완제품 개발이 요구됨<br>○ 차세대 장경간 철도교량 핵심기술 개발 후 기술 전파는 중소/중견기업 R&D 전진기지화에 부합하며, 향후 남북한 교류협력 확대 및 유라시아-태평양 협력 기반 강화시 적용기술에 부합하는 사업으로 현 정부의 신산업/신시장 개척을 통한 창조경제 추진정책에 대응하는 국제적 경쟁력을 확보가 가능한 정책 지원 필요 |

| 주요 내용 및 예상 성과 | |
|---|---|
| **과제 목표** | ○ 목표수명 200년 경간장 300m 이상<br>○ 차세대 장경간 장수명 철도교량 핵심기술 개발 |
| **추진 내용** | ○ 차세대 장수명 장경간 철도교량 통합운용기술 개발<br>○ 장경간화를 위한 궤도/교량 인터페이스 제한요소 해결 및 핵심기술 개발<br>○ 장경간 철도교량 최적형식 개발 및 진동저감기술 개발<br>○ 철도교량 장수명화를 위한 초고내구성/내피로 재료 개발 및 적용<br>○ 미래형 장경간 장수명 철도교량 통합 운용기술 개발<br>○ Test-Bed 구축을 통한 신뢰성 확보 및 실용화 기반 구축 (2단계로 추진) |
| **예상성과물/ 스펙** | ○ 안전성(응력 등) 및 사용성(변형 등)의 해외교량 대비 20% 성능 향상<br>○ 장경간 철도교량의 궤도/교량 상호작용력 최소화 설계법 및 관련 장치 개발<br>○ 개발교량의 건설비 저감효과 해외교량 대비 20% 향상<br>○ 개발교량의 내구수명 200년 확보 |

| 추진 방법 | |
|---|---|
| **추진 체계** | 철도전문연구기관과 테스트베드 구축을 위한 유관 정부기관의 참여 필요. 교량 관련 전문설계사 및 시공사, 대학 연구진 참여 필요 |
| **사업기간** | ○ 총 연구(개발)기간 : 6년 |
| **소요예산** | ○ 총예산 600억원 이내 |

| 계 | 1차년 | 2차년 | 3차년 | 4차년 | 5차년 | 6차년 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 600 | 50 | 100 | 150 | 150 | 80 | 150 |

| 기대 효과 | |
|---|---|
| **경제적 효과** | ㅇ 미래를 선도하는 기술 집약적 혁신형 인프라 구축기술로서 관련 국내 엔니지어링 산업 수준 향상이 가능하고, 국내/외 수요처와 연계한 사업화를 통해 지속적인 국내·외 실용화 성과 창출이 가능하며, 이를 기반으로 국가경쟁력 제고 가능<br>ㅇ 교량 등 철도 인프라 관련 기술개발을 더욱 강화하여 미래 시장을 선점하고 지속가능형 인프라 개발로 철도R&D 지속발전에 기여 가능<br>ㅇ 철도교량 고유특성을 반영한 기술집약형 시스템 개발을 통해 세계적 경쟁력 확보가 가능할 것으로 판단됨 |
| **사회적 효과** | ㅇ『철도산업 기술경쟁력 강화 기술개발 사업』과 부합하는 철도교량에 대한 대한민국 고유브랜드 확보를 통해 기술경쟁력 향상 및 해외시장 진출 선도<br>ㅇ 건설비 저감, 지속가능형 생애비용 절감형 철도교량 기술 확보로 국민 체감형 연구성과 창출<br>ㅇ 노후철도교량 교체, 신규노선 적용 및 고속/일반철도 등 열차시스템에 최적화한 맞춤형 시스템으로 변형 활용 가능하도록 개발하여 시장창출 및 활용성 극대화<br>ㅇ 교량 하부공간을 최대한 확보하고, 친환경 장수명 첨단 재료를 적극 활용하는 철도교량 기술개발은 국민체감형 친환경 철도R&D 이미지 제고에 기여 가능<br>ㅇ 경부고속철도 전체노선의 29%, 호남고속철도 전체노선의 48%인 철도교량 고려시 남북 및 아시아 철도시장 적용가능성이 크며, 60년 이상 노후화된 철도교량 교체 시장 적용시 민원해소에 크게 기여 기대<br>ㅇ 국토공간을 심미적으로 재편하는 기술집약형 철도교량은 남북 일반/고속철도 시장뿐만 아니라 해외 시장에도 지속적으로 호평 기대 |
| **정책적 효과** | ㅇ 제3차 국가철도망 구축계획(‘16~’25)과 제3차 철도산업발전기본계획(`16~`20)의 철도기술 경쟁력 확보를 통한 『해외 철도사업 수주전략 수립』 목표에 부합<br>ㅇ 최신 기술키워드인 “장경간”, “지속가능형 장수명” 등 핵심기술을 접목한 차세대 철도교량 기술개발이 성공적으로 수행될 경우 국내 철도 R&D의 우수성을 해외에 널리 알리고, 세계 최초 선도형 기술 개발로 국가적 위상강화에 기여 가능<br>ㅇ 화석연료의 고갈, 기후변화, 인구 증가 등 메가트렌드에 따라 향후 주요한 기술개발 방향은 “지속 가능한 사회”의 구현임 |

# [철도시설 13] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 열차 간 통신(T2T)기반 무인 열차자율주행기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 기존의 지상 제어시스템 없이 열차 간 상호 직접적인 통신을 기반으로 열차 간 직접적인 통신을 기반으로 열차스스로 안전한 주행을 수행하는 기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도시설 | 신호통신 | 신호제어기술 | 열차운행제어기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 차량-인프라 | IoT | O |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | ○ | ○ | | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | ○ | | | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | ○ | ○ | ○ | |

**글로벌 동향**

ㅇ 국내 기술동향

- 국내의 경우 지금까지 연구개발은 해외선진국에서 기 개발하여 적용중인 시스템(CBTC, ETCS)에 대한 국산화를 목표로 이루어지고 있는 실정임
- 국가 R&D “도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계 구축 및 성능평가(2010-2014)” 과제를 통해 CBTC(Communication-Based Train Control)의 국산화 연구개발을 수행
- 국가 R&D “일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화(2014-2018)” 과제를 통해 ETCS-L2(European Train Control System - Level2)에 대한 국산화 연구개발을 진행 중임

ㅇ 국외 기술동향

- 유럽을 중심으로 하는 국외선진국은 이미 1980년대 후반부터 무선통신기반 열차제어시스템인 CBTC와 ETCS를 개발하였으며 현재 Siemens, Alstom, Thales, Ansaldo 등 몇몇 메이저 제작사가 전세계 시장의 50% 이상을 점유하고 있음
- 최근 유럽은 철도 수송량을 더욱 향상시키고 설비투자비용 절감이 가능한 차세대 무선통신기반 열차제어시스템에 대한 기술개발이 활발히 이루어지고 있음
- 유럽의 Alstom은 세계 최초로 열차간 통신기반의 열차제어시스템을 개발 중에 있으며 현재는 프랑스 Lille Metropole(LMCU)에서 시험운영 중임
- 영국의 RSSB는 2017년 열차의 수송량 증대를 위해 Closer Running 프로젝트를 착수하였으며 열차대 열차간 통신기반 열차제어기술, 지능형 자율주행기술, 주행중 열차의 분리결합이 가능한 가상연결(Virtual Coupling) 기술을 개발 중임.
- 유럽연합(EU)의 공동프로젝트인 Shift2Rail은 선로의 용량 즉, 수송량을 획기적으로 증대하면서 노선의 운영자 또는 승객에게 높은 수준의 서비스를

| | |
|---|---|
| | 목표로 2018년도부터 가상연결(Virtual Coupling) 기술을 연구를 수행 중임<br>○ 세계 열차제어시스템 시장현황<br>– 세계 철도 열차제어시스템 시장은 앞으로 3.1%의 年 평균 성장률(CAGR Compound Annual Growth Rate: 연평균 성장률)이라는 상당한 성장을 지속할 것으로 예측됨<br>– 철도 열차제어시스템 시장의 규모는 2011년~2013년 기간에 127억 유로(약 16.3조원)로 평가되고 2017년~2019년 사이에는 150억 유로(약 19.3조원)를 초과하는 규모를 이룰 것으로 예상됨. 접근 가능한 시장은 전체 시장 중 88%에 해당하는 약 134억 유로(약17.2조원)의 규모를 달성할 것으로 예측됨<br>* 출처 :World Rail Market forecast 2014 to 2019, Unife<br>○ 신규 개발 및 업그레이드 시장<br>– 열차제어시스템 분야 전 세계 신규 개발 및 업그레이드시장은 2013년 약 74.85억 유로(약 9.631조원)이며, 2018년까지 年 평균 3.5% 증가할 것으로 예측됨<br>* 출처 : Worldwide Market for Railway Industries, 2014, 독일 SCI<br>○ 개량 및 유지보수 시장<br>– 개량 및 유지보수(Renewal and Maintenance) 시장의 경우 2013년 약 75.2억 유로(약 9.678조원)이며, 2018년까지 年 평균 3.0% 증가할 것으로 예측됨<br>* 출처 : Worldwide Market for Railway Industries, 2014, 독일 SCI<br>○ 열차간 통신기반 무인 열차자율주행기술은 차세대 무선통신기반 열차제어기술로서 신규개발 및 업그레이드 시장과 개량 및 유지보수 시장에 모두 진출이 가능한 기술이며 열차제어시스템 시장이 지속적으로 규모가 증가됨에 따라 관련 시장 또한 전망이 밝을 것으로 판단됨. |
| **중점추진 필요성** | ○ 인구의 도시집중화가 지속되고 있으며 통계학자들의 예측에 따르면 2030년에 전 세계 인구의 60%가 도시에 집중하게 되며 이로 인해 도시와 도시 간 또는 도시 내에서 철도 이용객의 증가가 요구됨.<br>* 출처: United Nations, World Urbanization Prospects: The 2005 Revision (2006) and Carl Haub, 2007 World Population Data Sheet.<br>– 하지만 현재의 열차제어시스템은 지상중심의 제어방식으로 인해 일정 수준 이상의 수송력 증가에는 한계가 발생되며 결국 막대한 비용을 투자하여 노선 증축이 필요한 상황임.<br>– 새로운 열차제어시스템은 단기간에 개발이 어렵기 때문에 적기에 기술개발을 하지 않았을 경우 국외의 선진 제작사의 기술종속이 불가피하며 막대한 구축 비용 및 유지보수비용이 발생함.<br>○ 선진국대비 격차 요인<br>– 신규열차제어시스템 개발을 위해서는 막대한 개발비용과 기간이 소요되지만 국내 철도산업 기반을 고려할 때 열차제어시스템 한 분야에 막대한 비용을 투자하기에는 현실적으로 어려움이 존재함. |

| 주요 내용 및 예상 성과 | |
|---|---|
| 과제 목표 | ㅇ 열차 간 통신(T2T) 기반 무인 열차자율주행기술 개발<br>– 열차 간 통신기반 열차자율주행기술개발<br>– 열차자율주행기반 가상열차편성기술개발<br>– 열차간 직접적인 통신기술 개발<br>– 열차자율주행기반 상황인지 및 판단제어 기술개발 |
| 추진 내용 | ㅇ 열차 간 통신 기반 열차자율주행기술개발<br>– 기존의 지상 제어시스템 없이 열차 간 상호 직접적인 통신을 기반으로 열차 스스로 안전한 주행을 수행하는 기술<br>ㅇ 열차자율주행기반 가상열차편성기술개발<br>– 기존의 물리적 연결기 없이 주행 중 두 편성 열차의 자유로운 분리 결합이 가능한 기술<br>ㅇ 열차 간 직접적인 통신기술<br>– 지상의 기지국을 거치지 않고 선/후행 열차 간 실시간 고신뢰, 저지연을 보장하는 직접적인 통신기술<br>ㅇ 열차자율주행기반 상황인 및 판단제어 기술개발<br>– 운영자의 개입 없이 열차스스로 전방의 상황을 인지하고 판단하여 대응하는 기술개발 |
| 예상성과물/ 스펙 | ㅇ 열차자율주행 및 통신 기초기술 연구<br>– 자율주행기반 제어 Principle<br>– 열차자율주행 제어 및 통신기술 핵심알고리즘<br>– 1차 프로토타입 개발 및 시뮬레이터<br>– 시스템 수준의 안전성 활동 및 산출문서<br>– 스펙 : 운전시격 30% 단축, 구축비용 20% 절감, 운영의 편의성 및 안전성 향상<br>ㅇ 열차자율주행 및 통신 핵심기술 개발<br>– 자율주행기반 열차제어 및 통신 핵심기술<br>– 2차 프로토타입 개발 및 통합시뮬레이터<br>– 하부시스템 수준의 안전성 활동 및 산출문서<br>– 스펙 : 운전시격 30% 단축, 구축비용 20% 절감, 운영의 편의성 및 안전성 향상<br>ㅇ 열차자율주행 및 통신 실용화기술개발<br>– 자율주행기반 열차제어 및 통신시스템 시제품<br>– 국제 개발규격에 따른 안전성 활동 및 인증서<br>– 테스트 베드<br>– 시스템 통합 및 시험평가 성적서<br>– 스펙 : 운전시격 30% 단축, 구축비용 20% 절감, 운영의 편의성 및 안전성 향상 |

<table>
<tr><th colspan="2">추진 방법</th></tr>
<tr><td>추진 체계</td><td>ㅇ 기초 및 핵심기술개발 추진체계<br>– 도전적인 연구내용에 대한 핵심적인 원천기술개발을 수행하며 과제의 성격을 감안할 때 과제의 참여기관은 전문연구원과 학계를 중심으로 연구추진체계를 구성<br>– 연구내용의 검증 및 객관성 확보를 위해 외부 전문가 자문위원회를 구성 및 운영하고 연구내용의 기술적 · 정책적 · 경제적 보완 사항에 대한 자문 실시<br>ㅇ 실용화기술개발 추진체계<br>– 실용화기술개발 단계는 개발된 기술의 실용화를 위해 과제 수행체계에 추가로 제작사와 운영기관을 참여시켜 연구추진체계를 구성<br>– 실용화기술개발을 성공적으로 수행하기 위해서는 연구개발 초기단계부터 개발 성과물의 실수요자인 운영기관의 사용자 요구사항을 반영하여 기술 개발을 수행하며 운영기관에서 개발된 성과물을 시험하고 평가할 수 있도록 과제에 참여</td></tr>
<tr><td>사업기간</td><td>ㅇ 총 연구(개발)기간 : 7년</td></tr>
<tr><td>소요예산</td><td>ㅇ 총예산 1,200억원 이내
<table>
<tr><th>계</th><th>1차년</th><th>2차년</th><th>3차년</th><th>4차년</th><th>5차년</th><th>4차년</th><th>5차년</th></tr>
<tr><td>1,200</td><td>50</td><td>50</td><td>150</td><td>200</td><td>350</td><td>250</td><td>150</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="2">기대 효과</th></tr>
<tr><td>경제적 효과</td><td>ㅇ 운영수익 증대효과<br>– 열차 운전시격 30% 향상을 통한 운전수익 증대효과 약 686억원/年 증대 기대<br>ㅇ 설비투자비용 및 유지보수 절감효과<br>– 설비투자비용 20% 절감을 통한 약 1,197억원/年 절감 기대</td></tr>
<tr><td>사회적 효과</td><td>ㅇ 열차자율주행제어 및 가상열차편성 기술개발을 통해 운전시격 단축이 가능하며 이는 철도 승객의 통행시간 절감효과 측면에서의 서비스 향상 효과 기대.<br>ㅇ 가상열차편성 기술개발을 통해 열차편성 조성이 열차의 운행 중 이루어질 수 있으므로 유동적인 승객의 수송수요(지선에 열차의 투입 횟수 증가 등)에 대응이 가능함으로써 승객 서비스 향상 효과 기대.<br>ㅇ 가상열차편성 기술을 통해 열차의 분리와 결합시 운영자의 개입이 불필요함으로써 운영자 편의성 향상 효과 기대.<br>ㅇ 열차 운영 중 빈번히 발생하는 열차 스케줄 지연과 이례상황 발생시 열차경로의 우회 등 운영자 개입이 필요한 상황을 자율협업기반으로 열차스스로 수행함으로써 운영자 편의성 향상 효과 기대.</td></tr>
</table>

| | |
|---|---|
| | ㅇ 가상열차편성 기술을 통해 열차의 분리와 결합시 발생하는 인적 오류로 인한 안전사고를 예방가능.<br>ㅇ 열차 운행중 여러 이례상황 발생시 열차스스로 대응이 가능함으로써 사고 대응시 운영자 인적오류로 인해 발생할 수 있는 2차사고 예방가능.<br>ㅇ 차세대 무선통신기반 열차제어 및 통신 핵심기술 확보가능 |
| **정책적 효과** | ㅇ 열차제어시스템 기술은 열차간 통신기반으로 완전한 차상중심의 열차제어기술로써 지능화된 열차간 협업을 통해 수송력 향상, 승객서비스 향상, 비용절감, 안전성 향상을 목표로 하며 국내외 정책동향에서 추구하고자 하는 중장기적 목표와 부합함. |

# [철도시설 14] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 도시경관 친화형 초경량 도시 경전철 고가구조물(Sky-guideway) 건설기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 경전철 등 환경친화적인 도시철도의 지속적인 확충에 대비하여, 도시친화적이고 심미적(審美的)인 도시 환경 구현과 해외 시장에서의 기술 우위 확보를 통한 철도산업 경쟁력 제고를 위해, 도시경관을 고려하여 심미적이고, 도시공간의 효율적 활용을 극대화하는, 경제적이면서도 안전한 장경간(최대 200m)의 경전철용 고가구조물<br>  <br><도시경관 친화형의 장경간 경전철 고가구조물 개념도> |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도시설 | 궤도토목 | 철도교량(고가구조물)기술 | 철도교량,고가구조물 해석/설계 기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 인프라-운영환경 | - | O |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | | O | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | O | | O | | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | | | O | |

| 글로벌 동향 |
|---|
| ○ 기술 동향<br>– (교량/고가교 설계) 교량설계기준으로 미국, 유럽 등에서는 신뢰도 기반의 한계상태설계법을 적용 중이며, `15년부터 국내 도로교에도 한계상태설계법 적용 등 국내 일반 교량/고가교 설계기술은 세계최고수준의 설계기술을 보유하고 있으며, 현재 국내 일반·고속철도교량에 한계상태설계법 기반의 설계기준 마련 진행 중임.<br>– (신소재 융합) 국내외 고강도·고내구성 콘크리트(70~120MPa), 초고강도·고인성 콘크리트(UHPC, 150MPa 이상), 고강도 · 경량 · 내마모성의 섬유강화 고분자 복합소재(FRP) 및 고탄성·고강도, 경량의 탄소섬유강화 플라스틱(CRFP), |

고인성·고강도의 다양한 엔지니어링 플라스틱 (ENPLA) 등 교량 등 건설분야에 신소재를 이용, 기존 한계 극복 위한 건설기술 개발에 있어 새로운 시도들이 이루어지고 있음.

- (교량/고가교 제작 · 시공) 상부구조는 일반적으로 강재/콘크리트 구조 및 복합구조 형식, 하부구조는 일반적으로 콘크리트 구조형식으로 최근 프리캐스트화 추세이며, 상부구조 가설 시공으로 프리캐스트 구조물을 시공하는 FSLM, PSM공법 이외, 제한된 도심 공간, 공사기간 내 교량 시공, 노후 교량 급속 교체 등에 따라, 최근 국외에서 PBESs, SPMTs 등의 교량 급속 시공법 개발 및 실용화 시도되고 있음. 하부구조 가설 시공 역시 슬라이딩폼, 일체식 강제 거푸집 등 기계식 거푸집을 이용한 시공 등 국내외 다양한 프리캐스트 하부구조 급속 조립 시공 기술이 개발 적용 중임.
- (교량/고가교 제진 · 관리) 국내에서는 일반 에너지소산형 댐퍼, 질량동조형 (TMD) 제진장치 등 수동 제진 기술을 보유하고, 최근 반능동 및 능동 제진 장치 개발 및 실 구조물 적용 시도 중이며, 일본은 장경간 교량에 반능동 및 능동 제어장치 이용한 제진 기술을 적용하고 있음. 한편, 국내외 다양한 고정밀 측정기술 및 계측장비를 이용한 구조물의 실시간 장기 감시시스템 관련 기술개발이 활발히 추진 중임.

ㅇ 정책 동향

- 영국 및 프랑스 등 주요 선진국 역시 안전성과 효율성, 탄소 저감에 기반을 둔 친환경 교통체계 구축을 목표로 설정하고 있으며, 일본 역시 관련 정책들에서 고속화와 함께 고효율 에너지형, 저비용의 편리성을 강조하고 있음.
- 우리나라 정책 역시 친환경 성장형 교통체계 구축, 선진국 수준의 교통서비스 제공을 목표로 설정하고, 첨단 ICT, 복합소재 기술 등을 적극 활용한 기반시설 구축 지향
- 우리나라를 포함한 주요 선진국의 교통체계 관련 정책은 환경친화적이고 쾌적한 생활공간 구축에 초점이 맞춰져 있으며, 이의 실현을 위한 첨단기술의 적극적 융합을 촉진하는 방향으로 설정되어 있음.

ㅇ 시장 동향

- 서울, 부산 등을 포함한 인구밀집 지역을 중심으로 경전철 체계 도입을 위한 다양한 수요가 창출되어 국내 시장은 지속적으로 성장하고 있으며, 특히 이동 편의성 뿐 아니라 경제성, 도심 공간 활용 효율성을 극대화할 수 있는 방향으로 시장이 확대될 전망
- 세계시장은 인도, 동남아시아, 중동 등 인프라 구축을 지속적으로 요하는 국가를 중심으로 시장규모가 확대되고 있으며, 이러한 추세에 따라 상대적으로 경제성이 높은 경전철 관련 시장도 확대되고 있는 상황

| | |
|---|---|
| **중점추진 필요성** | ㅇ 도시인구의 증가 지속, 도시공간 활용의 한계, 이동 편의성 및 경제성 확보 요구 증대 등을 해결할 수 있는 최적의 대안으로 도심 내·도심 간 경전철 체계 관련 시장은 지속적 성장 추세에 있음.<br>ㅇ 철도교 형식의 과다 설계로 육중한 구조물로 인한 도시미관 저해, 도로교통 혼잡 가중으로 시민들의 고가구조 외면 및 지하화 요구에 따른 국가재정 부담 가중되고 있는 실정.<br>ㅇ 향후 경전철 확충에 대비, 세계 선도형의 長경간(200m) 구조물 적시 개발로 도시미관·교통혼잡 등 국민민원 해결 및 국내·외 수요에 시급히 대응 필요.<br>– 現 국내 41개 노선 27조원 규모의 경전철 사업과 해외건설 수주 효자지역인 동남아(베트남, 말레이시아 등)에서만 17개 노선 300여 km 규모 사업 계획 중<br>ㅇ 신뢰도 기반의 혁신적인 장경간 신형식 고가구조 설계 및 신소재 부재 접목을 통한 고성능·경량화, 미래지향적인 인프라 구축 위한 ICT기반의 제작시공관리, 최적의 제진 및 실시간 자가상태 감시기술을 개발하여, 세계최초 200m 장경간 경전철 고가구조물을 성공적으로 개발한다면, 이 분야 공백기술 선점 및 기술 경쟁력 확보로 국내시장을 기반으로 한 해외시장 선점이 가능. |

| **주요 내용 및 예상 성과** | |
|---|---|
| **과제 목표** | ㅇ 도시경관을 해치고 비용이 높은 경전철 고가구조물을 보다 컴팩트하게 건설할 수 있도록 경제적이면서도 안전한 경전철 고가구조물 건설기술 개발<br>– 한계상태설계법 기반 경전철 고가구조물 설계기준 마련<br>– 장경간(최대 200m) 신형식 경전철 고가구조 개발 및 설계기법 개발<br>– 장경간(최대 200m) 신형식 경전철 고가구조물 제작·시공기술 개발<br>– 장경간(최대 200m) 신형식 경전철 고가구조물 제진·관리기술 개발 |
| **추진 내용** | ㅇ 도시경전철용 신형식 고가구조물(Sky-guideway) 설계·제작·시공 기술 개발<br>– 한계상태설계법 기반 경전철 고가구조물 설계기준 연구<br>– 도시경전철용 고가구조물 신형식 구조 개발 및 최적설계기법 개발<br>– 장경간 구현이 가능한 개방형 상부구조물 설계기술 개발<br>– 상부구조 처짐제어기능을 갖는 개방형 하부구조물 설계기술 개발<br>– 고성능 신소재 융합 상부구조물 정밀 제작·시공기술 개발<br>– 고성능 신소재 융합 하부구조물 정밀 제작·시공기술 개발<br>– 신형식 고가구조물 상·하부 구조 급속·정밀 시공장비 개발<br>– 시공단계에서의 ICT기반 구조물 형상관리 및 정밀 시공관리 기술 개발<br>– 신형식 고가구조물 실물구조시험체 구축 및 성능검증 연구<br>– 신형식 고가구조물 Test-bed 시공 및 실차주행 성능검증 연구<br>ㅇ 도시경전철용 신형식 고가구조물(Sky-guideway) 제진·관리 기술 개발<br>– 신형식 고가구조물 차량가진·내풍 안정성 평가 및 최적 제진시스템 개발<br>– 신형식 고가구조물 동적 성능 검증시스템 개발 및 제진성능평가<br>– 신형식 고가구조물 제진·관리용 에너지 자립형 고정밀 통합계측시스템 개발<br>– 구조물 내장·일체형 신형식 고가구조물 취약부 상시 감시시스템 개발 |

<table>
<tr><td>예상성과물/<br>스펙</td><td>ㅇ 한계상태설계법 기반 경전철용 고가구조물 설계기준 고시(안)<br>ㅇ 도시 경전철용 장경간(최대 200m) 신형식 고가구조물 설계기법<br>ㅇ 도시 경전철용 신형식 고가구조물 제작 지침서 및 시방서<br>ㅇ 도시 경전철용 신형식 고가구조물 정밀 시공장비 및 운용 매뉴얼<br>ㅇ 도시 경전철용 신형식 고가구조물 실물구조 시험체 및 성능검증보고서<br>ㅇ 도시 경전철용 신형식 고가구조물 Test-bed 및 실차주행 성능검증보고서</td></tr>
<tr><td colspan="2">추진 방법</td></tr>
<tr><td>추진 체계</td><td>ㅇ 주관기관<br>– 신형식 고가구조물에 대한 설계기준 · 표준 연구, 설계에서부터 제작 · 시공 및 관리기술 연구에 있어 철도토목, 차량 분야 등 종합연구가 가능하고, 산학연 하위 공동연구기관간 업무 인터페이스 총괄 역할이 가능한 전문연구기관<br>ㅇ 협동/공동<br>– 신소재 전문 연구기관 및 기업에서 구조물 경량화 신소재 기술개발에 참여<br>– 교량/고가교 전문 설계사 및 건설 · 시공사에서 신형식 고가구조물의 설계 및 건설 기술개발에 참여<br>– 스마트 구조물 진동제어 · 모니터링 전문 대학교에서 신형식 고가구조물의 최적의 동적 제진 및 상태감시 기술개발에 참여<br>– 경전철 운영기관에서 경전철 실차 주행시험 및 Test-bed 구축에 참여</td></tr>
<tr><td>사업기간</td><td>ㅇ 총 연구(개발)기간: 7년</td></tr>
<tr><td>소요예산</td><td>ㅇ 총예산 500억원 이내
<table>
<tr><th>계</th><th>1차년</th><th>2차년</th><th>3차년</th><th>4차년</th><th>5차년</th><th>6차년</th><th>7차년</th></tr>
<tr><td>500</td><td>20</td><td>40</td><td>60</td><td>100</td><td>200</td><td>50</td><td>30</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td colspan="2">기대 효과</td></tr>
<tr><td>경제적 효과</td><td>ㅇ 고가건설방식 경전철의 도시미관 저해, 도로교통 혼잡 문제 해소를 통한 시민들의 고가화 기피 해소에 따른 국가재정 부담 경감 기대<br>ㅇ 세계 최초 장경간 · 경량의 경전철용 신형식 고가구조물(Sky-guideway) 개발로 동남아 등 해외 경전철시장 진출 기대</td></tr>
<tr><td>사회적 효과</td><td>ㅇ 도시환경과 부합하는 도시미관 개선, 도시 내 고가 하부 도로점유 최소화로 도로교통 혼잡 가중 해소 및 제한된 도시공간 효율적 활용 기대<br>ㅇ 세계 최초 200m 장경간의 도시 경전철용 신형식 고가구조물 개발로 국내 철도기술 수준 향상 및 미래 선도기술 선점을 통한 철도산업 경쟁력 제고 기대</td></tr>
<tr><td>정책적 효과</td><td>ㅇ 국내 고가경전철 사업의 원활한 추진과 해외 고가 경전철 시장 진출을 통한 경전철 건설 등 관련 철도산업 발전 기대</td></tr>
</table>

# [철도시설 15] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 상태평가 기반 궤도평가 및 유지보수 장비 기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 열차안전 확보 및 승차감 향상 그리고 유지보수 최적화를 위한 궤도 및 노반의 과학적 상태(성능) 평가 및 측정과 유지보수를 위한 장비관련 기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도시설 | 궤도토목 | 궤도/주행로 기술 | 궤도/주행로 유지관리기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 인프라-운영환경 | IoT | X |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | ○ | ○ | ○ |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | ○ | | ○ | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | ○ | ○ | ○ | |

**글로벌 동향**

- o 전 세계적으로 연구목적으로 정적인 상태에서의 궤도강성 측정은 오래전부터 수행되어 오고 있음. 1998년에서 2000년 초까지 프로토타입의 트로리에서 궤도 강성을 측정하고자 하는 노력이 일부 성과를 거둠. 대표적으로RSMV(Rolling Stiffness Measurement Vehicle): 2004년 유럽의 INNOTRACK 연구 프로젝트로부터 개발된 궤도 강성 측정 장비로 작용하중과 변형, 지반진동과 댐핑의 관계에 의한 위상과 그 크기에 따라 궤도의 수직 강성을 계산함.
- o 장대레일의 안정성 확보라는 관점에서 레일 축력 추정법은 필요성이 극히 높은 기술과제로 다양한 시도가 이루어지고 있지만, 현재까지 충분한 성능을 가진 효과적인 추정법이 확립되어있지 않음. 영국의 Vortok 사에서 장대레일 축력을 비파괴적인 방법으로 도출하기 위하여 레일축력측정기인 “VERSE”를 개발. 이는 Beam-Column이론을 기초로 장대레일의 축력을 계산하여 중립온도를 산출하고 있음.
- o 현재까지 국내에서 도상 및 노반의 상태평가를 위한 기술개발 연구는 수행된 바가 거의 없으며 대부분 도상의 개량을 위한 기초연구가 진행된 바 있음. LFWD를 이용한 궤도지지강성과 간이 GPR시험, PBS시추를 이용하여 자갈궤도구조시스템의 층 두께 및 상태평가, 유지보수작업 및 궤도틀림 자료 분석을 실내시험과 경부선의 짧은 구간에서 시도한 실적이 있으나 실용적인 도상자갈 하부상태 평가를 위한 종합평가시스템개발이 없었음
- o 국내에서는 침목의 균열을 자동적으로 검사할 수 있는 기능이 있는 IVORE 시스템을 프랑스 Cybernetix 로부터 도입하여 유지보수에 활용하고 있음, 현재 도입된 장비의 기능은 레일좌면으로부터 좌우 40cm 까지의 영역에서 침목의 균열, 파손을 검지할 수 있음.

| | |
|---|---|
| **중점추진 필요성 (기술 선정이유)** | ㅇ 우리나라는 2004년 경부고속철도 개통을 비롯해 신설선 건설 등으로 선로연장이 증가하고 있어 선로 유지보수가 증가하고 있으며 기존선도 점차 고속화되고 고밀도 운전으로 인해 예전에 비하여 보수작업을 위한 충분한 시간을 확보하기 어려워지고 있는 실정임.<br>ㅇ 궤도 유지관리의 특성상 적정 유지보수 시기에 보수를 시행하지 않고 문제가 발생한 이후에 보수를 시행하는 정정보수(사후보수, Corrective Maintenance)는 투입되는 비용이 크게 증가하게 됨. 또한 정정보수는 보수개소가 필요한 다른 개소의 보수 우선순위를 뒤로 밀리게 하면서 잠재적으로 보수비용이 크게 증가하게 하는 문제를 야기함.<br>ㅇ 또한, 최근 급속히 증가하고 있는 콘크리트 궤도는 도상콘크리트의 미세균열은 시간이 갈수록 수분침투 및 동결, 융해와 같은 과정을 거치면서 균열폭등 결함상태가 진전할 가능성이 크고 이에 따른 궤도의 성능저감이 예상되므로 주기적이고 신속한 모니터링 및 성능평가가 필요하며 콘크리트 도상의 균열관리 및 지반침하 관리를 위해서는 균열과 침하의 원인 및 종류별로 진전패턴에 대한 지속적이고 공학적인 추적 관리 및 분석이 필요함.<br>ㅇ 약 100년 이상의 공용기간을 지나온 경부선 등과 최근 개량, 신설되어 열차의 속도향상에 큰 기여를 하고 있는 선구 등에 대하여 과학적이고 객관적이며 효율적인 궤도관리를 위한 상태 평가 기술과 이에 대한 궤도보수의 합리화를 위한 기술을 개발이 필요함. |

| **주요 내용 및 예상 성과** | |
|---|---|
| **과제 목표** | 상태평가 기반에 궤도, 도상 및 노반 그리고 레일 손상을 평가하고 유지보수하는 기술개발 |
| **추진 내용** | ㅇ 궤도성능평가 기법 및 궤도 상태평가 고도화 기술개발<br>– 철도 궤도시스템 성능 평가 기법 및 테스트 베드 구축<br>– 궤도 상태 측정 장치 개발<br>– 레일/체결장치 상태 측정 및 감시 장치 개발<br>ㅇ 도상 및 노반 상태 평가 고도화 기술개발<br>– 자갈도상 및 노반 결함 상태 평가 기술 개발<br>– 콘크리트도상 침하 및 결함 상태평가 기술 개발<br>– 궤도 원형보수를 위한 절대선형 측정 기술 개발<br>ㅇ 레일 손상 평가 및 저감 고도화 기술개발<br>– 레일 손상 메커니즘 분석 및 평가 기술 개발<br>– 레일 손상검출 및 평가 기술 개발<br>– 레일 손상 저감 기술 개발 |

| | |
|---|---|
| **예상성과물/스펙** | ㅇ 측정 및 감시 데이터에 근거한 궤도시스템 성능평가 시스템<br>ㅇ 기존 차량 및 유지보수 차량 탑재형 장치를 위한 차량 설계 및 개조<br>ㅇ 궤도 수직방향 강성(Vertical Stiffness) 측정 장치<br>ㅇ 궤도 횡방향 강성(Lateral Stiffness) 측정 장치<br>ㅇ 부동구간 종방향 레일응력(Longitudinal Stress of Rail in Unmovable Zone) 측정 장치<br>ㅇ 비접촉 레일온도(Non-contact Rail Temperature) 측정 장치<br>ㅇ 체결장치의 코일 스프링 응력(Stress of Tension Clamp) 감시 장치<br>ㅇ 자갈도상 및 노반 결함 상태평가 장비 및 시스템<br>ㅇ 콘크리트 궤도 침하 및 열화 평가 장비 및 시스템<br>ㅇ 궤도 원형보수를 위한 절대선형 평가 장비 및 시스템<br>ㅇ 레일 손상 검출 장비 및 평가 시스템 |

| **추진 방법** | |
|---|---|
| **추진 체계** | ㅇ 정부 및 철도운영기관 및 제작사 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축<br>– 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있도록 관련 기술수요처 의견수렴<br>– 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영<br>ㅇ 관련분야 전문가 자문회의 등 내·외부 전문가 의견 수렴<br>ㅇ 해외 선진기술에 대한 지속적인 벤치마킹을 위한 외국기업체 및 연구기관과의 협력 추진<br>ㅇ 축적된 기술을 반영하고, 산학연의 공동 연구개발 체계를 구축하고 기초 연구와 설계 및 해석, 평가가 이루어 질 수 있는 추진체계 구축 |
| **사업기간** | ㅇ 총 연구(개발)기간 : 4년 |
| **소요예산** | ㅇ 총예산 : 80 억<br>– 연차별 예산 |

| 계 | 1차년 | 2차년 | 3차년 | 4차년 | 5차년 |
|---|---|---|---|---|---|
| 80 | 10 | 25 | 25 | 20 | – |

| **기대 효과** | |
|---|---|
| **경제적 효과** | ㅇ 국내 철도환경을 고려한 시설물 성능(상태)평가 기술개발을 통한 기술자립과 국부유출 차단 및 해외시장 진입 가능성 제고 |
| **사회적 효과** | ㅇ 기술개발을 통한 운행선 열차운행 속도 향상 기반마련과 궤도/노반 유지보수 최적화 및 열차운행 안전성 향상에 기여 |
| **정책적 효과** | ㅇ 궤도 유지관리에 관련한 국가 제도 개선에 기여 |

# [철도시설 16] 중점추진기술 전략카드

| | |
|---|---|
| 기술명 | 대륙간 초고속 이동이 가능한 1000km/h급 열차 인프라 기술 |
| 기술 정의 | 하이퍼튜브 HTX (Hyper Tube eXpress)는 아진공 튜브 안을 시속 1,000km 이상의 속도로 주행하는 핵심 거점간 (Point-to-Point) 초고속 신개념 교통 시스템을 위한 인프라 기술 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
| | 철도시설 | 궤도토목 | 궤도/주행로 기술 | 궤도/주행로 해석/설계 기술 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
| | 인프라-운영환경 | - | O |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
| | | | ○ | ○ |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
| | | | ○ | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
| | ○ | | | ○ |

**글로벌 동향**

ㅇ 기술 동향
- 우리나라와 달리 세계 각국에서는 초고속 튜브트레인을 획기적인 차세대 교통수단으로 자리매김 하기 위한 투자와 개발을 서두르고 있음
- 알론 머스크가 2012년 하이퍼루프의 가능성을 제기한지 4년 후인 2016년 5월 11일 미국의 하이퍼루프원社는 기술적 실현가능성 보여주는 가속주행시험에 성공
- 스웨덴, 핀란드, 러시아, 슬로바키아 등이 사업 타당성 검토 및 구체적 관심을 표명하고 있음.

ㅇ 관련 정책
- 우리나라는 고속철도 상용화 이후 철도 분야의 차세대 산업육성 정책 수립 필요
- 도로교통 분야에서는 자율주행 자동차, 항공분야에서는 드론이라는 차세대 산업육성 정책이 수립되었지만, 철도분야의 차세대 핵심정책 수립은 아직 없음

ㅇ 선진국대비 격차 요인
- 하이퍼루프(Hyperloop)는 2013년 8월에 엘론 머스크 (Elon Musk)가 제안한 다섯 번째 운송 수단임(①도로교통수단, ②해상교통수단, ③철도교통수단, ④항공교통수단, ⑤하이퍼루프 교통수단)
- Hyperloop 기술 관련하여 엘론 머스크의 '알파보고서' 출간 이후 여러 회사가 주목할 만한 진전을 보이고 있음
- Hyperloop 교통 기술 (HTT) (미국), 하이퍼 루프 원 (미국), TransPod Inc. (캐나다) 및 기타 여러 그룹 및 협력기관이 공동으로 기술개발을 진행하고 있음

| | |
|---|---|
| **중점추진 필요성** | ㅇ 기존 철도의 대안으로써 하이퍼튜브는 1,000km/h 이상의 아음속 이동을 통해 전국을 30분 생활권으로 혁신하여 국토의 균형 발전뿐만 아니라 고속화/정보화를 선도함으로써 국가 경제성을 제고 할 수 있음<br>ㅇ 통일 한국을 대비하여 부산-신의주간 1시간 주파가 가능하고, 향후 유라시아 대륙 횡단 철도의 초고속화(실크로드 익스프레스)에 대비한 선제적 기술 대응이 필요<br>ㅇ 또한 세계 100여개 국가, 2000여개의 하이퍼튜브 잠재 노선 수요에 대한 선제적 대응 필요<br>ㅇ 향후 잠재적 수요가 존재하는 목포-제주, 한국-일본, 한국-중국간 해저노선에 대한 방안으로써 하이퍼튜브 기술개발이 필요 |

| **주요 내용 및 예상 성과** | |
|---|---|
| **과제 목표** | ㅇ 아진공 튜브 및 초고속 가이드웨이 인프라 기술개발 |
| **추진 내용** | ㅇ 아진공 튜브 및  초고속 가이드웨이 표준 모델 개발<br>– 아진공 튜브 및  초고속 가이드웨이 모형설계<br>– 아진공 튜브 및  가이드웨이 모형 시험<br>– 아진공 튜브 및  초고속 가이드웨이 기본 설계<br>ㅇ 아진공 튜브 및  초고속 가이드웨이 시범노선 구축<br>– 아진공 튜브 및  초고속 가이드웨이 설계기준 개발<br>– 아진공 튜브 및  초고속 가이드웨이 실시설계<br>– 아진공 튜브 및  초고속 가이드웨이 시범노선 건설<br>– 실용화 노선을 위한 아진공 튜브 및 초고속 가이드웨이개선방안<br>ㅇ 아진공 튜브 및 초고속 가이드웨이 실용화 노선 구축<br>– 아진공튜브 및 초고속 가이드웨이 실용화노선 기본설계<br>– 아진공튜브 및 초고속 가이드웨이 실용화노선 실시설계<br>– 아진공튜브 및 초고속 가이드웨이 장기거동 계측 방안연구<br>– 아진공 튜브 및 초고속 가이드웨이 안전 방재 연구<br>– 아진공 튜브 및 초고속 가이드웨이 성과확산 중장기 마스터플랜 개발<br>– 아진공 튜브 및 초고속 가이드웨이 시험운행 |
| **예상성과물/ 스펙** | ㅇ 아진공 튜브 및 초고속 가이드웨이 및 대용량 저진공 시스템<br>– 아진공 튜브 및 초고속 가이드웨이 표준 모델<br>– 아진공 튜브 및 초고속 가이드웨이 시범노선<br>– 아진공 튜브 및 초고속 가이드웨이 실용화 노선 |

<table>
<tr><th colspan="2">추진 방법</th></tr>
<tr><td>추진 체계</td><td>ㅇ 초전도 반발식 자기부상열차 기술 및 신호 통신 기술, 분기기 등 철도관련 기반 기술을 확보하고 있는 철도전문 연구기관이 주관을 하며 튜브를 이루는 강구조와 가이드웨이를 구성하는 콘크리트 구조의 합성거동 관련 이론적 규명은 학계, 대용량 저진공 펌프 개발은 관련 산업계, 기본 및 실시설계는 산업계, 그리고 진공시스템 및 내진 성능 관련 타 연구기관과의 연계를 통해 연구수행</td></tr>
<tr><td>사업기간</td><td>ㅇ 총 연구(개발)기간 : 8년</td></tr>
<tr><td>소요예산</td><td>ㅇ 총예산 800억원 이내
<table>
<tr><th>계</th><th>1차년</th><th>2차년</th><th>3차년</th><th>4차년</th><th>5차년</th><th>6차년</th><th>7차년</th><th>8차년</th></tr>
<tr><td>800</td><td>50</td><td>50</td><td>80</td><td>80</td><td>120</td><td>200</td><td>150</td><td>70</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="2">기대 효과</th></tr>
<tr><td>경제적 효과</td><td>ㅇ 하이퍼튜브는 현 고속철도 대비 가치공학 분석 결과, 서울~부산 노선(355.7km)은 건설 소요와 차량 구입에 대한 총비용 7조4,323억원 대비 40년간 통행시간 절감비용은 4조 1,700억원 포함 총 8조3,401억원 편익 발생, 서울－목포간(349.4km) 총비용 6조6,071억원 대비 총 편익은 8조3,028억원, 대전~목포간(205.1km) 총비용 3조7,793억원 대비 편익 4조8,690억원으로 예상됨</td></tr>
<tr><td>사회적 효과</td><td>ㅇ 열차 개통 이래 국토 균형 발전에 큰 역할을 담당해 왔던 KTX는 2014년도 기준으로 경부 KTX 여객 이용율이 103%로 이미 포화상태이며 이를 보완하기 위한 신설노선의 필요성이 대두되고 있음<br>ㅇ 항공기 이상의 속도를 가지면서 접근용이성과 수요응답기능을 동시에 지니는 하이퍼튜브는 시간과 공간이라는 물리적인 한계를 극복하여 국토의 초연결 네트워크를 가능하게 한다는 점에서 4차 산업혁명에 부합하는 차세대 교통수단이라 할 수 있음</td></tr>
<tr><td>정책적 효과</td><td>ㅇ 통일 한국을 대비한 유라시아 철도 및 한일/한중 해저 터널 건설을 대비한 이동체 디자인 / 스테이션 디자인 표준 및 기술 주도권을 확보<br>ㅇ 세계 최초 하이퍼튜브 실용화 기술선점을 통해 세계 신사업 시장을 선도하여 국가 경제의 새로운 성장동력 기반 마련</td></tr>
</table>

# [철도시설 17] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 전차선로 유지관리 및 진단 자동화 기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | AI융합 진단기술을 이용한 클라우드 기반 전차선로 유지관리기술 개발 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도시설 | 전철전력 | 전차선로기술 | 전차선로 집전성능평가 및 유지관리기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 인프라-운영환경 | AI | X |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | ○ | ○ | ○ |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | ○ | | ○ | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | ○ | ○ | ○ | |

**글로벌 동향**

ㅇ 기술 동향

- 4차 산업혁명 시대에 맞는 기술 개발을 위해서는 전차선로의 유지보수에 대한 체계적인 데이터 관리와 이를 바탕으로 한 big data 기반 data mining 기술 개발이 요구됨
- 체계적 데이터 관리를 바탕으로 machine learning 및 deep learning 기법을 통한 철도시설물에 대한 AI 기반 상태평가 기술 개발이 요구됨

ㅇ 해외 기술동향

- 일본 (인프라장수명(長壽命) 기본계획) : 국토강인화 기본계획의 노후화 대책 분야와 연계하여 수립, 정부 · 산학연 · 지역사회의 상호 제휴를 강화하여 ICT, 센서, 로봇, 비파괴 검사 등의 신기술을 개발하고, 이를 적극적으로 활용
- 독일 교통부(BMVI) 연방교통인프라계획 (Federal Transport Infrastructure Plan, FTIP) 2030) : 사회기반시설 사업의 투자우선순위를 결정하고 전반적인 투자전략을 제시
- 싱가폴 (Smart Nation-Virtual Singapore) : 데이터, 첨단 통신 및 전산 기술을 도시에 활용하여 관리와 유지보수에 활용

ㅇ 국내 기술동향

- 국내 철도관련 정책은 법정계획인 철도망 구축계획과 철도산업 발전 기본계획에 고시되어 있으며 국가 정책과제에 따른다. 두 가지 모두 10년 단위로 수립되며 현재는 제3차 계획이 추진중
- 시설물 안전 및 유지관리 기본계획은 '시설물 안전 및 유지관리에 관한 특별법' 제3조에 의거하여 국토교통부 장관이 5년마다 수립, 시행하고 고시하는 국가법정계획임.

| | |
|---|---|
| | ㅇ 관련 시장<br>– 전차선로의 결함 탐지 및 유지보수를 위한 시장은 아직 성숙되지 않은 단계<br>– 빠른 기술 개발을 통한 진단 기술을 개발하여 스마트 모니티링 시장에 선진입하는 것이 가장 좋은 전략임 |
| **중점추진 필요성** | ㅇ 선진국대비 격차 요인<br>– 인력점검에 의존한 현재 전차선로 관리 체계<br>– 자동검측이나 시설물에 대한 이력관리가 되지 않는 유지보수 체계<br>– TBM 기준의 유지보수 수준(CBM 또는 AM 수준으로 향상이 필요)<br>ㅇ 전차선로는 구조적 특수성과 그 역할의 사회적, 경제적 중요성으로 인해 유지관리의 필요성이 높은 구조물임<br>ㅇ 전차선로는 합리적인 점검, 계측, 평가, 의사결정, 유지보수의 절차에 따라 목표 성능이상을 유지시킬 수 있는 유지관리 시스템이 요구됨<br>ㅇ 시설물에 대한 점검을 통해 즉시 대처해야 하는 명백한 이상이 발견되는 경우도 있으나, 대부분은 명백한 이상이 발견되지 않는 경우도 많고 중장기적으로 상황을 평가하여 유지보수 대책을 결정해야 되는 상황도 많이 발생<br>ㅇ 전철설비의 결함은 여러 가지 현상으로 발현하므로 한 번의 진단으로 복합적으로 진단하는 복합 진단 기술이 필요<br>ㅇ 전차선로 시스템의 결함 및 사고는 누적된 피로와 상태 악화로 발행하므로 시설물에 대한 이력관리를 포함한 진단/예측 프로그램 개발이 필요 |

| **주요 내용 및 예상 성과** | |
|---|---|
| **과제 목표** | ㅇ 전차선로 시스템의 효율적 상태관리 및 자동 진단을 위한 AI 기반의 모니터링 기술 개발<br>– 전차선 비디오 모니터링 AI 자동판별 시스템 개발<br>– 결함탐지를 위한 복합 진단장치 시스템 개발<br>– 영상 기반 전차선 높이/편위, 동편위 측정 시스템 개발<br>– 클라우드 기반 전차선로 시스템의 상태 이력관리 프로그램 개발<br>– 검측차 탑재용 전차선로 시스템 진단장치 개발 |
| **추진 내용** | ㅇ 전차선 비디오 모니터링 AI 자동판별 시스템 개발<br>– 전차선로 인증검사 시험항목인 비디오 모니터링에 대해 AI 자동판별 시스템 개발<br>– 패턴 인식, 머신 러닝, 자율 학습 기법에 의한 자동 판별<br>– 아크 상태 분류, 아크의 임팩트 정도, 동편위값 및 정적 편위 추정, 전차선로 구조물 시설 상태 판단 시스템 개발<br>– 동편위량의 적절성, 스토퍼가 작동 유무, 팬헤드 외부 충격 유무(흔들림 등으로 판단), 압상량의 적절성 등을 AI가 판별 일본 (인프라장수명(長壽命) 기본계획) |

| | |
|---|---|
| | ○ 클라우드기반 유지관리 기술개발<br>– 상태기반 유지관리기술의 클라우드기반 서비스기술 구현<br>– 자동화기반의 철도시설물의 보안 기반 기술 구현<br>– 테러, 지진등 환경상태 자동 감지기능 구현 |
| **예상성과물/ 스펙** | ○ 성과물<br>– 영상 처리기술을 활용한 전차선로 시설물의 AI 자동판별 시스템<br>– 높이/편위 및 구조물 시설 상태 판단 시스템<br>– 결함탐지를 위한 복합 진단장치 시스템<br>– 영상 기반 전차선 높이/편위, 동편위 측정 시스템<br>– 전차선로 시스템의 상태 진단을 위한 이력관리 프로그램<br>– 검측차 탑재용 전차선로 시스템 진단장치 |

| **추진 방법** | |
|---|---|
| **추진 체계** | ○ 전차선로 시스템의 유지보수 및 상태진단을 위한 관련 기술을 보유한 기관<br>○ 영상처리 기반의 모니터링 기술 기 보유 기관 |
| **사업기간** | ○ 총 연구(개발)기간 : 4년 |
| **소요예산** | ○ 총예산 80억원 이내 |

| 계 | 1차년 | 2차년 | 3차년 | 4차년 |
|---|---|---|---|---|
| 80 | 10 | 25 | 25 | 20 |

| **기대 효과** | |
|---|---|
| **경제적 효과** | ○ 전철설비 진단기술개발을 통한 유지보수비 절감 효과 150억원/년<br>○ 효율적이고 정확한 유지보수를 통해 유지보수 비용 절감 (40% 내외) |
| **사회적 효과** | ○ 전기철도의 안전성 제고로 인한 대국민 신뢰성 향상<br>○ 예방 차원의 과학적 점검이 이루어지지 않아 유사한 사고의 재발 위험성이 높으나 AI를 활용한 높은 신뢰성의 상태 모니터링 기술을 개발하여 측정 장비의 신뢰성/정확성을 높여서 사전 예측 및 예방 기술의 진보 |
| **정책적 효과** | ○ 철도 유지관리 효율성 증대를 통해 안전한 철도산업으로의 발전 기대 |

# [철도시설 18] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 대용량 무선전력 전송 기술 기반 전력공급 기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 대용량 철도차량에 무선으로 전력을 공급하기 위한 무선전력 시스템 및 전력공급을 위한 기반 기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도시설 | 전철전력 | 전력에너지변환 및 공급기술 | 무선급전기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 차량-인프라-운영환경 | IoT | X |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | ○ | ○ | ○ |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | ○ | | ○ | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | ○ | ○ | ○ | |

| | |
|---|---|
| 글로벌 동향 | ㅇ 철도분야에서 대전력 무선전력 전송기술을 개발하기 위해 독일 Bombardier社는 전차선 없이 무선 충전하는 Primove 경전철을 개발하였으며, 2010년 Augsburg 시험선에 총 800m 길이, 3개의 선로를 구축하고 무선급전시스템을 설치·운영 중임. 270KW 용량으로 최고속도 50km/h까지 운행이 가능함<br>ㅇ Bombardier社에서 주력하고 있는 부분은 크게 철도차량과 전기 버스 분야이며 먼저 철도차량으로는 LRV에 적용하여 주력 중으로 공급전원 400-600ac 또는 750Vdc이며, 급전모듈은 9m 단위 길이로 구성되며, 선로를 따라 설치되는 인버터에서 전원이 공급되는 시스템임<br>ㅇ 또한 자동차 및 버스 분야 적용을 위하여 노력 중에 있으며, Braunschweig에 버스 적용을 위해 German Federal Ministry of Transport와 Building and Urban Development 등과 협력하여 12lkm 시험노선을 건설하여 2013년부터 시험운행에 들어가며, Mannheim에 각종 전기 자동차를 시험할 수 있는 최첨단 설비의 eMobility 시험센터를 2011년부터 구축하여 운형하고 있음<br>ㅇ 국내의 경우 고무차륜 경량전철에 무선급전을 적용하는 실용화 연구가 진행 중임. |
| 중점추진 필요성 (기술 선정이유) | ㅇ 배터리를 사용하는 무가선 트램이나 접촉식 지면급전방식인 Third Rail 등 다양한 방식을 개발하여 적용하고 있으나 안전, 유지보수 등의 문제를 완전히 해결에는 한계가 있기에 기존의 접촉식 전력공급 장치나 전차선 설비가 필요 없어 유지보수 비용 절감이 가능하고 단선 및 전기접촉 등에 의한 위험성이 없는 친환경적인 전기철도 시스템 개발이 필요함<br>ㅇ 확보된 비접촉식 유도급전기술의 실용화 적용을 통해 차세대 친환경 철도 시스템 구축 및 세계 시장에서 기술적 우위선점이 가능하나, 무선 급전 시스템에 대한 기술 개발이 지속적으로 추진되고 있기 때문에 기술적 우위 선점을 위하여 지속적인 연구 개발 추진이 필요함 |

| | |
|---|---|
| | ○ 철도 산업의 확대를 위하여 기존에 개발된 기술보다 향상된 새로운 개념의 철도 기술 확보가 필요하며, 이를 통하여 철도 시장에서의 시장 경쟁력 및 기술적 우위확보가 가능함 |

| 주요 내용 및 예상 성과 | |
|---|---|
| **과제 목표** | ○ 대용량 철도차량에 무선으로 전력을 공급하기 위한 무선전력 시스템 및 전력 공급을 위한 기반 기술 |
| **추진 내용** | ○ 무선급전 대용량 철도차량차량 실용화 연구<br>– 무선급전 대용량 철도차량 최적운용 시나리오 및 실용화 연구<br>– 대용량 철도차량용 급전인버터 기술개발<br>– 대용량 철도차량용 고주파 변압기 기술개발<br>– 대용량 철도차량용 급전선로 기술개발<br>– 대용량 철도차량 급전시스템 회생에너지 인터페이스연구<br>– 무선급전 EMF/EMI/EMC 방지관리 기술<br>– 대용량 철도차량 급전시스템 안전모니터링기술<br>– 대용량 철도차량 무선급전 경제성향상 방안연구<br>○ 무선급전 대용량 철도차량차량 차량-궤도 인터페이스 연구<br>– 무선급전 대용량 철도차량 궤도 구조물 설치 사양서(안)<br>– 무선급전 대용량 철도차량 신호시스템 사양서(안)<br>– 무선급전 대용량 철도차량 분기기 사양서(안)<br>– 무선급전 대용량 철도차량 인프라 유지보수(안)<br>○ 무선급전 급전시스템 최적화 연구<br>– 무선급전 대용량 철도차량 급·집전시스템 통합 최적 설계 및 사양서(안)<br>– 무선급전 대용량 철도차량 급전시스템 성능향상 최적 설계 및 사양서(안)<br>– 무선급전 대용량 철도차량 집전시스템 성능향상 최적 설계 및 사양서(안)<br>– 무선급전 대용량 철도차량 표준화(안) |
| **예상성과물/ 스펙** | ○ 무선급전 대용량 철도차량용 고주파 급전인버터<br>○ 무선급전 대용량 철도차량용 Test-Bed 시스템<br>○ 무선급전 대용량 철도차량용 종합성능시험 계측시스템<br>○ 무선급전 대용량 철도차량용 최적 운용 시나리오<br>○ 무선급전 대용량 철도차량 궤도 구조물 설치 사양서<br>○ 무선급전 대용량 철도차량 신호시스템 사양서<br>○ 무선급전 대용량 철도차량 분기기 사양서<br>○ 무선급전 대용량 철도차량 인프라 유지보수<br>○ 무선급전 대용량 철도차량 집전시스템 성능향상 최적 설계 및 사양서<br>○ 무선급전 대용량 철도차량 표준화 |

<table>
<tr><th colspan="2">추진 방법</th></tr>
<tr><td>추진 체계</td><td>ㅇ 국내추진, 제동 기술 전문가 그룹을 구성하고 산학연 연계 및 정부 지원 하에 연구를 수행<br>ㅇ 연구내용의 검증 및 객관성 확보를 위해 외부 전문가 자문위원회 구성 및 운영하고, 연구내용의 기술적 · 정책적 · 경제적 보완사항에 대한 자문을 받을 것</td></tr>
<tr><td>사업기간</td><td>o 총 연구(개발)기간 : 4년</td></tr>
<tr><td>소요예산</td><td>o 총예산 : 350 억<br>– 연차별 예산
<table>
<tr><th>계</th><th>1차년</th><th>2차년</th><th>3차년</th><th>4차년</th></tr>
<tr><td>80</td><td>50</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="2">기대 효과</th></tr>
<tr><td>경제적 효과</td><td>ㅇ 대용량 무선급전 기술의 철도 차량에 적용 및 시연성공을 통하여 실용화 가능성 확보<br>ㅇ SE 및 무선급전 시스템 기술을 개발과 Test-Bed 구축 및 시범사업 추진을 통하여 무선 급전 철도의 실용화를 위한 최적화 설계 및 경제성 확보<br>ㅇ 대용량 무선급전 철도시스템 구축으로 인하여 상부가선의 구축 비용 감소 및 유지 보수 비용을 감소시킬 수 있으며 철도 시장에서 주도권을 확보 가능</td></tr>
<tr><td>사회적 효과</td><td>ㅇ 미래 친환경 고에너지효율 시대를 대비하기 위한 친환경 기술 확보 지원<br>ㅇ 새로운 철도 시스템 개발로 인하여 세계적으로 철도 기술에서 우위를 확보할 수 있으며 향후 철도 시장에서의 경제적 우위 확보도 가능</td></tr>
<tr><td>정책적 효과</td><td>ㅇ 대용량 철도차량용 무선급전 기술 시장의 조기 선점을 위한 원천기술 확보 중요<br>ㅇ 타 교통수단간 기술적 연계로 사회적 비용 절감 및 고용 창출 기회 확보</td></tr>
</table>

# [철도시설 19] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 스마트 철도 인프라를 위한 LTE-R 기반 IoT 통신 기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 철도 차량 환경에 최적화된 그룹통신 단말 소프트웨어 및 중계 장치 개발 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도시설 | 신호통신 | 철도통신서비스기술 | IoT 통신서비스 기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 인프라-운영환경 | IoT | X |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | o | o | o |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | o | o | | o | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | o | o | o | |

**글로벌 동향**

o 재난안전을 위한 LTE 기반 그룹통신 시스템
- 삼성, 모토롤라, 에릭슨, 노키아, 화웨이 등 국내외 LTE 장비 제조업체들은 2014-2015년에 국가 재난안전통신망 구축이 국내에서 빠르게 진행됨에 따라 이에 맞는 LTE 및 그룹통신 장비를 개발하고 잇따라 시연하였음

o 단말간 직접 통신을 기반으로 한 off-network 그룹통신 서비스
- 재난망에서는 망 붕괴 및 일시적 망 오동작으로 인해 PTT 서버 - 단말 간 통신이 불가능한 경우 근거리의 단말과 직접적으로 통신을 수행하여 그룹통신 서비스를 자체적으로 제공하는 기능이 필수 요구조건으로 인식되고 있음
- 3GPP에서는 그룹통신에 대한 규격화를 2015년에 완료하였으며, 여기서는 PTT 서버 기반의 on-network 그룹통신과 단말 간 직접 통신 기반의 off-network 그룹통신에 대한 규격을 따로 제정함
- 현재 재난망 및 철도망에서의 그룹통신은 모두 on-network 방식으로, PTT 서버와 단말 간 통신을 통해 그룹통신 서비스가 제공되며, off-network 방식의 그룹통신 서비스는 현재 제공되고 있지 않음
- 향후 철도 분야에서도 안전 사고 예방 및 신속한 사고 처리를 위해서 그룹통신 서비스의 성능을 재난망 수준으로 향상시킬 필요가 있으며, 또한 망의 붕괴 및 일시적 불능 시나리오를 감안하여 off-network에서의 그룹통신 서비스 제공이 가능해져야 할 필요가 있음

o 기존 무선 통신 표준 기술 활용
- 기존의 3GPP MCPTT 규격 및 근거리 통신 방식(WiFi 등) 을 기반으로 off-network 그룹통신을 제공할 수 있는 기술 개발

| | |
|---|---|
| **중점추진 필요성 (기술 선정이유)** | ㅇ 철도 그룹통신 시스템도 재난망 그룹통신에서 요구되는 엄격한 성능 요구사항을 만족시킬 필요가 있음<br>– 철도 안전 사고는 대규모의 인명 및 재산 피해를 입힐 수 있으며, 철도 운영 지연은 철도사업자에게 막대한 재정적 피해를 입힐 수 있기 때문에, 문제 예방 및 신속한 문제 해결이 필수임<br>– 발언권 전환이나 발언 전달, 그룹화 설정 등이 짧은 시간 안에 항시 이루어져야 문제 발생 및 사고 처리 시 관련 담당자 간 원활한 그룹 소통이 가능하고 신속한 해결이 가능<br>– 문제의 잠재적 요소 발견 시 그룹 내 담당자에게 신속하고 안정적으로 연락하여 사고 및 열차 운행 지연 등의 문제를 예방할 수 있음<br>– 특히 고속으로 이동하는 차량이나 국지적 영역 내에서의 그룹통신은 지상의 PTT 서버를 통한 그룹통신은 지연시간이 길어질 수 밖에 없으며, 이때 효율적으로 그룹통신을 제공할 수 있는 수단이 필요함<br>ㅇ 철도에서도 망 붕괴 및 일시적 오류와 같은 유사 시에도 그룹통신이 가능하도록 수단이 제공되어야 함<br>– 재난으로 인한 망 붕괴나 망 장비의 오동작 등의 경우 문제 해결 및 사고 처리를 위해서 인근 담당자 간 원활한 소통을 할 수 있는 방안이 필요함<br>– PTT 서버와 단말이 통신이 불가능하게 되는 경우 근처의 단말끼리 서로 그룹통신을 할 수 있도록 수단이 마련되어야 함 |

| **주요 내용 및 예상 성과** | |
|---|---|
| **과제 목표** | ㅇ 철도 차량 내 근거리 네트워크 형성 및 그룹통신 중계 장치 개발<br>ㅇ 철도 차량 환경에서 off-network 그룹통신 기능의 단말 소프트웨어 개발 |
| **추진 내용** | ㅇ 고신뢰성 LTE-R송수신기 개발<br>– 고신뢰성 LTE-R송수신기 요구사항 정의 및 기본설계<br>– 철도용 송수신기의 요구사항 정의<br>– 철도용 송수신기의 시스템 사양 정립<br>– 상위 개념의 H/W 및 S/W 설계<br>ㅇ 철도용 LTE-R 게이트웨이 개발<br>– 철도용 LTE-R 게이트웨이의 요구사항 정의<br>– 철도 환경에 적용 가능한 LTE-R 게이트웨이의 상세 설계 및 시작품 제작<br>– LTE-R 시험망 기반 성능 검증<br>ㅇ 고신뢰성 LTE-R 송수신기 개발<br>– H/W 시제품 제작<br>– S/W 개발 및 H/W 연동 등 기능시험<br>– 철도용 LTE-R 게이트웨이와 IoT 디바이스 플랫폼과의 연동 시스템 개발 및 성능 검증<br>– 실험실 레벨의 자체 시험 검증 |

| | |
|---|---|
| | ㅇ 철도용 IoT 테스트베드 구축 및 성능 검증<br>– 철도용 센서, IoT 디바이스 플랫폼 및 게이트웨이 통합 연동 테스트 |
| **예상성과물/ 스펙** | ㅇ 철도 차량 내 근거리 네트워크 형성 및 그룹통신 중계 장치 개발<br>– 지상 PTT 서버의 일부 control/data plane 동작에 대한 대리 수행<br>– 그룹통신 중계 커버리지 : 100m 이상<br>– Mouth-to-Ear 지연 시간 : 300ms 이하 (95% 확률)<br>ㅇ 철도 차량 환경에서 off-network 그룹통신 기능의 단말 소프트웨어 개발<br>– PTT 서버와의 연결 없이 근거리 단말 간 직접적 통신을 통해 그룹통신 기능 지원<br>– 최대 그룹 사용자 수 : 6명 이상<br>– 발언권 전환 시간 : 350ms 이하 (95% 확률) |

| **추진 방법** | |
|---|---|
| **추진 체계** | ㅇ 국내추진, 제동 기술 전문가 그룹을 구성하고 산학연 연계 및 정부 지원 하에 연구를 수행<br>ㅇ 연구내용의 검증 및 객관성 확보를 위해 외부 전문가 자문위원회 구성 및 운영하고, 연구내용의 기술적 · 정책적 · 경제적 보완사항에 대한 자문을 받을 것 |
| **사업기간** | o 총 연구(개발)기간 : 4년 |
| **소요예산** | o 총예산 : 80 억<br>– 연차별 예산 |

| 계 | 1차년 | 2차년 | 3차년 | 4차년 |
|---|---|---|---|---|
| 80 | 20 | 20 | 20 | 20 |

| **기대 효과** | |
|---|---|
| **경제적 효과** | ㅇ (사고처리) 사고 처리의 효율성 향상으로 공공교통사고로 인한 사회기관비용 年 3625억원 및 인적/물적 피해비용 年 2조2836억원 절감<br>ㅇ (예방) 철도사고 예방으로 인명 · 재산피해 및 복구비용 50억/年 절감<br>ㅇ 망 붕괴 및 일시적 오류에 대한 유연한 대처가 가능하고 열차 운영 시 중앙 PTT 서버의 도움 없이 승무원 간 원활한 그룹통신이 가능하므로 서버 이중화 및 용량 관점에서 PTT 서버 구축 비용 부담을 줄일 수 있음 |
| **사회적 효과** | ㅇ 다양한 기후조건 및 철도환경에 대한 최적의 그룹통신 시스템이 구축되어 관련 사고피해 최소화에 기여<br>ㅇ 안정적인 그룹통신 서비스 제공으로 담당자 간 원활한 소통을 통해 철도 안전 사고를 예방할 수 있음<br>ㅇ 사고 발생 시 원활한 그룹통신 서비스를 통해 신속한 사고 처리에 기여하여 안전한 철도 실현 |
| **정책적 효과** | ㅇ 재난 및 일시적 망 오류에도 원활한 그룹통신이 가능하므로, 이로 인해 더욱 안정적인 철도서비스 제공에 기여 가능 |

# [철도시설 20] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 열차 운행 무중단 무선통신기반 기존 열차제어시스템 개량 최적화 기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 도시철도시스템 최적의 개량을 위해 차량/신호/전력/관제 등 분야별 기술적 요구사항을 분석하고 이를 달성하기 위한 차량/전력/신호/관제 등 분야별 핵심요소기술을 도출하여 열차제어시스템을 최적으로 개량하는 기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도시설 | 신호통신 | 신호제어기술 | 신호통신설비 유지관리기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 차량-인프라-운영환경 | IoT | O |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | o | o | o |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | o | o | | o | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | o | o | o | |

**글로벌 동향**

- o 국외의 경우 대표적인 개량 프로젝트인 파리 1호선의 무인화 프로젝트를 비롯해서 다양한 기존선 개량 프로젝트가 성공적으로 진행되었음을 알 수 있다. 특히 파리 1호선의 경우 개량의 성공요인으로 165가지에 달하는 정확한 리스크 분석과 예측을 수행하였다는 점이고 시스템에 대한 해박한 지식과 풍부한 공학적 경험을 가지고 있다는 점이다.
- o 영업노선에서 시험하는 시간을 단축하기 위해 정교하고 광범위한 시뮬레이터 툴을 이용하였으며, 또한 2008년부터 2011년까지 Valenciennes에 전용 시험선을 활용하여 신규 시스템을 탐재한 차량의 테스트를 수행하였다.
- o 노선개량 방향을 보면 개량 이전에는 fixed block 방식의 STO 운영모드에서 개량 이후에는 moving block 방식의 STO/DTO/UTO 모드로 개량화가 이루어지고 있음을 확인할 수 있다. 개량시 STO/DTO/UTO운영모드의 선택은 해당 노선의 운영기관의 선택사항이며 기술적 제약사항은 아님을 알 수 있다.
- o 국외 개량사례의 성공의 밑바탕에는 선진 철도시스템 제작사의 migration solution이 있었기에 가능하였다. Ansaldo, Siemens, Thales, Alstom, Bombardier 등과 같은 국외 철도 메이저 회사에서는 최적의 개량 솔루션을 개발하였다.
- o Alstom의 경우 URBALIS 400이라는 CBTC solution에서 mixed traffic을 지원하고 있으며, Thales CBTC의 경우 점차적인 overlay solution을 제공하기 위해서 상호호환성 및 mixed-mode 요구사항을 반영하여 개발하였다. 또한 DTO/UTO를 위해서 scalable한 디자인으로 다양한 안전설비와 인터페이스 가능하도록 개발하였다. 마찬가지로 Ansaldo STS의 CBTC, Siemens의 Trainguard MT, GE의 Tempo CBTC solution도 mixed operation을 위한 resignalling solution을 제공하고 있으며 다양한 환경에 적용하기 위한 높은 수준의 flexibility와 scalability를 제공하고 있다.

| | |
|---|---|
| **중점추진 필요성 (기술 선정이유)** | ㅇ 국외의 개량사례에서 보고된 실제 영업노선에서의 테스트는 영업운영에 지장을 주지 않아야 하기 때문에 야간에 이루어지며 하루 1시간에서 3시간미만으로 보고되고 있다. 절대적으로 테스트 시간이 부족하기 때문에 사전에 충분한 lab 테스트가 이루어져야 한다. 따라서 개량시스템과 개량노선 환경을 반영한 시뮬레이터를 구현하여 사전 검증을 수행한 후 야간에 실제 영업노선을 대상으로 테스트 하는 방법이 필요하다.<br>ㅇ 이를 위해서는 대상노선의 열차데이터 및 선로데이터와 기존 운영시스템에 대한 정보 그리고 새로운 운영시스템 및 열차데이터에 대한 정보를 입력받아 모의 현장을 구현이 가능하여야 한다. 또한 여러 가지 테스트 항목을 모의시험 할 수 있도록 신 · 구 운영시스템에 대한 기능을 구현하여야 한다. 구현된 시뮬레이터는 현장테스트와 병행하여 운영함으로써 현장테스트 사전 검증용도로 활용한다.<br>ㅇ 도시철도 열차운영설비 노후화는 각종 장애와 사고의 원인을 제공하고, 열차운행의 안전성과 신뢰성을 저하시키며, 이용시민의 안전을 위협할 수 있어 체계적인 대체개량을 위한 연구와 관련 기술(H/W, S/W) 개발이 필수적이다. 따라서 국내기술력에 의한 개량 최적화 연구를 통하여 외국으로의 국부유출을 방지하고, 도시철도 산업 발전에 기여할 수 있으므로 국가 차원의 지원이 필요하다. |

| **주요 내용 및 예상 성과** | |
|---|---|
| **과제 목표** | ㅇ 개량 최적화를 위한 시스템 설계 및 안전성 확보기술 및 중단 없는 안전한 개량과 UTO 운영을 위한 열차제어 및 관제 개량핵심기술 개발<br>ㅇ UTO/DTO 안전장치 개발 및 테스트베드 구축 및 성능평가 |
| **추진 내용** | ㅇ 개량시스템 설계 및 안전성 확보기술 개발<br>– 테스트베드 구축<br>– 시스템 개량 전략 및 운영시나리오 연구<br>– 개량시스템 설계 및 안전성 확보방안 연구<br>– 시스템 검증을 위한 시뮬레이터 개발<br>ㅇ 열차제어 및 관제 개량핵심기술 개발<br>– 쉐도우 모드 운영기술 개발<br>– 혼용운영 기술개발<br>– 無중단 절체기술 개발<br>– 모듈화 플랫폼 개발<br>ㅇ UTO/DTO 적용기술 개발<br>– 무선트래픽 스케줄링 시스템 개발<br>– UTO/DTO 안전장치 개발 |

| | |
|---|---|
| | ㅇ 개량 시스템 기능 및 성능평가<br>– 차 · 지상 시험 인프라 구축<br>– 계측시스템 구축<br>– 시스템 유지보수 및 시험평가 |
| **예상성과물/ 스펙** | ㅇ 개량 최적화를 위한 시스템 설계 및 안전성 확보기술<br>ㅇ 기능 및 성능검증을 위한 시뮬레이터<br>ㅇ 중단 없는 안전한 개량과 UTO 운영을 위한 열차제어 및 관제 개량핵심기술<br>ㅇ 무선트래픽 스케줄링 시스템<br>ㅇ UTO/DTO 안전장치(탈선검지장치, 정위치 정차율 모니터링 장치, PSD 끼임 검지장치)<br>ㅇ 테스트베드 구축 및 시험평가 기술 |

| **추진 방법** | |
|---|---|
| **추진 체계** | ㅇ 정부 및 철도운영기관 및 제작사 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축<br>– 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있도록 관련 기술수요처 의견수렴<br>– 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영<br>ㅇ 관련분야 전문가 자문회의 등 내 · 외부 전문가 의견 수렴<br>ㅇ 해외 선진기술에 대한 지속적인 벤치마킹을 위한 외국기업체 및 연구기관과의 협력 추진<br>ㅇ 축적된 기술을 반영하고, 산학연의 공동 연구개발 체계를 구축하고 기초 연구와 설계 및 해석, 평가가 이루어 질 수 있는 추진체계 구축 |
| **사업기간** | ㅇ 총 연구(개발)기간 : 4년 |
| **소요예산** | ㅇ 총예산 : 80 억<br>– 연차별 예산 |

| 계 | 1차년 | 2차년 | 3차년 | 4차년 |
|---|---|---|---|---|
| 80 | 10 | 25 | 25 | 20 |

| 기대 효과 | |
|---|---|
| **경제적 효과** | ㅇ 국내 도시철도 노선 중에서 개통이후 약 20년이 경과하고 있는 노후 운영노선 길이는 전체 715.67km 중 약 57%에 해당하는 407.8km이며 이들 노선은 노후화로 인한 안전성 및 신뢰성이 저하되고 있어 향후 5년에서 10년 내에 시스템 개량이 불가피한 실정임.<br>– 기술개발 확보 시 국내 노후화된 노선을 대상으로 개량을 진행한 경우 약 1조 386억원의 수입대체 효과를 기대<br>ㅇ 전 세계 철도신호통신 분야의 개량 및 유지보수 시장은 2011년을 기준으로 약 9.8조원이며 2016년까지 年 평균 3.1% 증가할 것으로 예측됨. 따라서 2015년 현재 본 연구개발을 통해 약 11조원 이상의 시장을 대상으로 경쟁이 가능할 것으로 기대 |
| **사회적 효과** | ㅇ 도시철도 노후노선 개량시 안전하고 영업운영 중단 없는 개량가능<br>ㅇ 도시철도 노후노선의 적기 개량을 통해 노후화로 인한 유지보수 비용증가 및 장애발생에 따른 안전사고 위험 해소 |
| **정책적 효과** | ㅇ 시스템 개량에 필요한 설계 및 운영기술 확보: 시스템 개량전략 수립, 시스템 운영시나리오, 시스템 정의, 위험원 분석, 안전요구사항 수립, 안전한 개량 시스템 설계 및 검증과 같은 일련의 설계 및 개량노하우 확보가능<br>ㅇ 중단 없는 개량에 필요한 개량핵심기술 확보: 혼용운영 및 다양한 STO/DTO/UTO 등 자동화 레벨을 지원할 수 있는 관제 및 열차제어시스템의 개량핵심기술 확보 가능 |

# [철도운영및환경 1] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | BIG Data 기반 철도차량 및 인프라 상태 기반 모니터링 및 진단기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 철도차량 및 인프라의 상태를 모니터링하고 진단하기 위해 기존 운영되고 있는 각종 센서 등을 통해 수집된 데이터를 기반하여 상태를 판단하고 이를 통한 유지보수 및 교체 주기를 지원하기 위한 기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도운영및환경 | 철도안전 | 사고/재난 예방/대응기술 | 사고예방 및 복구기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 차량-인프라 | IoT/빅데이터 | X |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | o | o | o |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | o | o | | o | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | o | o | o | |

**글로벌 동향**

o 유럽 및 일본에서는 철도 차량의 안전성 제고를 위한 운영 및 유지보수 부분의 경우 새로운 철도 모니터링 시스템 개발, 철도 유지보수를 위한 IT 기반 확충 및 관련 기술개발, 유지보수 기계에 대한 신기술 개발, 센서 개발 등이 추진.

- 영국에서는 차량 상태를 모니터링하는 시스템을 구축하여 운용 중에 있으며, 적외선/음향/초음파 센서를 선로변에 설치하여 차량상태를 진단하고 철도차량의 탈선사고를 예방
- 이탈리아의 Circumviana Railway는 유지보수 전산통합관리체계를 도입하여 전동차 전주기 비용의 60%에 해당하는 유지보수 비용을 10% 절감하고 전동차의 신뢰성 및 가용도를 향상
- 일본에서는 유지보수효율성 증대를 위한 ICT기술을 철도에 활용하는 연구개발을 수행하고 있으며 차량 모니터링과 상태기반유지보수(CBM)를 바탕으로 하는 스마트 유지보수를 진행 중. 다양한 센서를 통한 차량상태 모니터링, 모니터링 빅데이터를 분석하고 열화모델을 개발하여 의사결정, 수리 및 평가 등으로 세분화함

o 고속철도 노선확충 등 인프라의 경우에도 다양한 센서 등을 이용한 통합관리시스템에 대한 투자가 확대되고 있음.

- 중국은 2020년 고속철도 건설목표 달성을 위한 3000억 달러 규모의 추진계획 수립 중이며, 최장 연장을 보유하고 있는 고속선의 유지관리 및 안전관리가 중국의 주요 이슈임
- 일본은 유지보수 현대화와 효율향상을 위해 GIS 기반의 통합관리시스템을 구축하여 운영 중이며, 다른 분야와의 원활한 정보공유를 실시하고 있으며, 자동 모니터링과 GIS 기반으로 하는 시스템 구축과 계측 데이터(검측차량) 통합관리를 통한 유지 및 안전관리 효율을 향상시키고 있음

| | |
|---|---|
| | ○ 국내 철도차량의 경우 TCMS(Train control and monitoring system)의 발전 및 상태기반 유지보수(CBM) 기술 개발 과제 등을 통해 개념을 정립하고 이를 적용하고자 하는 단계에 도달하였으나, 진동, 온도 등의 단편적 물리량에 의존하는 전통적 접근방법과 인력에 의존하는 유지보수 체계로 인하여 실용화 단계까지 도달하지 못하고 있음. 또한 인프라의 경우 서해대교, 영종대교 등 교량 계측 시스템과 경부고속철 노반구조물 상시모니터링 시스템, 지진가속도 모니터링 시스템이 있음 |
| **중점추진 필요성 (기술 선정이유)** | ○ 차량의 상태를 모니터링하기 위해서는 차량에 설치된 수많은 센서와 지상에 설치된 진단장비에 데이터는 문자뿐만 아니라 영상도 포함되어 있는 빅데이터로써 이를 이용하면 정확한 진단을 할 수 있음. 최근에 철도차량의 유지보수에 효율성을 높이기 위하여 인공지능, 빅데이터 분석 기술을 적용이 필수적임<br>○ 차량 센서로부터 또는 지상으로부터 수신된 센싱 데이터를 고장 진단에만 국한되어 사용하던 경향에서 벗어난 축적된 빅데이터로부터 차량 부품 고장예측과 발생추이, 사용주기 및 점검시기 등에 폭넓게 이용하는 기술 개발이 필요함<br>○ 인프라의 경우 국내 최고속도가 가능한 테스트베드 구간의 활용제고와 체계적 관리를 통해 향후 고속선 고속화 및 운영속도 향상에 필요한 통합 모니터링 시스템 구축 및 고도화가 필수적임<br>○ 토공노반/궤도는 장기 사용에 따른 신뢰성 및 내구성이 중요하므로 개통 전 측정 DB를 활용하여 장기 성능평가는 미진하므로 상태노반 모니터링 고도화 및 잔류침하량 예측정확도 향상 기술이 필요함. |

| **주요 내용 및 예상 성과** | |
|---|---|
| **과제 목표** | ○ 철도차량 빅데이터 분석 및 상태기반의 의사결정 지원기술 및 인프라 장기성능평가 및 DB 활용을 위한 통합 관리시스템 개발 |
| **추진 내용** | ○ 철도차량 빅데이터 분석 및 상태기반의 의사결정 지원기술<br>– 차량 상태진단을 위한 데이터 취득 및 DB 구축 기술<br>– 빅데이터를 활용한 철도차량 요소별 상태진전 예측 및 시뮬레이션 기술<br>– 최적 유지보수를 위한 의사결정 지원시스템 기술<br>○ 인프라 장기성능평가 및 DB 활용을 위한 통합 관리시스템 기술<br>– GIS기반 통합 DB 구축 및 활용시스템 구축<br>– 장기 모니터링 데이터 기반 성능평가 알고리즘 개발<br>– 상태평가 및 유지보수 지원시스템 기술 |
| **예상성과물/ 스펙** | ○ 철도차량 빅데이터 분석 DB 및 알고리즘<br>○ 철도차량 유지보수용 상태기반 의사결정 지원 시스템<br>○ 인프라 장기성능평가용 통합 모니터링 시스템<br>○ 모니터링 시스템 고도화 및 잔류침하 예측 정확도 향상 기술 확보<br>– 설계침하 오차율 20%p (44%→22%) 저감 |

<table>
<tr><th colspan="2">추진 방법</th></tr>
<tr><td>추진 체계</td><td>o 국내 전문가 그룹을 구성하고 산학연 연계 및 정부 지원 하에 연구를 수행<br>o 연구내용의 검증 및 객관성 확보를 위해 외부 전문가 자문위원회 구성 및 운영하고, 연구내용의 기술적 · 정책적 · 경제적 보완사항에 대한 자문을 받을 것</td></tr>
<tr><td>사업기간</td><td>o 총 연구(개발)기간 : 4년</td></tr>
<tr><td>소요예산</td><td>o 총예산 : 600 억<br>– 연차별 예산
<table>
<tr><th>계</th><th>1차년</th><th>2차년</th><th>3차년</th><th>4차년</th></tr>
<tr><td>600</td><td>100</td><td>150</td><td>200</td><td>150</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="2">기대 효과</th></tr>
<tr><td>경제적 효과</td><td>o 국내 철도 차량의 노후화로 인한 교체 및 개량 비용을 획기적으로 절감 가능<br>o 인프라 모니터링 지반정보 및 궤도틀림 등 유지보수 이력 종합관리를 통한 인력 기반의 유지보수에서 데이터 기반 유지보수 전환에 따른 비용 절감 가능</td></tr>
<tr><td>사회적 효과</td><td>o 노후차량 안전성 확보를 위해 부품단종 시 대체품 적용, 성능개량 차원의 신기술 품 적용 등 부품 고도화에 기여<br>o 차량 주행안전성 평가를 수행하여 특이개소 주행특성과 궤도틀림과의 상관성을 통해 향후 운영속도 향상 대비 궤도설계하중 및 구조물 기준수립에 활용</td></tr>
<tr><td>정책적 효과</td><td>o 철도차량과 시설 노후화로 인한 위험도가 증가되어 투자가 필요하지만 재정여건 악화로 투자가 미흡하며 국가, 지자체, 철도운영자의 재정여건을 고려한 철도 유지관리의 고도화 방안으로 활용<br>o 고속철도의 잔류침하 정확도 향상과 연약지반 설계에 성과물을 철도설계기준과 KR code 적용</td></tr>
</table>

# [철도운영및환경 2] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 무인기 기반 지능형 철도운행 조기경보 및 시설물 관리기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 재난대응을 위한 IoT 무인이동체기반 철도인프라 자동화진단 기술 개발 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도운영및환경 | 철도안전 | 안전엔지니어링기술 | 시스템 안전 관리체계 기술 |
| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 | |
| | 인프라-운영환경 | IoT/빅데이터 | x | |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | o | o | o |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | o | o | | o | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | o | o | o | |

**글로벌 동향**

o 한국도로공사의 U-BIROS(Ubiquitous Bridge Inspection RObot System)는 차량 탑재형으로 고해상도 카메라와 레이저 거리측정기, 무선통신이 가능한 클라이언트 PC를 갖는 원격제어 로봇 10기를 "ㄷ"자 형상의 3단 신축굴적 유압붐에 탑재하여 교량상부에서 하부의 원하는 위치로 이동시킨 다음 영상을 획득하는 원격제어 교량 자동 점검시스템이나, 크기가 크고 철도의 경우는 접근이 불가함

o 한국건설기술연구원은 3D 레이저 기반을 영상을 이용하여 자동으로 구조물의 안전 점검을 할 수 있는 3D레이저 기반 균열 자동검출용 고정밀 화상처리시스템을 개발하였음

o UNIST에서는 임의의 위치에서 사용 가능한 영상기반 변위 계측 시스템을 개발하였음.

- AIST에서는 대부분의 영상 기반 변위측정 시스템은 측정하고자 하는 지점에 표시점을 설치하고, 원거리의 고정된 지표면에 설치한 카메라를 이용해 표시점의 움직임을 관찰하지만 표시점과 카메라 사이의 시야가 확보가 어려운 경우 측정이 불가능하다는 단점을 해결하기 위해 카메라와 스크린 사이가 가까운 양립형 구조광 시스템을 개발하였음
- 거더의 중앙부 처짐 등의 영상기반 상시 측정을 통해 변위를 측정하는 시스템이 주로 개발되고 있으나, 표시점이 없거나 상시측정이 불가능한 경우에 사용이 불가하므로, 표시점 없이 측정가능한 시스템이 필요함

o KAIST에서는 Wi-Fi 신호세기를 이용한 Fingerprint 방식의 실내측위 시스템 이용하여 MyCoex 등과 같은 앱을 개발하였으며, SK 텔레콤에서는 2012년 12월에 기존의 위치정보기술을 대폭 개선해 사용자의 위치를 알려주는 차세대 복합측위 시스템(eHPS)을 개발하였음

- 네트워크가 있는 경우에 주로 사용이 가능하므로, 철도인프라가 주로 설치된 산악 등의 지형에서는 사용이 제한적임

o (무인이동체) 항공우주분야에서 개발된 다기능 소형 로봇, 드론 등의 기술이 타

| | |
|---|---|
| | 산업분야로 활발히 확대되면서, 시설물의 원격점검을 위한 응용기술 개발 확대 추세<br>– S. Sumitro 등(미국)은 교량 모니터링을 위해 무인항공기에 일반카메라를 탑재하여 데이터를 취득하고 취득된 데이터를 통해 교량의 상태를 파악하는 연구가 수행되었으며, N. Metni 등(프랑스)은 무인항공기를 이용하여 교량을 점검할 때 비행방향 및 루트 설정, 이미지 프로세싱 방법 등에 관하여 연구 수행<br>– 2013년 11월 동일본지역 고속도로를 관할하는 NEXCO 동일본사에서 군마현에 있는 칸에츠 고속도로의 도네가와교를 대상으로 무인항공기를 이용한 고속도로 교량안전점검 실증시험을 실시하여 동일본 대지진 당시 도로 파손, 산사태 발생 위치 확인 등에 사용된 무인항공기인 ‘스카우트’를 교량점검용으로 활용가능 여부를 검증을 수행<br>ㅇ (손상인식) 광학영상, IR, 초음파, LiDAR 등을 이용한 손상인식 시스템 개발이 주로 이루어지고 있으나, 무인이동체 탑재를 위해서는 소형화 기술 개발이 필요<br>– NEXCO-West USA Inc(미국)은 고해상도 카메라를 이용하여 획득된 영상 정보에서 자동으로 균열을 인식할 수 있는 프로그램을 개발하였으며, 안점 점검에 활용하고 있음<br>– 중국의 G. Li 등은 교량의 균열 측정하기 위하여 장거리 균열 인식 시스템을 하였으며, 망원렌즈와 노트북, 거리 측정기로 영상 정보를 획득한 후 영상 처리를 이용하여 균열을 자동으로 인식할 수 있는 기술을 개발함<br>– 초음파를 이용한 균열 깊이 측정 방법에는 다양한 기술들이 연구되고 있으며, 현재 많이 사용되는 기법 중에는 Tc-To 기법, Delta 기법, BS 기법 등이 있음<br>ㅇ (위치 측위) GPS, DGPS, SLAM, ICT 기술 등을 이용한 위치측위 기술이 독립적으로 개발되고 있으나, 철도인프라의 사용환경에 맞춰서 융합기술 개발이 필요함<br>– 네트워크 기반 하에서 동작하는 ICT 기술 연구가 진행되고 있으며, Bluetooth 및 Wifi 등의 근거리 통신 방식을 기반으로 위치 정확도가 대략 10m이내까지를 만족한 상태임.<br>ㅇ (3차원 상태진단) 계측데이터를 기반으로 GIS 상에서 3차원으로 상태를 진단하고 표출하기 위한 매핑 기술이 활발하게 도입되고 있음<br>– 프랑스의 델타 드론(Delta Drone)은 전력선과 채광 작업에 대한 점검 및 조사에 무인항공기 시스템을 사용하고 있으며, 독일의 D. Hausamann은 무인항공기에 카메라를 장착하여 제 3자에 의한 파이프라인의 손상을 확인하는 시스템을 개발함<br>– 일본의 후쿠시마 원전 사고가 발생된 후 무인비행로봇 T-Hawk28이 제 1원전 1 ~ 4호기 원자로 건물 상공에 진입하여 원자로건물 상부를 정찰 시행하였으며, 지바대학의 Nonami 교수의 자율제어시스템 연구소에서는 방사선 측정기를 부착한 무인항공기를 이용하여 후쿠시마에서 방사선량을 측정하여 모니터링 하고 있음 |
| **중점추진 필요성 (기술 선정이유)** | ㅇ 지진, 태풍, 호우 등 재난발생시 기존 인력중심의 점검·진단 방식을 IoT 무인 이동체기반 자동화 진단 방식으로 변경을 통해 신속한 철도운행 재개를 지원하는 기술 개발 필요<br>– 정부는 1995년 “시설물의 안전관리에 관한 특별법”을 제정하여 시설물의 안전 관리를 시행하고 있으나, 갑작스러운 지진, 태풍, 호우 등 재난발생시에 신속한 |

| | |
|---|---|
| | 대응을 위한 기술 개발은 부족함<br>– 대통령 주재 ‘무인이동체 및 엔지니어링 산업 발전 전략 보고회’ 에서 산업 발전 전략 수립 지시( ‘15.05.29) 및 무인이동체 발전 5개년 계획(`16~`20) 수립( ‘16.07.01)<br>– 제3차 철도안전종합계획(`16.06), 「2.2 철도시설물 생애주기별 안전관리 방안」의 IoT활용 원격감시 및 고압송전선 점검용 드론 등 명시<br>– 철도교량의 42%와 터널의 44%가 30년 이상 경과되었고, 신호설비 46% 및 전기설비 34%가 내구연한이 경과되어 소규모의 재난재해에도 취약한 상황임 |

| 주요 내용 및 예상 성과 | |
|---|---|
| **과제 목표** | ㅇ 무인이동체기반 철도시설 자동화진단 및 유지관리 핵심 기술 개발<br>– 점검환경에 강인한 철도시설전용 초근접 무인이동체 기술<br>– 철도시설 자동화 진단을 위한 전용 탑재체 기술<br>– 점검항목별 자동화 분석 SW 기술<br>– 점검자용 철도시설별 자동운용 시스템 기술<br>– 진단정보를 이용한 철도시설 유지보수 의사결정 지원시스템 |
| **추진 내용** | ㅇ 철도인프라의 신속 접근을 위한 소형 IoT 무인이동체 개발<br>– 전차선 고전압에 의한 무인이동체 차폐 및 철도지장물 자동 회피운용 이동체 개발<br>– VR(Virtual Reality)기반 3차원 자동화 운용 시스템 개발<br>ㅇ 영상, LiDAR, 소나 등 비파괴 진단정보 및 GPS위치, 자세 정보의 고정밀 융합처리 기술 개발<br>– 전차선근처 전자기파 영향 최소화를 위한 초소형 탑재센서 기술 개발<br>– 터널등 GPS 음영지역 이동을 위한 IT기반 위치측위 기술 개발<br>ㅇ 3차원 자동화 진단(궤도 틀림, 전차선 처짐, 철도교량 변상, 철도신호 이상, 작업구간 안전관리, 낙석위험 검지 등) 기술 개발<br>– 철도인프라의 영상 및 레이저 스캐닝 융합 정보 처리 기술 개발<br>– 철도인프라 피해 인식 및 자동화 진단 정확도 향상 기술 개발<br>ㅇ GIS기반 철도인프라 진단전보 자동화 매핑 기술 개발<br>– 진단정보 3차원 매핑을 위한 영상매칭 기술 개발<br>– 부재별 매핑 정확도 향상을 위한 객체기반 매칭 기술 개발<br>ㅇ 3차원 진단정보를 이용한 철도인프라 위험도 평가 기술 개발<br>– 외부환경, 부재, 상태정보를 고려한 위험도 평가 시나리오 개발<br>ㅇ 긴급복구 상황판단을 위한 가상현실 3차원 상태표출 기술 개발<br>– 상태정보 분석 및 표출을 위한 엔진 개발<br>ㅇ 상황전파 자동화 기술 개발<br>– 대용량 진단 및 평가 데이터의 고속 압축 전달 기술 개발 |

<table>
<tr><td>예상성과물/<br>스펙</td><td>ㅇ 국내 · 외 무인이동체기반 철도시설 자동화진단 및 유지관리 기술<br>ㅇ 무인이동체기반 철도시설 자동화진단 및 유지관리 핵심 기술<br>ㅇ 실용화 촉진을 위한 시범사업 구축</td></tr>
<tr><td colspan="2">추진 방법</td></tr>
<tr><td>추진 체계</td><td>ㅇ 정부 및 철도운영기관 및 제작사 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축<br>– 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있도록 관련 기술수요처 의견수렴<br>– 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영<br>ㅇ 관련분야 전문가 자문회의 등 내 · 외부 전문가 의견 수렴<br>ㅇ 해외 선진기술에 대한 지속적인 벤치마킹을 위한 외국기업체 및 연구기관과의 협력 추진<br>ㅇ 축적된 기술을 반영하고, 산학연의 공동 연구개발 체계를 구축하고 기초 연구와 설계 및 해석, 평가가 이루어 질 수 있는 추진체계 구축</td></tr>
<tr><td>사업기간</td><td>ㅇ 총 연구(개발)기간 : 5년</td></tr>
<tr><td>소요예산</td><td>ㅇ 총예산 : 200 억<br>– 연차별 예산<br><table><tr><th>계</th><th>1차년</th><th>2차년</th><th>3차년</th><th>4차년</th><th>5차년</th></tr><tr><td>200</td><td>30</td><td>40</td><td>45</td><td>45</td><td>40</td></tr></table></td></tr>
<tr><td colspan="2">기대 효과</td></tr>
<tr><td>경제적 효과</td><td>ㅇ 철도 선진국 수준 이상의 철도 안전성을 확보함으로써, 철도 서비스 운행 장애 감소 및 지연보상/피해복구 비용 절감<br>ㅇ 철도 ICT 관련 고도화 기술 실증화 및 신속한 운행으로 열차운행 지연 비용을 현저히 줄임으로써, 비용 효율화 창출 가능 (인력, 철도 시설 투자, 업무 프로세스 개선, 업무 위탁 등의 효율화 창출)<br>ㅇ 네트워크를 이용할 수 없는 상황에서도 정확한 위치 측위가 가능한 무인 이동체를 이용하여 철도 인프라를 원격 점검함으로써 기존의 고정식 센서를 이용한 점검 또는 유인 점검에 비해 진단 비용을 대폭 절감 가능</td></tr>
<tr><td>사회적 효과</td><td>ㅇ 철도 ICT 융합 서비스 창출을 제공함으로써, 재난발생시에도 철도 안전확보에 대한 신뢰 증가<br>ㅇ 테스트베드를 통해 충분한 신뢰도 확보를 통해 국외 시장에 진출할 수 있음.</td></tr>
<tr><td>정책적 효과</td><td>ㅇ 철도 분야에 첨단 기술 활용을 적극적으로 유도하고 국가적인 철도안전 시스템 구축에 크게 기여하며, 보다 선진화된 철도안전 서비스 제공이 가능</td></tr>
</table>

# [철도운영및환경 3] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | ICT 기반 철도 테러, 범죄 탐지 및 대응기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 여객 · 수하물 · 시설물 · 사이버 등 全방위적 철도보안기술 확보를 통한 맞춤형 철도보안체계 구축 및 안전한 철도서비스 기반 마련 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도운영 및 환경 | 철도안전 | 사고/재난 예방/대응 기술 | 방범 및 보안기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 운영환경 | 빅데이터/AI | O |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | ○ | | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | ○ | ○ | | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | ○ | ○ | ○ | |

**글로벌 동향**

○ 철도산업기본법 및 철도안전법에 따른 법정계획에 포함
- 국토부 제3차철도산업발전기본계획(’16~20)의 “재난 및 보안 대응 역량 강화” 분야에서 추진과제 선정*, 제4차 산업발전기본계획 수립을 위한 보안관리체계 및 기술개발 필요
  ※ 보안검색시행(’16), 탐지견도입(’17), 지능형 CCTV설치(’18) 등)
- 국토부 제3차 철도안전종합계획(’16~20)의 “철도보안 및 재난대응 역량강화” 분야에서 2개 세부과제 선정
  ※ 4.1 보안체계 및 테러대응 대책 강화 : 보안관리체계 구축을 통한 국가, 운영자, 시설관리자 간 권한 및 책임 명확화, 체계적 보안관리체계와 차량과 시설의 보안평가 심사제 도입 · 운영
  ※ 5.4 철도안전 원천기술개발 및 검증인프라 확충 : 보안강화 및 지능형 센싱을 통한 실시간 안전감시와 사고대응 추진
- 철도차량 · 역사 등 개방성이 높은 다중이용시설을 대상으로 하는 철도테러가 지속적으로 발생
  ※ 마드리드 통근열차(’04), 런던 지하철(’05), 상트페테르부르크 고속열차(’09), 모스크바 지하철(’10), 브뤼셀 지하철(’16), 브뤼셀 중앙역(’17)
- 철도는 공항의 보안체계에 비해 취약하고, 국정원 등에서 철도에 대한 테러 가능성 제기
  ※ 국토부 장관님 방침(철도분야 보안강화 세부추진대책, 2016.4.8.)
- 철도차량 · 시설 개량, 유지관리 및 안전성 향상분야에 투자가 집중되고 있는 반면, 철도보안 분야에 대한 R&D투자는 미진한 상태

| | |
|---|---|
| **중점추진 필요성** | ○ 철도는 개방성, 접근성 등으로 ‘소프트 타깃 테러*’에 쉽게 노출되어 있으며, 인력 · 장비 등 투입한계 등으로 기존 보안대책의 적용 한계로 보안감시 및 검색 자동화기술 개발 필요<br>– 소프트타깃 테러 : 민간인을 대상으로 하는 무차별적 테러행위<br>○ 사이버 테러 등 철도시설 대상 잠재적 보안 위협이 가중되고 있어, 신개념 보안사고의 예방 및 총괄적 대처를 위한 통합보안관리체계 필요 |

| **주요 내용 및 예상 성과** | |
|---|---|
| **과제 목표** | ○ 여객 · 수하물 · 시설물 · 사이버 등 全방위적 철도보안기술 확보를 통한 맞춤형 철도보안체계 구축 및 안전한 철도서비스 기반 마련 |
| **추진 내용** | ○ (철도 보안관리체계 기술개발) 스마트한 철도감시 · 검색기술을 개발하여 철도시설 감시 · 대응체계 구축 및 철도 보안사고 사전 예방<br>– 첨단 위험객체 탐지기술, 빅데이터, Ai, 로봇(드론) 등 4차 산업기술 융합<br>– 철도시스템 대상 보안위험도 평가 및 관리체계 개발<br>– 철도보안 스마트 감시 · 검색 핵심기술 및 철도보안 통합정보플랫폼 개발<br>– 철도보안 로봇 · 드론 및 운용관제시스템 개발<br>○ (철도 사이버보안체계 기술개발) 철도 통합 보안관제시스템 및 철도전용 통신보안 솔루션을 적용을 통한 사이버 방호체계 구축<br>– 철도시스템 통합 보안관제시스템 및 사이버 보안위험도 관리기술 개발<br>– 철도 통신망 전용 보안솔루션(통신암호화 및 VPN 표준화기술) 개발 |
| **예상성과물/ 스펙** | ○ 철도시스템 대상 보안위험도 평가 및 관리체계<br>○ 철도보안 스마트 감시 · 검색 핵심기술 및 철도보안 통합정보플랫폼<br>○ 철도보안 로봇 · 드론 및 운용관제시스템<br>○ 철도 통합 보안관제시스템 및 철도전용 통신보안솔루션 |

| **추진 방법** | |
|---|---|
| **추진 체계** | ○ 정부 및 철도운영기관 및 제작사 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축<br>– 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있도록 관련 기술수요처 의견수렴<br>– 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영<br>○ 관련분야 전문가 자문회의 등 내 · 외부 전문가 의견 수렴<br>○ 해외 선진기술에 대한 지속적인 벤치마킹을 위한 외국기업체 및 연구기관과의 협력 추진<br>○ 축적된 기술을 반영하고, 산학연의 공동 연구개발 체계를 구축하고 기초 연구와 설계 및 해석, 평가가 이루어 질 수 있는 추진체계 구축 |

<table>
<tr><td>사업기간</td><td>o 총 연구(개발)기간 : 4년</td></tr>
<tr><td>소요예산</td><td>o 총예산 : 220 억<br>– 연차별 예산
<table>
<tr><th>계</th><th>1차년</th><th>2차년</th><th>3차년</th><th>4차년</th></tr>
<tr><td>220</td><td>20</td><td>60</td><td>80</td><td>60</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><th colspan="2">기대 효과</th></tr>
<tr><td>경제적 효과</td><td>o 철도 보안관련 시장 창출 및 관련 중소기업 비지니즈 참여 가능<br>o 독자적인 철도 보안 관련 시스템 개발 및 타 분야로의 확장을 통한 신규 시장 창출</td></tr>
<tr><td>사회적 효과</td><td>o 지능형 CCTV, 순찰 · 보안 로봇 등을 활용한 스마트 철도보안체계 확립을 통해 철도테러를 원천 방지<br>o 해킹 등 사이버 공격과 철도시설에 대한 그래피티 · 선로 무단침입 등으로 인한 철도사고를 제로화</td></tr>
<tr><td>정책적 효과</td><td>o 제3차 철도종합안전계획의 보안분야 중점과제 달성 지원<br>o 국토교통부 스마트 철도안전관리체계 기본계획의 안전분야 정책달성 지원</td></tr>
</table>

# [철도운영및환경 4] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 철도시스템 및 부품 단위 국제 통합 인증기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 철도 글로벌 시장에서 요구되는 국제인증(적합성평가) 체계를 구축하여 국내 철도제품의 안전성 · 신뢰성에 대한 국제상호인증 기술 및 기업의 해외진출 지원기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도운영및환경 | 철도안전 | 안전엔지니어링기술 | 안전성 검증/인증 기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 차량-인프라-운영환경 | - | X |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | O | | | O |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | O | | O |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | O | O | O | |

**글로벌 동향**

○ 기술 동향

- 유럽연합(EU)은 철도산업에서 국가간 상호운용성과 안전 확보를 위하여 차량, 인프라, 전력, 신호 · 통신, 운영분야 기술기준(TSI*), 표준규격(EN*), 인증제도를 구축하여 운영 중임

  ※ TSI(Technical Specification for Interoperability), EN(European Norm)

- 최근에는 터키, 동남아시아, 남미, 북아프리카 등 철도 글로벌 시장에서 유럽 TSI 인증 및 제품인증 등 국제인증서 취득이 주요한 요구사항으로 정착되어 있음.

○ 관련 정책 및 시장

- 최근 철도형식승인제도를 시행함으로써 국제수준의 인증체계는 국내에 구축하였으나, 국내에는 해외시장에서도 통용될 수 있는 국제인증 체계가 없어 국내 철도제품의 해외진출에는 많은 시간 · 비용이 소요되며, 결과적으로 국내제품의 국제경쟁력이 약화됨.
- 국제인증기관과의 업무협력(상호인정)을 통하여 철도인증제도를 고도화시키고, 국내 기술기준을 지속적으로 개발/정비/개선하여 국제 통용기준에 부합화해야 함

  ※ 국제 상호인정을 통해 철도산업의 경쟁력 확보 및 철도산업의 글로벌화에 필요

**중점추진 필요성 (기술 선정이유)**

○ 터키, 동남아시아(싱가폴, 말레이시아 등), 남미, 북아프리카에서는 유럽 TSI인증 등 국제인증을 입찰참여 조건으로 제시하고 있으므로 글로벌시장에 국내 제작사가 진입하기 위해서는 기술기준/검사/인증관련 기술의 국제화 및 지원이 절실함.

- 국제인증 취득에 필수적인 기술문서는 인증기관에 제출 가능하지만,
- 완성차 · 시운전 단계의 시험성적서(인증서 취득에 필수)는 차량제작 · 조립후 유럽의 공인시험소로 이동시켜야 하므로 막대한 비용 · 기간이 소요됨.

| | |
|---|---|
| | – 따라서, 단기적으로는 국내 제작사가 국제인증에 필요한 완성차 · 시운전 단계의 시험성적서를 국내에서 취득할 수 있도록 하고, 장기적으로는 국제인증 자체를 국내에서 취득할 수 있도록 지원이 필요함. |

**주요 내용 및 예상 성과**

**과제 목표**

ㅇ 기술기준의 국제상호인정체계 구축

ㅇ 철도 글로벌 시장에서 요구되는 국제인증(적합성평가)체계를 구축함으로써 국내 철도제품의 안전성 · 신뢰성에 대한 국제인증 및 관련 기업의 해외진출 지원

– 국제인증 취득을 통한 국내 기술수준 향상

– 저가 비인증품의 국내 철도사용을 원천적으로 차단하여 국내 철도안전을 향상시키고, 관련 기업의 해외진출 도모

**추진 내용**

ㅇ 해외 인증기관과의 시험성적서 상호인증체계 구축

– 유럽 TSI인증, 국내형식승인 및 제품인증에서 요구되는 각종 시험성적서에 대해 인증기관(유럽인증기관–국내 전문기관) 간 상호인정 추진

– 시험성적서 상호인증체계 구축 방안 개발

– 상호인증 대상 제품, 시험항목 등 대상 품목 선정

– 상호인증 가능기관(유럽 TUV, Ricardo Rail, 미국 TTCI 등)의 선정 및 협력범위 설정 및 상호인증 시범추진

ㅇ KAS인증 범위 확대

– 현재는 철도의 안전관련 4개 국제표준(IEC 62278, IEC 62279, IEC 62425, IEC 62280)에 따른 KAS 인증만 시행하고 있으며, 인증범위를 철도차량 · 용품 관련 분야로 확대 추진하여 국제적으로 인정될 수 있는 인증서를 국내에서 취득할 수 있도록 추진

– 철도차량 · 철도용품 기술기준에서 규정된 부품 · 구성품을 바탕으로 해외진출이 유력한 제품에 대한 KAS인증 범위 확대 추진

| 기술분야 | KAS인증 범위 확대대상 |
|---|---|
| 1 궤도분야 | 1) 보통레일 2) 특수레일 3) 접착절연레일 4) PSC침목<br>5) 레일체결장치 6) 신축이음매 7) 분기기 |
| 2 신호통신분야 | 8) 전자연동장치 9) AF궤도회로 10) 자동폐색제어<br>11) 열차자동정지 12) 건널목안전장치 13) 선로전환기 |
| 3 전철 · 전력분야 | 14) 전차선 15) 장력조정장치 16) 구분장치<br>17) 고분자제 애자 18) 스코트변압기<br>19) 단권변압기 20) 정류기용변압기 |
| 4 차량분야 | 21) 차륜 22) 차축 23) 댐퍼 24) 코일스프링<br>25) 고무스프링 26) 공기스프링 27) 활주방지장치<br>28) 제동실린더 29) 제동디스크 30) 제동패드<br>31) 차상신호통신장치 32) 연결장치 |

| | |
|---|---|
| | ○ 국내 전문기관의 국제인증기관 자격 취득<br>– 글로벌 시장에 진출하기 위해서는 제작사의 품질관리체계(설계, 제작, 시험평가 등)에 대한 국제인증(IRIS 등)이 필수적임.<br>– 국내 전문기관이 IRIS 등 국제인증기관 자격을 취득하게 하여 국내기업의 해외 진출 지원(인증심사 체계 구축 및 심사원 확보)<br>○ 국제 상호인증 시범사업 시행<br>– 수요조사를 통한 소프트웨어 인증, 신뢰성인증 대상 품목 선정<br>※ 선정된 제품의 소프트웨어인증, 신뢰성인증 지원<br>– 수요조사를 통한 철도 제작사 및 관련제품의 IRIS 인증, 기타 국제인증 대상 품목 선정<br>※ 선정된 품목에 대한 IRIS 인증지원 및 중소기업 국제인증업무 지원<br>○ 국제표준 개발 및 국제표준화 추진체계 개발<br>– 국제표준화기구(ISO/IEC) 정책 및 선진기술 분석<br>• ISO/TC 269(Railway application) 정기총회 참여 및 WG 개발<br>• IEC/TC 9(Electrical equipment) 정기총회 참여 및 WG 개발<br>※ SC1(Infrastructure), SC2(Rolling stock), SC3(O&S)별 핵심 WG 심화<br>– 철도분야 국제표준 제안 및 국제표준화 공조체계 운영<br>• 기존 WG(ISO 211106 철도차량 리싸이클링) 운영 및 표준화<br>• 신규 WG(NP) 개설(충돌안전, 승강장 안전문 등) 및 표준화<br>※ 신규 WG 관련규격의 KS/KRS 제 · 개정 추진 및 국제표준화 동조<br>※ 국제표준대응 핵심 전문그룹(WG) 육성 및 전문가 양성(학회, 협회 중심) |
| **예상성과물/ 스펙** | ○ 시험성적서 국제 상호인정체계 구축(상호인증협약)<br>○ 제품인증 범위 확대 시행(KAS 인정서)<br>○ 국제인증기관 자격취득(국제인증 지정서)<br>○ 국제상호인정 시범사업(국제인증서)을 통한 국내제품의 국제인증 취득<br>○ 국내 기술기준을 기반으로 한 국제표준 제정 |

| **추진 방법** | |
|---|---|
| **추진 체계** | ○ 철도 관련 시험 · 검사 · 인증기관으로서 다양한 경험 · 노하우 · 전문인력 · 시험설비 등을 보유하고 국제상호인정체계를 단기간 내에 구축할 수 있는 기관<br>○ 완성차 시험설비 및 시험선을 활용하여 단기간에 국제상호인정체계 구축과 한국철도기술 전문연구기관의 공신력을 바탕으로 외국정부 및 해외 유관기관과의 효율적인 업무 추진 가능 |
| **사업기간** | ○ 총 연구(개발)기간 8년 |
| **소요예산** | ○ 총예산 240억원 이내 |

| 계 | 1차년 | 2차년 | 3차년 | 4차년 | 5차년 | 3차년 | 4차년 | 5차년 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 240 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |

| 기대 효과 | |
|---|---|
| **경제적 효과** | ㅇ 국내에서 국제인증 취득을 가능하게 하여 인증비용 · 기간을 획기적으로 단축함으로써 철도산업계의 국제경쟁력 강화 기대<br>ㅇ 국제표준 WG 육성, 철도표준개발 전문가 양성 등 일자리 창출에 기여<br>ㅇ 철도차량 · 용품의 호환성과 상호 운용성 확보를 통한 비용 절감 |
| **사회적 효과** | ㅇ 국제표준을 만족하는 기술수준 향상 및 철도의 안전성능 개선<br>ㅇ 철도운영기관은 국제적 수준의 인증제품을 안정적으로 수급할 수 있어 국내 철도 안전 향상 기대 |
| **정책적 효과** | ㅇ 국가적인 강력한 표준화 정책/관리를 통한 국내 철도산업 경쟁력 강화<br>ㅇ 철도부품 및 완성차량(시운전) 시험의 상호인정은 국제인증의 취득에 필요한 각종 시험을 국내 시험설비 및 시험선로를 이용하게 함으로써 인증비용 및 기간의 획기적인 절감 가능 |

# [철도운영및환경 5] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 지능형 통합 능동 관제시스템 기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 수요변화에 능동적으로 대응 가능한 열차 운영계획 기술 및<br>지연확산을 25% 개선하는 열차 관제기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도운영및환경 | 철도계획운영 | 철도운영효율화기술 | 철도교통관제기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 인프라-운영환경 | IoT/빅데이터 | O |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | ○ | ○ | | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | ○ | | | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | ○ | ○ | ○ | |

**글로벌 동향**

ㅇ 기술 동향

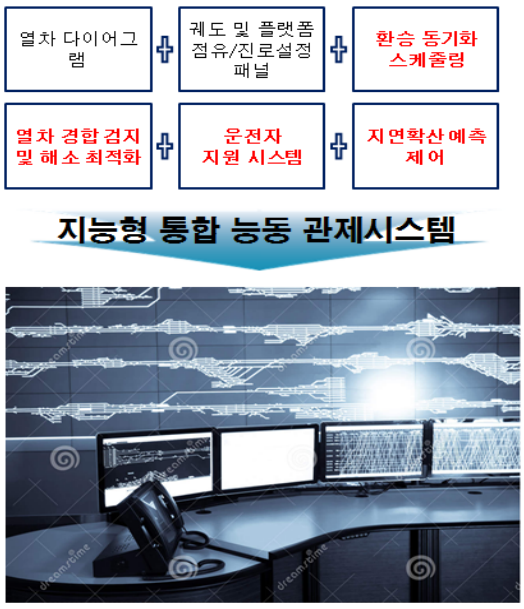
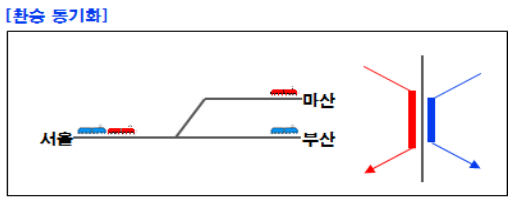
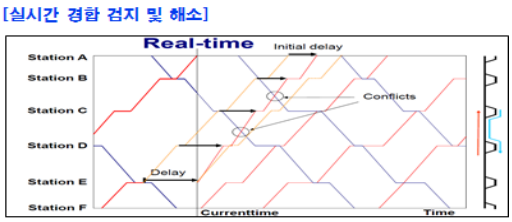
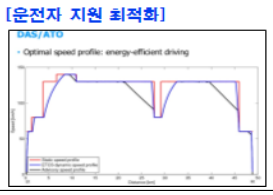
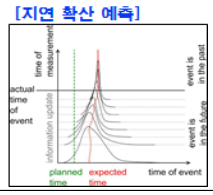
- (일본) 관제의 주요 기능인 운전정리(Dispatch) 뿐만 아니라 향후 열차운행에 대한 예측(Prediction)과 클라우드 등을 통한 정보전달에 대한 기술을 개발하고 있음. 특히, Toshiba에서는 TrueLineTM이라는 클라우드 기반의 열차, 차량 및 승무 스케줄링 시스템을 상용화 하였음
- (중국) 2000년대 중반부터 고속철도 건설 및 운영이 증가함에 따라 중국에서는 스케줄링 관련 기술 특허가 급증하고 있음. 특히 정보전달, 실시간 위차파악 등의 제어기능을 가진 Device형태의 특허 출원이 많아지고 있음
- (유럽) 유럽에서는 COMBINE(enhanced COntrol centres for fixed and Moving Block sIgNalling systEms) 프로젝트 1차(1998~2001) 및 2차(2002~2004)를 통해서 이동폐색기반 신호시스템 하에서의 수리적 모델에 기반한 TMS(Traffic Management System)을 Bombardier Transportation 등이 중심이 되어 개발하였음.

ㅇ 관련 정책

- (유럽) AUTONOM(Integrated through-life support high-value systems) 프로젝트를 통해 철도산업분야 중 특히 운영 및 계획분야에서 적용되는 기술 및 향후 적용될 기술의 수준을 분석하였음. 2009년 영국정부(교통부)는 30년 후에도 철도가 지속적인 성장을 하기 위한 비전을 담은 백서 "Delivering a Sustainable Railway" 작성하였고 8대 핵심기술과제를 선정하였음. 이중 “승객 중심의 운영” 은 예약 및 발권, 고객흐름, 열차위치, 차내 혼잡상태 등 열차이용 전반에 걸쳐 고품질의 실시간 정보를 수집 및 제공하고 수집정보를 이용하여 이례상황에 대한 신속한 검지와 최적화된 시스템 대응을 주요내용으로 하고 있음

| | |
|---|---|
| | ○ 관련 시장<br>– 철도교통 관리 시스템 시장 규모는 지능화된 신호시스템 설치 증가 및 IoT 기술 적용으로 인하여 2016년 292.7억 USD로 추정되며 2021년까지 연평균 14.6% 성장하여 2021년에 578.8억 USD로 성장이 예상됨(Railway Management System Market by System & Solution, Markets&Markets) |
| **중점추진 필요성** | ○ 장래 철도 이용자들의 통행패턴(Future Mobility)은 개인적 만족(Personalization)의 극대화를 위한 맞춤형 (On Demand) 서비스를 추구하는 방향으로 형성될 것으로 전망<br>  <br>(출처: Deloitte University Press)<br><br>○ 장래 철도 이용자들의 통행패턴 변화 요구에 부응하기 위해<br>– 기존 (열차) – (차량) – (승무원) 스케줄링 소요기간을 실시간에 근사하도록 단축(2주 이내) 하여 다양한 수요변화를 세부적으로 수용할 수 있는 기반을 구축하고,<br>– 동적인 편성 용량 조정(Dynamic Capacity Adjustment)을 통하여 철도 좌석 공급량을 수요변화에 속응할 수 있도록 함<br>– 뿐만 아니라, 연계 열차간 동기화 스케줄링(Schedule Synchronization)을 통한 환승 대기시간을 최소화하여 승객의 철도 서비스 만족도 향상을 제고함<br>○ 철도운영상의 효율 저하를 막고 안전을 확보하기 위해<br>– 현재의 궤도 점유 및 진로 설정 패널을 통한 모니터링 중심의 기존 관제 시스템에서는 실시간 경합 검지 및 해소, 지연확산 예측, 운전자 지원기능 등이 부실함.<br>– 또한, 자율주행열차시스템 및 가상편성 연결과 같은 향후 개발될 차량 및 기술에 대한 지원과 연계는 사실상 불가능할 것으로 판단됨.<br>– 따라서, 빅 데이터를 기반으로 하여 상기 기능들을 탑재한 지능형 통합 능동 관제 시스템 기술개발이 필요함 |

| **주요 내용 및 예상 성과** | |
|---|---|
| **과제 목표** | ○ 지능형 통합 능동 관제시스템 및 스마트 스케줄링 기술개발<br>– 지능형 통합 능동 관제시스템: 총 열차 지연시간(사고처리시간) 25% 단축<br>– 스마트 스케줄링 프로그램: 통합 스케줄링(열차–차량–승무원) 소요기간 1주일 이내로 단축 |
| **추진 내용** | ○ 지능형 통합 능동 관제시스템 개발<br>– 임시 스케줄링 기반 운행조정 최적화 기술<br>– 실시간 열차 경합 검지 및 해소 기술 |

| | |
|---|---|
| | – 열차 지연확산 예측 관제 기술<br>– 승객환승 최적화 관제 기술<br>– 개인별 만족기반 관제 기술<br>– 자율주행 차량 관제 기술<br>– 가상편성 차량 분리/결합 관제 기술<br>○ 스마트 스케줄링 기술개발<br>– 실시간 수요변화 대응 열차시격 조정 최적화 기술<br>– 스케줄링 핵심알고리즘 성능 향상 기술<br>– 열차–차량–승무원 통합 스케줄링 기술<br>– 동적 용량조정 최적화 기술<br>– 가상편성 차량운영 최적화 기술<br>– 연계스케줄 동기화 기술<br>– 환승불편 최소화 좌석할당 기술 |
| 예상성과물/<br>스펙 | ○ 지능형 통합 능동 관제시스템<br>○ 스마트 스케줄링 프로그램<br>○ 능동 관제 센터 구축 및 성능평가<br>  <br>  <br>  <br>  <br>  |
| **추진 방법** | |
| **추진 체계** | ○ 철도운영, 교통, 정책 분야와 신호 및 궤도시스템의 기술분야 간 융합연구체계로 추진 가능한 전문연구기관이 총괄 수행<br>○ 관제센터 구축분야의 경우, 연구개발 성과의 실제적용 과정에서 설계사항 변경가능성을 줄일 수 있도록 운영기관이 연구과정에서 참여하도록 함<br>○ 본 연구는 산 · 학 · 연 공동연구를 기본으로 하며, 필요시 선도적 위치에 있는 해외기관 및 전문가와 공동연구를 추진 |

<table>
<tr><td>사업기간</td><td>○ 총 연구(개발)기간 : 5년</td></tr>
<tr><td>소요예산</td><td>○ 총 예산 120억원 이내
<table>
<tr><th>계</th><th>1차년</th><th>2차년</th><th>3차년</th><th>4차년</th><th>5차년</th></tr>
<tr><td>120</td><td>20</td><td>30</td><td>30</td><td>20</td><td>20</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

| 기대 효과 | |
|---|---|
| **경제적 효과** | ○ 스마트 스케줄링 프로그램에 의해 스케줄링 주기 단축에 따라 연간 승차권 판매 손실 절감 및 운영비 손실 절감 총액 약 40억원<br>○ 능동 관제 시스템에 의한 총 지연시간을 25% 개선 – (전제조건) 이례사태 발생시 연쇄지연 열차 수 = 5, 지연시간 = 4시간인 경우, 5 열차 × 4 시간 × 500명/열차 × 0.25 = 2,500 시간 절감 |
| **사회적 효과** | ○ 인구구조의 변화 및 지속적 저성장 시대 진입에 따라 스마트 철도 기술(Smart Rail Move Tech.)을 접목한 고품격 철도 서비스 제공을 통해 지속가능한 철도수요 창출 및 철도 수송분담 향상<br>○ 서비스 지연시간 감소 및 정시성 향상을 통해 안정적 철도운행 가능 |
| **정책적 효과** | ○ 최근 철도분야 R&D 정책에서는 첨단 ICT 기술의 접목으로 새로운 부가가치와 일자리 창출, 첨단 인프라로의 개선을 통한 철도 운영 효율성 향상, 융복합 첨단 기술의 확보를 중점 R&D 요소로 정의하고 있음.<br>○ 또한, ICT 기술융합을 통한 자동화 및 지능화된 지능형 교통시스템의 보급이 전 세계적으로 가속화되고 있어 신규 철도시장 창출/선점과 신(新)국부 창출을 위해서는 최적화된 철도시스템과 새로운 철도 패러다임 제안 필요함. |

# [철도운영및환경 6] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | ICT기반 철도 시설물 통합 이력관리시스템 기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 철도시설과 작업자 · 운전자 · 관제사가 상호 연결(초연결, 무인자동화)되어 실시간 · 원격으로 입수되는 데이터와 유지보수 · 점검 및 진단 정보를 분석(초지능화)하고 이를 정보로 전환하여 시설물 유지관리 효율화와 재난대응 능력 향상(최적화)시키는 기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도운영및환경 | 철도안전 | 안전엔지니어링기술 | 시스템 안전 관리체계 기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 인프라-운영환경 | IoT/빅데이터/AI/클라우드 | X |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | | ○ | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | ○ | | | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | ○ | ○ | ○ | |

**글로벌 동향**

o 기술 동향

- (영. Network Rail의 Remote Condition Monitoring) 인프라 자산의 손상 예측, 적기 보수보강, 보수보강 의사결정을 위하여 약 12,000개 자산에 대한 모니터링 시행하여 153,000시간의 열차지연 저감(통상 8~12% 열차지연시간 저감, 2013년 기준 69억원 절감)
  - ※ 자산 : 궤도, 교량, 터널, 정거장 등 철도관련 시설물과 열차 대상
  - ※ 자산점검을 모니터링을 이용하여 정기적 점검에서 연속적 점검 체계 전환
- (미. Long Term Bridge Performance Program; LTBPP) I-35W 교량 붕괴사고(사망 9명, 부상 · 실종 104명, 2007) 이후, 정기 육안 검사에 의한 열화예측(PONTIS) 정확도 문제가 이슈로 등장
  - ※ LTBPP로 총 7개 노후 교량에 대한 모니터링으로 실시간 계측에 의한 고밀도(연속) 장기 데이터 수집 : 장기 데이터 기반 교량 자산관리 도입 추진 중
  - ※ PONTIS(1990) : 인력기반 교량 점검 · 검사결과 DB화 및 건전도 평가, 열화예측용 소프트웨어

o 관련 정책

- '16년 다보스 포럼에서 「4차 산업혁명의 이해」 라는 주제로 새로운 시대의 개막을 공언, 이후 선진국들은 앞다투어 4차 산업혁명에 매진
  - ※ (선진국 동향) 미국, 독일은 민간 참여로 일본, 중국은 정부차원에서 추진
- 철도안전 3.0시대 실현을 위한 철도안전 혁신대책 수립( '15.8월)
  - ※ (혁신대책) 철도안전의 근본적 체질을 개선하기 위한 '첨단 융·복합 혁신기술을 활용한 관리체계 개선' 대책 수립

| | |
|---|---|
| | – 국토교통 4차 산업혁명 대응 전략 마련( ‘17.4월)<br>※ (추진전략) 국토교통 산업의 체질 개선 및 경쟁력을 강화하고 스마트하고 안전한 국토공간화 공공서비스 제공<br>o 관련 시장<br>– 건설산업의 화두가 ‘건설’ 단계에서 ‘유지관리’ 로 넘어감에 따라, 최적 유지관리방안에 대한 사회적 요구가 나타나고 있으며, 특히 첨단기술과 관련된 시장이 열리고 있는 단계임<br>※ 사회인프라에 대한 첨단유지관리시장에 대한 주도권 다툼이 세계적으로 진행되고 있기 때문에 조속한 예산 투입에 의하여 대비할 필요가 있음 |
| **중점추진 필요성 (기술 선정이유)** | o (시설 노후화 심화) 16년 기준, 30년 이상 노후화된 주요 구조물이 약 42%이며, 국가 철도 시설개량 투자 소요 필요예산은 9조4,682억원으로 ‘16년까지 2조 2,019억원 투자되어 철도시설 개량율이 23.3%(최근 5년간 연평균 3,675억원 투자) 수준으로 매우 저조<br>o (현업 애로사항) 한정된 예산으로 대상 철도시설의 보수보강 및 개량사업의 적기 수행 지장 : 철도시스템의 전반적인 위험도 증가<br>o (인력위주 점검 한계) 국가철도망 구축으로 관리시설은 증가하고 있으나 인력위주 사후 점검 및 유지관리 시행으로 노후화 및 재난대응에 한계<br>o (보수보강 및 개량사업 최적화 필요) 현재 유지보수작업 단위가 길어 불필요한 보수보강과 과다 유지보수사업이 진행될 수 있어 예산낭비 우려 높음<br>o (현 수준 진단) AI·빅데이터 기술 등 4차 산업혁명 핵심 기술이 미국의 70~80% 수준으로 2~3년의 기술격차가 존재하는 반면, 네트워크 등 세계적 수준의 ICT 인프라, 신기술과 새로운 서비스에 대한 높은 수용성은 강점<br>– (철도교통) 국민생활 및 산업에 직접적인 영향을 미치는 서비스가 많아, 철도시설관리체계를 개편하여 기술개발 선도·시장 창출 등 성과의 조기 가시화 가능<br>o (공공서비스) IoT, AI를 활용한 지능정보기술 도입으로 철도시설 실시간 모니터링·판단·제어로 효율성 향상과, 자연재해로부터 안전성 제고 필요<br>– (IoT 기술도입) IoT 기반 표준 기술 적용 센서, 디바이스, 네트워크, 플랫폼 등 통합운용 가능 |

| **주요 내용 및 예상 성과** | |
|---|---|
| **과제 목표** | o CBM, RCM 등 시설개량 및 유지보수 최적화를 위한 제반 기술을 ICT 기반으로 개발하여 철도시설물 통합 이력관리시스템을 구축하고, AI 기반의 첨단 분석기술이 탑재된 운영 기술을 개발<br>– (정보입수체계) 유지보수이력, 검측, 점검 및 진단, 센서 등을 통한 실시간 데이터 입수 및 저장<br>– (정보관리체계) 각종 상태정보를 이용한 상태평가, RCM 및 RBM 등을 이용한 열화모델, 보수보강주기, 관리기준 등 운용 |

| | |
|---|---|
| | – (정보활용체계) 의사결정지원시스템을 통한 보수보강 · 개량, 이상 상태 판별, 위험도 파악 등을 통하여 열차안전운행과 유지관리 효율화 도모<br>– (철도시설 공간정보) GIS위치기반, 도면 및 대장 일원화 체계를 확보하여 철도시설관리를 공간정보로 전환<br>  |
| **추진 내용** | o 첨단 정보입수체계 구축 기술 개발<br>– IoT 기반의 철도시설물 실시간 원격 점검 시스템 개발<br>– IoT 기반 재난조기경보시스템 구축 기술 개발<br>o 신속 정확한 정보 전달방안 구축<br>– 열차–관제–시설관리자 공동 활용 정보 활용방안 마련<br>o 빅데이터와 AI 기반의 첨단 정보 분석기술 개발<br>– 임박한 손상에 대한 효율적 경보 판단 알고리즘 개발<br>– 자연재해 발생원인에 따른 철도시설물 위험도 평가 체계 구축<br>– 철도시설물 유형별 유지보수시기(보수보강시기) 최적화 기술 개발<br>– 철도시설물 유형별 잔류수명 예측기법 개발<br>– 철도시설물 노후 및 열화모델 개발<br>– 손상 및 피재 이후의 신속한 상태평가기법 개발<br>o 철도시설 관리의 표준화된 체계 구축<br>– 공간정보와 BIM 등 표준화 체계 도입방안과 활용방안 연구<br>– 센서 및 기상 정보 등을 이용한 실시간(Real time) 해저드맵 구축 및 운영 기술 개발 |
| **예상성과물/ 스펙** | o 인력에서 자동화 점검 체계로 전환<br>– 철도시설에서 접근 한계성, 점검 난이성 등 인력 점검 한계를 극복함에 의해 연속적인 시설물 상태정보 획득하여 현행 점검 · 진단 제한조건 최소화<br>o 철도시설 상태 원격 점검체계 도입<br>– 원격점검체계를 도입하여 정기점검에서 연속점검으로 전환하여 이상상태 조기검지에 의한 보수비용 저감 |

| | |
|---|---|
| | o 철도시설물 유지보수이력관리시스템 정보공유 체계 구축<br>– 철도시설 손상 예측, 적기 보수보강, 보수보강 의사결정 지원 : 상태기반 유지관리(CBM)와 신뢰도기반 유지관리(RCM)를 위한 시설물 상태점검 정보의 실시간 제공<br>o 표준화된 안전정보관리체계 도입<br>– 철도시설관리자의 업무효율성 및 재난대응체계 강화를 위하여 국가표준체계(위치)기반 철도시설 관리체계 구축 |

**추진 방법**

| | |
|---|---|
| **추진 체계** | o 빅데이터와 AI 기반의 데이터 평가 및 분석 기술이 중요하기 때문에 철도분야 전문연구기관과 건설 운영기관이 지원하는 형식으로 연구 수행<br>o 중소기업 참여를 독려하여 첨단기술 활용의 기반을 마련하고 제공<br>o 대기업 중심의 유지관리사업 비즈니스 모델 창출을 도모하되, 중소기업과의 상생을 함께 고려 |
| **사업기간** | o 총 연구(개발)기간 : 7년 |
| **소요예산** | o 총예산 : 1,500억원 |

| 계 | 1차년 | 2차년 | 3차년 | 4차년 | 5차년 | 6차년 | 7차년 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,500 | 100 | 200 | 300 | 300 | 300 | 150 | 150 |

**기대 효과**

| | |
|---|---|
| **경제적 효과** | o (취업유발효과) 한국은행 '2013년 산업연관표(연장표) 작성결과, 2015'를 기준으로 10억원 당 고용효과를 산출<br>– 첨단기술과 공간정보 디지털화에 의한 철도시설물 유지관리사업 선진화이므로 '기타건설'에 해당된다고 볼 수 있으며, 이는 '건설'로 분류할 수 있음 : '건설' (취업) 13.8명/10억원, (고용) 10.1명/10억원 적용<br>– 총 사업비 1,500억원으로 기준으로 취업 및 고용 유발효과를 평가하면 2,153명 취업, 1,576명 고용이 발생할 것으로 예상 |
| **사회적 효과** | o (스마트 철도시설관리시스템) 철도시설 자산가치 고도화 지원<br>– IoT 기반 실시간 정보를 이용하여 시설물 상태의 원격 점검과 재난조기경보가 가능 : 유지보수이력정보와 TMV정보를 연계한 상태정보분석(CBM)에 의한 유지보수 최적화(RCM) 지원<br>– 실시간 모니터링 결과를 데이터센터에 저장하며, 모니터링에 따른 시설물의 변화가 탐지되었을 경우, 철도 통합정보 DB로부터 해당 IoT 센서에 변화/탐지된 철도시설물, 주변 철도 시설물 및 해당 지역의 공간정보를 제공받아 변화지역을 탐지 및 확인 |

| | |
|---|---|
| **정책적 효과** | o (시설관리 고도화) Big Data, 첨단 검측시스템 데이터 관리 등 첨단기술 적용 기반을 마련함으로써 고도화된 시설관리체계 확보<br>– IoT 기술을 활용, 시설물의 정확한 상태 정보를 실시간으로 수집하여 시설물의 장애발생을 사전에 예방하고 안전관리가 가능<br>– Big Data 분석을 통한 사고유형 분석, 적정 점검 · 유지보수 주기 도출 등이 가능하고 업무체계 개선 : 이상상태 검지 및 관리를 통한 철도시설물 장수명화 가능 |

# [철도운영및환경 7] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 철도 급행화를 위한 인프라 개량 및 급속 보수보강기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 철도 급행화 기술은 도시·광역철도 운영개선 최적화와 기존 인프라 및 차량성능의 개량 등 시스템 전반에 대한 개선을 통하여 저비용으로 철도 노선의 급행화를 가능하게 하는 기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도운영및환경 | 철도계획운영 | 철도운영효율화기술 | 여객 및 화물운영 최적화 기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 인프라-운영환경 | - | X |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | | ○ | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | | | ○ | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | | ○ | ○ | |

**글로벌 동향**

ㅇ 기술 동향

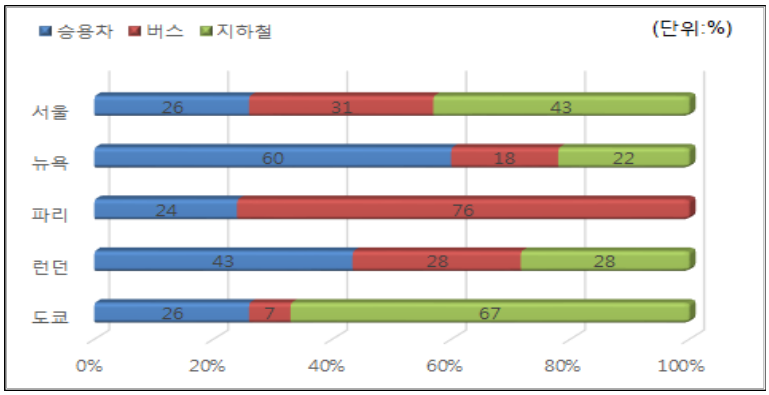
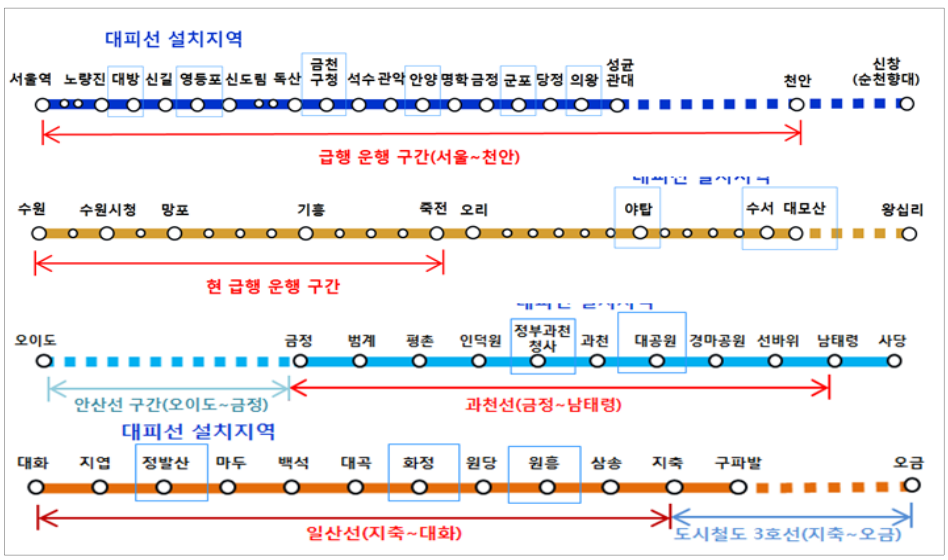
- 파리 메트로 14호선 및 1호선에서 CBTC 기술을 적용한 기존 도시철도 운영체계를 고밀도 자동운영체계로 전환

ㅇ 관련 정책

- 파리 RER을 근간으로 한 급행열차 운행체계 개발 및 운영
- 유럽연합은 교통정책의 근간인 교통백서에서 2050년을 최종 목표연도로 설정하고, 향후 10년간 정책목표로 유럽연합 내 모빌리티 지속적인 증대를 위한 경쟁력 있는 수송 체계를 구축하기 위해 철도부문을 포함하는 총 40개의 구체적인 추진 방향을 제시
- ERRAC는 설립 이후 유럽 철도연구 전략, 유럽철도연구의 전략적 추진을 위한 어젠더(SRRA) 등을 발간
- 일본 혼잡율 완화정책: 1998년~2014년 기간 중 평균 혼잡율 (183%→165%), 피크 시 혼잡율 180% 이상 구간 수 (23개 구간→14개 구간), 피크 시 혼잡율 200% 이상 구간 연장 (156km→44km)은 감소
- 츠쿠바 익스프레스, 나리타 스카이 액세스, 우에노 도쿄 라인의 정비, 오다큐 전철 오다와라 선, 도부 철도 이세사키 선, 세이부 이케부쿠로 선 복복선화, 쇼난 미나미 신주쿠 라인, 부도심선 등의 직통 운전화 등

ㅇ 관련 시장

- 글로벌 철도시장의 대한 전반적인 발전 전망을 근거로 기존 · 신규 인프라의 경쟁력을 제고하는 철도운영분야 계획 기술 시장규모도 더욱 커질 것으로 기대할 수 있음

| | |
|---|---|
| | – 인프라, 운영 및 신호 · 통신 분야, 도시철도 차량 중심의 차량시장 발전에 따라 글로벌 철도시장에서 비용 · 효율적인 철도운영 계획기술의 부가가치는 더욱 커질 것으로 전망됨<br>– 우리나라에서도 현재 철도산업 분야 매출액의 약 28%를 점하는 운영부문의 중요성은 장래 SOC 투자 감소에 따라 더욱 커질 것으로 전망됨<br>– 이런 상황에서 철도의 운영효율성 제고에 기여하는 도시광역철도 급행화 기술이 시의 적절하게 개발 시 시장전망이 밝은 것으로 판단됨 |
| **중점추진 필요성** | ○ 선진국대비 격차 요인<br>– 국내 도시·광역철도를 이용한 출·퇴근 시간은 약 55분으로 OECD 평균보다 17분이 더 소요되고,<br>– 표정속도는 약 38km/h로 해외 선진국 대비 60~70% 수준에 머물러 있음.<br>– 지하철 분담률은 서울 43%, 도쿄 67%로 약 24% 차이를 보임<br>  <br><br>○ 과제의 성공적 추진을 위한 기술지원<br>– 경부선, 분당선, 과천선 및 일산선에 대피선 추가 설치 후 급행화 확대를 무차단 터널 확폭 기술개발 및 지원 필요<br>– 장래 GTX 등 광역급행철도와 연계 및 직결운행을 통해 출퇴근 시간 50% 절감 효과 달성을 위한 기반 기술 개발 필요<br>  <br> |

| 주요 내용 및 예상 성과 | |
|---|---|
| **과제 목표** | ○ 국내 출퇴근 시간 50% 단축을 실현하는 급행화 기반 기술개발<br>– 국내 출퇴근시간 50% 절감 기반 기술개발: 개발된 기술을 적용한 수도권 출퇴근 시간 시뮬레이션을 통한 검증 |
| **추진 내용** | ○ 운영분야<br>– 고밀도 도시철도 운행노선 급행화 실증 기술개발<br>– 표정속도 향상, 운행시격 유지, 연쇄지연 해소 기술개발<br>– 운행 중 (CBTC) 시스템 대체 기술개발<br>– 기존 CBTC 설치 노선 활용 실증시험을 통한 안정성 검증 기술개발<br>– 수도권 총 출퇴근시간 분석 시뮬레이터 시스템 개발<br>– 급행 혼잡역 승객관리 기술개발<br>– 급행열차 차등운임 시스템 기술개발<br>– 급행열차 직결운행 체계 기술개발<br>○ 시설분야<br>– 본선 근접 터널 무차단 확폭 공법 안전성 실증 기술개발<br>– 모듈형 급속시공 분기기 실증 기술개발<br>– 곡선 · 입체 분기기 기술개발 : 설계, 시공 및 안전성 검증 기술개발<br>○ 차량분야<br>– 도시철도 양방향 운전 실증 기술개발<br>– 도시철도 양방향 운전 신호시스템 실증 기술개발<br>– 연쇄지연 관제 안정성 확보 기술개발<br>– 급행/일반 열차 고밀도 추종 운행 기술개발<br>– 좌석중심 급행열차 기술개발 |
| **예상성과물/ 스펙** | ○ 혼잡역 승객관리 정보시스템 시작품<br>○ 급행 차등운임 AFC 시스템 시작품, 급행열차 직결운행 체계 도출<br>○ 고밀도 도시철도 운행노선 급행화 기술 실증, 본선 근접 터널 무차단 확보 공법 안전성 실증, 수도권 총 출퇴근시간 분석 시뮬레이터 시스템 시작품<br>○ 모듈형 급속시공 분기기 실증, 곡선·입체 분기기 시작품<br>○ 도시철도 양방향 신호시스템 실증<br>○ 열차 고밀도 추종 시스템 시작품 개발, 좌석중심 2층·급행열차 시작품 |

<table>
<tr><th colspan="2">추진 방법</th></tr>
<tr><td>추진 체계</td><td>ㅇ 조직의 핵심역량과 분야별 요구조건이 부합되는 기관에서 주관연구 수행<br>– 고밀도 도시철도 운행노선 급행화 실증 기술개발 : 국가연구기관<br>– 급행 혼잡역 승객관리 기술개발 : 철도운영기관<br>– 급행열차 차등운임 시스템 기술개발 : 국가연구기관, 민간기업<br>– 급행열차 직결운행 시스템 기술개발 : 국가연구기관, 대학<br>– 본선 근접 터널 무차단 확폭 공법 안전성 실증 기술개발 : 국가연구기관<br>– 모듈형 급속시공 분기기 실증 기술개발 : 국가연구기관<br>– 곡선 · 입체 분기기 기술개발 : 국가연구기관, 민간기업<br>– 도시철도 양방향 운전 실증 기술개발 : 국가연구기관, 민간기업<br>– 급행/일반 열차 고밀도 추종 운행 기술개발 : 국가연구기관, 민간기업<br>– 좌석중심 급행열차 기술개발 : 민간기업, 국가연구기관</td></tr>
<tr><td>사업기간</td><td>ㅇ 총 연구(개발)기간 : 6년</td></tr>
<tr><td>소요예산</td><td>ㅇ 총예산 370억원 이내
<table>
<tr><th>계</th><th>1차년</th><th>2차년</th><th>3차년</th><th>4차년</th><th>5차년</th><th>6차년</th></tr>
<tr><td>370</td><td>60</td><td>60</td><td>65</td><td>65</td><td>60</td><td>60</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="2">기대 효과</th></tr>
<tr><td>경제적 효과</td><td>ㅇ 고밀도 운행노선 급행화 및 수송력 향상 : 첨두 수송력 60% 향상<br>ㅇ 분기기 급속시공 설치 소요시간 단축 : 20% 단축<br>ㅇ 철도터널 운행 중 (무차단) 공법 기술개발에 따른 해외 신규시장 창출 : 1500억원/개소 × 3개소/노선 = 4500억원/노선</td></tr>
<tr><td>사회적 효과</td><td>ㅇ 기존 인프라를 활용한 통행시간 절감 : 15% ~ 25% 절감 (노선별 적용공법의 특징에 따라)</td></tr>
<tr><td>정책적 효과</td><td>ㅇ 운영 및 건설계획 부문에서 활용가능한 신뢰성 있는 노선별 역간 수요(OD) 데이터 산출<br>ㅇ 운영 중 철도터널 개량은 국내외 사례가 없는 고난이도의 기술로 향후 국내외 터널 시장에서 기술경쟁력을 확보하는 계기가 될 것으로 예상됨<br>ㅇ 운영 중 인프라 재구조화 공사에 따른 열차 및 승객 안전 확보<br>ㅇ 전자 연동장치에 의한 양방향 진로의 정확한 계산과 신속한 처리 가능<br>ㅇ 양방향 신호설비 개량으로 운전속도 향상 및 열차 운영효율 증대 기대<br>ㅇ 신호시스템 개량시 안전성 및 신뢰성 이론을 활용한 시스템 구현 가능<br>ㅇ 가감속특성 성능향상을 통한 제동거리의 감소 및 사고방지</td></tr>
</table>

# [철도운영및환경 8] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 철도이용객 보행환경 및 연계교통 정보제공 기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 철도 이용객 유형별, 위치별 초개인화 맞춤형 이동경로 및 연계교통 정보 제공 기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도운영및환경 | 철도계획운영 | 철도운영효율화기술 | 철도서비스기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 인프라-운영환경 | 빅데이터/AI | X |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | ○ | ○ | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ○ | | ○ | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | | | | ○ |

| | |
|---|---|
| 글로벌 동향 | ㅇ 일본의 경우 철도 이용객에게 열차의 실시간 위치 온도, 혼잡도 등에 대한 정보와 열차 탑승 위치별 승강장 시설정보 등을 연계하여 이용객의 모바일을 통해 제공하고 있으며, 증강 현실 기술을 이용하여 목적지까지 안내하는 증강현실 기반 네비게이션 시스템 등에 대한 서비스를 확대하고 있음<br>ㅇ 유럽의 경우 SNCF에서는 InfoGare를 개발 · 운영하여 프랑스 지역 350개 이상의 철도역사에서 철도의 운행정보를 제공하고 있으며, RATP 웹사이트에서는 버스 및 철도에 대한 대중교통정보에 대한 검색이 가능하며 출발지 · 목적지를 검색하여 최적경로, 통행수단, 통행시간, 정류장정보 및 주변지역 지리정보 등을 제공함<br>ㅇ 미국 'Moovit' 의 경우 자동적으로 차량의 속도, 위치 등에 대한 기본정보도 함께 모아 일정 정도 가공 후 다른 대중교통 이용이나 환승을 위해 대기 중인 이용자에게 정보를 제공. 미국에서는 로스앤젤레스, 뉴욕, 워싱턴, 시카고 지역에서 서비스를 제공하고 있음 |
| 중점추진 필요성 | ㅇ 역사 및 노선 증가, 환승 체계 도입 등으로 복잡해진 교통체계 상에서 기존의 안내 표지판 등의 이용객 정보제공 시스템으로는 한계를 가지고 있으며, ICT기술을 융합한 새로운 이동경로 및 연계교통 정보 안내 기술 개발이 필요함<br>ㅇ 실내외 간, 차량과 역사 간, 교통 수단간 정보제공 단절 문제를 해결하고, 이용객들에게 연속적인 정보안내가 가능하도록 관련 기술개발이 필요함<br>ㅇ 교통약자 및 외국인을 포함한 다양한 이용객들의 요구사항을 만족하고, 각 개인별 이동경로 정보(일반인 이동경로정보, 지체장애인 이동경로정보 등)와 환승 정보를 제공하여 교통약자를 포함한 유형별 이용객들의 편의성 향상을 위한 초개인화 서비스 기술 개발이 필요함 (총 인구 중 65세 이상 비율이 1970년 3.1%→2000년 7.2% → 2017년 14.0% → 2026년 20.8%에 진입, 통계청 장래인구추계,2010) |

| 주요 내용 및 예상 성과 | |
|---|---|
| 과제 목표 | ㅇ 철도 이용객 유형별, 위치별 초개인화 맞춤형 이동경로 및 연계교통 정보 제공 기술 개발<br>– 출발지부터 목적지까지 단절 없는 철도중심의 대중교통 정보제공 기술 개발<br>– 철도이용객의 유형별(장애인, 어린이, 영유아 동반자, 임산부, 노약자, 캐리어 동반자, 외국인 등)로 맞춤형 정보를 제공할 수 있는 ICT기반 경로선택 정보제공 시스템 개발 |
| 추진 내용 | ㅇ 철도 경로 및 역사/차량 데이터 표준화 기술 연구<br>– 철도 노선 데이터 표준화<br>– 철도 역사 데이터 표준화(역사 전자맵, 시설물 표준노드, 링크, 승강장 이격거리 등)<br>– 철도 차량 데이터 표준화(휠체어 탑승칸, 혼잡도, 온도 등)<br>– 철도 역사 및 차량 무선 환경 데이터 표준화 (스마트폰 위치 인식 용)<br>ㅇ 차량 및 역사 내 철도 이용객 위치 정보 수집 및 인식 기술 연구<br>– 지하철 무선 환경에 강인한 역사 내 철도 이용객 위치 정보 수집 기술 연구<br>– 열차 내 철도 이용객 위치 정보 수집 기술 연구<br>– 증강현실 기술 등을 적용한 역사 및 열차 내 위치 인식 기술 연구<br>ㅇ 철도 이용객 최적 이동 경로정보 생성 기술 연구<br>– 이용객 유형별 최적 이동 경로 정보 생성 알고리즘 개발(지체 장애인 등)<br>– 철도 이용객 유형별 이동 수단 정보 생성 알고리즘 개발<br>ㅇ 철도이용객 이동경로 정보 및 연계교통 정보 제공 기술 연구<br>– 증강현실 기술을 적용한 이동경로 정보 제공 기술<br>– 빅데이터 분석을 통한 이용객 목적지 및 유형별 연계교통 정보 제공 기술 |
| 예상성과물/스펙 | ㅇ 철도 경로 및 역사/차량 데이터 표준규격<br>ㅇ 차량 및 역사 내 철도 이용객 위치 정보 수집 및 인식 시스템<br>ㅇ 철도이용객 위치별, 유형별 최적경로 생성 시스템<br>ㅇ 빅데이터 및 증강현실 기반의 이동경로 정보 및 연계교통 정보 제공 시스템<br>ㅇ 개발목표:<br>– 현장실험을 통한 측위정확도 5m 이내<br>– 알고리즘 정확도 90%이상 |

| 추진 방법 | |
|---|---|
| 추진 체계 | ㅇ 주관(연구기관):<br>– 철도 경로 및 역사/차량 데이터 표준화 기술 연구<br>– 차량 및 역사 내 철도 이용객 위치 정보 수집 및 인식 기술 연구 및 검증<br>– 철도 이용객 최적 이동 경로정보 생성 기술 연구 및 검증<br>– 철도이용객 이동경로 정보 및 연계교통 정보 제공 기술 연구 및 검증 |

<table>
<tr><td></td><td>ㅇ 공동연구기관(연구기관, 중소기업):<br>– 차량 및 역사 내 철도 이용객 위치 정보 수집 및 인식 시스템 구현<br>– 철도 이용객 최적 이동 경로정보 생성 시스템 구현<br>– 철도이용객 이동경로 정보 및 연계교통 정보 제공 시스템 구현<br>ㅇ 위탁연구기관(대학 및 전문연구기관):<br>– 차량 및 역사 내 철도 이용객 위치 인식 알고리즘 개발<br>– 철도 이용객 최적 이동 경로정보 생성 알고리즘 개발</td></tr>
<tr><td>사업기간</td><td>ㅇ 총 연구(개발)기간 : 4년</td></tr>
<tr><td>소요예산</td><td>ㅇ 총예산 80억원 이내<br><table><tr><th>계</th><th>1차년</th><th>2차년</th><th>3차년</th><th>4차년</th></tr><tr><td>80</td><td>10</td><td>20</td><td>20</td><td>30</td></tr></table></td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="2">기대 효과</th></tr>
<tr><td>경제적 효과</td><td>ㅇ 철도 이용객의 이동 및 타 교통수단 이용시 발생할 수 있는 연계 미확보 요소를 줄여 사회적/개인적 비용 감소에 기여<br>ㅇ 선진국에서 개발되고 있는 실내외 위치 측위 장치 및 철도 이용객 최적 경로안내 기술의 국산화로 인해 수입대체 및 수출증대가 기대<br>ㅇ 핵심기술 개발/선점을 통해 국내의 낙후된 철도산업 등 대중교통 유관산업의 블루오션 시장개척 및 미국, 일본, 유럼 등으로 관련 상품 및 서비스 수출 기대<br>ㅇ 연구개발을 통해서 구축 및 개발된 데이터와 오픈 API는 개인, 민간기업, 공공기관까지 광범위하게 활용하므로 이에 대한 연계 사업화 전략 추진</td></tr>
<tr><td>사회적 효과</td><td>ㅇ 개인별 필요한 정보를 이용자 중심의 맞춤형으로 제공함으로 환승 및 타 대중교통 이용의 편의성 향상<br>ㅇ 교통약자를 위한 최적의 이동정보와 교통정보를 제공함으로써 사회약자를 위한 교통 복지 실현<br>ㅇ 최적화된 데이터 공급을 통해 개발자들의 접근성을 높여, 새로운 정보기술을 활용한 맞춤형 서비스 창출과 다양하고 양질의 국민생활 밀착형 철도 콘텐츠 개발과 및 보급 확대를 통한 국민생활 편의 향상</td></tr>
<tr><td>정책적 효과</td><td>ㅇ 실시간 데이터 기반의 철도 이용객 이동경로 정보 및 연계 교통 정보를 제공함으로써 구간 혼잡 방지 등 데이터 기반의 이용객 안전정책 수립 가능<br>ㅇ 철도 미래가치 요인 Big Data 구축과 이를 활용한 정책개발 및 평가 가능</td></tr>
</table>

# [철도운영및환경 9] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | CPS기반 철도차량 및 시설 유지관리체계 구축기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 증강현실을 기반으로 철도차량 및 시설물의 고장, 장애에 대응하기 위한 유지보수 기술 및 열차사고에 대응하기 위한 기술 개발 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도운영및환경 | 철도안전 | 안전엔지니어링기술 | 시스템안전관리체계기술 |
| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 | |
| | 차량-인프라-운영환경 | 빅데이터/AI | X | |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | O | | | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | O | O | | | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | O | O | O | |

**글로벌 동향**

ㅇ 기술 동향

- 증강현실(Augmented Reality)은 가상현실(Virtual Reality)의 기술적 한계를 극복하기 위한 대안의 한 형태로 제시되어 발전해 왔음
- 1992년 항공기 제조사인 보잉사의 토머스 코델 박사에 의해 처음 사용된 용어로, 1997년 로널드 아즈마는 증강현실 기술의 3요소로 실제와 가상의 결합, 실시간 상호작용, 3차원 정합을 제시함
- 즉 증강현실은 실제 공간에 3차원의 가상 이미지 또는 정보를 이질감 없이 꼭 들어맞게 겹쳐서 사용자가 가상 이미지와 즉각적인 상호작용을 할 수 있게 만드는 것

ㅇ 관련 정책

- 미국은 2000년대 중반부터 혼합현실이라는 명칭으로 가상증강현실을 미래의 핵심 전략 기술로 지정하여 투자 중. 기술의 실용화 및 산업화 응용에 주안점을 두고 연구개발을 지원하고 있음. 2011년 NITRD(Networking and Information Technology R&D)를 설립하고 ICT 기술의 교통, 국방, 의학 등 특정분야 적용을 촉진하기 위한 연구를 추진중. 기술의 사용화를 위한 실용적인 연구개발은 구글, 페이스북, 마이크로소프트, 애플 등 민간기업과 스타트업을 중심으로 이루어지고 있음
- 유럽은 범유럽 7차 종합계획을 세우고 장기미래 R&D 프로젝트를 통한 실감미디어 기술개발에 주력하고 있음. 독일, 오스트리아, 스페인, 핀란드 등이 참여한 AMIRE(Authoring Mixed REality) 프로젝트는 혼합현실 시스템 개발을 위한 다양한 도구를 개발 중
- 일본은 정부와 주요 ICT 기업을 중심으로 글로벌 IT 강국으로 재부상하기 위한 차셋 실감미디어 산업 창출에 주력하고 있음. 2000억원 규모의 펀드를 국가가 조성하여 38개 회사를 지원하는 Virtual Reality Techno Japan 정책 시행중
- 중국은 시진핑 정부의 인터텟 플러스 정책에 따라 기존산업과 가상증강현실을

| | |
|---|---|
| | 융합시켜 글로벌 시장에서의 입지를 강화시키겠다는 입장임. 중국공업신식화부는 2016년 4월 가상증강현실 산업 발전 로드맵과 함께 백서5.0을 발표함. 장시성, 푸젠성 등에 가상증강현실 콘텐츠 제작과 유통, 인력양성 등을 위한 가상현실 산업잔지 조성 중<br>○ 관련 시장<br>– 시장조사 회사 CCS 인사이트 자료에 따르면 가상증강현실 시장규모는 2018년까지 40억달러 이상으로 성장할 것으로 예상<br>– ICT 산업이 성장하려면 그 산업의 C(contents) – P(platform) – N(network) – D(device) 가치사슬이 균형있게 동반성장하여 하나의 유기적 생태계를 형성해야 하나, 현재는 HMD의 개발과 보급 등 디바이스 산업 중심으로 성장 중임<br>– 아직은 표준이 정해지지 않은 초기단계로서 CPND 중 한 분야에서 선두를 달리는 사업자가 산업의 우위 뿐만 아니라 가치사슬 전체를 장악하여 산업의 주도권을 잡기 위해 경쟁 중 |
| **중점추진 필요성** | ○ 열차 사고에 대한 대비훈련이 이루어지고 있으나, 낮은 현실감과 주어진 시나리오에 대한 정해진 훈련절차로 실제 사고상황 발생시 기관사, 선장 및 운전사가 당황하여 대형 사고로 이어지는 사례들이 지속적으로 발생하고 있음. 따라서 증강현실 등을 이용한 열차사고상황 기술개발을 통하여 실제 사고와 같은 실감형 컨텐츠의 개발 및 예측치 못한 사고시나리오에 대응하는 주요 인물(기관사, 역무원 등)의 행동패턴 분석을 통하여, 실제 사고발생시 사고의 확산을 방지하고 적절히 대응하는 기술의 개발이 필요함 |

| **주요 내용 및 예상 성과** | |
|---|---|
| **과제 목표** | ○ CPS 및 AR증강현실 기반 실감형 열차사고 컨텐츠 개발, 주요인물의 행동패턴 분석 및 이를 기반으로 한 사고대응 기술개발 |
| **추진 내용** | ○ CPS(Cyber Physical System) 구축 기술<br>– 철도차량 시스템 및 주요장치 상태 시뮬레이션모델 개발과 운행데이터 기반으로 상태를 평가하는 기술<br>– 미래상태에 대한 정량적 예측을 위한 다양한 열차운영 시나리오 시뮬레이션 기술<br>○ 증강현실 기반 실감형 열차사고 컨텐츠 개발<br>– 증강현실을 기반으로 하여 다양한 열차사고 현장을 실감 있게 재현한 실감형 열차사고 컨텐츠 개발<br>– 여러 사람이 동시에 참여할 수 있는 네트웍 기반 증강현실 기술 개발<br>– 다양한 열차사고 시나리오에 대한 실감형 컨텐츠 개발<br>○ 행동패턴 분석 및 사고 대응기술 개발<br>– 다양한 사고상황에서의 예측치 못한 사고시나리오에 대한 기관사 및 역무원의 행동패턴 분석 및 대응기술 개발 |

<table>
<tr><td></td><td>– 기관사 및 역무원 행동패턴 분석기술 개발<br>– 사고대응 시나리오 분석 및 개선안 제시</td></tr>
<tr><td>예상성과물/<br>스펙</td><td>o CPS 모델 및 시뮬레이션 시나리오 사양<br>o 사고시나리오의 정의 및 개발 사양<br>o 사고 시나리오를 고려한 장비<br>o 테스트베드 구축 및 시나리오 시뮬레이션<br>o 시나리오 확장 및 현장적용</td></tr>
<tr><td colspan="2">추진 방법</td></tr>
<tr><td>추진 체계</td><td>o 연구기관<br>– 증강현실을 이용하기 위한 요소기술을 개발<br>– 철도장치별 유지보수 및 고장 대응 시나리오 구축<br>o 기업<br>– 가상 및 증강현실 디바이스 개발<br>– 사고시나리오에 따른 시뮬레이션 모델 개발<br>o 운영처<br>– 테스트베드 구축을 통하여 실제 환경과 같은 시뮬레이션 수행<br>– 각종 사고 시나리오 발굴</td></tr>
<tr><td>사업기간</td><td>o 총 연구(개발)기간: 4년</td></tr>
<tr><td>소요예산</td><td>o 총예산 120억원 이내<br><table><tr><th>계</th><th>1차년</th><th>2차년</th><th>3차년</th><th>4차년</th></tr><tr><td>120</td><td>30</td><td>30</td><td>50</td><td>10</td></tr></table></td></tr>
<tr><td colspan="2">기대 효과</td></tr>
<tr><td>경제적 효과</td><td>o 대형사고의 예방 및 사고발생시 인명, 재산 피해의 최소화</td></tr>
<tr><td>사회적 효과</td><td>o 대형재난으로부터의 빠른 수습을 통해 사회적 안정 도모<br>– 세월호, 제천화재 사건 등 대형사고 발생시 사회적 충격이 매우 크며, 이러한 충격을 최소화</td></tr>
<tr><td>정책적 효과</td><td>o 4차 산업기술의 중요한 기술 중 하나인 가상현실, 증강현실을 적극 개발하고 활용함으로써 신기술을 리드하며, 신시장 및 일자리 창출</td></tr>
</table>

# [철도운영및환경 10] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 철도 인프라 복합 재난재해 대응 및 복구기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 지진, 지반, 침수, 테러, 화재, 정전, 탈선 등의 철도교통에서 발생할 수 있는 다양한 자연재해에 대응하기 위한 기술과 이를 복구하기 위한 기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도운영 및 환경 | 철도안전 | 사고/재난 예방/대응기술 | 재해예방 및 복구기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 차량-인프라-운영환경 | IoT/빅데이터 | O |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | O | | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | O | | O | | |

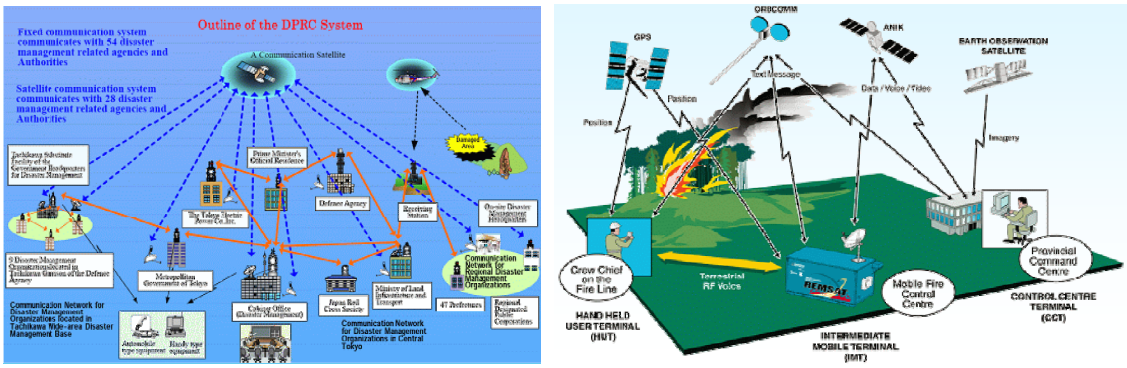
| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | O | O | O | |

**글로벌 동향**

○ SOC 시설물의 재해대응을 목적으로 미국, 일본 등의 선진국은 재해예측 및 대응과 관련한 투자 및 연구개발에 대한 국가 차원의 지원이 강화하고 있음. 교통 분야의 경우에는 유라시아 이니셔티브를 위한 대륙철도의 안전한 수송기능을 확보하기 위해서는 범 세계적인 철도 재해저감 기술의 개발과 보급이 요구되고 있음.

○ UIC 및 ERA 등은 유럽 중심의 자연재해에 대한 연구주제 이슈화와 공동 연구개발을 추진하고 있음.

- UIC, DB, IZT, OBB, Network rail, SBB CFF FFS는 ARISCC(Adapting rail infrastructure to climate change) Unit을 조직하여 기후변화에 대비한 철도 자연재해 대응기술 준비
- 또한, UIC에서는 2014 Natural Disaster Management for Railway Systems 컨퍼런스를 통하여 철도시스템에 있어서의 자연재해 저감기술의 중요성 피력
- UNECE-UNCTAD에서도 Climate change and the railways 주제로 워크샵 시행승객의 이동에 따라 발생하는 운동에너지를 변환하여 전력에너지로 생성하고 있음




<일본 방재무선 통신망 및 캐나다 재난관리용 통신망 구조>

| | |
|---|---|
| **중점추진 필요성** | ○ 기후변화로 인한 자연재해 예측에 한계가 발생하고 있으며, 재난의 강도 및 피해 규모가 증가하며, 재난의 일상화 · 양극화 및 복합화가 심화되고 있음.<br>– 사이버테러, 지진, 산사태/급경사지붕괴, 태풍 · 호우에 대해 국가차원의 적극적인 재난대책 마련을 고심<br>○ 재해요인(노후화, 기상 등)에 대한 국가네트워킹 등 미래 고속철도 인프라 환경 변화를 고려하여 고속철도 인프라에 대한 재해관리 기술 구축이 필요<br>– 실사용자인 End User의 기술수요 및 사용자 편의를 고려한 재해대응체계의 구축이 필요하며, 효율적 재해 대응을 위한 고속철도 인프라 통합관리시스템, IT/ST 융합 기반의 모니터링 시스템, 시설물별 건전도 평가 및 예·경보 시스템 등이 필요함. |

| **주요 내용 및 예상 성과** | |
|---|---|
| **과제 목표** | ○ 기후변화 대응 국민 편의 제공형 철도인프라 재난방지시스템 개발<br>– 재해(자연재해 또는 기술재해)요인에 대해 철도시스템을 안전하게 보전하고, 승객의 생명을 보호하기 위해 실시간 또는 사전에 재해에 능동적으로 대응(Response)하고, 재해 후 복구(Recovery)하는 기술 |
| **추진 내용** | ○ 기후변화에 따른 재해 조기대응을 위한 철도부문 취약성 평가 및 적응기술 개발<br>– 기후변화 연동 철도부문 취약성 인벤토리 구축<br>– 기후변화 시나리오 스케일 상세화 기법 개발<br>– 철도부문 기후변화 취약성 정보지도 프로그램 개발<br>– 시설별–지역별 재해 취약 우선순위 선정 및 철도부문 기후변화적응 가이드라인 제시<br>○ 기후변화에 대응하기 위한 재난재해 예측 기술<br>– 실내/실물 붕괴시험에 의한 붕괴예측 : 사면붕괴, 낙석 등 실물시험 수행<br>– 붕괴전조현상 검지 및 붕괴규모평가<br>– 위험도 판별 알고리즘 개발<br>○ 재난발생시 골든타임 사수를 위하여 첨단센싱기술<br>– 경제성을 고려한 보급형 센서 개발<br>– 자기전원보유 센싱기술 및 노이즈 제거기술<br>– 위험도 판별 알고리즘 탑재형 센서 개발<br>○ 국내 기상상황을 고려한 고속철도 운전규제기준 재설정 및 일반철도 기준 설정 및 운용기술<br>– 실시간 기상센서 및 센싱 데이터 연계 운전규제 |
| **예상성과물/ 스펙** | ○ 국민 편의형 철도인프라 기상재난 운전규제기준<br>○ 재난우려시 철도인프라(궤도, 교량, 터널, 사면, 전차선 등)별 안정성 평가모델<br>○ 재난위험원 검지 알고리즘 탑재형 첨단 센서기술<br>○ 센싱기술과 완전 연동된 차세대 철도인프라 운행제어기술<br>○ 철도인프라 재난시뮬레이터 구축<br>○ 철도재난 예방을 위한 안전방재 관제 플랫폼 구축 |

<table>
<tr><th colspan="2">추진 방법</th></tr>
<tr><td>추진 체계</td><td>ㅇ 자연재해 저감을 통한 국민 안전을 확보하고자 하는 정부의 강력한 의지와 관련 연구기관–산업체간 융복합 대응체계<br>ㅇ 재난유형에 따라 여러 정부부처가 공동 참여하는 추진체계 구축(국토교통부, 기상청, 환경부 등)<br>ㅇ 연구개발결과의 최종 수요(수혜)처가 공공영역으로 국가 차원의 참여체계 구축</td></tr>
<tr><td>사업기간</td><td>ㅇ 총 연구(개발)기간 : 4년</td></tr>
<tr><td>소요예산</td><td>ㅇ 총예산 250억원 이내
<table>
<tr><th>계</th><th>1차년</th><th>2차년</th><th>3차년</th><th>4차년</th></tr>
<tr><td>250</td><td>50</td><td>60</td><td>80</td><td>60</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="2">기대 효과</th></tr>
<tr><td>경제적 효과</td><td>ㅇ 2010년 폭설피해에 따른 복구비용 500억원 이상 소요(철도부문 1%만 가정하여도 50억원 이상 절감 가능)<br>ㅇ 재난 · 재해검지 알고리즘 및 인프라 안전성 평가기법의 기술표준화를 통한 첨단 센서 시장 선점</td></tr>
<tr><td>사회적 효과</td><td>ㅇ 지속가능한 교통시스템 구현<br>ㅇ 기후변화 자연재해 피해 예방 및 시설물 관리 효율화<br>ㅇ 재난 · 재해에 대한 정량적인 저감 유도</td></tr>
<tr><td>정책적 효과</td><td>ㅇ 친환경 철도시설물 확충을 통해 철도로의 수송수요 전환 유도 및 대중교통 이용 활성화에 기여<br>ㅇ 국민안전확보를 위한 조기경보 성능을 향상시키며 사회인프라 시설물의 장수명화를 도모하여 사회적 비용 최소화 기여</td></tr>
</table>

# [철도운영및환경 11] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 철도 (초)미세먼지 발생요인 규명 및 제거기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | (초)미세먼지와 박테리아의 동시제거 및 공기 중 확산 최소화를 위한 기능성 활성탄소섬유(ACF) 필터의 개발 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도운영및환경 | 철도환경 | 쾌적성/편의성 기술 | 공기질관리기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 운영환경 | – | X |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | ○ | | ○ | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | | ○ | ○ | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | | | | ○ |

**글로벌 동향**

ㅇ 기술 동향

– 도시철도 터널, 차량, 역사 등 지하공간의 오염물질은 외부로부터 유입되거나 도시철도 운행 및 승객의 이동에 의해 내부에서 발생되며, 도시철도 터널에서 발생한 미세먼지가 지하공간의 주요 오염원으로 인식되고 있음

– 각 도시철도 운영기관에서는 공기질 개선을 위해 역사의 환기시설 개선, 궤도 콘크리트 도상 개량, PSD 설치, 살수차 운영, 분진 흡입차 운영 등 다양한 방안이 시도되고 있으나 공기질 측면에서의 개선효과는 높지 않은 실정임

– 현재까지의 기술은 주로 실내용 공기정화기술이 개발되었으며 밀폐공간에서 일정시간 경과 후 오염물질의 정화효율을 측정함. 56 CMM의 유량을 가진 공조덕트에 UV를 설치 시 일부세균에 대하여 70% 제거효율이 보고되었으나 UV 설치가 필수적이어서 다양한 구조물 적용에는 한계가 있음

ㅇ 관련 정책

– 초미세먼지는 2015년부터 대기환경기준에 포함(연간 평균치 25㎍/m3이하, 24시간 평균치 50㎍/m3이하)되었으며 2016년부터는 '다중이용시설 등의 실내공기질 관리법' 에 추가되어 관리의 중요성이 증대되고 있음

– 환경부에서는 1996년 '지하생활공간 공기질 관리법' 을 제정한 이후 03년 '다중이용시설 등의 실내공기질관리법' 으로 확대 개편하고, '08년 지하역사 공기질 개선 5개년 대책사업을 실시하였음

– 2013년 환경부는 지하역사 공기질을 2015년 말까지 75㎍/m3, 2017년 말까지 70㎍/m3 수준으로 낮추겠다는 계획을 밝혔으나 2016년 70㎍/m3 이하인 지하역사는 총 60곳으로 21%에 불과함

– 최근 환경부 포함 12개 관계부처 합동 ' 미세먼지 관리 종합대책 '을 확정하고, 2022년까지 미세먼지 30% 감축을 목표로 공기질 개선에 정부 예산을 지속적 투입하고 있음

| | |
|---|---|
| | ㅇ 관련 시장<br>– 실내 공기정화 시장에서 필터방식, 정전기 방식, UV 조사방식, 광촉매 산화, 열소독방식 등이 대표적 기술이며 이중 필터방식이 넓은 시장을 확보하고 있음<br>– 공기청정 기술은 알러지 및 천식 등의 증상을 소극적으로 완화할 수 있는 방법이지만 갈수록 공기오염이 심각해지고 있어 공기정화시장은 지속적으로 성장할 것으로 전망<br>– 경제 효과 창출의 측면으로 국내 미세먼지 관련 기술은 주로 예보, 예측 관련 기술, 공기청정기, 마스크 개발 기술 등에 한정되어 있지만, 여전히 미세먼지 제거를 위한 원천기술의 확보할 경우 막대한 경제적 이익 기대 |
| **중점추진 필요성** | ㅇ 철도 지하역사의 미세먼지 평균농도 약 90 $\mu$g/m3으로 는 국내 대기질 기준으로 나쁨 수준이며 실정이며 도시철도 차량 내 농도는 200 $\mu$g/m3 초과 수준까지 측정되고 있음<br>ㅇ 최근 일부 노선에 객실정화장치가 도입되었으나 PET 프리필터와 부직포 필터 적용으로 초미세먼지 제거와 세균 번식 억제 어려움<br>ㅇ 기존 분리된 박테리아 및 초미세먼지기술을 통합하여 효율적으로 국가 현안 문제에 대처할 수 있는 방안이 연구가 시급하며 공기청정기에서 대형 건물용 청정시스템까지 적용 가능한 원천기술이 필요함. 본 과제에서 개발되는 기능성 활성탄소섬유(ACF) 필터는 추가적인 광원 설치 없이도 뛰어난 항균능을 부여하여 초미세먼지와 박테리아의 동시 제거로 공기 중 확산을 최소화하고자 함 |

| **주요 내용 및 예상 성과** | |
|---|---|
| **과제 목표** | ㅇ 초미세먼지 제거용 기능성 활성탄소섬유(ACF) 필터 개발<br>– 실험실 규모의 초미세먼지 제거효율 90% 이상 |
| **추진 내용** | ㅇ 초미세먼지 제거용 기능성 활성탄소섬유(ACF) 필터 개발<br>– 초미세먼지 흡착 면적 증가를 위한 ACF 표면처리 및 개질<br>– 졸–겔 방식에 의한 Cu–aminoclay (구리–아미노점토)의 ACF 고정화 최적화 기술 개발<br>– Electroless deposition(무전해 도금) 방식을 이용한 CuxOy의 ACF 고정화 기술 개발<br>– 수열반응에 의한 anatase TiO2의 ACF 고정화기술 개발<br>– CuxOy/TiO2 하이브리드 나노소재의 ACF 고정방법 최적화 및 ACF 매트릭스 제작<br>ㅇ 초미세먼지 제거용 기능성 활성탄소섬유(ACF) 필터 성능평가<br>– 기능성 ACF 필터의 초미세먼지 제거특성 평가<br>– 페놀 분해를 이용한 광촉매능 평가<br>– 그람 양성/그람 음성 세균에 대한 항균능 평가<br>ㅇ 초미세먼지 처리용 기능성 필터 현장 적용성 평가<br>– 초미세먼지 처리용 기능성 ACF 필터 시작품 제작 및 성능 보완<br>– 현장 적용성 평가를 위한 차량/역사 선정 및 성능검증 시험 |

<table>
<tr><td>예상성과물/<br>스펙</td><td>ㅇ 기능성 나노물질 적용을 통한 초미세먼지 제거용 ACF 필터 합성방법 도출<br>ㅇ 초미세먼지 제거용 ACF 필터 개발 (실험실 규모 저감효율 70% 이상)<br>ㅇ 기능성 ACF 필터를 이용한 초미세먼지 제거시스템의 실증화 (실험실 규모 저감효율 90% 이상)</td></tr>
<tr><td colspan="2">추진 방법</td></tr>
<tr><td>추진 체계</td><td>ㅇ 관련 분야 과제 수행경험을 보유한 철도전문 연구기관 연구진을 중심으로 기술요구 사양제시, 개념설계, 핵심기술 개발 및 과제 전반을 추진함<br>– 전문가 집단의 자문을 통해 초미세먼지 처리용 기능성 필터 개발하고 연구원이 보유한 기술을 적용하여 초미세먼지 제거 효율 평가 진행<br>– 전문기업과 협업을 추진하여 필터 시작품을 제작 후 차량 및 지하역사 공조장치 현장 적용 계획. 성능 검증 및 보완을 진행하고 개발된 시작품의 기술이전을 통한 상용화</td></tr>
<tr><td>사업기간</td><td>ㅇ 총 연구(개발)기간 : 3년</td></tr>
<tr><td>소요예산</td><td>ㅇ 총예산 60억원 이내<br><table><tr><th>계</th><th>1차년</th><th>2차년</th><th>3차년</th></tr><tr><td>60</td><td>20</td><td>20</td><td>20</td></tr></table></td></tr>
<tr><td colspan="2">기대 효과</td></tr>
<tr><td>경제적 효과</td><td>ㅇ 실험실 규모에서의 초미세먼지 처리효율 90% 이상 달성으로 초미세먼지 및 유해미생물의 확산 최소화로 후처리 비용 절감<br>ㅇ 도시철도 차량 객실정화장치 내의 부직포 필터와 역사 공조환기장치 내의 미세먼지 필터를 대체할 수 있으며 철도뿐 만 아니라 타 교통수단 및 건물 공조시스템에 원천기술로 확대 활용 가능</td></tr>
<tr><td>사회적 효과</td><td>ㅇ 철도를 포함한 주요 교통수단 및 공공시설 적용을 통해 승객이 실감할 수 있는 쾌적한 철도환경 개선으로 여객, 관계 종사자 및 주민의 생활환경 개선 기여</td></tr>
<tr><td>정책적 효과</td><td>ㅇ 정부 국정목표 중 하나인 ‘미세먼지 걱정 없는 쾌적한 대기환경 조성’ 에 부합하며 대중교통의 초미세먼지로 인한 악영향을 저감하기 위한 기술개발을 통해 지속적 수요 창출 효과</td></tr>
</table>

# [철도운영및환경 12] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 철도차량 입환 자동화 및 무인피킹 기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 철도차량(화물용)의 입환을 자동으로 수행하고 물류시스템에 활용되는 지게차, 피킹장치 등 물류 자동화 기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도운영및환경 | 철도계획운영 | 철도물류기술 | 물류운송시스템 기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 운영환경 | AI | X |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | ○ | | ○ | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | ○ | | | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | | | | ○ |

**글로벌 동향**

ㅇ 현재 철도차량 입환 작업은 작업자가 물류차량의 연결기와 공기호스를 직접 해체하는 근대적 방식에서 벗어나지 못하여 사상사고 발생의 위험이 매우 큼
- 14년 오봉역, 17년 광운대역에서 입환 작업 중 사망사고 발생

ㅇ AMS사의 무인지게차는 최초의 국산화 모델로 AGV(Automated Guided Vehicle)와 지게차의 기능이 결합된 장비임. 물류시설, 생산 공장 등 제한된 공간에서 운용하기 위한 시스템으로 군 및 농산물 산지등에서 적용하기에는 어려움이 있음

ㅇ 평창산업에서 개발, 상용화 중인 소형 전동 지게차는 기존의 최소 1t 이상의 지게차와는 다르게 초소형으로 제작한 지게차로 최대 인상능력이 100kg 밖에 되지 않지만 폭 90cm까지 통과가 가능하여 아파트, 좁은 골목길에서 소· 중화물 운반에 사용할 수 있음. 하지만 인상능력면에서 기존 지게차를 대체는 불가능함

ㅇ 해외에서는 이탈리아의 MDB Srl사는 캐터필터 장치를 이용한 낮은 높이의 소형 지게차, Pocket Lift를 개발, 상용화하였음. 또한 벨기에의 소형크레인 및 리프트 제작회사인 Palfinger사의 BM154 모델은 Pocket Lift와 마찬가지로 차량 탑재가 가능하도록 개발된 소형 무인 접이식 지게차를 개발하였음

ㅇ 하지만 차량하부에 적재하는 방식으로 군 등에서 많이 사용되는 5톤이하의 트럭에 쉽게 적용하기 어렵다는 단점이 있으며 지게차 자체의 무게가 많이 나가는 단점이 있음.



[AMS사의 무인지게차]



[MDB SRL 사]




[Palfinger 사]

| | |
|---|---|
| **중점추진 필요성** | ㅇ 지게차는 화물을 실어 옮기는데 쓰는 특수차량으로 화물 운반 작업에서 빠질 수 없는 필수 장비로 물류센터 등에서 주로 사용<br>ㅇ 군의 경우 소규모 물류현장 및 대대급 이하 소부대에서는 모두 지게차를 보유하고 있기에는 물량 규모가 작기 때문에 인력 중심의 하역작업이 주로 이루어지고 있음. 특히 현재 군 병력 감축을 추진하고 있으며 이 경우 화물 상하역을 위한 인력은 더욱 감소될 것으로 보여 장비위주 군수지원 필요성 증가되고 있음<br>ㅇ 전시 등 비상상황 발생 시 물자 집중 등으로 보급계획의 원활한 수행이 어려운 상황이며 이의 주된 요인은 화물의 상하역 능력의 제한 때문임. 특히 작전지역의 경우 기존 지게차를 이동시키는 것이 어려울 것으로 예상되며 이는 작전지역의 물자보급에 악영향을 초래할 수 있음<br>ㅇ 농산물 산지에서 과실 및 채소류 상하역 시 주로 인력에 의존하고 있으나 고령화로 인해 인력수급이 어려운 상황임. 산지까지 트럭 및 화물 상하역을 위한 지게차 등 장비를 동시에 수급하는 것이 쉽지 않은 상황으로 트럭에 탑재하여 이동이 가능한 화물 상하역 장비 개발의 필요성이 요구됨<br>ㅇ 무인 접이식 지게차는 해외 2개사에서 개발되어 사용되고 있는 시작 단계로 지게차의 화물차량 탑재 방법이 제한적인 상황임. 또한 우리나라 군 등에서 요구하는 기술적 사양에 맞도록 기술개발이 필요함. 국내 기술로 개발 시 기술의 국산화 및 개량화를 통한 수입대체 효과가 가능할 것임 |

| **주요 내용 및 예상 성과** | |
|---|---|
| **과제 목표** | ㅇ 철도차량 입환 자동화 기술<br>ㅇ 무인 접이식 지게차 기술<br>ㅇ 자동 화물 피킹 기술 |
| **추진 내용** | ㅇ 철도차량 입환 자동화 기술 개발<br>– 자동 연결 · 분리 가능한 연결장치 시스템 설계<br>– 기관차 제어시스템 및 컨트롤 센터 설계<br>ㅇ 철도차량 입환 자동화 기술 개발<br>– 자동 연결 · 분리 가능한 연결장치 시스템 설계<br>– 기관차 제어시스템 및 컨트롤 센터 설계<br>ㅇ 무인 접이식 지게차 기술개발<br>– 차량 탑재 가능한 형태의 접이식 구조 설계<br>– 비평탄 야지 기동력을 갖춘 이동장치 설계<br>– 장비 운영제어기술 설계<br>– 원격 무선 통신 및 제어기술<br>ㅇ 무인 화물 피킹장치 기술개발<br>– 화물 형상인식 알고리즘 개발<br>– 화물 피킹로봇 기술개발<br>– 현장 적용시험 평가 |

| | |
|---|---|
| **예상성과물/ 스펙** | ○ 철도차량 입환 자동화 기술<br>– 물류차량 자동 연결 · 분리가 가능한 자동연결기시스템 기술<br>○ 기관차 제어시스템 및 제어 컨트롤 시스템 구축<br>– 물류차량별 자동 연결 · 분리가 가능하도록 기관차 제어시스템<br>– 기관차 원격 감시 · 무선제어 컨트롤 시스템<br>○ 무인 접이식 지게차 개념 설계 3D구현<br>– 지게차 포크 및 마스트 등 접이 방식 구조<br>– 지게차 이동을 위한 이동주행장치<br>– 차량 상하차를 위한 적재방식 (차량 개조부문 등)<br>– 주행안정성 향상을 위한 방식 등<br>○ 관련 기술 및 시장 동향 분석에 따른 상용화 가능성 여부<br>– 군 및 농산물 시장 등 주요 적용가능시장 도출<br>– 주요 적용시장 별 요구사항 검토 및 상용화 가능성 검토 |

| **추진 방법** | |
|---|---|
| **추진 체계** | ○ 정부 및 철도운영기관 및 제작사 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축<br>– 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있도록 관련 기술수요처 의견수렴<br>– 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영<br>○ 관련분야 전문가 자문회의 등 내 · 외부 전문가 의견 수렴<br>○ 해외 선진기술에 대한 지속적인 벤치마킹을 위한 외국기업체 및 연구기관과의 협력 추진<br>○ 축적된 기술을 반영하고, 산학연의 공동 연구개발 체계를 구축하고 기초 연구와 설계 및 해석, 평가가 이루어 질 수 있는 추진체계 구축 |
| **사업기간** | ○ 총 연구(개발)기간 : 5년 |
| **소요예산** | ○ 총예산 290억원 |

| 계 | 1차년 | 2차년 | 3차년 | 4차년 | 5차년 |
|---|---|---|---|---|---|
| 290 | 50 | 50 | 80 | 80 | 30 |

| 기대 효과 | |
|---|---|
| **경제적 효과** | ㅇ 입환자동화 시스템 시장 효과<br>– 국내신규시장 매출액: 약145억원(연간 약29억원)<br>– 개조예상시장 매출액: 약180억원(연간 약 18억원, 연간 200량 개조 시)<br>– 해외신규시장 예상목표: 연간 약50억원(연간 해외시장의 1% 점유목표 기준)<br>– 국내신규시장 매출액: 제어시스템 연간 약7억원(연간 2SET 구축 시) |
| **사회적 효과** | ㅇ 원거리 자동 입환 기술 확보를 통해 철도 안전성 확보 및 사상사고 예방<br>ㅇ 신속한 작업진행과 물류비의 절감이 가능<br>ㅇ 인력에 의한 물류 작업으로 인한 안전사고 감소<br>ㅇ 국반과학기술 측면에서는 위험물 운반뿐만 아니라 각종 지뢰나 장애물 같은 장애물 제거, 일반 물자의 운반에도 사용할 수 있음 |
| **정책적 효과** | ㅇ 차량 탈·부착의 현실화로 현장에서 별도의 지게차를 구비할 필요 없음<br>ㅇ 무인운반 방식으로 인한 안전성 향상으로 작업효율이 증가하여 물류합리화의 실현<br>ㅇ 철도차량 입환 자동화 및 물류차량용 자동연결기 기술 확보 |

# [철도운영및환경 13] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | IoT기반 철도 위험성 사전예측 및 위험도 관리기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 국가, 시설관리자, 운영자 별로 관리할 안전관련 데이터 표준과 데이터를 입력·관리할 수 있는 시스템을 구축하고, 신뢰성, Big-Data 및 AI 기술을 활용하여 국가수준에서 철도의 위험원을 사전에 예측하고 관리할 수 있는 의사결정시스템의 개발 기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도운영및환경 | 철도안전 | 위험도평가기술 | 위험도분석및평가기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 차량-인프라-운영환경 | 빅데이터/AI/클라우드 | O |

| 과제유형 | 기초·원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | O | O | O | O |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준·지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | O | O | | O | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | O | O | O | |

**글로벌 동향**

o 기술 동향

- 영국 철도안전연구원(RSSB)은 '16년부터 위험도평가시스템(SRM)을 중심으로 모바일 보고체계, 위험사건(near-miss) 보고시스템, 지리정보시스템, 자산관리시스템, 운영시스템 등과 연계한 지능형 안전관리시스템(SMIS+*)을 구축 중
  ※ SMIS+(Safety Management Intelligence System Plus) : 동 시스템을 활용하여 위험도를 감소시킬 수 있는 잠재성이 큰 12개 핵심 영역에 대한 관리를 강화 계획
- 프랑스 SNCF는 기존 분산된 철도안전관련 정보를 Big-Data 기반 모델을 통해 처리하여 위험도기반의 안전관리 시행
- 일본 철도종합기술연구소(RTRI)는 안전 DB를 분석하여 의사결정을 지원하는 철도종합 안전관리 지원시스템 구축을 추진

o 관련 정책

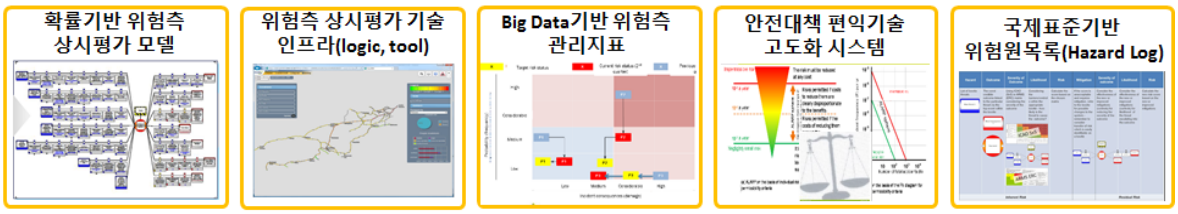
- (유럽) EU 산하 유럽 철도국(ERA)은 'Capacity4Rail' 프로젝트('13~'17)를 통하여 첨단기술을 활용한 효율성·안전성 제고를 추진 중
- (미국) 국립학술원 산하 교통연구위원회(TRB)는 'New IDEAS for Rail Safety' Project를 통해 첨단기술을 활용한 안전성 제고를 추진
- (중국) 철도안전은 운영 프로세스의 표준화, 안전관리 체계의 제도화, 보안위협 대응, 안전목표 수립 등 제도 정비에 주력

o 관련 시장

- (스마트교통) 자율주행을 위한 차세대 ITS 구축, 교통량에 실시간 대응하는 스마트 신호, 운전자 피로도 감지 등 지능형 교통안전, IoT, AI 등을 활용한 공항이용 스마트화 등 추진
- (스마트시티) 빅데이터 기반 도시운영 체계 구축을 통한 스마트시티·도시재생, 3D 가상설계·자동시공 등 스마트 건설 등 추진

| | |
|---|---|
| | – (스마트안전) IoT 기반 노후시설물 이상검지 · 신속대처, 지능형 CCTV · 3D얼굴인식 활용 치안 강화, 해상 내비게이션 서비스 제공, 생활화학물질 유해성 실시간 확인 기술개발, 위성 · 드론 활용 지능형 산림관리 등 추진 |
| **중점추진 필요성** | ㅇ 국내 철도에서는 「철도안전법」 개정(`14)을 통해 위험관리 기반의 안전관리체계 제도를 도입하였으나, 사고에 따른 사후관리 위주의 정책이 지속<br>– (안전관리 미흡) 법령을 통해 사후적인 사고 · 장애 통계를 관리하고 있으나, 근본원인 분석 및 사고예방에 이르지 못하여 재발방지에 한계<br>– (경험적 유지관리체계 유지) RAMS 제도는 도입(`14)되었으나, 관리해야 할 데이터의 종류 및 분석의 틀 등을 정립하지 못하고 있어, 경험에 의해 수립된 기존 유지관리 주기를 관습적으로 활용<br>– (위험도 평가 미정착) 안전관리체계 도입(`14)에 따라 위험도 평가는 시행하고 있으나, 운영자가 적용을 어려워하여 실효성이 부족<br>– (안전감독의 체계성 부족) 철도안전감독 활동이 데이터 분석 · 관리 없이 개별 감독관 활동에 의지함에 따라 감독 데이터의 체계적 활용 부족<br>ㅇ 철도 현장의 위험원 종합 분석을 통해 PDCA(Plan–DO–Check–Act) 기반으로, 사고로 이르는 사슬(chain)이 안전관리체계에서 체계적으로 관리될 수 있도록 신뢰성, Big–Data 및 AI 기술을 활용하여 철도의 위험원을 사전에 예측하고 관리할 수 있는 의사결정시스템을 개발 필요 |

| **주요 내용 및 예상 성과** | |
|---|---|
| **과제 목표** | ㅇ 신뢰성, Big–Data 및 AI 기술을 활용하여 국가차원에서 철도운영자 별 분야별 · 구간별 안전상황을 진단하고, 위험원을 사전에 감지하여 안전대책의 효과를 분석할 수 있는 의사결정시스템 개발 |
| **추진 내용** | ㅇ (빅데이터 기반의 안전관리) 사고 · 장애 · 위험사건 · Near Miss 등 정보를 수집하고, 데이터의 체계적 관리 · 분석을 통해 위험요인을 예측 · 관리할 수 있는 지능형 안전관리시스템 개발<br>– (데이터 수집) 국가–운영자(본부)–운영자(지역본부 또는 분야) 별로 관리할 데이터 관리표준을 만들고 데이터를 입력 · 관리할 수 있는 시스템 마련<br>– (데이터 연계) 빅데이터 기술의 상용화에 따라 차량, 부품, 시설물 등의 고장, 유지관리 이력정보가 수집되도록 연계<br>– (위험 예측 · 관리) 데이터분석을 통해 위험요인을 식별하고, 수용불가 영역에 있는 사안에 대해서는 예방대책을 수립하도록 통보<br>ㅇ (체계적인 위험도 평가) 지능형 안전관리시스템을 통해 수집된 정보를 바탕으로 공학적 모형을 통해 위험도를 평가하고 분석하여 위험도를 저감할 수 있는 시스템 구축<br>– 국가차원에서 분야별 · 구간별 위험도 평가를 수행하여 철도운영자의 안전상황을 진단하는 프로그램 및 운영자의 안전관리를 지원하는 시스템 개발<br>– 위험요인 식별, 위험도 분석, 위험도 평가, 위험도 감소대책, 기록 · 검증 등 Big–Data 및 AI 기술을 활용하여 평가단계 별 구체적 실행방안을 제시 |

| | |
|---|---|
| | – 위험도 감소대책을 통해 실현하려는 안전목표를 분야별로 구체화하여 제시, 안전투자에 대한 성과평가 및 향후 투자계획 수립 지원<br>  <br><br><br>ㅇ (감독지원시스템 구축) 사고–감독–후속조치를 통합 관리하는 시스템을 구축하고, 데이터 분석을 통해 집중관리 대상, 최적 조치명령 등을 제시<br>– 철도운영자가 보고한 위험사건 등을 분석하여 운영자 별 안전 취약분야를 발굴하여 집중 안전감독 추진<br>– 시스템 고도화를 통해 분야별 · 운영자별 취약사항, 보고된 사고 및 감독조치에 대한 보완조치가 제대로 이루어지는지 모니터링<br>– 감독관의 국제표준 이해 및 정량정보기반 위험도 관리 전문성 강화를 위한 전문기관 교육프로그램 구축 · 운영 |
| **예상성과물/스펙** | ㅇ 성과물<br>– 국가–운영자(본부)–운영자(지역본부 또는 분야) 별로 관리할 안전관련 데이터 관리표준<br>– 안전관련 데이터 관리표준에 따른 데이터를 입력 · 관리하고, 차량, 부품, 시설물 등의 고장, 유지관리 정보를 연계하여 시간에 따른 위험도를 분석하고, 예측할 수 있는 지능형 안전관리시스템<br>– 국가, 시설관리자, 운영자 등이 사고 · 장애 · 위험사건 · Near Miss 등의 원인을 종합적으로 분석하여 위험을 저감할 수 있는 체계 구축<br>– 원인분석 및 데이터 분석에 근거한 안전관리를 통해 사고 위험요인 예측 및 예방 최적 의사결정 솔루션<br>– 위험도 기반의 ALARP(As Low As Reasonably Practicable) 적용으로 적재적소에 가장 필요한 안전투자효과분석 솔루션(ERA가 위험도 평가를 통해 허용위험도 초과하는 경우의 안전투자를 의무화한 제도)<br>– 과학적 위험도 관리를 바탕으로 감독활동을 시행하고, 조치사항의 빅데이터 분석을 통한 최적 안전대책 도출 지원시스템(Big–Data 및 AI 기술을 통해 조치사항 별 최적의 안전결과를 가져온 패턴을 인지 · 적용)<br>– 운영자의 자발적인 위험도 관리 활성화 · 내실화를 통해 사고가 발생하기 전 대응하는 예방적 안전관리체계 구축<br>ㅇ 개발목표–구체적인 스펙<br>– 사고건수 50% 감소, 사망자수 50% 감소 및 정시율 상향( 97%→99%)을 위한 핵심기술 개발(국토교통부 “스마트 철도안전관리시스템 구축 기본계획” 에 따른 목표설정) |

<table>
<tr><th colspan="2">추진 방법</th></tr>
<tr><td>추진 체계</td><td>o 철도분야별 R&D 전문가를 보유하고, 국가수준의 철도시스템의 위험도 모델링, 공학적 분석 및 평가의 역량을 가지고 지속적인 연구개발을 수행할 수 있는 기관이 주관<br>– 주관기관을 중심으로, 정부, 운영기관, 시설관리자가 연구성과 보급 및 현장 적용성 검증</td></tr>
<tr><td>사업기간</td><td>o 총 연구(개발)기간 : 3년</td></tr>
<tr><td>소요예산</td><td>o 총예산 130억원
<table>
<tr><th>계</th><th>1차년</th><th>2차년</th><th>3차년</th></tr>
<tr><td>130</td><td>40</td><td>50</td><td>40</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="2">기대 효과</th></tr>
<tr><td>경제적 효과</td><td>o 사고건수 50% 감소, 사망자수 50% 감소, 정시율 상향( 97%→99%) 및 고장율 감소로 인한 경제적 손실 방지</td></tr>
<tr><td>사회적 효과</td><td>o 국가 안전관리체계 및 위험도 평가의 전문연구기관 지정 준비 및 국가 철도사고 위험원에 대한 종합적인 분석을 통해 사고로 이르는 사슬(chain)의 체계적 관리<br>o 기존 철도사고 후속조치 및 운영기관 애로해결 중심 연구개발 방식을 탈피하고, 국가의 철도안전 컨트롤타워 역할수행과 선제적 사고예방을 위해 국가주도 철도안전 연구개발<br>o 위험도 기반의 철도안전관리체계 실효성 평가모델을 참고하여 철도운영자의 안전관리 수준을 평가하여 실효성 확보</td></tr>
<tr><td>정책적 효과</td><td>o 원인분석 및 데이터 추세분석에 근거한 실시간 안전관리를 통해 사고 위험요인 예측 및 예방 최적 솔루션 제공<br>o 위험도 기반의 ALARP(As Low As Reasonably Practicable) 적용으로 적재적소에 가장 필요한 안전투자를 시행<br>o 과학적 위험도 관리를 바탕으로 감독활동을 시행하고, 조치사항의 빅데이터 분석을 통한 최적 안전대책 도출<br>o 과학적 위험도 관리운영자의 자발적인 위험도 관리 활성화 · 내실화를 통해 사고가 발생하기 전 대응하는 예방적 안전관리체계 구축</td></tr>
</table>

# [철도운영및환경 14] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 철도 부품 장치의 신뢰성 및 가속수명 시험검증 적용 기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 철도부품의 신뢰성을 국제표준에 따라 정량적으로 예측, 추정, 입증하기 위한 기술체계 정립하고 시험검증 적용 기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도운영및환경 | 철도안전 | 안전엔지니어링기술 | 안전성 검증/인증 기술 |
| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 | |
| | 차량-인프라 | IoT | X | |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | ○ | | | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | ○ | | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | ○ | ○ | ○ | |

| 글로벌 동향 | ㅇ 기술 동향<br>– 철도적용 신뢰성, 가용성, 유지보수성, 안전성(RAMS) 관리체계에 대한 국제표준인 IEC 62278에서는 철도부품에 대한 신뢰성(운용시간 중 기능실패률)을 정량적으로 예측(Prediction), 추정(Estimation), 입증(Demonstration)토록 하고 있으며, 전 세계 실용화시장에서는 필수요건으로 관리하고 있음<br>ㅇ 관련 정책<br>– 제3차 철도안전종합계획 「3.1 철도차량 이력관리제 도입」과 관련하여 주요 부품의 신뢰성 향상방안 마련을 주요과제로 선정<br>ㅇ 관련 시장<br>– 국내외 철도차량 및 시설분야 철도용품 대상 |
|---|---|
| 중점추진 필요성 | ㅇ 철도선진국(영국, 독일, 프랑스, 중국)대비 약 10년의 격차 추정<br>ㅇ 주요 선진국은 제조, 운영, 유지보수 전반에 대한 철도RAMS 국제표준을 적용하고 있으나, 한국철도는 아직 성능중심의 기술개발에 머물러, 빠르고 편리한 기능 대비 수명과 안전성이 크게 취약함 |

| 주요 내용 및 예상 성과 | |
|---|---|
| 과제 목표 | ㅇ 최종목표<br>– 철도시스템 주요부품의 신뢰성을 정량적 수치화하여 운영 및 유지보수 비용의 최적화를 위한 기반 마련<br>– 관련 국제표준에 따른 설계, 제작, 운영, 유지보수 체계 구축 |
| 추진 내용 | ㅇ 주요부품별 신뢰도 예측<br>– 위험도평가를 통한 철도시스템 주요부품 선별<br>– 전기전자류의 우발고장 특성을 고려한 신뢰도 예측 체계 |

| | |
|---|---|
| | – 기계류의 마모고장 특성을 고려한 신뢰도 예측 체계<br>– 다중계구조 신뢰도 예측 체계<br>o 주요부품별 신뢰도 추정 및 입증 체계 및 인프라 구축<br>– 고장특성을 고려한 가속스트레스 및 가속수명 평가 방안 정립<br>– 철도부품에 적합한 가속비 산정 및 신뢰수준 통계처리 방안 정립<br>– 스트레스요인(온도, 진동)별 표준시험절차개발 및 시험인프라 구축 |
| **예상성과물/ 스펙** | o 성과물<br>– 주요철도부품 선정 및 철도적용 신뢰도 예측 가이드<br>– 철도적용 주요부품 신뢰도입증 가이드 및 시험인프라 구축<br>– 철도적용 주요부품 신뢰도관리 KRS 제정<br>o 개발목표–철도적용 주요부품 신뢰도의 정량적 평가 가능 |

| **추진 방법** | |
|---|---|
| **추진 체계** | o 철도적용 주요부품 선정을 위한 위험도평가와 국제표준에 따른 제품인증기관<br>o 일반산업 신뢰성시험 인프라 보유기관 참여 |
| **사업기간** | o 총 연구(개발)기간 : 5년 |
| **소요예산** | o 총예산 50억원 이내 |

| 계 | 1차년 | 2차년 | 3차년 | 4차년 | 5차년 |
|---|---|---|---|---|---|
| 50 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |

| **기대 효과** | |
|---|---|
| **경제적 효과** | o 국제표준에 따라 정량적으로 예측, 추정, 입증하기 위한 기술체계 정립하고 시험검증을 통한 해외 시험/인증 비용 절감<br>o 철도 인증 관련 시장 창출 |
| **사회적 효과** | o 철도안전법 형식승인제도에서 요구하는 정량적 신뢰도의 입증체계 정립<br>o 해외진출 시 필수요건인 신뢰도 제시를 위한 산업계 지원 |
| **정책적 효과** | o 제3차 철도안전종합계획의 주요부품 신뢰도 향상방안 지원 |

# [철도운영및환경 15] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | IOT기술 기반 화물차량, 화물터미널 지능화 및 화물 실시간관리 기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 화물의 운송, 분류, 저장, 제고 관리 등 화물을 취급하는 전 과정에 대해서 화물의 정보를 정확히 식별하고, 관련 정보를 이용하여 예측 및 처리하여, 화물 취급의 효율성을 높이도록 하는 사물통신기술을 통한 화물 정보의 실시간 관리 기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도운영및환경 | 철도계획운영 | 철도물류기술 | 물류정보화기술 |
| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 | |
| | 차량-인프라-운영환경 | IoT | X | |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | ○ | | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ○ | ○ | | ○ |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | | | | ○ |

| | |
|---|---|
| 글로벌 동향 | ㅇ 폭발적으로 증가하는 홈쇼핑, 인터넷 쇼핑의 물류창고의 무인화, 효율화를 지원하기 위한 다기능 셔틀 기술의 필요성<br>– 현재 일부유럽 및 일본에서 개발 및 운영 중인 셔틀의 경우 랙 위에서만 동작 가능하여 사용범위 및 적용대상 시장의 제한이 따름<br>– 또한 창고 프로세스 상 랙에 상품을 적재하기 위한 전처리 과정 및 랙에서 상품을 픽업한 후에 이를 이송하는 별도의 장비가 필요(피킹작업 외의 작업을 위해선 타 장비와 연계가 필요)<br>– 물류 창고의 사용환경은 매우 다양한데 현재 기술로는 환경에 따라 주문 제작하여 이에 따른 비용 소요가 큼. 추가 장비비용 발생 및 시간지연 등으로 인한 비효율성을 개선하기 위하여 물류 창고 환경 변화에 따라 개조가 가능하도록 모듈화된 레고형 셔틀 시스템이 요구됨<br>ㅇ 기존 박스포장의 경우, 사전에 정해진 골판지를 재단하여 접는 방식으로 박스 제작 시, 제작비용 및 시간의 소요로 인한 비효율성 발생<br>– 일반적으로 배송용 포장은 주로 골판지 상자를 이용하여 외포장을 하며 화물의 크기의 다양성을 고려하지 않은 포장으로 포장재의 낭비 및 적재효율이 떨어짐<br>– 현재의 포장기술은 동일한 크기의 박스를 포장하는 데 특화 되어 있으며 긴급주문 발생 시 수작업 등의 박스의 재포장이 요구 됨 |
| 중점추진 필요성 | ㅇ 택배산업의 구조적 문제로 인해 서비스 품질 저하로 인한 낮은 서비스 만족도 해결<br>– 택배 사용은 증가하고 있으나, 제도 부재, 과당경쟁, 편법 영업 등의 문제로 인해 서비스 품질은 낮음<br>– 낮은 단가와 배송 수량은 증가됨으로, 택배기사의 업무(배송정보 확인, 배송 전/후 고객과의 통화 등)와 소요 비용이 늘어남으로 택배사나 택배기사의 이익 감소 |

| | |
|---|---|
| | ㅇ 종이 운송장으로 인한 개인정보 유출 문제 해결<br>– 택배화물 인도 또는 수취 후, 택배상자에 부착된 종이운송장은 폐기되지 않고 그냥 버려지고 있음<br>– 이러한 종이운송장으로부터 개인정보가 유출되어 불법 사용 또는 도용 사례가 증가하여 사회적 문제 발생<br>– 더욱이 범죄에 악용되는 경우도 발생하여 고객들의 불안감이 고조되고 있음<br>– 종이운송장을 무기재 운송장 식별체계로 대체함으로 보안 강화<br>ㅇ 택배 화물 배송 시 방문서비스로 인한 범죄 예방과 안정성 강화 필요<br>– 택배기사일 경우 쉽게 방문을 허락하는 점을 악용하여, 택배기사를 사칭한 범죄 건수가 증가하고 있음<br>– 노약자, 주부, 어린이 또는 혼자 집에 있는 사람을 대상으로 하기 때문에, 방문 전달의 어려움 발생. 배송시간 변경하거나 재방문을 요청하기 때문에 택배기사의 업무가 늘어나고 이에 따른 비용/시간/연료 손실 발생, 이익 감소<br>ㅇ 무인 택배함으로 인한 택배 기사의 불편함 해소<br>– 무인 택배함에 화물 투입할 때, 택배기사는 종이운송장에 기재된 수하인 정보를 무인택배함 단말에 입력해야 하는 불편함과 시간 손실 발생<br>– 수기로 입력된 종이운송장은 글씨 확인이 어렵거나 잘못 읽혀지기도 하여 오배송이 발생하기도 함<br>– 오배송 확인절차와 정당한 수하인에게 재배송되어야 하므로, 추가적인 비용 및 시간이 소요됨<br>– 현재는 택배사와 무인택배 운영사가 서로 달라 상호간 정보 공유 및 업무 협력이 어려운 상황임<br>ㅇ 고객 만족도와 택배산업 업무 생산성 향상<br>– 택배 서비스 고객들은 귀중품 배송, 부패 또는 파손되기 쉬운 품목 배송, 즉시 배송, 지정시간 배송 등 다양한 서비스를 요구하나 현 서비스 체계는 이를 지원할 수 없음<br>– 물품 분실, 부패, 파손 등의 경우 배송단계까지 가서야 확인할 수 있어 불편함 및 경제적 손실 발생<br>– 부재 시 관리실 또는 특정한 곳에 배달된 경우, 택배화물 수령의 불편함 발생<br>– 부재 시, 고객이 재방문을 요구하는 경우가 발생. 이로 인해 택배기사의 업무가 늘어나고 시간/비용/연료 손실 발생 |

| 주요 내용 및 예상 성과 | |
|---|---|
| **과제 목표** | ㅇ 화물차량 및 물류센터 지능화를 위한 IoT기반 실시간 화물관리 기술개발<br>– 화물차량 및 물류센터 지능화를 위한 IoT 표준 플랫폼 기술개발<br>– IoT기반 지능형 물류관리 기술개발 |

| | |
|---|---|
| **추진 내용** | ㅇ 화물차량 및 물류센터 지능화를 위한 IoT 표준 플랫폼 기술개발<br>– IoT기반 지능형 화물 식별체계 기술개발<br>– IoT기반 지능형 화물처리를 위한 전자 운송장 표준 개발<br>– IoT기반 지능형 화물 처리를 위한 물류 표준 업무프로세스 개발<br>– 지능형 물류 처리를 위한 IoT 표준 인터페이스 개발<br>ㅇ 화물차량 및 물류센터 지능화를 위한 IoT 정보 저장 및 처리를 위한 빅데이터 기술개발<br>– 지능형 물류 처리를 위한 IoT 정보 저장 표준 기술개발<br>– 지능형 물류 처리를 위한 IoT 정보 상호 연계 처리 기술 개발<br>– 지능형 물류 처리를 위한 IoT 정보 가시화 기술개발<br>ㅇ 화물차량 및 물류센터 지능화를 위한 IoT 정보 의사결정 기술개발<br>– IoT정보 기반 화물차량 최적 배차 및 관리 최적화 기술개발<br>– IoT기반 물류센터 운영 관리 시스템 기술개발<br>ㅇ 지능형 물류관리 시스템 기술개발<br>– IoT 기반 화물 정보 식별을 위한 IoT 단말 개발<br>– 지능형 화물 처리를 위한 IoT 모듈 기술개발<br>– IoT 기반 물류 운송 용기 개폐 및 파손 여부 확인 단말기 기술개발<br>– 지능형 택배 물류 운송 용기 오류 및 경고 모듈 개발 |
| **예상성과물/ 스펙** | ㅇ 화물차량 및 물류센터 지능화를 위한 IoT 표준 플랫폼 기술개발<br>ㅇ 화물정보 빅데이터<br>ㅇ IoT 정보 기반 실시간 관리를 위한 의사결정 시스템<br>ㅇ 지능형 ioT기반 물류 운송장 인식할 수 있는 단말기<br>ㅇ 지능형 물류 스마트태그<br>ㅇ 지능형 물류 화물 상태 및 운송용기 상태 확인 단말기<br>ㅇ 지능형 물류 관리 시스템 관련 특허 |

| **추진 방법** | |
|---|---|
| **추진 체계** | ㅇ 국내 물류 및 IoT관련 기술 전문가 그룹을 구성하고 산학연 연계 및 정부 지원 하에 연구를 수행<br>ㅇ 시제품 제작 및 시험 평가를 위해 관련 산업체의 참여가 반드시 필요하며, 기초 요소기술 연구를 위한 대학 등의 연구기관 참여가 바람직함<br>ㅇ 연구내용의 검증 및 객관성 확보를 위해 외부 전문가 자문위원회 구성 및 운영하고, 연구내용의 기술적 · 정책적 · 경제적 보완사항에 대한 자문을 받을 것<br>ㅇ 연구개발 성과의 실제적용 과정에서 설계사항 변경가능성을 줄일 수 있도록 연구과정에서 철도 전문기술을 보유한 기관을 반드시 참여하도록 함<br>ㅇ 본 연구는 산 · 학 · 연 공동연구를 기본으로 하며, 필요시 선도적 위치에 있는 해외기관 및 전문가와 공동연구를 추진할 수 있음 |

<table>
<tr><td>사업기간</td><td>○ 총 연구기간 : 5년</td></tr>
<tr><td>소요예산</td><td>○ 정부출연금 280억원 이내
<table>
<tr><th>계</th><th>1차년</th><th>2차년</th><th>3차년</th><th>4차년</th><th>5차년</th></tr>
<tr><td>260</td><td>40</td><td>50</td><td>65</td><td>55</td><td>50</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

| 기대 효과 | |
|---|---|
| **경제적 효과** | ○ 수작업 및 수기 입력 배제로 데이터 정확도 증대 –> 오배송 및 확인절차에 따른 택배사 업무 부하 및 추가 비용, 시간 절감 효과<br>○ 택배화물 상태, 포장용기(패키지) 상태(파손, 개폐 여부 등)를 실시간으로 파악 가능 –> 사용자 및 택배사 손실 감소, 실시간 확인으로 서비스 만족도 증대 |
| **사회적 효과** | ○ 스마트태그, 무기재 운송장으로 정보 자동인식, 사람의 개입 최소화 –> 택배 물류 비용 절감, 업무량 감소, 택배산업 환경 개선<br>○ 무기재 로봇형 택배물류 운송장 및 식별체계로 개인정보 유출 방지 및 범죄 악용 근절 –> 국민 생활 안전 증진 |
| **정책적 효과** | ○ 표준 운송장, 표준코드, 식별체계 등의 국제표준화로 물류표준 분야 선진국가로의 위상 제고 |

# [철도운영및환경 16] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 철도차량 쾌적성 및 승차감 향상 기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 철도차량 운행에 있어 쾌적성 및 승차감 등 이용객이 느끼는 다양한 요소를 개선하기 위한 철도차량 및 관련 시설을 향상시키는 기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도운영 및 환경 | 철도환경 | 쾌적성/편의성기술 | 쾌적성 기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 차량-인프라-운영환경 | IoT/빅데이터 | O |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | O | | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | O | | O | | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | O | O | O | |

| | |
|---|---|
| 글로벌 동향 | ㅇ 프랑스, 독일 등에서는 진동에 의한 승차감, 실내소음, 공기조화, 이명현상, 실내 시설의 안락성 등 쾌적성에 영향을 미치는 인자들에 대한 데이터를 축적하고 있음.<br>ㅇ 철도 차량의 진동 소음을 저감하기 위해서 독일에서는 Railone은 열차의 증속에 따라 증가되는 소음, 진동 등 문제해결을 위해 Rheda 2000의 개량형인 Rheda 2000MFS를 개발하고 있음<br>ㅇ 일본에서는 능동 현가요소로서 공압, 유압 능동액추에이터를 활용하여 고속철도 차량에 적용하여 승차감을 향상시키기 위한 연구가 진행되어 반능동 형태로 실용화 되고 있음. 최근에는 능동 액추에이터의 성능과 유지보수성을 향상시키기 위하여 전자기학을 응용한 선형 액츄에이터를 개발하여 시제차량에 적용한 사례도 있음. 또한 가변형 댐퍼 개발을 위하여 오리피스 제어를 통한 가변형 유압댐퍼나 MR유체를 이용한 지능형 댐퍼 개발이 시도되고 있음.<br>ㅇ 공기질과 관련하여 대기환경 관련 연구는 쾌적성 평가, 쾌적지수 개발 (일본, RTRI), 철도차량 제작 시 유동해석을 통한 쾌적사양 해결 (프랑스, SNCF), 오염원인 규명 및 제거 (미국, EPA) 등과 같이 실내 쾌적성 향상을 하고 있음. |
| 중점추진 필요성 | ㅇ 고속철도용 공기스프링의 경우 현재 전량 수입에 의존하고 있으나 신조 및 사용연한 경과로 향후 교체수량 증가 및 승차감 개선을 위한 기술개발 필요<br>ㅇ 철도차량의 소음원 기여도 분석은 일반 철도차량의 동력소음과 전동소음에 대해 성분분석하는 등 기초단계임으로 소음진동 저감 등 편의성에 대한 수요 증가, 동일차종 소음 진동을 저감해야 할 필요가 있음.<br>ㅇ 초미세먼지 및 이산화탄소의 동시 정제가 가능한 청정장치를 개발 등 공기질 개선이 필요함. |

<table>
<tr><th colspan="2">주요 내용 및 예상 성과</th></tr>
<tr><td>과제 목표</td><td>○ 철도차량 운행에 있어 운행 중 발생하는 소음, 진동, 원심력 등 외부영향에 대한 인체 반응과 열차설계시 인체의 반응동작에 대한 신속성 및 피로감 영향을 평가하여 승차감을 향상시키고 이와 관련한 시스템을 개선하는 기술</td></tr>
<tr><td>추진 내용</td><td>○ 주행성능 제어를 통한 진동 저감 기술<br>– 고속철도용 공기스프링 개발을 위한 다이어프램, 압력밸브, 논리턴밸브 등 설계 기술 개발<br>○ 실내 공기질 제어 기술 개발<br>– 고성능 실내 공기 순환시스템 개발<br>– 초미세먼지 발생원인 규명 및 제거 기술<br>○ 승차감 관리기술<br>– 승차감기반 열차설계 및 제어기술<br>– 휴먼생체신호 기반 승차감 평가 기술</td></tr>
<tr><td>예상성과물/<br>스펙</td><td>○ 고속철도용 공기스프링<br>○ 철도차량용 실내 공기질 개선 공조장치<br>○ 쾌적성 기반 승차감 관리기술<br>○ 승차감 평가 기준 및 평가기술</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="2">추진 방법</th></tr>
<tr><td>추진 체계</td><td>○ 정부 및 철도운영기관 및 차량제작사 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축<br>– 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있도록 관련 기술수요처 의견수렴<br>– 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영<br>○ 관련분야 전문가 자문회의 등 내 · 외부 전문가 의견 수렴<br>○ 해외 선진기술에 대한 지속적인 벤치마킹을 위한 외국기업체 및 연구기관과의 협력 추진<br>○ 축적된 기술을 반영하고, 산학연의 공동 연구개발 체계를 구축하고 기초 연구와 설계 및 해석, 평가가 이루어 질 수 있는 추진체계 구축</td></tr>
<tr><td>사업기간</td><td>○ 총 연구(개발)기간 : 4년</td></tr>
<tr><td>소요예산</td><td>○ 총예산 200억원 이내<br><table><tr><th>계</th><th>1차년</th><th>2차년</th><th>3차년</th><th>4차년</th></tr><tr><td>200</td><td>40</td><td>50</td><td>60</td><td>50</td></tr></table></td></tr>
</table>

| 기대 효과 | |
|---|---|
| **경제적 효과** | ㅇ 철도차량 진동 소음 저감을 위한 주행장치 능동 제어기술 적용을 통한 차량 주행 성능 향상 및 유지보수비 절감 (차륜 마모 30%, 소음 3dB 이상 저감, 승차감 5dB 향상)<br>ㅇ 저소음, 경량화, Track-friendly 구현을 통한 환경 친화형 철도차량으로 철도차량의 국제 경제력 강화 |
| **사회적 효과** | ㅇ 철도차량의 쾌적성 향상을 통한 철도 이용객 증가에 기여 통<br>ㅇ 환경친화성, 에너지효율성, 수송효율성의 도시철도시스템 개발을 통한 승객욕구 만족, 환경변화에 대응 및 효율 극대화 |
| **정책적 효과** | ㅇ 친환경 철도시설물 확충을 통해 철도로의 수송수요 전환 유도 및 대중교통 이용 활성화에 기여 |

# [철도운영및환경 17] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | Big data기반 운전관계자(기관사, 관제사 등) 인적오류분석 및 저감기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 철도차량 운전 관계자의 행동 특성을 기반으로 하여 사고 인자와 연계되는 다양한 데이터를 활용하여 인적 오류로 발생하는 사고를 미연에 방지하는 기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도운영및환경 | 철도안전 | 위험도평가기술 | 위험도 분석 및 평가기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 차량-인프라-운영환경 | 빅데이터/AI | X |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | O | O | O | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | O | O | O | O | O |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | O | O | O | |

**글로벌 동향**

ㅇ 최근 철도사고의 분석을 통하여 밝혀진 바와 같이 중앙의 관제업무를 현장 역에서 직접적으로 지원하는 로컬관제원은 연동장치에 부착된 제어패널(LCP) 외에 별다른 지원도구 없이 운전취급업무를 수행하고 있어 개별열차에 대한 운행상태의 실시간 파악이나 기관사나 객실승무원의 인적오류에 능동적으로 대처할 수 있는 장비가 부족한 실정임.

ㅇ 대부분의 철도사고가 인적 오류(human error)에 의해서 발생하며, 인적 오류의 관리가 사건/사고에서 핵심적인 것임을 지지하고 있음

- RSSB의 인적인자 DB에 기록된 사건/사고 분석에서 모든 실패(인간, 관리 및 설계)의 63%가 인적 오류로서, 기술적인 실패는 단지 2%뿐

ㅇ 유럽은 철도차량 운전실의 인간공학적 설계 · 검증을 위한 EUDD( '01-' 03), EUCAB( '04-08), EUDDplus(' 06- '10) 등의 프로젝트를 진행, 운전실 설계 기준 및 표준을 제정하고, 시뮬레이터나 실차 검증에 의해 운전실 설계 안전성을 검증하고 있음

ㅇ 국내 철도차량 운전실 Lay-out은 차종, 운행선로, 신호방식에 따라 차량 내부기기의 위치 및 작동방법, 디스플레이 방식 등이 상이하여, 취급부주의 사고의 발생이나 이례상황 발생시 신속하고, 합리적인 의사결정을 어렵게 할 우려가 있음

ㅇ 일본 RTRI 인간공학 연구용 시뮬레이터는 운전실 시뮬레이터는 운전시의 피로감이나 각성도, 또는 인간의 실수를 유발하는 환경요인을 조사하거나 운전대의 조작성 등을 평가하는 목적으로 개발된 것임

ㅇ 그러나 국내에서는 "철도차량 운전실 설계 및 평가 기준 개발" 에 대한 기초연구는 진행되고 있지만, 실제 인간공학 기반의 운전실 DMI 및 디스플레이의 설계검증 및 안전성 인증 시스템은 부재한 상황임

| | |
|---|---|
| **중점추진 필요성** | ㅇ 대구열차(충돌)사고와 같이 기술적인 고장/결함이나 운전관제 기능/지식의 부족 문제보다는, 관련 업무종사자들의 상황인식/위험판단 능력, 안전규정 준수, 의사소통 협력과 같은 비-기술적 능력(Non-technical skill)의 결여로 인한 인적요인(오류/위반)가 최근 철도사고의 핵심 위험요인으로 작용하고 있음.<br>ㅇ 안전운행을 책임지는 기관사, 관제사 및 열차운용원은 직무분야별로 선발하여 개인별 직무기능과 소속별 현장실습을 시행하는 체계로서, 다른 종사자들과의 정보교환, 의사소통/협력에 대한 교육훈련 프로그램은 부재한 상황으로 이를 위한 연구개발이 필요한 실정임 |

| **주요 내용 및 예상 성과** | |
|---|---|
| **과제 목표** | ㅇ 운전실 DMI 및 휴먼 NTS 통합 VE 시뮬레이션 검증 기술개발<br>– 운전실 DMI 안전성 검증 Pilot 시뮬레이터 개발<br>– 휴먼NTS 통합 안전성 검증 Pilot 시뮬레이터 개발<br>– 운전실 DMI 및 휴먼 NTS 성능관리 프로그램 개발<br>– 운전실 DMI 및 휴먼 NTS 안전성 검증 및 제도화 지원 |
| **추진 내용** | ㅇ 운전실DMI 및 휴먼NTS 안전성 개발사양 도출<br>– 철도차량 운전실 관계자(운전자, 제조사 등) 운전실 DMI 및 휴먼 NTS 안전성 검증 요구사항 분석<br>– 운전실DMI 및 휴먼NTS 검증 요구사항 및 시스템 설계사양 도출<br>ㅇ 운전실 DMI 및 휴먼NTS 안전성 검증 VE 시뮬레이션 기술개발<br>– 운전실DMI 검증 시나리오 개발<br>– 휴먼NTS 수행도 평가 및 검증 시나리오 개발<br>– 운전실DMI 검증 VE Pilot 핵심 모듈 개발<br>– 휴먼NTS 훈련/평가 VE 검증 모듈 개발<br>ㅇ 운전실DMI 및 휴먼NTS VE Pilot 핵심 모듈 개발<br>– 운전실 DMI VE 검증 Pilot 핵심 모듈 고도화(운전실 기기 Library 확장 및 DMI에 따른 열차운행기능 개선)<br>– 휴먼NTS 통합 VE 검증 Pilot 시뮬레이터 개발(관제/승무원/통합 모듈 개발, DMI/NTS 통합 성능관리 프로그램 개발)<br>– 운전실 DMI 성능평가 및 최적 설비배치 프로그램 개발<br>– 운전실DMI/휴먼NTS 통합 안전성 검증 Pilot 시뮬레이터 검증 및 제도화 지원 |
| **예상성과물/ 스펙** | ㅇ 운전실 DMI VE 검증 Pilot 핵심 모듈<br>ㅇ 휴먼NTS 통합 VE 검증 Pilot 시뮬레이터<br>ㅇ 운전실 DMI 성능평가 및 최적 설비배치 프로그램<br>ㅇ 운전실DMI/휴먼NTS 통합 안전성 검증 Pilot시뮬레이터 검증 및 제도화 |

<table>
<tr><th colspan="2">추진 방법</th></tr>
<tr><td>추진 체계</td><td>ㅇ 정부 및 철도운영기관 및 제작사 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축<br>– 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있도록 관련 기술수요처 의견수렴<br>– 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영<br>ㅇ 관련분야 전문가 자문회의 등 내 · 외부 전문가 의견 수렴<br>ㅇ 해외 선진기술에 대한 지속적인 벤치마킹을 위한 외국기업체 및 연구기관과의 협력 추진<br>ㅇ 축적된 기술을 반영하고, 산학연의 공동 연구개발 체계를 구축하고 기초 연구와 설계 및 해석, 평가가 이루어 질 수 있는 추진체계 구축</td></tr>
<tr><td>사업기간</td><td>ㅇ 총 연구(개발)기간: 3년</td></tr>
<tr><td>소요예산</td><td>ㅇ 총예산 130억원 이내<br><table><tr><th>계</th><th>1차년</th><th>2차년</th><th>3차년</th></tr><tr><td>130</td><td>40</td><td>50</td><td>40</td></tr></table></td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="2">기대 효과</th></tr>
<tr><td>경제적 효과</td><td>ㅇ 철도 교통관제 및 운행환경에 따른 DMI 설계 자료로 해외 수출 가능<br>ㅇ 철도운행안전 관련 종사자들의 심리적, 신체적 안정감 및 작업효율의 향상으로 사고 예방으로 사회적 비용 절감<br>ㅇ 전문인력 양성 프로그램 구축으로 형식승인/안전인증 전문성 제고 및 교육 프로그램 발굴</td></tr>
<tr><td>사회적 효과</td><td>ㅇ 다양한 위험상황에서 안전핵심 종사자들의 위험상황판단/의사소통/상호협력 등 NTS 수행성능 검증<br>ㅇ 철도안전법의 철도차량 형식승인 제도와 연계하여 국내 철도차량 운전실 DMI 및 디스플레이 안전성 확인</td></tr>
<tr><td>정책적 효과</td><td>ㅇ 철도안전 NTS 수행능력 검증 기반 인적오류 관리개선 제도화 지원(국토부 철도운영 안전관리 기준(종사자 교육훈련 부분)에 반영)<br>ㅇ 정부지정 형식승인 기관으로서 안정적, 효율적 제도 운영기반 구축<br>ㅇ 전문인력 양성프로그램 제도화: 형식승인기관 내부 운영절차서 및 승인업무 매뉴얼(지침)에 반영, 고도화 기반 확대</td></tr>
</table>

# [철도운영및환경 18] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 철도사고 피해확산 방지 및 신속대응시스템(사고대응 매뉴얼 및 복구장비) 기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 철도사고시 최적의 대응으로 사고확대 방지 및 신속복구 기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도운영및환경 | 철도안전 | 사고/재난 예방/대응 기술 | 사고예방 및 복구기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 차량-인프라-운영환경 | | X |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | | | ○ | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | | ○ | ○ | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | ○ | | ○ | |

| | |
|---|---|
| 글로벌 동향 | ㅇ 기술 동향<br>– (사고대응체계) 열차운행속도의 향상, 탑승 여객수의 지속적인 증가로 인해 사고시 운행중단, 인적 · 물적 비용은 물론 다수의 관련 소송으로 정부 및 운영자의 부담이 증가 하는 추세<br>– 지속적인 사고감소 추세로 인해 사고를 경험하지 못한 종사자가 대부분으로 사고시 효율적인 대응에 실패할 경우 대형사고나 2차 사고로 연결될 우려증가<br>– (복구장비) 국제적으로 독일 · 미국에서 일반선로의 열차사고 복구용 크레인, Jack kit 등을 개발하여 전세계에 보급중 이나, 터널 · 교량 · 복합역사가 많은 국내 실정에 적용이 어려움<br>※ '13년 대구역 KTX 충돌사고, ' 12년 부산교통공사 열차추돌사고,<br>※ '11년 광명역 KTX 탈선사고, ' 11년 중국 고속열차 탈선사고<br>– 국내 건설기계 산업의 지속적인 발전으로 국내 실정에 적합한 복구장비의 국내 제작이 가능하며, 장비의 확보 · 유지보수 · 운영 비용을 크게 절감할 수 있을 것으로 예상(복구 장비의 요소기술이 건설기계산업의 기술과 유사)<br>ㅇ 관련 정책<br>– 재난 및 안전관리기본법, 국가위기관리지침, 철도안전법<br>– 제3차 철도안전종합계획(2016-2020) 등 법정계획 반영<br>ㅇ 관련 시장<br>– 재난 및 안전산업, 건설기계 산업의 요소기술과 철도산업의 운영시장 |
| 중점추진 필요성 | ㅇ 현재까지의 모든 연구는 사고 예방연구에 초점<br>– 모든 연구가 사고예방에 초점을 두어 사고이후 복구관련 연구가 없음<br>– 터널, 교량구간 사고시 기존복구장비 활용에 제약으로 많은 피해 발생<br>※ 관절대차 탈선시 기중기는 터널 및 구조물, 역사와 간섭으로 사용불가<br>※ 종사자의 비상대응 시나리오의 비현실성에 문제가 10년간 지속됨<br>※ S/W(매뉴얼, 종사자의 지식, 교육, 훈련)와 H/W(복구장비) 연계 부족 |

| | |
|---|---|
| | ○ 선진국대비 격차 요인<br>– 국내는 전세계에서 가장 높은 열차운행밀도, 여객밀도를 보유하고 있어 신속한 대응이 필수적이나, 해외의 안전 규격, 매뉴얼은 무조건 여객대피를 전제로 하고 있어 국내 적용이 어려움<br>– 과거 디젤기관차 복구용으로 개발된 장비로 200톤급 특수소재로 제작되어 국내 제작이 불가하였으나, 최근 고속전철, 전동차 도입으로 50톤 규모로 운영 특수소재 사용 없이 국내의 일반건설기계 제조기술로 제작 가능 |

| 주요 내용 및 예상 성과 | |
|---|---|
| **과제 목표** | ○ 철도 대형사고(탈선, 충돌)시 5시간 이내 복구체계 구축<br>– 2차사고 예방을 위한 자동 대응시스템 개발<br>– 종사자 비상대응 체계(매뉴얼, 교육훈련, 자격제도) 마련<br>– 복구체계와 장비, 인력의 통합관리 체계 마련<br>– 터널, 교량 및 산악지형 사고시 복구장비 개발(고속철도 포함) |
| **추진 내용** | ○ 철도사고 대응체계 구축 연구<br>– 사고복구를 고려한 안전기준의 개선 연구<br>– 철도사고 복구장비별 사양 결정<br>– 매뉴얼(표준매뉴얼, 실무매뉴얼, 현장조치 매뉴얼, 비상대응 계획) 개선<br>– 사고복구 취약구간 관리기준 및 장비운영 기준 마련<br>– 종사자의 교육훈련, 장비 공통활용 방안 마련<br>– 복구장비의 출동시 유관기관 협력 방안<br>– 제도개선을 위한 기술적 지원 방안 마련연구<br>– 단기, 중기, 장기적인 사고복구 추진전략 마련<br>○ 사고대응 및 복구 장비개발<br>– 여객 자동안내, 작업자 보호, 2차사고 예방 기능 시제품 개발<br>– 터널 및 교량에서 사용이 가능한 이동식/조립식 크레인 개발<br>– 전차선로 해체가 필요없는 하부인상 구조를 갖는 탈선복구 장비 개발 (고속철도 관절대차 적용가능, 역사, 터널 적용 가능) |
| **예상성과물/ 스펙** | ○ 연차별 성과물<br>– 사고대응 매뉴얼(비상대응계획, 위기대응 매뉴얼 표준안)<br>– 사고대응 분야 종사자 교육훈련, 교재, 평가기준 마련<br>– 사고대응 분야 제도 개선안(장비 확보기준, 기관간 공통활용, 민간장비 등)<br>– 터널, 교량, 역사내 활용 가능한 탈선복구장비<br>– 2차사고 예방을 위한 자동 안내, 열차자동 방호장치<br>○ 개발목표<br>– 대형사고시 5시간내 복구체계 및 관련장비 개발<br>– 장비 운영인력 50%, 장비 가용율 50%, 유지보수 및 도입 비용 50% 저감 |

<table>
<tr><th colspan="2">추진 방법</th></tr>
<tr><td>추진 체계</td><td>ㅇ 정부 및 철도운영기관 및 제작사 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축<br>– 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있도록 관련 기술수요처 의견수렴<br>– 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영<br>ㅇ 관련분야 전문가 자문회의 등 내 · 외부 전문가 의견 수렴<br>ㅇ 해외 선진기술에 대한 지속적인 벤치마킹을 위한 외국기업체 및 연구기관과의 협력 추진<br>ㅇ 축적된 기술을 반영하고, 산학연의 공동 연구개발 체계를 구축하고 기초 연구와 설계 및 해석, 평가가 이루어 질 수 있는 추진체계 구축<br>ㅇ 탈선사고복구 장비의 경우, 국내의 건설기계산업에서 요소기술에 대한 개발 및 생산 능력이 확보되어 있어 국내의 건설기계관련 유관단체와 협력 필요</td></tr>
<tr><td>사업기간</td><td>ㅇ 총 연구(개발)기간 : 3년</td></tr>
<tr><td>소요예산</td><td>ㅇ 총예산 90억원 이내<br><table><tr><th>계</th><th>1차년</th><th>2차년</th><th>3차년</th></tr><tr><td>90</td><td>20</td><td>45</td><td>25</td></tr></table></td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="2">기대 효과</th></tr>
<tr><td>경제적 효과</td><td>ㅇ 총 1,000억 이상의 기대효과(분석 표 참고)와 연평균 40억 이상 직접비용 감소<br>사고발생시 신속한 복구를 통한 철도운행 중단 최소화<br>– 열차운행중단에 따른 피해보상, 교통혼잡, 철도 이미지 손상 비용 감소<br>– 사고복구 담당자 교육훈련 프로그램<br>– 열차 탈선 및 충돌 사고시 신속한 복구를 위한 장비개발<br>– 기존 노후된 복구장비의 교체 및 장비도입/운영비용 절감<br>– 국외 수입장비의 대체 및 국내 개발장비의 국외 수출<br>ㅇ 사고복구 관련 제도/매뉴얼의 정비<br>– 불필요한 사고복구 장비 구매 및 유지보수 비용 절감</td></tr>
<tr><td>사회적 효과</td><td>ㅇ 사고대응 체계 효율화로 인한 사회적 혼란 감소<br>– 사고시 여객 대피 여부 결정에 따른 종사자의 부담감소<br>– 사고시 신속한 복구를 통한 운행중단 최소화<br>– 사고대응 인력의 최적 배치를 통한 운영기관의 부담 감소<br>ㅇ 국내 철도안전에 대한 국제적인 위상제고(국제기준상 6시간 이상 운행중단, 여객 사망자 발생사고 등은 중대사고로 보고)</td></tr>
<tr><td>정책적 효과</td><td>ㅇ 위기대응/사고대응 매뉴얼 개선에 따른 기존정책의 현실화<br>– 기존 현실에 부합하지 않는 매뉴얼의 현실화<br>– 우선순위 중심의 사고대응으로 사고피해, 2차사고의 감소<br>ㅇ 사고대응 및 복구 지연에 따른 철도운영기관, 시설관리기관 등 관계기관 간 갈등 감소</td></tr>
</table>

# [철도운영및환경 19] 카드중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 기후변화대비 철도교통분야 대응방안 기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 폭염, 폭설 등 빈번한 이상기후 발생의 주요 원인인 온실가스 배출 감축 및 변화하는 기후환경으로 인한 피해를 최소하고 적응하기 위한 철도교통분야의 대응기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도운영및환경 | 철도환경 | 환경평가/복원기술 | 기후변화대응기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 차량-인프라-운영환경 | IoT/빅데이터 | O |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | O | O | | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | O | O | O | O |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | O | O | O | |

| | |
|---|---|
| 글로벌 동향 | ㅇ 유럽의 UIC에서는 2009년 'Adaptation of Railway Infrastructure to Climate Change' 프로젝트를 통해 과거 분석을 통한 철도 인프라의 취약 부문을 확인하고, 현재와 미래의 자연재해와 인프라 자산의 잠재적 영향을 파악하는 다단계적 접근을 통해 합리적인 자연재해 지도를 개발함<br>ㅇ 호주에서는 기후변화에 대하여 자산과 서비스에 대한 리스크를 평가하기 위해 수송부문 인프라의 취약성 평가를 진행하였으며, 수송부문 인프라 서비스는 도로, 철도, 터널, 다리, 공항 및 항구 부문으로 분류하였음<br>ㅇ 독일 DB(Traction Energy Measurement and billing, TEMA)를 비롯한 스위스 SBB, 네덜란드 NSB 등 유럽 철도운영기관에서는 철도차량의 운행에너지를 실시간 측정할 수 있는 장치 및 데이터 전송시스템을 도입하여 기본적으로 철도차량의 traffic flow를 최적화함으로써 약 5%의 에너지 소비 절감 효과를 볼 수 있다면, 철도차량 내 에너지 정보 측정 장치 설치 및 운전자 경제운전 교육을 통해 10% 이상의 에너지 소비 절감이 가능하였음<br>ㅇ 국내 신재생에너지의 공급은 계속해서 증가하고 있으며, 같은 신재생에너지라도 에너지 생산 효율을 높이기 위한 소재개발에 주력하고 있으나, 아직 최적공급 기술에 대한 분석은 명확하게 이루어지지 않고 있음<br>ㅇ 일본의 JR East는 태양광, 풍력, 재조림 녹화 등이 포함된 Eco-station 계획 수립하였고, 동경역에는 티켓 게이트 바닥에 압전소자를 설치하여 승객의 이동에 따라 발생하는 운동에너지를 변환하여 전력에너지로 생성하고 있음 |
| 중점추진 필요성 | ㅇ 폭우 및 폭설 등의 극단적인 기후변화로 인한 철도부문의 피해가 증가하고 있으며, 미래에 예상되는 해일 및 태풍, 열파 등의 극한 기후변화로 인해 철도시설에 대한 직접적인 피해(레일 절손 및 장출, 철도차량 운행 지연 등)가 예상되며, 이는 결국 |

| | |
|---|---|
| | 인명 피해와 및 물류수송 차질 등을 초래할 수 있음<br>ㅇ 기후변화로 인해 철도부문(차량, 선로, 역사, 송전선 등)의 피해 증가가 예상되는 현실에서 신규 노선 설계 시 기후변화 취약성을 고려한 설계기준을 적용한 적응 능력 향상이 필요함<br>ㅇ 한국철도공사의 경우 2012년 기준 전철용 약 2,000억, 일반용 약 489억 소요하고 있으나 철도차량 편성별 운행 소비에너지를 실시간 측정할 수 있는 장치 및 정보를 관리할 수 있는 시스템이 없기 때문에 실제 차량편성별/노선별 정확한 에너지 소비량 및 패턴 분석 등이 불가능하여 이를 통한 에너지 비용 절감 도 현실적으로 어려움<br>ㅇ 현재 철도시설의 에너지 관리는 운영단계에 국한된 관리만을 진행하고 있는 실정이며 기존 철도시설의 신규 시스템 및 계측 인프라 도입 시 공간 등의 제약으로 인한 구축의 어려움, 중복투자 등의 한계 존재함<br>ㅇ 정부의 신재생에너지 보급 정책에 따라 신규 건물의 운영에너지에 대해 신재생에너지를 최소 10%에서 단계적으로 30%까지 높일 계획이며, 건물 운영 시 에너지 소비가 많은 철도 역사에 대해서도 신재생에너지를 적용해야 함 |

| 주요 내용 및 예상 성과 | |
|---|---|
| **과제 목표** | ㅇ 기후변화에 따른 재해 조기대응을 위한 철도부문 취약성 평가 및 적응기술 개발<br>ㅇ 철도차량 운행에너지 실시간 측정을 통한 온실가스 저감기술 개발<br>ㅇ 에너지자립형 철도 인프라 설계 · 시공 관리 및 신재생에너지 적용기술 개발 |
| **추진 내용** | ㅇ 기후변화에 따른 재해 조기대응을 위한 철도부문 취약성 평가 및 적응기술 개발<br>– 기후변화 연동 철도부문 취약성 인벤토리 구축<br>– 기후변화 시나리오 스케일 상세화 기법 개발<br>– 철도부문 기후변화 취약성 정보지도 프로그램 개발<br>– 시설별–지역별 재해 취약 우선순위 선정 및 철도부문 기후변화적응 가이드라인 제시<br>ㅇ 철도차량 운행에너지 실시간 측정을 통한 온실가스 저감기술 개발<br>– 철도차량 경제운전 지원기술 및 운행에너지 측정 장치 성능평가 기술 개발<br>– 철도차량 운행에너지 정보 실시간 측정 장치 개발<br>– 철도차량 운행에너지 정보 실시간 전송 및 관리시스템 개발<br>ㅇ 에너지자립형 철도 인프라 설계 · 시공 관리 및 신재생에너지 적용기술 개발<br>– 절감기술 및 친환경 에너지 적용기술의 공급 기준 및 설계기준 지침 적용성 평가<br>– 철도 인프라 시설 친환경 에너지 적용기술 개발<br>– 철도 인프라 시설의 에너지 자립을 위한 설계 · 시공 관리 및 평가 시스템 개발 |
| **예상성과물/ 스펙** | ㅇ 기후변화에 따른 재해 조기대응을 위한 철도부문 취약성 평가 및 적응기술<br>ㅇ 철도차량 운행에너지 실시간 측정을 통한 온실가스 저감기술<br>ㅇ 에너지자립형 철도 인프라 설계 · 시공 관리 및 신재생에너지 적용기술 |

<table>
<tr><th colspan="2">추진 방법</th></tr>
<tr><td>추진 체계</td><td>ㅇ 단계별 목표를 수립하고, 그에 적합한 추진전략 및 일정계획 수립<br>ㅇ 정부 및 철도운영기관 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축<br>– 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있도록 관련 기술수요처 의견수렴<br>– 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영<br>ㅇ 관련분야 전문가 자문<br>– 과제성공률 제고를 위한 자문회의 등 내 · 외부 전문가 의견 수렴<br>ㅇ 해외 선진기술에 대한 지속적인 벤치마킹을 위한 외국기업체 및 연구기관과의 협력 추진<br>ㅇ 축적된 기술을 반영하고, 산학연의 공동 연구개발 체계를 구축하고 기초 연구와 설계 및 해석, 평가가 이루어 질 수 있는 추진체계 구축</td></tr>
<tr><td>사업기간</td><td>ㅇ 총 연구(개발)기간 : 4년</td></tr>
<tr><td>소요예산</td><td>ㅇ 총예산 120억원 이내
<table>
<tr><th>계</th><th>1차년</th><th>2차년</th><th>3차년</th><th>4차년</th></tr>
<tr><td>120</td><td>25</td><td>40</td><td>40</td><td>15</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="2">기대 효과</th></tr>
<tr><td>경제적 효과</td><td>ㅇ 2010년 폭설피해에 따른 복구비용 500억원 이상 소요(철도부문 1%만 가정하여도 50억원 이상 절감 가능)<br>ㅇ 에너지 비용상승 및 매년 발생하는 전력난 고려 시 에너지 리스크 비용 감소<br>ㅇ 에너지소비량/온실가스 배출량 연간 10% 이상 저감 및 철도시설물 운영(에너지) 비용 연간 60억 이상 절감</td></tr>
<tr><td>사회적 효과</td><td>ㅇ 친환경 녹색 철도교통의 신뢰성 제고<br>ㅇ 지속가능한 교통시스템 구현<br>ㅇ 기후변화 자연재해 피해 예방 및 시설물 관리 효율화</td></tr>
<tr><td>정책적 효과</td><td>ㅇ 국가차원에서 기후변화 영향평가 및 적응대책 수립(저탄소녹색성장법 제48조제4항) 시행에 따른 사회기반시설 기후변화 취약성 지도 작성 및 시설물 설계기준 재설정 포함에 활용<br>ㅇ 친환경 철도시설물 확충을 통해 철도로의 수송수요 전환 유도 및 대중교통 이용 활성화에 기여</td></tr>
</table>

# [철도운영및환경 20] 중점추진기술 전략카드

| 기술명 | 철도 공기질 및 위해물질 저감기술 |
|---|---|
| 기술 정의 | 빅 데이터와 인공지능 기술을 이용하여 지하철 내 미세먼지 및 위해물질을 예측하며 이를 기반으로 지하철 공기질이 악화 되기 전에 환기 공조시스템을 미리 가동하는 기술 |

| 기술 분류1 | 중분류 | 소분류 | 세부기술 | 세세부기술 |
|---|---|---|---|---|
| | 철도운영및환경 | 철도환경 | 쾌적성/편의성 기술 | 공기질관리기술 |

| 기술 분류2 | 철도분야 간 인터페이스 | 4차산업혁명 융합 | 미래교통시스템 |
|---|---|---|---|
| | 차량-인프라-운영환경 | IoT, 빅데이터, AI | X |

| 과제유형 | 기초 · 원천 | 응용 | 실용화 | 사업화 |
|---|---|---|---|---|
| | O | O | O | |

| 성과물유형 | 시제품 | S/W | 기준 · 지침 | 정책제안 | 표준제안 |
|---|---|---|---|---|---|
| | O | O | | | |

| 적용대상 | 고속철도 | 일반광역철도 | 도시철도 | 기타 |
|---|---|---|---|---|
| | O | O | O | |

**글로벌 동향**

ㅇ 기술 동향

- 우리나라의 ㈜SR은 역사 내 공기질의 체계적인 관리를 위해 ㈜KT와 사물인터넷을 활용한 SRT 수서역 미세먼지 측정 시범사업 협약을 체결함 (2017년 10월). 시범사업의 상세 내용으로는 실내외 공기질 상태의 24시간 실시간 측정, 공기질에 따라 환기시스템이 자동으로 연동되는 스마트 공기질 관리 솔루션 운영, 미세먼지 맞춤형 대응매뉴얼 개발 등이 포함됨.
- 스페인 바르셀로나의 경우 EU의 지원 하에 2014년부터 2018년까지 바르셀로나 지하철의 공기질을 측정 및 개선하기 위한 'Improve Life' 프로그램을 진행함. 지하역사의 미세먼지 분석을 통해 발생원 규명, 공조 및 환기시스템용 필터 적용 기술, 환기기술 개선 등을 제안함.

ㅇ 관련 정책

- 우리나라의 대표적 대중교통 수단인 지하철의 공기질 오염문제에 대한 지속적인 관심 증가로 인해 (초)미세먼지 관리에 대한 다양한 정책이 추진되고 있음.
  ※ 대중교통수단 실내공기질 관리 가이드라인 (환경부)
  ※ 실내공기질 관리법 (환경부)
- 지하역사 공기질 규제를 위한 다양한 정책이 추진됨에 비해 인공지능 예측 기반의 조기 대응 공조시스템 구축을 수용할 수 있는 정책 수단은 부재함. 이에 지하역사 미세먼지 예측을 위한 빅 데이터 센터 구축 및 예측 프로그램 결과물을 생성, 활용할 수 있는 정책적 대응 조직 마련이 필요함.
- 국외의 경우 또한 예측 기반의 미세먼지 조기 대응 체계 구축을 수용할 수 있는 정책 수단이 부재함.

| | |
|---|---|
| | ㅇ 관련 시장<br>– ㈜글로벌인포메이션 BCC Research에 따르면 세계의 실내공기질 시장은 2016년 ~ 2020년 연평균 성장률(CAGR) 8.3%로 성장할 전망임.<br>– 국내의 경우 최근 실내공기질에 대한 국민의 관심과 인식 수준이 매우 높으며, 이에 국내 실내공기질 산업은 성장할 조짐을 보이고 있음. 공기질 측정분야, 공기청정 분야, 공기질 개선 분야, 공기질 관리 분야 등 실내공기질과 관련한 모든 방면에서 탄력을 받고 있음. |
| **중점추진 필요성** | ㅇ 지하역사 내 미세먼지는 호흡기계, 심혈관계 질환을 야기하여 승객과 작업자의 건강에 직접적인 영향을 미치므로 국민의 생활건강 확보를 위해서는 본 연구개발이 매우 시급한 실정임.<br>ㅇ 현재 지하역사 내 공기질을 실시간으로 측정하는 사례는 전무함. 이에 인공지능 기술을 기반으로 지하역사 공기질을 실시간으로 측정, 예측하여 건강에 영향을 미치기에 앞서 공조시설을 미리 가동하는 기술의 개발이 시급함.<br>ㅇ 지하역사 공기질 개선 기술개발의 경우 불특정 다수의 공공 이익을 증가시키는 연구 분야로 민간이 주도하여 개별적 이익을 창출하기 힘듦. 이에 공공재적 성격의 정부 지원이 필요함. |

| **주요 내용 및 예상 성과** | |
|---|---|
| **과제 목표** | ㅇ 지하철 이용 승객의 (초)미세먼지 및 위해물질의 노출을 최소화할 수 있는 인공지능 기반의 조기 대응 공조시스템 기술 개발<br>– 지하철 외기, 지하역사, 터널 등에 설치된 IoT 기반의 공기질 모니터링 시스템 망에서 수집되는 빅 데이터를 인공지능으로 분석하여 시간대별, 위치별 지하철 공기질을 예측하고, 이를 이용해서 환기 및 공조 설비를 가동하여 효율적인 지하철 공기질 관리체계를 갖추고자 함.<br>– 지하철 공기질에 대한 실질적 개선을 통해 다수의 이용 국민에 대한 체감 만족도 증가 및 생활건강 확보하고자 함. |
| **추진 내용** | ㅇ 지하철 미세먼지 및 위해물질 빅 데이터 구축<br>– 인공지능 기반의 IoT 모니터링 시스템을 구축하여 시간별, 지점별 지하철 공기질 빅 데이터를 확보함.<br>– 각 자료를 동일한 형태의 데이터로 가공하여 저장하며 필요에 따라 다운로드 할 수 있는 지하철 미세먼지 빅 데이터 플랫폼을 구축함.<br>– 지하공간 위해물질 발생개소 조사<br>ㅇ 인공지능 기반 지하철 맞춤형 미세먼지 예측 모델 개발<br>– 다양한 구조의 인공지능 모델을 바탕으로 미세먼지 예측 정확도를 90% 이상 확보할 수 있는 지하철 맞춤형 인공지능 모델을 개발함.<br>ㅇ 지하철 맞춤형 위해물질 검측 모델 개발<br>– 다양한 위해물질에 대한 검출 모델 및 시스템 구성 |

| | |
|---|---|
| | ○ 인공지능 기반 공조시스템 조기 제어 알고리즘 개발<br>– 조기 제어 알고리즘: 인공지능 모델을 통해 예측된 미세먼지 농도를 기반으로 지하철 공기질이 악화되기 앞서 공조장치를 미리 가동시키는 기술<br>– 인공지능 모델을 통해 예측된 미세먼지 정부뿐만 아니라 지하철 기초 환경정보(승객 수, 운행 지하철 수 등)를 고려하여 공조장치의 작동을 제어하는 지하철 맞춤형 조기 제어 알고리즘을 개발함.<br>– 위해물질 대응 공조시스템 운영 기술 개발<br>– 미세먼지 예측 모델 ↔ 기존 공조시스템 간의 유기적 연동체계를 구축 |
| **예상성과물/스펙** | ○ 예상 성과물: 인공지능 기반의 지하철 공기질 조기 대응 공조시스템<br>– 인공지능, IoT 기반의 공기질 모니터링 시스템<br>– 지하철 공기질의 빅 데이터 플랫폼<br>– 인공지능 기반의 지하철 맞춤형 미세먼지 예측 모델<br>– 인공지능 기반의 지하철 공조시스템 조기 제어 알고리즘<br>○ 개발목표<br>– 인공지능 미세먼지 사전 예측 시간 3시간 이상<br>– 인공지능 미세먼지 예측 신뢰도 70% 이상<br>– 인공지능 미세먼지 모델과 기존 공조시스템의 연계 운용 80% 이상<br>– 지하철 (초)미세먼지 농도 현재 대비 30% 이상 저감 |

| **추진 방법** | |
|---|---|
| **추진 체계** | ○ 산학연 협동체계 구축을 기반으로 철도전문 연구기관 주도로 수행<br>○ 철도 운영기관의 협조로 현장조사를 실시하여 효율적인 공기질 측정 방법 및 기존 공조시스템과의 연계 가능성 등을 파악함<br>○ 인공지능 기반 예측 및 제어 등 관련 분야의 학술적 연구를 수행하는 대학교와의 협동을 통해 신뢰성 높은 인공지능 기반 기술을 개발함 |
| **사업기간** | ○ 총 연구(개발)기간: 5년 |
| **소요예산** | ○ 총 예산 80억원 이내 |

| 계 | 1차년 | 2차년 | 3차년 | 4차년 | 5차년 |
|---|---|---|---|---|---|
| 80 | 10 | 15 | 20 | 20 | 15 |

| **기대 효과** | |
|---|---|
| **경제적 효과** | ○ 철도차량, 터널, 지하역사 공기질 개선에 따른 철도서비스 품질 향상<br>○ 조기대응 실내공기질 개선 기술 개발을 통한 해외 신시장 선점 |
| **사회적 효과** | ○ 지하환경 공기질 개선에 따른 국민의 편의 및 건강 향상 등 공공 이익 증가<br>○ 실내 대기오염의 조기대응에 따른 국민 건강위험 감소 및 의료비용 절감 |
| **정책적 효과** | ○ 4차 산업혁명 기반의 기술 개발에 따른 (초)미세먼지 관리 정부 정책 보완<br>○ 대국민 건강증진 정책의 일환으로 인식되어 정부 정책과 국가시행사업에 대한 국민의 지지도 상승 |

# 제3장 프라운호퍼 기술검토 관련 세부내용

## 제1절 프라운호퍼 일반사항

❑ **명칭 : 프라운호퍼연구회(Fraunhofer-Gesellschaft)**

※ 독일 광학자이자 물리학자 조셉 폰 프라운호퍼(Joseph von Fraunhofer)의 이름을 따라 명명됨

❑ **설립목적**

- 공공기관, 일반기업 및 사회의 이익을 증진시키기 위해 응용연구에 속하는 연구활동을 수행

❑ **연혁**

- 1949 비영리기관으로 설립(3. 26)
- 1954 산하연구소 IMPK(Fraunhofer Institute of Applied Microscopy, Photography and Cinematography) 설립
- 1955 연구기관으로의 전환
- 1973 'Fraunhofer 모델' 승인 및 도입 성장 발판 마련
  ※ Fraunhoger 모델: 프라운호퍼의 소속 연구기관이 산업체로부터 수탁한 금액에 대하여 1:1 매칭으로 정부가 기본재원을 지원하는 것을 말함
- 1977 Fraunhofer 연구자금 기본협정 발효 (연방정부:주정부=90:10)
- 1988 군사자금 감축으로 전체예산의 10% 수준로 하락 후, 지속적 삭감
- 1993 산업체간 교류 강화를 위한 프라운호퍼응용센터(Application centers) 설립
- 1994 국제사업 확대를 위한 Fraunhofer USA 설립
- 2002 프라운호퍼 기본원칙 제정. 4개분야(연구개발, 임직원, 과학・산업・사회 공동체로서의 위치, 협력 파트너로서의 프라운 호퍼)에 대한 가치 및 주요목표 정의
- 2016 UNIST(울산과학기술원)내 화학기술연구소 한국분원 설립(5. 10)
  ※ 울산시, 고효율 차량경량화 부품소재 개발사업 추진
  ※ 국내 MOU 체결 - 한국생산기술연구원, 한국전자통신연구원, 한국건설기술연구원, 재료연구소, 국가과학기술연구회

❑ **주요활동[87]**

- 연구소 및 이와 유사한 시설의 설립유지
- 과학적 발견에 대한 실제적 응용연구
- 과학 출판물 출간 및 응용연구 분야에서 출판물의 활용에 대한 인프라 제공
- 규정에 정의된 임무를 수행하기 위하여 타 연구기관과 공조
- 훈련 및 개발 시설과 과제 이행을 통해 과학기술 분야의 훈련 및 개발촉진

87) Fraunhofer-Gesellschaft 규정(2010)

❑ 조직구조

- 분권화된 거버넌스 모델을 기초로 민주적 의사결정체계를 갖춤
- 위원회

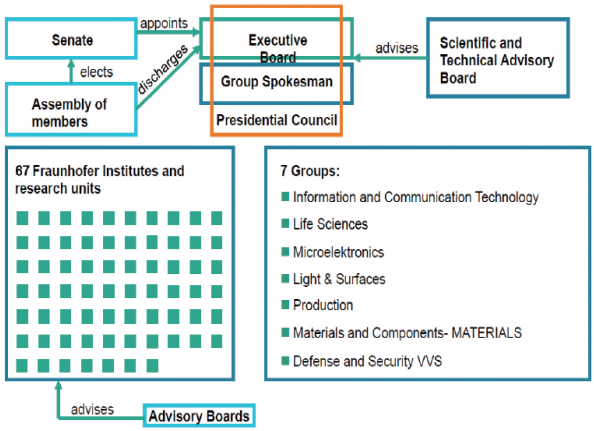
| 구 분 | 구 성 | 역 할 |
|---|---|---|
| 집행위원회<br>(Executive board) | 의장과 상근직 위원 4人 | · 프라운호퍼 실질적 최고 경영조직<br>· 과학연구정책의 기초원칙 설정 및 재정기획 수립<br>· 출연금(기본자금) 배분 및 연구소장 선임 등 |
| 대의원회<br>(Senate) | 공공 및 민간 연구개발분야 전문가, 연방정부와 주정부 대표, 과학기술회의 위원 등 28人 | · 과학 및 연구정책에 대한 의사결정<br>· 연구소 설립과 개발·합병·해산 등 의사결정<br>· 집행위원회 선임 |
| 총회<br>(General assembly) | 각 연구소 경영진, 이사회 멤버, 민간 이해당사자 등 약 700人 | · 대의원회 위원 선출<br>· 연차보고서 및 예산안 인준 |
| 과학기술회의<br>(Scientific and technical council) | 연구소장, 각 연구소 과학기술대표 등 약 120人 | · 집행위원회 자문<br>· 프라운호퍼 주요 의사결정 참여<br>· 연구소장 임명과정 참여 등 |
| 의장회의<br>(Presidential council) | 집행위원회, 프라운호퍼그룹 대표 | · 프라운호퍼 경영의 제안과 권고 |
| 이사회<br>(Governing board) | 과학·산업·공공영역 대표들 | · 해당연구소 및 집행위원회에 연구방향, 연구소 구조변화에 대한 자문 |

○ 산하연구소[88] : 독일 전역 67개 연구조직 구성. 전문분야 중심으로 7개 Group 형성

- 소속연구기관 중 과반수가 독일 12개 주 대학내 위치함
- 주제별 연관 분야에서 협력하는 소속 연구기관 활동 조율을 위해 Group 설립(1984)




〈 67개 연구조직 〉




〈 프라운호퍼 조직구조 〉

| | 분 야 | 연 구 소 |
|---|---|---|
| 1 | Information and communication technology | Algorithms and Scientific Computing(SCAI) |
| | | Applied and Integrated Security(AISEC) |
| | | Applied Information Technology(FIT) |
| | | Computer Graphics Research(IGD) |
| | | Communication, Information Processing and Ergonomics(FKIE) |
| | | Digital Media Technology(IDMT) |
| | | Embedded Systems and Communication Technologies(ESK) |

88) https://www.fraunhofer.de/en/institutes

| | | |
|---|---|---|
| | | Experimental Software Engineering(IESE) |
| | | Industrial Engineering(IAO) |
| | | Industrial Mathematics(ITWM) |
| | | Intelligent Analysis and Information Systems(IAIS) |
| | | Integrated Circuits(IIS) |
| | | Medical Image Computing(MEVIS) |
| | | Open Communication Systems(FOKUS) |
| | | Optronics, System Technologies and Image Exploitation(IOSB) |
| | | Secure Information Technology(SIT) |
| | | Software and Systems Engineering(ISST) |
| | | Telecommunications, Heinrich-Hertz-Institut(HHI) |
| | | Transportation and Infrastructure Systems(IVI) |
| 2 | Life sciences | Biomedical Engineering(IBMT) |
| | | Interfacial Engineering and Biotechnology(IGB) |
| | | Marine Biotechnology EMB |
| | | Molecular Biology and Applied Ecology(IME) |
| | | Toxicology and Experimental Medicine(ITEM) |
| | | Process Engineering and Packaging(IVV) |
| | | Cell Therapy and Immunology(IZI) |
| 3 | Microelectronics | Applied and Integrated Security(AISEC) |
| | | Applied Solid State Physics(IAF) |
| | | Ceramic Technologies and Systems(IKTS) |
| | | Digital Media Technology(IDMT) |
| | | Electronic Nano Systems(ENAS) |
| | | Embedded Systems and Communication Technologies(ESK) |
| | | High Frequency Physics and Radar Techniques(HHI) |
| | | Integrated Circuits(IIS) |
| | | Integrated Systems and Device Technology(IISB) |
| | | Microelectronic Circuits and Systems(IMS) |
| | | Microstructure of Materials and Systems(IMWS) |
| | | Microsystems and Solid State Technologies(EMFT) |
| | | Non-Destructive Testing(IZFP) |
| | | Open Communication Systems(FOKUS) |
| | | Photonic Microsystems(IPMS) |
| | | Reliability and Microintegration(IZM) |
| | | Silicon Technology(ISIT) |
| | | High Frequency Physics and Radar Techniques(FHR) |
| 4 | Light&surfaces | Applied Optics and Precision Engineering(IOF) |
| | | Laser Technology(ILT) |
| | | Organic Electronics, Electron Beam and Plasma Technology(FEP) |
| | | Physical Measurement Techniques(IPM) |
| | | Surface Engineering and Thin Films(IST) |
| | | Material and Beam Technology(IWS) |
| 5 | Production | Factory Operation and Automation(IFF) |
| | | Machine Tools and Forming Technology(IWU) |
| | | Material Flow and Logistics(IML) |
| | | Mechatronic Systems Design(IEM) |
| | | Production Systems and Design Techology(IPK) |
| | | Manufacturing Engineering and Automation(IPA) |
| | | Production Technology(IPT) |
| | | Environmental, Safety and Energy Technology(UMSICHT) |
| 6 | Materials and components | Applied Polymer Research(IAP) |
| | | Building Physics(IBP) |
| | | Chemical Technology(ICT) |
| | | Ceramic Technologies and Systems(IKTS) |
| | | High-Speed Dynamics, Ernst-Mach-Institut(EMI) |

| | | |
|---|---|---|
| | | Industrial Mathematics(ITWM) |
| | | Interfacial Engineering and Biotechnology(IGB) |
| | | Manufacturing Technology and Advanced Materials(IFAM) |
| | | Mechanics of Materials(IWM) |
| | | Microstructure of Materials and Systems(IMWS) |
| | | Non-Destructive Testing(IZFP) |
| | | Silicate Research(ISC) |
| | | Solar Energy Systems(ISE) |
| | | Structural Durability and System Reliability(LBF) |
| | | Systems and Innovations Research(ISI) |
| | | Wind Energy and Energy System Technology(IWES) |
| | | Wood Research, Wilhelm-Klauditz-Institut(WKI) |
| 7 | Defense and security | Applied Solid State Physics(IAF) |
| | | Chemical Technology(ICT) |
| | | Communication, Information Processing and Ergonomics(FKIE) |
| | | High Frequency Physics and Radar Techniques(FHR) |
| | | High-Speed Dynamics, Ernst-Mach-Institut(EMI) |
| | | Optronics, System Technologies and Image Exploitation(IOSB) |
| | | Integrated Circuits(IIS) |
| | | Technological Trend Analysis(INT) |
| | | Telecommunications, Heinrich-Hertz-Institut(HHI) |
| | | Systems and Innovation Research(ISI) |

ㅇ Alliances : 다른 group에 속한 연구기관들 간 공동으로 솔루션을 찾아 사업화에 투자
- (22개) Adaptronics, Additive manufacturing, Advancer, Ambient assisted living AAL, Automobile production, Building innovation, Cleaning technology, Cloud computing, Digital cinema, E-government, Embedded systems, Energy, Food chain management, Lightweight structures, Nanotechnology, Optic surfaces, Photocdatalysis, Polymer surfaces POLO, Simulation, Traffic and transportation, Vision, Water systems

ㅇ 그 외 해외센터, 프라운호퍼 역량센터, 국가우수센터, 프라운호퍼 혁신센터 등

### ❑ 해외운영현황

ㅇ 특정연구수행(12개국)
- 오스트리아(비주얼 컴퓨팅), 이태리(혁신공학), 포르투갈(정보통신), 영국(응용광자), 스웨덴(산업수학), 그리스(코팅기술), 폴란드(레이저기술), 헝가리(IT생산관리기술), 싱가폴(인터액티브 디지털미디어), 오스트레일리아(교통 및 물류), 미국(레이저, 생산혁신, 에너지시스템), 칠레(시스템생물공학)

ㅇ 국가간 협력사업지원(9개국)
- 두바이, 이집트, 남아프리카, 중국, 일본, 인도, 말레이시아, 인도네시아, 한국

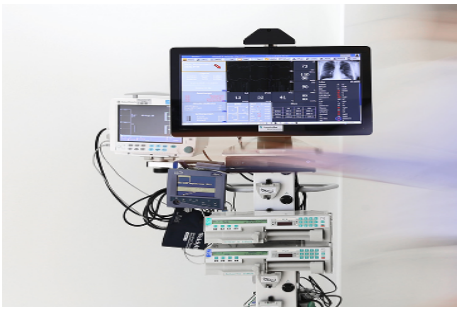
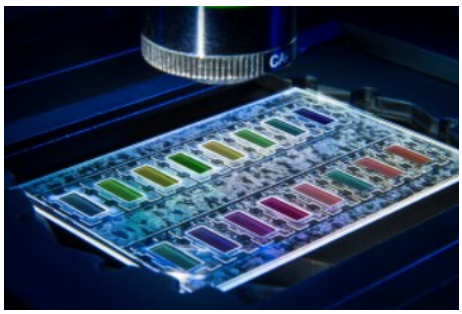
### ❑ 예산관리

ㅇ 연구재원 확보 및 배분
- 연방정부로부터 기본연구자금, 산업체로부터 계약연구자금, 연방정부·EU로부터 계약연구자금 등 3개채널로 확보

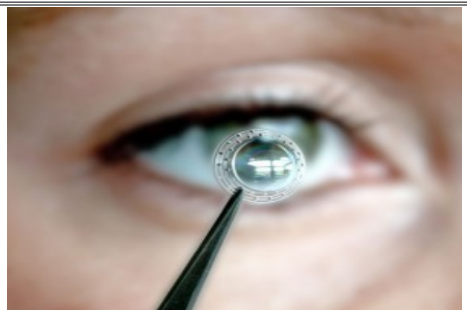
※ 기본연구자금-5~10년 이후 제품 및 서비스 시장의 수요에 대응한 미래형 연구 수행

※ 계약연구자금-산업체 및 정부의 당면 수요 충족시킴
- 재원 배분
  · 고정액 60만€, 연구소별 경상예산의 12%, 내부프로그램(신규분야 연구 촉진) 15% 신규장비 구입 약 10% 등

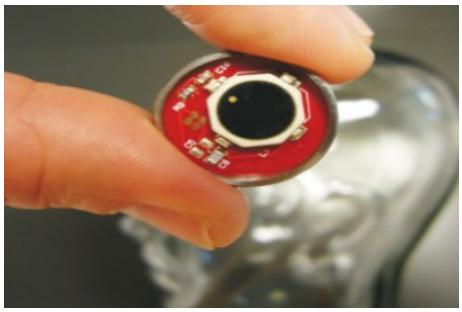
❑ 연구내용[89]

| | 분 야 | | 수행연구내용 |
|---|---|---|---|
| 1 | Health and environment | | −medical technology<br>· Proxemic monitor; multimodal interaction and adaptive visualization for intensive care units<br>  <br>· Faster resistance analysis for patients with blood poisoning<br>  <br>· Single molecule detection machine for nucleic acid analytics<br>· Breast cancer; combining imaging techniques for quicker and gentler biopsies<br>  <br>· Plasma makes wounds heal quicker<br><br>−implants, prostheses, bioresorbable materials<br>· Vasubone; a toolbox for customised vascularised bone implants<br>· Synthetic eye prosthesis |

89) https://www.fraunhofer.de/en/research.html



· Pressure switch inside the head



· Myoplant; implants for bionic hand prossthesis

–assistance systems, IT applications

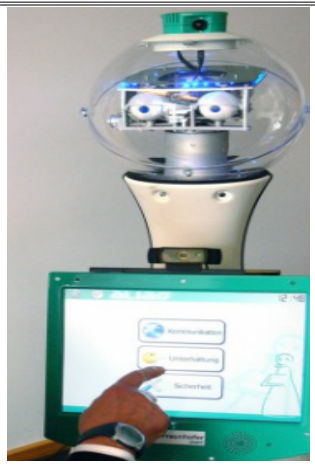
· Care–jack–power vest



· Care–o–botⓡ–the service robot



· Adaptable ambient living assistant for elderly people–ALIAS



−pharmaceuticals development

· Automated plant factory for the productin of vaccines



· European study to shed light on severe asthma

· Platform for the identification of ncRNA−based diagnotics−ribolution

−regenerative medicine, artificial tissue models

· Skin from the factory

· Healing skin in a petri dish

· Sweat gland cells for autologous stem cell bank and in−vitro test systems



· Innovative therapy method for the treatment of brain tumors

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | |  <br><br>−nutrition, food technology<br>· Innovative monitoring and sterilization methods for ensuring microbiological safety in the production chain for fresh plant−based foods−safefresh<br>· Integrated multi−trophic aquaculture(IMTA) for sustainable nutrition<br>· Multimodal sensory integration processes with regards to food and their packaging and presentation−multisense<br>· Preservation of wine−preservewine<br><br>−biotechnology and environmental technology<br>· Microalgae−produced on a commercial scale<br>  <br>· Cleaning purification using UV light−light4cleanwater<br>· Producing drinking water from air humidity−walu<br>· Decentral urban water and wastewater management of the future−deus 21<br>· Nutrient recovery for fertilizers<br>· Biowax particles as alternative to microplastics<br>· Environmental specimen bank−human samples |
| 2 | Security and protection | | −Sniffer devices detect hazardous substance<br>· Inspecting letters with traahertz waves<br>  <br>· Gas sensors sound the smoldering fire alarm<br>· Water monitoring in real time |



· Mirifisens－detecting hazardous substances with quantum cascade lasers

－Saving lives with disaster and crisis management

· Saving lives with seneka



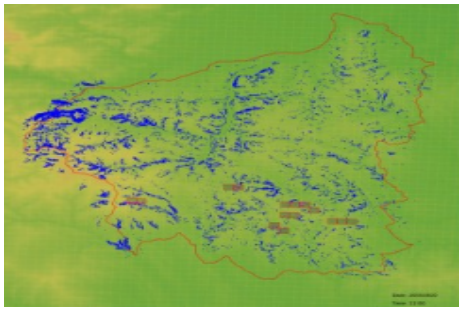
· XP－DITE－accelerated checkpoint design integration test and evaluation



· Intercepting asteroids to avoid armageddon



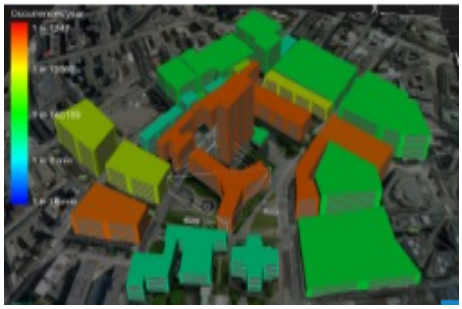
· An accurate way of predicting landslides



· Katwarn－the local warning and information

system for the public
· Sensprocloth
· Prisms–privacy and security mirrors

–Protecting infrastructures
· Vitruv–security planning for urban areas simplified



· Besecure–an interactive web application for supported decision making
· Quantitative risk analysis for town planners
· Safer shipping with high–tech radar



–IT security
· Orchsec–security for corporate networks
· Software platform for TPM 2.0; security for automotive IT, industry 4.0 and critical infrasttructure



· Popular encryption
· On the way to a safe and secure smart home



· App–ray–automatic security analysis of android apps

· Safe production in industry 4.0



–Restoration and protection of cultural property

· A facelift for old buildings–energy–efficient renovations and conservation of historic monuments

· Pilot project; saving our cultural heritage with fraunhofer innovations

· Cultural heritage digitization–cultlab3D




· Artguardianⓡ–high tech protects art fraunhofer technology for preventive conservation will soon be introduced to the market



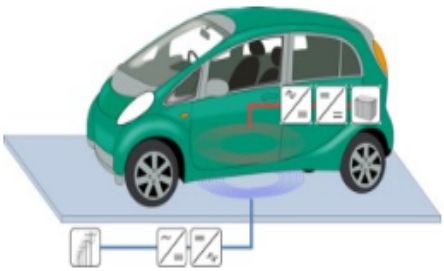
· The pompeii sustainable preservation project

· Brilliance restored through plasma technology



· Terahertz spectroscopy–getting under the surface with terahertz scanners

· Graffitage–anti graffiti coating for the preservation of historic buildings and monuments in europe

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3 | Mobility and Transport | | –Automotive technology<br>· Electromobility<br>· Efficient heating for electric cars<br>  <br>· Salsa–safe autonomous logistics and transportation vehicles in outdoor areas<br>· Crashtest facility highly efficient inductive charging system for electric vehicles<br>  <br>· Center of excellence for automotive production<br>· Franunhofer crash–test facility in efringen–kirchen<br>  <br>–Rail technology<br>· Livingrail<br>· railway measurement<br><br>–Aviation research and transport<br>· Clean sky joint technology initiative<br>· Positioning systems improve airport logistics<br>  <br>· Fraunhofer flight test facility |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | |  <br>· Mobile robots support airplane manufactureres<br>· Aircraft wings that chang their shape in flight can help to protect the environment<br><br>–Mobility research<br>· Shared use of e–mobility: vehicles, data and infrastructure gemo<br>· One million electric cars on germa roads by 2020–an achievable goal<br><br>–Shipping and maritime technologies<br>· Freighter without crew<br>  <br>· Safe harbor<br>  <br>· Mass–produced underwater vehicles<br>  |
| 4 | Production and supply of services | | –Industrie 4.0<br>· Fraunhofer lighthouse project–efficient, emissions–neutral and ergonomic<br>· Rethinking industrial manufacturing in the $E^3$ researchfFactory<br>· Industry 4.0 learns how to hear |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | · Health screening for industrial machines–imain<br>  <br>· Duprocator: making the unexpected plannable<br>  <br>· Production without rigid plans<br>· Adjusting production processes in real time<br>  <br>· Indutry 4.0– “smart glasses” shorten information<br>  <br>· Tactile power steering for order picking carts<br>  <br>· Presswerk 4.0: cutting downtimes in half, making manufacturing flexible<br><br>–Product development |

· Smart materials
· Usability–optimized traceability for the development of embedded systems

–Manufacturing technologies and production processes
· Fraunhofer and continental come together when the dandelion rubber meets the road
· Molecular sorting–perfectly seperted for resource–efficient production
· Terahertz technology reaches industrial maturity



–Automobile and plant engineering
· Automibile production center of excellence
· Arena2036–manufacturing the automobile of tomorrow
· Green carbody technologies
· Real environmental data in real time for simulations

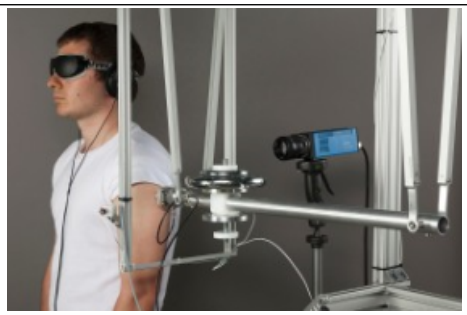
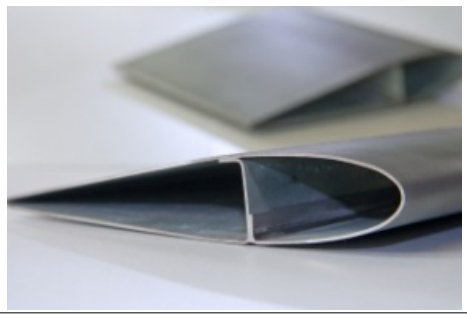


· Presswerk 4.0: cutting downtimes in half, making manufacturig flexible



· Tactile power steering for order picking carts

–Robotics
· The elephants trunk as a model–a high tech helper in industrial and household applications
· Collisions with robots–without risk of injury

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | |  <br>· Robotics: safety without protective barriers<br>  <br>· A long-term EKG for wind turbines<br>  <br>· Radar with 360 vision<br><br>-Materials and surfaces<br>· Triboman-reduction of friction and wear in internal combustione engines<br>· Generating eco-friendly power with metal rotor blades<br>  |
| 5 | Communication and knowledge | | -Audiovisual signal processing<br>· MP3 audio format*<br>· H.265 high efficiency video coding(HEVC)<br><br>-Production, transmission and distribution of media content<br>· Television audio of the future-customizable and in 3D<br>· A concert hall for on the move |



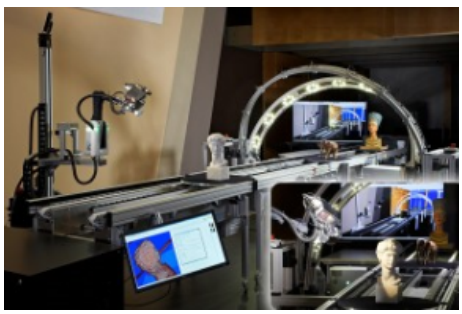
· A micro loudspeaker with a membrane made of metallic glass
· Data glasses controlled by eye movements



· Digital cinema and digital media
· Learning game HOPSCOTCH
· IOSONO

–Big data
· Energy data management EMS–EDM prophet
· Rule fraud identification system Mintify

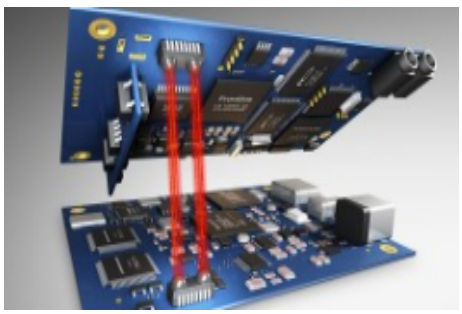
–Image processing
· Infoland: informatino visualization–easy, interactive, elegant
· Cultlab3D

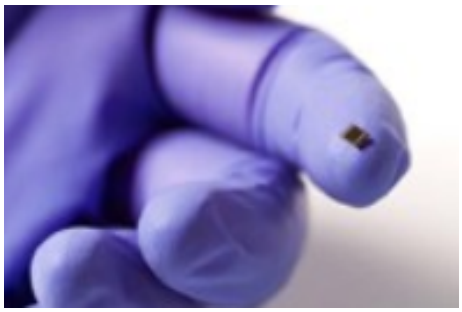


· Shore$^{tm}$–object and face recognition



–Cloud computing
· Cloud computing

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | · Omnicloud<br><br>-E-business<br>· Logistics mall-cloud computing for logistics<br><br>-E-government<br>· Competence center for public IT<br>· Open government data platform for germany<br><br>-Embedded systems/ambient intelligence<br>· S-netⓡ-technology for extremely power-efficient wireless sensor networks<br>· Electronics in textiles<br><br>-Internet of services/Internet of things<br>· Katwarn-the local warning and information system for the public<br>· MIOTY-the wireless IoT platform<br><br>-IT security<br>· Orchsec-security for corporate networks<br>· Software platform for TPM 2.0: security for automotive IT, industry 4.0 and critical infrastructure<br>· Poular encryption<br>· On the way to a safe and secure smart home<br>· App-ray-automatic security analysis of android apps<br>· Safe production in industry 4.0<br><br>-Broadband communications<br>· Machines communicate by using infrared light<br>  <br>· Visible light communication-high speed internet form the ceiling lamp<br>· Wireless backhaul technology-wiback<br><br>-eLearning, edutainment and game<br>· Songs2see<br>· Roberta-learning with robots<br>· Hopscotch<br>· Interactive trabant tour in the DDR museum<br><br>-Simulated reality<br>· Sky light sky bright-in the office: virtual sky<br><br>-Software engineering |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | · Smart rural areas<br>· Industry 4.0<br>· Big data<br>· Cloud computing<br>· Liver surgery app for mobile devices |
| 6 | Energy and resources | | –Renewable energy<br>· Wind energy: pover electronics for renewable energy supply innovation cluster<br>· Solar energy:III–V and concentrator photovoltaics<br>  <br>· Bio energy: flower development in nicotiana tabacum<br>· A ling–term EKG for wing turbines<br><br>–Efficient use of energy<br>· Efficient thermal cooling and heating<br>  <br>· Heating with powder and plastic wastes<br>  <br>· Fraunhofer lighthouse project: $E^3$–production<br><br>–Energy storage and manaagement<br>· Redox flow battery<br>  |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | · Hybrid energy storage system for urban use<br>· Supergrid: efficient generation, storageand distribution of electricity<br>· Pellworm smart region combination power station<br><br>–Using raw materials more efficiently<br>· Critical rare earths<br>· Project cooperation–rubber form dandelion<br>· Beyong tomorrow project–molecular sorting<br>· Analysis of the evolution of renewable energy sources up to 2020<br>· Gretchen–the impact of the policy mix on technological and structural change in renew<br><br>–Building and living<br>· A facelift for old buildings–energy–efficient renovations and conservation of historic monuments<br>· Planning building projects faster and more efficiently<br>· Ceiling panel cools regardless of climate<br>· Combination of insulation and thermal mass<br>  <br>· Wood–derived foam materials<br>  <br>· Entranze–policies to enforce the transition to nearly zero energy buildings in the EU–27<br>· EU–project effesus–energy efficiency for eu historic districts sustainabiltiy |

# 제2절 KRRI~프라운호퍼 기술검토 연구교류

## ❑ 연구교류 개요

[표 550] KRRI~프라운호퍼 국제세미나 개요

**< 철도교통 유망기술 발굴을 위한 KRRI_프라운호퍼 국제세미나 >**

ㅇ 일 시 : 2018년 1월 29일(월) 14:00 ~ 16:00
ㅇ 장 소 : 한국철도기술연구원 11동 해무홀
ㅇ 내 용
- 중점 추진기술 검토를 위한 양국 기술현황 분석
- 중점 추진기술 기술 목록 검토

❍ 프라운호퍼의 미래유망기술 관련 연구방법 및 DB구축 방법

1) 전문가 집단이 우선순위를 정하여 기술로드맵을 활용해 정부와 공유(정부보조금)
2) 기업과 공동프로젝트를 통해 상용화 여부 결정

## ❑ 연구교류 추진결과

❍ 프라운호퍼의 미래유망기술 관련 주요 추진분야

- 프라운호퍼는 철도의 안정성, 사고방지를 중요한 테마로 여기며, 제조사와 재료, 운영, 유지보수까지 협의를 실시하여 미래유망기술 관련 연구를 추진
- 프라운 호퍼의 미래유망기술 주요 추진분야

[표 551] 프라운호퍼 미래유망기술 주요 추진분야

| 구 분 | 세부 분야 | 주요 추진분야 |
|---|---|---|
| 철도 인프라 | 계획·개발 | · ASTRA 교통 및 경제 관리 모델을 통해 교통 수요 및 인프라 확장 조치와 관련하여 다양한 전략을 고려한 교통 시나리오 분석<br>· 철도 네트워크에서의 교통 상황을 재현하는 교통 시뮬레이션<br>· 레일과 지점(point)에서의 마모와 재료 피로뿐만 아니라 용접 공정의 품질을 평가하기 위한 시뮬레이션 및 계산절차 개발 |
| | 운영 | · 비용, 총수익(yield), 민감도 분석면에서 효과 분석<br>· 높은 내구성 및 다양한 디자인 옵션을 갖춘 신소재와 흡음 성능과 명료성을 결합한 마이크로 천공 재료(소음 예방 아이디어 상품) 연구<br>· 작업 현장에서 발생하는 소음을 해결하기 위해 플라스틱 필름과 멤브레인으로 만들어진 팽창식 소음 차단 요소 개발 |
| | 서비스/유지관리 | · 다방향에서 국부적인 접선력을 측정하는 특수 메저링 휠 개발 및 트랙에 장착된 센서가 있는 상부구조 모니터링<br>· 레일과 지점의 마모 및 구름 접촉 피로 상호작용과 접촉변형 조사 및 시뮬레이션 |
| 화물·로지스틱 | 계획 | · 운송 조건, 운송 계획 및 실현 절차, 기술 및 관리 조건 분석<br>· 상품의 위치와 상태에 대한 현장 점검하는 텔레매스틱 어플리케이션 |
| | 프로세스 최적화 | · 시뮬레이션 방법을 이용한 등록, 조사, 평가 |
| | 정보 및 통신 시스템 | · 그래픽 사용자 인터페이스(GUIs)의 개발 및 설계, 서비스 제공 및 판매와 관련된 소프트웨어 제조사의 경험과 지식을 결합한 응용 프로그램에 대한 기능적 설계 |
| 철도 차량 | 개발 | · 안전 관련 소프트웨어 라이선스와 관련하여 EN 50128에 따른 분포 및 모듈러 건축 개발, 검증 및 인증, 개발 프로세스 |

| 구 분 | 세부 분야 | 주요 추진분야 |
|---|---|---|
| | | 개선, 안전 문서 작성에 대한 조언<br>· 부품 크기, 재료 분류 방법, 부품 검사에 대한 종합적인 수치 및 실험<br>· 차체, 베어링, 브레이크, 휠, 휠 고정 축(wheel-set axles), 완전한 휠 세트와 같이 응력에 노출되는 구조 및 안전 부품<br>· 제조 시뮬레이션 및 최적화<br>· 최신 소음 분석 방법, 위생, 실내 환경(climate), 좌석 편의, 충돌 분석<br>· 소음 설계 절차, 음향 구성 개발, 유저빌리티 엔지니어링(usability engineering) |
| | 제조 | · 차량 부품의 비파괴 차원(dimensional) 측정 및 검사, 재료 특성 관련 연구개발<br>· 기본적인 물리적 절차, 센서, 모든 통신 기기에 대한 환경과 기반 기술 분야(equipment engineering), 취급 기술, 결과 평가 및 문서화를 위한 기술, 새로운 검사 절차 및 장치의 입증 및 검증<br>· 비전 검사(Machine vision) |
| | 운영 | · 이동식(즉, 차량 자체 일부), 정적식(즉, 선택된 오버런 점에 위치) 솔루션<br>· 비접촉 적외선 센서 방법을 통해 여객 및 화물 열차를 차단하기 위해 과열 가능성에 따른 축 베어링과 브레이크를 모니터링하는 정적식 솔루션<br>· 레일헤드에 결합하여 열차가 해당 트랙 구간을 지나는 동안 접지면의 손상 여부를 검사하는 초음파 탐침<br>· 위치를 벗어난 로드 또는 버퍼 오버런을 감지하고 적절한 통제하는 최신 레이저 기술을 적용한 프로파일 스캐너<br>· 과도한 배기가스 배출, 화재 또는 누출을 감지하는 분광 측정 장치 |
| | 유지관리 및 상태 모니터링 | · 스트레인 측정시험, 남아 있는 장비의 후속 수명 계산, 파괴역학 조사<br>· 유지관리 점에서 휠 마모상태를 확인하는 휠 세트 측정 장치<br>· 화물 차량의 블록 제동 휠의 림에서의 과도한 잔류 인장 응력 관련 초음파 검사 장치<br>· 광학 측정 기술, 초음파, 와상 전류 검사 절차<br>· RFID 기술과 결합된 관리 시스템 |
| **여객 수송** | 계획 | · 기술, 사회, 기업 경향을 특징으로 하는 교통과 시나리오를 통해 사회적 비용의 예측, 평가<br>· 개별 동력 교통과 대중 교통(P+R 개념, 주차 정보 시스템)을 연결하는 개념, 복합 운송 시간표 정보 솔루션 |
| | 운영 | · 위치 기반 서비스를 통해 각종 수송 기관을 통합한 노드(intermodal nodes)에서의 종합적인 승객 관리 |
| | 정보기술 | · 대중 교통 승객 이동을 위한 내비게이션 솔루션<br>· 데이터 통합, 데이터 교환을 위한 인터페이스 개발, 기업간 외부 서비스 제공자 간의 데이터 전송·수신 솔루션<br>· 위성 내비게이션 기술 |

❍ 검토 시사점

- 미래지향적인 중점추진기술 목록이 다양하게 분포되어 있음
- 철도 안정성, 사고방지 부문은 매우 중요한 부문
- 해당 기술의 개발은 향후 국제 공동연구 등을 실시로 대한민국의 글로벌 해외진출과 독일 철도기술의 첨단화에 기여할 수 있을 것으로 판단됨