

발 간 등 록 번 호

11-B552989-000002-11

2019

국토교통 R&D 동향조사

Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement

철도교통분야



□ 국내외 동향요약 4

제1장 개요

1. 정의 및 분야 8
2. 연구의 필요성 11

제2장 정책동향

1. 미국 14
2. EU 19
3. 영국 23
4. 프랑스 26
5. 독일 28
6. 일본 31
7. 중국 33
8. 한국 36

제3장 시장동향

1. 철도차량 44
1.1 세계시장동향 44
1.2 국내시장동향 50
2. 철도교통 인프라 52
2.1 세계시장동향 52
2.2 국내시장동향 55
3. 철도교통 관리 57
3.1 세계시장동향 57
3.2 국내시장동향 59





제4장 기술동향

1. 철도차량	60
1.1 일반철도차량	60
1.2 고속철도차량	63
1.3 도시철도차량	67
1.4 철도차량 정비/개조/부품	70
2. 철도교통 인프라	74
2.1 노반/궤도	74
2.2 역사	77
2.3 전철/전력	82
2.4 신호/통신	89
3. 철도교통 관리	92
3.1 철도교통 계획/운영	92
3.2 철도교통 안전/편의	96
3.3 철도교통 환경	100
3.4 철도교통시스템 유지관리	103

제5장 주요 이슈 및 시사점

참고문헌	108
------	-----



요약

국내외 동향요약

1. 정책동향

구분	주요 정책동향
미국	<ul style="list-style-type: none"> • 트럼프 대통령은 사회 인프라 발전을 위한 약 1조 5천억 달러 규모의 투자 계획을 수립한 가운데 철도교통 분야에 대한 인프라 개선에 주력 • 국가교통 예산법(FAST)에 기반하여 교통부(DOT) 소속의 연방철도청, 연방교통청, 연방도로청에서 철도교통 분야의 인프라 개선 사업을 실시 • 교통부(DOT)는 연방철도재건기금(RRIF)을 마련하여 철도교통 인프라에 대한 투자를 촉진하고 인프라 정비를 목적으로 「BUILD」 프로그램을 시행
EU	<ul style="list-style-type: none"> • 국제철도연합(UIC)은 RTSE(Rail Technical Strategy Europe)를 통해 승객·화물의 운송 수요에 대응하고 '50년까지 상호 운용이 가능한 철도 인프라 구축에 주력 • 유럽철도연구자문위원회(ERRAC)는 철도기술 관련 중장기 로드맵 'Rail Route 2050'을 수립하고 화물·여객수송 분담률 목표를 상향 • 유럽집행위원회(EC)는 유럽 전역에 걸친 효과적인 운송 네트워크 구축을 위해 CEF (Connecting Europe Facility) 프로젝트를 추진 중
영국	<ul style="list-style-type: none"> • 영국의 철도운영 사업자 NetworkRail은 5년 단위의 NRCP 계획을 수립하여 철도교통 수송 인프라의 기능 확충 및 역할 강화에 주력 • 영국 교통부(DfT)는 모든 사람이 교통수단을 자유롭게 이용할 수 있도록 접근성과 편의성을 개선하기 위한 목적의 ITS(Inclusive Transport Strategy) 전략을 수립 • 영국 교통부(DfT)는 철도교통의 경쟁력 강화를 목적으로 철도교통 중장기 기술로드맵을 수립하고 '40년까지 관련 연구개발에 집중
프랑스	<ul style="list-style-type: none"> • 프랑스 국유철도(SNCF)는 UN에서 채택된 지속가능한 개발 목표(SDG)에 기반하여 철도교통의 지속가능한 이동성 등 4개의 도전과제 달성을 위한 전략을 마련 • SNCF Réseau는 프랑스 전체를 연결하는 철도망 구축을 위해 범국가 차원의 철도교통 인프라 확충 및 현대화 프로젝트 추진
독일	<ul style="list-style-type: none"> • 독일 연방정부는 '30년까지의 교통 인프라 개발에 관한 종합전략 'FTIP 2030'을 수립 • 연방교통디지털인프라부(BMVI)는 철도 네트워크 전체를 디지털화하는 '독일 철도의 디지털화(Digital Rail for Germany)' 프로그램을 추진 • 독일 노르트라인베스트팔렌(Nordrhein-Westfalen) 지역의 철도 인프라 확충을 위해 라인 루어 익스프레스(Rhine-Ruhr Express, RRX) 프로젝트를 추진
일본	<ul style="list-style-type: none"> • 일본은 철도의 안전성 확보, 네트워크 유지·강화, 서비스 향상과 더불어 지구 온난화에 대응하고 새로운 생산성 혁신을 촉진하는 등 다양한 철도 정책을 추진 • 일본 국토교통성은 '인프라 시스템 수출전략'에 근거하여 해외 철도교통 시장의 주도권 확보를 위한 '철도 분야의 해외진출 전략'을 수립하여 시행 중
중국	<ul style="list-style-type: none"> • 중국은 체계적인 철도 교통망 확충을 위한 계획으로 '중장기 철도망 계획'을 수립하여 '25년까지의 단계별 목표를 설정하고 '30년까지의 미래를 전망 • 중국 국가발전개혁위원회는 철도 전용노선의 건설에 속도를 내기 위한 '철도 전용노선 건설 추진 가속화에 관한 지도의견'을 '19년 9월 발표 • 중국철도총공사(中国铁路总公司)는 연간철도건설계획에 기반하여 철도 인프라에 대한 '19년 예산으로 8,500억 위안을 책정하고 6,800km 규모의 철도 건설에 착공
한국	<ul style="list-style-type: none"> • 국토교통부는 철도의 안전성 향상을 목적으로 IoT, 빅데이터, 드론 등 스마트 기술을 활용하여 시설을 관리하는 '스마트 철도안전관리체계 기본계획('18~'27)'을 수립 • 국토교통부는 철도시설의 효율적이고 체계적인 개조를 통한 열차운행 안전을 확보하기 위하여 5년 단위의 '중장기 철도시설 개량투자 계획' 수립('18~'22년) • 국토교통부는 세계적인 수준의 서비스를 제공하는 대도시권 광역교통망 구축을 위해 향후 10년간의 정책 방향을 담은 '광역교통 2030'을 '19년 10월 발표



2. 시장동향

- 철도차량 시장은 안전성, 효율성 및 승객 편의성을 향상시키는 방향으로 성장하여 '17년 52.5억 달러에서 '25년 73.8억 달러에 도달할 것으로 전망

 - 세계 철도차량 시장은 아시아·오세아니아와 유럽이 70% 이상을 점유하고 있으며 '25년까지 연평균 성장률 또한 각각 4.7%, 4.2%로 시장 성장을 주도
 - 주요 국가별 철도차량 시장의 연평균 성장률은 미국(4.40%), 독일(4.23%), 중국(4.16%), 한국(3.83%), 프랑스(3.48%), 일본(3.44) 순으로 전망('18~'25)
 - 철도차량 유지보수 시장은 '17년 540억 유로에서 '22년까지 연평균 3.2% 성장하여 향후 신규 철도차량 시장 규모를 상회할 것으로 전망

- 세계 철도 인프라 시장은 '18년 470억 달러에서 연평균 3.4% 증가하여 '25년 614억 달러에 도달할 것으로 전망

 - '18년 세계 철도 전철화 시장은 100억 유로이며, 디젤에 비해 경제적·친환경적인 전철 프로젝트가 증가하면서 '22년까지 연평균 3~4% 증가 전망
 - 전철/전력의 신설 및 개량 분야 시장 규모는 '15년 47억 유로에서 '20년까지 연평균 3.9% 성장 전망
 - 전철/전력의 유지보수 및 교체 분야 시장 규모는 '15년 38억 유로에서 '20년까지 연평균 5% 성장 전망

- 세계 철도 관리 시장은 '18년 345억 달러에서 연평균 10.2% 증가하여 '23년에는 562억 달러로 성장할 것으로 전망

 - 철도 관리 솔루션 중에서는 철도 교통관리 기술이 가장 크게 성장할 것으로 기대
 - 세계 디지털 철도 시장은 '19년부터 '24년까지 연평균 8.4% 증가할 것으로 전망
 - 아시아-태평양 지역은 급격한 경제성장과 기술혁신을 위한 정부차원의 투자로 인해 '23년에는 가장 큰 철도관리 시장으로 성장할 것으로 예측

● **국내외 동향요약**

3. 기술동향

분야	주요 기술동향
일반철도차량	<ul style="list-style-type: none"> 독일 기업 Siemens사는 철도차량의 수용력, 편의성 및 에너지 효율성을 향상시킨 Desiro HC 전기 다중장치 열차를 개발하여 '18년 12월부터 RRX노선에서 시운전 중 독일의 항공우주센터와 AV Studio는 경량소재 기술을 적용하여 보다 효율적인 운영이 가능하며 환경 친화적인 철도차량 'Aeroliner3000'을 '16년 9월 최초로 시연 중국중차(CRRC)는 '18년 9월 이노트랜스 전시회에서 경량화·친환경·지능화 중심의 차세대 전동차 CETROVO를 발표
고속철도차량	<ul style="list-style-type: none"> 일본 철도회사 JR East는 최대 약 400km의 속도를 낼 수 있는 신칸센 초고속 열차 'Alfa-X'를 개발하고 '19년 5월 테스트 단계에 돌입 독일 기업 지멘스는 '23년 상업운행 개시를 목표로 개발 중인 차세대 신형고속열차 'Velar novo'를 '18년 6월 최초 공개 중국국유철도그룹(China State Railway Group Co)은 시속 600km로 운행이 가능한 자기부상열차의 프로토타입을 '19년 5월 개발 완료 우리나라는 고속철도 차량 HEMU-430X와 함께 EMU-300, 250, 150을 개발하고 '20년부터 도입할 계획
도시철도차량	<ul style="list-style-type: none"> 영국은 Transport for London 프로그램을 통해 Siemens Mobility와 Piccadilly Line 전체를 대체하는 차세대 열차와 신호시스템을 설계 벨기에 브뤼셀에서는 지하철 현대화를 위한 차세대 열차와 신호시스템을 발표한 가운데 신호시스템은 '28년까지 모든 도시철도가 자율주행이 가능하도록 설계 뉴욕의 메트로폴리탄교통청(Metropolitan Transportation Authority)은 535대의 최첨단 차세대 지하철을 '20년부터 도입할 예정 모스크바는 세계 최고의 도시철도 차량 개발을 목표로 'MOSKVA'를 도입하여 '17년 운행 시작 서울 지하철 2호선의 신형열차는 전기제동 신기술을 적용하여 정위치 정차율 향상 및 에너지 비용 절감과 제동패드 사용 감소로 인한 미세먼지도 감축
철도차량 정비/개조/부품	<ul style="list-style-type: none"> 유럽은 보다 경쟁력 있고 효율적인 운송 시스템 구축을 위한 일환으로 'Shift2Rail' 사업을 통해 전기기계식 제동시스템, 와전류 제동 장치 등의 기술 개발·응용에 성공 일본은 히타치, 도시바, 미쓰비시, 지멘스 및 Infineon 등의 다양한 전력반도체 제조사에서 SiC를 활용한 철도용 스위칭 소자 연구개발이 활발히 진행 중 우리나라는 전동차용 영구자석 동기전동기(PMSM) 추진시스템을 상용화 국내 '철도차량 부품호환 및 표준모델 개발' 연구단에서는 친환경적이며 유연하게 적용 가능한 도시철도차량용 제동 마찰재와 축전지·충전기 등의 연구개발을 진행 국도교통부는 국내 철도차량부품 산업의 발전과 기술력경쟁력 확보를 위해 '20년부터 철도차량부품개발 사업에 착수 예정
노반/궤도	<ul style="list-style-type: none"> 세계적으로 폐기물을 재활용하여 환경부하를 저감할 수 있는 친환경 목적목과 저진동, 저소음 등 고성능의 복합소재 침목 개발 활성화 국내 연구단은 철도교통 인프라의 안전성과 유지보수 효율성을 높이기 위해 최신 기술을 접목한 다양한 시스템과 공법을 개발 중
역사	<ul style="list-style-type: none"> 해외에서는 철도 역사를 단순 교통 허브의 역할을 넘어 지역사회에 새로운 가치를 창출하는 스마트 역사로 변모시키고 있는 추세 우리나라는 영동대로 광역환승센터를 포함한 주요 역사의 스마트화를 위해 첨단기술을 적용하는 등 이용자의 편의성·안전성 향상에 주력



분야	주요 기술동향
전철/전력	<ul style="list-style-type: none"> 일본 철도종합기술연구소(RTRI)는 '15년부터 '20년까지의 자체 연구개발 계획인 'RESEARCH 2020'에 따라 에너지 네트워크 및 초전도 케이블 시스템을 개발 중 프랑스는 철도수송에 스마트 그리드 기술을 적용하기 위한 일환으로 피크 부하 완화, 전력요금 감소 등의 에너지 활용 방안에 대한 연구 프로젝트 HRPS 추진 독일은 송전손실을 저감하기 위한 초전도 전력 케이블 적용기술을 개발하고 전력변환장치를 통해 에너지 효율을 향상 미국과 호주에서도 에너지를 효율적으로 사용하기 위해 전력변환 장치 기반의 철도 변전소를 구축하여 운영 우리나라는 철도교통용 에너지 저장장치 및 전력변환기술에 대한 연구개발이 활발 국내의 독자적인 기술로 400km/h 급의 고속 전차선로를 세계 최초로 개발 우리나라의 실제 철도망에 기반한 이론 및 시뮬레이션 프로그램, 측정기술, 전력 공급에 대한 다양한 연구개발을 수행
신호/통신	<ul style="list-style-type: none"> 해외에서는 초고속 통신네트워크를 활용한 차량 진단 및 제어기술 개발이 확대 우리나라는 위성 기반의 무선통신기술과 IoT 등의 첨단기술을 활용하여 차세대 철도 신호 및 관리 시스템을 구축
철도교통 계획/운영	<ul style="list-style-type: none"> 일본은 안정적이고 지연 없는 열차 서비스 구현을 위해 새로운 교통 계획 및 운영 시스템을 적용하고 고도화에 주력 프랑스는 신재생에너지 비용 상향 및 에너지 소비 저감을 위해 Eco-driving 기술과 관계기술 적용을 확대 국내에서는 열차의 경제운전을 위한 에너지 소비 모니터링 기술을 도입하는 단계 국내 연구단은 철도역 설비, 차량, 선로 등 모든 하드웨어를 가장 효율적으로 활용하고 철도수송의 최적화를 달성하기 위해 열차운행 계획 통합시스템을 개발 중
철도교통 안전/편의	<ul style="list-style-type: none"> 일본 철도종합기술연구소(RTRI)는 백그라운드 감산 및 프레임 등록을 사용한 정면 장애물 감지 시스템을 개발 중국은 스마트폰의 QR 코드, 안면인식 기술 등을 활용한 지하철 요금 지불서비스를 도입함으로써 이용자의 편의 향상에 주력 우리나라는 상하 개폐 방식의 새로운 스크린도어를 개발하고 해외 수출 성과 달성 한국철도시설공단은 재난상황에 즉각적인 대응과 원활한 철도시설 유지보수를 위한 시설이력관리 종합정보시스템을 구축 중 한국철도기술연구원은 철도사고에 의한 막대한 사회적 피해를 방지하기 위해 빅데이터 기반의 확률적 위험도 평가를 통한 사전 예방체계 기술을 개발 중
철도교통 환경	<ul style="list-style-type: none"> 일본은 철도교통 분야의 효과적인 소음저감 기술 개발을 위해 각 소음의 원인과 특성을 규명하는 다양한 연구개발을 수행 우리나라는 열차 승객의 조망권을 방해하지 않는 저상 방음벽과 태양광 방음벽 등 보다 효과적인 방음벽 개발을 위한 연구 수행 한국철도기술연구원은 '16년부터 '19년까지 소음진동의 객차 간 확산을 방지하기 위해 소음진동에 취약한 연결부 성능향상 연구를 수행 국토교통부는 쾌적한 지하철 공기질 유지 및 지하철 이용객의 초미세먼지 노출 저감을 목적으로 '19년부터 지하철 미세먼지 저감에 관한 기술 개발 추진
철도교통시스템 유지관리	<ul style="list-style-type: none"> 미국은 열차 계측데이터 기반의 시스템 효율화 솔루션 'Railconnect 360'을 개발 프랑스 철도운영사 SNCF는 IBM Watson IoT 기술을 활용하여 열차의 고장에 신속히 대응하고 효율적인 유지보수 체계를 통해 열차, 신호 및 선로의 신뢰성을 향상 우리나라는 열차 운행과 동시에 철도인프라의 상태를 검측하는 종합검측시스템을 개발함으로써 효율적인 유지보수와 국산화에 따른 비용 절감 효과 발생 국내 철도교통 분야의 유관기관이 컨소시엄을 구성하여 빅데이터 기반 철도차량 스마트 유지보수 기술을 개발 중

01

제1장 개요

1. 정의 및 분야

- **철도산업법의 관점에서 철도는 여객 또는 화물을 운송하기 위해 필요한 철도차량과 철도시설 및 이와 관련된 운영·지원체계가 유기적으로 구성된 운송체계를 의미**
 - 철도차량이라 함은 여객 및 화물 운송을 위해 선로를 운행하는 목적으로 제작된 동력차·객차·화차 및 특수차를 의미
 - 철도시설은 철도차량 운행을 위한 인프라로써 차량정비기지, 선로, 역사에서부터 철도전문인력의 교육훈련 및 철도기술 연구개발을 위한 시설까지 포함
 - 철도차량을 운행하기 위해 궤도·노반·공작물 등으로 구성된 철도의 선로, 역사설 (물류·환승·편의시설 등) 및 철도운영을 위한 건축물·건축설비
 - 선로 및 철도차량을 보수·정비하기 위한 선로보수기지, 차량정비기지 및 차량유치 시설, 철도의 전철전력설비, 정보통신설비, 신호 및 열차제어설비
 - 철도노선간 또는 다른 교통수단과의 연계에 필요한 시설, 철도기술의 개발·시험 및 연구를 위한 시설, 철도경영연수 및 철도전문인력의 교육훈련을 위한 시설
 - 이 외 철도의 건설·유지보수 및 운영을 위한 시설로서 대통령령이 정하는 시설
 - 철도운영은 철도 여객 및 화물 운송, 철도차량의 정비 및 열차의 운행관리, 철도 시설·철도차량 및 철도부지 등을 활용한 부대사업개발 및 서비스를 포함
 - 철도시설의 건설은 철도시설의 신설과 기존 철도시설의 직선화·전철화·복선화 및 현대화 등 철도시설의 성능 및 기능향상을 위한 철도시설의 개량 활동을 의미
 - 철도시설의 유지보수는 기존 철도시설의 현상유지 및 성능향상을 위한 점검·보수·교체·개량 등 일상적인 활동을 의미



□ 철도교통 분야는 철도차량, 철도시설, 철도운영 및 지원체계 등 3대 기능으로 구분되며, 각각의 역할과 범위를 고려하여 철도차량, 철도교통 인프라, 철도교통 관리로 구분

- 철도차량 기술은 궤도 위를 주행할 수 있는 차량의 설계, 제작, 시험평가, 유지관리에 관한 사항으로 일반/고속/도시철도 차량과 철도차량 정비·개조·부품을 포함
 - 일반철도 차량은 200Km/h 미만 최대 주행속도를 가지고 있으며 도시철도를 제외한 차량의 설계, 제작, 시험평가, 유지관리를 위한 기술
 - 고속철도 차량은 200Km/h 이상의 최대 주행속도를 가지고 있으며, 단수 또는 다수의 동력장치를 가지는 차량의 설계, 제작, 시험평가, 유지관리를 위한 기술
 - 도시철도 차량은 도시교통의 원활한 소통을 위하여 도시교통권역에서 운영하는 철도로서 지하철, 경량전철을 설계, 제작, 시험평가, 유지관리를 위한 기술
 - 철도차량 정비·개조·부품은 전기, 전자, 기계 등 다양한 분야의 설비, 부품 등이 서로 유기적으로 연동되어 작동되는 철도차량의 안전도 및 성능향상으로 운전 장애 발생감소 및 안전 확보를 위한 기술
- 철도교통 인프라 기술은 철도의 선로, 역시설 및 철도운영을 위한 건축물을 설계, 시공, 유지관리하는 제반기술로 노반/궤도, 역사, 전철/전력, 신호/통신을 포함
 - 노반/궤도는 궤도를 지지하는 도상 및 노반에 대한 설계, 시공 및 유지관리에 필요한 관련 기술
 - 역사는 일반/고속/도시철도 등 철도역사의 이용객 편의성 향상 및 이동시스템 개선, 안전성 향상, 에너지 효율성 향상, 쾌적성 향상을 위한 첨단 융복합 기술
 - 전철/전력은 열차로 전기에너지를 공급하기 위하여 선로에 설치되는 전차선로, 급전, 배전 등 전력공급 설비와 역사 전력공급설비, 에너지 변환설비 등에 필요한 제반 기술
 - 신호/통신은 철도의 특성에 적합한 각종 통신설비를 효율적으로 사용하여 열차의 운행 간격, 열차 진로, 운전 보안 및 정보화 설비를 취급하는 종합적인 열차 제어 및 철도 통신 시스템 엔지니어링 기술

● 제1장 개요

- 철도교통 관리 기술은 차량 시설물 운영을 최적화하고 운영상의 이상 발생 시 경제적, 환경적 피해저감을 최소화하는 한편 최단 시간 내에 원래의 기능 회복 및 사후관리할 수 있도록 하기 위한 체계, 절차, 기술로 철도교통 계획/운영, 철도교통 안전/편의, 철도교통 환경, 철도교통시스템 유지관리를 포함
 - 철도교통 계획/운영은 차량과 시설물 그리고 전력설비와 신호 등의 대상을 효율적·친환경적으로 운영하여 철도를 이용하는 승객 및 화물의 운송 서비스 질을 향상하기 위한 교통계획, 운영기술
 - 철도교통 안전/편의는 승객이 편리하고 안전하게 철도를 이용할 수 있도록 철도이용의 편의성 향상 및 철도 사고 예방 중심의 안전관리기술, 사고 발생 시 신속한 복구 및 대응기술
 - 철도교통 환경은 철도가 환경에 미치는 부하의 정량화 및 최소화를 위해 철도의 계획/건설/운영 단계에서 자원사용과 배분을 최적화하고 철도건설/운영으로 인한 환경오염을 복원하기 위해 요구되는 기술
 - 철도교통시스템 유지관리는 철도교통시스템의 수명주기 비용 최소화/최적화와 경제성/안전성 향상을 위해 차량, 시설물, 운영시스템의 상태를 상시 모니터링하고 최적으로 유지관리하기 위한 기술

〈표 2.1〉 철도교통 분야 중분류 기술 정의 및 범위

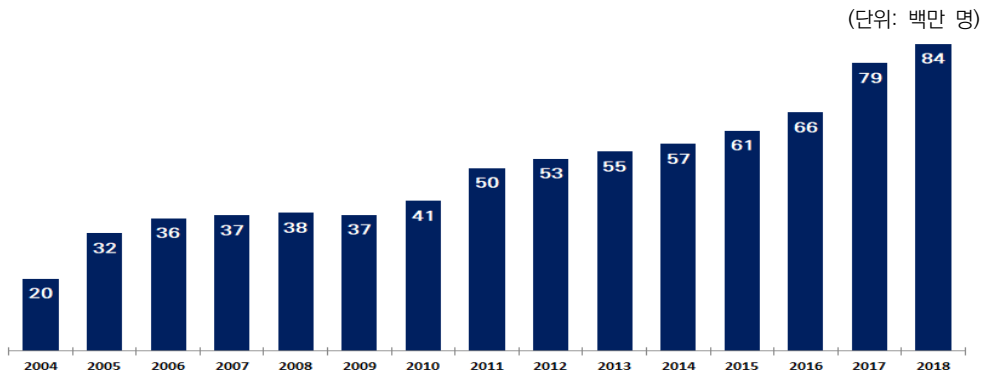
중분류명	기술정의 및 범위
철도차량	전용 궤도 위를 주행할 수 있는 차량의 설계, 제작, 시험평가, 유지관리를 위한 기술
철도교통 인프라	철도의 선로, 역시설 및 철도운영을 위한 건축물을 설계, 시공, 유지관리하는 제반기술
철도교통 관리	차량 시설물 운영을 최적화하고 운영상의 이상 발생 시 경제적, 환경적 피해를 최소화하는 한편 최단 시간 내에 원래의 기능 회복 및 사후 관리를 위한 체계, 절차, 기술



1.2 연구의 필요성

□ 도시화에 따른 철도이용객의 증가가 예상되는 가운데 철도이용객의 편의성 향상을 위한 지속적인 관리 및 개선 필요

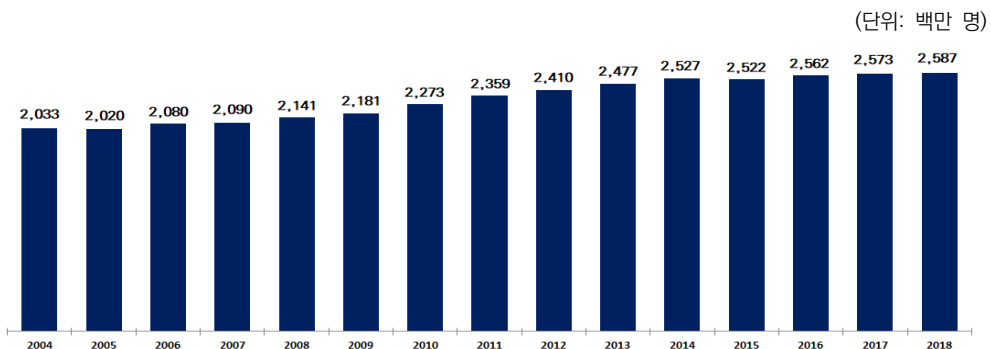
- 대도시와 위성도시 간의 교통 등 인구 유동성을 고려하여 철도교통망 증가 예상
 - 유엔 경제사회국(DESA)의 '2018 세계 도시화 전망 보고서'에 따르면 도시인구 비율은 '18년 55.3%에서 '50년 68.4%로 지속적으로 확산 전망
- 국내 고속철도 및 도시철도의 여객 수는 지속적으로 증가하는 추세
 - 고속철도 여객 수는 '04년 20백만 명에서 '18년 84백만 명으로 증가



자료: 국가통계포털(KOSIS), 국내·국제여객 연도별 수송수단별

[그림 1.45] 국내 연도별 고속철도 수송실적(여객 수)

- 도시철도 여객 수는 '04년 2,033백만 명에서 '18년 2,587백만 명으로 증가



자료: e-나라지표, 연도별 도시철도 수송실적

[그림 1.46] 국내 연도별 도시철도 수송실적(여객 수)

● 제1장 개요

□ 철도교통은 국민의 삶의 질, 복지, 안전 등과 밀접한 관련이 있는 공공 인프라로 정부 주도의 국가전략산업으로 관리가 필요한 분야

- 철도교통 분야는 타 여객 및 운송사업 대비 환경변화 대응이 어렵고, 신뢰성을 중시하는 산업 특성상 기술개발에 장기간이 소요되며 대규모 재원 투입 필요
 - 인프라적 특징으로 사업화까지 장기간의 현장적용 및 기술 검증 기간이 필요하며 타분야와 복합적으로 연계되어 있어 대규모 연구개발이 필요
 - 대규모 인프라 산업으로 신뢰성을 중시하는 산업의 특성이 있어 신기술 검증에 오랜 기간과 비용 발생하여 정부 지원 필요

□ 세계적으로 급성장 중인 철도교통 시장에서 점유율 확보를 위해서는 기술력 확보 필요

- 철도산업의 세계시장규모는 '25년에 약 610조 원으로 성장할 것으로 전망
 - 각국의 도시화, 에너지 위기, 환경에 대한 관심 증가 등으로 매년 2~3%씩 꾸준히 성장하고 있는 추세

□ 세계적으로 급성장 중인 철도교통 시장에서 우리나라의 점유율 확보를 위해서는 기술력 확보가 필요

- 철도산업의 세계시장규모는 '22년에 약 1831억 달러로 성장할 것으로 전망
 - 각국의 도시화, 에너지 위기, 친환경에 대한 관심 증가 등으로 '18년부터 연평균 2~3%씩 꾸준히 성장하고 있는 추세
 - After-Sales* 시장은 연평균 3.4%씩 증가하여 '22년에는 전체 시장의 54%를 차지하여 OEM* 시장(CAGR 2.4%)보다 큰 비중을 차지할 것으로 예상
 - * After-sales : 철도차량 판매 후 이루어지는 차량/부품의 교체 및 유지보수 등
 - * OEM(Original Equipment Manufacture) 주문자 생산방식

〈표 1.3〉 철도산업 세계시장 규모

구분	2017	2018	2019	2020	2021	2022
세계 철도교통 시장	1,586	1,632	1,680	1,729	1,779	1,831

자료: SCI Verkehr GmbH, WORLDWIDE MARKET FOR RAILWAY INDUSTRIES, 2018

생활을 편리하게!
시간을 풍요롭게!

-creative dream builder-

KAIA

02

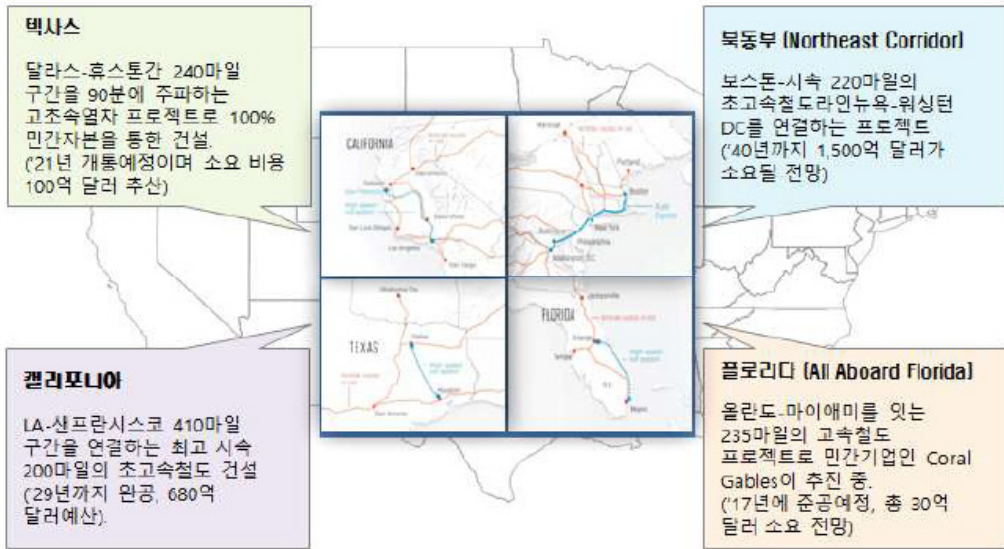
제2장 정책동향

1. 미국

□ **트럼프 대통령은 사회 인프라 발전을 위한 약 1조 5천억 달러 규모의 투자 계획을 수립한 가운데 철도교통 분야에 대한 인프라 개선에 주력¹⁾**

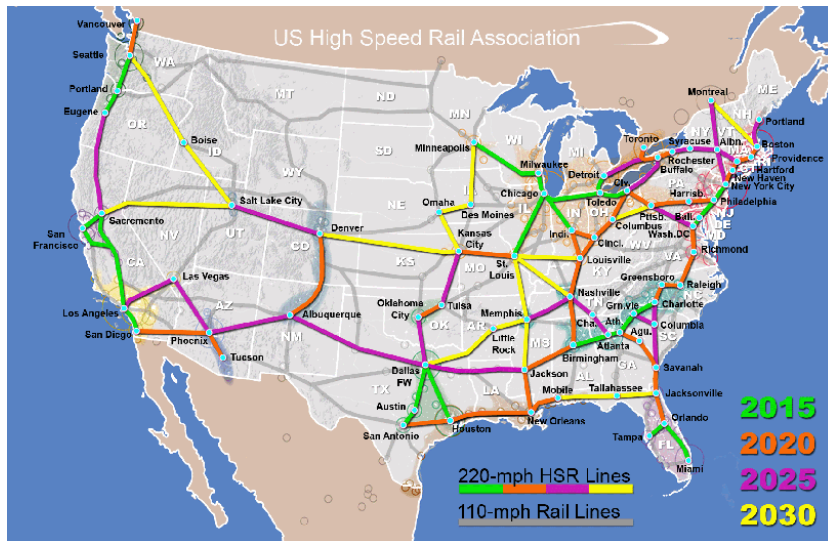
- '18년 '美 인프라 재건을 위한 입법 추진 개요'의 발표와 함께 민간투자 촉진을 위한 유인책을 제공함으로써 현재 개발이 가장 저조한 철도분야에 대한 투자 증대 전망
 - 1조 5천억 달러의 재원 마련을 위해 연방정부 출연금으로 2천억 달러를 투입하고, 나머지 1조 3천억 달러는 민간 투자를 통해 조달 예정
- JLL사의 공공인프라 사업담당자는 향후 10년 동안 약 3조 5천억 달러에 달하는 미국 내 인프라 프로젝트 시장이 열릴 것으로 전망
 - 대부분 교통 인프라와 관련된 시장으로 고속철도, 모노레일, 지하철, 전기차 인프라 등에서 기자재 공급 기회가 크게 확대될 것으로 기대
- 미국은 기술력과 자본을 갖춘 일본, 중국과 협력하여 다양한 철도교통 인프라 사업을 추진함으로써 가시적 성과 도출을 위해 노력
 - 텍사스 델러스~휴스턴 간 240마일 구간의 초고속철도 사업은 일본의 중앙일본철도가 신칸센 열차 기술을 턴키로 제공하여 차량공급에서 유지관리까지 전담
 - 볼티모어~워싱턴 간 40마일 구간의 초고속 자기부상철도 사업에 일본을 기술자문 및 열차 공급업체로 포함
 - ※ 해당 프로젝트는 보스턴~뉴욕~워싱턴을 잇는 북동부 고속철도 라인 개발의 선도적 사례로 일본이 향후 미국 고속철 시장을 선점하는 기회로 평가
 - CRRC와 같은 중국 기업들은 가격 경쟁력과 현지화 전략을 병행함으로써 미국 교통 인프라 프로젝트에 투입되는 철강, 철도차량 등 제품 공급에 주력

1) KOTRA, 해외시장뉴스(美 교통인프라 '자국산 우대정책' 강화 움직임에 따른 기회와 전망), 2019.8.6.
<https://news.kotra.or.kr/user/globalBbs/kotranews/782/globalBbsDataView.do?setIdx=243&dataIdx=176627>
 THE WHITE HOUSE, Legislative Outline for Rebuilding Infrastructure in America, 2018
<https://www.politico.com/f/?id=00000161-8a9d-d53a-a5f5-bffd597b0000>



자료: KOTRA, 트럼프 시대의 미국 공공인프라, 2017

[그림 2.65] 미국 고속철도 구축현황



자료: US HSR, 미국 고속철도 네트워크 맵

[그림 2.65] 미국 고속철도 네트워크 맵

● 제2장 정책동향

□ 국가교통 예산법(Fixing America's Surface Transportation Act)은 미국 전반에 걸쳐 교통 부문의 중장기적인 투자 재원을 마련하고 낙후된 시설 보수에 중점²⁾

- FAST법은 낙후된 교통 인프라의 안전성에 대한 우려가 높아짐에 따라 연방정부 차원의 예산을 마련하고 육상교통 관련 계획 및 투자를 위해 '15년 12월 시행된 정책
- 미 교통부(DOT) 소속의 FTA, FRA, FHA에서 도로교통, 대중교통, 철도교통, 물류교통 부문의 인프라 확장과 유지보수를 위한 다양한 프로그램 추진
 - 연방철도청(Federal Railroad Administration)은 Amtrack社의 조직 개혁에서부터 고속철도, 도시 간 철도 등의 안전성·편의성을 향상
 - 전국에 걸쳐 철도교통 운송의 안전성·효율성·신뢰성을 높이기 위해 CRISI* 프로그램에 '19년 예산으로 2억 4천 4백만 달러 투자
 - * CRISI(Consolidated Rail Infrastructure and Safety Improvements): 적합한 응용 분야로는 철도의 정체 문제, 고속도로 철도 교차점, 단거리 철도 인프라의 개선과 철도 노선 재배치 및 철도 안전 기술을 배포하는 프로젝트 등이 포함
 - '19년 11월에는 도시 간 여객철도의 정비 및 개선을 위한 보조금 프로그램인 REGP*에 2천 4백만 달러의 투자 계획을 발표³⁾
 - * REGP(Restoration and Enhancement Grants Program): 도시 간 여객철도의 정기적인 유지보수 계획 비용, 인건비, 연료비, 전기비 등의 운영 지원금이 포함되며, 지방정부와 도시 및 Amtrack社를 포함하여 기타 시외 여객철도 기업도 신청 가능
 - 열차운행 제어 및 모니터링 시스템(Positive Train Control) 도입, 철도 건널목에서 열차와 차량 간 충돌방지 등 안전성 증대를 위해 예산 배정
 - 연방교통청(Federal Transit Administration)은 지하철, 경전철, 통근 열차, 버스 등 지역 대중교통 시스템의 정비 및 개발을 위한 다양한 보조금 지원 프로그램 추진
 - 연방도로청(Federal Highway Administration)의 STBGP*는 지역정부 관할의 육상교통 지원 프로그램으로 정액교부금 방식에 따라 자율적으로 지원
 - * STBGP(Surface Transportation Block Grant Program): 연방정부는 사업의 방향과 총액만을 결정하고 자치단체장에게 예산집행에 대한 재량권을 부여함으로써 지역적 특성을 반영한 혁신적 정책아이디어 구현

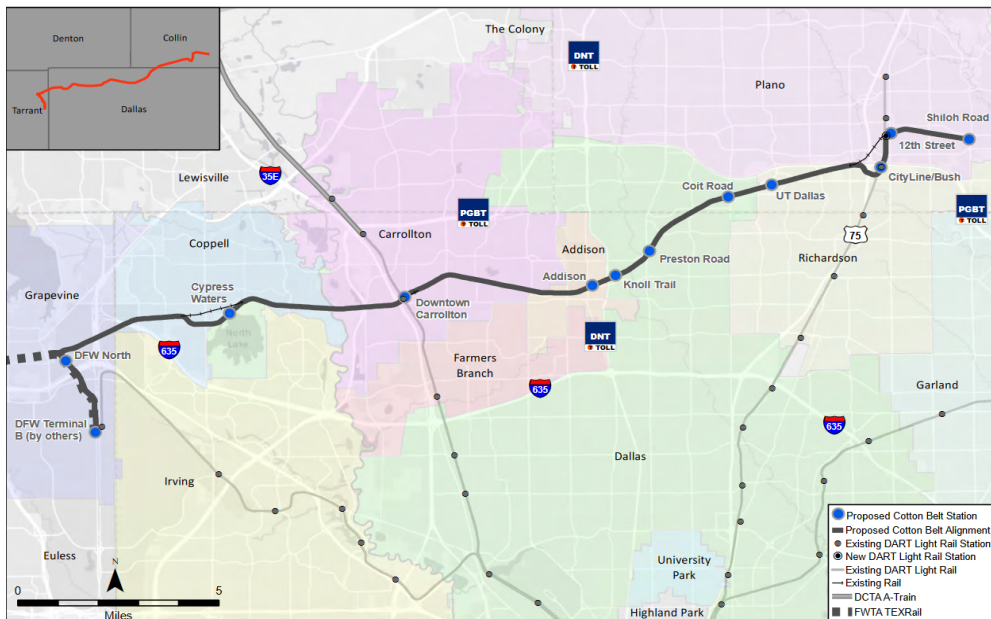
2) APTA, FAST ACT: A GUIDE TO PUBLIC TRANSPORTATION AND RAIL-RELATED PROVISIONS
<https://www.apta.com/wp-content/uploads/FAST-Act-A-Guide-to-Public-Transportation-and-Rail-Related-Provisions.pdf>
 국토연구원 도시재생연구센터 세계도시정보, 미국의 새로운 국가교통 예산법 'FAST'
https://ubin.krihs.re.kr/ubin/wurban/world_city_instance_view.php?no=1563&thema=

3) FRA, U.S. Department of Transportation Announces Availability of \$24 Million to Restore and Enhance Intercity Passenger Rail Nationwide, 2019.11
<https://railroads.dot.gov/newsroom/press-releases/us-department-transportation-announces-availability-24-million-restore-and>

□ 미 교통부(DOT)는 연방철도재건기금(RRIF)을 마련하여 철도교통 인프라에 투자 촉진⁴⁾

※ 연방철도재건기금(RRIF): Railroad Rehabilitation & Improvement Financing

- 철도 신설 또는 현대화 프로젝트를 추진하는 주정부, 지방정부, 철도회사, 정부보증 기관(기업), 민간 PPP 사업자에게 최대 358억 달러의 직접 대출 또는 보증을 제공
- '19년에는 텍사스 델러스 지역의 대중교통 운영기관인 DART에 9억 1천 8백만 달러의 RRIF 직접 대출을 제공하여 철도교통 인프라 현대화 및 신규 건설 추진
 - DART는 DFW(Dallas-Fort Worth) 국제공항에서 Plano/Richardson 지역까지 동쪽으로 약 26마일의 철도를 연장하는 '코튼벨트 지역 순환 철도 프로젝트' 추진
 - ※ Cotton Belt Corridor Regional Rail Project
 - 표준을 준수하도록 승객용 철도를 업그레이드함과 동시에 단일 트랙에서 이중 트랙으로 변환, 10개소의 신규 역사 건설, 8대의 철도차량을 구입할 예정



자료: DART, Cotton Belt Corridor Regional Rail Project, 2019
<https://www.dart.org/ShareRoot/about/expansion/cottonbelt/cottonbeltdeis/CottonBeltDEISApril2018.pdf>

[그림 2.72] 미국 코튼벨트 지역 순환 철도 프로젝트

4) <https://www.transportation.gov/briefing-room/us-department-transportation-announces-908-million-loan-finance-cotton-belt-corridor>
<https://www.transportation.gov/buildamerica/programs-services/rrif>

● 제2장 정책동향

□ 철도교통 인프라를 포함한 전국의 주요 교통 인프라에 대한 준비를 목적으로 ‘개발을 위한 보다 나은 투자(BUILD*)’ 프로그램에 ‘19년도 예산으로 9억 달러 투자⁵⁾

* (BUILD) Better Utilizing Investments to Leverage Development(‘18년 7월 시행)

- BUILD 프로그램은 도로, 항구, 철도 등의 주요 교통 인프라 개선을 위해 추진
 - 안전성, 경제성, 서비스 개선 가능성, 정비 환경, 지속 가능성, 광범위한 이해 관계자와의 파트너십 구축 여부 등을 고려하여 지원
 - 미국 농촌지역의 저조한 투자에 따라 도시와 농촌을 분류하여 접수·관리하고 농촌지역에 위치한 프로젝트에 BUILD Transportation 보조금의 50% 지원
 - BUILD 프로그램 최대 지원금은 2천 5백만 달러이며, 단일 주에 9천만 달러에 한하여 제공
- ‘19년에는 35개 주에서 55개 프로젝트가 수여하여 약 9억 달러 규모로 추진
 - 프로젝트 중 철도교통 인프라에 대한 직접적인 투자 프로젝트는 약 4건으로 주로 역사 또는 교차로의 안전성·편의성 개선 및 화물 운송을 위한 철도 인프라 확장을 지원

〈표 2.5〉 미국 BUILD 프로그램에 의한 철도교통 투자 프로젝트 사례(‘19년)

(단위: 백만 달러)

프로젝트명(대상 지역)	지원비/ 총 사업비	내용
Rail-Truck Transload Facility Project (Spokane, Washington)	11/16	- 스포케인 국제공항에서 열차 적재, 하역 및 순환을 위한 새로운 철도 트럭 트랜스로드 시설 건설에 자금을 지원 - 기존 레일 스퍼(rail spur)를 시설까지 확장하여 총 약 3.2마일의 트랙을 연결하는 3개의 평행 레일 라인으로 구성
The Underpass Project at Uptown Station Project (Normal, Illinois)	13/22	- ‘Uptown Normal Intermodal Passenger Rail Station’의 트랙 남쪽에 두 번째 탑승 플랫폼뿐만 아니라 보행자, 자전거 및 승객 지하도를 설계 및 건설
Phoenix Sky Harbor Northside Rail Expansion Project (Phoenix, Arizona)	24/239	- 약 2.3 마일 길이의 트렌치를 건설하여 화물 철도 선로를 낮추고 피닉스 스카이 허버 공항 북쪽에 5개의 등급 철로 건설목을 제거 - 열차와 자동차 사이의 충돌 위험을 제거함으로써 안전성 향상 효과와 약 16,000대/일의 차량을 처리하는 교차로에서 정체와 지연을 줄임으로써 경제성 향상 효과 기대
Veterans Boulevard Interchange, Extension, and Grade Separation Project (Fresno, California)	10/71	- 99번 주 도로(State Route)에 다목적 트레일을 포함한 신규 인터체인지(IC)를 건설하고, 최첨단 ITS 광섬유 인프라 및 ASCT (Adaptive Traffic Signal Control Technology)를 설치하여 차량, 보행자, 철도 승객 및 철도화물을 위한 보다 안전한 복합 운송 시스템을 육성

5) <https://www.transportation.gov/BUILDgrants>



2. EU

□ 국제철도연합(UIC*)은 RTSE(Rail Technical Strategy Europe)를 통해 승객·화물의 운송 수요에 대응하고 '50년까지 상호 운용이 가능한 철도 인프라 구축에 주력

* 국제철도연합(UIC): International union of railways

- 승객, 화주, 철도사업자 등 주요 이해관계자 기반의 미래 철도시스템 개발을 위한 총 8개의 철도교통 분야 기술혁신 방향을 규정
 - 철도교통 분야의 경쟁력 강화를 목표로 운영·유지보수 등의 첨단화를 도모하는 가운데 에너지 효율 및 정보관리 체계 구축에도 주력
 - 철도교통의 수송력 증대 및 안전보장을 위해 IoT 기반 시스템을 도입하는 등 제어명령 및 통신 요소의 지속적인 성능 향상과 자동화를 지향

〈표 2.6〉 RTSE 주요 추진방향 및 세부기술

구분	내용	
①	Control Command and Communication	<ul style="list-style-type: none"> • 상호운용이 가능한 실시간 교통 운영으로 수송력 증대 및 에너지 절감 <ul style="list-style-type: none"> - 열차 위치검지를 위한 위성기반 서비스 - 글로벌 적용 시스템을 위한 CCC 요소의 표준화 - CCC서브 시스템을 위한 인터페이스 향상 - IoT기반 스마트 네트워크 - 유지보수비용 및 운영비용 절감을 위한 장거리 장애물 검지기술 표준화
②	Infrastructure	<ul style="list-style-type: none"> • 기술 및 운영 혁신을 통한 타운송수단 대비 경쟁력 강화 <ul style="list-style-type: none"> - 스마트한 철도 운영, 유지보수, 승객지원을 위한 무선통신 기술 및 운영방식 최적화 - 기능성과 쾌적성을 갖춘 통합 환승 기반시설 - 혁신적인 자갈 및 비자갈 선로 설계 - 모듈화된 플러그 앤 플레이 시스템 및 최적화된 소음진동 저감 기술
③	Rolling Stock	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지 효율화 및 전주기 비용 절감 <ul style="list-style-type: none"> - 기반시설과 차량의 상호운용을 위한 표준규격화된 설계 - 차량자체 에너지 공급 및 회생기술 - 화물열차의 제동 성능 향상 - 화물열차의 용이한 조립과 열차 간 스트레스 감소를 위한 중앙커플러 도입
④	Energy Supply and Consumption	<ul style="list-style-type: none"> • 에코 디자인을 통한 에너지 효율 향상 및 온실가스 저감 <ul style="list-style-type: none"> - 재생 및 대체에너지 기반 지속가능한 에너지 공급기술 - 스마트그리드 에너지 저장 기술 - 통합 전력공급 운영 인프라 - 차량에너지 회수기술 - 에너지 소모 절감을 위한 green driving 기술 - 높은 수준의 재활용을 위한 closed cycle waste system - 전자기파 침입 감소 기술

● 제2장 정책동향

구분	내용	
⑤	Information Management	<ul style="list-style-type: none"> • 효율적인 철도운영 및 승객 철도정보 제공 <ul style="list-style-type: none"> - 정보 플랫폼과 IT tool 공유를 통한 철도 서비스 제공자와 타 운송수단간 • 실시간 정보교환 <ul style="list-style-type: none"> - 지속적인 높은 속도의 데이터 제공으로 승객 서비스 향상 - 대기 없는 발권 시스템
⑥	Railway People	<ul style="list-style-type: none"> • 효율적인 철도운영을 위한 체계적이고 전문성을 갖춘 철도 종사자 육성 <ul style="list-style-type: none"> - 효과적인 전문가 양성 프로그램 제공을 위한 유럽 전역에 걸친 훈련 플랫폼 구축 - 철도정보 제공 및 협업구성을 위한 IT기반 지식매니지먼트
⑦	Security	<ul style="list-style-type: none"> • 철도교통 분야의 보안 강화 <ul style="list-style-type: none"> - IoT기반 응급상황 대처 시스템 - 테러 및 사이버 공격 대비 지속적인 경계 시스템
⑧	Safety	<ul style="list-style-type: none"> • 승객 안전보장 <ul style="list-style-type: none"> - 운영효율 향상과 승객 만족을 위한 CCC 요소의 지속적인 성능 향상 및 자동화 - 안전인증을 위한 유럽 간 동의 절차 - 철도 중요 요소들의 노후화에 대비한 지속적인 안전 대비책

자료: 한국철도기술연구원, 유럽철도기술 발전전략, 2017

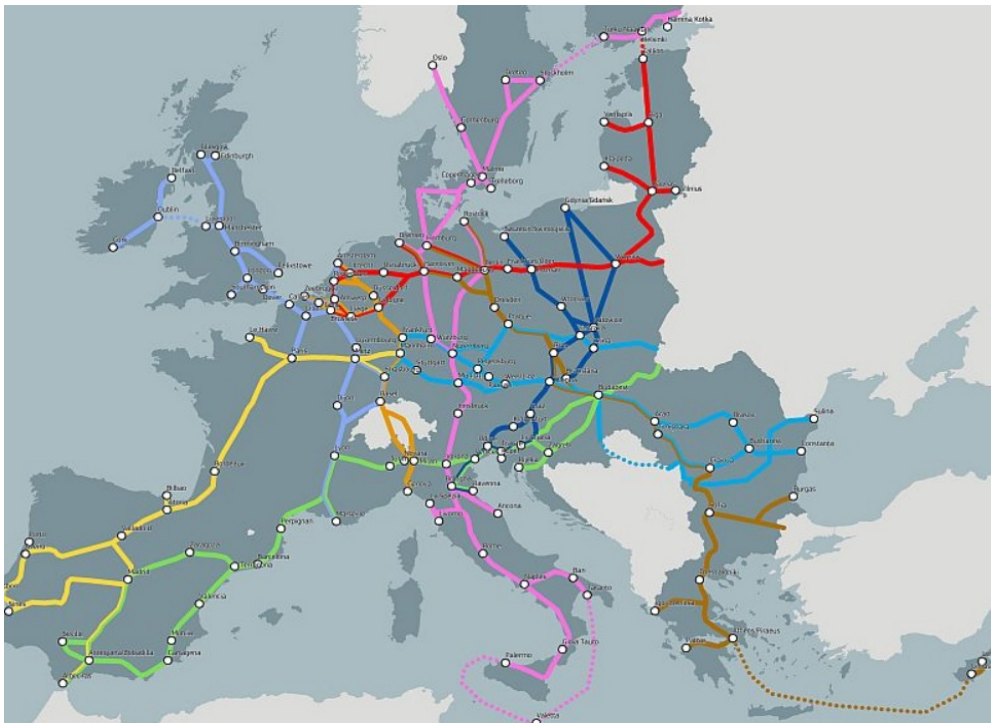
□ 유럽철도연구자문위원회(ERRAC)*는 철도기술 중장기 로드맵 'Rail Route 2050'을 수립하고 화물·여객수송 분담률 목표를 상향 조정

* 유럽철도연구자문위원회(ERRAC): European Rail Research Advisory Council

- '20년까지 철도교통 전반에 걸쳐 유지보수 및 신규 건설비용 감소를 목표로 설정
 - 운영 자동화 등 혁신적인 신기술 적용을 통해 높은 수요에 대응하고 신규 건설 및 유지보수 비용 절감
 - 인프라 시설과 철도차량의 마모 등 노후화 방지 기술을 적용하여 유지보수와 리뉴얼 필요성 감소
- '50년까지 철도, 해상수로를 활용한 교통수단 대체, 유럽고속철도 네트워크 구축 등을 주요 목표로 수립
 - '50년까지 도로교통의 30%(약 300km)를 철도, 해상수로의 교통수단으로 대체
 - '30년까지 기존의 3배에 달하는 인프라를 조성하고 모든 회원국 간 상호운용적인 철도 네트워크를 구축하여 최종적으로 '50년까지 유럽고속철도 네트워크를 구축
 - 목표 달성을 위해 다양한 연구개발을 진행 중이며, 최근에는 철도의 화물수송 및 여객수송 목표 분담률을 기존 11.5%, 7.6%에서 22.2%, 15.3%로 상향 조정

□ 유럽집행위원회(EC)는 유럽 전역에 걸친 효과적인 운송 네트워크 구축을 위해 CEF (Connecting Europe Facility) 프로젝트를 추진 중⁶⁾

- EU는 '20년까지 회원국 간 운송, 에너지, 통신 네트워크를 연결해 물리적 단일시장 형성을 목적으로 하는 유럽 연결 프로젝트(CEF)를 진행
 - 회원국별 운송 인프라의 수준 차이로 인한 불균형을 해소하고 물리적인 유럽 통합을 촉진하기 위해 회원국 간 비슷한 수준의 인프라 구축을 목표로 추진
 - 이에 CEF를 창설하여 EU-회원국 간 강력한 공조를 통해 전 유럽을 잇는 주요 인프라 구축 프로젝트를 지원
- EU 주요 인프라 구간인 9개의 간선망(Corridor) 내 총 94개의 주요 항구·육로·철로 연결, 38개 주요 공항과 철로를 이용한 주요 도심 연결, 1만 5,000km 구간의 고속철도화, 국경간 교통 정체 구간 개선을 위한 35개의 프로젝트가 포함



[그림 2.1] 유럽 CEF의 주요 철도 교통망

6) Kotra 해외시장뉴스, 유럽 연결 프로젝트(CEF): ① 운송 분야, 2018.02.13.

● 제2장 정책동향

〈표 2.7〉 유럽 CEF의 주요 철도교통 인프라 구축 프로젝트

구분	주요 사업 내용
스칸디나비아-지중해 (Scandinavian-Mediterranean)	<ul style="list-style-type: none"> - Fehmarnbelt Fixed Link 터널공사(독일과 덴마크를 연결하는 18km 구간) - Brenner Base tunnel 터널공사(알프스 산맥을 따라 오스트리아와 이탈리아를 연결하는 55km구간)
북해-발트해 (North Sea-Baltic)	<ul style="list-style-type: none"> - 에스토니아의 Tallinn에서 리투아니아 및 폴란드 국경을 연결하는 초고속 철도 건설, new Rail Baltic 사업 등 - 철로 5941km 육로 4029km, 내륙수로 2186km로 구성
북해-지중해 (North Sea-Mediterranean)	<ul style="list-style-type: none"> - 센스강(Seine), 스키프강(Scheldt), 론강(Rhone) 등 내륙수로를 포함한 브뤼셀-룩셈부르크-리옹(프랑스) 철로 보수공사 - 영국 및 아일랜드 Belfast-Dublin-Cork, Dublin Area Rapid Transit (DART) 철로 프로젝트
발트-아드리아해 (Baltic Adriatic)	<ul style="list-style-type: none"> - Koralm 철로를 포함한 폴란드, 체코, 슬로바키아, 오스트리아, 슬로베니아, 이탈리아 등 6개국 연결 프로젝트 - 오스트리아 Semmering Base 철도터널 프로젝트
라인강-알프스 (Rhine-Alpine)	<ul style="list-style-type: none"> - 독일(칼스루에)-스위스(바젤)-이탈리아(밀라노, 노바라) 연결 강화 사업 및 벨기에, 네덜란드, 독일 연결 강화 사업 등
대서양 (Atlantic)	<ul style="list-style-type: none"> - 바스크 지방 철도 연계 및 프랑스 보르도(Bordeaux)-투르(Tours) 지방 고속철도 연결 사업 등
지중해 (Mediterranean)	<ul style="list-style-type: none"> - 프랑스(Lyon)-이탈리아(Turin) 철로, 슬로베니아-크로아티아-헝가리 연결사업 등

자료: Kotra, 유럽 연결 프로젝트(CEF): ① 운송 분야, 2018.



3. 영국

□ 영국은 5년 단위의 Network Rail Control Periods 계획을 수립하여 철도교통 수송 인프라의 기능 확충 및 역할 강화에 주력⁷⁾

- 영국의 철도운영 사업자 NetworkRail은 Network Rail Control Period에 의한 단계별 계획에 따라 철도 인프라 개발 및 유지 보수 시행
 - '96년 CP1을 시작으로 5년 단위로 수립하여 최근 CP5에 이어 CP6 단계로 전환
- CP5('14~'19년) 기간에는 화물 철도망의 용량을 확대하고 역량을 강화시키기 위해 SFN(Strategic Freight Network) 기금에 2억 3천 5백만 파운드 투입
 - SFN은 철도교통 기반의 화물물류 수송 능력 개선을 목적으로 운영되고 있으며, 펠릭스토(Felixstowe)항과 철도수송을 연계하는 프로젝트에 6천만 파운드 투입
 - 철도 네트워크 확충 및 시스템 향상, 네트워크 운영·유지·보수, 철도기업 운영비용 지원 등에 재원을 집중
- CP6('19~'24년) 기간에는 승객과 화물·물류에 대한 서비스 향상에 집중함으로써 철도 교통에 대한 신뢰성을 확보하는 동시에 친환경 정책에 기여⁸⁾
 - 철도교통을 이용하는 승객과 화물물류 수요자의 신뢰성 확보를 위해 열차의 정시성과 안전성 향상에 주력
 - 고객 중심의 높은 서비스를 제공하고 CP6의 목표 달성과 업계와의 협력 방식을 개선하기 위한 일환으로 'Putting passengers first' 계획도 수립⁹⁾
 - 수송물류 전환프로그램은 건설부문 물류수송 수요자가 도로수송에 의존하기 전에 철도 및 해상수송을 우선적으로 고려하도록 유도하여 대기오염물질 배출 저감
 - 대표적으로 HighSpeed2社(HS2)는 철도 및 해상수송 수단을 중심으로 건설자재를 운송하여 화물자동차(HGV)에서 발생하는 대기오염물질 감축 도모

※ HS2社는 Network Rail 및 Highways England와 함께 '12년부터 대규모 고속철도 건설 프로젝트(HS2 프로젝트를)를 진행 중이며, 이 프로젝트는 영국의 건설기자재 수송을 목적으로 3단계(Phase One, Phase 2a, Phase 2b)로 분류¹⁰⁾

7) NetworkRail, <https://www.networkrail.co.uk/who-we-are/publications-resources/our-plans-for-the-future/>
 8) NetworkRail, Delivery Plan - Control Period 6 (2019-2024)
 9) NetworkRail, <https://www.networkrail.co.uk/putting-passengers-first/>
 10) Department for Transport, HS2 Ltd Corporate Plan: 2017 to 2020,

● 제2장 정책동향

□ 영국 교통부(DfT)*는 모든 사람이 교통수단을 자유롭게 이용할 수 있도록 접근성·편의성을 개선하기 위한 목적의 ITS(Inclusive Transport Strategy) 전략을 수립¹¹⁾

* 영국 교통부(DfT): Department for Transport

- ITS 전략은 UN의 Envision-2030 Goal-3에 근거하여, 철도교통을 포함한 모든 교통 부문의 접근성·편의성 향상에 주력

※ UN Envision-2030 Goal-3은 '15년 9월 UN정상회의에서 채택된 UN의 '지속가능개발 목표(Sustainable Development Goals, SDGs)' 중 하나로 '30년까지 장애인, 노약자, 어린이를 포함한 모든 대중교통 이용자들에게 편의를 제공하고 교통안전 개선을 목표로 설정¹²⁾

- ITS 정책의 일환으로 '06년부터 추진 중인 Access for All 프로그램을 최소 '24년까지 연장하기 위한 3억 파운드의 신규 기금을 '18년 7월 공표¹³⁾

- Access for All은 교통약자의 접근성 향상을 위한 인프라 개선 프로그램으로 철도부문 사업을 통해 현재까지 약 200개 이상 역사의 접근성을 개선

□ 영국 교통부(DfT)는 철도교통의 경쟁력 강화를 목적으로 철도교통 중장기 기술로드맵을 수립하고 '40년까지 관련 연구개발에 집중

- 영국 교통부(DfT)와 철도·도로국(ORR), 철도안전표준위원회(RSSB) 등이 참여하여 수립한 'Rail Technology Strategy 2012'는 6개 주제에 대해 '40년까지의 단계별 기술개발 계획을 수립

※ 철도·도로국(ORR): Office of Rail and Road

※ 철도안전표준위원회(RSSB): Rail Safety and Standards Board

※ ① 명령제어 및 통신, ② 에너지, ③ 인프라, ④ 철도차량, ⑤ 정보관리, ⑥ 고객중심 서비스

- 동 계획에 의거 RSSB는 NetworkRail 및 UKRRIN*와 협력하여 미래의 첨단 철도교통을 위한 다양한 기술을 개발 및 적용하는 중

* UKRRIN: UK Rail Research Innovation Network

- '16년부터 모바일 보고체계, 위험사건(near-miss) 보고시스템, 지리정보시스템, 자산관리시스템, 운영시스템 등과 연계한 지능형 안전관리시스템(SMIS+)*을 운영

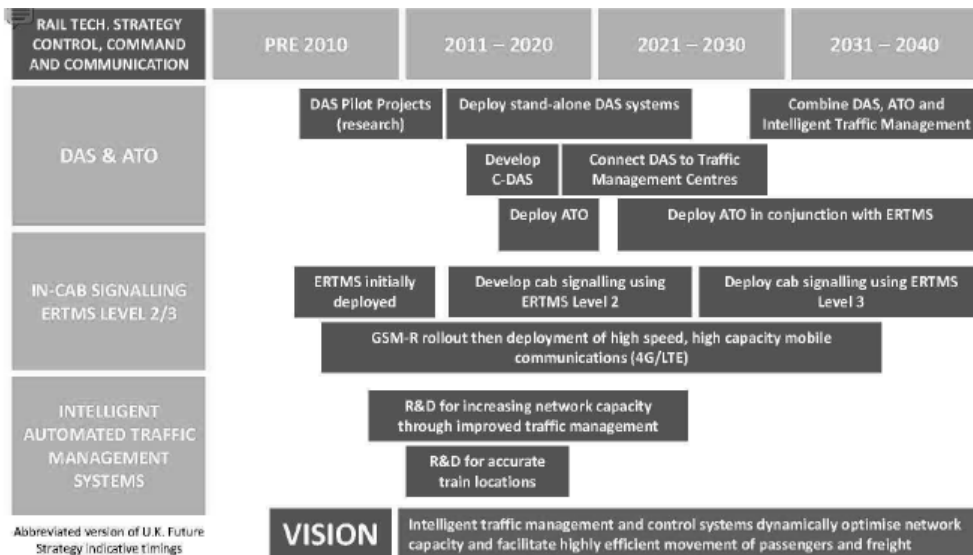
* 지능형 안전관리시스템(SMIS+): Safety Management Intelligence System Plus

11) Department for Transport, The Inclusive Transport Strategy: achieving equal access for disabled people

12) UN, <https://www.un.org/development/desa/disabilities/envision2030-goal3.html>

13) Department for Transport and Nusrat Ghani MP, Access for All: 73 stations set to benefit from additional funding, 2019.04.04.

- SMIS+는 위험요소를 사전에 발견·관리하기 위한 시스템으로 위험 잠재성이 큰 핵심 영역에 대해 관리를 강화하는 중
- '40년까지 기존 디젤엔진 기관차를 청정연료 기관차로 전환함과 동시에 온실가스 배출 저감을 목표로 에코드라이빙, 관제기술 등의 연구개발 추진
- '17년 이후, 신규 고속열차의 기관차를 Class-43 디젤기관차에서 전력-디젤 이중 연료 모드인 Bi-Mode Class 800 기관차로 대체
- 신규 화물용 기관차를 도입하여 대부분 전력 모드로 운행하되, 非전력화 구간에서만 디젤엔진 기관을 이용하여 대기오염물질 배출 최소화 도모
- '20년부터 시행되는 PM 및 NOx 관련 신규 배출기준 Stage-5 준수를 위해 보다 강력한 친환경 철도운행 체계 마련에 주력
 - ※ '20년부터 도입되는 Stage-5는 PM 및 NOx 배출규모를 '99년도 이전 생산·보급된 기관차 배출량 대비 90% 이상 감축하는 것을 목표로 설정
- 철도수송의 탈탄소화, 승객 편의 증대를 목적으로 혁신 아이디어 공모를 위해 'First of a Kind 2(Foak)' 대회도 개최
 - ※ '18년 10월 개최된 First of a Kind 2(Foak2)는 휠체어 사용자가 철도를 더 쉽게 이용할 수 있도록 설계하는 수송모드 전환시책으로 Innovate-UK의 중소기업 산업연구 이니셔티브(Small Business Research Initiative, SBRI: 기금규모: 3.5백만 파운드)의 일환으로 추진



자료: RSSB 홈페이지, <https://www.rssb.co.uk/Research-and-Technology/Future-of-the-railway>

[그림 4.94] 영국 RSSB의 철도 명령제어 및 통신 분야 기술 로드맵

● 제2장 정책동향

4. 프랑스

□ 프랑스 국유철도(SNCF*)는 UN에서 채택된 지속가능한 개발 목표(SDG)를 기반으로 철도교통 부문 4개의 도전과제 달성을 위한 세부 전략 수립¹⁴⁾

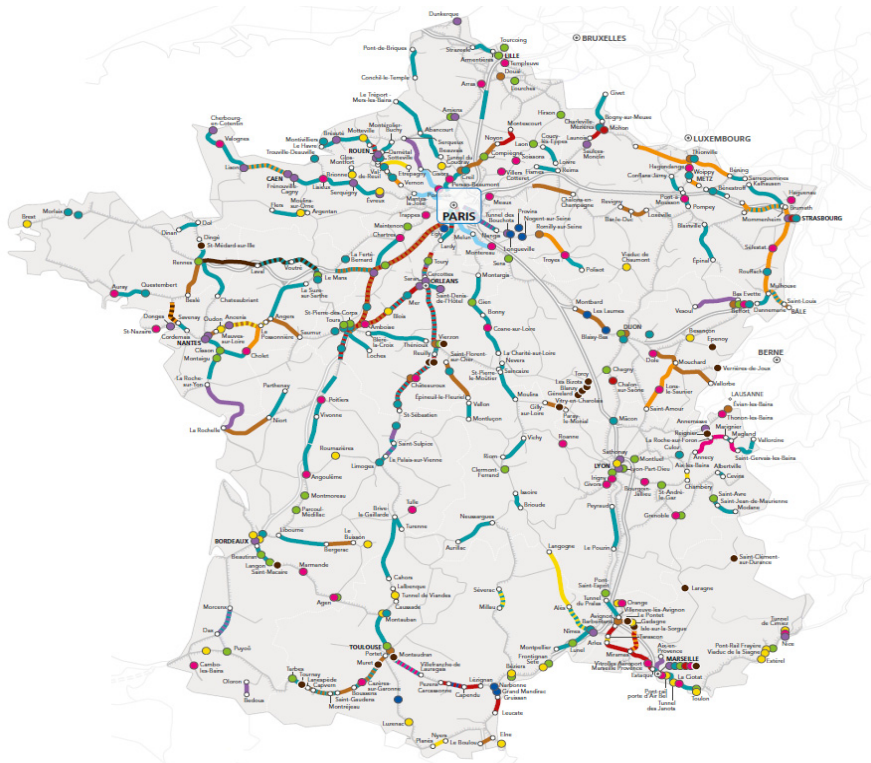
* SNCF(Société Nationale des Chemins de fer Français): 프랑스 전국의 철도망을 총괄하는 철도운영법인으로 SNCF EPIC과 SNCF Mobilités 및 SNCF Réseau로 구성

- (승객·화물을 위한 지속가능한 이동성) 승객과 화물의 안전성 제고, 고객 만족도 향상, DOOR-TO-DOOR의 이동성 증진, 친환경 이동을 위한 솔루션 개발 추진
 - 철도교통 관련 기업이 열차를 안전하게 운행할 수 있도록 인프라를 최적화하고 인프라 이용에 대한 표준화된 가이드라인을 제공하여 안전한 환경 유지
 - '17년부터 높은 수준의 열차 정시성을 제공하기 위해 H00 프로그램을 추진하고 전체 열차의 90% 이상이 일정을 맞추는 것을 목표로 지속 모니터링 중
 - 출발지 또는 목적지와 철도교통의 접근성 향상을 위해 P2P 렌터카 서비스인 OuiCar, 승객과 차량 운전자를 연결하는 탑승 공유 플랫폼 iDVROOM 등 추진
- (환경오염 저감) 기후 변화 대응, 친환경 에너지로의 전환, 순환경제를 위한 전략
 - '16년 채택하여 추진 중인 'Our energy: creating value for SNCF Group'을 통해 철도교통 관련 차량, 인프라, 건축물 등을 친환경적으로 전환
 - 특히, 열차 운전자에게 에너지 소비를 최적화하면서 정시에 도달 할 수 있는 속도를 알려주는 Opti-conduite 시스템의 보급 확산에 주력
 - 신규 역사는 Grand Paris Express 계획에 따라 재생 에너지 등의 친환경 기술을 적극적으로 반영하고, 승객의 편의성을 고려하여 건설
- (지역사회 성장에 기여하는 커뮤니티) 철도교통 부문의 다양한 자원을 활용하여 지역 경제 발전 및 주민과의 공동 성장을 위해 노력
 - 프랑스 전체 역사에 대피소를 마련하고 역사 폐쇄에 따른 노숙자 거처 마련 등 철도교통 부문의 인프라를 활용한 지역 간의 상생 전략 추진
- (인간 중심형 발전) 철도교통의 올바른 발전을 위해 디지털 기술을 접목한 미래 인재교육, 철도운송의 실용성을 교육하는 Keolis incubator programme 등 추진

14) SNCF - 2017 Corporate social engagement report

□ SNCF Réseau는 프랑스 전체를 연결하는 철도망 구축을 위해 범국가 차원의 철도교통 인프라 확충 및 현대화 프로젝트 추진

- 2,600km의 고속선을 포함한 3만km 노선, 철도 관제탑 8개소, 물류화물 운송을 위한 5개의 철도노선, 2,200개의 스위칭 스테이션 구축·개선을 목표로 지역별로 추진 중
 - 오베르 뉴 및 론 알프 지역의 프로젝트는 약 7억 5천 유로를 투자하고, 그 중 4억 유로 이상이 기존 철도망을 재생하기 위해 사용될 예정
 - 동부지역(Grand Est)은 철도교통 인프라 현대화를 위해 5억 5,500만 유로 투자
 - 노르망디 시당국은 새로운 철도노선 개발을 위해 '19년에만 2억 유로를 투자
 - 노르망디와 일드프랑스의 접근성 향상 및 기존의 철도망과 연결하고, 세느강 주변지역의 발전을 위해 다양한 철도 및 도시 프로젝트와 연계
 - 이 외, 루아르 계곡과 아키텐 지역 등 프랑스 전체적으로 총 11개의 지역에서 약 1,600개의 프로젝트 추진('19년 1월 기준)



※ 자료출처 : SNCF Réseau, Les cartes des principaux chantiers 2019

[그림 2.102] 프랑스의 철도망 구축 및 현대화 프로젝트

● 제2장 정책동향

5. 독일

□ 독일 연방정부는 '30년까지의 교통 인프라 개발에 관한 종합전략 'FTIP 2030'을 수립

- '15년 수립된 FTIP 2030은 교통수단의 이동성·안전성 강화, 기업 경쟁력 확보, 오염 배출 물질 감소, 자연 보호를 목표로 '30년까지 총 2,969억 유로 투자
 - 이 중 철도 인프라에는 전체의 42%인 1,123억 유로의 투자를 계획
 - 교통 체증을 해결할 수 있는 프로젝트, 지속 가능성을 고려하여 명확히 계획된 혁신 프로젝트를 추진

〈표 2.8〉 FTIP 2030 목표 및 세부 전략

목표	세부 전략
교통 이용자의 이동성 촉진	- 인프라 시설물 유지보수, 교체, 현대화 - 교통 흐름 개선 및 병목현상 해결 - 교통의 접근성 향상
재화 공급의 명확화 및 기업의 경쟁력 강화	- 인프라 시설물 유지보수, 교체, 현대화 - 교통 인프라 구축 원가 감소 - 교통 흐름 개선 및 병목현상 감소 - 교통수단 운여의 신뢰성 향상 - 공항, 항구 등 각종 운송 수단을 통합한 허브 구축
교통수단의 안정성 강화	- 인프라 시설물 유지보수, 교체, 현대화 - 높은 수준의 안정성을 가진 교통수단으로 이동
오염 배출 물질의 감소	- 교통 흐름 개선 및 병목현상 감소 - 오염 물질 배출을 낮추는 교통수단으로 이동 - 인프라 시설물 유지보수, 교체, 현대화
자연 보호	- 토지 개발 제한

자료: BMVI, 「The 2030 Federal Transport Infrastructure Plan」, 2015

- 신규 인프라 구축에 대한 투자 보다는 기존 인프라 시설의 개선을 우선순위로 설정하여 전체 예산의 약 70%를 유지보수 비용으로 배정
 - FTIP2015 대비 기존 인프라를 유지·보수하고 대체하는 데에 투자를 강화하여 유지관리 및 교체를 위해 1,416억 유로를 투자
 - 기존 인프라의 유지관리 및 교체는 도로(670억 유로)와 철도(584억 유로)에 집중되어 전체 예산의 약 90%를 차지



〈표 2.9〉 FTIP 2030의 교통 분야별 투자계획

(단위: 십억 유로)

분야	총 투자	기타투자 ('16~'30)	시설물 유지교체	성능향상 및 신규 인프라 ('16~'30)		성능향상 및 신규 인프라 준비 ('31년 이후)
			시설물 유지관리 및 교체투자	지속적이고 명확히 계획된 프로젝트	일정기준을 바탕으로 선정된 프로젝트	시설물 유지 및 교체가 포함된 새로운 프로젝트
간선도로	132.8	12.0	67.0	15.8	18.3	19.6
철도 인프라	112.3	7.4	58.4	8.4	18.3	19.7
운하	24.5	2.2	16.2	0.9	1.8	3.5
전체 교통수단	269.6	21.6	141.6	25.1	38.5	42.8

자료: BMVI, 「The 2030 Federal Transport Infrastructure Plan」, 2015

- 성능향상 및 신규 인프라에 대한 투자(시설물 유지관리 및 교체 제외)는 총 636억 유로의 예산이 배정되었으며, 도로와 철도 인프라에 예산의 90% 이상이 배정
 - 이 중 251억 유로는 지속성이 있고 명확히 계획된 프로젝트로, 나머지 385억 유로는 새로운 혁신 프로젝트에 투자할 계획

□ 연방교통디지털인프라부(BMVI)는 '18년부터 '25년까지 모든 철도망을 디지털화하는 '독일 철도의 디지털화(Digital Rail for Germany)' 프로그램을 추진

- 약 33,000km의 철도교통망에 유럽열차 제어시스템(ETCS) 및 디지털 신호 등의 기술을 도입하여 안정성 향상, 비용 절감과 더불어 국가 경제 발전을 목표로 추진
 - ETCS와 디지털 신호기술은 병목현상 감소 및 철도 운송능력을 향상시킴으로써 기존 대비 최대 20% 높은 용량 확보가 가능
 - 디지털 신호기술은 수십 년 동안 축적된 약 2,600개의 서로 다른 유형의 신호 시스템을 점차적으로 대체하고 일원화하고 있는 추세
 - 운행 지연을 최소화하고 스마트 그리드 등의 기술 접목을 통해 에너지 효율성 향상 및 탄소배출량 감소에 기여
 - 유지보수 비용 및 운영 인력 수 감소로 비용을 절감하고 유럽 철도시스템의 상호 운용성을 보장하여 원활한 국제 철도 운송을 촉진

제1장 개요

제2장 정책동향

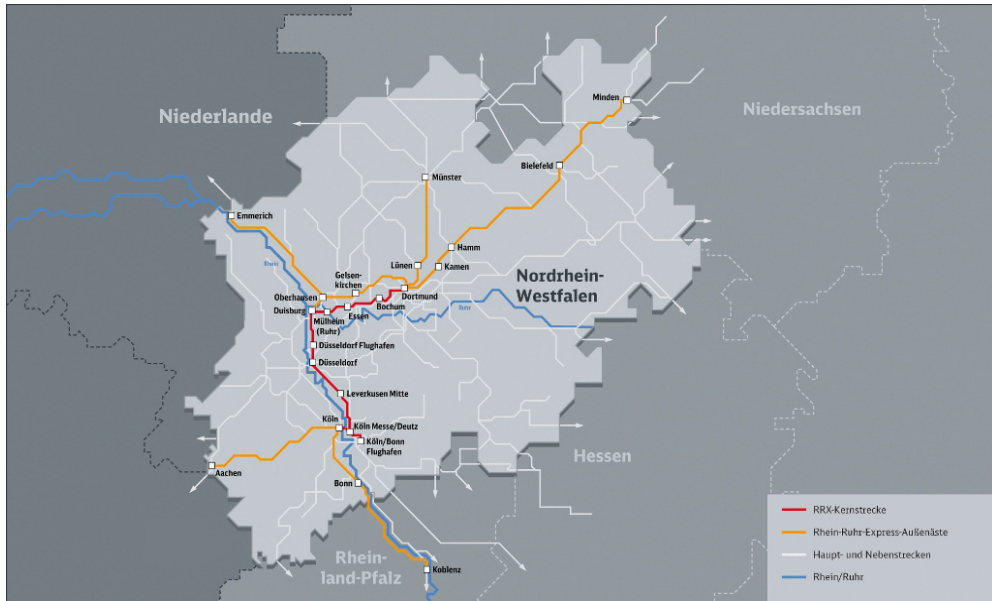
제3장 시장동향

제4장 기술동향

제5장 주요 이슈 및 시사점

● 제2장 정책동향

- 독일 노르트라인베스트팔렌(Nordrhein-Westfalen) 지역의 철도 인프라 확충을 위해 '18년 12월부터 라인 루어 익스프레스(Rhine-Ruhr Express, RRX) 프로젝트를 추진
 - 쾰른과 도르트문트 간 노선의 과밀화를 해소하기 위해 연방정부는 철도운영사인 도이치반(Deutsche Bahn) 및 주정부와 철도 인프라 건설 프로젝트 RRX를 추진
 - 향후 10년 동안 총 6개 노선의 철도 인프라가 도입됨에 따라 장거리 여객 철도 서비스와 Regional Express(RE) 간의 격차를 좁힐 것으로 기대
 - RRX의 도입으로 약 31,000명/일 승객을 대중교통으로 전환하여 자동차 교통량이 크게 감소할 것으로 전망
 - 새로운 철도 노선에 따라 접근 경로의 개선과 함께 도르트문트와 쾰른 역 사이의 스테이션을 재건하고 오버하우젠과 뒤셀도르프 사이의 터널도 현대화할 예정
 - 노스라인-웨스트 팔리아 지역의 53개 역사에 대한 리노베이션 공사는 '25년까지 완공을 목표로 추진 중



출처: DB Netz AG, Bahnprojekt Rhein-Ruhr-Express,
<https://www.rheinruhexpress.de/kurzbeschreibung.html>

[그림 2.113] 독일 RRX 프로젝트의 철도망 구축 계획



6. 일본

□ 일본은 철도의 안전성 확보, 네트워크 유지·강화, 서비스 향상과 더불어 지구 온난화에 대응하고 새로운 생산성 혁신을 촉진하는 등 다양한 철도 정책을 추진¹⁵⁾

- **(철도 안전 확보)** 종합적인 철도 안전 대책에서부터 열차 탈선 등 지속적인 문제 발생에 의한 JR 홋카이도의 안전 대책과 테러 방지 대책까지 마련
 - (철도 안전 대책) 철도 기술의 표준 정비, 기관사의 자질 향상 방안, 고령자 등 철도 건널목 사고 방지 및 무인 자동운전에 대한 사고 방지 대책 등에 대응
 - (JR 홋카이도 안전 대책) 해당 노선의 '13년 화물열차 탈선 사고와 이를 계기로 밝혀진 정비 결과 변조 사건 등의 문제점에 대한 근본적인 대책 강구를 위해 추진
 - (철도 테러 대책) 스페인 열차 테러 사건, 신칸센에서의 살인사건 등을 감안하여 국토교통성, 철도사업자, 경찰 당국이 협력하여 철도시설 등에 대한 보안을 강화
- **(철도 네트워크의 유지·강화)** 신칸선 철도 및 도시철도의 정비, 지역철도 대책, 화물철도 수송 등 지속적인 관리를 통해 철도 네트워크 강화를 도모
- **(철도 서비스 향상)** 노인, 장애인 등 교통약자의 철로 추락사고를 방지하기 위한 스크린도어 설치 사업과 더불어 철도사업자의 운임·요금에 대해서도 조정
- **(철도기술의 활용·응용)** 철도 분야의 연구개발 지원, 생산성 혁신, 지구 온난화 대응 등 철도기술의 혁신과 보다 다각적인 활용을 도모
 - (연구개발 지원) 철도 분야 안전 및 성능 향상에 이바지하는 기술을 개발하기 위해 철도사업자, 제조업체 등이 실시하는 연구개발에 보조금 지원
 - (생산성 혁신) 인프라의 노후화 및 인력 확보의 어려움에 따라 열차 운행의 안전 확보를 위한 업무의 효율 및 노동력 절감 기술 적용과 제도 마련을 목적으로 시행
 - 일본의 준천정 위성을 활용한 정확한 위치 감지 기술, 일반열차의 자동운행, 무선식 열차 제어 시스템 등의 철도기술 개발·보급 촉진
 - (지구 온난화 대응) 타 교통수단 대비 뛰어난 에너지 효율을 보유한 철도교통을 적극적으로 촉진하기 위해 에너지 절약 대책과 재생 에너지 도입을 도모

15) 일본 국토교통성, 철도 분야 주요 시책(<http://www.mlit.go.jp/tetudo/index.html>)

● 제2장 정책동향

- 일본 국토교통성은 ‘인프라 시스템 수출전략’에 근거하여 해외 철도교통 시장의 주도권 확보를 위한 ‘철도 분야의 해외진출 전략’을 ‘17년 10월 수립하여 시행 중¹⁶⁾
- 철도교통 분야의 글로벌 시장 동향과 일본의 강점, 경쟁국의 동향 등을 감안하여 중점 영역을 정리하고 향후 해외진출 확산을 위한 대응 방안을 제시
 - 일본 철도의 강점인 안전성·신뢰성·저렴한 유지관리비 등의 홍보를 강화하고 우위를 점하고 있는 AGT*와 모노레일의 해외진출을 확대
 - * AGT(Automated Guideway Transit): 차량을 컴퓨터의 자동 제어에 의하여 궤도 위에서 운행하는 교통 시스템
 - 건설에서 운영, 유지보수까지를 패키지로 제안하여 철도·운송 관련 기관에 의한 프로젝트 관리를 도모하고 민관협력 대응을 강화
 - 차량공급·설계 능력 확보를 위한 고급인재 확보 및 인재양성, 표준화를 통한 설계 및 생산비용 경감에도 주력
 - 기진출/신규진출 기업에 대한 각각의 해외진출 전략을 마련하여 효과적으로 지원
 - (기진출 기업) 유럽 제반규격 적응과 M&A를 통한 규모확대 등 현지화를 가속
 - (신규 진출 기업) STEP* 차관을 발판으로 경험을 축적
 - * STEP(Special Terms of Economic Partnership): 교량, 터널, 항만, 공항, 교통시스템 등에서 일본기술을 활용하는 프로젝트에 대해 계약액의 약 30% 이상을 일본산 기자재 및 기술활용을 조건으로 하는 차관
 - 미국, 영국, 인도, 필리핀, 방글라데시, 인도네시아, 베트남, 미얀마, 태국 등 세계 각 지역에서 향후 3~4년간 주시해야 할 주요 철도 프로젝트도 제시
- ‘인프라 시스템 해외진출 행동계획 2019’에 따라 철도교통 분야 기술의 해외진출은 본격적으로 패키지화된 형태로 판로를 개척할 예정¹⁷⁾
 - 이전에는 주로 건설공사, 철도차량 등의 단일 수주에 집중하였으나, 국제경쟁이 격화됨에 따라 사업의 각 단계를 패키지화하여 종합인프라시스템으로 진출
 - 특히, 다양한 모듈로 구성되어 있는 철도 인프라 시장은 사업추진 초기단계부터 완공 후 유지관리 및 운영 단계까지 정부가 일관하여 지원함으로써 일본기업의 수주기회 확대 전망

16) 일본 국토교통성, 海外展開戰略(鐵道), 2017.10.

17) 건설경제, [재팬리포트] 인프라시스템 해외전개 ‘처음부터 끝까지 지원’, 2019.04.09.



7. 중국

- 중국은 '16년 7월 '중장기 철도망 기획'을 수립하여 '25년까지의 단계별 철도 교통망 확충 목표를 설정하고 '30년까지의 미래를 전망'¹⁸⁾
 - 중국 전역에 걸치는 '8종(縱)8횡(橫)'의 간선 고속철도망을 구축하여 주요 도시를 연결함으로써 인구의 유동성을 향상시킬 계획
 - 수직으로 연결하는 8종 계획은 연해고속철, 베이징에서 상하이 및 홍콩·대만을 잇는 노선 등 총 8개 구간의 노선이 포함
 - 수평으로 연결하는 8횡 계획은 하이룽장 쉰이편허에서 네이멍구 만저우리 구간, 베이징과 란저우를 잇는 구간 등의 8개 노선을 포함
 - 고속철도의 속도는 각 지역의 구체적인 실정을 고려하되, 주요 간선망은 250km/h 이상을 표준으로 설정하고 동남부 연안의 인구 밀도가 높고 경제가 발달한 대도시를 관통하는 경우 350km/h 이상의 속도를 내도록 입안
 - 중서부·동부 지역의 도로망 확대 또는 개선을 통해 철도 주변지역과의 접근성을 향상시키고 종합운송허브를 구축하여 철도 승객 및 화물의 효과적인 운송을 도모
 - 체계적인 계획 시행을 위해 '20년, '25년까지의 5년 단위의 단계별 목표를 설정
 - (1단계) '20년까지 30,000km의 고속철도를 포함하여 총 150,000km 규모의 철도망 구축 프로젝트를 완료할 계획
 - '20년에는 주요 대도시의 80% 이상이 고속철도로 연결될 전망
 - (2단계) '25년까지 38,000km의 고속철도를 포함한 총 175,000km의 철도망을 구축하여 더욱 최적화된 구조로 장거리 교통의 중추적 역할을 수행하고 경제적·사회적 발전을 촉진
 - 주요 도시의 연결과 함께 성도(省都)와 인구 50만 이상의 중급 이상 도시는 기본적으로 고속철로 연결하며, 인접 중급이상 도시 간에는 1~4시간, 도시권 내에서는 30분~2시간 내에 도달하는 교통권 형성 예정
 - 최종적으로 '30년에는 국내외 상호 연결되고 고속철도의 속도 경쟁력을 통한 지역 간 접근성이 향상됨으로써 다양한 산업 발전과 경제적 성장을 기대

18) 国家铁路局, 《中长期铁路网规划》发布, 2016.07.21.

● 제2장 정책동향

□ 중국철도총공사(中国铁路总公司)는 연간철도건설계획에 기반하여 철도 인프라에 대한 '19년 예산으로 8,500억 위안을 책정하고 6,800km 규모의 철도 건설에 착공¹⁹⁾

- 6,800km의 철도 인프라 건설은 '18년 목표치 대비 45% 증가한 수치로, 이 중 고속철도는 3,200km를 차지
 - 산간지역 통과 터널이 많은 충칭(重慶)~윈난(雲南)성 쿤밍(昆明) 노선과 충칭~쓰촨(四川) 노선, 후난(湖南)~장시(江西) 노선 등의 고속철도 구간을 건설 예정
 - 시진핑 주석이 앞장서 추진하고 있는 베이징 인근의 신도시인 허베이성 송안신구(雄安新區)와 후난(湖南)성 상추(商丘) 노선을 착공하고, 상하이의 공항 2곳과 철도역 2곳을 잇는 고속철도와 관련 시설의 확장공사도 추진



출처: Travel China Guide, China Railway Map, 2019.1.

[그림 2.129] 중국 전역의 철도교통 네트워크맵

- 일대일로(一帶一路) 프로젝트의 일환으로 북한, 베트남, 싱가포르를 잇는 고속철도를 추가로 건설하여 육상 실크로드의 경쟁력을 강화할 예정
 - 베트남 동당의 맞은편에 있는 국경도시인 평양에서 시작하여 베트남의 동당~하노이, 하노이~싱가포르에 이르는 고속철도 건설을 구상 중
 - 해당 구상에는 북한도 포함되어 '18년 8월 지린(吉林) 둔화(敦化)에서 백두산을 잇는 고속철도 노선 건설을 시작
 - '18년 11월에는 라오닝 선양(瀋陽)에서 연변(延邊)을 거쳐 백두산을 잇는 고속철도 건설공사를 위해 역사·문화 영향평가에 착수

19) 시사저널, 경기부양 나선 중국의 '철도' 투자... '북한 철도'도 영향, 2019.03.21.



출처: Travel China Guide, Planning Map of China's Overseas High Speed Railway Project, 2020.1.

[그림 2.131] 중국의 해외 철도교통 구축 플래닝맵

□ 중국 국가발전개혁위원회는 철도 전용노선의 건설에 속도를 내기 위한 '철도 전용노선 건설 추진 가속화에 관한 지도의견'을 '19년 9월 1일 발표

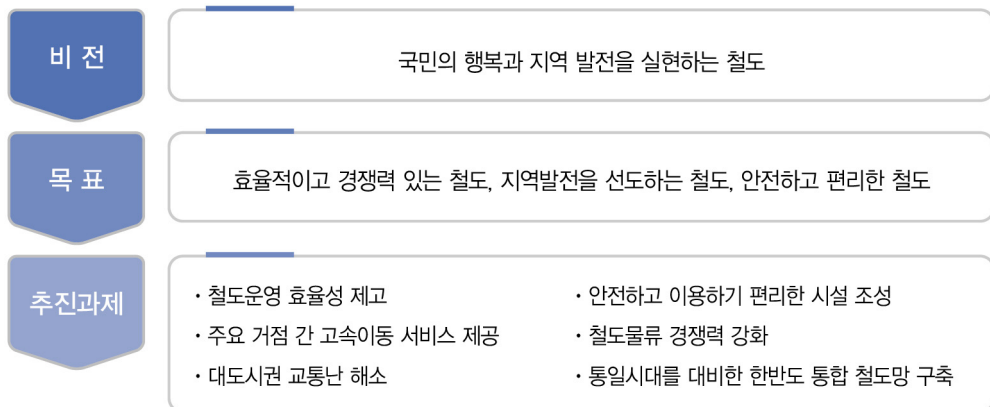
- '20년까지 연해 주요 항구와 대량화물의 연간 운송량이 150만 톤 이상인 대형 광공업 기업과 신축 물류단지의 철도 전용노선 연결 비중을 80%로 향상시키고 장강 간선의 주요 항구를 철도 전용노선과 연결한다는 목표를 설정
- '25년까지는 연해 주요 항구에 대한 철도 전용노선 연결 비중 85%를 달성하고 장강 간선의 모든 항구와 철도 전용노선 연결을 목표
- 연도별 목표 달성하기 위해 중앙·지방정부와 철도사업자가 적극적으로 참여하도록 자금 조달 경로를 확대하는 등의 방침을 제시
 - 철도 전용노선의 건설과 운영, 유지·보수에 관한 투자 시장을 전면 개방하고, 각 시장주체가 시장화 원칙에 입각하여 지분 협력 방식의 공동 건설을 지원
 - 중국 국가철도집단유한공사는 유관 기업과 평등하게 협상하고 상호 이익을 위한 협력을 추진하여 철도 전용노선 건설에 적극 참여할 계획
 - 금융기관이 철도와 복합운송 기업에 대한 금융 서비스 지원을 확대하도록 독려하고 사회자본이 다양한 방식을 통해 철도 인프라 건설에 투자되도록 유도할 예정
 - 중앙 및 지방 재정 자금의 지원 강도를 높이기 위한 방안도 연구할 계획

● 제2장 정책동향

8. 한국

□ 「철도건설법」 제4조의 규정에 의한 법정계획으로 철도투자의 효율화·체계화를 위한 '제3차 국가철도망구축계획(16~25)'을 수립

- 계획의 주요내용으로 철도의 중·장기 건설계획, 타 교통수단과의 연계교통체계 구축, 소요재원의 조달방안, 환경친화적 철도 건설방안 등을 제시
- '국민 행복과 지역 발전을 실현하는 철도'를 비전으로 '효율적이고 경쟁력 있는 철도', '지역발전을 선도하는 철도', '안전하고 편리한 철도'라는 3대 목표를 수립하고, 6대 추진방향을 설정
 - (철도운영의 효율성 제고) 철도 용량부족 해소와 철도운영 단절구간 연결, 시설수준 일치를 주요방향으로 설정
 - (주요 거점간 고속 이동서비스 제공) 고속철도 수혜지역 확대, 일반철도 고속화 개량, 고속화 일반철도 신설 등 이동서비스 개선
 - (대도시권 교통난 해소) 수도권 광역(급행)철도망 구축, 지방대도시권 기존철도 활용 광역철도망 구축 등 교통소통 환경 개선
 - (안전하고 이용하기 편리한 시설 조성) 노후철도 시설 적기 개량 및 철도운영 안전성 강화, 철도이용편의 제고 등 철도이용 서비스 향상
 - (철도물류 경쟁력 강화) 철도를 통한 산업활동 지원, 화물취급시설 개선
 - (통일시대를 대비한 한반도 통합철도망 구축) 통일대비를 위한 남북철도 연결과 남북/대륙철도 운송을 위한 준비 등 철도구축의 세계화



[그림 2.140] 제3차 국가철도망구축계획 비전 및 목표

□ 국가경제 발전의 신성장동력인 철도산업 육성을 위해 ‘제3차 철도산업발전기본계획 (16~20)’을 수립

- ‘국민행복과 경제성장을 견인하는 글로벌 수준의 철도산업 육성’을 비전으로 설정하고 이를 달성하기 위한 5개 분야별 추진목표를 설정
 - (철도 공공분야 거버넌스 개편) 고속철도 부문의 경쟁효과를 제고하고 산업생태계의 지속가능한 발전을 위한 거버넌스 개편
 - (철도운영) 주요거점 간 표정속도 향상 및 철도 네트워크 효율성 제고, 이용자 중심의 철도운영 서비스 개선과 대량수송수단으로서의 철도물류 역할 강화
 - (철도건설) 수송분담률 제고를 위한 철도망 확충, 재정여건 개선을 위한 민간투자 활성화, 저비용 고효율의 고속화 사업 추진
 - (철도안전) 재해·재난 대응력 강화, 철도 생애주기 기반 관리체계 도입
 - (철도산업 생태계) 강소형 철도산업 육성을 통한 기술경쟁력 강화, 철도 차량·부품·신호 패키지 해외진출 확대, 철도 제작·관리의 선순환 구조 형성

비 전	국민의 행복과 지역 발전을 실현하는 철도
분 야	주요추진 목표
철도 공공분야 거버넌스 개편	<ul style="list-style-type: none"> · 경쟁도입 확대: 단위선로사용료 도입 및 철도시설 공동사용 기준 마련 · 관제 및 유지보수 공공성 강화
철도운영	<ul style="list-style-type: none"> · 속도 중심의 국가 간선철도망 운영: 서울~부산 평균 2시간 40분('15)→2시간 20분('20) · 철도물류 혁신 및 경쟁력 제고: 화물 수송분담률 5.7%('14)→10.0%('20) 이상
철도건설	<ul style="list-style-type: none"> · 네트워크 중심의 간선망 투자: 고속(화)철도 수혜지역 51%('15)→65%('20) 이상 확대 · 광역철도망을 통한 이동성 향상: 통근시간 30분 이내 단축
철도안전	<ul style="list-style-type: none"> · 이용자 안심 철도안전체계 구축: 대형사고 0, 1억km 당 사고 7.2건('15)→5건('20), 사망자 13.1명('15)→8.5명('20) 이하 · 철도시설 유지보수 효율화: 유지보수 인력 0.796명/km('15)→0.676명/km('20) 이하
철도산업 생태계	<ul style="list-style-type: none"> · 철도기술 자립: 최고기술국 대비 철도기술력 83.1%('15)→90%('20) · 미래 선도형 R&D 추진: 미래선도형 R&D 투자비중 점진적 확대

[그림 2.144] 제3차 철도산업발전기본계획 비전 및 목표

● 제2장 정책동향

□ 철도시설의 노후화 등의 요인에 의해 안전 확보를 포함한 유지관리 중요성이 강조되어 기존 「철도건설법」에서 「철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률」으로 개정('18.3.13.일부개정 및 '19.3.14. 시행)

- 기존 「철도건설법」에는 완공된 철도시설의 유지관리에 관한 사항을 미 규정하여 철도운영기관별 독자적인 규정을 운영하여 관리
- 철도시설 노후화가 심화됨에 따라 철도시설의 체계적 유지관리, 상호운영성 확보, 철도역 관리 강화, 생애주기 관리 등 철도시설 안전에 필요한 사항을 신설

〈표 2.10〉 '철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률'의 주요 내용

구분	주요 내용
목적 및 핵심사항	<ul style="list-style-type: none"> ▶ (목적) 철도망의 신속한 확충과 철도시설의 체계적인 관리를 위하여 철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 사항을 규정함으로써 공중의 안전을 확보하고 국민의 복리증진에 기여함 ▶ (핵심사항) 시설의 생애주기관리를 위한 정기점검, 기술기준 적용, 호환성·안전성 확보를 위한 유지관리/개량 및 이력정보관리 시행
철도시설의 기술기준	▶ 철도시설관리자는 기술기준에 따라 시설을 유지관리하고 철도 개량 시 철도시설의 호환성과 안전성 확보 필요
철도시설 유지관리 기본계획 수립	▶ 국토교통부는 기본계획 수립 시 유지관리에 관한 목표, 추진방향, 목표달성에 필요한 보수·보강, 점검 및 성능평가, 정보관리체계 구축·운영, 필요 기술 연구개발 등에 대한 내용을 포함
철도시설의 생애주기 관리	▶ 철도시설관리자는 소관 시설의 설치, 점검, 유지보수, 개량하는 경우 생애주기관리를 위해 이력정보를 철도시설정보관리체계에 등록
철도시설정보관리체계 구축 및 운영	▶ 철도시설의 생애주기에 걸친 이력정보* 관리를 위해 철도시설정보관리체계 구축·운영하며, 국토교통부는 매년 제출된 정보를 체계적으로 보존·관리
정기점검	▶ 안전과 성능 유지를 위해 국토교통부가 고시한 정기점검에 관한 지침에 따라 철도시설관리자는 기준을 마련하고 해당 기준에 따라 정기점검 실시
긴급점검	▶ 철도시설관리자는 철도시설의 붕괴·전도 등 재난이 발생할 우려가 있다고 판단하는 경우 긴급점검에 관한 기준에 따라 긴급점검 실시
정밀진단	▶ 설치 후 10년 이상 경과된 철도시설에 대해 정기 정밀진단 실시
안전조치	▶ 정기점검, 긴급점검, 정밀진단 등을 통하여 중대한 결함이 발견되는 경우에는 철도시설의 사용제한·사용금지 등의 안전조치와 위험표지 설치 및 보수·보강 실시
성능평가	▶ 철도시설관리자는 철도시설의 성능을 유지하기 위하여 성능평가 지침에 따라 소관 철도시설에 대한 성능평가를 시설별로 지정 기간마다 실시
철도역사의 안전 및 이용편의 수준평가	▶ 국토교통부는 철도역사 이용자의 안전을 확보하고 이용편의 수준을 향상시키기 위하여 5년마다 철도역사의 안전 및 이용편의 수준을 평가
보수·보강·교체 등 조치	▶ 철도시설관리자는 소관 철도시설의 안전과 성능을 유지하기 위하여 시행계획에 따른 보수·보강·교체 등 필요한 조치 필요

□ 국토교통부는 철도의 안전성 향상을 목적으로 IoT, 빅데이터, 드론 등 스마트 기술을 활용하여 시설을 관리하는 ‘스마트 철도안전관리체계 기본계획(‘18~’27)’을 수립

- 우리나라 철도교통 분야의 사고·사망자 수는 감소하여 왔으나, 감소율이 한계에 도달함에 따라 첨단기술을 활용하여 안전관리 방식을 개선하는 것을 목적으로 추진
- 미래 철도안전 관리의 청사진을 제시하기 위해 차량, 시설 등 6대 분야에 대해 24개 과제를 담은 중장기 계획
 - (차량관리 분야) IoT·센서를 통해 차량부품 상태를 실시간으로 감시하여 이상 발생 시 실시간으로 경고하고, 3D 프린팅·로봇 제어설비 등 스마트 팩토리를 통해 자동정비 시행
 - (시설관리 분야) IoT·드론 등을 활용하여 시설물 상태를 실시간으로 파악하고 수집된 빅데이터를 분석하여 사전에 대응하며, 첨단 장비를 통해 유지보수 진행
 - (운영관리 분야) 관제소에서 IoT, LTE 기반으로 선로·차량·설비 등의 상태를 실시간으로 감지하여 긴급복구, 경로변경 등의 의사결정을 지원
 - (인적관리 분야) AI 센서를 통해 운전자의 졸음·피로 등을 실시간으로 경고하고, VR·AR을 활용한 비상대응 훈련을 통해 철도종사자들의 재난대응 역량을 강화
 - (위험관리 분야) 사고 사례, 유지관리 정보 등에 대한 빅데이터 분석을 통해 사고 위험을 예측하고, 사고예방을 위한 최적 솔루션을 제공
 - (보안관리 분야) 지능형 CCTV, 인공지능 등을 활용한 스마트 철도보안체계를 구축하여, 테러 등의 위험을 사전에 감지하여 대응



[그림 2.151] 우리나라의 철도교통 스마트 관리 사례

● 제2장 정책동향

- 국토교통부는 철도시설의 효율적이고 체계적인 개량을 통한 열차운행 안전을 확보하기 위하여 5년 단위의 ‘중장기 철도시설 개량투자 계획’ 수립(’18~’22년)
 - ‘안전하고 편리한 철도시설 구축’의 비전 하에 ‘안전성능 강화’, ‘과학적 시설관리’, ‘투자 효율화’의 세 가지 목표를 설정
 - 각 목표 달성을 위한 5개 추진전략에 따라 총 13개의 중점 추진과제를 계획하고 계획기간 동안 총 7.3조원을 투자할 계획(국가철도: 4.9조 원, 도시철도: 2.4조 원)
 - ※ 고속철도, 일반철도의 전 노선과 개통된 지 10년 이상 경과된 도시철도 노선을 대상으로 추진
 - (노후시설을 선제적으로 개량) 노후기반시설, 노후역사, 노후노선을 집중 개량
 - (철도이용자와 작업자를 위한 안전시설의 지속 확충) 재해예방시설 확충, 철도이용자 안전 확보, 작업자 안전사고 예방, 위험선로 개량
 - (미래에 대비하여 철도시설의 성능 고도화) 선로·궤도, 교량, 신호·통신 등의 기반시설 성능 개선, 관제시스템 고도화, 시설관리 과학화
 - (철도이용자 편의를 증진하고 불편을 해소) 승강설비, 점자블럭, 여객안내설비 등을 설치하여 철도역사 이용편의를 향상시키고 소음·진동 저감 등 선로변 환경을 개선
 - (도시철도 노후시설의 안전 강화) 각 지역별 도시철도의 성능평가 결과와 내구연한 초과 시점을 고려하여 적합한 조치를 취하고, 예방적 개량 및 상시 유지관리 실시



[그림 2.155] 중장기 철도시설 개량투자 계획의 목표 및 전략



□ 국토교통부는 세계적인 수준의 서비스를 제공하는 대도시권 광역교통망 구축을 위해 향후 10년간의 정책 방향을 담은 '광역교통 2030'을 '19년 10월 발표

- 국토교통부 대도시권광역교통위원회는 '30년까지의 대도시권 광역교통의 정책추진 방향과 미래 모습을 제시
 - 광역 거점 간 통행시간 30분대로 단축, 통행비용 최대 30% 절감, 환승시간 30% 감소의 3대 목표를 설정
 - '세계적 수준의 급행 광역교통망 구축', '버스환승 편의증진 및 공공성 강화', '광역교통 운영관리 제도의 혁신', '혼잡 및 공해 걱정 없는 미래교통 구현'의 4대 중점과제와 대도시권 권역별 광역교통 구상을 제시
- 특히, 광역교통 2030은 대도시권 교통망을 철도 중심으로 재편함으로써 철도망을 2배로 확충하고 트램 등의 신교통수단도 적극적으로 도입할 예정
 - ① 세계적인 수준의 급행 광역교통망 구축을 목표로 주요 거점을 30분대로 연결
 - 수도권급행철도 A노선('23), 신안산선('24)은 계획대로 차질 없이 준공하고, 수도권급행철도 B·C노선은 조기 착공을 적극 추진할 계획
 - 급행철도 수혜지역 확대를 위하여 서부권 등에 신규노선도 검토할 계획
 - 이와 함께, 4호선 등 기존 광역철도 노선을 개량하여 급행운행을 실시하고, 인덕원~동탄 등 신설되는 노선도 급행으로 건설하여 급행 운행비율을 현재의 2배 이상(16% → 35%, '30)으로 확대해 나갈 예정
 - ② 어디서나 접근이 가능한 높은 접근성을 갖춘 대도시권 철도 네트워크를 구축
 - 유기적인 철도망 구축을 위해 수인선('20, 동서축), 대곡~소사('21, 남북축) 등 동서·남북축을 보강하고, 사상~하단선('23, 부산·울산권), 광주 2호선('25, 광주권) 등 도시 내 이동성 강화를 위한 도시철도를 지속적으로 확충할 계획
 - 아울러, 기존 철도노선을 활용한 광역철도 운영으로 수송능력을 증대할 예정
 - ③ 트램, 트램-트레인 등의 신교통수단을 적극적으로 도입
 - 성남 트램 등 GTX 거점역의 연계 교통수단 및 대전 2호선 트램, 위례 신도시 트램 등 지방 대도시와 신도시의 신규 대중교통수단으로 트램을 활용
 - 도시 내부에서는 트램으로, 외곽지역 이동시에서는 일반철도로 빠르게 이동하여 접근성과 속도 경쟁력을 동시에 갖춘 '트램-트레인' 도입도 검토

● 제2장 정책동향

□ 강릉선 KTX 탈선 등 열차 고장에 의한 안전 우려가 확대됨에 따라 국토교통부는 철도안전 강화 대책 발표

- KTX 강릉선 탈선('18.12), KTX 오송역 단전사고 ('18.11) 등 최근 발생한 12건의 사고·장애가 시공불량, 작업 기본원칙 미준수, 차량 정비소홀 등 대부분 인적과실로 발생했다고 분석됨에 따라 안전 강화 대책 마련
 - '18년 말 발생한 주요 철도사고 및 운행 장애를 중심으로 5대 방향을 설정하여 구체적인 세부집행 대책을 마련
 - 실제 현장에서 이행할 수 있는 대책을 중심으로 정책, 제도적으로 안전관리를 강화하는 구체적인 이행계획을 수립하고자 함

〈표 2.11〉 국토교통부의 '철도안전 강화 대책' 주요 내용

철도안전 강화대책	주요 내용
현장 이행력 제고	▶ 현장종사자의 책임성 강화, 자발적 동참, 감독체계 개선 및 처벌강화를 통해 철도 안전대책의 현장 이행력 제고
철도공단·공사 간 상호협력 강화	▶ 건설→성능검사→유지관리 순 단계에서 철도시설 관리에 대한 공단/공사 간 협력체계 강화
철도차량 관리강화	▶ 차량정비 후 전문 기술자 확인, 유지보수 투자 확대를 통해 차량 정비품질 확보 및 안전과 직결되는 부품 적기 교체 등 부품관리 강화
사람중심의 사고 대응체계 구축	▶ 신속한 사고복구를 위해 대응매뉴얼을 현장 중심으로 정비하고, '철도이용자 보호기준' 마련
구조적 안전문제 등 개선 추진	▶ 건설/유지보수 이원화, 관제 독립성 부족, 열차내 안전인력 부족 등 구조적 불안전 요인에 대한 합리화 방안 마련을 검토

자료: 국토교통부 철도안전정책과, 「철도안전 강화 대책」, 2019

생활을 편리하게!
시간을 풍요롭게!

-creative dream builder-

KAIA

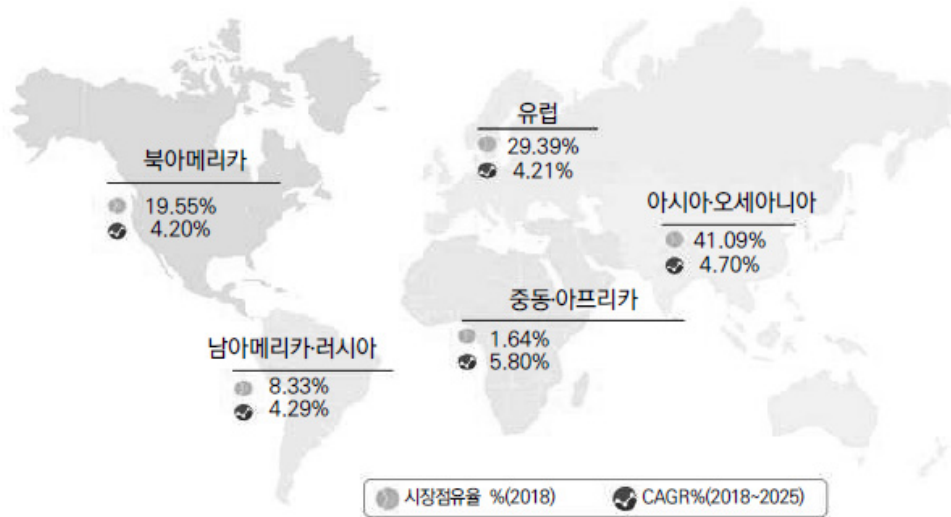
03

제3장 시장동향

1. 철도차량

1.1 세계시장동향

- 철도차량 시장은 안전성, 효율성 및 승객 편의성을 향상시키는 방향으로 성장하여 '17년 52.5억 달러에서 '25년 73.8억 달러에 도달할 것으로 전망²⁰⁾
- 세계 철도차량 시장은 아시아·오세아니아와 유럽이 70% 이상을 점유하고 있으며 '25년까지 연평균 성장률 또한 각각 4.7%, 4.2%로 시장 성장을 주도



자료: MarketWatch, rolling stock market global forecast to 2025, 2019

[그림 3.171] 세계 철도차량 시장 전망

20) SCI Verkehr GmbH, MultiClient study: Rail Vehicle Maintenance - Global Trends in the After-Sales Market 2018, 2018.9.5.

- 아시아·남미지역의 신규 프로젝트와 서유럽의 열차 교체 수요로 동력분산식(EMU) 차량에 대한 수요가 증가하여 '22년까지 연간 약 8%의 성장 예상²¹⁾)
- 고속철도차량은 '18년 3,626편성에서 '25년 5,287편성으로 5.54%의 연평균 성장률 전망²²⁾

□ 주요 국가별 철도차량 시장의 연평균 성장률 순위는 미국(4.4%), 독일(4.2%), 중국(4.1%), 프랑스(3.4%) 순으로 전망('18~'25)

- 중국의 철도차량 시장 규모는 '18년 50,984편성에서 연평균 4.16% 증가하여 '25년 67,810편성 달성 전망
 - 지하철/메트로 차량과 EMU 차량의 연평균 성장률이 각각 8.70%, 6.05%로 중국 철도차량시장의 성장 주도 전망

〈표 3.13〉 중국 철도차량 시장 전망('18~'25)

제품 타입	'16	'17	'18	'20	'22	'25	CAGR ('18-'25)
Diesel Locomotives	612	641	657	669	682	726	1.44%
Electric Locomotives	784	828	856	926	1,022	1,279	5.91%
Electro-Diesel Locomotives	13	14	15	26	33	43	15.84%
DMU	419	421	428	442	464	504	2.36%
EMU	537	545	567	614	677	856	6.05%
Light Rail/Tram	315	323	332	350	373	432	3.84%
Subway/Meteo	170	174	186	215	251	334	8.70%
Coaches	2,259	2,282	2,350	2,493	2,671	3,062	3.85%
Wagons	43,822	44,265	45,593	49,313	53,337	60,574	4.14%
합 계	48,932	49,494	50,984	55,048	59,510	67,810	4.16%

자료: MarketWatch, rolling stock market global forecast to 2025, 2019

21) RAILWAYPRO, EMU worldwide market to increase by 8% per year, 2018.5.21

22) Markets and Markets, Bullet train high-speed rail market - global forecast to 2025, 2018

● 제3장 시장동향

- 독일의 철도차량 시장 규모는 '18년 16,271편성에서 연평균 4.23% 증가하여 '25년 21,750편성 달성 전망
 - 독일은 배기가스 저감에 효과적인 운송 시스템 사용을 적극 추진하고 있으며, '25년까지 전기기관차는 6.09%의 높은 성장 전망

〈표 3.14〉 독일 철도차량 시장 전망('18~'25)

제품 타입	'16	'17	'18	'20	'22	'25	CAGR ('18-'25)
Diesel Locomotives	147	153	161	167	172	180	1.64%
Electric Locomotives	222	236	253	279	311	383	6.09%
Electro-Diesel Locomotives	67	70	73	80	87	103	4.98%
DMU	314	319	320	333	348	361	1.74%
EMU	1,146	1,221	1,282	1,400	1,544	1,808	5.04%
Light Rail/Tram	223	232	241	261	282	326	4.42%
Subway/Meteo	156	159	164	174	186	218	4.14%
Coaches	527	533	549	582	623	718	3.92%
Wagons	12,715	12,844	13,229	14,035	15,034	17,653	4.21%
합 계	15,518	15,767	16,271	17,311	18,587	21,750	4.23%

자료: MarketWatch, rolling stock market global forecast to 2025, 2019

- 미국의 철도차량 시장 규모는 '18년 25,235편성에서 연평균 4.4% 증가하여 '25년 34,123편성 달성 전망
 - EMU는 '18년 49편성에서 연평균 5.34% 증가하여 '25년 71편성 달성 전망
 - 지하철/메트로는 '18년 122편성에서 연평균 4.21% 증가하여 '25년 162편성 달성 전망

〈표 3.15〉 미국 철도차량 시장 전망('18~'25)

제품 타입	'16	'17	'18	'20	'22	'25	CAGR ('18-'25)
Diesel Locomotives	226	237	248	261	274	296	2.52%
Electric Locomotives	19	21	22	24	27	32	5.49%
Electro-Diesel Locomotives	2	3	6	11	16	32	28.50%
DMU	173	191	198	211	224	251	3.46%
EMU	42	47	49	54	59	71	5.34%
Light Rail/Tram	73	75	76	79	85	98	3.75%
Subway/Meteo	115	118	122	130	140	162	4.21%
Coaches	213	224	232	249	266	300	3.71%
Wagons	23,115	23,348	24,282	26,263	28,406	32,881	4.43%
합 계	23,978	24,264	25,235	27,282	29,498	34,123	4.40%

자료: MarketWatch, rolling stock market global forecast to 2025, 2019

- 프랑스는 철도교통 인프라에 크게 투자함에 따라 철도차량 시장 또한 확대될 것으로 예상되며, '18년 3,378편성에서 연평균 3.48% 증가하여 '25년 4,293편성 전망
 - 전기기관차와 전기-디젤기관차는 각각 연평균 5.64%, 4.54% 성장하여 프랑스 전체 철도차량 시장 중 가장 높은 성장 예상

〈표 3.16〉 프랑스 철도차량 시장 전망('18~'25)

제품 타입	'16	'17	'18	'20	'22	'25	CAGR ('18-'25)
Diesel Locomotives	98	102	106	107	109	115	1.21%
Electric Locomotives	148	158	167	179	197	245	5.64%
Electro-Diesel Locomotives	45	47	48	51	55	66	4.54%
DMU	116	118	119	120	122	125	0.76%
EMU	423	450	475	504	540	626	4.03%
Light Rail/Tram	88	91	94	100	107	124	4.08%
Subway/Meteo	86	88	90	95	100	113	3.21%
Coaches	247	249	256	269	284	317	3.14%
Wagons	1,956	1,976	2,025	2,127	2,246	2,562	3.42%
합 계	3,208	3,278	3,378	3,551	3,759	4,293	3.48%

자료: MarketWatch, rolling stock market global forecast to 2025, 2019

- 일본의 철도차량 시장 규모는 '18년 1,609편성에서 연평균 3.44% 증가하여 '25년에는 2,038편성 달성 전망
 - 일본은 철도 전철화에 따른 EMU, 지하철/메트로 등 전기차량 구입에 의해 시장이 활성화될 것으로 예상되며, 전망 기간 동안 EMU와 전기-디젤기관차 시장은 각각 3.49%와 6.12%의 빠른 성장세를 보일 전망

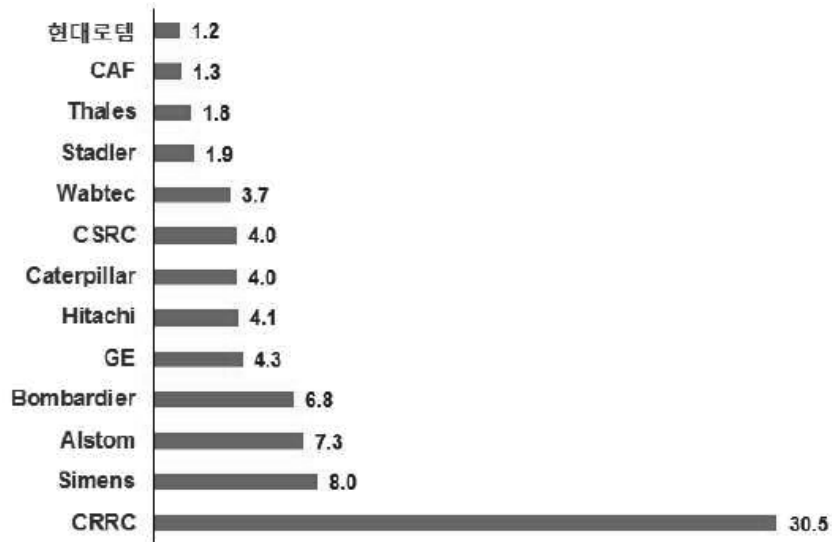
〈표 3.17〉 일본 철도차량 시장 전망('18~'25)

제품 타입	'16	'17	'18	'20	'22	'25	CAGR ('18-'25)
Diesel Locomotives	10	10	11	11	11	11	1.06%
Electric Locomotives	20	21	21	22	24	28	3.79%
Electro-Diesel Locomotives	3	3	4	4	4	5	6.12%
DMU	91	89	83	78	74	90	1.17%
EMU	681	724	746	784	832	949	3.49%
Light Rail/Tram	189	197	205	223	239	261	3.51%
Subway/Meteo	128	131	137	151	167	202	5.70%
Coaches	278	281	286	298	313	352	2.99%
Wagons	107	113	115	120	126	139	2.71%
합 계	1,508	1,569	1,690	1,691	1,790	2,038	3.44%

자료: MarketWatch, rolling stock market global forecast to 2025, 2019

● 제3장 시장동향

- 글로벌 철도차량 제조업체별 매출 순위는 중국의 CRRC가 가장 높게 나타나며, 독일의 Siemens, 프랑스의 Alstom, 캐나다의 Bombardier 순으로 조사
- 과거 Bombardier, Alstom, Siemens 3개 기업이 글로벌 철도차량 시장을 주도해왔으나, '00년대 후반부터 중국의 차량제작사가 세계시장 최대 업체로 부각²³⁾



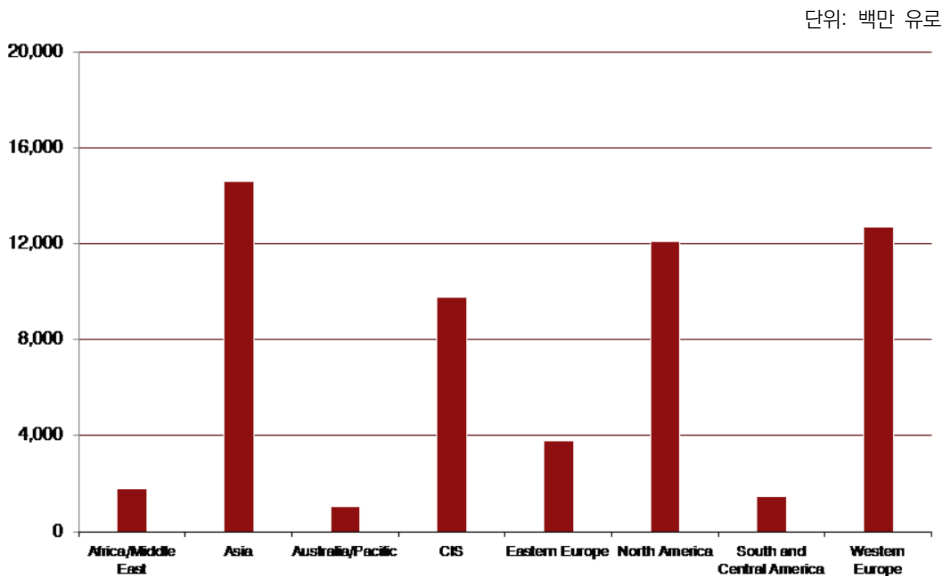
자료: Alstom Annual Results 2017/18

[그림 3.183] 철도차량 글로벌 제조업체 매출 순위

23) 한국철도차량산업협회, 철도차량 13호, 2017.1

□ 철도차량 유지보수 시장은 '17년 540억 유로에서 '22년까지 연평균 3.2% 성장하여 향후 신규 철도차량 시장 규모를 상회할 것으로 전망²⁴⁾

- 전 세계적으로 차량 운송 및 장기 풀 서비스 계약을 포함하는 톱키 프로젝트 등 새로운 차량 생산 대비 유지보수의 활동이 더욱 활발해지는 추세
 - 아시아는 철도산업의 급속한 발전으로 세계 최대 규모의 유지보수 시장을 보유
 - 서유럽은 다양한 시장 구조와 철도차량에 대한 높은 기술수준 및 유지관리의 디지털화로 여전히 큰 시장 규모를 보유하고 3% 이상의 안정적인 성장 전망
- 남아메리카, 아프리카, 중동 지역도 높은 성장 잠재력을 갖춘 시장이며, 메트로 부문에서 특히 전체 새로운 시스템의 생성 또는 기존 라인의 확장으로 인해 물량 증가가 예상
 - 다만, 이 두 지역의 철도차량은 철도화물 운송차량(디젤 기관차 및 화물 차량)이 주를 이루기 때문에 철도차량 유지보수 시장의 성장은 제한될 가능성 존재



자료: SCI Verkehr GmbH, 2018.9.5.

[그림 3.187] '17년 세계 주요 지역별 철도차량 유지보수 시장 규모

24) SCI Verkehr GmbH, MultiClient study: Rail Vehicle Maintenance - Global Trends in the After-Sales Market 2018, 2018.9.5.

● 제3장 시장동향

1.2 국내시장동향

□ 우리나라 철도차량 시장 규모는 '18년 849편성에서 연평균 3.83% 증가하여 '25년 1,105편성 달성 전망

- EMU는 '18년 134편성에서 연평균 3.57% 성장하여 '25년 171편성 달성 예상
- 지하철/메트로는 '18년 137편성에서 연평균 5.7% 성장하여 '25년 202편성 전망

〈표 3.18〉 국내 철도차량 시장 전망('18~'25)

제품 타입	'16	'17	'18	'20	'22	'25	CAGR ('18~'25)
Diesel Locomotives	9	10	10	10	10	10	0.83%
Electric Locomotives	32	33	35	37	40	48	4.94%
Electro-Diesel Locomotives	5	5	5	5	6	8	6.99%
DMU	16	16	15	14	14	16	1.25%
EMU	121	129	134	144	154	171	3.57%
Light Rail/Tram	189	197	205	223	239	261	3.51%
Subway/Meteo	128	130	137	151	166	202	5.70%
Coaches	132	134	138	146	155	175	3.49%
Wagons	157	165	170	180	191	211	3.14%
합 계	791	820	849	912	977	1,105	3.83%

자료: MarketWatch, rolling stock market global forecast to 2025, 2019

□ 우리나라의 철도차량 수출·입 실적은 '12년 이후 지속적으로 감소하여 저조한 수준

- '18년 국내 철도차량 수입은 29,525천 달러로 전년 대비 5배 이상 증가하였지만, '12년부터 연평균 5.5% 수준으로 지속적인 감소 추세
- 철도차량의 수출 실적은 '12년 이후 지속적인 감소추세(연평균 Δ 27%)에 있으며, '18년도 90,155천 달러는 '12년 수출 실적의 15% 수준에 불과

〈표 3.19〉 국내 철도차량 수출·입 실적

(단위: 천 달러)

구 분	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18
수 입	41,398	99,948	20,938	11,437	8,497	5,394	29,525
수 출	602,690	119,860	220,725	391,901	280,984	64,330	90,155

자료: 한국철도공사, 차량분야 주요현황, 2019

□ 철도차량부품의 수입 실적은 '18년 증가세로 전환하였으나 수출 실적은 '15년 이후 지속적으로 감소하는 상황

- 철도차량부품의 수입 실적은 '13년 148,687천 달러로 최고 수준에 도달 후 지속 감소하였으며, '18년 실적은 '17년 대비 약 158% 증가한 113,215천 달러 달성
- 철도차량부품의 수출 실적은 '12~'15년 동안 연평균 19%의 높은 성장세였으나, 15년 최고점에 도달한 이후 급격히 감소하여 '18년 96,049천 달러 수준

〈표 3.20〉 국내 철도차량부품 수출·입 실적

(단위: 천 달러)

구 분	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18
수 입	84,224	148,687	141,198	107,825	76,735	71,894	113,215
수 출	182,993	246,718	181,086	307,438	177,018	133,594	96,049

자료: 한국철도공사, 차량분야 주요현황, 2019

□ 내구연한에 도래하는 국내 철도차량의 수량을 고려하여 '20년 교체를 위해 필요한 예상비용은 9,128억 원으로 추정²⁵⁾

- 25년 이상 경과한 국내 노후 철도차량은 '20년 기준 철도공사 464량, 서울메트로 310량, 부산교통공사 84량, 서울도시철도 16량으로 총 874량 발생 예상
- 철도차량의 노후화로 인한 위험도가 증가하면서 투자에 대한 사회적 관심 증가
- 또한, 미세먼지와 온실가스의 원인이 되는 디젤기관차에 대한 교체 요구가 확대됨에 따라 친환경 고효율 철도차량의 시장규모가 확대될 것으로 전망

〈표 3.21〉 국내 25년 이상 경과한 노후 철도차량 실태

(단위: 량)

기관	계	~'16	'17	'18	'19	'20
철도공사	932	77	113	91	187	464
서울메트로	1,112	268	198	134	202	310
부산교통공사	300	186	30	-	-	84
서울도시철도	16	-	-	-	-	16
계	2,360	531	341	225	389	874
교체 소요 예상액(억 원)	32,284	9,950	5,040	2,795	5,371	9,128

자료: 국토교통부, 「제3차 철도안전 종합계획(안)」, 2016

25) 국토교통부, 「제3차 철도안전 종합계획(안)」, 2016

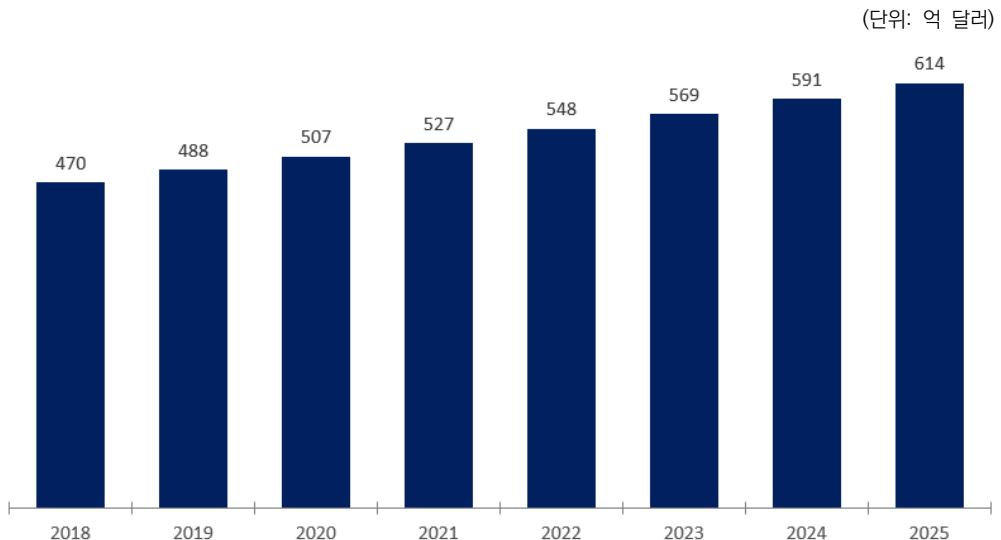
● 제3장 시장동향

2 철도교통 인프라

2.1 세계시장동향

□ 세계 철도 인프라 시장은 '18년부터 '25년까지 연평균 3.4% 증가할 것으로 전망

- '18년 세계 철도 인프라 시장은 470억 달러이며 연평균 3.4% 증가하여 '25년 614억 달러로 성장할 것으로 예측
 - 글로벌 경제 성장, 인구 증가, 도시화 증가, 깨끗하고 빠른 운송 수단의 필요성 증가 등으로 인해 철도교통의 이용 수요가 증가하면서 철도 교통 인프라의 시장도 성장할 것으로 전망
- 유럽은 세계 철도 인프라 시장에서 가장 큰 비중을 차지하고 있으며 아시아-태평양 지역은 가장 빠르게 성장하고 있는 시장
 - 모든 지역의 철도 인프라 시장이 성장할 것으로 예측되며 특히, 유럽은 철도 네트워크 구축 정책과 유지보수의 확대에 의해 안정적으로 성장할 것으로 기대
 - 중국, 동남아시아 등은 인구증가와 경제성장에 기인하여 신규 철도 인프라 시장이 확대될 것으로 전망되어 아시아-태평양 시장이 가장 가파르게 성장할 것으로 기대



자료: MARKETSTUDY REPORT, At 3.4% CAGR, Rail Infrastructure Market Size Will reach 61400 million USD by 2025, 2019.06.06.

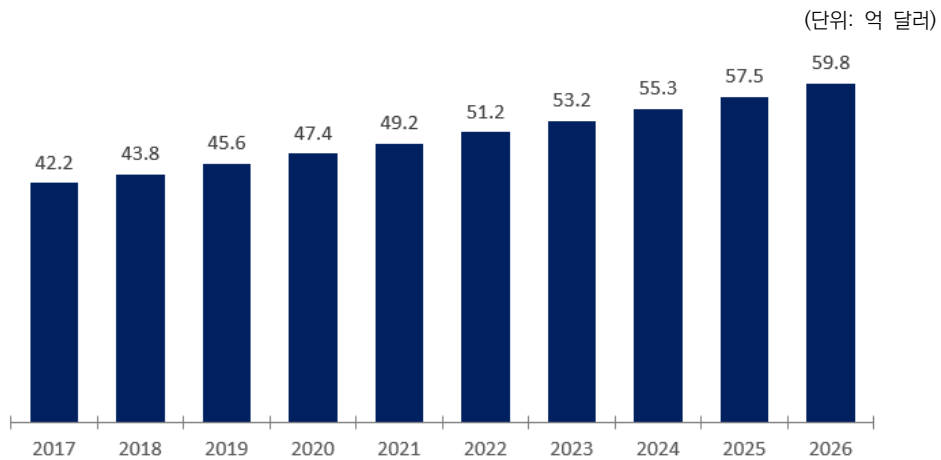
[그림 3.204] 세계 철도 인프라 시장 전망

□ 세계 철도 전철화 시장은 '18년부터 '22년까지 연평균 3~4% 증가할 것으로 전망²⁶⁾

- '18년 세계 철도 전철화 시장은 100억 유로이며 디젤에 비해 경제적이고 친환경적인 전철 프로젝트가 증가하면서 '22년까지 연평균 3~4% 증가할 것으로 기대
- '13년 전 세계 철도 노선 130만km 중 전철 노선은 34만km로 26.5%였지만 스페인, 프랑스, 중국 등의 대규모 투자로 인해 '17년 47%에 도달
- 국가별로 다양한 전기 시스템이 개발되고 있으며 철도교통 친환경 정책에 따라 기존의 디젤 라인을 전철화하는 프로젝트들이 투자되면서 시장은 지속적으로 성장할 것으로 기대

□ 세계 철도 전력공급시스템 시장은 '18년부터 '26년까지 연평균 4.0% 증가할 것으로 전망

- '18년 세계 철도 전력공급시스템 시장은 43.8억 달러이며 연평균 4.0% 증가하여 '26년 59.8억 달러로 성장할 것으로 예측
- 인구증가, 도시 간 이동증가, 친환경 운송수단의 수요 증가 등으로 신규 철도와 기존 철도노선의 개선 사업 증가하여 전력공급시스템에 대한 수요도 증가
- 유럽은 전체 시장의 전체 시장의 34%를 차지하고 있으며, 향후 친환경, 연료비 절감, 인프라 현대화 등 정부정책 지원으로 연평균 3.6% 성장할 것으로 전망



자료: BlueWeaveCONSULTING, Global Railway Power Supply System Market Demand by Product Type (Third Rail System, Fourth Rail System, Overhead Line (Catenary), Others), By Application (Ordinary Train, Bullet Train, Metro, Others) By Region (North America, Europe, Asia Pacific, Middle East & Africa and Latin America), Trend Analysis, Competitive Market Share and Forecast, 2019-2026, 2019.09.16.

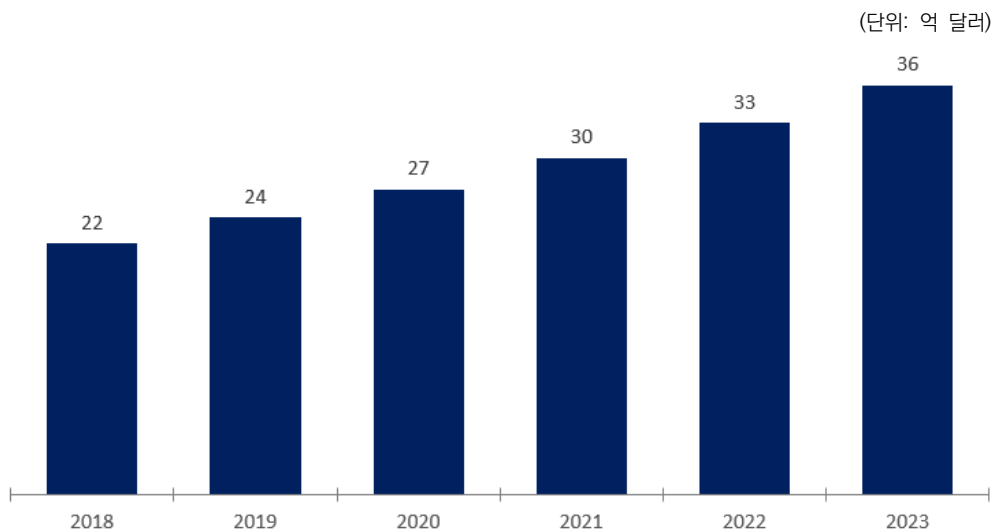
[그림 3.210] 세계 철도 전력공급 시스템 시장 전망

26) SCI Verkehr GmbH, ulitiClient study: Railway Electrification - Global Market Development 2018, 2018.04.19.

● 제3장 시장동향

□ 세계 자동 열차제어 시장은 '18년부터 '23년까지 연평균 10.3% 증가할 것으로 전망

- '18년 세계 자동 열차제어 시장은 22억 달러이며 연평균 10.3% 증가하여 '23년 36억 달러로 성장할 것으로 예측
 - 세계적으로 인구의 증가와 도시화로 인해 승객의 편의성 향상을 위한 기술이 발전하고 있으며, 각국은 철도교통 운영 효율성 향상을 위해 자동 열차제어 기술 도입 증가 추세
- 자동 열차제어 시장 중에서는 기존의 열차제어 시스템의 업그레이드 분야가 가장 크게 성장할 것으로 기대
 - 철도 사업자들은 철도 운영의 효율성 향상을 위해 최신 자동 열차제어 시스템을 도입하고 있으며 유럽철도는 Network Rail, Siemens, Govia Thameslink Railway 등의 자동 열차제어 시스템을 도입
- 미국과 캐나다는 자동 열차제어 기술 개발과 화물철도 인프라 및 고속철도 인프라 업그레이드를 위한 투자가 증가하고 있어 향후 북미 시장이 자동 열차제어 시장에서 가장 큰 비중을 차지할 것으로 전망



자료: MARKETANDMARKETS, Automatic Train Control Market by Automation (GoA 1, GoA 2, GoA 3, GoA 4), Service (Consulting, Integration & Deployment), Train Type (Urban (Metro & High-Speed Trains), Mainline (Passenger & Freight Trains)), and Region - Global Forecast to 2023, 2019.3.

[그림 3.215] 세계 자동 열차제어 시장 전망



2.2 국내시장동향

□ 지난 '07~'17년간 철도 인프라 분야에 62.3조원을 투입 하였으며 전체 SOC 투자액의 약 30.8%를 차지²⁷⁾

- 국내 고속도로 대비 고속철도 공급수준은 여타 선진국과 유사수준을 보이거나 고속도로 대비 전체 철도 공급 수준은 현저히 낮음
 - ※ 지난 10년간('07~'17년) 고속도로 투자금액은 82.4조원(SOC 투자액의 40.7%)
 - 총 철도연장이 고속도로 연장보다 작은 국가는 우리나라가 유일

〈표 3.22〉 주요 선진국 도로/철도 인프라 공급수준 비교

국 가	사회경제 지표		교통시설 (천km)			사회경제 지표 대비 공급수준 ($\frac{\text{시설연장}}{\sqrt{\text{인구} \times \text{면적}}}$)				
	면적 (km^2)	인구 (백만인)	철도		고속도로	A.철도	B.고속철도	C.고속도로	고속도로 대비 철도 공급수준	
			전체	고속철도					A/C	B/C
독일	357	80.6	33.4	1.5	12.9	0.197	0.009	0.076	2.59	0.114
스페인	506	46.6	16.9	2.9	15.0	0.110	0.019	0.098	1.13	0.192
프랑스	640	66	30.0	2.0	11.6	0.146	0.010	0.056	2.60	0.176
이탈리아	301	59.8	17.0	0.9	6.8	0.127	0.007	0.050	2.52	0.137
영국	243	64.1	14.8	0.1	3.8	0.118	0.001	0.030	3.93	0.030
일본	378	127.3	19.5	2.7	8.4	0.089	0.012	0.038	2.31	0.316
한국	100	50.2	3.6	0.6	4.1	0.051	0.008	0.058	0.88	0.145

자료: 국토교통부, 「제3차 철도산업발전기본계획」, 2017

- 향후 각 지방자치단체별 지하철 운영, 경전철 및 광역철도 신설, GTX 건설 등의 철도산업 인프라 건설 프로젝트 증가에 따라 철도시장 전체의 지속적인 성장이 가능할 것으로 전망²⁸⁾
 - 제3차 국가철도망 구축계획('16~'25)를 통해 철도망 확충에 총 70.4조원이 소요될 것으로 전망
 - ※ 국고 43.1조원, 지방비 3.1조원, 민자유치 19.8조원 및 기타 4.5조원
 - 국고의 경우 SOC 투자 감축 기조에 따라 투자규모를 축소
 - ※ '11~'15년 23.6조원 → '16~'20년 22조원 → '21~'25년 21.1조원

27) 국토교통부, 「제3차 철도산업발전기본계획」, 2017

28) 대아티아이(주), 국내의 철도시장의 현황, 2018

제3장 시장동향

〈표 3.23〉 철도망 확충 투자규모

단위: 억원

구분	총 사업비	'11~'15	'16~'20	'21~'25	계획기간 내	계획기간 후
국고	811,466	236,459	220,146	210,854	431,000	144,007
지방비	48,380	8,068	19,024	11,935	30,959	9,353
민자	266,632	19,407	73,831	123,933	197,764	49,461
공단채권, 광역교통개 선부담금 등	145,229	100,511	34,137	10,580	44,717	-
소계	1,271,707	364,445	347,138	357,302	704,440	202,821

자료: 국토교통부, 「제3차 국가철도망구축계획」, 2016

- 각 부문별로는 고속철도 7.8조원, 일반철도 38.4조원, 광역철도 24.2조원을 소요할 전망

〈표 3.24〉 철도 부문별 투자규모

단위: 억원

구분	총 사업비	'11~'15	'16~'20	'21~'25	계획기간 내	계획기간 후	
고속 철도	소계	259,763	181,232	38,491	40,040	78,531	-
	국고	119,230	87,787	15,425	16,018	31,443	-
	민자	29,155	-	7,021	22,134	29,155	-
	기타	111,378	93,445	16,045	1,888	17,933	-
일반 철도	소계	645,731	146,821	199,198	184,989	384,187	114,723
	국고	528,571	131,778	156,053	139,846	295,899	100,894
	지방비	2,298	1,998	300	-	300	-
	민자	114,862	13,045	42,845	45,143	87,988	13,829
광역 철도	소계	366,213	36,393	109,449	132,273	241,722	88,098
	국고	163,664	16,894	48,668	54,989	103,657	43,113
	지방비	46,083	6,071	18,724	11,935	30,659	9,353
	민자	122,615	6,362	23,965	56,656	80,621	35,632
	기타	33,851	7,066	18,092	8,693	26,785	-

자료: 국토교통부, 「제3차 국가철도망구축계획」, 2016

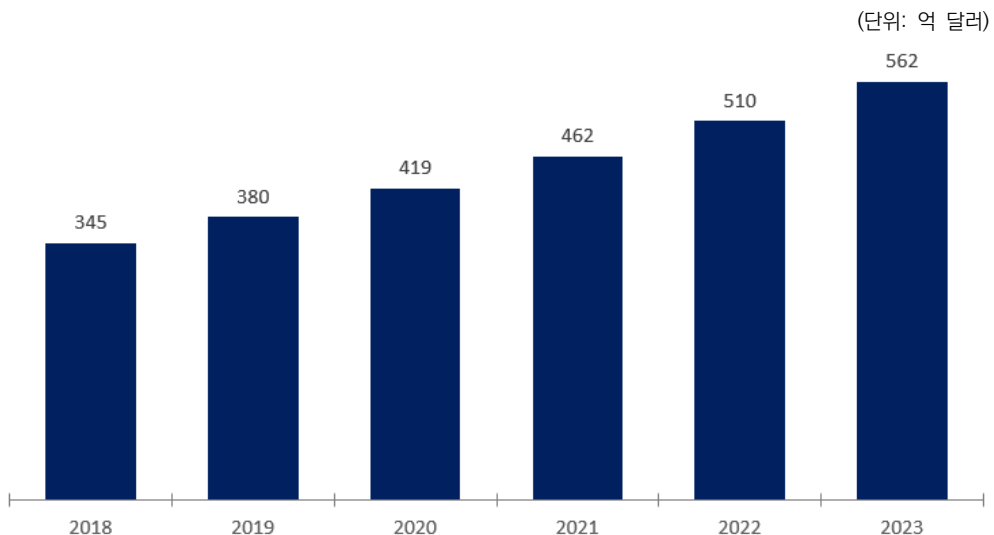


3 철도교통 관리

3.1 세계시장동향

□ 세계 철도 관리 시장은 '18년부터 '23년까지 연평균 10.2% 증가할 것으로 전망

- '18년 세계 철도 관리 시장은 345억 달러이며 연평균 10.2% 증가하여 '23년 562억 달러로 성장할 것으로 예측
 - 철도 운영 최적화 및 PPP사업 확대를 위한 정부정책으로 인한 자동화 기술 적용 증가, IoT 및 스마트시티 기술의 발전, 초도시화로 인해 철도 관리 시장은 지속적으로 성장할 것으로 기대
- 철도 관리 솔루션 중에서는 철도 교통관리 기술이 가장 크게 성장할 것으로 기대
 - 철도 교통관리 기술은 고속통신 네트워크의 구축으로 인해 실시간 데이터를 기반으로 교통흐름을 자동으로 관리할 수 있기 때문에 철도 운영의 효율화, 여객 편의 향상 등을 이유로 많은 국가들이 채택할 것으로 전망
- 아시아-태평양 지역은 급격한 경제성장과 기술혁신을 위한 정부차원의 투자로 인해 '23년에는 가장 큰 시장으로 성장할 것으로 예측



자료: MARKETANDMARKETS, Railway Management System Market by Solution (Rail Asset Management, Track Monitoring, Revenue Management, Intelligent Signaling System, Route Planning & Scheduling, PTC, CBTC, PIS, Security & Analytics), Service, and Region - Global Forecast to 2023, 2018. 7.

[그림 3.224] 세계 철도 관리 시장 전망

제1장 개요

제2장 정책동향

제3장 시장동향

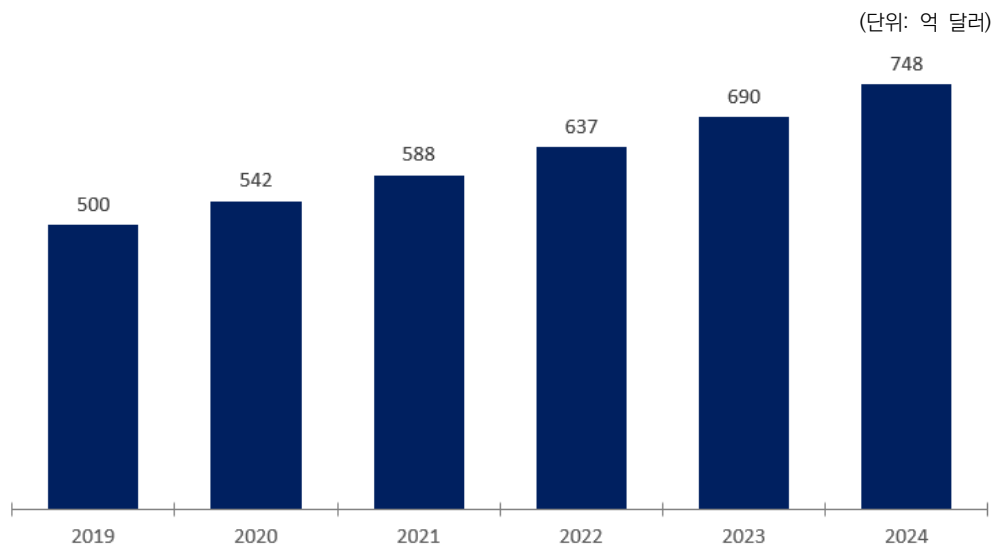
제4장 기술동향

제5장 주요 이슈 및 시사점

● 제3장 시장동향

□ 세계 디지털 철도 시장은 '19년부터 '24년까지 연평균 8.4% 증가할 것으로 전망

- '19년 세계 디지털 철도 시장은 500억 달러이며 연평균 8.4% 증가하여 '24년 748억 달러로 성장할 것으로 예측
 - 최근 IoT 및 5G 기술 등 통신기술, 자동화 기술, 디지털 기술 등의 발전과 철도 이용 승객 수의 증가, 각국의 철도교통 현대화 정책으로 인해 디지털 철도 시장은 증가할 것으로 기대
- 디지털 철도 시장 중에서는 유지관리 분야가 가장 크게 성장할 것으로 기대
 - 철도차량 및 인프라의 유지보수를 위해 센서 및 통신기술을 활용하여 사전예방 및 일상 중 유지관리가 가능하며 데이터에 기반하여 열화상태를 추정할 수 있기 때문에 국가들이 디지털 유지관리 기술을 채택할 것으로 기대
- 영국, 프랑스, 독일 등 서유럽 국가들은 구축된 철도 인프라에 대한 현대화 및 업그레이드를 위해 디지털 철도 솔루션 채택에 증가할 것으로 예상되어 유럽이 디지털 철도 시장에서 가장 큰 비중을 차지할 것으로 전망



자료: MARKETANDMARKETS, Digital Railway Market by Offering (Solutions and Services), Application Type (Rail Operations Management, Passenger Experience, and Asset Management), Region (North America, Europe, APAC, MEA, Latin America) - Global Forecast to 2024, 2019. 9.

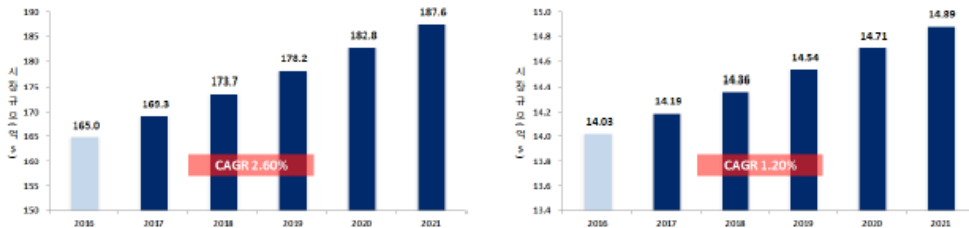
[그림 3.229] 세계 디지털 철도 시장 전망



3.2 국내시장동향

□ 국내 철도 신호/통신 시장은 세계시장 대비 8.5%('16년)를 차지하며 약 14.03억 달러의 시장을 형성

- 향후 세계시장 성장률(2.6%)보다 낮은 수준의 성장률(1.2%)로 성장할 것으로 전망되며 '21년 14.89억 달러의 시장규모를 보일 것으로 예측됨



(단위: 억 달러)

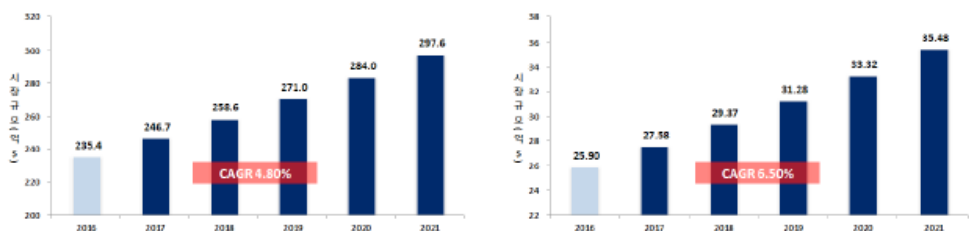
구분	2016	2017	2018	2019	2020	2021	CAGR('16-'21)
세계	165.0	169.3	173.7	178.2	182.8	187.6	2.60%
국내	14.03	14.19	14.36	14.54	14.71	14.89	1.20%

자료: PK&WISE(2017), 철도교통 기술수준 상세분석 및 R&D 추진전략 수립 연구 최종보고서(한국철도기술연구원, 2018) 재인용

[그림 3.232] 철도 신호통신 국내/외 시장현황 및 전망

□ 철도 계획 및 운영 시장은 '16년 세계시장 대비 11%의 규모로 약 25.9억 달러를 형성

- 국내 철도 계획 및 운영 분야 시장은 세계 시장의 성장률(4.8%)을 상회하는 성장률(6.5%)을 보이며 '21년 35.48억 달러 규모로 성장할 것으로 예측됨



(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%

자료: PK&WISE(2017), 철도교통 기술수준 상세분석 및 R&D 추진전략 수립 연구 최종보고서(한국철도기술연구원, 2018) 재인용

[그림 3.235] 철도 계획 및 운영 시장 현황 및 전망

04

제4장 기술동향

1. 철도차량

1.1 일반철도차량

- 독일 기업 Siemens사는 철도차량의 수용력, 편의성 및 에너지 효율성을 향상시킨 Desiro HC 전기 다중장치 열차를 개발하여 '18년 12월부터 RRX노선에서 시운전 중
 - Desiro HC는 대도시 지역의 고용량 요구사항을 충족시키기 위해 2층으로 구성하고 에너지 효율 향상을 위해 통합적인 에너지 관리 시스템을 구축
 - 약 800명의 승객 수용이 가능하며 기존 대비 18%의 수용률을 향상시켰으며, 중량대비 출력은 16.8kW/t이며 최고속도는 160km/h
 - 이더넷 기반 통신 시스템, 열차 제어 네트워크(TCN) 및 열차 운영자 네트워크(TON)를 통합하여 효율적인 에너지 관리 시스템 운영
 - 차량의 에너지 관리 시스템은 제동 에너지의 대부분을 복구시킬 수 있으며, 온보드 지능형 소비자 장치는 전력 소비를 저감
 - 휠체어 및 유모차 탑승, 무거운 짐 운반 등 승객의 접근성을 고려하여 차량 입구의 높이를 플랫폼 높이인 760mm로 설계하여 계단이 없는 형태
 - 독일 철도운영사인 도이치반(Deutsche Bahn)은 82대의 Desiro HC 차량을 계약하고 Rhein-Ruhr-Express(RRX) 노선에서 시운전 중인 실정



〈1층과 2층 연결구조〉

〈Desiro HC〉

자료: Railway Gazette, Railway Gazette International October 2017, 2017.10.

[그림 4.247] Siemens사의 Desiro HC Train

□ 독일의 항공우주센터*와 AV Studio는 경량소재 기술을 적용하여 보다 효율적인 운영이 가능하며 환경 친화적인 철도차량 ‘Aeroliner3000’을 '16년 9월 최초로 시연

* 항공우주센터: German Center for Aerospace / AV Studio: Andreas Vogler Studio

- Aeroliner3000은 영국에서 진행 중인 “Tomorrow’s Train Design Today” 프로그램의 지원을 받아 독일에서 개발 중인 열차로 경량소재 기술을 적용
 - 우주·항공에 사용되는 경량소재 기술을 적용하여 열차의 무게를 25% 감소시킴과 동시에 운영 및 유지보수 비용을 절감
 - 탄소 배출량 감소와 함께 기존 인프라의 변경 없이 선로 수용력을 30% 증대시켰으며, 2층으로 구성하여 기존 열차 대비 20% 높은 수용성을 자랑
- ※ 기차 전체의 공기 역학적 최적화를 위해 경량 기술을 적용함으로써 운영 및 유지보수 비용이 절감되고 이산화탄소 및 소음 배출이 저감



자료: RSSB, Research & Innovation quarterly update October 2017, 2017.10.

[그림 4.251] Aeroline3000

● 제4장 기술동향

□ 중국중차(CRRC)는 '18년 9월 이노트랜스 전시회에서 경량화·친환경·지능화 중심의 차세대 전동차 CETROVO를 발표

● CETROVO는 탄소섬유강화플라스틱(CFRP) 기반 차체/대차, 실리콘카바이드(SiC) 및 영구자석 동기전동기(PMSM) 기반 추진시스템, 능동형 현가장치* 등 최신기술을 적용하여 중량저감 13%, 소음저감 3DB, 에너지 효율 15% 향상

* 능동형 현가장치(Active Suspension System): 프레임에 차바퀴를 고정하여 노면의 진동이 직접 차체에 달지 않도록 하는 능동형 완충 장치

- 이더넷 기반 실시간 차량제어 시스템과 실시간 차량 모니터링 및 운행시스템을 통해 상태기반 유지보수가 가능하도록 개발
- 탄소섬유강화플라스틱(CFRP) 복합재료 적용으로 운전실과 차체 중량 30% 저감 및 대차 중량 40% 저감
- 감속기가 없는 직접구동 3점 유동지지 방식 영구자석 동기기 적용으로 스프링 하중량을 감소시키고 완전 능동 횡뎀퍼를 통해 진동을 저감하여 승차감 향상
- EC61375 표준에 따른 100Mbps Back-bone망(ETB)과 1Gbps ring 망(ECN)을 적용하고 각 장치와 TCMS 간 광대역 데이터 통신을 통해 실시간 모니터링이 가능하도록 개발
- 추진 제어장치에 SiC 소자를 적용하여 중량 20%, 부피 21%를 저감하였으며, 영구자석 동기기는 기존 유도전동기 대비 13.5%의 중량 저감과 4% 효율 향상



자료: http://en.sasac.gov.cn/2018/09/25/c_428.htm

[그림 4.254] 중국중차의 차세대 전동차 CETROVO



1.2 고속철도차량

□ 일본 철도회사 JR East는 최대 약 400km의 속도를 낼 수 있는 신칸센 초고속 열차 'Alfa-X'를 개발하고 '19년 5월 테스트 단계에 돌입²⁹⁾

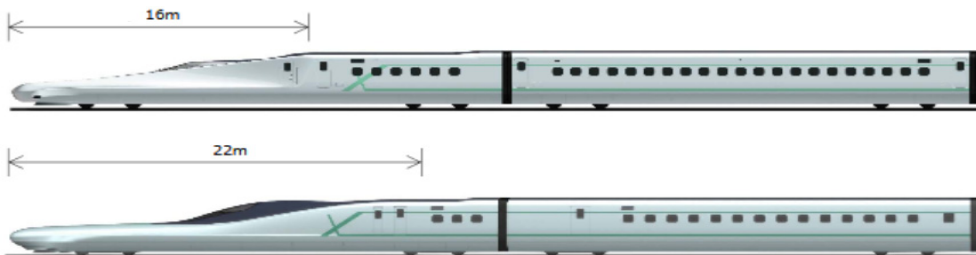
- Alfa-X는 '30년 상용화를 목표로 개발 중이며, 홋카이도 최북단에서 삿포로까지 약 360km의 속도*로 운행 예정
 - * 최대 속력 400km 이상의 성능을 보유하고 있으나 승객 탑승 시 안전을 위해 360km로 운행
 - 터널 진입 시의 방풍에 대처하기 위해 전두부는 단 3개의 창문과 16m의 길이로, 마지막 10번 차량의 후미부도 22m 길이로 날카롭게 설계
 - 열차는 총 10량으로 구성되며, 상단부에 설치되는 에어브레이크와 레일 근처의 자석 플레이트를 사용하여 감속
 - 댐퍼와 에어서스펜션을 통해 커브에 안정적이며 열차, 제어센터, 유지보수 시설 및 직원 간의 데이터를 연결하여 성능 모니터링이 가능
- '19년 5월부터 '22년 3월까지 아오모리 역과 센다이 역에서 시운전 착수



〈Alfa-X의 외관〉



〈Alfa-X의 운전실〉



〈Alfa-X의 전두부 및 후미부〉

자료: Bloomberg, World's Fastest Bullet Train Starts High-Speed Tests, 2019.5.10.

[그림 4.258] JR East에서 개발 중인 초고속 열차 Alfa-X

29) <https://www.jrailpass.com/blog/alfa-x-shinkansen-bullet-train>

● 제4장 기술동향

□ 독일 기업 지멘스는 '23년 상업운행 개시를 목표로 개발 중인 차세대 신형고속열차 'Velaro novo'를 '18년 6월 최초 공개

- Velaro Novo는 기존 ICE3 Velaro 차량의 후속 모델로 에너지 효율화, 유지보수 비용 절감을 목표로 '13년부터 연구개발에 착수
 - 인보드 베어링 적용 대차, 실리콘카바이드(SiC) 컨버터, 경량 차체 설계 등의 기술을 적용하여 열차의 중량을 485톤에서 416톤으로 15% 저감
 - 대차 하우징, 판토품레프 하우징, 차량 상부 고압선 커버 등을 적용하고 갱웨이 공력 최적화를 통해 공력 저항을 총 30% 저감
 - 또한, 영구자석 동기전동기(PMSM)를 적용하여 추진력과 제동력을 각각 10%와 70% 증대시키고 효율성은 5% 향상
 - 열차의 중량 및 공력저항 감소에 따라 前 모델 대비 낮은 동력*으로 300km/h 주행, 에너지 절감 30%, 편성당 이산화탄소 배출 1,375톤/년 감축
 - * 기존에는 300km/h 주행에 8,000kW가 필요하였으나, Velaro Novo는 6,600kW로 감소
- '18년 4월부터 ICE-S 차량에 1량을 추가하여 시운전을 통한 성능검증을 진행



자료: SIEMENS 홈페이지(<https://new.siemens.com/global/en/products/mobility/rail-solutions/rolling-stock/high-speed-and-intercity-trains/velaro-novo.html>)

[그림 4.262] SIEMENS의 차세대 신형고속열차 'Velaro Novo'

□ 중국국유철도그룹(China State Railway Group Co)은 시속 600km로 운행이 가능한 자기부상열차의 프로토타입을 '19년 5월 개발 완료³⁰⁾

- 중국의 자기부상열차는 '21년 시운전을 목적으로 개발 중이며, 수년 간의 테스트를 거쳐 상용화 예정
- 자기부상열차가 개발된다면 베이징에서 상하이까지 비행기로 4시간 30분이 걸리는 여행을 자기부상열차로 3시간 30분 안에 도착할 수 있을 것으로 전망



〈중국 자기부상열차의 외관〉



〈중국 자기부상열차의 운전실〉

자료: MACH, China's new high-speed train will 'float' over tracks to hit 370 miles an hour, 2019.6

[그림 4.264] 중국 CRCC에서 개발 중인 자기부상열차

□ 우리나라는 고속철도 차량 HEMU-430X와 함께 EMU-300, 250, 150을 개발하고 '20년부터 도입할 계획³¹⁾

- 초경량 알루미늄 압출재 차체, 고성능 제동시스템, 현가장치, 저소음 판토품그래프, 차세대 차상컴퓨터제어장치, 보조전원장치, 고용량 소형 배터리 장치 등을 개발
 - 동력분산식 고속열차로 가감속 성능 향상, 수송능력 향상 및 운영효율 증대
 - C/I 추진제어 장치는 BUS bar, Stack Frame, Heatpipe, Filter Capacitor 등을 핵심기술로 적용하여 높은 성능을 확보³²⁾

30) CNN travel, China unveils 600km/h maglev train prototype, 2019.5.24.

31) 현대로템공식블로그, 시속 421km로 달리다! 동력분산식 고속차량 '해무' HEMU-430X, 2017.11.

32) 한국철도기술연구원, 철도교통 기술수준 상세분석 및 R&D 추진전략수립 연구 최종보고서, 2018.

● 제4장 기술동향

- HEMU-430X의 성과를 활용하여 EMU-300, 250, 150 등을 개발하였으며, '20년부터 '21년까지 KTX, SRT 등을 대체하여 투입될 예정
- 최고시속 320km 수준의 EMU-300 16량과 260km대의 EMU-250 114량을 '20~'21년간 투입할 계획
 - EMU-250은 경전선, 서해안선, 중안선, 중부내륙선 등에서 운행할 계획이며, 새마을호, 무궁화호 보다 훨씬 빠른 속도로 운행시간 절감 전망
 - EMU-300 차량은 KTX, SRT 등을 대체하는 차세대 고속열차로 활용 예정

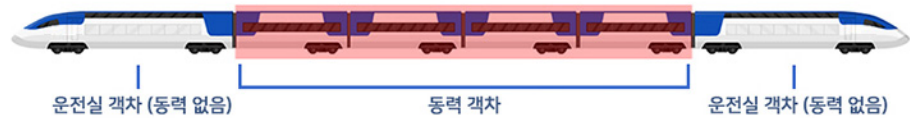
동력집중식

동력이 앞과 뒤 차량에 집중 배치된 방식 : KTX, KTX-산천



동력분산식

동력이 객차 각 차량마다 분산해 배치된 방식 : EMU-250



자료: 현대로템공식블로그, 시속 421km로 달리다! 동력분산식 고속차량 '해무' HEMU-430X, 2017.

[그림 4.268] 동력집중식과 동력분산식간 비교



자료: 현대로템공식블로그, 시속 421km로 달리다! 동력분산식 고속차량 '해무' HEMU-430X, 2017.

[그림 4.269] EMU-250 차량 외관



1.3 도시철도차량

- 영국은 Transport for London 프로그램을 통해 Siemens Mobility와 Piccadilly Line 전체를 대체하는 차세대 열차와 신호시스템을 설계³³⁾

 - '23년부터 인도될 'Inspiro' 열차는 기존 차량보다 6m 더 길게 설계되어 60% 더 많은 용량을 제공하고 열차 내 정보 시스템이 개선
 - 현재 최대 24tph(trains per hour)로 운행되는 열차에 비해 최대 27tbh의 속도로 운행가능하며 열차는 에너지 효율도 향상
 - '20년에는 Circle, District, Hammersmith & City and Metropolitan 라인에 새로운 신호시스템을 완성하여 자동 운행될 예정
- 벨기에 브뤼셀에서는 지하철 현대화를 위한 차세대 열차와 신호시스템을 발표한 가운데 신호시스템은 '28년까지 모든 도시철도가 자율주행이 가능하도록 설계

 - 차세대 도시열차는 기존 차량보다 30% 더 많은 여객을 수송할 수 있으며, 온라인 설문조사를 통해 차량을 디자인
 - 자동신호시스템은 '21년까지 차량의 주파수를 높여주며, '28년까지 브뤼셀의 모든 도시철도가 자율주행이 가능하도록 설계할 예정
- 뉴욕의 메트로폴리탄교통청(Metropolitan Transportation Authority)은 535대의 최첨단 차세대 지하철을 '20년부터 도입할 예정

 - 차세대 차량의 'R211'은 개방형 통로차량으로 기존 차량의 표준도어보다 8인치 넓은 도어로 설계되어 탑승속도를 높여 지연을 최소화
 - 열차의 운행 간격을 단축시키고 효율적으로 운영하기 위해 통신기반 열차 제어라는 신호시스템을 새롭게 구축
 - 내부에는 디스플레이가 장착되어 열차의 실시간 위치를 제공하고 더 밝고 선명한 조명, 안정적인 손잡이 등을 제공하여 승객 중심의 열차를 제공할 계획

33) Railway Technology, From London's Deep Tube to Moskva Metro: the world's most modern trains, 2018.9.

● 제4장 기술동향

- 모스크바는 세계 최고의 도시철도 차량 개발을 목표로 'MOSKVA'를 도입하여 '17년 운행 시작
 - MOCKBA는 기존 열차에 비해 22톤 가벼우며 35~40% 적은 에너지를 사용하여 부드러운 승차감을 제공하고 차량 간의 연결을 복도식으로 설계
 - 인테리어는 승객이 기댈 수 있도록 부드러운 벽으로 설계하고 손잡이 난간은 열선을 이용해 따뜻하게 제작
 - 열차의 수용능력을 28% 향상시켰으며, 내부의 소음 수준은 30~70%까지 감소



〈영국의 Inspiro〉



〈뉴욕의 R211〉



〈모스크바의 Moskva〉



〈브뤼셀의 차세대 도시열차〉

자료: Railway Technology, From London's Deep Tube to Moskva Metro: the world's most modern trains, 2018.9.

[그림 4.285] 각국의 차세대 도시철도 차량

□ 서울 지하철 2호선의 신형열차는 전기제동 신기술을 적용하여 정위치 정착율 향상 및 에너지 비용 절감과 제동패드 사용 감소로 인한 미세먼지도 감축³⁴⁾

- 지하철 2호선 신형열차는 정차시점까지 회생제동이 가능한 ‘영속도 회생제동’ 기술을 적용하여 기존 공기제동 방식 대비 높은 열차 제어성능을 보유
 - 기존 열차는 정차 시 정확한 회생제동 제어가 어려워 제동패드를 이용한 공기제동 방식을 사용
 - 공기제동은 정차 시 마찰 소음이 발생하고 감속도가 일정치 않아 정위치 정착 오류가 발생할 수 있으며, 제동패드 마모로 터널 내 미세먼지가 발생
 - 신형열차에 적용된 회생제동 기술은 전기 제동 방식으로 열차 추진시스템에서 제동 시 발생하는 전기 에너지를 가선으로 전달
 - 이를 통해, 일정한 감속으로 인한 정위치 정착율 향상, 에너지 절감, 승차감 개선 및 정차 시 발생하는 소음 저감, 제동패드 사용률 감소로 미세먼지 저감 가능



자료: 인터뉴스, 서울 지하철 2호선 신형열차, 정위치 100% 정착한다, 2019.06.27.

[그림 4.288] 서울 지하철 2호선 신형열차

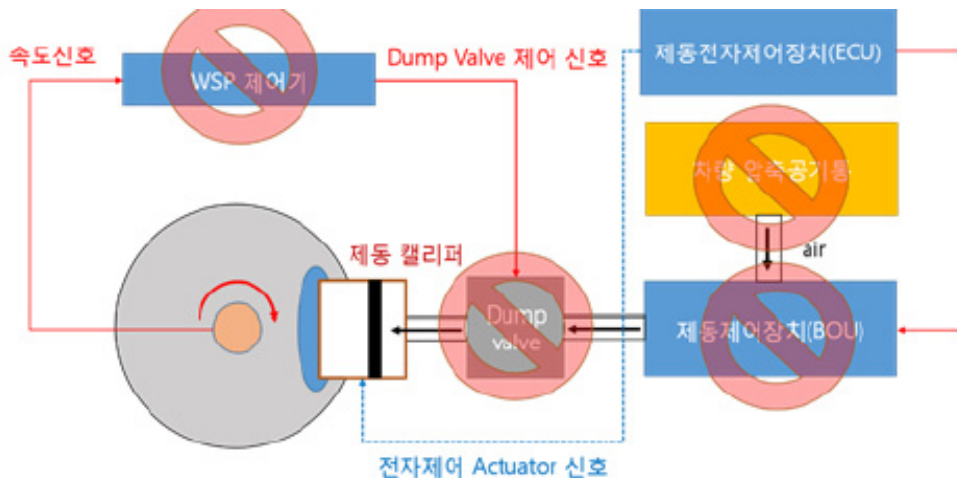
34) 인터뉴스, 서울 지하철 2호선 신형열차, 정위치 100% 정착한다, 2019.06.27.

● 제4장 기술동향

1.4 철도차량 정비/개조/부품

□ 유럽은 보다 경쟁력 있고 효율적인 운송 시스템 구축을 위한 일환으로 ‘Shift2Rail’ 사업을 통해 전기기계식 제동시스템, 와전류 제동 장치 등의 기술 개발·응용에 성공³⁵⁾

- 전기기계식 제동시스템(Electro-Mechanical Brake)의 경량·소형화, 유지보수 비용 저감, 신뢰성 및 안전성 확보를 위한 연구를 진행
 - 전기기계식 제동시스템은 제동공기통, 공기압축기, 제동배관 등을 제거하여 소형화하고, 빠른 응답속도로 인하여 고정밀 제동제어 및 공주거리를 단축
 - EMB를 전동차에 적용함으로써 장치의 소형화/정밀 위치제어/진단제어 기능 확보를 목표로 하고 있으며, 고용량 EMB시스템은 지속적 기술향상을 추진
 - 공압 기반 제어로 인한 제동장치의 반응 지연(Time-Lag) 문제를 보완하기 위해 Ethernet 기반 제동제어 및 진단을 동시에 수행하는 것을 목표로 하고, 제동장치의 실시간 모니터링 및 상태기반 능동제어 연구 수행

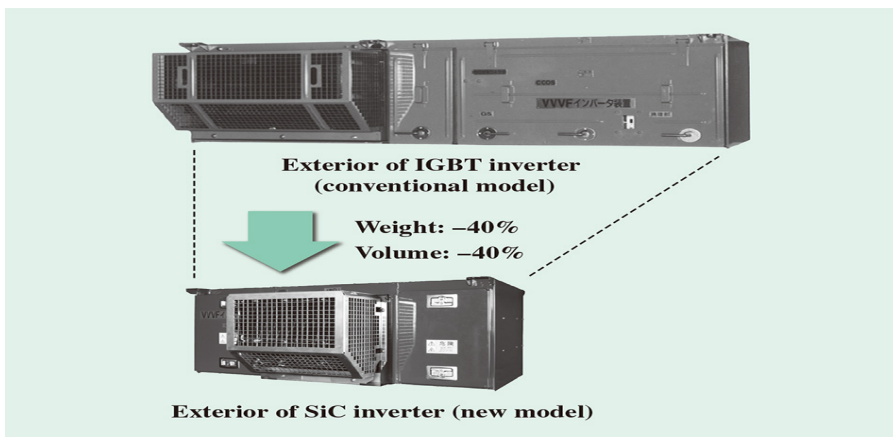


자료: 한국철도기술연구원, 철도교통 기술수준 상세분석 및 R&D 추진전략수립 연구 최종보고서, 2018

[그림 4.291] EMB 적용 시 제거 가능한 하부 제동장치 개념도

35) <https://shift2rail.org/research-development/ip1/>

- 와전류제동(Eddy-Current Brake) 기술의 개발로 기계식 제동을 보완하여 제동패드 유지보수 비용을 줄이고 제동장치를 간소화
 - 최대 구배가 40%(국내기준 28%)인 경우 와전류 제동장치 없이는 원하는 제동성능 구현이 불가능한 실태
 - 이와 같은 이유로 독일은 고속열차 ICE가 200km/h 이상 고속영역에 진입 시 와전류제동만으로 상용제동을 수행
 - 또한, 와전류제동을 확대 적용하여 궤도가 젖어있는 상태에서 제동거리를 EN15595의 25%에서 15%로 단축하는 것을 제안
 - 열차추진시스템은 에너지효율 향상, 전 생애주기의 비용저감, 규격화 및 인증체계 등의 방향으로 연구개발 추진 중
 - 특히, 유럽은 에너지 효율화를 위해 기존의 '절연 게이트 양극성 트랜지스터(IGBT)' 대비 높은 스위칭 주파수를 사용할 수 있고, 낮은 스위칭 손실의 장점을 보유한 전력반도체소자 실리콘카바이드(SiC)의 연구개발에 주력
- 일본 또한 히타치, 도시바, 미쓰비시, 지멘스 및 Infineon 등의 다양한 전력반도체 제조사에서 SiC를 활용한 철도용 스위칭 소자 연구개발이 활발히 진행 중
- 현재 일본의 고속열차 N700 시리즈 신칸센은 SiC 스위칭 소자의 적용으로 전력변환 장치의 중량은 20% 감소하였으며, 부피는 약 50%까지 감소
 - 고속철도차량의 SiC 적용을 위한 전력변환장치의 3레벨 토폴로지 적용을 통한 노이즈 및 손실 저감을 목적으로 지속적으로 연구 중



자료: HITACHI 홈페이지(https://www.hitachi.com/rev/archive/2017/r2017_02/09/index.html)

[그림 4.295] HITACHI의 SiC 적용 인버터 경량화 사례

● 제4장 기술동향

□ 우리나라는 전동차용 영구자석 동기전동기(PMSM) 추진시스템을 상용화³⁶⁾

- '16년 9월부터 약 3년에 걸친 연구개발을 통해 국산용 PMSM을 개발하였으며, '19년 5월, 서울시 6호선 열차에 적용하여 첫 영업운전을 실시
 - '19년 9월에는 우리나라 PMSM의 영업운행 누적거리가 6,000km를 넘어서며 일본 제품 대비 뛰어난 기술력을 입증
 - PMSM은 밀폐형 구조로 청소가 불필요한 것이 특징이며, 소음저감 및 에너지 효율이 뛰어날 뿐만 아니라 기존 일본 제품 대비 10% 높은 추진용량을 보유했다
- 6호선 열차는 기술 적용을 통해 기존 유도전동기 대비 실내소음은 저속에서 10dB, 고속에서 3dB이 감소하여 승객들이 확연히 소음 감소를 체감할 수 있는 수준
- 또한, 전동기 효율은 96%로 기존 대비 4%가 증대됐으며 에너지 소비는 26%가 저감되어 향후 높은 비용 절감 효과가 기대
 - 동기전동기 추진 시스템 적용을 통해 6호선 열차는 향후 30년간 396억 원의 비용이 절감될 것으로 추산
 - 향후 서울교통공사의 교체 예정인 4·5·7·8호선의 약 1,200량의 노후전동차 수요를 고려하면 약 1,000억 원 규모의 수입대체 효과도 기대

□ 국내 '철도차량 부품호환 및 표준모듈 개발' 연구단에서는 친환경적이며 유연하게 적용 가능한 도시철도차량용 제동 마찰재와 축전지·충전기 등의 연구개발을 진행³⁷⁾

- 도시철도의 각 운행환경 및 성능조건과 세계 환경표준에 부합하는 친환경 재질의 표준화된 제동 마찰재 확보를 위해 '도시철도차량용 제동 마찰재' 개발을 진행 중
 - 기술개발과 동시에 도시철도 운영 기관과 차량 간의 호환성 부족 문제를 해결하기 위해 표준화 규격을 마련할 계획으로 표준 제품 개발을 우선적으로 추진
 - 기존의 제동 마찰재는 운영기관별 차량에 따라 부품 종류와 사양이 상이하여 효율성이 낮고, 현재 전체 운영기관의 제품이 국내제품과 수입제품을 혼용
 - 향후 구로-천안까지의 1호선 지상 구간 테스트와 2호선 지하 구간에서의 테스트를 통해 온도와 습도 등 다양한 반응을 검토할 예정

36) 서울경제, 현대로템 저소음 열차추진시스템 '탈일본' 성공, 2019.09.17.

NEWSIS, 현대로템, 영구자석 동기전동기 신기술 상용화...6호선 투입, 2019.05.16.

37) 한국철도기술연구원, 철도교통 기술수준 상세분석 및 R&D 추진전략수립 연구 최종보고서, 2018

- 각 도시철도 운영기관에서의 호환성과 4계절 운영환경 및 내구성을 고려한 리튬 이차전지 및 충전장치의 표준을 개발 중
 - 도시철도차량 운용조건 및 현차 설치성을 고려한 리튬이차전지 충전시스템 사양, 충전시간 및 이차전지 수명을 고려한 최적의 충전 제어 사양을 연구
 - 다양한 이차전지 용량 조합에 대응 가능한 직렬, 병렬 등의 통합 제어형 충전 표준화 사양 개발
 - ‘도시철도차량용 제동장치 모듈개발 및 표준화 연구’를 통해 국내 도시철도차량용 제동작용장치(BOU & ECU)*와 ICT 융합형 모듈 개발 및 표준화를 진행 중
 - * Brake Operating Unit and Electronic Control Unit
 - 제동작용 장치의 모듈화를 통한 부품체계 단순화, 표준화를 통한 이종 차량 간 호환성 향상 등을 통해 유지보수성 향상을 기대
 - 각 운영 사업소간 운영·유지보수 비용 절감을 위한 데이터 공유가 가능
- 국토교통부는 국내 철도차량부품 산업의 발전과 기술력경쟁력 확보를 위해 '20년부터 철도차량부품개발 사업에 착수 예정³⁸⁾
- 10개의 시장진입형 부품과 5개의 미래시장 선도형 부품의 국산화를 주요 목적으로 연구개발을 수행하고 시험평가에서부터, 현차시험, 인증까지 일괄적으로 지원 계획
 - (시장진입형 부품) 해외의존도가 높고 향후 신차 또는 유지보수용 시장이 확보된 철도차량부품 및 시스템
 - ※ ①고속철도용 댄퍼, ②공기스프링, ③반능동형 판토틀레프, ④전두부 해치시스템, ⑤냉각팬 시스템, ⑥제동디스크·제동패드, ⑦모듈형 주회로 차단시스템, ⑧공조시스템, ⑨도시철도용 모듈형 출입문 표준화, ⑩저상트램용 관절장치
 - (미래시장 선도형 부품 과제) ICT, 신소재 적용 경량화 등 첨단기술을 활용하여 향후 철도차량에 요구될 것으로 예상되는 부품 및 시스템
 - ※ ①회로류 저감형 영구자석 동기전동기, ②마그네틱 기어드 방식 동력전달시스템, ③컨버터 일체형 반도체 변압기, ④개방형 네트워크 프로토콜 기반 통합제어플랫폼, ⑤자동 연결·분리 시스템
 - 우선, '20년부터 '25년까지 동력분산식 고속철도 차량용 제동디스크 조립체·제동패드, 모듈형 주회로 차단시스템, 지붕탑재형 공조시스템의 R&D를 추진

38) 국토교통과학기술진흥원, 2020년 철도차량부품개발사업 시행 공고안내서, 2020.1.

● 제4장 기술동향

2. 철도교통 인프라

2.1 노반/궤도

□ 세계적으로 폐기물을 재활용하여 환경부하를 저감할 수 있는 친환경 목침목과 저진동, 저소음 등 고성능의 복합소재 침목 개발 활성화

- 철도 강플레이트거더 교량 및 분기기에는 기존에 목침목을 많이 사용하고 있으나, 목침목 제작 과정에서 첨가되는 방부제의 발암물질 가능성과 재활용이 안 되는 환경 유해성 등으로 인해 대체 침목에 대한 관심이 증대
- 기존 플라스틱 폐기물을 재활용 또는 고성능의 복합소재를 활용한 침목 개발이 전 세계적으로 활발히 연구 및 상용화되고 있으며, 이는 기본적으로 목침목에 비해 긴 내구수명 및 저진동, 저소음 특성을 보유³⁹⁾
 - 독일 Vossloh社에서는 재활용 폴리머, 0.8mm 잔골재 및 환경저항성 확보를 위한 첨가제를 적용하여 보강철근을 적용한 플라스틱 침목 제작
 - 네덜란드 Lankhorst社는 재활용 플라스틱을 활용한 폴리머에 보강 철근을 사용하여 침목을 제조하였으며, 교량 및 분기구간, 일반구간에 적용할 수 있는 다양한 모델을 개발하여 실제 운영선에 부설⁴⁰⁾



[그림 4.310] 재활용 및 고성능 복합소재의 침목

39) R.C. Sharma et al., Modernization of railway track with composite sleepers, Int. J. Vehicle Structure, 9(5), 2017.01

40) <https://www.lankhorstrail.com/>

- 미국 Axion社는 폐플라스틱병 및 폐기물을 100% 재활용하고, 보강 철근을 적용한 Ecotrax을 개발하여, 유럽, 호주, 캐나다 및 동남아시아에 적용
- 미국 휴스턴의 TieTek社는 85%의 폐플라스틱, 페타이어와 15%의 광물질 채움제로 침목을 제조했으며, 전 세계적으로 2백만개의 목침목이 TieTek社 침목으로 교체
- 일본의 Sekisui Chemical社에서는 유리섬유와 경질의 우레탄 수지 발포고무를 활용하여 고성능의 합성침목을 개발하였으며, 장대 철도교량에 적용 가능성을 검토하고 있고 국내 도시철도 구간에 부설
- 국내의 경우에는 고성능의 합성수지침목 및 재활용 플라스틱 및 잔골재를 적용한 플라스틱 침목에 대한 재료 개발연구를 수행 중

□ 국내 연구단은 철도교통 인프라의 안전성과 유지보수 효율성을 높이기 위해 최신 기술을 접목한 다양한 시스템과 공법을 개발 중⁴¹⁾

- 기존의 자갈궤도를 신속히 개량할 수 있는 '사전 제작형 플로팅 슬래브 궤도'를 개발하고 시범 적용 단계에 돌입⁴²⁾
 - 궤도를 공중에 띄우는 플로팅(부유) 궤도의 원리를 이용하여 열차 운행 시 선로 아래로 전달되는 소음·진동을 줄이는 'ㄲ'자 형상의 콘크리트 구조물 기술을 개발
 - 역사 내부의 소음 및 진동 감소뿐만 아니라 궤도 변형에 따른 유지보수 비용 절감과 더불어 진동에 영향을 많이 받는 건물의 내구성 향상도 기대 가능
 - 또한, 사전제작형 기술로 기존의 선로를 신속하게 개량할 수 있으므로 향후 자갈 궤도를 콘크리트 궤도로 개량하는 사업에 적극 활용될 전망
 - 해당 기술은 대전역에 시범 설치되어 테스트 중인 상황('18년 2월)



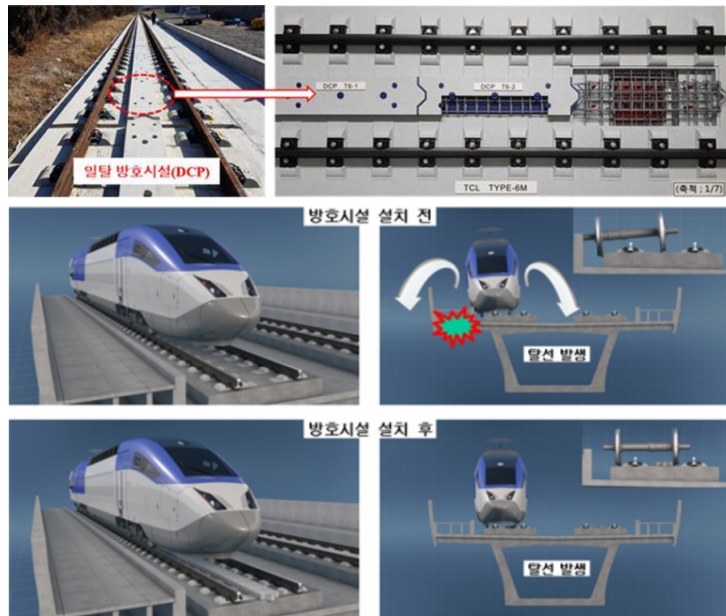
[그림 4.313] 대전역에 시범 설치된 사전제작형 플로팅 슬래브 궤도

41) '궤도 노반 기술력이 철도안전의 '핵심'...자연재해 인적오류 최소화 '온힘', 건설기술(2019)

42) 아시아투데이, 코레일 '사전제작형 플로팅 슬래브궤도' 대전역에 시범설치, 2018.02.22.

● 제4장 기술동향

- 막대한 피해를 유발할 수 있는 고속열차의 탈선사고 방지를 위해 국내 고속철도 교량 환경을 고려한 철도차량 일탈방호시설이 국내 최초로 개발⁴³⁾
 - 콘크리트 궤도 중앙에 설치하는 형태로 열차 탈선 시 차량을 좌우로 제어하여 열차가 반대편 선로와 인접 시설물을 침범하거나 추락하는 것을 방지
 - 지진이나 강풍 등 자연재해와 인적·사회적 재난에 대응 가능하며 열차에 의한 대형 피해 예방 가능
 - ‘탈선·충돌 실험을 통한 방호 설계지침 개발’ 부문에서는 탈선 후 거동 분석과 시설과의 충돌 메커니즘 규명, 충돌하중과 일탈방호 효과 평가, 일탈방호 성능의 적정성 평가 등의 연구도 진행



[그림 4.315] 국내 철도차량 일탈방호시설 기술개발 사례

- 4차 산업혁명의 변혁 시기에 대응하여 첨단기술의 융·복합 연구개발 수행
 - IoT, Big data, AI 등을 접목한 구조물 손상·상태 평가 기술에 대한 연구 중
 - 설계에서 유지보수, 폐기에 이르기까지 전과정을 3차원 도면을 통해 일괄적으로 관리할 수 있는 철도 BIM 기술 개발 추진
 - 철도구조물 안전성 향상을 위한 장대레일 절대 응력 측정 라만레이저 기술 융·복합 첨단 센싱 기술 개발 추진 중

43) 건설기술, 고속철 ‘일탈방호시설’ 국내 첫 개발 … 탈선 시 ‘차량 좌우로 제어’ 궤도 이탈 막는다, 2019.09.30.



2.2 역사

□ 해외에서는 철도 역사를 단순 교통 허브의 역할을 넘어 지역사회에 새로운 가치를 창출하는 스마트 역사로 변모시키고 있는 추세⁴⁴⁾

- 역사의 기능을 향상시킴과 동시에 쾌적하고 효율적인 공간으로 바꿈으로써 철도사업을 활성화하는 스마트 역사 관리 사례 증가
 - 영국의 Saint Pancras역은 역사 중앙에 호텔을 건설하여 승객이 투숙하며 식사를 할 수 있는 장소를 제공하여 승객뿐만 아니라 주민들이 이용
 - 마드리드의 Charmartin역은 지역사회의 경제에 영향이 없으면서 새로운 서비스를 제공할 수 있는 레저시설을 건설하여 사회경제적 역할을 수행
 - 뉴욕의 Grand Central 터미널은 승객과 주민 모두에게 혁신적인 활동을 제공하면서 도시 전체의 방문자를 증가시켜 지역사회에 추가적 가치를 창출
 - 일본 JR WEST역은 '이토이가와 지오파크 관광안내소', '기하 52대기실', '디오라마 갤러리'를 통해 여행 전후에 승객에게 최고의 서비스를 제공



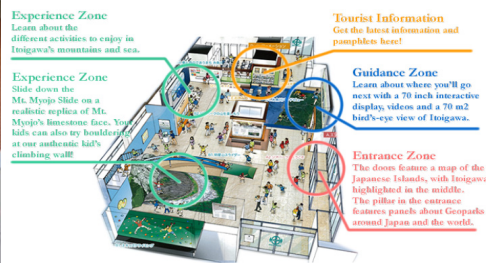
〈영국 Saint Pancras역〉



〈미국 Grand Central역〉



〈스페인 Charmartin역〉



〈일본 JR WEST역〉

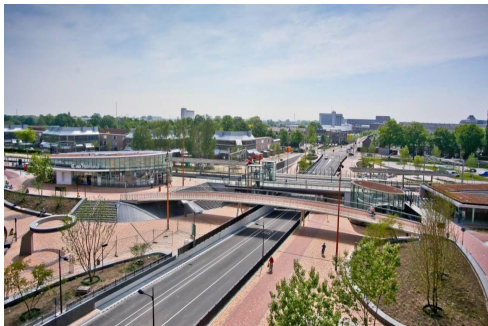
자료: University of Illinois at Chicago, Smart Station in Smart Cities INTELLIGENT & RESILIENT, 2017.09

[그림 4.319] 스마트 역사 관리 사례

44) University of Illinois at Chicago, Smart Station in Smart Cities INTELLIGENT & RESILIENT, 2017.09

● 제4장 기술동향

- 역사 내 뿐만 아니라 역사 주변에서의 비즈니스 가치를 창출하도록 설계하는 스마트 역사 인프라 확대
 - 네덜란드의 Helmond 기차역은 대중교통 환승, 철도 아래의 광장, 태양열, 옥상 정원 등의 건설로 역과 주변도시를 연결하는 혁신적인 설계를 수행
 - 일본의 Osaka역은 도로 위에 철도 위에 옥상광장을 건설하여 대중교통 이용을 원활하게 하고 철도역의 북쪽과 남쪽을 연결하는 역할을 수행
 - 독일 Horrem역은 역사 정면의 52%를 유리로 하여 채광과 열을 흡수, 옥상에 태양광 패널 설치, 지열시스템 이용, 빗물 이용 등으로 그린빌딩 역사로 설계
 - 스위스 Zurich역은 오픈되어 있는 빌딩으로 열을 유지하기 어려워 빌딩의 여객의 경로를 분석하여 특정한 위치에 히터를 설치
 - 프랑스 Strasbourg역은 채광 부족을 해결하기 위해 유리벽이나 유리지붕을 사용하고 단열성을 고려하여 층고를 낮게 설계



〈네덜란드 Helmond역〉



〈독일 Horrem역〉



〈일본 Osaka역〉

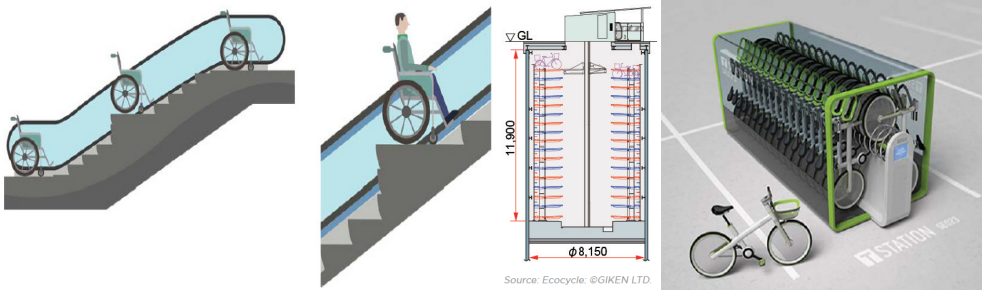


〈스위스 Zurich역〉

자료: University of Illinois at Chicago, Smart Station in Smart Cities INTELLIGENT & RESILIENT, 2017.09

[그림 4.321] 스마트 역사 인프라 사례

- 철도 인프라의 접근을 용이하게 하고 서비스의 질을 향상시킴과 동시에 오염, 사고, 혼잡과 수요의 증대를 최소화하는 인터모달 모빌리티도 제공
 - 일본은 기차역에서 교통약자(PRM*)의 이동성을 보장하기 위해 휠체어를 탄 사람이 이용할 수 있는 모바일 플랫폼 에스컬레이터를 개발
 - * PRM: Passenger with restricted mobility
 - 덴마크와 네덜란드는 늘어나는 자전거 이용 수요에 대응하여 자전거 주차타워, 지하주차장, 혁신적인 자전거 수납공간 등을 개발
 - 독일 Bermen역, 이탈리아 Torino역 등은 빠른 철도 서비스 제공을 위해 대중교통과 연결하는 인터모달 역으로 설계
 - 상해의 Hongqiao역은 철도와 항공교통을 동시에 이용할 수 있는 역으로 짧은 거리의 항공교통은 철도로 대체할 수 있는 세계최대의 인터모달 역사



〈일본의 휠체어 이용 에스컬레이터〉

〈자전거 주차 문제 해결 방안〉



〈독일 Bermen의 인터모달 역사〉

〈상해 철도-항공 인터모달 역사〉

자료: University of Illinois at Chicago, Smart Station in Smart Cities INTELLIGENT & RESILIENT, 2017.09

[그림 4.323] 스마트 모빌리티 사례

● 제4장 기술동향

□ 우리나라는 영동대로 광역환승센터를 포함한 주요 역사의 스마트화를 위해 첨단기술을 적용하는 등 이용자의 편의성·안전성 향상에 주력

- 서울과 수도권 의 교통 허브 역할을 수행할 영동대로(삼성역~봉은사역) 지하공간 광역환승센터는 '21년까지 스마트역사로 구축할 계획⁴⁵⁾
 - 서울시와 한국철도기술연구원은 '스마트역사 행정·연구협의체'를 구성하여 정보통신기술(ICT) 기반의 스마트 역사 구축을 위한 협의를 진행 중
 - ※ 삼성~동탄 광역급행철도, KTX 동북부(의정부) 연장선, GTX A노선(동탄~삼성~일산), GTX C노선(의정부~삼성~금정), 남부광역급행철도·위례~신사선 등 6개 노선이 들어설 예정
 - 향후 이용객들에게 이동경로와 환승정보, 역사 혼잡도 등의 정보를 실시간으로 제공하며, 통합운영시스템을 기반으로 다양한 연계교통 정보를 제공할 예정
 - 최적의 보행 네트워크를 제공하기 위해 역사의 편의성을 평가하고 보행혼잡도 시뮬레이션을 통해 실시간 가변동선 유도시스템을 구축
 - 인공지능 기반 공조환경관리시스템을 통해 지하공간의 공기 질을 관리하고 지진조기 대응시스템을 구축하여 재난·재해에 대응할 예정



자료: '야구장 30개' 크기 영동대로 지하환승센터, 스마트 역사로 짓는다(뉴스1, 2019)

[그림 4.326] 영동대로 스마트 역사 조감도

45) 영동대로 지하공간 복합개발(서울특별시, 2019)



- 지하철 5호선 군자역은 안전, 보안, 운영 효율 향상을 위한 원격관리 시스템을 도입하는 등 역사의 스마트화를 도모⁴⁶⁾
 - ※ 스마트 스테이션: 기존 역사 내 IoT, 지능형 CCTV, 각종 ICT센서 등을 도입하여 높은 안전성, 보안성, 운영 효율성을 갖춘 미래형 도시철도 정거장
 - (3D맵) 기존 2D로 구성된 지도를 3D로 구축함에 따라 위치와 방향 감각 확보가 수월하며, 특정 상황 발생 시 신속하게 정보를 파악하고 대응
 - (지능형 CCTV) 24시간 365일 자동 감시 기능을 갖추고 있으며 위치별 CCTV 화면을 통한 가상순찰 가능
 - ※ 향후 AI, Big data 기반 분석을 통해 이상징후에 대한 알람 서비스 기능 구축 예정
 - (IoT센서) 역사 내 위험신호 감지 및 신속대응을 위한 핵심적 역할 수행
- 지하철 2호선의 50여개 역사에 ‘스마트 스테이션’ 적용 사업을 본격적으로 추진하여 ‘20년 3월까지 조성을 마치고 2분기부터 시범 운영을 시작할 예정’
 - 지하철 역사의 기능 고도화, 시스템 통합, 5G 전용망 구축 등을 통해 ‘스마트 스테이션’을 구축할 계획

□ 우리나라 역사의 에너지 소비 저감 및 자립화를 위한 기술을 개발하고 실증사업 추진

- 도시철도 역사에너지 절감기술 개발 과제(‘13.12~’18.04., 한국철도기술연구원)를 통해 전력절감기술 및 최적 운용기술을 개발
 - 서울 지하철 7호선 수락산 변전소에 배터리 저장형 회생에너지 활용시스템을 설치하여 피크전력 절감 및 에너지 효율성 제고
 - 전력저장장치 연계형 도시철도 역사용 경량 태양광 발전 시스템 개발에 따라 역사 외벽 및 지붕면에 설치하여 53.1 kWh의 전력을 생산
 - 도시철도 통합 에너지 운영시스템 개발을 통하여, 개별전력설비별 전력사용량 모니터링 및 제어를 적용하였고, 도시철도 복합에너지 시스템 통합 스케줄링 알고리즘을 개발

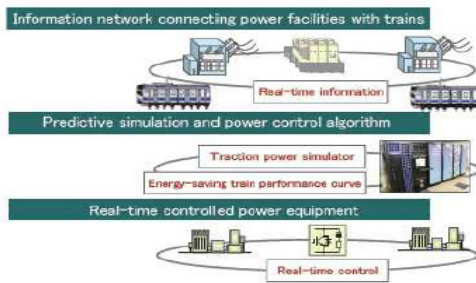
46) 서울 지하철 2호선, 내년 3월 ICT기반 ‘스마트 스테이션’ 탈바꿈(서울교통공사, 2019)

● 제4장 기술동향

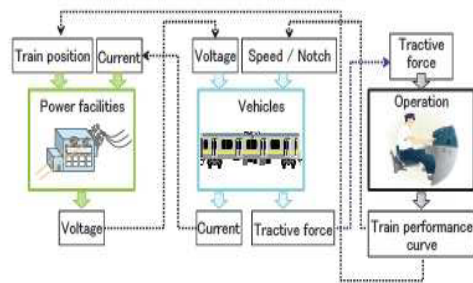
2.3 전철/전력

□ 일본 철도종합기술연구소(RTRI)는 '15년부터 '20년까지의 자체 연구개발 계획인 'RESEARCH 2020'에 따라 에너지 네트워크 및 초전도 케이블 시스템을 개발 중⁴⁷⁾

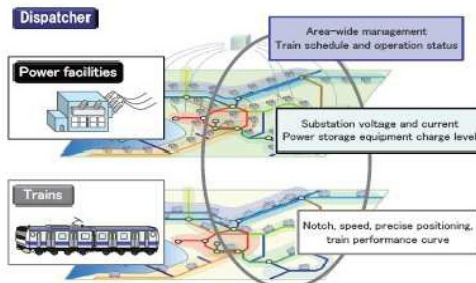
- 에너지 네트워크는 전력시설과 열차를 연결하여 실시간으로 정보를 공유할 수 있는 정보 네트워크로써 3가지 기능을 수행할 수 있도록 개발 중
 - 기존의 전력제어는 전력시설 간 정보 공유에 의존하였으나 열차와 전력시설을 연결하는 네트워크를 통해 효율적으로 운영이 가능
 - 정보 네트워크는 예측 시뮬레이션 및 전력 제어 알고리즘을 통해 에너지 절약 솔루션을 개발하고 연계할 예정
 - 네트워크를 통해 전력시설은 열차의 상태에 따라 축전 장비의 충전/방전/변전소의 전압을 제어할 수 있으며 전 지역의 전력 제어가 가능



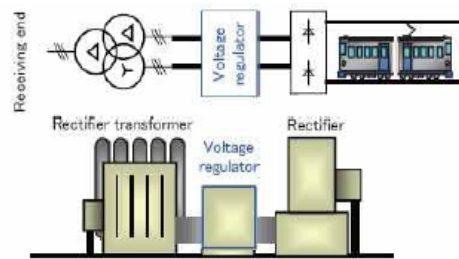
〈에너지 네트워크의 기능〉



〈전력 예측 시뮬레이션 및 제어 알고리즘〉



〈전력시설과 열차 연동 예시〉



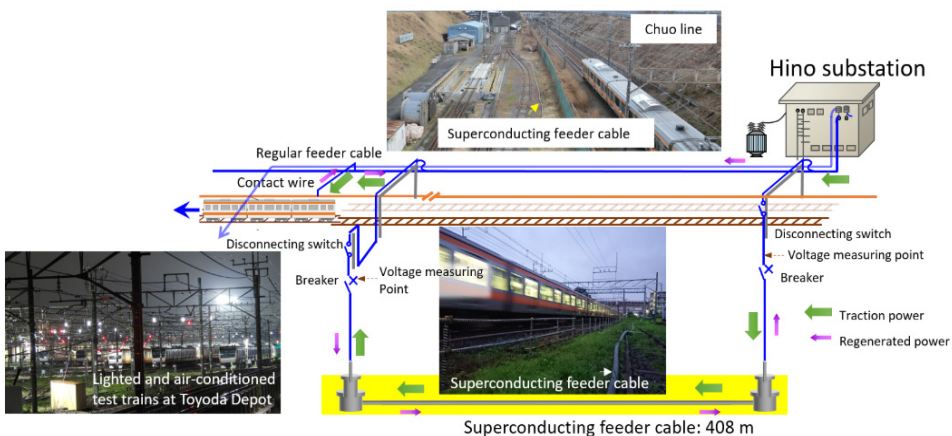
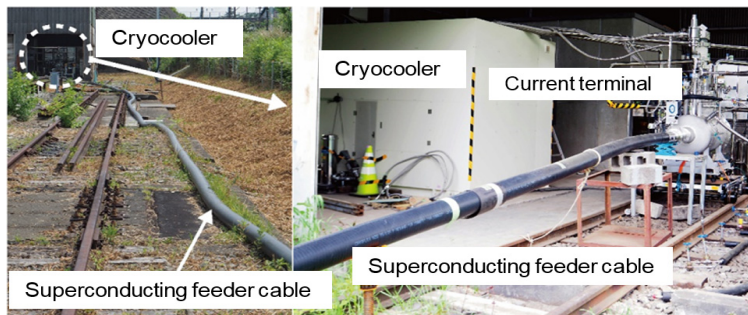
〈실시간 전압 조절이 가능한 rectifier〉

자료: RTRI, Recent Topics on Power Supply Technology, 2017

[그림 4.333] 전력시설과 열차를 연결하는 에너지 네트워크 기술

47) RTRI, Recent Topics on Power Supply Technology, 2017

- RTRI는 운영 중인 철도의 전력 상태를 테스트하는 초전도 피더 케이블 시스템 개발을 '17년 완료하고, 전력 공급·차단 테스트를 진행
 - 극저온냉각기(Cryocooler)가 작동하지 않아도 초전도 유지가 가능한 최대 용량 8,000A의 케이블이며, 이는 동일한 변전소 구간에 10량 편성 열차가 2~3대 운영하는 용량과 동일
 - 이를 통해 초전도 급전선 케이블 시스템이 1,500V DC 전원 철도 노선에서 열차 가속을 위한 전력과 제동(역방향 전류)으로 생성되는 재생 전력을 모두 전달할 수 있는지에 대한 테스트를 진행
 - 이 테스트를 통해 열차가 가속되는 동안 해당 시스템을 통해 변전소에서 테스트 트레인으로 최대 2,200A 이상의 전류가 전달되는 것을 확인
 - 한편, 브레이크가 걸렸을 때, 재생 동력은 시스템을 통해 역으로 도요다 창고에 정차하고 있는 열차로 전달되는 것을 검증



자료: RTRI, RTRI Develops New Superconducting Power Cable System for Testing on Commercial Railway Line, 2017

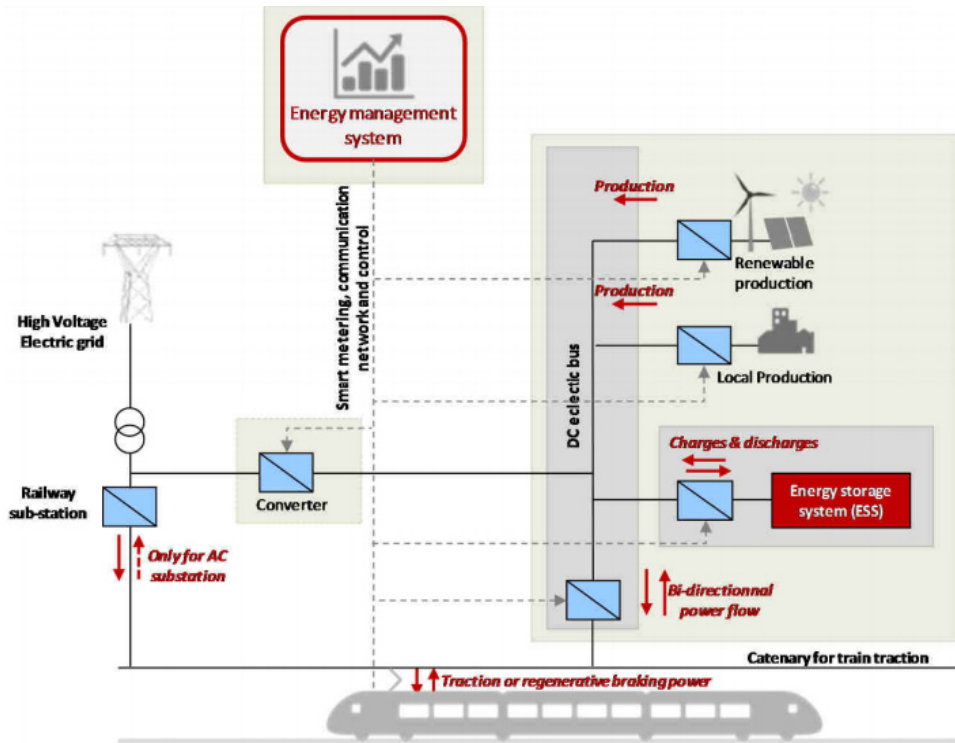
[그림 4.335] 철도 전력 테스트를 위한 초전도 케이블 시스템(일본 RTRI)

● 제4장 기술동향

□ 프랑스는 철도수송에 스마트 그리드 기술을 적용하기 위한 일환으로 피크 부하 완화, 전력요금 감소 등의 에너지 활용 방안에 대한 연구 프로젝트 HRPS* 추진48)

* HRPS(Hybrid Railway Power Substation)는 프랑스 국유철도사를 주관으로 철도수송에 스마트 그리드 기술을 적용하기 위해 '11~'17년까지 기술을 개발하고 '18년부터 실증하는 사업

- 프랑스 국유철도社 SNCF는 '17년 철도차량의 회생제동 에너지를 최적화하고, 신재생에너지 생산과 저장시스템을 연계하는 스마트 그리드 기술을 설계
 - 에너지 소비 통계 데이터와 철도차량 운전자 통계 데이터를 통합한 철도차량 회생제동 에너지 예측 모델을 개발
 - 스마트그리드 변전소 아키텍처 및 의사결정 매트릭스를 개발하여 철도 스마트그리드 실시간 에너지 관리 시스템을 개발



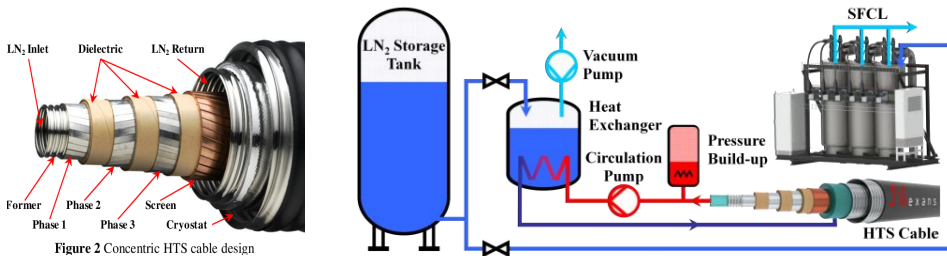
자료: ETIP SNET, Smart grid in railway system, 2017.9

[그림 4.338] HRPS 개념도

48) <https://www.etip-snet.eu/wp-content/uploads/2017/06/4-The-Conifer-and-Massena-Project-Guillaume-Gazaignes-and-Beno%C3%A9t-Robyns.pdf>

□ 독일은 송전손실을 저감하기 위한 초전도 전력 케이블 적용기술을 개발하고 전력변환장치를 통해 에너지 효율을 향상

- 독일의 브레멘에서는 전압 주파수 50Hz를 16 2/3Hz로 변환하여 전기철도용으로 사용하고 있으며, 15MW를 기본형 컨버터로 하여 100MW 용량까지 병렬 연결
- 독일 Essen시에 ampacity project(설치길이: 1km, 공칭전압: 10 kV, 공칭전류: 2.3 kA, 전력: 40 MVA)통하여 현장설치 시험을 수행



자료: The Institution of Engineering and Technology, Update on world's first superconducting cable and fault current limiter installation in a German city center, Mark Stemmler, 2015

[그림 4.342] 초전도 케이블 구조(1750 Vdc) 및 현장설치 구성도

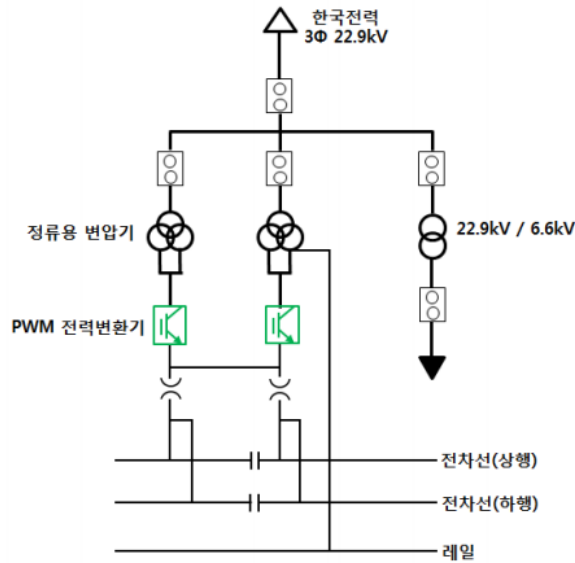
□ 미국과 호주에서도 에너지를 효율적으로 사용하기 위해 전력변환 장치 기반의 철도 변전소를 구축하여 운영

- 기존 철도변전소는 수동소자(다이오드 정류기, 변압기 등)를 적용하고 있었으나, 전력변환 기술을 활용하여 에너지 효율 및 전력품질 향상과 급전시스템 구축 비용 절감 등의 효과가 발생
 - 미국 필라델피아의 컨버터 스테이션은 3상의 AC전압(60Hz)을 주파수 변화 (16.7 Hz, 25Hz) 및 단상 AC전압으로 변환하고 있으며, 미국 필라델피아에 세계에서 가장 큰 컨버터를 사용(180MW)하여 운영
 - 호주에서는 효율적인 급전시스템 운영을 위해서 컨버터와 인버터를 활용하여 철도 변전소를 구축하여, 차량의 집전전압 상승효과 및 변전소가 거리를 기준 방식에 비하여 증가시킴으로써 급전시스템의 건설비용 절감 및 운영 효율 제고

● 제4장 기술동향

□ 우리나라는 철도교통용 에너지 저장장치 및 전력변환기술에 대한 연구개발이 활발

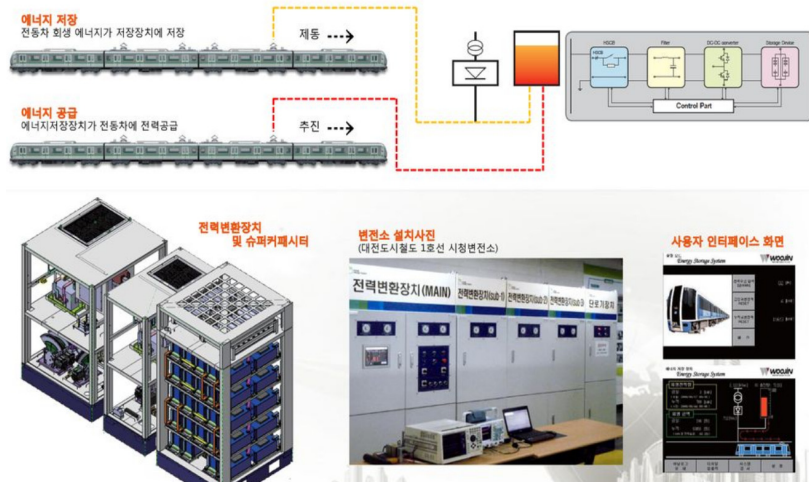
- (IGBT PWM 정류기) “750V급 직류급전시스템용 PWM 정류기” 개발을 통하여 전력공급 시스템은 기존 다이오드 정류방식이 아닌 IGBT소자를 적용한 정전압 정류기 방식을 이용하였으며, 에너지 회생전력 20% 활용 및 변전소 간격 증대(2~3km → 3~6km)를 제시



자료: 전기학회논문지, PWM 정류기를 적용한 직류급전시스템의 전압강하 및 비용 평가, 김주락, 2015

[그림 4.347] 직류 전철변전소 개략도

- (Double converter) 도시철도 직류급전용 양방향 전력변환장치인 더블컨버터(8.2MVA, 직류 1500V)는 전동차 운행 과정에서 발생하는 회생전력을 별도의 저장장치 없이 20% 이상 회수하여 도시철도 역사의 전원으로 재사용하는 컨버터, 인버터 일체형 변전설비 국산화 기술 개발
- (에너지 저장 장치) 슈퍼커패시터를 이용한 회생에너지 저장 및 전동차 추진전원 공급이 가능한 시스템으로 에너지 절감효과, 계통전압 안정화, CO2 배출가스 감소를 통한 환경보호, 발전설비 비용절감 가능

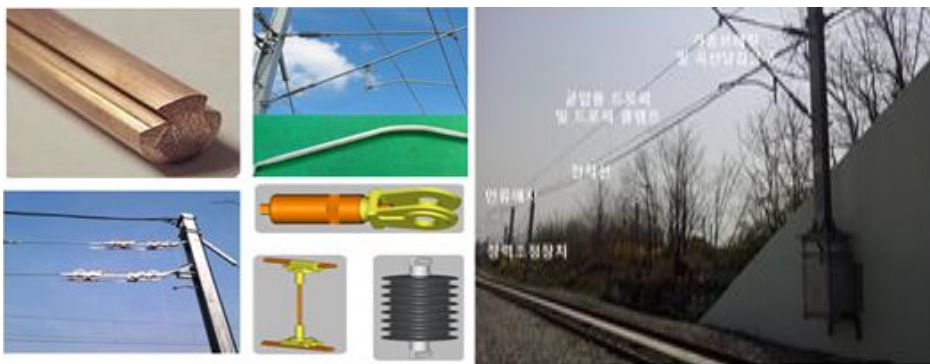


자료: 우진산전, Energy Storage System 카탈로그, 2015

[그림 4.350] 슈퍼커패시터를 이용한 에너지 저장 시스템

□ 국내의 독자적인 기술로 400km/h 급의 고속 전차선로를 세계 최초로 개발⁴⁹⁾

- 한국철도기술연구원과 대한전선은 세계 최초로 400km/h급 전차선로를 독자개발 하였으며 호남선 시범구간에 부설되어 접전성능 등의 기준을 통과하고 현장 성능시험을 완료
- 설계, 시스템엔지니어링, 전차선, 가동브래킷, 장력장치, 드로퍼를 비롯한 핵심부품 및 모니터링 장치에 대한 개발을 진행



자료: 한국철도시설공단, 400km/h급 전차선 핵심부품 7종, 2016

[그림 4.353] 400km/h급 전차선로 핵심부품

49) 철도교통 기술수준 상세분석 및 R&D 추진전략수립 연구 최종보고서(한국철도기술연구원, 2018)

● 제4장 기술동향

- 우리나라의 실제 철도망에 기반한 이론 및 시뮬레이션 프로그램, 측정기술, 전력 공급에 대한 다양한 연구개발을 수행
- 전기철도 설비 신규 계획 시 설비투자비에 대한 최소화와 함께 최대의 운송능력 확보를 위한 ETAP eTraX 이용 전기철도 급전계통 해석기술을 개발⁵⁰⁾
 - 전기철도의 물리적 조건과 운행패턴에 대응하고 철도차량에 안정적인 전력공급을 위한 전기설비용량 및 허용전압강하를 중심으로 급전계통 시뮬레이션 추진



자료: 한국철도기술연구원, 전기철도 급전계통 해석용 시뮬레이터(RTDS)개발 기획, 2017

[그림 4.356] 400km/h급 전차선로 핵심부품

- 한국전력은 초고압직류송전(HVDC) 기술을 개발하여 진주-제주 구간에 설치하고 시운전을 진행하였으며 육상 구간인 북당진-고덕 사업을 추진 중⁵¹⁾
 - 계통 및 배전 운영제어 기술관련 기반기술 보유 및 관련 연구활동을 활발하게 진행하고 있으며 기술제품에 대한 신뢰도, 호환성 등 검증 추진 필요

50) 한국철도기술연구원, 전기철도 급전계통 해석용 시뮬레이터(RTDS)개발 기획, 2017

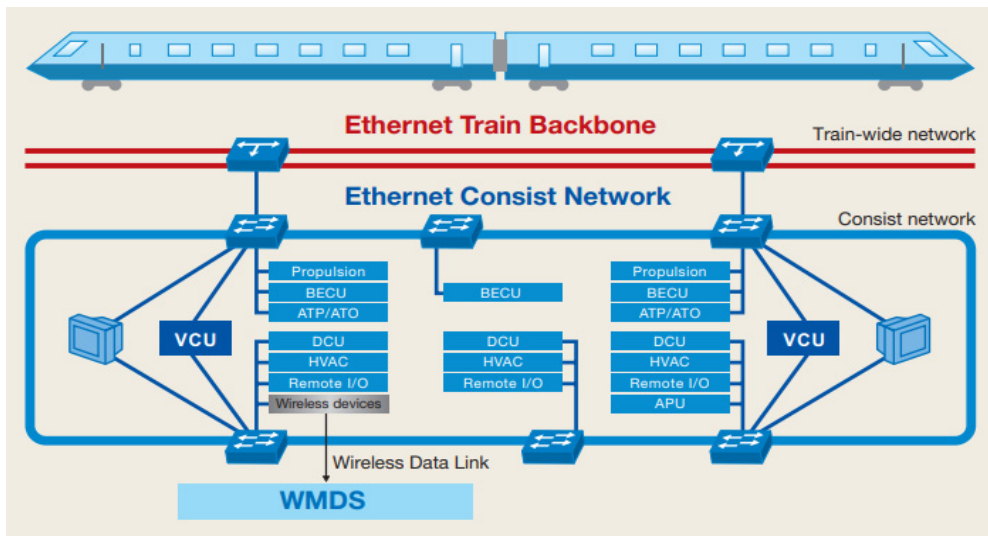
51) 한국철도기술연구원, 철도교통 기술수준 상세분석 및 R&D 추진전략수립 연구 최종보고서, 2018



2.4 신호/통신

□ 해외에서는 초고속 통신네트워크를 활용한 차량 진단 및 제어기술 개발이 확대

- 이탈리아의 Trenitalia와 Bombardier는 차량과 인프라의 상태 모니터링을 위한 프로젝트를 진행하고 있으며, 이를 통하여 time-based 유지보수에서 event-driven 유지보수로의 전환 추진⁵²⁾
 - 데이터 전송속도의 증가로 차량의 단순 제어뿐만 아니라 장치 모니터링, 유지보수 및 차량 시험 지원, 서비스 장치 제어 기능을 포함
- 일본의 미쓰비시사는 이더넷과 IoT 등 무선통신 기반의 열차제어관리시스템을 도입하여 높은 신뢰성과 효율적인 운영을 제공
 - 고대역폭의 데이터 통신을 통해 실시간 장비 모니터링, 유지보수, 열차 테스트, 서비스 장비 제어 및 통합 제어 등의 열차종합관리장치(TCMS) 기능을 향상
 - 열차종합관리 솔루션을 철도차량의 유지보수 및 운행 계획과 통합적으로 적용하여 10%의 비용 절감이 가능



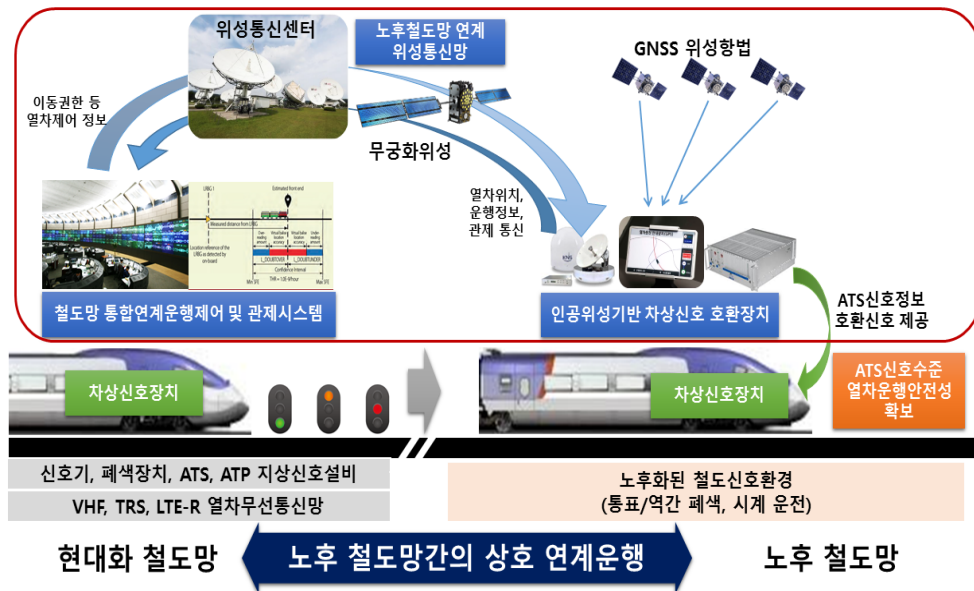
자료: MITSUBISHI ELECTRIC, Ethernet-based TCMS(Train Control and Monitoring System)

[그림 4.361] 미쓰비시의 이더넷 기반 통신망 개요

52) Global Railway Review, Trenitalia improves rolling stock maintenance using big data, 2016.07.25.

● 제4장 기술동향

- 우리나라는 위성 기반의 무선통신기술과 IoT 등의 첨단기술을 활용하여 차세대 철도 신호 및 관리 시스템을 구축
 - 한국철도기술연구원은 노후철도망의 성능 개선을 위한 목적으로 위성기반 철도신호 기술개발을 진행하여 '20년부터는 시제품 제작과 기술검증 실시 예정⁵³⁾
 - 위성항법으로 열차위치를 확인하고 위성통신을 통해 다양한 정보 교환이 가능한 위성기반 철도신호기술을 개발
 - 인공위성 기반의 철도신호통신기술은 지상의 신호통신설비 구축을 최소화하고 저비용으로 신속하게 철도신호통신 설비의 구축·개량이 가능
 - '19년 6월 충북선 제천조차장역~청주역 130km 구간에 시험열차가 위성설비를 탑재하고 운행상태에서 위성 송수신을 하는 성능시험을 진행
 - 성능시험 결과를 통해 위성기반 철도신호통신 장치의 기본 설계를 마무리하고 '20년 시제품 제작 및 오송철도종합시험선에서 기술검증을 실시할 예정

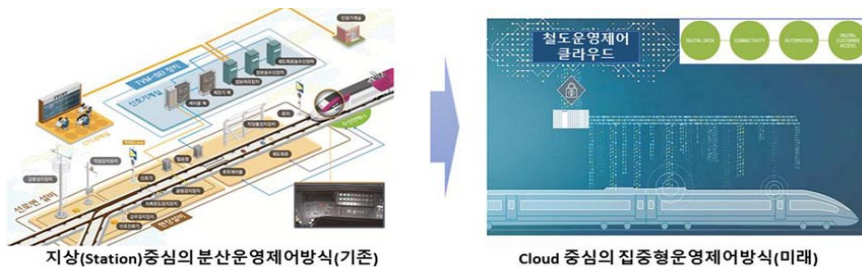


자료: 한국철도기술연구원, 노후철도 급속 개량 및 구축을 위한 위성기반 철도신호통신기술 개발, 2019

[그림 4.364] 위성기반 철도신호기술 개념도

53) 한국철도기술연구원, 노후철도 급속 개량 및 구축을 위한 위성기반 철도신호통신기술 개발, 2019

- '19년부터 5G와 기존의 LTE-R 시스템의 융합을 통해 차세대 철도환경에 적합한 철도무선통신기술을 단계적으로 개발하기 위한 연구에 착수⁵⁴⁾
 - '초연결 통합 철도통신네트워크 및 클라우드 플랫폼 활용 운영제어기술 개발'을 목표로 연구개발을 진행
 - (초연결 통합 철도통신 네트워크) LTE-R과 5G를 동시에 지원하는 차·지상 단말 모듈 제작과 함께 철도 전용 NSA 표준 기술을 개발
 - ※ NSA는 LTE-R과 5G를 하나의 네트워크로 운영하는 복합구조를 의미
 - (클라우드 플랫폼 활용 운영제어) 초연결 철도통신 네트워크 연계기술 개발을 비롯해 철도교통 통합제어 클라우드 플랫폼 구축, 통합모의시험환경을 통한 성능검증 등의 연구 진행
 - 클라우드 운영제어 플랫폼 도입을 통해 유지보수와 에너지 소비량 15% 저감 및 50%의 시스템 운영 중단 감소가 가능할 것으로 예상
 - 5G 서비스 제공을 통한 대용량, 고신뢰, 저지연, 초연결 서비스 실현과 함께 운영 효율성과 편의성 향상 기대
- 현대로템은 미국 윈드리버社와 '19년 6월 MOU를 체결하고 차세대 열차신호장치 플랫폼 개발에 착수⁵⁵⁾
 - 무선통신기술(LTE-R), IoT, 열차 네트워크 기술을 기반으로 한 열차의 자율주행과 자동방호운전이 가능한 ETCS 3단계급 고속철도용 열차 신호장치를 개발
 - ※ 윈드리버는 신호 장치에 적용되는 실시간 운영체제(ROTS) 및 시스템 인터페이스를 지원
 - 이에 따라, 기존에 투입되던 유지보수 비용을 25% 이상 절감하고 실시간 열차 위치 확인으로 효율적인 운행 및 고속전용 선로의 용량을 약 58% 향상



자료: 건설기술신문, 5G 무선통신 LTE-R시스템 '융합' 차세대 철도무선통신 기술 선봬다, 2019.4.30.

[그림 4.367] 현재와 미래의 철도운영제어 방식 구상도

54) 건설기술신문, 5G 무선통신 LTE-R시스템 '융합' 차세대 철도무선통신 기술 선봬다, 2019.4.30.

55) '현대로템, 美SW社 '윈드리버'와 열차 신호 장치 플랫폼 개발 'MOU''(서울파이낸스, 2019)

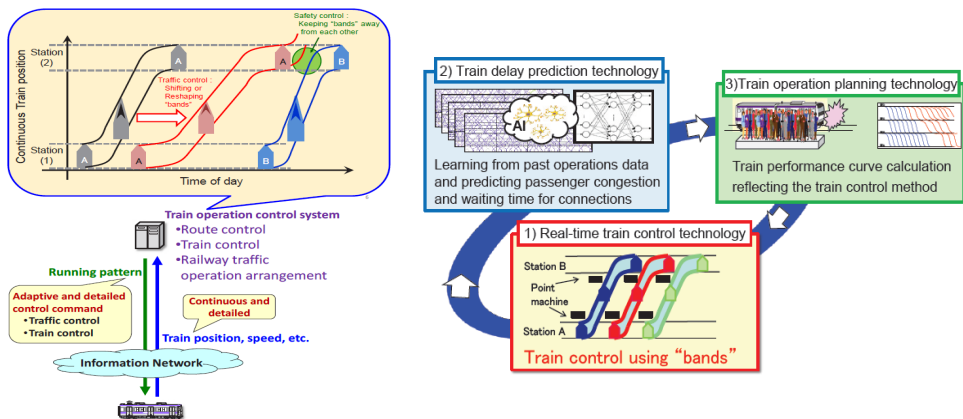
● 제4장 기술동향

3 철도교통 관리

3.1 철도교통 계획/운영

□ 일본은 안정적이고 지연 없는 열차 서비스 구현을 위해 새로운 교통 계획 및 운영 시스템을 적용하고 고도화에 주력

- 철도종합기술연구소(RTRI)가 개발한 SPPEDY는 기존의 열차운행 시간표와 열차의 성능을 종합적으로 고려하여 실시간 열차제어 기술로 가장 효율적인 운영을 지원
 - 기존의 열차운행 시간표와 열차의 운행성능을 점검하여 가장 효율적인 시간표를 생성하고 작업자 간에 데이터를 공유하며, 실시간 열차 제어가 가능
 - 머신러닝으로 약 30분 전에 미래의 교통상황을 예측하는 방법 등 새로운 영역에 대한 서비스 고도화를 지속적으로 추진 중



자료: QR of RTRI, Recent Trends and Topics in Research and Development Related to Transportation and Traffic Planning Technology, 2019.08

[그림 4.370] 일본의 열차운행 계획 및 제어 시스템 개념

- 일본의 도시바사는 JR과 협업을 통하여 에코 드라이빙 솔루션을 개발함으로써 10%의 에너지 소비 절감을 기대
 - 도시바는 시험열차(포르투갈 전동차)를 통하여 최대 피크 에너지 15% 저감, 3분 이내 정시성 94.5%가 가능함을 증명
 - 도시바의 기술 역시 프랑스의 SNCF와 유사하게 무선망을 통한 단말기를 통하여 실시간 연산된 최적의 운행패턴을 제시

□ 프랑스는 신재생에너지 비율 상향 및 에너지 소비 저감을 위해 Eco-driving 기술과 관제기술 적용을 확대

- 프랑스 SNCF는 운행환경 감응형 견인력 최적화 로직을 시험열차에 적용하는 Eco-driving 기술을 'WCRR 2016'에서 공개
 - SNCF는 이 기술을 이용하여 '22년까지 20%에너지 절감을 목표로 하고 있으며, 특히 차량분야에서 에너지 15% 저감을 목표로 추진
 - SNCF는 TGV-A의 파리-보르도 구간의 15개 열차를 통해 에코드라이빙의 에너지 소비 측정 및 분석 결과 최대 29%까지 절감하는 효과 검증
 - 기관사에게 ipad 기반 eco-driving 모듈을 지급하고 실시간 연산을 통한 에너지 소비 절감 운행 패턴을 유지하도록 하였으며, 이를 통하여 5~10%의 에너지 소비 절감이 가능
 - ※ 에코드라이빙 시스템의 에너지 소비 절감율은 단독으로 사용 시(레벨 1) 5-10%, TMS(Traffic Management Systems)와 연계하여 사용 시(레벨 2) 8-12%, 시스템 레벨에서 통합적 충돌 회피/교통 흐름 제어 시(레벨 3) 10% 이상으로 예측

〈표 4.26〉 에코드라이빙 시스템의 단계별 수준

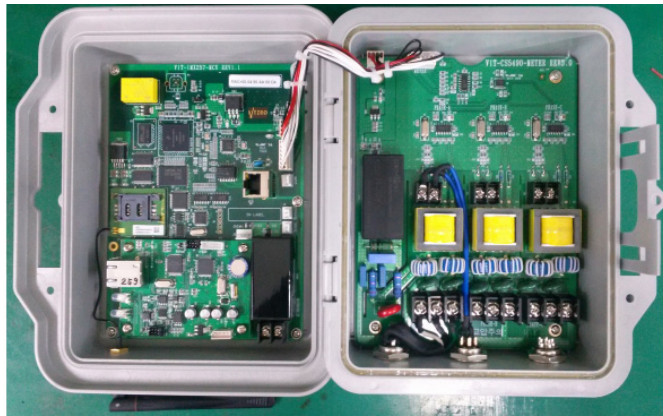
수 준	운전 지원 방법
레벨 1	스크린을 통해 운전자에게 운전선도 및 일반 정보 제공
레벨 2	미리 결정된 운전선도로 철도차량을 효율적으로 운전하는 방법을ダイナミック하게 제공
레벨 3	레벨 2와 비슷하나, 운전선도를 다이내믹하게 재조정함으로써 교통 흐름까지 최적화

자료: UIC, DAS (Driving Advisory Systems) and ATO (Automatic Train Control) Potentials, Barriers to Overcome and Outlook, Institute for Futures Studies and Technology Assessment, 2019

● 제4장 기술동향

□ 국내에서는 열차의 경제운전을 위한 에너지 소비 모니터링 기술을 도입하는 단계

- 전기철도차량 운행 에너지 실시간 계측을 위한 에너지 미터링 장치를 개발
 - 전력량 데이터에 기반한 에너지 최적 운전패턴 계산 및 데이터 이력관리를 위한 에코드라이빙 시스템 개발 목표
 - AC 전기철도 차량용 에너지 미터링 장치 시제품에 대한 기능 및 성능 평가 완료



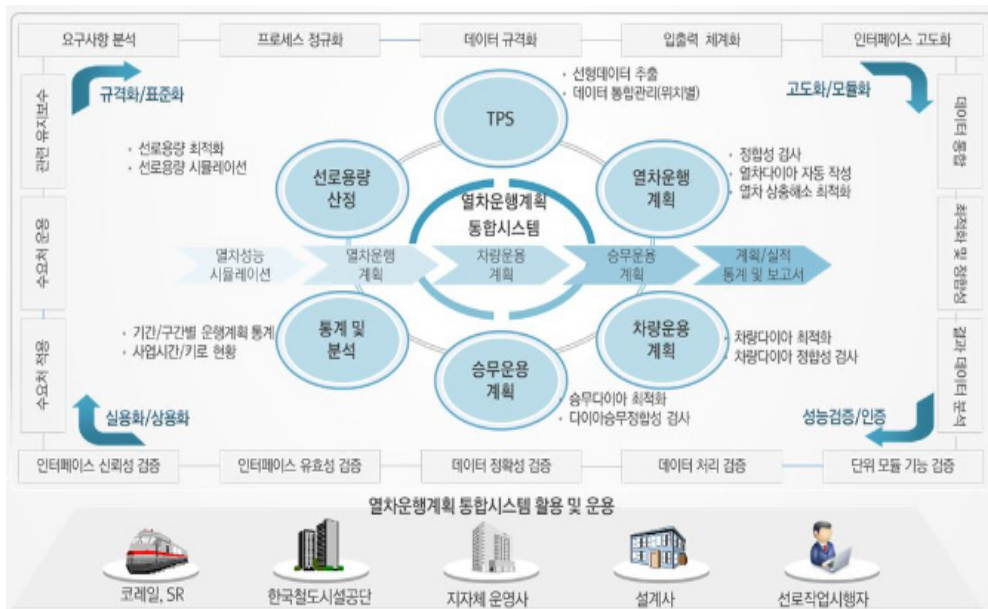
자료: 전기학회논문지, 전기철도차량 운행에너지 실시간 계측을 위한 에너지 미터링 장치 개발에 관한 연구, 김용기, 2016

[그림 4.376] 전기철도차량 에너지 미터링 장치

- 에너지 미터링 장치를 활용한 철도차량용 에코드라이빙 시스템 개발을 진행 중 ('18.07~'20.12)
 - 에너지 미터링 시스템을 갖춘 실시간(샘플링 0.1초) 철도차량용 에코드라이빙(에너지 절감 10% 이상) 시스템 개발을 목표
 - AC 및 DC 전동차용 운행에너지 미터링 시스템 개발, 정보 분석 이력관리 S/W개발 및 정보전송 시스템 개발, 에코드라이빙(Eco-Driving) 시스템 개발
- 현대로템은 선로에 관한 데이터나 위치 정보, 차량 특성 정보 등의 데이터를 분석해 최적의 운행 패턴을 생성하고 에너지 저감 운전을 지원하는 알고리즘을 개발, 브라질 상파울로 교외선 전동차에 적용

□ 국내 연구단은 철도역 설비, 차량, 선로 등 모든 하드웨어를 가장 효율적으로 활용하고 철도수송의 최적화를 달성하기 위해 열차운행 계획 통합시스템을 개발 중⁵⁶⁾

- '20년까지 열차운행 계획업무의 프로세스 체계화를 위해 TPS, 열차다이아, 차량/승무 계획, 선로용량 등 프레임워크 단위 모듈별 네트워크 기반 통합시스템 개발에 주력
 - 열차운행 계획의 공통업무와 철도운영기관별 고유업무의 분류 및 정의를 통해 표준업무정의서를 개발하고 열차운행계획시스템에 적용
 - 차량운영계획 최적화 알고리즘을 개발하고 열차운행계획 정보관리 체계 개발 및 승무원운영계획 최적화 알고리즘의 적정성 분석을 수행
- 국가차원의 단일화된 열차운영계획 시스템 개발을 위해 중복투자 및 예산 낭비를 방지하고, 해외진출 경쟁력 확보를 통한 철도 수주경쟁력을 강화
 - 범용적인 시스템 개발에 따라 각 철도운영기관들의 시스템 중복개발을 방지
 - 향후 높은 수준의 기술력을 갖춘 범용적인 시스템 개발을 통해 동남아 등 신생국에 대한 수출 기대



자료: ㈜지오엔티, 첨단 IT 기술에 의한 열차운영계획의 상용화 시스템 개발, 국토교통과학기술진흥원, 2019

[그림 4.382] 첨단 IT 기술에 의한 열차운영계획 상용화 시스템 개요도

56) 국토교통과학기술진흥원, 첨단 IT 기술에 의한 열차운영계획의 상용화 시스템 개발, 2019

● 제4장 기술동향

3.2 철도교통 안전/편의

□ 일본 철도종합기술연구소(RTRI)는 백그라운드 감산 및 프레임 등록을 사용한 정면 장애물 감지 시스템을 개발⁵⁷⁾

- 열차 앞의 장애물과 충돌 가능성을 감소시키고 승객의 안전을 향상시킬 수 있는 자동 열차 보호 시스템을 개발
 - 단안 카메라 및 이미지 처리를 사용하여 동일한 경로를 따라 선행 운행된 다른 열차에서 얻은 이미지를 비교하여 장애물을 검출
 - 선행 열차에서 얻은 이미지와 현재 열차의 이미지를 비교·분석하여 차이가 있는 물체를 장애물로 인식하고 열차를 제어

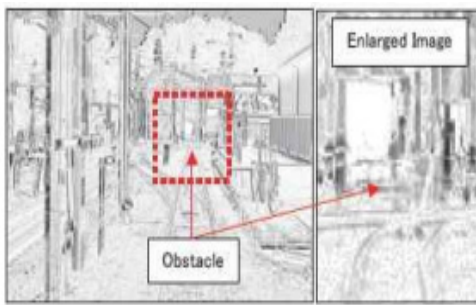
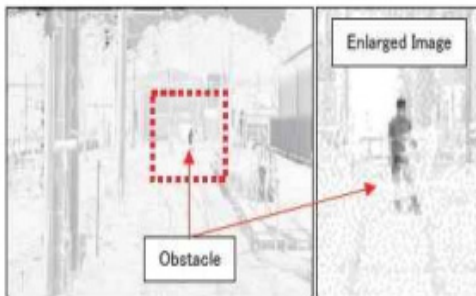


Fig. 3 Before alignment



〈장애물 인식을 위한 pixel-wise image 공정〉

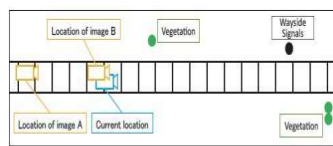


Fig. 1 Differences in location

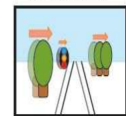
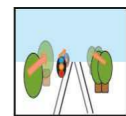
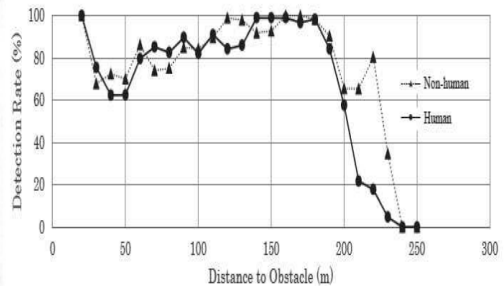


Fig. 2 Difference in view

〈선행 차량 이미지와 현재 운행중인 차량의 이미지의 차이로 장애물 인식〉



〈거리에 따른 장애물 인식 속도비〉

자료: RTRI, Frontal Obstacle Detection Using Background Subtraction and Frame Registration, 2017

[그림 4.385] 전력시설과 열차를 연결하는 에너지 네트워크 기술

57) RTRI, Frontal Obstacle Detection Using Background Subtraction and Frame Registration, 2017

□ 중국은 스마트폰의 QR 코드, 안면인식 기술 등을 활용한 지하철 요금 지불서비스를 도입함으로써 이용자의 편의 향상에 주력

- 중국 상하이시는 기존 교통카드의 분실위험을 줄이고 충전 불편을 해소할 수 있는 방편으로 '18년 스마트폰 QR코드 요금 결제서비스를 지하철 전 노선에 적용
- 한편, 안면인식 기술의 적용 범위가 확대됨에 따라 철도·지하철에 시범 적용되어 기존 결제 방식을 대체하고 있는 추세
 - 안면인식 기반의 자동결제 시스템은 향후 상하이 지하철에서 응용될 예정이며, 승객의 편의 향상뿐만 아니라 테러 등의 보안에도 기여할 것으로 기대



자료: 조선일보, 기차도 안면 인식으로 탑승... 中, 현대판 빅브라더 우려, 2019.12.05.

[그림 4.389] 중국의 안면인식 기반의 지하철 결제 시스템

□ 우리나라는 상하 개폐 방식의 새로운 스크린도어를 개발하고 해외 수출 성과 달성⁵⁸⁾

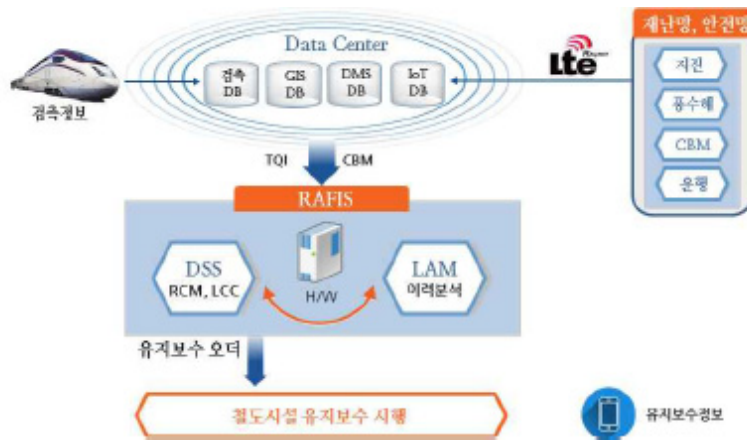
- 기존의 좌우 개폐형 스크린도어는 철도차량 출입문과 승강장의 스크린도어 위치가 일치해야 하므로 출입문 위치가 다양한 차종이 정차하는 승강장에 적용이 불가
- 반면, 우리나라에서 개발한 상하 스크린도어는 차량 출입문 위치와 상관없이 모든 승강장에 적용이 가능하므로 향후 '다양한 차종이 정차하는 승강장 안전도어' 시장을 선점할 수 있는 발판을 마련

58) 매일건설신문, 철도기술 VPSD성과 유럽 진출 역사 남기다, 2018.01.25.

● 제4장 기술동향

□ 한국철도시설공단은 재난상황에 즉각적인 대응과 원활한 철도시설 유지보수를 위한 시설이력관리 종합정보시스템을 구축 중⁵⁹⁾

- 전국 철도망에서 등록관리 중인 시설물은 약 264만 개로, 매년 94만 건의 크고 작은 변동이력이 발생하고 있는 상황
- 철도시설이력관리시스템은 각 분야별 전문가의 분석 작업을 통해 철도시설물의 특성을 반영해 효율적으로 관리될 수 있도록 구성
 - 특히, 데이터 관리의 일원화로 향후 철도사업 추진을 위한 빅데이터 역할을 수행할 수 있으며, 높은 접근성과 편의성을 제공할 예정



자료: 한국철도기술연구원, 스마트 철도안전관리체계 구축 기본계획 수립 연구, 2017

[그림 4.396] 시설물 이력관리시스템 개념도

□ 한국철도공사는 철도역사 내 각종 사고 상황을 자동으로 인식하고 실시간으로 역무실에 전달하는 '철도역사 지능형 안전관리시스템'을 '18년 10월 도입

- 고객의 선로 추락, 에스컬레이터 넘어짐 등 사고나 위험 상황을 자동 분석하여 현장상황 및 위치를 역무실 모니터와 직원 스마트폰 앱으로 전송하는 기술을 개발
 - 90% 이상 인식률의 영상기반 상황인식 및 추적 알고리즘으로 안전사고 예방과 신속한 초동 대응이 가능하도록 고안

59) 국토일보, 철도공단, 시설이력관리종합시스템 구축 본격화, 2018.05.13.

- 한국철도기술연구원은 철도사고에 의한 막대한 사회적 피해를 방지하기 위해 빅데이터 기반의 확률적 위험도 평가를 통한 사전 예방체계 기술을 개발 중
 - 철도시스템 복잡화·노후화에 대비한 국가관리 위험원과 허용수준을 지표로 설정하고, 방대한 자료를 자율지능 연산처리를 통해 위험도를 관리
 - 기존 철도사고 후속조치 및 운영기관 애로해결 중심 연구개발 방식을 탈피하고, 국가의 철도안전 컨트롤타워 역할수행과 선제적 사고예방을 위해 주력
 - 위험도 기반의 국내여건에 적합한 현장 위기대응체계를 개발하고, 재난관리 및 연속성 관리를 위한 국제표준기반 위기대응체계의 고도화 및 평가방법을 개발
 - '19년부터는 국가철도 위험측 상시평가 모형, 시스템, 기존 외부시스템과의 인터페이스 등의 연계방안 마련에 주력



자료: 한국철도기술연구원, 스마트 철도안전관리체계 구축 기본계획 수립 연구, 2017

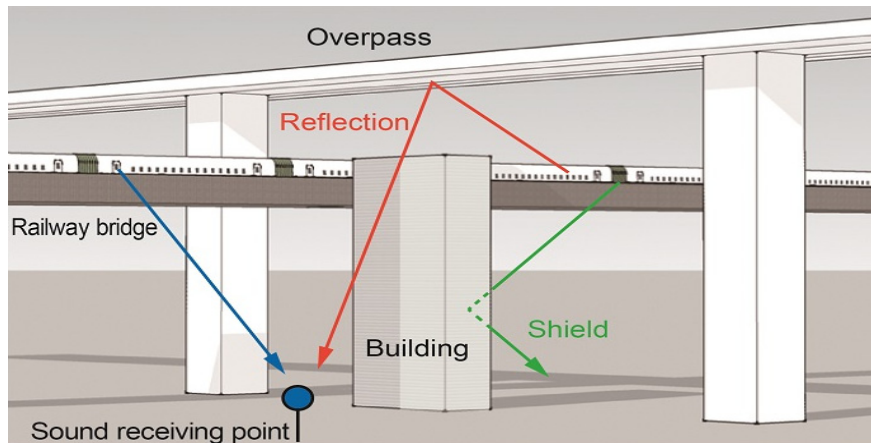
[그림 4.402] 위험도 기반 안전관리체계 평가기술

● 제4장 기술동향

3.3 철도교통 환경

□ 일본은 철도교통 분야의 효과적인 소음저감 기술 개발을 위해 각 소음의 원인과 특성을 규명하는 다양한 연구개발을 수행

- 완만한 곡선 주행구간에서 진동에 의해 발생하는 10kHz이상의 소음을 특성화하기 위한 현장평가 방법을 개발⁶⁰⁾
 - 소음을 줄이기 위해서는 각 소음의 발생장소와 소음발생 원인을 파악하는 것이 가장 중요하며, 이를 위해 마이크를 이용한 소스 로컬라이제이션 기술을 개발
 - 고주파 소음의 주된 원인은 각 대차의 바깥 쪽 바퀴에 의한 것으로 나타났으며 소음수준은 열차 속도에 따라 상이
- 철도 선로에 인접한 구조물을 고려하여 길가의 소음 예측모델을 개발
 - 소음 차단, 경사 및 차체의 소음 반사 및 차폐 효과를 고려하여 고가도로와 건물이 있는 복잡한 상황에 적용할 수 있도록 기존의 소음 예측모델을 보완
 - 소프트웨어를 사용하여 반사된 사운드의 영향을 유한 평면의 반사 보정으로 계산하고, 차음의 영향을 여러 벽 및 직사각형 배리어의 차폐 보정으로 계산
 - 새로운 모델을 사용하여 얻은 결과 예측과 실제 소음검측 결과의 차이는 1.5dB 이내로 새로운 모델의 유효성을 확인



자료: RTRI, Model for predicting wayside noise considering sound reflection from structures close to the railway track, 2017

[그림 4.406] 길가 소음 예측을 위한 새로운 모델

60) RTRI, Method for evaluating characteristics of wheel/rail noise generated in curved track sections, 2018

□ 우리나라는 열차 승객의 조망권을 방해하지 않는 저상 방음벽과 태양광 방음벽 등 보다 효과적인 방음벽 개발을 위한 연구 수행

- ‘레일 근접형 저상 방음장치’는 기존 방음벽과는 달리 1m 정도로 낮게 설치하는 방음벽으로 2.5m정도로 가깝게 설치하는 것이 특징
 - 철도 소음이 주로 발생하는 궤도와 바퀴, 동력장치 등 열차 하부의 소음을 줄여주는 것을 목적으로 3~5m 정도의 기존 방음벽보다 훨씬 낮게 설치
 - 기존 방음벽보다 높이 1/3이상 낮고 노반을 굴착하지 않아 건설비용을 40% 정도 저감할 수 있으며 조립식 연결구조로 유지보수도 편리
- 태양광 방음벽은 '16년 국내에서는 최초로 안산 상록수역에 시범 설치
 - 태양광 방음벽은 기존 일반 방음벽(흡음형)의 소음저감 효과를 유지하면서 뒷면에 부착된 모듈 패널을 통해 태양광 에너지를 저장 및 판매가 가능
 - 태양광 쏠라 패널의 백시트(back sheet)는 여러 재질의 필름(film) 층으로 되어 있으며, 기존 방음벽의 재료인 강철보다 상대적으로 소음 흡음 기능이 우수



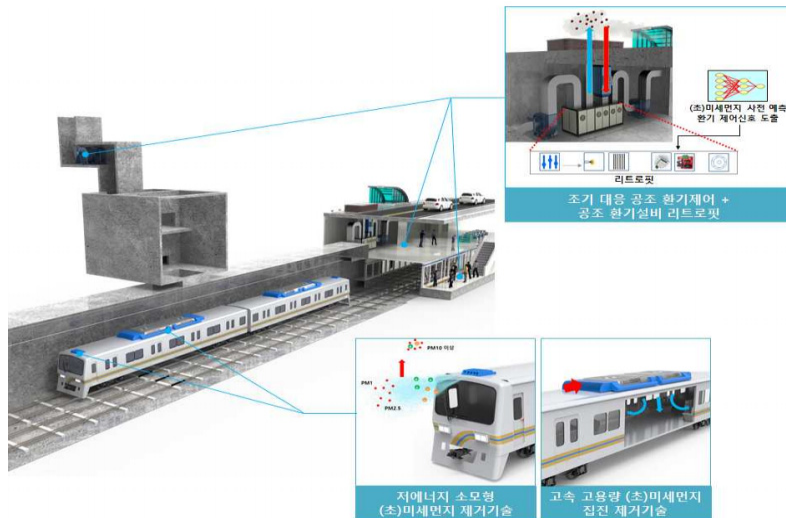
자료: 한국철도기술연구원, ‘철도연, 쉿! 조용하게 달리는 철도 소음 종합 저감기술 개발’, 2018.12.03.

[그림 4.410] 기능성 활성탄소섬유필터 개발 개요

● 제4장 기술동향

- 한국철도기술연구원은 '16년부터 '19년까지 소음진동의 객차 간 확산을 방지하기 위해 소음진동에 취약한 연결부 성능향상 연구를 수행⁶¹⁾
 - 고속철도차량의 소음진동이 가장 많이 발생하는 연결부의 성능향상을 통해 승객의 쾌적성을 향상시킬 수 있는 연구를 수행 중
 - 연결부 소음의 취약 요소인 저주파 영역의 소음성능을 향상시키기 위해 다층구조의 설계방안을 제시
 - 실제 차량과 동일한 크기 및 재원을 가진 연결막을 제작하여 기존의 연결막과 소음성능에 대한 비교 시험을 수행

- 국토교통부는 쾌적한 지하철 공기질 유지 및 지하철 이용객의 초미세먼지 노출 저감을 목적으로 '19년부터 지하철 미세먼지 저감에 관한 기술 개발 추진⁶²⁾
 - 지하철 외부에서 터널 등에 유입되거나 내부에서 생성된 초미세먼지 전구체의 발생원인 규명과 저감 기술 개발에 집중할 계획
 - 지하철 초미세먼지 저감시설의 효율 향상 핵심기술, 예측 및 사전예방대응용 공조 제어, 인공지능 기반의 초미세먼지 노출저감 기술 등의 개발 예정



[그림 4.415] 지하철 초미세먼지 저감 기술 구상안

61) 한국철도기술연구원, 유해물질 및 소음진동의 객차 간 확산방지 연구, 2018

62) 국토교통과학기술진흥원, 인공지능 기반 지하철 이용객에 대한 (초)미세먼지 노출저감 기술개발 기획 최종보고서, 2018.11.



3.4 철도교통시스템 유지관리

□ 미국은 열차 계측데이터 기반의 시스템 효율화 솔루션 'Railconnect 360'을 개발

- Railconnect 360은 빅데이터 분석기술로 기관차의 운행 데이터를 수집하고 분석하여 문제를 진단하고, 근본 원인을 분석하는 작업을 자동으로 처리
- 열차의 신뢰성·가용성 향상으로 철도 운영에 드는 시간과 비용 절약이 가능하며, 실시간 열차 상태*를 감시하여 문제가 생기는 부분을 추적하는 기능을 제공
 - ※ 열차의 엔진과 전자 부품, 냉각 시스템, 제어 장치, 견인장치, 교류 발전기 등
- Railconnect 360의 '운행 최적화 모듈(Trip Optimizer)'을 복미 10,000대의 기관차에 적용할 경우, 연간 승용차 100만 대의 사용연료와 배출 공해물질 감소효과가 있을 것으로 분석
- 이를 통해 미국 동부의 최대 철도 운영회사인 노퍽 서던(Norfolk Southern)은 연료 사용 6.3% 가량을 절감하고, 열차속도를 약 10%~20% 향상

□ 프랑스 철도운영사 SNCF는 IBM Watson IoT 기술을 활용하여 열차의 고장에 신속히 대응하고 효율적인 유지보수 체계를 통해 열차, 신호 및 선로의 신뢰성을 향상⁶³⁾

- 열차 및 선로에 설치된 수천 개의 센서로 수집한 데이터를 분석하여 부품 등의 유지보수 시기 예측, 신호 및 열차의 신뢰성 확보
- SNCF는 30,000km의 선로 및 15,000대의 열차에 3,000여개의 센서를 설치하고, IoT 기술을 활용하여 운행 중인 열차에 실시간으로 연결하여 열차의 구성요소를 모니터링하고 문제에 대한 개별 작업을 원격 수행
 - 파리 메트로라인의 차세대열차는 2,000여개의 센서가 장착되어 있으며 한 달에 70,000개의 데이터 포인트를 전달
 - SNCF 엔지니어는 각 열차를 수동으로 검사하지 않고 한 번에 최대 200대의 열차를 원격으로 모니터링하여 문 고장 또는 에어컨 등의 잠재적인 문제 파악 가능

63) IBM blog, Just the ticket: Watson IoT helps keep SNCF French National Railway running smoothly. 2017.2.16

● 제4장 기술동향

- 우리나라는 열차 운행과 동시에 철도인프라의 상태를 검측하는 종합검측시스템을 개발함으로써 효율적인 유지보수와 국산화에 따른 비용 절감 효과 발생⁶⁴⁾
 - 300km/h로 주행하면서 궤도, 전차선, 신호 등 시설물의 상태를 동시 검측할 수 있는 ‘종합검측시스템’ 개발을 목표로 3개의 모듈에 대한 연구개발 성과 달성
 - (고속검측 통합 소프트웨어 개발 및 시스템 통합) 전체 시스템 조정과 통합, 시스템 아키텍처 구축, 시스템 요구사항 정의, 차량진동가속도 계측시스템 개발
 - (궤도 검측 모듈 개발) 레일단면 마모 측정모듈과 레일표면 결함 탐지 모듈, 침목체결구 결함 탐지 모듈, 선로 순회 모듈 등에 대한 연구 수행
 - (전기 검측 모듈 개발) 고속 전차선 측정 모듈 개발과 전차선 마모 검측 모듈, 전차선 습동면 검측 모듈, 횡방향 전차선 시설물 변형 검사(TSI) 모듈 등 진행
 - 해외수입에 의존하고 있던 궤도, 전차선, 신호 분야 검측기술에 대한 독자기술 개발 및 적용에 따라 철도 안전성 증대 및 유지보수 비용을 절감
 - 수입 고속검측차 고장 등으로 인한 과다 수리비용 등의 예산 지출을 절감하고 지속적인 유지보수를 통한 사고예방 등 철도안전 확보에도 기여 가능
 - 또한, 국산화를 통해 약 700억~1,000억에 이르는 수입 대체효과 창출 전망



자료: 한국철도기술연구원, 철도 인프라의 유지보수를 위한 고속 종합검측 시스템 기술개발, 2017

[그림 4.425] 고속 종합검측시스템 개요도

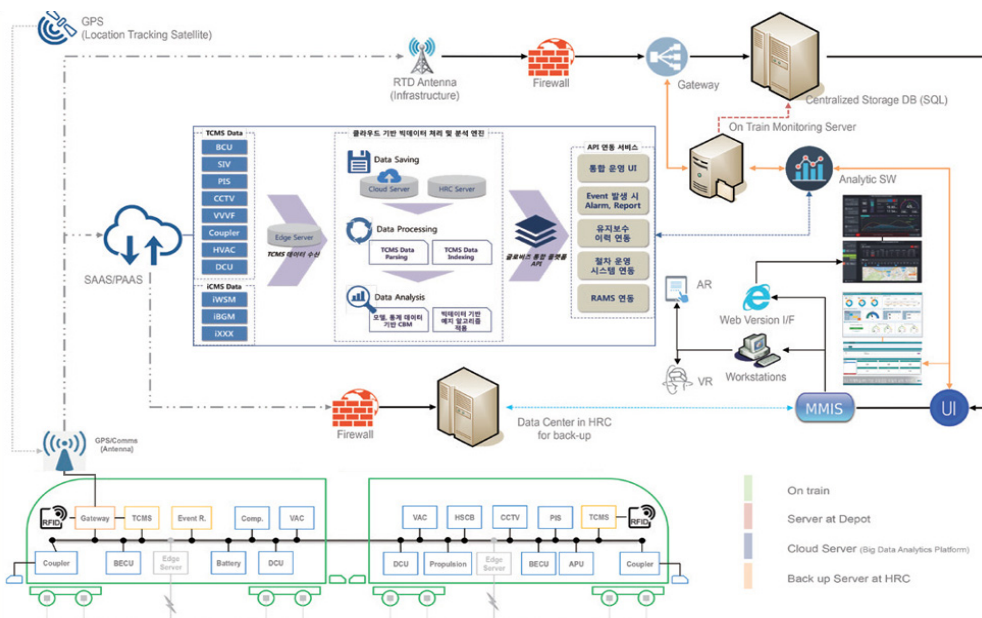
64) '궤도 전차선 신호 분야 '고속모니터링 검측' ...새 유지보수체계 만들다', 건설기술(2018)

□ 국내 철도교통 분야의 유관기관이 컨소시엄을 구성하여 빅데이터 기반 철도차량 스마트 유지보수 기술을 개발 중⁶⁵⁾

- 효율적으로 철도차량을 관리하는 상태 기반 유지보수(CBM*) 시스템 개발을 위한 빅데이터 분석 플랫폼 개발을 추진

* CBM(Condition Based Maintenance): 부품/구성품의 상태에 따라 유지보수 작업을 결정하고 수행하는 유지 관리 체계

- 센서 및 IoT 기술을 활용하여 열차의 주요 부품 상태 데이터를 수집하고, 이를 빅데이터 분석 플랫폼을 통해 상태를 자동적으로 진단
 - 장치별 열화모드를 고려하여 각 부품의 상태를 단계별로 지표화함으로써, 열차 운전자 및 차량기지 유지보수 담당자는 보다 정확한 정보 수집이 가능
- 기존의 주기적인 검사를 통한 유지보수 방식을 실시간 상태기반 검측 활성화로 전환하여 열차의 유지보수 환경 최적화 및 운영비용 최소화 전망



자료: 한국철도기술연구원, 철도 인프라의 유지보수를 위한 고속 종합검측 시스템 기술개발, 2017

[그림 4.428] 우리나라의 상태기반유지보수(CBM) 시스템 구성도

65) 현대로템, 4차 산업혁명과 철도차량 스마트 유지보수 기술, 2019

05

제5장 주요 이슈 및 시사점

- ▣ 철도는 대량수송이 가능한 교통수단으로 도시화에 따른 지역간 이동, 글로벌화에 따른 인접 국가간 이동 교통수단으로 부각되면서 철도를 지속적으로 확충

 - 미 교통부(DOT)는 연방철도재건기금을 마련하여 철도 인프라 신설 및 현대화 프로젝트 등 철도교통 인프라에 투자 촉진
 - 유럽철도연구자문위원회는 'Rail Route 2050'을 수립하여 철도, 해상수로를 활용한 교통수단 대체, 유럽고속철도 네트워크 구축 등을 주요 목표로 제시
 - 중국은 '16년 7월 '중장기 철도망 계획'을 수립하여 '25년까지의 단계별 철도 교통망 확충 목표를 설정하고 '30년까지의 미래를 전망
 - 우리나라는 '제3차 국가철도망구축계획'의 추진방향으로 열차운행 단절구간을 연결하여 수도권과 지역경제 거점 또는 지역경제 거점간 연계성을 제고

- ▣ 전 세계적으로 에너지 위기 등 현안과제에 대해 정부가 철도교통 분야에 대응하여 저탄소화, 에너지 저감 등 정책 및 기술개발 추진

 - 유럽 국제철도연합은 유럽 철도교통 기술전략(RTSE)의 주요 추진방향으로 '에코 디자인을 통한 에너지 효율 향상 및 온실가스 저감'을 설정하고 차량에너지 회수기술, 재생 및 대체에너지 공급기술 등을 세부기술로 제시
 - 독일 연방정부는 교통인프라 개발 종합전략의 목표로 오염 배출물질 감소를 설정하고 오염물질 배출을 낮추는 교통수단 개발을 세부전략으로 제시
 - 국외 주요 철도차량 제작사들은 전기차량 개발, 탄소 배출량 감소 등 효율성 향상 및 친환경 철도차량 개발을 목적으로 개발을 추진
 - 독일 AV Studio는 경량소재 기술을 적용하여 효율적인 운영이 가능하며 환경 친화적인 철도차량 'Aeroliner3000'을 시연
 - 중국중차(CRRC)는 '18년 9월 이노트랜스 전시회에서 경량화·친환경·지능화 중심의 차세대 전동차 CETROVO를 전시



□ 철도시설의 노후화 등의 요인에 의해 안전 확보를 포함한 유지관리 중요성이 강조되면서 전 세계적으로 철도교통 노후인프라 유지관리 투자가 확대

- 미국은 낙후된 교통 인프라의 유지보수를 위해 국가교통 예산법을 제정하고 철도교통, 대중교통, 물류 분야의 유지보수를 위한 다양한 프로그램 추진
- 영국 Network Rail Control Periods, 프랑스 철도망 현대화 프로젝트, 독일 FTIP 2030 등 유럽의 각국은 철도교통 안전성 향상 및 노후 인프라 개선을 위해 다양한 프로젝트를 추진
- 우리나라는 철도시설 노후화가 심화됨에 따라 법을 개정하여 철도시설의 체계적 유지관리, 생애주기 관리 등 철도시설 안전에 필요한 사항을 신설

□ 선진국에서는 첨단 기술을 적용한 철도의 디지털화, 지능형 차량 운행 기술, 스마트 유지보수 기술의 적용 확대

- 프랑스 국유철도社 SNCF는 '17년 철도차량의 회생제동 에너지를 최적화하고, 신재생에너지 생산과 저장시스템을 연계하는 스마트 그리드 기술을 설계
- 일본 미쓰비시의 무선통신 기반의 열차제어관리 시스템, 우리나라의 IoT 기반의 차세대 철도 신호 및 관리 시스템 등 초고속 통신네트워크를 활용한 차량 제어기술 개발이 확대
 - 차량의 운행 데이터를 수집·분석하는 빅데이터 기술을 적용으로 최적의 운행패턴을 제시하여 철도운영의 시간과 비용을 절감이 가능
- 독일, 프랑스, 미국 등은 GE의 디지털 관리 솔루션, IBM Watson IoT 등을 활용하여 고장을 줄이고 열차, 신호 및 선로의 신뢰성을 향상
 - 이탈리아의 Trenitalia와 Bombardier는 차량과 인프라의 상태 모니터링을 위한 프로젝트를 통해 event-driven 유지보수로의 전환 추진
 - 미국은 빅데이터 기술로 기관차의 운행 데이터를 수집하고 분석하여 문제를 진단하고, 원인을 분석하는 작업을 자동으로 처리하는 Railconnect 360을 개발
 - 프랑스 SNCF는 IBM Watson IoT 기술을 활용하여 열차의 고장에 신속히 대응하고 효율적인 유지보수 체계를 구축

참고문헌

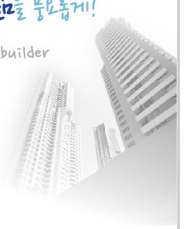
1. 「철도건설법(19.3.14. 시행)」
2. 국토교통부, 「제3차 철도산업발전기본계획」, 2017
3. 국토교통부, 「제3차 국가철도망구축계획」, 2016
4. 국토교통부, 「국토교통 R&D 중장기 전략」, 2014
5. 국토교통부 철도안전정책과, 「철도안전 강화 대책」, 2019
6. 국토교통부, 「제3차 철도안전 종합계획(안)」, 2016
7. 국가통계포털(KOSIS), 국내·국제여객 연도별 수송수단별
8. e-나라지표, 연도별 도시철도 수송실적
9. American Association of State Highway and Transportation Officials, 「Summary of the New Surface Transportation Bill: Fixing America's Surface Transportation(FAST) Act」, 2015
10. Department for Transport, 「Rail Freight Strategy」, 2016
11. Department for Transport, BUILD Grants, 2019
12. Department for Transport, HS2 Ltd Corporate Plan: 2017 to 2020
13. NetworkRail, Delivery Plan – Control Period 6 (2019–2024)
14. Department for Transport, The Inclusive Transport Strategy: achieving equal access for disabled people
15. Department for Transport and Nusrat Ghani MP, Access for All: 73 stations set to benefit from additional funding, 2019.04.04.
16. BMVI, 「The 2030 Federal Transport Infrastructure Plan」, 2015
17. SNCF – 2017 Corporate social engagement report
18. 일본 국토교통성, 海外展開戰略 (鉄道) , 2017.10.
19. MarketWatch, rolling stock market global forecast to 2025, 2019
20. SCI Verkehr GmbH, Worldwide Market for Railway Industries 2016, 2016
21. SCI Verkehr GmbH, MultiClient study: Rail Vehicle Maintenance – Global Trends in the After-Sales Market 2018, 2018.9.5.
22. MARKETSTUDY REPORT, At 3.4% CAGR, Rail Infrastructure Market Size Will reach 61400 million USD by 2025, 2019.06.06.
23. BlueWeaveCONSULTING, Global Railway Power Supply System Market Demand by Product Type (Third Rail System, Fourth Rail System, Overhead Line (Catenary), Others), By Application (Ordinary Train, Bullet Train, Metro, Others) By Region (North America, Europe, Asia Pacific, Middle East &Africa and Latin America), Trend Analysis, Competitive Market Share and Forecast, 2019–2026, 2019.09.16.



24. MARKETANDMARKETS, Automatic Train Control Market by Automation (GoA 1, GoA 2, GoA 3, GoA 4), Service (Consulting, Integration & Deployment), Train Type (Urban (Metro & High-Speed Trains), Mainline (Passenger & Freight Trains)), and Region – Global Forecast to 2023, 2019.3.
25. MARKETANDMARKETS, Railway Management System Market by Solution (Rail Asset Management, Track Monitoring, Revenue Management, Intelligent Signaling System, Route Planning & Scheduling, PTC, CBTC, PIS, Security & Analytics), Service, and Region – Global Forecast to 2023, 2018. 7.
26. MARKETANDMARKETS, Digital Railway Market by Offering (Solutions and Services), Application Type (Rail Operations Management, Passenger Experience, and Asset Management), Region (North America, Europe, APAC, MEA, Latin America) – Global Forecast to 2024, 2019. 9.
27. Railway Gazette, Railway Gazette International October 2017, 2017.10.
28. RSSB, Research & Innovation quarterly update October 2017, 2017.10.
29. Bloomberg, World's Fastest Bullet Train Starts High-Speed Tests, 2019.5.
30. Railway Technology, From London's Deep Tube to Moskva Metro: the world's most modern trains, 2018.9.
31. R.C. Sharma et al., Modernization of railway track with composite sleepers, Int. J. Vehicle Strucutre, 9(5), 2017.01
32. MACH, China's new high-speed train will 'float' over tracks to hit 370 miles an hour, 2019.6
33. University of Illinois at Chicago, Railway Induced Vibration, State of Art Report, 2017
34. University of Illinois at chicago, Smart Station in Smart Cities INTELLIGENT & RESILIENT, 2017.09
35. RTRI, Recent Topics on Power Supply Technology, 2017
36. ETIP SNET, Smart grid in railway system, 2017.9
37. The Institution of Engineering and Technology, Update on world's first superconducting cable and fault current limiter installation in a German city center, Mark Stemmler, 2015
38. RTRI, RTRI Develops New Superconducting Power Cable System for Testing on Commercial Railway Line, 2017
39. QR of RTRI, Recent Trends and Topics in Research and Development Related to Transportation and Traffic Planning Technology, 2019.08
40. UIC, DAS (Driving Advisory Systems) and ATO (Automatic Train Control) Potentials, Barriers to Overcome and Outlook, Institute for Futures Studies and Technology Assessment, 2019

참고문헌

41. IBM blog, Just the ticket: Watson IoT helps keep SNCF French National Railway running smoothly. 2017.2.16
42. RTRI, Frontal Obstacle Detection Using Background Subtraction and Frame Registration, 2017
43. RTRI, Method for evaluating characteristics of wheel/rail noise generated in curved track sections, 2018
44. RTRI, Model for predicting wayside noise considering sound reflection from structures close to the railway track, 2017
45. Transparency Market Research, Train Control and Management Systems Market, 2017
46. 国家铁路局, 《中长期铁路网规划》发布, 2016.07.21.
47. Travel China Guide, China Railway Map, 2019.1.
48. 인더뉴스, 서울 지하철 2호선 신형열차, 정위치 100% 정착한다, 2019.06.27.
49. 건설경제, [재팬리포트] 인프라시스템 해외전개 '처음부터 끝까지 지원', 2019.04.09.
50. 대아티아이(주), 국내외 철도시장의 현황, 2018
51. 한국철도차량산업협회, 철도차량 13호, 2017.1
52. 한국철도공사, 차량분야 주요현황, 2019
53. 전기학회논문지, PWM 정류기를 적용한 직류급전시스템의 전압강하 및 비용 평가, 김주락, 2015
54. 우진산전, Energy Storage System 카탈로그, 2015
55. 전기학회논문지, 전기철도차량 운행에너지 실시간 계측을 위한 에너지 미터링 장치 개발에 관한 연구, 김용기, 2016
56. 국토교통과학기술진흥원, 첨단 IT 기술에 의한 열차운행계획의 상용화 시스템 개발, 2019
57. 서울특별시, 영동대로 지하공간 복합개발, 2019
58. 국토교통과학기술진흥원, 2015 국토교통기술수준분석 보고서, 2015
59. KOTRA, 트럼프 시대의 미국 공공인프라, 2017
60. KOTRA, 해외시장뉴스(美 교통인프라 '자국산 우대정책' 강화 움직임에 따른 기회와 전망), 2019.8.6.
61. KOTRA 해외시장뉴스, 유럽 연결 프로젝트(CEF): ① 운송 분야, 2018.02.13.
62. 한국철도기술연구원, 유럽철도기술 발전전략, 2017
63. 해외건설협회, 일본, '인프라시스템 해외전개 행동계획 2018', 2018
64. 북방경제협력위원회, 시베리아철도 이용 활성화 방안, 2019



65. 대외경제정책연구원, 중국의 일대일로 전략 평가와 한국의 대응방안, 2017
66. 북방경제협력위원회, 시베리아철도 이용 활성화 방안, 2019
67. 지속가능발전협의회, 중국-러시아-북아메리카 대륙횡단 철도 건설 계획 및 시사점, 2017
68. 한국철도기술연구원, 해외 철도시장 동향 월간 보고서, 2017
69. 금속연구원, 철도차량산업의 현황과 과제, 2017
70. 국토교통과학기술진흥원, 철도차량부품 개발사업기획 최종보고서, 국토교통부, 2018
71. 대아티아이(주), 국내외 철도시장의 현황, 2018
72. 한국철도기술연구원, 해외 철도시장 동향 월간 보고서, 2017
73. 한국철도기술연구원, 한국형 복합소재 틸팅열차, 2012
74. 한국철도기술연구원, 철도교통 기술수준 상세분석 및 R&D 추진전략수립 연구 최종보고서, 2018
75. 한국철도시설공단, 4.00km/h급 전차선 핵심부품 7종, 2016
76. 한국철도기술연구원, 전기철도 급전계통 해석용 시뮬레이터(RTDS)개발 기획, 2017
77. 한국철도연구원, 노후철도 급속 개량 및 구축을 위한 위성기반 철도신호통신기술 개발, 2019
78. ㈜지오엔티, 첨단 IT 기술에 의한 열차운영계획의 상용화 시스템 개발, 국토교통과학기술진흥원, 2019
79. 한국철도기술연구원, 스마트 철도안전관리체계 구축 기본계획 수립 연구, 2017
80. 한국철도기술연구원, 철도 인프라의 유지보수를 위한 고속 종합검측 시스템 기술개발, 2017
81. 현대로템, 4차 산업혁명과 철도차량 스마트 유지보수 기술, 2019
82. 국토교통과학기술진흥원, 세계선도형 스마트시티 연구개발사업 기획보고서, 2017
83. 한국철도기술연구원, 유해물질 및 소음진동의 객차 간 확산방지 연구, 2018
84. '2000억 틸팅열차해무열차, 사실상 차량기지에 방치', 중앙일보, 2018)
85. '궤도 전차선 신호 분야 '고속모니어링 검측' ...새 유지보수체계 만든다', 건설기술(2018)
86. '궤도 노반 기술력이 철도단전의 '핵심'...자연재해 인적요류 최소화 '온힘', 건설기술(2019)
87. "'야구장 30개' 크기 영동대로 지하환승센터, 스마트 역사로 짓는다'(뉴스1, 2019)
88. '서울 지하철 2호선, 내년 3월 ICT기반 '스마트 스테이션' 탈바꿈'(서울교통공사, 2019)
89. '현대로템, 美SW 社 '원드라이버'와 열차 신호 장치 플랫폼 개발 'MOU''(서울파이낸스, 2019)
90. China's new high-speed train will 'float' over tracks to hit 370 miles an hour, MACH(2019.6)
91. '철도연, 쉿! 조용하게 달리는 철도 소음 종합 저감기술 개발'(한국철도기술연구원 보도자료, 2018.12.03)
92. 현대로템공식블로그 <https://blog.hyundai-rotem.co.kr>

● 참고문헌

93. RSSB 홈페이지
<https://www.rssb.co.uk/Research-and-Technology/Future-of-the-railway>
94. SIEMENS 홈페이지
<https://new.siemens.com/global/en/products/mobility/rail-solutions/rolling-stock/high-speed-and-intercity-trains/velaro-novo.html>
95. HITACH 홈페이지
https://www.hitachi.com/rev/archive/2017/r2017_02/09/index.html
96. 미쓰비시 홈페이지
www.mitsubishielectric.com

2019 국토교통 R&D 동향조사

철도교통분야



발행인 손봉수

발행처 국토교통과학기술진흥원

발행일 2019년 12월



경기도 안양시 동안구 시민대로 286(관양동 1600) 송백빌딩 2~7F, 9F

TEL. 031-389-6313

이 책의 판권은 국토교통과학기술진흥원에 있습니다.

이 곳에 담긴 모든 내용 및 자료는 허가없이 어떠한 형태로든 무단으로 복사, 전재하거나 변형하여 사용할 수 없습니다.

이책의 내용은 우리원 홈페이지 e-book으로 보실 수 있습니다.

