건설교통연구기획 사업

R&D-0001

철도신호분야 Master Plan 수립 및 통합신호시스템 실용화 기획연구

최종보고서

2014. 07

Infrastructure
R&D Report

주관연구기관 / 철도신호사업연구조합
공동연구기관 / 서울메트로 기술연구원

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원장) 귀하

본 보고서를 “철도신호분야 Master Plan 수립 및 통합신호시스템 실용화 기획연구”의 최종보고서로 제출합니다.

2014 . 07

주관연구기관명 : 철도신호사업연구조합
주관연구책임자 : 이기서
참 여 연 구 원 : 라제팔
〃 : 최성규
〃 : 이길용
〃 : 김종원
〃 : 박평식
〃 : 진재민
공동연구기관명 : 서울메트로 기술연구원
공동연구책임자 : 김영수
참 여 연 구 원 : 고영환
〃 : 정호형
〃 : 김철구
〃 : 권부석
〃 : 김종화
〃 : 윤도근

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td></td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>2013.12.27~
2014.06.26</td><td>단 계 구 분</td><td>(해당단계)/
(총 단 계)</td></tr>
<tr><td>연 구 사 업 명</td><td colspan="5">건설교통연구기획사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>최 상 위
과 제 명</td><td colspan="4">철도신호분야 Master Plan 수립 및 통합 신호시스템 실용화 기획연구</td></tr>
<tr><td>단위과제명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>연 구 책 임 자</td><td>이 기 서</td><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 14명
내부 : 4명
외부 : 10명</td><td>총연구비</td><td>정부 : 78,000천원
기업 : 천원
계 : 78,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">철도신호사업연구조합</td><td>참여기업명</td><td colspan="2">서울메트로 기술연구원</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="5">상대국명 : 상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)</td><td>보고서면수</td><td>511</td></tr>
<tr><td colspan="6">철도 신호사업을 육성하기 위하여 철도 2040년까지 신호분야 Master Plan을 정립하고, 통합(지상, 차상, 관제) 신호시스템 실용화 방안을 마련하는데 목적이 있으며, 이를 위하여 다음 목표를 수립함.

- 철도 신호분야 Master Plan 수립
- 국내외 철도신호기술 현황 조사 및 분석
- 철도 신호 핵심기술 정의
- 통합 신호시스템 실용화를 위한 기술 제시</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어
(각 5개 이상)</td><td>한 글</td><td colspan="4">철도, 신호, 열차제어시스템, 실용화, 마스터플랜</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="4">railway, signaling, train control system, commercialization, master plan</td></tr>
</table>

요 약 문

1. 연구 배경 및 목적

세계적으로 철도산업은 기후변화로 인한 탄소절감 계획에 따라 철도 중심의 교통정책으로 거대시장으로 성장 할 것으로 판단된다. 발전하고 있는 철도시장의 현황을 살펴보면, 기술력이 있는 유럽 등 특정 국가 및 특정 기업이 대부분의 시장을 점유하고 있다. 국가별 점유 상황은 유럽이 60%이상을 점유 하고 있는 상태이다. 그러나 전 세계적으로 발전하고 있는 철도산업이 국내에서는 소규모이며 이 또한 불규칙한 발주로 대기업이 외면하고 있는 실정이다. 국내 철도분야에 종사하고 있는 기업은 90%이상이 임직원이 50명 이하의 영세한 규모이다. 이렇게 국내 철도분야에 종사하고 있는 기업의 상황이 열악하지만 국내 기술수준을 보면 KTX-산천, HEMU-430x등의 개발로 기술자립을 거쳐 수출이 가능한 수준에 도달해 있다. 우리나라는 그간 철도신호분야의 국가R&D가 산발적으로 이루어졌으며, 철도신호체계 및 관련부품 등은 국내기술로 상용화된 사례가 적고, 유럽의 CBTC/ETCS등을 그대로 도입하여 해외업체에 기술적으로 종속되어 있다. 그리고 유럽 등 해외에서 요구하는 SIL 인증을 획득한 국산제품이 없어 국내는 물론 해외시장 진출이 불가능하다.

본 기획과제는 이러한 상황에서 신호사업을 육성하기 위하여 철도신호분야 Master Plan을 정립하고, 통합(지상・차상・관제)신호시스템 실용화 방안을 마련하는데 목적이 있으며, 이를 위하여 철도신호분야 관련 국내외 동향을 조사하고 연구개발을 위한 유관기관 의견수렴, 연구개발 대상 분야 설정을 위한 조사 및 분석, 연구개발 대상 분야 설정, 타당성 검토 등을 통해 연구개발 대상 분야의 최종목표 및 범위 설정, 연구목표 달성을 위한 추진전략 및 추진체계 수립, 소요예산 및 일정계획 수립, 본 과제 공모를 위한 RFP를 도출하도록 되어 있다.

본 최종보고서에는 본 연구의 철도신호분야 Master Plan 및 통합 신호시스템 실용화를 위한 핵심기술 정의 등 관제, 지상 및 차상 신호장치, 중소기업 SIL인증을 위한 공동 인증체계 구축, 안전 및 유지보수 체계에 대한 연구 결과가 반영되어 있다.

2. 국내・외 철도신호시스템 기술 현황

1) 고속철도신호시스템은 Ansaldo의 TVM 430 과 TVM SEI가 설치되어 있으며, TVM SEI는 연동장치와 지상 ATP가 통합된 새로운 시스템이다. 경부선 서울 대구 구간은 벌써 시스템 교체시기가 다가오고 있으나 핵심부분은 국산화가 되어 있지 않다.

2) 일반철도는 Bombardier의 ETCS level 1을 도입하여 설치 운영 중에 있으며 level 2에 대한 개선을 고려 중에 있다.

3) 지하철은 ATP/ATO를 사용하며 STO(Semiautomatic Train Operation)방식이다. 공급회사가 다양하며 새로운 시스템으로 재설치하여야 할 때가 도래하고 있다.

4) 경전철은 UTO(Unmanned Train Operation)방식을 채용하여 안전을 강화하고 경영효율화를 도모하고 있다. 시스템은 Thales 등 외국사가 공급하고 있다.

4) 차세대 고속열차 열차제어(ETCS-L2) 핵심기술개발 연구과제에서 개발하는 ETCS level 2 시스템은 일반철도와 고속철도용으로 유럽에서는 표준을 삼는다. ATO 부분은 없으며 상용화를 위한 방안이 마련되어야 한다.

5) KRTCS 개발은 도시철도용 CBTC 시스템으로 WiFi와 LTE-R을 이용한다. 현재 표준 사양을 정하는 단계로 도시철도와 경전철에 적용할 수 있는 시스템이다. ATO는 UTO를 목표로 한다.

6) 저심도 도시철도시스템 기술개발은 현재 시작 단계에 있다.

7) 유럽은 ERTMS/ETCS 표준을 정하여 국가간 상호운영을 하고 있다. level 1,2,3로 구분하여 등급을 나누고, level 2는 GSM-R방식의 무선을 사용하며 일반선과 고속선에 적용하고 있다. baseline 3 규격을 제시하여 상호운영성을 강화하고 있으며, 세계 각국으로 표준이 확산되어 가고 있다.

8) 미국은 PTC(Positive Train Control) 표준을 만들어 2015년 말까지 전국에 설치하기로 하였다. 미국 철도의 특성상 GPS와 무선을 사용한다.

9) 일본은 세계 진출을 목표로 ATACS (Advanced Train Administration and Communication System)을 개발하여 상용화 하고 있다.

10) 중국은 ETCS 표준을 세분화하여 CTCS로 정하고 GSM 방식을 사용하며, 일반선과 고속선에 사용하고 있다.

11) 기타 동남아 국가들은 ETCS에 많은 관심을 보이고 있는 상태이다.

12) CBTC는 IEEE1474 표준에 따라 시스템을 구성하고 공급사들의 Know-How를 바탕으로 자기 제품을 만들어 공급하고 있으며, Bombardier, Siemens, Thales 3개 회사가 전세계 시장의 70%이상을 점유하고 있다.

13) CBTC 표준화를 위하여 MODURBAN 프로젝트를 수행 하였으나, 지하철이나 경전철은 시스템 공급방식이 일반철도와는 달라 각 기업들이 자기 고유의 제품으로 시장에 대응하고 있다.

14) 지하철 경전철은 UTO(Unmanned Train Operation)방식으로 완전 무인화를 하여 안전을 강화하고 운영효율을 높이려고 하는 추세이다.

15) 해외시장 진출을 위한 철도신호시스템의 개발 과 강소기업 육성차원에서 2013년 6월에 발족한 철도신호사업연구조합의 주요 회원사 특허등록현황을 보면 356건으로 국내에 등록된 특허의 50% 이상을 점유하고 있으며, 특허등록건수가 지속적으로 증가하고 있다.

16) 제1차 국가철도망 구축계획에서는 180~200㎞/h 이상 철도 운행으로 속도 경쟁력 대폭 강화, 주요 철도역 30분 이내 접근, 안전성 친환경성 쾌적성 향상 등을 목표로 추진되고 있다.

17) 제2차 국가철도망 구축계획은 2020년에 KTX 고속철도망을 통해 '90분 생활권' 실현을 목표로 하고 있다.

18) 국토교통부는 2013년 6월 부산국제철도물류전 시 창조경제를 위한 새로운 철도 연구개발 비전과 강소기업 육성전략을 발표하였는데, 새로운 비전은 "국민행복을 위한 빠르고 안전하고 경제적인 철도 개발"과 "철도산업을 고부가가치 창조형 신성장 동력으로 육성"의 목표로 국민행복과 일자리 창출에 초점을 맞추었다. 이를 위한 3대 중점 추진분야를 "빠르고 지능적인 철도(Smart), 안전하고 편리한 철도(Safe), 정확하고 경제적인 철도(Economical)" 으로 정하였다.

19) 해외 각국은 안전을 강화하고 고속화와 운영효율을 높이기 위하여 각국에 맞게 신호 시스템 표준을 정하여 시스템을 고급화 하고 있다.

20) 세계적인 신호시스템 추세는 일반선 및 고속선은 ETCS level 2로 표준화 하고, 지하철 경전철은 CBTC/UTO로 건설노선에 따라 공급사별로 신호시스템을 선택하고 있다.

21) 유럽은 "Shift2Rail"계획에 따라 ETCS 운영환경에서 승객과 화물 수송능력 증대와 에너지 절감을 목적으로 ATO를 적용한 자동운전 기술을 2022년까지 개발 적용하고자 추진하고 있다.

3. 국내신호분야 Master Plan 수립 관련 유관기관 의견 수렴

철도 신호분야 Master Plan을 세우기 위하여 도시철도 및 일반철도, 고속철도 운영사의 신호 관련 부서의 전문가에게 설문조사를 실시하였다. 또한 워크숍을 개최하여 국내 철도 신호분야 전문가를 모아 의견을 취합하였다. 취합된 의견을 토대로 Master Plan을 작성하였으며, 작성된 Master Plan을 자문회의를 거쳐 완성하였다.
유관기관 의견수렴 결과, 신호시스템의 표준화 방향은 ETCS 와 CBTC의 통합표준화 필요성이 가장 크게 대두되었고, 무인자동화에 의한 안전성 확보와 경제성 향상, SIL 인증체계를 구축하

여 국제화를 이루는 것을 강력히 바라고 있다.
다음은 워크숍을 통해 도출된 결과표이다.
① 신호시스템 사업화 애로사항 해결방안

단 계 별	도출된 결과
개발단계	① 국내 신호시스템 표준화가 조속히 확정되어야 추가적인 연구개발이 가능함.
	② 연구결과 도출한 지적재산권에 대하여 다른 사업자에게도 사용이 가능하도록 지원 필요.
	③ 상용화시 안전성검증 결과를 요구하고 있어 최초 연구개발시 안전성 검증 필요.
구매단계	④ 해외 진출 시 국내 철도표준규격(KRS)의 시험기준을 EN 국제규격 등과 통일화할 필요성이 있음.
	⑤ 소프트웨어에 대한 개발, 개수 시 현실성 있는 단가 반영 필요
	⑥ 신규 개발한 신제품은 운영 실적이 없어 구매가 어려운 실정이므로 법제화가 필요함.
시공단계	⑦ 해외 진출 시 기술적인 부분보다 문서화 및 검증부분에 대한 어려움이 있음.
유지보수	⑧ 신호용품 유지보수 주기에 대한 기준 정립이 필요

② 철도신호시스템 표준화 방안 토의
○ 도시철도・경전철 신호시스템 : CBTC방식(KRTCS) 적용
○ 일반・고속철도 신호시스템 : ERTMS(ETCS-L2)시스템 적용
- 국제표준화 동향에 부합
- 한국철도공사의 ATP현황 및 미래전략에 부합. 다만, ETCS시스템은 장기적으로 현재의 ETCS레벨1 시스템을 레벨2시스템으로 업그레이드를 고려 할 필요 있음.

4. 철도신호분야 Master Plan 수립을 위한 조사 분석

가. 특허조사에서 얻은 결과

- 열차감시(AA) 분야와 무선통신 및 보안(AD) 분야는 특허출원이 가장 많은 기술 분야로 향후에도 지속적인 투자와 연구개발 가능성이 높다고 판단됨
- 특허출원이 감소하는 열차간격제어(AB)와 열차진로제어(AC) 분야는 상대적인 시장 진입 장벽이 낮아, 선택적이고 전략적인 연구개발 투자가 이루어진다면 좋은 성과를 얻을 가능성이 높음
- 스마트폰 기술등 무선통신이 발전된 한국의 경우 지속적으로 발전하고 있는 무선통신 기술을 철도 신호분야에 접목하여 국제 표준화 등의 성과물을 도출할 수 있게 전략적인 연

구개발 투자가 필요하다고 판단됨
- 철도 신호분야의 기술 분야는 전반적으로 각각의 분야마다 주요시장국의 연구개발 수준에서 차이가 있으므로, 선택적인 기술이전 및 기술교류의 활성화로 시너지 효과를 성과로 도출할 수 있다고 판단됨

나. 철도신호분야의 발전을 위한 내적인 요인과 외적인 요인을 대상으로 SWOT분석을 한 결과

- 내적인 약점을 보완하고, 외적인 기회요인을 활용하기 위해서는 우선 국내 철도신호시스템 SIL 인증지원체계를 구축하여야 한다. 철도신호시스템은 철도안전에 지극히 중요한 것으로 국내 철도신호업체가 개발한 제품을 SIL인증 없이 사용하는 것은 불가하나, 국내에 SIL 인증을 위한 지원체계 미비로 국외업체에 의존하다 보니 막대한 비용을 감당할 수 없어 제품 개발에 어려움을 겪어 왔다. 또한 철도안전법의 시행에 따라 신호시스템에 대한 SIL 에 관한 활동이 필수 요소가 되고 있다. 그리고 동남아시아 국가 등 해외시장 진출이 필요하며 이를 위하여 동남아시아 국가와의 국제적 협력개발체계 구축을 위한 정부차원의 협조가 요구되며, 해외 Pilot Station 구축하여 공동 개발하는 방향으로 적극적인 추진이 필요하다. 또한 지속적인 철도신호체계의 신뢰도 향상을 위하여 시스템 RAMS 분야의 역량 강화가 필요하며 이를 위하여 별도의 정부지원이 요구된다.
- 내적인 강점을 적극 활용하고, 외적인 위험을 관리하기 위해서는 우선 유럽의 ETCS 혹은 중국의 CTCS와 같이 우리나라 철도신호체계에 대한 분류기준 정립 및 표준화가 요구된다.
- 내적인 약점과 외적인 위험요소에 대응하기 위해서는 우선 국내 철도신호산업 구조의 개편을 장기적으로 추진할 필요가 있다. 유럽은 "Shift2Rail"계획 하에 일반철도와 고속철도에 대한 철도신호시스템에 자동운전(ATO)개념을 도입토록 하고 또한 대부분의 유럽 철도업체가 참여하고 있으며, 개발 후에는 표준화되어 국내 철도신호업체의 해외시장 참여가 더욱 더 어려워질 수 있다. 따라서 국가차원의 국제협력과 우리 기업의 적극적인 참여와 인재육성이 요구된다.
-또한 철도무선통신전용 주파수를 미래창조과학부로부터 실용화 시험국 지정을 받았다. 이번 철도전용 무선통신 주파수는 1월19일부로 1.8GHz대역의 실용화 시험국으로 지정받았으며 실용화시험국지정은 기술개발과 상용화가 동시에 이뤄질 수 있어 앞선 우리나라의 통신기술을 활용하면 신호제어분야가 선두그룹에 나설 수 있는 좋은 기회이다.

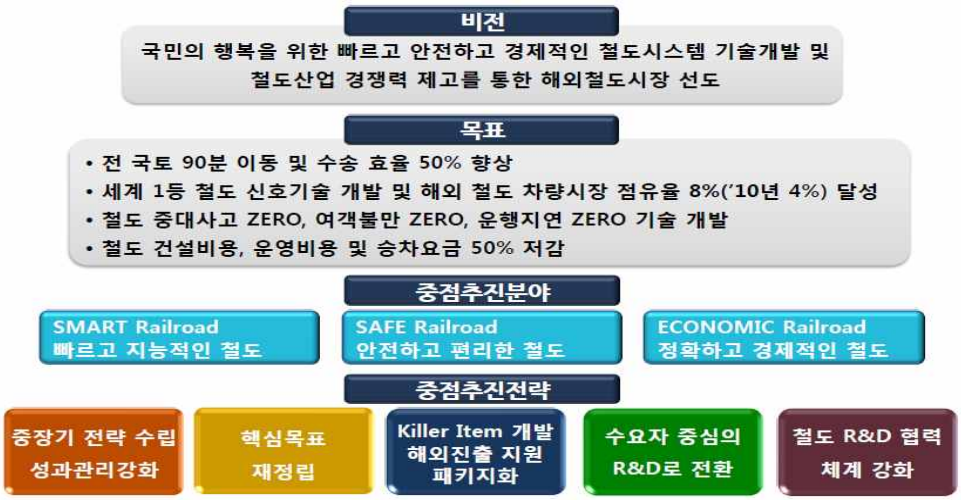
5. 철도신호분야 Master Plan

5.1 우리나라 정부의 철도기술 발전 비전 및 목표

철도는 국민의 삶의 질, 복지, 안전 등과 밀접한 관련이 있는 공공인프라로서 작은 국내 시장규모 등으로 인하여 민간의 적극적인 투자가 어려워 국가전략산업으로 정부투자가 필요하다. 우리나라 정부는 2006년에 건설교통「건설교통R&D혁신로드맵」을 수립하였고, 2007년에 철도

분야 전략프로젝트와 중점과제 발굴 등을 포함한 「건설교통 R&D 중장기 기본계획('08~'12)」수립하였으며, 2010년에 녹색성장 패러다임 전환에 따른 R&D프로세스 개선 등을 포함한 「국토해양R&D 발전전략」을 수립하였다.

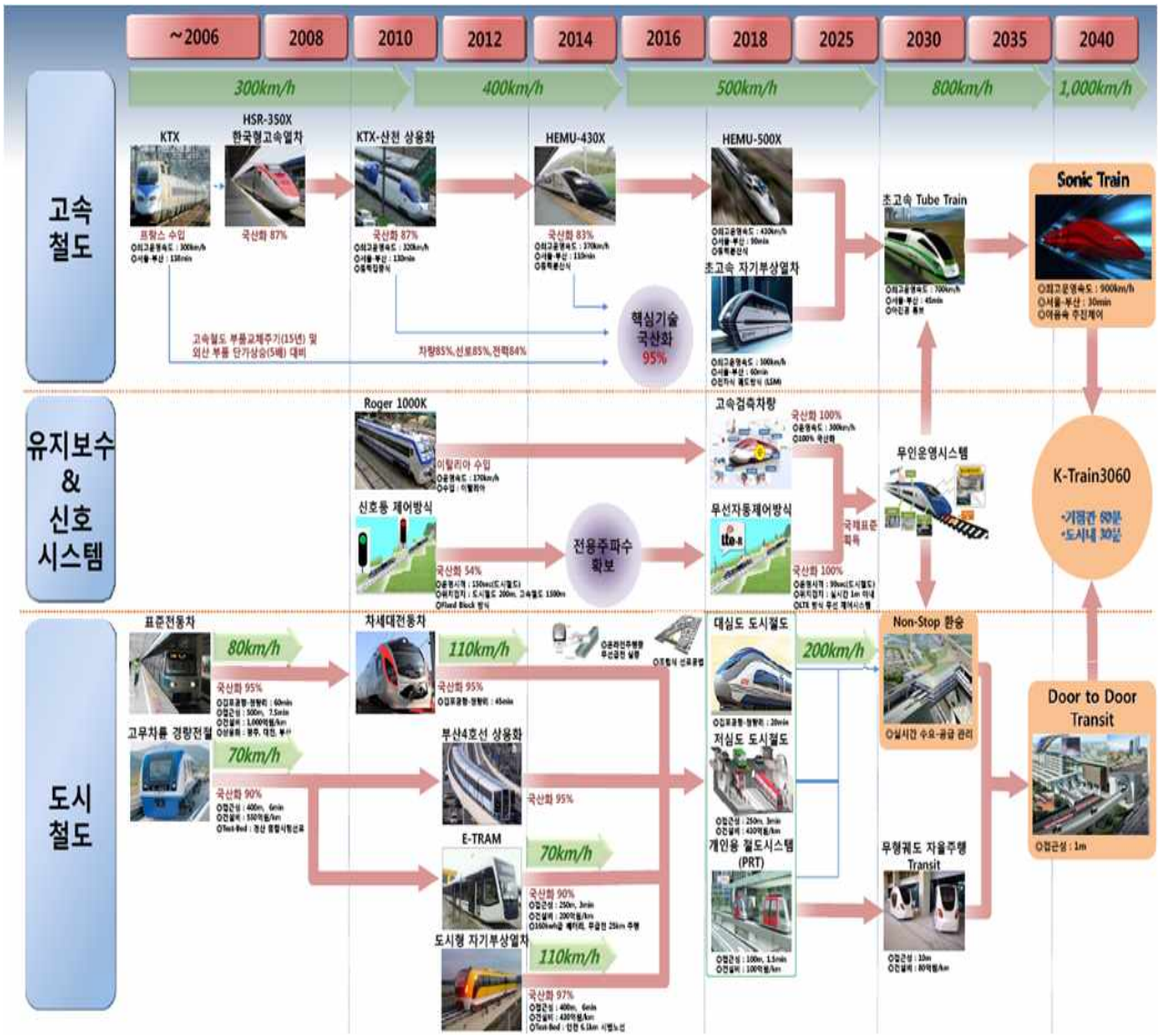
현재는 2012년에 수립된 「건설교통 R&D 중장기계획('13~'17)」을 시행중인데, 여기에 포함된 철도 사업의 비전과 목표는 아래에 보이는 바와 같다. 철도사업 발전방향을 위한 비전은 「국민의 행복을 위한 빠르고 안전하고 경제적인 철도시스템 기술개발 및 철도산업 경쟁력 제고를 통한 해외철도시장 선도」이고, 목표는 전 국토 90분 이동 및 수송효율 50% 향상, 세계 1등 철도신호기술 개발 및 해외 철도 차량시장 점유율 8%('10년 4%) 달성, 철도 중대사고 Zero, 여객불만 Zero, 운행지연 Zero 기술 개발, 철도 건설비용, 운용비용 및 승차요금 50% 저감이다.



우리나라 정부의 철도사업 비전 및 목표

철도기술분야 비전과 목표를 달성하기 위한 중점추진분야에 대하여 국토교통부는 2013년 6월 부산 국제철도물류전에서 3가지로 발표하였는데, 이는 「빠르고 지능적인 철도(SMART)」, 「안전하고 편리한 철도(SAFE)」, 「정확하고 경제적인 철도(ECONOMIC)」이며, 각각에 대하여 세부 추진방안을 제시하고 있다.

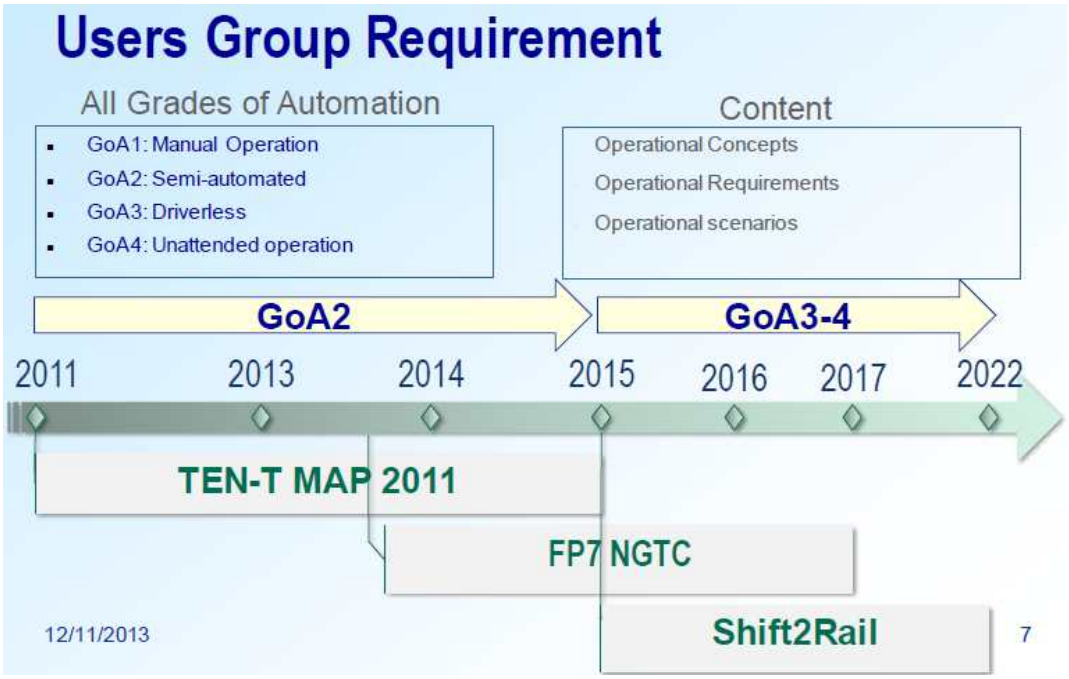
우리나라 철도발전전망을 보면, 고속철도는 2014년까지 시속 400㎞, 2025년까지 시속 500㎞, 2035년까지 시속 800㎞, 2040년까지 시속 1,000㎞ 철도기술을 확보하는 계획을 수립하였고, 도시철도는 2020년까지 시속 200㎞의 철도기술을 확보하고 「Door To Door Transit 」개념을 달성하여, 고속철도와 도시철도를 합쳐 2040에는 거점간 60분, 도시내 30분, 전 국토 90분 운송개념의 「**K-Train 3060**」을 제시하였다. 고속철도와 도시철도의 발전과 더불어 철도 유지보수체계와 철도신호시스템의 발전이 요구되는데 정부는 2020년까지 100% 국산화된 고속검측차량과 유지보수체계를 확보하고, 철도전용주파수 확보에 따라 2020년까지 LTE방식 무선자동제어시스템을 개발하여 실용화한다는 계획이다.



우리나라 철도 발전전망(국토교통부)

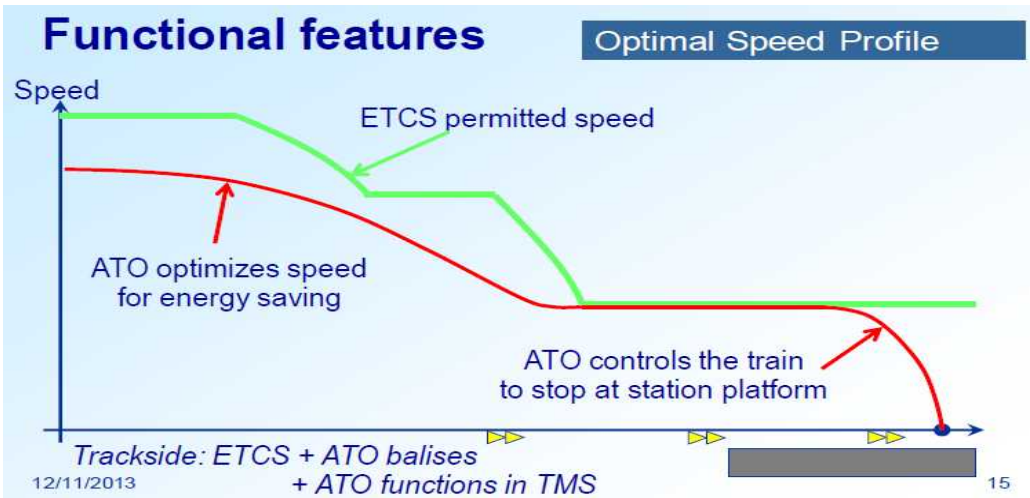
5.2 유럽연합의 일반철도 및 고속철도 ETCS+ATO 적용 개선계획

세계적으로 기후변화 대응을 위하여 탄소저감대책 시행으로 각국이 철도중심의 교통정책에 따라 철도에 대한 투자가 대폭 증대되고 있으며, 특히 유럽연합에서는 EU2020전략을 달성하기 위하여 “Shift2Rail” 계획을 수립하여 미래의 철도 수요에 대응하기 위한 발전을 도모하고 있다. 유럽 철도신호시스템 개선계획은 Shift2Rail의 기술혁신분야(IP)#2에 포함된 사항으로 도시철도에서 적용되고 있는 자동운전(ATO)개념을 일반철도와 고속철도에 적용토록 개발하여 철도운송능력과 성능을 개선하고 에너지 고효율화를 취하자는 것이며 추진계획은 다음과 같다.



ETCS 적용 개선계획[UNISIG, 2013. 11]

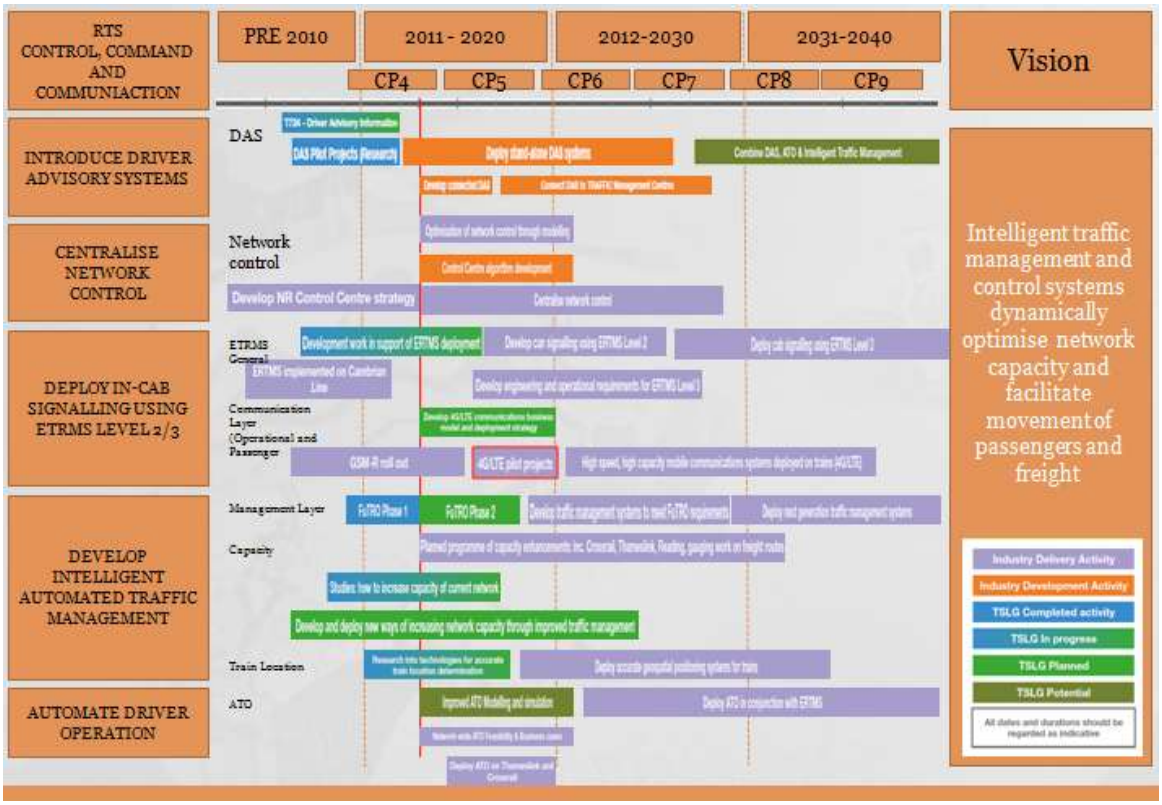
기본계획은 일반철도 및 고속철도에 ETCS+ATO를 적용하여 자동운전을 하여 철도운송수요 확충 및 에너지 절감 등의 이익을 도모하자는 목표가 포함되어 있고, 이를 위해서 지상에 교통관리시스템(TMS) 설치 등 추가적으로 요구되는 사항을 개발하는 것이다. ATO을 적용한 자동운전방법은 지상신호장치 설치유무에 따라 결정되나, 지상 ETCS, ATO 발리스, TMS 설치 환경에서는 전구간에서 ETCS가 허용하는 구간별 최대속도 내에서 TMS에서 제공한 자료에 의거 속도 프로파일을 작성하여 에너지 절감을 고려한 열차 자동운전개념으로 그림에서 보이는 바와 같다.



지상 ETCS, ATO 발리스 및 TMS 환경에서 자동운전

5.3 영국의 철도신호분야 Master Plan

유럽연합의 "Shift2Rail" 전략에 따라 영국도 철도발전계획을 2012년에 철도기술전략협의체(TSLG; Technical Strategy Leadership Group)가 주관하여 30년 비전을 목표로 철도기술전략을 수립하였는데, 여기에는 철도신호 및 지휘통신체계, 에너지, 철도인프라 등에 대한 사항이 포함되어 있다.



영국의 철도신호시스템 Master Plan [RTS TSLG, 2012]

영국의 철도신호체계 장기전략을 살펴보면, TSLG는 철도신호체계를 철도제어 지휘 및 통신시스템(CCC; Control, Command and Communication Systems)으로 표현하였고, 철도제어 지휘 및 통신시스템(CCC)이 향후 30년간 철도전략의 핵심요소라고 평가하였으며, 이를 위한 전략으로 열차 운전자 조언시스템(DAS; Driver Advisory System) 개발 장착과 ATO 및 지능형 철도교통관리시스템(TMS)과의 연결, 집중형 관제시스템 개발, 네트워크 중심 차상 신호시스템(지상신호시스템 미적용) 개발, 지능형 자동철도교통관리시스템(TMS) 개발, ATO를 적용한 자동운전, ERTMS L3 적용계획 등이 포함되어 있으며, 그림에 보이는 바와 같다.

5.4 우리나라 철도신호시스템 운영현황

우리나라에서 사용하고 있는 철도신호방식은 폐색방식, 차상신호방식 및 무선기반 신호방식으로 구분하는데, 폐색방식은 통표폐색, 연동폐색, 자동폐색이 있고, 차상신호방식에는 고속철

도에 사용중인 TVM430 및 TVM SEI와 같은 ATP, 일반철도에 사용되는 ETCS L1와 같은 ATP, 지하철에 사용하는 ATP/ATO가 있다. 무선기반신호방식은 크게 CBTC와 ETCS L2와 같은 ATP, 자동운전을 개념으로 하는 ETCS L3와 같은 ATP로 구분되는데, CBTC와 ETCS L2의 가장 큰 차이는 CBTC는 RFID를 사용하고 이동폐색 및 UTO 개념이 적용되나, ETCS L2는 발리스를 활용한 궤도회로를 사용하고 고정폐색개념을 적용하고 수동운전을 한다는 점이다. 또한 신호방식은 통신형태에 따라 분류하지 않으며, 신호방식에 대한 주요 신호설비 및 설치구간은 표에 보이는 바와 같다. 최근에 개발완료단계에 있는 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템(KRTCS)은 LTE-R 기반 철도신호시스템으로 CBTC와 유사한 기술이라 볼 수 있다.

신호방식	TYPE	주요신호설비	설치구간
폐색 방식	통표폐색식	통표폐색기,신호기	
	연동폐색식	폐색장치,연동장치,신호기	
	자동폐색식	자동폐색장치,궤도회로,연동장치,신호기, ATS ,CTC	
차상신호방식	ATP(KTX)	지상,차상ATC(TVM430), 연동장치 ,궤도회로, CTC, 안전장치	고속철도 (ATC)
	ATP (ETCS Level 1)	Balise, LEU, 궤도회로, 차상ATP, 연동장치, CTC, ABS , 신호기	경부선, 전라선등
	ATP/ATO	궤도회로, 연동장치, 차상ATP/ATO, CTC , 신호기	지하철
무선기반 신호방식	CBTC	RFID, 차상ATP, 연동장치, CTC, 무선장치(RBC), 지상ATP, TACHO, 이동폐색, UTO	자동운전
		Wi-Fi	신분당선, 김해경전철등
		LTE-R	KRTCS
	ATP (ETCS Level 2)	Balise, 궤도회로, 차상ATP, 연동장치, CTC, 무선장치(RBC), 지상 ATP , TACHO, 고정폐색	수동운전
		GSM-R	
		LTE-R	
	ATP (ETCS Level 3)	Balise, 차상ATP, 연동장치, CTC, 무선장치(RBC), 지상 ATP , TACHO, 이동폐색, TIS	
		GSM-R	
		LTE-R	

5.5 미래 철도신호기술 전망

미래철도에 있어서 철도신호체계는 철도의 능력향상, 에너지절감 및 탄소저감, 철도 운영비 감소 및 탑승객에 대한 양질의 의사전달을 위한 핵심 역할을 수행할 뿐 아니라 궤도 및 차량의 소모 감소와 열차운전자에게 노선에 대한 스마트한 정보 지원 등의 역할 을 할 수 있어야 한다. 이러한 추세를 반영하여 철도전용 통합무선망을 확보하고, 발전된 IT기술을 활용하여 무선통신을 기반으로 하는 무인자동운전(UTO) 개념을 도입코자 노력 중이며 세부내용은 다음과 같다.

5.6 도시철도용 철도신호체계

현재는 세계적으로 지하철 및 경전철 등 도시철도는 CBTC를 활용한 무인자동운전(UTO)을 적용 중이며, 이와 관련된 주요설비인 RFID, 차상ATP, 연동장치, CTC, 무선장치(RBC), 지상ATP, Tacho 등 이동폐색과 무인자동운전(UTO)에 대한 기술이 지속적으로 발전할 것으로 판단된다. 도시철도를 위한 해외의 주요 기술개발대상은 무인운전에 따른 스마트관제 기술과 영상 등을 송수신 가능한 LTE-R 도입기술 등이다.

우리나라도 신분당선과 경전철에 대하여 CBTC를 해외에서 도입하여 사용하고 있다. 우리나라의 철도신호체계에 대한 기술은 여러가지 국가 연구개발사업의 결과로 철도신호 서브시스템에 대한 기술은 일부 보유하고 있으나, 철도신호체계 통합이 되어 있지 않다. 국내시장 수요의 대부분은 신규 건설시 해외에서 턴키방식으로 도입하여 사용하고 있으며, 이에 따라 국내 철도신호산업도 열악한 실정이다. 2014년 7월 완료목표로 진행중인 「도시철도용 무선통신기반 열차제어장치(일명 KRTCS) 개발사업」과 2014년 10월 완료예정인 차세대 고속열차 열차제어(ETCS-L2) 핵심기술개발의 결과에 따라 철도신호체계에 대한 국내 기술력은 더욱 향상 될 것으로 보인다.

5.7 일반철도 및 고속철도용 철도신호체계

세계적으로 철도신호기술은 당분간은 도시철도는 CBTC, 일반철도와 고속철도는 ETCS L1 & L2로 유지될 것으로 판단된다. 그리고 철도신호를 위한 무선통신도 GSM-R를 활용할 것으로 판단된다. 그러나 일반철도와 고속철도의 경우 증가되는 철도운송수요와 고객의 요구도 증가에 따라 효율적인 철도운영을 위하여 무선통신 기반 철도신호체계를 적용하고, 자동운전(ATO)개념을 적용하여 궁극적으로 무인자동운전(UTO)이 실현되도록 추진할 것으로 보이며, 유럽의 ERTMS/ETCS를 기준으로 한 기술전망은 다음과 같다.

- 단기적으로 유럽은 유럽연합 소속 전 국가가 일반철도 및 고속철도 전 노선에 대하여 ETCS L2를 적용하기 위하여 추진중이고, ETCS L2는 발리스와 궤도회로를 활용하고 이동권한(Moving Authority)을 무선통신장치인 GSM-R로 제공하는 고정폐색방식을 적용한 수동운전 개념이다. 따라서 ETCS L2의 주요신호설비인 Balise, 궤도회로, 차상ATP(EVC), 연동장치, CTC, 무선장치, 지상ATP(RBC), Tacho에 대한 기술이 지속적으로 발전할 전망이다. 또한 고객만족과 에너지절감, 안전 등 여러 가지 이점을 고려하여 DAS(Driver Advisory System)와 같은 안전설비도 개발 장착예정이다.

- 중기적으로 유럽연합은 ETCS를 장착한 일반철도와 고속철도에 대하여 ATO를 적용한 자동운전기술을 개발 추진중인데, 이를 위한 TMS 등 관련 신호설비에 대한 기술도 개발이 예상된다.

- 장기적으로 유럽연합에서 일부 시험구간에 적용 중인 ERTMS/ETCS L3는 신호기와 궤도회로를 사용하지 않는 이동폐색방식으로 GSM-R를 활용한 무선통신 기반 철도신호시스템인데, Balise, 차상ATP, 연동장치, CTC, 무선장치, 지상ATP, Tacho 등 주요신호설비에 대한 발전이 예상되며, 특히 열차의 무결성을 검지할 수 있는 TIS(Train Integrity System)의 개발이 예상된다.

우리나라의 철도신호기술에 대한 전망을 살펴보면, 「도시철도용 무선통신기반 열차제어장치

(일명 KRTCS) 개발사업」의 결과에 따라 일부 체계통합기술이 갖추어 질 것임에도 불구하고 안전성 평가에 대한 점과 ETCS 시스템을 사용중인 일반철도와 고속철도에 대한 적용 가능성은 회의적이다. 따라서 각 서브시스템에 대한 개발도 중요하지만, 일반철도와 고속철도를 위한 철도신호체계에 대한 시스템적인 개발을 필요하고, SIL 인증 등 안전성 평가를 위한 정부의 구체적인 지원이 요구된다.

5.8 통합(도시철도, 일반 및 고속철도) 철도신호체계

세계적으로 일반철도와 고속철도의 인프라의 복잡성으로 인하여 도시철도에서 사용되는 CBTC를 일반철도 및 고속철도에 사용하거나, 통합(도시철도, 일반 및 고속철도)철도신호체계를 개발하는 계획은 현재로는 초기 상태이다. 그러나 최근에 통합철도신호체계에 대한 필요성과 개발 가능성에 대하여 일부 분야에서 제기되고 있으며 그 출발을 CBTC와 ETCS L3의 같은 점과 다른 점을 식별하는 것에서 출발하고 있다.

Invensys사의 생산관리자인 Beatriz Munoz Martinez(2013)은 ERTMS/ETCS와 CBTC 기술통합에 대해 제안하였는데, ERTMS/ETCS와 CBTC 기술통합의 필요성을 두 개의 기술이 공통으로 적용되어야 하는 광역노선에서 찾았다. 그리고 CBTC와 ERTMS/ETCS의 차이점에 대하여 묘사하였다. 주요 차이점은 기능적인 측면에서는 ATO/ATS기능, 이동폐색원리, 이동권한(MA)에 대한 사항으로, CBTC는 ATO/ATS를 장착하고 있으나 ERTMS/ETCS에는 ATO/ATS가 없고, CBTC는 이동폐색을 적용하고 있으나 ERTMS/ETCS는 고정폐색방식이고, ERTMS/ETCS L3에만 적용가능하나 TIS(Train Integrity System)를 개발하여 장착하여야 하는 문제가 있다. 이동권한(MA)과 관련하여 ERTMS/ETCS 상호운용성의 핵심사항은 선로 등 지상상황자료를 포함한 내용이다. 그러나 현존하는 CBTC는 적용될 수 없다. 그리고 운영적인 측면에서는 ERTMS/ETCS는 국가간에 운영한다는 점이다.

5.8.1 관제

가. ICT기술을 활용한 도시철도 통합자동관제(단기추진전략)

지하철 종합관제시스템은 지하철의 수뇌부라 할 수 있다. 서울 지하철 1,2,3,4호선을 운영하는 서울메트로 종합관제소는 2곳으로 나뉘어져 있는데 1974년에 개통된 1호선은 종로에 종합관제소가 있고, 이후에 개통된 2,3,4호선은 서초구 방배동 본사건물에 있다. 서울도시철도공사에서 운영하는 5,6,7,8호선 종합관제센터는 성동구 용답동에 위치하여 있다. 최근에 개통된 9호선과 분당선, 신분당선 등은 해외에서 도입한 최신시설로 구축되어 있다. 2014년 5월 지하철 2호선 상왕십리역 열차 추돌사고에 따라 서울 지하철의 관제시스템에 대한 스마트관제시스템 조기 구축의 필요성이 강조되었다. 서울메트로와 서울도시철도공사에서 운영하고 있는 열차와 관제시스템의 노후화에 따른 교체요구와 도시철도 및 경천철의 CBTC 적용과 관련하여 스마트 관제시스템의 도입이 요구되며, 현 우리나라의 과학기술수준을 고려 시 향후 5년 내에 국내연구개발이 적극 요구된다.

5.8.2 지상 및 차상신호장치

가. 도시철도 및 경전철 CBTC 실용화

도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템(일명 KRTCS)사업은 2014년 4월에 개발결과에 대한 표준사양서 발표회를 가졌고, 현재는 LTE-R 적용성 시험이 진행 중이며 2014년 7월에 완료예정으로 안전을 위한 보완을 한다면 신설 도시철도 및 노후화에 따른 대체노선에 적용이 가능할 것으로 본다.

나. 일반철 및 고속철 자동운전(ETCS L2 +ATO) 적용 기술개발

현재 일반철도는 Bombardier사의 ETCS L1을 운영중이며, 고속철도는 Ansaldo사의 TVM 430과 TVM SEI를 장착하여 운영 중이나 ETCS L2를 적용하기 위하여 현재 국가연구개발이 진행 중이다. 자동운전의 등급(GOA)은 4단계로 구분되는데, 현재 우리나라의 일반철도와 고속철도는 GOA-1 으로 수동운전을 하고 있다. 최근에 우리나라 정부는 철도통신을 위한 주파수를 허용하였으며, 향후 4G/LTE-R 통신환경 조성에 따라 자동운전을 할 수 있는 환경이 조성되고, 이에 따라 유럽연합에서 추진하고 있는 「ETCS L2 +ATO」 적용 자동운전을 할 수 있는 환경이 될 수 있다. 일반철도와 고속철도에 대한 ETCS L2 수준의 철도신호체계를 2014년 개발완료를 목표로 추진 중이고, 이에 대한 실용화 단계를 고려 시 2020년 대에는 「ETCS L2 +ATO」을 적용하여 자동운전이 가능할 것으로 판단된다. 따라서 세계적인 기술개발 추세에 맞춰 일반철도와 고속철도에 대한 ATO 적용 자동운전체계를 2020년대를 전후하여 개발 추진하고 이를 위하여 부수적으로 Train Integrity System, 고속전철용 SEI, LTE 기반 무선통신 열차제어 구성품 등이 개발되어야 한다.

다. 일반철/고속철용 역종합제어장치 개발(단기추진전략)

역종합제어장치는 지상의 연동장치, 지상ATP, 통신장치(DTS)를 하나로 묶은 통합 지상장치라 할 수 있으며 신분당선에서 사용중이다. 국제 신호시장에서의 시스템 발전 추이로 보아 반드시 개발되어져야 하는 시스템이다. 역종합제어장치의 효율을 극대화 하기위해서는 무선통신기반 시설이 갖추어져 있어야 한다. 우리나라는 2013년 철도를 위한 무선통신 주파수 대역을 LTE급으로 할당하였으며 사용방안을 검토 중이다. 무선통신 인프라 설치전망을 고려 시 일반철도와 고속철도를 위한 역종합제어장치를 2020년대에 사용토록 연구개발이 요구된다.

라. 국산 철도신호체계(관제, 지상, 차상 통합) 개발 및 실용화(중기추진전략)

우리나라에서 연구개발하여 실용화된 **철도신호체계(관제, 지상, 차상 통합)**는 아직 없다. 현재 도시철도와 일반철도 및 고속철도에 사용 중인 철도신호체계는 모두 해외업체에서 도입된 것이며, 일부만 국산화가 되어 있다. 세계를 선도하는 국내 IT기술과 철도신호분야 기술인력과 중소기업 SIL 인증에 대한 정부 지원 시 국산 철도신호체계 개발 및 실용화가 가능하다고 판단된다. 국내 연구개발 실적을 보면, 도시철도를 위한 CBTC개념의 철도신호체계는 2014년 중에 개발완료하여 실용화를 위하여 추진할 것이며, 일반철도와 고속철도를 위한 ETCS Level 2와 유사한 성능의 차세대 고속열차 열차제어 핵심기술이 연구개발 중(2014년 10월 완료예정)에

있으나 ATP개발에 중점을 두고 있다.

향후에 차세대 고속열차 열차제어 핵심기술 개발이 완료되더라도, 철도신호시스템의 목표인 안전성, 정시성 및 경제성을 달성하기 위하여 지상, 차상 및 관제시스템이 'All in One' 개념으로 통합된 국산 철도신호체계가 반드시 필요하며, 특히 일반철도 및 고속철도의 미래 무인자동운전 개념인 ETCS L3 급의 철도신호체계에 대한 연구개발이 2020년대에 착수가 요구된다.

마. UTO수준 통합(도시철, 일반철 및 고속철) 철도신호체계 개발(장기추진전략)

세계의 철도신호기술 흐름은 무인자동운전(UTO)으로 진행되고 있다. 그리고 도시철도와 일반철도 및 고속철도에서 동시에 사용할 수 있는 통합철도신호시스템에 대한 토론이 시작되고 있다. 국내의 철도운영기간과 세계시장의 추세를 고려 시 2030년대에는 연구개발이 요구되며 국내·외 시장을 선점하기 위해서는 국내기술의 고도화가 필요하다.

바. 해외시장 진출 거점 확보(중기추진전략)

우리나라 철도신호산업은 핵심부품에 대한 해외 의존도가 크고, 국내 철도신호시장의 협소로 인하여 해외업체와 경쟁에 어려움이 있다. 따라서 국내 철도신호산업의 경제적 이익 도모와 철도신호기술 발전을 위하여 해외시장에 진출이 필요하다. 특히 철도 후진국과의 공동기술개발 및 시장참여를 통한 활로 개척이 필요하다. 이를 위하여 동남아시아와 아프리카 등 해외시장 진출 전략 수립과 Pilot Station 설치를 위한 최적지 검토가 최단시간에 이루어져야 하며 상대국과 협의를 통한 Pilot Station 설치 및 후속 사업계획이 시행되어야 한다.

5.8.3 SIL인증 지원체계 구축

가. 중소기업 SIL 인증 지원체계 구축(단·중기추진전략)

영세한 철도신호산업을 보호하고 세계적인 강소기업 육성을 위하여 우리나라 철도신호산업이 개발한 철도신호체계에 대하여 국가가 지원하는 SIL 인증 지원체계를 가능한 빠른 시기에 구축하여야 한다. 단기적으로 한국형 철도신호체계(KTCS) 분류기준을 정립하고, 시스템엔지니어링 및 SIL 인증체계 구축을 위한 인프라를 구성하며, 중기적으로 철도신호시스템 공통플랫폼과 General Application Test 설비를 개발하여야 한다.

5.8.4 안전 및 유지보수

가. 실시간 감시시스템 개발

세계적인 기술수준으로 성장한 국내 철도시스템은 그에 따른 시스템의 안전성과 장치의 신뢰성이 매우 중요시 되는 현실이다. 이러한 철도시스템의 급격한 발전은 이를 뒷받침할 수 있는 정책이나, 운영, 유지보수 측면에서도 보조를 같이해 줄 필요가 있다. 운영, 유지보수 체계 및 기반시설은 이를 따르지 못하는 실정이며, 유지보수 인원의 감축 등으로 인해 철도시스템 유지보수에 대한 문제점이 지속적으로 제기되고 있는 실정이다. 또한 각 장치별 인터페이스 방식이 상이하거나 최근 장치의 개수 및 보수로 인한 디지털과 아날로그의 혼용 등으로 인해

장치의 고장, 장애를 쉽게 파악하지 못하는 문제점이 나타나고 있다. 문제점 해결을 위해 각 특성별 감시체계 및 감시장치가 필요하며 이러한 감시장치를 통합하여 관리할 수 있는 중앙 관리시스템 개발이 필요하다.

5.9 철도신호분야 Master Plan Milestone 결론

앞에서 검토된 철도신호분야 목표 및 전략을 토대로 마스터 플랜을 다음 같이 제시하였다.

1. 비젼

2040 비 전
높은 철도 안전성, 정시성과 경제성을 확보하여 국민의 행복을 추구하는 세계 1등 철도신호기술 개발 및 해외시장 진출

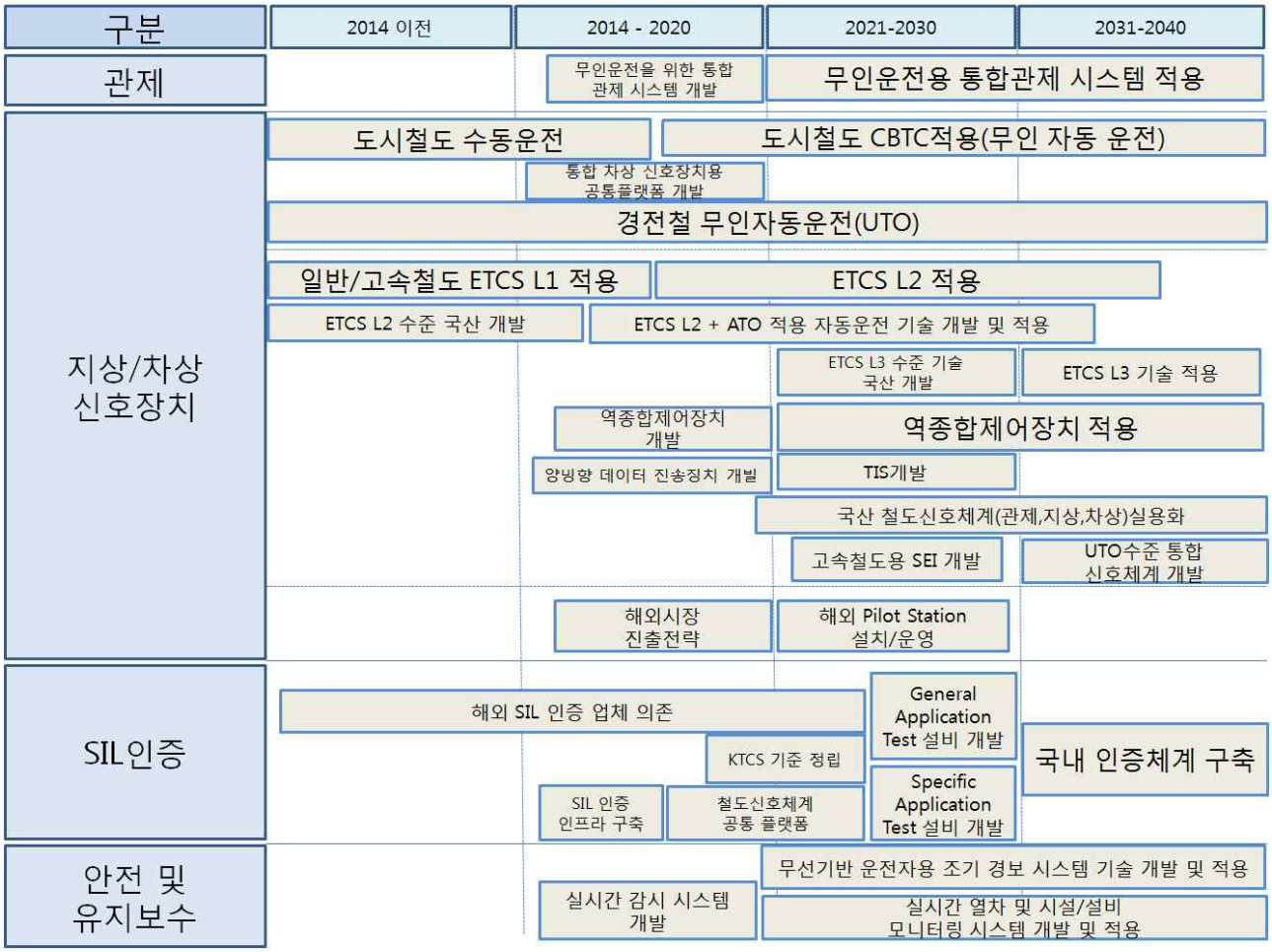
2. 목표

구분	2040 목표
관제	• 실시간 열차추적 및 관제 자동화
차상 신호장치	• 무인자동운전(UTO) • 에너지 절약형 철도신호체계 개발 • 100% 국산화 신호시스템 확보 및 해외시장 진출 • 열차 운영지연 Zero
지상신호장치	
SIL인증	• 인적 안전사고 Zero • 선진국 수준의 SIL 인증체계 확보
안전 및 유지보수	• 철도신호체계 신뢰도(Reliability) 향상 • 운영 및 보수의 효율화

3. 중점 추진전략

구분	2040 목표	2040 중점추진전략
관제	• 실시간 열차추적 및 관제 자동화	• ICT기술을 활용한 통합자동관제
차상	• 열차 운영지연 Zero • 무인자동운전(UTO) • 에너지 절약형 철도신호체계 개발 • 100% 국산화 신호시스템 확보 및 해외시장 진출	• 도시철도 및 경전철 CBTC 실용화 • 일반철 및 고속철 자동운전(ETCS L3 + LTE R + ATO) 적용 기술개발 • 국산 철도신호체계(관제, 지상, 차상 통합) 개발 • UTO수준 통합(도시철, 일반철 및 고속철) 철도신호체계 개발 • 일반철/고속철용 역종합제어장치 개발 • 해외시장 진출 거점 확보
지상		
SIL 인증	• 인적 안전사고 Zero • 선진국 수준의 SIL 인증체계 확보	• 중소기업 SIL 인증 지원체계 구축
안전 및 유지보수	• 철도신호체계 신뢰도(Reliability) 향상 • 운영 및 보수의 효율화	• 신호체계 자동결함진단 시스템 개발 적용

4. 철도신호분야 Master Plan



6. 통합신호시스템 실용화를 위한 세부연구과제 Tree

연구과제 Tree

연구단	세부과제	연구내용(세세부과제)		
		1차(단기추진)	2차(중기추진)	3차(장기추진)
국산 통합형 철도신호체계 기술 개발	1. 스마트 관제시스템 기술 개발	1-1. 무인 운전을 위한 통합 관제 시스템 개발		
	2. UTO수준 통합형 지상/차상신호장치 기술개발	2-1. 도시철도기반 통합 차상 신호장치용 공통플랫폼 개발 2-2. LTE-R을 이용한 일반철도 ATO 시스템 개발 2-3. 차상/지상 양방향 데이터 통신기능을 가진 지상 데이터 전송장치(T-Balise) 개발 2-4. 일반철도/고속철도용 역종합제어장치 개발	2-5. 한국형 철도신호체계(KTCS) 분류체계 정립 2-6. Train Integrity System(TIS) 기술 개발 2-7. 고속철도용 SEI 기술개발 2-8. LTE기반 무선통신 열차제어 기술 개발 2-9. 국산 철도신호체계 (ETCS L3수준) 개발 2-10. 해외시장 진출 거점 확보	2-11. UTO수준 통합형 철도 신호체계 개발
	3.중소기업 SIL 인증 지원체계 구축	3-1. 철도신호시스템 SIL 인증체계 통합 지원 인프라 구성 3-2. 철도신호체계용 공통플랫폼 개발 3-3. 상왕십리 사고 재발방지를 위한 전자연동장치 S/W 안전성 향상 기술개발	3-4. General Application Test 설비 개발 3-5. Specific Application Test 기술 개발	
	4. 실시간 철도신호안전 및 유지보수 체계구축	4-1. 철도신호 유지보수 체계 효율성 증대를 위한 장치 및 자원 실시간 감시 시스템 개발	4-2. 실시간 열차 및 시설/설비 모니터링 시스템 개발 4-3. 무선기반 운전자용 조기경보 시스템 기술 개발	

7. 전문기관 타당성 분석

7.1 정책적 타당성 분석

해외 주요국가의 철도분야 정책을 살펴본 결과는 다음과 같다.

해외 주요 국가들의 철도분야에 대한 정책적 특징을 살펴보면 먼저 유럽 연합의 경우 유럽 내 열차상호운영성에 필요한 여건을 지원하기 위한 지침(Derectives)과 상호운영을 위한 기술사양서(TSI) 및 각종 사양서를 작성하는 등 법제도적인 체계를 구축하였다.

유럽연합의 지침(Directive 96/48/EC)은 2002년 11월부터 유럽내에 건설되는 철도의 신호시스템을 건설, 개량할 경우에는 ERTMS 또는 ETCS를 사용하도록 하는 법제도적인 근거를 마련하였다.

미국은 철도신기술 관련 지원을 법제화하여 지원하고 있으며, 중국도 철도기술개발을 위한 정책을 수립하고 이를 지원하기 위한 다양한 방안을 수립하고 운영하고 있다.

국내 역시 철도노선의 다양화와 국가 중심축으로 활용하기 위한 다양한 계획을 수립하고 이를 실행하고 있으나 기술적인 측면보다는 기간망 구축과 관련된 지원이 더 큰 실정이다. 해외 주요국가가 노선과 더불어 기술에 대한 정책적 지원을 꾀하고 있는 상황에서 기술개발에 대한 지원이 부족하다면, 글로벌 철도기술시장에서 뒤쳐질 수밖에 없다.

특히, 철도시장은 향후에도 지속적으로 성장할 것으로 예상되는 매우 매력적인 시장이다. 이러한 철도시장의 규모가 커질수록 효율적인 철도운영과 고품질의 서비스 제공은 신호부분이 더욱 중요해 지고 있다. 철도는 전체 철도망 또는 장거리 철도 운송의 비용이 최소화 되도록 동일한 노선에 효율적인 시스템 구성을 목표로 하고 있기 때문이다. 이제 철도시스템은 예전의 철도 형태에서 벗어나 다양한 철도가 하나의 노선에서 운영되고 있으며, 이와 같이 철도시스템이 복잡해질수록 신호 및 제어시스템은 안전과 직결되는 만큼 철도 운영과 철도서비스의 질과 관련해서 더욱 중요한 요소라 할 수 있다

해외 주요 철도선진국에서는 이와 같은 철도신호기술에 대한 중요성을 인식하고 철도신호기술 개발을 위한 표준마련 및 정책적 지원을 실시하고 있다. 향후 철도신호기술의 핵심 성장분야라 할 수 있는 제어 및 신호 시장은 세계 6개 메이저가 대부분 공급을 하고 있으며, 최근 중국도시장의 급격한 성장과 함께 국가 소유의 China Railway Signal Communication Corp. 역시 중요한 위치를 차지하고 있다. 국내의 경우 관련 기술에 대한 핵심기술이 부족하여 해외에서 수입하고 있는 실정이기에 이에 대한 대처가 반드시 필요한 상황이다.

해외주요선진국의 철도관련 정책 및 국내 주요 정책을 비교하였을 때, 신호기술에 대한 정책적 지원은 국내 철도산업의 활성화 및 글로벌 시장 경쟁력 확보를 위해 매우 필요한 부분이라 할 수 있으므로 정책적 지원의 타당성을 확보한 것으로 판단할 수 있다.

7.2 경제적 타당성 분석

국산 통합형 철도신호 체계 기술 개발을 통하여 얻을 수 있는 경제적 효과를 파악하기 위해 경제성분석을 실시하였다. 경제성 분석은 기술개발에 따른 비용과 효과의 차이를 분석한 B/C Ratio 분석과 철도 신호분야 기술 개발로 인해 발생되는 파급효과에 대한 분석을 실시하였다.

경제성 분석을 위해 필요한 기초항목에 대한 조사를 실시하였으며, 국산 통합형 철도신호 체계 기술 개발로 인해 발생되는 효과를 파악하기 위해 전문가 의견을 취합하여 철도 신호분야에 대한 비중을 산정하였다. 이와 더불어 철도관련 주요 통계지표를 활용하여 비용과 효과를 분석하기 위한 기초 자료를 수집하였다.

철도 신호기술개발로 인해 발생되는 효과로는 이용자측면의 효과와 운영자 측면의 효과와 비용으로 구분하였고, 각 항목에 대해 비용으로 산출하였다. B/C Ratio 분석 결과 1.058로 경제적 효과가 있는 것으로 분석되었다.

신호기술 국산화를 통한 파급효과에 대한 분석을 위하여 신호 핵심기술 개발 분야를 선정하였고, 신호기술 개발에 따른 파급효과를 분석하였다. 파급효과 분석을 위해 한국은행에서 제시하는 산업연관표를 활용하였으며, 연관분야는 철도차량산업 분야와 철도수송사업분야로 한정하였다.

철도 신호기술 개발에 따른 효과는 생산유발효과, 고용유발효과, 수입감소효과 세 가지로 구분할 수 있으며, 각각에 대한 효과분석 결과 1,695억원의 생산유발효과가 있는 것으로 나타났으며, 1만명 이상의 고용창출효과와 286억의 수입감소효과가 있는 것으로 나타났다.

철도신호기술에 대한 해외수출효과는 적용하지 않았지만, B/C Ratio와 파급효과에 대한 분석만으로도 철도신호기술이 가지는 경제적 가치는 높다고 판단된다. 세계적 수준의 신호기술개발을 통해 글로벌 시장에 진출한다고 가정한다면, 철도신호기술 개발이 가지는 경제적 가치는 더욱 크다고 할 수 있다. 특히 철도는 향후 지속적으로 성장성이 높은 분야이기 때문에 시장규모는 더욱 커질 수 있다.

이와 같은 경제적 효과를 고려하였을 때 철도 신호기술 분야에 대한 투자는 매우 타당한 것으로 판단되며, 정부측면에서도 철도신호관련 기술개발에 대한 적극적인 지원이 있어야 할 것으로 판단된다.

7.3 시사점

철도신호분야는 안전이 최우선이므로 경제성분석이전에 안전비용을 먼저 생각하여야 한다.

본 연구에서는 철도 신호기술 개발에 따른 타당성 분석을 위하여 주요정책, 기술, 경제성 세 가지 분야에 대한 분석을 실시하였다. 대부분의 연구에서 정책적 타당성, 기술적 타당성, 경제성 세 가지 타당성에 대해 각각 분석을 진행하는 것에 비해 본 연구에서는 정책, 기술, 경제성 세 가지 측면을 모두 검토하였다는 측면에서 타 연구와 차별성을 갖는다고 할 수 있다. 본 연구에서 제시하는 시사점은 이론적 측면과 실무적 측면 두 가지를 제시할 수 있다.

첫째, 이론적 측면에서의 시사점은 철도 신호기술 개발에 대한 타당성분석 가이드라인을 제시하였다는 점이다. 기존 타당성분석 보고서를 살펴보면 경제적 타당성에 대한 분석이 주를 이루고 있으며, 그에 비해 정책적 타당성 또는 기술적 타당성에 대한 부분은 중요하게 다루지 않는 것이 특징이다. 하지만 본 연구에서는 철도 신호기술에 대한 정책적 타당성과 기술적 타당성에 대한 구체적인 분석을 실시하였다는 측면에서 차이가 있다.

특히, 경제성분석에서 기존 연구에서는 개별 기술에 대한 세부적인 경제적 효과를 분석하는 것이 일반적인데, 본 연구에서는 개별 기술에 대한 중요성도 존재하지만 국가 철도 신호기술 발전을 위하여 전체 로드맵 측면에서 경제적 파급효과에 대한 분석을 실시한 것이 큰 차이라 할 수 있다.

철도 신호기술에 대한 경제성분석 과정에서 개별기술에 대한 측면도 반영하였지만 로드맵을 통해 얻을 수 있는 우리나라 철도 신호기술 전반에 걸친 효과 측면에서 분석을 실시하였다. 그 결과 개별 기술만으로 파악하기 어려운 산업 전반에 걸친 효과를 분석할 수 있게 되었다.

둘째, 실무적 측면에서 시사점은 철도 신호분야 기술개발기업 및 정책관련기관에 가이드라인을 제시하였다는 것이다. 철도 신호기술에 대한 타당성분석 결과 정책 측면, 기술 측면, 경제성 측면 모두 타당성이 있는 것으로 나타났다.

이와 같은 분석 결과는 철도 신호분야 기술개발 기업에게는 지속적인 투자 결정을 위한 기초자료로 활용될 수 있으며, 철도 정책관련 기관에서는 지원 정책 수립을 위한 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 예상할 수 있다. 본 연구결과를 통해 향후 철도 신호관련 산업에서 다양하게 활용될 수 있을 것으로 예상되기 때문에 실무적 관점에서도 시사점을 제시하였다고 할 수 있다.

< 목 차 >

제 1 장 연구의 개요 ····· 1

제 1 절 서론 ····· 1
1. 연구의 배경 및 목적 ····· 1
2. 연구추진체계 및 연구목표 ····· 2
제 2 절 연구수행 흐름도 ····· 3
제 3 절 연구 추진 일정 ····· 4

제 2 장 국내·외 철도신호시스템 기술 현황 ····· 5

제 1 절 국내 철도신호시스템 기술 현황 ····· 5
1. 고속철도 신호시스템 기술 현황 ····· 5
2. 일반철도 신호시스템 기술 현황 ····· 13
3. 도시철도/지하철 신호시스템 기술 현황 ····· 21
4. 경전철 신호시스템 기술 현황 ····· 119
5. 결론 ····· 145
제 2 절 철도신호시스템 R&D 진행 현황 ····· 146
1. 차세대 고속열차 열차제어(ETCS-L2) 핵심기술개발 현황 ····· 146
2. 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계구축 및 성능평가 ····· 154
3. 저심도 도시철도시스템 기술개발 ····· 160
4. 결론 ····· 162
제 3 절 해외 신호시스템 기술 현황 ····· 163
1. 유럽 철도 신호시스템 (ETCS) ····· 163
2. 미국 철도 신호시스템 (PTC) ····· 174
3. 일본 철도 신호시스템(ATACS) ····· 176
4. 중국 철도 신호시스템(CTCS) ····· 180
5. 그 외 해외 철도 시스템 현황 ····· 185
6. 결론 ····· 188
제 4 절 세계 CBTC 현황 ····· 189
1. CBTC 기술현황 ····· 189
2. 발전 현황 및 구축 현황 ····· 189
3. CBTC 표준화 동향 ····· 195
4. 결론 ····· 198
제 5 절 국내외정책 동향 조사 ····· 199
1. 국내 철도 정책 ····· 199
2. 국내 철도신호시스템 관련 정책 ····· 203
3. 해외의 철도 및 철도신호시스템 관련 정책 ····· 204
4. 결론 ····· 214
제 6 절 종합결론 ····· 216

제 3 장 국내신호분야 Master Plan 수립 관련 유관기관 의견 수렴 ····· 219
제 1 절 여론조사 ····· 219
1. 설문지 작성 ····· 219
2. 데이터 수집과정 및 설문 응답자 분석 ····· 219
3. 설문조사 결과 분석 ····· 220
제 2 절 워크숍 ····· 226
1. 워크숍 개요 ····· 226
2. 서울메트로 신호시스템 개량 최적의 시스템 검토 의견 ····· 227
3. 유관기관 의견 종합 ····· 238
제 3 절 결론 ····· 239

제 4 장 철도신호분야 Master Plan 수립을 위한 조사 분석 ····· 240
제 1 절 철도신호분야 특허동향 ····· 240
1. 개요 ····· 240
2. 특허기술 Landscape ····· 254
3. 기술 분석 ····· 262
4. 결론 및 시사점 ····· 276
제 2 절 SWOT분석 ····· 279
1. 내부역량 ····· 279
2. 외부환경 ····· 279
3. SWOT분석 결과 대응전략 ····· 280
제 3 절 기존 기술 및 인프라 등의 활용 및 연계방안 수립 ····· 283
1. 세계적인 기술발전 동향 및 국내기술 현황 ····· 283
2. KRTCS 인프라 구축 현황 ····· 284
3. 연계방안 ····· 285
제 4 절 결론 ····· 286

제 5 장 철도신호분야 Master Plan ····· 288
제 1 절 철도신호분야 Master Plan 수립 배경 ····· 288
1. 우리나라 정부의 철도기술 발전 비전 및 목표 ····· 288
2. 유럽연합의 일반철도 및 고속철도 ETCS+ATO 적용 개선계획 ····· 290
3. 영국의 철도신호분야 Master Plan ····· 292
4. 우리나라 철도신호시스템 운영현황 ····· 292
제 2 절 미래 철도신호기술 전망 ····· 294
1. 도시철도용 철도신호체계 ····· 294
2. 일반철도 및 고속철도용 철도신호체계 ····· 294
3. 통합(도시철도, 일반 및 고속철도) 철도신호체계 ····· 295
제 3 절 철도신호분야 Master Plan ····· 300
1. 비전 ····· 300
2. 목표 ····· 300

3. 중점 추진전략 ····· 305
제 4 절 철도신호분야 Master Plan 마일스톤 종합 ····· 317
1. 관제 ····· 317
2. 지상 및 차상신호장치 ····· 317
3. SIL인증 지원체계 구축 ····· 319
4. 안전 및 유지보수 ····· 319
5. 철도신호분야 Master Plan Milestone 결론 ····· 320

제 6장 통합신호시스템 실용화를 위한 세부연구과제 Tree 및 핵심기술 정의 ··· 321
제 1 절 연구과제 트리 ····· 321
1. 연구과제 트리 ····· 321
2. 단기추진과제 트리 ····· 322
3. 연구과제 우선순위(단기추진과제) ····· 322
제 2 절 스마트 관제시스템 기술개발 ····· 323
1. 무인운전을 위한 도시철도용 통합 관제시스템 개발 ····· 323
제 3 절 UTO수준 통합형 지상/차상신호장치 기술개발 ····· 327
1. 도시철도 기반 통합 차상신호장치용 공용 플랫폼 개발 ····· 327
2. LTE-R을 이용한 일반철도 ATO 시스템 개발 ····· 329
3. 차상/지상 양방향 데이터 통신 기능을 가진 지상 데이터전송장치 개발 ····· 332
4. 일반철도/고속철도용 역 종합제어장치 개발 ····· 334
제 4 절 중소기업 SIL인증을 위한 공동 인증지원 체계 ····· 337
1. 철도신호시스템 SIL인증체계 통합지원 인프라 구성 연구개발 ····· 337
2. 철도신호시스템용 공통플랫폼 연구개발 ····· 339
3. 상왕십리 사고 재발방지를 위한 전자연동장치 S/W 안전성 향상 기술개발 ····· 343
제 5 절 실시간 철도신호 안전 및 유지보수체계 구축 ····· 345
1. 철도신호 유지보수체계 효율성 증대를 위한 장치 및 자원 실시간 감시 시스템 개발 ·· 345
제 6 절 통합신호시스템 실용화 연구과제 기술적 타당성 분석 ····· 348
1. 국내 신호기술개발 현황 및 상용화 수준 ····· 348
2. 기술개발 타당성 ····· 355
3. 기술적 타당성 결론 ····· 355

제 7 장 전문기관 타당성 분석 ····· 356
제 1 절 정책적 타당성 분석 ····· 357
1. 연구목적 ····· 357
2. 국내외 철도 신호 정책 ····· 358
3. 도시장 전망 ····· 361
4. 국내외 철도신호 정책 분석 결과 ····· 369
제 2 절 경제성 분석 ····· 373
1. 경제성분석 방법론 ····· 373
2. 경제성 분석 ····· 382

제 3 절 결론 ····· 405
1. 정책적 타당성 ····· 405
2. 경제적 타당성 분석 ····· 406
3. 시사점 ····· 407

제 8 장 단기추진과제별 추진체계 구성 및 연구소요 예산 ····· 406
제 1 절 스마트 관제시스템 기술 개발 ····· 408
1. 무인운전을 위한 통합 관제시스템 개발 ····· 408
제 2 절 UTO수준 통합형 지상/차상신호장치 기술 개발 ····· 413
1. 도시철도기반 통합 차상 신호장치용 공통플랫폼 개발 ····· 413
2. LTE-R을 이용한 일반철도 ATO 시스템 개발 ····· 418
3. 차상/지상 양방향 데이터 통신 기능을 가진 지상 데이터전송장치(T-Balise) 연구개발 422
4. 일반철도/고속철도용 역 종합제어장치 개발 ····· 429
제 3 절 중소기업 SIL인증 지원체계 구축 ····· 433
1. 철도신호시스템 SIL인증체계 통합 지원 인프라 구성 ····· 433
2. 철도신호시스템용 공통플랫폼 연구개발 ····· 438
3. 상왕십리 사고 재발방지를 위한 전자연동장치 S/W 안전성 향상 기술개발 ····· 442
제 4 절 실시간 철도신호 안전 및 유지보수체계 구축 ····· 444
1. 철도신호 유지보수체계 효율성 증대를 위한 장치 및 자원 실시간 감시시스템 개발 444

제 9 장 세부과제 RFP ····· 446
제 1 절 스마트 관제시스템 기술 개발 ····· 450
제 2 절 UTO수준 통합형 지상/차상신호장치 기술 개발 ····· 454
제 3 절 중소기업 SIL인증 지원체계 구축 ····· 478
제 4 절 실시간 철도신호 안전 및 유지보수체계 구축 ····· 493

부록 ····· 499

참고문헌 ····· 512

< 표 차례 >

[표1.1.1] 연구과제 목표, 연구개발 내용 및 방법 ····· 2
[표2.1.1] 지상장치 운용현황 ····· 20
[표2.1.2] 차상장치 운용현황 ····· 20
[표2.1.3] 신호방식별 특성 비교 ····· 22
[표2.1.4] 도시철도 시스템 ····· 34
[표2.1.5] 도시철도 신호시스템 현황 1 ····· 34
[표2.1.6] 도시철도 신호시스템 현황2 ····· 36
[표2.1.7] 수신계전기 동작 ····· 48
[표2.1.8] 정밀정차 표시기 설치 위치 ····· 84
[표2.1.9] ATC 속도코드 현황 ····· 85
[표2.1.10] 부산지하철 2호선 설비 종류 ····· 106
[표2.1.11] 부산지하철 1,2호선 비교 ····· 108
[표2.1.12] 경량전철 도입 시스템 ····· 120
[표2.2.1] 저심도 도시철도시스템 기술개발 최종성과물 및 활용 방안 ····· 161
[표2.3.1] ETCS LEVEL에 따른 신호설비의 적용 및 특징 ····· 168
[표2.3.2] 미국철도 주파수별 사용 내역 ····· 176
[표2.3.3] ATACS주요사양 ····· 179
[표2.3.4] ETCS와 CTCS Level 비교 ····· 184
[표2.4.1] 제작사별 CBTC 시스템 현황 ····· 190
[표2.4.2] CBTC 운용 현황 ····· 191
[표2.5.1] 철도 안전관리 강화 주요 과제 ····· 201
[표2.5.2] 년도별 철도 연구개발 예산 현황 ····· 202
[표2.5.3] 철도 연구개발 3대 중점 추진분야별 과제 ····· 202
[표2.5.4] 국가 철도신호시스템 표준과 계획 ····· 203
[표2.5.5] UIC Code 660 OR에 속도관련 규정 ····· 204
[표2.5.6] 운행시간과 에너지 소모 실적 비교(UNISG 시험결과) ····· 211
[표3.1.1] 설문조사 응답자 분석 ····· 220
[표3.1.2] 운영구간의 신호시스템 개량에 관한 의견 분석 ····· 221
[표3.1.3] 국내 및 국외 신호시스템의 기술수준 분석과 문제점 분석 ····· 223
[표3.1.4] 철도신호분야 Master Plan 수립을 위한 목표 및 추진전략 분석 ····· 224
[표3.1.5] 철도신호분야 Master Plan을 위한 핵심기술 및 실용화 과제 평가 분석 ····· 225
[표3.2.1] 3호선 신호설비 현황 ····· 228
[표3.2.2] 4호선 신호설비 현황 ····· 229
[표3.2.3] 세계의 CBTC 시스템 적용 노선 현황 ····· 234
[표4.1.1] 검색 DB 및 검색범위 ····· 241
[표4.1.2] 분석대상 기술의 기술분류체계 ····· 242
[표4.1.3] 분석대상 기술분류기준 ····· 243
[표4.1.4] 기술분류체계에 따른 최종 검색식 ····· 245

[표4.1.5] 분석대상 기술분류 ····· 250
[표4.1.6] 유효 특허 선별 결과 ····· 251
[표4.1.7] 주요 경쟁자 Landscape ····· 260
[표4.2.1] SWOT 분석 ····· 282
[표5.1.1] 우리나라 철도신호시스템 운영현황 ····· 293
[표5.3.1] 철도안전계획목표 ····· 303
[표5.3.2] 신분당선 시스템과 기존 시스템 비교표 ····· 308
[표5.3.3] 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 기술개발현황 ····· 309
[표5.3.4] 우리나라 철도신호산업 기술 개발현황 ····· 311
[표6.3.1] 국내 철도 신호시스템 현황 ····· 328
[표7.2.1] 철도 전문가의 견해에 의한 가중치 ····· 383
[표7.2.2] 신호 기술개발 대상과 편익항목 ····· 386
[표7.2.3] 신호 기술개발의 편익항목과 이용데이터 ····· 387
[표7.2.4] 신호 가중치(10%)를 적용한 대기시간 절약 편익 추정 ····· 388
[표7.2.5] 신호 가중치(10%)를 적용한 사고 손실 감소 추정액 ····· 389
[표7.2.6] 신호 가중치(10%)를 적용한 이후 요금수입 기여도 추정 ····· 390
[표7.2.7] 신호 가중치(10%)를 적용한 유지보수비 추정 ····· 391
[표7.2.8] 신호 가중치(10%)를 적용한 감가상각비 추정 ····· 392
[표7.2.9] 신호 가중치(10%)를 적용한 표준화 이후 사고손실액 ····· 393
[표7.2.10] 신호 분야 총 비용(C) 추정 ····· 394
[표7.2.11] 연도별 표준화 기준 구축비용 추정치 ····· 394
[표7.2.12] 국산 통합형 철도신호 체계 기술 개발 사업의 편익 추정을 위한 항목 ····· 396
[표7.2.13] 국산 통합형 철도신호 체계 기술 개발 사업의 현재가치 산출 ····· 397
[표7.2.14] 신호 핵심기술 개발부문 ····· 397
[표7.2.15] 철도 차량 및 부품 수출입 ····· 399
[표7.2.16] 신호 장치 장치 개발 항목별 개발비용 ····· 400
[표7.2.17] 신호 기술 개발의 국민경제적 파급효과 분석 ····· 403

< 그림 차례 >

[그림1.1.1] 연구추진체계 ····· 2
[그림1.2.1] 연구과제 Flow ····· 3
[그림1.3.1] 연구추진 일정 ····· 4
[그림2.1.1] 경부고속철도 열차제어시스템의 전체 구성도 ····· 5
[그림2.1.2] 경부고속철도 열차제어시스템의 인터페이스 블록도 ····· 6
[그림2.1.3] 고속철도 ATC 차상장치 구성도 ····· 8
[그림2.1.4] 호남고속철도 열차제어시스템 구간 ····· 9
[그림2.1.5] 경부고속철도 vs 호남고속철도 비교 ····· 10
[그림2.1.6] 호남고속철도 열차제어시스템 구성도 ····· 10
[그림2.1.7] 열차제어시스템 설비 구성 ····· 11
[그림2.1.8] 디지털 궤도회로 구성 ····· 11
[그림2.1.9] 안전설비의 종류 ····· 12
[그림2.1.10] 3현시 체계의 열차진행 ····· 13
[그림2.1.11] 신호 현시별 열차의 제한속도 ····· 14
[그림2.1.12] 일반철도 ATP 장치의 개념도(Ansaldo STS) ····· 15
[그림2.1.13] ERTMS/ETCS ATP 지상장치 구성도(Alstom) ····· 15
[그림2.1.14] 유로발리스의 응동조건 ····· 16
[그림2.1.15] ERTMS/ETCS ATP 차상장치 구성도(Alstom) ····· 17
[그림2.1.16] ATP 운영현황 ····· 19
[그림2.1.17] 지상신호방식에 의한 열차속도제어 곡선 ····· 22
[그림2.1.18] 도시철도 ATC/ATO 구성 ····· 24
[그림2.1.19] ATC 구성 ····· 26
[그림2.1.20] ATS 구성 ····· 27
[그림2.1.21] ATO 정위치 정차 개념 ····· 28
[그림2.1.22] 전자연동장치 구성 ····· 29
[그림2.1.23] ATS 계전기 제어함 ····· 38
[그림2.1.24] 전자연동장치 설비 구성도 ····· 40
[그림2.1.25] DC구간용 임피던스 본드 회로도 및 외형도 ····· 42
[그림2.1.27] 커플링 유니트 회로도 ····· 42
[그림2.1.27] 미니본드 사진(DC용) ····· 42
[그림2.1.28] 본선 AF궤도회로 구성도 ····· 44
[그림2.1.29] 차상자 외형 ····· 47
[그림2.1.30] ATP/ATO 시스템 현황 ····· 49
[그림2.1.31] 서울메트로 2호선 ATP/ATO장치 구성도 ····· 50
[그림2.1.32] ATP/ATO 차상장치의 구성도 ····· 51
[그림2.1.33] TTC 설비 구성도 ····· 53
[그림2.1.34] 신호기계실 설비 구성도 ····· 54
[그림2.1.35] ATS/ATO 중첩운행 시스템 구성도 및 인터페이스 현황 ····· 57
[그림2.1.36] 신규 설비와 기존 설비와의 중첩운행 인터페이스 현황 ····· 57

[그림2.1.37] ATC의 기본적인 구성 ····· 58
[그림2.1.38] 전자연동장치 설비 구성도 ····· 62
[그림2.1.39] AF 궤도회로장치 시스템 구성도 ····· 63
[그림2.1.40] DC전철 구간용 임피던스 ····· 64
[그림2.1.41] DC전철 구간용 임피던스 ····· 64
[그림2.1.42] 커플링 유니트 회로도 ····· 65
[그림2.1.43] 미니본드 사진(DC용) ····· 65
[그림2.1.44] 전체 시스템 구성도 ····· 68
[그림2.1.45] 표시부 구성도 ····· 69
[그림2.1.46] TTC 시스템 구성도 ····· 70
[그림2.1.47] 서울도시철도 6호선 신호분야 전체 구성도 ····· 80
[그림2.1.48] 차상 ATC ASS'Y ····· 84
[그림2.1.49] TWC ASS'Y ····· 87
[그림2.1.50] 열차운행종합제어시스템 구성도 ····· 88
[그림3.1.51] 열차운행제어컴퓨터(TCC) ····· 88
[그림2.1.52] LDP BLOCK Diagram ····· 89
[그림3.1.53] 열차운행정보 전송도 ····· 91
[그림2.1.54] 연동역 시스템 구성도 ····· 92
[그림2.1.55] 전자연동장치 구성도 ····· 94
[그림2.1.56] ATP/ATO 장치의 구조도 ····· 95
[그림2.1.57] Beacon설치 개념도 ····· 98
[그림2.1.58] SDTC궤도회로의 설비 및 인터페이스 ····· 100
[그림2.1.59] TLDS장치의 구성 ····· 103
[그림2.1.60] 4량 편성 열차의 정위치 정차(예시) ····· 104
[그림2.1.61] 공항철도 차상신호 시스템 구조 ····· 104
[그림2.1.62] 공항철도 차상통신 시스템 ····· 105
[그림2.1.63] 부산지하철 2호선 시스템 구성도 ····· 106
[그림2.1.64] ATC시스템 하드웨어 구성 ····· 107
[그림2.1.65] 차상 ATP 시스템 구성 ····· 111
[그림2.1.66] 차상신호시스템 구성 ····· 116
[그림2.1.67] 현장 신호기기실 설비 구성 ····· 117
[그림2.1.68] 신분당선 네트워크 구성도 ····· 121
[그림2.1.69] OCC 전체구성도 ····· 122
[그림2.1.70] ATS 선로 샘플 ····· 123
[그림2.1.71] VCC의 구성 ····· 124
[그림2.1.72] 차축검지기(Axle Counter) ····· 126
[그림2.1.73] 전동차내 화상정보 흐름도 ····· 127
[그림2.1.74] 관제 TCMS 콘솔 화면 예시 ····· 127
[그림2.1.75] PSD 모니터링 시스템 화면 구성도 ····· 128
[그림2.1.76] 차상장치 구조 ····· 129
[그림2.1.77] 지상 무선 통신설비 인터페이스 ····· 136

[그림2.1.78] 차상설비 구성 ····· 137
[그림2.1.79] VOBC 서브시스템간 인터페이스 ····· 137
[그림2.1.80] 선두 및 후미 차 VOBC간 인터페이스 ····· 138
[그림2.1.81] 의정부 경전철 신호체계 ····· 140
[그림2.1.82] 반송선 신호시스템 구성도 ····· 141
[그림2.1.83] 차상 신호설비의 구성 ····· 141
[그림2.1.84] 체크아웃 검지 ····· 143
[그림2.1.85] ATP TD 장치 ····· 143
[그림2.1.86] 차상 ATP 구성도 ····· 144
[그림2.1.87] ATO Local 제어장치 구성 ····· 145
[그림2.2.1] 개발 로드맵 ····· 149
[그림2.2.2] 유럽표준 고속철도 열차제어 상호호환성 검증 ····· 150
[그림2.2.3] 연구개발범위 ····· 151
[그림2.2.4] RBC의 특징 ····· 151
[그림2.2.5] 자상설치 인터페이스 기술 개발 ····· 152
[그림2.2.6] 연구개발 범위 ····· 152
[그림2.2.7] KRTCS 년차별 추진 내용 ····· 156
[그림2.2.8] KRTCS 지상시스템 구성 ····· 156
[그림2.2.9] KRTCS 차상시스템 구성 ····· 157
[그림2.2.10] 종합성능 시험선 구축 ····· 157
[그림2.2.11] LTE-R 지상설비 및 무선망 설비 구축 ····· 158
[그림2.2.12] KRTCS 상호호환성 시험 ····· 159
[그림2.3.1] 국내 신호시스템의 나아갈 방향 ····· 163
[그림2.3.2] ERTMS/ETCS 표준화를 위한 단계별 과정 ····· 164
[그림2.3.3] ERTMS 구조 ····· 165
[그림2.3.4] ETCS Level 1 ····· 166
[그림2.3.5] ETCS 지상 및 차상장치의 인터페이스 규격 ····· 167
[그림2.3.6] ETCS 차상장치의 구성도(Thales) ····· 168
[그림2.3.7] 최근 신호시스템의 발절 및 적용 ····· 169
[그림2.3.8] 전세계 ETCS 실행 현황 ····· 169
[그림2.3.9] 전세계 ETCS 차상, 지상 구축 현황 ····· 169
[그림2.3.10] 2030년 ETCS 운영 노선 전망 ····· 170
[그림2.3.11] Baseline3 기능 추가 사항 ····· 172
[그림2.3.12] Baseline3 인터페이스 구성도 ····· 172
[그림2.3.13] Baseline3 인터페이스 사양 변경 내역 ····· 173
[그림2.3.14] ERTMS Regional 시스템 구성 ····· 174
[그림2.3.15] PTC 망구조도 ····· 174
[그림2.3.16] ATACS 지상설비 구성도 ····· 177
[그림2.3.17] ATACS 구조도 ····· 178
[그림3.3.18] ATACS 열차제어 개요 ····· 179
[그림2.3.19] CTCS Level 3 시스템 구조 ····· 182

[그림2.3.20] Level 전환 운전 예 ····· 183
[그림2.3.21] 인도네시아 PT.Kai MOU ····· 187
[그림2.4.1] CBTC 구축 현황 ····· 190
[그림2.4.2] MODURBAN 시스템 구조 ····· 196
[그림2.4.3] CBTC 표준간 관계 구축 ····· 197
[그림2.5.1] 광역경제권간 통행희망도 및 국가 철도망 구상 ····· 199
[그림2.5.2] 수도권 광역교통축 및 도로용량 대비 교통량 비율 ····· 200
[그림2.5.3] 유럽 철도 인프라에 관한 프레임워크 ····· 204
[그림2.5.4] 영국 신호시스템 마스터 플랜 ····· 205
[그림2.5.5] 유럽 사용자 요구사항과 Shift2Rail ····· 207
[그림2.5.6] 일반철/고속철 자동운전을 위한 기능 흐름도 ····· 208
[그림2.5.7] 일반철/고속철에 점진적 ATO적용 개념 ····· 209
[그림2.5.8] 지상 ETCS 설치 환경에서 자동운전 개념 ····· 209
[그림2.5.9] 지상 ETCS 및 ATO 발리스 환경에서 자동운전 개념 ····· 210
[그림2.5.10] 지상 ETCS, ATO 발리스 및 TMS 환경에서 자동운전 ····· 210
[그림2.5.11] 중국정부의 철도망 건설계획 ····· 213
[그림3.2.1] 철도신호시스템 Master Plan 워크숍 ····· 226
[그림4.1.1] 연도별 전체 특허동향 ····· 254
[그림4.1.2] 주요시장국 내·외국인 특허출원현황 ····· 256
[그림4.1.3] 전체 기술시장 성장단계 ····· 257
[그림4.1.4] 국가별 기술시장 성장단계 ····· 259
[그림4.1.5] 주요출원인의 기술 분포 ····· 261
[그림4.1.6] 분류별 점유율 및 연도별 출원동향 ····· 262
[그림4.1.7] 연도 구간별 세부기술 동향 ····· 263
[그림4.1.8] 열차감시(AA) 분야의 다출원인 특허 동향 ····· 264
[그림4.1.9] 열차간격제어(AB) 분야의 다출원인 특허 동향 ····· 265
[그림4.1.10] 열차진로제어(AC) 분야의 다출원인 특허 동향 ····· 266
[그림4.1.11] 통신시스템 및 응용(AD) 분야의 다출원인 특허 동향 ····· 267
[그림4.1.12] 열차운행계획(AAA) 분야의 구간별 출원 동향 ····· 268
[그림4.1.13] 열차운행서비스관리(AAB) 분야의 구간별 출원 동향 ····· 268
[그림4.1.14] 열차추적 및 감시(AAC) 분야의 구간별 출원 동향 ····· 269
[그림4.1.15] 인터페이스관리(AAD) 분야의 구간별 출원 동향 ····· 269
[그림4.1.16] 열차감시(AA) 분야의 구간별 증가율 및 점유율 ····· 270
[그림4.1.17] 고정폐색방식(ABA) 분야의 구간별 출원 동향 ····· 271
[그림4.1.18] 거리중심제어(ABB) 분야의 구간별 출원 동향 ····· 271
[그림4.1.19] 이동폐색방식(ABC) 분야의 구간별 출원 동향 ····· 272
[그림4.1.20] 열차간격제어(AB) 분야의 구간별 증가율 및 점유율 ····· 272
[그림4.1.21] 진로설정 및 처리(ACA) 분야의 구간별 출원 동향 ····· 273
[그림4.1.22] 진로감시(ACB) 분야의 구간별 출원 동향 ····· 273
[그림4.1.23] 열차진로제어(AC) 분야의 구간별 증가율 및 점유율 ····· 274
[그림4.1.24] 무선통신 및 보안(ADA) 분야의 구간별 출원 동향 ····· 274

[그림4.1.25] 기관사인지능력평가(ADB) 분야의 구간별 출원 동향 ····· 275
[그림4.1.26] 통신시스템 및 응용(AD) 분야의 구간별 증가율 및 점유율 ····· 275
[그림4.3.1] ETCS Level2 연구개발 로드맵 ····· 284
[그림4.3.2] KRTCS 인프라 구축 현황 ····· 285
[그림5.1.1] 우리나라 정부의 철도사업 비전 및 목표 ····· 288
[그림5.1.2] 우리나라 철도 발전전망(국토교통부) ····· 290
[그림5.1.3] ETCS 적용 개선계획[UNISIG, 2013. 11] ····· 291
[그림5.1.4] 지상 ETCS, ATO 발리스 및 TMS 환경에서 자동운전 ····· 291
[그림5.1.5] 영국의 철도신호시스템 Master Plan [RTS TSLG, 2012] ····· 292
[그림5.2.1] 지상관제와 열차탐지 아키텍처 ····· 296
[그림5.2.2] 유로발리스 관련 아키텍처 ····· 296
[그림5.2.3] 무선폐색센터 관련 아키텍처 ····· 297
[그림5.2.4] 무선통신관련 아키텍처 ····· 297
[그림5.2.5] 지상신호장치 아키텍처 ····· 298
[그림5.2.6] 차상 ATP/ATO 및 DMI관련 아키텍처 ····· 298
[그림5.2.7] 차상 무선통신 및 속도 측정장치관련 아키텍처 ····· 299
[그림5.2.8] 차상철도신호시스템 아키텍처 ····· 299
[그림5.3.1] 신분당선 종합관제시스템 개념(예) ····· 301
[그림5.3.2] 스마트 통합관제 구축 개념 ····· 305
[그림5.3.3] 신분당선 종합관제상황 및 정보 흐름도 ····· 306
[그림5.3.4] 무인시스템의 원리 ····· 308
[그림5.3.5] 일반철/고속철 자동운전을 위한 기능흐름도 ····· 310
[그림5.3.6] 향후 철도기술 시장 전망[2013 국회국정감사 정책자료집] ····· 313
[그림5.3.7] V모델 ····· 315
[그림5.4.1] 철도신호분야 Master Plan ····· 320
[그림6.3.1] T-Balise와 LEU 주변장치 계통도 ····· 333
[그림6.4.1] 철도신호시스템 SIL인증을 위한 인프라 구성 안전도 측면 ····· 339
[그림6.5.1] 5현시에서 폐색신호 현시 ····· 346
[그림6.6.1] 철도신호시기별 기술 발전 단계 ····· 351
[그림6.6.2] 시기별 세계 철도시장 CBTC 도입 건 수 ····· 351
[그림6.6.3] ERTM/ETCS 개발 체계 ····· 353
[그림7.1.1] 철도 산업 연구에 따른 세계 철도시장 발전 예측 ····· 361
[그림7.1.2] 철도 여객 교통 수요 예측 ····· 362
[그림7.1.3] 철도 기술의 시장 성장 예측 ····· 363
[그림7.1.4] 국가별 철도 시장 점유율 ····· 364
[그림7.1.5] Control Command and Signaling 개발 및 업그레이드 세계 시장 점유율 366
[그림7.2.1] 산업연관표의 기본구조 ····· 377
[그림7.2.2] 생산유발계수표의 의미 ····· 380
[그림7.2.3] 연도별 철도 수송 현황 ····· 384
[그림7.2.4] 국산 통합형 철도신호 체계 기술 개발 사업 경제성 평가 과정 ····· 386
[그림7.2.5] 연구개발지출의 국민경제 파급효과 분석 과정 ····· 402

[그림7.2.6] 연구개발지출의 철도부문 파급효과 분석 과정 ····· 403
[부록 그림1] 자동화 단계(GoA) ····· 504

제 1 장 연구의 개요

제 1 절 서론

1. 연구의 배경 및 목적

세계적으로 철도산업은 기후변화로 인한 탄소절감 계획에 따라 철도 중심의 교통정책으로 거대시장으로 성장 할 것으로 판단된다. 발전하고 있는 철도시장의 현황을 살펴보면, 기술력이 있는 유럽 등 특정 국가 및 특정 기업이 대부분의 시장을 점유하고 있다. 국가별 점유 상황은 유럽이 60%이상을 점유 하고 있는 상태이다. 그러나 전 세계적으로 발전하고 있는 철도산업이 국내에서는 소규모이며 이 또한 불규칙한 발주로 대기업이 외면하고 있는 실정이다. 국내 철도분야에 종사하고 있는 기업은 90%이상이 임직원이 50명 이하의 영세한 규모이다. 이렇게 국내 철도분야에 종사하고 있는 기업의 상황이 열악하지만 국내 기술수준을 보면 KTX-산천, HEMU-430x등의 개발로 기술자립을 거쳐 수출이 가능한 수준에 도달해 있다. 그러나 우리나라는 그간 철도신호분야의 국가R&D가 산발적으로 이루어졌으며, 철도신호체계 및 관련부품 등은 국내기술로 상용화된 사례가 없어, 유럽의 ETCS등을 그대로 도입하여 해외업체에 기술적으로 종속되어 있다. 그리고 유럽 등 해외에서 요구하는 SIL 인증을 획득한 국산제품이 없어 국내는 물론 해외시장 진출이 불가능하다.

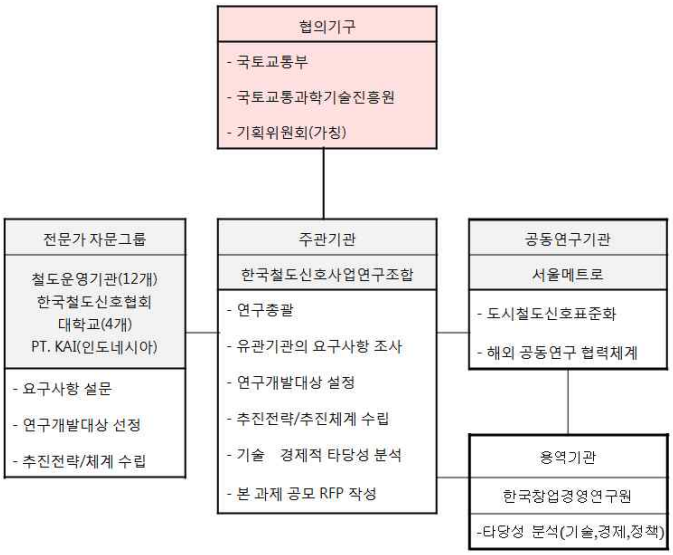
본 기획과제는 이러한 상황에서 신호사업을 육성하기 위하여 철도신호분야 Master Plan을 정립하고, 통합(지상・차상・관제)신호시스템 실용화 방안을 마련하는데 목적이 있으며, 이를 위하여 철도신호분야 관련 국내외 동향을 조사하고 연구개발을 위한 유관기관 의견수렴, 연구개발 대상 분야 설정을 위한 조사 및 분석, 연구개발 대상 분야 설정, 타당성 검토 등을 통해 연구개발 대상 분야의 최종목표 및 범위 설정, 연구목표 달성을 위한 추진전략 및 추진체계 수립, 소요예산 및 일정계획 수립, 본 과제 공모를 위한 RFP를 도출하도록 되어 있다.

본 최종보고서에는 본 연구의 철도신호분야 Master Plan 및 통합 신호시스템 실용화를 위한 핵심기술 정의 등 관제, 지상 및 차상 신호장치, 중소기업 SIL인증을 위한 공동 인증체계 구축, 안전 및 유지보수 체계에 대한 연구 결과가 반영되어 있다.

2. 연구추진체계 및 연구목표

가. 연구추진체계

본 기획과제 연구는 철도신호사업연구조합이 주관하며 서울메트로가 공동연구기관으로 참여하고, 철도운영기관, 한국철도신호협회 및 4개 대학교에서 자문을 하고 있다. 철도신호사업연구조합은 20개 회원사로 구성되어 있으며 이중 3개사에서 본 과제 연구에 직접 참여 중이고 나머지 회원사는 간접참여 중이다. 본과제의 실행화를 위한 경제성 분석은 한국창업경영연구원에서 시행예정이며 세부체계는 [그림1.1.1]에서 보이는 바와 같다.



[그림1.1.1] 연구추진체계

나. 연구목표

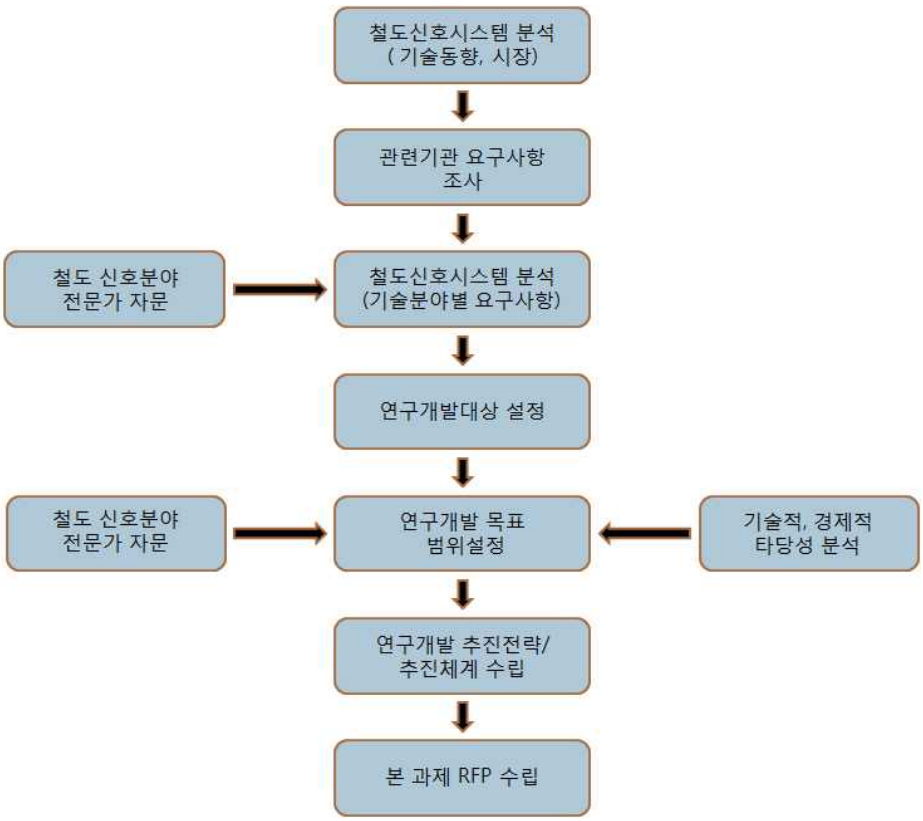
본 기획과제에 대한 연구목표는 표[1.1.1]에서 보는 바와 같다.

[표1.1.1] 연구과제 목표, 연구개발 내용 및 방법

구분	연구개발목표	연구개발내용 및 방법
2013년 12월 ~ 2014년 6월	○ 철도 신호분야 Master Plan 수립 ○ 국내외 철도신호기술 현황조사 및 분석 ○ 철도 신호 기술개발 로드맵 작성 및 핵심기술 정의 ○ 중소기업의 SIL(Safety Integrity Level)인증을 위한 공동인증체계 제시 ○ 철도전용무선망을 활용한 선도 기술 제시	○ 철도 신호분야 Master Plan 수립 ○ 기술개발 동향 및 환경분석 ○ 기술수요 및 기술예측 조사 실시 ○ 기술개발 전략 수립 ○ 연구목표 달성을 위한 추진방안 수립 ○ 중점 추진분야별 연구개발 후보과제 및 우선순위 도출 ○ 성과물에 대한 활용방안 및 실용화 추진방안 제시 ○ 인력투입 계획 및 소요예산 산정 ○ 사전타당성 검토 ○ 과제공모를 위한 RFP 작성 및 평가기준 설정

제 2 절 연구수행 흐름도

본 기획과제를 수행하기 위한 연구방법은 각종 국내외 문헌 및 보고서, 논문자료, 인터넷 자료 등을 활용하여 철도신호시스템 기술현황조사를 하였고, 철도운영기관에 대한 운영자 여론조사와 철도신호분야 관계기관 workshop을 통하여 제기한 철도 신호분야의 애로사항과 장·단기적인 요구사항을 Master Plan과 핵심 기술개발 로드맵 작성에 반영하였으며, 또한 SWOT분석을 통한 연구개발 대상을 설정하였다. 연구개발 목표와 범위가 설정되면 철도신호분야 전문가의 자문과 기술적, 경제적 타당성을 분석 한 후 최종적으로 연구개발 추진전략을 확정하고 이에 대한 추진체계를 수립한다. 마지막으로 본 과제에 대한 제안요청서(RFP)를 수립한다. 연구 수행 흐름을 종합하면 [그림1.2.1]과 같다.



[그림1.2.1] 연구과제 Flow

제 3 절 연구 추진 일정

연구수행기관	연 구 내 용	추 진 일 정 (2주)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
주관- 철도신호사업연구조합	철도신호분야 Mater Plan 수립												
주관- 철도신호사업연구조합	철도신호시스템 국내외 기술동향 및 환경분석												
주관- 철도신호사업연구조합	연구개발 대상분야 설 정을 위한 조사 분석												
공동- 서울메트로	연구개발대상분야 설정												
주관- 철도신호사업연구조합	과제도출 및 목표 수립												
공동- 서울메트로	세부실행계획 수립												
주관- 철도신호사업연구조합	기술개발 사전 타당성 조사												
공동- 서울메트로	실용화 및 사업화 방안 수립												
주관- 철도신호사업연구조합	연구소요 예산												
주관- 철도신호사업연구조합	추진전략 및 추진체계												
주관- 철도신호사업연구조합	RFP 작성												

[그림1.3.1]연구추진 일정

제 2 장 국내·외 철도신호시스템 기술 현황

제 1 절 국내 철도신호시스템 기술 현황

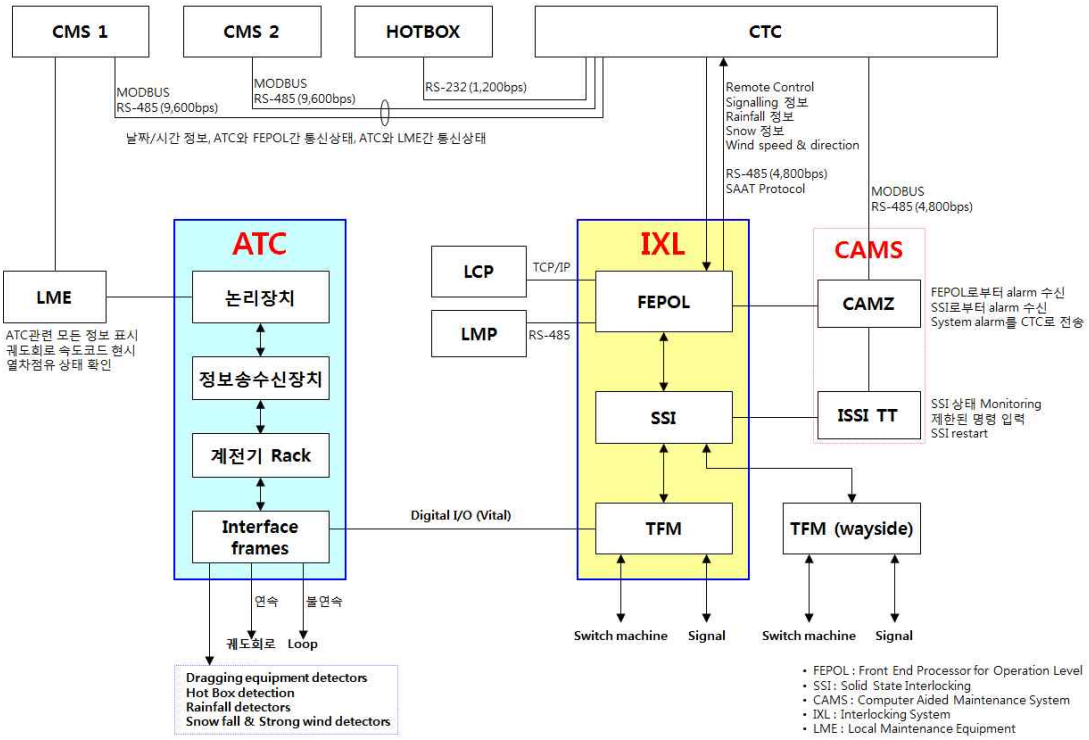
1. 고속철도 신호시스템 기술 현황

가. 경부고속철도

(1) 개요

경부고속철도 열차제어시스템(TCS : Train Control System)은 CTC(Centralized Traffic Control : 관제시스템), ATC(Automatic Train Control : 자동열차제어) 및 IXL(Interlocking System : 연동장치)으로 구성된다. 이중에서 신호시스템(Signalling System)은 연동장치(IXL)와 열차자동제어장치(ATC)를 의미하며, 기본 목적은 열차의 충돌방지와 탈선방지를 위한 열차의 안전운행에 대한 책임을 수행한다.

ATC는 열차검지, 열차간격, 속도명령, 차상속도제어 및 안전설비에 대한 기능을 수행하며, 연동장치는 CTC에서 요구된 제어 기능을 수행하며 열차의 안전운행을 위하여 선로전환기, 궤도, 신호 마커, 안전설비 등을 연쇄 동작시키는 장치이다.



[그림2.1.1] 경부고속철도 열차제어시스템의 전체 구성도

(2) ATC 구성

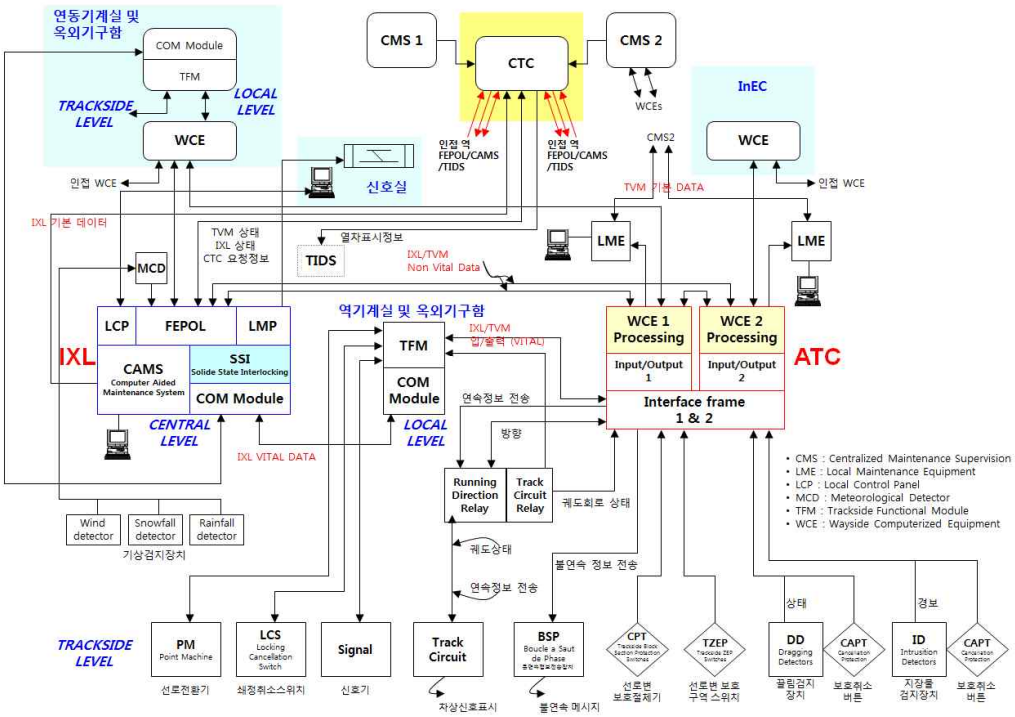
ATC 장치는 레일 또는 루프코일을 정보전송의 매체로 이용하여 속도정보와 열차운행과 관련된 정보를 연속 또는 불연속으로 전송하기 위한 장치이다.

재래의 열차운전방식은 각 구간마다 지상신호기를 설치하여 기관사가 이 신호기를 보고 미리 정해진 제한속도로 그 구간을 진입하여 운전하는 자동폐색방식(ABS : Automatic Block system)이었으며, 이러한 방식의 열차운전방식은 열차의 속도가 200km/h를 초과할 경우 열차의 정지거리가 속도의 자승에 비례하여 증가하므로 제동거리가 매우 길어지고, 정확한 지상신호기 관측 운전이 어려우므로 인위적인 조작에 의한 열차제어가 불가능해진다.

이와 같은 문제점을 해결하고 안전도를 향상시키기 위하여 지상에서 열차운전에 필요한 각종 신호정보를 차상으로 송신하여 열차를 제어하는 ATC를 사용하며, 경부고속철도에서 사용하는 ATC는 TVM430 시스템이며 궤도회로는 UM71C를 사용한다.

ATC 시스템인 TVM430은 다음과 같은 2개의 서브시스템으로 구성된다.

- 차상장치
- 지상장치



[그림2.1.2] 경부고속철도 열차제어시스템의 인터페이스 블록도

(3) ATC 지상장치

고속철도에서는 지상에서 차상으로 신호현시정보를 전송하여 기관실의 MMI에 표시하며, 이를 위해 궤도를 통해 전송되는 신호는 전기적인 방법으로 안전하여야 하며 이 기능을 수행하는 것이 TVM 전송시스템의 역할이다.

TVM430 지상시스템은 다수의 센터로 나뉘어져 있으며, 고속선을 따라 일정한 간격으로 설치되는 역 기계실, 연동역 기계실 및 중간 기계실이다. TVM은 7.5km까지 원격제어가 가능하며, 센터에서 제어구역내 15km까지 포함하는 신호설비를 하나의 센터로 그룹화 할 수 있다.

역 기계실 및 연동기계실 설비는 다음과 같다.

- 연동역 설비의 규모에 따라 한 대 또는 복수의 컴퓨터화된 지상장치(WCE : Wayside Computerized Equipment)를 설치
- 컴퓨터 지원보수장치
- 보수자용 고장 감시 장치

중간기계실 설비는 다음과 같다.

- 한 대의 WCE
- 계전기 인터페이스(RLI)
- 컴퓨터 지원보수장치
- 보수자용 고장 감시장치

ATC 지상장치는 궤도회로에 의한 열차 유무 검지, 연동장치로부터 전방진로의 조건, 개통방향 등 신호조건을 파악하고 궤도회로를 통하여 속도 신호정보를 차상장치로 전송하는 기능을 가진다.

지상장치의 구성은 다음과 같다.

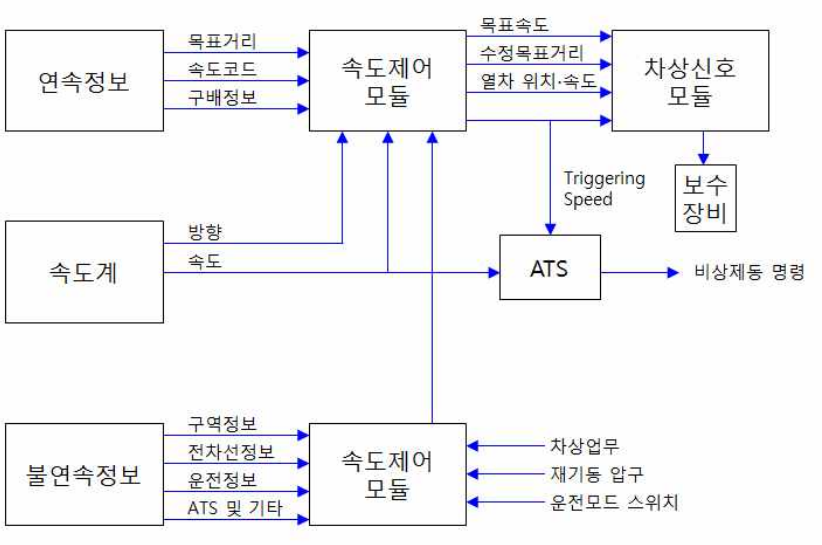
- 궤도회로장치(연속정보 전송)
- 불연속정보전송장치
- 논리장치
- 정보전송장치
- 계전기 인터페이스

(4) ATC 차상장치

ATC 차상장치의 구성은 다음과 같다.

- 연속정보 안테나(TVM 2G)
- 불연속정보 안테나(TVM BSP)

- 속도제어 모듈
- 차상 ATC 랙(차상컴퓨터, 속도계, 기록계)
- 차상신호 표시 유니트



[그림2.1.3] 고속철도 ATC 차상장치 구성도

나. 호남고속철도

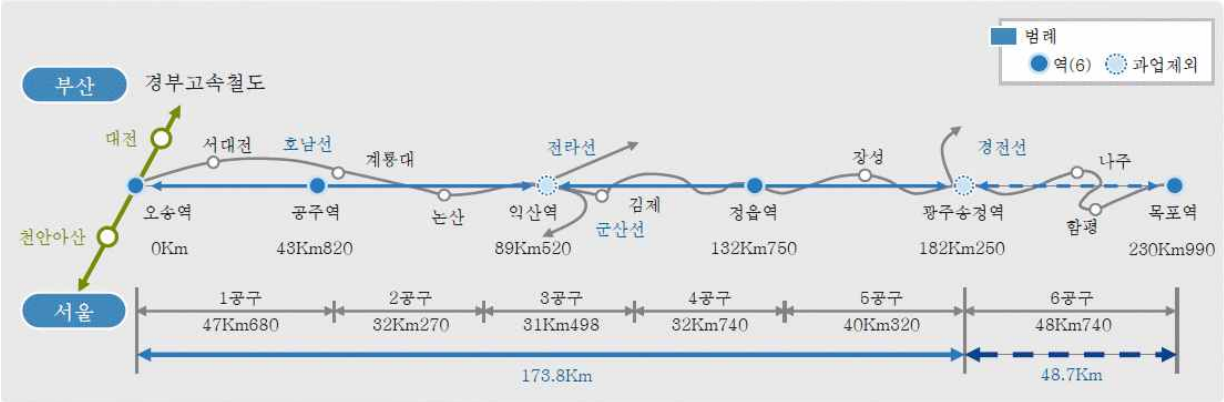
(1) 개요

경부고속철도에 이어 호남고속철도 구간을 고속선화 하기 위해, LS산전과 Ansaldo STS France(ASTS)가 KHLC로부터 공동 수급하여 2012년 7월 27일부터 2014년 12월 30일까지 열차제어시스템(TVM-SEI), 안전설비, 전원설비, 통합유지보수지원시스템을 설치하는 사업을 진행하고 있다.

고속철도 구간은 오송과 광주 송정간 173.8Km구간에 걸쳐 고속철도용 신호시스템을 구축하고 있다.

호남고속철도 열차제어시스템은 경부고속철도의 열차제어시스템을 대부분 수용하고 있으며, 경부고속철도와 비교하여 ATC와 연동장치를 통합한 시스템을 사용하고 디지털 궤도회로를 사용하는 것이 다르다.

- 오송 ~ 광주송정간 173.8 Km
  ※ 기계실 14개소 : 역기계실 2, 연동기계실 4, 중간기계실 8
  ※ 오송역 개량
- 익산, 광주송정역은 기존선 인터페이스 제공

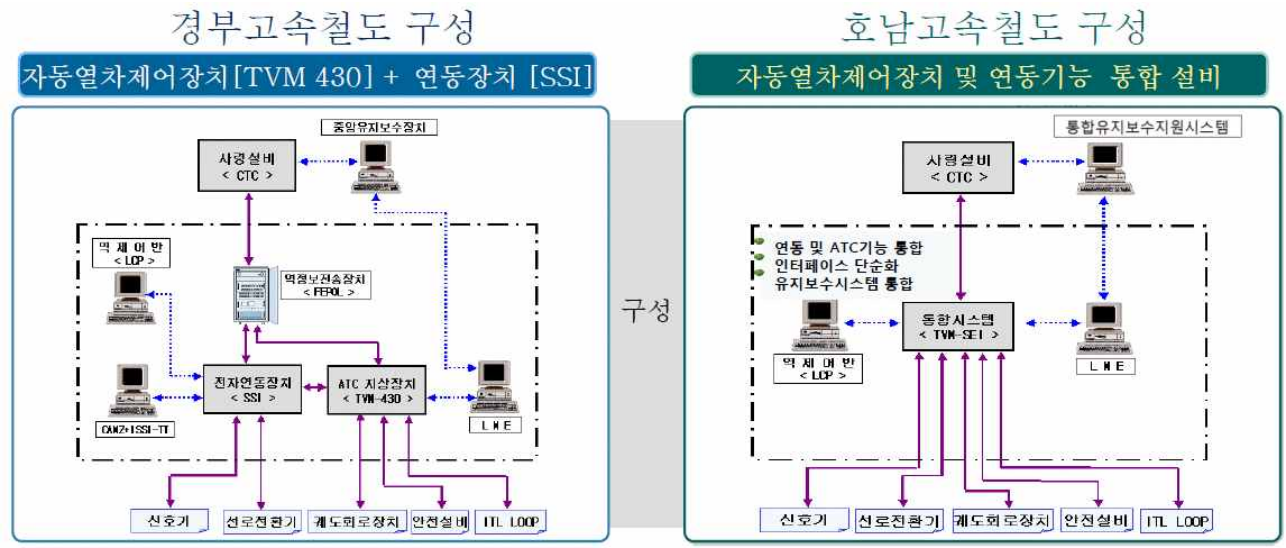


[그림2.1.4] 호남고속철도 열차제어시스템 구간

(2) 열차제어시스템의 특징

호남고속철도 열차제어시스템은 경부고속철도 열차제어시스템과 비교하여 다음과 같은 특징을 가진다.

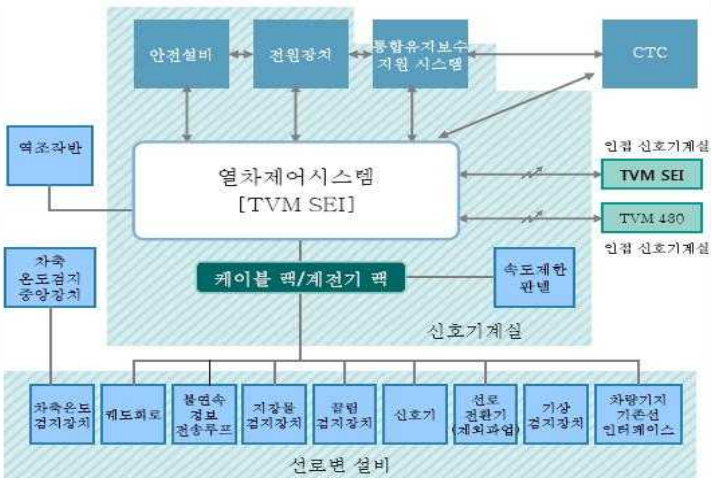
- 자동열차제어 기능(ATC)과 진로구성을 위한 연동기능을 통합하여 운영
- 기존의 역 정보전송장치(FEPOL), 전자연동장치 및 ATC 장치간 인터페이스를 하나의 시스템으로 통합하여 운영(CC-RTU)
- 연동장치 유지보수시스템(CAMS)의 기능을 유지보수장치(MAE)로 통합 운영
- 유지보수시스템에 제어 기능을 추가하고 수신기 전압을 표시
- 디지털 전송방식의 궤도회로를 적용하여 노이즈에 대한 면역성 강화 및 보수성을 향상
- 궤도 계전기, 수신기 등을 보드화하여 PCB 보드 입출력 방식으로 변경
- PAP1과 PAP2 시스템 이중화로 안전성 확보
- CAP1, CAP2, CAP3의 2oo3방식으로 3개의 독립적 다중 처리랙 운영



[그림2.1.5] 경부고속철도 vs 호남고속철도 비교

(3) 시스템 구성

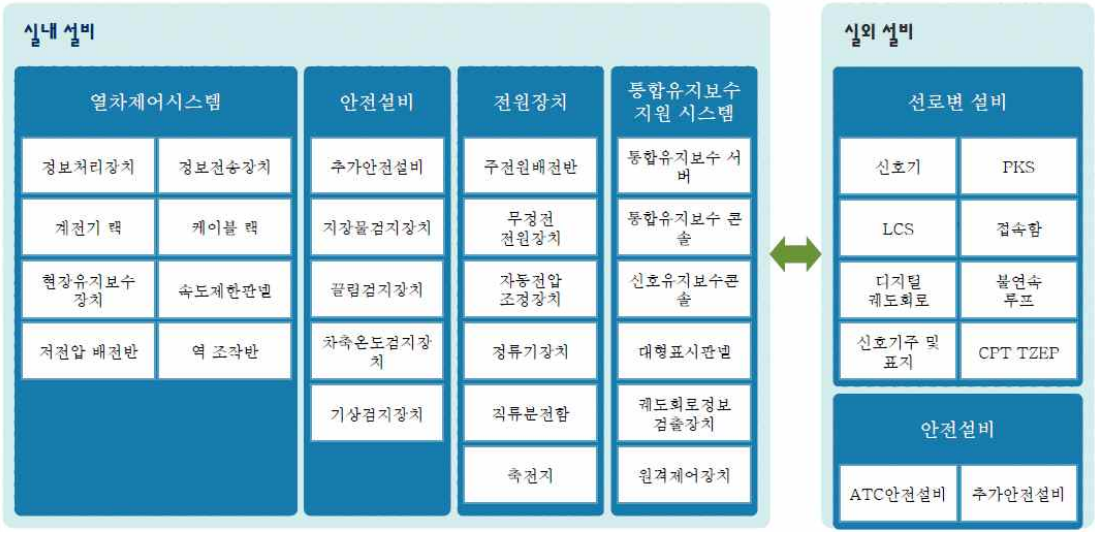
호남고속철도 시스템의 핵심은 TVM과 SEI를 통합한 열차제어시스템으로, 다음 그림과 같은 인터페이스를 통해 열차, 신호설비를 제어하고 감시한다.



[그림2.1.6] 호남고속철도 열차제어시스템 구성도

호남고속철도 열차제어시스템은 TVM과 SEI 시스템을 통합하여 인터페이스와 유지보수를 개선하고 시스템 호환성을 극대화하고 있다. 또한, 궤도회로 장치로 디지털 궤도회로를 적용하여 노이즈 내성을 개선하였다.

호남고속철도 열차제어시스템은 크게 실내설비와 실외설비로 구분되며, 실내설비는 열차제어시스템, 안전설비, 전원장치 및 통합유지보수지원 시스템으로 구성되고, 실외설비는 선로변 설비와 안전설비로 구성된다.



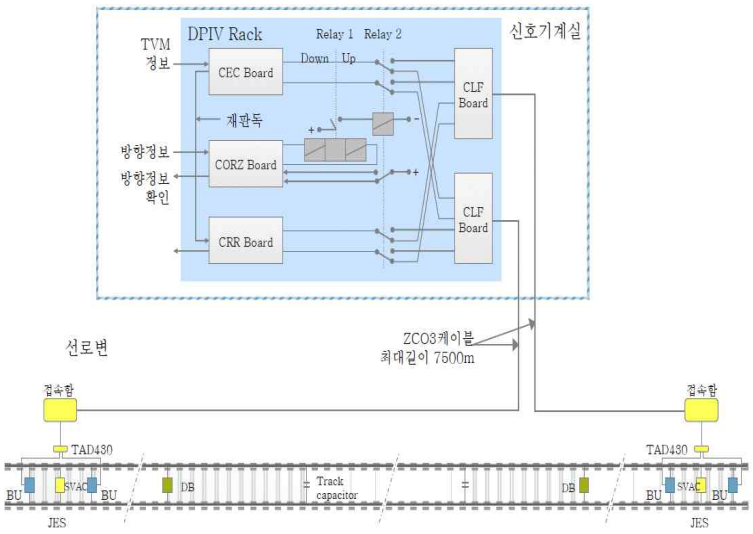
[그림2.1.7] 열차제어시스템 설비 구성

(4) 궤도회로

호남고속철도의 궤도회로는 디지털 방식을 사용하며, TVM 정보와 방향정보 처리, 선로변의 접속함과 인터페이스하는 궤도 인터페이스 랙(DPIV)이 주요한 설비이다.

신호기계실에 있는 DPIV 랙은 다음 장치들로 구성된다.

- 연속정보 송신 보드(CEC)
- 연속정보 재 판독 및 수신 보드(CRR)
- 가상선로 보드(칠)
- 방향 계전기 보드(CORZ)
- 전원 모드(CAIV)



[그림2.1.8] 디지털 궤도회로 구성

(5) 안전설비

고속으로 운행하는 열차의 위험 요소를 사전에 미리 검지하여 열차 및 승객의 안전을 도모하기 위한 필수적인 설비로, 열차의 안전을 위한 설비와 유지보수자의 안전을 위한 설비로 구분되어 운영된다.

열차의 안전을 위한 설비는 ATC 안전설비의 종류는 다음과 같다.

- 차축온도 검지장치
- 끌림 검지장치
- 지장물 검지장치
- 기상 검지장치

유지보수자를 위한 안전설비 및 기타 안전설비의 종류는 다음과 같다.

- 터널 경보장치 : 경관등 경보기, 스위치함, 제어반
- 보수자 선로횡단장치 : 제어반, 스위치함 신호등
- 레일온도 검지장치 : 레일온도 검지기, 제어반, 대기온도 검지기
- 분기기 히팅장치: 히터 제어기, 현장 제어반
- 통합 시스템 : 감시 PC, 통합 제어반
- 무인기계실 원격탐지 장치 : 원격감시 제어반, 출입문 통제장치



[그림2.1.9] 안전설비의 종류

(6) 통합유지보수지원 시스템

통합유지보수지원 시스템은 호남고속철도에 처음 적용하는 설비로, 경부고속철도의 개별 유지보수장치를 통합하여 유지보수의 효율화 및 편의를 제공한다.

주요 구성 설비는 다음과 같다.

- 통한유지보수 서버
- 통합유지보수 콘솔
- 대형표시판넬(LMP)
- 신호기계실의 유지보수 콘솔
- 궤도회로 정보검툴 장치
- 원격제어장치

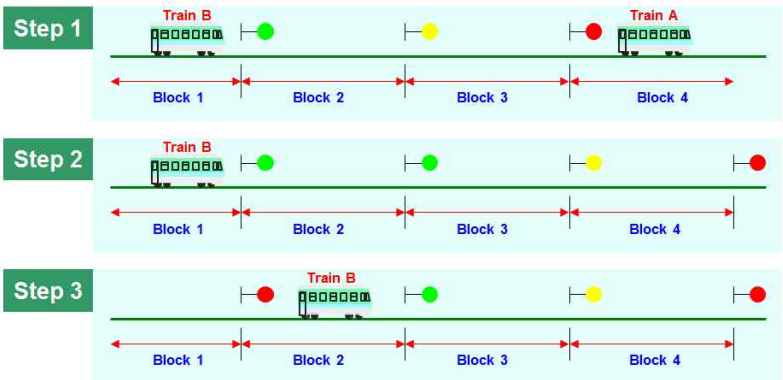
2. 일반철도 신호시스템 기술 현황

가. 개요

열차제어시스템의 주요한 기능은 열차의 속도제어로 열차의 안전운행과 열차 방호를 목적으로 한다. 신호 5현시, 열차 운전속도 및 차량의 제동성능에 따라 지상설비에 대한 조건이 달라지며, 일반철도에서는 지상신호방식을 사용하고 있다.

지상신호방식은 폐색경계 지점에 신호기를 설치하여 전방에 있는 신호 현시에 따라 기관사가 해당 구간에서 열차의 가·감속 및 제동 등의 운전을 행한다.

신호 현시에 따라 열차가 일정 지점을 통과 시, 정지 또는 주의 신호등이 지상설비를 통해 차상장치로 전송되고 차상장치는 열차의 실제 운행속도가 제한속도를 초과할 경우 비상제동을 작동시키며, 이와같은 장치를 ATS(Automatic Train Stop)이라 한다.



[그림2.1.10] 3현시 체계의 열차진행

3위 색등식 신호기에서는 적색(정지신호현시), 등황색(주의신호현시), 녹색(진행신호현시)을 단독으로 현시하는 것이 보통이나, 특별한 경우에는 황색등을 2등 사용하여 경계 신호현시에 사용하고 또 등황색과 녹색의 2등을 사용하여 감속 신호현시에 사용하고 있다.

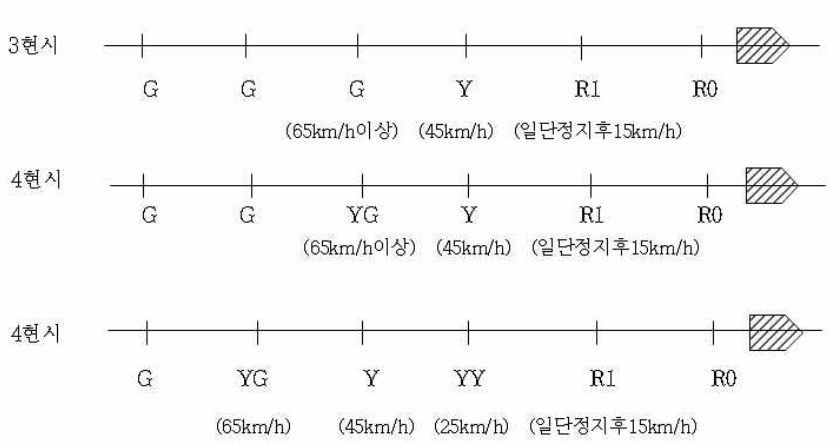
이와 같은 신호기를 3위식 4현시 혹은 5현시라 한다.

① 2위식(Two-position system)

- 2현시 : 진행, 정지 또는 진행, 주의
- 3현시 : 진행, 경계(YY), 정지 또는 진행, 감속(YG), 주의

② 3위식(Three-position system)

- 3현시 : 진행, 주의, 정지
- 4현시 : 진행, 감속, 주의, 정지 또는 진행, 주의, 경계, 정지
- 5현시 : 진행, 감속, 주의, 경계, 정지



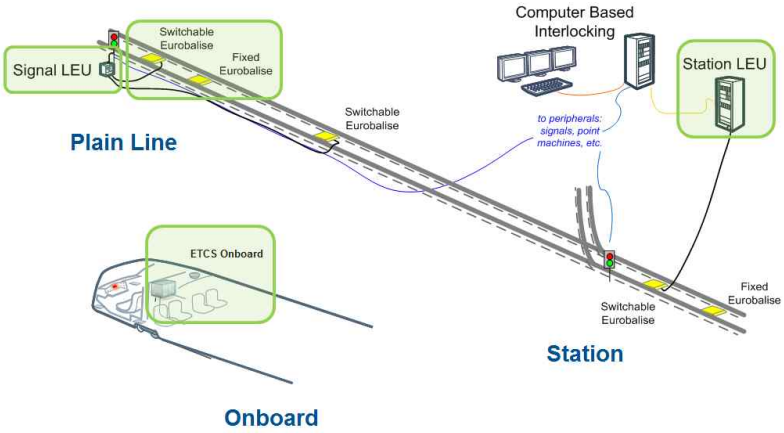
[그림2.1.11] 신호 현시별 열차의 제한속도

ATS 방식은 열차의 속도가 증가함에 따라 지상장치와 차상장치간 연동이 어려워지며, 새로운 표준화된 시스템에 대한 도입이 추진됨에 따라 ERTMS/ETCS LEVEL 1이 도입되었다.

ERTMS/ETCS LEVEL 1은 보통 ATP(Automatic Train Protection)으로 불리우며, 폐색구간 경계지점의 레일 중앙에 지상자(Balise)를 설치하고 이 지상자를 통하여 지상정보(폐색구간의 길이, 구배, 분기기 위치, 지역 정보, 지상신호기 현시정보 등)를 차상장치로 전송한다. 차상장치는 지상정보와 차량정보(열차길이, 제동력, 열차종별 등)를 결합하여 목표 속도와 제동 목표거리를 계산하여 운행속도가 목표속도보다 높은

경우 기관사에게 경보를 제공하고 제동장치를 작동하여 열차를 정지시킨다.

국내 일반철도에 적용된 ATP의 개념도는 다음과 같다.



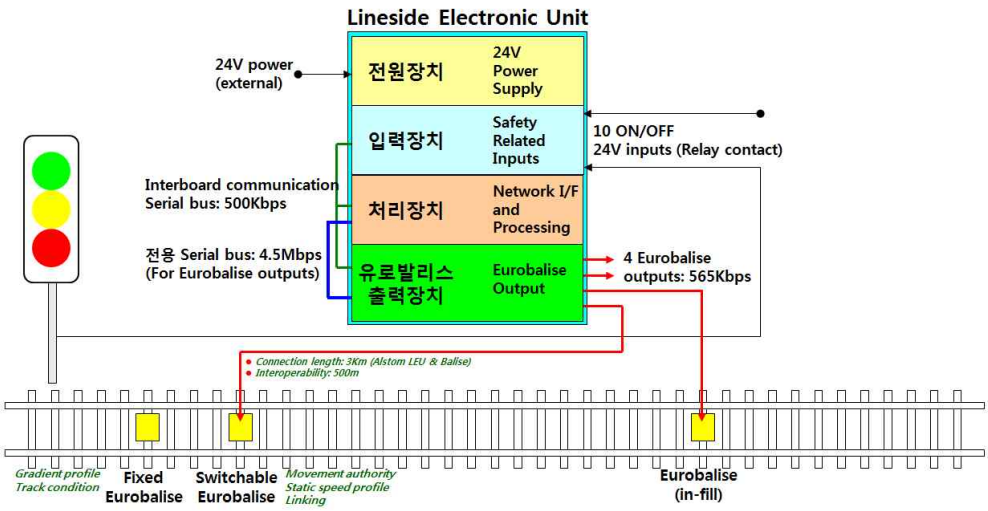
[그림2.1.12] 일반철도 ATP 장치의 개념도(Ansaldo STS)

- 지상장치

지상장치는 역 구내 및 역간 폐색을 위해 설치되며 구성품은 다음과 같다.

① LEU(Lineside Electronic Unit : 선로변 전자장치)

지상 신호기의 현시정보를 입력으로 수신하여 유로발리스로 전송하기 위한 텔레그램으로 변환하는 장치이다.



[그림2.1.13] ERTMS/ETCS ATP 지상장치 구성도(Alstom)

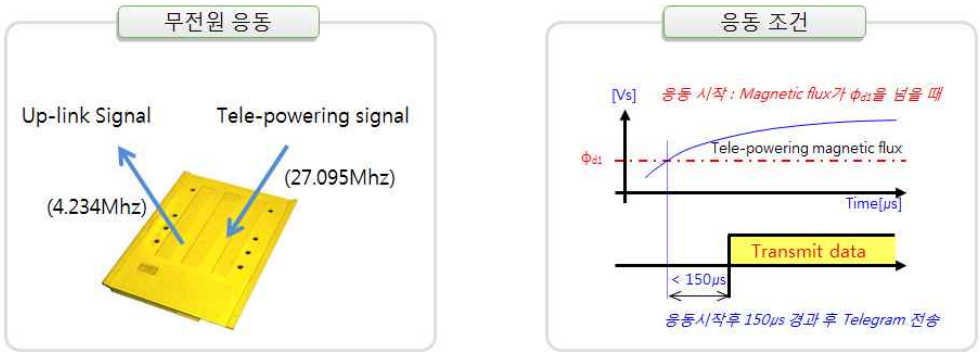
LEU의 구성품 및 기능은 다음과 같다.

- 전원장치 : LEU 각 장치에 전원을 공급

- 입력장치 : 지상 신호기의 상태 입력
- 처리장치 : 입력장치로 입력된 지상 신호기의 상태를 텔레그램 정보로 변환하는 장치
- 유로발리스 출력장치 : 변환된 텔레그램을 유로발리스로 전송하는 장치

② 유로발리스

유로발리스는 가변발리스와 고정발리스로 구성되며, 지상정보를 차상장치로 전송한다. 유로발리스는 무전원 방식으로써, 열차가 유로발리스 위를 통과할 때 유로발리스 차상안테나에 의해 방사되는 전력파에 의해 전원이 생성되어 동작한다.



[그림2.1.14] 유로발리스의 응동조건

고정 발리스는 미리 프로그래밍하여 내부 메모리에 저장된 선로변 데이터 (선로 구배, 위치 정보, 곡률 반경, 속도 제한정보 등)을 열차가 통과함에 따라 차상으로 전송하며, 가변 발리스는 LEU로부터 수신한 신호기 정보를 차상으로 전송한다.

지상에 설치된 유로 발리스는 차상에 설치된 유로 발리스 안테나로부터 무선 전송되는 제어 전원을 공급받아 텔레그램을 유로발리스 차상 안테나로 전송한다.

열차는 발리스가 설치된 장소를 지나감에 따라, 지상으로부터 가변 및 고정 정보를 수신하며 이를 바탕으로 차상신호방식의 ATP (Automatic Train Protection) 기능을 수행한다.

- 차상장치

차상장치는 차상 컴퓨터인 EVC(European Vital Computer), 유로발리스 안테나, 주행기록계, 타코미터, 레이더, DMI(Driver Machine Interface), GSM-R 안테나 및 전송장치로 구성된다.

국내의 경우 ETCS LEVEL 1이 도입됨에 따라, 차상장치는 GSM-R 안테나 및 전송장치를 포함하지 않는다.

① EVC (European Vital Computer)

EVC는 차상장치의 핵심장치로써, 지상으로부터 전송된 텔레그램을 분석하고 열차의 현재 속도와 비교하여 열차 속도 프로파일을 연속적으로 생성하여 ATP 기능을 수행한다. EVC는 차량 컴퓨터와 인터페이스하며, 추진 및 제동을 위한 출력을 제공한다.

② 유로발리스 차상안테나

지상으로부터 전송되는 텔레그램을 수신하기 위한 안테나이며, 수신된 신호는 EVC 내의 발리스 텔레그램을 처리하는 보드로 전송된다.

③ 주행 기록계

주행 기록계는 EVC에 의해 생성 및 처리되는 열차 주행 및 안전에 관련된 정보를 기록한다.

④ DMI

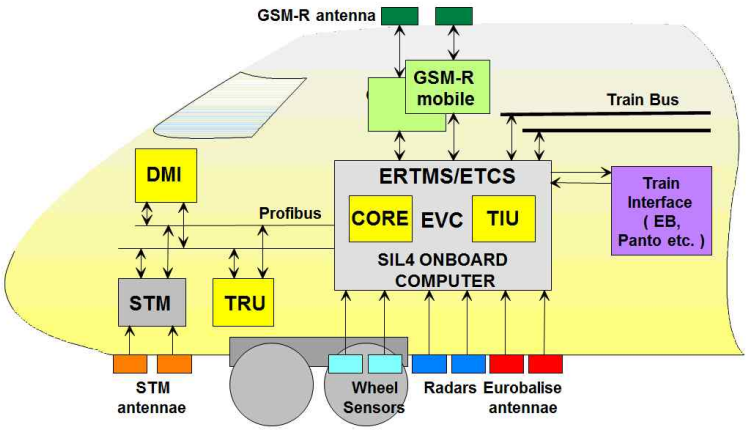
기관사에게 열차 운전에 관련된 각종 정보를 제공하는 표시장치이다.

⑤ 타코미터

타코미터는 열차의 현재 속도와 위치를 산출하기 위한 장치이다.

⑥ 레이더

레이더 센서는 도플러 원리에 기초하며, 안테나에 의해 방사된 마이크로파는 지상에서 반사되며, 방사된 주파수와 수신된 주파수 사이의 차이는 열차 속도에 비례하므로 열차속도를 보정하는데 사용한다.



[그림2.1.15] ERTMS/ETCS ATP 차상장치 구성도(Alstom)

나. 일반철도 신호시스템 적용 현황

▪ 경부선 - ATP 장치 : ERTMS/ETCS L1 (SRS2.2.2)

▪ 호남선 - ATP 장치 : ERTMS/ETCS L1 (SRS2.2.2)

▪ 경춘선 - ATP 장치 : ERTMS/ETCS L1 (SRS2.3.0d)

▪ 전라선 - ATP 장치 : ERTMS/ETCS L1 (SRS2.3.0d)

다. ATP 도입 현황

▪ 지상장치 도입 현황

'05. 9. - 우선설치(성능입증시험): 호남선 송정리~목포(지상/차상 공통)

'05. 11. - ATP 시스템 우선시험 완료 및 확대설치 방침(지상/차상 공통)

'10. 4. - 호남선 사용개시(대전~목포, 252.5㎞)

'11. 4. - 경부선 사용개시(서울~부산, 441.7㎞)

'12. 2. - 경춘선 사용개시(망우~춘천, 80.7㎞)

'12. 5. - 전라선 사용개시(익산~여수엑스포, 180.4㎞)

'13.11. - 일반열차 全노선 확대 시행

▪ 차상장치 도입 현황

'10. 4. - PMC(새마을동차) 87량 사용개시

'12. 2~12. - itx-청춘, 전라선 고속차량, 전기기관차 등 170량 사용개시

'13. 3~11. - 잔여 개량차량 사용개시 * 경부·호남 고속차량, 디젤기관차, NEL 등 406량

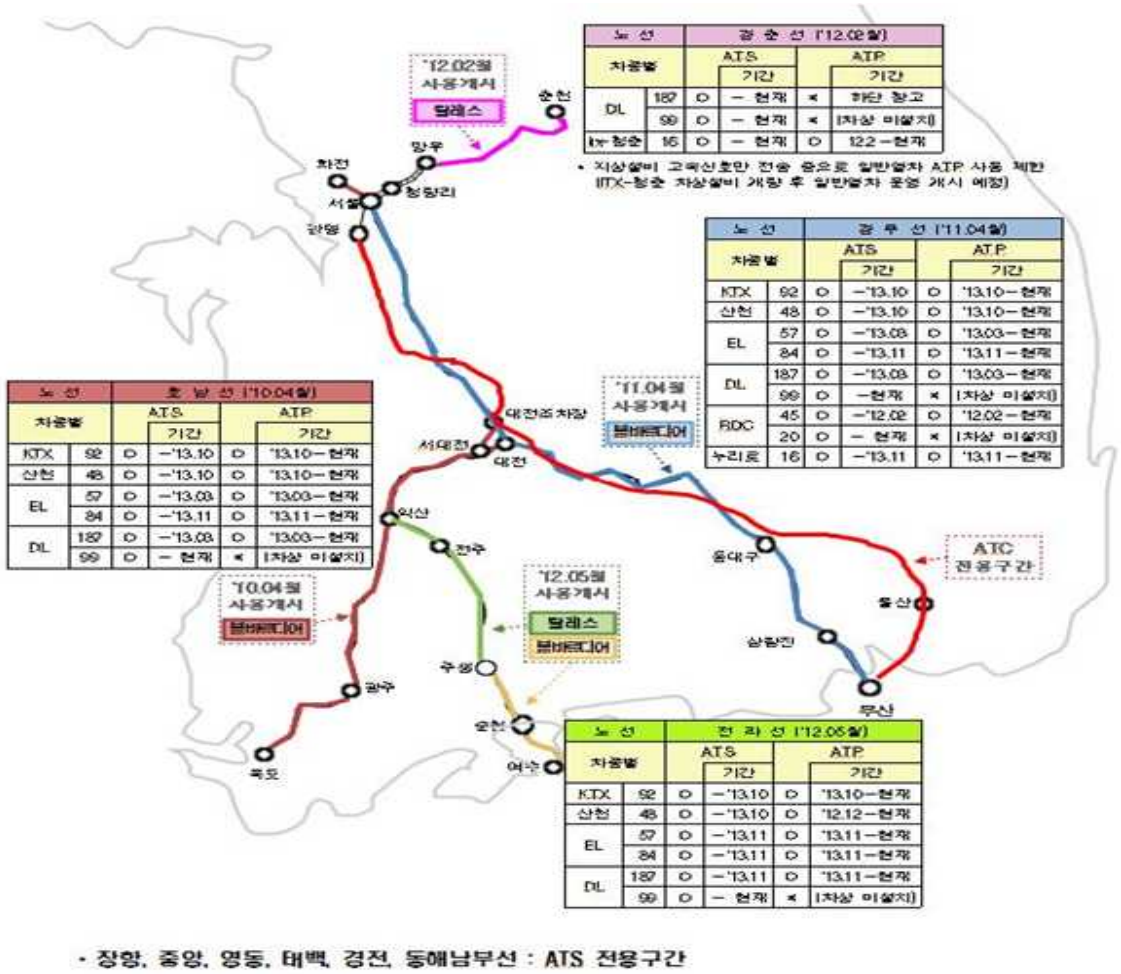
라. ATP 운영 현황

▪ 지상장치

- 노선수 : 18개 노선
- 연장 : 1,031.3 km
- 설치율 : 28.8%

▪ 차상장치

- 운용차종 : 10개차종
- 운용차량 : 576량
- 설치율 : 77.5%



[그림2.1.16] ATP 운영현황

마. ATP 지상장치 및 차상장치 운용현황

▪ 지상장치 운용 현황

[표2.1.1] 지상장치 운용현황

노 선 명(km)	제작사	사용개시일	시 공 사	비 고
경부선(서울~부산, 441.7)	봄바르디어	' 11.04.06.	서우건설/LG CNS	
호남선(대전조~목포, 252.5)	봄바르디어	' 10.04.21.	서우건설/LG CNS	
전라선(익산~여수엑스포, 180.4)	봄바르디어, Thales	' 12.05.01.	서우건설,대아티아이	
경춘선(망우~춘천, 80.7)	Thales	' 12.02.28.	대아티아이	限,itx-청춘
시흥연결선(1.5)	봄바르디어	' 13.03.04.	서우건설/LG CNS	
대전북연결선(5.8)	봄바르디어	' 13.03.04.	서우건설/LG CNS	
대전남연결선(4.2)	봄바르디어	' 13.03.04.	서우건설/LG CNS	
대구북연결선(3.5)	봄바르디어	' 13.03.04.	서우건설/LG CNS	
대구남연결선(4.0)	봄바르디어	' 13.03.04.	서우건설/LG CNS	
부산연결선(1.3)	봄바르디어	' 13.03.04.	서우건설/LG CNS	
광주선(광주선분기~광주, 11.9)	봄바르디어	' 10.04.21	서우건설/LG CNS	
경전선(광주송정~광주선분기, 2.1)	봄바르디어	' 10.04.21	서우건설/LG CNS	
북송정삼각선(호남선~경전선, 1.0)	봄바르디어	' 10.04.21	서우건설/LG CNS	
경의선(서울~화전, 11.5)	봄바르디어	' 11.04.06	서우건설/LG CNS	
대전선(대전~서대전, 5.7)	봄바르디어	' 11.04.06	서우건설/LG CNS	
부전선(가야~부전, 2.2)	봄바르디어	' 11.04.06	서우건설/LG CNS	
가야선(범일~사상, 8.3)	봄바르디어	' 11.04.06	서우건설/LG CNS	
동해남부선(부산진~범일, 2.1)	봄바르디어	' 11.04.06	서우건설/LG CNS	
기타(10.9)	봄바르디어	' 11.04.06	서우건설/LG CNS	ATP↔ATS 변경구간
18개 노선(1,031.3)				

[표2.1.2] 차상장치 운용현황

차 종	량수	제작사	사용개시일	시공사
KTX(46편성)	92	봄바르디어	' 12.05.10.	서우건설/LG CNS
KTX-산천(24편성)	48	Ansaldo	' 12.05.01.	현대로템(주)
itx-청춘(8편성)	16	Ansaldo	' 12.02.28.	현대로템(주)
디젤동차(무궁화)	45	봄바르디어	' 12.02.20.	서우건설/LG CNS
디젤기관차	187	봄바르디어	' 13.03.04.	서우건설/LG CNS
누리로(8편성)	16	봄바르디어	' 13.11.01.	봄바르디어
전기기관차(8101~02, 8201~55)	57	봄바르디어	' 13.03.04.	태정전칙/유경제어
전기기관차(8256~83)	28	Ansaldo	' 13.11.01.	현대로템(주)
전기기관차(8501~56)	56	Ansaldo	' 13.11.26.	현대로템(주)
전기기관차(8557~83)	31	Ansaldo	' 13.11.28.	현대로템(주)
계	576			

바. 도입효과

▪ 운행 안전도 향상

- 선로제한속도 표시, 초과 시 제동(분기부, 곡선, 절연구간등)
- MA(이동권한), EOA(이동권한 종점) 감시로 신호오인 사고 예방
- 정차역 출발신호 정지정위 기술 적용('14.2.10 복선구간 확대적용)

▪ 운행 속도 향상

- 고속운행가능
- 열차운행 간격 다축
- 하구배 속도제한 불필요(중력가속도를 차량에서 연산)

▪ 운전 편의성 제공

- 건널목, 교량 등 지리적 정보 표출
- 허용속도(P.V)와 목표속도(T.V)를 지시하며, 제동인가 시점을 제공

3. 도시철도/지하철 신호시스템 기술 현황

가. 도시철도 신호 시스템 개요

열차는 충돌이나 추돌사고를 방지하기 위해 항상 일정한 간격을 유지하면서 운행되어야 하며 이를 위하여 폐색구간(Block Section)을 설정하며, 한 폐색구간에는 하나의 열차만 운행할 수 있도록 열차제어시스템을 적용한다. 열차제어 방식은 초기에는 일정한 시간을 두고 열차를 출발시키는 시간간격 방식을 사용하였으나 열차속도와 운행횟수가 증가함에 따라 다양한 시스템이 개발되었다.

열차제어시스템의 주요한 기능인 열차의 속도 제어에 의해 열차의 안전운행은 보장되며, 신호 현시와 열차 운전속도 및 제동성능 등에 따라 설비의 조건이 달라진다.

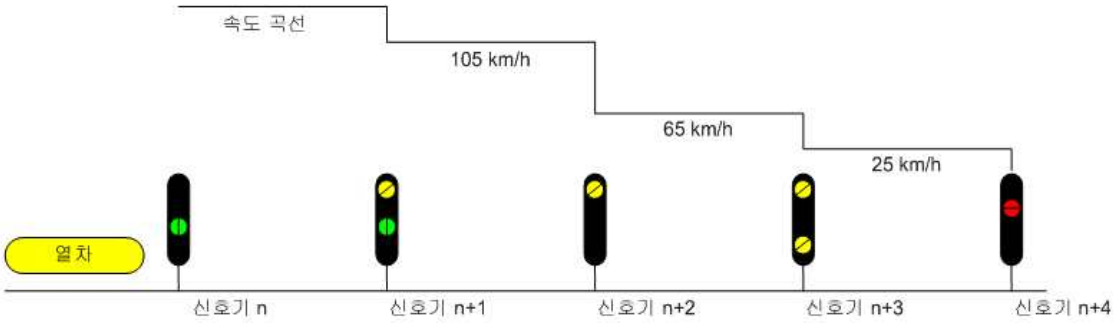
열차제어시스템은 다음과 같이 분류된다.

① 지상신호방식

- ATS(Automatic Train Stop)

② 차상신호방식

- ATP(Speed code 및 Distance to go 방식)
- 이동폐색방식(MBS : Moving Block System)



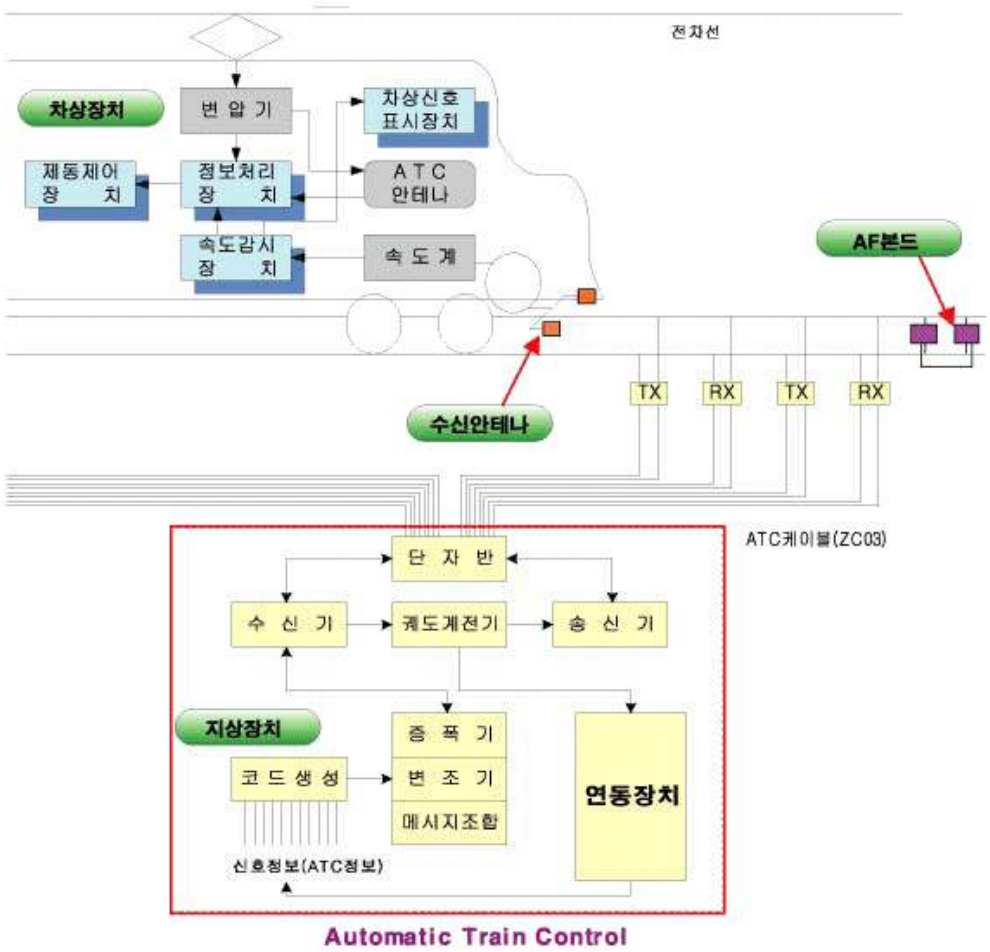
[그림2.1.17] 지상신호방식에 의한 열차속도제어 곡선

최근의 열차제어시스템은 대부분 차상신호방식을 적용하고 있다. 차상신호방식은 연속 속도제어에 의한 고밀도 운행노선에 적합하며 신호의 오인이 현저히 감소하는 반면에 지상신호방식에 비해 설치비가 고가이다.

[표2.1.3] 신호방식별 특성 비교

비교 항목	ATS 방식	Speed code ATP	Distance to go ATP	Moving Block ATP
개요	• ATS 지상자를 통하여 지상신호 정보를 불연속(점제어)으로 전송 • 승무원 백업장치	• 지상에서 전송된 제 한속도(Speed Code) 초과시 자동제동으로 안전확보	• 지상에서 전송된 궤 도회로 정보를 바탕으로 제한속도를 설정, 제한속도 초과시 자동제동으로 안전확보	• 선행열차 후미와 후속열차 전두부간 공간거리 정보를 바탕으로 제한속도를 설정, 제한속도 초과시 자동제동으로 안전 확보
적용 노선	• 서울 1,2호선 및 수도권 국철, 전국 철도망 • 국내 : 1960년대부터 사용	• 서울지하철 3, 4, 5, 6, 7, 8호선 및 대구1호선, 부산 1호선 • 국내 : 1980년대부터 사용	• 인천1호선, 부산2호선, 인천 공항철도, 대구2호선, 대전1호선 • 국내 : 1990년대부터 사용	• 경전철 신규 사업 노선 • 김해, 의정부, 하남, 부천, 용인 등 • 국내 : 2000년대부터 도입
열차 정보 전송 방법	• ATS 지상자를 통 하여 열차가 지상 자 위치를 통과 할 때에 한하여 불연 속적으로	• 본선은 궤도회로, 분 기부는 Loop Coil을 이용하여 열차가 해당 궤도회로를 점유 하였을 때에	• 본선은 궤도회로, 분기부는 Loop Coil로 열차가 해당 궤도를 점유하였을 때 지상에서 차상으로 해당	• Loop Coil 또는 LCX 케이블, 무선을 통하여 지상과 차상 간 연속된 양방향 통신으로 실시간 열차 운전정보를 연속

	정보전송	지상에 서 차상으로 제한속 도를 연속으로 전송	구간의 운전 가능 정보를 연속적으로 전송	적으로 교환
운전 정보 전송 내용	• 1 bit 정보로 한정 • 정지/진행 또는 정지/경계/주의/감속/진행으로 구분	• 1 bit 정보로 한정 • 80/70/60/50/40/25/0 속도코드 정보	• 수십~수백bit 조합으로 된 Telegram 전송 • 선로의 곡선, 구배, 선행열차가 점유한 궤도회로 후미 경계점, 기타 제한속도 정보	• 수십~수백 bit 조합으로 된 Telegram 전송 • 선로의 곡선, 구배, 선행 열차의 후미가 위치한 지점, 기타 운전 제한 속도 정보
통신기술	• Analog	• Analog	• Digital	• Digital
폐색방식의 명칭	• 지상신호방식 • 고정폐색식	• 차상신호방식 • 고정폐색식	• 차상신호방식 • 고정폐색식 (지상 : 고정폐색, 차상 : 이동폐색)	• 차상신호방식 • 이동폐색식
열차운전시격 한계	• 10량편성기준 • 3분대 상업운전	• 10량편성 기준 • 2분30초대 상업운전	• 10량편성 기준 • 2분대 접근 가능	• 10량편성 기준 • 2분이하 100초대 접근 가능
최소운전시격 설계	• 최초설계시 확정 운전시격으로 설계 • 추가적으로 운전시격 단축 불가	• 좌동	• 좌동	• 융통성 있는 운전시격 적용 가능
폐색거리	• 통상 250m	• 통상 200m 수준	• 통상 200m 수준	• 25m 수준
경계설정	• 궤도회로/신호기	• 궤도회로	• 궤도회로	• Loop Coil, 기타



[그림2.1.18] 도시철도 ATC/ATO 구성

(1) ATC (Automatic Train Control) 설비

자동열차제어는 빠르게 움직이는 철도 수송차량을 안전하고 효율적으로 이동시키기 위해 통제하는 장치를 말한다. 이 처리과정은 열차, 궤도, 역·사령설비에 있는 기계실 설비와 이를 조작하는 인간에 의해 이루어진다.

이들 요소들은 다음과 같은 4가지 중요조작을 위해 명령을 만들고 시스템을 제어하는 작용을 한다.

- 열차방호(ATP) : 충돌 및 탈선의 방지
- 열 차 운 영 : 열차이동과 역 정차 제어
- 열차 운행 관리 : 스케쥴에 의한 열차의 이동
- 통 신 : 시스템 요소간의 정보교환

● 열차방호(ATP : Automatic Train Protection)

ATP시스템은 열차의 안전한 운행을 도와주는 설비이다.

이 시스템은 열차가 안전거리를 유지하고 알맞은 속도에 일치하도록 열차를 제어한다.

연동역(분기부가 있는 역)에서 ATP는 궤도가 명백한 비 점유상태이고 진로가 이용가능하며 그리고 선로전환기가 안전한 상태일 때 열차의 이동을 허락한다. 둘 또는 그 이상의 열차가 궤도의 진입을 요구했을 때는 이 시스템은 한번에 하나의 열차를 차례대로 궤도에 진입하도록 허락하고 다른 모든 열차에 대해서는 운행을 허락하지 않는다. 하부기능은 다음과 같다.

◇ 열차검지

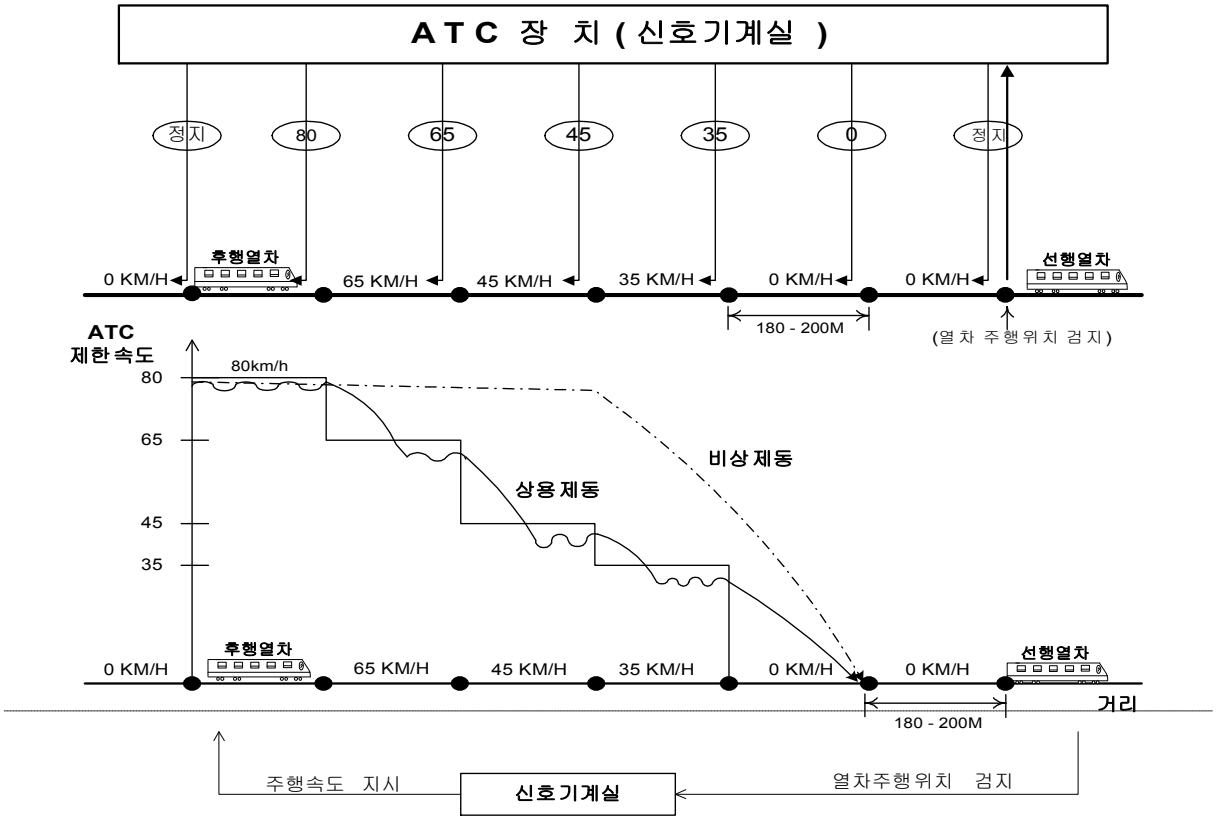
지하철 본선의 모든 선로는 각각의 일정한 간격으로 나누어져 있으며 이를 폐색구간이라 부른다. 각 폐색구간의 열차점유는 AF 궤도회로에 의해 검지 되어진다. 분기기가 없는 구간에서의 폐색분리는 임피던스본드에 의해 이루어지며 이 본드는 궤도를 통해 코드화된 AF 속도명령을 흘려 보낸다. 이 명령코드는 열차에 의해 수신되어진다. 일반적으로 한 개의 폐색구간에 한 개의 궤도회로가 있다. 각각의 임피던스본드는 궤도회로에 대한 송신기 역할을 하고 또한 인접궤도에 대한 수신기 역할도 한다.

ATP 속도명령 송신기는 궤도회로의 끝 지점에서 임피던스본드를 커플링 트랜스포머로 사용하여 궤도의 양쪽 레일에 AF전류를 흘려 보낸다. 궤도회로의 시작 지점에서 임피던스본드는 수신기 역할을 하며, 열차 차륜에 의해 궤도회로가 단락 되지 않는다면 궤도계전기를 동작시킨다.

분기선로에서의 열차검지는 PF(Power Frequency) 궤도회로에 의해 수행된다. AF궤도회로와 PF궤도회로를 분리시키기 위해 각 분기선로에는 절연체 이음매판을 설치한다. 110V, 60㎐의 교류신호를 선로에 흘려서 수신 측의 PF 궤도계전기를 동작시킨다. 열차가 궤도회로 내에 있을 때 궤도회로는 단락 되어 PF 궤도계전기의 궤도코일에는 어떤 전압도 가해지지 않게 된다. 분기선로 내에 열차가 있다는 것을 표시하기 위하여 PF 궤도계전기는 낙하한다.

◇ 자동속도명령

AF궤도회로는 신호기계실에 설치된 장비와 열차사이에 ATC 속도명령을 전달하기 위한 통신채널로서 사용된다. ATC 속도명령전송은 열차검지주파수에서 분리될 수 있는 AF주파수에 할당된다.



[그림2.1.19] ATC 구성

ATC Pick Up 코일은 열차의 전부 첫 번째 바퀴 앞에 각각 설치된다. 이들 코일은 임피던스본드에서 한쪽 레일을 타고 열차의 첫 번째 바퀴를 따라 흘러 다른 쪽 레일을 통해 임피던스본드로 흘러 들어가는 AF전류에 의해 발생되는 자기장에 민감하게 반응한다.

각각의 임피던스본드는 설치된 위치에서 사용되는 모든 채널의 주파수에 맞게 조정되어 있다. 이들 주파수에는 폐색구간의 열차검지를 위한 주파수, 열차에 제한속도명령을 전송하기 위한 두 개의 주파수가 포함된다.

열차로 전송하기 위해 임피던스본드에 가해지는 속도명령은 다음 궤도회로의 궤도계전기상태, 연동상태, 다음 구간에서의 최고허용속도에 의해 정해진다. 마지막 요소(최고허용속도)에 대한 예는 커브에 대한 제한속도이다.

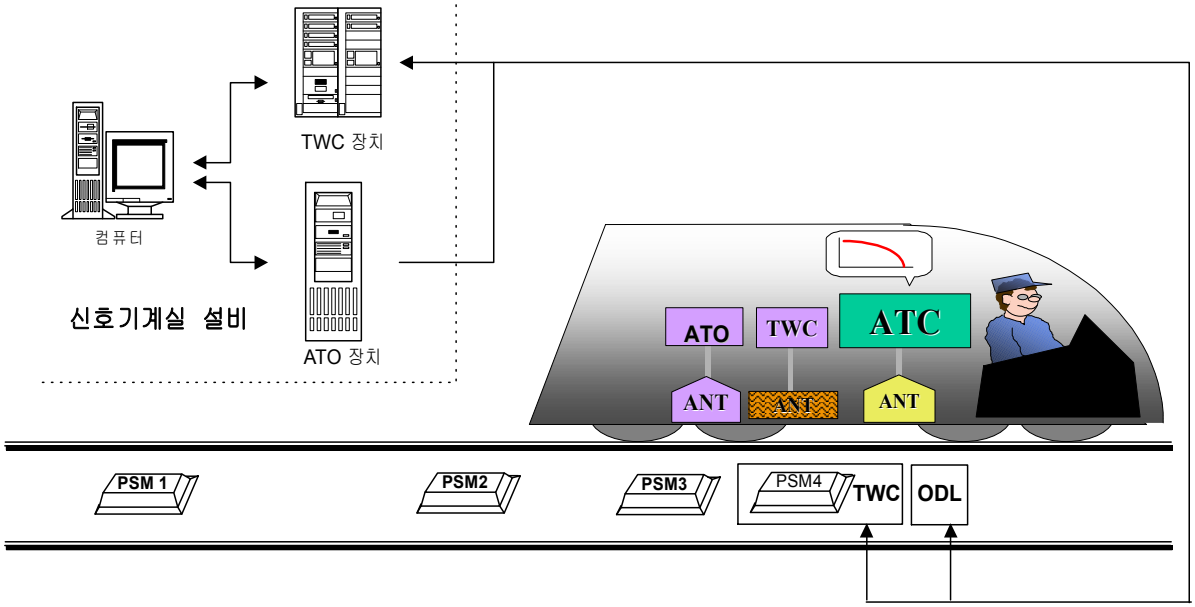
(2) ATO (Automatic Train Operation) 설비

ATO장치는 종래에 기관사가 수동으로 행하던 역간 운전, 열차정차, 출입문제어, 열차출발, 안내방송 등을 최신의 컴퓨터 기술과 소프트웨어 기술을 결합시켜 열차운행상태를 TTC에서 감시하므로서, 숙달되거나 숙달되지 않은 기관사에 관계없이 안전한 열차운전이 가능하도록 자동화한 설비를 말한다.

이들은 다음과 같은 기능을 가지고 있다.

- 차내 프로그램에 의한 자동 가감속으로 역간 열차 자동운전
- 열차 자동출발(출발버튼 취급) 및 자동정위치 정차
- 열차 출입문 자동 개폐제어
- 열차운행정보 자동 송수신

● ATS(Automatic Train Supervision)



[그림2.1.20] ATS 구성

모든 역에서 ATS 시스템은 열차의 도착과 출발을 제어하는데 첫째로 현장의 자동장치에 의한 것과 둘째로 TTC 프로그램에 의해서 자동적으로 스케쥴 조정에 의한 것이다.

사령의 컴퓨터 디스플레이는 DTS 시스템에 의해 전송된 데이터로 갱신되고 데이터는 또한 각 열차에 대한 운행통계를 제어하는 중앙제어 컴퓨터 프로그램에 전송된다. 열차와 ATS통신은 TWC시스템에 의하여 이루어진다. ATP 속도명령 채널과는 달리 TWC 채널은 열차에서 현장으로, 현장에서 열차로 통신한다.

● 자동속도제어

열차속도제어를 위한 속도명령(기준속도)은 ATP속도명령, ATS속도제한, ATO 역정위치정차 속도명령에 의한다. 열차는 속도명령이 무엇이었든 간에 가장 낮은 속도명령에 따른다.

● 출입문 제어

출입문 제어는 출입문의 개, 폐를 말한다. 열차가 역에 완전히 정차하여 모든 문들이 플랫홈 제한구역 안에 있을 때에만 기관사에 의해 문이 열려진다. ATO, ATP, TWC 시스템은 이 기능을 위해 상호 작용한다. 열차가 플랫홈에 정차했을 때 차상 TWC 송신장치는 현장에 정지신호를 보낸다. 현장에서 정차신호를 수신하면 ATP시스템은 레일로 열차 주행 명령전송을 하지 못하도록 하고 열차문 열림 명령으로 바꾼다.

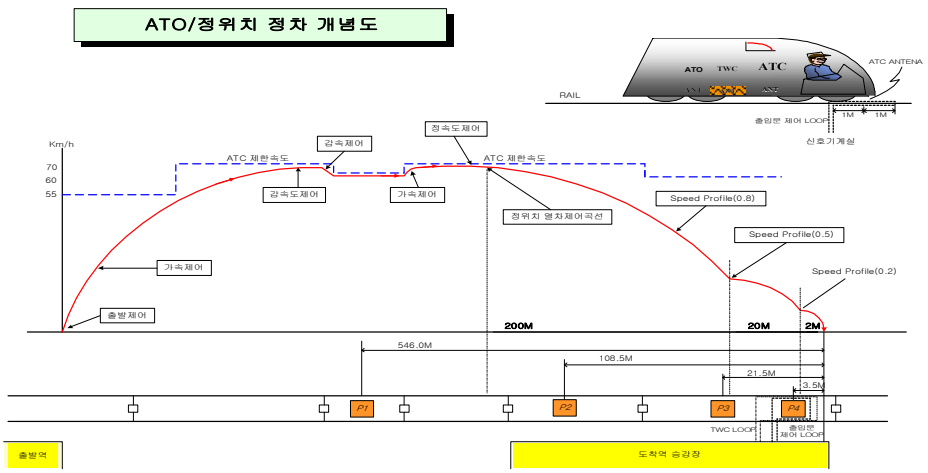
● 스케쥴 제어

종단 역에서 출고기능은 열차가 스케쥴 시간대로 출발하는지를 확인한다. 평일, 토요일, 일요일/공휴일 스케쥴이 중앙 제어프로세서의 메모리에 저장되어 있다. 사령과 LCTC는 3개의 스케쥴 중 하나를 선택할 수 있다. 사령과 LCTC의 간섭이 없다면 Dwell Timer는 열차가 도착해서 문이 열리도록 하고 지정된 시간이 지난 후에 열차를 출발시킨다.

사령 컴퓨터는 열차가 스케쥴대로 운행하도록 제어한다.

이 컴퓨터는 열차를 스케쥴에서 제외시키거나 추가할 수 있고 정차 시간을 조정할 수 있으며 TWC를 통해 열차의 가속도와 최고속도를 조정할 수 있다.

◇ ATO/정위치정차 개념도

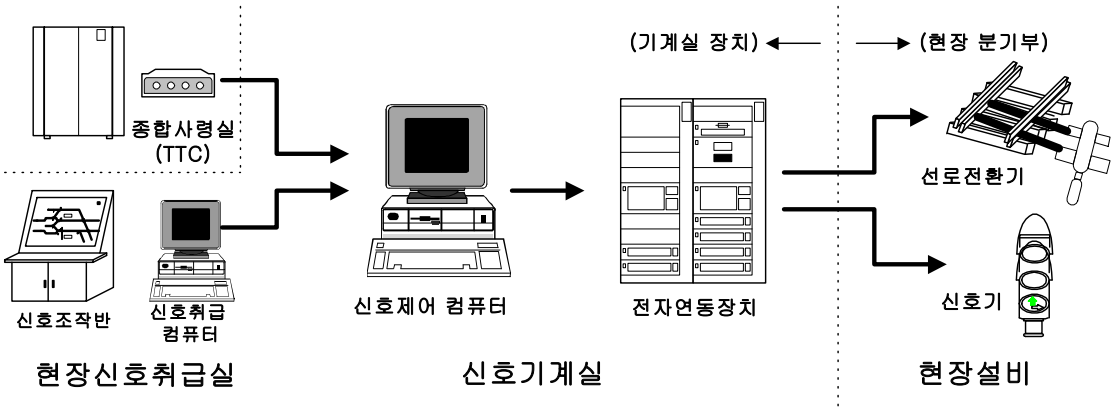


[그림2.1.21] ATO 정위치 정차 개념

(3) 전자연동장치

전자연동장치는 궤도회로 장치에 의해 발생된 열차 궤도점유 정보를 이용하여 신호

기, 선로전환기, ATC/ATO제어 및 차내신호 전송 등 열차운행과 관계된 각종 제어기능을 Fail-Safe하게 처리하는 장치로서 인간의 실수를 최대한 방호하기 위해 전기(전자) 또는 기계적인 방법으로 신호기기 상호간에 쇄정을 맺어주는 장치를 말하며, 분기기가 있는 역에 위치한다.



[그림2.1.22] 전자연동장치 구성

◇ 서울도시철도에서의 전자연동장치는 평상시에는 종합사령실(TTC)에서 운영하는 것을 기본으로 하고 필요시에는 신호취급실에서 운영할 수 있도록 되어 있다.

◇ 차량기지구내는 독립적으로 기지의 신호취급실에서 제어를 하고 종합사령실에서는 입·출고에 해당하는 부분만 표시정보를 받아 운영한다.

● 전자연동장치의 효과

- 안전도의 확보
- 입환작업의 능률 향상
- 수송력의 증대 및 인력의 감축

● 연동장치의 종류별 구성 및 기능

① 기계연동장치

신호기와 선로전환기 상호간의 연쇄를 기계연동기(연동함)에 의해 처리하고 선로전환기의 쇄정도 기계적(전환쇄정, 전철리버쇄정, 핸들쇄정)으로 한다.

② 전기연동장치(계전연동장치)

·계전기를 이용하여 전기적 논리회로를 구성

· 대형, 중량구조이며 핵심로직이 계전기로 구성
· 기계실 면적을 많이 필요로 하며 결선에 따른 시공이 복잡
· 계전기의 접점을 이용, 동작하기 때문에 처리속도가 느림
· 사령실과의 통신을 위해 별도의 설비가 필요
· 정보의 처리 및 결과에 대한 기록을 할 수 없음.
· 안전성은 우수하나 신뢰도는 전자연동장치에 비해 떨어짐.

③ 전자연동장치

계전연동장치의 기능과 설비유지관리, 운행, 제어결과의 기록, 자기진단 등 다양한 기능을 갖는 컴퓨터 설비로 되어 있다.

· Microprocessor PCB로 구성되어 소형, 경량의 구조이다.
· 프로그램에 의한 논리회로로 구성되며 Data의 변경으로 다양한 정보의 처리가 가능하다.
· 자체 진단이 가능하며 정보처리를 고속으로 할 수 있다.
· 열차운행정보 및 각종 정보의 처리, 결과를 기록할 수 있다.
· Schedule에 의한 자동열차운전 지원이 가능하다.(Local)
· 기계실 공간 및 보수반경이 작아지며 시설량이 축소된다.
· 사령설비와 직접 통신이 가능하다.(LCTC)
· 다수결회로로 구성이 가능하여 특정 회로 고장시 지속적인 운영이 가능하다.
· 감시기능의 이중화(LCP, CRT) 및 LCP, Keyboard 제어가 가능하다.

● 연동장치의 제어방식에 따른 분류

① 단독정자식

선로전환기의 전환을 개별로 원하는 진로에 맞추어 제어하고 해당 신호 레버를 취급하면 신호가 현시 되는 방식이다.

② 진로정자식

각 진로마다 출발점 레버를 필요한 진로 수만큼 설치하여 필요한 진로의 레버취급으로 자동적으로 선로전환기 전환과 신호를 현시 한다.

③ 진로선별식

신호기(출발점) 압구에 의해 연동도표에 설정된 가능한 진로들에 대한 도착점 LED가 점등되며 원하는 진로의 도착점 압구를 취급하면 진로가 제어되고 신호가 현시 된다.

・도시철도공사 신호설비

- 본선 연동장치 : 진로정자식
- 차량기지 연동장치 : 진로선별식

※ 신 호 조 작 반

- 신호취급자에 의해 역에서 열차를 제어할 경우 사용하는 장치
- 6호선 본선 신호취급실 제외

※ 신호취급컴퓨터

신호취급실의 현장 제어 데이터를 신호기계실 컴퓨터로 전송하고 신호기계실 컴퓨터로부터 현장 상태 정보를 수신, 신호취급실의 CRT 및 신호조작반에 표시

※ 신호제어컴퓨터

종합사령실 또는 신호조작반의 제어 데이터를 수신 받아 처리하여 전자연동장치로 제어명령을 송신, 현장 설비를 제어하고, 현장 설비의 각종 상태 정보를 신호취급실 및 종합사령실로 전송

※ 선 로 전 환 기

전동기 출력(동력)을 전환 기구부에 전달하는 클러치를 과거 기계식에서 마그네트 클러치로 변경・사용하여 동・하절기 온도 변화에 따른 전환 토크력을 조정하지 않아도 전달 토크가 안정되도록 하여 전환 종료시 반전이 생기지 않아 무보수화를 이룩함.

열차에 어떤 속도명령을 전송할 것인가를 결정하는 모든 회로는 바이탈계전기를 사용한다. 바이탈계전기는 열차의 움직임에 직접적으로 영향을 미친다.

각 궤도회로의 열차검지 주파수는 계속해서 전송되나, ATC 속도명령은 폐색구간이 점유되었을 경우에만 전송된다. 전방 폐색구간이 점유상태일 때는 어떠한 ATC 속도명령도 발생되지 않으며 열차를 정지시킨다.

차상 ATC설비는 다음과 같은 기능을 수행함으로써 열차로 전송되어오는 제한속도명령을 실행한다.

- 제한속도명령을 수신후 해독한다.
- 열차속도를 측정하고 이 속도를 제한속도와 비교한다.
- 과속 또는 시스템이 고장일 때에는 추진력을 제거하고 제동을 건다.

(4) 열차운행 종합제어 장치(TTC: Total Traffic Control System)

지하철의 전구간에 운행하는 열차의 상태가 대형표시반에 표시되고, 컴퓨터에 의하

여 집중감시·제어되는 열차운행 종합제어장치를 설비하여 열차를 신속, 안전, 정확하게 운행시킨다.

열차운행은 차내신호방식인 자동열차제어장치(ATC)를 채용하여 고밀도 수송에서의 안전도 및 운전효율을 높였으며, 제어시스템에서 열차운행계획에 따라 제어되는 신호에 의해 열차는 자동열차운행장치(ATO)에 의해 운행된다.

운영컴퓨터는 자동진로설정을 지원할 수 있는 열차운행시각표를 제공하며, 각 열차의 운행진로는 열차운행시각표에 지정되어 있고 이것은 자동진로설정기능의 기초에 근거를 두어 만들어지고 운행지연 또는 사고에 대비한 준비가 되어 있다.

사령실의 운영자는 그날의 운행계획을 변경할 수 있고 수동조작을 통해 제어를 수행할 수 있으며 정보전송장치에 의해 운행하는 선로에 있는 모든 기기에 대한 조작을 감시할 수 있고 운영자는 진로 설정과 열차 이동을 감시 및 제어를 하며, 전차선 가압상태를 볼 수 있다.

승객안내정보표시와 방송장치는 열차운행에 따라 자동적으로 이용승객에게 알려주며, 각 역에 설치되는 사령과 열차간 통신으로 차내방송 및 정차에 관한 정보가 제공된다.

● 열차운행제어컴퓨터

열차운행제어컴퓨터는 열차운행을 자동으로 제어하고 운영자와 승객에게 열차운행상황을 보여준다.

또한 운영자는 제어탁에서 화면표시를 보면서 수동조작을 수행하며, 열차운행계획은 24시간 열차운행시각표로 이루어져 있어 운행계획에 의해 자동진로설정 및 열차운행에 관한 모든 정보를 실행하고 기록한다. 또한 정보전송장치를 통해 현장설비간 정보교환으로 열차를 검지하며, 정차시간이나 다음 진로에 대한 정보를 알 수 있다.

※ TTC 장치의 주요 처리업무

- 열차시간표에 의한 진로제어
- 승객안내게시기, 안내방송
- 지연열차 처리
- 각종 기록, 열차번호 관리 자동처리
- 고장진단, Fault-Tolerant 등

● 운영자 제어탁

운영자의 제어탁은 윈도우 기능과 고해상도 화면을 가진 컴퓨터로 사용자 등록과 암호에 따라 제어(사용) 한계가 정해진다.

열차제어는 윈도우 기능에서 마우스나 키보드에 의해 수행되며, 제어한 정보는 열차운행컴퓨터에서 신호제어테이블을 사용, 검사하여 정확성이 확인된 정보는 현장설비로 전송하게 된다.

● 운영관리시스템

열차운행계획의 작성과 수정은 운영관리시스템에서 수행하며 9개의 운행계획이 준비되어 있어 열차운행계획이 만들어지면 열차운행제어 컴퓨터로 전송한다.

열차운행계획의 전송은 열차가 운행되지 않는 오전 1시에서 4시 사이에 수행하며, 또한 열차운행 기록 및 각종 정보를 보관하고, 운행계획에

필요한 역간의 거리, 차량제원, 운전곡선, 정차 역에 대한 기본 정보 등을 기록하고 있다.

● 정보전송장치

사령시스템과 현장시스템간 열차운행에 관련되는 모든 정보를 통신하는 설비로 전자연동장치나 운행열차와 데이터를 교환한다. 이것은 열차와 현장시스템으로부터 정보를 전송 받아 열운행과 연결되게 하고, 열차운행제어컴퓨터가 진로와 목적지를 제공할 수 있도록 한다.

● 주표시반

열차운행제어컴퓨터는 궤도 점유상태나 열차번호를 표시반에 표시하고 다음 열차번호 표시창으로부터 다음 열차번호 표시창으로 이동시키며, 종착역의 다음 출발열차의 출발시각을 나타낸다.

● 전력제어시스템(SCADA) 및 승객안내와 방송장치

SCADA는 전차선 가압 정보상태를 표시하며, 승객안내와 방송정보는 열차제어컴퓨터에서 통신컴퓨터로 송신된다. 이 정보는 열차가 시발역에서 출발하기 전에 열차의 운행에 관한 모든 계획을 전송한다.

나. 도시철도 신호시스템 현황

국내의 각 운영기관별 도시철도 신호시스템은 Alstom, Bombardier, Thales, 일본 교산, US&S 등 모두 외국의 제품으로 설치 운영되고 있다.

[표2.1.4] 도시철도 시스템

노선명	열차간격제어방식				제작사(공급사)	
	고정폐색방식			이동폐색방식(RF통신)	지상설비	차상장치
	궤도회로	발리스(루프)	가상폐색(RF통신)			
부산1호선	ATC/ATO	-	-		일본 신호	일본 신호
부산2호선	-	ATP/ATO	-	-	Bombardier	Bombardier
부산3호선	-	ATP/ATO		-	일본 교산	일본 교산
대구1호선					Alstom	Alstom
대구2호선			ATP/ATO		Alstom	Alstom
대구3호선	ATC/ATO				Hitachi	Hitachi
대전1호선			ATP/ATO		Siemens	Siemens
광주1호선	ATC/ATO				일본 교산	일본 교산
서울1호선					일본 경삼, 대동신호	일본 경삼, 대동신호
서울2호선		ATP/ATO			Siemens	Siemens
서울3호선					US&S	US&S
서울4호선					US&S	US&S
서울5호선					Alstom US&S	Alstom US&S
서울6호선					Alstom US&S	Alstom US&S
서울7호선					Alstom US&S	Alstom US&S
서울8호선					Alstom US&S	Alstom US&S
서울9호선				ATP/ATO	Alstom	Alstom
분당선				ATP/ATO	Thales	Thales
공항철도		ATP/ATO			Alstom	Alstom

[표2.1.5] 도시철도 신호시스템 현황 1

구분		서울메트로				대구도시철도공사	
		1호선	2호선	3호선	4호선	1호선	2호선
제어방식		ATS	ATS, ATO	ATC	ATC	ATC	ATC
신호방식		지상	지상, 차상	차상	차상	차상	차상
정위치정차		수동	수동, 자동	수동	수동	자동	자동
출입문개폐		수동	수동, 자동	수동	수동	자동	자동
차상속도제어		수동	수동, 자동	수동	수동	자동감·가속	자동감·가속
제 작 사		일본 경삼信號·대동信號 SIEMENS(2호선)		미국 US&S		미국 GRS	프랑스 ALSTOM
연동장치		계전	계전, 전자	계전, 전자	계전, 전자	전자연동	전자연동
ATO기능		불가	가능	불가	불가	가능	가능
신호취급실		모자이크패널 및 진로정자식, 컴퓨터		모자이크패널 및 진로선별식 컴퓨터		컴퓨터	컴퓨터
제동방식		다단제동	일단제동	다단제동	다단제동	다단제동	다단제동
궤도회로	방식	무절연	무절연	무절연	무절연	무절연	무절연
	종류	AF	AF	AF	AF	AF	AF
TWC	전송매체	·	Loop	·	·	Loop	DTC
	전송방식	·	단방향 차량→관제	·	·	양방향 차량 ↔ 현장	양방향 차량 ↔ 현장
관제 데이터 전송방식		실선제어·모뎀통신 또는 직렬통신 422				직렬통신 422	직렬통신 422
전원장치		UPS·정류기					

[표2.1.6] 도시철도 신호시스템 현황2

구분		부산교통공사			도시철도공사	인천지하철	광주도시철도	대전도시철도
		1호선	2호선	3호선	5~8호선	1호선	1호선	1호선
제어방식		ATC	Digital ATC	Digital ATC	Digital ATC	Digital ATC	Digital ATC	Digital ATC
신호방식		차상	차상	차상	차상	차상	차상	차상
정위치정차		자동	자동	자동	자동	자동	자동	자동
출입문개폐		자동	자동	자동	자동	자동	자동	자동
차상속도제어		자동 감·가속	자동 감·가속	자동 감·가속	자동 감·가속	자동 감·가속	자동 감·가속	자동 감·가속
제 작 사		일본信號	스웨덴 Bombardier	일본 Kyosan	미국 US&S ALSTOM	독일 Siemens	현대정보기술 Kyosan	독일 Siemens
연동장치		계전연동	전자연동	전자연동	전자연동	전자연동	전자연동	전자연동
ATO기능		가능	가능	가능	가능	가능	가능	가능
신호취급실 제어방식		모자이크패널 및 진로선별	키보드 마우스	키보드 마우스	모자이크패널 및 키보드,마우스	키보드 마우스	키보드 마우스	키보드 마우스
제동방식		다단제동	1단제동	1단제동	다단제동	1단제동	1단제동	1단제동
궤도회로	전송방식	주파수 (CodeRate)	텔레그램	속도데이터	주파수 (CodeRate)	텔레그램	텔레그램	텔레그램
	구성방식	LC 정합트렌스	Z-Bond 정합트렌스	중간궤도 송신	Z-BOND	S-Bond	S-Bond	S-Bond
TWC	전송매체	Loop	Loop	Transponder	Loop	Loop	Loop	Loop
	전송방식	양방향 차량 ↔	단방향 차량 →	단방향 차량 →	양방향 차량 ↔	단방향 차량 →	단방향 차량 →	단방향 차량 →

	현장	현장	현장	현장	현장	현장	현장
관제 데이터 전송방식	LAN 직렬통신	LAN 직렬통신	LAN Ethernet통신	직렬통신 422	직렬통신 422	직렬통신 422	직렬통신 422
전원장치	UPS · 정류기						

다. 서울메트로 1호선

서울메트로 1호선은 우리나라 최초의 지하철로서 1974년 개통하여 올해로 40주년을 맞이하였다. 최초 지하철 1호선 신호방식 검토 시 차내 신호방식으로도 검토하였으나, (구)철도청과 상호 직통운전을 하여야 하는 특수성 때문에 지상 신호방식을 채택하였다. 폐색방식은 복선자동으로 하고 10량 편성의 열차가 2분 30초 시격운전이 가능하도록 하였다. 1호선 개통 초기 일본의 교산 社의 ATS 시스템을 도입하였으며 2001년까지 전기계전연동장치와 단궤도 방식의 PF궤도회로를 사용하였다.

내구연한의 도래와 설비의 유지보수 효율성을 위해 2000년대 PF궤도회로를 3, 4호선 AF궤도회로 방식으로 계전연동장치를 DB(Data Base)방식의 전자연동장치로 개량하였다.

(1) 지상신호설비

1) ATS 장치

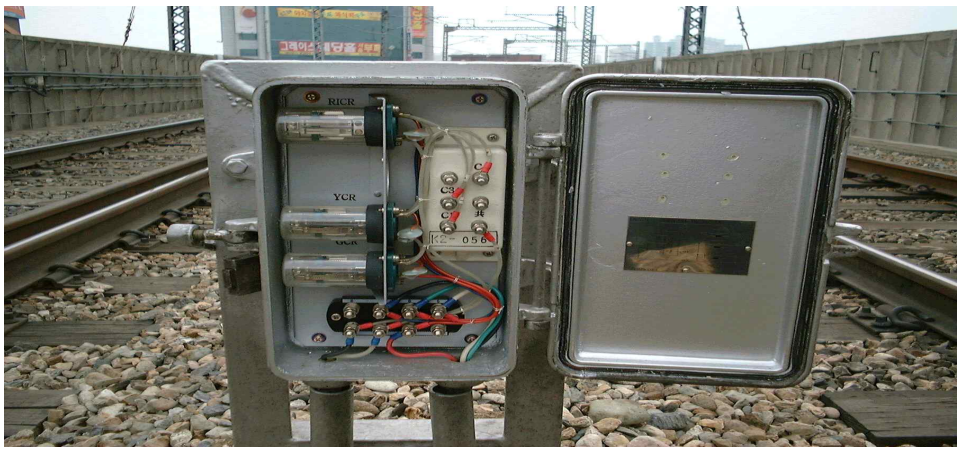
ATS 장치에서 지상설비란 공간파를 통해 정보를 차상으로 전달하는 지상설비를 말하며 그 설비 중 정보를 차상으로 직접 제공하는 지상자가 궤도에 설비되어 있고 지상자의 정보를 필요한 내용으로 변조하는 제어계전기함(ATS RELAY CONTROL BOX or ATS QR BOX)이 선로 변에 설치되어 지상자와 케이블로 연결되어 있으며 제어계전기는 해당 신호기의 현시내용을 신호기계실로부터 공급받아 콘덴서의 용량을 가감하도록 되어 있다.

가) ATS 지상자

ATS 지상자 장치는 신호기의 현시 내용마다 개개로 가지고 있는 고유주파수로 공진할 수 있도록 준비하고 있다가 열차가 통과하는 순간 차상에서 발진하는 에너지로 공진하게 된다.

지상자의 공진시간은 열차속도에 다소 따라 차이가 있으나 다르나 자에 유도 할 수 있도록 하고 차상자는 이들 내용의 주파수와 결합하여 자체에 고유 발진주파수를 해당 주파수로 변주하여 정보를 열차의 제동장치에 연관되어 신호기의 실제 지시속도보다 초과 운전 시는 비상제동으로 열차를 긴급 제동하도로 하는 것이다.

2) ATS 제어계전기함(Relay Control Box or QR Box)



[그림2.1.23] ATS 계전기 제어함

신호기에 의한 운전지시 내용으로 지상자의 정보가 변조되도록 제어하는 계전기와 콘덴서들이 내장된 함을 계전기 제어함 혹은 QR Box라 한다.

제어 계전기함에는 신호현시의 G와 YG, Y, YY, R1에 상당하는 GCR, YCR, YYCR, R1CR 계전기들과 이들 계전기가 동작할 때마다 C가 접속되는 GC, YC, YYC, R1C등의 콘덴서가 있다.

계전기의 정격은 DC24V/50mA이고 코일저항이 450옴인 소형 밀폐형이다. 접속저항이 50m옴 이하가 되는 2개의 동작접점(N2)만으로 되어있다.

콘덴서는 4종으로 되어있으나 재원이 없어 공진방식에서 역산하여 다음과 같이 치수를 산출하였다.

R1C= 0.00066μF, YYC= 0.0008μF

YC= 0.00098μF, GC= 0.00123μF

이들 계전기와 콘덴서 관계는 신호현시에 따라 계전기가 동작하면 해당 콘덴서 유효되어 지상자의 고유 C에 병렬하여 용량을 추가하도록 되어있다.

2) 연동장치

1호선 연동장치는 개통초기 일본의 교산1社의 계전연동장치를 도입하여 운용하였다. 내구연한 도래와 국내 기술의 발전으로 현재는 1호선 전구간이 DB(Datebase)방식의 전자연동장치로 교체가 되었으며 계전연동장치의 연동회로를 그대로 사용하여 교체하였다.

전자연동장치는 성능과 안정성을 향상시킨 제품으로 KNR 규격과, 서울메트로 연동기준을 근간으로 하여 CPU보드는 신뢰성과 충분한 사용실적이 있는 미국 모토롤라

사의 VME 162P4를 채택 VME(Versa Module Eurocard)-BUS 통신방식과 외부 써지 등의 영향을 최소화하기 위하여 신뢰성있는 뇌뢰트랜스를 사용하였으며, 내부와 외부의 배선을 분리하여 케이블 유도등도 고려되었다. S/W는 신뢰성 있는 OS(VxWorks)를 사용하였고 종래의 결선도방식에서 DB방식으로 새로이 개발되었으며, 역 모양 변경 시 신속대응의 역규모 환경에 적합하도록 모듈형으로 설계되어 구성된 장치다.

전자연동장치는 중앙처리 연동논리부, 광통신부, 표시제어부, 유지보수부 컴퓨터의 4가지 핵심 장비와 이를 연결해주는 각 연결부 장치들로 구성되어 있다. 이들 각 구성부들은 전자연동장치의 구성상 필수적인 설비들이다.

가) 연동논리부

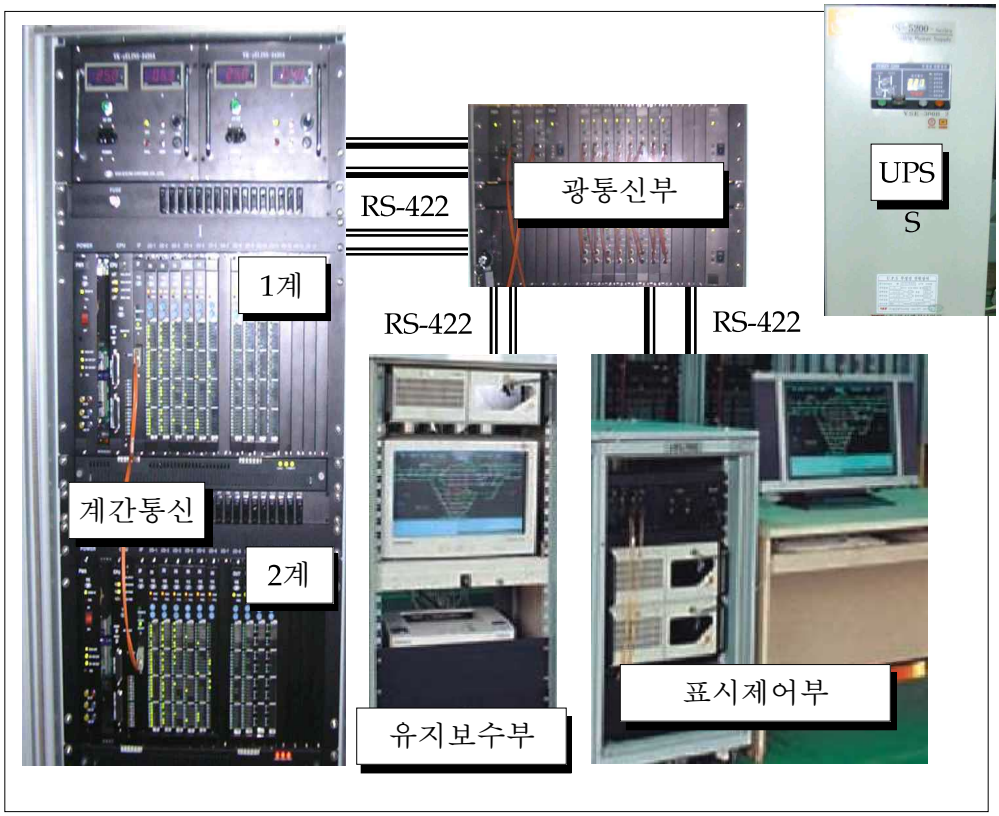
중앙처리 연동논리부는 서브랙(SubRack)이라는 설비를 둘러싼 외부 인터페이스 및 시스템 PCB CARD를 내장한 서브랙, 전원 조절 장치(서브랙 전용), 기기 케이스 등을 통합하여 칭한다. 이 중앙 처리 장치는 LOCAL 또는 TTC 조작 취급 및 현장 상태 입력정보를 이용한 계전연동장치의 연동로직에 대응하는 전자연동로직(Logic)을 수행하여 그 결과로 현장의 기기(선로전환기 및 신호기 등)를 제어한다.

조작 취급자가 현장 상태를 감시할 수 있도록 표시제어부 컴퓨터 및 유지보수 컴퓨터에 실시간(Real Time)으로 현장상태 정보를 송신하여 화면에 표시하며, 각종 장애 및 복구에 대한 표시처리를 행하고, 일련의 사건에 대한 메시지를 전송한다.

외부 인터페이스는 서브랙 뒷면의 IDF CARD를 사용하고, 내부적인 인터페이스는 CPU BOARD, COM BOARD 등의 통신 포트를 사용한다.

연동논리부은 듀얼(DUAL) 서브랙 구조로 각기 “Ⅰ”,“Ⅱ”계로 명명된 두 개의 서브랙으로 구성되어 상호 시스템 처리 결과에 대하여 검증하며, 연동처리를 수행한다. 시스템이 정지된다는 것은 이 2개의 서브랙이 모두 정지하는 것을 말한다. 각 서브랙은 독립적으로 동작할 수 있고, 동시에 동작할 수도 있다. 단, 동시 동작시는 주계 출력이 우선으로 처리되고, 부계의 출력은 현장 상태 데이터의 통신 데이터를 포함한 연동 처리에 영향을 주는 일련의 출력 데이터의 외부 처리가 차단된다. 즉, 부계는 검증처리만을 수행하게 된다.

전자연동랙과 연계된 다른 설비와의 구성 블록을 [그림 2.1.24]에서 보여주고 있다.



[그림2.1.24] 전자연동장치 설비 구성도

나) 광통신부

광통신부는 연동논리부와 연결되는 모든 통신라인으로 인입될 수 있는 서지 및 낙뢰를 미연에 방지하고자 광 점퍼 코드를 사용하여 광절연을 하는 장치이다. 광 통신부에서는 크게 세 부분으로 나뉘어져 있다.

첫 번째는 표시제어부와 광통신을 하는 부분으로써 표시제어부는 직접 광통신 방식을 사용하고 있다.

둘째는 연동장치에서 출력된 외부 인터페이스부를 광통신으로 변환하는 부분.

셋째로는 중간 절연용으로 광 점퍼코드를 사용하여 통신을 외부 기기에 연결하는 부분이다.

연동장치부에서 출력된 모든 통신라인은 광통신부로 연결되고 여기서 표시제어부로 연결되는 라인은 표시제어부용 광통신 서브랙에서 광통신으로 변환되어 표시제어부의 광변환장치로 신호가 전달된다. 여기서는 전기적인 신호로 변환되어 표시제어부 컴퓨터와 연결된다.

다) 표시제어부 컴퓨터

표시제어부 컴퓨터는 역내 상태의 표시 기능 및 기존 사용하던 LDP 표시제어부에서

수행하던 제어 기능을 완벽하게 지원하고 있다. 표시제어부 컴퓨터는 21″컬러 모니터 1대, 펜티엄급 산업용 컴퓨터 2대, 두 개의 전자연동랙을 위한 통신 라인, 두 개의 타 역 송·수신용 통신 라인(확장형)으로 구성되어 있다.

표시제어부 컴퓨터는 중앙처리 전자연동랙의 COM 보드와 광Cable로 통신을 행하고 있다. 송수신 Data는 현장 상태 데이터, 메세지 및 제어 데이터이며, 중앙처리 전자연동랙의 장애 발생 데이터도 처리되고 있다. 따라서 표시제어부 화면 표시를 위한 데이터는 COM 보드의 메시지를 통하여 전송 받고 있으며, 이의 화면 표시는 표시제어부 컴퓨터가 수행하고 있다.

표시제어부 컴퓨터 시스템은 기존 표시제어부장치의 표시와 신호 제어장치를 하나의 컴퓨터로 표시 및 제어가 가능하도록 통합한 시스템이다. 이 시스템의 기능은 크게 역상태 화면표시, 신호 관련 제어 기능, 메시지의 표시기능등 세 가지로 구분되며, 화면상에는 해당 역내 상태, 역내 신호 관련 제어 명령 목록, 조작 및 결과, 장애 상태의 메시지, 열차번호 등이 표시된다.

라) 유지보수부 컴퓨터

19인치 표준 시스템랙에 산업용컴퓨터 1조와 모니터, 레이져프린터로 구성되어 있다.

3) AF 궤도회로 장치

가) 현장설비

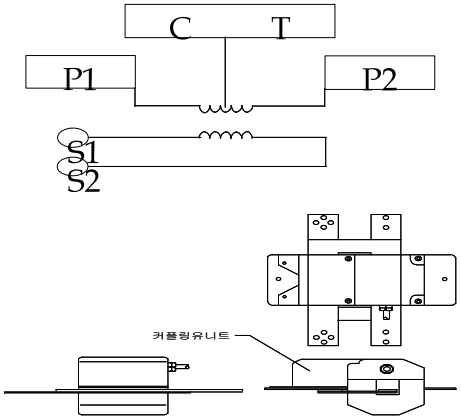
- 임피던스 본드

임피던스본드는 전철 구간에서 전차전류와 신호 전류를 분리시키는 역할을 하며 두 개의 코일로 된 변압기로써 1차 권선은 굵은 동봉으로 되어 귀선을 흘릴 수 있는 구조이며 중간 탭을 이용하여 변전소로 연결한다.

2차코일은 커플링 유니트(무절연구간) 및 정합트랜스(유절연구간)와 접속되어 케이블을 통하여 계전기실로 연결된다.

1차권선과 2차 권선은 철심을 통하여 유도 결합되며 전기적으로는 절연 되어있다.

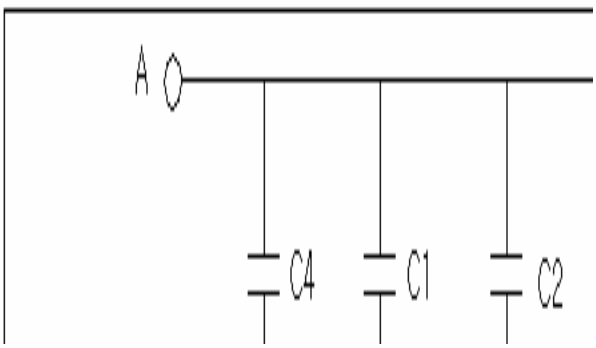
현장설비 본드 및 정합트랜스 구성은 다음 그림들과 같다.



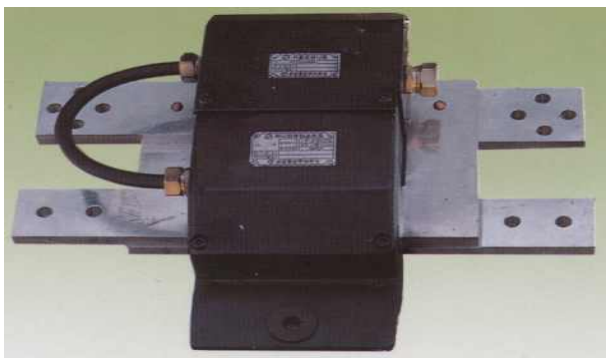
[그림2.1.25] DC구간용 임피던스
본드 회로도 및 외형도

- 커플링 유니트(무절연 구간용)

커플링 유니트는 임피던스 본드와 기계적으로 결합되어 있으며 임피던스 본드와 기계실간의 송·수신 회로를 연결시켜 주며 두 개의 열차검지주파수와 차상신호 주파수에서 사용할 수 있도록 유도 코일과 콘덴서로 필터 회로를 구성하고, 강철 피복의 캡슐에 수용되어 있다.



[그림2.1.27] 커플링 유니트 회로도



[그림2.1.27] 미니본드 사진(DC용)

나) 신호기계실 설비

신호기계실의 경우 1호선 개통 초기부터 2000년대 초반까지 유절연 PF궤도회로를 사용하였으나 현재는 전구간 모두 무절연 AF궤도회로를 사용하고 있다.

1호선 궤도회로는 M-Tech社의 AF-840A를 사용하였다. AF-840A 궤도회로장치는 열차검지주파수와 차상신호주파수 전송을 모두 할 수 있고 고장으로 인해 동작이 멈추는 것을 방지하기 위해 이중계로 구성되어 있다. 또한 DC전철화 구간에서 가청주파수(1~20KHz)를 사용하는 궤도회로로 운행 중인 열차의 연속적인 감시 및 차상신호 주파수 전송에 적합하도록 설계되어 있고, 3・4호선의 궤도회로장치와 동종의 장치를 이용하여 향후 시스템 업그레이드에도 호환 가능토록 대비 하였으나 현재 1호선은 지상식 신호방식으로 설치되어 궤도회로는 열차검지기능만 사용하고 있다.

또한 궤도회로장치가 MAIN과 BACKUP으로 구성되어 있기 때문에 MAIN 장치에 고장이 발생하였을 때에는 모니터 PCB에서 자동으로 BACKUP 장치로 전환되어 열차의 운행에 지장이 없도록 감시하는 기능도 가지고 있는데, 이것은 MAIN 장치를 구성하는 주파수발진기, 속도코드발진기, 송신PCB의 출력을 모니터링 하여 어느 한 부분이라도 출력에 이상이 발생하면 즉시 고장으로 판단하도록 프로그램이 되어있다. 뿐만 아니라 계측 및 감시기능을 갖춘 MONITOR PCB가 고장이 나더라도 MAIN장치는 항상 우선적으로 동작하게 되어 있다.

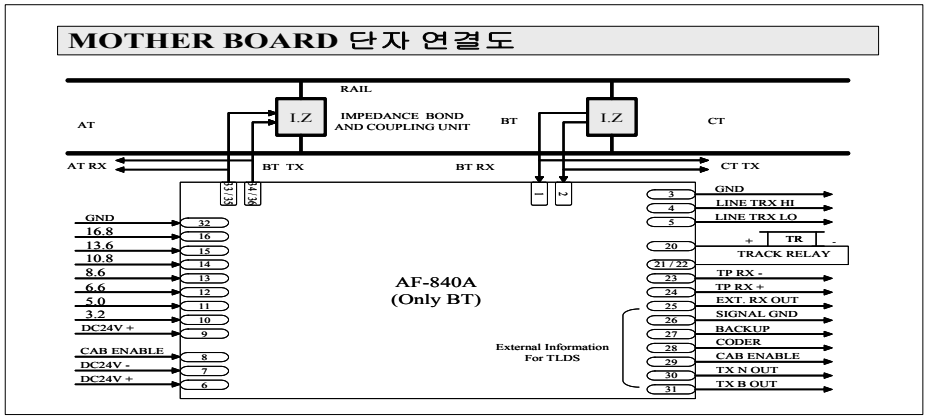
AF궤도회로장치는 연속적으로 본선 궤도회로 구간내의 열차위치를 검지하며 또한 분기부, PF궤도회로 구간 내를 통과하는 차상신호 주파수를 전송하며 열차를 안전하게 운행하도록 한다.

분기부에서 열차검지는 단궤조 PF궤도회로에 의해 실시되며, 속도명령신호는 차상신호전용 AF궤도회로장치와 각 분기부 궤도회로내의 차상신호 전용송신 루프코일에 의해 열차로 전송된다.

본선 궤도회로에서는 궤도회로구간이 점유되지 않았을 때는, 선택된 Code Rate에 4개의 열차검지 반송주파수 가운데 1개의 주파수를 변조하며 그 주파수들은 각각 F1 : 1590Hz, F2 : 2670 Hz, F3 : 3870 Hz, F4 : 5190 Hz 이다.

궤도주파수는 열차검지용으로 각각의 궤도회로에 배당되어 있으며 4개의 궤도주파수는 선로에 연속적으로 사용한다.

AF 궤도회로 장치는 주파수 및 속도코드 발생부, 주파수 증폭 출력 송신부, 케이블의 전달 특성 개선을 위한 튜닝, 해당 궤도 회로 주파수 공진 설비인 카플링 유니트, 매칭 트랜스, A.F 본드(A.C용 임피던스 본드, D.C용 미니본드), 감시부와 수신부 및 궤도계전기로 구성된다.



[그림2.1.28] 본선 AF궤도회로 구성도

- TRANSMITTER모듈

OSC 모듈로부터 두 개의 반송파 신호(열차검지주파수(F1~F4), 차상신호주파수)와 속도코드 신호를 받는다. 반송파 신호인 열차검지주파수는 속도코드 신호로 변조되고, 또 다른 차상신호주파수는 연동회로의 CAB ENABLE 신호에 의해 위상이 180° 바뀐 속도코드 신호로 변조된다. 변조된 2개의 신호가 합성된 후, 증폭되어 TUNING 모듈을 거쳐 현장에 설치된 본드를 통해 선로에 전송된다.

- TUNING 모듈

현장 미니본드 측의 정전용량을 보상하는 튜닝을 하며 송신 전압값을 검출하여 SUPERVISOR 모듈로 전송한다.

RECEIVER 모듈은 궤도 수신측 임피던스 본드에 발생되어 케이블로부터 전송되어온 수신신호 전압을 정밀 여과한 후 그 수신신호 전압의 크기로 궤도계전기를 여자 또는 낙하시키기 위한 증폭 정류회로를 구비하며 해당궤도에 정확한 열차검지주파수의 판별 및 송신측 지시속도 코드에 동기된 코드인지를 구분하여 최종 궤도계전기 제어회로를 제어하는 역할을 한다.

- BPF 모듈

현장 미니본드에서 입력된 수신신호에는 무절연 궤도회로를 구성하는 인접궤도 및 선로 상에 존재하는 각종 신호들과 Line을 공유함으로 인해 다른 신호들이 정위상 또는 역위상으로 중첩되어 들어온다. 수신신호를 보호하기 위한 직렬공진기는 자기 궤도의 신호를 선택하고, 병렬 공진기는 수신신호에 정위상 또는 역위상으로 다른 신호들이 중첩될 때 시간지연을 시켜 자기 수신신호의 변동을 줄인다.

- OSC 모듈

외부 연동장치의 속도코드 입력조건 정보에 따라 속도코드를 출력하여 TRANSMITTER 모듈로 전송한다. 열차검지(F1~F4)주파수와 차상신호(990Hz)주파수를 상시 발진시키며 열차검지주파수는 Motherboard에서 선택된 조건에 따라 자동 출력되어지기 때문에 다른 OSC 모듈과 별도 조정 없이 호환이 가능하다.[주파수 호환성]

열차검지주파수, 차상신호주파수 및 속도코드는 프로그램에 의해 제어되며, 출력에 대해 자체 Feedback 기능이 있어 자체 검증 및 출력 오류를 미연에 방지할 수 있다. 열차검지주파수, 차상신호주파수의 오차는 ±10Hz 이하이며 속도코드의 오차는 ±2% 이하이다.

OSC 모듈의 고장 정보를 SUPERVISOR 모듈로 전송하여 1계 OSC 모듈의 고장 시 자동으로 2계로 전환되어 SYSTEM의 송신출력이 중단 없이 운용된다.

- SUPERVISOR모듈

각 모듈의 상태를 감시하며 1계 장애 시 2계로 자동 전환하고, 경고 그리고, 동작 중인 장치의 입·출력 신호의 주파수와 전압값을 표시한다.

(2) 차상신호설비

1) 차상설비의 개요

지상신호기의 정보를 차상에 전송하기 위해 선로간에 코일과 콘덴서의 공진회로가 f0Hz의 공진주파수를 갖는 지상자가 있고 차상에는 2개의 코일로 구성된 차상자가 있다. 차상자의 코일은 2개가 소결합하여 1차는 발진회로의 귀환회로와 2차는 수신회로를 구성하고 있고 발진회로에서 상시 fHz 주파수를 발진하고 있다.

차상자의 fHz 발진은 지상자 위를 통과하면서 지상자를 f0Hz로 공진시킨다. 이때 지상자의 LC 공진조건에 따라 공진주파수는 달라진다.

이것을 변주현상이라 하고 변주방식에는 차상주파수가 1개의 주파수로 변주하는 단변주방식과 여러 개의 주파수로 변주하는 다변주방식이 있다.

2) 기본구성

ATS의 차상에는 정보를 수신하는 차상자 코일과 실제 열차속도와 비교 조사하는 속도조사부, 공간파를 계전기에 적용하여 연동하는 계전기논리부가 있는 수신기장치가 있고 그 밖에 표시부와 속도발전기, 전원부등으로 되어있다.

3) 차상장치의 종합사양

① 최대 열차 감응속도 130Km/h

② 주파수 변조 5주파

③ 신호현시와 주파수

G(Free)	98KHz
Y(45Km/h)	106KHz
YY(25Km/h)	114KHz
R1(0Km/h)	122KHz
R0(0Km/h)	130KHz

④ 차상자와 지상자간의 거리범위는 90mm ~ 260mm

⑤ 좌우거리변동 70mm 이하

⑥ 지상자와 결합도 80±10 mV

⑦ 응동하는 지상자 특성은 각 공진주파수의 ±2KHz, Q80이상

⑧ 차상자 코일의 상호인덕턴스 1.5μH

⑨ 차상자 코일의 Q치 80~110

⑩ 상시 발진주파수 78KHz

⑪ 선별주파수 각 공진주파수의 ±3KHz

4) 차상자(PICK UP COIL)

차상자는 지상의 제어지점에 있는 지상자와 결합하여 제어신호(제한속도)를 차상으로 전달하는 유도코일이다. 지름이 170mm과 225mm의 원형사이에 0.6mm 경동선으로서 38회 감겨지고 2개의 공심코일이 상호결합하고 있다.

이것은 1차코일과 2차코일로 구성되어 발진증폭부의 귀환발진회로가 1차코일의 공심트랜스를 거쳐 입력 측에 Feed Back하여 지속적인 발진을 하도록 하고 2차코일은 지상자의 공진회로에 접근하여 전기적 결합으로 주파수가 변주되어 수신기에 입력된다.

지상의 제어지점에 있는 지상자(공진코일)과 결합하여 제어신호를 차상에 전달하기 위한 코일이다.

1차코일과 2차코일로 이루어져 수신기(Receiver)의 발진기(OSC)와 결합되어 귀환발진회로를 형성하고 있다.

차상자의 전기적 특성은 차상자의 조정금구에 횡판을 분리 측정용 틀에 조립 2차 측에 1KΩ저항을 접속하고 1차코일에 100KHz 정현파 전류 100mA를 유입시켰을 때

저항의 단자전압은 75±10mV이다.

1차코일과 2차코일의 측정한 차는 ±2mV를 범위내로 하며 이상의 2차 코일 저항의 단자전압을 결합도라 한다.

차상자의 취부는 차체하부에 주위 철조물이 100mm 이상 지장 받지 않는 공간을 이용하여 지상자와의 이격거리를 100-260mm 정도 하였다.

위치는 차륜 중심으로부터 우측 300±10m로 하고 지상자에 명시된 화살표시가 열차 진행방향으로 취부 한다.

이 위치는 열차가 주행 중에 발생하는 좌우 편 위 즉 열차의 요동거리가 ±70mm를 조건에서 [그림3.1.29]와 같이 지상자간의 거리가 약 300mm까지 허용된다.

또 지상자와 응동범위는 상하 이격 거리가 100mm-200mm 범위 상태에서 좌우는 ±200mm이상 인 것을 알 수 있다.



[그림2.1.29] 차상자 외형

차상자는 2개의 코일로 조립되어 있어 1차 코일에 100KHz 100mmA의 일정 전류를 흘렸을 때 2차 코일에 유도되는 전압을 결합도라고 하였으며 표준 전압은 80±10mV로 하고 있다.

차상자의 2개 코일에는 각각이 저항치 또는 자기 Inductance와 양 코일간의 상호 Inductance가 있다. 이들 간에 유기전압의 산술치는 E2=jwMI1이다. 여기서 wI1은 일정하므로 E2=M가 되어 결합도와 양 코일간의 상호 Inductance의 변화에 따라 유기전압은 변한다.

따라서 차상자의 조정판을 상하로 이동하여 자속 변화를 줌으로서 상호 Inductance M이 변화되어 2차 코일의 E2를 적절히 조정한다.

5) 수신기(Receiver)

수신기는 차상자와 결합된 발진기(OSC)의 주파수 즉 기준발진주파수를 걸러내는 대역필터(B.P.F(Ref))와 신호현시에 대응하는 대역필터(BPF(R1, 25--등)), 출력계전기(OPR등)등으로 구성되어있다.

발진기는 상시 78KHz를 발진하여 B.P.F(Ref)를 통하여 출력계전기의 자기유지전원(PR 여자조건)으로 되어있다.

예를 들어 지금까지 경계신호로 25PR이 자기유지되어 진행하던 중 신호현시 G지상자 위를 통과할 때 발진기는 지상자의 공진주파수에 유입되어서 78KHz에서 98KHz로 변주하게 되면 B.P.F(Ref)의 출력이 순간 차단하여 주계전기 (MR)이 낙하하므로 25PR이 낙하되고 순간 무신호 상태가 되나 운전에는 지장없는 짧은 시간이다. 동시에 지상자의 98KHz로 B.P.F(Free)가 출력하여 발진주파수는 98KHz로 되고 다시 출력한 B.P.F(Ref) 전원에 의해 FPR은 자기접점으로 유지하게 된다.

다음 표는 지상자에 통과하는 신호조건에 따라 계전기의 동작 논리를 표시한 것이다.

[표2.1.7] 수신계전기 동작

정보종별	조사속도	주파수	FR	45R	25R	0R
진 행	-	98KHz	⇑	↓	↓	↓
감 속	-	98KHz	⇑	↓	↓	↓
주 의	45Km/h	106KHz	↓	⇑	↓	↓
경 계	25Km/h	114KHz	↓	↓	⇑	↓
정지(R1)	0Km/h	122KHz	↓	↓	↓	⇑
정지(R0)	0Km/h	130KHz	↓	↓	↓	⇑

라. 서울메트로 2호선

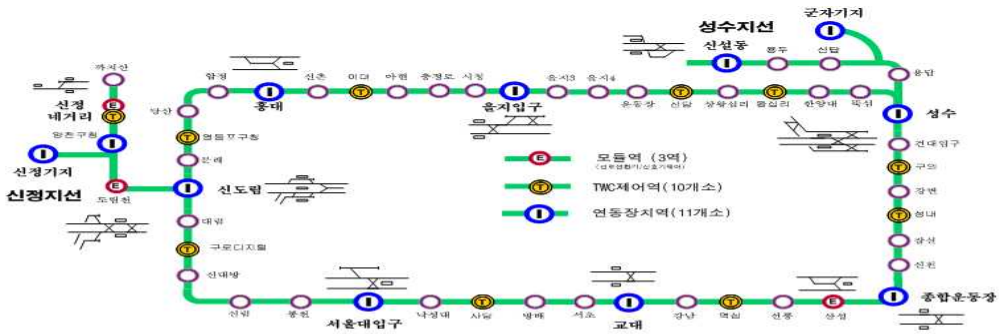
(1) 개요

서울메트로 2호선의 신호시스템은 1980년 10월 개통 후 2006년까지 폐색구간별 지상에 설치된 신호기의 현시 정보와 신호기에 연동되는 ATS 장치에 의한 열차운전 방식을 사용하였으나, 고밀도 운전이나 1인 승무 기반 마련 등을 위해 새로운 신호시스템을 설치, 완료하여 현재 기존 시스템과 상호 중첩 운영 중에 있다. 서울메트로 2호선

에 새롭게 도입된 신호시스템은 독일 SIEMENS사의 ATP/ATO장치이며, 이 장치뿐만 아니라 전자연동장치(SICAS), 궤도회로 장비 등을 적용하여 새로운 신호시스템을 구성하였다.

지멘스 신호시스템의 설비현황은 차량기지 2개소(시험선과 입/출고선만 수행), 본선 43개(48.8Km), 성수지선 3개(5.4Km), 신정지선 4개소(6.0Km)의 정거장을 가진 복선 궤도이다. 설치구간은 직류 1500V 전철화 구간으로서, 현재 지상신호방식의 신호기와 ATS 장치가 시설되어있으며, 터널구간과 지상 고가구간으로 건설되어 있다. 차량제어 방식으로는 Chopper 제어, VVVF 제어이며, 현재 사용중인 ATS 장치는 78kHz~114kHz 이외의 주파수에서는 열차가 비상 정지하는 방식으로 사용주파수는 [그림 2.3.14]와 같다.

운행차량은 88편성(10량/편성)이고 최소 운전시격은 2분이다. 연동역은 을지로입구, 홍대입구, 신도림, 서울대입구, 교대, 삼성, 성수, 신설동, 신정네거리역에 있으며, 광케이블을 통해 인접 연동역과 연결되며 종합관제소로 표시 및 제어 정보를 송·수신하고 있다



※ 현재 사용중인 ATS 시스템

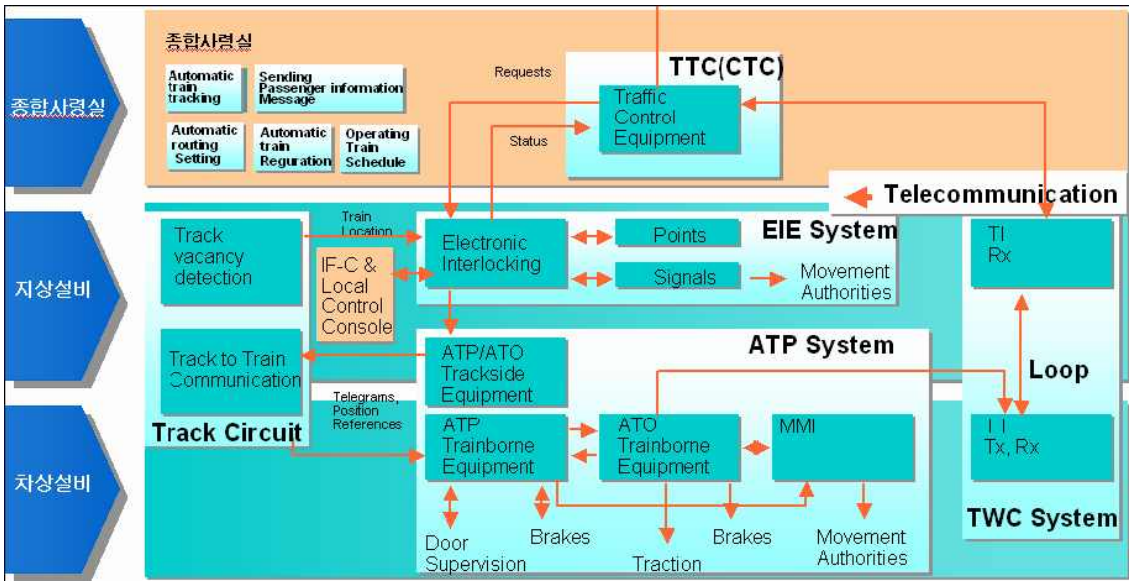
- 기본발진주파수 : 78kHz
- 진행신호 : 98kHz
- 주의 및 경계신호 : 106 ~ 114kHz
- 정지신호 : 122 ~ 130kHz

구 분	AF 궤도회로	전자연동 장치	열차보호장치 (ATP)	정위치 정차설비	관제설비
수 량	662조	11개소	11개소	51역	1식
제 작 사	독일 SIEMENS(차상 신호 포함)				삼성SDS

[그림2.1.30] ATP/ATO 시스템 현황

[그림2.1.31]은 신규로 설치된 지상 및 차상 시스템 전체 구성을 나타낸 그림이다. 그림에서와 같이 신규 신호시스템은 설치되는 위치별로 종합관제소 설비, 지상설비 그리고 차상설비로 구분되어진다. 종합관제소에 설치되는 설비는 2호선 전체에 대한 운행감시를 위한 관제설비인 TTC(Traffic Control Center)이고, 지상설비는 그림에서와 같이 관제설비와 2호선 신호기계실과의 인터페이스를 위한 IFC, 전자연동장치, 지상 ATP/ATO 설비로 구성되어있다. 차상설비는 지상 ATP/ATO 제어설비로부터의 전송신호를 수신 받는 각종 센서와 차상 ATP/ATO 설비로 구성되어진다. 그림에서와

신호시스템은 지상에서 열차의 위치를 검지하는 기능과 이를 통해 이동권한을 생성하여 차상으로 전송하는 기능 등 다양한 기능을 수행하며, 차상에서는 지상으로부터 받은 정보를 통해 열차의 자동운전기능, 플랫폼에 별도로 설치된 TWC 장치와의 협조를 통한 출입문 제어기능 등을 수행한다.



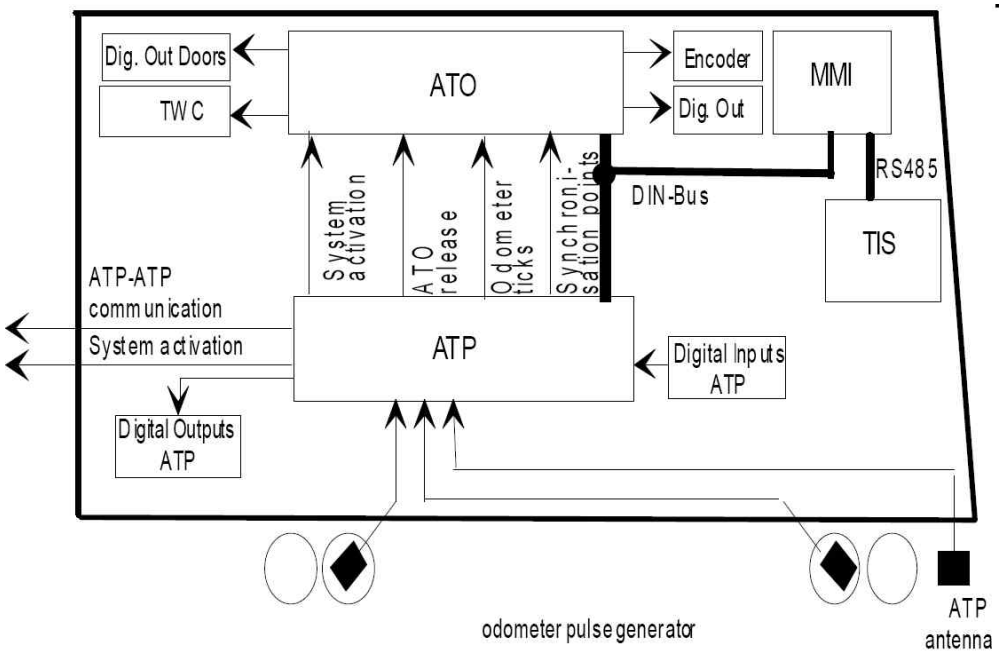
[그림2.1.31] 서울메트로 2호선 ATP/ATO장치 구성도

2호선 신호시스템은 열차 안전 확보를 위한 진로 및 간격제어의 필수 항목을 ATP장치인 LZB700M과 전자연동장치(SICAS)로 구현하고 있다. SICAS는 궤도회로에 의해 궤도점유를 인식하며, 선로전환기를 제어하고, Distance-to-go 방식의 ATP 장치 감시하에 동작하는 차상 ATC에 안전한 열차운행을 위한 정보를 제공한다. SICAS는 궤도회로장치 FTGS를 통해서 Vital 정보를 열차로 송신한다. 이 궤도회로 장치는 가청주파수에서 동작하며, 반송파로 고속의 데이터 전송율을 갖는 디지털 모듈레이션을 사용한다. 따라서 속도뿐만 아니라 거리와 구배 정보가 열차로 전송되어, 차상 ATP가 열차 운행의 Distance-to-go 감시에 이용할 수 있다.

현장제어기(EC/DSTT)는 연동장치와 분산하여 설치가 가능하나, 유지/보수를 위해 기기실에 수용한다. 연동장치 컴퓨터와 현장제어기 간은 광케이블에 의한 이중화로 어떤 결함이 있을 경우에도 통신을 지속시킬 수 있도록 전송망으로 구성한다. SICAS와 지상 ATP 장치인 LZB700M은 2-out-of-3, 차상 ATP 장치는 2-out-of-2 기법을 도입하여 장애발생 시 안전측으로 동작하도록 구성되어있다. 한편, TTC는 원활한 열차운영을 위해 자동화하였으며, 안전한 열차운행의 전제하에 운영자의 편이성을 최대한 고려하여 설치되어있다. 신규 신호시스템으로 ATP/ ATO 장치를 구성하고 있

는 주요 장치들의 기능을 정리하면 다음과 같다.

(2) ATP/ATO 차상장치



[그림2.1.32] ATP/ATO 차상장치의 구성도

ATP/ATO 장치의 차상설비인 LZB700M은 “Distance to go” 방식에 의해 운행되며, 그 구성은 [그림2.1.32]와 같다. ATP 장치는 궤도회로로부터 최대허용속도, 목표 거리 및 속도, 출입문 Enable 정보 등을 수신하여 열차를 안전하게 운행할 수 있도록 연속적으로 속도를 감시하기 위한 설비로서 주요 기능은 다음과 같다.

- 최대 허용 속도 감시
- 목표 속도 감시
- 경고와 제동 커브 계산
- 출입문 개방 허가
- 주기적인 운행 감시
- 후진 운행 감시

ATO는 자동열차운행을 수행하는 장치로 TTC의 협력 하에 작동된다. TTC는 열차가 운행될 수 있는 조건을 제공하고, ATO는 주어진 운전조건에 따라 열차를 자동제어하게 되며, ATO는 운행간격을 최소화하고, 평균운행 속도를 향상시키기 위해 ATP 속도 감시정보를 활용한다. 다음은 Auto 모드에서 ATO의 주요 기능이다.

- 운전 Profile 산출

- TWC 통신
- 정속 주행
- 타행 운전
- 정위치 정차
- 출입문 열림 및 닫힘 제어
- 출발제어
- 자동 회차

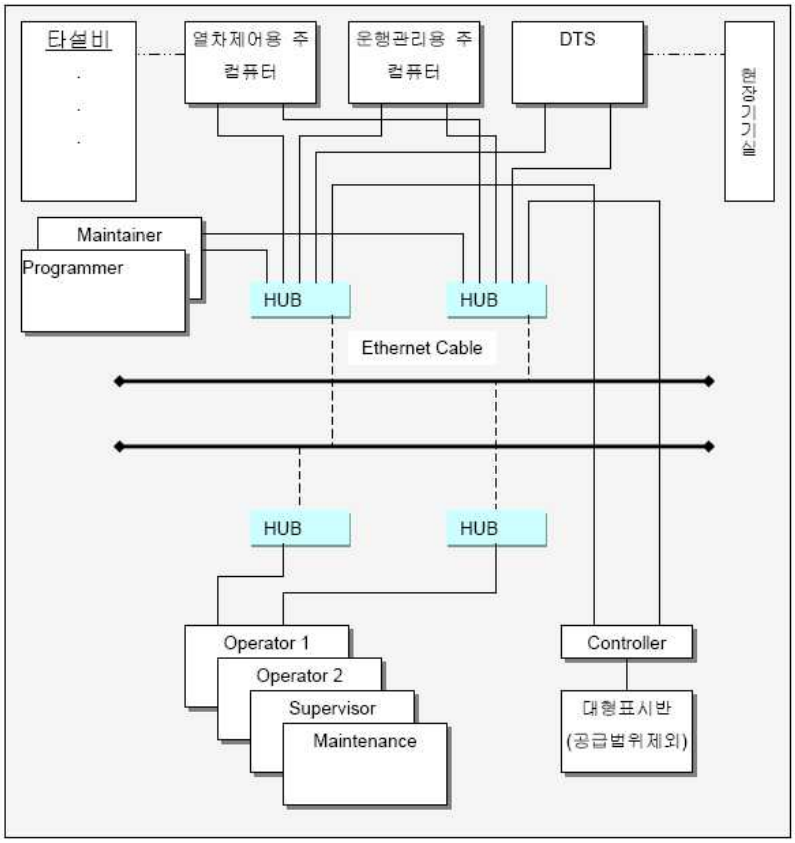
(3) TTC 설비

TTC 설비는 열차제어용 주컴퓨터(FT System)와 제어용 콘솔, 운행 관리용 컴퓨터, DTS(Data Transmission System), 대형표시반(LDP) 및 주변기기로 구성하며, 주요설비는 2중계로 구성되어 장애발생시 이를 검지하여 시스템이 중단 없이 운영 가능하도록 한다. 그 구성은 [그림2.1.33]과 같다. 관제설비를 구성하는 열차제어 컴퓨터(TCC)는 결함허용시스템으로서 CPU에서 발생하는 이상에 의해 시스템이 영향을 받지 않도록

CPU가 이중화되어 있으며, 데이터처리 시 데이터의 오류가 발생하지 않도록 H/W적으로 비교논리를 사용하고, Data를 저장하는 Disk를 이중화하여 Disk driver나 Disk 제어 Process의 장애가 발생하여도 Data access에 아무런 지장을 주지 않는 Disk Mirroring 기능을 갖고 있다.

TCC에서 수행하는 어플리케이션 소프트웨어의 주요기능은 다음과 같다.

- 스케줄 관리
- 열차번호 관리
- 진로제어 관리
- 운영모드 관리
- 시스템 감시
- 이력관리
- 인터페이스



[그림2.1.33] TTC 설비 구성도

운행관리용 컴퓨터(MSC)는 열차운행에 의해 발생한 각종 실적을 관리하여 보고서 작성 및 각종 통계자료로 활용할 수 있도록 하며, 매일 일정 시각에 당일 사용할 DIA ID를 열차제어용 주컴퓨터로 전송한다.

운행관리용 컴퓨터에서 수행하는 주요 기능은 다음과 같다.

- 운행계획 스케줄 조회
- 운행실적 조회 및 출력
- 표준운영절차서 관리
- 운행스케줄 작성
- TCC Back-up 기능(TCC 기능 이상 시)

이 밖에도 DTS설비와 제어용 콘솔은 현장 신호설비와 관제실간 정보 송수신을 위한 설비이며, 다음과 같은 기능들을 가지고 있다.

- 이중계 구성
- TCC로부터의 제어정보 현장기기실 설비로 전송
- 현장기기실 설비로부터의 표시정보 TCC로 전송

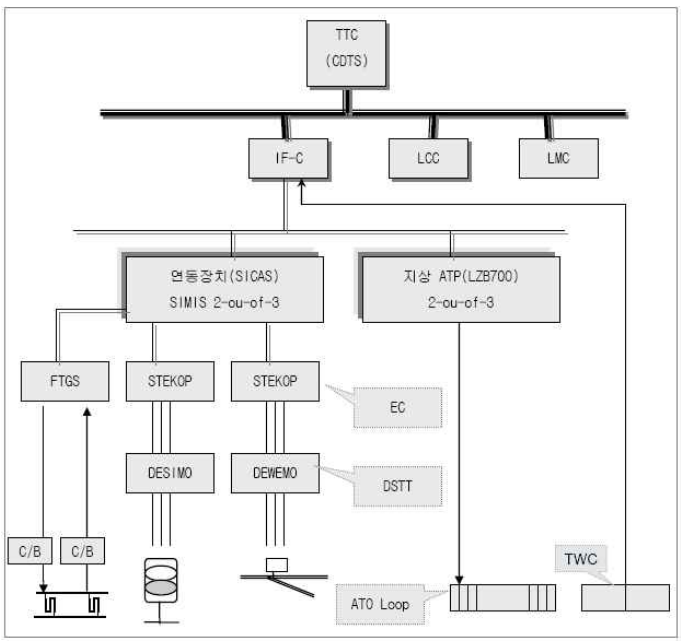
- 시스템 이상 시 자동절체 및 수동절체 지원
- TCC 이상 시 MLMC와 제어 및 표시정보 송수신
- 대형 표시반 통신

(4) 연동장치(SICAS) 및 지상 ATP 장치

신호기계실 설비는 안전한 열차운행을 위해 연동 Logic에 의한 진로제어와 열차간 안전거리 확보, 분기부에서의 열차안전운행 보장 등의 기능을 수행한다. 이를 위해서 궤도회로와 선로전환기 등 실외설비에 대해 끊임없이 감시가 이루어진다. 그 구성도는 [그림2.1.34]과 같다. 연동기능을 수행하는 연동장치(SICAS)와 열차보호기능을 수행하는 ATP(LZB700M)는 완전 전자화, 전산화에 근거한 시스템이다. 하드웨어는 최신의 첨단 기술을 사용하여 제작되었으며, 이미 입증된 신뢰성있는 소프트웨어를 사용하여 저 비용으로 운영할 수 있도록 보장한다.

SICAS와 LZB700M은 2-out-of-3 하드웨어 구조로 이중의 외부 통신 채널로 구성된다. 연동장치(SICAS)는 열차운행과 궤도에서의 운영에 대한 모든 상황을 점검하는 연동장치이며, 일반적으로 연동역 기계실에 설치하고, EC/DSTT 및 궤도회로장치와 인터페이스 된다. ATP 장치는 연동장치로부터 연동에 관련된 정보를 수신하여 안전한 열차운행을 위한 텔레그램을 생성하여 궤도회로장치를 통해 차상장치에 전송한다.

EC/DSTT는 SICAS와 광케이블로 연결되며, 선로전환기 및 신호기와 인터페이스 된다.



[그림2.1.34] 신호기계실 설비 구성도

(5) 궤도회로장치

무절연형이며 고도의 간섭이 존재할 수 있는 DC 전화지역에서 사용되도록 설계되었으며, 열차검지 및 ATP 텔레그램 전송을 위해 설치된다. 궤도회로간 전기적 분리는 일반적으로 S-본드 궤도조정 구역에서 이루어진다. AF 궤도회로장치인 FTGS는 철도와 지하철에 전 세계적으로 널리 사용되고 있는 궤도회로 장치로, SIEMENS의 원격공급 AF 궤도회로(Remote-Fed Audio Frequency Track Circuit) 장치의 독일어 약어이다. 궤도상태 검지를 위해, 궤도는 몇 개의 구간으로 분할된다.

FTGS에서 부호화된 가청주파수(AF : Audio Frequency) 교류전원은 구간의 인입부에서 공급되고, 종단부에서 수신된다. 궤도구간으로 진입하는 차축이 레일간 단락을 일으키면, 수신전압이 떨어지게 되어 이 구간의 "궤도점유" 신호를 보내게 된다. 궤도회로 주파수는 서로 다른 Bit Pattern에 의해 주파수 변조가 이루어지므로 송신기에서 수신기로 명확하게 전송되도록 한다. 송수신기 케이블은 Core 접촉으로 인한 위험한 전기적 간섭을 배제하기 위해 분리한다. 궤도상태 검지는 다음 3단계로 이루어진다.

- 진폭 평가 (Amplitude Assessment)
- 변조 확인 (Modulation Check)
- Coding 점검 (Coding Check)

한편, 궤도가 점유되면 FTGS는 지상 ATP 장치에서 열차운행 관련 텔레그램을 수신하여 차상장치에 송신한다. 지상설비에서 차상으로 정보를 송신하기 위해 선로에 궤도회로 장치를 설치한다. 신호 기계실에는 송/수신기가 설치되며 선로 변에는 Connection Box(Tuning Unit 포함)와 S-보드 Cable이 설치되어 차상 ATP 안테나와 인터페이스 된다. 궤도회로장치는 비 점유 시에는 FSK 방식으로 Bit pattern 정보를 전송하고, 열차에 의해 점유가 발생하면, LZB700M로부터 열차제어 정보를 수신하여 PSK 방식에 의해 텔레그램을 차상으로 전송한다.

(6) 기타 장치

- 정위치 정차 설비 : 열차가 승강장에 정위치 정차를 하기 위해 선로사이에 ATO Loop를 설치한다. 정위치 정차용 ATO Loop는 열차에 정확한 현 위치를 알려주어 차상설비가 정확한 제동곡선을 계산할 수 있도록 한다.

- TWC : 차상설비에서 정보를 수신하기 위해 승강장 또는 회차선로에 TWC 설비를 설치한다. 신호 기계실에는 컨트롤러가 설치되며 인터페이스 장치(IFC)와 인터페이스 된다. 한편, 차상으로 송신하는 ATO 관련정보(열차번호, 다음역 정보, 열차고장정보, 운전모드 등)는 AF 궤도회로를 통하여 이루어지므로 AF 궤도회로 구간 어디서

나 전송이 가능하다.

- ATP 안테나 : 궤도회로에서 정보를 수신하기 위한 안테나로 열차 하부 차축에 2개를 설치한다. 열차 안전운전에 관련된 정보 및 운영정보를 수신한다.

- ATO Loop : 본선 승강장에서는 정위치 정차를 위해 사용된다.

- 오도메타 : 열차의 차륜에 2개가 설치되어 열차 운행속도 및 방향을 감지한다.

- MMI : MMI는 ATC와 기관사간 인터페이스를 위한 장치로, ATC상태 정보를 기관사에 전달하고, 취급정보를 ATC에 전달하여 조치토록 한다. MMI는 Push 버튼 및 표시램프와 디스플레이 화면 2부분으로 구성된다. Push 버튼은 Yard(ATP 제동완해), ATO 출발, ATP 고장 스위치 및 출입문 허가버튼 등으로 구성된다. 디스플레

이 화면은 권고속도, 실제속도, 목표속도, 목표거리 및 ATP/ATO 장치의 고장상태 정보를 현시한다.

(7) ATS-ATO 인터페이스

신규 ATP/ATO 설비를 도입하여 기존 신호설비의 중단 없이 중첩운행을 하기 위한 기존설비와 신규 설비 간의 인터페이스 현황은 [그림3.1.35] 및 [그림3.1.36]과와 같다. 기존 차량은 차상신호가 아닌 지상신호에 따른 ATS에 의한 열차운행만 가능하므로 기존의 폐색 시스템을 사용한다. 따라서 기존 차량을 위한 진로 설정이 이루어지며, 전 역사에 출발신호기 및 ATS장치를 제어한다. 기존설비의 중첩운행 인터페이스를 장치별로 정리하면 다음과 같다.

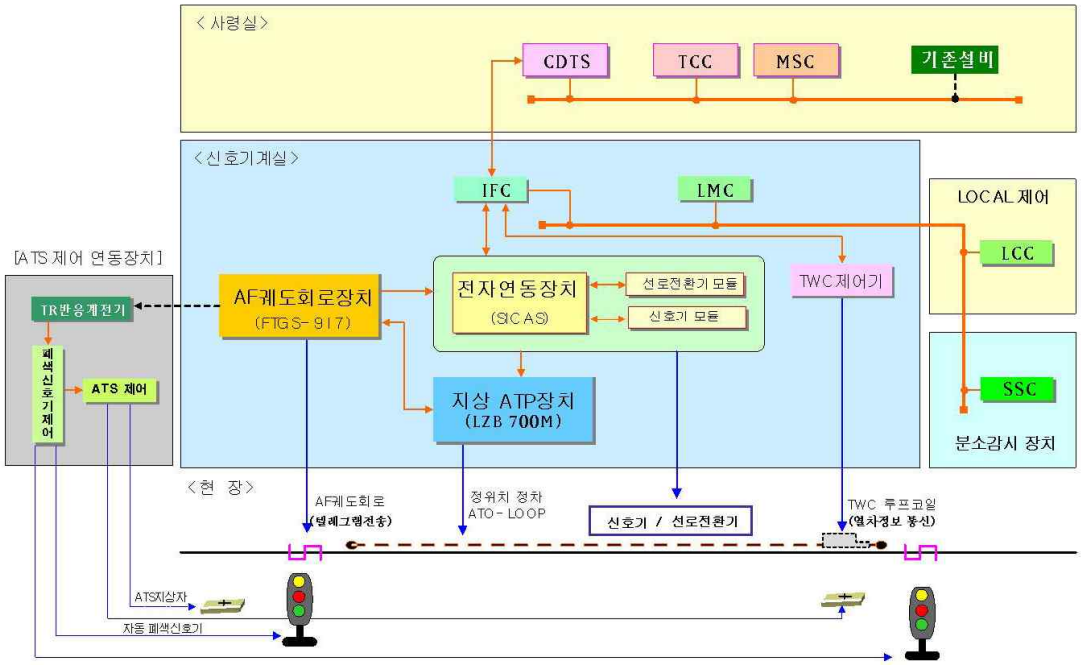
- 신호방식 : 기존방식과 동일하다.

- 선로전환기 : 전자연동장치에서 제어하며, 선로전환기 위치정보를 공유한다.

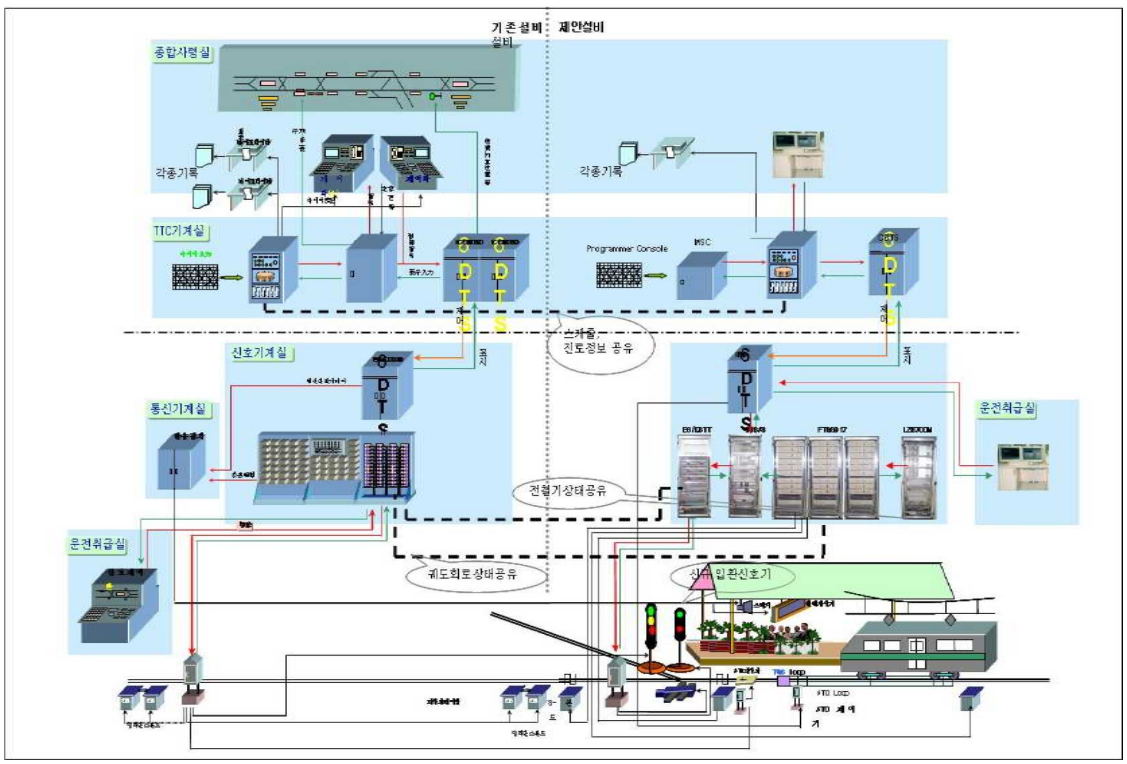
- 궤도회로 : 궤도회로에서 정보를 수신하여 위상 변환기를 제어하여 기존 TR 계전기 입력 정보로 활용한다.

- 관제 설비 : 기존방식과 동일하며 선로전환기를 전자연동 설비가 제어하므로 선로전환기 제어를 위한 정보교환을 위해서 진로제어를 위한 인터페이스가 이루어진다.

- 진로제어 : 제어명령은 기존과 동일하며, 계전연동장치를 위한 선로전환기 위치정보 및 궤도회로 정보를 신설 설비와 공유하여 연동조건을 점검한다.



[그림2.1.35] ATS/ATO 중첩운행 시스템 구성도 및 인터페이스 현황



[그림2.1.36] 신규 설비와 기존 설비와의 중첩운행 인터페이스 현황

따라서 인터페이스 현황을 정리해보면, 선로전환기는 위치정보를 공유하고 궤도회로는 상태정보를 공유하고 있음을 알 수 있다. 또한 신호기는 신설 신호기를 설치하여 신/구 설비가 각기 운영하고, 진로제어는 신/구 설비 각기 제어가 이루어지며, 선로

전환기 설정상태를 Check하여 운영자에 불일치 시 열차 운행을 금지하고, 확인 작업이 이루어 진후 열차운행이 가능하도록 조치하고 있음을 알 수 있다.

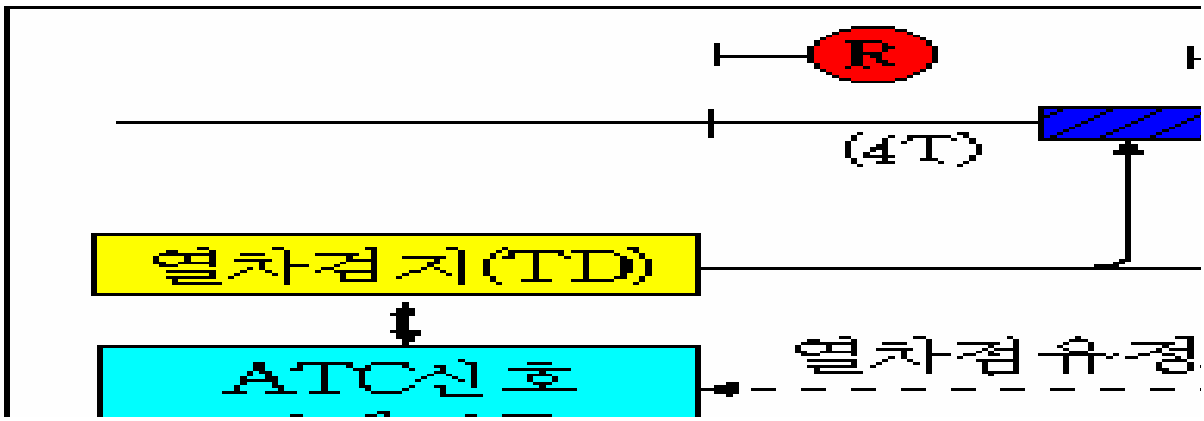
마. 서울메트로 3호선, 4호선

(1) 개요

서울메트로 3, 4호선은 1985년 개통 시 미국의 US&S(Union Signal & Switch) 社의 ATC시스템을 도입하였다. ATO기능이 제외된 차상신호제어 방식의 ATC시스템으로서 현재의 설비들은 대부분 국산화되어 운용하고 있다.

ATC 장치는 열차가 현재 점유하고 있는 궤도회로부터 속도 정보(ATC신호=CAB)를 수신 받아 그 구간을 운행할 수 있는 최대운행 허용속도를 알아내어, 열차의 실제 속도가 운행 허용속도 보다 빠르면 운행 허용속도까지 자동적으로 제동이 걸리는 장치이다.

ATC의 동작을 표현하면, 구간마다 열차를 검지(TD신호)하여 신호정보(CAB 신호)를 송신하고, 그것을 차상에서 수신하여 그 신호 정보에 의해서 열차가 그 구간 내에 현재 허용된 제한 속도 이하로 속도를 제어하는 것이다.



[그림2.1.37] ATC의 기본적인 구성

궤도회로는 열차의 해당 궤도 구간마다의 운행 허용속도를 차상장치에 송신하며, [그림2.1.37]에 표시한 것처럼 지상의 신호현시를 기관사가 육안으로 확인하는 대신에 궤도 회로로부터 보내오는 신호정보를 차상에서 수신하여 자동으로 운행 허용속도를 지시받고, 열차의 현재 속도와 비교하여 주행 최고 속도를 제한한다. 그러므로 ATC 시스템에 있어서 궤도 회로는 크게 열차 검지와 지상 측으로부터 차상으로의 속도 정보를 전달하는 두 가지 역할을 한다.

이상과 같이 ATC 장치는 다음과 같은 역할을 한다.

- 각 구간의 지상 측 열차 검지 기능(지상 측)

- 각 구간의 지상 측 신호 정보 (CAB신호) 전송 기능(지상 측)
- 신호 정보의 차상 측 수신 기능(차상 측)
- 수신 정보에 따른 제한 속도와 열차의 현재 속도를 비교하여 차상장치에서 열차 속도를 허용속도 내로 유지하는 기능

(2) ATC 차상신호 설비

1) ATC 차상장치

3,4호선 전동차에 설치된 ATC 차상장치는 TC차 운전실에 설치되어 전동차의 견인과 제동장치 간에 상호 연결되어 있으며 카드화일을 포함한 ATC랙과 속도계(Aspect Display Unit), 차체 부착기기들로 구성되어 있다.

가) ATC RACK

차상장치 대부분의 기기를 수용하는 ATC랙은 운전석 좌측벽에 설치되며 각종 PCB를 포함한 카드화일과 계전기, Decelerometer, 전원기기 등을 내장하고 ATC차상장치의 각종표시 및 제어기능을 수행한다.

Receiver PCB(990HZ수신)는 Pick-up Coil로부터 수신된 차상신호를 동조증폭 및 복조하며 Decoder PCB(지시속도코드 식별 3.2~16.8HZ)는 각각의 지시속도 코드마다 1장씩의 PCB가 마련되어 있으며 수신된 코드주파수에 대하여 자신의 주파수가 동조(일치)할 때 해당 속도계전기를 동작시키며 수신코드 주파수가 소멸되면 속도계전기는 낙하된다.

Speed Governor PCB(속도조사)는 지시속도를 실제소도와 비교하며 속도계의 표시정보를 제공한다. 과속상태에서는 제동요청을 하게 된다.

Shaper-Limiter/V=0 PCB(실제속도검출)는 자체바퀴에서 Axle generator(속도발전기)에 의하여 주어진 실제속도에 비례하는 정보를 Speed Generator PCB로 전송하고, “0”속도를 검출한다.

Latching And Gate PCB는 지시속도가 소멸하여 실제속도가 “0”속도로 갈 때 Stop and Proceed Mode를 제공하는데 사용된다.

Time Delay PCB는 과속상황에서 비상제동을 요청할 때 3초간의 지연시간을 제동하여 상용제동의 이상 유무를 체크하는데 사용된다.

계전기는 ATC 차상장치의 논리회로구성 및 제어를 위하여 각종 계전기를 사용하고 있으며 속도계전기(25-80, YRD), 제동보장(BA), 제로속도(VZ), 비상제동(EBR), 저속(US), 제동확인(ACK), ATC운전(SC), 일단정지 후 진행(SS) 제어계전기 등이 있다.

Decelerometer는 유리관내에 있는 수은의 움직임에 따라 작동되는 감속스위치이며 제동상황에서 기준제동율(2.4km/H/S)에 대하여 실제 제동율을 비교한다.

나) 운전석 설비

운전석 전면에는 차량운행에 필요한 각종 표시장치와 함께 Aspect Display Unit(ADU)라고 하는 속도계가 있으며 좌, 우측에는 열차의 겸인 및 제동을 위한 제어장치가 설치되어 있다.

ADU는 ATC랙에서 제공하는 각종 정보를 입력받아 열차의 실제속도와 ATC지시속도를 비교 현시하며 Yard/Stop and Proceed Mode등 운전상태도 표시한다.

이 ADU는 종래의 지상신호현시방식에서 신호현시를 차내로 옮겨놓은 것으로 폐색신호기의 역할을 수행하게 된다. 신호현시(지시속도표시)는 적색의 막대그래프 길이에 의해서 나타낸다.

다) Pick-up Coil

2개가 한 쌍을 이루는 이 코일은 TC차 전면 첫 번째 바퀴 앞에 양측에 한개씩 설치되어 있다. 이 코일은 폐색구간의 AF궤도회로 또는 Loop Coil로부터 차상신호를 수신하는데 사용되며 동축케이블을 통하여 ATC랙의 수신PCB로 연결된다.

라) Axle Generator(속도발전기)

열차의 실제속도 검출을 위한 속도발전기는 TC차 두 번째 차축에 설치되며 차축의 회전속도를 이에 비례하는 주파수로 변환(Speed Senser)하여 Shaper-Limiter/V=0 PCB로 보낸다.

2) 차상장치 주요제원

- 수신주파수 : 990HZ
- 지시속도 및 코드주파수

15km/H	(Stop and Proceed Mode)
25km/H	3.2HZ(Yard Mode)
25km/H	5.0HZ(Manual Mode)
40km/H	6.6HZ(〃)
60km/H	8.6HZ(〃)
70km/H	10.8HZ(〃)

80km/H 13.6HZ(″)

YC16.8HZ(YD Cancel Mode)

- Speed Senser 출력 : 실제속도 1km/H당 4.11HZ
- 제로속도검지 : 5km/H보다 낮을 때
- 제동보증 지연시간 : 2.5 - 3.0sec
- 기준제동율 : 2.4km/H/S
- 기지모드 지시속도 : 25km/H(최대)
- 상용제동율 : 3.5km/H/S
- 비상제동율 : 4.5km/H/S

3) 지상설비와 인터페이스

지상에서 송신한 990HZ 차상신호주파수가 픽업코일을 통하여 수신기회로에 인가되어 수신동조증폭과 복조과정을 거쳐 송신된 코드주파수에 관계된 코드주파수가 재생된다.

(3) ATC 지상신호 설비

1) 연동장치

3, 4호선 연동장치는 개통초기 미국의 US&S(Union Signal & Switch) 社 의 계전연동장치를 도입하여 운용하였다. 내구연한 도래와 국내 기술의 발전으로 현재는 3, 4호선 연동역 구간의 90%이상 DB(Datebase)방식의 전자연동장치로 교체가 되었으며 2015년까지 전 구간 교체예정이다. 그 외 기기집중역은 PLC에 계전연동장치의 연동회로를 그대로 사용하여 교체하였다.

전자연동장치는 중앙처리 전자연동랙, 보수자용 컴퓨터, 표시제어부 컴퓨터의 3가지 핵심 장비와 이를 연결해주는 각 연결부 장치들로 구성되어 있다. 이들 각 구성부들은 전자연동장치의 구성상 필수적인 설비들이다.

- 전자연동랙

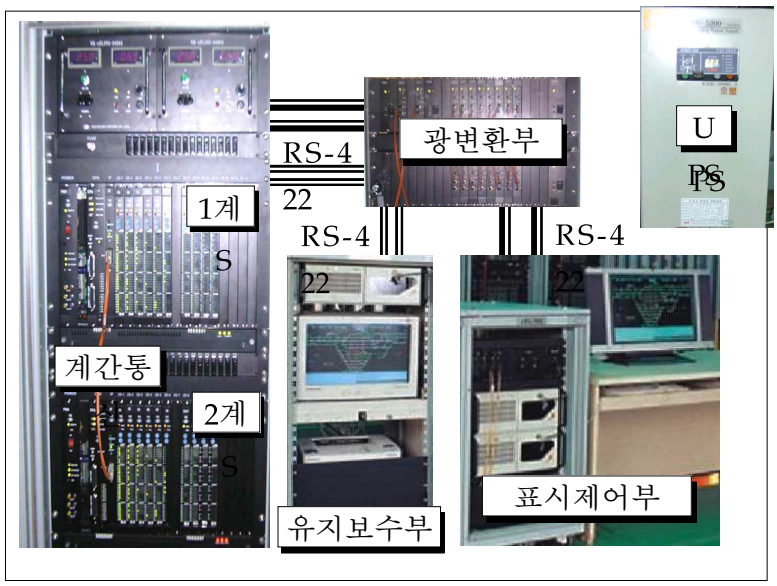
중앙처리 전자연동랙은 서브랙(SubRack)이라는 설비를 둘러싼 외부 인터페이스 및 시스템 PCB CARD를 내장한 서브랙, 전원 조절 장치(서브랙 전용), 기기 케이스 등을 통합하여 칭한다. 이 중앙 처리 장치는 LOCAL 또는 TTC 조작 취급 및 현장 상태 입력정보를 이용한 계전연동장치의 연동로직에 대응하는 전자연동로직(Logic)을 수행하여 그 결과로 현장의 기기(선로전환기 및 신호기 등)를 제어한다.

조작 취급자가 현장 상태를 감시할 수 있도록 표시제어부 컴퓨터 및 유지보수 컴퓨터에 실시간(Real Time)으로 현장상태 정보를 송신하여 화면에 표시하며, 각종 장애 및 복구에 대한 표시처리를 행하고, 일련의 사건에 대한 메시지를 전송한다.

외부 인터페이스는 서브랙 뒷면의 IDF CARD를 사용하고, 내부적인 인터페이스는 CPU BOARD, COM BOARD 등의 통신 포트를 사용한다.

전자연동랙은 듀얼(DUAL) 서브랙 구조로 각기 "Ⅰ", "Ⅱ" 계로 명명된 두 개의 서브랙으로 구성되어 상호 시스템 처리 결과에 대하여 검증하며, 연동처리를 수행한다. 시스템이 정지된다는 것은 이 2개의 서브랙이 모두 정지하는 것을 말한다. 각 서브랙은 독립적으로 동작할 수 있고, 동시에 동작할 수도 있다. 단, 동시 동작시는 주계 출력이 우선으로 처리되고, 부계의 출력은 현장 상태 데이터의 통신 데이터를 포함한 연동 처리에 영향을 주는 일련의 출력 데이터의 외부 처리가 차단된다. 즉, 부계는 검증처리만을 수행하게 된다.

전자연동랙과 연계된 다른 설비와의 구성 블록을 [그림2.1.38]에서 보여주고 있다.



[그림2.1.38] 전자연동장치 설비 구성도

- 표시제어부 컴퓨터

표시제어부 컴퓨터는 역내 상태의 표시 기능 및 기존 사용하던 LDP 표시제어부에서 수행하던 제어 기능을 완벽하게 지원하고 있다. 표시제어부 컴퓨터는 21″컬러 모니터 1대, 펜티엄급 산업용 컴퓨터 2대, 두 개의 전자연동랙을 위한 통신 라인, 두 개의 타 역 송·수신용 통신 라인(확장형)으로 구성되어 있다.

표시제어부 컴퓨터는 중앙처리 전자연동랙의 COM 보드와 광Cable로 통신을 행하고 있다. 송수신 Data는 현장 상태 데이터, 메세지 및 제어 데이터이며, 중앙처리 전자연동랙의 장애 발생 데이터도 처리되고 있다. 따라서 표시제어부 화면 표시를 위한 데

이터는 COM 보드의 메시지를 통하여 전송 받고 있으며, 이의 화면 표시는 표시제어부 컴퓨터가 수행하고 있다.

표시제어부 컴퓨터 시스템은 기존 표시제어부장치의 표시와 신호 제어장치를 하나의 컴퓨터로 표시 및 제어가 가능하도록 통합한 시스템이다. 이 시스템의 기능은 크게 역상태 화면표시, 신호 관련 제어 기능, 메시지의 표시기능등 세 가지로 구분되며, 화면상에는 해당 역내 상태, 역내 신호 관련 제어 명령 목록, 조작 및 결과, 장애 상태의 메시지, 열차번호 등이 표시된다.

2) AF 궤도회로 장치

3, 4호선 AF궤도회로 장치는 현장설비와 신호기계실 설비로 구분하며 서로 연결되어 열차검지주파수 및 차상신호주파수를 전달한다.

가) 현장설비

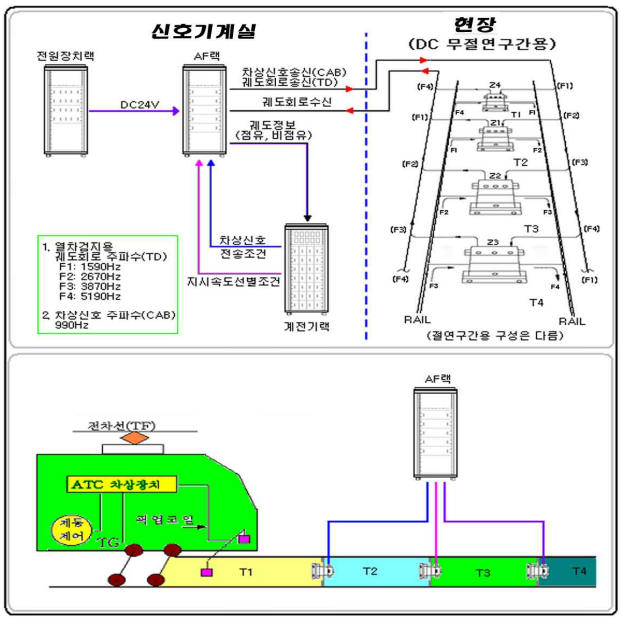
- 임피던스 본드

임피던스본드는 전철 구간에서 전차전류와 신호 전류를 분리시키는 역할을 하며 두 개의 코일로 된 변압기로써 1차 권선은 굵은 동봉으로 되어 귀선을 흘릴 수 있는 구조이며 중간 탭을 이용하여 변전소로 연결한다.

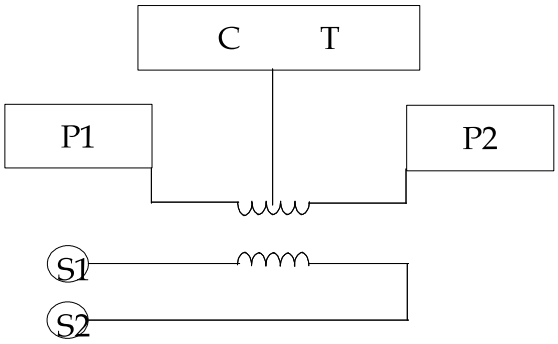
2차코일은 커플링 유니트(무절연구간) 및 정합트랜스(유절연구간)와 접속되어 케이블을 통하여 계전기실로 연결된다.

1차권선과 2차 권선은 철심을 통하여 유도 결합되며 전기적으로는 절연 되어있다.

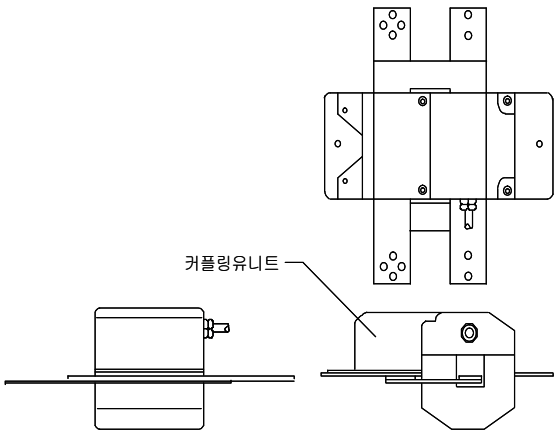
현장설비 본드 및 정합트랜스 구성은 다음 그림들과 같다.



[그림2.1.39] AF 궤도회로장치 시스템 구성도



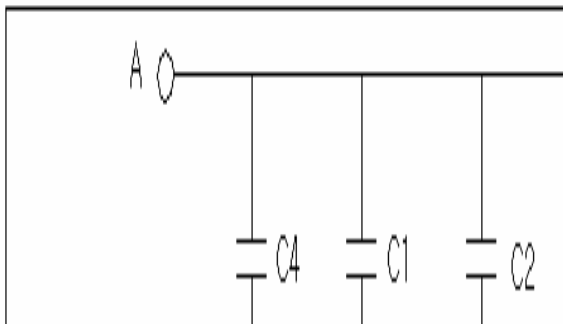
[그림2.1.40] DC전철 구간용 임피던스 본드 회로도



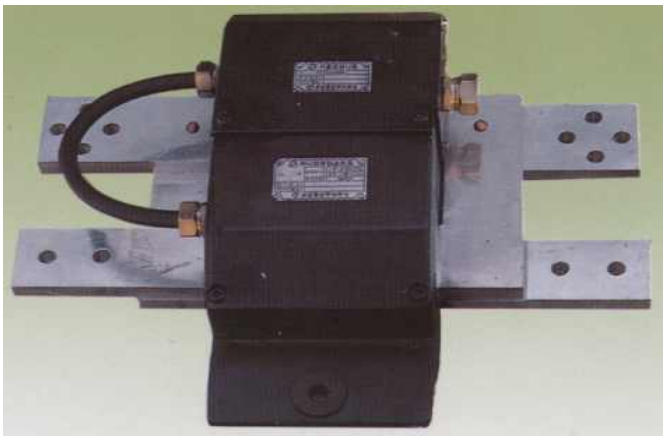
[그림2.1.41] DC전철 구간용 임피던스 본드 외형도

- 커플링 유니트(무절연 구간용)

커플링 유니트는 임피던스 본드와 기계적으로 결합되어 있으며 임피던스 본드와 기계실간의 송·수신 회로를 연결시켜 주며 두 개의 열차검지주파수와 차상신호 주파수에서 사용할 수 있도록 유도 코일과 콘덴서로 필터 회로를 구성하고, 강철 피복의 캡슐에 수용되어 있다.



[그림2.1.42] 커플링 유니트 회로도



[그림2.1.43] 미니본드 사진(DC용)

나) 신호기계실 설비

신호기계실의 경우 3, 4호선 개통 초기 US&S의 Wabco AF궤도회로 설비를 사용하였으나 현재는 모두 국산화하여 M-Tech에서 개발한 AF-940A와 유경제어(주)에서 개발한 YK-900A 등 두가지 제품을 사용하고 있다. 두가지 제품은 기본적으로 기능은 동일하며 YK-900A제품이 조금 더 향상된 옵션을 제공한다.

AF궤도회로 장치는 열차검지주파수와 차상신호주파수전송을 모두 할 수 있고 고장으로 인해 동작이 멈추는 것을 방지하기 위해 이중계로 구성되어 있으며 DC전철화 구간에서 가청주파수(1～20KHz)를 사용하는 궤도회로로 운행 중인 열차의 연속적인 감시 및 차상신호주파수 전송에 적합하도록 설계 되어 있다.

AF궤도회로장치는 연속적으로 본선 궤도회로 구간내의 열차위치를 검지하며 또한 분기부, PF궤도회로 구간 내를 통과하는 차상신호 주파수를 전송하며 열차를 안전하게 운행하도록 한다.

분기부에서 열차검지는 단궤조 PF궤도회로에 의해 실시되며, 속도명령신호는 차상신호전용 AF궤도회로장치와 각 분기부 궤도회로내의 차상신호 전용송신 루프코일에

의해 열차로 전송된다.

역과 역 경계에서 송신PCB와 수신PCB가 양쪽 역으로 분리된 경우 속도코드주파수를 역사이의 케이블을 통하여 전송하지 않고 단순히 송신전압을 조정하여 인접 역의 수신전압이 규정치가 되도록 한다. 이와 같은 방법의 사용으로 궤도장애가 일어날 확률이 줄고 더 안정된 시스템이 된다.

차상신호전송은 궤도점유에 의해 지시를 받게 되며, 열차가 궤도회로에서 검지될 때 전송되며 차상반송 주파수의 변조는 열차로 전송되는 제한 속도명령신호에 의해 결정된다.

제한속도 선택은 궤도회로장치 외부의 연동회로에서 담당하며, 이 연동회로와 궤도회로장치가 연결 되어 종합적인 열차제어시스템을 이루고 있다.

열차제어시스템을 위한 신호제어 폐색 설계는 연동장치를 통하여 AF궤도회로 장치에 입력을 제공하며, 입력내용에 따라 AF궤도회로 장치는 Code Rate를 선택하고, 차상신호 반송파는 선택된 CODE주파수에 의해 변조되어 특정 속도코드주파수를 송신함 으로써 열차제어시스템에서의 제한속도 선택을 가능케 한다.

앞 궤도의 모든 폐색 설계는 궤도회로 조건이 각 궤도회로의 제한속도 선택회로에 의해 감시되며, 감시된 조건에 따라 이 회로는 적당한 입력을 AF궤도회로 장치에 공급하여 해당 Code Rate를 선택하게 해주고, 정확한 차상신호를 가능케 해준다.

선택된 속도명령 Code Rate는 열차검지 주파수 및 차상신호 주파수 전송에 사용된다. 본선 궤도회로에서는 궤도회로구간이 점유되지 않았을 때는, 선택된 Code Rate에 4개의 열차검지 반송주파수 가운데 1개의 주파수를 변조하며 그 주파수들은 각각 F1 : 1590Hz, F2 : 2670 Hz, F3 : 3870 Hz, F4 : 5190 Hz 이다.

궤도주파수는 열차검지용으로 각각의 궤도회로에 배당되어 있으며 4개의 궤도주파수는 선로에 연속적으로 사용한다.

AF 궤도회로 장치는 주파수 및 속도코드 발생부, 주파수 증폭 출력 송신부, 케이블의 전달 특성 개선을 위한 튜닝, 해당 궤도 회로 주파수 공진 설비인 카플링 유니트, 매칭 트랜스, A.F 본드(A.C용 임피던스 본드, D.C용 미니본드), 감시부와 수신부 및 궤도계전기로 구성된다.

- TRANSMITTER모듈

OSC 모듈로부터 두 개의 반송파 신호(열차검지주파수(F1~F4), 차상신호주파수)와 속도코드 신호를 받는다. 반송파 신호인 열차검지주파수는 속도코드 신호로 변조되고, 또 다른 차상신호주파수는 연동회로의 CAB ENABLE 신호에 의해 위상이 180° 바뀐 속도코드 신호로 변조된다. 변조된 2개의 신호가 합성된 후, 증폭되어 TUNING 모듈

을 거쳐 현장에 설치된 본드를 통해 선로에 전송된다.

- TUNING 모듈

현장 미니본드 측의 정전용량을 보상하는 튜닝을 하며 송신 전압값을 검출하여 SUPERVISOR 모듈로 전송한다.

RECEIVER 모듈은 궤도 수신측 임피던스 본드에 발생되어 케이블로부터 전송되어온 수신신호 전압을 정밀 여과한 후 그 수신신호 전압의 크기로 궤도계전기를 여자 또는 낙하시키기 위한 증폭 정류회로를 구비하며 해당궤도에 정확한 열차검지주파수의 판별 및 송신측 지시속도 코드에 동기된 코드인지를 구분하여 최종 궤도계전기 제어회로를 제어하는 역할을 한다.

- BPF 모듈

현장 미니본드에서 입력된 수신신호에는 무절연 궤도회로를 구성하는 인접궤도 및 선로 상에 존재하는 각종 신호들과 Line을 공유함으로 인해 다른 신호들이 정위상 또는 역위상으로 중첩되어 들어온다. 수신신호를 보호하기 위한 직렬공진기는 자기 궤도의 신호를 선택하고, 병렬 공진기는 수신신호에 정위상 또는 역위상으로 다른 신호들이 중첩될 때 시간지연을 시켜 자기 수신신호의 변동을 줄인다.

- OSC 모듈

외부 연동장치의 속도코드 입력조건 정보에 따라 속도코드를 출력하여 TRANSMITTER 모듈로 전송한다. 열차검지(F1~F4)주파수와 차상신호(990Hz)주파수를 상시 발진시키며 열차검지주파수는 Motherboard에서 선택된 조건에 따라 자동 출력되어지기 때문에 다른 OSC 모듈과 별도 조정 없이 호환이 가능하다.[주파수 호환성]

열차검지주파수, 차상신호주파수 및 속도코드는 프로그램에 의해 제어되며, 출력에 대해 자체 Feedback 기능이 있어 자체 검증 및 출력 오류를 미연에 방지할 수 있다. 열차검지주파수, 차상신호주파수의 오차는 ±10Hz 이하이며 속도코드의 오차는 ±2% 이하이다.

OSC 모듈의 고장 정보를 SUPERVISOR 모듈로 전송하여 1계 OSC 모듈의 고장 시 자동으로 2계로 전환되어 SYSTEM의 송신출력이 중단 없이 운용된다.

- SUPERVISOR모듈

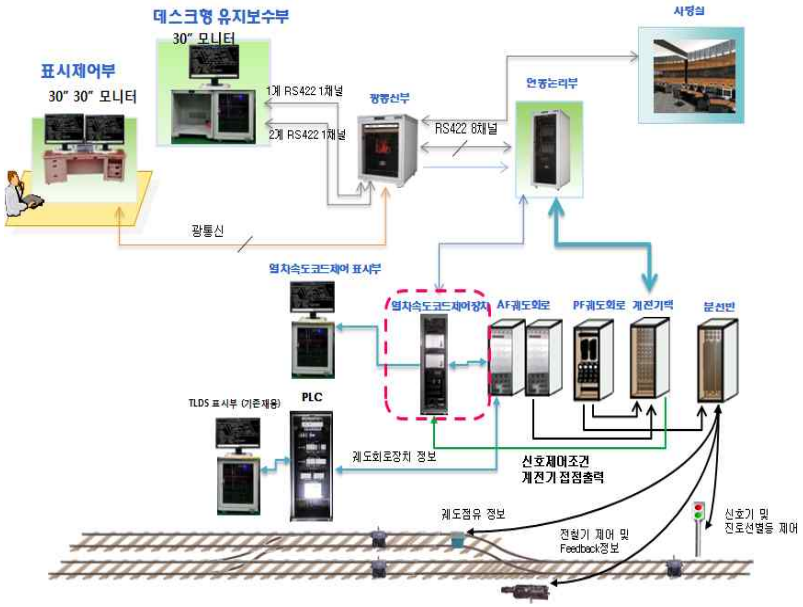
각 모듈의 상태를 감시하며 1계 장애 시 2계로 자동 전환하고, 경고 그리고, 동작 중인 장치의 입·출력 신호의 주파수와 전압값을 표시한다.

3) 열차속도코드 제어장치

열차속도코드 제어장치는 AF궤도회로로 ATC 속도코드 출력을 담당하는 장치로 입

력모듈로 입력받은 궤도점유정보, 선로전환기 방향, 신호기 현시정보에 따라 적합한 출력을 연산하여 출력모듈로 출력한다.

각역별 입, 출력 정보는 DB형태로 롬에 저장되어 CPU모듈에 의하여 연산 처리 된다.



[그림2.1.44] 전체 시스템 구성도

열차속도코드 제어장치는 대기 2중계로 구성된 시스템 서브랙, 내부 DC 24V 전원 공급장치인 정류기, 동작상태를 표시하는 표시부로 구성되어 있다.

시스템 서브랙은 전원모듈, CPU모듈, IF모듈, 입력모듈, 출력모듈로 구성되어 외부장치와의 입/출력 처리 및 표시부와 통신처리를 수행한다.

- 전원모듈

전원모듈은 직류전원을 공급하기 위한 DC-DC 컨버터로서 PWM (Pulse Width Modulation) 방식에 의한 SMPS (Switched Mode Power Supply)이다.

또한, 전원장치는 DC/DC컨버터 회로를 채택하고 1차측에 유도되는 이상 전압이 출력에 영향을 주지 않는 구조로 되어 있다.

- CPU 모듈

CPU 모듈은 열차 속도코드 제어장치에서 가장 중추적인 역할을 수행하며 32bits Chip이 내장되어 있는 32비트 고성능 보드이다. 고속의 데이터 처리를 하기 위한 CPU모듈은 이더넷 포트 2개, 시리얼포트 4개가 내장되어 있다.

내부에 장착하는 역별 DB롬에 따라 적합한 제어출력을 하게 된다. DB롬을 오삽입 또는 타역 DB롬을 삽입하게 되면 해당 CPU는 동작을 정지한다.

- I/F모듈

I/F모듈은 CPU의 VRD 입/출력 및 계간 상태정보 전송, 계설정을 담당하는 모듈로써 내부 스위치를 전환을 통해서 1계, 2계 설정을 하며 전면에 설정상태를 표시한다.

CPU모듈에서 일정시간 약1초 안에 주기적으로 억세스하여 데이터를 갱신하지 않으면 내부 워치독에 의하여 RUN상태에서 FAIL 상태로 표시하고 VRD 출력을 정지한다.

1계 2계는 반드시 다르게 설정해야하며 같게 설정할 경우는 시스템 장애를 유발한다.

전면에 주,부계 동작상태를 표시하고 반드시 1계, 2계중 하나만이 ACTIVE로 표시한다.

- 입력 모듈

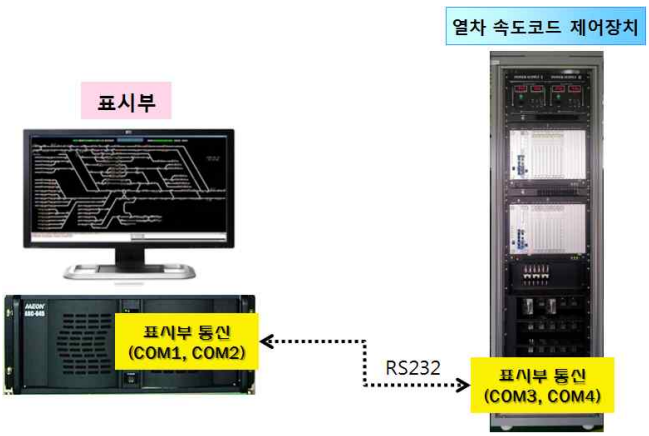
입력 모듈은 계전기랙을 통해 현장의 상태를 받아 CPU 모듈로 정보를 전송하는 역할을 담당한다. 즉, 입력 모듈은 외부 장치로부터 ON/OFF 정보를 입력하는데 사용되며 1장의 모듈에서 32개의 입력정보를 처리한다.

- 출력 모듈

연동장치에서 모든 연산 논리의 처리는 CPU 모듈이 담당하지만 최종적인 출력 제어는 출력 모듈에서 제어를 한다. 출력 모듈은 외부장치로 ON/OFF 정보를 출력하는데 사용되며, 1장의 모듈에서 32개의 출력 정보를 처리한다. 모든 출력포트에는 역방지 다이오드로 포트를 보호한다.

- 표시부

열차속도코드 제어장치로부터 상태정보를 통신으로 입력 받아 화면에 표시하는 장치로, 열차점유상태, 시스템상태 (1계, 2계), 출력중인 속도코드 상태, 속도제한상태를 표시한다. 표시부는 산업용 컴퓨터로 구성하고 열차 속도코드 제어장치와 RS-232통신 2채널로 데이터를 전송받아 화면에 표시한다.

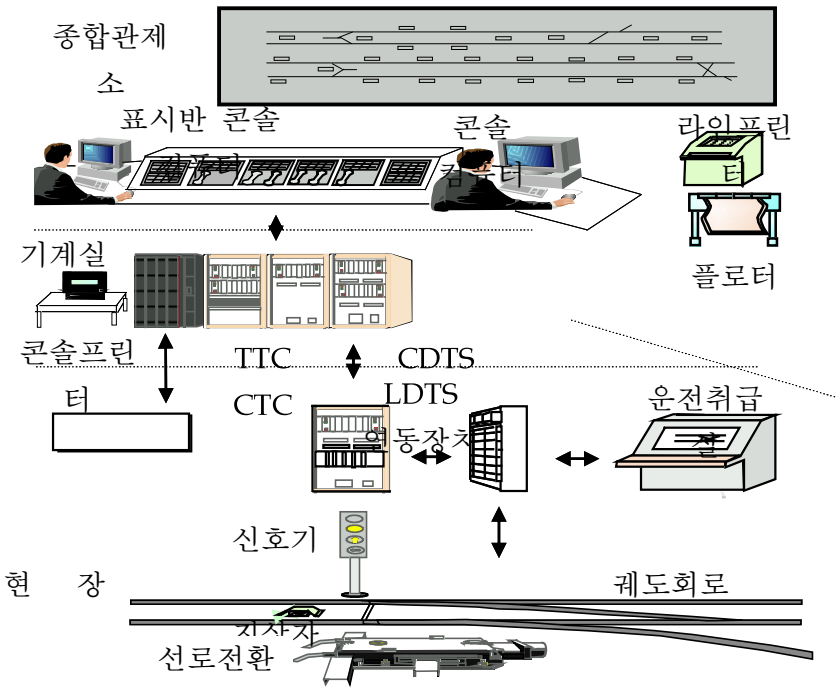


[그림2.1.45] 표시부 구성도

바. 서울메트로 종합관제 설비

1,2,3.4호선 종합열차운행 제어장치(Total Traffic Control System)의 특징은 TTC장치의 중요한 열차운행 제어컴퓨터(Traffic Control Computer)를 F/T 컴퓨터로 사용하여 시스템의 무중단 운영을 보장하며, 운영자의 편의를 위해 운영자와 관련되는 모든 제어 및 표시 기능은 콘솔 컴퓨터(워크스테이션)를 통한 GUI (Graphic User Interface)에 의해 구현된다.

TTC시스템은 또한 열차운행 제어컴퓨터(Traffic Control Computer) 열차 운행관리(MSC),CTC프로세서, 표시반(LDP), DTS장치, 철도공사 열차번호 교환장치들 등으로 구성되며, 각각 장치들의 상호 협력을 통해서 역 장비 및 열차의 감시, 제어 및 각종 데이터에 대한 저장 및 표시 기능을 수행한다.



[그림2.1.46] TTC 시스템 구성도

(1) TCC 컴퓨터

TCC 컴퓨터는 MSC 컴퓨터로 부터 열차운행 스케줄을 공급받아 설정된 운행 계획에 따라 열차의 운행을 감시하고, 열차운행 계획에 따른 신호 진로제어 및 현장 제어 표시, 각종 열차운행 계획 및 실적 등의 데이터 저장 및 표시의 출력의 기능을 한다.

TTC시스템은 CA MODE(TTC 자동), CM MODE(TTC 수동), CTC MODE(관제자 수동), LOCAL MODE (LOCAL 수동, LOCAL 자동으로 세분하여 구분할 수 있다)에 의한 운전을 고려하여 다음의 기능을 수행한다. TCC에 관련된 모든 처리는 TCC 컴

퓨터에서 실행되고 사용자의 조작은 각 CONSOLE DESK에서 수행 한다.

열차 스케줄에 의한 자동 열차 제어 기능

- 자동 진로 제어 기능
- 신호 제어 기능
- 일정한 열차 간격을 유지하도록 연동 역 출발 신호제어
- 차량기지 입고, 출고 제어
- 철도공사로 부터 진입열차의 순서 변경때 경고제어
- 조기발차 열차 경고제어
- 출발 지시등 제어
- 연동역 제어시 열차번호와 점유궤도 정보가 일치할 경우만 자동진로 구성

열차 운행 상황 표시 기능

- 열차번호 추적 및 열차의 철도공사(적색),서울메트로 소속구분(녹색)
- 진로구성 상태 및 궤도회로 상태
- 신호 현시 상태 및 선로전환기 상태
- 운전 제어 방식 표시(CA, CM, CTC, LOCAL)
- 시소 상태표시
- 출발열차 예고표시(LDP에 열차번호, 시각 표시)
- 주요 설비의 상태 표시
- 지연열차 및 스케줄 실적 표시
- 수신 신호설비의 상태 정보분석
- 열차의 행선 안내게시기 정보
- 전차선 단전 구간 표시

ALARM 처리 기능

- 각종 ERROR 경보 기록 및 표시
- 수 작업 실적 기록 및 표시
- 비정상 궤도점유 표시정보 기록
- 최소 역 정차 시간보다 적게 정차하는 열차의 경보 기록

행선 안내기 제어 기능

열차가 역에 도착하기 전에 어느 정해진 궤도에 도착하면 행선 안내게 시기 제어정보를 전송한다. 행선지 정보는 스케줄에 의한 자동 전송과 수동제어로 정보를 수동으로

보낼 수 있다.

LOGGING PRINTER

LOGGING PRINTER에 출력되는 모든 정보는 DISK에 보관되며, 일정기간을 보관 후 BACKUP TAPE에 보관하게 된다.

(2) 콘솔 컴퓨터(W/S: 워크스테이션)

콘솔 컴퓨터는 운영자가 신호장치의 제어를 수행하고 표시를 볼 수 있는데, 당일의 열차운행 계획의 변경, 취소, 조정 삽입 등 열차운행에 관련된 것들을 조작할 수 있으며, 열차운행 상황을 그래픽을 이용하여 표시한다. 한 열차운행에 관련된 계획 및 실적 등을 표시하여 확인할 수 있다.

(3) MSC,(DCC) 컴퓨터

MSC 컴퓨터의 기본 기능은 운전관제실의 TCC에 공급되는 열차운행 스케 줄을 준비하는 것이며, 열차운행 다이아그램, 열차운전곡선, 열차운행의 각종 계획/실적 등을 관리하고 백업을 통하여 자료를 일정기간 관리할 수 있다.

1) 운행 계획 기능

MSC는 TCC의 작업을 원활하게 하기 위해서 기본적으로 필요한 기본 자료를 제공하고, 열차의 운행을 위한 운행 계획을 산출하는 기능을 주목적으로 한다. 따라서 MSC에서는 열차운행 계획을 산출하는데 필요한 기본자료를 입력하여 열차운행 예상시각을 산출하며 생성된 운행계획을 PRINTER를 이용하여 출력한다.

2) 역 정보관리

각 역에 대한 상세 정보를 등록하고 화면상에서 조회할 수 있으며, 필요에 따라 자료를 삭제하거나 수정할 수 있다.

3) 역간 정보 관리

각 역과 역 사이의 선로에 대한 상세 정보들을 등록하고 화면상에서 조회할 수 있으며 필요에 따라 자료를 삭제하거나 수정할 수 있다.

4) 열차 운행 유형 관리

열차가 운행되는 형태에 따라 시발역 입환/출발 진로, 종착역 도착/입환 진로, 영업/회송, 입고/출고 등의 정보를 입력하며, 시발역과 종착역이 정해지면 선로구분과 관련 유형을 사전 정의된 PATTERN 중에서 선택할 수 있다. 입력된 정보는 화면상에서 조회할 수도 있다.

5) 기본 운행 계획 관리

각 열차운행 계획이 기본적인 요소인 열차번호, 시발시각, 시발역, 종착역, 연결번호, 열차유형 등을 압력하고 화면상에서 조회할 수 있으며 필요에 따라 자료를 삭제하거나 수정할 수 있다. 또한 입력된 자료는 열차운행계획을 작성하는 기본 자료가 된다.

6) 열차운행 계획 생성

기본 운행계획 관리에서 입력된 자료와 열차운행유형, 역 정보, 역간 정보를 바탕으로 열차운행계획을 생성한다.

열차 운행계획은 아래와 같이 5개의 종료가 있다.

W : 평일(월요일 - 금요일)

S : 주말(토요일)

H : 휴일(혹은 일요일)

Q : Special Day 2개

각각의 운행계획에는 운행일에 투입되는 모든 열차에 대한 자료를 수록 하도록 되어 있다.

7) 역 운행 계획보고서 작성

기본 운행 계획관리에서 입력된 자료와 열차운행 유형, 역정보, 역간정보를 바탕으로 각 역의 운행계획을 보고서 형태로 작성하여 사용자로 하여금 쉽게 각 역의 운행 계획 자료를 조회할 수 있도록 한다.

8) 운영관리 기능

TCC에서 수신된 열차운행 실적 정보 및 MSC 내부의 운행 계획을 통계 자료화 하여 화면을 통해 조회하거나 프린터로 출력한다.

가) 열차 운행 실적 생성

TCC는 매일 운행종료 후 MSC로 그날의 운행 실적 화일을 전송한다. MSC는 TCC로부터 수신한 실적 화일을 보관하며, 하루운행 실적을 집계한다.

나) 열차 운행 실적보고서 작성

열차별운행 실적을 프린터로 출력할 수 있는 형태의 보고서로 작성한다.

다) 지연열차 실적보고서 작성

일정 기간 동안 지연된 열차들에 대한 운행 실적 보고서를 프린터를 이용하여 출력한다.

라) 운휴/운전 지정 보고서 작성

일정 기간 동안 운전 또는 운휴 지정된 열차에 대한 보고서를 작성하여 프린터로 출력한다.

마) 수동 조작 이력 보고서 작성

운영자가 콘솔 컴퓨터(워크스테이션)에서의 수동 조작, Function Keyboard에서의 수동 조작한 작업의 정보들에 대한 정보의 내역을 프린터로 출력한다.

바) 설비 이상/복구 이력 작성

TTC장치 및 기타 신호설비의 이상/복구의 이력을 작성하여 프린터로 출력한다.

9) TCC BACKUP 기능

TCC 장애 발생시 열차운행 기능유지에 필요한 정보를 MSC에서 관리할 수 있도록 되어있다. 이때의 기능은 열차번호 추적기능을 포함한 최소한의 TCC 기능을 대체하게 된다. 이때의 MSC 본래의 기능인 열차운행계획 기능과 운영관리 기능의 수행을 잠정 중단한다

(4) CTC 프로세서

CTC 프로세서는 C-DTS와 LDP, 콘솔, TCC 사이에서 정보의 송신과 수신을 담당하는 장치로서 C-DTS와 TCC로부터 수신되는 정보를 분류하여 여과하는 기능을 수행하여 정보량을 최소화하며, 관제제어탁의 Function keyboard에서 발생되는 수동조작 데이터도 지정된 양식으로 변환함으로써 CTC 단독에 의한 현장설비 제어가 가능하도록 구성된다.

즉, C-DTS로부터 입력받은 열차위치 및 선로전환기 등, 현장 기기 상태 정보를 가공 TCC로 전달하여 TCC가 열차 운행을 감시하고, 이에 따라 열차의 진로설정 등을 수행할 수 있도록 하면서 동시에 해당 정보에 대한 표시를 LDP가 수행할 수 있도록 램

프 어드레스 정보를 전송한다. 또한 TCC 및 콘솔로부터 입력된 운행진로 설정, 선로전환기 단독 전환 등의 열차운행 제어정보를 C-DTS로 전송하여 열차의 원활한 운행제어가 수행될 수 있도록 한다.

CTC 프로세서는 3.4호선 각각 전체라인을 3개 구역으로 구분하여, 각각의 구역마다 설치되는 3개의 C-DTS를 관리하고 TCC 및 MSC와 LAN을 통해 연결된다. CTC 프로세서는 TCC에서 발생한 제어정보를 수신하여 제어 대상 장치의 위치를 파악하고, 장치 위치에 따른 구역을 관할하는 C-DTS로 제어 정보를 송신하며. C-DTS는 수신한 제어정보를 L-DTS로 송신하여 현장장치를 제어하게 된다.

또 CTC 프로세서는 콘솔 데스크의 FUNCTION KEYBOARD에서 발생한 제어 정보를 수신하여 해당구역의 C-DTS로 송신하여 제어정보의 처리를 요구한다. CTC 프로세스는 C-DTS로부터 표시정보를 수신하는데, 수신한 표시정보를 분석하여 표시정보의 종류에 따라 처리하게 된다.

현장 장치의 상태변화를 포함하는 표시정보는 TCC로 송신되어 필요한 처리를 하게 되고, 표시반(LDP)의 표시 요소중 일치하는 LAMP의 주소를 제어하여 변화된 상태의 표시를 표시반에 나타낸다.

CTC 프로세서는 이중계로 구성되어 각각 NORMAL, STANDBY의 역할을 분담하여 동작하므로 장치 일부의 장애 때문에 CTC프로세서의 모든 기능이 중단되지 않는다. 이러한 기능은 CTC 프로세서를 구성하는 모든 하드웨어 장비를 이중계로 구성하고, 상대방계를 감사하는 소프트웨어의 종합적 구성으로 보장된다.

TCC 장치의 운전정지 때에 CTC 프로세서는 콘솔 내의 F/K에서 발생하는 제어정보를 C-DTS로 보냄으로서 CTC 단독에 의한 현장설비 제어가 가능하여 TCC장치에 대한 최소한의 보완책이 된다. CTC 프로세서와 통신하는 모든 장치와의 연결은 이중계로 연결된다.

1) 접속 장치별 정보의 종류(주체가 CTC 프로세서임)

가) T C C

- 신호설비 제어 정보 수신
- 신호설비 표시 정보 송신
- 하위장치 및 연동장치 상태 정보 송신
- 하위 장치 NORMAL/STAND-BY 변경 요구 수신
- 승강장 행선 안내게시기 정보

(참고사항 : 현재 1.3.4호선 안내게시기의 동작은 전광판의 표시 정보는 신호관제 TCC에서 통신전용 컴퓨터(HSE)를 통해 표시하고 있으며, 안내 방송 정보는 신호의

L-DTS에 의해 정보를 받아 방송이 나오는 것임. 향후 방송도 통신전용 컴퓨터를 통해 동작될 것임.)

나) MSC

TCC 고장 때에 동작되며 열차번호 추적기능을 지원한다.

- 신호설비 표시 정보
- 하위장치 및 연동장치 상태 정보 송신

다) 표시반 램프 CONTROLLER

- 신호설비 표시정보 송신

라) FUNCTION KEYBOARD DRIVER

- 신호설비 제어 정보 수신

마) MAINTENANCE CONSOLE DRIVER

- 계절체 제어정보 수신
- 신호설비 상태정보송신(L-DTS, C-DTS, CTC 프로세서 계동작 표시)

바) C-DTS

- 신호설비 제어 정보 송신
- 신호설비 표시 정보 수신
- 행선 안내게시시 정보 송신

(5) 표시반(LDP)

표시반은 열차 점유상태, 진로 상태, 신호기, 선로전환기 정위 및 반위 표시, 신호 진로표시등, 출발 반응 등, 연동장치역의 제어모드 상태, 각 역의 신호실 전원상태 및 열차번호표시 등을 표시하여 운영자가 본선의 전 구간 열차운행 감시와 제어를 하는데 용이하도록 전체 구간을 동시에 총 집약하여 볼 수 있는 것으로 열차의 운행 흐름을 한 눈에 감시할 수 있다. 또한 표시반은 고장을 방지하기 위하여 Lamp 및 열차번호 표시 장치는 이중계로 구성된다.

표시반은 전체의 궤도선형과 신호설비 표시등 및 열차번호 표시기로 구성되어 있다. 그리고 표시반이 라운드 구조로 되어 있어, 운영자가 열차의 운행 상황을 총 집약하여 감시하기 편리하도록 되어 있고, 측면에서도 감시하기 용이한 구조로 설계되어 있다.

표시반은 현장에서 들어오는 정보와 관제실에서 제어하는 정보를 실시간으로 처리 상황을 표시하여 준다. 표시반의 열차의 운행표시 및 모든 신호설비의 표시는 LED를 사용하여 표시한다. 현재 1.3.4호선에는 서울메트로와 철도공사 소속의 열차들이 운

행되고 있어 이 다른 소속의 열차들을 열차번호의 색상으로 구분하고 있다. 열차의 열차번호 표시 창은 4개의 숫자를 표시할 수 있도록 되어 있고, 색상을 2가지로 구분하여 표시할 수 있어, 녹색 열차번호의 소속은 서울메트로 소속을 나타내며, 적색의 열차번호는 철도공사 소속의 열차를 표시한다.

또 표시반에는 종단 회차역 및 일부 중간 회차역에는 선발 열차외 2개 후속열차의 출발시간, 열차번호, 행선지를 표시하여 열차운행관리에 편리하도록 되어있다.

표시반의 표시정보 내용

- 운행 중인 열차번호 표시
- 종단 회차역 및 일부 중간 회차역의 스케줄 열차번호 정보
- 철도공사 열차번호 및 철도공사 구간 궤도회로 정보

(예를 들어 4호선의 경우 선바위역에서 지하철 구간으로 출발하면 별도의 철도공사 열차번호 표시창에 열차번호가 표시되고, 서울메트로와 인접 궤도에 진입하면 철도공사 궤도 표시창에 점유 표시 됨)

- 신호기 및 선로전환기 동작 상태
- 조작 MODE의 표시(TTC, CTC, LOCAL MANUAL, LOCAL AUTO)
- 신호 기계실별 제어구간 경계 표시
- 열차의 점유 및 비점유 상태
- 신호설비의 고장 상태표시
- 비상정지 설정/ 비설정 표시
- L-DTS의 사용 LINE 상태

(6) 정보 전송장치(DTS)

DTS장치는 C-DTS와 L-DTS로 구성되며, 각각 이중계로 되어 있다. DTS 장치는 현장으로부터 궤도점유, 선로전환기 신호기등 현장상태 표시정보를 수집하여 C-DTS, CTC프로세서로 전송하고 CTC프로세서로 부터 수신된 제어정보를 현장으로 전송하는 기능을 수행한다.

1) C-DTS

C-DTS는 CTC프로세서와 L-DTS 사이에서 표시정보, 제어정보, 전송을 담당하는 장치이다. C-DTS는 현장장비(L-DTS)로부터 수신된 열차위치 및 선로전환기 상태 등의 현장 표시정보를 CTC프로세서로 전달하고, CTC로부터 수신된 제어정보(열차의 진로설정 등)를 L-DTS로 전송하여 열차의 원활한 운행 제어가 수행될 수 있도록 현장장치를 제어하게 된다.

C-DTS는 L-DTS와 MODEM으로 연결되며, POLLING을 이용하여 정보 전송을 수행하며 FAIL 방지를 위하여 이중계로 구성된다.

C-DTS는 만약 ON-LINE C-DTS에 장애가 발생되면 STAND-BY C-DTS는 자동적으로 ON-LINE C-DTS로 절체되어 고유의 기능을 수행한다. 또한,C-DTS는 CTC Processor로부터 수신된 명령에 의해 또는 수동으로 절체용 스위치의 조작으로 절체되어 고유의 기능을 수행한다.

C-DTS는 계절체가 발생하면 시스템 운영상태를 CTC Processor로 전송한다.

2) L-DTS

L-DTS는 C-DTS와 MODEM을 통하여 정보를 송수신한다.

L-DTS는 C-DTS로부터 수신된 제어정보에 따라 Digital Output 카드를 구동시켜 계전연동장치에 제어정보를 전송하며, 계전연동장치와 연결된 Digital Input 카드로부터 상태 정보의 변화상태를 파악하여 C-DTS로 전송하며 Fail 방지를 위하여 이중계로 구성된다.

L-DTS는 만약 ON-LINE L-DTS에 장애가 발생되면 STAND-BY L-DTS는 장애를 검지하여 자동으로 절체되어 ON-LINE L-DTS 기능을 수행한다. 또한, L-DTS는 C-DTS로부터 수신된 명령에 의해 또는 수동으로 절체용 스위치의 조작으로 절체되어 고유의 기능을 수행한다.

L-DTS는 계절체가 발생하면 시스템 운영상태를 C-DTS로 전송한다.

(7) 철도공사 열차번호 교환 장치

철도공사 열차번호 교환 장치는 철도공사 제어선으로 부터 들어오는 열차번호를 TCC 컴퓨터에 전송하며, TCC 컴퓨터로부터 열차번호를 수신하여 철도공사 제어 컴퓨터로 전송을 한다.

철도공사 열번교환 장치는 서울메트로 선로와 철도공사 선로가 연결되는 지점을 열차가 통과할 때 열차를 보내는 측의 설비가 받는 측의 설비로 해당 열차번호를 전송할 수 있도록 하는 장치이다.

서울메트로와 철도공사의 관제실은 모두 종합열차 운행제어장치가 운영되고 있으므로 두 시스템간에 모뎀을 이용하여 DATA통신을 하여 상대 시스템에 열차번호를 전송할 수 있도록 구성되어 있다.

열차번호 전송처리는 TCC가 처리하여 수신한 열차번호를 스케줄에 등록되어 있는 열차번호와 일치하는지를 비교 검사하여 만일 두 정보가 일치하지 않을 때는 경보음을 발생하여 스케줄과 다른 열차가 진입함을 운영자에게 청각적으로 알려준다.

서울메트로와 철도공사 선로가 연결되는 지점은 다음과 같다.

- 1 호 선 : 서울역과 남영역, 청량리역과 회기역 사이
- 3 호 선 : 지축역과 일산선 삼송리역 사이
- 4 호 선 : 남태령역과 과천선의 선바위역 사이

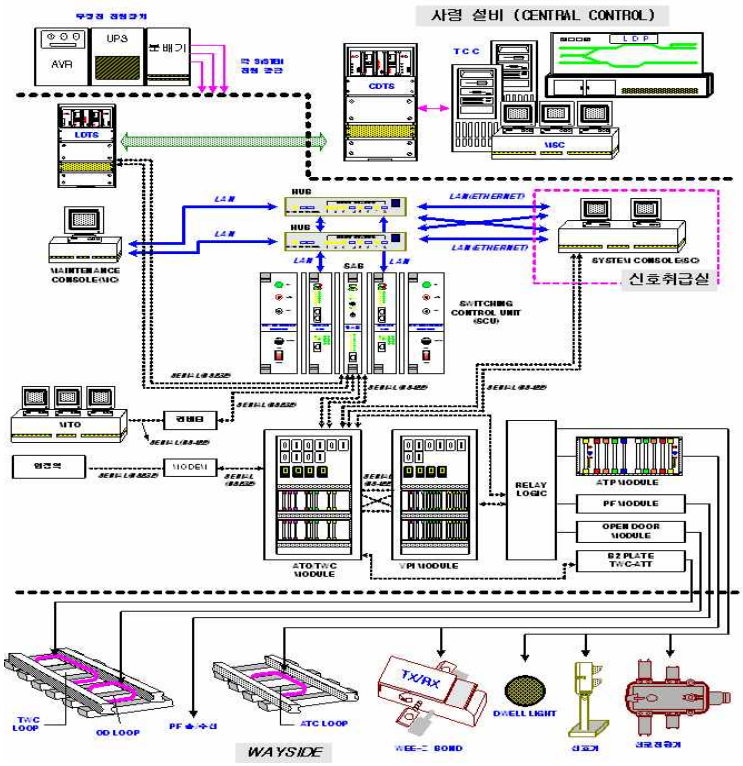
사. 서울도시철도 5,6,7,8호선

(1) 개요

서울 도시철도 6호선의 열차제어시스템은 ATC로 운영되며, ATP, ATO 시스템으로 구성된다. ATP 시스템은 열차의 안전한 운행을 도와주는 설비이다. 이 시스템은 열차가 안전거리를 유지하고 알맞은 속도에 일치하도록 열차를 제어한다.

연동역(분기부가 있는 역)에서 ATP는 궤도가 명백한 비 점유상태이고 진로가 이용가능하며, 그리고 선로전환기가 안전한 상태일 때 열차의 이동을 허락한다. 둘 또는 그 이상의 열차가 궤도의 진입을 요구했을 때는 이 시스템은 한번에 하나의 열차를 차례대로 궤도에 진입하도록 허락하고 다른 열차에 대해서는 운행을 허락하지 않는다.

ATO 시스템은 종래에 기관사가 수동으로 행하던 역간 운전, 열차정차, 출입문제어, 열차출발, 안내방송 등을 최신의 컴퓨터 기술과 소프트웨어 기술을 결합시켜 열차운행상태를 관제센터에서 감시함으로써, 숙달되거나 숙달되지 않은 기관사에 관계없이 안전한 열차운전이 가능하도록 자동화한 기능을 가진다.



[그림2.1.47] 서울도시철도 6호선 신호분야 전체 구성도

(2) 지상신호 설비

1) ATC 장치

ATC방식은 연속적으로 열차에 해당 속도코드를 전송해 주는 방식으로 이 속도를 넘어서 열차가 운행하게 되면 어느 위치에서나 즉시 자동으로 제동이 걸린다. 열차가 자동운전중에는 프로그램에의해 자동적으로 ATC속도코드에 따라 가·감속을 함으로써 유연하게 운전이 가능하다. AF궤도회로 장치는 레일에 다양한 정보를 주파수 전류 형태로 연속해서 흘려보내고 차상 안테나(ATC Pick Up Coil)에서 받아 전 구간에 열차의 운행속도를 분석, 자동 제어하는 방식으로 선행열차와의 거리에 따라 안전속도를 차내에 표시하여 제한속도 이하로 운행하게 하거나 정지시킨다. 평상시 열차가 없을 때는 차상신호는 송출되지 않고 궤도주파수만 송신되며, 열차에 의해 해당궤도가 점유되었을 때 전방의 궤도회로 조건과 신호현시조건에 의해 해당 궤도회로에 차상신호(Cab Signal 또는 ,Train Signal)가 전송되는 방식으로 전방 궤도회로가 무여자되어 있거나 신호가 정지면 제한신호가 송출되어 열차 안전운행을 확보하고 정거장간에 1개 열차 이상의 열차를 운행할 수 있도록 한 자동폐색 설비이다.

2) ATO/TWC 장치

ATO장치는 Non_vital 입력과 출력을 갖고 각종 경보의 처리와 출입문 자동제어 등 ATO기능을 수행하며, VPI장치와 통신을 하여 연동장치의 제어 및 표시정보를 Interface하는 연동장치 영역의 Non_vital 부분을 갖고 있는 마이크로프로세서 장치로 각종 Logic 및 통신 Software를 내장하고 있으며 VPI장치외에 신호시스템을 구축하고 있는 주변장치와도 데이터통신을 하여 정보를 처리한다. 구성으로는 CSEXⅡ Board(Non-Vital 통신과 CPU역할을 담당), NVI Board, NOV Board로 구성된다.

TWC(Train Wayside Communication Cotroller) 장치는 SR의 컴퓨터 시스템과 차상 컴퓨터 시스템 사이에 양 방향으로 열차의 ATO운전용 디지털 정보를 전송하기 위한 정보 전송장치이다. 차량의 상태정보와 ATO 관련정보를 송, 수신하는 역할을 담당하나 6호선의 경우 특별한 개소에는 경보표시등 연동장치에 대한 일부 정보를 인터페이스 하는 기능도 담당한다. TWC 시스템은 LOOP COIL을 통하여 무선으로 각역과 움직이는 열차 사이에 연속적 DATA를 FSK방식으로 통신한다. 각 열차는 차상 TWC 장치를 탑재하고 각역은 현장 TWC SYSTEM이 설치되어 있다. 열차와 지상간 통신 시스템의 이용으로 지상과 지나가는 열차 사이에는 무선의 연속적 정보교환 및 주파수 이동키잉(Frequence Shift Keying ; FSK) 통신이 가능해진다. 지상 TWC장치(TWCW)와 차상 TWC장치(TWCC)로 구성 운영되며, TWC장치가 고장이 발생하면 ATO정보의 처리는 불가능하여지나, 연동장치는 정상적으로 동작한다. 주 시스템과는 전이중방식(Full Duplex)통신을 하고, TWC장치에서 다시 RS232로 변환되며, 현장에서는 반이중방식(Half Duplex) 으로 열차와 데이터를 송·수신한다. 통신거리는 최대 1.7Km 정도이다. TWC 장치는 CSEXⅡ Board(Non-Vital 통신과 CPU역할을 담당)와 MODEM Board로 구성된다.

3) 현장정보전송장치 (LDTS)

종합관제실과의 ATO, 제어, 표시 기타정보를 교환하도록 인터페이스를 담당하는 데이터 전송장치이다. 통신기계실의 D/I MUX와 연결되어 관제실의 CDTS와 데이터를 주고받는다. 현장의 LCTC 장비와 INTERFACE 하여 표시 정보입력과 제어 정보 출력 및 열차 운행관련 정보처리 기능을 수행한다. LDTS는 자료의 수집, 전달, 출력 기능을 수행할 뿐 LDTS 자체적으로 분석 및 해석 기능이 없다. LDTS에 의해 수집된 자료는 사령실의 여러 CDTS로 전송되며 사령실로 부터의 제어정보를 LDTS가 받아들여 이를 현장 설비로 전달한다. 또한 사령실과 해당역간에는 9600BPS로 운영되며 FULL DUPLEX, MULTI-DROP DATA CHANEL의 DIGTAL 통신대역을 통해 LINK된다. CDTS와 LDTS간에는 DSU을 통해서 상호간에 LINK된다.

4) Microlok장치

전자연동장치는 기존의 계전기 방식의 연동회로 결선을 계전기와 회선에 의하지 않고 로직화된 프로그램인 마이크로프로세서에 의해 처리되고 집적화된 로직제어장치이다. 또한 주변장치로부터 입력을 받아 소프트웨어에의해 처리되며 안전하고 적절한 출력을 만들어내며 현장의 정보를 계전기 접점을 통해 입력받아 필요한 표시정보로 사용할 수 있도록 처리한다. 연동장치의 핵심을 갖는 Microlok 장치는 Vital Logic을 내장하고 현장의 제어와 표시정보를 처리하며, CPU는 이중계로 설비되었으나 I/O는 단일계로 설비되어 있다. 회복 가능한 고장과 불가능한 고장을 스스로 판단하여 자동절체를 시행하며, 입력 및 출력 보드가 불량하면 안전측면에서 시스템은 Down된다. 기기집중 역에는 설치가 되지 않는다.

5) 현장열차제어컴퓨터(LCTC)

LCTC는 현장에서 열차의 이동에 대한 제어 및 감시하는 컴퓨터 시스템이다. LCTC는 LOCAL 제어판넬(LCP) 및 CTC와같은 제어장치와 인터페이스한다.

또한 현장의 전자연동장치와 열차간의 인터페이스를 수행한다. 이것은 운영자의 제어요구를 제어명령으로 전자연동장치에 보내고, 그리고 전자연동장치의 상태정보를 표시정보로 LCP/CRT에 전송한다. LCTC 컴퓨터의 사양은 33MHZ로 운영되는 486DX 산업용 컴퓨터이다.

6) 통신장치와 연동장치 연계장치

MLK, GEN, TWC, MTO, OSC, CTC, MP 판넬 등의 개별장치와 LCTC장치 간의 통신장치로 HADAX시리즈를 사용하고 있다. 이 장치는 원거리, 근거리 또는 조합형의 네트워크의 관리를 위한 어떠한 네트워크 구조에서도 사용할 수 있다. 이중계로 구성되어 자동 및 수동절체가 가능하며 하드웨어적으로 구성되어 있다.

7) 궤도회로

궤도는 궤도 회로라고 하는 전기적으로 분리된 영역으로 나누어져 있다. ATC 시스템에서는 이 궤도를 통하여 보통 두 종류의 신호 전송이 이루어진다. 첫 번째는 차상신호에 관련된 정보를 전송하는 궤도회로에 의한 연속신호 전송과 두 번째는 열차 운전에 유용한 보조 정보를 전송하는 케이블 루프에 의한 불연속 신호 전송이다.

연속전송은 무절연 궤도회로에 의하여 전송되고, 그 원리는 궤도회로에 순환하고 있는 신호 전류에 바탕을 두고 있다. 열차가 궤도회로를 점유할 때 궤도회로는 전류를 단락시키고 수신기는 이 단락전류를 검지하게 된다. 이를 위하여 열차가 없다는 단락

전류는 어떤 한계점(Threshold)이 있어야 하며, 특정한 방법으로 부호화 되어야 한다.

이와 같이 변조된 부호화 신호는 궤도를 통하여 궤 회로로 전송되는데, 전차선 공급 전원이 직류인 것을 감안하여 궤도 회로의 반송 주파수는 F1 ~ F8 등을 사용한다.

열차가 신호 전류를 단락 시킬 때는 열차의 최전륜 앞 단에서 레일위에 있는 감지기를 통하여 이 전류를 수신한다. 역이나 개방 선로에서 열차의 보호나 제어를 위해서 연동장치와 ATC는 열차 전방의 궤도회로에 대한 정보가 필요하며, 이로 인해 궤도 전방의 진행성을 차단해서는 안된다.

송신기와 수신기 사이의 동작 구간에서 궤도회로는 열차의 위치, 궤도의 절손 여부등을 검지하며, 또한 전차선 전류나 고조파가 궤도 회로 계전기를 동작하지 못하게 하므로 전차선 전류를 제거시키고, 전차선 귀선 전류를 배제시킨다.

이에 부가하여 ATC에 의한 연속 정보인 열차 운행 정보를 전달하는데, 안전한 정보 전송을 위하여 선로 사이의 누설 전류를 최소화하여 신호대 잡음비를 좋게 한다.

서울 6호선의 AF 궤도회로 장치는 현장설비 및 기계실 장비의 두 개 범주로 나뉜다. 궤도상에 장착되는 노변장비는 다음을 포함한다. 임피던스 본드, 차상 루프, long wire loop 및 동조 루프. 또한 궤도에 장착되는 종단 수신기를 포함한다.

주로 ATP 송/수신 모듈인, 전자 회로 장비는 보통 기계실에 장착된다. ATP 모듈은 3개의 기능 서브시스템, 열차 검지 송신기, 열차 검지 수신기, 그리고 차상 신호 송신기로 구성된다.

궤도회로에 열차가 검지되었을 때, AF 장치는 그 열차에 의해 점유되고 그 열차의 속도를 제어하는데 사용되는 속도 명령 신호를 레일에 전송한다. 각 블록은 전방궤도 조건들이나 선로조건에 의한 속도 제한요인들에 의해 결정된 대로 그 자신의 속도 명령을 전송한다.

8) 출입문 제어루프(ODL)

열차가 역에 정차하면 차상장치는 TWC를 통하여 TB(train birth)신호를 신호기계실로 송출하며, 이 신호를 통해서 신호기계실에서는 출입문 제어 전자장치 및 계전기(ODR, DLFR)를 구동시켜 ODL을 통해서 출입문을 연다. 정해진 시간이 지나면 계전기(ODR, DLFR)를 낙하시켜 출입문을 닫고 ZSR을 여자시켜 속도코드를 전송한다.

9) PSM

PSM (PRECISION STOP MARKER)은 프로그램 정지 마커 코일이라 불리어지며 열차에 탑재한 제어 차상 장치에 역 정지 정보를 전달한다. 일반역에서 정밀 정지를 수행하고자 할 때, 정지점에 도착하기 전에 4개의 PSM (PSM1, PSM2, PSM3, PSM 4)이

사용된다. 각 PSM은 고유 ID를 갖고 있으며 만약 한역에 두 개의 루트가 있다면 PSM1의 규정된 위치는 스위치점 이전에 위치하며, 두 루트를 위한 PSM1은 단지 공통으로 될 것이다. PSM 설치위치는 아래 표와 같다.

[표2.1.8] 정밀정차 표시기 설치 위치

PSM	거리	정확도
PSM1	546.0M	±1.50M
PSM2	108.5M	±0.3M
PSM3	21.0M	±0.06M
PSM4	3.5M	±0.01M

10) PSD

영문 머리글자를 따서 PSD로 약칭하며, Platform Screen Door라고도 한다. 지하철이나 경전철 승강장 위에 선로와 격리되는 고정벽(스크린)과 가동문을 설치해 차량의 출입문과 연동하여 개폐되도록 하는 승강장 안전 지원 장치 또는 그러한 시스템을 말한다. 전동차가 승강장 홈에 완전히 멈추어 서면 전동차 문과 함께 열려 승객의 안전 확보와 함께 전동차로 인한 소음 먼지 강풍 등을 줄이고, 승객의 고의나 실수로 선로에 빠지는 것을 막아 주는 역할을 한다. 관련 설비로는 승강장조작반, 종합제어반, 기관사 안내장치, 출입문 등으로 구성되어있다.

(3) 차상신호 설비

1) 차상ATC장치



[그림2.1.48] 차상 ATC ASS'Y

지상 Wayside 신호장치로부터 속도지령을 받으며 유효한 속도제한을 수행한다. ATC 장치는 과속상태를 검지하고, 상용전제동을 적용해야 한다고 결정하면, 제동 비율을 감시하여 전동차 속도가 요구에 따라 감속하는지 확인하며, 그렇지 않을 경우 ATC장치는 비상제동을 적용한다. 또한 ATC장치는 운전실의 다른 주요 시스템과 통신하며,

TCMS, ATO, ATC 및 TWC로 구성되는 전동차 전체 제어 시스템의 주요장치이다. ATC장치는 과속방지 뿐만 아니라, 모드변환, 출입문 열림 감시 및 유효한 속도코드가 없는 지역에서의 전동차 속도 감시 등을 한다.

ATC 시스템 주요 세부 기능은 다음과 같다.

- 지상 Wayside 트랙 신호시스템으로부터 속도제한을 수신하고 해독
- ADU(상태표시장치)에 운전자 확인을 위한 속도제한을 현시
- 자동운전 중 속도제한을 ATO 시스템에 전송
- ATC 타코미터(Tachometer) 입력으로부터 실제속도를 결정하고, 전동차 운전자에게 현시
- 과속상태가 존재하는 것을 결정하고, 그 상태를 운전자에게 인식시킴
- 필요시 제동비율이 달성되는가를 확인하며, 제동비율 불만족 시 비상제동 시스템을 작동
- 운전실 주요 컴퓨터 장치(TCMS, ATO, TWC)와 통신
- ATC가 정상임을 검증하기 위한 계속적인 자기진단 및 고장시 비상제동을 인가
- 주ATC 고장 발생시 보조ATC로 자동절체 기능을 제공
- 지상 Wayside 트랙 신호시스템으로부터 출입문 열림지령을 수신한 후 역 플랫폼에서 출입문이 열리도록 함
- 운전자가 선택한 운전모드를 확인
- TCMS, 출입문 제어시스템과 함께 내부기능의 출발 전 시험을 수행

[표2.1.9] ATC 속도코드 현황

캐리어	변조율	신호내용	비 고
4550	2.0	Key Down	
4550	3.0	정지(01)	
4550	4.5	25㎞/h	
4550	6.83	35㎞/h	
4550	10.1	45㎞/h	
4550	15.3	55㎞/h	
4550	21.5	60㎞/h	
4550	27.5	좌측 출입문 열림	
5525	2.0	Key Up	
5525	3.0	기지(25㎞/h)	
5525	4.5	65㎞/h	
5525	6.83	70㎞/h	
5525	10.1	75㎞/h	
5525	15.3	80㎞/h	
5525	21.5	90㎞/h	
5525	27.5	우측 출입문 열림	

2) 차상 ATO장치

자동운행 장치로서, 역과 역 사이 또는 역과 회차지점 사이에서 자동으로 전동차를 작동시키는 차상시스템이다. ATO는 ATC로부터 속도지령을 받는다.

또한 ATO는 Tachometer로부터 속도정보를 받으며, TCMS로 제동 및 추진지령을 송신하며, TCMS에 의해 작동 및 정지한다.

ATO장치 운행관련 장치별 정의는 다음과 같다.

- 출발 스위치 : 순간 접촉 스위치로서 ATO모드 운전시 전동차의 이동을 허용하는 순간 입력을 제공한다.

- 상용 전제동 : ATO장치의 필요로하는 상용 제동력 100%를 의미하며, 제동장치와 통신을 통해 이루어진다.

- 전두제어계전기 : 전두차에서의 입력을 역전기나, 지상으로부터의 KEY UP 지령 수신을 통해 전두부가 KEY ON되었다는 것을 나타낸다. 이는 TCMS에 의해서 제어된다.

- 타코미터 펄스 : 전동차 속도에 비례하는 주파수를 발생하는 타코미터에서 입력된다.

ATO/ATC 운전모드에는 무인모드, 자동모드, 수동모드, 정지후 진행모드, 기지모드, 후진 제어, 비상모드 등이 있다.

다음은 ATO/ATC 운전모드별 기능을 설명한 내용이다.

- 무인모드 : 무인 운전 모드는 어떠한 운전자의 개입이 없어도 열차 운행을 가능하게 한다. 전동차는 역에서 출발하면서 속도조절, 정차역 확인을 ATO를 통해 역에서 역으로 진행 할수 있다. 일단, 모드가 선택 되었거나 또는 무인회차 후에 모드가 인식이 되고나면 운전자의 어떠한 조치도 필요하지 않다.

- 자동모드 : 자동모드는 속도제한 및 프로그램된 역 정지를 위한 ATO의 제어하에 전동차가 있는 모드다. 각 역으로부터 출발 개시(운전실 제어대 출발버튼 취급)을 위한 한 사람의 운전자가 필요하다.

- 수동모드 : 수동모드는 ATO가 작동하지 않는 상태에서 전동차가 작동할 수 있다.

- 정지 후 진행 모드 : 정지 후 진행 모드는 수동모드의 일부분이다. 이 모드에서 ATO는 작동하지 않는다

- 기지모드 : 기지모드는 수동모드의 일부분이다. 이 모드에서 ATO는 작동하지 않는다.

- 비상모드 : 비상모드는 차상장치에 고장이 발생할 때 사용된다. 이 모드에서 ATO는 작동하지 않는다.

3) TWC 장치

차상에서 지상 Wayside로의 통신 및 지상(Wayside) 통신 연계(Link)를 제공하는 차상 시스템이며, 지상 TTC와의 무선통신 링크를 통한 정보를 ATC, ATO, TCMS장치에 분배 역할을 한다.



[그림2.1.49] TWC ASS'Y

TWC 시스템은 두가지 부품으로 구성되어 있다. 즉 차상(TWCC)과 지상 Wayside (TWCW)이다. TWC시스템은 차상 시스템과 지상 Wayside 장치 사이의 비 핵심적인 양방향 통신을 가능하게 한다. 대부분의 통신된 데이터는 다음과 같은 것으로부터 이동되는 중에 변동 없이 그대로 남아 있게 된다.

- TWCC와 TWCW를 통해 CTC까지의 차상 시스템
- TWCW와 TWCC를 통해 차상 시스템까지의 CTC

TWCC는 이 데이타 링크의 핵심이며, 주기적으로 TWCW와 통신을 시도한다. 이 메세지의 오류 없는 수신의 경우에만, TWCW는 응답을 송신한다. TWCW로부터 완전한 메세지가 수신되면 TWCC는 타당하지 않은 응답은 무시하며, 타당한 응답으로부터 나온 데이터만을 추출한다.

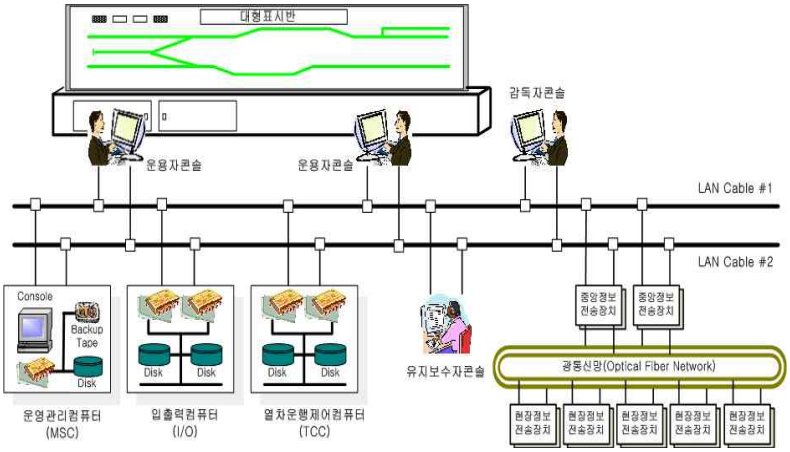
TWCC는 차상 시스템의 모든 링크장치의 종속장치이다. 이는 TWCC가 그것이 요청받았을 때에만 이들 링크장치에 송신하는 것을 의미한다. 차상 시스템으로부터 완전한 메세지가 수신되면 TWCC는 타당하지 않은 경우 메세지를 무시하며, 타당한 메세지로부터 나온 데이터를 추출한다.c

TWC 통신은 전동차에서 안테나를 사용하여, 그리고 지상에서 유도 루프를 사용하여 가능해진다. 통신 주파수는 트랙 회로를 방해하지 않도록 선택된다. TWCC와 관련하여 모든 데이터들은 일시적인 것이다. TWCC는 TWCW로 부터 유효응답을 수신하게 되면, TWC 캐리어 감지 메세지를 생성한다.

TWCC는 통신이 지상 TWCW 와 이루어 질 때마다 자체로"at station"을 결정한다.

이때 TWC는 ATC, ATO, TCMS장치와 상태를 전송하여 정차 와 출입문 제어 기능에 이용한다.

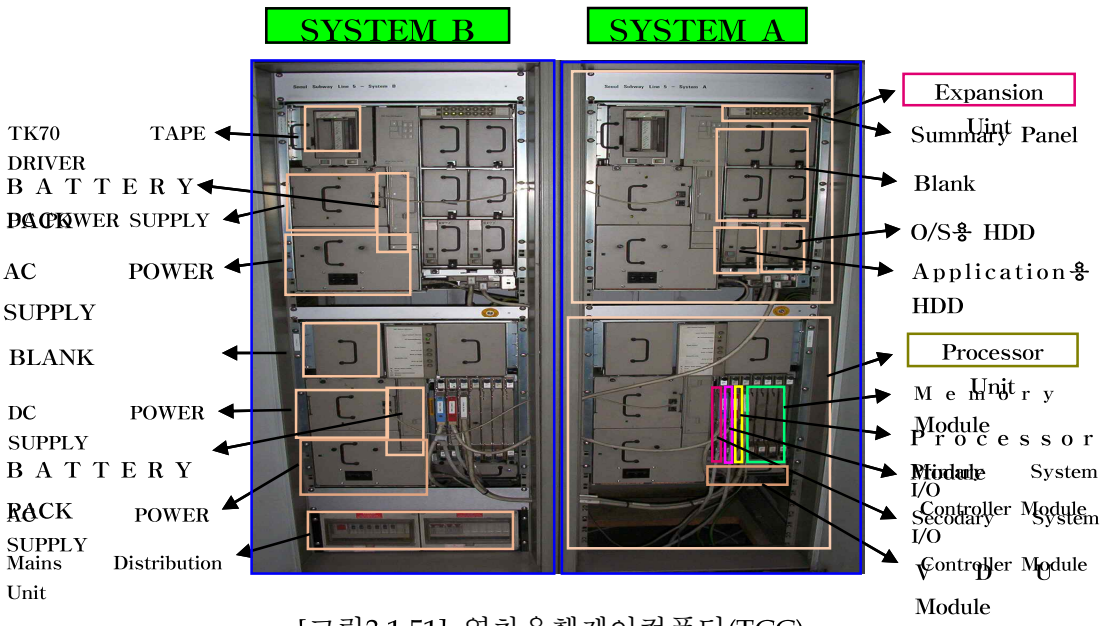
(4) 종합관제 설비



[그림2.1.50] 열차운행종합제어시스템 구성도

1) 열차운행제어컴퓨터 (TCC : Train Control Computer)

컴퓨터에 의해 현장 신호제어, 워크스테이션에 열차운행상태 표시기능, 자동진로설정 기능, 열차운행 시격의 자동조정 기능, 웍스테이션 명령어의 수행기능, 승객안내 정보를 위한 운행스케줄 전송 및 열차 다이어그램 보관 기능, 전차선 가압정보를 수신하여 표시하는 기능과 대형표시반에 열차번호를 표시하여 열차운행을 감시 및 제어를 종합적으로 처리하기 위함이다.



[그림3.1.51] 열차운행제어컴퓨터(TCC)

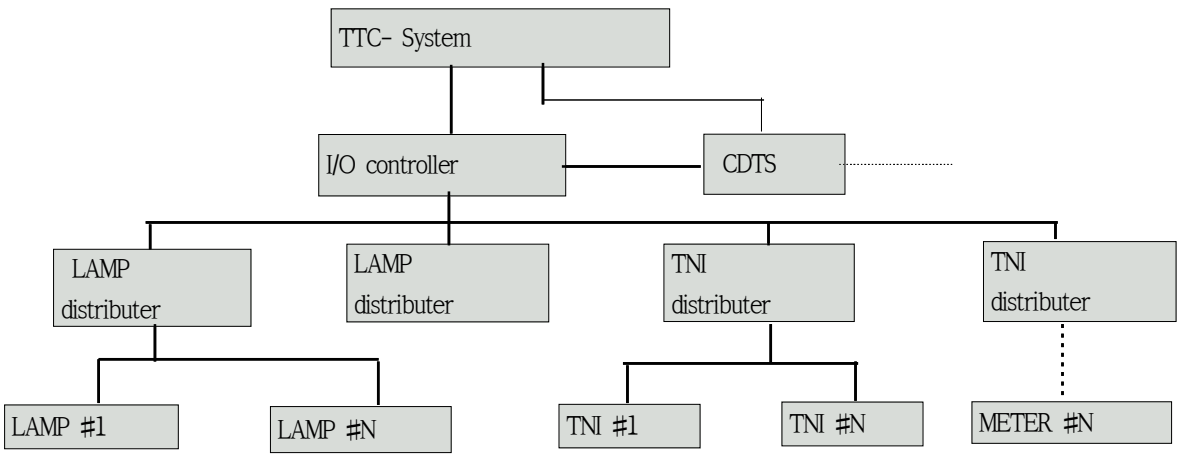
2) 운영관리컴퓨터 (MSC : Management Support Computer)

운영관리컴퓨터는 열차운행계획 , 정보통계처리 관리, 열차운행곡선관리, 열차운행통계처리, 운전시격정보관리, 진로정보관리, 열차운행Simulation 등의 기능을 수행하며 세부적인 기능은 다음과 같다.

- 열차번호, 시발역, 종착역, 연결열차번호, 운행방향, 운행형태(회송·영업·출고·주박·입고), 역번호, 도착·정차시간, 도착・출발진로.
- 자동(수동)열차운행계획 작성, 출・입고작성, 자동(수동)회차 작성,
- 열차별, 역별, 열차운행 통계처리 및 출력
- 열차운행시간대별 시격, 시작시간, 종료시간, 운전시격 작성
- 역에서 열차운행방향 도착·출발 진로, 역번호, 운행방향, 운행형태(회송·영업·출고·주박·입고) 작성
- 열차운행 그래프 산출 및 조회, 출력, 역별 제원, 곡선과 구배, 제원표시, 제한조건표시, RUN Curve Simulation

3) 대형표시반 (LDP : Large Display Pannel)

열차의 운행상황을 운영자가 한눈에 볼 수 있도록 표시하는 표시반 장치로 궤도, 선로전환기, 신호기, 진로구성, 전력 급단전, 열차번호, 열차출발시각 및 행선지, 시스템 상태 및 운영모드상태를 표시하는 장치로서 LDP Controller(대형표시반의 Lamp 구동용 LDM Board), TNI Controller(대형표시반 열차번호표시창용 LDM Board)으로 구성되어 있다.



[그림2.1.52] LDP BLOCK Diagram

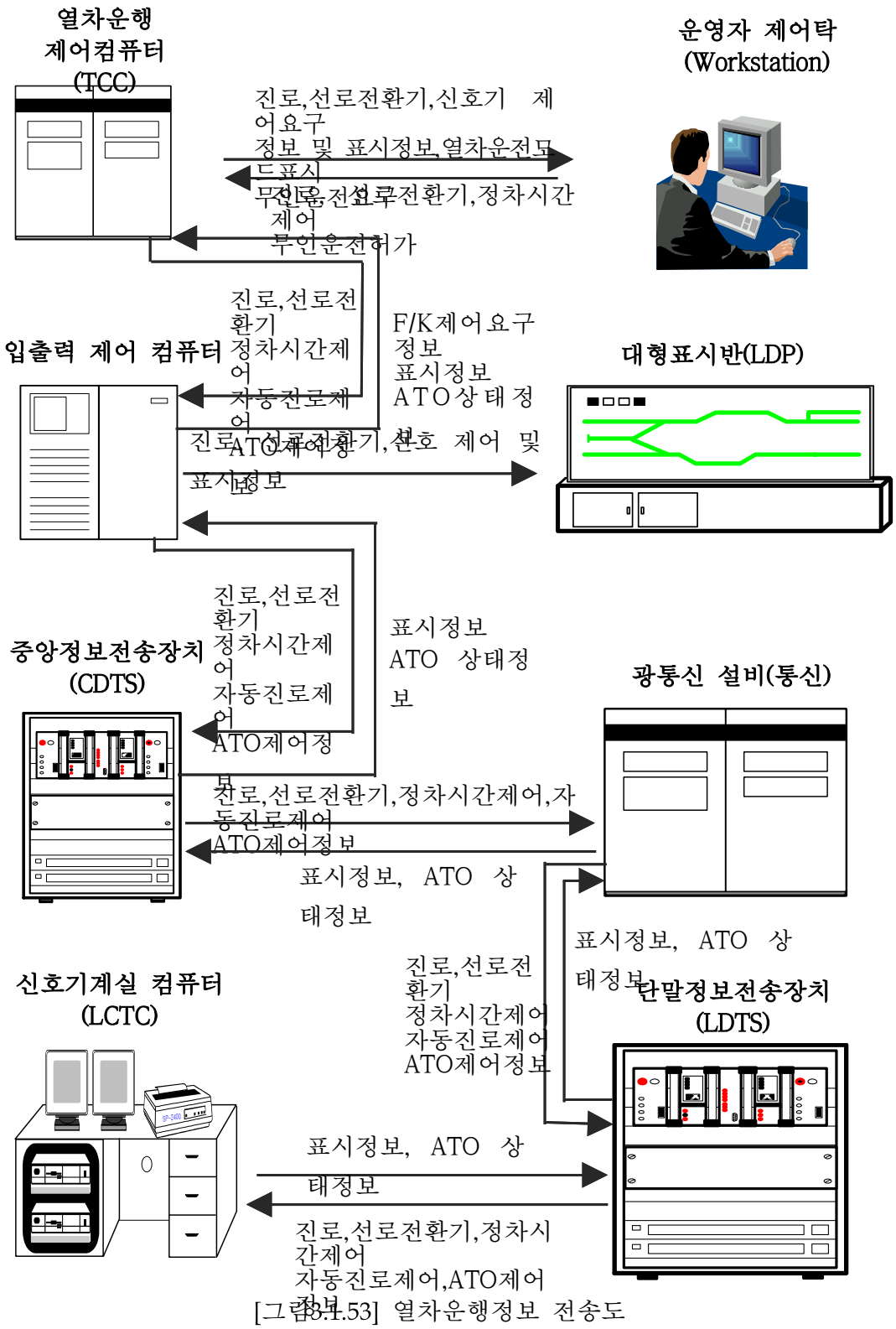
LDM(Lamp Driver Module)은 최대 128Point의 출력을 제어하고, Clock Speed

11.095Mhz, RS-422통신을 한다. Clock Generator 내장. CVT Rs-422을 Rs-232로 변환하는 기능을 수행한다. 또한 TNI(Train Number Indication)은 하나의 Board는 최대 28개의 열차번호를 표시할 수 있다.

4) 정보전송장치(CDTS : Center Data Transmission System)

DTS(Data Transmission System)는 현장의 정보를 관제실로 전송 하거나 제어정보를 관제실에서 현장으로 전송하는 기능을 수행하는 장치이다. DTS는 CDTS와 LDTS로 구성한다.

CDTS가 Master가 되고 LDTS가 Slave인 Multidrop 방식으로 CDTS는 최대15개의 LDTS가 연결할 수 있다. CDTS의 기능은 현장 표시정보를 수신하여 I/O Controller로 전송하는 기능을 수행하며, 또한 TTC 혹은 조작반으로 부터의 제어정보를 I/O-Controller로부터 전송 받아 LDTS로 송신하는 기능을 수행한다. LDTS는 현장의 MU장비와 Interface하여 표시정보 입력과 제어정보출력 및 열차운행 관련 정보처리 기능을 수행한다. 입출력은 Input/OutPut Code Table에 근거하여 1Bit Function으로 수행된다.



[그림3.1.53] 열차운행정보 전송도

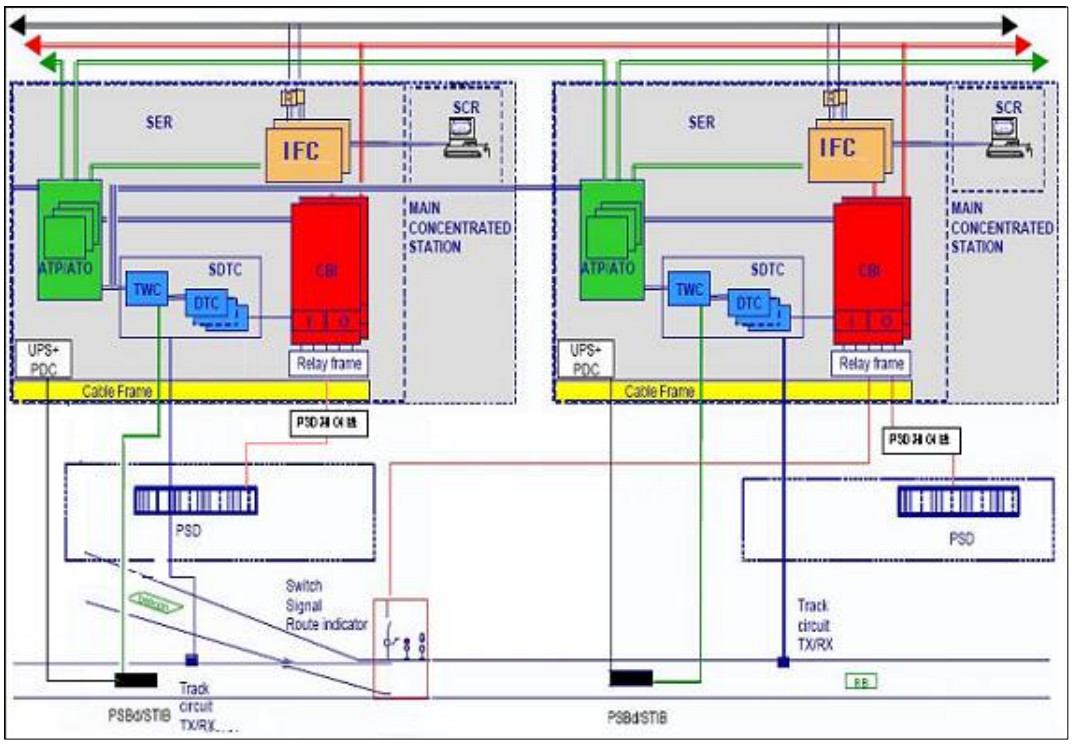
아. 서울도시철도 9호선

(1) 개요

서울도시철도 9호선 신호설비는 ALSTOM(MASTRIA 200, URBALIS 200)시스템의 Distance to Go방식을 도입하였다.

연동역 설비구성은 전자연동장치, ATP/ATO장치, SDTC궤도회로장치, Local ATS장치, Local Console, 전원공급장치 등으로 되어있다.

신호기계실과 운전취급실간에는 이중계 구조의 LAN 설비로 연결되어 정보를 교환되며 이들의 구성은 [그림2.1.54]와 같다.



[그림2.1.54] 연동역 시스템 구성도

ALSTOM사의 Digicode 방식인 ATP 시스템은 "Distance to Go"방식으로 SDTC궤도회로에서 열차로 연속적인 정보전송에 적절한 시스템이다. “Distance to Go"방식은 ALSTOM사의 Digicode 방식인 SDTC(Smartway Digital Track Circuit)를 기반으로 한다. 이 SDTC궤도회로는 열차위치검지, 레일절손검지 및 궤도회로내의 전송기능을 안전하게 수행하는 Solid State 시스템이다.

궤도회로장치(SDTC)는 열차검지와 궤도에서 차상으로의 송신을 위한 가청주파수 무절연 궤도회로(Audio Frequency Jointless Track Circuit)방식으로 가청 주파수 대역의 8개의 주파수를 사용하여 3개의 코드가 각 주파수에 할당되어 동일한 코드와 주파수를 가지는 2개의 궤도회로 사이에는 주파수가 다른 8개의 궤도회로가 배치된다.

열차가 궤도 점유 시, AF 궤도회로는 지상의 수신기를 통해서 열차의 점유 정보를 전자연동장치로 보내고 전자연동장치는 열차가 점유된 궤도에 선행열차와의 간격을 고려하여 연산된 운행 정보를 열차로 연속적으로 전송하기 위해서 궤도회로장치(SDTC 장치)의 송신기에 의해 FSK(Frequency Shift Keying)방식을 기술적으로 변조한 MSK(Minimum Shift Keying)방식으로 변조하여 레일을 통해 열차로 전송된다.

이러한 차상연산폐색방식(Distance To Go)의 ATP 시스템은 SDTC궤도회로에서 열차로 연속적인 정보전송에 적절한 시스템이다. 지상의 ATP장치는 연속적으로 열차에 궤도점유 정보를 전송한다. 이 결과로 차상 ATP 장치는 연속적으로 방호해야 할 다음 지점을 계산한다.

Distance to Go ATP/ATO(혹은 Digital ATP/ATO)방식을 기반으로 하는 차상연산폐색방식을 기본으로 한다. 이는 과거의 고정된 폐색을 기반으로 한 자동폐색방식의 안전 확보 수단을 지상신호 위주, 차량 수동형에서 차상장치에 의한 폐색구간의 능동적인 안전 확보와 운전시격 단축, 토목 궤도분야 건설 여건에 부수적인 융통성을 부여한다.

초기계획단계(1996)에서는 고정폐색방식을 기반으로 하는 시스템을 계획하였으나, 건설계획 수립이 구체화되고, 시스템 구축환경이 전반적으로 개선됨에 따라 Distance to Go ATP/ATO(혹은 Digital ATP/ATO)방식으로 서울시 도시철도 9호선의 운영환경(열차운전의 효율성, 수송력 증대)에 기여 하도록 하였다. 차상연산폐색방식(Distance to Go)은 열차의 안전운행을 보장하기 위한 신호 시스템의 기본적인 구조로 열차의 궤도점유에 의한 위치정보와 운행에 필요한 연속정보를 이용하여 해당 열차의 Speed Profile에 의한 속도와 현재의 운행속도를 비교하고 선행 열차와의 간격을 자체적으로 연산하여 선행 열차와 충돌을 예방하고 열차의 안전 운행에 필요한 정보를 제공하는 방식으로 구현된다. 이러한 명령의 완벽한 기능을 수행하는 차상 ATP/ATO장치는 선로조건, 열차의 특성 및 전방의 궤도상태에 따라서 속도에 대한 거리곡선, 정지지점과 제한속도지점등과 같은 열차전방의 모든 제반조건을 통과할 때 최악의 경우를 대비하여 안전성이 확보된 운행속도에 대한 안전거리곡선을 절대로 넘지 않도록 하고 있다.

그러므로 차상연산폐색방식(Distance to Go)은 선로상의 어느 위치에서라도 항상 안전하게 운행할 수 있는 정보를 이용하여 열차가 모든 명령을 예측하도록 하며, 보다 더 신속하고 안전하게 가장 효율적인 열차운행이 이루어지도록 하고 있다.

(2) 전자연동장치

ALSTOM의 VPI 2 (Computer Based Interlocking,CBI)의 전자연동장치를 적용하여 제어계통의 단순화를 통하여 구조적 복잡 요인을 방지하며 시스템 동작의 정확성을

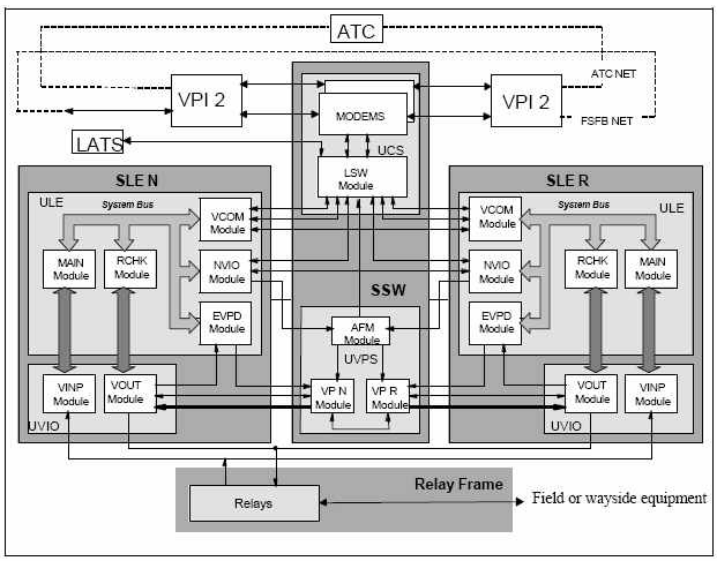
최대한 추구하도록 하였다. 분기기가 시설된 역마다 독립적으로 시설하는 것을 원칙으로 하였으나 917역은 916역에서 제어하도록 하여 운영 및 유지보수의 효율성을 기하였다. 연동장치의 진로 및 선로전환 제어는 종합사령실 제어를 원칙을 하며 비상의 경우나 필요시 직접현장 제어가 필요할 경우에는 신호기계실의 장치에서 직접제어가 가능토록 하고, 신호기계실 제어반에는 열차운전제어를 위한 모든 상황이 선로모양의 궤도선형 위에 표시되어 감시자를 지원하는 구조로 하며 감시자의 수동개입은 키보드 또는 마우스 등의 방법으로 이루어질 수 있도록 하였다. 감시 및 제어는 실시간 다중정보처리가 가능한 방식으로 하고 연동장치와 최종제어 단말기기간의 인터페이스는 실선제어 및 감시를 원칙으로 하였다. 외부로부터 유기될 수 있는 Noise, 지락전류 유입, 전원측에 유입되는 Noise 로부터 자체설비를 보호하는 능력과 그 원인이 소멸될 때에는 연속적인 연동장치의 기능을 수행 한다.

- SDTC궤도회로 및 TWC장치를 통한 차량의 추적
- 종합사령실로 부터 제어지령의 수신 및 감시정보의 전송
- 진로제어 및 방호(신호기, 전기선로전환기의 연계동작구현), 시스템의 가동 기록

연동 시스템은 분산구조로 설계되어 각 집중 역사의 신호기계실 내에 설치되어 운용되고 시스템구조는 영업운전에 영향을 최소화하며, 향후 확장이 용이한 구조로 설계되어 있으며 Ring방식의 이중 광통신망으로 구성된 FSFB Net는 전자연동장치간의 Vital 통신을 제공한다.

이중화된 전자연동장치와 ATP/ATO 연결은 각 ATP/ATO 장치와 전자연동장치 사이의 통신을 제공하고 VPI 2 시스템과 타 설비간의 인터페이스구조는 [그림2.3.39]와 같다.

전자연동장치(CBI)의 주요 구성품은 VPI 2 연동Cubicle, 선로변장치로 구성된다.



[그림2.1.55] 전자연동장치 구성도

(3) ATP 장치

MASTRIATM ATP/ATO 서브시스템은 "Distance To Go 원리"를 기본으로 하여 신호시스템과 열차제어 솔루션의 핵심장치로서 SACEM 기술을 기반으로 한 ATP/ATO 서브시스템은 차상장치와 지상장치로 구성된다.

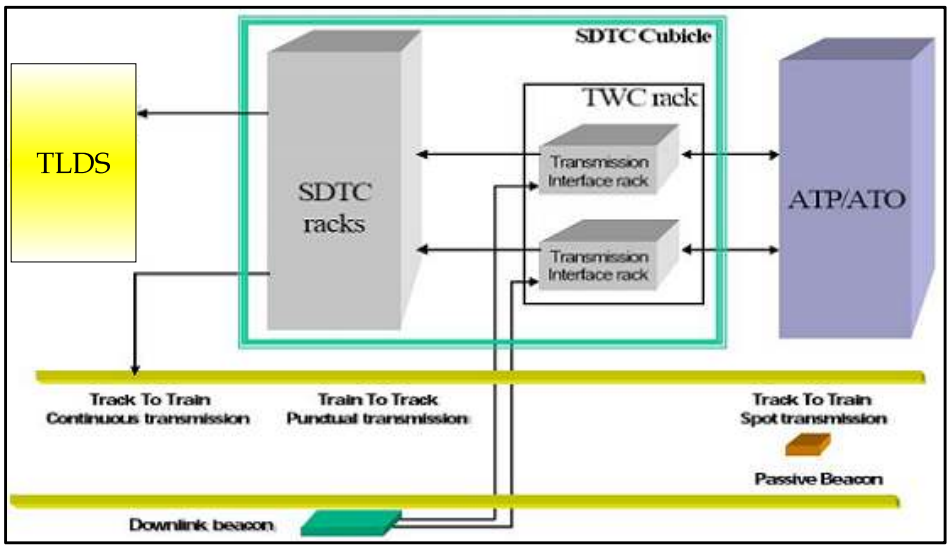
1) 지상 ATP/ATO장치의 구성 및 기능

구 성	주요기능
• 2 out of 3 컴퓨터 서브시스템 랙 : Computer Modules (A,B,C) • I/O Sub시스템 랙 : Power Supply Unit, Serial Adaption Unit Boards) • 냉각 시스템 랙(Cooling System Rack) • 스위치/퓨즈 패널 • 전원 공급 랙 : Power Supply Module	• 열차주행의 결정과 관리 • 열차간격 조정 • 열차 출입문 제어 정보 • 선로운전제한 정보의 생성

2) 지상 ATP/ATO장치의 구조

기본적인 구조는 ATP/ATO 컴퓨터와 다음과 같은 전송시스템으로 구성되어 있으며 ATP/ATO 장치의 구조는 [그림2.1.56]과 같이 구성된다.

- 연속적으로 궤도에서 열차로 정보전송은 SDTC궤도회로를 통해 이루어진다.
- 불연속적으로 궤도에서 열차로 정보전송은 수동Beacon에 의해 이루어진다.
- 열차→궤도로 Downlink 전송은 Downlink Beacon과 TWC Rack을 사용하여 이루어진다.



[그림2.1.56] ATP/ATO 장치의 구조도

2) 장치의 주요기능

ATP/ATO 섹터콘트롤러(Sector Controller)는 몇몇 정거장간을 관할하는 구역 내 열차를 제어한다. 열차의 연속적인 제어를 보장하기 위해 인접한 제어영역 내 ATP/ATO장치와 연속적으로 정보를 교환한다. ATP의 주용기능을 요약하면 다음과 같다.

주요기능	• 열차주행의 결정과 관리 • 열차간의 열차운행간격유지 • 열차출입문 제어정보 • 선로운전제한 정보의 생성 • 속도제한 조건으로 열차속도 감시 • 절대정지지점을 초과하지 않는 정지 • 통제받지 않는 열차이동 불허 • 비상제동체결(EB) • 임시제한속도 적용

(4) ATO 장치

열차의 ATO 운행과 관련된 설비로서 차상과의 데이터 전송을 위한 TWC, Dwell Time Control 및 정위치 정차를 위한 설비로 구성하며, PSD 개폐정보를 제공한다.

1) ATO의 구성

MASTRIA 시스템은 ATO와 ATP 기능을 지원하는 통합 시스템으로 ATP/ATO보드는 동일한 랙 안에 설치한다. 실외 ATP/ATO는 궤도 간에 동일하고 연속적인 전송을 통해서 ATP 및 ATO 메시지를 열차에 송신한다. 대부분의 ATO메시지는 TTC에 의해서 초기화되며, TTC는 지상 ATP/ATO로 전송하고 지상 ATP/ATO는 열차로 전송한다.

2) ATO 기능

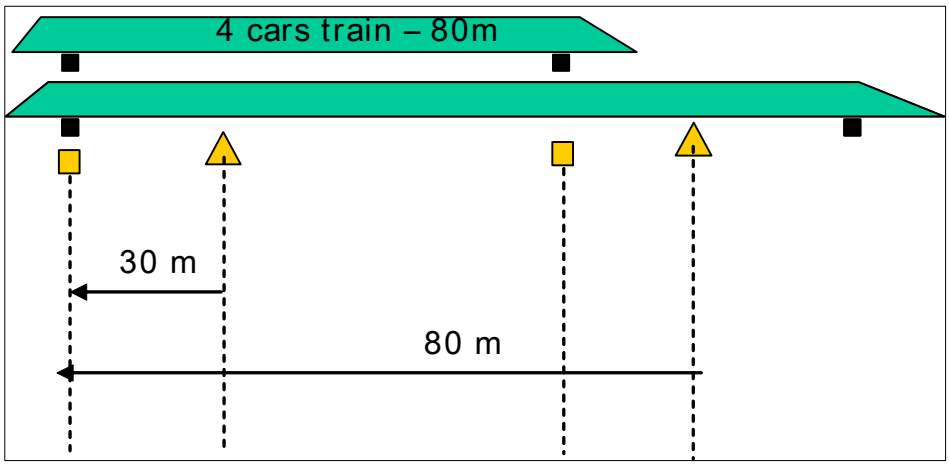
자동열차운전은 ATO의 주 기능으로서, 열차의 견인과 제동장치에 속도 제어 명령을 전송하고 ATP의 지속적인 감시 하에서 열차가 역사에 정지해 있는 동안 열차 출입문과 PSD 도어를 제어한다. 다음과 같은 기능을 수행한다.

- 열차특성, 감시 및 제동성능을 근간으로 한 계산된 속도 프로파일에 의한 속도제어
- ATP가 과속을 검지하는 상태가 되지 않게 속도제어를 구현
- 정확하고 Smooth한 정위치 정차
- 속도감속 및 정지 신호 앞에서의 정차

역 출발 관 리	• 역에 주박하고 있는 열차의 차상ATO는 궤도와 열차간의 통신을 통하여 해당역으로부터 출발시간을 수신한다. • 차상ATO는 정차시간이 지났거나 혹은 출발시간을 수신한 후 열차를 출발시킬 수 있다. • 열차도어와 해당 PSD도어가 닫혀있다는 Vital 정보를 ATP로부터 수신했을 때 차상ATO는 열차를 출발할 수 있다. • 만일 ATO가 출발시간을 수신하지 않았을 경우, 해당역에서 정해진 정차시간이 경과후에 열차를 자동으로 출발시킨다.
역 간 동작관리	• 역출발 시, 차상ATO는 궤도와 열차간의 통신시스템을 통해서 5가지 구동단계(Tight, Fast, Normal, Slow, Untight)중 원하는 단계를 TTC부터 수신한다. • 차상ATO는 역간구동을 위해 Speed Profile를 결정한다. 이 Speed Profile은 에너지절약 및 승객의 편리한 수송 목적으로 산출되며 궤도경사와 열차특성을 고려하여 산출된다. • ATO는 Rush Hour 시간대에 TTC명령인“Tight Running"으로 동작하는데 이 경우에 ATO 속도명령은 본선에서 최대Vital Profile로부터 얻을 수 있다. 비 Rush Hour 시간대에 TTC는 에너지절약을 위해"Untight Running" 요청을 하는 것이 가능하다. • 이러한 기능을 수행하기 위해서 ATO는 특정지점에서의 타행, 유동적인 기간, 최대 속도, 가감속 제한과 같은 파라미터를 사용한다.
PSD 제어 및 정차	• 열차정차 시, ATO에 의해서 제어되는 PSD와 열차도어는 ATP감시 하에서 개폐된다. 열차가 정확한 위치에 정차하고 또한 다른 안전조건이 만족되면, 차상ATP는 도어를 개방하는 권한을 차상ATO에게 부여한다. • 이때 ATO는 도어를 제어하고 역정차시간을 Counting한다. 역정차시간이 종료되면, 차상 ATO는 도어 닫는 절차를 수행한다. 열차도어와 PSD가 닫혀 있다는 것을 ATP가 검증한 후 ATP는 열차 출발을 명령한다.
역 통과	• LCC/TTC는 해당역과 해당열차가 ATO로 정지하지 말고 역통과 메시지를 전송한다. • 이 메시지는 ATO가 해당역을 정지하지 않고 통과하도록 하며, 열차가 자동안내설비를 갖추고 있으면 승객안내방송을 하도록 한다.
자동회차	• ATP로부터 자동회차 신호를 수신하면 ATO에 의해 출발명령으로 인식된다. • 최종Cab변경지역 혹은 출발승강장에 이르기까지 기능모드는 정상적으로 이루어진다. • 열차과주나 조기정차 상태가 발생하면 승무원에게 통보한다. • 출발역에서 ATO는 도어개폐정보를 제공하고 자동모드에서 PTI는 정상적으로 동작하고 갱신된다. • 수동모드에서 지상ATO는 열차로부터 PTI를 수신할 수 있다. 이때 PTI는 열차번호와 승무원번호를 식별하는 논리화된 번호이다. • 차상ATO는 PTI를 보내기 위해 지상ATC로 전송하는데, TTC는 이 PTI를 자동 진로 설정을 목적으로 사용한다.

3) 정위치정차의 설치 기준

정위치 정차	• ATO는 정위치정차를 관장한다. 역 정위치정차 정밀도는 오차가±350㎜이다. • 역에서의 정확한 정위치정차는 위치측정기능에 의해 이루어지며 정확성을 보장하기 위해, Relocation Beacon의 위치를 주기적으로 갱신하는 것이 필요하다. • 정위치정차를 위하여 열차의 정위치정차점과 일치하는 차상안테나로부터 약 30m 와 80m 지점에 PSBA Beacon을 설치한다.



[그림2.1.57] Beacon설치 개념도

(5) 궤도회로(Track Circuit)

ALSTOM의 MASTRIA 200 신호시스템의 일부 인 Digicode SDTC(SMARTWAYTM Digital Track Circuit)는 Solid State 시스템으로, 안전과 관련하여 열차 검지, 궤도연속성 검지 및 단일궤도회로(TC)내에서의 궤도→열차로 정보전송 기능을 수행한다. SDTC궤도회로의 출력에 사용자 시스템은 궤도회로의 점유 혹은 비 점유 상태에 해당하는 바이탈 로직(Vital Logic)신호를 수신한다. SDTC궤도회로 구간 내에 열차가 있거나 궤도가 기계적으로 단락되어 있으면 궤도회로의 점유상태를, 열차가 없거나 궤도가 단락되어 있지 않으면 비 점유 상태를 알린다.

본선구간의 SDTC궤도회로는 AF복궤조 방식으로 하며 궤도회로 경계는 그 불확실한 구간의 합이 10미터를 넘지 않도록 한다. 또한, 궤도회로는 그 자체로 열차검지 기능을 가지며, 선로여건에 따라 차상신호 제어 및 정보수신을 위한 기능을 갖추어 열차운전제어가 가능하여야 한다. 궤도회로는 열차 진행방향으로 보아 열차 전면의 먼 곳에서 송신되고 가까운 곳에서 수신되는 구조로 한다.

각 승강장 시점 및 종점, 역간거리가 1.2km를 초과하는 구간은 역간거리의 중심점에는 상하선 리턴잠바를 시설하고, 전차선 부급전선과 결합 할 수 있어야 한다.

상하선에 사용하는 열차검지 주파수는 각기 다른 주파수를 사용으로 상하선 간섭을

배제하며, 차상정보 전송을 위한 주파수는 동일 주파수를 사용하고, Digital신호에 의하여 다양한 정보 송출이 가능한 구조로 한다.

1) 적용 구분

SDTC궤도회로장치의 보다 세밀한 기술적인 접근 및 기술향상을 위하여 궤도회로분류, 궤도회로장치선정, 궤도회로특성비교 등을 비교한 내용은 다음과 같다.

가) 서울시 도시철도9호선에는 SDTC궤도회로방식을 선정하였고 구체적인 사항은 다음과 같다.

- 본선 직선구간 : 무절연 AF궤도회로 방식, 차상의 선로 Data 전송과 열차검출 기능
- 본선 분기부 : 유절연 AF복궤조궤도회로 방식
- 차량기지 입.출고선 및 시험선 : 무절연 AF궤도회로 방식을 사용한다.
- 차량기지 : PF단궤조 궤도회로방식(단순 열차 검지)을 사용한다.

나) 궤도회로 시설기준

궤도회로의 구성은 직렬궤도회로 구성을 원칙으로 하며, 불가피하게 병렬궤도회로를 구성하여야 할 경우에는 그 길이를 최소화하여 사구간(Dead Section)이 발생되지 않도록 하고, 2중으로 잠바본드를 설치하여 열차검지의 실패 요인이 발생하지 않도록 한다.

신호기계실에서 ATP/ATO시스템이 수용 가능한 제어거리로 조정이 가능토록 한다.

2) SDTC궤도회로방식의 일반 사항

SDTC궤도회로의 출력에 사용자 시스템은 궤도회로의 점유 혹은 비 점유 상태에 해당하는 Vital Logic신호를 수신한다. SDTC궤도회로 구간 내에 열차가 있거나 궤도가 기계적으로 단락되어 있으면 궤도회로의 점유상태를 나타낸다.

가) 적용범위 : SDTC궤도회로는 모든 지하철 및 도시철도에 전철화 여부와 관계없이 사용할 수 있다.

나) 기능

SDTC궤도회로내의 열차검지와 궤도연속성 검지기능을 위한 기술은 SDTC궤도회로를 전송 조인트와 수신 조인트 사이의 전송선로로 이용한다. 따라서 궤도를 점유하고 있는 열차나 단락된 궤도는 SDTC궤도회로를 통해 전송되는 신호의 감소 혹은 소멸 등을 측정하여 검지된다.

다) 구성

SDTC궤도회로는 중앙 집중시스템이다. 즉, 지상설비는 여러 설비가 집중 수용된 신

호기계실로부터 떨어진 곳에 위치한다.

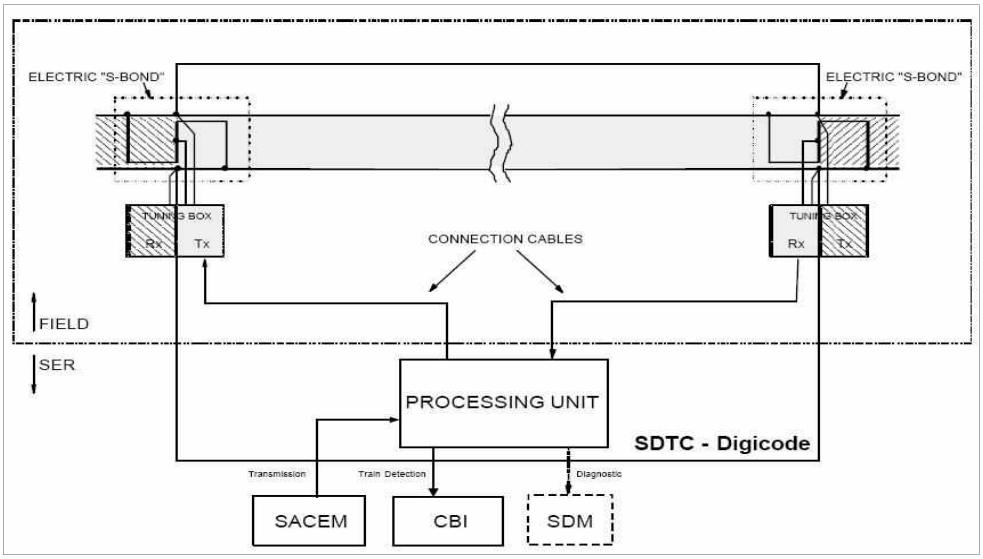
신호기계실은 처리장치라 불리는 궤도회로의 중앙 집중 하드웨어를 수용하고 현장 회로는 궤도회로 신호가 송수신되는 외부에 위치한다.

SDTC궤도회로는 아래와 같이 두 부분으로 나뉜다.

- 현장 회로
- 처리 장치

현장회로는 SDTC와 더불어 전송채널이 필요로 하는 모든 장비(현장설비)를 포함한다.

SDTC궤도회로의 구성은 다음의 [그림2.1.58]과 같다.



[그림2.1.58] SDTC궤도회로의 설비 및 인터페이스

라) 처리장치

처리장치는 신호기계실에 수용되며 아래의 주요한 기능을 수행한다.

- 현장회로로의 신호 발생 및 전송
- 현장회로로부터 신호 수신 및 검지
- 사용자 시스템으로 점유 및 비점유 바이탈 출력정보 발생
- 선로변 MASTRIA 발생기와 인터페이스
- 사용자 시스템으로 고장진단 정보 발생

바) 현장회로

궤도회로길이(LTC)	20 ~ 400 m
횡적 전도도	0 ~ 0.5 S/km (2Ω/km), LTC : 400 m
최대 shunt 저항	0.5 Ω
중첩구간 (overlap area)	6 m (*)
Shunting Gap	2 m (*)
신호기계실과 궤도 연결의 최대 거리	LTC=350m 일때 4.5 km 횡적 전도도는 0.5 S/km (2 Ω/km) LTC=400m 일때 2.0 km 횡적 전도도는 0.5 S/km (2 Ω/km)
케이블 종류	2x1.25 ㎟, 40 nF/km, 차폐
최대 차축전류	100 mA (횡적전도도 0.3 S/km 일 때) (3.3 Ωkm)
정보전송속도	열차검지 : 40 bit/s 데이터 : 500 bit/s
궤도회로내의 레일 연속성제어	있음
단일 궤도회로 내 최대 선로전환기 수	2대
전원(Power Supply)	60 Hz ±2%에 220 VAC ±10%
소 비 전 력 (P o w e r Consumption)	95 VA, 평균값
온 도 범 위 (A m b i e n t Temperature)	현장 : -40℃ ~+80℃ 신호기계실 : -25℃ ~+70℃
반 송 주 파 수 (f r e q u e n c y carrier)	9.5/11.1/12.7/14.3/15.9/17.5/19.1/20.7kHz
변조(Modulation)	MSK 400 bit/s에 100 Hz (궤도회로 정보) CPFSK 500 bit/s에 100 Hz (MASTRIA 정보)
MASTRIA 정보 입력	2200Ω에 24 V, 절연 2000 VDC
반응시간	점유 후 200 ms 열차 통과 후 2.5 s
바이탈 출력(Vital Output)	400Ω에 12VDC 혹은 1600Ω에 24 VDC 절연 2000 VDC
DOT(Direction of Traffic)	1500Ω에 24 VDC, 절연 2000 VDC
고장진단	RS232 전면 혹은RS422/485 후면 연결기 9600 bit/s, 패킷 데이터 프로토콜(Packet Data Protocol)
신호기계실 설비 IP Rating	IP 41
지상설비 IP Rating	IP 65

현장회로는 궤도회로 레일과 위의 현장 설비로 대표된다.

- 전기적이음매
- 궤도회로 양 끝단의 Tuning Unit
- 신호기계실과 궤도회로 Tuning Unit를 연결하는 연결 케이블

사) 신호 시스템과의 인터페이스

SDTC궤도회로는 아래 설비와 인터페이스 된다.

- TWC랙을 통한 직렬연결로 이루어지는 궤도 → 열차로 연속정보전송용 지상 MASTRIA 200 설비
- Vital 열차 검지 출력 및 DOT 기능적 입력을 위한 ASCV(연동장치) 시스템

아) SDTC의 일반적인 사항

SDTC궤도회로는 열차검지와 궤도에서 차상으로의 송신을 위한 가청 주파수 무 궤도회로(Audio Frequency Jointless Track Circuit)방식으로 열차검지용 SDTC와 열차 운전에 필요한 노선정보를 송신하기 위한 ATC 송신용 SDTC로 구분되며 다음과 같은 기능을 수행한다.

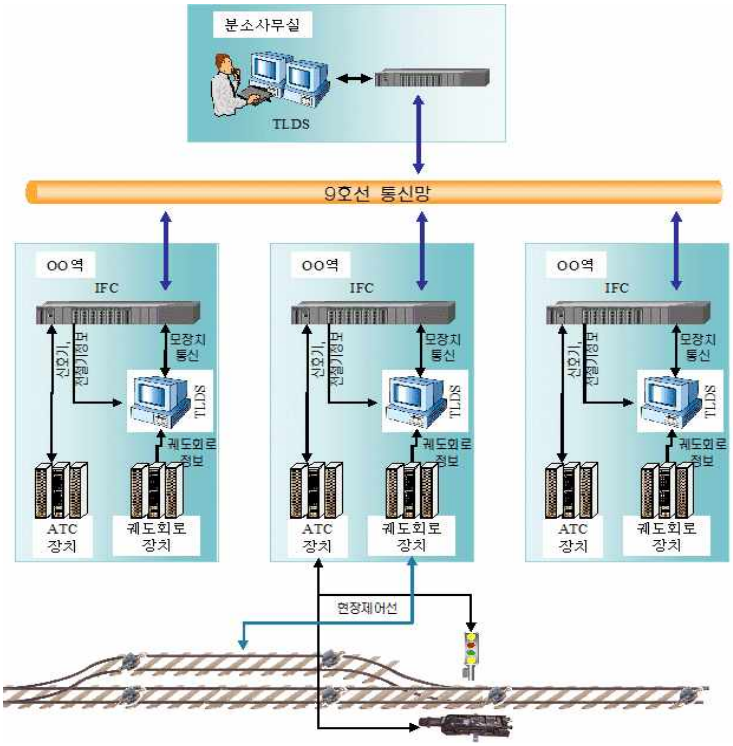
기 능	• 열차 및 궤도 절손 여부 검지 • 코드를 검증하여 열차에 의한 간섭(고정 혹은 가변 주파수 및 전압) • 귀선전류에 의해 발생되는 불평형 전류, 주변장비의 간섭주파수로부터의 보호 • Telegram의 전송

기본적인 열차 검지기능과 함께 SDTC는 궤도로부터 열차로 계속적인 송신을 하기 위해 사용된다. 이러한 송신을 위해 Telegram은 궤도회로 메시지와 함께 SDTC 송신기에 의해 레일로 보내진다.

궤도가 비점유시에는 궤도회로 송신기는 수신기를 동작시키기 위해 궤도회로 코드로 변조된 주파수를 송신한다. 그러나 궤도회로를 열차가 점유하자마자 수신기는 궤도가 점유되었음을 확인하고 송신기는 Telegram으로 변조된 주파수를 송신한다. 이러한 Telegram은 열차에 의해 수신된다. 열차가 해당 궤도회로를 벗어나면 신호레벨은 수신기에서 높아지게 되며 따라서 송신기는 다시 궤도회로 코드로 변조된다.

(6) 궤도회로기능검지(TLDS)

TLDS에 전달되어진 정보들 중 궤도정보의 값들은 재가공이 되어서 IFC 전달이 되어야하며 TLDS(궤도검치장치)는 이러한 일련의 정보를 보관 및 상시 출력 가능한 상태를 유지한다. TLDS화면상의 담당제어구역내의 선로 및 분기모양, 신호기점등상태, 선로전환기의 정반위상태, 궤도점유상태를 표현하다. 또한, 궤도 송신 및 수신측 전압 및 전류치 저장 및 현재상태값을 표시한다. 연동역의 신호기계실에 설치되는 것은 역장치이며 분소에 설치되는 것은 분소장치로 두가지의 종류가 있다. 개략적인 구성도는 그림과 같다.



[그림2.1.59] TLDS장치의 구성

(7) Beacon

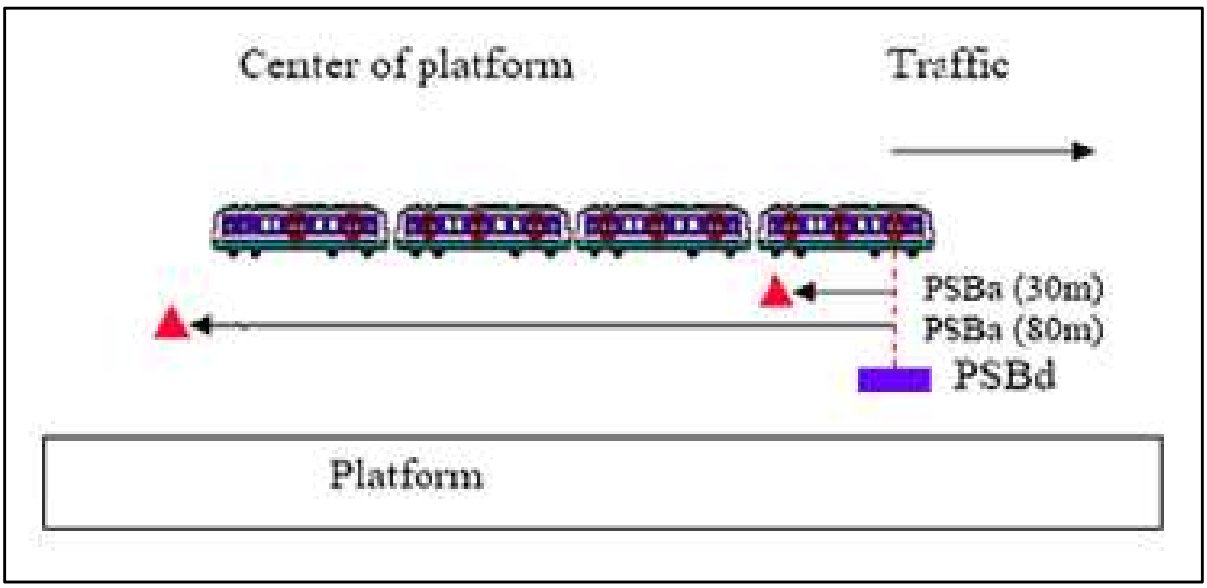
비이콘은 열차가 MASTRIA이 장착된 구역에 진입 시 시스템의 초기화와 거리계 센서 데이터(the Odometer Sensor Data)의 교정에 사용된다. 이 비이콘은 승강장 사이에 위치한 열차의 재 초기화에도 사용된다. 즉, 열차 초기화 및 주행거리 교정을 위하여 설치한다. 정확하게 21M 이격 분리된 2개의 비이콘으로 구성된다. 이 간격으로 거리계를 교정하는데 사용된다.

부정출발방지용 비이콘은 차량기지에서 해당진로의 신호기가 정지 상태에서 신호 모진으로 열차가 부정 출발하는 것을 방지하기 위하여 설치하며, 부정출발방지 비이콘(2조)과 LEU 엔코더(지상엔코더 유니트)로 구성된다.

사용목적별 각 비콘(Beacon)들의 설치기준은 다음과 같다.

구 분	설치기준
정위치정차를 위한 기준	정차위치 : PSBD 1개 정차전위치 : PSBA 2개(PSBD로부터30m,80m지점)
역간의 설치 기준(RB)	간격200m이하, 하구배15‰이하구간 100m이하적용
비 ATC/ATO 경계구간의 기준	STIB(열차초기화) 또는 MTIB(보정거리계산) 각1조씩 적용
본선 ATC 및 역경계 기준	MTIB 1조 적용

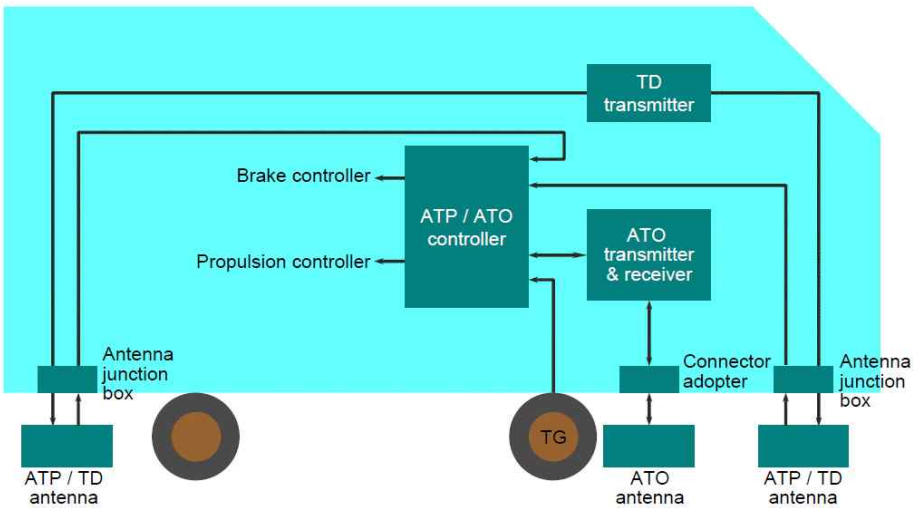
열차편성의 가변에 따른 Beacon설치는 다음과 같으며, 시스템의 확정 및 구성여하에 따라 추후 일부변동가능성이 있다.



[그림2.1.60] 4량 편성 열차의 정위치 정차(예시)

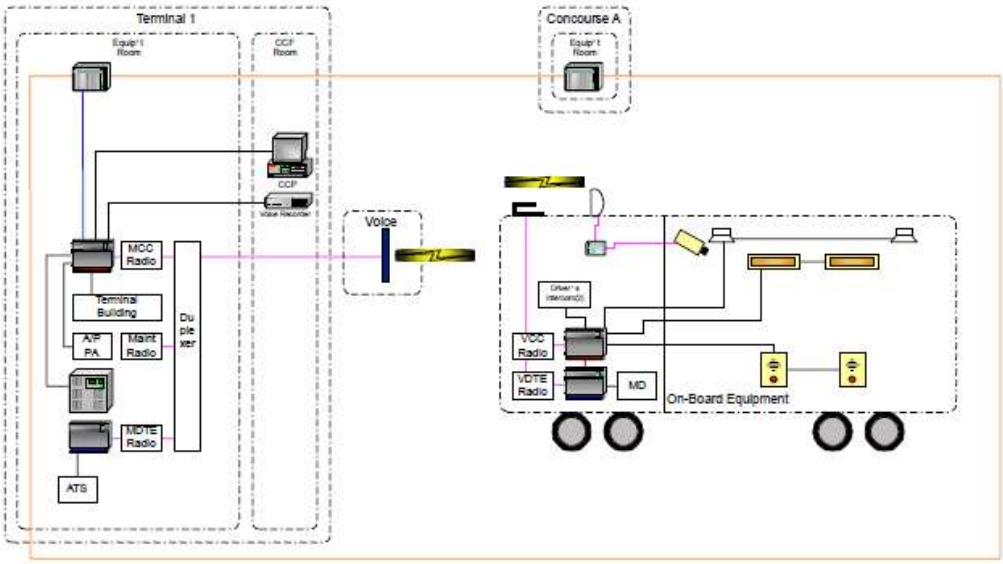
자. 공항철도

(1) 차상시스템 구성



[그림2.1.61] 공항철도 차상신호 시스템 구조

(2) 차상시스템 통신 체계



[그림2.1.62] 공항철도 차상통신 시스템

차. 부산도시철도 1,2호선

(1) 개요

부산지하철 2호선 신호설비는 차상신호방식으로, 속도명령을 차상에 전송하는 ATC 설비와 열차의 역간 운행 자동운전 및 정차장 구내에서 정위치정차, 출입문 자동개폐 등을 위한 ATO 설비, 선로에서의 열차운행상황을 자동감시 및 제어하는 ALS 설비 등으로 분류하고, 또한 설비의 설치에 따라 지상설비와 차상설비, 기기실 설비, 사령실 설비 등으로 구분한다. 본선을 운행하는 열차는 지상신호 대신 ATC에 의한 차상신호로 운전하고, 종단역과 연동역에는 지상에 입환신호기를 설치하여 열차의 입환운전 및 회차운전에 사용하도록 하였다. 부산지하철 2호선에 시설되어 있는 신호설비의 특징은 ATP장치와 ATO장치가 상호 협동하여 ATC기능을 구현하였으며, 차상에서 MVB라는 표준 인터페이스를 사용하였다.

(2) 시스템 구성

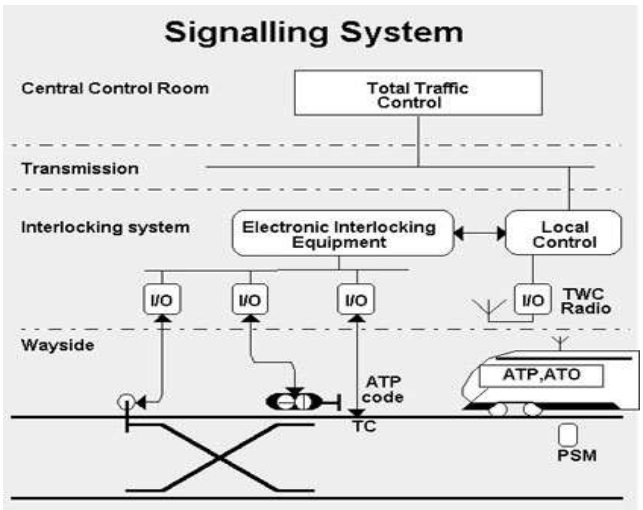
부산지하철 2호선은 [그림2.1.63]과 같이 사령설비와 기기실 설비, 현장설비 등이 ATC 지상설비 및 차상설비 등과 함께 DTS, TWC, PSM, 궤도회로 등의 설비로 구성되어 있다. 중앙제어실(TTC)에서는 운행 다이아 생성 및 선로취급 명령의 전송 및 실행, 열차번호의 처리표시, 정차시간 제어, 운용자 명령 처리, 표시 및 경고, 운행전략 선택 등의 기능을 수행한다. 또한 신호사령실에 설치된 CDTS와 각 신호기기실에 설

치된 LDTS를 통하여 TTC/LCC에서 ATO 및 EIE로 모든 정보를 전송한다. 신호기기실에는 열차이동 허가 및 명령처리, 신호기와 전철기의 제어, 열차 정보의 선택, 기기상태의 경고 및 표시, 유지보수 시스템 총괄 등의 기능을 수행하는 전자연동장치와, 진로 취급, 운용자 명령처리, 표시 및 경고, TTC와 통신 두절시 정차시간 제어, 운행전략 선택 등의 기능을 수행하는 역 제어콘솔(LCC)이 있다. 또한 열차검지 및 최고속도, 목표속도, 목표거리, 경사도 등을 텔레그램으로 전송하는 궤도회로장치(TC)와 전철기나 신호기, 진로표시기, 궤도회로장치 등을 구동시키는 현장기기제어기(OC) 등의 현장설비가 있다.

열차에는 연동장치에서 보내오는 정보 판독과 속도감시, 출입문 제어 등의 기능을 수행하는 ATP장치와 열차의 역간 운행과 정위치 정차, 출입문 개폐 등의 기능을 수행하는 ATO장치가 장착되어 있으며, 이와 같은 ATP 및 ATO 시스템의 상호 동작을 통하여 ATC 기능을 구현하고 있다.

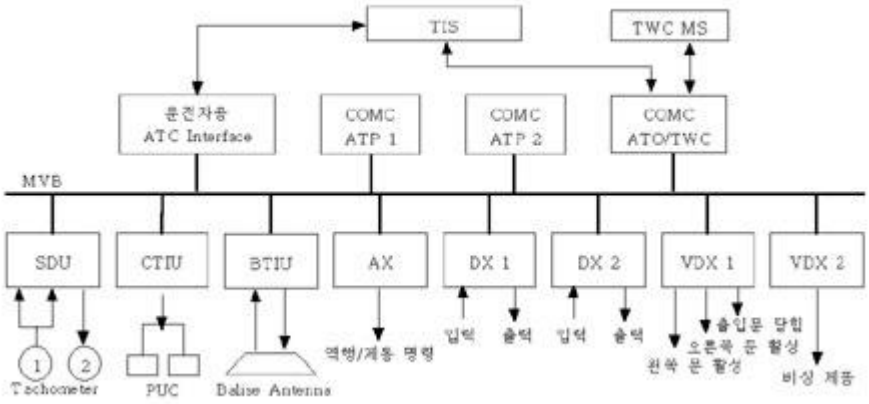
[표2.1.10] 부산지하철 2호선 설비 종류

구분	종류	모델명	비고
연동장치	EIE	EBILOCK 950	전자연동장치
현장 제어장치	OC	OCS 950	기기제어기
궤도회로	AF 궤도회로	TI 21-M	무절연, 본선
	PF 궤도회로	JZE 11	유절연, 기지
ATC설비	ATC장치	EBICAB, EBICRUISE	ATP+ATO



[그림2.1.63] 부산지하철 2호선 시스템 구성도

(3) 차상 ATC 시스템



[그림2.1.64] ATC시스템 하드웨어 구성

[그림2.3.48]에서와 같이 ATC 시스템의 하드웨어는 각 기능 및 목적에 따르는 여러 유니트가 상호 연결된 구조를 가지고 있다. 이러한 유니트들은 MVB라는 통신으로 연결되어 있다. 시스템은 컴퓨터와 입출력 유니트와 같은 기본적인 유니트 외에 특별한 목적을 수행하도록 설계된 유니트를 함께 사용하고 있다.

- 유니트 구성

MVB는 열차 제어를 위한 차내 통신의 일반적인 버스로써 IEC 표준인 열차통신 네트워크(TCN)의 일부분이다. 이는 마스터-슬래이브를 기본으로 동작하는데 유니트에 연결된 것 중 하나가 마스터로서 버스내 조정권을 가지고 있으며, 버스에 연결된 다른 모든 유니트는 슬래이브로 동작한다.

ATP 유니트는 입출력 유니트나 다른 ATP 유니트에서 수신한 신호를 처리하며 MVB를 통하여 서로 연결되어 있다. 이 유니트는 차량 배터리로부터 직접 전원을 공급받으며, 한 대의 ATP 유니트가 마스터로 동작하고 다른 유니트는 슬래이브로 동작해야 한다. ATP 유니트에는 외부 설비와 상호 작용하기 위한 인터페이스를 담당하는 직렬 채널이 있다.

AX나 DX, VDX, BTIU, CTIU, SDU 등과 같은 입출력 유니트는 시스템 환경에 따라 하나 이상의 인터페이스를 제공하며 MVB를 통하여 서로 연결되어 있다. 각 입출력 유니트는 기억장치 및 소프트웨어를 가진 프로세서로 이루어져 있으며 프로세서는 주기적으로 내부 테스트를 수행하여 유니트 동작상태를 확인한다.

(4) 부산지하철 1,2호선 시스템 비교

현재 운영중인 부산 지하철 1호선과 2호선의 대별적인 비교 내용을 나타낸 것이다.

[표2.1.11] 부산지하철 1,2호선 비교

구 분	1호선	2호선
운전방식	1인 승무	1인 승무(무인운전)
연동장치 방식	계전연동장치	전자연동장치
운전취급실 제어방식	모자이크 패널에서 선로를 감시하며 정자로 신호취급	모니터에서 선로를 감시하며 마우시 또는 키보드로 신호취급
분소감시설비	-	관할 분소내 설비고장 및 동작상태를 분소에서 감시(SSC 장치)
궤도회로 구성방식	LC 정합, 트랜스로 구성	Z-Bond와 정합트랜스로 구성
신호 전송방식	주파수 사용	텔레그램 사용
TWC 전송방식	TWC Loop Wire 사용	TWC Radio 사용
차량기지 입?출고시 운전모드	수동절체	자동절체 (MCS YARD, TARD MCS)
사령 데이터 통신 방식	실선제어 및 모뎀 통신	LAN 및 직렬 통신
차량번호 자동표시장치	-	차량기지내 차량 이동 상황을 감시
검수고 운영자콘솔	-	본선 및 차량기지내 차량 운행상태, 고장차량 이동 감시
자동회차 기능	-	종단 회차역에서 자동회차
완전자동운전	-	출발역에서 1회 출발버튼 취급으로 종착역까지 완전 자동운전

카. 부산도시철도 3호선

(1) 개요

부산도시철도 3호선의 신호방식은 차상의 속도코드와 루프코일 방식을 사용하는 ATC/ATO이며, 신호시스템은 일본 교산이 공급하였다.

차량의 자동운행을 위한 ATP시스템은 다음과 같은 3 가지 하위 시스템으로 구성된다. 자동 열차 제어기능을 위한 ATP(Automatic Train Protection)시스템, 자동 열차 운행을 위한 ATO(Automatic Train Operation) 및 지상 신호 시스템과의 통신을 위한 TWC(Train to Wayside Communication)등으로 구성된다.

차상 ATP 시스템은 지상 신호설비와 연계하여 장비의 결함 혹은 기관사가 지상 폐색 설계에 따른 제한 속도 한계를 준수하지 못하는 경우 등 열차의 안전을 위협하는 조건등에 대해 열차의 안전을 보호하는 기능을 수행한다. 차상 ATP 시스템의 기능은 운전 모드를 선택하고 지상 속도코드 지령의 수신 및 판별에 의해 열차의 최대속도를 제한, 최대가능 속도와 현재 운행속도의 비교에 의한 과속금지, 비상시 제동 체결 확인 및 출입문 개/폐 제어을 위한 TCMS로의 제어명령 전송 등이 있다.

차상 ATO 시스템은 일반적으로 승무원에 의해 수행되는 일을 대신 수행하며, 차상 ATO 시스템의 기능은 레일에 설치되어 있는 거리보정 마커로부터 발생되는 전파를 수신하여 각 마커로부터 입력된 서로 다른 주파수를 분석하여 거리보정에 의한 정위치 정차 및 지상 속도코드 지령에 따는 한계 속도 유지, 추진/제동 제어에 의한 자동 속도 조절 등이 있다.

차상 TWC 장치는 열차와 지상 및 지상과 열차간의 통신을 제공한다. 메시지의 송신 및 수신은 차상 TWC 안테나 및 지상 TWC 루프사이의 링크를 통해 이뤄진다. 차상 TWC 시스템의 기능은 열차와 지상간의 양방향 통신 링크에 의한 자동 열차 주행 진로 확인, 정차 시분 제어, 차량 속도 조절 및 차량 상태 등의 정보 송/수신 등 이다.

(2) ATP 시스템

ATP 시스템은 열차의 안전 운전을 보장하는 Vital 기능들을 수행한다. ATP 시스템에 의해 제공되는 기능들은 지상 속도 코드 지령의 수신 및 판별, 과속 조건 시 열차의 보호, 제동 체결 확인, 출입문 제어, 열차 정지 상태 검출 및 전동 방지 등이 포함된다. 차상 ATP시스템의 기능향상 및 활용성의 증대를 위해 이중계로 구성되며 ATP 시스템의 상세 기능은 다음과 같다.

□ 이중계 ATP(Redundancy ATP) 시스템 동작

□ 속도 코드 수신 및 해석

□ Bond Crossing Detection

□ 과속 검출 및 보호

□ 안전 감속 체결 확인

□ 전동(Rollback) 방지

□ 열차 정지 상태 검증

□ 차륜경 보정

□ 속도 센서 고장 검출

□ 출입문 자동 제어

□ ATP 데이터 로깅

□ 일상 출발전 검사

□ ATP 에러 검출

- 이중계 ATP 시스템 동작

ATP 시스템은, 동작상태(Operating) ATP와 예비상태(Hot Standby) ATP, 2 개의 독립된 ATP 시스템을 포함한다. ATP 수신기 코일, 속도 센서, 감속 체결 확인 장치(BAU, Brake Assurance Unit) 및 열차와 인터페이스 되는 출력 릴레이들을 제외하고는, ATP 시스템은 완벽한 이중계의 구조를 가진다. 각 출력 릴레이는 2 중 권선의 구조로 되어 있어, 각 권선은 2 개의 ATP 시스템 중 하나와 독립적으로 연결된다. 1 개의 속도 센서가 차축에 설치되기는 하지만, 각 ATP 장치에 대해 전기적으로 분리된 채널 입력을 별도로 공급하도록 되어 있다. 각 ATP 시스템은 자체의 DC-DC 컨버터, 속도 센서 채널 입력, TCMS와의 인터페이스, ADU와의 인터페이스, ATO 시스템과의 인터페이스 및 TWC 시스템과의 인터페이스를 포함한다. 각 ATP 시스템은, 4 개의 채널 중 전기적으로 분리된 2 개의 채널을 입력으로 받아들이며, 4개의 출력 채널은 한 개의 차축에 설치된 속도 센서에서 발생된다.

차상 ATP 시스템은, ATP1 시스템에 결함이 발생하면 자동적으로 예비상태 ATP2 시스템으로 전환한다.(TCMS 통신고장검지 시간 내에 전환한다.)

□ ATP 시스템 동작의 초기화

ATP 시스템은 3 가지의 동작 모드인 All ATP, ATP1, ATP2 의 동작 모드를 가진다. 이 모드들 각각은 ATP1 및 ATP2 용 Circuit Breaker를 조작함으로서 가능하다. Mode Switch를 All한 상태에서 ATP 시스템의 병렬 동작이 가능한 상태임을 뜻한다. ATP1 On상태에서 ATP2 Off하며 ATP1 만으로 시스템이 동작됨을 뜻한다. ATP2 On 상태에서 ATP1 Off하며 ATP2 만으로 시스템이 동작됨을 뜻한다.

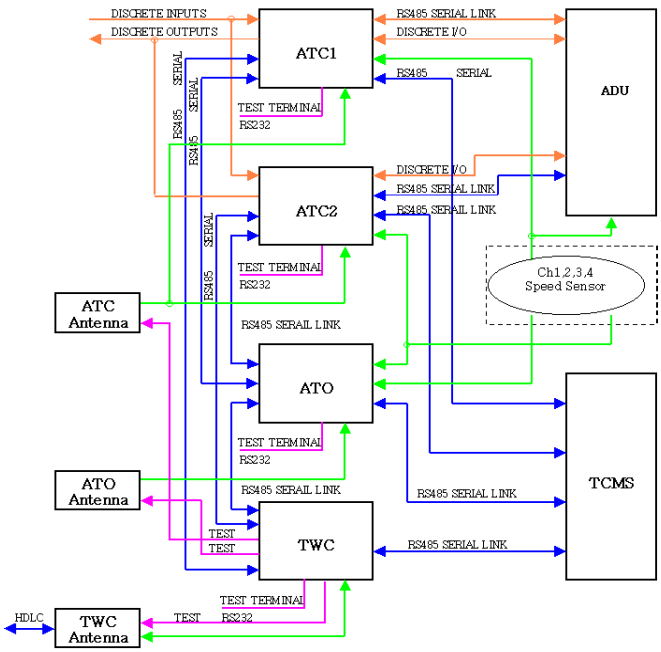
□ ATP 시스템 동작의 초기화

이중계의 ATP 시스템은, 일반적으로 병렬 동작 모드로 사용된다. ATP1 은 주 시스템이 되고 ATP2는 예비상태로 동작하게 된다. 병렬 모드에서 ATO 와 TWC 시스템은 ATP1 및 ATP2 모두와 통신하게 된다. ATO와 TWC 시스템은 ATP1에서 수신된 데이터를 사용하게 되며, ATP1에 결함이 발생되면, ATO 와 TWC 는 자동적으로 ATP2로 전환하여 ATP2에서 제공되는 데이터를 사용하게 된다.

병렬 모드에서, ATP1이 동작상태 ATP 시스템으로서 TCMS 와 통신을 하게 된다. 병렬 모드시, ATP2는 예비상태 ATP 시스템으로서 TCMS로부터 데이터를 수신하기만 한다. ATP1 은 CPS 전원을 이용하여 ATP OK 상태 표시 출력을 활성화 시킨다. ATP1에 결함이 발생하거나, TCMS 통신 인터페이스에 결함이 발생하면, ATP1 은 ATP2 의 Vital 입력으로 들어가는 출력을 소자 시킨다. ATP2 는 이런 변화를 검출하고 ATP1으로서 TCMS와의 데이터 전송을 시작하게 된다. TCMS는 ATP2의 전송 채널을 감시한다. TCMS 가 ATP2로부터 데이터를 수신하게 되면, TCMS는 ATP1에서 ATP2로 통신 절체를 하게 된다. 일단 ATP2로 절체 되고 나면, 시스템 전원이 Off 되었다가 다시 복귀되지 않는 한 ATP1으로의 재절체는 일어나지 않는다.

(3) 차상 ATP 시스템 구성

차상 ATP 시스템은 ATP(Automatic Train Protection), ATO(Automatic Train Operation) 및 TWC(Train to Wayside Communication) 의 3 가지 주된 시스템으로 구성된다.



[그림2.1.65] 차상 ATP 시스템 구성

(4) 차상 ATC 시스템의 인터페이스

차상 ATP 시스템은 다음과 같은 각 시스템 단위로 분류되며 이들 각 장치와 외부 인터페이스의 목적은 다음과 같다.

자동 열차 보호 장치(ATP)는 지상 설비 장치로부터 속도 코드 및 선두차 제어 명령을 수신하여 열차가 과속하는 경우를 감시하고, 출입문 제어, 선두차 제어 관련 인터페이스 기능 및 열차 안전 제어 기능을 수행한다.

자동 열차 운전 장치(ATO)는 ATP 장치의 감시하에 열차의 속도를 조절하여 자동 감속 및 추진/제동 시스템과 인터페이스 되며, 역 승강장에서의 자동 정위치 정차 및 운전자 제어에 대한 각종 자동 제어 기능을 수행한다.

차상-지상 통신 장치(TWC)는, 차상 ATP 설비의 상태 감시 및 열차 상태 정보를 지상으로 제공하여 지상 설비에서의 효율적인 운행 감시를 제공하며 열차 운행 정보 및 각종 운행 편의 도모를 위한 정보를 수신하여 자동 열차 운행에 따른 각종 정보 수신 및 이용 기능을 도모한다.

(5) ATO 시스템

ATO 시스템은 승무원이 수행하는 기능을 수행하며, 지상 신호 설비의 ATP 속도 코드 및 TWC 장치에 의한 정위치 정차 프로파일에 근거하여 열차의 속도를 제어한다. ATP 시스템의 기능은 열차의 주행 속도에 대한 유연한 출발 및 가속 제어, 목표 속도에 대한 정속 주행 및 승강장 내 정차 지점에서의 정밀 정위치 정차등이 포함된다. 기본적인 ATO의 기능들은 다음과 같다.

□ 자동 속도 조절

□ 자동 정위치 정차

□ Track Data Base 의 응용

□ 주행 레벨 제어

□ ATO 데이터 로깅

- 자동 속도 조절

속도 조절은 ATO 목표 속도의 ±2 Km/h 이내 범위로 유지된다. ATO 는 ATP 시스

템으로부터 속도 코드 정보를 수신하게 된다. 병렬 모드에서는 ATP1 이 ATO 시스템에 정보를 제공하는 주 시스템이 되며, ATP1에 결함이 발생하면 ATO 시스템은 자동적으로 ATP2로 전환하게 된다. ATO 시스템은 추진 및 제동 명령을 TCMS에 매 50 ms 마다 전송함으로써 열차의 주행 속도를 조절하게 된다.

- 자동 정위치 정차 기능

ATO 시스템은 목표 정차 지점 ±35 cm 이내의 범위에 자동적으로 열차를 정차시킨다. 정위치 정차 정확성을 향상시키기 위해서는, 차량시스템이 ATO 시스템의 견인/제동 요청 지령에 부합되도록 연속적으로 가변이 가능한, 완벽 혼합의 추진/제동력을 보장해 주어야 한다. 제동력은 전기와 마찰 제동의 혼합으로 인한 과다 제동의 발생 없이 전 속도대에 대해 선형적으로 동작하여야 한다. 추진/제동 시스템의 모든 반응 지연 시간 요소들은 특정한 영역 이내의 범위로 확인되어야 하며 추진/제동력은 차량의 응하중 시스템의 연산에 따라 적절하게 보상된 형태이어야 한다. Slip/Slide 제어 시스템은 정상 동작함이 사전 확인 되어야 한다.

열차가 자동운행 중 잔여 거리 식별용 지상 마커를 검지해 나가면서 최종 정차 지점으로 진행해나가게 된다. 또한 자동운전 시 Track Data Base 상의 예상 검출 위치를 기준으로 PSMx가 모두 미검출 되면, 승강장 정차 위치를 과주 할 가능성을 방지하기 위해 ATO시스템은 자동운전을 취소하고. ATP 시스템은 상용 만제동을 체결한다. 상용 만제동 체결이후, 승무원은 수동모드로 전환 후 열차를 수동 운행하여 진입역에 정차하여야 한다.

- 주행 레벨 제어 기능

ATP/ATO/TWC 시스템에는 기본적으로 3 가지의 주행 방식을 가진다. 속도 코드, 정상 및 회복 운행 방식이다. ATP 속도 코드는 해당 궤도 내에서 허용 가능한 최대의 속도이다. 수동 운전 모드일 경우에는 속도 코드에 따른 승무원의 수동 제어만이 가능하나, 자동 운전 모드일 경우에는, 속도 코드를 기준으로 정상, 회복 기능이 동작하게 된다.

이 두 가지의 패턴 선택은 TWC 시스템을 통해 지상에서 선택되어지거나, 승무원이 ADU 상의 회복 모드 버턴에 의해 가능하다. 이 정보는 TCMS로 전송되어 진다. ATO 시스템은 해당 주행 모드에 따라 열차의 속도를 제어하게 된다.

회복 모드는 ADU 상의 회복 모드 버턴 선택과 TWC 메시지상의 정보가 회복 모드일 때만 우선권을 가진다.

(6) 차상-지상 통신 시스템

차상-지상간 통신(TWC) 시스템은, 열차와 지상간의 양방향 통신 링크로서 자동 열차 주행 진로 확인, 정차 시분 제어, 차량 속도 조절 및 차량 상태 등의 정보를 송/수신

하는데 사용된다. TWC 시스템의 일반적인 기능은 다음과 같다.

□ 차상-지상간 통신 기능

□ TWC 데이터 로깅

□ ATO 데이터 로깅

타. 대구도시철도

(1) 개요

대구지하철의 신호제어 시스템은 전자회로와 검튜퍼를 이용한 최첨단 전자연동장치를 채택하여 전동차의 자동운행이 가능하도록 하였고 장치의 고장시 안전측(Fail-Safe)으로 동작하며 대기중인 시스템으로 자동 전환되어 연속적인 제어가 가능하도록 하였다.

(2) 주요 시설물 현황

▪ 사령설비

종합 사령실	열차운행제어	정보처리장치	정보전송장치
1식	컴퓨터 1식	1식	1식

▪ 현장설비

전 자 연동장치 16 개소	역 취급컴퓨터 11개역	고장감시장치 3개소	정위치정차 장치 30개역
신 호 기 142 기	선로전환장치 141 대	궤도회로 455 개소	무정전 전원장치 16 개소

▪ 신호시스템 구성

구분	1호선	2호선
총 연 장	28.1Km / 30개역	28.9Km / 26개역
차량기지	2개역 (월배기지, 안심기지)	1개역 (문양기지)
연 동 역	9개역	8개역
기기집중역	5개역	-
연동장치	전자연동장치 VPI (제작사 : GRS)	전자연동장치 VPI2 (제작사 : ALSTOM)
열차제어방식	지상속도코드 제어방식	차상거리연산 제어방식 (DISTANCE TO GO)
정위치정차	ATO 마커에 의한 정위치정차	비콘의 데이터송신에 의한 정위치정차
ATO 운행	정방향, 역방향 운행가능	정방향 운행만 가능
궤도회로	AF(본선) / PF(차량기지)	AF(본선) / PF(차량기지)
선로전환기	NS 형(차량기지, 본선)	NS 형(차량기지) NS-AM형(본선) : 전자클러치
운전시격	150초	150초
표정속도	30.8Km/h	35Km/h
신호모터카	디젤엔진 차량 : 독일, BENZ	하이브리드차량(축전지+디젤발전기) : 일본, 호리카와코오키
안전설비	역무실 비상정지 장치	본선 역무시, 승강장 비상정지 장치 승강장 스크린도어(다사역, 대실역) 차량기지 유치선 부정출발 방지장치

파. 대전도시철도 1호선

(1) 개요

대전도시철도는 2006년 3월과 2007년 4월의 2간계에 걸쳐 개통하였으며, ATC/ATO 신호방식과 DTG 열차제어방식을 사용하고 있다.

대전도시철도 신호시스템의 가장 중요한 기능은 열차의 안전 확보하는 것이며, 이를 위해 여러 가지 특징적인 기능을 가지고 있다.

- 열차의 과속 및 충돌을 방지
- 분기부에서의 안전한 열차운행 보장
- 동일 선로상에서 후속열차의 안전거리 유지
- 열차운행의 효율성 확보

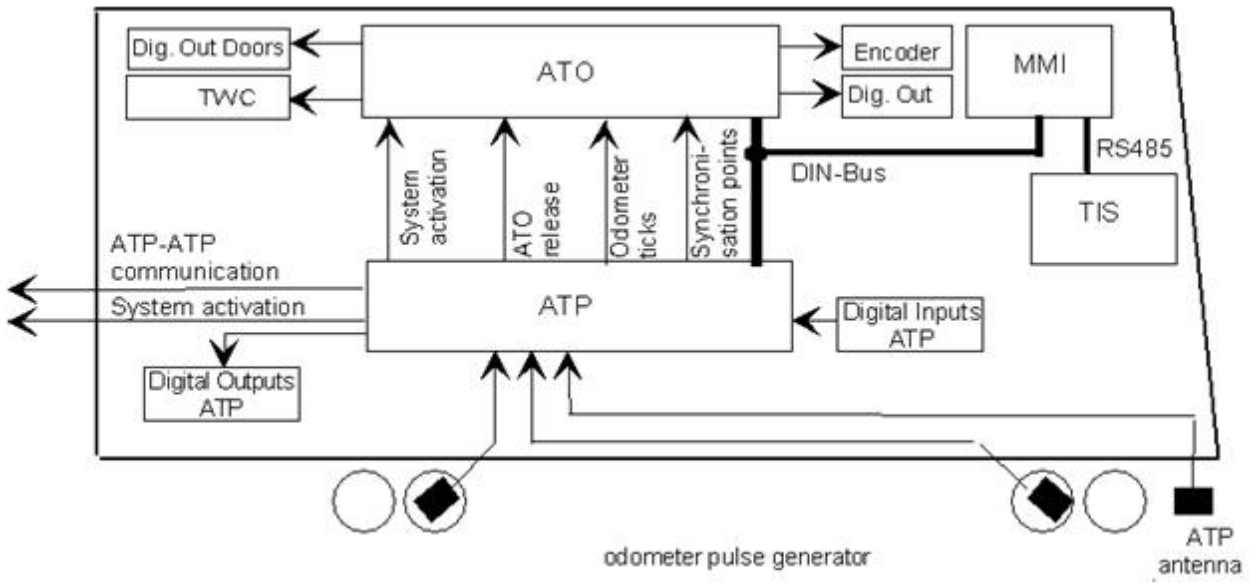
이러한 기능들은 전자연동장치(SICAS)와 자동열차보호(ATP : LZB700M)시스템에 의해 구현된다. 전자연동장치는 궤도회로에 의해 궤도점유를 인식하며, 전철기를 제어하고, Distance to go방식의 자동열차보호시스템 감시하에 동작하는 차상 신호시스템에 안전한 열차운행을 위한 정보를 제공한다.

전자연동장치는 궤도회로장치 FTGS을 통해서 Vital 정보를 열차로 송신한다. 이러한 궤도회로장치는 가청주파수에서 동작하며, 반송파로 고속의 데이터 전송율을 가지는 디지털 변조방식을 사용한다. 따라서 속도뿐만 아니라 거리와 구배 정보가 열차로 전송되어, 차상 자동열차보호시스템이 열차 운행의 Distance-to-go 감시에 이용할 수 있도록 한다.

현장제어기(EC/DSTT)는 전자연동장치와 분산하여 설치가 가능하나, 유지/보수를 위해 기기실에 수용한다. 연동장치 컴퓨터와 현장제어기 간은 광 케이블에 의한 이중화로 한쪽의 전송망에 어떤 결함이 있을 경우에도 통신을 지속시킬 수 있도록 전송망을 구성한다. 전자연동장치와 지상 자동열차보호시스템인 LZB700M은 2-out-of-3, 차상 자동열차보호시스템은 2-out-of-2 기법을 도입하여 장애발생 시 Fail-safe 동작하도록 되어있다.

(2) 차상신호시스템의 구성

대전도시철도에서 운행되는 차상 신호시스템은 Distance to Go 방식에 의해c 운행되며, 5개의 ATC운전모드(Yard, MCS, Auto, FA, 및 AR)를 갖는다.



[그림2.1.66] 차상신호시스템 구성

(3) ATP

열차안전운행을 위한 시스템으로 지상 신호시스템으로부터 최대허용속도, 목표속도, 목표거리, 목표 구배 및 출입문관련 Vital 정보 등을 수신하여, 다음과 같은 기능을 수행한다.

- 최대 허용 속도 감시
- 목표 속도 감시
- 경고와 제동 커브 계산
- 출입문 개방 허가
- 주기적인 운행 감시
- 후진 운행 감시

(4) ATO

자동열차운행 장비로 다음과 같은 주요 기능을 갖는다.

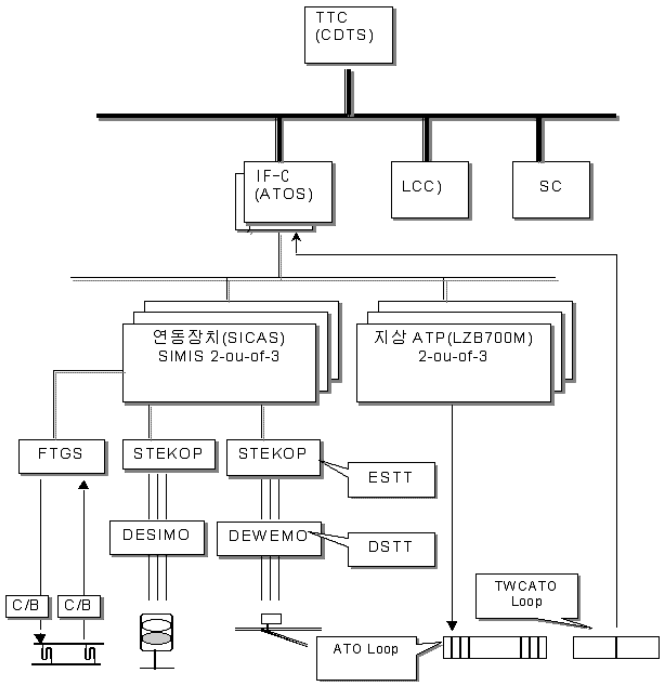
- 운전 Profile 산출
- TWC통신
- 정속 주행
- 타행 운전

- 정위치정차
- 출입문 열림 및 닫힘 제어
- 출발 제어
- 자동 회차

(5) 전자연동장치(SICAS)

신호기기실 설비는 안전한 열차운행을 위해 연동 로직에 의한 진로제어와 열차간 안전거리 확보, 분기부에서의 열차안전운행 보장 등의 기능을 수행한다. 이를 위해서 궤도회로와 전철기 등 실외설비에 대해 지속적인 감시가 이루어진다.

- 연동 로직에 의한 진로제어
- 출입문 방향 및 열림 허가 정보 전송
- 비상정지 제어정보 전송
- 실외설비(궤도회로, 전철기 등) 감시



[그림2.1.67] 현장 신호기기실 설비 구성

(6) 지상 열차보호시스템(LZB700M)

최고속도, 목표속도와 거리 및 구배 등 열차안전운행을 위한 정보 전송한다.

(7) 궤도회로장치

FTGS는 가청 주파수의 무 절연형이며 고도의 간섭이 존재할 수 있는 AC 또는 DC 전화 지역에서도 적합하게 사용될 수 있도록 설계되었다. 궤도회로 사이의 전기적 절연은 일반적으로 S-본드의 궤도조정 구역에서 이루어진다.

- 열차 검지
- 점유된 지역에서 ATP 텔레그램 전송

(8) 현장기기실 인터페이스 컴퓨터

연동장치와 사령실 설비간 정보 전송을 위해 장치이다.

(9) 지장 정위치 정차 설비

열차를 승강장에 정위치 정차시키기 위해 선로사이에 ATO Loop를 설치한다. 정위치 정차용 ATO Loop는 열차에 정확한 현재 위치를 알려주어 차상 신호시스템이 정확한 제동곡선을 계산할 수 있도록 한다.

(10) TWC 장치(LOOP)

차상 신호시스템에서 정보를 수신하기 위해 승강장 또는 회차 선로에 TWC Loop를 설치한다. 제어기는 신호기기실에 설치되며 인터페이스 컴퓨터와 연계된다. 한편, 차상으로 송신하는 ATO 관련정보(열차번호, 다음 역 정보)는 AF 궤도회로를 통하여 전송되므로 AF 궤도회로 구간에서 전송이 가능하다.

(11) 부정출발 방지장치

차량기지에 있는 ATP 구간이 아닌 곳에서는 열차의 부정출발 방지를 위해 선로사이에 MTS를 설치한다. 이는 기기실 연동장치와 연결되어 신호기와 연동하여 작동된다.

하. 광주도시철도 1호선

(1) 개요

광주도시시철도 1호선 신호시스템의 특징은 대규모 수송시스템에서 절대럭으로 요구되는 안전성을 확보하기 위해 전자연동장치를 2중화하고 정비간 연결의 노이즈 유압을 방지하기 위하여 광케이블로 구성하였으며, 일본 철도 안정규겨(JS)뿐만 아니라 철도표준 및 안전규격에 따라 설계, 제작되었으며 품질관리를 철저히 하여 열차 및 승객의 안전성을 최대한 보장하고 있다.

(2) 시스템 구성

▪ ATO 시스템

▪ 자동열차제어장치(ATC/TD - Automatic Train Control/Train Detection)

▪ 전자연동장치

▪ 신호기 장치

▪ 선로전환기

▪ 열차운행종합제어장치

(3) 운영시스템

▪ 승강장내 열차비상정치 버튼

- 역 구내 승객추락 및 화재발생 등의 긴급한 상황 발생으로 진입하는 열차를 세우고자 할 경우, 승강장에 설치된 열차비상정지버튼을 누르면 열차방호시스템에 의해 승강장 전후방 구간에 정지신호가 송신되고 열차는 비상제동이 체결되어 정지하게 되는 시스템을 갖추고 있다.

▪ 분기기 융설장치

- 지상구간은 겨울철 폭설 등 계절적 영향을 받기 쉬운 장소이며, 분기기의 선로전환기는 열차의 운행방향을 조정하고, 열차가 통과하기까지 레일을 움직이지 못하도록 쇄정(잠금장치)하는 장치로써 이 장치가 고장 시에는 열차탈선 등 대형 사고를 일으킬 수 있는 중요 설비이다. 이 분기기에 겨울철 폭설 시 눈을 녹일 수 있는 융설장치를 설치하여 선로전화기가 정상 동작하도록 함으로써 열차안전사고를 예방하고 열차정시운행을 확보할 수 있는 시스템을 갖추었다.

4. 경전철 신호시스템 기술 현황

가. 개요

우리나라는 1990년대부터 지자체별로 경량전철건설을 계획하였으며, 현재 개통되어 운영중인 경량전철노선을 대상으로 구축된 신호시스템 현황은 다음과 같다.

경량전철건설은 대부분 민간자본을 유치하여 진행되고 있으며, 운영 및 수익성 등을 감안하여 차량운행과 연관된 무인자동운전을 지원하는 신호시스템이 장착된 외국시스템을 도입하고 있다. 대부분의 신호시스템은 발리스와 궤도 회로를 사용한 ATP/ATO가 주류를 이루고 있으나, 최근 신분당선의 경우 경전철과 같은 맥락에서 외국에서 도입한 무선통신기반의 열차제어시스템을 적용하였다.

[표2.1.12] 경량전철 도입 시스템

노선명	열차간격제어방식				제작사(공급사)	
	고정폐색방식			이동폐색방식(RF통신)	지상설비	차상장치
	궤도회로	발리스(루프)	가상폐색(RF통신)			
용인에버랜드	-	-	-	ATP/ATO	Bombardier	Bombardier
의정부	-	ATP/ATO	-	-	Siemens	Siemens
부산-김해	-	-	ATP/ATO	-	Thales	Thales
신분당선	-	-	-	ATP/ATO	Thales	Thales
부산도시철도 4호선 (반송선)				ATP/ATO	Thales	Thales

기존철도 노선의 경우, 2004년부터 시작하여 2010년 상업 운전이 예정된 ETCS Level 1을 경부선, 호남선에 설치하는 것과 함께, 기존선 고속화를 통해 경춘선, 장항선, 중앙선 등 총 6개 노선에 대해 모두 ETCS Level 1으로 개량하는 것으로 계획되어 있다. 이러한 시스템은 기존선에 있어서 신선 건설 및 개량 시에 유럽의 규정에 의해 의무적으로 반드시 적용하도록 되어 있으며, 전 세계 철도 운영 노선에 대해서도 주요 철도신호 공급사가 이러한 규정에 따라 ETCS Level 1을 제시함으로서 전 세계 표준으로 작용되고 있다.

경량전철의 경우, 초기의 ATS 시스템에 의한 지상신호방식에서 ATC 시스템에 열차자동운영 장치가 추가된 ATC/ATO 방식으로 변경되고 있으며, 이러한 ATC/ATO의 구현에 있어서 궤도회로, loop 등 다양한 형태의 정보전송 방식을 사용하고 있다. 현재는 무선기반 열차제어시스템인 CBTC 시스템이 경량전철 및 도시철도에 적용됨에 따라 기존의 ATC/ATO 시스템을 대체할 수 있는 새로운 신호시스템으로 부상되고 있으며, 각각의 제작사간의 상호호환성을 위한 연구, 개발이 추진되고 있다.

국내 신호시스템 운영현황은 대부분 국외 시스템을 도입하여 설치·운행함으로서 각각의 노선에 따라 모두 상이하게 기술적 특성이 주어져있고, 운영 및 유지보수 측면에서 각각의 노선별로 기술적인 호완 및 교류가 불가능한 상태이다. 또한 완전한 기술이전이 전제가 된 경우에 설비의 개량 및 개조 등이 가능하지만, 대부분의 시스템은 이러한 설비 개량 및 개조 등의 작업을 국내의 기술로서 독자적으로 취급하거나 국내 운영 및 유지보수 기술을 바탕으로 한 완전한 운영 및 유지보수는 여전히 어려

운 과제로 남아 있는 것으로 확인되었다.

따라서 국내에서 통합시스템으로 제작된 신호시스템의 공급과 이를 상용화하기 위한 노력이 필요한 것은 독자적인 운영 및 유지보수는 물론 국내에서 사용 중인 신호시스템의 통합 운영 기술 확보를 위해 매우 중요한 요인으로 확인되었으며, 이를 위해서는 어떠한 형태로든 철도신호시스템에 대한 상호운영성을 위한 표준화와 상용화가 추진되고 있는 것은 중요한 시작이라 판단된다.

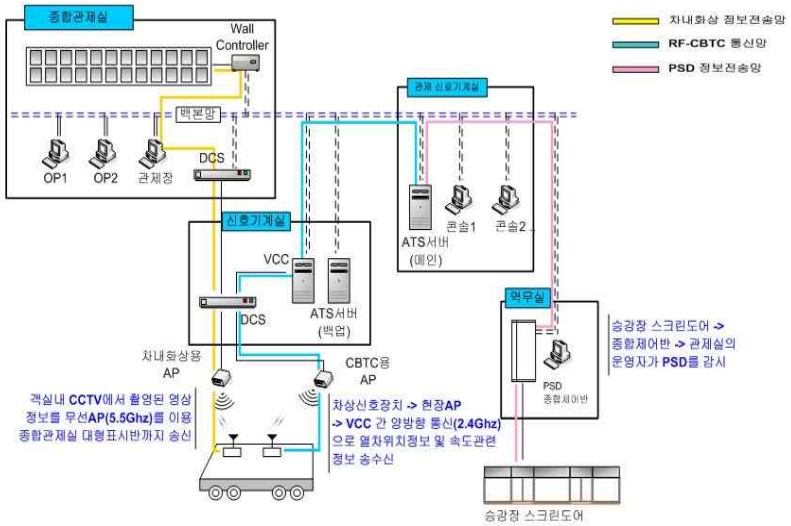
나. 신분당선

(1) 개요

신분당선은 RF-CBTC 방식의 열차제어시스템을 도입하여 운행하고 있다. RF-CBTC 방식은 궤도회로 없이 무선통신을 기반으로 하여 열차를 제어하는 방식으로 선로변 설비가 간단하여 유지보수 비용이 적고 노후설비 개량이 용이하며 장거리 구간에서 운전시격을 획기적으로 단출할 수 있는 시스템이다.

설비는 Thales社의 SelTrac IS 시스템을 적용하였으며 SelTrac IS 시스템은 Vancouver Sky Train Expo Line 외 8개 노선에서 검증된 시스템으로 무선통신 데이터의 무결성을 확보하기 위해 암호화 모듈(SD) 적용하였고 차상신호장치(VOBC)와 700m/s 단위로 통신하며 위치 및 운행속도 제어하여 UTO 운영이 가능한 솔루션 제공한다.

(2) 네트워크구성



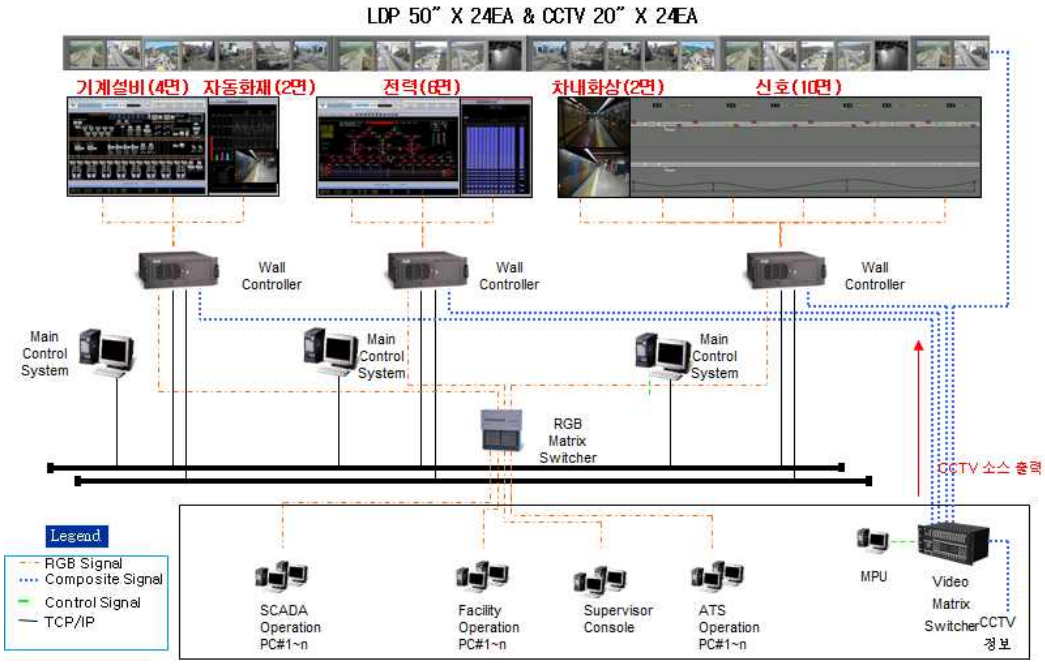
[그림2.1.68] 신분당선 네트워크 구성도

신분당선 열차제어 시스템의 네트워크 구성은 관제설비, 신호기계실 설비, 현장 설비

로 구분된다. 관제설비와 신호기계실 설비는 링 백본망을 통해 연결되며, 신호기계실 설비와 현장설비는 광 케이블을 통해 연결된다. 관제설비 내부는 이중계 이더넷 통신망으로 연결되며, 신호기계실 내부는 광통신 및 이더넷, 현장 설비 간 통신은 Dry Contact로 연결한다.

(3) 관제설비

1) 운행제어센터 (OCC: Operations Control Centre)



[그림2.1.69] OCC 전체구성도

2) 종합제어장치(ATS : Automatic Train Supervision)

열차위치와 모든 ATC 구성요소들의 운용 상태를 감시하는 시스템으로 열차 운행 감시 및 제어를 위한 HMI 제공하며 다음과 같은 기능을 수행한다.

가) 열차 운행 제어

- 열차 식별 번호 확인(Train Identifier Association)
- 열차 추적(Train Tracking
- 열차 진로 설정(Train Routing)

나) 열차 조정(Train Regulation)

- 열차 지연 조정 (Disturbance Regulation)
- 운전시격 조정(Headway Regulation)

다) 이동 최적화(Movement Optimization)

- 비상계획 시나리오와 복구계획 시나리오로 구성함
- 교착현상 예방(Deadlock Prevention)

  종착역 승강장 처리(Terminus Platform Handling)

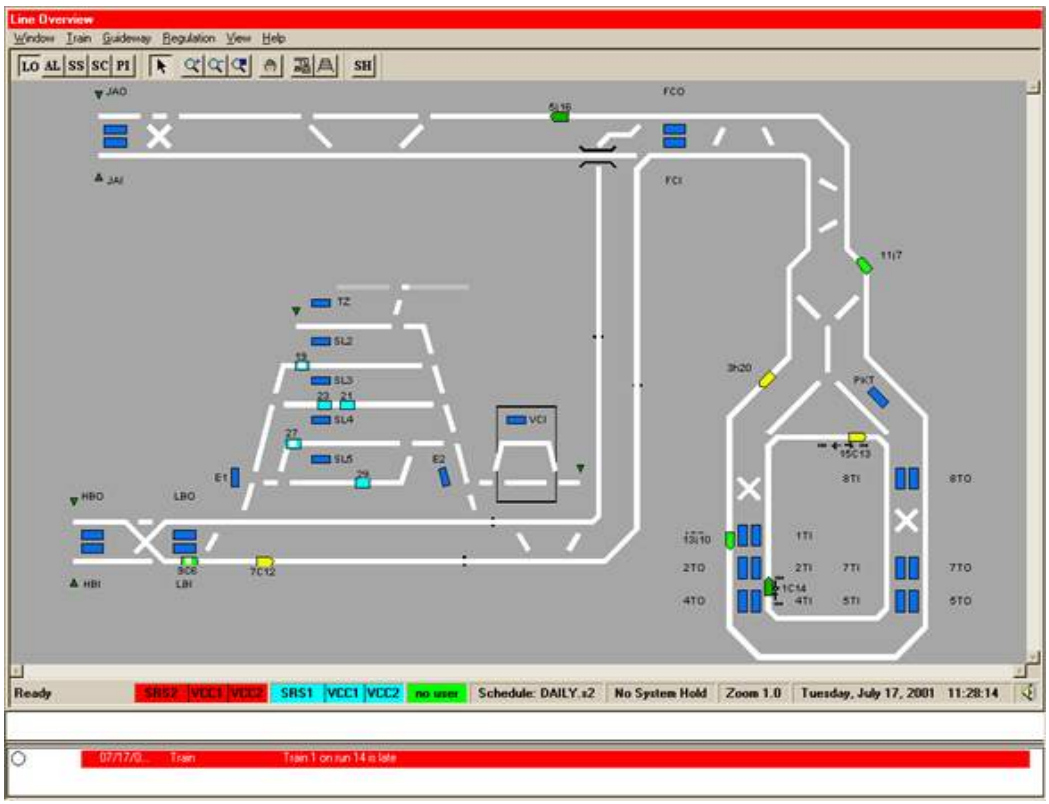
  교차점 관리(Junction Management)

  우회 처리(Diversion Handling)

라) 역 정차기능 : 승강장별 정차 시간 설정

마) 승객정보 시스템(Passenger Information System)과의 인터페이스

바) 정보 서비스 : 진단, 성능 분석 및 보고



[그림2.1.70] ATS 선로 샘플

(4) 지상신호설비

1) VCC(Vehicle Control Center)

VCC는 신분당선 RF-CBTC 무인시스템의 연동제어를 담당하는 중요 장치로 이동폐색시스템에서 진로 연동, 열차간 안전한 이격과 열차 자동 운행이 확실하게 이루어질

수 있도록 하는 책임을 가진다. 열차위치를 수신하여 TP설정, 목표속도 및 ATO기능 수행을 위한 정보를 열차로 전송하며, 각종 로그 및 경보를 수집하는 기능을 담당하며 다음과 같은 기능을 수행한다.

- 열차간 자동 이격
- 열차 자동 운행
- 열차의 위치 정보 감시
- 연동 및 역 제어장치(STC: Station Controller) 모니터링
- 선로전환기 동작 상태 확인
- 선로전환기 동작 제어
- 열차 이동 권한 명령
- 열차 위치 추적 및 감시
- 중앙 비상정지버튼(CESB: Central Emergency Stop Button) 제어

VCC는 CPU랙 (1개), I/O랙(2개), DCS I/F랙(2개), ATS I/F랙(1개)의 총 6개 랙으로 구성되어 있다.



[그림2.1.71] VCC의 구성

VCC는 2 Out of 3로 구성되어, VCC 내 1개 CPU가 고장날 경우 고장난 CPU는 자동 복구가 가능하다. VCC 자동 복구 기능은 특정의 검증된 가이드웨이(guideway) 변수를 복구한다. 자료는 각 VCC 컴퓨터의 ROM에 저장되기 때문에 VCC 재시동과 함께 자료도 자동 복구되며 VCC에 저장되는 자료 목록은 다음과 같다.

- 열차 번호 및 열차의 차량
- 통신 상태 (통신 중, 통신 대기 중(timed out), 통신 개시 등)
- 열차운행모드 (수동, 자동)
- 열차 전두 위치

- 열차 목표 지점 (TP: Target Point)
- 열차 목적지 (자동운행시에만 가능)
- 열차 루트 (자동운행시에만 가능)
- 열차 운행 진로 방향
- 열차 정지 상태 (움직이지 않고 잠시 정지해 있는 상태)
- 열차 지령 번호
- 지정된 선로전환기 위치
- VCC에 의한 열차 정지

VCC 자동 복구 기능으로 인해, 몇 분내에 모든 시스템이 빠르게 재가동되며, 복잡한 대체시스템에 대한 필요성을 감소시킨다.

2) STC(Station Controller)

역제어기(STC)는 모든 선로전환기, 차축검지기(Axle counters)를 자동으로 제어 및 감독하는 설비로 현장 신호기계실에 설치되어 있다.

3) PDIU(Platform Door Interface Unit)

승강장 출입문 인터페이스 장치(PDIU)는 승강장스크린도어(PSD) 장비 제어 및 PSD 상태 정보를 제공한다.

4) DCS(Data Communication System)

데이터 통신 시스템 (DCS: Data Communication System)은 열차 제어 시스템을 신호기계실로부터 현장설비 및 차량의 차상신호장치 간의 유무선 통신을 제공하는 설비이며 802.3(이더넷), 802.11(무선 이더넷)의 네트워크 방식을 사용한다.

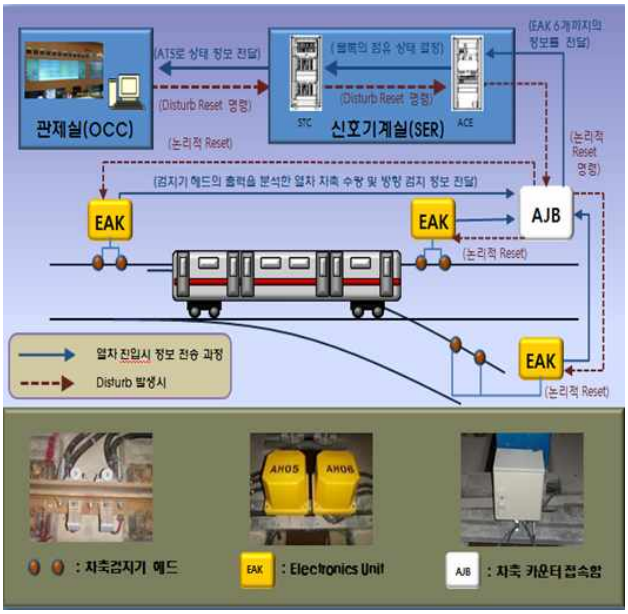
선로변 AP(Access Point)로 초고속으로 정보를 전송하고 영상 프로그램 사용을 위한 고용량 데이터 처리가 가능하며 가변 대역폭으로 무제한 확장이 가능하다.

4) Axle Counter

차축검지기(Axle Counter)LC 발진회로를 이용하여 금속체가 접근하면 인덕턴스의 변화로 차륜을 검지하는 장치로서 열차가 차축검지기 지역 내로 진입하면 자기 유도 변화에 의해 차륜을 검지한다.

검지 시 선로전환기는 철사 쇄정 되며 진입/진출 검지 횟수가 동일하면 해정된다.

지상-차상 간 통신장애 발생 시 Axle Counter를 이용하여 최소 기본운전 가능하다.



[그림2.1.72] 차축검지기(Axle Counter)

(5) 차상신호설비

1) 차상제어장치 (VOBC)

VOBC RF-CBTC 기반의 무인운전 차상신호장치이며 다음과 같이 구성되어 있다.

1) RF(Radio Frequency) Antenna : VCC, PDCU 및 ATS와 VOBC간의 통신을 수행

2) Tachometer : 차량의 이동 방향을 감지하고 태그(Tag) 사이의 거리를 확인

3) Proximity Sinsor : 열차가 정거장에서 정차 시, VOBC에서 정위치 정차 정확도를 높이기 위해 사용

4) TI(Transponder Interrogators) Antenna : TI 서브랙과 선로변에 설치된 트랜스폰더 태그 사이에 메시지를 수신

5) TCMS DU

- 차량기기 제어 및 감시
- 데이터 수집기능(운행/고장 기록 등)
- 자동 차상검사 기능
- 승무원/검수원 지원기능

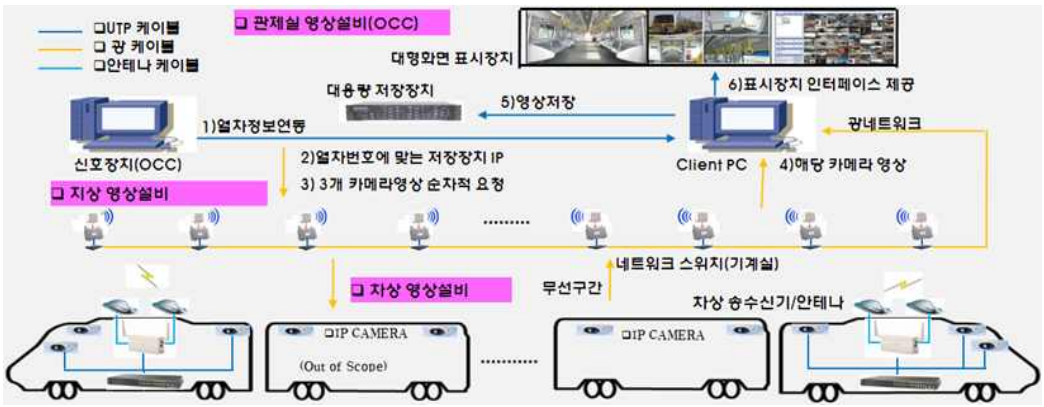
(6) 무인운전 지원설비

1) 차내화상 전송설비

전동차내 화상정보를 주파수 5.8Ghz 대역, 전송용량 6Mbps(초), 30Frame이 가능하며

전동차 1편성당 14개의 CCTV 설치 운영되고 있다.

12개 편성을 동시에 모니터링 가능(50"LDP 2면)하고 편성 당 3개의 영상을 15초 간격으로 로테이션하며 편성 당 160여개의 비상신호 Event 정보 표출이 가능하다.



[그림2.1.73] 전동차내 화상정보 흐름도

2) 관제 TCMS 콘솔

종합관제실(OCC)에 위치하며 관제사가 열차를 감시한다. CBTC무선통신망으로 정보를 전송하고 운행 차량의 상태 및 고장정보를 실시간으로 표시한다.

차량 원격 제어기능(비상 출입문, 공조, 판토 등 15항목)을 제공한다.



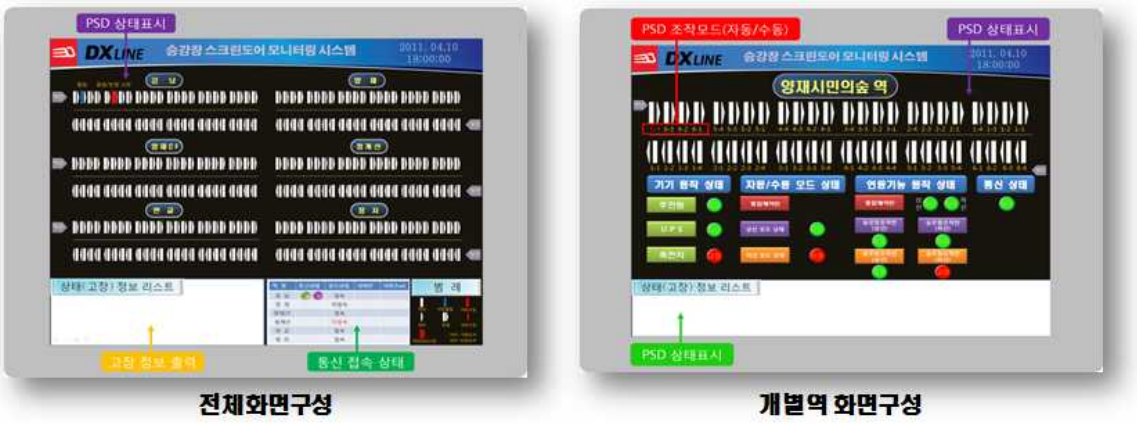
[그림2.1.74] 관제 TCMS 콘솔 화면 예시

3) PSD 모니터링 시스템

PSD 종합 제어반과 I/F하여 PSD의 열림, 닫힘 상태 및 고장정보를 모니터에 그래픽

으로 표시하며 다음과 같은 기능을 수행한다.

- PSD 상태를 실시간으로 표시
- 고장 발생시 알람현시 및 경보음 발생
- 상태정보 Log 저장(30일)



[그림2.1.75] PSD 모니터링 시스템 화면 구성도

4) 운전모드 구성

가) 무인운전모드(Driverless Mode) : 자동 열림, 자동 닫힘

차상설비(VOBC)와 지상설비(VCC)간 무선통신을 통해 열차의 안전제동 모델로 열차의 이동권한을 제어하여 ATO와 ATP를 이용한 완전 무인운전 모드이다.

나) 자동운전모드(ATO Mode) : 자동 열림, 자동 닫힘

무인운전모드와 동일한 환경에서 이루어지는 운전모드로써, 비상시 상황을 고려하여 운전자가 탑승하며, 운전자는 상황을 감시하는 역할을 수행하는 운전모드이다.

다) 수동운전모드(ATPM Mode) : 자동 열림, 수동 닫힘

열차의 추진과 제동을 운전자가 제어하는 것을 제외하고 모든 것은 자동운전모드와 동일하다. 운전자는 ATP가 허용하는 제한속도를 초과하지 말아야 한다.

라) 속도제한모드(RM Mode) : 수동 열림, 수동 닫힘

열차는 이동권한과 관계없이 운전자의 조작으로 제한속도 25Km/h 이하로 이동가능하며, ATP는 제한속도를 감지하여 초과시 비상제동을 인가한다.

마) 비상운전모드(FM Mode) : 수동 열림, 수동 닫힘

차상설비(VOBC)와 무관한 완전수동운전을 할 때 사용하며 이때 차상설비는 전원이 인가되지 않는다.

다. 김해 경전철

(1) 개요

김해 경전철은 정부시범사업으로 추진되어 구축된 경전철로써, 관제시스템은 국내의 기술력으로 구축하였고, 주요 신호시스템은 일본 교산의 시스템을 이용하여 구축하였다. 신호방식은 2.4GHz 이동폐색 무선통신을 이용하였으며 무인운전시스템으로 운영되고 있다.

(2) 차상시스템 구조

ATP 시스템을 이루는 장비는 VOBC(Vehicle On Board Computer)와 주변장치들이며, 전두부 차량과 후두부 차량에 있는 랙에 실장된다.

☐ Vital ATP/ATO 장치

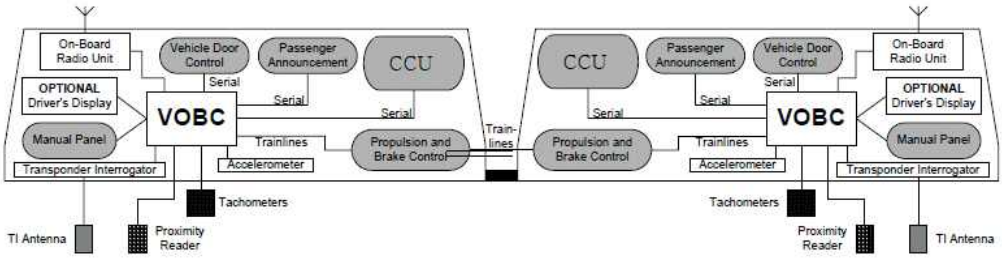
☐ 차상 무선 장치(On-Board Radio Unit)

☐ TI(Transponder Interrogator)와 TI 안테나

☐ 회전속도계(Tachometers)

☐ 가속도계(Accelerometers)

각각의 차량에는 VOBC 1 대와 주변장치 1 세트가 장착된다. 아래 그림은 차상 장비의 블록도를 보여주고 있다. 각각의 차량에 장착된 VOBC 는 Vital 열차 인터페이스들 및 Non Vital 시리얼 링크들과 연결된다. 동작중인 VOBC 가 열차 내의 대기중인 VOBC 와 통신하여 열차 내의 이중화 제어 기능을 제공한다. 동작중인 VOBC 에 장애가 발생할 경우, 대기중인 VOBC 가 자동으로 열차 운행을 책임지게 된다.



[그림2.1.76] 차상장치 구조

차상 제어장치의 핵심적인 부분은 “Two Out of Two - 2oo3” 이중화 구성방식을 사용한다. 즉 모든 입출력 정보를 두 개의 프로세서가 상호 비교하여, 불일치한 부분이 발생할 경우, 해당 유닛의 동작을 중단하고, 두 번째 차량의 2 차 차상 제어장치로 열차운용에 영향을 주지 않고 그 기능을 절체 시켜준다.

선두 차의 VOBC 와 후미차의 VOBC 는 이중계 구성을 이루어 항시 병렬 대기 상태로 작동하며 선두 차 VOBC 에 장애가 발생하였을 경우 후미 차 VOBC 가 대신 차량을 제어한다.

(3) 차상시스템 구성

ATP (Automatic Train Protection)

Vital 요구조건들을 만족시키기 위해서 차상 ATP 장치는 checked redundant 방식으로 두 개의 마이크로프로세서를 탑재한다. 이 CPU 들은 필요한 I/O 기능들을 갖추고 있어 다양한 인터페이스들을 지원한다. 이 ATP 장치는 다음에 대한 인터페이스 기능을 제공한다.

□ ATO

□ 차상 인터페이스 장치(On-Board Interface Unit)

□ 회전속도계(Tachometers)

□ 가속도계(Accelerometer)

□ 입력 상태표시 라인

□ TI(Transponder Interrogator)

□ 인터페이스 릴레이 유닛(Interface Relay Unit)

WCU 들은 정기적으로 열차를 폴링한다. 각 WCU 에서 열차로 전달되는 명령 텔리그램은 해당 WCU 구역 내의 모든 블록들에 대한 이동권한 텔리그램과 결합된다. 차상 인터페이스 장치는 지상 장치에서 전송된 이 이동권한 텔리그램을 수신하여 이를 차상 ATP 유닛으로 전송한다. 그러면, 이 ATP 유닛에서 이에 적용할 이동권한을 스스로 결정한 위치 정보에 준하여 결정한다. 동시에 열차에서는 자신의 위치를 지상장치에 전달해 준다.

ATP 에서는 회전속도계와 가속도계에서 보내오는 입력 정보를 이용하여 열차의 정확한 위치를 결정한다. 주기적으로 가이드웨이에 설치된 트랜스폰더를 감지하여 열차 위치를 확인한다. 열차 상태는 병렬 상태 입력을 통해 ATP 유닛 내에 표시한다. 데이터에는 다음 내용이 포함된다.

□ 열차 출입문 상태

□ 추진력 상태

□ 제동장치 상태

□ 비상 제동장치 리셋

□ 비상 출입문 상태

□ 열차의 무결성.

ATP 유닛은 TI(Transponder Interrogator)와 시리얼 통신하여 트랜스폰터 감지 정보를 수신한다. 동시에 이 ATP 는 열차의 자동 운전에 필요한 모든 Non Vital 열차 기능들을 제공하는 ATO 유닛과도 인터페이스 한다.

VOBC 는 '기계적인 제동장치 상태'를 감지하여 'dragging brake' 명령 없이 이 제동이 체결되었는지 여부를 확인하는 기능을 가지고 있다. 그런 다음, VOBC 와 ATC 에 장애 보고를 하게 된다. 이 피드백은 VOBC 에서 사용되어 차량을 정차시킬 때 주어지는 압력을 줄여 제동장치의 과열을 피하게 한다.

'비상 제동장치 리셋' 명령은 운용 제어 센터에 있는 ATS 컴퓨터에서 비상 제동장치 적용을 해제하고자 할 때 사용할 수 있다. 중앙제어실 사령원(Central Operator)은 ATS 터미널로부터 사고 발생을 통보받게 된다. 사고 내용에 대한 로그가 이루어져, 해당 정보를 통해 필요한 유지보수 조치를 결정하게 된다. 열차 위치가 적절하고, 열차의 안전 거리도 위반하지 않은 경우에는 중앙 운용 장치에서 ATS Terminal을 이용하여 비상 제동 장치를 리셋할 경우 운전이 재개된다.

ATO (Automatic Train Operation)

차상 제어장치의 ATO 는 지상장치와 통신하여 정차역 상태, 동작 명령, 대기 명령,열차 출입문 명령, 정차 명령, 장애 확인 등 ATS 명령을 수신한다. 이 ATO 는 속도,방향, 장애 코드, 위치 등의 정보를 ATS 에 전달해 준다. ATO 는 열차 라인들과 인터페이스하여 모터/제동장치 명령, 전진/후진 명령, 기계적 제동장치 명령 등을 송신하며, 열차 라인들로부터 제동장치 상태, 추진 상태 등에 대한 정보를 수신한다.

차상 무선 장치 (On-Board Radio Unit)

지상장비와의 양방향 Vital, Non Vital 통신 기능을 차상 무선장치(On-Board Radio Unit)와 외부에 설치된 무선 안테나를 통해 제공한다.

지상장치로부터 텔리그램을 수신하면, 무선 장치가 이 텔레그램을 처리하여 데이터

를 ATP 나 ATO 서브시스템으 전송한다. 지상장치 서브시스템에서 발생된 폴링 텔레그램에 대한 응답으로 무선장치에서는 ATS 로 전달할 정보를 담은 텔레그램을 전송한다. 무선장치에서는 블록내에일 반 폴링 텔레그램이 도착하면, 이에 응답하는데, 특히, 이 장치는 해당 무선장치로 주소가 지정된 일반 폴링 텔레그램에 대해서만 응답하게 된다.

TI (Transponder Interrogator)

TI 유닛은 차량에 탑재되어 있는 트랜스폰더 안테나를 통해 가이드웨이에 설치된 트랜스폰더들과 통신하며, 수신한 트랜스폰더 ID 를 시리얼링크를 통해 ATP 로 전송하여 최종적으로 열차의 위치를 결정한다.

회전 속도계

트랜스폰더들 사이의 정확한 위치는 두 개의 회전 속도계 입력을 통해 결정된다. 두 개의 회전 속도계가 보낸 거리 입력 값을 상호 비교하여 이들 사이에 큰 차이가 없는지를 확인하게 된다. 중대한 차이가 감지되면, 열차가 비상 정지하게 되며, 열차 위치는 미결정으로 설정된다. 이 회전속도계의 거리 입력을 좀 더 확인하려면, 회전속도계의 속도 입력 값들을 종합하여 차량이 이동한 거리를 결정한다.

가속도계

각 프로세서별로 가속도계가 차량에 탑재된다. 이 가속도계는 VOBC 에 입력을 제공하여 ASC (Automatic Speed Control) 알고리듬에서 열차의 저크와 가속도 제어를 할 수 있게 한다.

수동 제어 판넬(Manual Control Panel)

수동 제어 패널(Manual Control Panel)은 수동 운용 모드에서 열차 운용자와 차상 서브 시스템들 사이에 인터페이스를 제공한다. 수동 운용 모드에서는 모든 차량 이동이 운용자의 직접적인 동작에 따라 이루어지게 된다. 차량 공급업체에서 수동 제어 패널을 공급하게 된다. 이 패널은 시리얼 RS-485 나 RS-422 를 이용하여 VOBC와 인터페이스한다. ATP 에서는 열차 내에서 한 번에 수동 제어 패널 한 개만 운용위치로 설정할 수 있도록 한다. 두 개 패널이 동시에 설정되면, 열차 제어에 모두 사용이 불가하게 된다.

(4) 차상시스템 기능

ATP (Automatic Train Protection)

ATP 유닛은 다음과 같은 열차 상태를 감시한다.

□ 운용 모드;

□ 열차 출입문 상태;

□ 추진장치 상태;

□ 제동장치 상태;

□ 비상 제동장치 리셋;

□ 비상 출입문 상태;

□ 열차 이상 여부

ATP 유닛은 다음 기능들을 제어한다.

□ 차량 출입문 잠금해제 enable;

□ 주차 제동장치/비상 제동장치;

□ 비상 출입문 잠금해제 enable;

□ 추진장치 enable

각 열차는 한 개 이상의 WCU 로부터 PMA (Permissive Movement Authority)를 수신한다. 차상 ATP 유닛은 위치에 따라 적용할 PMA 를 결정하며, 동시에 열차에서 해당 위치를 지상측으로 전달해 준다. VOBC 는 “기계적인 제동장치 상태”를 감지하여 제동장치 드래그(dragging brake) 등 명령의 적용을 받고 있는지 여부를 파악한다. 그런 다음 장애 여부를 VOBC 와 ATS 로 보고한다. 이 피드백은 VOBC 에서 차량을 정차시키는데 따른 압력량을 최소화함으로써 제동장치의 과열을 방지하는데 사용된다.

‘비상 제동장치 리셋(Emergency Brake Reset)’ 명령을 사령원 제어 센터 내에 위치한 ATS 컴퓨터에서 발생시켜 비상 제동장치 적용 상태를 해제할 수 있다. 중앙 사령원은 ATS 터미널을 통해 이와 같은 상황을 보고받다. 이는 로깅되며 필요한 유지보수 동작을 결정하는데 사용된다. 열차 위치가 파악되고 열차의 안전거리 위반 사례가 적발되지 않으면 중앙 사령원의 비상 제동장치 리셋 동작에 의해 운용 상태가 복구된다.

ATO (Automatic Train Operation)

차상 제어장치의 ATO 는 정류장 상태, 동작 명령, 대기 명령, 열차 출입문 명령, 최대 속도 명령, 정차 명령, 장애 확인 등 ATS 명령을 수신하기 위해 지상 장치와 통신한다. ATO 는 속도, 방향, 장애 코드, 위치 등 정보를 ATS 에 전달한다. ATO 는 열차

선로와 인터페이스하여 모터/제동장치 명령 및 기계적 제동장치 명령 등을 출력한다. 또한 제동장치 상태 및 추진장치 enable 상태 정보를 열차 선로에서 수신한다.

트랜스폰더간 미세 위치 설정은 두 개의 회전속도계 입력을 통해 이루어진다. 두개의 회전속도계로부터의 거리 입력을 비교하여 두 개 사이에 큰 차이가 없도록 한다. 중대한 차이가 감지될 경우 열차를 비상 제동하며, 열차 위치를 미결정으로 지정한다. 회전속도계 거리 입력을 좀 더 확인하려면 회전속도계 속도 입력을 상호 결합하여 차량 이동 거리를 결정한다.

가속도계를 차량의 각 프로세서에 장착하면, 충격(jerk)과 가속 제어를 위한 ASC(Automatic Speed Control) 알고리듬을 위해 VOBC 에 입력을 제공한다.

수동 제어 패널(Manual Control Panel)에서 수동 운용모드에서 열차 승무원과 차상 서브시스템 사이에 인터페이스를 제공한다. 수동 모드에서는 차량 이동이 운전자의 직접 제어 하에 놓이게 된다. ATP 는 열차 내에서 단 한 개의 수동 패널만 정해진 시간 동안 사용 위치에 놓일 수 있게 한다. 두 개 이상의 패널이 동시에 enable 되면 어느 것도 열차 제어가 불가능하다.

(5) 인터페이스

- ATS 와 차상간 인터페이스

ATS 는 VOBC 내에 있는 차상 ATO 장치들과 지상 무선장치(Wayside Radio)를 통해 개별적으로 통신한다. VOBC 가 ATS 로 제공하는 상태정보에는 다음 항목들이 포함된다.

□ VOBC 식별부호(Identifier)

□ 비상 제동장치 상태(Emergency Brake status)(체결/해제)

□ 열차 위치

□ 열차 속도 (km/h)

□ 열차 방향

□ 출입문 상태

□ 운용 모드 (자동/수동)

□ 장애 상태 (코드 및 설정/해제)

ATS 가 VOBC 로 전달하는 명령 데이터는 다음과 같다.

□ 진행/정지 명령

□ VOBC 리셋

□ 정거장 대기, 출입문 개방 상태 유지요구

□ 정류장 대기, 출입문 닫힘 상태 유지 요구

□ 정류장 개방/닫힘 요구

□ 비상 제동장치 설정/해제 요구

□ 대기 모드 온/오프 요구

□ 열차 속도 수정 요구

□ 출입문 개방/닫기 요구

□ 녹음된 음성 메시지 실행 요구

□ 정차 시간

- 지상과 차상간 인터페이스

차상설비와의 인터페이스는 데이터통신장치와 지상무선장치(AP)를 통해 인터페이스하며 그 차상설비와의 통신방식은 다음과 같다.

□ 전송 방식 : RF 무선통신 방식

□ 전송 속도 : 2.4GHz ISM 밴드에서 최고 11Mbps

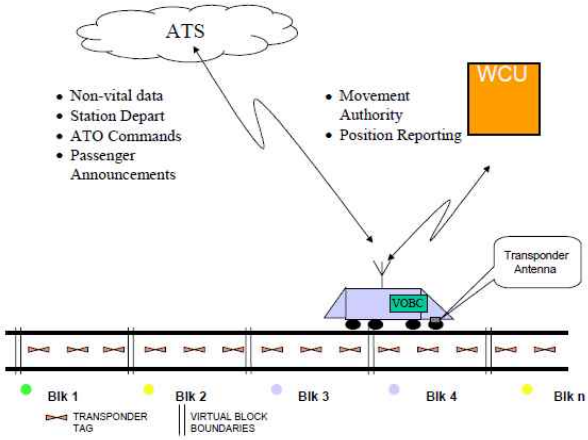
□ 접속 방법 : RF 무선신호

지역제어기는 지상의 지상무선통신설비를 이용하여 차상설비와 통신한다. 지역제어기는 열차위치, 열차 운행방향, 차량길이, 차량편성, 차상장치 상태정보 등을 포함한 데이터를 차상장치로부터 수신한다.

이동권한 데이터를 열차로 전송하는데 필요한 데이터 요소를 Vital 방식으로 구성하고 이를 통하여 열차로부터 데이터를 수신하여 정확하게 분석한다. 지역제어기는 해당 제어구역 내에서 열차의 PMA 한계를 결정하여 차상장치로 전달한다.

- 차상설비간 인터페이스

다음 그림은 차상제어장치(VOBC)의 주변 차상 서브시스템과의 인터페이스를 나타낸 것이다.



[그림2.1.77] 지상 무선 통신설비 인터페이스

VOBC 는 ATP(Automatic Train Protection, 자동 열차보호)와 ATO(Automatic Train Operation, 자동 열차 운용) 기능을 열차에 제공한다. 각 VOBC 별로 고유 ID 가 부여된다. 차량마다 VOBC 가 두 대씩 설치된다. VOBC 는 다음 서브시스템들로 구성된다.

□ ATP - 비상 제동장치, 출입문 연동 기능 등 VOBC 의 필수 기능 제어.

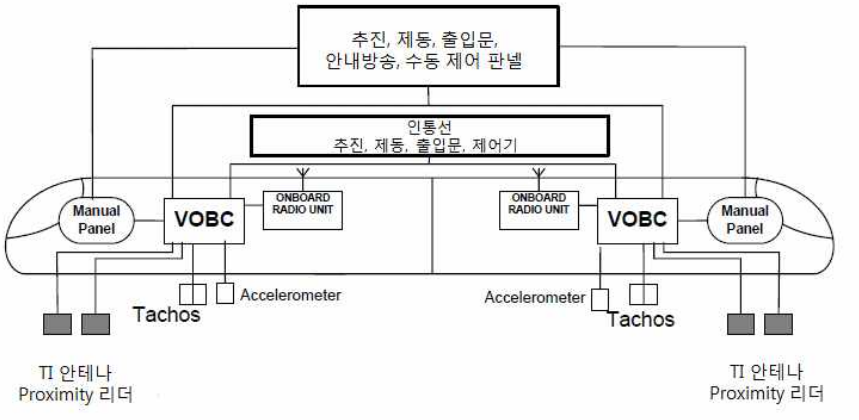
□ ATO - 출입문 명령, 가속, 서비스 제동장치 등 비-필수 기능 제어.

□ DCU - ATP 와 ATO 가 무선링크를 통해 WCU 및 ATS 와 통신할 수 있게 하는 인터페이스 랙.

□ IRU - ATP 와 ATO 에 열차 라인 검색과 과전압 보호 기능 제공. 절단 릴레이를 장착하여 ATP 가 동작 상태가 아닐 때 출력이 발생하지 않도록 하며, CANBus 인터페이스 모듈도 내장.

□ PSU - 다양한 전압 및 전원 레벨의 안정적 출력과 검색 기능을 제공하여 ATP, ATO, 회전속도계 등의 일관성 있고 안전한 운용 보장.

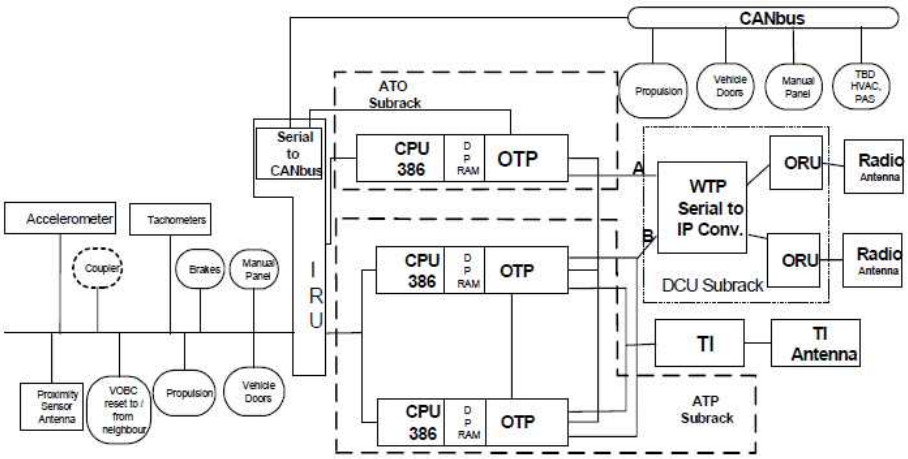
□ TI - 지상에 설치된 수동 트랜스폰더 태그를 조회하며, 수신된 ID 를 이용하여 회전속도계와 연동하여 위치 정보 확인



[그림2.1.78] 차상설비 구성

VOBC 서브시스템간 인터페이스

VOBC 하부 장치인 ATP, ATO, 차상인터페이스 장치, 차상무선통신장치, 트랜스폰더 검지장치는 서로 인터페이스 한다.



[그림2.1.79] VOBC 서브시스템간 인터페이스

VOBC 는 지상 무선장치와의 인터페이스 수단에 의해 ATS 와 통신한다. VOBC 에서 ATS 로의 상태정보는 다음과 같이 구성된다.

VOBC ID (식별자)

□ 비상제동 상태 (적용/리셋)

□ 열차 위치

□ 열차 속도(km/h)

□ 열차 방향

□ 출입문 상태

□ 운전모드(자동/수동)

□ 고장 상태(코드 및 셋/리셋)

ATS 에서 VOBC 로의 상태정보는 다음과 같이 구성된다.

□ 진행/정지 요청

□ VOBC 리셋

□ Station hold, 출입문 개방 지속 요청

□ Station hold, 출입문 닫힘 지속 요청

□ 비상제동 셋/리셋 요청

□ 대기 모드 on/off 요청 hold

□ 열차 속도 수정 요청

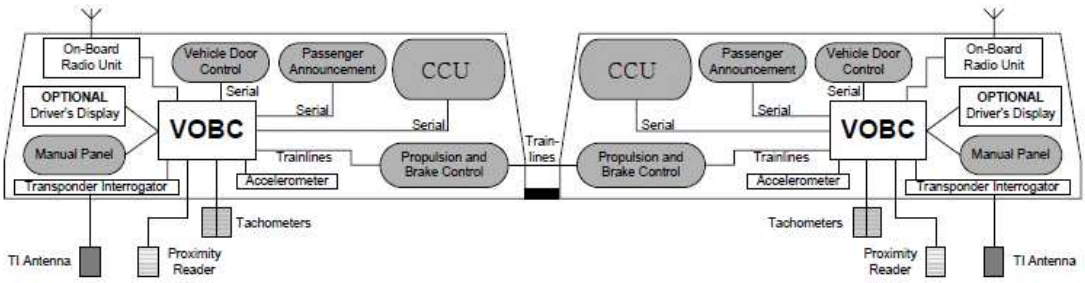
□ 출입문 개방/닫힘 요청

□ 음성메시지 예비 저장 요청

□ 역 정차 시간

선두 및 후미 차 VOBC의 인터페이스

선두 차의 VOBC 와 후미 차의 VOBC 는 이중계 구성을 이루어 항시 병렬 대기 상태로 작동하며 선두 차 VOBC 에 장애가 발생하였을 경우 후미 차 VOBC 가 대신 차량을 제어한다. 선두 차 VOBC 와 후미 차 VOBC 는 인통선을 통하여 인터페이스 하여 제어권한을 송/수신 한다. 선두 차량의 VOBC 에 장애가 발생하였을 경우 VOBC 는 차량을 일단 정지(속도 0) 시키고 정지가 확인된 후 자동적으로 후미 차량의 VOBC 를 활성화 상태로 변경하여 열차의 제어 권한을 넘긴다.



[그림2.1.80] 선두 및 후미 차 VOBC간 인터페이스

라. 용인 경전철

(1) 용인 경전철 신호시스템 구성

- CCC(중앙제어) 캐비닛

Central Control Server Cabinet. 전반적인 시스템에 대한 성능 감시, 표시 및 제어를 책임진다. 또한 ATS 시스템은 스케줄링과 몰림 방지 기능을 포함한다. 중앙부, 역사 및 지역 장비뿐만 아니라 차량에도 구성요소를 구비한 ATS 시스템은 진단, 경보 그리고 중앙화된 데이터 기록 및 보관 기능도 제공한다.

- ATP(자동열차보호) 캐비닛

Automatic Train Protection Cabinet. 지역 ATP (RATP) 하부시스템 캐비닛에 포함되어 있는 장비는, 관련하는 ATC 지역에 대한 바이탈 안전 열차 운행 동작들을 실시한다. 이 캐비닛은 독립적인 두 대의 ATP 컴퓨터(한 대는 주 컴퓨터로 나머지 한 대는 백업시스템으로)를 활용한다.

- ATO(자동열차운전) 캐비닛

Automatic Train Operation Cabinet. 지역 ATO (RATO) 캐비닛에는, 시스템 가이드웨이를 따라 운행되는 열차의 운행 및 역사 승강장과 열차 간 열차 승객 이동 지시와 관련하는 비바이탈 지상 ATC 기능을 일차적으로 수행하는 장비가 설치되어 있다. 이러한 하부시스템 역시 주 컴퓨터 시스템 및 백업 컴퓨터 시스템 두 가지 모두를 활용한다.

- BDR(광중계기) 캐비닛

Base Data Radio Cabinet.차상 무선장비 및 분배된 통신 시스템(DCS)과 함께 전체 ATC 무선 시스템을 구성하는 장비가 포함되어 있다. 각 기지국 캐비닛에는 두 대의 베이스 데이터 무선(주 ATP 하부시스템용 한 대 및 백업용 한 대)이 포함되어 있다. DCS는, 안테나, EOCell 모듈, 지상에 위치하고 있는 저손실 동축 케이블로 구성되어 있으며, 신뢰할 수 있는 차량-지상 무선 범위를 보증한다.

- SLCC(분기기 논리 제어) 캐비닛

Switch Logic Control Cabinet.선로전환기 로직 제어(SLCC), 광섬유 스플라이스 및 광역 기지국(EXTBSC) 캐비닛에는, 주 지상 장비의 동작을 지원하는 장비가 포함되어 있다. 각 지역에 위치하고 있는 3대의 SLCC는, 지상 ATC와 궤도 선로전환기 간 인퍼페이스를 제공하며, 이 같은 내용은 2.8항에 설명되어 있다. SLCC 3 뒷면에 위치하고 있는 프로그래머블 로직 제어기(PLC) 패널은, 유지보수 기지에 있는 수동 선로전환기 제어 패널과 함께 동작하여 수동 운행 궤도 구역에 있는 차량의 이동을 제어하게 된다.

- TRS(열차등록시스템) : Train Registry System Cabinet.TRS 캐비닛은 시스템에 있

는 모든 열차의 이동을 모니터 한다. 지역 ATP 제어(주 및 백업)가 손실되는 경우 TRS는, 시스템 라부팅 시 차량 위치 정보와 함께 ATP를 제공한다.

마. 의정부 경전철

(1) 의정부 경전철 신호시스템

운행중인 열차에 대하여 전방 운행여부의 조건을 제시함으로써 한정된 선로의 이용률을 최대한 향상시키고, 열차 상호간의 안전을 확보하여 운행열차를 방호하는 등 철도의 수송력 증가, 안전도 확보, 경영 합리화와 서비스 향상에 크게 기여하고 있는 시스템이다.

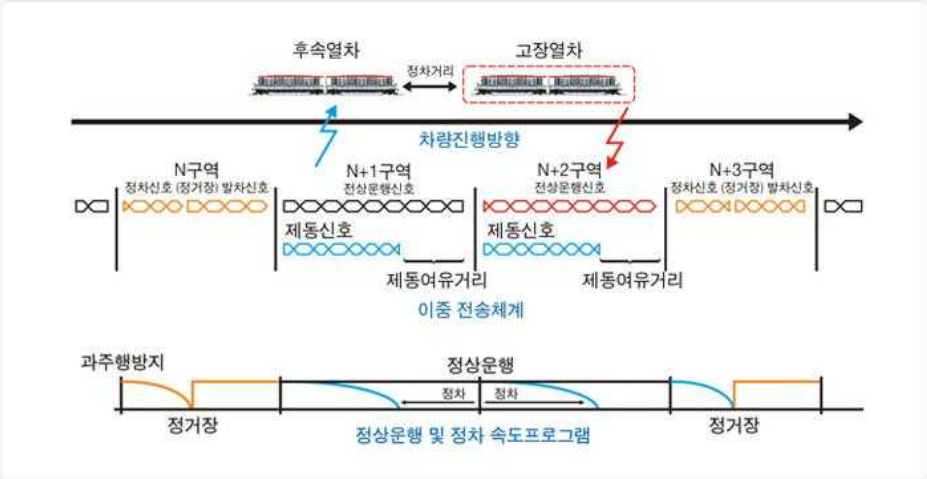
(2) 완전자동무인운전

운전사 없이 열차운행, 역사정차, 출입문개폐, 차량구호운전을 자동으로 수행합니다.

구분	차량운전	정거장정차	출입문개폐	고장복구
유인운전(ATP)	DRIVER	DRIVER	DRIVER	DRIVER
유인운전(ATP+ATO)	AUTOMATIC	AUTOMATIC	DRIVER	DRIVER
무인운전(ATP+ATO) ※ 의정부경전철 시스템	AUTOMATIC	AUTOMATIC	AUTOMATIC	AUTOMATIC

(3) 신호체계

진행구간에 고장열차가 있을 경우, 안전모드에 의해 자동으로 열차가 정지하도록 되어 있는 고정폐색방식이다.



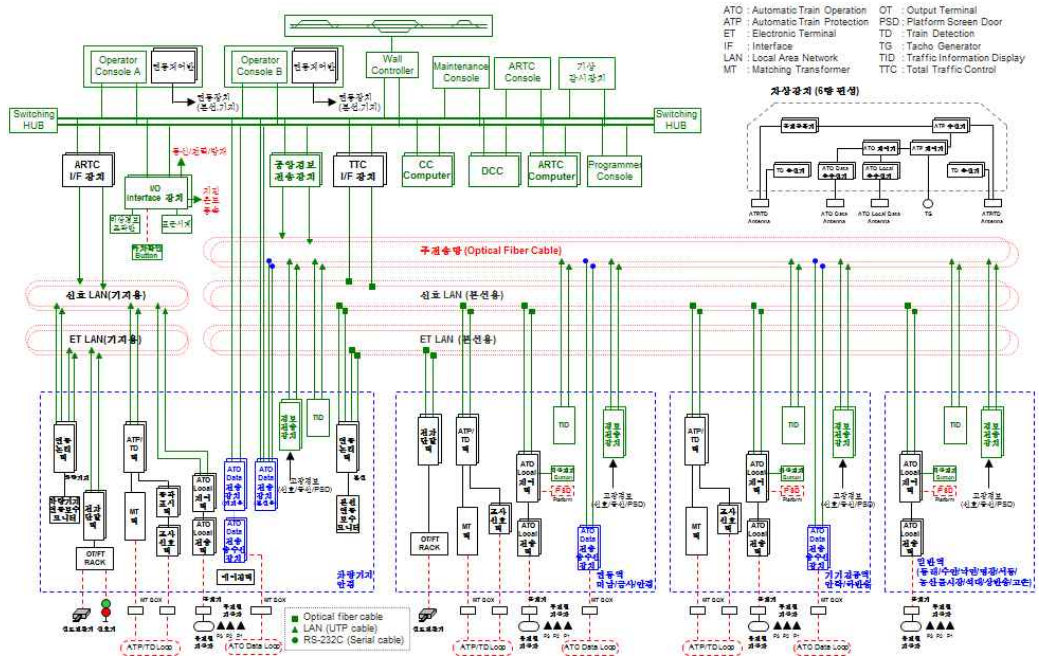
[그림2.1.81] 의정부 경전철 신호체계

바. 부산도시철도 4호선(반송선)

(1) 개요

부산도시철도 4호선의 운전방식은 ATP/ATO에 의한 무인운전을 실시하며, 차량기지도 본선과 같은 ATP/ATO에 의한 무인운전을 실시한다. 신호시스템은 일본 교산이 공급하였고, 고정폐색방식(유도루프 코일 신호방식)에 의한 차상거리 연상제어방식을 사용한다.

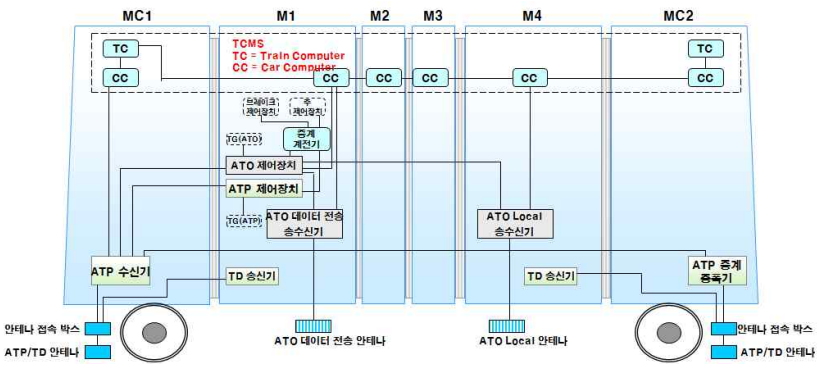
(2) 신호시스템 구성



[그림2.1.82] 반송선 신호시스템 구성도

(3) 차상 신호설비 구성

다음은 차량에 설치된 차상 신호설비의 구성을 나타낸다.



[그림2.1.83] 차상 신호설비의 구성

(4) 부산도시철도 4호선의 특징

- 무인운전 시행
  □ 고정폐색방식에 의한 차상거리 연산 제어 방식
  □ ATP/ATO 방식
  □ 모든 열차의 존재를 완벽 검지

- 열차의 운전방식
  □ 본선 및 차량기지에서의 무인운전
  □ ATP/ATO에 의한 완전 자동운전(기지 입출고 및 유치선 포함)
  □ 완전 자동운전모드 : ATP/ATO에 의한 자동출발 ,자동 가-감속 ,자동 정위치 정차 제어, 운행방향 전환, 출입문 자동 개폐, 자동회차 시 무인운전 방식
  □ 수동운전모드 : 제한된 ATP 감시에 의한 수동운전 지원

- 무인운전에 따른 정위치 정차
  □ 지상에 설치된 ATO marker(P1, P2, P3) 및 유전원 지상자를 이용

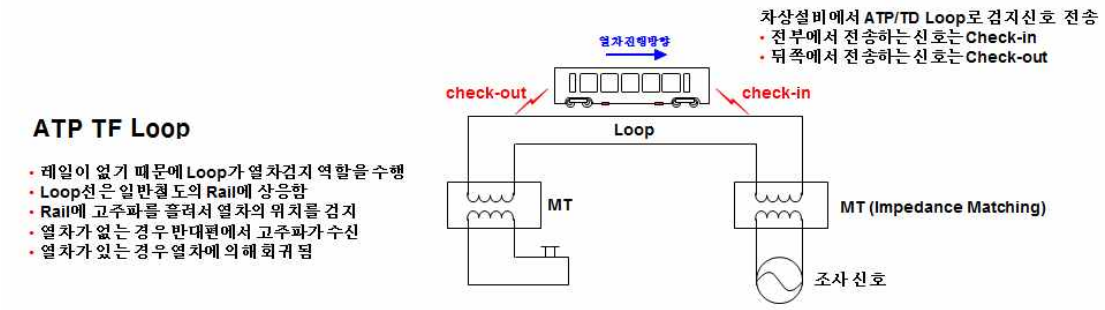
- 비상경보장치
  □ 각 역의 플랫폼으로부터 비상 열차정지 또는 차량의 비상경보신호 발생 시, 자동으로 경보상태 통지하고, 해당 구간의 열차 비상정지 및 급전정지 명령 출력

(5) ATP/TD 설비

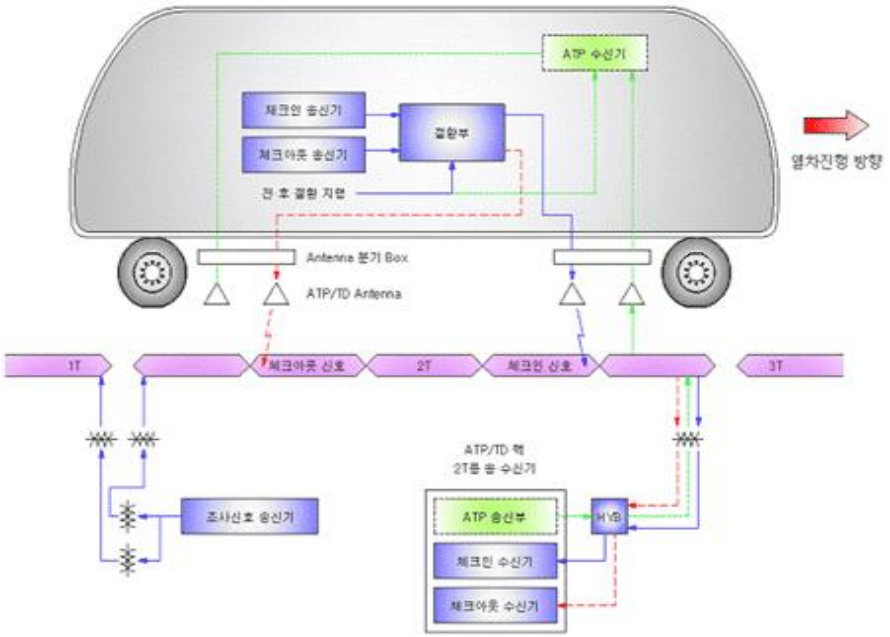
열차검지 장치는 차량의 체크인/체크아웃 송신기와 지상의 평행 2선식 루프 코일을 이용하여 열차를 검지한다. 각 폐색마다 포설된 평행 2선식 루프 코일은 연속 검지가 가능하여 높은 보안성을 유지한다.

- 열차가 궤도에 없을 때
  □ 조사 신호랙의 조사신호(14.92KHz/19Hz)를 수신 후, 복조하여 열차가 없음을 확인
- 체크인 검지
  □ 열차가 궤도에 진입하면, 체크인 신호(15KHz 무변조)와 조사 신호를 동시에 수신
  □ 체크인 신호에 의해 조사 신호가 억압되어 체크인 신호로 열차를 검지
- 체크아웃 검지
  □ 열차후부가 궤도에 진입하면, 체크아웃 신호(11.8KHz/35Hz)를 수신 후 복조하여 판정

□ 후방 웨도회로의 궤도 릴레이를 회복시킴



[그림2.1.84] 체크아웃 검지



[그림2.1.85] ATP TD 장치

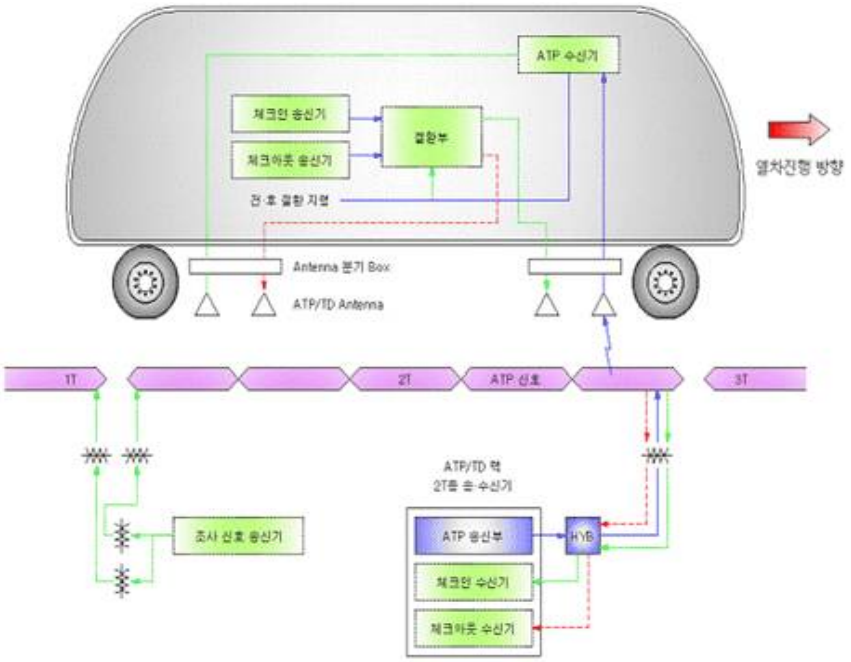
(6) ATP 장치

ATP는 각 폐색마다 TP 신호를 발행하는 ATP 송신부와 차상에서 이 신호를 수신하는 수신부로 구성된다.

ATP/TD 루프에 ATP 신호를 송신하면, ATP/TD 루프에 보내진 ATP 신호는 차상 ATP 안테나 사이와의 유도 결합에 의해 차상 ATP 수신기로 전달된다.

ATP 장치는 이중계로 구성되어 있으며, 정상시에는 1계를 사용하여 ATP신호를 출력하고, 1계에 고장이 발생했을 경우 자동적으로 1계의 송신 신호를 차단하고 2계로 절체하는 Hot Standby 형식을 사용한다.

(7) ATO 장치



[그림2.1.86] 차상 ATP 구성도

ATO장치는 ATO Local 제어장치와 ATO 데이터 전송장치로 구성되며, 각 장치의 주요 기능은 다음과 같다.

- ATO Local 제어장치

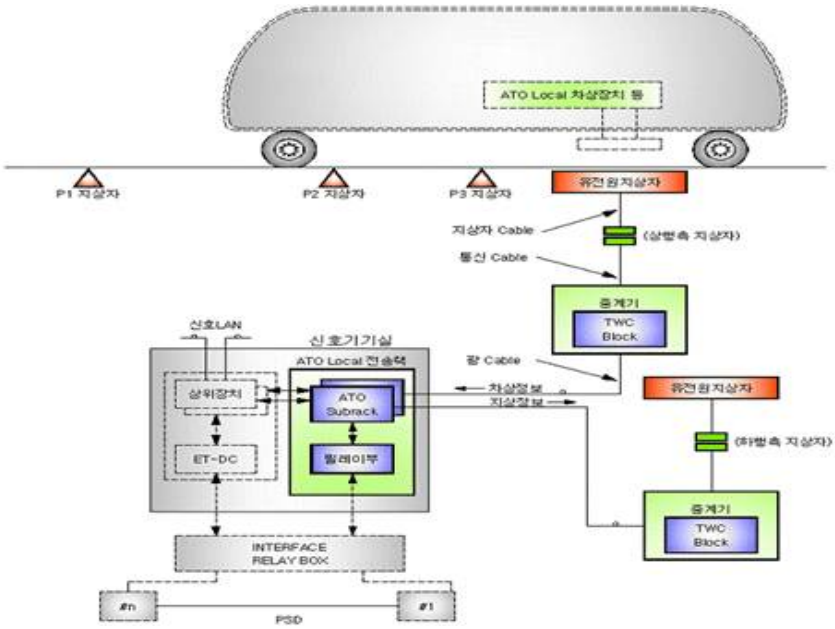
☐ 차상정보 수신 : ATO 차상장치로부터 수신정보에 따른 제어 출력 수행

☐ 지상정보 송신 : 지상정보를 유전원 지상자를 통해 ATO 차상장치로 송신

☐ 정차위치 송신 : 위치정보를 수신하여 차량위치를 판독한 후 ATS 및 ATO 차상장치로 송신

☐ 열차 출입문 및 PSD 정보 입출력 : ATS 및 ATO Local 전송랙에서 열차 출입문 제어명령 수신 시, 열차 출입문과 PSD를 제어

☐ 고정 검지 : 장치 상태를 감시하여 이상 검출 시, 2계로 자동 절환



[그림2.1.87] ATO Local 제어장치 구성

- ATO 데이터 전송장치

  □ 기지용 ATO 데이터 전송장치와 본선용 ATO 데이터 전송장치로 구분하여 설치 운영

5. 결론

1) 고속철도신호시스템은 Ansaldo의 TVM 430 과 TVM SEI가 설치되어 있으며, TVM SEI는 연동장치와 지상 ATP가 통합된 새로운 시스템이다. 경부선 서울 대구 구간은 벌써 시스템 교체시기가 다가오고 있으나 핵심부분은 국산화가 되어 있지 않다.

2) 일반철도는 Bombardier의 ETCS level 1을 도입하여 설치 운영중에 있으며 level 2에 대한 개선을 고려중에 있다.

3) 지하철은 ATP/ATO를 사용하며 STO(Semiautomatic Train Operation)방식이다. 공급회사가 다양하며 새로운 시스템으로 재설치하여야 할 때가 도래하고 있다.

4) 경전철은 UTO(Unmanned Train Operation)방식을 채용하여 안전을 강화하고 경영효율화를 도모하고 있다. 시스템은 Thales 등 외국사가 공급하고 있다.

제 2 절 철도신호시스템 R&D 진행 현황

1. 차세대 고속열차 열차제어(ETCS-L2) 핵심기술개발 현황

가. 도입 배경

유럽에는 일반철도 뿐만 아니라 시속 300Km이상의 고속철도에 유럽 표준의 열차제어시스템 ERTMS/ETCS가 적용되고 있는 추세이며, 우리나라는 ATC 제어방식의 의하여 최고시속 300 Km의 열차를 운행하고 있는 상황에서 경부선, 호남선에 외국 기술에 의한 ETCS Level1을 도입하여 운영하고 있다. 중국을 비롯한 세계 각국은 자국의 신호시스템 기술을 이용하여 최고속도를 갱신하는 등의 고속철도 속도경쟁을 벌이고 있다. 우리는 유럽표준의 차세대 고속철도용 열차제어 핵심기술 확보를 통해 국내 고속철도 속도향상에 대비하고, 현재 확대되고 있는 해외 고속철도 시장에 진출할 수 있는 국산화 기술기반을 마련하여야 한다.

이를 위해 현재 한국철도공사, 현대로템(주), 유경제어(주) 및 (주)대아티아이가 공동연구 기관으로, 차세대 고속철도 열차제어(ETCS-L2) 핵심기술 개발이라는 연구단을 구성하여 2010.12 ~ 2014.10(약 3년 10개월)까지 ETCS 기술을 바탕으로 유럽표준 차세대 고속철도 지상 핵심장치 개발과 실험실 시험을 통한 개발기술의 시험 및 평가를 목표로 연구를 진행하였다.

나. 연구개발 목표 및 내용

국내에서는 현재 ETCS L1을 기반으로, ETCS L2급 신호시스템을 개발하고 있다. 각 연구 기관 별 주요 개발 과제 목표 및 주요 연구 내용은 다음과 같다.

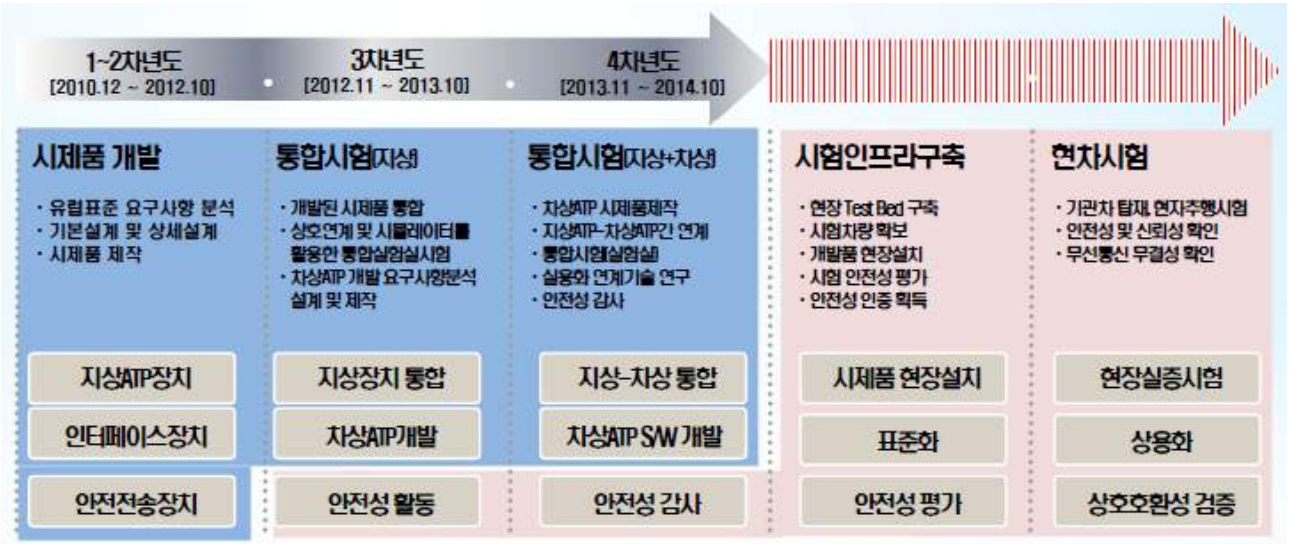
연 차	연구목표	주요 연구내용
1차년도	▪ 상호호환성 검증 엔지니어링 기술개발 - ETCS L2 엔지니어링	▪ 국내·외 기술조사 및 요구사항 분석 - ERTMS/ETCS 기술조사 - SRS 및 TSI 분석
	▪ 지상ATP 시스템 설계 및 제작	▪ 폐색분할(Block Design)방법론 개발 ▪ 지상ATP 상세설계 ▪ 지상ATP H/W 제작
	▪ 유럽표준 고속철도 열차제어 지상인터페이스 장치 개발 - 지상인터페이스장치 설계 - 지상인터페이스장치 H/W 제작 및 S/W 구현	▪ 고망원역 연동장치 입력정보 통합처리 기술 설계 ▪ 통합된 입력정보를 지상ATP장치에서 각 역별 정보처리로 열차이동권한 제어 설계 ▪ 지상 시뮬레이터와 지상ATP장치 간 인터페이스 장치 제작 및 시연 ▪ 시험구간(1개역) S/W 구현
	▪ 유럽표준 고속철도 열차제어 (가상)차상 핵심 기술개발 - 암/복호화 분석 및 설계 - 안전전송모듈(지상) H/W 제작	▪ 암/복호화 알고리즘 및 국내외 사례 분석 ▪ 안전전송모듈 암호화 알고리즘 선정 ▪ 암/복호화 절차 설계 ▪ 안전전송모듈(지상) 설계 및 제작
2차년도	▪ 상호호환성 검증 엔지니어링 기술개발 - 차상신호설비 기술조사 - ETCS Level 3 기술조사 - 열차제어 핵심장치 간 연계기술개발	▪ 유럽표준 고속철도 열차제어 차상핵심장치 기술 분석 ▪ 국외 ETCS Level 3 기술개발 현황 조사 및 분석 ▪ 유럽표준 고속철도 열차제어 지상핵심장치 실험실 시험 계획서
	▪ 지상 ATP 장치 제작	▪ 지상 ATP 장치 H/W 제작
	▪ 지상 ATP 장치 S/W 기능구현	▪ 요구사항 분석 ▪ S/W Architecture & Design 구현 ▪ S/W Module 구현
	▪ 유럽표준 고속철도 열차제어 지상인터페이스 시스템 구축 - 지상 인터페이스 시스템 H/W 설계 및 제작 - 지상 인터페이스 시스템 S/W 설계 및 구현	▪ 지상 인터페이스장치 H/W 설계 및 제작 ▪ 지상 시뮬레이터장치 H/W 설계 및 제작 ▪ 폐색 정보전송장치 H/W 설계 ▪ 지상 인터페이스장치 S/W 설계 및 구현 ▪지상 시뮬레이터장치 S/W 설계 및 구현 ▪ 지상ATP와 지상 인터페이스장치 간 통신프로토콜 정의 및 구현
	▪ 유럽표준 고속철도 열차제어 지상/차상 안전전송기술 개발 - 안전전송모듈 H/W 제작 및 S/W 구현 - 지상/차상 간 안전전송모듈 인터페이스 설계/구현	▪ 안전전송모듈 H/W 설계 및 제작 ▪ 안전전송모듈 S/W 설계 및 구현 ▪ 안전전송모듈 외부 인터페이스 프로토콜 설계 ▪ 지상/차상 간 인터페이스 규격 검증용 S/W 제작
3차년도	▪ 상호호환성 검증 엔지니어링 기술개발 - 통합시험 지침 및 매뉴얼 작성 - 통합시험 절차 및 기준 마련 - 통합 실험실 시험	▪ 유럽표준 고속철도 열차제어 지상핵심장치 매뉴얼 작성 및 검토 ▪ 지상핵심장치 시험절차서 및 보고서 작성 ▪ ETCS Level2 실험실 시험용 시뮬레이터 개발
	▪ 지상ATP S/W 성능개선	▪ 인터페이스 보고서 ▪ Subset 026 적합성 보고서 ▪ Subset 076 Test Case 적합성 보고서 ▪ S/W 결함율 보고서
	▪ 지상ATP 시스템 통합 시험	▪ 연동장치 안전전송모듈, 차상 시뮬레이터 통합 인터페이스 시연 ▪ 지상ATP 장치 기능 시험 절차서 ▪ 시험결과 보고서
	▪ 지상 인터페이스 시스템 통합 및 연계시험 - 지상 인터페이스장치 H/W 및 S/W 성능개선 - 통합 시스템에 대한 실험실 시험	▪ 지상 인터페이스장치 H/W 업그레이드 ▪ 지상 인터페이스장치 S/W 업그레이드 ▪ 폐색 정보전송장치 H/W 제작 및 S/W 구현 ▪ 지상ATP 및 안전전송모듈과의 연계 시험 ▪ 차상 Simulator 및 DMI 구축

연 차	연구목표	주요 연구내용
		• 차상 DMI 운전자 화면 개발(Simulator 연동) • 시험결과서 및 보고서 작성
	• 유럽표준 고속철도 열차제어 지상/차상 안전전송기술 개발 - 안전전송모듈 H/W 및 S/W 업그레이드 - 통합 시스템에 대한 실험실 시험	• 지상/차상 안전전송모듈 H/W 업그레이드 • 지상/차상 안전전송모듈 S/W 업그레이드 • 안전전송모듈 사용자 매뉴얼 작성 • 단위 시스템 별 연계시험 • 통합 시스템 연계 시험
	• 유럽표준 고속철도 열차제어 차상 핵심장치 기술개발 - 차상ATP장치 개발 - 차상ATP장치 시험/결과분석	• 요구사항 및 기능분석 - 차상 ATP 요구사항 (SRS v2.3.0d) 분석 - 차상 ATP S/W 기능요구사양 분석 • 차상ATP 장치 H/W 설계 및 제작 - BTM장치, DMI장치 설계 • 차상 ATP장치 시작품 제작 - BTM장치 시작품 제작 •차량 인터페이스 설계 - 차상 ATP↔DMI, 차상 ATP↔BTM 인터페이스 및 프로토콜 설계 •차상 ATP 통합 인터페이스 설계 •차상 ATP↔지상 ATP 인터페이스 설계
	• 차상 ATP장치 시험방안수립	•차상 ATP장치 환경시험(전자파/온·습도/진동·충격시험) 절차 수립 및 실시 •차상 ATP장치 구성품 기능시험 절차 수립 •차상-지상 인터페이스 시험방안 구성
	• 차상 ATP장치 RAMS 활동	•시스템/소프트웨어 형상관리 계획 수립 •시스템 안전 계획 수립 •시스템 품질관리 계획 수립 •소프트웨어 품질보증 계획 수립 •시스템 검증 및 확인 계획 수립
4차년도	• ETCS-L2 시스템 통합 및 성능검증	•지상-차상 통합 시험절차 수립 · 유럽표준(Subset 076 Test Sequence) 분석
	• 지상-차상 통합시험	•지상-차상 통합시험(실험실) · 시험 절차서의 시험 항목별 적합성 여부
	• 차상ATP 장치 S/W 개발	•S/W 구조사양분석 및 상세설계 •S/W 구현 및 소스코드 검증 •시뮬레이터 설계 및 제작
	• 차상ATP 장치 시제품 기능검증	•하드웨어 시험 •S/W 연계시험 •차상-지상 시스템 통합시험 및 분석
	• 차상 ATP장치 안전성(SIL) 검증	•요구사항 분석 평가 · 시스템 개념 평가(Concept Audit Report) •EVCU 구조사양 분석(차상 ATP장치 구조사양서) •산출물 Verification · 소프트웨어 구조 및 설계 Verification Report · 컴포넌트 설계 Verification Report •RAMS 분석(RAM 분석 외 2종)
	• 지상-차상 시스템 통합	•차상ATP 연계를 고려한 지상ATP S/W최적화 •지상-차상 시스템 통합 시험
	• 실용화 연계기술 연구	•RBC 및 관제시스템 구성기술 연구 · 무선폐색센터 및 관제시스템 구성기술 연구 · 무선통신기술 적용방안 연구
	• 지상 인터페이스 시스템 성능검증	•폐색정보전송장치 현장 실증시험 •차상ATP↔안전전송모듈 성능시험
	• ETCS 시스템 검증 및 통합시험 지원	•지상↔지상 시험을 위한 인터페이스 기술지원 •ETCS 검증장비 운용을 통한 시험지원

다. 연차별 개발 목표 및 내용

구 분	연구목표	연 구 내 용
1차년도	• 요구사항 분석/ 시스템 설계	• SRS(시스템요구사양서) 및 TSI(상호운용성) 기술 분석 • 400km/h급 폐색분할(Block Design) 알고리즘 설계 • 지상ATP장치, 인터페이스장치 상세 설계 및 인터페이스장치 제작
2차년도	• 요소기술 구현/ 시제품 제작	• 연속정보전송에 의한 운행제어 알고리즘 개발 • 지상ATP와 지상인터페이스장치간 통신프로토콜 정의 및 구현 • 통합시험 기본계획 수립 및 시제품 제작, 단위시험
3차년도	• 지상장치 시제품 통합시험 • 차상장치 개발	• 유럽표준 고속철도 열차제어 지상핵심장치 시험기술 개발 • 지상장치간 인터페이스 시험 및 열차이동권한 생성 알고리즘 검증 • 차상ATP 요구사항 분석/설계 및 시제품 제작 • 지상 통합 시험절차 개발 및 시험(실험실)을 통한 기능검증
4차년도	• 차상ATP 시제품 제작 • 지상-차상 통합시스템 시험 및 검증	• 차상ATP 시스템 기능구현 • 차상ATP 시스템 안전성 검증 • 지상-차상 통합 시험절차 개발 및 시험(실험실)을 통한 성능검증

라. 개발 로드맵



[그림2.2.1] 개발 로드맵

마. 목표달성을 위한 성과목표 및 지표

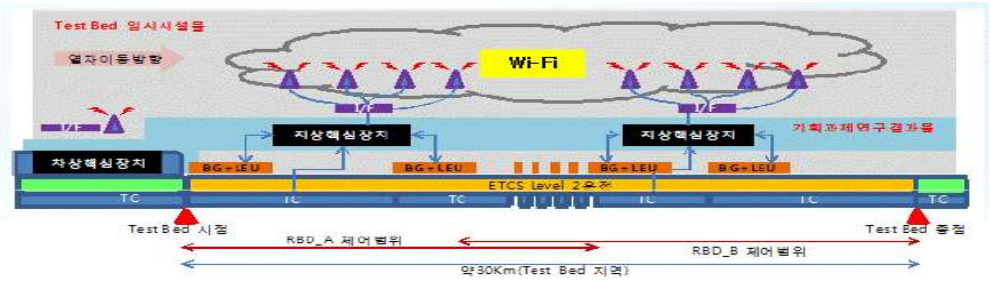
공동과제	성과목표	성과지표
유럽표준 고속철도 열차제어 상호호환성 검증 엔지니어링 기술개발	실험실 시험	국내 외 차상신호설비 기술조사
		무선통신망과 열차제어핵심장치간 연계기술개발
유럽표준 고속철도 열차제어 지상ATP 기술개발	무선폐색센터(RBC) 시스템 제작	무선폐색센터(RBC) H/W 제작 절체 기능 시연
	무선폐색센터(RBC) 시스템 구현	무선폐색센터(RBC) S/W 기능 구현
유럽표준 고속철도 열차제어 지상설비 인터페이스 기술개발 및 지상/차상 안전전송 기술개발	지상 인터페이스장치 설계 및 제작	지상 인터페이스장치 상세 설계 (테스트구간)
		지상 인터페이스장치 H/W제작 및 S/W 구현(테스트구간)
	지상 인터페이스장치 구현	지상 인터페이스장치 통신인터페이스 구현
	안전전송장치 제작 및 성능검증	안전전송장치(차상) H/W 제작 및 S/W 구현
		지상-차상간 안전전송장치 인터페이스 설계 / 구현

바. 핵심 연구개발 내용

- 유럽표준 고속철도 열차제어 상호호환성 검증 엔지니어링 기술개발

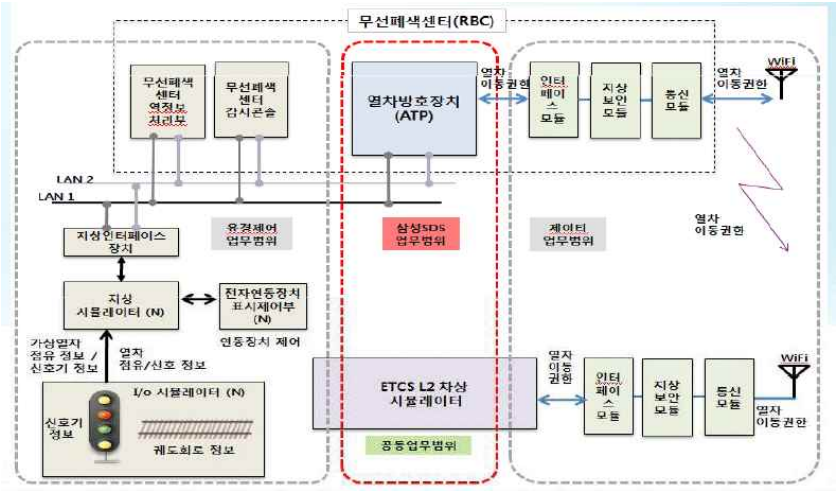
  ETCS-L1 ATP 차상장치의 기술을 조사하고 열차전송정보를 분석하여 안전전송장치를 개발한 후, 운전정보장치와의 인터페이스를 시험한다. 수집한 차상신호장치 데이터를 통하여 열차이동권한 기술개발에 기반자료로 활용하고, 안전전송장치 인터페이스 규격 검증용 소프트웨어 성능 시험에 활용한다.

  Wi-Fi망을 이용하여 RBC, 지상 인터페이스 장치, 안전전송장치 통합시험을 수행하기 위해 실험실 시험 기반의 ETCS L2시스템 구축한다.



[그림2.2.2] 유럽표준 고속철도 열차제어 상호호환성 검증

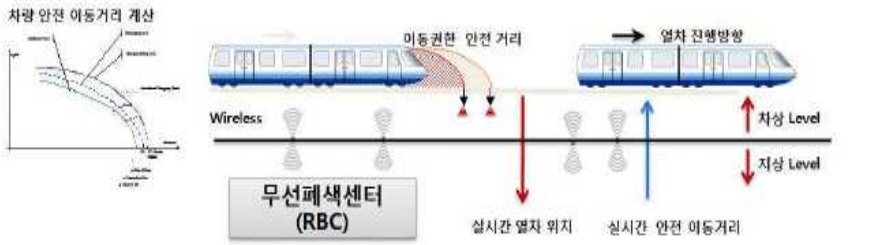
- 유럽표준 고속철도 열차제어 지상ATP 기술개발
  연구개발 범위는 다음과 같다.



[그림2.2.3] 연구개발범위

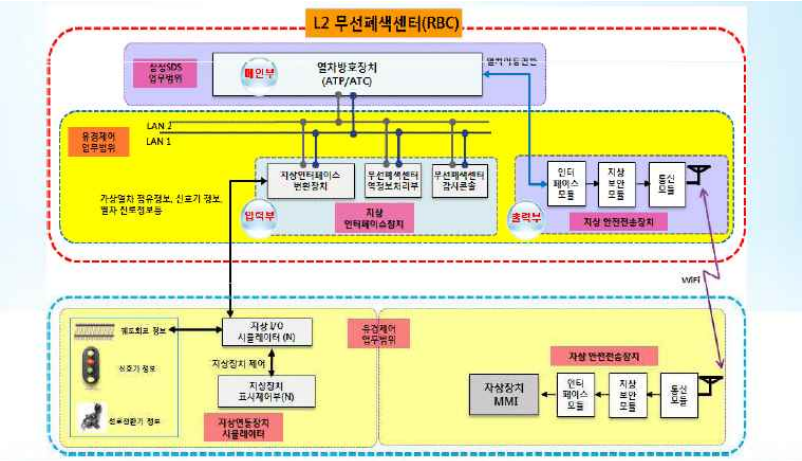
제작하는 RBC(무선폐색센터)의 특징은 다음과 같다.

- 19“ 캐비닛에 설치
- 2 out of 3 바이탈 컴퓨터, 유지보수용 콘솔, 허브로 구성
- RBC 1계 및 2계의 계절체를 위한 S/W 구현



[그림2.2.4] RBC의 특징

- 유럽표준 고속철도 열차제어 지상설치 인터페이스 기술 개발

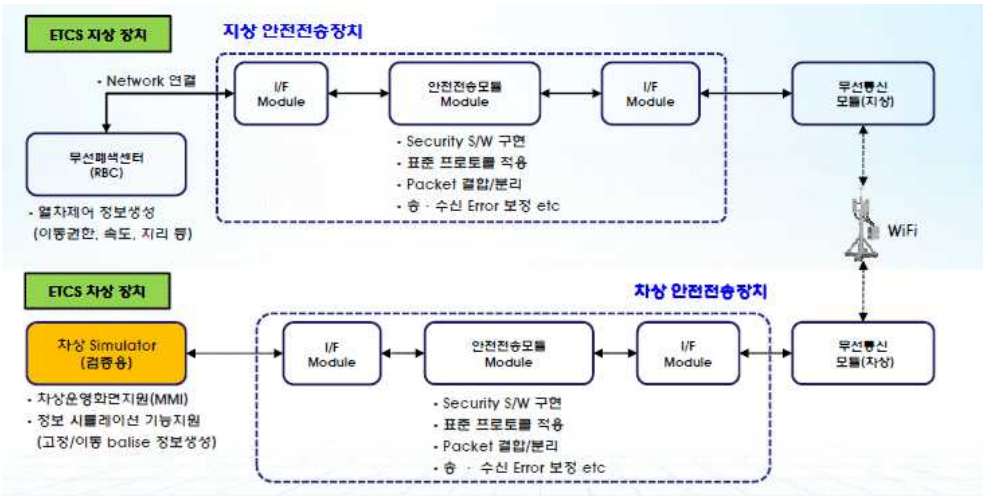


[그림2.2.5] 자상설치 인터페이스 기술 개발

이 연구개발의 목표는 ERTMS/ETCS L2 기술을 바탕으로 지상설비 인터페이스 장치 개발과 RBC의 제어 정보에 대한 보안성을 향상하여 열차에 전송하기 위한 안전전송장치의 실험실 시험을 통해 개발 기술을 시험하고 평가하는 것이며, 연구개발 범위는 다음과 같다.

- 유럽표준 고속철도 열차제어 지상/차상 안전전송장치 개발

안전전송장치는 정보보호를 위한 안전전송모듈과 외부장치와 인터페이스를 지원하기 위한 모듈로 구성되어, Wi-Fi 무선 통신망 기술을 적용하여, 지상/차상간 무선환경에서의 장치간 성능 및 기능을 시험하는 것을 연구 개발의 목표로 하고 있으며, 연구개발 범위는 다음과 같다.



[그림2.2.6] 연구개발 범위

사. 연구개발 성과 및 활용 방안

- 개발된 지상 인터페이스 장치는 향후 400 Km/h급 차량운행을 위해 ETCS L2상호 운영이 가능한 지상설비 인터페이스 장치로 활용

- 개발한 지상/차상 안전전송장치는 신뢰성 및 안전성 확보 후, 향후 도입 예정인 400 Km/h급 고속철도 시스템의 정보보호를 위한 장치로 확용

- ETCS L1기반으로 운행중인 국내 철도시스템의 선진화 사업(L1->L2)에 지상 인터페이스 장치로 사용

- 개발된 지상설비와 RBC간의 운영방법 및 기술력을 향후 철도신호의 무선 통신 환경에서의 인터페이스 환경에 적용

- 향후 기존선(경부 및 호남선) 개량을 위한 원천기술을 확보함으로써 실질적인 사업화 추진

- 향후 ETCS-L2기반 시스템 또는 국내의 무선 환경 도시철도 열차 신호시스템에 적용시, 수입대체 효과 발생(기존시스템 대비 비용의 약 30%절감 예상)

- 지상 인터페이스 장치만 개발되어도 해외의 차상장치 기술과 함께 국내 시장 및 해외 시장 실용화 및 사업화가 가능

- ETCS L2기술의 국산화를 통하여 기술독립과 국내 일반선 및 기존선 속도 증가

- 안전전송장치는 정보보호를 위한 안전전송모듈과 외부 인터페이스를 지원하기 위한 모듈로 구성

- 무선통신망에 독립적인 안전전송장치 개발로, 향후 도입할 국내 철도 전용 통신망과 연계를 통한 사업화 추진

- 도시철도 및 경전철 등의 유사한 철도 분야의 정보 보호를 위한 지상/차상 안전전송장치로 활용

2. 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계구축 및 성능평가

가. KRTCS 도입 배경

국내 열차제어시스템은 국산 제품의 ATS를 제외하고 모두 외국산 제품의 차상신호 방식인 ATP,ATC, CBTC를 도입하여 운영중이다. 일반철도 및 광역철도에 대해서 ATS에 의한 수동운전 또는 외산 제품의 ATP를 일부 라인(경부 및 호남선)에 설치하여 새마을호는 2010년 4월에 사용을 개시하였고, 고속열차는 2013년 10월, 전라선은 2012년 5월, 경춘선은 2012.2월에 ATP로 개량하여 사용을 개시하였다. 광역철도 일부 구간은 ATC 시스템으로 구축하였다. 경부 고속선은 레일을 통해 속도정보를 차량으로 전송하는 Ansaldo STS의 ATC로 운영하고 있다.

이처럼 국내의 열차제어시스템은 노선별, 시기별, 운영기관별로 상이한 열차제어시스템을 도입하여, 노선간 연계운행이 불가능하여 운행의 효율성이 떨어지고 더불어 사업비 증가요인이 발생하고 있다. 해외철도에서는 노선간 연계 운행, 유지보수비용 절감, 수송 증대 등을 위해 표준화 및 통신기반 열차제어시스템(CBTC)으로 전환하는 추세에 있다. 유럽에서는 철도 운영의 연계운행 및 호환성 확보를 위해 ERTMS/ETCS로 표준화하고 무선시스템을 적용중이며, EU에 의해 신설 및 개량하는 시스템에 대해서 ERTMS/ETCS의 적용을 의무화하고 있다. 미국에서는 무선통신을 이용한 RF-CBTC를 개발하여 도시철도 및 경량전철에 상용화하여, 국내 철도시장에 진입하고 있으며, 일본에서는 노선간 연계운행이 가능한 무선통신 기반 시스템을 개발하여, 자국의 간선철도 및 도시철도에 적용하고 있다.

국내의 경우, 일반철도나 광역철도의 ATS 와 ATP 일부는 국산화가 되었으나, 인천공항철도의 ATC는 Alstom, 신분당선의 CBTC는 Thales 그리고 소사~원시선의 CBTC는 Siemens처럼 고속철도와 도시철도에서는 외국기술에 의존하고 있다. 상이한 열차제어시스템으로 인한 노선간 상호운영성이 이루어지지 않고 핵심기술의 해외 의존에 인한 유지보수 비용의 증가와 같은 문제를 야기하고 있다. 비록 동일한 시스템의 경우에도 개발 업체에 따라 상호 호환이 되지 않아, 타 도시철도, 일반철도 및 고속철도간 연계운행이 불가한 상태이다. 그리고 현재 운영하고 있는 열차제어시스템의 노후화로 인한 개량시기 도래에 따라 국내 열차제어시스템 표준화 및 통합방안의 시행이 절실히 필요한 상태에 있다.

이에 따라 녹색성장 국가전략 수립 및 철도부문 투자비중 확대라는 국가 철도정책과 국내철도 건설 및 운영기관에서의 철도신호시스템의 국산화와 개발공정에 대한 객관적인 검증 요구, 열차제어 핵심기술의 실용화와 철도 선진국 수준의 인증체계를 구축하고자 하는 국내 철도신호기업의 요구로 열차제어시스템 표준체계 구축 및 성능평가를 통해, 국내의 신호시스템을 도시철도, 경량전철, 일반철도 그리고 고속철도와 같

은 철도신호시장에서 실용화하기 위해 KRTCS 국가 R&D 사업을 추진하게 되었다.

나. KRTCS R&D 사업 개요

KRTCS R&D 사업은 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계 구축 및 성능 평가이며, 2010.12부터 2014.07까지 3년 8개월 동안 민간자본 포함 약 448억원을 투입하여, 연구 개발을 진행하고 있다.

KRTCS R&D 범위는 ATS(Automatic Train Supervision)과 전자연동장치(EI)를 포함하는 열차제어시스템 기능 및 성능평가 인프라를 구축하고, 열차제어시스템용 무선통신체계와 열차제어시스템 표준 체계를 구축하여, 열차제어시스템의 안전성 평가활동을 수행함으로써 독립적 안정성 평가기관(ISA)으로부터 KRTCS를 General Application 제품으로 인증을 받는 것이다.

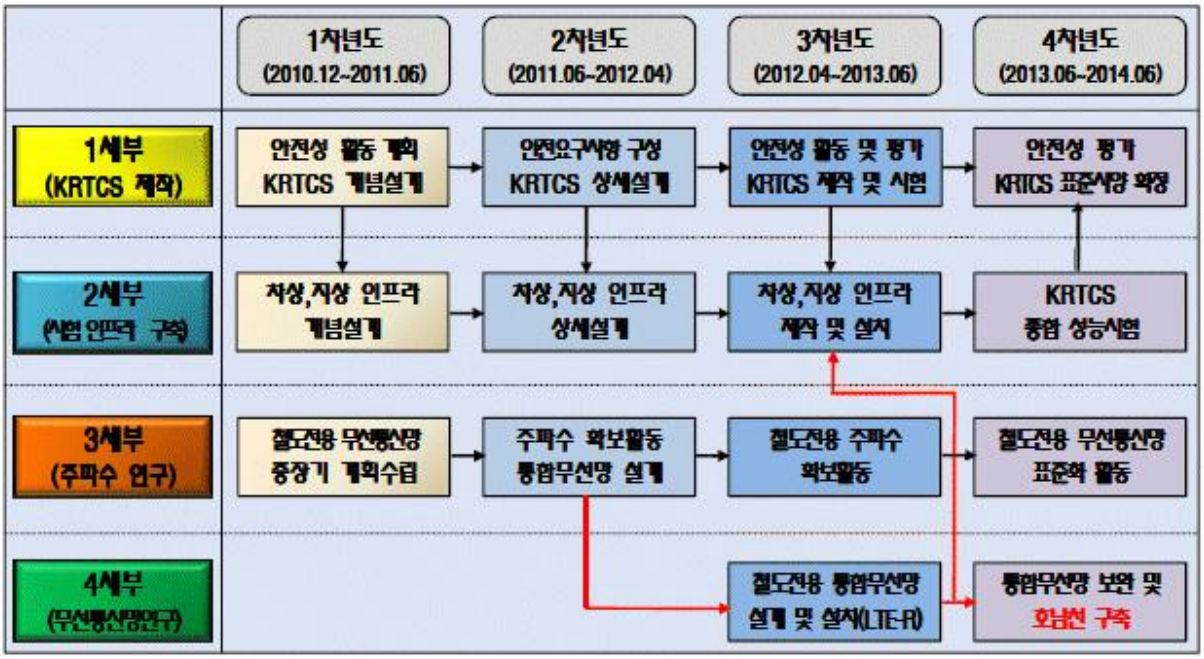
이 사업은 2010.12부터 2014.07까지 1단계로 무인운전을 위한 KRTCS 국산화 및 실용화를 추진중이고, 2012.06부터 2014.07까지 1단계로 철도전용 무선통신망 구축 연구를 대불선 11.25Km구간에서 2.6GHz LTE를 적용하여 시험을 완료하였으며, 이후 700MHz LTE를 적용하여 호남선 54Km구간에서 성능 시험을 계획하고 있다.

다. KRTCS R&D 체계 및 일정

KRTCS R&D 추진 체계는 다음과 같이 한국철도기술연구원을 연구단으로 하여, 하위에 4세부 과제를 4차년으로 나누어 연구 개발을 진행하고 있다.

- 1세부 : 열차제어시스템 표준체계 구축 및 안전성 평가
- 2세부 : 열차제어시스템 성능 평가
- 3세부 : 철도전용 무선통신체계 연구
- 4세부 : 철도전용 무선통신망 연구

다음은 KRTCS의 세부과제에 대한 연차별 추진 상황을 나타낸 것으로, KRTCS 사업은 현재 4차년도를 진행중이며 종합성능 시험을 완료하여 안전성 평가 및 KRTCS 표준사양을 확정하는 단계에 있다. 이후 통합무선망을 보완하여 호남선에서 성능 시험을 계획하고 있다.



[그림2.2.7] KRTCS 년차별 추진 내용

라. KRTCS 시스템 구성

(1) 지상시스템 구성

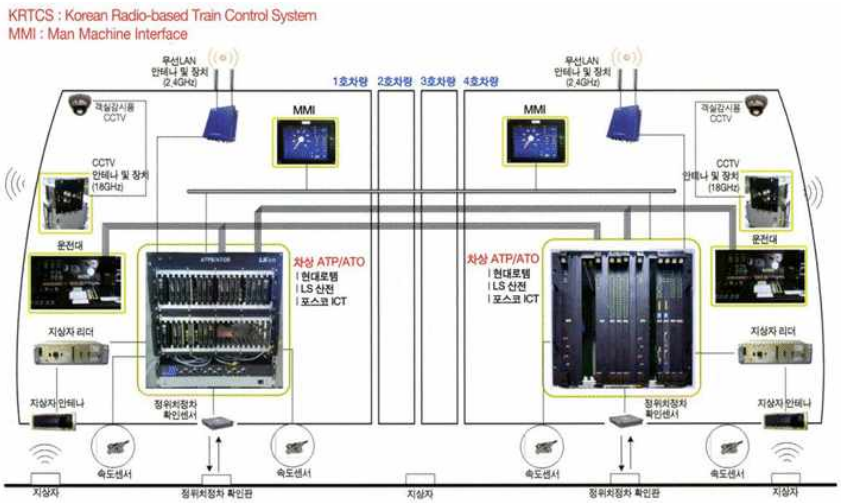
KRTCS 지상시스템은 일로역 관제실 설비(ATS)와 일로 기계실 및 대불 기계실에 있는 지상 ATP/ATO 설비, 그리고 선로변 무선장치 및 열차제어용 무선 통신망으로 구성되어 있다.



[그림2.2.8] KRTCS 지상시스템 구성

(2) 차상시스템 구성

KRTCS 차상시스템은 차량의 전두부 및 후부부에 각각 차상 ATP/ATO장치, 지상자 리더 및 안테나, 정위치정차 센서, 속도센서, 무선LAN 안테나 등이 동일하게 설치되어 있으며, 구성은 다음과 같다.

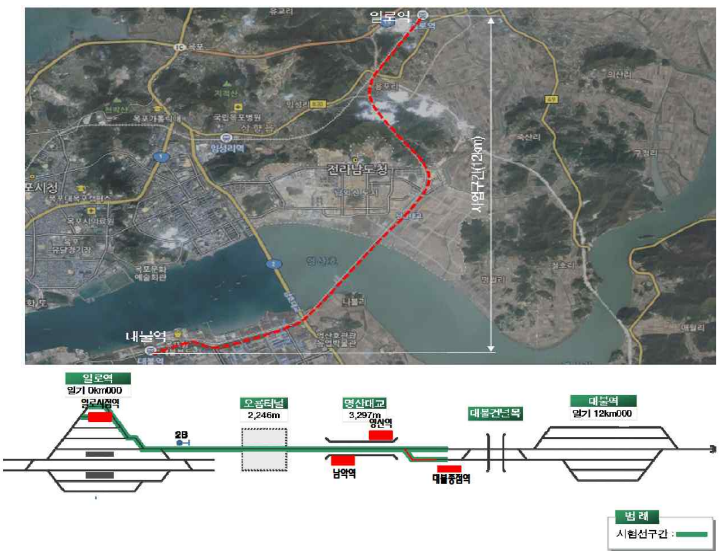


[그림2.2.9] KRTCS 차상시스템 구성

마. KRTCS 추진 상황

(1) 종합성능 시험선 설계

종합성능 시험선을 전라남도 무안군 일로역 ~ 영암군 대불역까지 약 11.25Km 구간에 5개역(일로시점역, 오룡역, 남악역, 영산역 및 대불종점역)으로 구성하였다.



[그림2.2.10] 종합성능 시험선 구축

(2) LTE-R 종합성능 시험선 지상설비 구축

2.6GHz 시험주파수를 적용하기 위한 지상설비 및 통합 무선망 설비를 구축하였다.



[그림2.2.11] LTE-R 지상설비 및 무선망 설비 구축

(3) KRTCS 종합 성능시운전 시험

도시철도차량의 성능 시험에 관한기준, 도시철도시설 성능시험기준을 적용하여 2013.05.27.부터 2013.08.02.까지 KRTCS 3개 컨소시엄인 현대로템, 포스코-삼성SDS, LS산전이 한국철도기술연구원의 시험인증안전센터 주관하에 지상설비 연계 동작, 지상-차상신호 및 열차제어 설비간 연계 동작시험을 수행하여, 시험성적서를 발급받아 성능에 이상이 없음을 검증되었다.

(4) RAMS 활동

독립적 안정성 평가기관(ISA)로부터 KRTCS에 대한 안전성에 대한 인증을 취득하기 위해, 150Km/h에 대한 SIL 4 RAMS 활동을 수행중이며, 2014년 7월 7일 과제 종료 전에 SIL 4 인증서를 취득하는 것을 목표로 하고 있다.

전세계 철도 통신인 SIL을 적용하고 있지 않으며, LTE-R에 대해서도 SIL 인증 계획이 없다. 그러나 통신 자체적인 안전성 인증을 적용하여 안전성을 확보하는 것으로 예정되어 있다.

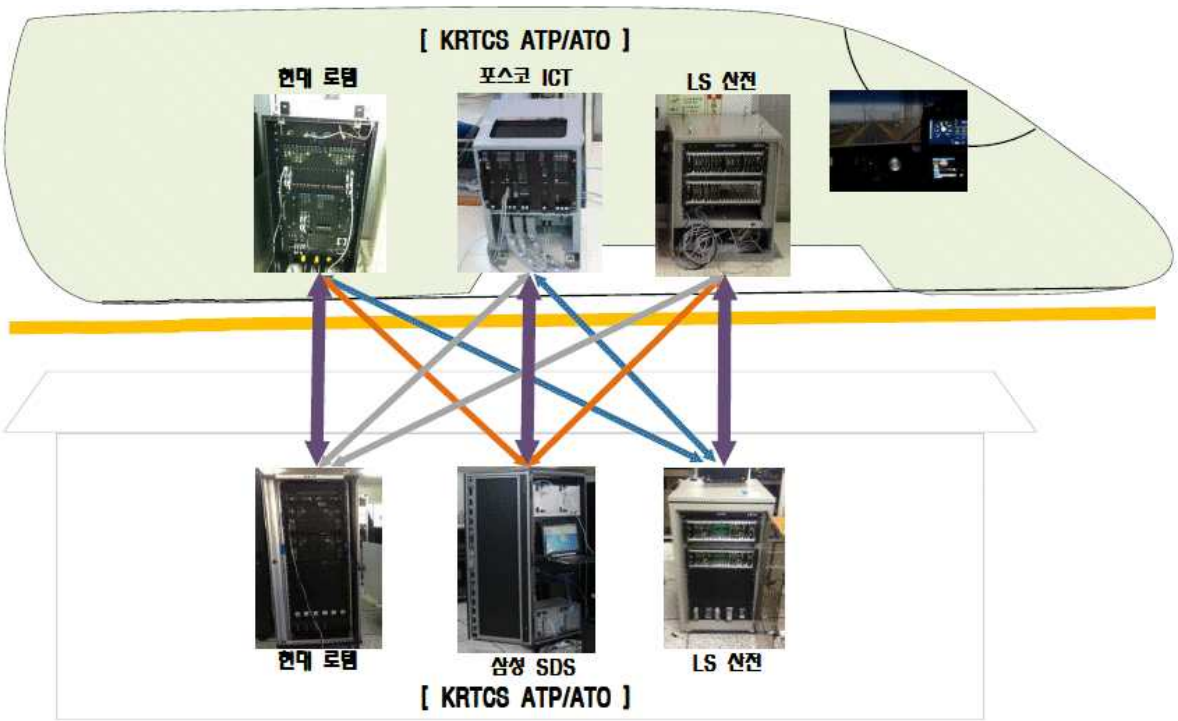
(5) 철도전용 주파수 확보

철도전용 주파수를 확보하기 위해, 2012년 03월부터 2014년 01월 까지 주파수 연구반

(방송통신위원회, 국토부, 한국철도기술연구원, ETRI, 국립전파연구원, SK, KT, LG, 목원대, 명지대로 구성) 활동을 통해 2014년 1월 1.8GHz LTE 10MHz를 확보하였다.

(6) KRTCS 상호호환성 성능시운전 시험

2013년 12월부터 현대로템, 포스코 ICT-삼성SDS, LS산전이 공급한 KRTCS의 지상/차상 ATP/ATO 장치간 상호호환성 시험을 시행하여, 2014년 01월 공인성적시험서를 발급받았다.



[그림2.2.12] KRTCS 상호호환성 시험

(7) KRTCS 상호호환성 핸드오버 시험 및 열차편성 시험

상호호환성 시험을 위해 인프라 제약 조건 및 공사 안전 규정을 검토하였으며, 차세대 전동차 개조를 2013년 08월 27일 완료하였고, 1 폐색구간에 2대의 열차 운행에 대한 안전성 검증을 2014년 01월 08일 완료하였다.

이로써, 핸드오버 공인 성능시험을 2014년 02월에 완료하였으며, 열차편성 운행 공인 성능시험은 현재 진행중이며 214년 2월 28일에 완료예정이다.

3. 저심도 도시철도시스템 기술개발

가. 연구개발 개요

복잡한 도시교통을 해소하기 위해 지하 20~30m 심도에 건설되는 기존의 지하철은 건설비용이 많이 들고 시민의 접근성이 타 교통시스템과의 환승문제가 대두외고 있어, 최근 몇 년 사이 기존 지하철 대비 건설비용을 줄일 수 있는 경전철시스템이 여러 지자체에서 활발히 도입되고 있는 추세이다. 일반적으로 지상 고가방식으로 건설되는 경전철시스템은 기존 지하철에 비해 건설비가 적게 소요되는 장점이 있지만, 육중한 고가 구조물로 인하여 도시마관을 저해하고 인근 지역에 소음 및 진동 등 여러 환경문제를 야기하며 상부구조물에 의한 도로 차선 잠식으로 교통 혼잡을 초래하고 있어 각종 민원으로 인해 경전철 사업 추진에 어려움을 겪고있는 실정이다. 그러나 저심도 철도는 도로 상면에서부터 지하 5~7m에 건설하고 도로를 따라 급곡선, 급구배 주행이 가능한 도시철도로서, 고가경전철 건설비용 수준의 저비용으로 지하에 건설이 가능하고 도시마관, 소음과 진동, 접근성과 쾌적, 편의성 향상등과 함께 도시교통 연계성과 접근성이 우수한 도시철도시스템이다. 저비용의 저심도 도시철도시스템 구현을 위하여 본 연구에서는 저비용의 인프라 급속시공법, 저심도 퀘도시스템 기술 등을 개발할 예정이다.

나. 연구개발 내용

○ 저심도 역간 전자폐색방식의 신호시스템 개발

- 역간 전자폐색방식의 신호시스템 구축 계획 수립
- 전자폐색방식의 신호시스템(차상, 지상) 및 인터페이스 설계
- 저심도 기반 차상/지상 시뮬레이터 제작
- 저심도 기반 차상/지상 Platform 개발
- 시험선 신호 시스템 장비 구축
- RAMS 활동 및 SIL4 인증 획득

다. 최종성과물 및 활용 방안

[표2.2.1] 저심도 도시철도시스템 기술개발 최종성과물 및 활용 방안

연구내용	최종성과물	예상 수요처	활용 방안
저심도 역간 전자폐색방식의 신호시스템 개발	- 저심도 역간 전자폐색방식의 신호 시스템 시뮬레이터 개발 - 저심도용 차상/지상 장치 개발 - RAMS 활동 문서	- 광주도시철도 2호선 - 인천교통공사	○ 저밀도 및 저심도 도시철도 노선에 적용 (운전시격 5분) ○ 국내외 철도운영회사에 공급 추진 ○ 경량전철, BRT, 노면전차 등 유사 시스템에 적용 가능한 기반 기술 확보 ○ 인천 검단선, 청라선, 등 경전철 계획중이 84개 노선 중 저심도 적용이 가능한 노선에 저심도 핵심 신호 기술 활용이 가능

라. 실용화 추진 계획

○ 저비용, 슬림화 Platform 구조 적용

- 시스템 통합 설계를 통한 Slim Platform 적용
- 사용자 요구사항을 만족시키는 최적화 설계 적용
- 유지보수 비용 절감 및 단순화를 위한 시스템 설계 적용

○ 실용화를 고려한 시뮬레이터 구축

- 시스템간 시험 절차에 의한 단위 및 통합 시험 추진
- 현장 설비와 동일 시스템 구성 및 연계를 통한 신뢰성 확보
- 저심도 운영 환경 및 기능을 고려한 시험 추진

○ 실용화를 위한 안전성 및 신뢰성 보증

- SIL4 인증을 통한 국제 규격에 부합하는 개발
- 새로운 시스템에 대한 객관적인 안전성 보증
- 저심도 열차제어시스템에 대한 안전요구사항 도출

4. 결론

1) 차세대 고속열차 열차제어(ETCS-L2) 핵심기술개발 연구과제에서 개발하는 ETCS level 2 시스템은 일반철도와 고속철도용으로 유럽에서는 표준을 삼는다. ATO 부분은 없으며 상용화를 위한 방안이 마련되어야 한다.

2) KRTCS 개발은 도시철도용 CBTC 시스템으로 WiFi와 LTE-R을 이용한다. 현재 표준 사양을 정하는 단계로 도시철도와 경전철에 적용할 수 있는 시스템이다. ATO는 UTO를 목표로 한다.

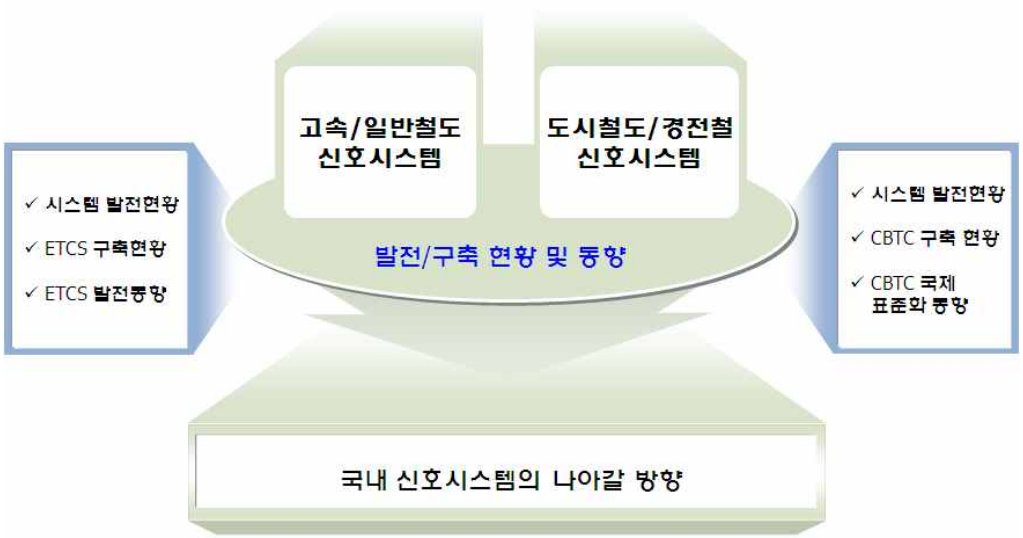
3) 저심도 도시철도시스템은 개념설계 단이며, CBTC 또는 KRTCS로 설계하는 것이 바람직하다.

제 3 절 해외 신호시스템 기술 현황

1. 유럽 철도 신호시스템 (ETCS)

가. 개요

해외 철도 신호시스템은 고속/일반철도 신호시스템과 도시철도/경전철 신호시스템으로 나눌 수 있다. 유럽의 고속/일반철도 신호시스템은 ERTMS/ETCS 시스템을 기반으로 신호시스템을 구축하고 있으며, 도시철도/경전철의 CBTC신호시스템을 기반으로 신호시스템을 구축하고 있다. 그 외 미국의 신호시스템은 PTC(Positive Train Control) 시스템으로 운영중이다. 국내 신호시스템이 나아가야 할 방향으로는 해외의 신호시스템 발전 방향과 구축현황, 발전 동향을 파악하여 그에 맞도록 국내 신호시스템을 발전시켜야 할 것이다.

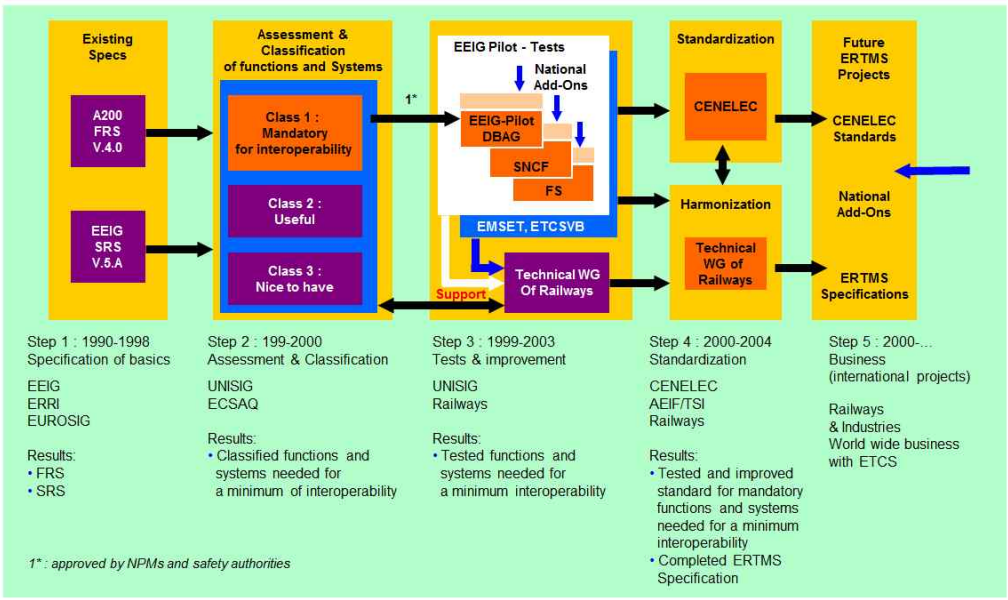


[그림2.3.1] 국내 신호시스템의 나아갈 방향

나. ERTMS/ETCS 기술 현황

ERTMS(European Rail Traffic Management System)/ETCS(European Train Control System)는 다수의 열차제어시스템이 혼재되어 운영하는 유럽철도에서 열차운행을 최적화하기 위해 개발된 상호운영성을 가진 시스템이다.

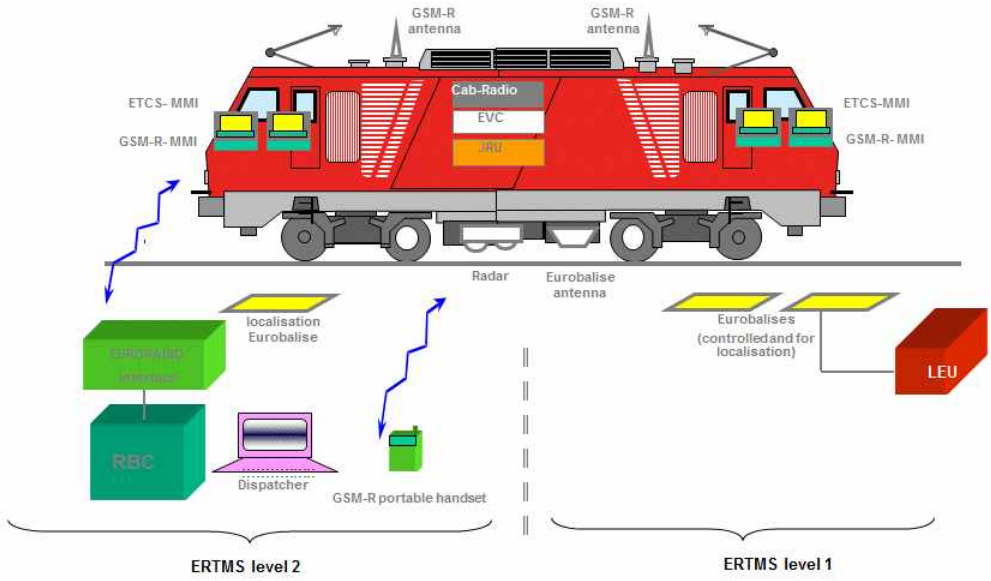
유럽 철도수송 정책에 대한 최초의 언급은 1957년 합의된 로마의 협정이었으며, 1998년 Alstom, Bombardier, Siemens, Thales, Ansaldo 및 Invensys와 같은 유럽철도 6개 회사들은 UNISIG를 설립하여 ERTMS/ETCS 기술 사양서의 완성을 추진하였다.



[그림2.3.2] ERTMS/ETCS 표준화를 위한 단계별 과정

ERTMS/ETCS의 도입배경은 다음과 같다.

- 열차제어는 철도운영관리 시스템에서 중요한 부분
- 과거에는 서로 상이한 많은 ATC(Automatic Train Control) 시스템들이 다른 시점에서 여러나라에서 발전해왔기 때문에 상호간 호환성 및 상호운전성이 없음
- 이들 시스템들의 극히 일부만이 한 나라 이상에서 사용되었지만, 이와같은 경우에서도 호환성이 없는 결과를 초래하거나 상호 운전성이 없는 버전으로 상세한 개발을 하기 때문에 서로 다른 차이점을 가지고 있음
- 많은 철도회사들은 열차 수송이 그 밀도에 있어서 현저한 증가를 보일 것으로 예측하여, ATC 시스템이 중요한 역할을 하는 높은 수준의 수송량을 수용하기 위하여 그들의 철도 인프라 전략을 재검토하고 있음
- 또한 시스템 비용을 절감하기 위하여 많은 철도회사들은 표준화된 시스템의 도입을 원하고 있음
- ATC 시스템의 국제적인 표준화를 제정하기 위하여 ERTMS/ETCS를 규정함



[그림2.3.3] ERTMS 구조

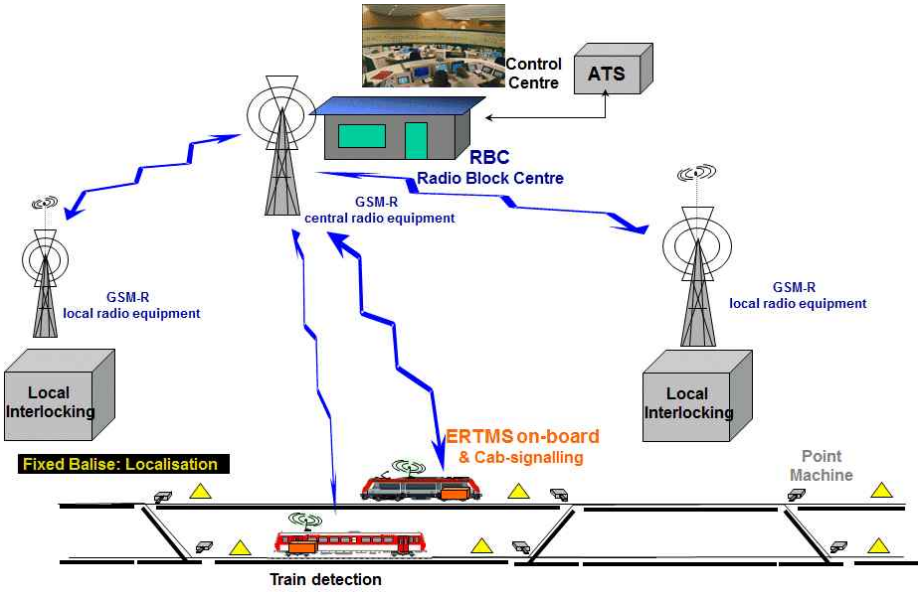
ERTMS는 다음과 같은 3개의 시스템으로 구성된다.

- ETML(European Traffic Management Layer) : Timetable 및 열차 주행 데이터의 지능형 해석을 바탕으로 열차 이동을 최적화기 위해 의도되는 운영 관리
- GSM-R(Global System for Mobiles - Railway) : ETCS 데이터에 대한 전달 경로를 제공하고, 주행하는 차량과 선로 제어기 사이의 음성 통신 네트워크를 제공하는 통신 요소
- ETCS(European Train Control System) : 이동권한(Movement Authorities)의 제어, ATP(자동열차보호) 및 연동장치에 대한 인터페이스를 포함하는 시스템의 신호설비 요소

ETCS는 발전단계 및 시스템 사양에 따라 LEVEL 1, 2 및 3로 구분되며 다음과 같은 특징을 가진다.

① LEVEL 1

- 기존 신호설비와 병행하여 설치 가능
- 유로발리스를 통하여 이동권한을 전송
- 궤도회로에 의한 열차위치 및 열차무결성을 보장
- 고정폐색(Fiexd Block) 방식



[그림2.3.4] ETCS Level 1

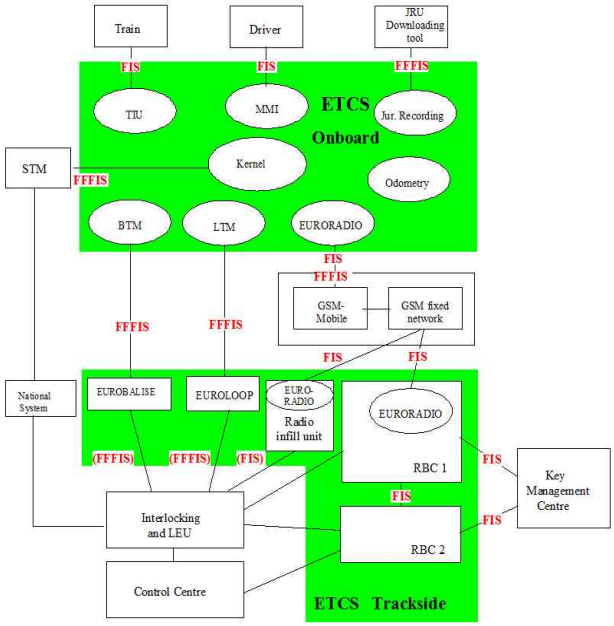
② LEVEL 2

- 궤도회로는 사용하지만 신호기는 사용하지 않음
- GSM-R를 통하여 이동권한을 전송 : 무선을 이용
- 유로발리스를 통한 열차 위치
- 고정폐색(Fiexd Block) 방식

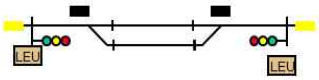
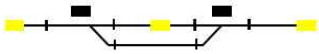
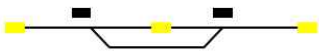
③ LEVEL 3

- 신호기와 궤도회로를 사용하지 않음
- GSM-R를 통하여 이동권한을 전송 : 무선을 이용
- 차상장치에 의한 열차무결성을 보장
- 유로발리스를 통한 열차 위치
- 이동폐색(Moving Block) 방식

국내의 ETCS 도입은 2000년이래 일반철도인 경부선(444.5km), 호남선(256.3km), 경춘선 및 전라선에 설치하여 운영중에 있으며 주로 LEVEL 1으로 구현되어 있다.



구 분	연동장치 사용		궤도회로 사용	신호기 사용	Eurobalise		Euroloop	Radio Block Center (RBC)
	연동제어	열차간격제어			Data & LEU	KM post		
Level 1	O	O	O	O	O		(O)	X
Level 2	O	O	O	X	X	O	X	O
Level 3	O	X	X	X	X	O	X	O

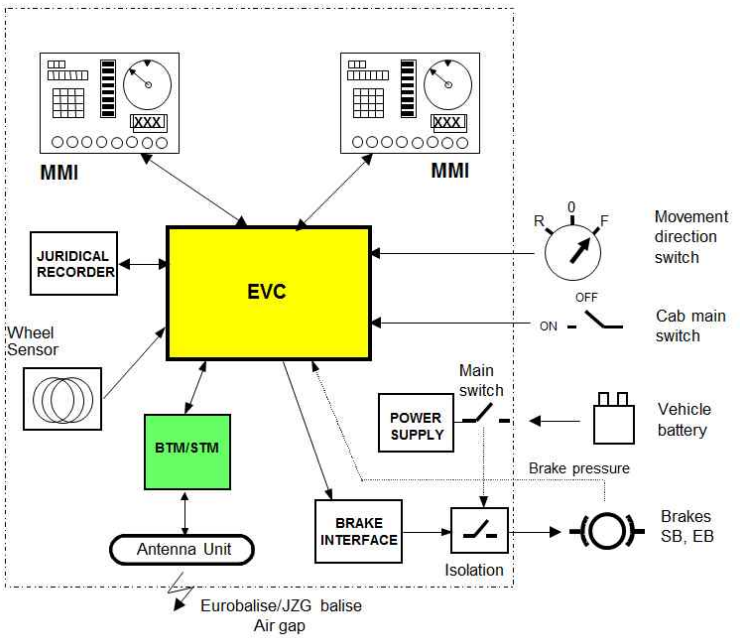
ERTMS Level 1	ERTMS Level 2	ERTMS Level 3
		
대부분의 경우 Level 1 system은 기존의 Signalling system에 Overlay system으로서 구현 신호기나 연동장치와 같은 Wayside 장치로 부터의 정보는 LEU에 의해 변환되어 Balise를 통하여 열차에게 전송된다. 그러므로 다음과 같은 Wayside 장치가 필요하다. • Signals • LEU • Track Circuits/ or axle counters • Balises	ERTMS/ETCS Level 2에서 열차로의 정보전송은 Radio를 통하여 이루어진다. 열차의 검지는 여전히 Track circuit 또는 axle counter에 의해 이루어지지만 신호기는 필요하지 않다. 다음과 같은 Wayside 장치가 필요하다. • Track Circuits/ or axle counters • Balises	ERTMS/ETCS Level 3는 가장 간단한 구성이다. 열차 위치를 포함한 모든정보는 Radio를 통하여 전송된다. 다음과 같은 Wayside 장치가 필요하다. • Balises

[그림2.3.5] ETCS 지상 및 차상장치의 인터페이스 규격

경부선 및 호남선의 ETCS 구축 사업은 지상장치(LEU, 유로발리스 등) 및 차상장치(EVC:Euqopean Vital Computer 등)까지 포함되었으며, 차상장치의 경우 KTX 92량, 디젤기관차 219량, 디젤동차 102량에 설치되었다. ETCS가 국내에 도입됨에 따라 선로변에 설치된 각종 신호설비들이 새로운 방식으로 개량되었으며, LEVEL에 따른 신호설비의 적용여부는 [표2.3.1]과 같다.

[표2.3.1] ETCS LEVEL에 따른 신호설비의 적용 및 특징

장치 종류		LEVEL 1	LEVEL 2	LEVEL 3
신호기		O	X	X
궤도회로		O	O	X
선로변 전차장치(LEU)		O	X	X
유로발리스(고정형)		O	O	O
유로발리스(가변형)		O	X	X
연동장치	연동제어	O	O	O
	열차간격제어	O	O	X
무선폐색센터(Radio Block Center)		X	O	O
열차위치 보정		유로발리스	유로발리스	유로발리스



[그림2.3.6] ETCS 차상장치의 구성도(Thales)

다. 신호시스템 발전/구축 현황

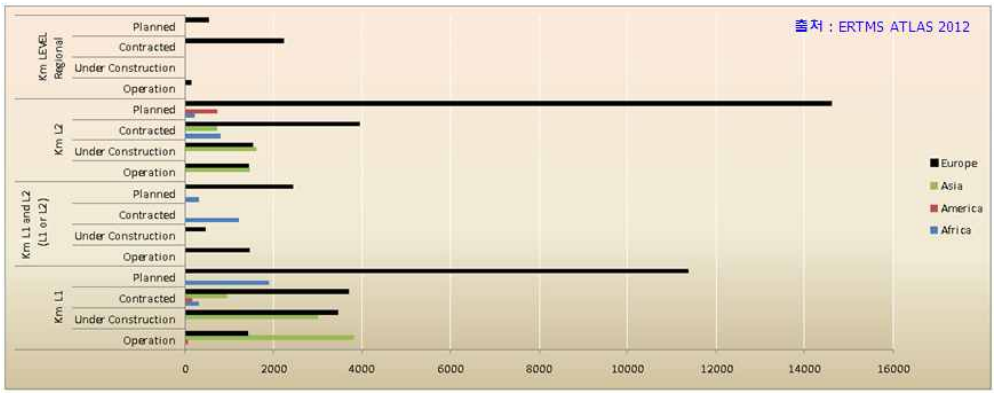
현재 유럽에서는 일반철도/고속철도 신호시스템을 유럽 표준인 ETCS를 중심으로 시작하여 전세계 표준으로 확대 적용중이다. 운영 및 구축 중인 유럽외 국가로는 아시아, 아메리카, 아프리카, 오세아니아 등 15개국 이상이다.



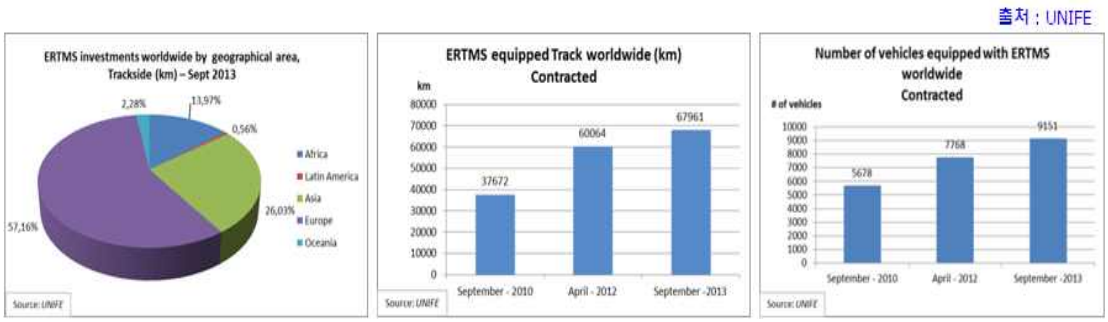
[그림2.3.7] 최근 신호시스템의 발절 및 적용

라. 전세계 ETCS 실행 현황

전세계적으로 ETCS 실행(계획, 운영, 구축 등) 현황을 살펴보게 되면 ETCS의 시스템이 계속해서 증가하고 있음을 알 수 있다. 특히 ETCS Level 2시스템 구축이 증가하고 있음을 알 수 있다. 또한 차상, 지상 모두 증가 추세인 것으로 나타나고 있다.



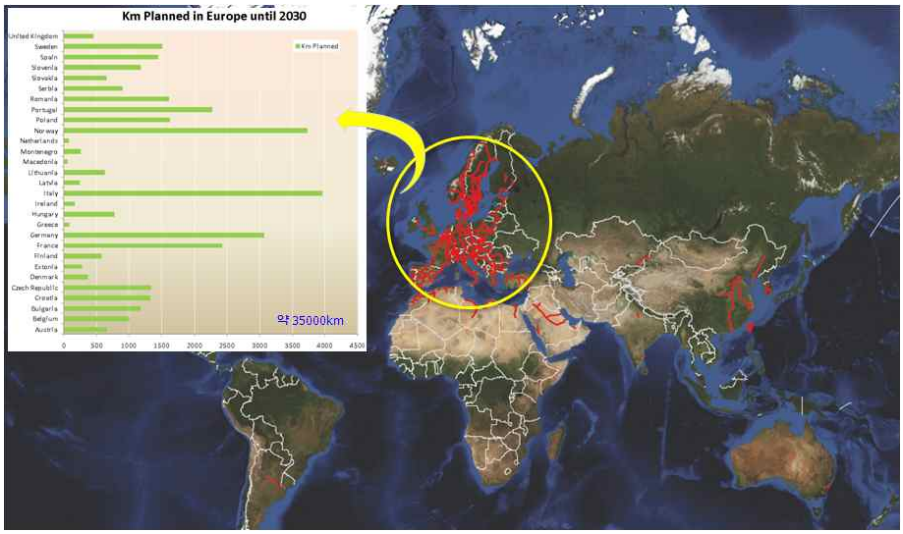
[그림2.3.8] 전세계 ETCS 실행 현황



[그림2.3.9] 전세계 ETCS 차상, 지상 구축 현황

마. 향후 ETCS 구축 계획

ETCS의 향후 구축 계획은 다음 그림과 같다. 그림을 보면 유럽 전반에 일반철도/고속철도는 ETCS를 표준으로 2030년까지 35,000km 구축계획을 가지고 있다.



[그림2.3.10] 2030년 ETCS 운영 노선 전망

바. ETCS 발전 동향

(1) 국제표준으로의 도약

이미 ETCS는 전세계 표준으로 평가받고 있다. 또한 전세계 적용 가능한 글로벌 신호시스템으로 도약하기 위해 지속적인 진화를 하고 있다.

ETCS는 글로벌화를 위해 유럽 내 국가별 ETCS 투자 및 적용을 증가시키고 있으며, 유럽 국가간 연결 노선 적용이 예정되어 있다. 그리고 전세계적으로 지상 70,000km, 9,000대 이상의 차량에 적용 중이며, 다양한 차종에 적합함을 입증하였다. 유럽 외 국가에서 시스템 구축이 증가하고 있으며, 유럽 외 지상 29,000km, 3,000대 이상의 차량에 적용되어 있다.

기존 신호시스템에 적용할 수 있는 통합/검증된 사양과 제품으로 증명 되었을 뿐만 아니라 유럽을 넘어서 전세계 표준화를 위한 신뢰할 수 있는 솔루션으로 인식되고 있다.

그러나 아직 해결해야 할 과제는 존재한다. 해결 과제로는 다음과 같다.

- GSM-R 사용 문제점
- 광역철도 적용 증가에 따른 새로운 기능 및 인터페이스 요구
- 각 국가별 지리적 상황에 따른 요구사항 발생(저밀도, 장거리 적용 등)

- 유럽 중부 일부 국가는 ETCS 설치 계획에 여전히 머뭇거리고 있음
- Baseline2 사양의 일부 상호호환성 문제성 제기

(2) Baseline3 도입 및 적용

Baseline3는 Baseline2에서 포함되지 못한 기능(신규 변수, 운영모드 등)을 추가하였으며, 2012년 4월 철도기관(UNIFE, CER, UIC, EIM, ERFA, GSM-R산업 그룹)들의 양해각서(MOU)를 체결하였다.

양해각서 내용으로는 기존의 ETCS 시스템과 상호호환 운행이 가능한 Baseline3으로 진행할 것은 확인하였다. Baseline3는 향후 ETCS 구축을 활성화 하는 시스템으로 안전적이고 신뢰성을 증가 시킬 것으로 기대된다. 선지 제작사는 이미 Baseline3 시스템 개발을 진행 중에 있다.

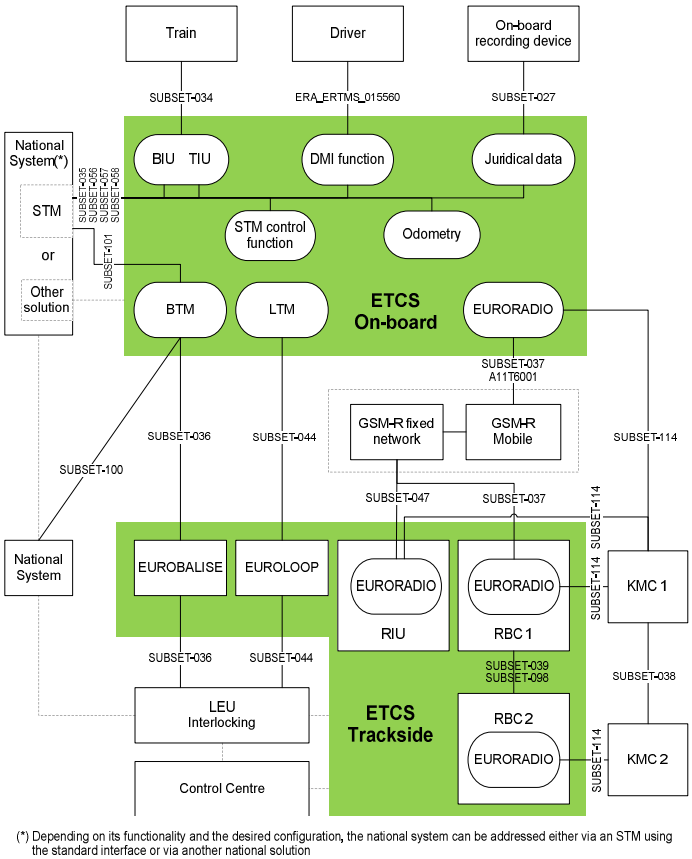
▪ ETCS Level3시스템으로의 전화
- 현재는 대부분 Level1, Level2 시스템으로 프로젝트 구축이 진행 중.
- 이동폐색 원리를 지원하는 Level3의 일부 기능들을 포함하는 시스템을 구현중에 있음(북유럽)

▪ ERTMS/ETCS의 기술적 진화
- 필요에 의해 소위 ERTMS-Regional(ERTMS-R)이라 칭하는 시스템 도입
(ERTMS/ETCS 표준 차상장치의 상호환성을 유지하면서 저밀도, 운행횟수가 낮은 라인에 적용하기 위해 L2/L3를 기본으로 선로변 장치를 수정/감소시킨 사양임, 스웨덴 Vasterdal노선에 2010년부터 적용)
- 일부 신규 ERTMS/ETCS프로젝트 (러시아 등)는 ERTMS에 GPS 위치검지 기능을 결합한 시스템을 적용할 것으로 예상

▪ Baseline3
- Baseline2에서 모호하게 정의되어 실제 적용단계에서 복잡하게 구성될 수 있는 기능을 명확하게 정의함.
- Baseline2의 테스트 사양(subset-076)에 대한 워킹그룹을 구성, 테스트 후 오류목록을 정정하여 반영
- 하위버전과 상화 호환되도록 정의, Baseline2의 지상조건에서 Baseline3 차상운영 가능

- Limited Supervision 모드 추가
  - Cab Signaling 없이 안전감시모드와 유사하거나 낮은 감시하에서 열차의 속도를 높이는 제한모드 제안
  - Limited Supervision Mode 정의 및 제한속도 (V_NVLIMSUPERV) 정의 : 100km/h
- Lines under construction 기능 추가
  - 공사중인 노선에서 레벨 전환 등을 방호하도록 안전성 강화
- Level crossing 기능 추가
  - 건널목 구간 정보에 해당하는 패킷(Packet 88 : Level Crossing Information) 및 관련변수 추가
  - 건널목 통과 절차, 등과 제한속도 등 정의
- Tunnel Stopping 정보 추가
  - 터널지역에 열차를 정지할 경우를 위해 터널 정지 지점 정보 정의
  - SRS Chapter 7 의 Packet 68, 39, 70, 203, 206, 207, 239(루트 정보 패킷)에 내용 추가
- Sound Horn 정보 개선
  - 차량으로 전송하는 선로조건에 horn 정보 추가
  - Sound horn 발생 시 DMI 에 텍스트로 표시하지 않고 아이콘으로 표시하도록 정의
- Door control supervision 기능 추가
  - 기관사 또는 시스템적으로 출입문 자동 개폐 제어가 가능
  - SRS(SUBSET-026)의 선로조건 항목에 platform 정보를 추가, 관련 정보를 TIU를 통해 전송하고 자동(또는 기관사 취급)으로 출입문/계단을 제어할 수 있도록 기능 추가
  - 출입문 및 계단 제어를 위한 platform위치 및 높이를 지정하는 패킷 (Packet 69 : Track Condition Station Platform) 및 관련 변수 추가
- 기타
  - STM(NTC로 명칭 변경) 기능이 향상되었고 속도/거리 모니터링 및 제동커브가 상세 정의됨

[그림2.3.11] Baseline3 기능 추가 사항



[그림2.3.12] Baseline3 인터페이스 구성도

장치	Baseline 2	Baseline 3
MMI	SUBSET-033 v2.0.0	ERA_ERTMS_015580 v3.3.0
Eurobalise	SUBSET-036 v2.4.1	SUBSET-036 v3.0.0
Euroloop	SUBSET-044 v2.3.0	SUBSET-044 v2.4.0
TIU (BIU)	SUBSET-034 v2.0.0	SUBSET-034 v3.0.0
BTM	SUBSET-100 v1.0.1 SUBSET-101 v1.0.0	SUBSET-100 v2.0.0 SUBSET-101 v2.0.0
NTC(Baseline 2 : STM)	SUBSET-035 v2.1.1 SUBSET-056 v2.2.0 SUBSET-057 v2.2.0 SUBSET-058 2.1.1	SUBSET-035 v3.0.0 SUBSET-056 v3.0.0 SUBSET-057 v3.0.0 SUBSET-058 v3.0.0
Juridical Data (Recording)	SUBSET-027 v2.3.0	SUBSET-027 v3.0.0
Euroradio	SUBSET-037 v2.3.0	SUBSET-037 v3.0.0
Radio Infill Unit	SUBSET-047 v2.0.0	SUBSET-047 v3.0.0
Key Management Centre	SUBSET-038 v2.3.0	SUBSET-038 v3.0.0
RBC	SUBSET-098 v1.0.0	SUBSET-098 v3.0.0

[그림2.3.13] Baseline3 인터페이스 사양 변경 내역

사. ERTMS Regional(ERTMS-R)

ERTMS-R의 시작은 스웨덴이다. Mainline은 2030년까지 단계적으로 level2시스템으로 구축 예정이다. 여전히 수동으로 운행되는 저밀도 노선(TAM Line)에 대해서는 ERTMS-R을 설치할 계획이며, 최초의 ERTMS-R 노선은 스웨덴 Vasterdal노선(Malung ~ Repbachen, 134km, 5개역, 33개 건널목, 16열차/1일 운행)이다.

ERTMS-R의 특징은 다음과 같다.

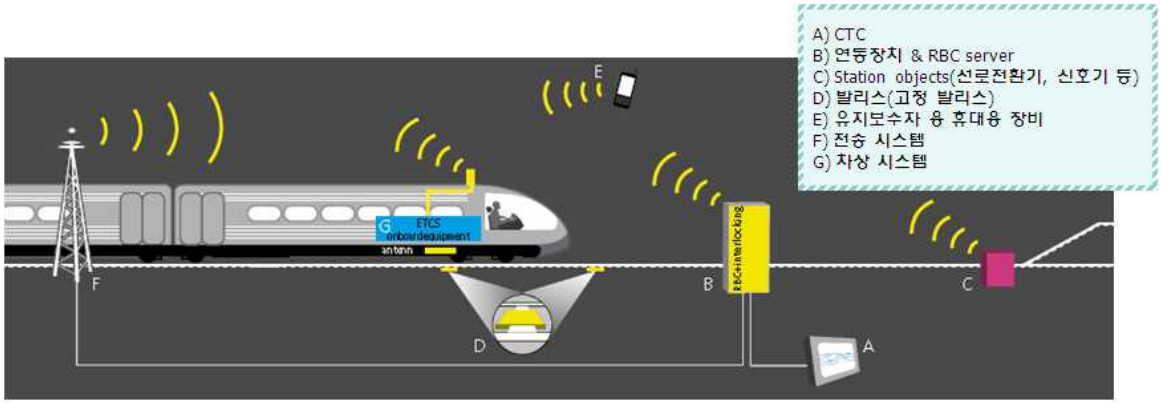
- 저밀도, 낮은 수송량을 갖는 노선의 열차제어를 위한 저비용 시스템(level3 기반)
- 선로변에는 자동 열차방호를 위한 장비가 구축되지 않음 (선로변 장비 감소)
- TCC(Train Control Center)가 핵심으로 자동운행 계획, 선로변 관리 기능 외 연동장치, RBC 기능을 수행
- 선로변 장비와 열차간의 모든 통신은 GSM-R에 의해 수행
- 선로전환기, 신호기, 건널목 등 선로변 장치는 TCC와 무선으로 직접 연결되는 Object Controller에 의해 제어

ERTMS-R의 장점으로는 다음과 같은 장점이 있다.

- 운영 비용 절감 (원격제거에 의한 인건비 감소, Level3에 상응하는 선로변 장치 구축으로 유지보수비 절감)
- 안전성 증대(수동 운행제어 시스템 대비 Human error 감소로 안전성 증대)
- 수송능력 증대

- 신뢰성 및 운영 효율성 증대

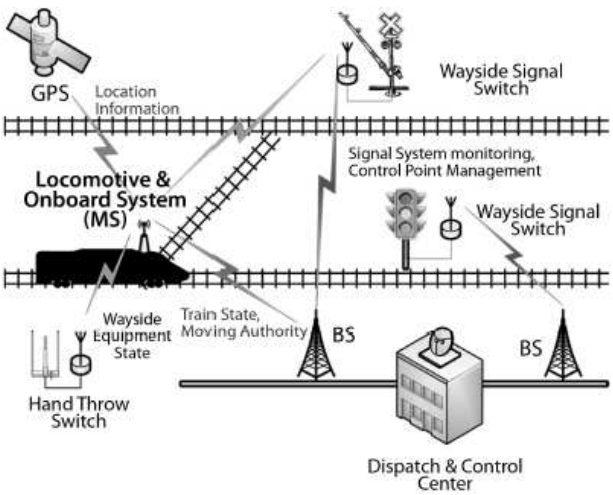
▪ ERTMS Regional 시스템 구성



[그림2.3.14] ERTMS Regional 시스템 구성

2. 미국 철도 신호시스템 (PTC)

승객과 열차수송을 위한 PTC(Positive Train Control)는 1990년대 중반부터 미국에서 연구되어 왔다. 1997년 PTC를 위한 규범과 요구사항의 제정을 위해 미국내 철도관련 기관-산업체의 연합인 RSAC(Railroad Safety Advisory Committee)가 설립되었다. RSAC에서는 차간충돌을 방지하기 위해 간격을 적절히 조절하고, 열차속도를 조절하고, 작업지역 내 노동자를 보호하고, 스위치의 오작동으로 열차가 잘못된 경로를 지나지 않게 함을 PTC의 목적으로 정하고 이에 중점을 두어 PTC 개발이 시작되었다.



[그림2.3.15] PTC 망구조도

PTC는 wayside, mobile, dispatch/control과 같은 세 가지의 주요 기능별 서브시스템으로 구성되고, 각 서브시스템 사이는 유선-무선 통신링크로 연결된다.

Wayside 서브시스템은 보수시설, 스위치, 연동장치, 선로 교차신호기 등으로 구성되고, mobile 서브시스템은 차상 컴퓨터와 위치검지시스템을 포함하는 철도장비, 열차 등으로 구성되며, dispatch/control 서브시스템은 철도차량을 제어하는 중앙제어국에 해당한다.

Mobile과 dispatch/control 서브시스템 사이의 통신에서는 차량 위치데이터, 차량 진단데이터, 차량진행권한, 망관리데이터 등을 송수신한다. wayside와 dispatch/control 서브시스템 사이의 통신은 신호시스템 상태를 모니터링하고 control point의 중앙제어를 지원하며, mobile-wayside 서브시스템 간의 통신은 노변장치의 상태를 업데이트하여 열차에 제공하는 기능을 지원한다. 그리고 mobile 서브시스템은 위성으로부터 GPS 신호를 수신하여 현재 위치를 인식하는 위치검지방법을 사용한다.

PTC의 기능적 요구사항은 크게 4가지 단계로 구분된다. PTC level 1은 앞서 언급된 초기 PTC의 목적과 같이 열차 간 충돌을 방지하고, 속도를 제한하며, 철로상의 유지보수 인력을 보호하는 기능을 구현하는 것이다.

PTC level 2에서는 열차정보와 선로 진입권한을 무선통신으로 전송하는 것을 요구하고, level 3에서는 열차 제어가 일어나는 모든 구간 내의 스위치, 신호장치, 보호장치들에 대한 감시기능을 구현하는 것을 목표로 했다.

level 4에서는 추가적인 선로보호장치의 설치를 요구하는데, 상위 레벨은 하위레벨의 모든 요구사항을 충족시켜야 한다.

보편적으로 미국철도에서 사용하는 FM 아날로그 음성통신망은 160MHz 주파수대역인 VHF를 사용한다. 또한, 철도에서는 450MHz 대역의 3개 채널 쌍에 무선주파수를 할당하여 기차의 양단에서 사용 가능하도록 하였다. 그리고, FCC(Federal Communications Commission)로부터 900MHz 대역의 6개 채널쌍을 사용하도록 허가 받아서 철도와 함께 분산전력제어(DPC)와 새로운 전자제어 애플리케이션에서 사용하도록 하고 있다. [표2.3.2]는 미국 내에서 철도용으로 사용하는 주파수대역을 나타낸 것이다.

[표2.3.2] 미국철도 주파수별 사용 내역

주파수	용 도
160MHz	VHF Communications
220MHz	Portable Locomotive Control Technology(PLTC)
450MHz	Remote Control Locomotive(RCL)
900MHz	Advanced Train Control System(ATCS)
2.4GHz	Advanced Train Control System(ATCS)

미국에서 PTC 시스템의 사용은 2008년 전까지는 수송업체의 재량에 맡겨졌으나, 2008년 10월에 공표된 Rail Safety Improvement Act에 의하여 2015년 말까지 PTC 설치를 의무화 하였다. 현재 미국에서 개발-설치 중인 PTC 시스템으로는 CSX사의 CBTM, BNSFrailway의 ETMS, AMTRAK사의 ITCS, ARRC사의 CAS, FRA, AAR, IDOT의 NAJPTC가 있다.

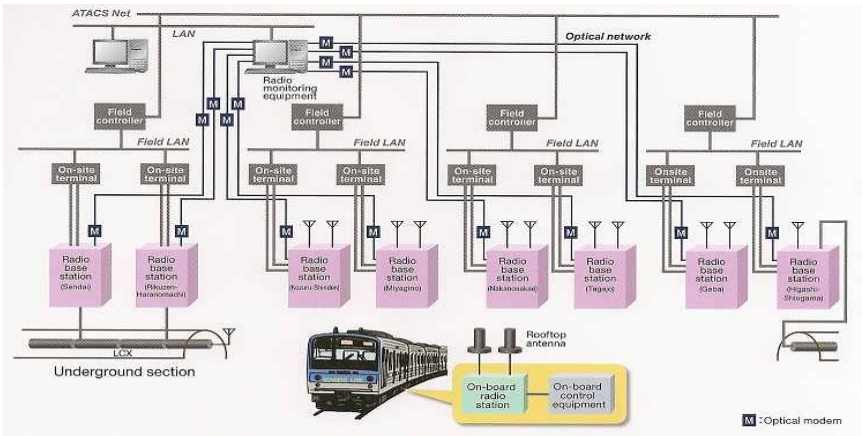
3. 일본 철도 신호시스템(ATACS)

일본은 철도기술이 세계에 진출하기 위해서는 일원화된 규격이 필수 불가결하다는 생각을 바탕으로 국제표준화전략을 중점사항으로 선정하고 중장기적인 목표를 설정하였다. 우선적으로 JR 동일본에서 개발을 완료하고 실용화를 추진하고 있는 ATACS(Advanced Train Administration and Communication System)를 일본의 무선이용 열차제어시스템(JRTC)의 JIS화 및 국제표준화를 추진하고 있다. 이와 더불어 일본에서는 기존 노선에서의 열차검지를 위해서는 궤도회로와 같은 노변장치를 이용하는 방법을 사용해 왔다. 하지만 이 방법은 노변장치들에 대한 유지보수비용이 매우 컸고, 열차 속도가 높아지고 행간격이 짧아짐에 따라 계속된 시설보완이 필요하다는 큰 단점이 있었다. 이를 극복하기 위해 일본에서 1995년부터 ATACS(Advanced Train Administration and Communications System) 개발이 시작되었다.

일본은 ATACS 실용화를 위해 1985년부터 10년간 CARAT(Computer and Radio Aided Train Control System)을 개발을 수행하였다. CARAT의 연구개발범위는 열차간격제어, 선로전환기제어, 건널목제어, 운행관리 등 광범위한 기능을 포함하고 있으며, 유럽의 ASTREE와 같이 궤도회로를 사용하지 않고 무선통신기술을 적용하는 연구개발추세에 맞추어 진행되었다. CARAT의 개발을 종료 후 실용화를 위하여 ATACS를 개발하였으며, Sendai시에 있는 JR 동일본의 Senseki선에 2011년에 구축하였고 현재까지 안정된 가동이 확인되어 JR 동일본은 사이쿄선(이케부쿠로~오미야구

간) 도입을 결정하여 2017년 가을부터 사용 개시할 계획에 있다.

ATACS는 Senseki 전체노선중 Aoba Dori ~ Higashi Shiogama구간(18 km)구간에 구축되어 있다. ATACS의 차상설비를 구축한 열차는 20편성(4량 1편성)이고, 선로변에 안테나 8개를 설치하였으며, 터널에서는 LCX케이블을 설치하였다. Senseki선에서의 ATACS시스템은 이미 구축되어 있는 ATS설비위에 설치되는 것으로서 ATP기능, 건널목제어기능 등의 기능을 수행하지만, 자동운전기능 또는 무인운전기능은 포함하지 않고 있다.



[그림2.3.16] ATACS 지상설비 구성도

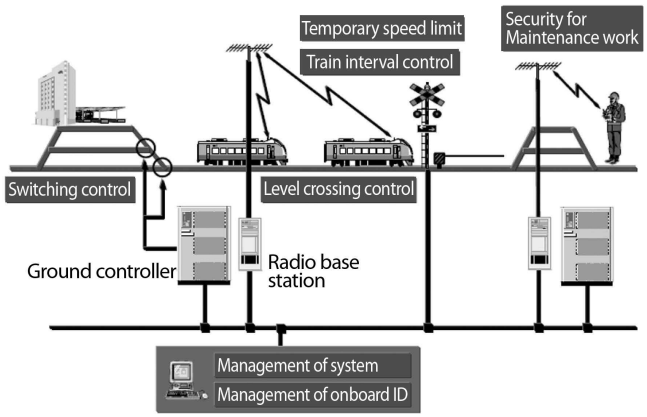
이 시스템은 열차 위치와 속도를 연속적으로 감시제어를 수행하기 때문에 안전도가 매우 높고, 건널목경보시간을 안전하게 수행할 수 있으며, 토사붕괴, 강풍 등의 재난방지용 경보신호등과 연계하여 확장성이 매우 높다. 더욱이 미래에 여객의 수요가 감소할 때 효과적인 철도경영 유지를 위한 중요한 수단으로 기대되고 있다. 또한 이용자에 대해서도 열차 운행시간이 사고 등에 의해 지켜지지 않을 때, 적절한 정보안내와 승차감이 좋은 자동운전 등으로 발전할 수 있는 이점도 있다.

ATACS는 궤도회로를 사용하지 않고 열차위치를 실시간으로 검지하고, 무선통신을 적용하여 양방향 정보전송체계를 구축하고 있다. ATACS는 음성통신용 철도주파수는 아날로그방식을 디지털방식으로 전환한 22개 채널중 일부를 열차제어용으로 사용하고 있다.

ATACS가 열차속도를 제어하는 과정은 다음과 같다.

- 차상장치에서 열차위치 검지
- 차상장치에서 열차위치를 지상장치로 전송
- 지상장치에서 열차의 정지한계점 작성

- 지상장치에서 정지한계점과 진로정보 전송
- 차상장치에서 속도조사패턴(속도프로파일) 작성
- 차상장치에서 열차속도 제어



[그림2.3.17] ATACS 구조도

ATACS 개발은 크게 2단계로 구분되어 진행되었다.

첫번째 단계(1997년 9월~1998년 3월)에는 열차위치감지, 열차간격 조절, 디지털통신을 이용한 열차제어데이터 송수신과 같은 기능을 개발하였고, 두 번째 단계(2000년 10월~2001년 3월)에는 구내진로제어, 평면교차로제어 등의 기능을 개발하고 기술검증을 수행하였다.

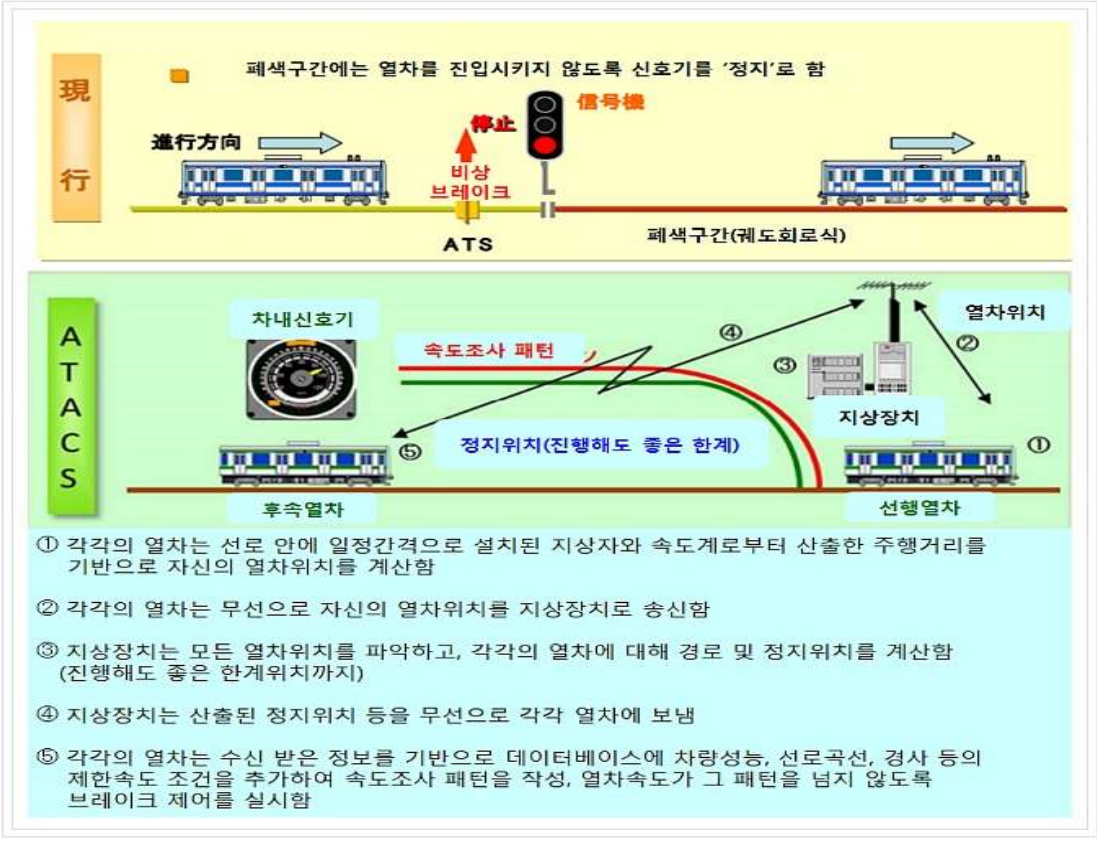
ATACS의 구조는 [그림2.3.17]과 같다. 지상제어장치는 열차추적, 간격제어, 구내진로제어, 평면교차로제어 등의 기능을 담당하며 여러 개의 기지국과 연결되어있다. 기지국은 약 3km 간격을 두고 설치되어 차상장치와 무선통신으로 데이터를 송수신한다. 열차에 탑재된 차상장치는 지상제어장치로부터 제공되는 제어데이터에 따라 열차동작을 제어하고 열차위치와 같은 정보를 내부에 탑재된 차상무선장치를 통해 전송한다. 관제시스템은 지상제어장치들과 연결되어 열차제어와 유지보수작업 지원을 담당한다.

ATACS에서는 6.25kHz 간격의 주파수 4개를 각각 16개 타임슬롯으로 나누어서 960ms 간격으로 열차제어데이터를 송수신한다. 16개 타임슬롯 중 12개는 열차제어용, 4개는 공통정보 전송용으로 사용된다. 열차제어의 기초는 차상장치가 열차의 현재 위치를 정확하게 파악하는 것에서 시작하는데, 속도측정기에 기록되는 속도 값을 시간 축으로 적분함으로써 지나온 거리를 계산하게 되며 여기에는 회전 속도계와 도

플러 속도계가 사용된다. 이 두 가지 속도 측정기를 이용하여 계산된 열차위치는 각각 약 0.3%와 0.1%의 오차를 가지는데, 선로에 설치된 ground coil을 지날 때마다 차상장치에서 정확한 값으로 보정된다.

[표2.3.3] ATACS주요사양

항목	구체적 사양
사용대역	400MHz
Carrier 간격	6.25kHz
Modulation	π/4 Shift QPSK
Cycle	960ms = 16 time slots
접속형태	TDMA
열차제어용 Time slot	12 time slots per cycle 576 bit per time slot(60ms)
Transmission	Rate 7.2kbps
출력	3W(BS), 1W(MS)



[그림3.3.18] ATACS 열차제어 개요

열차 간 거리조절은 차상장치에서 결정된 현재 열차위치를 기반으로 하여 이루어진

다. 지상제어장치에서는 현재 제어영역 내 열차들의 위치를 수집하여 진행 가능한 위치까지의 이동권한을 각 열차들에게 회신한다. 이를 수신한 각 열차는 차상장치에서 선행차량과의 거리를 고려하여 산출한 제한속도, 브레이크 성능, 노선의 경사도, 커브 등을 고려해 작성된 속도검지패턴을 바탕으로 운행된다. 무선채널을 거쳐 수신된 제어데이터는 CRC, FCS로 두 번에 걸쳐 검증되며, 에러가 감지되면 수신한 데이터는 무시한다. 제어데이터 수신이 3cycle 이상 중단되면 fail-safe 원칙에 따라 열차제동을 실시하게 된다.

4. 중국 철도 신호시스템(CTCS)

가. 개 요

일찍부터 유럽의 통신시스템인 GSM을 도입한 중국은 가장 빠르게 이러한 체계에 부합하도록 자국 내의 철도망에 대한 검토와 분석을 통해 중국열차제어시스템을 의미하는 CTCS(Chinese Train Control System)체계를 구축하고, 각각의 적용 대상 기술에 따라 Level 0, Level 1, Level 2, Level 3, Level 4로 분류하여 규정화하였다. 이는 네트워크화, 정보화, 지능화, 표준화, 안전설계 및 평가, 종합 시험 및 시운전의 목적하에 중국 철도에 대한 검토를 추진하였으며, 각각의 특성은 다음과 같다.

① 네트워크 화

현대의 열차제어시스템은 각종 신호설비의 간단한 조합뿐만 아니라 기능측면에서도 완벽한 제어시스템으로 구성되며, 시스템 내부 각 기능 단위 간에는 독립적으로 작동하지만, 동시에 상호 연계하여 정보를 교환함으로서 복잡한 네트워크화구조를 구성한다. 따라서, 운영자는 관할 구역내의 각종 상황을 전체적으로 파악하고 시스템 자원을 유연하게 배치함으로서 열차 운행을 안전하고 효율적으로 실행할 수 있도록 한다.

② 정보화

철도망에 있어서 전반적으로 정확하게 정보 전송을 구현해야만, 고속으로 운행하는 열차의 안전이 보장됨에 따라, 현대화된 철도 신호시스템은 광통신, 위성통신, 무선통신 등의 다양한 통신 기술을 이용한다.

③ 지능화

시스템의 지능화 및 제어설비의 지능화로 분류되며, 시스템 지능화는 상층 관리부문이 철도시스템을 실제 상황에 근거하여 지능적으로 통제하도록 하며, 제어시스템의 지능화는 운영자에게 필요로 하는 정보를 정확하고 빠르게 인지하도록 하여 운영자의 명령에 따라 열차 운행을 지시하고 제어한다.

④ 표준화

통일된 표준을 제정, 사용하고 양호한 설비의 상호 운용에 대한 가능성을 실현하고 상호호환성 요구에 만족하게 한다.

⑤ 안전설계 및 평가

관련된 안전 표준에 따라 설계함으로서 신호설비의 안전을 향상시키며 동시에 시스템의 생명주기에 따라서 설계를 규정화함으로서 설비 원가를 감소함은 물론, 특히 안전 평가 이론의 구축과 보급은 고속철도 운행제어시스템의 신뢰도 및 안전 성을 정량 평가하는데 중요한 수단으로 작용한다.

⑥ 종합시험, 종합 조정 및 시운전

열차제어시스템이 매우 복잡한 종합시스템으로 구성됨에 따라, 시스템 내부는 타 하부 시스템과의 복잡한 인터페이스로 인해 개통 운영전 엄격한 종합시험, 종합조정 및 시운전을 실시한다.

나. CTCS 설계개념

① CTCS level 0 & level 1

중국의 CTCS Level 0와 CTCS Level 1은 CTCS의 개념에 따라 설치된 열차제어시스템이 아니라, 기존의 일반적으로 사용하는 열차신호와 열차운행제어장치를 가지고 열차 운행을 하는 노선을 의미하며, 불연속 제어를 통해 과속보호기능이 없는 노선은 CTCS Level 0, 연속제어를 통해 과속 보호가 가능한 노선은 CTCS Level 1로 분류하였다. CTCS Level 0은 열차 제어의 기본 모드로, 120km/h 이하에만 적용하며, 지상신호가 설치되어 있는 노선으로 주어진 반면, CTCS Level 1은 120~160km에 적용되며, 차상장치 ATP에 의해 작동되고, 선로에는 발리스가 설치되어 있다.

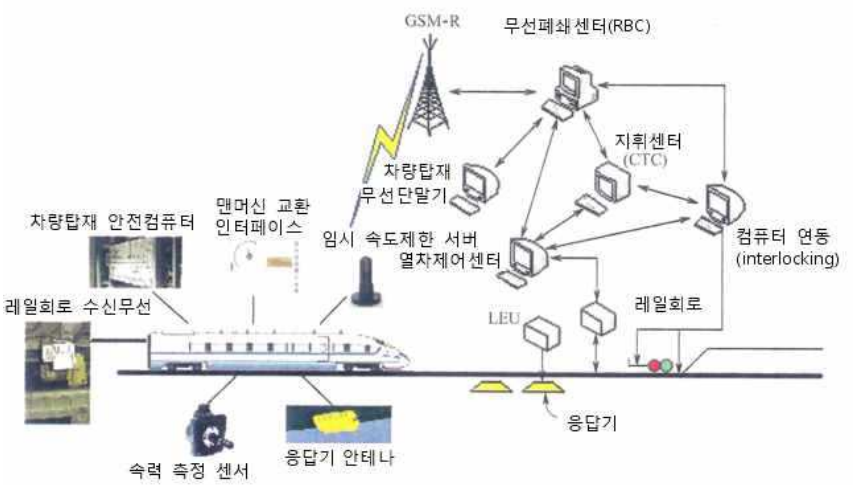
② CTCS Level 2

ETCS Level 1에서는 궤도회로가 열차 검지를 실현하며, 열차 운행에 연관된 정보의 전송은 발리스를 이용한다. 발리스는 고정형과 가변형이 있으며, 고정형은 주로 선로변 환경에 연관된 불변의 정보를 입력하여 차량의 운행시 관련 구간에 대한 감속 또

는 주의 정보 등을, 가변형은 열차 운행 속도 제어에 필요한 명령을 지상에서 차상으로 불연속적으로 정보를 전송한다. CTCS Level 2에서도 이러한 개념을 적용하여 160km/h 이상으로 열차 운행을 실행하지만, ETCS Level 1과의 가장 큰 차이점은 가변형 발리스 대신 지상에서 차상으로의 열차 운행 정보 전송이 가능한 디지털 궤도회로 또는 다중 정보 전송이 가능한 아날로그 궤도회로를 사용한다는 점으로, 대표적인 적용 노선은 합비~남경철도(합녕선)으로 조사되었다.

③ CTCS Level 3

CTCS Level 3 열차제어시스템은 궤도회로에 근거하여 열차 점유/완전성 검사를 실현하고 발리스가 열차정위 정보를 제공하며, GSM-R 네트워크를 통하여 열차 운행허가를 전송하고 목표거리 모드를 채용하여 열차의 안전운행을 감시 제어하는 열차 운행제어 시스템이다.



[그림2.3.19] CTCS Level 3 시스템 구조

적용 노선으로는 무광, 정서여객전용선 등이 있으며, 관련 특성은 다음과 같다.

- 최고운행속도 300 ~ 350km/h.

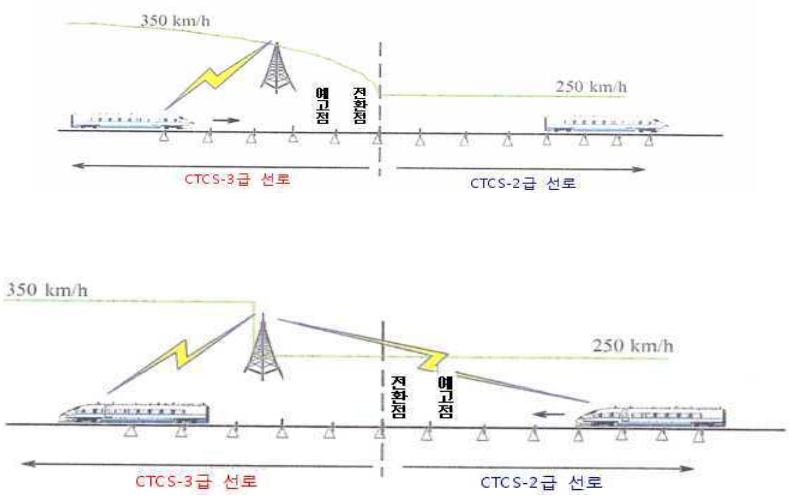
- 최소운전간격 3min.

- 4GSM-R 무선통신을 통해 열차운행 허용 정보를 전송하고 발리스가 열차거리 측정 수정 정위 정보를 제공하며, 궤도회로는 궤도점유 및 열차 무결성 검사

- 목표-거리 연속속도 제어모드를 사용하고 차상설비 제동 우선 및 기관사 제동우선 2종의 제어방식을 가지고 있으며, 일반적으로는 차상설비 제동 우선 제어방식을 채용

하여 열차안전 운행 감시

- 지상설비 배치를 통합하여 CTCS-Level 2 기능을 시스템에 통합함으로서 CTCS Level 3 열차제어시스템의 예비시스템으로 활용한다. 이는 동일 노선 위에서 다종의 열차제어시스템의 운영을 등급별로 실현하며, CTCS Level 2、Level 3 및 Level 4는 하위 레벨과 겸용이 가능하도록 구성된다. 한 예로 아래의 노선은 이러한 규정에 부합하여 운영되고 있다.



[그림2.3.20] Level 전환 운전 예
(a) Level 3 구간에서 Level 2 구간으로의 열차 운행 전환
(b) Level 2 구간에서 Level 3 구간으로의 열차 운행

- RBC는 유럽의 ETCS Level 2 열차제어시스템의 핵심 장치로, Fail-Safe 컴퓨터에 근거하는 제어시스템으로 주어진다. 따라서 지상 서브시스템이나 외부지상 시스템으로부터 받은 정보(궤도점유정보, 연동진로상태 등)에 근거하여 열차운행 허가명령을 생성하고 GSM-R 무선통신시스템을 통하여 지상에서 차상으로 정보를 전송하며 해당 관할 구역 내에서의 열차의 안전 운행을 보장한다.

④ CTCS Level 4

완전한 무선정보 전송에 근거한 열차제어시스템으로, 선로 궤도회로를 사용하지않을 수 있으며, RBC와 차상장치가 공동으로 열차위치 추적 및 무결성 검사를 완성함으로서 가상 폐색 또는 이동폐색 원리를 적용할 수 있는 시스템으로 ETCS Level 3와 동일한 특성을 갖는다.

[표2.3.4] ETCS와 CTCS Level 비교

CTCS		ETCS	
Level	구성	Level	구성
Level 0	궤도회로(열차검지) + 지상신호	Level 0	궤도회로 또는 차축계수기(열차검지) +차상신호(또는 지상신호)
Level 1	기존 궤도회로 + 차상 신호		
Level 2	궤도회로(열차운행정보전송) + 발리스(선로변 정보)	Level 1	궤도회로 또는 차축계수기(열차검지) +발리스(열차운행정보 및 선로변 정보)
Level 3	궤도회로(열차검지) + 발리스(선로변 정보) + GSM-R(열차이동권한)	Level 2	궤도회로 또는 차축계수기(열차검지) + 발리스(열차운행정보 및 선로변정보) + GSM-R(열차이동권한)
Level 4	발리스(선로변 정보) + GSM-R + 이동폐색	Level 3	발리스(선로변 정보) + GSM-R+ 이동폐색

다. 중국열차제어시스템(CTCS) 적용현황

① 청장선

GSM-R무선통신 및 GPS 위치추적기술의 강화형 열차제어시스템에 근거하여 ITCS는 역 컴퓨터 연동, 역간 가상폐색 및 열차제어를 통합 하여 차상신호설비 주체화를 실현하고 현장설비를 효과적으로 감소시켰다. ITCS는 운영관리기구로 하여금 최소한의 시설물 구축 및 설비투자의 상황하에서 비교적 높은 운영효율을 획득하게 하며 고속주행 및 가상폐색시스템제어의 안전확보에 만족하고 신호제어기술의 선례를 만들었다. ITCS는 전통적인 신호시스템에 비해서 다양한 선진 기능을 가지고 있으며 양방향 연속으로 차상과 지상간 무선통신을 사용하고 차상신호를 열차를 운행하는 주신호로 하였다.

자동폐색, 컴퓨터연동제어 및 열차운행 과속 보호제어를 통합하여 열차운행을 감시하고 추적할 수 있다. 청장철도 격라(格拉)구간은 GSM-R디지털 이동통신 시스템을 사용하며 열차사령통신, 구간업무통신, 안전보위통신, 구조통신 및 안전/비안전 데이터(예:열차제어, 차량번호, 사령)의 전송 등의 기능을 실현했다. 분산형자율기능으로 구비한 운영사령시스템 CTC는 운행차량 및 관리의 장거리화, 정보화, 지능화를 실현했고 현장 운영 인원수를 효과적으로 감소했으며 청장철도 격라구간에서 무인화

86%를 실현했다.

② 합비～남경철도 (합녕선)

중국 최초로 여객전용선 CTCS-2급 열차제어시스템 기술규범에 근거하여 건설한 여객전용선이며 최고 운행속도가 250km/h이다. 합녕선 CTCS-2급 열차제어시스템 주요기능은 다음과 같다.

: 기관사가 정상 운전하는 것을 방해하지 않은 범위 내에서 열차의 안전운행을 확보한다.

: 어떤 상황에서도 운행허가 없이 운행하고 열차 과속 운행하는 것을 방지한다.

- 열차가 진로의 허용속도를 초과하는 것을 방지함
- 열차가 노선 선구에서 규정한 속도를 초과하는 것을 방지함
- 열차가 차량구조의 속도를 초과하는 것을 방지함
- 열차가 임시 제한속도 및 긴급 제한속도를 초과 하는 것을 방지함
- 열차가 철도 관련 운행 설비의 제한속도를 초과 하는 것을 방지함
- 열차가 규정속도를 초과하여 차량의 교체 작업하는 것을 방지함
- 열차가 규정속도를 초과하여 진입하는 것을 방지함

5. 그 외 해외 철도 시스템 현황

가. 인도의 철도시스템

인도철도 시스템은 “One India One ATC” 정책으로 ETCS 적용이 확대될 것으로 예상된다. 인도는“One India One ATC”를 통해 현재-미래 철도 간 상호운용성 증진, 서비스 용량, 속도, 안전성, 가용성 향상이 가능할 것으로 예상하고 있다. 인도 철도청은 통신부문 구축 체획을 별도로 제시하고 MTRC(Mobile Train Radio Communication) 시스템으로 GMS-R을 채택하는 것으로 발표하였으며(Ministry of Railways,2010), 정책적인 측면에서 유럽, 중국 등과 유사하게 인도도 단일 시스템으로 철도 무선통신망 구축을 계획하고 있다. (Chandrika Prasad and Peter Winter,2010).

따라서 인도는 2020년까지 중장기적으로 GSM-R이 확대 구축될 것으로 예상되며, 차세대 무선통신망 기술의 도입은 늦춰질 것으로 전망된다. 인도는 GSM 국가로써 해당 주파수 대역을 철도 전용통신망으로 활용하기에 유리한 점이 있으며, 기 구축된 GSM-R 시스템을 확장하여 국가 철도 통합무선망 구축을 추진하고 있음을 알 수 있다.

나. 대만의 철도시스템

대만은 고속철도 무선통신시스템으로 TETRA를 채택한 최초 사례로써 운영/유지보수인원 간 음성/데이터 통신 및 통제센터와 고속철도간 통신에 TETRA를 활용하고 있다. 시스템은 Motorola Dimetra-IP가 되입되었으며, 28개 사이트(EBTS 2식, 6개 사이트는 Test track 구간)로 기지국이 구축되고, 차량용 18세트(MTM700), 휴대용 332대(MTP750)의 무전기와 기타 PA, Telephone System, Traffic control system 등의 시스템이 도입되었다. 대만은 380-400MHz의 TETRA시스템을 기반으로 무선통신 시스템, CAD 및 Trainborne Sub-system, 터널과 역사 내 커버리지 확보 시스템, 안테나 UPS등으로 철도 무선지령시스템을 구성하였다. 구축 사업자는 2002년 11월 Motorola로 선정되었으며, 2004년 11월 시험선에서 시험, 검증되었다. 본선 무선시스템의 개별 시험은 315Km/h의 속도에서 2005년 12월에 완료되었다. (Motorola, 2005)

다. 인도네시아 철도시스템

인도네시아 철도 시스템은 인도네시아 철도청 PT.KAI의 jr.Manager Ahmad Sugiana와 이메일을 통하여 자료를 받았으며, 철도신호사업연구조합과 PT.KAI와 MOU 또한 체결하였다. 인도네시아의 철도 설계 조건은 다음과 같다.

1. 현장설비의 최소화
2. 열차감지를 위한 Axle counter 사용
3. 기계실 장비와 현장설비가 인터페이스를 위한 계전기 사용
4. 낙뇌 조건 준수
5. 자보타벡의 환경조건 준수(장마, 건기)
6. 분산형 연동장치 사용
7. 하루 120만명
8. 운전시격 5분
9. Open block system
10. 교통관리시스템 지원
11. 도난에 보호
12. 가격경쟁력
13. 자동열차정지(ATS) 옵션

다음 [그림2.3.21]은 철도신호사업연구조합과 PT.KAI와 MOU체결 자료이다. 현재 철도신호사업연구조합과의 협의를 지속적으로 추진 예정이다.



MINUTES OF MEETING

In the collective interest of finding solution issues, **Korean Railway Signal Research Association and PT. Kereta Api Indonesia (Persero)** welcome and support the formation of a collaborative partnership to find out signaling system for Indonesia.

We confirm support for a joint partnership follow:

"Committed to working together in researching and developing signaling system to solve its problems in PT. Kereta Api Indonesia (Persero)."

The guiding principles seek to:

- Partnership working
- Share technology and information are connected with the research
- Deliver solution to solve signaling problems in Indonesia
- Develop new signaling system that is suitable for Indonesian environment.

In forming the agreement, it is important to communicate each other especially during the research process. The research developed by the formation of this partnership should ensure an understanding of each other's perspective and greater opportunities to collectively achieve our common objectives.

Bandung, July 5th 2013

Prof. Keyseo Lee
Chief
Korean Railway Signal Research Association

Suryawan Putra Hia
Vice President of Signaling, Telecom. and Electricity
PT. Kereta Api Indonesia (Persero)

[그림2.3.21] 인도네시아 PT.Kai MOU

6. 결론

1) 유럽은 ERTMS/ETCS 표준을 정하여 국가간 상호운영을 하고 있다. level 1,2,3로 구분하여 등급을 나누고, level 2는 GSM-R방식의 무선을 사용하며 일반선과 고속선에 적용하고 있다. baseline 3 규격을 제시하여 상호운영성을 강화하고 있으며, 세계 각국으로 표준이 확산되어 가고 있다.

2) 미국은 PTC(Positive Train Control) 표준을 만들어 2015년 말까지 전국에 설치하기로 하였다. 미국 철도의 특성상 GPS와 무선을 사용한다.

3) 일본은 세계 진출을 목표로 ATACS (Advanced Train Administration and Communication System)을 개발하여 상용화 하고 있다.

4) 중국은 ETCS 표준을 세분화하여 CTCS로 정하고 GSM 방식을 사용하며, 일반선과 고속선에 사용하고 있다.

5) 기타 동남아 국가들은 ETCS에 많은 관심을 보이고 있는 상태이다.

제 4 절 세계 CBTC 현황

1. CBTC 기술현황

해외 선진국의 철도수송 분담률이 50 ~ 70%에 이르고 있는 상황에서, 철도운영기관은 철도운영효율향상을 위해서 궤도회로(track circuit)를 대신한 새로운 열차제어시스템을 개발·운용하였음. 초기에는 유도루프 또는 패턴벨트를 이용했으며, 1990년 초부터 는 무선LAN을 이용한 무선통신(RF : Radio Frequency)기반의 열차제어시스템을 개발하고 실용화 중에 있다.

해외의 경우도 무선통신 링크는 크게 열차제어용 무선통신과 정보통신용 무선통신으로 구분되어질 수 있으며, 무선통신기술을 이용한 열차제어시스템이 경전철 및 도시철도를 중심으로 CBTC 시스템이 개발되어 적용되고 있으며, 간선 및 고속철도에서는 철도만을 위한 통신표준인 GSM-R 무신통신을 이용한 ETCS-2 시스템이 적용되기 시작하고 있고.

현재 철도통신기술에서 무선광대역통신기술의 발전으로 앞으로 4세대 철도통신기술이 개발되어 실용화될 것을 기대하고 있음. 4세대 기술은 "광대역" 그리고 "통합"이라는 키워드로 발전하고 있으며, 세계적으로 모바일 와이맥스, LTE, 와이브로 등 무선광대역통신기술이 나날이 발전하여 언제어디서나 고속으로 이동 중에 무선네트워크에 접속하여 서비스를 받을 수 있는 IMT-advanced 혹은 4G 기술이 실현을 목전에 두고 있음.

국내외에서는 열차운전시격단축, 열차운행규칙개선 및 유지보수개선 등 요구사항을 해결하기 위하여 새로운 신호시스템을 개발하거나 이를 운행 중에 있음. 현재까지 진행되고 있는 신호시스템의 개발과정을 간단하게 정리하면 다음 그림과 같음. 무선통신기반 열차제어시스템은 궤도회로대신 무선통신설비를 사용하여 지상-차상간 연속적인 양방향 통신을 구현하고, 폐색구간에 의한 안전거리대신 선행열차와 후속열차의 주행속도와 제동성능을 토대로 안전간격을 확보함.

열차간 안전거리, 승객의 열차대기시간, 열차간의 운전시격 단축 등으로 열차편성수를 늘릴 수 있고, 폐색구간마다 궤도회로를 설치할 필요가 없음. 별도의 정보전송장치를 설치할 필요가 없기 때문에 지상설비의 수가 감소되어 유지보수의 비용을 감소시킬 수 있음

2. 발전 현황 및 구축 현황

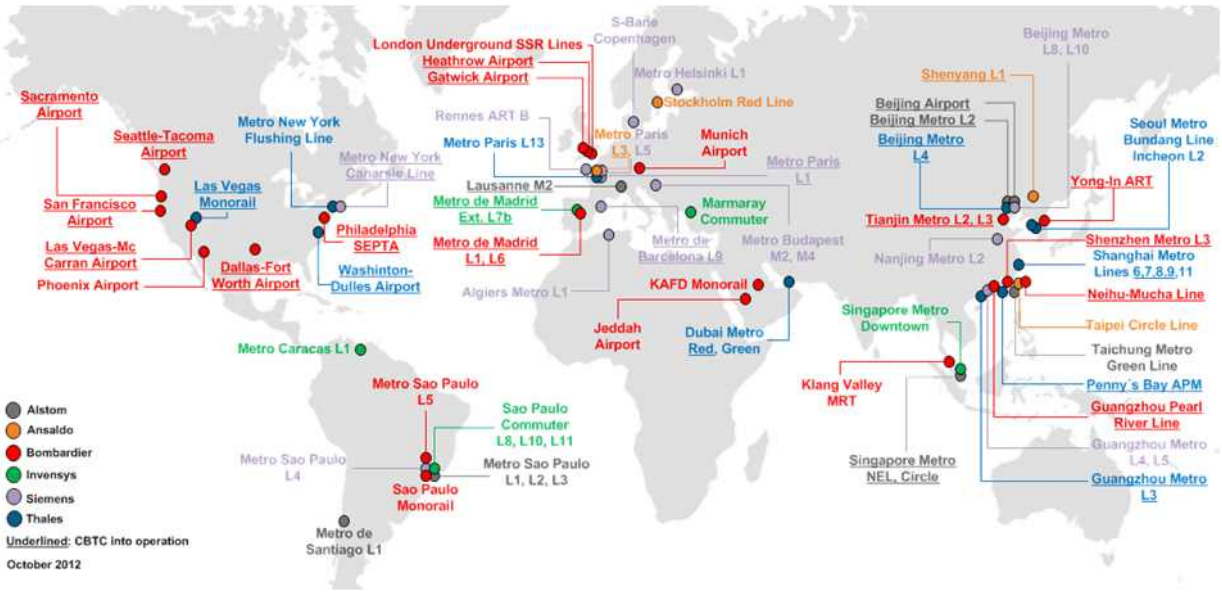
도시철도/경전철의 신호시스템의 발전 현황을 보면 기존노선의 연장하고 있으며, 일부 신규 노선등에 기존의 궤도회로 및 속도코드 방식의 시스템이 여전히 적용 되고

있다. 하지만 대부분의 신규노선에는 CBTC 시스템이 적용 되고 있는 추세이다. CBTC시스템은 제작사 별로 독자적인 기술을 보유 하고 있으며, 제작사별 CBTC시스템 현황은 [표2.4.1]과 같다.

[표2.4.1] 제작사별 CBTC 시스템 현황

제작사	제품명	차-지상 통신 프로토콜	열차 절대위치 보정(결정)	비고
Alstom	URBALIS	RF: (독자 프로토콜) IAGO Microwave wave guide	Eurobalise or URBALIS: Unknown	
Ansaldo STS	CBTC	RF : 802.11 (WiFi)	Beacon	
Bombardier	CITYFLO	RF: (상용품) Safetran S3 Link Ethernet Radio	Industry Standard Tag	
GE Signaling	CBTC	RF: EPLRS (독자 프로토콜)	Radio Ranging using EPLRS	
Hyundai-Rotem	CBTC	RF: 개방형 IEEE 802.11	Industry Standard Tag	
Nippon Signal	SPARCS	독자 프로토콜	Beacon	
Siemens	Trainguard MT	IL: 독자 프로토콜 RF: GSM, Meteor(Air Gap proprietary)	IL: Loop crossover RF: NYCT RF-ID Tag or Eurobalise	
Thales	Seltrac	RF: 개방형 IEEE 802.11 Alvarion IL: LZB & 56 kHz carrier 기본 독자 프로토콜	RF: Industry Standard Tag IL: Loop Crossover	
Wabtec	CBTM	RF: IEEE 802.11, ATCS 200 , 독자 프로토콜	-	

그림은 전세계적으로 CBTC신호시스템의 구축 현황을 나타내고 있다. CBTC시스템은 Top3 제작사인 Bombardier, Siemens, Thales 3개 회사가 전세계 시장의 70%이상을 점유하고 있음을 알 수 있다.



[그림2.4.1] CBTC 구축 현황

[표2.4.2] CBTC 운용 현황

Location	Line/System	Supplier	Solution	Commissioning	km	No. of trains	Type of Field	Level of Automation[20]
Beijing Metro	1, 2, 6, 9	Alstom	Urbalis	From 2008 to 2015	116	206	Brownfield and Greenfield	STO
Metro de Madrid	1, 6 [21]	Bombardier	*CITYFLO* 650	2008	48	143	Brownfield	STO
Las Vegas-McCarran Airport	McCarran Airport APM	Bombardier	*CITYFLO* 650	2008	2	10	Brownfield	UTO
London Heathrow Airport	Heathrow APM	Bombardier	*CITYFLO* 650	2008	1	9	Greenfield	UTO
Metro de Barcelona	9	Siemens	Trainguard MT CBTC	2009	46	50	Greenfield	UTO
New York City Subway	BMT Canarsie Line	Siemens	Trainguard MT CBTC	2009	17	69[22]	Brownfield	STO
Washington-Dulles Airport	Dulles APM	Thales	SelTrac	2009	8	29	Greenfield	UTO
Beijing Metro	4	Thales	SelTrac	2009	29	40	Greenfield	STO
Shanghai Metro	6, 7, 8, 9	Thales	SelTrac	2009	172	164	Greenfield and Brownfield	STO
Taipei Metro	Neihu-Mucha	Bombardier	*CITYFLO* 650	2009	26	76	Greenfield and Brownfield	UTO
Milan Metro	1	Alstom	Urbalis	2010	27	68	Brownfield	STO
Shenzhen Metro	2 [23], 5 [23]	Alstom	Urbalis	2010, 2011	76	65	Greenfield	STO
Philadelphia	SEPTA Light Rail Green Line	Bombardier	*CITYFLO* 650	2010	8	115		STO
Shanghai Metro	10, 12, 13, 16	Alstom	Urbalis	From 2010 to 2013	152	152	Greenfield	UTO and STO
Beijing Metro	Fangshan Line	Alstom	Urbalis	2010	25	24	Greenfield	STO
Beijing Metro	Daxing Line	Thales	SelTrac	2010	22		Greenfield	STO
Guangzhou Metro	Pearl River Line APM	Bombardier	*CITYFLO* 650	2010	4	19	Greenfield	DTO
Guangzhou Metro	3	Thales	SelTrac	2010	67	40	Greenfield	DTO
Tube Lines	Jubilee Line	Thales	SelTrac	2010	37	63	Brownfield	STO
London Gatwick Airport	Terminal Transfer APM	Bombardier	*CITYFLO* 650	2010	1	6	Brownfield	UTO
Paris Métro	3, 5	Ansaldo STS / Siemens	Inside RATP's Ouragan project	2010, 2013	26	40	Brownfield	STO
Yongin	EverLine	Bombardier	*CITYFLO* 650	2011	19	30		UTO
Shenzhen	3 [24]	Bombardier	*CITYFLO* 650	2011	42	43		STO
Metro de Madrid	7 Extension MetroEste	Invensys	Sirius	2011	9	?	Brownfield	STO

Dubai Metro	Red, Green	Thales	SelTrac	2011	70	85	Greenfield	UTO
Busan & Gimhae Metro	Busan-Gimhae Light Rail Transit	Thales	SelTrac	2011	23.5	25	Greenfield	UTO
Shenyang Metro	1	Ansaldo STS	CBTC	2011	27	23	Greenfield	STO
Sacramento International Airport	Sacramento APM	Bombardier	*CITYFLO* 650	2011	1	2	Greenfield	UTO
Paris Métro	1	Siemens	Trainguard MT CBTC	2011	16	53	Brownfield	DTO
Tianjin Metro	2, 3	Bombardier	*CITYFLO* 650	2012	52	40		STO
Singapore Metro	Circle	Alstom	Urbalis	2009	35	46	Greenfield	UTO
Mexico City Metro	12 [25]	Alstom	Urbalis	2012	25	30	Greenfield	STO
Guangzhou Metro	6	Alstom	Urbalis	2012	24	27		ATO
Metro Santiago	1	Alstom	Urbalis	2012	20	42	Greenfield and Brownfield	DTO
São Paulo Metro	1, 2, 3	Alstom	Urbalis	2012	62	142	Greenfield and Brownfield	UTO
Algiers Metro	1	Siemens	Trainguard MT CBTC	2012	9	14	Greenfield	STO
Phoenix Sky Harbor Airport	PHX Sky Train	Bombardier	*CITYFLO* 650	2012	3	18	Greenfield	UTO
Riyadh	KAFD Monorail [26]	Bombardier	*CITYFLO* 650	2012	4	12	Greenfield	UTO
Shanghai Metro	11	Thales	SelTrac	2012	67	58	Brownfield and Greenfield	STO
São Paulo Commuter Lines	8, 10, 11	Invensys	Sirius	2012	107	136	Brownfield	UTO
Helsinki Metro	1	Siemens	Trainguard MT CBTC	2014	35	?	Greenfield and Brownfield	STO[27]
Kunming Metro	1, 2	Alstom	Urbalis	2013	42	38	Greenfield	
Málaga Metro	1, 2	Alstom	Urbalis	2013	17	15	Greenfield	
Wuhan Metro	2, 4	Alstom	Urbalis	2013	60	45	Greenfield	STO
Toronto Metro	YUS line	Alstom	Urbalis	2013	31	39	Brownfield	STO
Paris Métro	13	Thales	SelTrac	2013	23	66	Brownfield	STO
Beijing Metro	8, 10	Siemens	Trainguard MT CBTC	2013	49	82		STO
Nanjing Metro	2, 10	Siemens	Trainguard MT CBTC	2013	38	35	Greenfield	
Caracas Metro	1	Invensys	Sirius	2013	21	?	Brownfield	
Edmonton Light Rail Transit	Edmonton North LRT	Thales	SelTrac	2013	12	94	Brownfield	DTO

São Paulo Metro	15	Bombardier	*CITYFLO* 650	2014	25	54	Greenfield	UTO
Stockholm Metro	Red	Ansaldo STS	CBTC	2014	41	30	Brownfield	STO->UTO
Seoul Metro	Bundang Line	Thales	SelTrac	2014	30.5	12	Greenfield	UTO
Jeddah Airport	King Abdulaziz APM [28]	Bombardier	*CITYFLO* 650	2014	2	6	Greenfield	UTO
Dubai Metro	Al Sufouh LRT	Alstom	Urbalis	2014	10	11	Greenfield	STO
Ningbo Metro	1	Alstom	Urbalis	2014	21	22	Greenfield	
Panama Metro	1	Alstom	Urbalis	2014	13,7	17	Greenfield	
Incheon Metro	2	Thales	SelTrac	2014	29	37	Greenfield	UTO
Hong Kong MTRC	Hong Kong APM	Thales	SelTrac	2014	4	14	Brownfield	UTO
Nanjing Metro	Nanjing Airport Rail Link	Thales	SelTrac	2014	36	15	Greenfield	STO
Munich Airport	Munich Airport T2 APM	Bombardier	*CITYFLO* 650	2014	1	12	Greenfield	UTO
Wuxi Metro	1, 2	Alstom	Urbalis	2015	58	46	Greenfield	STO
Amsterdam Metro	L50, L51, L52, L53, L54	Alstom	Urbalis	2015	62	85	Greenfield and Brownfield	
São Paulo Metro	5	Bombardier	*CITYFLO* 650	2015	20	34	Brownfield & Greenfield	UTO
São Paulo Metro	17	Thales	SelTrac	2015	17.7	24	Greenfield	UTO
Taipei Metro	Circular	Ansaldo STS	CBTC	2015	15	17	Greenfield	UTO
New York City Subway	IRT Flushing Line	Thales	SelTrac	2015	17	46[29]	Brownfield and Greenfield	STO
Singapore Metro	North South Line	Thales	SelTrac	2015	57	87	Brownfield	UTO
Delhi Metro	Line 7	Bombardier	*CITYFLO* 650	2015	55			
Disney World	Disney World Monorail	Thales	SelTrac	2016	22	15	Brownfield	UTO
Kuala Lumpur Rail Transit	Ampang Line	Thales	SelTrac	2016	35	20	Brownfield	UTO
Hyderabad Metro Rail	L1, L2, L3	Thales	SelTrac	2016	72	57	Greenfield	UTO
Singapore Metro	Downtown Line	Invensys	Sirius	2016	40	73	Greenfield	UTO
Hong Kong Metro	SIL	Alstom	Urbalis	2017	7	14	Greenfield	UTO
Lille Metro	1	Alstom	Urbalis	2017	15	27	Brownfield	UTO
Taichung Metro	Green	Alstom	Urbalis	2017	18	29	Greenfield	UTO
Kuala Lumpur MRT	Klang Valley MRT	Bombardier	*CITYFLO* 650	2017	51	74	Greenfield	UTO
Singapore Metro	East West Line (EWL) and Tuas West Extension (TWL)	Thales	SelTrac	2017	57	87	Brownfield	UTO

London Underground	SSR Lines: Metropolitan, District, Circle, Hammersmith & City	Bombardier	*CITYFLO* 650	2018	190	334	Brownfield	STO
Rennes ART	B	Siemens	Trainguard MT CBTC	2018	12	19	Greenfield	UTO
Copenhagen S-Train	All lines	Siemens	Trainguard MT CBTC	2018	170	136	Brownfield	STO
Ottawa Light Rail	Confederation Line	Thales	SelTrac	2018	12.5	34	Greenfield	STO
Budapest Metro	M2, M4	Siemens	Trainguard MT CBTC	2013 (M2) 2014 (M4)	17	41		
Guangzhou Metro	4, 5	Siemens	Trainguard MT CBTC	?	70	?		
São Paulo Metro	4	Siemens	Trainguard MT CBTC	?	13	14	Greenfield	UTO
Marmaray Lines	Commuter Lines	Invensys	Sirius	?	77	?	Greenfield	STO
Tokyo	Jōban Line	Thales	SelTrac	?	30	70	Brownfield	STO

San Francisco Airport	AirTrain APM	Bombardier	*CITYFLO* 650	2003	5	38	Greenfield	UTO
Singapore Metro	North-East Line	Alstom	Urbalis	2003	20	40	Greenfield	UTO
Massachusetts Bay Transportation Authority	Mattapan	Argenia Railway Technologies	SafeNet CBTC	2013	6	12	Greenfield	STO
Seattle-Tacoma Airport	Satellite Transit System APM	Bombardier	*CITYFLO* 650	2003	3	22	Brownfield	UTO
Las Vegas	Monorail	Thales	SelTrac	2004	6	36	Greenfield	UTO
Wuhan Metro	1	Thales	SelTrac	2004	27	32	Greenfield	STO
Dallas-Fortworth Airport	DFW Skylink APM	Bombardier	*CITYFLO* 650	2005	10	64	Greenfield	UTO
Hong Kong Disneyland	Penny's Bay Line	Thales	SelTrac	2005	3	3	Greenfield	UTO
Lausanne Metro	M2	Alstom	Urbalis	2008	6	17	Greenfield	UTO
Beijing	Airport Express	Alstom	Urbalis	2008	28	10	Greenfield	DTO

3. CBTC 표준화 동향

CBTC시스템의 표준화를 위해 MODUBAN(Modular Urban Guided Rail System project) 프로젝트를 2005년 1월 1일 시작하여, 2008년까지 4년간 진행하였다. 그리고 CBTC IEEE 워킹그룹을 통한 표준 규격 개정 및 추가가 진행중에 있다.

가. MODURBAN

(1) 개요

- 유럽중심의 도시철도 시스템 전체에 대한 표준화 프로젝트
- 주요 철도산업 제작사 및 유럽철도 운영기관이 공도으로 진행한 연구개발 프로젝트
- 차세대 도시 대중교통시스템 방안으로 혁신적/개방형의 공통 핵심 시스템 구조와 인터페이스(제어, 에너지 절감, 서브시스템 인터페이스)에 대한 설계, 개발, 시험 진행
- 12개 유럽공동체 국가에서 총 39개 컨소시엄사 참여
- 2005년 1월 1일에 시작, 2008년까지 4년간 진행

(2) 목표

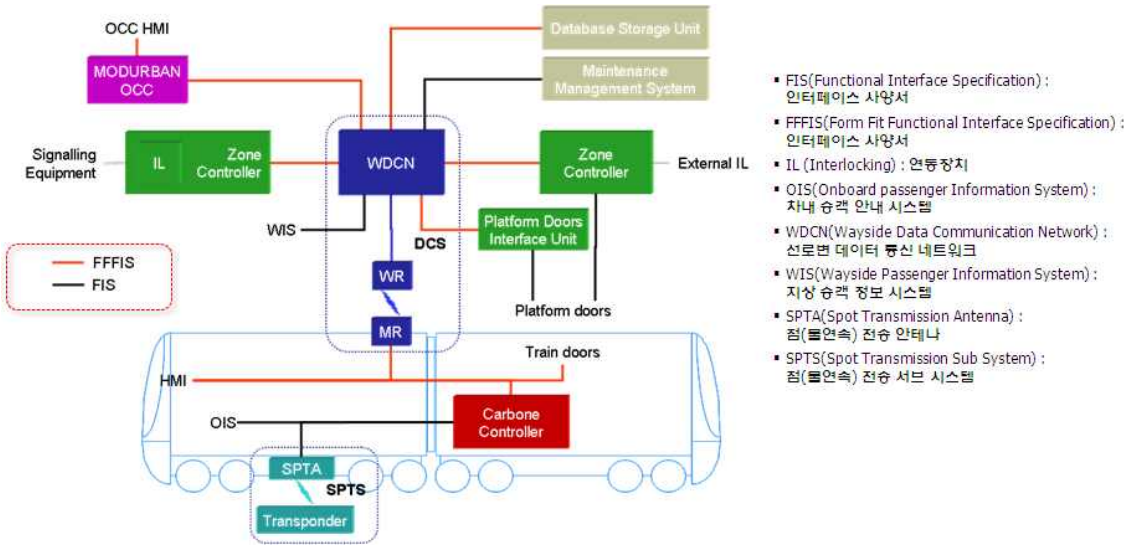
- 평균 10% 비용 절감
- 모듈화된 시스템 구조로 인한 공급사 입찰 비용 절감(약25%)
- 운영사를 위한 25%이상 신뢰성 향상, 30%이상 유지보수 비용 절감
- 수송능력 향상(예:80초 운전시격, 최소 영업운행 속도L 30km/h 이상)
- 에너지 효율 증가

(3) 특징

- 기존 노선의 연장, 개보수 및 신규 노선에 적용할 수 있음.
- 비용 측면에서 유인운전에서 무인운전으로의 효과적인 전환을 가능하게 함.
- 검증되지 않은 서브시스템/신규 차량에서 발생할 수 있는 위험성을 회피
- 프로토타입 장비는 실제 조건에서 시험(마드리드 메트로)

(4) 시스템 구조

- 공통 구조 정의
- 옵션 사항을 제한하여 기능 할당
- 상호 교환가능한 모듈 정의
- 인터페이스의 사양 레벨 정의(기능별 또는 전체)



[그림2.4.2] MODURBAN 시스템 구조

(5) MODURBAN 프로젝트 최종 결과

▪ 2008년 12월 4일 UITP(국제공공교통연합) 메트로 컨퍼러스

- MODURBAN의 주요 진행 결과 발표

▪ 2008년 12월 16일 마드리드 메트로 시험

- 마드리트 메트로 노선에서 MODURBAN 시스템 시험 완료

(6) MODURBAN 결론

▪ 즉시 사용 가능한 시스템 기능 요구사양서 제공

- 모든 운영사에 적합한 수동운전 열차부터 무인 운전까지 다양한 시스템에 적용

▪ 공통의 기본 구조 정의

- 옵션 사항을 제한하여 기능을 할당

▪ 상호 교환가능한 모듈 정의

- 소프트웨어 및 하드웨어 모듈화

▪ 운영사 및 산업에 장점 제공

- 시스템 비용 감소

- 입찰제안서 및 입찰과정 간소화

- 에너지 절감

- 운영사와 공급사간 역할 및 책임 명료화

▪ 규격화된 표준 솔루션의 요구사항 및 개발 기준으로 기대

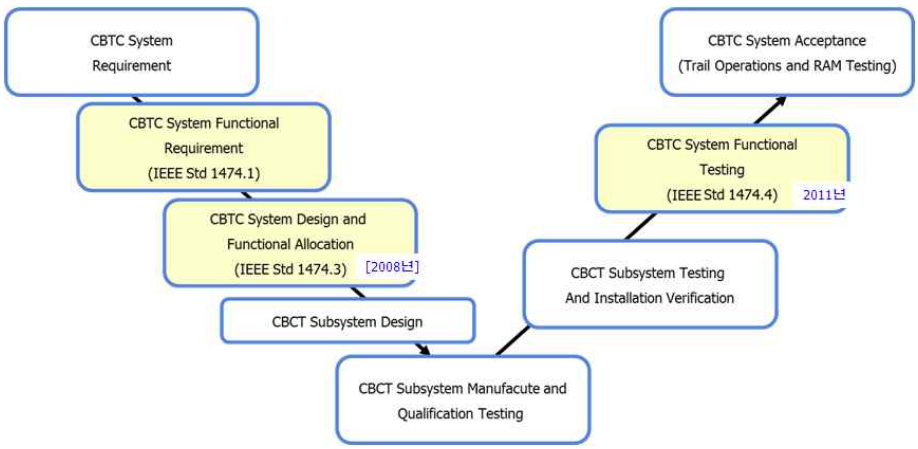
▪ 2008년 완료 이후 더 이상 진행사항 없음(현재까지 실용화로 이어지지 못함)

나. IEEE-CBTC Standard

IEEE RTCS(Rail Transportation Standard Committee) WG2는 CBTC 워킹그룹으로 아래의 4개 CBTC 표준을 개발하였다. CBTC 표준을 개발함에 있어 WG2는 운영사, 공급사 및 관련 기관의 지원에 의해 진행 되었다.

IEEE Std 1474.1TM 2004 (R2009) 성능/기능 요구사항	● Communications-Based Train Control (CBTC) Performance and Functional Requirements ▪ 1999년 최초 제정, 2004년 무인열차 운전 관련 개정, 2009년 개정 없이 재확인(re-affirm) ▪ 전 세계적으로 통용되는 표준 ▪ PTC(Positive Train Control)에 대한 FRA(Federal Railway Administration)최종 규정에서 참조
IEEE Std 1474.2TM 2003 (R2008) 사용자 인터페이스 요구사항	● User Interface Requirements in Communications-Based Train Control (CBTC) Systems ▪ 2003년 최초 제정, 2008년 개정 없이 재확인(re-affirm) ▪ 운영관련 및 유지보수 관련 사용자 인터페이스 제공 ▪ PTC(Positive Train Control)에 대한 FRA(Federal Railway Administration) 최종 규정에서 참조
IEEE Std 1474.3TM 2008 설계, 기능할당 권장 사항	● Recommended Practice for Communications-Based Train Control (CBTC) System Design and Functional Allocations ▪ 2008년 9월 최초 제정 ▪ 개별 CBTC 서브시스템에 대한 기능 요구사항을 할당하는데 최신의 기술 및 최적의 사례를 제공 ▪ 더 나은 CBTC 시스템 구조/ 운영 원리를 이해하기 위한 유용성 제공
IEEE Std1474.4TM 2011 기능시험 권장사항	● Recommended Practice for Functional Testing of a Communications-Based Train Control (CBTC) Systems ▪ 2011년 9월 최초 제정 ▪ 시험 효율성 및 효과를 극대화하기 위한 CBTC시스템 off-site/on-site 기능 시험 범위 및 절차를 정의

선진 제작사는 워킹 그룹에 가입하여 CBTC 표준 개정 및 작성에 적극적으로 참여하였다.



[그림2.4.3] CBTC 표준간 관계 구축

4. 결론

1) CBTC는 IEEE1474 표준에 따라 시스템을 구성하고 공급사들의 Know-How를 바탕으로 자기 제품을 만들어 공급하고 있으며, Bombardier, Siemens, Thales 3개 회사가 전세계 시장의 70%이상을 점유하고 있다.

2) CBTC 표준화를 위하여 MODURBAN 프로젝트를 수행 하였으나, 지하철이나 경전철은 시스템 공급방식이 일반철도와는 달라 각 기업들이 자기 고유의 제품으로 시장에 대응하고 있다.

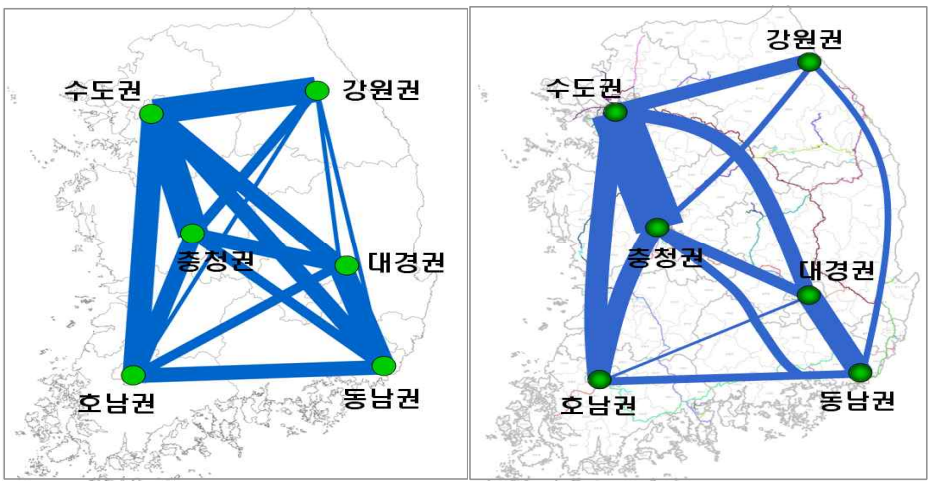
3) 지하철 경전철은 UTO(Unmanned Train Operation)방식으로 완전 무인화를 하여 안전을 강화하고 운영효율을 높이려고 하는 추세이다.

제 5 절 국내외정책 동향 조사

1. 국내 철도 정책

국토교통부는 2013년 정책 자료집에서 미래사회에 대비한 녹색교통 시대를 위한 국가철도망 구축을 위하여 효율적 철도투자를 위한 국가철도망 구축계획의 수립, 전국을 1시간 30분대로 연결하는 철도망 확충, 도시·광역철도망 구축, 철도 이용 확대와 철도산업 경쟁력 제고, 철도 안전 선진화, 미래철도 성장 동력 확충을 위한 기술개발이라는 목표를 설정하였으며 세부내용은 다음과 같다.

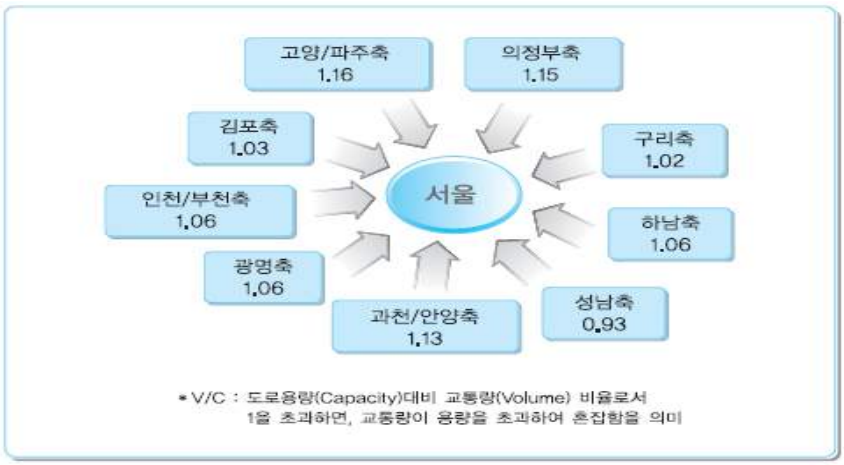
- 에너지 위기, 기후변화시대 도래로 녹색성장이 세계적 조류로 부상함에 따랄 교통부문에서도 저탄소 녹색교통체계 구축의 필요성이 제기되어 철도에도 투자가 확대되어 투자를 보다 체계적이고 효율적으로 추진하기 위하여 중장기적인 국가철도망 구축계획의 필요성이 제기되었고 이를 위하여 철도건설법이 제정(2004년 12월 31일)됨에 따라 10년 단위 국가철도 건설계획이 수립되었는데 제1차 국가철도망 구축계획(2006~2015년)이 고시되어 시행중이며, 수립된 날로부터 5년마다 검토 및 변경기준에 따라 2011년 4월에 제2차 국가철도망 구축계획을 고시한 바 있다. 제1차 국가철도망 구축계획에서는 180~200㎞/h 이상 철도 운행으로 속도 경쟁력 대폭 강화, 주요 철도역 30분 이내 접근, 안전성 친환경성 쾌적성 향상 등을 목표로 추진되었다. 제2차 국가철도망 구축계획은 2020년에 KTX 고속철도망을 통해 '90분 생활권' 실현을 목표로 하였는데, 이는 2010년 9월 발표한 '미래 녹색국토 구현을 위한 KTX 고속철도망 구축전략' 을 구체화한 것으로 KTX망을 토한 전국 주요 거점의 90분대 연결, 대도시권 30분대 광역·급행 철도망 구축, 녹색 철도물류체계 구축 등을 추진하여 국토를 최단거리로 잇는 'X자형' 노선과 해안권을 잇는 'ㅁ자형'의 결합노선으로 전국 철도를 구축하도록 하는 중점과제를 선정하였으며 이를 시행중이다.



[그림2.5.1] 광역경제권간 통행희망도 및 국가 철도망 구상

- 전국을 1시간 30분대로 연결하는 철도 구축망 확충을 위하여 지속적인 고속철도망 구축과 국가간선철도망 건설 계획을 시행하고 있으며, 현재는 경부 고속철도 2단계, 호남고속철도, 수도권 고속철도를 건설 중이고, 국가간선철도망 구축은 주요 거점도시를 일상 통근시간 대인 1시간 30분 내에 연결하여 하나의 도시로 통합하는 것을 목표로, 첫째 전국 주요 거점을 녹색 KTX망으로 연결하기 위하여 기존 경부 및 호남 고속철동와 연계하여 포항, 마산, 진주, 전주, 순천 등의 지역까지 KTX 서비스를 확대하고, 둘째, 경춘, 전라, 중앙, 장항, 동해, 경전선 등 이미 건설 운영 중인 노선은 선로 직선화, 신호 등 시설 개량을 통해 최대 230㎞/h까지 고속화를 추진하며, 셋째, 동서축 원주~강릉노선, 내륙축 원주~신경주 노선을 250㎞/h 내외로 건설하는 것으로 추진 중이다. 그리고 고속철도와 연계하여 KTX 서비스 지역을 확대하고 기존 일반선의 고속화, 신선건설 및 기존선 복선전철화, 개량 및 역량 강화를 추진하고 있다.

- 도시·광역 철도망 구축은 서울을 비롯한 대도시권 교통난 해소를 위하여 '도시철도법'과 '대도시권 광역교통관리에 관한 특별법'에 의거 추진되고 있다. 도시철도는 도시교통의 원활한 교통소통을 위하여 철도, 모노레일, 노면전차, 선형유도전동기, 자기부상열차 등 궤도에 의한 교통시설과 교통수단을 말하며, 국토교통부장관의 승인을 얻어 지자체가 시행 및 운영을 맡는 것으로 최근에 중량전철 중심에서 무인자동운전 등 첨단기술을 적용한 경량전철로 다양화되는 추세이다. 광역철도는 특별시, 광역시 또는 도간의 일상적인 교통 수요를 대량으로 신속하게 처리하기 위하여 두 지역을 연결하는 철도로 전체구간이 50㎞ 이내이고 표정속도가 40㎞/h 이상이 되도록 하여 도시철도보다 떨어진 지역을 빠르게 이동하는데 주안점을 두고 설치하는 철도로 2011년 10월에 개통된 신분당선을 비롯하여 경의선 등 16개 광역철도사업을 시행 중이다. 수도권 광역급행열차사업은 출퇴근 교통량이 집중되는 9개 도로 교통축을 대상으로 지하공간을 활용하여 30분대에 연결하는 계획으로 2009년 타당성 검증을 거쳐 2011년 제2차 국가철도망 구축계획에 반영 후 추진 중에 있다.



[그림2.5.2] 수도권 광역교통축 및 도로용량 대비 교통량 비율

- 철도 이용확대와 철도산업 경쟁력 제고를 위하여 철도 속도경쟁력 향상 및 철도 연계교통체계 개선을 통한 빠르고 편리한 철도를 실현하고, 철도공사 효율화, 철도운영 경쟁체제 도입 및 철도산업 경쟁력 제고를 위한 제도적 기반마련을 통하여 철도산업 경쟁력을 향상하도록 하였다.

- 철도안전 선진화를 위하여 근본적인 철도 안전관리 강화를 위한 주요 8대 과제를 [표3.6.1]에 보이는 것처럼 선정하여 2012년 4월 6일 국가정책조정회의 시 보고한 후 추진하고 있다.

[표2.5.1] 철도 안전관리 강화 주요 과제

과 제 명	주 요 내 용
안전인증체계 전면 개편	차량, 용품에 대한 검증을 강화*하고, 운영자와 시설관리자의 안전관리체계(시설·인력·장비 등)에 대한 상시 감독체계를 구축하기 위한 철도안전법 일부 개정(2012년 12월 18일) *종전 제작과정 위주의 검증을 설계단계부터 제작과정의 품질관리, 완성품의 사후관리(제작·판매 정지, 리콜 등)까지 확대
성과 중심의 안전관리 및 안전문화 정착	중대 사고·장애 초래 시 운영자에 대한 선로사용료 할증 도입, 규정 준수 문화 정착, 안전정보 공유, 업무매뉴얼 현실화 등 추진
노후·취약시설 개량 투자 확대 및 효율성 제고	2017년까지 안전시설 보강 및 노후시설 교체·보수에 집중 투자하고 유지보수 인력 효율화 등 투자 효율성 제고 *2012년 예산도 2011년 대비 72.5% 대폭 증액(1,333억 원 → 2,300억 원)
신기술 도입을 통한 유지보수 효율화	철도 단일 통합무선통신망 구축*, 고속종합검측차 개발, 시설자산관리 DB 구축 등을 통해 유지보수 인력·비용 절감 *신호 제어 안전성 제고, 시설 설치·유지보수 인력 및 비용 절감(연 900억 원), 고품질 승객 서비스 제공, 해외 기술 경쟁력 향상 등 기대
전문 부품제작·정비업체 육성	KTX 부품 단종 등에 대비하고 정비 효율성 향상을 위해 전문 부품제작·정비업체 육성 방안을 검토하여 추진 *R&D를 통한 국산화 → 현장시험 → 구매, 국내 활용 실적 및 정비기술 축적 → 해외 시장 진출의 선순환 모델 육성
전문자격제도 확대 개편	종사자의 전문성 강화를 통한 안전 확보 및 전문 인력의 안정적 수급을 위해 관제·차량 정비·시설 유지보수 관련 자격제도 도입
관제의 실효성·독립성 확보	운영자(철도공사)에게 위탁 수행하고 있는 관제업무를 열차 운행 안전에 최우선을 두도록 철도시설공단 또는 제3의 독립기관에 이관 *관제센터가 철도공사의 열차 운행 계획을 수립하는 수송조정실에 소속되어 안전보다 수송 능력 증대에 치중할 우려가 높고 안전 상호감시 기능 미흡
안전조직 기능 강화	안전정책 및 감독, 관제, 기술개발, 자격관리, 철도경찰 등을 전담하는 정부 안전조직을 확대하고 안전감독관 추가 확보

- 미래 철도 성장 동력 확충을 위한 기술개발

정부는 철도시스템의 안전성 확보, 접근성 제고, 친환경성 향상, 해외시장 진출 등을 목표로 최첨단 미래 철도시스템 개발과 독자적인 핵심 원천기술 확보를 위한 기술개발을 지원하고 있으며 이를 위한 예산도 [표2.5.2]에 보이는 것처럼 매년 증액 지원하고 있다.

[표2.5.2] 년도별 철도 연구개발 예산 현황

(단위 : 억원)

구분	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	계
미래철도기술개발	543	529	434	440	432	442	통합	2,820
미래도시철도기술개발	378	555	578	711	825	830		3,877
합계(A)	**921**	**1,084**	**1,012**	**1,151**	**1,257**	**1,272**	**976**	**7,673**
비 율	28.1	31.3	25.8	28.1	29.2	30.6	**24.3**	28.2
국토교통 R&D	3,277	3,459	3,924	4,092	4,310	4,159	4,019	27,240

국토교통부는 2013년 6월 부산국제철도물류전 시 창조경제를 위한 새로운 철도 연구개발 비전과 강소기업 육성전략을 발표하였는데, 새로운 비전은 "국민행복을 위한 빠르고 안전하고 경제적인 철도 개발"과 "철도산업을 고부가가치 창조형 신성장 동력으로 육성"의 목표로 국민행복과 일자리 창출에 초점을 맞추었다. 이를 위한 3대 중점 추진분야를 "빠르고 지능적인 철도(Smart), 안전하고 편리한 철도(Safe), 정확하고 경제적인 철도(Economical)" 으로 정하였다.

[표2.5.3]에 보이는 것처럼, 3대 중점 추진분야에는 28개 세부과제로 구분하는데, 빠르고 지능적인 철도(Smart) 추진분야에는 고속열차, 지능형 철도시스템 및 신교통시스템 사업이 포함되고, 안전하고 편리한 철도(Safe) 추진분야에는 사고/장애 예방기술, 이용 편의성 향상기술 및 안전/인증기술 사업이, 정확하고 경제적인 철도(Economical) 추진분야에는 운영 효율화, 건설비 저감과 관련된 사업이 포함되었다.

[표2.5.3] 철도 연구개발 3대 중점 추진분야별 과제

목 표	주요 과제
Smart (빠르고 지능적인 철도)	**(계속) 430km/h급 고속열차** 실용화, 400km/h급 고속철도 인프라 기술, **초고속 자기부상 열차**, **통합무선망** **(신규) 500km/h급 핵심 기술** 및 **2층 고속열차**, **도시형 자기부상열차 및 무가선 트램 실용화**
Safe (안전하고 편리한 철도)	**(계속)** 차량·용품 형식인증 기술기준 및 시험규격 개발, 전차선 자동진단 기술, 도시철도 공기질 개선 **(신규) 고속종합검측시스템**, 소음진동 저감기술
Economical (정확하고 경제적인 철도)	**(계속) 핵심부품 및 장치 국산화**, 열차 운영계획 프로그램, **피크전력 저감기술** **(신규)** 도시철도 핵심부품·장치 국산화, **고정밀 위치검지 기술**, **철도 인프라 성능·건설비 최적화**, **저비용 저심도 철도**

"철도산업을 고부가가치 창조형 신성장 동력으로 육성"하기 위한 강소기업 육성전략은 연간 200조 원에 달하는 해외시장 공략을 통하여 철도산업을 조선, 자동차에 이은 주력산업으로 키워 양질의 일자리를 창출하고자 하는 것으로 2017년까지 3개

이상의 강소기업을 육성하고 양질의 일자리를 1천개 이상을 창출하는 것이 목표이며, 이를 위하여 무선열차 제어 및 통신기술, 베어링 및 주전력변환장치 등 세계시장을 선점할 수 있는 아이템을 집중 발굴하여 개발 추진 중이다.

2. 국내 철도신호시스템 관련 정책

일반적으로 철도는 도시철도(경량전철 포함), 일반철도, 고속철도로 구분되며, 이들의 열차신호시스템과 통신시스템의 기능도 각각 다르게 주어진다. 도시철도에 적용되는 철도신호시스템은 무인운전을 지원하기 위하여 열차의 주요 장치를 제어하고 관리하는 기능을 가지며, 일반철도에 적용되는 열차신호제어시스템은 화물 및 여객열차가 혼합 운용됨에 따라 이들 속도에 따른 선행열차와 후속열차간의 안전간격 확보에 기능이 집중되어 있으며, 고속철도의 열차제어시스템은 열차와 선로에 설치되어 있는 안전설비와 연계하여 고소 운행 시의 안전한 열차운행을 보장하도록 구성한다. 현재 국내에 사용중인 시스템은 궤도회로를 사용하는 기존선의 자동열차정지장치(ATS; Automatic Train Stop), 고속선의 자동열차제어장치(ATC; Automatic Train Control)와 기존선 속도 향상을 위하여 설치된 자동열차방호장치(ATP; Automatic Train Protection)가 있으며, 역간 거리가 작은 도시철도의 경우에 빈번한 열차 정지 및 출발을 자동으로 제어하기 위한 자동열차제어장치(ATC/ATO)로 분류된다.

국토해양부는 2010년 11월에 철도노선별 연계운행을 강화하고 운행시격단축을 통하여 철도수송능력을 향상시키고, 세계 기술시장 변화에 대응한 기술력 확보로 철도안전을 확보하고자 열차 신호시스템 표준화 방안을 철도운영기관에 통보하였다.

표준화 방안은 기존 노선은 개량시기 도래 시 표준화 방안으로 개량하며, 신설 또는 개량노선은 일반철도는 ATP, 고속철도는 ATC 그리고 도시철도는 CBTC를 적용하고, 연계운행노선은 일반, 고속, 도시철도 상호간 연계운행노선은 연계운행에 필요한 차상 또는 지상신호시스템을 별도 설치 운영토록 하였다. 장기적으로는 국가 R&D로 한국형 무선기반 신호시스템(KRTCS; Korea Radio based Train Control System)을 개발하여 국내철도에 적용토록 하였는데, [표2.5.4]에 보이는 바와 같다.

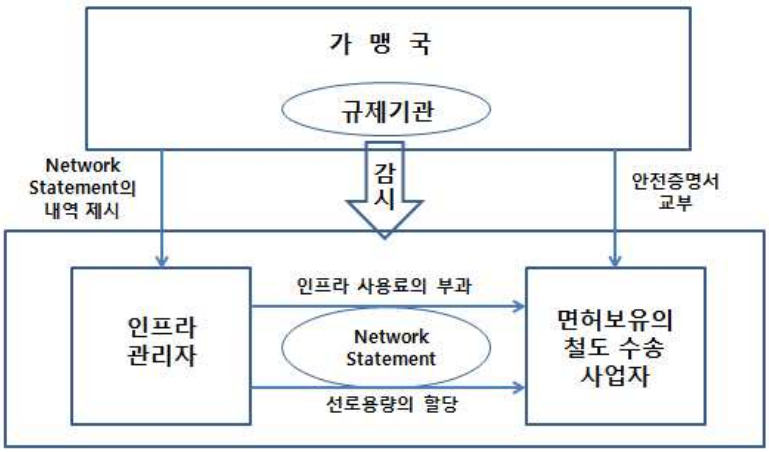
[표2.5.4] 국가 철도신호시스템 표준과 계획

구분	현재 (2010년)	신설·개량 (개발 이전)	3단계 (개발 이후)
일반철도	ATS, ATP	ATP	KRTCS (무선기반)
고속철도	ATC	ATC	
도시철도	ATS, ATC, CBTC 등	CBTC	

3. 해외의 철도 및 철도신호시스템 관련 정책

가. 유럽

유럽공동체의 철도산업정책은 1957년 유럽국가간에 체결된 로마조약 제2조를 근간으로 이루어진다. 이는 공동체 전체의 경제생활의 조화로운 발전, 지속적이고 균형을 이룬 확대, 안정화 및 생활수준의 향상과 더불어 가맹국간 관계의 긴밀화의 내용으로 철도수송에서 공공수송서비스 의무에 대한 보상, 철도기업회계제도의 표준화, 국가와 철도간 관계의 투명화 등이다. 유럽공동체 철도발전관련 각료 이사회 훈령의 제정과 개정을 통하여 [그림2.5.3]에 보이는 바와 같이 프레임웍이 제시되었다.



[그림2.5.3] 유럽 철도 인프라에 관한 프레임워크

열차 속도에 대한 유럽연합의 규정은 1996년 1월에 개정된 UIC규정(UIC Code Leaflet 660 OR)인데 국제철도연합(UIC)에서는 고속철도와 일반철도에 대하여 [표 2.5.5]와 같이 구분하여 정의하고 있다.

[표2.5.5] UIC Code 660 OR에 속도관련 규정

항 목	내 용
0. 일반 0.1 적용범위	고속열차는 250㎞/h 또는 이상에서 주행을 위하여 적합한 열차가 되어야 한다.
5. 추진 및 제동 5.1 성능 및 출발	최대상업속도는 신선에서 적어도 250㎞/h 그리고 기존선 또는 개선된 선에서 220㎞/h 이다.

유럽의 열차는 유럽연합 의회 지침에 따라 법률적으로 고속(HS; High Speed)열차와 일반열차(CR; Conventional Railway)로 구분되고, 열차제어통제 및 신호체계

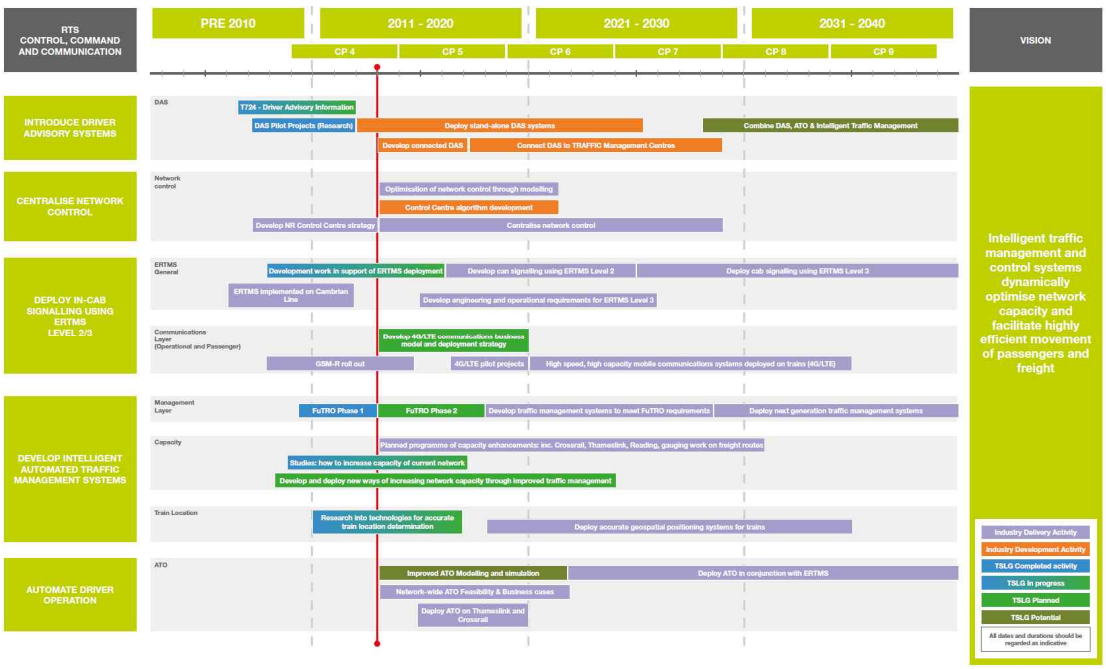
(CCS; Control Command and Signalling)에 대한 상호운용성을 위한 기술규격서(TSI; Technical Specifications for Interoperability)은 각각 두가지로 분리되어 있으나, 공통된 ETCS를 사용하고 있다.

지난 세기에 유럽에는 20여개의 다른 형태의 열차신호제어시스템이 있었으나, 1990년 대 이후에 유럽연합(EU)은 열차 상호 운용성, 국경 간 이동성 및 공개경쟁을 위하여 표준화된 ETCS(European Train Control System)을 개발했다.

유럽연합은 유럽내 열차상호운영성에 필요한 여건을 지원하기 위해서 지침(directives), 상호운영을 위한 기술사양서(TSI) 및 각종 사양서를 작성하는 등 필요한 법제도적인 체계를 구축하였다. Directive 96/48/EC은 속도철도시스템에 대한 것으로서 2002년 11월부터 유럽 내에 건설되는 고속철도 신선 또는 기술사양서(TSI)를 기반으로 하여 신호시스템을 개량할 경우에는 ERTMS 또는 ETCS를 사용하도록 하는 법제도적인 근거를 마련했으며, 이의 기술사양서(TSI)는 Directive 2001/16/EC를 토대로 하고 있으며 그 내용은 아래와 같다.

현재는 Baseline 2 규격서에 의존하고 있으나, 곧 Baseline 3 규격을 적용할 예정이다.

최초의 ERTMS/ETCS에 대한 유럽연합의 법률적 근거는 2001/260/EC이고 고속전철에 대한 열차제어시스템 특성은 Directive 96/48/EC에 있다. 두 번째 지침서는 2002/71/EC이다. 일반선에 대한 열차제어시스템 근거는 2002/731/EC와 Directive 2001/16/EC이다.



[그림2.5.4] 영국 신호시스템 마스터 플랜

위 그림은 영국의 신호시스템 마스터플랜이다. 영국의 신호시스템을 보면 Driver Advisory System(DAS)이 특이사항이다. DAS는 기관사에 현재 상황과 앞으로의 계획등 실시간 상황에 대해 문자 및 매체를 통해 알려주는 시스템이다.

나. 유럽 철도신호체계(ETCS) 개선 계획

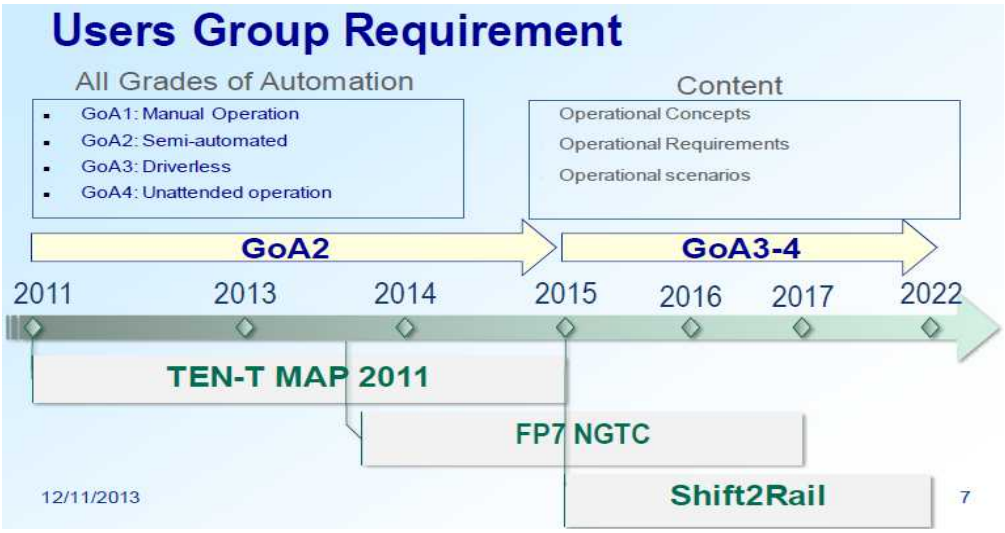
(1) 배경

유럽연합은 EU2020전략 및 교통정책 목표를 달성하기 위하여 여러 분야에서 노력하고 있는데, 유럽철도의 현대화, 유지 비용절감 및 새로운 사업기회 창출을 위하여 필요한 신기술 연구 및 기술혁신을 목표로 하는 'Shift2Rail"을 제시하였으며, 2013년 12월에 법적으로 제안하였으며, 2014년 중에 유럽의회 승인 예정으로, 총 9.2억 유로가 투자되는데 민간부분에서 4.7억 유로, 유럽연합에서 4.5억 유로를 투자할 예정이다.

"Shift2Rail"은 유럽철도분야의 모든 이해관계자들이 공동 참여하는 새로운 계획으로 Shift2Rail의 3가지 도전목표는 첫째, 증가되고 있는 승객과 화물운송수요를 충당하기 위한 유럽철도시스템의 능력을 확충하고, 둘째, 철도운송을 사용하는 승객과 사업 분야에 만족감을 줄 수 있는 차세대 철도의 신뢰성을 증가하며, 셋째, 철도 티켓 및 발송 등 총수명주기비용을 감소하는 것이다.

"Shift2Rail"에는 다섯 가지 기술혁신분야(IP)로 구분되는데, IP1; 비용 대 효과 및 신뢰도가 좋은 고용량 열차, IP2; 진보적인 교통관리 및 제어 시스템, IP3; 증가된 열차통행 및 속도에 상응하는 궤도 및 에너지시스템 등 고효율 및 고용량 철도환경 조성, IP4; 매력적인 철도 서비스를 위한 IT 접목, IP5; 고객을 만족하는 화물운송 기술에 대한 교통이다.

유럽 철도신호시스템 개선계획은 Shift2Rail의 IP2에 포함된 사항으로 도시철도에서 적용되고 있는 자동운전(ATO)개념을 일반철도와 고속철도에 적용토록 개발하여 철도운송능력과 성능을 개선하고 에너지 고효율화를 취하자는 것이며 세부내용은 다음과 같다.



[그림2.5.5] 유럽 사용자 요구사항과 Shift2Rail

(2) 일반철도/고속철도 ATO의 요구 특성

일반철도 및 고속철도는 ATO 적용 목적과 환경에 있어서 도시철도와 확실하게 상이하며 다음과 같은 요구특성이 있다.

첫째, 다양한 서비스형태 및 혼합된 교통을 효율적으로 관리하여야 한다. 열차의 시간엄수, 중단 영향의 최소화 및 혼란에 따른 네트워크의 회복력 등에 대한 관리가 되어져야 한다.

둘째, 속도를 최적화하고, 필요 이상의 속도로 주행하지 않아야 하며 모순적인 주행을 피하는 등 에너지를 절감할 수 있어야 한다.

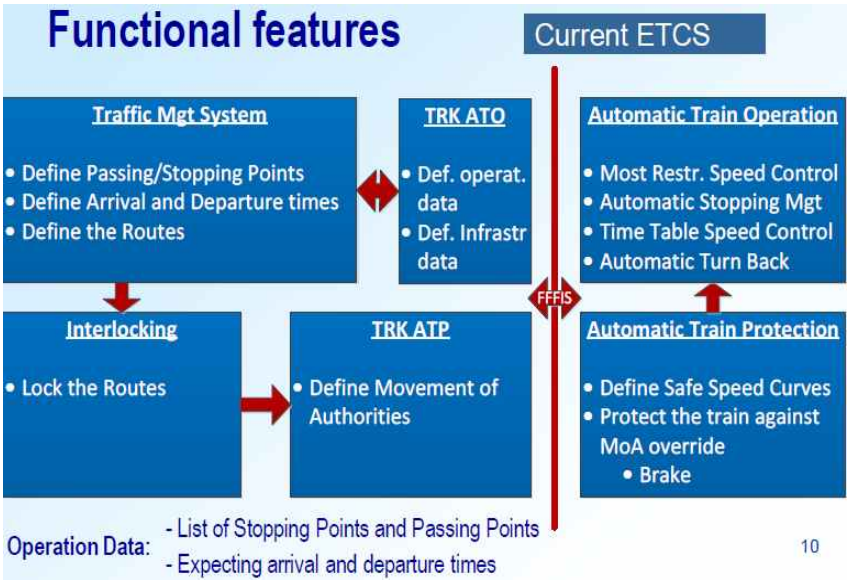
셋째, 이론적인 시간계획에 예비시간을 최소화하고, 더 적은 열차로 동일한 운송을 하는 등 운송능력을 증가시켜야 한다.

넷째, 기계적인 소모를 감소시키고, 승객에 대한 안정성을 증가시켜야 한다.

(3) 일반철도/고속철도 ATO 적용방안(UNISIG 발표안)

(가) 기능적 특성

일반철도 및 고속철도에 ATO를 적용한 자동운전개념을 적용하기 위해서는 기본적으로 현재의 ETCS Level 2을 위하여 장착 및 설치된 차상 ATP, 차상 ATO, 지상 ATP, 지상 ATO, 지상 교통관리시스템(TMS), 연동장치 및 차상과 지상을 연결하는 통신수단(GSM-R)이 요구되며, 기본적인 기능에 대한 흐름은 [그림 2.5.6]과 같다.



[그림2.5.6] 일반철/고속철 자동운전을 위한 기능 흐름도

(나) 점진적 ATO 적용단계

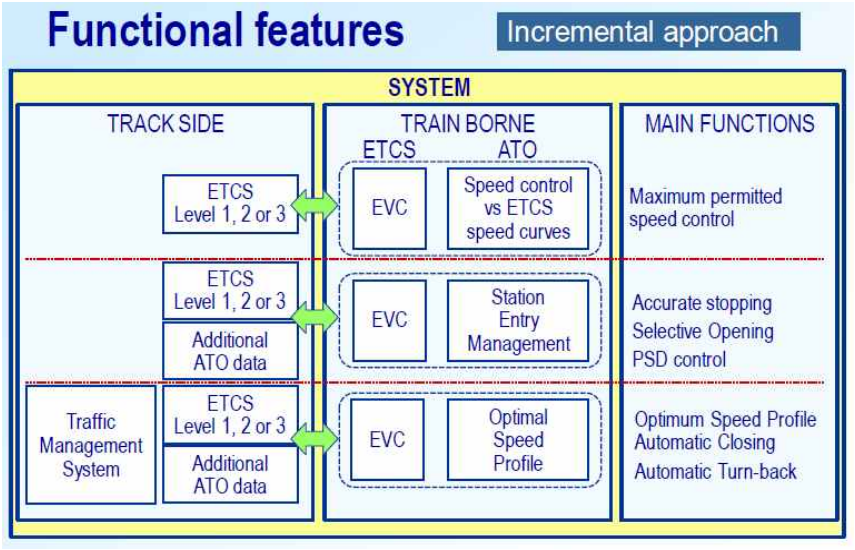
일반철도와 고속철도에 열차와 인프라의 다양성으로 인하여 ATO 시스템은 차상과 지상에 장착하고 있는 철도신호시스템에 따라 적용단계가 구분되는데 [그림2.5.7]에 보이는 것과 같다.

첫 번째 단계는 최소한 ATP시스템이 차상에 장착되어 있어야 하며, 차상 ATP시스템이 최대허용속도를 제공하여야 한다. 이러한 상황에서 차상 ATO는 운전자가 ERTMS/ETCS에 입력된 속도커브에 따라 자동 속도 조절하는 것을 지원할 수 있으며 지상에 설치된 ETCS의 모든 Level에서 적용이 가능하다.

두 번째 단계는 지상에 신호시스템이 열차로 플랫폼 형태, 열차문 개폐방향, 플랫폼길이, 플랫폼에 정차위치 등의 추가적 정보를 보낼 수 있을 때 적용되는 것으로, 차상 ATO/ATP는 운전자가 플랫폼 형상에 의거 도어를 안전하게 개폐할 수 있도록 돕는다. ERTMS/ETCS Level 1에서는 발리스로, Level 2에서는 GSM-R을 경유 RBC(Radio Block Centre)로부터 플랫폼 형상자료가 차상으로 보내진다.

마지막 단계는 지상에 장착된 교통관리시스템(TMS; Traffic Management System)으로부터 열차의 이동계획을 수립할 수 있도록 제반 자료를 제공받아 운전하는 것으로 TMS에서 제공하는 자료는 정차 및 무정차역 지점에서 예상되는 도착시간과 출발시간에 대한 사항이며, TMS는 예비시간을 포함한 이론적인 시간표와 철도네트워크의 효율 극대화하기 위한 교통기준 알고리즘에 의거 도착 및 출발시간을 계산하여야 한다. 이 단계에서 ATO는 TMS에서 제공한 데이터에 의거 각 상황별 속도 프로파일

를 적용하고 이 때 에너지 절감을 고려한다.

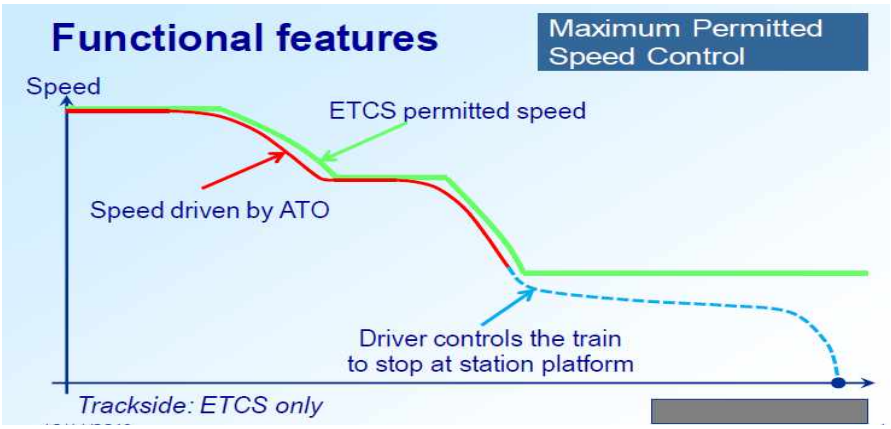


[그림2.5.7] 일반철/고속철에 점진적 ATO적용 개념

(다) ATO 적용 자동운전

지상 ETCS만 설치환경에서 자동운전

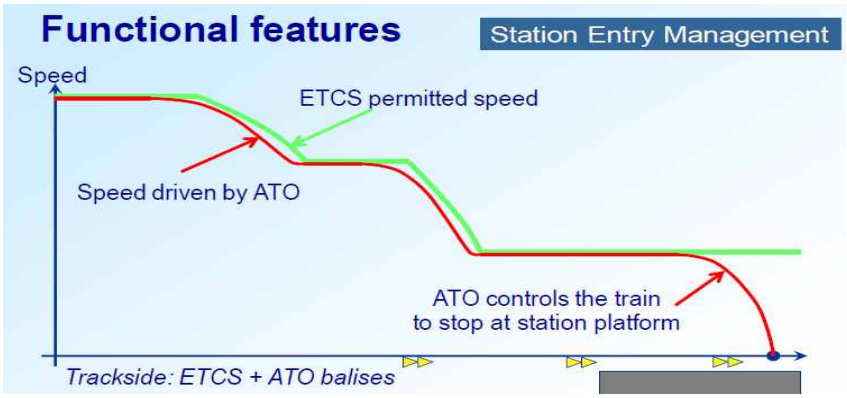
지상에 ETCS맘 설치된 구간에서 자동운전 시에는 ETCS에서 허용하는 최대속도 내에서 ATO에 의해 속도를 조절하며 자동운전을 하며 정차역 플랫폼에 정지하기위하여 운전자가 수동으로 운전을 한다. [그림 2.5.8]은 ETCS설치구간에서 자동운전을 도식화한 것이다.



[그림2.5.8] 지상 ETCS 설치 환경에서 자동운전 개념

지상 ETCS 및 ATO 발리스 설치 환경에서 자동운전

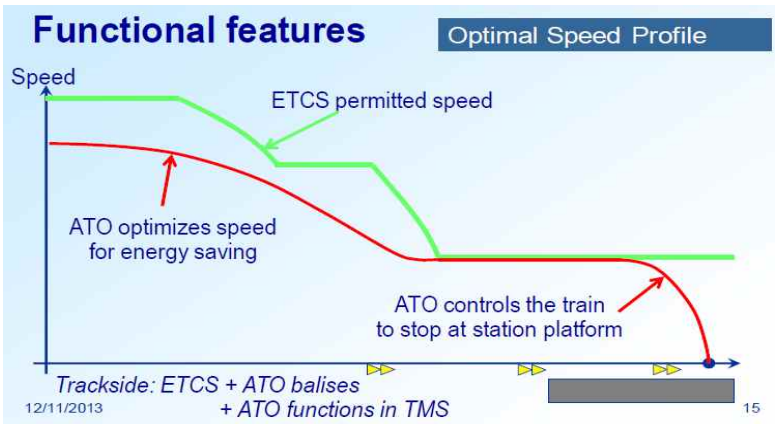
지상에 ETCS와 ATO 발리스가 설치된 환경에서는 ETCS에서 허용한 최대속도 범위 내에서 주행구간은 물론 정차역에 정차 시까지 자동운전을 할 수 있다. ATO 자동운전 개념으로 구간별 최대허용속도로 열차를 운행할 수는 있지만, [그림 2.5.9]에서 볼 수 있는 것처럼 에너지 효율을 고려한 자동운전은 불가함을 알 수 있다.



[그림2.5.9] 지상 ETCS 및 ATO 발리스 환경에서 자동운전 개념

지상 ETCS, ATO 발리스, TMS 설치 환경에서 자동운전

지상에 ETCS, ATO 발리스 및 교통관리시스템(TMS)가 설치된 환경에서는 전 구간에서 TMS에서 제시한 자료에 의거 최적의 속도 프로파일을 작성하여 ATO를 활용한 자동운전이 가능한데, ETCS에서 허용하는 구간별 최대속도내에서 에너지절감을 고려한 열차 자동운전을 하는 개념이다. [그림 2.5.10]은 ETCS허용속도 내에서 최적의 속도 프로파일에 따라 자동운전하는 도표이다.



[그림2.5.10] 지상 ETCS, ATO 발리스 및 TMS 환경에서 자동운전

(라) ATO 적용 자동운전에 따른 에너지 절감효과

ATO를 적용하여 자동운전에 따른 절감은 불필요한 열차정지를 회피하게 하는 교통관리와 요구되는 도착시간에 의거 구간 내에서 운행할 수 있는 최적의 속도프로파일을 정의하는 열차 운행측면에서 달성할 수 있다. UNISIG는 자체적인 실험을 통하여 [표2.5.6]에 보이는 것처럼 최적의 속도 프로파일을 사용하여 열차를 운행할 때 에너지 절감효과가 있음을 확인하였다.

[표2.5.6] 운행시간과 에너지 소모 실적 비교(UNISG 시험결과)

	Travel time (in sec.)	Energy Consumption (in kWh)
Driver 1	750	148,85
Driver 2	713	195,49
Driver 3	1041	173,57
Driver 4	682	178,35
Optimised speed profile	750	116

다. 미국

미국에서는 기본적으로 도시 간 교통은 연방정부의 소관이지만 도시교통에 대하여서는 주정부 이하에서 관할하고 있다. 미국 운수행정을 담당하고 있는 것은 연방교통부(DOT)이고 조직적으로는 12개의 국과 7개의 관련기관을 포괄하고 있으며, 이 중에 연방철도국(FRA)은 화물 및 여객의 도시간 철도를 소관하고 있고, 철도에 대한 운수정책과 보조정책 외에 안전에 대한 규칙 제정과 규제도 담당하고 있다. 도시철도를 포함한 지역공공교통은 연방지역공공교통국(FTA)의 담당이고 주로 지역공공교통에 대한 보조정책을 관할하고 있다.

미국의회는 열차를 110mph에서 187mph로 고속화하여 승객과 화물의 수송용량을 높이기 위한 목적으로 적정 시스템인 PTC(Positive Train Control)시스템을 2015년까지 모든 간선철도에 적용하는 것을 근간으로 하는 the Rail Safety Improvement Act of 2008(RISA)을 의결하였다. PTC시스템을 적용한 목적은 열차간 충돌사고 방지, 열차속도감시강화, 열차과속에 의한 탈선사고 방지, 선로작업자 및 시설물 보호 등이다.

2008년 9월 로스엔젤레스에서 발생된 열차사고를 조사한 결과, PTC시스템을 적용한 경우 사고발생을 방지하였거나 최소화하였을 것으로 분석되었다. 열차는 GPS 또는 트랜스폰더를 이용하여 열차위치를 확인하고, 열차이동권한이 설정된 위치까지 주행을 하며, 열차의 현재상태, 열차의 속도 및 이동권한위치를 감시한다. 열차속도와 열차이동권한은 열차의 속도곡선과 열차의 제동곡선을 비교하여 비교된 값을 토대로 열차가 허용속도이하로 내려가지 않거나 제동력이 부족하여 정지위치에 정차하지 못

할 경우 PTC시스템이 작동하도록 되어 있다.

2008년 철도안전개선법(RISA)에 의거 PTC시행계획(PTCIP)이 연방철도위원회(FRA; Federal Railroad Administration)에 제출되어 시행 중이나 기술적 문제와 예산 등 프로그램 관리상의 문제로 인하여 당초 계획이 지연되고 있는 실정이다.

라. 중국

거대한 인구와 국토면적 및 급속한 경제발전에 따라 중국의 사회기반시설이 절대 부족한 상황이다. 또한 중국의 정치, 경제적인 통합을 촉진하고 성수기 열차운영난을 해소하기 위해서 철도망의 중장기 구축계획을 수립하였다. 중국철도의 영업거리는 세계의 6%를 차지하고 있지만 철도수송량은 세계의 24%를 담당하고 있으며 평균수송밀도는 세계1위 수준에 이르고 있는 실정이다.

중국은 2008년 8월 베이징과 텐진을 연결하는 고속철도를 개통하였으며, “중장기 철도망 건설계획”에 의거 2020년까지 “4종4횡”의 여객전용선 건설을 통하여 전 국토를 거미줄처럼 연결하여 국토의 균형발전을 꾀하고 있으며, 철도 속도 증강을 통해 철도가 경제도약의 원동력이 될 수 있도록 철도정책을 추진하고 있다.

중국의 중장기 철도망 구축계획의 주요 내용은 다음과 같다.

- 2020년까지 시속 200km이상의 여객전용노선 1.2만km 건설
- 정부철도망 확대사업을 통한 1.6만km의 신규노선 건설 등
- 총 영업거리를 10만Km까지 확장 계획(2020년까지)
- 기존선 복선화(1.3만km, 17.3%) 및 전철화(1.6만km, 21%) 조속 추진
- 복선화 및 전철화율 전체 노선의 50% 이상으로 향상
- 주요 간선에서 여객과 화물 노선 분리 및 국민경제 및 사회발전의 요구에 부합하도록 수송능력의 향상 방안을 강구
- 주요 기술 및 장비의 선진국 수준 도달 또는 근접하도록 개선
- 2020년까지 총 2조 위안(한화 약 320조 원) 예산 투자
- 매년 1,000 ~ 1,200억 위안(한화 16조 ~ 19조) 투입 예정



[그림2.5.11] 중국정부의 철도망 건설계획

마. 일본

일본의 철도산업은 고속철도 제조/건설 분야 및 운영기술에서 세계최고의 경쟁력을 갖고 있다. 1987년 민영화를 계기로 다양한 분야에까지 사업영역을 개척하여 경영개선의 효과를 거두었고 점차적으로 사업영역을 확대해오고 있다.

1970년에 제정된 일본의 전국 신칸센 정비법에 따르면 신칸센은 다음과 같은 세가지 조건을 만족하여야 하는 것으로 되어 있다.

- 신칸센 철도는 대부분 구간을 시속 200㎞ 이상으로 수행해야 한다.
- 신칸센 철도의 레일은 표준궤간 1,435mm로 부설한다.
- 신칸센 철도는 길(도로)과 평면에서 교차하지 않아야 한다.

일본의 철도관련 연구개발은 일본철도총합기술연구소(RTRI; Railway Technical Research Institute)에서 계획하는 5개년 계획에 따라 시행하는데 2005년 4월부터 5년에 걸쳐 마스터플랜 “RESEARCH 2005” 을 실시하였고, 현재는 “RESEARCH 2010" 을 추진 중인데 다음과 같이 5가지 기본 활동 방향을 정하고 있다.

① 지속적인 철도기술 개발을 위한 신기술의 창조

② 요구(Needs)에 대한 신속한 대응

③ 기초기술 축적과 차세대 철도기술 전파

④ 철도기술 보급과 철도 관련 정보의 전파

⑤ 철도 엔지니어링 그룹으로서 통합된 기술력 발휘

연구개발 목표는 안전성(Safety), 친환경성(Harmony with the environment), 편리성 (Convenient), 비용절감(Cost Reduction)이며, 미래 철도를 위한 주요 연구개발 분야는 다음과 같다.

① 철도 시스템의 안전성 및 신뢰도 개선

② 고효율 에너지 사용

③ 유지 보수 작업의 혁신

④ 철도 네트웍의 개발과 유지

⑤ 철도 시뮬레이터 창조

일본철도총합기술연구소(RTRI)은 1987년부터 개발해온 컴퓨터 및 무선 기반 열차제어시스템(CARAT; Computer and Radio Aided Train Control System)을 기반으로 1995년부터 ATACS(Advancd Train Administration and Communication System)을 개발 시작하여 2010년 상용화 시험 후 2011년 10월부터 센세키라인에 1단계 적용하고 있으며 확대 적용 예정이다.

일본은 자국 철도산업의 해외시장 진출을 위하여 철도분야에 특화된 전문조직, 공공부문 및 정부부처가 통합된 해외철도기술협력회의(JARTS; Japan Railway Technical Service)를 1965년 9월에 설립하여 운영해 오고 있으며, 해외시장 개척에 직접 참여하기보다는 여러 경로를 통하여 일본기업의 측면 지원을 하고 있다.

4. 결론

1) 제1차 국가철도망 구축계획에서는 180~200㎞/h 이상 철도 운행으로 속도 경쟁력 대폭 강화, 주요 철도역 30분 이내 접근, 안전성 친환경성 쾌적성 향상 등을 목표로 추진되고 있다.

2) 제2차 국가철도망 구축계획은 2020년에 KTX 고속철도망을 통해 '90분 생활권' 실현을 목표로 하고 있다.

3) 국토교통부는 2013년 6월 부산국제철도물류전 시 창조경제를 위한 새로운 철도 연구개발 비전과 강소기업 육성전략을 발표하였는데, 새로운 비전은 "국민행복을 위한 빠르고 안전하고 경제적인 철도 개발"과 "철도산업을 고부가가치 창조형 신성장 동력으로 육성"의 목표로 국민행복과 일자리 창출에 초점을 맞추었다. 이를 위한 3대 중점 추진분야를 "빠르고 지능적인 철도(Smart), 안전하고 편리한 철도(Safe), 정확하

고 경제적인 철도(Economical)" 으로 정하였다.

4) 해외 각국은 안전을 강화하고 고속화와 운영효율을 높이기 위하여 각국에 맞게 신호 시스템 표준을 정하여 시스템을 고급화 하고 있다.

5) 세계적인 신호시스템 추세는 일반선 및 고속선은 ETCS level 2로 표준화 하고, 지하철 경전철은 CBTC/UTO로 건설노선에 따라 공급사별로 신호시스템을 선택하고 있다.
6) 유럽은 “Shift2Rail”계획에 따라 ETCS 운영환경에서 승객과 화물 수송능력 증대와 에너지 절감을 목적으로 ATO를 적용한 자동운전 기술을 2022년까지 개발 적용하고자 추진하고 있다.

제 6 절 종합결론

1) 고속철도신호시스템은 Ansaldo의 TVM 430 과 TVM SEI가 설치되어 있으며, TVM SEI는 연동장치와 지상 ATP가 통합된 새로운 시스템이다. 경부선 서울 대구 구간은 벌써 시스템 교체시기가 다가오고 있으나 핵심부분은 국산화가 되어 있지 않다.

2) 일반철도는 Bombardier의 ETCS level 1을 도입하여 설치 운영중에 있으며 level 2에 대한 개선을 고려중에 있다.

3) 지하철은 ATP/ATO를 사용하며 STO(Semiautomatic Train Operation)방식이다. 공급회사가 다양하며 새로운 시스템으로 재설치하여야 할 때가 도래하고 있다.

4) 경전철은 UTO(Unmanned Train Operation)방식을 채용하여 안전을 강화하고 경영효율화를 도모하고 있다. 시스템은 Thales 등 외국사가 공급하고 있다.

4) 차세대 고속열차 열차제어(ETCS-L2) 핵심기술개발 연구과제에서 개발하는 ETCS level 2 시스템은 일반철도와 고속철도용으로 유럽에서는 표준을 삼는다. ATO 부분은 없으며 상용화를 위한 방안이 마련되어야 한다.

5) KRTCS 개발은 도시철도용 CBTC 시스템으로 WiFi와 LTE-R을 이용한다. 현재 표준 사양을 정하는 단계로 도시철도와 경전철에 적용할 수 있는 시스템이다. ATO는 UTO를 목표로 한다.

6) 저심도 도시철도시스템 기술개발은 현재 시작 단계에 있다.

7) 유럽은 ERTMS/ETCS 표준을 정하여 국가간 상호운영을 하고 있다. level 1,2,3로 구분하여 등급을 나누고, level 2는 GSM-R방식의 무선을 사용하며 일반선과 고속선에 적용하고 있다. baseline 3 규격을 제시하여 상호운영성을 강화하고 있으며, 세계 각국으로 표준이 확산되어 가고 있다.

8) 미국은 PTC(Positive Train Control) 표준을 만들어 2015년 말까지 전국에 설치하기로 하였다. 미국 철도의 특성상 GPS와 무선을 사용한다.

9) 일본은 세계 진출을 목표로 ATACS (Advanced Train Administration and Communication System)을 개발하여 상용화 하고 있다.

10) 중국은 ETCS 표준을 세분화하여 CTCS로 정하고 GSM 방식을 사용하며, 일반선과 고속선에 사용하고 있다.

11) 기타 동남아 국가들은 ETCS에 많은 관심을 보이고 있는 상태이다.

12) CBTC는 IEEE1474 표준에 따라 시스템을 구성하고 공급사들의 Know-How를 바탕으로 자기 제품을 만들어 공급하고 있으며, Bombardier, Siemens, Thales 3개 회사가 전세계 시장의 70%이상을 점유하고 있다.

13) CBTC 표준화를 위하여 MODURBAN 프로젝트를 수행 하였으나, 지하철이나 경전철은 시스템 공급방식이 일반철도와는 달라 각 기업들이 자기 고유의 제품으로 시장에 대응하고 있다.

14) 지하철 경전철은 UTO(Unmanned Train Operation)방식으로 완전 무인화를 하여 안전을 강화하고 운영효율을 높이려고 하는 추세이다.

15) 해외시장 진출을 위한 철도신호시스템의 개발 과 강소기업 육성차원에서 2013년 6월에 발족한 철도신호사업연구조합의 주요 회원사 특허등록현황을 보면 356건으로 국내에 등록된 특허의 50% 이상을 점유하고 있으며, 특허등록건수가 지속적으로 증가하고 있다.

16) 제1차 국가철도망 구축계획에서는 180~200㎞/h 이상 철도 운행으로 속도 경쟁력 대폭 강화, 주요 철도역 30분 이내 접근, 안전성 친환경성 쾌적성 향상 등을 목표로 추진되고 있다.

17) 제2차 국가철도망 구축계획은 2020년에 KTX 고속철도망을 통해 '90분 생활권' 실현을 목표로 하고 있다.

18) 국토교통부는 2013년 6월 부산국제철도물류전 시 창조경제를 위한 새로운 철도 연구개발 비전과 강소기업 육성전략을 발표하였는데, 새로운 비전은 "국민행복을 위한 빠르고 안전하고 경제적인 철도 개발"과 "철도산업을 고부가가치 창조형 신성장 동력으로 육성"의 목표로 국민행복과 일자리 창출에 초점을 맞추었다. 이를 위한 3대 중점 추진분야를 "빠르고 지능적인 철도(Smart), 안전하고 편리한 철도(Safe), 정확하고 경제적인 철도(Economical)" 으로 정하였다.

19) 해외 각국은 안전을 강화하고 고속화와 운영효율을 높이기 위하여 각국에 맞게 신호 시스템 표준을 정하여 시스템을 고급화 하고 있다.

20) 세계적인 신호시스템 추세는 일반선 및 고속선은 ETCS level 2로 표준화 하고, 지하철 경전철은 CBTC/UTO로 건설노선에 따라 공급사별로 신호시스템을 선택하고 있다.

21) 유럽은 “Shift2Rail”계획에 따라 ETCS 운영환경에서 승객과 화물 수송능력 증대와 에너지 절감을 목적으로 ATO를 적용한 자동운전 기술을 2022년까지 개발 적용하고자 추진하고 있다.

제 3 장 국내신호분야 Master Plan 수립 관련 유관기관 의견 수렴

제 1 절 여론조사

1. 설문지 작성

설문지는 국내외 철도신호시스템의 기술현황을 분석한 내용을 기준으로 작성하였으며 도시철도 운영기관별 개량 계획, 국외 및 국내 신호시스템의 기술수준 분석 및 문제점 도출, 철도신호분야 마스터플랜 수립을 위한 목표와 추진전략 및 통합신호시스템 실용화를 위한 핵심기술에 관한 평가 등으로 구성하였다.

운영기관별 시스템 개량계획은 최근 추세인 무인운전 및 국내 시스템 고려 여부 등 4개 문항을, 국내외 신호시스템의 기술수준 분석 및 문제점은 국내 신호시스템을 지상, 차상, 관제 등으로 구분하여 기술수준을 분석하였고 국외 시스템의 운영상 문제점 등 10개 문항을 포함하였다. 마스터플랜을 위한 목표 및 추진전략 설정은 한국형 열차제어 시스템의 체계화 구축에 필요한 요구사항 등 8개 문항, 마지막으로 통합신호시스템 실용화를 위한 9개 항목의 핵심기술에 대하여 운영기관의 평가를 포함하였다.

설문의 기본목적은 '철도신호분야 마스터플랜 수립 및 통합 신호시스템 실용화'를 위해 필요한 한국형 열차제어시스템 체계화 구축과 이를 위해 필요한 핵심기술 등에 대하여 도시철도 운영기관의 전반적인 이해도 조사와 철도신호시스템에 대하여 현장 유지보수 중심의 철도신호기술 접목이다.

2. 데이터 수집과정 및 설문 응답자 분석

철도신호분야의 마스터플랜 수립과 통합신호시스템 실용화를 위한 세부과제를 도출하기 위해서 국내의 철도 정책 및 법령, 기술수준 조사로는 검증하기 곤란한 부분을 철도 및 교통 관련 연구원과 전국의 도시철도와 경전철 운영기관의 신호분야 직원들을 대상으로 설문을 실시하였다.

세부적인 설문 대상은 현재 철도신호분야에 근무 중인 본사 신호부서 관리자 및 업무담당자를 비롯하여 시스템을 직접 관리하는 현장 유지보수자이며 2014년 3월초부터 6월초까지 약 3개월 동안 80명에 대해 설문지를 배포하여 작성토록 요청한 결과, 최종

적으로 68개가 접수되었다. 설문 참여자들은 국내 철도신호분야의 기술수준과 국외 신호시스템의 유지보수에 관한 다양한 의견을 개진하였고 현재 국내 신호분야의 문제점 등에 대해 심각성을 인지하고 있었다.

설문에 참여한 모집단을 분석해 본 결과, 실질적으로 신호업무를 담당하고 있는 실무자와 중간관리자(팀장, 차장급)이 64명으로 94% 이상을 차지하고 있었으며, 이는 철도신호분야의 최신기술 및 현재 문제점에 대한 현상을 반영할 수 있음을 의미한다.

응답자의 연령별로는 40대와 50대가 전체의 75%를 넘는 51명을 점유하고, 근무연수별로는 10년 이상인 응답자가 52명으로 76%를 점유하였는데, 이는 좀 더 정확한 평가가 가능한 그룹임을 알 수 있다. [표3.1.1]은 설문조사 응답자에 대해 분석해 놓은 것이다.

[표3.1.1]설문조사 응답자 분석

소속	구분	도시철도 운영기관	철도 및 교통 관련 연구원	국가정책 관련 공무원	기 타	계
	응답자 수	63	5			68
업무 분야	구분	부서장급 이상	중간관리자 (팀장, 차장)	담 당 (실무자)	기 타	계
	응답자 수	3	20	41	4	68
연령	구분	20대	30대	40대	50대 이상	계
	응답자 수		17	31	20	68
근무 년수	구분	5년 이하	5~10년	10~20년	20년 이상	계
	응답자 수	4	12	30	22	68

3. 설문조사 결과 분석

가. 운영 구간의 신호시스템 개량에 관한 의견 수렴

본 항목은 도시철도 운영기관에 근무하는 응답자 63명만 답변하였으며 해당 운영기관의 신호시스템 개량에 대한 질문에 대하여 구체적인(높음, 아주높음) 계획이 있는 응답이 22명으로 35%를 차지하였다. 이는 국외시스템 대비 국내 시스템의 현실적인 수준평가와 채택 가능성을 확인할 수 있는 지표가 될 수 있다. 또한 개량 계획에 무인운전 방식을 고려하는가에 대한 질문은 중간 이상의 답변이 73%인 46명이었는데 이는 세계적으로도 인건비 절감과 안전운행을 위해서 자동화 운전을 하는 흐름을 국내 철도신호시스템도 적용해야 함을 알 수 있다. 국내시스템의 도입을 고려하는가에 대한

질문은 중간 이상의 답변이 84%로 높은 비율을 차지하였다.

단답형 질문으로 신호시스템 개량 시 우선적으로 고려하는 사항(1개 이상)에 대한 답변은 운영기관의 특성상 안전과 유지보수 부분을 우선적으로 고려하였다. '안전성 및 신뢰성'이 34명, '유지보수 편의성'이 11명, '기존시스템과의 통일성'이 9명, '타설비와의 인터페이스' 6명 등의 순서였으며 그 외 '장애관련' 5명, '예산문제' 3명 및 무인운전가능성 1명, 국산시스템고려 2명 등이 있었다.

[표3.1.2] 운영구간의 신호시스템 개량에 관한 의견 분석

운영구간의 신호 시스템 개량에 관한 의견 수렴	평 가				
	매우 낮음	낮음	중간	높음	매우 높음
1-1. 현재운영구간중신호시스템의 구체적인 개량 계획이 있습니까?	9	11	21	6	16
1-2. 신호시스템개량시무인운전 방식을 고려하고 있습니까?	9	8	11	23	12
1-3. 신호시스템개량시국내시스템의 도입을 고려하고 있습니까?	0	10	16	26	11
1-4. 신호시스템의개량시우선적으로 고려하는부분에 대하여 간략히 설명하여 주시기 바랍니다.	안전성 및 신뢰성(34), 유지보수 편의성(11), 시스템통일성(9), 타설비와인터페이스(6), 장애관련(5), 예산문제(3) , 무인운전가능성(1), 국산시스템(2)				

나. 국내 및 국외 신호시스템의 기술수준 분석과 문제점 도출

국내 신호시스템의 기술수준 분석에 관한 설문은 직접 도입하여 운영하고 있는 실무자들로부터 정확한 평가를 확인하기 위한 것으로 지상신호설비, 차상신호설비, 종합관제설비 등 세 부분으로 나누어 조사하였다. 응답자 대부분 지상, 차상, 관제 기술수준이 낮지 않고 중간이상 된다는 답변이 지상 85%, 차상 72%, 관제 96% 이상을 차지하였으며 이러한 수치를 통하여 국내 관제기술은 국외 시스템들과 비교해도 부족하지 않음을 알 수 있다. 지상설비도 85%로 비교적 높은 기술수준을 자랑하고 있으나 차상설비는 이에 비해 기술수준이 다소 부족하다고 인식하고 있었다.

안전성 및 SE수준에 대한 답변은 29%인 20명이 '매우 낮다' 또는 '낮다'라고 응답하였으며 '중간'이라는 답변은 43명으로 63%이상의 수치를 나타낸 반면 7%수준인 5명만 '높다'라고 응답하였다. 이는 국내 신호시스템 제작사 및 관련 기관들의 안전성 검증과 SE에 대한 지원과 활동이 매우 부족함을 보여주는 반증이라고 할 수 있다.

국외 신호시스템의 최초 도입 시 발생하는 문제점 수준에 대하여 '높음' 이상이 28명, '중간'이 31명으로 총 59명이 중간이상으로 문제점이 발생한다고 응답하였다. 문제점으로는 '국부유출'이 21명으로 가장 많았고 국외제조사로의 '기술종속'이 15명, 유지보수자의 '시스템 이해부족'이 8명, '국내환경 적합성 및 검증 취약'이 7명 순으로 대답하였다.

국외시스템의 유지보수에 대한 문제점에 대하여 '중간' 이상의 답변이 63명으로 93%의 수준이었으며 문제점으로는 '유지보수 비용 및 A/S시간 소요' 문제가 51명, 'S/W 및 시스템 이해부족' 문제가 15명 등으로 대답하였다.

위와 같이 국외 신호시스템의 도입 및 유지보수를 위해 발생하는 문제점에 대하여 운영기관들은 공통적으로 비슷한 인식을 하고 있었으며 이러한 문제점에 대하여 운영기관 협의체 구축 및 자체 기술개발 등 여러 방면으로 해결책을 모색하고 있는 실정이다.

[표3.1.3]국내 및 국외 신호시스템의 기술수준 분석과 문제점 분석

국내 및 국외 신호시스템의 기술수준 분석과 문제점 도출	평 가				
	매우 낮음	낮음	중간	높음	매우 높음
2-1. 국내 신호시스템 중 지상 신호 시스템의 기술 수준에 대하여 어떻게 생각하십니까?	0	10	38	17	3
2-2. 국내 신호시스템 중 차상 신호 시스템의 기술 수준에 대하여 어떻게 생각하십니까?	4	15	32	13	4
2-3. 국내 신호시스템 중 종합 관제시스템의 기술 수준에 대하여 어떻게 생각하십니까?	0	3	32	22	11
2-4. 국내 신호시스템 중 안전성 및 SE 수준에 대하여 어떻게 생각하십니까?	4	16	43	5	0
2-5. 국외 시스템과 비교하여 국내 시스템이 경쟁력이 있다고 생각하십니까?	9	16	21	21	1
2-6. 국외신호시스템의 최초 도입 및 발주, 설치 등에 관한 문제점 수준은 어느 정도 입니까?	1	8	31	21	7
2-7. 문제점에 대하여 간략히 기술하여 주시기 바랍니다.	국부유출(21), 기술종속(15), 시스템이해부족(8), 국내환경적합성 및 검증취약(7), 운영기관의견배재(4), 기존설비와의호환성(4)				
2-8. 국외신호시스템의 하자기간 만료 후 유지보수 상의 문제점 수준은 어느 정도 입니까?	0	5	15	29	19
2-9. 문제점에 대하여 간략히 기술하여 주시기 바랍니다.	유지보수비용 및 A/S시간소요(51), S/W 및 시스템 이해부족(15) 국내환경적응에 따른 초기장애(1)				
2-10. 문제점을 대하여 국내 솔루션의 존재 시 적극적으로 도입할 의사가 있으십니까?	1	10	18	30	9

다. 철도신호분야 Master Plan 수립을 위한 목표 및 추진전략 설정

철도신호분야 Master Plan 수립을 위한 목표 및 추진전략 설정에 관한 설문은 철도신호시스템을 직접 구매 발주하여 현장에 적용 및 운영하면서 발생하는 애로기술 및 국내 도시철도 환경에 맞춰 추가적으로 필요한 기술에 대하여 알아보기 위해 실시하였다.

질문에 대한 평가 중 8개 항목에 대하여 '높음' 이상의 긍정적인 답변을 정리하였을

때 ‘한국형 열차제어시스템의 체계화 구축’ 항목이 61명(90%), ‘철도신호체계의 신뢰도 향상 필요성’ 항목이 63명(93%), ‘100%국산 기술의 신호시스템 필요성’ 항목이 60명(88%), ‘안정적 예비품 확보 등 운영 및 유지보수의 효율성 향상 필요성’ 항목이 60명(88%) 등으로 응답하였다.

이와 같은 결과는 국내의 철도신호시스템의 체계화가 정립되어 있지 않은 상황에 안전성 무엇보다도 중요시되는 열차제어시스템을 고려하다보니 안전성이 검증된 국외 철도신호시스템을 도입할 수밖에 없고 이러한 시스템을 운영하면서 발생하는 각종 애로기술 및 높은 유지보수 비용으로 인한 도시철도 운영기관의 문제점 및 현상을 반영할 수 있음을 의미한다.

[표3.1.4] 철도신호분야 Master Plan 수립을 위한 목표 및 추진전략 분석

철도신호분야 Master Plan 수립을 위한 목표 및 추진전략 설정	평가				
	매우 낮음	낮음	중간	높음	매우 높음
3-1. 국외 신호시스템과 비교하여 한국형 열차 제어시스템(KTCS)의 체계화가 필요하다고 생각하십니까?	0	0	7	31	30
3-2. 국내 시스템의 안전성 인증에 대한 필요 수준	4	10	8	23	23
3-3. ICT기술을 활용한 관제의 자동화 필요성	0	0	15	39	14
3-4. 무인운전 및 에너지 절약형 신호시스템 개발의 필요성	0	3	15	33	17
3-5. 100% 국산 기술의 신호시스템 필요성	0	2	6	30	30
3-6. 유럽수준의 SIL 인증체계 확보 필요성	0	4	8	22	34
3-7. 철도신호체계의 신뢰도 향상 필요성	0	0	5	25	38
3-8. 안정적 예비품 확보 등 운영 및 유지보수의 효율성 향상 필요성	0	0	8	33	27

라. 철도신호분야 Master Plan을 위한 핵심기술 및 실용화 과제에 관한 철도 운영기관 평가

철도신호분야 Master Plan을 위한 핵심기술 및 실용화 과제에 관한 설문에 대하여는 모든 항목별로 필요성에 대하여 ‘높음’ 이상의 응답자가 54%이상으로 긍정적인 답변을 하였다. 실용화 과제 항목 중 응답자 57명(84%)이 답변한 ‘무인운전용 SMART관제 시스템 개발’ 항목과 53명(78%)이 답변한 ‘LTE 기반 무선통신 열차제어 기술 개발’ 항

목은 경전철이나 최신 도시철도 열차제어시스템으로 적용하여 운영중인 CBTC 시스템을 고려하여 선택한 것으로 보인다.

다음으로 '철도신호시스템용 공통플랫폼 개발' 항목이 52명(76%), '중소기업 개발품목 SE 및 SIL 인증 지원체계 구축을 위한 인프라 조성' 항목이 51명(75%), 'General Application Test설비 개발' 항목이 49명(72%) 순으로 나타났다. 이는 국내 운영 중인 차상, 지상 신호 Platform은 각기 상이하기 때문에 운영 및 유지보수가 힘들고, 상호 호환성이 결여되어 있어 운영이 비효율적이 문제점을 보여준다. 마찬가지로 영세한 국내 철도신호시스템 제조사들의 연구개발품에 대한 해외업체 인증비용 과다 및 복잡한 절차로 인하여 SIL 인증을 받는 것이 쉽지 않은 문제점에 대하여 국내 운영 기관들도 공감하고 있음을 알 수 있다.

[표3.1.5] 철도신호분야 Master Plan을 위한 핵심기술 및 실용화 과제 평가 분석

철도신호분야 Master Plan을 위한 핵심기술 및 실용화 과제에 관한 철도 운영기관 평가	평가				
	매우 낮음	낮음	중간	높음	매우 높음
4-1. 무인운전용 SMART관제시스템 개발	0	3	8	43	14
4-2. 일반/고속철도용 Station Controller 개발	0	0	25	36	7
4-3. LTE 기반 무선통신 열차제어 기술 개발	0	3	12	34	19
4-4. 일반/고속철도용 SEI 개발	0	4	22	33	9
4-5. 일반/고속철도용 자동운전(ETCS+ATO)적용 기술 개발	0	1	24	33	10
4-6. 해외시장 진출 전략 수립 및 해외 Pilot Station 설치	0	4	27	29	8
4-7. 중소기업 개발품목 SE 및 SIL 인증 지원체계 구축을 위한 인프라 조성	0	3	14	34	17
4-8. 철도신호시스템용 공통플랫폼 개발	0	1	15	30	22
4-9. General Application Test설비 개발	0	3	16	39	10

제 2 절 워크숍

1. 워크숍 개요

국토교통과학기술진흥원 건설교통연구기획사업 '철도신호분야 Master Plan 수립 및 통합신호시스템 실용화 기획연구' 기획과제를 통해 실시한 '철도신호시스템 Master Plan 수립 워크숍'을 진행하였다. 철도 신호분야 Master Plan 수립을 위하여 정부, 철도운영기관, 연구기관, 기업 등 각 분야 전문가 의견을 수렴하여 현재 수행중인 기획연구에 반영하고자 본 워크숍을 개최하였다.

○ 워크숍 개요
○ 일시 : 2014. 2. 20(목) ~ 21(금)
○ 장소 : 일성 여주남한강콘도
○ 참석자 : 총78명

*국토부, 서울특별시, 진흥원, 운영기관(한국철도공사, 한국철도시설공단, 서울메트로, 서울도시철도공사외 6개 운영기관), 관련업체(현대로템(주), (주)포스코ICT, 대아티아이(주), (주)유경제어외 14개 업체) 등



[그림3.2.1] 철도신호시스템 Master Plan 워크숍

워크숍 토의 결과

① 신호시스템 사업화 애로사항 해결방안

단 계 별	도출된 결과
개발단계	① 국내 신호시스템 표준화가 조속히 확정되야 추가적인 연구개발이 가능함.
	② 연구결과 도출한 지적재산권에 대하여 다른 사업자에게도 사용이 가능하도록 지원 필요.
	③ 상용화시 안전성검증 결과를 요구하고 있어 최초 연구개발시 안전성 검증 필요.
구매단계	④ 해외 진출시 국내 철도표준규격(KRS)의 시험기준을 EN 국제규격 등과 통일화할 필요성이 있음.
	⑤ 소프트웨어에 대한 개발, 개수 시 등 현실성 있는 단가 반영 필요
	⑥ 신규 개발한 신제품은 운영실적이 없어 구매가 어려운 실정이므로 법제화가 필요함.
시공단계	⑦ 해외 진출시 기술적인 부분보다 문서화 및 검증부분에 대한 어려움이 있음.
유지보수	⑧ 신호용품 유지보수 주기에 대한 기준 정립이 필요

② 철도신호시스템 표준화 방안 토의

○ 도시철도·경전철 신호시스템 : CBTC방식(KRTCS) 적용

○ 일반·고속철도 신호시스템 : ERTMS(ETCS-L2)시스템 적용

- 국제표준화 동향에 부합

- 한국철도공사의 ATP현황 및 미래전략에 부합. 다만, ETCS시스템은 장기적으로 현재의 ETCS레벨1 시스템을 레벨2시스템으로 업그레이드를 고려 할 필요 있음.

2. 서울메트로 신호시스템 개량 최적의 시스템 검토 의견

본 연구는 국제표준에 부합하는 신호시스템 Master Plan 수립 및 단선 · 복선, 저속 · 중속 · 고속, 무인운전 등에 유기적으로 적용이 가능한 통합(지상 · 차상 · 관제) 신호시스템의 실용화 기술 개발하여 국내 철도 신호시장 개량사업에 적용을 목표로 하고 있다.

또한 기존 서울메트로 3, 4호선의 노후 신호시스템의 개량 시 적합한 시스템을 연구 분석하고 개량 방식을 검토하여 최적의 신호시스템 적용 및 기존 신호시스템과의 상호 운영에 관한 필요사항을 도출하여 자동 및 무인운전 실현을 위해 필요한 내용을 제시한다.

가. 서울메트로 3, 4호선 ATC시스템 분석

1) 서울메트로 3, 4호선의 환경여건을 살펴보면 1985년 개통 이후 현재까지 30년째

ATC시스템으로 운영 중이다. 하지만 ATC시스템의 최초 도입 시 ATP장치는 설치가 되었으나 ATO장치는 제외되어 설치되지 않았다. 3호선 ATC시스템은 궤도회로에 의한 열차검지정보와 연동장치의 진로설정정보에 의해 허용속도를 설정하고 ATC신호를 송신하고 있으며 현재 다음과 같은 문제점이 있다.

○ 폐색구간 진입 및 선행열차와 근접 운행 시 반복적인 제동 체결로 인한 승차감 저하 및 운전시격 단축의 어려움

○ 전동차의 성능과 상관없는 일률적인 속도제어

○ 하부단위별 각종 장치들의 국산화는 이루어져 있으나 전체 ATC시스템의 아키텍쳐는 구형이기 때문에 기존 장치들의 개량만으로는 운전시격 단축이나 유지보수 등 다양한 부분에서 효율성이 떨어짐

[표3.2.1] 3호선 신호설비 현황

구 분		단위	합계	비고
연동장치	연동역	개소	12	일부 국산 전자연동 개량 (2015년까지 차량기지 포함 12개소 완료)
	비연동역	개소	9	PLC(미국 로크웰社) 개량 완료
궤도회로	AF궤도	조	471	국산화 완료(2개 제조사 중 1개사 폐업)
	PF궤도	조	179	일부 국산화 개량
차상신호장치		조	49	44조 완전국산화 완료

[표3.2.2] 4호선 신호설비 현황

구 분		단위	합계	비고
연동장치	연동역	개소	9	일부 국산 전자연동 개량 (2015년까지 차량기지 포함 9개소 완료)
	비연동역	개소	7	PLC(미국 로크웰社) 개량 완료
궤도 회로	AF궤도	조	324	국산화 완료(2개 제조사 중 1개사 폐업)
	PF궤도	조	97	일부 국산화 개량
차상신호장치		조	47	일부국산화 완료 (2014년부터 47조 개량 예정)

나. 서울메트로 3, 4호선 신호시스템 개량 시 최적의 시스템 검토

가. 시스템 요구사항 분석

1) 서울지하철 3, 4호선 신호시스템을 개량할 시는 열차운행의 중단 없이 안전하게 운행을 하면서 개량할 수 있는 방안과 열차 운행 능력 향상, 대승객 서비스 향상, 경영개선에 기여할 수 있는 최적 시스템을 도입하는 방안으로 검토하여야 한다.

2) 신호시스템은 전로설비로서 내구연한이 20년이며 장기간 사용해야 하므로 최신 기술이 적용된 방식의 시스템으로 개량이 필요하며 가장 중요하게 고려해야 할 부분은 운영부서의 유지보수 효율성을 위해 설비를 최소화하여 안전하고 검증된 설비로 개량이 추진되어야 한다.

3) 3, 4호선은 서울메트로와 코레일이 공동 운영하고 있는 호선이기 때문에 서울메트로 신호시스템의 개량만으로는 불가능하며 코레일 구간까지 동시에 개량이 이루어져야 가능하다. 만약 운영기관 간 시스템 개량 시기가 달라 공정이 차이난다면 구형 시스템과 신형 시스템의 병행 운행에 따른 상호운영 및 유지보수의 문제점이 발생하므로 비효율적이다.

나. 최적의 개량 방안 검토

시스템 개량 방안은 기존 노후 신호 시스템의 단순교체, ATO 신호방식으로 개량, 지능이 향상된 CBTC방식으로 개량하는 방법 등 3가지 방법을 검토할 수 있다.

1) 기존 노후 신호 시스템의 단순교체

개량 방법

전면 개량 시는 시스템 개량공사 중 구형 시스템과 신규 시스템이 동일한 궤도회로를 공용 사용하고, 신호기계실 장치는 이중으로 설치하여야 하므로 필요시 신, 구 시스템이 궤도회로 공용 사용을 위하여 절체박스가 필요하며 종합관제장치도 이중 설치를 검토하여야 한다.

부분 개량 시는 궤도회로장치, 신호기계실장치, 종합관제장치를 분리 발주하여 교체시기를 달리함으로서 개량할 수 있다.

개량 효과 및 문제점

신모델이나 신기술 도입 없이 단지 같은 모델의 신형시스템으로 개선되고 기존 신호시스템 모델이 유지되어 차상신호장치 병행개량이 필요 없으나 수송효율, 승차감, 유지보수 효율 등 경영개선 없이 현 수준이 유지되고 운행속도, 승차감 등 대 승객서비스 개선이 없다.

그리고 시스템이 많은 하드웨어로 구성되기 때문에 개량 시스템의 구매비용과 유지보수 비용 높으며 일부 공정과 대부분의 종합 시험을 열차운행이 없는 심야시간에 하여야 하므로 공사비가 많이 소요된다.

또한 개량공사 시 공용되는 기존 시스템과 신규 시스템 인터페이스와 신·구 시스템 간 상호 충돌이 발생될 시 열차안전운행에 지장이 초래된다.

2) ATO 신호방식으로 개량

개량 효과 및 문제점

자동운전이 가능하여 인건비가 절감되고 승차감과 속도가 향상되어 대승객 서비스 향상 효과가 있다. 하지만 개량 시에는 구형 시스템과 신규 시스템의 궤도회로가 같은 궤도를 공용으로 사용해야 하며, 신호기계실 장치와 관제장치가 이중으로 설치되어야 한다.

또한 1안과 마찬가지로 시스템의 구매비용과 유지보수 비용이 높으며 개량공사 시 공용되는 기존 시스템과 신규 시스템 간 상호 충돌이 발생될 시 열차안전운행에 지장이 초래된다.

시스템 개량에 요구되는 사항

현재 3, 4호선은 기존 ATC설비의 개량과 ATO 설비를 추가 설치하는 부분 개량으로 전체적인 시스템의 향상이 가능하다. 지상-차상-관제 설비 모두 국산화가 이루어져 있기 때문에 장치 간 인터페이스 부분은 큰 어려움이 없을 것이며 3, 4호선의 일부 신형 전동차는 차상ATO장치가 설치될 공간적인 여유도 있다.

하지만 현 시스템에 최적화된 ATO설비가 전무하기 때문에 R&D를 통한 기술 개발이 필요하며 열차의 효율적인 간격 조절과 선로용량 증대를 위해 현재 운영 중인 폐색구간의 재조정이 필요하다.

또한 3, 4호선을 ATO로 개량 시 지상설비 뿐만 아니라 관제설비도 현재로서는 부분 개량만으로 ATO기능이 불가능하여 전면 개량이 필요하다. 또한 ATO 운행을 위해서는 영업 운행 중인 차량의 차상 열차제어 시스템의 전면 교체뿐 아니라 차상 열차제어 시스템의 다운이나 장애발생 시 관제의 리셋기능 및 객차 내 CCTV 등 감시 장치 등을 추가 하여야 하고 그에 따른 통신회선의 확보도 중요하다.

마지막으로 신·구 시스템 병행 운전 시 상호간 간섭 현상을 완벽하게 차단하고, 인터페이스와 열차 안전운행을 고려하여 차상-지상-관제 통합 발주가 필요하다.

3) CBTC방식으로 개량하는 방법

CBTC 시스템 적용 현황

현재 전 세계적으로 지하철 및 경전철 등 도시철도는 CBTC를 활용한 자동운전 (UTO, DTO, STO)을 적용 중이며, 우리나라도 신분당선과 경전철에 대하여 CBTC 시스템을 해외에서 도입하여 사용하고 있다. 한편 국내에서도 무선통신 기반의 열차제어시스템 (KRTCS : Korean-Radio Train Control System) 개발 사업을 국가 주도로 진행 중이며 곧 완성이 되어 영업노선에 적용을 앞두고 있다.

개량 효과 및 문제점

기존 시스템과 신규 시스템이 공용되는 부분이 없이 완전한 별개의 시스템으로 병렬 구성하여 개량공사가 진행되며 자동운전이 가능하여 인건비 절감 효과와 승차감 및 운행속도가 향상된다. 또한 신기술 도입으로 신호설비의 수가 줄어들어 유지보수 비용도 감소하고 다른 개선방식에 비해 대부분의 설치공사와 시험을 주간 시간대에 할 수 있어 설치공사비가 절약될 수 있으나 차상신호 설비를 지상신호설비와 동일한 CBTC 방식으로 개량해야 한다.

시스템 개량에 요구되는 사항

CBTC의 신호 시스템에 대한 안전도 요구 사항은 철도공사와 서울메트로 구간을 실시간 운행하는 점을 감안하여 시스템 개량 방법 및 절차 등에 대하여 준비하고 계획되어져야 한다. 기존 설비와 CBTC 설비와의 장치별 기능적 차이가 존재하므로 두 설비간의 병행운행을 위한 장치별 적합성 검토가 요구되며, 이를 위한 선행 연구로서 제안하는 신호시스템에 대한 조사 분석과 기존 신호시스템의 인터페이스 현황 분석이 필요하다. 이용객이 안심하고 도시철도를 이용할 수 있도록 신뢰성 향상과 열차운행 중단 없는 병행운전에 대하여 사업의 계획 초기부터 RAMS활동이 시행될 수 있도록 하여야 한다.

시스템 운영 방식 검토

기존 ATC 신호시스템을 CBTC 신호방식으로 전면 개량하기 위해서는 기존 ATC 신호시스템 개량과 CBTC 신호시스템이 개량이 종료될 때까지 일시적인 병행운행이 필요하므로 기존 ATC 신호설비의 중단 없이 병행운행을 하기 위해서는 지상장치와 차상장치 중 어느 설비를 먼저 선택하여 설치해야 할 것인가에 대하여 장, 단점을 분석해야 한다. 신규노선에 신호설비를 설치하는 것이 아니라 기존노선에 ATC에 동작하는 차량과 CBTC에 동작하는 차량이 동시에 운용될 수 있으므로, 지상장치든 차상장치든 어느 한쪽에 2개의 시스템 설치가 먼저 선행되어야 한다.

차상장치가 먼저 개량이 된다고 하면 ATC와 CBTC가 동작할 수 있는 시스템을 설치해야 한다.

ATC 설비와 CBTC 장치의 병행설치의 검토

기존의 ATC 신호시스템과 향후 도입 될 수 있는 CBTC 신호시스템의 병행 설치에 대하여 검토가 이루어져야 한다. 서울메트로 3, 4호선은 기존의 AF궤도회로 및 PF궤도회로, 전자연동장치와 관제장치 등이 설치되어 있어 CBTC 차량의 운행을 위해서는 기존의 ATC와 CBTC간의 인터페이스에 대한 호환성 검토가 면밀하게 이루어져야 한다. CBTC로 개량하기 위해서는 우선 임시설치구간을 설치하고 성능 시험을 실시하여 병행운전에 따른 시스템 안정화 기간이 필요하며 개량효과를 극대화하기 위해서는 차상장치에서 ATC와 CBTC장치를 동시에 적용 가능한 시스템 개발이 필요할 것으로 요구된다.

다. 신호시스템 개량 시 기존 시스템과의 병행운행에 따른 문제점 점검 및 절체방안 검토

1) 기존 시스템에 신규 시스템을 추가하여 공사할 수 있는 공간 확보

2) 기존 시스템과 신규 시스템을 함께 가동할 수 있는 전원용량 확보

3) 기존 시스템과 신규 시스템 간 상호 방해(충돌) 예방 방안 검토

- 상호 절체기 설치, 완전 분리 설치 등으로 상호간섭 예방

4) 신규 시스템 도입에 따른 차상신호장치 연계 개량 방안 검토

5) 사업기간 중 신호설비와 인터페이스되는 전력관제장치, PSD, 승강장 안내장치 및 방송장치, MIS장치 등의 적정운영 방안

6) 신규 시스템용 통신망 및 기존-신규 인터페이스 장치의 통신망 확보

7) 사업기간 중 유지보수인력 등 운영인력 확보

8) 사업기간 중 예상되는 장애에 대비한 비상조치 방안 검토

다. 개량방안 검토결과

현재 도시철도 신호시스템의 최신 기술이 적용된 시스템은 CBTC방식의 열차제어 시스템이며 무선통신기반의 시스템으로 지상에 설치된 신호설비가 기존 시스템들에 비하여 현저히 적기 때문에 유지보수에 관하여 매우 효과적이다. 또한 무인 운전이 가능하여 인건비 절감 효과도 기대할 수 있으며 승차감과 운행속도가 증가하여 대 승객 서비스 향상 효과도 있다.

시스템 도입에 따른 설치 시에도 본선장치와 신호기계실에 설치되는 신호장치가 감소되어 사업예산이 상대적으로 저렴하며 다른 개량방식에 비해 대부분의 설치공사와 시험을 주간시간대에 할 수 있어 설치공사비도 절약되고 개량 공사 시 기존 시스템과 신규 시스템 간 상호 방해(충돌)가 발생될 우려가 없다.

따라서 서울메트로 3, 4호선 신호 시스템의 개량 방법은 인건비 절감, 수송률 향상, 대승객 서비스 향상, 경영개선을 고려하고 사업비도 상대적으로 저렴하게 소요될 뿐 아니라 열차안전운행도가 높은 CBTC신호방식으로 개량하는 것이 유리하다.

물론 신기종의 신호시스템이 도입되어도 신호시스템 개량 시 일정 기간 병행운전은 필요하므로 초기 설계에 반영되지 않으면 개량공사 중 열차운행 지장을 초래할 수 있고, 안전사고, 공기 지연 등의 문제점이 발생될 수 있다. 따라서 설계 시 상기 고려사항을 충분히 검토하여야 하며 개량공사 중에도 관심을 가지고 관리해야 한다.

이미 서울메트로 2호선의 ATO개량사업을 통해 시스템 교체 중에 많은 시행착오를 거쳐 노하우를 축적한 부분이 있기 때문에 그 부분을 최대한 활용해야 할 것이다. 반드

시 지상-차상-관제 모두 통합 발주가 기본으로 되어야 할 것이며 신호의 가장 중요한 부분이 안전 부분에 충분한 검토를 통하여 신중하게 접근해야 할 것이다.

[표3.2.3] 세계의 CBTC 시스템 적용 노선 현황

제조사	제품명	국 가	노 선	개통년도	영업구간	자동화수준
Ansaldo STS	CBTC	Denmark	Copenhagen Metro M1, M2	2002	22	UTO
		Italy	Brescia Metro	2002	14	UTO
		China	Shenyang Metro 1	2011	27	STO
		Italy	Italy Milan line 5	2012	13	UTO
		Sweden	Stockholm Metro Red	2014	41	UTO
		Taiwan	Taipei Metro Circular	2015	15	UTO
		Denmark	Copenhagen City Ring	2018	17	UTO
		Italy	Rome Line C	2020	25	UTO
Siemens	Trainguard MT	Spain	Metro de Barcelona 9	2009	49	UTO
		U.S.A.	NewYork Subway BMT Canarsie Line	2009	17	STO
		China	Guangzhou Metro 4, 5	2010	70	UTO
		Brazil	São Paulo Metro 4	2010	13	UTO
		France	Paris Métro 1	2011	16	STO
		Algeria	Algiers Metro 1	2012	9	STO
		China	Beijing Metro 8,10	2013	49	STO
		China	Nanjing Metro 2,10	2013	38	UTO
		Hungary	Budapest Metro M2, M4	2014	17	UTO
		Denmark	Copenhagen S-Train All lines	2018	170	STO
Thales	SelTrac	Canada	ScarboroughRTLine	1985	6	UTO
		Canada	Vancouverphase1	1986	29	UTO
		U.S.A.	DetroitDPM	1987	5	UTO
		U.K.	London-Docklands LightRailway	1995	20	UTO
		Turkey	AnkaraRapidTransit	1997	15	UTO
		U.S.A.	SanFrancisco Municipal Railway	1997	10	UTO
		Malaysia	KualaLumpurLRT II	1998	29	UTO

제조사	제품명	국 가	노 선	개통년도	영업구간	자동화수준
Thales	SelTrac	Canada	Vancouver - Millennium Line	2002	21	UTO
		U.S.A.	NewYork JFK APM	2003	13	UTO
		U.S.A.	Las Vegas Monorail	2004	6	UTO
		China	Wuhan Metro 1	2004	27	STO
		China	Hong Kong Disneyland Penny's Bay Line	2005	4	UTO
		U.S.A.	Washington-Dulles Airport Dulles APM	2009	8	UTO
		China	Beijing Metro 4	2009	29	STO
		China	Shanghai Metro 6,7,8,9	2009	172	STO
		China	Guangzhou Metro 3	2010	67	STO
		U.S.A.	Tube Lines Jubilee Line	2010	37	STO
		India	Dubai Metro Red, Green	2011	70	UTO
		Korea	Busan-Gimhae Light Rail Transit	2012	24	UTO
		China	Shanghai Metro 11	2012	67	STO
		France	Paris Métro 13	2013	23	STO
		Canada	Edmonton North LRT	2013	12	STO
		Korea	SinBundang Line	2013	31	UTO
		China	Nanjing Airport Rail Link	2014	36	STO
		Brazil	São Paulo Metro 17	2015	18	UTO
		U.S.A.	New York IRT Flushing Line	2015	17	STO
		Singapore	Singapore North South Line	2015	57	UTO
		Malaysia	Kuala Lumpur Ampang Line	2016	35	UTO
		India	Hyderabad Metro Rail L1, L2, L3	2016	72	UTO
		Korea	Incheon Subway Line 2	2016	29	UTO
		Canada	Ottawa Confederation Line	2018	13	STO

제조사	제품명	국 가	노 선	개통년도	영업구간	자동화수준
Bombardier	CITYFLO650	U.S.A.	Seattle-Tacoma Airport Satellite Transit System APM	2003	3	UTO
		U.S.A.	San Francisco Airport AirTrain APM	2003	5	UTO
		U.S.A.	Dallas-Fortworth Airport DFW Skylink APM	2005	10	UTO
		Spain	Metro de Madrid 1, 6	2008	48	STO
		U.S.A.	LasVegas-McCarran Airport APM	2008	2	UTO
		U.K.	London Heathrow Airport Heathrow APM	2008	1	UTO
		Taiwan	Taipei Metro Neihu-Mucha	2009	26	UTO
		U.S.A.	Philadelphia SEPTA Light Rail Green Line	2010	8	STO
		Korea	Yongin EverLine	2011	19	UTO
		China	Shenzhen 3	2011	42	STO
		China	Tianjin Metro 2, 3	2012	52	STO
		U.S.A.	Phoenix Sky Harbor Airport PHX Sky Train	2012	3	UTO
		Saudi Arabia	Riyadh KAFD Monorail	2012	4	UTO
		Brazil	São Paulo Metro 15	2014	25	UTO
		Brazil	São Paulo Metro 5	2015	20	UTO
		Malaysia	Klang Valley MRT	2017	51	UTO
		U.K.	London SSR Lines	2018	190	STO
Invensys	Sirius	Brazil	São Paulo Commuter Lines 8, 10, 11	2012	107	UTO
		Venesuela	Caracas Metro 1	2013	21	UTO
		Turkey	Marmaray Line	2015	77	STO
		Singapore	Singapore Metro Downtown Line	2016	40	UTO

제조사	제품명	국 가	노 선	개통년도	영업구간	자동화수준
Alstom	Urbalis	Singapore	Singapore Metro North-East Line	2003	20	UTO
		Switzerland	Lausanne Metro M2	2008	6	UTO
		China	Beijing Airport Express	2008	28	STO
		Singapore	Singapore Metro Circle	2009	35	STO
		Italy	Milan Metro 1	2010	27	STO
		China	Beijing Metro Fangshan Line	2010	25	STO
		China	Shenzhen Metro 2, 5	2011	76	STO
		Mexico	Mexico City Metro 12	2012	25	STO
		China	Guangzhou Metro 6	2012	24	STO
		Chile	Metro Santiago 1	2012	20	STO
		Brazil	SãoPaulo Metro 1,2,3	2012	62	UTO
		China	Shanghai Metro 10, 12, 13, 16	2013	152	UTO
		China	Kunming Metro 1, 2	2013	42	UTO
		China	Wuhan Metro 2, 4	2013	60	STO
		Canada	Toronto Metro YUS line	2013	31	STO
		India	Dubai Metro Al Sufouh LRT	2014	10	STO
		China	Ningbo Metro 1	2014	21	UTO
		Panama	Panama Metro 1	2014	14	UTO
		China	Beijing Metro 1, 2, 6, 9	2015	116	STO
		China	Wuxi Metro 1, 2	2015	58	STO
		Netherland	Amsterdam Metro L50, L51, L52, L53, L54	2015	62	UTO
		China	Hong Kong Metro SIL	2017	7	UTO
		France	Lille Metro 1	2017	15	UTO
		China	Taichung Metro Green Line	2017	18	UTO

3. 유관기관 의견 종합

여론조사를 통해 운영기관의 의견을 듣고 워크숍을 통해 운영기관 및 철도신호분야 기업의 의견을 얻은 결과는 철도신호분야의 상세표준안이 나와야 기업들은 그 표준안에 맞춰 제품개발을 진행 할 수 있으며, 제품을 개발하더라도 우리 철도신호분야에 직접 제품을 설치하기 위해서는 안전성 인증(SIL인증)이 선행 되어야 한다. 또한 해외 진출시에도 안전성 인증이 되지 않으면 진출시 많은 어려움이 있다. 그러나 안전성 인증을 위해서는 비용도 많이 소모될 뿐 아니라 제품을 직접 실험할 수 있는 공간과 여건이 갖추어져 있지 않아 많은 어려움이 따른다. 그래서 이번 기획과제에서는 이런 기업들의 의견을 받아 다음과 같은 과제가 진행되어야 한다.

- 한국형 철도신호시스템(KTCS) 기술 분류 및 표준화
- SE 및 SIL 인증 공동지원체계 구축
- 공통 Platform을 이용한 신호시스템 개발
- 해외 Pilot Station 개발 및 구축

제 3 절 결론

철도 신호분야 Master Plan을 세우기 위하여 도시철도 및 일반철도, 고속철도 운영사의 신호 관련 부서의 전문가에게 설문조사를 실시하였다. 또한 워크숍을 개최하여 국내 철도 신호분야 전문가를 모아 의견을 취합하였다. 취합된 의견을 토대로 Master Plan을 작성하였으며, 작성된 Master Plan을 자문회의를 거쳐 완성하였다.

유관기관 의견수렴 결과, 신호시스템의 표준화 방향은 ETCS 와 CBTC의 통합표준화 필요성이 가장 크게 대두되었고, 무인자동화에 의한 안전성 확보와 경제성 향상, SIL 인증체계를 구축하여 국제화를 이루는 것을 강력히 바라고 있다.

제 4 장 철도신호분야 Master Plan 수립을 위한 조사 분석

제 1 절 철도신호분야 특허동향

1. 개요

가. 분석배경 및 목적

1-1. 분석 배경

우리나라 철도신호분야의 국가R&D는 산발적으로 이루어졌으며, 철도신호체계 및 관련부품 등은 국내기술로 상용화된 사례가 부족하여, 유럽의 ETCS등을 그대로 도입하여 해외업체에 기술적으로 종속되어 있음. 그리고 유럽 등 해외에서 요구하는 SIL 인증을 획득한 국산제품이 없어 국내는 물론 해외시장 진출이 불가능함

1-2. 분석 목적

본 특허동향조사 보고서는 철도 신호분야 기술에 대하여 특허동향을 분석함으로써, 우리나라의 기술 수준, 국가의 연구개발 동향을 파악하고, 본 연구개발과제 수행의 타당성에 대한 객관적인 정보를 제공하기 위함

철도 신호분야 연구는 미래 국가 경쟁력 확보 및 환경 친화적인 이동수단에 대한 기술의 연구개발이 필요함

탄소에너지의 환경파괴, 고유가 시대 및 도로시설 공급의 한계로 계속 심화되고 있는 대도시 교통난을 완화하기 위해 수송 효율 및 에너지 효율이 높은 이동수단에 대한 장기적인 대안수립이 필요함

나. 분석범위

본 분석에서는 『철도 신호분야 Master Plan 수립 및 통합신호시스템 실용화 기획연구』 내용에 부합하는 11개 기술분야(열차운행계획, 열차운행서비스관리, 열차추적 및 감시, 인터페이스관리, 고정폐색방식, 거리중심제어, 이동폐색방식, 진로설정 및 처리, 진로감시, 무선통신 및 보안, 기관사인지능력평가)를 선정한 후, 각각의 기술분야에 맞게 기술분류가 완료된 특허를 분석 대상으로 하였으며, 2014년 6월까지 출원공개 또는 출원등록된 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO) 특허청의 공개특허공보 및 등록특허공보를 분석 대상으로 함

2-1. 분석대상 특허 검색 DB 및 검색범위

(1) 분석대상 특허[1)]

[표4.1.1] 검색 DB 및 검색범위

자료 구분	국 가	검색 DB	분석구간	검색범위
공개·등록특허 (공개·등록일 기준)	한국	WIPS DB	~ 현재 (2014.6)	특허공개 및 등록 전체문서
	미국	WIPS DB Total Patent		특허공개, 특허공개(공표), 특허공개(재공표) 전체문서
	일본	WIPS DB Total Patent		특허공개 및 등록 전체문서
	유럽	WIPS DB Total Patent		EP-A(Applications) 및 EP-B(Granted) 전체문서

※ 정량분석구간: 한국, 미국, 일본, 유럽, ~2012(출원년도 기준)

2-2. 분석대상 기술 및 검색식 도출

(1) 기술분류체계

1) 한국, 미국, 일본, 유럽 특허: 출원일 기준으로 분석하며, 일반적으로 특허출원 후 18개월이 경과된 때에 출원 관련정보를 대중에게 공개하고 있음. 따라서 아직 미공개 상태의 데이터가 존재하는 2013~2014년 자료는 유효하지 않으므로 정량분석은 ~2012년까지 유효데이터로 분석함.

[표4.1.2] 분석대상 기술의 기술분류체계

대분류	중분류	소분류
철도 신호분야 (A)	열차감시 (AA)	열차운행계획 (AAA)
		열차운행서비스 관리 (AAB)
		열차추적 및 감시 (AAC)
		인터페이스 관리 (AAD)
	열차간격제어 (AB)	고정폐색방식 (ABA)
		거리중심제어 (ABB)
		이동폐색방식 (ABC)
	열차진로제어 (AC)	진로설정 및 처리 (ACA)
		진로감시 (ACB)
	통신시스템 및 응용 (AD)	무선통신 및 보안 (ADA)
		기관사인지능력평가 (ADB)

(2) 기술분류기준

[표4.1.3] 분석대상 기술분류기준

대분류	중분류	소분류	검색개요 (기술범위)
철도 신호 분야 (A)	열차 감시 (AA)	열차운행계획 (AAA)	- 열차의 출발시간, 정차시간, 배차시간 및 간격 등 열차가 스케줄에 따라 운행하도록 제어하는 기술
		열차운행서비스 관리 (AAB)	- 열차의 운행과 관련된 서비스(운행 정보 및 안내, 냉난방 등 편의시설)와 관련된 기술
		열차추적 및 감시 (AAC)	- 열차의 위치, 속도를 추적하고, 이상유무를 감시하는 기술
		인터페이스 관리 (AAD)	- 열차의 시스템 및 장치를 내부 또는 외부와 서로 연결하고, 통합적으로 관리하는 기술
	열차 간격 제어 (AB)	고정폐색방식 (ABA)	- 선로를 분할해서 폐색구간을 정하고, 그 구간내에 열차가 선로에 존재하는 여부의 정보만을 근거로 열차간격을 제어하는 방식
		거리중심제어 (ABB)	- 선행열차의 위치에 따라 차상의 컴퓨터가 선행열차와의 안전한 제동거리를 유지하는 방식 관한 기술
		이동폐색방식 (ABC)	- 열차의 속도와 위치에 따라 연속적으로 폐색구간을 이동시켜 열차간격을 제어하는 기술
	열차 진로 제어 (AC)	진로설정 및 처리 (ACA)	- 열차의 진로에 있어서 다른 설정된 진로와 겹쳐져 있지 않는 것 등을 확인하고, 조건을 만족하고 있으면 열차의 진로를 설정하며, 설정된 진로에 따라 처리하는 기술
		진로감시 (ACB)	- 열차가 진로처리된대로 움직이는지를 감시하는 기술
	통신 시스템 및 응용 (AD)	무선통신 및 보안 (ADA)	- 무선통신을 이용하여 열차를 제어하는 프로세스 및 보안 기술
		기관사 인지능력평가 (ADB)	- 열차 기관사의 인지 능력을 평가하여 기관사의 상태 및 운전 가능 여부 등을 판단하고, 문제 발생시 신속한 조치가 이루어질 수 있도록 하는 기술

(3) 핵심 키워드 도출

수요자가 요청한 철도 신호분야 기술을 열차감시분야, 열차간격제어분야, 열차진로제어분야, 통신시스템 및 응용분야의 4개의 중분류 항목으로 하였으며, 4개의 중분류 항목은 세부 기술항목으로 분류하여 11개의 소분류 항목을 설정함

관련 기술을 검색하기 위한 검색식은 대분류 전체를 대상으로 하여 검색한 후 소분류 항목별로 해당 특허를 분류해서 나누는 방법으로 관련 기술을 도출하였으며, 관련된 키워드의 도출은 기술내용에 대한 파악 및 자문위원과의 회의 내용을 바탕으로 하여 도출함

(4) 검색식 도출 과정

본 보고서에 사용된 검색식은 상기 방법을 통해 도출된 핵심키워드를 바탕으로 해당 기술분류를 포함할 수 있는 검색식을 작성하였으며, 국제특허분류기준인 IPC를 이용하여 최종 검색식을 완성함

(5) 검색식

기술분류체계에 따른 최종 검색식과 검색건수는 각각 [표4.1.4]와 같음

[표4.1.4] 기술분류체계에 따른 최종 검색식

대분류	중분류	소분류	검색식	검색건수				
				한국 KIPO	미국 USPTO	일본 JPO	유럽 EPO	합계
철도 신호 분야 (A)	열차 감시 (AA)	열차 운행 계획 (AAA)	[국문] (열차* or 기차* or 트레인* or 기관차* or 전철* or 지하철* or 메트로* or 서브웨이* or 전동차* or 철도* or 궤도* and (배차* or 간격* or 스케줄* or 스케쥴* or 일정* or 시간표* or 계획* or 플랜*) [영문] (train or locomotive* or metro or subway or rail* or railroad or railway) and (plan* or schedule* or timetable*)	361	140	762	133	1,396
		열차 운행 서비스 관리 (AAB)	[국문] ((열차* or 기차* or 트레인* or 기관차* or 지하철* or 서브웨이* or 전동차* or (철도 near2 차량*)) and (감시* or 모니터링* or 제어* or 컨트롤* or 콘트롤* or 관리*) n/5 (서비스* or 편의* or 냉방* or 난방* or 냉난방* or 정보* or 공기* or 디스플레이*) [영문] (train or locomotive* or metro or subway or rail* or railroad or railway) and ((supervis* or surveillanc* or observ* or detect* or monitoring* or control* or administ* or manag*) n/5 (service* or amenit* or accommodat* or comfort* or convenien* or information* or vantilat* or display* or air* or heat* or condition*))	169	330	317	269	1,085

		열차 추적 및 감시 (AAC)	[국문] ((열차* or 기차* or 트레인* or 기관차* or 지하철* or 서브웨이* or 전동차* or (철도 near2 차량*)) and ((추적* or 트랙* or 트래킹* or 감시* or 모니터링* or 제어* or 컨트롤* or 콘트롤* or 관리*) n/3 (위치* or 포지션* or 속도* or 스피드* or 고장* or 이상*)) [영문] (train or locomotive* or metro or subway or rail* or railroad or railway) and ((supervis* or surveillanc* or observ* or detect* or monitoring* or control* or administ* or manag* or sens* or trac* or chas* or track* or pursuit*) n/3 (location* or position* or speed* or velocity* or violation* or error* or trouble* or breakdown* or failure*))	486	506	783	269	2,044
		인터 페이스 관리 (AAD)	[국문] ((열차* or 기차* or 트레인* or 기관차* or 지하철* or 서브웨이* or 전동차* or (철도 near2 차량*)) and ((감시* or 모니터링* or 제어* or 컨트롤* or 콘트롤* or 관리*) n/3 (인터페이스* or 시스템* or 종합* or 전체* or 전반*)) [영문] (train or locomotive* or metro or subway or rail* or railroad or railway) and ((monitoring* or control* or administ* or manag* or adjust*) n/3 (interface* or system* or total* or overall* or interactive* or mutual*))	352	459	573	354	1,738

	열차 간격 제어 (AB)	고정 폐색 방식 (ABA)	[국문] (열차* or 기차* or 트레인* or 기관차* or 지하철* or 서브웨이* or 전동차* or (철도 near2 차량*)) and (고정 near1 폐색* or 간격* or 거리*) [영문] (train or locomotive* or metro or subway or rail* or railroad or railway) and (fix* or block* or ((adjust* or control* or check* or sens* or detect* or monit*) n/4 (gap* or distan* or between* or interval*)))	243	550	372	431	1,596
		거리 중심 제어 (ABB)	[국문] (열차* or 기차* or 트레인* or 기관차* or 지하철* or 서브웨이* or 전동차* or (철도 near2 차량*)) and ((거리* near2 제어*) or (차상* near2 거리*) or 간격* or 거리*) [영문] (train or locomotive* or metro or subway or rail* or railroad or railway) and (fix* or block* or ((adjust* or control* or check* or sens* or detect* or monit*) n/4 (gap* or distan* or between* or interval*)))	193	371	258	303	1,125

		이동 폐색 방식 (ABC)	[국문] (열차* or 기차* or 트레인* or 기관차* or 지하철* or 서브웨이* or 전동차* or (철도 near2 차량*)) and ((이동 near1 폐색*) or 간격* or 거리*) [영문] (train or locomotive* or metro or subway or rail* or railroad or railway) and (fix* or block* or ((adjust* or control* or check* or sens* or detect* or monit*) n/4 (gap* or distan* or between* or interval*)))	124	286	207	223	840
		진로 설정 및 처리 (ACA)	[국문] (열차* or 기차* or 트레인* or 기관차* or 지하철* or 서브웨이* or 전동차* or (철도 near2 차량*)) and (진로* or 코스* or 루트* or 채널*) [영문] (train or locomotive* or metro or subway or rail* or railroad or railway) and (path* or course* or route* or channel*)	154	335	246	318	1,053
		진로 감시 (ACB)	[국문] (열차* or 기차* or 트레인* or 기관차* or 지하철* or 서브웨이* or 전동차* or (철도 near2 차량*)) and (진로* or 코스* or 루트* or 채널*) [영문] (train or locomotive* or metro or subway or rail* or railroad or railway) and (path* or course* or route* or channel*)	113	273	174	236	796

	통신 시스템 및 응용 (AD)	무선 통신 및 보안 (ADA)	[국문] (열차* or 기차* or 트레인* or 기관차* or 지하철* or 서브웨이* or 전동차* or (철도 near2 차량*)) n/4 (통신* or 커뮤니케이션* or 네트웍* or 네트워* or 무선* or 와이어리스* or 보안* or 시큐리티* or 서큐리티*) [영문] ((train or locomotive* or metro or subway or rail* or railroad or railway) n/4 (security* or communicat* or network* or wireless* or coreless*))	87	275	136	229	727
		기관사 인지 능력 평가 (ADB)	[국문] (열차* or 기차* or 트레인* or 기관차* or 지하철* or 서브웨이* or 전동차* or (철도 near2 차량*)) n/4 (통신* or 커뮤니케이션* or 네트웍* or 네트워* or 무선* or 와이어리스* or 보안* or 시큐리티* or 서큐리티*) [영문] ((train or locomotive* or metro or subway or rail* or railroad or railway) n/4 (security* or communicat* or network* or wireless* or coreless*))	31	101	48	62	242
총 합 계				1,368	1,435	2,435	1,025	6,263

2-3. 유효특허 선별 기준 및 결과

(1) 유효특허 선별 기준

[표4.1.5] 분석대상 기술분류

대분류	중분류	소분류	노이즈제거 및 유효특허 추출기준
철도 신호 분야 (A)	열차 감시 (AA)	열차운행계획 (AAA)	1.열차의 출발시간, 정차시간, 배차시간 및 간격 등 열차 스케줄에 관련된 특허
		열차운행 서비스 관리 (AAB)	1.열차의 운행 정보 및 안내, 냉난방 등 편의시설 관련 등 고객중심의 서비스 관련된 특허
		열차추적 및 감시 (AAC)	1. 모델 트레인(model train) 제외 2. 열차의 위치, 속도를 추적하고, 이상유무를 감시하는 기술과 관련된 특허
		인터페이스 관리 (AAD)	1. 종합적인 열차제어시스템의 연동와 관련된 특허
	열차 간격 제어 (AB)	고정폐색방식 (ABA)	1. 폐색구간 설정에 따른 열차제어와 관련된 특허 2. 모델 트레인(model train) 제외
		거리중심제어 (ABB)	1. 선행열차의 위치에 따라 차상의 컴퓨터가 선행 열차와의 안전한 제동거리 유지와 관련된 특허 2. 모델 트레인(model train) 제외
		이동폐색방식 (ABC)	1.열차의 속도와 위치에 따라 연속적으로 폐색구간을 이동시켜 열차 간격을 제어하는 기술과 관련된 특허 2. 모델 트레인(model train) 제외
	열차 진로 제어 (AC)	진로설정 및 처리 (ACA)	1.열차의 진로에 있어서 다른 설정된 진로와 겹쳐져 있지 않는 것 등을 확인하고, 조건을 만족하고 있으면 열차의 진로를 설정하며, 설정된 진로에 따라 처리하는 기술과 관련된 특허 2. 모델 트레인(model train) 제외
		진로감시 (ACB)	1.열차가 진로처리된대로 움직이는지를 감시하는 기술과 관련된 특허 2. 모델 트레인(model train) 제외
	통신 시스템 및 응용 (AD)	무선통신 및 보안 (ADA)	1. 무선통신을 이용하여 열차를 제어하는 프로세스 및 보안 기술과 관련된 특허 2. 모델 트레인(model train) 제외
		기관사 인지능력평가 (ADB)	1. 열차 기관사의 인지 능력을 평가하여 기관사의 상태 및 운전 가능 여부 등을 판단하고, 문제 발생시 신속한 조치가 이루어질 수 있도록 하는 기술과 관련된 특허

(2) 유효특허 선별 결과

[표4.1.6] 유효 특허 선별 결과

대분류	중분류	소분류	검색개요(기술범위)				
			KIPO	USPTO	JPO	EPO	합계
철도 신호 분야 (A)	열차 감시 (AA)	열차운행계획 (AAA)	24	12	84	24	144
		열차운행서비스 관리 (AAB)	66	2	60	21	149
		열차추적 및 감시 (AAC)	86	48	191	21	346
		인터페이스 관리 (AAD)	153	40	301	152	646
	소계		329	102	636	218	1,285
	열차 간격 제어 (AB)	고정폐색방식 (ABA)	30	52	66	18	166
		거리중심제어 (ABB)	11	10	42	4	67
		이동폐색방식 (ABC)	9	21	24	13	67
	소계		50	83	132	35	300
	열차 진로 제어 (AC)	진로설정 및 처리 (ACA)	13	23	46	13	95
		진로감시 (ACB)	24	2	25	18	69
	소계		37	25	71	31	164
	통신 시스템 및 응용 (AD)	무선통신 및 보안 (ADA)	58	60	139	51	308
		기관사 인지능력평가 (ADB)	4	2	4	11	21
	소계		62	62	143	62	329
	총계		478	272	982	346	2,078

2-4. 특허기술동향조사 분석방법

본 분석에서는 철도 신호 기술 분야의 특허기술 Landscape 및 분석지표로 나누어 분석함

○ 특허기술 Landscape

- 국가별 Landscape에서는 조사대상국인 한국, 미국, 일본 및 유럽에서의 특허를 출원연도별, 국가별, 기술별로 분류하여 각 부문별 특허건수, 점유율 및 증가율 등으로 분석을 수행함. 또한, 출원인별로 주요시장국 기술개발 활동현황, 구간별 출원인수와 출원건수의 증감정도를 통한 기술시장 성장단계 파악 등을 분석함

- 경쟁자 Landscape에서는 해당 분야에서 특허활동이 활발한 연구기관이 글로벌 시장을 타겟팅한 기술개발을 하고 있는지, 자국시장에 한정된 기술개발을 하고 있는지에 대한 정보를 알 수 있으며, 경쟁자 분석에서 상위출원인 TOP 10을 선정하여 주요 IP 시장국, 특허출원 증가율, 주력 기술분야를 분석함

- 다출원인 특허동향에서는 각각의 기술을 소분류로 할 때 해당 소분류별로 주요출원인이 다르며, 이들이 집중하고 있는 특허기술에 대한 분석을 실시하고, 주력기술분야를 바탕으로 분야별 상위출원인 TOP 10을 선정하여 분석함

○ 분석지표

구분	지표	의미	정의
질적 측면	인용도지수 (Cites Per Patent)	인용도지수 ∝ 영향력	인용도지수 = 피인용수 / 특허건수
	영향력지수 (Patent Impact Index)	상대적 영향력	PII = 해당국가의피인용비 / 전체피인용비
	기술력지수 (Technology strength)	기술력	TS = 특허건수 × 영향력지수

- 인용도지수(CPP, Cites Per Patent)
특정 특허권자의 특허들이 이후 등록되는 특허들에 의해 인용되는 횟수의 평균값으로, 이 값이 클수록 주요특허 또는 원천특허를 많이 가지고 있다는 것을 의미하며 많이 인용되는 특허를 가진 특허권자는 경쟁에서 유리한 위치를 점할 수 있음
- 영향력지수(Patent Impact Index)

한 시점을 기준으로 삼아 과거의 기술적 활동을 반영하는 지표로써, 특정 출원인(특허권자)이 소유한 기술의 질적수준을 측정하는 지수임. PII가 1이면 평균 인용 빈도임을 나타내고, 2이면 평균보다 2배 많은 빈도로 인용됨을 나타냄

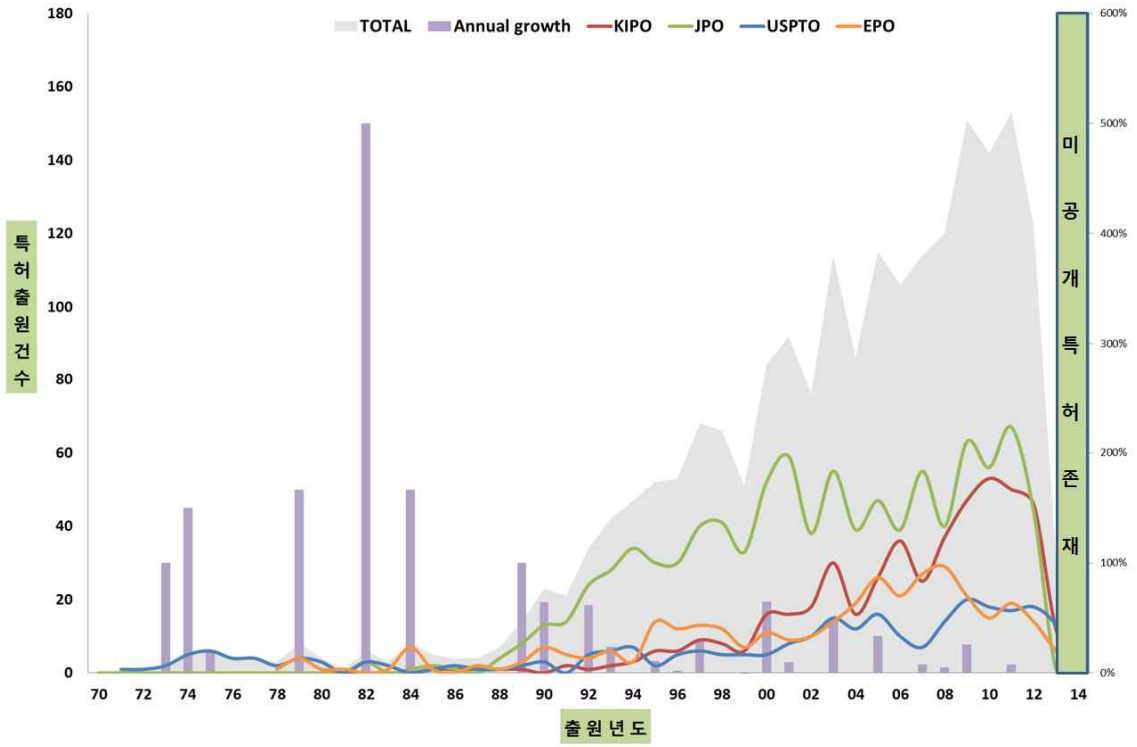
- 기술력지수(Technology Strength)
기술력지수가 클수록 해당 국가(또는 연구주체)의 기술력이 높음을 의미함

2. 특허기술 Landscape

가. 국가별 Landscape

1-1. 주요출원국 기술개발 활동현황

(1) 주요출원국 연도별 특허동향



[그림4.1.1] 연도별 전체 특허동향

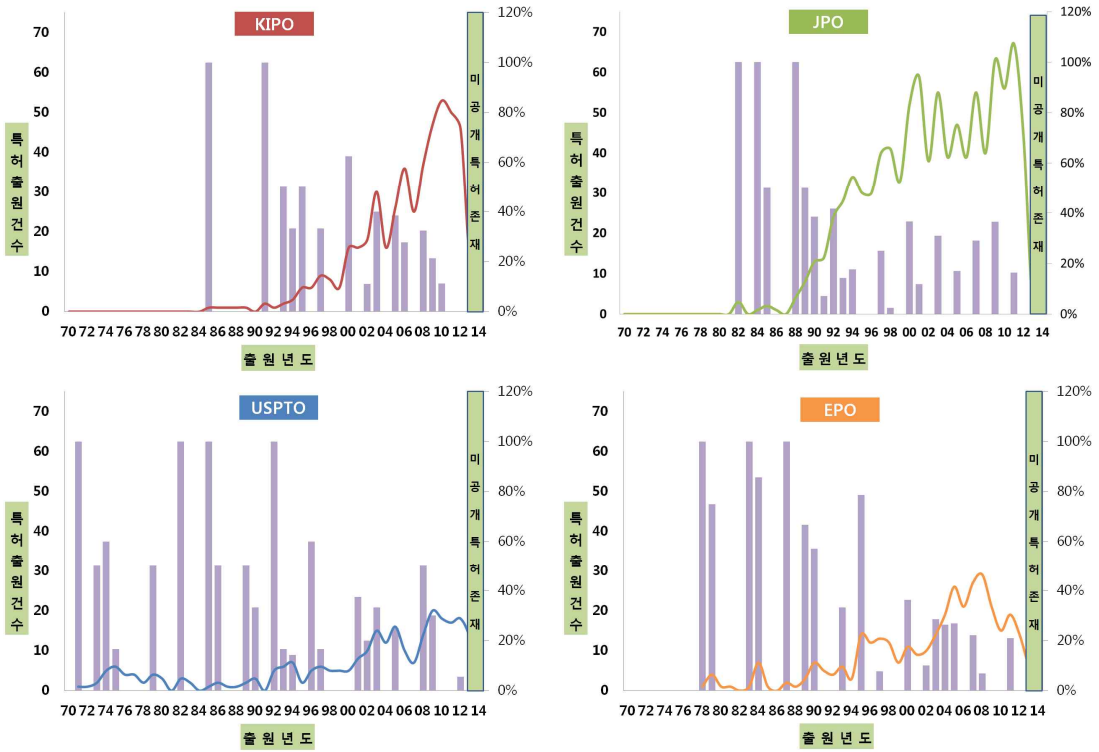
철도 신호 기술 분야의 국가별 특허출원 동향을 살펴보면, 1980년대 이후로 전 세계의 특허출원건수의 **지속적인 증가 추세**를 보이고 있음. 이는 1980년대 이후로 200km/h 이상의 고속선이 발전하면서, 열차 간 사고방지를 위한 **열차신호시스템의 연구개발이 활발**하게 진행되었음을 알 수 있음

1990년대 중반부터는 무선통신 기술과 관련된 철도 신호 분야의 출원이 급격하게 증가하게 되는데, 이는 **비약적으로 발전하는 무선통신 기술이 철도 신호 분야에 영향을** 준 것으로 판단됨

한국은 1980년대 중반부터 특허출원이 시작되어, 1990년대 중반부터 꾸준한 특허 출원 경향을 보이고 있으며, 일본은 1980년대 후반부터 급격한 기술개발활동을 보였으나 2000년대 초반부터

기술 개발활동이 감소와 증가를 반복하며 꾸준한 특허 출원 경향을 보이고 있음

미국과 유럽의 경우, 철도 신호 기술의 개발 초기부터 2000년대 후반까지 출원이 꾸준히 이루어지는 추세를 보이고 있으나, 2010년 초반부터 특허출원이 감소하는 경향을 보이고 있음



[KIPO] 한국 특허청에서는 1980년대 중반부터 특허출원이 시작되어, 1990년대 초반부터 특허출원이 조금씩 증가하기 시작하다가 2010년 초반까지 특허출원 증가와 감소를 반복하면서 전체적으로는 특허출원이 증가하는 추세를 보이고 있음. 2004년~2006년 구간의 **급격한 출원 증가**는 **2004년 KTX의 개통**으로 인한 연구개발이 주요 원인이라 판단됨. 2010년 초반 이후로 **특허출원이 감소하는 추세**를 보이고 있음

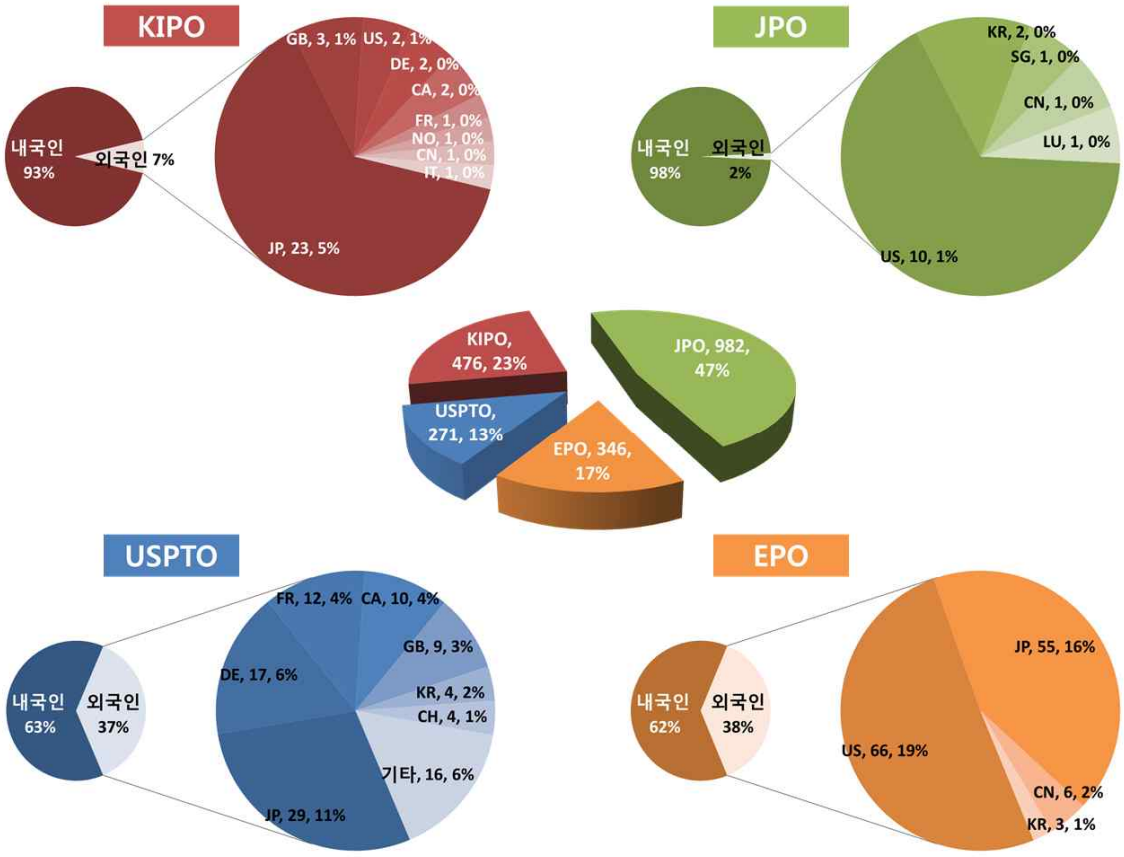
[JPO] 1980년대 중반 이후 일본 경제의 호황과 더불어 일본 국유철도의 구조개혁이 성공하여 일본특허청은 1980년대 중반 이후부터 2000년대 초반까지 특허출원이 급격하게 증가하는 추세를 보이다가 2000년 초반 이후로 특허출원 감소와 증가를 반복하면서 2000년대 중반까지 특허출원이 감소하는 추세를 보이고 있음. 그러나 2000년대 중반 이후로 다시 특허출원이 증가하는 추세를 보이고 있음

[USPTO] 미국은 고속도로 체계의 구축과 항공통행의 증가로 인하여 1970년도 이후부터 이미 철도수요의 급격한 감소가 나타나고 있었음. 철도 신호분야 출원도 이에 영향을 받아 1970년대 초반부터 저조한 출원수의 동향을 보임. 1980년대 중반부터 2000년대 후반까지 특허출원

증가와 감소를 반복하면서 전체적으로는 특허출원이 증가하는 추세를 보이고 있으나 출원수가 적음. 2000년대 후반부터 조금씩 **특허출원이 감소**하는 추세를 보이고 있음

[EPO] 유럽은 Railway Package (2001년, 2004년, 2007년)를 통하여 개방정책을 수립하고 철도 산업의 활성화를 추진하였음. 이러한 정책적인 영향이 2001년~2008년 구간 출원 증가의 주요 원인이라고 판단됨. 2000년대 중반부터 급격히 **특허출원이 감소**하는 추세를 보이고 있음

(2) 주요출원국 내·외국인 특허출원 현황



[그림4.1.2] 주요시장국 내·외국인 특허출원현황

KR : 한국	JP : 일본	US : 미국	GB : 영국	DE : 독일
CA : 캐나다	FR : 프랑스	NO : 노르웨이	CN : 중국	IT : 이탈리아
SG : 싱가포르	LU : 룩셈부르크	CH : 스위스		

분석대상 기술에 대해 JPO가 982건의 특허를 출원하여 가장 많은 것으로 나타났으며, 전 세계 시장에서 47%를 점유하고 있음. 뒤를 이어 KPO가 476건, EPO가 346건, USPTO가 271건의 특허를 출원한 것으로 나타남

[KIPO][JPO] 분석 대상 국가인 한국과 일본의 경우 내국인의 특허출원 비중이 90% 이상 점유하고 있으며, 외국인의 특허출원 비중에 비해 월등히 높은 것으로 나타남. 이는 다른 국가와의 기술 교류가 많지 않았기 때문으로 분석됨

[USPTO][EPO] 분석 대상 국가인 미국과 유럽의 경우 내국인의 특허출원 비중이 약 60%를 점유하고 있으며, 외국인의 특허출원 비중은 약 40%를 차지하고 있음. KIPO와 JPO에 비해 외국인의 특허출원 비중이 상당히 높은 것으로 나타나며, 이는 다른 국가와의 기술 교류가 많은 것으로 분석됨

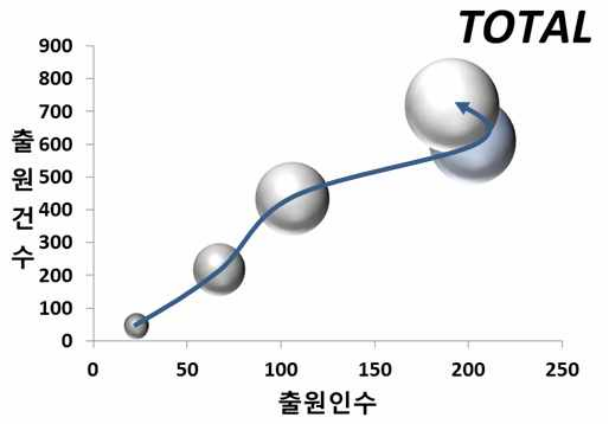
출원인 국적으로 볼 때 미국, 일본, 독일, 프랑스 등의 출원인이 외국에 특허출원한 비중이 높게 나타남. 이는 철도선진국인 프랑스와 독일 등 유럽국가의 출원인이 전세계적으로 출원을 주도하고 있는 것으로 볼 수 있으며, 비유럽국가 중에서는 미국과 일본의 출원인이 주도하고 있는 것으로 볼 수 있음

주요시장국 중 미국에서의 특허출원은 내국인에 의한 특허출원과 외국인에 의한 특허출원이 동시에 비교적 활발히 진행되고 있음을 알 수 있으며, 일본, 독일, 프랑스, 캐나다, 영국, 한국 등 다양한 국가의 출원인이 특허출원을 하고 있다는 것을 알 수 있음

1-2. 기술 성장단계 파악



[그림4.1.3] 전체 기술시장 성장단계

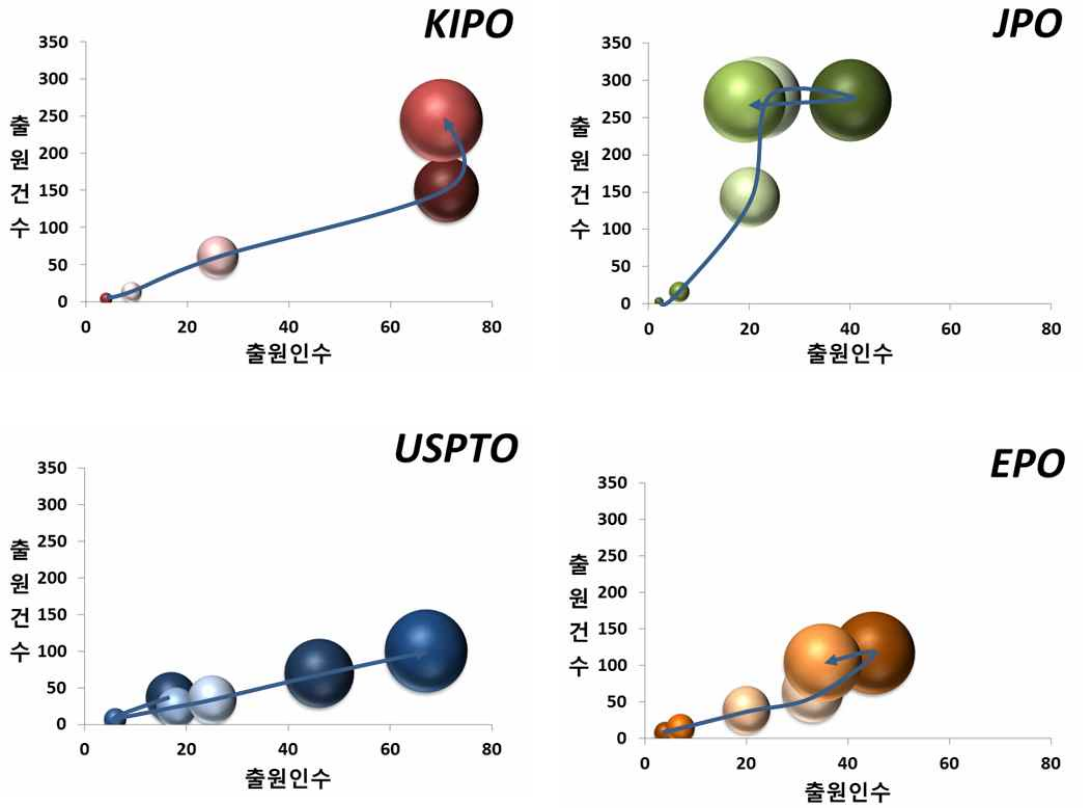


구간	년도
1구간	1971-1983
2구간	1984-1989
3구간	1990-1995
4구간	1996-2001
5구간	2002-2007
6구간	2008-2013

철도 신호 기술 관련 분야의 전체 및 해당 국가의 기술 위치를 포트폴리오로 나타낸 것으로 전체 출원 중 최근의 출원 동향을 5개의 구간으로 나누어 각각의 구간별 특허 출원인 수 및 출원 건수를 나타내어 특허 출원 동향을 통한 기술의 위치를 살펴볼 수 있음. 각 구간은 1구간(1971년~1983년), 2구간(1984년~1989년), 3구간(1990년~1995년), 4구간(1996년~2001년), 5구간(2002년~2007년), 6구간(2008년~2013년)으로 나누었음

포트폴리오로 나타낸 **전체특허의 기술 위치는** 전체적으로 2구간(1984년~1989년)부터 5구간(2002년~2007년)까지 **출원 건수와 출원인의 수가 계속 증가하는 성장기의 단계**에 있으며, 구간에 따른 출원 건수와 출원인수의 증가량이 계속 늘어나고 있어 성장 속도가 점차적으로 가속되고 있다는 것을 알 수 있음

그러나 **최근 구간인 6구간(2008년~2013년)**에서는 **출원 건수는 계속 증가하지만, 출원인 수가 감소하는 성숙기의 단계**에 있는 것으로 볼 수 있음.



[그림4.1.4] 국가별 기술시장 성장단계

[KIPO] 한국특허의 기술위치는 1구간(1971년~1983년)에는 출원 건수가 없고, 2구간(1984년~1989년)에 출원되기 시작해 5구간(2002년~2007년)까지 **출원인수와 출원건수 모두 꾸준히 증가하면서 전체적으로 성장양상**을 보이지만, **6구간(2008년~2013년)에는 출원건수는 증가하나 출원인수가 감소하는 성숙기의 단계**에 있음

[JPO] 일본특허의 기술위치는 1구간(1971년~1983년)부터 4구간(1990년~1995년)까지 출원인수와 출원건수가 모두 급격히 증가하는 성장기의 단계를 보이다가, 4구간(1990년~1995년)부터 5구간(2002년~2007년)까지 출원인수는 증가하나 출원건수는 정체하는 양상을 보이며, 5구간(2002년~2007년)부터 **6구간(2008년~2013년)까지 출원인수는 감소하고 출원건수는 정체하는 성숙기의 단계에 있음**

[USPTO] 미국특허의 기술위치는 1구간(1971년~1983년)부터 2구간(1984년~1989년)까지 출원인수와 출원건수가 모두 감소하는 쇠퇴기의 단계를 보이다가, 2구간(1984년~1989년)부터 **6구간(2008년~2013년)까지 계속 증가하는 성장기의 단계에 있음**

[EPO] 유럽특허의 기술위치는 1구간(1972년~1979년)부터 5구간(2002년~2007년)까지 전체적으로 출원 건수와 출원인의 수가 증가하는 성장기의 단계를 보이다가, **5구간(2002년~2007년)부터 6구간(2008년~2013년)까지 출원인수와 출원건수가 모두 감소하는 쇠퇴기의 단계에 있음**

나. 경쟁자 Landscape

2-1. 주요 경쟁자 현황 및 IP로 본 출원국

[표4.1.7] 주요 경쟁자 Landscape

분석 항목 / 출원인	출원인 국적	주요 IP시장국(건수,%)				특허 출원 증가율 (최근 5년)	주력 기술 분야
		한국 KIPO	일본 JPO	미국 USPTO	유럽 EPO		
HITACHI	JP	9	256	7	29	65%	열차감시
MITSUBISHI ELECTRIC	JP	6	152	6	21	77%	열차감시
NIPPON SIGNAL	JP	0	158	2	1	-	열차감시
KYOSAN ELECTRIC	JP	2	98	2	0	-	열차감시
TOSHIBA	JP	3	76	2	1	164%	열차감시
SIEMENS	DE	2	0	15	63	45%	열차감시
한국철도기술연구원	KR	67	0	0	0	71%	열차감시
RAILWAY TECHNICAL RES INST	JP	0	56	0	0	-	열차감시
WESTINGHOUSE	US	3	0	19	30	-	열차감시
EAST JAPAN RAILWAY	JP	0	51	1	0	-	열차감시

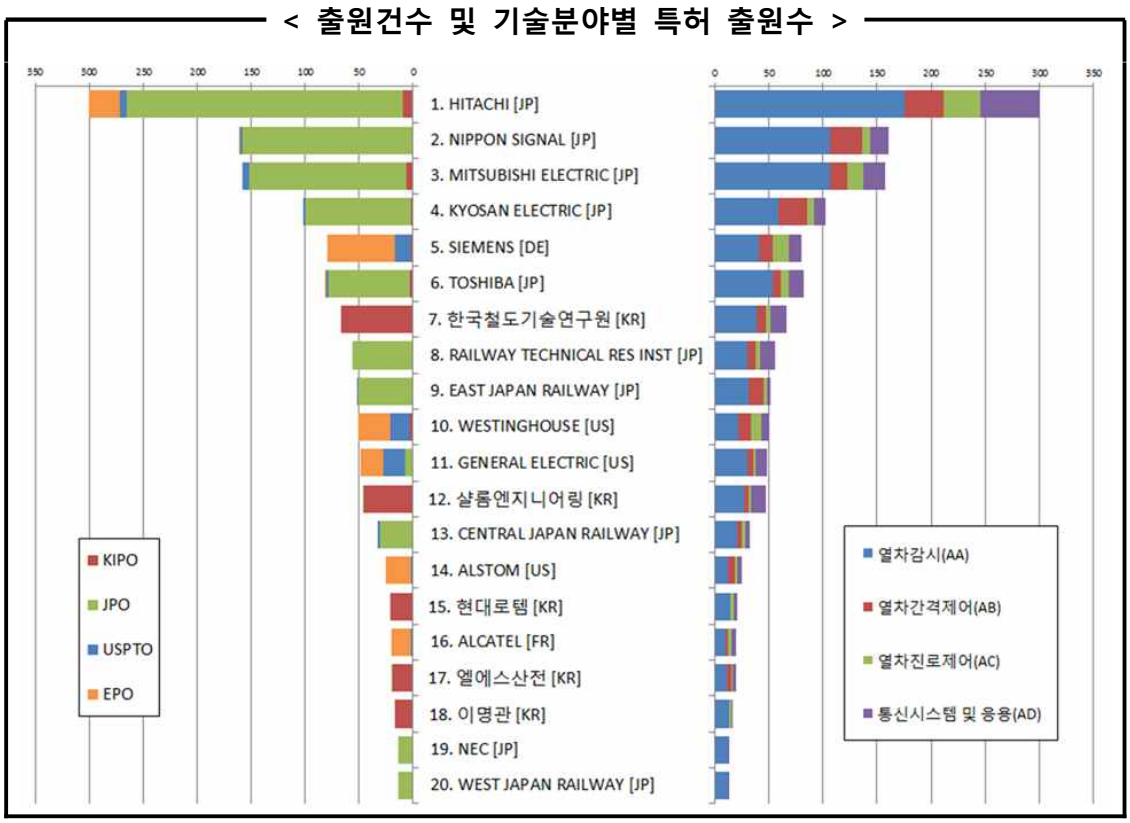
* 대분류 대상 상위 20개 출원인

철도 신호 기술 분야에 주요출원인 Top10을 추출한 결과, **HITACHI(JP)가 전체 다출원인 1위**로 나타났으며, 그 뒤를 이어 MITSUBISHI ELECTRIC(JP), NIPPON SIGNAL(JP), KYOSAN ELECTRIC(JP), TOSHIBA(JP), SIEMENSE(US), 한국철도기술연구원(KR) 등이 이 분야에서 다수의 특허를 출원하고 있는 것으로 나타남

주요 출원인들은 대체로 **일본의 출원인이 상위**를 차지하고 있으며, **주요출원인 Top10 모두 자국의 특허출원에 집중되어 있는 것으로 보임**. 또한, **대부분의 출원인은 열차감시(AA)분야에 특허출원이 집중되어 있음**

이들 주요출원인들의 주요 시장국과 최근 연구 활동 및 기술력, 주력 기술 분야에 파악을 위하여, 주요 시장국별 출원건수, 최근 5년간의 특허출원 증가율을 비교분석한 결과, 주요출원인들 중 **HITACHI(JP), MITSUBISHI ELECTRIC(JP), TOSHIBA(JP), SIEMENS(US), 한국철도기술연구원(KR)은 전반적으로 특허출원 증가율이 증가**한 반면에, **NIPPON SIGNAL(JP), KYOSAN ELECTRIC(JP), RAILWAY TECHNICAL RES INST(JP), WESTINGHOUSE(US), EAST JAPAN RAILWAY(JP)는 특허출원증가율이 감소세**에 있는 것으로 나타남

2-2. 주요경쟁자 현황



[그림4.1.5] 주요출원인의 기술 분포

열차감시(AA) 분야의 상위 출원기관은 일본의 HITACHI, NIPPON SIGNAL, MITSUBISHI ELECTRIC, KYOSAN ELECTRIC이 이 분야에서 1위에서 4위까지의 순위를 모두 차지하고 있는 것으로 나타남

열차감시(AA) 분야의 상위 출원기관 중 한국은 한국철도기술연구원(7위), 샬롬엔지니어링(12위), 현대로템(15위), 독일은 SIEMENS(5위), 미국은 WESTINGHOUSE(10위), GENERAL ELECTRIC(11위)이 있음

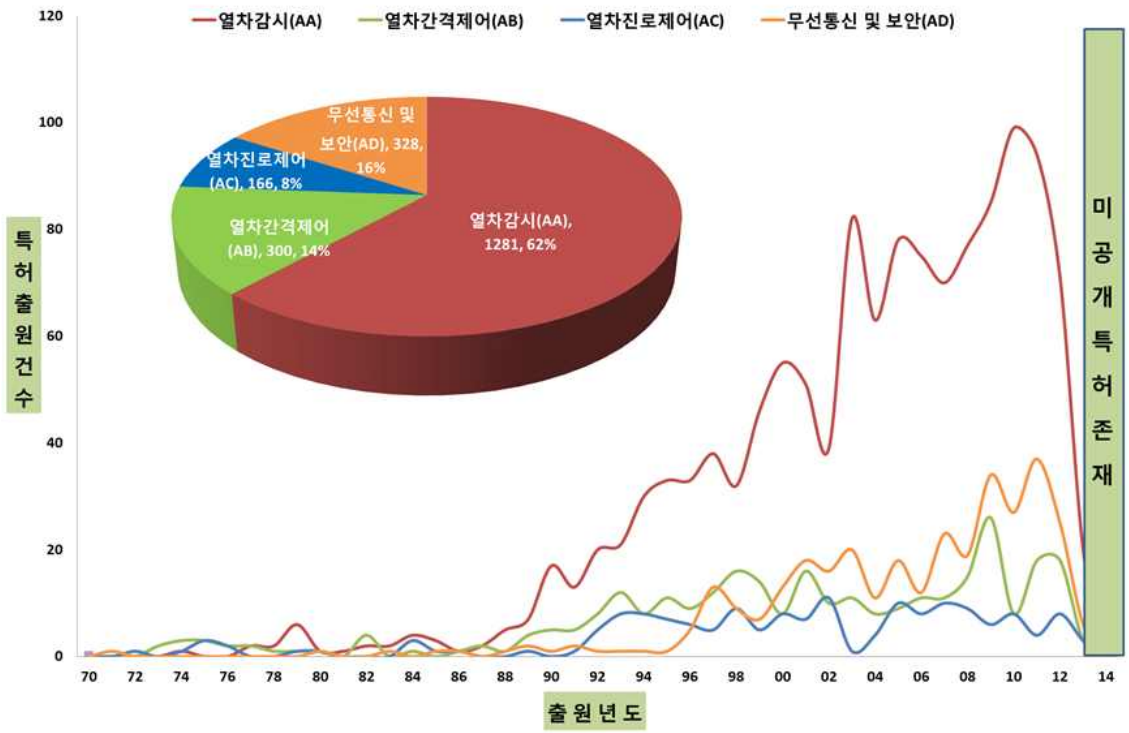
전체적으로 **열차감시(AA) 분야가 가장 많은 비중을 차지**하고 있으며, 열차간격제어(AB) 분야, 열차진로제어(AC) 분야, 통신시스템 및 응용(AD) 분야에서도 특허 출원이 진행되고 있음

3. 기술 분석

가. 세부기술 동향

1-1. 세부기술별 출원증가율 및 점유율 분석

(1) 연도 구간별 세부기술 동향



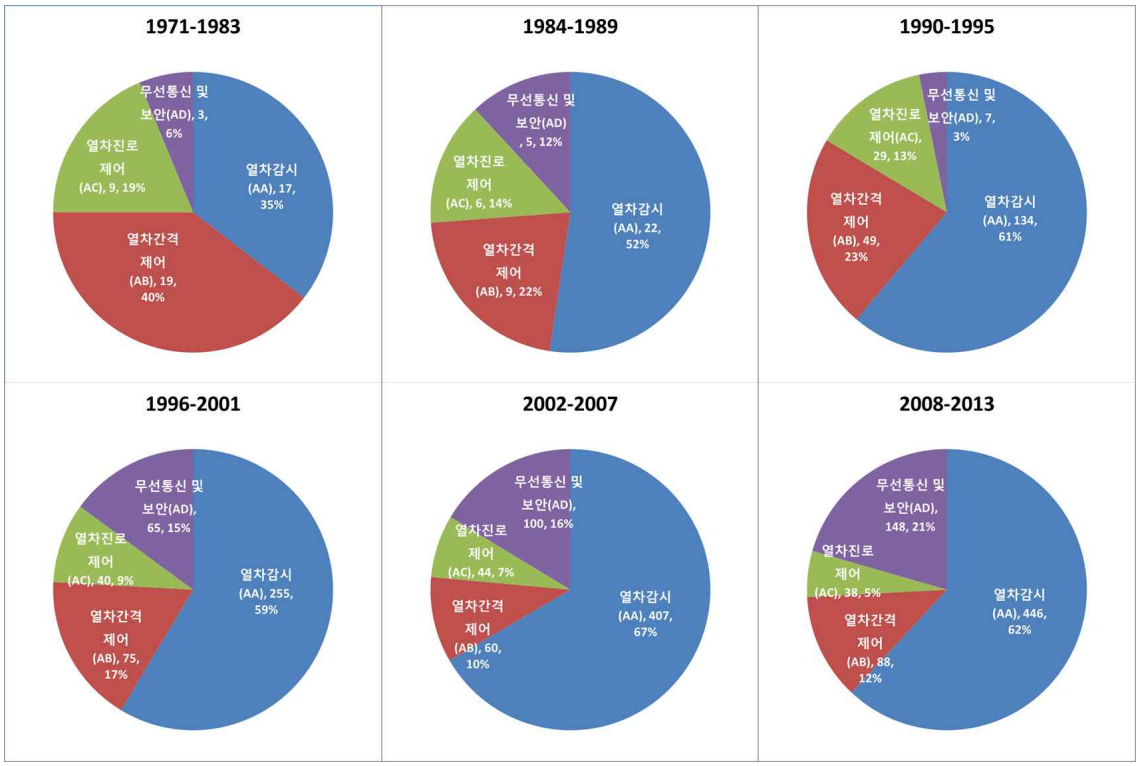
[그림4.1.6] 분류별 점유율 및 연도별 출원동향

연도 구간별 세부기술 동향에서는 **열차감시(AA) 분야가 가장 활발한 출원**이 이루어지며 높은 점유율을 보이고, 최근 구간에서 크게 증가하는 추세를 보였음. 열차간격제어(AB) 분야와 무선통신 및 보안(AD) 분야는 꾸준한 특허출원의 증가를 보이고 있고, 열차진로제어(AC) 분야는 전체 구간에서 미미하게 존재하고 있음을 알 수 있음

열차감시(AA) 분야와 열차간격제어(AB) 분야는 90년대 초반부터 급격한 출원증가를 보이고 있음. 이것은 열차 사고를 방지하기 위한 연구가 이 시기부터 집중적으로 이루어졌기 때문으로 보임

무선통신 및 보안(AD) 분야는 90년대 후반부터 특허출원의 증가를 보이며 현재까지 꾸준한 출원을 유지하고 있음. 이것은 90년대 후반부터의 무선통신 기술의 발전이 철도 신호분야에 영향을 주었기 때문으로 보임

(2) 연도 구간별 점유율 추이



[그림4.1.7] 연도 구간별 세부기술 동향

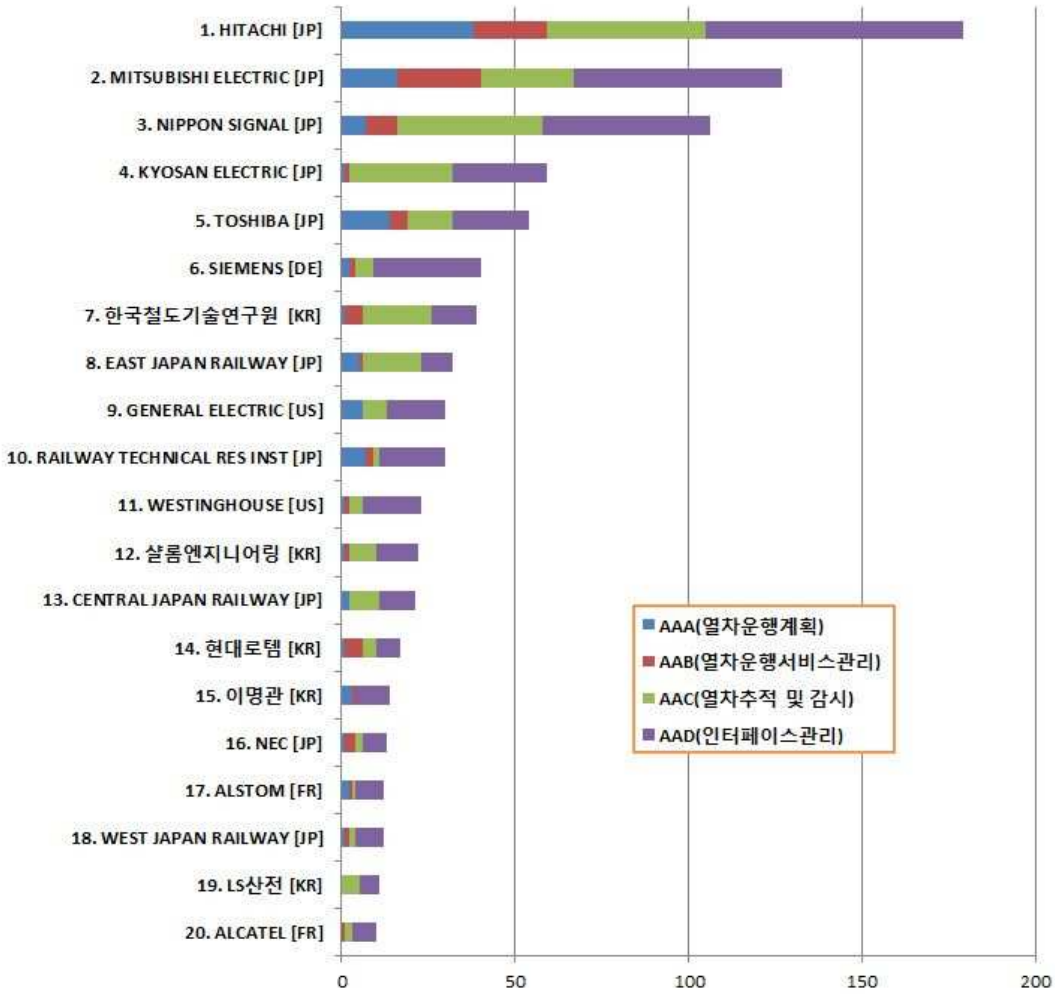
연도 구간별로 세부기술 분야를 살펴보면, 열차감시(AA) 분야와 무선통신 및 보안(AD) 분야는 최근 연도 구간으로 올수록 점유율이 증가됨을 알 수 있음. 반대로 열차간격제어(AB) 분야와 열차진로제어(AC) 분야는 다소 감소되는 점유율을 보임

전체적으로는 매 구간마다 특허출원수가 증가되는 추세이며, 특히 최근 두 구간에서(2002~2007 및 2008~2013 구간) 직전 구간보다 특허 출원건수가 많이 확보되었음

기술 분야별 점유 비율에서 약간의 증감이 있으나, **열차감시(AA) 분야에서는 비교적 월등히 많은 점유율을 차지**하고 있으며 최근 구간에서는 열차진로제어(AC) 분야 특허가 미비함

1-2. 다출원인 세부기술별 특허 동향

(1) 열차감시(AA) 분야

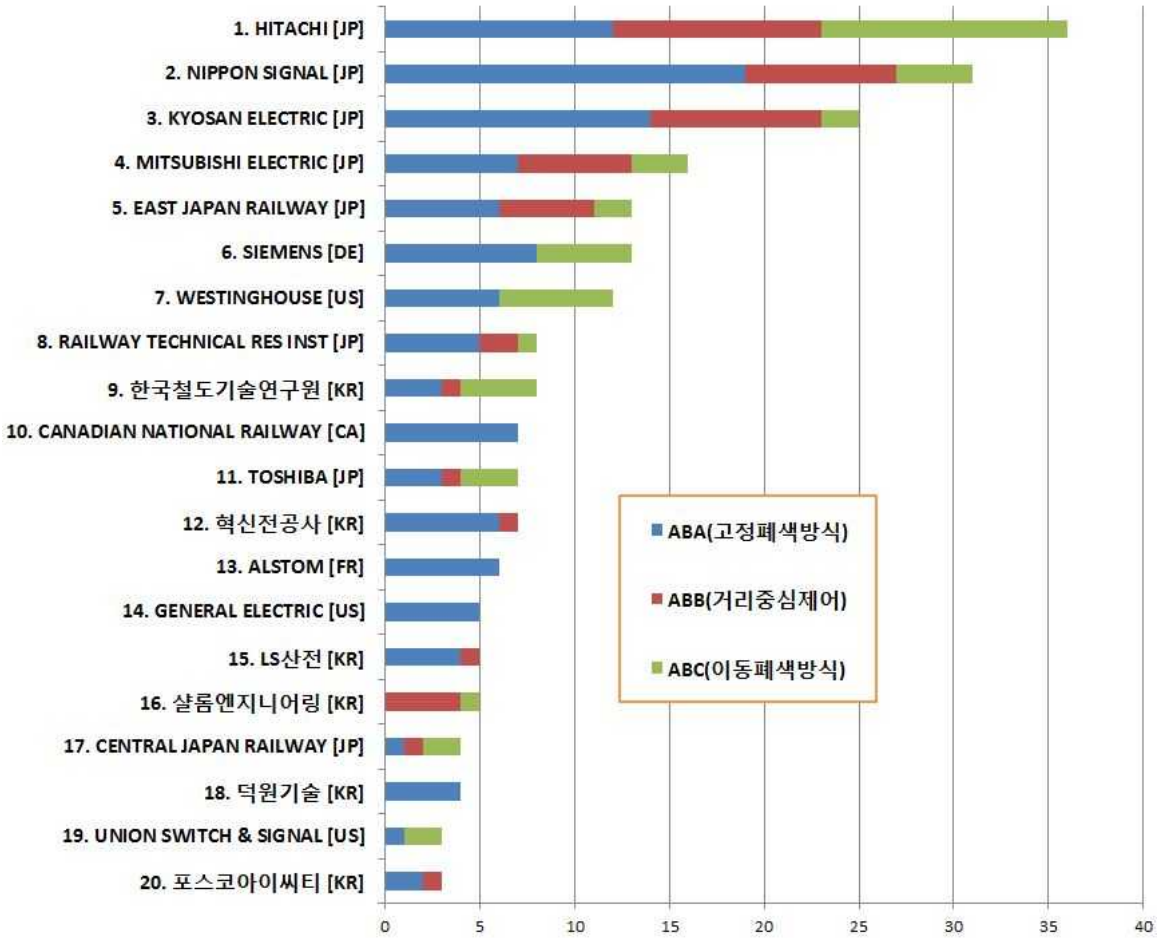


[그림4.1.8] 열차감시(AA) 분야의 다출원인 특허 동향

열차감시(AA) 분야에는 **HITACHI, MITSUBISHI ELECTRIC, NIPPON SIGNAL, KYOSAN ELECTRIC 및 TOSHIBA**가 상위 출원인 1~5위에 랭크되어 있어 **일본이 해당분야에 집중적으로 출원**하고 있음을 알 수 있으며, 전체 상위 20개의 출원인 중에서도 일본 출원인이 10개로 가장 많고, 그 다음으로 한국 출원인이 5개를 점유하며 출원인 국가로는 2위를 차지하고 있음

열차감시(AA) 분야 중 AAD(인터페이스관리)분류 특허 출원이 가장 많다는 것을 알 수 있음. 이것은 1위 HITACHI[JP]와 2위 MITSUBISHI ELECTRIC[JP]가 AAD(인터페이스관리)분류 특허를 집중적으로 출원하였기 때문이며, 3위인 NIPPON SIGNAL[JP]은 AAC(열차추적 및 감시)분류와 AAD(인터페이스관리)분류 특허를 고르게 출원하였음

(2) 열차간격제어(AB) 분야

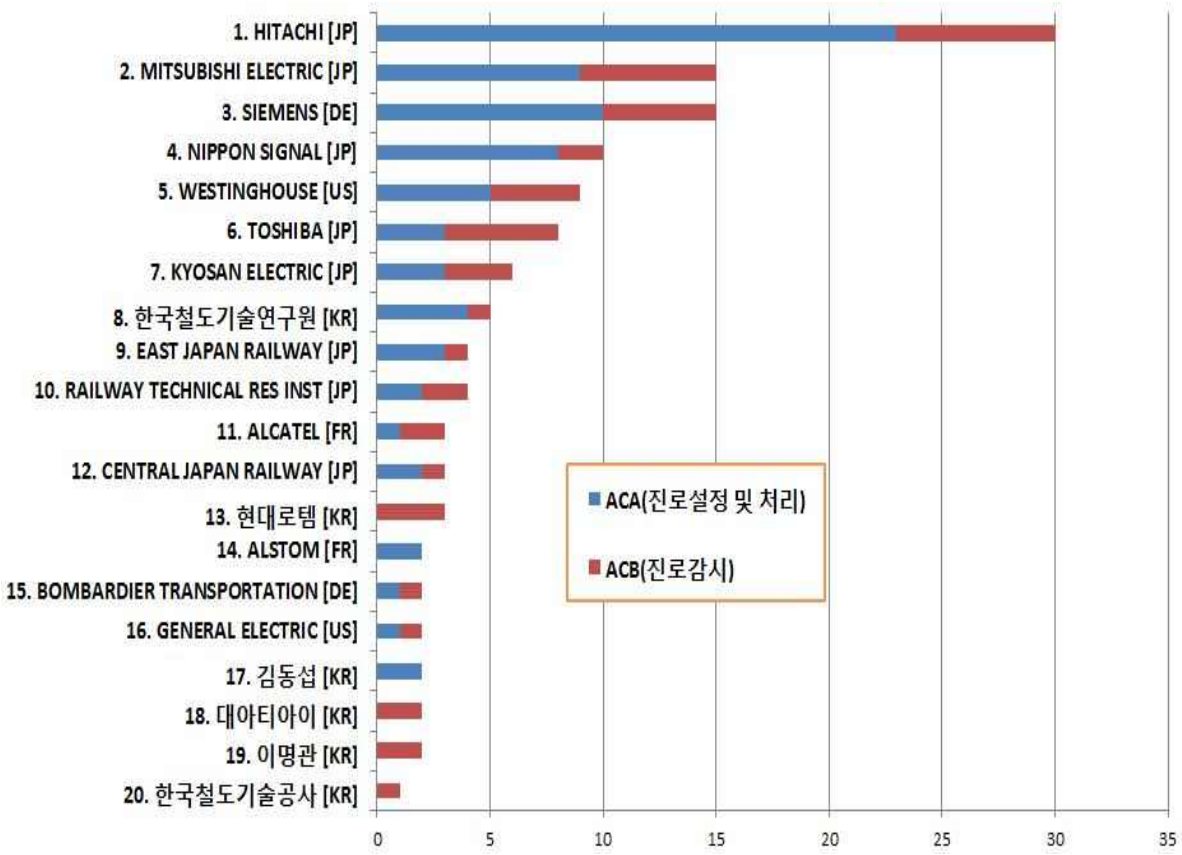


[그림4.1.9] 열차간격제어(AB) 분야의 다출원인 특허 동향

열차간격제어(AB) 분야에는 **HITACHI, NIPPON SIGNAL, KYOSAN ELECTRIC, MITSUBISHI ELECTRIC 및 EAST JAPAN RAILWAY**가 상위 출원인 1~5위에 랭크되어 있며, 열차감시(AA) 분야와 마찬가지로 **일본이 해당분야에 집중적으로 출원**하고 있음을 알 수 있음. 일본인 출원인을 제외하고는 SIEMENS[DE]가 13건의 출원으로 전체 상위 20개의 출원인 중 6위에 랭크됨

특히, 1위 출원인인 HITACHI[JP]는 ABA(고정폐색방식), ABB(거리중심제어), ABC(이동폐색방식)분류에서 고른 출원을 보이며 열차감시(AA) 분야에 이어 해당 기술분야 최다출원을 유지하고 있음

(3) 열차진로제어(AC) 분야

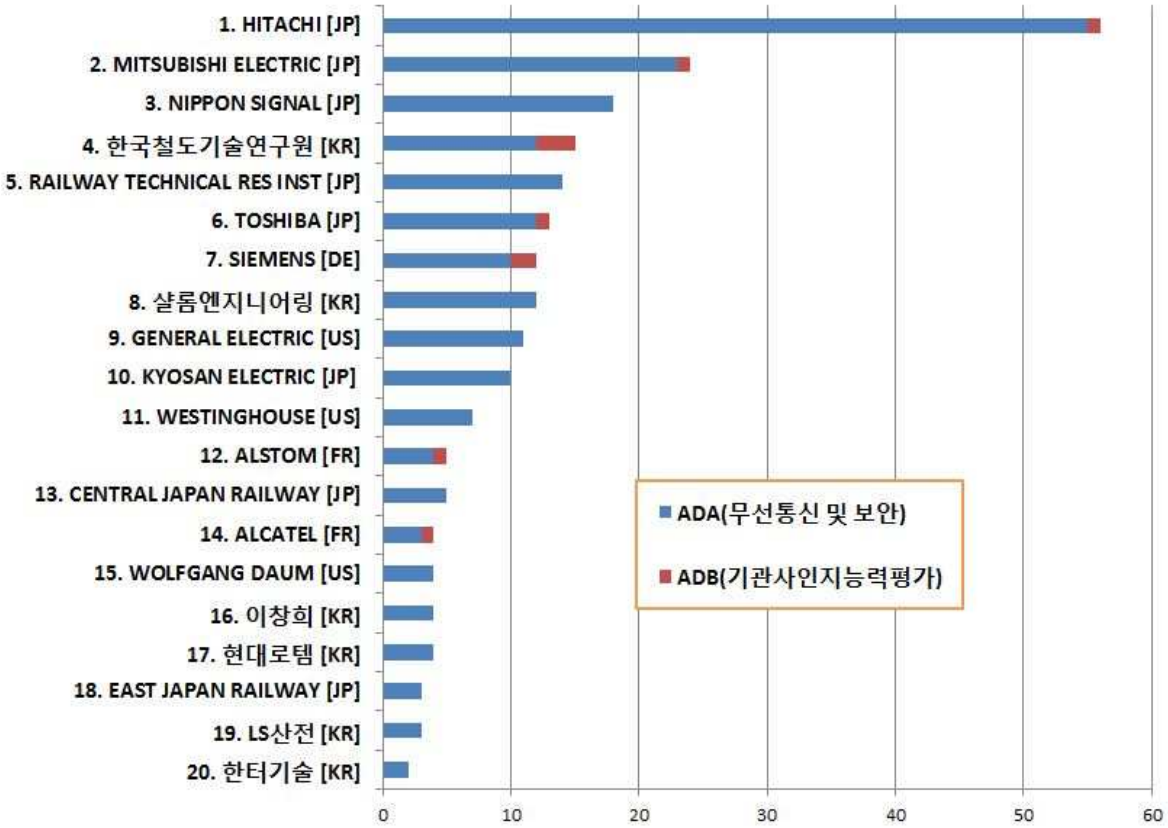


[그림4.1.10] 열차진로제어(AC) 분야의 다출원인 특허 동향

열차진로제어(AC) 분야에는 일본의 **HITACHI, MITSUBISHI ELECTRIC**이 ACA(진로설정 및 처리)분류를 중심으로 1,2위를 차지하고 있으며, 일본을 제외하고 SIEMENS와 WESTINGHOUSE가 ACA(진로설정 및 처리)분류와 ACB(진로감시)분류의 고른 출원으로 3,5위를 랭크하고 있음

전체 상위 20개의 출원인 중 다양한 국가의 출원인이 분포되어 있으며 일본이 11개, 한국이 6개로 분포하고 있음을 알 수 있음

(4) 통신시스템 및 응용(AD) 분야



[그림4.1.11] 통신시스템 및 응용(AD) 분야의 다출원인 특허 동향

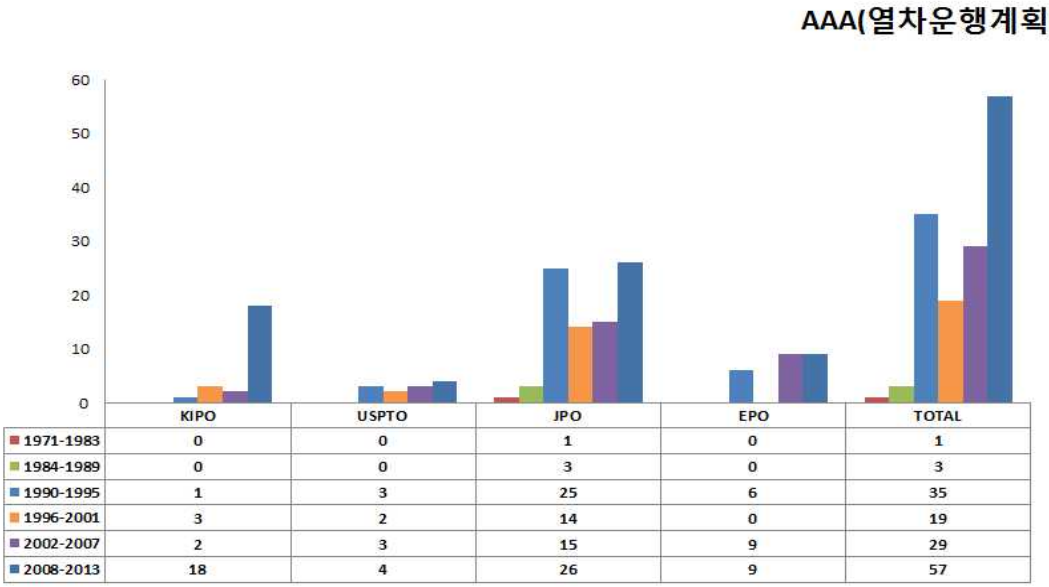
통신시스템 및 응용(AD) 분야에는 일본의 HITACHI, MITSUBISHI ELECTRIC, NIPPON SIGNAL이 상위 출원인 1~3위에 랭크되어 있으며, 대부분이 **ADA(무선통신 및 보안)분류**의 출원으로 집중되어 있음

한국철도기술연구원[KR]은 ADB(기관사인지능력평가)분류에서 3건을 출원하여 상위 20개의 출원인중 해당기술 최다 출원을 보임. 이 외에도 SIEMENS[DE]와 GENERAL ELECTRIC[US]이 7,9위를 차지하며 다출원인 상위 10개안에 포함되어 있음

1-3. 세부기술 구간별 출원 동향 및 증가율, 점유율

(1) 열차감시(AA) 분야 구간별 출원 동향

1) 열차운행계획(AAA)

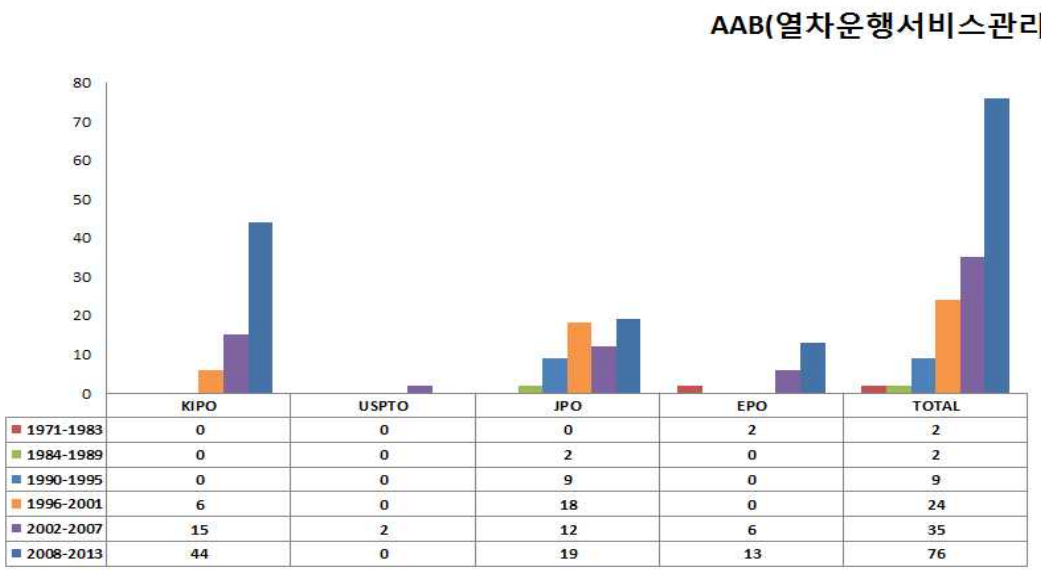


	KIPO	USPTO	JPO	EPO	TOTAL
1971-1983	0	0	1	0	1
1984-1989	0	0	3	0	3
1990-1995	1	3	25	6	35
1996-2001	3	2	14	0	19
2002-2007	2	3	15	9	29
2008-2013	18	4	26	9	57

[그림4.1.12] 열차운행계획(AAA) 분야의 구간별 출원 동향

전체적인 구간별 출원 동향의 모습은 초기에는 활발하지 않았으나, **1990년~1995년 구간에서 급증**하였음. **일본 특허청(JPO)이 가장 큰 영향력을 행사**해왔으며 전체적인 구간별 출원 동향의 모습은 일본 특허청(JPO)의 구간별 출원 동향의 모습과 유사하나, 최근 한국 특허청(KPO)의 특허 출원이 급격히 증가하면서 전체적인 구간별 출원 동향의 최근의 급증에 막대한 영향을 끼쳤음. 미국 특허청(USPTO) 특허출원은 활발하지 않음

2) 열차운행서비스관리(AAB)



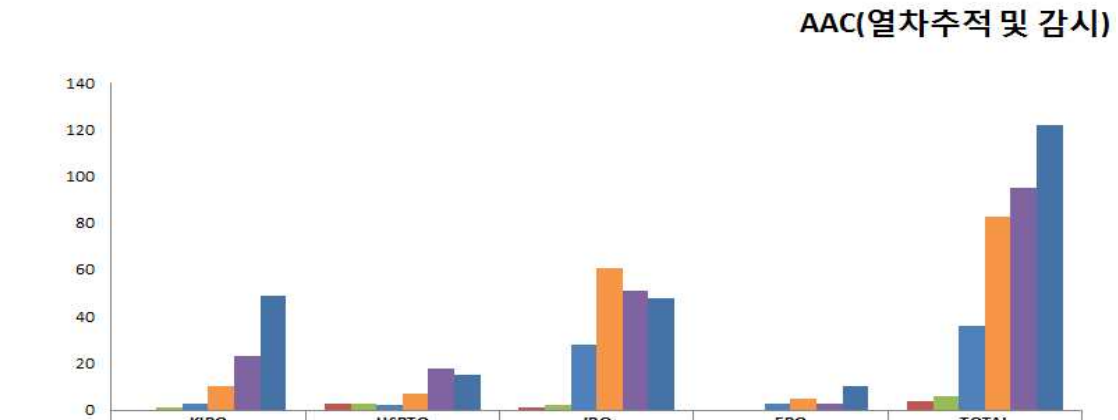
	KIPO	USPTO	JPO	EPO	TOTAL
1971-1983	0	0	0	2	2
1984-1989	0	0	2	0	2
1990-1995	0	0	9	0	9
1996-2001	6	0	18	0	24
2002-2007	15	2	12	6	35
2008-2013	44	0	19	13	76

[그림4.1.13] 열차운행서비스관리(AAB) 분야의 구간별 출원 동향

전체적인 구간별 출원 동향의 모습은 **특허 출원수가 꾸준히 증가**한 것을 알 수 있으며, 한

국 특허청(KPO), 일본 특허청(JPO)가 주요 출원국으로 **일본 특허청(JPO)이 가장 큰 영향력을 행사**하고 있으며, 한국 특허청(KPO)는 최근 구간에서 급격한 출원 증가세를 보이고 있음. 반면에, 미국 특허청(USPTO)의 경우 한 구간에서 적은 수의 특허출원 동향을 보임

3) 열차추적 및 감시 (AAC)

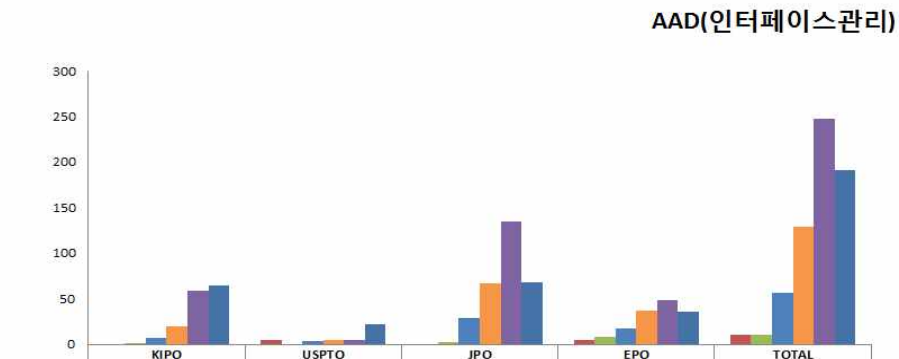


	KIPO	USPTO	JPO	EPO	TOTAL
1971-1983	0	3	1	0	4
1984-1989	1	3	2	0	6
1990-1995	3	2	28	3	36
1996-2001	10	7	61	5	83
2002-2007	23	18	51	3	95
2008-2013	49	15	48	10	122

[그림4.1.14] 열차추적 및 감시(AAC) 분야의 구간별 출원 동향

전체적인 구간별 출원 동향의 모습은 **꾸준히 특허 출원수가 증가**한 것을 알 수 있으며, 한국 특허청(KPO), 일본 특허청(JPO)가 주요 출원국으로 **일본 특허청(JPO)이 가장 큰 영향력을 행사**하고 있으며, 미국 특허청(USPTO)의 1996년~2001년 구간부터 점진적인 특허출원 증가의 동향을 보임

4) 인터페이스관리(AAD)

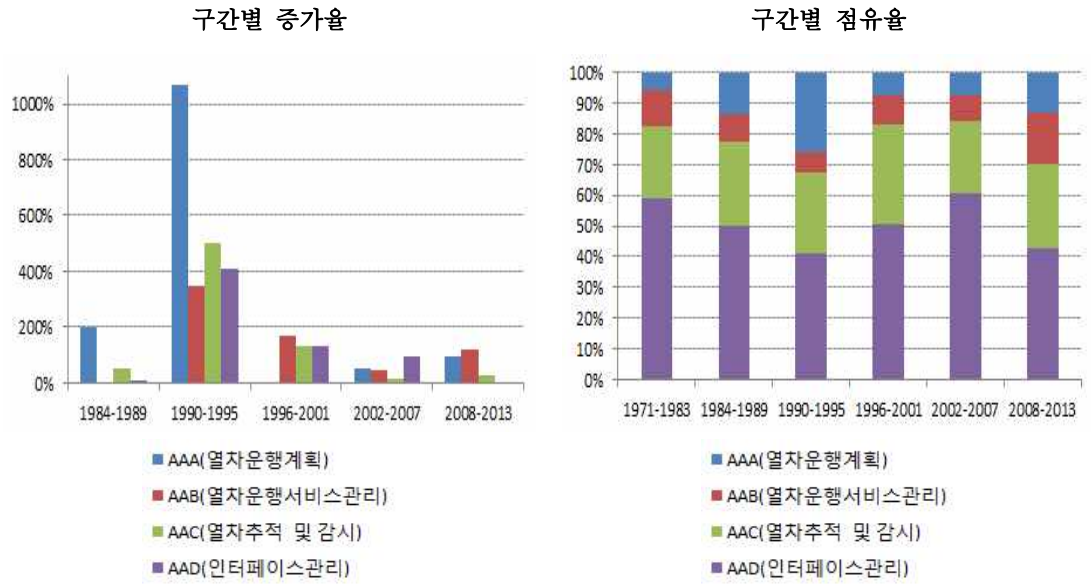


	KIPO	USPTO	JPO	EPO	TOTAL
1971-1983	0	5	0	5	10
1984-1989	1	0	2	8	11
1990-1995	7	3	29	17	56
1996-2001	20	5	67	37	129
2002-2007	59	5	135	49	248
2008-2013	65	22	68	36	191

[그림4.1.15] 인터페이스관리(AAD) 분야의 구간별 출원 동향

전체적인 구간별 출원 동향의 모습은 초기 구간에서 특허 출원 활동이 나타나기 시작하여 꾸준하게 특허 출원수가 증가하기 시작하다가, 최근 구간에서 **특허 출원이 감소하기 시작**했음을 알 수 있음. **일본 특허청(JPO)이 가장 큰 영향력을 행사**하고 있으며, 전체적인 구간별 출원 동향의 모습은 일본 특허청(JPO)의 구간별 출원 동향의 모습과 유사함. 반면에, 미국 특허청(USPTO)의 특허 출원 동향은 크게 증가하지 않는 모습을 보임

(2) 열차감시(AA) 분야 증가율 및 점유율



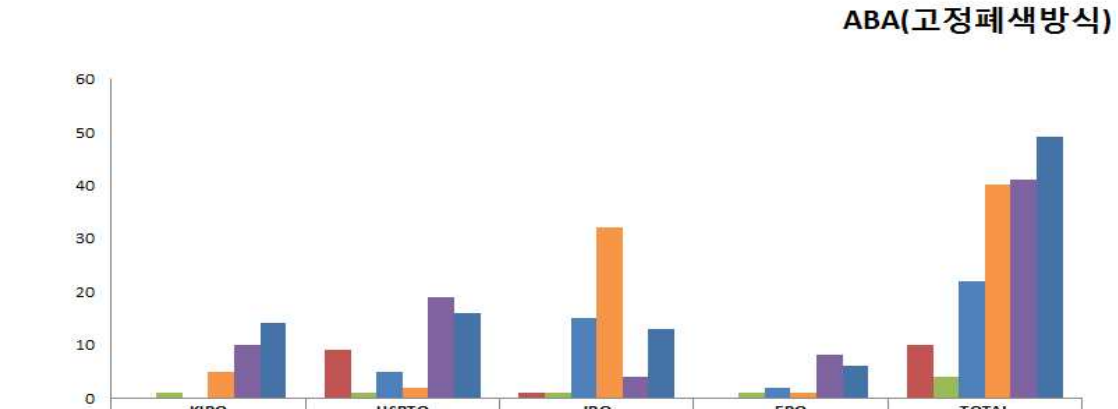
[그림4.1.16] 열차감시(AA) 분야의 구간별 증가율 및 점유율

전체적인 구간별 증가율의 모습은 열차운행계획(AAA) 분야는 초기 1984년~1989년 구간에 증가세를 보이며, 1990년~1995년 구간에서 급격한 증가세를 보이다가, 1996년~2001년 구간에서 급격한 하락세를 보임. 열차운행서비스관리(AAB) 분야는 초기 1984년~1989년 구간에는 증가세를 보이지 않으며, 1990년~1995년 구간에서 증가세를 보이며, 이후의 구간에서도 모두 증가세를 보임. 열차추적 및 감시(AAC) 분야는 초기 1984년~1989년 구간에서 낮은 증가세를 보이며, 1990년~1995년 구간에서 급격한 증가세를 보이다가, 그 이후의 구간에서 증가율이 크게 하락하지만 꾸준한 증가세를 보임. 인터페이스관리(AAD) 분야는 초기 1984년~1989년 구간에서 낮은 증가세를 보이며, 1990년~1995년 구간에서 급격한 증가세를 보이다가, 그 이후의 구간에서 증가율이 크게 하락하지만 꾸준한 증가세를 보임

전체적인 구간별 점유율의 모습은 **열차운행계획(AAA)과 열차추적 및 감시(AAC) 분야가 높은 점유율을 유지**하고 있음을 알 수 있으며, 초기 구간에는 열차감시(AA) 분야의 특허 출원중 인터페이스관리(AAD)의 비중이 약 60%를 차지하고 있었으나, 점차적으로 다른 분야의 특허 출원의 점유율이 높아지는 동향을 보임

(3) 열차간격제어(AB) 분야 구간별 출원 동향

1) 고정폐색방식(ABA)



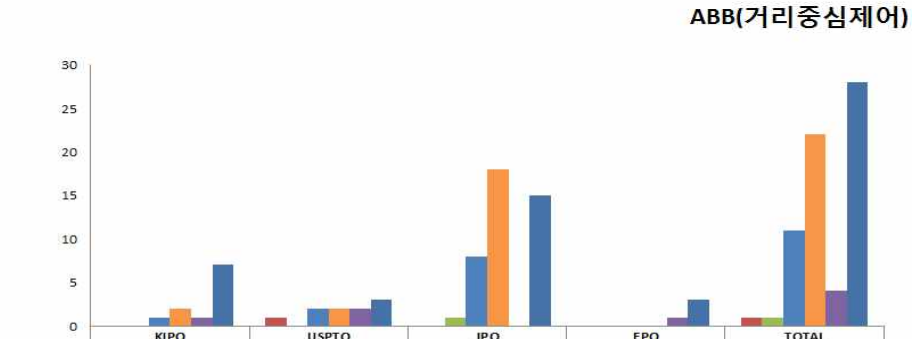
	KIPO	USPTO	JPO	EPO	TOTAL
1971-1983	0	9	1	0	10
1984-1989	1	1	1	1	4
1990-1995	0	5	15	2	22
1996-2001	5	2	32	1	40
2002-2007	10	19	4	8	41
2008-2013	14	16	13	6	49

[그림4.1.17] 고정폐색방식(ABA) 분야의 구간별 출원 동향

전체적인 구간별 출원 동향의 모습은 초기 구간에서 특허 출원 활동이 나타나기 시작하여 1984년~1989년 구간에서 특허 출원수가 감소하였으나, 그 이후의 구간부터 꾸준하게 특허 출원수가 증가하고 있는 것을 알 수 있음

1990년~1995년 구간부터 일본 특허청(JPO)을 중심으로 특허출원이 증가였으며, 2002년~2007년 구간부터는 미국 특허청(USPTO)의 출원이 급격하게 증가되는 동향을 보임. 유럽 특허청(EPO)는 전체적인 구간에서 특허출원이 활발하지 않음

2) 거리중심제어(ABB)

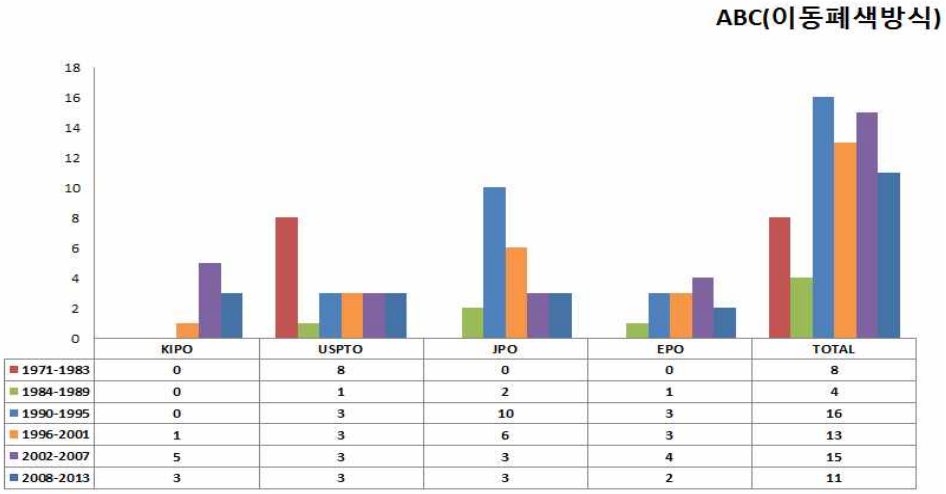


	KIPO	USPTO	JPO	EPO	TOTAL
1971-1983	0	1	0	0	1
1984-1989	0	0	1	0	1
1990-1995	1	2	8	0	11
1996-2001	2	2	18	0	22
2002-2007	1	2	0	1	4
2008-2013	7	3	15	3	28

[그림4.1.18] 거리중심제어(ABB) 분야의 구간별 출원 동향

전체적인 구간별 출원 동향의 모습은 1990년~1995년부터 **일본특허청(JPO)의 급격한 출원 증가**의 동향을 보이고 있으며 최근 구간에서도 가장 활발한 특허 활동을 보이지만, **출원 수가 매우 적음**. 한국 특허청(KIPO), 미국 특허청(USPTO) 및 유럽특허청(EPO)에서는 저조한 출원 동향을 보임

3) 이동폐색방식(ABC)

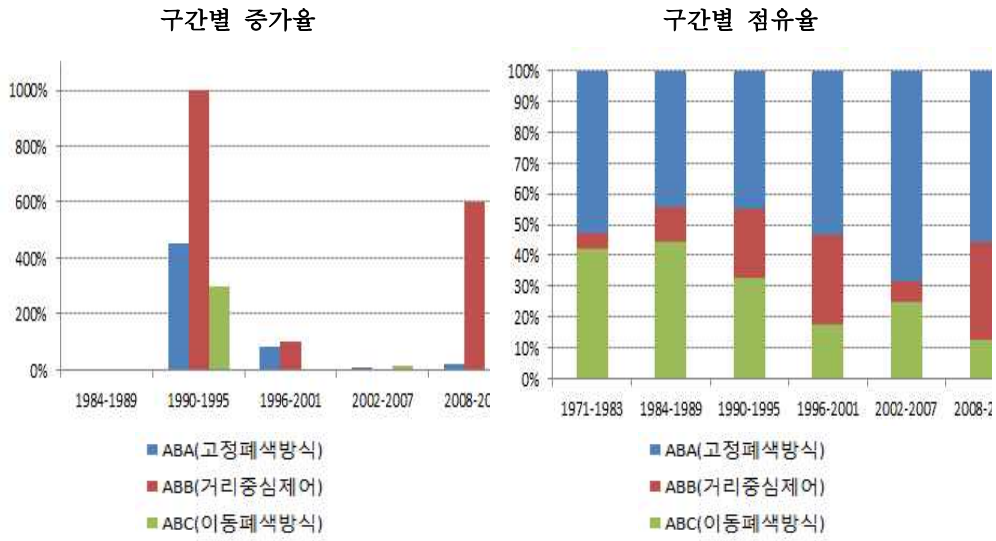


	KIPO	USPTO	JPO	EPO	TOTAL
1971-1983	0	8	0	0	8
1984-1989	0	1	2	1	4
1990-1995	0	3	10	3	16
1996-2001	1	3	6	3	13
2002-2007	5	3	3	4	15
2008-2013	3	3	3	2	11

[그림4.1.19] 이동폐색방식(ABC) 분야의 구간별 출원 동향

전체적인 구간별 출원 동향의 모습은 1971년~1983년 구간에서 미국 특허청(USPTO)을 중심으로 출원되기 시작해 최근 구간에서 여러 국가에서 간헐적인 출원 동향을 보임. 출원 수가 매우 적으며, 한국, 미국, 일본 및 유럽특허청의 전 구간에서 특허활동은 활발하지 않는 것으로 보임

(4) 열차간격제어(AB) 분야 증가율 및 점유율

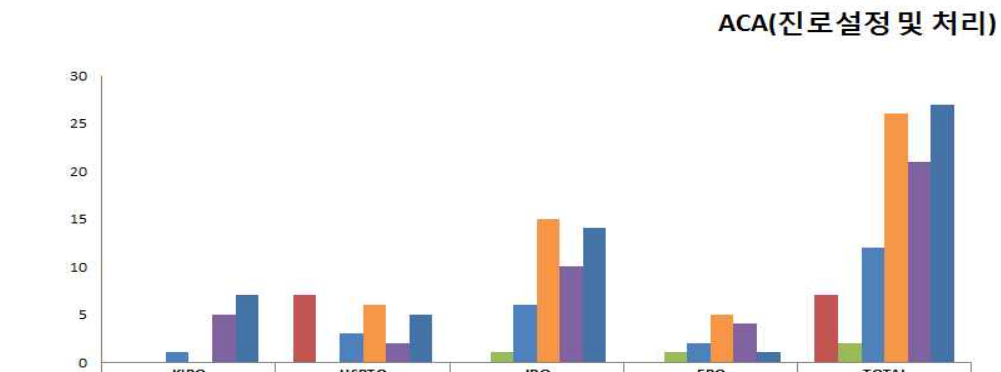


[그림4.1.20] 열차간격제어(AB) 분야의 구간별 증가율 및 점유율

전체적인 특허 출원 건수가 적어 증가율 및 점유율의 의미 부여가 어려움. 1990년~1995년 구간에 ABB(거리중심제어)를 중심으로 높은 증가율의 동향을 보이고 있으며, 전 구간에서 점유율은 큰 변동이 없어 보임

(5) 열차진로제어(AC) 분야 구간별 출원 동향

1) 진로설정 및 처리(ACA)

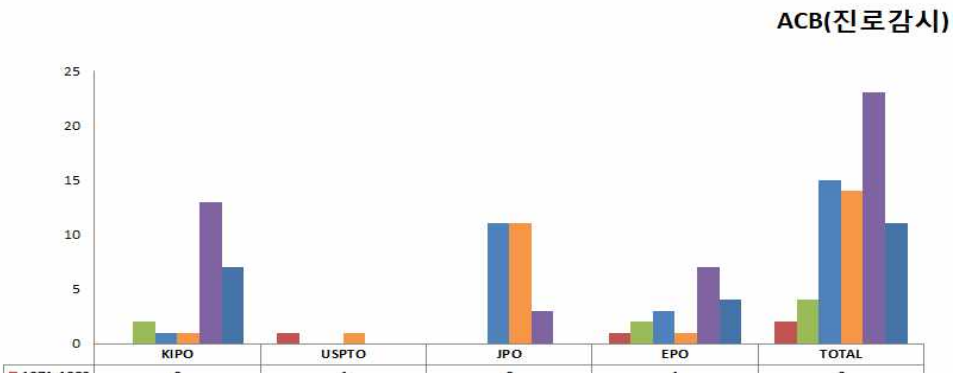


	KIPO	USPTO	JPO	EPO	TOTAL
1971-1983	0	7	0	0	7
1984-1989	0	0	1	1	2
1990-1995	1	3	6	2	12
1996-2001	0	6	15	5	26
2002-2007	5	2	10	4	21
2008-2013	7	5	14	1	27

[그림4.1.21] 진로설정 및 처리(ACA) 분야의 구간별 출원 동향

전체적인 구간별 출원 동향은 2008년~2013년 구간에서 특허 출원 활동이 가장 활발하게 진행됨을 알 수 있으며, 미국특허청(USPTO)은 1971년~1983년, 일본특허청(JPO)는 1996년~2001년 구간에서 출원의 증가를 보이고 있음

2) 진로감시(ACB)

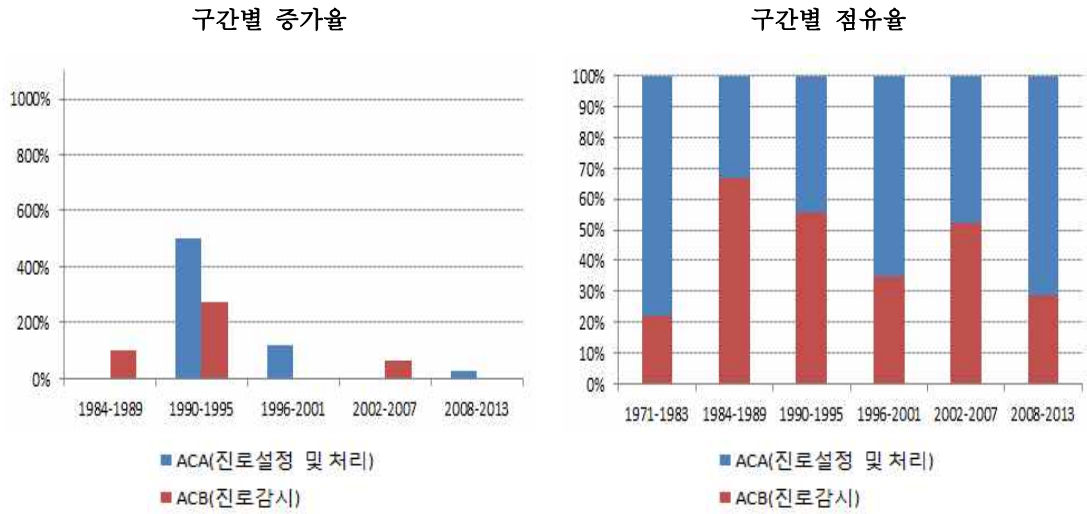


	KIPO	USPTO	JPO	EPO	TOTAL
1971-1983	0	1	0	1	2
1984-1989	2	0	0	2	4
1990-1995	1	0	11	3	15
1996-2001	1	1	11	1	14
2002-2007	13	0	3	7	23
2008-2013	7	0	0	4	11

[그림4.1.22] 진로감시(ACB) 분야의 구간별 출원 동향

전체적인 구간별 출원 동향의 모습은 2008년~2013년 구간을 제외하곤 **특허 출원 활동이 점차 증가**했으며, 최근 특허 출원이 크게 증가한 것은 2002년~2007년 구간에서는 한국특허청(KIPO)에서 급격한 출원 증가의 동향을 보이고 있음. 미국특허청(USPTO)은 출원건수가 매우 적고, 간헐적인 특허출원 동향을 보이고 있음

(6) 열차진로제어(AC) 분야 증가율 및 점유율

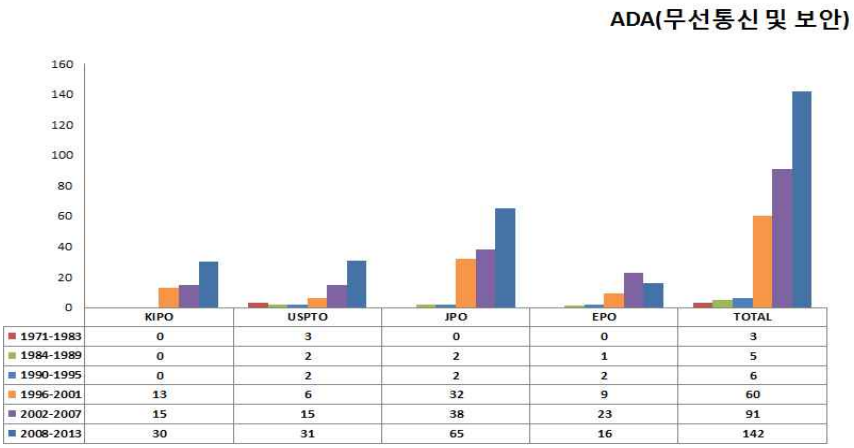


[그림4.1.23] 열차진로제어(AC) 분야의 구간별 증가율 및 점유율

전체적인 구간별 증가율의 모습은 특허 건수가 많지 않음. 1990년~1995년 구간에 ACA(진로설정 및 처리)를 중심으로 높은 증가율의 동향을 보이고 있으며, 점유율은 등락을 보이며 불규칙한 모습을 보이고 있음

(7) 통신시스템 및 응용(AD) 분야 구간별 출원 동향

1) 무선통신 및 보안(ADA)

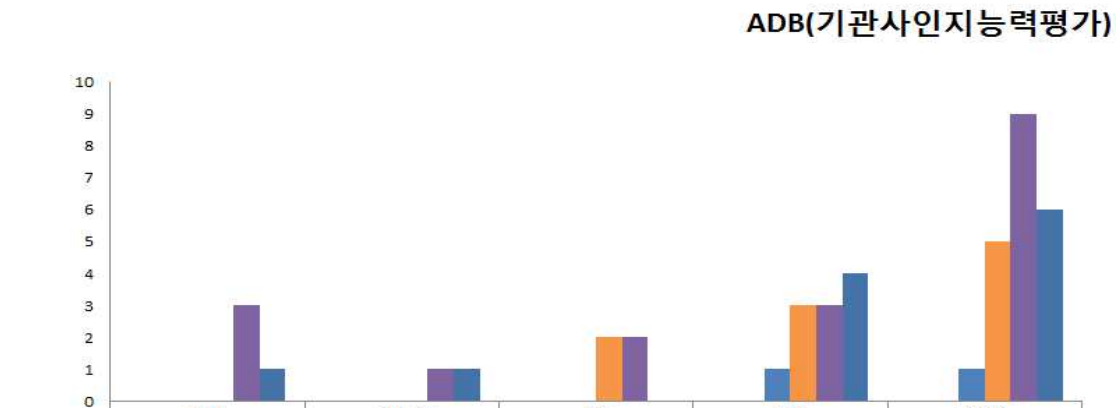


	KIPO	USPTO	JPO	EPO	TOTAL
1971-1983	0	3	0	0	3
1984-1989	0	2	2	1	5
1990-1995	0	2	2	2	6
1996-2001	13	6	32	9	60
2002-2007	15	15	38	23	91
2008-2013	30	31	65	16	142

[그림4.1.24] 무선통신 및 보안(ADA) 분야의 구간별 출원 동향

전체적인 구간별 출원 동향의 모습은 특허 출원 활동이 **1996년 이후 구간에서 크게 증가**한 것을 알 수 있으며, 이것은 일본에서의 특허 출원이 최근 크게 증가한 원인임을 알 수 있음. 한국, 미국 및 유럽에서도 꾸준한 출원 증가 동향을 보이고 있음

2) 기관사인지능력평가(ADB)

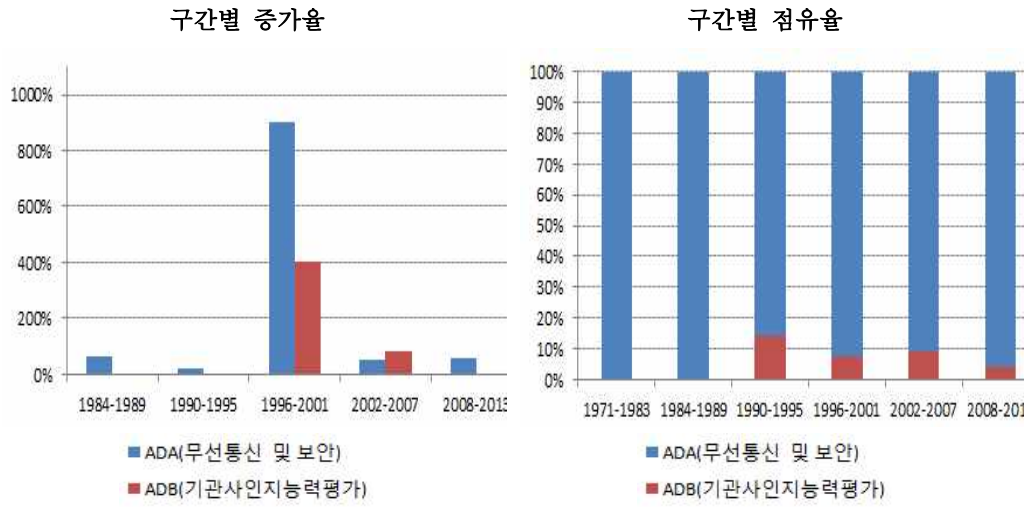


	KIPO	USPTO	JPO	EPO	TOTAL
1971-1983	0	0	0	0	0
1984-1989	0	0	0	0	0
1990-1995	0	0	0	1	1
1996-2001	0	0	2	3	5
2002-2007	3	1	2	3	9
2008-2013	1	1	0	4	6

[그림4.1.25] 기관사인지능력평가(ADB) 분야의 구간별 출원 동향

전체적인 구간별 출원 동향의 모습은 여러 국가에서 간헐적인 출원 동향을 보임. 출원 수가 매우 적으며, 2002년~2007년 구간에서 출원 증가가 보이지만, ADB(기관사인지능력평가) 분야는 전반적으로 특허활동이 활발하지 않는 것으로 보임

(8) 통신시스템 및 응용(AD) 분야 증가율 및 점유율



[그림4.1.26] 통신시스템 및 응용(AD) 분야의 구간별 증가율 및 점유율

전체적인 구간별 증가율에서 ADA(무선통신 및 보안), ADB(기관사인지능력평가) 분야는 1996년~2001년 구간에 최고 증가율를 보이고 있음. 1996년~2001년 구간을 제외한 나머지 구간에서도 ADA(무선통신 및 보안) 분야의 증가율이 하락하지만 증가세는 유지함

전체적인 구간별 점유율의 모습은 ADA(무선통신 및 보안) 분야가 **90% 이상의 점유율을 유지**하고 있고, 1971년~1983년 구간, **1984년~1989년 구간에서는 100%를 점유**하고 있음. ADB(기관사인지능력평가) 분야는 매우 적은 출원을 보이고 있어 저조한 특허활동 분야임을 알 수 있음

4. 결론 및 시사점

○ 연도별 특허 동향

한국 특허청에서는 1990년대 초반부터 특허출원이 조금씩 증가하기 시작하다가 2010년 초반까지 특허출원 증가와 감소를 반복하면서 전체적으로는 특허출원이 증가하는 추세를 보이고 있음. 그러나 2010년 초반 이후로 특허출원이 감소하는 추세를 보이고 있음

미국 특허청에서는 1970년대 중반까지 특허출원이 조금씩 증가하다가 1970년대 중반부터 1980년대 중반까지 특허출원이 조금씩 감소하였음. 그러나 1980년대 중반부터 특허출원이 다시 증가하는 추세를 보이면서 2000년대 후반까지 특허출원 증가와 감소를 반복하면서 전체적으로는 특허출원이 증가하는 추세를 보이고 있음. 그러나 2000년대 후반부터 조금씩 특허출원이 감소하는 추세를 보이고 있음

일본 특허청에서는 전 세계에서 가장 많은 출원양을 보이고 있으며, 2000년대 초반까지 특허출원이 꾸준하게 증가하는 추세를 보이다가 2000년 초반 이후로 특허출원 감소와 증가를 반복하면서 2000년대 중반까지 특허출원이 감소하는 추세를 보이고 있음. 그러나 **2000년대 중반 이후로 다시 특허출원이 증가**하는 추세를 보이고 있음

유럽 특허청에서는 2000년대 후반까지 특허출원 증가와 감소를 반복하면서 전체적으로는 특허출원이 증가하는 추세를 보이고 있음. 그러나 2000년대 중반부터 급격히 특허출원이 감소하는 추세를 보이고 있음

○ 내외국인 특허 동향

내외국인 출원 동향을 살펴보면, 분석대상 기술에 대해 **일본이 982건의 특허를 출원하여 가장 많은 것**으로 나타났으며, **전 세계 시장에서 47%를 점유**하고 있음. 뒤를 이어 한국 476건,

유럽 346건, 미국이 271건의 특허를 출원한 것으로 나타남

분석 대상 국가인 한국과 일본의 경우 내국인의 특허출원 비중이 90% 이상 점유하고 있으며, 외국인의 특허출원 비중에 비해 월등히 높은 것으로 나타남. 이는 다른 국가와의 기술 교류가 많지 않았기 때문으로 분석됨

미국와 유럽의 경우 내국인의 특허출원 비중이 약 60%를 점유하고 있으며, 외국인의 특허출원 비중은 약 40%를 차지하고 있음. 한국과 일본에 비해 외국인의 특허출원 비중이 상당히 높은 것으로 나타나며, 이는 다른 국가와의 기술 교류가 많은 것으로 분석됨

○ 기술시장 성장 단계

기술시장 성장 단계를 살펴보면, **전체특허의 기술 위치는** 전체적으로 2구간(1984년~1989년)부터 5구간(2002년~2007년)까지 **출원 건수와 출원인의 수가 계속 증가하는 성장기의 단계**에 있으며, 구간에 따른 출원 건수와 출원인수의 증가량이 계속 늘어나고 있어 성장 속도가 점차적으로 가속되고 있다는 것을 알 수 있음

그러나 **최근 구간인 6구간(2008년~2013년)**에서는 **출원 건수는 계속 증가하지만, 출원인 수가 감소하는 성숙기의 단계**에 있는 것으로 볼 수 있음.

분석 결과상 **한국**의 기술위치는 **성숙기, 미국**의 기술위치는 **성장기, 일본**의 기술위치는 **성숙기**에 위치하며, **유럽**의 기술위치는 **쇠퇴기**의 단계에 있다고 판단됨

○ 상위 출원인 분석

철도 신호 기술 분야에 주요출원인 Top10을 추출한 결과, **HITACHI(JP)가 전체 다출원인 1위**로 나타났으며, 그 뒤를 이어 MITSUBISHI ELECTRIC(JP), NIPPON SIGNAL(JP), KYOSAN ELECTRIC(JP), TOSHIBA(JP), SIEMENSE(US), 한국철도기술연구원(KR) 등이 이 분야에서 다수의 특허를 출원하고 있는 것으로 나타남

주요 출원인들은 대체로 **일본의 출원인이 상위**를 차지하고 있으며, **주요출원인 Top10 모두 자국의 특허출원에 집중되어 있는 것으로 보임**. 또한, **대부분의 출원인은 열차감시(AA)분야에 특허출원이 집중되어 있음**

○ 시사점

- 열차감시(AA) 분야와 무선통신 및 보안(AD) 분야는 특허출원이 가장 많은 기술분야로 향후에도 지속적인 투자와 연구개발 가능성이 높다고 판단됨

- 특허출원이 감소하는 열차간격제어(AB)와 열차진로제어(AC) 분야는 상대적인 시장 진입 장벽이 낮아, 선택적이고 전략적인 연구개발 투자가 이루어 진다면 좋은 성과의 가능성이 높음

- 스마트폰 기술등 무선통신이 발전된 한국의 경우 지속적으로 발전하고 있는 무선통신 기술을 철도 신호분야에 접목하여 국제 표준화 등의 성과물을 도출할 수 있게 전략적인 연구개발 투자가 필요가 있다고 판단됨

- 철도 신호분야의 기술분야는 전반적으로 각각의 분야마다 주요시장국의 연구개발 수준에서 차이가 있으므로, 선택적인 기술이전 및 기술교류의 활성화로 시너지 효과를 성과로 도출할 수 있다고 판단됨

- 국내에서 철도 신호분야에 대한 기술개발을 수행하기 위해서는 지속적인 투자로 인한 연구개발 뿐만 아니라 세부기술별 핵심기술에 대한 심도 있는 권리분석과 지속적인 특허분석을 통한 개발전략이 필요할 것으로 사료됨

제 2 절 SWOT분석

철도신호체계 연구개발 대상 분야 설정을 위하여 앞에서 수집된 자료를 근거로 국내 및 국외 여건 등을 기준으로 SWOT 분석을 수행하였다. 이를 위하여 강점요인(Strength), 약점요인(Weakness), 기회요인(Opportunity), 위협요인(Threaten)으로 구분 하였으며, 내부역량 측면에서 강점요인과 약점요인, 외부적인 환경을 고려한 기회요인과 위협요인을 분석하였다.

1. 내부역량

가. 강점요인(Strength)

- 국가연구개발사업의 지속적인 추진, 시범설치사업, 중소기업청에서 시행하고 있는 구매 조건부사업을 통해서 관련 핵심기술 및 개발인력 확보
- 강소기업육성정책을 통한 철도신호시스템 국산화 및 해외시장 진출 지원
- 세계적인 수준의 IT 및 무선통신기술, 소프트웨어기술, 제어장치제작 기술 확보
- 2013년 6월 이후 국내 철도신호산업의 기업간 협력연구개발을 체계적으로 추진토록 연구 조합 설립운영
- 국외의 주요 철도신호체계 제작업체에 대한 충분한 가격경쟁력 확보

나. 약점요인

- 국가연구개발사업의 성과물인 열차제어시스템을 국내 영업노선에 구축한 실적이 없으며, KRTCS 연구개발 성과물을 도시철도 신설노선에 적용여부를 검토 중임.
- 국내 대기업은 해외 철도신호기업과 제휴하여 국내 철도신호시장에 진출하고 있으며, 중소기업은 종사자의 이직률이 높아 기술수준이 안정적이지 않는 철도신호 산업구조를 갖고 있음.
- 국내 철도신호산업의 구조적인 문제로 인하여 협력연구개발을 체계적으로 구축하지 못하고 있음.
- 철도신호체계에 대한 시스템엔지니어링 및 SIL인증 지원체계 미비로 국내업체 개발품목의 해외시장 진출이 제한됨.
- 2004년 경부선 ATP를 도입하면서 철도RAMS을 시작하였기 때문에 충분한 경험을 확보한 인력과 관련 인프라가 미비

2. 외부환경

가. 기회요인

- 세계적으로 철도의 장점을 고려 철도시장이 꾸준히 확대되고 있으며, 경량전철과 도시철도 시장에서 철도신호 관련 사업비가 차지하는 비중도 계속 높아지고 있음.
- 세계적으로 저탄소 녹색정책에 따라 도로교통에서 철도교통으로 교통정책을 전환하는 것을

추진하고 있음.
- 궤도회로를 사용하는 기존 철도신호기술이 무선통신기술, 소프트웨어기술을 사용한 철도 신호기술로 전환하는 과도기
- 국내철도운영기관이 해외 신호시스템을 도입운영하면서 발생된 문제점을 근본적으로 해결하기 위해서 철도신호시스템의 국산화와 안전성 인증을 요구

나. 위협요인
- 세계적인 메이저업체가 철도시장을 과점하고 있으며, 특히 유럽은 철도신호표준을 주도 하고 있음. 이러한 표준화에 적극적으로 대처하지 않을 경우 국내 철도신호산업의 경쟁력 저하에 심각한 악영향을 미칠 것 임.
- 유럽은 "Shift 2 Rail"계획에 따라 고속철과 일반철도에 "ETCS + ATO"개념을 적용토록 추진중이고 미국, 중국 및 일본도 자국 제품을 국제표준화 추진
- 최근에 건설되고 있는 경량전철 및 지하철, 광역철도 및 기존선 신호개량사업에 해외 신호시스템을 도입하였음.
- 국내 철도신호시장의 규모가 작기 때문에, 국내 철도신호기업이 연구개발에 투자할 경우, 리스크가 없지 않음.
- 국제 철도신호표준 준수 등 해외시장 진출 장벽 존재

3. SWOT분석 결과 대응전략

가. 시사점

철도신호분야의 발전을 위한 내적인 요인과 외적인 요인을 대상으로 SWOT분석을 한 결과, 미래대응을 위한 다음과 같은 시사점을 준다.

- 국내·외적으로 나타나고 있는 기회요인과 국내 철도신호산업이 갖고 있는 장점을 극대화하기 위해서는 우선 고품질의 국내기술과 인력을 활용할 수 있고, 국내·외적으로 수요가 많은 제품의 기술혁신에 투자를 하여야 한다. 세계적으로 기후변화에 대응키 위하여 저탄소정책이 확대되고 있으며, 이에 따라 각국의 교통정책이 철도를 확대하는 방향으로 진행하고 있으며 철도신호분야에 대한 예산과 관심이 증가되고 있다. 또한 에너지 절약정책의 강화로 에너지절약형 제품이 요구되고 있다. 이를 위하여 국내·외적으로 철도신호체계의 자동화가 검토되고 있으며, 세계적으로 도시철도 및 경전철분야에는 자동화가 상당히 진행된 바 있고, 우리나라도 무선기반 철도제어시스템인 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템(KRTCS)의 개발완료단계에 와 있다. 그러나 국제적으로 일반철도와 고속철도의 철도신호시스템에 대한 자동화를 위한 연구개발 투자는 증가하고 있음에도 우리나라는 노력이 부족한 실정이다. 특히 철도신호시스템 구성품 제작능력은 있으나 체계통합 능력이 없어 해외시장 진출이 어려운 상황이라 이를 위한 정부의 적극적인 지원과 관련 산업체의 노력이 요구된다. 우리나라 정부에서는 2013년부터 철도산업의 국제 경쟁력 강화와 일자리 창출을 목적으로 강소기업 육성정책을 시사한 바 있으며, 철도신호사업 연구조합의 설립으로 철도신호분야 기업들의 연구개발 의지를 통합하여 국산 철

도신호체계를 개발할 수 있는 여건이 조성되어 있다. 많은 국가가 철도중심의 교통체계로 전환하고 일반철도 및 고속철도의 자동화 개념 적용 추진임을 감안하여 국가의 중점추진과제를 적극 활용하여 정부의 지원확대를 유도하는 것도 필요하다.

- 내적인 약점을 보완하고, 외적인 기회요인을 활용하기 위해서는 우선 국내 철도신호시스템 SIL 인증지원체계를 구축하여야 한다. 철도신호시스템은 철도안전에 지극히 중요한 것으로 국내 철도신호업체가 개발한 제품을 SIL인증 없이 사용하는 것은 불가하나, 국내에 SIL 인증을 위한 지원체계 미비로 국외업체에 의존하다 보니 막대한 비용을 감당할 수 없어 제품 개발에 어려움을 겪어 왔다. SIL 인증은 통상 3단계(형식승인, 제작자승인, 완성검사)로 구성되어 있으며, SIL 인증 1단계인 형식승인은 국내에서 인증할 수 있는 지원체계를 구축하여야 한다. 그리고 열악한 국내 철도신호산업의 개선을 위하여 동남아시아 국가 등 해외시장 진출이 필요하며 이를 위하여 동남아시아 국가와의 국제적 협력개발체계 구축을 위한 정부차원의 협조가 요구되며, 동남아 국가등으로의 진출을 위하여 해외 Pilot Station 구축하여 공동 개발하는방향으로 적극적인 추진이 필요하다. 또한 지속적인 철도신호체계의 신뢰도 향상을 위하여 시스템 RAMS 분야의 역량 강화가 필요하며 이를 위하여 별도의 정부지원이 요구된다.

- 내적인 강점을 적극 활용하고, 외적인 위험을 관리하기 위해서는 우선 유럽의 ETCS 혹은 중국의 CTCS와 같이 우리나라 철도신호체계에 대한 분류기준 정립 및 표준화가 요구되고, 이미 연구개발완료단계에 있는 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템(KRTCS)를 국내 도시철도 신설 및 개량노선에 적용하여 국내기술의 우수성을 해외에 보일 필요가 있다. 또한 철도신호업체로 구성된 철도신호사업연구조합의 기능과 역할을 확대하여 각 철도신호업체 간에 협력개발체계를 구축하는데 기술지원 및 중재의 축이 되어 단일화되고 통합된 국내 기술력을 발휘할 수 있도록 하여 해외시장에 대응토록 하여야 한다.

- 내적인 약점과 외적인 위험요소에 대응하기 위해서는 우선 국내 철도신호산업 구조의 개편을 장기적으로 추진할 필요가 있다. 유럽은 "Shift2Rail"계획 하에 일반철도와 고속철도에 대한 철도신호시스템에 자동운전(ATO)개념을 도입토록 하고 또한 대부분의 유럽 철도업체가 참여하고 있으며, 개발 후에는 표준화되어 국내 철도신호업체의 해외시장 참여가 더욱 더 어려워질 수 있다. 따라서 국가차원의 국제협력과 우리 기업의 적극적인 참여와 인재육성이 요구된다.

나. 대응전략

이상의 시사점을 토대로 [표4.2.1] SWOT표에 보이는 것처럼 철도분야 신호시스템에 대한 대응전략을 마련할 수 있다.

[표4.2.1] SWOT 분석

외적인 요인 / 내적인 요인		O(기회)	T(위협)
		-국내·외 철도신호시장의 지속적 확대 -저탄소정책 확대로 철도중심의 교통정책 -무선기반 철도신호시스템 도입기 -철도운영기관의 철도신호시스템 국산화 요구 -에너지 절약형 철도제품시장 확대 -철도신호시스템 국산화 및 해외시장 진출을 위한 국내 SIL인증 지원체계 절대적 필요	-세계적인 일부 철도제작업체가 철도시장을 과점 하고 철도신호표준을 주도 -유럽은 "Shift2Rail"계획에 철도신호발전계획(ETCS+ATO)을 포함 -국내 신설/개량노선에 해외신호시스템을 적용 -국제 철도신호표준 준수 등 해외시장 진출 장벽 존재
S (강점)	-지속적인 국가연구개발사업으로 핵심기술 및 개발인력 확보 -정부의 강소기업육성정책 시행 -세계적인 수준의 IT 및 무선통신기술, 소프트웨어기술 확보 -철도신호사업연구조합 설립으로 기업간 협력연구개발 추진 가능 -해외시장 가격경쟁력	**[우선 수행과제]** -일반철/고속철용 ATO(에너지절약형) 개발 -강소기업 육성 대상품목 선정 및 국가지원확대 • Train Integrity, 고속전철용 SEI, Station Controller, ATS, 공동플랫폼을 이용한 신호시스템, 시험장비 등	**[RISK 해결과제]** -한국형 철도신호체계 분류기준 정립 및 표준화 • ETCS 및 CTCS 같은 레벨별 분류기준 연구 -KRTCS에 대한 국내 도시철도 신설 및 개량 노선 적용 -철도신호사업연구조합의 기능과 역할 확대
W (약점)	-국내 개발 철도신호시스템 실용화 실적이 없음. -대기업이 외국업체와 제휴하여 국내 철도신호시장에 진출 (장비설치기술) -열악한 국내 철도신호산업 구조 -국내 개발 철도신호체계에 대한 자체 SE 및 SIL 인증 지원체계 미비 -RAMS관련 경험 및 인프라 미비	**[차후 보완과제]** -국내 철도신호시스템 SIL 인증지원체계 구축 -국제적 협력개발체계 구축 • 동남아시아 국가와의 정부차원 협조 • 해외 Pilot Station 설치 -시스템 RAMS 분야의 역량강화 • RAMS관련 소프트웨어 확보 등 인프라 구축 • 업무지침 작성 및 교육 강화	**[장기적인 보완과제]** -국내 철도신호산업 구조 개편 • 대기업과 중소기업의 상생방안 연구수행 -국가차원의 국제철도신호전문기관과 기술교류방안 수립 및 참여 -전문기업 또는 인력 육성 지속 추진

제 3 절 기존 기술 및 인프라 등의 활용 및 연계방안 수립

1. 세계적인 기술발전 동향 및 국내기술 현황

- 현재 철도 무선신호제어 기술은 LTE를 활용한 LTE-R(Rail road)로 집약하고 있다. LTE-R 기술은 2세대 이동통신 GSM의 차세대 기술이며 현재 철도 통합망을 구축한 철도교통 선진국 유럽을 훨씬 앞서는 신기술이다. LTE-R의 장점은 영상정보와 대용량데이터를 실시간 전송할 수 없는 유럽의 GSM 방식의 단점을 모두 해결하고, 차량내부에서 발생가능한 열차와 승객의 안전사고를 포함, 차량과 선로주변의 진단 및 감시, 제어를 통해 열차운행에 필요한 모든 정보를 실시간으로 얻을 수 있는 장점을 갖는다.

- 국내 열차제어시스템 연구에서도 기 인프라가 구축되어 있고, 기술적으로 세계최고 수준에 도달해 있는 LTE방식으로 전환이 필요함을 인지하고 LTE를 철도에 적용하기 위한 연구를 시작하여, 2012년 12월 세계 최초로 LTE 철도시험선을 구축하였다. 현재 우리나라와 같이 LTE-R을 개발하기 위해 연구 중인 프랑스는 2.6GHz 대역으로 실험을 진행하고 있다

- 세계적으로 도시철도 열차제어 시스템에 대한 운영 및 연구 방향은 지상 장치의 최소화와 설비의 소형화 및 모듈화, 운전시격의 단축, 그리고 무선통신방식의 적용 등으로 진행되고 있으며 국내에서도 이러한 국제기술정세에 맞추어 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템(KRTCS, Korea Radio Train Control System)을 개발하여 마무리 단계에 접어들었다.

- 또한 유럽표준 열차제어 기술인 ETCS-Level2 수준의 차세대고속철도 열차제어 핵심기술도 개발 중이다. ETCS는 유럽표준의 열차제어시스템으로서 세계표준화 추세이며 ETCS는 유럽전역 및 우리나라를 포함하여 35개국, 약2만㎞에 설치 운용 중(2013.10월 기준)이다. 북아프리카, 중동아시아, 동아시아 지역 신규노선 및 개량노선에 급속히 확산 중이며 철도 선진국인 일본의 경우 세계화 추세에 따르지 못하여 철도신호기술이 고립된 사례를 교훈삼아 장기적 개량방안(Upgrade) 검토가 필요하여 추진되었다.

- 경부선 등 고속열차 운행 18개 노선 1,031.3㎞ 구간과 KTX등 각종 동력차 481편성에 ETCS-Level1 설치 완료 등 우리나라 일반철도에 ETCS-Level1이 도입 완료되어 유럽선진국에 열차제어기술이 종속되어 있는 상태이며 사실상 우리나라도 ETCS가

일반철도 · 고속철도의 표준시스템으로 자리잡았다.

- ETCS-Level2 연구개발 로드맵

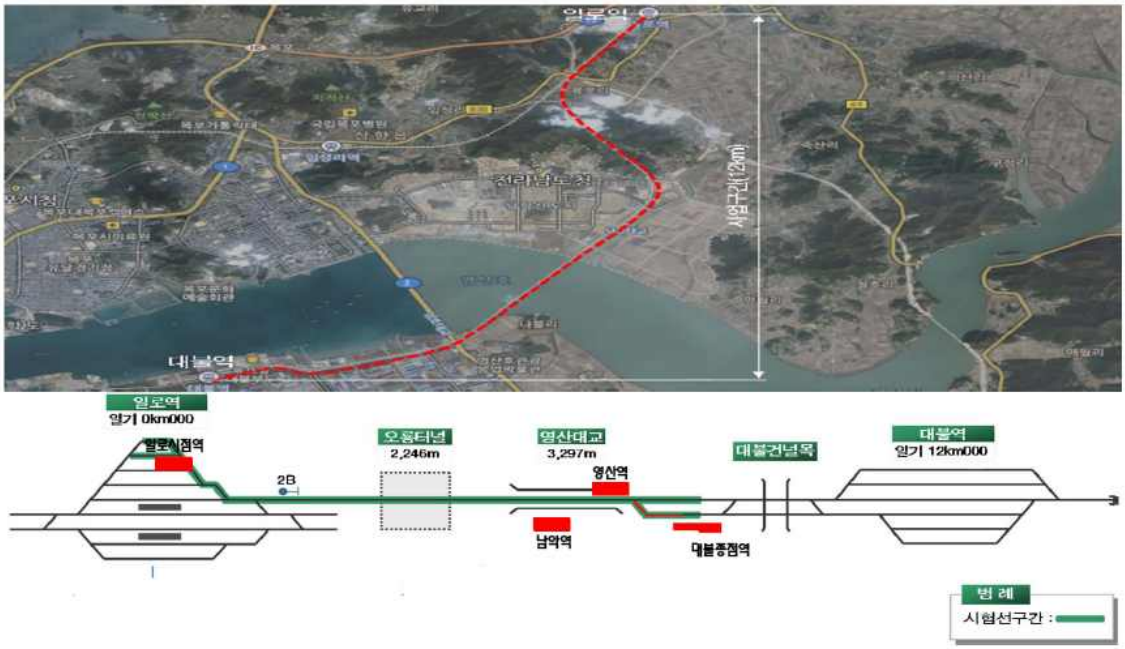


[그림4.3.1] ETCS Level2 연구개발 로드맵

2. KRTCS 인프라 구축 현황

- 철도공사의 영업선인 대불선 약 12㎞ 선로에 무인운전 열차제어시스템의 시험을 위한 인프라를 구축했다. 시험 역사는 총 4개로 일로역, 남악역(임시역), 영산역(임시역), 대불종점역으로 명명하였으며, 시험 열차는 총 2편성으로 현재 운영 중인 경의선 임대열차 4량 1편성과 차세대 전동차 6량 1편성으로 구성했다.

- 지상과 차상 인프라로 열차의 위치 추적과 속도 제어까지 열차의 위치를 실시간으로 파악하고, 열차 간의 안전 간격과 열차 진로를 제어할 수 있는 기술을 개발하기 위해 12㎞의 시험선로 지상에 자동 열차보호 장치, 정보전송용 무선 AP, 열차운행 감시용 CCTV, 선로변 광케이블 등 지상 인프라를 적용했다. 또한, 열차의 무인 자동운전이 가능하도록 하기 위해 열차제어시스템(ATP/ATO)과 차상장치, 무선랜용 안테나 등 차상 인프라를 개발해 설치했으며, 열차 내부 상황을 감시하기 위한 차내 영상감시장치도 추가로 장착했다.



[그림4.3.2] KRTCS 인프라 구축 현황

3. 연계방안

- 정부에서는 그 동안 많은 개발 노력과 축적된 기술기반을 토대로 하여 철도 신호시스템 의 국산화 및 표준화 전략을 진행하였다. 현재까지 개발되고 진행된 연구를 기초로 기존 노선의 개량은 표준화 방안을 수립하여 개량하고, 신설 또는 속도향상을 위해 노선을 개량하는 경우에는 일반철도는 ATP, 고속철도는 ETCS-Level2의 차세대 고속철도 열차제어 핵심기술 실용화를 적용, 도시철도는 CBTC 방식의 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템(KRTCS)을 적용하는 체계를 구축하여야 한다.

- 또한 철도무선통신전용 주파수를 미래창조과학부로부터 실용화 시험국 지정을 받았다. 이번 철도전용 무선통신 주파수는 1월19일부로 1.8GHz대역의 실용화시험국으로 지정받았으며 실용화시험국지정은 기술개발과 상용화가 동시에 이뤄질 수 있어 한국형 철도 전용LTE-R 기술 개발을 추진해온 차세대고속철도 열차제어(ETCS-Level2) 핵심기술 개발과 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템(KRTCS)과 연계하여 적용시킬 수 있다.

- 국가 R&D 사업(3단계)을 통한 한국형 무선통신기반 열차제어시스템의 상용화로 국내 철도 신호시스템의 표준화 및 통합을 추진하여, 노선별 연계운행 우선순위에 따라 시스템 개량 추진하고 개발된 시스템의 인증 및 현장 적용을 위한 관계법령 개정을 적극적으로 추진함은 물론, 관련기관과의 지속적인 협의를 통해 발전방안을 강구하여 표준화를 진행하고 있다.

제 4 절 결론

특허조사에서 얻은 결과로

- 열차감시(AA) 분야와 무선통신 및 보안(AD) 분야는 특허출원이 가장 많은 기술분야로 향후에도 지속적인 투자와 연구개발 가능성이 높다고 판단됨
- 특허출원이 감소하는 열차간격제어(AB)와 열차진로제어(AC) 분야는 상대적인 시장 진입 장벽이 낮아, 선택적이고 전략적인 연구개발 투자가 이루어 진다면 좋은 성과의 가능성이 높음
- 스마트폰 기술등 무선통신이 발전된 한국의 경우 지속적으로 발전하고 있는 무선통신 기술을 철도 신호분야에 접목하여 국제 표준화 등의 성과물을 도출할 수 있게 전략적인 연구개발 투자가 필요가 있다고 판단됨
- 철도 신호분야의 기술분야는 전반적으로 각각의 분야마다 주요시장국의 연구개발 수준에서 차이가 있으므로, 선택적인 기술이전 및 기술교류의 활성화로 시너지 효과를 성과로 도출할 수 있다고 판단됨

철도신호분야의 발전을 위한 내적인 요인과 외적인 요인을 대상으로 SWOT분석을 한 결과,

- 내적인 약점을 보완하고, 외적인 기회요인을 활용하기 위해서는 우선 국내 철도신호시스템 SIL 인증지원체계를 구축하여야 한다. 철도신호시스템은 철도안전에 지극히 중요한 것으로 국내 철도신호업체가 개발한 제품을 SIL인증 없이 사용하는 것은 불가하나, 국내에 SIL 인증을 위한 지원체계 미비로 국외업체에 의존하다 보니 막대한 비용을 감당할 수 없어 제품 개발에 어려움을 겪어 왔다. 또한 철도안전법의 시행에 따라 신호시스템에 대한 SIL 에 관한 활동이 필수 요소가 되고 있다. 그리고 동남아시아 국가 등 해외시장 진출이 필요하며 이를 위하여 동남아시아 국가와의 국제적 협력 개발체계 구축을 위한 정부차원의 협조가 요구되며, 해외 Pilot Station 구축하여 공동개발하는 방향으로 적극적인 추진이 필요하다. 또한 지속적인 철도신호체계의 신뢰도 향상을 위하여 시스템 RAMS 분야의 역량 강화가 필요하며 이를 위하여 별도의 정부지원이 요구된다.
- 내적인 강점을 적극 활용하고, 외적인 위험을 관리하기 위해서는 우선 유럽의 ETCS 혹은 중국의 CTCS와 같이 우리나라 철도신호체계에 대한 분류기준 정립 및 표

준화가 요구된다.

- 내적인 약점과 외적인 위험요소에 대응하기 위해서는 우선 국내 철도신호산업 구조의 개편을 장기적으로 추진할 필요가 있다. 유럽은 "Shift2Rail"계획 하에 일반철도와 고속철도에 대한 철도신호시스템에 자동운전(ATO)개념을 도입토록 하고 또한 대부분의 유럽 철도업체가 참여하고 있으며, 개발 후에는 표준화되어 국내 철도신호업체의 해외시장 참여가 더욱 더 어려워 질 수 있다. 따라서 국가차원의 국제협력과 우리 기업의 적극적인 참여와 인재육성이 요구된다.

-또한 철도무선통신전용 주파수를 미래창조과학부로부터 실용화 시험국 지정을 받았다. 이번 철도전용 무선통신 주파수는 1월19일부로 1.8GHz대역의 실용화 시험국으로 지정받았으며 실용화시험국지정은 기술개발과 상용화가 동시에 이뤄질 수 있어 앞선 우리나라의 통신기술을 활용하면 신호제어분야가 선두그룹에 나설 수 있는 좋은 기회이다.

제 5 장 철도신호분야 Master Plan

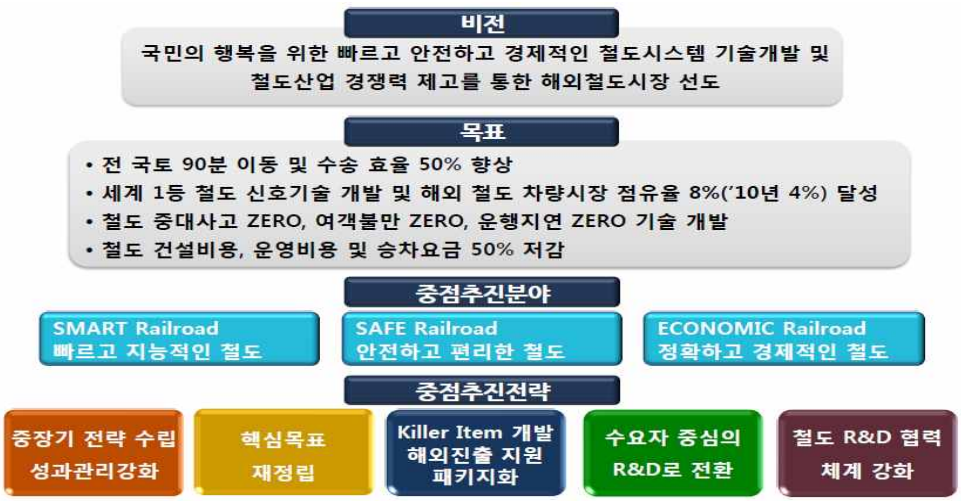
철도신호분야 마스터플랜 수립을 위하여 우리나라 정부의 철도기술 발전 비전 및 목표, 유럽연합 및 영국의 관련 계획 및 우리나라의 철도신호체계 운영현황 등 배경을 검토하였으며, 이를 통하여 미래의 철도신호기술에 대하여 예측하였고, 2040년까지 우리나라의 철도신호분야가 가야할 장단기목표/전략 및 마일스톤을 제시하였다. 본 마스터플랜은 정부의 적극적인 지원을 전제로 수립하였다.

제 1 절 철도신호분야 Master Plan 수립 배경

1. 우리나라 정부의 철도기술 발전 비전 및 목표

철도는 국민의 삶의 질, 복지, 안전 등과 밀접한 관련이 있는 공공인프라로서 작은 국내 시장규모 등으로 인하여 민간의 적극적인 투자가 어려워 국가전략산업으로 정부투자가 필요하다. 우리나라 정부는 2006년에 건설교통「건설교통R&D혁신로드맵」을 수립하였고, 2007년에 철도분야 전략프로젝트와 중점과제 발굴 등을 포함한 「건설교통 R&D 중장기 기본계획('08~'12)」수립하였으며, 2010년에 녹색성장 패러다임 전환에 따른 R&D프로세스 개선 등을 포함한「국토해양R&D 발전전략」을 수립하였다.

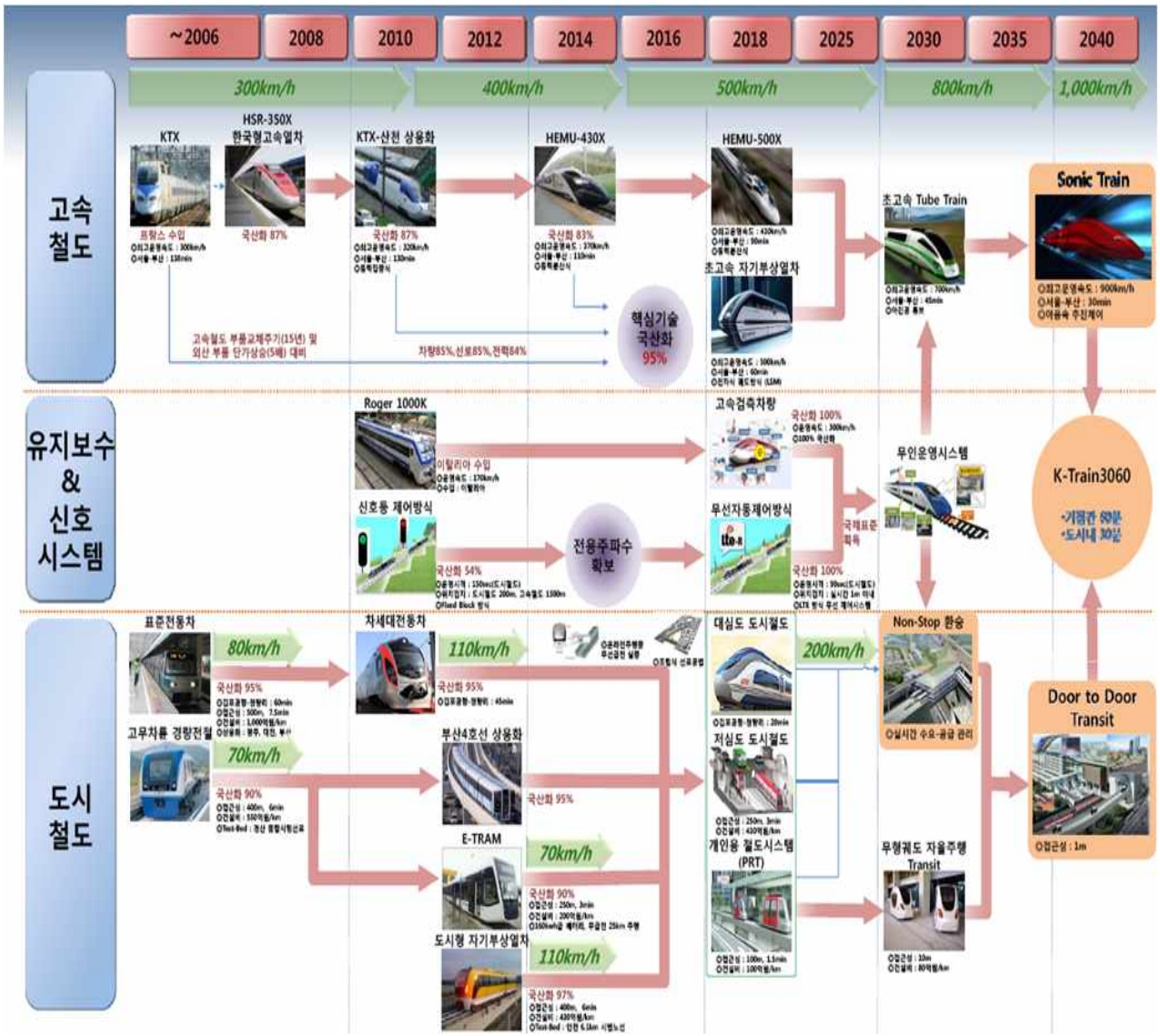
현재는 2012년에 수립된 「건설교통 R&D 중장기계획('13~'17)」을 시행중인데, 여기에 포함된 철도 사업의 비전과 목표는 [그림5.1.1]에 보이는 바와 같다. 철도사업 발전방향을 위한 비전은 「국민의 행복을 위한 빠르고 안전하고 경제적인 철도시스템 기술개발 및 철도산업 경쟁력 제고를 통한 해외철도시장 선도」이고, 목표는 전 국토 90분 이동 및 수송효율 50% 향상, 세계 1등 철도신호기술 개발 및 해외 철도 차량시장 점유율 8%('10년 4%) 달성, 철도 중대사고 Zero, 여객불만 Zero, 운행지연 Zero 기술 개발, 철도 건설비용, 운용비용 및 승차요금 50% 저감이다.



[그림5.1.1] 우리나라 정부의 철도사업 비전 및 목표

철도기술분야 비전과 목표를 달성하기 위한 중점추진분야에 대하여 국토교통부는 2013년 6월 부산 국제철도물류전에서 3가지로 발표하였는데, 이는 「빠르고 지능적인 철도(SMART)」, 「안전하고 편리한 철도(SAFE)」, 「정확하고 경제적인 철도(ECONOMIC)」이며, 각각에 대하여 세부 추진방안을 제시하고 있다.

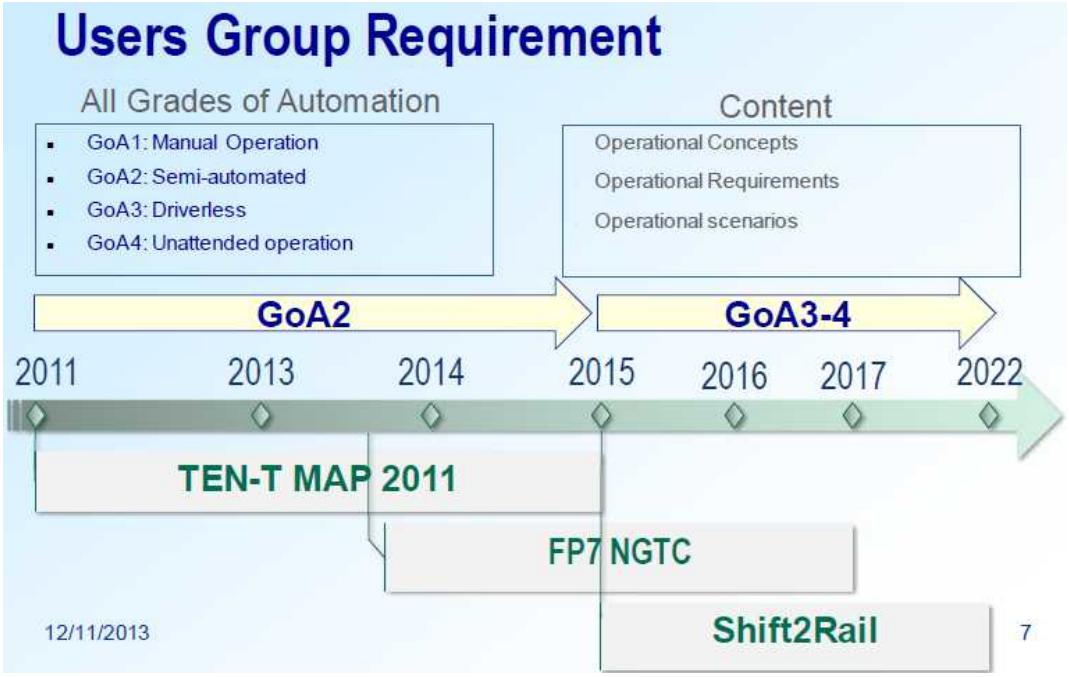
우리나라 철도발전전망을 보면, 고속철도는 2014년까지 시속 400㎞, 2025년까지 시속 500㎞, 2035년까지 시속 800㎞, 2040년까지 시속 1,000㎞ 철도기술을 확보하는 계획을 수립하였고, 도시철도는 2020년까지 시속 200㎞의 철도기술을 확보하고 「Door To Door Transit 」개념을 달성하여, 고속철도와 도시철도를 합쳐 2040에는 거점간 60분, 도시내 30분, 전 국토 90분 운송개념의 **「K-Train 3060」**을 제시하였다. 고속철도와 도시철도의 발전과 더불어 철도 유지보수체계와 철도신호시스템의 발전이 요구되는데 정부는 2020년까지 100% 국산화된 고속검측차량과 유지보수체계를 확보하고, 철도전용주파수 확보에 따라 2020년까지 LTE방식 무선자동제어시스템을 개발하여 실용화한다는 계획이다.



[그림5.1.2] 우리나라 철도 발전전망(국토교통부)

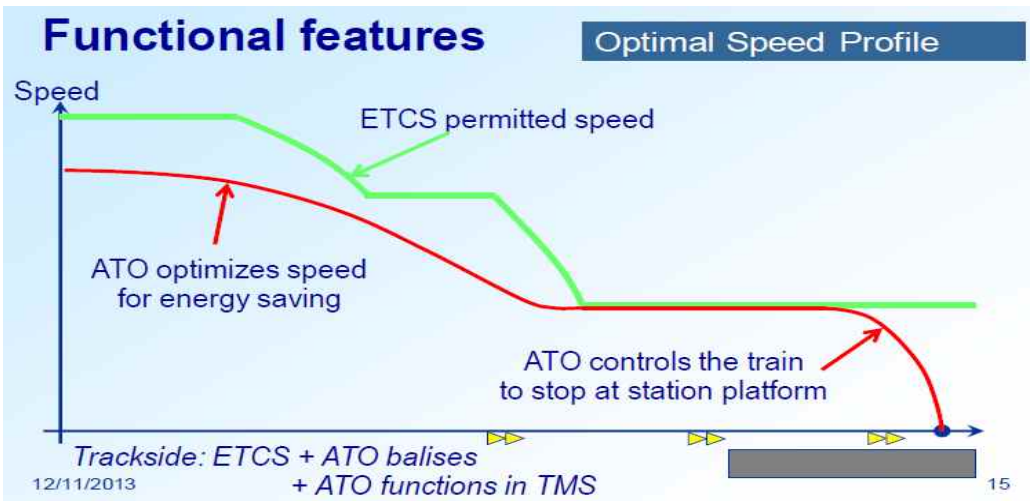
2. 유럽연합의 일반철도 및 고속철도 ETCS+ATO 적용 개선계획

세계적으로 기후변화 대응을 위하여 탄소저감대책 시행으로 각국이 철도중심의 교통정책에 따라 철도에 대한 투자가 대폭 증대되고 있으며, 특히 유럽연합에서는 EU2020전략을 달성하기 위하여 “Shift2Rail” 계획을 수립하여 미래의 철도 수요에 대응하기 위한 발전을 도모하고 있다. 유럽 철도신호시스템 개선계획은 Shift2Rail의 기술혁신분야(IP)#2에 포함된 사항으로 도시철도에서 적용되고 있는 자동운전(ATO)개념을 일반철도와 고속철도에 적용토록 개발하여 철도운송능력과 성능을 개선하고 에너지 고효율화를 취하자는 것이며 추진계획은 [그림5.1.3]과 같다.



[그림5.1.3] ETCS 적용 개선계획[UNISIG, 2013. 11]

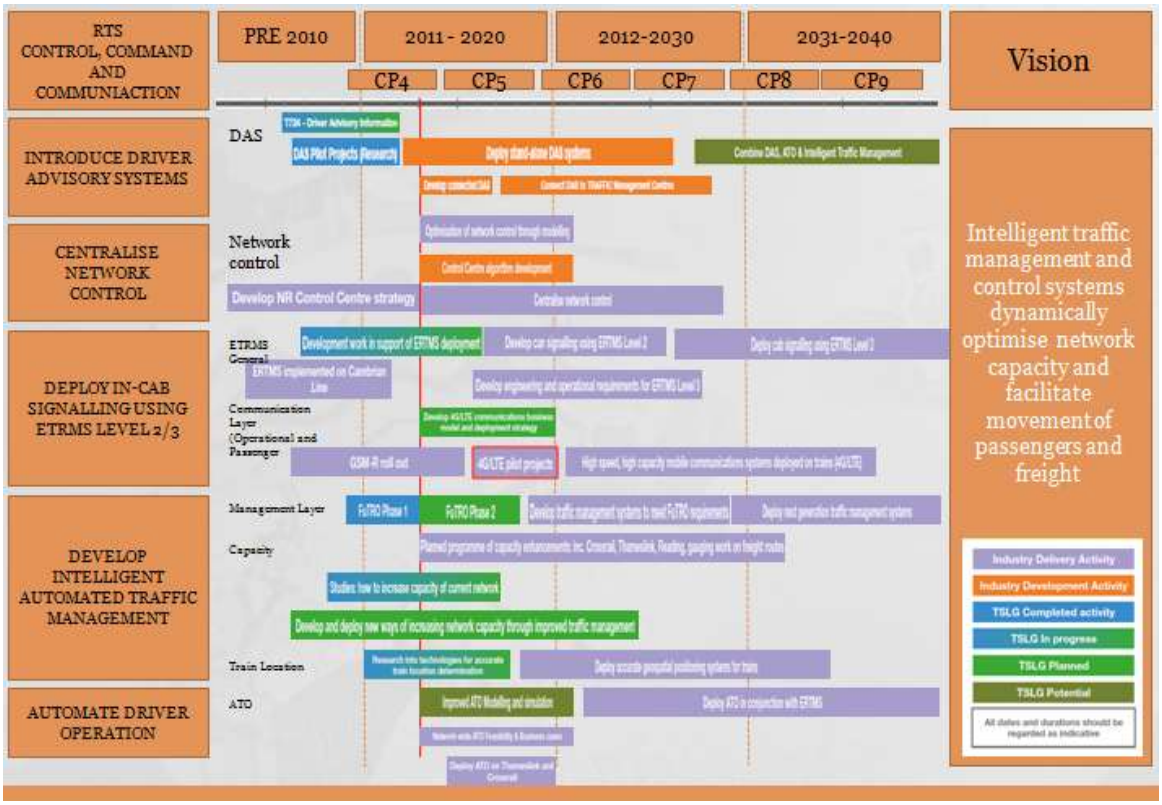
기본계획은 일반철도 및 고속철도에 ETCS+ATO를 적용하여 자동운전을 하여 철도운송수요 확충 및 에너지 절감 등의 이익을 도모하자는 목표가 포함되어 있고, 이를 위해서 지상에 교통관리시스템(TMS) 설치 등 추가적으로 요구되는 사항을 개발하는 것이다. ATO을 적용한 자동운전방법은 지상신호장치 설치유무에 따라 결정되나, 지상 ETCS, ATO 발리스, TMS 설치 환경에서는 전구간에서 ETCS가 허용하는 구간별 최대속도 내에서 TMS에서 제공한 자료에 의거 속도 프로파일을 작성하여 에너지 절감을 고려한 열차 자동운전개념으로 [그림5.1.4]에서 보이는 바와 같다.



[그림5.1.4] 지상 ETCS, ATO 발리스 및 TMS 환경에서 자동운전

3. 영국의 철도신호분야 Master Plan

유럽연합의 "Shift2Rail" 전략에 따라 영국도 철도발전계획을 2012년에 철도기술전략협의체(TSLG; Technical Strategy Leadership Group)가 주관하여 30년 비전을 목표로 철도기술전략을 수립하였는데, 여기에는 철도신호 및 지휘통신체계, 에너지, 철도인프라 등에 대한 사항이 포함되어 있다.



[그림5.1.5] 영국의 철도신호시스템 Master Plan [RTS TSLG, 2012]

영국의 철도신호체계 장기전략을 살펴보면, TSLG는 철도신호체계를 철도제어 지휘 및 통신시스템(CCC; Control, Command and Communication Systems)으로 표현하였고, 철도제어 지휘 및 통신시스템(CCC)이 향후 30년간 철도전략의 핵심요소라고 평가하였으며, 이를 위한 전략으로 열차 운전자 조언시스템(DAS; Driver Advisory System) 개발 장착과 ATO 및 지능형 철도교통관리시스템(TMS)과의 연결, 집중형 관제시스템 개발, 네트워크 중심 차상 신호시스템(지상신호시스템 미적용) 개발 지능형 자동철도교통관리시스템(TMS) 개발, ATO를 적용한 자동운전, ERTMS L3 적용계획 등이 포함되어 있으며, [그림5.1.5]에 보이는 바와 같다.

4. 우리나라 철도신호시스템 운영현황

우리나라에서 사용하고 있는 철도신호방식은 폐색방식, 차상신호방식 및 무선기반 신호방식으로 구분하는데, 폐색방식은 통표폐색, 연동폐색, 자동폐색이 있고, 차상신호방식에는 고속철

도에 사용중인 TVM430 및 TVM SEI와 같은 ATP, 일반철도에 사용되는 ETCS L1와 같은 ATP, 지하철에 사용하는 ATP/ATO가 있다. 무선기반신호방식은 크게 CBTC와 ETCS L2와 같은 ATP, 자동운전을 개념으로 하는 ETCS L3와 같은 ATP로 구분되는데, CBTC와 ETCS L2의 가장 큰 차이는 CBTC는 RFID를 사용하고 이동폐색 및 UTO 개념이 적용되나, ETCS L2는 발리스를 활용한 궤도회로를 사용하고 고정폐색개념을 적용하고 수동운전을 한다는 점이다. 또한 신호방식은 통신형태에 따라 분류하지 않으며, 신호방식에 대한 주요 신호설비 및 설치구간은 [표5.1.1]에 보이는 바와 같다. 최근에 개발완료단계에 있는 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템(KRTCS)은 LTE-R 기반 철도신호시스템으로 CBTC와 유사한 기술이라 볼 수 있다.

[표5.1.1] 우리나라 철도신호시스템 운영현황

신호방식	TYPE	주요신호설비	설치구간
폐색 방식	통표폐색식	통표폐색기,신호기	
	연동폐색식	폐색장치,연동장치,신호기	
	자동폐색식	자동폐색장치,궤도회로,연동장치,신호기, ATS ,CTC	
차상신호방식	ATP(KTX)	지상,차상ATC(TVM430), 연동장치 ,궤도회로, CTC, 안전장치	고속철도 (ATC)
	ATP (ETCS Level 1)	Balise, LEU, 궤도회로, 차상ATP, 연동장치, CTC, ABS , 신호기	경부선, 전라선등
	ATP/ATO	궤도회로, 연동장치, 차상ATP/ATO, CTC , 신호기	지하철
무선기반 신호방식	CBTC	RFID, 차상ATP, 연동장치, CTC, 무선장치(RBC), 지상ATP, TACHO, 이동폐색, UTO	자동운전
		Wi-Fi	신분당선, 김해경전철등
		LTE-R	KRTCS
	ATP (ETCS Level 2)	Balise, 궤도회로, 차상ATP, 연동장치, CTC, 무선장치(RBC), 지상 ATP , TACHO, 고정폐색	수동운전
		GSM-R	
		LTE-R	
	ATP (ETCS Level 3)	Balise, 차상ATP, 연동장치, CTC, 무선장치(RBC), 지상 ATP , TACHO, 이동폐색, TIS	
		GSM-R	
		LTE-R	

제 2 절 미래 철도신호기술 전망

미래철도에 있어서 철도신호체계는 철도의 능력향상, 에너지절감 및 탄소저감, 철도 운영비 감소 및 탑승객에 대한 양질의 의사전달을 위한 핵심 역할을 수행할 뿐 아니라 궤도 및 차량의 소모 감소와 열차운전자에게 노선에 대한 스마트한 정보 지원 등의 역할 을 할 수 있어야 한다. 이러한 추세를 반영하여 철도전용 통합무선망을 확보하고, 발전된 IT기술을 활용하여 무선통신을 기반으로 하는 무인자동운전(UTO) 개념을 도입코자 노력 중이며 세부내용은 다음과 같다.

1. 도시철도용 철도신호체계

현재는 세계적으로 지하철 및 경전철 등 도시철도는 CBTC를 활용한 무인자동운전(UTO)을 적용 중이며, 이와 관련된 주요설비인 RFID, 차상ATP, 연동장치, CTC, 무선장치(RBC), 지상ATP, Tacho 등 이동폐색과 무인자동운전(UTO)에 대한 기술이 지속적으로 발전할 것으로 판단된다. 도시철도를 위한 해외의 주요 기술개발대상은 무인운전에 따른 스마트관제 기술과 영상 등을 송수신 가능한 LTE-R 도입기술 등이다.

우리나라도 신분당선과 경전철에 대하여 CBTC를 해외에서 도입하여 사용하고 있다. 우리나라의 철도신호체계에 대한 기술은 여러가지 국가 연구개발사업의 결과로 철도신호 서브시스템에 대한 기술은 보유하고 있으나, 철도신호체계 통합능력 미구비로 국내시장 수요의 대부분을 해외에서 도입하여 사용하고 있으며, 이에 따라 국내 철도신호산업도 열악한 실정이다. 2014년 7월 완료목표로 진행중인 「도시철도용 무선통신기반 열차제어장치(일명 KRTCS) 개발사업」의 결과에 따라 철도신호체계에 대한 국내 기술력은 더욱 향상 될 것으로 보인다.

2. 일반철도 및 고속철도용 철도신호체계

세계적으로 철도신호기술은 당분간은 도시철도는 CBTC, 일반철도와 고속철도는 ETCS L1 & L2로 유지될 것으로 판단된다. 그리고 철도신호를 위한 무선통신도 GSM-R를 활용할 것으로 판단된다. 그러나 일반철도와 고속철도의 경우 증가되는 철도운송수요와 고객의 요구도 증가에 따라 효율적인 철도운영을 위하여 무선통신 기반 철도신호체계를 적용하고, 자동운전(ATO)개념을 적용하여 궁극적으로 무인자동운전(UTO)이 실현되도록 추진할 것으로 보이며, 유럽의 ERTMS/ETCS를 기준으로 한 기술전망은 다음과 같다.

- 단기적으로 유럽은 유럽연합 소속 전 국가가 일반철도 및 고속철도 전 노선에 대하여 ETCS L2를 적용하기 위하여 추진중이고, ETCS L2는 발리스와 궤도회로를 활용하고 이동권한(Moving Authority)을 무선통신장치인 GSM-R로 제공하는 고정폐색방식을 적용한 수동운전 개념이다. 따라서 ETCS L2의 주요신호설비인 Balise, 궤도회로, 차상ATP(EVC), 연동장치, CTC, 무선장치, 지상ATP(RBC), Tacho에 대한 기술이 지속적으로 발전할 전망이다. 또한 고객만족과 에너지절감, 안전 등 여러 가지 이점을 고려하여 DAS(Driver Advisory System)을 개발 장착예

정이다.

- 중기적으로 유럽연합은 ETCS를 장착한 일반철도와 고속철도에 대하여 ATO를 적용한 자동운전기술을 개발 추진중인데, 이를 위한 TMS 등 관련 신호설비에 대한 기술도 개발이 예상된다.

- 장기적으로 유럽연합에서 일부 시험구간에 적용 중인 ERTMS/ETCS L3는 신호기와 궤도회로를 사용하지 않는 이동폐색방식으로 GSM-R를 활용한 무선통신 기반 철도신호시스템인데, Balise, 차상ATP, 연동장치, CTC, 무선장치, 지상ATP, Tacho 등 주요신호설비에 대한 발전이 예상되며, 특히 열차의 무결성을 검지할 수 있는 TIS(Train Integrity System)의 개발이 판단된다.

우리나라의 철도신호기술에 대한 전망을 살펴보면, 「도시철도용 무선통신기반 열차제어장치(일명 KRTCS) 개발사업」의 결과에 따라 일부 체계통합기술이 갖추어 질 것임에도 불구하고 안전성 평가에 대한 점과 ETCS 시스템을 사용중인 일반철도와 고속철도에 대한 적용 가능성은 회의적이다. 따라서 각 서브시스템에 대한 개발도 중요하지만, 일반철도와 고속철도를 위한 철도신호체계에 대한 시스템적인 개발을 위하여 SIL 인증 등 안전성 평가를 위한 정부의 구체적인 지원이 요구된다.

3. 통합(도시철도, 일반 및 고속철도) 철도신호체계

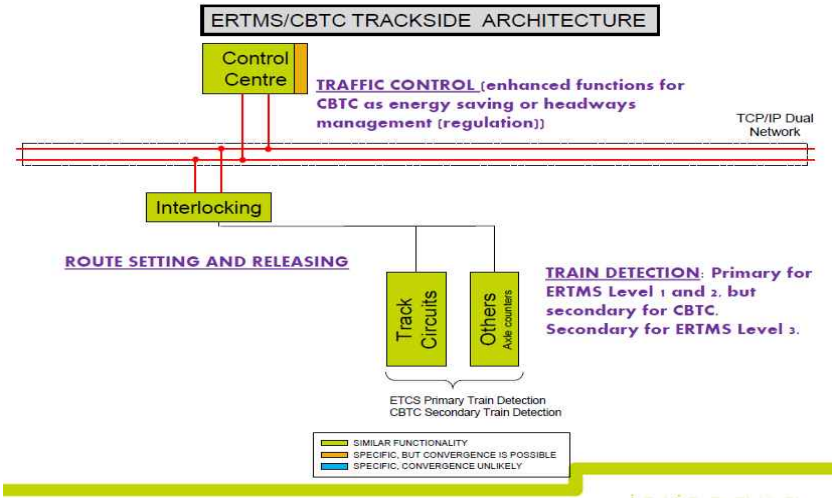
세계적으로 일반철도와 고속철도의 인프라의 복잡성으로 인하여 도시철도에서 사용되는 CBTC를 일반철도 및 고속철도에 사용하거나, 통합(도시철도, 일반 및 고속철도)철도신호체계를 개발하는 계획은 현재로는 찾을 수 없다. 그러나 최근에 통합철도신호체계에 대한 필요성과 개발 가능성에 대하여 일부 분야에서 제기되고 있으며 그 출발을 CBTC와 ETCS L3의 같은 점과 다른 점을 식별하는 것에서 출발하고 있다.

Invensys사의 생산관리자인 Beatriz Munoz Martinez(2013)은 ERTMS/ETCS와 CBTC 기술통합에 대해 제안하였는데, ERTMS/ETCS와 CBTC 기술통합의 필요성을 두 개의 기술이 공통으로 적용되어야 하는 광역노선에서 찾았다. 그리고 CBTC와 ERTMS/ETCS의 차이점에 대하여 묘사하였다. 주요 차이점은 기능적인 측면에서는 ATO/ATS기능, 이동폐색원리, 이동권한(MA)에 대한 사항으로, CBTC는 ATO/ATS를 장착하고 있으나 ERTMS/ETCS에는 ATO/ATS가 없고, CBTC는 이동폐색을 적용하고 있으나 ERTMS/ETCS는 고정폐색방식이고, ERTMS/ETCS L3에만 적용가능하나 TIS(Train Integrity System)를 개발하여 장착하여야 하는 문제가 있다. 이동권한(MA)과 관련하여 ERTMS/ETCS 상호운용성의 핵심사항은 선로 등 지상상황자료를 포함한 내용이다. 그러나 현존하는 CBTC는 적용될 수 없다. 그리고 운영적인 측면에서는 ERTMS/ETCS는 국가간에 운영한다는 점이다.

Martinez(2013)은 CBTC와 ERTMS/ETCS에 대한 차이점을 아키텍처로 다음과 같이 설명하였다.

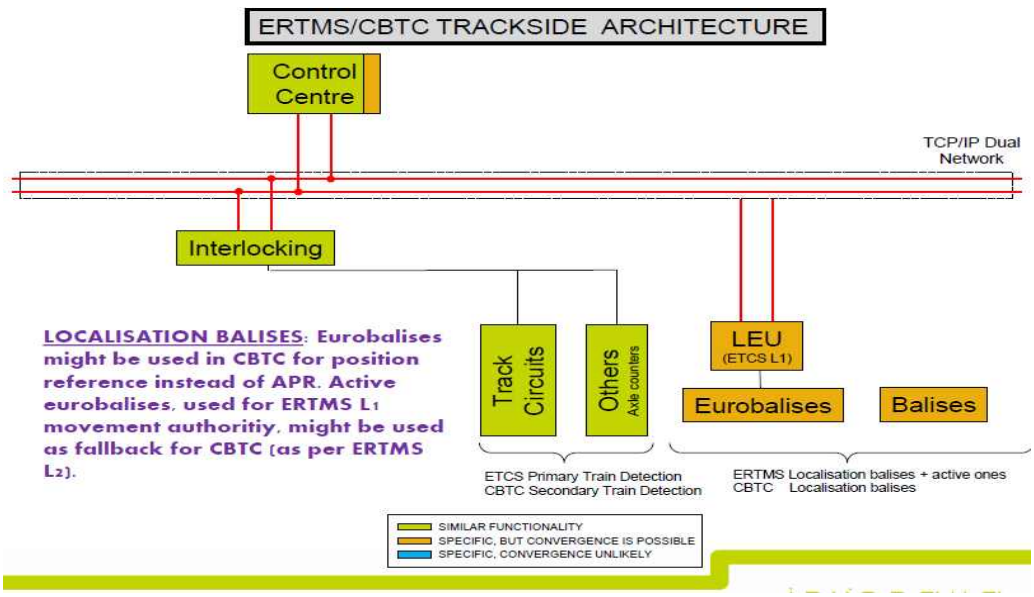
가. 지상신호장치

- [그림5.2.1] : CBTC는 지상관제에서 에너지절감 및 차간간격 조정 등 지침을 제공하나, ERTMS/ETCS는 개선이 필요하고 열차탐지를 위해서 ERTMS/ETCS L1과 L2는 궤도회로가 기본이나 ERTMS/ETCS L3와 CBTC는 부수적이다. 기술적으로 통합가능하다.



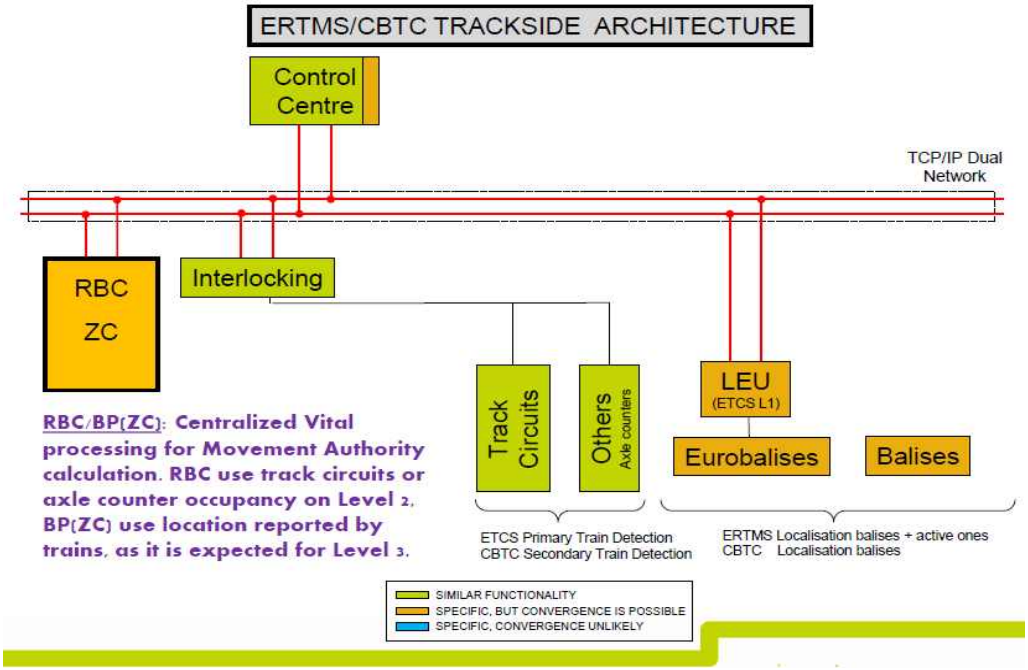
[그림5.2.1] 지상관제와 열차탐지 아키텍처

- [그림5.2.2] : 유로발리스를 CBTC에 사용 시 APR(Absolute Position Reference) 대신에 위치참조물로 사용할 수 있고, 이동권한(MA)을 제공하는 ERTMS/ETCS L1용 유로발리스는 CBTC를 위한 예비 시스템으로 활용할 수 있다.



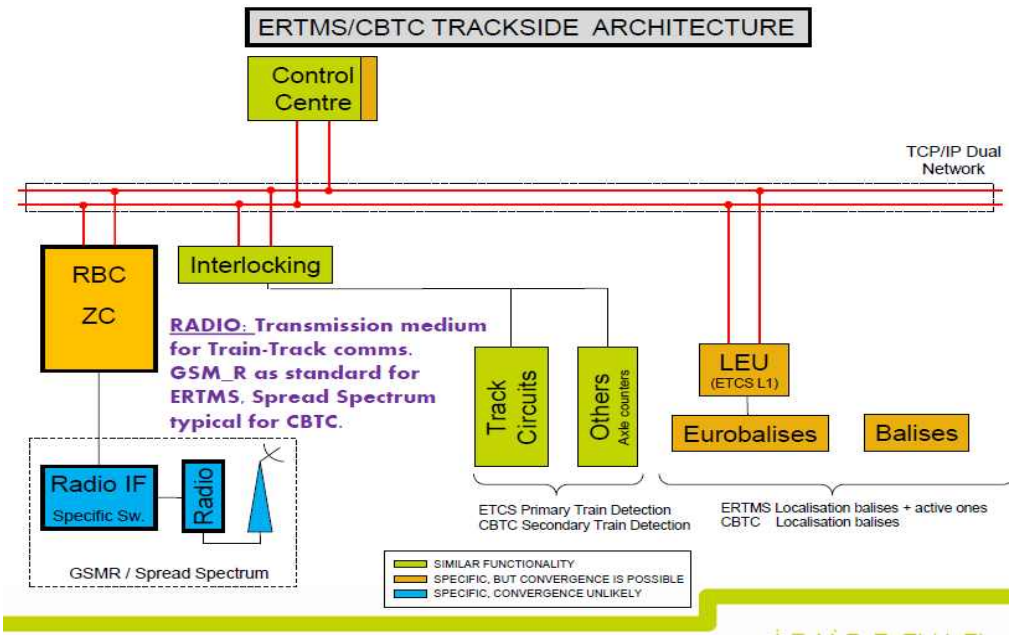
[그림5.2.2] 유로발리스 관련 아키텍처

- [그림5.2.3] : 무선폐색센터(RBC)는 이동권한(MA)을 지닌 중앙핵심처리소로 ERTMS/ETCS L2에서는 궤도회로의 자료를 받아 사용하며, ERTMS/ETCS L3에서는 차상장치에서 제공하는 위치를 사용한다. CBTC와 기능적으로 유사하다.



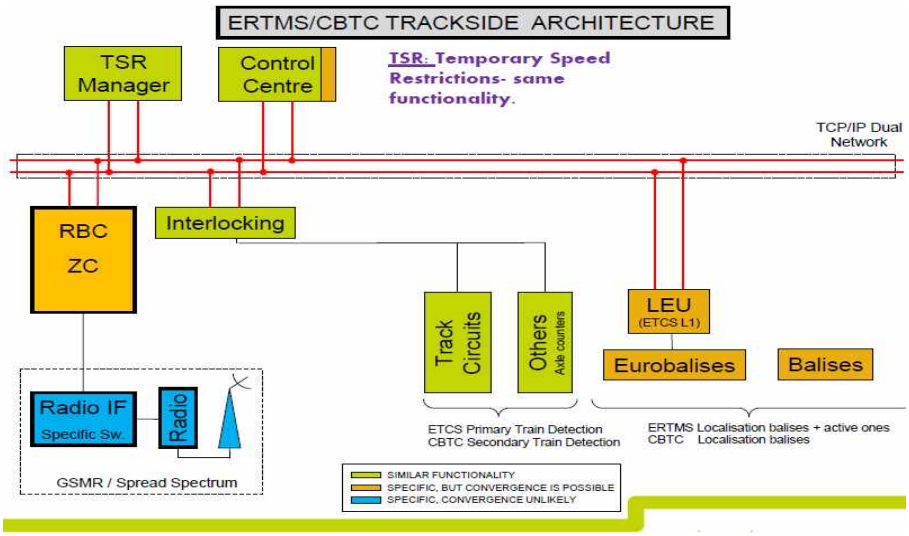
[그림5.2.3] 무선폐색센터 관련 아키텍처

- [그림5.2.4] : 무선통신방식은 ERTMS와 CBTC가 다른 방식을 사용하고 있으며 상호호환성을 갖기 위하여 별도의 개발이 필요하다.



[그림5.2.4] 무선통신관련 아키텍처

- [그림5.2.5] : 잠정속도제한(TSR; Temporary Speed Restriction)은 상호 동일하며 개선 없이 사용가능하다.

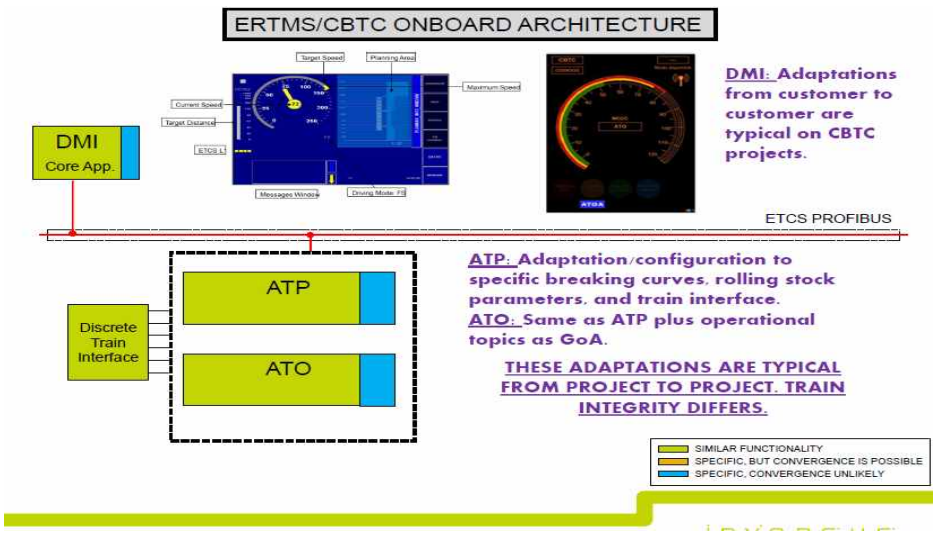


[그림5.2.5] 지상신호장치 아키텍처

결론적으로 지상신호장치에 대한 ERTMS/ETCS와 CBTC는 위 [그림5.2.5]에 제시된 것처럼 무선통신과 관련된 장치를 제외하고는 일부 개선을 통하여 상호 사용이 가능한 것으로 설명하였다.

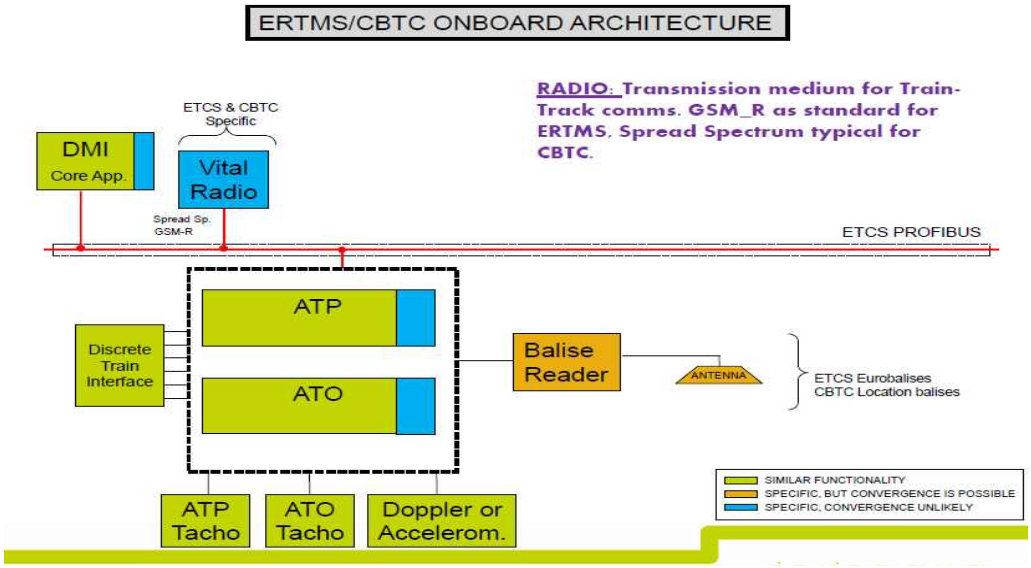
나. 차상신호장치

- [그림5.2.6] : 차상 ERTMS/ETCS와 CBTC에 적용되는 DMI, ATP/ATO는 기능은 일부 유사하나 상호 차이가 있으며, 통합사용을 위해서는 별도의 개발이 요구된다.



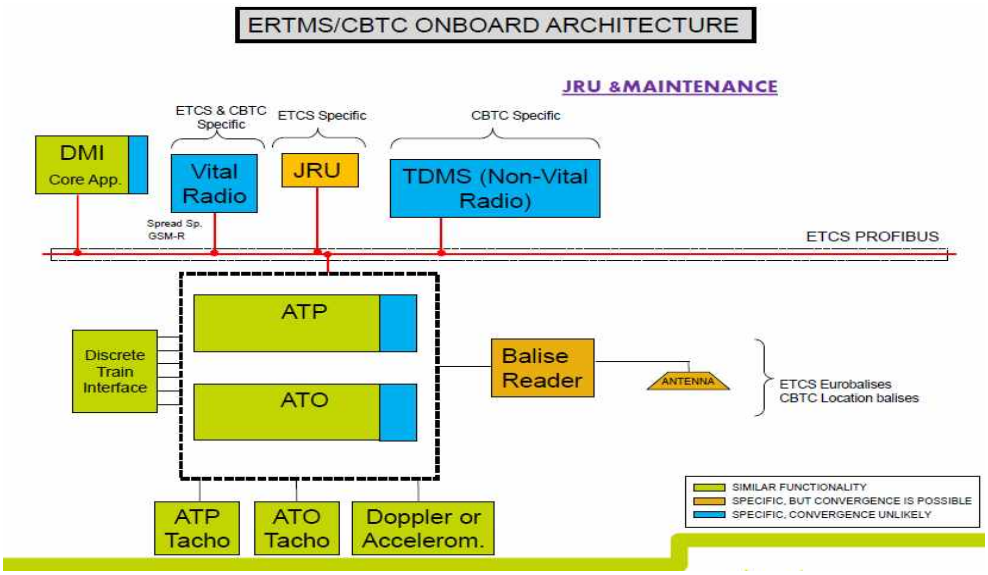
[그림5.2.6] 차상 ATP/ATO 및 DMI관련 아키텍처

- [그림5.2.7] : 차상에 열차 속도 측정을 위한 장치는 유사한 기능을 갖고 있어 상호 적용이 가능하고, 무선통신을 위한 차상장치는 상호 상이하여 통신방식에 따른 장치로 개발할 필요가 있다.



[그림5.2.7] 차상 무선통신 및 속도 측정장치관련 아키텍처

- [그림5.2.8] : 차상 철도신호장치에 대한 ERTMS/ETCS와 CBTC와의 차이점을 종합한 그림으로 앞에서 언급한 것처럼 파란색으로 표시된 DMI, ATP/ATO, 무선통신장치가 차이가 있어 통합 철도신호체계 구축 시 고려하여야 할 사항으로 평가되고, 나머지 사항은 기능적으로 유사성을 갖고 있어 적용에 문제가 없는 것으로 설명하였다.



[그림5.2.8] 차상철도신호시스템 아키텍처

제 3 절 철도신호분야 Master Plan

1. 비전

창조경제를 위한 새로운 철도 R&D 비전과 강소기업 육성전략은 “국민행복을 위한 빠르고(SMART), 안전하고(SAFE) 경제적인(ECONOMICAL) 철도개발”이라는 모토하에 2020년까지 3대 분야별 추진방향을 제시하였다. 철도신호시스템에 대한 우리나라 정부의 정책은 철도기술발전 비전과 목표에서 제시하였듯이 세계 1등 철도신호기술을 개발하는 것이며, 중점추진분야 「빠르고 지능적인 철도(SMART)」에 ‘지능적인 철도시스템’구축에 포함되었으며, 이는 LTE기반 무선 열차제어·통신 기술을 개발하여 2017년까지 상용화하고 연간 20조원 규모의 신호·제어 시장을 공략한다고 하였다. 그리고 철도신호시스템은 2018년까지 철도전용주파수 확보에 따라 무선자동제어방식을 적용하고 2030년까지 철도에 대한 무인운영시스템을 적용한다고 제시하였다. 그리고 현재는 철도신호시스템의 국산화를 위하여 일차적으로 2010년말부터 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 개발 사업을 추진해 오고 있다.

철도신호체계는 운전에 종사하는 사람에 대하여 열차의 진행·정지, 속도와 진로 등의 운전조건을 지시하는 장치로서 철도운행과 안전에 매우 중요하다. 철도신호시스템은 열차운행을 감시·통제하는 열차관제장비, 지상에서 열차의 운행에 필요한 제어정보를 생성하는 지상설비, 지상에서 전송된 정보를 통하여 차량의 운행조건과 열차속도를 제어하는 차상설비 및 지상에서 차상으로 정보를 전송하는 유무선 열차제어통신망으로 구성되며, 철도 시스템을 구성하는 인프라설비, 서비스설비, 안전설비 및 차상설비와 복합적인 인터페이스를 갖는다.

철도신호기술에 대한 세계적인 추세와 우리나라 정부의 중장기적 비전과 목표 및 철도신호체계의 특성을 고려하여 다음과 같은 철도신호분야의 2040 비전을 제시한다.

2040 비 전
높은 철도 안전성, 정시성과 경제성을 확보하여 국민의 행복을 추구하는 세계 1등 철도신호기술 개발 및 해외시장 진출

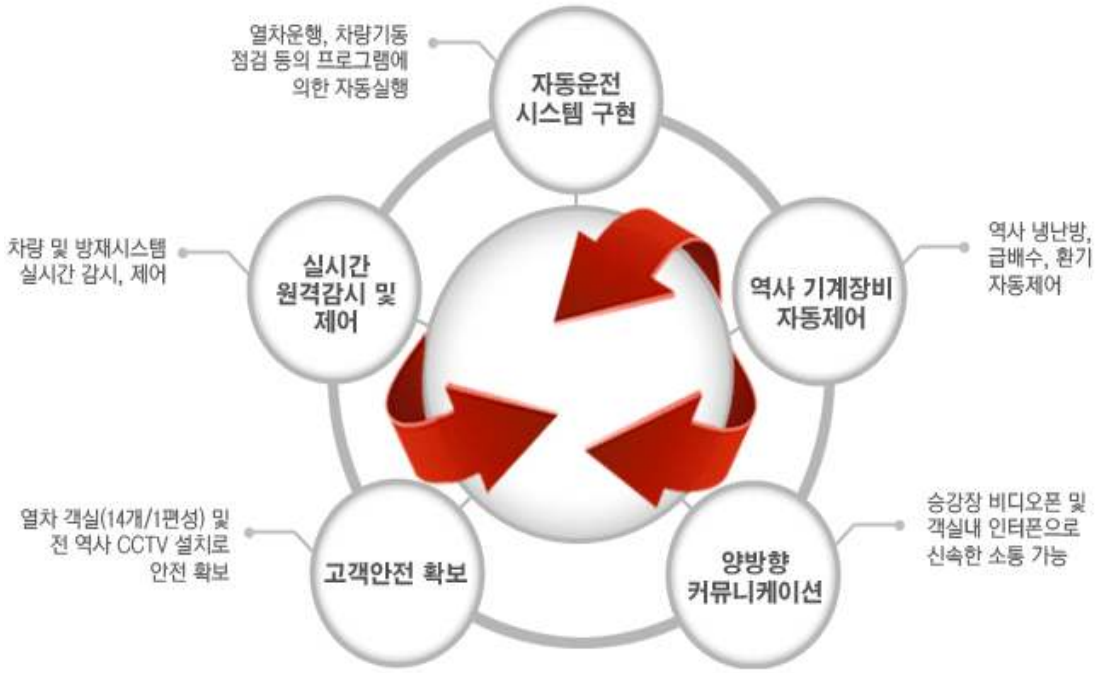
2. 목표

철도신호체계는 크게 관제, 지상신호장치, 차상신호장치, 안전 및 유지보수분야로 구분할 수 있는데 2040년까지 달성하고자 하는 분야별 목표를 다음과 같이 제시한다.

구분	2040 목표
관제	• 실시간 열차추적 및 관제 자동화
차상 신호장치	• 무인자동운전(UTO) • 에너지 절약형 철도신호체계 개발
지상신호장치	• 100% 국산화 신호시스템 확보 및 해외시장 진출 • 열차 운영지연 Zero
SIL인증	• 인적 안전사고 Zero • 선진국 수준의 SIL 인증체계 확보
안전 및 유지보수	• 철도신호체계 신뢰도(Reliability) 향상 • 운영 및 보수의 효율화

가. 실시간 열차추적 및 관제 자동화

- **(정의)** ITS를 활용하여 열차 운전관제, 신호관제, 통신관제, 전력관제, 기계설비관제 등을 실시간으로 자동 중앙통제 관제하는 것을 말하며 [그림5.3.1]은 무인자동운전을 실시중인 신분당선의 종합관제시스템의 개념을 나타낸다.



[그림5.3.1] 신분당선 종합관제시스템 개념(예)

- **(필요성 및 실현가능성)**
  - 운영비용 절감 및 효율적 열차운행 관리를 하고 인적 장애요소를 극복하기 위하여 자동화된 관제시스템 구축이 요구됨.
  - 실시간 지능형 교통관리시스템(TMS; Traffic Management System)의 활용으로 고능력

(High-Capacity) , 에너지 효율성, 정시성을 기할 수 있다.
- LTE 등 무선통신망 발달과 고성능 컴퓨터 기술로 SMART관제기술 가능

나. 무인자동운전(UTO)

- **(정의)** 철도신호체계가 지향하는 안전성, 정시성 및 경제성 구현을 위하여 도시철도 및 일반철/고속철을 자동화 등급(GOA) 4인 무인자동운전(Unmanned Train Operation) 기술을 적용하는 것임.
- **(필요성 및 실현가능성)**
  - 도시철도를 위한 CBTC가 개발되어 실용화되었으며 신분당선과 경전철은 해외에서 도입한 무인자동운전(UTO) 시스템을 적용하고 있고, 우리나라도 CBTC 개념의 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템을 개발완료단계에 있다. 다양한 열차와 복잡한 인프라로 인해 일반철도와 고속철도는 자동화 등급(GOA) 1인 수동운전을 하고 있으나, 안전성, 정시성 및 경제성을 위하여 단계별 자동운전으로 전환이 필요하다.
  - 도시철도에 대해서는 CBTC개념을 적용한 자동무인운전(UTO)이 가능하나, 일반철과 고속철은 일차적으로 무선통신기반 열차제어방식인 ERTMS/ETCS Level 2를 적용 후 단계적으로 무인자동운전 개념으로 발전되는 것이 필요하다.
  - 무선통신기반 차상신호장치를 적용 시 지상신호장치의 필요성을 감소시킬 수 있어 유지보수비용 등을 절약할 수 있다.

다. 에너지 절약형 철도신호체계 개발

- **(정의)** 관제, 지상 및 차상신호장치 개발 시 에너지 절감형 시스템 개발
- **(필요성 및 실현가능성)**
  - 기후변화의 대안으로 탄소저감정책을 시행하고 있으며 이와 관련된 에너지 절감은 중요한 과제로 제기되고 있고 철도신호체계 개발 시 에너지 절약형 개념을 반영하는 것이 필요하다.
  - 현재 우리나라 도시철도의 경우 ATP에서 제시하는 최고한계속도 범위 내에서 자동운전(ATO) 개념을 적용하여 가장 에너지효율적인 속도로 주행하면 에너지 뿐만 아니라 궤도 감손을 최소화할 수 있다.
  - 일반철도와 고속철도의 경우 ETCS Level 2 이상 철도신호체계의 적용 시 가능하며, 이를 위하여 지상에 TMS(Traffic Management System) 등이 설치되어야 하고 차상 ATO에 실시간 정보를 제공할 수 있어야 한다.

라. 100% 국산화 철도신호시스템 확보 및 해외시장 진출

- **(정의)** 대부분 수입에 의존하고 있는 철도신호체계를 국산화 하고 장기적으로 해외시장에 진출하는 것임.
- **(필요성 및 실현가능성)**
  - 철도신호시장 규모는 철도제품 공급시장의 8%에 해당하는 22조원 정도로 향후에도 연평균 성장률이 3.2% 정도로 예상하며 국내철도산업 구조 개선 및 국익 도모를 위

하여 국산화가 요구됨.

- 국내에 충분한 철도신호기술과 인력을 보유하고 있고, 개발품에 대한 SIL 인증을 위한 정부의 지원 시 100% 국산화가 가능함.
- 철도차량 부문은 현대 로템에서 개발하여 국내 수요는 물론 해외시장에 진출하고 있으며, 국산 철도신호체계 개발 시 해외진출에 많은 도움이 될 것으로 판단됨.
- LTE 등 무선통신산업과 융복합을 통하여 세계 최고기술 선점 가능

마. 열차 운영지연 Zero

- **(정의)** 열차 운영을 정시에 출발하여 정시에 도착함으로써 열차 운영의 효율화와 최상의 고객 만족이 가능함.
- **(필요성 및 실현가능성)**
  - 철도 정시운행이 가능한 철도신호시스템 구축
  - 열차의 위치 및 운행정보를 정확히 판단하고 운영하는 관리기술

바. 인적 안전사고 Zero

- **(정의)** 철도신호와 관련된 인적 안전사고를 Zero화.
- **(필요성 및 실현가능성)**
  - 국가교통안전기본계획(2012～2016)에 철도안전계획목표 달성을 위하여 철도신호분야로 인한 인적 안전사고를 최소화할 수 있는 기술개발 필요

[표5.3.1]철도안전계획목표

계획지표	2010년	2016년	2021년
1억㎞당 사망자수(자살제외)	42	37	34
1억㎞당 열차사고 발생건수	10.9	9.7	8.4
여객 10억인 ㎞당 사망자수	0.22	0.18	0.16
대형철도사고 미발생(5년 누계)	Zero	Zero	Zero

  - 철도신호체계에 자동운전개념을 도입하고 관제 자동화를 실시하여 인적 실수를 제거함으로써 사고예방 가능함.

사. 선진국 수준의 SIL 인증체계 확보

- **(정의)** 철도신호체계 및 부품의 국내개발에 따라 SIL(Safety Integrity Level) 인증을 국내업체가 시행하도록 함.
- **(필요성 및 실현가능성)**
  - 철도신호체계 및 구성품은 결함 시 치명적 인적 사고를 유발하는 것으로 CENELEC

규격인 EN50126, EN50128, EN50129을 기준으로 SIL 인증을 반드시 받아야 한다.
- 국내 철도신호산업의 영세성으로 인하여 복잡한 인증절차와 인증비용을 개발단계에서 업체 자체적으로 부담하는 것이 국산품 개발에 상당한 애로가 되고 있다.
- 정부주관 중소기업 SIL 인증을 위한 지원체계를 구축하여야 국내 연구개발 및 해외시장 진출이 가능한 것으로 판단됨.

아. 철도신호체계 신뢰도(Reliability) 향상

- **(정의)** 신뢰도는 지정된 시간동안에 장비가 고장 없이 가동할 확률이다.
- **(필요성 및 실현가능성)**
  - RAM기법에 따라 연구개발 개념단계부터 신뢰도예측기법을 활용하여 신뢰도 목표를 지정하여 설계에 반영하고, 운영 및 유지보수기간에 데이터베이스로 자료 축적 및 신뢰도 분석 및 결과 반영
  - 신뢰도 예측을 위한 전산툴 확보 및 활용

자. 운영 및 유지보수의 효율화

- **(정의)** 철도신호체계의 운영 및 유지보수의 효율화를 위한 제반 운영관리자료 및 결함자료를 자동으로 축적하고 관리하는 시스템 개발 필요
- **(필요성 및 실현가능성)**
  - 광대역의 정보통신망 구축으로 각종 자료 수집을 쉽게 할 수 있으며, 철도 유비쿼터스 시스템 구축의 일환으로 철도신호체계에 대한 각종 운영자료 수집 및 점검 자료 수집체계 구축 가능
  - 철도신호체계 자동 결함진단 시스템 개발 필요
  - 각종 철도신호체계 부품에 대한 국산화로 예비부품에 대한 자급자족 및 해외시장 진출

3. 중점 추진전략

구분	2040 목표	2040 중점추진전략
관제	• 실시간 열차추적 및 관제 자동화	• ICT기술을 활용한 통합자동관제
차상	• 열차 운영지연 Zero • 무인자동운전(UTO) • 에너지 절약형 철도신호체계 개발 • 100% 국산화 신호시스템 확보 및 해외시장 진출	• 도시철도 및 경전철 CBTC 실용화 • 일반철 및 고속철 자동운전(ETCS L2 +ATO) 적용 기술개발 • 국산 철도신호체계(관제, 지상, 차상 통합) 개발 • UTO수준 통합(도시철, 일반철 및 고속철) 철도신호체계 개발 • 일반철/고속철용 역종합제어장치 개발 • 해외시장 진출 거점 확보
지상		
SIL 인증	• 인적 안전사고 Zero • 선진국 수준의 SIL 인증체계 확보	• 중소기업 SIL 인증 지원체계 구축
안전 및 유지보수	• 철도신호체계 신뢰도(Reliability) 향상 • 운영 및 보수의 효율화	• 신호체계 자동결함진단 시스템 개발 적용

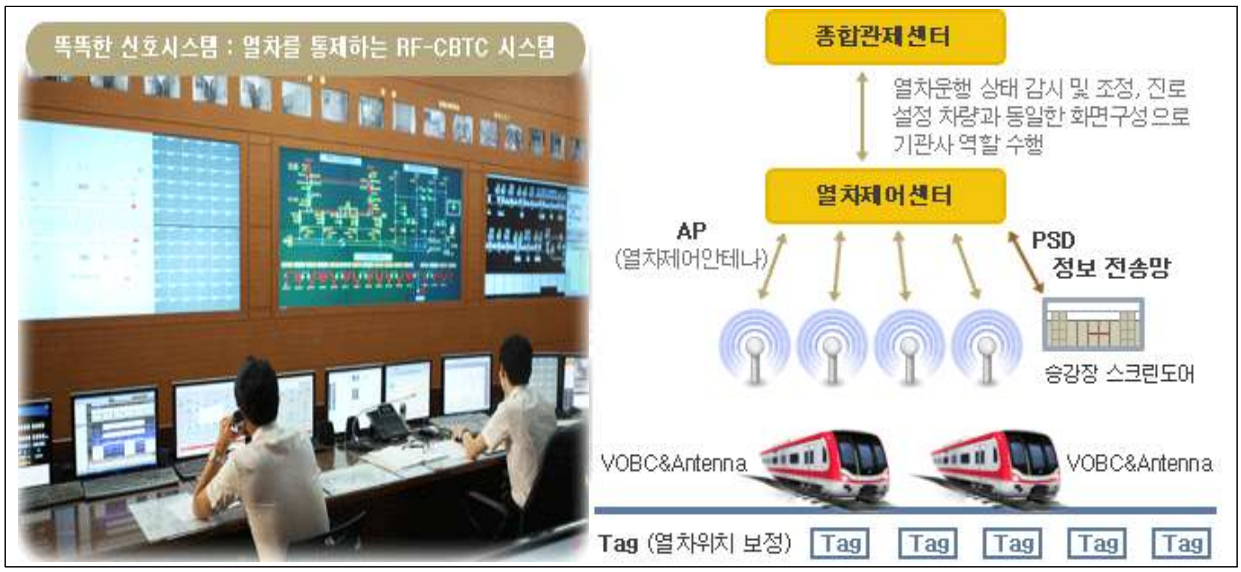
가. ICT기술을 활용한 통합자동관제

• **(정의)** 고속무선통신기반(LTE 등) 센서 네트워크 기술을 활용한 실시간 열차진단, 운영 및 제어가 가능한 인공지능형 도시철도 자동 관제 시스템 개발내용임.



[그림5.3.2] 스마트 통합관제 구축 개념

• **(세부전략)**
- 고속무선통신기반(LTE 등) 센서 네트워크 기술 소요 파악 및 반영
- 열차의 속도, 방향, 시격, 노선 등 열차를 안전하게 제어하기 위해서 열차 위치, 열차운행 성능, 노선의 상태감시 등 실시간 감시 및 정보처리 기술 개발 및 실용화
- 중앙 자동 관제소 구축



[그림5.3.3] 신분당선 종합관제상황 및 정보 흐름도

• **(필요성)**
- 유인관제에 따른 인적 착오를 방지하여 서울 2호선 상왕십리역 열차추돌사고를 방지함.
- 열차내·외부에 대한 실시간 상태 감시로 대구 지하철 및 3호선 방화사건 등에 대한 초동 대처로 중대한 사고로 전이를 방지할 수 있음.
- 과다한 인력 투입을 방지하여 운영상 효율을 기하여야 함.

• **(기대효과)**
- 운영비용 절감효과 기대
- 다양한 정보에 대한 실시간 수집 및 확인으로 철도 안전성 증가.

• **(Master Plan 마일스톤)**

나. 일반철/고속철용 역종합제어장치 개발

• **(정의)** 통신(DTS), 연동장치, 지상ATP등을 하나로 묶은 통합제어장치 개발

• **(세부전략)**
- 역종합제어장치 설치 지역별 그룹방안 수립
- 역종합제어장치 개발 및 설치

• **(필요성)**
- 제어장치의 기능 발달로 역종합제어장치의 간소화 가능



- 안전성과 경제성 개선
- 시스템 자기진단 기능 확보

• (기대효과)
- 경제성 증가
- 안전성 증가

• (Master Plan 마일스톤)



다. 도시철도 및 경전철 CBTC 실용화

• (정의) 노후화된 도시철도에 대해 교체 시 기본적으로 CBTC를 적용한 무인운전시스템을 도입하고, 신설 도시철도나 경전철 및 신분당선과 같이 해외에서 도입하여 설치운영 중인 CBTC에 대해서는 국내에서 개발한 CBTC를 실용화하도록 하는 내용이다. 2014년 중에 개발완료예정인 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템(일명 KRTCS)에 대한 국내 신설 및 노후대체 도시철도용으로 사용토록 검토하는 것이 필요하다.



[그림5.3.4] 무인시스템의 원리

• **(세부전략)**

- 신설 및 노후 대체 도시철도 수요에 대해 CBTC를 의무적으로 적용

[표5.3.2] 신분당선 시스템과 기존 시스템 비교표

구분	신분당선 시스템	기존 시스템	비고
폐색방식	* 무선통신 기반 Track Circuit I/F Free System - 양방향 무선통신으로 열차 감지가 가능한 이동폐색 - 최소운영 시격 60~90초 (고정폐색대비 30초~60초 단축)	* 고정폐색 시스템 - 궤도회로를 통한 열차 감지(단방향 통신) - 최소 운전 시격 90초~120초	* 국내 경전철은 모두 RF-CBTC 방식을 채택 * 타 노선 대비 최신 Version의 CBTC 시스템
차내 관제	* 차내 화상에 대한 관제 가능 - 국내 최초로 관제실에서 차량 내 실시간 영상을 통한 운행제어 가능	* 국내 경전철 시스템은 차내 화상에 대한 관제 불가	* 실시간 차내 관제를 통한 안정성 제고 가능
시스템 안전	* 통신 장애 시에도 제어 시스템 가동 - 차축검지기 분기부 설치로, 통신설비 장애 시에도 열차 감지를 통한 제어(운행) 가능 * 열차위치 검지 조밀도 높음 - 25m 간격으로 열차위치 검지 시스템 설치 * 고 사양의 관리서버 확보 - OCC/ATS FT급 적용 (무정지서버)을 통한 안정성 확보	* 국내 경전철은 당사 대비 열위의 시스템 적용 - 통신설비 장애 시, 대응 기능 미흡 열차위치 검지 가능 간격 50~150M ATS DL 이하 급의 서버 사용	* 기존 시스템 대비 최신 기술을 활용 * 비슷한 시기 도입된 국내 경전철 대비 우수하고 안정성 높은 시스템 확보

• **(필요성)**

- 우리나라 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템(일명 KRTCS)사업은 2010년 12월부터 2014년 7월까지 3년 8개월 동안 총 448.5억원을 투자하여 개발하는 사업으로 2014년 4월에 개발결과에 대한 표준사양서 발표회를 가졌고, 현재는 LTE-R 적용성 시험이

진행 중이며 2014년 7월에 완료예정이다. 연구성과물에 대한 국내 실용화가 연구개발 사업의 성공을 의미하며 해외시장 진출도 보장 가능하므로 KRTCS를 새로 신설되는 도시철도에 적용하고, 향후 지하철 노후화에 따른 대체노선에도 적극적인 적용이 요구된다. 특히 [표5.3.3]에 보이는 것처럼 KRTCS 개발과정에 개발된 기술을 고도화하여 세계적인 기술로 승화하는 것이 요구된다.

[표5.3.3] 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 기술개발현황

항목		KRTCS			통신망		기타			비고
		A사	B사	C사	D사	E사	F사	G사	H사	
지상장치	연동장치	-	-	-	-	-	O	O	-	- KRTCS에 응용 개조
	ATS	-	-	-	-	-	-	-	O	- KRTCS에 응용 개조
	ATP/ATO	O	O	O	-	-	-		-	- 기 제작 실적 보유
	LTE-R	-	-	-	O	-	-		-	- LTE 세계 선도, - 2.6GHz , 700MHz 개발 완료
	Wi-Fi	O	O	O	-	O	-		-	
차상장치	ATP/ATO	O	O	O	-	-	-		-	
	LTE-R	-	-	-	-	O	-		-	- 2.6GHz, 700MHz 개발 완료
기타	랙, cabinet	O	O	O	O	O	O	O	O	
	시공, 설계	O	O	O	O	O	O	O	O	
	운영, 유지보수	O	O	O	O	O	O	O	O	
	Software	O	O	O	O	O	O	O	O	
통신	2.4GHz ISM	O	O	O	O	O	O	O	O	
	2.6GHz LTE	-	-	-	O	O	-	-	-	

• (기대효과)

- 국내 철도신호체계 국산화 기술능력 확인 및 해외시장 진출 용이

• (Master Plan 마일스톤)



라. 일반철 및 고속철 자동운전 (ETCS L2 +ATO) 적용 기술개발

• (정의) ERTMS/ETCS Level 2급 환경에서 ATO를 적용한 에너지 절약형 자동운전 기술개발로 ETCS에서 제공하는 구간별 최대허용속도 내에서 경제적인 운행속도 프로파일을

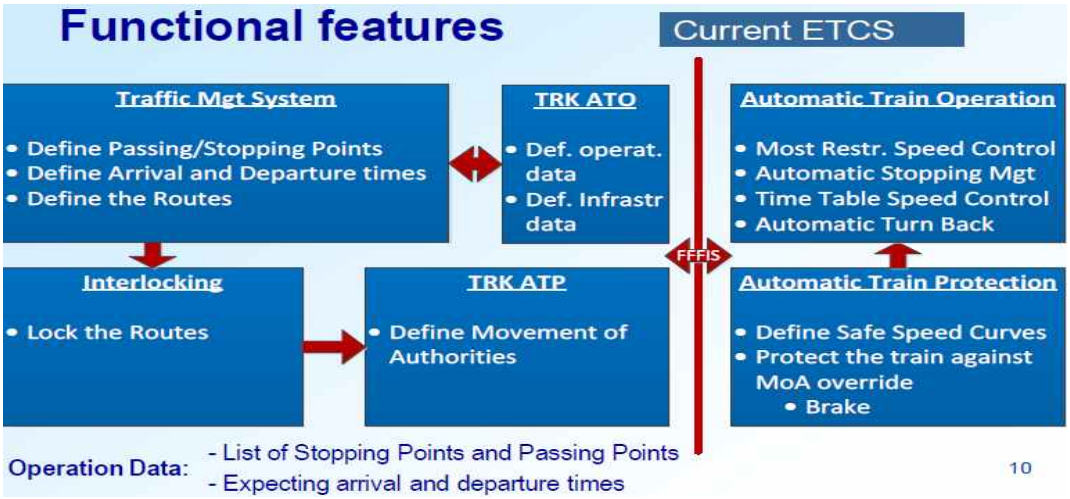
찾아 운행하는 체계

• **(세부전략)**

- 4G/LTE 무선통신기반 일반철 및 고속철용 철도신호체계 개발(진행중)
- 일반철도 및 고속철도에 대한 ERTMS/ETCS L2 급 철도신호체계 설치계획 검토
- ETCS L2 + ATO를 활용한 에너지절약형 자동운전 기술 개발:

• **(필요성)**

- 기후변화에 따른 탄소저감정책으로 세계적으로 에너지 절약형 철도신호체계 개발 추진하고 있으며, 유럽에서는 “Shift2Rail"계획에 철도신호체체계에 대하여 ERTMS/ETCS Level 2에서 ATO를 활용한 자동운전 개념을 도입토록 기술 개발하는 사항을 반영하였음.



[그림5.3.5] 일반철/고속철 자동운전을 위한 기능흐름도

- 세계적인 추세에 동참하고 열차 운전자에 대한 보조적인 지원수단 활용

• **(기대효과)**

- 에너지 절약 및 운전자 안전성 증가
- 자동운전에 따른 정시성 증가

• **(Master Plan 마일스톤)**

마. 국산 철도신호체계(관제, 지상, 차상 통합) 개발

• **(정의)** 관제, 지상 및 차상신호체계가 통합된 국산 철도신호체계 개발

• **(세부전략)**

- 해외에서 도입 운영 중인 관제, 지상 및 차상신호체계가 통합된 일반철도 및 고속철도용 국산 철도신호체계 개발
- 철도신호부품의 국산화

• **(필요성)**

- 우리나라 철도신호산업이 일반철도와 고속철도에 대한 철도신호기술과 기술인력을 많



이 보유하고 있으나, 열악한 산업구조 및 SIL인증의 어려움으로 인하여 지상·차상·관제가 통합된 철도신호체계는 물론 철도신호체계에 핵심적인 장치 개발실적이 매우 부족했다. [표5.3.4]에서 보이는 것처럼 일반철도의 경우 ETCS L1를 적용하고 있는데 주요개발품목은 지상신호장치의 발리스와 차상신호장치의 STM이며, 고속철도의 경우 ETCS L2인 TVM 430과 TVM SEI를 사용하고 있는데 이제 관련 장치를 개발 추진하고 있다. 따라서 철도신호체계 국산화 및 해외 경쟁력 강화를 위해서는 우선 SIL 인증과 관련된 정부차원의 지원이 요구되며 철도신호산업이 각 장치와 체계개발에 적극 참여토록 유인책 제공이 필요하다.

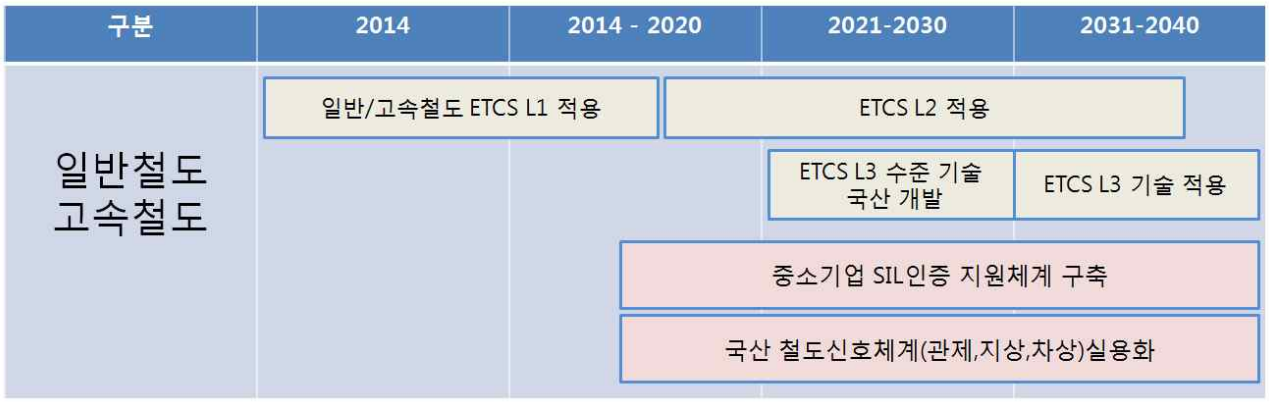
[표5.3.4] 우리나라 철도신호산업 기술 개발현황

항목		ETCS Level 1 (경부, 호남, 전라, 경춘)			ETCS Level 2 (R&D)	기타
		A사	B사	C사	삼성SDS, 로템	
지상장치	발리스	○	X	X	-	국산화 개발
	LEU	-	X	X	-	기술 이전중
	궤도회로	X	X	X	X	
	RBC	-	-	-	개발	실험실 시험
차상장치	EVC	X	X	-	개발중	
	JRU	X	X	-	X	
	BTM	X	X	-	개발중	
	RTM	-	-	-	개발중	
	STM	○	X	X	-	국산화 개발
	발리스 안테나	X	X	X	개발중	
	GSM 안테나	-	-	-	-	
	MMI	○	X	X	-	국산화 개발
기타	랙, Cabinet	○	○	○	○	
	시공, 설계	○	○	○	-	
	Software	X	X	X	개발중	
	운영, 유지보수	○	○	○	-	
통신	무선망(GSM-R)	-	-	-	X	GSM 국내적용 불가

• (기대효과)

- 국산 철도신호체계 자급자족으로 경제성 양호
- 세계 1등 철도신호체계 생산으로 해외시장 진출가능하며, 부품 국산화로 운영 유지성 양호

• (Master Plan 마일스톤)



바. UTO수준 통합(도시철, 일반철 및 고속철) 철도신호체계 개발

• **(정의)** 모든 철도(도시철도, 일반철 및 고속철)에서 공통으로 사용할 수 있는 무인자동운전(UTO) 수준의 표준 철도신호체계 개발

• **(세부전략)**

- 무인자동운전 수준 통합 철도신호체계 개발

• **(필요성)**

- 세계의 철도신호기술 흐름은 무인자동운전(UTO)으로 진행되고 있으며 도시철도와 일반철도 및 고속철도에서 동시에 사용할 수 있는 통합철도신호시스템에 대한 토론이 시작되고 있음. 앞 장의 차세대 철도신호기술에서 언급한 바와 같이, 도시철도를 위하여 개발된 CBTC와 일반철도 및 고속철도에서 사용중인 ERTMS/ETCS를 비교 시, 지상 및 차상신호시스템에 많은 차이가 존재하지 않으며 일부 구성품의 보완과 개발로 호환이 가능할 것으로 전문가들은 보고 있다.
- 세계시장을 선점하기 위해서는 국내기술의 고도화와 전방위적 연구개발이 필요함.

• **(기대효과)**

- 모든 철도에 공통 적용이 가능한 표준철도신호체계 개발로 유지 및 보수에 높은 경제성이 있음.
- 무인자동운전에 따라 높은 안전성과 정시성을 보장할 수 있음.
- 해외시장을 선점하여 국내 철도신호산업의 경제적 열악성을 개선할 수 있음.

• (Master Plan 마일스톤)

구분	2014	2014 - 2020	2021-2030	2031-2040
일반철도 고속철도	일반/고속철도 ETCS L1 적용		ETCS L2 적용	
			ETCS L3 수준 기술 국산 개발	ETCS L3 기술 적용
		중소기업 SIL인증 지원체계 구축		
				UTO수준 통합 철도신호시스템 개발

사. 해외시장 진출 거점 확보

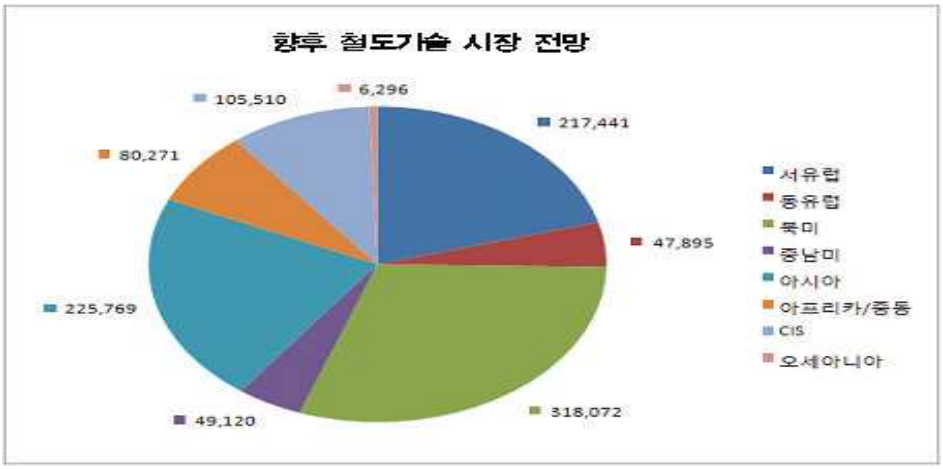
• **(정의)** 국산 철도신호체계를 해외시장에 수출하기 위한 교두보를 확보하는 전략임.

• **(세부전략)**

- 해외시장 진출전략 수립
- 해외 Pilot Station 설치(대상국가; 인도네시아 등 동남아국가 및 철도 후진국)

• **(필요성)**

- 향후 철도시장은 계속 성장할 것으로 예상하나, 국내 철도신호시장의 경제적 한계로 인하여 철도신호체계 개발에 어려움이 있어 해외시장 개척이 필요하나, 현 국내기술로 해외시장 진출에 어려움이 있음.



[그림5.3.6] 향후 철도기술 시장 전망[2013 국회국정감사 정책자료집]

- 해외시장 진출방안에 대하여 철도 후진국과의 공동협력개발 등 다각도로 전략 수립이 필요하며, 국내 개발제품의 해외시장 진출을 위한 교두보 설치차원의 해외 Pilot Station 설치가 요구됨.

• **(기대효과)**

- 국내 철도신호산업의 해외시장 진출을 위한 기회 제공으로 경제적 이익 도모
- SIL-4 인증을 위한 해외 시험시설로 활용 가능

• **(Master Plan 마일스톤)**

구분	2014	2014 - 2020	2021-2030	2031-2040
해외 시장 진출		해외시장 진출 전략	해외 Pilot Station 장소 선정 해외 Pilot Station 설치 및 운영	

아. 중소기업 SIL 인증 지원체계 구축

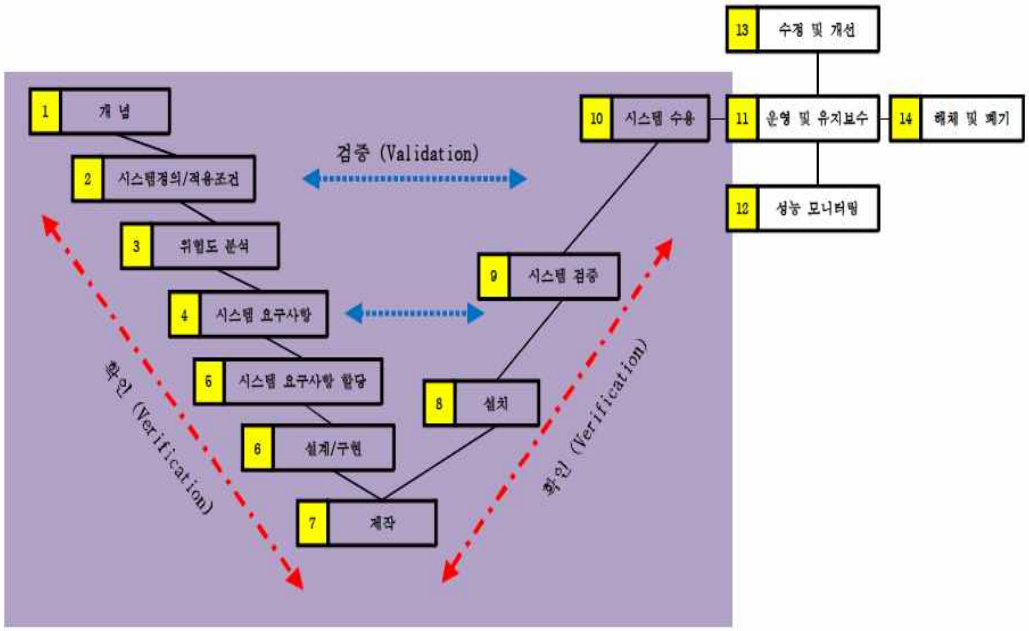
• **(정의)** 국내 철도신호산업이 국산 철도신호체계 개발 시 정부차원의 SIL 인증 지원을 위한 체계를 구축하는 것임.

• **(세부전략)**

- 한국형 철도신호체계(KTCS) 분류기준 정립 및 구축
- 시스템엔지니어링 및 SIL 인증체계 구축을 위한 인프라 구성
- 철도신호시스템 공통 플랫폼 개발
- General Application Test 설비 개발

• **(필요성)**

- 우리나라 철도신호산업이 열악하고 철도신호체계가 국산화되지 못하고 있는 가장 큰 이유가 국내에 SIL 인증을 위한 독자적인 지원체계 및 시험설비가 미비함에 따른다. 철도신호체계는 철도안전에 미치는 영향이 커서 SIL-4 인증이 요구되나, 국내에서 개발된 품목에 대한 인증비용의 과다와 인증 후 국내시장의 협소로 인하여 경제성 부족 등의 사유로 개발이 어려웠다. 따라서 국내에 SIL 인증체계를 구축하여야 하는데 SIL 인증 구축을 위해서는 많은 시간이 소요되고, SIL 인증체계 구축을 위한 단계적 추진이 필요하며, 단기적으로 SIL 인증을 위한 각종 자료 축적 및 관련서류를 개발준비단계부터 체계적으로 관리하여야 하는데 [그림5.3.6]에 V모델에 보이는 바와 같이 개념단계에서부터 시스템 운영단계까지 개발과 관련된 자료를 일관성있고 체계적으로 관리하여 각종 자료에 대한 정확성과 신뢰성을 부여하여야 하며, 이를 위하여 시스템엔지니어링 전산 Tool과 SIL 인증관련 전산 Tool를 확보하여 세부 환경을 조성하여야 한다.



[그림5.3.7] V모델

• (기대효과)

- 국내 철도신호산업의 개발비용 경감으로 국산철도신호체계 개발가능
- 우수한 철도신호기술력으로 해외시장 진출 가능으로 국내경제에 선순환 구조 설정 기여

• (Master Plan 마일스톤)

구분	2014	2014 - 2020	2021-2030	2031-2040
SIL인증 지원체계 구축	해외 SIL 인증 업체 의존	KTCS 기준 정립	General Application Test 설비 개발	국내 인증체계 구축
		SIL 인증 인프라 구축 / 철도신호체계 공통 플랫폼	Specific Application Test 설비 개발	

자. 실시간 감시 시스템 개발

• (정의) 철도신호체계는 안전성을 가장 중요하게 관리하는 요소로 지상 및 차상 신호장치와 관제장비에 발생된 결함 및 상호운용성 문제를 조기에 인지하는 시스템 개발내용임.

• (세부전략)

- 철도신호체계 실시간 감시 시스템 개발

• (필요성)

- 철도신호체계에 대한 결함을 자동으로 인지하고 추적하여 처리함으로써 안전성을 높이고,

인지된 결함에 대한 정비성을 높일 수 있음.

• (기대효과)

- 철도신호체계에 대한 유지 보수 중 안전성 제고
- 고장부품에 대한 조기식별 및 수리기간 단축으로 정비성 제고 가능

• **(Master Plan 마일스톤)**

구분	2014	2014 - 2020	2021-2030	2031-2040
안전 및 유지보수		실시간 감시 시스템 개발	무선기반 운전자용 조기 경보 시스템 기술 개발 및 적용	
			실시간 열차 및 시설/설비 모니터링 시스템 개발 및 적용	

제 4 절 철도신호분야 Master Plan 마일스톤 종합

1. 관제

가. ICT기술을 활용한 도시철도 통합자동관제(단기추진전략)

지하철 종합관제시스템은 지하철의 수뇌부라 할 수 있다. 서울 지하철 1,2,3,4호을 운영하는 서울메트로 종합관제소는 2곳으로 나뉘어져 잇는데 1974년에 개통된 1호선은 종로에 종합관제소가 있고, 이후에 개통된 2,3,4호선은 서초구 방배동 본사건물에 있다. 서울도시철도공사에서 운영하는 5,6,7,8호선 종합관제센터는 성동구 용답동에 위치하여 있다. 최근에 개통된 9호선과 분당선, 신분당선 등은 해외에서 도입한 최신시설로 구축되어 있다. 2014년 5월 지하철 2호선 상왕십리역 열차 추돌사고에 따라 서울 지하철의 관제시스템에 대한 스마트관제시스템 조기 구축의 필요성이 강조되었다. 서울메트로와 서울도시철도공사에서 운영하고 있는 열차와 관제시스템의 노후화에 따른 교체요구와 도시철도 및 경천철의 CBTC 적용과 관련하여 스마트 관제시스템의 도입이 요구되며, 현 우리나라의 과학기술수준을 고려 시 향후 5년 내에 국내연구개발이 적극 요구된다.

2. 지상 및 차상신호장치

가. 도시철도 및 경전철 CBTC 실용화

도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템(일명 KRTCS)사업은 2014년 4월에 개발결과에 대한 표준사양서 발표회를 가졌고, 현재는 LTE-R 적용성 시험이 진행 중이며 2014년 7월에 완료예정으로 안전을 위한 보완을 한다면 신설 도시철도 및 노후화에 따른 대체노선에 적용이 가능할 것으로 본다.

나. 일반철 및 고속철 자동운전(ETCS L2 +ATO) 적용 기술개발

현재 일반철도는 Bombardier사의 ETCS L1을 운영중이며, 고속철도는 Ansaldo사의 TVM 430과 TVM SEI를 장착하여 운영 중이나 ETCS L2를 적용하기 위하여 현재 국가연구개발이 진행 중이다. 자동운전의 등급(GOA)은 4단계로 구분되는데, 현재 우리나라의 일반철도와 고속철도는 GOA-1 으로 수동운전을 하고 있다. 최근에 우리나라 정부는 철도통신을 위한 주파수를 허용하였으며, 향후 4G/LTE-R 통신환경 조성에 따라 자동운전을 할 수 있는 환경이 조성되고, 이에 따라 유럽연합에서 추진하고 있는 「ETCS L2 +ATO」 적용 자동운전을 할 수는 환경이 된다. 일반철도와 고속철도에 대한 ETCS L2 수준의 철도신호체계를 2014년 개발완료를 목표로 추진 중이고, 이에 대한 실용화 단계를 고려 시 2020년 대에는 「ETCS L2 +ATO」을 적용하여 자동운전이 가능할 것으로 판단된다. 따라서 세계적인 기술개발 추세에 맞춰 일반철도와 고속철도에 대한 ATO 적용 자동운전체계를 2020년대를 전후하여 개발 추진하고 이를 위하여 부수적으로 Train Integrity System, 고속전철용 SEI, LTE 기반 무선통신 열차제어 구성품 등이 개발되어야 한다.

다. 일반철/고속철용 역종합제어장치 개발(단기추진전략)

역종합제어장치는 지상의 연동장치, 지상ATP,통신장치(DTS)를 하나로 묶은 통합지상장치라 할 수 있으며 신분당선에서 사용중이다. 국제 신호시장에서의 시스템 발전 추이로 보아 반드시 개발되어져야 하는 시스템이다. 역종합제어장치의 효율을 극대화 하기 위해서는 무선통신기반 시설이 갖추어져 있어야 한다. 우리나라는 2013년 철도를 위한 무선통신 주파수 대역을 LTE급으로 할당하였으며 사용방안을 검토 중이다. 무선통신 인프라 설치전망을 고려 시 일반철도와 고속철도을 위한 역종합제어장치을 2020년대에 사용토록 연구개발이 요구된다.

라. 국산 철도신호체계(관제, 지상, 차상 통합) 개발 및 실용화(중기추진전략)

우리나라에서 연구개발하여 실용화된 철도신호체계는 아직 없으며, 현재 도시철도와 일반철도 및 고속철도에 사용 중인 철도신호체계는 모두 해외업체에서 도입된 것이다. 세계를 선도하는 국내 IT기술과 철도신호분야 기술인력과 중소기업 SIL 인증에 대한 정부 지원 시 국산 철도신호체계 개발 및 실용화가 가능하다고 판단된다. 국내 연구개발 실적을 보면, 도시철도를 위한 CBTC개념의 철도신호체계는 2014년 중에 개발완료하여 실용화를 위하여 추진할 것이며, 일반철도와 고속철도을 위한 ETCS Level 2와 유사한 성능의 차세대 고속열차 열차제어 핵심기술를 연구개발 중(2014년 10월 완료예정)에 있다.

향후에 차세대 고속열차 열차제어 핵심기술 개발이 완료되더라도, 철도신호시스템의 목표인 안전성, 정시성 및 경제성을 달성하기 위하여 지상, 차상 및 관제시스템이 'All in One' 개념으로 통합된 국산 철도신호체계 개발이 요구되며, 특히 일반철도 및 고속철도의 미래 무인자동운전 개념인 ETCS L3 급의 철도신호체계에 대한 연구개발이 2020년대에 착수가 요구된다.

마. UTO수준 통합(도시철, 일반철 및 고속철) 철도신호체계 개발(장기추진전략)

세계의 철도신호기술 흐름은 무인자동운전(UTO)으로 진행되고 있다. 그리고 도시철도와 일반철도 및 고속철도에서 동시에 사용할 수 있는 통합철도신호시스템에 대한 토론이 시작되고 있다. 국내의 철도운영기간과 세계시장의 추세를 고려 시 2030년대에는 연구개발이 요구되며 국내·외 시장을 선점하기 위해서는 국내기술의 고도화가 필요하다.

바. 해외시장 진출 거점 확보(중기추진전략)

우리나라 철도신호산업은 핵심부품에 대한 해외 의존도가 크고, 국내 철도신호시장의 협소로 인하여 해외업체와 경쟁에 어려움이 있다. 따라서 국내 철도신호산업의 경제적 이익 도모와 철도신호기술 발전을 위하여 해외시장에 진출이 필요하다. 특히 철도 후진국과의 공동기술개발 및 시장참여를 통한 활로 개척이 필요하다. 이를 위하여 동남아시아와 아프리카 등 해외시장 진출 전략 수립과 Pilot Station 설치를 위한 최적지 검토가 최단시간에 이루어져야 하며 상대국과 협의를 통한 Pilot Station 설치 및 후속 사업계획이 시행되어야 한다.

3. SIL인증 지원체계 구축

가. 중소기업 SIL 인증 지원체계 구축(단·중기추진전략)

영세한 철도신호산업을 보호하고 세계적인 강소기업 육성을 위하여 우리나라 철도신호산업이 개발한 철도신호체계에 대하여 국가가 지원하는 SIL 인증 지원체계를 가능한 빠른 시기에 구축하여야 한다. 단기적으로 한국형 철도신호체계(KTCS) 분류기준을 정립하고, 시스템엔지니어링 및 SIL 인증체계 구축을 위한 인프라를 구성하며, 중기적으로 철도신호시스템 공통플랫폼과 General Application Test 설비를 개발하여야 한다.

4. 안전 및 유지보수

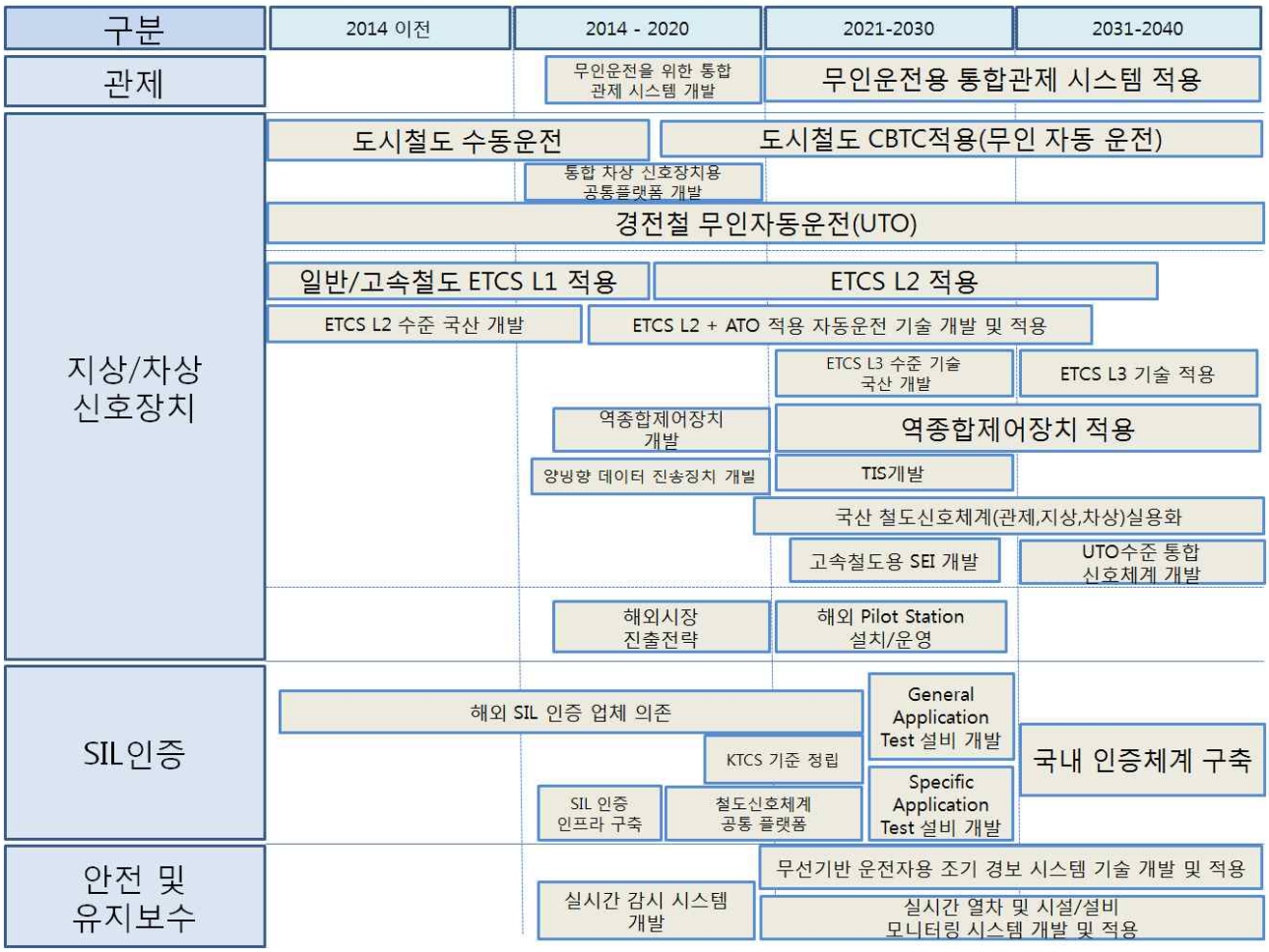
가. 실시간 감시시스템 개발

세계적인 기술수준으로 성장한 국내 철도시스템은 그에 따른 시스템의 안전성과 장치의 신뢰성이 매우 중요시 되는 현실이다. 이러한 철도시스템의 급격한 발전은 이를 뒷받침할 수 있는 정책이나, 운영, 유지보수 측면에서도 보조를 같이해 줄 필요가 있다. 운영, 유지보수 체계 및 기반시설은 이를 따르지 못하는 실정이며, 유지보수 인원의 감축 등으로 인해 철도시스템 유지보수에 대한 문제점이 지속적으로 제가되고 있는 실정이다. 또한 각 장치별 인터페이스 방식이 상이하거나 최근 장치의 개수 및 보수로 인한 디지털과 아날로그의 혼용 등으로 인해 장치의 고장, 장애를 쉽게 파악하지 못하는 문제점이 나타나고 있다. 문제점 해결을 위해 각 특성별 감시체계 및 감시장치가 필요하며 이러한 감시장치를 통합하여 관리할 수 있는 중앙 관리시스템 개발이 필요하다.

5. 철도신호분야 Master Plan Milestone 결론

앞에서 검토된 철도신호분야 목표 및 전략을 토대로 마스터 플랜을 [그림5.4.1]과 같이 정리하였다.

.



[그림5.4.1] 철도신호분야 Master Plan

제 6 장 통합신호시스템 실용화를 위한 세부연구과제 Tree 및 핵심기술 정의

제 1 절 연구과제 트리

1. 연구과제 트리

연구단	세부과제	연구내용(세세부과제)		
		1차(단기추진)	2차(중기추진)	3차(장기추진)
국산 통합형 철도신호체계 기술 개발	1.스마트 관제시스템 기술개발	1-1. 무인 운전을 위한 통합 관제 시스템 개발		
	2. UTO수준 통합형 지상/차상신호 장치 기술 개발	2-1. 도시철도기반 통합 차상 신호장치용 공통플랫폼 개발 2-2. LTE-R을 이용한 일반철도 ATO 시스템 개발 2-3. 차상/지상 양방향 데이터 통신기능을 가진 지상 데이터 전송장치(T-Balise) 개발 2-4. 일반철도/고속철도용 역종합제어장치 개발	2-5. 한국형 철도신호체계(KTCS) 분류체계 정립 2-6. Train Integrity System(TIS) 기술 개발 2-7. 고속철도용 SEI 기술개발 2-8. LTE기반 무선통신 열차제어 기술 개발 2-9. 국산 철도신호체계 (ETCS L3수준) 개발 2-10. 해외시장 진출 거점 확보	2-11. UTO수준 통합형 철도 신호체계 개발
	3 . 중 소 기 업 SIL 인증 지원체계 구축	3-1. 철도신호시스템 SIL 인증체계 통합 지원 인프라 구성 3-2. 철도신호체계용 공통플랫폼 개발 3-3. 상왕십리 사고 재발방지를 위한 전자연동장치 S/W 안전성 향상 기술 개발	3-4. General Application Test 설비 개발 3-5. Specific Application Test 기술 개발	
	4. 실시간 철도신호안전 및 유지보수체계구축	4-1. 철도신호 유지보수 체계 효율성 증대를 위한 장치 및 자원 실시간 감시 시스템 개발	4-2. 실시간 열차 및 시설/설비 모니터링 시스템 개발 4-3. 무선기반 운전자용 조기경보 시스템 기술 개발	

2. 단기추진과제 트리

단기추진과제	도시철도	1-1. 무인 운전을 위한 통합 관제 시스템 개발 2-1. 도시철도기반 통합 차상 신호장치용 공통플랫폼 개발 3-3. 상왕십리 사고 재발방지를 위한 전자연동장치 S/W 안전성 향상 기술 개발
	일반철도/ 고속철도	2-2. LTE-R을 이용한 일반철도 ATO 시스템 개발 2-3. 차상/지상 양방향 데이터 통신기능을 가진 지상 데이터 전송장치(T-Balise) 개발 2-4. 일반철도/고속철도용 역종합제어장치 개발
	안전성	3-1. 철도신호시스템 SIL 인증체계 통합 지원 인프라 구성 3-2. 철도신호체계용 공통플랫폼 개발 4-1. 철도신호 유지보수 체계 효율성 증대를 위한 장치 및 자원 실시간 감시 시스템 개발

3. 연구과제 우선순위(단기추진과제)

	과제명
1	상왕십리 사고 재발방지를 위한 전자연동장치 S/W 안전성 향상 기술 개발
2	무인 운전을 위한 통합 관제 시스템 개발
3	철도신호시스템 SIL 인증체계 통합 지원 인프라 구성
4	도시철도기반 통합 차상 신호장치용 공통플랫폼 개발
5	차상/지상 양방향 데이터 통신기능을 가진 지상 데이터 전송장치(T-Balise) 개발
6	일반철도/고속철도용 역종합제어장치 개발
7	철도신호 유지보수 체계 효율성 증대를 위한 장치 및 자원 실시간 감시 시스템 개발
8	철도신호체계용 공통플랫폼 개발
9	LTE-R을 이용한 일반철도 ATO 시스템 개발

제 2 절 스마트 관제시스템 기술개발

1. 무인운전을 위한 도시철도용 통합 관제시스템 개발

가. 정의

도시철도의 신호, 통신, 전력 및 기타 설비관제를 장소적으로 통합하고, 관제실의 기능을 통합하여, 무인운전 방식의 도시철도 열차제어시스템에 특화된 저비용·고효율 지향적인 무인운전을 위한 도시철도용 통합 관제시스템의 핵심 기술을 개발 및 구축

나. 현황 및 필요성

1) 현황

철도시스템은 철도차량, 선로, Local Station 설비, 에너지 공급설비, 통신설비, 신호설비 등이 시스템화 되어 운영되는 인프라로써 기술적으로는 전기, 전자, 기계, 건축, 토목, 컴퓨터, 정보 통신공학 등이 다양하게 혼합된 종합시스템이다. 관제시스템은 이러한 설비와 공학지식을 이용하여 계획된 열차를 효율적으로 운행하기 위해 열차의 운행상황을 집중적으로 제어, 감시, 통제한다.

국내 도시철도 운영기관의 관제시스템 운영 현황을 살펴보면, 모든 운영기관에서 운행(운전) 관제에서 열차운행상태를 확인하기 위한 대형 표시반을 기준으로 관제사의 배치와 시스템을 갖추고 있으며, 전력관제의 SCADA 시스템에 의한 전력 공급 상태 확인과 승강장 승객동 향과 승강설비의 동작 상태를 확인하는 모니터설비를 갖추고 있다. 무인운전을 시행하는 기관의 관제도 신호시스템에 의한 열차위치추적과 전력공급시스템은 물론 승객과 관제사간 통신수단 보강과 객실 내 CCTV를 통한 승객동향 파악을 위한 모니터 설비가 구축되어 있다. 또한, 무인운전을 시행하는 부산-김해경전철 등 일부 운영기관에서는 운전・신호, 전력 등 주요 관제를 통합적으로 운영하고 있다.

서울메트로, 서울도시철도공사 등 기존의 도시철도 운영기관들은 1개소 이상의 관제시설과 운전, 신호, 통신, 전력, 설비 관제 등 다양한 분야로 구성되어있으나, 기존에는 없었던 PSD의 도입으로 인해 이를 감시 관리할 수 있는 시스템의 구축이 필요하다. 또한 도시철도에 대한 환경 변화 및 기술 혁신과 함께 고도의 안전성, 편의성의 향상, 운영 효율의 향상 등의 요구가 증대하고 있으며, 그동안 유인운전 중심의 도시철도 운전에 대한 요구에도 상당한 영향을 미치고 있는 실정이다.

따라서 최근에 건설되는 경전철은 각 분야의 설비들의 통합된 관제시스템으로 구축되고 있으며 앞으로 신설되는 구간과 무인운전관제의 경우 이례사항 발생 등 관제업무의 효율성을 높일 수 있도록 다음과 같이 통합관제시스템이 요구된다,

○ 최신 선진 통합관리체계 구축으로 운영효율성 향상

○ 시스템 Compact/Smart화를 통한 운영비용 절감 및 장애요소 최소화

○ 소프트웨어 표준화 및 기능통합으로 유지보수성 향상

○ 일사불란하고 신속, 정확한 사고대처 및 장애조치 지원 환경 구축

○ 역사 내 PSD 및 소방, 환기, 냉방 설비의 제어/감시로 안전 확보와 최적의 고객서비스 제공

2) 필요성

최근 도시철도 건설계획은 철제차륜형, 고무차륜형, 선형전동기 구동형, 자기부상형, 노면전차, 모노레일 등 다양한 경량전철 시스템의 건설이 추진되고 있으며, 또한 안전하고 쾌적한 도시철도 수송서비스의 제공 및 운영 효율 제고와 함께 신뢰성과 가용성의 확보 등을 위해 자동화·무인화 경향을 보이고 있다. 이와 같이 최근 도시철도에 무인운전방식이 도입됨에 따라 관제사의 역할 및 관련 관제시스템의 중요성이 크게 부각되고 있으며, 도시철도 차량 및 설비 분야에 대한 도시철도 표준화기준의 마련과 함께 관제시스템에 대한 기준 마련이 필요하다.

도시철도 건설이 활성화되면서 발주처와 운영기관들의 요구에 따라 건설 및 운영비용을 절감할 수 있는 방안이 고려되고 있으며, 이에 적합한 신개념의 관제시스템 개발이 요구되고 있는 실정이다. 기존 호선별, 분야별로 분산 설치되어 운영 중인 관제설비를 장소 및 기능을 통합하여 지휘 통제 일원화를 통해 사고 및 비상상황에 적극 대처하고 일괄적인 지휘체계를 구축하여 관제업무 효율 상향 및 경영 합리화에 기여할 필요가 있다.

또한 국내 운영기관에 적용된 관제시스템은 고비용 · 고효율에 적합한 구성 및 기능을 가지고 있고, 운전, 신호, 통신 및 전력, 설비 관제가 개별적으로 운영되므로 고가의 구축비와 운영비 및 유지보수비가 소요되고 있으며 내구연한 도래에 따른 개량 시에도 분야별 개별 개량으로 인해 중복 투자되어 경제성 문제점도 발생하게 된다. 관제설비에 있어서는 일부 국산화가 이루어져 있으나 경전철의 경우 핵심 솔루션은 국외로부터 도입하고 있는 실정이다.

이에 따라 저비용 · 고효율의 통합 관제시스템 설계 및 개발이 추진되어야 하며, 신개념의 열차제어시스템에 적합한 운영 시나리오를 반영한 관제 기능이 구현되고 도시철도의 무인운전에 따른 관제시스템을 이용한 표준 운영절차가 정립되어야 한다.

다. 기대효과

1) 비용적 측면

○ 기존 열차제어시스템의 관제설비에 비해 신호, 통신, 전력 및 기타 설비관제 시스템을 통합하기 때문에 건설비, 구축비, 운영비용 및 유지보수 비용이 크게 절감됨.

○ 국내기술에 의한 관제시스템 공급으로 구축 및 운영비용의 획기적 저감 실현

○ 향후 관제설비의 내구연한 도래에 따른 개량 시 또는 시스템 확장 시, 개량비용이 크게 절감됨

○ 도시철도의 노선 특성을 고려하여 특화된 관제시스템 구현으로 구축비, 운영비용이 절감되고 구축기간이 단축됨

○ 도시철도의 무인운전에 따른 표준 운영 절차 및 효율적인 운영 시나리오 정립으로 종합 관제사 양성에 따른 비용이 절감됨

○ 국외제품 도입으로 인한 국부 유출 방지 및 원천기술의 해외 의존도 탈피

○ 상호 중복업무 배제 및 인력 간소화

2) 기술적 측면

○ 국외로부터 도입 시 비용이 많이 소요되는 무인운전 방식의 관제시스템 국산화에 대한 원천기술 확보 및 수입대체 효과

○ 독자적인 기술 및 제품 보유에 따른 대내외 경쟁력 우위 확보

○ 국내 철도환경에 적합한 맞춤형 구성 및 기능 구현이 가능

○ 도시철도 건설 및 운영비용을 획기적으로 저감할 수 있는 저비용, 고효율의 시스템 도입의 추진에 따른 기술적 연구에 부합

○ 향후 지상설비를 최소화하고 관제설비와 차상설비에 의해 열차제어가 가능하도록 무인 역사 운영의 토대를 마련

○ 국내외 도시철도의 시장 개척에 대한 선도적인 입지 확보 및 국외 철도 사업 진출 시, 특화된 제품으로 가격 경쟁력에서 우위를 확보

○ 철도시스템의 고효율, 고속화, 접근성 제고, 친환경 철도 구현을 위해 최첨단 미래 철도시스템 개발 및 독자적 핵심, 원천기술 확보

3) 안전도 측면

○ 향상된 IT기능을 통한 관제 일상 업무 개선 및 인적 오류 최소화로 안정적인 관제 업무 수행

○ 신호, 통신, 전력 및 기타 설비관제용 서버의 이중화와 기능적으로 상호 보완하여, 하나의 장비 이상 시 백업 기능 강화로 안전성 향상

4) 열차운영 측면

○ 열차 사고 및 장애 발생 시, 시스템에 의한 스케줄 변경 및 운영자의 선택에 위한 스케줄 일괄적인 자동 조정이 가능

○ 열차, 시스템 및 설비의 사고 또는 장애 발생 시, 한 장소에서의 통합 관리 및 제어를 통해 일관성 있고 신속한 조치 가능

○ 한 장소에서의 통합 관리 및 제어를 통한 일관된 관제 업무 수행

○ 업무 간 유기적 관계형성으로 대 고객 서비스 향상

○ 대 고객 서비스 정보의 통합 제공으로 고객 만족 실현

○ 관제실의 제반 기능을 유형별로 통합하여 업무 중복을 회피함으로써 관제운영 효율 향상

○ 열차운행 감시 및 제어에 필요한 분야별 정보를 관제사에게 통합 제공하여 효율적인 관제 업무 수행

○ 설비관리 및 유지보수 기능을 통합하고 시스템화하여 효율적인 유지보수 업무 수행

제 3 절 UTO수준 통합형 지상/차상신호장치 기술개발

1. 도시철도 기반 통합 차상신호장치용 공용 플랫폼 개발

가. 정의

국내 도시철도 내 상이한 신호 구간에서도 운행 가능한 통합 차상신호장치용 공용 플랫폼 개발 및 국제 표준에 준하는 안전성 확보를 위해 RAMS/SIL4 인증체계 획득

나. 현황 및 필요성

1) 현황

현재 국내에서 운영 중인 도시철도의 신호시스템은 [표6.3.1]과 같이 개통년, 월에 따른 시대적 기술 변천으로 상이하며, 동일한 운영기관일지라도 노선마다 신호시스템이 상이한 경우가 대부분이다. 특히 동일한 신호 방식일지라도 제조사에 따라 또는 도입 시기에 따라 구현하는 기술 방식에 차이가 있다. 예를 들어 열차 제어방식은 동일한 ATP일지라도 차상-지상 간 주파수가 상이하거나 정위치 구현 방식이 차이가 있어, 상호 호환이 되지 않는 경우가 발생한다.

이와 같이 국내 도시철도 신호시스템은 다양한 유형의 유럽, 일본, 미국 등의 신호시스템이 구축되어 있어, 기존 노선의 유지보수나 개량할 경우 기 설치했던 해외 제조사에 의지하게 되고 그 결과 유지보수나 개량 시 그 시간과 비용이 많이 소요되는 어려움이 있다.

최근 한국철도기술연구원에서 개발한 한국형 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템인 “KRTCS” 표준화 개발을 완료하였으나, 이는 도시철도의 신규노선이나 해당 노선을 전체 개량할 경우 적용될 수 있으며, 부분 개량이나 교체 시엔 적용될 수 없어, 유지보수를 위해 교체 또는 대체예비품으로 활용하는 데는 그 시간과 비용이 많이 소요되는 어려움이 있다.

또한, 동일한 운영기관일지라도 각 노선에 따라 신호시스템이 차이가 있어 보유하고 있는 전동차를 노선 구분 없이 투입하여 운행하는 데 큰 어려움이 있음. 해당 노선의 신호시스템을 구비한 차량만 해당 노선에만 운행이 가능하다.

[표6.3.1] 국내 철도 신호시스템 현황

노선명	신호방식		제어방식				설치/개량년도
			속도조사제어		거리중심제어		
	지상신호	차상신호	신호기방식	속도코드방식	고정폐색방식	이동폐색방식	
서울 1호선	5현시	-	ATS	-	-	-	1974
서울 2호선	-	○	-	-	ATP/ATO	-	1980/2008
서울 3호선	-	○	-	ATC	-	-	1985
서울 4호선	-	○	-	ATC	-	-	1985
서울 5호선	-	○	-	ATC/ATO	-	-	1995
서울 6호선	-	○	-	ATC/ATO	-	-	2000
서울 7호선	-	○	-	ATC/ATO	-	-	1996
서울 8호선	-	○	-	ATC/ATO	-	-	1996
서울 9호선	-	○	-	-	ATP/ATO	-	2009
인천1호선	-	○	-	-	ATP/ATO	-	1999
부산1호선	-	○	-	ATC/ATO	-	-	1985
부산2호선	-	○	-	-	ATP/ATO	-	1999
부산3호선	-	○	-	-	ATP/ATO	-	2005
대구1호선	-	○	-	ATC/ATO	-	-	1997
대구2호선	-	○	-	-	ATP/ATO	-	2005
광주지하철	-	○	-	ATC/ATO	-	-	2004
대전지하철	-	○	-	-	ATP/ATO	-	2006

2) 필요성

국내 도시철도 신호시스템인 ATP/ATC/ATO/ATS 중 어느 신호구간이나, 주요 신호통신 방식의 기술이 다른 경우일지라도, 기존 신호시스템과 호환이 될 수 있도록

손쉽게 제작이 가능한 통합형 차상신호장치의 공용(표준) 플랫폼 개발이 요구된다.

유럽의 ETCS와 같이 공용(표준) 플랫폼을 구축하여 활용한다면 국내 어느 신호업체라도 공용 플랫폼을 통해 통합 차상신호장치 제작구현이 가능할 수 있으며 공용 플랫폼 기반의 통합차상신호시스템은 추후 모든 도시철도 운영기관 및 국내 제조사가 차상시스템을 교체/개량할 경우, 각 노선마다 상이한 신호시스템(ATP/ATC/ATS/ATO 등)이라도 손쉽고 경제적으로 교체 및 수리가 가능하다.

즉, 본 시스템 랙의 상단부에 구성되는 통합주제어부는 공통으로 구현되고 하단부의 지상신호와의 통신하는 DSP모듈이나 인터페이스 모듈을 해당 지상신호에 맞는 모듈로 각각 부분적으로 교체하고, 해당 구현 S/W를 설치함으로써 손쉽게 맞춤형 제작이 완료 가능할 수 있다.

또한 무선통신 기반 열차제어시스템 "KRTCS"의 핵심 기술인 무선통신 규격과도 상호 호환될 수 있도록 통신 플랫폼을 구축 가능하기 때문에, 신규노선이나 기존 노선 개량 시에도 기존 차상신호장치와 호환이 가능하다.

다. 기대효과

도시철도의 상이한 신호시스템 구간에 적용하여 운영기관의 유지보수 효율성의 향상 및 공용플랫폼을 이용한 철도신호시스템의 표준화 및 체계구축 가능

2. LTE-R을 이용한 일반철도 ATO 시스템 개발

가. 정의

현재 일반철도에서 사용 중인 열차자동방호시스템(ATP)에 열차자동운전시스템(ATO)를 결합하여 일반철도에서 보다 안전하면서 효율적인 열차운행을 하기 위한 기술을 개발함과 동시에 현재 새로운 통신방식인 LTE-R을 이용하여 사용할 수 있는 시스템 개발

나. 현황 및 필요성

1) 현황

국토교통부가 2013년 6월 부산국제철도물류전에서 발표한 창조경제를 위한 새로운 철도R&D 비전과 강소기업 육성전략은 "국민행복을 위한 빠르고(SMART), 안전하고(SAFE) 경제적인(ECONOMICAL) 철도개발"이라는 모토하에 2040년까지 3대 분야별

추진방향을 제시하였는데, 철도신호시스템은 빠르고 지능적인 철도(SMART)에 '지능형 철도시스템'구축분야에 포함되었으며, 이는 LTE기반 무선 열차제어·통신 기술을 개발하여 2017년까지 상용화하고 연간 20조원 규모의 신호·제어시장을 공략한다고 하였다. 그리고 철도신호시스템은 2018년까지 철도전용주파수 확보에 따라 무선자동제어방식을 적용하고 2030년까지 철도에 대한 무인운영시스템을 적용한다고 제시하였다.

해외의 철도신호시스템 개발 동향이 수동운행, 반자동화에서 무인운행, 무인운전으로 변화함에 따라 유럽에서는 2015년부터 Shift2Rail이라는 프로젝트를 진행하려는 계획을 가지고 있다. Shift2Rail 은 세계적으로 기후변화 대응을 위하여 탄소저감대책 시행으로 각국이 철도중심의 교통정책에 따라 철도에 대한 투자가 대폭 증대되고 있으며, 특히 유럽연합에서는 EU2020전략을 달성하기 위하여 "Shift2Rail" 계획을 수립하여 미래의 철도 수요에 대응하기 위한 발전을 도모하고 있다.

기본계획은 일반철도 및 고속철도에 ETCS+ATO를 적용하여 자동운전을 하여 철도운송수요 확충 및 에너지 절감 등의 이익을 도모하자는 목표가 포함되어 있고, 이를 위해서 지상에 교통관리시스템(TMS) 설치 등 추가적으로 요구되는 사항을 개발하는 것이다. ATO을 적용한 자동운전방법은 지상신호장치 설치유무에 따라 결정되나, 지상 ETCS, ATO 발리스, TMS 설치 환경에서는 전구간에서 ETCS가 허용하는 구간별 최대속도 내에서 TMS에서 제공한 자료에 의거 속도 프로파일을 작성하여 에너지 절감을 고려한 열차 자동운전개념이다.

2) 필요성

우리나라의 ATO시스템은 도시철도 및 경전철에서 사용 중에 있다. 현재 무선을 이용한 ATO시스템을 적용하거나 건설하고 있는 곳은 인천교통공사의 지하철 2호선 및 신분당선, 부산 4호선, 각종 경전철(김해 경전철, 우이~신설 경전철 등)에서 사용 및 건설 진행 중에 있다. 이 시스템의 기능은 자동운전 기능, 열차 제어, 승강장 제어, 열차의 정위치 정차, 열차 출입문 제어, 지상-차상 인터페이스 정보, 주파수 할당, 사용자 인터페이스, 열차 확인 및 추적, 진로 제어, 자동 열차조정, 역 정차 기능, 열차운전 제한, 승객정보 시스템 인터페이스, 설비의 고장, 장애 보고 등의 기능을 가지고 있다.

하지만 일반철도에서는 ATO시스템을 적용하지 않고, ATS/ATP시스템을 적용하여 운행하고 있다. 현재 ATS/ATP 시스템은 무선을 사용하지 않고, 유선을 통하여 열차

정보를 송수신하고 있다.

일반철도 신호제어 기술은 지속적으로 발전하여 열차를 안전하게 운전 할 수 있는 ATP시스템이 안정화되고 있는 단계이다. 그러나 운영효율성이 강조되는 현 시점에는 이와 같이 열차의 안전이 확보된 상황에서 다른 요소를 향상 시킬 수 있는 시스템 도입이 필요한 실정이다.

현재 도시철도에서 사용하고 있는 ATO시스템은 열차 운행 및 에너지 효율을 증진 시키는 시스템이다. 따라서 이 시스템을 일반철도 신호시스템에 도입할 수 있다면 일반철도에서도 열차 운행 및 에너지 효율을 증진 할 수 있을 것이다.

물론 도시철도와 일반철도의 차이가 있으므로 ATO시스템을 일반철도에 도입하기 위해서는 각각의 상황과 환경에 대한 분석이 필요하다. 먼저 일반철도에서 ATO시스템 도입 범위를 정하여 개발해야 보다 효과적으로 적용 될 것이며, 현재 국내 경부선 및 호남선, 전라선, 경춘선에서 사용하고 있는 ATP시스템과 호환이 가능하도록 제작 되어야 한다.

또한 정부 정책에 맞추어 최신 통신방식인 LTE-R을 적용하여 철도전용주파수를 통한 초고속, 대용량의 열차정보를 안전하게 송수신하여 ATO시스템이 동작하도록 제작하여야 한다.

다. 기대효과

- 비용적 측면

ATO시스템을 도입함으로서 열차 운행효율이 상승 할 것으로 판단된다. 따라서 열차의 운형효율 증진으로 불필요한 가감속을 줄임으로서 보다 효율적인 열차운행으로 에너지 절약을 하여 전력소모량을 줄 일 수 있는 것으로 판단된다. 결과적으로 전력비 절감이 생기게 된다.

- 기술적 측면

현재 유럽에서 시행하고 있는 Shift2Rail에서 2015년에 시행하고 있는 것으로 알려져 있으며, 다른 나라에서는 시행하고 있지 않은 것으로 조사되고 있다. 따라서 일반철도에서 ATP시스템과 ATO시스템 결합으로 되어진 시스템을 제작하게 된다면 일반철도 ATO시스템에서 다른 나라보다 우월한 기술 선점을 할 수 있다.

- 안전도 측면

열차자동운전이 도입된다면, 기관사의 부주의에 의한 역간 운행사고, 정차사고, 출발

사고가 감소될 것으로 판단된다.

- 열차운영 측면

ATO시스템은 열차의 정시성을 확보 할 것으로 판단된다. ATO시스템은 열차자동운전이기 때문에 정해진 시간에 정해진 장소로 이동 할 수 있기 때문이다. 정확한 거리, 시간 계산으로 구간마다 열차의 가감속도를 지정하기 때문에 정시성을 확보 할 수 있다고 판단된다.

3. 차상/지상 양방향 데이터 통신 기능을 가진 지상 데이터전송장치 개발

가. 정의

지상, 차상 간 양방향 데이터 통신이 원활히 되도록 개발하여 열차운행에 필요한 정보를 신속하고 정확하게 차상 컴퓨터에 전송하고 차상의 필요정보를 지상 신호설비 또는 감시설비에 전송할 수 있도록 RAMS 활동을 포함하여 개발

나. 현황 및 필요성

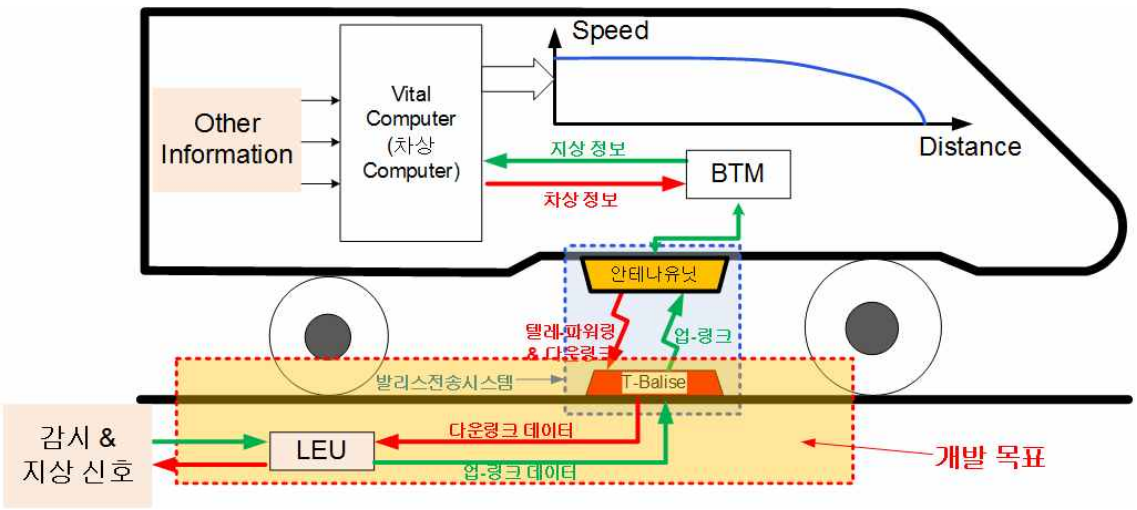
ATP 지상 장치는 내구연한이 도래하면 시스템의 안정을 위하여 새로운 장치로 교체해야 하기 때문에 발주처는 동일한 성능을 가진 장치를 추가 구매를 해야 하는데 시스템 도입 초기에 설치된 국외 제품은 고가이거나 또는 제작사가 생산중단으로 구매가 되지 않는 경우가 있다. 따라서 노후화된 국외 설비를 국산화로 대체할 수 있도록 하여 고장률을 개선하고 신뢰성과 가용성을 높여 열차추돌 및 각종 사고예방 및 피해를 줄이고 안정적인 장치의 공급을 가능하도록 해야 한다. 이러한 장치를 국산으로 개발하면 가격하락과 동시에 국내 산업이 육성되고 사용기관의 자재수급이 원활하게 된다.

또한 장치의 신규 수요에 대한 국산 제품의 공급은 ATP 시스템의 외국 기술 종속에서 벗어나는 계기를 마련하게 되어 기술자립이 가능하게 될 것이다.

현재 Balise의 규격서는 ALSTOM, ANSALDO, BOMBARDIER, INVENSYS, SIEMENS, THALES 등 유럽 6개사에서 공동으로 개발한 Euro Balise 규격서와 시험규격서 등이 있으며 현재 유럽 표준 규격인 ERTMS/ETCS Class-1 기준에 맞추어져 있다.

Balise 개발은 Euro Balise의 유럽규격서 기준만 준수한다면 동작 방식을 상이해도 모든 부분에서 호환이 가능하지만 개발된 Balise의 상용화를 위해서는 유럽의 안전성

인증이 반드시 필요하다. 또한 Balise 및 LEU는 지상에서는 단순히 텔레파워링 신호에 대해 차상 장치로 전송하는 단방향 데이터 통신을 하도록 구성되어 있고, ETCS 신호시스템이 적용된 철도에서만 적용되고 있다.



[그림6.3.1] T-Balise와 LEU 주변장치 계통도

개발하고자하는 T-Balise 및 LEU 장치는 열차운행 중 또는 정차 시에 차상 장치와 인터페이스하고 실시간으로 열차의 운행 상태 등의 정보를 차상의 다운링크를 통해 데이터를 지상의 각 신호설비로 전송이 가능한 지상/차상 양방향 데이터 통신 장치로 개발하고, 과제의 관리도 RAMS활동을 통한 안전성 관리로 국제 기준에 부합하는 장치로 개발함. 이는 ETCS 시스템이 적용된 철도에서 뿐만 아니라 도시철도에서도 사용이 가능한 장치로 개발됨을 의미한다.

또한 T-Balise의 개발은 동시에 LEU 장치 및 양방향 BTM 장치를 개발하는 효과 뿐만 아니라 TWC 장치로도 활용가능하게 차상 지상 양방향 통신이 가능하도록 개발되기 때문에 각각 개발하는 경우에 비해 연구개발비가 상대적으로 적게 소요되는 장점이 있다.

따라서 T-Balise를 개발함으로써 ATP시스템의 운용상의 유연성을 확보하고 경제성을 충족시킴은 물론 전체 지상신호설비는 물론 차상신호설비의 국산화를 기대할 수 있는 초석이 될 수 있다.

다. 기대효과

- 비용 절감

T-Balise 및 LEU를 설치하게 되면 ERTMS/ETCS 시스템에서 사용할 수 있음은 물론 양방향 통신을 이용해 도시철도의 정위치정차 등과 같은 ATC/ATO 기능을 적용한 시스템에도 얼마든지 적용이 가능해 장비의 통합을 꾀할 수 있다. 이는 비슷한 기능을 하는 차상/지상 장비의 통합으로 인한 차상/지상 장치 구매 비용 및 설치, 유지보수 비용 등이 절감되게 된다.

- 열차운영의 최적화

본 장치를 적용하게 되는 시스템은 열차운영의 효율성이 증가됨에 따라 경상비용이 절약되고 열차 운행시간의 감소로 열차 운영의 최적화를 기할 수 있다. 이같이 이동폐색원리를 응용이 가능하여 열차운행은 종래의 신호설비와는 달리 선행열차와의 운행이 열차 최후부까지 허용된다. 이는 운전시격의 단축을 의미하므로 선로 용량을 최대로 증대시키고 보다 짧은 운행시간을 실현할 수 있다.

- 안전도 증가

차상/지상 양방향 데이터 통신이 가능한 T-Balise 및 LEU의 설치로 기존에 사용되던 지상의 신호변화나 지상 인프라의 상태를 전송할 뿐만 아니라 차상에서 발생하는 정보를 지상에서 실시간으로 전송받을 수 있어 필요한 차상의 여러 상황을 지상의 T-Balise를 통해 LEU와 이후의 지상 설비로 인터페이스되어 지상의 사령실이나 감시설비로 전송할 수 있고 열차 상황에 맞는 조치를 취할 수 있도록 기관사나 사령자등에게 경고하고 열차제동 등 열차보호장치가 작동할 수 있도록 하여 안전한 열차운행을 기할 수 있다.

4. 일반철도/고속철도용 역 종합제어장치 개발

가. 정의

열차의 이동 블록 분리를 유지하여 필요 경로를 따라 이동할 수 있도록 하고 열차 운행을 감시하며, 열차 자동 운용에 필요한 모든 기능을 제어한다. 또한 플랫폼 비상 정지 버튼과 중앙 비상 정차 버튼, 가이드웨이 침입 감지 시스템을 감시하는 장치이다.

나. 현황 및 필요성

1) 현황

현재 국내 노선 중 종합제어장치는 신분당선 구간에서 사용하고 있으나 전자연동장치와 ATS 차상장치 등을 한 장소에서 제어는 불가능하다. 현재 이러한 시스템은 국내에 존재하지 않으나 이와 유사한 시스템을 연구 개발하는 추세이고 국외는 여러 노선에 다양하게 응용되어 사용하고 있다.

2) 필요성

◦ 역 종합제어장치는 실시간으로 확인되는 선행열차의 후두부, 선로전환기의 불일치 또는 궤도폐쇄 등과 같은 장애요소들로부터 최소한의 열차 안전제동거리를 확보할 수 있도록 지속적으로 열차의 이동권한을 확인하고 안전정차지점(Target point)을 차상신호설비에 전송한다.

열차가 선로전환기를 지나갈 수 있도록 선로전환기의 진로를 예약하여 전환위치를 확인하여 다른 열차와의 경합을 방지한다. 또한 종합제어장치는 차상신호설비로부터 제동, 추진, 속도제한, 제동율, 정위치정차와 출입문 제어를 명령한다. 이로 인해 종합제어장치는 유인운전뿐만 아니라 무인운전도 가능하다.

역 종합제어장치는 국내의 기술력으로 제안되는 기술이며, 철도신호분야의 협소한 시장성을 감안하여 기술개발에 대한 정부의 적극적인 지원이 필요하며, 국내에서의 원활한 자재수급성만 갖춰진다면, 경전철 및 도시철도의 열차제어에 많은 활용을 할 수 있고, 국외시장진출에도 큰 역할을 할 수 있을 거라 기대된다.

다. 기대효과

- 비용적 측면

지금 신분당선에서 사용하고 있는 종합제어장치는 외국에서 납품한 장비이므로 초기 투자비 및 유지보수 비용이 높으며, 시스템의 증설 또는 소프트웨어 업데이트, 예비품 구매시 많은 어려움이 따르며, 고가의 예산이 요구된다. 따라서 국내의 기술로 국산화 한다면 초기의 투자비와 자재의 수리 및 서비스 기간의 단축으로 유지보수에도 많은 도움을 줄 수 있어 비용적인 측면에서 대단한 효과가 있다고 볼 수 있다

- 기술적 측면

열차제어시스템과 현장설비간의 인터페이스의 정확도와 안전성을 확보하기 위하여 절대적으로 필요한 설비이다. 철도 선진국의 철도기반 기술과 장비가 아무리 발달이 되어있어도 현재 국내 기술도 선진국 수준과 대등한 입장으로 해외 수출도 하고 있으므로 자체적인 기술개발이 가능하고 해외수출도 가능하다고 볼수 있다

- 안전도 측면

요즘 한국에서 안전의 중요성이 크게 대두되어 SIL4 인증에 노력하고 있으며 시스템 또한 안전위주로 개발하고 제작하고 있다. 종합제어장치도 일정한 선로변 장치를 제어하는 기존 전자연동장치보다 승객의 안전성을 위하여 첨단화 된 국내 기술이 적용된 종합제어장치는 신뢰성, 가용성, 보안성, 유지보수성이 높고, 사고예방 및 피해를 감소시키도록 시스템화 되어있어 있다.

- 열차운영 측면

국철에서 사용하고 있는 열차운영 장치는 CTC, ATP, ATC, 전자연동장치등 별개의 시스템으로 각자 독립운영 제어 되고 있다. 각각 독립운영이 되고 있다 보니 열차운행의 효율성이 떨어진다고 할 수 있다. 중앙제어장치는 위와 같이 분리된 열차운영체계를 통합하여 운영 제어하므로 열차운영측면에서 최대의 효율을 올릴 수 있는 종합제어라 할 수 있다.

제 4 절 중소기업 SIL인증을 위한 공동 인증지원 체계

1. 철도신호시스템 SIL인증체계 통합지원 인프라 구성 연구개발

가. 정의

철도중심의 SIL인증 공동지원 체계를 수립하고 통합지원 인프라 최적화 방안을 위한 소규모 Off-line SIL인증 통합지원 Tool 및 중대규모 On-line SIL인증 통합지원 시스템 구축

나. 현황 및 필요성

최근 철도안전법의 개정으로 철도산업분야는 안전성 확보를 위한 대대적인 변화가 모색되고 있는 실정이며 철도안전법의 형식승인 및 제작자승인 그리고 국제 안전성 인증(SIL)과의 연계성 등을 고려하여 해외시장 진출을 모색하고 있다.

게다가 최근 서울메트로 2호선의 열차 충돌사고는 1차적으로 철도신호시스템의 안전성 인증 미확보와 2차적인 인적오류로 인한 사고로 이를 미연에 방지하고 처리할 수 있는 안전성 체계와 시스템 구축이 미비하여 발생하게 되었다. 그러나 현재로서는 철도안전법에서 철도신호시스템의 핵심 용품에 대한 안전성인증을 수행하기 위한 기업체에서의 준비가 매우 미흡한 상태로 이를 수행하기 위한 인적, 물적, 정보, 네트워크 인프라가 전무한 상태이다.

국내의 철도신호시스템을 공급하는 기업체와 이를 운영하는 운영기관에서는 안전성 인증에 대한 필요성을 인정하고 있고 국내·외 각 사업에서의 요구도 증대되고 있는 실정이다. 하지만 안전성 인증을 수행할 수 있는 인프라의 부재로 대부분 해외 컨설팅 업체로부터 고가의 컨설팅을 받고 있으며, 안전성인증에 필요한 각종 툴의 구입으로 각 기업체는 상당량의 비용이 매번 투입되고 있다.

이와 같이 국내의 철도안전법 및 각 사업의 안전성인증 요구로 인해 해외의 컨설팅 업체 및 인증기관의 수행비용이 증가되고 있는 실정이며, 이로 인한 국내 자본의 유출이 매우 심각한 수준임.

현재 철도신호시스템 핵심장치 1종의 안전인증 비용은 평균 5억원이며, 이에 대한 컨설팅 비용은 평균 3억원으로 계산됨. 철도안전법에서 요구하는 철도신호용품에 대한 각 기업의 총 컨설팅 비용(3억 × 18종 × 최소 3개 업체)만 약 160억 원이 소요되며,

각종 툴과 인력양성 비용까지 포함할 경우 그 금액은 수백억 원에 달할 것으로 예상된다.

따라서 안전성인증에 필요한 인적역량 강화 및 우수인재 확보, 인증을 위한 분석 및 관리 툴, 각종 인증관련 정보와 네트워크를 구축하여 기본적으로 국내 철도신호시스템의 안전성을 확보하고 기업 및 운영기관의 소요되는 시간과 비용을 효과적으로 절감할 수 있다.

2) 필요성

철도는 1회 운행으로 운송수단 중 가장 많은 인원이 탑승하며, 현재는 300km/h 향후엔 400km/h 이상의 고속운행으로 이동하기에 철도의 안전성은 가장 최우선적으로 확보되어야 할 필수조건이다.

이에 해외의 각종 철도사업 요구조건은 안전성 확보를 충족할 수 있는 매우 높은 수준의 안전성 요구조건을 제시하고 있지만 국내 시스템 및 기업에서는 이를 충족시키기에 역부족인 경우가 빈번히 발생하고 있다.

가장 큰 이유로는 안전성 전문인력의 부재, 기업 내 안전성 확보 체계 및 프로세스 부재, 높은 컨설팅 비용, 높은 지원 툴 비용 등을 들 수 있다.

본 과제에서는 이러한 문제점을 해결하기 위한 가장 기본적인 인프라를 구축하여 기업의 기술력과 경쟁력을 확보하고, 철도 당국의 대국민 신뢰와 해외에서의 신인도를 축적할 수 있는 기반을 마련하고자 한다.

따라서 안전성인증에 필요한 인적역량 강화 및 우수인재 확보, 인증을 위한 분석 및 관리 툴, 각종 인증관련 정보와 네트워크를 구축하여 기본적으로 국내 철도신호시스템의 안전성을 확보하고 기업 및 운영기관의 소요되는 시간과 비용을 효과적으로 절감할 수 있다.

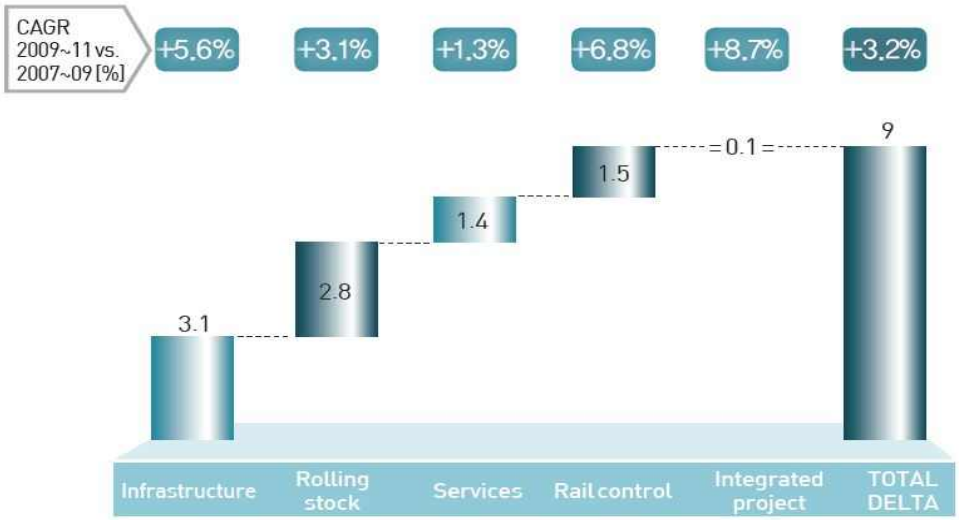
다. 기대효과

- 비용적 측면

최근 10년간 철도시스템의 안전성에 대한 인식과 필요성이 국내·외에서 급격히 대두되고 있는 실정으로 안전성 인증 및 컨설팅 그리고 그에 따른 부수적인 지원툴과 인력투입 비용까지 고려할 경우, 해외로의 자본 유출이 매우 심각한 수준이다. 본 과제를 통해 이러한 국내자본 유출을 상당부분 효과적으로 차단할 수 있을 것으로 예상되며, 가장 기본적인 비용만 계상하였을 경우 160억원에서 지속적인 활용과 증가추세에

따라 향후 20년간 비용적인 경제적 효과는 1000억원을 넘어설 것으로 추정된다.

- 안전도 측면



[그림6.4.1] 철도신호시스템 SIL인증을 위한 인프라 구성 안전도 측면

<출처 : 국토교통R&D 동향조사_철도교통, 2013>

상기에서 기술된 내용에서와 같이 철도시스템의 고속화와 안전성은 동일선상에서 동반성장해야 하지만, 세계적으로 차량의 속도에 치중한 경향이 있다. 추후 고성능, 다기능 그리고 안전성을 확보한 철도신호시스템은 매우 중요하고 반드시 개발되어야 할 테마이며, 이를 지원할 수 있는 핵심모듈의 개발은 최우선적으로 추진되어야 할 과제이다.

- 열차운영 측면

본 연구과제는 안전을 요하는 철도 및 도시철도분야 신호시스템 구축을 위한 핵심으로 시스템 오동작을 현저히 낮출 수 있게 되어 운영의 효율성 증가와 시스템 오동작으로 인해 발생할 수 있는 인적, 물적 피해를 최소화 할 수 있어 철도 및 도시철도분야에 대한 대국민 신뢰도 향상과 외산도입에 따른 국가의 경제적 부담 감소에 이바지 할 수 있을 것이다.

2. 철도신호시스템용 공통플랫폼 연구개발

가. 정의

국내 지상, 차상 신호설비 제작 Platform간 상호 호환성 및 안전성 향상을 위해 제작

업체, 신호설비, 경전철부터 고속철도까지 공통으로 적용이 가능하도록 Common Platform을 기반으로 다양한 Application과 쉽게 호환 가능한 다중화 기반의 Common Platform 기술 개발

나. 현황 및 필요성

1) 현황

현재 국내 기술로 제작되어 도시철도 운영기관에서 사용 중인 차상, 지상 신호설비들은 제작업체별로 기본 Platform이 각기 상이하다. 초기단계에서부터 일치하지 않는 Platform으로 제작되어 도시철도 운영기관에 설치 운영 중이다. 이러한 비호환성 때문에 신호설비의 부분개량 시 기존 설비와의 호환성 점검 및 각종 설비와의 Interface 문제가 발생한다. 따라서 유지보수가 힘들고, 상호 호환성이 결여되어 있어 운영이 비효율적이고 인증 비용이 과도하게 소요된다. 더욱이 국내 제작사의 핵심기술 대부분이 수입품으로서 유지 보수 시 국외 설비 제작사에 절대 의존해야 하며 유지보수 및 운영비용도 과도하게 발생되고 있다. 또한 상이한 Platform에 따라 시스템 도입 시 개발 기간이 길고 개발 비용 또한 과도하게 많이 소요되고 있어 전 세계적으로도 경제성과 운영 효율성을 함께 극대화할 수 있는 기술 개발이 경쟁적으로 이루어지고 있는 추세이다.

2) 필요성

-기술적 측면

열차제어시스템은 안전한 열차운행을 보장하는 안전필수(fail-safe)시스템으로서 수많은 운행과정에서 발생되는 장애 또는 사고의 분석을 통해서 시스템의 신뢰성과 안전성을 확보해야 한다. 국내에서 운용되고 있는 주요 철도 신호시스템은 외국 업체의 신호시스템을 도입하여 운용하고 있다. 외국 업체의 신호시스템들은 자국의 안전성 및 사고 예방을 위해 다중화 시스템을 적용하여 열차운행의 안전성을 확보하고 있다. 국내에서도 핵심기술을 확보하기 위해 연구 개발 사업을 추진하였으나 각각 Platform간 상이하고, 시스템 간 호환성이 결여 되어 있다. 따라서 각 Platform간 상호호환성 및 안전성 향상을 위한 핵심 기술에 대한 연구와 활동이 수행되어야 한다. 이러한 안전성 향상 확보를 위한 방법으로 선진국에서 적용하여 운행하고 있는 다중화 기반의 Common Platform 개발을 통해 열차 운행에 대한 신뢰성과 안전성을 확

보해야 한다.

-경제, 사업적 측면

열차제어시스템은 안전필수 특성으로 인해 국내 관련기업에서는 기술진입장벽이 상대적으로 낮은 ATS(Automatic Train Supervision)와 같이 안전관련 기능을 담당하는 하부시스템과 단품단위의 구성품의 공급에 집중을 하고 있다. 많은 기업이 이러한 사업에 참여함으로써 국내시장에서의 경쟁이 치열하며, 기업의 높은 수익을 확보하는 것이 어려운 상황이다. 제2차 국가철도망계획 발표와 같이 신호시스템의 개량, 광역철도망 구축등 여러 가지 건설 사업이 예상되고 있다. 또한 국내외 철도건설은 민간투자를 적극적으로 유도하고 있어 높은 수준의 기술력을 확보하는 것이 매우 중요한 요소로 작용하고 있다. 따라서 신뢰성과 안전성이 확보된 다중화 기반 Common Platform 개발은 국내 철도시장의 부가가치를 높여 경제성 확보와 건실한 철도산업 기반구축을 실현하는 필수 조건이며, 이를 통해 해외시장을 개척하는 것이 가능 하다.

-사회, 문화적 측면

최근 국가 비전으로 제시한 저탄소 녹색성장으로 인하여 주 교통수단으로 철도가 급부상 하고 있고, 국가 온실 가스 감축 목표가 향후 2020년까지 30%인 점을 감안한다면 철도는 물류 분야에서 선도적인 역할을 할 것으로 기대 된다. 특히 열차제어시스템은 컴퓨터기술, 소프트웨어 기술 및 무선통신기술 등을 적용하여 높은 성능과 효율성을 확보하고 있으나, 열차운행의 안전성을 보장하는 필수 설비이기 때문에 유럽에서는 Railway Safety Directive 등을 통해서 Vital Technology와 시스템에 대한 안전성 보장을 위한 조치를 정책적으로 요구하고 있다.

국내에서도 최근 철도 안전법을 토대로 안전성 조치에 필요한 각종 법, 제도적 기준과 장치 등을 마련하여 철도 선진국의 기술 수준에 부합하도록 정부 차원의 철도 정책에 비춰볼 때 안전성과 신뢰성 기반의 Common Platform 열차제어시스템 개발 및 상용화는 미래철도 선진국 진입과 교통부문의 녹색성장에 지대하게 기여할 것으로 기대된다.

다. 기대효과

- 비용적 측면

국내 철도신호시스템용 공통플랫폼의 핵심기술 개발로 기존 국외 제조사의 기술종속 탈피가 가능하고 제조사별 플랫폼 개발비용의 절감이 가능하고 추가적으로 인증기간과 인증 비용이 대폭 절감되는 효과가 생긴다. 따라서 국내 운영기관의 설치비용 감소로 인한 예산절감 효과와 해외 시장에서는 국외 철도신호시스템과의 가격 경쟁력이 강화되어 활발한 해외시장 진출 효과가 예상된다.

- 기술적 측면

Common Platform 규격을 표준화함으로써 철도용 하드웨어 및 소프트웨어를 변경할 때 변경되는 부분을 최소화 할 수 있으며 신기술을 적용하거나, 열차제어시스템을 변경하는 것이 더 용이해 질 수 있다. 또한 해외에 의존하던 핵심장치개발로 해외기술의 종속에서 탈피함으로써 국가 기술 경쟁력을 확보하는 동시에 국외로 기술 수출의 방안을 기대 할 수 있으며, 동시에 철도산업의 기술 경쟁력 재고 및 개발에 대한 응용기술 확대를 기대 할 수 있다.

- 안전도 측면

다중화 기반의 Common Platform은 국제표준에서 강제하는 안전성과 신뢰성을 만족하는 구조로 열차운행의 안전성을 보장 할 수 있으며, 국제 표준 규격에 적합한 안전 요구사항 준수함으로써 철도를 안정적이고 대중적인 안전적인 교통수단으로 정착 시킬 수 있다. 또한 해외시장 진출 시 국제 표준 규격을 만족함으로써 해외 경쟁 업체들 경쟁 할 수 있는 핵심기술을 확보가 가능하다.

- 열차운영 측면

Common Platform 핵심 개발을 통해 철도운영기관은 단일 공급사에 의존하지 않고 시장에서 여러 공급사로부터 필요한 부품을 공급받을 수 있어 운영비용이 절감되며, 제조사별 상이한 설비간 인터페이스를 표준화함으로써 설비 간 유지보수가 쉬워 효율적 운영을 통하여 운영 적자폭을 감소시켜 철도의 공공성 증진에 기여 할 수 있다.

3. 상왕십리 사고 재발방지를 위한 전자연동장치 S/W 안전성 향상 기술개발

2014년 서울메트로 2호선 추돌사고로 인하여 현재 상황에서 SIL인증과 관련된 과제를 시급히 진행할 필요가 있으므로 '상왕십리 사고 재발방지를 위한 전자연동장치 S/W 안전성 향상 기술 개발'이 진행 되어야 한다.

가. 정의

전자연동장치의 안전성 향상을 위한 기술개발로, 전자연동장치의 안전성을 보장하기 위한 SIL4에 부합하는 소프트웨어 인증

나. 현황 및 필요성

1) 현황

세계 철도신호관련 유수의 기업인 알스톰, 지멘스, 탈레스, 인벤시스, 봄바디어 등과 기타 여러 국가들은 전자연동장치에 대한 SIL4에 부합하는 활동 및 인증 획득을 하고 있다.

- 알스톰: VPI and Smart Lock - SIL4 부합
- 지멘스: Trackguard Sicas - SIL4 부합
- 인벤시스: Westrace MK2- SIL4 부합
- 탈레스: LockTrac 6151 L905 - SIL4 부합
- 봄바디어: EBI Loc 950 - SIL4 부합
- Medha: MEI 633 SIL4에 부합

2) 필요성

-상왕십리 사고 재발의 방지를 위한 안전성 높은 소프트웨어에 대한 요구

-철도안전법 시행에 따른 중소기업의 경쟁력 확보

-국내 전자연동장치 소프트웨어에 대한 안전성 검증 요구 증가

-세계 시장에서의 인증된 전자연동장치의 요구

-열차의 고속화에 따른 치명적(Catastrophic)이고 중대한(Critical) 위험 발생의 증가

-고속철도, 일반철도 및 타 안전설비에서의 정량적으로 검증된 소프트웨어 요구

-유럽에서의 전자연동장치에 대한 유로표준화 준비

-국내시장 선점과 국외시장 진출을 위해서는 시장 주도가 가능한 안전성이 검증된 철도시스템 개발에 지속적인 지원 필요

-초기 전자연동장치가 한정된 공간에서 신호제어용으로 개발된 시스템으로 주변의 여러 장치들과 혼용되어 사용함에 따른 다변화된 인터페이스의 최적화 작업 시급

-전자연동장치에 요구되는 안전성에 대한 정량적인 검증 데이터 축적

다. 기대효과

국내 안전 관련 설비 개발을 하는 중소기업으로의 기술 컨설팅을 통한 중소기업 육성, 철도 신호 및 기타 안전 관련 설비에의 SIL 개념 적용, 안전한 제품 제작을 통한 인명사고를 방지할 수 있다. 또한 안전도 SIL4등급의 경쟁력 있는 제품 생산을 통한 해외 수출을 진행할 수 있다. 철도 신호 및 기타 안전 관련 설비에의 SIL개념을 적용 보다 안전한 제품 제작을 통한 인명사고를 방지할 수 있다.

제 5 절 실시간 철도신호 안전 및 유지보수체계 구축

1. 철도신호 유지보수체계 효율성 증대를 위한 장치 및 자원 실시간 감시 시스템 개발

가. 정의

ABS-ATS 방식 및 AF-ATC 방식을 적용하는 자동신호시스템의 오류를 전 노선에 걸쳐 검지하여 보다 신속하게 유지보수 및 위험정보를 알려 사고율 감소에 영향을 줄 수 있는 시스템 개발

나. 현황 및 필요성

1) 현황

최근 들어 높은 기술 수준으로 성장한 국내 철도신호시스템의 급격한 발전은 이를 뒷받침할 수 있는 정책이나 운영, 유지보수 측면에서도 보조를 같이해 줄 필요가 있으며 안전성과 장치의 신뢰성이 매우 중요시 되고 있다.

그러나 운영과 유지보수 체계 및 기반시설은 이를 따르지 못하는 실정이며, 유지보수 인원의 감축 등으로 인해 철도신호시스템 유지보수에 대한 문제점이 지속적으로 제기되고 있다.

또한 각 신호시스템의 장치별로 인터페이스 방식이 상이하거나, 최근 장치의 개보수로 인한 디지털과 아날로그의 혼용 등으로 인해 장치의 고장 및 장애 발생시 원인을 쉽게 파악하지 못하는 문제점이 나타나고 있다.

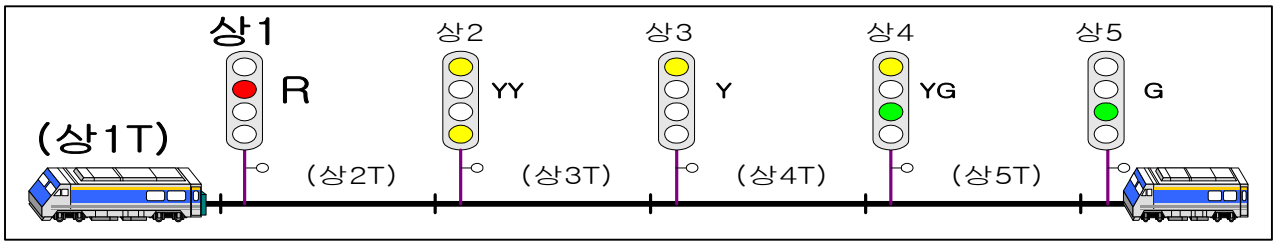
이러한 문제점 해결을 위해 신호시스템의 각 장치 특성별 감시 체계 및 감시 장치가 필요하며, 이러한 감시 장치를 통합하여 관리할 수 있는 중앙 관리시스템이 절실히 필요한 시점이다.

현재 철도신호시스템에서는 일반철도와 도시철도 및 광역철도에서 역간에 열차운전의 안전을 확보하기 위하여 자동신호시스템을 운영하고 있다. 이러한 자동신호시스템은 자동폐색장치라고 하는 제어장치 간의 주파수 통신을 통하여 폐색신호기 또는 차상신호의 신호 현시를 연속적으로 제어한다. ABS(Automatic Block system) 이라고 하는 방식과 AF-ATC 시스템 (Audio-Frequency Automatic Train Control system) 이라고 하는 방식이 사용된다. ABS 시스템은 서울메트로 1, 2호선에서 사용되고 있으며, 대부분의 광역철도와 일반철도에서 사용된다. AF-ATC 시스템은 서울메트로 3, 4

호선, 분당선, 과천선 등에서 사용되고 있다.

두 시스템의 차이는 ABS 시스템은 지상신호기의 현시를 통하여 기관사에게 신호를 전달하는데 비하여, AF-ATC 시스템은 차상신호 MMI 를 통하여 기관사에게 신호를 전달한다.

열차 보호 기능 측면에서는, ABS 시스템은 ATS(Automatic Train Stop) 장치를 추가하여, 신호현시의 제한 속도를 초과하는 열차는 기관사에게 경고를 알리거나, 열차를 자동으로 정지시키게 된다. AF-ATC 시스템은 레일에 가청주파수를 흘려 열차가 통과하는 구간의 제한속도 정보를 차상장치에게 전달하는 방식이므로, 레일을 통하여 전달된 구간 제한속도를 초과하는 열차에 대해서는 ATS와 같이 기관사에게 경고를 알리거나, 열차를 자동으로 정지시킨다. 다만, ATS 장치는 지상의 신호기가 위치하는 인접 지점에 제한 속도를 송신하는 지상자를 통하여 차상에 제한속도를 전달하므로 점제어식 또는 비연속적인 제어라고 하는 데 비하여, AF-ATC 시스템은 레일에 주파수 전류를 흘려서 차상에 제한속도를 전달하여 레일이 끊어지지 않는 한 차상장치는 제한속도를 계속해서 수신 받을 수 있으므로, 상대적으로 연속적인 제어라고 할 수 있다.



[그림6.5.1] 5현시에서 폐색신호 현시
[한국철도시설공단 설계편람]

2) 필요성

자동신호시스템은 개별적으로 흩어져 있는 자동신호제어장치(한국의 일반철도에서는 자동폐색장치라고 부른다.) 간의 신호 교환을 바탕으로 미리 정해진 신호현시 데이터베이스 또는 계전기의 논리 회로에 따라 자동신호를 현시한다. 하지만 데이터베이스의 오류 또는 자동신호제어장치의 자체적인 오류, 그리고 서로 연관되도록 인접한 자동신호제어 장치들 간의 정보교환 오류 등의 원인으로 잘못된 신호를 현시할 수 있으며, 이러한 경우에는 대형 사고를 유발하게 된다.

실제로 2011년 7월에 중국 원저우에서는 고속열차가 자동신호장치의 오류로 인하여

추돌사고를 일으켜 40여명이 사망하였으며, 국내에서는 2014년 6월에 서울메트로 2호선에서 마찬가지로 자동신호장치의 오류로 인한 사고가 일어났다.

자동신호시스템의 오류로 인한 추돌사고를 방지하기 위하여, 자동신호시스템의 동작 상태를 감시하는 원격감시시스템이 필요하다. 특히 시호현시 계열의 로직에 맞는 신호가 순차적으로 표출되는지 노선 전체에 걸쳐 일괄적으로 감시하는 시스템이어야 한다.

다. 기대효과

- 비용적 측면

현재는 유지보수자가 자동신호시스템를 검사하기 위해서는 열차 운행이 중단된 야간 시간에 직접 현장 신호기가 위치하는 장소로 가서 현시상태를 육안으로 확인하여야 한다.

이 시스템은 현장까지 가서 시행하는 시스템 기능검사를 신호기능실에서 전 구간 원격감시로 확인할 수 있고, 시간에 구애받지 않고 장애가 발생하면 즉각 상황을 인식할 수 있기 때문에 유지보수 비용의 절감이 생길 것으로 판단된다.

- 기술적 측면

현재는 고속철도와 메트로에서 사용하는 ATC 시스템에 대해서만 적용되는 자기진단 기능과 원격감시 기능을 일반철도와 광역철도의 아날로그 ABS 에 적용할 수 있게하여 신호시스템의 통합적인 감시와 운영이 가능하게 한다.

- 안전도 측면

자동신호시스템을 사용 중에 있는 ABS-ATS방식 및 AF-ATC방식의 오류를 신호기능실에서 신속하게 정보를 확인하여, 대형 사고를 예방할 수 있다.

- 열차운영 측면

신호현시계열의 점검을 위한 선로사용중지가 불필요하므로, 선로 운영의 절대시간을 추가적으로 확보할 수 있다. 만일의 사고 발생 시에도 감시설비의 로그 기록을 이용하여 정확한 사고원인을 신속하게 파악할 수 있다.

제 6 절 통합신호시스템 실용화 연구과제 기술적 타당성 분석

1. 국내 신호기술개발 현황 및 상용화 수준

최근에 설치중이거나 도입계획인 대부분의 신호시스템은 차상신호방식이며, 운영중인 노선을 연장하거나 신조차량 투입 등 특수한 경우에 한해서 차상신호방식인 ATC/ATO을 도입하고 있다.
국내 철도운영기관이 현재 도입을 검토 중이거나 향후 도입계획인 신호시스템은 기존 노선을 개량 또는 연장하는 특별한 경우를 제외하고는 무선통신기술을 적용한 "DTG(Distance to Go) 방식의 ATP"와 "이동폐색방식의 ATP"에 대한 관심이 높다.
국내 철도신호분야는 관제, 열차진로제어 및 ATC 부분에서 기술개발과 상용화가 활발히 진행되고 있는 것으로 분석되었으며, DTG방식의 ATP와 이동폐색방식의 ATP는 실험실단계에서 시제품을 개발하고 있는 단계로 확인되었다.
우선 국내 철도건설운영기관을 대상으로 국내 철도신호기업의 신호시스템별 기술 수준을 현장적용, 현장시험, 실험실, 기초설계, 기술조사 수준 등 조사하였다.
국내 철도신호기업은 국가연구개발사업, 시범연구사업 및 자체개발을 통하여 철도 신호관련기술을 개발하였으며, 기업의 설문조사 등 협조를 받아 개발한 신호시스템별 기술수준을 TRL(Technology Readiness Level)을 수준에 적용하였을 때 다음과 같은 것으로 나타났다.

- 궤도회로 및 발리스를 이용한 DTG ATP기술의 경우 TRL8까지 도달함.
- 무선통신기술을 이용한 DTG ATP기술은 시제품을 제작하여 시험선 또는 시범노선에서 시험을 수행한 TRL6 단계수준까지 도달함.
- 무선통신기술을 이용한 이동폐색 ATP기술의 경우 실험실에서 시작품을 제작하여 기능시험을 수행한 TRL5단계수준에 이루고 있음.

철도 신호시스템은 지상에서 열차의 운행을 감시 및 통제하는 사령설비, 열차의 간격제어를 통해 열차운행속도를 자동으로 제어하는 열차제어장치, 열차의 운행노선 및 방향을 결정하는 연동장치로 구성된다. 이러한 열차제어시스템 관련 기술은 국내의 모든 철도 현장에서 대부분 상업 운행 중에 있거나 설치중이다.
경량전철, 자기부상열차 등의 사령설비는 가상폐색 또는 이동폐색을 적용하여 무인자동운전을 대상으로 국산 사령설비의 적용 가능성은 있으나, 대부분의 해외신호시스템을 도입・의존하고 있다. 그러나 최근 분당선 시범사업과 경산시험선을 통해 사령설비의 기술 상용화가 가능한 것으로 확인되었다.
ATC 시스템의 특징은 주로 동일한 속도특성을 갖는 열차만 운행하는 시스템에서 효율적으로 사용되며, 고속선의 경우에는 다양한 종류의 안전 설비가 ATC 속도 코드에 연계되어 운행되는 반면, 도시철도의 경우에는 짧은 역간 거리에 따른 잦은 출발과 정지, 출퇴근시의 많은 승객을 이동시키기 위한 고밀도 운전을 위해서는 ATO 를 사용한다.

고속선 ATC의 경우, 현재 추진 중인 고속철도 기술개발사업을 통해 ATC의 핵심기술인 폐색 분할 및 속도 코드 생성을 위한 S/W도 연구 중에 있다. 도시철도의 경우, 궤도회로 감시장치 등과 같은 감시장치 및 운영, 유지보수를 위한 설비를 개발하여 적용하고 있으나, 현재까지 개발된 기술상의 문제점은 완전히 해결되지 않고 있는 것으로 나타났다.
DTG방식의 ATP 시스템은 현재 한국철도공사에서 2004년부터 도입, 설치를 추진중이며, 2010년에 상업 운행을 계획하고 있다. ATP 설비는 기술적인 측면에서 다양한 부분에 대해 국산화가 병행되었지만, 현재까지 상업운전에 실용화 하기에는 다소 문제점이 없지 않으며 국내에서 개발된 부분의 기술수준은 매우 미흡한 것으로 나타났다.
이동폐색 시스템에 적용될 ATP 기술의 경우에는 이미 경산의 경량전철개발사업과 대전국립과학관의 자기부상열차 개발사업에 국내에서 개발된 기술이 적용되고 있다. 그러나 이러한 기술에 대한 검증 및 S/W에 대한 보완, 수정 작업이 상용화 수준에는 이르지 못하고 있다.
연동장치의 경우에는 국내에서 개발된 기술이 이미 오래전부터 활용되고 있으며, 고속선에 사용되는 전자연동장치는 Alstom에서 도입하여 사용되고 있으며, 사용 중인 연동장치는 국내에서 제작된 연동장치로 대체하기 위한 연구가 2009년부터 추진 되었고, 현재는 상용화를 위해 오송의 고속선 유지보수센터에서 성능시험을 수행하고 있다. 이러한 일련의 과정을 볼 때, 국내기술로 제작된 연동장치는 주어진 열차운행 환경에 적합하도록 자체적으로 프로그램 개량 및 주변 기기와의 인터페이스는 물론 관제설비 및 열차간격제어설비와의 통신을 구현할 수 있음을 보여주고 있으며 이의 성공 시에는 연동장치 개발기술은 완전한 국내 자체기술을 보유할 수 있다.
국내 기술수준 및 개발현황을 살펴본 결과 국내의 자체 개발기술 및 이의 상용화 실적으로 볼 때 관련기술의 적용 가능성이 충분히 확인되었으며, 현재까지 개발된 개별 기술을 보유한 기업 및 연구소에서 제작된 다양한 제품을 대상으로 하여 국가 또는 공공기관이 SE(System Engineerin)을 적용하여 시스템표준사양을 마련하고, 열차제어시스템을 제작 구축한 후, 안전성을 포함한 시스템의 성능을 확인할 수 있는 인증시험 체계의 구축이 필요한 것으로 나타났다.

가. 국내 철도신호분야 시스템 구축 현황

기존철도 노선의 경우, ETCS Level 1을 경부선, 호남선에 설치하는 것과 함께, 기존선 고속화를 통해 경춘선, 장항선, 중앙선 등 총 6개 노선에 대해 모두 ETCS Level 1으로 개량하는 것으로 계획되어 있다.
이러한 시스템은 기존선에 있어서 신선 건설 및 개량 시에 유럽의 규정에 의해 의무적으로 반드시 적용하도록 되어 있으며, 전 세계 철도 운영 노선에 대해서도 주요 철도신호 공급사가 이러한 규정에 따라 ETCS Level 1을 제시함으로서 전 세계 표준으로 작용되고 있다.
도시철도 및 경량전철의 경우, 초기의 ATS 시스템에 의한 지상신호방식에서 ATC 시스템에 열차 자동운영 장치가 추가된 ATC/ATO 방식으로 변경되고 있으며, 이러한 ATC/ATO의 구현에 있어서 궤도회로, loop 등 다양한 형태의 정보전송 방식을 사용하고 있다.
현재는 무선기반 열차제어시스템인 CBTC 시스템이 경량전철 및 도시철도에 적용됨에 따라 기존의 ATC/ATO 시스템을 대체할 수 있는 새로운 신호시
스템으로 부상되고 있으며, 각각의 제작사간의 상호호환성을 위한 연구, 개발이 조만간 추진될

것으로 예상하고 있다.

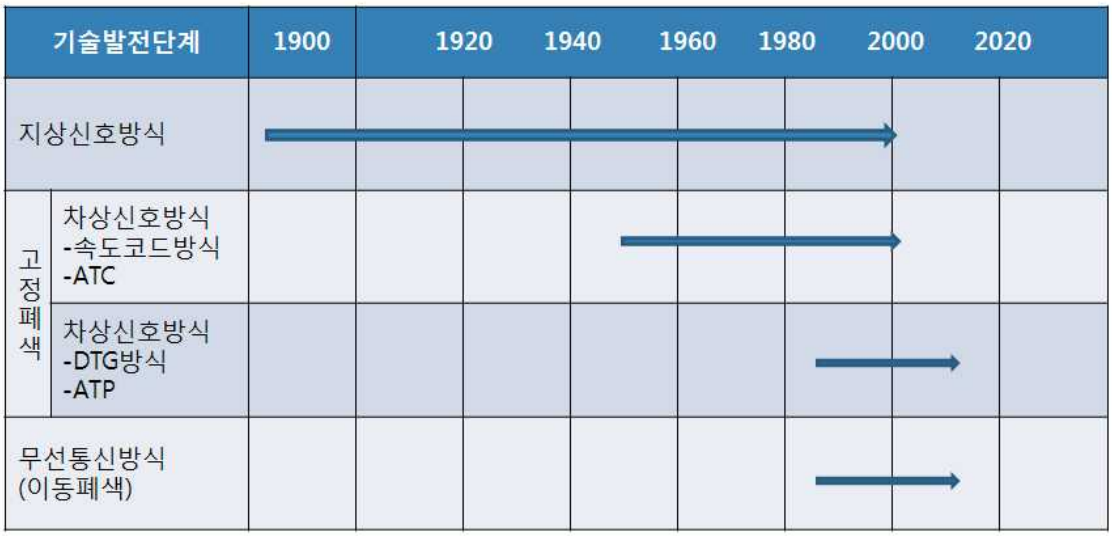
국내 신호시스템 운영현황은 대부분 국외 시스템을 도입하여 설치·운행함으로서 각각의 노선에 따라 모두 상이하게 기술적 특성이 주어져있고, 운영 및 유지보수 측면에서 각각의 노선별로 기술적인 호완 및 교류가 불가능한 상태이다.
또한 완전한 기술이전이 전제가 된 경우에 설비의 개량 및 개조 등이 가능하지만, 대부분의 시스템은 이러한 설비 개량 및 개조 등의 작업을 국내의 기술로서 독자적으로 취급하거나 국내 운영 및 유지보수 기술을 바탕으로 한 완전한 운영 및 유지보수가 어려운 실정이다.
따라서 국내에서 통합시스템으로 제작된 신호시스템의 공급과 이를 상용화하기 위한 노력이 필요한 것은 독자적인 운영 및 유지보수는 물론 국내에서 사용 중인 신호시스템의 통합 운영 기술 확보하는 것이 철도 기술적 측면에서 매우 중요하다. 그리고 철도신호시스템에 대한 상호 운영성을 확보하기 위한 표준화가 반드시 이루어져야 한다.

나. 국내외 신호시스템 개발 현황 조사 분석

국내 철도신호는 G7고속철도기술개발사업, 도시철도표준사업, 경량전철시스템개발사업, 자기부상철도기술개발사업 등 국가의 연구개발사업을 수행하면서 관련 핵심기술과 시스템엔지니어링 기술을 확보하고 있다.
이러한 기술을 철도관제설비, 사령설비, 전자연동장치 등을 개발하고 실제 적용하는데 활용하고 있으나 ATP 등 핵심기술은 해외철도신호기업의 제품을 도입하거나 기술협력을 하고 있는 상황이다. 최근 해외 철도신호기업은 무선통신기술을 열차제어기술에 적용한 새로운 열차제어시스템을 개발하여 실용화하고 있는 추세이다.

(1) 해외의 신호선도기업의 기술 개발 현황

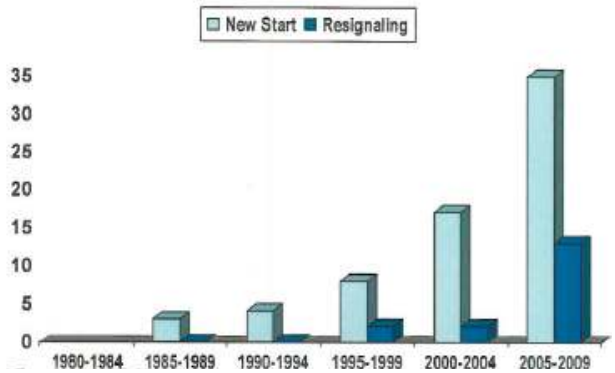
1990년대 후반까지는 Adtranz, US&S, GRS, Alcatel 등이 있었으나, 세계 철도신호 시장은 6대 메이저 공급사가 전체 시장의 70%를 점유하고 있다. 최근 중국 시장 규모가 급속히 확대되면서, 국영회사인 China Railway Signal and Communication Corp. 또한 중요한 위치를 차지하고 있는 것으로 나타났다.
세계신호부문 6개 메이저기업을 포함한 철도신호업체는 철도운영기관의 요구사항인 안전성과 운영효율향상을 충족하기 위해서 신호시스템 또는 열차제어시스템에 대한 기술개발을 지속적으로 수행하고 있으며 그 단계는 아래 그림과 같이 기술 발전을 4단계로 구분할 수 있다. 이 그림을 통해서 무선통신방식을 적용하는 열차제어시스템과 속도프로파일을 적용하는 DTG방식의 ATP시스템이 2000년대 이후 신호시스템 시장을 주도하고 있는 것을 확인할 수 있다.



[그림6.6.1]철도신호시기별 기술 발전 단계

1985년 캐나다 토론토의 Scarborough RT노선에 무선통신기반 열차제어시스템을 처음으로 상업화한 이후 1990년까지 구축된 무선통신기반 열차제어시스템은 Vancouver의 SkyTrain시스템과 Detroit의 people mover가 있다. 2000년까지는 무선통신기반 열차제어시스템을 7개 노선에 추가적으로 구축하였다.

2010년까지 50여개 정도의 노선에서 무선통신기반 열차제어시스템의 영업운전이 예상되며, Alstom, Bombardier, Ansaldo, Siemens 및 Thales 5개사에서 이러한 시스템을 공급하고 있다. 무선통신기반 열차제어시스템은 유럽, 아메리카 및 유럽의 신선의 신호설비, 노후신호설비개량, 소규모의 APM 및 중량전철 등에 광범위하게 적용하고 있다.



[그림6.6.2] 시기별 세계 철도시장 CBTC 도입 건 수

(2) 유럽연합

유럽은 EU(European Union)를 중심으로 정치, 경제의 통합을 추진하고 있으며, 이 통합에는 유럽 각 국의 상이한 철도신호시스템을 통합하는 것도 포함하고 있다. 신호시스템의 통합은 상

호운영성 또는 상호호환성을 갖춘 하는 ETCS(European Train Control System)를 개발하는 것이며, 현재는 완성된 시스템의 기능사양서와 요구사양서를 토대로 개발한 ETCS Level 1&2에 대한 현장시험을 거쳐 여러 노선에 적용하고 있다.

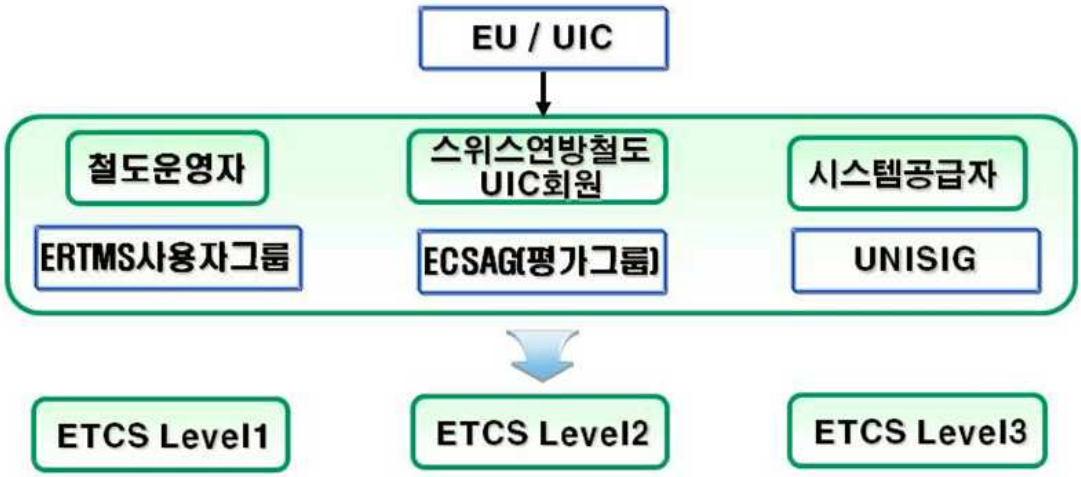
현재 유럽에서는 각 국의 상이한 열차제어시스템의 통합을 추진하고 있다. 열차제어시스템의 통합은 상호운영성(Interoperability)을 목적으로 하는 ETCS (European Train Control System) 개발이며, 현재는 완성된 시스템의 기능사양서와 요구사양서를 토대로 개발한 몇 개의 시스템에 대한 현장시험을 거쳐 여러 노선에서 건설하고 운영하고 있다.

1990년대에 UIC(Internaltional Union of Railways)에서 ETCS의 검토·개발을 처음 시작하였으며, 1996년에 200km/h 이상의 고속선에서 상호운전성을 구현하는 것을 목적으로 하는 유럽지침(Directive 96/48/EC)이 공포되었다. 이미 UIC A200 위원회는 ETCS 기능요구사양서 (FRS : Function Requirements Specification)와 시스템요구사양서 (SRS : System Requirements Specification)를 작성하였다.

또한, 독일, 프랑스, 이탈리아의 국영철도회사는 EU법규에서 인증하는 EEIG (European Economic Interest Grouping)조직 내부에 ERTMS (European Railway Traffic Management System)사용자 그룹을 구성하였다. ERTMS 사용자그룹은 고속선을 대상으로 하여 보다 간단한 열차제어시스템사양서 작성을 목적으로 1997년 스페인 국철 등이 그룹에 추가로 참가하였다. ERTMS 사용자그룹은 ETCS의 SRS를 기본으로 고속선을 대상으로 하는 SRS(version 4A : 1997년, 5A : 1998년)를 작성하였다.

이와 병행하여 독일, 프랑스, 이탈리아에서는 ERTMS 사용자그룹의 SRS에 대한 제작사측의 입장을 반영하기 위한 검토를 진행하였으며, 유럽위원회에서는 상호운전성을 구현하기 위해서 1998년 7월 검토에 참여한 4개 제작사와 version 4를 기준으로 하여 새로운 SRS작성에 합의하였다. 그 이후에 새로운 2개의 제작사가 추가로 합세하여 ERTMS/ETCS에 관한 신호제작사 단체 UNISIG(Union Industry of Signaling)를 조직하고 제작사측의 개발시스템을 정의하였다.

한편, ERTMS 사용자그룹에서는 적절한 SRS를 제작사측에 제시할 수 없었기 때문에 ERTMS사용자 그룹에서 작성한 SRS에 구속되지 않게 하기 위해 ERTMS 사용자 그룹과는 별도의 회원과 스위스 연방철도 및 UIC의 회원으로 구성된 ECSAG(ERTMS Core SRS Assessment Group)를 1998년 8월에 설치하였다.



[그림6.6.3]ERTM/ETCS 개발 체계

또한, UNISIG와 ERTMS 사용자그룹에서 새로운 SRS작성을 시작하였다 구체적으로는 UNISIG는 기술적인 부분을 ECSAG는 주로 기능적인 부분을 검토를 하고 UIC와 EU측에서 참석하여 ERTMS 사용자그룹 총회와 UNISIG 각 사의 책임자에 의한 결과를 인정하였다. 기능요구사양서는 UNISIG에서 개발하는 열차제어시스템의 상호운전성을 확보하기 위해서 시스템을 3단계로 구분하여 제안되었다.

① Level 1

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

② Level 2

- GSM-R(Global System for Mobile Communications-Railway)을 이용하여 열차와 중앙사령실(RBC: Radio Block Center)사이에 양방향 정보전송열차위치확인 목적으로 balise 사용
- 연속적으로 열차의 안전속도(제한속도)를 감시함.
- 차상신호(cab signaling) : 기존의 선로 비점유 indication을 이용하여 선로점유 및 train integrity 확인
- Block section의 기술적 메카니즘을 통하여 열차간 안전시격 확보

③ Level 3

- 차상신호장치의 열차위치정보 및 train integrity정보를 토대로 선로점유상태 파악(열차는 내장된 train integrity감시장치를 이용할 수 있어야 함)
- 중앙사령실(RBC)을 통하여 열차간 안전간격 확보(고정 블록, 가상 블록, Moving Block) ETCS의 차상장치를 장착한 열차만이 Level 3 선로에서 운행될 수 있음

(3) 중국열차제어시스템(CTCS:Chinese Train Control System)

유럽의 통신 시스템인 GSM을 도입한 중국은 가장 빠르게 이러한 체계에 부합하도록 자국 내의 철도망에 대한 검토와 분석을 통해 중국열차제어시스템을 의미하는 CTCS체계를 구축하고, 각각의 적용 대상 기술에 따라 Level 0, Level 1, Level 2, Level 3, Level 4로 분류하여 규정화 하였다.

이는 네트워크화, 정보화, 지능화, 표준화, 안전설계 및 평가, 종합 시험 및 시운전의 목적 하에 중국 철도에 대한 검토를 추진하였으며, 각각의 특성은 다음과 같다.

① 네트워크 화

현대의 열차제어시스템은 각종 신호설비의 간단한 조합뿐만 아니라 기능측면에서도 완벽한 제어시스템으로 구성되며, 시스템 내부 각 기능 단위 간에는 독립적으로 작동하지만, 동시에 상호 연계하여 정보를 교환함으로서 복잡한 네트워크화 구조를 구성한다. 따라서, 운영자는 관할 구역내의 각종 상황을 전체적으로 파악하고 시스템 자원을 유연하게 배치함으로서 열차 운행을 안전하고 효율적으로 실행 할 수 있도록 한다.

② 정보화

철도망에 있어서 전반적으로 정확하게 정보 전송을 구현해야만, 고속으로 운행하는 열차의 안전이 보장됨에 따라, 현대화된 철도 신호시스템은 광통신, 위성통신, 무선통신 등의 다양한 통신 기술을 이용한다.

③ 지능화

시스템의 지능화 및 제어설비의 지능화로 분류되며, 시스템 지능화는 상층 관리부문이 철도시스템을 실제 상황에 근거하여 지능적으로 통제하도록 하며, 제어시스템의 지능화는 운영자에게 필요로 하는 정보를 정확하고 빠르게 인지하도록 하여 운영자의 명령에 따라 열차 운행을 지시하고 제어한다.

④ 표준화

통일된 표준을 제정, 사용하고 양호한 설비의 상호 운용에 대한 가능성을 실현하고 상호호환성 요구에 만족하게 한다.

⑤ 안전설계 및 평가

관련된 안전 표준에 따라 설계함으로서 신호설비의 안전을 향상시키며 동시에 시스템의 생명주기에 따라서 설계를 규정화함으로서 설비 원가를 감소함은 물론, 특히 안전 평가 이론의 구축과 보급은 고속철도 운행제어시스템의 신뢰도 및 안전성을 정량 평가하는데 중요한 수단으로 작용한다.

⑥ 종합시험, 종합 조정 및 시운전
열차제어시스템이 매우 복잡한 종합시스템으로 구성됨에 따라, 시스템 내부는 타 하부 시스템과의 복잡한 인터페이스로 인해 개통 운영전 엄격한 종합시험, 종합조정 및 시운전을 실시한다.

2. 기술개발 타당성

철도신호조합에서 제시한 주요 기술을 살펴보면 먼저 선진국 및 글로벌 기업에 비해 부족한 국내 철도신호기술에 대한 국산화와 통합신호체계 개발에 의한 글로벌시장 선도에 초점이 맞춰져 있다.

앞서 국내 철도기술수준에 대한 검토결과 국내수준은 글로벌 철도신호기술 수준에 비해 미흡한 것으로 나타났다. 하지만, 주요 기술에 대한 연구개발을 통하여 많은 부분을 국산화에 성공하였고, 주요 기술을 상용화함으로써 성공적인 기술개발을 이루어냈다.

아직 부족한 측면으로는 주요 핵심기술에 대한 해외의존도가 높다는 것이다. 이를 해결하기 위해서는 우리나라만이 가질 수 있는 독자적인 기술개발이 필요하다. 현재 신호조합에서 제시한 로드맵과 개발기술을 살펴보면 차량의 유형 및 철도 유형을 구분하지 않고 모든 철도에 사용될 수 있는 통합신호체계를 개발함으로써 세계 시장을 선도할 수 있으며, 핵심기술을 국산화함으로써 향후 기술수입에 대한 부담을 감소시킬 수 있다.

또한, 통합신호체계 기술 개발을 통하여 세계시장으로 진출이 가능하며, 글로벌 신호관련기업과 경쟁할 수 있는 기반을 마련할 수 있을 것으로 예상된다. 따라서, 철도신호조합에서 제시한 주요 기술에 대한 기술적 타당성은 매우 높은 것으로 판단할 수 있다.

특히, 주요기술 중 세계시장을 선도할 수 있는 일부 기술에 대해서는 국가의 중점적인 지원이 필요하다. 유럽 및 미국의 사례에서도 나타난 바와 같이 핵심기술에 대한 정부의 지원이 지속적으로 이루어졌다. 국내도 이와 마찬가지로 글로벌 시장을 선도할 수 있는 주요 기술을 파악하고 이에 대한 체계적인 지원이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

3. 기술적 타당성 결론

현재 철도신호분야 시장을 선점하고 있는 기업은 유럽과 미국의 주요 기업이 전 세계 철도신호 관련 소프트웨어와 하드웨어를 선점하고 있는 상황이다. 국내 철도 신호 관련 분야도 글로

벌 기업 및 시장에 대응하기 위하여 다양한 분야에 대한 기술개발을 지원하고, 이를 국산화하기 위한 노력을 꾀하였다.

하지만, 국내 철도신호분야의 기술은 아직까지 세계적인 수준에 이르지 못하고 있는 것으로 나타났으며, 철도 신호 관련 주요 핵심 기술의 경우 아직도 해외 기업의 기술에 의존하고 있는 것으로 나타났다. 최근 안전에 대한 이슈가 사회적으로 증가하면서 철도 신호분야에 대한 관심이 더욱 증가하였으며, 안전도 향상을 위한 핵심 기술로 철도신호분야가 각광받고 있다.

철도 신호 기술은 기존 유선방식에서 무선방식으로 변화하고 있으며, 유인운전 방식에서 무인운전 방식으로 변화하고 있는 추세이다. 해외 주요 국가의 경우 철도 신호 시장의 성장성을 파악하고, 철도 무선 신호기술을 선점하기 위한 다양한 노력을 꾀하고 있다. 국내의 경우 아직 글로벌 시장을 겨냥한 기술개발은 아니지만 현재 해외 주요국가 및 기업에서 시도되고 있는 철도 관련 기술 개발을 추진하고 있다. 이중 무선통신 기술을 활용한 철도신호 기술은 국내외적으로 각광받고 있는 기술이다.

이와 같은 선진기술에 대한 핵심기술을 확보할 경우 기존 철도 신호 기술 개발에 따른 로열티 및 유지보수 비용을 해외기업에 지불하지 않게 되는 장점이 있으며, 기술시장 선점에 따른 로열티를 확보할 수 있다는 장점을 가질 수 있다. 또한, 신기술이 세계 표준이 되었을 경우 신기술이 가지는 경제적 파급효과는 엄청나다고 할 수 있다.

유럽 및 미국의 경우 이러한 철도 신호 시장을 선점하기 위해 많은 노력을 꾀하고 있다. 국내 철도신호시장도 이와 같은 추세를 감안하였을 때 신속한 투자가 이루어져야 한다고 판단된다. 특히, 글로벌 무선통신환경 중 가장 우수한 무선 통신망을 구축하고 있는 우리나라의 경우 신기술개발 및 해외 무선통신인증을 위한 사이트 개발로 추진할 수 있다는 장점을 가지고 있으므로, 철도 신호기술 개발의 타당성은 확보하였다고 판단된다.

그 중 무선관련 기술은 특히 국내가 해외를 압도할 수 있는 분야이기 때문에 국내 현황을 파악하고 이를 향상시킬 수 있는 주요 기술을 중심으로 중점적인 지원이 이루어져야 할 것이다.

제 7 장 전문기관 타당성 분석

제 1 절 정책적 타당성 분석

1. 연구목적

철도산업은 녹색시대에 탄소배출을 효과적으로 절감할 수 있고, 수송효율성을 향상시킬 수 있다는 측면에서 기존 침체기에서 벗어나 향후 발전가능성이 높은 산업으로 인식되고 있다. 특히 고속철도 시대의 도래로 인해 철도산업은 국가의 신성장동력 산업으로 각광 받을 만큼 산업 위치가 상승하였다.

이와 같은 철도산업에 대한 인식변화는 주요 국가의 철도산업에 대한 정책변화를 이끌었으며, 철도산업 발전을 통한 다양한 연계산업 육성 정책을 개발하기 위한 원동력으로 작용하였다. 향후 철도산업의 경쟁력이 국가 경쟁력의 기반이 될 수 있기 때문이다. 주요 철도선진국에서는 철도산업의 중요성을 인식하고 철도산업을 육성하기 위한 다양한 정책을 개발하였다.

해외 주요 철도정책을 살펴보면 크게 두 가지로 구분할 수 있다. 첫째는 철도가 국가 교통 및 운송수단의 중심에 설 수 있도록 육성하기 위한 정책이고, 둘째는 신기술 적용을 통한 철도산업의 대외경쟁력 강화 및 활성화 정책이다.

철도가 가장 발전해있는 유럽의 경우 국가 및 EU 차원에서 철도산업을 발전시키고, 철도산업을 기반으로 다양한 산업을 육성시킴으로써 대외 경쟁력을 향상시키기 위한 다양한 정책을 추진하고 있다. 이와 더불어 미국, 일본, 중국 등 전 세계 철도선진국은 자국의 기술이 세계 표준이 될 수 있도록 다양한 정책 지원을 통해 철도 관련 산업 기술개발을 지원하고 있다.

철도 선진국의 경우 자국의 기술이 세계 표준을 만들기 위해 자국 철도기술을 발전시키기 위한 기술로드맵 및 지원로드맵을 구축하여 체계적인 기술개발 및 적용이 이루어질 수 있도록 지원하고 있다.

본 연구에서는 국내외 주요 철도산업 육성 및 지원정책에 대한 사례를 비교분석함으로써 본 과제를 통해 제안하고 있는 국내 철도신호 관련 기술의 정책적 타당성을 파악하고, 이를 제시하고자 한다.

2. 국내외 철도 신호 정책

가. 유럽 및 미국

전 세계적으로 철도 선진화를 이끌고 있는 국가로는 유럽연합, 일본, 미국 등이 있으며, 최근 중국이 철도산업에 많은 투자를 함으로써 철도 선진화에 총력을 기울이고 있다.

이들 국가들의 철도분야에 대한 정책적 특징을 살펴보면 다음과 같다. 먼저 유럽 연합의 경우 유럽 내 열차상호운영성에 필요한 여건을 지원하기 위한 지침(Derectives)과 상호운영을 위한 기술사양서(TSI) 및 각종 사양서를 작성하는 등 법제도적인 체계를 구축하였다.

유럽연합의 지침(Directive 96/48/EC)은 2002년 11월부터 유럽 내에 건설되는 신호시스템을 건설 또는 개량할 경우에는 ERTMS 또는 ETCS를 사용하도록 하는 법제도적인 근거를 마련하였다.

■ Directive
·Directive 96/48/EC - Interoperability of the trans- European high speed rail system
·Directive 2001/16/EC - Interoperability of the trans-European conventional rail system
·Directive 2004/49/EC - Railway safety directive
·Directive 2004/50/EC amending Council Directive 96/48/EC on the interoperability of the trans-European high-speed rail system and Directive 2001/16/EC of the European Parliament and of the Council on the interoperability of the trans
-European conventional rail system

기술사양서(TSI) 역시 유럽연합지침(Directive 2001/16/EC)을 토대로 하고 있다.

■ Technical specification for interoperability
·The technical specification for interoperability relating to the control-command and signalling subsystem of the trans-European high-speed rail system
·The technical specification for interoperability relating to the control-command and signalling subsystem of the trans-European conventional rail system

■ European norms and standards
·Reliability, Availability, Maintainability and Safety 분야
·Track occupancy detection 분야
·Electro Magnetic Compatibility 분야
·Class A systems(target system for future)

- ETCS
- GSM-R

·Class B systems(existing systems allowed to be used during migration phase)

- Automatic Train Control
- Analog Radio

특히, 유럽연합의 표준을 개발하여 적용하도록 함으로써, 유럽연합만의 독자적인 신호체계가 글로벌 표준으로 적용될 수 있도록 기반을 마련하였다.

미국의회는 열차를 110mph에서 187mph로 고속화하여 승객과 화물의 수송용량을 높이기 위한 목적으로 적정 시스템인 PTC(positive train control)시스템을 2015년까지 모든 간선철도에 적용하는 것을 근간으로 하는 the Rail Safety Improvement Atc of 2008을 의결하였다. PTC시스템을 적용한 목적은 열차간 충돌사고 방지, 열차속도감시강화, 열차과속에 의한 탈선사고 방지, 선로작업자 및 시설물 보호 등이다.

2008년 9월 로스엔젤레스에서 발생된 열차사고를 조사한 결과, PTC시스템을 적용한 경우 사고발생을 방지하였거나 최소화하였을 것으로 분석되었다. 열차는 GPS 또는 트랜스폰더를 이용하여 열차위치를 확인하고, 열차이동권한이 설정된 위치까지 주행을 하며, 열차의 현재상태, 열차의 속도 및 이동권한위치를 감시한다.

열차속도와 열차이동권한은 열차의 속도곡선과 열차의 제동곡선을 비교하여 비교된 값을 토대로 열차가 허용속도이하로 내려가지 않거나 제동력이 부족하여 정지위치에 정차하지 못 할 경우 PTC시스템이 작동하도록 되어 있다.

나. 중국

거대한 인구와 국토면적 및 급속한 경제발전에 따라 중국의 사회기반시설이 절대 부족한 상황이다. 또한 중국의 정치, 경제적인 통합을 촉진하고 성수기 열차운영난을 해소하기 위해서 철도망의 중장기 구축계획을 수립하였다. 중국철도의 영업거리는 세계의 6%를 차지하고 있지만 철도수송량은 세계의 24%를 담당하고 있으며 평균수 수송밀도는 세계1위 수준에 이르고 있는 실정이다.
중국의 중장기 철도망 구축계획의 주요 내용은 다음과 같다.

·2020년까지 시속 200km이상의 여객전용노선 1.2만km 건설
·정부철도망 확대사업을 통한 1.6만km의 신규노선 건설 등
·총 영업거리를 10만Km까지 확장 계획
·기존선 복선화(1.3만km, 17.3%) 및 전철화(1.6만km, 21%) 조속 추진
·복선화 및 전철화율 전체 노선의 50% 이상으로 향상

·주요 간선에서 여객과 화물 노선 분리 및 국민경제 및 사회발전의 요구에 부합하도록 수송능력의 향상 방안을 강구
·주요 기술 및 장비의 선진국 수준 도달 또는 근접하도록 개선
·2020년까지 총 2조 위안(한화 약 320조 원) 예산 투자
·매년 1,000 ~ 1,200억 위안(한화 16조 ~ 19조) 투입 예정

다. 국내 철도 정책

(1) 정부의 중장기 철도건설계획

우리나라의 경우 철도분야 신호시스템 상세기획연구를 위하여 상위계획 및 역교통시설계획을 검토하였으며, 이 중 정부의 중장기 철도건설계획을 정리하면 아래와 같다.
·제4차 국토종합계획 수정계획(2006~2020년), 건설교통부, 2005
·제3차 수도권정비계획(2006~2020년), 건설교통부, 2006
·국가기간 교통망계획(2000~2019년), 건설교통부, 2007
·제2차 중기교통시설투자계획(2005~2009년), 건설교통부, 2006
·광역경제권 발전 30대 선도프로젝트, 국토해양부, 2008.09
·국가철도망 구축계획(2006~2015년), 건설교통부, 2006
·대도시권 광역교통기본계획(2007~2026년), 건설교통부, 2007
·수도권 광역교통망 계획(2001~2020), 건설교통부, 2001
·서울특별시 10개년 도시철도 기본계획, 서울특별시, 2008
·경기도 철도기본계획, 경기도, 2006

(2) 철도관련 상위계획

철도관련 상위계획은 국가 기간계획으로 철도경쟁력 강화를 위한 고속화 간선철도망 확충을 위해 남북 6개축 및 동서 6개축은 고속철도와 연계하여 고속화된 간선철도망 구성에 초점을 맞추고 있으며, 다음은 「국가기간교통망계획(2000~2019)」에서 제시된 국가간선철도망 계획을 나타내고 있다.

철도관련 상위계획은 고속철도, 일반철도 분야로 구분할 수 있으며, 기존 철도 노선의 연장과 복선화를 통하여 철도 노선의 효율성을 향상시키는 방향으로 설정되어있으며, 국가축을 기반으로 한 중추 노선의 지선을 개선하는 형태로 국가간선철도망 계획을 수립한 것으로 볼 수 있다. 이와 같은 노선의 다양화를 추진하기 위해서는 철도분야에 대한 지속적인 시설투자와 더불어 기술개발을 위한 투자가 이루어져야 한다.

(3) 전국 철도망 계획

철도수송분담률 제고를 위한 철도시설의 대폭전인 확충계획 수립하였으며, 중소도시 및 신도시의 경우는 경전철을 도입하여 전철과 연계체계를 구축하도록 계획을 수립하였다. 일반철도 사업이 기존 노선의 복선과 노선을 연장하는 형태라 한다면, 경기철도 및 서울 도시철도분야는 기존 철도망의 구조화하여 연결하는 형태로 철도가 가지는 인적 수송능력을 최대화 할 수 있도록 방향이 설정되어 있다.

특히, 도시철도에 대한 부분은 인적 수송에 향후 많은 영향을 미치며, 무인화 및 스마트화 된 신호체계를 통하여 운영효율성을 향상시키는 방향으로 설정되어 있어 신호기술에 대한 중요성이 더욱 높은 계획이라 할 수 있다.

3. 도시장 전망

가. 철도화물

최근 80년간의 몇 차례의 큰 경제 위기 속에서도 철도시장은 지속적인 성장추이를 보여주고 있으며, 철도 여객수송에 비하여 철도 화물 수송 분야는 경제위기의 영향 을 직접 받는 것으로 나타나고 있다. 경제 위기로 2009년에 인도를 제외한 남 북아메리카, 중국, 러시아, 서 동유럽에서는 급격한 화물 수요의 변화가 있을 것으로 SCI Verkehr는 예상하였으며, 2008년으로 회복되기 위하여 2012년이나 2014년이 되어야 할 것으로 예측하였다.

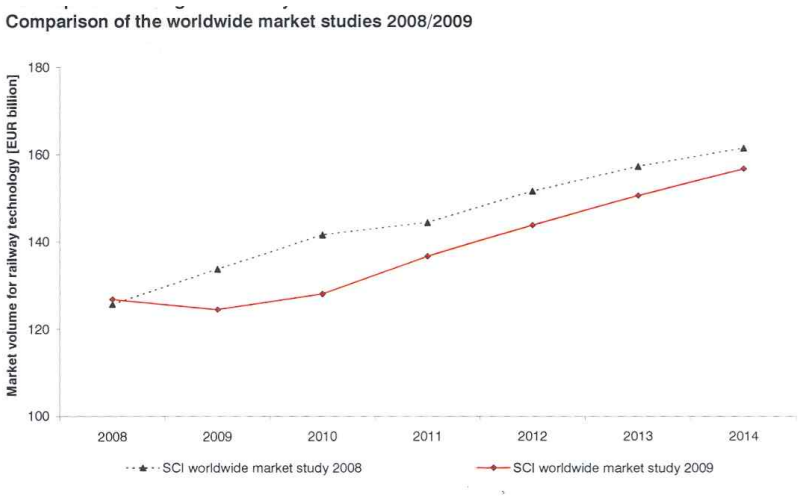


Figure 1:
Development of the global railway market up to 2014 (figures by year)

[그림7.1.1]철도 산업 연구에 따른 세계 철도시장 발전 예측

출처 : SCI Verkehr(2008)

하지만 이러한 분석에서 2008년에 매우 높았던 철도 화물은 2009년 대폭 감소했으나 2014년까지는 지속적으로 증대할 것으로 예측하고 있다. 지난 8년간 화물의 tonne-kilometers는 세계 시

장의 약 50% 수준의 성장추세를 나타냈으며, 이는 세계의 각 국가들이 철도 화물 교통에 상당한 비중을 두고 있는 것으로 볼 수 있다.

이러한 높은 성장률은 주로 컨테이너 화물의 높은 수요에 기인하고 있는 것으로 분석되고 있으며 이에 따라 철도수송용량의 절대적 확보가 필요한 것으로 추정할 수 있다.

나. 철도여객

철도 여객 수송량은 철도 화물 교통 수요보다 비교적 변동 없이 지속적인 증가 추이를 보이고 있으며, 2009년에 SCI Verkehr는 2008년과 비교하여 일정한 발전과 교통 서비스에서는 차후에 더 시장이 성장할 것으로 예측하였다.

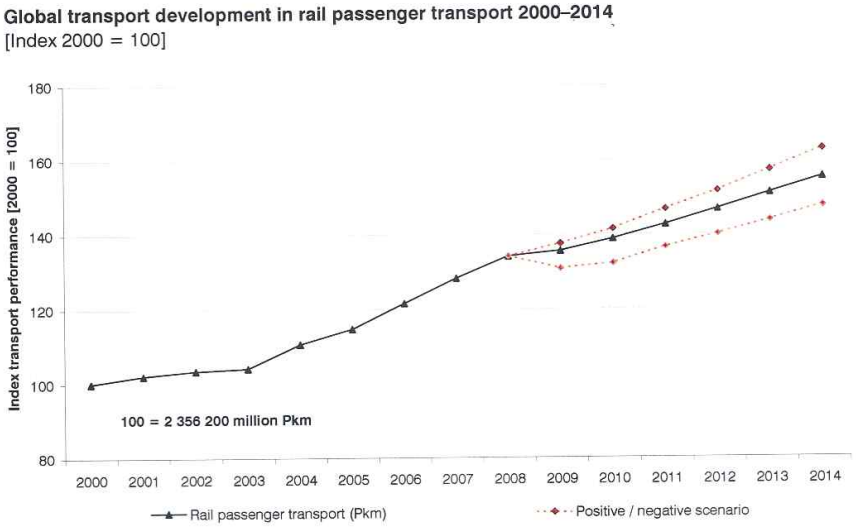


Figure 4: Global transport development in rail passenger transport 2000–2014

[그림7.1.2] 철도 여객 교통 수요 예측

출처 : SCI Verkehr(2008)

철도 여객 수송량은 철도 화물 교통에 비하여 경제 위기에 영향을 받지 않지만, 공공예산의 부족으로 장기적 서비스는 감소하며 이러한 현상은 특별히 서유럽에 나타날 수 있을 것으로 전망하고 있다.

철도 여객 교통은 몇몇 지역의 위기에 의하여 더욱 심하게 영향을 받지만, 유럽과 다른 선진국의 경제는 사업 여행 부분에 영향을 미쳐서 여객의 여행횟수와 비용에 다소 영향을 미치며, 통근 철도 서비스와 도시교통은 CIS와 몇 개의 동유럽 국가에서 높은 실업률에 수요가 영향을 받아 감소하고 있음을 알 수 있다.

다. 철도분야별 시장전망

장기간 관점에서 철도 수요는 철도 관련 생산품의 수요와 연관이 된다. 가장 큰 발전은 인프라 분야에서 보이고 있으며, Rolling Stock분야에서 화물객차나 기관차에 대한 수요의 감소는 이 분야에 다소 감소하는 패턴을 보여 주고 있다.

한편 철도시장을 시나리오별로 낙관적 중도적 비관적 시나리오를 바탕으로 철도 기술 시장의 규모를 예측한 그래프는 다음과 같으며, 시나리오별 내용은 아래와 같다.

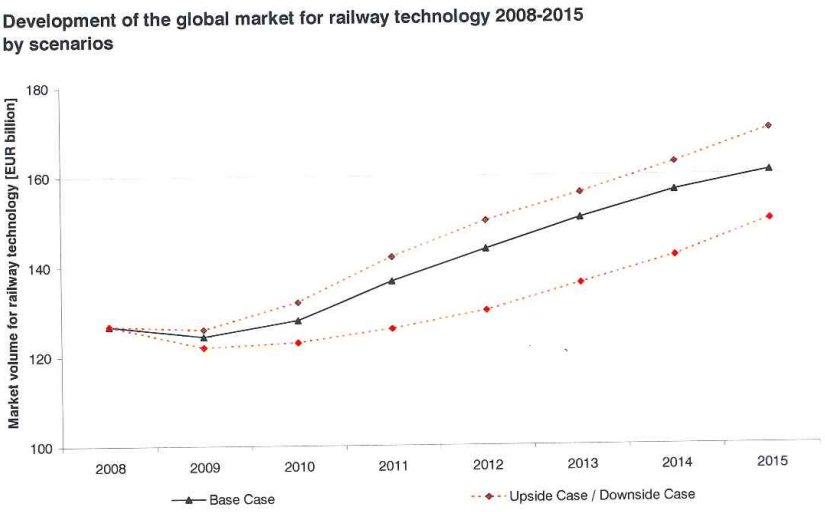


Figure 5: Development of the global railway technology market 2008-2015 (figures by year)

[그림7.1.3]철도 기술의 시장 성장 예측

출처 : SCI Verkehr(2008)

(1) 낙관적 시나리오 (Upside case)

중도적 시나리오보다 빠른 세계 경제의 급속한 회복과 증가하는 교통량에 근거한 중도적 시나리오보다 빠른 투자를 가정하였다. 공공 자금이 철도 시스템에 투자할 정도로 충분한 상태라고 가정하였으며, 친환경적 교통수단으로 철도의 중요성이 부각되는 것을 고려하였다.

(2) 중도적 시나리오 (Base case)

2010년에 경제 회복으로 철도 분야의 재정 투자가 가능한 상황을 가정하였으며, 2008년의 철도 화물 교통 수요가 2012년에 다시 도달하며 철도 여객 수요는 2010년에 도달할 것으로 가정하였다. 2012년부터 공공 자금이 투자와 관련하여 압력을 받게 되며, 차량과 인프라에 개인 투자 자금이 증가할 것으로 가정하였다.

(3) 비관적 시나리오 (Downside case)

경기의 회복과 차량과 인프라에 대한 투자가 매우 느리게 회복되는 경우를 가정하였으며, 공공 자금의 위기로 인하여 투자가 늦추어지는 상황을 가정하였다.

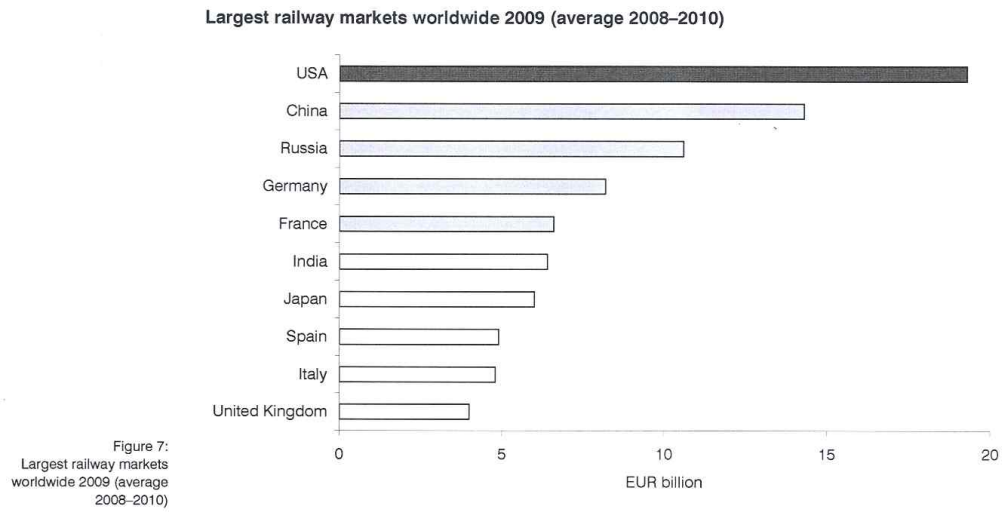
위 세 시나리오를 가정하더라도 철도시장은 지속적으로 성장할 것으로 예상되며, 이는 철도산업에 대한 주요국가의 지속적인 투자로 이루어질 것을 예상할 수 있다. 특히, 이와 같은 성장 산업에 대해 국가차원의 전략적 투자가 이루어질 경우 철도 기술의 성장은 더욱 가속화 될 수 있다.

최근 유럽을 비롯한 주요 철도선진국의 정책을 살펴보면 철도를 전략적 산업으로 인식하고 있으며, 철도 산업 및 기술을 발전시켜 세계 시장을 선점하기 위한 다양한 노력이 있는 것을 알 수 있다.

라. 지역별 시장전망

서유럽은 세계에서 철도시장이 가장 활발히 운영되고 있으며, 아시아는 계속 성장을 거듭하여 지금은 북아메리카를 따라잡았으며 2년 내에 서유럽시장을 따라잡을 것으로 기대된다.

나라별로는 미국이 세계에서 가장 큰 철도시장을 차지하고 있으며 그 뒤를 중국과 러시아가 따르고 있다. 이미 세계 탑10안에 드는 아시아의 국가는 인도, 일본, 중국 등이며 앞으로 5년 동안에도 중국과 인도, 미국의 철도시장은 계속 성장할 것으로 예상된다.



[그림7.1.4] 국가별 철도 시장 점유율

출처 : SCI Verkehr(2008)

마. 신호 및 제어시스템 시장 전망

철도시장의 규모가 커질수록 효율적인 철도운영과 고품질의 서비스 제공은 제어부분과 신호부분의 중요한 부분이 되어가고 있다. 철도회사는 전체 철도망 또는 장거리 철도 운송의 비용이 최소화 되도록 동일한 노선에 효율적인 시스템 구성을 목표로 하고 있다.

기존 독립체계로 운영되고 있는 공통된 표준을 이루고 있는 지하철이나 경량전철에서의 주요 문제는 공통된 표준사양으로 수송용량을 확대하여 수요에 대응하는 것이다.

제어 및 신호시장만큼 기술과 설비 생산품의 범위가 다양한 분야는 철도 분야에서 찾아보기 힘들다. 이러한 제어 및 신호 시장은 세계 6개 메이저가 대부분 공급을 하고 있으며, 최근 중국시장의 급격한 성장과 함께 중국국가 소유의 China Railway Signal Communication Corp. 역시 중요한 위치를 차지하고 있다.

철도시스템이 복잡해질수록 신호 및 제어시스템은 안전과 직결되는 만큼 철도 운영과 철도서비스의 질과 관련해서 더욱 중요한 요소이다. 자원의 사용이 더욱 가변적일수록 용량은 증대되고, 현재 수요를 처리하기 위해서는 고속・고밀의 운행은 필수적이다.

(1) 개량 및 유지관리의 한계

새로운 기술개발이나 업그레이드/리뉴얼 및 유지관리는 메이저 신호시스템 공급자들에 의해 수행되며, 이들은 종종 지역파트너들과 공동 작업을 하기도 한다. 대체로 기존 시스템의 유지관리는 운영자가 수행하며, 어떤 운영자는 자체 공장을 건설하기도 하는데 이는 외부의 서비스 제공자들과 공급자들에게 완전히 종속되지 않기 위해서 이다.

철도시스템과 마찬가지로 기존 설치된 신호 및 제어시스템의 인터페이스 등도 고려되어야 하고, 또 신호 및 제어시스템 내에서는 이는 새로운 시스템의 개발 및 시스템의 업그레이드에도 적용할 수 있다. 철도신호체계 개발을 위한 투자의사결정 시 신호시장에 의존하는 것이 바람직하나 철도신호시장의 규모에 따라 상당한 차이가 있을 수 있다.

(2) 신호 및 제어시스템 교체

세계 경제규모 확대, 저탄소 녹색성장 등에 의한 국가별 철도정책에 의해 철도망이 확장됨에 따라 효율적인 새로운 신호시스템을 필요로 하며, 우리나라도 이러한 맥락에서 수도권 철도, 경전철 및 고속철도에 이러한 시스템의 도입 및 기술개발은 필수 불가결하다.

현재 운영되고 있는 철도 시스템을 구성하고 있는 각종 서부시스템, 설비, 구성품 등 노후화된 설비를 최신 기술의 시스템으로 대체되기도 하며 이에 따른 시장규모도 상당한 수준에 이를

것으로 전망된다.

(3) 공급사

세계 신호 시장은 전술한 바와 같이 6개의 메이져 공급사인 Alstom Transport, Ansaldo Signal, Bombardier Transportation, Invensys, Siemens mobility, Thales Rail Signalling solutions이 과점하고 있다. General Electric은 시스템 일부를 공급하고 있으며, 지역에 따라 시스템을 공급하기도 한다. 최근에 중국 시장 규모가 급속히 확대되면서, 국영 회사인 China Railway Signal and Communication Corp. 또한 중요한 위치를 차지하고 있다.

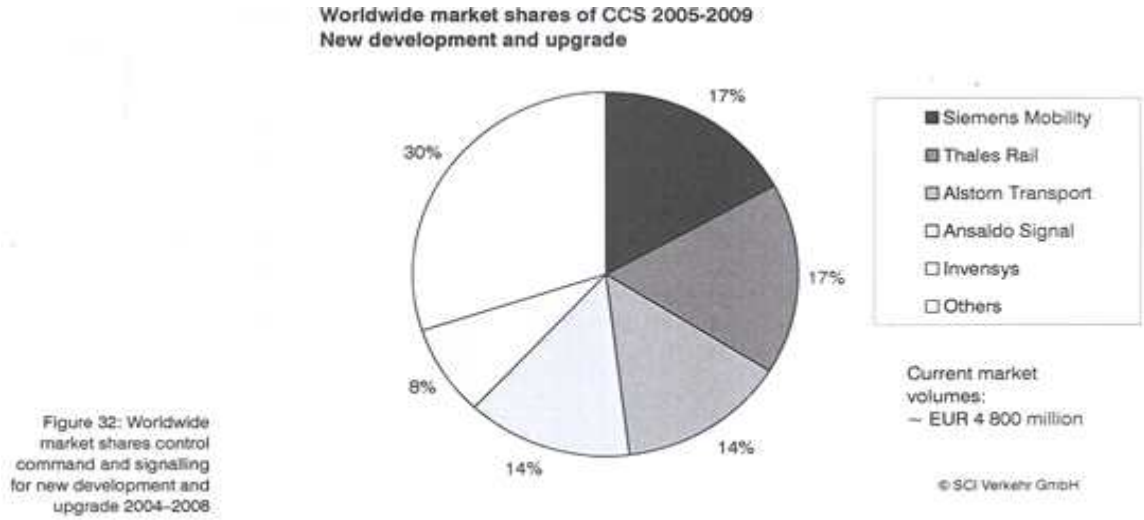


Figure 32: Worldwide market shares control command and signalling for new development and upgrade 2004–2008

[그림7.1.5] Control Command and Signaling 개발 및 업그레이드 세계 시장 점유율
출처 : SCI Verkehr(2008)

바. 지역별 신호분야 시장 규모 및 전망

SCI Verkehhr에서 제시하고 있는 철도 제어 및 신호 시장의 규모를 지역별로 살펴보면 다음과 같다.

(1) 서유럽

여러 개의 독립적인 대규모 프로젝트가 ERTMS(European Rail Traffic Management System)와 함께 가장 중요한 철도노선에 실시되고 있으며, 철도관제설비와 전자연동장치의 교체도 이루어지고 있다.

2014년까지 성장할 시장은 ERTMS/ETCS가 중심이 될 것이며, 이와 동시에 기존 연동장치의

시장은 급격히 감소할 것으로 전망되며 이외의 구성품은 일반적으로 약간의 성장을 보일 것이다.
새로운 기술에 바탕을 둔 CCS(Control & Command System)의 기능통합은 개량과 유지보수비용과 시스템 설치비용이 절감되지만, 반대로 새로운 시스템의 단위 가격이 상승할 것으로 예상된다.

(2) 동유럽

동유럽시장에서 철도회사는 더욱 커진 철도인프라사업의 필요성을 확인하고 EU로부터 재정지원을 받기위하여 가능한 요구되는 펀드를 만들어야 하는 주요한 임무를 맡게 되었다.

범유럽의 철도망과 TEN-T 축의 개량을 위하여 프로젝트를 진행하는 과정에서 중요한 연결노선을 재정비하였으며, 이에 따라 전자연동장치와 건설목에 대한 투자가 이루어 졌다. 이러한 CCS의 기능집중은 폴란드, 헝가리에서도 가까운 미래에 발생할 것으로 예상된다.

최근 몇 년간 터키는 자국 철도 구간의 새로운 변화를 경험했으며, 동남아시아와 유럽간의 장거리 철도 교통 서비스가 이곳에서 일어나고 있다. 앙카라-이스탄불 축은 고속철도를 위하여 개량된 CCS기술을 점차 확대시켜나가고 있으며, 잔여 노선에 서는 동유럽이나 러시아의 오래된 시스템을 적용하고 있다. 지하철과 경량전철을 위한 CCS 수요는 적절하며, 현재의 설비 및 장치개량이 가끔식 진행되고 있다.

(3) 북미

미국에서의 몇몇 철도 관련 사고로 인해서 2008년 9월 미의회는 철도안전향상법안을 통과시켰다. 모든 간선철도는 2015년까지 PTC시스템을 적용해야 하며 이것은 시장규모를 매우 많이 확대시킬 것으로 예상된다.

이 시스템은 각 차량에 GPS 통신장치를 장착해야하며, 그들의 현재 위치를 중앙역에 무선통신을 이용하여 전송해야 하는데 즉, 중앙역은 각 차량이 어떤 특정 속도로 어느 위치의 선로에서 운영하고 있는지 파악해야 하는데 이러한 시스템은 ETCS level_2와 비슷하며, 고정설비가 필요하지 않다.

(4) 중남미

투자 재원의 증가와 남미 철도운영자는 인프라를 현대화하기 위하여 일반적인 프로젝트에서 CCS 시스템을 개선하고 있으나, 관련 프로젝트는 실행되고 있지 않다. 브라질, 아르헨티나, 칠레가 이 지역 시장을 독점하고 있다. 높은 수준의 기술은 일반선과 지하철 시스템에 평균적인

서비스를 제공하고 있으며, 시장 개발은 낮은 수준이다.

(5) 아시아

고속철, 기존선 및 지하철은 긍정적으로 발전되는 경향을 보이고 있으나, 경량전철은 미미한 실정이다. 중국과 인도는 다양하고 강력한 지하철 프로젝트에 투자함으로 시장에 2014년까지 활력을 불어넣고 있다. 시장을 이끌고 있는 중국, 인도, 일본은 신호분야에서 효율적인 국가산업을 가지고 있으며, 때때로 해외시장으로 진출하여 운영되고 있다.

국제적인 파트너와의 협력은 오직 어떤 특정 기술이 필요한 분야에서 이루어지고 있다. 특별히 ERTMS에 기반을 둔 혁신적인 ATP/ATC 시스템을 발전시키기 위한 중국정부의 노력을 단적인 예로 볼 수 있다. 인도는 Nokia Siemens Networks와 함께 GSM-R과 MTRC을 널게 도입하기 위한 계획을 하고 있다.

기술적으로 수요 장치는 종종 지하철과 경량전철 네트워크에 설치되는데 이것은 세계적인 공급자를 위한 PPP프로젝트와 턴키방식의 가능성을 제공한다.

(6) 아프리카/중동

알제리에서는 268백만 유로 상당의 계약이 Thales가 주도하는 컨소시엄에 의해 성사되었다. Oran-Argiers-Chlef구간의 전기통신 뿐 아니라 CCS도 ETCS level 1과 2로 발전되고 있는 실정이다. 사우디아라비아와 UAE, 이란, 이스라엘, 북아프리카에서 대중교통 시스템에 의하여 가장 큰 시장의 성장이 보이고 있는데 최근 Thales는 사우디아라비아에 340백만 유로의 ETCS를 수주할 예정이다.

이 지역은 CCS의 높은 자체 기술을 갖고 있지 않으며, 신호시장은 메이저 공급자에 의해 이루어지고 있다.

(7) CIS(독립국가연합)

시장성장은 기존 일반철도와 지하철 시스템에서 알려진 프로젝트에 의해 이루어지고 있으며, 독립적인 신호 프로젝트 수행은 알려지지 않았다. 러시아에서 널리 사되고 있는 신호 기술은 최신 기술이 아니지만 현재 운영에 충분한 효율성이 입증되고 있으며 안전 기능과 증가하는 철도를 고려한다면 충분한 수요가 있을 것으로 전망된다.

4. 국내외 철도신호 정책 분석 결과

가. 철도신호기술 관련 주요 정책

국내외 철도산업에 대한 주요 정책을 살펴보면 철도 기간망 확보에 대한 정책과 기술향상에 대한 정책으로 구성되어 있는 것으로 나타났다. 우리나라의 경우 철도 기간망 확보를 위한 중장기적인 로드맵을 수립하고, 이를 체계적으로 건설하기 위한 정책을 확보하고 있는 것으로 볼 수 있다.

하지만, 철도 노선과 더불어 기술적으로 철도를 효율적으로 관리할 수 있는 신호기술 및 관련 기술에 대한 정책은 아직까지 미흡한 것으로 볼 수 있다. 최근 국가 철도 신호체계 개선을 위한 로드맵이 제시되었다.

국토교통부가 2013년 6월 부산국제철도물류전에서 발표한 창조경제를 위한 새로운 철도 R&D 비전과 강소기업 육성전략은 “국민행복을 위한 빠르고(SMART), 안전하고(SAFE) 경제적인(ECONOMICAL) 철도개발”이라는 모토하에 2040년까지 3대 분야별 추진방향을 제시하였다.
이 정책의 경우 철도신호시스템을 개선하기 위한 지능적인 철도(SMART), LTE기반 무선 열차제어·통신 기술 개발을 통해 연 20조원 규모의 신호·제어시장을 공략한다고 제시하였다, 이와 더불어 철도전용주파수확보 및 무선제어방식적용에 따른 철도 무인운영시스템 적용을 제안하고 있다.

유럽연합에서는 EU2020전략을 달성하기 위하여 “Shift2Rail” 계획을 수립하여 미래의 철도 수요에 대응하기 위한 발전을 도모하고 있다. 유럽 철도신호시스템 개선계획은 Shift2Rail의 기술혁신분야(IP)#2에 포함된 사항으로 도시철도에서 적용되고 있는 자동운전(ATO)개념을 일반철도와 고속철도에 적용토록 개발하여 철도운송능력과 성능을 개선하고 에너지 고효율화를 추진하고 있다.

영국의 경우 철도발전계획을 철도기술전략협의체(TSLG; Technical Strategy Leadership Group)가 주관하여 30년 비전을 목표로 철도기술전략을 수립하였는데, 여기에는 철도신호 및 지휘통신체계, 에너지, 철도인프라 등에 대한 사항이 포함되어 있다.

미래철도 신호체계는 철도의 능력향상, 에너지절감 및 탄소저감, 철도 운영비 감소 및 탑승객에 대한 양질의 의사전달을 위한 핵심 역할을 수행할 뿐 아니라 궤도 및 차량의 소모 감소와 열차운전자에게 노선에 대한 스마트한 정보 지원 등의 역할 을 할 수 있어야 한다. 이러한 추세를 반영하여 철도전용 통합무선망을 확보하고, 발전된 IT기술을 활용하여 무선통신을 기반으로 하는 무인자동운전(UTO) 개념을 도입하고자 한다.

(1) 도시철도용 철도신호체계

현재 세계적으로 지하철 및 경전철 등 도시철도는 CBTC를 활용한 무인자동운전(UTO)을 적용 중이며, 이와 관련된 주요설비인 궤도회로 및 Transponder, 차상ATP, 연동장치, CTC, 무선장치(RBC), 지상ATP, Tacho 등 이동폐색과 무인자동운전(UTO)에 대한 기술이 지속적으로 발전할 것으로 판단된다. 도시철도를 위한 해외의 주요 기술개발대상은 무인운전에 따른 스마트관제 기술과 영상 등을 송수신 가능한 LTE-R 도입기술 등이다.

국내도 신분당선과 경전철에 대하여 CBTC를 해외에서 도입하여 사용하고 있으며, 국가 연구개발사업 결과로 철도신호 서브시스템에 대한 기술을 보유하고 있으나 통합철도신호체계 능력은 미흡하여 해외 솔루션을 도입하여 사용하고 있다.

(2) 일반철도 및 고속철도용 철도신호체계

철도신호체계에 대한 기술분야는 도시철도는 CBTC, 일반철도와 고속철도는 ETCS L1 & L2로 유지될 것으로 판단되며, 무선통신도 GSM-R를 활용할 것으로 예측되고 있다. 그러나 일반철도와 고속철도의 경우 증가되는 철도운송수요와 고객의 요구 증가에 따라 효율적인 철도운영을 위한 무선통신 기반 철도신호체계 적용을 요구하고 있다. 이에 자동운전(ATO)개념을 적용하고, 최종 기술목표는 무인자동운전(UTO)이 가능하도록 추진할 것으로 예상된다.

단기적으로 유럽은 유럽연합 소속 전 국가가 일반철도 및 고속철도 전 노선에 대하여 ETCS L2를 적용하기 위하여 추진중이고, ETCS L2는 발리스와 궤도회로를 활용하고 이동권한(Moving Authority)을 무선통신장치인 GSM-R로 제공하는 고정폐색방식을 적용한 수동운전 개념이다. 따라서 ETCS L2의 주요신호설비인 Balise, 궤도회로, 차상ATP, 연동장치, CTC, 무선장치(RBC), 지상ATP, Tacho에 대한 기술이 지속적으로 발전할 전망이다. 또한 고객만족과 에너지절감, 안전 등 여러 가지 이점을 고려하여 ERTMS를 확대 적용 예정이다.

중기적으로 유럽연합은 ETCS를 장착한 일반철도와 고속철도에 대하여 ATO를 적용한 자동운전기술을 개발 추진중인데, 이를 위한 TMS 등 관련 신호설비에 대한 기술도 개발이 예상된다.

장기적으로 유럽연합에서 일부 시험구간에 적용 중인 ERTMS/ETCS L3는 신호기와 궤도회로를 사용하지 않는 이동폐색방식으로 GSM-R를 활용한 무선통신 기반 철도신호시스템인데, Balise, 차상ATP, 연동장치, CTC, 무선장치(RBC), 지상ATP, Tacho 등 주요 신호설비에 대한 발전이 예상되며, 특히 열차의 무결성을 검지할 수 있는 TIS(Train Integrity System)의 개발이 판단된다. 무선방식도 장기적으로는 LTE 방식으로 바뀔 것이다.

우리나라의 철도신호기술에 대한 전망을 살펴보면, 「도시철도용 무선통신기반 열차제어장치(일명 KRTCS) 개발사업」의 결과에 따라 일부 체계통합기술이 갖추어 질 것임에도 불구하고

안전성 평가에 대한 점과 ETCS 시스템을 사용중인 일반철도와 고속철도에 대한 적용 가능성은 회의적이다. 따라서 각 서브시스템에 대한 개발도 중요하지만, 일반철도와 고속철도를 위한 철도신호체계에 대한 시스템적인 개발을 위하여 SIL 인증 등 안전성 평가를 위한 정부의 구체적인 지원이 요구된다.

(3) 통합(도시철도, 일반 및 고속철도) 철도신호체계

일반철도와 고속철도의 인프라의 복잡성으로 인하여 도시철도에서 사용되는 CBTC를 일반철도 및 고속철도에 사용하거나, 통합(도시철도, 일반 및 고속철도)철도신호체계를 개발하기 위한 기술 로드맵은 현재 추진되지 않고 있다. 그러나 최근 통합철도신호체계에 대한 필요성과 개발 가능성에 대하여 철도 주요 분야에서 제기되고 있다.

Invensys사의 생산관리자인 Beatriz Munoz Martinez(2013)은 ERTMS/ ETCS와 CBTC 기술통합에 대해 제안하였는데, ERTMS/ETCS와 CBTC 기술통합의 필요성을 두 개의 기술이 공통으로 적용되는 광역노선에서 제시하였으며, CBTC와 ERTMS/ETCS의 차이점에 제시하였다.

두 기술의 차이를 살펴보면 기능적인 측면에서는 ATO/ATS기능, 이동폐색원리, 이동권한(MA)에 대한 사항으로, CBTC는 ATO/ATS를 장착하고 있으나 ERTMS/ETCS에는 ATO/ATS가 없고, CBTC는 이동폐색을 적용하고 있으나 ERTMS/ETCS는 고정폐색방식이고, ERTMS/ETCS L3에만 적용가능하나 TIS(Train Integrity System)를 개발하여 장착하여야 하는 문제가 있다.

이동권한(MA)과 관련하여 ERTMS/ETCS 상호운용성의 핵심사항은 선로 등 지상상황자료를 포함한 내용이다. 그러나 현존하는 CBTC는 적용될 수 없다는 한계를 가지고 있다. 철도 운영 측면에서 ERTMS/ETCS 기술은 노선에 의해 결정되는 것이 아니라 국가 기간시스템으로 운영한다는 점에서 한계를 가지고 있다.

나. 철도신호기술에 대한 정책적 지원 필요성

우리나라 철도신호기술도 선진국의 기술 방향에 맞춰 차상신호방식 및 무선기반신호방식으로 발전하고 있으나, 주요 선진국에 비해 뒤쳐진 것으로 평가받고 있다. 선진국에 비해 뒤쳐진 철도신호기술분야에 대한 경쟁력을 확보하기 위해서는 철도신호분야 기술개발을 위한 로드맵을 수립하고 이에 맞춰 체계적인 지원이 필요하다. 철도신호조합에서 제시한 로드맵은 통합형 철도 신호 체계 기술을 개발함으로써 철도 신호기술의 글로벌 경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 예상된다.

기술적 측면에서 국내 기업이 선진기업보다 뒤쳐진 것은 사실이지만, 해외 기업에서 검토하고 있지 않은 통합신호체계에 대한 기술개발이 이루어진다면, 이는 글로벌 철도신호시장을 선도할 수 있는 기술로 발전할 수 있을 것으로 예상된다. 해외 주요국에서 철도산업에 대해 전략적인

지원이 이루어지고 있는 만큼 우리나라도 이에 대한 전략적 지원이 필요한 상황이라 할 수 있다.

철도신호 기술에 대한 정책적 지원은 국내 철도산업 발전 및 철도 분야 기업의 글로벌 경쟁력 향상에 매우 중요한 역할을 할 것이다. 또한, 연 20조원에 달하는 철도신호 시장에 국내 기업이 진출할 수 있는 기반으로 작용할 수 있을 것으로 예상된다. 이에 국내 철도관련 정책 기관에서는 국내 철도 관련 기업의 글로벌 경쟁력향상과 철도 산업 발전을 위하여 철도신호기술 전략 수립 및 기술개발을 위해 정책적으로 지원할 필요가 있다.

제 2 절 경제성 분석

1. 경제성분석 방법론

가. 국산 통합형 철도신호 체계 기술 개발 사업 경제성 분석

국산 통합형 철도신호 체계 기술 개발 사업의 영향력 분석은 민간 및 공공부문에서 기술을 개발하였을 때 이 기술이 민간 및 공공분야에 미치는 영향력으로 정의할 수 있다. 국산 통합형 철도신호 체계 기술 개발 사업은 연구개발, 생산 상용화를 통하여 경제활동에 영향을 미치기 때문에 이에 대한 경제적 파급효과를 분석하는 것이 필요하다.

본 과제에서는 국산 통합형 철도신호 체계 기술 개발 사업 로드맵을 기준으로 개발기술을 종합하여 국내 철도산업분야 및 관련산업분야에 미치는 경제적 파급효과를 분석하는 것이 주 목적이다. 이를 위해 경제성평가를 위한 방법론을 수립하고, 주요 분석방법론을 분석하여 신호기술 개발에 따른 최적의 분석모형을 선정하고 이를 기준으로 경제성 분석을 실시하고자한다.

나. 경제성 분석 방법론

일반적으로 기술개발에 따른 효과를 평가하기 위한 표준 분석 방법론은 없다. 하지만, 기술개발의 효과를 토대로 기본 가정과 시점 및 사용된 특정 척도에 따라 다양한 가치에 대한 접근방법이 있을 수 있기 때문에 다양한 접근방법을 통하여 기술개발에 대한 효과를 분석하고 있다.

한국기술표준원(KATS)에서는 Circular A-94 에서 규정한 권고사항을 준용하여 표준화 기술개발에 대한 효과분석을 위한 지침을 만들었다. 한국기술표준원의 지침은 표준화 기술에 대한 비용/편인 분석에 대한 일관성 유지를 위해 최소 요구사항을 파악하기 위해서라 할 수 있다. 한국기술표준원에서 마련한 사업 경젱성 분석 지침은 아래의 기준을 바탕으로 작성되었다.

- 성과척도
  - 정부 표준화사업이 경제원칙에 따라 사용할지 여부를 결정하는 기준으로 NPV, BCR 및 SRR를 사용한다.
  - 기본적인 가정이 명시적이어야 한다.

- 순 편익측정
  - 정부 표준화 사업을 평가하기 위한 근거로 사회 순편익개념을 사용하는 것을 원칙으로 하되 정부 사업 참가에 기인한 편익 개념인 경우에는 이를 별로로 명시하고 있다.

- 다른 나라가 아닌 우리나라 기업 및 국민에 미치는 영향을 고찰함
- 가치 척도로서 시장가격이 아닌 소비자 잉여와 "기꺼이 지불할 의사"를 사용하고 있다.
- 자원의 완전 고용을 가정함. 정부 지출이 경제에 미친 영향을 구하기 위하여 승수-효과 추정을 피하고 있다.

▪ 인플레이션 조정
- 경제 효과분석을 위한 실질 또는 고정 가격을 사용한다.
- 인플레이션 조정이 필요한 경우 한국은행은 GDP 디플레이터(deflator)를 사용한다.

▪ 할인율 사용
- 표준화 사업의 고정 가격 비용/편익 분석을 행하는 경우에 실질 할인율은 10% 적용한다.

이러한 지침은 표준화 사업의 비용/편익 분석에 최소 요구 사항만을 규정함. 즉 서로 다른 시점에서 행한 여러 다른 연구에 대한 경제 효과의 총화/비교 문제에 대해서는 명시적으로 규정하지 않고 있다.

다. 경제성 분석 모형

▪ 수익접근법 평가모형: 평가대상으로부터 발생하는 미래현금흐름(혹은 편익)의 현재가치의 합계로서 대상을 평가하는 방식

▪ 비용접근법 평가모형: 평가대상의 형성에 사용되는 각종 제반 소요비용을 기초로 하여 평가대상을 평가하는 방법
▪ 시장접근법 평가모형: 평가대상과 유사한 대상이 시장에서 거래가 된 사례를 찾아 이와 비교함으로써 평가대상을 평가하는 방법

(1) 성과지표의 선택

성과 지표의 선택은 수량적인 경제적 효과를 나타내어 여러 다수의 표준 사업에 대한 비교를 가능하게 하는 정보를 제공하여 주기 때문에 중요하다. 보통 가장 많이 사용된 3가지 지표는 내부(사회) 수익률(Internal rate of return)과 편익-비용비율(The ration of benefits-to-costs) 및 순 현재가치(Net present value)이다.

▪ 내부(사회) 수익율(Internal rate of return : IRR)
① 내부(사회) 수익률 IRR은 표준화 사업에 대한 투자의 사회적 비용과 편익을 고려하여 구한다.
② 이러한 것은 표준화 사업 투자에 들어간 비용 전부는 물론 표준화 사업을 행하지 않음에 따른 기회비용으로 구성된다.

③ 사회적 편익은 표준화 사업에 따라 발생된 생산성 증가와 같은 경제적 요인은 물론 국민 생활 편의 증진과 같은 비경제적 요인들도 포함한다.

④ 식(1)에서 $NPV(i)$가 0이 되는 i값은 유일하게 구해짐. 만약 이 값이 다른 부분에 의해 투자된 기회비용에 대한 값 r과 비교할 때, 이 기회비용이 IRR 보다 작다면 그 사업은 사회적으로 사회적 가치가 있다고 할 수 있다.

$$NPV(i) = \sum \frac{B_t}{(1+i)^t} - \sum \frac{C_t}{(1+i)^t} \qquad (1)$$

▪ 편익-비용 비율(BCR)

① 편익-비용 비율은 NPV를 계산할 때에 사용되는 편익과 비용의 시계열 자료를 이용하여 계산되며 절대치가 아닌 비율로 나타남. 즉, 모든 비용의 현재 가치에 대한 모든 편익의 현재가치에 대한 비율임.

② 이에 따라 BCR은 유사 사업에 대한 상대적 효율성을 파악할 수 있는 지표로서 사용됨.

③ 편익-비용 비율이 1인 경우를 분기점으로 1보다 큰 경우에는 상대적으로 성공한 과제를 의미함.

$$B/C = \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t}{(1+r)^t} \Big/ \sum_{t=0}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t} \qquad (2)$$

▪ 순 현재 가치(Net Present Value; NPV)

① 순 현재 가치(net present value)는 편익-비용비율(BCR)을 계산하기 위해 얻어진 정보로부터 쉽게 구해진다.

② 이러한 NPV는 투자가 성공적이냐 아니냐를 결정하는 단순한 기준이라 할 수 있다.

③ 만약에 NPV가 분석 시점에서 양의 값을 가진다면 투자 가치가 있다는 것이고, 부의 값을 가진다면 투자가 성공적이지 않다는 것을 나타낸다. 만약에 NPV가 0의 값을 가진다면 투자에 대해서는 무차별하다는 것을 의미한다.

$$NPV = \sum \frac{B_t}{(1+r)^t} - \sum \frac{C_t}{(1+r)^t} \qquad (3)$$

이 세 가지 척도는 모두 수량적 경제 효과를 파악하기 위해 사용되며 각각 장단점을 가지고 있기 때문에 세 가지를 모두 함께 사용하는 것이 일반적이라 할 수 있다.

예를 들어 NPV는(인플레이션율 조정을 거쳐서) 특정 년도에 대한 절대 값을 제시하고 있다. 이에 따라 다른 표준화 사업에 대해 동일한 투자를 행하는 경우에 대해서 구해지는 상대적 경제 효과 크기에 비해 직접적이며 명확한 판단을 가능하게 해준다. BCR과 SRR은 효율성 척도이어서 사업 선택과 과거 사업 효과 평가에 대한 다른 시각을 제공해 준다는 장점을 가지고 있다.

(2) 측정지표의 선택

측정 지표의 선택 단계는 설문조사를 디자인하거나 그에 따른 효과 추정치에 영향을 주기 때문에 중요하다. 이러한 측정 지표를 선택하는 데에 있어 편익과 비용의 구조 및 범위를 설정하는 것이 필요하며, 측정 척도를 위해 필요한 투입 요소로는 분야(산업 또는 주체), 기간 및 항목들이 있으며 각 주체의 결정은 분석에 포함된 분야(산업)에 대한 범위와 해당 분야별 전문가들의 결정과 밀접하게 관련되어 있다. 따라서 본 과제에서는 전문가의 의견을 반영하여 측정지표를 선정하였다.

라. 경제적 효과분석 방법

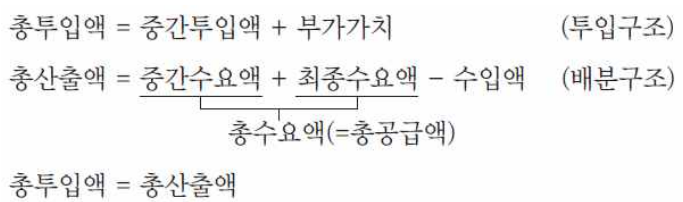
(1) 산업연관분석

산업연관표는 두 가지 방향으로 해석할 수 있음. 세로(열, column)방향은 각 산업부문이 재화 및 용역을 생산하기 위하여 지출한 생산비용의 구성 즉, 투입구조를 나타낸다.

투입구조는 중간재 투입을 나타내는 중간투입부문과 임금, 이윤, 간접세 등 본원적 생산요소의 구입비용을 나타내는 부가가치부문으로 구분되며 그 합계를 총투입액이라고한다.
산업연관표를 가로(행, row)방향으로 보면 각 산업부문의 생산물이 어떤 부문에 중간수요 또는 최종수요의 형태로 얼마나 사용되었는가를 알 수 있는데, 이를 배분구조라 한다.

배분구조는 다른 부문의 생산을 위하여 직접 투입되는 중간수요부문과 소비재, 자본재, 수출 등의 최종재로 사용되는 최종수요부문으로 구분된다. 중간수요부문에서 사용된 금액을 중간수요액이라 하고 최종수요부문에서 사용된 금액을 최종수요액이라 하며 중간수요액과 최종수요액의 합계를 총수요액이라 한다.

그리고 총수요액에서 수입액을 공제한 것을 총산출액이라고 하는데 각 산업부문의 총산출액과 세로 방향의 총투입액은 항상 일치하며, 이를 요약하면 다음과 같은 관계가 성립한다.



한편 재화와 서비스의 산업부문 상호간의 거래인 중간수요와 중간투입을 기록하는 부분을 내생부문이라 하고 최종수요와 부가가치를 기록하는 부분을 외생부문이라한다. 내생부문이란 외생부문의 수치가 모형 밖에서 주어지면 이에 따라 수동적으로 모형 내에서 그 값이 결정되는

부분이란 의미로 산업연관표 작성에서 가장 어려운 부분이며 작성된 표의 분석이나 이용에 있어서도 가장 중요한 부분이다. 외생부문은 내생부문과 관계없이 모형 밖에서 값이 결정되는 부분으로 이 외생부문 값의 변동이 국민경제에 어떠한 파급효과를 미치는가를 알아보는 것이 산업연관분석의 기본 틀이라 할 수 있다.

산업연관표의 일반적인 형식은 아래에서 볼 수 있는데, 먼저 가로 방향으로 보면 다음과 같음. i부문의 총산출액 Xi 와 수입 Mi 를 합한 총공급액 (Xi + Mi)은 중간수요인 Wi ($(=\sum_{j=1}^{n} x_{ij})$)만큼 자부문 및 타부문의 중간재로 사용되었고, 최종수요인 Yi (=Ci + Ii + Ei)만큼 소비, 투자, 수출을 통해 최종재로 사용되었다.

또한, 세로방향으로 보면 j 부문은 Xj 만큼의 생산을 위해 중간투입인 Uj ($(=\sum_{i=1}^{n} x_{ij})$)만큼 자부문 및 타부문에서 원재료를 투입하였고, 부가가치인 Vj (=Rj + Sj + Dj + Tj)만큼 본원적 생산요소로 구분할 수 있다.

		내생부문					외생부문					수입(공제)	총산출액
		1	…	j	…	n	중간수요계	소비	투자	수출	최종수요계		
내생부문	1	X_{11}	…	X_{1j}	…	X_{1n}	W_1	C_1	I_1	E_1	Y_1	M_1	X_1
	:	:		:		:	:	:	:	:	:	:	:
	i	X_{i1}	…	X_{ij}	…	X_{in}	W_i	C_i	I_i	E_i	Y_i	M_i	X_i
	:	:		:		:	:	:	:	:	:	:	:
	n	X_{n1}	…	X_{nj}	…	X_{nn}	W_n	C_n	I_n	E_n	Y_n	M_n	X_n
	중간투입계	U_1	…	U_j	…	U_n							
외생부문	피용자보수	R_1	…	R_j	…	R_n							
	영업잉여	S_1	…	S_j	…	S_n							
	고정자본소모	D_1	…	D_j	…	D_n							
	순생산세	T_1	…	T_j	…	T_n							
	부가가치계	V_1	…	V_j	…	V_n							
총투입액		X_1	…	X_j	…	X_n							

[그림7.2.1] 산업연관표의 기본구조

(2) 산업연관분석 사용 계수

① 투입계수

산업투입계수는 각 산업부문이 재화나 서비스의 생산에 사용하기 위하여 다른 산업으로부터 구입한 각종 원재료, 연료 등 중간투입액과 피용자보수, 고정자본소모 등 부가가치를 해당 산업의 총투입액(=총산출액)으로 나눈 것을 의미한다.

투입계수는 각 부문 생산물 1단위 생산에 필요한 각종 중간재 및 부가가치의 단위를 나타내기 때문에 각 산업부문의 생산기술구조, 즉 투입과 산출의 생산함수를 의미한다. 투입계수는 투입

과 산출의 기술적인 수량관계를 나타내므로 물량단위 거래표로부터 산출하는 것이 이상적이라고 할 수 있으나 다양한 물량단위와 기초자료 부족 등으로 물량단위 거래표 작성이 매우 어렵기 때문에 금액단위 거래표로부터 계산하여 이용한다.

투입계수에는 생산자가격평가표에서 도출되는 투입계수, 국산거래표에서 도출되는 국산투입계수, 그리고 수입거래표에서 도출되는 수입투입계수 등이 있다.

② 생산유발계수
투입계수는 재화나 서비스에 대한 최종수요가 발생하였을 때 각 산업부문으로 파급되는 생산유발효과의 크기를 계측하는데 이용되는 매개변수라 할 수 있다.

그러나 산업부문수가 많은 경우에는 투입계수를 이용하여 무한히 계속되는 생산파급효과를 계측하는 것은 매우 어렵기 때문에 역행렬이라는 수학적인 방법으로 생산유발계수를 도출하여 이용한다.

앞서 살펴본 바와 같이 어떤 산업 생산물의 중간수요와 최종수요에서 수입을 차감한 값은 항상 총산출액과 일치하기 때문에 이러한 관계를 일련의 연립방정식 체계로 표시할 수 있다.
가령, 한 국가 경제가 n개의 산업부문으로 구성되어 있는 경우의 산업연관표는 아래와 같은 관계식으로 나타낼 수 있다.

$$
\begin{array}{ccccccccccc}
X_{11} & + & X_{12} & + \cdots\cdots + & X_{1j} & + \cdots\cdots + & X_{1n} & + & Y_1 & - & M_1 & = & X_1 \\
\vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\
X_{i1} & + & X_{i2} & + \cdots\cdots + & X_{ij} & + \cdots\cdots + & X_{in} & + & Y_i & - & M_i & = & X_i \\
\vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\
X_{n1} & + & X_{n2} & + \cdots\cdots + & X_{nj} & + \cdots\cdots + & X_{nn} & + & Y_n & - & M_n & = & X_n
\end{array}
$$

단,
- X_{ij} : j부문에 사용되는 i재 투입액
- X_i : i부문의 산출액
- Y_i : i부문의 최종수요액
- M_i : i부문의 수입액

위의 식은 투입계수(aij = Xij / Xj 즉 aij 는 j 재 1단위를 생산하기 위한 i 재의 투입단위)를 이용해 다음과 같은 식으로 변형될 수 있다.

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \cdots\cdots + a_{1j}X_j + \cdots\cdots + a_{1n}X_n + Y_1 - M_1 = X_1$$
$$\vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots$$
$$a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \cdots\cdots + a_{ij}X_j + \cdots\cdots + a_{in}X_n + Y_i - M_i = X_i$$
$$\vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots$$
$$a_{n1}X_1 + a_{n2}X_2 + \cdots\cdots + a_{nj}X_j + \cdots\cdots + a_{nn}X_n + Y_n - M_n = X_n$$

이 투입계수와 결합된 수급 균형방정식을 행렬(matrix) 형식으로 표현하면 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1j} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & \cdots & a_{ij} & \cdots & a_{in} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nj} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ \vdots \\ X_j \\ \vdots \\ X_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Y_1 \\ \vdots \\ Y_i \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} M_1 \\ \vdots \\ M_i \\ \vdots \\ M_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X \\ \vdots \\ X_i \\ \vdots \\ X_n \end{bmatrix}$$
$$A \qquad X + Y - M = X$$

즉, A 는 투입계수행렬, X 는 총산출액 벡터, Y 는 최종수요액벡터, M 은 수입액벡터를 나타낸다. 이 행렬식을 X에 대해서 풀면 다음과 같다.

$$X - AX = Y - M$$
$$(I-A)X = Y - M$$
$$X = (I-A)^{-1}(Y-M)$$

(단, I 는 주대각요소가 모두 1이고 그 밖의 요소는 모두 0인 단위행렬)

이 식의 우변 (I - A)-1 를 생산유발계수행렬(또는 Leontief 역행렬)이라한다.

	1산업	2산업	3산업	행합계
1산업	r_{11} 1산업부분 생산물에 대한 최종수요가 1단위 발생함에 따라 1산업부문에서 나타나는 직·간접 유발효과	r_{12} 2산업부분 생산물에 대한 최종수요가 1단위 발생함에 따라 1산업부문에서 나타나는 간접 유발효과	r_{13} 3산업부분 생산물에 대한 최종수요가 1단위 발생함에 따라 1산업부문에서 나타나는 간접 유발효과	$r_{1\cdot}=\sum_{j=1}^{3} r_{1j}$ 1, 2, 3산업부분 생산물에 대한 최종수요가 각각 1단위씩 발생함에 따라 1산업부문에서 나타나는 유발효과
2산업	r_{21} 1산업부분 생산물에 대한 최종수요가 1단위 발생함에 따라 2산업부문에서 나타나는 간접 유발효과	r_{22} 2산업부분 생산물에 대한 최종수요가 1단위 발생함에 따라 2산업부문에서 나타나는 직·간접 유발효과	r_{23} 3산업부분 생산물에 대한 최종수요가 1단위 발생함에 따라 2산업부문에서 나타나는 간접 유발효과	$r_{2\cdot}=\sum_{j=1}^{3} r_{2j}$ 1, 2, 3산업부분 생산물에 대한 최종수요가 각각 1단위씩 발생함에 따라 2산업부문에서 나타나는 유발효과
3산업	r_{31} 1산업부분 생산물에 대한 최종수요가 1단위 발생함에 따라 3산업부문에서 나타나는 간접 유발효과	r_{32} 2산업부분 생산물에 대한 최종수요가 1단위 발생함에 따라 3산업부문에서 나타나는 직·간접 유발효과	r_{33} 3산업부분 생산물에 대한 최종수요가 1단위 발생함에 따라 3산업부문에서 나타나는 직·간접 유발효과	$r_{3\cdot}=\sum_{j=1}^{3} r_{3j}$ 1, 2, 3산업부분 생산물에 대한 최종수요가 각각 1단위씩 발생함에 따라 3산업부문에서 나타나는 유발효과
열합계	$r_{\cdot 1}=\sum_{i=1}^{3} r_{i1}$ 1산업부분 생산물에 대한 최종수요가 1단위 발생함에 따라 전 산업에서 나타나는 직·간접 유발효과	$r_{\cdot 2}=\sum_{i=1}^{3} r_{i2}$ 2산업부분 생산물에 대한 최종수요가 1단위 발생함에 따라 전 산업에서 나타나는 직·간접 유발효과	$r_{\cdot 3}=\sum_{i=1}^{3} r_{i3}$ 3산업부분 생산물에 대한 최종수요가 1단위 발생함에 따라 전 산업에서 나타나는 직·간접 유발효과	

[그림7.2.2] 생산유발계수표의 의미

이와 같은 방식으로 투입계수를 이용하여 생산유발계수를 계산하면 최종수요의 변화를 독립적으로 추정하여 이에 대응하는 생산의 변화 수준을 측정할 수 있는데, 생산유발계수는 1단위의 최종수요가 주어지는 경우 각 산업의 생산에 미치는 직·간접의 파급효과를 나타내며 누적승수의 의미를 갖고 있다. 이러한 생산유발계수표를 3개 산업을 가정하여 표현할 수 있다.

③ 부가가치유발계수

최종수요 발생에 의해 생산이 유발되고 이 과정에서 부가가치도 창출되기 때문에 최종수요의 발생이 부가가치 창출의 원천이라고 할 수 있다. 이러한 관계를 통하여 최종수요 발생에 의한 부가가치유발 효과도 파악할 수 있다.

부가가치벡터를 V , 부가가치계수의 대각행렬을 $\widehat{A^{v}}$ 라고 하면 V= $\widehat{A^{v}}X$ 의 관계가 성립하며 이 식에 생산유발관계식 X= (I-Ad)-1Yd 를 대입하면 V= $\widehat{A^{v}}$ (I-Ad)-1Yd 이 도출되는데, 이 식에서 $\widehat{A^{v}}$ (I-Ad)-1 를 부가가치유발계수행렬이라한다.

④ 수입유발계수

각 산업부문은 생산활동을 위해 국산품뿐만 아니라 수입품도 중간재로 이용하고 있음. 따라서 최종수요와 부가가치를 연결시켜 그 기능적 관계를 파악한 것과 마찬가지로 최종수요와 수입을 관련시켜 최종수요 발생에 따른 수입유발효과도 계측할 수 있는데, 다음과 같이 도출된다.

수입균형식 AmX+Y m=M 에 생산유발관계식 X= (I-Ad)-1Yd를 대입하면 Am(I-Ad)-1Yd+Y

m=M 의 식이 성립하며, 좌변 첫 번째 항의 Am(I-Ad)-1Yd을 수입유발계수 행렬이라한다.

한편 Am(I-Ad)-1Yd + Ym = M 의 좌변 첫 번째 항의 의미는 국산품 최종수요(Yd)를 충족시키기 위하여 각 산업의 생산활동에 직·간접으로 투입되기 위해 수입된 것이며 두 번째 항은 수입품의 최종수요를 나타낸다.

⑤ 고용유발계수

최종수요 발생이 생산을 유발하고 생산은 다시 노동수요를 유발하는 파급메카니즘에 기초하여 최종수요 발생에 따른 노동유발효과도 계측할 수 있으며, 이때 노동수요는 취업자(피용자뿐 아니라 자영업주와 무급가족종사자 포함)와 고용자의 두 가지 측면에서 파악할 수 있다.

노동유발효과를 계측하기 위해 먼저 일정기간 동안 생산활동에 투입된 산업별 노동량을 산업별 총산출액으로 나눈 취업(고용)계수를 li =Li/Xi,(li : i산업부문의 취업(고용)계수, Li : i산업부문의 노동투입량(취업 또는 고용인원), Xi : i산업부문의 총산출액)로 정의하면, 노동투입량 L = $\hat{l}$·Xi가 되고 우변에 X = (I-Ad)-1를 대입하면 L = $\hat{l}$(I-Ad)-1Yd가 되는데 이 식의 $\hat{l}$(I-Ad)-1을 취업(고용)유발계수행렬이라한다.

취업(고용)유발계수행렬을 통해 국산품에 대한 최종수요(Yd)가 외생변수로 주어졌을 때 이를 충족하기 위해 필요한 노동량을 구할 수 있다.

⑥ 최종수요와 생산, 부가가치, 수입 및 노동 유발효과

최종수요에 의한 생산유발효과는 최종수요가 1단위 증가할 때 이를 충족하기 위하여 필요한 산출액 즉 최종수요가 유발하는 산출액을 말하는데 최종수요는 소비, 투자, 수출 등의 항목으로 구분되며 항목 간의 상호관계를 독립적이라고 가정하면 최종수요 각 항목별로 생산유발액을 계산할 수 있다.

국산제품에 대한 소비, 투자, 수출벡터를 각각 Y_c^d , Y_I^d , Y_E^d 항목별 생산유발벡터를 각각 XC , XI , XE 라 하면 XC =(I-Ad)-1Y_c^d , XI =(I-Ad)-1Y_I^d, XE =(I-Ad)-1Y_E^d 와 같이 「생산유발계수행렬 × 항목별 국산품 최종수요벡터」의 형태로 나타낼 수 있으며 XC , XI , XE 의 합계는 총산출액 X 가 된다.

위와 같은 방법으로 최종수요항목별 부가가치유발액, 수입유발액 및 취업(고용)유발인원도 계산할 수 있다.

- 최종수요항목별 부가가치유발액 : $\widehat{A^v}$ (I-Ad)-1Yd
- 최종수요항목별 수입유발액 : Am(I-Ad)-1Yd + Ym
- 최종수요항목별 취업(고용)유발인원 : $\hat{l}$(I-Ad)-1Yd

한편 최종수요에 의하여 유발되는 생산, 부가가치, 수입액 및 취업(고용)인원을 항목별 최종수요액으로 나눈 것을 최종수요항목별 생산유발계수, 부가가치유발계수, 수입유발계수 및 취업

(고용)유발계수라고 하는데, 이는 최종수요항목별로 국산제품에 대한 수요가 1단위 증가하였을 때 각 부문에서 생산, 부가가치, 수입 및 취업(고용)인원이 직·간접으로 얼마나 유발되는가를 나타내는 계수이다.

2. 경제성 분석

가. 기술개발 파라미터 결정

기술개발에 따른 경제성을 추정할 경우 신호체계 기술개발에 따른 파라미터 추정은 매우 중요하다. 그러나 철도부문의 파라미터는 일반적으로 알려져 있지 않기 때문에 대체지표를 사용해야 한다. 이에 본 연구에서는 이에 과거 철도투자가 이용객 및 인키로 증가에 미치는 한계값을 기술개발에 따른 파라미터로 이용하는 것으로 하였다.

본 연구의 방식은 파라미터 값에 따라 경제성 평가가 과대 혹은 과소평가될 수 있지만 일반적으로 철도 운행차량 수 증가, 역사 증설, 노선 확장 뿐만 아니라 시스템 개선이 같이 병행되는 경우가 대부분이기 때문에 이를 철도 투자성과의 바로미터로 활용할 수 있다.

나. 대상항목의 통합과 구분

신호체계 개선을 위한 기술개발 항목은 세분화되어 있으며, 세분화된 기술을 개별적으로 분석하여 경제성을 평가하는 것은 경제성평가의 오차를 크게 할 뿐만 아니라 중복계산이 발생할 수 있어 이에 대한 종합적인 성과를 파악하는 것이 적합하다.

예를 들면 신호기술 개발에 따른 승차감 향상, 정시성 향상이라는 항목에 영향을 주는 다양한 항목들이 있는데 이러한 개별항목의 경제성을 나누기 보다는 통합하는 것이 더 효율적일 수 있다.

이에 본 연구에서는 국산 통합형 철도신호 체계 기술 개발에 따른 통합 필요성을 인식하고 이를 개별적으로 분석하는 것이 아니라 통합하여 성과를 분석할 것이다.

경제성 분석을 위해서는 철도 투자관련 데이터가 필요하지만 적절 데이터에 대한 취합이 어려운 관계로 국내 철도부문에 대한 투자와 총 이용객 데이터를 바탕으로 인킬로미터[2]를 산출하여 가중치를 산정한 후 이를 경제성 추정에 이용하였다.

기술개발 성과를 측정하기 위해 인킬로미터를 사용하는 것은 여러 가지 장점이 있는데 무엇보

2) 인킬로미터 : 여객킬로미터(旅客 km)라고도 한다. 여객수에 수송거리를 곱한 것으로 계산된다.

다도 지역별 철도의 이질성을 거리로 환산하여 고려할 수 있다는데 있다. 이를 테면, 각 철도는 차량 크기가 다르므로 이러한 차량 크기의 차이를 계량적으로 측량하는 것은 거의 불가능하지만 이렇게 승객을 이동시킨 총거리개념을 이용하면 간접적으로 차량크기를 반영할 수 있기 때문이다.

현재 신호기술 로드맵에 따른 기술개발 기간은 2025년까지로 계획 되어 있다. 이를 2012년 7월 이후에 정부 고시를 통해 확립된 표준을 전국 철도분야에 적용할 수 있다. 이에 본 연구에서는 기술개발이 본격적으로 이루어진 2014년 이후부터 경제성 분석 대상기간을 2020년부터 2035년까지로 15년에 대한 경제성 분석을 실시할 계획이다. 2035년 이후의 기간으로 연장도 가능하나 기술개발에 따른 15년 기간도 경제성을 측정하기에는 충분히 긴 기간이라 판단할 수 있기에 이를 15년으로 설정하였다.

본 연구의 경제성 분석을 위해서 대부분의 데이터는 계량적으로 추정된 데이터를 사용하였으며, 향후 발생할 미래 데이터는 기존 데이터를 기초로 한 예측 데이터를 활용하였다.

다. 가중치 결정

신호 기술개발 및 적용에 따른 효과는 각 부문별로 효과가 섞여 있기 때문에 이 부문을 계량적으로 분리하는데 어려움이 있다. 따라서 철도전문가의 경해에 의한 가중치(weight)가 제시될 필요가 있다.

이에 기술개발에 따른 편익과 비용을 산출함에 있어 철도전문가와의 인터뷰를 통해 획득한 각 부문의 가중치를 이용하여 부문별 편익과 비용을 산출하기로 하였다.

[표7.2.1] 철도 전문가의 견해에 의한 가중치

부 문	가중치(weight)
차량	30%
역사	20%
정보통신	10%
전력	10%
궤도	20%
신호	10%

라. 비용산정

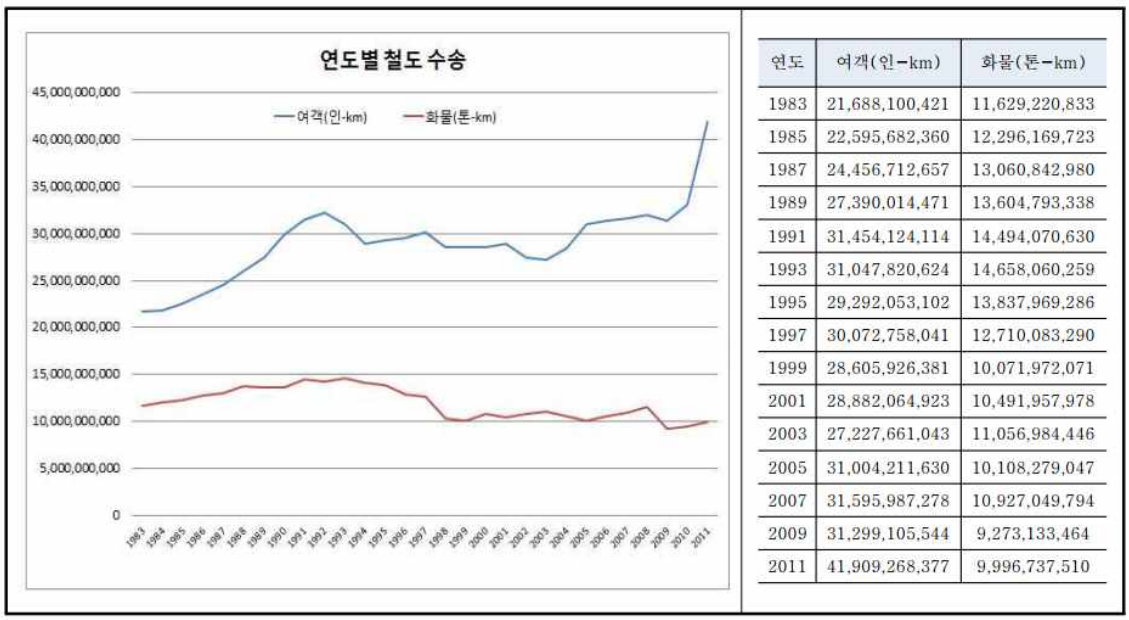
본 연구에서 이용하는 투자 총비용은 신호체계 개선을 위한 기술개발비용 및 적용비용으로 구성되어 있다. 기술개발 관련 비용의 정확한 계산이 어렵고, 관련 정보의 획득이 어렵기 때문에 이에 대한 부분은 적절히 활용하여 경제성 분석을 수행하였다. 본 연구에서 비용은 전적으로 계량적 기법에 의해 산출되므로 실제 비용과 차이가 발생할 수 있다. 따라서 이를 감안하는 것이 필요하다.

마. 포함되는 편익의 종류

본 분석에서 고려되지 않은 다수의 편익이 존재할 수 있음. 특히 본 분석에서는 이용자가 이용교통수단을 바꿈으로써 발생하는 편익이 제외하였다. 예를 들면 오염물질을 배출하는 교통수단(버스, 승용차)에서 오염물질을 배출하지 않는 교통수단(철도)으로 전환함에 따른 환경적 편익은 본 과제에서 고려되지 않는데 이와 같은 다수의 편익이 고려될 경우 철도의 경제성은 실제보다 높아질 수 있다.

바. 철도현황

현재 철도분야는 KTX, 일반철도, 도시철도로 구분할 수 있으며, 전국적으로 운영되고 있다. 철도 인킬로는 지속적으로 증가하고 있으나, 화물에 대한 톤킬로미터는 감소하고 있는 것으로 나타났다.



연도	여객(인-km)	화물(톤-km)
1983	21,688,100,421	11,629,220,833
1985	22,595,682,360	12,296,169,723
1987	24,456,712,657	13,060,842,980
1989	27,390,014,471	13,604,793,338
1991	31,454,124,114	14,494,070,630
1993	31,047,820,624	14,658,060,259
1995	29,292,053,102	13,837,969,286
1997	30,072,758,041	12,710,083,290
1999	28,605,926,381	10,071,972,071
2001	28,882,064,923	10,491,957,978
2003	27,227,661,043	11,056,984,446
2005	31,004,211,630	10,108,279,047
2007	31,595,987,278	10,927,049,794
2009	31,299,105,544	9,273,133,464
2011	41,909,268,377	9,996,737,510

[그림7.2.3] 연도별 철도 수송 현황

사. 경제성 분석 결과

신호 부문의 기술개발 대상과 기술개발에 따른 편익항목을 제시한 후 신호 부문의 경우 기술개발에 따른 편익 및 비용항목이 추상적인 것이 있어 이에 대한 조정작업을 실시하였다.

먼저 이용자 편의성 측면에서 정보전달, 시간활용도 향상은 적절한 데이터를 구하기 어려우므로 이를 대체하여 대기시간 최소화에 의한 시간절약의 개념을 적용하는 것으로 하였다.

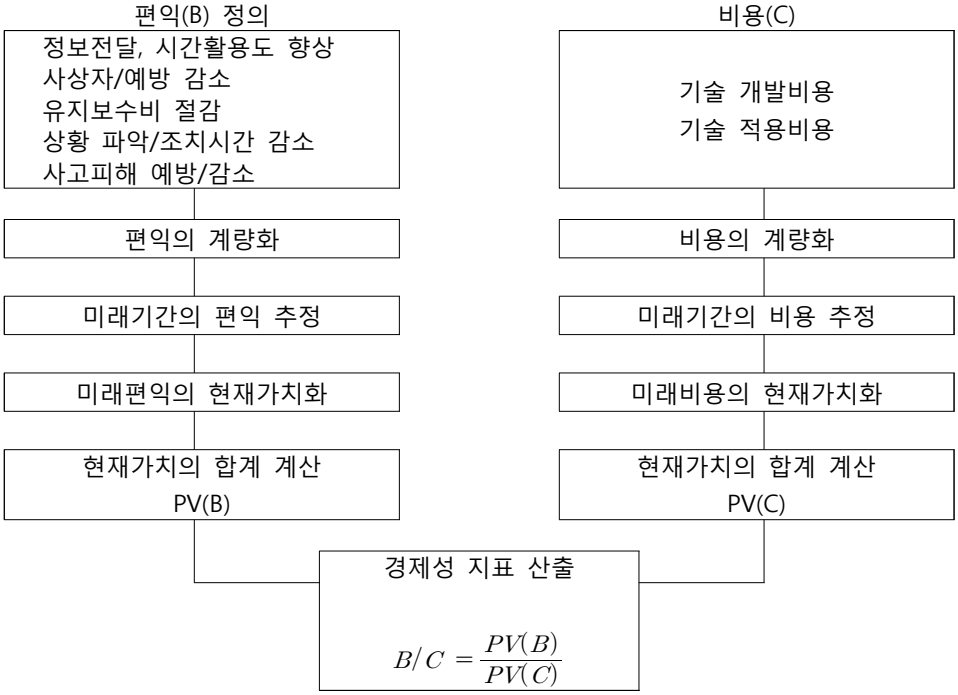
이는 이용자에게 철도의 상황을 신속하게 전달함으로써 이용자가 실제로 지하철을 기다리는 시간을 짧게 하고 기다리는 시간 중에도 다른 활동에 집중하게 함을 의미한다.

사상자 예방/감소는 역사 혹은 터널에서 벌어지는 상황이 신속하게 감시됨으로써 사전에 운전사고 및 사상사고를 차단할 수 있다는 것이다. 운영자 측면에서는 유지보수비가 감소될 것이며 이에 대한 데이터로 자재 회전기간 및 회전율, 당기 충당금액을 절감할 수 있으므로 이를 적용하였다.

마지막으로 운전사고 관련해서 상황파악/조치 시간 감소와 사고피해 예방/감소를 통합하여 산출하고자 한다. 더불어 정보통신 부문이 이용자 증가에 의한 요금수입 증가에 기여하는 측면이 있을 것인데 편익항목에는 이것이 반영되어 있지 않았다. 이에 경제성 평가를 수행할 때 신호부문 비중을 고려한 요금수입을 반영하고자한다.

(1) 경제성 분석 과정

국산 통합형 철도신호 체계 기술 개발 사업에 대한 경제성 분석은 크게 편익항목과 비용 항목이 정의되어야 한다. 이렇게 정의된 편익과 비용을 구분하여 수치화한 후 각각 현재 가치화하여 그 비율을 산출하면 경제성 여부를 환산할 수 있는 지표가 도출될 수 있다. 구체적으로 신호기술개발에 따른 경제성 평가 과정을 도식화하면 아래의 그림과 같다.



[그림7.2.4] 국산 통합형 철도신호 체계 기술 개발 사업 경제성 평가 과정

* 현재가치 할인율 : EU, 미국 철도산업의 할인율 3% 적용
* B/C 의 값이 '1' 이상이면 경제성이 있다고 판단함
* 표준 개발비용은 미획득 상태이며 표준 적용비용은 현재로는 추정이 어려우므로 뒤에서는 이를 대체하는 비용을 산출하여 이용함

(2) 경제성 지표 산출을 위한 편익 항목의 수치 추정

[표7.2.2] 신호 기술개발 대상과 편익항목

세부부문	기술개발					
	이용자 측면			운영자 측면		
	이용자 편의성		사상자 예방/감소	운영비 절감	운전사고 관련	
	정보 전달	시간 활용도 향상		유지보수비 절감	상황파악/ 조치 시간 감소	사고피해 예방/감소
1)무인 운전을 위한 통합 관제시스템 개발	v	v	v	v	v	v
2)도시철도 기반 통합 차상 신호장치용 공통 플랫폼 개발	v	v	v	v	v	v
3)LTE-R을 이용한 일반철도 ATO 시스템 개발	v	v	v	v	v	v
4)차상/지상 양방향 데이터 통신기능을 가진 지상 데이터 전송장치 (T-Balise)개발	v	v	v	v	v	v
5)일반철도/고속철도용 역종합제어장치 개발	v	v	v	v	v	v
6)철도신호시스템 SIL인증체계 통합 지원 인프라 구성	v	v	v	v	v	v
7)철도신호체계용 공통플랫폼 개발	v	v	v	v	v	v
8)철도신호 유지보수체계 효율성 증대를 위한 장치 및 자원 실시간 감시 시스템 개발	v	v	v	v	v	v

이처럼 신호체계 개선에 따른 편익항목은 그 자체가 추상적인 의미를 가지므로 구체적인 데이터를 구하여 수치화해야 하나 해당 항목에 관한 적절한 데이터가 이용가능하지 않은 경우가 많으므로 여기에서는 [표7.2.3]과 같이 각각의 편익 항목에 대해 이용 가능한 데이터를 정의하였다.

[표7.2.3] 신호 기술개발의 편익항목과 이용데이터

편익 항목		이용데이터	비고
이용자 측면	정보전달	시간절약, 대기시간 감소	
	시간활용도 향상		
	사상자 예방/감소	사고손실(보상) 감소	
운영자 측면	유지보수비 절감	자재 회전기간 및 회전율 제고 당기 충당금액 감소	
	상황파악/조치시간 감소 사고 피해 예방/감소	사고손실(보상) 감소	

① 정보전달 및 시간활용도 향상

철도의 정보전달 및 시간활용도 향상은 이를 인식한 사람들의 시간절약, 대기시간 감소로 나타날 것이다. 즉, 철도의 정확한 정보전달은 사람들이 불필요하게 시간을 낭비하지 않고 자기의 시간을 적절하게 이용하게 하는 기회를 제공한다.

이러한 정보전달 및 시간활용도 향상의 편익을 계산하기 위해서는 다음과 같은 과정을 따른다. 먼저 철도의 평균 대기시간이 어느 정도 되는지를 파악한다. 다음으로 차량 부문에서 추정된 철도의 평균 이용객 수를 이용하여 철도 이용객의 총 대기시간을 산출한다.

다음으로 철도의 표준화 파라미터(2% 개선)를 이용하여 대기시간 총 절약시간을 산출하고 이것을 시간을 낭비하지 않고 일했을 경우의 노동자 임금으로 환산하여 정보전달 및 시간활용도 향상의 편익을 계산한다.

국토해양부에 따르면 철도의 평균 대기시간은 4~5분으로 나타났다. 다만 여기서는 철도 평균 대기시간을 4분(0.067시간)으로 가정하고 신호 비중 10%를 적용하여 시뮬레이션을 하고자 한다.
아래와 같은 계산방식에 근거하여 구한 값은 철도의 대기시간 절약으로 인해 나타나는 편익을 계산할 수 있다.

시간절약편익	시간절약 편익 = (이용객수) × (신호 개선 후 대기시간 - 신호 개선 전 대기시간) × (시간당 임금) × (신호 가중치=0.1)

[표7.2.4] 신호 가중치(10%)를 적용한 대기시간 절약 편익 추정 (단위 : 원)

구분	시간절약 편익 (원)	신호 비중(10%) 조정
2011	47,142,422,080	4,714,242,208
2012	49,018,120,580	4,901,812,058
2013	50,807,276,520	5,080,727,652
2014	52,654,284,280	5,265,428,428
2015	54,571,198,500	5,457,119,850
2016	56,553,263,520	5,655,326,352
2017	58,428,909,760	5,842,890,976
2018	60,550,003,800	6,055,000,380
2019	62,555,550,980	6,255,555,098
2020	64,624,158,560	6,462,415,856
2021	66,761,171,537	6,676,117,154
2022	68,968,851,964	6,896,885,196
2023	71,249,536,695	7,124,953,670
2024	73,605,639,861	7,360,563,986
2025	76,039,655,422	7,603,965,542
2026	78,554,159,813	7,855,415,981
2027	81,151,814,663	8,115,181,466
2028	83,835,369,620	8,383,536,962
2029	86,607,665,258	8,660,766,526
2030	89,471,636,081	8,947,163,608
2031	92,430,313,635	9,243,031,364
2032	95,486,829,715	9,548,682,971
2033	98,644,419,675	9,864,441,967
2034	101,906,425,861	10,190,642,586
2035	105,276,301,143	10,527,630,114

주) 2011년 이후의 시간당 임금은 소비자물가(CPI) 상승률 3%로 가정하여 산출
2011~2035년 간 철도 이용자 수는 인키로의 연 증가율에 따라 추정하였음
* 데이터: 시간당 임금(OECD), 철도 관련 데이터(철도통계연보, 각 년도)

② 사상자 손실액

사상자 예방/감소는 앞에서처럼 사고손실(보상) 감소로 추정할 수 있음. 사상자 예방/감소에 기여할 수 있는 부분은 위험의 사전 고지 및 예방조치를 취할 수 있다는데 있다.

사고예방/손실 감소는 사상자 손실액의 추정에 의하며 이는 철도의 여객사고 보상금 추정치에 의해 구할 수 있다. 아래의 표는 철도의 여객사고 보상금 추정치이며 표준화 파라미터(2% 개선) 적용 시 사상자 예방/감소액 추정치를 보여주고 있다. 신호 비중 10%를 적용하여 신호에 의해 발생되었을 것으로 판단되는 손실액을 산출할 수 있다.

여객사고 손실 추정방법	① 앞의 모형(4)에 의해 여객사고 보상금액(손실) 추정 ② 철도 여객사고 손실추정치 = (전체 철도 인키로 비중) × (철도부문 여객사고손실 추정치) ③ 정보통신 여객사고손실 = (철도 여객사고 추정손실) × (신호 가중치 = 0.1)

[표7.2.5] 신호 가중치(10%)를 적용한 사고 손실 감소 추정액(단위: 원)

구분	철도 여객사고 손실액	철도 사고손실액 * (0.1)
2011	509,282,293	50,928,229
2012	589,622,453	58,962,245
2013	645,861,343	64,586,134
2014	751,239,144	75,123,914
2015	745,698,599	74,569,860
2016	648,340,766	64,834,077
2017	676,152,461	67,615,246
2018	693,458,463	69,345,846
2019	702,977,887	70,297,789
2020	693,325,635	69,332,564
2021	683,805,913	68,380,591
2022	674,416,903	67,441,690
2023	665,156,808	66,515,681
2024	656,023,859	65,602,386
2025	647,016,310	64,701,631
2026	638,132,440	63,813,244
2027	629,370,549	62,937,055
2028	620,728,964	62,072,896
2029	612,206,033	61,220,603
2030	603,800,126	60,380,013
2031	595,509,636	59,550,964
2032	587,332,979	58,733,298
2033	579,268,592	57,926,859
2034	571,314,933	57,131,493
2035	563,470,481	56,347,048

신호 개선은 철도 이용자의 편의성을 향상시켜 이용자 증가에 영향을 미치므로 요금수입 증가에 기여한다. 따라서 철도요금 추정치에 신호부문에 대한 비중을 산정하여 신호 개선에 따른 요금수입을 산정하였다.

요금수입 조정	신호 요금수입 = 철도 총요금수입 × 신호 가중치(0.1)

[표7.2.6] 신호 가중치(10%)를 적용한 이후 요금수입 기여도 추정(단위: 원)

구분	철도 총 요금수입 증가 추정치 (a)	편의성 증대 = (a)*(0.1) =(a)*(신호 비중)
2011	115,060,619,096	11,506,061,910
2012	116,185,693,391	11,618,569,339
2013	124,351,742,563	12,435,174,256
2014	135,513,053,826	13,551,305,383
2015	140,037,412,510	14,003,741,251
2016	142,502,447,185	14,250,244,719
2017	146,926,871,817	14,692,687,182
2018	149,186,647,628	14,918,664,763
2019	153,478,799,249	15,347,879,925
2020	157,887,599,203	15,788,759,920
2021	162,423,045,424	16,242,304,542
2022	167,088,775,927	16,708,877,593
2023	171,888,533,231	17,188,853,323
2024	176,826,167,361	17,682,616,736
2025	181,905,638,938	18,190,563,894
2026	187,131,022,356	18,713,102,236
2027	192,506,509,047	19,250,650,905
2028	198,036,410,847	19,803,641,085
2029	203,725,163,452	20,372,516,345
2030	209,577,329,977	20,957,732,998
2031	215,597,604,616	21,559,760,462
2032	221,790,816,408	22,179,081,641
2033	228,161,933,109	22,816,193,311
2034	234,716,065,179	23,471,606,518
2035	241,458,469,879	24,145,846,988

주) 2011년 이후는 모형에 의한 추정치임

③ 유지보수비 및 감가상각액 추정

유지보수비 및 감가상각비 절감도 유지보수비 절감을 계량화할 수 있는 데이터는 '한국철도통계연보'에서 제시한'자재운용 및 회전기간 (자재운용)'항목을 이용하여 산정하였다.

그러나 이 데이터의 경우 년도별로 숫자가 크거나 작게 나타나는 등 편차가 크므로 이를 조정하기 위해 년도별 데이터를 5년 이동평균값으로 평활화(smoothing)하는 방식을 이용하여 조정하였다.

또한 철도의 유지보수비에 관한 정확한 데이터를 획득할 수 없기 때문에 철도의 인키로(인키로)가 전체 철도부문에서 차지하는 비중을 이용하였다.

2004년~2010년 간 유지보수데이터에 신호분야에 대한 비중(10%)을 가중치로 이용하여 항목별 유지보수비 추정치를 산출하였다. 구체적인 순서는 다음과 같다.

-계량모형을 이용하여 전체 철도의 유지보수비 추정치를 구한다.

-유지보수 추정치를 철도의 인키로비중을 이용하여 철도 유지보수 추정치를 산출한다.

-철도의 유지보수추정치에 신호분야 가중치(10%)를 적용하여 철도의 신호분야 유지보수추정치를 산출하였다.

유지보수비 추정치를 산출하기 위한 모형은 앞의 모형 (2)에 준한다. 감가상각액 또한 유지보수비와 같은 방법을 이용하여 산정하였다.

유지보수비 추정방법	① 철도 부문 유지보수비 추정치를 모형(2)로 추정 ② 철도의 유지보수추정치 = (철도인키) × (철도부문 유지보수 추정치) ③ 유지보수비 = (철도의 유지보수추정치) × (신호 가중치 = 0.1)

[표7.2.7] 신호 가중치(10%)를 적용한 유지보수비 추정 (단위: 원)

구분	전체 철도 추정치	신호 가중치(10%) 조정
2000	1,337,578,825,874	82,465,691,220
2001	1,307,914,526,952	88,046,822,870
2002	424,011,339,025	27,794,977,106
2003	1,825,456,593,397	111,807,657,709
2004	974,797,079,903	63,979,832,908
2005	922,726,907,287	60,058,681,287
2006	1,037,992,953,835	68,478,326,915
2007	622,389,984,301	41,388,702,619
2008	951,054,194,870	63,841,311,218
2009	1,018,565,171,263	69,152,104,344
2010	911,790,206,919	61,476,308,909
2011	923,903,181,912	61,885,586,439
2012	899,062,291,816	60,403,447,511
2013	952,200,326,237	64,104,034,343
2014	958,068,182,932	64,536,456,573
2015	936,560,022,701	62,988,246,429
2016	933,920,551,743	62,779,190,983
2017	935,922,766,443	62,958,400,250
2018	943,327,320,768	63,472,316,692
2019	941,547,389,608	63,345,692,150
2020	938,255,145,458	63,108,668,734
2021	940,266,653,012	63,243,966,222
2022	938,492,496,918	63,124,633,405
2023	940,504,513,326	63,259,965,119
2024	942,520,843,257	63,395,586,968
2025	944,541,495,960	63,531,499,574
2026	946,566,480,703	63,667,703,561
2027	948,595,806,772	63,804,199,553
2028	950,629,483,475	63,940,988,176
2029	952,667,520,139	64,078,070,057
2030	954,709,926,112	64,215,445,826
2031	956,756,710,761	64,353,116,112
2032	958,807,883,472	64,491,081,547
2033	960,863,453,655	64,629,342,763
2034	962,923,430,735	64,767,900,395
2035	964,987,824,162	64,906,755,078

감가상각비 추정방법	① 철도 부문 감가상각비 추정치를 모형(3)으로 추정 ② 철도 감가상각추정치 = (철도 인키로) × (감가상각 추정치) ③ 감가상각비 = (철도의 감가상각추정치) ×(신호 가중치 = 0.1)

[표7.2.8] 신호 가중치(10%)를 적용한 감가상각비 추정 (단위: 원)

구분	전체 철도 추정치	신호 가중치(10%) 조정
2004	17,613,496,365	1,156,044,245
2005	21,653,424,293	1,409,383,533
2006	25,120,225,825	1,657,228,048
2007	21,511,463,738	1,430,504,343
2008	23,806,218,897	1,598,037,460
2009	23,679,304,108	1,607,627,823
2010	23,215,891,532	1,565,302,313
2011	23,616,069,339	1,581,869,539
2012	23,857,210,438	1,602,845,289
2013	23,789,984,302	1,601,589,423
2014	24,025,920,551	1,618,410,679
2015	23,951,347,237	1,610,845,355
2016	23,818,616,744	1,601,114,235
2017	23,889,610,955	1,607,025,432
2018	23,904,287,604	1,608,413,622
2019	23,911,438,422	1,608,720,532
2020	23,896,296,413	1,607,306,351
2021	23,967,522,157	2,396,752,216
2022	24,038,960,199	2,403,896,020
2023	24,110,611,169	2,411,061,117
2024	24,182,475,704	2,418,247,570
2025	24,254,554,440	2,425,455,444
2026	24,326,848,015	2,432,684,802
2027	24,399,357,070	2,439,935,707
2028	24,472,082,246	2,447,208,225
2029	24,545,024,189	2,454,502,419
2030	24,618,183,543	2,461,818,354
2031	24,691,560,958	2,469,156,096
2032	24,765,157,082	2,476,515,708
2033	24,838,972,569	2,483,897,257
2034	24,913,008,072	2,491,300,807
2035	24,987,264,246	2,498,726,425

④ 운전사고 피해 손실액

신호 체계 개선은 여객사고의 경우와 마찬가지로 뜻하지 않은 운전사고를 예방하거나 감소시키는 효과를 지닐 수 있다.

이러한 사고예방 편익을 산출하기 위한 기초자료로 철도의 사고손실액을 추정하였다. 철도의 전체 사고손실 추정액은 앞에서 산출한 것을 이용하며 여기에 신호비중 '10%'을 곱하여 계산

하였다. 이렇게 구한 추정결과는 다음과 같다.

운전사고손실 추정방법	① 철도 부문 운전사고손실 추정치를 모형(4)로 추정 ② 철도 운전사고 손실추정치 = (철도 인키로) × (철도 운전사고 손실 추정치) ③ 운전사고손실 = (운전사고액추정치) × (신호 가중치 = 0.1)

[표7.2.9] 신호 가중치(10%)를 적용한 표준화 이후 사고손실액(단위: 원)

연도	전체 철도 추정치	정보통신 가중치(10%) 조정
2005	816,526,894	53,146,308
2006	308,695,552	20,365,220
2007	861,350,480	57,279,487
2008	300,049,282	20,141,375
2009	1,992,182,632	135,252,633
2010	2,926,603,093	197,322,536
2011	1,277,776,208	86,072,250
2012	1,471,592,339	99,213,656
2013	1,593,640,711	107,600,490
2014	1,852,358,997	125,092,313
2015	1,824,394,270	123,060,249
2016	1,603,952,505	108,207,792
2017	1,669,187,764	112,634,900
2018	1,708,706,849	115,319,149
2019	1,731,720,077	116,862,881
2020	1,707,592,293	115,216,994
2021	1,777,042,744	177,704,274
2022	1,800,976,335	180,097,633
2023	1,874,224,861	187,422,486
2024	1,950,452,520	195,045,252
2025	2,029,780,477	202,978,048
2026	2,112,334,826	211,233,483
2027	2,198,246,790	219,824,679
2028	2,287,652,928	228,765,293
2029	2,380,695,353	238,069,535
2030	2,477,521,960	247,752,196
2031	2,578,286,656	257,828,666
2032	2,683,149,610	268,314,961
2033	2,792,277,504	279,227,750
2034	2,905,843,801	290,584,380
2035	3,024,029,017	302,402,902

주) 2011년 이후는 모형에 의한 추정치임

(3) 경제성 지표 산출을 위한 총비용 추정

철도 투자 중 신호기술분야에 대한 투자비용은 신호 체계 개선을 위한 개발비용과 적용비용으로 나뉜다. 그러나 이에 대한 비용데이터가 획득되지 못해 여기서는 한국철도통계연보의 '손익계산서' 상의 영업비용을 바탕으로 철도의 영업비용을 추정하고 이를 가중치로 환산하여 산출하였다.

다만 영업비용 전체를 이용할 때는 편익에도 영업수익(이용요금)을 반영해야 하는데 본 과제에서는 이를 위해 영업수익(이용요금)을 신호 개선에 의한 증가액이 아닌 절대액을 이용하였으므로 비용 증가에 대한 큰 문제는 없을 것으로 판단된다. 또한 비용데이터의 제공연도가 매우 짧은 관계로 5년 이동평균값을 이용하여 결과 값을 보정하였다.

이에 대한 추정결과는 아래와 같다.

총비용 추정방법	① 한국철도통계연보 각 년도 자료에서 '손익계산서' 항목의 비용에서 한국의 총 철도의 '영업비용'을 분리 ② 철도 부문 영업비용 추정치를 앞의 모형 (5)로 추정 ③ 철도 영업비용 ④ 신호 총비용 = (철도 영업비용) × (신호가중치=0.1)

[표7.2.10] 신호 분야 총 비용(C) 추정(단위: 원)

구분	신호 기술 개발 비용
2010.12 - 2014.07	44,850,000,000

자료: 국토교통부

[표7.2.11] 연도별 표준화 기준 구축비용 추정치(단위: 원)

	유지보수비 추정치	신호 부문 추정치
2014	958,068,182,932	64,536,456,573
2015	936,560,022,701	62,988,246,429
2016	933,920,551,743	62,779,190,983
2017	935,922,766,443	62,958,400,250
2018	943,327,320,768	63,472,316,692
2019	941,547,389,608	63,345,692,150
2020	938,255,145,458	63,108,668,734

주) 각 연도의 유지보수비 추정치를 구축비용으로 추정하고, 구축기간은 2014~2020년으로 가정함

(4) 경제성 지표 산출

먼저 신호 체계 개선의 편익 추정을 위한 항목들을 정리하였고, 다음으로 앞에서 구한 총비용을 현재가치화 하였다.

다만 총비용은 초기투자비용의 부재로 B/C의 분모가 다소 작아질 수 있다. 이는 B/C값이 생각보다 커질 수 있음을 의미하므로 신중한 접근이 요구된다. 따라서 추정값에 대한 최종 결과에 대해 다소 보수적인 마인드로 접근하는 것이 필요하다.

현재가치화하기 위한 할인율은 통상적인 사회적 수익률인 3%로 정하기로 하였다. 다음으로 편익항목의 수치에 의해 계산된 편익(B)의 현재가치를 나타냈으며, 앞서 구한 총비용의 현재가치와 총편익의 현재가치를 각각 산출한 후 총 편익의 현재가치를 총비용의 현재가치로 나누어 B/C를 구하였다.
최종 산출 결과 그 값은 약 1.058으로 추정되어 신호 부문의 기술개발에 따른 경제성이 있는 것으로 평가할 수 있다.

[표7.2.12] 국산 통합형 철도신호 체계 기술 개발 사업의 편익 추정을 위한 항목(단위: 원)

년도	요금수입(원)(2.2% 개선)	대기시간 절약(원)(2.2% 개선)	사상자 감소(원)(2.2% 개선)	유지보수 절감(원)(2.2% 개선)	감가상각 절감(원)(2.2% 개선)	운전사고 감소(원)(2.2% 개선)	총편익 합계	현재가치 합계
2011	11,506,061,910	4,714,242,208	1,120,421	1,361,482,902	34,801,130	1,893,590	17,619,602,161	17,106,409,865
2012	11,618,569,339	4,901,812,058	1,297,169	1,328,875,845	35,262,596	2,182,700	17,887,999,707	16,861,155,346
2013	12,435,174,256	5,080,727,652	1,420,895	1,410,288,756	35,234,967	2,367,211	18,965,213,737	17,355,857,169
2014	13,551,305,383	5,265,428,428	1,652,726	1,419,802,045	35,605,035	2,752,031	20,276,545,648	18,015,448,185
2015	14,003,741,251	5,457,119,850	1,640,537	1,385,741,421	35,438,598	2,707,325	20,886,388,982	18,016,782,610
2016	14,250,244,719	5,655,326,352	1,426,350	1,381,142,202	35,224,513	2,380,571	21,325,744,707	17,859,975,454
2017	14,692,687,182	5,842,890,976	1,487,535	1,385,084,806	35,354,560	2,477,968	21,959,983,027	17,855,475,788
2018	14,918,664,763	6,055,000,380	1,525,609	1,396,390,967	35,385,100	2,537,021	22,409,503,840	17,690,269,268
2019	15,347,879,925	6,255,555,098	1,546,551	1,393,605,227	35,391,852	2,570,983	23,036,549,636	17,655,597,096
2020	15,788,759,920	6,462,415,856	1,525,316	1,388,390,712	35,360,740	2,534,774	23,678,987,318	17,619,390,374
2021	16,242,304,542	6,676,117,154	1,504,373	1,391,367,257	52,728,549	3,909,494	24,367,931,369	18,525,258,262
2022	16,708,877,593	6,896,885,196	1,483,717	1,388,741,935	52,885,712	3,962,148	25,052,836,301	18,474,565,936
2023	17,188,853,323	7,124,953,670	1,463,345	1,391,719,233	53,043,345	4,123,295	25,764,156,210	18,429,137,086
2024	17,682,616,736	7,360,563,986	1,443,252	1,394,702,913	53,201,447	4,290,996	26,496,819,330	18,384,615,683
2025	18,190,563,894	7,603,965,542	1,423,436	1,397,692,991	53,360,020	4,465,517	27,251,471,399	18,340,978,499
2026	18,713,102,236	7,855,415,981	1,403,891	1,400,689,478	53,519,066	4,647,137	28,028,777,789	18,298,202,954
2027	19,250,650,905	8,115,181,466	1,384,615	1,403,692,390	53,678,586	4,836,143	28,829,424,105	18,256,267,097
2028	19,803,641,085	8,383,536,962	1,365,604	1,406,701,740	53,838,581	5,032,836	29,654,116,808	18,215,149,590
2029	20,372,516,345	8,660,766,526	1,346,853	1,409,717,541	53,999,053	5,237,530	30,503,583,849	18,174,829,688
2030	20,957,732,998	8,947,163,608	1,328,360	1,412,739,808	54,160,004	5,450,548	31,378,575,327	18,135,287,227
2031	21,559,760,462	9,243,031,364	1,310,121	1,415,768,554	54,321,434	5,672,231	32,279,864,166	18,096,502,602
2032	22,179,081,641	9,548,682,971	1,292,133	1,418,803,794	54,483,346	5,902,929	33,208,246,813	18,058,456,756
2033	22,816,193,311	9,864,441,967	1,274,391	1,421,845,541	54,645,740	6,143,011	34,164,543,960	18,021,131,162
2034	23,471,606,518	10,190,642,586	1,256,893	1,424,893,809	54,808,618	6,392,856	35,149,601,280	17,984,507,811
2035	24,145,846,988	10,527,630,114	1,239,635	1,427,948,612	54,971,981	6,652,864	36,164,290,194	17,948,569,193
							$\sum_{t=1}^{10} \frac{B_t}{(1+0.03)^t}$ = (a)	449,379,820,699

[표7.2.13] 국산 통합형 철도신호 체계 기술 개발 사업의 현재가치 산출(단위: 원)-전체

구분	명목금액	현재가치
개발비용	44,880,000,000	44,880,000,000
구축비용		
2014	64,536,456,573	32,268,228,287
2015	62,988,246,429	61,098,599,036
2016	62,779,190,983	59,068,940,796
2017	62,958,400,250	57,460,432,031
2018	63,472,316,692	56,191,585,601
2019	63,345,692,150	54,397,101,231
2020	63,108,668,734	59,378,946,412
합계	$\sum_{t=1}^{10}\frac{C_t}{(1+0.03)^t}$ =(b)	424,743,833,394

B/C ratio = (a)/(b) = 1.058

아. 신호기술 국산화를 통한 경제적 파급효과 분석

(1) 핵심 기술 개발 부문

철도 신호 핵심기술 개발부분은 다음과 같이 파악할 수 있다. 각 개발 기술에 대한 부분을 파악하면 다음과 같다.

[표7.2.14] 신호 핵심기술 개발부문

부문	개발 기술
철도신호 개발기술	1)무인 운전을 위한 통합 관제시스템 개발
	2)도시철도 기반 통합 차상 신호장치용 공통 플랫폼 개발
	3)LTE-R을 이용한 일반철도 ATO 시스템 개발
	4)차상/지상 양방향 데이터 통신기능을 가진 지상 데이터 전송장치 (T-Balise)개발
	5)일반철도/고속철도용 역종합제어장치 개발
	6)철도신호시스템 SIL인증체계 통합 지원 인프라 구성
	7)철도신호체계용 공통플랫폼 개발
	8)철도신호 유지보수체계 효율성 증대를 위한 장치 및 자원 실시간 감시 시스템 개발

(2) 신호기술 연구개발의 중요성

신호기술 개발은 그 자체로 끝나는 것이 아니라 경제전체적으로 의미 있는 파급효과를 가질 수 있다. 즉 철도 신호 관련 핵심장치 개발로 인해 관련 있는 다른 산업으로의 영향이 파급될 수 있다.

이것에 대해 먼저 언급할 수 있는 내용이 생산유발효과이고, 신호기술 개발로 인해 국산화에 성공할 경우 철도와 관련된 산업이 유리한 영향을 받을 수 있다.

즉 기존에는 수입에 의존하던 장치를 개발하고 이에 대한 부품을 국내기업을 통해 조달하는 통로가 열린다면 국내 기업의 연구개발이 활발해질 것이고 이는 해당 산업의 생산량 증가로 이어질 수 있으며, 이러한 생산 활성화는 자연스럽게 해당산업의 고용증가로 이어질 수 있다.

아래의 [표7.2.16]은 철도차량 및 부품 수출입 현황이다. 철도차량의 수출이 수입에 비해 늘어나는 것과 달리 철도 부품의 경우에는 매년 적자를 기록하고 있는 상황이다. 이는 국내경제의 핵심기술이 여타 선진국에 비해 덜 개발된 관계로 철도차량과 같은 완제품은 수출이 잘 되고 있지만 정작 부품은 해외에서 수입하고 있는 현실을 보여주고 있다.

이러한 상황이 지속된다면 장기적으로 기술개발은 위축되고 핵심부품을 수입할 수밖에 없는 상황에 처할 수 밖에 없다. 그러므로 신호 관련 기술 및 핵심장치 개발은 기술자립을 이루어 국내경제를 활성화시키고 국제시장에서의 경쟁력을 갖출 수 있는 장기적인 해결책이 될 수 있다고 할 수 있다.

[표7.2.15] 철도 차량 및 부품 수출입

(단위: 천 $, %)

	구 분	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
철도차량	수 출	71,922 (△6.5)	108,304 (50.6)	136,889 (26.4)	182,476 (33.3)	28,191 (△84.6)	170,662 (505.4)	240,911 (41.2)
	수 입	106,492 (△56.2)	24,062 (△77.4)	28,032 (16.5)	29,575 (5.5)	49,603 (68.0)	23,604 (△52.5)	39,192 (66.0)
	수 지	△34,570	84,242	108,856	152,901	△21,491	147,058	201,719
철도차량부품	수 출	10,915 (11.7)	17,229 (57.9)	16,015 (△7.0)	33,009 (106.1)	41,299 (25.1)	41,989 (1.7)	38,219 (△9.0)
	수 입	88,556 (22.8)	72,252 (△18.4)	64,224 (△11.1)	66,203 (3.1)	58,902 (△11.0)	52,073 (△11.6)	114,322 (119.5)
	수 지	△77,641	△55,023	△48,208	△33,194	△17,603	△10,084	△76,102

주: ( )는 전년 동기대비 증가율

자료: 철도차량공업협회 홈페이지(http://www.korsia.or.kr/)

(3) 신호기술 연구개발의 파급효과 분석

신호 체계 개선을 위한 로드맵에 근거해 개발한 신호 관련 기술의 경제적 파급효과에 대해 분석하면, 철도는 앞에서 언급한 바와 같이 생산유발효과, 고용유발효과, 수입감소효과를 가질 수 있다.

1) 분석 시 고려사항

본 분석은 한국은행 산업연관표를 이용하여 신호 관련 기술 개발의 경제적 파급효과를 분석대상으로 하는데 산업연관표 상에서 철도에 해당하는 생산유발계수를 분리, 이용할 수 없는 한계가 있다.

철도부문에 대한 생산유발계수가 존재하므로 철도부문의 생산유발계수를 철도의 생산유발계수로 간주하고 분석을 하기로 하였다.

철도 부문에서 요청한 수입대체효과는 엄밀하게 말해서 해당 기술이 과거에 어느 정도 수입되

어 왔으며 그 수입금액은 어느 정도가 되는지를 정확히 파악되어야 분석이 가능하다.

신호 관련 핵심 기술 수입금액에 대한 정보를 세세하게 파악하는 것은 어려울 뿐만 아니라 설령 구할 수 있다고 하더라도 단순한 계산에 불과하므로 분석의 메리트가 없다.

이에 본 연구에서는 한국은행 수입유발계수를 이용하여 철도 신호분야의 핵심 기술 개발비용이 전체적으로 철도(차량, 운송) 부문에서 어느 정도의 수입감소효과를 가지는지를 중심으로 분석을 진행하고자 한다.

2) 분석데이터

본 과제의 분석을 위한 데이터는 아래와 같다.
산업연관표는 한국은행 경제통계시스템(ECOS) '산업연관표 2005년 실측표' 기준 2010년 연장표를 이용하였다. 한국은행 산업연관표는 대,중,소분류로 제공되어 있는데 대분류와 중분류에는 철도부문이 포함되어 있지 않으므로 소분류로 된 산업연관표를 이용하였다.
통합소분류 168개 산업으로 구성된 산업연관표 2010년 연장표에는'생산(국산)유발계수표','수입유발계수'가 있으며'산업별 취업 및 고용유발계수표'에는 산업별 고용유발계수가 있으므로 이것들을 이용하여 각각 생산유발효과, 수입감소효과, 고용유발효과를 분석하기로 하였다.
더불어 아래에서 제시된 바와 같이 신호조합 로드맵에서 제시한 주요 기술의 연구개발비용을 이용하는 것으로 하였다.

[표7.2.16] 신호 장치 장치 개발 항목별 개발비용

개발항목	연구개발비용(원)
1)무인 운전을 위한 통합 관제시스템 개발	44,880,000,000
2)도시철도 기반 통합 차상 신호장치용 공통 플랫폼 개발	
3)LTE-R을 이용한 일반철도 ATO 시스템 개발	
4)차상/지상 양방향 데이터 통신기능을 가진 지상 데이터 전송장치 (T-Balise)개발	
5)일반철도/고속철도용 역종합제어장치 개발	
6)철도신호시스템 SIL인증체계 통합 지원 인프라 구성	
7)철도신호체계용 공통플랫폼 개발	
8)철도신호 유지보수체계 효율성 증대를 위한 장치 및 자원 실시간 감시 시스템 개발	

3) 분석모형

본 연구의 분석모형은 앞에서 설명한 바와 같이 산업연관분석을 이용한다. 이러한 분석을 위한 외생적 충격은 핵심장치 개발 항목별 개발비용이 되며 분석결과는 핵심장치 국산화의 생산유발효과, 고용유발효과, 수입감소효과로 나눌 수 있다.

생산유발효과는 철도 연구개발로 경제전체적으로 어느 정도의 생산유발효과가 있는지를 보여주며 고용유발효과는 철도 연구개발로 경제전체적으로 어느 정도의 고용유발효과가 있는지를 보여준다.

마지막으로 수입유발효과는 철도 연구개발지출로 인해 철도부문에 투입되는 중간재 수입이 어느 정도 감소할 것인지를 알 수 있다.

이러한 생산유발효과, 고용유발효과, 수입감소효과를 분석하기 위한 모형은 각각 아래와 같이 쓸 수 있다.

-생산유발효과 : $(I-A)^{-1}(RD)$, 단, $(I-A)^{-1}$ 는 한국은행 생산유발계수, RD는 철도 연구개발지출액
-고용유발효과 : $l(I-A)^{-1}(RD)$, 단, $l(I-A)^{-1}$ 는 한국은행 고용유발계수, RD철도 연구개발지출액
-수입유발효과 : $-A^{m}(I-A^{d})^{-1}(RD)$, 단, $A^{m}(I-A)^{-1}$ 는 한국은행 수입유발계수, RD는 철도 연구개발지출액

위의 수입유발계수는 국내 총수요가 변할 경우 산업부문별로 어느 정도의 수입이 유발될 것인가를 나타내며, 이에 여기에서는 외생적 충격이 철도 연구 개발 지출액이므로 이러한 수입유발계수행렬 앞에 음(-)의 부호를 붙이기로 하였다.
이것의 의미는 수입감소효과로 해석할 수 있다. 또한 이용된 수입유발계수는 철도부문 만을 따로 분리하였으므로 위에서 한국은행 수입유발계수는 철도부문의 수입유발계수라 할 수 있다.

4) 결과 도출과정

신호 분야 장치 연구개발이 경제에 미치는 효과는 크게 국민경제 전체에 미치는 영향과 철도부문에 미치는 영향으로 나눌 수 있다. 크게 생산유발계수, 고용유발계수, 수입감소계수 행렬의 형태는 그대로 쓰며 그 안에 있는 산업을 조정하여 2가지 방식으로 분석하였다.

첫째, 국민경제 전체에 미치는 영향을 분석하기 위해 전 산업에 대한 유발계수행렬을 이용하였고 다른 하나는 철도산업에 미치는 영향만을 분리하기 위해 전 산업 유발계수 행렬에서 철도

부문 만을 따로 선택하여 이용하였다. 이러한 내용은 아래의 그림을 통해 파악할 수 있다.

① R&D 지출이 국민경제 전체에 미치는 효과 분석 : 10개 산업 가정할 때 전산업의 파급효과 계수 이용



[그림7.2.5] 연구개발지출의 국민경제 파급효과 분석 과정

② R&D 지출이 철도부문에 미치는 효과 분석 : 전체 산업에서 철도산업의 파급효과 계수만 분리하여 철도산업의 파급효과 분석



[그림7.2.6] 연구개발지출의 철도부문 파급효과 분석 과정

4) 분석결과

철도 신호 기술개발에 따른 국민경제적 파급효과에 관한 분석결과는 아래와 같다.

[표7.2.17] 신호 기술 개발의 국민경제적 파급효과 분석

구 분	생산유발효과(원)	고용유발효과(명)	수입감소효과
신호 R&D 기술 개발	169,491,719,037	10,369	28,665,843,360

세부적으로 신호기술 개발에 따른 효과를 파악하기 위해서는 세부 기술별 개발금액에 대한 수치가 필요하나 현재 로드맵에서 제시한 전체 금액을 기준으로 보았을 때 세부 기술별 경제적 파급효과 분석에는 한계가 있다.

따라서, 본 연구에서는 개별 기술개발에 따른 경제적 파급효과 분석 보다는 전체 로드맵이 완료되었을 경우 파급효과를 분석하는 것으로 하였다.

신호 기술 개발로 인해 발생된 기술 중 철도부문이 아닌 다른 산업부문에 속하는데 본 분석에서 이것을 명확하게 분리해 내는 것이 매우 어렵기 때문에 이에 대한 부분이 본 분석 결과에 포함되어 있을 수 있다. 따라서 순수하게 철도부문에 대한 파급효과는 매우 제한되어 있다고 볼 수 있으며 해석 시 이러한 점을 염두에 두어야 한다.

위와 같은 결과에서 알 수 있듯이 연구개발의 효과는 국민경제 혹은 철도부문에 미치는 영향

이 작지 않은 것으로 나타났다. 신호 기술 개발을 통하여 국내 산업의 활성화를 꾀할 수 있고, 현재 해외 기업 중심인 신호 기술 및 장비 측면에서 수입 대체효과를 얻을 수 있어 국내 경제에 미치는 영향이 크므로 지속적으로 기술개발을 지원할 필요가 있다.

제 3 절 결론

1. 정책적 타당성

해외 주요국가의 철도분야 정책을 살펴본 결과는 다음과 같다.

해외 주요 국가들의 철도분야에 대한 정책적 특징을 살펴보면 먼저 유럽 연합의 경우 유럽 내 열차상호운영성에 필요한 여건을 지원하기 위한 지침(Derectives)과 상호운영을 위한 기술사양서(TSI) 및 각종 사양서를 작성하는 등 법제도적인 체계를 구축하였다.

유럽연합의 지침(Directive 96/48/EC)은 속도철도시스템에 대한 것으로서 2002년 11월부터 유럽내에 건설되는 고속철도 신선 또는 기술사양서(TSI)를 기반으로 하여 신호시스템을 개량할 경우에는 ERTMS 또는 ETCS를 사용하도록하는 법제도적인 근거를 마련하였다.

미국은 철도신기술 관련 지원을 법제화하여 지원하고 있으며, 중국도 철도기술개발을 위한 정책을 수립하고 이를 지원하기 위한 다양한 방안을 수립하고 운영하고 있다.

국내 역시 철도노선의 다양화와 국가 중심 축으로 활용하기 위한 다양한 계획을 수립하고 이를 실행하고 있으나 기술적인 측면보다는 기간망 구축과 관련된 지원이 더 큰 실정이다. 해외 주요국가가 노선과 더불어 기술에 대한 정책적 지원을 꾀하고 있는 상황에서 기술개발에 대한 지원이 부족하다면, 글로벌 철도기술시장에서 뒤쳐질 수 밖에 없다.

특히, 철도시장은 향후에도 지속적으로 성장할 것으로 예상되는 매우 매력적인 시장이다. 이러한 철도시장의 규모가 커질수록 효율적인 철도운영과 고품질의 서비스 제공은 제어부분과 신호부분의 중요해 지고 있다. 철도는 전체 철도망 또는 장거리 철도 운송의 비용이 최소화 되도록 동일한 노선에 효율적인 시스템 구성을 목표로 하고 있기 때문이다. 이제 철도시스템은 예전의 철도 형태에서 벗어나 다양한 철도가 하나의 노선에서 운영되고 있으며, 이와같이 철도시스템이 복잡해질수록 신호 및 제어시스템은 안전과 직결되는 만큼 철도 운영과 철도서비스의 질과 관련해서 더욱 중요한 요소라 할 수 있다

해외 주요 철도선진국에서는 이와 같은 철도신호기술에 대한 중요성을 인식하고 철도신호기술 개발을 위한 표준마련 및 정책적 지원을 실시하고 있다. 향후 철도신호기술의 핵심 성장분야라 할 수 있는 제어 및 신호 시장은 세계 6개 메이저가 대부분 공급을 하고 있으며, 최근 중국시장의 급격한 성장과 함께 국가 소유의 China Railway Signal Communication Corp. 역시 중요한 위치를 차지하고 있다. 국내의 경우 관련 기술에 대한 핵심기술이 부족하여 해외에서 수입하고 있는 실정이기에 이에 대한 대처가 반드시 필요한 상황이다.

해외주요선진국의 철도관련 정책 및 국내 주요 정책을 비교하였을 때, 신호기술에 대한 정책적 지원은 국내 철도산업의 활성화 및 글로벌 시장 경쟁력 확보를 위해 매우 필요한 부분이라 할 수 있으므로 정책적 지원의 타당성을 확보한 것으로 판단할 수 있다.

2. 경제적 타당성 분석

국산 통합형 철도신호 체계 기술 개발을 통하여 얻을 수 있는 경제적 효과를 파악하기 위해 경제성분석을 실시하였다. 경제성 분석은 기술개발에 따른 비용과 효과의 차이를 분석한 B/C Ratio 분석과 철도 신호분야 기술 개발로 인해 발생되는 파급효과에 대한 분석을 실시하였다.

경제성 분석을 위해 필요한 기초항목에 대한 조사를 실시하였으며, 국산 통합형 철도신호 체계 기술 개발로 인해 발생되는 효과를 파악하기 위해 전문가 의견을 취합하여 철도 신호분야에 대한 비중을 산정하였다. 이와 더불어 철도관련 주요 통계지표를 활용하여 비용과 효과를 분석하기 위한 기초 자료를 수집하였다.

철도 신호기술개발로 인해 발생되는 효과로는 이용자측면의 효과와 운영자 측면의 효과와 비용으로 구분하였고, 각 항목에 대해 비용으로 산출하였다. B/C Ratio 분석 결과 1.058로 경제적 효과가 있는 것으로 분석되었다.

신호기술 국산화를 통한 파급효과에 대한 분석을 위하여 신호 핵심기술 개발분야를 선정하였고, 신호기술 개발에 따른 파급효과를 분석하였다. 파급효과 분석을 위해 한국은행에서 제시하는 산업연관표를 활용하였으며, 연관분야는 철도차량산업 분야와 철도수송사업분야로 한정하였다.

철도 신호기술 개발에 따른 효과는 생산유발효과, 고용유발효과, 수입감소효과 세 가지로 구분할 수 있으며, 각각에 대한 효과분석 결과 1,695억원의 생산유발효과가 있는 것으로 나타났으며, 1만명 이상의 고용창출효과와 286억의 수입감소효과가 있는 것으로 나타났다.

철도신호기술에 대한 해외수출효과는 적용하지 않았지만, B/C Ratio와 파급효과에 대한 분석만으로도 철도신호기술이 가지는 경제적 가치는 높다고 판단된다. 세계적 수준의 신호기술개발을 통해 글로벌 시장에 진출한다고 가정한다면, 철도신호기술 개발이 가지는 경제적 가치는 더욱 크다고 할 수 있다. 특히 철도는 향후 지속적으로 성장성이 높은 분야이기 때문에 시장규모는 더욱 커질 수 있다.

이와 같은 경제적 효과를 고려하였을 때 철도 신호기술 분야에 대한 투자는 매우 타당한 것으로 판단되며, 정부측면에서도 철도신호관련 기술개발에 대한 적극적인 지원이 있어야 할 것으

로 판단된다.

3. 시사점

철도신호분야는 안전이 최우선이므로 경제성분석이전에 안전비용을 먼저 생각하여야 한다.

본 연구에서는 철도 신호기술 개발에 따른 타당성 분석을 위하여 주요정책, 기술, 경제성 세 가지 분야에 대한 분석을 실시하였다. 대부분의 연구에서 정책적 타당성, 기술적 타당성, 경제성 세 가지 타당성에 대해 각각 분석을 진행하는 것에 비해 본 연구에서는 정책, 기술, 경제성 세 가지 측면을 모두 검토하였다는 측면에서 타 연구와 차별성을 갖는다고 할 수 있다. 본 연구에서 제시하는 시사점은 이론적 측면과 실무적 측면 두 가지를 제시할 수 있다.

첫째, 이론적 측면에서의 시사점은 철도 신호기술 개발에 대한 타당성분석 가이드라인을 제시하였다는 점이다. 기존 타당성분석 보고서를 살펴보면 경제적 타당성에 대한 분석이 주를 이루고 있으며, 그에 비해 정책적 타당성 또는 기술적 타당성에 대한 부분은 중요하게 다루지 않는 것이 특징이다. 하지만 본 연구에서는 철도 신호기술에 대한 정책적 타당성과 기술적 타당성에 대한 구체적인 분석을 실시하였다는 측면에서 차이가 있다.

특히, 경제성분석에서 기존 연구에서는 개별 기술에 대한 세부적인 경제적 효과를 분석하는 것이 일반적인데, 본 연구에서는 개별 기술에 대한 중요성도 존재하지만 국가 철도 신호기술 발전을 위하여 전체 로드맵 측면에서 경제적 파급효과에 대한 분석을 실시한 것이 큰 차이라 할 수 있다.

철도 신호기술에 대한 경제성분석 과정에서 개별기술에 대한 측면도 반영하였지만 로드맵을 통해 얻을 수 있는 우리나라 철도 신호기술 전반에 걸친 효과 측면에서 분석을 실시하였다. 그 결과 개별 기술만으로 파악하기 어려운 산업 전반에 걸친 효과를 분석할 수 있게 되었다.

둘째, 실무적 측면에서 시사점은 철도 신호분야 기술개발기업 및 정책관련기관에 가이드라인을 제시하였다는 것이다. 철도 신호기술에 대한 타당성분석 결과 정책 측면, 기술 측면, 경제성 측면 모두 타당성이 있는 것으로 나타났다.

이와 같은 분석 결과는 철도 신호분야 기술개발 기업에게는 지속적인 투자 결정을 위한 기초자료로 활용될 수 있으며, 철도 정책관련 기관에서는 지원 정책 수립을 위한 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 예상할 수 있다. 본 연구결과를 통해 향후 철도 신호관련 산업에서 다양하게 활용될 수 있을 것으로 예상되기 때문에 실무적 관점에서도 시사점을 제시하였다고 할 수 있다.

제 8 장 단기추진과제별 추진체계 구성 및 연구소요 예산

제 1 절 스마트 관제시스템 기술 개발

1. 무인운전을 위한 통합 관제시스템 개발

가. 성과목표 및 지표 설정

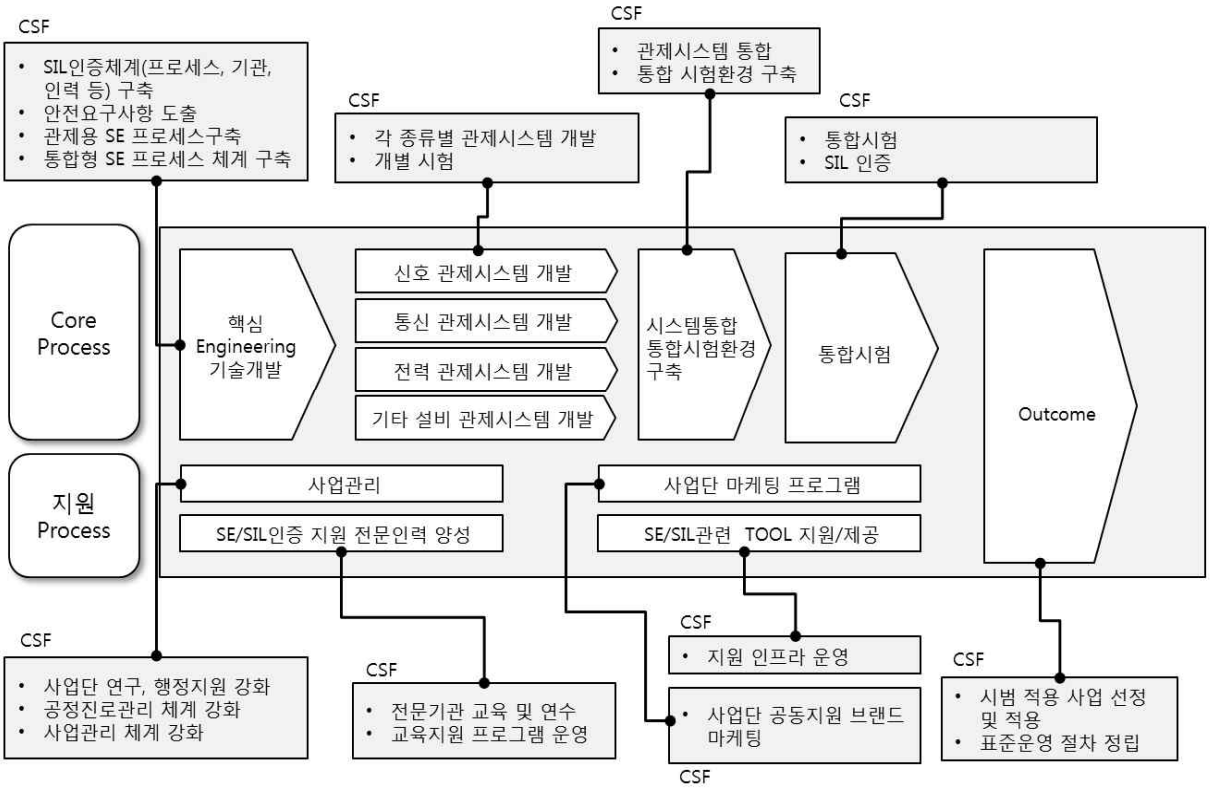
□ 핵심과제별 목표 성과물

핵심과제명	핵심과제 목표	목표성과물
무인운전을 위한 도시철도용 통합 관제시스템 개발	무인운전을 위한 관제표준 정립 및 기술 확보	- 무인운전을 위한 도시철도용 통합 관제시스템 시제품 - 표준 운영 절차
	통합 관제시스템 표준정립 및 기술 확보	

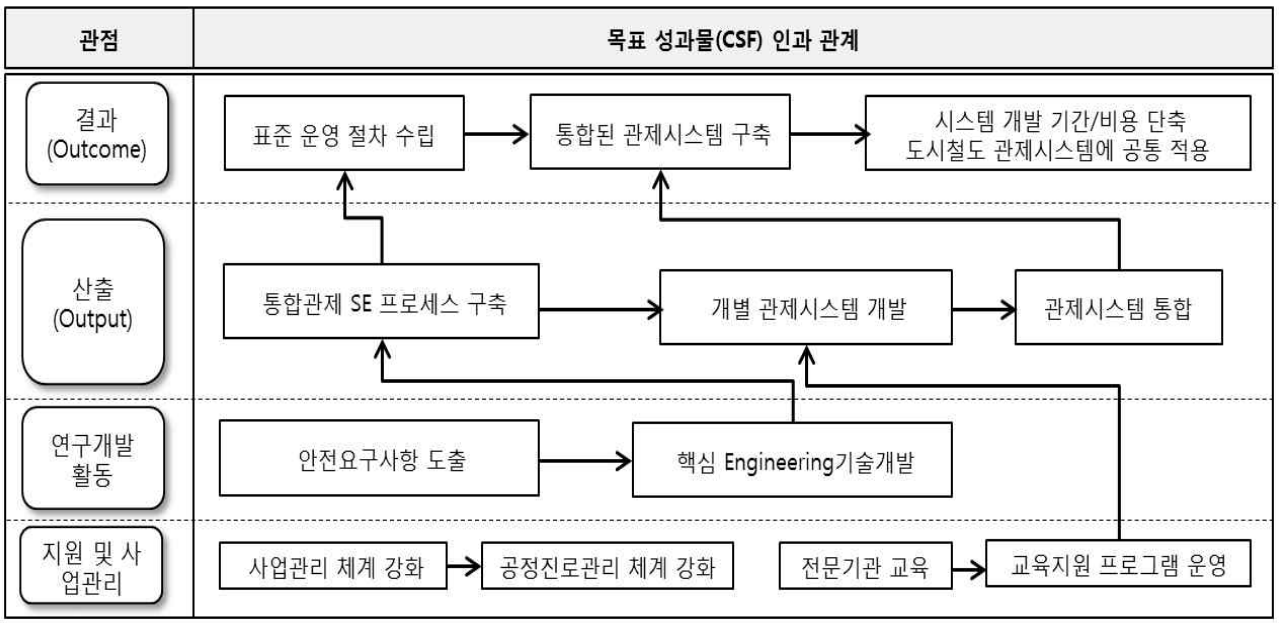
□ 목표성과물 도출 및 인과관계 분석

o 목표 성과물(CFS) 정의도

- 무인운전을 위한 도시철도용 통합 관제시스템 시제품 : 신호, 통신 및 전력 관제 시스템을 지역적으로 통합하여, 저비용, 고효율의 관제시스템 구축
- 표준 운영 절차 : 무인운전열차 관제에 따른 시스템 운영 방안, 사고 및 지연에 대한 열차관리/운전정리 등에 대한 표준 운영 절차 정립



o 성과지표의 관점의 목표성과물(CFS) 인과 관계도



□ 성과지표 설정

o 공통지표

관점	성과지표(KPI)	정의
자원 및 사업관리	사업관리 및 집행의 적절성	사업관리 항목의 수
	핵심과제 공정지연율	계획공정 대비 지연일수의 비율
결과(Outcome)	개발비 절감율 (%)	[1-(실현 개발비/기존 개발비)]x100
	개발 시간 단축률 (%)	[1-(실현 기간/기존 설계기간)]x100
	매출액	국내외 매출(수주)금액
	기술이전 건수	국내외 업체 대상 기술이전 건수
	기술료 수입 금액	국내외 업체 대상 기술요 수입 금액
	국내외 특허 등록건수 및 등록율	국내외 특허 등록 건수 및 출원건수 대비 등록율
	제도 및 규격 표준화 실적	설계기준/시방서/KS규격 등 제도 방영 또는 표준화 실적 건수
	신기술 동록건수 및 등록률	신기술 등록건수 및 출원건수 대바 등록율
	국내외 학술활동 건수	국내외 논문집, 학술대회 논문발표 및 게재 건수
	정책반영 건수	법률, 규칙, 기준, 고시 등 반영 건수

o 총괄과제 지표

관점	성과지표(KPI)	정의
연구개발활동	연구단 서비스 모델 운영 건수	성과물, DB, 홍보관, 인력양성 프로그램 등 서비스 모델 운영 건수
결과(Outcome)	국제 컨퍼런스 개최 회수	국제 컨퍼런스 개최 회수
	기술적용 기술 건수	개발 요구기술 실용화 건수

o 핵심과제 지표

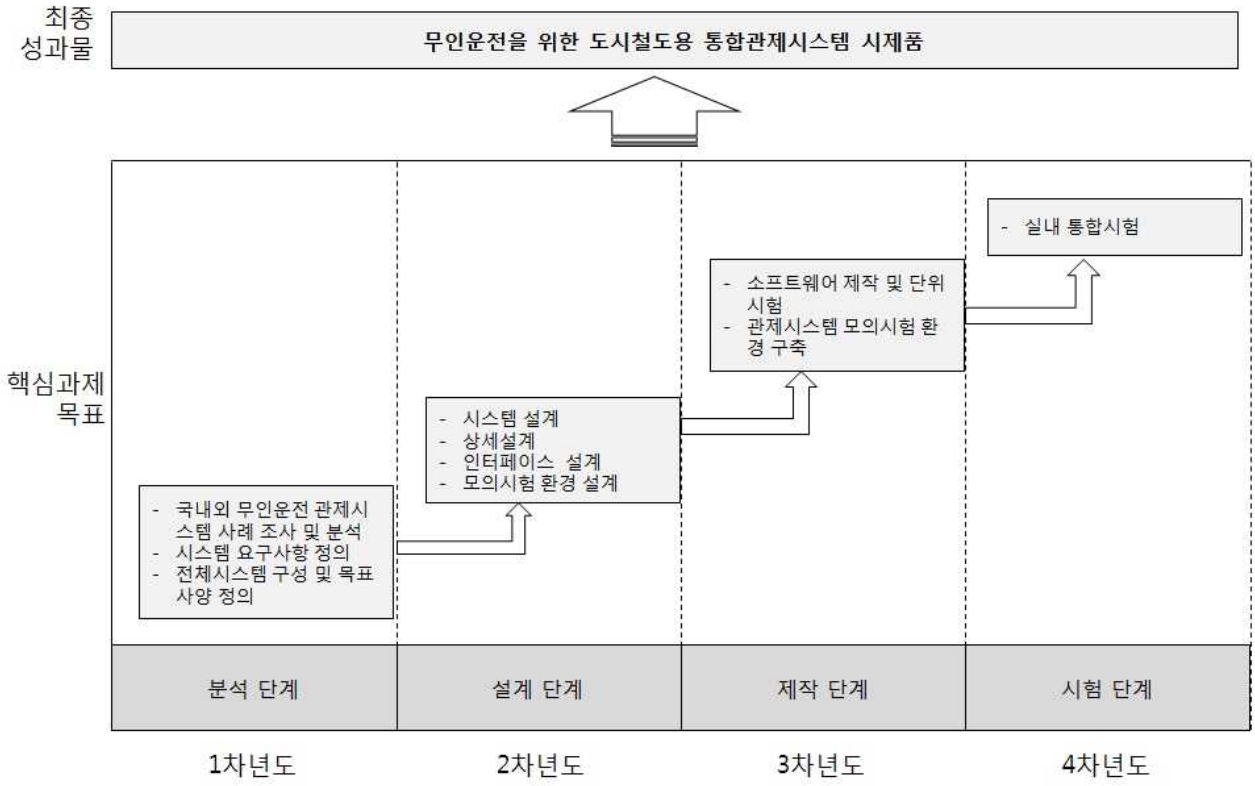
관점	성과지표(KPI)	정의
연구개발활동	시스템 제작 건수	운영, 모니터링 및 시스템 제작 건수
결과(Outcome)	기술개발 적용율	기술개발 수

나. 기술로드맵(TRM)

□ 연구과제 수행계획 도식화(Chart)

o 도출된 중점과제 분야들에 대해 우선순위, 개발 시작, 목표시점, 기술개발 방

법, 관련 기술간 연계 등을 고려하여 시간 축을 기준으로 도식화함.



o 주체별 역할 설정

주체	역할
연구진	관련기술자료 제공
위원회	기술간 인과간계, 기술개발 시작 및 종료시점 도출
부처 및 관련기관	결과 및 예산안 배분 검토

다. 과제 연구개발비 소요 명세서 작성(WBS를 활용)

□ 세세부 : 무인운전을 위한 도시철도용 통합관제시스템 개발

(단위 : 천원)

구분	산출내역	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	비율(%)
직접비	인건비	569,568	569,476	516,968	427,146	2,802,158	21.6
	연구장비 및 재료비	757,000	2,812,000	1,911,260	2,250	5,482,510	56.9
	연구활동비	110,040	120,040	90,160	86,160	406,400	4.2
	연구과제추진비	64,500	120,000	90,000	90,000	364,500	3.8
	연구수당 (지급인건비*20%)	113,914	113,895	103,194	85,429	416,432	4.3
	소계	1,045,454	3,165,935	2,194,614	263,839	6,669,842	69.3
	위탁연구개발비						
간접비	직접비*10%	161,502	373,541	271,058	69,099	875,200	9
연구개발비 총액		1,776,523	4,108,952	2,981,640	760,084	9,627,199	100

라. 실용화 및 사업화(Test Bed) 방안

□ 핵심과제 실용화 및 사업화 방안 작성

세부과제명	세세부과제명	목표성과물	사업화 및 실용화방안
철도통합시스템 인프라 구축	무인운전을 위한 도시철도용 통합 관제시스템 개발	무인운전을 위한 도시철도용 통합 관제시스템 시제품	국내 도시철도 신설 및 개량사업에서 실용화 국외(동남아 및 중국) 철도시장에 턴키 프로젝트로 활용
		무인운전 표준 관제 운영 절차	

제 2 절 UTO수준 통합형 지상/차상신호장치 기술 개발

1. 도시철도기반 통합 차상 신호장치용 공통플랫폼 개발

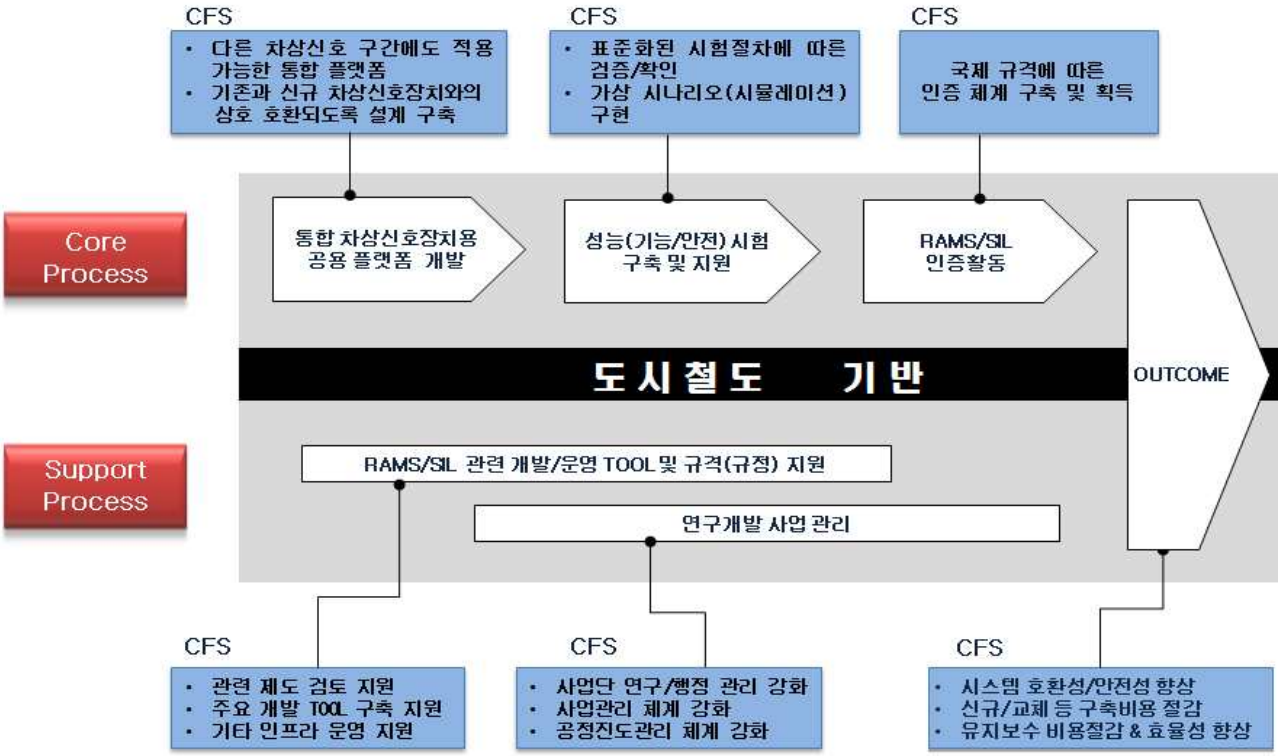
가. 성과목표 및 지표 설정

□ 핵심과제별 목표 성과물

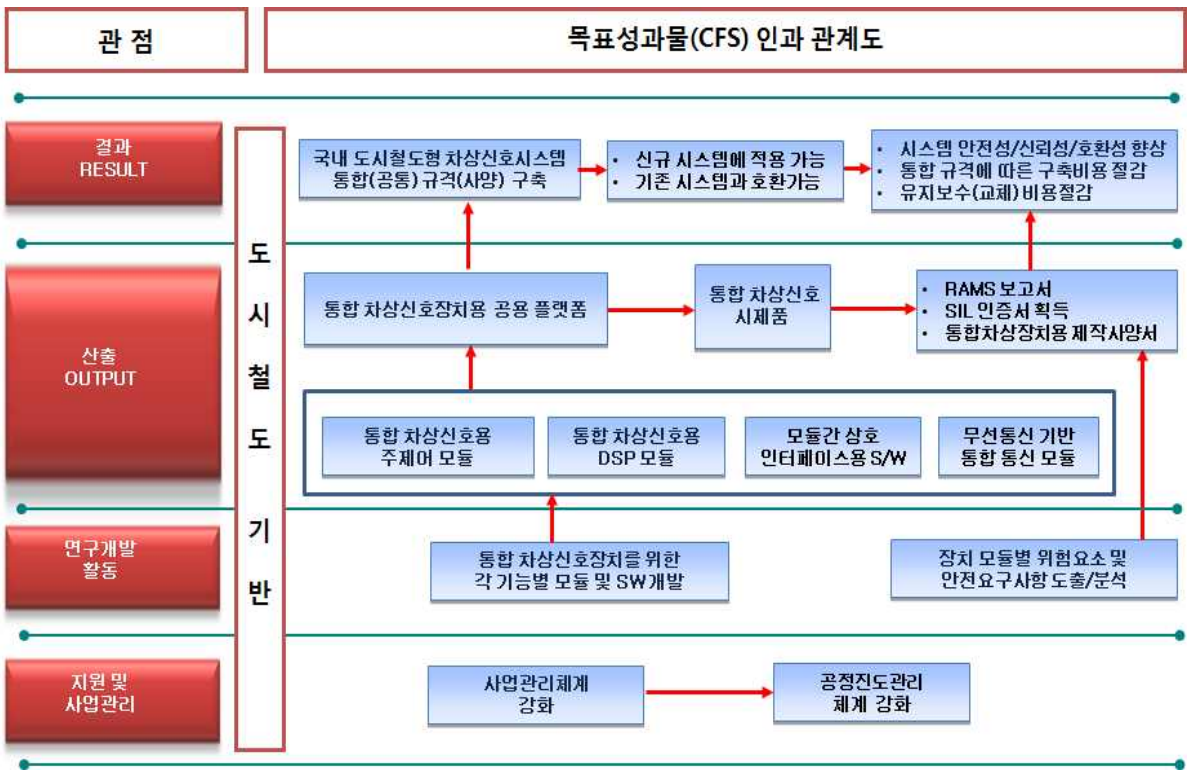
핵심과제명	핵심과제 목표	목표성과물
도시철도 기반 통합 차상신호 장치용 공용 플랫폼 개발	1. 통합 차상신호용 주제어 모듈 개발	통합형 주제어 모듈 및 SW
	2. 통합 차상신호용 DSP 모듈 개발	통합형 DSP모듈 및 SW
	3. 모듈간 상호 인터페이용 모듈 개발	인터페이스 S/W
	4. 무선 통신 기반의 통합 차상신호장치용 통신모듈 개발	통합형 무선통신 모듈 및 SW
	5. RAMS/SIL4 인증 평가 및 획득	안전성 활동보고서, 인증서

□ 목표성과물 도출 및 인과관계 분석

o 목표 성과물(CFS) 정의도



o 성과지표의 관점의 목표성과물(CFS) 인과 관계도



□ 성과지표 설정

o 공통지표

관 점	성과지표(KPI)	정의
자원 및 사업관리	사업관리 및 집행의 타당성 및 적합성	연구개발 사업 관리 대상 건 수
	핵심과제 공정지연율	계획공정 대비 지연일수 적용 비율(%)
	교육 활동 건	교육/지원 프로그램 운영 건 수
결과(Outcome)	국내외 학술활동 건	국내외 논문발표 및 학회지 기재 건 수
	규격/제도화 반영 건	제작사양서/통합 플랫폼 등 제도 반영 건 수
	국내외 특허출원 건	국내외 특허출원 건 수
	프로그램등록 건	국내 저작권협회 프로그램등록 건 수

o 총괄과제 지표

관점	성과지표(KPI)	정의
연구개발활동	안전성 분석&평가	개발시스템의 안전요구사항 분석 및 RAMS/SIL 인증 평가
결과(Outcome)	R&D 관련 세미나	도시철도 운영기관/산학 관계자 대상 세미나 개최 건 수
	RAMS/인증 건	RAMS 활동 보고서, SIL 인증 획득
	협력기관 협정 건	기술개발/이전 및/또는 개발사업화 관련 협력(협약) 체결 건 수

o 핵심과제 지표

관점	성과지표(KPI)	정의
연구개발활동	통합 플랫폼 구축	각 통신모듈, DSP모듈 및 관련 S/W 구축 건
결과(Outcome)	통합 모듈 개발	각 통신모듈, DSP 모듈 등 개발 건 수
	통합 응용 SW 구현	각 모듈 구현을 위한 프로그램 건 수

나. 기술로드맵(TRM)

□ 연구과제 수행계획 도식화(Chart)

연차	연구목표	연구내용	추 진 일 정(월별)												비중(%)
			1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	
1차 년도	조사 연구	■ 자료 조사													
		■ 자료 연구 및 분석													
	기본 설계	■ 제작설계계획서 도출													
		■ H/W 기본/상세 설계													
	개발 제작	■ 구성품 사양검토/구매													
2차 년도	시제품 제작	■ 시제품 H/W 제작													
		■ 시제품 S/W 제작													
	인터페이스 통합 구현	■ H/W 및 S/W 인터페이스 통합 구현													
		■ 성능 검증 & 보완													
3차 년도	통합시스템	■ 시스템 통합 구현													
		■ 성능시험& 검증 및 보완													
	보고서	■ 시험 결과 분석													
		■ RAMS/SIL 보고서													

o 주체별 역할 설정

주체	역할
연구진	■ 선행 기술/특허 동향 조사 ■ RAMS/SIL 관련 안전성 분석 및 관련 설계 방안 도출 ■ H/W 및 S/W 구현 및 검증 & 인터페이스 구현 ■ SIL 인증 관련 산출물/평가 보고서 등 작성 및 검증 ■ 최종 완료보고서
위원회	■ 기술 구현 방안 검토 & 설계 방안 검토 및 대안 제시 ■ 안전성 요구분석 및 평가활동 관련 자문
부처 및 관련기관	■ 기능시험/환경시험/시운전 시험 등에 대한 자문 ■ 안전 운행의 요구사항 제시 및 안전성 평가 자문 ■ 연구개발비 집행현황 및 개발현황 등 검토 및 평가 자문

다. 과제 연구개발비 소요 명세서 작성(WBS를 활용)

(단위: 천원)

항목	연도 / 비목	1차년도	2차년도	3차년도	합계		비고
		금액	금액	금액	금액	비율	
직접비	인건비	238,917	447,970	388,241	1,075,128	22.4%	
	연구장비·재료비	576,522	1,080,979	936,848	2,594,349	54.0%	
	연구활동비	92,675	173,766	150,597	417,039	8.7%	
	연구과제추진비	92,490	173,419	150,296	416,205	8.7%	
	연구수당	25,219	47,286	40,981	113,486	2.4%	
	위탁연구개발비	40,843	76,580	66,370	183,793	3.8%	
연구개발비총액		1,066,667	2,000,000	1,733,333	4,800,000	100.0%	

라. 실용화 및 사업화(Test Bed) 방안

□ 핵심과제 실용화 및 사업화 방안 작성

세부과제명	세세부과제명	목표성과물	사업화 및 실용화방안
도시철도 기반 통합 차상신호 장치용 공용 플랫폼 개발	○ 통합 차상신호용 주제어 모듈 및 S/W	○ 프로그램 1건 ○ 논문 1편 ○ 특허출원 1건	○ 개발 결과물에 대한 성능 입증을 전문기관을 통해 완료하고, SIL4에 준하는 안전성을 확보함. ○ 국내 도시철도 운용기관에 유지보수의 효율성 및 경제성 그리고 안전성 확보 등 제시를 통해 운행 노선구간의 교체 대상에 적용 ○ 통합 차상신호시스템의 국산화로 신호시스템 사업 활성화
	○ 통합 차상신호용 DSP (Digital Signal Processer) 모듈 및 S/W	○ 프로그램 1건 ○ 논문 1편 ○ 특허출원 1건	
	○ 모듈 간 인터페이스용 모듈 및 S/W	○ 프로그램 1건 ○ 논문 1편 ○ 특허출원 1건	
	○ 무선 통신 기반의 통합 차상신호장치용 통신모듈 개발	○ 프로그램 1건 ○ 논문 1편 ○ 특허출원 1건	
	○ RAMS/SIL4 인증 활동	○ 안전요구사항 분석 ○ 인증 절차서/보고서 ○ 인증서 획득	

2. LTE-R을 이용한 일반철도 ATO 시스템 개발

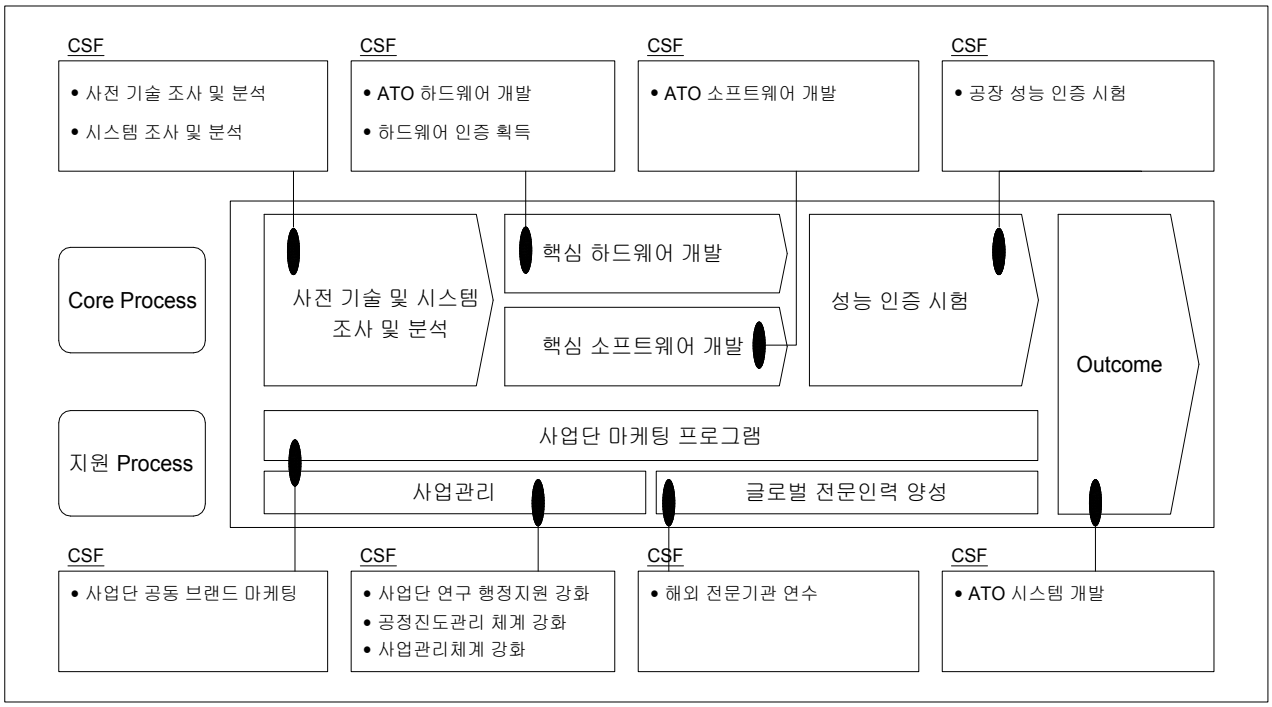
가. 성과목표 및 지표 설정

□ 핵심과제별 목표 성과물

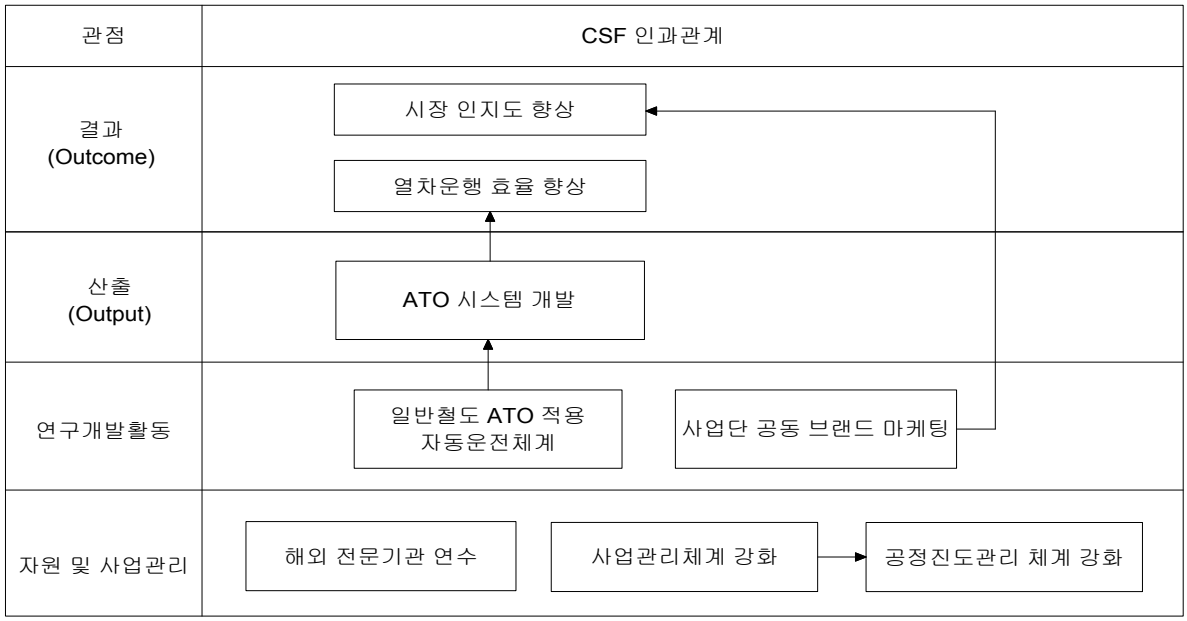
핵심과제명	핵심과제 목표	목표성과물
총괄과제 ATO시스템 개발	실제 ATO 운행을 고려한 시스템 개발	일반철도 ATO 운행을 위한 시스템 개발
제1핵심과제 일반철도 ATO 적용 자동운전체계	일반철도 ATO 적용 자동운전체계 구축 방안 개발	일반철도 ATO 적용 자동운전체계를 위한 구축 방안 디자인
제2핵심과제 운전매뉴얼 및 지침서 개발	안전한 ATO 운행을 위한 문서 개발	ATO 운행을 위한 운전매뉴얼 및 지침서

□ 목표성과물 도출 및 인과관계 분석

o 목표성과물 도출



o 인과관계 분석



□ 성과지표 설정

o 공통지표

관점	성과지표(KPI)	정의
자원 및 사업관리	해외 전문기관 연수인력 보유 수	해외 전문기관 연수를 받은 인력 수
결과(Outcome)	국내외 학술활동 건수	국내외 논문집, 학술대회 논문발표 및 게재 건수

o 총괄과제 지표

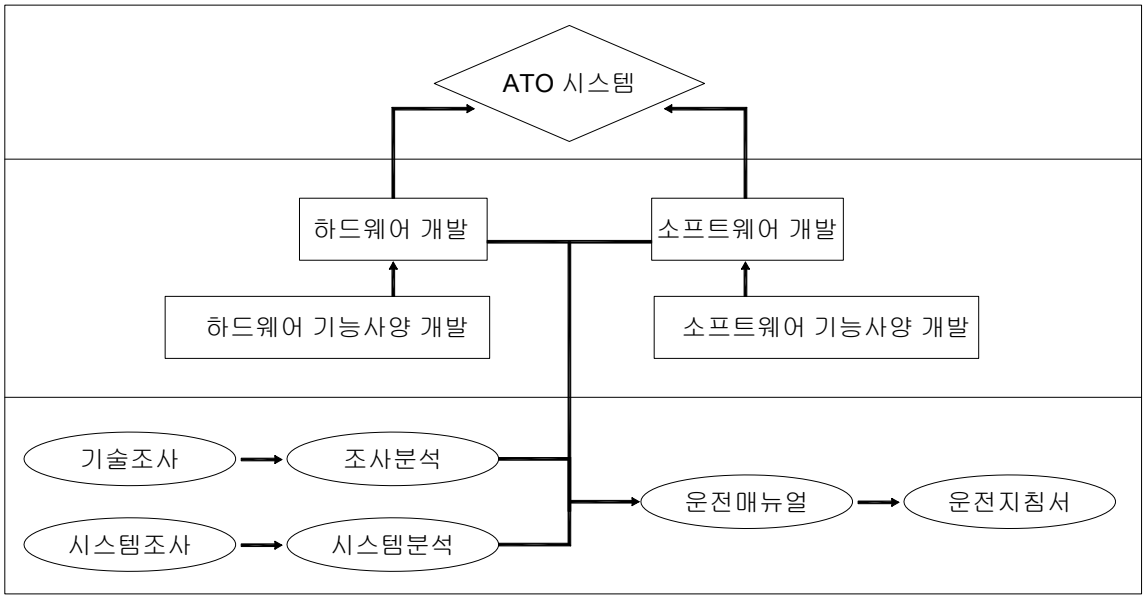
관점	성과지표(KPI)	정의
연구개발활동	사업단 서비스모델 운영 건수	성과물 DB, 홍보관(홍보프로그램), 인력양성 프로그램 등 서비스 모델 운영 건수
결과(Outcome)	국내 컨퍼런스 개최 회수	국내 컨퍼런스 개최 (단독 또는 공동) 회수

o 핵심과제 지표

관점	성과지표(KPI)	정의
연구개발활동	시스템 구축 건수	ATO 시스템 등 구축 건수
결과(Outcome)	시스템 구축	ATO 시스템 등 구축

나. 기술로드맵(TRM)

□ 연구과제 수행계획 도식화(Chart)



o 주체별 역할 설정

주체	역할
연구진	- 관련 기술자료 제공, 기존 분석 자료 제공 - 기술분야 및 전략프로젝트 간 가중치 조사
위원회	- 기술간 인과관계, 기술개발 시작 시점 및 종료시점 등 도출 - 가중치 조사 결과 검토
부처 및 관련기관	- 업무 진행 상황 검토 - 우선순위 조사 결과 및 예산 배분(안) 검토

다. 과제 연구개발비 소요 명세서 작성

□ 총괄과제

(단위 :천원)

항목	연도 / 비목	1차년도	2차년도	3차년도	합계	비고
		금액	금액	금액	금액	
직접비	인건비	286,590	295,430	295,430	877,450	
	연구장비·재료비	2,585,280	2,524,700	2,124,700	7,234,680	
	연구활동비	124,560	111,230	104,570	340,360	
	연구과제추진비	101,640	113,450	124,590	339,680	
	연구수당	31,240	30,140	31,240	92,620	
	위탁연구개발비	50,000	50,000	50,000	150,000	
연구개발비총액		3,179,310	3,124,950	2,730,530	9,034,790	

□ 1세부과제

(단위 :천원)

항목	연도 / 비목	1차년도	2차년도	3차년도	합계	비고
		금액	금액	금액	금액	
직접비	인건비	106,590	105,430	105,430	317,450	
	연구장비·재료비	6,260	6,350	6,350	18,960	
	연구활동비	24,560	21,230	24,570	70,360	
	연구과제추진비	11,640	13,450	14,590	39,680	
	연구수당	7,240	7,140	7,240	21,620	
	위탁연구개발비				0	
연구개발비총액		156,290	153,600	158,180	468,070	

□ 2세부과제

(단위 :천원)

항목	연도 / 비목	1차년도	2차년도	3차년도	합계	비고
		금액	금액	금액	금액	
직접비	인건비	106,590	105,430	105,430	317,450	
	연구장비·재료비	6,260	6,350	6,350	18,960	
	연구활동비	24,560	21,230	24,570	70,360	
	연구과제추진비	11,640	13,450	14,590	39,680	
	연구수당	7,240	7,140	7,240	21,620	
	위탁연구개발비				0	
연구개발비총액		156,290	153,600	158,180	468,070	

라. 실용화 및 사업화(Test Bed) 방안

□ 핵심과제 실용화 및 사업화 방안 작성

세부과제명	세세부과제명	목표성과물	사업화 및 실용화방안
ATO 시스템 개발	ATO 시스템 개발	ATO 시스템	실제 ATO운행을 고려한 차상장치 개발

3. 차상/지상 양방향 데이터 통신 기능을 가진 지상 데이터전송장치(T-Balise) 연구개발

가. 성과목표 및 지표 설정

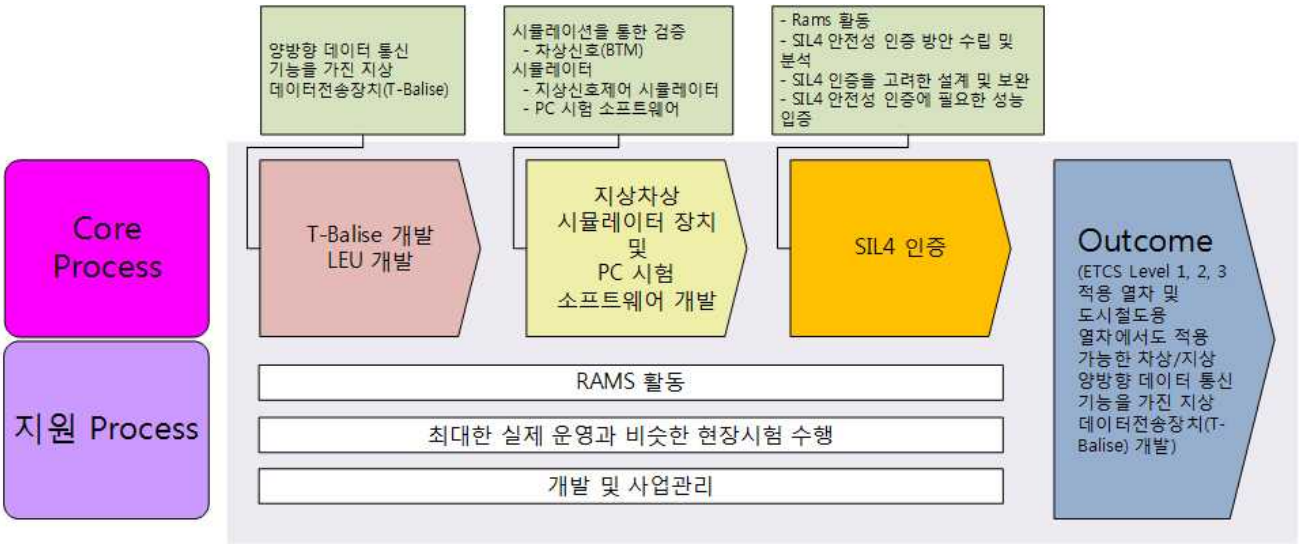
□ 핵심과제별 목표 성과물

사업명	핵심과제 목표	목표성과물
차상/지상 양방향 데이터 통신 기능을 가진 지상 데이터전송장치 (T-Balise : Two-way Balise)	• 지상, 차상 간 양방향 데이터 통신이 원활히 되도록 개발하여 열차운행에 필요한 정보를 신속하고 정확하게 차상 컴퓨터에 전송하고 차상의 필요정보를 지상 신호설비 또는 감시설비에 전송할 수 있도록 RAMS 활동을 포함하여 개발 • 현장시험 : 철도차량에 탑재 및 시험선에서의 시험	• T-Balise 장치 • 양방향 3)LEU장치 • 지상/차상 장치 시뮬레이터 . 차상신호(4)BTM)시뮬레이터 . 지상신호제어 시뮬레이터 • PC 시험 S/W • SIL4 인증

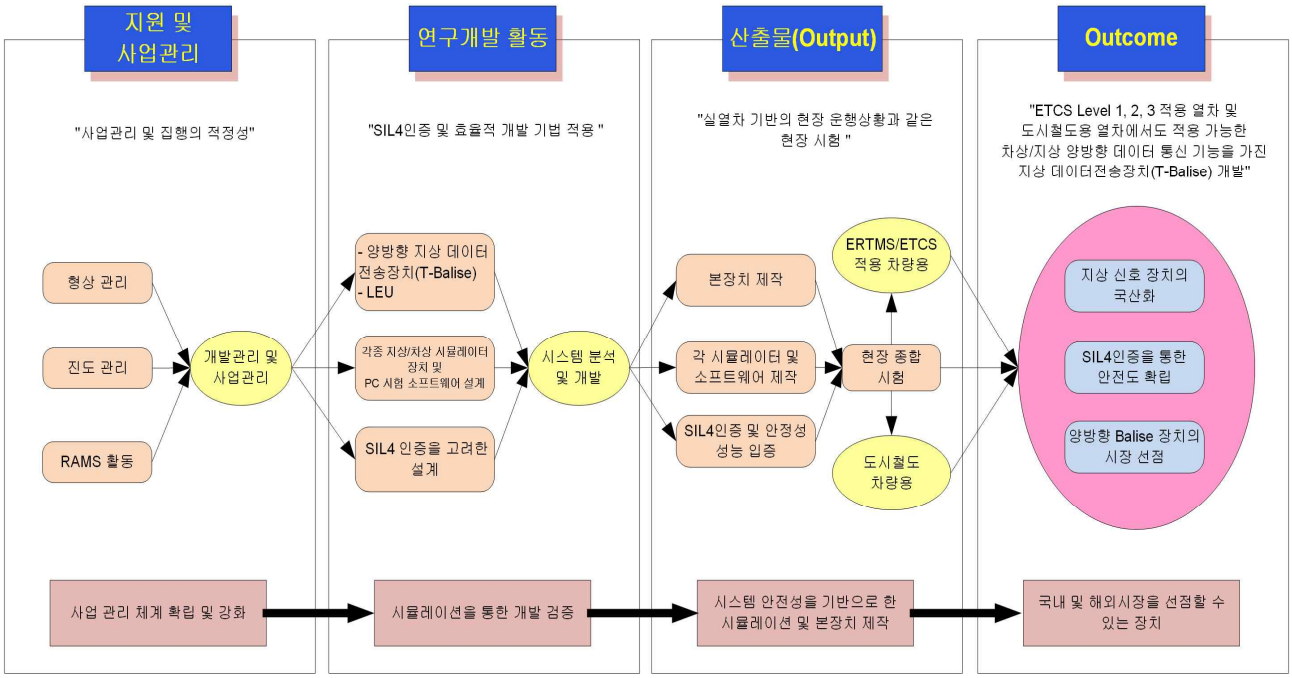
□ 목표성과물 도출 및 인과관계 분석

o 목표 성과물(CFS) 정의도

3) LEU : Lineside Electronic Unit 이 제안서에서는 양방향 LEU를 말함
4) BTM : Balise Transmission Module



o 성과지표의 관점의 목표성과물(CFS) 인과 관계도



□ T-Balise 개발 성과지표

o 공통지표

관점	성과지표(KPI)	정의
자원 및 사업관리	사업관리 집행의 적절성	사업관리 항목 수
	개발 공정 지연율	계획 개발 공정 대비 지연 일의 비
결과(Outcome)	SIL4 인증	SIL4인증 여부
	국내외 특허건수	국내외 특허 등록 건수
	신기술 등록건수	신기술 등록 건수
	개발비 절감율	실 개발비 대비 계획 개발비
	개발기간 단축율	실 개발기간 대비 계획 개발 일 수
	매출액	국내외 매출(수주) 금액

o 총괄과제 지표

관점	성과지표(KPI)	정의
연구개발활동	- T-Balise 장치 - LEU 장치	▪ T-Balise 개발 ▪ LEU 개발
	종합 시뮬레이션 시험	▪ T-Balise, LEU를 시험할 수 있도록 하며, 지상 /차상 송수신 신호 발생기 및 데이터 생성기 개발 ▪ 양방향 차상 안테나 유닛 개발
	현장 시험	▪ 시험절차서 작성 ▪ 개발된 시험장치를 통해 기능시험 실시 ▪ 공인기관 시험 실시
	RAMS 안전성 활동	▪ SIL4 인증을 고려한 설계 및 성능 입증 ▪ SIL4 인증 획득
결과(Outcome)	기본/상세 설계서 및 각 도면	▪ 현장조사 및 자료조사 ▪ ETCS 철도, 도시철도에 적용 가능한 T-Balise 및 LEU 기본/상세 설계서 작성 ▪ Level 2, 3 노선에도 적용 가능하도록 유연한 설계방식 적용
	- T-Balise - LEU	▪ 시작품 4Sets 제작(고정 4sets, 가변 4sets) ▪ 시작품 3Sets 제작
	시뮬레이터	▪ 각 시작품 각1Set 제작 ▪ 자동 시험 프로그램 개발

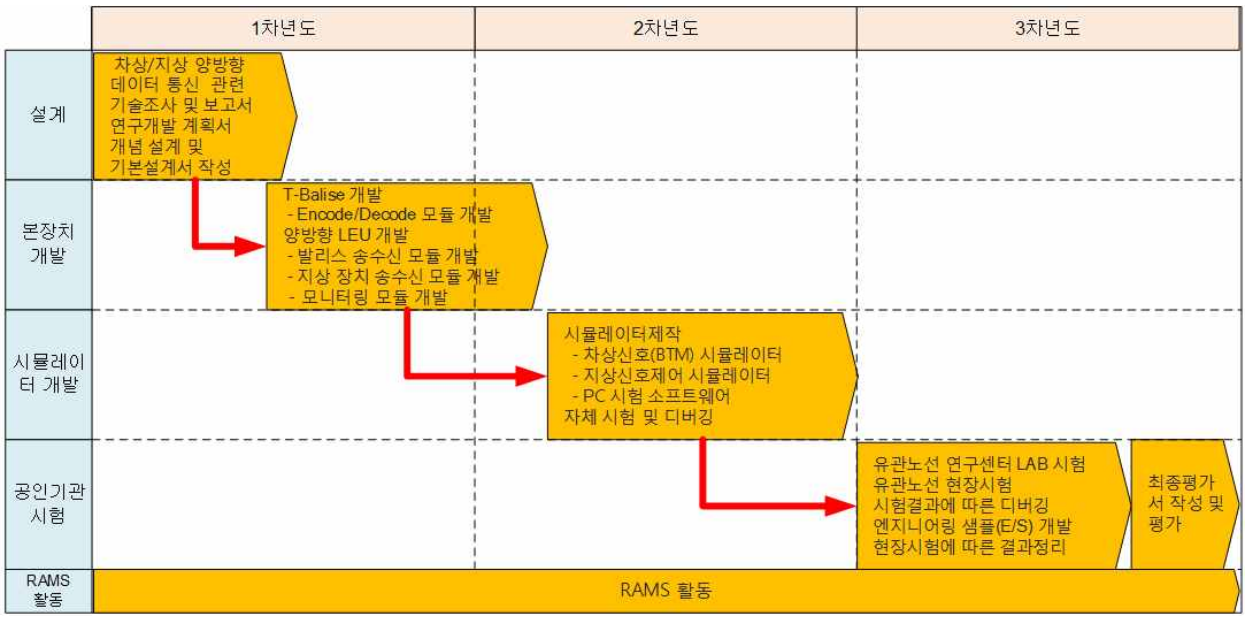
o 핵심과제 지표

관점	성과지표(KPI)	정의
연구개발활동	- T-Balise장치 - LEU	▪ T-Balise 개발 - Encode/Decode 모듈 개발 ▪ LEU 개발 - 발리스 송수신 모듈 개발 - 지상 장치 송수신 모듈 개발 - 모니터링 모듈 개발
	지상/차상 시험기	▪ 지상 송수신 데이타 발생기 개발 ▪ 차상 신호(BTM) 시뮬레이터 개발 ▪ PC 시험 프로그램 개발 ▪ 시험장치 시제품 제작
	공인기관시험	▪ 시험장치에 의한 사내 종합 시험 ▪ 공인기관 시험 ▪ 철도기술연구원 기능시험
	RAMS	▪ 산출물 작성 ▪ 안전성활동 평가에 따른 보완작업
결과(Outcome)	- T-Balise 개발 - LEU 개발	▪ 특허 : 2건 ▪ 5)ES : 고정/가변 각 1sets, LEU 1set ▪ 6)PP : 고정/가변 각 1sets, LEU 1set ▪ 시제품 : 고정/가변 각 2sets, LEU 1set
	지상/차상 시험기	▪ 시제품 : 각 1sets ▪ PC S/W 1Lot
	공인기관시험	▪ 각 기관 보고서
	RAMS	▪ RAMS 최종 산출물 : 각1건 ▪ RAMS 연구논문 : 1건 ▪ SIL4 인증

5) ES : Engineering Sample
6) PP : Pre-Production

나. 기술로드맵(TRM)

□ 지상 T-Balise 연구개발 주요 추진계획 (Chart)



o 주체별 역할

주체	역할
지상 T-Balise연구개발 담당 LEU 연구개발 담당	- 기술조사 및, 연구개발계획서, 기본설계서 작성 - T-Balise장치, 양방향 차상 안테나 유닛 개발 - LEU 각 모듈, 소프트웨어 및 인터페이스 모듈, - 자체 및 현장 시험 공동수행 및 개발품의 디버깅 수행 - 최종 보고서 작성
시험 시뮬레이터 연구개발 담당	- 차상신호(BTM) 시뮬레이터, 지상신호 시뮬레이터, PC 시험 소프트웨어, 열차방호장치 시뮬레이터 등 개발
현장시험 연구 담당	- 철도 노선 현장 T-Balise 및 LEU 기능시험
RAMS 연구 담당	- T-Balise 장치 및 LEU의 RAMS업무 산출물 작성 및 안전성 활동
전문가 자문위원회	- T-Balise 및 LEU 설계 및 차상신호 기술에 대한 자문 - 시험에 대한 자문
부처 및 관련기관	

다. 과제 연구개발비 소요 명세서 작성

단위 : 백만원

구분		예산항목					비율
항목	세부항목	단가	1차년도	2차년도	3차년도	소계	
			인원x참여율	인원x참여율	인원x참여율		
인건비	기술사	100.33	10.03	5.02	5.02	20	0.4%
	특급	90.01	18.00	9.00	9.00	36	1%
	고급	67.18	80.62	80.62	53.74	174	3%
	중급	55.31	176.98	221.22	132.73	429	8%
	초급	45.91	275.48	344.35	275.48	666	13%
	소계		561	660	476	1,697	33%
직접비	연구장비, 재료비		280	560	100	940	18%
	시작품 제작비		100	200	50	350	7%
	연구수당		30	50	150	230	4%
	연구과제추진비		20	30	12	62	1%
	연구활동비		40	70	20	130	3%
	소계		470	910	332	1,712	33%
위탁연구개발비			-	50	250	300	6%
인증비	1차년도30%, 2차년도 30%, 3차년도 40%		300	300	400	1,000	19%
간접비	인건비의 10%		56	66	48	170	3%
	직접비의 10%		47	91	33	171	3%
	인증비의 10%		30	30	40	100	2%
	위탁연구개발비의 10%		-	5	25	30	1%
	소계		133	192	146	471	9%
합계			994	1,202	1,272	5,180	100%

라. 실용화 및 사업화(Test Bed) 방안

□ 핵심과제 실용화 및 사업화 방안 작성

세부과제명	세세부 과제명	목표성과물	사업화 및 실용화방안
차상/지상 양방향 데이터 통신기능을 가진 지상데이터 전송장치 개발	T-Balise개발 LEU개발	- T-Balise 장치 - LEU 장치 - 설계서/사양서 - SIL4인증 획득	- 국내사업 실용화 - 국내외 신호 시장에서 수주 - 간선철도의 ATP 열차 제어 시스템에 적용 - 해외철도 ETCS Level1, 2, 3 적용 시 본 과제 개발품 공급 - 북남미, 아시아, 아프리카 철도시장 진출 - 국내의 철도 ATP 기술 해외 보급 선점
	각 시뮬레이션 장치 및 소프트웨어	- 시험계획서 및 보고서/절차서 - 사용자 메뉴얼	

4. 일반철도/고속철도용 역 종합제어장치 개발

가. 성과목표 및 지표 설정

□ 핵심과제별 목표 성과물

핵심 과제명	핵심과제 목표	목표 성과물
종합제어장치 국산화	열차추적, 철사쇄정, 안전정차, 열차출입문제어	종합제어장치

□ 목표성과물 도출 및 인과관계 분석

o 성과지표의 관점의 목표성과물(CFS) 인과 관계도



□ 성과지표 설정

o 공통지표

관점	성과지표(KPI)	정의
자원 및 사업관리	사업관리 및 집행의 적정성	사업관리 항목의 수
결과(Outcome)	현장적용건수 매출액	국내외 현장건수 국내외 매출금액

o 총괄과제 지표

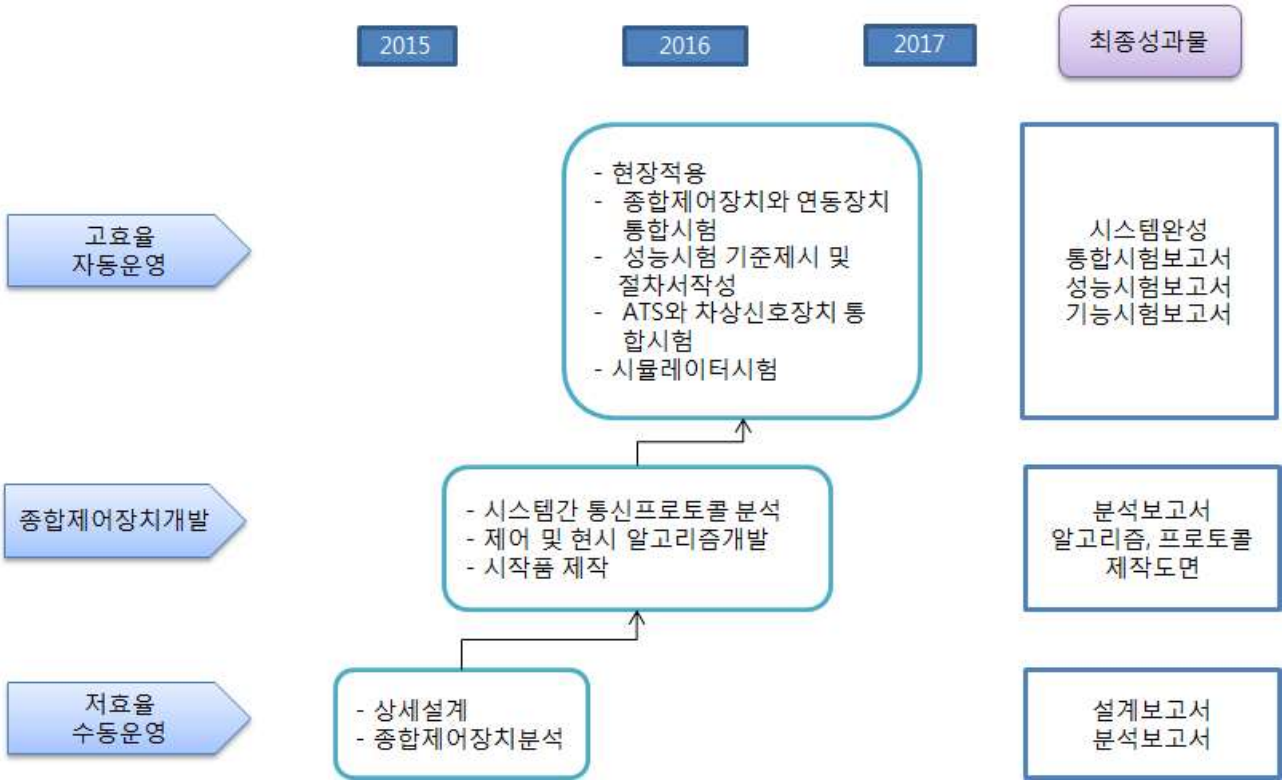
관점	성과지표(KPI)	정의
연구개발활동	서비스 모델건수	성과물 DB, 서비스모델 운영 건수
결과(Outcome)	핵심 기술형 T/B적용 기술건수	개발요소 기술별 T/B적용을 통한 실용화 건수

o 핵심과제 지표

관점	성과지표(KPI)	정의
연구개발활동	시스템 구축건수	운영구축 건수
결과(Outcome)	개발기술 적용율	기술개발수

나. 기술로드맵(TRM)

□ 연구과제 수행계획 도식화(Chart)



o 주체별 역할 설정

주체	역할
연구진	관련기술자료 제공
위원회	기술간 인과관계, 기술개발 시각시점 및 종료시점 등 도출
부처 및 관련기관	결과 및 예산안 배분 검토

다. 과제 연구개발비 소요 명세서 작성(WBS를 활용)

(단위 : 백만원)

구분	산출내역	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	합계
	예산	600	1,000	1,000				2,600

※ a. 인건비, 직접비, 위탁연구개발비, 간접비 등으로 구분 작성 : 차후 작성

b. 세부과제 소요예산 (총괄, 세부, 세세부 구분 작성): 차후작성

라. 실용화 및 사업화(Test Bed) 방안

□ 핵심과제 실용화 및 사업화 방안 작성

세부과제명	세세부과제명	목표성과물	사업화 및 실용화방안
기술조사 및 기술개발전략수립	- 종합제어장치 적합성 검토 및 분석 - 국내외 종합제어장치와 연동장치의 분석 - 특허관련 전략수립 - 기본 및 실시설계	분석보고서 기본설계서 실시설계서 기능시험보고서	
종합제어장치 개발	- 상세설계 - 시스템간 통신프로토콜 분석 및 개발 - 제어 및 현시알고리즘 개발 - 시스템간 인터페이스 연구 - 모듈, 시제품 제작 및 실험실 시험 - 시뮬레이터 시험 및 로그 수집 - 모니터링 시스템설계 및 제작	상세설계서 시작품 제작 기능시험보고서 EMI/EMC보고서	
통합시험 및 성능평가	- 개발품에 대한 성능시험 기준제시 - 통합시험 절차서 작성 - 종합제어장치와 연동장치, ATS, 차상장치 통합시험 - 현장적용 시험	시뮬레이터설계서 성능시험기준서 통합시험절차서 시제품 현장적용시험보고서	

제 3 절 중소기업 SIL인증 지원체계 구축

1. 철도신호시스템 SIL인증체계 통합 지원 인프라 구성

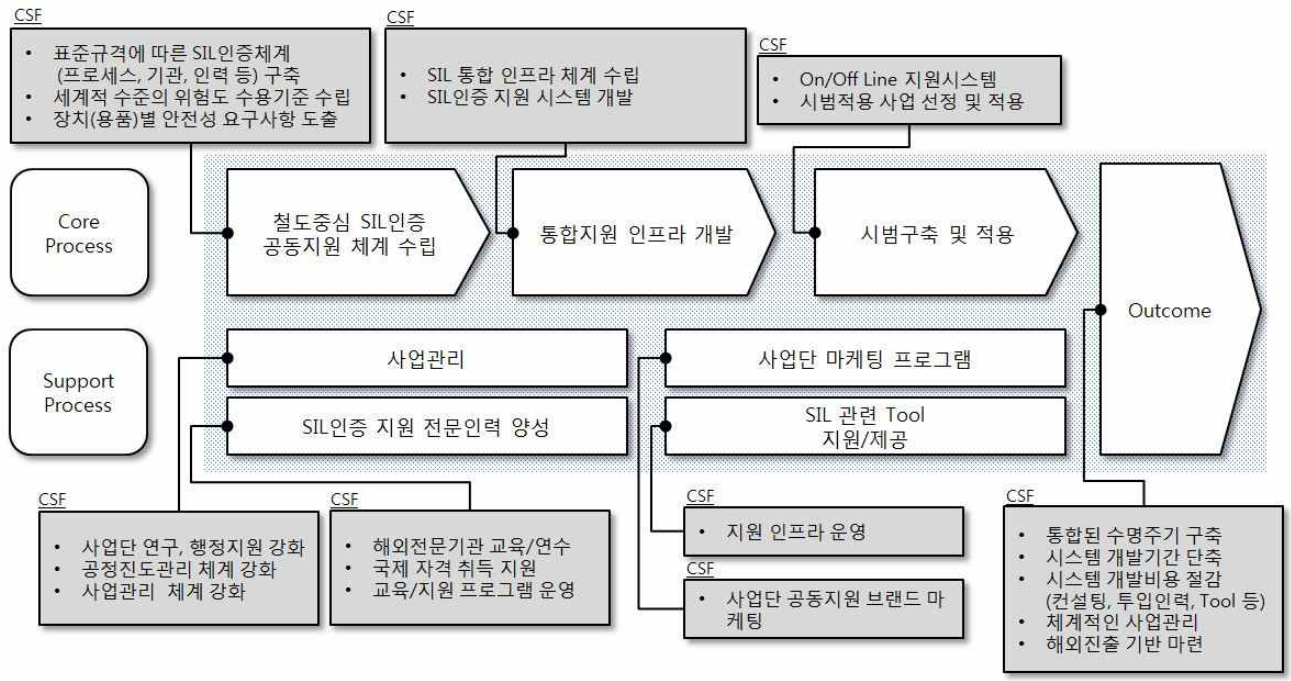
가. 성과목표 및 지표 설정

□ 핵심과제별 목표 성과물

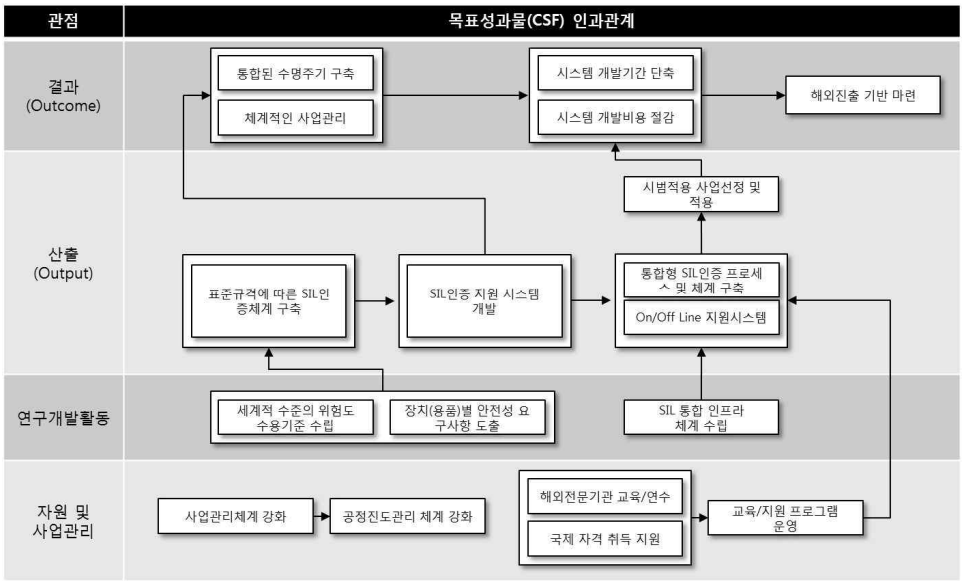
핵심과제명	핵심과제 목표	목표성과물
총괄과제 SIL인증체계 인프라 구축	SIL인증체계 인프라 구축 및 사업화	SIL인증 통합지원 인프라 최적화 방안 및 체계
제1핵심과제 철도중심 SIL인증 공동지원체계 수립	SIL인증 공동지원체계	SIL인증 체계 및 안전성 요구사항
제2핵심과제 통합지원 인프라 개발	SE 및 SIL인증 통합지원 인프라	소규모 Off-line SIL인증 통합지원 Tool 및 중.대규모 On-line SIL인증 통합지원 시스템
제3핵심과제 시범구축 및 적용	장치 개발 및 시스템 시범적용	시범구축 및 적용 결과

□ 목표성과물 도출 및 인과관계 분석

o 목표 성과물(CSF) 정의도



o 성과지표의 관점의 목표성과물(CSF) 인과 관계도



□ 성과지표 설정

o 공통지표

관점	성과지표(KPI)	정의
자원 및 사업관리	사업관리 및 집행의 적절성	사업관리 항목의 수
	핵심과제 공정지연율	계획공정 대비 지연일수의 비율
	해외 전문기관 교육/연수 인력 보유 수	해외 전문기관 교육/연수를 받은 인력 수
	전문인력 배출 수	교육/지원 프로그램 운영을 통해 배출한 전문인력 수
	교육프로그램 운영 수	교육/지원 프로그램 운영(개최) 회수
결과 (Outcome)	시스템 개발비용 절감율(%)	[1-(실현 개발비용/기존 개발비용)] ×100
	시스템 개발기간 단축율(%)	[1-(실현 개발기간/기존 개발기간)] ×100
	기술이전 건수	국내외 업체 대상 기술이전 건수
	국내외 특허 등록건수, 등록율	국내외 특허 등록 건수 및 출원건수 대비 등록율
	제도 또는 규격 표준화 실적	설계기준/시방서/KS규격 등 제도 반영 또는 표준화 실적 건수
	국내외 학술활동 건수	국내외 논문집, 학술대회 논문발표 및 게재 건수

o 총괄과제 지표

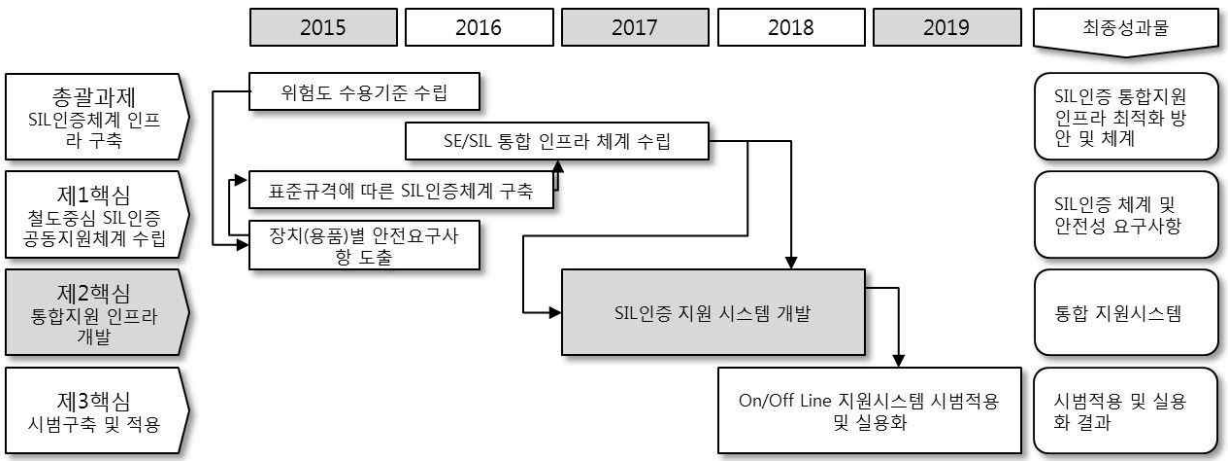
관점	성과지표(KPI)	정의
연구개발활동	위험도수용기준 정립	국내 적용 가능한 위험도 수용기준 정립 여부
	장치(용품)별 안전요구사항 도출 수	철도분야 장치 안전요구사항 도출 수
결과(Outcome)	인프라 실제 적용 수	SE 및 SIL인증 인프라 적용을 통한 실용화 건수
	이해관계자 세미나 개최 회수	관련 기업, 사업단 대상 세미나 개최 회수
	협력기관 협정 체결 건수	기술개발 또는 사업화와 관련하여 협력기관과 체결한 협정 건수

o 핵심과제 지표

관점	성과지표(KPI)	정의
연구개발활동	철도 신호분야 SIL인증 지원 수	철도 신호분야 SIL인증 지원 수
	시범적용 사업 건수	SIL인증 지원, 인프라 적용 등 건수
결과(Output)	사업단 개발기술의 SIL인증 적용 진행율	관련 기관 SIL인증 지원 적용 진행율
	통합 인프라 적용 진행율	관련 기관 통합 인프라 적용 진행율

나. 기술로드맵(TRM)

□ 연구과제 수행계획 도식화(Chart)



o 주체별 역할 설정

주체	역할
연구진	■ 관련 기술자료 제공, 기존 분석 자료 제공 ■ 기술분야 및 전략프로젝트 간 가중치 조사
위원회	■ 기술간 인과관계, 기술개발 시작 시점 및 종료시점 등 도출 ■ 가중치 조사 결과 검토
부처 및 관련기관	■ TRM Chart 검토 ■ 우선순위 조사 결과 및 예산 배분(안) 검토

다. 과제 연구개발비 소요 명세서 작성(WBS를 활용)

□ 총괄과제

(단위: 백만원)

구분	산출내역	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	합계
인건비		50	50	50	50	50		250
직접비		200	100	100	150	120		670
간접비		10	10	10	10	40		90
합계		260	160	160	210	210		1,000

□ 제1핵심과제

(단위: 백만원)

구분	산출내역	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	합계
인건비		30	30	30				90
직접비		100	120	140				360
간접비		10	10	30				50
합계		140	160	160				500

□ 제2핵심과제

(단위: 백만원)

구분	산출내역	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	합계
인건비				150	150	100		450
직접비				400	600	360		1,360
위탁연구개발비				100	50			150
간접비				30	30	30		90
합계				680	830	490		2000

□ 제3핵심과제

(단위: 백만원)

구분	산출내역	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	합계
인건비					200	200		400
직접비					700	330		1030
위탁연구개발비					50			50
간접비					10	10		20
합계					960	540		1500

라. 실용화 및 사업화(Test Bed) 방안

□ 핵심과제 실용화 및 사업화 방안 작성

세부과제명	세세부과제명	목표성과물	사업화 및 실용화방안
SIL인증 통합 지원 인프라 시범구축 및 적용	소규모 적용을 위한 SIL인증 통합지원 Tool 개발 (Off-line지원툴)	SIL인증 분석 모듈	기관 자체적인 사업 적용을 통한 실용화
		SIL인증 관리 모듈	
	중.대규모 적용을 위한 On-line SIL인증 통합지원 시스템 개발	On-line SIL인증 통합지원 시스템	중.대규모 사업(단) 적용을 통합 실용화

2. 철도신호시스템용 공통플랫폼 연구개발

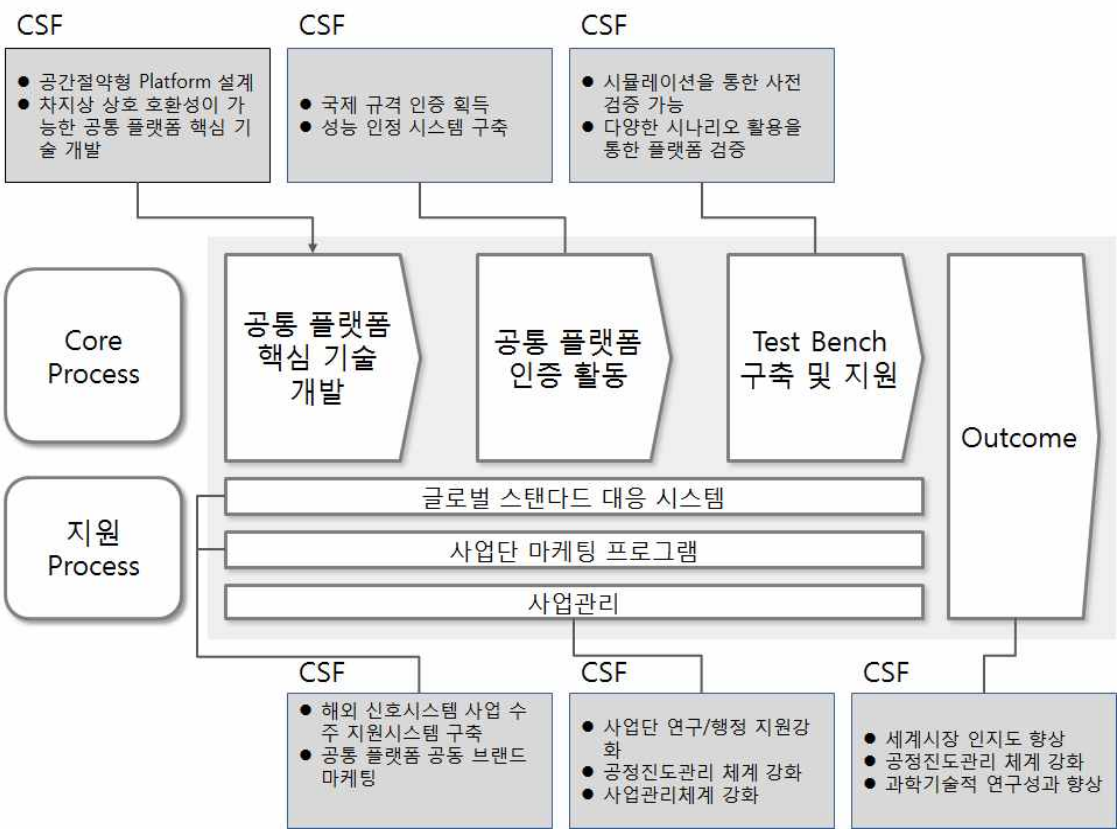
가. 성과목표 및 지표 설정

□ 핵심과제별 목표 성과물

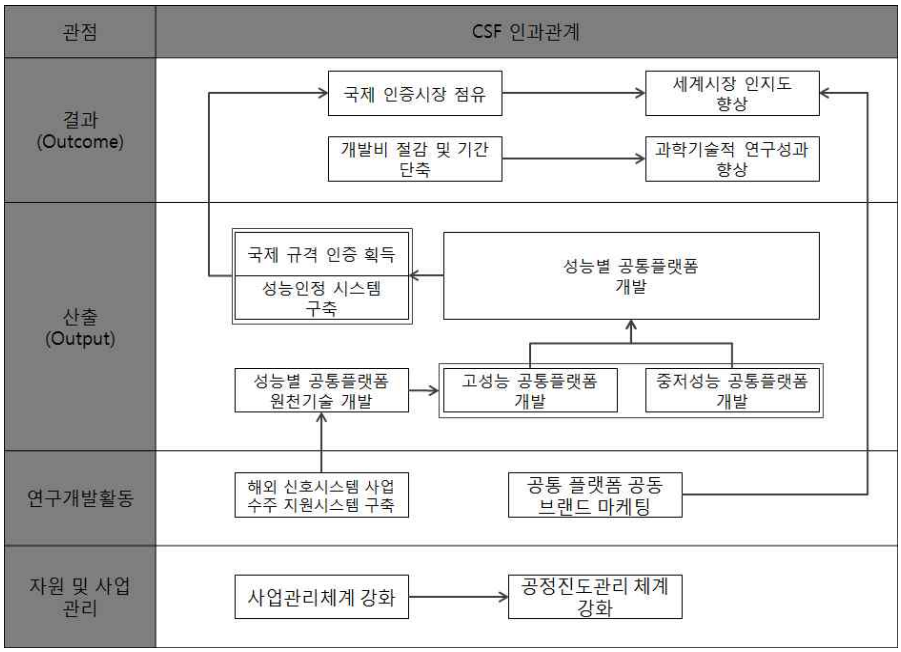
핵심과제명	핵심과제 목표	목표성과물
신호용 공통플랫폼 개발	성능별 플랫폼 개발	고성능/중/저성능 공통플랫폼 H/W 공통 플랫폼 요구사양서 및 기능 분석 보고서 시스템 인터페이스 보고서 시험 계획 및 절차서
	공통 플랫폼 인증 획득	공통 플랫폼 안전성활동 산출물 및 인증서 공통수명주기별 안전성활동 체크리스트 및 안전필수기능시험 환경

□ 목표성과물 도출 및 인과관계 분석

o 목표 성과물(CSF) 정의도



o 성과지표의 관점의 목표성과물(CFS) 인과 관계도



□ 성과지표 설정

o 공통지표

관점	성과지표(KPI)	정의
자원 및 사업 관리	사업관리 및 집행의 적절성	사업관리 항목의 수
	핵심과제 공정지연율	계획공정 대비 지연일수의 비율
결과 (Outcome)	개발비 절감율 (%)	[1-(실현 개발비/기존 개발비)]×100
	개발 기간 단축율 (%)	[1-(실현 기간/기존 설계기간)]×100
	매출액	국내외 매출(수주) 금액
	기술이전 건수	국내외 업체 대상 기술이전 건수
	기술료 수입 금액	국내외 업체 대상 기술료 수입 금액
	국내외 언론매체 게재 수	국내외 언론매체 게재 수
	국내외 특허 등록건수, 등록율	국내외 특허 등록 건수 및 출원건수 대비 등록율
	제도 또는 규격 표준화 실적	설계기준/시방서/KS규격 등 제도 반영 또는 표준화 실적 건수
	신기술 등록건수, 등록율	신기술 등록건수 및 출원건수 대비 등록율
	국내외 학술활동 건수	국내외 논문집, 학술대회 논문발표 및 게재 건수
	정책반영 건수	법률, 규칙, 기준, 고시 등 반영 건수

o 총괄과제 지표

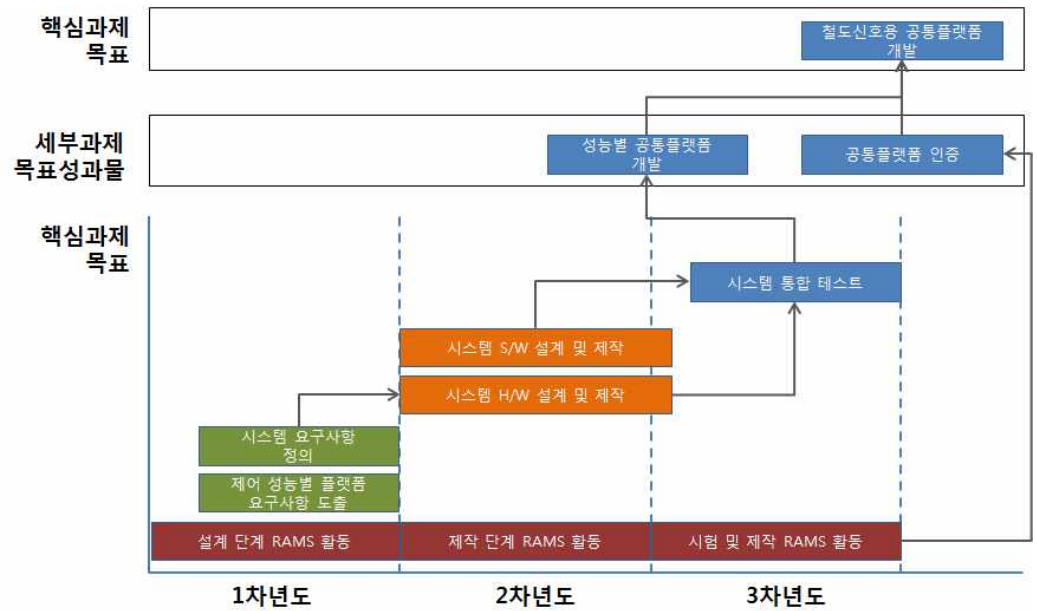
관점	성과지표(KPI)	정의
연구개발활동	연구단 서비스모델 운영 건수	성과물 DB, 홍보관(홍보프로그램), 인력 양성 프로그램 등 서비스 모델 운영 건수
결과(Outcome)	국제 컨퍼런스 개최 회수	국제 컨퍼런스 개최 (단독 또는 공동) 회수
	기술 적용 기술 건수	개발 요소기술 실용화 건수
	해외 협력기관 협정 체결 건수	기술개발 또는 국제 사업과 관련하여 해외 협력기관과 체결한 협정 건수

o 핵심과제 지표

관점	성과지표(KPI)	정의
연구개발활동	기술개발 시스템 구축 수	국가별 대응매뉴얼, 사업정보 DB,
	기술지원 건수	개발 설계지원, 개발공정지원, 품질관리 지원 등 기술지원 건수
	시스템 구축 건수	운영, 모니터링, 점검시스템 등 구축 건수
결과(Outcome)	개발 기술 실용화 율	실용화 기술 수 / 연구단 개발 기술 수
	융합기술 인력 배출	융합인력 배출수 / 연구단 연구인력수

나. 기술로드맵(TRM)

□ 연구과제 수행계획 도식화(Chart)



o 주체별 역할 설정

주체	역할
연구진	■ 관련 기술자료 제공, 기존 분석 자료 제공 ■ 기술분야 및 전략 프로젝트 간 가중치 조사
위원회	■ 기술간 인과관계, 기술개발 시작 시점 및 종료시점 등 도출 ■ 가중치 조사 결과 검토
부처 및 관련기관	■ TRM(Techology Road Map) Chart 검토 ■ 우선순위 조사 결과 및 예산 배분(안) 검토

다. 과제 연구개발비 소요 명세서 작성(WBS를 활용)

분야	세부분야	소요예산(억원)
신호설비 표준플랫폼 개발	○ 철도신호 공통 플랫폼 개발	90
	○ 성능별 표준플랫폼의 인증활동	30
합 계		120

라. 실용화 및 사업화(Test Bed) 방안

□ 핵심과제 실용화 및 사업화 방안 작성

과제명	세부과제명	목표성과물	사업화 및 실용화방안
철도신호시스템용 공통플랫폼 개발	성능별 공통플랫폼 개발	고성능/중저성능 공통플랫폼 H/W 공통 플랫폼 요구사양서 및 기능분석 보고서 시스템 인터페이스 보고서 시험 계획 및 절차서	국내 자체사업에서 실용화 해외 신호시스템 수주 경쟁력 향상에 활용
	공통 플랫폼 인증 획득	공통 플랫폼 안전성활동 산출물 및 인증서 공통수명주기별 안전성활동 체크리스트 및 안전필수기능시험 환경	

3. 상왕십리 사고 재발방지를 위한 전자연동장치 S/W 안전성 향상 기술개발

가. 연구개발 목표

▪ 전자연동장치의 안전성 보장을 위한 SIL4에 부합하는 소프트웨어 인증

- 연동논리부 소프트웨어 SIL4 인증 취득

▪ 전자연동장치의 안전성 향상을 위한 기술개발

- 시스템 구성의 최적화(공통 Platform)
- Hazard 분석과 처리방안 구현

나. 사업의 최종 성과물 및 필요성

□ 최종성과물

▪ 전자연동 표준 소프트웨어

▪ 소프트웨어 테스트 프로세스

▪ 안전성 검증 방법 구축

▪ 안전성 활동 및 평가기술 체계 수립

▪ SIL4 인증

□ 사업의 필요성

▪ 상왕십리 사고 재발의 방지를 위한 안전성 높은 소프트웨어에 대한 요구

▪ 철도안전법 시행에 따른 중소기업의 경쟁력 확보

▪ 국내 전자연동장치 소프트웨어에 대한 안전성 검증 요구 증가

▪ 세계 시장에서의 인증된 전자연동장치의 요구

▪ 열차의 고속화에 따른 치명적(Catastrophic)이고 중대한(Critical) 위험 발생의 증가

▪ 고속철도, 일반철도 및 타 안전설비에서의 정량적으로 검증된 소프트웨어 요구

▪ 유럽에서의 전자연동장치에 대한 유로표준화 준비

▪ 국내시장 선점과 국외시장 진출을 위해서는 시장 주도가 가능한 안전성이 검증된 철도시스템 개발에 지속적인 지원 필요

▪ 초기 전자연동장치가 한정된 공간에서 신호제어용으로 개발된 시스템으로 주변의 여러 장치들과 혼용되어 사용함에 따른 다변화된 인터페이스의 최적화 작업 시급

▪ 전자연동장치에 요구되는 안전성에 대한 정량적인 검증 데이터 축적

다. 과제 연구개발비 소요 명세서 작성(WBS를 활용)

분야	세부분야	소요예산(억원)
신호설비 표준플랫폼 개발	안전무결수준(SIL: Safety Integrity Level) 적용	10
	단계별 소프트웨어 테스트 (V-Diagram)	20
	소프트웨어 테스트 방법에 따른 검증	20
	소프트웨어 테스트 기술개발	22
합 계		72

라. 실용화 및 사업화(Test Bed) 방안

□ 핵심과제 실용화 및 사업화 방안 작성

과제명	세부과제명	목표성과물	
상왕십리 사고 재발방지를 위한 전자연동장치 S/W 안전성 향상 기술개발	안전무결수준(SIL: Safety Integrity Level) 적용	- 사고발생 가능성을 감소시키기 위해 위험원 도출 및 분석방식을 시스템 설계에 도입 - 예비위험원분석(PHA) 연구 - 위험원 식별 및 분석(HIA) 체계 연구 - 안전성 활동을 배제한 기존의 위험측 고장률 예측방식의 문제점 보완	사업화 및 실용▪국내 철도 신호 및 기타 안전 관련 설비에 안전성 검증 기술 적용 ▪국내 철도 신호 및 기타 안전 관련 설비에 소프트웨어 개발안 기술 적용 ▪국내 중소기업들에 대한 기술 컨설팅 ▪국외 철도 신호 설비에 안전성 검증 기술 적용화방안
	단계별 소프트웨어 테스트 (V-Diagram)	- 단위 테스트 (Unit test) : 인터페이스 시험, 자료구조시험, 수행경로 시험, 오류처리 시험, 경계 시험 - 통합 테스트 (Integration test) : 하향식 시험, 상향식 시험, 혼합형 시험 - 시스템 테스트 (System test) : 회복시험, 안전시험, 강도시험, 성능시험	
	소프트웨어 테스트 방법에 따른 검증	- 블랙박스 Test : 부정확성, 인터페이스 결함, 자료구조, 성능, 시작과 종료에대한 결함 - 화이트박스 Test : ① 논리적 구조 및 복잡도 등에 대한 시험 ② 루프 구조에 대한 시험	
	소프트웨어 테스트 기술개발	- 단위 시험 기술연구와 검증 활동 체계화 - 다양한 테스트케이스 개발 - 테스트 자동화 도구 활용	

제 4 절 실시간 철도신호 안전 및 유지보수체계 구축

1. 철도신호 유지보수체계 효율성 증대를 위한 장치 및 자원 실시간 감시시스템 개발

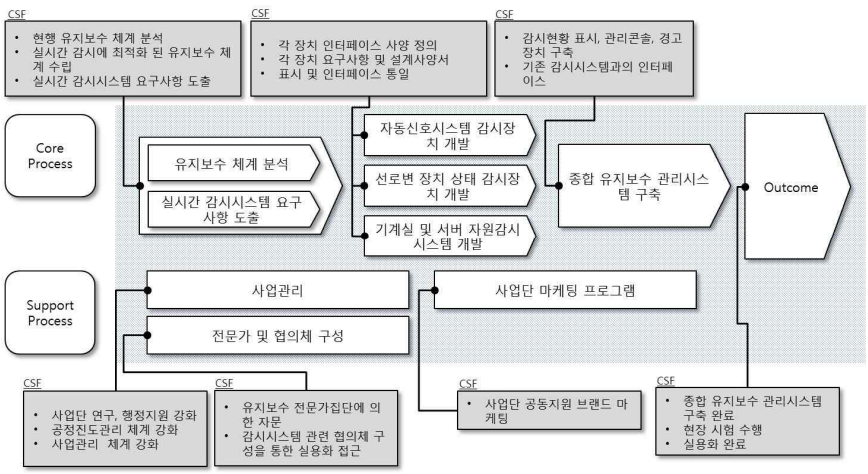
가. 성과목표 및 지표 설정

□ 핵심과제별 목표 성과물

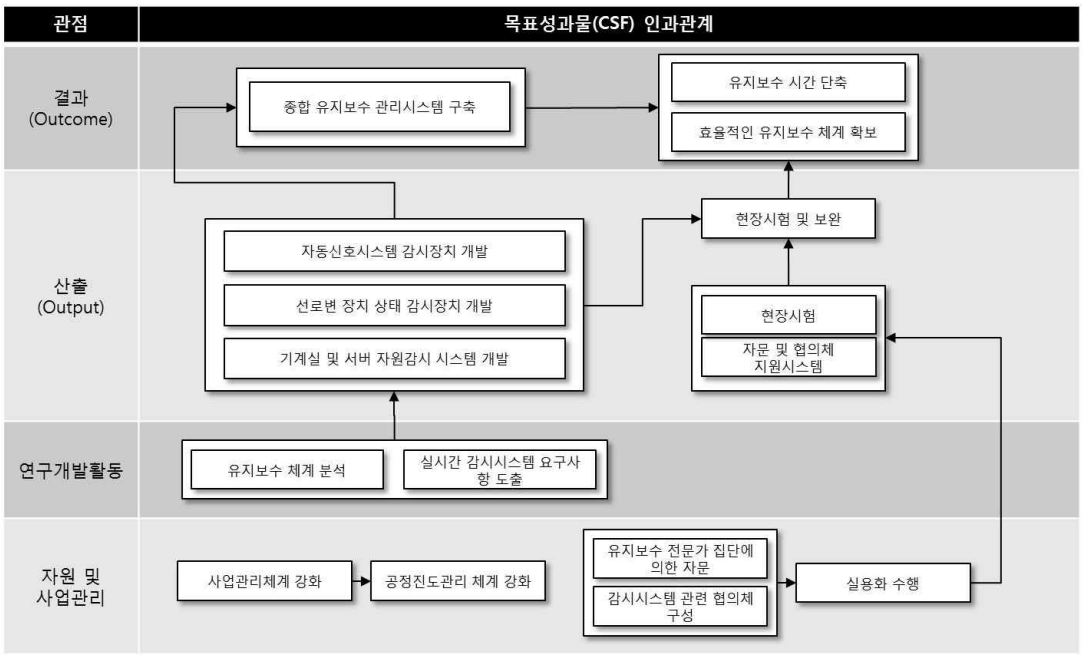
핵심과제명	핵심과제 목표	목표성과물
총괄과제 실시간 감시시스템 및 유지보수 체계 수립	실시간 감시시스템 요구사항 분석 및 체계 수립, 종합 유지보수 관리시스템 구축	• 유지보수 효율성 증대를 위한 실시간 감시시스템 요구사항 및 체계 • 종합 유지보수 관리시스템 구축
제1핵심과제 철도 자동신호시스템의 원격감시장치 개발	ABS-ATS 방식 및 AF-ATC 방식을 적용하는 자동신호시스템의 원격감시장치 개발	• ABS-ATS 방식 및 AF-ATC 방식을 적용하는 자동신호시스템을 감시하는 원격감시장치 개발
제2핵심과제 선로변 장치의 상태감시장치 개발	신호관련 선로변 장치의 상태를 감시할 수 있는 감시장치 개발	• 선로변 가용 장치의 실시간 상태감시장치 개발
제3핵심과제 기계실 장치의 상태 및 자원감시 시스템 개발	서버자원을 감시하여 과부하 등 이상 서버현상을 사용자에게 경보로 알리고, 자원통계를 목록이나 시각적인 그래프로 표출하여 시스템 유지보수 편의성을 제공하는 시스템 개발	• 기계실 장치 및 서버자원 감시 시스템 개발

□ 목표성과물 도출 및 인과관계 분석

o 목표성과물 도출



o 인과관계 분석



□ 성과지표 설정

o 공통지표

관점	성과지표(KPI)	정의
자원 및 사업관리	사업관리 및 집행의 적절성	사업관리 항목의 수
	핵심과제 공정지연율	계획공정 대비 지연일수의 비율
	전문가 자문 수행 건수	유지보수 관련 전문가 자문 수행 건수
	협의체 구성 여부	실용화 대비 협의체 구성 여부
	교육프로그램 운영 수	교육/지원 프로그램 운영(개최) 회수
결과 (Outcome)	시스템 개발비용 절감율(%)	[1-(실현 개발비용/기존 개발비용)] ×100
	시스템 개발기간 단축율(%)	[1-(실현 개발기간/기존 개발기간)] ×100
	기술이전 건수	국내외 업체 대상 기술이전 건수
	국내외 특허 등록건수, 등록율	국내외 특허 등록 건수 및 출원건수 대비 등록율
	제도 또는 규격 표준화 실적	설계기준/시방서/KS규격 등 제도 반영 또는 표준화 실적 건수
	국내외 학술활동 건수	국내외 논문집, 학술대회 논문발표 및 게재 건수

o 총괄과제 지표

관점	성과지표(KPI)	정의
연구개발 활동	유지보수 현황 분석	국내 철도신호시스템 유지보수 현황 분석 결과
	실시간 감시시스템 요구사항 도출	유지보수의 효율성 증대를 위한 방안 및 종합 관리시스템 구성 수립
	종합 유지보수 관리시스템 구축 여부	종합 유지보수 관리시스템 구축 여부 및 실용화
결과 (Outcome)	시스템 개발비용 절감율(%)	[1-(실현 개발비용/기존 개발비용)] ×100
	시스템 개발기간 단축율(%)	[1-(실현 개발기간/기존 개발기간)] ×100
	기술이전 건수	국내외 업체 대상 기술이전 건수
	국내외 특허 등록건수, 등록율	국내외 특허 등록 건수 및 출원건수 대비 등록율
	제도 또는 규격 표준화 실적	설계기준/시방서/KS규격 등 제도 반영 또는 표준화 실적 건수
	국내외 학술활동 건수	국내외 논문집, 학술대회 논문발표 및 게재 건수

o 핵심과제 지표

관점	성과지표(KPI)	정의
연구개발 활동	각 시스템 요구사항 도출 및 설계	각 핵심과제 개발 장치의 요구사항 도출 및 설계 여부
	각 시스템 효율성 분석 및 검토	각 핵심과제 개발 장치의 효율성 분석 및 이에 대한 검증/검토
결과 (Output)	시스템 개발비용 절감율(%)	[1-(실현 개발비용/기존 개발비용)] ×100
	시스템 개발기간 단축율(%)	[1-(실현 개발기간/기존 개발기간)] ×100
	기술이전 건수	국내외 업체 대상 기술이전 건수
	국내외 특허 등록건수, 등록율	국내외 특허 등록 건수 및 출원건수 대비 등록율
	제도 또는 규격 표준화 실적	설계기준/시방서/KS규격 등 제도 반영 또는 표준화 실적 건수
	국내외 학술활동 건수	국내외 논문집, 학술대회 논문발표 및 게재 건수

2. 기술로드맵(TRM)

□ 연구과제 수행계획 도식화(Chart)



o 주체별 역할 설정

주체	역할
연구진	■ 관련 기술자료 제공, 기존 분석 자료 제공 ■ 기술분야 및 전략프로젝트 간 가중치 조사
위원회	■ 기술간 인과관계, 기술개발 시작 시점 및 종료시점 등 도출 ■ 가중치 조사 결과 검토
부처 및 관련기관	■ TRM Chart 검토 ■ 우선순위 조사 결과 및 예산 배분(안) 검토

3. 과제 연구개발비 소요 명세서 작성

□ 총괄과제

(단위 : 백만원)

항목	비목 \ 연도	1차년도	2차년도	3차년도	합계	비고
		금액	금액	금액	금액	
직접비	인건비	100	150	140	390	
	연구장비·재료비	110	350	330	790	
	연구활동비	30	80	50	160	
	연구과제추진비	20	38	32	90	
	연구수당	5	7	8	20	
	위탁연구개발비	10	20	20	50	
연구개발비총액		275	645	580	1,500	

□ 제1핵심과제

(단위: 백만원)

항목	비목 \ 연도	1차년도	2차년도	3차년도	합계	비고
		금액	금액	금액	금액	
직접비	인건비	56	56	56	168	
	연구장비·재료비	62	63	63	188	
	연구활동비	25	23	25	73	
	연구과제추진비	12	13	15	40	
	연구수당	7	7	7	21	
	위탁연구개발비	30	30	30	90	
연구개발비총액		192	192	196	580	

□ 제2핵심과제

(단위: 백만원)

항목	비목 \ 연도	1차년도	2차년도	3차년도	합계	비고
		금액	금액	금액	금액	
직접비	인건비	90	90	90	270	
	연구장비·재료비	85	160	200	445	
	연구활동비	15	15	15	45	
	연구과제추진비	12	13	15	40	
	연구수당	3	3	4	10	
	위탁연구개발비	30	30	30	90	
연구개발비총액		235	311	354	900	

□ 제3핵심과제

(단위: 백만원)

항목	비목 \ 연도	1차년도	2차년도	3차년도	합계	비고
		금액	금액	금액	금액	
직접비	인건비	55	65	50	170	
	연구장비·재료비	30	50	90	170	
	연구활동비	15	16	8	39	
	연구과제추진비	8	8	14	30	
	연구수당	7	7	7	21	
	위탁연구개발비	30	30	30	90	
연구개발비총액		145	176	199	520	

제 9 장 세부과제 RFP

제 1 절 스마트 관제시스템 기술 개발

연구과제명	무인운전을 위한 도시철도용 통합 관제시스템 개발
1. 연구개발 목표	
	○ 도시철도 무인운전 방식의 열차제어시스템에 특화된 저비용·고효율 지향적 통합 관제시스템 핵심 기술 개발
2. 사업의 최종성과물	
	○ 세세부과제 1 : 무인운전을 위한 도시철도용 통합 관제시스템 개발 – 무인운전 도시철도용 통합 관제시스템 시작품 · 표시 속도 : 2초 이내 · 최대 제어영역 : 50개역 · 최대 열차 스케줄 : 100대 · 최대 엘리먼트 수 : 200개
3. 사업추진 필요성	
□ 필요성	○ 도시철도 건설이 활성화됨에 따라 건설 및 운영 비용을 절감할 수 있는 방안이 고려되고 있으며, 이에 적합한 신개념의 관제시스템 개발이 요구되고 있음 ○ 호선별, 분야별로 분산 설치되어 운영중인 관제설비를 통합하여 일괄적인 지휘체계를 구축하고, 관제업무 효율 상향 및 경영 합리화에 기여여할 필요가 있음 ○ 관제 장소 및 기능을 통합하여, 사고 및 비상상황에 적극 대처하기 위한 지휘 통제 일원화 ○ 국내에 적용된 관제시스템은 고비용·고효율에 적합한 구성 및 기능을 가지고 있고, 신호, 통신 및 전력 관제가 개별적으로 운영되므로 구축비, 운영비 및 유지보수비가 많이 소요되고 있음 ○ 특히 경전철의 경우 핵심 솔루션은 국외로부터 도입하고 있으며, 일부 국산화가 이루어짐 ○ 이에 따라 저비용·고효율의 통합 관제시스템 설계 및 개발이 추진되어야 하며, 신 개념의 열차제어시스템에 적합한 운영 시나리오를 반영한 관제 기능이 구현되어야 함

	○ 도시철도의 무인운전에 따른 관제시스템을 이용한 표준 운영절차가 정립되어야 함
□ 기술동향	○ 국내 기술동향 – 유인운전 방식의 지하철 관제시스템 솔루션은 국산화가 이루어져 대도시권 노선에 적용됨 – 무인운전 방식의 지하철 및 경전철에 대한 관제시스템은 대부분 국외 솔루션을 도입하고 있음 – 특히 CBTC/MBS 노선의 관제시스템 핵심 소프트웨어는 철도 선진업체로부터 공급받고 있음 ○ 국외 기술동향 – 철도 선진업체(Alstom, Bombardier, Thales, Ansaldo, Siemens 등)는 유인/무인운전 방식의 관제 솔루션을 확보하여 세계 철도시장에서 우월한 입지와 경쟁력을 확보하고 있음 – 이들 선진업체들은 노선 및 운영방식에 따른 다양한 관제 솔루션을 보유하고 있으며, 지속적인 기술개발로 선도적인 제품군을 형성하고 있음
4. 단계별 전략 및 목표	
□ 단계별 전략	○ 개발 초기에 철도 운영기관과 협력하여 운영 시나리오 및 절차를 수립하여 관제시스템 설계에 반영 ○ 철도 운영기관의 요구사항 및 니즈를 조사하여 최적의 관제시스템 구성을 정립 ○ 국내외 사례조사를 통한 관제시스템 구성 및 기능을 확립 ○ 단계별 목표를 수립하고, 그에 적합한 추진전략 및 일정계획 수립 ○ 실질적인 영업노선에 적용할 수 있도록 상용화를 대비
□ 단계별 목표	○ 세세부과제 1 : 무인운전을 위한 도시철도용 통합 관제시스템 개발 – 통합 관제구현을 위한 시스템 설계 및 운영 시나리오 작성 – 응용 프로그램 개발 및 시험 : 신호, 통신, 전력 및 기타 설비 관제에 사용 할 각종 서버 및 콘솔, 인터페이스 장치 등 – 관제시스템 모의시험 환경 구축 – 연계 시스템과의 통합시험
5. 사업단 추진체계	
□ 추진체계	○ 본 연구단은 핵심기술 개발과 함께 성능검증을 위한 시험이 필요하므로 관련 철도기관을 포함한 산·학·연 공동 협조 체제로 구축하여 추진 ○ 연구신청자는 과다한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계

의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구 추진의 효율성을 도모하고 필요시 외국 전문가 또는 외국기관 활용

○ 조기 상용화 및 원활한 현장시험을 위해 주관기관에서 종합적으로 관리하되, 유관기관 및 기업들의 적극적인 참여 필요

6. 핵심과제 구성 내용

세부과제명	세세부과제명	목표성과물
철도통합시스템 인프라 구축	무인운전을 위한 도시철도용 통합 관제시스템 개발	무인운전을 위한 도시철도용 통합 관제시스템 시제품
		무인운전 표준 관제 운영 절차

7. 시작품 제작 또는 테스트베드 유형

8. 사업단 운영형태 및 실용화 방안

○ 운영형태

주체	역할
연구진	관련기술자료 제공
위원회	기술간 인과간계, 기술개발 시작 및 종료시점 도출
부처 및 관련기관	결과 및 예산안 배분 검토

○ 실용화 방안

- 국내 도시철도 신설 및 개량사업에서 실용화
- 국외(동남아 및 중국) 철도시장에 턴키 프로젝트로 활용

9. 단계별 사업기간 및 소요예산

○ 총 연구기간 : 2015년 ~ 2019년 총 4년

○ 총 연구비 : 9,627백만원 이내

(단위 : 천원)

구분	산출내역	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
직접비	인건비	569,568	569,476	516,968	427,146	2,802,158
	연구장비 및 재료비	757,000	2,812,000	1,911,260	2,250	5,482,510
	연구활동비	110,040	120,040	90,160	86,160	406,400
	연구과제 추진비	64,500	120,000	90,000	90,000	364,500
	연구수당	113,914	113,895	103,194	85,429	416,432
	소계	1,045,454	3,165,935	2,194,614	263,839	6,669,842
간접비	직접비*10%	161,502	373,541	271,058	69,099	875,200
연구개발비 총액		1,776,523	4,108,952	2,981,640	760,084	9,627,199

10. 기타

○ 연구개발과제의 중복방지를 위한 조사 및 검토 결과

본 과제		유사 국가 R&D 과제		중복성
세부과제명	주요내용	과제명	주요내용	
무인운전을 위한 도시철도용 통합 관제시스템 개발	**무인운전 도시철도의** 신호, 통신,전력 및 기타 설비 관제를 위치적, 기능적으로 통합한 관제시스템 개발	무선통신기반 열차제어시스템 (KRTCS)	무선통신기반 열차제어시스템 표준체계 구축 및 평가 수행	○ 기존 과제는 주로 신호분야의 지상/차상 장치에 대한 기술 ○ 기존 과제는 주로 신호관제만을 관제 시스템으로 구성 ○ 본 과제는 지상 및 차상장치가 아니며 신호관제 뿐만 아니라 통신, 전력 및 기타 설비관제를 모두 포함한 관제시스템을 개발하는 과제로써 중복성이 없음
		저심도 도시철도용 신호관제 시스템 기술개발	저심도에 특화된 도시철도용 신호관제시스템 기술개발 및 시험선 적용	

제 2 절 UTO수준 통합형 지상/차상신호장치 기술 개발

연구과제명	도시철도 기반 통합 차상신호장치용 공용 플랫폼 개발

1. 연구개발 목표

○ 국내 도시철도 내 상이한 신호 구간에서도 운행 가능한 통합 차상 신호장치용 공용 플랫폼 개발

○ 국제표준에 준하는 안전성 확보를 위해서 RAMS/SIL4 인증체계 획득

2. 사업의 최종성과물

○ 통합 차상신호용 주제어 모듈 및 S/W

○ 통합 차상신호용 DSP(Digital Signal Processer) 모듈 및 S/W

○ 모듈간 상호 인터페이용 모듈 및 S/W

○ 무선 통신 기반의 통합 차상신호장치용 통신모듈 및 S/W

○ RAMS활동보고서 및 SIL4 인증서

3. 사업추진 필요성

□ 연구배경

○ 현재 국내에서 운영 중인 도시철도의 신호시스템은 개통 년 월에 따른 시대적 기술 변천으로 상이하며, 동일한 운영기관일지라도 노선마다 신호시스템이 상이한 경우가 있음.

○ 특히 동일한 신호 방식일지라도 제조사에 따라 또는 도입시기에 따라 구현하는 기술 방식에 차이가 있음. 예를 들어 열차 제어방식은 동일한 ATP일지라도 차상-지상 간 주파수가 상이하거나 정위치 구현 방식이 차이가 있어, 상호 호환이 되지 않는 경우가 발생함.

○ 이는 유럽 표준 신호시스템인 ETCS와 같이 동일한 사양으로 기술 구현이 되어 어느 제조사와 상관없이 해당 규격에 따라 제작된 경우에는 기존 신호 시스템과도 호환 가능함.

○ 이와 같이 국내 도시철도 신호시스템은 다양한 유형의 유럽, 일본, 미국 등의 신호시스템이 구축되어 있어, 기존 노선의 유지보수나 개량할 경우 기 설치했던 해외 제조사에 의지하게 되고 그 결과 유지보수나 개량 시 그 시간과 비용이 많이 소요되는 어려움이 있음.

○ 최근 한국철도기술연구원에서 개발한 한국형 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템인 “KRTCS”표준화 개발을 완료하였으나, 이는 도시철도의 신규노선이나 해당 노선을 전체 개량할 경우 적용될 수 있으며, 부분 개량이나 교체 시엔 적용될 수 없어, 유지보수를 위해 교체 또는 대체예비품으로 활용하는 데는 그 시간과 비용이 많이 소요되는 어려움이 있음.

	○ 또한, 동일한 운영기관일지라도 각 노선에 따라 신호시스템이 차이가 있어 보유하고 있는 전동차를 노선 구분 없이 투입하여 운행하는 데 큰 어려움이 있음. 해당 노선의 신호시스템을 구비한 차량만 해당 노선에만 운행이 가능함
□ 필요성	○ 국내 도시철도 신호시스템인 ATP/ATC/ATO/ATS 중 어느 신호구간이나, 동일한 신호유형이라도 주요 신호통신 방식의 기술이 다른 경우일지라도, 기존 신호시스템과 호환이 될 수 있도록 손쉽게 제작이 가능한 통합형 차상신호장치의 공용(표준) 플랫폼 개발이 요구됨. ○ 유럽의 ETCS와 같이 국내 어느 신호업체라도 공용 플랫폼을 통해 통합 차상신호장치 제작구현이 가능할 수 있음. ○ 공용 플랫폼 기반의 통합차상신호시스템은 추후 각 운영기관이나 어느 국내 제조사라도 차상시스템을 교체/개량할 경우, 각 노선마다 상이한 신호시스템이라도 ATP/ATC/ATS/ATO 중 어느 것이라도 손쉽게 경제적으로 교체 및 수리가 가능함. ○ 즉, 상기 통합차상신호장치는 ATP/ATC/ATS 중 어느 신호시스템이라도 호환가능도록 제작이 용이함 - 즉, 본 시스템 랙의 상단부에 구성되는 통합주제어부는 공통으로 구현되고 하단부의 지상신호와의 통신하는 DSP모듈이나 인터페이스 모듈을 해당 지상신호에 맞는 모듈로 각각 부분적으로 교체하고, 해당 구현 S/W를 설치함으로써 손쉽게 맞춤형 제작이 완료 가능함. ○ 이는 유지보수시 어느 구간의 신호시스템을 개량하거나 교체하더라도 손쉽게 경제적으로 교체 및/또는 수리가 가능함. ○ 또한 무선통신 기반 열차제어시스템 “KRTCS”의 핵심 기술인 무선통신 규격과도 상호 호환될 수 있도록 통신 플랫폼을 구축 가능하기 때문에, 신규노선이나 기존노선 개량 시에도 기존 차상신호장치와 호환이 가능함.
4. 단계별 전략 및 목표	

□ 1단계 : 기술개발 동향 및 수요조사 실시

○ 선행연구/기술 사례 조사 및 분석

- 국내외 신호시스템 조사
- 통합신호시스템 자료 조사
- 통합신호시스템의 문제점 및 개선사항 도출

○ 목표성능 설정

- 국내 현황을 고려한 개발 목표안 도출
- 전문가를 통한 최종 목표설정
- SIL4 안전성 인증 방안 수립

○ 시제품 설계

- HW 기본/상세 설계 작성
- S/W 알고리즘 기본 설계

- 인터페이스/RF송수신 등 기타 설계 보완 및 확정
- SIL4 관련 안전성(Safety) 분석

□ 2단계 : 상세설계 및 시제품 제작

○ 시제품 H/W 제작
- 각 단품별 제작
- 시스템 통합 제작 구현
- SIL4 인증에 필요한 설계안 검토 및 보완

○ 통합프로그램 설계/제작
- 알고리즘 상세 설계
- 각 신호장치 모듈별 프로그램 기본/상세 설계
- 프로그램 제작 & 검증 & 수정
- SIL4 인증에 필요한 설계안 검토 및 보완

○ 시제품 제작
- 각 단품별 H/W 및 S/W 구현 및 성능 시험
- 상호 인터페이스 구현 및 시험
- 전체 시스템에 대한 시뮬레이션 검증

○ 안전성 성능 입증
- SIL4 인증에 필요한 성능 입증 자료 증빙

□ 3단계 : 성능 검사 & SIL 인증평가

○ 자체 성능 검사
- 시험검사를 통해 발견된 문제점 도출 및 개선
- 추가 성능 시험 및 최적화 구현

○ 공인기관 성능 시험 & 성능보완
- 공인기관 성능 시험을 통한 인터페이스/간섭 등
  시험을 통해 발견된 문제점 도출 및 개선
- 추가 성능 시험 및 최적화 구현
- 컨소시엄 형태 등 최적 연구추진체계 제안

○ RAMS/SIL4 인증 평가 및 보고서
- 인증 시험 진행 및 최종 문서화 제출
- 인증기관을 통한 개선사항 반영
- 안전성 입증된 개선사항 통합장치에 반영 및 최적화

5. 사업단 추진체계	

□ 추진전략	○ 국내외 동향조사 및 기술예측, 연구개발과제 도출 등을 위하여 전문 연구기관 및 관련 전문가들로 구성된 기획 연구진을 구성 ○ 실용적인 연구 결과 도출을 위하여 다양한 분야(산·학·연 또는 운영기관 등) 소속의 자문위원을 반드시 포함토록 함 ○ 안전성 평가의 객관성 확보를 위해 외부 인증지관을 통해서 검증 ○ 특허 및 논문 정보 등의 산업동향조사는 “국토교통 창조경제 R&D포털 DAMOA (http://damoa.kaia.re.kr)"을 이용하여 분석 ○ 기 수행되었거나(종료과제, 중단과제 등) 현재 수행중인 국가연구개발사업 및 민간 연구개발사업과의 중복성 검토를 통해 중복투자 배제 및 연계방안 제시
□ 추진체계	○ 본 연구는 기업이 주관연구기관으로 함 ○ 공동연구기관으로 대학 또는 연구기관으로 하여 연구개발 내용 중 모듈개발 관련 부분을 공동 개발하며, 필요시 일부는 산업체를 포함하여 위탁용역으로 진행 함 ○ 안전성 평가 및 인증 진행은 인증기관을 선정하여 위탁연구기관으로 진행 ○ 각 지방 도시철도 운영기관을 자문위원으로 선정하여 개발내용을 공유하고 이와 관련하여 요구사항이나 개선사항 등을 반영도록 함

6. 핵심과제 구성 내용	

○ 도시철도 기반 통합 차상신호용 주제어 모듈 개발
- ATP/ATC/ATS/ATO의 각 신호차상장치 중 주제어 부분을 통합하여 공용 플랫폼기반의 모듈 및 S/W 개발
- 주제어부는 속도검출기, Vital Input/Output, Vital 릴레이, 주연산보드 (기능: 속도제어/정위치/비상정지/기타 등)으로 통합 구성

○ 도시철도 기반 통합 차상신호용 DSP(Digital Signal Processer) 모듈 개발
- ATP/ATC/ATO 등 신호시스템에 따라 차상-지상 장치 간 상호 통신방식이 MSK, FSK, AM 등 차이가 있어, 이를 통합하여 공용으로 사용 가능한 DSP 모듈 개발
- 다른 신호구간에도 가변적으로 사용가능하도록 상기 DSP모듈에 각 ATP/ ATC/ ATO에 따른 유형별 S/W 개발
- 복조기의 오류 검출·복구 가능한 채널코드 S/W 개발

○ 모듈간 상호 인터페이용 모듈 개발
- 통합 차상신호장치 내 모듈간 상호 인터페이스를 위한 모듈 개발
- 상기 인터페이용 모듈에 적용할 S/W 개발

○ 무선 통신 기반의 통합 차상신호장치용 통신 모듈 개발

- 다양한 무선통신 기반에서 구현 가능한 통신 모듈 개발
- 향후 변경될 수 있는 통신시스템에 대하여 상기 통합 차상신호장치 플랫폼
  내에서 융합되어 사용가능한 통신 모듈 및 S/W 개발

○ RAMS/SIL4 안전성 분석 활동 및 인증 획득
- 통합 시스템에 대한 위험도 분석 및 활동 보고서
- SIL4 관련 안전성 분석 및 주요 활동 문서
- SIL4 인증 평가보고서 및 획득

7. 시작품 제작 또는 테스트베드 유형

8. 사업단 운영형태 및 실용화 방안

○ 본 연구는 기업이 주관연구기관으로 함

○ 공동연구기관으로 대학 또는 연구기관으로 하여 연구개발 내용 중 모듈개발 관련 부분을 공동 개발하며, 필요시 일부는 산업체를 포함하여 위탁용역으로 진행 함

○ 안전성 평가 및 인증 진행은 인증기관을 선정하여 위탁연구기관으로 진행

○ 각 지방 도시철도 운영기관을 자문위원으로 선정하여 개발내용을 공유하고 이와 관련하여 요구사항이나 개선사항 등을 반영도록 함

○ 개발 결과물에 대한 성능입증을 전문기관을 통해 완료하고, SIL4에 준하는 안전성을 확보도록 함으로써, 도시철도 구간의 상이한 신호시스템 구간에 적용하여 납품하고자 함.

○ 국내 도시철도 차상신호분야에 활용할 수 있도록 신호시스템이 상이한 구간에 운행되는 차량에 탑재 적용
- 도시철도 구간의 운행 차량에 활용
- 통합 차상신호장치용 공용 플랫폼 개발로 신호시스템 사업 활성화

9. 단계별 사업기간 및 소요예산

○ 총 연구기간 : 2015년 ~ 2018년 총 3년

○ 총 연구비 : 4,800백만원 이내

(단위 : 천원)

연 도	정부	기업부담금			정부외	상대국	합계
	출연금	현금	현물	소계	출연금	부담금	
1차년도	800,000	26,667	240,000	266,667	-	-	1,066,667
2차년도	1,500,000	50,000	450,000	500,000	-	-	2,000,000
3차년도	1,300,000	43,333	390,000	433,333	-	-	1,733,333
4차년도	-	-	-	-	-	-	-
5차년도	-	-	-	-	-	-	-
총계	3,600,000			1,200,000			4,800,000

10. 기타

○ 연구개발과제의 중복방지를 위한 조사 및 검토 결과

본 과제		유사 국가 R&D 과제		중복성
세부과제명	주요내용	과제명	주요내용	
무인운전을 위한 도시철도용 통합 관제시스템 개발	**무인운전 도시철도의** 신호, 통신,전력 및 기타 설비 관제를 위치적, 기능적으로 통합한 관제시스템 개발	무선통신기반 열차제어시스템 (KRTCS)	무선통신기반 열차제어시스템 표준체계 구축 및 평가 수행	○ 기존 과제는 주로 신호분야의 지상/차상 장치에 대한 기술 ○ 기존 과제는 주로 신호관제만을 관제 시스템으로 구성 ○ 본 과제는 지상 및 차상장치가 아니며 신호관제 뿐만 아니라 통신, 전력 및 기타 설비관제를 모두 포함한 관제시스템을 개발하는 과제로써 중복성이 없음
		저심도 도시철도용 신호관제 시스템 기술개발	저심도에 특화된 도시철도용 신호관제시스템 기술개발 및 시험선 적용	

유사과제 검색결과

검색조건	기본조건	
검색일시	2014.07.03	
유 사 도	60	
검색현황	등록과제 수	유사과제 수
	1 건	0 건

세 부 검 색 결 과

순번	과 제 명	연구책임자	유사과제여부		제재여부
			기수행과제	타인등록과제	
1	도시철도 기반 통합 차상신호장치용 공용 플랫폼 개발	김재문	X	X	X

국가과학기술지식정보서비스

주1) 기본조건 : 기수행과제 및 타인등록과제 전체, 유사도 60
주2) 기수행과제 : 타부처 및 기관에서 기 수행된 과제(조사분석 수집과제)
주3) 타인등록과제 : 타사용자가 등록한 과제

상기 내용은 과제개요 내 주요 텍스트 비교를 통한 1차적인 유사과제 결과이며, 최종적인 과제의 유사여부는 발주기관의 연구심의위원회에서 결정됩니다.

국 가 과 학 기 술 지 식 정 보 서 비 스

※ 페이지 이동은 마우스 스크롤로 가능합니다.

연구과제명	LTE-R을 이용한 일반철도 ATO 시스템 개발

1. 연구개발 목표

○ 국내 최초로 일반철도에 ATP시스템과 ATO시스템의 결합한 시스템 적용에 대해 연구한다. 또한 결합한 시스템 제작 업무를 수행한다.

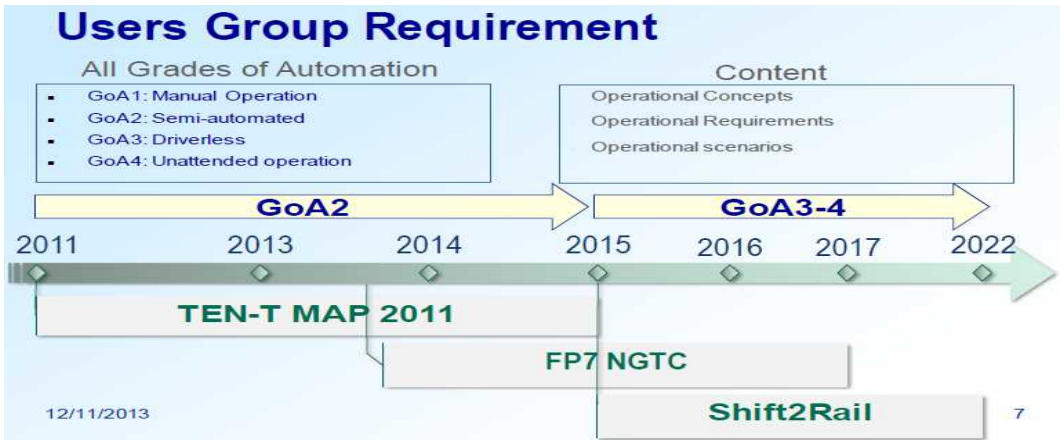
2. 사업의 최종성과물

핵심과제명	연구목표	목표 성과물
총괄과제 : ATO시스템 개발	실제 ATO 운행을 고려한 시스템 개발	일반철도 ATO 운행을 위한 시스템 개발
제1핵심과제 : 일반철도 ATO 적용 자동운전 체계	일반철도 ATO 적용 자동운전체계 구축 방안 개발	일반철도 ATO 적용 자동운전체계를 위한 구축 방안 디자인
제2핵심과제 : 운전매뉴얼 및 지침서 개발	안전한 ATO 운행을 위한 문서 개발	ATO 운행을 위한 운전매뉴얼 및 지침서

3. 사업추진 필요성	
□ 연구배경	○ 일반철도 신호제어 기술은 지속적으로 발전하여 열차를 안전하게 운전 할 수 있는 ATP시스템이 안전화되고 있는 단계이다. 이와 같이 열차의 안전이 확보된 상황에서 다른 요소를 향상 시킬 수 있는 시스템 도입이 필요한 실정이다. ○ 현재 지하철에서 사용하고 있는 ATO시스템은 열차 운행 및 에너지 효율을 증진시키는 시스템이다. 이 시스템을 일반철도 신호시스템에 도입할 수 있다면 일반철도에서도 열차 운행 및 에너지 효율을 증진 할 수 있을 것으로 판단된다. ○ 먼저 지하철과 일반철도의 차이가 있으므로 ATO시스템을 일반철도에 도입하기 위해서는 각각의 상황과 환경에 대한 분석이 필요하다. 또한 일반철도에서 ATO시스템 도입 범위를 정하여 개발해야 보다 효과적으로 적용 될 것이라 판단된다. 그래서 본 연구개발에서는 일반철도에 적용할 ATO시스템 도입 범위를 역간 열차 자동운전으로 선정하였다. 이는 열차 운행 및 에너지 효율을 향상 시킬 수 있는 기능이기 때문에 선정하게 되었다. ○ 또한 현재 국내 경부선 및 호남선, 전라선, 경춘선에서 사용하고 있는 ATP시스템과 호환이 가능하도록 제작 되어야 한다. ○ 마지막으로 최신 통신방식인 LTE-R을 적용하여 빠른 정보 송수신하여 ATO시스템이 동작하도록 제품을 개발하려고 한다. ○ 일반철도에 ATO시스템의 역간 열차 자동운전을 도입하게 되면, 열차 운행 및 에너지 효율을 증진시킬 수 있다고 판단된다. 그리고 최신의 통신방식을 접목함으로써 보다 선진적인 기술을 확보 할 것으로 예상한다.
□ 필요성	○ 현재 ATO시스템은 지하철 및 경전철에서 사용 중에 있다. 현재 무선을 이용한 ATO시스템을 적용하거나 건설하고 있는 곳은 인천 지하철 2호선 및 신분당선, 부산 4호선, 각종 경전철(김해 경전철, 우이~신설 경전철 등)에서 사용 및 건설 진행 중에 있다. 이 시스템의 기능은 자동운전 기능, 열차 제어, 승강장 제어, 열차의 정위치 정차, 열차 출입문 제어, 지상-차상 인터페이스 정보, 주파수 할당, 사용자 인터페이스, 열차 확인 및 추적, 진로 제어, 자동 열차조정, 역 정차 기능, 열차운전 제한, 승객정보 시스템 인터페이스, 설비의 고장, 장애 보고 등의 기능을 가지고 있다. ○ 하지만 일반철도에서는 ATO시스템을 적용하지 않고, ATS/ATP시스템을 적용하여 운행하고 있다. 현재 ATS/ATP 시스템은 무선을 사용하지 않고, 유선을 통하여 열차 정보를 송수신하고 있다. ○ 또한 국토교통부가 2013년 6월 부산국제철도물류전에서 발표한 창조경제를 위한

새로운 철도 R&D 비전과 강소기업 육성전략은 “국민행복을 위한 빠르고(SMART), 안전하고(SAFE) 경제적인(ECONOMICAL) 철도개발”이라는 모토하에 2040년까지 3대 분야별 추진방향을 제시하였는데, 철도신호시스템은 빠르고 지능적인 철도(SMART)에 ‘지능형 철도시스템’구축분야에 포함되었으며, 이는 LTE기반 무선 열차제어·통신 기술을 개발하여 2017년까지 상용화하고 연간 20조원 규모의 신호·제어시장을 공략한다고 하였다. 그리고 철도신호시스템은 2018년까지 철도전용주파수 확보에 따라 무선자동제어방식을 적용하고 2030년까지 철도에 대한 무인운영시스템을 적용한다고 제시하였다.

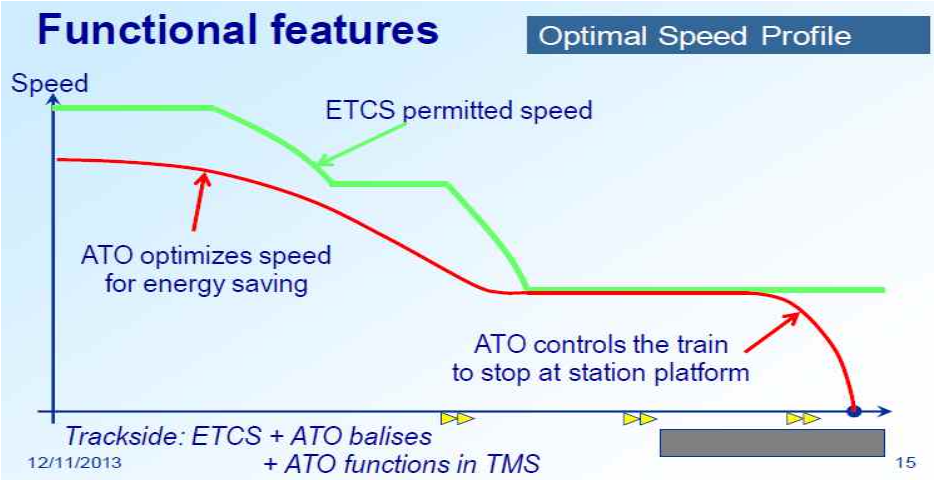
○ 국외의 사용자 요구사항은 수동운행, 반자동화에서 무인운행, 무인운전으로 변화하고 있는 실정에 있다. 이에 따라 유럽에서는 2015년부터 Shift2Rail이라는 프로젝트를 진행하려는 계획을 가지고 있다. Shift2Rail 은 세계적으로 기후변화 대응을 위하여 탄소저감대책 시행으로 각국이 철도중심의 교통정책에 따라 철도에 대한 투자가 대폭 증대되고 있으며, 특히 유럽연합에서는 EU2020전략을 달성하기 위하여 “Shift2Rail” 계획을 수립하여 미래의 철도 수요에 대응하기 위한 발전을 도모하고 있다. 유럽 철도신호시스템 개선계획 Shift2Rail은 도시철도에서 적용되고 있는 자동운전(ATO)개념을 일반철도와 고속철도에 적용토록 개발하여 철도운송능력과 성능을 개선하고 에너지 고 효율화를 취하자는 것이며 추진계획은 다음 [그림1]과 같다.



[그림1]ETCS 적용 개선계획(UNISIG, 2013. 11)

○ 기본계획은 일반철도 및 고속철도에 ETCS+ATO를 적용하여 자동운전을 하여 철도운송수요 확충 및 에너지 절감 등의 이익을 도모하자는 목표가 포함되어 있고, 이를 위해서 지상에 교통관리시스템(TMS) 설치 등 추가적으로 요구되는 사항을 개발하는 것이다. ATO을 적용한 자동운전방법은 지상신호장치 설치유무에 따라 결정되나, 지상 ETCS, ATO 발리스, TMS 설치 환경에서는 전구간에서 ETCS가 허용하는 구간별 최대속도 내에서 TMS에서 제공한 자료에 의거 속도 프로파일을 작성하여 에너지 절감을 고려한 열차 자동운전개념으로 [그림2]에서 보이는 바와

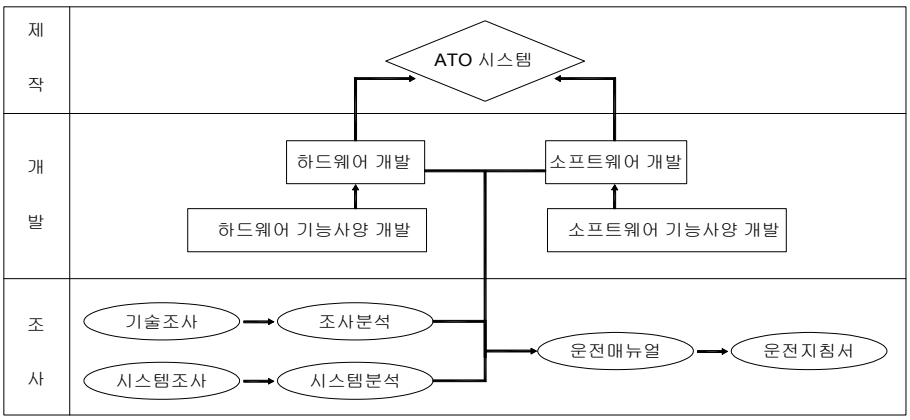
같다.



[그림2] 지상 ETCS, ATO 발리스 및 TMS 환경에서 자동운전

4. 단계별 전략 및 목표

○ 단계별 전략



○ 단계별 목표

- 조사 : 각종 기술 조사 및 운전매뉴얼, 운전지침서 작성
- 개발 : 하드웨어 기능사양 및 소프트웨어 기능사양 개발, 하드웨어 및 소프트웨어 개발
- 제작 : 전체 ATO 시뮬레이터 기능시험 및 검증

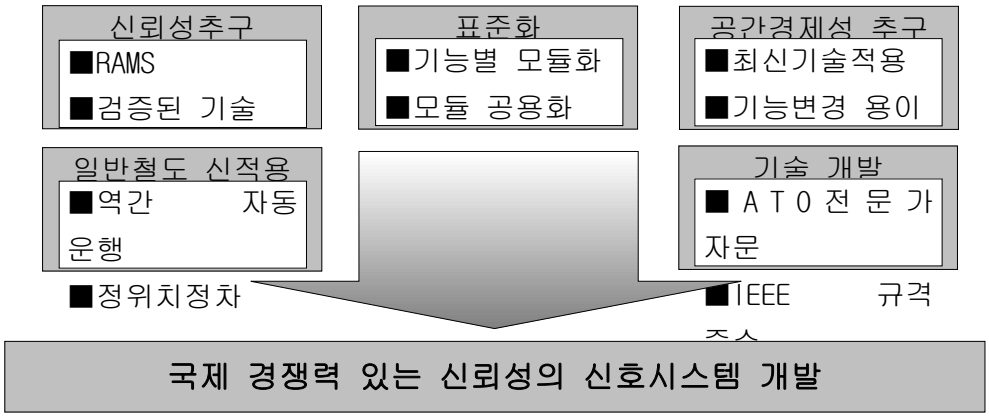
5. 사업단 추진체계

□ 추진전략

○ 주체별 역할 설정

주체	역할
연구진	- 관련 기술자료 제공, 기존 분석 자료 제공 - 기술분야 및 전략프로젝트 간 가중치 조사
위원회	- 기술간 인과관계, 기술개발 시작 시점 및 종료시점 등 도출 - 가중치 조사 결과 검토
부처 및 관련기관	- 업무 진행 상황 검토 - 우선순위 조사 결과 및 예산 배분(안) 검토

□ 추진체계



6. 핵심과제 구성 내용

핵심과제명	연구목표	주요 연구내용
총괄과제 : ATO시스템 개발	실제 ATO 운행을 고려한 시스템 개발	- ATO시스템 하드웨어 개발 - ATO시스템 소프트웨어 개발 - RAMS 활동 - 단일시험 및 평가
제1핵심과제 : 일반철도 ATO 적용 자동운전 체계	일반철도 ATO 적용 자동운전체계 구축 방안 개발	- 일반철도 ATP시스템 조사 및 분석 - 지하철 및 경전철 ATO시스템 조사 및 분석 - 일반철도 ATO 적용 구축 방안 작성 및 평가
제2핵심과제 : 운전매뉴얼 및 지침서 개발	안전한 ATO 운행을 위한 문서 개발	- 일반철도 운전매뉴얼 및 지침서 조사 및 분석 - 지하철 및 경전철 운전매뉴얼 및 지침서 조사 및 분석 - 일반철도 ATO 운행을 위한 운전매뉴얼 및 지침서 작성

7. 시작품 제작 또는 테스트베드 유형

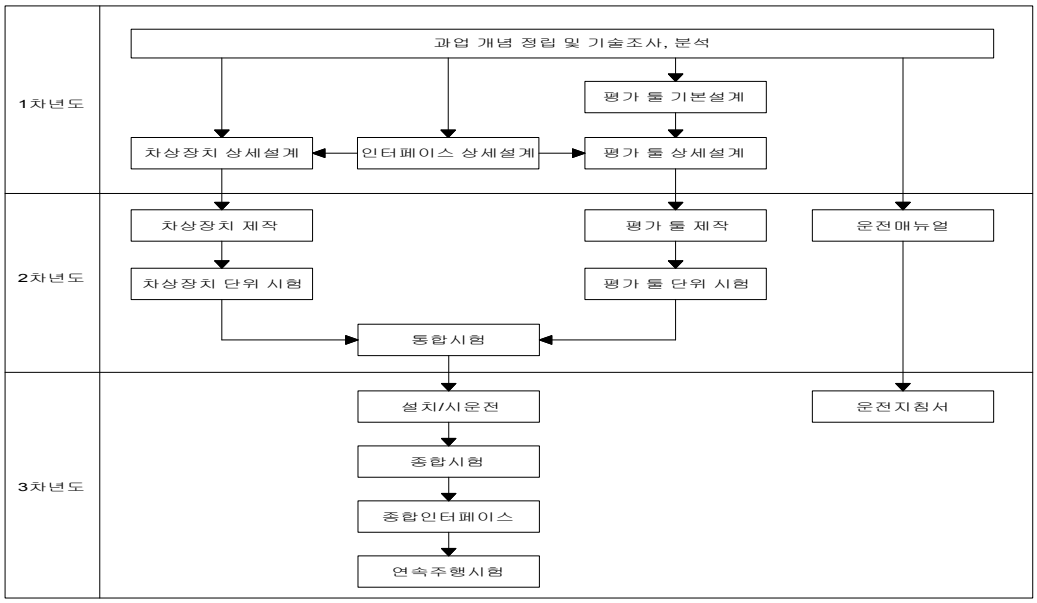
○ ATO 시스템(현차 기능시험은 본 과제에 포함되지 않음)

8. 사업단 운영형태 및 실용화 방안

○ 사업화 및 실용화방안

- 실제 ATO운행을 고려한 차상장치 개발

○ 사업단 운영형태 및 실용화 방안



9. 단계별 사업기간 및 소요예산

○ 총 연구기간 : 2015년 ~ 2018년 총 3년

○ 총 연구비 : 997백만원 이내

○ 총괄과제 (단위 :천원)

항목	연도 / 비목	1차년도	2차년도	3차년도	합계	비고
		금액	금액	금액	금액	
직접비	인건비	28,659	29,543	29,543	87,745	
	연구장비·재료비	258,528	252,470	212,470	723,468	
	연구활동비	12,456	11,123	10,457	34,036	
	연구과제추진비	10,164	11,345	12,459	33,968	
	연구수당	3,124	3,014	3,124	9,262	
	위탁연구개발비	5,000	5,000	5,000	15,000	
연구개발비총액		317,931	312,495	273,053	903,479	

○ 1세부과제 (단위 :천원)

항목	연도 / 비목	1차년도	2차년도	3차년도	합계	비고
		금액	금액	금액	금액	
직접비	인건비	106,590	105,430	105,430	127,676	
	연구장비·재료비	6,260	6,350	6,350	7,530	
	연구활동비	24,560	2,1230	24,570	29,140	
	연구과제추진비	11,640	13,450	14,590	39,680	
	연구수당	7,240	7,140	7,240	21,620	
	위탁연구개발비				0	
연구개발비총액		156,290	153,600	158,180	468,070	

○ 2세부과제 (단위 :천원)

항목	연도 / 비목	1차년도	2차년도	3차년도	합계	비고
		금액	금액	금액	금액	
직접비	인건비	106,590	105,430	105,430	317,450	
	연구장비·재료비	6,260	6,350	6,350	18,960	
	연구활동비	24,560	21,230	24,570	70,360	
	연구과제추진비	11,640	13,450	14,590	39,680	
	연구수당	7,240	7,140	7,240	21,620	
	위탁연구개발비				0	
연구개발비총액		156,290	153,600	158,180	468,070	

10. 기타

○ 중복과제 검토

유사과제 검색결과					
검색조건	■ 기본조건				
검색일시	2014. 6. 25				
유사도	60				
검색현황	등록과제수		유사과제수		
	1건		0건		
세부 검색 결과					
순번	과제명	연구책임자	유사과제여부		제재여부
			기수행과제	타인등록과제	
1	LTE-R을 이용한 일반철도 ATO	김유호	X	X	X

연구과제명	차상/지상 양방향 데이터 통신기능을 가진 지상데이터 전송장치(T-Balise) 연구개발
1. 연구개발 목표	
○ 지상, 차상 간 양방향 데이터 통신이 원활히 되도록 개발하여 열차운행에 필요한 정보를 신속하고 정확하게 차상 컴퓨터에 전송하고 차상의 필요정보를 지상 신호설비 또는 감시설비에 전송할 수 있도록 RAMS 활동을 포함하여 개발 ○ 현장시험 : 철도차량에 탑재 및 시험선에서의 시험	
2. 사업의 최종성과물	
○ T-Balise 장치 ○ LEU ○ 지상/차상 장치 시뮬레이터 - 차상신호(BTM) 시뮬레이터 - 지상신호제어 시뮬레이터 - PC 시험 S/W ○ SIL4 인증 획득	
3. 사업추진 필요성	
□ 연구배경 ○ 기존 장치인 Balise 및 LEU는 지상에서는 단순히 텔레파워링 신호에 대해 차상 장	

	치로 전송하는 단방향 데이터 통신을 하도록 구성되어 있고, ETCS 신호시스템이 적용된 철도에서만 적용되고 있음. ○ 본 연구과제에서 개발하고자하는 T-Balise 및 LEU 장치는 열차운행 중 또는 정차 시에 차상 장치와 인터페이스하고 실시간으로 열차의 운행 상태 등의 정보를 차상의 다운링크를 통해 데이터를 지상의 각 신호설비로 전송이 가능한 지상/차상 양방향 데이터 통신 장치로 개발하고, 과제의 관리도 RAMS활동을 통한 안전성 관리로 국제 기준에 부합하는 장치로 개발함. 이는 ETCS 시스템이 적용된 철도에서 뿐만 아니라 도시철도에서도 사용이 가능한 장치로 개발됨을 의미함.
□ 필요성	○ 비용 절감 T-Balise 및 LEU를 설치하게 되면 ERTMS/ETCS 시스템에서 사용할 수 있음은 물론 양방향 통신을 이용해 도시철도의 정위치정차 등과 같은 ATC/ATO 기능을 적용한 시스템에도 얼마든지 적용이 가능해 장비의 통합을 꾀할 수 있다. 이는 비슷한 기능을 하는 차상/지상 장비의 통합으로 인한 차상/지상 장치 구매 비용 및 설치, 유지보수 비용 등이 절감되게 된다. ○ 열차운영의 최적화 본 장치를 적용하게 되는 시스템은 열차운영의 효율성이 증가됨에 따라 경상비용이 절약되고 열차 운행시간의 감소로 열차 운영의 최적화를 기할 수 있다. 이같이 이동폐색원리를 응용이 가능하여 열차운행은 종래의 신호설비와는 달리 선행열차와의 운행이 열차 최후 부까지 허용된다. 이는 운전시격의 단축을 의미하므로 선로 용량을 최대로 증대시키고 보다 짧은 운행시간을 실현할 수 있다. ○ 안전도 증가 차상/지상 양방향 데이터 통신이 가능한 T-Balise 및 LEU의 설치로 기존에 사용되던 지상의 신호변화나 지상 인프라의 상태를 전송할 뿐만 아니라 차상에서 발생하는 정보를 지상에서 실시간으로 전송받을 수 있어 필요한 차상의 여러 상황을 지상의 T-Balise를 통해 LEU와 이후의 지상 설비로 인터페이스되어 지상의 사령실이나 감시설비로 전송할 수 있고 열차 상황에 맞는 조치를 취할 수 있도록 기관사나 사령자등에게 경고하고 열차제동등 열차보호장치가 작동할 수 있도록 하여 안전한 열차운행을 기할 수 있다. ○ 기술적 측면 고속으로 운행되는 ETCS 설치철도에 있어서 열차의 안전운행은 선행열차와 안전하게 간격을 유지함은 물론 지상의 신호 상태와 지리적 상태 등 각종정보로 원활한 운행을 위하여 Balise 및 LEU는 차상장치인 BTM(Balise Transmission Module)으로 정보를 신속/정확히 차상의 ERTMS/ETCS 커널(ATP Computer)에 전달할 수 있도록 해야 한다. 또한 운행 중인 열차의 차상 시스템에서 발생할 수 있는 각종 필요 정보를 실시간으로 지상의 감시시스템에 전달할 필요가 있어 차상으로 업링크만 가능했던 기존의 Balise에 차상의 다운링크 데이터를 수신하는 기능을 부가하여 지상의 감시

설비에 전달하는 이 같은 임무는 안전하고 원활한 열차운행에 매우 주요한 부분이다.

지상 차상 양방향 통신에 대한 내용은 ERTMS의 "UNISIG SUBSET-026"에 지상->차상, 차상->지상으로 전송해야하는 패킷(메시지)의 내용이 정의되어있다. 이는 현재 추진되고 있는 ERTMS/ETCS Level 2, 3으로의 진보적인 발전에 필요한 기술이다.

4. 단계별 전략 및 목표

○ 단계별 목표

1차년도	- T-Balise . Encode/Decode 모듈 - LEU . 양방향 발리스 드리이버 . 감시(지상)설비 통신 모듈 . 신호 감지 모듈 . 모니터링 모듈
2차년도	- 차상신호(BTM) 시뮬레이터 제작 - 지상신호 시뮬레이터 제작 - PC 시험 S/W - 자체 시험
3차년도	- 관련노선 시험용 Engineering Sample 제작 - 관련노선 현장시험용 Pre-Production 제작 - T-Balise, LEU 시제품 제작 - 공인기관 시험 - 철도기술연구원 기능시험 - RAMS 활동 평가 및 보완작업 SIL4 인증

○ 단계별 전략

1차년도	2차년도	3차년도
- 탐색연구 - 연구계획서작성 - 기본설계서작성 - T-Balise장치 개발 - LEU 개발 - RAMS 활동	- 종합시험 시뮬레이터 제작 차상신호(BTM) 시뮬레이터 지상신호 시뮬레이터 PC 시험 S/W - 자체 시험 - RAMS 활동	- 제작품 현장시험 - 엔지니어링 샘플 제작 - 엔지니어링 현장시험 - RAMS 활동 및 인증 - 최종 평가

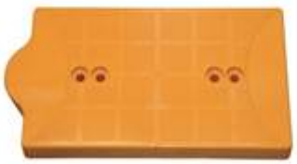
5. 사업단 추진체계

T-Balise, LEU 연구개발	시험 시뮬레이션 설비 연구개발	현장시험 연구	RAMS 활동

6. 핵심과제 구성 내용

연구과제	규격	정의
T-Balise 장치 LEU	지상-차상 간 양방향 통신 수행	차상, 지상 간 양방향 데이터 통신이 원활히 되도록 개발하여 열차운행에 필요한 정보를 신속하고 정확하게 차상 시스템에 전송하고 차상의 필요정보를 지상 신호설비에 전송할 수 있도록 RAMS 활동을 포함하여 개발

7. 시작품 제작 또는 테스트베드 유형

T-Balise 양방향 LEU			
			

8. 사업단 운영형태 및 실용화 방안

주관	공동	위탁	공동
T-Balise 연구개발	시험 시뮬레이터 설비 연구개발	RAMS 활동	현장시험 연구

○ 실용화 방안

- 국내사업 실용화
- 국내외 신호 시장에서 수주
- 간선철도의 ATP 열차 제어 시스템에 적용.

- 해외철도 ETCS Level1, 2, 3 적용시 본과제 개발품 공급.
- 북남미, 아시아, 아프리카 철도시장 진출.
- 국내의 ATP 철도 기술 해외 보급 선점.

9. 단계별 사업기간 및 소요예산

○ 총 연구기간 : 2015년 ~ 2017년 총 3년

○ 총 연구비: 5,180백만원 이내

단위 : 백만원

구분		예산항목					비율
항목	세부항목	단가	1차년도	2차년도	3차년도	소계	
			인원x참여율	인원x참여율	인원x참여율		
인건비	기술사	100.33	10.03	5.02	5.02	20	0.4%
	특급	90.01	18.00	9.00	9.00	36	1%
	고급	67.18	80.62	80.62	53.74	174	3%
	중급	55.31	176.98	221.22	132.73	429	8%
	초급	45.91	275.48	344.35	275.48	666	13%
	소계		561	660	476	1,697	33%
직접비	연구장비, 재료비		280	560	100	940	18%
	시작품 제작비		100	200	50	350	7%
	연구수당		30	50	150	230	4%
	연구과제추진비		20	30	12	62	1%
	연구활동비		40	70	20	130	3%
	소계		470	910	332	1,712	33%
위탁연구개발비			-	50	250	300	6%
인증비	1차년도30%, 2차년도 30%, 3차년도 40%		300	300	400	1,000	19%
간접비	인건비의 10%		56	66	48	170	3%
	직접비의 10%		47	91	33	171	3%
	인증비의 10%		30	30	40	100	2%
	위탁연구개발비의 10%		-	5	25	30	1%
	소계		133	192	146	471	9%
합계			994	1,202	1,272	5,180	100%

10. 기타

○ 연구개발과제의 중복방지를 위한 조사 및 검토결과



검색범위	검색항목	유사도	검색일시	검색결과
기 수행 타인	과제 내용 목표 효과 책임자 키워드	60	2014-06-27 10:10:54	

※ 검색결과 파일 내 항목에 대한 설명을 보고 싶으시면 여기를 클릭하세요.

순번	세부과제명	연구책임자	유사과제여부		제재정보
			기수행과제	타인등록과제	
1	양방향 데이터 통신 기능을 가진 지상 데이터전송장치	-	0	0	-

○ 유사과제별 검토결과

- 국가 R&D 사업관리 서비스(NTIS) : 유사과제가 없음.
- 산업기술평가원(KEIT) : 유사과제가 없음.

부처명	사업명	과제명	예산	비 고
NTIS	해당없음			
KEIT(산업기술평가원)	해당없음			

연구과제명	일반철도/고속철도용 역 종합제어장치 개발

1. 연구개발 목표

○ 일반철도/고속철도용 역 종합제어장치 국산화

2. 사업의 최종성과물

○ 종합제어장치와 연동장치간 인터페이스 모듈화
○ 종합제어장치와 ATS간 인터페이스 모듈화
○ 종합제어장치와 차상신호장치간 인터페이스 모듈화
○ 종합제어장치 제작 및 완성

3. 사업추진 필요성

□ 필요성

○ 종합제어장치는 실시간으로 확인되는 선행열차의 후두부, 선로전환기의 불일치 또는 궤도폐쇄 등과 같은 장애요소들로부터 최소한의 열차 안전제동거리를 확보할 수 있도록 지속적으로 열차의 이동권한을 확인하고 안전정차지점(Target point)을 차상신호설비에 전송한다.
○ 열차가 선로전환기를 지나갈 수 있도록 선로전환기의 진로를 예약하여 전환위치를 확인하여 다른 열차와의 경합을 방지한다. 또한 종합제어장치는 차상신호설비로부터 제동, 추진, 속도제한, 제동율, 정위치정차와 출입문 제어를 명령한다. 이로 인해 종합제어장치는 유인운전뿐만 아니라 무인운전도 가능하다.
○ 종합제어장치는 국내의 기술력으로 제안되는 기술이며, 철도신호분야의 협소한 시장성을 감안하여 기술개발에 대한 정부의 적극적인 지원이 필요하며, 국내에서의 원활한 자재수급성만 갖춰진다면, 경전철 및 도시철도의 열차제어에 많은 활용을 할 수 있고, 국외시장진출에도 큰 역할을 할 수 있을거라 기대된다.

□ 기술동향

○ 국내기술동향
- 국내 노선에 사용되는 곳은 신분당선에서 사용하고 있으며 전자연동장치와 ATS 차상장치등을 한곳에서 제어를 하는 시스템은 없는상태이며 이와 유사한 시스템을 연구개발하느느추세이다.

○ 국외기술동향
- 국외는 세계 곳곳에 다양하게 응용되어 사용하고 있음.

4. 단계별 전략 및 목표

□ 1단계

○ 목표

- 종합제어장치와 연동장치, ATS 인터페이스 모듈화
- 연동장치, ATS 인터페이스 S/W개발

○ 전략

- 종합제어장치 집중연구
- 연구계획서작성
- 기본설계서작성

□ 2단계

○ 목표

- 종합제어장치와 차상신호 인터페이스 모듈화
- 종합제어장치 시뮬레이터 제작
- 차상신호 인터페이스 S/W개발
- 운행선 지선 및 측선에 적용 시험

○ 전략

- 사내 시험
- 종합시험 시뮬레이터 제작
- 종합시험 모니터링
- 공인기관 인증시험

□ 3단계

○ 목표

- 운행선 노선 종합제어장치 시험 설치
- 지속적인 모니터링에 다른 시스템 완성
- 종합제어장치 국산화제품 국내 설치

○ 전략

- 제작품 현장시험
- 지속적인 모니터링에 따른 오류 수정 및 버전업
- 최종 평가

5. 사업단 추진체계



6. 핵심과제 구성 내용	

○ 총괄과제 : 종합제어장치 국산화

– 핵심과제 1 : 종합제어장치와 연동장치 인터페이스 모듈화

· BTC 어플리케이션 통신 Layer 개발

· Vital CBTC 전문전송 어플리케이션 개발

· 차상신호와 연동장치간 감시시스템 개발

– 핵심과제 2 : 종합제어장치와 ATS 인터페이스 모듈화

· ATS 서버와 기계실 데이터 로그 백업

· ATS와 종합제어장치 데이터 로그

· VCC와 종합관제센서 정보교류

– 핵심과제 3 : 종합제어장치와 차상신호 인터페이스 모듈화

· 종합제어장치와 차상간 통신시스템

· Vital CBTC와 전문 송수신

– 핵심과제 4 : 종합제어장치 제작 및 시험완료

· 종합시험절차서 작성

· 종합제어장치 제작 및 시험

7. 시작품 제작 또는 테스트베드 유형

8. 사업단 운영형태 및 실용화 방안



9. 단계별 사업기간 및 소요예산

○ 총 연구기간 : 2015년 ~ 2017년 총 3년

○ 총 연구비: 2,600,000천원 이내

(단위:천원)

항목	비목 \ 연도			1차년도 (2015)		2차년도 (2016)		3차년도 (2017)		합계		비고
				금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율	
인건비	내부인건비	미지급용										
		지급용	현금	180,000		200,000		200,000		580,000		
			현물									
	외부인건비		현금			50,000		50,000		100,000		
			현물									
	소계			180,000		250,000		250,000		680,000		
직접비	연구장비·재료비		현금	372,000		400,000		400,000		1,172,000		
			현물			50,000		50,000		100,000		
	연구활동비		현금	19,000		100,000		100,000		290,000		
	연구수당					30,000		30,000		60,000		
	소계			391,000		580,000		580,000		1,551,000		
위탁연구개발비				14,000		100,000		100,000		214,000		
간접비				15,000		70,000		70,000		155,000		
연구개발비총액				600,000		1,000,000		1,000,000		2,600,000		

10. 기타

- 산업기술평가원(KEIT) : 유사과제가 없음.

부처명	사업명	과제명	예산	비 고
NTIS	해당없음			
KEIT (산업기술평가원)	해당없음			

제 3 절 중소기업 SIL인증 지원체계 구축

연구과제명	철도신호시스템 SIL인증체계 통합 지원 인프라 구성
1. 연구개발 목표	
	○ 철도신호시스템 SIL인증 공동지원 체계 수립 – 공동지원 방안 및 체계, 조직구성 ○ 통합지원 인프라 개발 – Off-line, On-line 통합지원 툴 및 인프라 개발 ○ 통합지원시스템 시범구축 및 적용(실용화)
2. 사업의 최종성과물	
	○ 철도신호시스템의 안전성인증(SIL) 확보를 위한 통합 지원 인프라 구축 – OFF-line 지원체계 및 인프라 구축 (기업체/운영처 지원) – On-line 지원체계 및 인프라 구축 (각 사업단 지원)
3. 사업추진 필요성	
□ 연구배경	○ 최근 철도안전법의 개정으로 철도분야의 안전성 확보를 위한 대대적인 변화가 모색되고 있는 실정임. ○ 철도안전법의 형식승인 및 제작자승인 그리고 국제 안전성인증(SIL)과의 연계성으로 해외시장 진출을 모색하고 있음. ○ 현재 철도안전법에서 철도신호시스템의 핵심 용품에 대한 안전성인증을 수행하기 위한 기업체에서의 준비가 매우 미흡한 상태로 이를 수행하기 위한 인적, 물적, 정보, 네트워크 인프라가 전무한 상태임. ○ 철도신호시스템을 공급하는 기업체와 이를 운영하는 운영기관에서는 안전성인증에 대한 필요성을 인정하고 있고 국내·외 각 사업에서의 요구도 증대되고 있는 실정임. ○ 하지만 안전성인증을 수행할 수 있는 인프라의 부재로 대부분 해외 컨설팅 업체로부터 고가의 컨설팅을 받고 있으며, 안전성인증에 필요한 각종 툴의 구입으로 각 기업체는 상당량의 비용이 매번 투입되고 있음. ○ 국내의 철도안전법 및 각 사업의 안전성인증 요구로 인해 해외의 컨설팅 업체 및 인증기관의 수행비용이 증가되고 있는 실정이며, 이로 인한 국내 자본의 유출이 매우 심각한 수준임.
□ 필요성	○ 철도신호시스템 핵심장치 1종의 안전인증 비용은 평균 5억원이며, 이에 대한 컨설팅 비용은 평균 3억원으로 계산됨. 철도안전법에서 요구하는 철도신호용품에 대한 각 기업의 총 컨설팅 비용(3억×18종×최소 3개 업체)만 약 160억원이 소요되며, 각종 툴과 인력양성 비용까지 포함할 경우 그 금액은 수백억원에 달할 것으로

예상됨.

○ 이에 본 연구는 안전성인증에 필요한 인적역량 강화 및 우수인재 확보, 인증을 위한 분석 및 관리 툴, 각종 인증관련 정보와 네트워크를 구축하여 기본적으로 국내 철도신호시스템의 안전성을 확보하고 기업 및 운영기관의 소요되는 시간과 비용을 효과적으로 절감할 수 있음.

○ 최근 서울메트로 2호선의 열차 충돌사고는 1차적으로 철도신호시스템의 안전성 미확보와 2차적인 인적오류로 인한 사고로 이를 미연에 방지하고 처리할 수 있는 안전성 체계와 시스템의 개발이 반드시 필요하기에 본 연구과제는 반드시 수행되어야 함.

- 안전성인증에 소요되는 시간, 인력, 비용을 절감
- 철도신호시스템의 안전성 확보를 통한 국민적 기대에 부응
- 철도신호시스템의 안전성 확보를 통해 해외진출의 기본요건 충족
- 안전성인증 컨설팅 비용으로 인한 국내 자본의 해외유출 방지

4. 단계별 전략 및 목표

○ 철도신호시스템 SIL인증 공동지원 체계 수립

- 핵심 지원체계 개발 및 인적양성

  ① 체계적인 국내 및 해외 교육기관 Certification을 통해 국제적 인정 인력배출

  ② 지속적인 국내 교육 및 세미나를 통해 전파 및 인력양성

  ③ 교육 프로그램 및 교육자료 배포

- SIL인증 체계 지원방안 마련

  ① SIL인증 적용 산출문서 템플릿 수립

  ② SIL인증 프로세스 컨설팅 및 Support 방안 수립

- 국제표준사양 및 규격 지원방안 마련

  ① 국제표준규격 적용성 및 적합성 검토

  ② 국제표준규격 준수 지원방안 수립

○ 통합지원 인프라 개발

- 철도신호시스템 각 분야별 System Engineering 체계 확립
- 품질관리 및 형상관리 체계 확립
- 요구사항 관리 체계 확립
- S/W 구현 및 Testing 요구사항 분석
- 신뢰성, 가용성, 유지보수성 요구사항 분석
- 안전성 요구사항 분석
- 각 요구사항 분석에 따른 지원방안 및 연계성 수립
- 소규모 지원용 통합지원 툴(off-line) 개발
- 중.대규모 지원용 통합지원 인프라(on-line) 개발 및 구축

○ 통합지원시스템 시범구축 및 적용(실용화)
- 시범구축 요구사항 및 조건 수립
- 시범구축 대상 프로젝트 결정
- 상주인력 지원으로 인한 즉각적인 보완/수정

5. 사업단 추진체계

○ 각 기업체 및 운영기관 협의체를 구성하여 연구 결과가 현장에 직접적으로 반영될 수 있도록 함으로써 실용화 중심의 연구 진행
○ 철도신호시스템의 세분화 된 각 분야 기술에 대한 자료를 확보하고 다양한 연구기관 및 기업체와의 인터페이스를 통한 융복합적인 연구 진행
○ 체계적인 인터페이스 조정을 통한 연계성 유지 및 산한연 역할 분담과 각 과제간 유기적인 협조체계 구축
○ 안전성 인증에 대한 외국 전문기관 또는 인증기관과의 협의체 구성
○ 과다한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구추진의 효율성 도모
○ 연구진의 연구참여율을 높여 연구집중도 향상

6. 핵심과제 구성 내용

○ 1핵심과제 : 철도중심 SIL인증 공동지원체계 수립
○ 2핵심과제 : 통합지원 인프라 개발
○ 3핵심과제 : 통합지원 인프라 시범구축 및 적용

7. 시작품 제작 또는 테스트베드 유형

○ Off-line SIL인증 통합지원 툴
○ On-line SIL인증 통합지원 인프라
○ 시범구축(실용화)

8. 사업단 운영형태 및 실용화 방안

○ 운영형태
- 사업단 및 총괄과제 수행
- 3개의 세부과제로 분할
- 3세부과제에서 실용화 구축

○ 실용화 방안
- Off-line통합지원 툴의 개발 후, 실용화를 위한 검증 작업 수행

- 신호시스템 장비 개발에 적용한 결과 제시 및 홍보 활동
- On-line통합지원 인프라 구축 후, 실용화를 위한 검증 작업 수행
- 특정 사업에 적용한 결과 제시 및 홍보 활동

9. 단계별 사업기간 및 소요예산

○ 전체 사업기간 : 시행일로부터 총 5년
○ 전체 소요예산 : 50억원
○ 단계별 사업기간
  - 총괄과제 : 시행일로부터 5년 (1차~5차)
  - 제1핵심과제 : 시행일로부터 3년 (1차~3차)
  - 제2핵심과제 : 3차년~5차년(3년)
  - 제3핵심과제 : 4차년~5차년(2년)

○ 단계별 소요예산

- 총괄과제

(단위: 백만원)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
인건비	50	50	50	50	50	250
직접비	200	100	100	150	120	670
간접비	10	10	10	10	40	90
합계	260	160	160	210	210	1,000

- 제1핵심과제

(단위: 백만원)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
인건비	30	30	30			90
직접비	100	120	140			360
간접비	10	10	30			50
합계	140	160	160			500

- 제2핵심과제

(단위: 백만원)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
인건비			150	150	100	450
직접비			400	600	360	1,360
위탁연구 개발비			100	50		150
간접비			30	30	30	90
합계			680	830	490	2000

- 제3핵심과제

(단위: 백만원)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
인건비				200	200	400
직접비				700	330	1030
위탁연구 개발비				50		50
간접비				10	10	20
합계				960	540	1500

10. 기타

○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
- 국제공인인증기관 및 교육기관 활용
- 국내 전문조직의 전문가 활용 예정

○ 본 연구과제는 기존의 철도종합안전기술개발사업에서 도출된 철도시스템 각 분야의 안전관련 요구사항 및 조건을 충분히 흡수하여 최적화 된 통합 지원 체계 및 인프라 구성 예정

○ 산업기술평가원(KEIT) : 유사과제가 없음.

부처명	사업명	과제명	예산	비 고
NTIS	해당없음			
KEIT (산업기술평가원)	해당없음			

연구과제명	철도신호시스템용 공통플랫폼 개발

1. 연구개발 목표

○ Universal Platform 개발
- 공통 Platform 개발 (차상신호시스템, 지상RBC, 전자연동 등)
- 경전철부터 고속철도용 공용 Platform
- SIL4 인증
- Common Middle-ware Database 구축

○ Application 개발
- On-Board, RBC(기본), Interlocking (향후)
- Formal Method 기반 시스템 Application 개발

2. 사업의 최종성과물

○ 철도신호시스템용 공통플랫폼 핵심기술 개발
- 국제규격에 부합하기 위한 요구조건 분석 및 인증수준(SIL 인증 등) 만족
- 기술개발 추진방법 및 사양 도출
- 검증 방안 및 검증결과의 신뢰성 확보 방안 마련
- 검증에 필요한 구축장비 수요조사
- 경제적 효과 및 적용범위 분석

○ 철도신호시스템 안전성 인증 획득
- 관련 국제규격 및 해외 사례 조사
- 국제규격에 부합하기 위한 요구조건 분석
- 인증절차, 인증기관 지정 등 인증기반 및 대내외적 공신력 확보 방안 제시

3. 사업추진 필요성

□ 필요성

○ 현재 국내 운영중인 차상, 지상 신호 Platform은 각기 상이하기 때문에 운영 및 유지보수가 힘들고, 상호 호환성이 결여되어 있어 운영이 비효율적이고 인증 비용이 과도하게 소요됨.

○ Platform들이 대부분 수입품에 따라 운영 및 유지보수시 외국 업체에 절대 의존해야 하며 유지보수 및 운용 비용도 과도하게 발생되고 있는 현실임.

○ 상이한 Platform에 따라 시스템 도입 시 개발 기간이 길고 개발 비용 또한 과도하게 많이 소요되고 있어 전 세계적으로도 경제성과 운영 효율성을 함께 극대화할 수 있는 기술 개발이 경쟁적으로 이루어지고 있는 추세임.

○ 따라서 Platform간 상호 호환성 및 안전성 향상을 위해 Common Platform을 기반으로 다양한 Application과 쉽게 호환 가능한 2oo3 기반의 Universal Platform 기술 개발이 시급함.

4. 단계별 전략 및 목표

○ 열차제어용 Universal Platform 표준화 및 실용화를 목적으로 추진
- 한국형 경전철, 고속철도, 차세대 고속철도 기술개발 사업 등 국가 연구개발 사업으로 추진되어온 관련 사업의 유, 무형적 성과를 연계, 활용.
- 연구개발 초기부터 기술 수요처 및 사업화 주체가 적극 동참하도록 하여 연구개발 후 사업 모델을 명확히 설정
- 국외 전문가 활용 등을 통한 선진기술 습득 및 연구결과 검증을 위하여 다양한 분야의 전문가 활용

○ Top-Down 방식으로 원천기술 개발
- 시스템 설계 및 해석을 통한 아키텍처 및 시스템 사양 개발
- Test Bench 구축을 통한 설계 및 제어 수정보완 및 시스템 통합 구축, 핵심 기술 검증

○ 기반구축 연구로 3년 이내에 실용화 연계가 가능하도록 핵심기술 개발, 검증 역량 확충, 철도 운영회사로 다각화 추진

5. 사업단 추진체계

주체	역할
연구진	■ 관련 기술자료 제공, 기존 분석 자료 제공 ■ 기술분야 및 전략 프로젝트 간 가중치 조사
위원회	■ 기술간 인과관계, 기술개발 시작 시점 및 종료시점 등 도출 ■ 가중치 조사 결과 검토
부처 및 관련기관	■ TRM(Techology Road Map) Chart 검토 ■ 우선순위 조사 결과 및 예산 배분(안) 검토

6. 핵심과제 구성 내용

○ 공통플랫폼 핵심기술 개발
- 공통플랫폼 시스템 요구사항 분석 및 정의
- 시스템 인터페이스 내용 분석
- Platform 장치의 알고리즘 및 하드웨어 설계/제작
- 각 모듈 동작 알고리즘 설계
- 최신 IT 융합 기술 적용 에너지 소모 최소화 설계
- Common Middle-ware Database 구축
- Universal Platform 성능 시험
- IEC 61508 기준을 만족하는 SIL4 인증

○ 검증체계 수립에 필요한 자료 수집 및 분석
- 타 분야 검증 체계 및 관련 국제표준 규격 수집
- 해외 철도시스템 검증체계 사례 조사

7. 시작품 제작 또는 테스트베드 유형

8. 사업단 운영형태 및 실용화 방안

과제명	세부과제명	목표성과물	사업화 및 실용화방안
철도신호시스템 용 공통플랫폼 개발	성능별 공통 플랫폼 개발	· 고/중·저성능 공통플랫폼 H/W · 공통 플랫폼 요구사양서 및 · 기능 분석 보고서 · 시스템 인터페이스 보고서 · 시험 계획 및 절차서	국내 자체사업에서 실용화 해외 신호 시스템 수주 경쟁력 향상에 활용
	공통 플랫폼 인증 획득	· 공통 플랫폼 안전성활동 산출물 및 인증서 · 공통수명주기별 안전성활동 · 체크리스트 및 안전필수 기능시험 환경	

9. 단계별 사업기간 및 소요예산

○ 전체 사업기간 : 시행일로부터 총 3년
○ 전체 소요예산 : 120억원

분야	세부분야	소요예산(백만원)
철도신호시스템 공통 플랫폼 개발	○ 철도신호시스템용 공통 플랫폼 개발	9,000
	○ 성능별 표준플랫폼의 인증활동	3,000
합 계		12,000

10. 기타

○ 철도 신호시스템 개발에 따른 경제성분석

– 개발시스템이 철도 전체 분야에서 차지하는 비중

차량 : 115조(58.4%), 인프라 : 62조원(31.5%), 시스템기술 : 20조원(10.7%)

신호시스템 개발이 시스템기술 내에서 차지하는 비중 : 7%(1.47조원)

※ SCI/Verkehr, The worldwide market for Railway Technology 2009~2014 기준

– 국내외 시장규모 및 경쟁기업

구분	국내시장규모	해외시장규모
경쟁기업A	745억	3,315억
경쟁기업B	551억	2.450억
경쟁기업C	453억	2.017억
자사	40억	144억
기타	1,453억	6,488억
합계	3,242억	14,414억

※ 국내시장규모: 서울대학교 상세기획연구보고서 참조

※ 해외시장규모: 2013년 국회 국토교통위원회 국정감사 정책 자료집 참조

기술 분야	현재 시장규모		평균시장성장률
	백만 유로	십억원	
Infrastructure	39,500	61,620	+5.5%
System Technology	13,200	20,592	+4.1%
Rolling Stock	73,800	115,128	+3.7%
총계	126,500	197,340	+4.2%

표 1. 철도기술시장 분야별 규모

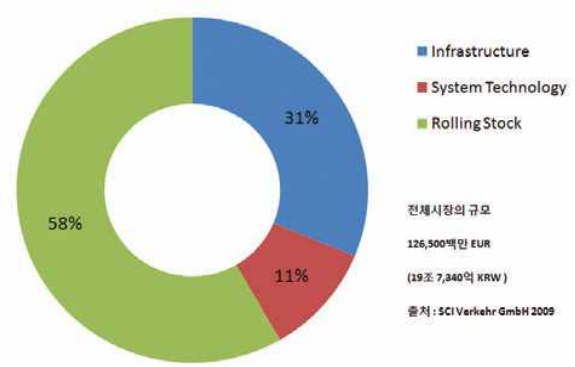


그림 247 철도기술시장 분야별 비율

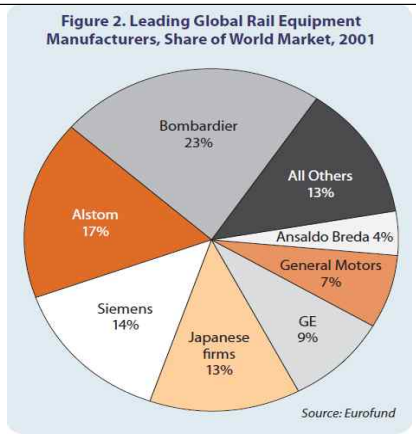


그림 248 경쟁기업 시장 점유율

○ 시스템 개발에 따른 기대효과

구 분	비율 또는 수치
생산유발 효과	3,073 억원
부가가치유발 효과	928 억원
고용유발 효과	3,461명
세계시장 점유율	6%
경제적 편익 발생	8,614억원

*철도분야 신호시스템 상세기획연구 보고서 참조

○ 산업기술평가원(KEIT) : 유사과제가 없음.

부처명	사업명	과제명	예산	비 고
NTIS	해당없음			
KEIT (산업기술평가원)	해당없음			

연구과제명	상왕십리 사고 재발방지를 위한 전자연동장치 S/W 안전성 향상 기술개발
1. 연구개발 목표	
	■ 전자연동장치의 안전성 보장을 위한 SIL4에 부합하는 소프트웨어 인증 – 연동논리부 소프트웨어 SIL4 인증 취득 ■ 전자연동장치의 안전성 향상을 위한 기술개발 – 시스템 구성의 최적화(공통 Platform) – Hazard 분석과 처리방안 구현
2. 사업의 최종성과물	
	■ 전자연동 표준 소프트웨어 ■ 소프트웨어 테스트 프로세스 ■ 안전성 검증 방법 구축 ■ 안전성 활동 및 평가기술 체계 수립 ■ SIL4 인증
3. 사업추진 필요성	
□ 기술개발 동향	■ 세계 철도신호관련 유수의 기업(알스톰, 지멘스, 탈레스, 인벤시스, 봄바디어 등)과 기타 여러 국가들의 전자연동장치에 대한 SIL4에 부합하는 활동 및 인증 획득 – 알스톰: VPI and Smart Lock – SIL4 부합 – 지멘스: Trackguard Sicas – SIL4 부합 – 인벤시스: Westrace MK2– SIL4 부합 – 탈레스: LockTrac 6151 L905 – SIL4 부합 – 봄바디어: EBI Loc 950 – SIL4 부합 – Medha: MEI 633 SIL4에 부합
□ 필요성	■ 상왕십리 사고 재발의 방지를 위한 안전성 높은 소프트웨어에 대한 요구 ■ 철도안전법 시행에 따른 중소기업의 경쟁력 확보 ■ 국내 전자연동장치 소프트웨어에 대한 안전성 검증 요구 증가 ■ 세계 시장에서의 인증된 전자연동장치의 요구 ■ 열차의 고속화에 따른 치명적(Catastrophic)이고 중대한(Critical) 위험 발생의 증가 ■ 고속철도, 일반철도 및 타 안전설비에서의 정량적으로 검증된 소프트웨어 요구 ■ 유럽에서의 전자연동장치에 대한 유로표준화 준비 ■ 국내시장 선점과 국외시장 진출을 위해서는 시장 주도가 가능한 안전성이

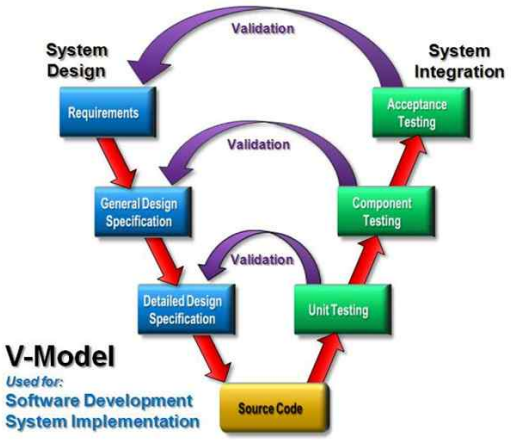
검증된 철도시스템 개발에 지속적인 지원 필요

■ 초기 전자연동장치가 한정된 공간에서 신호제어용으로 개발된 시스템으로 주변의 여러 장치들과 혼용되어 사용함에 따른 다변화된 인터페이스의 최적화 작업 시급

■ 전자연동장치에 요구되는 안전성에 대한 정량적인 검증 데이터 축적

4. 단계별 전략 및 목표

■ 시스템 수명 주기 및 규격의 적용 – IEC 62278(EN50126)



■ 테스트 프로세스

구분	내용
시험 계획 및 제어	- 테스트 목적/목표 설정 및 대상 연구 - 테스트 전략 개발 리스크 분석 - 전략 수립 - 테스트 종료 조건 - 테스트 추정 - 조직 구성 - 테스트 계획 - 테스트 관리 및 제어 - 모니터링(리포팅) - 리포팅 계획/설계 - 진행 리포팅
시험 분석 및 설계	- 테스트 기준 검토 - 테스트 용이성 평가 - 테스트 상황/요구사항/데이터 식별 - 논리적 테스트 케이스 설계와 우선순위 선정 - 테스트 환경 구축에 필요한 기반시설 및 도구

	식별 - 테스트 기준과 테스트 케이스의 추적성 설정
시험 구현 및 실행	- 테스트 케이스 최종 구현과 우선순위 선정 - 테스트 절차 생성 및 우선순위 선정, 테스트 데이터 생성
평가 기준 및 보고	- 종료 조건의 달성 여부 확인 - 최종 테스트 보고서 작성
시험 종료	- 산출물 확인, 테스트웨어 보관 - 테스트 프로세스 평가(심사)

5. 사업단 추진체계

■ 신호사업연구조합과 2개 이상의 기업으로 구성하여 표준 연동장치 개발 체계 구축

■ 툴 및 인증에 대해서는 역할 분담과 유기적인 협조체계 구축
(관련 기술을 확보한 연구기관 및 산업체 참여)

6. 핵심과제 구성 내용

▪ 안전무결수준(SIL: Safety Integrity Level) 적용

– 사고발생 가능성을 감소시키기 위해 위험원 도출 및 분석방식을 시스템 설계에 도입
– 예비위험원분석(PHA) 연구
– 위험원 식별 및 분석(HIA) 체계 연구
– 안전성 활동을 배제한 기존의 위험측 고장률 예측방식의 문제점 보완

▪ 단계별 소프트웨어 테스트 (V-Diagram)

– 단위 테스트 (Unit test) : 인터페이스 시험, 자료구조시험, 수행경로 시험, 오류처리 시험, 경계 시험
– 통합 테스트 (Integration test) : 하향식 시험, 상향식 시험, 혼합형 시험
– 시스템 테스트 (System test) : 회복시험, 안전시험, 강도시험, 성능시험

▪ 소프트웨어 테스트 방법에 따른 검증

– 블랙박스 Test : 부정확성, 인터페이스 결함, 자료구조, 성능, 시작과 종료에

대한 결함

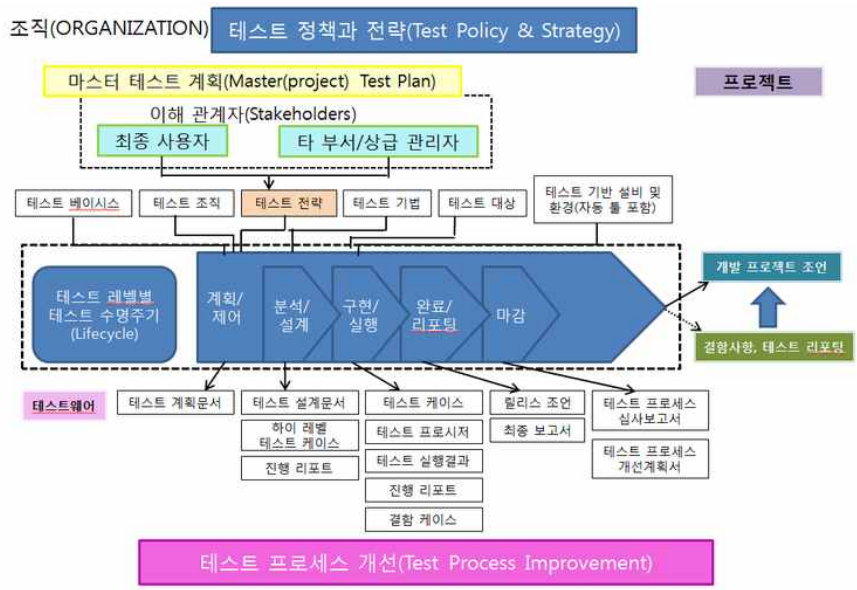
– 화이트박스 Test : ① 논리적 구조 및 복잡도 등에 대한 시험
② 루프 구조에 대한 시험

▪ **소프트웨어 테스트 기술개발**

– 단위 시험 기술연구와 검증 활동 체계화
– 다양한 테스트케이스 개발
– 테스트 자동화 도구 활용

7. 시작품 제작 또는 테스트베드 유형

테스트 구성요소



8. 사업단 운영형태 및 실용화 방안

성과활용 방안

■ 국내 철도 신호 및 기타 안전 관련 설비에 안전성 검증 기술 적용
■ 국내 철도 신호 및 기타 안전 관련 설비에 소프트웨어 개발안 기술 적용
■ 국내 중소기업들에 대한 기술 컨설팅
■ 국외 철도 신호 설비에 안전성 검증 기술 적용

기대효과

■ 국내 안전 관련 설비 개발을 하는 중소기업으로의 기술 컨설팅을 통한 중소기업 육성.
■ 철도 신호 및 기타 안전 관련 설비에의 SIL 개념 적용, 안전한 제품 제작을 통한 인명사고 방지.
■ 안전도 SIL4 등급의 경쟁력 있는 제품 생산을 통한 해외 수출
■ 철도 신호 및 기타 안전 관련 설비에의 SIL 개념 적용, 안전한 제품 제작을

통한 인명사고 방지.

9. 단계별 사업기간 및 소요예산

(단위:백만원)

구분		1차년도	2차년도	3차년도
연차별 연구비 (백만원)	정부	1,500	1,500	2,000
	민간 (추정)	600	800	800
합계		2,100	2,300	2,800
총 연구비 (백만원)	정부	5,000	총 연구기간	3년
	민간	2,200		
	총합계	0	연도별 평균소요인력	30명

10. 기타

○ 산업기술평가원(KEIT) : 유사과제가 없음.

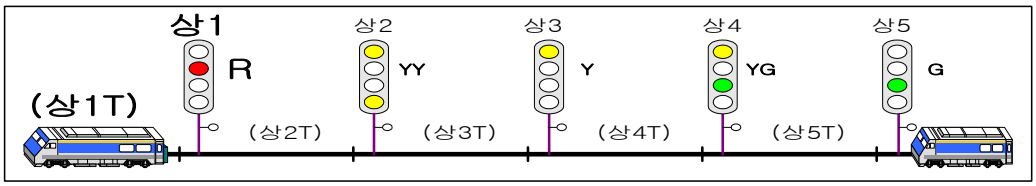
부처명	사업명	과제명	예산	비 고
NTIS	해당없음			
KEIT (산업기술평가원)	해당없음			

제 4 절 실시간 철도신호 안전 및 유지보수체계 구축

연구과제명	철도신호 유지보수체계 효율성 증대를 위한 장치 및 자원 실시간 감시 시스템 개발
1. 연구개발 목표	
	○ 유지보수 효율성 증대를 위한 실시간 감시시스템 요구사항 및 체계 ○ 종합 유지보수 관리시스템 구축 ○ ABS-ATS 방식 및 AF-ATC 방식을 적용하는 자동신호시스템을 감시하는 원격감시장치 개발 ○ 선로변 가용 장치의 실시간 상태감시장치 개발 ○ 기계실 장치 및 서버자원 감시 시스템 개발
2. 사업의 최종성과물	
	○ 종합 유지보수 관리시스템 구축
3. 사업추진 필요성	
□ 필요성	○ 세계적인 기술수준으로 성장한 국내 철도시스템은 그에 따른 시스템의 안전성과 장치의 신뢰성이 매우 중요시 되는 현실임. ○ 이러한 철도시스템의 급격한 발전은 이를 뒷받침할 수 있는 정책이나 운영, 유지보수 측면에서도 보조를 같이해 줄 필요가 있음. ○ 이러한 운영/유지보수 체계 및 기반시설은 이를 따르지 못하는 실정이며, 유지보수 인원의 감축 등으로 인해 철도시스템 유지보수에 대한 문제점이 지속적으로 제기되고 있는 실정임. ○ 또한 각 장치별 인터페이스 방식이 상이하거나, 최근 장치의 개수/보수로 인한 디지털과 아날로그의 혼용 등으로 인해 장치의 고장/장애를 쉽게 파악하지 못하는 문제점이 나타나고 있음. ○ 문제점 해결을 위해 각 특성별 감시체계 및 감시장치가 필요하며, 이러한 감시장치를 통합하여 관리할 수 있는 중앙 관리시스템이 절실히 필요한 시점이다. ○ 정보통신 분야는 초고속 통신망 보급, 대용량 정보처리 기술개발, 정보기술의 표준화를 통하여 산업의 전반에 걸쳐 정보기술에 대한 활용 여건이 성숙해져 있음. 정보기술을 통한 새로운 산업전략 및 경영환경 변화에 철도분야도 예외

	가 될 수 없으며 신속한 정보 획득 및 관리를 통한 정보의 활용이 경쟁의 핵심요소로 부각되고 있음. 미국, 일본, 유럽 등 선진국을 중심으로 세계의 철도산업은 정보화 기술 적용에 의한 유지보수 체계를 구축중임. ○ 효율적인 유지보수 체계를 구축하기 위해서는 정량적인 유지보수 주기와 비정기적으로 발생하는 고장 및 장애 처리 방안이 구체적으로 수립되어야 하며, 이러한 고장 및 장애를 신속히 감지하여 수리할 수 있는 체계가 구축되어야 함. LTE-R의 도입과 더불어 정보통신 기술과의 융합을 통한 이러한 감시 시스템의 도입은 열차사고를 저감시키고 유지보수 시간을 단축하여 이용고객의 만족도를 높일 수 있는 방법임. ○ 최근의 서울메트로 2호선 열차충돌 사고 또한 이러한 신호시스템의 장애가 발생하였음에도 불구하고 미연에 확인하고 처리하지 못한 이유로 본 사업에서 추진하는 철도신호시스템의 감시장치는 반드시 필요하며, 이를 종합적으로 관리하여 효율적인 유지보수 체계를 구축하는 과제는 반드시 필요함.
□ 기술동향	○ 철도 자동신호시스템의 기술적 현황 현재 철도신호시스템에서는 일반철도와 도시철도 및 광역철도에서 역간에 열차운전의 안전을 확보하기 위하여 자동신호시스템을 운영하고 있다. 이러한 자동신호시스템은 자동폐색장치라고 하는 제어장치 간의 주파수 통신을 통하여 폐색신호기 또는 차상신호의 신호 현시를 연속적으로 제어한다. ABS(Automatic Block system) 이라고 하는 방식과 AF-ATC시스템(Audio-Frequency Automatic Train Control system) 이라고 하는 방식이 사용된다. ABS 시스템은 서울메트로 1, 2호선에서 사용되고 있으며, 대부분의 광역철도와 일반철도에서 사용된다. AF-ATC 시스템은 3, 4호선, 분당선, 과천선 등에서 사용되고 있다. 두 시스템의 차이는 ABS 시스템은 지상신호기의 현시를 통하여 기관사에게 신호를 전달하는데 비하여, AF-ATC시스템은 차상신호 MMI(Man-Machine Interface) 를 통하여 기관사에게 신호를 전달한다. 열차 보호 기능 측면에서는, ABS 시스템은 ATS (Automatic Train Stop) 장치를 추가하여, 신호현시의 제한 속도를 초과하는 열차는 기관사에게 경고를 알리거나, 열차를 자동으로 정지시키게 된다. AF-ATC 시스템은 레일에 가청주파수를 흘려 열차가 통과하는 구간의 제한속도 정보를 차상장치에게 전달하는 방식이므로, 레일을 통하여 전달된 구간 제한속도를 초과하는 열차에 대해서는 ATS와 같이 기관사에게 경고를 알리거나, 열

차를 자동으로 정지시킨다. 다만, ATS 장치는 지상의 신호기가 위치하는 인접 지점에 제한 속도를 송신하는 지상자를 통하여 차상에 제한속도를 전달하므로 점제어식 또는 비연속적인 제어라고 하는 데 비하여, AF-ATC 시스템은 레일에 주파수 전류를 흘려서 차상에 제한속도를 전달하여 레일이 끊어지지 않는 한 차상장치는 제한속도를 계속해서 수신받을 수 있으므로, 상대적으로 연속적인 제어라고 할 수 있다.

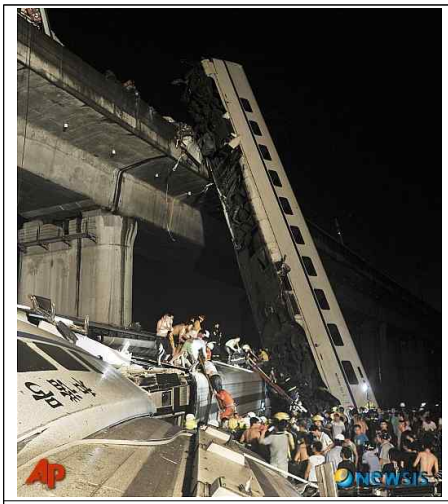


<그림> 5현시에서 폐색신호 현시 [한국철도시설공단 설계편람]

○ 자동신호시스템의 운영상의 문제점

자동신호시스템은 개별적으로 흩어져 있는 자동신호제어장치 (한국의 일반철도에서는 자동폐색장치라고 부른다.) 간의 신호 교환을 바탕으로 미리 정해진 신호현시 데이터베이스 또는 계전기의 논리 회로에 따라 자동신호를 현시한다. 하지만, 데이터베이스의 오류 또는 자동신호제어장치의 자체적인 오류, 그리고 서로 연관되도록 인접한 자동신호제어장치들간의 정보교환 오류 등의 원인으로 잘못된 신호를 현시할 수 있으며, 이러한 경우에는 대형 사고를 유발하게 된다.

실제로 2011년 7월에 중국 원저우에서는 고속열차가 자동신호장치의 오류로 인하여 추돌사고를 일으켜 40여명이 사망하였으며, 국내에서는 2014년 6월에 서울메트로 2호선에서 마찬가지로 자동신호장치의 오류로 인하여 200여명이 부상을 입는 사고가 일어났다.



[원저우 열차 사고]



[상왕십리 열차사고]

○ 자동신호시스템 원격감시장치 개발의 필요성

자동신호시스템의 오류로 인한 추돌사고를 방지하기 위하여, 자동신호시스템의 동작상태를 감시하는 원격감시시스템이 필요하다. 특히 시호현시 계열의 로직에 맞는 신호가 순차적으로 표출되는 지 노선 전체에 걸쳐 일괄적으로 감시하는 시스템이어야 한다.

자동신호시스템을 원격감시할 수 있게 되면, 기존에 연동검사를 통하여 육안으로 자동신호의 이상 유무를 점검하므로써, 순간적인 인적오류를 통하여 잘못된 신호를 확인하지 못하고 지나가는 경우를 방지할 수 있으며, 자동신호점검을 위하여 위험한 터널 및 교량에 작업자가 직접 투입되는 일도 줄일 수 있다.

4. 단계별 전략 및 목표

단계별 전략	○ 현재 국내 철도시스템에서 수행되고 있는 모든 유지보수 체계에 대한 파악과 분석이 우선적으로 수행되어 그 문제점과 위험성을 도출하여야 하며, 그 결과를 기반으로 실시간 감시시스템의 요구사항을 도출 ○ 전문가 자문을 통한 각 감시시스템의 상세설계 및 구현 ○ 테스트베드를 통한 감시시스템 통합 및 현장정보를 이용한 테스트 수행 ○ 적극적인 협의체 구성으로 실제 현장에 설치하여 현장 검증(실용화)
단계별 목표	○ 국내 철도신호시스템 유지보수 체계 방안 수립 ○ 실시간 감시시스템 요구사항 도출 및 상세설계 ○ 실시간 감시시스템 통합 (테스트베드 구축) ○ 현장시험을 통한 시스템 검증

5. 사업단 추진체계

○ 주관연구기관을 통한 체계적인 사업관리 및 각 과제간 과업 조율
○ 전문가 집단을 통한 자문 수행
○ 협의체 구성을 통한 실용화 중심의 연구 수행
○ 산학연 통합 연구 진행
○ 각 연구기관간 협업체계 구성

6. 핵심과제 구성 내용

<제1핵심 과제> 철도 자동신호시스템의 원격감시장치 개발
<제2핵심 과제> 선로변 장치의 상태감시장치 개발
<제3핵심 과제> 기계실 장치의 상태 및 자원감시 시스템 개발

7. 시작품 제작 또는 테스트베드 유형

<제1핵심 시작품> 철도 자동신호시스템의 원격감시장치

<제2핵심 시작품> 선로변 장치의 상태감시장치

<제3핵심 시제품> 기계실 장치의 상태 및 자원감시 시스템

<테스트 베드> 각 핵심과제 시작품의 통합 및 관리 시스템 구축

8. 사업단 운영형태 및 실용화 방안

○ 운영형태

- 사업단 및 총괄과제 수행
- 3개의 세부과제로 분할
- 3세부과제에서 실용화 구축

○ 실용화 방안

- 협의체 구성을 통한 현장시험 및 검증
- 실제 현장 설치 및 구축으로 실용화 수행

9. 단계별 사업기간 및 소요예산

○ 전체 사업기간 : 시행일로부터 총 3년

○ 전체 소요예산 : 35억원

○ 단계별 사업기간

- 총괄과제 : 시행일로부터 5년 (1차~5차)
- 제1핵심과제 : 시행일로부터 3년 (1차~3차)
- 제2핵심과제 : 3차년~5차년(3년)
- 제3핵심과제 : 4차년~5차년(2년)

○ 단계별 소요예산

- 총괄과제 : 15억원
- 제1핵심과제 : 5.8억원
- 제2핵심과제 : 9억원
- 제3핵심과제 : 5.2억원

10. 기타

○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안

- 국제공인인증기관 및 교육기관 활용
- 국내 전문조직의 전문가 활용 예정

○ 본 연구과제는 기존의 철도종합안전기술개발사업에서 도출된 철도시스템 각 분야의 안전관련 요구사항 및 조건을 충분히 흡수하여 최적화 된 통합지원 체계 및 인프라 구성 예정

○ 산업기술평가원(KEIT) : 유사과제가 없음.

부처명	사업명	과제명	예산	비 고
NTIS	해당없음			
KEIT (산업기술평가원)	해당없음			

부록

약어

ABS	Automatic Block System
ACM	Accelerometer
ASC	Automatic Speed Control
ATACS	Advanced Train administrations and Communication System
ATC	Automatic Train Control
ATCS	Advanced train Control System
ATO	Automatic train operation
ATP	Automatic Train Protection
ATS	Automatic Train Stop
	Automatic Train Supervision
CARAT	Computer and Radio Aided Train Control System
CBTC	Communication Based Train Control
CCC	Control, Command and Communication
CDTS	Center Data Transmission System
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardization
CTC	Centralized Traffic Control
CTCS	Chinese Train Control System
DAS	Driver Advisory System
DDU	Driver Display Unit
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum
DTG	Distance to Go
EC	European Commission
EEIG	European Economic Interest Grouping
EI	Electronic Interlocaking
EIRENE	European Integrated Radio enhanced NEtwork
ERTMS	European Railway Traffic Management System
ESM	Engineering Safety Management
ETCS	European Train Control system
ETML	European Traffic Management Layer
EVC	European Vital Computer
FRA	Federal Railroad Administration

FRS	Function Requirements Specification
FTA	Federal Transit Administration
GOA	Grades of Automation
GPS	Global Positioning System
GSM-R	Global System for Mobile Communications-Railway
HTS	Hazard Tracing System
ICT	Information and Communication Technology
IEC	International Electro-technical Commission
ISA	Independent Safety Assessment
ITS	Intelligent Transportation system
IXL	Interlocking System
JIS	Japanese Industrial Standards
KRTCS	Korean Radio-based Train Control System
KTCS	Korean Train Control System
LCC	Life Cycle Costs
LEU	Lineside Electronic Unit
LTE	Long Term Evolution
MA	Moving Authority
MBS	Moving Block System
MMI	Man-Manchine Interface
MODUBAN	Modular Urban Guided Rail System
MORAIN	MObile RAdio For railway Networks in Europe
NGTCS	Next Generation Train Control System
PMA	Permissive Movement authority
PTC	Positive Train Control
RAMS	Reliability, Availability, Maintainability, Safety
RBC	Radio Block Center
RF-CBTC	Radio Frequency CBTC
RSAC	Railroad Safety Advisory Committee
RTMS	Rail Traffic Management System
RTRI	Railway Technical Research Institute
RTVISC	Rail Transit Vehicle Interface Standards Committee
SDTC	Smartway Digital Track Circuit
SE	System Engineering
SIL	Safety Integrity Level

SLCC	Switch Logic Control Cabinet
SRS	System Requirements Specification
SSR	System Safety Requirement
STM	Specific Transmission Module
STO	Semi-automatic Train Operation
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats
TCC	Train Control Center
TCMS	Train Control & Monitoring System
TDMA	Time division multiple access
TETRA	Terrestrial Trunked Radio
TGV	Train àGrande Vitesse
TI	Transponder Interrogator
TIS	Train Integrity System
TMS	Traffic Management System
TRL	Technology Readiness Level
TRS	Trunked Radio System
TSI	Technical Specifications of Interoperability
TSLG	Technical Strategy Leadership Group
TTCS	Total Traffic Control System
TVM	Transmission Voie-Machine
TWC	Train to Wayside Communication
UGT	Urban Guided Transport
UGTMS	Urban Guided Transport Management System
UHF	Ultra High Frequency
UIC	International Union of Railways
UNISIG	Union Industry of Signaling
UTO	Unmanned Train Operation
VHF	Very High Frequency
VOBC	vehicle onboard controller
V&V	Verification & Validation
WLC	Wireless LAN Communication

용어정의

- 차량 (vehicle, car) : 주행로를 따라서 승객이나 물건을 운반하거나 수송하기 위한 육상 수송용 조립품으로써, 반드시 독자적으로 운행하기 위해 설계될 필요는 없다.

- 열차 : 하나 이상의 기본 운행 단위 구성.

- 편성 : 열차의 개별 단위를 (대수나 특정 열차로) 조립하거나 구성한 것

- 열차제어시스템(Train Control System) : 자동으로 열차의 이동을 제어하고 열차의 안전을 실행하며, 열차의 운전을 지시하기 위한 시스템. 자동 열차보호 장치(ATP), 자동 열차운행 장치(ATO) 및 자동 열차감독 장치(ATS)를 포함한다. 열차제어시스템과 같은 기능과 구조를 갖는 시스템으로서 ATC, CBTC, ETCS 등이 있다. ATC에 대해서는 다양한 해석이 존재하고 있으나, 여기에서는 궤도회로를 사용하고 지상에서 차상으로 속도코드를 전송하는 장치로 제한한다. 국내에서 대표적인 ATC는 고속철도용 신호시스템이다.

- CBTC(무선통신기반 열차제어시스템) : CBTC 시스템은 IEEE 1474에서 명시되어 있는 것과 같이 "지속적이고 자동적인 열차 제어 시스템으로 high-resolution 열차 위치 확인, 독립적인 괘도회로를 이용하고, 지속적이고 높은 수용력과 열차와 선로간의 선로전환 data 정보이며, trainborne과 선로 운행을 가능하게 하는 ATP기능과 또한 부속적으로 ATO 와 ATS 기능을 가지고 있다. 새로운 CBTC 시스템은 IEC 32290-1에서 정의하고 있는 것처럼 다른 레벨의 자동화 혹은 GoA를 허용한다. CBTC는 "기관사가 없는" 혹은 "자동화열차"가 아니지만, 그것을 고려하고 만든 기술이다.

- ETCS : 유럽 철도망의 통합과 상호운영성을 확보하기 위해서 개발된 시스템으로서 열차의 과속과 과주를 방호하는 장치로서 선로변 장치 구성에 따라 level 1, 2 및 3로 구분한다. 레벨1과 2는 궤도회로를 사용하지만 레벨3는 CBTC와 같이 궤도회로를 사용하지 않는다.

- ATC (Automatic Train Control) : ATC시스템은 자동 열차제어와 안전, 운행지시를 하는 시스템이다. 이 ATC시스템은 ATP시스템을 반드시 포함하고 있어야 하고, ATO(Automatic Train Operation) 또는 ATS(Automatic Train Supervision) 시스템을 포함하고 있어야 한다.

- ATO (Automatic Train Operation) : ATC 시스템의 차하위체계인 이 시스템은 속도 제어, 기계획된 열차 정지, 자동문 제어, 성능수준 규정이나 그 기차 운전자에게 부여된 기타 기능들을 수행한다.

- ATP (Automatic Train Protection) : ATC 시스템의 차하위 시스템으로서 기차의 감지나 기차의 분리 또는 연동의 조합을 통해서 충돌, 과속, 다른 위험한 상황들에 대해 자동안전방어장치를 유지하게 하도록 하는 장치이다.

- ATS (Automatinc Train Supervision) : ATC 시스템의 차하위 시스템으로 불규칙적인 것으로 인해 발생된 불편함을 최소화 하기 위해 서비스를 적용 시키는 것으로 데이터를 제공하거나, 스케줄을 유지시키기 위해 각 열차의 성능을 조정하고 그 열차를 감시하는 시스템이다.

- 연동 : 교차 궤도나 이음매, 분리 등이 있는 곳에 설치된 궤도 선로 분기기 및 쇄정, 신호기 등의 정리. 장치들은 그 동작이 미리 정해진 순서를 따라 서로 상호 연결되어야 하며, 이에 따라 대향 이동 및 모순된 이동을 방지하게 된다.

- 궤도회로(track circuit) : 레일을 전기회로의 일부분으로 사용하여 차량의 차축에 의해 전기회를 단락 또는 개방함으로서 열차의 유모를 검지하고 열차운행에 필요한 정보를 지상에서 차상으로 전송하는 장치. 사용전원에 따라 교류, 직류, 임펄스, 가청주파수 및 코드식으로 구분된다.

- 지상자(또는 발리스) : Automatic Train Stop에서 지상선로의 제한속도정보를 열차로 전송하기 위해 선로에 설치하는 정보송수신기이다. 현재는 ATP에서 사용하는 발리스(balise), 도시철도에서 사용하던 트랜스폰더(transponder)를 모두 지상자로 통용해서 사용하며, 유전원 지상자와 무전원 지상자가 있다. 유전원지상자는 가변정보를 송수신하며, 무전원 지상자는 고정정보를 주고 송신한다.

- ATP 프로파일(=속도프로파일) : ATP에서 사용하는 고정데이터와 가변데이터를 토대로 하여 열차의 안전속도를 도출하는 속도프로파일이다. 여기에서 사용되는 고정데이터는 열차의 항구적인 속도 제한요소로서 선로선형정보가 이에 속한다. 가변데이터는 가변적인 속도제한 정보와 열차이동권한이 이에 속한다. 열차제어시스템에서 ATP 프로파일을 계산하고, ATP에서 이를 감시하고 감독한다.

- 안전측동작 (fail-safe) : 안전에 결정적인 시스템에 적용되는 설계사상으로써, 하드웨어 고장이나 소프트웨어 오류의 결과가 시스템이 안전하지 않은 상태에 빠지거나 그러한 상태를 유지하지 않도록 하거나 시스템이 안전하다고 알려진 상태로 되게 하는 것이다.

- 바이탈 기능 : 고장에 안전한 방식으로 구현되어야 하는 안전에 결정적인 시스템의 기능

- GSM-R : ETCS(EuropeanTrainControlSystem)에 적용되어 있는 GSM-R 시스템은 무선통신망이 상대적으로 희박한 국가 외곽지역을 주로 통과한다. 따라서 열차 내 승객이 장시간 열차로 이동을 하면, 통신망이 존재하지 않는 구역에서의 통화 서비스가 불가능해 진다. 따라서 GSM-R 시스템은 상·하향 각각 제어대역 4MHz에 바로 GSM 서비스 대역을 운용함으로써 열차 내 승객의 통화 채널을 선로 상 GSM-R 기지국을 통해 운용할 수 있도록 서비스한다.

- CDMA : 1950년대 사용되던 미국의 군용통신을 개량하여 1996년 SK의 일부지역 서비스 상용화를 시작으로 국내의 무선이동통신의 축으로 자리 잡았다. 유럽 표준 휴대통신인GSM과 다른 대역확산기술이라는 독특한 기술로 GSM의 3~4배에 달하는 통화용량과 보안성의 확보 등 많은 이점을 갖고 있다. 기업수준에서는 남미 및 유럽에 서비스를 제공하는 기업 일부가 중국과 브라질실효적인 측면에서 CDMA는 GSM보다 넓은 대역을 한 채널이 점유하기 때문에 데이터 전송에 있어 GSM보다 낭비적일 수 있다. 그러나 GSM이 주파수 도약을 위한 다수 채널을 지녀야 시스템 특성을 잘 드러내는 것을 고려할 때 CDMA가 GSM보다 경쟁력을 가질 수 있다.

- WCDMA : 제3세대 시스템은 멀티미디어 전송을 목적으로 개발되었고, 고화질 화상 서비스, 빠른 데이터 전송률 등 많은 기존 시스템과의 차별성을 가지고 있는 제3세대 이동통신시스템이다. W-CDMA는 유럽의 모든 나라와 우리나라, 일본을 포함하는 많은 나라들에서 제3세대 통신을 위한 무선 접속 기술로서 채택되어 있어 부분적으로나마 ITU의 목적에 가장 부합하는 규격이라고 볼 수 있다.

- WiBro : 이동중에 언제, 어디서나 인터넷에 접속하여 고속의 인터넷 서비스를 제공받으려는 사용자의 욕구에 맞추어 서비스 접속의 편리성과 유무선 통신 네트워크의 통합, 멀티미디어 서비스에 대한 요구를 충족하기 위해 개발되었다. WiBro가 제공하는 서비스로는 VOD(Video-on-Demand), MPEG와 같은 스트리밍 서비스에서부터 VoIP와 같은 실시간 서비스와 웹 브라우징과 같은 인터랙티브 서비스 등을 제공한다. 따라서 고속의 데이터 전송률을 이용한 대용량 정보통신에 사용이 적합하다.

- 위험원(Hazard) : 일반적으로 시스템 내부의 결함(Fault)이 시스템의 고장으로 표출되고 이로 인해 사고를 유발한다. 이러한 결함 중 사고를 유발할 수 있는 결함을 별도로 분리하여 이러한 결함을 위험원(Hazard)라 정의하고, 이러한 위험원을 별도로 관리해주는 것이 시스템 안전성이다.

자동화 분류

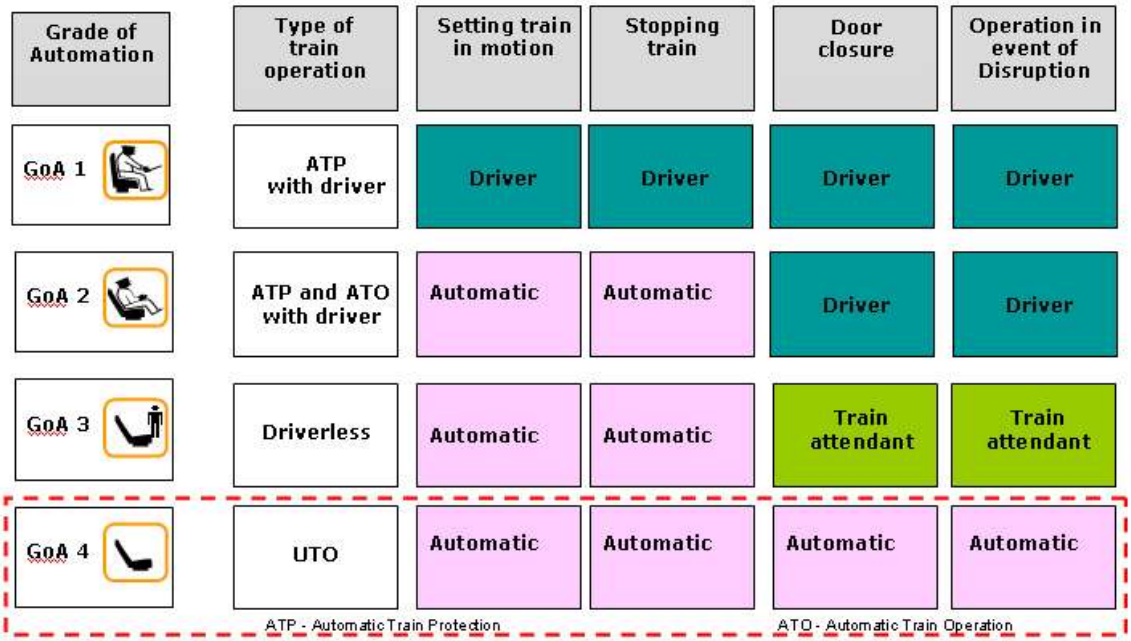
자동화 단계(GoA - Grades of Automation)는 IEC62290-1의 기준에 따라 4단계로 분류 한다.

GoA1 - 열차 기관사가 열차 작동 및 정지 기능을 제어하고 위급한 상황이나 갑작스러운 상황을 대처하는 매뉴얼적인 시스템이다.

GoA2 - 반자동 시스템(STO)으로 운행과 정지를 자동으로 제어한다. 그러나 위급한 상황이나 필요시에는 기관사가 운전석에서 열차의 운행을 직접한다. 대부분의 ATO 시스템이 GoA2이다.

GoA3 - 무인열차제어시스템(DTO)은 운행과 정지 기능을 자동으로 하며 위급 상황때만 안전요원이 문의 개폐와 안전 관련 업무를 수행한다.

GoA4 - UTO시스템으로 기관사 및 안전요원 없이 열차를 운행하며, 위급한 상황 또한 기관사 없이 모든 시스템을 자동 운행 한다.



[부록 그림1] 자동화 단계(GoA)

각국의 GoA 1,2,3,4 적용현황

Grade of Automation 4 Systems

These systems are capable of Unattended Train Operation - UTO, although some operators may choose to staff trains anyway.

Europe

- Copenhagen Metro - Ansaldo STS / AnsaldoBreda Driverless Metro.
- Barcelona Metro line 9 - Siemens Trainguard MT CBTC
- Barcelona Metro line 10- Siemens Trainguard MT CBTC
- Turin Metro Line M1 - VAL type system - opened in section 1 on 4 February 2006 for the 2006 Winter Olympics. First fully automatic metro in Italy.
- Brescia Metro - Ansaldo STS / AnsaldoBreda Driverless Metro.
- London Gatwick Airport -Innovia APM 100 inter-terminal people mover built by Bombardier Transportation
- London Stansted Airport Transit System inter-terminal people mover using Adtranz C-100 and Bombardier CX-100
- Milan Metro Line 5 - Ansaldo STS / AnsaldoBreda Driverless Metro
- Paris Métro Line 14 - opened on 15 October 1998 - Siemens Trainguard MT CBTC
- Paris Métro Line 15
- Paris Métro Line 1 - Driverless system, in mixed mode (driven trains and driverless trains) from 3 November 2011. Last manually driven train will be removed by end of 2012 - Siemens CBTC
- Orlyval - opened on 2 October 1991 between Antony and Orly-Sud - VAL system.
- CDGVAL - VAL system.
- Rennes Metro - VAL system.
- Toulouse Metro - VAL system.
- Lille Metro - inaugurated on 25 April 1983, the first using the VAL system.
- Lyon Metro Line D Rubber-tyred trains controlled by a system known as MAGGALY (Métro Automatique à Grand Gabarit de l'Agglomération Lyonnaise). - Siemens Trainguard MT CBTC
- Nuremberg U-Bahn - U2 and U3 lines. Many (but not all) trains have a train captain on board.
- Lausanne Metro - line M2, by Alstom Urbalis
- Budapest Metro - Line 4

North America

- Chicago O'Hare's Airport Transit System, opened 1993 - VAL system.
- San Francisco San Francisco International Airport's AirTrain (opened 2003)
- Detroit People Mover in Detroit, Michigan
- JTA Skyway in Jacksonville, Florida
- TPA Monorail in Tampa, Florida
- ExpressTram in Detroit Metropolitan Wayne County Airport
- AirTrain JFK in Jamaica, New York
- AirTrain IAD in Sterling, Virginia
- Metromover in Miami, Florida
- Morgantown Personal Rapid Transit in Morgantown, West Virginia
- Las Vegas Monorail in Las Vegas, Nevada
- Denver International Airport Automated Guideway Transit System in Denver, Colorado
- Satellite Transit System at Sea-Tac Airport, Washington
- SkyTrain in Vancouver, BC — the longest driverless network in North America.
- Canada Line in Vancouver, BC
- LINK Train at Toronto Pearson International Airport in Toronto, ON

South America

- São Paulo Metro Line 4 - Yellow - Siemens Trainguard MT CBTC
- São Paulo Metro Future Line 6 - Orange
- São Paulo Metro Line 15 - Silver
- São Paulo Metro future Line 17 to open 2015

Asia

- Disneyland Resort Line. Most trains have an attendant on board.
- Kelana Jaya Line
- Manila Light Rail Transit System - (Purple Line)
- Bukit Panjang LRT, Sengkang LRT and Punggol LRT.
- North East MRT Line by Alstom Urbalis. Most trains have an attendant on board.
- Circle MRT Line by Alstom Urbalis
- Downtown MRT Line. Invensys CBTC (under construction)
- Dubai Metro
- Korea - Busan – Busan-Gimhae Light Rail Transit
- Korea - Busan – Busan Subway Line 4
- Korea - Seoul - Sin Bundang Line
- Korea - Uijeongbu - U Line
- Japan - Tokyo - Yurikamome
- Japan - Tokyo - Nippori-Toneri Liner
- Japan - Yokohama - Kanazawa Seaside Line
- Japan - Nagoya - Linimo (Commuter Maglev, built for Expo 2005)
- Japan - Osaka - Nanko Port Town Line
- Japan - Kobe - Kobe New Transit (world's first GoA4 line)
- Japan - Hiroshima - Skyrail Midorizaka Line (People Mover monorail)
- Taiwan – Taipei Metro Brown Line (Wenshan Line and Neihu Line). Most trains have an attendant on board.
- Shanghai Metro Lines 10 by Alstom Urbalis. Operated with a driver in a cab.

Grade of Automation 3 Systems

- London Docklands Light Railway opened 1987
- Barcelona Metro line 11- Siemens Trainguard MT CBTC
- Beijing Subway Airport Express, Beijing Subway . Alstom CBTC (NB this system is operated by a driver in a cab)

Systems and lines with ATO and human driver (Grade of Automation 2)

Europe

- Paris Métro Lines 2, 4, 6, 7, 8, 11, 12, 13 Low-level system managing speed in tunnels.
- Paris Métro Line 3 OCTYS system provides ATP and high level ATO with mobile block system - Siemens CBTC

- Paris Métro Line 5 Low-level system managing speed in tunnels. (OCTYS system planned for 2013)
- Paris Métro Line 9 Low level system managing speed in tunnels. (OCTYS system planned for 2015)
- RER line A - Utilizes the SACEM system,one of the most advanced traffic control systems and enables extremely short spacing (under 90 seconds in stations, under 2 minutes in tunnels).
- London's Victoria Line opened 1967.
- London's Central Line converted to automated operation in the mid-1990s (a member of staff opens & closes the train doors monitors the train and fixes faults on board. Drivers drive the trains on Sundays and Bank holidays. All shunt moves are made by the drivers and whenever the train stops for fail safe reasons such as excess wheel spin or sliding the driver takes over; at other times trains are computer driven).
- London's Jubilee Line converted to automated operation in 2011 (a member of staff opens & closes the train doors).[3]
- London's Northern Line converted in 2012 (a driver operates the doors and presses buttons to start the train).
- Glasgow Subway uses driverless trains on its line. The driver checks the way is clear and operates the doors.
- Munich U-Bahn (driver operates the doors and handles emergency situations, accelerating and braking is fully automated; a fully driverless turning at terminus stations is planned)
- Vienna U-Bahn (uses the same system as Munich)
- Budapest Line 3 - converted to automated operation in 1990 (a member of staff opens & closes the train doors)
- Barcelona Metro line 1
- Barcelona Metro line 2
- Barcelona Metro line 3
- Barcelona Metro line 5
- Madrid Metro Line 1 - Bombardier CBTC
- Madrid Metro Line 3
- Madrid Metro Line 4
- Madrid Metro Line 5
- Madrid Metro Line 6 - Bombardier CBTC
- Madrid Metro Line 7 - Invensys CBTC
- Madrid Metro Line 8
- Madrid Metro Line 9
- Madrid Metro Line 10
- Madrid Metro Line 11
- Madrid Metro Line 12
- Madrid Metro Branch line
- Saint Petersburg Metro Line 2 - system "Dvizhenie"
- Kazan Metro - system "Dvizhenie"
- Ankara Metro Uses a modified version of Toronto subway's H6 subway model made by Bombardier Transportation and configured for driverless operation.
- İstanbul Metro M1,M2,M3,M4 lines also finuclar F1 is ATO
- Stockholm Metro Green Line (Lines T17, T18 and T19)
- Stockholm Metro Red Line (Lines T13 and T14) will begin ATO operation in 2014 - Ansaldo STS CBTC
- Helsinki Metro (including Länsimetro/Västmetron extension) will begin ATO operation in 2015 - Siemens CBTC
- Milan Metro Line 3

North America

- Montreal Metro Line 1 Green, Line 2 Orange and Line 5 Blue, opened in 1966 (Lines 1 and 2) and 1986 (Line 5), operates in ATO mode introduced since 1976. A member of staff closes the train doors (doors are usually opened automatically unless the driver requests otherwise) but does not normally drive the trains.
- Toronto Subway and RT is expected to have ATC/ATO implemented on the Yonge–University–Spadina Line and the Bloor–Danforth Line by 2016 and 2020 respectively. The Scarborough RT, which uses the same trains as the Vancouver SkyTrain and the Detroit People Mover, already runs on an ATC/ATO system.
- Bay Area Rapid Transit in San Francisco opened in 1972. (A member of staff closes the train doors but does not normally drive the trains).
- PATCO Speedline between Philadelphia and New Jersey operates in automated mode since 1969, but can be overridden by a staff member.
- Washington Metro has an automated mode, where the driver is responsible for opening and closing of doors and of overriding the system. However, the system has been operating in manual mode since the June 2009 Washington Metro train collision, and plans are to operate in manual mode until newer railcars are delivered.
- New York City Subway BMT Canarsie Line L train is to begin full-fledged Automatic train operation in early 2012 - Siemens CBTC
- San Francisco Muni Metro light rail trains switch to automatic control while operating in the Market Street Subway and in the Twin Peaks Tunnel. The operator manages the doors in-station and pilots the vehicle when running aboveground.

Latin America

- CPTM lines 7, 10 and 12
- Mexico City Metro line 12 [4] by Alstom Urbalis
- Santiago Metro line 1 by Alstom Urbalis

Caribbean

- Tren Urbano - the entire system is fully automated, but can be over-ridden. Substations providing the power are remotely controlled from an operational control centre.

Asia

- The train operators of North South MRT Line and East West MRT Line (including Changi Airport Branch Line) would opens and closes the doors, and would usually operate the train manually if situations like extreme weather conditions occurs, or when ATO not available. Both lines are expected to be converted to Thales Seltrac CBTC in 2016 and 2018 respectively.
- Both North East MRT Line and Circle MRT Line deployed train operators during emergencies or operated in manual mode.
- Seoul Subway Line 5 - driver on standby and will drive the train when ATO malfunctions or is not available.
- Seoul Subway Line 6
- Seoul Subway Line 7
- Seoul Subway Line 8
- Seoul Subway Line 9
- Korail Bundang Line (Utilizes the Thales SelTrac system with driver on board in case of emergencies)
- Busan Subway Line 1
- Busan Subway Line 2
- Busan Subway Line 3
- Daejeon Subway Line 1

- Incheon Subway Line 1
- Daegu Subway Line 1
- Daegu Subway Line 2
- Taipei Metro Red Line (Tamsui Line)
- Taipei Metro Green Line (Xiaonanmen Line, Xindian Line, Xiaobitan Branch)
- Taipei Metro Blue Line (Banqiao-Nangang Line, Tucheng Line)
- Taipei Metro Orange Line (Zhonghe Line, Xinzhuang Line, Luzhou Line)
- Tokyo Metro Marunouchi Line (Main line converted to ATO in 2010, Hōnanchō branch continues to use ATC/TASC)
- Tokyo Metro Namboku Line
- Tokyo Metro Fukutoshin Line
- Tokyo Metro Chiyoda Line (Kita-Ayase branch)
- Tokyo Metro Hibiya Line (ATO trialled during the 1960s, trains now operated in manual mode)
- Tokyo Metropolitan Bureau of Transportation Toei Ōedo Line
- Tokyo Metropolitan Bureau of Transportation Toei Mita Line
- Nankō Port Town Line in Osaka
- Osaka Municipal Subway Nagahori Tsurumi-ryokuchi Line
- Osaka Municipal Subway Tanimachi Line (ATO trialled from October 1967 until February 1968, trains now operated in manual mode)
- Fukuoka City Subway Kūkō Line
- Fukuoka City Subway Hakozaki Line
- Fukuoka City Subway Nanakuma Line
- Saitama Rapid Railway Line (actually a continuation of the Tokyo Metro Namboku Line)
- Sendai Subway Nanboku Line (World's first railway system to use fuzzy logic to control the speed of trains)
- Yokohama Municipal Subway Green Line
- Nagoya Municipal Subway Sakura-dōri Line
- Okinawa Monorail
- MTR Kwun Tong Line - same system as Paris RER line A
- MTR Tsuen Wan Line - same system as Paris RER line A
- MTR Island Line - same system as Paris RER line A
- MTR Tung Chung Line - same system as Paris RER line A
- MTR Airport Express - same system as Paris RER line A
- MTR Tseung Kwan O Line - same system as Paris RER line A
- MTR East Rail Line
- MTR West Rail Line (Utilizes the SelTrac system with driver on board in case of emergencies)
- MTR Ma On Shan Line (Utilizes the SelTrac system with driver on board in case of emergencies)
- Beijing Subway, 4, 8, 10 (Utilizes the SelTrac system with driver on board in case of emergencies)
- Beijing Subway Fangshan Line, Beijing Subway by Alstom Urbalis
- Beijing Subway line 2, Beijing Subway by Alstom Urbalis
- Beijing Subway line 6, Beijing Subway by Alstom Urbalis
- Beijing Subway line 9, Beijing Subway by Alstom Urbalis
- Wuhan Metro Line 1 (Utilizes the SelTrac system with driver on board in case of emergencies)
- Guangzhou Metro Line 3 (Utilizes the SelTrac system with driver on board in case of emergencies)
- Shenyang Metro Line 1 - Ansaldo STS CBTC
- Shanghai Metro Lines 6, 7, 8, 9 and 11 (Line 11 from 2012) (Utilizes the SelTrac system with driver on board in case of emergencies)
- Shenzhen Metro Luobao Line by Siemens LZB 700M.

- Shenzhen Metro Shekou Line &Huanzhong Line by Alstom Urbalis.
- Shenzhen Metro Longgang Line by Bombardier CITYFLO 650.
- Shanghai Metro Lines 13 by Alstom Urbalis
- Kolkata Metro Line 1 and probably the future Line 2
- Delhi Metro Red Line (Uses signalling systems supplied by Alstom)
- Delhi Metro Yellow Line (Uses signalling systems supplied by Alstom)
- Delhi Metro Blue Line (Uses LZB 700 signalling systems supplied by Siemens)
- Delhi Metro Green Line Bombardier
- Delhi Metro Violet Line (Uses signalling systems supplied by Bombardier Transportation)
- Delhi Metro Airport Express (Uses RHEDA-2000 signalling systems supplied by Bombardier Transportation)

Africa

- Algiers Metro - opened on 1 November 2011 - Siemens CBTC

Future system and lines

- Taichung Subway Green line - UTO by Alstom Urbalis
- Hong Kong Metro South Island Line (East) - UTO by Alstom Urbalis
- Wuxi Metro Line 1 & Line 2 - by Alstom Urbalis
- Ningbo Metro Line 1 - by Alstom Urbalis
- Barcelona Metro line 2 - Siemens CBTC
- Rome - Italy - Rome Metro Line C - Ansaldo STS / AnsaldoBreda Driverless Metro.
- Budapest Line 4 - Phase I. is expected to be completed in Spring 2014.
- Macau - driverless elevated lightrail
- Pilbara iron ore trains operated by Rio Tinto are proposed to be converted to driverless operation by 2013.[5][6][7]
- Pilbara iron ore trains from Roy Hill.
- North West Rail Link, Chatswood to Rouse Hill, both in Sydney.
- São Paulo Line 4 opened in 2010 between the stations Paulista and Butantã
- São Paulo Future Line 6 opened in 2014 between the stations Brasilândia to São Joaquim
- São Paulo Metro line 1, line 2, line 3 by Alstom Urbalis
- Amsterdam Metro 5 lines by Alstom Urbalis
- Moscow's Third Interchange Circuit is expected to be completed in 2014.
- Downtown MRT Line. Under construction. Opening in 2013, 2016 and 2017.
- Malaga Metro Line 1 & Line 2 [8] by Alstom Urbalis
- New York City Subway IRT Flushing Line (7 train) converted to GoA2 automatic train operation by 2016.
- Al Sufouh LRT by Alstom Urbalis
- Taipei Circular Line - AnsaldoBreda Driverless Metro.
- Thessaloniki Metro - Ansaldo STS / AnsaldoBreda Driverless Metro.
- Vancouver SkyTrain Evergreen Line in Coquitlam, BC

참고문헌

1. 국토해양부·한국건설교통기술평가원, “철도분야 신호시스템 상세기획연구 연구보고서”, 국토해양부·한국건설교통기술평가원, 2010
2. 국토해양부·한국건설교통기술평가원, “국가철도 통합무선제어 기술개발 상세기획연구 연구보고서”, 국토해양부·한국건설교통기술평가원, 2012
3. 이종성, “철도신호시스템 국제 표준화 동향(철도신호시스템 마스터플랜 워크숍 발표자료)”, (주)현대로템, 2014
4. 이명철, “국내 철도 신호시스템 사업화 애로사항(철도신호시스템 마스터플랜 워크숍 발표자료)”, (주)유경제어, 2014
5. 김용규, “KRTCS의 현황과 실용화계획(철도신호시스템 마스터플랜 워크숍 발표자료)”, 한국철도기술연구원, 2014
6. 안종백, “KORAIL의 ATP현황과 미래전략(철도신호시스템 마스터플랜 워크숍 발표자료)”, KORAIL, 2014
7. Peter Stanley, "ETCS for Engineers", Eurail Press, 2011
8. 국토교통부 인터넷 홈페이지(http://www.molit.go.kr/USR/WPGE0201/m_35321/DTL.jsp)
9. Pramod P. Goel, "Indian Railway Signal Engineering Vol. IV", Astha Publications, 2010
10. 국토교통과학기술진흥원, “철도 R&D를 통한 강소기업 육성전략”, 국토교통과학기술진흥원, 2012
11. B. Ning, T. Tang, K. Qiu C. Gao & Q. Wang, "CTCS-Chinese Train Control System", WIT Press, 2004
12. 건설교통부·한국건설교통기술평가원, “고속철도 열차제어시스템 안정화기술개발 연구보고서 건설교통부·한국건설교통기술평가원, 2007
13. 한국철도기술연구원, 도시철도표준화 연구개발사업 2002년도 연구결과보고서(도시철도 신호시스템 표준화)“, 한국철도기술연구원, 2002
14. 한국철도기술연구원, 도시철도표준화 연구개발사업 2003년도 연구결과보고서(도시철도 신호시스템 표준화)“, 한국철도기술연구원, 2003
15. 한국철도기술연구원, 도시철도표준화 및 총괄연구“, 한국철도기술연구원, 2006
16. 장현목, “SE관점에서 본 서울도시철도 건설의 역사”, 서울특별시 도시기반시설본부, 2012
17. 이지선 외 3인, “도시철도 신호체계 개선 및 운영 효율화 방안 연구(연구총서 2011-11)”, 한국교통연구원, 2011
18. Yuichi Baba et. al, "Radio Train Control System(ATACS)", JR EAST Technical Review No.3, 2013
19. Gaku Suzuki, "Strategies for Railway Systems Business(Accelelate Globalization with Technologies Developed in Japan)", Hitachi Ltd, 2010
20. Yasushi Yokosuka et al, "Development of Cutting-edge Railway Systems that Satisfy Social Needs", Hitachi Review, Vol. 61, No.7, 2012
21. Yuichi Baba et al., "Radio-based Train Control System", Hitachi Review, Vol. 61, No.7, 2012

22. Masayuki Matsumoto, "Train Control & Transport Management and International Standards, JR EAST Technical Review No.11, 2011
23. 정민우, 윤병식 & 이숙진, “무선통신 기반 열차제어시스템 기술동향”, 전자통신동향분석 제27권 제2호, 2012
24. Lan Wang, "Railway Research and Technology in China Today", 중국철도과학연구원, 2010
25. Hongsheng Su & Yulong Che, "Reliability Assessment on CTCS-3 Train Control System Using Faults Trees and Bayesian Networks", International Journal of Control and Automation Vol. 6 No.4, 2013
26. Bin Ning, "Advanced Train Control System", WIT press, 2010
27. Changlin Wang, "Chinese High Speed Railway Train Control System", 중국 서남교통대학, 2012
28. SCI Verkehr GmbH, "The Railway Markets in China", SCI Verkehr GmbH, 2012
29. 국토해양부, “2008.2～2013.2 정책자료집 2권-교통·해양·건설·물류” 2013
30. 철도청, 차상신호(ATP)시스템도입 예비타당성조사 사업의 수요 및 편익분석, 2002, 철도청
31. 철도청, 차상신호(ATP) 설치 타당성 조사 및 기본계획 수립 (타당성 조사 부문), 2003,철도청
32. 한국건설교통기술평가원, 경량전철 신호제어시스템 기술개발 연구결과 보고서(최종보고서), 한국건설교통기술평가원, 2004
33. 한국과학기술기획평가원, 자기부상열차 실용화 사업에 대한 예비타당성 조사, 한국과학기술기획평가원, 2005
34. 한국철도기술연구원, 한국형 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템개발체계 연구, 한국철도기술연구원, 2006,
35. 한국건설교통기술평가원, 도시철도 신호시스템 인증체계구축 연구, 한국건설교통기술평가원, 2008
36. 이재호,황종규, “통신기술 기반으로 하는 열차제어시스템 기술동향”, 한국철도기술연구원, 철도기술정보지 38호,pp.27～30,2002
37. 윤용기, 김용규 & 신덕호, “무선통신을 이용한 열차제어시스템”, 한국철도학회지,제7권 제2호, pp.22～28, 2004
38. IEEE Std 1474.1-2004,“IEEE Standard Method for CBTC Performance and Functional Requirements”, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2004
39. IEEE Std 1474.2 TM-2003, “IEEE Standard for User Interface Requirements in Communication-Based Train Control System”, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2003
40. 김윤배, “CBTC를 위한 무선통신장비의 최적위치 선정연구”, 한국철도학회 추계학술대회 논문집, pp.1199～1204, 2004
41. North American Joint Positive Train Control Project”, Federal RailroadAdministration, April. 2009
42. Guillaume de Tiliere, "Interoperability in europe : Case of the ERTMS development in

the new european rail market" Association for European Transport 2004.
43. Bin Ning et al(2004). "CTCS-Chinese Train Control System," Computers in Railways IX-Computer System Design Operation in the Railway and Other Transit Systems. Vol. 103, WIT Press: Dresden, Germany, pp. 262~272
44. Chandrika Prasad and Peter Winter (2010). "Indian Automatic Train Control," IRSE News, Issue 159, pp. 2~7
45. Dan Macdoc (2012). “User Requirements for a Railway Radio Digital System.” Special pre-conference LTE workshop, 2012. 2. 27, Vienna: RAILTEL
46. European Railway Review (2011). "Alcatel-Lucent and Adif jointly research communications technologies for improving high-speed rail transportation." http://www.europeanrailwayreview.com/11059/rail-industry-news/alcatel-lucent-and-adif-to-jointly-research-communications-technologies-for-improving-high-speed-rail-transportation/
47. Federal Railroad Administration (2009). Research Result - The North American Joint Positive Train Control (NAJPTC) Project.
48. Frank D Roskind (2009). POSITIVE TRAIN CONTROL SYSTEMS - ECONOMIC ANALYSIS, Office of Safety Analysis.
49. Gerald Sauprigl (2012). “Mobile communications for railways from managing GSM-R to entertaining your customers.” Special pre-conference LTE workshop, 2012. 2. 27, Vienna: RAILTEL
50. FRA Report to Cogress, "Positive Train Control Implementation Status, Issues, and Impacts", FRA, 2012
51. NTSB, "Implement Positive Train Control Systems", NTSB Most Wanted List, 2014
52. Randolph R. Resor, "The Business Benefits of PTC", ZETA-TECH Associates INC., 2004
53. Carl Van Dyke & Rodney Case, "Commercial Benefits of Positive Train Control", NUTC, 2010
54. METROLINK, "Metrolink Positive Train Control Program", SCRRA, 2013
56. U.S GAO, "Preliminary Observations on Federal Rail Safetyt Oversight and Positive Train Control Implementation", GAO-130-679T, GAO, 2013
57. Carl Van Dyke, "Positive Train Control Overview, Risk Factors and Research Needs", Oliver Wyman, 2012
58. ZETA-TECH ASSOCIATES, "Quanitification of the Business Benefits of Positive Train Control", FRA, 2004
59. Jeffrey C. Peters & John Frittelli, "Positive Train Control- Overview and Policy Issues", CRS, 2012
60. The Joint Council on Transit Wireless, "Positive Train Control (White Paper)", The Joint Council on Transit Wireless Communication, 2012
61. Iku Watanabe (2011), "Trends of Radio Based Train Control Systems," RTRI Report, Vol.

25, No. 5
62. Peter Winter, "European Train Control System ETCS", CAETS/SATW, 2012
63. European Railway Agency, "ERTMS Unit / ETCS Driver Machine Interface Ver. 2.3", ERA ERTMS, 2009
64. UIC, "ETCS Implementation Handbook", UIC/ERTMS, 2008
65. Transport Research Laboratory, "ERTMS Level 3 Risks and Benefits to UK Railways(Client Project Report CPR798)", TRL, 2010
66. Andre Platzer & Jan-David Quesel, "European Train Control System-A Case Study in Formal Verification, AVACS Technical Reports, 2009
67. UIC, "European Train Control System-ETCS Annual Report 2004", UIC code I/92/E/51
68. http://en.wikipedia.org/wiki/European_Train_Control_System
69. Jean CELLMER (2012). “The French GSM-R project: implementing and operating a GSM-R network through a PPP.” Special pre-conference LTE workshop, 2012. 2. 27, Vienna: RAILTEL
70. Johann Garstenauer (2010), “GSM-R evolution towards LTE.” IRSE New Delhi 2010
71. 특허청 인터넷 특허검색 사이트(http://www.kipris.or.kr/khome/main.jsp)
72. 일본철도총합기술연구소 인터넷 홈페이지(http://www.rtri.or.jp/eng/index.html)
73. 철도기술연구원 인터넷 홈페이지(http://www.krri.re.kr/krri/homePageAction!list.do)
74. Chabanon, D. (2013) “CBTC/ERTMS/PTC Convergence“ PROCEEDINGS OF THE IEEE ASME JOINT RAIL ROAD CONFERENCE; 2013 conf:JRC2013-24
75. Beatriz Munoz (2013) “ERTMS & CBTC is convergence possible?” INVENSYS, 2013. 5.
76. 국토교통부·국토교통과학기술진흥원, “지능형 철도안전 융합시스템 기술개발 기획연구 최종보고서”, 국토교통부·국토교통과학기술진흥원, 2013
77. 국토교통부·국토교통과학기술진흥원, “철도 주요시스템 및 부품 국산화 기술개발 기획보고서”, 국토교통부·국토교통과학기술진흥원, 2013
78. 한국개발연구원, 여주～원주 복선전철 건설사업 예비타당성조사 보고서, 한국개발연구원, 2012
79. John Stafford, "European railway industries ICT perspectives - GB vision for the expected evolution", RSSB, 2011
80. Australia Indonesia Partnership, "Future Indonesian Railways - An Interface Report towards National Railway Master Plan", INDII, 2010
81. Australian Railway Association Inc., "Australian Digital Train Control System", Australian Rail Industry Report, 2007
82. ERRAC(The European Rail Research Advisory Council), "Rail Route 2050 - The Sustainable Backbone of the Single European Transport Area", ERRAC Roadmaps, 2011
83. http://www.ita.gov.sg/, "Land Transport Master Plan 2013"
84. The International Union of Railways, "The Railways of the Middle East Visions 2025", UIC, 2008

85. Jeremie Pelerin & Tudor Mircea, "Rail Investments in Central and Eastern Europe: Towards a Competitive Raiway System", UNIFE, 2008
86. David Randall Peterman, John Frittelli & William J. Mallett, "The Development of High Speed Rail in the United States: Issues and Recent Events", CRS, 2013
87. http://www.gorvernment.nl/ministries/ienm, "Railway Map ERTMS Version 3.0 - Memorandum on Alternatives", Ministry of Infrastructure and the Environment' 2014
88. UNECE, "TEM(Trans-European Motorway) and TER(Trans-European Railway) Revised Master Plan, Final Report", United Nations, 2011
89. CPCS Transcom, "East African Railways Master Plan Study, Final Report", CPCS, 2009
90. Government of India Ministry of Railways, "Indian Railways Vision 2020", Government of India Ministry of Railways, 2009
91. Benoit Bienfait, Patrick Zoetardt & Bob Barnard, "Automatic Train Operation: The Mandatory Improvement for ETCS Applications", IRSE, 2012
92. X. Rao, M. Montigel & U. Weidmann, "Railway capacity optimization by integration of real-time reschduling and automatic train operation", IRSE, 2012
93. M. P. Georgescu, "Driverless CBTC-Specific Requirements for CBTC Systems to overcome operation challenges, WIT Transactions on The Built Environment, Vol 88, WIT Press, 2006
94. 전형구, 이덕규 외 5인, "ATC/ATO 운영환경에서의 무인운전(DTO/UTO)방식 도입을 위한 열차운행시스템에 대한 기술적 고려사항 연구", 한국철도학회 논문집, 2013
95. 한국교통연구원, "도시철도 건설·운영에 관한 제도 개선연구", 한국교통연구원, 2009
96. 한국철도시설공단, "신호제어설비 계획(KR S-01010)", 한국철도시설공단, 2012
97. 한국철도시설공단, "신호제어설비 일반조건(KR S-01030)", 한국철도시설공단, 2012
98. 이기서 등 10인, "열차 운행 안전제어시스템(등록특허, 10-0439010)", 특허청, 2004
99. 이기서, "철도 건널목의 안전 조기 경보시스템(등록특허, 10-0508762)", 특허청, 2005
100. RTS / TSLG, "The Future Railway, The Industry's Rail Technical Strategy 2012, Supporting Railway Business", RSSB, 2012
101. Critical Software, "ERTMS and CBTC Side by Side, The Main Differences and State-of-the art", Critical Software, 2014
102. Myer W Morron, "The European Union's Framework Program 7(with an emphasis on ICT) Version 2.17", EFPC(UK) Ltd., 2013
103. Steer Davies Gleave, "Mid-Term Evaluation of the TEN-T Programme (2007-2013) Final Report", EC, 2011
104. Eric Fontanel, "Railway research seminar in Moscow", UNIFE, 2012
105.Jacques Pore, "Looking forward: Shift2Rail", UNISIG, 2013
106. 김관영, "해외철도 시장 전망 및 우리나라의 해외철도 사업 추진 방향(국회 국토교통위원회 국정감사 정책자료집)" 국회 국토교통위원회, 2013
107. 심철보, "최근의 신호통신분야의 연구개발", 철도기술과 화제 제57호, KORAIL, 2012

108. 오지택, “세계철도기술시장의 현황과 한국철도의 해외진출 추진”, 철도저널 제58권 제6호, 한국철도기술연구원, 2010
109. 건설교통부, “중장기 철도정책 로드맵 마련을 위한 연구”, 건설교통부, 2008
110. European Commission Memo(16. Dec. 2013), "The Shift2Rail Joint Undertaking- Frequently Asked Questions", EC, 2013
111. European Economic and Social Committee, "INT/729 Shift2Rail Joint Undertaking", 2014
112. European Commission, "Proposal for a Council Regulation, establishing the Shift2Rail Joint Undertaking", EC, 2013
113. http://www.shift2rail.org/, "Overview of Shift2Rail"
114. Transport Research Laboratory, "ERTMS Level 3 Risks and Benefits to UK Railways, Final report(CPR798)", TRL, 2010

주 의 사 항

1. 이 보고서는 국토교통부가 출연하고 국토교통과학기술진흥원이 위탁 시행한 국토교통기술연구개발사업의 최종보고서입니다.
2. 본 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시 국토교통부가 출연하고 국토교통과학기술진흥원이 위탁 시행한 국토교통기술연구개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.