

R&D /
10PURT
-C05480
9-01

철
도
분
야

신
호
시
스
템

상
세
기
획
연
구

연
구
보
고
서

2010

국
토
해
양
부

한
국
건
설
교
통
기
술
평
가
원

Construction & Transportation R&D Report

미래철도기술개발사업 최종보고서

R&D / 10PURT-C054809-01

철도분야 신호시스템 상세기획연구 연구보고서

2010. 08.

주관연구기관 / 서울대학교 산학협력단
위탁연구기관 / 한국철도기술연구원

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

제 출 문

국토해양부장관(한국건설교통기술평가원장) 귀하

이 보고서를 “철도분야 신호시스템 상세기획연구”의 최종보고서로 제출합니다.

2010. 08. 11.

주관연구기관명 : 서울대학교 산학협력단
주관연구책임자 : 이 성 모
 연구원 : 박 창 호
 " : 고 승 영
 " : 장 경 욱
 " : 김 효 승
 " : 김 수 현
 " : 정 연 정
 " : 조 미 정
 " : 곽 호 찬
 " : 이 수 경
 " : 이 정 민
 " : 박 지 현
 " : 선 초 아
위탁연구기관명 : 한국철도기술연구원
위탁연구책임자 : 김 용 규

보고서 요약서

과제고유번호		해 당 단 계 연구 기 간	3개월	단 계 구 분	
연구사업명	중사업명	미래도시철도기술개발사업			
	세부사업명				
연구과제명	대과제명	철도분야 신호시스템 상세기획연구			
	세부과제명				
연구책임자	이성모	해당단계 참여 연구원수	총 : 18명 내부 : 8명 외부 : 10명	해당단계 연구비	정부 : 96,000 천원 기업 : 천원 계 : 96,000천원
		총연구기간 참여 연구원수	총 : 18명 내부 : 8명 외부 : 10명	총연구비	정부 : 96,000 천원 기업 : 천원 계 : 96,000천원
연구기관명 및 소속부서명	서울대학교 산학협력단		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
위탁연구	연구기관명 : 한국철도기술연구원 연구책임자 : 김 용 규				
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				보고서면수	
<p>○ 철도분야 신호 및 열차제어시스템의 상용화를 위한 기술개발을 위해 상세 연구개발내용 도출 및 추진전략 수립을 본 과제의 최종목표로 함.</p> <p>○ 철도신호시스템 상용화에 필요한 연구개발내용 도출 철도건설운영기관에서 요구하고 있는 객관적으로 성능이 검증된 신호시스템을 확보하고, 국내철도시장에 진출하기 위해 기술력 미확보분야에 대한 연구개발 및 기존 기술에 대한 고도화 연구를 수행함.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 신호 및 제어시스템 관련 국내외 기술동향과 시장 분석 - 타분야(도로, 항공, 항만 등) 신호 및 제어시스템 조사·분석 - 철도신호시스템 연구개발을 위한 유관기관 의견수렴 - 철도신호시스템 연구개발 대상분야 설정을 위한 조사·분석 및 종합평가 - 철도신호시스템 연구개발 대상분야 설정 - 기술적, 경제적 타당성 검토분석 및 종합평가 - 연구개발 대상분야의 최종목표 및 범위 설정 <p>○ 철도신호시스템을 성공적으로 상용화하기 위한 추진전략 및 추진체계 수립</p> <ul style="list-style-type: none"> - 연구목표 달성을 위한 추진전략 및 추진체계 수립 					

- 소요예산 및 일정 계획 수립
- 본과제 공모를 위한 RFP 도출

색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	철도, 신호, 열차제어시스템, 검증, 실용화
	영 어	railway, signaling, train control system, verification, commercialization

요 약 문

국내 도시철도운영기관의 신호시스템 운영현황, 국가연구개발사업의 성과물 활용현황, 국내외 철도신호시장 및 기술동향 등의 조사분석을 토대로 본 과제의 연구목표를 선정하였다.

[표 1] 연구목표 선정을 위한 검토항목

검 토 항 목	검 토 결 과
신호시스템 운영현황	<ul style="list-style-type: none"> - 국내기업이 개발한 철도신호시스템 도입 필요 - 철도운영관련 기술을 공유하기 위한 여건 필요
국가연구개발성과의 활용현황	<ul style="list-style-type: none"> - 개발성과물에 대한 안전성의 객관적인 평가 필요
철도신호시장	<ul style="list-style-type: none"> - 저탄소 녹색성장정책에 의한 철도건설투자 증대 예상 - 고부가가치산업(철도산업에서 차지하는 비중 증대)
철도신호기술동향 및 구축현황	<ul style="list-style-type: none"> - 무선통신기반의 열차제어시스템이 주도 - 세계수준의 무선통신기술, IT기술, S/W기술 확보

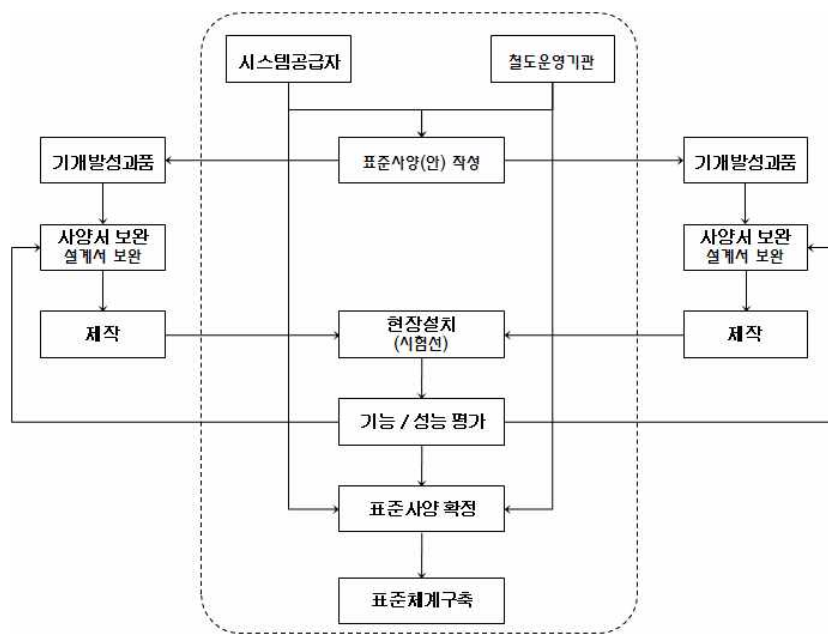
본 연구의 최종목표는 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템을 실용화하고 상호 운영성을 확보하기 위한 표준화체계를 구축하고 성능평가를 법제화하는 것이다. 이러한 연구목표를 수행하는데 필요한 세부과제를 다음과 같이 설정하였다.

[표 2] 세부과제 선정

세부과제	세부과제명 및 내용
세부과제 1	<ul style="list-style-type: none"> - 열차제어시스템 표준체계 구축 <ul style="list-style-type: none"> · 시스템엔지니어링 · 열차제어시스템 표준체계 구축 · 열차제어시스템 성능평가의 법제화 · 열차제어시스템의 안전성 평가
세부과제 2	<ul style="list-style-type: none"> - 열차제어시스템 기능·성능 시험평가 <ul style="list-style-type: none"> · 시험평가인프라 구축 <ul style="list-style-type: none"> : 시험선(대불선) : 시험열차 : ATS(관제설비), 전자연동장치 : 무선LAN

	<ul style="list-style-type: none"> · 기능·성능 시험평가
세부과제 3	<ul style="list-style-type: none"> - 철도전용 무선통신체계 연구 · 철도전용 무선주파수 확보활동 · 열차제어용 무선통신방식 선정 · 열차제어용 무선통신사양서 작성

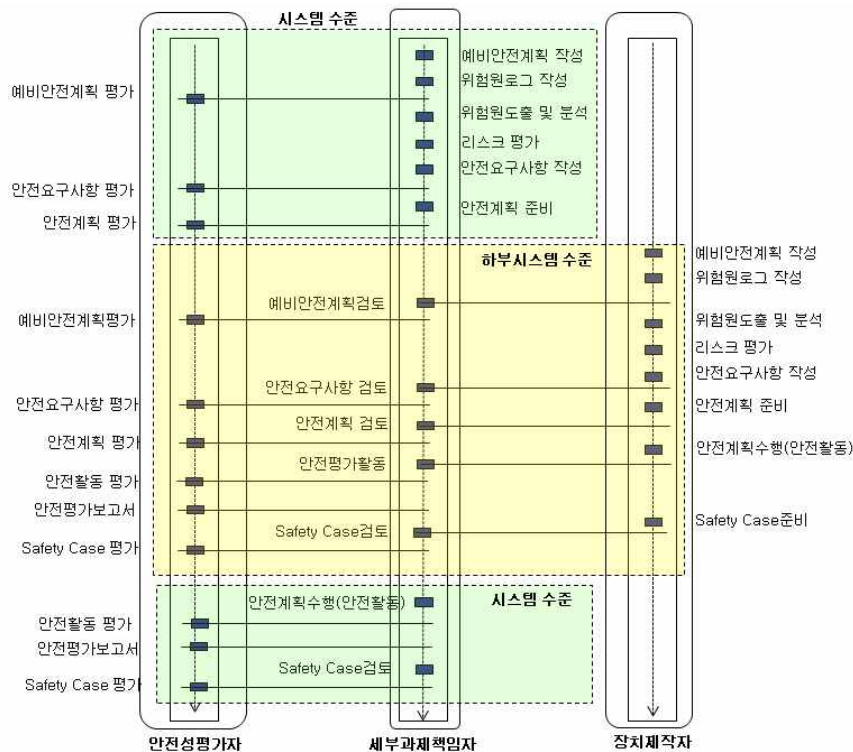
세부과제 1의 열차제어시스템표준체계구축은 본 과제의 개념단계에서 인터페이스사양을 중심으로 표준사양(안)을 작성하고, 이것을 국가연구개발사업 또는 기업자체개발을 통해서 이미 확보하고 있는 성과물에 적용한다. 제작사는 표준사양(안)에 맞추어 기존의 사양서와 설계서를 보완하고 제작한 장치를 현장에 구축한다. 현장에서 기능과 성능을 시험평가한 결과를 토대로 관계자의 협의를 통해서 표준사양을 확정한다. 기업의 사양서작성, 설계 및 제작은 본 과제의 연구에 포함되지 않는다.



(그림 1) 열차제어시스템의 표준체계 구축

열차제어시스템의 안전성평가는 IEC 또는 이에 준하는 규격을 적용하여 안전성계획을 작성하고 이것에 맞추어 평가활동을 한다. 열차제어시스템의 안전성평가는 세부과제책임자, 장치제작자 및 안전성평가자로 구성되며, 표준체계구축과 같이 장치제작자의 안전성활동도 본 과제의 연구내용에 포함되지 않는다.

세부과제 2의 열차제어시스템 기능 및 성능 시험평가는 시스템 평가에 필요한 시험선, 시험차량 등 평가인프라를 대불선에 구축하고, 하부시스템과 시스템 수준의 기능 및 성능을 시험하고 평가한다.

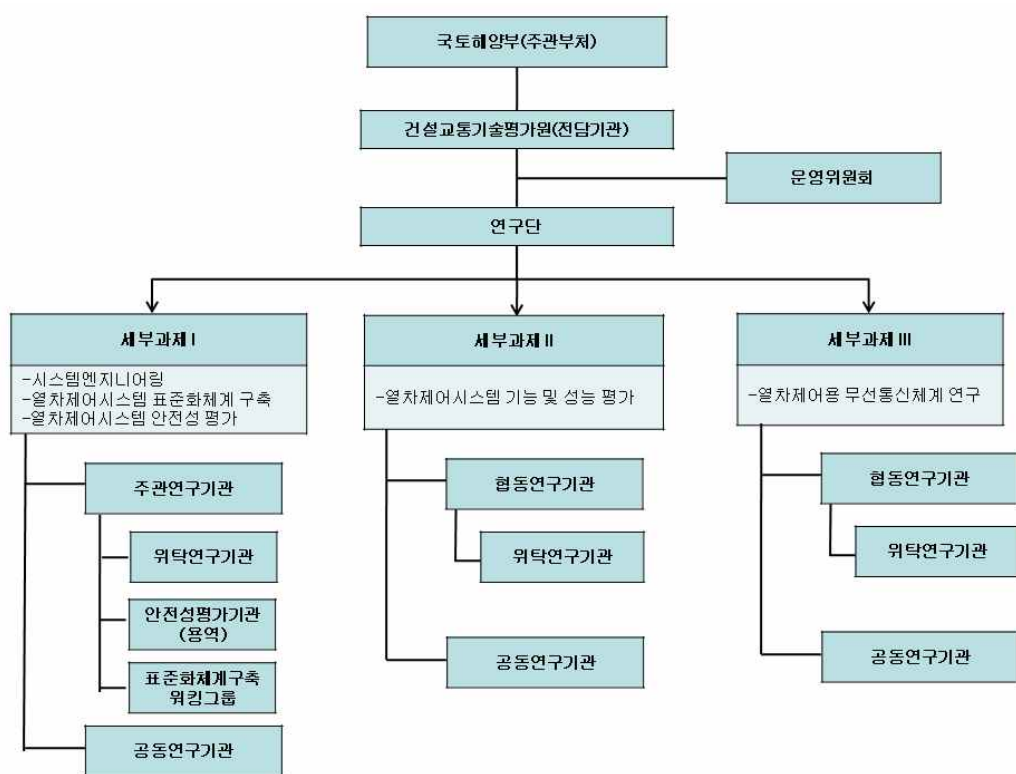


(그림 2) 열차제어시스템의 안전성평가 공정

세부과제 3 열차제어용 무선통신체계 연구는 열차제어에 필요한 무선통신방식을 선정하고, 철도전용주파수에 필요한 무선통신망 사양서를 작성하는 것을 연구내용으로 한다. 열차제어용 무선통신방식을 선정하기 위해서 철도전용주파수를 확보할 주체, 철도전용주파수에 실어 보낼 정보형태(서비스 범위), 자가망 구축 등을 검토한 후 선정하는 것이 적절하다.

본 과제의 총 소요연구비는 정부지원 262억원(민간분담금 75억원 포함), 시험차량 확보방안에 의해서 변경된다. 차세대전동차개발사업의 차량을 활용할 경우 1편성의 대폐차만 필요하므로 총 소요연구비는 정부지원 242억원, 철도운영기관의 차량을 활용할 경우 222억원으로 각각 예상된다.

본 과제의 추진체계는 세부과제구성에 맞추어 그림과 같이 구성되며, 본 연구는 무인 자동운전을 지원하는 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템의 실용화를 최우선으로 추진하여야 하므로 무선통신기반 열차제어시스템 연구개발에 참여한 실적과 본 연구를 기획한 관계 부처의 정책을 충분히 이해하고 있는 자를 총괄연구책임자로 선정하여 추진체계를 구축하는 것이 바람직하다.



(그림 3) 추진체계

<목 차>

요 약

제1장 연구의 개요	3
제1절 서론	3
1. 연구의 배경 및 목적	3
2. 연구내용 및 범위	8
제2절 연구수행 FLOW	12
제2장 신호 및 열차제어시스템 관련 국내외 기술동향 및 시장분석	15
제1절 국내외 관련 정책	15
1. 국내 철도정책	15
2. 해외의 신호시스템 도입 정책	16
제2절 관련 기관의 기술개발 및 상용화 현황과 기술수준 분석	19
1. 국내 철도신호시스템의 기술수준 및 상용화	19
2. 검토내용 및 시사점	24
제3절 국내 신호시스템 운영 현황 조사 분석	26
1. 국내 신호시스템 구축현황	26
2. 검토내용 및 시사점	28
제4절 국내외 신호시스템 개발 현황 조사 분석	29
1. 개요	29
2. 국가연구개발사업 및 시범사업 현황	29
3. 도시철도표준화 연구개발사업(도시철도 신호시스템 표준화 연구)	31
4. 자기부상열차 실용화 차량모델개발	34
5. 자기부상열차 설치사업[국립중앙과학관-엑스포과학공원]	37

6. 지능형 열차제어시스템(MBS) 시범구축 사업	39
7. 신호시스템 개량 및 신설사업	43
8. 해외 철도신호관련 프로젝트	46
9. 검토내용 및 시사점	60
제5절 국내 신호시스템 상용화 현황 조사 분석	62
1. 국내 철도신호기업의 실용화 현황	62
2. 국내 철도신호구축사업의 추진형태	66
3. 검토내용 및 시사점	68
제6절 국내외 신호시스템 시장조사 분석	69
1. 국내외 철도 및 신호시장 전망	69
2. 세계철도시장 전망	74
3. 신호 및 제어시스템 시장 예측	78
4. 국제표준화기구의 표준화활동	83
제7절 해외 실용화 사례 분석	92
1. NYCT의 CBTC프로젝트	92
제8절 분야별 기술특성 분석 및 철도와의 연계성분석	96
1. 분야별 기술특성	96
2. 철도와의 연계성 분석	98
제3장 연구개발을 위한 유관기관 의견 수렴	103
제1절 철도신호시스템 상용화 추진관련 법령 및 제도	103
1. 과학기술기본법	103
2. 기술개발촉진법	104
3. 국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정(대통령령 18731호)	104
4. 철도산업발전기본법	105
5. 철도안전법	105

6. 철도시설안전기준에 관한 규칙	105
7. 철도시설 안전세부기준	105
제2절 국내 철도신호관련 발주기관의 제안요청서	106
제3절 국내 철도신호관련 기관의 요구사항	107
1. 정부정책 / 발주기관에 대한 요구사항	108
2. 국가연구개발사업에 대한 요구사항	109
3. 시범사업에 요구되는 사항	109
4. 검토내용 및 시사점	110
제4장 연구개발 대상분야 설정을 위한 조사분석	113
제1절 열차제어시스템 관련기술 국내확보 현황조사	113
제2절 철도신호시스템 표준화 검토	114
1. 국제표준화기구의 표준화활동	114
2. 유럽철도의 상호운영성	115
3. 일본의 무선이용 열차제어시스템의 표준화	117
4. 철도신호시스템의 표준화	119
5. 검토내용 및 시사점	121
제3절 시스템 성능검증을 위한 테스트베드 요구사항	123
1. 개요	123
2. 유럽의 인프라 구축 현황	123
3. 일본의 인프라 구축 현황	128
4. 국내 시험평가인프라 현황 및 지원방안	130
5. 기존 연구개발 결과 / 시설 / 장비의 활용	137
6. 검토내용 및 시사점	143

제4절 열차제어용 무선통신망 구축방안	145
1. 개요	145
2. 철도전용주파수의 필요성	145
3. 소요주파수대역 및 범위	153
4. 열차제어용 무선통신방식 선정	159
5. 검토내용	161
제5절 신뢰성 인증을 위한 체계 구축분야	162
1. 개요	162
2. 안전성 및 신뢰성 인증의 필요성	162
3. 시스템 안전성	163
4. 안전성 관련 규격	168
5. 국내 적용사례	172
6. 검토내용	177
제5장 연구개발대상분야 설정	181
제1절 SWOT 분석	181
1. 내부역량과 외부환경	181
2. 외부환경	182
3. 미래대응전략	182
제2절 연구 목표 및 내용	187
1. 연구목표선정	187
2. 연구범위 및 세부과제 선정	189
제6장 세부과제 분석	193
1. 열차제어시스템의 표준체계구축 및 안전성평가	194

2. 열차제어시스템 성능평가	202
3. 철도전용 무선통신체계 연구	204
제7장 과제의 적정성 검토	209
제1절 기술수준 분석	209
1. 기술수준분석	209
2. 국내 철도신호기업의 연구역량	210
3. 산학연 협력체계 구축방안	210
4. 해외 전문가 활용 방안	211
제2절 과제의 특허정보	212
1. 철도분야 신호시스템 시장성 분석	212
2. 주요시장국 세부기술별 특허동향	216
3. 특허분석 결과	220
제3절 국내외 철도시장 전망	222
1. 국내 철도신호시장 규모	222
2. 세계철도시장 전망	226
제4절 국내 철도신호시장 목표점유율에 따른 경제적 파급효과 분석	229
1. 연구방법	229
2. 본 과제 성과물의 목표점유율 예측	230
3. 경제적 파급효과 분석	231
제5절 기술적 파급효과 분석	234
제8장 과제추진일정 및 성과	237
제1절 과제추진일정	237
제2절 연구 성과물	247

1. 최종성과물	247
2. 세부과제별 성과물	249
제3절 성능지표 및 성과목표	252
1. 세부과제 1 - 열차제어시스템 표준체계구축 및 안전성평가	252
2. 세부과제 2 - 열차제어시스템 성능평가	253
3. 세부과제 3 - 철도전용 무선통신체계 연구	254
제9장 연구소요예산	257
제1절 총괄소요예산	257
1. 총연구비	257
2. 세부연구과제별 연구비	258
3. 검토결과	265
제2절 세부과제별 소요예산 내역	266
1. 세부과제 1 - 열차제어시스템 표준화체계구축 및 안전성평가	266
2. 세부과제 2 - 열차제어시스템 성능평가	271
3. 세부과제 3 - 철도전용 무선통신체계 연구	275
제10장 추진전략 및 추진체계	281
제1절 추진전략	281
1. 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 구축	281
2. 시스템엔지니어링의 V model 및 안전성 평가 절차 적용	282
제2절 추진체계	285
제11장 세부과제 RFP	289

〈표 목차〉

[표 1-1] 시공 및 계획 중인 경량전철 사업	6
[표 1-2] 지하철 별 내용수명(2005년 기준)	6
[표 1-3] 열차제어시스템의 사업비규모	7
[표 1-4] 연구내용 및 범위	8
[표 2-1] 현재 운영 중 또는 도입 검토 중인 신호시스템	19
[표 2-2] 철도건설운영기관 대상 국내철도신호기업 신호시스템 별 기술수준	20
[표 2-3] 기술 수준 등급	20
[표 2-4] 국내 신호시스템 상용화 내용 및 기술수준	22
[표 2-5] DTG 및 이동폐색의 ATP/ATO분야의 기술수준	23
[표 2-6] 경량전철 도입 시스템	26
[표 2-7] 광역도시철도 도입 시스템	27
[표 2-8] 일반철도 도입 시스템	27
[표 2-9] 국토해양부의 국가연구개발사업 및 시범사업 현황	29
[표 2-10] 타부처의 국가연구개발사업 및 시범사업 현황	30
[표 2-11] 국내 자기부상열차 기술개발 내역	34
[표 2-12] CBTC방식의 주요 특징	38
[표 2-13] 서울지하철 2호선 신호시스템 설비	44
[표 2-14] Thales, Siemens 및 Bombardier의 열차제어시스템 및 공급현황	48
[표 2-15] 세계의 CBTC 시스템 현황	50
[표 2-16] 국내 CBTC 시스템 현황	50
[표 2-17] 국가별 ETCS시스템 도입구간 및 공사 현황	53
[표 2-18] CTC스와 ETCS Level의 비교	59
[표 2-19] 국내 철도신호기업 기술개발현황	62
[표 2-20] 국가연구개발사업의 실용화 현황	65
[표 2-21] 시범사업 내용	66
[표 2-22] 철도관련 상위계획	69
[표 2-23] 선도사업	72

[표 2-24] 전국 철도망 계획	72
[표 2-25] 철도분야별 시장전망	75
[표 2-26] 지역별 시장전망	77
[표 2-27] 지역별 철도 제어 및 신호 시장 (신선건설 및 개량)	80
[표 2-28] 지역별 철도 제어 및 신호 시장 (개량 및 유지관리)	80
[표 2-29] 철도신호분야 관련 발간물 리스트	85
[표 2-30] IEEE 1474 Standard 현황	89
[표 3-1] 국내 철도운영기관 제안요청서의 자격기준 사례	106
[표 3-2] 국가연구개발성과물을 상호 활용 사례 (대전과학관)	107
[표 4-1] 국내 신호시스템 상용화 내용 및 기술수준	113
[표 4-2] 시험평가 인프라 구축 후보지별 적합성 검토	132
[표 4-3] 항목별 적합성 검토	135
[표 4-4] 자동운전시 곡선통과 속도	138
[표 4-5] 수동운전 시 곡선통과 속도	138
[표 4-6] 차세대 전동차 개발 사양	140
[표 4-7] 기존 연구개발 결과의 활용 가능성	142
[표 4-8] 철도제어 인프라	144
[표 4-9] Senseki노선 무선통신장치 사양	152
[표 4-10] ATACS 위한 소요주파수	153
[표 4-11] 소요주파수 산출 기본사항	157
[표 4-12] 열차제어용 무선통신방식 후보군의 비교	161
[표 4-13] 일반 라이프사이클과 IEC62278에 제시된 라이프사이클 사이의 관계	166
[표 4-14] 일반 라이프사이클 각 단계에서 이루어져야 할 최소한의 ESM 활동	167
[표 4-15] 프로젝트 RAMS 요구사항	173
[표 5-1] 1단계 추진전략	185
[표 5-2] SWOT 분석	186
[표 5-3] 연구목표 선정을 위한 검토항목	187
[표 5-4] 세부과제 선정	190
[표 7-1] 철도신호분야 국내 기술수준 분석	209
[표 7-2] 경량전철 사업비	222

[표 7-3] 도시철도 사업비	223
[표 7-4] 총사업비 대비 신호시스템 사업 비중	223
[표 7-5] 신규사업 개요	224
[표 7-6] 도시철도 개량사업	225
[표 7-7] 국내 경량전철 및 도시철도 신호시장 총 전망	225
[표 7-8] 철도분야별 시장전망	226
[표 7-9] 지역별 시장전망	228
[표 7-10] 성과물 목표점유율에 따른 수요예측	231
[표 7-11] 경제적 효과 계수	231
[표 7-12] 생산유발효과	232
[표 7-13] 부가가치유발효과	232
[표 7-14] 고용유발효과	233
[표 7-15] 신호/통신 기술 직간접 기술적 파급효과의 추정	234
[표 7-1] 철도신호분야 국내 기술수준 분석	209
[표 7-2] 경량전철 사업비	222
[표 7-3] 도시철도 사업비	223
[표 7-4] 총사업비 대비 신호시스템 사업 비중	223
[표 7-5] 신규사업 개요	224
[표 7-6] 도시철도 개량사업	225
[표 7-7] 국내 경량전철 및 도시철도 신호시장 총 전망	225
[표 7-8] 철도분야별 시장전망	226
[표 7-9] 지역별 시장전망	228
[표 7-10] 성과물 목표점유율에 따른 수요예측	231
[표 7-11] 경제적 효과 계수	231
[표 7-12] 생산유발효과	232
[표 7-13] 부가가치유발효과	232
[표 7-14] 고용유발효과	233
[표 7-15] 신호/통신 기술 직간접 기술적 파급효과의 추정	234
[표 8-1] 세부과제 1의 연구일정 및 연구내용	238
[표 8-2] 세부과제 2의 연구일정 및 연구내용	240

[표 8-3] 세부과제 3의 연구일정 및 연구내용	242
[표 8-4] 열차제어시스템 표준체계구축 및 안전성평가	249
[표 8-5] 열차제어시스템 성능평가	250
[표 8-6] 철도전용 무선통신체계 연구	251
[표 8-7] 열차제어시스템 표준체계구축 및 안전성평가	252
[표 8-8] 열차제어시스템 성능평가	253
[표 8-9] 철도전용 무선통신체계 연구	254
[표 9-1] 총 연구비	257
[표 9-2] 소요예산인원	257
[표 9-3] 열차제어시스템 표준체계구축 및 안전성평가비 및 내용	258
[표 9-4] 열차제어시스템 성능평가비 및 내용	258
[표 9-5] 차세대 전동차의 대불선 시험설비 구축내용	259
[표 9-6] 대불선 시험설비 구축내용	260
[표 9-7] 시험차량 확보방안에 따른 연구비	261
[표 9-8] 철도전용 무선통신체계 연구비 및 내용	263
[표 9-9] 철도전용 무선통신체계 연구비	264
[표 9-10] 열차제어용 무선통신방식 선정에 따른 연구내용	264
[표 9-11] 총 연구비 조정안	265
[표 9-12] 2010년도 엔지니어링기술자 노임단가	266
[표 9-13] 1차년도 정부지원금	266
[표 9-14] 1차년도 민간부담금	267
[표 9-15] 2차년도 정부지원금	267
[표 9-16] 2차년도 민간부담금	268
[표 9-17] 3차년도 정부지원금	268
[표 9-18] 3차년도 민간부담금	269
[표 9-19] 4차년도 정부지원금	269
[표 9-20] 4차년도 민간부담금	270
[표 9-21] 1차년도 정부지원금	271
[표 9-22] 2차년도 정부지원금	272
[표 9-23] 3차년도 정부지원금	273

[표 9-24] 4차년도 정부지원금	274
[표 9-25] 1차년도 정부지원금	275
[표 9-26] 1차년도 민간부담금	275
[표 9-27] 2차년도 정부지원금	276
[표 9-28] 2차년도 민간분담금	276
[표 9-29] 3차년도 정부지원금	277
[표 9-30] 3차년도 민간분담금	277
[표 9-31] 4차년도 정부지원금	278
[표 9-32] 4차년도 민간분담금	278
[표 11-1] 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계구축 및 성능평가 RFP ...	289

〈그림 목차〉

(그림 1-1) 각국의 고속철 추진 현황	7
(그림 1-2) 연구수행 FLOW	12
(그림 2-1) 차상제어장치와 주변장치 전체 구성도	33
(그림 2-2) 차상ATP/ATO장치 구조 및 형상	36
(그림 2-3) 차상ATP/ATO 인터페이스	36
(그림 2-4) 자기부상 신호시스템 구성도	37
(그림 2-5) 시험구간 및 범위	39
(그림 2-6) 지능형 열차제어시스템 구성도	40
(그림 2-7) 서울시 2호선 ATP/ATO 시스템 구성도	45
(그림 2-8) ATP 구축사업 현황	46
(그림 2-9) 2005~2009년 control command and signaling 개발 및 업그레이드 점유율	47
(그림 2-10) 철도신호 시기별 기술발전단계	47
(그림 2-11) 시기별 세계 철도시장 CBTC 도입 건수	48
(그림 2-12) ERTM/ETCS 개발체계	51
(그림 2-13) ETCS Level_1	53
(그림 2-14) ETCS Level_2	53
(그림 2-15) ETCS Level_3	53
(그림 2-16) CTCS Level 3 시스템 구조	57
(그림 2-17) Level 전환 운전 예	58
(그림 2-18) 철도 산업 연구에 따른 세계 철도시장 발전 예측(2008~2014년)	74
(그림 2-19) 2000~2014년 화물 수요의 세계 시장의 성장 예측	74
(그림 2-20) 2000~2014년 철도 여객 교통 수요 예측	75
(그림 2-21) 2008~2015년 철도 기술의 세계 시장 성장 예측	76
(그림 2-22) 2009년 국가별 세계 시장 점유 순위(2008~2010년 평균)	77
(그림 2-23) 2005~2009년 control command and signaling 개발 및 업그레이드 세계 시장 점유율	79
(그림 2-24) 철도 교통 관리시스템의 기능적 구조	84
(그림 2-25) CENELEC 규격과 유럽규격과의 관계	84

(그림 2-26) 뉴욕시 전철 노선도	92
(그림 2-27) Pilot 시스템 구축 범위	94
(그림 2-28) Pilot 시스템 전략	94
(그림 4-1) 유럽의 상호운영성 및 안전성체계	117
(그림 4-2) 신 규격과 각 요구사항의 관계성	118
(그림 4-3) 성능요구사항에 영향을 미치는 요인	119
(그림 4-4) 이탈리아 시험선	124
(그림 4-5) 독일의 시험선 노선	124
(그림 4-6) 스위스 시험선 노선	126
(그림 4-7) 프랑스 고속선 시험노선 설비구성도	127
(그림 4-8) ATACS 설치구간	129
(그림 4-9) ATACS 지상설비 구성도	129
(그림 4-10) 시험설비 구성안	131
(그림 4-11) 대불선 선로도	134
(그림 4-12) 일로역 선로배선도	135
(그림 4-13) 대불선 현장사진	136
(그림 4-14) 시험선 조감도	137
(그림 4-15) 틸팅열차 편성도	139
(그림 4-16) 차세대 전도차 개발 컨셉	140
(그림 4-17) 무선통신기반 열차제어시스템 개념도	145
(그림 4-18) GSM-R의 향후 방향	151
(그림 4-19) 미국에서 사용하는 철도 주파수 대역	158
(그림 4-20) 유럽에서 사용되는 철도 주파수 대역	158
(그림 4-21) 무선통신기술발전동향	160
(그림 4-22) 안전 시스템 개념	163
(그림 4-23) 시스템 안전성 활동 절차	164
(그림 4-24) 위험원 관리 절차	165
(그림 4-25) 열차제어시스템 안전성 관련 규격 개요	168
(그림 4-26) 안전성 검증 절차	175
(그림 4-27) 통합CTC 소프트웨어 개발조직 구성	176

(그림 4-28) 시스템 안전성 활동평가 조직 구성	177
(그림 5-1) 단계별 추진전략	184
(그림 5-2) 철도신호시스템기술동향 및 국내 구축 현황	189
(그림 5-3) 연구과제 범위(열차제어시스템 안전성평가 포함)	190
(그림 6-1) 시스템엔지니어링 공정별 세부과제별 연구내용	193
(그림 6-2) 열차제어시스템의 표준체계구축 및 안전성평가	200
(그림 6-3) 하부시스템 수준에서의 안전성 활동	201
(그림 7-1) 철도신호시스템 분야의 출원건수	212
(그림 7-2) 국가별 출원건수 및 출원인수의 상관관계	213
(그림 7-3) 철도분야 신호시스템 기술 국가별 특허출원 동향	214
(그림 7-4) 국내 신호제어 분야 연도별 특허 출원건수	215
(그림 7-5) 국내 진로제어 분야 연도별 특허 출원건수	215
(그림 7-6) 철도분야 신호시스템 기술 국가별 특허출원 동향	216
(그림 7-7) 일본의 철도분야 신호시스템 기술 동향	217
(그림 7-8) 일본의 신호제어(AB) 기술 분야 동향	217
(그림 7-9) 미국의 철도분야 신호시스템 기술 동향	218
(그림 7-10) 미국의 신호제어(AB) 기술 분야 동향	218
(그림 7-11) 유럽의 철도분야 신호시스템 기술 동향	219
(그림 7-12) 유럽의 신호제어(AB) 기술 분야 동향	219
(그림 7-13) 신호제어기술분야 핵심특허 기술 흐름도	220
(그림 7-14) 2008~2015년 철도 기술의 세계 시장 성장 예측	226
(그림 7-15) 2009년 국가별 세계 시장 점유 순위(2008~2010년 평균)	228
(그림 7-16) 산업연관표의 기본 구조	230
(그림 8-1) 과제추진일정	237
(그림 9-1) 대불선 시험설비 구성도	262
(그림 10-1) 열차제어시스템 구축 절차	281
(그림 10-2) 시스템엔지니어링의 V model	282
(그림 10-3) 안전성 평가활동 구조	283
(그림 10-4) 추진체계	286
(그림 10-5) 세부과제 1의 매팅펀드(안전성평가용)	286

<약 어>

□ACM	Accelerometer
□AMTC	Alstom Mainlands Test Center
□AP	Access Point
□APM	Automatic People Mover
□ASCE	American Society of Civil Engineers
□ASTREE	실시간 열차추적 자동화(프랑스어)
□ATACS	Advanced Train administrations and Communication System
□ATC	Automatic Train Control
□ATCS	Advanced train Control System
□ATO	Automatic train operation system
□ATP	Automatic Train Protection
□ATS	Automatic Train Stop
□ARAT	Computer and Radion Aided Train Control System
□BATO	Communication Based ATO
□BATP	Communication Based ATP
□BTC	Communication Based Train Control
□CDM	Clean Development Mechanism
□ENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardization
□CTC	Centralized Traffic Control
□CTCS	Chinese Train Control System
□DDU	Driver Display Unit
□DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum
□DTG	Distance to Go
□EC	European Commission
□CSAG	ERTMS Core SRS Assessment Group
□EIG	European Economic Interest Grouping
□EI	Electronic Interlocking
□IRENE	European Integrated Radio enhanced NETwork
□MLPP	enhanced MultiLevel Precedence and Preemption
□ERTMS	European Railway Traffic Management System
□ESM	Engineering Safety Management
□ETCS	European Train Control system
□ETML	European Traffic Management Layer
□HSS	Frequency Hopping Spread Spectrum
□FRS	Function Requirements Specification
□ETA	Federal Transit Administration
□GPS	Global Positioning System
□GSM-R	Global System for Mobile Communications-Railway
□HTS	Hazard Tracing System
□ICT	Information and Communication Technology
□IEC	International Electrotechnical Commission
□ISA	Independent Safety Assessment
□ISM	Industrial scientific Medical

ITS	Intelligent Transportation system
IS	Japanese Industrial Standards
IVB	Contrôle de Vitesse par Balises
LCC	Life Cycle Costs
LXC	Leaky Coaxial Cable
LTE	Long Term Evolution
MB	Moving Block
MMI	Man-Machine Interface
MORAIN	MOBILE RADIO For railway Networks in Europe
NoU	Network of Universities
MA	Permissive Movement authority
PTC	Positive Train Control
RAMS	Reliability, Availability, Maintainability, Safety
RATP	Régie Autonome des Transports Parisiens(파리교통공사)
RBC	Radio Block Center
RXC	Raido Coaxial Cable
RF-CBTC	Radio Frequency CBTC
RTVISC	Rail Transit Vehicle Interface Standards Committee
SE	System Engineering
SIL	Safety Integrity Level
SRS	System Requirements Specification
SSR	System Safety Requirement
STM	Specific Transmission Module
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats
TCMS	Train Control & Monitoring System
TDMA	Time division multiple access
TERTRA	TERrestrial Trunked RADio
TGV	Train à Grande Vitesse
TRL	Technology Readiness Level
TRS	Totally Rad Show
TSI	Technical Specifications of Interoperability
TVM	Transmission Voie-Machine
UGT	Urban Guided Transport
UGTMS	Urban Guided Transport Management System
UHF	Ultra High Frequency
UIC	international Union of Railways
UNISIG	Union Industry of Signaling
VBC	Voice Broadcast Service
VGCS	Voice Group Call Service
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 열차감속 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)
궤도회로에 무관하게 고정도의 열차 위치 검지, 고밀도, 양방향 데이터 통신 등에 의한 연속적인 자동열차제어시스템으로써, 지상장치 및 차상장치 프로세서는 바이탈 기능을 실행하는 기능이 있다.
- 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 레벨3은 CBTC와 같이 궤도회로를 사용하지 않는다.
- ATO
열차제어시스템의 하부 시스템으로, 속도 조절, 정위치 정차, 도어 제어, 성능 수준 조절 등에 대한 기능이나 열차 운전자에 주어진 다른 기능들을 수행한다.
- ATP
열차제어시스템의 하부 시스템으로, 충돌 및 과속, 또는 다른 위험한 상황에 대해서 안전충동작(fail-safe) 보호기능을 유지한다.
- ATS
열차제어시스템의 하부 시스템으로, 열차를 감시하고 각 열차가 계획표를 유지하도록

록 성능을 조절하며, 데이터를 제공하여 서비스 불편함이 최소화되도록 조정한다. ATS 시스템은 일반적으로 수동 및 자동 진로 기능도 갖는다.

- 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 개방함으로써 열차의 유무를 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, 무전원지상자는 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 설계 사상으로써, 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 불가능해진다. 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 서비스 한다.

- CDMA

1950년대 사용되던 미국의 군용통신을 개량하여 1996년 SK의 일부지역 서비스 상용화를 시작으로 국내의 무선이동통신의 축으로 자리 잡았다. 유럽 표준 휴대통신인 GSM과 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, 고품질 화상 서비스, 빠른 데이터 전송률 등 많은 기존 시스템과의 차별성을 가지고 있는 제3세대 이동통신 시스템이다. 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.

제1장 연구의 개요

제1절 서론

1. 연구의 배경 및 목적

지속발전가능이란 대전제하의 선진 제외국은 기후온난화와 더불어 온실가스 감축 등 청정개발체제(CDM : Clean Development Mechanism)로의 paradigm 전환에 정책의 초점을 맞추고 있으며, 우리나라도 이의 일환으로 저탄소 녹색성장에 정책 기조를 두고 있다.

이러한 관점에서 볼 때 교통부문은 효율적이고 체계적인 이동성과 접근성을 위한 대중적 교통수단의 확보가 관건이다. 철도교통은 도로교통이나 항공교통에 비해서 높은 수송능력을 갖고 있으며 고속대량 교통수단으로서 CO₂를 포함한 온실가스 발생량이 적은 교통부문의 대표적인 저탄소 녹색성장 산업이다. 이러한 장점을 극대화하기 위해 정부에서는 최근 도로교통 대비 철도교통에 대한 투자비율을 상대적으로 높이는 방향으로 정책을 전환하였다.

철도는 궤도, 차량, 신호 등 복합적으로 구성된 시스템으로서의 기능을 수행하기 때문에 각 subsystem 간의 조화로운 작동이 필수적이나, 철도의 신호분야만이 차량에 부속된 단품적 기능으로 취급되어 그 중요성이 도외시된 점이 없지 않았으며 외국기술에 대부분 의존하고 있으며 그간 신호체계정비 등을 통해 취득한 기술이 업체별로 단품적으로 산재해 있는 실정이다.

현재 국내 철도노선에 설치되어 있는 신호시스템은 궤도회로를 사용하는 기존선의 자동열차정지장치(ATS: Automatic Train Stop), 고속선의 자동열차제어장치(ATC: Automatic Train Control)와 기존선 열차제어시스템 개량을 위해 설치된 자동열차방호장치(ATP: Automatic Train Protection)가 있다. 현재 운행중이거나 개통예정인 노선을 운영하는 기관의 협조를 통해서 조사한 결과, 철도를 건설하는 경우 ATC 및 ATP 등이 전체 사업비에서 차지하는 비율이 3% 정도였으나, 최근 건설되고 있는 용인경전철, 신분당선, 부산-김해경전철과 같이 무인자동운전(driverless)이 가능한 무선통신기반 열차제어시스템(CBTC: Communication Based Train Control)은 전체 사업비에서 차지하는 비율이 9%까지 상향 조정되었으며, 설계비용과 시스템엔지니어링 비용을 반영할 경우 10%수준을 상회할 것으로 예상되고 있다.

이 같은 변화에 대처하기 위하여 국가연구개발사업을 수행한 결과 무인자동운전이 가능한 열차제어시스템, 무선LAN 방식의 열차제어용 무선통신망 및 열차제어와 관련한 많은 핵심기술 등을 확보하였다. 그러나 영업노선에 적용하기 위해서는 국내 철도건설운영기관에서 요구하는 성능, 신뢰성 및 안전성 등을 보완하는 것이 필요한 상황이다.

현재 국내에 도입된 열차제어시스템은 자동제어기술, vital S/W기술, vital H/W기술, 유무선 정보통신기술, 안전성 중심의 시스템 엔지니어링기술 등으로 구성되며, 이러한 열차제어시스템의 상용화는 국내 철도산업 고도화, 국가 신성장동력산업 창출, 충분한 시장경쟁력 확보를 통한 철도신호산업의 선순환체계 구축, 국내 철도건설·운영기관의 경영개선 등을 기대할 수 있다.

따라서 본 연구는 열차제어시스템 관련 국내외 기술동향과 시장 분석, 타분야(도로, 항공, 항만 등) 신호 및 제어시스템 조사·분석, 연구개발을 위한 유관기관 의견수렴, 연구개발 대상분야 설정을 위한 조사·분석, 연구개발 대상분야 설정, 기술적, 경제적 타당성 검토 등을 통해 연구개발 대상분야의 최종목표 및 범위 설정, 연구목표 달성을 위한 추진전략 및 추진체계 수립, 소요예산 및 일정 계획 수립, 본 과제 공모를 위한 RFP를 도출하는데 그 목적이 있다.

가. 연구개발의 중요성

(1) 기술적 측면

열차제어시스템은 열차운행을 감시·통제하는 열차관제설비, 지상에서 열차의 운행에 필요한 제어정보를 생성하는 지상설비, 지상에서 전송된 정보를 통해 차량의 운행조건과 열차속도를 제어하는 차상설비 및 지상에서 차상으로 정보를 전송하는 유무선 열차제어통신망으로 구성되며, 철도 시스템을 구성하는 인프라설비, 서비스설비, 안전설비 및 차량 구성설비와 복합적인 인터페이스를 갖는다.

열차제어시스템은 기존선의 경우, 2004년부터 설치가 시작된 ATP시스템(ETCS Level 1)의 운행이 경부선, 호남선을 중심으로 구축되고 있으며, 고속선의 경우 ATC 시스템(TVM430, CTC, IXL)이 서울-동대구 구간에도 운영중이며, 동대구-부산 구간에 대한 개통작업이 현재 진행 중이며, 2010년 11월 개통될 예정이다. 도시철도의 경우에는 궤도회로를 사용한 다양한 해외 열차제어시스템이 운영됨으로서 기술개발 및 국산화율이 매우 낮은 상황이다. 또한 운영, 유지보수 측면에 있어서, 현재 국내에서 사용 중인 열차제어시스템은 하자보증기간 이후, 운영, 유지보수, 시스템 확장 등에

기술적 제약조건이 발생하는 경우, 국내에서 해결방안을 제시하는 것이 불가능한 상황이며, 또한 이러한 문제점의 해결은 국외 제작사에 의해 많은 시간과 비용이 요구되고 있다.

현재까지의 열차제어시스템 관련 R&D는 차량개발중심의 국가R&D사업을 지원하는 방향으로 실행되었으며, ‘자기부상열차실용화를 위한 차량모델개발’ 및 ‘도시철도 표준화 연구개발사업’이 있었으나, 현재까지 호남고속철도건설사업, 부산지하철3호선 건설사업, 인천공항철도, 도시형자기부상열차실용화 등 현재 추진중인 사업에 국내에서 개발한 열차제어시스템을 적용하지 못하고 있는 실정이다.

2002년부터 분당선에서 수행된 지능형 열차제어시스템(MBS)의 성능확인이 2008년에 성공적으로 완료됨으로서 국내에서 개발된 기술이 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템(CBTC)의 적용 가능성을 제시하였다. 또한 국내의 무선통신 및 IT 기반 기술이 이미 세계적인 수준으로 검증되었고, 현재 국외에서도 무선통신을 기반으로 하는 열차제어시스템이 시작 단계임을 고려한다면, 세계적으로 인정된 국내 IT 및 무선통신 기술을 접목한 열차제어시스템의 구현은 향후 철도산업을 고도화할 수 있는 핵심 요소로 부각된다.

특히 친환경 교통방식으로 철도가 부각되면서 급속한 도시철도용 철도시장의 확대, 경량전철, 수도권 노후신호설비 교체사업, 광역철도 건설사업, 기존선 고속화사업 및 해외 철도건설투자 확대 등 철도투자여건이 긍정적으로 변화하고 있는 현 시점을 고려한다면, 안전성, 신뢰성이 입증된 100% 국산화된 통합 철도시스템 공급과 관련 설비에 대한 운영 및 유지보수를 위해 국내에서 상용화할 수 있는 열차제어시스템을 확보하는 것이 매우 시급한 시점에 있다.

(2) 경제 · 산업적 측면

국내 도시철도는 1974년 서울지하철1호선의 개통과 함께 신속·안전·정확성 등의 서비스를 승객에게 제공하고 있으며, 수도권교통의 34.7%(수도권 교통본부, 2006 수도권가구통행실태조사)를 분담하고 있다. 그 결과, 선진국의 대도시 지하철분담률이 50~70%(서울특별시 교통백서, 1995)임을 감안할 때, 도시철도건설에 대한 지속적인 투자가 필요한 상황이며, 우선적으로 경량전철건설사업, 수도권광역철도건설사업 및 노후화된 철도설비(차량, 신호설비)의 교체·개량 등을 위한 지원이 계획되고 있다. 수도권광역교통망계획, 2020대구도시기본계획, 제1차 지방5대도시권광역교통5개년계획 및 서울특별시 교통정비중기계획, 서울특별시 10개년 도시철도 기본계획 등에 의하면 국내에서 시공하고 있는 노선과 계획 중인 경량전철사업은 아래의 표와 같다.

[표 1-1] 시공 및 계획 중인 경량전철 사업

구분	사업명(구간명)
시공 및 시운전중	용인경전철, 김해경전철, 의정부경전철, 대구지하철3호선, 서울경전철(우이~신설선), 월미은하레일, 부산지하철4호선
계획단계	부산초읍선, 광명경전철, 수원경전철, 울산경전철, 김포한강메트로, 서울경전철(동북선C, 면목선, 서부선, DMC경전철, 목동선, 신림선, 동북선A)

서울지하철 1, 3, 4호선, 코레일의 경수선, 경인선 및 부산지하철 1호선 등의 내용수명에 의하면, 고도의 안전성 확보를 위해서는 낙후된 철도신호설비의 교체가 시급한 것으로 예상되어 열차제어시스템의 상용화의 필요성과 당위성을 단적으로 보여준다.

[표 1-2] 지하철 별 내용수명(2005년 기준)

내구연한 (년)	서울메트로 (량)	서울도시철도공사 (량)	부산교통공사 (량)
1~5	90	-	80
6~10	60	727	396
11~15	734	834	84
16~20	544	-	84
21~25	516	-	132
25이상	-	-	-
폐차현황	153	3	-

참조 : 한국철도기술연구원, 도시철도차량 표준화유지발전 연구보고서, 2008)

해외철도시장도 연간 약 70조원, 성장률은 매년 약4~6% 수준으로 예상되며(이순철, 국내외 철도시장현황 및 마케팅 전략기반 연구, 2005), 석유에너지위기를 대비한 철도건설투자가 증대할 것으로 분석되고 있다.

또한 최근 들어와서 브라질, 미국, 아시아 및 중동지역에서도 고속철도 건설을 추진하고 있으며, 이러한 고속철도 건설을 추진하는 것은 저탄소·친환경 교통수단이지만 고속철 건설 시 경기부양과 그 파급효과가 크기 때문이며, 세계 고속철도 시장 규모가 향후 10년간 1,140조원의 규모에 이를 것으로 전망하고 있다(조선일보, 2010년 3월 25일). 이러한 측면에서의 국산화한 열차제어시스템의 상용화는 국가 신성장 동력을 창출할 수 있는 산업으로 매우 시급한 것으로 판단된다.



궤도회로 또는 발리스를 사용하는 기존의 열차제어시스템은 전술한 바와 같이 전체 철도 건설비에서 차지하는 규모가 3.3% 수준에 불과했지만, 현재 건설중이거나 개통을 준비하고 있는 경량전철의 무선통신기반 열차제어시스템이 차지하는 비율은 최소 6.2%에서 최대 9.4%로 급격히 증가함으로써 철도분야에서 열차제어시스템의 비중이 점진적으로 증가하는 추세에 있다. 이러한 현상은 철도시스템에서 차지하는 열차제어시스템의 비중은 자동화 수준, 무선통신기술 접목, IT 기술 활용에 의해서 결정되기 때문인 것으로 분석되며 향후에 이러한 기술이 차지하는 비율은 지속적으로 증가할 것으로 예상된다. 이러한 현상은 열차제어시스템으로 인한 국내 철도산업을 고도화하고, 국내 S/W산업, IT산업, 시스템엔지니어링 등 관련 분야의 기술을 선도하게 할 수 있을 뿐만 아니라 경제적 기술적 파급효과를 극대화할 수 있을 것으로 기대된다.

[표 1-3] 열차제어시스템의 사업비규모

구분	사업비 규모	시스템 구성	자동화수준
대전지하철 1호선	3.3[%]	SIEMENS사의 ATP	자동운전
의정부 경전철	8.0[%]	SIEMENS사의 VAL	무인자동운전
부산4호선	6.2[%]	일본 교산	무인자동운전
부산김해 경전철	9.4[%]	Thales사의 CBTC	무인자동운전
용인경전철	7.9[%]	BT사의 CBTC	무인자동운전
신분당선	7.6[%]	Thales사의 CBTC	무인자동운전

자료 : 대상노선 운영기관 내부자료

(3) 사회 · 문화적 측면

최근 고유가, 기후변화협약 등 각종 사회적 이슈가 세계적으로 부각되면서, 교통부문의 대응논리 개발도 급격하게 부각되고 있다. 이러한 맥락에서 볼 때 철도는 도로 교통수단에 비해 화물수송 기준으로 에너지 효율성은 14배 이상 높으며, CO₂ 배출량은 8% 수준에 불과해 고에너지효율·저탄소 교통수단으로서 부상되고 있어, 향후 국가비전으로 제시한 저탄소 녹색성장의 주 교통수단으로 기대된다. 또한, 국가 온실가스 감축목표가 향후 2020년까지 30%인 점을 감안한다면 철도는 물류분야에서 선도적인 역할을 할 것으로 기대된다. 특히 열차제어시스템은 컴퓨터기술, 소프트웨어기술 및 무선통신기술 등을 적용하여 높은 성능과 효율성을 확보하고 있으나, 열차운행의 안전성을 보장하는 필수설비이기 때문에 유럽은 Railway Safety Directive 등을 통해서 Vital Technology와 시스템에 대한 안전성 보장을 위한 조치를 정책적으로 요구하고 있다.

국내에서도 최근 철도안전법을 토대로 안전성 조치에 필요한 각종 법제도적 기준과 장치 등을 마련하여 철도 선진국의 기술 수준에 부합하도록 정부 차원의 철도 정책에 비취볼 때 안전성과 신뢰성 기반의 열차제어시스템 개발 및 상용화는 미래의 철도 선진국 진입과 교통부문의 녹색성장에 지대하게 기여할 것으로 기대된다.

2. 연구내용 및 범위

본 연구는 철도 열차제어시스템의 상용화를 위한 기획과제로 구체적인 연구내용 및 범위는 다음과 같다.

[표 1-4] 연구내용 및 범위

연구목표	연구내용	연구범위
신호 및 열차제어 시스템 관련 국내외 기술동향과 시장분석	<ul style="list-style-type: none"> · 관련 기관·기업의 기술개발 및 상용화 현황(실적, 진행중, 계획), 기술수준 	<ul style="list-style-type: none"> · 국내 철도신호기업의 기술개발 및 상용화 현황 · 국내 철도건설운영기관의 기술개발 및 상용화 현황 · 개발기술 및 상용화기술의 기술수준
	<ul style="list-style-type: none"> · 국내 운영노선 적용 현황 	<ul style="list-style-type: none"> · 현재 운행중인 철도의 열차제어시스템 · 향후 개통예정인 철도의 열차제어시스템
	<ul style="list-style-type: none"> · 기존 연구개발 현황 · 국내외 기술개발 동향 	<ul style="list-style-type: none"> · 국내 철도신호관련 R&D 프로젝트(민간 R&D 포함)

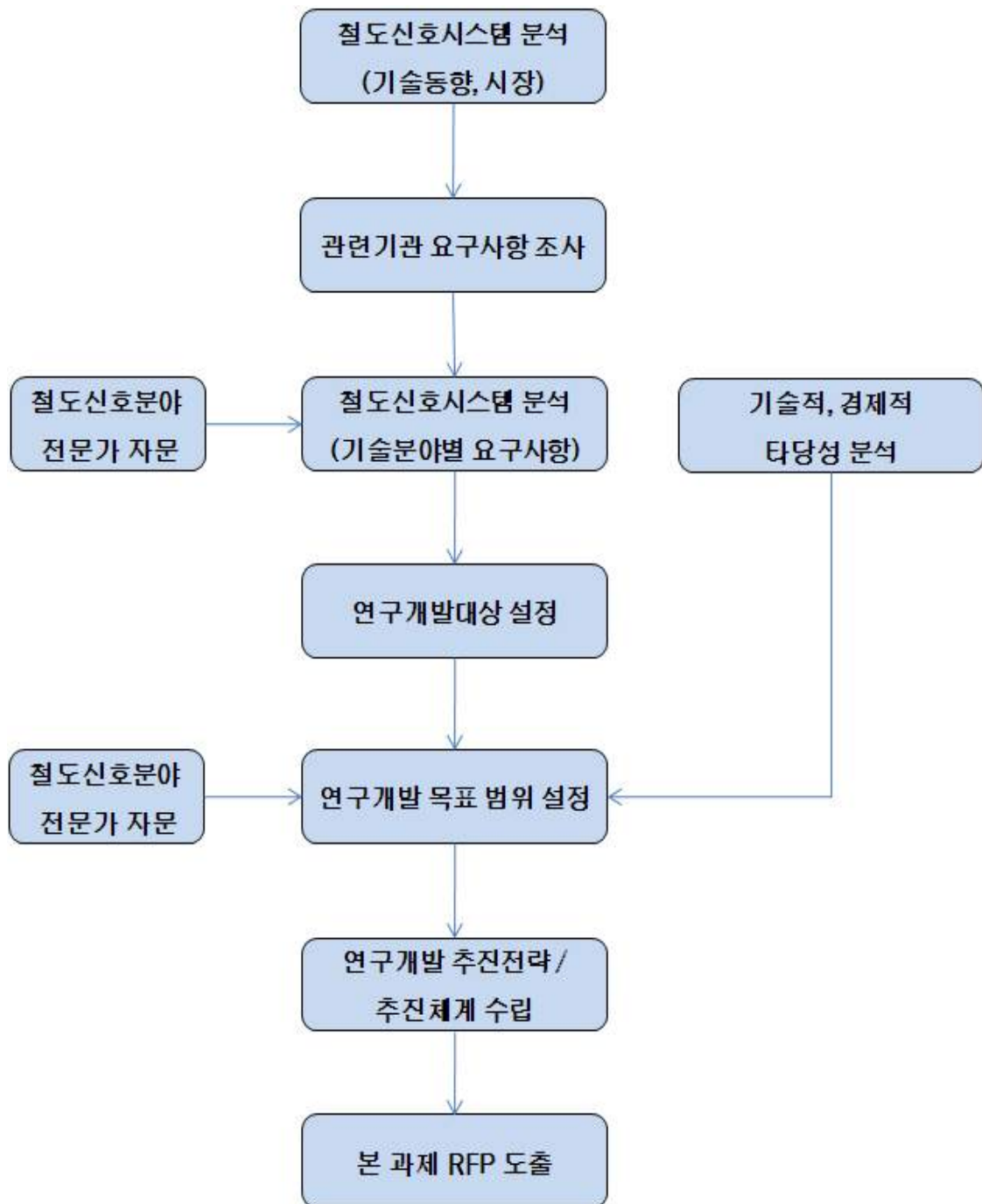
연구목표	연구내용	연구범위
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 국내 열차제어시스템의 상용화 현황 ▪ 국내외 시장 현황 및 전망 (시기, 물량 등) ▪ 해외 실용화/상용화 추진체계 및 사례 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 국내 철도운영기관의 개발지원정책 ▪ 미국, 유럽 및 중국 등의 관련 프로젝트 ▪ 국내 철도건설사업 또는 신호개량사업에 적용된 국내 신호기술 및 사업추진방식 ▪ 국내외 신호기업의 프로젝트 및 열차제어시스템 ▪ 국내외 철도시장예측기관의 철도시장전망 및 정부의 중장기 철도건설계획관련 자료 조사/분석 ▪ 국제 표준화기구의 표준화활동 ▪ 국내외 신호시장 현황 및 전망 ▪ 유럽의 열차제어시스템 구축전략 및 추진 실적 ▪ 북미 NYCT 및 기타지역의 열차제어시스템 구축전략 및 추진실적
타분야 (도로, 항공, 항만 등) 신호 및 제어시스템 조사·분석	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 타분야(도로, 항공, 항만 등) 신호 및 제어 시스템의 기술 개발현황, 수준 및 동향 ▪ 타분야(도로, 항공, 항만 등) 신호 및 제어 시스템간 연계개발(활용) 분야 및 통합 가능성 조사 분석 ▪ 타분야(도로, 항공, 항만 등) 신호 및 제어 시스템간 연계개발 전략계획 수립 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 국내에서 운영되고 있거나 또는 운영계획인 기술 ▪ 해외에서 진행되고 있는 관련 기술 ▪ 분야별 특성 ▪ 통합 가능성 ▪ 연계개발을 위한 단계별 시스템 응용 방안 ▪ 기본방안
연구개발을 위한 유관기관의견수렴	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 국내 열차제어시스템 상용화/운영상 애로사항 ▪ 열차제어시스템 관련 기관의 정책 및 기술분야의 요구사항 ▪ 기타건의사항 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 경량전철, 도시철도, 자기부상철도, 고속철도 및 기존선의 열차제어시스템 상용화 추진시 요구사항 및 문제점 <ul style="list-style-type: none"> - 법령, 예산, 기술, 운영, 유지보수 등 ▪ 관련기관에 대한 설문조사/분석 <ul style="list-style-type: none"> - 대상 : 철도건설 및 운영기관, 철도관련 유관기관, 철도관련기업, 철도관련연구기관(대학, 연구원) ▪ 기타건의사항 수렴
연구개발 대상분야 설정을 위한 조사·분석	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 신호기술분야별 조사·분석 <ul style="list-style-type: none"> -HW/SW 기술개발 분야 -시스템별 표준화 분야(필요성, 범위, 방향 등) -시스템별 성능검증 및 개선을 위한 테스트베드 지원 분야 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 국내 철도신호기업이 개발확보중인 열차제어시스템의 서브시스템(ATS, ATP, ATO 등)별 하드웨어(성능시험결과, SIL(Safety Integrity Level)적용 및 RAMS활동 유무) ▪ 국내 철도신호기업이 개발확보중인 열차제어시스템의 서브시스템(ATS, ATP, ATO

연구목표	연구내용	연구범위
	<ul style="list-style-type: none"> -철도전용주파수 확보 분야(필요성, 최적안 제시 등) -신뢰성 인증체계 분야 -기타 상용화를 위해 필요한 분야 	<ul style="list-style-type: none"> 등)별 소프트웨어(성능시험결과, SIL적용 및 RAMS활동 유무) ▪ 표준화의 필요성, 방향 및 범위 ▪ 철도전용주파수 확보 방안 -소요 주파수대역, 채널 수, 통신망 구축방안 ▪ 신뢰성 인증을 위한 체계구축 분야 -신뢰성 인증의 필요성, 내용, 범위 -국내외 법령, 사례 조사 등 ▪ 기타 상용화를 위해 필요한 분야 조사 분석
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 종합평가 	
연구개발 대상분야 설정	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 연구개발 필요성, 목표 및 범위 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 연구개발대상분야 설정의 필요성, 목표 및 범위 ▪ 종합평가
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 연구개발 중복성 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 철도신호관련 국가연구개발사업(중복성)
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 기존 연구개발 결과/시설/장비의 활용성 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 기존 성과물의 활용 가능성, 방안 및 연계성(활용성)
기술적, 경제적 타당성 검토	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 국내 관련 기관·기업의 현 기술수준 및 기술 보완사항 ▪ 기술적 문제 해결 가능성 및 해결 방안 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 분야별 국내 연구개발역량 -확보기술현황 및 수준, 연구개발인력 ▪ 산학연 협력체계 구축방안 ▪ 해외전문가 활용방안
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 기술적, 경제적 파급효과 및 근거 제시 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 국내 및 해외 철도시장(향후 25년간) ▪ 다양한 점유율을 대상으로 시뮬레이션 ▪ 국내신호기업에 미치는 긍정적인 효과
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 기타 개발에 필요한 요구사항 검토 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 기타 필요 요구사항 검토
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 종합평가 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 종합평가
연구개발 대상분야의 최종목표 및 범위 설정	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 대상분야의 최종 목표 및 범위 ▪ 최종 및 연차별 성과물 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 최종목표 및 범위 설정 ▪ 연차별 성과물 및 최종성과물 설정
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 최종 및 연차별 연구목표 달성 여부를 평가할 수 있는 정량적, 정성적 성과목표, 성과지표, 측정방법 및 선정근거 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 정량적, 정성적 성과목표 및 성과지표 ▪ 성과목표 및 성과지표 측정방법 및 근거
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 연구개발 성과물의 적용 대상 및 방안 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 정부의 철도교통 투자계획(적용대상 및 방안)
연구목표 달성을 위한 추진전략 및 추진체계	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 연구개발 시나리오 제시 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 정부의 지원정책, 신호기업의 중장기전략 ▪ 철도신호전문가 및 정책담당자와의 협의를 통해서 최적의 시나리오 및 전략 선정
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 세부과제 구성, 컨소시엄 구성 및 인력·인프라 활용 등 추진 체계 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 연구개발추진체계 -세부과제체계, 개발컨소시엄구성, -각 기관별 참여연구인력 및 인프라 등 제시

연구목표	연구내용	연구범위
수립	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 기술 확보 전략 제시(선도기관과의 공동연구, 전문가 활용계획 포함) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 미확보기술 개발 및 기존 기술의 고도화 방안
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 구체적인 실용화 방안과 운영 관리 등 사후연계 방안 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 적용 가능한 상용화 대상노선 선정 및 설치방안
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 소요예산 및 연구개발일정 수립 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ 연구내용 및 세부과제 구성에 따라 소요예산 및 연구일정 수립
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 연구개발과제 RFP 작성 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ 설정된 연구목표와 내용, 추진전략을 바탕으로 본과제를 공모하기 위한 RFP 작성 및 평가기준 설정

제2절 연구수행 FLOW

본 연구 수행을 위한 FLOW는 다음과 같다.



(그림 1-2) 연구수행 FLOW

제2장

신호 및 열차제어시스템 관련 국내외 기술동향 및 시장분석

제1절 국내외 관련정책

제2절 관련 기관의 기술개발 및 상용화 현황과 기술수준 분석

제3절 국내 신호시스템 운영 현황 조사 분석

제4절 국내외 신호시스템 개발 현황 조사 분석

제5절 국내 신호시스템 상용화 현황 조사 분석

제6절 국내외 신호시스템 시장조사 분석

제7절 해외 실용화 사례 분석

제8절 분야별 기술특성 분석 및 철도와의 연계성분석

제2장 신호 및 열차제어시스템 관련 국내외 기술동향 및 시장분석

제1절 국내외 관련 정책

1. 국내 철도정책

국내 총산업부문 중 온실가스 배출량의 16.7%를 차지하는 교통부분에 있어서 저탄소 녹색성장이란 국정 목표하에 철도 부문의 정책방향은 다음과 같다.

- 국가교통망을 도로교통에서 철도교통으로 전환
- 거점지역 간에 건설하는 철도를 고속화하는 방향으로 투자를 확대(2009년 20.3%에서 2020년 50% 수준으로 확대)
- ‘국가철도망구축계획’, ‘국가기간교통망계획’을 전면적으로 개편(철도여객수송분담률을 2020년에 30% 수준으로 제고)

이에 대한 구체적 중점추진과제로는 철도인프라확충, 철도기술개발과 해외진출, 철도의 경쟁력 기반강화 등이며, 그 내용을 보면 다음과 같다.

- 녹색교통을 구현하는 철도 인프라 확충

경부고속철도 2단계 사업의 조속한 완공 및 호남고속철도의 건설, 수도권 병목 구간을 개선하여 전반적인 용량을 향상하기 위한 수도권 고속철도를 신설한다. 또한 현재 광역철도망 및 도시철도망을 확충하여 급행 중심의 광역철도 서비스를 확대하여 저비용 고효율의 철도 물류 인프라 확충 및 활성화 기반을 시급히 조성한다.

- 첨단 철도기술 개발과 해외진출 활성화

대표적인 첨단 철도기술로는 철도차량기술 개발, 철도신호·궤도기술 선진화 추진 및 Web기반 철도산업정보센터 구축, 철도산업복합연구단지 등의 조성을 추진하며, 개발된 기술을 상용화하여 해외 철도시장으로의 진출을 지원하기 위한 민관합동 추진체계를 구성한다.

- 철도산업 경쟁력 강화기반 구축

철도산업 전반의 경쟁력 강화를 위해서는 철도 공사의 선진화, 역무·시설 자동화를 통한 인력효율화 지원 등이 필요하며, 이를 위해 철도산업기본법을 산업육성과 지원체계 중심으로 개정하여 철도건설과 운영과정에 민간투자를 활성화할 수 있는 기반을 조성해야 한다.

2. 해외의 신호시스템 도입 정책

가. 유럽 및 미국

철도 선진화를 이룩한 국가군으로는 유럽연합, 일본, 미국 등이 선도적 역할을 해왔으며, 최근에는 중국이 철도선진화에 총력을 기울이고 있는 실정이며 이들 국가군의 철도 부문 정책사를 보면 다음과 같다. 우선 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 유럽내에 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

- 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
- 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 Safety분야
- 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

또한 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 2008을 의결하였다. PTC시스템을 적용한 목적은 열차간 충돌사고 방지, 열차 속도감시강화, 열차과속에 의한 탈선사고 방지, 선로작업자 및 시설물 보호 등이다. 2008년 9월 로스엔젤레스에서 발생한 열차사고를 조사한 결과, PTC시스템을 적용한 경우 사고발생을 방지하였거나 최소화하였을 것으로 분석되었다. 열차는 GPS 또는 트랜스폰더를 이용하여 열차위치를 확인하고, 열차이동권한이 설정된 위치까지 주행을 하며, 열차의 현재상태, 열차의 속도 및 이동권한위치를 감시한다. 열차속도와 열차이동권한은 열차의 속도곡선과 열차의 제동곡선을 비교하여 비교된 값을 토대로 열차가 허용속도이하로 내려가지 않거나 제동력이 부족하여 정지위치에 정차하지 못할 경우 PTC시스템이 작동하도록 되어 있다.

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

송밀도는 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 전철화를 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

제2절 관련 기관의 기술개발 및 상용화 현황과 기술수준 분석

1. 국내 철도신호시스템의 기술수준 및 상용화

최근에 설치중이거나 도입계획인 대부분의 신호시스템은 차상신호방식이며, 운영 중인 노선을 연장하거나 신조차량 투입 등 특수한 경우에 한해서 차상신호방식인 ATC/ATO를 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 높으며, 운영중이거나 도입 검토 중인 신호시스템은 다음과 같다.

[표 2-1] 현재 운영 중 또는 도입 검토 중인 신호시스템

시스템 분류		현재 또는 향후 검토 중인 시스템		비고
		단기	중장기	
지상신호방식		-	-	궤도회로
차상신호 (고정폐색)	속도코드 (ATC)	2 (개량시)	1	궤도회로
	DTG (ATP)	1 (노선연장)	2	발리스
	DTG (ATP)	1	3 (150km/h이상 노선)	가상폐색 무선통신
차상신호 (이동폐색)	ATP	4	7	무폐색 무선통신

국내 철도신호기업과 철도운영기관을 대상으로 한 조사에서 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 각 단계별로 조사한 결과는 다음과 같다.

[표 2-2] 철도건설운영기관 대상 국내철도신호기업 신호시스템 별 기술수준

기술분류	기술수준				
	현장적용	현장시험	실험실	기초설계	기술조사
시스템엔지니어링	5개 기관	2개 기관	1개 기관	3개 기관	-
사령관제(ATS)분야	9개 기관	2개 기관	-	-	-
속도코드방식의 ATC	8개 기관	2개 기관	-	-	1개 기관
DTG방식의 ATP	1개 기관	1개 기관	8개 기관	-	1개 기관
이동폐색방식의 ATP	-	1개 기관	5개 기관	4개 기관	1개 기관
열차진로제어분야	5개 기관	4개 기관	-	2개 기관	-
유무선통신분야	3개 기관	7개 기관	-	1개 기관	-

자료 : 운영기관 및 대상기업 조사자료(2010년 7월 현재)

국내 철도신호기업은 국가연구개발사업, 시범연구사업 및 자체개발을 통하여 철도 신호관련기술을 개발하였으며, 기업의 설문조사 등 협조를 받아 개발한 신호시스템 별 기술수준을 TRL(Technology Readiness Level)을 적용하여 등급화하였다.

[표 2-3] 기술 수준 등급

등급 (Level)	정의	내용
1	관찰된 혹은 보고된 기초원리	과학적인 연구가 응용기술개발로 발전되기 시작함 기술의 기본적 특성에 대한 논문 연구
2	형성된 기술개념과 응용	개발시작 기본원리탐색 후 실용적 응용개발 가능. 추론이므로 증명 또는 가정을 뒷받침하는 상세한 해석이 없을 수 있음.
3	분석 또는 실험적인 핵심기능/특성 증명	기술개발 착수 해석적인 연구 또는 실험이 개별기술의 이론적 가정에 대한 유효성을 제시함. 통합적이거나 대표적인 사례는 없음.
4	실험실 환경에서 구성요소나 전체 확인	개별기술의 통합 최종목표와 비교할 때 다소 떨어지는 성능의 기술. 실험실 환경에서의 시작품개발 완료

등급 (Level)	정의	내용
5	적절한 환경에서 구성요소나 전체확인	시작품 기술성능의 향상 기술구성항목을 합리적, 현실적으로 뒷받침하는 요소기술의 통합으로서, 모사 환경에서 시험완료
6	적절한 환경에서 시스템/하부시스템 모형이나 시작품 데모	주요 성능평가에 적절한 환경에서의 시작품 성능검증의 진일보. 고정밀 실험실 환경 또는 유 사 환경에서의 시작품시험 완료
7	실제환경에서 시스템 시작품 데모	실제 환경 또는 이와 근접한 환경에서의 시작품 항공기, 자동차 또는 우주환경과 같은 실제 환경 에서 시작품의 성능검증을 함으로써 Leve6에서 진일보함.
8	실제시스템 완료 및 시험데모를 통한 가능성 인증	최종 시제품으로서 기술검증 완료 대부분의 조건에서 실제 시스템 개발의 완료
9	성공적인 작동을 통한 양산	최종제품으로써 실제 적용 및 임무 수행 시운전 및 평가

TRL기준을 적용한 국내 DTG방식의 ATP의 TRL수준보다 이동폐색방식의 ATP의 TRL이 높는데, 이는 가상폐색을 적용한 ATP를 이동폐색방식의 ATP로 간주하고 설문에 응한 결과로 풀이되어 DTG방식의 ATP와 이동폐색방식의 ATP부분의 기술수준을 보다 상세히 구분하여 조사한 결과 다음을 확인하였다.

- 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 이르고 있음.

[표 2-4] 국내 신호시스템 상용화 내용 및 기술수준

분류			상용화 내용	기술수준 (TRL level)
I	II	III		
지상 설비	사령설비	고정폐색	통합관제실 예비관제실	9
		이동폐색	분당선 시범사업 경산시험선	7
	ATC (속도코드)	열차검지(궤도회로) 열차검지·속도코드 송수신장치	서울3호선 고속철도 ATC	9
		ATO역컴퓨터	대전과학관	7
	ATP (Distance to Go)	열차검지(궤도회로) 열차검지·속도코드 송수신장치 무전원지상자/유전원지상자	자기부상열차 차세대고속철도(통합 형 차상신호장치)	7
		ATP역컴퓨터	실험실 단계	5
	ATP (이동폐색)	무선통신장치(안테나, radio set) 무전원지상자	분당선 시범사업 대전과학관	7
		지상ATP컴퓨터 역ATO컴퓨터 무선통신망관리컴퓨터	경산시험선(시뮬레이터) 대전과학관 분당선 시범사업	7
	연동장치	고정폐색	간선철도용	9
		이동폐색	월미도 모노레일 경산시험선	7
차상 설비	ATC (속도코드)	차상ATC컴퓨터 차상ATC용 송수신장치	광주1호선, 서울3호선 부산3호선	9
		차상ATO컴퓨터 차상ATO용 송수신장치	광주1호선, 부산3호선	9
	ATP (Distance to Go)	차상ATP컴퓨터	실험실단계	5
		차상ATO컴퓨터	실험실단계	5
	ATP (이동폐색)	차상ATP컴퓨터, ADU	경산시험선	7
		무선통신장치(안테나, radio set)	분당선 시범사업 대전과학관	7
차상ATO컴퓨터 차상ATO용 송수신장치		경산시험선 대전과학관	7	

[표 2-5] DTG 및 이동폐색의 ATP/ATO분야의 기술수준

			기술수준(TRL)								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
Train location/speed determination		Distance to go	-	-	-	1	-	1	1	1	1
		Moving block	1	3	-	1	2	-	-	-	-
Safe train separation	Movement authority	Distance to go	-	2	-	2	-	-	-	1	
		Moving block	1	3	-	1	2	-	-	-	-
	Train protection profile or speed profile	Distance to go	-	1	-	2	-	-	1	1	1
		Moving block	1	3	-	1	1	-	-	-	-
	Supervise train speed or overspeed protection	Distance to go	-	1	-	2	-	-	1	1	1
		Moving block	1	3	-	1	1	-	1	-	-
Ensure safe starting conditions		Distance to go	-	1	-	1	-	1	1	1	1
		Moving block	1	3	-	1	1	-	1	-	-
Change driving mode & operation mode		Distance to go	-	1	-	1	-	1	1	1	1
		Moving block	1	3	-	1	1	-	1	-	-
Train integrity			-	-	-	-	1	1	-	1	1
Control acceleration & braking	Train operation profile or ATO profile	Distance to go	-	-	-	1	-	1	1	1	1
		Moving block	2	2	-	1	1	-	1	-	-
	Automatic speed regulation	Distance to go	-	1	-	1	-	1	1	1	1
		Moving block	2	2	-	1	1	-	1	-	-
	Precision stop in station	Distance to go	-	1	1	1	-	1	-	1	1
		Moving block	2	2	-	1	1	-	1	-	-

2. 검토내용 및 시사점

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 무인 자동운전을 대상으로 국산 사령설비의 적용 가능성은 있으나, 대부분의 해외신호시스템을 도입·의존하고 있기 때문에 독자적으로 적용할 수 있는 기회가 주어지지 않고 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 ATO를 사용한다. 고속선 ATC의 경우, 현재 추진 중인 고속철도 기술개발사업을 통해 ATC의 핵심기술인 폐색분할 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 조사되었다.

DTG방식의 ATP 시스템은 현재 한국철도공사에서 2004년부터 도입, 설치를 추진 중이며, 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 확인되었다.

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 있어 관련 기술에 대한 정확한 평가가 요구되고 있는 실정이다.

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 추진되었고, 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 자체기술보유를 의미한다고 하겠다.

결론적으로, 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 선행 되어야 할 것으로 사료된다.

제3절 국내 신호시스템 운영 현황 조사 분석

1. 국내 신호시스템 구축현황

2000년대 이후 국내 신설철도노선과 개량철도노선에 구축되어 운영중인 신호시스템 현황을 조사하였다.

가. 경량전철

우리나라는 1990년대부터 지자체별로 경량전철건설을 계획하였으며, 현재 개통예정이거나 건설중인 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.

[표 2-6] 경량전철 도입 시스템

노선명	열차간격제어방식				제작사(공급사)		비고
	고정폐색방식			이동폐색방식 (RF통신)	지상설비	차상장치	
	궤도회로	발리스 (루프)	가상폐색 (RF통신)				
용인에버랜드	-	-	-	ATP/ATO	Bombardier	Bombardier	2010년 개통
의정부	-	ATP/ATO	-	-	Siemens	Siemens	-
부산-김해	-	-	ATP/ATO	-	Thales	Thales	-
우이-신설선	ATC/ATO	-	-	-	Ansaldo	Ansaldo	-
대구3호선	ATC/ATO	-	-	-	Hitachi	Hitachi	-
인천2호선	-	-	-	ATP/ATO	Thales	Thales	설계중 (미확정)

나. 광역도시철도

1990년대 이후 개통예정이거나 건설중인 도시철도 및 광역철도를 대상으로 구축된 신호시스템현황 조사결과는 다음과 같다. 노선별 다소 차이는 있으나, 발리스와 궤도회로를 사용한 ATP/ATO가 주류를 이루고 있으나, 최근 신분당선의 경우 경전철과 같은 맥락에서 외국에서 도입한 무선통신기반의 열차제어시스템을 적용하였다.

[표 2-7] 광역도시철도 도입 시스템

노선명	열차간격제어방식				제작사(공급사)		비고
	고정폐색방식			이동폐색방식 (RF통신)	지상설비	차상장치	
	궤도회로	발리스 (루프)	가상폐색 (RF통신)				
광주지하철	ATC/ATO	-	-	-	교산	교산	2004년 개통
대구2호선	-	ATP/ATO	-	-	Alstom	Alstom	2005년 개통
대전지하철	-	ATP/ATO	-	-	Siemens	Siemens	2006년 구축
인천공항철도	-	ATP/ATO	-	-	Alstom	Alstom	2007년 개통
서울2호선	-	ATP/ATO	-	-	Siemens	Siemens	2008년 구축
서울9호선	-	ATP/ATO	-	-	Alstom	Alstom	2009년 개통
신분당선	-	-	-	ATP/ATO	Thales	Thales	2011년 개통
소사-원시선	-	-	ATP/ATO	-	-	-	선정중 (미확정)
망우-평내 (경춘선)	-	ATP	-	-	Thales	Thales	2011년 12월

다. 일반철도

1990년대 이후 개통예정이거나 건설중인 일반철도를 대상으로 구축된 신호시스템 현황 조사결과는 다음과 같다. 일반철도의 경우 발리스와 궤도회로방식의 ATP를 도입하고 있으며, ATO기능은 적용하지 않고 있다.

[표 2-8] 일반철도 도입 시스템

노선명	열차간격제어방식				제작사(공급사)		비고
	고정폐색방식			이동폐색방식 (RF통신)	지상설비	차상장치	
	궤도회로	발리스 (루프)	가상폐색 (RF통신)				
경부선	-	ATP	-	-	Bombardier	Bombardier	2009년 구축
호남선	-	ATP	-	-	Bombardier	Bombardier	2009년 구축
경춘선	-	ATP	-	-	Thales	Thales	2011년 12월
전라선	-	ATP	-	-	-	-	설계중

2. 검토내용 및 시사점

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 제시함으로써 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 신호시스템으로 부상되고 있으며, 각각의 제작사간의 상호호환성을 위한 연구, 개발이 조만간 추진될 것으로 조사되었다.

국내 신호시스템 운영현황은 대부분 국외 시스템을 도입하여 설치·운영함으로써 각각의 노선에 따라 모두 상이하게 기술적 특성이 주어졌고, 운영 및 유지보수 측면에서 각각의 노선별로 기술적인 호환 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 어려운 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 조속한 시일내에 추진되어야 할 것으로 판단된다.

제4절 국내외 신호시스템 개발 현황 조사 분석

1. 개요

국내 철도신호는 G7고속철도기술개발사업, 도시철도표준사업, 경량전철시스템개발사업, 자기부상철도기술개발사업 등 국가의 연구개발사업을 수행하면서 관련 핵심기술과 시스템엔지니어링기술을 확보하고 있다. 이러한 기술을 철도관제설비, 사령설비, 전자연동장치 등을 개발하고 실제 적용하는데 활용하고 있으나 ATP 등 핵심기술은 해외철도신호기업의 제품을 도입하거나 기술협력을 하고 있는 상황이다. 최근 해외 철도신호기업은 무선통신기술을 열차제어기술에 적용한 새로운 열차제어시스템을 개발하여 실용화하고 있는 추세이다. 대표적인 신호시스템은 ETCS, CBTC, ATACS (Advanced Train Administrations and Communication System), CTCS(Chinese Train Control System) 등이 있다. 최근 중국의 경우, 급격한 경제발전과 함께 철도 중심정책에 심혈을 기울이고 있으며, 이는 국제철도시장에 상당한 영향력을 미치고 있을 뿐만 아니라 중국이 수행하고 있는 CTCS프로젝트는 국내외의 많은 관심의 대상이 되고 있다.

2. 국가연구개발사업 및 시범사업 현황

1995년 이후 국내에서 추진되었던 신호시스템 개발 또는 시스템 도입 타당성 연구와 관련하여 진행된 과제는 다양하며 그간 수행된 철도관련 국가연구개발사업현황은 다음과 같다.

[표 2-9] 국토해양부의 국가연구개발사업 및 시범사업 현황

사업(과제)명	수행내용	
	기간 및 주관기관	내용
도시철도차량 표준화·국산화	-기간 : 1995. 8 ~ 2001. 12 -주관 : ROTEM	-개발내용 · 시험선 운영을 위한 신호시스템(ATC) 차상장치 개발 · 시험선 자동운전을 위한 자동열차운전장치(ATO) 개발 · 열차내 전장품을 제어하는 종합제어장치(TCMS) 개발
도시철도표준화	-기간 : 2001. 1 ~ 2006.12	-개발내용

사업(과제)명	수행내용	
	기간 및 주관기관	내 용
연구개발사업 (도시철도 신호시스템 표준화 연구)	-주관 : ROTEM	·표준사양을 확인하기위한 열차제어시스템 차상핵심장치 개발 및 MBS사업에 적용하여 시험 -개발결과 ·도시철도 시설물 표준규격, 성능시험기준 및 안전기준 고시
경량전철시스템 기술개발사업 (경량전철 신호제어시스템 기술개발)	-기간 : 1999. 1 ~ 2005.12 -주관 : 철도연 + 포스콘	-개발내용 ·무인자동운전이 가능한 열차제어시스템 기술개발 ·2.4[GHz]를 사용하는 무선LAN 통신방식을 적용하여 열차위치추적, 열차속도 제어 및 열차진로제어 수행
고속철도 자동열차제어장치 기술개발	-기간 : 1999.10 ~ 2001. 9 -주관 : LS산전	-개발내용 ·고속철도용 자동열차제어장치(AF궤도회로, 차상장치) 개발 -개발결과 ·G7고속차량에 차상장치 설치 및 현장(오송기지) 시험완료
고속철도 열차제어시스템 안정화 기술개발	-기간 : 2002.12 ~ 2007.10 -주관 : LS산전	-개발내용 ·열차제어시스템안정화 및 RAMS검증
차세대 고속철도 기술개발사업 (통합차상신호시스템개발)	-기간 : 2007. 7 ~ 2013. 7 -주관 : LS산전	-개발내용 ·경부고속철도의 지상신호를 수신하여 처리하는 호환성을 갖는 차상신호장치 개발(ATS/ATC/ATP통합) ·최고시속 400[km/h]의 열차주행속도 제어 ·운전자 정보표시장치 개발

[표 2-10] 타부처의 국가연구개발사업 및 시범사업 현황

사업(과제)명	수행내용	
	기간 및 주관기관	내 용
도시형 자기부상열차 개발사업 1단계 (과학기술부)	-기간 : 1989.12 ~ 1993. 7 -주관 : 해사연구소+ 전기연구소	-개발내용 · 기본개념 정립 · 축소형 및 실차형 부상추진 시스템 · 100m 시험선로, 대차개발 · 소형 시작모델 개발
도시형 자기부상열차	-기간 : 1994. 5 ~ 1998. 8	-개발내용

사업(과제)명	수행내용	
	기간 및 주관기관	내 용
개발사업 2단계 (과학기술부)	-주관 : 한국기계연구원	· 한국기계연구원에 시험선 구축 · 2량 1편성 시제차량 개발 · 일본 HSST의 패턴벨트방식을 적용하여 열차속도 및 위치를 추적하는 기술개발
도시형 자기부상열차 개발사업 3단계 (과학기술부)	-기간 : 1998.11 ~ 1999. 8 -주관 : 한국기계연구원	-개발내용 · 실용화 연구 · 무인자동운전시스템 개발 · 고속분기기개발 · 기술개선 및 성능 향상
중기거점기술개발사업 (자기부상열차실용화 를 위한 차량모델개발) (산업자원부)	-기간 : 2003.10 ~ 2006. 9 -주관 : ROTEM	-개발내용 · 실용화 수준의 무인자동 자기부상열차 신호시스템 개발 · 차상과 지상간 정보전송을 위해서 무선LAN 개발 -개발결과 · 대전 국립과학관 자기부상철도에 적용
지능형 열차제어시스템 (MBS) 시범구축 (한국철도공사)	-기간 : 2002.12 ~ 2007.10 -주관 : 삼성SDS	-사업내용 · 새로운 신호시스템의 광역철도망 도입 타당성 검증을 위해서 Thales사의 CBTC시스템 도입하여 분당선에 설치 · 지상과 차상간 정보전송장치인 무선 LAN을 국산화함.

3. 도시철도표준화 연구개발사업(도시철도 신호시스템 표준화 연구)

가. 사업 개요

- 사업기간 : 2001.1 ~ 2006.12.
- 발주처 : 국토해양부
- 주관기관 : 한국철도기술연구원
- 사업의 범위

신호시스템 중 차상핵심장치를 개발하여 시험하였으며, 도시철도 신호시스템 표준 사양을 작성 및 제시

- 사업목적

도시철도 신호시스템 표준사양의 작성을 목표로 하였고, 또한 표준사양의 검증을 위해 신호시스템 차상핵심장치 시제품의 제작 및 시험평가 수행

- 주요 특이사항

표준사양 작성이 본 사업의 주요 목표였으며, 표준사양의 검증을 위해 신호시스템 차상핵심장치를 개발하였다. 따라서 본 사업에서의 시스템 개발은 차상의 일부 핵심장치 개발로 국한되었으며, 신호시스템을 구성하는 지상설비 및 통신부분은 개발범위 밖으로 조사되었다.

따라서 본 사업을 통해 개발한 차상의 핵심장치는 분당선의 '지능형 열차제어시스템 시범구축 사업'의 차상설비와 기능 및 구조가 동일한 시스템이다.

나. 시스템 구성

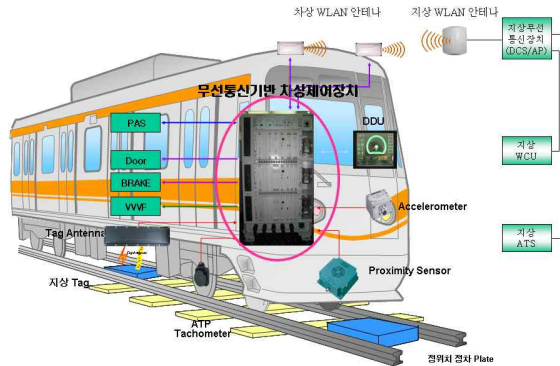
개발시스템은 무선통신기반 신호시스템(CBTC) 중 차상핵심장치만을 범위로 개발하였으며, 무선통신기반(무선랜 기반) 열차자동방호(CBATP: Communication Based ATP)장치와 무선통신기반(무선랜 기반)열차자동운전(CBATO : Communication Based ATO)장치, 그리고 차상과 지상간의 인터페이스를 위한 차상무선통신(WLC: Wireless LAN Communication) 장치로 구성되어 있다.

주변장치로서는 승무원에게 전동차의 실제 주행 속도 및 지상신호설비로부터 수신된 제한속도 정보를 현시하는 운전자표시장치(DDU:Driver Display Unit), 지상 Tag ID 정보를 수신하는 Tag Reader 및 Tag Antenna, 레일 사이에 설치된 정위치 정차용 지상 근접 Plate를 검출하는데 사용되는 정위치 근접센서, CBATP 열차속도를 생성하는 CBATP Tachometer 및 운전모드를 선택하는 운전모드 선택스위치로 구분된다. 통신기반 차상 신호장치가 차량에 탑재되어 기능을 구현하기 위해서는 CBATP 장치, CBATO장치, WLC장치, Tag Reader, Mechanism Rack, Vital B1 Relay, ACM(Accelerometer), Power Supply, Main Power Switch, Test Switch, I/O Connector 을 포함하여 DDU장치, W-LAN 안테나, 정위치 정차용 근접센서, Tag 안테나, CBATP Tachometer, 운전모드 선택스위치 장치를 필요로 한다.

다. 주요기능

열차자동방호(ATP) 시스템은 열차의 안전과 관련된 바이탈 기능으로, 열차의 운행에 대한 감시와 제어 기능을 제공하며, 양방향 자동 운행이 가능하다. 지능형 열차제

어시시스템에서는, 지상장비와 차상장비 사이에 무선 링크를 통한 통신이 이루어지며, 이동권한(PMA) 텔레그램의 형태로 열차의 이동권한을 전송한다.



(그림 2-1) 차상제어장치와 주변장치 전체 구성도

(1) CBATP

차상 CBATP 장치는 ATP 기능 수행을 위한 Sub-rack 단위 장치로서 기본적인 Logic 구동부, 주변장치와의 직렬 통신부, Tag Reader를 통해 수신된 Tag ID를 처리하는 Tag Reader 인터페이스부, Vital 입/출력 처리부로 나뉘어진다. 차상 CBATP 장치는 이중계로 구성하였으며, 1개의 장치는 주 CBATP 장치로, 또 다른 1개의 장치는 보조 CBATP 장치로 동작한다.

(2) CBATO

차상제어장치의 CBATO는 지상 ATS장치와 통신하여 정차 역 상태, 이동 명령, 대기 명령, 열차 출입문 명령, 정차 명령, 장애 확인 등 ATS 명령을 수신한다.

CBATO는 속도, 방향, 장애 코드, 위치 등의 정보를 ATS에 전달해 준다. CBATO는 열차라인들과 인터페이스하여 추진/제동장치 제어 명령, 출입문 제어 명령 등을 송신하며, 열차 라인들로부터 제동장치 상태, 추진 상태 등에 대한 정보를 수신한다.

(3) WLC

통신기반 차상 신호 장치는 열차와 지상 시스템간의 무선통신을 한다. 지상설비와의 양방향 Vital, Non_vital 통신기능은 차상무선장치(WLC)와 외부에 설치된 무선 안테나를 통해 제공한다. 지상설비로부터 텔레그램을 수신하면, 무선 장치가 이 텔레그램을 처리하여 데이터를 ATP나 ATO 장치로 전송한다. 지상설비 서브시스템에서 발생된 폴링 텔레그램에 대한 응답으로 무선 장치에서는 지상 ATP 및 지상 ATS로 전달할 정보를 담은 텔레그램을 전송한다.

WLC 신호 전송방식은 DSSS 무선변조의 IEEE 802.11b표준규격을 따른다. 메시지

의 송신 및 수신은 차상 무선 안테나와 지상 AP(Access Point) 사이의 링크를 통해 이뤄진다.

4. 자기부상열차 실용화 차량모델개발

국내 자기부상열차 기술개발은 부상추진시스템 개발, 시제차와 시험선 건설, 기술 개선과 성능향상 및 시스템 신뢰성과 안전성 구축을 통한 실용화 모델개발 등의 과정을 거쳤고, 신호시스템기술개발은 “자기부상열차 실용화 차량모델개발”의 부분과제로 수행되었으며, 국내 자기부상열차 연구개발현황은 다음과 같다.

[표 2-11] 국내 자기부상열차 기술개발 내역

구 분	내 용
도시형 자기부상열차 개발사업 1단계	<ul style="list-style-type: none"> - 주관부처 : 과학기술부 - 주관기관 : 해사연구소, 전기연구소 - 기간 : 1989.12 ~ 1993. 7 - 예산 : 정부 45.0억원 - 내용 <ul style="list-style-type: none"> · 기본개념 정립 · 축소형 및 실차형 부상추진 시스템 · 100m 시험선로, 대차개발 · 소형 시작모델 개발
도시형 자기부상열차 개발사업 2단계	<ul style="list-style-type: none"> - 주관부처 : 과학기술부 - 주관기관 : 한국기계연구원 - 기간 : 1994.5 ~ 1998.8 - 예산 : 정부 121.0억원, 민간 30.0억원 - 내용 <ul style="list-style-type: none"> · 시험선 건설 · 2량 1편성 시제차량 개발
도시형 자기부상열차 개발사업 3단계	<ul style="list-style-type: none"> - 주관부처 : 과학기술부 - 주관기관 : 한국기계연구원 - 기간 : 1998.11 ~ 1999. 8 - 예산 : 정부 48.0억원, 민간 5.5억원 - 내용 <ul style="list-style-type: none"> · 실용화 연구 · 무인자동운전시스템 개발 · 고속분기기개발 · 기술개선 및 성능 향상

중기거점기술개발사업 (1단계)	<ul style="list-style-type: none"> - 주관부처 : 산업자원부(현 지경부) · 수송시스템산업개발과(?) : 02-2110-5631(과장) - 주관기관 : (주) 로템 - 기간 : 2003.10 ~ 2006.9 - 예산 : 정부 47.69억원, 민간 22.85억원 - 내용 : 자기부상열차 실용화를 위한 모델개발 · 무인자동운전 가능한 2량 1편성 실용화 모델 개발 · 시스템 신뢰성 및 안전성 구축
---------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

가. 차상 ATP/ATO 시스템 설계 개념

차상 ATP/ATO 시스템은 자동 열차 제어 및 보호 기능의 ATP시스템, 자동 열차 운행 기능의 ATO 시스템 및 차상/지상간 무선통신 기능의 WLC시스템으로 크게 구성된다.

차상 ATP 시스템은 WLC 시스템 및 지상 무선통신 설비와 인터페이스 되어 차상 설비 자체의 결함 혹은 지상의 제한속도에 대해 기관사가 적절하게 대처하지 못했을 경우 등의 위협 조건으로부터 열차와 승객을 보호하는 기능을 수행하게 된다. 최상의 안전 기능을 보장하기 위해, 차상 ATP시스템은 자동절체방식의 2중계로 구성된다.

차상 ATO 시스템은 차상 ATP 시스템으로부터 수신되는 지상 Tag ID정보 및 지상으로부터 수신하는 제한속도 정보에 따른 유연한 가속 및 감속, 제어 목표 속도의 유지, 정위치 정차센서에 의한 역 승강장 내의 정위치 정차, 열차 출입문 제어등 기관사가 수행하는 일반적인 기능들을 자동으로 수행한다.

차상 WLC 시스템은 Wireless LAN 안테나 및 지상 AP시스템과 결합하여 열차와 지상설비간의 무선통신에 의해 종합사령실 시스템 및 지상 WATC 시스템과의 연계를 통한 자동열차 주행진로 확인, 정차시분제어, 차량속도조절 및 차량 상태 등의 정보표시등 열차 운행관리 기능 및 열차안전제어를 위한 차/지상 데이터 송/수신 기능을 수행한다.

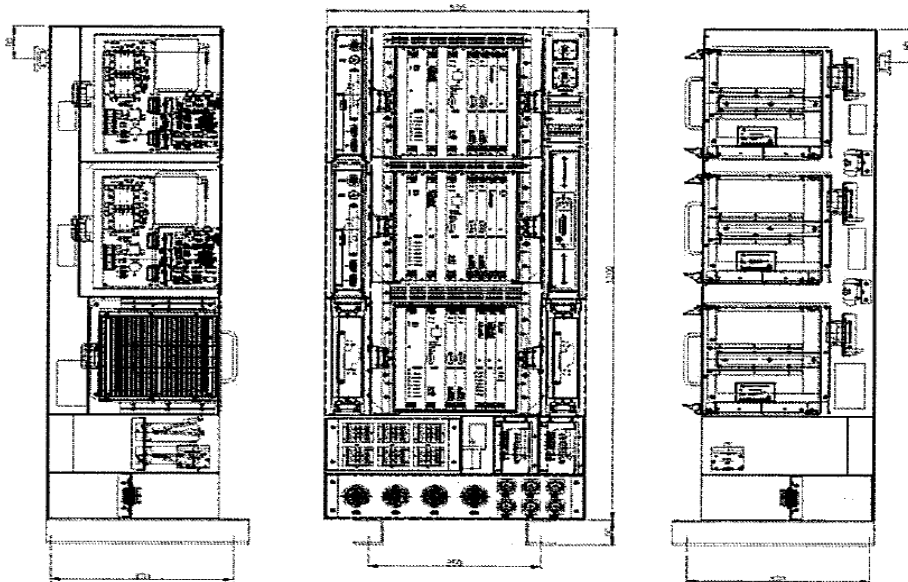
나. 지상 WATC 시스템 설계 개념

자기부상열차의 지상 WATC 시스템은 기능상으로 자동열차제어 및 보호 기능의 ATP시스템, 자동열차운행제어기능의 ATO시스템 및 차상/지상 간 무선통신 기능의 AP시스템으로 크게 구성된다.

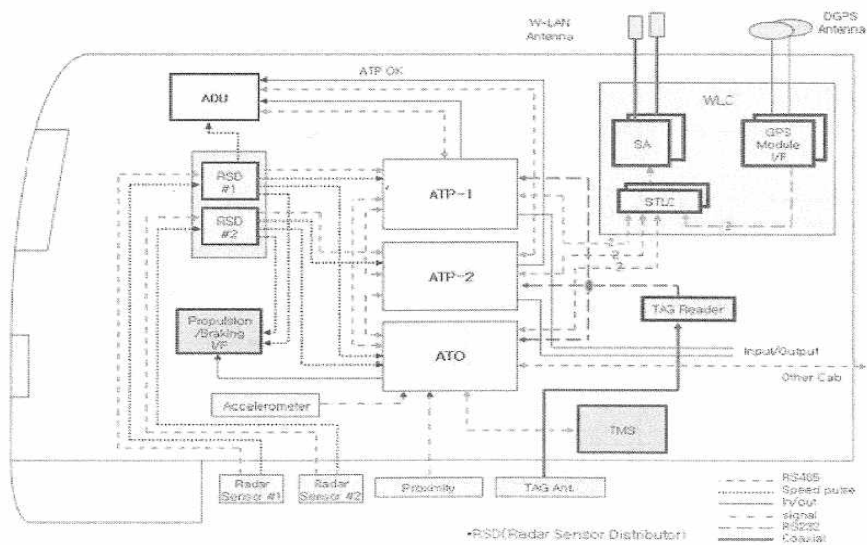
지상 WATC 시스템의 ATP 기능은 전자연동장치와 같이 Vital 제어장치로서 동작하여 지상 AP 및 차상 WLC 시스템과 무선통신 인터페이스에 의해 선로전환기와 연동하여 자기부상열차 운행제어를 위한 이동권한(PMA: permissive movement

authority)등을 차상신호장치에 전송하여 열차의 충돌방지 등 자기부상 열차의 안전운행을 제어하는 역할을 수행하고 최상의 안전기능을 보장하기 위해, 지상 WATC 시스템은 2중계로 구성된다.

자기부상열차 지상 WATC 시스템은 시스템 내의 특정 장애 혹은 오동작이 발생할 경우 어떠한 불안정한 조건이 발생하지 않도록 하고 그러한 불안정한 조건의 발생 가능성이 안전상의 허용 가능할 정도로 충분히 작아지도록 한다.



(그림 2-2) 차상ATP/ATO장치 구조 및 형상



(그림 2-3) 차상ATP/ATO 인터페이스

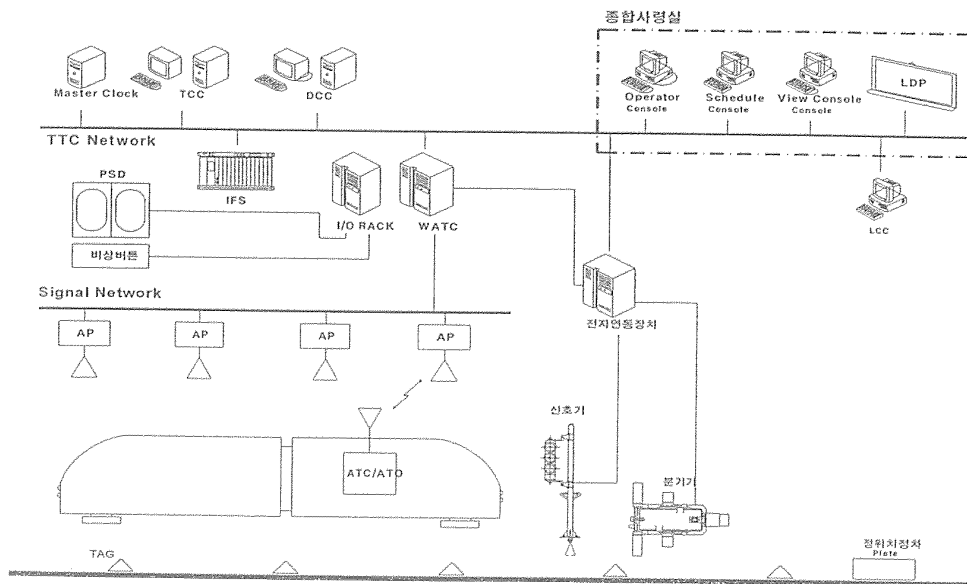
5. 자기부상열차 설치사업[국립중앙과학관-엑스포과학공원]

가. 신호시스템의 구성

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

- 무선통신 기반의 열차제어시스템
- 지상 : RF -CBTC 제어용 시설, AP, TAG, Proximity plate
- 사령 : 프로그램에 의한 중앙집중감시 및 제어
- 무인운전 가능 시스템 환경

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



(그림 2-4) 자기부상 신호시스템 구성도

나. 시스템 운영 개념

차량 및 신호시스템에 의하여 구축된 열차운행통제는 사령실에서 일괄 감시 및 제어가 이루어진다. 정상적인 상황에서는 사령실 장비가 프로그램 및 스케줄에 의하여 자동으로 수행되며, 필요시 사령 근무자의 조작을 통하여 열차 흐름을 통제하거나 조절할 수 있도록 한다. 사령실에는 열차감시와 함께 승강장 및 취약개소 감시를 위한 CCTV 감시용 모니터를 함께 배치하여 실시간 영상 감시를 제공하여 효과적인 감시 통제가 가능토록 한다. 사령실에서의 감시 통제는 데이터 기록 및 녹화를 통하여 추후 분석하거나, 사고 발생 시 원인분석을 지원 한다.

또한, 비상시를 대비하여 차량에는 수동운전장치를 두어 ATP/ATO 장치의 고장시 비상 운전이 가능토록 한다. 선로변에 분기기가 설치 될 경우에는 전자연동장치를 설치하고, 필요시 수동제어반을 두어 분기기의 감시 및 안전운행을 지원한다.

다. CBTC 시스템 방식

열차와 지상, 사령간 양방향 데이터 통신을 기반으로 구축되기 때문에 운행 중인 열차에 대해 실시간으로 열차운행에 필요한 제반 정보의 입수 및 지령이 가능하며, 또한 차량의 경미한 장애에 대한 재설정 등 재기동을 가능하게 하여 운영 여건 성숙 시 무인운전을 달성 할 수 있게 한다.

[표 2-12] CBTC방식의 주요 특징

비교 항목	R/F-CBTC	비 고
지상 시스템 구축	-사령설비 및 역 단위 현장제어유닛(분산형) 무선 안테나 및 안테나 모듈위치확인용 Tag, 정위치정차용	
선로변설비 시설간격	-무선안테나 200m 간격	
전송매체	-무선통신을 이용한 쌍방향 무선통신(텔래그램)	
전송주파수	-2.4GHz 대역	
정보전송량	-수천~수백bit 데이터	
열차위치확인	-위치확인 Tag와 무선통신을 통해 확보	
정위치정차 정밀도	-99.9%, ±30cm	
적용가능운전시격	-10초대 까지 가능	

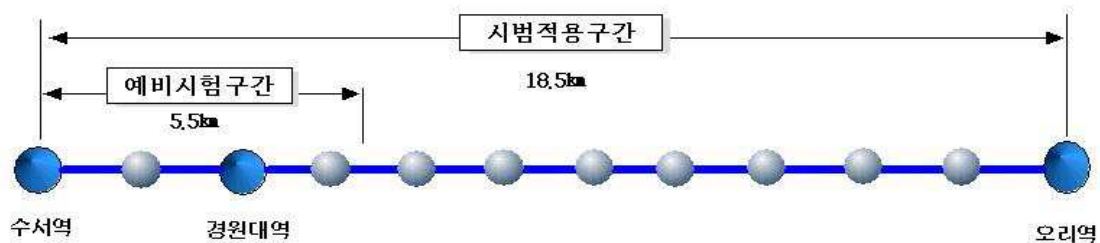
이 시스템은 이미 세계 여러 장소에서 상용화되어 운영되고 있으며, 시스템이 간단

하고 콤팩트하게 디자인되어, 선로변 및 기계실 시설물이 적어, 유지관리 요소가 극히 적으며, 무인 자동운영 시스템으로 구축되어, 운영요원에게 여유를 부여할 수 있다. 이 시스템은 또한 동일 급전 구간 내에서 출발 및 도착하는 열차의 수를 최대한 균등히 배분하여 동기화 시키는 능력이 있어 회생제동 전력의 활용을 극대화함으로써 전력요금을 크게 줄일 수 있어 이 시스템의 채택은 향후 운영자에게 많은 편리성과 비용 절감효과를 기대 할 수 있을 것으로 예상된다.

6. 지능형 열차제어시스템(MBS) 시범구축 사업

가. 사업 개요

- 사업기간 : 2002.12.17~2008.3.30
- 발주처 : 한국철도공사
- 주관기관 : 삼성SDS
- 시험구간 및 범위 : 분당선 18.5 km 구간 지상 CBTC 설비 및 차량 2 set



(그림 2-5) 시험구간 및 범위

(1) 사업목적

양방향 무선통신을 이용한 열차제어시스템인 CBTC 시스템의 국내 적용을 위한 시범설비 구축 및 이를 통한 표준사양 연구와 시범설비 구축사업을 통해 확대 적용 방안을 도출하는 것이다.

(2) 주요 특이사항

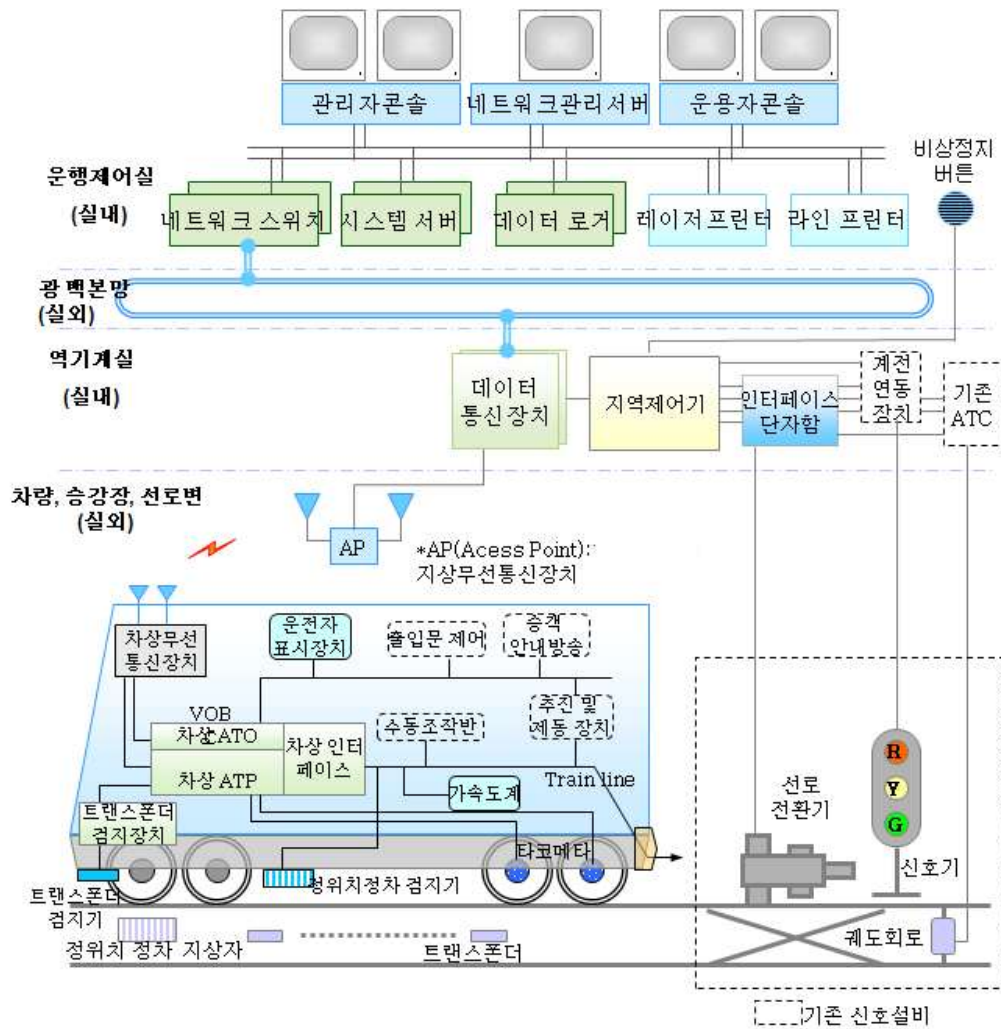
해외의 CBTC 시스템의 국내 적용을 위한 시범사업으로서, CBTC 시스템의 수입 및 이의 국내 설치 운용시험이 수행되었으며, CBTC 시스템의 핵심부분의 하나인 무선통신 부분은 국산화하여 운용시험을 수행하였다.

나. 시스템 주요 사양

(1) 시스템 구성

지능형 열차제어시스템은 물리적으로 운행제어실, 신호기계실, 선로변 및 차상에 설치되며 아래와 같은 장치들로 구성되어 있으며 진로구성을 위해 기존의 선로전환기를 사용한다. 단, 병행운전을 위해 기존의 신호설비와 인터페이스 한다.

지능형 열차제어시스템은 논리적으로 운행제어실, 신호기계실, 선로변 및 차상에 설치된 각 장치의 기능구현을 위해 기능 간 관련 정보를 송수신 한다.



(그림 2-6) 지능형 열차제어시스템 구성도

(2) 차상장치

차상설비는 차상제어장치(VOBC: vehicle onboard controller)를 중심으로 트랜스폰더 안테나, 트랜스폰더 검지장치, 차상무선통신장치, 차상무선안테나, 운전자 표시장

치, 타코미터 장치, 가속도계, 정위치정차 검지장치, 정위치정차 안테나로 구성되며 수동운전 조작반, 출입문 제어 회로, 추진 및 제동 장치, 승객안내방송장치, 열차제어 및 감시 장치(TCMS: train control & monitoring system) 등의 기존 차상장치와 인터페이스 된다. 차상제어장치는 열차의 선두와 후미 열차에 각각 설치되어 있으며, 선두 운전실의 차상제어장치에 이상이 발생할 경우에는 후미 운전실에 설치되어 있는 차상제어장치가 그 기능을 대신하도록 이중화(hot standby)되어 있다.

(가) 차상제어장치(VOBC)

VOBC는 열차자동방호장치(ATP)와 열차자동운전장치(ATO) 기능을 제공하며 차상설비의 모니터링 기능을 통하여 지상에 설치된 지역제어기와 열차자동운행감시장치에 열차위치 등의 차상정보를 제공한다. VOBC 랙에는 열차자동방호(ATP), ATO, 차상무선통신장치, 전원공급장치, 차상통신장치, 트랜스폰더 검지장치로 구성된다.

운전자 표시장치, 트랜스폰더 안테나, 타코미터, 가속도계, 정위치정차 검지기, 차상무선통신 안테나

(나) 지상설비

시험선 구간 환경에 적합하도록 설계된 지능형 열차 제어시스템의 지상설비는 열차추적정보와 이동권한 설정 등의 열차 운영을 제어하는 지역제어설비와 지상설비간의 통신 및 차상간의 인터페이스를 위한 통신설비, 전체 사업구간의 제어와 감시를 담당하는 열차자동운행감시설비, 열차 위치보정과 정위치 정차를 위한 지상보조설비로 구분된다.

(다) 통신설비

- 차상장치와 지상장치 사이의 연속적인 양방향통신을 제공하는 무선통신설비
- 사용주파수 : 2.4 GHz ISM 대역
- 통신방식 : FHSS 방식
- 통신범위 : 100~150[m]
- 지상 안테나 : 지향성 6 dBi, 25°
- 차상안테나 : 수평방향 무지향성 5 dBi, 25°
- 통신정차 : IEEE 803.11b(CSMA/CA)

다. 시스템 기능

열차의 안전거리를 확보하기 위한 열차자동방호기능(ATP), 양질의 승차감을 제공하고 양방향 자동운전을 위한 열차자동 운전기능(ATO), 강력하고 유연한 열차의 운

행감시를 위한 열차자동운행감시기능(ATS)으로 구분된다.

(1) 열차방호 기능 (ATP)

열차자동방호(ATP) 시스템은 열차의 안전과 관련된 바이탈 기능으로, 열차의 운행에 대한 감시와 제어 기능을 제공하며, 양방향 자동 운행이 가능하다. 지능형 열차제어시스템에서는, 지상장비와 차상장비 사이에 무선 링크를 통한 통신이 이루어지며, 이동권한(PMA) 텔레그램의 형태로 열차의 이동권한을 전송한다.

- 열차 위치, 속도, 방향 감지 : 열차의 위치는 기본적으로 타코미터로부터 거리값으로 하며, 일정 간격으로 설치되는 트랜스폰더로부터의 위치값을 한다.
- 열차 안전거리 확보 기능 : 열차는 기존의 궤도회로에 의존하지 않고 지상-차상간 양방향 통신에 기초한 이동폐색 방식으로 열차간 안전거리가 확보되며 폐색은 안전거리 확보방안에 따라 적색, 황색, 녹색의 이동권한으로 나누어 관리된다. 속도 프로파일 산출에 필요한 데이터는 지역제어기로부터 차상장치로 무선으로 전송된다.
- 비상 제동 : (ATP)가 부여한 제한 조건을 준수하지 않는 경우, 열차자동방호장치(ATP)는 안전 제동을 위한 거리 내에서 열차에 비상 제동을 체결한다. 일단 비상 제동이 체결되면, 원인이 해결되거나 안전 조치가 취해질 때까지 비상 제동상태가 유지된다.
- 진로 연동 : 진로와 선로전환기에 대한 연동은 열차의 충돌과 탈선을 방지하기 위하여 제공되는 기능으로, 지능형 열차제어시스템의 바이탈 , 열차자동방호장치(ATP)에 의해 보호된다.
- 안전제동 : 안전제동을 위한 최소거리는 최악의 경우에 발생할 수 있는 열차의 최대 비상정기 거리를 기준으로 설정한다.

(2) 열차자동운전 기능 (ATO)

열차자동운전장치(ATO)는 열차자동방호장치(ATP) 시스템의 감시 하에 속도제어, 정차, 출입문 제어 등의 논-바이탈 기능을 수행하며, 지상장치와 통신하여 정차역 상태, 동작 명령, 대기 명령, 열차 출입문 제어 명령, 정차 명령, 장애 확인 등의 명령을 송수신한다.

- 승강장 정차 제어 : 열차가 승강장에 정차하는 경우, 정확한 위치에 정차하고 승객에게 편안한 승차감을 제공하기 위하여 정차 지점에 설치된 정위치 정차 트랜스폰더까지 거리를 이용한다.

- 열차속도 제어 : ATP 기능에 의해 산출되는 목표 속도 프로파일에 의해 ATP의 속도 감시 하에 자동으로 운행 속도를 조절한다. ATP 기능에 의한 목표 속도 계산은 열차 자동운행 감시장치로부터 수신한 목표 지점까지의 거리값과 최대 허용 속도 정보 및 다음 역 정보 등을 이용하여 수행된다.
- 승강장 정차 제어
- 열차 출입문 제어

(3) 열차자동운행 감시 기능 (ATS)

열차자동운행감시장치는 시스템의 전반적인 관리 기능을 제공하는 설비로써, 지역 제어기(WCU) 및 차상제어장치(VOBC)와 통신을 하며, 운행제어실의 운용자로 하여금 전체 시스템의 감시 및 제어 임무를 수행할 수 있도록 하는 인터페이스를 제공한다.

- 사용자 인터페이스 : 열차운행 감시 및 제어를 위한 MMI 제공
- 열차운행 제어 : 열차식별번호 확인, 열차추적, 열차진로 설정
- 열차조정 : 열차지연 조정, 운전시각 조정
- 이동 최적화 : 진로정보 사전설정, 교착현상 예상(중착역 승강장 처리, 합류점 관리, 우회 처리)
- 역정차 기능 : 승강장별 정차시간 설정
- 열차운전 제한 : 승객정보시스템과의 인터페이스
- 정보서비스 : 진단, 성능분석 및 보고

라. 시스템 성능

- 최소운전시각 : 120초
- 열차위치인식 정확도
- : 열차 위치값을 보정해 주는 트랜스폰더간 거리의 3%(트랜스폰더간 거리가 100m 일 경우 최대 3m 오차, 정상 운행 시 열차 위치정보의 평균 오차는 0.1m)
- 정위치 정차 확보 : ± 30 cm

7. 신호시스템 개량 및 신설사업

현재 기존선과 서울지하철 1, 2호선의 ATS는 30년 이상 사용 중에 있다. 그러나 신호시스템 설비의 노후화, 수송능력 향상의 제한 및 ATS의 안전성 등 여러 가지

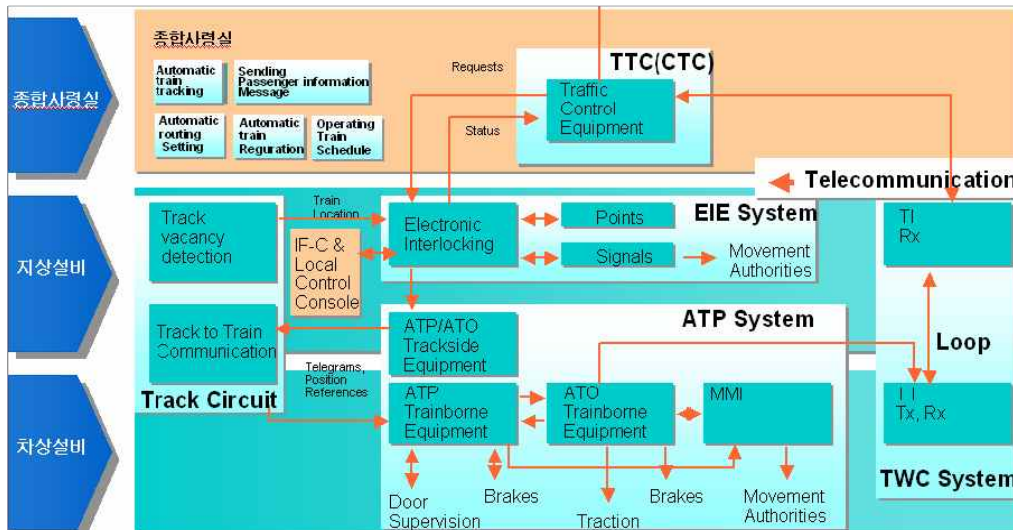
문제가 제기됨으로서, 경부선, 호남선 등에 대한 개량사업이 진행되고 있다. 서울지하철 2호선은 Siemens의 도시철도용 ATP/ATO으로, 일반철도 신호시스템 개량사업은 Bombardier의 ETCS Level_1으로 개량사업이 다음과 같이 진행되고 있다.

가. 서울시 2호선 신호개량 사업

서울메트로 2호선의 신호시스템은 현재 폐색구간별 지상에 설치된 신호기의 현시 정보와 신호기에 연동되는 ATS 장치에 의한 열차운전 방식을 사용하고 있으나, 고밀도 운전이나 1인 승무 기반 마련 등을 위해 새로운 신호시스템의 도입사업이 진행되고 있다.

[표 2-13] 서울지하철 2호선 신호시스템 설비

구 분	기 존 신호설비(ATS)	개 량 신호설비(ATP/ATO)
운전방식	<ul style="list-style-type: none"> ■ ATS 점 제어 지상 신호방식 ■ 기관사 수동운전 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ATC/ATO자동운전방식 ■ 차내 연산시스템의 자동운전방식
연동장치	<ul style="list-style-type: none"> ■ 계전연동장치 · 계전기에 의한 연동로직 구성 · 최대 5현시의 신호제어 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 전자연동장치(EIEsystem) · 컴퓨터에 의한 연동로직 · 차내 신호 및 분기부 통과신호기
궤도회로 장치	<ul style="list-style-type: none"> ■ 유절연 복궤조 · 상용 주파수 사용 · 궤도상태 점유, 비점유 검지 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 무절연 AF 궤도회로 · 8개 주파수(9.5~16.5kHz) 사용 · 궤도 상태 및 텔레그램 전송
신 호 기	<ul style="list-style-type: none"> ■ 3등형 신호기(R,Y,G) · 최대 5현시 신호방식 · 역에 폐색신호기 설치 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 2등형 신호기(R,B) · 분기구간에 설치 · 본선구간에는 설치하지 않음
정 차 등	<ul style="list-style-type: none"> ■ 해당사항 없음 · 신호현시에 의한 열차 출발 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 정차등 설치 · 각역에 정차등 설치 · 정차등 점멸 출발 예고
안전운행 설비	<ul style="list-style-type: none"> ■ ATS 설비(지상신호에 의존) · 정지신호 통과시 제동체결 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ATP/ATO(차상신호에 의존) · 차내 지시속도에 의한 자동운전
정 위 치 정 차	<ul style="list-style-type: none"> ■ 해당사항 없음 · 기관사에 의한 승강장 정차 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 정위치 정차 설비 · 승강장에 Loop 설치 · ATO 자동정위치정차
T W C 장 치	<ul style="list-style-type: none"> ■ 해당사항 없음 · 기관사와 사령간 무선통화로 확인 	<ul style="list-style-type: none"> ■ TWC system · 승강장에 Loop Coil 설치 · 차상↔지상간 정보 송수신
사 령 실 설 비	<ul style="list-style-type: none"> ■ TCC, MSC, LDP, IFC, CDTS · 컴퓨터에 의한 제어 	<ul style="list-style-type: none"> ■ TCC, MSC, CDTS · 컴퓨터에 의한 제어 · 컴퓨터에 의한 운행 스케줄 작성



(그림 2-7) 서울시 2호선 ATP/ATO 시스템 구성도

나. 차상신호시스템(ATP)구축사업

고속철도건설과 함께 다음과 같은 이유로 인하여 차상신호시스템 구축사업을 진행 하고 있으며, 대상노선은 다음 그림과 같다.

(1) 고속철도의 기존선 운행에 따른 안전확보 및 속도 향상

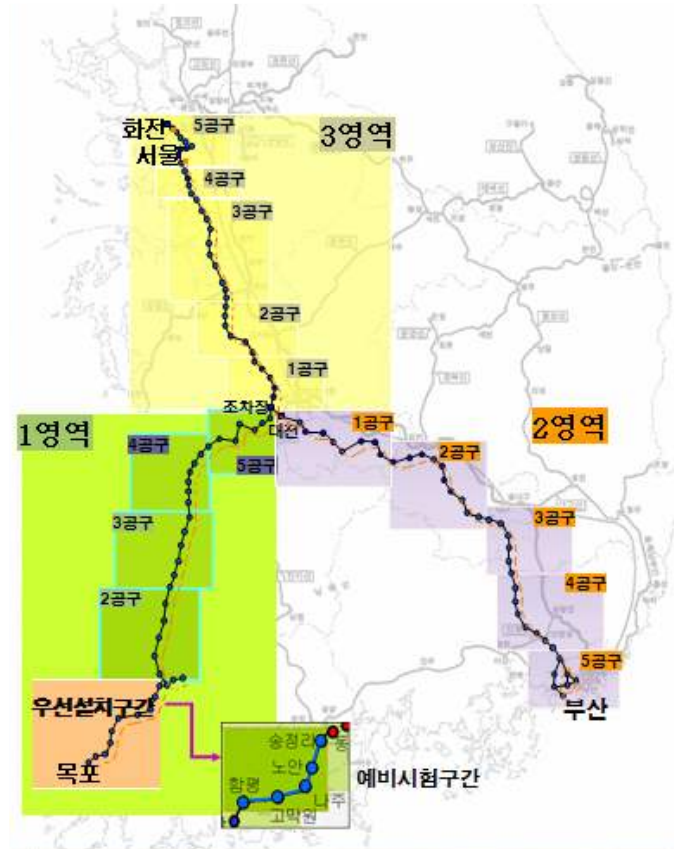
- ATS장치가 처리할 수 있는 열차속도한계는 160[km/h]이하로 기존선에서 운행하는 고속철도의 속도를 높이는 것이 불가능함
- 고속선은 차상신호방식이고, 기존선은 지상신호방식으로 사용하여 고속철도를 운전하는 기관사의 혼란이 가중하게 되어 안전에 문제가 발생할 수 있음

(2) 기존선 ATS 장치의 개량시기 도래

- 기존선 ATS의 설치시기가 1969~1985년으로 지상장치와 차상장치의 내구연한이 도래함

(3) 병목구간 해결

- 주요 간선구간에서의 병목현상이 존재하고 있으며, 이로 인한 물류비용손실이 발생하고 있다. 신호개량을 통해서 양방향 운전을 구현하면 각종 사고 및 공사 시에 우회진로를 확보 가능함



(그림 2-8) ATP 구축사업 현황

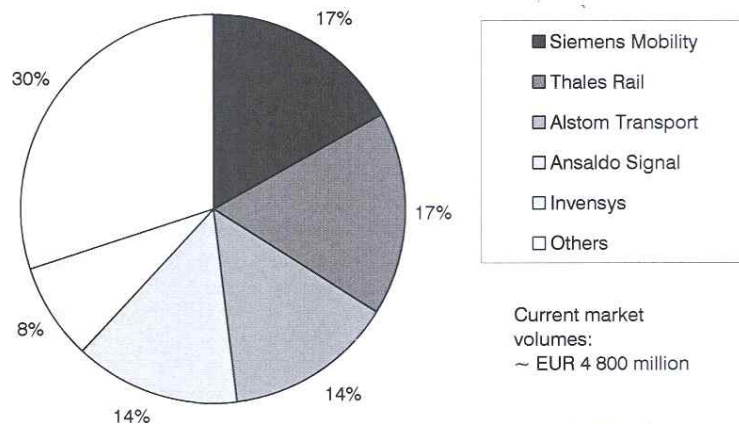
8. 해외 철도신호관련 프로젝트

가. 해외의 신호시스템 공급사

1990년대 후반까지는 Adtranz, US&S, GRS, Alcatel 등이 있었으나, 세계 철도신호 시장은 6대 메이저 공급사인 Alstom Transport, Ansaldo Signal, Bombardier Transportation, Invensys, Siemens mobility, Thales Rail Signalling solutions이 70%를 점유하고 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.

또한 세계신호부문 6개 메이저기업을 포함한 철도신호업체는 철도운영기관의 요구 사항인 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 신호

시스템 시장을 주도하고 있는 것을 확인할 수 있다.



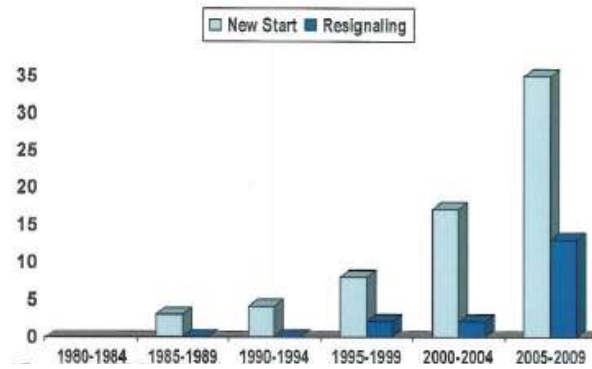
(그림 2-9) 2005~2009년 control command and signaling 개발 및 업그레이드 점유율

기술발전단계	1900	1920	1940	1960	1980	2000	2020
지상신호방식	→						
고정폐색	차상신호방식 -속도코드방식 -ATC			→			
	차상신호방식 -DTG방식 -ATP					→	
무선통신방식 (이동폐색)						→	

(그림 2-10) 철도신호 시기별 기술발전단계

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.



(그림 2-11) 시기별 세계 철도시장 CBTC 도입 건수

유럽은 EU(European Union)를 중심으로 정치, 경제의 통합을 추진하고 있으며, 이 통합에는 유럽 각 국의 상이한 철도신호시스템을 통합하는 것도 포함하고 있다. 신호시스템의 통합은 상호운영성 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 건설하고 영업을 개시하였다.

[표 2-14] Thales, Siemens 및 Bombardier의 열차제어시스템 및 공급현황

구분(2010년 기준)		내용 (시스템 및 프로젝트)
경량전철	Thales	<ul style="list-style-type: none"> ■ SelTrack S40 : CBTC, driverless operation, moving block ·Detroit-APM : 4.7[km] 등 9개 프로젝트
	Bombardier	<ul style="list-style-type: none"> ■ Cityflo 650 : CBTC, driverless, moving block ·San Francisco airport : 10[km] 등 3개 프로젝트 ■ Cityflo 550 : Non-CBTC, driverless, moving block ·Flankfurt airport : 3.8[km] 등 4개 프로젝트 ■ Cityflo 450 : CBTC, driver operation, moving block ·Philadelphia : 8[km]
도시철도 광역철도	Thales	<ul style="list-style-type: none"> ■ SelTrack S40 : CBTC, driverless operation, moving block ·Ankara rapid transit : 14[km] 등 8개 프로젝트 ■ SelTrack S30 : CBTC, automatic train operation, logic block ·Paris metro line 13 : 22.5[km], overlay ■ Seltrack S10 : ATP, driver operation ·Toronto subway
	Siemens	<ul style="list-style-type: none"> ■ Trainguard MT : CBTC, manless operation, moving block ·Barcelona, Line 9, GISA : 44[km] 등 4개 프로젝트 ■ Trainguard MT : CBTC, semi-automation, fixed block ·Algiers, Line 1, EMA : 8.5[km] 등 10개 프로젝트

구분(2010년 기준)		내용 (시스템 및 프로젝트)
		<ul style="list-style-type: none"> ■ LZB 700(M) : 지상자, ATP/ATO ·Metro Milano, Italy 등 7개 프로젝트
	Bombardier	<ul style="list-style-type: none"> ■ Cityflo 350 : ATP/ATO, track circuit ·Bilao, Spain : 39[km] 등 4개 프로젝트
간선철도 고속철도	Thales	<ul style="list-style-type: none"> ■ ETCS Level 1 ·Zalaegerszeg-Hodos : 85[km] 등 8개 프로젝트 ■ ETCS level 2 ·Lotschberg base tunnel 등 3개 프로젝트 ■ LZB L72/80 ·Madrid-Seville : 470[km], 연속통신(loop)
	Siemens	<ul style="list-style-type: none"> ■ ETCS Level 1 ·Vienna - Nickelsdorf : 65[km] 등 10개 프로젝트 ■ ETCS Level 2 ·Lerida - Barcelona : 180[km] 등 7개 프로젝트
	Bombardier	<ul style="list-style-type: none"> ■ ETCS Level 1 ·국내 차상신호시스템(ATP), Taiwan 등 3개 프로젝트 ■ ETCS Level 2 ·SBB, Switzerland : 35[km] 등 4개 프로젝트

나. 미국의 CBTC프로젝트

CBTC란 Communication Based Train Control 시스템의 약어로, 현재 철도신호기술 중 도시철도 및 경량전철에 적극적으로 검토되고 있거나 이미 선정되어 설치 시공되고 있으며 또한 이미 설치완료 되어 상업운전이 시행중이다. 초기 CBTC는 무선통신의 발전 이전인 1980년대로 거슬러 올라가 이미 Inductive Loop를 이용하여 열차의 위치검지 및 양방향 통신으로 열차를 제어하였으나, 무선통신의 발전으로 1990년 말부터 Radio Frequency를 이용한 RF-CBTC가 시작되었으며, NYCT의 CBTC프로젝트가 대표적이다.

뉴욕지하철의 신호시스템은 자동폐색장치를 사용하는 지상신호방식으로 이 신호시스템은 연동장치를 중심으로 열차운행에 필요한 열차검지, 열차안전간격 및 여러 가지 제어를 처리한다. 그런데 1991년 8월 28일 열차가 선로전환기 통과속도보다 빠른 속도로 통과하는 과정에서 발생한 열차탈선사고내용을 조사·분석한 결과 신호시스템은 설계에 맞추어 정상적으로 작동한 것으로 확인되었으나, 법적 사고의 주요인의 해소를 위해서는 신호기 설치와 관제요원의 승인 등의 조치방안이 필수적으로 마련되어야 할 것으로 조사되었다. 이런 연유로 최신 신호시스템의 설치에 관한 조사와

연구를 실시한 결과, 이 연구에서 뉴욕지하철에 가장 최적의 시스템은 CBTC인 것은 결론이 났으며, 다음과 같은 전략을 고려하도록 하였다.

- 20년 구축전략
- Pilot선에 시스템구축 - Canarsie선
- 시스템공급자를 다양화

3개사를 선정하여 RF를 기반으로 한 CBTC시스템을 pilot라인에서 성공적으로 구현하였으며, 이후 프로젝트를 주도할 기업으로 Siemens를 선정하였다. Siemens의 역할은 상호운영성을 주도하는 것이며, 나머지 2개사는 Siemens가 제시하는 시스템과 호환성을 갖는 시스템을 구축하는 것이다.

아래의 표는 현재 설치 중이거나 완료되어 서비스 중이 세계의 CBTC 시스템의 통신 표준이 IEEE 802.11.x 계열의 분포를 분석한 것이다.

[표 2-15] 세계의 CBTC 시스템 현황

지역	CBTC시스템	RF-CBTC 시스템		IEEE 802.11 시스템	
북아메리카	14	8	57%	7	88%
유럽	15	10	67%	7	70%
아시아	17	11	66%	9	82%
Total	46	29	63%	23	80%

국내에 적용된 CBTC 시스템은 현재까지 5개의 사이트가 있으며, 이중 분당선에 적용된 삼성SDS를 제외하고 모두 외국의 솔루션을 도입하여 사용하고 있다. 그리고 다음은 국내에 도입된 CBTC 시스템의 현황을 설명하는 것으로 모두 2.4 GHz 대역을 사용하고 있음을 알 수 있다.

[표 2-16] 국내 CBTC 시스템 현황

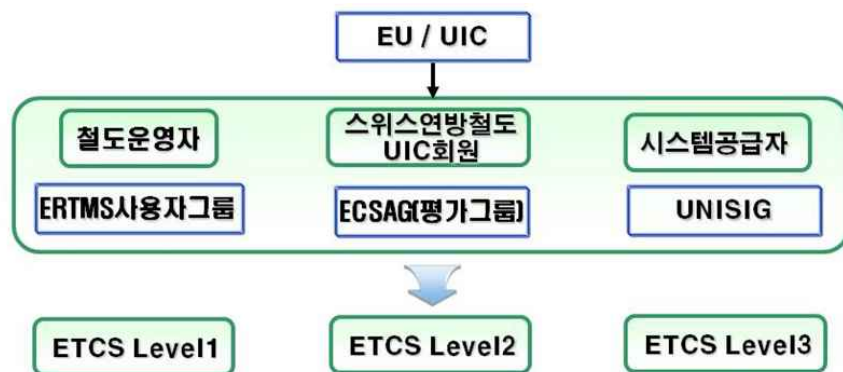
노선명	시스템	무선 주파수	발 주 처	차량공급	신호공급
분당선	RF-CBTC	2.4GHz	철도공사	기존 차량	Thales
김해 경전철	RF-CBTC	2.4GHz	현대산업개발	로템	Thales
신분당선	RF-CBTC	2.4GHz	두산건설	로템	Thales
용인 경전철	RF-CBTC	2.4GHz	용인 경량전철	Bombardier	Bombardier
경산 경전철	RF-CBTC	2.4GHz	철도연	우진산전	일본신호/ 포스콘

다. 유럽의 ERTMS/ETCS프로젝트

전술한 바와 같이 유럽은 EU를 중심으로 정치, 경제의 통합을 추진하고 있으며, 이 통합에는 유럽 각 국의 상이한 열차제어시스템의 통합도 포함하고 있다. 현재까지 활발히 진행되고 있는 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 영업을 개시하고 있다.

1990년대에 UIC(International 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.



(그림 2-12) ERTM/ETCS 개발체계

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. 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. 기능요구사항서는 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)사이 양방향 정보전송
- 열차위치확인 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

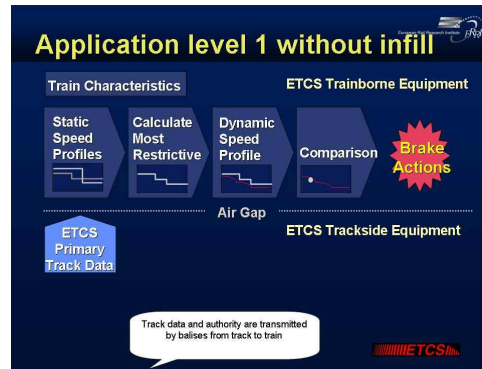
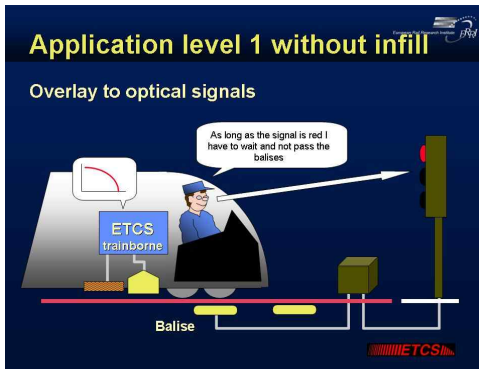
(3) Level 3

Level 3은 Level 2에 대해서 다음과 같은 차이점이 있음

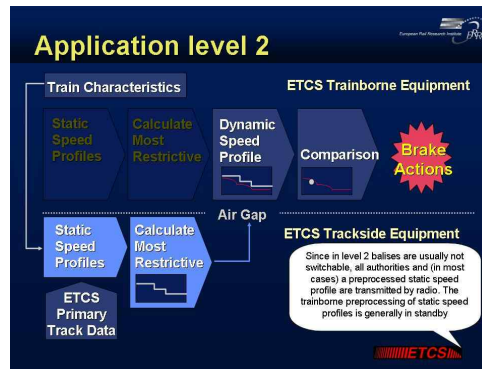
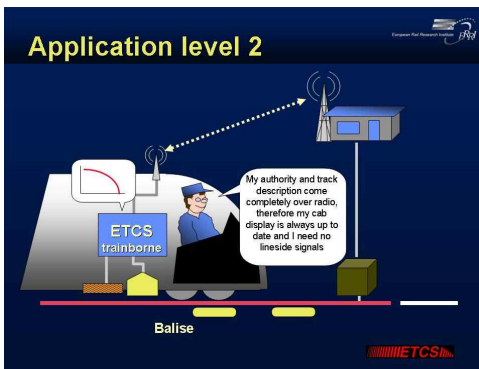
- 차상신호장치의 열차위치정보 및 train integrity정보를 토대로 선로점유상태 파악

(열차는 내장된 train integrity 감시장치를 이용할 수 있어야 함)

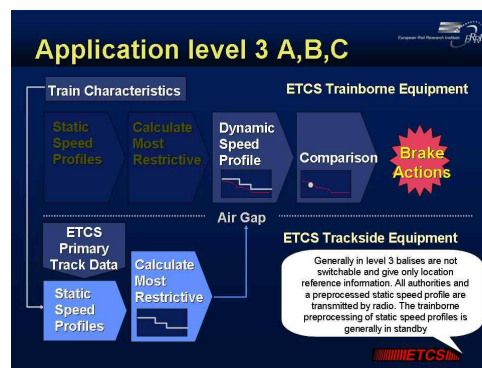
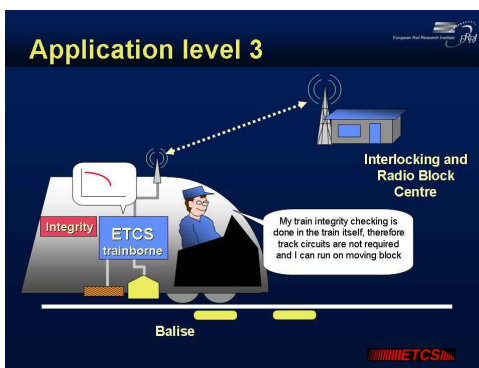
- 중앙사령실(RBC)을 통하여 열차간 안전간격 확보(고정 블록, 가상 블록, Moving Block)
- ETCS의 차상장치를 장착한 열차만이 Level 3 선로에서 운행될 수 있음



(그림 2-13) ETCS Level_1



(그림 2-14) ETCS Level_2



(그림 2-15) ETCS Level_3

[표 2-17] 국가별 ETCS시스템 도입구간 및 공사 현황

(2008년 기준)

국가명	도입구간	Level	현황
오스트리아	- Vienna - Salzburg/ Passau : 선로길이 313[km], OBB / SIEMENS / THALES - Vienna - Nickelsdorf : 선로길이 67[km], OBB / SIEMENS / THALES	1	공사중 영업중
헝가리	- Budapest - Hungarian border : 선로길이 153[km], MAV / THALES - Hodos Line(Zalaegerszeg-Zalalovo-Hodos) : 선로길이 37[km], MAV / THALES	1	영업중
영국	- Cambrian Coast - Phase 1 : 선로길이 217[km], NR / Ansaldo STS	2	공사중
불가리아	- Plovdiv - Svilengrad(Turkish Border) : 선로길이 150[km], MoT / NRIC / THALES	1	건설중
프랑스	- LGV Est Paris-Baudrecourt : 선로길이 300[km], RFF / Ansaldo - Figueres - Perpignan : 선로길이 45[km]	2 1/2	건설중
독일	- Ludwigsfelde - Teltow : 선로길이 14[km], DB / THALES - Ludwigsfelde - Jüterbog : 선로길이 110[km], DB/THALES/SIEMENS	2	영업중
이탈리아	- Turin-Novara : 선로길이 85[km], RFI/FS/ALSTOM/Ansaldo STS - Novara-Milan : 선로길이 40[km], RFI/FS/ALSTOM/Ansaldo STS - Milan - Bologna : 선로길이 219[km], RFI/FS/ALSTOM/Ansaldo STS - Bologna - Florence : 선로길이 78[km], RFI/FS/ALSTOM/Ansaldo STS - Rome - Naples : 선로길이 220[km], RFI/FS/ALSTOM/Ansaldo STS	2	영업중 건설중 건설중 건설중 영업중
룩셈부르크	- 모든 노선 : 선로길이 275[km], CFL/THALES	1	공사중
네덜란드	- Amsterdam - Utrecht : 선로길이 30[km], ProRail/BOMBARDIER - Amsterdam - 벨기에 국경 : 선로길이 125[km], ProRail/SIEMENS/THALES - Rotterdam - 독일국경 : 선로길이 160[km], ProRail/ALSTOM	1/2	공사중 공사중 영업중

(2008년 기준)

국가명	도입구간	Level	현황
스페인	- Madrid - Lerida HSL : 선로길이 460[km], ADIF/Ansaldo STS	1/2 + STM	영업중
	- Lerida - Barcelona HSL : 선로길이 190[km]		영업중
	- Madrid - Segovia HSL : 선로길이 87[km]		공사중
	- Segovia - Valladolid HSL : 선로길이 110[km]		공사중
	- Madrid - Toledo HSL : 선로길이 21[km]		영업중
	- Cordoba - Malage HSL : 선로길이 155[km]		공사중
	스위스		- Mattstetten - Rothrist : 선로길이 45[km], SBB/ALSTOM/THALES
- Luzern - Lenzburg(Seetal Line) : 선로길이 30[km], SBB.THALES		1	
- Frutigen - Raaron(Lötschberg tunnel) : 선로길이 35[km], BLS/THALES		2	
중국	- Beijing - Tianjin : 선로길이 117[km], MOR/SIEMENS	1/2	공사중
	- Shijiazhuang - Taiyuan : 선로길이 190[km], MOR/Ansaldo STS	1	공사중

라. 중국열차제어시스템(CTCS:Chinese Train Control System)

(1) 중국열차제어시스템

일찍부터 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 규정화하였다. 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 교환함으로써 복잡한 네트워크화 구조를 구성한다. 따라서, 운영자는 관할 구역내의 각종 상황을 전체적으로 파악하

고 시스템 자원을 유연하게 배치함으로써 열차 운영을 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 관리 부문이 철도시스템을 실제 상황에 근거하여 지능적으로 통제하도록 하며, 제어시스템의 지능화는 운영자에게 필요로 하는 정보를 정확하고 빠르게 인지하도록 하여 운영자의 명령에 따라 열차 운영을 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 설계함으로써 신호설비의 안전을 향상시키며 동시에 시스템의 생명주기에 따라서 설계를 규정화함으로써 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) 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 운영을 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 이하

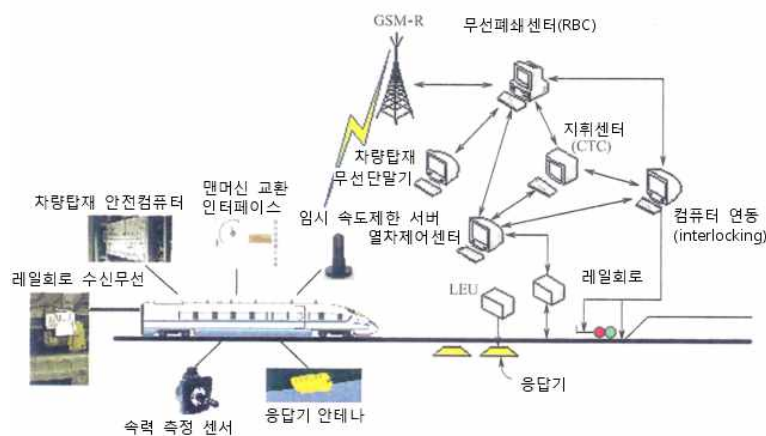
에만 적용하며, 지상신호가 설치되어 있는 노선으로 주어진 반면, CTCS Level 1은 120~160km에 적용되며, 차상장치 ATP에 의해 작동되고, 선로에는 발리스가 설치되어 있다.

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 또는 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.

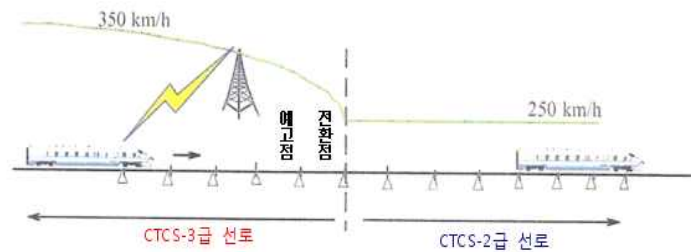


(그림 2-16) CTCS Level 3 시스템 구조

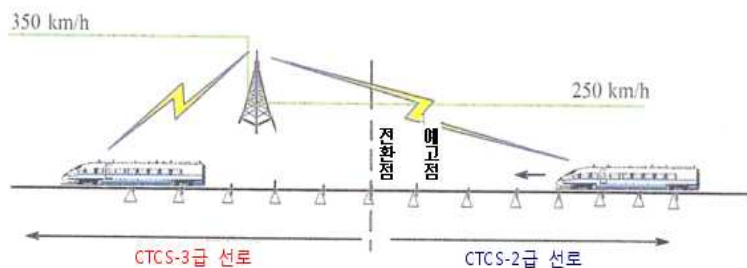
적용 노선으로는 무광, 정서여객전용선 등이 있으며, 관련 특성은 다음과 같다.

- 최고운행속도 300 ~ 350km/h.
- 최소운전간격 3min.

- GSM-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 제동 우선 2종의 제어방식을 가지고 있으며, 일반적으로는 차상설비 제동 우선 제어방식을 채용하여 열차안전 운행 감시
- 지상설비 배치를 통합하여 CTCS-Level 2 기능을 시스템에 통합함으로써 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.



(a) Level 3 구간에서 Level 2 구간으로의 열차 운행 전환



(b) Level 2 구간에서 Level 3 구간으로의 열차 운행

(그림 2-17) Level 전환 운전 예

- 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 운영을 보장한다.

④ CTCS Level 4

완전한 무선정보 전송에 근거한 열차제어시스템으로, 선로 궤도회로를 사용하지

않을 수 있으며, RBC와 차상장치가 공동으로 열차위치 추적 및 무결성 검사를 완성함으로써 가상 폐색 또는 이동폐색 원리를 적용할 수 있는 시스템으로 ETCS Level 3와 동일한 특성을 갖는다.

[표 2-18] CTCS와 ETCS Level의 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 선로변 정보) + GSM-R(열차이동권한)
Level 4	발리스(선로변 정보) + GSM-R + 이동폐색	Level 3	발리스(선로변 정보) + GSM-R + 이동폐색

(3) 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 신호제어 기술의 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. 분산형 자율기능으로 구비한 운영사령시스템 CTC는 운행차량 및 관리의 장거리화, 정보화, 지능화를 실현했고 현장 운영 인원수를 효과적으로 감소했으며 청장철도 격라 구간에서 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

9. 검토내용 및 시사점

국토해양부의 도시철도 표준화 연구개발사업의 경우, 상호호환성에 연관된 표준 사양의 적용 가능성을 확인하기 위해 차상설비중 ATP/ATO 설비를 국산화한 후, 분당선에 설치된 MBS 지상장치와의 상호호환성 시험을 실시하였지만, 관련 특성은 확인이 불가능함에 따라 향후 무선통신방식의 표준화, 규격화의 필요성이 대두되었다. 경량전철기술개발사업의 경우, 무인자동운전이 가능한 열차제어시스템 기술개발이 실시되었지만, 부산 미남 반송선에서의 적용은 운전시각, 이동폐색에 대한 안전성 등이 의의가 제기됨으로서 실용화되지 못하였다. 이사업을 통해서 실용화를 목적으로 하는 경우 사업초기부터 대상고객의 요구사항을 조사하고 이를 연구내용에 반영해야 하는 것을 확인할 수 있었다. 고속철도 자동열차제어장치기술개발의 경우에는 경부고속선의 지상설비 정보를 통해 한국형 고속열차의 운행이 가능한 고속철도용 차상설비를 개발하여 시험에 성공하였지만, 전라선 상용화에는 신뢰성과 안전성에 대한

입증 문제로 인해 채택되지 못하였다. 이 같은 결과를 반영하여 고속선 차상신호설비와 경량전철 신호시스템은 열차제어시스템 안정화 사업을 추가로 실시함으로써 신뢰성과 안전성 확보를 위한 노력을 지속적으로 추진하였다.

그러나 이러한 개발 노력은 열차제어시스템에 대한 신뢰성과 안전성을 중심으로 하기보다는 차량에 대한 신뢰성과 안전성, 그리고 운영에 따른 시스템 전반에 대한 문제점을 중심으로 검토되면서 가장 취약한 신호시스템에 대한 중점적인 분석 및 검토는 미흡한 것으로 조사되었다.

타 부처의 신호시스템 기술개발사업은 도시형 자기부상열차개발사업이 가장 대표적인 사업으로 국내의 기술을 통해 무선기반 열차제어시스템을 구축하였다는 점이 가장 큰 성과로 주어지지만, 관련 설비의 운영 측면에서는 단순히 일부 기능 구현과 안전성 및 신뢰성을 갖는 철도 신호시스템의 특성이 매우 미흡하게 반영된 것으로 확인되었다. 특히 제한속도에 대한 속도 초과, 정위치 정차 및 관제 설비 등에 있어서도 철도 신호 관련 주요 원리에 대한 검토, SIL(Safety Integrity Level) 인증 및 RAMS(Reliability, Availability, Maintainability, Safety) 활동 등의 추진 방안에 대한 다양한 의견이 제시되었으며, 신호시스템의 국산화보다는 국내에서 현재 개발되었거나 제작된 신호시스템에 대한 상용화 연구 및 상용화 방안이 철도신호시스템 관련 국가연구개발사업의 중요한 현안으로 제시되었다. 특히 이를 구현하기 위한 인프라 확보 및 인프라 구축을 어떠한 방식으로 해결할 것인가 하는 것도 중요한 상용화 변수로 언급되었다.

결과적으로, 국내의 철도신호관련 연구개발 수준은 현재까지의 국가연구개발사업을 통해 SE경험, 기업의 IT 및 통신 활용 능력 및 고속철도용 자동열차제어시스템과 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템의 제작 및 시험 등 충분한 개발역량을 확보하였으며, 개발된 S/W와 H/W 설계의 안전성과 시험선(또는 전용선, 시범노선 등)을 활용하여 성능을 시험하고 평가하는 과정을 수행하는 것이 필요하다. 현재까지의 기술 수준을 분석해본 결과 국내 열차제어시스템이 충분히 상용화 가능한 수준까지 기술이 축적된 것으로 분석된다. 열차제어시스템의 상용화는 대기업 중심의 새로운 제품 개발보다는 열차제어핵심기술을 실제 확보하고 있는 중소기업과 기 개발된 제품의 특성 분석·검토를 통한 시스템 Integration의 의미로 추진되어야 하며, 이것을 수행함에 있어 신뢰성과 안전성을 확보하는데 필요한 관련 방법을 설계와 제작공정에 적용하고, 상호운영성에 필요한 표준화 및 이러한 성능을 평가하기 위한 인증체계 등이 적용되어야 하며, 우선적으로 이에 필요한 적정한 기간과 비용을 확보하여야 한다.

제5절 국내 신호시스템 상용화 현황 조사 분석

1. 국내 철도신호기업의 실용화 현황

가. 국내 철도신호기업의 기술개발현황

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

[표 2-19] 국내 철도신호기업 기술개발현황

구분	기술개발 및 실용화 내용
대우ENG	1. 사령설비 1) 고정폐색(속도코드, Distance to Go)기반의 사령설비 - 기술자립도 100% 2. Distance to Go방식의 ATP 1) 부산3호선 : - 부산3호선 지상설비를 구축(기술협력) 2) 인천공항 자기부상철도 - 부산3호선의 지상ATP기술을 기반으로 차상ATP 개발 - 개발공정에 대한 RAMS
대아티아이 테크빌 삼성SDS	1. 사령설비(H/W, S/W) 1) 고정폐색(속도코드, Distance to Go)기반의 사령설비 - 기술자립도 100% - 통합관제설비 및 예비관제설비에 RAMS적용 2) 이동폐색기반의 사령설비

구분	기술개발 및 실용화 내용
	<ul style="list-style-type: none"> - 기술자립도 100% 2. 속도코드방식의 ATC(H/W, S/W) <ul style="list-style-type: none"> 1) 말레이시아 ATC(대아TI) <ul style="list-style-type: none"> - 차상ATC와 차상ATO를 말레이시에 공급 3. 이동폐색방식의 ATP[지상(H/W, S/W), 차상(H/W, S/W)] <ul style="list-style-type: none"> 1) 신분당선, 김해경전철(대아티아이) <ul style="list-style-type: none"> - 선로변에 설치되는 무선LAN용 AP와 무전원 지상자 개발 2) 분당선 시범구축사업(삼성SDS) <ul style="list-style-type: none"> - 무선LAN용 AP와 무선통신망관리 컴퓨터 개발 - 차상ATO용 송수신장치 개발 3) 경산시험선(테크빌) <ul style="list-style-type: none"> - 차상ATP 및 지상ATP 플랫폼 및 차상ATO용 송수신장치 개발 4. 고정폐색방식의 전자연동장치(H/W, S/W) <ul style="list-style-type: none"> 1) 고속철도 영동기지(테크빌) <ul style="list-style-type: none"> - 연동(취급)제어컴퓨터 및 연동모니터링컴퓨터 자체개발 2) 고속철도용 전자연동장치(삼성SDS) <ul style="list-style-type: none"> - 국내에서 면허생산 - 기존선용 전자연동표준사양과 차이가 있어 상용화에 어려움
LS 산전	<ul style="list-style-type: none"> 1. 사령설비(H/W, S/W) <ul style="list-style-type: none"> 1) 고정폐색(속도코드, Distance to Go)기반의 사령설비 <ul style="list-style-type: none"> - 기술자립도 100% 2) 이동폐색기반의 사령설비 <ul style="list-style-type: none"> - 경전철 ATC 시뮬레이터를 위해 랩단위로 개발 2. 속도코드방식의 ATC(H/W, S/W) <ul style="list-style-type: none"> 1) 고속철도 유지보수차용 ATC <ul style="list-style-type: none"> - 차상ATC, 차상ADU, 차상ATC용 송수신장치 탑재 - 지상ATC를 개발했으나, 현장적용사례는 없음. 3. DTG방식의 ATP[지상(H/W, S/W), 차상(H/W, S/W)] <ul style="list-style-type: none"> 1) 실험실 단계의 ATP <ul style="list-style-type: none"> - ETCS사양서를 토대로 선로변설비, 차상설비, 지상설비 개발 4. 이동폐색방식의 ATP[지상(H/W, S/W), 차상(H/W, S/W)] <ul style="list-style-type: none"> 1) 전용 플랫폼개발 5. 고정폐색방식의 전자연동장치(H/W, S/W) <ul style="list-style-type: none"> 1) 화명, 태국, 방글라데시 <ul style="list-style-type: none"> - 화명역에 설치된 것을 개량하여 태국과 방글라데시에 설치 6. 이동폐색방식의 전자연동장치(H/W, S/W) <ul style="list-style-type: none"> - 실험실수준의 기능구현

구분	기술개발 및 실용화 내용
<p>현대로템 혁신전공사</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 사령설비(H/W, S/W) <ol style="list-style-type: none"> 1) 고정폐색(속도코드)기반의 사령설비 <ul style="list-style-type: none"> - 영주사령관제설비(혁신), 대전과학관 자기부상철도(현대로템) - 기술자립도 100% 2) 이동폐색기반의 사령설비 <ul style="list-style-type: none"> - 경산시험선의 설계(혁신) 2. 속도코드방식의 ATC(H/W, S/W) <ol style="list-style-type: none"> 1) 광주1호선, 부산3호선, 서울3호선(현대로템) <ul style="list-style-type: none"> - 자체기술로 차상장치만 개발 3. DTG방식의 ATP[지상(H/W, S/W), 차상(H/W, S/W)] <ol style="list-style-type: none"> 1) 고속철도용(현대로템) <ul style="list-style-type: none"> - 차상장치만 개발중 4. 이동폐색방식의 ATP[지상(H/W, S/W), 차상(H/W, S/W)] <ol style="list-style-type: none"> 1) 대전과학관 자기부상철도(현대로템) <ul style="list-style-type: none"> - 차상장치와 지상장치를 개발하여 과학관에 설치 5. 고정폐색방식의 전자연동장치(H/W, S/W) <ol style="list-style-type: none"> 1) 간선철도용 연동장치(혁신전공사) <ul style="list-style-type: none"> - 현재 네트워크장치를 개발하여 시험 중 6. 이동폐색방식의 전자연동장치(H/W, S/W) <ol style="list-style-type: none"> 1) 대전과학관 자기부상철도(현대로템) <ul style="list-style-type: none"> - 선로전환기를 제외한 신호기 제어 2) 월미도모노레일(혁신전공사) <ul style="list-style-type: none"> - 간선철도용 연동장치의 연동처리논리를 보완하여 적용
<p>포스코ICT 한터기술 유경제어</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 사령설비(H/W, S/W) <ol style="list-style-type: none"> 1) 이동폐색기반의 사령설비 <ul style="list-style-type: none"> - 경산시험선(포스코ICT) <ul style="list-style-type: none"> · 설계(포스코ICT)와 제작(테크빌)을 분리 2. 속도코드방식의 ATC[지상(H/W, S/W), 차상(H/W, S/W)] <ol style="list-style-type: none"> 1) 광주1호선, 서울3호선, 신분당선 STM(한터) 3. DTG방식의 ATP[지상(H/W, S/W), 차상(H/W, S/W)] <ol style="list-style-type: none"> 1) 고속철도용(한터) <ul style="list-style-type: none"> - 무전원지상자와 유전원지상자 제작 4. 이동폐색방식의 ATP[지상(H/W, S/W), 차상(H/W, S/W)] <ol style="list-style-type: none"> 1) 대전과학관 자기부상철도(한터) <ul style="list-style-type: none"> - 플랫폼제작(한터)과 소프트웨어(현대로템)를 분리하여 개발 2) 경산시험선(포스코ICT) <ul style="list-style-type: none"> - 차상신호장치는 설계(포스코ICT)와 제작(테크빌) 분리

구분	기술개발 및 실용화 내용
	<ul style="list-style-type: none"> - 지상신호장치는 프로토타입 개발, 설계와 제작을 분리 - 표준협회(KSC)에서 RAMS 활동 수행

나. 국가연구개발사업의 실용화 현황

철도신호관련 국가연구개발사업은 대기업 중심으로 수행되었으며, 중소기업의 경우 중소기업육성사업(구매조건부)을 활용하였다. 구매조건부사업을 통해서 개발한 성과물은 국내 철도운영기관에 적용된 사례는 많으나 부품 또는 구성품과 같이 소규모로 이루어졌다. 시스템수준의 열차제어시스템의 실용화사례는 현재까지는 없는 상황이며, 고속철도용 ATC 차상장치를 고속철도 유지보수차량에 설치한 것이 대표적인 실용화 사례이다.

[표 2-20] 국가연구개발사업의 실용화 현황

구분	국가연구개발사업 및 실용화	
	국가연구개발사업명	실용화내용
대우ENG	G7의 전자연동장치 개발	- 해당사항 없음.
	철도종합안전사업의 탈선방지기술 개발 - 레일절손검지기술	- 해당사항 없음.
대아티아이	분산형 열차운행제어시스템	- 해당사항 없음.
	철도종합안전사업의 열차제어안전성평가기술	- 해당사항 없음.
	도시철도신호표준화	- 해당사항 없음.
테크빌	ATC차상신호분석기 -중소기업육성사업(구매조건부)	- 한국철도공사에 납품
삼성SDS	분당선시범사업.	- 해당사항 없음. :한국철도공사의 예산 :구매사양서 작성 등
LS 산전	G7용 지상장치/차상장치 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 속도코드용 ATC차상장치 <ul style="list-style-type: none"> · 유지보수차에 탑재 - 궤도회로 등 지상설비 <ul style="list-style-type: none"> · 현재 상용화가 검토되고 있음.

구분	국가연구개발사업 및 실용화	
	국가연구개발사업명	실용화내용
	G7용 CTC 개발 (광명역 설치목적으로 개발)	- 광명역에 일부 설치
현대로템	지경부 자기부상철도	- 대전과학관에서 재개통 준비중
	도시철도표준화	- 상용화실적은 없음. - 표준사양서 작성에 활용 - 상호호환성에 문제발생
포스코ICT	경량전철 신호제어시스템	- 월미도 모노레일(기술협력) - 지상설비 자체개발중
한터기술	도시철도표준화	- 대전과학관 재개통 준비중

2. 국내 철도신호구축사업의 추진형태

국내 철도신호시스템구축사업은 시범구축사업을 포함하여 해외 철도신호기업과의 기술협력을 통하여 이루어지고 있다. 철도신호시스템구축과 관련된 대표적인 시범구축사업으로는 분당선 MBS시범구축사업과 현재 인천공항에 건설되고 있는 자기부상철도시범구축사업이 있다. 이 사업을 수행하기 위해서 국내 철도신호기업은 해외철도신호업체와 기술협력을 체결하였다.

[표 2-21] 시범사업 내용

시범사업	기술협력내용
MBS	- 주계약자 : 삼성SDS - 기술협력기업 : 캐나다의 Thales - 기술협력내용 : ATP사양서 및 ATP장치
인천공항 자기부상철도	- 주계약자 : 대우엔지니어링 - 기술협력기업 : 일본의 교산신호 - 기술협력내용 : ATP사양서 및 ATP장치

기존선 신호시스템개량을 위한 차상ATP구축사업, 기존선 고속화사업 및 경량전철 건설사업 등도 시범사업과 같이 국내 철도신호기업이 해외 철도신호기업과 기술협력

을 체결하고 있다.

가. 기술협력의 요인

국내의 철도신호기업이 외국 철도신호기업과 기술협력을 하는 이유는 발주기관에서 요구하는 자격기준 및 고유 솔루션을 확보하지 못한 것이 가장 큰 원인으로 조사되었다. 이러한 원인은 발주기관이 국내 철도신호상황을 반영하지 않고 최신기술이 적용된 신호시스템을 요구하기 때문인 것으로 풀이되고 있으며, 기술협력의 요인을 나열하면 다음과 같다.

- 운영, 유지보수 등에 대한 경험부족
- 발주기관의 국내 개발품 채택이 확실하지 않음.
- 투자비회수가 확실하지 않음(기술개발리스크).
- 3년 운행실적 등 실적요구 사항 및 요구내용(기능, 기술)

나. 기술협력시 업무분장

발주자와의 계약은 국내기업이 하지만 핵심부분에 대한 사양서와 장치공급은 외국기업이 담당하며, 국내기업과 해외기업의 업무분장은 다음과 같다.

- 핵심장치는 외국기업이 담당하고, 국내기업은 RFP에 제시된 국산화율을 충족하는데 필요한 내용 담당
: 국내기업은 제작, 설치, 시험 등에 많이 집중되고 있으며, 해외기업은 ATP 등 핵심장치공급 및 supervision에 집중
- 일부 부품 및 개발 tools 등을 도입
- 시스템엔지니어링 업무에 의존함.
: 시스템엔지니어링을 수행할 수 있도록 국내에 관련 문화(제도)를 정착시키는 것이 요구되며, 이에 따른 시스템의 고비용화는 불가피함.

다. 기술협력에 따른 문제점

기술협력 시 업무분장, 문화적 충돌, 기술이전 등으로 인하여 다음과 같은 문제가 발생되고 있다.

- 유지관리, 설비의 변경 등에 많은 시간과 비용이 소용됨
: 부산2호선(Bombardier)과 부산3호선(교산)의 수정과 변경 시 소요시간에 많은 차이가 있는데, 담당 기업의 기술이전내용 및 기술확보수준의 영향을 받음.

- 해외철도신호기업의 무성의로 인하여 기술이전이 원활히 이루어지지 않음.
: 국내기술수준이 핵심장치와 관련된 구체적인 기술을 요구하고 있기 때문에 기술이전이 소극적임
- 보다 높은 가격을 요구하고 있어 국산화에 장애가 되고 있음
- 유지보수에 필요한 관련 tools를 별도로 개발해야 함

해외신호기업과의 기술협력은 긍정적인 측면도 있으나, 해외기업이 이익의 대부분을 차지하고, 기술이전도 계약내용을 충실히 이행하지 않는 등 문제점을 갖고 있기 때문에 중장기적으로는 국내 고유의 솔루션 확보를 추진하면서, 단기적으로는 신호시스템의 표준사양을 발주사양서에 반영하는 등 보완사항이 있어야 한다. 이를 통해서 다음과 같은 효과를 기대할 수 있다.

- 국내 기업이 기술협력이 가능한 해외 철도신호기업을 선정하는 것이 가능함
- 상대적으로 낮은 가격으로 해외기업을 기술협력 파트너로 선정할 수 있음.

3. 검토내용 및 시사점

고정폐색 기반의 사령설비, 연동장치 등은 이미 국내의 기업에 의해 상용화 및 국외 시장 진출이 추진되었으며, 속도 코드 방식의 ATC 차상장치는 개발이 완료되어 상용화가 추진중인 반면, Distance to go 방식의 ATP 지상, 차상장치는 국내 기업에 의해 국산화 개발을 시도하였지만, 개발은 시스템 차원이 아닌 단품 개발로 국한됨에 따라, 관련 제품에 대한 상용화 실적은 없는 것으로 조사되었다. CBTC 시스템의 경우에는 분당선 시범구축사업, 대전과학관 자기부상열차 및 경산 시험선 등에서 연구개발을 통해 시범 구축되었지만, 일부 분야의 국산화 기술개발을 제외한 통합 시스템 전반에 대한 기술개발은 상용화 실적이 없는 것으로 확인되었다. 이러한 상용화 현황은 기존선 신호시스템 개량을 위한 차상 ATP 구축사업, 기존선 고속화 사업 및 경량전철건설사업 등에서도 유사한 형태로 이루어지고 있다.

따라서 열차제어시스템의 상용화는 경제적인 측면에서의 수요와 공급, 기술적인 측면에서의 실현 가능성, 관련 기술을 평가할 수 있는 인증 체계 등과 함께 체계적인 성능 검증을 기본적으로 실행한 후에 실현 가능할 것으로 예상된다.

제6절 국내외 신호시스템 시장조사 분석

1. 국내외 철도 및 신호시장 전망

가. 정부의 중장기 철도건설계획

철도분야 신호시스템 상세기획연구를 위하여 상위계획 및 광역교통시설계획을 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

나. 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.

[표 2-22] 철도관련 상위계획

구분	사업내용	연장(km)
고속철도	경부고속철도 2단계 건설	167.2
	호남고속철도 건설	230.9
일반철도	경부선(서울-시흥) 3복선전철화	17.6
	전라선(익산-순천) 복선전철화	154.2
	전라선(순천-여수) 전철화	40.0
	중앙선(덕소-도담-영천) 복선전철화	302.3
	경의선 서울-수색 2복선전철화	6.9

구분	사업내용	연장(km)
	경전선(동순천-광양-진주-삼랑진)복선전철화	168.4
	경전선(순천-송정리) 복선전철화	97.4
	경전선(보성-임성리) 단선전철	79.5
	태백선(제천-쌍용) 복선전철화	18.3
	영동선(동백산-도계) 철도이설	19.6
	동해선(울산-포항) 복선전철화	73.2
	동해선(포항-삼척) 단선전철	171.3
	동해선(강릉-저진-분계선) 철도건설	117.2
	원주-강릉 복선전철	120.0
	성남-여주 복선전철	53.8
	중부내륙선(여주-문경) 단선전철	95.8
	장항선(천안-온양온천-군산) 복선전철화	143.5
	군산선(익산-대야) 복선전철화	16.5
	인천국제공항철도(인천공항-서울역)및 인천공항 활주로구간 철도건설	62.0
	경춘선(금곡-춘천) 복선전철화	63.8
	대구선(동대구-경주)복선전철화	70.2
	부전-마산 복선전철	51.4
	부산신항만 배후철도(한림정-부산신항)	38.8
	군장산단 인입철도	28.0
	목포신외항 배후철도(대불-신외항)	5.2
	광양항 인입철도	5.5
	경원선(신탄리-철원-분계선) 단선철도	23.2
	목포-군산철도건설	150
	의정부-철원 복선전철화	54.2
	금강산선(철원-분계선) 철도건설	32.5
	경원선(소요산-신탄리) 복선전철화	36.5
	경원선(용산-청량리) 2복선 전철화	12.6
	교외선(의정부-능곡) 복선전철화	29.9
	능곡-부곡 복선전철	45.8
	수도외부순환(의정부-도농) 복선전철	19.9
	도농-신갈 복선전철	59.0
	삼릉-소래 복선전철	28.0
	소사-원시 복선전철	23.1
일반 철도/ 광역 철도	서해선(야목-예산)복선전철	83.9
	서해산업선(인주-안흥) 단선철도	78.0
	포승-평택 단선철도	30.6

구분	사업내용	연장(km)
	평택-원주 복선전철	96.0
	철원-원주 단선전철	122.8
	춘천-속초 복선전철	95.0
	경춘선(청량리-망우) 2복선전철화	4.6
	제2공항철도(신공항-광명) 복선전철	46.9
	수도남부순환(광명-판교) 복선전철	21.0
	수서-광주 복선전철	19.0
	평택-서울	63.7
	오리-오산 복선전철	14.5
	중부선(신둔-음성) 단선전철	58.4
	포항직결선(영천-안강) 단선전철	30.5
	영동선(동해-강릉) 복선전철화	45.1
	대구-광주 단선전철	200.0
	경북선(점촌-김천) 복선전철화	55.5
	중부내륙(김천-진주) 단선전철	114.8
	김천-전주 단선철도	97.4
	충청선(보령-조치원) 복선전철	88.8
	태백선(쌍용-백산) 복선전철화	62.7
	영동선(영주-동해) 복선전철화	123.6
	천안-문경 단선전철	100.1
	문경선(문경-점촌) 전철화	22.3
	경북선(점촌-영주) 복선전철화	50.3
	분천-울진 단선전철	33.1
	김천-영덕 단선전철	133.0
	새만금-군산 단선전철	23.6
	의정부-소요산 복선전철	24.7
	경의선(용산-문산) 복선전철화	48.6
	경춘선(망우-금곡)복선전철화	17.2
	분당선(왕십리-선릉)복선전철	6.6
	분당선(오리-수원)복선전철	18.2
	수인선(수원-인천)복선전철화	52.8
	동해선(부산-울산) 복선전철화	72.1
	신분당선(수원-강남-용산) 복선전철	46.4
	신안산선(청량리-안산)복선전철	40.8
	대곡-소사 복선전철	15.0

다. 광역경제권 발전 30대 선도프로젝트 중 철도사업

광역권 발전전략 추진에 필수적인 선도산업, 인재육성, 성장거점, 광역기반시설을 대상으로 선도프로젝트 선정하였으며, 이를 위하여 30개 선도프로젝트중 철도부문 선도사업은 7개사업으로 이들 모두 국책사업으로 선정하여 체계적으로 관리하고 있다.

[표 2-23] 선도사업

선도사업	담당부처
원시-소사-대곡 복선전철	국토해양부
인천지하철 2호선	국토해양부
대전-행정도시-오송 신교통수단	국토해양부
서해선 복선전철(화양-원시)	국토해양부
호남고속철도	국토해양부
경전선 복선전철(부산-마산, 진주-광양)	국토해양부
원주-강릉 철도	국토해양부

자료 : 광역경제권 발전 30대 선도프로젝트, 국토해양부, 2008.09

라. 전국 철도망 계획

철도수송분담률 제고를 위한 철도시설의 대폭적인 확충계획 수립하였으며, 중소도시 및 신도시의 경우는 경전철을 도입하여 전철과 연계체계를 구축하도록 계획을 수립하였으며 그 내용은 다음과 같다.

[표 2-24] 전국 철도망 계획

구분	노선명	사업구간	사업내용 /정거장수	연장 (km)	총사업비 (억원)	
일반 철도	전반기 착수사업 (10개) ¹⁾	전라선	순천~여수	전철화	40	737
		장항선	온양온천~군산	복선전철화	127	12,006
		경원선	소요산~신탄리	복선전철화	36.5	10,293
		동해선	강릉~저진	단선철도	110.2	18,403
		서해선	예산~야목	복선전철	83.9	28,693
		대구선	동대구~경주	복선전철화	70.2	15,839
		경춘선	청량리~망우	2복선전철화	4.6	5,178
		포승~평택	포승~평택	단선철도	30.6	4,121
		경원선	신탄리~철원	단선철도	16.2	650
	장항선	온양온천~신창	복선전철화	5.2	216	
후반기	울진~분천	울진~분천	단선전철	33.1	7,461	

구분	노선명	사업구간	사업내용 /정거장수	연장 (km)	총사업비 (억원)
착수사업 (8개) ¹⁾ 경기도 철도 기본계획 ²⁾	영동선	동백산~도계	복선전철화	19.6	4,837
	영동선	영주~동백산	복선전철화	69.9	20,133
	경전선	동순천~광양	전철화	10.9	193
	태백선	쌍용~백산	복선전철화	62.7	18,072
	경북내륙선	김천~영덕	단선전철	133.5	29,644
	문경선	문경~점촌	전철화	22.3	3,947
	춘천~속초	춘천~속초	복선전철	95.1	27,292
	신안산선	청량리~안산	-	-	-
	별내선	암사~별내	-	-	-
	오리~오산선	오리~오산	-	-	-
	대곡~원시선	대곡~원시	-	-	-
	수도권남부순환선	광명~판교	-	-	-
	포승~평택선	포승~평택	-	-	-
	부곡~능곡선	부곡~능곡	-	-	-
	인덕원~신분당선	인덕원~신분당선	-	-	-
	녹번~하남선	녹번~하남선	-	-	-
	수도권외부순환선	도농~신갈	-	-	-
	중부내륙선	수서~광주	-	-	-
	용인~안성선	용인~안성	-	-	-
	평택~원주선	평택~원주	-	-	-
	제2공항철도	신공항~광명	-	-	-
	포천선	장암~포천	-	-	-
	의정부~철원선	의정부~철원	-	-	-
	수도권우회선	여주~연천	-	-	-
	수도권외부순환선	삼릉~소래	-	-	-
	중부선	신둔~음성	-	-	-
	홍대입구~통일전망대	홍대입구~통일전망대	-	-	-
수도권외부순환선	의정부~도농	-	-	-	
교외선	능곡~의정부	-	-	-	
도 시 철 도 기본계획 ³⁾	우이~신설연장	우이~방학	3개소	3.53	3,029
	동북선	왕십리~은행사거리	14개소	12.34	11,447
	면목선	청량리~신내	12개소	9.05	8,599
	서부선	장승배기~새철	12개소	12.05	10,774
	DMC 경전철	수색역~월드컵경기장	11개소	6.50	1,976
	목동선	신월~당산	12개소	10.872	9,034
	신림선	여의도~서울대	10개소	7.821	7,422

※ 일반철도 전반기 착수 사업의 경우 대구선 화물중계역 건설 포함 시 11개 사업 자료 :

1) 국토해양부 홈페이지

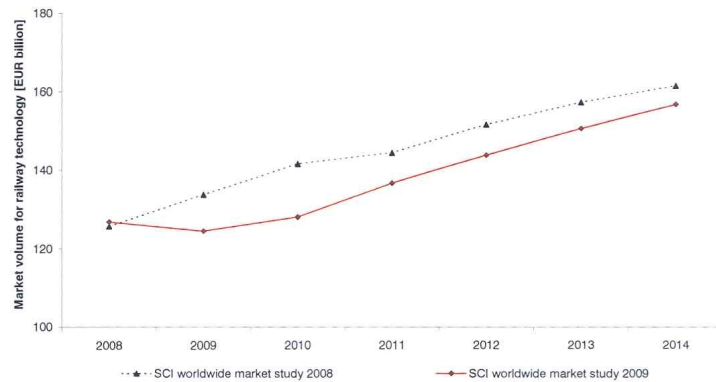
2) 경기도 철도기본계획, 경기도, 2006.11

3) 서울특별시 10개년 도시철도 기본계획, 서울특별시, 2008.11

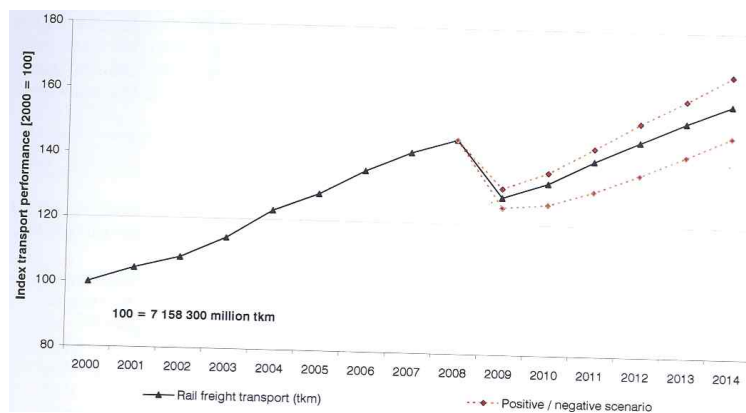
2. 세계철도시장 전망

가. 철도화물

최근 80년간의 몇 차례의 큰 경제 위기 속에서도 철도시장은 지속적인 성장추이를 보여주고 있으며, 철도 여객수송에 비하여 철도 화물 수송 분야는 경제위기의 영향을 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. 하지만 이러한 분석에서 2008년에 매우 높았던 철도 화물은 2009년 대폭 감소했으나 2014년까지는 지속적으로 증대할 것으로 예측하고 있다. 지난 8년간 화물의 tonne-kilometers는 세계 시장의 약 50% 수준의 성장추세를 나타냈으며, 이는 세계의 각 국가들이 철도 화물 교통에 상당한 비중을 두고 있는 것으로 풀이된다. 이러한 높은 성장률은 주로 컨테이너 화물의 높은 수요에 기인하고 있는 것으로 분석되고 있으며 이에 따라 철도수송용량의 절대적 확보가 필요한 것으로 추정할 수 있다.



(그림 2-18) 철도 산업 연구에 따른 세계 철도시장 발전 예측(2008~2014년)

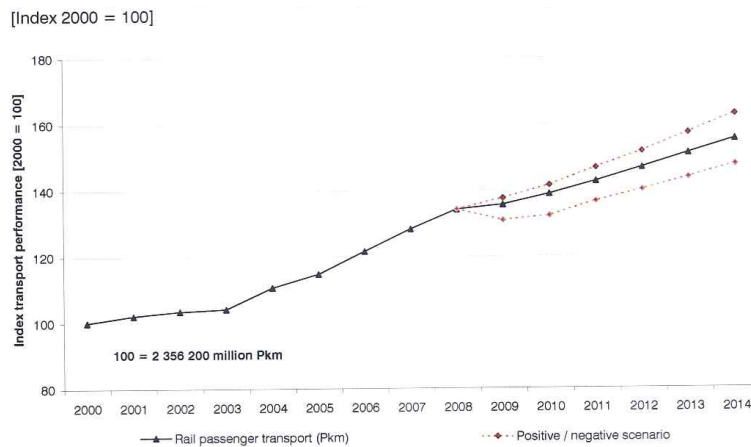


(그림 2-19) 2000~2014년 화물 수요의 세계 시장의 성장 예측

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. 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.



(그림 2-20) 2000~2014년 철도 여객 교통 수요 예측

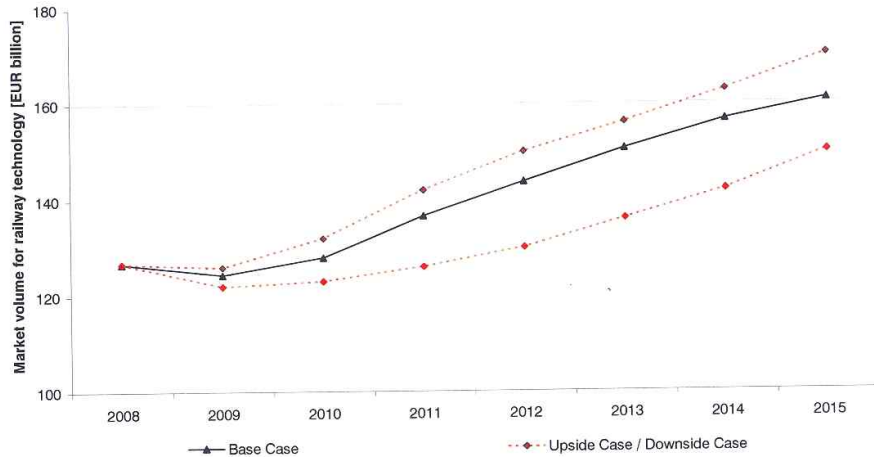
다. 철도분야별 시장전망

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.

[표 2-25] 철도분야별 시장전망

분야	연간 시장 규모 (EUR millions)	연평균 시장 성장률 (2009~2014)	표준편차 (2009~2014)
Infrastructure	39500	+5.5	2.5
Systems technology	13200	+4.1	1.4
Rolling stock	73800	+3.7	0.1
총	126500	+4.2	1.3

한편 철도시장을 시나리오별로 낙관적·중도적·비관적 시나리오를 바탕으로 철도 기술 시장의 규모를 예측한 그래프는 다음과 같으며, 시나리오별 내용은 아래와 같다.



(그림 2-21) 2008~2015년 철도 기술의 세계 시장 성장 예측

(1) 낙관적 시나리오 (Upside case)

- 중도적 시나리오보다 빠른 세계 경제의 급속한 회복과 증가하는 교통량에 근거한 중도적 시나리오보다 빠른 투자를 가정함
- 공공 자금이 철도 시스템에 투자할 정도로 충분한 상태라고 가정함
- 덧붙여 친환경적 교통수단으로 철도의 중요성의 부각 요소를 고려함

(2) 중도적 시나리오 (Base case)

- 2010년에 경제 회복으로 철도 분야의 재정 투자가 가능한 상황을 가정함
- 2008년의 철도 화물 교통 수요가 2012년에 다시 도달하며 철도 여객 수요는 2010년에 도달할 것으로 가정함.
- 2012년부터 공공 자금이 투자와 관련하여 압력을 받게 되며, 차량과 인프라에 개인 투자 자금이 증가할 것으로 가정함.

(3) 비관적 시나리오 (Downside case)

- 경기의 회복과 차량과 인프라에 대한 투자가 매우 느리게 회복되는 경우를 가정함
- 공공자금의 위기로 인하여 투자가 늦추어지는 상황을 가정함.

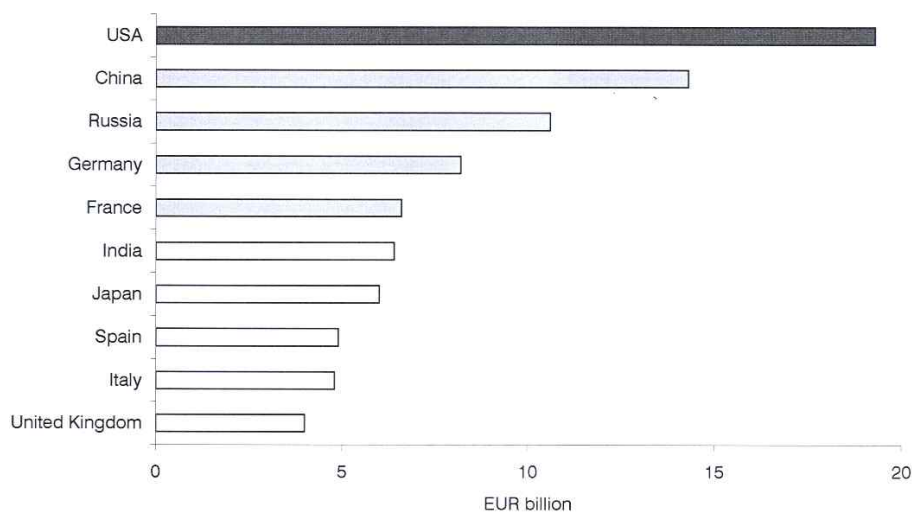
라. 지역별 시장전망

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.

[표 2-26] 지역별 시장전망

지역	연간 시장 규모 (EUR millions)	연평균 시장 성장률(%) (2009~2014)	표준편차 (2009~2014)
서유럽	39,000	+3.5	2.1
동유럽	8,850	+3.3	3.8
북아메리카	23,500	+4.3	4.5
중앙/남아메리카	3,000	+7.1	4.7
아시아	317,000	+5.2	2.4
아프리카/중동	4,250	+5.8	4.3
CIS(독립국가연합)	13,700	+3.7	2.3
호주/태평양부근	2,500	+3.8	7.5
총	12,600	+4.2	1.0



(그림 2-22) 2009년 국가별 세계 시장 점유 순위(2008~2010년 평균)

3. 신호 및 제어시스템 시장 예측

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 국가 소유의 China Railway Signal Communication Corp. 역시 중요한 위치를 차지하고 있다.

가. 개요

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.

나. 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 위해서이다.

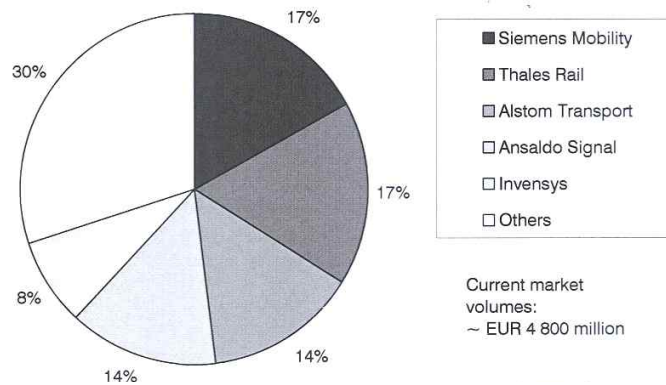
철도시스템과 마찬가지로 기존 설치된 신호 및 제어시스템의 인터페이스 등도 고려되어야 하고, 또 신호 및 제어시스템 내에서는 이는 새로운 시스템의 개발 및 시스템의 업그레이드에도 적용할 수 있다. 철도신호체계 개발을 위한 투자의사결정 시 신호시장에 의존하는 것이 바람직하나 철도신호시장의 규모에 따라 상당한 차이가 있을 수 있다.

다. 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.

라. 공급사

세계 신호 시장은 전술한 바와 같이 6개의 메이저 공급사인 Alstom Transport, Ansaldo Signal, Bombardier Transportation, Invensys, Siemens mobility, Thales Rail Signalling solutions이 과점하고 있다. General Electric은 시스템 일부를 공급하고 있으며, 지역에 따라 시스템을 공급하기도 한다. 최근에 중국 시장 규모가 급속히 확대되면서, 국영 회사인 China Railway Signal and Communication Corp. 또한 중요한 위치를 차지하고 있다.



(그림 2-23) 2005~2009년 control command and signaling 개발 및 업그레이드 세계 시장 점유율

마. 시장 규모 및 전망

SCI Verkehr에서 제시하고 있는 철도 제어 및 신호 시장의 규모를 지역별로 살펴보면 다음과 같다.

[표 2-27] 지역별 철도 제어 및 신호 시장 (신선건설 및 개량)

지역	연간 시장 규모 (EURO millions)	연평균 시장 성장률(%) (2009~2014)	표준편차 (2009~2014)
서유럽	2,110	+4.2	6.4
동유럽	420	+1.5	21.5
북아메리카	470	14.9	27.9
중앙/남아메리카	150	+11.3	10.9
아시아	1,320	+4.9	10.2
아프리카/중동	270	+16.2	16.7
CIS(독립국가연합)	250	+6.4	16.7
호주/태평양부근	80	+19.8	20.4
합계	5,080	+6.8	4.8

자료 : SCI Verkehhr 보고서, 2009

[표 2-28] 지역별 철도 제어 및 신호 시장 (개량 및 유지관리)

지역	연간 시장 규모 (EURO millions)	연평균 시장 성장률(%) (2009~2014)	표준편차 (2009~2014)
서유럽	2,970	+1.3	1.3
동유럽	700	+0.6	0.3
북아메리카	370	+0.1	10.5
중앙/남아메리카	75	+0.4	0.4
아시아	1,120	+4.7	1.6
아프리카/중동	100	+1.8	1.2
CIS(독립국가연합)	730	+3.2	0.1
호주/태평양부근	170	+0.6	0.4
총	6,240	+2.0	1.4

자료 : SCI Verkehhr 보고서, 2009

(1) 서유럽

여러 개의 독립적인 대규모 프로젝트가 ERTMS(European Rail Traffic Management System)와 함께 가장 중요한 철도노선에 실시되고 있으며, 철도관제설비와 전자연동 장치의 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 개량

과 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 노선에서는 동유럽이나 러시아의 오래된 시스템을 적용하고 있다.

지하철과 경량전철을 위한 CCS 수요는 적절하며, 현재의 설비 및 장치개량이 가끔씩 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 있으

며, 시장 개발은 낮은 수준이다.

(5) 아시아

고속철, 기존선 및 지하철은 긍정적으로 발전되는 경향을 보이고 있으나, 경량전철은 미미한 실정이다. 중국과 인도는 다양하고 강력한 지하철 프로젝트에 투자함으로써 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 널리 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

시장성장은 기존 일반철도와 지하철 시스템에서 알려진 프로젝트에 의해 이루어지고 있으며, 독립적인 신호 프로젝트 수행은 알려지지 않았다. 러시아에서 널리 사용되고 있는 신호 기술은 최신 기술이 아니지만 현재 운영에 충분한 효율성이 입증되고 있으며 안전 기능과 증가하는 철도를 고려한다면 충분한 수요가 있을 것으로 전망된다.

4. 국제표준화기구의 표준화활동

가. UIC

(1) ERTMS Project

국제철도연합(UIC : International Union of Railways)은 유럽횡단 고속철도망에서의 상호운용성(Interoperability)를 실현하기 ERTMS프로젝트를 주도하였다. 즉, ETRMS의 영역의 모든 프로젝트는 UIC에 의해 수행되며 ERTMS는 각기 GSM-R, ETCS 그리고 ETML 세 가지 기본적인 요소들을 포함하는데 다음과 같다.

- GSM-R

통신요소로써 이동 중인 차량 간 음성통신과 회선 제어기 그리고 ETCS 데이터를 위한 베어러 경로(bearer path)를 포함한다. 유럽의 이동통신 표준인 GSM을 기반으로 철도 특성에 적합하도록 구체화하였다. 즉, 철도분야에서 사용을 목적으로 별도의 주파수 대역(876-880/921-925 MHz)을 할당하고 그룹통화(VGCS: Voice Group Call Service), 방송통화(VBS: Voice Broadcast Service) 및 우선순위(eMLPP:enhanced MultiLevel Precedence and Preemption) 등의 기능을 추가한 무선통신 시스템이다.

- ETCS

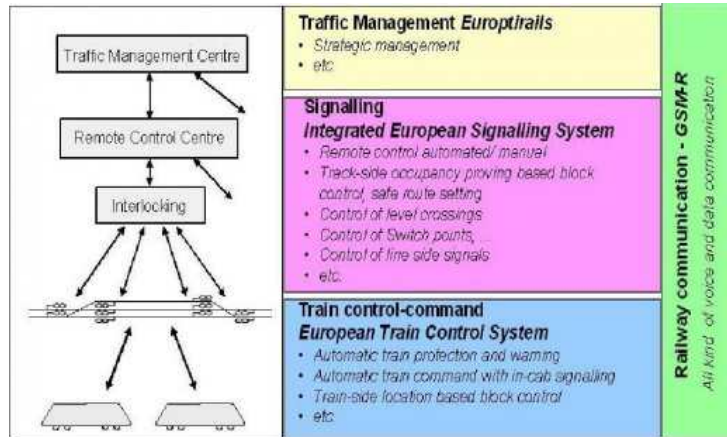
신호요소로써 움직임 권한, 자동 열차방호 그리고 연동을 위한 인터페이스를 포함한다. ETCS는 상호운용성을 목표로 지상-차상간의 전송방식을 기능적인 측면에 의해 Level 1, Level 2, Level 3로 분류하여 추진하고 있다.

- Level 1: 고정폐색, 기존의 연동장치 및 신호시스템에 불연속정보 전송시스템 추가 장착. 궤도회로를 이용한 열차검지.
- Level 2: 고정폐색, 양방향 정보전송으로 열차운행정보 수신 가능
- Level 3: 이동폐색, 무선을 통해 전송된 열차 위치로부터 진로의 해정 가능, 열차 검지를 위한 별도의 설비(궤도회로 등)가 필요 없음.

UIC는 EIRENE(European Integrated Radio Enhanced Network) 프로젝트를 통해 철도에 적용하기 위한 무선통신 시스템의 표준화를 위한 요구조건을 도출하였으며, 도출된 사양에 따르는 무선 시스템 프로토콜의 상세기술, 개발, 시험 및 유효화를 위해 MORAIN(MOBile RAdio for railway Networks in Europe)프로젝트를 수행하였다. 그 결과 ETCS Level 2에서의 정보전송 및 ETCS Level 3에서의 열차검지 및 정보전송에 적용하기 위한 무선통신 시스템으로서 GSM-R을 채택하였다.

- ETML(European Traffic Management Layer)

최적의 열차이동을 위한 작업관리 단계로써 시간표와 운영데이터의 지능적인 해석에 기초한다. ETML은 실시간 열차 관리 및 경로계획-레일 노드 유동성- 고객 및 운영직원 정보를 포함한다.



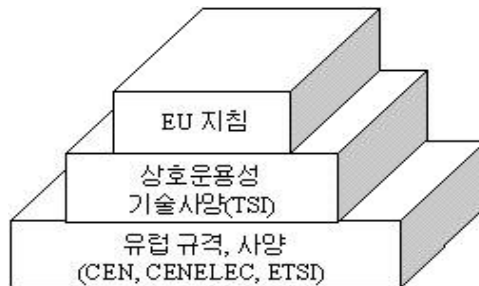
(그림 2-24) 철도 교통 관리시스템의 기능적 구조

나. IEC

(1) CENELEC

국제전기기술위원회(IEC: International Electrotechnical Commission)에서는 철도신호분야의 신속한 규격제정을 위해 철도신호의 안전성에 관한 규격인 CENELEC(유럽국제전기표준회의)규격을 그대로 IEC규격화 하였다.

EU의 정책인 EU 지침과 CENELEC 규격과의 관계를 아래의 그림에 나타냈다.



(그림 2-25) CENELEC 규격과 유럽규격과의 관계

상호운용성을 위한 EU 지침이 최상위에 위치하여 이를 기술적으로 실현하기 위한 사양인 TSI(Technical Specifications of Interoperability)가 그 다음에 위치하고 이를

위한 구체적인 요건을 규정하는 CENELEC 규격이 최하위의 층에 위치한다. CENELEC 규격은 EU내의 시장개방과 상호 운용성을 확보하는데 필요한 신호보안 장치 사양과 안전성 수준을 공통화하기 위해 법적 규제력을 갖는다.

(2) Working Group

IEC Technical Committee(TC) 9에서 철도 신호분야를 포함한 철도 전기장치 및 시스템(Electrical Equipment and Systems for railways) 관련 활동을 수행하고 있다. TC 9의 세부 Working Group(WG)는 아래와 같다.

- WG 39: Automated Urban Transit Safety Requirement;
- WG 40: Railway applications-Urban Guided Transport Management and Command/Control Systems
- WG 43: Railway applications - Train communication network (TCN)
- WG 44: Railway applications - Environmental conditions for equipment
- WG 45: Railway applications - Automated urban guided transport
- WG 46: Onboard multimedia systems for railways
- WG 47: Railway applications - Rolling stock equipment - Capacitors for power electronics - Part 2: Aluminium electrolytic capacitors with non solid electrolyte and electric double layer capacitors
- WG 48: ODIS - On board Driving Information System

TC 9에서 수행한 철도신호분야 관련 발간물은 아래와 표와 같다.

[표 2-29] 철도신호분야 관련 발간물 리스트

구 분	내 용	비 고
IEC 62278	Railway applications - Specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS)	Maintenance Result Date: 2011
IEC 62279	Railway applications - Communications, signalling and processing systems - Software for railway control and protection systems	Maintenance Result Date: 2008
IEC 62280-1	Railway applications - Communication, signalling and processing systems - Part 1: Safety-related communication in closed transmission systems	Maintenance Result Date: 2011

IEC 62280-2	Railway applications - Communication, signalling and processing systems - Part 2: Safety-related communication in open transmission systems	Maintenance Result Date: 2011
IEC 62236-4	Railway applications - Electromagnetic compatibility - Part 4: Emission and immunity of the signalling and telecommunications apparatus	Maintenance Result Date: 2014
IEC 62425	Railway applications - Communication, signalling and processing systems - Safety related electronic systems for signalling	Maintenance Result Date: 2013

① IEC 62278(EN 50126) : RAMS

이 규격은 철도신호뿐 만이 아니라 차량이나 전력설비 등 철도시스템 전반을 대상으로 하여 다음과 같은 기본적인 개념을 전제한다.

- 수명주기 각 단계에서 RAMS 관리를 위한 절차와 실시항목을 규정한다.
- RAMS의 요구사항과 그 요구사항이 충족되는 것을 확인하는 절차를 규정한다. 이를 위하여 필요한 분석, 작성해야할 문서를 규정한다.
- 대상 장치·시스템이 안전에 미치는 영향을 평가하는 위험(Risk) 분석을 규정한다. 단, 위험요인(Hazard) 분석, 위험 분석을 수행할 것을 요구하고 있으나 수치에 대해서는 규정하지 않는다.
- RAMS 관리를 위한 일련의 과정에 있어서 관련조직과 관계자의 역할 및 자격 등에 대해서는 유럽의 체제를 전제로 한다.

② IEC 62279(EN 50128) : 소프트웨어

이 규격은 IEC 61508의 Part 3에서 취급하고 있는 소프트웨어에 관한 규격을 토대로 하여 철도신호의 상황을 반영하고 있으며, 이 규격의 기본적인 개념은 다음과 같다.

- 소프트웨어의 수명주기 각 단계에서 안전성 확보를 위한 요구사항과 그 요구사항이 충족되는 지를 확인하는 과정을 규정한다. 이를 위하여 필요한 방법과 관리, 작성해야할 문서를 규정한다.
- 대상 장치·시스템에 대하여 안전성 기술을 적용하여 감소시켜야할 위험을 SIL에 대응시키고, SIL에 따라 적용해야 할 소프트웨어의 안전성 기술을 규정한다.
- SIL을 0~4의 5단계로 구분하고 안전과 관련없는 항목에 0을 할당하고 가장 높은 안전성이 요구되는 항목에 4를 할당한다. 해당 SIL에 적용이 의무화된 안전성 기술을 사용하지 않는 경우에는 이를 기록할 것을 요구하고 있다.
- 소프트웨어의 설계자, 검증자(Validator), 증명자(Verifier), 평가자(Assessor)의 독립성에 대해서 SIL에 따라 동일 조직과 동일 인물 여부를 규명한다. 가장 높은

SIL의 경우는 설계자와 증명자는 동일 조직내 다른 인물이어야 하고 평가자는 다른 조직에 속해야 한다.

③ IEC PWI 9-7(EN 50129): SAFETY CASE

CENELEC의 철도신호에 관한 안전성 규격은 IEC 61508을 토대로 지금까지 각 나라의 철도신호 안전성기술요건을 통합한 것인데, Fail-Safe를 중심으로 하는 안전성 기술·방법의 상세한 내용은 유럽 내에서도 각 나라마다 차이가 있다. 이러한 점에서 Safety Related Electronic Systems for Signalling(EN 50129)은 철도신호에서 안전 관련 전자시스템의 수용(Acceptance)과 승인(Approval)을 위한 요구사항을 규정하고 있으며, 채택된 방식에 대한 안전성 인증을 위한 문서관리에 중점을 두면서 국가 간의 교차승인(Cross Acceptance)을 목적으로 한 안전성 규격이다.

EN 50129에서는 안전성 인증의 조건으로 품질경영, 안전경영, 기능 및 기술적 안전성 등의 세 가지의 사항에 대해 체계적이고 문서화된 접근을 요구하고 있다. 이 문서에 의한 안전성의 입증을 Safety Case라 하며, 본 규격의 중심개념이다.

④ IEC 62280(EN 50159) : 안전 관련 전송

본 규격안의 기본적인 개념은 아래와 같다.

- IEC 62280-1의 전용무선(회선)에 대한 규격에는 안전측 고정(Fail-Safe) 전송을 행하기 위해 필요한 18개의 기술요건을 규정한다.
- IEC 62280-2의 범용무선(회선)에 대한 규격에는 보안상의 위험에 대해 해석할 것을 요구하며, 발신원의 특성이나 암호의 사용을 포함하여 필요한 보안대책을 실시할 것을 규정한다.

(3) ERTMS Project

국제철도연합(UIC : International Union of Railways)은 유럽횡단 고속철도망에서의 상호운영성(Interoperability)를 실현하기 ERTMS(European Rail Traffic Management System) 프로젝트를 주도하였다. 즉, ETRMS의 영역의 모든 프로젝트는 UIC v에 의해 수행된다. ERTMS는 각각 GSM-R, ETCS 그리고 ETML 세가지 기본적인 요소들을 포함한다.

(4) APM 표준화 위원회

APM 표준화 위원회는 ASCE (American Society of Civil Engineers)의 일원으로 활동하는 단체이다. 이 단체의 주 임무는 모든 APM 건설과 운영에 관련된 표준을

제정하는 것이며, 아래와 같은 단체들이 포함된다.

- 모든 미국의 APM 운영자와 일부 유럽에서 공급된 것도 포함하며,
- APM 시스템 공급자,
- 감독기관

이 단체는 1996년 APM 표준 Part 1 (of 4)을 작성하였고, 이 문서는 열차제어와 관련되어 무인자동시스템의 기능과 성능 요구사항을 포함하고 있다. 이 표준화는 1997년 미국의 Nevada 주 Clark 카운티의 Las Vegas Monorail 시스템의 사양서로 채택되었다.

(5) IEEE RTVISC (Rail Transit Vehicle Interface Standards Committee)

이 단체는 1996년 결성되어 IEEE 소속되었다. 원래 이 단체는 미국의 연방교통국인 FTA (Federal Transit Administration) 산하의 Transport Cooperation Research Program으로 출범하였다. 1996년 이래로 RTVISC 단체는 25개의 Working Group을 설립하여 지금까지 10개의 IEEE 표준화를 승인받았고, 현재 15개의 표준화를 추진 중에 있거나 승인을 받기위해 대기하고 있다.

이 단체의 Working Group 들 에는 총 300명이 넘는 산업 전문가들이 참여하고 있다. 2002년에 RTVISC가 그동안 오늘날의 교통시스템에 적용 가능한 표준화를 개발하는 공적을 공인 받기위해 American Public Transportation Association (APTA)로 옮겨 활동하고 있다. 다음은 그중 중요한 Working Group을 언급하였다.

- WG 1 - Communication Protocol on Trains;
- WG 2 - Communication Based Train Control;
- WG 3 - Event Recoder and Monitoring & Diagnostic Systems;
- WG 5 - Propulsion Controller / Motor / Brake;
- WG 7 - Vehicle Passenger Information Standards;
- WG 11 - Controls for Rail Transit;
- WG 12 - Software Documentation for Rail Equipment and Systems.

IEEE 1474 시리즈에서는 CBTC와 관련된 표준을 정의하였으며 세부 내용은 다음 표와 같다.

[표 2-30] IEEE 1474 Standard 현황

구 분	내 용	비 고
IEEE Std 1474.1	IEEE Standard Method for CBTC Performance and Functional Requirements	
IEEE Std 1474.2	IEEE Standard for User Interface Requirements in CBTC	
IEEE P1474.3	IEEE Recommended Practice for Communications-Based Train Control (CBTC) System Design and Functional Allocation	

(6) EU UGTMS(Urban Guided Transport Management System)

(가) UGTMS 목적

UGTMS란 EC(European Commission)가 지원하는 경쟁적인 무한 성장을 위한 연구개발 관련 유럽 프로그램의 프로젝트이다. 이러한 UGTMS 프로젝트의 주요 목적은 우선 UGTMS로 전이되는 ERTMS ATP 요구사항을 검토하고, 상호운영성 및 교통통합성을 개선하기 위하여 모든 종류의 도시교통관리시스템에 관계되는 기능과 시스템 요구사항을 정의하는 것이다. 아울러 이러한 시스템으로 점진적으로 개량하며, 유럽시장의 육성, 제품의 수명주기비용(LCC : Life Cycle Costs)의 저감 등이 가능하도록 하는 개방형 시스템 표준을 만드는 것이다. 또한 IT 시스템을 고려하면서 기존 규정과 일관성을 유지시키기 위하여 안전성 및 적합성 평가에 대한 접근방안을 제안하며, 대학 연구망(NoU : Network of Universities)을 통하여 안전성에 대한 ‘역량 집중’의 과업을 시행하는데 있다.

UGTMS 프로젝트의 장기적인 목적은 현재 간선철도의 ERTMS에 버금가는 수준의, 유럽의 UGT(Urban Guided Transport) 시스템 분야(지하철, 트램, 경량전철 등 포함)에 사용될 공통의 관리시스템을 마련하는 것이다.

(나) UGTMS 개요

UGTMS는 최소 6년 동안 추진되는 프로젝트로서, 1단계는 2002년부터 시작되어 24개월로 계획되었으며, 결과평가를 통하여 향후 추진방향이 다시 결정된다.

만약 프로젝트가 성공적일 경우에는 신설 또는 개량되는 트램이나 경량전철, 지하철 시스템 대부분에 UGTMS가 운영 시스템으로 채택될 것이다. 이에 따라 첨단기술을 이용하여 편의성 및 안전성을 최적 수준으로 처리하며, 또한 시스템 구성품을 시장에서 폭넓게 선택할 수 있게 된다.

1단계 프로젝트는 본질적으로 예비조사(타당성 조사)단계로써, 기존 시스템의 특성

에 따른 구축 가능성과 극복해야 할 문제 등을 확인하는 것이다. 이에 대하여 주요 논제는 ERTMS가 성공적으로 수행되어 그 사양이 UGTMS의 요구사항에 적용하도록 확장시키는 것이다.

그 외에 상호운영성이나 교통통합성을 개선할 수 있도록 모든 형태의 UGTMS에 대하여 관련 기능이나 시스템 요구사항(FRS, SRS)을 정의하고, 또한 개방형 시스템 표준을 조사하는 것이다.

이 프로젝트를 통하여 안전성 및 적합성 평가에 대한 공통의 접근방안도 제안될 예정이다. UGTMS에서 대학 연구기관에 대한 주요 업무는 독자적인 안전성 지침을 개발하는 것으로, 이는 다음 단계에서 위험관리나 규제 적합성 분석, 인적요소 분석 등과 같은 분야를 새롭게 개발하는 것이다

(다) UGTMS 프로젝트 구성

UGTMS 프로젝트(1단계)는 다음과 같은 5개의 업무분야(WP)로 구성되어 있다.

- WP1 : 프로젝트 관리 / 수행기관 : RATP

본 업무분야는 프로젝트의 조정을 담당하며, 프로젝트 관리팀 및 조정위원회를 통하여 EC의 지원과 관련 프로젝트, 품질관리, 계약 및 재정관련 문제의 조정을 등을 다룬다.

- WP2 : UGTMS 정의, ERTMS 및 다른 프로젝트 검토/ 수행기관 : RATP

본 업무분야는 ERTMS뿐만 아니라 유럽 및 그 밖의 UGT 운영기관에서 사용하고 있는 다양한 첨단기술의 시스템에 대하여 폭넓게 검토하는 것이다. UGTMS 기능에 대하여 합의된 내용을 발간하도록 하는 의견수렴 업무와 UGTMS로 직접 적용될 수 있는 주요 프로젝트 및 그 기능사양의 확인 등에 대한 벤치마킹 업무 등을 수반한다.

- WP3 : UGTMS의 ATP에 대한 기능 요구사항 작성 / 수행기관 : BVG

본 업무분야는 ATP 기능 및 상호관계에 대한 기능 요구사항을 정의 및 규정하는 것이다.

- WP4 : 기능 요구사항에 대한 안전성 및 적합성 평가 / 수행기관 : JRC

본 업무분야는 UGT 시스템에 대한 ‘안전성에 대한 체계적인 접근방안’을 수반하며, UGTMS에서 안전성 개념을 기존 개념을 포함하여 어떻게 적용할 것인가에 대한 지침을 마련하는 것을 목표로 한다.

- WP5 : 결과 홍보 / 수행기관 : JRC

본 업무분야는 웹사이트나 출판, 회의 발표, 최종 협의 등 전형적인 홍보활동과 함께 사용자 그룹(UG) 및 대학 연구망(NoU)의 관리를 담당한다.

EC에서는 유럽철도가 그동안 저속도의 서비스와 신뢰성 저하, 탄력성 상실 등으로 인해 지속적으로 시장을 잃어가고 있었다는 보고와 함께, 유럽 철도 서비스는 EU철도의 핵심 사업자산으로 유럽철도에 대한 혁신의 필요성을 강조하였다.

따라서 유럽 철도는 우선 환경 친화적인 교통시스템을 개발하기 위하여 모든 형태의 교통수단(도로, 철도, 해양 등)을 위한 새로운 기술이나 아이디어를 활용하고, 설계, 생산 기술 등의 개선이 필요함을 지적하였다. 아울러 교통시스템이 보다 안전하게 되기 위해서 효율성 및 경쟁력이 강화되어야 하고, 이를 위해 다른 교통수단을 비교평가 및 통합 등의 검토가 필요하며, 관련 교통수단에서의 안전성을 향상시키고 교통 혼잡성을 저하시키는 방향으로 하는 추진전략을 제시하였다.

제7절 해외 실용화 사례 분석

1. NYCT의 CBTC프로젝트

가. 프로젝트 배경

뉴욕시는 1991년 발생한 열차탈선사고를 조사한 결과, 현재 사용중인 열차제어시스템을 새로운 열차제어시스템으로 교체해야 한다는 것을 확인하였고, CBTC프로젝트를 추진하였다.



(그림 2-26) 뉴욕시 전철 노선도

뉴욕지하철의 신호시스템은 자동폐색장치를 사용하는 지상신호방식이다. 이 신호시스템은 연동장치를 중심으로 열차운행에 필요한 열차검지, 열차안전간격 및 여러 가지 제어를 처리한다. 그런데 전술한 바와 같이 1991년 8월 28일 열차가 선로전환기 통과속도보다 빠른 속도로 통과하는 과정에서 열차탈선사고가 발생하였으나, 사고내용을 조사·분석한 결과 신호시스템은 설계에 맞추어 정상적으로 동작한 것으로 확인

되었으며, 이러한 사고재발을 막기 위해서 신호기 설치와 관제요원의 승인 등의 조치방안을 마련하였다. 이와 함께 최신 신호시스템의 설치에 관한 조사와 연구를 실시하였다.

이 연구에서 뉴욕지하철에 가장 최적의 시스템은 CBTC인 것은 결론이 났으며, 다음과 같은 전략을 고려하도록 하였다.

- 20년 구축전략
- pilot선에 시스템구축 - Canarsie선
- 시스템공급자를 다중화

나. CBTC프로젝트 추진전략

뉴욕지하철은 새로운 신호시스템을 구축함에 있어서 몇 가지 구축전략을 마련하였다.

- System wide over a prolonged period (>20 years)
- Subway system is a highly complex set of interconnected lines
- Flexibility of operation between lines is of paramount importance
- Interoperability standards to permit flexibility at the same time as procuring from competitive sources are key to success

첫 번째는 신호시스템을 20년에 걸쳐가 장기간으로 구축하는 것이다. 이러한 전략을 수행하기 위해서는 신호시스템을 표준화하고 안정적인 공급원을 확보하는 것이 요구된다. 그러나 장기간에 걸쳐 구축하므로 인해서 발생하는 최신기술을 적용하는데 장애가 되지 않도록 고려하여야 한다. 두 번째는 뉴욕지하철을 고도로 복잡한 망으로 구성하는 것이다. 이를 위해서 노선과 노선간을 상호 연결할 수 있도록 한다. 세 번째는 노선과 노선간 열차를 운영함에 있어서 탄력성을 확보하는 것이다. 노선간 열차운영의 탄력성을 확보하면 인프라의 가용도를 높일 수 있기 때문에 수송용량을 높이기 위해서 추가적으로 인프라를 구축하는 것이 필요하다. 네 번째는 노선간 상호연계 및 탄력적인 운영을 성공적으로 구현하기 위해서 상호호환성 확보에 필요한 신호시스템에 대한 표준화를 구축하는 것이다.

다. Pilot프로젝트 전략

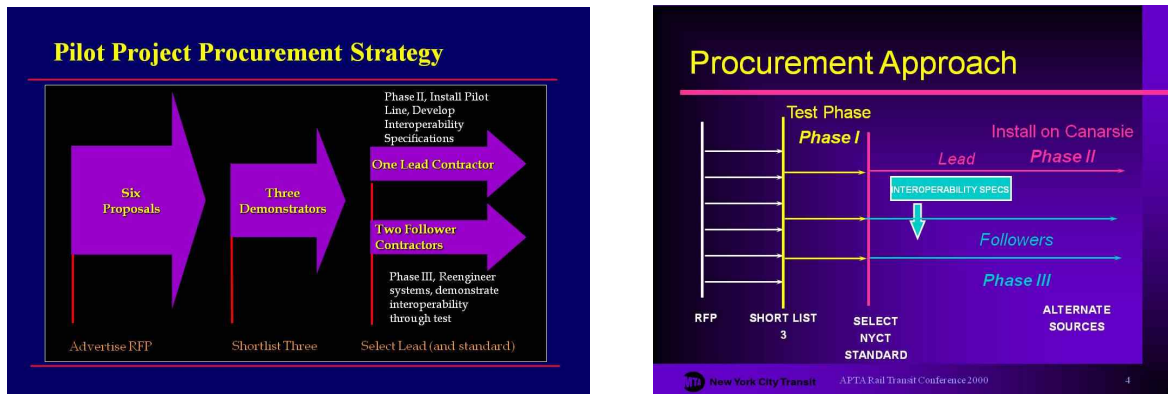
뉴욕지하철은 새로운 신호시스템 구축전략을 수행하기 위해서 그림과 같이

Canarsie선에 pilot 시스템을 구축하는 전략을 수행하였다.



(그림 2-27) Pilot 시스템 구축 범위

뉴욕지하철에서 RFP를 공고한 후 제출된 6개의 제안서를 평가하여 1단계를 수행할 사업자로서 Alcatel, Alstom 및 Siemens를 선정하였다.



(그림 2-28) Pilot 시스템 전략

이들 3개사는 RF를 기반으로 한 CBTC시스템을 성공적으로 구현하였다. 프로젝트 1단계를 성공적으로 마무리한 후 프로젝트 2단계를 주도할 기업으로 Siemens를 선정하였다. Siemens의 역할은 2단계 사업의 목적인 상호운영성(interoperability)을 주도하는 것이며, 나머지 2개사는 Siemens가 제시하는 시스템과 호환성을 갖는 시스템을 구축하였다.

파일럿 프로젝트의 목적은 첫 째로 뉴욕지하철에 적용할 새로운 열차제어시스템을

선정하였다. 새로운 열차제어시스템은 무선통신기술을 기반으로 한 CBTC시스템이다. 두 번째는 기존 신호시스템을 CBTC시스템으로 개량하는데 필요한 새로운 표준 사양(규격)을 구축하는 것이다. 뉴욕지하철은 새로운 표준사양을 활용하여 향후에 시스템을 조달함에 있어 경쟁입찰을 적용하고자 한다. 세 번째는 새로운 열차제어시스템을 도입하는데 필요한 절차 및 운용경험을 확보하는 것이다. 파일럿 프로젝트의 2 단계를 담당할 기업으로서 Siemens를 선정한 이유는 다음과 같다.

- 과리지하철에 적용하여 검증된 Meteor system
- 독립적인 평가자에 의한 시스템 안전성 증명(safety certification)
- 우수한 RAM성능
- 혼합편성운행의 완벽한 지원
- 상호운영성의 목적과 요구사항에 대한 충분한 이해
- 소프트웨어 개발능력의 우수성 등

라. 파일럿 프로젝트 진행상황

프로젝트 2단계를 수행하기에 앞서, Alcatel은 Siemens의 무선통신장치를 구매하여 NYCT에 납품하는 것으로 계획을 잡았으며, Alstom은 Siemen의 무선통신장치와 호환되는 것을 개발하는 것으로 하였다. 그러나 뉴욕지하철은 Alstom에게 이러한 계획을 철회할 것을 요구했으며, 동시에 차지상간 인터페이스사양은 Siemens의 것을 채택하는 것으로 선언하였다. 이에 따라 Alstom은 본 프로젝트를 포기하였으며, 뉴욕지하철은 새로운 계약자(공급자)를 찾고 있는 중이다.

제8절 분야별 기술특성 분석 및 철도와의 연계성분석

1. 분야별 기술특성¹⁾

가. 도로분야

도로 교통 분야의 신호 및 제어시스템은 일반적으로 많은 양의 차량이 주어진 도로 환경에 따라 유동함으로서 차량의 흐름을 원활히 소통시켜주는 것을 목적으로 관제 설비, 관련 신호등의 제어, 안전사고 발생에 따른 신속한 소통 등을 위해 제어 모드, 제어 방법, 지역 제어 기능으로 분류, 취급된다.

제어 모드는 중앙제어, 지역제어, 안전제어로, 제어 방법은 실시간 제어, 시간대 제어, 고정 제어로, 그리고 지역제어기능은 지역 특성에 따른 지역감응제어, 교통량의 원활한 해결을 위한 앞막힘 제어, 비상시의 특수 제어, 경찰 공무원의 수동 제어 등으로 분류되며, 이는 철도의 지상 신호 제어시스템과 부분적으로는 유사한 형태를 갖는다.

그러나 철도 분야의 제어는 제어실에서 지정된 선로를 통해 열차를 운행해야 하는 많은 제약 사항을 갖는데 비해, 도로 교통은 운행 차선을 운전자의 판단에 따라 변경이 가능한 유동성을 가지며, 특히 교차로에서의 다양한 교통량 제어 방식이 핵심적인 요소로 주어진다.

최근에는 트램의 운영이 활성화됨에 따라 도로 교통과 트램의 공동 운영을 위한 신호 및 제어시스템 체계 구축도 중요한 미래 도로 교통 분야의 신호 및 제어시스템으로 연구가 추진되고 있다.

미래의 도로 분야의 교통신호제어는 IT, 텔레매틱스, 유비쿼터스 환경 적용을 기반으로 한 ITS(Intelligent Transportation System)의 개발과 도입으로 실시간 신호제어시스템으로 발전하는 양상이며, 이와 함께 적절한 운행 차량의 검지 방안도 중요 연구 변수로 활용되고 있다.

이러한 기술 발전은 위성항법 및 무선통신의 적용을 기반으로 하며, 최근에는 무인 차량 운행에 대한 연구 및 철도에서 사용하는 선행열차와 후행열차의 간격 유지와 유사한 충돌 방지를 위한 전방 차량과의 거리 유지 등이 응용되고 있다.

1) 상세내역은 본 과제 중간보고서 참조

나. 항공분야

항공 분야는 시간과 공간 개념에 있어서 이동 영역이 장거리 중심으로 점차적으로 이동됨에 따라, 항공기의 이착륙에 연관된 공항, 항공기의 접근, 항공기의 운행 항로에 대한 교통관제가 주요 핵심 요소로 주어지며, 미래의 항공관제도 이러한 특성에 부합한 자동화 및 항공기에 대한 안전 기반 통신 보안 등이 주요 쟁점으로 취급되고 있다. 특히 대형 항공기 사고를 예방하기 위한 운행 정보의 관리 및 전송을 어떠한 방식으로 추진할 것인가 하는 것이 항공 분야의 관심사이며, 이에 따른 업무는 철도, 항만, 도로교통관제 분야와 유사한 목적을 갖는다.

현재의 항공관제는 무선 및 IT의 새로운 기술을 적용하기보다는 기존에 사용하던 프로토콜을 중심으로 프로그램을 개량, 교체하고 있으며, 통신은 대부분 조종사와 관제실 간에 실행되며, 항공기의 위치 추적은 철도, 도로, 및 해상 교통과는 달리 3차원으로 구성됨에 따라 방향과 거리를 감지하는 1차 감시 레이더와 고도를 감지하는 2차 감시 레이더를 병행하여 사용하고 있다.

차세대 항공 신호 및 제어시스템 개발은 기존의 관제 시스템에 연관된 데이터의 개량 및 교체, 위성항법기술을 적용한 복합 시스템으로 추진될 계획으로 조사되었으며, 이러한 기술은 항공 분야는 물론 철도, 항만, 도로교통관제 분야에서도 현재 추진 중인 차세대 기술 개발 방향과 유사한 특성을 갖는다.

다. 항만분야

항만 분야는 주로 물류에 연관된 해상 운송 선박에 대한 교통관제로 주어지며, 이는 선박의 안전 항해를 위한 해로 및 선박의 위치 추적, 해운 물류비 절약 및 해운 물류 정보 체계 등에 대한 제어를 실시한다.

또한 선박의 제어는 연안 항로 및 원양 선박 모니터링이 중점적으로 제시되고 있으며, GPS를 활용하여 선박 위치를 파악한 후 VHF 무선 데이터 송신 방식으로 선박 및 육상 중계, 기지국 위치 정보, 선박 운행 정보를 자동으로 송수신함과 동시에 타 선박 및 타 국가의 육상 기지국으로부터 항해 안전 정보를 송수신한다.

이러한 항만 분야의 관제는 항공, 도로, 철도 분야의 교통관제와는 다르게 주로 원거리 선박 추적을 위한 다양한 방식이 활용되고 있으며, 이동하는 열차의 제어를 추진하는 철도 분야의 특성보다는 항공, 도로 분야와 같이 위치 추적을 통한 이동체의 관제 업무의 특성을 가지며, 차세대 기술 개발의 방향은 위성항법 및 무선통신기술을 활용한 항공 분야의 교통관제시스템 개발과 유사한 특성을 갖는다.

라. 철도분야

철도 분야의 교통 체계는 기본적으로 제한된 선로를 통해 열차가 운행된다는 점이 타 교통수단과는 가장 상이한 사항으로 주어지며, 이러한 특성은 관제 기술, 운행제어 기술 및 안전사고 방지 기술이 다양하게 접목되어 통합된 종합 시스템으로 운영된다.

특히 관제 기술은 차량의 이동에 대한 모니터링과 통제 기능을 가지며, 안전한 열차의 운영을 위한 열차 감지 기술 및 선로변 주변 환경에 따른 안전 사고 방지를 위한 안전 설비의 활용, 도로와의 교차되는 부분에서의 건널목 운영을 위한 다양한 종류의 설비가 지속적으로 증가하며, 기술의 발달과 사용자의 증가에 따른 열차의 고속, 고밀도 운행은 제어 영역에 있어서 지상신호체계에서의 기관사 오류 및 안전 사고에 따른 대형 참사를 방지하기 위해 자동으로 열차의 속도를 제어할 수 있는 차상신호체계로 점점 진화하고 있다.

경량전철 및 자기부상열차 등과 같은 도시형 철도의 경우에는 무선통신기술을 활용한 무인, 자동화 운전이 주요 기술 특성으로 부각되고 있으며, 이러한 기술 발전은 향후 IT 및 무선통신 기술, 위성항법기술 등의 개발 속도에 부합하여 매우 빠른 속도로 진행되고 있는 추세이다.

2. 철도와의 연계성 분석

가. 연계성

대부분의 교통 체계에 있어서 공통적으로 추진되는 항목은 항공기, 선박, 열차, 차량 등의 이동 대상에 대한 위치 추적 및 모니터링에 연관된 사항으로, 철도, 항공, 항만 분야의 순으로 장거리 위치 추적 및 모니터링을 추진하고 있으며, 도로 분야의 경우에는 차량이 아닌 고정 시설물 중심으로 이동 차량의 과밀도만 모니터링 한다.

이와 연관된 센서, 위성항법, 유비쿼터스 환경, 무선통신 기술은 모두 차세대 기술 개발의 중요한 요소로 제시되고 있으며, 특히 IT 분야의 접목 및 지속적인 개량은 무선통신과 결합한 ICT(Information and Communication Technology)의 개념으로 통합 추진되고 있다.

제어 및 통제의 경우에는 도로, 항공, 항만 분야가 각각 자유로운 이동 경로의 결정을 항공기, 선박, 차량 운행자에 의해 쉽게 조정이 가능한 반면, 철도의 경우에는 중앙에서 지시된 노선을 기관사가 추종하는 형태로, 제한된 노선에 다수의 차량이 투입됨으로서 안전 및 충돌, 추돌 회피를 위한 열차와 열차간의 간격 조절을 통해 고속, 고밀도 운행을 취급하는 특성을 갖고 있다.

또한 제어 영역의 경우, 항공 및 항만은 인접 국가 및 원거리 국가와의 다양한 정보 교환을 통해 항공기, 선박에 대한 안전 제어를 추진하는 반면, 철도 분야의 경우에는 국경 통과 열차를 제외한 대부분의 차량은 지역별로, 노선별로 분류하여 중앙 제어 또는 지역 제어를 수행하고 있다.

도로의 경우에는 지역 제어를 통해 실시간 이동 차량의 원활한 흐름을 추진하며, 필요시에는 교통 경찰관에 의한 수동제어 등도 함께 취급되고 있다.

운영 환경에 있어서는 항공, 항만은 도심에서 벗어난 장소에 위치함으로서 운영 환경의 간섭 요인이 최소화 될 수 있는 반면, 철도 및 도로 교통은 도심에 위치함으로서 무선 통신 및 위성항법 기술 등과 같은 첨단 기술 이용에 있어서 타 통신 분야의 간섭 등과 같은 다양한 형태의 장애 요인이 유입될 수 있는 단점을 갖고 있다.

기술적인 측면에 있어서 항공, 항만, 도로 및 철도 분야에서 사용되는 기술에 대한 상호호환성 또는 통합 제어 가능성은 매우 희박한 것으로 분석되었음. 철도 분야에서는 제어 시스템이 관제 시스템과 함께 중요한 요인으로 통합 작용하는 반면, 항공, 항만, 도로 분야에서는 단지 관제 시스템을 중심으로 항공기, 선박, 차량의 이동에 대한 통제가 실행된다.

나. 연계방안

장기적인 측면에서의 교통 통합 관제 및 제어시스템 검토는 매우 필요한 것으로 인식되지만, 현재의 경우에는 위에서 분석한 것과 같이 개념적으로는 유사하지만 사용 기술이 매우 상이하게 주어짐으로서 우선적으로는 공통적으로 이용 가능한 항목의 발굴, 각각의 분야에서 사용되고 있는 첨단 기술의 타 분야 적용 가능성 분석 및 검토를 위한 연구 방안을 필요로 하는 것으로 조사되었다.

안전과 무관한 운영 측면에 있어서는 환승, 출발 및 도착 시간, 기타 관련 서비스 분야에서 제공 가능한 승객 및 물류 정보 제공 시스템의 구축을 통해 다양한 관제 정보의 공동 활용에서부터 공통된 교통신호체계 구축 기반을 조성하는 것이 적정할 것으로 예상된다. 이를 기반으로 제어 및 모니터링 기술을 중점적으로 취급하는 미래의 통합 교통제어시스템의 구축을 실현하기 위해서는 공통된 무선통신망 및 각 분야가 통합적으로 사용하기 위한 무선 주파수 대역 확보, 각 분야의 특성을 고려한 IT 기술의 개발 또는 각각의 분야별로 변환 적용이 가능한 상호호환성 통신 모듈 개발 및 관련 IT 기술, 이러한 기술을 실현할 수 있는 무선 통신 플랫폼 구축 등이 장기적인 관점에서 체계적으로 추진되어야 한다.

제3장

연구개발을 위한 유관기관 의견 수렴

제1절 철도신호시스템 상용화 추진관련 법령 및 제도

제2절 국내 철도신호관련 발주기관의 제안요청서

제3절 국내 철도신호관련 기관의 요구사항

제3장 연구개발을 위한 유관기관 의견 수렴

제1절 철도신호시스템 상용화 추진관련 법령 및 제도

1. 과학기술기본법

과학기술기본법은 과학기술발전을 위한 기반을 조성하여 과학기술을 혁신하고 국가경쟁력을 강화하기 위한 것으로, 인간존엄을 바탕으로 하여 과학기술혁신이 자연환경 및 사회·윤리적 가치와 조화를 이루고 경제·사회 발전의 원동력이 되며, 자율성과 창의성의 존중과 함께 자연과학과 인문·사회과학이 상호 균형적으로 연계·발전 되도록 하는 것을 기본 이념으로 한다.

이에 따라 정부는 과학기술발전에 관한 중·장기 정책목표 및 방향을 설정하고, 이에 따른 과학기술기본계획을 세우고 추진하여야 하며, 과학기술부장관은 5년마다 관계 중앙행정기관의 과학기술관련 계획과 시책 등을 종합하여 기본 계획을 세우며, 국가과학기술위원회의 심의를 거쳐 이를 확정하도록 규정(법 제7조)하고 있다.

- 관계 중앙행정기관의 장 및 지방자치단체의 장은 자기가 맡고 있는 과학기술 시책 및 과학기술관련 예산에 국가과학기술위원회의 심의결과를 반영해야함(법 제10조 2항).
- 관계 중앙행정기관의 장은 기본계획에 따라 맡은 분야에 대한 국가연구개발 사업을 추진하고 그 지원시책을 세워 추진하여야함(법 제11조).
- 국가 연구개발 사업관련 중앙행정기관의 장은 당해 기관의 다음 해 국가연구개발사업의 투자우선순위에 대한 의견을 매년 10월 31일까지 국가과학기술위원회에 제출하여야함(법 제12조의 21항).
- 관계중앙행정기관의 장은 기획예산처장관에게 제출하는 당해 기관의 다음 해 신규 사업 및 주요계속사업 중 국가 연구개발 사업관련 사업계획서를 매년 2월 말일까지 구각과학기술위원회에 제출하여야함(법 제12조의 22항).
- 관계중앙행정기관의 장은 기획예산처장관에게 제출하는 당해 기관의 예산요구서 중 국가 연구개발 사업관련 예산요구서를 매년 5월 31일까지 국가과학기술위원회에 제출하여야함(법 제12조의 24항).

2. 기술개발촉진법

기술개발촉진법은 신기술의 개발 촉진 및 성과 보급으로 기업의 국제경쟁력을 강화하기 위한 것으로, “기술개발”이란 산업기술의 연구 및 그 성과를 이용하여 재료·제품·장치시스템 및 공정 등에 적용할 수 있는 새로운 방법을 찾아내는 활동을 말하며, 시범제작 및 공업화 중간시험의 과정까지를 포함하는 것으로 규정(법 제2조)하고 있다.

이를 위하여 정부는 기술개발의 성과 또는 도입기술의 소화개량에 의하여 국내에서 최초로 기업화하는 자 및 기술개발을 위하여 시험연구용의 물품을 구입하거나 연구시설의 설치를 하고자 하는 자에 대하여 재정·금융지원 등 기술개발을 장려하기 위한 지원시책을 강구하여야 하는 것으로 규정(법 제3조)하고 있다.

3. 국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정(대통령령 18731호)

이 규정은 「과학기술기본법」 제11조의 규정에 의한 국가연구개발사업의 기획·평가 및 관리에 관하여 필요한 사항을 규정하는 것으로, “국가연구개발사업”이란 중앙행정기관이 법령에 근거하여 연구개발과제를 특정하여 그 연구개발비의 전부 또는 일부를 출연하거나 공공기금 등으로 지원하는 과학기술분야의 연구개발 사업으로서 「정부출연연구기관 등의 설립·운영 및 육성에 관한 법률」 및 「과학기술분야 정부출연연구기관 등의 설립·운영 및 육성에 관한 법률」에 의하여 설립된 정부출연 연구기관 및 「특정연구기관 육성법」의 적용을 받는 연구기관의 기본사업을 제외한 사업(령 제2조)을 말한다.

- 중앙행정기관의 장은 국가 연구개발 사업을 추진하고자 하는 경우에는 그에 대한 기술적·경제적 타당성 등에 대한 사전조사 또는 기획연구를 수행하여야함(령 제3조 1항).
- 중앙행정기관의 장은 신규의 국가 연구개발 사업에 대한 계획을 수립하는 경우에는 다른 사업과의 중복을 피하기 위하여 관계부처와 협의를 하는 등 국가연구개발 사업 간의 연계를 강화하기 위하여 노력하여야 하며, 국가과학기술위원회로부터 부처 간 공동기획의 필요성이 제시된 국가 연구개발 사업에 대하여는 과학기술부장관 및 관계중앙행정기관의 장과 협의하여 공동기획을 실시하여야함(령 제3조 3항).

4. 철도산업발전기본법

- 국가 및 지방자치단체는 철도산업의 육성·발전을 촉진하기 위하여 철도산업에 대한 재정·금융·세제·행정상의 지원을 할 수 있음(법 제8조).
- 국토해양부장관은 철도기술의 진흥 및 육성을 위하여 철도기술전반에 대한 연구 및 개발에 노력하여야 함(법 제11조 1항).
- 국가는 철도기술의 진흥을 위하여 철도시험·연구개발시설 및 부지 등 국유재산을 정부출연연구기관등의설립·운영및육성에관한법률에 의한 한국철도기술연구원에 무상으로 대부·양여하거나 사용·수익하게 할 수 있음(법 제11조 3항).

5. 철도안전법

- 5년마다 철도안전에 관한 종합계획(이하 “철도안전종합계획”이라 한다)을 수립하여야 하며, 철도안전종합계획은 철도안전관련 연구 및 기술개발에 관한 사항을 포함하고 있음(법 제5조)
- 철도시설관리자는 건설교통부령이 정하는 안전기준에 적합하게 철도시설을 설치하여야 함(법 제25조 1항)
- 철도안전에 관한 기술의 진흥을 위하여 연구·개발의 촉진 및 그 성과의 보급 등 필요한 시책을 강구하여야 함(법 제68조)

6. 철도시설안전기준에 관한 규칙

- 철도시설관리자는 철도터널·철도교량·역시설·전차선·신호·궤도시설 등의 철도시설을 신설 또는 개량하기 위하여 당해 철도시설에 대한 설계를 하는 때에는 철도시설의 공사·유지보수 및 운영환경 등에 대하여 안전성분석을 하여야 함(규칙 제5조)

7. 철도시설 안전세부기준

- 철도시설관리자는 신호시설의 안전성 분석과 검증시 다음 각 호를 고려하여 수행하여야 함(기준 제7조5항).
1. 신호시설에 적용하기 위한 안전요구사항은 전체시스템 요구사항을 바탕으로 설정하여 안전요구사항의 달성기준을 제시하여야 함.
 2. 신호시설의 안전성 분석을 함에 있어 최소한 철도시설의 시스템운영, 환경조건, 적용조건, 운영조건 등의 위험원을 도출하여야 함.

3. 신호시설의 설계 및 개발단계에서 인적요인이 철도안전에 영향을 미칠 수 있는 위험원을 도출하여야 함.
4. 신호시설을 구성하는 기본기능, 대상장치의 외부인터페이스 및 내부인터페이스, 운영시나리오 등을 대상으로 위험원을 도출하여야 함.
5. 도출된 위험원의 원인분석 및 위험원으로 인한 사고의 심각도와 발생 빈도의 조합인 위험도를 통하여 허용될 수 있는 안전수준으로 제어되었음을 정량적 수치 또는 판단논리에 따라 입증되어야 함.

제2절 국내 철도신호관련 발주기관의 제안요청서

국가연구개발 및 시범구축사업과 관련성이 있는 부산반송선, 인천공항 자기부상철도시범구축, 경춘선 고속화의 제안요청서를 조사분석한 결과 자격기준에 의해서 국내 철도신호기업이 개발한 신호시스템을 상용화하는데 장애로 작용하고 있는 것과 아직까지 개선되지 않고 있음을 확인하였다.

[표 3-1] 국내 철도운영기관 제안요청서의 자격기준 사례

구 분	자 격 기 준
부산반송선	<ol style="list-style-type: none"> 1. 지하철, 도시철도 또는 경량전철에 기자재를 납품하여 최근 3년이상 운행한 실적이 있는 국내업체로 입찰 자격제한. 2. 위 1.항의 내용에 부합하는 실적이 있는 국외업체와 기술협약(성능보증 및 공급보증 포함)이 체결되어있는 국내업체로 입찰 자격제한
인천 자기부상	<ol style="list-style-type: none"> 1. 지식경제부 소프트웨어산업진흥법에 의한 소프트웨어사업자 [컴퓨터 관련 서비스사업]로 신고한 업체로서 전기공사업, 정보통신공사업을 보유한 업체로 제한 2. 공고일 기준으로 최근 5년 이내에 자동열차운전(ATO)기능이 있는 차상신호시스템의 차상설비, 지상설비 중 하나 이상을 제조하여 납품한 실적이 있는 업체로 제한. ※차상설비 : ATP/ATO장치를 포함한 차상장치 실적 ※지상설비 : ATP/ATO장치, 전자연동장치, 관제설비 중 하나 이상을 포함한 지상장치 실적
경춘선	<ol style="list-style-type: none"> 1. ERTMS/ETCS(European Rail Traffic Management System / European Train Control System : 유럽철도교통관리시스템 / 유럽열차제어시스템) 차상신호시스템(지상설비)을 제작하여 철도현장에 설치하고 6개월 이상 영업 운전한 실적이 있는 업체로 자격제한

구 분	자 격 기 준
	<p>2. 공동이행방식의 공동 도급이 가능하며 이 경우에는 국내 업체를 대표자로 하는 3개사 이내로 컨소시엄을 구성하여야 한다. 컨소시엄의 구성원 중 외국사가 있는 경우 계약 후 1개월 이내에 반드시 한국 내에 사무실을 개설하여야 한다.</p> <p>3. 공동수급체를 구성하여 사업을 제안하는 경우 각 컨소시엄 참여자(법인 포함)들 간의 관계 즉, 각 참여자의 역할과 기능, 권리·의무관계를 명확히 정하여 제시하여야 하며, 참여자들을 대리하여 본 사업을 추진할 대표자를 선정하여 제시하여야 한다. 참여자의 최소지분율은 10%이상이어야 한다.</p> <p>4. 상대평가지 실적등이 없는 회사의 경우에는 당해 항목 평가지 “가” 등급으로 평가.(제품의 우수성에 관계없이 실적위주로 평가)</p>

대전과학관에 구축되어 있는 자기부상철도의 경우 국내 신호시스템의 상용화를 위해서 검토해볼 가치가 있는 것으로 판단된다. 대전과학관의 자기부상철도 구축은 산업자원부와 국토부가 국가연구개발성과물을 상호 활용한 예로 판단된다.

[표 3-2] 국가연구개발성과물을 상호 활용 사례 (대전과학관)

구 분	내 용
산업자원부	<p>중기거점기술개발사업(자기부상열차실용화를 위한 차량모델개발)의 성과물을 대전과학관 자기부상철도 구축사업에 기부체납</p> <ul style="list-style-type: none"> - 차량시스템 - 차상신호시스템
국토해양부	<p>대전 EXPO공원의 기존 설비를 연장하는데 필요한 건설비 제공</p> <ul style="list-style-type: none"> - 선로구축물 연장선 - 전력설비 및 신호통신설비

제3절 국내 철도신호관련 기관의 요구사항

국내 철도신호관련 기업의 설문조사와 면담을 통하여 국내 철도신호시스템을 개발하고 이를 실용화하기 위한 요구사항을 조사한 결과를 다음과 같이 간단하게 정리하였다.

- 국내 신호시스템의 상용화를 위해서는 기획단계에서부터 실용화를 전제로 한 전략과 추진체계를 구축하여 개발성과를 표준화하고, 국가연구개발사업을 성공할

경우 실용화 기회를 제공하거나 구매 발주 시 사양서에 반영될 수 있는 정책적 지원이 필요함.

- 국산화 기술 개발 완료 후 상용화 시 수요기관에서는 개발비용 및 RAMS 비용(시스템 엔지니어링 포함)을 고려한 적절한 가격으로 구매가 이루어질 수 있도록 정책적 지원이 요구되며, 기술개발 완료 후 실용화가 이루어 질 수 있도록 실용화 및 적용성 연구가 필요함.
- 특히 실용화를 위해서는 시범사업 및 이를 통한 시험선 구축이 필수적이며, 이를 통해 실험실수준의 연구개발에서 현장수준의 연구개발로 확대될 수 있을 뿐 아니라 참여기업의 입장에서는 적용실적확보라는 매우 긍정적인 효과가 있음.
- 또한 운영기관이 인정할 수 있는 시험선을 포함한 인증인프라 및 국가인증체계 등을 확보하는 등의 국내 RAMS 인증기관이 필요하며, 해외 진출을 위해 해외 인증기관과 상호인증체계를 구축하여야 함.

1. 정부정책 / 발주기관에 대한 요구사항

가. 일관성

- 철도건설운영기관에서 발주하는 신호시스템사양의 일관성 또는 체계화

나. 표준화

- 연구개발성과물을 표준화하고 이를 발주사양서에 반영함.
- 상용화된 철도신호시스템을 표준화하고 이를 발주사양서에 반영하도록 법규로 지원함.
 - : 유럽의 EU directive에서 ETCS의 적용을 의무화한 것을 고려할 수 있음.
 - : 표준화내용이 확정되면 국내기업이 자체적으로 투자할 것임.
 - : 이를 통하여 해외진출을 촉진하는 계기가 될 수 있음.

다. 자격기준

- 기술력 및 사업수행능력을 갖춘 적절한 기업을 선정할 수 있는 제도 마련
- 개발성과를 실적으로 인정할 수 있는 기반을 마련해야 함.
- 국산화 촉진을 위해서 운영기관은 관련 규격과 기준을 만족하면 적용하도록 함.
- 공인인증기관의 성적서 또는 인증서를 확보하면 이를 사용할 수 있도록 정책지원이 필요함.

라. 평가 및 인프라

- RAMS를 인증할 수 있는 기반을 마련해야 함.

- 시험선 및 각종 인프라 구축
- 운영기관이 수용할 수 있는 시험인프라 및 인증체계 등을 확보하여야 하며, 이를 상호간 인정할 수 있는 객관적인 평가가 이루어지도록 해야 함.

마. 기타

- 일괄발주보다는 분리발주를 통해서 철도신호전문기업이 활동할 수 있는 공간 마련
- 신호시스템기술개발, 시스템 도입 등 마스터플랜이 요구됨.
- 기능이 추가되거나 성능이 높아지면 비용을 인정하여야 함.
: 기업의 연구개발에 투자하는 것을 촉진함.

2. 국가연구개발사업에 대한 요구사항

가. 기획단계에서 실용화를 전제로한 전략과 추진체계를 구축해야함.

나. 개발성과를 표준화하고, 이를 구매사양서에 반영하도록 함.

다. 신호시스템을 대상으로 한 국가연구개발 필요

라. 정액기술료에 대한 부담을 낮추는 것이 필요함.

마. 국가 연구개발 사업을 성공할 경우 실용화 기회를 제공하는 정책적 지원이 필요함.

바. 개발비용을 고려한 적절한 가격으로 구매가 이루어져야 함.

사. 연구개발범위를 확대해야 함.

- 실용화후의 성과를 실적으로 인정할 수 있도록 연구범위(기간)을 확대
- 교통분야에서 실시하는 기술개발(2년), 적용성연구(2년)을 검토할 가치가 있음.

아. 시험선 구축 등 신호시스템 개발인프라 구축

자. 개발 후 시험평가결과를 참여자격으로 인정

- 개발결과평가에 필요한 객관성확보방안을 마련하는 것이 필요

3. 시범사업에 요구되는 사항

가. 실험실수준의 연구개발에서 현장의 연구개발로 확대되는 것을 의미함.

나. 기업의 입장에서는 영업실적확보라는 매우 긍정적인 효과를 얻을 수 있음.

다. 적절한 수준에서의 예산지원이 있어야 함.

- 인천공항자기부상철도의 경우 RAMS비용이 충분히 반영되지 않았음. 국내의 여건과 경험이 부족하여 외국기업에 많은 비용을 지급하고 있는 것으로 판단됨.

: RAMS인증을 위한 적절한 소요기간과 소요비용이 필요함.

라. 시험선을 포함한 인증인프라의 구축

마. 해외 인증기관과 상호인증체계 구축

바. 실 노선에 적용할 수 있도록 여건을 마련함.

사. 시범사업의 성격이 선행기술개발에 무게를 두어야 하며, 기술, 성능을 확인하는 시범사업은 적절하지 않음.

아. 위험을 고려한 정책적인 지원이 필요

4. 검토내용 및 시사점

열차제어시스템을 개발하고 상용하기 위해서는 철도정책기관, 철도건설운영기관 및 국내철도신호기업의 요구사항을 정확히 조사하고 이를 분석한 결과를 토대로 본 과제를 추진하는 것을 목표로 하여야 한다. 조사내용을 분석한 내용을 정리하면 철도정책기관은 광역철도건설, 노선간 연계체계구축 등의 현안을 용이하게 처리할 수 있는 신호시스템을 요구하고 있다. 국내 철도건설운영기관은 신호시스템을 표준화하고 이를 국내에 체계적으로 구축하여 이를 통해서 신호시스템의 유지관리비용의 절감, 유지보수기술의 상호교류 및 장애시 신속한 유지보수 등 유지관리의 효율성을 극대화하고자 하는 것으로 해석된다. 국내 철도신호기업은 개발한 기술 또는 시스템의 실용화를 위한 철도정책기관 및 철도건설운영기관의 정책지원을 요구하고 있다. 이러한 각 기관별 요구사항은 국내철도신호기업이 영업실적을 확보한 시스템이 없기 때문인 것으로 풀이된다.

철도정책기관은 철도신호기술개발 등 국내 산업기술의 발전을 촉진하기 위해서 과학기술기본법, 기술개발촉진법, 철도산업발전기본법 등 여러 법령, 규정, 지침 등을 마련하고 있으나, 철도건설운영기관은 승객수송의 안전성을 확보하고, 조기개통을 하기 위해서 실적이 검증된 신호시스템을 도입하기 위해서 발주제안요청서에 자격을 제한하고 있다. 국내 철도신호기업은 철도건설운영기관의 요구사항을 해결하기 위한 방안으로서 철도신호시스템의 표준화, 안전성을 포함한 시스템평가를 위한 인프라 등과 국가연구개발사업 또는 시범사업에 대한 개선을 요구하고 있다.

제 4 장

연구개발 대상분야 설정을 위한 조사분석

제1절 열차제어시스템 관련기술 국내확보 현황조사	
제2절 철도신호시스템 표준화 검토	
제3절 시스템 성능검증을 위한 테스트베드 요구사항	
제4절 열차제어용 무선통신망 구축방안	
제5절 신뢰성 인증을 위한 체계 구축분야	

제4장 연구개발 대상분야 설정을 위한 조사분석

제1절 열차제어시스템 관련기술 국내확보 현황조사

국내 열차제어시스템 관련 기술의 확보현황은 다음의 표와 같이 관제, 열차진로제어 및 ATC 부분에서 기술개발과 상용화가 활발히 진행되었으며, DTG방식의 ATP와 이동폐색방식의 ATP는 실험실단계에서 시제품을 개발하고 있는 단계로 확인되었다.

[표 4-1] 국내 신호시스템 상용화 내용 및 기술수준

분류			상용화 내용	기술수준 (TRL level)
I	II	III		
지상 설비	사령설비	고정폐색	통합관제실 예비관제실	9
		이동폐색	분당선 시범사업 경산시험선	7
	ATC (속도코드)	열차검지(궤도회로) 열차검지·속도코드 송수신장치	서울3호선 고속철도 ATC	9
		ATO역컴퓨터	대전과학관	7
	ATP (Distance to Go)	열차검지(궤도회로) 열차검지·속도코드 송수신장치 무전원지상자/유전원지상자	자기부상열차 차세대고속철도(통합형 차상신호장치)	7
		ATP역컴퓨터	실험실 단계	5
	ATP (이동폐색)	무선통신장치(안테나, radio set) 무전원지상자	분당선 시범사업 대전과학관	7
		지상ATP컴퓨터 역ATO컴퓨터 무선통신망관리컴퓨터	경산시험선(시뮬레이터) 대전과학관	7
		무선통신망관리컴퓨터	분당선 시범사업	7
	연동장치	고정폐색	간선철도용	9
이동폐색		월미도 모노레일 경산시험선	7	
차상 설비	ATC (속도코드)	차상ATC컴퓨터 차상ATC용 송수신장치	광주1호선, 서울3호선 부산3호선	9
		차상ATO컴퓨터 차상ATO용 송수신장치	광주1호선, 부산3호선	9
	ATP (Distance to Go)	차상ATP컴퓨터	실험실단계	5
		차상ATO컴퓨터	실험실단계	5
	ATP (이동폐색)	차상ATP컴퓨터, ADU	경산시험선	7
		무선통신장치(안테나, radio set)	분당선 시범사업 대전과학관	7
		차상ATO컴퓨터 차상ATO용 송수신장치	경산시험선 대전과학관	7

제2절 철도신호시스템 표준화 검토

1. 철도신호시스템의 표준화 효과

다른 여러 산업과 철도신호산업을 비교한 것을 바탕으로, 단일 표준을 적용할 경우 비용 절감, 기능과 신뢰성, 기술발전 측면에서 여러 가지 긍정적인 효과를 기대할 수 있다.

(1) 비용절감

- 개방형 단일신호표준은 신호공급자간의 경쟁을 촉진하여 저렴한 가격으로 열차제어시스템 공급하는 것임.
- 개방형 단일신호표준은 철도용 하드웨어 및 소프트웨어를 변경할 때 발생하는 비용의 최소화임.
- 단일신호표준은 조달절차를 단순화시키고, 조달비용 절감임.

(2) 기능성 및 신뢰성

- 개방형 단일신호표준은 철도신호공급자가 기술을 독점하는 것보다는 표준규격 내에서 시스템의 특징을 강화하고 품질을 높이는 쪽으로 관점 전환임.
- 개방형 단일신호표준은 철도를 서로 연계하여 철도시스템 효율을 최적화할 수 있도록 하는 것임.
- 단일신호표준은 신호시스템에 필요한 특수진단도구 및 test suit를 보다 경제적으로 제작함으로써 신호시장을 확대할 것이며, 이것은 시스템 신뢰도 향상에도 도움이 될 것임.
- 이러한 신뢰성 향상을 통해서 철도운영기관은 단일 공급사에 의존하지 않고 시장에서 여러 공급사로부터 필요한 부품을 공급받을 수 있음.

(3) 기술 혁신

- 개방형 단일신호표준 환경하에서는 신기술을 적용하거나 열차제어시스템을 갱신하는 것이 더 용이하고 신속해질 것임.
- 개방형 단일신호표준으로 인하여 형성된 유럽철도신호시장의 통합은 철도신호공급사의 더 많은 혁신을 유도할 것임.

새로운 열차제어시스템 표준을 만드는 것은 기존 철도신호기업에게 시장점유율과 이익감소 등의 위험이 될 수 있으나, 모든 철도신호기업은 단일표준으로 인하여 다음과 같은 이

득을 얻게 될 것이다. 특히 중장기 관점에서 대단히 유효한 것이다.

- 새로운 신기술에 대한 시장의 우려를 제거할 것이기 때문에 개방형 표준은 신호시장의 성장을 촉진할 것임.
- 철도신호공급사가 세계 시장으로 진출할 기회를 제공할 수 있음.

합리적인 기간 동안 충분한 양이 발주된다면 적어도 제품 버전의 감소 및 이로 인해 표준품 납품량의 증가는 가격인하와 같은 효과가 있다. 결론적으로 표준화를 통하여 기대할 수 있는 주요 효과는 가격인하이지만, 이를 위해서는 적절한 시장과 충분한 경쟁이 확보되어야 한다.

2. 유럽철도의 상호운영성

유럽은 EU를 중심으로 정치, 경제의 통합을 추진하고 있으며, 이 통합에는 유럽 각국의 상이한 열차제어시스템의 통합도 포함하고 있다. 현재까지 활발히 진행되고 있는 열차제어시스템의 통합은 상호운전성(Interoperability)을 목적으로 하는 ETCS (European Train Control System)개발이다.

1990년대에 UIC(International Union of Railways)에서 ETCS의 검토·개발을 처음 시작하였으며, 1996년에 200[Km/h] 이상의 고속선에서 상호운전성을 구현하는 것을 목적으로 하는 유럽지침(Directive 96/48/EC)이 공포되었다.

- "COUNCIL DIRECTIVE 96/48/EC of 23 July 1996 on the interoperability of the trans-European high-speed rail system"
- "Consolidated legal version (without preamble) according to Directive 2004/50/EC of 29 April 2004"

유럽의 철도안전성관리체계 "Directive 2004/49/EC (railway safety directive)"을 근거로 상호운전성을 안전성을 관리하게 되었다. Directive 2004/49/EC의 안전관리시스템(부록 III. 안전관리시스템(또는 안전관리체계))에는 안전관리시스템의 기본 요소를 다음과 같이 정의하였다.

- 정책(조직의 최고 경영자에 의해 승인되어 전 직원에게 전달된 안전정책)
- 목표, 계획 및 절차(안전성을 관리하고 개선시키기 위한 조직의 정성적이고 정량적인 목표 및 목표에 도달하기 위한 계획과 절차)
- 기준 및 조건에 대한 절차(기술 및 운영 기준(기준, 새로운 것, 수정보완) 또는 다음의

다른 규정 조건을 충족시키기 위한 절차)

- 상호운용성을 위한 기술세부사항(TSIs)
- 유럽내 국가별 안전규칙
- 기타 관련 규칙
- 안전당국의 결정
- 장비와 운영의 수명주기전반에 걸쳐 표준과 다른 규정 조건과의 준수를 보장하기 위한 절차

유럽의 철도상호운영성의 기술부분을 관리하는 것은 “상호운용성을 위한 기술세부사항(TIS)”으로서 기존선과 고속선으로 구분하여 관리하고 있다.

- Concerning the technical specification for interoperability relating to the control - Command and signalling subsystem of the trans-European conventional rail system (notified under document number C(2006) 964) (2006/679/EC)
- Concerning the technical specification for interoperability relating to the control-command and signalling subsystem of the trans-European high-speed rail system referred to in Article 6(1) of Council Directive 96/48/EC (2002/731/EC)

TIS는 열차제어시스템의 신뢰성, 가용성, 유지보수성 및 안전성을 관리하기 위해서 다음과 같은 RAMS기준을 정의하고 있다.

- BS EN 50126(1999), “Railway applications. The specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS)”
- BS EN 50128(2001), “Railway applications. Communications, signalling and processing systems. Software for railway control and protection systems”
- BS EN 50129(2003), “Railway applications. Communication, signalling and processing systems. Safety related electronic systems for signalling”

이상의 상황을 간단하게 정리하면 다음 그림과 같다.

Directive 2004/49/EC (Railway Safety Directive)	TSI (Technical Specification of Interoperability)	EN 50126 EN 50128 EN 50129
개요 철도안전의 향상과 관리 공동안전목표 국가안전규칙 안전관리시스템 - 상호운용성을 위한 기술사양(TSI) - 국가안전규칙 - 기타관련 규칙 등 안전인증서 철도시설관리자에 대한 안전허가 교육/훈련시설의 이용 철도차량의 배치(운영권) 안전당국 사고와 조사	1) 기존선 The technical specification for Interoperability relating to the control-command and signalling subsystem of the trans-European conventional rail system 2) 고속선 The technical specification for Interoperability relating to the control-command and signalling subsystem of the trans-European high-speed rail system - Safety Assurance : EN 50128 - Safety Requirements : EN 50129 - Reliability & Availability Requirements : EN50126	- EN 50126(1999) The specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS) - EN 50128(2001) Communications, signalling and processing systems. Software for railway control and protection systems - EN 50129(2003) Communication, signalling and processing systems. Safety related electronic systems for signalling

(그림 4-1) 유럽의 상호운영성 및 안전성체계

3. 일본의 무선이용 열차제어시스템의 표준화

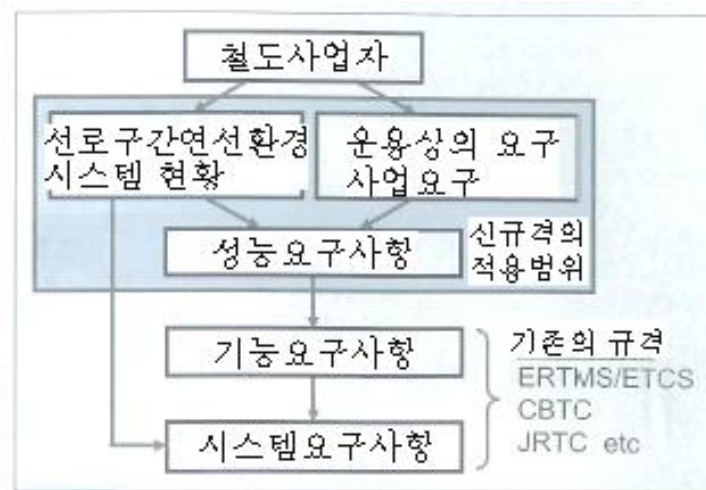
일본의 경우 철도관련 국제규격을 담당하는 조직인 철도국제규격센터를 2010년 4월에 철도총합기술연구소에 설립하여 일본의 철도시스템을 국제규격에 반영하는 기반을 마련하였다. 또한 JISC의 철도기술표준화조사검토회에서 「철도기술표준화 비즈니스 플랜」을 작성하고 철도기술분야에 관한 국제표준화 전략의 책정을 중점사항으로 선정하고 중장기적인 목표를 설정하기로 하였다.

JR동일본에서는 2005년에 무선이용 열차제어시스템인 ATACS의 개발을 완료하고 현재 실용화를 추진하고 있다. ATACS의 기능은 유럽의 ETRMS/ETCS의 레벨3에 상당하는 것으로, 아직 유럽에서는 실용화되지 않은 제어방식이다. 따라서 일본에서는 ATACS를 기본으로 한 일본의 무선이용 열차제어시스템(JRTC)의 국제규격화뿐 아니라 JIS화를 추진하고 있다.

JRTC의 JIS화는 「기능 요구」, 「시스템 요구」, 「인터페이스 요구」 총 3부로 구성되고, 제1부인 「일반요구사항 및 기능요구사항」은 규격화 검토위원회, JIS원안작성위원회, JISC의 심의를 거쳐 2009년 4월 20일에 공시되었다. 또한 제2부인 「시스템요구사항」은 현재 JIS에서 심의 중이다. 이 규격은 일본국내에서 개발이 추진되고 있는 다른 방식의 무선이용 열차제어시스템도 포함하고 있다. 그 이유는 세계에 진출하기 위해서는 일본으로서 일원화된 규격이 필수 불가결하다는 생각을 바탕으로 하고 있다.

2008년 11월 JEC/TC9(IEC의 철도전기설비와 시스템과 관련된 전문위원회)의 연차총회에서는 ERTMS/ETCS나 CBTC, ATACS 등의 무선을 이용한 개개의 열차제어시스템의 공통 개념을 규격화하고 제정하는 것에 대한 일본의 제안을 진행하기로 결의하였으며, 일본의 준비위원회에서 위와 같은 시스템의 적용범위 등에 대해 논의하였다.

이번에 제안하는 신 규격은 시스템의 「기능요구사항」과 「시스템의 요구사항」보다 상위 부분인 「성능요구사항을 결정하는 절차」를 규정하기 때문에, 각국의 정황에 좌우되지 않고 개별 철도사업자가 공통으로 이용할 수 있다. 제조업자(SUPPLYER) 주도의 사양 선정이 많은 유럽의 철도사업자도 시스템의 사양 검토단계부터 사업자가 참가할 수 있기 때문에 자신들의 요구를 반영할 수 있다. 또한 시스템구축의 재작업이 감소하기 때문에 제조업자의 개발과정의 효율화도 기대할 수 있다. 아래 그림에 신 규격과 각 요구사항과의 관계성을 보여주고 있다.

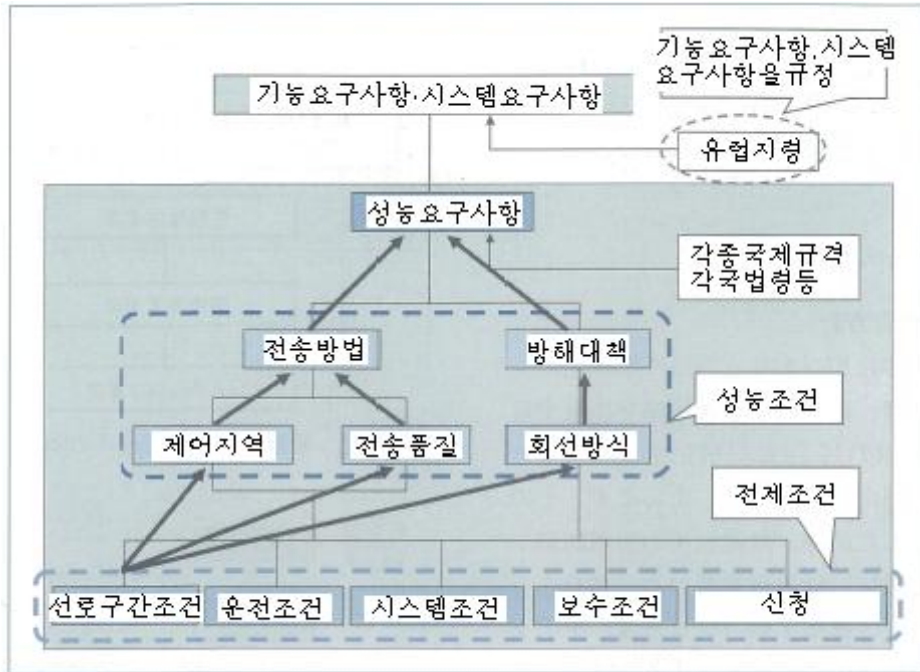


(그림 4-2) 신 규격과 각 요구사항의 관계성

신 규격에서는 무선이용의 열차제어시스템을 구축할 때 시스템의 성능요구사항의 결정에 영향을 미치는 조건으로서, 선로구간의 현황, 운전상의 요구, 시스템의 사업 요구와 같은 「전제조건」과 그 전제조건을 충족하기 위한 무선시스템의 「성능조건」이 있고, 철도사업자는 각 조건 상호간의 영향을 고려하여 시스템 전체의 성능요구사항을 결정한다.

철도사업자의 전제조건으로는 「선로구간조건」과 「운전조건」, 「시스템조건」 등을 들 수 있고, 각 항목에 대해 철도사업자가 도입선로구간의 운용요구에 맞게 지정한다. 또한 무

선시스템의 성능조건으로는 「제어지역」이나 「전송품질」, 「전송방식」 등을 들 수 있고, 제시된 전제조건을 충족시키는 파라미터를 설정한다. 다음 그림에 각 조건의 상호 관련성에 대해 나타낸다.



(그림 4-3) 성능요구사항에 영향을 미치는 요인

4. 철도신호시스템의 표준화

가. 필요성

유럽의 ETCS프로젝트를 통한 상호운영성확보는 정치, 경제의 통합을 촉진하기 위한 정책적인 필요성에 의한 것이라면, 국내 철도신호시스템의 표준화는 현재까지 한국형 철도신호시스템의 부재로 인하여 발생하는 문제점을 해결하기 위해서 그 필요성이 제기되고 있다.

국내 철도운영기관의 경우, 운영사별로 다른 신호시스템을 도입□운용하고 있기 때문에 독립적인 유지관리체계와 기술을 갖고 있다. 이러한 유지관리기술을 상호 교류하여도 활용성이 높지 않다는 문제점을 갖고 있다. 특히 노선마다 다른 신호시스템과 신호설비를 구축하고 있기 때문에 유지보수요원의 효율적인 관리와 경제적인 이익을 기대하기는 어려운 실정이다.

국내철도운영기관이 개량노선 또는 신설노선에 구축하기 위해서 신호시스템을 발주할 경우 유럽 또는 중국과 같은 철도신호시스템의 표준체계가 정립되어 있지 않기 때문에 발주

기관의 상황에 맞추어 신호시스템을 요구하고 있다. 이같이 국내 철도신호기업이 개발하는데 필요한 시스템사양, 기능사양, 인터페이스사양 등 신호시스템을 개발하는데 필요한 기술사양이 표준화되어 있지 않고 있어, 국내 철도신호기업이 고유의 솔루션을 확보하기 위한 장기투자계획을 수행하는데 많은 리스크를 안고 있다.

이와 같이 철도운영기관의 운영유지관리측면의 효율성 증대, 국내 철도신호기업의 시스템개발투자 촉진을 위해서는 철도신호시스템의 표준화가 요망되고 있는 실정이다.

나. 방향 및 내용

철도신호시스템의 표준화 방향과 내용을 설정하기 위해서는 관련기관에서 요구하는 조건을 고려하여야 한다.

(1) 기술발전 측면

기술개발을 규제하거나 장애가 되지 않도록 표준화의 내용과 깊이를 조정하여야 한다. 최근의 철도신호기술은 소프트웨어기술, 컴퓨터기술, 무선통신기술 및 정보처리기술 등 첨단기술을 적용하고 있다. 따라서 이 같은 첨단기술의 안전성과 신뢰성을 검증하고, 이를 신속히 철도신호분야에 적용할 수 있도록 장기적인 계획이 요구된다. 유럽의 ETCS Level 1, 2 & 3, 중국의 CTCS의 0, 1, 2, 3, & 4와 같이 시스템을 등급화 하는 것도 고려해야 할 사항이다.

이 같이 철도신호시스템의 표준화에 적용할 기술을 중장기적으로 관리하면 국내 철도운영기관의 발주사양서는 일관성 또는 체계성을 확보할 수 있고, 이에 맞추어 국내 철도신호기업의 시스템개발계획을 수행하는데 발생할 수 있는 위험을 사전에 제거할 수 있으며, 이를 통하여 기업의 투자를 촉진할 수 있다.

(2) 표준화체계

철도신호분야의 표준화는 도시철도/경량전철 및 일반철도/고속철도로 구분하여 관리하는 것이 적절한 것으로 판단된다.

- 도시철도/경량전철분야

- 시스템을 등급화 하는 것은 적절하지 않음.

- 시스템 구성과 지상과 차상 간에 전송해야 할 정보를 표준화 하는 것이 필요함.

- 또한 상위레벨의 기능을 정의하고 기능 간 인터페이스를 표준화함.

- 일반철도/고속철도분야
 - : 유럽의 ETCS Level 1, 2 & 3과 같이 시스템을 등급화
- 유지보수업무와 관리의 효율화를 위해서 소요정보를 체계화

(3) 표준화 관리

철도신호분야의 표준화는 국가가 관리하는 부분과 철도운영기관이 관리하는 부분으로 구분하여 관리하는 것이 적절한 것으로 판단된다.

- 국가가 관리해야 하는 내용
 - 국가가 관리해야 하는 부분은 시스템 구성, 시스템 기능, 시스템 구성장치간 인터페이스 및 시스템 기능간 인터페이스 등을 표준화하고 관리하도록 한다.
- 철도운영기관이 관리해야 하는 내용
 - 철도운영기관은 국가가 관리하는 표준화내용을 바탕으로 하여 부품단위 또는 현장설비에 대한 표준화를 관리하도록 한다.

다. 표준화 구축방법

철도신호시스템의 표준화는 철도정책기관, 철도건설운영기관 및 철도신호기업이 관련된 사항이다. 철도정책기관은 최상위단계에서 철도신호시스템을 표준화하는 목적, 표준화를 적용하는데 필요한 법제화 등 정책적인 내용을 담당한다. 철도건설운영기관과 철도신호기업은 시스템사용자와 시스템공급자의 위치에 있기 때문에 양자간의 협의를 통해서 표준화 범위, 표준화 대상 및 표준화 내용을 결정한다. 일반적으로 철도건설운영기관이 요구하는 표준화는 장애발생시 신속한 조치 등 유지관리에 많은 관심을 갖고 있으며, 철도신호기업이 요구하는 표준화는 기능구현에 필요한 데이터 인터페이스에 관심을 갖고 있다.

따라서 철도정책기관의 표준화 목적을 명확히 하고, 이를 바탕으로 철도건설운영기관과 철도신호기업의 표준화의 범위, 대상 및 내용을 공동으로 정의하여야 하며, 이를 위해서는 열차제어시스템의 기능과 성능을 시험하고 평가하는 과정이 수반되어야 한다.

5. 검토내용 및 시사점

현재 활발히 추진되고 있는 철도신호관련 국제표준화작업은 UIC의 ERTMS/ETCS프로젝트, IEC의 철도 RAMS, 소프트웨어, 하드웨어, 워킹그룹 등이 있으며, 유럽의 철도신호메이저업체가 적극적으로 활동하고 있다. 철도신호분야에 대한 국제표준화는 철도신호시스템

의 체계화, 안전성 향상, 철도운영의 효율성 향상 등 긍정적인 측면도 있지만, 메이저기업이 철도신호기술개발방향과 철도신호시장을 주도하는데 끌려간다는 문제점도 있다. 또한 빠르게 발전되고 있는 첨단기술을 적용하는데 장애가 될 수 있다. 그러나 국내의 철도신호 표준화를 추진해야 하는 목적은 국제표준화와는 어느 정도 차별점을 갖고 있다. 즉, 국제표준은 고유솔루션을 확보한 기업이 주도하는 것이지만, 국내표준은 국내의 고유솔루션을 확보하지 않아서 발생한 문제점을 해결하거나 최소화하기 위해서 진행되는 것이다.

또한, 국내철도신호제어 시스템의 국산화 및 표준화를 위해서는 해외 표준화 기구와 같은 기능을 할 수 있도록 대정부차원에서 신호제어시스템 표준화를 위한 위원회를 만들어 선진국의 표준화사례를 벤치마킹하여 국내에 접목하는 것이 필요하다. 차상신호방식의 신호제어시스템의 기술은 국내기술 수준으로는 아직 미미한 수준임으로, 이러한 점을 고려하여 해외신호기술 공급사의 컨설팅 수립이 필요하다.

제3절 시스템 성능검증을 위한 테스트베드 요구사항

1. 개요

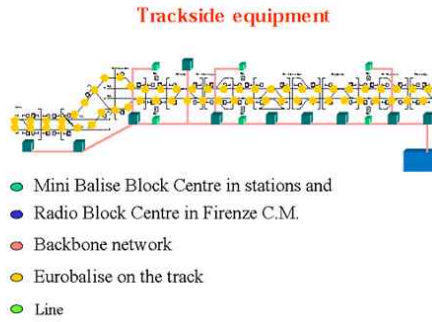
전술한 바와 같이 미국의 NASA가 기술준비수준(TRL)을 적용하는 목적은 실험실에서 개발한 시스템을 실제 환경에 적용할 때 동일한 성능수준을 나타내지 않기 때문에 기술수준을 신뢰성있게 평가하여 프로젝트의 위험도를 관리하기 위한 것이다. 따라서 실용화를 목적으로 시스템을 개발하기 위해서는 기술수준단계별로 필요한 시험환경을 구축하는 것이 대단히 중요하다. 유럽은 ETCS 시험을 위한 시험선을 여러 곳에 구축하였는데, 이것은 ETCS의 목적인 상호운용성을 충분히 확보하고 있는지를 평가하기 위해서다. 일본의 ATACS프로젝트의 경우는 Senseki선에 pilot 시스템을 구축하여 운영하고 있다. 이것은 이 시스템을 사용할 JR동일본에서 직접 수행하는 것으로서 상호호환성을 점검할 필요는 없다. 이러한 관점에서 볼 때 국내에도 열차제어시스템의 실용화 목적에 맞는 시험환경을 만족하는 시험선은 반드시 확보해야하며, 어떠한 방식을 취할 것인지에 대한 검토가 필요하다. 여기에서는 유럽의 시험선 현황, 일본의 ATACS 및 국내 대불선 등을 조사하였으며, 대안을 기술하였다.

2. 유럽의 인프라 구축 현황

유럽은 ETCS 시험평가를 위해서 다음 표와 같이 여러 시험선을 구축하였다. 일반적으로 시험은 시스템을 개발한 공장에서 시험을 시행한 후 현장에서 해당 시스템을 구축한 후 현장시험을 실시한다. ETCS사업의 중요한 항목인 상호운용성 또는 상호호환성을 충분히 만족하고 있는가를 확인하고 평가하기 위해서 유럽 내에 여러 개의 시험선을 운용중인 영업 노선에 대부분 구축하였다.

가. 이탈리아 ERTMS/ETCS 시험 궤도 (Florence-Arezzo)

이탈리아의 시험 노선은 Florence - Rome 구간의 RFI (이탈리아 철도 시설공단)/FS(이탈리아 국철) 고속노선에 위치해있다. 시험 노선은 향후 Rome-Naples 간 고속 노선 운영에 대비하여 최고 250km/h까지 열차를 운행하고 있다. 시험 노선에서 사용되는 주요 시스템은 레벨 2 ERTMS이며 백업 시스템은 레벨 1 ERTMS 이다.

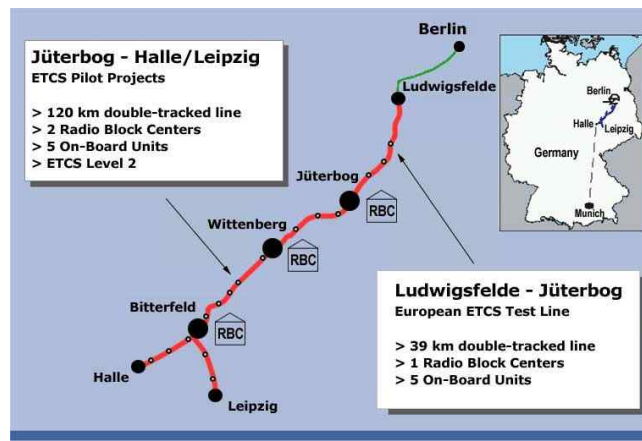


(그림 4-4) 이탈리아 시험선

이탈리아 시험선의 목표는 GSM-Railway network와 연결된 RBC에서 실시되는 첫 번째 테스트에서 ERTMS 레벨 1과 레벨 2를 시험하는 것이다. 무선 통신 시스템 공급업체는 ALSTOM Verona Telecommunications S.P.A이다. (본래 계약에 대한 추가사항으로써 공급) 선로변 무선 통신 시스템은 Morane 프로젝트의 일환으로 구현되었다.

나. 독일 Jüterbog-Halle/Leipzig 노선

이 노선은 실제 시험 노선과 상용 파일럿 노선으로 구성되어 있다. 39km 길이의 북측 구간은 독일의 ERTMS 솔루션과 다른 국가의 ERTMS와의 상호운용성을 입증하기 위한 목적으로 유럽 실행 위원회가 일부 자금을 출자한 국유 시험 노선이다. 120 km 길이의 남측 구간은 ERTMS 레벨 2 시스템의 기술 및 운용상의 경험을 축적하기 위해 100% 국유 자산을 출자하여 개통한 구간이다.



(그림 4-5) 독일의 시험선 노선

본 프로젝트는 UNISIG 구현 장치들을 위한 유럽형 시험선로를 구축하는 것이다. 기 노선의 차상설치 장비는 Alcatel 과 Simens로 구성 된 컨소시엄에게 수주되었다. 독일의 시험노선은 상호운용성을 테스트하고 UNISIG 사양서를 인증하기 위해 활용될 전망이다. 현장 시험 검증 된 ETCS 솔루션으로는 Alcatel 사의 “AITrac/ETCS” 와 Simens 사의 ”Trainguard”등이 있다. 2003년 7월 7일 독일에서 실시 된 테스트는 ERTMS/ETCS가 범 유럽 철도 시스템에 성공적으로 구현될 수 있음을 보여 둔 성공적인 사례로 평가받고 있다. 독일 철도청 (DB AG)과 Alcatel, Simens 사는 2003년 7월 7일 차세대 유럽 열차 제어 시스템인 ETCS를 처음으로 시범 운용하였다. ETCS가 제어하는 열차가 Jüterbog - Bitterfeld 구간에서 200km/h의 속도로 유럽 최초로 운행되었다. 유럽형 신호시스템인 ERTMS/ETCS를 통해서 다음과 같은 요소들을 혁신적으로 개선할 수 있을 것으로 예상된다.

- 철도 상호운용성
- 철도 안전성
- 철도 수용량
- 철도 가용성

뿐만 아니라 ERTMS/ETCS를 통해 물류 수송에 있어서 규모의 경제 이점을 살릴 수 있으며 차상 설치 장비 수를 혁신적으로 줄일 뿐 아니라 유럽의 신호 시스템 시장을 활성화 시킬 것으로 기대된다.

다. 스위스 Olten - Lucerne 노선

스위스 연방 철도인 SBB는 세계 최초로 ERTMS/ETCS 레벨 2 표준 기반 시스템 운영사이다. SBB는 Bombardier 사와 Olten-Lucerne 노선의 ERTMS/ETCS 공급과 설치 계약을 체결한 바 있다. Olten-Lucerne 구간의 노선은 총 35km 길이의 이중궤도 노선으로 총 9개의 정차역이 있으며 제한속도는 160km/h 이다. 매달 4,000대 이상의 도시 간, 로컬, 화물 열차가 운행되며 연간 3,000,000 명 이상의 승객과 240,000 톤의 화물을 수송한다. SBB가 설정한 프로젝트의 주요 목표는 다음과 같다.

- 레벨 2 ETCS 구현
- 유럽 CENELEC 표준에 기반을 둔 승인
- 차세대 ERTMS 기술 관련 노하우 확립
- 기술 및 절차 레벨에 대한 운영 경험 축적

그렇지만 이 프로젝트를 진행하면서 다음과 같은 문제들에 부딪치기도 했다.

- 고(高) 가용도가 보장되는 안전 핵심 하드웨어 및 소프트웨어 개발
- 통일 된 시스템 요구사항 사양서 부재
- 새로운 지상 운영 절차 개척
- 레벨 2 ETCS와 SBB 기존 운영 절차와의 통합
- 장애 발생에 대처하는 새로운 과정 및 절차의 개발, 구현



(그림 4-6) 스위스 시험선 노선

레벨 2 ERTMS는 2002년 4월 이후 완전 상용화되어 열차의 정시성을 95% 이상으로 끌어올렸다. 본 프로젝트를 통해 다음과 같은 긍정적인 성과를 거두게 되었다.

- 안전성 관련 고장 및 사고 발생 전무
- 기관사와 운영자의 호평
- GSM-R이 레벨 2 ETCS를 위한 데이터 링크 역할

라. 영국 Midlands Test Center

Alstom ERTMS 시험선로는 Nottinghamshire와 Leicestershire 경계에 위치한 단선 철도 시험 장소이다. 현재는 AMTC (Alstom Mainlands Test Center)라고 불리고 있는 이 시험 장소는 일반 운영 노선으로부터 완전히 격리 된 곳에 위치해 있기 때문에 철도 차량과 철도 시스템 모두 어떠한 제약이나 방해요소 없이 테스트를 수행할 수 있다. 본 시험 장소는 200km/h 이상으로 전기 열차를 주행하고, ERTMS 테스트를 위한 6.75km의 복선 구간을 건설하기 위해 일부 업그레이드 작업이 이루어졌다. 일련의 업그레이드 작업이 완료 된 후에는 레벨 1과 레벨 2 ERTMS 테스트에 모두 적합한 6.75km의 시험 구간이 완성

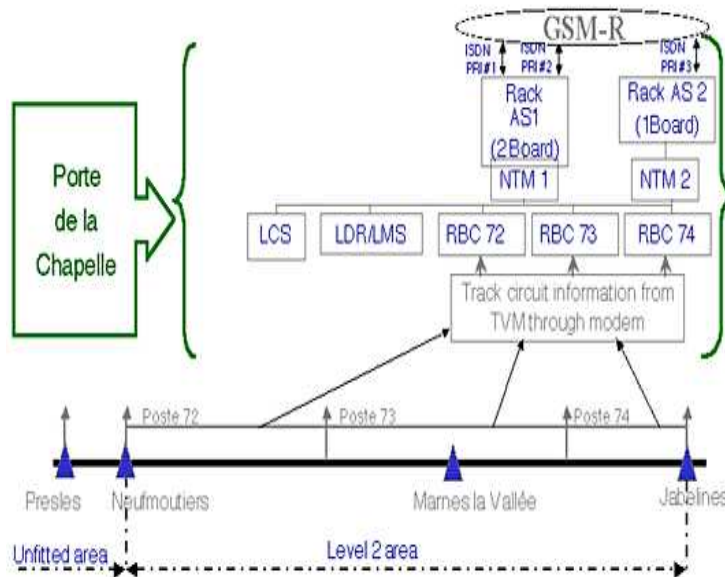
되었다. 17.5km의 단선 구간과 6.75km의 복선 구간 및 test siding 은 모두 25kv로 전철가 되었다.

마. 프랑스. ERTMS/ETCS 선로

프랑스에서는 파리의 북동부에 위치한 두 개의 노선이 시험 노선으로 선정되었다.

(1) 고속 시험 장소

고속 시험 장소는 Neumoutier 와 jabelines 연동장치 사이의 30km 길이의 양방향 복선 구간이다(25 kV 50Hz). 이 노선에는 계전기 연동장치와 TVM430 선로-열차 간 전송 시스템 및 자동 열차 방호 시스템 등이 설치되어 있다. 터널 구간과 Charles de Gaulle airport 구간은 안테나로 커버된다. 레벨 ERTMS 신호 시스템은 TVM 430으로 오버레이 된다. RBC경우, 세 개의 RBC가 시험 노선에 설치되었으며 북부 Paris-Gare de Nord인 la Chapelle에 집약되어 있다.



(그림 4-7) 프랑스 고속선 시험노선 설비구성도

본 파일럿 노선의 주요 목적은 TGV 애플리케이션 - KVB와 TVM과 ERTMS와의 호환성, 특히 차세대 TGV 동선 애플리케이션을 테스트하고 인증하는 것이다. 이중 차량 열차에 특히 ERTMS 장비가 중점적으로 설치됨에 따라 한 쪽 차량에는 Alstom 장비가 (Alstom TM 100, 200) 그리고 다른 한 쪽 차량에는 Ansaldo 장비를 수신한다.

(2) 교외 노선 시험 장소

교외 노선 시험 장소는 파리 북동쪽 Tournan과 Marles-en-Brie 사이에 위치한 10km 구간으로 최고 속도는 120km/h이다. 이 노선의 교외 지역에 위치해 있으며 구간 내에는 주요 역이 있다. 두 가지 각기 다른 종류의 계전기 연동장치 (PRS와 PRCI)가 설치되어 있다. 레벨 1 ERTMS과 3, 4 aspects 블록 노변 신호 시스템은 양방향 모두 적합하다. KVB와 레벨 1 ERTMS가 이 노선에 설치된다. 프랑스에서 시범 테스트를 위해 ALSTOM이 장치를 공급한다.

3. 일본의 인프라 구축 현황

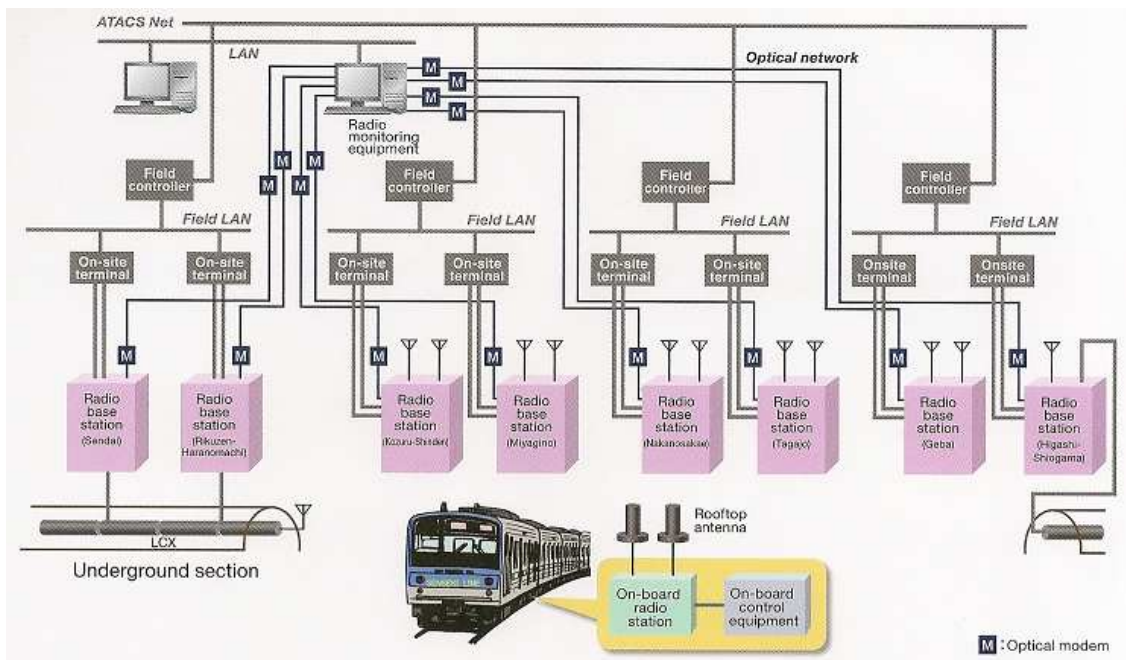
일본은 1985년부터 10년간 CARAT(Computer and Radio Aided Train Control System)을 개발을 수행하였다. CARAT의 연구개발은 유럽의 ASTREE와 같이 궤도회로를 사용하지 않고 무선통신기술을 적용하는 연구개발추세에 맞추어 진행되었다. CARAT의 연구개발 범위는 열차간격제어, 선로전환기제어, 건널목제어, 운행관리 등 광범위한 기능을 포함하고 있다. CARAT의 개발을 1995년도에 종료하였으며, 현재는 CARAT를 실용화하기 위한 ATACS(Advanced Train Administrations and Communication System)를 개발하여 Sendai시에 있는 JR동일본의 Senseki선에 구축하였다. 2011년 영업운전을 목표로 현재 시험중에 있다.

ATACS는 Senseki 전체노선중 Aoba Dori ~ Higashi Shiogama구간(18 km)구간에 구축되어 있다. ATACS의 차상설비를 구축한 열차는 20편성(4량 1편성)이며, 설로변에 안테나 8개를 설치하였다. 터널에서는 LCX케이블을 설치하였다.

Senseki선에서의 ATACS시스템은 이미 구축되어 있는 ATS설비위에 설치되는 것으로서 ATP기능, 건널목제어기능 등의 기능을 수행한다. 자동운전기능 또는 무인운전기능은 포함하지 않고 있다.



(그림 4-8) ATACS 설치구간



(그림 4-9) ATACS 지상설비 구성도

4. 국내 시험평가인프라 현황 및 지원방안

국내의 신호설비를 시험하고 평가하는데 필요한 인프라를 구축하기 위해서 경춘선, 경전선, 중앙선, 경산시험선 및 대불선 등의 활용 가능성을 검토하였다. 그리고 최근 종합시험선로 확보와 관련하여 KDI에서 예비타당성을 수행한바 있으며 그 결과 2015년까지 확보하는 것으로 하고 있다. 그러나 본 과제외의 경우 시급성, 비용, 활용도 등 다양한 조건을 검토한 결과 대불선에 시험평가 인프라를 구축하는 것으로 하였다.

가. 소요인프라

신호설비의 시험평가를 위한 정차시험은 최소 200 m의 유치선과 관련 시험 공간 및 시험 설비를 필요로 하며, 궤도회로 및 선로변 통신설비, 관련 계측기 및 시뮬레이터, 지그 등의 설치를 구상하였다. 또한 주행시험을 위해서는 최소 3 km 이상의 주행선로 및 시험 공간, 시험 설비를 필요로 하며, 여기에 차량을 포함하여 지상, 차상 전체 신호설비와 함께 관련 계측기 및 시뮬레이터, 운영 및 유지보수 관련 설비, 안전 설비 등이 필요하다.

이외에 시험평가 인프라를 운용하기 위해서는 열차운전자를 포함한 운영요원과 유지관리 비용등이 필요하다.

(1) 차량 유치선

- 연장 : 단선 300m 내외 (여건에 따라 가변 가능)
- 선로 설비 : 궤도회로, 선로변 통신설비 등 설치

(2) 시험선 노선

- 연장 : 복선 12 km (여건에 따라 가변 가능)
- 역수 : 중간역 2 ~ 3 개 (출발역, 종착역 포함하여 4 ~ 6 개)
- 선로 설비 : 선로전환기, 연동장치, 신호기, 궤도회로, 선로변 통신설비 등 설치. 열차 이동방향 조정 및 양방향 운행 시험용, 차상-지상간 정보전송용

(3) 시험열차(차량)

- 편성수 : 2편성 이상
- 사양 : 도시철도차량 표준사양 적용(여건에 따라 변경 가능)

(4) 시험평가용 계측설비

- 지상 및 차상 시험용 계측기, 설비 유지보수용 계측기 등

(5) 구성품 및 조합 시험

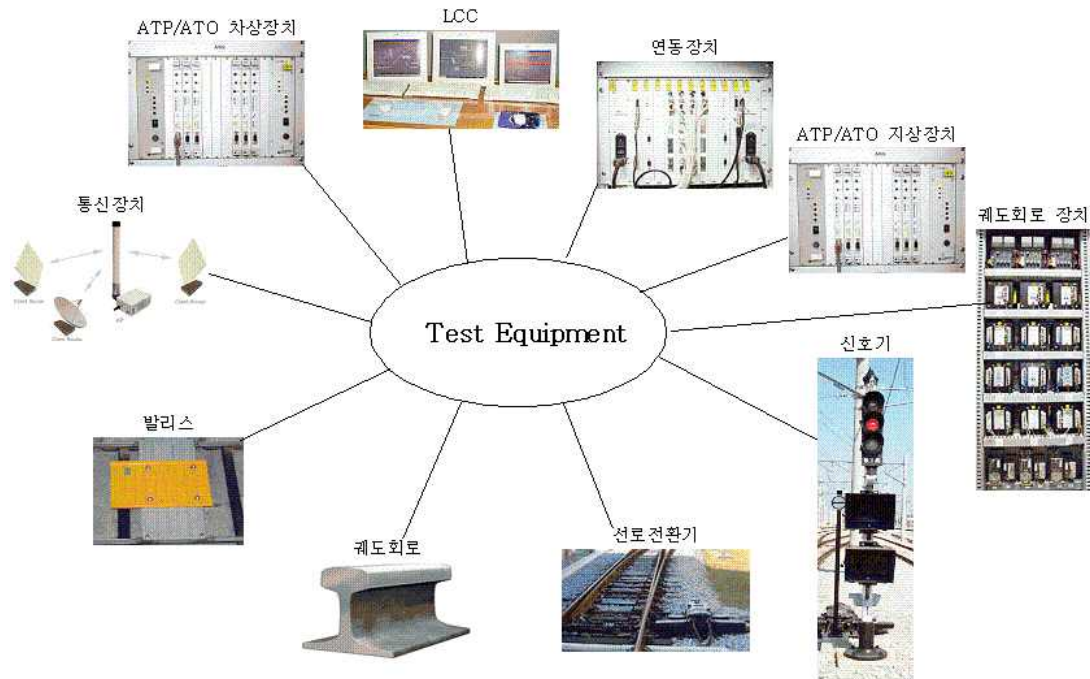
- 구성품 기능 및 조합 시험을 위한 차량 및 차량 유치선

- 범용 지상장치 및 차상장치 구성품

(6) 주행 및 운행 시험

- 차량 시험주행을 위한 선로 구성
- 중간역 및 분기 선로 구성, 전력 절연구간(Neutral section) 필요

(7) 구성품 및 조합 시험, 주행시험 관련 계측설비 및 설비 공간



(그림 4-10) 시험설비 구성안

나. 대불선

대불선을 선정하기에 앞서 경춘선, 경전선, 중앙선에 있는 한산선구 또는 폐선구간을 검토하였으며, 검토대상노선별로 투자비용, 활용시기, 주변 여건 등을 검토하였다. 충북 오송에 구축될 종합시험선의 경우 최근에 투자계획이 결정되었기 때문에 제외하였다. 다음 표에서 알 수 있듯이 한산선구 또는 폐선을 활용할 경우 열차주행속도는 120[km]정도로 도시철도에 적합하지만, 선로개량에 많은 비용이 투입되며, 건널목이 다수 설치되어 있기 때문에 시험평가 시 안전사고 및 주변 주민의 민원 등 여러 가지가 발생할 것으로 예상된다.

한국철도공사가 관리하고 있는 목표 대불선을 활용하는 것이 가장 좋은 것으로 판단된다.

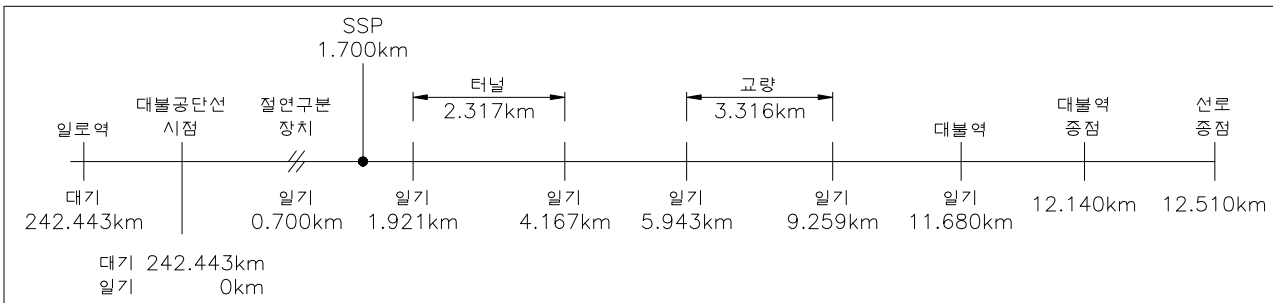
[표 4-2] 시험평가 인프라 구축 후보지별 적합성 검토

구 분		내 용
교외선 (능곡역 ~ 의정부 북부역)	선로연장	- 31.9km
	선로조건	- 화물열차만 운행 : 주1~2회 정도(최고속도 80km/h) - 평면건널목 다수 존재 - 전철화 설비 필요
	선로사용 예정시기	- 운영자(철도공사)와 협의 즉시 사용가능
	소요예산	- 1,340억원
	총 합 검토의견	- 운행선 사용함에 따라 제약사항 예상 - 민가, 도심지 통과에 따른 각종 민원 예상
경춘선폐선 (상천 ~ 남춘천)	선로연장	- 35.2km
	선로조건	- 선로조건 : 4급선 수준(최고속도 100km/h) - 평면건널목 다수 존재 - 전철화 설비 필요
	선로사용 예정시기	- 2010년까지 신설선 공사 완료예정으로 2011년 이후 사용가능
	소요예산	- 1,432억원
	총 합 검토의견	- 가평 및 춘천시내 통과노선이며, 지자체의 관광상품 개발지로 유력
중앙선폐선 (양동 ~ 동화역)	선로연장	- 14.1km
	선로조건	- 선로조건 : 3~4급선 수준(최고속도 100km/h) - 평면건널목 다수 존재
	선로사용 예정시기	- 2010년까지 신설선 공사 완료예정으로 2011년 이후 사용가능
	소요예산	- 561억원
	총 합 검토의견	- 간현역주변의 관광지와의 근접하여 민원 발생이 예상됨
중앙선폐선 (원주 ~ 봉양역)	선로연장	- 39.6km
	선로조건	- 선로조건 : 3~4급선 수준(최고속도 100km/h) - 평면건널목 다수 존재
	선로사용 예정시기	- 원주~제천 복선전철화 사업 완료(현재 설계중) 후 사용가능 (2015년 이후 사용가능)

	소요예산	- 817억원
	종합 검토의견	- 치악~봉양구간(20.7km)을 시험선으로 활용
경전선폐선 (한림정~ 창원역)	선로연장	- 21.2km
	선로조건	- 선로조건 : 3~4급선 수준(최고속도 100km/h) - 평면건널목 다수 존재 - 전철화설비 필요
	선로사용 예정시기	- 2010년까지 신설선 공사 완료예정으로 2011년 이후 사용가능
	소요예산	- 894억원
	종합 검토의견	- 진영, 덕산, 창원시내 통과로 지역주민의 민원 예상 - 덕산~창원구간은 군수물자 운반등 신설선 완료 후에도 기존 선을 사용함에 따라 시험선으로 이용 시 다소 제약 사항이 예상됨

대불선에서의 신호시스템 시험설비는 일반철도의 기존선 신호시스템인 차상신호 ATP 시스템과 150 km/h 이하의 광역 철도망 또는 도시철도 신호시스템인 CBTC의 구축을 고려한다.

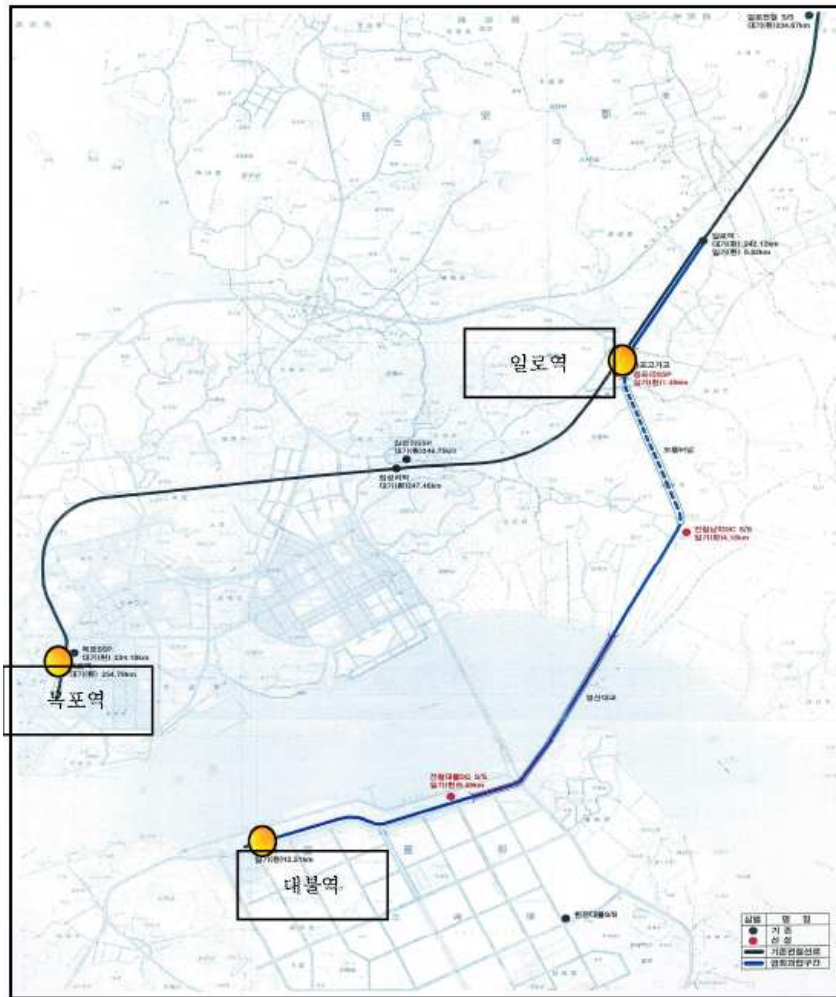
(1) 구 간 : 일로역 ~ 대불역간 단선철도(전라남도 무안군 일로읍 ~ 영암군 삼호면)



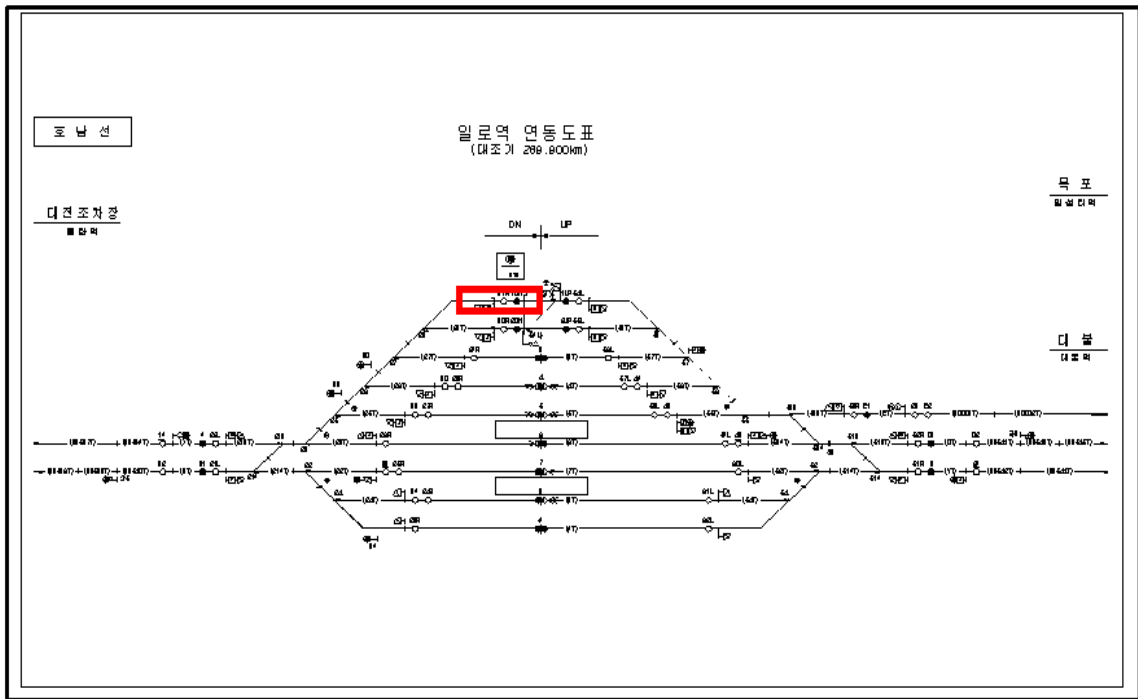
(2) 선로개요

- 선로 길이 : 12km 509.87
- 최소곡선반경 : R 400[M]
- 전차선 가선 : AC 25,000V
- 터널 : 1개소(2,246m)

- 교 량 : 1개소(3,783m)
- 건널목 : 1개소(대불역하장내)
- 폐색방식 : 자동폐색
- 신호방식 : ATC / ATS



(그림 4-11) 대불선 선로도



(그림 4-12) 일로역 선로배선도

(3) 시험선 운영을 위한 구비조건 및 적합성 검토

일로역 구내 및 대불선은 시험선으로 활용하기 위한 제반시설 (운영사무실, 검수시설, 전차선로 등)을 구축할 수 있는 조건을 충족하며, 물류영업에 지장을 주지 않고 시험선 운영이 가능하다. 또한 차세대 전동차 시험을 위해서 일부 설비가 구축되어 있어 이를 공동으로 활용할 경우 비용절감도 예상된다.

[표 4-3] 항목별 적합성 검토

항 목 별	검 토 의 건	비 고
시험운영관련 사무소	-일로역사 2층 임대 가능하지만 설치공간이 협소하여 가건물을 설치하는 것이 적절함. -차세대전동차시험용으로 설치한 가건물에 대한 공동활용 가능성 확인 필요	
	-대불역사 신호기기실도 임대 가능하지만, 통신선 및 신호선을 설치할 수 있는 관로를 확보하기 위한 작업이 필요함.	
주박기지 및 검수시설	-일로역 #1번 북쪽 120m 검수비트 설치 가능	
AC운행을 위한 선로, 전차선	-일로~대불간 기설치된 시설 활용 가능	

개발차를 활용한 AC 시험운행	-일로~대불역간 시험운행 가능	
CBTC신호시스템	-일로~대불간 시설 활용 설치 가능	
안전울타리 설치	-일로~대불간 선로변에 설치 가능 -일부 구간(4km, 3.5억원)에 대해서 기설치	
시험선 모니터링시스템 (CCTV)	-차세대전동차시험용으로 일로역, 운행구간에 설치 하였으며(2.1억원), 향후 확장 사용이 가능	
사무실 보안장치 구축	-일로역사 2층 보안장치 구축 가능	
일반전원공급	-일로역 및 대불역의 전원공급장치용량이 부족하기 때문에 별도의 전원공급장치 필요	



대불선 주행시험구간



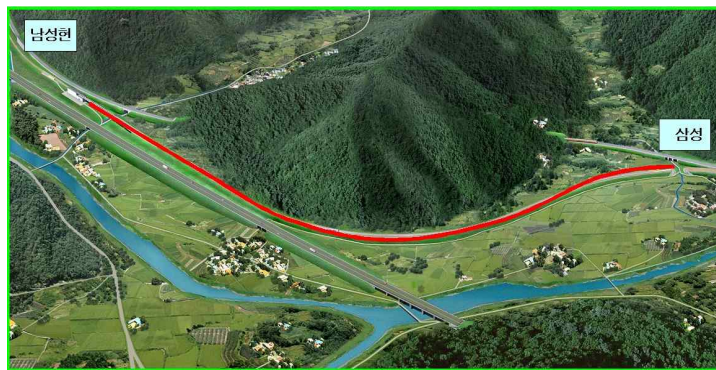
(그림 4-13) 대불선 현장사진

5. 기존 연구개발 결과 / 시설 / 장비의 활용

가. 경산 시험선

경량전철시험선은 경량전철시스템 기술개발 결과의 분야별 성능을 입증하기 위한 시험선로를 구축하기 위해서 약 2.4km(본선 1,870m, 측선 387.5m, 대피선 120.92m)의 연속적인 U-TYPE 구조물과 슬래브 주행로, 교량 2개, 정거장 4개소(1개소는 관리 및 검수기능 포함, 3개소는 간이)와 검수고 1개소 및 시스템 관련 제반설비로 구성되어 있다.

- 선로연장 : 약 2.4km (본선 1.870m, 측선 387.5m, 대피선 120.95m)
- 토목 : 지상구간 U-TYPE 구조물
고가구간 본선 P.S.C BEAM교 (30m), 측선 S.T BOX교 (160m)
정거장 4개소
- 궤도 : 궤도부설 약 4.6km, 검수기, 분기기, 신축이음 장치
- 건축 : 정거장 1 개소
- 전기 : 정거장 전기설비, 특고압인입 위탁공사 (한전)
- 기계설비 : 장비설치공사, 소화, 전기바닥판넬, 자동제어공사
- 신호 : 현장설비, 사령실 설비, 연동역설비, 전원설비, 간이역사설비
- 통신 : 통신선로설비, 전화 및 교환설비, 열차무선설비, 방송설비, 행선안내설비



(그림 4-14) 시험선 조감도

(1) 시험선로 제한속도 규정

- 자동운전시 곡선통과 속도

[표 4-4] 자동운전시 곡선통과 속도

곡선반경(m이상)	제한속도(km/h)	비고(안전율)
200	60	4.3(=60.8km/h)
130	50	4.3(=49km/h)
90	40	4.3(=40km/h)
45	30	4.3(=28km/h)
30	20	4.3(=23km/h)

- 수동운전 시 곡선통과 속도

[표 4-5] 수동운전 시 곡선통과 속도

곡선반경(m이상)	제한속도(km/h)	비고(안전율)
200	60	4.3(=60.8km/h)
130	50	4.3(=49km/h)
90	40	4.3(=40km/h)
45	30	4.3(=28km/h)
30	20	4.3(=23km/h)

- 분기부 통과속도

- 분기부 통과속도 : 30[km/h]

- 역통과속도

- 역통과속도 : 40[km/h]

- 개방운전

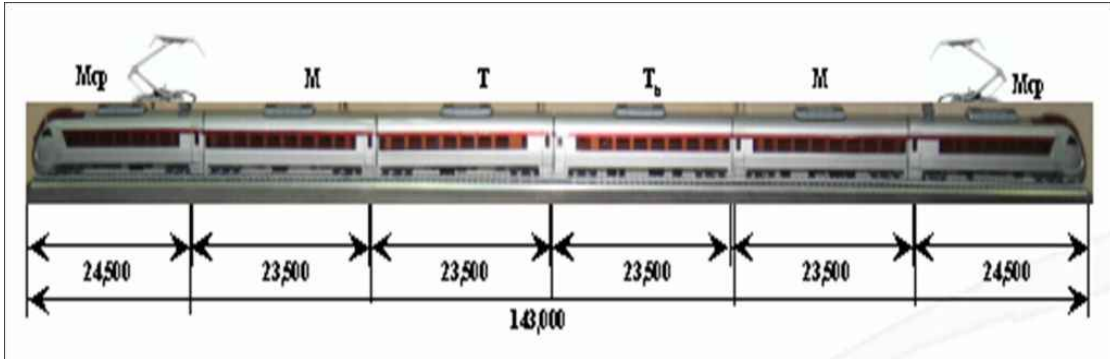
- 차상신호장치 고장 시 열차속도 : 15[km/h]

나. 틸팅열차 신호시스템

(1) 틸팅 차량의 주요제원

- 열차편성 계획

- 시제 편성 : Tc+M1+M2+M2+M1+Tc



(그림 4-15) 틸팅열차 편성도

- 열차의 제원
 - 궤간 : 1,435mm
 - 전기방식 : 교류 25kV 60Hz(변동범위 19~27.5kV)
- 열차 성능
 - 최대 출력 : 2,400kW 이상(M1+M2)
 - 설계 최고속도 : 200km/h(최고 운행속도 180km/h)
 - 가속도 : 0.50m/s²이상
 - 감속도: 1.0m/s² 이상(비상)
 - 최대 틸팅각도 : 8°

(2) 틸팅 차량의 ETCS 차상신호장치 구성품

ETCS 차상신호장치는 안전하고 표준화된 MVB 통신을 통해 인터페이스 하는 차상컴퓨터(VCU, COMC), 입출력장치(VDX, DX), 정보전송을 위한 발리스 정보수신용 안테나(CAU)와 발리스 정보전송모듈(BTM), MMI현시장치, 속도 및 거리연산장치(SDU), 타코미터와 속도검지용레이더, 고장 및 사고기록을 위한 차상기록장치로 구성된다.

다. 차세대전동차 CBTC

차세대전동차는 국토해양부 국가연구개발 사업으로 한국철도기술연구원에서 수행중인 「차세대첨단도시철도시스템기술개발사업」(’05년~’11년)에 의해 개발되어 신뢰성, 안전성, 운영효율성 등을 획기적으로 향상시킨 새로운 도시철도 차량시스템을 말한다.

(1) 차세대전동차 사양



(그림 4-16) 차세대 전동차 개발 컨셉

차세대전동차사양은 아래 표와 같다. 주요 특징으로는 추진제어시스템 개선을 통한 속도 및 가속도 향상, CBTC 신호시스템 적용, 직접구동형 견인전동기(DDM) 개발을 통한 유지보수성 3배연장(기존 3년→9년), 정지시까지(0 Km/h) 완전전기제동시스템 개발, 분산제어시스템(1C1M)을 통한 신뢰성 향상을 들 수 있다.

[표 4-6] 차세대 전동차 개발 사양

항 목	개발목표 사양
차량 형식	도시철도용 직교류 전동차
차량 편성	6량 1편성
속 도	설계최고속도 130Km/h, 최고운행속도 110Km/h
견인전동기	직접구동형 견인전동기(DDM)
가·감속도	가속도:3.3km/h/s, 감속도:상용3.5km/h/s, 비상4.5km/h/s
접전 방식	Single Arm Pantograph
전원 전압	AC 25kV / DC 1500V
속도제어방식	개별제어(1C1M) VVVF 인버터제어, 벡터제어
제동 방식	완전전기제동(M-Car), 공기제동(T-Car)
저크 한계	0.8m/s ³
신호 방식	통신기반 신호방식(CBTC)

(2) 차세대전동차 CBTC 차상장치

차세대전동차 차상 신호 시스템은 자동 열차 제어 및 보호 기능의 ATP 시스템, 자동 열차 운행 기능의 ATO시스템 및 차상-지상간 무선통신 기능의 WLC시스템으로 크게 구성된다.

차상ATP 시스템은 WLC 시스템 및 지상 무선통신 설비와 인터페이스 되어 차상 설비 자체의 결함 혹은 지상의 제한속도에 대해 기관사가 적절하게 대처하지 못했을 경우 등의 위협 조건으로부터 열차와 승객을 보호하는 기능을 수행하게 된다.

차상ATO 시스템은 차상 ATP 시스템으로부터 수신되는 지상Tag ID정보 및 지상으로부터 수신되는 제한속도 정보 따른 유연한 가속 및 감속, 제어 목표 속도의 유지, 정위치 정차센서에 의한 역 승강장내의 정위치 정차, 열차 출입문 제어 등 기관사가 수행하는 일반적인 기능들을 자동으로 수행하게 된다.

차상WLC 시스템은 무선LAN 안테나 및 지상 AP시스템과 결합하여 열차와 지상 시스템간의 무선통신을 하며 자동열차 주행 진로 확인, 정차 시분 제어, 차량속도조절 및 차량 상태 등의 정보를 송/수신하고 TTC 시스템과의 연계를 통한 자동진로 설정 및 열차 운행 관리 등의 기능을 수행하게 된다.

라. 활용가능성

경산시험선의 경우 고무차륜형 경량전철의 시험을 목적으로 건설되었고, 신호시스템의 열차위치추적기술이 특화되어 있기 때문에 선로, 차량, 신호설비 등 하드웨어를 활용하는 것은 어려운 것으로 판단되며, 무인자동운전을 지원하는 관제기능, 열차간격제어를 포함한 열차방호기능 및 무인자동운전기능 등 소프트웨어를 활용하는 것이 적절한 것으로 사료된다.

틸팅차량 및 차세대전동차의 경우 철제차륜형 열차이고 열차최고속도가 130, 200[km/h]이기 때문에 도시철도와 일반철도용 열차제어시스템을 구성하여 신뢰성과 안전성을 평가하는 것이 가능하다. 차상신호장치를 활용하기 위해서는 수정작업 또는 교체작업이 필요할 것으로 판단된다.

[표 4-7] 기존 연구개발 결과의 활용 가능성

구분	활용내용
경산시험선	<ul style="list-style-type: none"> - 시험선로 <ul style="list-style-type: none"> : 철도의 실제 운영상황과 가깝게 운영시나리오를 구성하는 것이 매우 어려우며, 이를 위해서는 선로변경이 필요함. : 철도운영기관이 요구하는 신호시스템에 대한 신뢰성과 안전성을 검증하는 것이 곤란함. - 차량 <ul style="list-style-type: none"> : 지하철 및 광역철도의 운영속도를 구현할 수 없으며, 고무차륜으로 제한됨. - 신호설비 <ul style="list-style-type: none"> : 특화된 무선통신기술을 적용한 열차 위치기능은 적용하는 것이 곤란함. : 설비활용보다는 열차간격제어기술, 열차속도제어기술, 무인자동운전기술 등 확보하고 있는 열차제어기술을 활용하는 것이 적절함.
틸팅열차	<ul style="list-style-type: none"> - 열차 <ul style="list-style-type: none"> : 열차성능최고속도가 200[km/h]로서, 시험열차로 활용하는 것이 적절함 - 차상신호설비 <ul style="list-style-type: none"> : 차상신호설비가 ETCS level_1을 적용하고 있기 때문에 활용 가능성이 높은 것으로 판단되며, 약간의 수정이 필요함.
차세대전동차	<ul style="list-style-type: none"> - 열차 <ul style="list-style-type: none"> : 열차성능최고속도가 130[km/h]로서, 시험열차로 활용하는 것이 적절함 - 차상신호설비 <ul style="list-style-type: none"> : 개발할 열차제어시스템의 개발사양과 여러 부분에서 차이가 있을 것으로 생각되기 때문에 많은 수정이 필요함.

6. 검토내용 및 시사점

유럽의 ETCS인프라는 국가간 상호운용성 또는 상호호환성을 인증하기 위해서 영업선으로 운용중인 여러 노선에 구축되었으며, 일본의 경우는 ATACS를 도입하여 운용할 JR동일본이 영업노선으로 사용중인 Senseki노선의 일부(18km)를 pilot선으로 활용하고 있다. 유럽과 일본의 열차제어시스템 인프라구축은 유럽의 재정지원 또는 철도건설□운영기관이 주도하여 구축하였다. 즉, 열차제어시스템을 도입하여 운용할 기관이 열차제어시스템을 검증하는데 필요한 선로, 차량 등 인프라를 제공하고 있다. 이들 기관이 관련 인프라를 구축하는 직접적인 이유는 다음에 대한 개선을 기대할 수 있기 때문이다.

- 철도의 상호운용성
- 철도의 안전성
- 철도의 수송용량
- 철도의 가용성 등

또한 열차제어시스템 인증인프라의 구축을 통해서 다음과 같은 문제점을 해결할 수 있을 것으로 기대된다.

- 높은 가용도가 보장되는 vital 하드웨어 및 소프트웨어 확보
- 표준화된 시스템사양서 확보
- 새로운 열차제어시스템의 운용절차 확보
- 기존 신호설비와 새로운 열차제어시스템간의 운용절차 확보
- 장애발생에 대처하는 새로운 절차의 확보

유럽과 일본의 사례와 같이 국내에 열차제어시스템 인프라를 구축하기 위해서는 확실한 목적과 구축계획이 마련되어야 한다. 국내에 열차제어시스템 인프라를 구축하는 목적은 국내 고유의 열차제어시스템을 확보하고, 이를 영업노선에 설치운영하여 국내 철도신호산업을 활성화시키고 국내 철도건설운영기관의 경영개선을 극대화하는 것이다. 이러한 목적을 달성하기 위해서는 인프라구축 과정을 몇 단계로 구분하여 진행하는 것이 필요하다.

첫 번째로 열차제어시스템의 구성품에 대한 성능시험에 필요한 인프라를 구축한다. 이에 대해서는 국내 철도신호기업 또는 한국철도기술연구원에서 관련 설비를 충분히 구축하고 있다.

두 번째는 열차제어시스템의 종합시험에 필요한 시험선 등 인프라를 확보하는 것이다.

국내의 경우 충분한 인프라를 확보하지 못했으나, 한국형 열차제어시스템 개발 및 상용화를 위해서는 시험선 확보가 중요한 사항이 되었으며, 목포 대불선을 시험선으로 활용하는 것이 가능하다.

세 번째는 pilot선 또는 영업선을 선정하여 영업운전을 수행할 수 있는 열차제어시스템을 구축하는 것이다. 안전성 평가를 포함한 종합시험 및 평가를 시험선에서 성공적으로 완료하여도, 국내 철도건설운영기관은 일반적으로 영업실적을 갖고 있는 시스템을 요구한다. 국가의 중장기건설계획을 토대로 신설 또는 개량될 노선을 선정하여 열차제어시스템을 구축하여 종합시험 및 평가를 완료한 후 영업노선으로 전환한다. 일본의 JR동일본에서 추진하고 있는 ATACS프로젝트가 이에 해당하는 것으로 사료된다. 국내의 경우 광역경제권 발전 30대 프로젝트에 있는 선도사업의 대상노선을 고려할 수 있을 것으로 판단된다.

- 원시-소사-대곡 복선전철 및 서해선 복선전철(화양-원시)
- 인천지하철 2호선
- 대전-행정도시-오송 신교통수단

국내 열차제어시스템 개발 및 실용화를 위한 인프라구축을 단계별로 정리하면 다음의 표와 같다.

[표 4-8] 철도제어 인프라

구분	설치장소	내용	비고
1단계	-철도신호기업 -철도성능시험기관	- 열차제어시스템 구성품별 성능시험 : 환경시험 : 기능시험	-
2단계	-대불선 -중앙선 폐선	- 열차제어시스템 종합시험 및 평가 : 시스템사양서(기능, 성능) 평가 : 시스템 안전성 평가 등	시험선
3단계	-영업선 (신설노선/개량노선)	- 열차제어시스템 종합시험 및 평가 : 시스템사양서(기능, 성능) 평가 : 시스템 안전성 평가 : 시스템 장애절차서 등 - 열차제어시스템 실용화 : 시스템 운용절차서 : 시스템 표준사양서	Pilot선으로 활용후 영업선으로 전환

제4절 열차제어용 무선통신망 구축방안

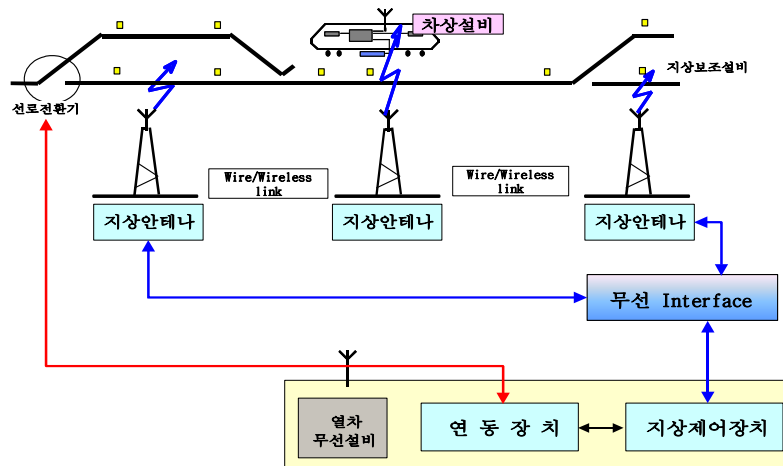
1. 개요

현재 국내의 철도는 경량전철, 도시철도, 광역철도, 일반철도, 고속철도로 구분되며, 다양한 신호시스템(열차제어시스템)이 설치되어 운영되고 있다. 최근에는 무선통신을 이용한 CBTC시스템을 경량전철 및 광역철도 등에 적용하고 있다. 그러나 철도운영의 안정성을 보장하기 위해서는 현재 사용중인 ISM밴드보다는 철도용 주파수를 확보하는 것이 요구된다. 철도용 주파수를 확보하기 위해서는 소요주파수대역, 폭, 전송속도, 시스템 구성 등 여러 측면에 대한 연구가 요구된다. 여기에서는 철도 전용주파수의 필요성 및 목적, 소요주파수 대역 및 범위 및 무선통신방식 및 통신망 구축방안 등을 기술하고자 한다.

2. 철도전용주파수의 필요성

가. 무선통신기반 열차제어시스템의 보급 확대

CBTC시스템은 지상과 차상에 설치되며 상호간의 지속적인 통신을 통하여 열차운영의 안전성을 확보한다. 또한 현재 개발된 신호제어기술에서 가장 앞선 기술로서 전통적인 신호제어시스템에 비해서 정밀 열차위치 결정으로 운전시격을 단축할 수 있으므로 수송용량의 증대를 기할 수 있고, 열차와 중앙제어시스템 간의 데이터 통신이 가능하므로 열차의 운행효율을 높일 수 있으며 철도의 안전성 및 편의성을 최적화할 수 있다.



(그림 4-17) 무선통신기반 열차제어시스템 개념도

나. 철도전용주파수의 필요성

무선을 이용한 정보통신의 안정성(stability)기술과 열차라는 이동체를 제어하는 안전성(safety)기술이 결합한 혁신적인 시스템을 개발·적용할 수 있다. 정보통신기술을 철도시스템에 이용하여 지상과 차상의 제어장치가 역할을 서로 분담하는 무선을 이용한 안전하고 단순한 구조의 열차제어시스템이 일부국가에서 실용화 되고 있는 상황이다.

이러한 무선을 이용한 열차제어시스템은 현재 유럽의 간선철도와 고속철도를 제어하는 ERTMS/ETCS에서 GSM 대역에서 일부를 철도전용으로 할당받아 GSM-R을 사용하고 있으며, 미국을 중심으로 하는 많은 국가에서는 도시철도를 제어하기 위해서 2.4GHz 대역 ISM(Industrial Scientific Medical)밴드의 IEEE 802.11.x 표준을 사용하고 있다. 미국의 경우, 세부적으로는 FHSS(Frequency Hopping Spread Spectrum) 또는 DSSS(Direct Sequence Spread Spectrum) 방식 중의 하나를 사용하고 있다. 국내에서 도시철도 및 광역철도에 사용하고 있는 열차제어시스템의 무선통신은 2.4GHz 대역의 ISM 대역을 이용하고 있다. 현재 경산시험선, 분당선을 비롯하여 향후 설치 예정인 김해 경전철, 신분당선, 용인 경전철에서도 2.4GHz 대역의 ISM 대역을 이용한 열차제어시스템의 설치를 계획하고 있다.

그러나 2007년 5월에 실시한 국가 연구개발사업에 대한 감사에서 2.4GHz 대역을 사용하는 열차제어시스템은 2.4GHz 대역의 특성상 간섭 및 혼신 등의 문제 발생으로 인해 지속적인 성능확보가 어렵고 이로 인한 철도운행의 중단에 대한 우려를 지적하였으며, 이에 대한 조치로 철도신호용 전용주파수 확보 방안을 마련할 것 요구하였다. 특히 이 2.4GHz 대역은 ISM 장비를 위한 주파수대역으로 많은 산업, 과학, 의료용장비가 RF를 이용하여 사용되고 있는 주파수대역이며, 특히 이주파수 대역을 비허가 무선기기가 사용할 수 있도록 통신용으로 개방하여, 무선 LAN을 포함한 무선데이터 통신시스템용 무선기기, 이동체 식별용 무선기기 등 다양한 통신장비가 혼용되어 사용되고 있는 주파수 대역이다.

이러한 2.4GHz 대역의 국내 상황을 고려 할 때 간섭 및 혼신에 의해 운영상의 불확실성이 발생할 수 있고, 안정적인 열차운행을 위해서는 주파수분배절차와 기간의 어려움이 발생하여 철도 교통서비스의 안전하고 쾌적한 운영을 위한 철도전용주파수의 확보가 매우 필요한 상황이다.

2008년 한국철도기술연구원을 중심으로 수행된 “철도전용주파수검토연구반”에서 연구 검토하여 열차제어를 위한 소요주파수 대역폭을 상·하향 4.4MHz로 산출하였다. 이러한 연구내용을 중심으로 2009년도 방송통신위원회에 열차제어를 위한 주파수대역의 분배를 요구 하였으며, 방송통신위원회에서는 이러한 연구결과를 기초하여 주파수 지정방식을 통한 철도

주파수의 분배를 검토하였다. 그러나 주파수분배를 위해 가장 기초가 되는 통신방식의 미결정과 주파수 분배에 따른 향후 철도신호체계 구축에 대한 마스터플랜의 부족으로 철도 전용 주파수분배가 보류되고 있는 상황이다.

다. 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템의 현안문제

무선통신기반 열차제어시스템은 열차제어를 위해 지상과 차상간에 무선으로 데이터를 전송한다. 이를 위한 대부분의 무선전송장치는 “무선데이터통신시스템용 특정소출력 무선기기”가 사용하는 2.4GHz ISM 대역을 사용하고 있다. 이 대역은 별도의 허가가 필요없는 소출력의 주파수대역으로 접근성이 용이하고 기존에 개발된 통신칩(무선LAN 등)을 활용하여 저비용으로 무선통신시스템을 구축할 수 있는 장점이 있다.

하지만, 무선통신을 활용한 음성, 화상, 데이터 등 다양한 서비스(무선LAN, 블루투스, 위성 및 지상파 DMB, 제3세대 휴대통신 등)가 확대되는 등 무선통신환경의 급격한 변화에 따라 간섭과 혼신의 문제가 상존하고 있으며 국내 서울 일부 지역(신촌 등)의 ISM 대역은 포화되어 통신자체가 어렵다고 보고된 바 있다. 초기 무선망 설계시 이러한 간섭 영향을 극복할 수 있도록 망을 구성할 수 있으나 무면허 대역의 특성으로 간섭원 관리가 불가능하므로 간섭량의 증가를 사전에 제거할 수 없다. 따라서 ISM대역 간섭량이 Worst Case인 경우, 상업운전 중 무선통신시스템에 간섭과 혼신 등에 의한 장애가 발생하여 운행서비스 중단 등의 염려가 있는 실정이다.

Bombardier는 2.4GHz대역의 열차제어시스템을 주로 공항내에서 운행되는 APM (Automatic People Mover) 시스템과 국내 용인경전철 등 많은 노선에 적용하여 왔다. 무선시스템의 전송매체로서 RCX(Radio Coaxial Cable) 또는 LCX(Leaky Coaxial Cable)를 사용하고 있는데 유지보수의 문제점이 있다. 라스베가스 모노레일과 홍콩 DRL은 알카텔(2006년 이후 철도신호사업부를 탈레스로 매각)이 IEEE 802.11 FH/SS 방식으로 열차제어시스템을 상용화한 노선들이다. Thales가 무선랜을 무선통신 솔루션으로 채택한 이유는 기존에 개발된 통신칩을 활용하여 저비용으로 무선통신시스템을 구축할 수 있는 장점 때문이다.

하지만 미국의 2.4GHz 대역의 제한출력이 1W임에도 불구하고 안테나를 100m마다 설치한 것은 안전성을 고려하여 무선망을 이중화한 것이 원인일 수 있으나, 더 큰 이유는 라스베가스 노선 주변의 2.4GHz 무선환경이 무선랜 등의 타통신기기에 의해 간섭이 크게 발생하는 열악한 환경 때문이다.

파리 지하철 1호선을 제외한 모든 노선들이 2.4GHz 대역을 사용 또는 계획하고 있다. 파리

지하철 3, 5, 9, 10, 12, 13호선들이 2.4GHz 대역을 사용하는 열차제어시스템으로 1인 자동운행을 목표로 하는 것과는 달리, 무인운행을 계획하고 있는 파리 지하철 1호선은 RATP에 분배된 5GHz 또는 9GHz대역의 전용주파수를 사용한다. 이것은 1인 자동운전보다 안정적인 운영이 필요한 무인운전시스템을 고려했기 때문으로 사료된다.

국내 2.4GHz ISM 대역의 안테나 출력 제한은 10mW/MHz이며, 802.11b의 대역폭이 22MHz인 것을 고려했을 때, 미국의 1W에 비하면 대략 7dBm정도 낮다. 안테나 출력이 낮은 이유로, 1W 안테나 출력일 때와 동일한 성능을 발휘하기 위해서는 안테나 간격을 줄여야 하며 인접 대역 타무선통신시스템의 대역외 방사로 인한 주파수 간섭 영향에 민감할 수 있다. 실제로 최근에 운용중인 WiBro(2.3 GHz) 시스템 구축이후, 성능 시험중이던 분당선 열차제어시스템의 성능이 현저히 저하되었다. 시스템 최적화를 통해 문제는 해결하였지만 낮은 출력으로는 비용 및 유지보수편의성을 고려한 안테나간 간격을 유지하면서 인접대역 무선시스템으로 부터의 간섭을 근본적으로 해결하는 것은 어렵다.

결론적으로, 2.4GHz 대역의 무인운전방식 열차제어시스템을 계획하고 있는 노선은 상당수 있으나, 2.4GHz 대역은 간섭 및 혼신에 의해 운영상에 불확실성이 발생할 수 있고 안정적인 운영을 위해서는 노선의 무선환경을 측정하고 시스템을 최적화하는 수고가 반복되어야 한다. 따라서 간섭원 관리가 가능하고 안정적인 무인운전방식 철도 교통서비스 제공을 위해서는 주파수 분배 절차와 기간 등의 어려움이 예상되더라도 파리 RATP 지하철 1호선 사례와 같이 철도 전용주파수를 확보하는 것이 필요하다. 향후 경량전철 및 도시철도는 열차제어시스템이 모두 도입되고, 대부분의 철도의 운행이 무인 운전시스템으로 바뀌게 될 것으로 예측되는 바, 철도분야 선진국의 사례와 같이 이에 미리 대응할 수 있는 철도 안전시스템 및 열차제어시스템을 위한 주파수 자원 확보에 힘써야 할 것이다.

라. 유럽의 GSM-R

(1) GSM의 선정

1993년에 세계적인 철도협력기구인 UIC(Union Internationale des Chemins de fer)는 TETRA를 사용하지 않고, GSM을 일부 보완하여 열차제어용으로 사용하는 것으로 하였다. 24개 유럽국의 32개의 철도업체가 GSM-R 망을 설비하는 것으로 동의하였다. GSM-R은 1999년에 ETSI에서 규격화되었고, EIRENE에서는 2000년에 규격화되었다.

GSM-R은 GSM 표준에 기반하며, 기존 GSM 주파수대역 하부의 주파수를 사용한다. GSM-R은 TDMA 시스템이며 캐리어 당 8개의 타임 슬롯을 지니고 있다. 일반적인 음성

전화는 하나의 타임 슬롯을 사용하며, 프레임 당 하나의 타임 슬롯으로 음성을 전달한다. 각 기지국은 캐리어의 첫 번째 타임 슬롯에 네트워크와 기지국에 대한 기본정보를 베이스 채널로 공급한다. GSM-R은 회선교환방식에 의하여 14.4 kbps까지 음성 및 데이터 접속을 지원한다. 기본적인 GSM기능 외에 높은 보안요구사항에 의하여 추가적인 기능이 GSM-R에 추가되었다.

UIC는 철도에서 요구하는 무선통신망의 요구사항을 충족하는데 필요한 주파수대역을 선정함에 있어, 다음 2개에 대해서 분석하였다.

- 현재의 철도통신시스템이 사용하고 있는 450/460[MHz] 대역의 주파수는 향후 예견되는 무선통신망을 충분히 만족시키며 동작시킬 수 있다.
- 900[MHz]의 이동서비스대역은 무선전파와 시스템성능 측면에서 가장 안전할 수 있는 주파수 대역이다.

UIC는 이것을 위한 EIRENE라는 표준화 기구를 창립하였다. 이 기구는 철도에서 응용할 수 있는 차기 무선 시스템으로써 TETRA와 GSM 시스템을 평가하였다.

유럽표준 TRS인 TETRA는 사양만 책정되어 있을 뿐 세부 기술의 언급은 나와 있지 않다. 따라서 기술의 보안과 각 업체별 독창성을 이유로 업체 간의 기술이 서로 상이하며 호환되지도 않는다. TETRA는 아날로그 무전방식에서 발달하여 이동전화기술을 이식한 기술이라 할 수 있는데, 유럽기술인 GSM과 맥을 같이한다. 그 이유는 GSM과 같이 TDMA기반 접속방식을 제공하기 때문이다.

TETRA는 GSM과 동일한 방법을 사용한다. 전체 대역을 25kHz의 작은 서브 채널로 나누고 각 시간 프레임 별로 사용자를 구분하는 방식을 사용하지만 GSM과 구별되는 기술적인 특징을 갖고 있다.

그러나 TETRA는 전송지연시간과 양방향 통신에 있어서 문제점이 없지 않다. 열차를 제어하기 위한 데이터 통신의 경우에는 동시에 데이터를 송수신 하지 못하거나 1초 이상의 지연시간이 발생한다면 열차의 사고 발생 확률이 매우 높아질 것이다. 1초 이상의 지연시간에 대해 고속철의 경우는 이미 몇 백 미터에 해당하는 거리를 이동하고 있기 때문에 수신한 정보로는 열차의 현재위치 및 상황정보 등의 갱신이 항상 늦을 수밖에 없다. 또한 동시에 양방향 통신이 이루어지지 않는다면 일정한 간격을 두고 송신과 수신시간을 정해놓고 송수신해야 하는데 이는 정보의 연속적인 전달에 또한 방해가 되는 요인이다. 이 두 가지의 단점은 열차의 정보를 빠르게 갱신하지 못하게 하는 가장 큰 원인이 된다.

GSM과 TETRA의 또 다른 점은 핸드오프의 문제점이다.

- GSM은 이동국이 셀과 셀 사이를 이동하는 동안 동시에 두 기지국에 채널을 개통하여 끊임없이 데이터를 전송할 수 있는 소프트 핸드오프를 제공한다.
- TETRA는 하나의 기지국과의 통화 채널을 종료한 후에 새로운 기지국과 개통을 실시하는 하드 핸드오프를 제공한다.

채널종료와 새로운 채널의 개통에 걸리는 시간동안 데이터를 전송할 수 없기 때문에 이 시간 간격동안 열차는 또다시 데이터의 전송이 지연되게 된다. 데이터의 전송이 조금이라도 지연된다면 최적의 열차운행 환경을 제공하는 데에는 매우 어려움이 따를 수밖에 없다.

현재의 TETRA 기술은 단문 메시지 정도의 데이터를 전송할 수 있다. 음성통화 이외의 데이터 통신을 제공한다는 장점을 갖고 있어서 열차에 적용 시 관제실과 열차와의 음성통화와 데이터 통신을 할 수 있다는 장점이 있지만 단문 메시지의 경우 그 양이 100바이트 즉 800비트 정도에 불과하기 때문에 열차의 패킷데이터를 보내는데 부족함이 있다. 따라서 현재 제공하고 있는 데이터 통신을 이용한다면 데이터 1패킷을 보내는데 다수개의 메시지를 보내야하는 단점이 발생한다.

(2) 대역폭

그 결과로 1995년에 UIC는 GSM을 철도 응용 시스템으로써 가장 적절한 시스템으로 선정하였다. 이 시기에 ETSI는 철도에서 사용할 수 있도록 EIRENE 시스템에 1995년 두 주파수 대역(상향 : 876~880MHz, 하향 : 921~925MHz)를 할당하였다. 이것은 900MHz대역이 전파의 전파특성과 시스템 가용성이 좋아서 이동통신을 위해 적합하다고 판명되었기 때문이다.

GSM-R의 채널 간격은 200kHz이다. 4MHz의 대역을 200kHz 대역폭의 19개의 서브채널을 운용하고 나머지 200kHz는 잘게 나누어 각 서브 채널사이에 가드밴드로 사용한다. 트래픽 채널의 수를 계산해 보면 최대 152트래픽 채널을 사용하게 된다. 모든 GSM-R은 2개의 병렬 구조로 된 똑같은 네트워크가 존재한다. 이는 만약에 한 쪽이 손실 되었을 때 다른 쪽으로 네트워크를 옮겨 전송 실패 확률을 매우 낮췄다. 이 때문에 용량은 반으로 줄게 되어 최대 76트래픽 채널을 사용하게 된다. 또한 GSM의 주파수 재사용계수는 S/N 비가 6 dB 일 때에는 4, 7 dB일 때 에는 3까지 줄일 수 있다. 기지국 당 48개 혹은 32개의 트래픽 채널이 존재 한다면 열차가 많은 역사 내에서도 열차제어에 큰 문제는 없을 것으로 생각된다.

GSM-R을 설정한 후 수행된 EIRENE 프로젝트에서는 사용주파수범위를 876~915MHz / 921~960MHz로 설정했다.

- 하향 대역 : $F(n)=890+0.2 \times (n-1024)\text{MHz}$ ($955 \leq n \leq 973$)

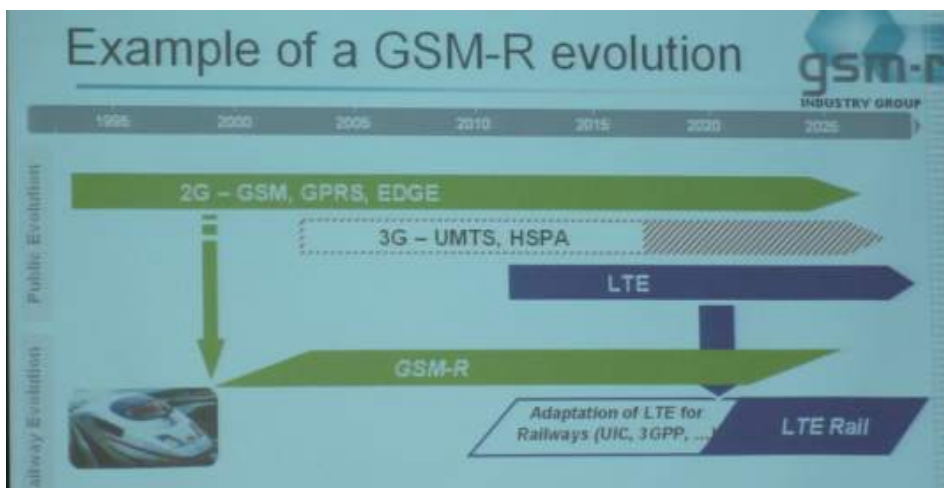
- 상향 대역 : $F_u(n) = F_l(n) + 45\text{MHz}$

이 주파수 대역은 GSM의 주파수 대역을 포함하고 있다. 이것은 바로 승객들의 통화 서비스에 대한 것이다. GSM의 경우 인구 밀집지역 위주로 기지국이 설치가 되어있고 외곽 지역이나 시골 같은 인구밀도가 작은 지역은 많이 설치 되어있지 않다. 열차를 이용하게 되면 열차가 인구밀도가 작은 지역을 지날 수 있다. 이때 승객들이 휴대전화를 사용할 때 통화품질이 나빠지거나 통화가 안되는 경우가 생기게 된다. 이를 개선하고자 GSM-R에 GSM 주파수 대역까지 포함하여 열차를 이용할 때 통화 품질의 저하가 발생하지 않도록 하고 있다. 또한 각 국가별 이동통신사들의 선점 대역이 약간씩 상이하기 때문에 국경을 넘나드는 열차의 제어를 위해서도 표준 GSM 대역과 함께 공통의 제어대역을 제공하고 있다.

(3) 향후의 방향

GSM-R 설비는 기존 GSM을 토대로 하고 있다. 유럽도 이동전화통신의 발전에 따라 3세대 통신망을 적용하고 있다. ETCS용 무선통신망을 유지하기 위해서는 이러한 발전방향을 주시하여야 한다. 지속적으로 GSM을 공급할 수 있는 공급사를 찾는 것은 곤란하다.

현재 ETCS에서 고려하고 있는 무선통신망은 다음의 그림과 같이 LTE가 있다. LTE(Long Term Evolution)은 실질적으로 3.9세대통신이며, 4세대를 겨냥한 무선기술로서 전송용량과 이동성을 높인 것이 특징이다.



(그림 4-18) GSM-R의 향후 방향

마. 일본의 ATACS

(1) ATACS

ATACS은 동일본 여객철도(JR동일본)가 개발하고 있는 신형 열차제어시스템으로 현재 일본 Sendai시의 Senseki노선에 설치되어 있다.

일본에서 2005년 4월 25일 발생한 「후쿠치야마(福知山)선 탈선사고」 등을 계기로 국토교통성에 연구된 「기술기준검토위원회중간보고서」에서는 “무선 등의 활용을 통하여 미래를 내다볼 수 있는 안전도가 높은 새로운 철도운전안보 시스템의 도입” 등이 지적되어 있으며, 이 시스템은 이 목적에 합당한 것이라고 할 수 있다. 따라서 이러한 목적을 달성하기 위해서는 먼저 이 시스템을 운용 할 수 있는 새로운 전용 무선주파수대역의 확보가 필요하다.

이 시스템은 열차 위치와 속도를 연속적으로 감시제어를 수행하기 때문에 안전도가 매우 높고, 건널목경보시간을 안전하게 수행할 수 있으며, 토사붕괴, 강풍 등의 재난방지용 경보 신호등과 연계하여 확장성이 매우 높다. 더욱이 미래에 여객의 수요가 감소할 때 효과적인 철도경영 유지를 위한 중요한 수단으로 기대되고 있다. 또한 이용자에 대해서도 열차 운행 시간이 사고 등에 의해 지켜지지 않을 때, 적절한 정보안내와 승차감이 좋은 자동운전 등으로 발전할 수 있는 이점도 있다.

일본의 경우, ATACS를 위한 철도전용주파수를 허가를 고려하고 있는 상황이기 때문에 JR동일본이 확보하고 음성통신용 철도무선주파수를 이용하고 있다. 따라서 동경, 오사카 등 대도시에서는 ATACS를 구축할 수 없는 상태이며, Sendai시와 같이 음성통신용 철도무선주파수에 여유가 있는 경우에 한해서 ATACS를 구축할 수 있다. Senseki노선에 설치된 무선통신장치의 사양은 다음과 같다.

[표 4-9] Senseki노선 무선통신장치 사양

구분	사양
Frequency	400[MHz]
Frequency intervals	6.25[kHz]
Transmission speed	9,600bps
Access method	TDMA
Modulation method	QPSK
Error detection	CRC
Error correction	Reed-solomon codes
Transmission output	Base:3[W], on-board:1[W]

(2) ATACS를 위한 소요주파수 제기

철도 무선주파수에 대하여는 JR Group은 열차운전무선시스템에서의 무선주파수에 대하여는 시스템설계상의 기지국제어열차본선의 용량, 해당선구간열차운전횟수, 전파전반의 특징으로 나타나는 지형 등을 고려한 무선주파수대역을 선택·희망하고 있다.

- 대도시부 선로 : 대도시부에서 환상(環狀)선 및 도시중심부로 부터 여러 방향으로 부설되어 있는 밀도가 높은 열차선로 구간을 말한다.
- 전국선로 : 도심중심부로부터 외곽에, 또는 지방거점-거점간을 연결하는 중소열차운전 횟수선로 구간이다.

[표 4-10] ATACS 위한 소요주파수

구분	사양	
	대도시	지방선구
주파수대역	710-770[MHz]	170-222[MHz]
무선 access 방식	복신방식	복신방식
송수신주파수간격	50[MHz]이상	5[MHz]이상
Carrier 주파수간격	25[kHz]	25[kHz]
전송방식	TDM/TDMA, 32[Kbps)	TDM/TDMA, 32[Kbps)
소요비트수 / 열차	2[Kbit/초]	2[Kbit/초]
기지국 송수신전송속도	32[Kbpps]	32[Kbpps]
기지국 서비스 영역	~ 1.5[km]	2 ~ 수[km]
1선구의 반복사용주파수	4주파수	4주파수
선구수상정	10개선구	5개선구

3. 소요주파수대역 및 범위

가. 소요 주파수대역 산출

열차제어시스템을 중심으로 철도 전용주파수 대역 확보를 위한 소요주파수대역폭을 산출하는데 있어서, 현재 새롭게 도입이 예상되는 철도뿐 아니라 기존에 운행되는 철도에 대하여도 향후 무선을 이용한 열차제어시스템을 도입한다는 등의 전제조건에서 전송용량을 계산하였다. 소요주파수대역폭을 산출을 위한 중요 전제조건은 다음과 같다.

- 기존의 철도에 대하여도 무선을 이용한 열차제어시스템 도입

- 대도시선로와 전국선로로 구별하여 용량 산정
- 철도회사별 또는 선로구간(노선)별로 별도의 주파수 사용
- 일반적인 용량 산출방식 적용(TDMA-TDD 방식 기준)
- 동일한 통신시스템(통신규격) 적용(기지국의 송신출력은 노선상황 반영)

(1) 전송용량계산

전송용량 결정은 철도에서 전용주파수로써 사용하고자 하는 소요주파수대역폭결정에 가장 중요한 역할을 담당하기 때문에 매우 중요한 파라미터이다. 그러나 전송용량에 대한 설계는 사용되는 데이터의 용도, 특성 및 종류에 따라 크게 차이가 나타날 수 있기 때문에 각국에서 현재 사용하고 있는 열차제어시스템관련 시스템의 전송용량을 중심으로 계산을 수행 하였다.

우선 유럽의 ERTMS/ETCS의 경우에는 차상에서 지상으로 데이터를 전송할 때 데이터 전송량이 많은 고장데이터모드를 적용하면, 1회 데이터전송에 약 1,937bit의 데이터양이 요구된다. ERTMS/ETCS 열차제어 시스템은 열차의 상태정보를 수집이 0.5초 마다 한 번씩 수행되는 것을 고려할 때, 1초 동안에 1,937bit의 2배인 3,874bps정도의 데이터가 요구됨을 알 수 있다. 미국의 Alcatel에서 사용하는 IEEE802.11 FHSS방식에서는 철도 1개편성에서 요구되는 최대 전송률은 Max. 20Kbps로 설계되어 있으나, 실제적으로 ATP와 ATO사이에서 전송하는 전송률은 2.4Kbps(Max. 10Kbps)를 사용하고 있다. 현재 우리나라에서 설계되어 운용되고 있는 분당선의 경우에는 1개 열차편성당 56byte(448bps)정도의 용량이 필요하다.

아직 우리나라에서는 무선통신기반 열차제어시스템에 대한 구체적인 통신시스템이 설계되지 않는 상황으로 가장 보편적으로 많이 사용되고 있는 ERTMS/ETCS시스템의 전송률(3,874bps)을 기초로 통신시스템을 설계하는 것이 바람직하다. 따라서 이 기준에 향후 추가되는 데이터의 양을 고려하여, 무선을 이용한 열차제어시스템도입에서 사용되는 전송용량을 1개 열차편성당 5Kbps로 가정하였다.

(2) 기지국 송수신 전송속도

열차제어시스템 1개의 기지국이 제어하는 기지국 당 열차편성수는 IEEE 1474.1 -2004 규격에서 10~40개의 편성으로 규정하고 있다. 이러한 규정을 근거로 우리나라의 상황을 고려할 때 한 개의 기지국(1개의 철도회사별 또는 선로구간별)이 제어할 수 있는 철도의 편성 수는 10개정도로 가정하였으며 상향□하향회선을 별도의 주파수로 설계한다. 이것은

대도시 철도의 경우, 상향□하향회선을 고려하여 1개 기지국제어 구간에서 존재 할 수 있는 최대 열차편성수를 나타내고 있다. 여기에서 언급하는 기지국에서 송수신 전송속도는 열차제어시스템의 제어를 위해 1개의 채널이 제어 할 수 있는 전송률을 나타내고 있으며, 철도회사 또는 선로구간(노선)별로 할당되는 1개의 채널의 전송률로 가정하였다. 따라서 기지국에서는 상향과 하향에 각각 서로 다른 주파수를 사용하며, 1개 열차편성당 5Kbps의 전송속도를 가정하였으므로 각각 10개의 상□하향회선을 고려할 때 1개의 채널당 50Kbps의 전송속도를 갖는다.

(3) 기지국의 서비스영역

기지국의 서비스영역은 대도시구간과 전국철도구간으로 나누어서 분류하였다. 대도시구간에서는 사용되는 지하철의 경우에는 지하로 열차가 운행되는 상황으로 전파가 전달되는 가시거리 확보가 어렵고 출□퇴근의 시간에는 많은 열차들이 운행되며, 경우에 따라서는 짧은 구간에서 열차운행 시간조정에 따라 많은 열차가 정차되어 있는 경우가 많기 때문에 10편성을 위해서는 2km정도의 서비스영역을 제어할 수 있는 기지국의 배치가 타당할 것으로 판단된다.

전국철도의 경우 대도시철도와 비교 할 때, 일반적으로 지상구간에 설치되어 철도구간 내의 가시거리 확보가 용이하고, 열차의 운행 횟수가 상대적으로 적기 때문에 보다 넓은 구간을 제어할 수 있다. 또한 동일 통신방식을 이용하여 송신출력을 조정함으로써 기지국의 서비스영역을 조정할 수 있기 때문에 2km~수km를 제어할 수 있을 것으로 판단된다.

(4) 1개 선로구간의 반복사용 주파수

1개 선로구간에서 반복사용 할 수 있는 동일주파수의 주파수 재사용거리는 간섭이 발생되지 않도록 충분하게 이격되어야 한다. 일반적으로 TDMA방식을 사용하는 이동통신의 경우, 기지국이 제어하는 서비스영역을 2-3개 기지국의 서비스 영역을 이격시켜 동일 주파수를 사용하고 있다. 그러나 열차제어시스템의 경우 인명과 안전에 관련되는 시스템으로 동일주파수의 간섭을 방지하기 위하여 충분한 이격거리를 확보하여야 하기 때문에, 4개의 기지국을 이격한 거리에서 동일 주파수를 사용하는 것이 바람직하다고 사료된다. 이러한 이유에서 앞에서 언급한 일본의 열차운전무선제어시스템(ATACS)에서도 4개의 기지국을 이격시켜 동일주파수를 동일 주파수를 사용하고 있다.

(5) 철도회사별 □선로구간수

주파수 할당에 있어서 몇 개의 채널이 필요한가에 대한 문제는 동일 지역내에 철도회사 또는 선로구간(노선) 수에 따라 결정된다. 서울역의 경우, 지하철 1호선의 경우 광역철도와 지하철을 같은 철도 노선으로 취급하여도 3개의 지상구간(전국철도)과 4개의 지하구간(대도시철도)이 설치되어 있다. 용산역의 경우에는 지상구간의 전국철도는 KTX 호남선, 장항선, 전라선, 광역전철의 1호선과 중앙선 5개 노선이 운행되고 있다. 지하철 2호선인 순환노선의 경우, 자신을 포함하여 9개 노선(지하철 1호선 ~ 지하철 8호선, 분당선)이 서로 교차하고 있다. 노선이 교차하는 역에서는 동일 주파수를 사용할 수 없기 때문에 최소한 대도시 철도의 경우 9개의 노선에 대한 주파수가 필요하지만, 지하철 8호선과 분당선의 경우에는 교차하는 노선이 지하철 2호선이외에 지하철 3호선과 지하철 5호선으로 제한되기 때문에 다른 지하철 노선에서 사용 하는 주파수를 사용할 수 있다.

따라서 대도시 철도에는 7개구간의 주파수가 필요하다. 이러한 상황을 고려 할 때 대도시철도의 7개구간, 전국선로의 4개구간에 대한 주파수를 별도로 할당할 필요가 있다. 기존의 철도노선을 고려할 때 여유 주파수의 할당이 필요 할 수 있으나, 전국 철도가 설치되어 있지 않은 서울의 중심지역에서는 대도시철도의 대부분이 지하에서 사용되기 때문에 전국 선로의 주파수를 여유주파수로 설정하여 공유하여 사용 할 수 있을 것으로 예상된다. 그 반대의 경우에도 같이 적용 될 수가 있다. 이러한 내용을 바탕으로 대도시철도의 7개구간, 전국선로의 4개구간을 수용 할 수 있는 11개 노선에 대한 주파수할당이 필요하다.

(6) 소요주파수 용량 산출

소요주파수 용량산출을 위하여 지금까지 언급된 내용을 검토하면 다음과 같은 표로 정리 할 수 있다. 통신방식에 따라 차이는 있으나, 일반적으로 1bit의 데이터 전송을 위하여 1Hz의 대역폭이 필요하다고 가정할 때, 1개의 채널에 대한 전송속도 50Kbps는 50KHz의 대역폭(주파수간격)이 필요하다고 가정하였다. 이와 같은 가정으로부터 다음과 같이 계산되는 소요주파수대역폭은 약 4.4MHz이다.

- 1개 선로구간의 4개 쌍 주파수(상□하향, 8파) × 대도시 7구간 × 주파수간격(50KHz)
= 2.8MHz
- 1개 선로구간의 4개 쌍 주파수(상□하향, 8파) × 전국선로 4구간 × 주파수간격(50KHz) = 1.6MHz
- 소요주파수대역폭 : 대도시선로(2.8MHz) + 전국선로(1.6MHz) = 4.4 MHz

[표 4-11] 소요주파수 산출 기본사항

항목	대도시선로	전국선로
1개 열차당 소요 bit수	5Kbps	5Kbps
기지국송수신전송속도	50Kbps	50Kbps
지지국 서비스영역	~ 2km	2~수km
1개선로구간 반복사용주파수	4개 주파수(상□하향 8개)	4개 주파수(상□하향 8개)
철도회사별□선로구간(노선) 수	7개 구간 선로	4개 구간 선로

나. 요구 주파수 대역

철도 전용주파수대역에서 무선을 이용한 열차제어시스템을 구축하기 위해서는 이동통신용으로 분배되어 있는 주파수 대역의 주파수를 할당받아야 한다. 이동통신용으로 지정되어 있는 주파수대역은 대한민국 주파수분배표를 검토할 때 다양한 대역에서 존재하고 있으나, 철도에서 사용되는 열차제어시스템을 고려할 때 다음과 같은 특성을 고려한 주파수대역을 할당하여야 한다.

- 3GHz 이하의 주파수대역을 사용하여야 한다.

3GHz 이상의 30GHz 대역은 안테나의 크기가 작기 때문에 최근 많이 사용되고 있는 주파수 대역이지만, 전파의 감쇄량이 매우 크기 때문에 전국철도와 같이 수km의 기지국배치를 사용할 경우에는 매우 큰 송신출력이 필요하다. 또한 이 주파수 대역은 장애에 의한 전파의 감쇄량이 매우 크다는 단점을 갖고 있다.

- 30MHz 이상의 주파수대역을 사용하여야 한다.

30MHz대역 이하의 주파수 대역은 송□수신에 사용되는 안테나의 길이가 매우 길다는 단점을 갖고 있기 때문에, 열차와 같이 긴 안테나의 설치가 어려운 경우에는 거의 사용되지 않는 주파수 대역이다.

- VHF/UHF대역을 할당주파수대역으로 고려한다.

VHF(Very High Frequency, 30~300MHz)과 UHF(Ultra High Frequency, 300MHz~3GHz)은 이동통신은 물론 고정통신, 방송, 무선표정, 무선항행 등으로 사용되는 주파수대역으로 매우 다양하고 많은 용도의 무선통신장비들이 사용하고 있는 주파수대역이다. 또한 안테나의 길이, 송신전력에 대한 전파의 전파거리등을 고려 할 때 이동통신용으로 사용하기 매우 적절한 대역이라고 할 수 있다. 미국을 비롯한 유럽과 일본에서 철도 주파수용으로 사용하고 있는 주파수대역은 LCX를 이용하는 주파수대역이

외에는 대부분의 대역이 VHF/UHF대역을 중심으로 사용되고 있다. 특히, 800-900MHz 대역을 고려 할 때, 유럽의 경우에는 휴대전화로 사용하는 이동통신 주파수대역(GSM-R)을 열차제어시스템으로 사용되고 있으며 그 대역폭은 8MHz으로 상□하향 각각 4MHz을 사용하고 있다. 미국의 경우에도 같은 주파수대역에서 ATCS (Advanced Train Control System)시스템을 도입하여 사용하고 있다.



(그림 4-19) 미국에서 사용하는 철도 주파수 대역



(그림 4-20) 유럽에서 사용되는 철도 주파수 대역

철도 신호전용 무선주파수대역은 VHF/UHF이 가장 적절한 대역이라고 판단되며, 이대역을 전용 주파수대역으로 할당받아야 된다고 생각 한다. 그러나 이대역은 이동용으로 사용 할 수 있는 자장 적절한 대역으로 많은 용도의 무선통신장비들이 사용하고 있어, UHF대역(300MHz~3GHz)의 모든 부분을 휴대전화를 위한 이동통신용 주파수로 분배되었다. UHF대역에 대한 국내의 동향을 고려할 때 다음과 같은 3가지 방향으로 철도 신호전용 무선주파수대역으로 할당 받을 수 있도록 검토하여야 할 것이다.

- 휴대전화용 이동통신주파수대역의 할당

유럽의 경우와 같이 휴대전화용으로 사용하는 CDMA, IMT-2000 서비스대역에서 추가할당이 가능한 주파수대역을 철도 전용주파수 대역으로 할당받는 것이다. 이 경우 새로운 통신시스템을 개발하기 위한 별도의 투자가 필요하지 않으며, 기존의 이동통신 서비스사업자와 협조하여 이동통신기술을 그대로 이용함으로써 철도전용시스템에 적용할 수 있다는 장점을 갖게 된다. 따라서 새롭게 건설되는 철도시스템에 신속하게 적용할 수 있어 개발기간을 단축 할 수 있다는 장점도 갖게 된다.

- 디지털 TV 방송전환에 따라 사용하지 않는 TV방송주파수 대역을 할당

일본에서는 2011년 지상 TV방송의 디지털화를 시작으로 기존의 아날로그 TV 주파수를 디지털 TV 주파수로 재편성하면서, 일부주파수대역을 새로운 무선서비스로 재할당하기 위한 정책이 수행되었다. 2006년 3월 27일부터 4월 27일 동안 새로운 무선서비스에 대한 제안을 받았으며, 국내 CBTC시스템과 유사한 열차운전무선제어시스템(ATACS)을 제안 받아 현재 170~222MHz대역에서 주파수 할당을 위한 검토가 수행되고 있다. 우리나라에서도 일본과 동일한 상황으로 2012년 지상파 아날로그 TV방송이 종료 될 예정이며, 디지털 TV방송 전환 후 비어있는 주파수 대역에 대한 주파수재편성을 수행하고 있다. 따라서 주파수재편성시 이대역에 대한 철도신호전용 무선주파수를 할당 받는 것이다.

- VHF/UHF대역에서 비어있는 주파수 대역 할당

위에서 언급한 2가지의 경우에 대한 철도신호전용 무선주파수할당이 어려운 경우, 국내주파수분배표를 면밀히 검토하여 비어 있는 주파수대역을 확보하는 것이다. 이것은 방송통신위원회에서 보유하고 있는 국내주파수분배에 대한 데이터베이스를 분석하여야 한다.

4. 열차제어용 무선통신방식 선정

열차제어용 무선통신방식을 선정하는 것은 철도전용주파수와 밀접한 관계를 갖고 있다. 따라서 무선통신방식의 선정은 철도전용주파수를 확보할 주체, 철도전용주파수에 실어 보낼 정보형태(서비스 범위), 자가망 구축 등에 의해서 영향을 받는다.

- 자가망 구축

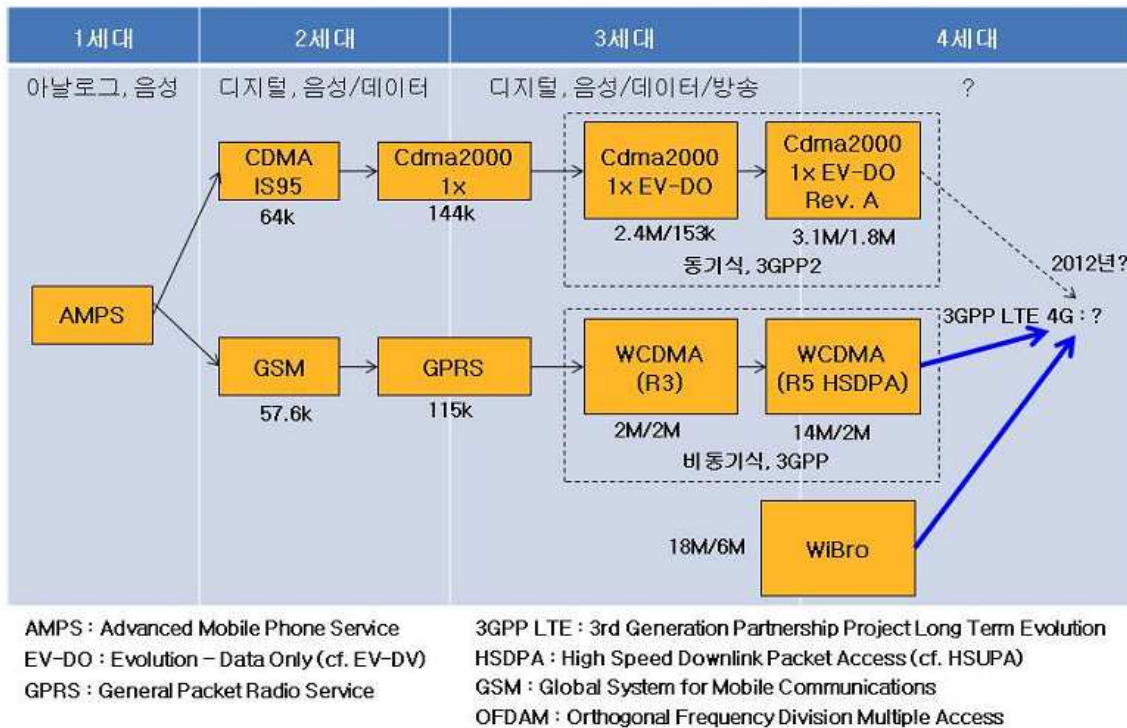
열차제어, 철도유지관리 등을 목적으로 할 경우, 무선통신망을 철도의 요구사항에 맞도록 최적화하는 것이 대단히 중요하다. 무선통신망 최적화는 통신사업자의 통신망 운영정책과 충돌하기 때문에 통신사업의 영업통신망을 열차제어목적으로는 사용할 수 없다. 따라서 열차제어용 무선통신망은 자가망을 구축하는 것이 적절하다.

- 서비스범위

철도전용주파수를 확보하기 위해서는 관리감독기관인 방송통신위원회에서 인정할 수 있을 정도의 데이터양이 필요하다. 따라서 열차제어, 유지보수, 음성통신 등 철도운영을 대상으로 서비스범위를 설정하여야 한다. 통신사업자가 담당하고 있는 무선인터넷서비스 등은 제외하여야 한다.

- 안정성이 검증된 통신시스템

선정해야 하는 통신방식은 안정성이 충분히 검증되어야 한다. 철도용으로 통신방식을 새로 개발하는 것이 아니고, 철도에서 요구하는 목적에 맞는 통신방식을 통신시장에서 선정하여 용도에 맞도록 최소한의 수정을 해서 사용하는 방식이 되어야 한다.



(그림 4-21) 무선통신기술발전동향

현재 열차제어를 포함한 철도용으로 검토할 수 있는 통신방식은 위 그림에서 CDMA, W-CDMA, WiBro가 있으며, 유럽의 동향을 보고 결정한다면 LTE도 검토대상이 될 수 있다. 현재 WiBro와 W-CDMA를 우선적으로 검토할 수 있는데, WiBro는 원천기술을 우리나라가 갖고 있으며, 구축비용이 매우 저렴하다는 장점이 있으나, 시장을 주도하는 힘이 약하다는 단점을 갖고 있다. W-CDMA의 경우, 라이선스가 문제가 되지만, 국내에 핵심기술을 확보하고 있다. 그러나 통신망 구축비용에 많은 비용이 필요하다. CDMA, WiBro의 특징은 다음 표와 같다.

[표 4-12] 열차제어용 무선통신방식 후보군의 비교

구분	WLAN(OFDM)	WCDMA(HSPA)		WiMax(OFDMA)
		UP link	Down link	
이론적 속도	Up to 74Mbps	Up to 384kbps	Up to 14.4Mbps	Up to 72Mbps
실속도	Up to 15Mbps	60 ~ 330kbps	550Kbps ~ 2Mbps	Up to 11Mbps
열차최고속도	최대 80km/h	최대 330km/h		최대 300km/h
Cell coverage	100 - 200m	3 ~ 30km		Up to 65km (700MHz profile)
서비스내용	CBTC	열차인터넷서비스		열차인터넷서비스
- WCDMA(HSPA) : 4세대 무선통신규격으로 LTE를 개발하고 있으며, 상용화 전단계 : 열차제어에 필요없는 사양을 갖고 있어 수정보완이 필요 - WiMax(OFDMA) : 국내 자체기술로 성속도가 높아 상용화에 LTE보다 앞서 있음. : 국내에서 국제표준을 주도하고 있음. : 가격 경쟁력이 높음				

5. 검토내용

국내의 경우 디지털방송전환에 따른 기존 아날로그방송에서 사용중인 698 ~ 806MHz대역을 재분배하기 위한 수요조사를 실시하였으며, 현재까지 연구반구성과 같은 별도의 재분배작업과 관련한 내용은 조사되지 않고 있다. 또한 WiMax에 참여하고 있는 Intel의 관련 부서 매각, 국내 이동통신사업자의 LTE투자 등 주변 환경이 최근에 급격히 변화하고 있다.

따라서 열차제어를 포함한 철도전용주파수 확보의 필요성, 서비스내용, 무선통신방식, 소주파수대역 등에 대해서 관계부처와 충분한 협의가 있어야 할 것이며, 이를 위해서는 체계적인 연구활동이 있어야 할 것으로 판단된다.

제5절 신뢰성 인증을 위한 체계 구축분야

1. 개요

철도신호설비는 열차안전운행을 위한 수단으로 발전되어 왔으며, 근래에는 열차의 고속, 고밀도 운전으로 선로의 효율적인 운전은 물론 다양한 운전정보제공 등 관제설비와의 연계가 이루어지고 있으며 최근에는 컴퓨터기술, 소프트웨어기술 및 통신기술을 적용하고 있다. 철도신호설비를 구성하는 하드웨어의 장애, 소프트웨어에 포함되어 있는 시스템설계오류 또는 운전요원의 인적인 오류 등은 사상사고, 시설물 파손 등을 발생시킬 수 있다. 이러한 위험 또는 사고의 발생을 차단하거나 감소시키기 위한 방법이 마련되어야 한다. 따라서 이에 필요한 규격 또는 기준을 정하고, 규격 또는 기준의 각 단계별로 엄격하게 관리하는 것이 요구된다. 따라서 이에 필요한 인증의 필요성, 내용, 범위, 국내외 법령 및 사례 등을 조사하여 여기에 기술하였다.

2. 안전성 및 신뢰성 인증의 필요성

철도신호설비는 선로, 차량과 함께 철도의 안전한 보장하는 안전설비이다. 철도신호설비는 열차안전운행을 위한 수단으로 발전되어 왔으며, 근래에는 열차의 고속, 고밀도 운전으로 선로의 효율적인 운전은 물론 다양한 운전정보제공 등 관제설비와의 연계가 이루어지고 있다. 최근에는 컴퓨터기술, 소프트웨어기술 및 통신기술을 적용한 열차제어시스템이 개발되면서 신호설비는 선로용량의 증대 및 열차운전업무의 자동화를 담당하는 핵심설비로 자리를 잡고 있다.

철도신호설비를 구성하는 하드웨어의 장애, 소프트웨어에 포함되어 있는 시스템설계오류 또는 운전요원의 인적인 오류 등은 시스템의 안전과 관련되어 있는 장치 또는 시스템의 장애를 유발하여 사람의 사상사고, 시설물 파손 등을 발생시킬 수 있다. 이러한 위험 또는 사고의 발생을 차단하거나 감소시키기 위한 방법으로 다음과 같은 3가지를 고려할 수 있다.

- 설계, 개발 및 제작과정에서 시스템 오류가 포함되지 않도록 하는 방법
- 운영과정에서 발생하는 시스템 오류를 제어(관리)하는 방법
- 운영과정에서 발생하는 하드웨어의 무작위적인 오류를 제어(관리)하는 방법

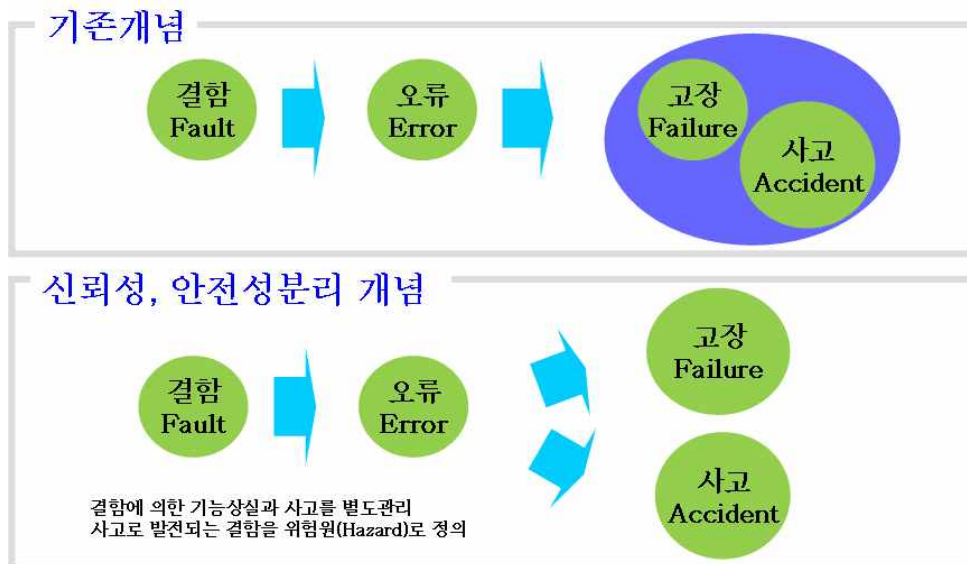
이러한 3가지 방법을 적용함에 있어서 다음과 같이 안전기능 및 SIL(Safety Integrity Level)을 명확히 하고 이를 관리하여야 한다.

- 안전과 관련된 기능(안전기능)을 명확히 정의함.
- 안전기능을 수행하는데 요구되는 확실성의 수준을 정의함.

이상에서 언급된 방법을 적용하여 철도신호설비의 안전성과 신뢰성을 확보하기 위해서는 이에 필요한 규격 또는 기준을 정하고, 규격 또는 기준의 각 단계별로 엄격하게 관리함으로써 소정의 목표를 달성할 수 있다.

3. 시스템 안전성

시스템 안전성은 의도적으로 위험원을 제거하거나 위험요소의 사고 위험률을 줄이도록 설계하는 과정을 말한다. 이것은 시스템 내부에 존재할 수 있는 위험원에 의해 발생할 수 있는 사고를 의도적으로 허용 가능한 수준으로 제어하는 것이다. 따라서 시스템의 개발에 있어서 반드시 설계단계의 시스템 개발 초기부터 안전대책이 검토 및 수립되어야 한다.



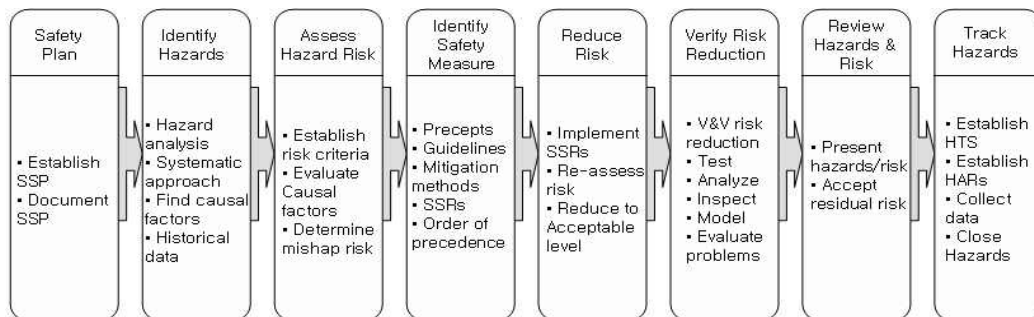
(그림 4-22) 안전 시스템 개념

위의 그림은 시스템에서 안전성 개념이 포함되어 신뢰성과 안전성이 분리된 개요도를 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 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. 이처럼 결함을 위험원과 단지 시스템 고장까지만 유발하는

결함으로 분리하여 관리하는 것이 안전성이며, 이들 두 가지 결함 모두에 고려하거나 저감하도록 하는 것이 신뢰성 개념이다.

가. 시스템 안전성 활동

MIL-STD-882D는 아래의 그림과 같이 여덟 단계의 시스템 안전성 활동 절차를 정의하고 있다. 시스템 안전성 활동 절차의 맨 처음에는 안전계획(Safety Plan)이며, 이 안전성 계획에는 시스템의 안전성 목표를 할당하고 라이프사이클 전주기에 걸쳐 할당된 목표를 만족하도록 하기 위한 계획을 수립하는 단계이다. 이러한 안전성 계획에는 상세한 위험원 분석, 보고 등을 포함하여 모든 수행되어야 할 안전성 활동을 포함하여야 한다. 시스템의 위험원이 확인되면, 이것들의 위험도가 결정되고, 필요하다고 생각되면 위험원의 위험을 줄이기 위한 대책이 고려될 것이다. 위험원을 줄이기 위한 방법은 시스템 안전성 요구사항(SSR : System Safety Requirement)을 통해 시스템 설계에 적용된다. 모든 확인된 위험원들은 위험원 목록(Hazard Log)으로 정리되고 위험원 목록 관리보고서(HTS : Hazard Tracking System)에 기록된다. 모든 위험원이 허용 가능한 수준 이하로 제어될 때까지 계속 수행되게 된다.

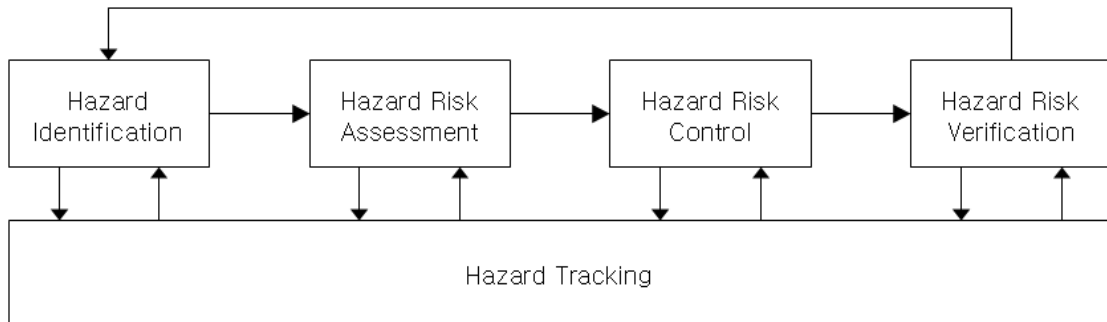


(그림 4-23) 시스템 안전성 활동 절차

이러한 안전성 활동 절차차로부터 안전대책이 위험원에 초점을 맞춘다는 것을 확인할 수 있다. 위험원을 도출하고 도출된 위험원을 라이프사이클 각 전단계를 거쳐 제거 또는 완화하는 것이 안전성 활동의 핵심이다. 따라서 시스템의 위험원 도출 및 분석, 그리고 완화대책 수립 등이 이 절차의 핵심적인 요소가 된다.

이러한 측면에서 안전성 활동 절차는 아래 그림과 같이 위험원을 관리하는 절차로 축소하여 설명할 수도 있다. 즉, 안전성 활동은 위험원 확인, 리스크 평가, 그리고 위험원이 나타내는 허용 가능한 수준으로 관리하기 위한 리스크 관리, 그리고 이의 확인 과정이 필요

하다. 이 절차는 각 단계가 항상 피드백 되어 위험원이 확인되고, 허용 가능한 수준이 되도록 제어하고 검증될 때까지 반복되게 된다.



(그림 4-24) 위험원 관리 절차

나. 엔지니어링 안전성 관리

철도에 대한 변경작업을 안전하게 하고 이를 증명하기 위해서는 엔지니어링 안전 관리 (ESM : Engineering Safety Management)에 대하여 체계적으로 접근해야 한다. 만일 하고자 하는 변경작업이 ‘광범위하게 수용 가능한’ 수준의 리스크라면 ESM 전체 활동 프로그램을 수행할 필요는 없다.

ESM 프로그램을 실행할 필요가 있다면 다음과 같은 몇 가지 기본 요소를 갖추어야 한다.

- 업무를 수행하는 조직과 그 안에서 업무를 하는 사람
- 철도에 제안된 변경사항
- 프로젝트(변화를 발생시키는 일련의 활동)

언제나 미리 안전수립을 해 두는 것이 나중에 가서 이를 재조정하는 것보다 효과적이다. 시스템 형태와 구조에 대한 결정은 프로젝트와 안전성 분석 초기에 이루어져서 안전 관련 고려사항이 초기 결정사항에도 영향을 미칠 수 있도록 해야 한다. 프로젝트 초기에는 상세한 위험원 분석이나 리스크 평가를 내리기에 충분한 정보가 없고 분석은 항상 위험원을 예비적으로 도출하는 정도로 제한되어 있다. 이때는 각 위험원을 관리하는 접근법에 대한 초기 토의를 지원하고 각 위험원이 고려의 대상이 되었다는 것을 보장하는 것은 충분하다.

시스템의 범위, 기능, 설계에 대한 결정이 이루어지면, 위험원 도출을 더 잘 할 수 있고, 위험원의 원인과 결과를 분석할 수 있으며, 경우에 따라서는 리스크를 평가해볼 수도 있다. 프로젝트의 각 단계에서는 각 단계에서 이루어지는 의사결정을 최대한 지원할 수 있게 하

기 위하여 정보가 허용하는 범위에서 분석이 수행되어야 한다. 그러므로 반복적인 분석 접근방법을 취해야 하고 분석은 상세화와 설계에 들어가서 이 두 사이의 지속적인 상호작용을 통해 개선되고 확대될 것이다.

(1) 프로젝트 라이프사이클

ESM 활동을 작성하기 위해서는 담당하는 프로젝트의 라이프사이클을 알 필요가 있다. 서로 다른 라이프사이클이 여러 종류의 프로젝트에 적용될 수 있다. 수행하는 업무 성격에 맞는 라이프사이클을 선택해야 한다. 라이프사이클을 다음의 일반적인 라이프사이클에 연관하여 볼 필요가 있다.

[표 4-13] 일반 라이프사이클과 IEC62278에 제시된 라이프사이클 사이의 관계

IEC 62278	일반 라이프사이클 단계
개념	개념과 타당성
시스템 정의와 적용 조건	요구사항 정의
리스크 분석	
시스템 요구사항	
시스템 요구사항 할당	설계
설계와 실행	
제조	실행
설치	
시스템 검증	설치와 인계
시스템 인수	
운용과 유지보수	
조정과 갱신	운용과 유지보수
성능 모니터링	
사용중지와 처분	사용중지와 처분

- 개념과 타당성 : 시스템이나 장비에 대한 요구사항서를 수립하기 전에 이루어지는 모든 활동
- 요구사항 정의 : 요구사항서 작성
- 설계 : 시스템과 장비에 대한 설계기준선에 귀결되는 모든 활동

- 설치 : 철도에 변경을 가하기 전에 설계대로 만드는 일을 포함한 모든 활동
- 설치와 인계 : 철도에 변경을 가하는 모든 활동은 정상 운행이 개시될 때까지 지속되어야 한다. 예를 들어 토목공사 건설, 신호 장비의 설치와 작동, 차량의 선로 테스트가 이런 활동의 예이다.
- 운용과 유지보수 : 시스템이나 장비의 정상적 운용과 관련된 모든 활동
- 사용중단과 처분 : 시스템이나 장비를 철도에서 제거하는 것과 관련된 모든 활동. 토목 공사의 해체와 선로변 케이블을 제거하거나 안전하게 하는 작업

(2) 단계별 활동

프로젝트 라이프사이클을 설정하고 이를 일반 라이프사이클과 연계 시킨 후에는 다음 표에서 각 단계에 적합한 최소한의 ESM활동에 대한 지침을 참조한다. 주의할 점은 라이프사이클 내내 업데이트 된 위험원 로그와 같은 모든 문서를 보관할 필요가 있다는 점이다. 그러나 아래 표에서는 업데이트 부분은 표시되어 있지 않다.

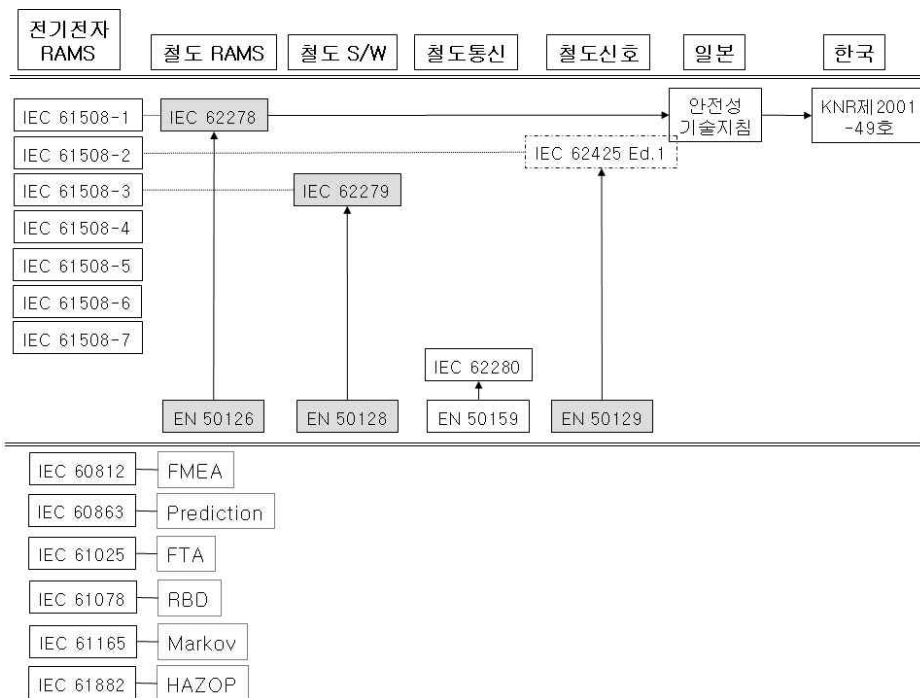
[표 4-14] 일반 라이프사이클 각 단계에서 이루어져야 할 최소한의 ESM 활동

라이프사이클 단계	주요 ESM 활동
개념과 타당성	예비 위험원 도출
	위험원 로그 확립
	예비 안전계획서
요구사항 정의	위험원 분석(위험원 도출 다시 하기)
	리스크 평가
	안전 요구사항 수립
	완성된 안전계획서
설계	리스크 평가
	안전 감사
제작	리스크 평가
	종합안전대책기술서
설치 및 인계	안전 평가
	안전 승인
	안전 책임 전가
운용과 유지보수	위험원 로그와 종합안전대책기술서 갱신
사용중지와 처분	위험원 로그와 종합안전대책기술서 갱신

4. 안전성 관련 규격

열차제어시스템의 안전성 관련 국제규격은 주로 유럽을 중심으로 진행되어 왔고, 최근 들어 IEC에 의해 국제규격화 되어가고 있다. 또한 우리나라 및 일본의 관련 지침이 이들 규격을 바탕으로 하고 있다. 이들 규격들을 보면 안전성 활동 요구사항, 체계, 안전성 승인을 위한 기본조건 등을 나타내는 규격들과 여기에 제시된 각 단계별 안전성 활동의 수행을 위한 방법론들에 대한 규격들로 구분되어진다.

다음 그림은 이와 관련된 규격과 규격과의 상관관계를 나타낸 것이다. 이 그림에서와 같이 IEC61508의 각 장은 IEC 62278/62279/62425에 의해 각각 상세하게 규정되어 있다. 또한 유럽의 CENELEC 규격이 IEC 규격으로 반영된 것을 나타내고 있다. 국제 규격은 기본적으로 시스템 라이프사이클에 맞추어 위험원 도출, 리스크 평가 기반으로 안전성 활동을 요구하고 있으며, 시스템의 안전성 승인 및 평가를 위해서는 이러한 안전성 활동을 확인하는 것으로 요구하고 있다.



(그림 4-25) 열차제어시스템 안전성 관련 규격 개요

가. 유럽 CENELEC과 IEC

CENELEC 규격은 안전성이 시스템적인 고장을 허용수준 이하로 관리하기 위한 방법들과 랜덤한 고장을 제어하기 위한 방법 모두가 고려되어야 한다는 가정을 두고 작성되어졌

다. 이 두 가지 특성의 고장 원인에 대한 대책들은 최적의 시스템 안전성 확보를 위해 잘 조화를 이루어야 한다. 이를 위해 SIL(Safety Integrity Level)의 개념이 CENELEC 규격에 도입되었다. SIL은 시스템적 무결성의 정량화가 불가능하기 때문에 시스템적 고장과 랜덤 고장을 방지하기 위한 방법들 사이의 설명해 주는 개념이다.

EU 통합의 흐름 속에서 시스템과 장치사양 및 장치의 개발·운용의 각 프로세스에 대해 안전요건을 규정하는 CENELEC의 EN계열의 안전성 규격들이 그대로 IEC화 되고 있다. 유럽은 규격화를 통해서 각 나라마다 다른 안전 요건이나 사양을 공통화하여 이들의 목적을 실현하려고 하는 것이다.

열차제어시스템에 관련된 안전성 규격으로 CENELEC에는 다음 네 가지가 있다.

- EN 50126(IEC 62278) : RAMS
- EN 50128(IEC 62279) : 소프트웨어
- EN 50129 : Safety Case
- EN 50159(IEC 62280) : 통신

위의 규격은 일반산업 분야에 있어서 컴퓨터제어기능을 대상으로 한 안전성 규격인 IEC 61508을 기초로 해서 UIC(International Union of Railways: 국제철도연합)의 기술지침과 유럽 각 국의 열차제어시스템의 기술요건을 통합한 것이다. IEC 61508에서는 개념설계에서 폐기까지의 과정 전부를 대상으로 하는 안전성 수명주기와 안전성 요구수준에 맞는 기술요건을 정하는 SIL 두 가지의 개념을 도입하였다. 이는 수명주기의 각 단계를 엄밀히 구분하고 관리함으로써 불안정한 요소를 제거하는 동시에 요구되는 안전성 수준에 맞추어 다른 안전성 기준을 결정할 수 있도록 한 것이다. 이들 개념에 기초한 안전성 관리의 개념이 철도를 포함하여 많은 분야에 있어서 향후 주류가 될 것으로 여겨진다. IEC 61508은 위의 CENELEC 규격과 일본의 열차보안제어시스템의 안전성기술지침의 토대가 되었다.

IEC는 신호보안장치의 안전성에 관한 규격으로 앞에서 언급한 CENELEC 4개 규격이 있으므로 EN 50126(RAMS)은 IEC 62278로, EN 50128(소프트웨어)은 IEC 62279로, EN 50159-1과 EN 50159-2는 IEC 62280-1과 IEC 62280-2로 FDIS를 통과하여 약간의 수정을 거쳐 2002년 IEC의 국제 규격으로 발표되었다. EN 50129는 현재 IEC에 의해 IEC 62425 Ed.1의 코드가 부여되어 표준화가 진행 중에 있다.

(1) IEC 62278

새로운 시스템 개발의 관리방법으로서 개념설계부터 폐기까지 모든 단계를 수명주기로 설정하여 안전성과 신뢰성 등을 확보하기 위하여 각 단계의 과정과 절차를 정하는 일반적인 방법이 도입되고 있다. 이를 규격화한 것이 IEC 62278(“Railway Applications - The Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety(RAMS)” - EN 50126)이다. 이 규격은 열차제어시스템뿐만이 아니라 차량이나 전력 설비 등 철도시스템 전반을 대상으로 하여 다음과 같은 기본적인 개념을 취한다.

- 수명주기 각 단계에서 RAMS 관리를 위한 절차와 실시항목을 규정한다.
- RAMS의 요구사항과 그 요구사항이 충족되는 것을 확인하는 절차를 규정한다. 이를 위하여 필요한 분석, 작성해야 할 문서를 규정한다.
- 대상 장치·시스템이 안전에 미치는 영향을 평가하는 리스크 분석을 규정한다. 단, 리스크 분석을 수행할 것을 요구하고 있으나 수치에 대해서는 규정하지 않는다.
- RAMS 관리를 위한 일련의 과정에 있어서 관련조직과 관계자의 역할 및 자격 등에 대해서는 유럽의 체제를 전제로 한다.

(2) IEC 62279

IEC 62279(“Railway Applications - Communications, Signalling and Processing Systems Software for Railway Control and Protection Systems” - EN 50128)은 마이크로 전자화된 장치가 증가하면서 프로그램과 관련되는 열차제어시스템의 개발에 관한 요구 사항 및 절차를 규정한다. 이 규격은 IEC 61508의 Part 3에서 취급하고 있는 소프트웨어에 관한 규격을 토대로 하여 열차제어시스템의 상황을 반영하고 있다. 이 규격의 기본적인 개념은 다음과 같다.

- 소프트웨어의 수명주기 각 단계에서 안전성 확보를 위한 요구사항과 그 요구사항이 충족되는 지를 확인하는 과정을 규정한다. 이를 위하여 필요한 방법과 관리, 작성해야 할 문서를 규정한다.
- 대상 장치·시스템에 대하여 안전성 기술을 적용하여 감소시켜야 할 위험을 SIL에 대응시키고, SIL에 따라 적용해야 할 소프트웨어의 안전성 기술을 규정한다.
- SIL을 0~4의 5단계로 구분하고 안전과 관련없는 항목에 0을 할당하고 가장 높은 안전성이 요구되는 항목에 4를 할당한다. 해당 SIL에 적용이 의무화된 안전성 기술을

사용하지 않는 경우에는 이를 기록할 것을 요구하고 있다.

- 소프트웨어의 설계자, 검증자(Validator), 증명자(Verifier), 평가자(Assessor)의 독립성에 대해서 SIL에 따라 동일 조직과 동일 인물 여부를 규명한다. 가장 높은 SIL의 경우는 설계자와 증명자는 동일조직 내 다른 인물이어야 하고 평가자는 다른 조직에 속해야 한다.

(3) EN 50129

CENELEC의 철도신호에 관한 안전성 규격은 IEC 61508을 토대로 지금까지 각 나라의 열차제어시스템 안전성 기술요건을 통합한 것인데, Fail-Safe를 중심으로 하는 안전성 기술 및 방법의 상세한 내용은 유럽 내에서도 각 나라마다 차이가 있다. 이러한 점에서 EN 50129("Safety Related Electronic Systems for Signalling")은 철도신호에서 안전관련 전자시스템의 수용(Acceptance)과 승인(Approval)을 위한 요구사항을 규정하고 있으며, 채택된 방식에 대한 안전성 인증을 위한 문서관리에 중점을 두면서 국가 간의 교차승인(Cross Acceptance)을 목적으로 한 안전성 규격이다.

EN 50129에서는 안전성 인증의 조건으로 품질경영, 안전경영, 기능 및 기술적 안전성 등의 세 가지의 사항에 대해 체계적이고 문서화된 접근을 요구하고 있다. 이 문서에 의한 안전성의 입증은 Safety Case라 하며, 본 규격의 중심개념이다.

나. 일본의 안전성기술지침

일본에서는 열차제어시스템의 마이크로 전자화에 따른 지침이 1980년대부터 마련되기 시작하였으나 처음에는 미미했다. 그러나 차츰 열차제어시스템의 첨단화에 대한 관심이 높아지고 이에 따른 안전성 요구사항, 정교한 기능, 비용 효율성 등에 대처하기 위해 대학, 철도회사, 산업계 등의 관련 전문가들이 참여한 전문가위원회를 1994년에 구성하여 2년 후에 '열차보안제어시스템의 안전성기술지침'을 발표하였다.

이 기술지침은 전자연동장치나 자동열차제어장치 등 고도의 기능과 안전성이 요구되는 마이크로컴퓨터에 의한 신호보안장치의 개발을 지원하고 있으며 지금까지 일본에서 개발된 안전성 기술과 요건을 국제 안전성 규격인 IEC 61508의 주요 개념인 안전성 수명주기와 안전성 무결성 수준(SIL)을 접목한 것이다.

5. 국내 적용사례

열차제어시스템의 안전성 활동 및 평가관련해서는 철도청(현 철도공사)에 의해 2001년도에 고시된 “철도청 지시 제2001-49호(열차제어시스템 안전성 확보 기술 권고안)” 위한 연구용역이 활동체계관련 연구가 수행되었으며, 실제 프로젝트에 수행된 경우는 철도공사에 의한 통합CTC 구축 프로젝트의 소프트웨어 RAMS관련 업무와 현재도 진행 중인 차상신호(ATP) 시스템 구축사업의 RAMS 활동이 있다.

가. ATP 시스템 구축사업의 RAMS 활동

철도공사 차상신호시스템 구축사업의 1단계 안전성, 가용성, 유지보수성, 안전성(RAMS : Reliability, Availability, Maintainability, Safety)활동은 철도신호시스템 RAMS활동 국제규격인 IEC 62278을 근거로 수행되었고, 영국의 철도운영기관인 Network Rail의 Yellow Book 3의 종합안전대책기술서 요구사항을 준수하여 안전대책기술서 문서가 작성되었다. 이 프로젝트는 차상신호 시스템 구축사업의 1단계인 우선설치구간(송정리역-함평역)의 ATP시스템 지상설비 구축과, 디젤기관차, 디젤동차의 ATP시스템 차상장치 구축에 있어서 설치, 시운전, 유지보수에 대한 RAMS활동을 범위로 하고 있고, 설계, 제작과 관련해서는 국내 설계분인 STM의 하부장치인 ATSRX만을 범위로 하고 있다.

ATP시스템의 RAMS 목표를 할당하고, 할당된 목표를 만족하기 위한 계획을 국제규격에 적합하도록 수립하는 것이다. ATP시스템을 RAMS측면에서 분석하여 일반적인 사고에 대한 예비위험원분석을 수행하고, 한국에 도입되는 ATP시스템의 운영시나리오, 기능별 분류, 인터페이스 분류에 따라 위험원을 확인하고, 분석하여 안전대책을 수립하며, ATP시스템으로 인한 리스크가 사회적으로 받아들일 수 있는 발생빈도와 크기를 갖는 수준(ALARP)으로 완화시키기 위한 활동을 체계적으로 수행하기 위해 본 계획대로 RAMS활동을 수행하고 있다. 차상신호시스템 프로젝트의 RAMS 활동문서 중 안전관련 문서들은 다음과 같다.

- 예비위험원분석(PHA)
- 위험도출 및 분석(Hazard Identification and Analysis)
- 위험원 목록(Hazard Log)
- 안전요구사항(Safety Requirement)
- 안전감사와 평가보고서(Safety assessor report)
- 종합안전대책기술서(Safety Plan)
- RAM활동계획

- 신뢰도 예측 및 시험
- 유지보수도 예측
- 가용도 예측
- 독립된 검증(Validation)과 확인(Verification)계획
- 문서의 갱신계획

(1) 차상신호시스템 구축사업의 RAMS 요구사항

차상신호시스템의 RAMS 요구사항은 한국철도공사의 기술제안요구서에 의해 다음과 같이 정의되었으며, 구축될 차상신호시스템의 RAMS 요구사항 만족을 위한 관리는 한국철도기술연구원의 자문을 통해 태정/LG CNS 컨소시엄에서 예측되고 입증된다.

[표 4-15] 프로젝트 RAMS 요구사항

분 류	요구사항
안전성	$10^{-8} > \text{위험추고장률} > 10^{-9}$
신뢰성	비상제동관련 고장 MTBF 131,400 Hour(15년) 상용제동관련 고장 MTBF 17,544 Hour(2년)
가용성	비상제동관련 고장 정상상태 가용도 99.998% 상용제동관련 고장 정상상태 가용도 99.988%
유지보수성	MTTR < 2 Hour

(2) RAMS 활동의 평가 및 확인

차상신호시스템 구축사업 1단계 RAMS 활동결과는 태정/LG CNS컨소시엄을 통해 감리단에 제출되며, 감리단은 KORAIL이 지정한 독립안전인증기관(ISA: Independent Safety Assessment)의 평가 및 감사결과를 첨부하여 KORAIL에 제출하는 체계로 되어있다. 이처럼 시스템 공급자인 컨소시엄에 의해 수행된 RAMS 활동에 대한 문서를 독립된 ISA 기관이 확인 및 평가함으로써 시스템의 안전성을 체계적으로 확보할 수 있는 구조로 되어 있다.

(3) 위험원 도출 및 분석

위험원 도출 및 분석은 ATP시스템으로 인한 사고의 원인이 되는 위험원을 도출하고 분석하여 안전대책을 수립하는데 목적이 있다. 따라서 이 단계는 시스템의 세부설계 및 하부

시스템 기능할당 그리고 설계과정과 병행되었다. 그러므로 이 단계를 통한 안전대책은 매우 구체적이며, 안전대책으로 인한 안전성의 향상도 정량적으로 제시되었다. 위험원의 도출과 분석에는 각각 여러 가지 기법들이 사용된다.

ATP시스템에서는 모델링된 인터페이스의 위험원 도출을 위해 HAZOP Study를 사용하였으며, 도출된 위험원의 분석을 위해서는 FTA를 사용하였다. 각각의 위험원도출과 분석에 적용된 규격은 다음과 같다.

- 위험원도출기법 : HAZAOP Study : IEC61882
- 위험원분석기법 : FTA : NUREG/CR-0400

위험원 목록은 예비위험원 분석에서 ATP시스템관련 예비위험원에 대하여 정리하며, 위험원 도출과 분석을 통해 추가되거나 삭제되는 일련을 과정을 거친다. 모든 활동마다 위험원 목록은 삭제 또는 추가의 근거를 함께 기록하며, 시스템 수명주기 동안 관리되고 있다.

나. 통합 CTC 소프트웨어 RAMS 활동

통합 CTC 시스템은 효율적인 사령체제의 확립을 도모하는 동시에 숙련된 사령의 전문 지식을 체계화하여 사령자의 부담을 줄인다. 또한 종합 수송 통제 기능을 확보하여 철도 수송의 경쟁력을 향상시킨다. 이 시스템은 기존의 열차 운행 제어 기능에서 더 나아가 종합 수송 관리 시스템 기능의 실현을 추구한다. 통합사령실의 사령설비는 3개 지역별로 구분된 CTC 서버(열차 제어), 통신 서버(통신 처리), 스케줄 서버(열차 운행 관리), Regulation 컴퓨터(열차 경합 해소), 프로그래밍 서버(유지보수), 운영자 콘솔, 터미널 서버를 이중계 네트워크 장치(LAN)로 접속하여 구성한다. 통합사령실의 터미널 서버와 현장의 역정보전송장치 사이에 정보 교환을 위하여 통신 전용회선을 이용한다.

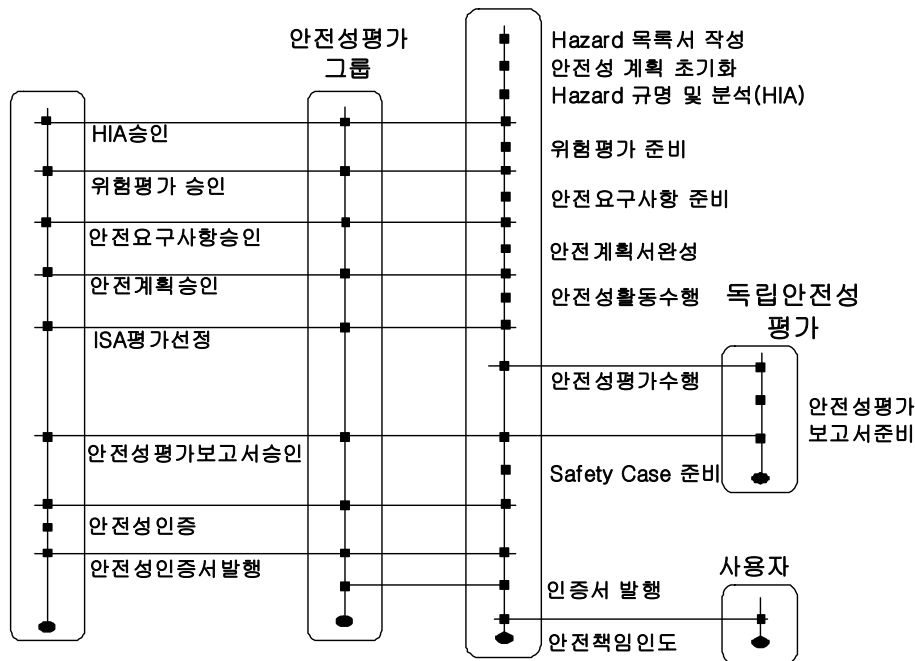
통합 CTC 소프트웨어 개발에서는 마이크로컴퓨터를 이용한 열차집중제어반을 개발, 전산화함에 있어서 S/W 안전성 기술 도입에 총력을 기울이고 있으며, 이를 위해 마이크로컴퓨터를 이용한 열차집중제어반의 S/W 안전성 기술을 분석하였으며, 열차집중제어반에 사용되는 S/W 안전성 향상에 관한 기법들을 연구하였다. 통합CTC 소프트웨어의 안전성 활동은 '철도청지시 제2001-49호 열차제어시스템 안전성 확보 기술권고안(2001.7.13)'에서 제시하고 있는 라이프사이클에 걸친 소프트웨어 관리와 기술 활동 등을 바탕으로 이루어졌으며, 이 외의 추가적으로 보완할 수 있는 국제규격을 적용하여 안전성 확보에 체계적으로 접근하였다.

다음은 적용된 국제규격을 기술하였다.

- EN 50126
- EN 50128
- ENV 50129
- IEC 62278
- IEC 62279
- IEC 61508

(1) 안전성 절차

안전성 평가절차는 IEC62278에서 제시한 안전관련 시스템에 적용되는 안전성평가 절차를 준용하였다. 안전성의 평가절차는 시스템에 근본적으로 요구되는 시스템 안전요구사항과 그 시스템이 갖고 있는 위험원을 도출하여, 분석을 통하여 시스템의 안전요구사항과 일치되도록 시스템 안전요구사항을 설정한다. 시스템의 안전성 활동을 통하여 이미 설정된 안전성 요구사항에 따라서 시스템이 안전하도록 고유한 기술과 방법을 이용한다. 채용된 기술과 방법이 시스템의 위험을 저감시켜, 안전성이 확보를 객관적으로 검증하는 하는 것이다. 이러한 절차를 이용하여 다음과 같은 안전성 검증절차를 변형하였다.

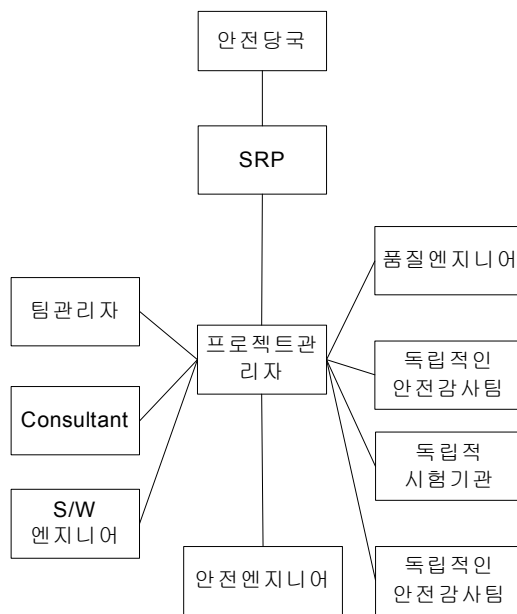


(그림 4-26) 안전성 검증 절차

안전성 생명주기는 프로젝트에 의한 사전안전계획의 준비로 시작된다. 사전 안전 계획은 대개 보증을 위해 변경 사항을 승인하는 최종적인 책임자 및 조직인 안전기관에게 전달된다. 그런 다음 프로젝트는 위험원목록에 기록한다. 위험원목록은 사고와 위험원 및 안전 문

서의 세부 사항을 기록하는데 사용되고, 프로젝트에 의한 안전 관리의 근거 제출에도 사용한다. 위험원 목록은 효과적인 안전성확보관리활동의 핵심이며 처음에 기입할 사항이 적더라도 초기에 작성한다. 그런 후 위험원 확인 및 분석, 그리고 위험도 평가를 실행한다. 위험도 평가에 기초해서 안전성 요구사항을 마련한다. 이 요건들은 대개 안전기관에 의해 승인된다.

통합CTC 소프트웨어 개발에 관련된 조직의 구성은 다음에서 제시되는 그림에서와 같이 당당에 따른 독립적인 조직이 구성되어 활동하였다.



(그림 4-27) 통합CTC 소프트웨어 개발조직 구성

(2) 위험원 분석

통합CTC 소프트웨어 안전성 활동 중 가장 핵심적이라 할 수 있는 위험원의 도출과 분석은 다양한 기법을 적용하여 위험원의 위험도크기를 산출하여 그에 대한 적절한 대책을 마련할 수 있도록 하였다.

위험도평가 측정은 2개의 방법으로 정성적인 것과 세미정량적인 방법이 있다. 첫 번째의 것은 발생빈도와 결과에 대해서 정성적인 방법을 사용한다. 두 번째의 방법에서 발생빈도는 할당 가능한 위험도를 사용하며, 그것으로는 발생빈도에 정량적인 방법, 사건결과에 정성적인 방법을 사용한다.

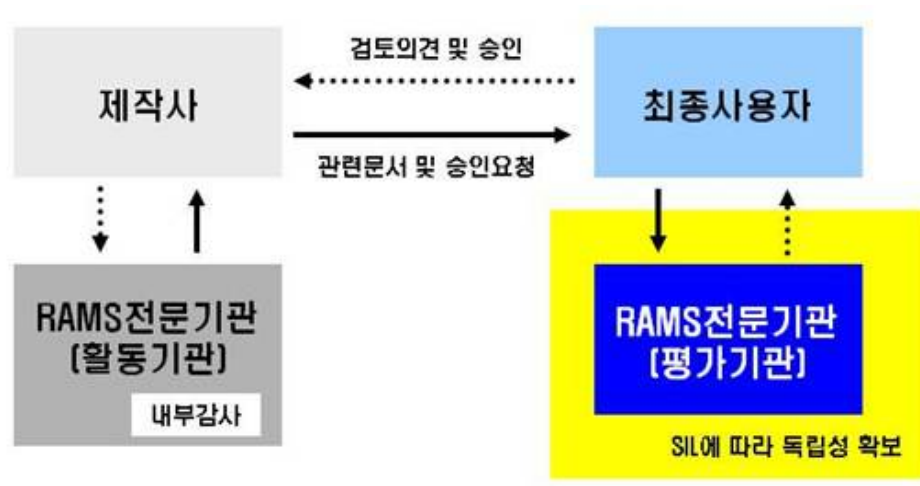
- 사망
- 중대 불구
- 보통 불구
- 일시적인 불구

(3) 안전성 결과

효과적인 안전성 보증 활동의 관리를 위하여 소프트웨어 수명주기의 각 단계에 따라 구체화 된 문서를 작성하고, 문서의 관리는 미리 정해진 형태와 순서 및 방법 등에 의해 실시하였다.

6. 검토내용

최근 대부분의 국내외 철도프로젝트에서 발주자는 시스템공급자에서 안전성 활동과 평가를 요구하고 있으며, 이를 위한 안전성 활동·평가조직은 일반적으로 다음 그림과 같이 구성을 요구하고 있다. 시스템 안전성 활동과 평가의 목적이 하드웨어의 장애, 시스템설계오류 및 운영과정에서 발생하는 취급오류에 의해서 발생하는 사고를 차단하거나 감소시키는 것이 목적이며, 이러한 목적을 달성할 수 있도록 안전성 활동 및 평가조직을 구성하여야 한다. 그러나 이러한 조직은 프로젝트의 목적, 프로젝트 발주기관의 안전성평가 역량, 제작사의 개발역량 등 제반 여건을 고려하여 구성하는 것이 적절하다.



(그림 4-28) 시스템 안전성 활동·평가 조직 구성

제작사는 위 그림과 같이 자체적으로 RAMS활동을 수행하거나, 전문기관에 RAMS활동을 위임하여 최종사용자의 요구사항을 만족시킬 수 있다. 따라서 제작사는 최종사용자가 일반적으로 제시하는 아래 요구사항을 기준으로 RAMS전문기관에 위탁 또는 자체수행을 통해 수명주기 단계 및 전반에 대한 V&V 보고서 또는 인증서를 최종사용자에게 제출한다.

- 기능요구사항(예, ATP의 경우 ETCS SRS 2.3.0, 도시철도의 경우 IEEE 1474 등)
- 환경요구사항(온도, 습도, 진도, 충격, EMI 등)
- 시스템 RAMS관리 절차(IEC 62278, EN 50126 등)
- 시스템 소프트웨어 무결성(IEC 62279, EN 50128 등)
- 시스템 하드웨어 무결성(IEC 62425, EN 50129 등)
- 기능별 안전무결성레벨(SIL)(IEC 61508)

철도분야에서 최종사용자(운영기관)와 제작사간의 계약관계는 IEC 62278(EN 50126)에 의해 공급하는 시스템의 SIL등급에 따라 독립된 기관으로부터의 평가가 요구된다. 특히 열차제어분야와 같이 장치 또는 시스템으로 인한 위험측고장의 결과가 열차충돌 및 탈선과 같이 인명사상과 대규모 재산손실을 초래하는 응용분야에 대해서는 제작사의 RAMS전문기관 선임과 별도로 제작사로부터 독립된 RAMS전문기관으로부터 수명주기단계별 확인(Verification)과 전체 장치 또는 시스템에 대한 검증(Validation)을 필수사항으로 권고하고 있으며, 이러한 일련의 활동을 ISA로 명시하고 있다.

제작사 또는 제작사가 선임한 RAMS전문기관이 운영기관의 요구사항 준수여부를 평가하여 발행하는 보고서 또는 인증서의 운영기관 수용은 운영기관이 직접 수행하는 경우도 있지만, 전문성 확보를 위해 일반적으로 운영기관이 인정한 ISA가 운영기관으로부터 권한을 위임받아 제작사측 인증기관 또는 제작사의 산출물을 검토하여, 건전성과 공급된 장치 또는 시스템과의 일치여부를 보고서를 통해 보증한다.

제 5 장

연구개발대상분야 설정

제1절 SWOT 분석

제2절 연구 목표 및 내용

제5장 연구개발대상분야 설정

제1절 SWOT 분석

연구개발 대상 분야 설정을 위해 철도신호체계 부문의 국내 여건 및 국외 여건 등을 고려하여 강점요인(Strength), 약점요인(Weakness), 기회요인(Opportunity), 위협요인(Threaten)으로 구분하며 SWOT 분석을 수행하였다. 국내 역량과 외부환경과의 관계에서 강점요인과 약점요인, 외부환경을 고려한 기회요인과 위협요인을 분석하였으며 구체적인 내용은 다음과 같다.

1. 내부역량과 외부환경

- 강점요인

- : 국가연구개발사업의 지속적인 추진, 시범설치사업, 중소기업청에서 시행하고 있는 구매조건부사업을 통해서 관련 핵심기술 및 개발인력 확보
- : 세계적인 수준의 IT 및 무선통신기술, 소프트웨어기술, 제어장치(하드웨어 프레임)제작 기술 등 확보
- : 해외 철도신호 메이저 기업에 대한 충분한 가격경쟁력 확보

- 약점요인

- : 국가연구개발사업의 성과물인 열차제어시스템을 국내 영업노선에 구축한 실적 없으며, 속도코드방식의 ATC와 같이 기존노선의 확장이나 개량에 적용한 실적을 갖고 있음.
- : 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.
- : 2004년 경부선 ATP를 도입하면서 철도RAMS을 시작하였기 때문에 충분한 경험을 확보한 인력과 관련 인프라가 미비

2. 외부 환경

- 기회요인

- : 세계적 경제 혼란에도 불구하고 국내외 철도시장이 꾸준히 확대되고 있으며, 경량전철과 도시철도시장에서 철도신호 관련 사업비가 차지하는 비중도 계속 높아지고 있음.
- : 세계적으로 저탄소 녹색정책에 의해서 도로교통에서 철도교통으로 교통정책을 전환하는 것을 추진하고 있음.
- : 궤도회로를 사용하는 기존 철도신호기술이 무선통신기술, 소프트웨어기술을 사용한 철도신호기술로 전환하는 과도기
- : 국내철도운영기관이 해외 신호시스템을 도입운영하면서 발생된 문제점을 근본적으로 해결하기 위해서 철도신호시스템의 국산화와 안전성 인증을 요구

- 위협요인

- : 세계적인 메이저업체가 철도시장을 과점하고 있으며, 특히 유럽은 철도신호표준을 주도하고 있음. 이러한 표준화에 적극적으로 대처하지 않을 경우 국내 철도신호산업의 경쟁력 저하에 심각한 악영향을 미칠 것 임.
- : 최근에 건설되고 있는 경량전철, 광역철도 및 기존선 신호개량사업에 해외신호시스템을 도입하였음.
- : 또한 원시~소사 등 수도권 광역철도건설을 시급히 추진할 것으로 예상되며, 이에 대한 대처가 부족한 상황임.
- : 국내 철도신호시장의 규모가 작기 때문에, 국내 철도신호기업이 연구개발에 투자할 경우, 리스크가 없지 않음.
- : 시스템 안전성인증관련 체계 미흡

3. 미래 대응 전략

가. 시사점

이상의 검토결과를 토대로 SWOT분석을 한 결과, 국내외적으로 주어지고 있는 기회요인과 국내 철도신호산업이 갖고 있는 장점을 극대화하기 위해서는 새로운 열차 제어시스템의 개발이 조속히 선행 되어야 한다. 개발대상인 열차제어시스템은 철도신호기술의 전환을 주도하고 있는 세계적 추이인 무선통신기술을 적용할 수 밖에 없으며, 국내 철도운영기관의 요구사항도 반영하여야 한다. 많은 국가가 철도중심의 교

통체계로 전환하는 것을 감안할 때 국가의 중점추진과제를 적극 활용하여 정부의 지원확대를 유도하는 것도 필요하다.

내적인 약점을 보완하고, 외적인 기회요인을 활용하기 위해서는 열차제어시스템의 실용화 전략, 국내 철도신호관련 유관기관간의 협력연구체계 구축 및 시스템RAMS 분야의 역량강화 등이 요구된다. 국내 철도운영기관은 열차제어시스템의 개발과 실용화와 관련되어 있으므로, 새로운 열차제어시스템을 필요로 하는 철도운영기관과의 긴밀한 협력체계를 구축하는 것이 필요하다.

내적인 강점을 적극 활용하고, 외적인 위험을 관리하기 위해서는 열차제어시스템개발의 중장기적인 마일스톤을 정립하고, 국가 철도신호체계를 표준화하는 것이 필요하다.

내적인 약점과 외적인 위험요소에 대응하기 위해서는 철도신호시스템의 안전성인증체계와 국내철도신호산업구조 개편을 중장기적으로 단계별로 추진해야 할 것으로 사료되며, 안전성인증체계는 국가간 상호인증체계 확보까지 고려하여야 한다.

나. 대응전략

이상의 시사점을 토대로 다음 SWOT분석표와 같이 철도분야 신호시스템에 대한 대응전략을 마련할 수 있다.

다. 비전 및 목표 수립

SWOT 분석을 통해서 확인된 연구개발여건과 대응전략을 근간으로 비전을 정의하면 다음과 같다.

비전 : 무선통신기반 열차제어시스템의 실용화를 통한 국내 철도신호산업의 고도화

국내 철도신호산업의 고도화는 국내외 철도신호기술발전 동향에 맞추어 무선통신기반 열차제어시스템을 실용화하기 위한 안전성평가체계, 상호호환성(운영성)을 확보하기 위한 표준화체계를 구축하여, 해외 철도신호산업과 경쟁할 수 있는 역량을 확보하는 것이다.

이러한 비전을 실현하기 위한 목표를 다음과 같이 정의함.

- 열차제어시스템 표준화 체계 및 성능평가의 법제화
- 열차제어시스템 기능/성능 시험평가기술의 선진화
- 열차제어용 무선통신기술의 선진화

위 목표를 달성하기 위한 추진전략을 단계별로 나타내면 다음과 같다. 우선 시급성과 시장성 등을 고려하여 경량전철과 도시철도(광역철도 포함)를 대상으로 한 1단계를 우선 수행한 후, 이 결과를 토대로 속도를 증속하는 2단계와 3단계를 순차적으로 추진한다.



(그림 5-1) 단계별 추진전략

단계별로 추진함에 있어, 국가연구개발사업 또는 기업의 자체 개발을 통하여 확보한 기술을 통합한 후 기능과 성능평가를 통하여 상용화할 수 있는 열차제어시스템을 확보하는 것이기 때문에 국내 철도신호기업이 담당할 하부시스템 상세설계와 시스템 제작 등은 연구개발 지원범위에서 제외하도록 한다. 국내 철도신호기업이 열차제어 기술을 확보하고 있으며, 이를 평가하기 위한 인프라와 평가기준을 국가에서 지원해 줄 것을 요청하는 것과 같은 내용이다.

그러나 일반철도와 고속철도에 대한 관련 부처의 정책적인 요구사항 및 해외 철도 신호시장을 반영한다면, 단계별 사업을 병행 추진하여 목표달성기간을 단축하는 것을 고려할 필요가 있다.

1단계의 연구개발기간은 1차년도 6개월, 2차년도 6개월, 3차년도 12개월, 4차년도 12개월로 총 36개월로 설정하였다. 1단계를 성공적으로 수행하기 위해서는 시스템을 설계하고 제작하는 기업의 안전성 활동과 평가에 대응할 수 있는 충분한 역량을 확보하는 것이 대단히 중요하다. 따라서 안전성활동과 평가에 참여하는 관계자에 대한 충분한 교육과 훈련도 같이 이루어져야 한다.

1단계의 추진전략은 다음 표와 같다.

[표 5-1] 1단계 추진전략

2011 (기반마련 단계)	2012 - 2013 (역량확립단계)	2014 ~ (비전실현단계)
<ul style="list-style-type: none"> - 무선통신기반 열차제어 시스템 구축 - 시험평가인프라 구축 	<ul style="list-style-type: none"> - 무선통신기반 열차제어시스템의 성능평가 - 무선통신기반 열차제어시스템의 표준화체계 구축 	<ul style="list-style-type: none"> - 국내철도시장 진출 - 해외철도시장 진출

[표 5-2] SWOT 분석

		외적인 요인	
		O(기회)	T(위협)
내적인 요인		<ul style="list-style-type: none"> -국내외 철도신호시장의 확대 -철도중심의 교통정책 추진 -철도신호기술의 전환기(새로운 열차제어시스템 도입) -국내철도운영기관의 국산화 요구 	<ul style="list-style-type: none"> -세계적인 메이저업체가 철도시장을 과점 -국내 신설노선 및 개량노선에 해외신호시스템을 도입 중 -원시~소사 등 신설건설이 시급함 -국내 철도신호시장 규모 -시스템 안전성인증관련 체계 미흡
		<p>[최우선부분]</p> <ul style="list-style-type: none"> -새로운 열차제어시스템 개발 :국내철도운영기관의 개발요구사항 반영 :무선통신기술, 소프트웨어기술 기반 :핵심기술 및 개발인력 활용 극대화 -국가의 지원확대 :철도중심 교통정책(방향, 시장)내용 반영 	<p>[위험원 관리부분]</p> <ul style="list-style-type: none"> -열차제어시스템개발의 마일스톤 정립 :국가철도정책의 시급성반영(다양한 시나리오 작성) :최적시나리오 선정과 예산확보 -철도신호시스템의 표준체계 구축 :외국시스템의 무분별한 도입 방지와 신호시스템의 호환성 및 운영성 확보
S (강점)	<ul style="list-style-type: none"> -지속적인 국가연구개발사업추진을 통하여 관련 핵심기술 및 개발인력 확보 -세계적인 수준의 IT 및 무선통신기술, 소프트웨어기술 확보 -가격경쟁력 		
W (약점)	<ul style="list-style-type: none"> -국내 신호업체의 열차제어시스템 실용화 실적이 없음 -열악한 국내 철도신호산업구조 -체계화된 협력연구개발체계 미비 -시스템 RAMS관련 경험 및 인프라 미비 	<p>[보완부분]</p> <ul style="list-style-type: none"> -새로운 열차제어시스템 실용화 전략 수립 :국내철도운영기관의 실용화 요구조건 반영 -협력연구개발체계 구축 -시스템 RAMS분야의 역량강화 :해외 철도신호인증기관과의 협력체계구축 :RAMS관련 교육강화 및 인력확보 :인프라구축 	<p>[중장기적인 보완부분]</p> <ul style="list-style-type: none"> -철도신호시스템 안전성인증체계 구축 :상호인증체계포함 -국내 철도신호산업구조 개편 :국내 철도신호산업구조 개편연구 수행 -전문기업 또는 인력 육성

제2절 연구 목표 및 내용

1. 연구목표 선정

본 연구의 최종목표는 다음과 같다.

**도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템을 실용화하고 상호운영성을 확보하기
위한 표준화 체계의 구축, 안전성 평가 및 성능평가의 법제화**

본 과제의 최종연구목표는 국내 도시철도운영기관의 신호시스템 운영현황 및 신호관련기업 기술수준 현황, 국가연구개발사업의 성과물 활용방안 검토, 국내외 철도신호시장 및 기술동향 등의 조사·분석을 바탕으로 선정되었다.

[표 5-3] 연구목표 선정을 위한 검토항목

검 토 항 목	검 토 결 과
신호시스템 운영현황	<ul style="list-style-type: none"> - 국내기업이 개발한 철도신호시스템 도입 필요성 증대 : 신속한 유지보수와 구축비용과 유지관리비용 절감 - 철도운영관련 기술을 공유할 수 있는 표준화 마련
국가연구개발성과의 활용현황	<ul style="list-style-type: none"> - 개발성과물에 대한 안전성의 객관적인 평가 필요
철도신호시장	<ul style="list-style-type: none"> - 저탄소 녹색성장정책에 의한 철도건설투자 증대 예상 - 고부가가치산업 : 철도산업에서 차지하는 비중 증대
철도신호기술동향 및 구축현황	<ul style="list-style-type: none"> - 무선통신기반의 열차제어시스템이 주도 - 세계수준의 무선통신기술, IT기술, S/W기술 확보

- 신호시스템 운영현황

국내 도시철도운영기관은 안전성이 검증되고 충분한 운행실적을 갖춘 신호시스템선정을 요구하고 있다. 이러한 안전성 검증과 실용성을 근간으로 한 선정방식으로 인하여 국내 도시철도노선에는 외국의 신호시스템이 도입되어 운영되고 있는 실정이다. 외국시스템을 도입하여 운영한 결과 철도운영의 신뢰성은 높아졌지만, 신호시스템을 유지보수하고 장애를 처리하는 과정에서 과도한 비용, 기술 이전 등 다양한 문제점이 표출되고 있다.

또한 도시철도 노선별로 서로 다른 신호시스템을 운용하고 있기 때문에 운영기관별로 축

적하고 있는 유지보수기술, 장애처리기술 등 기술공유가 활발하게 이루어지지 않고 있다. 이러한 다양한 문제점을 해결하기 위해서 도시철도운영기관에서는 국내기업이 개발한 철도 신호시스템을 도입하는 것을 고려하고 있다.

- 국가연구개발성과의 활용현황

도시철도표준화 연구개발사업, 경량전철시스템기술개발사업, 자기부상열차실용화를 위한 차량모델개발, 지능형 열차제어시스템 시범구축사업 등을 수행하면서 ATS, ATP, ATO, EI의 주요 핵심기술을 다수 개발한 실적이 있다. 속도코드방식의 ATC는 고속철도유지보수차량, 오송 시험선 등에 적용되었지만, DTG방식의 ATP와 이동폐색방식의 ATP는 영업노선에 적용된 실적이 전무한 상황이다. 철도신호시스템과 연관된 다양한 원인에 의해서 이러한 결과가 나타났지만, 국내 도시철도운영기관의 요구사항인 안전성을 객관적으로 보여주지 못한 것이 가장 큰 원인으로 분석되고 있다.

따라서 기 수행한 국가연구개발의 성과물중 적용 가능성이 높은 DTG방식의 ATP와 이동폐색방식의 ATP의 활용도를 높이기 위해서는 구매자 즉 운영기관이 요구하는 수준의 안전성을 확보하는 것이 선행되어야 하며 또한 이의 객관적 검증이 필수적으로 수반되어야 한다.

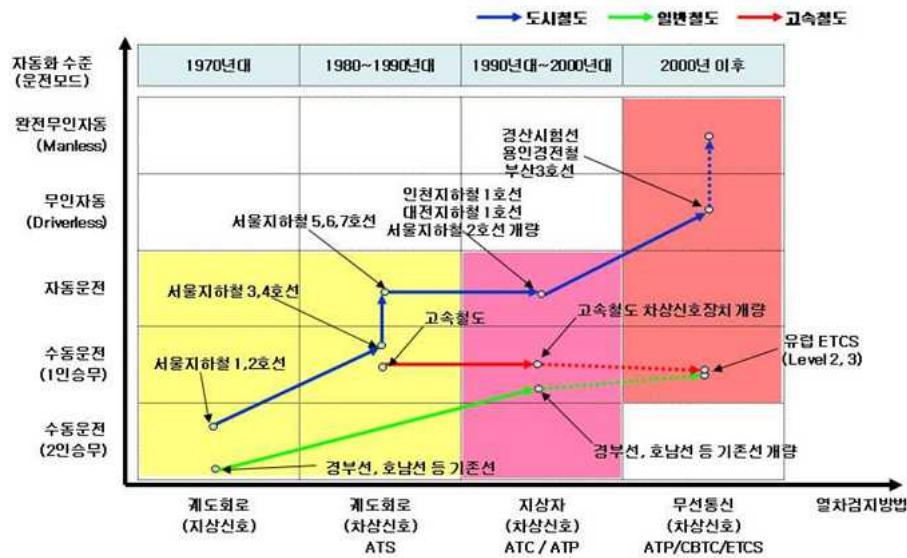
- 철도신호시장

SCI Verkehr의 최근자료에 의하면 세계철도시장은 신호시스템을 신선에 구축하거나 개량하는 경우는 2014년까지 연평균성장률이 6.8 %, 신호시스템의 유지보수부분은 연평균성장률이 2.0%로 예상하고 있다. 신선 건설과 개량의 연간시장규모는 약 50억유로에 이르고 있으며, 국내철도신호시장도 일반철도와 고속철도를 제외한 경우 2026년까지 중립적 시나리오에 의한 전망치는 약 1조 5075억원 규모로 추정된다. 특히 경량전철과 도시철도의 경우, 기존 인프라의 변경 또는 추가건설을 최소화하면서도 급증하는 승객수요를 처리할 수 있는 친 수요적 신호시스템의 도입이 절실히 요구되고 있으며, 최근 철도건설사업비에서 차지하는 친수요적 신호시스템 비중이 점증하고 있는 실정이다.

- 철도신호시스템기술동향 및 국내 구축현황

철도신호시스템의 기술발전은 운행모드와 통신부문의 발전과 그 맥락을 같이 하고 있으며, 이는 다음 그림과 같이 진행되고 있다. 2000년대 이후 무선통신방식을 적용하는 열차제어시스템과 속도프로파일을 적용하는 DTG방식의 ATP시스템이 철도신호시장을 주도하고 있는 것을 단적으로 보여주고 있다.

2000년대 이후 경량전철은 무선통신방식의 열차제어시스템을 구축하고 있으며, 광역도시철도는 DTG방식의 ATP가 대부분을 차지하고 있으나, 우리나라는 신분당선이 무선통신방식의 열차제어시스템을 처음으로 도입 되었다. 국내 도시철도운영기관이 현재 검토중인 신호시스템과 향후 도입을 계획하고 있는 신호시스템은 세계적 추이를 감안하여 대부분 무선통신기술을 적용한 열차제어시스템으로 방향이 확정되고 있는 실정이다.

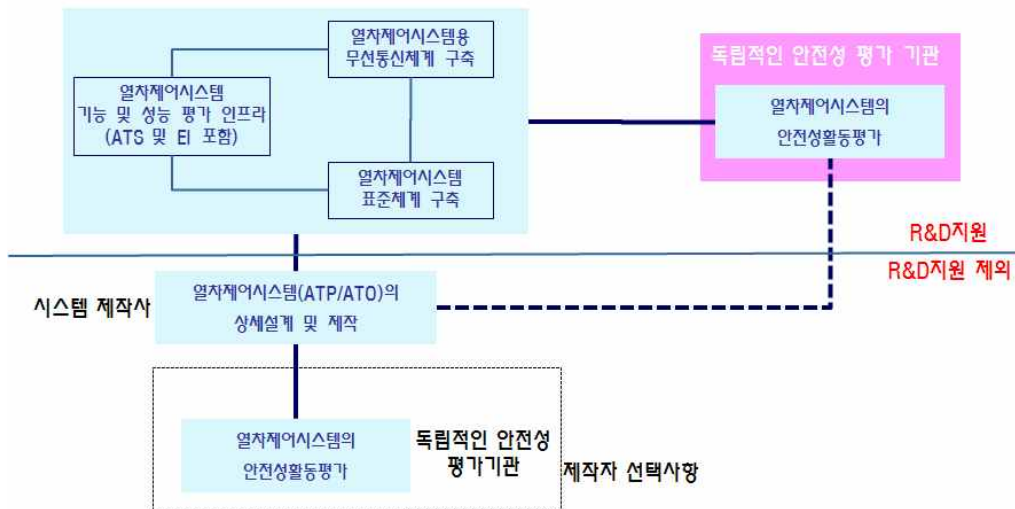


(그림 5-2) 철도신호시스템기술동향 및 국내 구축 현황

2. 연구범위 및 세부과제 선정

본 연구목표를 수행하기 위한 연구범위와 연구내용을 다음의 그림과 표와 같이 선정하였다. 본 연구목표가 국내 철도신호기업이 확보하고 있는 것을 통합하여 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템을 실용화하고 상호운영성을 확보하기 위한 표준화 체계의 구축, 안전성평가 및 성능평가의 법제화하는 것이기 때문에 ATP/ATO를 설계하고 제작하는 것은 연구범위에 포함하지 않는다. 일반적으로 시스템을 사용하는 구매자가 시스템을 제작한 공급자의 안전성 활동을 평가한다. 특히 연구범위에 대한 철도운영기관의 의견을 반영하는 것이 매우 필요할 것으로 본다. 국내 철도운영기관이 국내 신호시스템 상용화를 위해서는 인증체계에 대한 법제화를 요구하고 있기 때문이다.

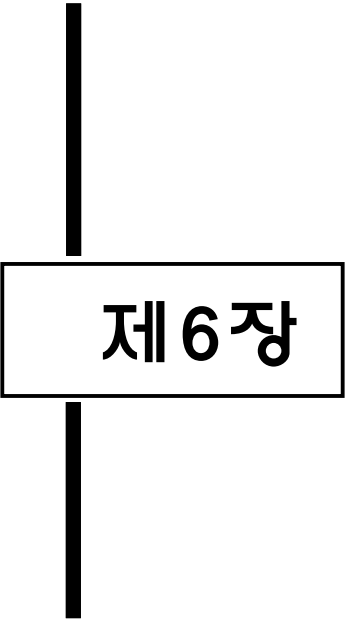
세부과제는 3개로 분류하였으며, 세부과제 1은 열차제어시스템 표준화체계구축 및 안전성평가, 세부과제 2는 열차제어시스템의 성능평가, 세부과제 3은 철도전용 무선통신체계 연구로 설정하였다.



(그림 5-3) 연구과제 범위(열차제어시스템 안전성평가 포함)

[표 5-4] 세부과제 선정

세부과제	세부과제명 및 내용
세부과제 1	<ul style="list-style-type: none"> - 열차제어시스템 표준체계구축 및 안전성평가 <ul style="list-style-type: none"> · 연구개발의 통합 및 총괄운영관리체계 구축 · 열차제어시스템 표준체계 구축 · 열차제어시스템의 안전성 평가 · 공정별 시스템엔지니어링 활동 · 열차제어시스템 성능평가의 법제화
세부과제 2	<ul style="list-style-type: none"> - 열차제어시스템 기능 및 성능 평가 <ul style="list-style-type: none"> · 시험평가인프라 구축 <ul style="list-style-type: none"> : 시험선(대불선) : 시험열차 2편성(4량 1편성) : ATS(관제설비), 전자연동장치, 무선LAN구축 · 기능·성능 시험평가
세부과제 3	<ul style="list-style-type: none"> - 철도전용 무선통신체계 연구 <ul style="list-style-type: none"> · 철도전용 무선주파수 확보활동 · 철도전용 무선통신체계 연구 <ul style="list-style-type: none"> : 열차제어용 무선통신체계 개발 및 설치(시험선) : ATP-열차제어용 무선통신망 인터페이스장치 개발

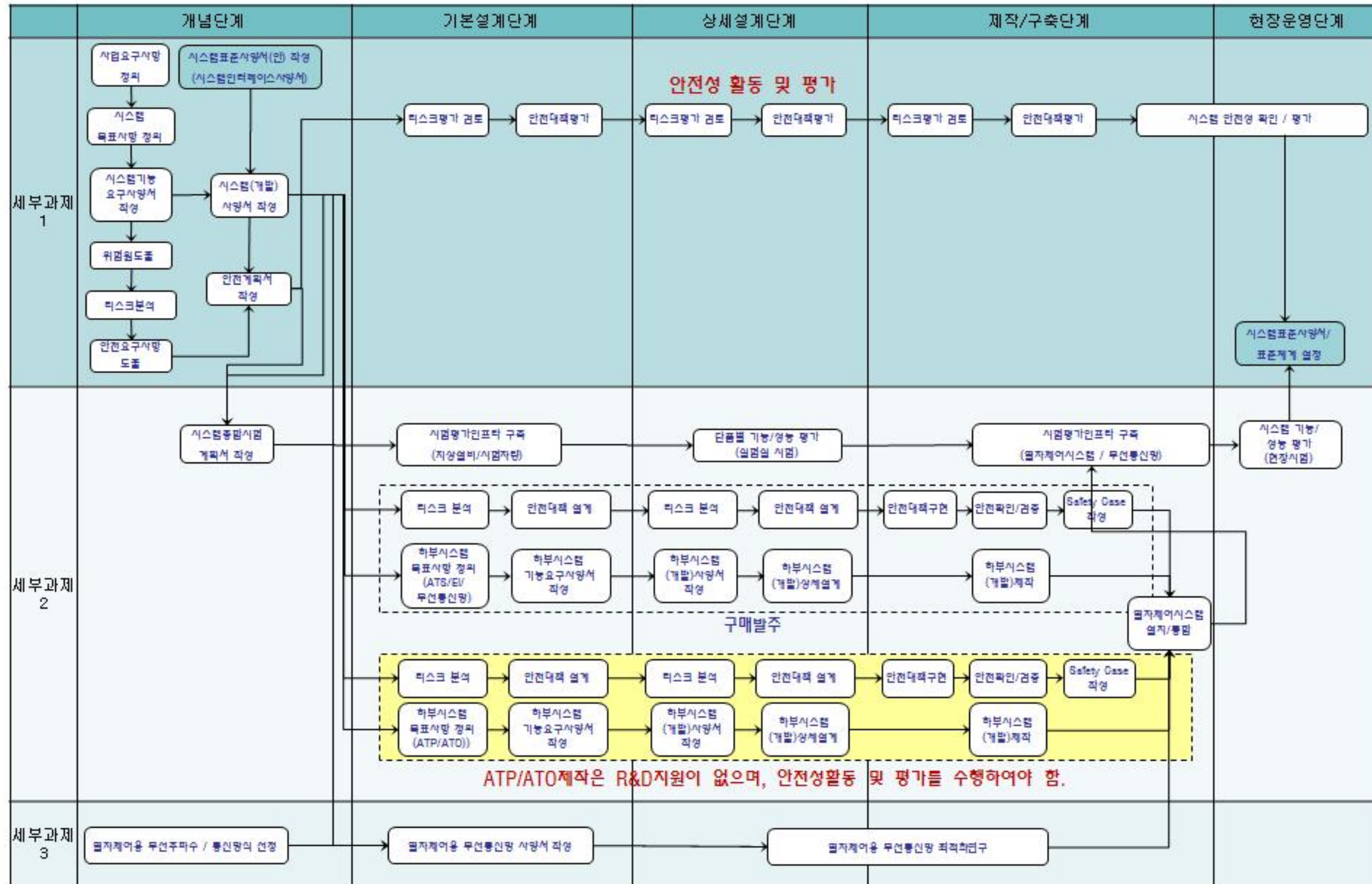


제6장

세부과제 분석

제6장 세부과제 분석

본 과제의 세부과제는 열차제어시스템엔지니어링을 포함한 열차제어시스템 표준화체계구축 및 안전성평가, 열차제어시스템 성능평가, 철도전용 무선통신체계연구로 구성되며, 시스템엔지니어링의 전반적인 과정은 아래 그림과 같으며 여기서 ATP/ATO의 설계단계 및 제작은 제외한다.



(그림 6-1) 시스템엔지니어링 공정별 세부과제별 연구내용

1. 열차제어시스템의 표준체계구축 및 안전성평가

가. 시스템엔지니어링

열차제어시스템은 무선통신기술을 사용하여 무인자동운전(driverless)을 구현하여야 하며, 적용노선은 경량전철노선과 도시철도노선으로 한정한다. 무선통신기술은 궤도 회로, 발리스 또는 루프를 제외한 신뢰성과 안정성이 이미 확인된 기술을 적용하여야 하며, 실시간 열차위치검지, 연속적인 양방향통신, 높은 데이터전송용량을 포함하여야 한다.

■ 프로젝트 관리

프로젝트를 본격적으로 수행하기에 앞서 RFP 및 과제계획서를 토대로 프로젝트를 통해서 달성해야 할 최종목표를 명확히 하여야 하며, 이러한 최종목표를 달성하기 위한 일련의 연구내용을 관리하기 위한 시스템엔지니어링 공정(절차)를 재차 확인하는 것이 요구된다. 시스템엔지니어링 공정은 시스템의 운영계획, 시스템의 유지관리계획 등 기술적인 측면도 포함한다. 시스템 설계와 개발은 많은 엔지니어링활동과 지원활동을 필요로 하며, 이러한 활동을 체계적으로 관리하기 위한 조직과 절차를 마련하는 것 또한 필요하다. 이러한 조직과 절차는 프로젝트 진행상황에 맞추어 적절하게 조정하여야 한다.

이상과 같이 본 프로젝트를 관리하기 위해서는 다음과 같은 연구를 수행하여야 한다.

- 프로젝트 요구사항 정의
- 프로젝트 관리계획 작성
- 시스템엔지니어링 관리계획 작성 및 보완

시스템엔지니어링 관리계획은 일반적으로 다음 내용을 포함하며, 프로젝트 특성에 맞추어 조정한다.

- 시스템엔지니어링 절차
- 프로젝트와 관련된 주요 기술 및 구현방법
- 시스템엔지니어링 공정 등

■ 시스템엔지니어링 활동(개념단계)

시스템엔지니어링 개념단계에서의 활동내용은 프로젝트의 요구사항을 토대로 시스템의 타당성(feasibility)분석, 시스템요구사항분석 및 개념단계에서의 시스템사양

서작성 등이 있다.

- 프로젝트 요구사항 점검

- 열차제어시스템의 타당성 분석

국내 철도신호기업이 확보한 기술을 통합하여 열차제어시스템을 구성하기에 앞서 몇 가지 사항에 대한 확인과 평가를 하는 것이 필요하다.

- 시스템설계에 적용할 수 방법에 대한 확인
- 성능, 효율, 유지보수성, 내구성, 경제성 평가

- 열차제어시스템 요구사항 분석

- 시스템 운영요구사항 정의

열차제어시스템의 타당성 분석 후 시스템 운영시나리오 또는 운영요구사항을 정의하여야 하며, 일반적으로 다음과 항목을 포함한다.

- 시스템의 임무
- 시스템의 동작특성 또는 기능
- 구성품, 소프트웨어, 설비 등의 수량
- 시스템 운전 주기
- 시스템 환경 조건
- 시스템 유지관리개념 정의
- 시스템 성능목표사양 정의
- 시스템 기능요구사항서 정의
- 시스템 기능분류 및 배치
- 시스템 구성(도) 정의

- 시스템(개발)사양서 작성

열차제어시스템 요구사항 분석내용을 토대로 프로젝트에서 개발한 열차제어 시스템사양서를 작성한다. 열차제어시스템사양서는 시스템을 구성하는 하부시스템의 설계와 제작, 열차제어시스템의 기능 및 성능평가, 열차제어시스템의 안전성평가 등을 수행하는 기준자료가 된다. 따라서 열차제어시스템(개발)사양서를 작성한 후 안전성 평가자를 포함한 관계자와의 충분한 검토와 협의가 이루어져야 한다.

열차제어시스템(개발)사양서에 포함되는 내용은 일반적으로 다음과 같다.

- 시스템의 정의
 - 시스템의 일반사항
 - 운영요구사항

- 유지관리
- 기능분석 및 시스템 정의
- 시스템 요구사항에 따른 기능배치
- 인터페이스
- 시스템의 특징
- 시스템 개발 및 구축
- 시스템개발에 필요한 소요설비 및 공급
- 시험 및 평가 등

■ 시스템엔지니어링 활동(설계단계)

시스템엔지니어링 설계단계에서의 활동은 개념단계에서 수행된 내용을 기준으로 하여 이루어지며, 열차제어시스템을 구성하는 ATS(Automatic Train Supervision), ATP/ATO, EI 및 열차제어용 무선통신설비를 대상으로 한다. 설계단계에서의 활동내용은 개념단계의 활동내용과 유사하다.

● 하부시스템별 요구사항 분석

- ATS(Automatic Train Supervision)
- ATP/ATO
- EI(Electronic Interlocking, 연동설비)
- 열차제어용 무선통신설비(세부과제 3 “철도전용 무선통신체계 연구”에서 담당)

● 하부시스템별 기능요구사항서 정의

- ATS(관제설비)
- ATP/ATO
- EI(연동설비)
- 열차제어용 무선통신설비(세부과제 3 “철도전용 무선통신체계 연구”에서 담당)

● 하부시스템별 기능분류 및 배치

기능을 분류하고 배치하는 방법을 설정하고 진행하는 것으로서 항목으로 하드웨어(장치), 소프트웨어 및 관계자(operator)취급 3가지로 분류하고 배치한다.

- ATS(관제설비)
 - 하드웨어(장치)
 - 소프트웨어

- 관계자의 취급
- 차상ATP/ATO
 - 하드웨어(장치)
 - 소프트웨어
 - 관계자의 취급
- 지상ATP/ATO
 - 하드웨어(장치)
 - 소프트웨어
 - 관계자의 취급
- EI(연동설비)
 - 하드웨어(장치)
 - 소프트웨어
 - 관계자의 취급
- 열차제어용 무선통신설비(세부과제 3 “철도전용 무선통신체계 연구”에서 담당)
 - 하드웨어(장치)
 - 소프트웨어
 - 관계자의 취급
- 하부시스템별 (개발)사양서 정의
 - ATS(관제설비)
 - 차상ATP/ATO
 - 지상ATP/ATO
 - EI(연동설비)
 - 열차제어용 무선통신설비(세부과제 3 “철도전용 무선통신체계 연구”에서 담당)

■ 시스템엔지니어링 활동(개발 및 구축 단계)

● 하부시스템별 상세설계

열차제어시스템을 구성하는 하부시스템의 상세설계에 기능처리능력, 신뢰성, 안전성, 유지보수성, 사용의 용이성 등이 적절히 포함되어야 한다.

- ATS(관제설비)
- 차상ATP/ATO

- 지상ATP/ATO
- EI(연동설비)
- 열차제어용 무선통신설비(세부과제 3 “철도전용 무선통신체계 연구”에서 담당)
- 현장설치(세부과제 2 “열차제어시스템 성능평가”에서 담당)
- 시스템 설계 및 제작단계의 내용 점검
 시스템을 현장에 설치하기에 앞서 시스템엔지니어링의 설계단계의 요구사항을 충분히 만족하고 있는 지를 확인하고, 문제점을 보완한다.

■ 시스템엔지니어링 활동 (현장운영단계)

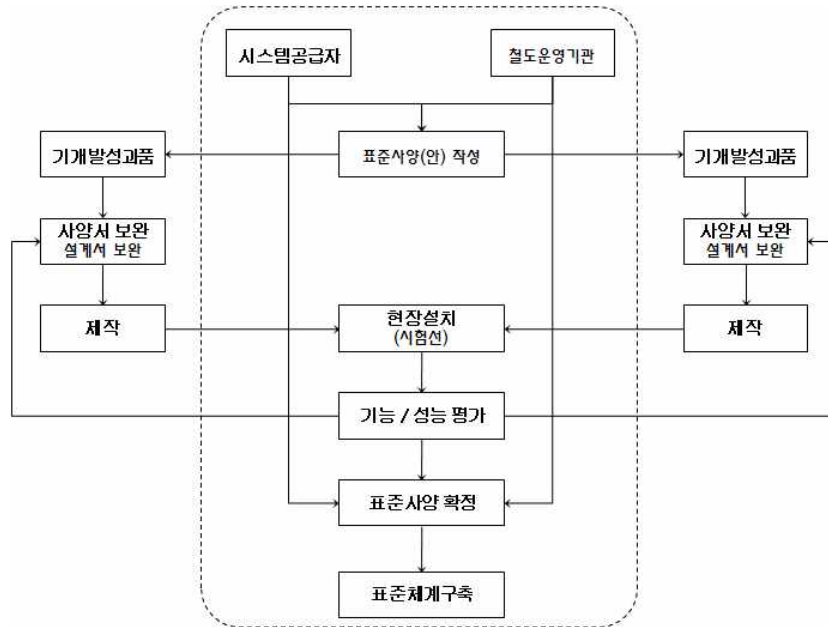
- 시스템통합
 세부과제 2 “열차제어시스템 성능평가”에서 현장에서 운영하는데 필요한 사항을 담당할 수 있도록 관련 업무를 지원한다.
- 시스템 개념설계단계의 내용 점검
 현장에서 시스템을 운영하기에 앞서 시스템엔지니어링의 개념단계의 요구사항을 충분히 만족하고 있는 지를 확인하고, 문제점을 보완한다.

나. 열차제어시스템 표준체계 구축

프로젝트의 개념단계에서 열차제어시스템 표준사양(안)을 작성하여야 하며, 현장운영단계에서 기능과 성능에 대한 평가를 완료한 후 열차제어시스템 표준사양(범위, 대상, 내용 등)을 확정하여야 한다. 철도운영기관 및 철도신호제작사(시스템공급사)가 참여하여 표준사양(안)을 작성하고 표준사양서 확정하여야 한다.

- 열차제어시스템 표준화 계획 작성
 유럽의 ETCS 또는 중국의 CTCS와 같이 열차제어시스템을 등급화(안)을 먼저 마련한 후 관련하는 작업을 수행하도록 한다.
- 열차제어시스템 표준화 개념(목표/대상/범위 등) 정의
- 열차제어시스템 표준사양(안) 작성
 - 열차제어시스템의 통신 및 I/O 기준(안)
 - 하부시스템간 인터페이스(물리적, 기능적)
 - 타시스템과의 인터페이스(물리적, 기능적)
 - 하부시스템과 단품(또는 장치)간 인터페이스(물리적, 기능적)
- 열차제어시스템 표준사양 확정

● 열차제어시스템 표준관리체계 구축



(그림 6-2) 열차제어시스템의 표준체계구축 및 안전성평가

다. 열차제어시스템 안전성 활동 및 평가

열차제어시스템 안전성 평가에 필요한 조직, 대상, 절차, 방법(내용) 등은 IEC 또는 이에 준하는 규격을 적용하여 열차제어시스템의 안전계획서를 작성하여야 한다. 안전성평가활동조직 구성의 경우 프로젝트의 목적과 국내 여건 등이 고려되어야 한다.

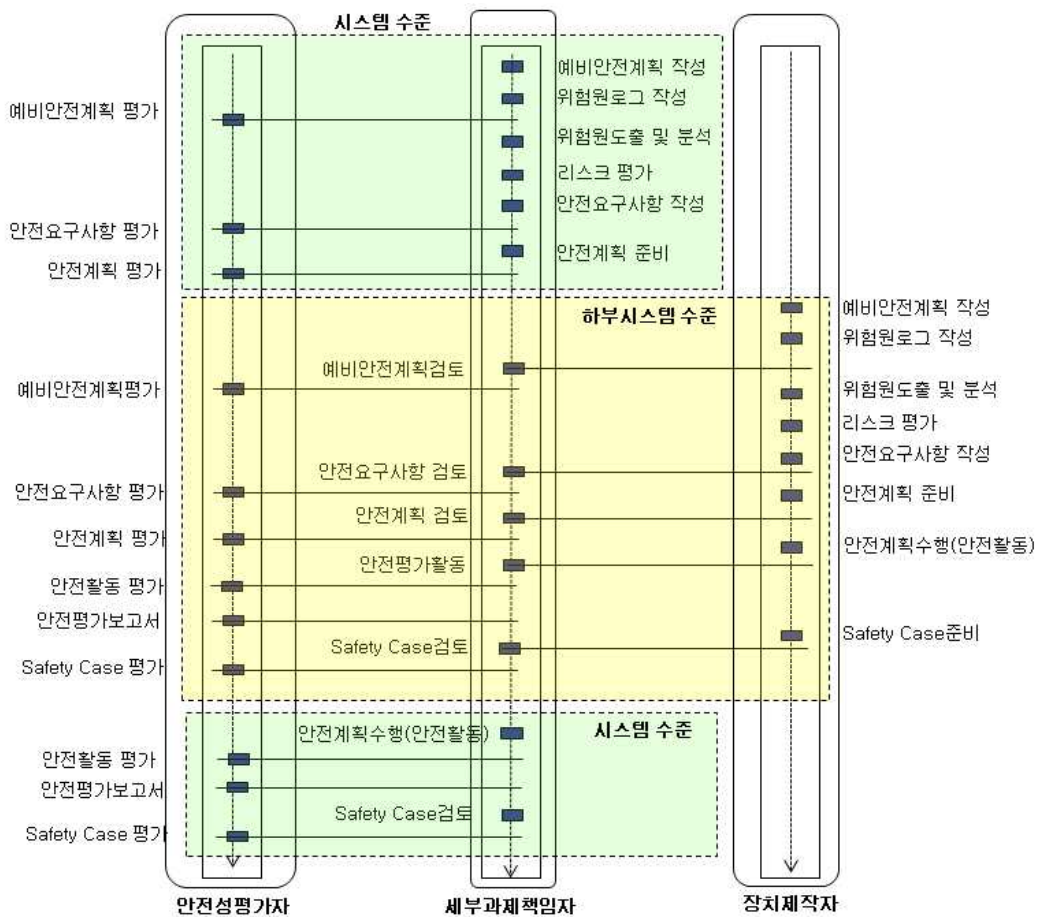
■ 열차제어시스템 안전성 평가활동(개념단계)

- 교육 및 훈련
 - 열차제어시스템 안전 활동 참여자에 대한 교육과 훈련
- 시스템 수준에서의 안전성 활동
 - 시스템 예비안전계획서 작성
 - 위험원로그 작성
 - 위험원 도출 및 분석
 - 리스크 평가
 - 열차제어시스템 안전요구사항 작성
 - 시스템 안전계획서 작성
- 시스템 수준에서의 안전성 활동내용 평가
 - 시스템 예비안전계획서 평가

- 열차제어시스템 안전요구사항 평가
- 시스템 안전계획서 평가

■ 열차제어시스템 안전성 평가활동(구축/현장운영단계)

- 시스템 수준에서의 안전성 활동
 - Safety Case 작성
- 시스템 수준에서의 안전성 활동내용 평가
 - Safety Case 평가



(그림 6-3) 하부시스템 수준에서의 안전성 활동

■ 열차제어시스템 안전성 활동 및 평가

- 하부시스템 수준에서의 안전성 활동 검토

하부시스템인 ATS, 차상ATP/ATO, 지상ATP/ATO, EI 및 열차제어용 무선 통신망의 설계와 제작을 담당하는 기업의 안전성 담당자가 이를 수행하여야 함.

- 하부시스템별 예비안전계획서 검토

- 하부시스템별 위험원로그 검토
- 하부시스템별 위험원 도출 및 분석내용 검토
- 하부시스템별 리스크 평가결과 검토
- 하부시스템별 안전요구사항 검토
- 하부시스템별 안전계획서 검토
- 하부시스템별 Safety Case 검토
- 하부시스템 수준에서의 안전성 평가내용 검토
 - 하부시스템별 예비안전계획서 평가결과 검토
 - 하부시스템별 안전요구사항 평가결과 검토
 - 하부시스템별 안전계획서 평가결과 검토
 - 하부시스템별 Safety Case 평가결과 검토

라. 열차제어시스템 성능평가의 법제화

열차제어시스템의 표준화를 준수하고 시험선에서 성능시험평가결과 요구사항을 만족하는 열차제어시스템을 국내 철도노선에 적용할 수 있도록 관련 법, 령, 규칙을 마련하고, 이를 제정할 수 있도록 지원한다.

- 열차제어시스템 상용화의 장애요인 조사 및 분석
- 열차제어시스템 상용화 관련 법령, 법규, 기준 등에 대한 조사 및 분석
- 열차제어시스템 상용화를 위한 법령, 법규 및 기준 등 체계(안) 작성
- 위 체계(안)에 따른 관련 법령, 법규 및 기준 작성
- 관계 부처의 법제화 지원

2. 열차제어시스템 성능평가

- 열차제어시스템 성능평가 인프라 구축
 - 시스템 시험계획서 작성
 - 교육 및 훈련
 - 기능 및 성능 시험 참여자에 대한 교육 및 훈련
 - 열차제어시스템 배치 및 설치도 작성
 - 시스템 배치도, 결선도, 설치도
 - 기능 및 성능 평가 인프라(계측설비 포함) 배치 및 설치도 작성
 - 시스템 배치도, 결선도, 설치도

- 열차제어시스템 지상장치 구축
- 기능 및 성능 평가 인프라 구축
- 시험열차

열차제어시스템의 기능 및 성능 평가는 가능한 영업열차를 활용하는 것을 고려하여야 하며, 곤란한 경우에는 도시철도용 대폐차를 도시철도차량 표준사양을 만족하도록 개조한 것을 시험열차로 사용하여야 한다.

- 차량 설계 및 개조
- 열차제어시스템 차상장치 배치 및 결선도 작성
- 열차제어시스템 차상장치 구축
- 열차제어시스템 통합

■ 열차제어시스템 성능평가

열차제어시스템 기능 및 성능을 평가하는 인프라는 지상설비와 시험열차로 구성되며, 실제 철도운영조건과 같은 운영시나리오를 구성하여 열차제어시스템 성능을 평가할 수 있도록 인프라를 구축하여야 하며, 시험열차는 2편성 이상을 확보하여야 한다.

- 하부시스템별 시험 및 평가
 - 시험항목 및 평가기준 정의
 - 시험절차서 작성
 - 시험 및 평가(실험실 또는 공장)
- 시스템 설치통합의 시험 및 평가
 - 시험항목 및 평가기준 정의
 - 시험절차서 작성
 - 시험 및 평가(현장)
- 시스템 기능시험 및 평가
 - 기능시험항목 및 평가기준 정의

시스템의 개방운전단계(속도별), 수동운전단계(속도별), 자동운전단계(속도별) 및 무인자동운전(속도단계별)로 구분하여 시스템기능시험항목을 설정하여야 한다.
 - 기능시험절차서 작성
 - 기능시험 및 평가(현장)
- 시스템 성능시험 및 평가
 - 시스템 성능시험 시나리오 작성

시스템의 개방운전/수동운전단계, 자동운전단계 및 무인자동운전으로 구분하여 시스템성능시험항목을 설정하여야 한다.

- 성능시험항목 및 평가기준 정의
- 성능시험절차서 작성
- 성능시험 및 평가(현장)

3. 철도전용 무선통신체계 연구

철도전용 무선통신체계는 우선적으로 시범사업 또는 국가연구개발사업을 통하여 개발한 무선LAN을 우선적으로 연구하여야 하며, 도시철도차량의 속도향상(예:차세대 전동차 최고성능속도 130km/h)과 철도전용주파수 확보 등을 고려한 무선통신체계를 연구하여야 한다. 무선통신체계연구는 국내에서 신뢰성과 안정성이 확인되고, 충분한 기술기반을 확보한 시스템을 대상으로 하여야 한다.

■ 철도전용 무선주파수 확보활동

현재 경량전철에 적용하고 있는 IEEE 802.11방식의 무선LAN이 아닌 다른 무선통신방식을 대상으로 하여 열차제어용 철도전용주파수를 확보에 필요한 활동을 하여야 한다.

● 철도전용 무선통신방식 선정

- 철도전용주파수의 목적 및 임부(서비스) 분석
- 열차제어시스템의 기능요구사항서 및 개발사항서 분석
- 철도전용 무선통신체계의 목표사항 정의
- 철도전용 무선통신방식 선정

■ 철도전용 무선통신체계 연구

- 철도전용 무선통신체계의 기능요구사항 정의
- 철도전용 무선통신체계의 개발요구사항 정의
- 철도전용 무선통신체계 개발
 - 철도전용 무선통신방식 설계
 - 철도전용 무선통신방식 최적화
- 철도전용 무선통신망 구축

■ 인터페이스장치 개발

시험선에는 무선통신망 2식을 구축한다. 하나는 국가연구개발사업을 통해서 개발한 무선LAN, 다른 하나는 세부과제 3에서 개발할 무선통신망이다. 무선통신방식이 확정된 경우에는 무선통신망과 ATP를 직접 연결하는 것이 가능하지만, 사양이 다른 2개의 무선통신망을 시험선에 구축하기 때문에 ATP가 서로 다른 무선통신장치와 연결하기 위한 장치를 확보하여야 한다. 이 인터페이스장치는 지상ATP와 차상ATP와 연결된다.

● 철도전용 무선통신망 성능시험 및 평가

- 성능시험 시나리오 작성
- 성능시험항목 및 평가기준 정의
- 성능시험절차서 작성
- 성능시험 및 평가(현장)

제 7 장

과제의 적정성 검토

제1절 기술수준 분석

제2절 과제의 특허정보

제3절 국내외 철도시장 전망

제4절 국내 철도신호시장 목표점유율에 따른 경제적 파급효과 분석

제5절 기술적 파급효과 분석

제7장 과제의 적정성 검토

제1절 기술수준 분석

1. 기술수준분석

앞의 2장 3절에서 제시된 기술수준 및 역량분석의 기술수준평가척도(TRL) 지침을 적용하여 본 과제를 종료한 후 ATP/ATO의 기술수준의 목표를 제시하면 아래표와 같다. 기술수준 8 은 열차제어시스템을 실용화하는데 필요한 안전성평가와 표준화를 완료하여 철도건설사업 또는 철도신호개량사업에 도시철도용 무선통신기반 열차제어 시스템을 적용하는 것을 의미한다.

기술격차가 많이 발생하는 기술분야는 MB와 DTG로 이동폐색(Moving block)의 경우 열차위치와 속도를 결정하는 기술과 열차이동권한을 설정하는 기능이다. 이 부분의 열차제어시스템이 기능을 정확히 수행하고 목표성능을 달성하는데 있어 가장 중요한 부분이므로, 이 분야에 대해서는 목표기술수준에 이르도록 모든 역량을 집중하여야 한다.

[표 7-1] 철도신호분야 국내 기술수준 분석

ATP/ATO의 기술항목			기술수준(TRL)	
			현재	목표
Train location/speed determination		Distance to go	9	9
		Moving block	2	8
Safe train separation	Movement authority	Distance to go	2	8
		Moving block	2	8
	Train protection profile or speed profile	Distance to go	9	9
		Moving block	5	8
	Supervise train speed or overspeed protection	Distance to go	9	9
		Moving block	7	8
Ensure safe starting conditions		Distance to go	9	9
		Moving block	7	8
Change driving mode & operation mode		Distance to go	9	9
		Moving block	7	8
Train integrity			9	9
Control acceleration & braking	Train operation profile or ATO profile	Distance to go	9	9
		Moving block	7	8
	Automatic speed regulation	Distance to go	9	9
		Moving block	7	8
	Precision stop in station	Distance to go	9	9
		Moving block	7	8

2. 국내 철도신호기업의 연구역량

국내의 철도신호 연구개발인력 현황을 조사하기 위해서 국내 철도신호기업 9개사의 협조를 받아 진행하였다. 조사내용은 기업이 확보하고 있는 연구원 및 철도신호 분야 기술이다.

연구개발인력 현황을 조사한 결과 5년 이상 경력자가 충분히 많은 것을 확인하였으나, 일부 기업의 경우 타 분야의 연구소 소속인원을 포함하고 있는 것으로 판단된다. 또한 열차제어시스템의 신뢰성과 안전성 평가에 관련된 인원은 보완이 필요하다. 본 연구를 수행할 때 국내 신호 기업에서 신뢰성, 안전성활동을 담당할 참여자의 선정과 이에 대한 교육과 훈련을 준비하여야 한다.

3. 산학연 협력체계 구축방안

철도신호시스템의 실용화를 추진하기 위해서 철도건설운영기관의 요구사항을 조사하고 이를 시스템개발사양서에 반영하고, 시스템 평가과정에 철도건설운영기관도 참여할 수 있는 체계를 구축하는 것이 필요하다. 또한 철도신호시스템의 핵심기술 및 요소기술을 개발함에 있어 다음과 같은 협력체계를 구축하여야 한다.

- 관련 기술정보 조사

기술력 미확보 분야에 대한 기술개발 및 세계적 기술동향 정보체계의 구축을 위한 기술개발 주체 및 참여 산학연 간의 네트워크 등을 통해 기술정보의 갱신 및 수집을 꾸준히 수행한다.

- 연계체계

철도신호시스템 관련 국내 산학연 및 선진기술보유국 등 연구개발 주체간의 유기적인 연계를 구축한다.

이를 위해 필요시 산학연간 공동연구를 수행해야 하며, 적극적인 공동회의 개최 등을 추진한다.

- 산학연 연구협력체계 구축 및 업무분장

철도신호시스템 상용화와 관련한 확보된 자원의 효율적인 활용을 위한 산학연간 연구협력 체계가 구축되어야 하며, 연구개발의 효율성 제고를 위한 연구개발 단계별로 산학연간 역할을 분담한다.

- 연구역량 집중 및 자원활용

산학연간 각 분야별로 분산된 역량을 집중할 필요가 있으므로, 국가적인 차원에서 각 기관의 장점을 살려 기능과 역할을 분담하고 상호보완적인 관계를 설정할

필요가 있다.

- 연구협력체계 지속적 관리

철도신호시스템의 상용화를 위해서는 원천기술개발, 시스템 설계, 제작, 통합, 시험 및 양산에 이르기까지 어느 한 기관이 전담하기에는 한계가 있다. 따라서 정부, 연구소, 대학, 공사, 산업체 사이의 역량 집중 및 강화를 위한 연계 협력과 지속적인 교류체계 구축을 위한 방안이 필요하다.

4. 해외 전문가 활용 방안

국내 도시철도 및 경전철의 열차제어를 위한 CBTC 시스템의 국산화를 위해서는 해외의 전문기관의 기술자문 및 협조가 필수적이다. 특히 CBTC 시스템은 기존의 신호시스템 뿐만 아니라 무선통신 기술, 통신 보안 기술 등 다양한 분야의 전문적인 기술들이 필요하므로, 각 분야의 해외 전문기관들과의 유기적인 협조 체계 구축을 통한 CBTC 국산화 프로젝트가 수행되어야 한다.

해외 전문가의 활용을 위해서는 우선적으로 CBTC 시스템관련 경험이 있는 해외 전문가 및 기관들의 정보 수집 및 인적 네트워크의 확보가 필요하다. 이를 위해서는 해당 국내의 CBTC 프로젝트 수행기관과 해외의 전문기관들과의 기관 차원에서의 협조체계 구축이 필수적이며, 이와 더불어 각 기술기관에 프로젝트를 수행하는 개인별 회원 가입을 통한 기술 습득 및 인적 네트워크의 확대가 필수적이다. 해외에서는 CBTC 시스템 및 철도기술관련 컨퍼런스나 포럼 등이 활성화 되어 있으며, 프로젝트 참여연구원들이 이러한 기술 및 학술 활동에 적극적으로 참여하여 기술 동향이나 최신 이슈의 수집 및 인적 네트워크의 확대를 도모하고 있다. 이와 같이 기술포럼이나 전문가 그룹들을 중심으로 다양한 관련 정부 또는 민간 기구들이 있으므로, 국내에서도 기관차원이나 개인차원의 활동을 적극적으로 추진하여 해외 전문가의 활용을 활발히 추진할 필요가 있다.

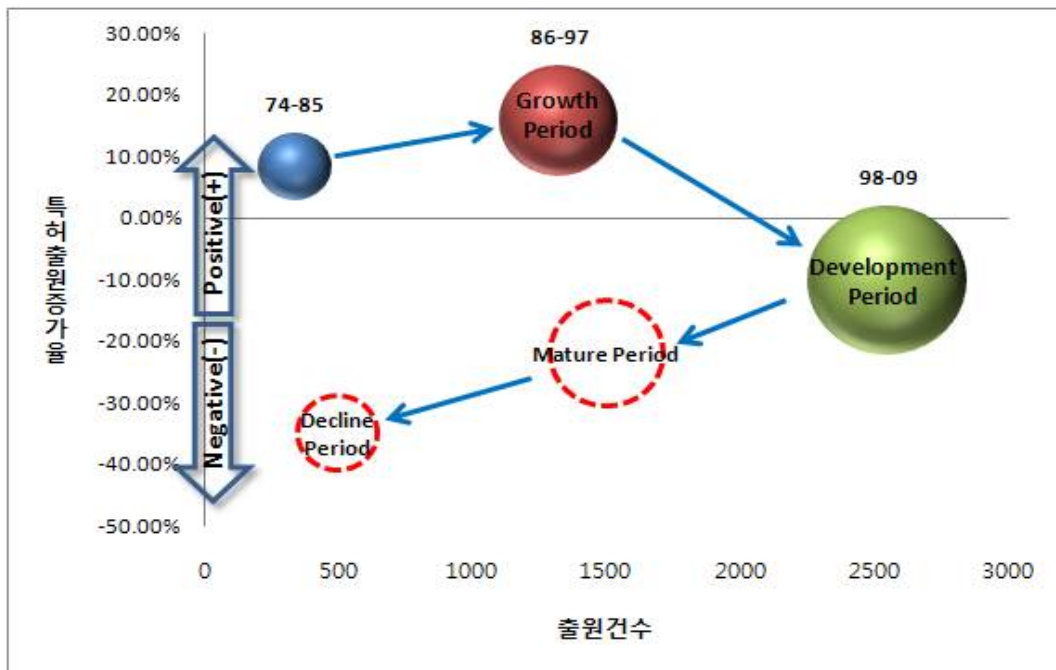
제2절 과제의 특허정보2)

1. 철도분야 신호시스템 시장성 분석

가. 포트폴리오로 본 기술분야의 위치

철도신호시스템 분야의 출원건수와 특허출원증가율 변화의 상관관계를 통해 기술의 위치를 살펴보는 포트폴리오 기본 모델에서, 철도분야 신호시스템 분야는 성장기(Growth Period)를 지나 발전기(Development Period)에 있는 기술 분야임을 알 수가 있다.

발전기에 위치한 철도분야 신호시스템 분야는 시장성이 우수한 긍정적인 기술 분야로 기업의 진입 및 연구개발투자 우선지원대상 기술에 속하는 것으로 볼 수 있다.



1. 제 1 출원인 기준

2. 분석구간 : 한국, 일본 및 유럽특허 ~2008년(출원연도), 미국특허 ~2009(등록연도)

(그림 7-1) 철도신호시스템 분야의 출원건수

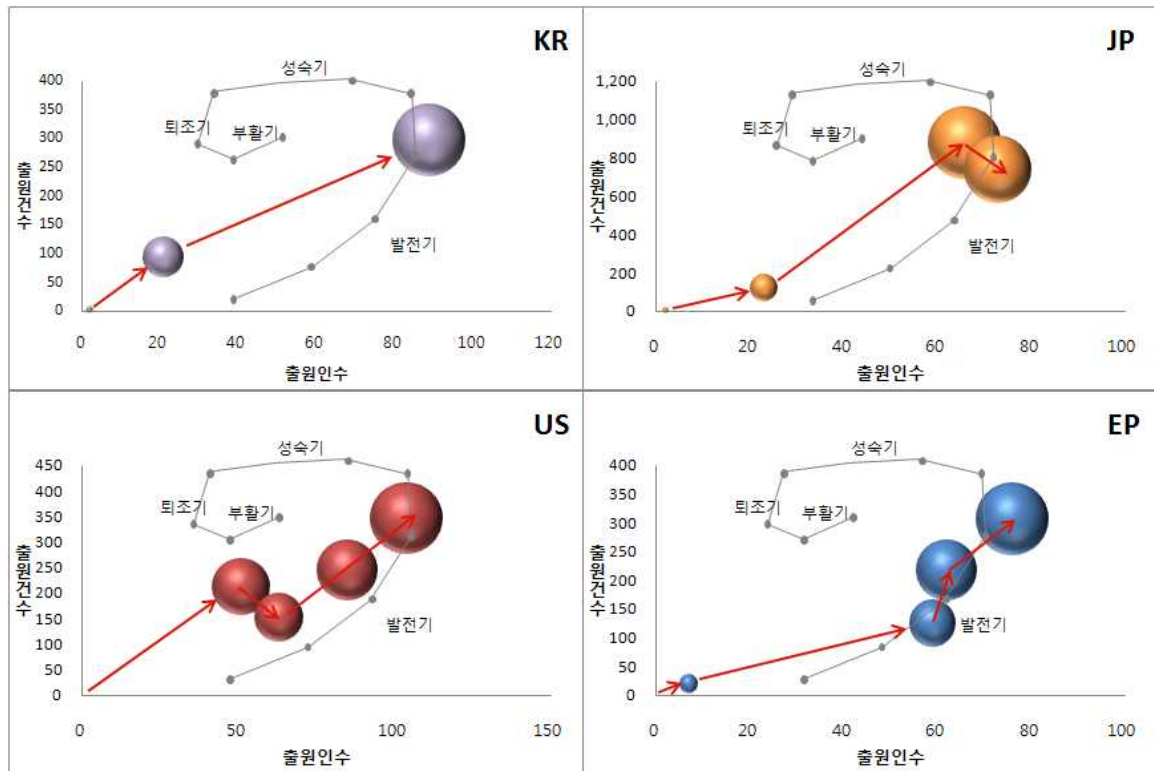
나. 포트폴리오로 본 출원 국가별 기술분야의 위치

[그림 7-2]의 포트폴리오 기본모델에서 철도 신호시스템 분야의 출원건수와 출원인 수 변화의 상관관계를 통해 기술의 위치를 파악할 수 있다. 주요 시장국인 한국, 일

2) 본 과제 관련 상세한 특허 정보는 『국토해양부 미래도시철도기술개발사업 철도분야 신호시스템 상세기획 연구 보고서』(2010, 특허청)을 참고한다.

본, 미국 및 유럽은 지속적으로 신규기업이 진입되어 꾸준한 출원건수가 증가된 것으로 볼 수 있다.

한국특허, 미국특허 및 유럽특허는 성숙기(시장이 성숙되어 몇몇 특정인 또는 특정 기업이 시장을 독점하는 구간) 전인 발전기(기술개발활동이 활발한 구간)에 있는 것으로 나타났으며, 일본특허의 경우, 최근 특허 출원건수가 감소하는 것으로 나타나지만 미국특허의 포트폴리오와 같이 일시적으로 특허 출원건수가 감소된 후 다시 증가될 것으로 분석할 수 있다.



1. 제 1 출원인 기준

2. 분석구간 : 한국, 일본 및 유럽특허 ~2007년(출원연도), 미국특허 ~2008(등록연도)

(그림 7-2) 국가별 출원건수 및 출원인수의 상관관계

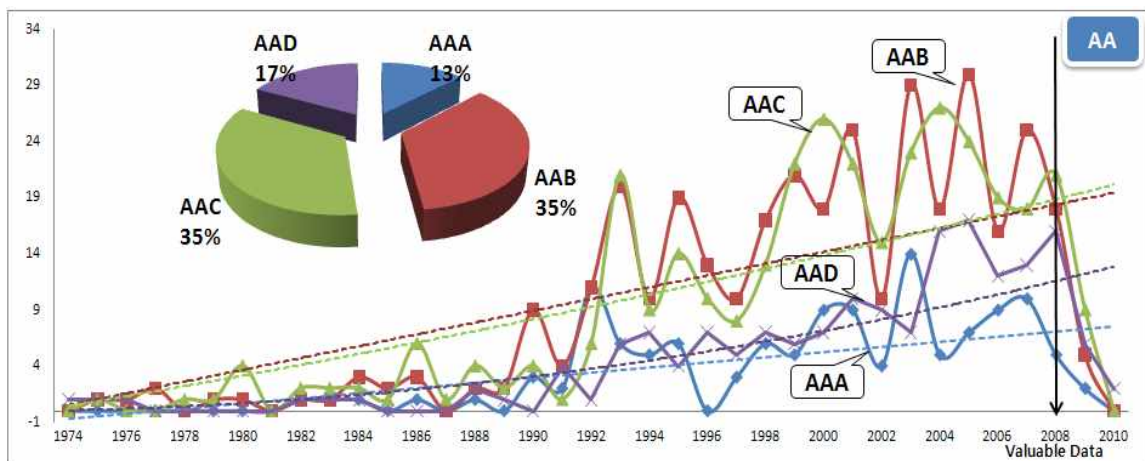
다. 세부기술별 특허동향

세부기술별 특허동향을 통해 철도분야 신호시스템 기술의 출원연도와 출원건수 변화의 상관관계를 통해 연도별 기술위치를 살펴보면 다음과 같다.

(1) 자동열차감시(ATS) 분야

ATS(Automatic Train Supervision, AA) 분야는 지속적으로 기술이 개발되는 분

야로 나타난다. ATS(Automatic Train Supervision, AA) 분야의 소분류인 열차운행 계획(스케줄, timetable)관리(AAA), 열차운행서비스 관리(AAB), 열차추적 및 감시(AAC) 및 인터페이스 관리(AAD) 분야는 기술개발 정도의 차이가 있을 뿐, 지속적으로 기술이 개발되고 있음을 알 수 있다. 특히, 열차운행서비스 관리(AAB) 및 열차추적 및 감시(AAC)는 기술개발 초기부터 활발한 기술개발 활동이 유지되었으며, 인터페이스 관리(AAD)는 최근 급격히 기술개발활동이 활발해 지는 것으로 나타나 현재와 같은 추세로 본다면, 향후 인터페이스 관리(AAD)분야의 기술이 크게 성장할 것으로 예측된다.



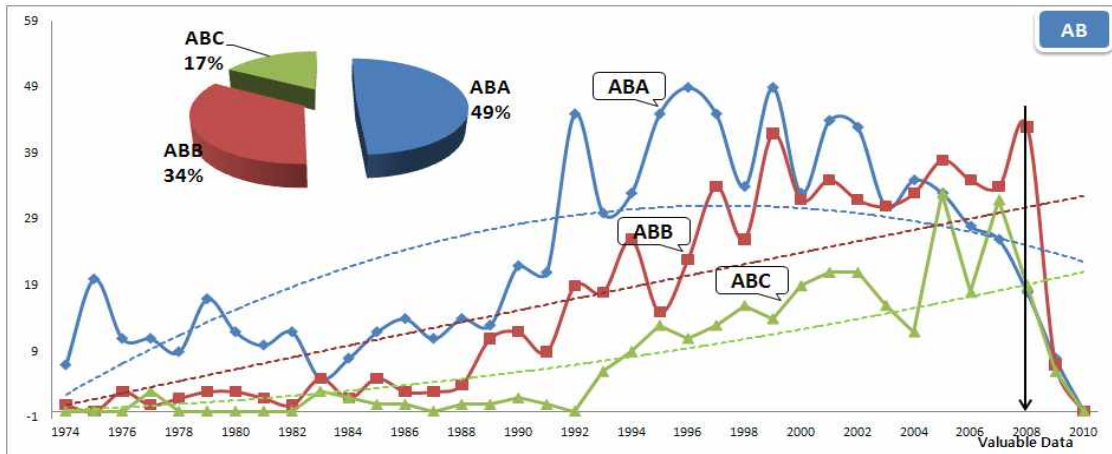
(그림 7-3) 철도분야 신호시스템 기술 국가별 특허출원 동향

(2) 신호제어(AB) 분야

신호제어분야는 각각의 분야마다 서로 다른 형태의 기술개발활동을 보이고 있다. 궤도회로를 이용한 고정폐색방식(ABA) 분야는 70년대 중반부터 기술개발이 시작되었으며, 이후 80년대 초반부터 지속적인 출원이 이루어져 활발한 기술개발 활동을 보였으나, 90년대 후반부터 출원이 꾸준히 감소되어 현재 AB 분야에서 가장 저조한 기술개발활동을 보이는 것으로 나타났으며, 발리스 또는 지상자를 이용한 거리중심제어(ABB) 분야는 80년대 후반부터 꾸준한 기술개발활동을 보이고 있으며, 현재까지 지속적으로 기술개발활동이 이루어지는 것으로 나타났다. 무선통신을 이용한 이동폐색방식(ABC)는 90년대 초반부터 꾸준한 기술개발활동을 보이고 있으며, 거리중심제어(ABB) 분야에 비해 점유율은 낮지만 최근 기술 개발 추세가 거리중심제어(ABB)보다 더 활발해지고 있는 것으로 나타났다.

이러한 내용을 토대로 신호제어(AB) 분야 중 고정폐색방식(ABA) 분야는 기술주

기상 쇠퇴기, 거리중심제어(ABB) 분야는 발전기, 이동폐색방식(ABC) 분야는 성장기에 있는 기술분야로 예측할 수 있다.

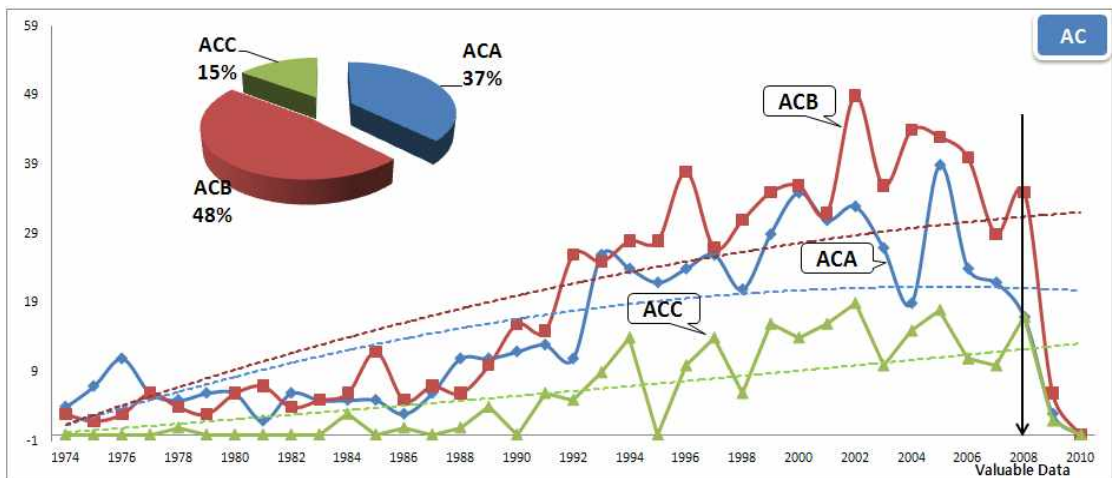


(그림 7-4) 국내 신호제어 분야 연도별 특허 출원건수

(3) 진로제어(AC) 분야

진로제어분야는 ATS(Automatic Train Supervision, AA) 분야와 같이 지속적으로 기술이 개발되는 분야로 나타났다. 진로제어(AA) 분야의 소분류인 진로설정(ACA), 진로처리(ACB) 및 진로감시(ACC) 분야는 기술개발 정도의 차이가 있을 뿐, 지속적으로 기술이 개발되고 있음을 알 수 있다.

다만, 진로설정(ACA) 분야는 최근 특허출원 추세가 진로처리(ACB) 및 진로감시(ACC)에 비해 활발하지 못하고 특허출원 역시 일정 건수를 유지하는 것으로 나타나 발전기를 지나 성숙기에 접어들고 있는 기술 분야로 예측할 수 있다.



(그림 7-5) 국내 진로제어 분야 연도별 특허 출원건수

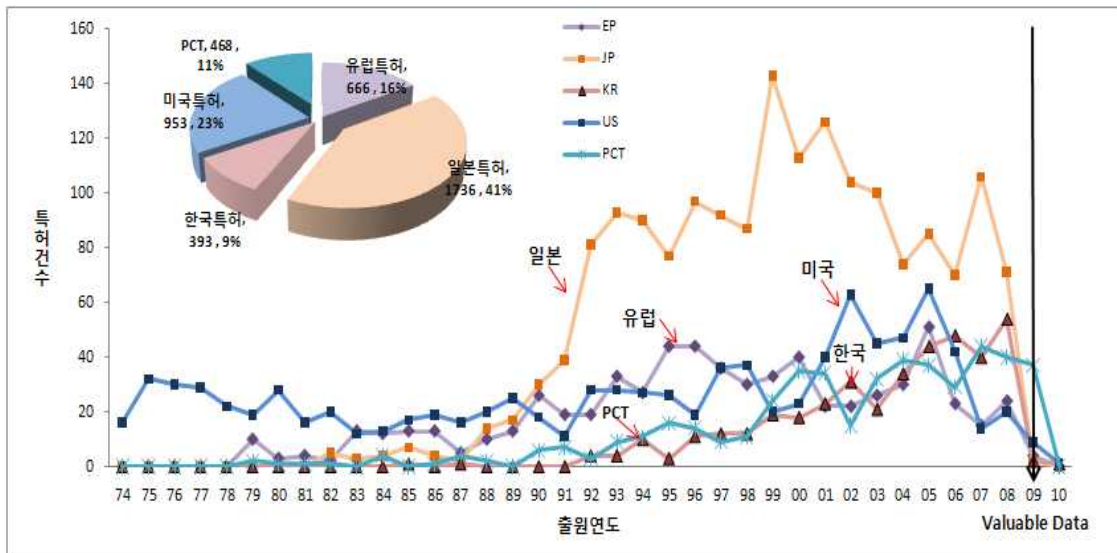
2. 주요시장국 세부기술별 특허동향

가. 주요시장국 연도별 특허동향

철도분야 신호시스템 기술의 국가별 특허출원 동향을 살펴보면, 1990년대 이후로 전 세계의 특허출원건수가 지속적인 증가 추세를 보임을 알 수 있다.

한국은 1990년대 중반부터 꾸준한 특허 출원 경향을 보이고 있으며, 일본은 1980년대 후반부터 급격한 기술개발활동을 보였으나 2000년대 초반부터 기술개발활동이 지속적으로 감소하는 것으로 나타났다. 미국과 유럽의 경우, 철도분야 신호시스템의 개발 초기부터 최근까지 꾸준히 출원이 이루어지는 추세를 보이고 있으며, PCT 역시 90년대 초반부터 지속적으로 출원건수가 증가되고 있음을 알 수 있다.

철도분야 신호시스템 기술의 전 세계 특허 점유율은 한국특허 393건(9%), 일본특허 1736건(41%), 미국특허 953건(23%), 유럽특허 666건(16%), PCT특허 468건(11%)의 분포로 나타나, 일본에서 관련 분야의 기술개발이 가장 활발하게 이루어지고 있음을 알 수 있다.



1. 제 1 출원인 기준
2. 분석구간 : 한국, 일본, 미국, 유럽 및 PCT특허 ~2009년

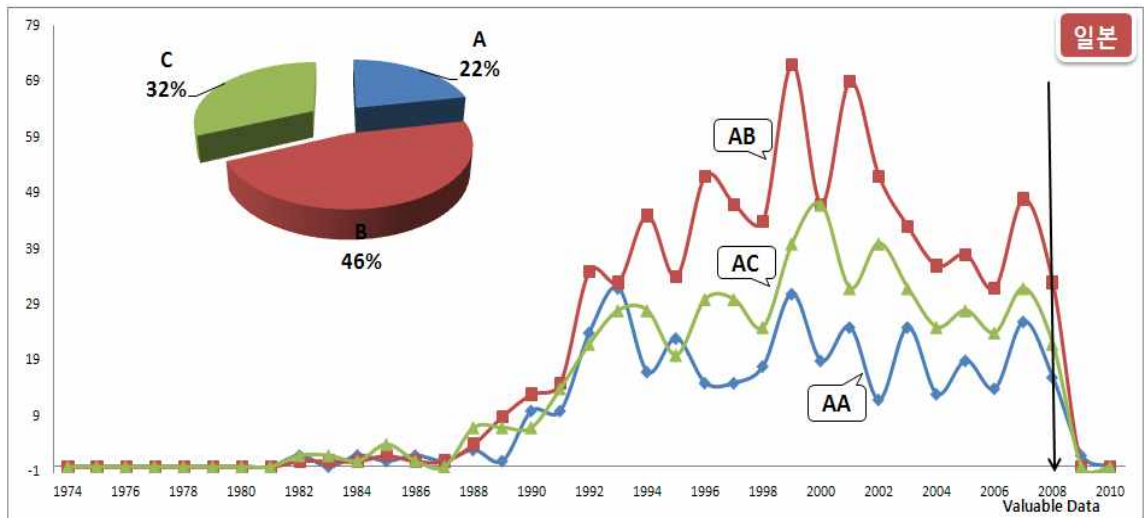
(그림 7-6) 철도분야 신호시스템 기술 국가별 특허출원 동향

나. 세부기술별 특허동향

(1) 일본 특허

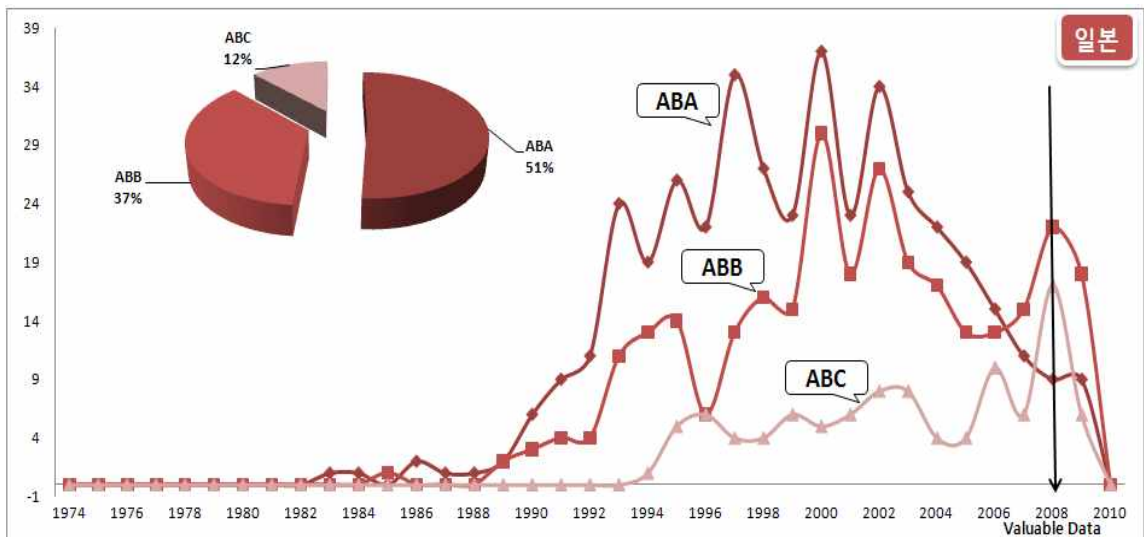
일본특허는 철도분야 신호시스템 기술 분야에서 1980년대 후반부터 1990년대 초반

까지 급격히 증가하는 경향을 보이고 있다. 2000년대 초반부터 감소하는 추세로 나타난 신호제어(AB) 기술 분야를 보다 세분화하여 검토한 결과, 거리중심제어(ABB) 및 이동폐색방식(ACC) 분야는 지속적으로 증가하였으나 고정폐색방식(ABA) 분야의 기술개발이 급격히 감소함에 따라 진로제어(AB) 기술 분야가 전반적으로 감소하는 형태로 나타나 고정폐색방식(ABA) 분야는 기술주기상 ‘쇠퇴기’에 있는 것으로 분석할 수 있다.



※ 분석구간: 일본특허 ~2008년(출원연도)

(그림 7-7) 일본의 철도분야 신호시스템 기술 동향



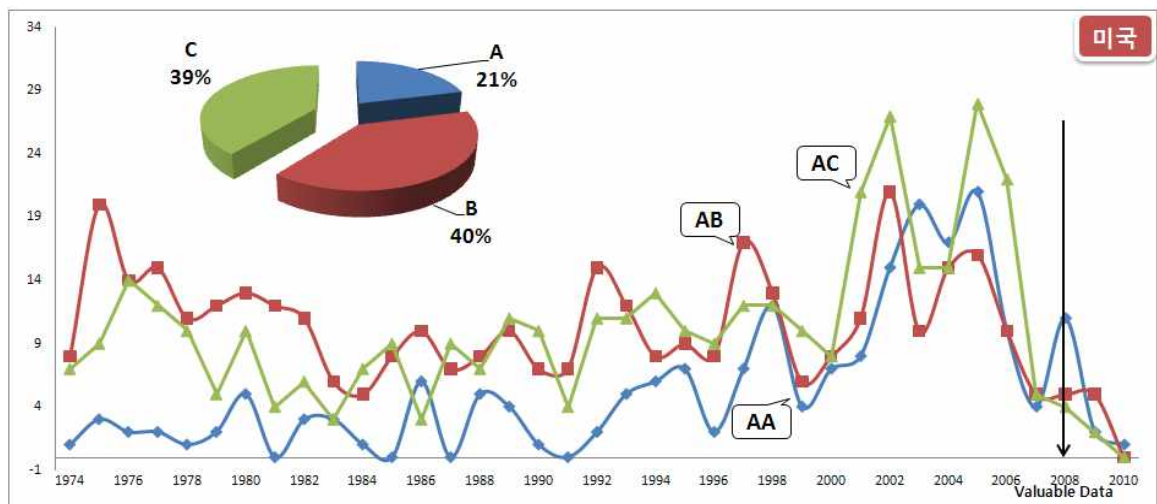
※ 분석구간: 일본특허 ~2008년(출원연도)

(그림 7-8) 일본의 신호제어(AB) 기술 분야 동향

(2) 미국특허

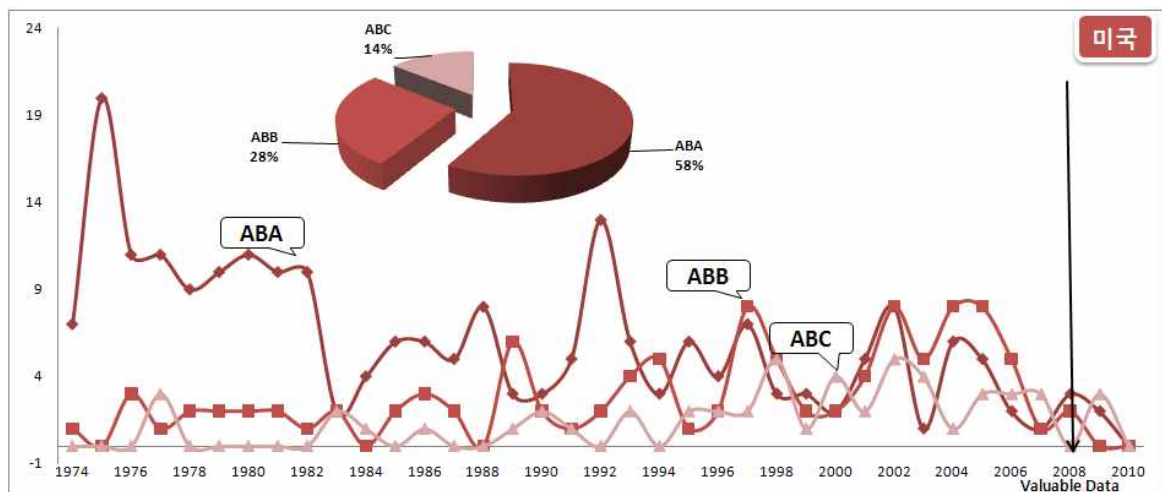
미국특허는 개발 초기부터 꾸준히 출원이 이루어지는 경향을 보이며, 신호제어(AB) 기술 분야를 보다 세분화하여 검토한 결과, 거리중심제어(ABB) 및 이동폐색방식(ACC) 분야는 지속적인 출원이 이루어지고 있으나 고정폐색방식(ABA) 분야의 기술개발이 꾸준히 감소하는 형태로 나타남을 볼 수 있다.

다만, 고정폐색방식(ABA) 분야의 기술개발이 감소한 만큼 거리중심제어(ABB) 및 이동폐색방식(ACC) 분야의 기술개발이 증가하였기 때문에 미국특허에서 진로제어(AB) 분야는 지속적인 기술개발이 이루어지고 있음을 알 수 있다.



※분석구간: 미국특허 ~2008년(등록연도)

(그림 7-9) 미국의 철도분야 신호시스템 기술 동향



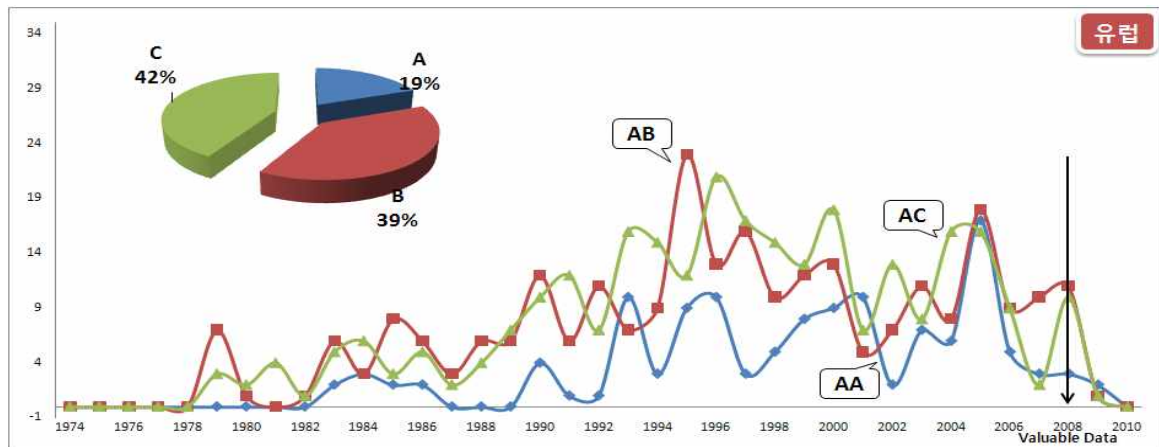
※분석구간: 일본특허 ~2008년(출원연도)

(그림 7-10) 미국의 신호제어(AB) 기술 분야 동향

(3) 유럽특허

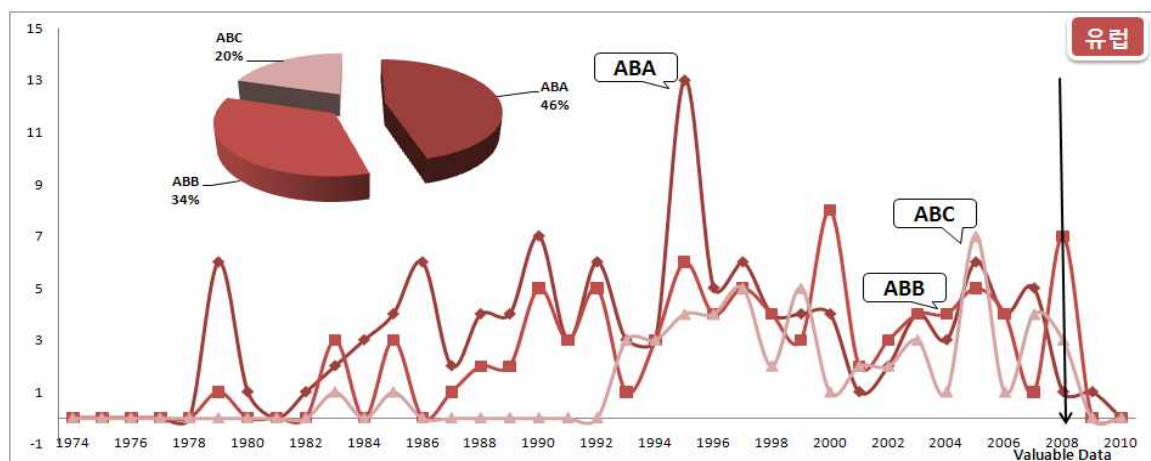
세부기술별 연도별 특허동향에 따라 연구개발 집중 분야를 살펴본 결과, 유럽특허는 철도분야 신호시스템 기술 분야에서 1980년대 초반부터 1990년대 중반까지 지속적으로 증가하는 경향을 보이며, 이후 소폭 감소하는 경향을 보인다.

신호제어(AB) 기술 분야를 보다 세분화하여 검토한 결과, 거리중심제어(ABB) 및 이동폐색방식(ACC) 분야는 꾸준한 기술개발이 이루어지고 있지만 고정폐색방식(ABA) 분야는 1995년을 기점으로 그 출원건수가 꾸준히 감소하고 있는 추세이다. 이러한 추세는 증가 및 감소폭이 일본보다 크게 나타나는 점을 제외하고는 일본특허에서 나타난 형태와 비슷하며, 주요시장국에서 고정폐색방식(ABA) 기술 분야는 ‘쇠퇴기’에 접어든 것으로 파악할 수 있다.



※분석구간: 유럽특허 ~2008년(출원연도)

(그림 7-11) 유럽의 철도분야 신호시스템 기술 동향



※분석구간: 일본특허 ~2008년(출원연도)

(그림 7-12) 유럽의 신호제어(AB) 기술 분야 동향

3. 특허분석 결과

주요시장국 세부기술별 특허동향 분석결과를 토대로 2000년대 초반부터 감소하는 추세로 나타난 신호제어 기술분야를 보다 세분화하여 검토한 결과, 고정폐색방식은 성숙기, 거리중심제어는 발전기, 이동폐색 방식은 성장기로 볼 수 있다.

그림 7-13과 같이 신호제어기술분야 핵심특허에 대한 연도별 기술흐름도에서 알 수 있듯이, 연도별 출원패턴이 고정폐색에서 거리중심제어, 그리고 이동폐색으로 기술개발 연구가 이루어지고 있다.



(그림 7-13) 신호제어기술분야 핵심특허 기술 흐름도

주요 시장국의 기술개발활동이 활발한 주요 연구그룹을 파악하여 주요 연구그룹들이 집중하고 있는 연구개발 분야를 토대로 공백기술을 도출한 결과 신호제어(AB) 기술 중 이동폐색방식(ABC) 기술 분야가 타 분야에 비해 상대적으로 공백기술인 것으로 나타났다. 따라서 이동폐색 방식의 기술분야의 개발은 선택과 집중에 의한 전략 및 TRIZ 관점의 기술발전 단계의 특성에 따라 가장 높은 수익성을 기대할 수 있다.

특히, 90년대 초반부터 꾸준한 기술개발활동을 보이고 있으며, 최근 기술 개발 추세가 활발해지고 있는 성장기 기술 분야인 무선통신을 이용한 이동폐색방식에 대해 출원국가별 세부기술별 특허현황 분석에 따라 도출된 공백기술을 해결과제(목적) 및 해결수단(구성)으로 세분화하여 세부요소별 공백기술을 도출한 결과, GPS 수단, 무

선통신 수단(네트워크 포함), 궤도 감시 수단, 위치 감시 수단, 속도 감시 수단 및 기지국(사령실) 연계 수단이 주요 해결수단(구성)으로 분석되었으며, 충돌 방지, 탈선 방지, 실시간 감시 및 열차 상황 예측에 대한 과제가 주요 해결과제(목적)로 분석되었다. 또한, 분석된 이동폐색방식 기술 분야의 주요 해결수단(구성) 및 주요 해결과제(목적)를 연계하여 검토한 결과, 6개의 공백영역, 13개의 증가영역, 5개의 포화영역이 도출되었으며, 공백영역으로 도출된 기지국과 연계되어 충돌을 방지하는 분야, 탈선 방지 분야 등의 기술 분야에 대한 R&D투자는 바람직할 것으로 사료된다.

국내업체들이 철도분야 신호시스템 기술 분야에 대한 기술개발을 수행하기 위해서는 지속적인 투자로 인한 연구개발뿐만 아니라 세부기술별 핵심기술에 대한 심도 있는 권리분석과 지속적인 특허분석을 통한 개발전략이 필요할 것으로 사료된다.

제3절 국내외 철도시장 전망

1. 국내 철도신호시장 규모

가. 철도신호시장 규모 전망을 위한 전제사항

(1) 대상 적용 철도의 범위

본 과제의 성과물에서 제시된 신호시스템 개발 기술의 적용가능한 시기를 고려하여, 국내 철도 관련 계획 중 선정된 노선을 대상으로 신호시장 규모를 도출하는 것을 전제하였다. 최근 국내 철도 관련 계획에 따른 신규 경량전철 및 도시철도를 대상으로 하였으며, 현재 운행 중인 도시철도 중 2기 서울지하철을 제외하고, 1기 서울지하철 1,3,4(2호선은 개량사업 착수로 인해 제외)호선, 부산지하철 1호선의 개량사업을 반영하였다.

(2) 대상 철도의 총사업비용 추정

국내 철도관련 총사업비용은 관련계획에서 제시되어있는 노선도 있으며, 향후 계획적 관점에서 노선만 제시되어 있는 경우도 없지 않다. 또 현재 구상중이나 본 과제 완료 후 성과물의 지침 및 기준이 적용되어 상용화 시기가 도래했을 때에 적용가능한 노선도 있을 수 있다. 그러므로 총사업비가 개략적으로도 제시되지 않은 사업의 경우, 여타사업과의 성격을 고려해 단위 연장을 감안해 총사업비를 추정하였다. 이는 기계획되어 제시된 비용을 감안하여 km당 평균비용 개념을 적용하여 사업비를 산정하는 것을 전제하였다.

경량전철의 경우 현재 기본계획 중이거나 공사중인 다음 사례를 통해 1km당 총사업비를 추정하면 약 430억/km규모에 이르는 것으로 도출되었다.

[표 7-2] 경량전철 사업비

구분	총사업비(억원)	총연장(km)	1km당 총사업비(억원)
의정부 경전철	4,750	11.1	423
용인 경전철	7,278	18.1	401
부산-김해 경전철	4,750	23.9	323
김포 경전철	14,000	25	560
평균	-	-	430

도시철도의 경우 현재 기본계획 중이거나 공사 중인 다음 사례를 통해 1km당 총 사업비는 약 911억원/km에 이르는 것으로 산출되었다.

[표 7-3] 도시철도 사업비

구분	총사업비(억원)	총연장(km)	1km당 총사업비(억원)
지하철5호선 하산곡동 연장	10,791	10.8	999
지하철6호선 남양주 도농 연장	6,000	6	1,000
인천도시철도 2호선 (광명)	9,542	12.8	745
부산 도시철도 1호선 (다대포선)	7,201	7.98	902
평균	-	-	911

(3) 총사업비 대비 신호시스템 비중

철도의 총 공사비에서 신호시스템이 차지하는 비중은 과거에 비해 차량자동운전 및 무인운전이 가능해지면서 점증하는 추이를 보이고 있으며 장래에도 증가할 것으로 전망된다. 본 연구에서는 신호시스템의 시장규모 산정을 위해서 유사한 신호설비를 이용한 현재 공사 중 또는 시운전중인 사업의 신호시스템 사업 규모의 사례를 조사하여 평균 개념을 적용하여 추정하였다.

경량전철 및 도시철도의 경우, 사례조사의 결과는 다음과 같고 총사업비 대비 신호시스템의 평균적인 비중은 약 7.8%수준에 이르는 것으로 도출되었다.

[표 7-4] 총사업비 대비 신호시스템 사업 비중

구분	총사업비 대비 비중	시스템 구성	자동화 수준
의정부 경전철	8.0%	SIMENS사의 VAL	무인자동운전
부산 도시철도 4호선	6.2%	일본 교산	무인자동운전
부산김해 경전철	9.4%	Thales사의 CBTC	무인자동운전
용인 경전철	7.9%	BT사의 CBTC	무인자동운전
신분당선	7.6%	Thales사의 CBTC	무인자동운전

(4) 시나리오 도입

본 연구에서는 모든 적용대상사업이 시행된다고 볼 수 없기 때문에, 사업시행비용을 고려한다. 이를 위해서 대형 국책사업의 타당성 조사 등에서 적용해 온 시나리오를 보수적 관점에서의 시나리오를 도입하여, 사업시행비용을 비관적(20%), 중립적(35%), 낙관적(50%)의 세 가지로 구분하여 분석하였다. 또한, 경전철, 도시철도는 대도시권 광역교통기본계획의 계획년도를 고려하여 2026년까지 사업시행비용을 고려하여 시행된다고 가정하였다.

나. 국내 경량전철 및 도시철도 신호시장 전망

(1) 신규 경량전철 및 도시철도(~2026년)

신규건설 사업의 경우 앞서 결정한 적용가능 대상사업 결과를 바탕으로 하였으며, 총사업비가 제시되지 않은 경우 전술한 바와 같이 1km당 평균 사업비를 적용해 도출한 총 사업비용을 대상으로 유형별 신호시장 규모를 예측하였다. 향후 적용가능대상의 경량전철 및 도시철도의 총 연장은 727.46km에 이르는 것으로 추정되었으며, 낙관적 시나리오의 경우 약 1조 4천 437억원, 중립적 시나리오는 약 1조 106억원, 비관적 시나리오의 경우 약 5,775억원이다.

[표 7-5] 신규사업 개요

구 분	총연장 (km)	총사업비 추계액 (억원)	신호시장 규모(억원)		
			낙관적	중립적	비관적
경전철 및 도시철도 신규건설 사업	727.46	370,171	14,437	10,106	5,775

(2) 도시철도 개량사업

도시철도 개량사업의 경우는 서울메트로의 자료에 의하면 2015년까지 544량, 2020년까지 734량의 전동차 교체 계획을 수립하고 있다. 서울지하철의 경우 10량 1편성이므로 2015년까지 54편성, 2020년까지 73편성이 교체되는 것으로 산정하고, 매년 동일한 편성수로 전동차 교체가 실시되는 것으로 전제하였다. 부산지하철 1호선의 경우 2015년까지 84량 2020년까지 10편성이 교체되는 것으로 가정하고 매년 동일한 편성수로 전동차 교체가 실시되는 것으로 분석하였다.

지하철 신호시장의 경우 차량 1편성당 신호개량비용은 개량사업이 완료된 지하철

2호선의 사례³⁾를 적용하여 지하철 신호개량시장의 규모를 산정하였다. 낙관적 시나리오의 경우 약 638억원, 중립적 시나리오의 경우는 약 447억원, 비관적 시나리오는 약 255억원 수준에 이를 것으로 추정된다.

[표 7-6] 도시철도 개량사업

구 분	편성(수)	총량(량)	신호시장 규모(억원)		
			낙관적	중립적	비관적
전동차 개량 신호설비 시장	147	1,446	638	447	255

(3) 국내 경량전철 및 도시철도 신호시장 총 전망

상기에서 언급된 내용들을 종합하여 장래 시나리오별 국내 경량전철 및 도시철도 신호시장 규모는 낙관적 시나리오의 경우 약 1조 5,075억원, 중립적 시나리오는 약 1조 75억원, 비관적 시나리오의 경우 약 6,030억원 규모에 이를 것으로 추정된다.

[표 7-7] 국내 경량전철 및 도시철도 신호시장 총 전망

단위: 억원

낙관적	중립적	비관적
15,075	10,553	6,030

3) 서울메트로, 2호선 전동차 ATO 사업 추진방안 기술 용역, 2005.10

2. 세계철도시장 전망

가. 분야별 시장전망

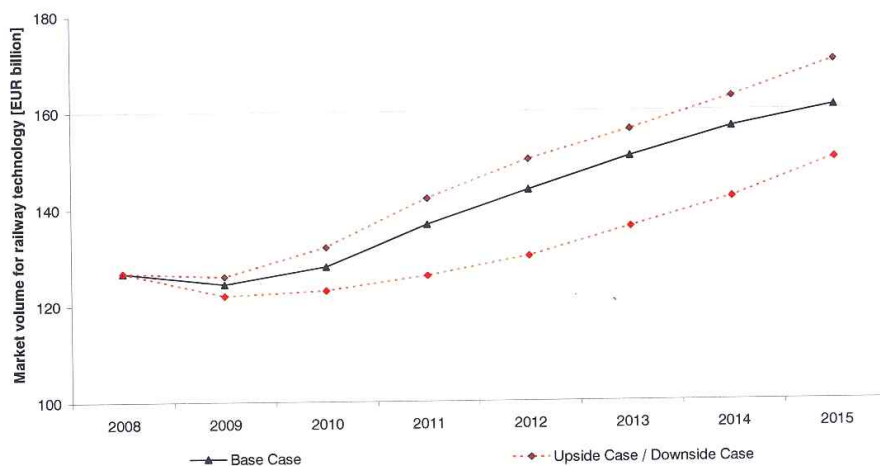
장기간 관점에서 철도 수요는 철도 관련 생산품의 수요와 연관이 된다. 가장 큰 발전은 인프라 분야에서 보이고 있으며, Rolling Stock분야에서 화물객차나 기관차에 대한 수요는 감소추이를 보이고 있다. system technology분야는 신호 및 제어 시스템이 대부분을 차지하는 분야로서, 전체 시장규모의 약 10.4%를 차지하고 있는 것으로 조사되었으며, 2009년부터 2014년까지의 연평균 시장 성장률은 4.1%인 것으로 조사되었다.

[표 7-8] 철도분야별 시장전망

분야	연간 시장 규모 (EUR millions)	연평균 시장 성장률 (2009~2014)	표준편차 (2009~2014)
Infrastructure	39,500	+5.5	2.5
Systems technology	13,200	+4.1	1.4
Rolling stock	73,800	+3.7	0.1
총 계	126,500	+4.2	1.3

자료 : SCI Verkehr 보고서

낙관적·중도적·비관적 시나리오를 바탕으로 철도 기술 시장의 규모를 예측한 그래프는 다음과 같다.



(그림 7-14) 2008~2015년 철도 기술의 세계 시장 성장 예측

(1) 낙관적 시나리오 (Upside case)

- 중도적 시나리오보다 빠른 세계 경제의 급속한 회복과 증가하는 교통량에 근거한 중도적 시나리오보다 빠른 투자를 가정함
- 공공 자금이 철도 시스템에 투자할 정도로 충분한 상태라고 가정함
- 덧붙여 친환경적 교통수단으로 철도의 중요성의 부각 요소를 고려함

(2) 중도적 시나리오 (Base case)

- 2010년에 경제 회복으로 철도 분야의 재정 투자가 가능한 상황을 가정함
- 2008년의 철도 화물 교통 수요가 2012년에 다시 도달하며 철도 여객 수요는 2010년에 도달할 것으로 가정함
- 2012년부터 공공 자금이 투자와 관련하여 압력을 받게 되며, 차량과 인프라에 개인 투자 자금이 증가할 것으로 가정함

(3) 비관적 시나리오 (Downside case)

- 경기의 회복과 차량과 인프라에 대한 투자가 매우 느리게 회복되는 경우를 가정함
- 공공자금의 위기로 인하여 투자가 늦추어지는 상황을 가정함

나. 분야별(철도기술) 시장전망

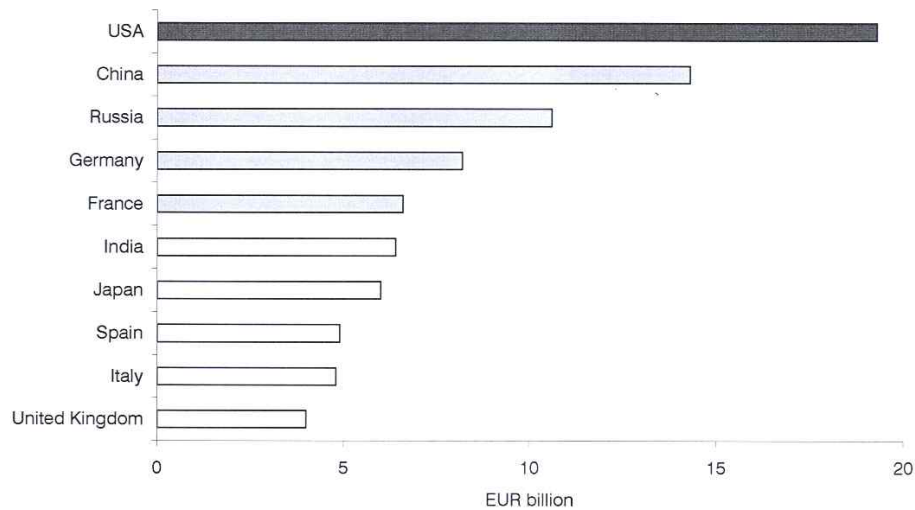
서유럽은 세계에서 철도시장이 활성화되고 있는 지역이며, 아시아는 지속적 성장을 거듭하여 최근에는 북아메리카를 능가하고 있으며, 2년 내에 서유럽시장을 상회할 것으로 예견된다.

국가별로는 미국이 세계에서 가장 큰 철도시장을 가지고 있으며 그 뒤를 중국과 러시아가 따르고 있다. 이미 세계 10위권 내의 아시아의 국가로는 인도, 일본, 중국 등 3개국이며 앞으로 5년 내에는 중국과 인도, 미국의 철도시장의 지속적 성장이 예견된다.

[표 7-9] 지역별 시장전망

지역	연간 시장 규모 (EUR millions)	연평균 시장 성장률(%) (2009~2014)	표준편차 (2009~2014)
서유럽	39,000	+3.5	2.1
동유럽	8,800	+3.3	3.8
북아메리카	23,500	+4.3	4.5
중앙/남아메리카	3,000	+7.1	4.7
아시아	317,000	+5.2	2.4
아프리카/중동	4,250	+5.8	4.3
CIS(독립국가연합)	13,700	+3.7	2.3
호주/태평양부근	2,500	+3.8	7.5
총	12,600	+4.2	1.0

자료 : SCI Verkehr 보고서



(그림 7-15) 2009년 국가별 세계 시장 점유 순위(2008~2010년 평균)

제4절 국내 철도신호시장 목표점유율에 따른 경제적 파급효과 분석

1. 연구방법

가. 개요

본 과제 종료 후 성과물에 의한 국내 철도신호시장 목표점유율 변화에 따른 경제적 파급효과의 규모를 파악하는 것은 거시적 경제 메카니즘 차원에서 국가의 각종 산업에 미치는 영향과 해외 수출에 따른 부가가치 창출이란 차원에서 국부와 직결되는 중요한 요소로 꼽을 수 있다. 이를 위해 본 연구에서는 한국은행에서 발표하는 산업연관표를 이용한 산업연관효과 분석을 수행하였다. 이는 각 산업간 상관관계효과를 고려한 산업부문별 생산유발효과와 부가가치 창출효과 등을 고려하여 작성된 것으로 국내 산업부문별 그 효과를 추론할 수 있다.

산업연관표상에서는 403개의 기본 산업부문으로 유형별로 구분되어 있는데, 본 연구에서는 철도신호시스템과 관련된 분야로서 '310 지하철시설'을 선정하여 2009년 발표된 2007년 산업연관표를 이용하여 산업연관효과분석을 수행하였다.

나. 산업연관표의 기본 구조

노동, 자본, 원자재 등 각종 중간재를 투입하여 소비재나 자본재를 생산하여 판매하는 모든 거래를 일정 기간동안 일정 형식에 따라 정리한 표가 산업연관표이다. 산업연관표에서는 이와 같은 재화와 서비스의 거래를 첫째 산업 상호간의 중간재 거래부분, 둘째 각 산업부문에서의 노동, 자본 등 본원적 생산요소의 구입부분, 셋째 각 산업부문 생산물의 최종소비자에게로의 판매부분의 세 가지로 구분하여 기록되어 있다.

이를 아래의 그림과 같이 표현해보면, 그림에서 세로방향은 각 산업부문의 비용구성 즉 투입구조를 나타내는데 이는 원재료 등의 투입을 나타내는 중간투입과 노동이나 자본투입을 나타내는 부가가치의 두 부분으로 나누어지며 그 합계는 총 투입액이 된다.

이 표의 가로방향(行)은 각 산업부문의 생산물 판매 즉 배분구조를 나타내는 것으로 중간재로 판매되는 중간수요와 소비재, 자본재, 수출상품 등으로 판매되는 최종수요의 두 부분으로 나누어진다. 그리고 중간수요와 최종수요를 합한 것이 총 수요액

이며 여기서 수입을 뺀 것이 총 산출액으로 이때 각 산업부문의 총 산출액과 이에 대응되는 총 투입액은 항상 일치하여야 한다.

		중 간 수 요	최종수요	총수요계	수입(공제)	총산출액
중간 투입	열	배분구조(생산물의 판매내역) 내생부문			(-)	
부가 가치	투입구조 (원재료*노동등의 구입내역)					
총 투입액						

↓
외생부문

(그림 7-16) 산업연관표의 기본 구조

한편 재화와 서비스의 산업부문 상호간의 거래인 중간수요와 중간투입을 기록하는 부분을 내생부문이라 하고 최종수요와 부가가치를 기록하는 부분을 외생부문이라 한다.

따라서 산업연관표는 내생부문과 외생부문으로 구성된다고 볼 수 있는데 내생부문이란 외생부문의 수치가 모형외부에서 주어지면 이에 따라 수동적으로 모형 내에서 그 값이 결정되는 부분이란 의미로 산업연관표 작성과정에서 가장 어려운 부분이며 작성된 표의 분석이나 이용에 있어서도 가장 중요한 부분이다.

외생부문이란 내생부문과는 관계없이 모형 밖에서 값이 결정되는 부분이기 때문에 이 부문의 값의 변동이 국민경제에 어떠한 경제적 파급효과를 미치는가를 알아보려는 것이 산업연관표 작성의 1차적 목적이라고 할 수 있다.

2. 본 과제 성과물의 목표점유율 예측

가. 시나리오 선정

본 과제 성과로서 도출되는 도시철도 분야의 철도신호시스템은 2014년 이후 국내에 건설 검토중인 신규도시철도와 기존 도시철도의 구형 차량 개량화 사업 및 국외 신규 도시철도 시장 진입을 목표로 하고 있다. 본 연구에서는 국내의 경제적 파급효과를 대상으로 하므로, 본 성과물이 국내 도시철도 분야 신호시장에서 점유하는 비율을 전술한 시나리오에 따라 낙관적(50%), 중립적(35%), 비관적(20%)으로 나누어 분석하였다. 이는 국산화 신호시스템 체계에 대한 우호적 시장분위기와 정책적 차원에서 지원 등을 고려하여 시나리오를 구성하였다.

나. 본 과제 성과물의 목표점유율에 따른 수요예측

앞서 산정한 국내 도시철도 신호시장 규모를 바탕으로 목표점유율 시나리오에 따른 본 과제 성과물의 수요규모를 산정하였으며, 앞에서 언급한 국내 도시철도 신호시장 또한 사업시행정도에 대한 시나리오에 따라 산정된 바 국내 도시철도 신호시장 시나리오별로 목표점유율에 따른 본 과제 성과물의 수요규모를 추정하였다.

[표 7-10] 성과물 목표점유율에 따른 수요예측

(단위:억원)

목표 점유율 별 수요예측		본 과제 성과물의 신호시장 목표점유율		
		낙관적 (50%)	중립적 (35%)	비관적 (20%)
국내도시 철도시장의 사업시행여부	낙관적	7,537	5,276	3,015
	중립적	5,276	3,693	2,110
	비관적	3,015	2,111	1,206

분석 결과, 최소 약 1,206억원 규모에서 최대 약 7,537억원 규모에 이르는 것으로 추정되었다.

3. 경제적 파급효과 분석

가. 경제적 효과계수 측정

위에서 언급한 산업연관표 상의 경쟁수입형 생산자가격표의 투입계수를 이용하여 도출된 경제적 효과 계수는 다음 표와 같다. 그리고 고용유발계수는 한국개발연구원(KDI)의 ‘철도부문사업의 예비타당성 조사 표준지침 연구(제3판), 2001’에서 제시하고 있는 값을 이용하였다.

[표 7-11] 경제적 효과 계수

생산유발	부가가치	고용유발(억원당)
2.547965	0.769538	2.870

나. 경제적 파급효과 규모

본 과제 성과물의 신호시장 목표점유율과 국내 도시철도시장의 사업시행에 따라 낙관적·중립적·비관적 시나리오를 적용하여 생산유발효과를 산정하였다. 이 때, 신

호시장 목표점유율은 50%일 때를 낙관적으로 35%일 때를 중립적, 20%일 때를 비관적으로 정의하였다. 신호시장 목표점유율과 국내 도시철도 시장 사업의 시나리오 모두가 낙관적일 경우 약 19,205억원 규모, 모두가 비관적일 경우 약 3,073억원 규모로 추정된다.

[표 7-12] 생산유발효과

생산유발효과 (억원)		본 과제 성과물의 신호시장 목표점유율		
		낙관적 (50%)	중립적 (35%)	비관적 (20%)
국내도시철도 시장의 사업시행여부	낙관적	19,205	13,444	7,682
	중립적	13,443	9,411	5,377
	비관적	7,682	5,378	3,073

부가가치유발효과 또한 상기한 과정으로 수행하였다. 모두가 낙관적일 경우 약 5,800억원 규모, 모두가 비관적일 경우 약 928억원 규모로 추정되었다.

[표 7-13] 부가가치유발효과

부가가치유발효과 (억원)		본 과제 성과물의 신호시장 목표점유율		
		낙관적 (50%)	중립적 (35%)	비관적 (20%)
국내도시철도 시장의 사업시행여부	낙관적	5,800	4,060	2,320
	중립적	4,060	2,842	1,624
	비관적	2,320	1,624	928

상기와 같은 방법으로 각각의 낙관적·중립적·비관적 시나리오를 적용하여 모두 9가지의 시나리오에 따른 고용유발효과를 추정하였다. 모두가 낙관적일 경우 약 21,632명, 모두가 비관적일 경우 약 3,461명에 이르는 것으로 추정되었다.

[표 7-14] 고용유발효과

고용유발효과 (명)		본 과제 성과물의 신호시장 목표점유율		
		낙관적 (50%)	중립적 (35%)	비관적 (20%)
국내도시철도 시장의 사업시행여부	낙관적	21,632	15,143	8,653
	중립적	15,143	10,600	6,057
	비관적	8,653	6,057	3,461

제5절 기술적 파급효과 분석

철도신호의 상용화 사업에 의한 기술개발 및 완성과정에서 기술적 파급효과가 매우 다양한 분야에 직·간접적으로 발생할 것으로 사료된다. 우선 해외에 의존하던 핵심장치개발로 해외기술의 종속에서 탈피함과 동시에 철도산업의 기술경쟁력 재고 및 개발품에 대한 응용기술 확대를 기대할 수 있다. 또한 표준화 기준 제정으로 제작시 표준사양, 법적시험인 성능시험 등이 활용될 수 있으며 이를 계기로 국내 철도의 안전성 및 신뢰성이 확보된다. 따라서 신호시스템 표준화를 통해 향후 신규노선 및 기존선의 신호시스템 개량 시 적용할 수 있으며 기존 외국에 의존하던 신호시스템 분야 핵심기술이 확보됨으로써 외국기술의 종속에서 탈피하여 기술 자립 및 유지관리 측면에서의 비용절감 등 상당한 효과가 기대된다.

파급효과를 기능별로 나누어 직접효과를 먼저 살펴보면, 기존 기술에는 위치검지장치, 유무선 통신설비 등 신호/통신 등에 영향을 미치게 되며, 간접적으로도 전자기, 통신, 제어기술 및 지능형 기술에 파급효과가 발생하게 될 것으로 추정된다.

[표 7-15] 신호/통신 기술 직·간접 기술적 파급효과의 추정

직접효과		간접효과	
기존기술	신기술	기존기술	신기술
<ul style="list-style-type: none"> · 위치검지장치 · 유무선 통신설비 	<ul style="list-style-type: none"> · CBTC 신호시스템 · 무인자동화설비 	<ul style="list-style-type: none"> · 신호/통신장비기술 · 정보처리 및 네트워크 기술 · 신규 기술인력 배양 	<ul style="list-style-type: none"> · 도플러기술 · 광통신기술

또한 종합적인 설계기술과 핵심부품 생산 및 시험·평가기술을 향상시켜 자동차 및 항공산업, 컴퓨터 및 통신산업, 조선산업과 국방산업 분야의 설계기술 발전에도 파급효과가 예상된다. 열차자동제어 및 통신기술은 전자, 정보·통신기기, 통신 서비스, 교통신호, 교환기, 전자부품, 자동제어, 음향기기, 컴퓨터 및 관련 소프트웨어, 열차통신기기, 안전감시 및 모니터링 설비, 계측기 등 첨단산업기술 분야에 파급효과가 상당할 것으로 판단된다.

제8장 과제 추진 일정 및 성과

제1절 과제 추진 일정

본 연구과제는 4차년도로 구성되며, 1차년도와 2차년도의 연구기간은 6개월이며, 3차년도와 4차년도의 연구기간은 12개월로 한다. 세부과제 1은 열차제어시스템의 표준사양서 작성과 열차제어시스템의 안전성평가를 수행하며, 세부과제 2는 열차제어시스템 시험평가인프라구축과 열차제어시스템의 기능과 성능을 시험하고 평가한다. 세부과제 3은 상용화된 무선통신망중 열차제어에 적합한 통신방식을 선정하여 열차제어용에 최적화하는 연구를 수행하며, 동시에 관련부처와 협의하여 열차제어용 무선주파수를 확보하는 작업을 수행한다.

그림8-1에서 확인할 수 있듯이 세부과제 1은 1차년도에 작성한 열차제어시스템 표준사양(안)과 시스템개발사양서를 세부과제 2에 제공하여 시험평가인프라를 구축할 수 있도록 지원한다. 세부과제 3은 ATP와 열차제어용 무선통신망을 연결하는 인터페이스장치를 개발하여 세부과제 2에 제공하여 시험평가인프라구축에 지장이 없도록 한다. 세부과제 2는 기업이 제작한 ATP/ATO를 포함하여 3차년도까지 열차제어시스템의 구축을 완료한다. 그리고 열차제어시스템의 제작시 수행된 시험평가 결과를 포함한 열차제어시스템 시험평가내용을 4차년도부터 세부과제 1로 제공하여 시스템 표준사양작성에 활용할 수 있도록 한다.



(그림 8-1) 과제 추진 일정

1. 세부과제 1 : 열차제어시스템 표준체계구축 및 안전성평가

세부과제 1의 연구일정 및 연구내용은 다음과 같다.

[표 8-1] 세부과제 1의 연구일정 및 연구내용

연구내용	년도	1차 (6개월)	2차 (8개월)	3차 (12개월)	4차 (12개월)
<input type="checkbox"/> 연구개발의 통합 및 총괄운영관리체계 구축 ○ 과제총괄조정 및 일정관리 ○ 연차별 연구내용 조정 및 보완 ○ 성과목표 및 성과지표 관리(전산도구활용)					
<input type="checkbox"/> 열차제어시스템 표준화체계 구축 ○ 열차제어시스템 표준화체계 설정 - 열차제어시스템 표준화계획 작성 · 표준화 목표, 대상, 범위 · 표준화활동 조직, 업무 및 운영 - 열차제어시스템 표준사양(안) 작성 · 열차제어시스템단위 표준사양 · 하부시스템단위 표준사양 · 장치(구성품)단위 표준사양 - 열차제어시스템 표준사양 및 관리체계 작성 · 열차제어시스템 표준사양 작성 및 법제화 지원 · 열차제어시스템 표준사양관리체계 법제화 지원 ○ 열차제어시스템 성능평가의 법제화 지원					
<input type="checkbox"/> 열차제어시스템 안전성 평가 ○ 열차제어시스템 안전성 활동·평가 계획 작성 - 안전성평가 목표, 대상, 범위 - 안전성평가 조직, 업무 및 운영 ○ 열차제어시스템 안전요구사항 작성 및 평가 - 위험원 도출 및 분석 - 열차제어시스템 안전요구사항 작성 및 평가 ○ 하부시스템별 안전요구사항 작성 및 평가 (ATS, ATP/ATO, EI 및 열차제어용 무선통신설비) - 위험원 도출 및 분석 - 안전요구사항 작성 및 평가 ○ 하부시스템별 안전성활동 평가					

연구내용	년도			
	1차 (6개월)	2차 (8개월)	3차 (12개월)	4차 (12개월)
(공정별로 수행한 안전성활동내용에 대한 평가)				
○ 열차제어시스템 안전성 평가				
□ 공정별 시스템엔지니어링 활동				
○ 열차제어시스템 시스템엔지니어링 계획 작성				
- 시스템엔지니어링 활동 조직, 업무 및 운영				
○ 열차제어시스템 운영시나리오 작성				
○ 열차제어시스템 목표사양서 작성				
- 열차제어시스템 요구사항 분석				
- 열차제어시스템 목표사양서 작성				
· 열차제어시스템 기능(요구)사양서				
· 열차제어시스템 (요구)사양서				
○ 열차제어시스템 설계				
- 하부시스템별 기능요구사항서 정의				
- 하부시스템별 기능분류 및 배치				
- 하부시스템별 (개발)사양서 정의				
○ 열차제어시스템 구축				
- 하부시스템별 제작공정별 내용 검토 및 보완				
- 열차제어시스템 구축				
· 하부시스템 통합(시험선)				
○ 열차제어시스템 시험 및 평가				
- 열차제어시스템 목표사양서 평가 및 보완				
- 열차제어시스템 운영에 필요한 제반사항 지원				

2. 세부과제 2 : 열차제어시스템 성능평가

세부과제 2의 연구일정 및 연구내용은 다음과 같다.

[표 8-2] 세부과제 2의 연구일정 및 연구내용

연구내용	년도	1차 (6개월)	2차 (8개월)	3차 (12개월)	4차 (12개월)
□ 열차제어시스템 기능·성능 시험평가 인프라 구축					
○ 열차제어시스템 시험계획서 작성					
- 시험평가 조직, 업무 및 운영					
- 열차제어시스템 시험계획서 작성					
○ 시험평가요원의 교육 및 훈련					
○ 시험평가 인프라 설계					
- 소요 인프라 범위 및 대상 정의 (사령설비, 전자연동장치, 열차제어용 무선LAN 은 세부과제 2에서 구축)					
- 지상인프라(구성도, 결선도, 설치도)					
· 열차제어시스템 지상설비					
· 열차제어시스템 이외의 설비					
- 차상인프라(구성도, 결선도, 설치도)					
· 열차제어시스템 차상설비					
· 시험열차 2편성(4량 1편성)					
- 계측설비(구성도, 결선도, 설치도)					
○ 시험평가 인프라 구축					
- 시험평가 인프라 제작(또는 구매발주)					
- 시험평가 인프라 설치					
- 시험평가 인프라 (기능, 성능)확인 및 보완					
□ 열차제어시스템 기능·성능 시험평가					
○ 하부시스템별 시험평가					
- 시험항목 및 평가기준 정의					
- 시험절차서 작성					
- (기능, 성능)시험평가					
○ 열차제어시스템 통합 평가					
- 시험항목 및 평가기준 정의					
- 시험절차서 작성					

연구내용	년도	1차 (6개월)	2차 (8개월)	3차 (12개월)	4차 (12개월)
-(기능, 성능)시험평가 ○ 열차제어시스템 기능시험 및 평가 -시험항목 및 평가기준 정의 -시험절차서 작성 -시험평가 ○ 열차제어시스템 성능시험 및 평가 -시험항목 및 평가기준 정의 -시험절차서 작성 -시험평가					

3. 세부과제 3 : 철도전용 무선통신체계 연구

세부과제 3의 연구일정 및 연구내용은 다음과 같다.

[표 8-3] 세부과제 3의 연구일정 및 연구내용

연구내용	년도	1차 (6개월)	2차 (8개월)	3차 (12개월)	4차 (12개월)
□ 열차제어용 무선주파수 확보					
○ 열차제어용 무선주파수 확보계획서 작성					
- 무선주파수 확보를 위한 활동조직, 업무 및 운영					
○ 열차제어용 무선주파수의 요구사항 정의					
○ 열차제어용 무선통신망 구축계획 작성					
○ 열차제어용 무선통신망방식 선정					
○ 열차제어용 무선통신망 확보					
□ 열차제어용 무선통신체계 연구					
○ 열차제어용 무선통신망 기능요구사항 연구					
○ 열차제어용 무선통신망 개발요구사항 연구					
○ 열차제어용 무선통신체계 연구					
- 열차제어를 위한 무선통신체계 최적화 연구					
- 최적화 평가를 위한 통신망 구축(시험선용)					
○ 열차제어용 무선통신체계 시험평가					
- 시험항목 및 평가기준 정의					
- 시험절차서 작성					
- 시험평가(시험평가는 세부과제 2에서 수행)					
□ ATP-열차제어용 무선통신망 인터페이스장치 개발					
○ 인터페이스장치 설계					
○ 인터페이스장치 제작 및 설치					
○ 인터페이스장치 시험평가					

제2절 연구 성과물

1. 최종성과물

본 연구는 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템의 안전성평가, 기능시험평가 및 성능시험을 평가하는 것이므로, 최종성과물은 시스템의 기능과 성능을 시험하고 평가하기 위한 인프라, 계측설비가 하드웨어의 대부분을 차지할 것이며, 시스템 안전성평가과정에서 작성되는 문서가 문서/도면의 대부분을 차지할 것이다.

가. 하드웨어 및 시설물

- 기능 및 성능시험평가용 지상인프라 1식
- 시험차량 2편성(차세대전동차를 활용할 경우 1편성)
- 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 1식
 - ATS 1식
 - 지상 ATP / ATO 1식
 - 차상 ATP / ATO 4식(1편성당 2식)
 - 전자연동장치 1식
- 열차제어용 무선통신망 1식
 - 열차제어용 무선통신망I (무선LAN) 5식(지상용 1식, 차상용 4식)
 - 열차제어용 무선통신망II (세부과제 3의 무선통신망) 5식(지상용 1식, 차상용 4식)
 - 인터페이스장치 5식(지상용 1식, 차상용 4식)
- 계측설비 2식(지상, 차상)

나. 소프트웨어

- 과제관리지원도구용 소프트웨어 1식
- 시스템 안전성평가도구용 소프트웨어 1식
- 시험평가지원도구용 소프트웨어 1식

다. 문서 및 도면

- 과제관리관련 1종
- 시스템엔지니어링관련 19종

- 시스템기능 및 성능시험평가관련 14종
- 무선통신망 시험평가관련 7종

라. 연차보고서 및 최종보고서

2. 세부과제별 성과물

가. 세부과제 1 - 열차제어시스템 표준체계구축 및 안전성평가

[표 8-4] 열차제어시스템 표준체계구축 및 안전성평가

구분	성과물	수량	비고
하드웨어 및 시설물	-	-	-
소프트웨어	과제관리지원도구용 소프트웨어	1	-
	시스템엔지니어링개발지원도구용 소프트웨어	1	-
	시스템 평가도구용 소프트웨어	1	-
문서 및 도면	과제계획서	4	1차년도 2차년도 3차년도 4차년도
	과제관리계획서	1	
	시스템엔지니어링관리계획서	1	
	시스템운영요구사양서	1	
	시스템유지관리계획서	1	
	시스템성능목표사양서	1	
	시스템기능요구사양서	1	
	시스템(개발)사양서	1	
	하부시스템기능요구사양서	1	
	하부시스템(개발)사양서	1	
	시스템인터페이스사양서	1	
	시스템 배치/설치도	1	
	시스템수준의 RAMS관리계획서	1	
	시스템수준의 예비위험원분석보고서	1	
	시스템수준의 RAM예측보고서	1	
	시스템위험원도출 및 분석보고서	1	
	인터페이스위험원도출 및 분석보고서	1	
	운영 및 유지보수위험원도출 및 분석보고서	1	
	시스템수준의 RAM입증보고서	1	
	시스템 확인 및 검증보고서	1	
최종안전보고서	1		

구분	성과물	수량	비고
보고서	보고서	5종	1차년도 2차년도 3차년도 4차년도 최종보고서

나. 세부과제 2 - 열차제어시스템 성능평가

[표 8-5] 열차제어시스템 성능평가

구분	성과물	수량	비고
하드웨어 및 시설물	기능 및 성능시험평가용 지상인프라	1식	
	시험차량 2편성	2편성	4량 1편성
	도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템	1식	지상설비 차상설비
	열차제어용 무선 LAN	5식	차상 1식 지상 4식
	계측설비 2식(지상, 차상)	2식	
소프트웨어	시험평가지원도구용 소프트웨어	1	-
문서 및 도면	과제계획서	4	1차년도 2차년도 3차년도 4차년도
	시스템종합시험계획서	1	
	하부장치시험평가절차서	3식	
	시스템기능시험절차서	1	
	시스템성능시험절차서	1	
	하부장치시험결과서	3종	
	시스템성능시험 평가서	1	
	시스템기능시험 평가서	3종	
	시스템성능시험 평가서	1	
보고서	보고서	5종	1차년도 2차년도 3차년도 4차년도 최종보고서

다. 세부과제 3 - 철도전용 무선통신체계 연구

[표 8-6] 철도전용 무선통신체계 연구

구분	성과물	수량	비고
하드웨어 및 시설물	열차제어용 무선통신망 (W-CDMA, WiBro, LTE중에서 선정)	5식	지상 1식 차상 4식
	ATP 인터페이스장치	5식	지상 1식 차상 4식
소프트웨어	-	-	-
문서 및 도면	과제계획서	4	1차년도 2차년도 3차년도 4차년도
	무선통신망 기능요구사항서	1	
	무선통신망(개발)사항서	1	
	무선통신망 배치 및 설치도	1	
	무선통신망 성능시험 절차서	1	
	무선통신망 기능시험 절차서	1	
	무선통신망 성능시험 평가서	1	
	무선통신망 기능시험 평가서	1	
보고서	보고서	5종	1차년도 2차년도 3차년도 4차년도 최종보고서

제3절 성능지표 및 성과목표

1. 세부과제 1 - 열차제어시스템 표준체계구축 및 안전성평가

[표 8-7] 열차제어시스템 표준체계구축 및 안전성평가

성과항목	성과지표	연차별 성과목표			
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
논문	학술지 게재 논문건수(국내/국외)	1	1	5	5
	학술회의 발표 논문건수(국내/국외)	1	5	10	10
	SCI급 학술지 게재 논문건수	-	-	1	1
지적재산권	특허출원건수(국내/국외)	1	2	5	5
	특허등록건수(국내/국외)	-	1	3	3
	소프트웨어 등록건수	-	-	2	2
기술성능 목표달성	요소기술의 성능목표 달성도	-	-	-	100%
	제품성능 목표 달성도	-	-	-	100%
법제화	법령, 법규, 기준 작성 및 법제화	-	-	-	5
표준	표준/기준의 규정/지침/편람/시방서화	-	-	-	10
연구성과 확산노력	연구개발 DB 구축/등록/활용	1	1	1	1
	연구개발관련 홍보	1	1	1	1

2. 세부과제 2 - 열차제어시스템 성능평가

[표 8-8] 열차제어시스템 성능평가

성과항목	성과지표	연차별 성과목표			
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
논문	학술지 게재 논문건수(국내/국외)	-	1	2	2
	학술회의 발표 논문건수(국내/국외)	1	1	4	4
	SCI급 학술지 게재 논문건수	-	-	1	1
지적재산권	특허출원건수(국내/국외)	-	5	5	5
	특허등록건수(국내/국외)	-	-	2	2
	소프트웨어 등록건수	-	5	5	5
테스트베드 구축 및 활용	테스트베드 설계, 구축 및 개선 건수	-	1	-	-
	테스트베드 운영지침 및 매뉴얼 개발	-	1	1	-
	테스트베드 활용 건수	-	-	-	-
	테스트베드 시험결과의 반영실적	-	-	-	-
	테스트베드를 통한 기술수준 향상도	-	-	-	-
기술성능 목표달성	요소기술의 성능목표 달성도	-	-	100%	100%
	제품성능 목표 달성도	-	-	100%	100%
연구성과 확산노력	연구개발 DB 구축/등록/활용	1	1	1	1
	연구개발관련 홍보	1	1	1	1

3. 세부과제 3 - 철도전용 무선통신체계 연구

[표 8-9] 철도전용 무선통신체계 연구

성과항목	성과지표	연차별 성과목표			
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
논문	학술지 게재 논문건수(국내/국외)	2	3	3	4
	학술회의 발표 논문건수(국내/국외)	2	5	10	10
	SCI급 학술지 게재 논문건수	-	1	1	1
지적재산권	특허출원건수(국내/국외)	-	1	5	5
	특허등록건수(국내/국외)	-	1	3	3
	소프트웨어 등록건수	-	1	2	2
연구성과 확산노력	연구개발 DB 구축/등록/활용	1	1	1	1
	연구개발관련 홍보	1	1	1	1

제9장 연구소요예산

제1절 총괄소요예산

1. 총연구비

총연구비는 293억원이며, 정부지원금 273억원과 민간분담금 20억원으로 구성된다. 세부과제 1에서 수행하는 안전성활동의 평가에 소요되는 비용은 ATP/ATO 1[set]당 20억원으로 총 40억원이 소요될 것으로 예상된다. 안전성평가부분에 대해서는 정부 지원금과 민간분담금으로 처리한다.

세부과제 2는 시험평가인프라비용과 3차년도와 4차년도에 집중되는 시험선 유지관리비용을 포함한다. 세부과제 3는 현재 대불선에 구축중인 차세대전동차용 시험설비 구축내용과 기타 소요비용을 검토하였다.

세부과제 3에 소요되는 연구비는 무선통신방식선정에 의해서는 많은 영향을 받는다. 현재 고려할 수 있는 무선통신방식은 WiBro, W-CDMA 및 LTE이 있으며, LTE의 경우 아직까지 충분한 검증이 이루어지지 않은 관계로 중장기적인 발전전략을 갖고 대응하여야 한다. 따라서 여기에서는 WiBro와 W-CDMA를 고려하였다

[표 9-1] 총 연구비

(단위:억원)

비목	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간 (현물)
세부과제 1	2.5	2	8	8	23.5	10	26	10	60	30
세부과제 2	1	-	2	-	92	-	62	-	157	-
세부과제 3	1.5	1.5	3.5	3.5	25	25	15	15	45	45 (40.5)
합계	5	3.5	13.5	11.5	140.5	35	103	25	262	75

[표 9-2] 소요예상인원

(단위:Man-year)

비목	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
세부과제 1	2.7	7.4	10.9	11.6	32.6
세부과제 2	1	1.2	8	8	18.2
세부과제 3	2.8	5.3	27.7	9.6	22.5
합계	6.5	13.9	46.6	29.2	73.3

2. 세부연구과제별 연구비

가. 세부과제 1 - 열차제어시스템 표준체계구축 및 안전성평가

[표 9-3] 열차제어시스템 표준체계구축 및 안전성평가비 및 내용

[단위 : 억원]

	연구비 (민간)	연구 내용	비고
1차년도 (6개월)	2.5 (2)	- 시스템엔지니어링 활동(개념단계) - 시스템수준의 안전성 활동 및 평가	
2차년도 (8개월)	8 (8)	- 시스템엔지니어링 활동(설계단계) - 시스템수준의 안전성 활동 및 평가	
3차년도 (12개월)	23.5 (10)	- 시스템엔지니어링 활동(개발 및 구축단계) - 하부시스템의 안전성 활동평가	
4차년도 (12개월)	26 (10)	- 시스템엔지니어링 활동(시험선 운영단계) - 시스템수준의 안전성 활동 및 평가 - 하부시스템의 안전성 활동평가 - 열차제어시스템 표준화 체계 및 성능평가 법제화	
합계	60 (30)		

나. 세부과제 2 - 열차제어시스템 성능평가

[표 9-4] 열차제어시스템 성능평가비 및 내용

[단위 : 억원]

	연구비 (민간)	연구 내용	비고
1차년도 (6개월)	1	- 기능 및 성능평가계획 수립	
2차년도 (8개월)	2	- 시험선 인프라 설계(지상설비, 시험열차)	
3차년도 (12개월)	92	- 시험선 인프라 지상설비 발주(및 설치) - 시험열차(대폐차) 2편성 개조	-ATS, 연동장치, 무선LAN발주
4차년도 (12개월)	62	- 시험선 인프라 구축(지상설비, 시험열차) - 열차제어시스템(지상, 차상) 구축 - 열차제어시스템 기능 및 성능 평가	
합계	1157		

세부과제 2 열차제어시스템 성능평가의 경우, 시험평가에 사용할 시험열차를 2편성 이상 확보하여야만, 실제의 열차운행과 가까운 환경을 구축할 수 있다. 국내 폐선과 한산선구를 검토한 결과, 종합시험선이 구축될 때까지는 대불선이 가장 최적의 노선으로 검토되었다. 현재 대불선에 구축중인 차세대전동차 시험선 설비 구축항목은 다음과 같다.

[표 9-5] 차세대 전동차의 대불선 시험설비 구축내용

구분	비용 (억원)	항목(내용)	비고
현장사무실 구축	0.6	- 임대료 : 47만원	-일회성
지상TAG	0.5		-일회성
유지보수 및 운영관리비용	6.2	- 유지보수, 시험선 운영관리, 시험평가지원, 시험선 안전관리 등	-1년단위 지급
안전울타리	4.3억	- 4km에 걸쳐 설치	-일회성
시험선모니터링시스템	2.9억		-일회성
열차무선송수신기	0.95		-일회성
보험	0.2		-1년단위 지급
승합차	0.1		-1년단위 지급
전력비용	-	- 주행거리로 계산(750원/km) · 1년에 9,000만원	
운전자	-	- 2명 활용 · 철도공사직원 : 약 1억원 · 현장과견 : 3,500만원	-1년단위 지급
합계	15.75		

차세대전동차의 대불선 유지보수 및 운영관리비용은 활용계획인 4[km]를 대상으로 하였으며, 본 과제는 대불선 11.7[km]를 대상으로 하므로 나머지 선로길이 7.7[km]에 대한 유지보수 및 운영관리비용으로 1년에 9억원 정도를 책정하는 것이 적정할 것으로 판단된다.

실제 열차운행상황과 같은 조건을 구축하고 열차제어시스템의 시험평가를 수행하여야 하므로, 최소한 2편성 이상의 열차와 역사 3개가 요구된다. 따라서 대불선을 시험선으로 활용하기 위해서는 대불역과 일로역 사이에 임시역을 설치하는 것이 필요하다. 또한 대불역과 일로역 부근에 정차역을 설치하고, 대불역과 일로역은 입환기능을 수행하도록 한다. 이러한 조건에 맞추어 구축해야 할 시험평가인프라 항목은 지상신

호설비, 신호기계설비 시험차량설비, 승강장 및 궤도설비, 관제설비, 건축비용, 타분야 시스템 구축, 무선LAN등이 있으며, 개략적인 구축비용은 다음 표와 같다.

대불선의 시험선 유지보수 및 유지관리비용으로 약 18억원, 대불선에 설치될 시험설비 비용으로 약 106억원 정도 소요될 것으로 예상된다. 따라서 세부과제 2의 인프라관련 소요예산은 124억원정도 예상된다.

[표 9-6] 대불선 시험설비 구축내용

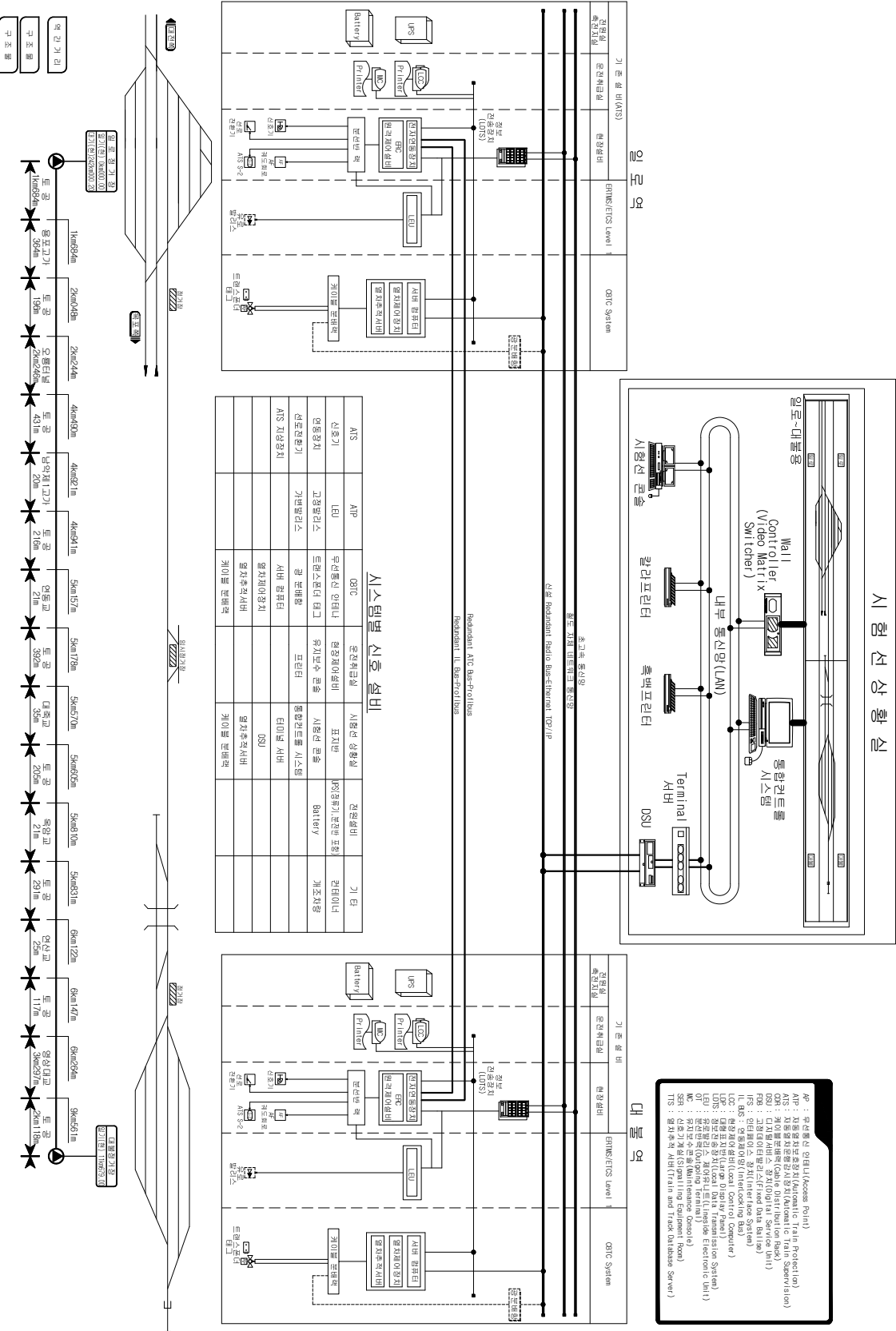
구분	총건설비 (천원)	비고
신호지상설비 (백업설비)	500,000	-입환신호기, 진로표시기 -정차신호등 -전기선로전환기 -잠바 -궤조절연, 레일본드, 임피던스본드 -트로프, 전선관 -통신케이블, 제어케이블, 전원케이블
신호시스템설비	100,000	-트랜스폰더태크, 정위치정차 지상자 -차축검지장치 -광분배접속함.
신호기계설비 (연동장치)	800,000	-연동장치 -연동장치 소프트웨어 개수 -전원장치
시험차량설비	6,000,000	-2편성기준(4량 1편성) · 열차개조 · 진장품 :추진장치(VVVF, 전동기 등) :제동장치 :TCMS
관제설비 (ATS)	300,000	-각종 서버 -소프트웨어 개수 · 역, 신호기, 선로전환기, 궤도, 입환 -역정보장치 -각종 콘솔
승강장/궤도설비	600,000	-도시철도용 역설비 -임시역에서의 양방향교행분기설비 · 궤도 · 분기틀
건축비용	50,000	-기계실 가건물
타분야 시스템 구축	550,000	-열차제어시스템과 대불선 설비와의 인터페이스에 필요한 설비 · 전기설비 · 통신설비

무선LAN구축	1,700,000	-열차제어용 무선LAN
합계	10,600,000	

대불선에서 주행할 시험열차를 확보하는 방법은 대폐차의 개조, 차세대 전동차의 활용 및 철도운영기관의 운영차량 활용 등을 고려할 수 있다. 도시철도운영기관의 협조를 받아 도시철도차량 표준사양을 만족하고 있는 차량을 시험열차로 활용하는 것이 가장 좋은 방법으로 판단되며, 대폐차를 개조하는 경우 가장 많은 비용이 소요된다. 이상과 같이 몇 가지 사항을 고려할 경우 연구비는 다음과 같이 조정할 수 있다.

[표 9-7] 시험차량 확보방안에 따른 연구비

	연구비 (억원)	연구내용	비고
1안	157	- 대폐전동차 2편성 개조(4량 1편성) · 1편성당 전장품 비용 20억 : 총 40억 · 1편성당 열차개조비용 10억 : 총 20억 · 대폐차구입 비용은 1,200[만원/량] : 총 9,600만원	차량제작비용 · 10~16억/량
2안	137	- 차세대전동차를 시험열차로 활용하는 경우 (대폐차 1편성 개조) · 1편성당 전장품 비용 20억 : 총 20억 · 1편성당 열차개조비용 10억 : 총 20억 · 대폐차구입 비용은 1,200[만원/량] : 총 4,800만원	
3안	117	- 도시철도표준사양을 만족하는 철도운영기관의 전동차 사용 · 1편성당 열차개조비용 10억 : 총 20억	



(그림 9-1) 대불선 시험설비 구성도

다. 세부과제 3 - 철도전용 무선통신체계 연구

[표 9-8] 철도전용 무선통신체계 연구비 및 내용

[단위 : 억원]

	연구비 (억원)	연구내용	비고
1차년도 (6개월)	1.5 (1.5)	- 철도전용 무선주파수 확보 활동 - 철도전용 무선통신방식 선정	
2차년도 (8개월)	3.5 (3.5)	- 철도전용 무선주파수 확보 활동 - 열차제어용 무선통신방식 선정 - 열차제어용 무선통신시스템 개발사양서 작성	- 열차제어시스템과 무선통신장치간 인터페이스장치 포함
3차년도 (12개월)	25 (25)	- 철도전용 무선주파수 확보 활동 - 열차제어용 무선통신시스템 개발 및 구축	- 통신방식에 맞추어 변경
4차년도 (12개월)	15 (15)	- 열차제어용 무선통신시스템 구축 - 열차제어용 무선통신시스템 시험평가	
합계	45 (45)		

세부과제 3에서 검토할 수 있는 무선통신방식은 WiBro와 W-CDMA가 있다. 각 통신방식의 구축비용은 다음의 표와 같다. W-CDMA가 WiBro보다 시스템을 구축하는데 있어 2배정도 소요된다.

그러나 W-CDMA가 WiBro를 열차제어용으로 사용하기 위해서는 통신망을 운영관리계획 등 각종 처리과정을 열차제어용도에 맞게 최적화하는 연구가 필요하다. 최적화연구비용은 열차제어시스템의 요구사항에 의해서 변동이 생긴다. 따라서 세부과제 3의 연구비용은 정부지원 약 45억원정도로 책정하고, 이 비용에 맞추어 연구범위와 연구내용을 조정하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

[표 9-9] 철도전용 무선통신체계 연구비

	항목	모델명	비용(천원)	비고
WiBro	시스템	Pico ACR	255,000	
		RAS DU	168,000	
		RAS RRH	108,000	
		EMS서버	120,000	
		L3 스위치	18,000	
	단말기	-	1,400	
	기타	케이블, 안테나, 설치비용	213,600	
		최적화 연구비용	-	
	합계	882,600		
W-CDMA	시스템	Core장비 -MSC 서버, -게이트웨이 등	7,968,000	-통신사업자망 사용 (현재 임대료 미포함)
		Access장비 -RNC, Node-B 등	1,302,000	
	단말기	-	1,400	
	기타	케이블, 안테나, 설치비용 등	225,600	
		합계	1,529,000	

무선통신방식의 선정은 기술적인 영향보다는 정책적인 영향을 많이 받을 것으로 고려된다. 시급성으로 인하여 현재까지 안정성이 검증된 무선통신방식을 선정할 경우는 선정된 통신방식을 열차제어용으로 최적화하는 연구를 수행하는 것이 적절하며, 중장기적인 접근이 필요한 경우에는 무선통신망 구축전략작성, 무선통신방식 선정 및 무선통신망 사양서 개발 등에 대한 연구를 수행하는 것이 적절한 것으로 판단된다.

[표 9-10] 열차제어용 무선통신방식 선정에 따른 연구내용

	연구내용	비고
1안	-무선LAN을 선정한 경우 · 열차제어용 무선주파수 확보 활동 · 열차제어용 무선통신시스템 개발사양서 작성	장치개발 제외
2안	-W-CDMA 또는 WiBro를 선정한 경우 · 열차제어용 무선주파수 확보 활동 · 열차제어용 무선통신방식 선정 · 열차제어용 무선통신시스템 개발사양서 작성 · 열차제어용 무선통신망 최적화 연구	장치개발 포함
3안	-LTE를 선정한 경우 · 열차제어용 무선주파수 확보 활동 · 열차제어용 무선통신시스템 개발사양서 작성	장치개발 제외

3. 검토결과

총연구비를 산정함에 있어, 다음 몇 가지 사항을 고려할 필요가 있다. 세부과제 1의 열차제어시스템의 안전성평가의 경우로서, 열차제어시스템의 하부시스템을 제작하는 제작사가 국내외 인증관련기관으로부터 직접 인증을 받아오는 것을 고려할 수 있다. 시스템을 영업노선에 구축하는 일반적인 사업의 경우 발주자가 공급자에게 안전성인증을 국내외 인증기관으로부터 인증을 받아오도록 요구하는 것과 유사한 성격이다. 그러나 본 과제의 목적 또는 성격이 이 같은 시스템구축사업과 다소 차이가 있기 때문에 국내 철도운영기관의 요구사항을 충분히 만족시킬 수 있는지에 대한 검토가 요구된다. 세부과제 3의 연구비는 무선통신방식선정에 의해서 변동할 수 있으나, 최소한의 시스템구축과 최적화연구를 위한 비용을 45억원으로 책정하면, 세부과제 2의 시험열차 확보방안에 따라 총연구비는 다음과 같이 조정할 수 있다.

[표 9-11] 총 연구비 조정안

	1안	2안	3안	비고
총연구비 (억원)	262	242억	222억	
	민간부담금 75억 제외	민간부담금 75억 제외	민간부담금 75억	

(주) 각 안의 내용은 [표 9-7] 참조

제2절 세부과제별 소요예산 내역

인건비는 다음표로 공표된 2010년도 엔지니어링기술자 노임단가를 적용하였다.

[표 9-12] 2010년도 엔지니어링기술자 노임단가

구분	단가	평균근무일수	단가(M/M)
기술사	320,277	22.24	7,122,960
특급기술자	258,303	22.24	5,744,659
고급기술자	203,277	22.24	4,520,880
중급기술자	174,482	22.24	3,880,480
초급기술자	127,396	22.24	2,833,287

1. 세부과제 1 - 열차제어시스템 표준화체계구축 및 안전성평가

[표 9-13] 1차년도 정부지원금

비목		산출근거		금액
인건비 (M/M)	사업관리	기술사	1	7,122,960
		특급	1	5,744,659
		고급	1	4,520,880
	시스템엔지니어링	특급기술자	2	11,489,317
		고급기술자	2	9,041,761
		중급기술자	2.5	9,701,199
		초급기술자	3	8,499,861
	표준화관리체계	특급기술자	2	11,489,317
		고급기술자	2	9,041,761
		중급기술자	2.5	9,701,199
		초급기술자	3	8,499,861
	시스템안전성활동 및 평가	특급기술자	2	11,489,317
		고급기술자	2	9,041,761
		중급기술자	3	11,641,439
		초급기술자	3	8,499,861
	소계			
직접비	연구장비	연구기자재	소요예산	0
		전산처리비	500,000월 * 12개월	5,000,000
	연구활동비	국내여비	200,000원*6회*10명	6,000,000
		국외여비	5,000,000원*1회*2명	9,000,000
		수용비 및 수수료	400,000원*12개월	4,800,000
		기술정보활동비	외부전문가활용	6,000,000
	연구수당	인건비*20%	27,105,031	
소계				57,905,031
위탁연구비		소요예산		0
안전성평가용역		소요예산		20,000,000
간접비		(인건비+직접비)*19.82		38,337,863
합계				251,768,050

[표 9-14] 1차년도 민간부담금

비목	산출근거	금액
안전성평가용역	소요예산	200,000,000
합계		200,000,000

[표 9-15] 2차년도 정부지원금

비목		산출근거		금액
인건비 (M/M)	사업관리	기술사	1.2	8,547,553
		특급	2	11,489,317
		고급	3	13,562,641
	시스템엔지니어링	특급기술자	5	28,723,294
		고급기술자	5	22,604,402
		중급기술자	11	42,685,276
		초급기술자	11	31,166,157
	표준화관리체계	특급기술자	5	28,723,294
		고급기술자	5	22,604,402
		중급기술자	11	42,685,276
		초급기술자	11	31,166,157
	시스템안전성활동 및 평가	특급기술자	3	17,233,976
		고급기술자	3	13,562,641
		중급기술자	6	23,282,878
		초급기술자	6	16,999,722
	소계			
직접비	연구장비	연구기자재	소요예산	45,000,000
		전산처리비	500,000월 * 12개월	6,000,000
	연구활동비	국내여비	200,000원*6회*10명	12,000,000
		국외여비	5,000,000원*2회*2명	20,000,000
		수용비 및 수수료	400,000원*12개월	4,800,000
		기술정보활동비	외부전문가활용	30,000,000
	연구수당	인건비*20%	71,007,398	
소계				188,807,398
위탁연구비			소요예산	50,000,000
안전성평가용역			소요예산	100,000,000
간접비			(인건비+직접비)*19.82	107,789,958
합계				801,634,345

[표 9-16] 2차년도 민간부담금

비목	산출근거	금액
안전성평가용역	소요예산	800,000,000
합계		800,000,000

[표 9-17] 3차년도 정부지원금

비목		산출근거		금액
인건비 (M/M)	사업관리	기술사	3	21,368,881
		특급	5	28,723,294
		고급	5	22,604,402
	시스템엔지니어링	특급기술자	8	45,957,270
		고급기술자	9	40,687,924
		중급기술자	10	38,804,797
		초급기술자	10	28,332,870
	표준화관리체계	특급기술자	8	45,957,270
		고급기술자	9	40,687,924
		중급기술자	13	50,446,236
		초급기술자	14	39,666,019
	시스템안전성활동 및 평가	특급기술자	8	45,957,270
		고급기술자	9	40,687,924
		중급기술자	10	38,804,797
		초급기술자	10	28,332,870
	소계			
직접비	연구장비	연구기자재	소요예산	45,000,000
		전산처리비	500,000월 * 12개월	6,000,000
	연구활동비	국내여비	200,000원*6회*10명	12,000,000
		국외여비	5,000,000원*2회*2명	20,000,000
		수용비 및 수수료	400,000원*12개월	4,800,000
		기술정보활동비	외부전문가활용	50,000,000
	연구수당	인건비*20%	111,403,950	
소계				249,203,950
위탁연구비	소요예산	50,000,000		
안전성평가용역	소요예산	1,340,000,000		
간접비	(인건비+직접비)*19.82	159,793,537		
합계				2,356,017,235

[표 9-18] 3차년도 민간부담금

비목	산출근거	금액
안전성평가용역	소요예산	1,000,000,000
합계		1,000,000,000

[표 9-19] 4차년도 정부지원금

비목		산출근거		금액
인건비 (M/M)	사업관리	기술사	3	21,368,881
		특급	5	28,723,294
		고급	5	22,604,402
	시스템엔지니어링	특급기술자	9	51,701,928
		고급기술자	9	40,687,924
		중급기술자	12	46,565,756
		초급기술자	12	33,999,444
	표준화관리체계 및 법제화	특급기술자	9	51,701,928
		고급기술자	9	40,687,924
		중급기술자	13	50,446,236
		초급기술자	13	36,832,732
	시스템안전성활동 및 평가	특급기술자	9	51,701,928
		고급기술자	9	40,687,924
		중급기술자	11	42,685,276
		초급기술자	11	31,166,157
	소계			
직접비	연구장비	연구기자재	소요예산	45,000,000
		전산처리비	500,000월 * 12개월	6,000,000
	연구활동비	국내여비	200,000원*6회*10명	12,000,000
		국외여비	5,000,000원*2회*2명	20,000,000
		수용비 및 수수료	400,000원*12개월	4,800,000
		기술정보활동비	외부전문가활용및 안전성평가 용역	50,000,000
	연구수당		인건비*20%	118,312,348
소계				256,112,348
위탁연구비		소요예산		50,000,000
안전성평가용역		소요예산		1,540,000,000
간접비		(인건비+직접비)*19.82		168,009,004
합계				2,605,683,089

[표 9-20] 4차년도 민간부담금

비목	산출근거	금액
안전성평가용역	소요예산	1,000,000,000
합계		1,000,000,000

2. 세부과제 2 - 열차제어시스템 성능평가

[표 9-21] 1차년도 정부지원금

비목		산출근거		금액
인건비 (M/M)	과제관리	기술사	0	0
		특급	0	0
		고급	0	0
	인프라구축	특급기술자	1	5,744,659
		고급기술자	1	4,520,880
		중급기술자	2	7,760,959
		초급기술자	2	5,666,574
	시험평가	특급기술자	1	5,744,659
		고급기술자	1	4,520,880
		중급기술자	2	7,760,959
		초급기술자	2	5,666,574
	소계			47,386,145
직접비	연구장비	연구기자재	인프라구축	0
		전산처리비	500,000월 * 12개월	6,000,000
	연구활동비	국내여비	200,000원*6회*10명	5,000,000
		국외여비	5,000,000원*2회*2명	5,000,000
		수용비 및 수수료	400,000원*12개월	4,800,000
		기술정보활동비	외부전문가 활용	6,000,000
	연구수당	인건비*20%	9,477,229	
소계			36,277,229	
위탁연구비		소요예산	0	
간접비		(인건비+직접비)*19.82	16,582,081	
합계			100,245,455	

[표 9-22] 2차년도 정부지원금

비목		산출근거		금액
인건비(M/M)	사업관리	기술사	0	0
		특급	0	0
		고급	0	0
	인프라구축	특급기술자	1	5,744,659
		고급기술자	2	9,041,761
		중급기술자	2	7,760,959
		초급기술자	2	5,666,574
	시험평가	특급기술자	1	5,744,659
		고급기술자	2	9,041,761
		중급기술자	2	7,760,959
		초급기술자	2	5,666,574
	소계			
직접비	연구장비	연구기자재	인프라구축	70,000,000
		전산처리비	500,000월 * 12개월	6,000,000
	연구활동비	국내여비	200,000원*6회*10명	12,000,000
		국외여비	5,000,000원*2회*2명	0
		수용비 및 수수료	400,000원*12개월	4,800,000
		기술정보활동비	외부전문가 활용	10,000,000
	연구수당		인건비*20%	11,285,581
소계				114,085,581
위탁연구비		소요예산		0
간접비		(인건비+직접비)*19.82		33,795,773
합계				204,309,261

[표 9-23] 3차년도 정부지원금

비목			산출근거		금액
인건비 (M/M)	사업관리	기술사	0		0
		특급	0		0
		고급	0		0
	인프라구축	특급기술자	9		51,701,928
		고급기술자	9		40,687,924
		중급기술자	15		58,207,195
		초급기술자	15		42,499,306
	시험평가	특급기술자	9		51,701,928
		고급기술자	9		40,687,924
		중급기술자	15		58,207,195
		초급기술자	15		42,499,306
	소계				
직접비	연구장비	연구기자재	인프라구축		6,200,000,000
			유지관리비용		900,000,000
		전산처리비	500,000월 * 12개월		6,000,000
	연구활동비	국내여비	200,000원*6회*10명		12,000,000
		국외여비	5,000,000원*2회*2명		10,000,000
		수용비 및 수수료	400,000원*12개월		4,800,000
		기술정보활동비	외부전문가 활용		40,000,000
	연구수당		인건비*20%		77,238,541
소계					7,250,038,541
위탁연구비			소요예산		50,000,000
간접비			(인건비+직접비)*19.82		1,513,501,033
합계					9,199,732,282

[표 9-24] 4차년도 정부지원금

비목		산출근거		금액
인건비 (M/M)	사업관리	기술사	0	0
		특급	0	0
		고급	0	0
	인프라구축	특급기술자	9	51,701,928
		고급기술자	9	40,687,924
		중급기술자	15	58,207,195
		초급기술자	15	42,499,306
	시험평가	특급기술자	9	51,701,928
		고급기술자	9	40,687,924
		중급기술자	15	58,207,195
		초급기술자	15	42,499,306
	소계			
직접비	연구장비	연구기자재	인프라구축	3,700,000,000
			유지관리비	900,000,000
		전산처리비	500,000월 * 12개월	6,000,000
	연구활동비	국내여비	200,000원*6회*10명	12,000,000
		국외여비	5,000,000원*2회*2명	10,000,000
		수용비 및 수수료	400,000원*12개월	4,800,000
		기술정보활동비	외부전문가 활용	40,000,000
	연구수당		인건비*20%	77,238,541
소계				4,750,038,541
위탁연구비		소요예산		50,000,000
간접비		(인건비+직접비)*19.82		1,018,001,033
합계				6,204,232,282

3. 세부과제 3 - 철도전용 무선통신체계 연구

[표 9-25] 1차년도 정부지원금

비목		산출근거		금액
인건비 (M/M)	과제관리	기술사	0	0
		특급	0	0
		고급	0	0
	열차제어용 무선통신망연구	특급기술자	2	11,489,317
		고급기술자	2	9,041,761
		중급기술자	3	11,641,439
		초급기술자	3	8,499,861
소계			40,672,379	
직접비	연구장비	연구기자재	인프라구축	0
		전산처리비	500,000월 * 12개월	8,500,000
	연구활동비	국내여비	200,000원*6회*10명	5,000,000
		국외여비	5,000,000원*1회*1명	5,000,000
		수용비 및 수수료	400,000원*12개월	4,800,000
		기술정보활동비	외부전문가 활용	28,000,000
	연구수당	인건비*20%	8,134,476	
소계			59,434,476	
위탁연구비		소요예산	30,000,000	
간접비		(인건비+직접비)*19.82	19,841,179	
합계			149,948,033	

[표 9-26] 1차년도 민간부담금

비목		산출근거		금액
인건비 (M/M)	과제관리	기술사	0	0
		특급	0	0
		고급	0	0
	열차제어용 무선 통신망연구	특급기술자	4	22,978,635
		고급기술자	4	18,083,522
		중급기술자	7	27,163,358
		초급기술자	8.5	24,082,940
소계			92,308,454	
직접비	연구장비	연구기자재	인프라구축	0
		전산처리비	500,000월 * 12개월	6,000,000
	연구활동비	국내여비	200,000원*6회*10명	5,000,000
		국외여비	5,000,000원*1회*1명	0
		수용비 및 수수료	400,000원*12개월	4,000,000
		기술정보활동비	외부전문가 활용	0
	연구수당	인건비*20%	18,461,691	
소계			33,461,691	
위탁연구비		소요예산	0	
간접비		(인건비+직접비)*19.82	24,927,643	
합계			150,697,788	

[표 9-27] 2차년도 정부지원금

비목		산출근거		금액
인건비 (M/M)	사업관리	기술사	0	0
		특급	0	0
		고급	0	0
	열차제어용 무선 통신망연구	특급기술자	4	22,978,635
		고급기술자	4	18,083,522
중급기술자		6	23,282,878	
초급기술자		7	19,833,009	
소계				84,178,044
직접비	연구장비	연구기자재	인프라구축	50,000,000
		전산처리비	500,000월 * 12개월	6,000,000
	연구활동비	국내여비	200,000원*6회*10명	12,000,000
		국외여비	5,000,000원*2회*2명	7,000,000
		수용비 및 수수료	400,000원*12개월	4,800,000
		기술정보활동비	외부전문가 활용	80,000,000
연구수당	인건비*20%	16,835,609		
소계				176,635,609
위탁연구비		소요예산		40,000,000
간접비		(인건비+직접비)*19.82		51,693,266
합계				352,506,919

[표 9-28] 2차년도 민간분담금

비목		산출근거		금액
인건비 (M/M)	사업관리	기술사	0	0
		특급	0	0
		고급	0	0
	열차제어용 무선 통신망연구	특급기술자	8	45,957,270
		고급기술자	9	40,687,924
중급기술자		12	46,565,756	
초급기술자		14	39,666,019	
소계				172,876,969
직접비	연구장비	연구기자재	인프라구축	50,000,000
		전산처리비	500,000월 * 12개월	6,000,000
	연구활동비	국내여비	200,000원*6회*10명	5,000,000
		국외여비	5,000,000원*2회*2명	7,000,000
		수용비 및 수수료	400,000원*12개월	5,000,000
		기술정보활동비	외부전문가 활용	12,000,000
연구수당	인건비*20%	34,575,394		
소계				119,575,394
위탁연구비		소요예산		0
간접비		(인건비+직접비)*19.82		57,964,058
합계				350,416,421

[표 9-29] 3차년도 정부지원금

비목		산출근거		금액
인건비 (M/M)	사업관리	기술사	0	0
		특급	0	0
		고급	0	0
	열차제어용 무선 통신망연구	특급기술자	15	86,169,881
		고급기술자	15	67,813,207
		중급기술자	34	131,936,309
		초급기술자	35	99,165,046
소계			385,084,444	
직접비	연구장비	연구기자재	인프라구축	1,500,000,000
		전산처리비	500,000월 * 12개월	6,000,000
	연구활동비	국내여비	200,000원*6회*10명	12,000,000
		국외여비	5,000,000원*2회*2명	20,000,000
		수용비 및 수수료	400,000원*12개월	4,800,000
		기술정보활동비	외부전문가 활용	50,000,000
연구수당	인건비*20%	77,016,889		
소계			1,669,816,889	
위탁연구비		소요예산		40,000,000
간접비		(인건비+직접비)*19.82		407,281,444
합계				2,502,182,776

[표 9-30] 3차년도 민간분담금

비목		산출근거		금액
인건비 (M/M)	사업관리	기술사	0	0
		특급	0	0
		고급	0	0
	열차제어용 무선 통신망연구	특급기술자	35	201,063,055
		고급기술자	40	180,835,219
		중급기술자	79	306,557,895
		초급기술자	79	223,829,676
소계			912,285,845	
직접비	연구장비	연구기자재	인프라구축	75,000,000
		전산처리비	개발용 장비	750,000,000
	연구활동비	국내여비	500,000월 * 12개월	50,000,000
		국외여비	200,000원*6회*10명	10,000,000
		수용비 및 수수료	5,000,000원*2회*2명	20,000,000
		기술정보활동비	400,000원*12개월	5,000,000
연구수당	외부전문가 활용	50,000,000		
연구수당	인건비*20%	182,457,169		
소계			1,142,457,169	
위탁연구비		소요예산		40,000,000
간접비		(인건비+직접비)*19.82		407,250,065
합계				2,501,993,080

[표 9-31] 4차년도 정부지원금

비목		산출근거		금액
인건비 (M/M)	사업관리	기술사	0	0
		특급	0	0
		고급	0	0
	열차제어용 무선 통신망연구	특급기술자	5	28,723,294
		고급기술자	5	22,604,402
중급기술자		9	34,924,317	
초급기술자		10	28,332,870	
소계				114,584,884
직접비	연구장비	연구기자재	인프라구축	1,000,000,000
		전산처리비	500,000월 * 12개월	6,000,000
	연구활동비	국내여비	200,000원*6회*10명	12,000,000
		국외여비	5,000,000원*2회*2명	10,000,000
		수용비 및 수수료	400,000원*12개월	5,000,000
		기술정보활동비	외부전문가 활용	50,000,000
	연구수당	인건비*20%	22,916,977	
소계				1,105,916,977
위탁연구비		소요예산		40,000,000
간접비		(인건비+직접비)*19.82		241,903,469
합계				1,502,405,329

[표 9-32] 4차년도 민간분담금

비목		산출근거		금액
인건비 (M/M)	사업관리	기술사	0	0
		특급	0	0
		고급	0	0
	열차제어용 무선 통신망연구	특급기술자	15	86,169,881
		고급기술자	15	67,813,207
중급기술자		26	100,892,472	
초급기술자		30	84,998,611	
소계				339,874,171
직접비	연구장비	연구기자재	인프라구축	700,000,000
		전산처리비	500,000월 * 12개월	50,000,000
	연구활동비	국내여비	200,000원*6회*10명	12,000,000
		국외여비	5,000,000원*2회*2명	20,000,000
		수용비 및 수수료	400,000원*12개월	5,000,000
		기술정보활동비	외부전문가 활용	33,000,000
	연구수당	인건비*20%	67,974,834	
소계				887,974,834
위탁연구비		소요예산		30,000,000
간접비		(인건비+직접비)*19.82		243,359,673
합계				1,501,208,678

제10장 추진전략 및 추진체계

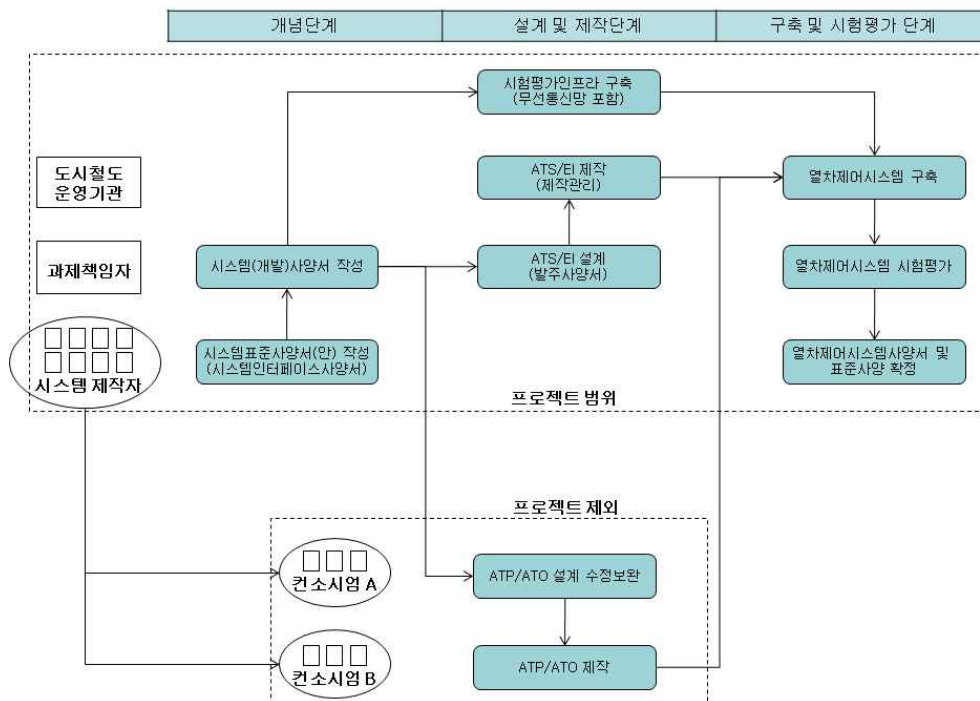
제1절 추진전략

1. 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 구축

본 연구의 목적은 기 개발된 장치 및 프로그램중 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템을 구축하는데 활용할 수 있는 것을 선정한 후 이를 통합하여 시스템을 구축하는 것이다.

- 개념단계

열차제어시스템(개발)사양서와 열차제어시스템 표준사양(안)을 작성하고 이를 기준으로 활용할 수 있는 장치 및 프로그램을 선정한다. 이 단계에는 발주자인 도시철도운영기관, 관련 기술(장치 및 프로그램)을 갖고 있는 기업 등이 참여한다.



(그림 10-1) 열차제어시스템 구축 절차

- 설계 및 제작단계

열차제어시스템(개발)사양서와 열차제어시스템 표준사양(안)에 맞추어 장치 및 프로그램을 수정 또는 보완을 한다. 이 단계에서의 연구내용은 제작자가 담당하는 것으로서 본 연구내용에 포함되지 않는다. 본 연구는 제작자가 열차제어시스템

(개발)사양서와 열차제어시스템 표준사양(안)을 준수하도록 관리하며, 시험평가에 필요한 인프라를 구축한다.

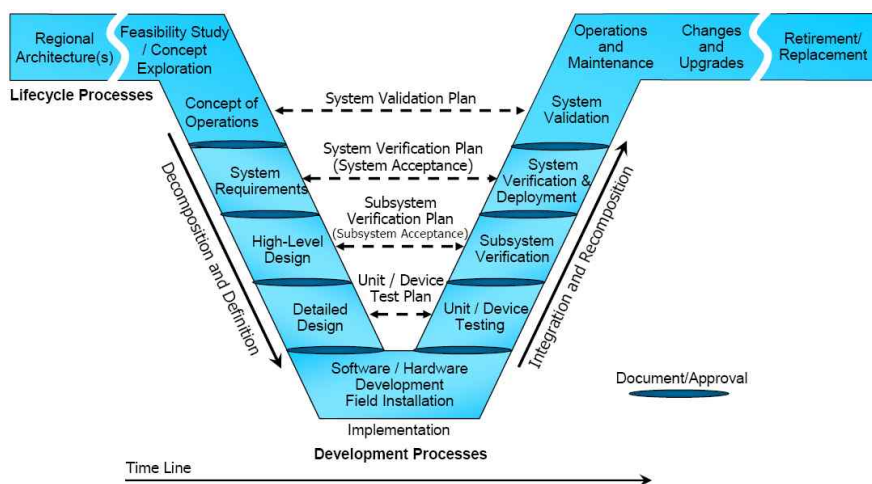
- 구축 및 시험평가단계

제작자는 제작한 장치를 인프라가 구축된 선로와 차량에 설치하여 열차제어시스템을 구축한다. 본 연구내용에 포함된 시험계획에 맞추어 시스템을 시험평가한 후 열차제어시스템사양서와 열차제어시스템 표준사양을 확정한다.

ATP/ATO를 제작하고 이를 시험선에 설치할 시스템공급자 선정은 열차제어시스템 개발사양서 및 시스템 표준사양(안)의 작성된 후 확정하는 것이 적절한 것으로 사료된다. 일련의 과정을 수행한 후 구축될 인프라의 규모, 시험열차의 편성 수 등 중요한 사항이 결정되며, 이를 토대로 필요한 열차제어시스템의 소요량을 확인할 수 있다. 시스템 공급자 선정은 국가연구개발 또는 자체개발을 통하여 확보한 열차제어 기술내용과 기술수준이 확인된 자로 제한하는 등 선정기준을 마련하여야 한다. 다수의 기업이 협의체 또는 컨소시엄을 구성하는 것은 기업자율로 하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

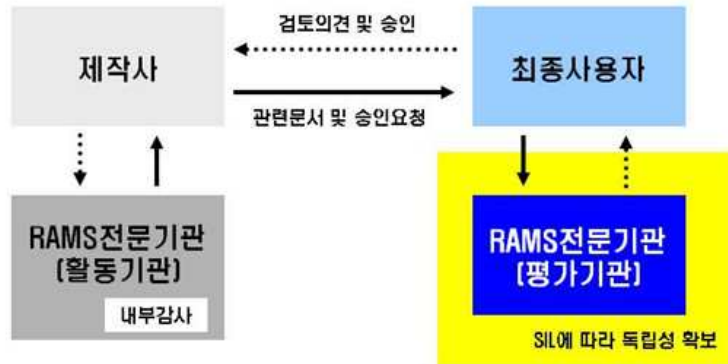
2. 시스템엔지니어링의 V model 및 안전성 평가 절차 적용

본 연구의 핵심은 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템의 실용화를 위하여 개발된 열차제어용 장치 및 프로그램을 대상으로 시스템 전주기에 걸쳐서 안전성평가를 실시하는 것이다. 따라서 시스템엔지니어링의 V모델방법을 적용하여 시스템 전주기에 걸쳐 시스템엔지니어링활동을 한다.



(그림 10-2) 시스템엔지니어링의 V model

또한 다음 그림과 같은 안전성평가활동 구조를 기준으로 본 과제의 성격과 여건에 맞게 안전성검증절차모델을 정의한 후, 안전성평가활동에 적용한다.



(그림 10-3) 안전성 평가활동 구조

위와 같이 시스템엔지니어링 측면에서의 추진전략과 함께 다음과 같이 다양한 전략을 마련한다.

- 열차제어시스템을 구매하는 기관인 국내 철도운영기관을 대상으로 한 연구내용 및 진행상황에 대한 적극적인 홍보를 하고 이들의 의견 및 요구사항을 연구과정에 반영
- 관계부처, 철도건설운영기관 및 지자체의 도시철도건설계획중실용화 가능성이 높은 대상노선을 선정하고, 이를 목표로 하여 안전성을 평가할 수 있는 시험선, 평가인프라 및 시험차량을 구축
- 열차제어시스템의 안전성 평가를 위해서 IEC 또는 이에 준하는 규격을 적용하고, 열차제어시스템의 안전성 평가와 인증에 충분한 경험을 갖춘 전문기관을 참여시켜 안전성평가결과의 객관성을 확보
- 열차제어시스템의 안전성을 평가한 후 열차제어시스템의 범위, 대상, 내용에 대한 관련 기관의 의견을 반영하여 표준화를 확정하고 이를 신선 또는 기존선에 구축되는 신호시스템에 적용되도록 관련 체계를 마련함.
- 열차제어시스템 안전성 평가에 필요한 인력의 교육 및 훈련
- 열차제어시스템 연구개발과 관련한 경험, 성과물 및 자료 활용
 - : 국가연구개발사업 및 관련 기업 등에서 도출된 성과를 최대한 활용하여 연구효율의 극대화를 도모
 - : 제한된 자원의 효율적인 활용과 중복투자를 방지하기 위해서 본 연구는 ATP/ATO의 설계와 제작을 포함하지 않으며, 관련 기업이 설계 및 제작 단계

에서 수행한 안전성 활동과 실험실에서의 기능 및 성능 시험을 평가하는 것은 포함

- 주기적인 공정회의(월별, 분기별)과 워크샵 등을 통한 진도점검 및 내부의견 수렴
- 협의회, 공청회, 토론회 등을 통한 외부 의견수렴

제2절 추진체계

본 연구는 무인자동운전을 지원하는 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템의 실용화를 최우선으로 추진하여야 하므로 무선통신기반 열차제어시스템 연구개발에 참여한 실적과 본 연구를 기획한 관계 부처의 정책을 충분히 이해하고 있는 자를 총괄연구책임자로 선정하여 추진체계를 구축하는 것이 바람직하다.

연구단 형태로 과제를 추진하고, 연구단은 사업총괄과 함께 세부과제 1인 “열차제어시스템 안전성평가 및 표준화체계 구축”을 수행한다.

열차제어시스템의 안전성평가는 본 연구에 앞서 이미 개발된 성과품을 대상으로 하며, 열차제어시스템 실수요기관의 관계자가 개념단계, 설계단계, 평가단계 등 제반 과정에 참여토록 하고, 이들이 요구하는 안전요구사항이 열차제어시스템의 설계 및 제작과정에 반영하여 연구결과의 활용도를 높이도록 한다. 또한 철도신호의 안전성을 평가 및 인증하는 전문기관도 본 과제에 참여시켜 안전성평가가 객관적으로 진행되도록 한다.

열차제어시스템의 안전성활동을 위한 전문기관의 컨설팅(자문)과 평가비용은 정부 지원금과 민간분담금으로 확보한다. 민간분담금을 납부하는 자는 세부과제 1의 주관 연구기관과 별도의 협약을 맺은 자로서 세부과제 1의 선정기준을 통과한 자이다. 세부과제 1의 주관연구기관과 별도의 협약을 맺은 자에 한해서 세부과제 2의 열차제어시스템 기능 및 성능 시험평가를 받을 수 있다. 세부과제 1의 주관연구기관은 건설교통기술평가원과 협약 후 선정기준 작성, 제작사 선정을 조속히 수행하여야 한다.

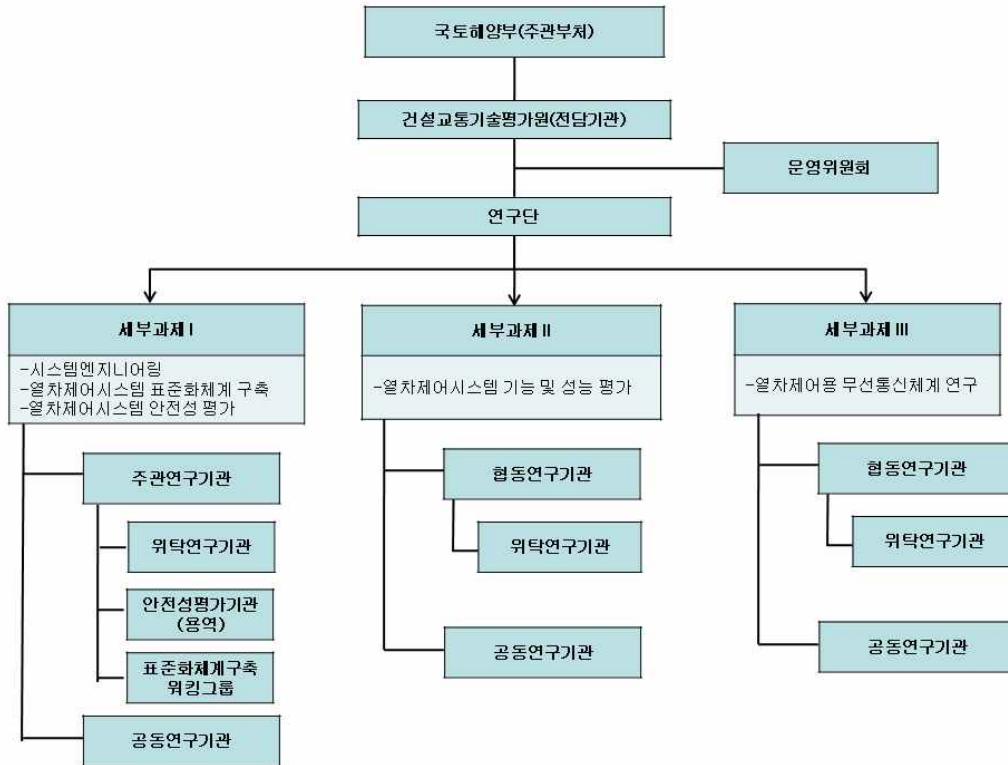
열차제어시스템의 표준화체계는 국내철도운영기관, 국내철도신호전문가 및 국내철도신호기업이 참여하도록 하고, 이를 통해서 표준화의 범위, 대상 및 내용을 확정하도록 한다. 따라서 이러한 활동을 수행할 열차제어시스템 표준화체계구축 워킹그룹을 구성한다.

열차제어시스템의 기능 및 성능을 시험하고 평가하는 것은 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템의 운영요구사항을 충분히 만족할 수 있는 여건에서 진행되어야 하므로 국내 철도건설운영기관이 참여하도록 한다.

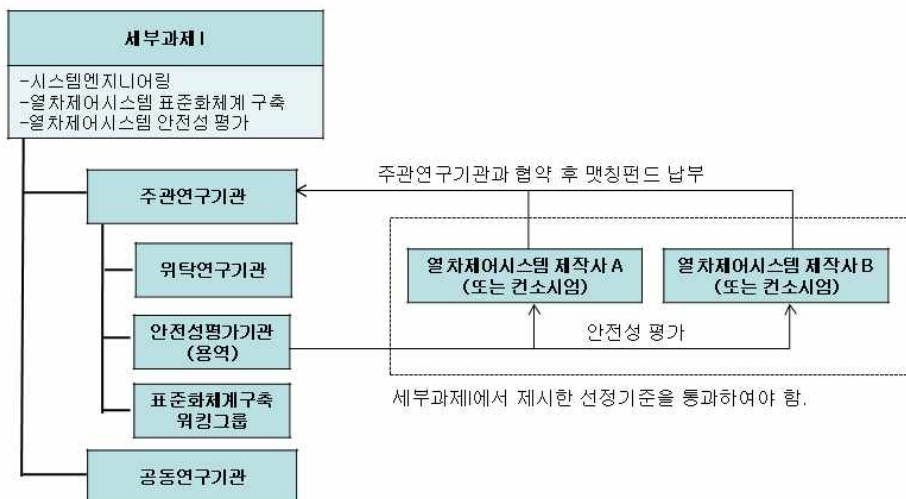
열차제어용 무선통신체계연구는 철도전용주파수확보와 이에 필요한 무선통신망 사양서를 개발하는 것이므로, 철도운영에 대한 충분한 지식과 경험을 갖고 있는 무선통신전문가가 과제를 진행하는 것이 바람직하다.

또한 과제의 원활한 연구관리를 위해서 자문단을 운영하도록 하며, 자문단은 관계 부처, 수요처, 대학 및 전문가를 포함하며, 과제전반에 대한 점검과 이를 통한 미비한

사항에 대한 보완하고 과제의 연속성을 확보할 수 있도록 장기간 체계적으로 운영한다.



(그림 10-4) 추진체계



(그림 10-5) 세부과제 1의 매칭펀드(안전성평가용)

제 11 장

세부과제 RFP

제 11장 세부과제 RFP

[표 11-1] 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계구축 및 성능평가 RFP

연구과제명	도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계구축 및 성능평가
1. 연구 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 무인자동운전(driverless)이 가능한 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템의 실용화 및 상호운영성 확보를 위한 열차제어시스템 안전성평가, 표준화체계 구축 및 성능평가의 법제화 ○ 철도전용 무선주파수 확보 및 통신방식 선정
2. 연구 필요성	<p><input type="checkbox"/> 연구의 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 도시철도 신호시스템은 열차위치정보를 토대로 열차사이의 안전간격확보, 선로분기구간에서의 열차진로제어를 수행하여 열차의 안전한 운행을 보장하는 안전설비임. ○ 도시철도 신호시스템은 열차자동운전 또는 무인자운전 등을 지원하고 있으며, 최근 기준 도시철도건설비의 7~8%를 차지하고 있으며, 사업비중은 지속적으로 높아지고 있음. ○ 현재까지 국내 도시철도운영기관은 영업운전 등 검증된 외국의 신호시스템을 도입하여 운용하고 있는데, 운영과 유지보수과정에서 여러 가지 문제점이 도출되고 있음. ○ 이 같이 기술, 경제 및 운영의 필요에 의해서 도시철도 신호시스템 표준화연구(도시철도표준화연구개발사업), 경량 전철신호제어 시스템기술개발(경량전철시스템기술개발사업) 등 연구개발사업을 수행하였으나, 국내 도시철도운영기관은 안전성과 표준화에 대한 개선과 보완을 요구하고 있음. ○ 철도신호시스템은 궤도회로를 사용하는 ATC(Automatic Train Control)방식에서 발리스(또는 루프)를 ATP(Automatic Train Protection)방식(이하 ATP) 또는 “무선통신기술을 적용한 ATP(이하 RBTC:Radio Based Train Control)”방식으로 전환

하고 있으며, 기존 신호개량 또는 노선확장 등을 제외하면 RBTC시스템을 도입하고 있음.

- RBTC시스템은 기존 방식과 비교해서 실시간 열차제어와 감시를 통한 안전성 향상, 짧은 열차운행시격 등 기술적인 장점, 단순한 지상설비 구조에 의한 유지보수비용 절감, 첨두시간대의 효율적인 열차운영 등 장점을 갖고 있음.
- 철도선진국과 국제적인 메이저기업이 세계철도시장을 주도하고 있으나, 열차제어시스템이 RBTC시스템으로 이동하는 전환기이고, RBTC시스템의 기반기술인 무선통신기술과 소프트웨어 기술에 대해서는 철도선진국과 대등한 기술수준을 확보하고 있고, 열차위치검지, 열차안전간격제어, 열차속도제어 등 열차제어관련 핵심기술을 개발한 경험을 갖고 있음.
- RBTC를 대상으로 엄격한 안전성 평가(인증)체계를 적용하여 객관적으로 신뢰성과 안전성이 검증된 시스템을 확보하고, 이를 체계적으로 표준화하여 국내 철도운영기관이 RBTC를 적극적으로 도입할 수 있도록 하고, 이를 토대로 철도선진국과 대등한 수준의 경쟁력을 확보함.

□ 국내외
기술동향

- 국내 기술 동향(200년 이후)
 - 경량전철의 경우, ATC 2개 노선(우이-신설, 대구3호선), ATP 1개노선(의정부), RBTC 3개노선(용인에버랜드, 부산-김해, 인천2호선)을 건설중에 있으며, 자동운전 또는 무인자동운전을 지원하는 ATP(Automatic Train Operation)을 모두 포함하고 있음.
 - 광역도시철도의 경우, ATC 1개 노선(광주지하철), ATP 6개 노선(대구2호선, 대전지하철, 인천공항철도, 서울2호선, 서울9호선, 망우-평내), RBTC 2개 노선(신분당선, 소사-원시)이 개통 또는 구축중에 있음.
 - 향후 도입할 시스템으로는 RBTC를 검토하고 있음.
 - RBTC에 사용되는 열차제어용 무선통신망은 비허가대역(2.4GHz)의 무선LAN을 사용하고 있으며, 철도전용주파수이 필요성을 인식하고 있음.

○ 해외기술동향

- 국내와 같이 2000년대 이후 ATP와 RBTC가 세계 신호시스템시장을 주도하고 있으며, 2010년까지 RBTC가 29개 노선(경량전철, 도시철도)에 적용되고 있으며, 루프방식을 포함할 경우 46개 노선이 해당됨. 북미지역에 집중적으로 설치되고 있음.
- 미국은 경량전철, 도시철도를 대상으로 한 CBTC(Communications Based Train Control), 유럽은 기존선, 고속철도를 대상으로 한 ETCS(European Train Control System), 중국은 ETCS와 유사한 CTCS(Chinese Train Control System), 일본은 광역도시철도를 대상으로 한 ATACS (Advanced Train Administration & Communication System)를 개발 또는 상용화하고 있음.
- CBTC의 무선통신망은 국내와 같은 비허가대역(2.4Ghz)을 사용하고 있으며, ETCS는 전용주파수대역(876-880MHz, 921-925MHz)을 확보하고 있으며, ATACS는 음성통신용 철도주파수(170-220MHz, 710-770MHz)를 사용하고 있음.

3. 연구 내용

□1차년도

<세부과제 1 : 열차제어시스템 표준체계구축 및 안전성평가>

가. 연구개발의 통합 및 총괄운영관리체계 구축

■ 프로젝트 관리

프로젝트를 본격적으로 수행하기에 앞서 RFP 및 과제계획서를 토대로 프로젝트를 통해서 달성해야 할 최종목표를 명확히 하여야 하며, 이러한 최종목표를 달성하기 위한 일련의 연구내용을 관리하기 위한 시스템엔지니어링 공정(절차)를 재차 확인하는 것이 요구된다. 시스템엔지니어링 공정은 시스템의 운영계획, 시스템의 유지관리계획 등 기술적인 측면도 포함한다. 시스템 설계와 개발은 많은 엔지니어링활동과 지원활동을 필요로 하며, 이러한 활동을 체계적으로 관리하기 위한 조직과 절차를 마련하는 것 또

한 필요하다. 이러한 조직과 절차는 프로젝트 진행상황에 맞추어 적절하게 조정하여야 한다.

- 프로젝트 요구사항 정의
- 프로젝트 관리계획 작성
- 시스템엔지니어링 관리계획 작성 및 보완

나. 열차제어시스템 표준화체계 구축

프로젝트의 개념단계에서 열차제어시스템 표준사양(안)을 작성하여야 하며, 현장운영단계에서 기능과 성능에 대한 평가를 완료한 후 열차제어시스템 표준사양(범위, 대상, 내용 등)을 확정하여야 한다. 철도운영기관 및 철도신호제작사(시스템공급사)가 참여하여 표준사양(안)을 작성하고 표준사양서 확정하여야 한다.

- 열차제어시스템 표준화 계획 작성

유럽의 ETCS 또는 중국의 CTCS와 같이 열차제어시스템을 등급화(안)을 먼저 마련한 후 관련하는 작업을 수행하도록 한다.

- 열차제어시스템 표준화 개념(목표/대상/범위 등) 정의

- 열차제어시스템 표준사양(안) 작성

- 열차제어시스템의 통신 및 I/O 기준(안)
- 하부시스템간 인터페이스(물리적, 기능적)
- 타시스템과의 인터페이스(물리적, 기능적)
- 하부시스템과 단품(또는 장치)간 인터페이스(물리적, 기능적)

다. 열차제어시스템 안전성 평가

열차제어시스템 안전성 평가에 필요한 조직, 대상, 절차, 방법(내용) 등은 IEC 또는 이에 준하는 규격을 적용하여 열차제어시스템의 안전계획서를 작성하여야 한다. 안전성평가활동조직 구성의 경우 프로젝트의 목적과 국내 여건 등이 고려되어야 한다.

■ 열차제어시스템 안전성 평가활동(개념단계)

- 교육 및 훈련
 - 열차제어시스템 안전 활동 참여자에 대한 교육과 훈련
- 시스템 수준에서의 안전성 활동
 - 시스템 예비안전계획서 작성
 - 위험원로그 작성
 - 위험원 도출 및 분석
 - 리스크 평가
 - 열차제어시스템 안전요구사항 작성
 - 시스템 안전계획서 작성

라. 공정별 시스템엔지니어링활동

열차제어시스템은 무선통신기술을 사용하여 무인자동운전(driverless)을 구현하여야 하며, 적용노선은 경량전철노선과 도시철도노선으로 한정한다. 무선통신기술은 궤도회로, 발리스 또는 루프를 제외한 신뢰성과 안정성이 이미 확인된 기술을 적용하여야 하며, 실시간 열차위치검지, 연속적인 양방향통신, 높은 데이터전송용량을 포함하여야 한다.

■ 시스템엔지니어링 활동(개념단계)

시스템엔지니어링 개념단계에서의 활동내용은 프로젝트의 요구사항을 토대로 시스템의 타당성(feasibility)분석, 시스템요구사항분석 및 개념단계에서의 시스템사양서작성 등이 있다.

- 프로젝트 요구사항 점검
- 열차제어시스템의 타당성 분석
 - 시스템설계에 적용할 수 방법에 대한 확인
 - 성능, 효율, 유지보수성, 내구성, 경제성 평가
- 열차제어시스템 운영시나리오 작성
 - 열차제어시스템의 타당성 분석 후 시스템 운영시나리오 또는 운영요구사항을 정의하여야 하며, 일반적으로

다음과 항목을 포함한다.

- 시스템의 임무
- 시스템의 동작특성 또는 기능
- 구성품, 소프트웨어, 설비 등의 수량
- 시스템 운전 주기
- 시스템 환경 조건

● 열차제어시스템 요구사항 분석

- 시스템 유지관리개념 정의
- 시스템 성능목표사양 정의
- 시스템 기능요구사항서 정의
- 시스템 기능분류 및 배치
- 시스템 구성(도) 정의

● 시스템(개발)사항서 작성

열차제어시스템 요구사항 분석내용을 토대로 프로젝트에서 개발한 열차제어시스템사항서를 작성한다. 열차제어시스템사항서는 시스템을 구성하는 하부시스템의 설계와 제작, 열차제어시스템의 기능 및 성능평가, 열차제어시스템의 안전성평가 등을 수행하는 기준자료가 된다. 따라서 열차제어시스템(개발)사항서를 작성한 후 안전성 평가자를 포함한 관계자와의 충분한 검토와 협의가 이루어져야 한다.

열차제어시스템(개발)사항서에 포함되는 내용은 일반적으로 다음과 같다.

- 시스템의 정의
 - 시스템의 일반사항
 - 운영요구사항
 - 유지관리
 - 기능분석 및 시스템 정의
 - 시스템 요구사항에 따른 기능배치
 - 인터페이스
- 시스템의 특징

- 시스템 개발 및 구축
- 시스템개발에 필요한 소요설비 및 공급
- 시험 및 평가 등

<세부과제 2 : 열차제어시스템 성능평가>

- 열차제어시스템 성능평가 인프라 구축
 - 시스템 시험계획서 작성
 - 교육 및 훈련
 - 기능 및 성능 시험 참여자에 대한 교육 및 훈련
 - 열차제어시스템 배치 및 설치도 작성
 - 시스템 배치도, 결선도, 설치도
 - 기능 및 성능 평가 인프라(계측설비 포함) 배치 및 설치도 작성
 - 시스템 배치도, 결선도, 설치도

<세부과제 3 : 철도전용 무선통신체계 연구>

- 열차제어용 무선주파수 확보 활동

현재 경량전철에 적용하고 있는 IEEE 802.11방식의 무선 LAN이 아닌 WiBro, W-CDMA 등 다른 무선통신방식을 대상으로 하여 열차제어용 철도전용주파수를 확보하여야 한다.

 - 열차제어용 무선통신방식 선정
 - 열차제어용 무선주파수 확보계획 작성
 - 철도전용주파수의 목적 및 임부(서비스) 분석
 - 열차제어시스템의 기능요구사항서 및 개발사항서 분석
 - 열차제어용 무선통신체계의 목표사항 정의
 - 열차제어용 무선통신방식 선정
- 열차제어용 무선통신체계 연구
 - 열차제어용 무선통신체계의 기능요구사항 정의
- 인터페이스장치 개발
 - 인터페이스장치 설계

<세부과제 1 : 열차제어시스템 표준체계구축 및 안전성평가>

가. 연구개발의 통합 및 총괄운영관리체계 구축

■ 프로젝트 관리

- 과제총괄조정 및 일정관리
- 연차별 연구내용 조정 및 보완
- 성과목표 및 성과지표 관리

나. 열차제어시스템 표준화체계 구축

- 열차제어시스템 표준사양(안) 작성
 - 열차제어시스템의 통신 및 I/O 기준(안)
 - 하부시스템간 인터페이스(물리적, 기능적)
 - 타시스템과의 인터페이스(물리적, 기능적)
 - 하부시스템과 단품(또는 장치)간 인터페이스(물리적, 기능적)

다. 열차제어시스템 안전성 평가

■ 열차제어시스템 안전성 활동 및 평가

- 하부시스템 수준에서의 안전성 활동
하부시스템인 ATS, 차상ATP/ATO, 지상ATP/ATO, EI 및 열차제어용 무선통신망의 설계와 제작을 담당하는 기업의 안전성 담당자가 이를 수행하여야 함.
 - 하부시스템별 예비안전계획서
 - 하부시스템별 위험원로그
 - 하부시스템별 위험원 도출 및 분석내용
 - 하부시스템별 리스크 평가결과
 - 하부시스템별 안전요구사항
 - 하부시스템별 안전계획서
 - 하부시스템별 Safety Case
- 하부시스템 수준에서의 안전성 평가
 - 하부시스템별 예비안전계획서 평가

- 하부시스템별 안전요구사항 평가

라. 공정별 시스템엔지니어링 활동

■ 시스템엔지니어링 활동(설계단계)

시스템엔지니어링 설계단계에서의 활동은 개념단계에서 수행된 내용을 기준으로 하여 이루어지며, 열차제어시스템을 구성하는 ATS(Automatic Train Super vision), ATP/ATO, EI 및 열차제어용 무선통신설비를 대상으로 한다. 설계단계에서의 활동내용은 개념단계의 활동내용과 유사하다.

● 하부시스템별 요구사항 분석

- ATS(Automatic Train Supervision)
- ATP/ATO
- EI(Electronic Interlocking, 연동설비)
- 열차제어용 무선통신설비(“열차제어용 무선통신체계 연구”에서 담당)

● 하부시스템별 기능요구사항서 정의

- ATS(관제설비)
- ATP/ATO
- EI(연동설비)
- 열차제어용 무선통신설비(“열차제어용 무선통신체계 연구”에서 담당)

● 하부시스템별 기능분류 및 배치

기능을 분류하고 배치하는 방법을 설정하고 진행하는 것으로서 항목으로 하드웨어(장치), 소프트웨어 및 관계자(operator)취급 3가지로 분류하고 배치한다.

- ATS(관제설비)
 - 하드웨어(장치)
 - 소프트웨어
 - 관계자의 취급
- 차상ATP/ATO
 - 하드웨어(장치)

- 소프트웨어
- 관계자의 취급
- 지상ATP/ATO
 - 하드웨어(장치)
 - 소프트웨어
 - 관계자의 취급
- EI(연동설비)
 - 하드웨어(장치)
 - 소프트웨어
 - 관계자의 취급
- 열차제어용 무선통신설비(“열차제어용 무선통신체계 연구”에서 담당)
 - 하드웨어(장치)
 - 소프트웨어
 - 관계자의 취급
- 하부시스템별 (개발)사양서 정의
 - ATS(관제설비)
 - 차상ATP/ATO
 - 지상ATP/ATO
 - EI(연동설비)
 - 열차제어용 무선통신설비(“열차제어용 무선통신체계 연구”에서 담당)

<세부과제 2 : 열차제어시스템 성능평가>

■ 열차제어시스템 성능평가 인프라 구축

- 열차제어시스템 지상장치 구축
- 기능 및 성능 평가 인프라 구축
- 시험열차

열차제어시스템의 기능 및 성능 평가는 가능한 영업열차를 활용하는 것을 고려하여야 하며, 곤란한 경우에는 도시철도용 대폐차를 도시철도차량 표준사양을 만족하도록

개조한 것을 시험열차로 사용하여야 한다.

- 차량 설계 및 개조
- 열차제어시스템 차상장치 배치 및 결선도 작성
- 열차제어시스템 차상장치 구축
- 열차제어시스템 통합

■ 열차제어시스템 성능평가

열차제어시스템 기능 및 성능을 평가하는 인프라는 지상설비와 시험열차로 구성되며, 실제 철도운영조건과 같은 운영시나리오를 구성하여 열차제어시스템 성능을 평가할 수 있도록 인프라를 구축하여야 하며, 시험열차는 2편성 이상을 확보하여야 한다.

- 하부시스템별 시험 및 평가
 - 시험항목 및 평가기준 정의
 - 시험절차서 작성
 - 시험 및 평가(실험실 또는 공장)

<세부과제 3 : 철도전용 무선통신체계 연구>

■ 열차제어용 무선주파수 확보

현재 경량전철에 적용하고 있는 IEEE 802.11방식의 무선 LAN이 아닌 다른 무선통신방식을 대상으로 하여 열차제어용 철도전용주파수를 확보하여야 한다.

- 열차제어용 무선통신체계의 목표사항 정의
- 열차제어용 무선통신방식 선정

■ 열차제어용 무선통신체계 연구

- 열차제어용 무선통신체계의 기능요구사항 정의
- 열차제어용 무선통신체계의 개발요구사항 정의

■ 인터페이스장치 개발

- 인터페이스장치 제작

□3차년도

<세부과제 1 : 열차제어시스템 표준체계구축 및 안전성평가>

가. 연구개발의 통합 및 총괄운영관리체계 구축

■ 프로젝트 관리

- 과제총괄조정 및 일정관리
- 연차별 연구내용 조정 및 보완
- 성과목표 및 성과지표 관리

나. 열차제어시스템 표준화체계 구축

- 열차제어시스템 표준사양 확정 및 작성
- 열차제어시스템 표준관리체계 구축 법제화 지원

다. 열차제어시스템 안전성 평가

■ 열차제어시스템 안전성 활동 및 평가

- 하부시스템 수준에서의 안전성 평가
 - 하부시스템별 예비안전계획서 평가
 - 하부시스템별 안전요구사항 평가
 - 하부시스템별 안전계획서 평가
 - 하부시스템별 Safety Case

라. 공정별 시스템엔지니어링 활동

■ 시스템엔지니어링 활동(개발 및 구축 단계)

- 하부시스템별 상세설계

열차제어시스템을 구성하는 하부시스템의 상세설계에 기능 처리능력, 신뢰성, 안전성, 유지보수성, 사용의 용이성 등이 적절히 포함되어야 한다.

- ATS(관제설비)
- 차상ATP/ATO
- 지상ATP/ATO
- EI(연동설비)
- 열차제어용 무선통신설비(세부과제 3 “열차제어용 무선통신체계 연구”에서 담당)
- 현장설치(“열차제어시스템 성능평가”에서 담당)

- 시스템 설계 및 제작단계의 내용 점검

시스템을 현장에 설치하기에 앞서 시스템엔지니어링의 설계단계의 요구사항을 충분히 만족하고 있는 지를 확인하고, 문제점을 보완한다.

<세부과제 2 : 열차제어시스템 성능평가>

- 열차제어시스템 성능평가 인프라 구축

- 열차제어시스템 차상장치 구축
- 기능 및 성능 평가 인프라 구축
- 시험열차

열차제어시스템의 기능 및 성능 평가는 가능한 영업열차를 활용하는 것을 고려하여야 하며, 곤란한 경우에는 도시철도용 대폐차를 도시철도차량 표준사양을 만족하도록 개조한 것을 시험열차로 사용하여야 한다.

- 차량 설계 및 개조
- 열차제어시스템 차상장치 배치 및 결선도 작성
- 열차제어시스템 차상장치 구축
- 열차제어시스템 통합

- 열차제어시스템 성능평가

- 시스템 설치통합의 시험 및 평가
 - 시험항목 및 평가기준 정의
 - 시험절차서 작성
 - 시험 및 평가(현장)

<세부과제 3 : 철도전용 무선통신체계 연구>

- 열차제어용 무선주파수 확보

- 열차제어용 무선주파수 확보

- 열차제어용 무선통신체계 연구

- 열차제어용 무선통신체계 개발
 - 열차제어용 무선통신방식 설계

· 열차제어용 무선통신방식 최적화

● 열차제어용 무선통신망 구축(시험선용으로 최소화)

■ 인터페이스장치 개발

● 인터페이스장치 제작 및 설치

● 인터페이스장치 시험평가

□4차년도

<세부과제 1 : 열차제어시스템 표준체계구축 및 안전성평가>

가. 연구개발의 통합 및 총괄운영관리체계 구축

■ 프로젝트 관리

● 과제총괄조정 및 일정관리

● 연차별 연구내용 조정 및 보완

● 성과목표 및 성과지표 관리

나. 열차제어시스템 표준화체계 구축

■ 표준화관리체계 구축

● 열차제어시스템 표준사양 확정 및 작성

● 열차제어시스템 표준관리체계 구축 법제화 지원

■ 프로젝트 관리

열차제어시스템의 표준화를 준수하고 시험선에서 성능시험평가결과 요구사항을 만족하는 열차제어시스템을 국내 철도노선에 적용할 수 있도록 관련 법, 령, 규칙을 마련하고, 이를 제정할 수 있도록 지원한다.

● 열차제어시스템 상용화의 장애요인 조사 및 분석

● 열차제어시스템 상용화 관련 법령, 법규, 기준 등에 대한 조사 및 분석

● 열차제어시스템 상용화를 위한 법령, 법규 및 기준 등 체계(안) 작성

● 위 체계(안)에 따른 관련 법령, 법규 및 기준 작성

● 관계 부처의 법제화 지원

다. 열차제어시스템 안전성 평가

● 시스템 수준에서의 안전성 활동

- Safety Case 작성
- 시스템 수준에서의 안전성 활동내용 평가
 - 시스템 예비안전계획서 평가
 - 열차제어시스템 안전요구사항 평가
 - 시스템 안전계획서 평가
- 시스템 수준에서의 안전성 활동내용 평가
 - Safety Case 평가

라. 공정별 시스템엔지니어링 활동

■ 시스템엔지니어링 활동 (현장운영단계)

● 시스템통합

“열차제어시스템 성능평가”에서 현장에서 운영하는데 필요한 사항을 담당할 수 있도록 관련 업무 지원

● 시스템 개념설계단계의 내용 점검

현장에서 시스템을 운영하기에 앞서 시스템엔지니어링의 개념단계의 요구사항을 충분히 만족하고 있는 지를 확인하고, 문제점 보완

<세부과제 2 : 열차제어시스템 성능평가>

■ 열차제어시스템 성능평가

● 시스템 기능시험 및 평가

· 기능시험항목 및 평가기준 정의

시스템의 개방운전단계(속도별), 수동운전단계(속도별), 자동운전단계(속도별) 및 무인자동운전(속도단계별)로 구분하여 시스템기능시험항목을 설정하여야 한다.

· 기능시험절차서 작성

· 기능시험 및 평가(현장)

● 시스템 성능시험 및 평가

· 시스템 성능시험 시나리오 작성

시스템의 개방운전/수동운전단계, 자동운전단계 및

무인자동운전으로 구분하여 시스템성능시험항목을 설정하여야 한다.

- 성능시험항목 및 평가기준 정의
- 성능시험절차서 작성
- 성능시험 및 평가(현장)

<세부과제 3 : 철도전용 무선통신체계 연구>

- 성능시험 및 평가
 - 성능시험항목 및 평가기준 정의
 - 성능시험절차서 작성
 - 성능시험 및 평가(현장)

4. 연구 추진방법

□ 추진전략

- 열차제어시스템의 실용화와 표준화를 목적으로 추진
 - 열차제어시스템을 구매하는 기관인 국내 철도운영기관을 대상으로 한 연구내용 및 진행상황에 대한 적극적인 홍보를 하고 이들의 의견 및 요구사항을 연구과정에 반영
 - 관계부처, 철도건설운영기관 및 지자체의 도시철도건설 계획중실용화 가능성이 높은 대상노선을 선정하고, 이를 목표로 하여 안전성을 평가할 수 있는 시험선, 평가 인프라 및 시험차량을 구축
 - 열차제어시스템의 안전성 평가를 위해서 IEC 또는 이에 준하는 규격을 적용하고, 열차제어시스템의 안전성 평가와 인증에 충분한 경험을 갖춘 전문기관을 참여시켜 안전성평가결과의 객관성을 확보
 - 열차제어시스템 안전성 평가결과를 인증할 수 있는 관련 체계를 구축하여 국내 도시철도운영기관이 열차제어시스템을 도입할 수 있는 여건 확보
 - 열차제어시스템의 안전성을 평가한 후 열차제어시스템

의 범위, 대상, 내용에 대한 관련 기관의 의견을 반영하여 표준화를 확정함.

- 또한 표준화된 열차제어시스템을 신선 또는 기존선에 적용할 수 있도록 관련 법체계를 마련함.

○ 열차제어용 무선통신방식 선정

- 열차제어용 무선통신방식을 선정함에 있어, 공개를 원칙으로 하여 관련 기업을 투자 또는 참여를 유도함.

○ 열차제어시스템 안전성 평가에 필요한 인력의 교육 및 훈련

○ 열차제어시스템 연구개발과 관련한 경험, 성과물 및 자료 활용

- 국가연구개발사업 및 관련 기업 등에서 도출된 성과를 최대한 활용하여 연구효율의 극대화를 도모

- 제한된 자원의 효율적인 활용과 중복투자를 방지하기 위해서 본 연구는 ATP/ATO의 설계와 제작을 포함하지 않음.

- 관련 기업이 설계 및 제작 단계에서 수행한 안전성 활동과 실험실에서의 기능 및 성능 시험평가는 본 연구에 포함함.

○ 주기적인 공정회의(월별, 분기별)과 워크숍 등을 통한 진도점검 및 내부의견 수렴

○ 협의회, 공청회, 토론회 등을 통한 외부 의견수렴

□ 추진체계

○ 연구단

○ 주관연구기관 및 공동연구기관 : 기업/대학/연구원

○ ATP / ATO 제작자(사) 선정

- 세부과제 1 주관연구기관은 1차년에 열차제어시스템 개발사양서 및 시스템 표준사양(안)을 작성하면서 ATP/ ATO제작자(사)를 선정함.

- 제작자(사) 선정에 참여를 희망할 경우, 세부과제 1의 열차제어시스템 개발사양서 및 표준사양(안) 작성에 참여하여야 하며, 국가연구개발사업 또는 자체연구를 통해서 확보한 열차제어기술의 내용 및 기술수준을 확인하고 평가할 수 있도록 관련 자료의 제공 등 협조를 하여야 함.
- 제작자(사)는 단독 또는 컨소시엄으로 제안할 수 있음.
- 제작사(사)의 수는 인프라의 용량, 연구개발비용 등 제반 여건을 고려하여 별도로 정함.
- 세부과제 1의 안전성평가를 위한 소요연구비는 제작자(사)와 매칭펀드방식에 의하여 확보하며, 이에 대해서 별도의 협약을 체결함.
- 성과의 실용화를 최우선으로 사업을 추진
 - 무선통신기반 열차제어시스템에 대한 연구개발사업 참여 실적을 갖고 있는자 및 본 과제에 대한 관계 부처의 정책을 충분히 이해하고 있는 자를 총괄연구책임자로 선정
 - 열차제어시스템 실수요기관의 관계자를 개념단계, 설계단계, 평가단계 등 제반과정에 참여토록 하여 연구결과 의 활용도 제고하고 실수요기관의 요구사항을 반영
- 원활한 연구관리를 위한 자문단(또는 워킹그룹) 구성
 - 관계부처, 수요처, 대학 및 전문가를 포함한 자문단을 구성하여 과제전반에 대한 점검과 이를 통한 미비한 사항에 대한 보완
 - 열차제어시스템의 표준화체계구축 및 공정별 안전성평가에 철도운영기관, 철도신호관련 전문기관 및 국내철도신호기업의 요구사항을 반영하고, 과제의 효율적인 추진을 위해서 워킹그룹을 구성하여 운영함.

<p>□ 성과목표 지표설정</p>	<p>○ 성과목표(지표)별 달성목표치와 가중치 등을 연구개발계획서에 제안하여야 하며, 이는 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검, 관리 및 성과평가 등의 자료로 활용</p>
<p>5. 연구기간 및 소요예산</p>	
	<p>○ 총 연구기간 : 2010 ~ 2013(38개월)</p> <p>○ 총 연구예산 : 26,200백만원(민간분담금 7,500백만원)</p> <p>※ ATP/ATO설계 및 개발비용을 지원하지 않는 과제특성상 세부과제 1과 세부과제 2는 정부출연금율 총 연구개발비의 100%까지 지원 가능</p> <p>※ 차상 및 지상ATP/ATO제작사 수, 시험열차 확보방안 및 무선통신방식 선정 및 정부예산 사정 등에 따라 총연구예산은 일부 조정될 수 있음.</p>
<p>6. 기타</p>	
	<p>○ 연구내용, 연구기간 및 연구비 등 상세내용은 본 과제제안요구서 및 “기획연구보고서” 참조하여 작성하되, 과제의 목표달성에 반드시 필요하다고 판단되는 경우 연구내용을 수정하여 제안할 수 있음(명확한 사유 및 근거제시).</p> <p>○ 선정된 연구단은 전문기관과의 협의를 거쳐 연구개발계획서를 수정 또는 보완할 수 있음.</p> <p>○ 기 수행(종료과제, 중단과제) 및 현재 수행중인 동 과제 관련 연구개발결과와의 중복성 검토 및 연계·활용방안을 구체적으로 연구계획에 포함.</p> <p>○ 연구성과의 정량적 및 정성적 파급효과(기술, 경제, 사회, 문화적 파급효과 및 산출근거)</p> <p>○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함.</p> <p>○ 본 과제에 참여기관의 선정평가 시 연구수행실적, 역할,</p>

연구결과물의 활용계획 등 자격기준을 엄격히 검토하여 연구참여여부를 결정할 예정임.

- 과제성공률을 높이기 위해서 자문회의 등 내부 및 외부 전문가 의견 수렴
- 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획서에 포함함.

주 의

1. 이 보고서는 국토해양부에서 시행한 미래철도기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토해양부에서 시행한 미래철도기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.