

R&D /
10PURT
-C05480
9-01

국
가
철
도

통
합
무
선
제
어

기
술
개
발

상
세
기
획
연
구

연
구
보
고
서

2012

Construction & Transportation R&D Report

미래도시철도기술개발사업

R&D / 10PURT-C054809-01

국가철도 통합무선제어 기술개발 상세기획연구 연구보고서

2012. 12.

주관연구기관 / 한국철도기술연구원

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

목 차

제 I 장 사업의 개요 및 조사방법	1
제 1 절 사업 개요	1
1. 사업추진 배경 및 목적	1
가. 사업추진 배경	1
나. 기술 수요 조사	1
다. 사업의 필요성	6
라. 사업추진 목표	11
2. 사업추진 경위	13
3. 사업추진체계 및 추진 전략	15
가. 사업 추진 체계	18
나. 사업 추진 전략	23
제 2 절 조사방법	28
1. 사업의 특징	28
2. 항목별 조사방법	30
가. 기술적 측면	30
나. 정책적 측면	31
다. 경제적 측면	31
제 II 장 기초자료 분석	32
제 1 절 국가철도 통합무선제어시스템의 개념 및 분류	32
1. 국가철도 통합무선제어시스템의 기본개념	32
가. 기본 개념	32
제 2 절 국내외 국가철도 통합무선제어시스템 연구개발 동향	35
1. 국내 국가철도 통합무선제어시스템 연구개발 동향	35
가. 국내 신호시스템 도입운용 현황	35
나. 국내 열차제어시스템 연구개발 현황	37
2. 국외 국가철도 통합무선제어시스템 연구개발 동향	42
가. 열차제어시스템 연구개발 동향	42
나. 국가철도 통합무선제어시스템 연구개발 동향	50
제 3 절 국가철도 통합무선제어시스템 기술	59

1. 국가철도 통합무선제어시스템 기술의 분류	59
가. 열차제어시스템	59
2. 국가철도 통합무선제어 시스템 활용 기술	61
가. 열차제어예외 활용	61
나. 주행 열차, 시설/설비 모니터링 예외 활용	62
다. 첨단 영상감지시스템을 활용한 안전 및 범죄예방 구축 예외 활용	63
라. 열차운행 및 유지관리 예외 활용	65
마. 철도 고객서비스 예외 활용	67
바. 화물열차시스템 예외 활용	67
사. 철도건널목 정보시스템 예외 활용	68
제 III 장 기술적 타당성 분석	69
제 1 절 기술개발계획의 적절성	69
1. 국가연구개발 사업으로서의 적합성	69
가. 상세 사업 내용	71
나. 타 기술 분야와의 비교	78
제 2 절 기술개발의 필요성 및 시급성	80
1. 국가연구개발 사업의 필요성	80
2. 국가연구개발 사업의 시급성	83
제 3 절 국내외 기술 동향	88
1. 국내 국가철도 통합무선제어시스템 기술 동향	88
가. 열차제어시스템	88
나. 철도 통신시스템	93
다. 무선기반 철도시스템 응용	96
2. 국외 국가철도 통합무선제어시스템 기술 동향	98
가. 열차제어시스템	98
나. 철도 통신시스템	102
다. 무선기반 철도시스템 응용	104
제 4 절 기술개발의 성공 가능성	107
1. 특허분석 자료에 근거한 기술수준	107
가. 철도분야 신호시스템 특허 분석	107
나. 철도분야 통신시스템 특허 분석	109
2. 세부기술별 특허동향	117
가. 자동열차감시(ATS) 분야	117
나. 신호제어(AB) 분야	117

다. 진로제어(AC) 분야	118
라. 통신시스템 및 응용 기술 분야	119
3. 주요시장국 세부기술별 특허동향	126
가. 주요시장국 연도별 특허동향	126
나. 주요시장국 특허 동향	127
다. 특허분석 결과	130
 제 5 절 기술적 타당성 분석 소결	 133
 제 IV장 정책적 타당성 분석	 136
제 1 절 정책의 일관성	136
1. 상위·유관계획과의 일치성	136
가. 상위·유관계획과의 일치성	136
나. 국내 철도신호 표준화	138
다. 해외 철도신호통신정책	138
 제 2 절 기존사업과의 차별성	 140
1. 기존 사업과의 중복성	140
가. 국가연구개발사업 및 시범 사업 현황	140
2. 기존사업과의 차별성	145
3. 과학기술적 파급효과	146
4. 유사사업과의 연계 및 협력 방안	147
가. 400km/h급 고속철도 인프라 시범적용 및 기술개발	147
 제 3 절 국고 지원의 적합성	 149
1. 사업의 혁신성	149
가. 마스터플랜에 의한 철도신호기술개발	149
나. 국가철도 통합무선제어시스템의 국내 최초로 실용화	150
2. 사업의 공공성	151
가. 국내 철도기술자립	151
나. 기술개발리스크	152
다. 국내 열차제어·통신기술의 국제표준화	152
 제 4 절 사업추진상의 위험요인	 154
1. SWOT분석	154
가. 내부역량	154
나. 외부환경	154

다. 미래대응전략	155
제 5 절 정책적 타당성 분석 소결	158
제 V 장 경제적 타당성 분석	159
제1절 경제적 타당성 분석환경	159
1. 국내외 시장 및 산업동향	159
가. 철도 통신망 현황 및 산업동향	159
나. 해외시장 현황 및 산업동향	162
다. 사업의 미래 잠재적 수요	165
2. 파급효과	171
가. 고용효과	171
나. 수입대체 및 국외 시장 진출	174
제 2 절 비용분석	181
1. 연구과제비 분석	181
가. 세부연구과제별 연구비	182
나. 세부과제별 소요예산 내역	192
2. 사업비 분석	246
가. 국가철도 통합무선제어시스템	246
나. 열차제어시스템 구축	248
제 3 절 편익추정	252
1. 개요	252
가. R&D사업 예비타당성조사에서의 편익	252
나. 유사 연구의 편익 추정	254
2. 국내외 철도 시장 조사	256
가. 국내 철도시장 전망	256
나. 국외 철도시장 전망	261
3. 국가철도 통합무선제어시스템 연구개발시 편익추정	267
가. 편익항목	267
나. 편익추정	268
다. 편익추정결과	272
4. 국가철도 통합무선제어시스템 기술 개발 및 구축시 편익 추정	274
가. 편익항목	274
나. 편익추정	275

제 4절 경제성 분석 소결	301
1. 경제성 분석 개요	301
가. 개요	301
나. 분석 방법	301
2. 경제성 분석 결과	303
가. 국가철도 통합무선제어시스템 연구개발시 경제성 분석 결과	303
나. 국가철도 통합무선제어시스템 구축시 경제성 분석 결과	308
제 VI장 결론 및 정책 제언	310
제 1 절 결론	310
제 2 절 정책 제언	315
제 VII장 참고문헌	317

표 목차

[표 1.0] 국내 철도운영기관 제안요청서의 자격기준 사례	6
[표 1.2] 국가연구개발성과물을 상호 활용 사례 (대전과학관)	7
[표 1.3] 사업 추진경위	16
[표 1.4] 단계별 철도 신호시스템의 표준화 및 통합 추진 계획	24
[표 2.0] 경량전철 도입 시스템	35
[표 2.2] 광역도시철도 도입 시스템	36
[표 2.3] 일반철도 도입 시스템	36
[표 2.4] 국토해양부의 국가연구개발사업 및 시범사업 현황	37
[표 2.5] 타부처의 국가연구개발사업 및 시범사업 현황	38
[표 2.6] CHSPRA의 radio-ATC 비통합 시스템 무선 솔루션 대안 검토	57
[표 2.7] 해외 현황 및 계획: 요약	58
[표 2.8] 열차제어시스템 ATP의 기능분류	60
[표 2.9] 철도 통합무선망 열차제어분야 활용방안	61
[표 2.10] 철도 통합무선망 주행열차, 시설/설비 모니터링 활용방안	63
[표 2.11] 철도 통합무선망 철도 지령망 활용방안	65
[표 2.12] 철도 통합무선망 열차운행 및 유지관리 활용방안	66
[표 2.13] 철도 통합무선망 철도 고객센터 활용방안	67
[표 2.14] 철도 통합무선망 화물열차시스템 활용방안	67
[표 2.15] 철도 통신망의 철도건설목 정보시스템에 활용	68
[표 3.1] 국가철도 통합무선제어 기술개발 계획(안)	71
[표 3.2] 한국형 철도신호시스템(KRTCS)을 개발 계획(수정안)	72
[표 3.3] 사업 추진규모	72
[표 3.4] 열차제어시스템 표준체계 구축	73
[표 3.5] 무선기반 철도시스템 성능평가 기술 개발	74
[표 3.6] 무선기반 철도 통신시스템 보안 및 국제화 연구	75
[표 3.7] 무선기반 철도 통신시스템 보안 및 국제화 연구	76
[표 3.8] 무선기반 철도시스템 활용 기술개발	77
[표 3.9] ETCS level 2 지상장치 핵심기술 연구내용	78
[표 3.10] 현재 운영 중 또는 도입 검토 중인 신호시스템	88
[표 3.11] 철도건설운영기관 대상 국내철도신호기업 신호시스템 별 기술수준	89
[표 3.12] 기술 수준 등급	89
[표 3.13] 국내 신호시스템 상용화 내용 및 기술수준	91
[표 3.14] DTG 및 이동폐색의 ATP/ATO분야의 기술수준	92
[표 3.15] VHF 채널별 사용 현황	94
[표 3.16] 국내 TRS 주파수 할당 현황	95
[표 3.17] 국내 철도용 TRS 주파수 사용 현황	95

[표 3.18] 주요 철도 제어용 무선통신 방식	102
[표 3.19] 차세대 철도통신망 구축 기대효과 (Alcatel Lucent)	106
[표 4.1] 국가철도 통합무선제어시스템 단계별 추진계획	138
[표 4.2] 국토해양부의 국가연구개발사업 및 시범사업 현황	140
[표 4.3] 타부처의 국가연구개발사업 및 시범사업 현황	141
[표 4.4] 국내 자기부상열차 기술개발 내역	142
[표 4.5] 무선통신기술을 적용한 국가연구개발사업 및 시범사업 현황	145
[표 4.6] 본사업과 기존 사업과의 비교표	145
[표 4.7] 신호/통신 기술 직·간접 기술적 파급효과의 추정	146
[표 4.8] ETCS level 2 지상장치 핵심기술 연구내용	147
[표 4.9] 국가연구개발사업의 실용화 현황	150
[표 4.00] SWOT 분석	157
[표 5.1] 해외 현황 및 계획: 요약	163
[표 5.2] 일반철도/고속철도/광역철도 무선통신망 계획	166
[표 5.3] 일반철도(신설)	166
[표 5.4] 일반철도(개량)	167
[표 5.5] 고속철도(신설)	168
[표 5.6] 고속철도(개량)	169
[표 5.7] 광역철도(신설)	169
[표 5.8] 광역철도(개량)	170
[표 5.9] 성과물 목표점유율에 따른 수요예측	173
[표 5.10] 경제적 효과 계수	173
[표 5.11] 생산유발효과	173
[표 5.12] 부가가치유발효과	174
[표 5.13] 고용유발효과	174
[표 5.14] 철도무선통신망 구축 계획	175
[표 5.15] 철도무선통신망 기간별 투자액	175
[표 5.16] 국가철도 통합무선망제어시스템 구축비용	175
[표 5.17] 국내 철도 차량 차종별, 내구연한별 통계	176
[표 5.18] 차상신호시스템 연차별 구축 계획	177
[표 5.19] 지상신호시스템 연차별 구축계획	177
[표 5.20] 철도무선통신망 가격절감율	178
[표 5.21] 무선신호제어시스템의 국산가격절감비율 시나리오	178
[표 5.22] 수입대체비용절감편익 추정결과	179
[표 5.23] 무선신호제어시스템의 국산가격절감비율 시나리오	180
[표 5.24] 국산 무선신호제어시스템의 국외시장 부가가치편익	180
[표 5.25] 국가철도 통합무선제어기술개발 과제 총 연구비	182
[표 5.26] 국가철도 통합무선제어기술개발 과제 소요예산인원	182
[표 5.27] 열차제어시스템 표준체계 구축 연구비 및 연구내용	183

[표 5.28] 도시철도용 열차제어시스템(3세트 제작) 연구비 및 연구내용	184
[표 5.29] 일반철도용 열차제어시스템 연구비 및 연구내용	184
[표5.30] 고속철도용 열차제어시스템 연구비 및 연구내용	185
[표 5.31] 철도종별 인프라 구축내용	186
[표 5.32] 무선기반 철도시스템 시험평가 및 전용시험선 구축기술 연구비 및 연구내용	187
[표 5.33] 도시철도용 열차제어시스템 성능시험 연구비 및 연구내용	188
[표 5.34] 일반철도용 열차제어시스템 연구비 및 연구내용	188
[표 5.35] 고속철도용 열차제어시스템 연구비 및 연구내용	189
[표 5.36] 무선기반 철도 통신시스템 보안 및 국제화 연구 연구비 및 연구내용	190
[표 5.37] 무선기반 철도 통신시스템 보안 및 국제화 연구 연차별 연구비용	190
[표 5.38] 무선기반 철도통신시스템 최적화 기술개발 연구비 및 연구내용	191
[표 5.39] 무선기반 철도시스템 활용 기술개발 연구비 및 연구내용	192
[표 5.40] 2012년도 엔지니어링기술자 노임단가	193
[표 5.41] 세부과제 I 연구비 총괄표	193
[표 5.42] 세부과제 I 1차년도 연구비-도시철도	195
[표 5.43] 세부과제 I 2차년도 연구비-도시철도	196
[표 5.44] 세부과제 I 1차년도 연구비-일반철도	197
[표 5.45] 세부과제 I 2차년도 연구비-일반철도	198
[표5.46] 세부과제 I 3차년도 연구비-일반철도	199
[표 5.47] 세부과제 I 3차년도 연구비-고속철도	200
[표 5.48] 세부과제 I 4차년도 연구비-고속철도	201
[표 5.49] 세부과제 I 5차년도 연구비-고속철도	202
[표 5.50] 세부과제 II 연구비 총괄표	203
[표 5.51] 세부과제 II 1차년도 연구비-도시철도	204
[표 5.52] 세부과제 II 2차년도 연구비-도시철도	205
[표 5.53] 세부과제 II 1차년도 연구비-일반철도	206
[표 5.54] 세부과제 II 2차년도 연구비-일반철도	207
[표 5.55] 세부과제 II 3차년도 연구비-일반철도	208
[표 5.56] 세부과제 II 4차년도 연구비-일반철도	209
[표 5.57] 세부과제 II 5차년도 연구비-일반철도	210
[표 5.58] 세부과제 II 3차년도 연구비-고속철도	211
[표 5.59] 세부과제 II 4차년도 연구비-고속철도	212
[표 5.60] 세부과제 II 5차년도 연구비-고속철도	213
[표 5.61] 세부과제III 국제화 활동 및 상호운영성 연구 1차년도 연구비	214
[표 5.62] 세부과제III 국제화 활동 및 상호운영성 연구 2차년도 연구비	215
[표 5.63] 세부과제III 국제화 활동 및 상호운영성 연구 3차년도 연구비	216
[표 5.64] 세부과제III 국제화 활동 및 상호운영성 연구 4차년도 연구비	217
[표 5.65] 세부과제III 국제화 활동 및 상호운영성 연구 5차년도 연구비	218
[표 5.66] 세부과제III 철도통신시스템 보안 연구 1차년도 연구비	219

[표 5.67] 세부과제Ⅲ 철도통신시스템 보안 연구 2차년도 연구비	220
[표 5.68] 세부과제Ⅲ 철도통신시스템 보안 연구 3차년도 연구비	221
[표 5.69] 세부과제Ⅲ 철도통신시스템 보안 연구 4차년도 연구비	222
[표 5.70] 세부과제Ⅲ 철도통신시스템 보안 연구 5차년도 연구비	223
[표 5.71] 세부과제Ⅳ 철도통합 무선망 시험 및 검증 1차년도 연구비	224
[표 5.72] 세부과제Ⅳ 철도통합 무선망 시험 및 검증 2차년도 연구비	225
[표 5.73] 세부과제Ⅳ 철도통합 무선망 시험 및 검증 3차년도 연구비	226
[표 5.74] 세부과제Ⅳ 철도통합 무선망 시험 및 검증 4차년도 연구비	227
[표 5.75] 세부과제Ⅳ 철도통합 무선망 시험 및 검증 5차년도 연구비	228
[표 5.76] 세부과제Ⅳ 철도통신시스템 감시연구 1차년도 연구비	229
[표 5.77] 세부과제Ⅳ 철도통신시스템 감시연구 2차년도 연구비	230
[표 5.78] 세부과제Ⅳ 철도통신시스템 감시연구 3차년도 연구비	230
[표 5.79] 세부과제Ⅳ 철도통신시스템 감시연구 4차년도 연구비	232
[표 5.80] 세부과제Ⅳ 철도통신시스템 감시연구 5차년도 연구비	233
[표 5.81] 세부과제Ⅳ 철도통합무선망 구축계획 1차년도 연구비	234
[표 5.82] 세부과제Ⅴ 철도 영상정보전달 연구 2차년도 연구비	235
[표 5.83] 세부과제Ⅴ 철도 영상정보전달 연구 3차년도 연구비	236
[표 5.84] 세부과제Ⅴ 철도 영상정보전달 연구 4차년도 연구비	237
[표 5.85] 세부과제Ⅴ 철도 영상정보전달 연구 5차년도 연구비	238
[표 5.86] 세부과제Ⅴ 고장진단 연구 2차년도 연구비	239
[표 5.87] 세부과제Ⅴ 고장진단 연구 3차년도 연구비	240
[표 5.88] 세부과제Ⅴ 고장진단 연구 4차년도 연구비	241
[표 5.89] 세부과제Ⅴ 고장진단 연구 5차년도 연구비	242
[표 5.90] 세부과제Ⅴ 차상기반 열차제어시스템 연구 3차년도 연구비	243
[표 5.91] 세부과제Ⅴ 차상기반 열차제어시스템 연구 4차년도 연구비	244
[표 5.92] 세부과제Ⅴ 차상기반 열차제어시스템 연구 5차년도 연구비	245
[표 5.93] 노선별 철도연장	246
[표 5.94] 철도 통합무선망 구축 및 운영비용 산정 항목	247
[표 5.95] 철도 통합무선망 구축 및 운영비용 산정	248
[표 5.96] 차종별 · 차령별 차량수	249
[표 5.97] 차상신호시스템 구축비용	250
[표 5.98] 지상신호시스템 구축비용	250
[표 5.99] 무선기반 열차제어시스템 구축비용	251
[표 5.100] 연구개발활동 파급 분류와 예비타당성조사 반영 여부	252
[표 5.101] 연구개발부분 예비타당성조사 편익 항목	253
[표 5.102] 편익 항목	254
[표 5.103] 타사업 편익 비교	255
[표 5.104] 철도 관련 상위 계획	256
[표 5.105] 국내시장 철도 계획	257

[표 5.106] 철도분야별 시장전망	262
[표 5.107] 지역별 시장전망	263
[표 5.108] 지역별 열차 제어 및 신호 시장 (신설건설 및 업그레이드)	266
[표 5.109] 지역별 열차 제어 및 신호 시장 (개량 및 유지관리)	266
[표 5.110] 국가철도 통합무선제어시스템 연구개발 시 경제적 편익 및 추정방법	267
[표 5.111] 철도무선통신망 구축 계획	268
[표 5.112] 철도무선통신망 기간별 투자액	268
[표 5.113] 철도무선통신망 가격절감을	269
[표 5.114] 무선통신열차제어시스템의 국산가격절감비율 시나리오	269
[표 5.115] 수입대체비용절감편익 추정결과	270
[표 5.116] 무선신호제어시스템의 국산가격절감비율 시나리오	271
[표 5.117] 국산 무선신호제어시스템의 국외시장 부가가치편익	272
[표 5.118] 국가철도 통합무선제어시스템 연구개발시 편익추정결과	273
[표 5.119] 국가철도 통합무선제어시스템 구축 편익 항목 구성	274
[표 5.120] 타수단 이용자 통행시간절감 편익 산정	276
[표 5.121] 열차제어시스템 연차별 구축비용	276
[표 5.122] 차량 1대당 평균 통행시간가치(전국권)	277
[표 5.123] 타교통수단 이용자의 통행시간절감 편익	277
[표 5.124] 도로교통수단 이용자 운행비용절감 편익 산정	278
[표 5.125] 차종별 · 속도별 차량운행비용	279
[표 5.126] 도로교통 이용자의 차량운행비용 절감 편익	280
[표 5.127] 환경비용 절감 편익 산정	281
[표 5.128] 차종별 · 속도별 대기오염 비용	282
[표 5.129] 환경비용 절감 편익	283
[표 5.130] 교통사상사고 중 직무사상 사고 피해감소인원 추정	284
[표 5.131] 안전사상사고 중 직무사상 사고 피해감소인원 추정	285
[표 5.132] 철도인적사고 예방편익	285
[표 5.133] 열차사고 피해감소 편익 추정	286
[표 5.134] 사고예방편익 산정	286
[표 5.135] 철도사고 예방 편익 요약	287
[표 5.136] 철도의 통행시간 신뢰성 지표 원단위	288
[표 5.137] 철도의 통행시간 신뢰성 가치 원단위	288
[표 5.138] 신뢰성 증가 편익 산정	289
[표 5.139] 신뢰성 증가 편익	289
[표 5.140] 궤도회로 대체에 따른 투자비 절감 편익 산정	290
[표 5.141] 궤도회로 대체에 따른 투자비 절감 편익	291
[표 5.142] 유지보수 효율화에 따른 총유지보수비용 절감 편익 산정	291
[표 5.143] 유지보수 효율화에 따른 총유지보수비용 절감 편익	292
[표 5.144] 영상관제 효율성 향상에 따른 유지보수비용 절감 편익 산정	293

[표 5.145] 철도전용 통합무선망 연차별 구축 비율	293
[표 5.146] 영상관제 효율성 향상에 따른 유지보수비용 절감 편익	294
[표 5.147] IT서비스 상용통신망 이용비용 절감 편익 산정	295
[표 5.148] IT서비스 상용통신망 이용비용 절감 편익	295
[표 5.149] IT업무프로세스 효율성 향상에 따른 시간절감 편익 산정	296
[표 5.150] IT업무프로세스 효율성 향상에 따른 시간절감 편익	297
[표 5.151] 비관적 시나리오의 편익 추정	298
[표 5.152] 중립적 시나리오의 편익 추정	299
[표 5.153] 낙관적 시나리오의 편익 추정	300
[표 5.154] 경제적 타당성 평가 분석기법	301
[표 5.155] 국가철도 통합무선제어시스템 연구개발시 경제성 분석 결과 요약	303
[표 5.156] 국가철도 통합무선제어시스템 연구개발시 경제성 분석 결과(비관적 시나리오)	304
[표 5.157] 국가철도 통합무선제어시스템 연구개발시 경제성 분석 결과(중립적 시나리오)	304
[표 5.158] 국가철도 통합무선제어시스템 연구개발시 경제성 분석 결과(낙관적 시나리오)	305
[표 5.159] 국가철도 통합무선제어시스템 연구개발시 경제성 분석 결과 요약	306
[표 5.160] 국가철도 통합무선제어시스템 연구개발시 경제성 분석 결과(비관적 시나리오)	307
[표 5.161] 국가철도 통합무선제어시스템 연구개발시 경제성 분석 결과(중립적 시나리오)	308
[표 5.162] 국가철도 통합무선제어시스템 연구개발시 경제성 분석 결과(낙관적 시나리오)	309

그림 목차

[그림 0.1] 주관부처 열차제어시스템 표준화 원칙	4
[그림 1.2] 지능형 철도시스템 구축 계획 알림	5
[그림1.3] 사업추진절차	19
[그림 1.4] KRTCS 개발체계	19
[그림 1.5] 사업 추진체계	21
[그림 1.6] 사업 로드맵	22
[그림 1.7] 무선기반 철도통신시스템 추진 전략	25
[그림 1.8] 국가철도 통합무선제어시스템 추진전략	26
[그림2.1] 열차제어시스템의 블록다이어그램	32
[그림2.2] 열차제어시스템의 안전간격설정 개념도	33
[그림 2.3] GSM-R의 향후 방향	34
[그림 2.4] V-model 및 안전성활동절차	40
[그림 2.5] ERTM/ETCS 개발체계	43
[그림 2.6] ETCS Level_1	44
[그림 2.7] ETCS Level_2	44
[그림 2.8] ETCS Level_3	44
[그림 2.9] CTCS Level 3 시스템 구조	47
[그림 2.10] Level 전환 운전 예	48
[그림 2.11]일본 ATACS 설치구간	49
[그림 2.12] 일본 ATACS 지상설비 구성도	50
[그림 2.13] 유럽 철도통신망 주파수 할당 현황	50
[그림 2.14] TETRA Radio Sub-system	54
[그림 2.15] ATACS의 개요	55
[그림 2.16] PTC 구성도	56
[그림 2.17] 열차충돌사고가 발생하는 원인	59
[그림 2.18] ATP의 열차간격제어 프로세서	61
[그림 3.0] 사업 목표	70
[그림 3.2] ETCS L2의 열차제어장치 개념도 및 정보흐름도	79
[그림3.3] 국가철도 통합무선제어 기술개발 개념도	80
[그림 3.4] 국가철도 통합무선제어시스템 특화 요구사항	81
[그림 3.5]국가철도 통합무선제어 기술 특화 요구사항	82
[그림 3.6] 미래 철도 운영 환경 변화 방향	85
[그림 3.7] 전략적 철도기술 연구 분야의 미래 전망	86
[그림 3.8] 이동통신 기술의 진화	93
[그림 3.9] 열차무선영상시스템의 서비스 개념도	96
[그림3.10]열차제어시스템 기술 변화 흐름도	100
[그림 3.11] MASS 프로젝트	101

[그림 3.12] GSM-R 시스템 구조	103
[그림 3.13] Huawei의 HRC 솔루션 구성 개념도	104
[그림 3.14] Nokia Simens의 LTE 기반 차세대 철도무선망 구축 개념도	105
[그림 3.15] Alcatel Lucent의 차세대 철도무선통신망 구축 비전	105
[그림 3.16] 철도신호시스템 분야의 출원건수	107
[그림 3.17] 국가별 출원건수 및 출원인수의 상관관계	108
[그림3.18] 전체 연도별 및 누적 출원건수	109
[그림 3.19] 전체 포트폴리오	110
[그림 3.20] 전체 국가별 출원현황	111
[그림 3.21] 전체 국가별 특허수준 및 시장확보력	112
[그림 3.22] 전체 우선권 점유율	113
[그림 3.23] 전체 국가별 우선권 점유율	115
[그림 3.24] 전체 국가별 평균점유율 및 평균증가율	116
[그림 3.25] 철도분야 신호시스템 기술 국가별 특허출원 동향	117
[그림 3.26] 국내 신호제어 분야 연도별 특허 출원건수	118
[그림 3.27] 국내 진로제어 분야 연도별 특허 출원건수	118
[그림 3.28] 전체 기술별 연도별 출원동향	119
[그림 3.29] 전체 국가별 기술 분포 현황	120
[그림 3.30] 전체 기술별 포트폴리오	122
[그림 3.31] 전체 기술별 평균 점유율 및 평균증가율	123
[그림 3.32] 전체 주요출원인별 연도별 출원건수 -1	124
[그림 3.33] 전체 주요출원인별 연도별 출원건수 -2	124
[그림 3.34] 전체 주요출원인별 집중분야	125
[그림 3.35] 철도분야 신호시스템 기술 국가별 특허출원 동향	126
[그림 3.36] 일본의 철도분야 신호시스템 기술 동향	127
[그림 3.37] 일본의 신호제어(AB) 기술 분야 동향	127
[그림 3.38] 미국의 철도분야 신호시스템 기술 동향	128
[그림 3.39] 미국의 신호제어(AB) 기술 분야 동향	128
[그림 3.40] 유럽의 철도분야 신호시스템 기술 동향	129
[그림 3.41] 유럽의 신호제어(AB) 기술 분야 동향	129
[그림 3.42] 신호제어기술분야 핵심특허 기술 흐름도	130
[그림 4.0] 국가철도망구상도	137
[그림 4.2] ATP 구축현황	144
[그림 4.3] ETCS L2의 열차제어장치 개념도 및 정보흐름도	148
[그림 4.3] 소사-원시 노선의 수행공정	152
[그림 4.4] ERTM/ETCS 개발체계	153
[그림5.1] 국내 철도무선통신 인프라 계획 경과	160
[그림 5.2] 2005~2009년 control command and signaling 개발 및 업그레이드 점유율	164
[그림5.3] 지능형 철도시스템 단계별 구축전략	165

[그림 5.4] 산업연관표의 기본 구조	172
[그림 5.5] 2000~2016년 화물 수요의 세계 시장의 성장 예측	261
[그림 5.6] 2000~2016년 철도 여객 교통 수요 예측	262
[그림 5.7] 2010년 국가별 세계 시장 점유 순위 (2010~2012년 평균)	263
[그림 5.8] 2007~2011년 control command and signaling 개발 및 업그레이드 세계 시장 점유율 ·	264

제 출 문

국토해양부장관 귀하

이 보고서를 2013년 R&D 예비타당서 조사를 위한
“국가철도 통합무선제어 기술개발 상세기획연구”의 최종보고서로 제출합니다.

2012. 12. 28.

주관연구기관명 : 한국철도기술연구원
주관연구책임자 : 김 용 규
 연구원 : 윤 용 기
 연구원 : 송 용 수
 연구원 : 김 경 희
 연구원 : 채 은 경
 연구원 : 오 세 찬
 연구원 : 민 근 홍
 연구원 : 김 건 엽
 연구원 : 백 종 현
 연구원 : 심 봉 규
 연구원 : 조 아 람

제 I 장 사업의 개요 및 조사방법

제1절 사업개요

1. 사업추진 배경 및 목적

가. 사업추진 배경

지속가능발전이란 대전제하에 선진 제외국은 기후온난화와 더불어 온실가스 감축 등 청정개발체제(CDM : Clean Development Mechanism)로의 패러다임 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 관건이며, 특히 철도교통은 도로교통이나 항공교통에 비해 높은 수송능력을 갖는 고속대량 교통수단으로서 CO2를 포함한 온실가스 발생량이 적은 교통부문의 대표적인 저탄소 녹색성장 산업이다. 이러한 장점을 극대화하기 위해 정부는 최근 도로교통 대비 철도교통에 대한 투자비율을 상대적으로 높이는 방향으로 정책을 전환하였다.

최근, 에너지 효율, 환경 친화적 요소 등이 부각되면서 국가 교통 핵심 기반으로 철도의 중요성이 강조됨에 따라, 정부는 국토 전반을 하나의 생활권으로 통합하는 제2차 국가철도망 구축계획(2011~2020)을 수립, 추진 중에 있다. 이러한 정책 변화를 중심으로, 기술 분야에서는 관련 정책을 실현하기 위한 많은 연구가 이루어지고 있는 실정이며, 국가적 차원의 철도 인프라 구축을 위해서는 우선적으로 열차운영 환경 및 열차운영속도, 고밀도 열차 운영과 밀접하게 연관된 철도신호 및 통신시스템의 통합 개발이 절실히 필요한 실정이다.

일반적으로 철도는 도시철도(경량전철 포함), 일반철도, 고속철도로 구분되며, 이들의 열차제어시스템과 통신시스템의 기능도 각각 다르게 주어진다. 도시철도에 적용되는 열차제어시스템은 무인운전을 지원하기 위해 열차의 주요 장치를 직접 또는 간접적으로 제어하고 관리하는 기능을 가지며, 일반철도에 적용되는 열차제어시스템은 화물 및 여객 열차가 혼합 운용됨에 따라 이들 속도에 따른 선행열차와 후속열차간의 안전간격 확보에 기능이 집중되어 있으며, 고속철도의 열차제어시스템은 열차와 선로에 설치되어 있는 안전설비와 연계하여 고속 운행시의 안전한 열차운행을 보장하도록 구성된다.

현재 국내 철도노선에 설치, 운영중인 열차제어시스템은 궤도회로를 사용하는 기존선의 자동열차정지장치(ATS : Automatic Train Stop), 고속선의 자동열차제어장치(ATC : Automatic Train Control)와 기존선 속도 향상을 위해 설치된 자동열차방호장치(ATP : Automatic Train Protection)가 있으며, 역간 거리가 작은 도시철도의 경우에 빈번한 열차 정지 및 출발을 자동으로 제어하기 위한 자동열차제어장치(ATC/ATO : Automatic Train Control/Automatic Train Operation)로 분류된다.

국내의 철도 통신시스템은 대부분 유선통신망으로, 일반철도 구간은 VHF(Very High Frequency) 시스템을 통해 단순 음성통화만 실시함으로써 데이터 통신이 불가능하며, 특히, 음성지역이 전국에 산재함에 따라 통신 장애가 지속적으로 발생하고 있다. 고속철도구간은 2004년 경부고속선 도입과 함께 TRS(Trunked Radio System) 와 VHF가 혼용으로 운용되며, 이 시스템도 단지 음성통화만이 가능하며, 경부고속선상의 운행 열차 위치에 따라 통신방식이 VHF, TRS-ASTRO, TRS-TETRA로 변경됨으로서 고속열차 운행에 따른 안전성 문제가 제기되었다. 특히 운행 중인 차량의 데이터는 관제센터 및 차량 유지보수 센터와의 통신이 불가능함으로써 열차 장애의 조기 진단이 구현되지 못하는 문제점이 제기되었다. 도시철도구간은 2.4GHz 비면허 대역을 사용함에 따라 간섭과 혼신 및 해킹 사고 위험성을 항상 내재하고 있는 실정으로, 국립전파연구원은 “방송해상항공전기통신사업용 외의 기타업무용 무선설비기준 고시[전파연구소고시 제2005-50호]를 통해 인명 안전과 관련된 서비스에서 제작자와 설치자는 2.4GHz 비면허대역을 사용하지 말 것을 권고하였다.

기술 개발 측면으로는 대부분이 차량 위주의 속도 경쟁체제로 개발이 추진되었으며, 개발된 차량은 국내에서 취급되는 현재의 열차제어방식이 80년대 기술로 주어짐에 따라 최근 개발된 첨단 차량 운영에 현재의 열차제어방식을 적용하기에는 성능상 한계에 도달한 상태이며, 현재 사용 중인 제어방식은 모두 국외에서 도입된 시스템이기 때문에, 운영 노선의 연장 및 개량, 유지보수비 과다 및 보수 장비 수급에 많은 애로사항을 유발한다.

또한 현재 운행 중이거나 개통예정인 노선을 운영하는 기관의 협조를 통해 조사한 결과, 철도를 건설하는 경우 ATC 및 ATP 등이 전체 사업비에서 차지하는 비율이 3% 정도였으나, 최근 건설된 용인경전철, 신분당선, 부산-김해경전철과 같이 무인자동운전(driverless)이 가능한 무선통신기반 열차제어시스템(CBTC : Communication Based Train Control)은 전체 사업비에서 차지하는 비율이 9%까지 상향되었고, 설계비용과 시스템엔지니어링 비용을 반영하면 10% 수준을 상회하는 것으로 확인되었다. 또한 자

동화, 무인화 등의 첨단기술이 IT(Information Technology) 산업의 발전과 함께 철도분야의 다양한 하부시스템에 연계되면서 관련 시스템의 제어 및 명령도 신호, 통신 통합 시스템으로 주어짐에 따라 열차제어시스템의 철도 반영 비율은 더욱 증가할 것으로 예상된다.

이처럼 철도에서 열차제어 및 통신시스템이 갖는 중요도가 점점 높아짐에 따라 대부분의 철도 선진국에서는 열차제어 및 통신시스템 개발을 위해 많은 국가 R&D 사업(매칭 펀드 방식 적용)을 수행함으로써 무인자동운전이 가능한 열차제어시스템, 열차제어용 무선통신망(무선LAN방식) 및 열차제어에 필요한 IT관련 다양한 핵심기술 등을 확보하였다. 국내의 경우에도 노후화된 도시철도용 열차시스템의 개량사업과 신설되는 광역도시철도에 국산화된 무선통신 열차제어시스템을 적용하기 위해 한국형 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템(KRTCS : Korea Radio based Train Control System) 국가 R&D 사업을 2010년 12월부터 수행중이며, 이는 국가 철도정책기관의 신호시스템 표준화(상호운용성 확보), 국내 철도건설운영기관의 안전성확보(안전성이 검증된 시스템 도입) 및 국내 철도신호전문기업의 충분한 성능평가(영업노선에 종합성능 시험인프라 구축) 등의 요구조건을 반영하여 추진되는 것이 가장 큰 특징으로 주어진다. 따라서 국토해양부는 열차 운행 속도 향상에 따른 열차제어시스템의 특징을 고려하여 도시철도, 일반철도, 고속철도 순으로 무선통신을 활용한 열차제어시스템을 개발하는 정책을 수립하였고, 이와 관련한 연구개발 기획을 2011년에 수행하였다.

철도에 대한 차기 10년간의 주요 난제 중 하나는 “효과적인 경쟁하에 중·장거리 화물과 여객을 더욱 효율적으로 운송하기 위한 철도의 구조적 변화를 보장하는 것”으로, 이를 위해 철도망의 선로의 확대 및 성능향상에 상당한 투자를 필요로 한다. 따라서 궁극적인 목표는 선로의 확대 및 개량을 최소화하고, 향후 전체 철도망에 공통적으로 적용 가능한 국가철도 통합무선제어 기술을 적용함으로써 최적화된 열차제어·통신시스템을 구축하는 것으로, 이러한 표준화된 통합시스템은 차량과 선로 장비 공급자간의 완전한 상호 운용성을 가능하게 하여 선로의 용량과 안전성을 증대시킬 수 있을 것으로 예상된다. 이는 승객과 물류를 모두 도어 투 도어(door-to-door) 방식으로 운송하기 위해 비용 대비 더 효과적이며 더 청정한 철도 서비스를 가능하게 한다. 한 예로 현재의 도시철도는 상호호환성과 상호운용성이 없는 다양한 제조업자로부터 노선마다 다르게 공급된 열차제어시스템을 사용하고 있다. 이러한 열차제어시스템의 사용은 사업자와 인프라 관리자간의 시간과 자원의 낭비는 물론 상이한 시스템간의 특성을 상호 보완하기 위한 개발 시간이 필요하다. 이와 함께, 최악의 경우에는 개조까지 고려해야 하는 운영상

의 리스크가 더 커지고, 불가피하게 수명주기 비용이 더 높아질 수 있는 문제점을 내포하고 있다. 이러한 현실을 고려하여 국토해양부는 철도노선별 연계운행 강화 및 운행시각 단축을 통한 철도 수송능력 증대와 철도운영 효율성을 향상시키고, 세계 기술시장 변화에 대응한 철도안전을 확보하고자 하는 한국형 무선기반 열차제어시스템(KRTCS : Korea Radio based Train Control System) 개발을 2010년에 착수하여 2015년부터 단계적인 상용화 실행 계획을 2011년에 수립하였다. 이와 병행하여 미래의 이동통신 개념이 포함된 LTE-R을 사용한 국가철도 통합무선제어 기술개발을 2012년부터 추진하기 위한 기본 계획을 수립하였다.

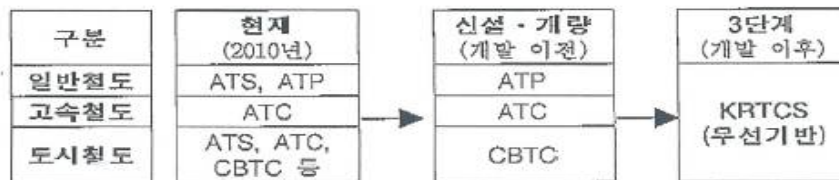
V. 신호시스템 표준화 전략

신호시스템 표준화 기본 원칙

□ 국내 철도 신호시스템 표준화

- (기존노선) 개량시기 도래시 표준화 방안으로 개량
- (신설 또는 개량노선) 신설 또는 속도향상을 위해 노선을 개량하는 경우에는 다음 시스템으로 표준화
 - 일반철도 : ATP(저속구간은 현 상태의 ATS 수준 유지)
 - 고속철도 : ATC
 - 도시철도 : CBTC
- (연계운행노선) 일반·고속·도시철도 간 상호 연계운행 노선은 연계운행에 필요한 차상 또는 지상신호시스템 별도 설치 운영
 - * 예) 도시철도에 CBTC 설치 후 일반철도를 연계운행할 경우, 일반철도 차상에 CBTC시스템 또는 지상에 ATP 시스템 별도 설치
- (장기적 계획) 국가 R&D로 한국형 무선기반 신호시스템(KRTCS¹⁾)을 개발, 국내 철도에 적용

<신호시스템 표준화 체계>



* KRTCS 구축 단계별 추진전략 참조(붙임)

1) KRTCS(Korea-Radio Train Control System) : 한국형 무선기반 열차신호시스템(R&D)를 통해 도시철도는 2014년까지, 일반/고속은 단계적으로 개발·인중 예정)

[그림 1.1] 주관부처 열차제어시스템 표준화 원칙

함께하는 긍정사회! 더 큰 행복 대한민국



국 토 해 양 부



수신 수신자 참조
(경유)

제목 지능형 철도시스템(IRIS) 구축 계획 알림

1. 국토해양부 철도기술안전과-2458(12.10.2)와 관련입니다.

2. 우리나라 첨단 4G 무선통신(LTE-R)을 이용하여, 도시·일반고속철도 노선 간 연계운행을 위한 시스템을 통합하고, 음성, 데이터, 영상 등 다양한 서비스를 활용, 철도 안전 강화 및 철도시스템 관리운영 효율화를 위한 **국토해양부 지능형 철도 시스템(IRIS) 구축 계획** 및 추진단 운영계획을 붙임과 같이 알려드리오니 IRIS 구축 추진이 원활히 이루어 질 수 있도록 적극적으로 협조하여 주시기 바랍니다.

붙임 : 지능형 철도시스템(IRIS) 구축 계획 1부, 끝.

국토해양부장관

수신자 방송통신위원회위원장(주파수정책과장), 한국철도시설공단이사장, 한국철도공사 사장, 한국철도기술연구원장, 한국전자통신연구원장, 서울메트로사장, 서울특별시교통정보시스템운영사업장, 대전광역시도시철도공사사장, 광주광역시도시철도공사사장, 대구도시철도공사사장, 인천교통공사 사장, 부산교통공사사장, 광운대학교총장, 목원대학교총장, 주)삼성전자 사장, 주)삼성SDS사장, 주)현대트랜스사장, 주)포스코IOT사장, 주)L8산전사장, 철도정책과장, 광역도시철도과장, 고속철도과장, 철도운영관리팀장, 철도시스템안전팀장

사무관대 주	기획팀 김희업	기술서기 관	최주영	과장	이광희	단장	정일 2012. 10. 9. 이종국
합표자							
시행	철도기술안전과-2500	(2012. 10. 9.)		접수			
주	427-712	경기도 파천시 관문로 88(중앙동 1)					/ http://www.mltm.go.kr

[그림 1.2] 지능형 철도시스템 구축 계획 알림

나. 기술 수요 조사

1) 국내 철도열차제어 및 통신시스템 관련 발주기관의 제안요청서

국가연구개발 및 시범구축사업과 관련성이 있는 부산반송선, 인천공항 자기부상철도시범구축, 경춘선 고속화의 제안요청서를 조사 분석한 결과 자격기준 조건이 국내 철도신호기업의 열차제어 및 통신시스템을 도입하는데 장애로 작용하고 있으며, 이러한 현상은 아직까지 개선되지 않고 있음을 확인하였다.

[표 1.1] 국내 철도운영기관 제안요청서의 자격기준 사례

구 분	자 격 기 준
부산반송선	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	1. 지식경제부 소프트웨어산업진흥법에 의한 소프트웨어사업자 [컴퓨터관련 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	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 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. 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%

구 분	자 격 기 준
	이상이어야 한다. 4. 상대평가지 실적등이 없는 회사의 경우에는 당해 항목 평가지 “가”등급으로 평가.(제품의 우수성에 관계없이 실적위주로 평가)

대전과학관에 구축되어 있는 자기부상철도의 경우 국내 열차제어 및 통신시스템의 상용화를 위해서 검토하고 있다. 대전과학관의 자기부상철도 구축은 산업자원부와 국토부가 국가연구개발성과물을 상호 활용한 예로 판단된다.

[표 1.2] 국가연구개발성과물을 상호 활용 사례 (대전과학관)

구 분	내 용
산업자원부	중기거점기술개발사업(자기부상열차실용화를 위한 차량모델개발)의 성과물을 대전과학관 자기부상철도 구축사업에 기부체납 - 차량시스템 - 차상신호시스템
국토해양부	대전 EXPO공원의 기존 설비를 연장하는데 필요한 건설비 제공 - 선로구축물 연장선 - 전력설비 및 신호통신설비

2) 국내 철도신호관련 기관의 요구사항

국내 철도열차제어 및 통신 관련 기업의 설문조사와 면담을 통하여 국내 철도시스템을 개발하고 이를 실용화하기 위한 요구사항을 조사한 결과를 다음과 같이 간단하게 정리하였다.

- 국내 열차제어시스템의 상용화를 위해서는 기획단계에서부터 실용화를 전제로 한 전략과 추진체계를 구축하여 개발성과를 표준화하고, 국가 연구 개발 사업을 성공할 경우 실용화 기회를 제공하거나 구매 발주시 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 아니

라 참여기업의 입장에서는 적용실적 확보라는 매우 긍정적인 효과가 있음.

- 또한 운영기관이 인정할 수 있는 시험선을 포함한 인증인프라 및 국가인증체계를 확보하는 국내 RAMS 인증기관이 필요하며, 해외 진출을 위해 해외 인증기관과 상호인증체계를 구축하여야 함.

3) 정부정책 / 발주기관에 대한 요구사항

○ 일관성

- 철도건설운영기관에서 발주하는 열차제어 및 통신시스템사양의 일관성 또는 체계화

○ 표준화

- 연구개발성과물을 표준화하고 이를 발주사양서에 반영함.
- 상용화된 열차제어 및 통신신호시스템을 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.

○ 자격기준

- 기술력 및 사업수행능력을 갖춘 적정한 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.

○ 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.

○ 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.

4) 국가 연구 개발 사업에 대한 요구사항

- 기획단계에서 실용화를 전제로 전략과 추진체계를 구축해야함.
- 개발성과를 표준화하고, 이를 구매 사양서에 반영하도록 함.
- 열차제어 및 통신시스템을 대상으로 한 국가연구개발 필요
- 정액기술료에 대한 부담을 낮추는 것이 필요함.
- 국가 연구개발 사업을 성공할 경우 실용화 기회를 제공하는 정책적 지원이 필요함.
- 개발비용을 고려한 적절한 가격으로 구매가 이루어져야 함.
- 연구개발범위를 확대해야 함.
 - 실용화 후의 성과를 실적으로 인정할 수 있도록 연구범위(기간)을 확대
 - 교통 분야에서 실시하는 기술개발(2년), 적용성 연구(2년)를 검토할 가치가 있음.
- 시험선 구축 등 열차제어 및 통신시스템 개발인프라 구축
- 개발 후 시험평가결과를 참여자격으로 인정
 - 개발결과평가에 필요한 객관성 확보방안을 마련하는 것이 필요

5) 시범사업에 요구되는 사항

- 실험실 수준의 연구개발에서 현장적용수준의 연구개발로 확대되는 것을 의미함.
- 기업의 입장에서는 영업실적확보라는 매우 긍정적인 효과를 얻을 수 있음.
- 적절한 수준에서의 예산지원이 있어야 함.
 - 인천공항자기부상철도의 경우 RAMS 비용이 충분히 반영되지 않았음. 국내의 여건과 경험이 부족하여 외국기업에 많은 비용을 지급하고 있는 것으로 판단됨.
 - : RAMS 인증을 위한 적절한 소요기간과 소요비용이 필요함.
- 시험선을 포함한 인증인프라의 구축
- 해외 인증기관과 상호인증체계 구축
- 실 노선에 적용할 수 있도록 여건을 마련
- 시범사업의 성격이 선행기술개발에 무게를 두어야 하며, 기술 및 성능을 확인하는 시범사업은 적절하지 않음.
- 위험을 고려한 정책적인 지원이 필요

6) 수요기관의 요구사항

- 열차제어 및 통신시스템을 개발하고 상용하기 위해서는 철도정책기관, 철도건설운영기관 및 국내철도기업의 요구사항을 정확히 조사하고 이를 분석한 결과를 토대

로 본 과제를 추진하는 것을 목표로 하여야 한다. 조사내용을 분석한 결과를 정리하면 철도정책기관은 광역철도건설, 노선간 연계체계구축 등의 현안을 용이하게 처리할 수 있는 열차제어 및 통신시스템을 요구하고 있다. 국내 철도건설운영기관은 열차제어 및 통신시스템을 표준화하고 이를 국내에 체계적으로 구축하여 이를 통해서 신호시스템의 유지관리비용의 절감, 유지보수기술의 상호교류 및 장애시 신속한 유지보수 등 유지관리의 효율성을 극대화하고자 하는 것으로 해석된다. 국내 철도기업은 개발한 기술 또는 시스템의 실용화를 위한 철도정책기관 및 철도건설운영기관의 정책지원을 요구하고 있다. 이러한 각 기관별 요구사항은 국내 열차제어 및 통신 기업이 영업실적을 확보한 시스템이 없기 때문인 것으로 풀이된다.

- 철도정책기관은 열차제어 및 통신기술개발 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 열차제어 및 통신시스템을 도입하기 위해서 발주제안요청서에 자격을 제한하고 있다. 국내 철도기업은 철도건설운영기관의 요구사항을 해결하기 위한 방안으로서 철도신호시스템의 표준화, 안전성을 포함한 시스템평가를 위한 인프라 등과 국가 연구 개발 사업 또는 시범사업에 대한 개선을 요구하고 있다.

다. 사업의 필요성

철도차량 및 철도인프라에 대한 전반적인 기술발전에도 불구하고 열차제어시스템은 여전히 국외에서 도입된 궤도회로(레일간의 전기회로)를 이용한 유선방식을 채택함으로써 철도운행의 한계를 나타내고 있으며, 우리나라에서 개발한 고속철도를 국외에 수출하는 경우에도 국산화된 선진적인 열차제어시스템 기술이 없기 때문에, 수주국가에서 원하는 열차제어방식을 국외 제작사를 통해 도입, 수출함으로써 차량 수출에 따른 시너지효과의 확보가 매우 어려운 상황이다.

최근에는 열차제어시스템 이외에도 철도통신시스템을 활용하여 장애를 사전에 차단할 수 있는 실시간 진단 및 감시시스템, 다양한 종류의 사고 및 범죄를 예방하기 위한 차량 내부 실시간 모니터링, 지상인프라 시설에 대한 사고예방 및 장애시 신속한 조치 등과 같이 열차의 운행에서 발생하는 다양한 문제점을 사전에 예방 및 진단, 감시할 수 있는 국가철도 통합무선제어 기술개발을 위한 필요성은 다음과 같다.

1) 속도 및 운영 환경에 무관한 열차제어시스템 국산화 및 상용화

- 국내에서 운영 중인 철도 핵심기술인 열차제어, 통신시스템은 모두 국외 도입
 - 철도관련 기술중 국산화, 상업화 실적이 가장 저조
 - 핵심기술의 국외 의존에 따라 도시철도, 고속철도, 공항철도 등의 운영, 유지보수, 선로 개량시 애로사항 문제점 발생
- 국내기술로 개발한 무선통신 적용 열차제어기술로 국제시장을 주도할 수 있는 기회 제공
 - 자동제어기술, vital S/W & H/W기술, 유무선 정보통신기술은 국내기업도 충분한 강점을 갖고 있는 분야
 - 국내 철도산업을 고도화할 수 있는 신성장 동력산업으로 지원 필요

2) 2010년부터 도시철도용 열차제어시스템의 상업화를 목표로 개발 중인 KRTCS 1단계 사업 결과를 일반철도, 고속철도의 열차제어시스템 상용화에 연계하기 위한 투자가 필요

- 신규노선(GTX, 서울~평창)에 우선 적용, 기존노선은 노후 신호설비의 개량시기 도래시 단계적 적용 필요
- 1단계 사업이 2014년에 종료됨에 따라, 일반철도, 고속철도로의 확장을 위한 사

업의 연속성 유지 필요

- 일반철도의 경우 선형열차와 후속열차간 안전간격 확보에 기능이 집중
- 고속철도의 경우 안전설비와 연계하여 고속운행 환경에서의 안전한 열차운행 보장

3) 철도무선통신시스템의 일원화

- 현재 국내의 열차운행 관리를 위해 3원체계(VHF, TRS-ASTRO, TRS-TETRA)로 운영되는 무선통신방식의 단일화 필요
 - 경부고속철도(KTX)의 서울~부산간 운행시 통신방식이 구간별로 3원 체계로 운용됨에 따른 안전성 문제 해결 시급
 - 고속철도의 3원체계 운행에 따라 총 6회 절체 및 관련 운영/유지보수 비용이 3배로 증가됨에 따라 단일화를 통한 운영/유지보수 최적화 필요

4) 국가철도 통합무선망 시너지 효과 창출

- 고속, 고밀도 열차운행을 위해서는 무선통신망의 활용이 필요
- 실시간 열차 및 지상 인프라설비의 진단, 감시 및 예방 유지 보수, 등과 같은 첨단철도의 시너지 효과를 창출하기 위해서는 다원화된 철도통신망과 기능이 통합·운용되어야함

5) 국내 철도통신시스템 현대화 및 지능화

- 국내 철도통신망은 유선망으로 구축되어 화재·수해 등 비상시 신속한 복구의 어려움으로 인해 통합무선망으로의 교체 필요
 - '11년 5월 서울 4호선 화재복구에 19시간 소요

6) 국가철도망 구축시의 인프라 구축비용 절감 및 운영효율 증대

- 통합무선망 도입만으로 선로설비 추가 없이 선로용량을 16.7% 증대할 수 있어 철도건설 비용절감 효과 발생
 - 철도전용 통합무선망을 이용한 열차간격제어를 통해 차량 및 인프라 설비의 추가 없이, 유럽기준 열차운행횟수 최대 42% 증가
- GTX, 서울~평창~강릉 등 발주시점이 임박한 구간에 기존의 국외 의존 TRS 시스템을 적용하는 경우, 국내의 세계 선도 기술인 LTE 적용 보다 막대한 추가 비용이 예상됨

라. 사업추진 목표

철도의 수송용량 증가 및 운영의 효율성 제고를 위한 방안으로는 무선통신 개발을 검토하였고, 국토해양부의 「KRTCS 구축 단계별 추진전략 (철도기술안전과-3102)」에 따라, 「도시철도용 무선통신기반의 열차제어시스템 표준체계구축 및 성능평가 연구사업」 1단계를 2010년부터 수행 중에 있으며, 2014년 1단계 완료 후 일반철도 및 고속철도에 연구 성과를 확대 적용하기 위한 무선기반 철도시스템 연구개발 및 실용화를 핵심 목표로 하며, 사업추진 세부 목표는 다음과 같다.

(*) 1단계 (2010.10~2014.06) : 경량전철, 도시철도(120[km/h] 이하)

1) 사고예방 및 신속대응으로 철도의 안전성 강화

국가 철도전용 통합무선망 구축은 최근 고속열차(KTX) 및 유선통신, 신호 등과 같은 지상 인프라 시설 사고 급증에 따른 안전성 강화 및 사고예방, 사고 후 신속한 대응이 가능할 것으로 예상되며, 이를 위해서는 통합무선망에 다음의 기능이 요구된다.

- 주행 중인 열차상태 실시간 감시 및 진단시스템 구축으로 장애발생 사전 차단
- 화재, 도난, 성추행 및 폭력 등 차량 내부에서 유발 가능한 다양한 종류의 사고 및 범죄활동을 차량 내부 실시간 감시를 통해 사전 예방
- 전차선과 판토타그래프의 비정상 접촉, 터널 및 궤도 파손, 승강장 등의 이상 현상 감시와 진단을 통한 지상 인프라 시설 사고 예방 및 장애시 신속한 조치 활동
- 운용 노선에 대한 상세 실시간 모니터링 및 진단, 고장원에 대한 정확한 파악 및 대처, 신속한 의사결정, 장애조치 및 운전재개시간 추정 및 예고 등 사전예방 차원의 첨단 지능화된 철도시스템 구축

2) 열차 운행의 효율성 및 서비스 향상

철도전용 통합무선망을 구축을 통해 노선 간 연계운행, 열차운행횟수 증가 등 수송용량 확대 및 효율적인 망 관리가 가능하며, 이에 따른 수익증대 효과가 기대된다.

- 열차 운행·환승·도착지 정보 등 다양한 정보 서비스 제공을 통한 고객서비스 향상
 - 실시간 열차운행 및 환승정보 제공
 - 승객 Mobile, Internet, E-Ticketing 등과 같은 다양한 서비스 제공
 - 승객 엔터테인먼트 서비스 제공

- 실시간 운영 및 유지보수를 통한 최적화된 철도망 운영
 - 다양한 센서를 활용한 차량 및 지상 인프라의 실시간 이상 현상 진단기능이 강화된 최적의 운영체계 구축
 - 열차운영 및 열차접근 정보 데이터 송수신을 통한 선로변 운영자 및 작업자 인명 보호
- 화물열차의 화물 관련 이력 추적 및 정보 관리
 - 화물의 선적에서 하역작업까지 모든 상세 이동경로 추적이 가능함에 따라 향후 철도 무선망 구축시 서울에서 유럽까지 정보공유시스템을 통한 자동 화물이력 및 실시간 정보 확인

3) 철도산업을 고부가가치 성장 동력으로 육성

해외 주요 철도 선진국인 EU, 중국, 호주 등은 2000년부터 2세대 이동통신(GSM)을 기반으로 한 철도전용 무선망(GSM-R)을 구축하여 일반철도, 광역철도, 고속철도의 운행 및 운용상태 관제 등에 활용 중이나, 국내는 아직까지 대부분의 철도통신에 유선을 활용하고 있으며, 단지 열차운행의 일부기능을 위하여 무선통신을 활용하고 있다. 더욱이 국내에서 사용 중인 철도 통신시스템의 내구연한이 도래함에 따라 개량 및 증설을 해야 할 경우, 더 이상 유지보수 지원이 되지 않는 기술로 인하여 철도망 운영자체가 불가능할 수도 있는 한계에 도달하였다. 따라서, 무선기반 열차제어·통신 시스템 연구개발 및 실용화를 통해, 노후화된 지하철과 광역철도 등의 개량화 및 신규 건설사업에 국산장비를 활용함으로써 외산장비 수입대체 및 국내 철도산업을 활성화할 수 있으며, 고속철도, 도시철도 등 철도차량선진화, 신호 및 열차진단·감시시스템 등이 결합된 철도시스템 일체상품으로 해외 철도사업 수주에 있어서 국외 경쟁력 우위를 기대할 수 있다. 또한 열차제어시스템으로 인한 국내 철도산업을 고도화하고, 국내 S/W산업, IT산업, 시스템엔지니어링 등 관련 분야의 기술을 선도할 수 있을 뿐만 아니라 경제적 기술적 파급효과를 극대화할 수 있을 것으로 기대된다.

4) 에너지 효율성 및 환경보호

우리나라의 국가 온실가스 감축목표는 2020년까지 30%로, 철도는 화물수송기준으로 도로교통에 비해 에너지 효율성은 14배 이상 높으며, CO2 배출량은 8% 수준이다. 따라서 철도는 향후 국가비전으로 제시한 저탄소 녹색성장의 주역이며, 2020년까지 온실가스 감축 목표 달성을 위한 핵심 교통으로서의 선도적인 역할을 실현할 수 있다.

2. 사업추진 경위

2003년 대구지하철 참사 사건을 계기로 국무조정실에서 2003년 2월 통합지휘무선통신망 구축 기본계획(안) 수립 주관부처로 정보통신부를 지정하였고, 2003년 8월 각 재난관련 기관별 기추진중인 무선통신망 구축사업에 대하여 사업의 중단·연기 기준을 통보하여, 기존 협대역화 사업 등의 예산집행을 동결하였으며, 2003년 12월 정보통신부에서 수립한 통합지휘무선망 구축 기본계획(안)을 최종 확정하고, 행정자치부에서 세부추진계획 수립 및 관련 시스템을 설치 및 운영하도록 지시하였다. 이에 따라, 기획예산처에서는 철도통합무선망 구축사업 예비타당성 조사를 수행하였다. 2000년대부터 시작된 무선적용 무인운전 열차제어시스템이 경량전철을 주축으로 개발되었으며, 국내에서도 2.4GHz ISM 대역의 철도 적용이 추진되었다. 그러나, 2007년 감사원에서는 2.4GHz 대역 철도 시스템 망에 대하여 주파수 간섭 및 혼신 등으로 인해 인명과 연관된 설비의 안전성에 대한 우려를 제기하였고, 국립전파연구원은 “방송해상항공전기통신사업용 외의 기타업무용 무선설비기준 고시[전파연구소고시 제2005-50호]를 통해 인명 안전과 관련된 서비스에서 제작자와 설치자는 2.4GHz 비면허대역을 사용하지 말 것을 권고하였다. 이러한 국내 철도통신시스템의 다양한 문제점을 해결하기 위해, 2012년에 국토해양부에서는 무선기반 통합 철도시스템에 대한 기본계획을 수립하였다.

1) 추진근거 :

- 철도산업발전기본법(국토부)
- 철도안전법(국토부)
- 열차신호시스템 표준화 방안(국토부)
- 국토해양 미래 성장동력 발굴(국토부)
- 철도전용 통합무선망 구축 내부방침(국토부)

2) 사전절차 추진내용 :

- 중저속 열차제어시스템 국산화에 대한 경제성 분석(2006.9, 철도연)
- 기술자립형 도시철도시스템 기술개발 기획 과제내 「도시철도신호시스템 인증체계구축」(2008.5, 건교평)
- 철도분야 신호시스템 상세기획연구(2010.5, 건교평)
- 미래도시철도기술개발사업 「도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계구축

- 및 성능평가」(2010~2014, 건교평)
- 미래도시철도기술개발사업 시행계획 변경(2012.5, 건교평)
- 철도전용 국가 통합무선망 구축사업 예비타당성 조사수행(2006, 기획예산처)
- 국토해양 실천계획(2012년 업무보고)(2011.12, 국토부)
- 국가철도 철도전용 통합무선망 구축방안 및 효과분석(2012, 국토부)
- 철도전용통합무선망 구축 기본계획 수립 전담반(T/F) 운영계획(안) 보고(2012.5, 국토부)

[표 1.3] 사업 추진경위

일 짜	내 용
'03.02월	· 대구 지하철 참사(192명 사망, 148명 부상)
'06.04월	· TRS-TETRA 방식의 철도전용 통합무선망 추진계획 및 노후망 교체 계획 수립(한국철도시설공단)
'06.06월	· 중저속 열차제어시스템 국산화에 대한 경제성 분석(한국철도기술연구원)
'06.10월	· 철도통합 무선망 구축사업 예비타당성 조사 수행 (한국개발연구원, 기획예산처 주관)
'07.	· 감사원 2.4GHz 대역 철도시스템 망에 대하여 주파수 간섭 및 혼신 등의 안전성 우려 제기
'08.05월	· 기술자립형 도시철도시스템 기술개발 기획(한국건설교통기술평가원)
'09.12월	· 철도통합 무선망 구축을 위한 주파수 확보 방안을 제시(한국전파진흥협회)
'10.05월	· 철도분야 신호시스템 상세기획연구(한국건설교통기술평가원)
'10.05월	· 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계 구축 및 성능평가(한국철도기술연구원)
'12.03월	· 기획 연구를 통한 통합무선망 등 정책대안 도출 - 기획 연구 결과를 토대로 방통위에 철도전용주파수 배정 요구
'12.06월	· 철도표준 통합무선망 구축 기본계획 수립

열차제어시스템 개발과 관련한 다수의 국가연구 개발 사업이 이미 실행되었지만, 안전성검증 또는 시범사업 등의 실적을 확보하지 못함으로써 실용화가 추진되지 못하였다. 따라서 이를 해결하기 위해 중·저속 열차제어시스템 국산화에 대한 경제성 분석(2006.9, 철도연 자체사업), 기술자립형 도시철도시스템 기술개발 기획(2008.5, 건교평) 및 철도분야 신호시스템 상세기획연구(2010.5, 건교평)를 수행하였다. 현재는 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계 구축 및 성능평가 국가 R&D 사업이 2010년부터 2014년까지 추진 중에 있으며, 2012년 11월까지의 주요 연구 성과 및 일정은 다음과 같다.

- 2010.12 ~ 2011.06 : 열차제어시스템 개발요구사항서 작성
- 2011.07 ~ 2012.04 : 열차제어시스템 상세설계
 - 열차제어시스템 기능배치도/열차제어시스템 기능요구사항서
 - 열차제어시스템 개발사항서/열차제어시스템 프로토콜사항서 등
- 2012.05 ~ 2012.10 : 열차제어시스템 제작 및 현장설치
 - 관제설비(ATS), 연동설비(EI), 감시설비(CCTV)
 - 열차제어용 무선LAN(차상↔지상 양방향 통신)
 - 차상ATP/ATO 및 지상ATP(상호운영성검증을 위해서 3set 개발)
- 2012.11 ~ 2013.03 : 종합성능평가 실시(수동운전)
 - 실시간 열차위치정보전송 및 열차이동권한설정 시험
- 2013.04 ~ 2013.06 : 종합성능평가 실시(자동/무인운전)
- 2013.07 ~ 2013.12 : 종합성능평가 실시(상호 운영성)
- 2014.01 ~ 2014.06 : 열차제어시스템 안전성평가완료 및 표준체계 구축



열차제어용 무선LAN 최적화



무선용 안테나 수신율 점검



영상감시설비 최적화 작업



차상현시장치 점검



열차위치정보 실측



차상장치 설정 및 결과분석



열차제어시스템 종합성능시험
차상설비/지상설비 설정점검



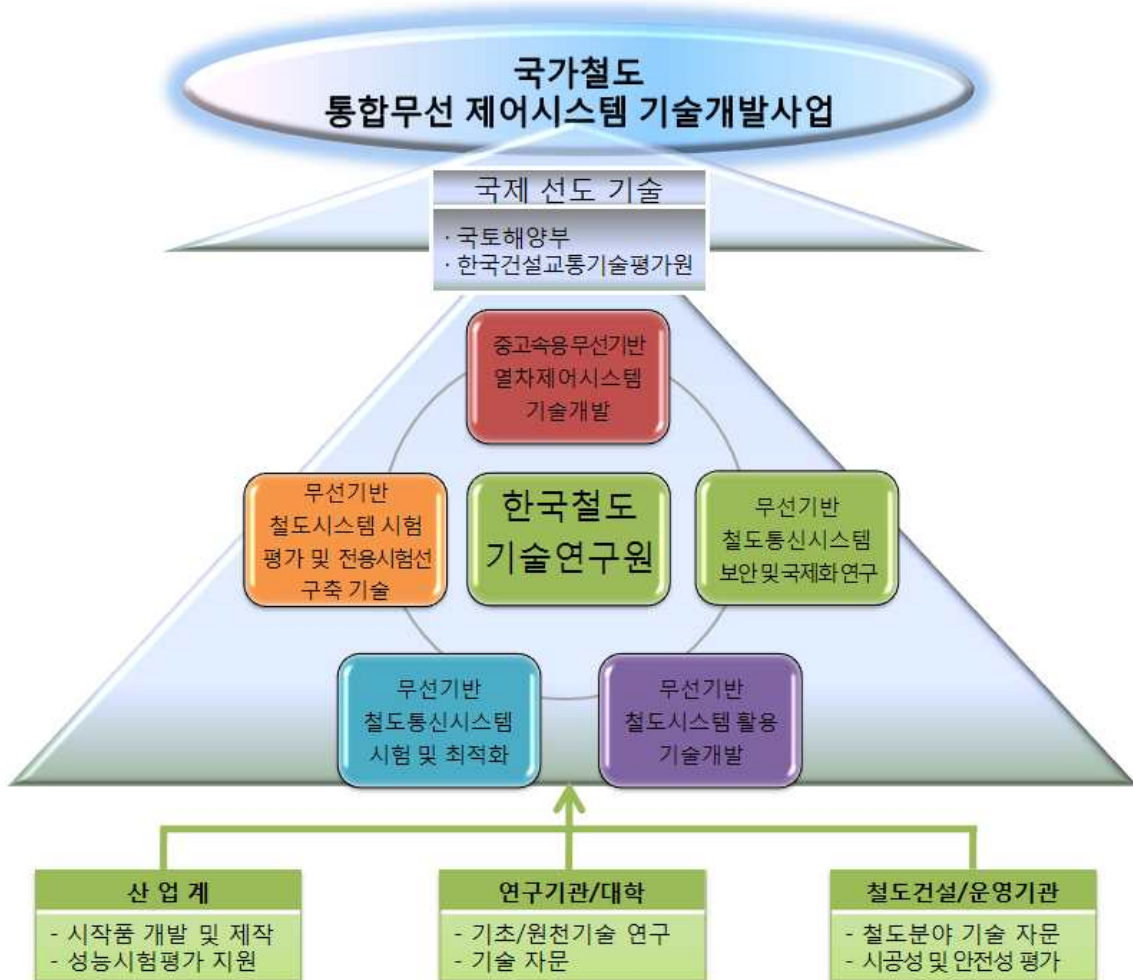
열차제어시스템 종합성능시험
열차위치실시간(0.5초주기)추적

3. 사업추진체계 및 추진 전략

가. 사업 추진 체계

국가철도 통합무선제어시스템 실용화를 위한 사업추진은 KRTCS 1단계에서 추진된 것처럼 어느 특정 기업에 의한 독점적인 국산화 기술 개발보다는 유사 기술을 보유한 다수의 제작사 연합체를 통해 국산화와 표준화를 동시에 성취할 수 있도록 하며, 개발된 제품에 대한 성능 인증 활동을 위해서는 독립된 안전성 평가 기관을 활용하여 연구 사업 종료와 함께 상용화를 추진할 수 있도록 조치한다. 또한 개발된 제품을 활용하여 건설 사업을 추진하는 철도건설기관과 관련 제품을 운영 및 유지보수하는 철도운영기관이 함께 참여하도록 함으로서 연구개발 초기부터 개발된 제품의 성능평가까지 모든 공정을 건설 및 운영기관이 함께 공유함으로써 운영시에 유발 가능한 문제점을 사전에 반영함과 동시에 개발 제품에 대한 신뢰성을 제공할 수 있도록 한다. 연구기관과 대학은 국가철도 통합무선제어시스템이 산업기술개발방향과 첨단 신기술이 접목이 접목될 수 있도록 기초 및 원천기술에 대한 연구 및 분석을 추진하도록 하며 개발될 제품에 대한 차별성 및 시대 변화에 부응하는 신기술 창출을 부가적으로 시도할 수 있도록 한다.

국가철도 통합무선제어시스템의 개발은 KRTCS 1단계에서 수행중인 방식을 운용하면서 일반철도와 고속철도 특성에 적합한 속도향상을 추진한다. 이는 유럽의 ETCS, 중국의 CTCS 등이 표준화라는 측면에서 무선의 적용 수준에 따라 시스템이 변화됨으로서 상호운영성 및 상호호환성의 문제점이 제기되는 반면에, 국내에서는 도시철도용으로 개발된 KRTCS 1단계 기술을 속도향상을 통해 일반철도, 고속철도까지 적용할 수 있는 단일화 된 통합형 열차제어시스템으로 구성할 수 있도록 한다.



[그림1.3] 사업추진절차

	유럽 통합 열차제어기술 개발				중국 통합 열차제어기술 개발			속도 향상에 의한 한국형 열차제어기술 개발	
	ETCS Level 3 (무선 + 이동폐색, 400km/h), 2017년,				CTCS Level 4 (무선 + 이동폐색) 2017년				KRTCS Level 3 (무선 + 이동폐색, 400km/h 까지 속도 향상)
	ETCS Level 3 -Regional (무선 + 고정폐색, 160km/h), 2012년 시험중				CTCS Level 3 (무선 + 고정폐색) 고속선 상용화				KRTCS Level 2 (무선 + 이동폐색, 230km/h 까지 속도 향상)
	ETCS Level 2 (무선 + 고정폐색, 400km/h), 2004년 상용화				CTCS Level 2 (고정폐색, 궤도회로), 기존선 상용화				KRTCS Level 1 (무선 + 이동폐색, 120km/h), 2013년
도시철도용으로 한정 사용	ETCS Level 1 (고정폐색, 300km/h) 2001년 상용화				CTCS (ETCS 기반 중국형 열차제어시스템 구축)				KRTCS (한국형 열차제어시스템) 2007년 기획
CBTC (무선 + 이동폐색, 110km/h), 2000년 상용화	ETCS (유럽통합 신호구축) 1985년 기획								
국외(북미)	국외(유럽)			국외(중국)				국내	

[그림 1.4] KRTCS 개발체계

본 연구개발 사업은 국가철도 통합무선제어시스템 연구 개발 사업의 실용화를 최우선으로 추진하여야 하므로 국가철도 통합무선제어시스템 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 I인 “무선 기반 열차제어시스템 기술개발”을 수행한다.

열차제어시스템의 안전성평가는 본 연구에 앞서 이미 개발된 성과품을 대상으로 하며, 열차제어시스템 실수요기관의 관계자가 개념단계, 설계단계, 평가단계 등 제반과정에 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.

세부과제 II는 세부과제 I을 수행하기 위한 인프라 구축에 기본을 둔다. 인프라는 시험을 위한 차량과 시운전 시험을 위한 지상시설물 구축으로 분류된다. 차량의 개조, 운영, 유지보수는 국내에서 가장 많은 차량 기술을 가지고 있는 한국철도공사가 주관이 되도록 하며, 지상의 시설물은 국내 철도건설을 총괄하는 한국철도시설공단이 참여할 수 있도록 한다.

세부과제 III은 “무선기반 철도통신시스템 보안 및 국제화 연구”로서 첫째로는 국제화 활동 및 상호운영성과 둘째는 철도통신시스템 보안 연구로 나누어진다. LTE-R이 세계적으로 처음 시도 됨에 따라 국제화를 통해 선도 기술로의 도약이 목표이며 이러한 목적을 충족시킬 수 있는 상호운영 및 보완 관련 연구가 주된 업무이고, UIC 및 국외 전문 기관과의 협동 과제 수행으로 연구 목표 달성에 매진해야 한다.

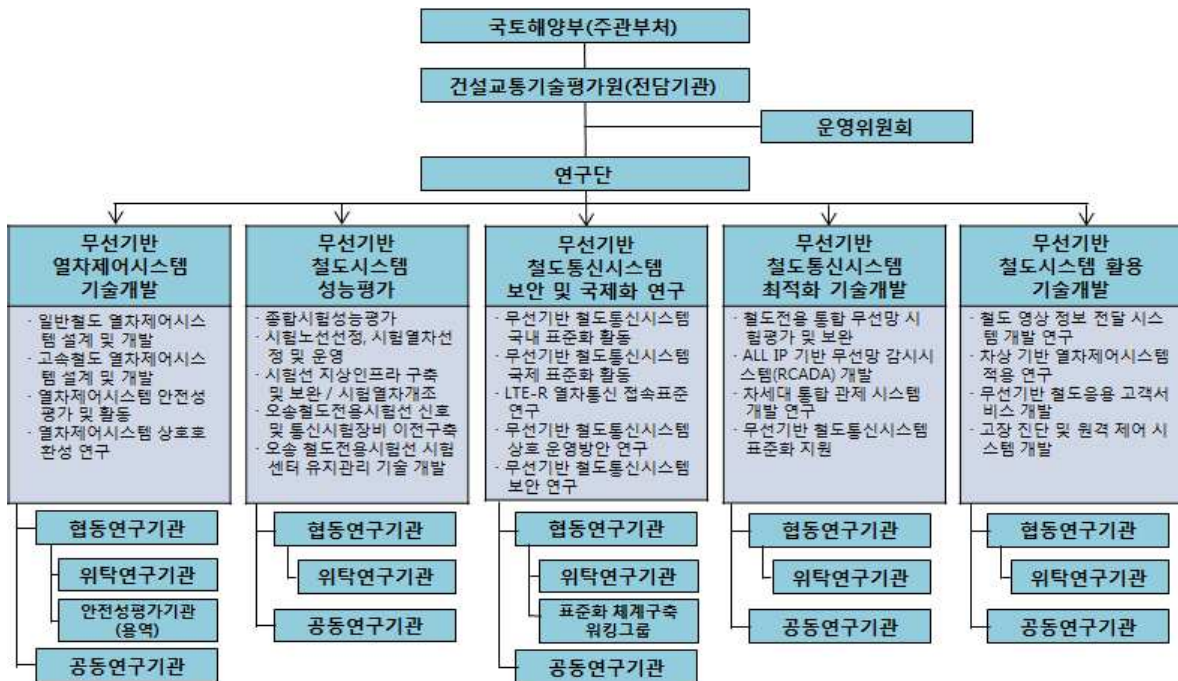
세부과제 IV는 “무선기반 철도통신시스템 최적화 기술개발”로 첫째 통합무선망 시험 및 검증, 둘째 철도통신시스템 감시연구로 분류되며 추가적으로 1차년도는 사업화를 위해 일반철도 통합무선망 구축 계획 수립 및 고속철도 통합무선망 구축 계획수립 업무가 병행되어 연구된다. 또한 도시철도용 LTE-R과 일반철도용 LTE-R, 고속철도용 LTE-R의 통합화 추진을 위해 EPC 시스템의 보완 및 이중화 연구가 진행되며, 대불선/전라선/오송 시험선/고속선 4곳의 무선망에 대한 통합, 속도별 시험, 검증이 진행된다. 이와 병행하여 LTE-R 무선망에 대한 감시시스템이 세계 최초로 기술 개발된다. 무선기반 철도 통신시스템 최적화 기술개발은 LTE-R의 1단계 시험구축망을 이용하여 진행된다. 추후 전라선 및 고속선등으로 이동하며 진행된다.

국가철도 통합무선제어시스템의 표준화를 위해 국내철도운영기관, 국내철도열차제어·

통신전문가 및 국내철도열차제어·통신 기업이 참여하도록 하고, 이를 통해서 표준화의 범위, 대상 및 내용을 확정하도록 한다. 따라서 이러한 활동을 수행할 열차제어·통신시스템 표준화체계구축 워킹그룹을 구성한다.

세부과제 V는 무선기반 철도시스템 활용 기술개발로 철도 열차제어·통신시스템을 응용하여 철도시스템을 개발하는 것이므로, 철도운영에 대한 충분한 지식과 경험을 갖고 있는 무선통신전문가가 과제를 진행하는 것이 바람직하다.

또한 과제의 원활한 연구 관리를 위해서는 자문단을 운영하도록 하며, 자문단은 관계 부처, 수요처, 대학 및 전문가를 포함하며, 과제전반에 대한 점검과 이를 통해 미비한 사항에 대한 보완 및 과제의 연속성을 확보할 수 있도록 장기간 체계적으로 운영한다.



[그림 1.5] 사업 추진체계

사업 \ 연도	2014	2015	2016	2017	2018	2019
무선기반 철도 시스템	시험평가 및 기본 및 실시설계(1차) - 전체 사업대상 기본설계 - 시범사업대상 실시설계		신호·통신 통합시험 평가 (일반철도)		신호·통신 통합 인프라 평가 (고속철도)	상호호환성 시험 및 종합성능평가 (도시/일반/고속)
무선기반 열차제어시스템 기술개발	○ 일반철도용 열차제어시스템 개발 -설계·제작 -현장설치 -시험인프라구축		-열차제어시스템 표준사양		○ 고속철도용 열차제어시스템 개발 -설계·제작 -현장설치 -시험인프라구축	
			-열차제어시스템 표준사양		○ 열차제어시스템 상호호환성 연구	
	○ 열차제어시스템 안전성 평가 및 활동 (일반, 고속)					
무선기반 철도시스템 성능평가	○ 종합성능시험평가		○ 시험노선선정, 시험열차선정 및 운영		○ 오송 철도전용시험선 - 열차제어 및 통신 시험장비 이전구축	
	○ 시험선 지상인프라구축 및 보완 / 시험열차개조				- 시험 센터 유지관리 기술 개발	
무선기반 철도통신시스템 국제화 연구	○ 철도전용 무선망 표준화 활동		○ 철도전용 통합무선망 보안시스템 개발 및 구축		○ LTE-R 열차통신 접속 표준 연구	
					○ 무선기반 철도통신시스템 상호 운영방안 및 보안연구	
무선기반 철도통신 시스템 최적화 기술개발	○ 철도전용 통합 무선망 시험평가 및 보완		○ 차세대 통합 관제시스템 기술개발 -개념설계 (일반철도)		-설계·제작 -현장설치 -시험인프라구축	
					○ 차세대 통합 관제시스템 수정 보완 (고속철도)	
	○ 무선기반 철도통신시스템 표준화 지원					
무선기반 철도시스템 활용 기술개발	○ 철도 영상 정보 전달 시스템 개발 연구		-설치기준 및 표준사양 재정립		-실시간 영상기반 안전 진단시스템 개발	
			-실시간 영상기반 감시시스템 개발		-실시간 영상기반 안전 진단 및 감시시스템 시범사업 및 확대설치	
			○ 차상기반 열차제어시스템 적용 연구			
	○ 무선기반 철도응용 고객센터 개발					
			○ 고장 진단 및 원격 제어시스템 개발			

[그림 1.6] 사업 로드맵

나. 사업추진 전략

저탄소 녹색성장, 5+2 광역경제권 발전전략 등에 대응하고, 지난 2010년 9월 발표한 「미래 녹색국토 구현을 위한 KTX 고속철도망 구축전략」의 구체적인 실천계획을 제시하기 위하여 「제2차 국가철도망 구축계획(11~'20)」이 2011년 4월에 확정 고시되었다.

이는 철도망을 통해 “국토를 통합·다핵·개방형 구조로 재편”한다는 비전 아래, “전국 주요거점을 일상 통근시간대인 1시간 30분대로 연결하여, 하나의 도시권으로 통합”한다는 목표를 가지고, 전국 주요거점을 고속 KTX망으로 연결, 대도시권 30분대 광역·급행 철도망 구축, 녹색 철도물류체계 구축 등 중점 추진과제를 설정하였다. 이러한 제2차 철도망계획에 따른 2011~2020년까지의 기간 동안 철도망 확충에 총 88조원이 소요될 것으로 전망되었다. 부문별로는 고속철도 16조원, 일반철도 46조원, 광역철도 26조원이 소요될 전망으로, 국비 59조원, 지방비 3조원, 민자유치·공기업·기타 26조원 등으로 소요재원을 조달할 계획이다.

제2차 국가철도망 구축계획에 따라 철도망 확충이 차질 없이 이루어질 경우 국가교통 체계가 철도중심 교통·물류체계로 전환되어, 저탄소 녹색성장의 기반이 구축될 것으로 기대된다. 또한 철도 여객수송 분담률은 현재 15.9%(’08)에서 2020년 27.3%로 증가하고, 화물수송 분담률은 8.0%(’08) → 18.5%(’20)로 확대될 전망으로, 연간 6.8조원의 사회적 편익과 774만톤의 CO2 감축 효과가 기대된다.

따라서, “제2차 국가철도망 구축계획”에 대한 구체적 중점추진과제로는 철도 인프라 확충, 철도기술개발과 해외진출, 철도의 경쟁력 기반강화 등이며, 그 내용을 보면 다음과 같다.

1) 녹색교통을 구현하는 철도 인프라 확충

경부고속철도 2단계 사업의 조속한 완공 및 호남고속철도의 건설, 수도권 병목구간을 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.

2) 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.

3) 철도산업 경쟁력 강화기반 구축

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

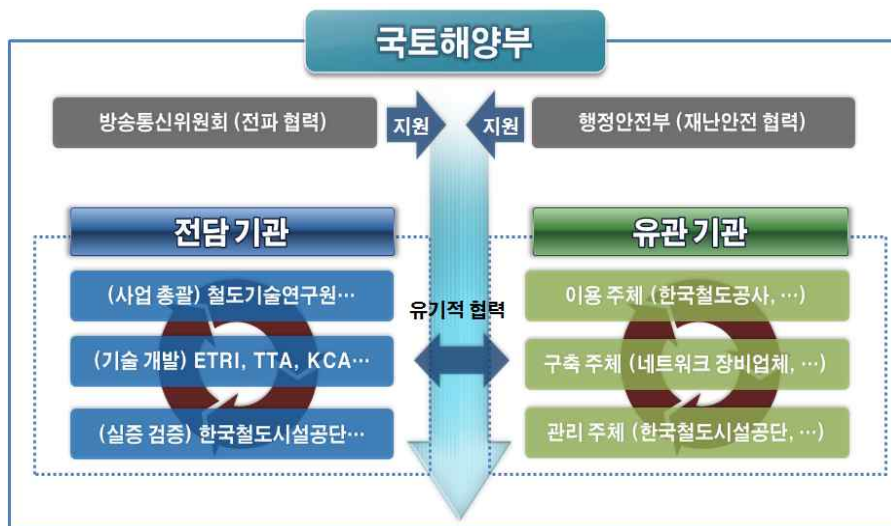
특히 국토해양부는 철도노선별 연계운행을 강화하고 운행시격단축을 통하여 철도수송능력을 향상시키고, 세계 기술시장 변화에 대응한 기술력 확보로 철도안전을 확보하고자 열차 신호시스템 표준화방안을 국내 철도운영기관에 통보하였다(2010년 11월).

- 국내 철도 신호시스템의 표준화를 위해 한국형 무선기반 열차제어시스템(KRTCS)을 단계적으로 개발하여, 기존노선의 경우에는 개량시기 도래시 표준화 방안으로 개량하고 신설 또는 개량노선의 경우에는 일반철도는 ATP, 고속철도는 ATC 도시철도는 CBTC로 구축한 후, 연계운행노선에 일반, 고속, 도시철도 상호간 연계운행에 필요한 차상 또는 지상신호시스템을 별도 설치 운영하는 것을 기반으로 하며, 장기적 계획으로는 KRTCS 1단계에서 개발된 한국형 무선기반 열차제어시스템을 속도향상을 통해 국내 철도 전반에 적용하는 것을 목표로 하며, 이는 3단계로 주어진 무선기반열차제어시스템 상용화를 위한 국가 R&D 사업 계획으로 수립하였다.

[표 1.4] 단계별 철도 신호시스템의 표준화 및 통합 추진 계획

구분	1단계(2011~2014)	2단계(2015~2017)	3단계(2018~2020)
예산	320억원	300억원	350억원
대상	경량·도시철도 (120~150km/h 이하)	일반철도 (230~250km/h 이하)	'고속철도 (430~450km/h 이하)
사업 내용	·인증체계 구축 ·인증인프라 구축 ·시제품제작 ·성능시험 및 평가	·증속관련 연구 ·1단계 시제품 개량 ·2단계 시제품 개발 ·성능시험 및 평가	·고속관련 연구 ·인증인프라 구축 ·2단계 시제품 개량 ·성능시험 및 평가
효과	·150km/h 이하의 모든 철도신호시스템에 적용	·250km/h 이하의 모든 철도신호시스템에 적용	·450km/h 확장 적용

이러한 국가 R&D사업을 통해 개발될 KRTCS의 종합성능시험평가용 인프라 및 성능 평가체계 구성을 위해서는 기 수행된 국가철도기술개발사업의 성과물, 한국철도시설공단 및 한국철도공사 등 운영기관의 현장 보유 기술을 최대한 활용한다. 한 예로 국가철도기술개발사업을 통해서 확보한 일반철도용 틸팅열차와 고속철도용 해무430 차량과 함께 2013년부터 구축 예정인 오송 종합시험선로를 시험인프라로 활용함으로써 연구 개발 후 대부분 폐기되던 차량을 연구 인프라로 지속적으로 활용할 수 있는 계기를 만들 수 있다. 오송 시험선을 활용한 기초 시험이 완료된 경우, 영업 시운전 성능 검증을 위해서는 현재 운영중인 영업선을 영업 시운전 성능검증 시험선으로 활용하고, 성능평가 인프라를 최대한 영업선과 같은 환경으로 구축하여 개발품에 대한 영업선 성능 평가가 종료 되는 시점에는 개발품의 운행실적을 시험선에서 확보한 것으로 간주할 수 있도록 운영 및 건설기관이 참여하는 개발체계를 구성한다. 또한 성능 평가는 철도건설기관인 한국철도시설공단이 주도하도록 하여, 미래의 고객인 사용자의 요구사항이 충분히 반영되도록 추진한다. 또 다른 종합성능시험평가용 인프라 선정은 우선적으로 상업화 가능한 노선을 시범구간으로 선정하여 종합성능평가를 실시하고, 이를 영업선으로 전환(연장)하는 활용화 전략을 수립함으로써 본 사업종료 후에는 구축된 인프라의 유지관리비용이 발생되지 않도록 한다.



[그림 1.7] 무선기반 철도통신시스템 추진 전략



[그림 1.8] 국가철도 통합무선제어시스템 추진 전략

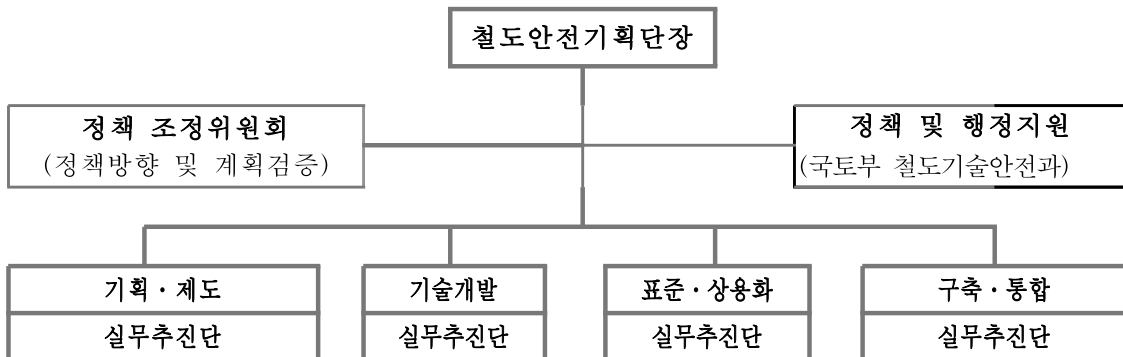
4) 지능형 철도 시스템 추진단 구성

- 국내 최고의 무선망(LTE) 기술의 세계 최초 철도적용을 통해 ‘80년대 기준 유지보수 조직 및 제도 등을 정비하고, 첨단시스템 도입, 전환에 대비한 전문가 양성의 필요성과 LTE-R 무선통신 기반 열차제어·통신시스템을 효율적으로 추진하기 위해 분야별 전문가 참여 필요성이 제시되어야 한다.

* 도시·일반·광역철도 통합무선망 적용, 관리 및 운영 제도도 마련

- 이에 따라 (구성·운영) 전문가(기획, 제도, 표준·상용화, 구축 등)로 구성된 「국가지능형 철도시스템(IRIS) 구축 추진단(단장: 철도안전기획단장, 30인내)」을 구성하였으며, 이는 정책 조정위원회(기관 이사급) 및 실무추진단(분야별 전문가)으로 분류되며 또한 기술개발, 주파수, 표준화, 성능검증, 사업자 운영, 구축, 제도개선 등에 대한 계획 수립 및 이행을 위한 실무조직으로 운영된다.

○ 추진단 구성



〈세부 업무〉

- 도시·일반·고속철도 등 지능형 철도시스템 구축계획 및 활용계획 수립
 - LTE-R 상용화에 필요한 연구개발, 성능검증, 표준화 촉진
 - 유지보수, 시설기준, 조직 및 제도 정비 계획 수립 및 이행
 - 사업자 선정, 통신망 및 주파수 이용, 관리 제도, 활용 서비스 계획 수립
 - 산업체, 운영기관 등 전문가 양성 프로그램 수립 및 이행
 - 신설, 개량 구축사업 사업예산 운용 및 집행 자문
 - 기타 국가 지능형 철도시스템 구축 추진과 관련된 사항 등
- 정책 조정위원회

구 분	직 책	기 타
국토해양부	철도안전기획단장	
철도시설공단	건설본부장	
한국철도공사	기술본부장	
서울메트로	기술본부장	
한국철도기술연구원	선임연구부장	
한국전자통신연구원	선임연구부장	
광운대학교	교수 이 기 서	신 호
목원대학교	교수 박 덕 규	정보통신

○ 분야별 실무추진단

분 야	소 속	이 름	비 고
기획·제도	철도기술연구원	김 용 규	수석연구원
	"	송 용 수	선임연구원
	"	김 경 희	선임연구원
	철도시설공단	신호제어처장	처 장 급
	철도시설공단	이 종 연	부 장 급
	한국철도공사	차량처장(일반,고속)	처 장 급
	대구도시철도	신호통신처장	처 장 급
기술개발	철도기술연구원	이 재 호	책임연구원
	삼성전자	윤 완	부 장
	삼성SDS	김 윤 배	수석연구원
	한국철도공사	신호제어처장	처 장 급
	서울메트로	전기통신처장	처 장 급
	부산교통공사	신호통신처장	처 장 급
표준·상용화	한국전자통신연구원	이 숙 진	책임연구원
	현대로템	이 종 성	부 장
	포스코ICT	류 명 선	팀 장
	한국철도공사	통신처장	처 장 급
	인천교통공사	신호통신처장	처 장 급
구축·통합	철도시설공단	정보통신처장	처 장 급
	한국철도공사	차량처장(전동)	처 장 급
	LS 산전	조 용 기	수석연구원
	서울도시철도	신호통신처장	처 장 급
대전도시철도	신호통신처장	처 장 급	

제 2 절 조사 방법

1. 사업의 특징

최근 대도시 광역화로 인한 교통문제 심화, 에너지 환경 친화적 교통수단 활성화 등에 따라 효율적 교통 분담 역할 수행의 중요성이 부각되고 있으며, 이에 따라 미래 철도의 위상 확대가 전망되고 있다. 해외 철도 선진국은 중장기적으로 철도인프라의 확충 및 개선, 철도 이용활성화를 위한 정책을 전략적으로 추진 중이다. 대표적으로 유럽은 “유럽 2020 전략”의 일환으로 ‘철도중심의 범 유럽 교통망(TEN-T : Trans-European Transport Networks) 계획’을 추진 중이며, 미국은 ‘여객철도 투자 및 개선에 관한 법령(PRIIA : Passenger Rail Investment and Improvement Act)’을 제정하여 지역 간 여객철도 구축 활성화를 추진하고 있다.

국내의 경우 교통수요 흡수를 통한 수송분담률 제고로 대량·대중 교통수단 위상을 확립하기 위해 2006년부터 국가철도망 구축계획을 수립·추진하여 현재는 제2차 국가철도망 구축계획(2011~2020)을 추진 중에 있다. 이에 따르면 2020년에는 전국 주요도시가 KTX 고속철도망을 통해 1시간 30분대로 연결된다. 현재 경부고속철도 368.5km에 불과한 230km/h급 이상 고속철도가 2020년에는 2,362.4km로 확장되고, 이에 따라 1시간 30분대 고속철도 서비스 범위가 인구의 60%에서 83%로 확대된다. 아울러 철도연장은 3,557km에서 4,934km로 확충되고, 복선화율은 49.6%에서 79.1%, 전철화율은 60.4에서 85.0%로 높아진다.

국민소득 증가에 따른 철도서비스 기대수준 향상 및 거대도시 권역화에 따른 거대지역권 내 산업간 유기적 연계 및 시너지효과 창출을 위해서는 고속교통망 연결에 집중투자가 필요하다. 이에 따른 양적인 철도 공급 확대도 중요하지만, 철도차량 및 철도시설의 안전성·쾌적성 제고에 대한 요구가 증가되어 효율적 관리를 위한 철도전용 무선통신망 도입이 요구되고 있다. 이러한 철도전용 무선통신망 도입은 사고예방 및 신속대응으로 대형 철도사고, 테러 등에 대한 철도의 보안·안전성 강화, 철도 도착의 정시성 향상 및 고품질의 여객서비스에 대한 요구 만족 등을 위해 필수적이다. 그러나 현재 국내 철도 안전 관련 무선통신 방식은 노선별로 상이하여 비효율적으로 운영되고 있다. 실제로 관제요원, 열차운전자, 현장 유지보수 요원 간 협업이 어려워 다양한 문제점이 발생하고 있으며, 상이한 철도 무선통신시스템 간 단절 및 불통 현상, 상용망과 기존 철도 무선통신시스템과의 주파수 간섭·혼신 등에 따른 철도 운행 중단 및 철도 사고 발생 위험이 존재하고 있다. 더불어 최근 고속철도 사고급증 등은 국가철도 운영시스템의 혁신적인

안전성 강화방안 마련을 요구하고 있다. 이에 미래 철도의 안전 확보 및 수송 효율성 향상을 위한 국가철도 통합무선제어기술 구축 요구가 크게 증대되고 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 해외의 경우 주요 철도 선진국들은 철도전용 통합무선망을 구축하여 운영 중이거나, 구축을 계획하고 있다. 유럽의 상당수 국가는 GSM-R 방식의 국가 철도전용 무선통신망을 구축·운영 중이며, 향후 통신부하 증가에 대비한 미래 기술에 대한 논의를 시작하고 있다. 아시아의 개발도상국인 중국, 인도의 경우에도 GSM-R 방식의 국가 철도전용 통신망 구축 및 구축계획이 진행 중이다.

이러한 상황에서 열악한 국내 철도 무선통신망 환경을 개선하고 차세대 국가 철도전용 통합무선망 구축을 통한 효과를 극대화하기 위한 체계적인 정책과 전략 수립 마련이 시급하다. 본 연구는 미래 철도교통 수용 여건 변화에 대비하고 신규 철도산업 창출과 경쟁력 향상을 도모하는데 그 목적이 있다.

2. 항목별 조사방법

가. 기술적 측면

1) 기술개발계획의 적절성

- 사업의 목적, 목표와 함께 세부 연구내용 구성, 로드맵 차원에서의 구체성과 적절성에 대해 일반적인 철도 통신 및 열차제어시스템 개발 프로세스 사례, 연구개발사업의 기술준비수준(TRL), 유사 연구 사례 등과 비교하여 분석한다.

2) 기술개발 성공가능성

- 동 사업의 기술개발 성공가능성을 판단하기 위해 여러 가지 대안별로 기술 구현 및 실용화 준비 수준에 대해 기술적으로 검토를 실시한다.
- 정보통신기술 기반의 철도시스템 기술의 개발 전략의 하나로 특허전략 수립을 위하여, 니즈 파악, 연구내용 파악, 특허동향조사 및 특허동향조사에 기초한 공백특허 등을 파악하여 특허 획득 전략을 수립하고, 연구에 따른 강한 특허 확보 방안으로 원천 핵심 특허를 선점하고자 한다.
- 열차와 지상간 무선통신기술 및 보안, 열차 위치 검지 및 속도 검출, 열차 운영개선 비용 및 운영시스템 연구, 지능형 센서를 이용한 시설물에 관한 중점적인 기술동향 및 특허정보를 분석한다.

3) 기존사업과의 중복성

- 기존 무선기반 철도 시스템 관련 사업 내에서 추진할 수 있는 핵심 과제 또는 이미 연구된 결과를 연계 및 활용하는 측면에서 검토한다. 국가철도 통합무선제어시스템 기술개발사업은 신 개념의 무선 기반 철도 시스템을 개발하는 특성이 존재하여 직접적으로 본 사업과 중복되는 연구개발 사업은 없는 것으로 확인됨에 따라, 과제 수준에서의 중복성 또는 기존 사업에서의 추진 가능성 등을 분석한다.

나. 정책적 측면

1) 정책의 일관성 및 추진의지

- 상위·유관계획과 비교하여 동 사업계획의 목표 및 전략과 해당 계획의 내용을 비교하였고, 사업의 추진의지 및 선호도를 분석하기 위하여 부처의 연구개발 영역과 동 사업추진 목적과의 관계를 검토한다.

2) 사업추진의 위험요인

- 정부 외 민간 투자규모에 대한 예산 확보의 가능성, 정부와 민간의 부담 비중의 적절성, 철도안전법 기준과의 부합성, 무선랜 사용 제약 가능성과 신호 및 통신 유지보수 현황을 바탕으로 유지보수 및 안정적 사용 가능성 등의 위험요인을 분한다..

다. 경제적 측면

1) 비용 분석

- 국가철도 통합무선제어시스템은 철도에 통합무선망을 구축하기 위한 것이며, 철도 통합무선망은 열차제어시스템, 실시간 차량/설비 모니터링, 철도운영시스템, 철도지령망, 화물정보시스템, 건널목시스템 등 다양한 시스템이 무선통신망으로 통합되어 운영되는 것이다. 본 연구과제에 대한 편익은 해당 시스템이 구축되었을 때 비로소 도출되게 된다. 따라서 본 절에서는 열차제어·통신시스템 대한 연구과제 비용을 추정하는 것뿐만 아니라, 통합무선망 구축 및 열차제어시스템 구축에 대한 비용도 함께 추정한다.

2) 비용편익 검토

- 「연구개발부분 사업의 예비타당성조사 표준지침 연구, 한국과학기술평가원, 2011.12」에 의거하여 연구결과에 따른 직접 편익만을 분석에 반영하고자 한다. 이에 따라 국내철도 시장에 국산시스템 구축에 따른 비용절감편익과 무선기반 열차제어시스템의 국외 철도시장 진출에 따른 부가가치편익을 반영한다.

제II장 기초자료 분석

제1절 국가철도 통합무선제어시스템의 개념 및 분류

1. 국가철도 통합무선제어시스템의 기본개념

가. 기본 개념

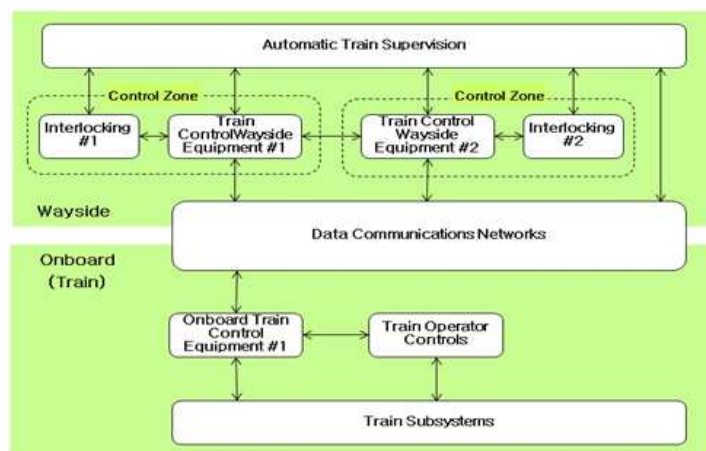
1) 열차제어시스템

기존 철도시스템에 있어서 열차운행제어는 궤도회로를 이용하여 열차위치를 검지하고, 해당 열차위치정보를 토대로 열차운행을 감시하고 관리한다. 또한 열차운행이 지연되거나 장애가 발생할 경우 음성통신망(VHF, UHF 또는 TRS)을 사용하여 관제사가 운전자에게 지시한다. 본 사업의 국가철도 통합무선제어시스템은 열차운행을 감시·관리하는 시스템과 무선통신망(LTE-R)을 연계하는 통합시스템으로 구성된다.

열차운행을 감시·관리하는 열차제어시스템은 무선통신망과 연계하여 다음과 같은 특징을 갖는다.

- 궤도회로를 사용하지 않고 열차위치를 높은 정밀도로 검지하고 결정.
- 열차위치 실시간 추적
- 지상장치와 차상장치에서 바이탈 기능수행
- 무인 운행

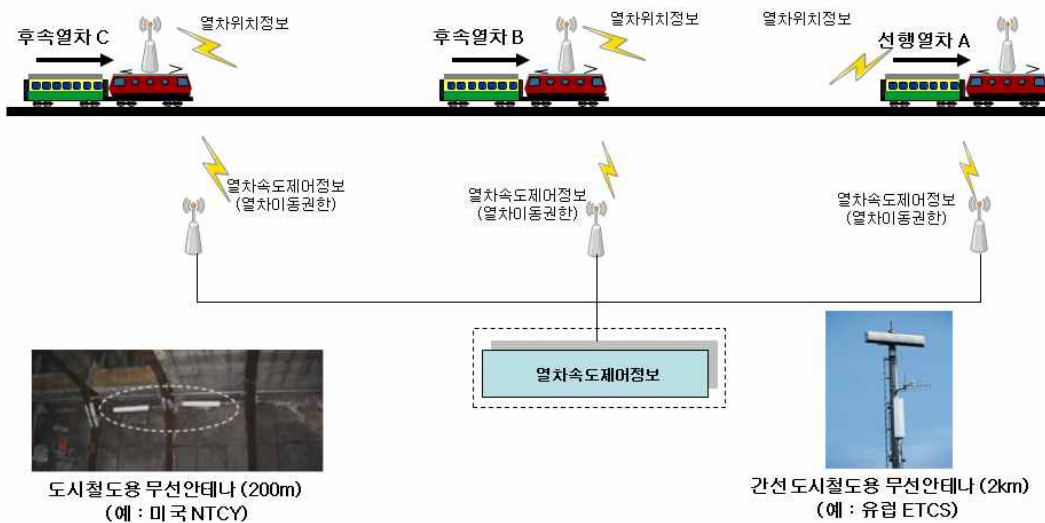
본 사업에서 개발할 국가철도 통합무선제어시스템은 현재 종합성능 평가 중인 도시철도용 무선기반 열차제어시스템을 일반철도와 고속철도에 적용할 수 있도록 개발한다. 열차제어시스템은 다음 그림과 같이 지상설비, 차상설비 및 차·지상 데이터통신설비로 구성된다.



[그림2.1] 열차제어시스템의 블록다이어그램

지상설비는 ATS(Automatic Train Supervision), ATP(Wayside Automatic Train Protection), EI(연동장치)로 구성되며, 차상설비는 차상ATP, 차상ATO(Automatic Train Protection)으로 구성된다. 지상데이터통신설비의 경우, 현재 무선LAN, GSM-R 등이 사용되고 있으나, 본 사업은 LTE-R을 사용한다. 도시철도의 경우 독립노선에서 단일형식의 열차가 운행되므로 자동운전 또는 무인운전이 가능하지만, 간선철도의 경우 선로가 복잡하고, 열차진로가 많고, 화물차량과 여객차량이 혼합 운행함으로써, 운행하는 열차형식이 다양하기 때문에 열차운전을 자동화하는 것이 매우 어렵다.

열차제어시스템은 열차운행제어를 수행하기 위해서 열차에서 지상으로 열차위치정보를 실시간으로 전송하며, 지상은 열차가 전송한 열차위치정보를 토대로 생성된 열차이동권한을 차상으로 보내 선행열차와 후속열차간 안전 간격을 보장하여 열차충돌 및 열차탈선이 발생하지 않도록 방호한다.



[그림2.2] 열차제어시스템의 안전간격설정개념도

2) 철도통신시스템

무선을 이용한 정보통신의 안정성(stability)과 열차라는 이동체를 제어하는 안전성(safety)이 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 대역의 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. 그러나 2007년 감사원 감사에서 2.4GHz 대역을 사용하는 열차제어시스템은 2.4GHz 대역의 특성상 간섭 및 혼신 등의 문제 발생으로 인해 지속적인 성능 확보가 어렵고 이로 인한 철도운영의 중단에 대한 우려를 지적하였으며, 이에 대한 조치로 철도신호용 전용주파수 확보 방안을 마련할 것 요구하였다.

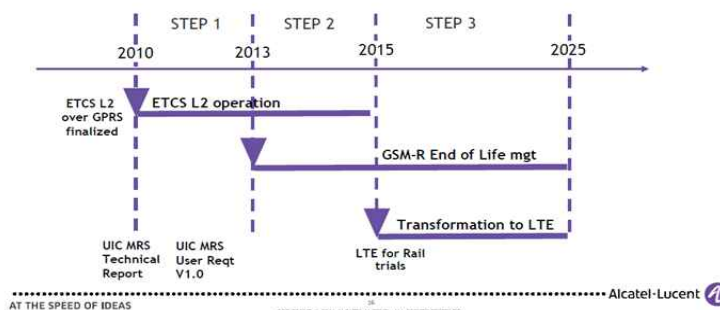
1993년에 세계적인 철도협력기구인 UIC(Union Internationale des Chemins de fer)는 TETRA를 사용하지 않고, GSM을 일부 보완하여 열차제어용으로 사용하는 것으로 결정하였고, 24개 유럽국의 32개의 철도업체가 GSM-R 망을 구축하는 것으로 동의하였다. GSM-R은 1999년에 ETSI에서 규격화되었고, EIRENE에서는 2000년에 규격화되었다. GSM-R은 GSM 표준에 기반하며, 기존 GSM 주파수대역 하부의 주파수를 사용한다. 기본적인 GSM기능 외에 높은 보안요구사항에 의하여 추가적인 기능이 GSM-R에 부가되었다. UIC는 철도에서 요구하는 무선통신망의 요구사항을 충족하는데 필요한 주파수대역을 선정함에 있어, 다음 2개에 대해서 분석하였다.

- 현재의 철도통신시스템에서 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.

유럽도 이동전화통신의 발전에 따라 3세대 통신망을 적용하고 있다. ETCS용 무선통신망을 유지하기 위해서는 이러한 발전방향을 주시하여야 한다. 지속적으로 GSM을 공급할 수 있는 공급사를 찾는 것은 곤란한다. 현재 ETCS에서 고려하고 있는 무선통신망은 그림과 같이 LTE가 최적인 것으로 검토되었다.

GSM-R to LTE transformation possible steps

- STEP 1 : Deploy ETCS over packet based GSM-R
- STEP 2 : Validate ETCS protocols over All IP LTE
- STEP 3 : Prepare LTE RAN, Evolved Packet Core, MPLS network



[그림2.3]GSM-R의 향후방향

제 2 절 국내외 국가철도 통합무선제어시스템 연구개발 동향

1. 국내 국가철도 통합무선제어시스템 연구개발 동향

가. 국내 신호시스템 도입운용현황

1) 경량전철

1990년대부터 지자체별로 경량전철건설을 계획하였으며, 현재 개통예정이거나 건설 중인 경량전철노선을 대상으로 구축된 신호시스템 현황은 다음 표와 같다. 경량전철 건설은 대부분 민간자본을 유치하여 진행되고 있으며, 운영 및 수익성 등을 감안하여 무인자동운전을 지원하는 열차제어시스템을 도입하여 운영하고 있다.

[표 2.1] 경량전철 도입 시스템

노선명	열차간격제어방식				제작사(공급사)		비고
	고정폐색방식			이동폐색방식 (RF통신)	지상설비	차상장치	
	궤도회로	발리스 (루프)	가상폐색 (RF통신)				
용인에버랜드	-	-	-	ATP/ATO	BT	BT	-
의정부	-	ATP/ATO	-	-	Siemens	Siemens	2012년 개통
부산-김해	-	-	ATP/ATO	-	Thales	Thales	2011년 개통
우이-신설선	ATC/ATO	-	-	-	Ansaldo	Ansaldo	-
대구3호선	ATC/ATO	-	-	-	Hitachi	Hitachi	-
인천2호선	-	-	-	ATP/ATO	Thales	Thales	설계중

2) 광역도시철도

1990년대 이후 개통예정이거나 건설 중인 도시철도 및 광역철도를 대상으로 구축된 신호시스템 현황 조사결과는 다음과 같다. 노선별 다소 차이는 있으나, 발리스와 궤도회로를 사용한 ATP/ATO가 주류를 이루고 있으나, 최근 신분당선의 경우 경전철과 같은 무선통신기반의 열차제어시스템을 운용하고 있다.

[표 2.2] 광역도시철도 도입 시스템

노선명	열차간격제어방식				제작사(공급사)		비고
	고정폐색방식			이동폐색 (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

3) 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 2.3] 일반철도 도입 시스템

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

국내 신호시스템 운영 현황은 대부분 국외 시스템을 도입하여 설치·운영함으로써 각각의 노선에 따라 모두 상이하게 기술적 특성이 주어지며, 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 확인되었다.

나. 국내 열차제어시스템 연구개발 현황

1) 기존에 수행되었던 국가연구개발사업

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

[표 2.4] 국토해양부의 국가연구개발사업 및 시범사업 현황

사업(과제)명	수행내용	
	기간 및 주관기관	내 용
도시철도차량 표준화·국산화	-기간 : 1995. 8 ~ 2001. 12 -주관 : ROTEM	-개발내용 · 시험선 운영을 위한 열차제어시스템(ATC) 차상장치 개발 · 시험선 자동운전을 위한 자동열차운전장치(ATO) 개발 · 열차내 전장품을 제어하는 종합제어장치(TCMS) 개발
도시철도표준화 연구개발사업 (도시철도 열차제어시스템 표준화 연구)	-기간 : 2001. 1 ~ 2006.12 -주관 : ROTEM	-개발내용 · 표준사양을 확인하기 위한 열차제어시스템 차상핵심장치 개발 및 MBS사업에 적용하여 시험 -개발결과 · 도시철도 시설물 표준규격, 성능시험기준 및 안전기준 고시
경량전철시스템 기술개발사업 (경량전철 열차제어시스템 기술개발)	-기간 : 1999. 1 ~ 2005.12 -주관 : 철도연 + 포스콘	-개발내용 · 무인자동운전이 가능한 열차제어시스템 기술개발 · 2.4[GHz]를 사용하는 무선LAN 통신방식을 적용하여 열차위치추적, 열차속도제어 및 열차진로제어 수행

사업(과제)명	수행내용	
	기간 및 주관기관	내용
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 (통합차상신호시스 템개발)	-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 2.5] 타부처의 국가연구개발사업 및 시범사업 현황

사업(과제)명	수행내용	
	기간 및 주관기관	내용
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 개발사업 2단계 (과학기술부)	-기간 : 1994. 5 ~ 1998. 8 -주관 : 한국기계연구원	-개발내용 · 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
중기거점기술개발 사업 (자기부상열차실용 화를 위한 차량모델개발)	-기간 : 2003.10 ~ 2006. 9 -주관 : ROTEM	-개발내용 · 실용화 수준의 무인자동 자기부상열차 신호시스템 개발 · 차상과 지상간 정보전송을 위해서 무선 LAN 개발

사업(과제)명	수행내용	
	기간 및 주관기관	내 용
(산업자원부)		-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 무선LAN 을 국산화함.

2) 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계구축 및 성능평가(1단계 사업)
무선통신기술을 적용한 열차제어시스템과 관련된 국가연구개발사업은 현재 진행중인 KRTCS 1단계 사업(도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계구축 및 성능평가)가 있다.

○ KRTCS 1단계 사업의 연구목표

본 사업과 관련성을 갖고 있는 KRTCS 1단계 사업의 최종목표는 다음과 같다.

- 열차제어시스템에 대한 표준체계구축, 성능평가 및 안전성평가
철도건설·운영기관의 열차제어시스템요구사항을 토대로 열차제어핵심기술과 열차제어시스템에 대해서 객관적이고 엄격한 성능평가와 안전성평가를 수행하며, 최종적으로 열차제어시스템의 표준체계를 구축한다.
- 철도전용 무선통신시스템(체계) 확보 및 시험평가
열차제어를 포함하여 철도의 운영관리에 필요한 서비스를 안정적이고 효율적으로 지원할 수 있는 철도전용 무선통신시스템을 선정하고, 선정된 무선통신시스템의 시작품개발과 시험을 통해서 적용성을 확인한다.

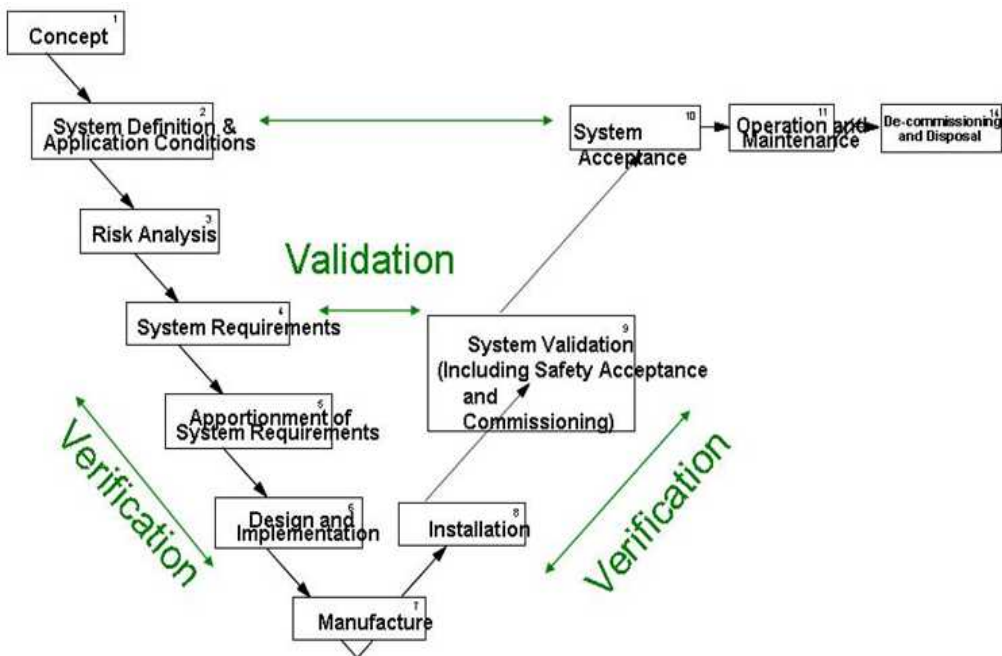
이상의 최종목표를 달성하기 위해서 다음과 같은 연구내용을 수행한다.

- 열차제어시스템 표준체계 구축 및 안전성 평가
 - 표준사양 작성 및 법제화
 - 안전계획서 작성, 리스크평가, 안전요구사항 작성 등 안전성 활동
 - 안전성활동 수행 과정 및 성과물에 대한 안전성 평가
 - 열차제어시스템 요구사항분석 및 개발사양서 작성
 - 열차제어시스템의 현장(시험선)설치
- 열차제어시스템 성능평가
 - 열차제어시스템 성능평가계획 수립
 - 열차제어시스템 평가인프라 구축(지상인프라, 차상인프라 등)
 - 열차제어시스템 성능평가(시험, 분석(보완), 평가) 및 유지보수
 - 열차제어시스템 성능평가 체계 구축

- 철도전용 무선통신체계 연구
 - 철도전용 무선통신망 구축을 위한 중장기 계획 수립
 - 철도전용 무선통신방식 선정 및 주파수확보활동
 - 철도전용 무선통신시스템 개발, 시험평가용 무선통신망 구축, 시험

○ KRTCS 사업의 특징(안전성 평가)

열차제어시스템이 컴퓨터기술, S/W기술 및 통신기술을 적용하면서 H/W와 S/W 오류는 사상사고 또는 시설물 파손 등을 유발할 가능성을 내포하며, 또한 높은 수준의 운용능력을 요구함에 따라 운전요원의 인적 오류가 발생할 가능성도 배제할 수 없다. 이 때문에 열차제어시스템이 갖는 위험 또는 사고의 발생을 차단하거나 감소시키기 위한 방법을 적용하고 이를 명확히 관리하기 위한 안전성활동이 유럽을 중심으로 채택되고 있으며, 국내의 경우 철도시설안전기준을 통해 안전성분석을 명문화하고 있다. 안전성 활동의 핵심은 위험원을 도출하고 도출된 위험원을 라이프 사이클 각 전 단계를 거쳐 제거 또는 완화하는 것으로, 열차제어시스템의 안전성 관련 국제규격은 주로 유럽을 중심으로 진행되었으며, 이들 규격은 안전성 활동 요구사항, 체계, 안전성 승인을 위한 기본조건 등을 나타내는 규격과 여기에 제시된 각 단계별 안전성 활동의 수행을 위한 방법론에 대한 규격으로 구분된다. 국제 규격은 기본적으로 시스템 라이프사이클에 맞추어 위험원 도출, 리스크 평가 기반으로 안전성 활동을 요구하며, 시스템의 안전성 승인 및 평가를 위해서는 이러한 안전성 활동의 확인을 요구한다.



[그림 2.4] V-model 및 안전성활동절차

○ 열차제어시스템 종합성능시험 계획

대불선에서 수행되는 열차종합성능시험은 대불선의 열차운행에 맞추어 탄력적으로 수행된다. 대불선을 운행하는 열차는 화물열차(1일 2편성 운행), 차세대 전동차 및 1단계 사업을 위한 시험전동차가 있다. 열차제어시스템 성능평가를 위한 종합시험 계획은 다음과 같다.

- 현장조립시험 및 평가(1편성 운행)

- 기간 : 2012.11.8 ~ 2012.11.30
- 열차 : KRTCS 개조차량(이하 시험열차)
- 진로제어 : 해당사항 없음
- 시험내용
 - : 관제설비-지상장치 인터페이스 시험
 - : 차상장치-지상장치 인터페이스 시험
 - : 차상장치-무선데이터 전송장치 인터페이스 시험
 - : 차상장치-ATO지상장치 인터페이스 시험

- 단일편성에 의한 열차제어시스템 시험 및 평가(1편성 운행)

- 기간 : 2012.12 ~ 2013.6
- 열차 : 시험열차
- 진로제어 : 시험열차 운행시 진로제어권 필요
- 시험내용
 - : 열차위치검지 및 현시확인
 - : ATP 주행시험
 - : ATO 주행시험
 - : 차상장치-기타장치 시험
 - : 고장시 주행시험

- 다중편성에 의한 열차제어시스템 시험 및 평가(2편성 운행)

- 기간 : 2013.7 ~ 2013.12
- 운용열차 : 시험열차, 차세대전동차
- 진로제어 : 시험열차 운행시 진로제어권 필요
- 시험내용
 - : 열차위치검지 및 현시확인

- : ATP 주행시험
- : ATO 주행시험
- : 차상장치-기타장치 시험
- : 고장시 주행시험

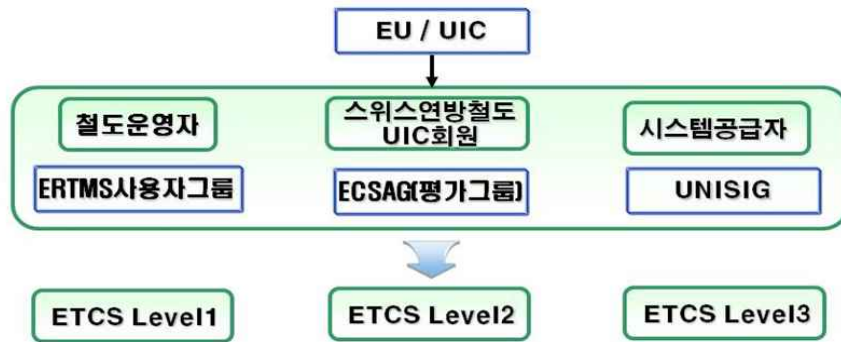
2. 국외 국가철도 통합무선제어시스템 연구개발 동향

간선철도에 적용중인 열차제어·통신시스템중 무선통신을 기반으로 하는 시스템에 대한 연구 개발동향을 조사하였다.

가. 열차제어시스템 연구개발 동향

1) 유럽의 ERTMS/ETCS프로젝트

유럽은 EU를 중심으로 정치, 경제의 통합을 추진하고 있으며, 이러한 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 요구사항서를 토대로 개발한 시스템에 대한 현장시험을 통해 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 기능요구사항서 (FRS : Function Requirements Specification)와 시스템요구사항서 (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 2.5] 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 SRS 작성에 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 SRS 작성을 시작하였다 구체적으로는 UNISIG는 기술적인 부분을 ECSAG는 주로 기능적인 부분을 검토하고 UIC와 EU측에서 참석하여 ERTMS 사용자그룹 총회와 UNISIG 각사의 책임자에 의한 결과를 인정하였다. 기능요구사항서는 UNISIG에서 개발하는 열차제어시스템의 상호운전성을 확보하기 위해서 시스템을 3단계로 구분하여 제안되었다.

- ETCS Level 1

- 열차에 대한 정보전송과 위치검지를 위한 Balise (Euro-Balise)
- 안전속도에 대한 연속적인 감시
- 차상신호(cab signaling : 운전자에 의한 신호현시 확인/준수 필요)
- 기존의 궤도회로(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).

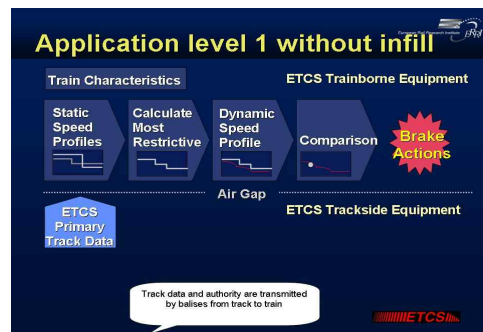
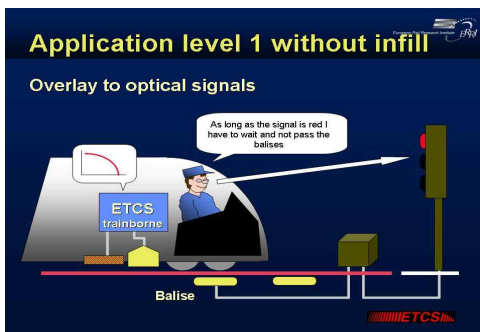
- ETCS Level 2

- GSM-R(Global System for Mobile Communications-Railway)을 이용하여 열차와 중앙사령실(RBC: Radio Block Center)사이의 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 안전시각 확보

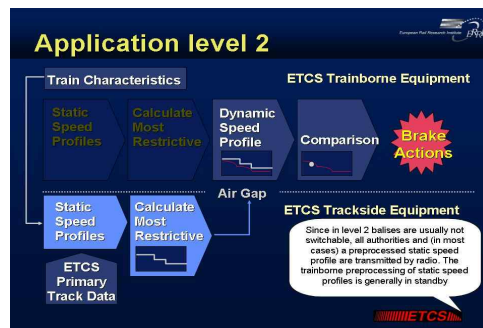
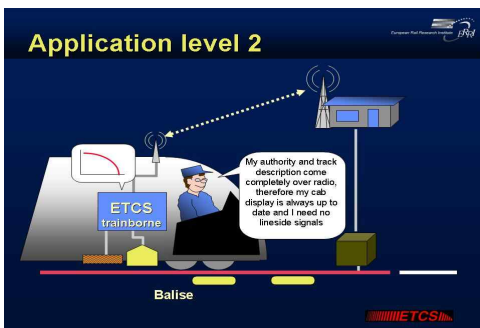
- ETCS Level 3

Level 3은 Level 2에 대해서 다음과 같은 차이점이 있음

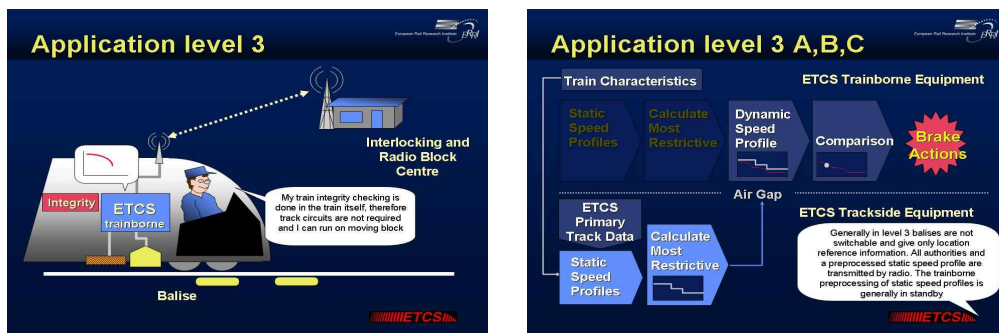
- 차상신호장치의 열차위치정보 및 train integrity정보를 토대로 선로점유상태 파악(열차는 내장된 train integrity감시장치를 이용할 수 있어야 함)
- 중앙사령실(RBC)을 통하여 열차간 안전간격 확보(고정 블록, 가상 블록, Moving Block)
- ETCS의 차상장치를 장착한 열차만이 Level 3 선로에서 운행될 수 있음



[그림 2.6] ETCS Level_1



[그림 2.7] ETCS Level_2



[그림 2.8] ETCS Level_3

2) 중국열차제어시스템(CTCS:Chinese Train Control System)

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.

○ 네트워크화

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 네트워크 구조를 구성한다. 따라서, 운영자는 관할 구역내의 각종 상황을 전체적으로 파악하고 시스템 자원을 유연하게 배치함으로써 열차 운영을 안전하고 효율적으로 실행할 수 있도록 한다.

○ 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.

○ 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.

○ 표준화

통일된 표준을 제정, 사용하고 양호한 설비의 상호 운용에 대한 가능성을 실현하고 상호호환성 요구에 만족하게 한다.

○ 안전설계 및 평가

관련된 안전 표준에 따라 설계함으로서 신호설비의 안전을 향상시키며 동시에 시스템의 생명주기에 따라서 설계를 규정화함으로서 설비 원가를 감소함은 물론, 특히 안전 평가 이론의 구축과 보급은 고속철도 운행제어시스템의 신뢰도 및 안전성을 정량 평가하는데 중요한 수단으로 작용한다.

○ 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

○ CTCS 설계개념

· CTCS level_0 & level_1

중국의 CTCS Level 0와 CTCS Level 1은 CTCS의 개념에 따라 설치된 열차제어시스템이 아니라, 기존의 일반적으로 사용하는 열차신호와 열차운행제어장치를 통해, 불연속 제어를 통한 과속보호기능이 없는 노선은 CTCS Level 0, 연속 제어를 통해 과속 보호가 가능한 노선은 CTCS Level 1로 분류하였다. CTCS Level 0은 열차 제어의 기본 모드로, 120km/h 이하에만 적용하며, 지상신호가 설치되어 있는 노선으로 주어진 반면, CTCS Level 1은 120~160km에 적용되며, 차상장치 ATP에 의해 작동되고, 선로에는 발리스가 설치되어 있다.

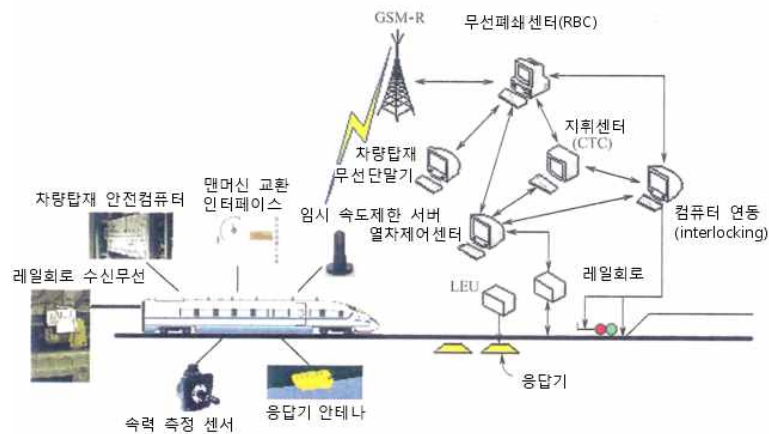
· CTCS Level 2

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.

· CTCS Level 3

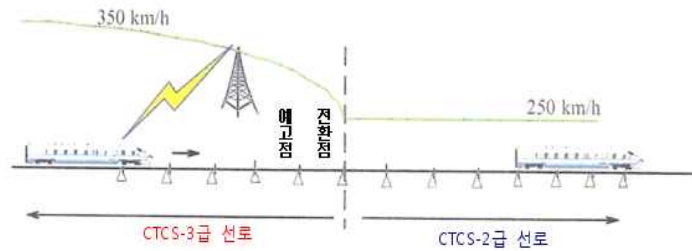
CTCS Level 3 열차제어시스템은 궤도회로에 근거하여 열차 점유/완전성 검사를 실현하고 발리스가 열차정위 정보를 제공하며, GSM-R 네트워크를 통하여 열차 운행허가를 전송하고 목표거리 모드를 채용하여 열차의 안전운행을 감시 제어하는 열차 운행제어 시스템이다.



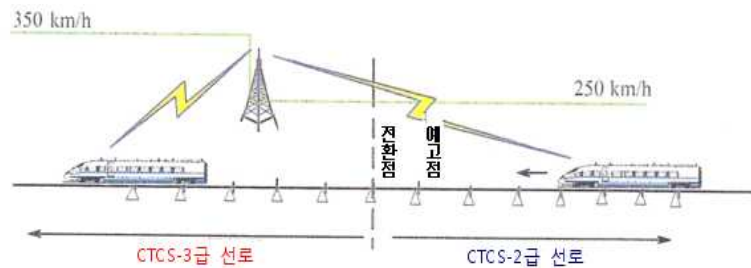
[그림 2.9] CTCS Level 3 시스템 구조

적용 노선으로는 무궁, 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 2.10] Level 전환 운전 예

· 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. 또한, RBC는 유럽의 ETCS Level 2 열차제어시스템의 핵심 장치로, Fail-Safe 컴퓨터에 근거하는 제어시스템으로 주어진다. 따라서 지상 서브시스템이나 외부지상 시스템으로 부터 받은 정보(궤도점유 정보, 연동진로상태 등)에 근거하여 열차운행 허가명령을 생성하고 GSM-R 무선통신시스템을 통하여 지상에서 차상으로 정보를 전송하며 해당 관할 구역 내에서의 열차의 안전 운행을 보장한다.

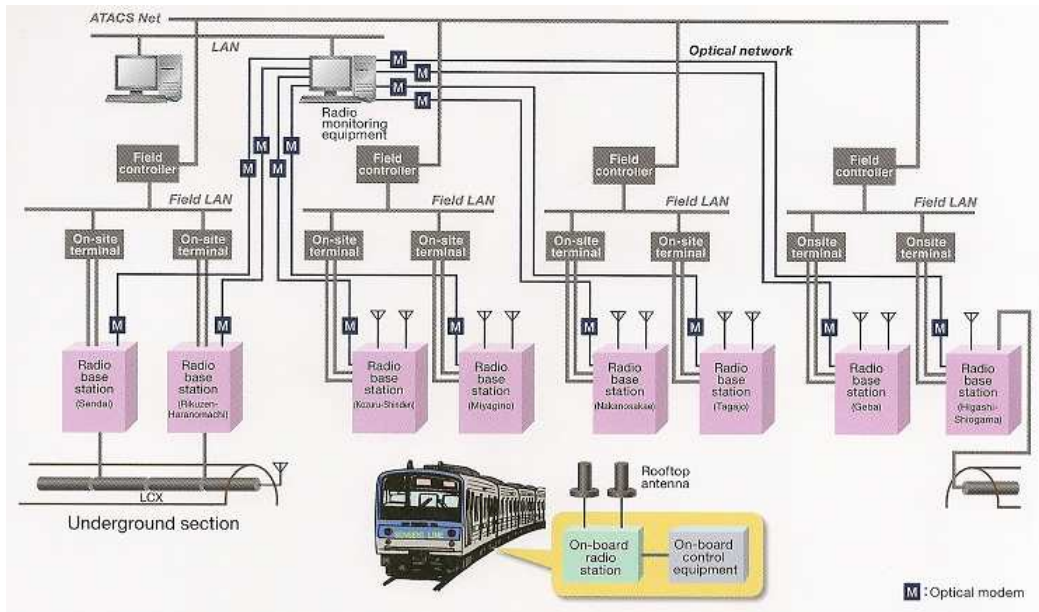
3) 일본의 열차제어시스템

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 연구개발범위는 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 2.11]일본 ATACS 설치구간

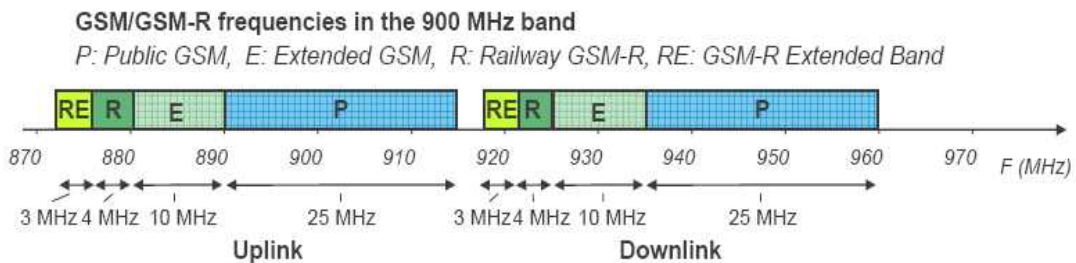


[그림 2.12] 일본 ATACS 지상설비 구성도

나. 국가철도 통합무선제어시스템 연구개발 동향

1) 유럽의 철도통신시스템

유럽은 철도전용 주파수를 할당받아 GSM 규격을 기반으로 GSM-R 시스템을 구축하여 열차제어, 열차운행관제, 유지보수 등을 위한 음성통신과 메시지 전송에 활용하고 있다. 이를 위해 상향, 하향 각 4MHz의 주파수 대역폭을 운용중이며 기지국당 32~48개의 트래픽 채널을 보유(876~880 MHz (Uplink), 921~925 MHz (Downlink))하고 있다. 또한 2011년 5월 ECC(European Communication Community)에서 [그림 1]과 같이 3MHz 대역폭의 Extended GSM-R 주파수 대역을 추가 할당하였다. (873~876 MHz (Uplink), 918~921 MHz (Downlink))[자료 : ECC Report 162(2011)]



[그림 2.13] 유럽 철도통신망 주파수 할당 현황

유럽의 ETCS over GPRS는 GSM-R의 주파수 효율성 문제를 해결하기 위해 GPRS 기술을 활용해 GSM-R 기술을 보완하려는 활동을 의미하며, 현재 ETCS Level 2는 열차와 지상 제어센터 간에 제어와 신호 정보를 GSM-R 기반에 회선 스위치 데이터(circuit switch data)를 사용하여 전송하고 있지만 연결을 위한 기반 시스템인 회선 스위치 데이터(CSD)는 혼잡한 트래픽 철도 허브에서 적절한 수준의 우선권과 음성·데이터 서비스를 동시에 이용할 수 있도록 보장하지 못하는 문제점이 발생하였다. 이를 해결하기 위한 GPRS에 대한 연구는 시뮬레이터 시험을 통해서 이탈리아, 스웨덴, 오스트리아에서 진행하고 있는 UIC 캠페인이 있으며, 여기서 GPRS는 ETCS 트래픽 전송을 위한 잠재적인 기술로서 인정을 받았다.

EU는 철도 환경에서 GPRS 사용과 관련된 드래프트 규격을 재정의하고, 2012년까지 고속 선로 환경을 가진 프랑스의 RFF/SNCF 철도망에서 통신과 ETCS 애플리케이션 시험을 시뮬레이션을 통해서 결과를 평가한 후, 현장에서 사용할 수 있는 ETCS 프로토타입 장비를 개발할 계획이며, 2013년에는 영국의 NR(Network Rail) 철도망에서 ETCS 프로토타입 장비를 사용하여 E2E 시험을 수행하고, 2014년에는 덴마크 Banedanmark의 경계지역에서 고용량 GPRS 유효성을 검사할 계획이다. 이를 통해 최종적으로 철도 환경에서 사용하는 GPRS에 관련된 규격을 출시할 예정이다.

이탈리아는 이미 GSM-R 네트워크에 GPRS 기술을 구현한 상태이며, ETCS over GPRS의 신뢰성 입증 시험을 수행하고 있다. 그러나, GPRS를 사용하기 위해서는 새로운 유럽주파수 프로토콜 개발이 필요하며 이미 상업적으로 시스템과 화물 열차를 운영하는 사업자에게 신규 비용을 발생시키는 문제점이 있으며, 또한 단기간에 기존 투자비용을 절감할 수 있는 비용 효율적인 평가 수행이 필요하며, 2025년 이전에 만들어야 한다는 문제점을 제기하였다.

스페인의 ADIF(Administrador de Infraestructuras Ferroviarias)는 2011년 9월 Huawei Technologies España와 LTE-R의 R&D 등에 대한 기본협정을 체결하였으며,(Railway Gazette, 2011). 협정의 주요 내용에는 Huawei의 GSM-R 장비와 타사 장비 간 호환성을 평가하여 스페인 시장 진입의 타당성 검증도 포함되어 있다. 2011년 10월 ADIF는 Alcatel-Lucent와 LTE-R의 R&D 등에 대한 기본협정을 체결하였다(European Railway Review, 2011.10.25.). Alcatel-Lucent는 말라가 주 철도기술센터에서 LTE-R 표준화 및 성능향상 연구, 보안성 향상 등을 위한 GSM-R over a single converged IP-MPLS 시험, 승객 통신서비스 향상을 위한 통합 멀티미디어 솔루션 연구 등을 수행하기로 하였으며, 스페인 및 유럽의 연구기금 확보 등을 위한 공동연구 개발, 워킹그룹 창설 등을

추진하기로 하였다. 가장 큰 특징은 안테케라(Antequera) 지역에 구축 예정인 세계 최초의 LTE-R 시험에 2012년 12월말까지 Huawei가 장비를 공급하는 것이 포함되어 있다는 점이며, 이를 위해 Huawei는 말라가 주에 소재한 ADIF의 철도기술센터에서 GSM-R, RBC 철도통신, Da Vinci 교통통제시스템 등에 대한 개발에 집중할 계획이다. 스페인은 해외에서 LTE-R의 개발을 추진하고자 하는 계획 및 실행을 추진하는 유일한 사례이며, 특히 주요 GSM-R 장비 제조업체와 협력개발을 추진하고 있다는 점에서 사업 추진 의지의 구체성은 매우 높은 편이다. 그러나 협력 내용에서 살펴보듯이 협력사업의 주된 내용은 GSM-R의 검증 및 고도화 등이 핵심이며, 아직은 기술적 구체성이 없이 테스트베드 구축만이 추진되고 있으며, 연구개발 기금 확보 등을 목적으로 제시하고 있어 프로젝트가 아이디어 제안 단계에 머무르고 있음을 알 수 있다.

2) 중국의 철도통신시스템

중국은 신 성장 동력의 하나로 철도산업을 중점적으로 육성하고 있으며, 지역격차 해소 등을 위해 세계에서 가장 활발하게 고속철도를 확장하고 있는 국가이다. 철도 무선통신망은 중국의 독자표준인 GSM-R 기반의 CTCS(Chinese Train Control System)를 중심으로 구축되고 있으며, 중국 내 GSM-R 첫 도입 사례는 2003년 구축이 시작되어 2005년부터 운행하고 있는 대진(大秦) 철도이며 Huawei 제품으로 구축되었다. 이후 다양한 철도망 구축에 GSM-R이 연구, 도입 중에 있다. 중국은 유럽의 ETCS와 유사한 CTCS를 철도제어시스템으로 채택하고 있다. CTCS는 중국 내에 6개 이상의 상호운영이 불가능한 신호시스템이 존재하여 발생하는 문제를 해결하기 위해 ETCS를 참조하여 2002년에 제안된 시스템이다(Bin Ning et al., 2004). GSM-R을 CTCS의 무선 시스템 표준으로 사용하기로 결정한 것은 중국 철도부며, ETCS Level2에 해당하는 CTCS-3에서 GSM-R을 적용하기로 결정되었다. 이는 CTCS의 기본적인 기능 및 시스템이 ETCS와 매우 유사하기 때문에 분석될 수 있으며, 특히 GSM-R를 변경 없이 중국 시스템에 적용하도록 결정하였기 때문에 열차안전시스템 내 무선통신망 구현을 위한 개발 및 검증에 걸리는 시간을 상당부분 감소시켰을 가능성이 있는 것으로 판단된다. 더불어 중국 내 시장 수요가 지속적으로 폭증하고 정부의 전폭적인 지원과 함께 빠른 속도로 국산화를 통한 산업화 기반을 마련하였으며, 중국의 GSM-R 도입 사례는 기술, 시장, 정책 환경의 여건에 따라 개발 및 도입 시간의 단축도 일부 가능하다는 점을 시사하고 있다.

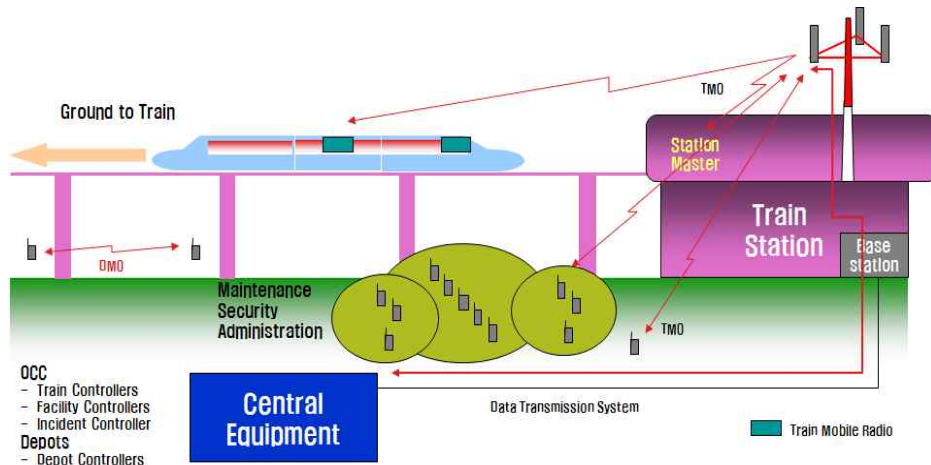
3) 인도의 철도시스템

인도철도청은 통신 부문 구축 계획을 별도로 제시하고 MTRC(Mobile Train Radio Communication) 시스템으로 GSM-R을 채택하는 것으로 발표하였으며(Ministry of Railways, 2010), 정책적인 측면에서 유럽, 중국 등과 유사하게 인도도 단일 시스템으로 철도 무선통신망 구축을 계획하고 있다. 이는 “One India One ATC” 정책으로 불리며, 이를 기반으로 ETCS 적용이 확대될 것으로 예상된다. 인도는 “One India One ATC”를 통해 현재-미래 철도 간 상호운용성 증진, 서비스 용량, 속도, 안전성, 가용성 향상이 가능할 것으로 예상하고 있다(Chandrika Prasad and Peter Winter, 2010).

따라서 인도는 2020년까지 중장기적으로 GSM-R이 확대 구축될 것으로 예상되며, 차세대 무선통신망 기술의 도입은 늦춰질 것으로 전망된다. 인도는 GSM 국가로써 해당 주파수 대역을 철도 전용통신망으로 활용하기에 유리한 점이 있으며, 기 구축된 GSM-R 시스템을 확장하여 국가 철도전용 통합무선망 구축을 추진하고 있음을 알 수 있다.

4) 대만의 철도통신시스템

대만은 고속철도 무선통신시스템으로 TETRA를 채택한 최초 사례로써 운영/유지보수 인원 간 음성/데이터 통신 및 통제센터와 고속철도간 통신에 TETRA를 활용하고 있다. 시스템은 Motorola Dimetra-IP가 도입되었으며, 28개 사이트(EBTS 2식, 6개 사이트는 Test track 구간)로 기지국이 구축되고, 차량용 18세트(MTM700), 휴대용 332대(MTP750)의 무전기와 기타 PA, Telephone System, Traffic control system 등의 시스템이 도입되었다. 대만은 380-400MHz의 TETRA 시스템을 기반으로 무선통신 시스템, CAD 및 Trainborne Sub-systems, 터널과 역사 내 커버리지 확보 시스템, 안테나, UPS 등으로 철도 무선지령시스템을 구성하였다. 구축 사업자는 2002년 11월 Motorola로 선정되었으며, 2004년 11월 시험선에서 시험, 검증되었다. 본선 무선시스템의 개별 시험은 315Km/h의 속도에서 2005년 12월에 완료되었다.(Motorola, 2005).



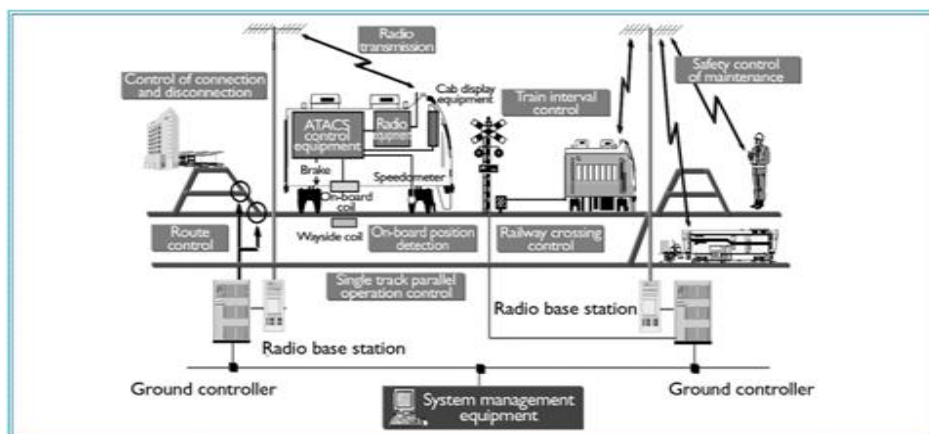
[그림 2.14] TETRA Radio Sub-system

대만은 THSR의 TETRA 기반의 고속철도 무선통신망 구축 사례 외에도 장비업체 중심으로 이루어지는 해외 동향과 다르게 이동통신 사업자가 고속철도에서 LTE 서비스를 제공하기 위한 성능시험을 주도하였다는 특징이 있다. 대만의 통신사업 선도 운영자인 Chunghwa Telecom(CHT)은 2010년 10월 Nokia Siemens Networks와 초고속 열차에서의 LTE 시험을 협력하였다(The China Post, 2010.10.1.). 그 결과, 3.5GHz 기지국을 통해서 245Km/h 속도에서 27~45Mbps 대역폭의 서비스를 제공하는 시험과 더불어 TDD(time-division duplexing)와 FDD(frequency-division duplexing)에 기초한 초고속 철도의 LTE 운영 시험이 성공적으로 완료되었다. 이후 CHT는 2011년 3월 Alcatel Lucent와 LTE 시험 협력도 진행하였다(4G Americas, 2011.4.21.). 그 결과, 281Km/h 속도의 기차에서 다운링크 90Mbps와 업링크 34.2Mbps FTP 데이터 전송 성능 시험이 완료되었다. 시험은 기지국간 원활한 핸드오버와 추가적으로 115ms보다 낮은 제어 계획 지연 시험을 실행하였으며, 유선 환경에서 LTE RRH(Remote Radio Head) 섹터 당 다운링크 120Mbps, 업링크 40Mbps의 최대 전송 용량 시험도 진행하였다. 또한 고속 열차의 내부에서는 대만의 다양한 단말 제조사로부터 LTE 장비(스마트폰, USB 동글, 내·외부 라우터와 태블릿 PC 등)의 애플리케이션과 서비스를 시험하고, 고속열차의 외부에서는 이동성 시험이 진행되었다. 이러한 시험은 2.6GHz와 700MHz 주파수 대역 모두에서 광범위하고 집중적인 현장 시험을 실시하였으며, 커버리지와 관통력, 특히 MIMO (Multiple Input Multiple Output) 기술을 사용하는 초고속 IP 기반 데이터 전송, 서비스 품질과 고속 열차의 이동성 측면의 무선 주파수 네트워크 성능을 시험하였다. 이러한 대만에서의 CHT의 사례는 LTE-R의 형태는 아니지만 LTE가 고속철도에서 제공할 수 있는 성능에 대한 시험검증 사례를 제공하고 있으며, 이동통신사업자 및 제조업자의 협

력을 통해 다양한 주파수에서 LTE가 제공하는 기본 기능들이 정상적으로 동작할 수 있음이 검증되었으며, 이러한 결과는 향후 LTE의 철도 응용 개발에 긍정적인 신호를 제공할 수 있을 것으로 예상된다.

5) 일본의 철도통신시스템

일본의 철도통신시스템은 1985년 철도종합연구소에서 무선을 이용한 열차제어시스템 CARAT(Computer And Radio Aided Train control system)이 제안되면서 논의되기 시작하였다(Iku Watanabe, 2011). CARAT의 개발은 본격적으로 실행되지 않았지만, 관련 개념은 1995년부터 JR EAST에서 ATACS(Advanced Train Administration and Communications system)라는 이름으로 무선 열차제어시스템 개발을 추진하기 시작하였다. 이후 2001년부터 사양검토와 시제품 개발이 시작되었으며, 2008년부터는 2012년을 목표로 단계별 실용화가 추진되었다(JR East, 2009). 따라서, ATACS의 실용화를 위해 기존에 철도에서 사용하는 주파수 외에 ATACS 전용으로 2006년 JR Eeat가 170MHz 대역과 710MHz 대역을 추가 요청(VHF/UHF 帶電波有効利用作業班, 2006)하였다. 그러나, 2010년 12월 기준으로 710MHz대역은 휴대무선통신 가드대역으로 활용되는 안이 추진 중인 것으로 확인되었으며,(携帶・PHS關連 @Wiki, 2011.12.19.), 170MHz 대역은 명확한 이용방안이 존재하지 않는 것으로 조사되었다.



[그림 2.15] ATACS의 개요

6) 미국의 철도통신시스템

미국은 철도안전 강화를 위해 2008년 철도안전개선법(the Railway Safety Improvement Act)을 제정하여 모든 차량 및 노선에 대해 2015년까지 능동열차제어

(PTC, Positive Train Control) 시스템을 의무적으로 장착하도록 제도화하였다. PTC는 일본의 ATACS와 유사하게 음성통화 부분이 제외된 무선통신 기술 기반의 열차자동제어시스템으로, 4대 철도사업자가 220MHz 이용에 합의하여 PTC는 220MHz를 사용하는 시스템이며, 180km/h 이하의 속도에서 운영된다(Terry Tse, 2008). PTC는 디지털 데이터 링크 통신 시스템, NDGPS(Nationwide Differential Global Positioning System)와 같은 포지셔닝 시스템, 온보드 컴퓨터, CAD 등의 시스템으로 구성된다.[자료: Terry Tse (2008)]



[그림 2.16] PTC 구성도

미국은 범국가적인 규제틀 하에서 PTC 도입이 의무화되고 있음에도 불구하고 캘리포니아 고속철도 사업과 같은 대형 프로젝트에서 PTC 외의 타 철도전용 무선통신망 기술의 도입과 주과수 할당을 검토하였다는 것이다. 캘리포니아 고속철도 사업은 GSM-R 기술을 활용한 유럽의 ETCS Level 2로 확인되었으며, 기술제안서는 ETCS Level 2를 구축을 위해 필요한 GSM-R 시스템의 배타적 우선적 사용을 보장하는 충분한 주과수 확보를 권고하였다. 주과수는 국제적으로 ITU(International Telecommunication Union)가 다양한 서비스 클래스에 주과수를 할당하고 주과수 이용계획에 따라 국가별로 이를 구체화하여 이용주체에게 할당하는 형태로 이용된다. 그러나, GSM-R의 문제점을 해결하기 위한 GPRS는 비디오 전송에 적합하지 않으며 UIC도 “GPRS + GSM-R” 시스템 요구사항에 비디오 전송을 포함시키지 않을 것으로 전망하였다. GPRS는 패킷스위칭을 하기 때문에 GSM-R과 비교때, 동일한 규모의 사용자에게 보다 적은 주과수로 서비스가 가능한 장점이 있으며, ETCS 열차제어 데이터에 관련된 GPRS 표준화가 이루어지기 전까지는 원격측정, 승객정보와 같이 non-ATC data 전송에 GPRS를 중첩 형태로 쓸 수 있다는 장점을 보유한 것으로 분석하였다.

[표 2.6] CHSPRA의 radio-ATC 비통합 시스템 무선 솔루션 대안 검토

구 분	주요 내용
P-25	<ul style="list-style-type: none"> • TRS 공공안전산업표준 • 음성 주파수공용통신 외에 9600bps의 total channel throughput을 제공 • 350Km/h의 한국고속철도에서 2004년부터 적용됨 • 고속데이터 전송과 모바일 CCTV 등을 위해서는 별도의 시스템이 필요 • P-25는 25kHz나 12.5kHz 채널이 할당된 LMR 밴드라면 어디서나 사용 가능 ※ 미국은 540MHz 이하에 LMR 밴드를 할당
NXDN	<ul style="list-style-type: none"> • Icom과 Kenwood에 의해 개발된 PLMR 시스템 • AAR은 모든 철도에 6.35kHz의 채널 사이즈를 할당할 것을 권고 • 미국은 AAR에 의해 할당된 160MHz 대역에서 운영 가능
TETRA	<ul style="list-style-type: none"> • TETRA는 ETSI에 의해 개발된 공개 표준 • TETRA는 400Km/h 이상의 속도에서도 동작하며, Sepura TETRA의 경우 프랑스 TGV에서 '07.4월 약 570Km/h의 속도에서 음성 및 데이터 전송에 성공 ※ 단, 해당 시연 시 ATC 데이터 전송은 이루어지지 않음 • 지적재산권 이슈, 규제기관 승인, 주파수 사용에 관련된 기술적 이슈가 존재 • 고속데이터 전송과 모바일 CCTV 등을 위해서는 별도의 시스템이 필요
LTE	<ul style="list-style-type: none"> • UIC는 '20년부터 LTE의 ERTMS 적용 연구 계획추진 • 공공안전기관은 700MHz 주파수 내 응급기관용 선호기술로 LTE를 지지 • LTE는 최소 100Mbps의 다운링크 속도와 최소 50Mbps의 업링크 속도를 제공하며, • RAN round-trip times은 10ms 이하 • 화웨이는 상하이 Maglev 고속철도를 통해 최고 430Km/h, 평균 250Km/h 속도에서 Onboard 형태로 LTE 시스템을 시연 • LTE를 모바일 CCTV 전용으로 활용하면서 GSM-R과 함께 쓸 가능성이 높음 • LTE는 1.4MHz부터 20MHz의 유연한 대역을 제공하며, FDD와 TDD가 모두 가능
Wireless Mesh	<ul style="list-style-type: none"> • 802.11, 802.16, 이동통신기술, 또는 이기종 기술간 결합을 통해 메쉬 형태로 네트워크를 구성 • Motorola Mesh Network가 레이스 트랙의 386Km/h 속도에서 데이터 전송과 핸드오프를 시연하는 것을 확인 • 그러나 고속철도 프로젝트에서의 적합성은 향후 고려되어야 할 사항임

이상의 해외 철도통신망 계획을 정리하면, 대만, 일본, 미국 등을 제외한 대부분의 국가에서 GSM-R이 중장기적으로 구축이 지속될 것으로 전망된다. 유럽과 일본의 중장기 로드맵은 이러한 현상을 가장 잘 살펴볼 수 있는 사례이다. 한편 GSM-R 도입이 지속됨에도 불구하고 LTE-R 차세대 철도 무선망으로의 진화도 지속적으로 논의될 것으로 예상된다. 유럽의 ERTMS 확대 구축 계획에도 불구하고 영국은 이기종 망간 게이트웨이 연동을 통한 범 유럽 철도 무선통신망 구축을 제안한 바 있으며, 프랑스는 GSM-R

에 회선 스위칭 데이터의 주파수 효율성을 해결하기 위한 GPRS 도입을 고려하고 GSM-R 구축에 있어서도 민간 파트너 방식을 사용하는 PPP 방식을 도입하였으며, 스페인에서 LTE-R 기술 개발을 위한 협력 사업을 시작하였다.

선도 기술 도입에 적극적인 중국도 이러한 차세대 철도 무선통신망 기술 개발에 적극적으로 참여할 것으로 예상된다. 반면 대만의 THSR의 TETRA 구축 사례는 유럽의 ERTMS에 근접한 철도 통신망 구축이 GSM-R 외에도 타 무선 음성·데이터 통신 솔루션을 통해 가능한 것으로 연구됨에 따라 관련 제조업자 및 이해관계자를 중심으로 철도 응용 시장에서의 진입을 지속적으로 모색할 것으로 예상된다.

[표 2.7] 해외 현황 및 계획: 요약

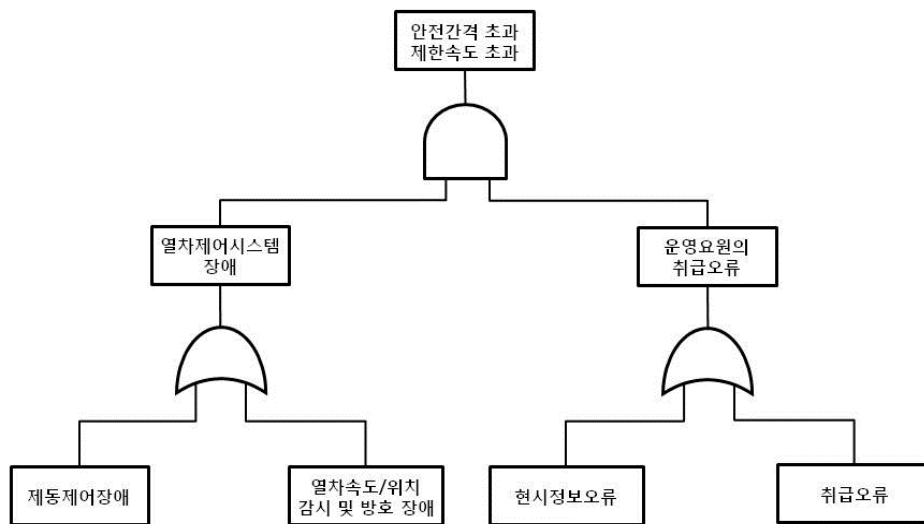
구분	제어방식	통신방식	주파수	주요내용
유럽	ETCS Level2	GSM-R	800 MHz	<ul style="list-style-type: none"> • 2015년까지 핵심 노선에 GSM-R 의무 구축 (기존 망 업그레이드 포함) • 영국: RSSB가 LTE-R 도입을 2020년으로 전망 하며, 멀티기술 도입을 제안 • 스페인: LTE-R에 대한 개발협력 추진 • 프랑스: GSM-R 구축에 PPP 방식 활용
중국	CTCS-3	GSM-R	900 MHz	<ul style="list-style-type: none"> • 2002년 GSM-R을 무선통신기술로 채택 • 고속철도에서의 LTE 기술 도입 검토 중
인도	ETCS Level2	GSM-R	900 MHz	<ul style="list-style-type: none"> • One Indian One ATC 정책에 의해 2020년까지 GSM-R로 통합이 예상됨
대만	D-ATC (유선)	TETRA	400 MHz	<ul style="list-style-type: none"> • TETRA로 철도무선망을 구축한 최초의 사례 • 청화텔레콤이 고속철도에서의 LTE 운영을 시험 검증
일본	ATACS	별도	400 MHz	<ul style="list-style-type: none"> • 개발부터 기본 기능 운행까지 약 17년의 시간이 소요
사우디	ETCS Level2	GSM-R		<ul style="list-style-type: none"> • 총 2,400km에 달하는 North South Railway 프로젝트에 GSM-R 방식 채택
미국	PTC	별도	200 MHz	<ul style="list-style-type: none"> • 2015년까지 의무도입이 법제화 • 캘리포니아 고속철도 프로젝트는 GSM-R 기반 ETCS Level2를 선정후 700MHz 대역 확보를 추진

제 3 절 국가철도 통합무선제어시스템 기술

1. 국가철도 통합무선제어시스템 기술의 분류

가. 열차제어시스템

무선통신을 적용한 열차제어시스템은 열차의 안전한 주행을 보장하기 위해서 선행열차와 후속열차의 사이에 안전간격(safety distance)을 보장하고, 선로선형(곡선반경, 구배, 교량, 터널 등)과 열차성능(최고속도, 제동성능, 열차길이 등)에 맞추어 구간별 열차제한속도를 설정한다. 열차제어시스템은 열차의 안전한 이동을 보장하지만, 장치의 장애 또는 사람의 취급 등 여러 원인에 의해서 안전필수 기능에 장애가 발생할 수 있다. 다음 그림과 같이 열차가 안전간격을 확보하지 못하거나 구간별 열차제한속도를 초과하는 것은 “운영요원(운전자 또는 승무원)의 취급오류”와 “열차제어시스템 장애”에 의해서 발생 된다.



[그림2.17] 열차충돌사고가 발생하는 원인

열차제어시스템의 장애를 발생시키는 원인을 삭제하거나 미미하게 하기 위해서 하드웨어 및 소프트웨어적으로 접근하고 있다. 열차제어시스템이 컴퓨터화되면서 안전성평가는 매우 중요한 요소가 작용한다.

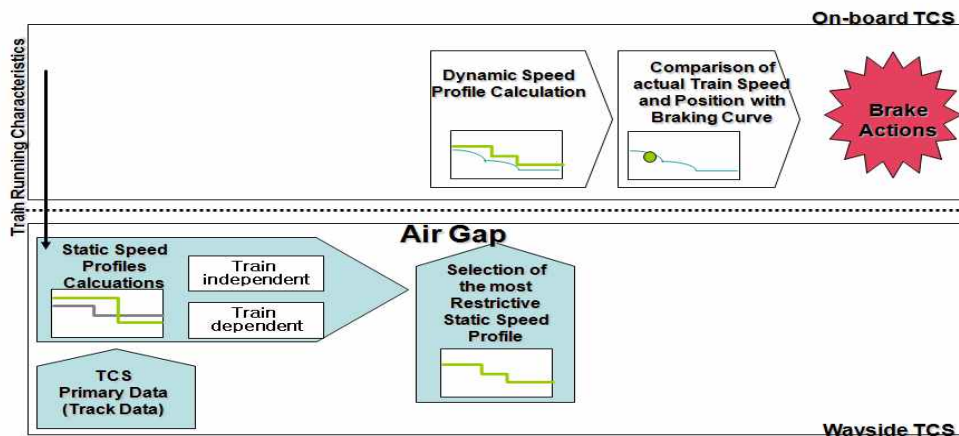
열차제어시스템을 구성하는 주요 기술은 하드웨어기술, 소프트웨어기술, 안전성평가기술이 요구된다. 또한 유무선 통신망과 연계되므로 통신망 관련 기술도 중요한 인자가 되었다. 그리고

이러한 기술을 체계적으로 관리하는 시스템엔지니어링기술이 요구된다. 열차제어시스템은 자동화 등급에 따라서 수행하는 기능에 다소 차이가 있지만 다음 표와 같은 ATP 기능을 지상 또는 차상에서 반드시 수행하여야 한다

[표 2.8] 열차제어시스템 ATP의 기능분류

ATP functions	Functions allocation		
	Wayside	Onboard	Wayside or onboard
Train length determination		○	
Train location determination		○	
Limit of movement protection determination			○
Target point determination			○
Infrastructure speed limits			○
Train speed limits			○
Train braking profile determination		○	
ATP profile determination		○	
Actual train speed determination		○	
Actual train direction determination		○	
Actual train speed supervise		○	
Actual train direction supervise		○	
Train door control interlock		○	

이 표에 기술된 기능은 모두 중요하지만, 열차의 실시간 위치를 생성하는 기능, 열차이동권한을 설정하는 기능, 열차속도프로파일(정적속도, 동적속도)을 생성하는 기능, 열차의 실제속도를 감시하는 기능 등이 매우 중요하다. 특히 열차의 실시간 위치를 생성하고 추적하기 위한 다양한 기술이 제안되고 있다. 본 사업의 열차위치검지방법은 신뢰성이 검증된 방법을 적용하고 있다. ATP기능의 기능배치와 흐름도는 다음과 같다.



[그림2.18] ATP의 열차간격제어프로세서

2. 국가철도 통합무선제어 시스템 활용 기술

가. 열차제어 예외 활용

열차 위치정보전송은 레일에 궤도회로를 일정한 간격으로 설치하여 열차가 궤도회로를 통과하는 순간 레일 단락을 이용하여 열차를 감지한다. 궤도회로의 길이는 도시철도 200m ~ 400m, 일반철도는 600m ~ 800m, 고속철도는 1.5km 이내로 구성되며 열차 속도 제어 및 간격제어에 사용된다. [표 1]의 ①은 궤도회로를 무선으로 대체하여 열차위치를 감지함으로써 높은 정밀도와 실시간 열차위치 추적(열차 → 지상 : 상태정보 전송, 지상 → 열차 : 취급명령전송)을 단방향 정보전송으로 실행할 수 있으며, ②는 선행열차와 후행열차 간에도 추가적으로 무선을 적용함으로써 양방향으로 상호 위치정보를 전송한다(열차 ↔ 지상, 열차 ↔ 열차).

열차속도제어 명령 전송은 지상에 설치된 궤도회로가 일반철도의 경우, 열차위치감지만을 취급하는데 비해, 고속철도 및 도시철도의 경우에는 궤도회로에 정보송수신장치가 추가 설치됨으로서 송신장치에서 열차속도제어명령/간격제어명령(코드화)을 레일로 전송하면 해당코드가 전기신호로 변경되어 레일을 통해 흐르고 차량에 설치된 수신장치(안테나)가 이를 감지, 해독하여 열차속도를 제어하는 구조로 되어 있다. ③은 실시간 열차위치정보를 고려한 열차속도제어 명령을 무선을 통해 연속적으로 전송함으로써 이동폐색의 특성을 가지며, 이러한 방식은 열차간 운행 간격을 최소화하여 열차수송용량의 증가를 실현할 수 있는 장점을 갖는다.

열차간격제어 명령전송은 현재의 궤도회로 방식에서 사용하지 않는 기술이지만, ④는 무선으로 열차에서 열차로 직접 제어명령 전송이 가능한 구조로 주어진다.

[표 2.9] 철도 통합무선망 열차제어분야 활용방안

항목		As Is			변화 방향	To Be I	To Be II
대항목	세부항목	존재 유무	유무 선	통신 방식			
열차 제어	• 열차위치정보 전송	有	유선	궤도 회로	개선	①	②
	• 열차속도제어 명령전송	有	유선	궤도 회로	개선	③	상동
	• 열차간격제어 명령전송	無			신설	④	좌동

나. 주행 열차, 시설/설비 모니터링 예외 활용

주행 열차의 상태 모니터링은 현재 전용망이 없기 때문에 역사내에서는 TCMS(Train Control Monitoring System)에서 수집된 열차상태 관련 데이터 정보를 무선랜 방식으로 전송하고, 역사이외의 구간에서는 이동통신망(CDMA)을 이용하여 극히 일부 데이터만을 전송함으로써 실시간 모니터링이 불가능한 것으로 조사되었다. 특히 고속철도의 경우에는 OBCS(On Board Computer System)에서 제시된 450개의 운영정보에 대해 단지 20개 데이터만을 이동통신망으로 실시간 전송한다. 따라서 진단, 실시간 감시, 운영 및 유지보수를 위해서는 모든 운영정보 데이터 전송을 통해 주행 열차의 안정화를 구현해야 한다. [표 2]의 ⑤는 주행 중인 열차 내부의 주요 전기 및 기계장치에 대해 진동, 온도, 전류, 전압 등의 상태 정보를 실시간 전송함으로써 차량의 상태를 예측 및 진단하도록 유지보수시스템과의 연동하여 구축된다. ⑥은 영상정보를 추가로 활용하여 기관실, 전차선과 팬터그래프간의 이선률, 스파크 발생, 궤도 절손, 궤도 뒤틀림 등을 실시간으로 감시하며, 열차 외부 장치(윤축 베어링, 차륜, 차축함, 대차 프레임의 온도, 진동 특성)에 대해서도 실시간 감시를 통해 피로 손상 상태를 진단한 후, 마모, 균열 등의 상태를 영상으로 전송하여 예방차원의 유지보수시스템을 구축한다. 또한 독극물, 폭탄 검지 관련 센서는 현재 연구중이며, 이들 연구 결과는 추가적으로 장착이 가능할 것으로 예상된다.

철도 기반시설 모니터링은 주로 레일, 노반, 침목 등에 연관된 궤도 설비에 대해 일정한 시간 간격으로 검측차량에 설치된 카메라 등을 이용하여 영상 정보를 수집한 후, 수집된 내용을 분석하여 유지보수에 활용함에 따라, 관련 데이터의 분석 및 전송에 많은 시간을 소모하며 실시간 정보 전송은 불가능한 것으로 조사되었다. ⑦은 궤도의 영상정보를 열차 운행시 실시간 전송받은 후, 관련 분석 결과를 관제 및 유지보수센터에 무선 전송함으로써 철도기반시설의 결함에 따른 재난 사고를 예방한다.

철도설비의 실시간 모니터링은 국외의 경우 무선망을 통해 부분적으로 적용되었지만, 국내 철도의 경우에는 무선망 부재에 따라 사용 사례가 없는 것으로 확인되었다. ⑧은 선로에 설치된 설비에 대해 각각의 상태 정보를 수집한 후 무선망을 통해 관련 정보를 전송함으로써 안전사고를 예방할 수 있으며, ⑨는 설비 전반에 대한 실시간 모니터링 시스템 구축을 강조하였다.

철도안전설비 모니터링은 각종 안전설비의 상태 정보 수집 후, 우선으로 정보를 전송함으로써 다량의 케이블과 복잡한 신호기계실 구조를 갖는다. ⑩은 선로변에 설치된 안전설비 및 검지장치에 대해 이벤트 발생시에 관련 정보를 전송함으로써 정보전송체계를

단순화 할 수 있다. ⑪은 실시간 정보 전송을 요하는 설비에 대해 실시간 정보전송체계를 구축함과 동시에, 철도운영제어를 위해 매 15km마다 설치된 신호기계실에 대한 테러 및 도난 등과 같은 인위적인 사고 발생에 따른 안전을 위해 무인 기계실 원격감시장치에 실시간 감시체계를 구축한다. 열차 및 설비상태 정보에 대한 관계기관 전파는 기관실내에 설치된 TCMS용 모니터에 이상상황이 감지되면 기관사가 매뉴얼에 따라 조치를 시도한 후, 관련 문제점이 해결되지 않는 경우에는 관제실에 음성통화로 연락을 취함으로써 인위적인 조작 또는 보고 누락, 조기 조치 미흡에 따른 대형 사고의 위험을 내포한다. ⑫는 열차 및 설비 상태 진단 결과를 영상 및 데이터를 활용하여 실시간으로 유관기관(관제 및 유지보수 센터 등)에 전송함으로써 고장원에 대한 정확한 파악 및 대처, 신속한 의사 결정, 장애 조치 및 운전 재개 시간 추정 및 예고 등에 연관된 데이터의 실시간 전송이 가능하며, ⑬은 추가적으로 사고 발생 이후의 장애 유지보수보다는 사고 발생을 사전 예방하는 예방 유지보수 차원에서 실시간 정보 전송체계의 구축을 의미한다.

[표 2.10] 철도 통합무선망 주행열차, 시설/설비 모니터링 활용방안

항목		As Is			변화 방향	To Be I	To Be II
대항목	세부항목	존재 유무	유무선	통신 방식			
주행열차, 시설/설비 모니터링	• 주행 중인 열차상태 실시간 모니터링	有	무선	이동 통신	개선	⑤	⑥
	• 철도 기반시설 모니터링 : 궤도 (레일, 노반, 침목)	有	유선		개선		⑦
	• 철도설비 모니터링	無				⑧	⑨
	• 철도 안전설비 실시간 모니터링	有	유선		개선	⑩	⑪
	• 열차/설비 상태정보 관계 기관 전파	일부有			신설	⑫	⑬

다. 첨단 영상감지시스템을 활용한 안전 및 범죄예방 체계 구축 예외 활용

역사내 영상정보를 이용한 치안유지를 위해 총 1152개 역사 중 4개 역사에 대해 CIC (철도범죄수사통합센터)를 운영중이며, CIC CCTV의 수량은 서울역 22대, 영등포역 14대, 청량리역 19대, 용산역 19대가 역사 출입구와 개찰구 중심으로 설치되어 있으며, 역사내에는 철도공사의 CCTV가 아날로그 방식으로 범죄예방용이 아닌 승객안전용으로 설치됨으로서 얼굴인식의 어려움이 있다. [표 3]의 ⑭는 전체 역사를 대상으로 역사 출

입구, 대합실 영상정보를 이용한 유고상황 감지 및 치안유지는 물론 테러용의자 및 범죄경력자가 대합실 출입시 얼굴인식 프로그램을 통하여 CIC센터에서 자동 감지되며(국정원, 경찰청, 출입국관리사무소의 무선통신망과 연계), 치안활동 중에 철도 경찰관과 역무원, 운전실과의 통신 내용도 저장된다. 이는 향후 ⑮와 같이 실시간 영상정보 전송도 고려된다

승강장내 영상정보를 이용한 안전유지는 일반철도의 경우, 모든 승강장의 양 끝에 한대씩 설치됨으로서 사각지대가 존재하며, 범죄예방 목적이 아닌 승객 모니터링용으로 사용됨에 따라, CCTV 용도는 단순감시용과 녹화용으로 분류된다. 분당선, 중앙선, 서울도시철도공사의 경우에는 승강장내 영상정보를 18GHz 대역을 활용하여 기관실로 전송한다.

⑯은 승강장내의 영상정보를 역내로 진입하는 차량의 기관실, 관제센터, 철도지령망에서 공유하여 신속한 안전체계를 구축하며, ⑰은 무인운전시스템에서 실시간 영상정보 전송 구조로 발전될 수 있다.

기관실내 안전유지는 단순히 기관사가 운전대에서 손을 놓거나 일정시간 기관사가 안전확인용 버튼을 눌러주지 않으면 열차를 정지시키는 Vigilance 시스템으로 고속철도에서 사용중에 있다. ⑱은 기관사 상태를 영상으로 관제센터에서 모니터링하며, 기관실에 차량운행 모니터링용 블랙박스를 철도지령망과 연계되도록 설치함으로서 기관사의 안전유지를 도모한다. ⑲는 기관사의 무응답시 영상정보가 전송될 수 있도록 구성된다.

차량내부의 안전유지는 도시철도 일부구간(2호선, 7호선), 신분당선의 차량에 CCTV를 설치하여 차량 내부의 비상 인터폰이 울리면 기관실과 관제실에 해당 차량의 내부가 표출되며, 영상은 7일~30일간 보관된다. 철도공사 차량은 비상상황 발생시 비상폰으로 기관사 → 관제센터 → 근접역 경찰센터 순으로 사고가 전송되며, KTX 경우에는 비상폰으로 기관사와 승무원에게 동시에 연락할 수 있는 기능을 갖는다. 분당선, 중앙선, 서울도철의 경우에도 18GHz 대역을 활용하여 객실내 영상정보를 지상으로 전송한다. ⑳은 모든 열차에 대해 성추행, 폭행, 도난사건 등의 발생시 열차내 CCTV 영상정보를 철도범죄통합수사센터(CIC)로 전송하며, 열차내 CCTV를 통해 우범자 얼굴이 자동 인식되어 CIC센터에 통지되도록 구축된다. ㉑은 무인운전시스템에 적용함으로서 실시간 영상정보를 전송한다.

사고발생시 모든 관계기관으로의 전파는 신고가 접수되면 최근접 철도경찰센터로 연락되지만, 현재 철도경찰 총원이 413명으로 역수보다 적고, 모든 열차에 경찰의 탑승이 불가능함에 따라 사고 발생시 근접 센터에서 사고 접수후 처리할 수 밖에 없다. 또한

철도 경찰간의 무전기 통화는 한 정거장 정도의 거리에서도 통화의 어려움이 발생한다. ㉒는 사고발생시 사고종류에 따라 국정원(테러 등의 상황시), 경찰, 본부상황실, 관제센터에 자동 전파되며, 관련 음성통화 및 데이터 전송을 통한 역사내/차량내 인력공조는 물론, 철도경찰 휴대국과 기관사, 열차팀장, 승무원과의 직통 연결 및 통신내용 녹음이 가능할 것으로 기대된다. ㉓은 사고의 경중 등을 확인하고, 사고 복구를 위한 원거리 지휘, 감독을 위해 선로변 또는 차량 카메라를 이용하여 영상 정보를 모든 관계기관에 전파할 수 있다.

유지보수 시스템과 연계를 통한 범죄예방은 철도안전과 직접 연관된 시설물(임피던스 본드, 접지선, 점퍼선)의 도난 발생이 빈번함에 따라 요청된 사항으로, 철도통신망을 이용하는 경우, ㉔는 철도 지령망과 연계하여 신호기, 선로변환기 등 주요 시설 도난방지 및 신속한 대처를 위해 유지보수용 영상정보를 철도범죄통합수사센터로 전송 및 실시간 감시 가능한 구조로 구성된다.

[표 2.11] 철도 통합무선망 철도 지령망 활용방안

항목		As Is				To Be I	To Be II
대항목	세부항목	존재 유무	유무 선	통신 방식	변화 방향		
첨단 영상 감지시스템 활용한 안전 및 범죄예방체계 구축 (철도지령망)	• 역사내 영상정보를 이용한 치안유지	일부有	유선		신설	㉒	㉓
	• 승강장내 영상정보를 이용한 안전유지	일부有	유선/무선		개선	㉔	㉕
	• 기관실내 영상정보를 이용한 안전유지	無			신설	㉖	㉗
	• 차량내 영상정보를 이용한 안전유지	일부有	무선		부분신설	㉘	㉙
	• 사고발생시 모든 관계기관에 전파	無	유선		신설	㉚	㉛
	• 유지보수 시스템과 연계를 통한 범죄예방	無				신설	㉜

라. 열차운행 및 유지관리 예외 활용

사령 무선통신은 긴급사태에 대비하여 사령과 열차 기관사간에 열차통제, 운행정보 전달을 실행한다. [표 4]의 ㉝는 기존 기능의 유지 및 통합 운영 측면으로 검토되고, ㉞은 무인운전시스템에서의 열차 모니터링을 위해 열차내 모든 상태정보, 열차 운행구간

전방 수km이내의 영상정보를 추가로 활용한다.

역 무선통신은 각각의 역사의 역무원과 기관사간에 열차운전, 역사 진입 정보를 전달한다. ㉗은 기존 기능의 유지 및 통합 운영 측면으로 구축되며, ㉘은 정확한 정보전달을 위해 영상정보 추가로 활용한다.

휴대 무선통신은 역사 역무원, 열차승무원, 유지보수요원 간의 열차 진입 및 선로보수 작업에 활용되고 있다. ㉙은 유지보수자가 단말기를 통하여 현장의 설비 현황을 모니터링한 후, 유지보수 현장에서 실시간 조치 결과를 입력함으로써 신속한 대응이 가능하도록 하며, 동시에 유지보수 센터에서는 유지보수자에게 원격으로 기술지원과 철도설비와 안전설비의 모니터링 결과를 유지보수 센터와 연동시킨다. ㉚은 정확한 정보전달을 위해 영상정보를 추가하며, 유지보수 지시 및 이력관리를 위해 데이터 정보를 활용한다.

차세대 유지보수 시스템은 현재는 사용하지 않지만, ㉛은 증강현실을 이용하여 현장 유지보수 인력에 대한 유지보수 방법, 및 교육 관련 정보를 전달한다.

차량용 무선통신은 기관사와 타기관사, 열차승무원, 역사 역무원 사이에 열차 운행정보를 전달함으로써 긴급사태에 대비한다. ㉜는 기존 기능의 유지 및 통합 운영 측면으로, ㉝은 정확한 정보전달을 위해 영상정보를 추가로 활용한다.

[표 2.12] 철도 통합무선망 열차운행 및 유지관리 활용방안

항목		As Is				변화 방향	To Be I	To Be II
대항목	세부항목	존재 유무	유무선	통신 방식				
열차 운행 및 유지 관리	• 사령 무선통신	有	무선	VHF/ TRS	유지/ 통합	㉕	㉖	
	• 역 무선통신	有	무선	VHF/ TRS	유지/ 통합	㉗	㉘	
	• 휴대 무선통신	일부 有	무선	VHF/ TRS	유지/ 통합	㉙	㉚	
	• 차세대 유지보수 시스템	無			신설		㉛	
	• 차량용 무선통신	有	무선	VHF/ TRS	유지/ 통합	㉜	㉝	

마. 철도 고객서비스 예외 활용

차내승객 서비스는 승무원이 철도이용자에게 실시간 열차운행정보 및 On line ticketing 등의 서비스를 제공한다. [표 5]의 ㉔는 기존 기능의 유지 및 통합 운영 측면과 함께 추가로 철도 운영상의 비정상 상황 발생시 승객에게도 정보를 전달한다. ㉕는 앞에서 언급한 기능에 추가적으로 도착역 중심의 실시간 타교통 수단 운행 정보 및 연계 환승 정보를 제공한다.

[표 2.13] 철도 통합무선망 철도 고객서비스 활용방안

항목		As Is				변화 방향	To Be I	To Be II
대항목	세부항목	존재 유무	유무 선	통신 방식	통신 방식			
철도 고객 서비스	• 차내승객 서비스	有	무선	CDM A	유지/통합	㉔	㉕	

바. 화물열차시스템 예외 활용

화물 이동경로 추적은 화주에게 출발역과 도착역 시간 정보를 제공한다. [표 6]의 ㉖는 화물의 상태정보(냉동 컨테이너)와 철도수송의 각 단계별(인수 - 수송 - 인도) 상태 및 진행 경로를 실시간 추적 감시할 수 있도록하며, 관련 정보를 필요로 하는 곳에 전송한다. ㉗은 모든 컨테이너의 위치정보 전송을 추가로 실행한다.

철도 CY내 화물속성 인식 및 철도화물처리를 위한 실시간 정보 확인은 현재 사용하지 않지만, ㉘은 CY내에서 화차의 컨테이너 점유 정보를 전송할 수 있도록 구축된다.

[표 2.14] 철도 통합무선망 화물열차시스템 활용방안

항목		As Is				변화 방향	To Be I	To Be II
대항목	세부항목	존재 유무	유무 선	통신 방식	통신 방식			
화물 열차시스템	• 화물 이동경로 추적	有			개선	㉖	㉗	
	• 철도 CY내 화물속성 인식 및 철도화물처리를 위한 실시간 정보 확인	無			신설	㉘	- 좌동	

사. 철도건널목 정보시스템예외 활용

건널목 제어 및 정보시스템은 현재까지 사용하지 않지만, [표 7]의 ㉓는 철도건널목 주변 공로상에 철도운행정보를 제공함으로써 실시간 차량에서 건널목의 관리 및 제어를 실행한다. 또한 건널목 주변 교차로의 신호연동으로 인한 자동차 도로의 혼잡도를 완화함으로써 교차로의 안전 증대에 기여한다. 열차 운행이 한적한 지선에서는 열차에서 열차진로제어에 필요한 선로전환기, 건널목장치 제어를 실행한다. 건널목 감시시스템도 현재는 사용하지 않지만, ㉔은 열차운행 1.5km 전방에서 영상정보(철도 기반시설 정보 + 철도 시설물 정보)를 기관사에게 전송함으로써 건널목을 통과하는 기관사는 항상 건널목을 감시하여 건널목 사고를 예방할 수 있다.

[표 2.15] 철도 통신망의 철도건널목 정보시스템에 활용

항목		As Is				변화 방향	To Be I	To Be II
대항목	세부항목	존재 유무	유무 선	통신 방식				
철도건널목 정보시스템	• 건널목 제어 및 정보 시스템	燕			신설	㉓		
	• 건널목 감시시스템	燕			신설	㉔	- 좌동	

제III장 기술적 타당성 분석

제 1절 기술개발계획의 적절성

1. 국가연구개발사업으로서의 적합성

철도는 토목, 차량, 전력, 신호, 통신이 유기적으로 연계된 종합시스템으로서 각 분야가 중요한 역할을 수행한다. 따라서 보다 많은 승객을 안전하고 효율적으로 수송하기 위해서는 각 분야의 기술이 고르게 발전하여야 하며, 이를 종합 관리하는 시스템엔지니어링기술의 중요성도 지속적으로 높아지고 있다. 국내 철도기술은 경부고속철도를 도입하면서 철도분야의 연구 개발 사업을 적극적으로 추진한 결과 상당한 기술개발성과를 도출하였다.

- 차량분야

- : 국산화되어 현재 상업운행중인 KTX 산천
- : 차세대 고속철사업으로 430km/h 급 해무 개발

- 토목분야

- : 국내 기술로 경부고속철도 2단계 설계 및 시공
- : 국내 기술로 호남고속철도 설계 및 시공

- 전력분야

- : 국내 기술로 경부고속철도 2단계 설계 및 시공
- : 국내 기술로 호남고속철도 설계 및 시공

- 신호 및 통신

- : 통신분야에 대한 연구개발이 진행되지 않았으며, 해외 무선통신장치 도입
- : 고속철도용 신호시스템 ATC급의 신호시스템 개발하여 유지보수차량에 일부 적용

해외시장 진출시 철도종합시스템을 공급하여 시너지효과를 높이고, 국내철도환경에 최적화된 신호 및 통신시스템을 적용하여 운영개선을 하는 것이 필요하다. 그렇지만 현재까지 열차제어 및 통신기술만을 대상으로 한 연구 개발 사업이 진행된 사례가 없으며, 단지 차량시스템 개발을 위한 보조시스템으로 진행되었다.

이로 인하여 국가철도 통합무선제어기술 종합계획을 마련하는 것이 불가능하였으

며, 제시된 연구 개발 기한에 맞출 수 있는 시스템을 선정하여 개발하였다. 더욱이 사업별로 시스템공급을 담당하는 기업이 변경됨으로 인하여 연구개발의 연속성을 유지할 수 없었다. 그러나 본 사업은 국토해양부의 열차 신호시스템 표준화방안에 의해서 열차제어·통신만을 대상으로 체계적으로 진행되는 사업이며, 또한 LTE-R과 KRTCS 라는 새로운 개념의 신기술 탄생이 기대 되는 사업으로서 이는 국가가 주도적으로 연구 개발 사업에 투자하여 경제적 효과를 창출, 발전시키는 것이 타당하다. 철도 산업 자체가 기간산업이며 이에 따른 안전성과 특수성을 감안할 때 국가 연구개발 사업을 통해 진행하는 것이 바람직하다.

▶ **첨단 IT기술이 융복합된 무선방식(LTE)을 철도교통에 접목하여 새로운 개념의 철도안전을 확보하고 비용절감 및 운영효율 증대 등으로 철도산업을 고부가가치 성장 동력으로 육성**

비전 “철도여객 사망자 Zero화” 달성에 기여하는 **철도무선통신 선진국가**

목표 안전하고, 생산적이며, 세계를 선도하는 **국가 철도전용 통합무선망 구축**

- 세부목표**
- 업무 및 기술 요인에 의한 철도 안전 사고 100% 감소
 - 차세대 철도전용 무선 통신기술 개발 및 상용화 ('14)
 - 글로벌 시장 창출 : 500만불(2%, '17) → 2억불 (10% '20)



[그림 3.1] 사업 목표

가. 상세 사업 내용

1) 무선통신 기반 열차제어시스템(KRTCS) 표준화 1단계 연구를 시행중에 있으며 KRTCS 2단계 사업은 철도전용 통합무선망을 통합하여 국가철도 통합무선제어 기술개발로 추진을 진행 중이다. 국가철도 통합무선제어 기술개발의 구축 계획은 아래 표와 같으며, KRTCS와의 완벽한 조화를 통해 국제화 시장에서 선진 기술로의 도약을 목표로 한다.

[표3.1] 국가철도 통합무선제어 기술개발계획(안)

구분	1단계 (2014)	2단계 (2015~2016)	3단계 (2017~2020)
대상	경부고속 TRS망	고속철도 TRS 및 VHS망	평창,GTX 및 일반철도 통신망
사업 내용	<ul style="list-style-type: none"> · 철도통신망 단일화 연구 · 전라선 LTE-R 시험망 구축하여 성능 및 신뢰 확보 · LTE-R 개발 및 제작 · LTE-R 성능시험 및 평가 · KRTCS 연계 시험 연구 	<ul style="list-style-type: none"> · 경부·호남고속철도 LTE-R망 확장과 VHF망 LTE-R교체 · 경부·호남고속철도 LTE-R 성능평가 및 신뢰성 확보 · 한국형 LTE-R 표준화 · 운행열차(고속·일반)고장예측 시스템 연구 · 철도전용 감시시스템연구 · 1단계 (LTE-R)시제품개량 	<ul style="list-style-type: none"> · 통합 무선망 활용 연구 · 고장예측시스템 구축 및 적용 · 철도전용 감시시스템 구축 및 적용 · 평창, GTX 및 일반철도 LTE-R 교체 · 성능시험 및 평가 · LTE-R 국제 표준 확정
효과	<ul style="list-style-type: none"> · 철도전용 통합무선망 구축 및 철도용 시제품 제작 · LTE-R 시험망 구축 	<ul style="list-style-type: none"> · LTE-R 고속 적용 · 철도 무선망 단일화 · 통신 케이블국산화 	<ul style="list-style-type: none"> · LTE-R 고속 구축 · 통합 무선망 활용 · 세계기술 주도

2) KRTCS 2단계에서는 일반철도와 고속철도에 적용할 수 있는 국가철도 통합무선제 어기술개발로 통합추진 하는 것으로 일부계획이 변경되었다.

[표 3.2] 한국형 철도신호시스템(KRTCS)을 개발 계획(수정안)

구분	1단계(3차년도,4차년도) (2012~2013)	2단계 (2014~2017)	2단계 (2018~2020)
대상	경량·도시철도 (120~150km/h)	경량·도시철도·일반철도 (150~250km/h)	고속 철도 (300~350km/h이하)
사업 내용	<ul style="list-style-type: none"> · 상용 LTE 무선통신망 현장시험 환경 구축 · LTE 상용망 철도전용망(LTE-R) 활용 가능성 연구 · 상용 무선망 무선 접속 장치 시험 · 상용 무선통신망 연동시험 	<ul style="list-style-type: none"> · 오송시험선로의 LTE-R 시험망을 이용하여 개발 KRTCS 150~250km/h 일반철도용으로 성능 향상 및 신뢰성 확보 · 속도별 신호시스템 표준화 · 지하구간 통신 연구 · 인증체계 구축 · 2단계 시제품개발 보완 · 성능시험 및 평가 	<ul style="list-style-type: none"> · 경부고속 대구-경주 LTE-R 시험망을 이용하여 개발된 KRTCS ATP를 300km/~350km/h 고속철도용으로 성능 향상 및 신뢰성 확보 · 기존 ATC, ATS, EI와 연동 및 신뢰성 확보 · 고속철도용 신호시스템 개발 · ATS, EI 개발 및 신뢰성평가 · 1단계 ATP/ATO 시제품개발 · 성능시험 및 평가
효과	· LTE 상용망 연구에 따른 철도전용망(LTE-R) 이용 가능성 및 효과 분석	· 200km/h 이하의 모든 열차제어시스템의 상업화	· 200km/h~350km/h 이하의 모든 열차제어시스템 상업화
무선 통신망	상용LTE ISM 밴드	LTE-R 이용	LTE-R 이용

3) 사업규모 : 기술개발 세부과제 4개. 기반구축 세부과제 1개 도출

[표 3.3] 사업 추진규모

세부 사업	사업 내용	총사업비	국고	지방비	민자
	합 계(억원)				
기술 개발 및 표준화	열차제어시스템 기술개발	268	268	-	-
	무선기반 철도통신시스템 시험 및 최적화 기술개발	241	241	-	-
	무선기반 철도시스템 활용기술개발	151	151	-	-
	무선기반 철도통신시스템 보안 및 표준화 연구	78	78	-	-
기반 구축	무선기반 철도시스템 시험 평가 및 전용시험 인프라구축 (시험선, 시험열차)	162	162	-	-
기타	연구관리 및 운영	50	50	-	-

- 4) 1세부내용: 중고속용 무선기반 열차제어시스템 기술개발
- 일반철도 열차제어시스템 설계 및 개발
 - 고속철도 열차제어시스템 설계 및 개발
 - 열차제어시스템 안전성 평가 및 활동
 - 열차제어시스템 상호호환성 연구

[표 3.4] 열차제어시스템 표준체계 구축

[단위 : 억원]

	연구비 (민간)	연구 내용	비고
1차 년도	89.5	· 도시철도 - 시스템 제작 및 설치 - 시스템 안전성 평가 - 시스템 사양서 및 규격서 작성 · 일반철도 - 시스템개발사양서 작성 및 설계 - 시스템개발환경 구축, 안전성평가	
2차 년도	54.5	· 도시철도 - 시스템 안전성 평가 - 시스템 사양서 및 규격서 작성 · 일반철도 - 열차제어시스템 제작 및 설치 - 시스템개발환경 구축(시뮬레이터 개발) - 안전성 평가 - 지상인프라 설계 및 발주	
3차 년도	67	· 일반철도 - 안전성 평가 - 시스템 사양서 및 규격서 작성 · 고속철도 - 시스템 사양서 개발 및 설계 - 열차제어시스템 개발환경 구축	
4차 년도	45	· 고속철도 - 시스템 사양서 개발 및 설계 - 열차제어시스템 개발환경 구축(시뮬레이터 개발) - 하드웨어 소프트웨어 제작 및 안전성 평가 - 지상인프라 설계 및 발주 - 시스템 사양서 및 규격서 작성	
5차 년도	12	· 고속철도 - 시스템 사양서 및 규격서 작성	
합계	268		

5) 2세부과제 : 무선기반 철도시스템 시험 평가 및 전용시험선 구축 기술

- 종합시험성능평가
- 시험노선선정, 시험열차선정 및 운영
- 시험선 지상인프라 구축 및 보완 / 시험열차개조
- 오송 철도전용시험선 신호 시험장비 이전구축
- 오송 철도전용시험선 시험 센터 유지관리 기술 개발

[표 3.5] 무선기반 철도시스템 성능평가 기술 개발

[단위 : 억원]

	연구비 (민간)	연구 내용	비고
1차년도	28	· 도시철도 - 시험열차 임대 및 종합성능시험 · 일반철도 - 시험열차 확보 - 종합성능시험(계획서 작성)	
2차년도	30	· 도시철도 - 시험열차 임대 - 종합성능시험 · 일반철도 - 시험열차 임대 및 개조(2편성) - 시험선 운영관리 - 종합성능시험	
3차년도	36	· 일반철도 - 시험열차 임대 - 시험선 운영관리 - 종합성능시험	
4차년도	42	· 일반철도 - 시스템 사양서 작성 - 시스템 개량(소프트웨어) · 고속철도 - 시험열차 확보(2편성) 및 개조 - 시험열차 임대, 종합성능평가 - 시험선 운영	
5차년도	26	· 일반철도 - 시스템 개량(소프트웨어) - 이전설치 및 안정화 · 고속철도 - 시험열차 임대 - 종합성능평가 및 시험선 운영	
합계	162		

6) 3세부과제 : 무선기반 철도통신시스템 보안 및 국제화 연구

- 무선기반 철도통신시스템 국내 표준화 활동
- 무선기반 철도통신시스템 국제 표준화 활동
- LTE-R 열차통신 접속표준 연구
- 무선기반 철도통신시스템 상호 운영방안 연구
- 무선기반 철도통신시스템 보안 연구

[표3.6] 무선기반 철도 통신시스템 보안 및 국제화 연구

[단위 : 억원]

	연구비 (민간)	연구 내용	비고
1차년도 (12개월)	18	- LTE-R 열차통신 접속표준 연구 - 통합 무선망을 이용한 LTE-R 국제화 활동(I) - LTE-R과 VHF 상호운영 방안 연구 - LTE-R과 TETRA 상호운영 방안 연구	
2차년도 (12개월)	22	- LTE-R과 VHF 상호운영 IF 설계 - LTE-R과 TETRA 상호운영 IF 설계 - 통합 무선망을 이용한 LTE-R 국제화 활동(II)	
3차년도 (12개월)	14	- LTE-R과 VHF 상호운영 장치 제작 - LTE-R과 TETRA 상호운영 장치 제작 - 통합 무선망을 이용한 LTE-R 국제화 활동(III)	
4차년도 (12개월)	14	- 철도 통합 무선 정보전달 표준화 연구 - 통합 무선망을 이용한 LTE-R 국제화 활동(IV) - 통합 무선망을 이용한 LTE-R 국제화 활동 - 광대역 철도무선 융합 플랫폼 표준화 기술개발 - 열차제어시스템 표준화 체계 및 성능평가 법제화	
5차년도 (12개월)	10	- 철도 통합 무선 정보체계 표준화 기술개발 - 고속이동 철도무선 융합 플랫폼 기술개발 - IEC 62280 기반 철도통신시스템 보안 연구	
합계	78		

7) 4세부과제 : 무선기반 철도통신시스템 최적화 기술 개발

- 철도전용 통합 무선망 시험평가 및 보완
- ALL IP 기반 무선망 감시시스템(RCADA) 개발
- 차세대 통합 관제 시스템 개발 연구
- 무선기반 철도통신시스템 표준화 지원

[표3.7] 무선기반 철도 통신시스템 보안 및 국제화 연구

[단위 : 억원]

	연구비 (민간)	연구 내용	비고
1차년도 (12개월)	39	<ul style="list-style-type: none"> - 기지국셀 이중화 구조 연구 - LTE-R 시스템 사양서 작성 - 고속이동체 handover 기술개발 - 커버리지 증가를 위한 철도 지능형 안테나 설계 - EPC 시스템의 보완 및 이중화 연구 - LTE-R QoS 서버 설계 연구 - LTE-R 무선망 시험 및 보완 	LTE-R Core 시스템 백홀 임대비용 (대불선-전라선 구간 : 10G 4회선 연간 14억)
2차년도 (12개월)	46	<ul style="list-style-type: none"> - LTE-R 기능 사양서 작성 - LTE-R QoS 서버 설계 제작 (IMS 장비) - 커버리지 증가를 위한 철도 지능형 안테나 제작 - 망 최적화 및 안테나 위치측정 SW 개발 - 통합망을 도시/일반 철도 연동시험 - 신호제어용 바이탈 네트워크 기술개발 - ALL IP 기반 무선망 감시시스템(RCADA) 설계 	LTE-R 장비 유지 보수 비용 (연간 대불선 4.5억 전라선 5억)
3차년도 (12개월)	56	<ul style="list-style-type: none"> - LTE-R IMS 장비 보완 - LTE-R 지능형안테나 시험 및 검증 - ALL IP 기반 무선망 감시시스템(RCADA) 제작 - LTE-R 차상 단말 수정 및 보완 - 철도전용 통합무선망 안전성 인증 비용 	LTE-R 장비 오송 선 시험선 이전 설치비용(8억)
4차년도 (12개월)	50	<ul style="list-style-type: none"> - ALL IP 기반 무선망 감시시스템(RCADA) 구축 - 고속철도 무선 특성분석연구 (430Km/h 이상) - 고속이동 광대역 무선 게이트웨이 기술개발 - 광대역 철도무선 융합 플랫폼 표준화 기술개발 - 체감 품질/ ALL IP 운영 기기 조희 - LTE-R LTE_Ad 적용 연구 	LTE-R 장비 고속 선 이전 설치비용 (12억)
5차년도 (12개월)	50	<ul style="list-style-type: none"> - LTE-R 적용에 따른 운전시격 연구 - LTE-R 표준 사양 연구 - 고속이동 철도무선 융합 플랫폼 기술개발 - 체감 품질/ ALL IP 운영 기기 조희 - LTE-R LTE_Ad 적용 연구 	
합계	241		

8) 5세부과제 : 무선기반 철도시스템 활용 기술개발

- 철도 영상 정보 전달 시스템 개발 연구
- 차상 기반 열차제어시스템 적용 연구
- 무선기반 철도응용 고객서비스 개발
- 고장 진단 및 원격 제어 시스템 개발

[표3.8] 무선기반 철도시스템 활용 기술개발

[단위 : 억원]

	연구비 (민간)	연구 내용	비고
		-	
2차년도 (12개월)	7	- LTE-R 철도 영상 정보전달시스템 설계 - LTE-R 철도 영상 정보전달시스템 설계 - 철도차량 내부 네트워크 개선 기술 연구	
3차년도 (12개월)	48	- 철도 영상 정보전달시스템 표준 규격연구 - LTE-R 철도 영상 정보전달시스템 구축 - 철도차량 내부 네트워크 시스템 개발 - 실시간 고장 진단용 정보수집 및 장치 개발	
4차년도 (12개월)	56	- 선로변 시설물 원격제어시스템 개발 - 차량 고장 예방 위한 지원시스템 개발 - 차상 기반 건널목 제어시스템 기술개발 - 무선 기반 차량 원격 제어시스템 연구	
5차년도 (12개월)	40	- 분기기 차상 제어 시스템 개발 - 무선 기반 차량 원격 제어시스템 시범 적용 - 영상 정보를 이용한 차세대 관제 시스템 개발 - LTE-R을 이용한 유럽 철도 연계방안 연구	
합계	151		

나. 타 기술 분야와의 비교

1) 개요

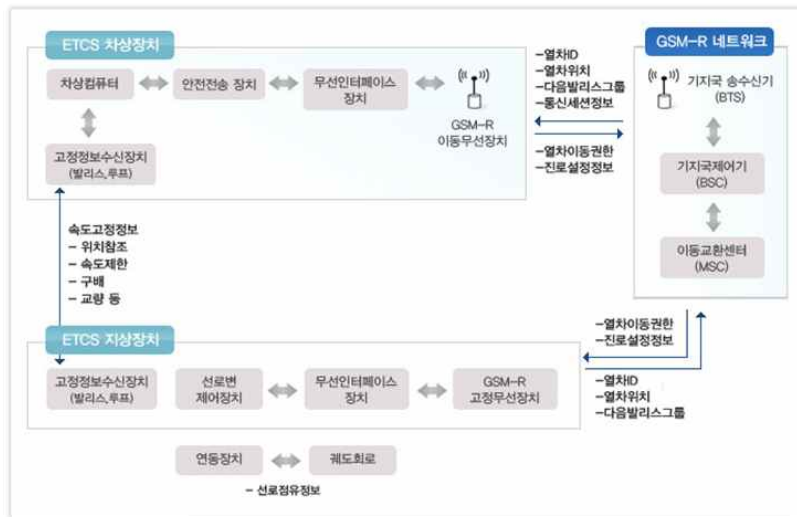
현재 진행중인 국가연구개발사업중 “400km/h급 고속철도 인프라 시범적용 기술개발”의 연구내용인 ETCS level2 지상장치 핵심기술(RBC 및 안전정보전송장치)를 본 사업과 연계하는 것을 고려하였다. “400km/h급 고속철도 인프라 시범적용 기술개발” 과제의 개요는 다음과 같다.

- 사업기간 : 2010.12 ~ 2014. 10(3년 10개월)
- 주관연구기관 : 한국철도기술연구원
- 협동연구기관 : 한국철도공사(열차제어시스템)외 3개 기관
- 연구목표
 - : 고속철도 인프라시스템 핵심원기술개발을 통한 세계적 기술선도
 - : 호남고속철도 시범적용하여 성능검증 및 실용화
- 신호제어시스템의 연구내용 : ETCS level 2 지상장치 핵심기술(RBC 및 안전정보장치) 개발

2) ETCS level 2 지상장치 핵심기술 연구

[표3.9] ETCS level 2 지상장치 핵심기술 연구내용

연구목표	연구내용	연구범위
ETCS L2 신호시스템 개발	열차제어시스템 엔지니어링기술 개발	경부선 및 호남선에 운용중인 ETCS L1을 ETCS L2로 개량하는데 활용할 수 있는 엔지니어링 기술 개발
	ETCS L2 열차제어 지상장치 핵심기술 개발	ETCS L2 안전정보전송장치 개발 RBC장치 개발
유럽표준 고속철도 열차제어 핵심 기술 확보	유럽표준 열차제어 상호운영성 엔지니어링 및 RAMS활동	상호운영성검증 엔지니어링기술 개발 TSI요구사항 및 RAMS활동
	유럽표준 고속철도 열차제어 지상ATP기술 개발	연속정보전송에 의한 운행제어 알고리즘 구현
	유럽표준 고속철도 열차제어 차상핵심기술개발	
	유럽표준 고속철도 열차제어 지상핵심장치 시험기술 개발	



[그림3.2] ETCS L2의 열차제어장치 개념도 및 정보흐름도

3) 연구성과물의 활용 가능성

본 사업은 1단계에서 검증된 열차제어·통신기술을 일반철도와 고속철도로 확장·적용하는 것이 목적이다. 국내에는 이미 기존선 구간에 ETCS Level 1이 도입되어 운용되고 있으며, 해외에서는 기존선구간에 ETCS Level 1, 고속선구간에서는 ETCS Level 2가 상업 운행되고 있다. 따라서 일반철도 및 고속철도용 열차제어시스템은 가능한 ETCS와 호환성을 갖추는 것이 적절할것으로 판단되며, 1단계에서는 열차제어와 연계된 vital 정보전송의 안전성에 대한 연구가 부족한 상황으로 주어짐에 따라 관련내용을 철도운영기관에서 재검토를 요청하였다.

이러한 검토의견을 바탕으로 상호운영성검증 엔지니어링기술 개발과 ETCS Level 2 안전정보 전송장치에 대한 연구내용과 연구성과물을 활용할 수 있도록 사업추진전략을 작성한다.

제 2 절 기술개발의 필요성 및 시급성

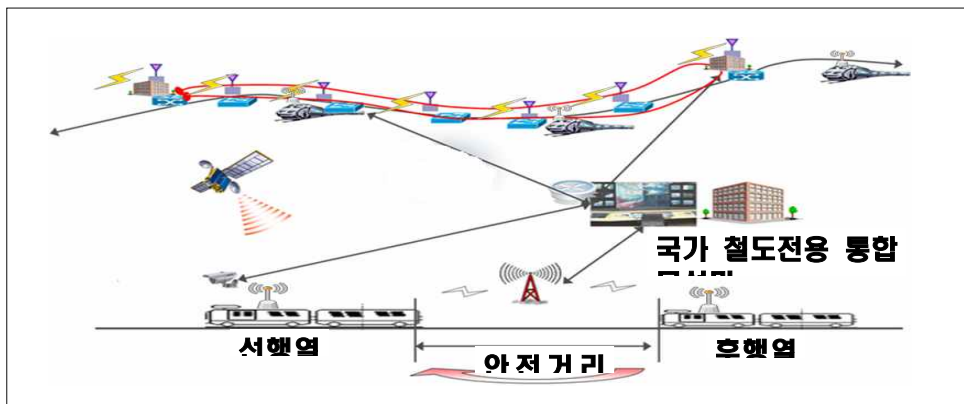
1. 국가연구개발사업의 필요성

국가철도 통합무선제어시스템은 일반 기술과는 다르게 신뢰성과 안전성이 크게 강조되며, 기존 기술과의 상호운영성과 장기간의 라이프사이클 지원도 중요한 요구사항으로 제시되고 있다.

철도 환경에서의 안전성 보장은 임무중심적인 열차제어·통신시스템의 가장 큰 특징으로 SIL(Safety Integration Level)로 구분된다. SIL은 어떤 필수적인 기능도 갖지 않는 Level 0에서부터 아주 중요한 시스템을 의미하는 Level 4까지 존재한다.

더불어 철도 무선 환경에서는 통신이 저하된(degraded) 상태에서 동작할 경우 철도 안전의 위험을 증가시키고 간접적으로는 시스템 안전성을 저하시킬 수 있기 때문에 신뢰성과 가용성이 매우 중요한 요소로 인지되고 있다. 이에 따라 철도에서는 신뢰성을 증진시키기 위해 필드에서 검증된 기술을 선호하는 경향이 높다. E2E 네트워크에서는 99.9% 이상의 신뢰성을 요구하기도 한다.

라이프 사이클은 철도차량의 일반적인 내구 년한이 30년 이상이기 때문에 직접적인 수익을 발생하기 않은 인프라로서 수익 없이 비용만 발생시키기 때문에 짧은 라이프사이클을 제공하는 것은 비용 측면에서 바람직하지 않다. 뿐만 아니라 철도 통신환경이 고주파 전력 컨버터와 고전압으로 인해 전자기적 간섭에 노출되어 있는 상태이기 때문에 전자기 호환성도 중요하며, 철도 차량에 의한 진동과 다양한 기후환경에 노출되기 때문에 진동과 온도에 강한 시스템으로 구축 되어야 한다. 더불어 최근에는 악의적인 IT 공격으로 인한 사고 발생 시 피해가 매우 커질 수 있어 IT 시스템의 보안도 기술의 발전과 함께 점점 중요한 요소로 작용한다.



[그림 3.3] 국가철도 통합무선제어 기술개발 개념도



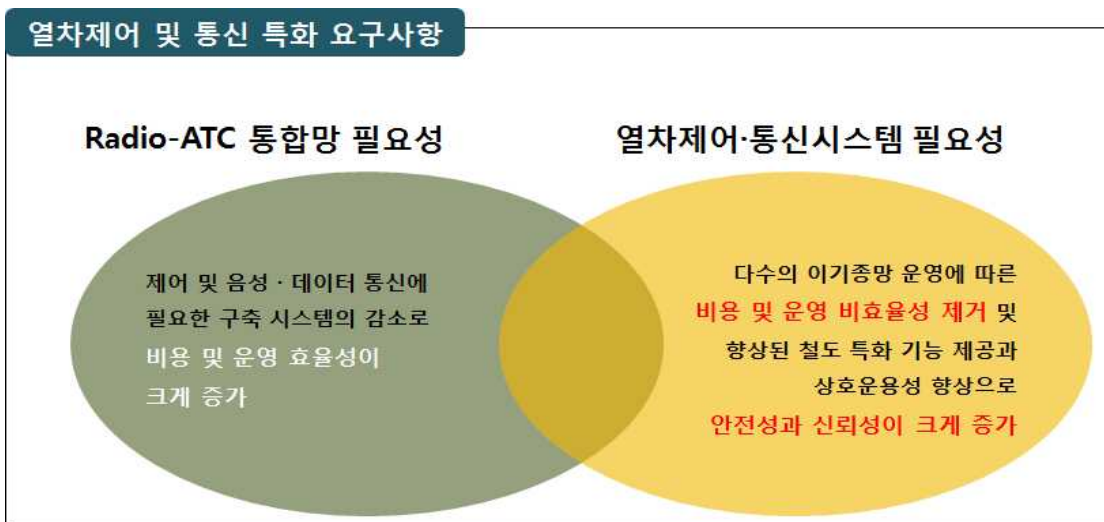
[그림 3.4] 국가철도 통합무선제어시스템 특화 요구사항

국가철도 통합무선제어시스템의 도입 사례에 있어서 고속철도 사업은 차별화된 형태로 구성됨에 따라 본 절에서는 해외 고속철도 사업의 사례를 조사하여 특화된 요구사항이나 필요성에 대한 시사점을 분석하였다. 일반적으로 고속철도 구축 사업은 일반철도보다 대규모의 재정 투자가 발생할 뿐만 아니라 한번 구축 시 장기간을 사용해야 하기 때문에 해외 고속철도 사업에서도 열차제어·통신시스템의 신뢰성과 경제성은 핵심 요구사항으로 제시하고 있으며 고속철도의 특성상 속도에 대한 요구조건이 엄격하게 주어진다.

한 예로 캘리포니아 고속철도 구축 사업의 경우 신뢰성으로 최소 5년 이상 타 고속철도에서 검증이 완료된 기술만을 요구하고 있으며, 경제적인 위험과 비용을 최소화하기 위해서 구매, 경매, 공급 등에서 독과점 솔루션 가능성을 배제하고 있다. 기술적으로는 350km/h 속도 지원을 요구하고 있다. 브라질 고속철도의 경우에는 신뢰성 확보를 위해 LZB, TVM, ETCS 등 기 구축되었던 제품들을 검토하였지만, 최종적으로 ETCS를 선정하였다. 브라질 고속철도에서 ETCS를 선정한 배경에는 최소 6개 이상의 공급업체들 간의 경쟁을 통해 비용 절감이 가능할 것이라는 영향도 존재한다. 기술적으로는 운행속도 330km/h 속도 지원과 운행시격 3분을 요구하고 있다. 마지막으로 대만에서는 신뢰성 확보를 위해 유럽의 ETCS 요구 수준의 안전성 지원을 규격화하여 일본 신칸센 시

시스템을 변경하여 도입하였다.

요약하면 철도 환경은 일반 상용망 및 타 특수 목적망과 구축환경, 임무환경 등이 매우 상이하기 때문에 별도의 특화된 통합무선제어시스템의 구축을 필요로 한다. 안전성, 신뢰성, 보안성 등의 요구사항은 재난안전통신망과 같이 일반적인 타 특수 목적 망에도 요구되는 조건이나 진동 및 온도에 견뎌야 하고 타 통신망 장비보다 오랜 수명주기를 제공해야 하며, 전자기 간섭에 견뎌야 하는 등의 조건은 단지 철도 환경에서만 요구되는 필수조건으로 분류된다.



[그림 3.5] 국가철도 통합무선제어 기술 특화 요구사항

특히 해외사례에 보듯이 350Km/h 이상의 고속 환경에서도 안정적으로 운영되어야 함은 열차제어·통신시스템의 기능적 요구사항이라며, 무선 ATC 통합망은 운영·관리 측면에서는 제어시스템의 폐색구간(열차 간 안전거리)을 짧게 제공할 수 있어 열차편성 효율을 더 높일 수 있으며, 신분당선, 부산~김해경전철 같이 무인자동화 시스템 형태로 구축이 가능하고 이로 인한 운영·유지보수 비용 등을 절감할 수 있다. 인프라 구축 측면의 경우 최근 이동통신기술에서는 구조 단순화, 구성요소 기능 통합화, 기지국 셀 반경 거리 확대 등이 제공됨에 따라 음성·데이터 통신에 필요한 구축 시스템이 감소하여 비용 및 운영 효율성 증가를 기대할 수 있다. 따라서 국가 자원의 효율적 배분 등을 고려하여 국가철도 통합무선제어시스템을 국가연구개발사업 형태로 구축할 필요성이 높아지고 있다.

2. 국가연구개발사업의 시급성

철도 운영 환경은 현재의 고객 요구뿐만 아니라 미래의 예상되는 더 상향된 고객 요구를 충족시키기 위해 경쟁력 있고 자원 효율적인 운송체계로 진화해 나가야 하는 환경에 노출되어 있다. 따라서 현재 고객의 기대와 실제 제공되는 서비스의 간극만 충족시켜야 하는 것이 아니라 미래의 지속가능한 성장을 위해 선제적 준비를 해야 하는 상황이다. 또한 다양한 대체 운송 수단이 잠재 가능 고객에게 보다 쉽게 다가갈 수 있는 환경이 조성될 수 있어 이러한 도전에 대한 준비도 필요하다. 미래 철도 운영 환경의 변화를 조성하는 동인들은 세계화, 인구변화, 도시화, 개인화, 자원의 한계 등 다양하게 측면에서 이미 나타나고 있다.

첫째, 세계화는 우선 운송 수요 자체를 증가시킬 수 있다. 철도도 국경을 넘어 국가 간 노선을 구축하여 글로벌 운송 수요에 대응할 필요가 있으며 이와 같은 인프라가 갖춰지지 않을 시에는 경쟁력이 급속히 약화될 수 있다.

둘째, 인구 변화는 운송 수요의 감소 측면에서 영향을 줄 수 있다. 즉 저출산 및 인구 고령화에 따른 노인층 인구는 증가하지만 전체적으로 인구가 감소함으로써 승객이 감소할 수도 있다. 한국의 경우, 2018년에 고령사회, 2026년에 초고령사회가 도래될 것으로 전망되고 있으며, 급속한 고령화의 진전으로 사회 부담이 급격히 증가할 것으로 예측된다(통계청, 2010).

셋째, 도시화는 지역별 운송 수요의 차별화를 가져올 수 있다. 미래에는 도심에 인구가 집중되고 광역 통근이 일상화되는 광역경제권인 ‘메가시티 리전(MegaCity Region)’이 새로운 트렌드로 부상할 가능성이 높다. 현대 도시화의 특징적인 모습은 하나의 거점 도시가 많은 사람과 자원을 흡수하여 인구와 영역이 거대화되고 있다는 것이다. 특히, 거주인구가 1,000만 명을 넘는 메가시티의 빠른 증가는 미래 세상을 바꿀 중요한 사회 구조의 변화이다.¹⁾ 운송 측면에서 광역경제권 내 승객은 증가하고 농촌 승객은 감소하는 형태로 철도운영 환경에 영향을 줄 것이며 도시 인구 집중화 현상에 따라 운송 집중화 현상도 동시에 발생할 전망이다기 때문에 인프라 구조의 변화도 발생할 수 있다.

넷째, 가용 에너지 자원의 감소는 운영비 측면에서 영향을 줄 전망이다. 전통 에너지 자원이 점차 희소해지기 때문에 에너지 가격이 점차 상승할 것으로 전망됨에 따라 이를 대체할 신에너지에 대한 개발이 본격화될 것이다. 더불어 에너지 활용 효율성 증가에도 관심이 집중될 전망이다. 따라서 철도 운영환경에서도 에너지 소비의 비용효율성을 증

1) UN의 도시화 보고서에 따르면, 현재 21개의 메가시티가 존재하며, 2025년에는 29개로 늘어날 전망이다. 2009년을 기준으로 세계 전체 인구 대비 4.7%, 세계 전체 도시인구의 9.4%가 메가시티에 거주하고 있다(UN, 2010).

대시키기 위한 노력이 높아지게 될 것이다.

다섯째, 가속화되는 기후 변화도 점차 철도 운영 환경에 다각도로 영향을 줄 것으로 전망된다. 지구 온난화는 철도에서 CO2 배출을 감소시키거나 아예 배출하지 않는 청정 에너지 활용을 촉진시킬 수 있다. 더불어 기후변화에 따른 철도 운영 환경 내 시설물 파괴·운영 장애 등이 증가할 것으로 전망되어 현재보다 더 극한 상황에 견딜 수 있도록 인프라가 변화할 전망이다. 한편 CO2-free 에너지 요구 증대로 상대적으로 친환경적인 운송수단인 철도가 재조명을 받아 수송량이 증대될 가능성도 존재한다.

여섯째, 철도 시설 관점에서 천연자원의 고갈은 희소자원의 가격을 상승하게 하여 확보에 어려움을 줄 수 있다. 따라서 철도 시설에서의 재활용 자원의 촉진이 가능해 질 수 있다. 산업화, 환경오염, 난개발 등에 따라 멸종 동물이 늘어나며 종의 다양성이 축소됨에 따라 생태계에 보존에 대한 관심이 집중되는 현상도 철도 구축 관점에서 부정적인 영향을 줄 수 있다. 특히 네트워크 확대를 위해 토지를 활용해야 하는 철도 관점에서는 생태계 파괴의 우려, 지속성장이 가능한 토지 재활용 요구 증대 등으로 철도 구축에 제약을 받을 수 있다.

일곱째, 철도 운영 환경에 대한 사회적, 정책적 규제가 강화될 것으로 전망된다. 개인의 경우 개인화 및 라이프스타일 변화로 웰빙, 그린서비스(green service) 등에 대한 요구를 증대시키고 있다. 이러한 현상은 정책 당국이 규제하는 교통량 증가로 인해 소음, 대기가스 배출, EMF(Electronic Magnetic Field, 전자기파) 등에 대한 규제 강화를 촉진시킬 수도 있다.

마지막으로 도로, 항공, 항만, 철도 등 각 교통 분야에서 나타나는 기술 혁신은 산업 간 경쟁을 강화시켜 개별 사업자의 수익성을 약화시킬 수 있다.

이와 같은 중장기 변화 동인은 철도 운영 환경에 대부분 기회보다는 중장기적인 위험 또는 도전 요소로 나타나게 된다. 예를 들어 증가하는 글로벌 운송 수요 및 광역경제권 운송 수요는 적절한 철도 인프라의 재구성을 요구하여 투자 및 운용비용을 증가시키며, 에너지 자원의 고갈, 기후변화 등에 대응하기 위해서도 지속적인 R&D 및 인프라 고도화에 요구로 비용 부담 증가가 나타나게 된다. 규제는 강화되어 규제비용도 증가하는 상황에서 경쟁은 더욱 치열해질 전망이다.



[그림 3.6] 미래 철도 운영 환경 변화 방향

미래 철도 운영 환경이 직면한 도전과 위협에 대응하기 위해 철도 산업은 세 가지 큰 방향성을 가지고 변화를 모색할 것으로 전망된다. 우선 미래 철도 서비스 요구를 충족시키기 위해 철도 인프라 서비스의 양적·질적 변화와 업그레이드를 가속화시킬 것으로 전망된다. 따라서 철도 네트워크의 거리 확대뿐만 아니라 속도 확대도 이루어질 것으로 전망되며 승객을 위한 영상 데이터 서비스 등의 도입으로 고객 서비스 품질 향상에 노력을 기울일 것으로 예상된다. 둘째, 철도 운영 환경의 진화 방향성은 친환경 인프라의 확충이다. 친환경적인 철도 운영을 위해 전철화가 빠르게 진행될 것으로 전망되며, 철도 시설물에 친환경적인 자원의 도입이 확대될 것으로 예상된다. 더불어 에너지 소모량 감소, 대기오염 감소, 소음 감소 등을 위한 노력을 기울일 것이다. 셋째, 규제 대응, 투자 효율성 증진, 대안교통 대비 경쟁력 향상을 위해 기술혁신도 지속적으로 강화해 나아갈 것으로 예상된다.

ERRAC(2011)는 전략적 철도 연구 영역으로 7가지를 설정하여 제안하고 각 기술의 미래 모습을 전망하였다. ERRAC는 철도 기술이 지능형 운송 기술, 에너지 환경 기술, 개인 보안 기술, 안전 및 인증 기술, 경쟁력 강화 기술, 전략성 및 경제성 강화 기술, 인프라의 미래 철도 기술의 7대 주요 영역을 중심으로 발전하여 철도 운영환경의 효율성 증대 및 경쟁력 향상이 이루어 질 것으로 전망하였다.

미래에는 지능형 이동성 기술을 기반으로 발전된 ICT(information and Communication Technology) 시스템을 통해 고객은 실시간으로 통행량 및 여행 정보를 받고 손쉽게 노

선을 변경할 수 있을 것으로 전망된다. 더불어 새로운 지휘통제 기술을 통해 철도 운영 신뢰성 및 운영 용량 확대 등이 가능할 것이다. 지능형 이동성 기술 분야의 기술혁신으로 철도 및 화물차량 용량 증대가 가능하게 되어 도로 화물의 철도 이전이 증가하게 될 것이다. 또한 철도분야에 적용된 에너지 및 환경 기술을 통해 철도 차량 시스템 장치의 에너지 효율성이 크게 증가하는 방향으로 진화할 것으로 전망된다. 예를 들어 2050년까지 탄소제로 차량이 실제 철도 환경에서 운영될 것으로 전망되며 소음과 진동이 더 이상 주민들에게 문제가 되지 않게 되어 24시간 철도 운영이 가능할 것이다. 또한 에너지 소모량도 1990년대에 비해 절반 수준으로 줄어들 것으로 예상된다.

미래 철도 환경은 신호·정보통신 시스템을 통해 보안 및 개인정보 보호가 강화될 것이며 위험물 탐지시스템 탑재 등으로 안전성이 강화될 것으로 전망된다. 특히 ERRAC는 보안 실패로 발생하는 사고는 일어나지 않게 될 것으로 예상하였다. 더불어 지능형 신호·정보통신 기술 등을 통한 운행의 안전성도 크게 강화하는 방향으로 진화될 것으로 전망하였다.

철도 통신은 완전히 상호운영되는 네트워크를 기반으로 차세대 신호 시스템을 통해 철도 응용 서비스가 모든 철도망에 제공될 것으로 전망된다. 또한 자동화된 검사, 유지보수, 건설 등을 통해 철로변에서 작업할 필요가 줄어들 것으로 예상된다. 철도 경량화, 탑재량 증가 등으로 노선용량이 증가하고 표준 구조 기반 솔루션 통합 등으로 상용망과 연동되어 끊임없는 통신이 가능하게 되며 이를 통해 경쟁력 강화가 이루어지게 될 것이다.

철도 운영 프로세스 향상 등을 통한 구축 및 유지보수 비용 감소 등으로 전략성 및 경제성이 강화될 것이며, 기반 시설 인프라는 철도 노선 확충, 평균 운행 속도 향상, 유연성 향상 등이 가능해 질 것이다. 더불어 새로운 모니터링 및 진단 시스템 등을 통해 최적의 인프라 상태를 유지할 수 있을 것이다.



[그림 3.7] 전략적 철도기술 연구 분야의 미래 전망

국가 철도망 계획에 따르면 2020년에는 전국 주요도시가 KTX 고속철도망을 통해 1시간 30분대로 연결된다. 현재는 경부고속철도 368.5km에 불과한 230km/h급 이상 고속철도가 2020년에는 2,362.4km로 늘어나고, 이에 따라 1시간 30분대 고속철도 서비스 범위가 인구의 60%에서 83%로 확대된다. 아울러 철도연장은 3,557km에서 4,934km로 확충되고, 복선화율은 49.6%에서 79.1%, 전철화율은 60.4에서 85.0%로 높아진다.

국민소득 증가에 따른 철도서비스 기대수준 향상 및 거대도시 권역화에 따른 거대지역권 내 산업간 유기적 연계 및 시너지효과 창출을 위해서는 고속교통망 연결에 집중투자가 필요하다. 이에 따른 양적인 철도 공급 확대도 중요하지만, 철도차량 및 철도시설의 안전성·쾌적성 제고에 대한 요구가 증가되어 효율적 관리를 위한 철도전용 무선통신망 도입이 요구되고 있다. 이러한 철도전용 무선통신망 도입은 사고예방 및 신속대응으로 대형 철도사고, 테러 등에 대한 철도의 보안·안전성 강화, 철도 도착의 정시성 향상 및 고품질의 여객서비스에 대한 요구 만족 등을 위해 필수적이다. 그러나 현재 국내 철도 안전 관련 무선통신 방식은 노선별로 상이하여 비효율적으로 운영되고 있다. 실제로 관제요원, 열차운전자, 현장 유지보수 요원 간 협업이 어려워 다양한 문제점이 발생하고 있으며, 상이한 철도 무선통신시스템 간 단절 및 불통 현상, 상용망과 기존 철도 무선통신시스템과의 주파수 간섭·혼신 등에 따른 철도 운행 중단 및 철도 사고 발생 위험이 존재하고 있다. 더불어 최근 고속철도 사고급증 등은 국가철도 운영시스템의 혁신적인 안전성 강화방안 마련을 요구하고 있다. 이에 미래 철도의 안전 확보 및 수송 효율성 향상을 위한 국가철도전용 통합무선제어시스템 구축 요구가 크게 증대되고 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 해외의 경우 주요 철도 선진국들은 철도전용 통합무선망을 구축하여 운영 중이거나, 구축을 계획하고 있다. 유럽의 상당수 국가는 GSM-R 방식의 국가 철도전용 무선통신망을 구축·운영 중이며, 향후 통신부하 증가에 대비한 미래 기술에 대한 논의를 시작하고 있다. 아시아의 개발도상국인 중국, 인도의 경우에도 GSM-R 방식의 국가 철도전용 통신망 구축 및 구축계획이 진행 중이다.

이러한 상황에서 열악한 국내 철도 무선통신망 환경을 개선하고 차세대 통합무선제어시스템 구축을 통한 효과를 극대화하기 위한 체계적인 정책과 전략 수립 마련이 시급하다.

제3절 국내외 기술 동향

1. 국내 국가철도 통합무선제어시스템 기술 동향

가. 열차제어시스템

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, 운영 중이거나 도입 검토 중인 신호시스템은 다음과 같다.

[표 3.10] 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 기술수준을 현장적용, 현장시험, 실험실, 기초설계, 기술조사 수준 등 각 단계별로 조사한 결과는 다음과 같다.

[표 3.11] 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 3.12] 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 가정 에 대한 유효성을 제시함. 통합적이거나 대표적인 사 례는 없음.
4	실험실 환경에서 구성요소나 전체 확인	개별기술의 통합 최종목표와 비교할 때 다소 떨어지는 성능의 기술. 실험실 환경에서의 시작품개발 완료
5	적절한 환경에서	시작품 기술성능의 향상

등급 (Level)	정의	내용
	구성요소나 전체확인	기술구성항목을 합리적, 현실적으로 뒷받침하는 요소 기술의 통합으로서, 모사 환경에서 시험완료
6	적절한 환경에서 시스템/하부시스템 모형이나 시제품 데모	주요 성능평가에 적절한 환경에서의 시제품 성능검증의 진일보. 고정밀 실험실 환경 또는 유사 환경에서의 시제품시험 완료
7	실제환경에서 시스템 시제품 데모	실제 환경 또는 이와 근접한 환경에서의 시제품 항공기, 자동차 또는 우주환경과 같은 실제 환경에서 시제품의 성능검증을 함으로써 Level6에서 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 설문 에 응한 결과로 풀이되어 DTG방식의 ATP와 이동폐색방식의 ATP부분의 기술수준을 보다 상세히 구분하여 조사한 결과 다음을 확인하였다.

- 레도회로 및 발리스를 이용한 DTG ATP기술의 경우 TRL 8단계까지 도달함.
- 무선통신기술을 이용한 DTG ATP기술은 시제품을 제작하여 시험선 또는 시범노선에 서 시험을 수행한 TRL 6단계수준까지 도달함.
- 무선통신기술을 이용한 이동폐색 ATP기술의 경우 실험실에서 시제품을 제작하여 기 능시험을 수행한 TRL 5단계수준에 이르고 있음.

[표 3.13] 국내 신호시스템 상용화 내용 및 기술수준

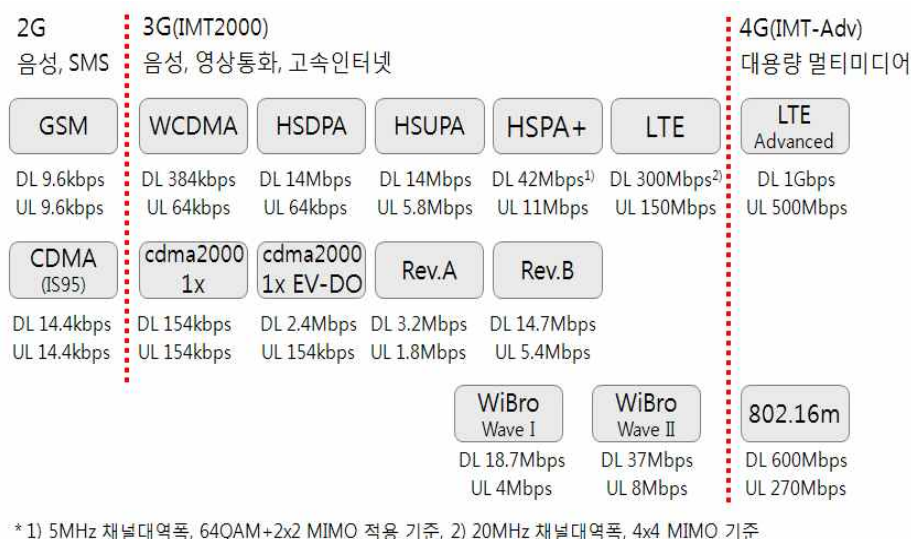
분류			상용화 내용	기술수준 (TRL level)
I	II	III		
지상 설비	사령설비	고정폐색	통합관제실 예비관제실	9
		이동폐색	분당선 시범사업 경산시험선	7
	ATC (속도코드)	열차검지(궤도회로) 열차검지·속도코드 송수신장치	서울3호선 고속철도 ATC	9
		ATO역컴퓨터	대전과학관	7
	ATP (Distance to Go)	열차검지(궤도회로) 열차검지·속도코드 송수신장치 무전원지상자/유전원지상자	자기부상열차 차세대고속철도(통합형 차상신호장치)	7
		ATP역컴퓨터	실험실 단계	5
	ATP (이동폐색)	무선통신장치(안테나, radio set) 무전원지상자	분당선 시범사업 대전과학관	7
		지상ATP컴퓨터 역ATO컴퓨터 무선통신망관리컴퓨터	경산시험선(시뮬레이터) 대전과학관 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 3.14] 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	-	-

나. 철도통신시스템

현재 이동통신 기술은 이동통신은 아날로그에서 디지털(1→2G), 음성 중심에서 멀티미디어·데이터 중심(2→3G), 전송속도·효율을 증가(3→4G)시키는 방향으로 지속적으로 진화를 하고 있다. [그림 3.8]에서 보듯이 현재는 3G에서 4G로 넘어가는 단계로 전 세계적으로 LTE와 WiBro의 구축 및 확산이 이루어지고 있다. 또한 기술적으로 LTE와 WiBro의 다음 단계인 LTE-Advanced와 WiBro-Advanced에 대한 연구와 상용화를 위한 준비가 모색되고 있는 상황이다.



[그림 3.8] 이동통신 기술의 진화

그러나 공공안전 및 재난구조 등의 업무는 일반 이동통신이 아니라 무전기로 대변되는 1G, 2G 관련 무선통신 기술을 다수 사용하고 있다. 아날로그 통신기술로는 VHF, UHF, 아날로그 TRS 등이 있으며, 디지털 기술로는 TETRA와 iDEN과 같은 디지털 TRS가 주로 사용되고 있다. 또한 철도의 경우 그 특성을 반영하여 2G 이동통신기술인 GSM을 철도 전용으로 개량한 GSM-R 기술이 전 세계적으로 널리 도입되고 있다.

1) VHF(Very High Frequency) 무선통신 사용 현황

국내 일반철도에서 운영 중인 VHF는 한국철도공사에서 열차 운행 시 관제실 또는 기지국과 차량 이동국의 열차 승무원간 또는 휴대 이동국 상호간 통화를 가능하게 하는 설비로서 중앙에서 전체 통신망을 제어 관리하는 개념 없이 Point-to-Point 방식의 통신방식을 사용하고 있으며, 국내에서는 153MHz 대역을 사용하고 있다. 전파의 통달거리 만큼 무전기로 음성 호출에 의해 통화하는 방식이기 때문에 상호간 통화에 약정이 필요하다. 연도별 사용현황

을 살펴보면 1채널은 전 구간에서 관제를 제외한 모든 무선국 상호간 통화를 위한 일반통화에 할당되었으며, 2채널은 모든 무선국 상호간 비상사태에 대비한 비상통화에 할당되었다. 3채널은 각 지사 관내에서 관제와 열차 통신을 위한 관제통화에 할당되었으며, 4채널은 3채널과 동일한 역할을 수행하지만 지하철 관내의 통화 가능 지역 및 기타 지역에서 사용하기 위한 것이다. 또한 작업통화를 위해서 무선국 상호 간에 운전 및 작업용을 위해 채널 3, 4번을 할당하고 입환 작업장의 통신가능 구역 내에서 입환용을 위한 채널로 2, 3, 4번을 할당하고 있다. 기존의 VHF 통화방식은 4CH을 광대역 방식(채널간격: 25kHz)과 협대역 방식(채널간격: 12.5kHz)으로 사용하고 있다가 정보통신부에서 포화상태인 VHF 대역을 효율적으로 사용하기 위하여 2004년까지 모든 무선설비를 협대역 방식으로 변경하였다.

운영 현황별로는 열차기관사와 사령과의 열차관제, 운행정보 및 긴급사태에 대비한 사령무선통신과 각 역사의 역무원과 기관사 간의 통신망으로 열차운전, 역사 진입 정보에 이용하는 역 무선통신이 있으며, 열차의 진입, 선로보수 작업 및 역사의 역무원과 열차 승무원 사이에서 사용하는 휴대 무선통신이 있다.

[표 3.15] VHF 채널별 사용 현황

통화 종류	사용 채널	사용 구간	통신 상대방
일반통화	채널 1번	전 구간 (단, 통신가능 구역 내)	관제를 제외한 모든 무선국 상호간
비상통화	채널 2번	전 구간 (단, 통신가능 구역 내)	모든 무선국 상호간 (입환용은 제외)
관제통화	채널 3번	각 지사 관내	관제와 열차 (다만, 부득이한 경우 역과 관제)
	채널 4번	지하철 관내의 통화 가능 지역 및 기타 지역	관제와 열차 (다만, 부득이한 경우 역과 관제)
작업통화	채널 3, 4번 (운전 및 작업용)	통신 가능한 구역 내	무선국 상호간
	채널 2, 3, 4번 (입환용)	입환 작업장의 통신가능 구역 내	작업장 내 무선국 상호간

자료: 한국철도기술연구원 (2011)

2) TRS(Trunked Radio System) 무선통신 사용 현황

국내에서 운영 중인 TRS 무선설비는 작은 채널로 많은 이용자들을 연결시키기 위해 자동으로 무선통신 채널을 할당하는 기술이며, 850MHz 대역의 주파수 공용방식으로 최대 300Km/h의 고속주행 환경과 28.8Kbps의 전송속도에서 통화 단절 없이 음성통신과 데이터통

신을 자유롭게 할 수 있으며, 고속철도의 운행 상황, 고장발생, 장비점검 상태 등 열차 운영 상 중요한 정보들에 대해 관제센터와 송수신이 가능한 시스템이다. 국내의 고속철도는 소방방재청의 통합지휘무선통신망 구축에 따라 개방형 TRS 방식으로 일원화된 자가 통신망 열차무선설비를 구축하였다.

고속철도에서 사용하고 있는 TRS 주파수 850MHz 대역은 (구) 정보통신부 전파지정기준에 의거하여 자가 통신용 주파수로 송신 851MHz, 수신 806~811MHz를 사용하고 있으며, 송·수신 주파수간 간격은 45MHz이다.

[표 3.16] 국내 TRS 주파수 할당 현황

구분		A Band	B Band	C Band
할당용도		자가용	사업자용	사업자용
주파수대	800MHz	806~811MHz, 851~856MHz (200ch)	811~816MHz, 856~861MHz (200ch)	816~821MHz, 861~866MHz
	300MHz	371~376MHz, 389~394MHz (400ch)	376~381MHz, 394~396MHz (400ch)	
배정현황		경찰청, 한전, 교통방송, LG 등(총 115ch)	한국 TRS, 한국통신 등	예비채널 지정사업자 등

자료: 한국철도기술연구원 (2011)

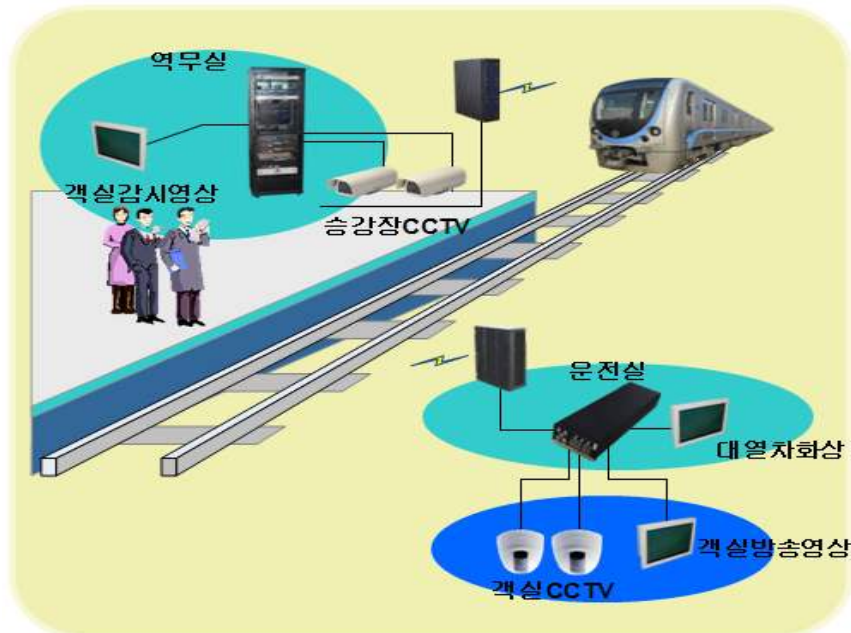
[표 3.17] 국내 철도용 TRS 주파수 사용 현황

구분	기지국 송신	기지국 수신	용도	
A 주파수	A1	851.3875	806.3875	주제어채널
	A2	851.8875	806.8875	보조제어채널, 음성
	A3	853.3875	808.3875	음성
	A4	854.4375	809.4375	음성
	A5	855.4375	810.4375	음성
B 주파수	B1	855.8875	810.8875	열차데이터 송수신
	B2	853.8875	808.8875	고양, 부산차량기지 데이터 송수신
	B3	852.4375	807.4375	고양차량기지 주제어채널
	B4	852.8875	806.8875	부산차량기지 보조채널, 음성
	B5	854.3875	809.3875	부산차량기지 음성채널
C 주파수	C1	851.4375	806.4375	주제어채널, 고양차량 제어채널
	C2	852.3875	807.3875	보조제어채널, 음성, 고양음성용
	C3	853.4375	808.4375	음성, 고양 음성용
	C4	854.8875	809.8875	음성, 고양 음성용
	C5	855.3875	810.3875	음성, 고양 음성용

자료: 한국철도기술연구원 (2011)

다. 무선기반 철도시스템 응용

LTE-R 기반 철도 시스템의 모델로는 LTE 기반의 m-CCTV 도입이 기대 된다. 대구지하철 참사 이후 열차운행의 안전성을 높이기 위한 일환으로 초기에는 대열차공간화상, 즉 운전사가 플랫폼으로 진입하면서 역내 상황을 미리 확인할 수 있는 무선 영상감시 시스템의 도입이 추진되었다. 그러나 스크린도어의 설치가 활성화되면서 대열차공간화상의 의미가 크게 축소되어 도입이 중단되었다. 이후 무인경전철이 도입되면서 대열차공간화상이 아닌 객실정보의 확인이 중요하게 인식되었고 이를 위한 18GHz 열차무선영상시스템이 도입이 시작되었으며, 부산 반송선, 신분당선, 대구 3호선, 인천 2호선 등에 구축이 완료 또는 진행 중에 있다. 열차무선영상시스템의 간략한 서비스 개념도는 다음의 [그림 3.9]와 같다.



자료 : 기산텔레콤 (2011)

[그림 3.9] 열차무선영상시스템의 서비스 개념도

과거 열차무선영상시스템은 2.4GHz의 ISM밴드를 사용하였기 때문에 혼선의 문제가 발생하였으나, 현재 도입되는 열차무선영상시스템은 정보통신부 고시에 의해 분배한 18GHz 대역의 주파수를 활용하여 해당 문제점을 해결하였다. 그러나 높은 주파수 직진성, 강우감쇄 등으로 일반철도와 고속철도에 적용하기에는 한계가 존재하며 별도의 무선망으로 구성되어 구축 및 운용효율성이 낮다. 현재 LTE용 m-CCTV IP 카메라는 개발되어 있지만 LTE로 기존 시스템을 변경할 경우 LTE 시스템 내 기능적 통합, 무선송수신기 제거 등으로 비용효율성 제고가 가능하며 일반철도 및 고속철도에서도 손쉽게 망을 구축할 수 있다는 장점이 있다. 차상에 함께 도입되는 NVR은 현재 하드디스크를 내장하여 진동기준을 충족시켜야 하기 때문에

상대적으로 고가격을 형성하고 있으나 향후 저장기술의 발달로 가격 하락이 가능할 것으로 예상된다.

열차무선영상시스템은 대고객 영상서비스, 객실 감시 서비스 등을 제공하나 앞서 부분적으로 언급한 바와 같이 주제어장치 부분에 CMS와 차량 내의 카메라, NVR의 영상감시 서비스의 기본 구성요소만 반영하였다. 차량 내 m-CCTV 카메라의 경우 주파수 소요량 산출 결과를 감안하여 H.264 압축 기술을 활용하여 SD급 영상으로 감시할 수 있는 장비로 구성하였다. 영상감시를 위한 타 구성요소는 기존 유선영상감시시스템의 장비를 재활용하거나 LTE 기술의 적용으로 제거되고 일부 기능은 LTE 장비 내에 수용 가능하다. 대고객 영상서비스를 위해 기존 시스템 외의 차량 내 모니터 등 별도의 추가 장비가 요구되지 않는다.

2. 국외 국가철도 통합무선제어시스템 기술 동향

가. 열차제어시스템

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.

1) 유럽

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

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Directive | <ul style="list-style-type: none"> • 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 |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Technical specification for interoperability | <ul style="list-style-type: none"> • 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 |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ European norms and standards | <ul style="list-style-type: none"> • 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

2) 미국

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

3) 중국

거대한 인구와 국토면적 및 급속한 경제발전에 따라 중국의 사회기반시설이 절대 부족한 상황이다. 또한 중국의 정치, 경제적인 통합을 촉진하고 성수기 열차운영난을 해소하기 위해서 철도망의 증장기 구축계획을 수립하였다. 중국철도의 영업거리는 세계의 6%, 철도수송량은 세계의 24%를 담당하고 있지만 평균수송밀도는 세계1위 수준에 이르고 있는 실정이다.

중국의 증장기 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 수송 능력의 향상 방안을 강구
- 주요 기술 및 장비의 선진국 수준 도달 또는 근접하도록 개선

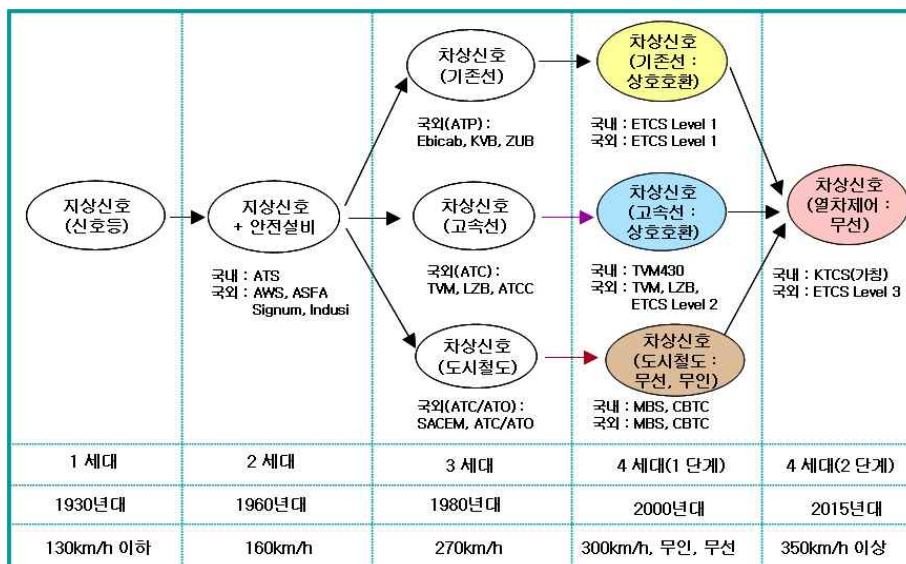
- 2020년까지 총 2조 위안(한화 약 320조 원) 예산 투자
- 매년 1,000 ~ 1,200억 위안(한화 16조 ~ 19조) 투입 예정

4) ERTMS와 CBTC 통합프로젝트

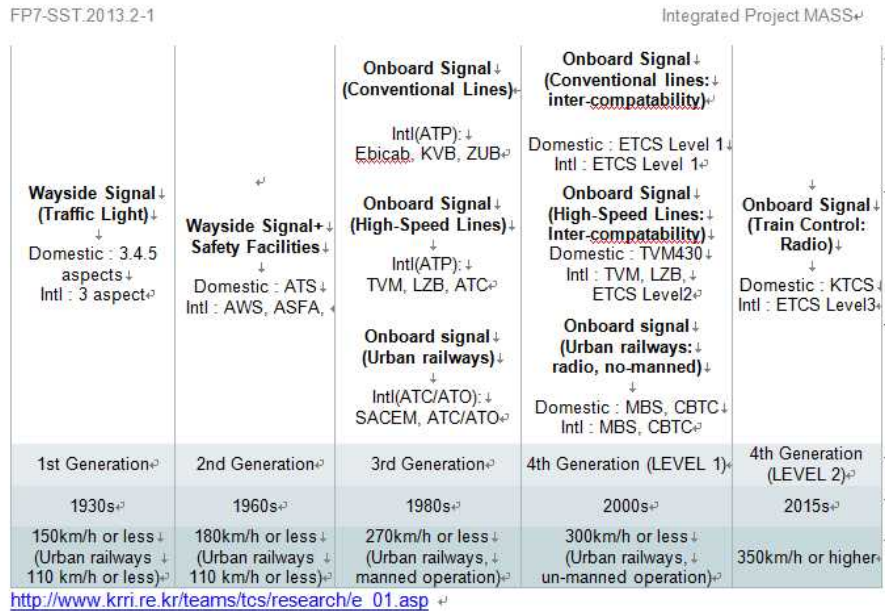
일반철도와 고속철도망의 상호운영성을 목적으로 개발된 ERTMS와 도시철도의 통합망을 구축하기 위한 CBTC는 3세대 이동통신인 GSM-R과 무선랜을 기반으로 각 영역에서 독립적으로 운용되고 있다. 최근에 유럽에서 MASS(Multi-domain Advanced Signalling Systems)이라는 워킹그룹 구성을 추진하고 있다. 본 프로젝트의 목적은 도시철도와 일반철도에 사용 중인 사양서를 조합한 공통의 표준사양서를 정의하여 일반철도와 일반철도에 모두 적용할 수 있는 열차제어시스템을 개발하는 것이다. 프로젝트가 추진되는 단계는 다음과 같다.

- MASS 시스템을 위한 기능요구사항서, 시스템요구사항서 및 인터페이스 사양서 개발
- MASS 시스템모델 개발
- MASS용 통신시스템 정의
- MASS용 위치검지기술 정의
- MASS 시스템의 RAMS 수행
- 시작품 개발 및 시험

이 프로젝트는 KRTCS 1단계 R&D 사업을 수행하고 있는 한국철도기술연구원에서 예측하고 정의한 것을 활용하고 있다. 아래 그림은 2009년도에 한국철도기술연구원에서 예측한 기술변화자료이고, 다음 그림은 MASS 프로젝트 내용에서 발췌한 내용이다.



[그림3.10]열차제어시스템 기술 변화 흐름도



[그림 3.11] MASS 프로젝트

이상에서 알 수 있듯이 열차제어·통신과 관련되어 국내외 기술분석 및 연구 추진방향은 유럽의 철도선진국과 대등한 수준까지 쫓아 온 것을 알 수 있다. 또한 국내 열차제어·통신 분야의 전체적인 연구개발계획이 기술동향을 충분히 반영하고 있다는 것을 확인할 수 있다. 따라서 유럽중심의 MASS 프로젝트에 시급히 참여하는 것은 물론이고, MASS 프로젝트에 국내 표준사양을 최대한 반영하기 위해서는 KRTCS 1단계로 진행하고 있는 과제를 성공적으로 완수하는 것은 물론이고, 일반철도와 고속철도를 대상으로 하는 2단계 프로젝트(통합무선제어시스템)도 KRTCS 1단계와 연계하여 연속적으로 수행하는 것이 반드시 필요하다.

나. 철도 통신시스템

현재까지 개발된 무선통신 기반 열차 제어 방식은 [표 3.18]과 같이 크게 3가지 방식으로 나타낼 수 있다. 특히 WiMax의 경우 WLAN이나 GSM-R과는 달리 상용화 되지 않은 Test Bed 수준으로 적용 중에 있다.

전 세계적으로 상용화된 무선통신 기반 도시철도 열차제어시스템은 대부분 2.4 GHz 대역의 ISM 밴드의 IEEE 802.11.x 사용하고 있으며, 세부적으로는 FHSS 또는 DSSS 방식 중의 하나를 사용하고 있다. 무선랜 기반 열차제어시스템은 1990년대 말에 시작되면서 대부분 FHSS 방식을 채택하고 있으나, 최근에는 대부분 DSSS 방식을 사용하고 있는 추세이다. 이 방식은 철도신호를 위한 전용주파수를 할당받아 사용하지 않고 비면허 주파수 대역을 이용함에 따라 새로운 주파수에 따른 주파수 확보 노력과 추가 하드웨어 개발의 부담을 갖지 않는다. 이러한 특성으로 인하여 무선랜 (WLAN)은 도시형 철도시스템에서 주로 사용되고 있다. 사용가능한 ISM 밴드 중 철도신호 분야에 적용할 주파수 대역은 2.4 ~ 2.5 GHz 또는 5.725 ~ 5.875 GHz 대역을 선택하는 것이 일반적인 추세이다. IEEE 802. 11 계열의 다양한 표준화 작업이 이루어지고 있다. 현재 무선 랜에 가장 많이 사용되는 표준화로는 2.4 GHz를 사용하는 IEEE 802.11.b/g 또는 5.8 GHz를 사용하는 IEEE 802.11.a 이다. 초기에 사용되었던 IEEE 802.11 은 DSSS 나 FHSS 방식을 모두 지원하고 있으나 최대 전송속도가 1Mbps 인 반면에, IEEE 802.11.a/b/g 등은 전송속도가 11Mbps 또는 54Mbps 까지 가능하다.

[표 3.18] 주요 철도 제어용 무선통신 방식

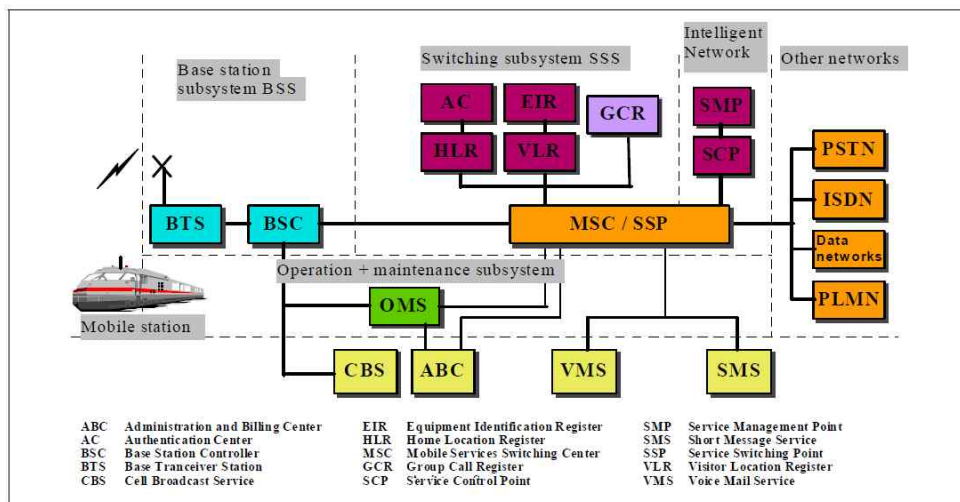
무선전송방식	WLAN (OFDM)	GSM-R (TDMA)	WiMAX (OFDMA)
주파수 대역	2.4GHz	876~ 880, 921~925 MHz	2.3 GHz, 2.5GHz, 3.5GHz
대역폭	20MHz	(4MHz x 2)	100MHz
상용화	Las Vegas Monorail, 용인 ART-Metro 등 다수	Euro - Rail	대만 고속철, 유럽 등에서 인터넷 접속용으로 사용
표준화	IEEE 802.11x 기술을 Customize하여 사용	ERTMS, ETCS	IEEE 802.16x
장점	Unlicensed 주파수 저출력 저비용	세계 최초 광역 철도 제어 넓은 시장성	광역권 높은 전송 속도 4G 표준화 기술 (미래지향적) IP 기반, Data Centric 기술 (Redundancy 없음)
단점	Indoor Design 기술, 광역 철도로 부적합 Interference 문제 High Mobility 문제	낮은 전송 속도 (9.6kbps) TDM 기반, Voice Centric 기술 LTE로 발전 (실용화에 상당기간 필요)	TCS용으로 사용된 적 없음 (미국 PTC 시스템에서 Testbed로 사용)
기타	대부분 외국 기술 종속 (봄바르디에, 알카텔, 탈레스)	2017년까지 IP-based GSM-R 네트워킹 구축	700MHz Profile 표준화, 순수 국내 기술(IPR 확보)

1993년에 세계적인 철도협력기구인 UIC(Union Internationale des Chemins de fer)가 창설되어 신규철도통신시스템을 결정하게 되었다. 결정 내용은 TETRA를 사용하지 않고, 기존의

GSM을 수정한 GSM-R 기술을 사용하는 것이었다. 그 결과 유럽 내 24개 국가의 32개 철도 업체가 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 회선교환방식에 의하여 14.4 kbps까지 음성 및 데이터 접속을 지원한다. 기본적인 GSM 기능 외에, 높은 보안요구사항에 의하여 추가적인 기능이 GSM-R에 추가되었다. GSM-R은 업링크, 다운링크 각각 876-915MHz와 921-960MHz로 규정되어 있다. GSM-R 무선망은 완전히 이중화된 무선망 구조로서 셀이 오버레이 되어 있으며, 선로변장차 즉 BTS에 고장이 발생하더라도 계속해서 열차를 관리할 수 있다. 또한 GSM-R망은 열차의 진행방향으로 향하는 지향성안테나를 활용하여 형성된 타원형의 셀로 구현된다. 열차가 집중되는 역 주변에서는 섹터화된 셀을 활용하며 도시외곽과 같은 지역에서는 전방향으로 균일한 셀을 구현한다.

현재 GSM-R망은 3G 이동통신망인 WCDMA를 건너뛰고 2017년까지 4G 이동통신망인 LTE로 전환하려는 활동이 시작되었다. UIC에서 이에 대한 표준화 그룹 활동이 시작되었으며, 이에 대한 파급효과를 고려하여 국내 연구도 진행되어야 할 것이다.



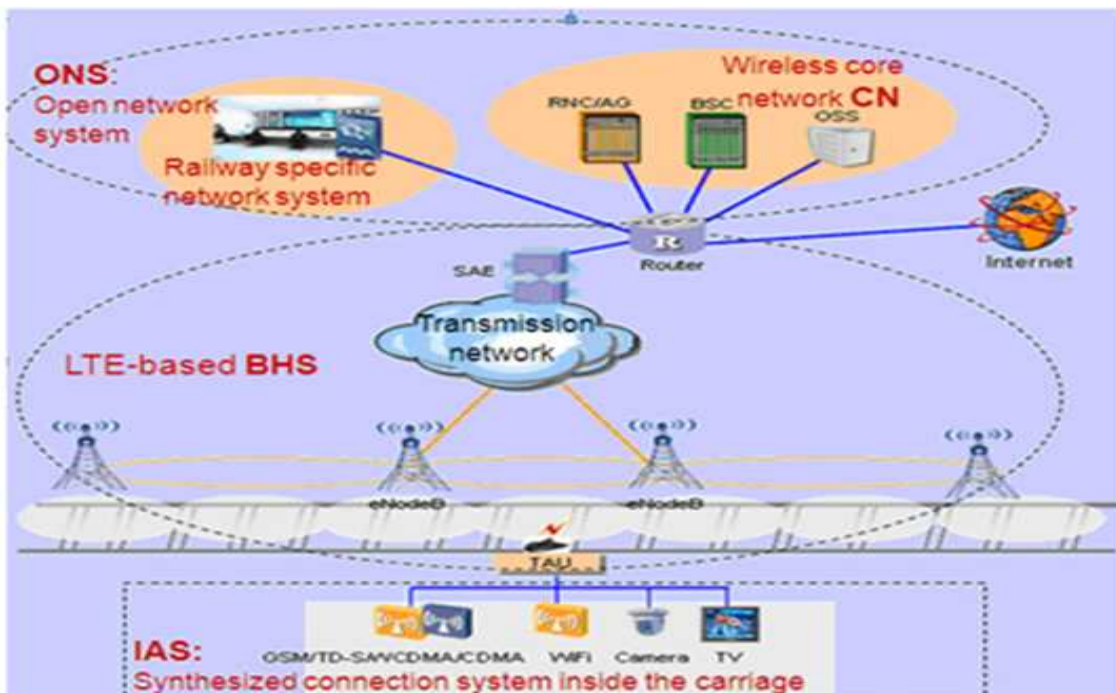
[그림 3.12] GSM-R 시스템 구조

다. 무선기반 철도시스템 응용

1) Huawei의 LTE-R 솔루션

Huawei는 LTE 기술을 모바일 백홀로 이용하면서 접속 네트워크는 기존 통신 기반을 유지하도록 하는 HRC(High-speed Railway Communication) 솔루션을 개발하였다.

Huawei에서는 HRC 솔루션을 통해서 단일 HRC 기지국으로 기존 6개의 사설 네트워크를 교체할 수 있으며, 공동 구축 및 공유로 CAPEX 절감효과를 유발한다. 열차 내에서의 자체 손실, 빈번한 그룹 핸드오버, 핸드오버와 오버랩핑 지역 지연, 도플러 효과의 해결 및 감소가 있을 것으로 기대하고 있다. 또한 독립 대역폭 제어와 다양한 요금부과 서비스 등 향상된 서비스 운영 및 관리 능력도 제공할 수 있을 것으로 전망하고 있다.

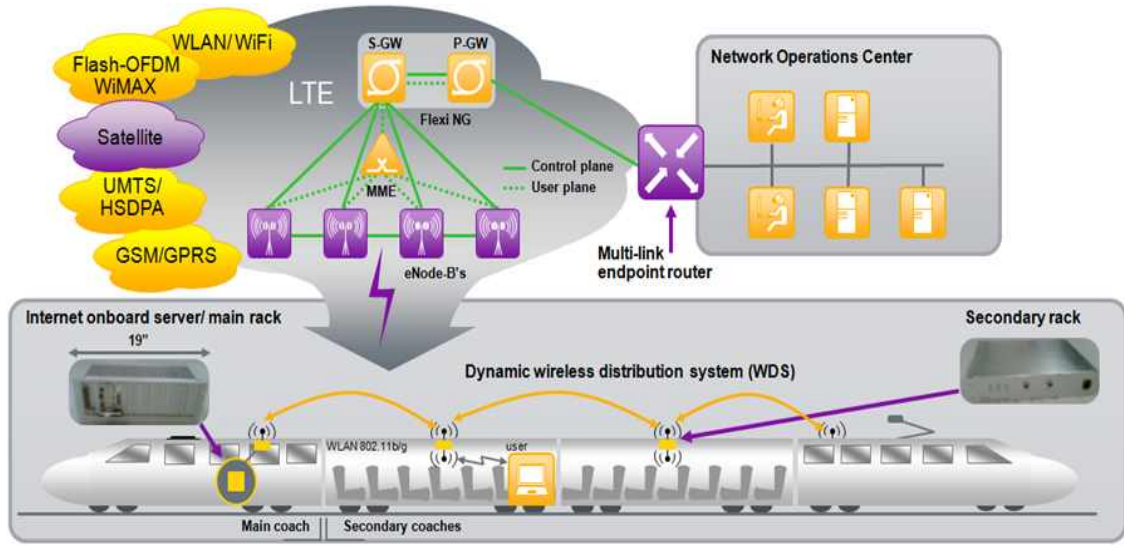


자료: Huawei homepage

[그림 3.13] Huawei의 HRC 솔루션 구성 개념도

2) Nokia Simens의 LTE-R 솔루션

Nokia Simens도 Huawei의 HRC 솔루션과 비슷하게 LTE 기반의 백홀에 기존 통신망을 수용하고 차상에 인터넷 서버 및 메인랙을 설치하고 더불어 동적 무선 분배 시스템(WDS)을 통해 차량 내 Wi-Fi 사용자 등에게 광대역 서비스를 제공하는 형태의 LTE 기반 차세대 철도무선망 구축 개념도를 제시하고 있다(Johann Garstenauer, 2010).

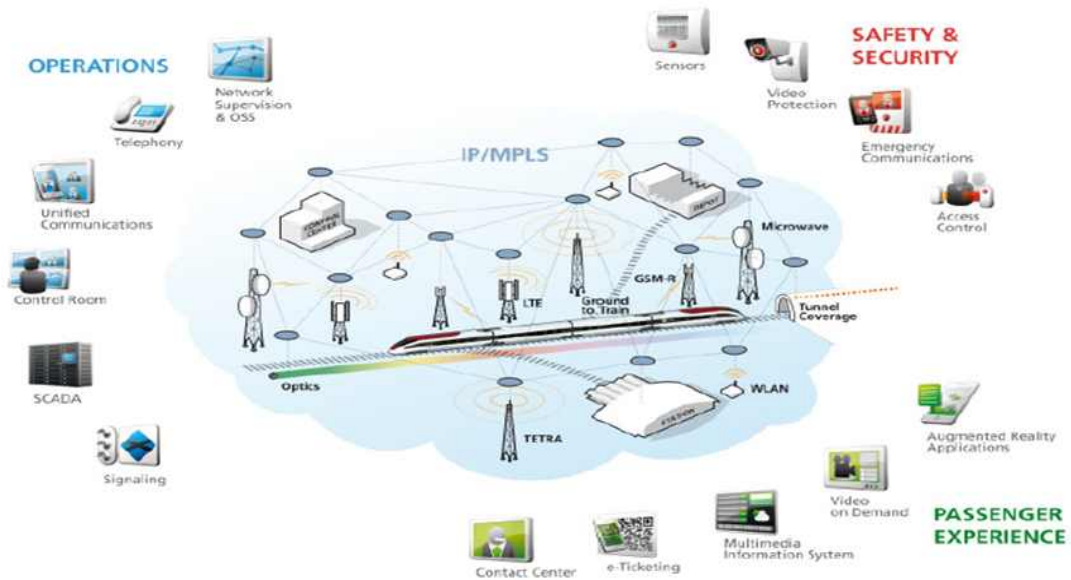


자료: Johann Garstenauer (2010)

[그림 3.14] Nokia Siemens의 LTE 기반 차세대 철도무선망 구축 개념도

3) Alcatel Lucent의 LTE-R 솔루션

Alcatel Lucent는 기본 백홀은 IP/MPLS를 사용하면서 LTE를 포함한 다양한 이기종 네트워크를 수용하고 이를 기반으로 대용량 멀티미디어 서비스를 포함한 운영관리, 안전·보안관리, 승객서비스를 제공하는 차세대 철도무선통신망 구축 비전을 제시하고 있다(Olivier ANDRE, 2010).



자료: Olivier ANDRE (2010)

[그림 3.15] Alcatel Lucent의 차세대 철도무선통신망 구축 비전

Alcatel Lucent는 차세대 철도 무선통신망 구축의 운영관리 효과를 다음과 같이 전망한다.

[표 3.19] 차세대 철도통신망 구축 기대효과 (Alcatel Lucent)

속성	상세 내용
신뢰성	차량 연착 시간 30% 감소, 취소 또는 60분 이상 지연 상황 20% 감소
유지관리	人時(Man-Hour) 10% 감소
인프라 비용	지속적인 모니터링으로 5% 감소
운영관리	5~15% 지연시간 감소
에너지	지속적인 모니터링으로 5~7% 절감사용자가 PTT(Push to Talk)만 누르면 가용 채널을 자동 할당

제 4 절 기술개발의 성공 가능성

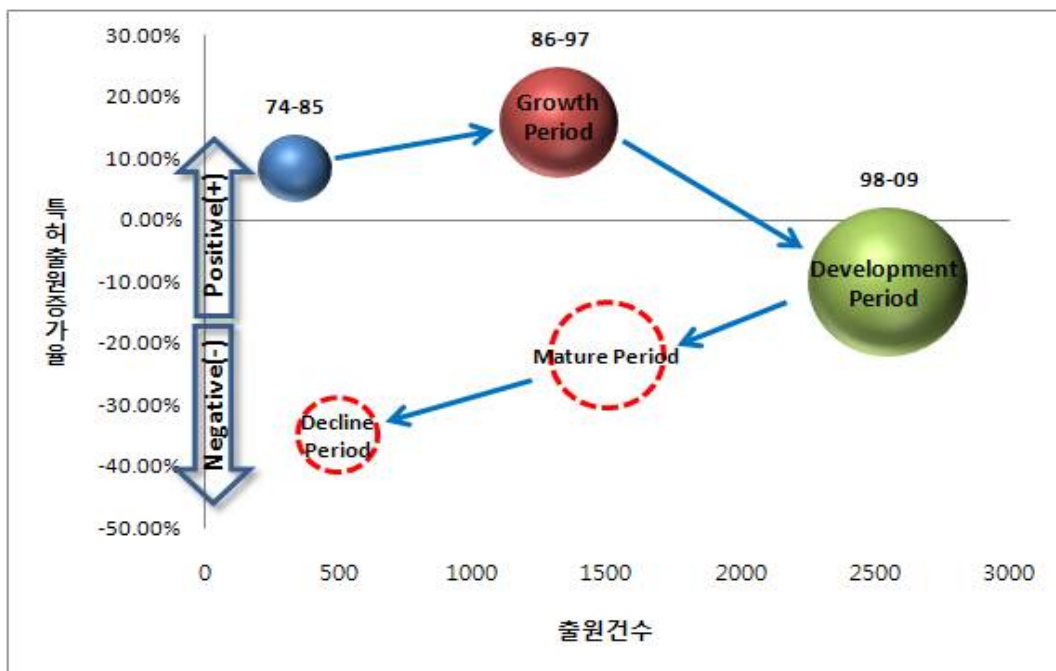
1. 특허분석 자료에 근거한 기술수준

가. 철도분야 신호시스템 특허 분석

1) 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 우선지원 대상 기술에 속하는 것으로 볼 수 있다.



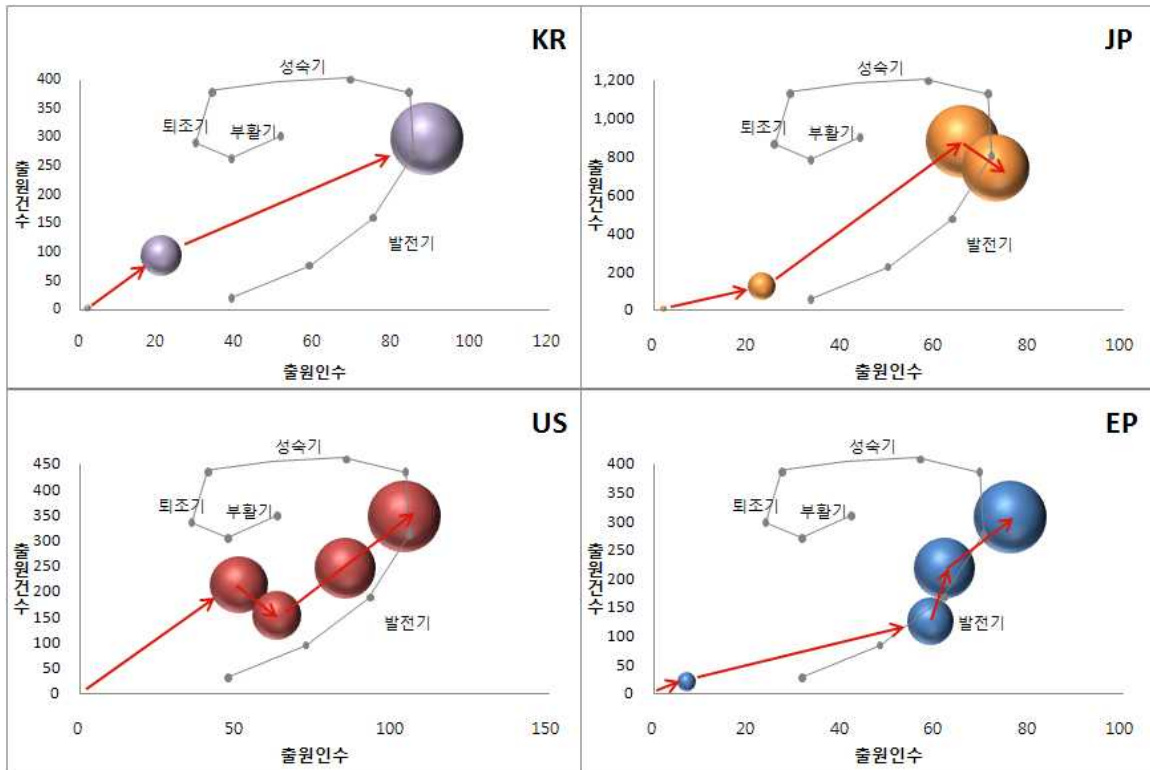
1. 제 1 출원인 기준
2. 분석구간 : 한국, 일본 및 유럽특허 ~2008년(출원연도), 미국특허 ~2009(등록연도)

[그림 3.16] 철도신호시스템 분야의 출원건수

2) 포트폴리오로 본 출원 국가별 기술분야의 위치

[그림 3.17]의 포트폴리오 기본모델에서 철도 신호시스템 분야의 출원건수와 출원인수 변화의 상관관계를 통해 기술의 위치를 파악할 수 있다. 주요 시장국인 한국, 일본, 미국 및 유럽은 지속적으로 신규기업이 진입되어 꾸준한 출원건수가 증가된 것으로 볼 수 있다.

한국특허, 미국특허 및 유럽특허는 성숙기(시장이 성숙되어 몇몇 특정인 또는 특정기업이 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.

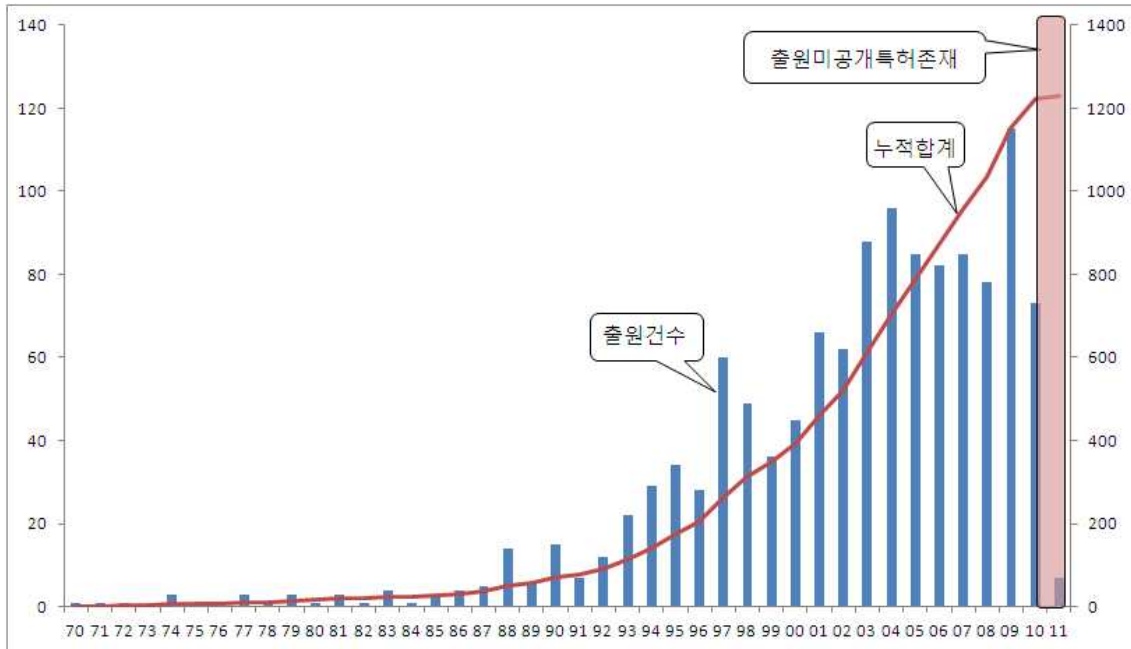


1. 제 1 출원인 기준
2. 분석구간 : 한국, 일본 및 유럽특허 ~2007년(출원연도), 미국특허 ~2008(등록연도)

[그림 3.17] 국가별 출원건수 및 출원인수의 상관관계

나. 철도분야 통신시스템 특허 분석

1) 연도별 출원건수 및 누적 출원건수

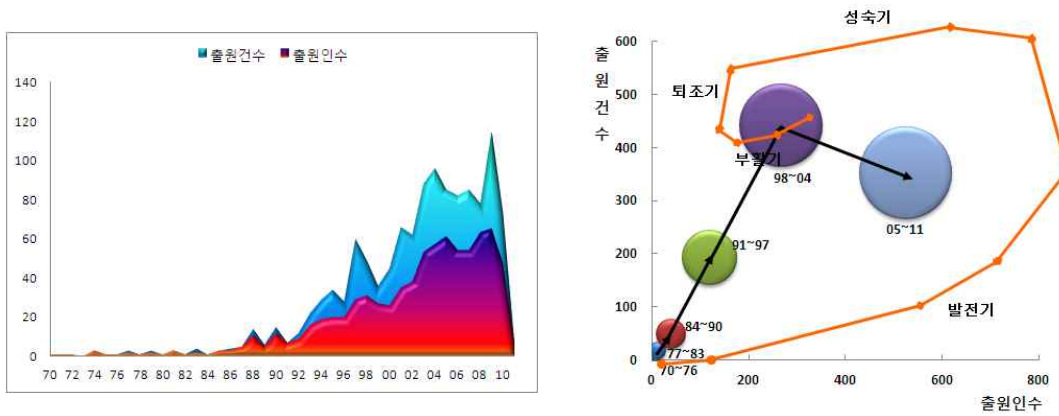


[그림3.18] 전체 연도별 및 누적 출원건수

- [그림3.18]을 참조하면, 국가철도 통합무선제어시스템 분야에 대한 연구는 열차운행이 이루어진 이후 계속 관심을 가져왔으나, 1970년대 이전 연구활동에 대해서는 그 조사 가치가 낮아 제외하였으며, 1970년 이후 전체 연도별 출원건수는 조금씩 증가하고 있으나 1980년대 후반부터 활발한 출원 활동이 계속되고 있다. 다만, 1990년대 말부터 2000년대 초반 국제경제의 침체로 미약한 감소세를 보였으나, 그 이후 경제 회복으로 다시 증가하여 전반적으로 보아 꾸준하게 증가하는 동향을 보이고 있으며 2010년 및 2011년의 감소세는 출원미공개²⁾에 따른 결과로 감소세로 볼 수 없는 것으로 검출되었다.

2) 출원미공개특허존재 : 특허 출원 후 1년 6개월 이후에 공개되는 출원공개제도 때문임. (2010년 4월 이후 및 2011년은 비공개된 특허로 인하여 불완전한 데이터임.)

2) 출원건수 및 출원인수 비교를 통한 포트폴리오



[그림 3.19] 전체 포트폴리오

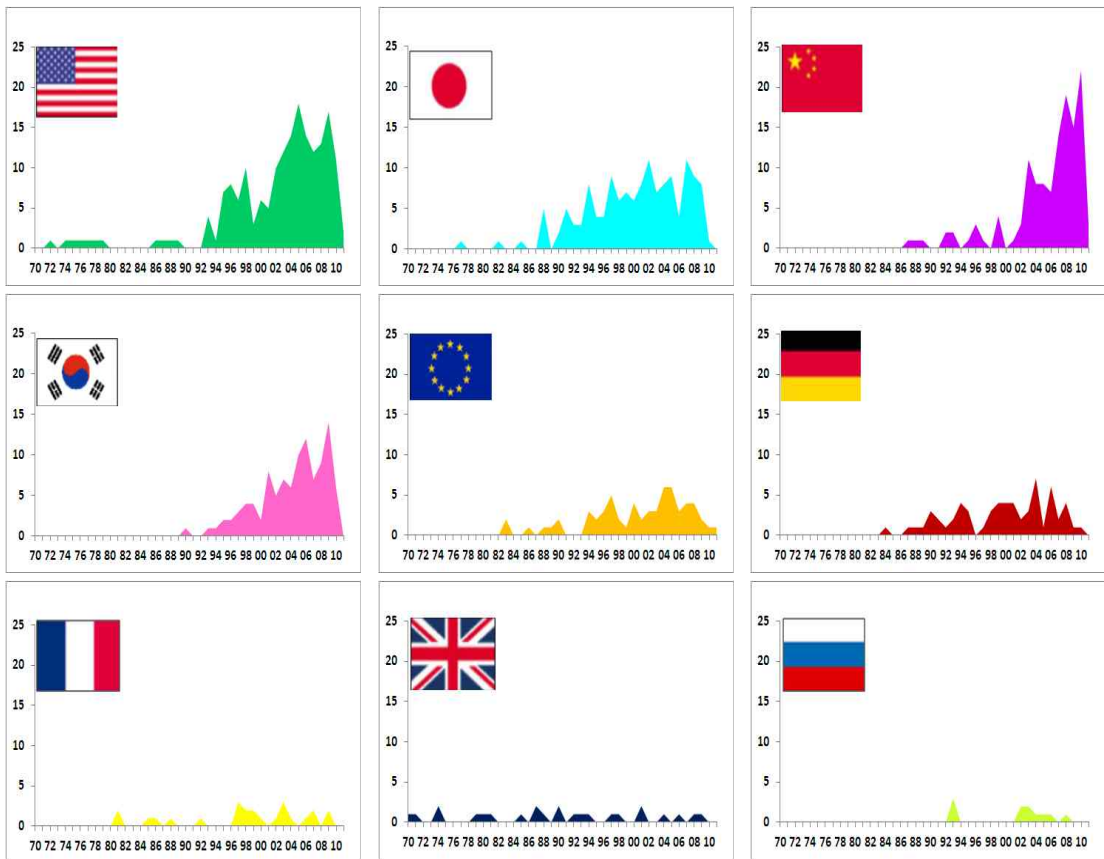
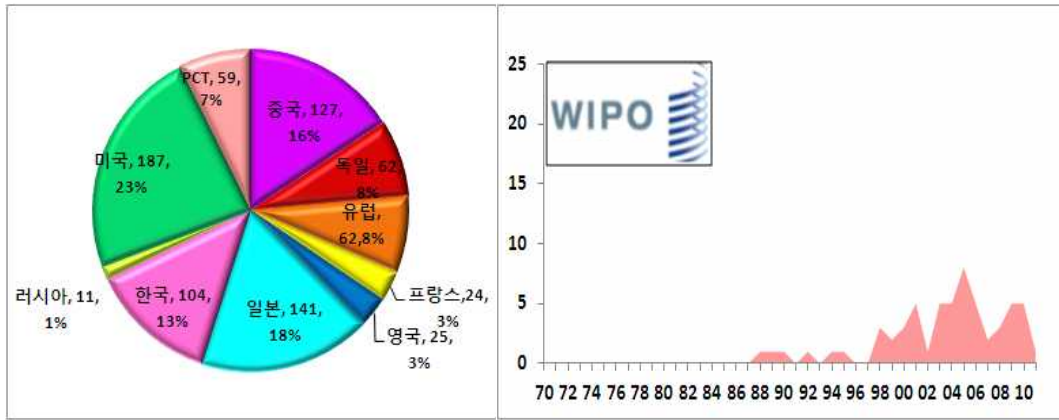
○ [그림 3.19]을 참조하면, 연도별 출원건수 대비 출원인수의 변화를 나타낸다. 보다 구체적으로 살펴보면 1990년대 초반까지는 한명의 출원인당 약 1건의 출원이 이루어졌으나, 1990년대 중반부터는 한명의 출원인당 약 1.5이상으로 출원하고 있는 것으로 보이며, 출원인 수 및 출원건수가 모두 완만한 증가세를 보임에 따라 향후 경쟁이 치열할 것으로 예상된다. 1970년부터 유효구간인 2011년(2010년 4월 이후라도 조기공개된 특허를 포함함)까지를 7년 단위로 5개의 분석 구간을 나누어, 시장 참여자의 변동 현황 및 특허 출원 건수의 변동 현황의 상관관계를 이용하여 거시적인 관점에서 분석함으로써, 현재의 시장 성숙도의 수준을 분석한 결과 정보통신기술 기반 열차운행 안정성 및 열차운영효율성 향상분야는 현재 발전기⁴⁾ 단계인 것으로 판단된다. 즉, 출원건수와 출원인수가 점차적으로 증가하는 것으로 보아 국가철도 통합무선제어 시스템 분야는 각 기업의 기술개발활동이 활발하게 이루어지며, 기술개발에 새로이 참여하는 기업 역시 증가하고 있는 것을 나타낸다.

3) 1구간 : 1970년 ~ 1983년, 2구간 : 1984년 ~ 1990년, 3구간 : 1991년 ~ 1997년, 4구간 : 1998년 ~ 2004년, 5구간 : 2005년 ~ 2011년

4) 본 그래프는 특허출원건수와 출원인수간 상관관계를 통해 기술의 발전, 성숙 및 퇴조단계를 한눈에 파악할 수 있는 기술주이 포트폴리오임

- 발전기 : 출원인수와 특허출원건수가 모두 증가하는 단계로서, 이는 시장선점을 위해 기술개발에 참여하는 기업수가 점차 증가하며 각 기업의 기술개발활동이 활발하게 이루어지는 것을 의미함
- 성숙기 : 기술개발이 포화된 상태로서 이는 시장에 참여하는 기업이 포화상태에 이르며 기술개발활동은 점차 감소하는 현상을 의미함
- 퇴조기 : 사양기술로써 기술개발에 참여하는 기업수와 기술개발활동이 점차 감소하는 것을 의미함
- 부활기 : 새로운 기술의 등장으로 기술개발이 다시 활발해지면서 특허출원수가 증가하는 것을 의미함.

3) 국가별 출원 현황

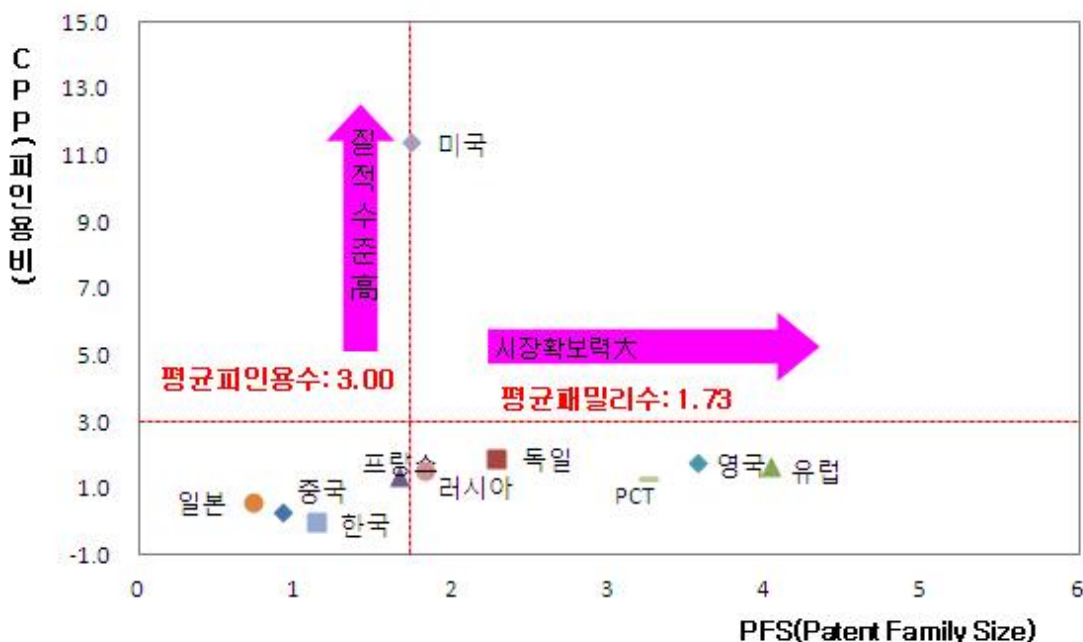


[그림 3.20] 전체 국가별 출원현황

○ [그림 3.20]을 참조하면, PCT를 통한 국제 출원의 현황을 살펴보면, 위와 같이 전체출원 건 중에 약 7%(59건)를 차지하고 있으며, 1980년대에는 미흡하였으나, 1990년대 이후부터 국가철도 통합무선제어시스템 분야에서의 국제간 특허 확보를 위한 활동이 상당히 이루어지고 있고, 국가별 출원현황을 살펴보면, 미국은 187건(약 23%)으로 70년대 초부터 출원활동이 이루어져 1990년대부터 활발한 출원동향을 보이고 있으며, 다음으로 일본은 141건(약 18%)으로 1970년대 중반부터 출원활동이 이루어져 1980년

후반부터 활발한 출원동향을 보이고, 다음으로 중국은 127건(약 16%)으로 1980년대 후반부터 출원활동이 이루어져 2002년 이후 아주 활발한 출원 활동이 이루어진다. 중국 다음으로는 한국, 유럽, 독일, 영국, 프랑스 및 러시아 순으로 나타났으며, 한국은 1990년 초반이후 들어 활발한 출원 활동을 보이고 있고, 유럽은 1980년대 중반부터 출원이 이루어져, 1990년대 이후 많은 출원 동향을 보이고, 유럽 국가 중에서 독일이 상대적으로 활발한 출원 동향을 보이고 있으며, 프랑스는 1980년대부터 출원 동향을 보이고 있으나, 영국은 1970년대부터 꾸준한 출원 동향을 보이며, 러시아는 2000년대에 출원 동향을 보이는 것으로 검토 되었다.

4) 국가별 특허수준 및 시장확보력



[그림 3.21] 전체 국가별 특허수준 및 시장확보력

- [그림 3.21]을 참조하면, 특허의 피인용수(CPP)⁵⁾ 및 Family 특허의 수(PFS)⁶⁾를 통해, 국가별 특허의 질적 수준과 시장 확보력을 분석한 결과 미국은 특허의 질적 수준이 다른 나라에 비해 높은 편이나 이는 미국에서의 출원 공개가 2002년 중반부터 본격적으로 시작되어 2003년 이전에는 등록특허 중심으로 검색되어 전체적으로 피인용수가 압도적으로 높으며, 시장확보력 또한 평균 수준에 이르고 있고 유럽, 영국, 독일

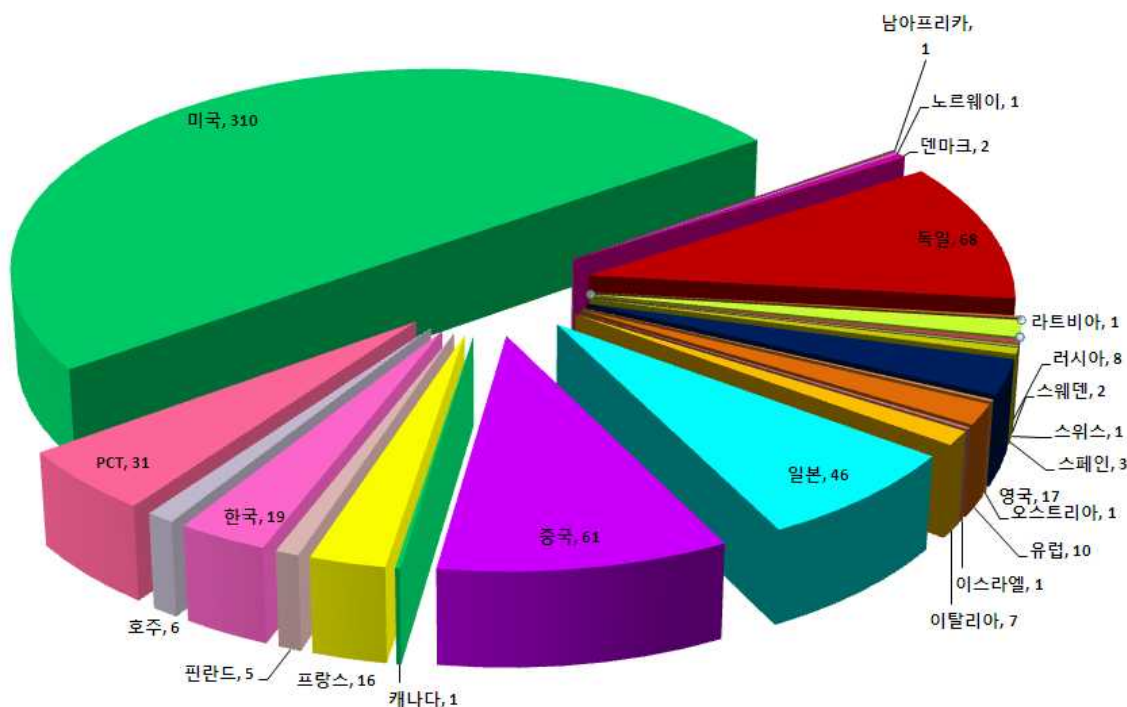
5) CPP = 등록특허의 피인용 횟수/등록특허 건수, CPP값이 클수록 질적 수준이 높은 핵심특허 또는 원천특허를 많이 보유하고 있을 가능성이 높다고 판단.

6) 한 발명에 대해 각 국가마다 출원된 특허를 Family patent라 하며, Family Patent수가 많을 때에는 특허를 통한 시장성이 크다고 판단되어 이를 시장확보력의 지표로 사용.

$PFS = \frac{\text{해당출원인(소유권자) 평균 Patent Family 수}}{\text{전체평균 Patent Family 수}}$

및 러시아는 미국의 수치가 높은 이유로 평균 피인용수에 이르지 못하나, 비교적 상당한 기술수준을 가지고 있으며, 시장 확보력 면에서도 여러 국가에 출원되어 비교적 높은 수준으로 검토되었다. 프랑스, 일본, 중국 및 한국은 특허의 질적 수준면에서 특허의 평균 피인용수가 상대적으로 낮은 것으로 자국내에서는 인용문헌으로 참조하는 경우가 많은 것으로 이는 기술의 질적수준이 낮은 측면이 있으나, 언어적인 문제도 고려할 부분이며, 시장확보력면에서는 수출보다는 자국내의 철도산업에 이용되는 경우가 많아 상대적으로 낮은 것으로 판단되어 진다.

5) 전체 우선권 점유율



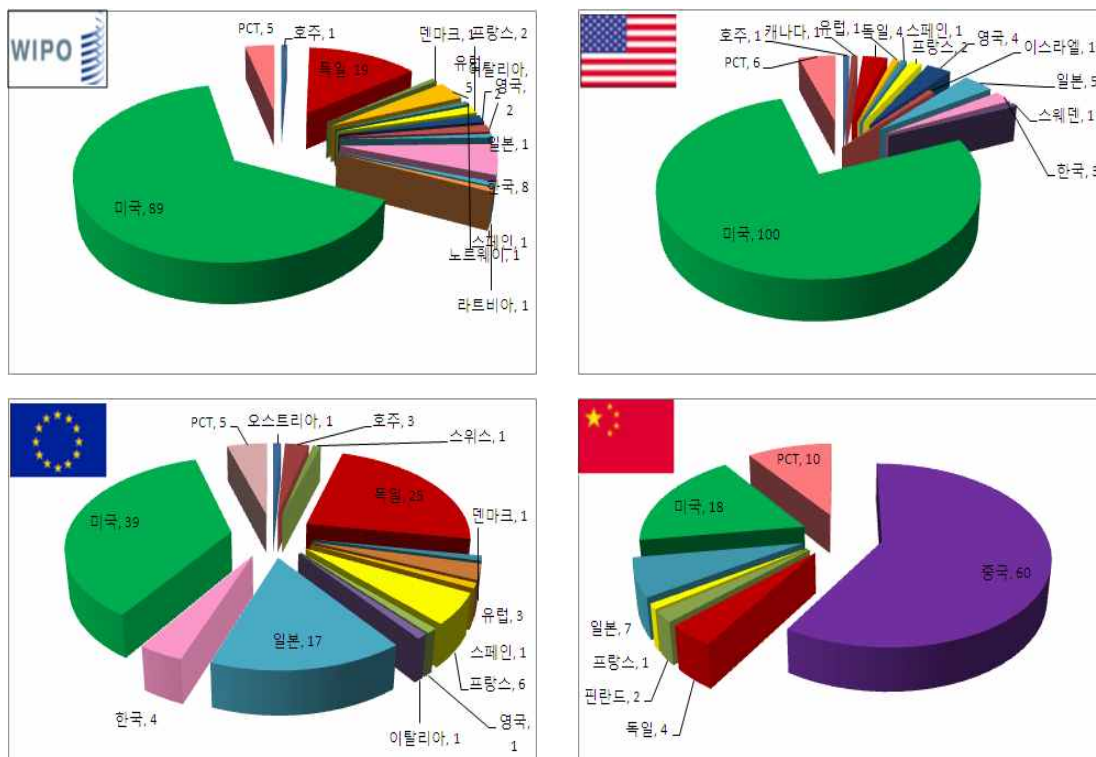
[그림 3.22] 전체 우선권 점유율

○ 우선권 국가를 추적함으로써 해당 특허의 원출원국을 알 수 있으므로, 전체 특허에 대한 각 국가별 우선권 점유율의 순서는 각국의 기술 개발이 활발한 정도의 순서라고 볼 수 있고○ Total Patent DB와 Focust DB에서 추출된 1235건의 유효데이터 중 우선권이 존재하는 618건의 추이를 분석한 결과 위의 그림과 같다. 전체 대상 우선권 보유특허 중 미국이 310건, 독일이 68건, 중국이 61건, 일본이 46건 등으로 원천적인 주요 기술의 확보면에 있어서도 미국이 높으며, 독일, 중국, 일본의 순으로 기술 개발이 가장 활발함을 알 수 있으며, 다만 중국의 경우에는 후발 국가임에도 불구하고, 우선권점유율이 비교적 높아 주목할 만하다.

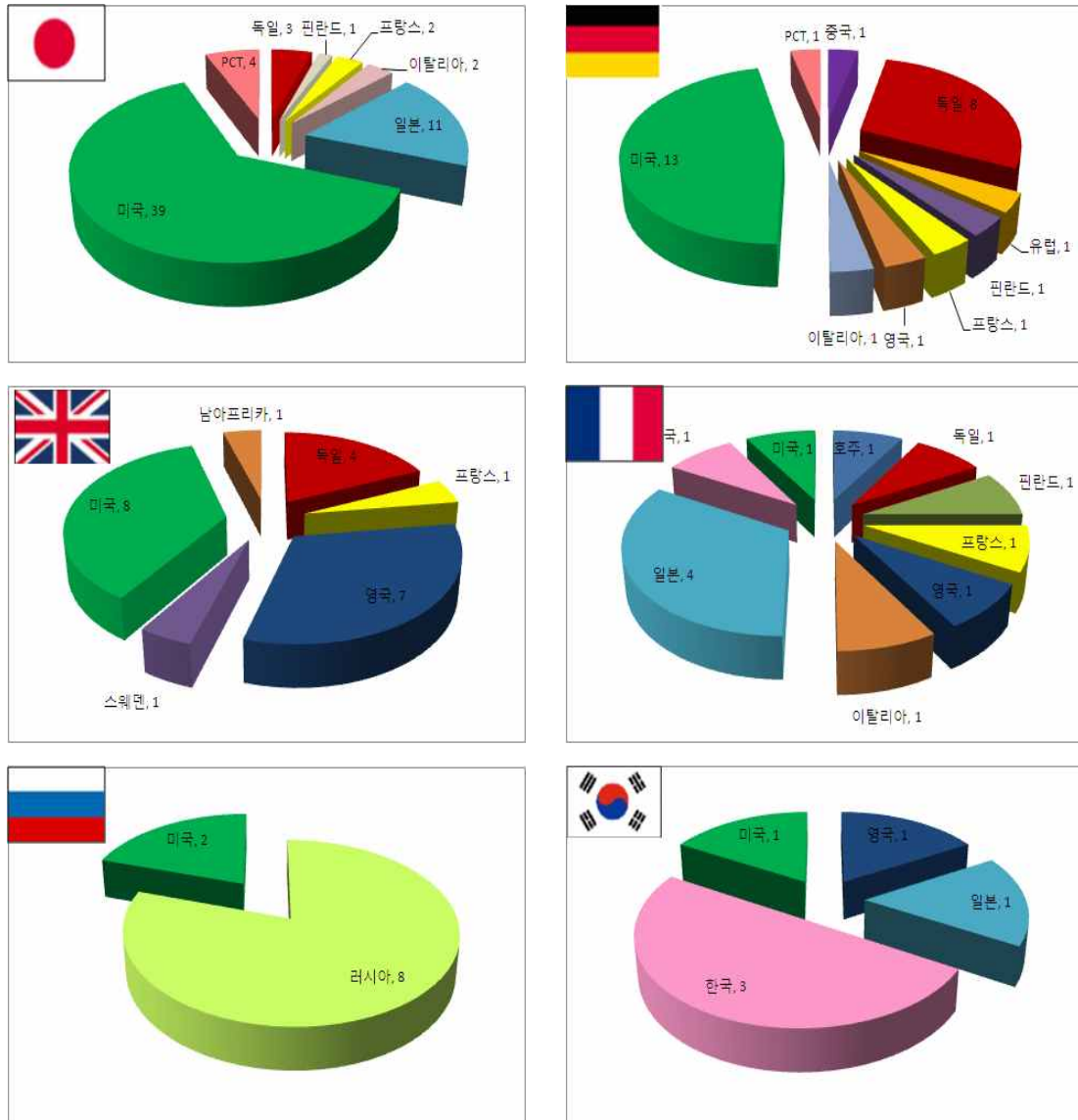
- PCT 출원이 31건으로 그 뒤를 따르고 있으며, 한국의 경우는 19건이며, 영국 17건, 프랑스 16건, 유럽 10건의 순으로 나타남

6) 국가별 우선권 점유율

- 국가별 우선권 점유율을 분석하면 실질적으로 어느 나라에서 관련분야에 대한 원천기술 확보를 위한 연구가 활발히 진행되는지를 알 수 있으며 각국의 관련 기술이 발전된 정도를 가늠해 볼 수 있음.



- Total Patent DB와 Focust DB에서 추출된 1235건의 유효데이터 중 우선권이 존재하는 618건의 추이를 분석한 결과 [그림 3.23]과 같이 나타나고, 우선 PCT 출원특허의 우선권 국가는 미국, 독일, 한국, 유럽 등의 순으로 다양함을 알 수 있으며, 특히 미국이 자국의 우선권에 기초하여 국제출원을 많이 하고 있으며, 독일에 이어 한국 또한 PCT 출원이 많이 이루어지고 있음이 나타낸다. 미국 출원 특허의 우선권 국가는 미국, PCT, 일본, 독일, 영국 등으로 다양함을 알 수 있으며, 특히 자국의 우선권이 100건으로 가장 많은 것으로 나타났는데, 이는 역시 미국 내에서의 관련연구가 활발하게 진행되고 있기 때문인 것으로 분석되어진다. 유럽 출원 특허에서의 우선권 국가는 미국 39건, 독일 23건, 일본 17건으로 상위를 차지하고 있으며, 그 외에도 철도관련산업이 풍부한 유럽에서의 특허권의 확보를 위한 다양한 국가의 우선권 주장이 경쟁이 많은 것으로 보여진다.



[그림 3.23] 전체 국가별 우선권 점유율

○ 중국 출원 특허에서는 102건의 우선권 중 자국 비중이 60건으로 가장 많이 나타나 자국내의 기술을 기반으로 한 이용발명이 많이 이루어지고 있으며, 이는 전체 우선권 점유율에서 61건 중 자국 출원에서의 우선권이 60건으로 상위를 차지한 것으로 기술 수준의 면에서 그 중요성이 낮아지고 일본 출원 특허에서는 62건의 우선권 중 미국이 39건으로 높은 비중을 차지하고 있으며, 자국 비중이 11건으로 미국 이외의 국가 중에서 가장 많이 나타났으며, 이는 관련 연구가 자국 내에서도 활발하게 진행되고 있기 때문인 것으로 판단되고, 유럽의 국가들이 그 뒤를 따르고 있다. 독일 출원 특허에서는 28건의 우선권 중 역시 미국 13건, 자국 비중이 8건, 그 외의 국가는 1건으로서, 이는 관련 연구가 자국 내에서도 활발하게 진행되고 있기 때문인 것으로 판단된다.

- 영국 출원 특허에서는 22건의 우선권 중 미국 8건, 영국 7건, 독일 4건 및 스웨덴과 프랑스 및 남아프리카공화국이 1건으로서 비교적 자국의 우선권 점유율이 비교적 높아 자국 내에서도 연구가 활발하게 진행되고 있고, 프랑스 출원 특허에서는 12건의 우선권 중 일본 4건, 그 외 국가는 1건으로서 일본이 비교적 높은 수준의 우선권을 점유하고 있으며, 러시아 출원 특허에서는 자국이 상당부분을 차지하고 있는 것으로 이는 “기관사 인지 능력”과 관련한 분야로 한정된 결과로 보인다. 한국 출원 특허에서는 전체 6건의 우선권 중 한국 3건, 미국과 영국과 일본이 각각 1건으로서, 본 연구 분야와 관련하여 한국에 대한 철도 선진국들의 출원이 미진한 상태인 것으로 판단되어 진다.

7) 국가별 평균점유율 및 평균증가율



[그림 3.24] 전체 국가별 평균점유율 및 평균증가율

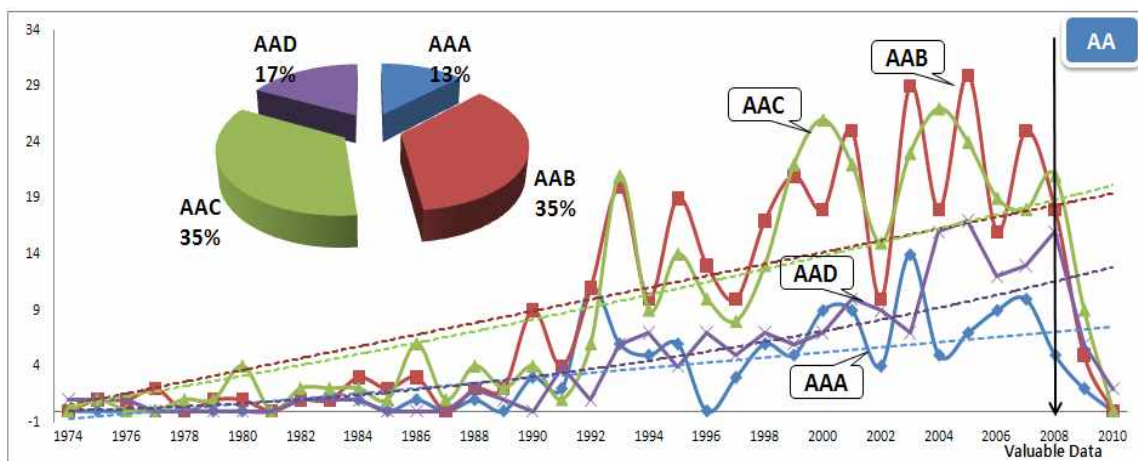
- [그림 3.24]를 참조하면, 국가별 평균 특허점유율과 평균 특허증가율을 분석한 결과 그림 과 같이 나타났으며, 평균증가율의 계산은 기하평균을 사용하였으며, 평균 점유율은 산술평균을 사용하여 계산하였고, 특허점유율은 미국과 일본이 상대적으로 많은 수를 차지하고 있어, 장기간 동안 다수의 출원이 이루어져 온 것을 알 수 있으나 특허증가율이 높은 수준이 아닌 것으로 보아 출원수가 감소하거나 유지되는 것으로 보이며, 중국과 한국 등은 특허 증가율이 상대적으로 높아 출원이 급증하고 있는 것으로 나타나며 그 결과 특허점유율도 많이 향상된 것으로 보인다.

2. 세부기술별 특허동향

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

가. 자동열차감시(ATS) 분야

ATS(Automatic Train Supervision, AA) 분야는 지속적으로 기술이 개발되는 분야로 나타난다. ATS(Automatic Train Supervision, AA) 분야의 소분류인 열차운행계획(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.



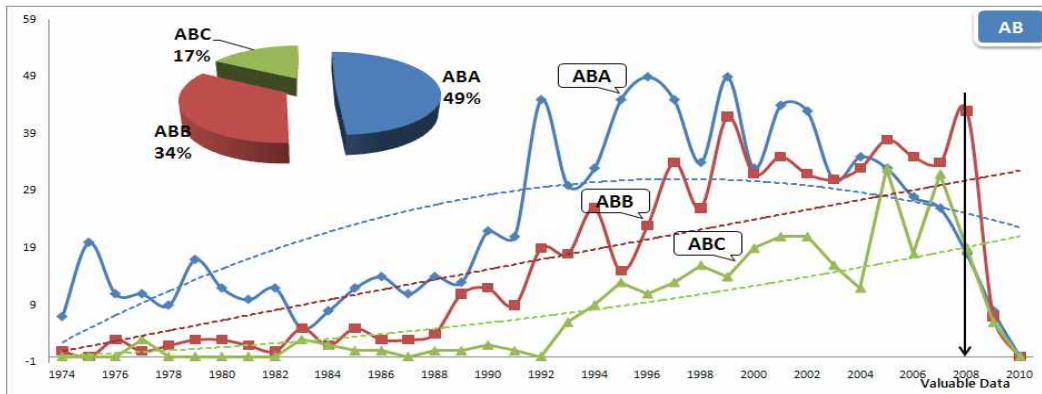
[그림 3.25] 철도분야 신호시스템 기술 국가별 특허출원 동향

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

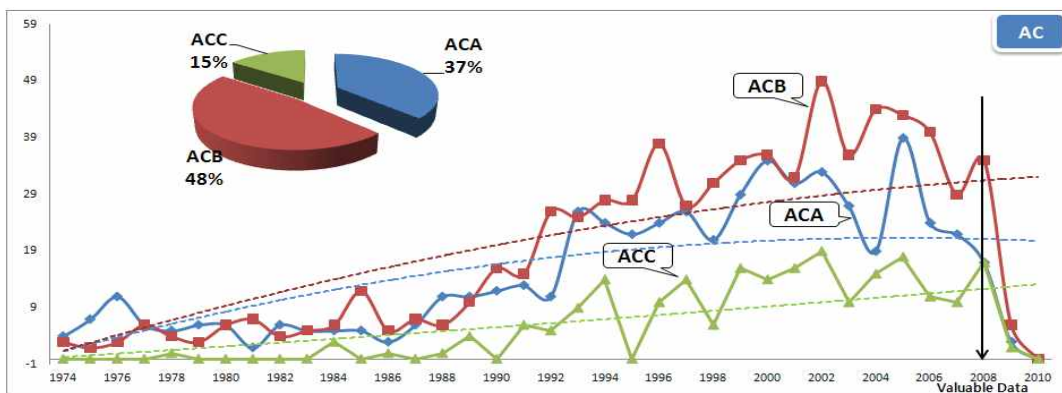


[그림 3.26] 국내 신호제어 분야 연도별 특허 출원건수

다. 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.

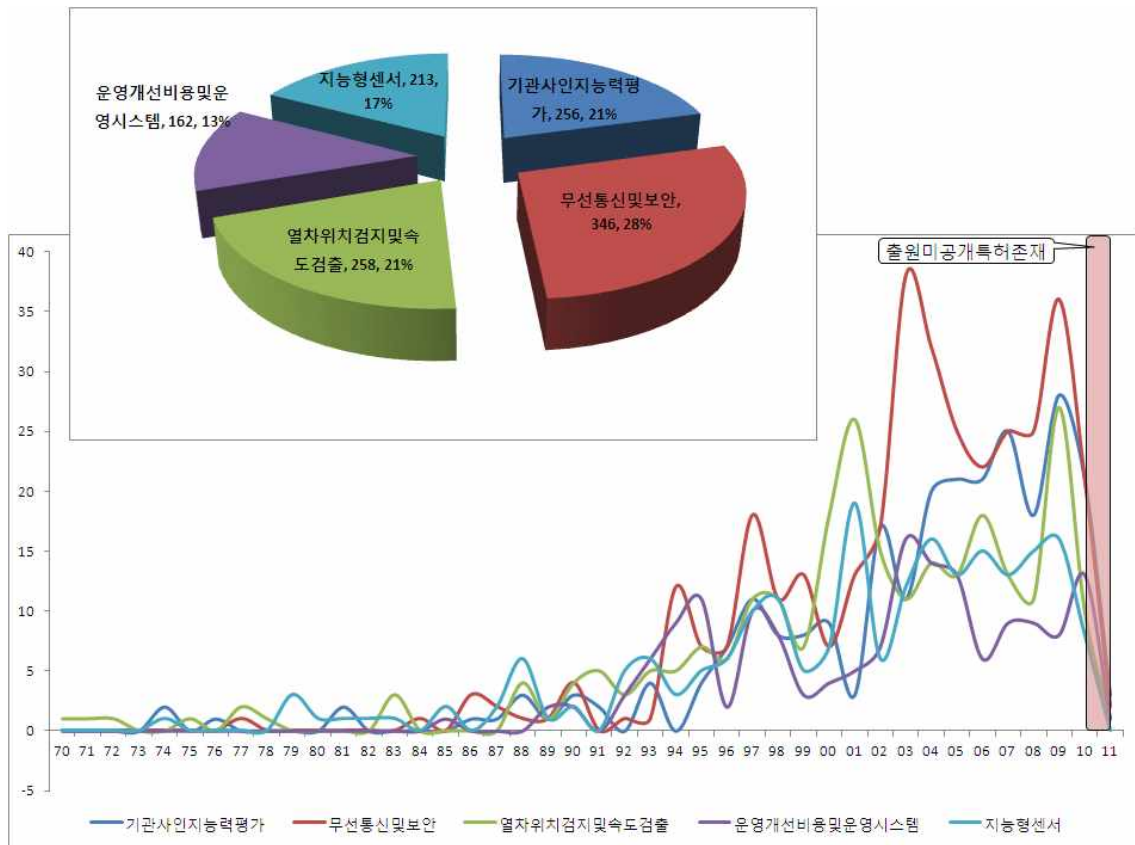
다만, 진로설정(ACA) 분야는 최근 특허출원 추세가 진로처리(ACB) 및 진로감시(ACC)에 비해 활발하지 못하고 특허출원 역시 일정 건수를 유지하는 것으로 나타나 발전기를 지나 성숙기에 접어들고 있는 기술 분야로 예측할 수 있다.



[그림 3.27] 국내 진로제어 분야 연도별 특허 출원건수

라. 통신 시스템 및 응용 기술

1) 기술별 연도별 출원동향

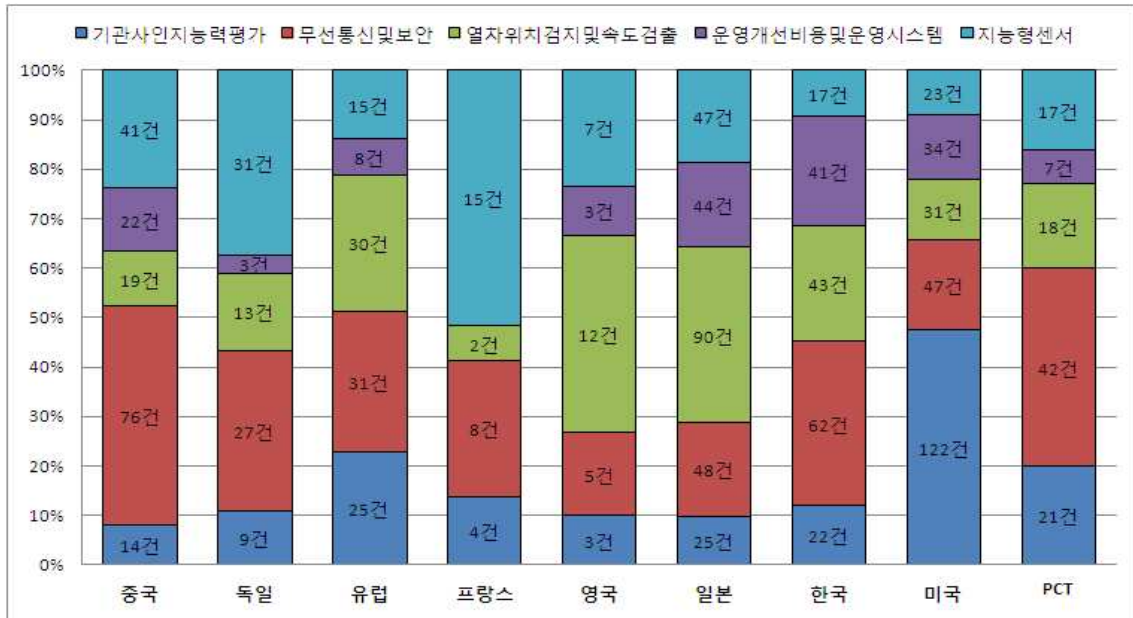


[그림 3.28] 전체 기술별 연도별 출원동향

- [그림 3.28]을 참조하면, 국가철도 통합무선제어기술을 열차와 지상간 무선통신 및 보안, 지능형 센서를 이용한 시설물, 열차 위치검지 및 속도 검출, 기관사 인지능력 평가, 열차운영 개선 비용 및 운영시스템 연구 분야로 분류하여 연도별 출원동향을 살펴본 결과 위와 같이, 열차와 지상간 무선통신 및 보안 분야가 346건(약 28%)으로 가장 많이 출원되었고, 그 다음으로 열차 위치검지 및 속도 검출 분야가 258건(약 21%), 기관사 인지능력 평가 분야가 256건(약 21%), 지능형 센서를 이용한 시설물 분야가 213건(약 17%)으로 뒤를 잇고 있으며, 열차운영 개선 비용 및 운영시스템 연구 분야는 162건(약 13%)으로 나타나고 있으며, 열차와 지상간 무선통신 및 보안 관련기술은 1984년 이후 출원이 미약하게 이루어지다가 1994년 이후 출원 건수가 급증한 후 2000년에 다소 출원이 줄었던 것을 제외하고는 2001년 이후, 특히 2003년 및 2004년에 피크로 꾸준히 높은 수준의 출원건수를 유지하고 있다.
- 지능형 센서를 이용한 시설물 관련 분야는 1979년 이후 출원이 미약하게 이루어지다가 1995년 이후 출원 건수가 증가하였으나 1999년과 2000년에 다소 출원이 줄었던 것

을 제외하고는 2001년 이후로는 일정수준의 출원 건수를 유지하고 있다.

2) 국가별 기술 분포 현황

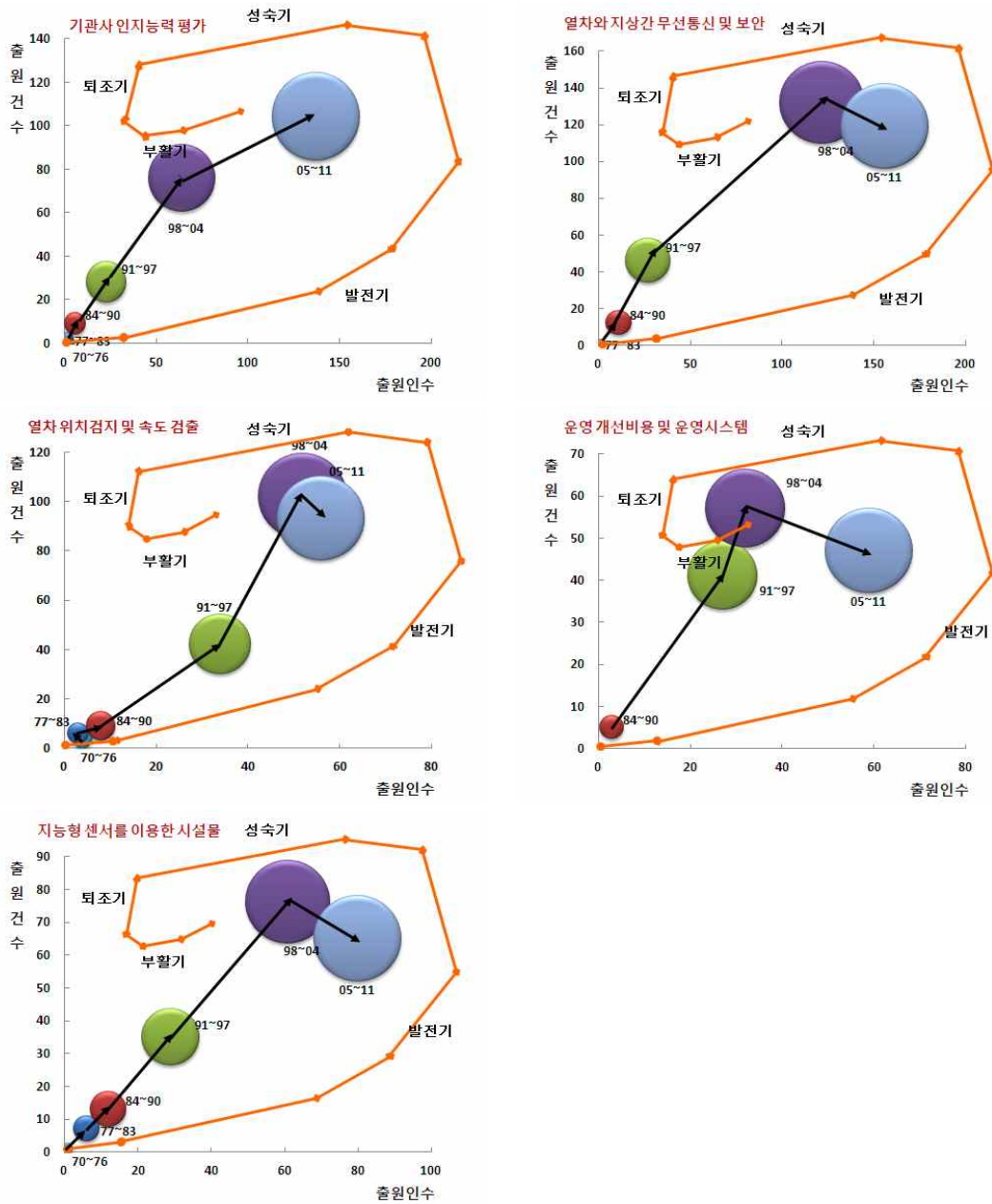


[그림 3.29] 전체 국가별 기술 분포 현황

- [그림 3.29]와 같이, 국가별 기술 분포 현황을 살펴보면, 기술 분야별로는 기관사 인지능력 평가 분야는 미국에서의 출원이 가장 활발한 것을 나타냈으며, 다음으로 유럽과 일본 및 한국에서의 출원이 많으며 국제 출원의 수도 상당한 것으로 나타나고 있으며, 열차와 지상간 무선통신 및 보안 관련기술 분야는 최근 고속전철사업으로 활발한 연구가 이루어지고 있는 중국에서의 출원이 가장 활발한 것으로 나타났으며, 다음으로 통신관련 기술과 시장이 큰 한국이며, 그리고 일본, 미국, 유럽, 독일 등의 순으로 이 분야에 대해서는 전체 국가들의 연구가 활발하며 국제출원 또한 최대인 것으로 나타나다. 열차 위치검지 및 속도 검출 분야는 일본이 상당히 높은 출원수를 보이고 있으며, 한국과 미국 및 유럽 또한 이 분야에 대한 출원이 활발한 경향을 보이며, 국제출원의 수도 상당하다. 열차 운영개선 비용 및 운영시스템 연구 분야는 일본과 한국, 미국, 중국에서 출원이 활발하고, 상대적으로 유럽국가들의 출원이 미비한 특징이 있으며, 자국내의 열차 운영과 관련되어 국제 출원의 수도 다소 미비하다.
- 지능형 센서를 이용한 시설물 관련 분야는 센서기술이 발달한 일본과 최근 고속전철사업이 활발한 중국에서 특히 활발한 출원을 보이고, 다음으로 독일, 미국, 프랑스 등의 순서로 출원이 많이 이루어지고 있다.
- 중국은 열차와 지상간 무선통신 및 보안 관련기술 분야에 상당히 높은 출원수를 보이고, 지능형 센서를 이용한 시설물 분야에 높은 출원수를 가지나, 기관사 인지능력 평

가 분야가 낮으며, 유럽은 열차와 지상간 무선통신 및 보안 분야와 열차 위치검지 및 속도 검출 분야에서 높은 출원수를 보이며, 다음으로 지능형 센서를 이용한 시설물 분야에 출원이 상당하나 열차 운영개선 비용 및 운영시스템 연구 분야가 낮게 나타난다. 한국은 열차와 지상간 무선통신 및 보안 관련기술 분야에 상당히 높은 출원수를 보이며, 열차 위치검지 및 속도 검출 분야와 일본과 더불어 열차 운영개선 비용 및 운영시스템 연구 분야에 높은 출원수를 보이며, 독일은 열차 위치검지 및 속도 검출 분야를 제외하고 다른 유럽 국가들에 비해 높은 출원수를 보이며, 특히 지능형 센서를 이용한 시설물 분야에 대한 출원수가 높게 나타난다. 프랑스는 지능형 센서를 이용한 시설물 분야는 높으나 열차 운영개선 비용 및 운영시스템 연구 분야가 공백 기술로 나타났으며, 영국은 전체 출원수는 비교적 적으나 전체 기술 분야 별로 골고루 출원하고 있는 경향을 가지는 것으로 분석되었다..

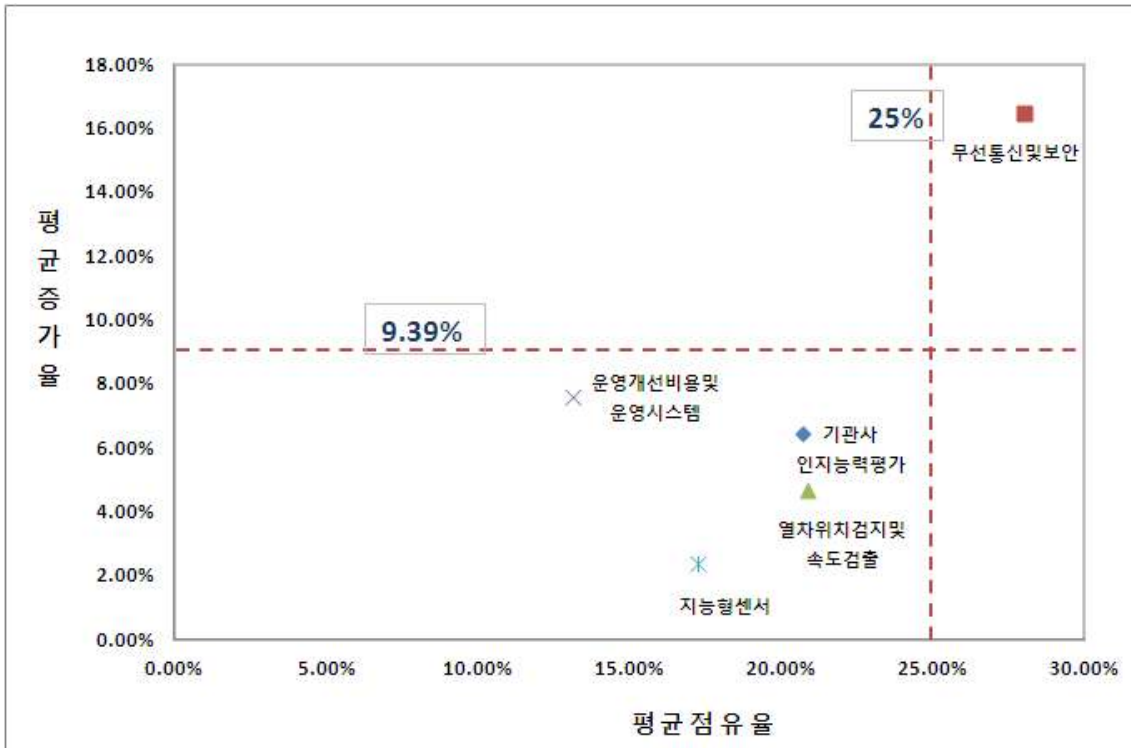
3) 기술별 포트폴리오



[그림 3.30] 전체 기술별 포트폴리오

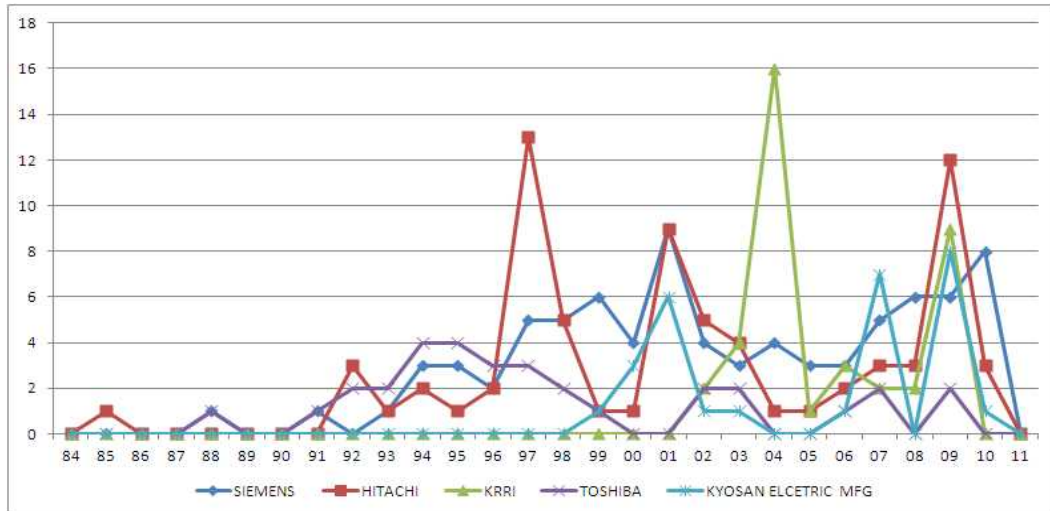
○ [그림 3.30]을 참조하면, 국가철도 통합무선제어 기술개발 분야의 기술별 시장 성숙도의 수준을 분석한 결과, 기관사 인지능력 평가 관련기술은 발전기에 해당하고, 열차와 지상간 무선 통신 및 보안 관련기술, 열차 운영개선 비용 및 운영시스템 관련기술, 지능형 센서를 이용한 시설물 관련기술은 2005년에서 2011년의 출원건수가 1998년에서 2004년까지의 출원수보다 적으나, 이는 2010년 4월까지 공개된 데이터로 2010년 후반기와 2011년을 포함한다면 역시 발전기에 해당하는 것으로 판단된다.

4) 기술별 평균점유율 및 평균증가율



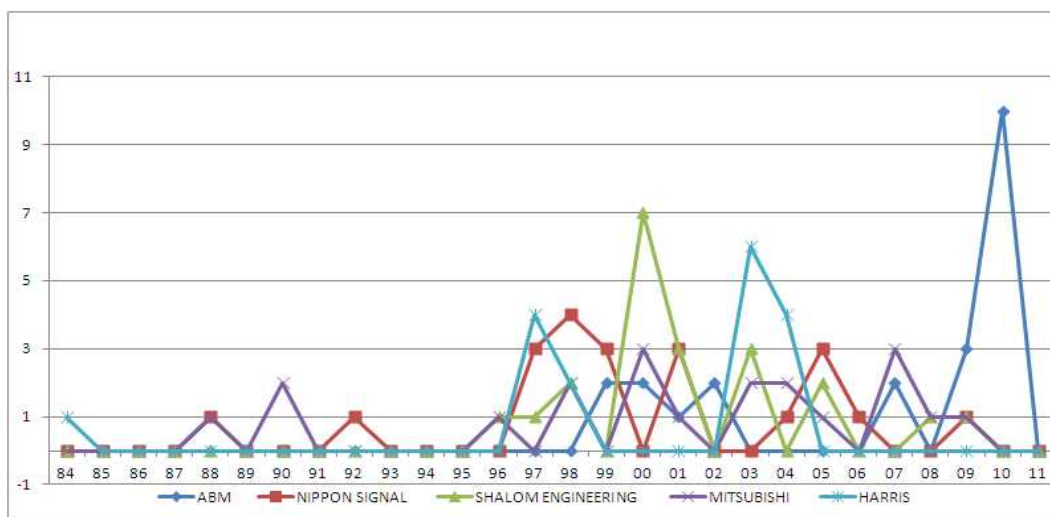
[그림 3.31] 전체 기술별 평균 점유율 및 평균증가율

- 각 기술분야의 평균 특허증가율 및 평균 점유율은 [그림3.31]에 나타난 것과 같이 열차와 지상간 무선통신 및 보안 분야는 평균이상의 특허 증가율을 보이고 있으며, 열차 운영개선 비용 및 운영시스템 분야와 기관사 인지능력 평가 분야와 열차 위치검지 및 속도 검출 분야 및 지능형 센서를 이용한 시설물 분야도 전체 평균 증가율보다는 낮으나 꾸준히 증가하고 있는 경향을 보이고 2010년과 2011년의 미공개 특허를 감안한다면 증가율은 더욱 높을 것으로 판단되고, 평균점유율에 있어서도 열차와 지상간 무선통신 및 보안 분야가 평균보다 높으며, 열차 위치검지 및 속도 검출 분야와 기관사 인지능력 평가 분야가 비교적 높은 점유율을 차지하고 있으며, 열차 운영개선 비용 및 운영시스템 분야는 연구에 따른 출원이 비교적 최근에 발생된 분야로서 낮은 경향을 보인다.
- SIEMENS가 82건으로 가장 많은 출원을 하고 있으며, 그 다음으로는 HITACHI가 75건, KRRI가 39건, TOSHIBA는 32건 등의 순으로 나타남.



[그림 3.32] 전체 주요출원인별 연도별 출원건수 -1

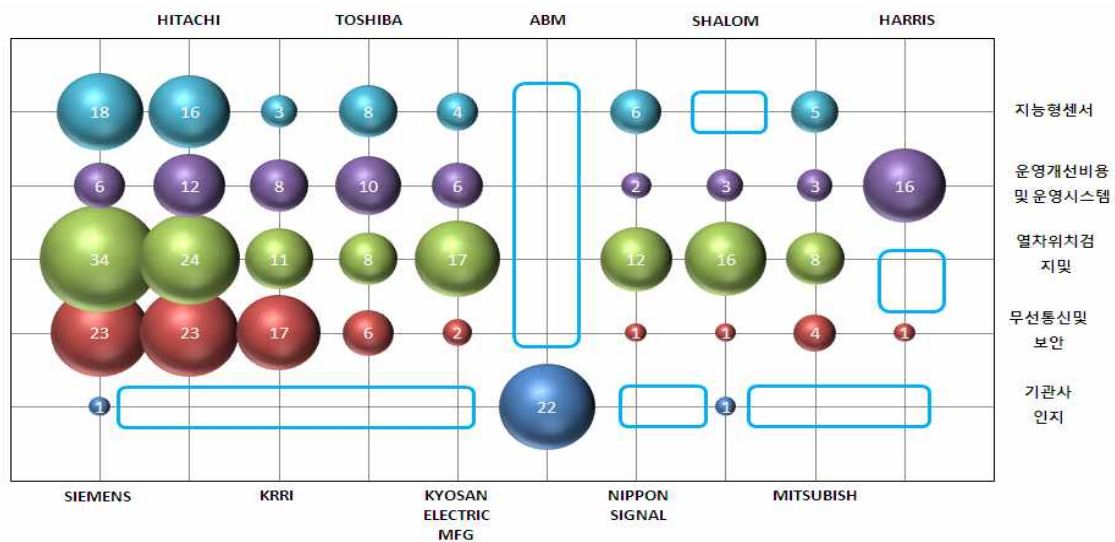
○ [그림 3.32] 전체 주요출원인별 연도별 출원건수 -1]를 참조하면,SIEMENS는 1988년에는 1건의 관련 특허를 출원한 이래 서서히 증가하다가 2000년을 제외하고 1990년 후반부터 증가하여 2001년 9건의 피크를 출원한 후 감소하였으나 2010년 8건으로 미공개된 건을 감안한다면 최근 연구가 다시 활발히 이루어지고 있으며 HITACHI는 1985년에 출원한 적이 있으나, 1992년부터 꾸준히 출원하고 있으며, 특히 1997년 13건으로 출원수가 최대였으나 1999년에 다시 감소하였으나, 2001년부터 회복하여 2009년 12건으로 꾸준히 연구가 이루어 진다. KRRI는 2000년 이후 특히 2004년 16건으로 최대출원수를 기록하고, 2005년 1건으로 감소하였으나, 2009년 9건으로 다시 연구가 활발히 이루어지고 있으며, TOSHIBA는 1988년 이래 전체적으로 꾸준히 연구하고 있으나 최근 감소하는 경향이 보인다.



[그림 3.33] 전체 주요출원인별 연도별 출원건수 -2

○ [그림 3.33] 전체 주요출원인별 연도별 출원건수 -2]를 참조하면, ABM은 1999년 이후 출원이 이루어지고, 2009년 3건, 2010년 10건의 출원수로 최근 연구가 활발하며, NIPPON SIGNAL은 1990년 후반에 출원이 상대적으로 많은 편이나 최근 미진한 편이며, SHALOM은 1996년 이래 출원한 후 2000년에 활발하였으나 최근 낮은 경향을 보이며, MITSUBISHI는 1988년부터 일찍 연구가 이루어졌으나, 출원수가 미미하며, HARRIS는 1990년대 후반과 2003년 및 2004년에 확연히 많은 출원을 한 경우를 제외하고 출원수가 낮아지는 경향을 가진다.

5) 주요출원인별 집중분야 및 공백기술



[그림 3.34] 전체 주요출원인별 집중분야

○ [그림 3.34]를 참조하면, 주요출원인들의 집중분야를 살펴본 결과 위와 같이, 기관사 인지능력 평가 분야에는 ABM사가 활발한 출원 활동을 하고 있으며, 다른 주요출원인들은 거의 출원수가 없는 분야에 해당하고 열차와 지상간 무선통신기술 및 보안 분야에는 SIEMENS와 HITACHI 및 KRRI가 높은 출원수를 보이고, 다음으로 TOSHIBA, MITSUBISHI이며, NIPPON SIGNAL와 SHALOM 및 HARRIS는 저조한 출원수를 보인다. 열차 위치 검지 및 속도 검출 분야에는 SIEMENS가 최대 출원수를 보유하고 있으며, 다음으로 HITACHI, KYOSAN ELECTRIC MFG, SHALOM, NIPPON SIGNAL, KRRI 등의 순이며, HARRIS와 ABM는 출원이 미비한 수준으로 보인다. 열차 운영개선 비용 및 운영시스템 연구 분야에는 HARRIS가 높은 수준의 출원수를 보이며, 다음으로 HITACHI와 TOSHIBA가 많은 출원수를 보이며, 이 분야에 대해서는 ABM를 제외한 대부분의 주요출원인들이 저조한 출원수이지만 조금씩 연구가 이루어짐으로 분석된다.

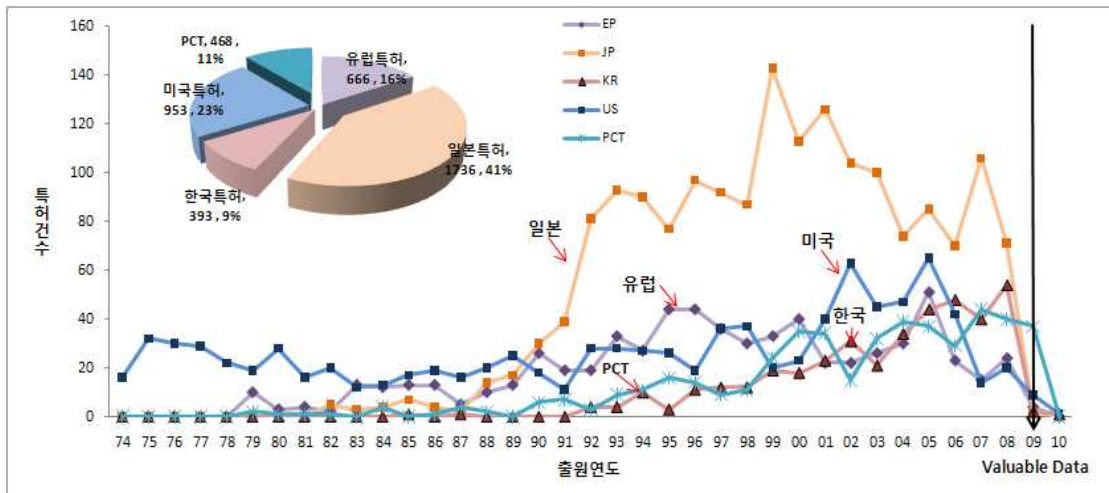
3. 주요시장국 세부기술별 특허동향

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.



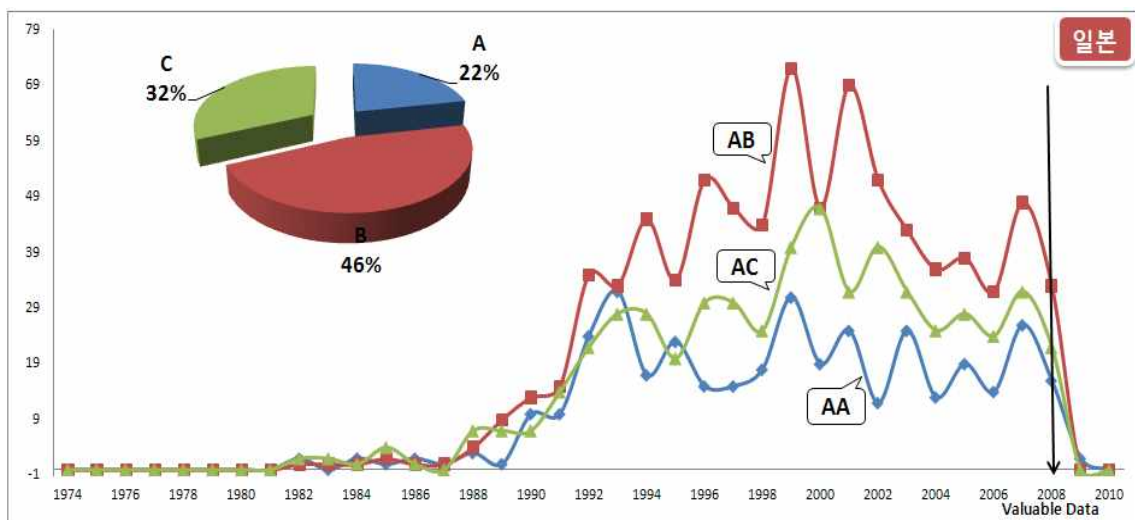
1. 제 1 출원인 기준
2. 분석구간 : 한국, 일본, 미국, 유럽 및 PCT특허 ~2009년

[그림 3.35] 철도분야 신호시스템 기술 국가별 특허출원 동향

나. 주요시장국 특허 동향

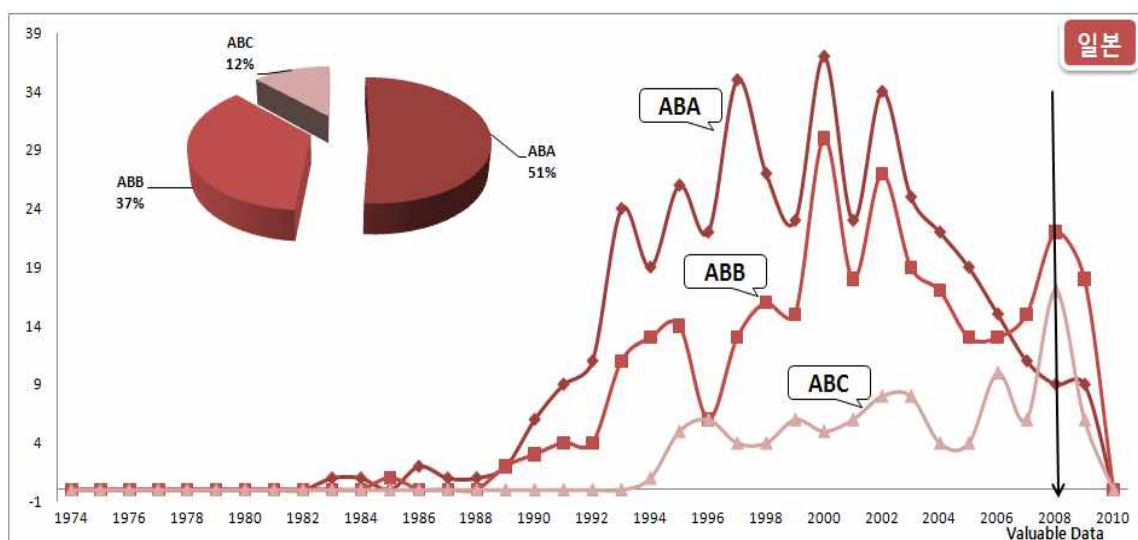
1)일본 특허

일본특허는 철도분야 신호시스템 기술 분야에서 1980년대 후반부터 1990년대 초반까지 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 3.36] 일본의 철도분야 신호시스템 기술 동향



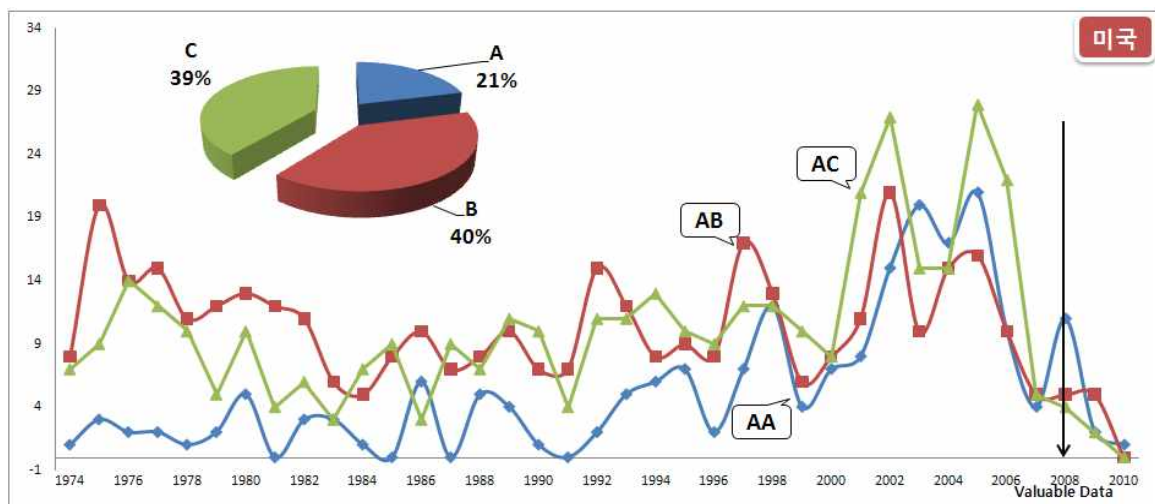
※분석구간: 일본특허 ~2008년(출원연도)

[그림 3.37] 일본의 신호제어(AB) 기술 분야 동향

2) 미국특허

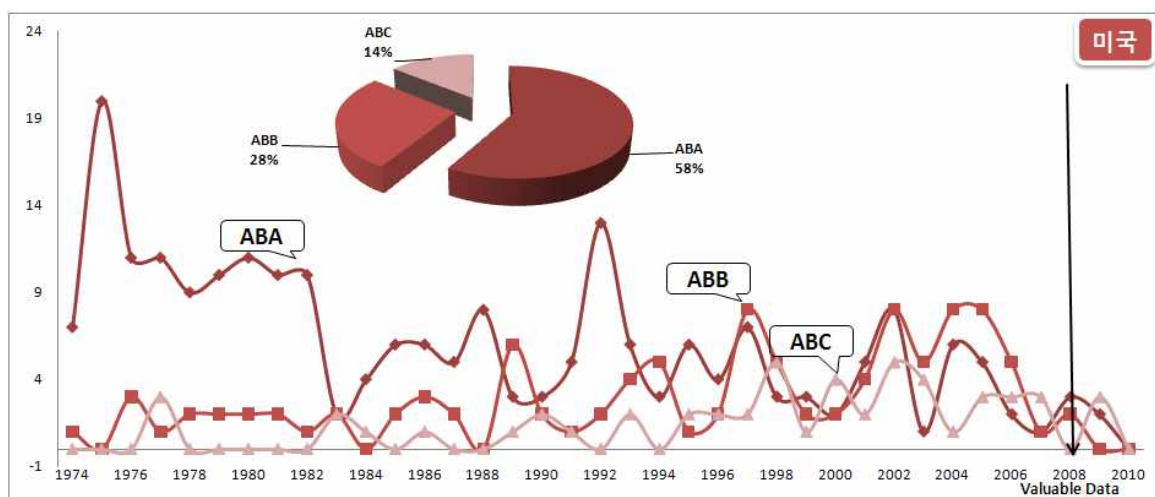
미국특허는 개발 초기부터 꾸준히 출원이 이루어지는 경향을 보이며, 신호제어(AB) 기술 분야를 보다 세분화하여 검토한 결과, 거리중심제어(ABB) 및 이동폐색방식(ACC) 분야는 지속적인 출원이 이루어지고 있으나 고정폐색방식(ABA) 분야의 기술개발이 꾸준히 감소하는 형태로 나타남을 볼 수 있다.

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 3.38] 미국의 철도분야 신호시스템 기술 동향



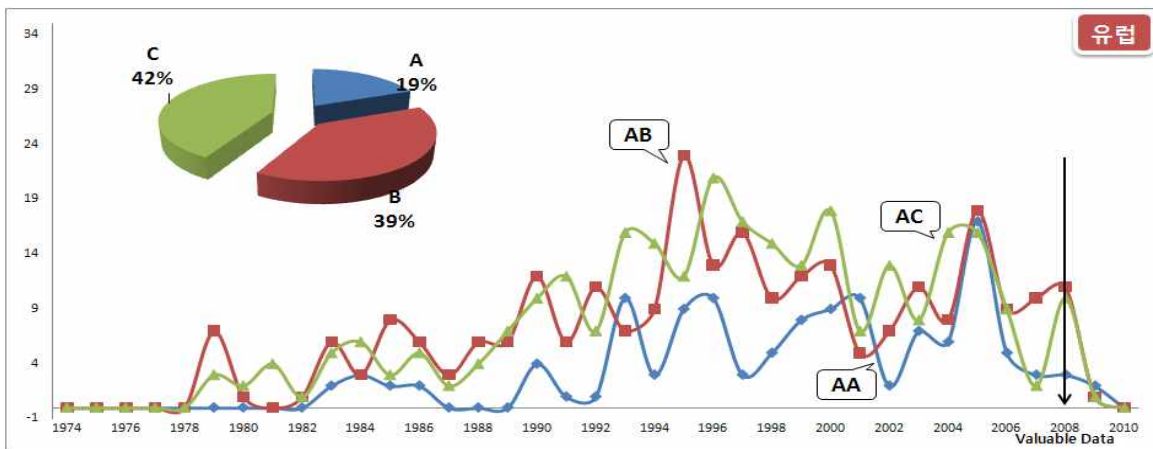
※분석구간: 일본특허 ~2008년(출원연도)

[그림 3.39] 미국의 신호제어(AB) 기술 분야 동향

3) 유럽특허

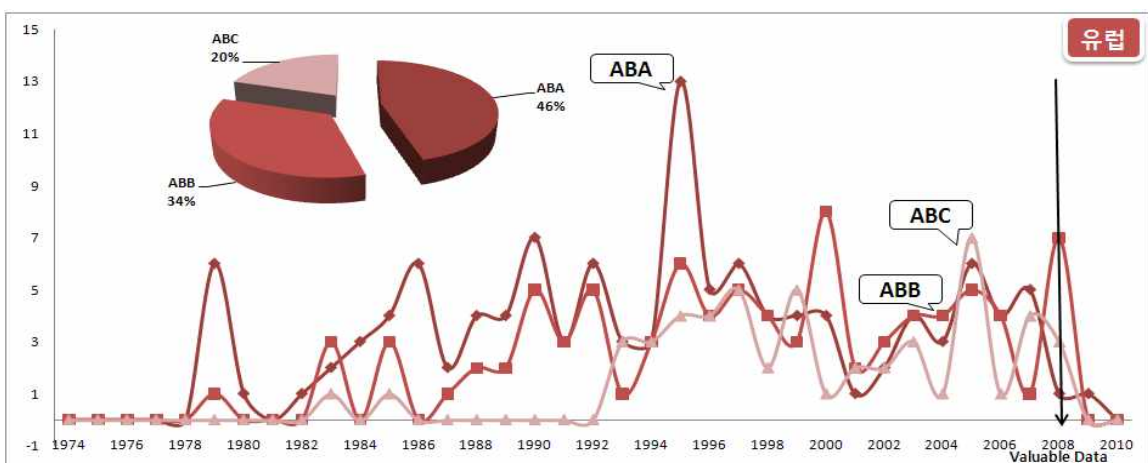
세부기술별 연도별 특허동향에 따라 연구개발 집중 분야를 살펴본 결과, 유럽특허는 철도 분야 신호시스템 기술 분야에서 1980년대 초반부터 1990년대 중반까지 지속적으로 증가하는 경향을 보이며, 이후 소폭 감소하는 경향을 보인다.

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 3.40] 유럽의 철도분야 신호시스템 기술 동향



※분석구간: 일본특허 ~2008년(출원연도)

[그림 3.41] 유럽의 신호제어(AB) 기술 분야 동향

다. 특허분석 결과

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

그림 3.42와 같이 신호제어기술분야 핵심특허에 대한 연도별 기술흐름도에서 알 수 있듯이, 연도별 출원패턴이 고정폐색에서 거리중심제어, 그리고 이동폐색으로 기술개발 연구가 이루어지고 있다.



[그림 3.42] 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 이동폐색 방식(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, 무선통신 수단(네트워크 포함), 궤도 감

시 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.

- 국가철도 통합무선제어 기술개발 분야의 전체 연도별 출원건수는 1970년대 이전 출원은 그 조사 가치가 낮아 제외하였으며, 1970년 이후 출원이 미비하게 이루어졌으나 80년대 후반부터 활발한 출원활동이 계속되고 있으며, 2000년대 초반 미약한 감소세를 보였으나, 전반적으로 보아 완만하게 증가하는 동향을 보인다. 시장 참여자의 변동 현황 및 특허 출원 건수의 변동 현황의 상관관계를 이용하여 시장 성숙도의 수준을 분석한 결과 정보통신기술 기반 열차운행 안정성 및 열차운영효율성 향상 관련분야는 현재 발전기 단계인 것으로 판단되며, 출원건수와 출원인수가 점차적으로 증가하는 것으로 보아 각 기업의 기술개발활동이 활발하게 이루어지며, 기술개발에 새로이 참여하는 기업 역시 증가하고 있는 것으로 판단된다. 국가별 출원현황을 살펴보면, 미국은 187건(약 23%)으로 가장 높은 비중을 차지하고 있었고, 다음으로 일본, 중국, 한국, 유럽, 독일, 영국, 프랑스 및 러시아 순으로 나타났으며, 일본은 1990년대부터 출원 활동을 보이고 있고, 중국은 2002년 이후부터 상대적으로 활발한 출원 동향을 보이고 있으며, 한국은 1990년 초반부터 활발한 출원 활동을 보이고, 유럽은 1990년대 이후 많은 출원 동향을 보이고, 유럽 국가 중에서 독일이 상대적으로 활발한 출원 동향을 보이고 있으며, 프랑스와 영국은 1970년대부터 꾸준한 출원동향을 보이며, 러시아는 2000년대에 출원 동향을 보인다. 피인용수(CPP) 및 Family 특허의 수(PFS)를 통해, 국가별 특허의 질적 수준과 시장확보력을 분석한 결과, 미국에서 출원된 특허들이 피인용수가 상대적으로 높아 특허의 질적 수준이 가장 높은 것으로 나타났으며, 독일, 영국, 유럽, 프랑스가 높은 기술수준을 가진 것으로 나타났고, 일본, 중국, 한국 등의 출원 특허가 상대적으로 질적 수준이 낮은 것으로 나타난다. 시장 확보력면을 살펴보면 유럽 국가들이 출원한 특허들이 상대적으로 여러 국가에 출원되고 있어 시장 확보력이 상대적으로 큰 것으로 나타난다.

- 특허 점유율은 미국과 일본이 상대적으로 높은 경향을 보이거나 특허 증가율이 평균보다 낮을 뿐만 아니라 일본은 마이너스로 감소의 경향을 보이며, 오랜 기간 동안 다수의 출원이 이루어져 온 유럽의 국가들도 영국을 제외하고는 증가율이 낮으며, 그에 따른 특허점유율도 낮은 경향을 보인 반면 중국과 한국은 특허 증가율이 상대적으로 높고 그에 따라 특허 점유율도 많이 증가한 것으로 나타난다. 연도별 기술별 출원동향을 살펴본 결과, 열차와 지상간 무선통신 및 보안 분야가 346건(약 28%)으로 가장 많이 출원되었고, 그 다음으로 열차 위치검지 및 속도 검출 분야가 258건(약 21%), 기관사 인지능력 평가 분야가 256건(약 21%), 지능형 센서를 이용한 시설물 분야가 213건(약 17%)으로 뒤를 잇고 있으며, 열차운영 개선 비용 및 운영시스템 연구 분야는 162건(약 13%)으로 나타나고 국가별 기술 분포 현황을 살펴보면, 기관사 인지능력 평가 분야는 미국에서의 출원이 가장 활발한 것을 나타냈으며, 열차와 지상간 무선통신 및 보안 관련기술 분야는 중국과 한국 및 일본에서의 출원이 가장 활발하고, 열차 위치검지 및 속도 검출 분야는 일본이 상당히 높은 경향을 보이며, 열차 운영개선 비용 및 운영시스템 연구 분야는 일본, 한국, 미국 및 중국에서 출원이 활발하고, 지능형 센서를 이용한 시설물 관련 분야는 일본과 중국에서 특히 활발한 출원을 보인다. 기술분야별 증가율 및 점유율을 살펴보면 기관사 인지능력 평가가 확실한 발전기를 보이고, 미공개 영역을 포함한다면 열차와 지상간 무선 통신 및 보안 분야, 열차 운영개선 비용 및 운영시스템 분야, 지능형 센서를 이용한 시설물 분야 역시 발전기에 해당하는 것으로 판단된다. 기술별 시장 성숙도의 수준을 분석한 결과, 열차와 지상간 무선통신 및 보안 분야, 열차 운영개선 비용 및 운영시스템 분야, 기관사 인지능력 평가 분야, 열차 위치검지 및 속도 검출 분야는 발전기에 해당하며, 지능형 센서를 이용한 시설물 분야는 성숙기에 있는 것으로 판단된다.

제5절 기술적 타당성 분석 소결

국가철도 통합무선제어시스템은 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 관제설비는 가상폐색 또는 이동폐색을 적용하여 무인자동운전을 대상으로 국산 관제설비의 적용 가능성은 있으나, 대부분의 해외신호시스템을 도입·의존하고 있기 때문에 독자적으로 적용할 수 있는 기회가 주어지지 않고 있다. 그러나 최근 분당선 시범사업과 경산시험선을 통해 관제설비의 기술 상용화가 가능한 것으로 확인되었다. 또한 LTE-R 구축으로 인한 영상 기반 관제 시스템의 구현이 가능 하다고 생각된다.

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 적용하기에는 다소 문제점이 없지 않으며 국내에서 개발된 부분의 기술수준은 매우 미흡한 것으로 확인되었다.

이동폐색 시스템에 적용될 ATP 기술의 경우에는 이미 경산의 경량전철개발사업과 대전국립과학관의 자기부상열차 개발 사업에 국내에서 개발된 기술이 적용되고 있다. 그러나 이러한 기술에 대한 검증 및 S/W에 대한 보완, 수정 작업이 상용화 수준에는 미흡함에 따라 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 유지 보수 센터에서 성능시험을 수행하고 있다. 이러한 일련의 과정을 볼 때, 국내기술로 제작된 연동장치는 주어진 열차운행환경에 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 자체기술보

유를 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, 열차제어·통신시스템을 제작 구축한 후, 안전성을 포함한 시스템의 성능을 확인할 수 있는 인증시험 체계의 구축이 선행되어야 할 것으로 사료된다. 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 추진되어야 할 것이다.

국내 열차제어·통신 시스템 운영현황은 대부분 국외 시스템을 도입하여 설치·운영함으로써 각각의 노선에 따라 모두 상이하게 기술적 특성이 주어져 있고, 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 있다.

따라서 국내에서 통합시스템으로 제작된 열차제어·통신시스템의 공급과 이를 상용화하기 위한 노력이 필요한 것은 독자적인 운영 및 유지보수는 물론 국내에서 사용 중인 열차제어·통신시스템의 통합 운영 기술 확보를 위해 매우 중요한 요인으로 확인되었으며, 이를 위해서는 어떠한 형태로든 열차제어·통신시스템의 상호운영성을 위한 표준화와 상용화가 조속한 시일 내에 추진되어야 할 것으로 판단된다.

또한 철도전용 통합무선망 구축 기본계획(안) 구축전략은 2년간(2012년~2014년) 기술개발 및 검증을 완료하고, 3년간(2014년~2017년) 일반철도에 도입하여 성능을 평가하며, 3년간(2017년~2020년) 고속철도에 도입하여 성능을 평가하도록 계획되어 있다. 해외 철도전용 통합무선망 기술개발 사례를 보면 유럽의 GSM-R은 9년간(1992년~2000년) 표준화 기술 개발 검

증기를 가졌으며, 7년간(2010년~2007년) 제품 안정화 검증 단계를 거친 후 최초로 Full GSM-R을 구현하였으며 최근 2010년에 LTE-R로의 진화를 논의하였다. 일본의 ATACS도 7년간(1995년~2001년) 기술 개발 검증기를 거쳐, 3년간(2001년~2004년) 제품 개발 검증기를 가졌으며, 2008년부터 실용화를 준비하기 시작하였다. 미국의 PTC도 10년간(2001년~2008년) 기술 개발 검증기를 거친 후 5년간(2010년~2015년) 제품 개발 검증기를 가질 계획이다.

이렇게 철도 통신망에 대한 통합 사례가 전 세계적으로 기술적 이슈로 부각되고 있는 시점에서 철도의 특성상 철도전용 무선통신 안전성을 위해서 상당한 기간이 투입되어야 함을 고려했을 때, 국가철도 통합무선제어시스템의 구축은 더 이상 미루어서는 안될 국가 개발 사업이다. 이에 따라 우선 기술개발 및 검증 완료 이후에 제품개발 및 사양검토 기간을 추가했으며, 일반철도 적용 및 성능평가를 시작으로 일반철도 실증검증 단계를 거치고, 이후에 일반철도 도입 안정화 및 고속철도 실증검증 단계로 수행예정이다.

제IV장 정책적 타당성 분석

제1절 정책의 일관성

1. 상위·유관계획과의 일치성

가. 제2차 국가철도망 구축계획('11~'20)

저탄소 녹색성장, 5+2 광역경제권 발전전략 등에 대응하고, 지난 2010년 9월 발표한 「미래 녹색국토 구현을 위한 KTX 고속철도망 구축전략」의 구체적인 실천계획을 제시하기 위하여 철도망을 통해 “국토를 통합·다핵·개방형 구조로 재편”한다는 비전 아래 「제2차 국가철도망 구축계획('11~'20)」이 확정되었다.

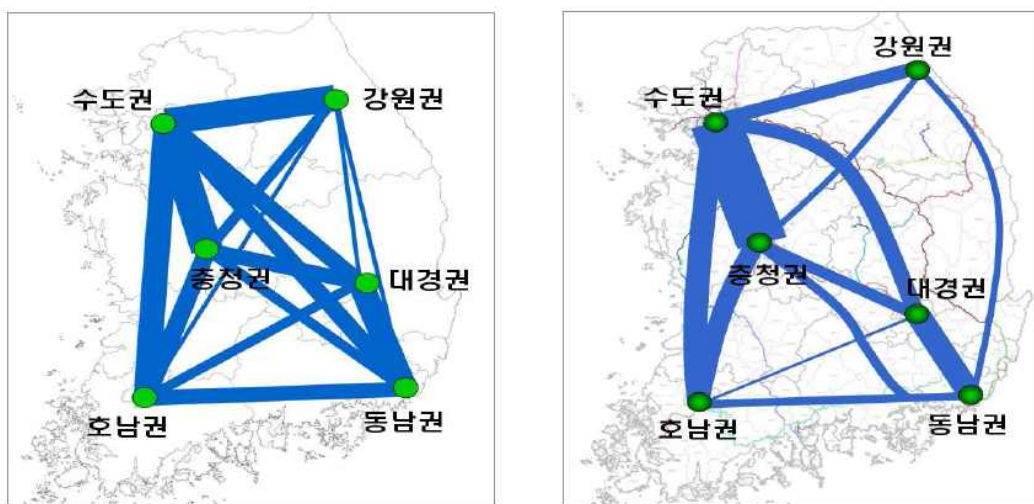
- 전국 주요거점을 하나의 도시권으로 통합하기 위한 중점 추진과제 설정
 - : 전국 주요거점을 고속 KTX망으로 연결
 - : 대도시권 30분대 광역·급행 철도망 구축
 - : 녹색 철도물류체계 구축 등
- 철도망 확충에 총 88조원 소요재원 조달
 - : 고속철도 16조원, 일반철도 46조원, 광역철도 26조원
 - : 국비 59조원, 지방비 3조원, 민자유치·공기업·기타 26조원 등
- 철도중심의 교통·물류체계로 전환(저탄소 녹색성장 기반구축)
 - : 철도 여객수송 분담률은 현재 15.9%('08)에서 2020년 27.3%로 증가
 - : 화물수송 분담률은 8.0%('08) → 18.5%('20)로 확대
 - : 연간 6.8조원의 사회적 편익과 774만톤의 CO2 감축 효과가 기대

이에 대한 구체적 중점추진과제로는 철도 인프라확충, 철도기술개발과 해외진출, 철도의 경쟁력 기반강화 등이며, 그 내용은 다음과 같다.

- 녹색교통을 구현하는 철도 인프라 확충
 - : 경부고속철도 2단계 사업의 조속한 완공 및 호남고속철도의 건설
 - : 수도권 병목구간을 개선하여 전반적인 용량을 향상하기 위한 수도권 고속철도를 신설
 - : 광역철도망 및 도시철도망을 확충하여 급행 중심의 광역철도 서비스를 확대
- 첨단 철도기술 개발과 해외진출 활성화
 - : 철도차량기술 개발, 철도신호·궤도기술 선진화 추진
 - : Web기반 철도산업정보센터 구축

- ： 철도산업복합연구단지 등의 조성
- ： 해외 철도시장으로의 진출을 지원하기 위한 민관합동 추진체계 구성
- 철도산업 경쟁력 강화기반 구축
 - ： 철도공사의 선진화, 역무·시설 자동화를 통한 인력효율화 지원
 - ： 철도산업기본법을 산업육성과 지원체계 중심으로 개정

철도관련 상위계획은 권역간 통행량을 분석하고 사회경제적 편익, 시간가치, 지역균형 발전 등을 종합 감안하여 국토를 최단으로 연결하는 “X”자형과 해안권을 연결하는 “□”자형 결합노선을 도출하였다.



[그림 4.1] 국가철도망구상도

특히 2013년에 들어설 신정부의 국정목표도 본 계획에 있는 사업내용을 반영하고 있어서 철도정책의 일관성을 갖고 있다. 신정부의 철도분야 국정목표는 다음과 같다.

- GTX(수도권 광역급행철도) 추진
- 수서발 KTX노선 의정부까지 연장
- 인천경제자유구역 활성화 및 접근성 제고
- 남해안 철도고속화 사업 단계적 추진
- 호남 KTX(송정-목포) 건설사업 추진
- 김천~ 거제간 남부내륙철도 추진
- 중부내륙철도 고속·복선화 추진
- 충청권 광역철도망 대전구간 전철화사업 조기착공 추진
- 충청권 광역철도(논산~대전~세종~청주)건설
- 춘천~속초 동서고속화철도 조기착공 추진
- 여주~원주간, 원주~강릉간 복선전철 추진

나. 국내 철도신호 표준화

국토해양부는 철도노선별 연계운행을 강화하고 운행시격단축을 통하여 철도수송능력을 향상시키고, 세계 기술시장 변화에 대응한 기술력 확보로 철도안전을 확보하고자 열차 신호시스템 표준화방안을 철도운영기관에 통보하였다(2010년 11월).

- 국내 철도 신호시스템 표준화
 - 기존노선 : 개량시기 도래시 표준화 방안으로 개량
 - 신설 또는 개량노선 : 일반철도는 ATP, 고속철도는 ATC 도시철도는 CBTC
 - 연계운행노선 : 일반, 고속, 도시철도 상호간 연계운행노선은 연계운행에 필요한 차상 또는 지상신호시스템 별도 설치 운영
 - 장기적 계획 : 국가 R&D로 한국형 무선기반 신호시스템을 개발하여 국내 철도에 적용
- 국가 R&D 사업(3단계)을 통한 무선신호시스템의 상용화로 국내 철도 신호시스템의 표준화 및 통합 추진

[표 4.1] 국가철도 통합무선제어시스템 단계별 추진계획

구분	1단계(2011~2014)	2단계(2015~2017)	3단계(2018~2020)
예산	320억원	300억원	350억원
대상	경량·도시철도 (120~150km/h 이하)	일반철도 (230~250km/h 이하)	'고속철도 (430~450km/h 이하)
사업 내용	·인증체계 구축 ·인증인프라 구축 ·시제품제작 ·성능시험 및 평가	·증속관련 연구 ·1단계 시제품 개량 ·2단계 시제품 개발 ·성능시험 및 평가	·고속관련 연구 ·인증인프라 구축 ·2단계 시제품 개량 ·성능시험 및 평가
효과	·150km/h 이하의 모든 철도신호시스템에 적용	·250km/h 이하의 모든 철도신호시스템에 적용	·450km/h 확장 적용

다. 해외 철도신호통신정책

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.

1) 유럽

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 11월부

터 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 있다.

2) 미국

미국의회는 열차를 110mph에서 187mph로 고속화하여 수송용량을 높이는 목적으로 적정 시스템인 PTC(positive train control)시스템을 2015년까지 모든 간선철도에 적용하는 것을 근간으로 하는 the Rail Safety Improvement Act of 2008을 의결하였다. 2008년 9월 로스엔젤레스에서 발생한 열차사고를 조사결과, 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.

3) 중국

거대한 인구와 국토면적 및 급속한 경제발전에 따라 중국의 사회기반시설이 절대 부족한 상황이며, 정치, 경제적인 통합을 촉진하고 성수기 열차운영난을 해소하기 위해서 철도망의 중장기 구축계획을 수립하였다. 중국철도의 영업거리는 세계의 6%를 차지하고 있지만 철도수송량은 세계의 24%를 담당하고 있으며 평균수송밀도는 세계1위 수준에 이르고 있는 실정이다. 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 기술 및 장비의 선진국 수준 도달 또는 근접하도록 개선
- 2020년까지 총 2조 위안(한화 약 320조 원) 예산 투자

제2절 기존사업과의 차별성

1. 기존 사업과의 중복성

가. 국가연구개발사업 및 시범 사업 현황

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

[표 4.2] 국토해양부의 국가연구개발사업 및 시범사업 현황

사업(과제)명	수행내용	
	기간 및 주관기관	내 용
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 연구개발사업 (도시철도 신호시스템 표준화 연구)	-기간 : 2001. 1 ~ 2006.12 -주관 : ROTEM	-개발내용 · 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, 열차속도제어 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	-기간 : 2002.12 ~ 2007.10	-개발내용

사업(과제)명	수행내용	
	기간 및 주관기관	내 용
열차제어시스템 안정화 기술개발	-주관 : LS산전	· 열차제어시스템안정화 및 RAMS검증
차세대 고속철도 기술개발사업 (통합차상신호시스 템개발)	-기간 : 2007. 7 ~ 2013. 7 -주관 : LS산전	-개발내용 · 경부고속철도의 지상신호를 수신하여 처 리하는 호환성을 갖는 차상신호장치 개 발(ATS/ATC/ATP통합) · 최고시속 400[km/h]의 열차주행속도 제어 · 운전자 정보표시장치 개발

[표 4.3] 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 개발사업 2단계 (과학기술부)	-기간 : 1994. 5 ~ 1998. 8 -주관 : 한국기계연구원	-개발내용 · 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
중기거점기술개발 사업 (자기부상열차실용 화를 위한 차량모델개발) (산업자원부)	-기간 : 2003.10 ~ 2006. 9 -주관 : ROTEM	-개발내용 · 실용화 수준의 무인자동 자기부상열차 신호시스템 개발 · 차상과 지상간 정보전송을 위해서 무선 LAN 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 무선LAN 을 국산화함.

1) 도시철도표준화 연구개발사업(도시철도 신호시스템 표준화 연구)

- 사업기간 : 2001.1 ~ 2006.12.
- 발주처 : 국토해양부
- 주관기관 : 한국철도기술연구원
- 사업의 범위
신호시스템 중 차상핵심장치를 개발하여 시험하였으며, 도시철도 신호시스템 표준사양을 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.

2) 자기부상열차 실용화 차량모델개발

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

[표 4.4] 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	<ul style="list-style-type: none"> - 주관부처 : 과학기술부

개발사업 2단계	<ul style="list-style-type: none"> - 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 <ul style="list-style-type: none"> · 무인자동운전 가능한 2량 1편성 실용화 모델 개발 · 시스템 신뢰성 및 안전성 구축

3) 지능형 열차제어시스템(MBS) 시범구축 사업

- 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
- 사업목적

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

- 주요 특이사항

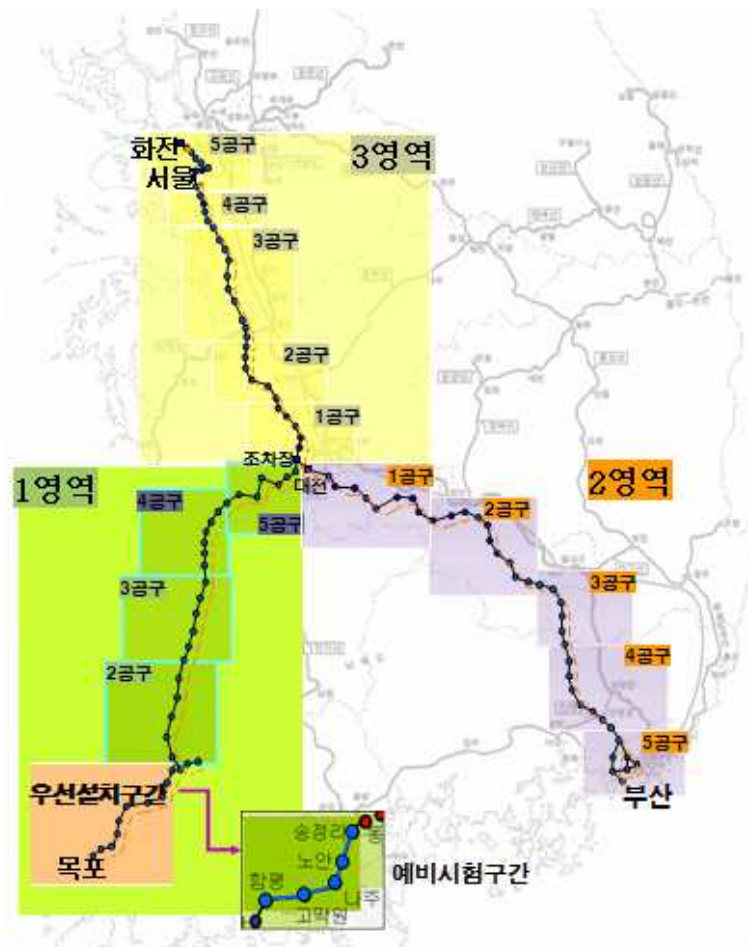
해외의 CBTC 시스템의 국내 적용을 위한 시범사업으로서, CBTC 시스템의 수입 및 이의 국내 설치 운용시험이 수행되었으며, CBTC 시스템의 핵심부분의 하나인 무선통신 부분은 국산화하여 운용시험을 수행하였다.

4) 차상신호시스템(ATP)구축사업

고속철도건설과 함께 다음과 같은 이유로 인하여 차상신호시스템 구축사업을 진행하고

있으며, 대상노선은 다음 그림과 같다.

- 고속철도의 기존선 운행에 따른 안전 확보 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
- 기존선 ATS 장치의 개량시기 도래
 기존선 ATS의 설치시기가 1969~1985년으로 지상장치와 차상장치의 내구연한이 도래함
- 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 4.99] ATP 구축사업 현황

2. 기존사업과의 차별성

현재까지 수행되었거나 진행중인 기존 사업 중 본 사업과 같이 무선통신기술을 적용한 것을 대상으로 분석하였다. 다음 표의 사업은 도시철도(경량전철)를 대상으로 하였으며, 차량시스템개발이 주목적이었으나, 개발된 열차제어시스템 중 현재까지 상용화된 사례가 없다.

[표 4.5] 무선통신기술을 적용한 국가연구개발사업 및 시범사업 현황

사업(과제)명	수행내용	
	기간 및 주관기관	내용
도시철도표준화 연구개발사업 (도시철도 신호시스템 표준화 연구)	-기간 : 2001. 1 ~ 2006.12 -주관 : ROTEM	-개발내용 ·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, 열차속도제어 및 열차진로제어 수행
중기거점기술개발 사업 (자기부상열차실용화를 위한 차량모델개발) (산업자원부)	-기간 : 2003.10 ~ 2006. 9 -주관 : ROTEM	-개발내용 ·실용화 수준의 무인자동 자기부상열차 신호시스템 개발 ·차상과 지상간 정보전송을 위해서 무선 LAN 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 CBTC 시스템을 도입하여 분당선에 설치 ·지상과 차상간 정보전송장치인 무선LAN을 국산화.

본 사업과 기존 사업과의 차이점을 다음 표와 같이 정리하였다.

[표 4.6] 본사업과 기존 사업과의 비교표

비교항목	기존 수행된 사업	본 사업
적용대상	도시철도 및 경량전철	일반철도 및 고속철도

무선통신방식	2.4GHz의 무선랜	LTE-R
자동화수준	무인자동운전	수동운전
사업범위	차량시스템개발 차량시스템개발지원을 위한 열차 방호기술 개발	간선철도용 열차방호기술 개발 철도통합무선망 개발 및 국제표 준화 철도통합무선망 활용 서비스기술 개발
특징	실용화사례가 없음	국토부 철도신호표준화방침에 따 라 국가철도 통합무선제어기술 국제표준화 추진

3. 과학기술적 파급효과

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 제작 시 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 직접효과와 간접효과로 분류함에 따라, 직접효과는 기존 기술의 위치검지 장치, 유무선 통신설비 등 신호/통신 등에 영향을 미치게 되며, 간접효과는 전자기, 통신, 제어기술 및 지능형 기술에 파급효과가 발생할 것으로 추정된다.

[표 4.7] 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 분야

에 파급효과가 상당할 것으로 판단된다.

4. 유사사업과의 연계 및 협력 방안

가. 400km/h급 고속철도 인프라 시범적용 및 기술개발

1) 개요

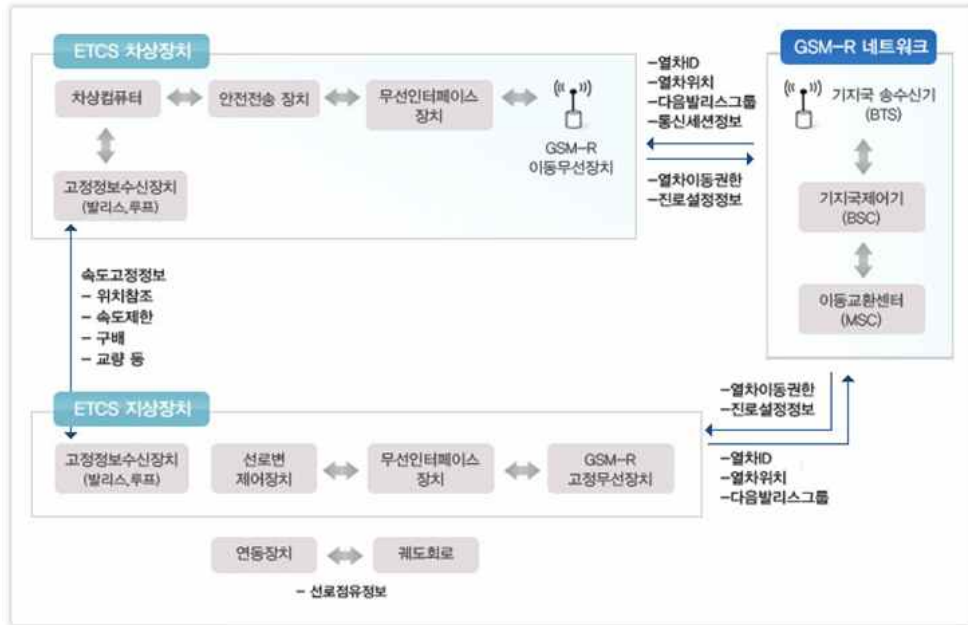
현재 진행중인 국가연구개발사업중 “400km/h급 고속철도 인프라 시범적용 기술개발”의 연구내용인 ETCS level 2 지상장치 핵심기술(RBC 및 안전정보전송장치)를 본 사업과 연계하는 것을 고려하였다. “400km/h급 고속철도 인프라 시범적용 기술개발”과제의 개요는 다음과 같다.

- 사업기간 : 2010.12 ~ 2014. 10(3년 10개월)
- 주관연구기관 : 한국철도기술연구원
- 협동연구기관 : 한국철도공사(열차제어시스템)외 3개 기관
- 연구목표
 - : 고속철도 인프라시스템 핵심원기술개발을 통한 세계적 기술선도
 - : 호남고속철도 시범적용하여 성능검증 및 실용화
 - : ETCS level 2 지상장치 핵심기술(RBC 및 안전정보장치) 개발

2) ETCS level 2 지상장치 핵심기술 연구

[표 4.8] ETCS Level 2 지상장치 핵심기술 연구내용

연구목표	연구내용	비고
ETCS L2 신호시스템 개발	· 열차제어시스템 엔지니어링기술 개발	
	· ETCS L2 열차제어 지상장치 핵심기술 개발 : ETCS L2 안전정보전송장치 개발 : RBC장치 개발	
유럽표준 고속철도 열차제어 핵심기술 확보	· 유럽표준 열차제어 상호운영성 엔지니어링 및 RAMS활동	
	· 유럽표준 고속철도 열차제어 지상ATP기술 개발	
	· 유럽표준 고속철도 열차제어 차상핵심기술개발	
	· 유럽표준 고속철도 열차제어 지상핵심장치 시험기술 개발	



[그림 4.3] ETCSL2의 열차제어장치개념도 및 정보흐름도

3) 연구성과물의 활용 가능성

본 사업은 1단계에서 검증된 열차제어·통신기술을 일반철도와 고속철도로 확장·적용하는 것이 목적이다. 국내에는 이미 기존선 고속화를 위해 ETCS Level1이 도입, 운용되고 있으며, 해외에서는 기존선 구간을 ETCS Level1, 고속선 구간은 ETCS Level2가 상업운영중에 있다. 따라서 KRTCS 2단계 연구의 목표가 일반철도와 고속철도용 열차제어시스템으로 주어지에 따라, 해외에서 사용중인 ETCS와의 호환성을 확보하는 것이 충분히 검토되어야 한다.

또한 KRTCS 1단계 개발시 Vital 정보전송의 안전성에 대한 연구가 미흡함에 따라, 철도운영기관의 검토결과와 함께 KRTCS 2단계 개발에 반영함으로써 연구된 연구성과물의 활용 가능성을 극대화한다.

제 3 절 국고 지원의 적합성

1. 사업의 혁신성

가. 마스터플랜에 의한 철도신호기술개발

철도는 토목, 차량, 전력, 신호, 통신이 유기적으로 연계된 종합시스템으로서 각 분야가 중요한 역할을 수행한다. 따라서 보다 많은 승객을 안전하고 효율적으로 수송하기 위해서는 각 분야의 기술이 고르게 발전하여야 하며, 이를 종합관리하는 시스템엔지니어링기술의 중요성도 지속적으로 높아지고 있다. 국내 철도기술개발은 경부고속철도를 도입하면서 철도분야의 연구개발사업을 적극적으로 추진한 결과 상당한 기술개발성과를 도출하였다.

- 차량분야

- : 국산화되어 현재 상업운행중인 KTX 산천
- : 차세대 고속철사업으로 430km/h 급 해무 개발

- 토목분야

- : 국내 기술로 경부고속철도 2단계 설계 및 시공
- : 국내 기술로 호남고속철도 설계 및 시공

- 전력분야

- : 국내 기술로 경부고속철도 2단계 설계 및 시공
- : 국내 기술로 호남고속철도 설계 및 시공

- 신호 및 통신

- : 통신분야에 대한 연구개발이 진행되지 않았으며, 해외 무선통신장치 도입
- : 고속철도용 신호시스템 ATC급의 신호시스템 개발하여 유지보수차량에 일부 적용

그러나 현재까지 열차제어 및 통신기술만을 대상으로 한 연구개발사업이 진행된 사례가 없으며, 단지 차량시스템 개발을 위한 보조시스템으로 진행되었다. 이 결과 열차제어·통신 기술 마스터 플랜을 마련하는 것이 불가능하였다. 특히, 철도차량시스템개발 관련사업은 차량 개발을 위해 제시된 연구개발기한에 부합하는 시스템을 선정하여 개발을 추진하였으며, 더욱이 사업별로 시스템 공급을 담당하는 기업이 변경됨으로 인하여 연구개발의 연속성을 유지할 수 없었다. 본 사업은 국토해양부의 “열차 신호시스템 표준화방안”에 의해서 열차제어·통신만을 대상으로 다음과 같은 과정을 통해 체계적으로 진행되는 사업이다.

- 중저속 열차제어시스템 국산화에 대한 경제성 분석(2006.9, 철도연 자체사업)
- 기술자립형 도시철도시스템 기술개발 기획(2008.5, 건교평)
- 철도분야 신호시스템 상세기획연구(2010.5, 건교평)
- 열차 신호시스템 표준화방안 통보(2010.11, 국토해양부)

나. 국가철도 통합무선제어시스템의 국내 최초로 실용화

국가철도 통합무선제어시스템은 선형열차와 후속열차간 안전간격을 확보하여 열차 충돌 및 탈선사고를 방어하는 철도안전설비이면서, 철도정보화를 위한 핵심설비이다. 정부와 국내 철도신호기업이 투자하여 다수의 프로젝트를 수행하였지만, 현재까지도 해외 신호시스템을 도입하여 운용하고 있다. 열차제어·통신기술관련 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 4.9] 국가연구개발사업의 실용화 현황

구분	국가연구개발사업 및 실용화	
	국가연구개발사업명	실용화내용
대우ENG	G7의 전자연동장치 개발	- 해당사항 없음.
	철도종합안전사업의 탈선방지기술개발 - 레일절손검지기술	- 해당사항 없음.
대아티아이	분산형 열차운행제어시스템	- 해당사항 없음.
	철도종합안전자사업의 열차제어안전성 평가기술	- 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	- 속도코드용 ATC차상장치 · 유지보수차에 탑재 - 궤도회로 등 지상설비 · 현재 상용화가 검토되고 있음.
	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

또한 2006년부터 본 사업을 계획하고 기획하면서 열차제어·통신기술의 발전동향을 면밀히 검토하고 개발방향을 결정한 결과는 유럽을 중심으로 추진될 UIC의 MASS 프로젝트의 목적과 동일함을 최근에 확인하였다.

본 사업은 기존의 철도차량시스템을 지원하는 연구개발사업에서 국가철도 통합무선제어 시스템이 중심이 되는 연구개발사업으로 획기적인 변환을 추진하고 있으며, 철도선진국인 유럽이 최근에 준비하는 MASS 프로젝트를 통해서 유럽보다 앞서서 열차제어·통신 개발 방향을 정의하였다는 것을 알 수 있다.

2. 사업의 공공성

가. 국내 철도기술자립

국내 열차제어시스템구축사업은 시범구축사업을 포함하여 해외 철도신호기업과의 기술협력을 통하여 이루어지고 있다. 철도신호시스템구축과 관련된 대표적인 시범구축사업으로는 분당선 MBS시범구축사업과 현재 인천공항에 건설되고 있는 자기부상철도시범구축사업이 있다. 기존선 신호시스템개발을 위한 차상ATP구축사업, 기존선 고속화사업 및 경량전철 건설사업 등도 시범사업과 같이 국내 철도신호기업이 해외 철도신호기업과 기술협력을 체결하고 있다. 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 해석되지만, 다음과 같은 요인에 의해서 국내 신호기업이 해외기업과 협력을 요청하는 것으로 판단된다.

- 운영, 유지보수 등에 대한 경험부족
- 발주기관의 국내 개발품에 대한 불신(신뢰성과 안전성 부족)
- 투자비회수가 확실하지 않음(기술개발리스크).
- 3년 운행실적 등 실적요구 사항 및 요구내용(기능, 기술)

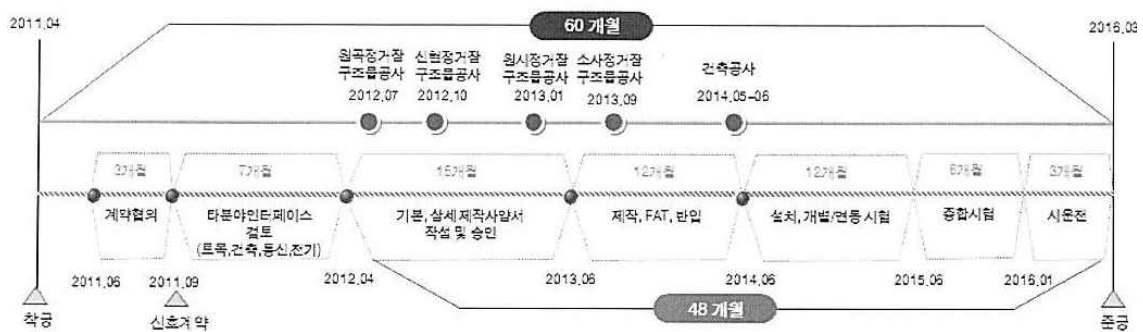
발주자와의 계약은 국내기업이 하지만 핵심부분에 대한 엔지니어링 작업과 장치공급은 외국기업이 담당한다. 기술협력 시 업무분장, 문화적 충돌, 기술이전 등으로 인하여 다음과 같은 문제가 발생되고 있다.

- 유지관리, 설비의 변경 등에 많은 시간과 비용이 소요됨
- 국내기술수준이 핵심장치와 관련된 구체적인 기술을 요구하고 있기 때문에 기술이전이 소극적임
- 유지보수에 필요한 관련 tools를 별도로 개발해야 함

나. 기술개발 리스크

이상과 같이 기술협력 시 철도운영기관에게 인가되는 문제점을 해결하기 위해서 국내 철도신호전문기업이 국산화하는 것이 필요하지만 개발투자에 따른 리스크가 존재한다. 일반적으로 시스템 또는 구성품을 개발하면, 현장에서의 성능시험을 시행한다. 현장에서 시험을 하는 이유는 실험실에서 고려하지 못한 요인이나 실험실에서 구현할 수 없는 철도운영 환경 특성을 확인하기 위해서이다. 열차제어·통신의 경우에도 영업노선에서 영업열차를 적용한 엄격하고 객관적인 성능시험이 수행되어야 한다. 그러나 대기업을 포함한 국내 철도신호전문기업이 성능시험을 수행하기 위한 시험인프라를 구축할 수 있는 역량이 부족하며 경제적으로 투자비용 대비 실익에 매우 저조하기 때문에 가장 기피하는 요소의 하나로 주어진다. KRTCS 1단계사업은 국내 철도신호제작사의 ATP/ATO제작비용과 안전성활동비용을 제외한 성능 시험을 위한 인프라 구축으로 구성된다. 참고로 신분당선의 경우 관제설비, 연동설비, 역안전설비(PSD), ATP/ATO 발주비용이 약 800억원으로 예상되는 반면, 국내 제작사가 ATP/ATO를 단독으로 개발하여 실용화하기 위해서는 400억원 정도를 투자하여야 하는 경제적 문제점을 갖는다.

최근의 국가연구개발사업은 실용화가 매우 중요한 요인이며, 실용화 가능성을 보고 기업도 투자를 결정한다. 일반적으로 철도노선을 건설하는데는 평균적으로 다음 그림과 같이 60개월 정도 소요된다. 철도노선을 착공하는 시점에 열차제어·통신 시스템의 신뢰성, 안전성 등이 검증되어야 시스템 선정이 가능하다. 안전성평가를 포함한 개발기간(3년)과 영업운전까지의 건설기간(5년)을 반영할 경우, 개발에서 실용화까지 최소한 8년 정도 소요된다. 더욱이 여러 원인에 의하여 사업이 장기화 되거나 중단되는 경우가 발생할 수 있다.

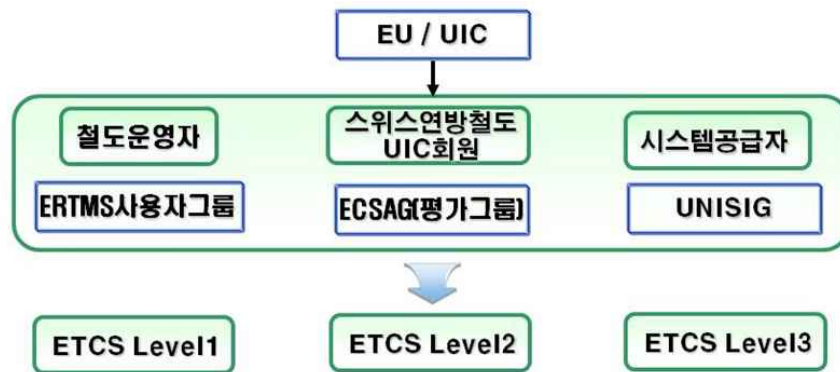


[그림 4.3] 소사-원시 노선의 수행공정

다. 국내 국가철도 무선제어기술의 국제표준화

1990년대에 EU의 지원을 받아 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. 또한 독일, 프랑스,

이탈리아의 철도운영회사는 EU법규에서 인증하는 EEIG (European Economic Interest Grouping)조직 내부에 ERTMS (European Railway Traffic Management System)사용자 그룹을 구성하였다.



[그림 4.4] ERTM/ETCS 개발체계

EU에서는 상호운영성을 구현하기 위해서 1998년 7월 검토에 참여한 4개 제작사와 새로운 2개의 제작사가 추가로 합세하여 ERTMS/ETCS에 관한 신호제작사단체 UNISIG(Union Industry of Signaling)를 조직하고 제작사측의 개발시스템을 정의하였다. 한편, ERTMS 사용자그룹에서는 적절한 시스템 요구사항을 제작사측에 제시할 수 없었기 때문에 ERTMS사용자 그룹에서 작성한 시스템 요구사항에 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.

특히, 유럽의 경우에는 다수의 국가로 구성됨에 따라 이들 국가간의 이권은 물론 자국의 기업에 대한 배려등의 이유로 개발초기의 어려움이 있었지만, 유럽철도망 통합을 위한 ETCS 프로젝트에 대해 유럽연합(EU)에 예산 지원에 의해 표준체계 구축이 성립되었으며, 유럽연합은 이를 기반으로 표준화된 시스템의 사용을 규정화함으로써 세계화에 성공하였다. 따라서 이러한, 철도선진국의 표준화지원정책 및 개발소요비용을 고려할 때 우선적으로 개발에 필요한 종합성능평가인프라를 지원하고, 개발된 시스템을 적용할 수 있는 시장을 일정기간동안 안정적으로 보장한다면 국내의 국가철도 통합무선제어시스템 개발은 성공적으로 실현할 수 있다.

제4절 사업추진상의 위험요인

1. SWOT분석

본 사업을 성공적으로 수행하기 위해 열차제어·통신체계 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.

가. 내부역량

1) 강점요인

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

2) 약점요인

- 국가연구개발사업의 성과물인 열차제어시스템을 국내 영업노선에 구축한 실적이 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 철도신호산업구조를 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

나. 외부환경

1) 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 발생한 문제점을 근본적으로 해결하기 위해서 철도신호시스템의 국산화와 안전성 인증을 요구
- 4세대 이동통신 LTE에 대한 단말기, 기지국, 망운용에 대한 핵심요소기술을 확보하고 있으며, 기술을 선도하고 있음

2) 위협요인

- 세계적인 메이저업체가 철도시장을 과점하고 있으며, 특히 유럽은 철도신호표준을 주도하고 있음. 이러한 표준화에 적극적으로 대처하지 않을 경우 국내 철도신호산업의 경쟁력 저하에 심각한 악영향을 인가함.
- 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

다. 미래대응전략

1) 대응전략

이상의 검토결과를 토대로 SWOT분석을 한 결과, 국내외적으로 주어지고 있는 기회요인과 국내 철도신호산업이 갖고 있는 장점을 극대화하기 위해서는 새로운 열차제어시스템의 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 교통체계로 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 시스템 RAMS분야의 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 위협을 관리하기 위해서는 열차제어시스템개발의 증장기적인 마일스톤을 정립하고, 국가 철도신호체계를 표준화하는 것이 필요하다.

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

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

2) 비전 및 목표 수립

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

LTE-R기반 국가철도 통합무선제어기술의 실용화를 통한 국내 철도산업의 고도화

국내 철도신호산업의 고도화는 국내외 철도신호기술발전 동향에 맞추어 무선통신기반 열차제어시스템을 실용화하기 위한 안전성평가체계, 상호운영성을 확보하기 위한 표준화체계를 구축하여, 해외 철도신호산업과 경쟁할 수 있는 역량을 확보하는 것이다. 이러한 비전을 실현하기 위한 목표를 다음과 같이 정의한다.

- 열차제어·통신시스템체계의 국제표준화 및 성능평가의 법제화
- 열차제어·통신시스템 기능/성능 시험평가기술의 선진화
- 철도통합망기술(응용서비스 및 관리기술)의 선진화

[표 4.10] SWOT 분석

		O(기회)	T(위협)
		외적인 요인	-국내외 철도신호시장의 확대 -철도중심의 교통정책 추진 -새로운 열차제어시스템 도입기 -국내철도운영기관의 국산화 요구 -4세대 이동통신기술(기지국, 단말, 운용)확보 및 선 도
내적인 요인	S (강점)	[최우선부분] -새로운 열차제어시스템 개발 :국내철도운영기관의 개발요구사항 반영 :무선통신기술, 소프트웨어기술 기반 :핵심기술 및 개발인력 활용 극대화 -국가의 지원확대 :철도중심 교통정책(방향, 시장)내용 반영	[위험원 관리부분] -열차제어시스템개발의 마일스톤 정립 :국가철도정책의 시급성반영(다양한 시나리오 작 성) :최적시나리오 선정과 예산확보 -열차제어·통신시스템의 국제표준화 추진 :외국시스템의 무분별한 도입 방지 :상호운영성 확보 : LTE-R기반의 국제표준화 추진
	W (약점)	[보완부분] -새로운 열차제어·통신시스템 실용화전략 수립 :국내철도운영기관의 실용화 요구조건 반영 -협력연구개발체계 구축 -시스템 RAMS분야의 역량강화 :해외 철도신호인증기관과의 협력체계구축 :RAMS관련 교육강화 및 인력확보 :인프라구축	[중장기적인 보완부분] -철도신호시스템 안전성인증체계 구축 :상호인증체계포함 -국내 철도신호산업구조 개편 :국내 철도신호산업구조 개편연구 수행 -전문기업 또는 인력 육성

제 5 절 정책적 타당성 분석 소결

2013년 국정을 책임질 신정부의 철도분야 국정지표는 2011년 국토해양부에서 고시한 제2차 국가철도망 구축계획('11~'20)의 사업내용을 반영함으로써, 철도정책의 일관성 및 연속성을 유지하는 것으로 판단된다. 제2차 국가철도망 구축계획의 중심추진과제인 첨단철도기술개발과 해외진출 활성화를 위해서는 핵심요소분야이면서도 타분야에 비해서 기술자립도가 낮은 열차 제어·통신시스템을 국산화하고 실용화하는 것이 반드시 필요하다. 열차제어·통신시스템의 미비로 해외시장진출에 많은 장애가 발생되고 있다.

이상의 정책목표를 충실화하기 위해서 국토해양부는 2010년에 철도신호시스템 표준화방안을 철도운영기관에 통보하여 열차제어·통신시스템의 신설 및 개량 시 반영하도록 했다. 특히 국가연구개발로 한국형 무선통신기반 신호시스템을 개발하여 국내 철도에 적용하는 장기적인 R&D도 포함하고 있다. 국내 열차제어·통신시스템 정책도 유럽, 미국, 중국 등의 철도 선진국과 내용을 같이 하고 있는 것을 확인되었으며, 이것은 장기적으로 전세계 열차제어·통신시스템이 단일체제로 통합됨을 의미하며, 이것을 주도하기 위해서는 정부의 지속적이고, 안정적이고, 시급성을 갖는 정책지원이 필요한 것으로 판단된다.

1995년 이후 열차제어·통신시스템 관련 연구개발은 무선랜을 활용한 열차제어기술개발에 집중되었다. 대표적으로 도시형 자기부상개발사업, 도시철도표준화 연구 개발사업, 경량전철시스템기술개발사업 및 지능형 열차제어시스템 시범구축사업 등이 있다. 이들 사업은 차량시스템개발에 필요한 열차방호기술을 지원하는 것을 목적으로, 열차제어용 무선랜을 사용하였지만, 안전성 검증 문제로 인하여 현재까지 실용화한 실적이 없는 것으로 조사되었다. 본 사업은 철도통합무선망인 LTE-R을 기반으로 열차제어기술, 열차운영서비스기술, 통신망 관리기술 등을 개발하는 것이며, 개발성과를 국제 표준화하는 것이 기존 사업과 차별되는 내용이다.

현재 진행중인 400km/h 고속철도 인프라 시범적용 및 기술개발사업의 성과물중 상호운영성 검증 엔지니어링 기술과 안전정보 전송장치 등은 본 사업에서 충분히 활용할 가치가 있는 것으로 판단되며, 해당 사업과 유기적인 협력관계를 구축 할수 있는 것으로 검토되었다.

본 사업은 열차제어·통신체계만을 대상으로 하는 획기적인 계획으로서 기술자립여건이 활성화되지 않고 기업의 개발 리스크가 큰 국내 여건을 반영한 도전적인 성격을 갖는다. 이 같은 획기적이고, 도전적인 사업의 위험을 최소화하기 위해 SWOT 분석을 실시하여 대응전략을 마련하였다.

최우선으로 결정할 사항은 새로운 열차제어시스템 개발과 정부의 지원을 확대하는 것이다. 국가철도정책의 시급성을 반영한 다양한 시나리오를 작성하고, 열차제어·통신시스템의 국제 표준화를 추진하여 위험원을 관리하여야 한다. 본 사업의 내실을 다지기 위해서는 새로운 열차제어·통신시스템 실용화 전략 수립, 협력연구개발체계 구축 및 시스템 RAMS 분야의 역량강화 등이 보완되어야 한다. 마지막으로 철도신호시스템 안전성인증체계 구축, 국내 철도신호산업구조 개편 및 전문기업 또는 인력 육성을 장기적으로 추진하여야 한다.

제 V 장 경제적 타당성 분석

국가철도 통합무선제어 기술개발 사업 연구비 투입에 따른 산출 가능한 직접 편익의 경제적 분석을 통해 본 사업의 타당성을 검토해 볼 필요가 있다.

다만, 본 사업의 결과물이 향후 국가 신규 철도 건설 및 신호통신시스템 개량과 밀접하게 연관되어 있음을 고려할 때, 구축비용 투입에 따른 경제적 타당성의 판단도 함께 되어야 연구개발의 타당성이 보다 현실성이 있을 것으로 판단된다.

이에 열차제어·통신시스템 사업의 연구개발 시 및 구축 시에 대한 경제적 타당성 분석을 개별적으로 수행하였다.

제 1 절 경제적 타당성 분석환경

1. 국내외 시장 및 산업동향

가. 철도 통신망 현황 및 산업동향

1) 국내 철도무선통신 인프라 계획

2003년 2월 192명 사망, 148명 부상 사고가 발생한 대구지하철 참사를 계기로 재난대응 필요성을 인식하고 소방방재청 주관 하에 국가 통합지휘무선통신망 구축사업을 추진하였다. 2005년 5월 소방방재청은 국가 통합지휘무선통신망 구축사업을 재난관련 기관에 통보하였으며, 2006년 4월 TETRA 방식으로 철도 통합무선망 추진계획 및 기존망 교체계획을 수립하여 전국 철도무선설비와 국가 재난망 연동을 추진하였다. 그러나 국가 재난망에서 철도 요구조건을 수락할 수 없다는 판단 하에 철도부문을 국가 재난기관에서 제외하였다. 2006년 10월 국가 재난기관 제외로 VHF 방식과 TRS-TETRA 구축비용 비교를 통한 철도 통합무선망 구축사업 예비타당성 조사를 받았으나 경제성 측면에서 낮은 점수를 받아 사업이 추진되지 못하였다. 2007년 감사원은 2.4GHz 대역을 사용하는 철도 시스템 망에 대해서 주파수 간섭 및 혼신 등의 안전성 문제를 제기하였다. 한편 2009년 12월 철도 무선망 구축을 위한 주파수 확보 방안을 제시하였지만 통신방식 및 소요량 미결정으로 인해 미실시 되었다.

현재는 구체적인 통신방식과 주파수 소요량 결정을 통해 철도전용 통합무선망 구축(안)을 수립할 예정에 있다.



[그림5.1] 국내 철도무선통신 인프라 계획 경과

2) 국내 철도무선통신 인프라의 문제점

국내 철도무선통신 인프라는 다양한 기술방식이 부족한 상호연동 체계를 기반으로 구축되어 철도 안전 및 운행 효율성 등에 다양한 문제점을 발생시키고 있다.

첫째, 혼재된 철도무선통신 구축으로 인한 비효율적인 열차 운행이 야기된다. 특히 경부고속철도는 무선통신방식으로 VHF, TRS-ASTRO, TRS-TETRA 3개가 혼재, 운영 중으로서 이로 인한 열차통신방식 운영의 비효율성이 증가하고 있는 상황이다.

둘째, 대부분의 기존 VHF 철도무선통신 내용 연수가 도래하여 철도 무선통신망 진화에 부적절한 VHF를 지속적으로 투자해야 하는지에 대한 이슈가 발생된다. 현재 전체 철도노선의 50%의 커버리지를 지닌 재래식 VHF에 대한 무선설비 개량 사업은 2003년부터 계획한 바 있으며, 서울 메트로의 경우에도 2005년 VHF 방식의 통신망을 연동장비를 기반으로 무선통신망을 구축한 바 있다. 이와 같은 투자는 기술적합성, 진화적합성, 경제성 등의 다양한 측면에서 문제점을 발생시키며, 특히 향후 타 기술로 철도전용 무선통신망 구축 시 매몰비 발생, 중복투자 발생 등의 이슈가 부각될 가능성이 높다.

셋째, 현재의 해외 의존적인 통신설비 및 신호시스템에 대한 국산화 노력이 이루어질 필요가 있다. 국내 국산화 장비 비율은 주파수 공용통신 설비(0%), 열차무선설비(90%), 역무용통신설비(90%), 차상신호시스템(70%), 무선기반 열차제어시스템(80%) 등으로 다양한 철도 무선통신망에 대한 기술을 가지고 있지만 실제 제어장비 및 통신설비에 대한 핵심 기술 및 설비는 대부분 국산화가 이루어지지 않아 산업·정책적으로 개선이 요구된다.

넷째, 국내 철도무선통신 시스템 내에 인명 및 안전 기능이 부족하다는 것이 큰 문제점으로 지적되고 있다. 2010년 기준 철도 사고는 열차탈선 4건, 건널목사고 17건, 철도교통사상사고 204건이 발생하였으며, 인명피해는 사망 135명, 중상 136명, 경상 79명으로 총 250명의 인명피해가 발생하였다. 이와 같은 철도 사고는 타 철도안전기술에도 영향을 받았지만 무엇보다도 철도 무선통신 시스템에 인명 및 안전기능이 존재한다면 사고의 상당 부분을 줄일 수 있는 사고이기에 해당 기능의 적용이 시급한 상황이다.

다섯째, 철도의 낮은 여객/화물 수송 분담률도 문제이다. 철도/지하철의 여객분담율은 철도 8.2%, 지하철 17.5이며, 화물 분담률은 철도/지하철 각각 5%를 차지하고 있다. 특히 2008년 기준 나라별 km당 화물수송 톤 분담률에서 한국이 8.09%로 차지하고 있어 유럽의 10%, 미국의 40.2%, 중국의 22.76%에 비해 철도 구축 거리 대비 화물 수송량이 낮은 수준이기에 이에 대한 개선이 필요하다(국토해양부, 2011).

3) 열차제어시스템 현황

2000년대 이후 국내 신설철도노선과 개량철도노선에 구축되어 운영중인 열차제어시스템 상황을 조사하였다.

기존 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. 유럽의 경우 간선철도망(일반철도, 고속철도)을 신선건설 및 개량 시에 유럽의 ETCS를 의무적으로 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 ATC시스템에 자동열차운전장치가 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/ATO시스템을 대체할 수 있는 새로운 열차제어시스템으로 부상되고 있다.

국내 열차제어시스템 운영현황은 대부분 국외 시스템을 도입하여 설치·운영함으로써 각각의 노선에 따라 모두 상이하게 기술적 특성이 주어져서, 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 열차제어시스템의 공급과 이를 상용화하기 위한

노력이 필요하다. 독자적인 운영 및 유지보수는 물론 국내에서 사용 중인 열차제어시스템의 통합운영기술 확보를 위해 매우 중요한 요인으로 확인되었으며, 이를 위해서는 어떠한 형태로든 열차제어시스템에 대한 상호운영성이 지원되어야 한다.

이러한 경향과 요구사항에 맞추어 현재 국가연구개발사업으로 KRTCS 1단계 사업(도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 개발)을 진행 중이다. KRTCS 1단계 사업에 참여하는 제작사간에 상호운영성을 확보하는 것이 주요 연구내용중 하나이다.

나. 해외시장 현황 및 산업동향

1) 철도 통신망 동향

해외 철도 무선통신망 구축 현황 및 계획을 정리하면 다음의 <표]와 같다. 우선 대만, 일본, 미국 등을 제외한 대부분의 국가에서 GSM-R이 중장기적으로 구축이 지속될 것으로 전망된다. 유럽과 일본의 중장기 로드맵은 이러한 트렌드를 가장 잘 살펴볼 수 있는 사례이다. 한편 GSM-R 도입 지속에도 불구하고 차세대 철도 무선망으로의 진화도 지속적으로 논의될 것으로 예상된다. 유럽의 ERTMS 확대 구축 계획에도 불구하고 영국은 이기종 망간 게이트웨이 연동을 통한 범 유럽 철도 무선통신망 구축을 제안한 바 있으며, 프랑스는 GSM-R에 회선 스위칭 데이터의 주파수 효율성을 해결하기 위한 GPRS 도입을 고려하고 GSM-R 구축에 있어서도 민간 파트너 방식을 사용하는 PPP 방식을 도입하였으며, 스페인에서 LTE-R 기술 개발을 위한 협력 사업을 시작하였다.

선도 기술 도입에 적극적인 중국도 이러한 차세대 철도 무선통신망 기술 개발에 적극적으로 참여할 것으로 예상된다. 반면 대만의 THSR의 TETRA 구축 사례는 유럽 ERTMS에 근접한 철도 통신망 구축이 GSM-R 외에도 타 무선 음성·데이터 통신 솔루션을 통해 가능하여 관련 제조업자 및 이해관계자를 중심으로 철도 응용 시장에서의 진입을 지속적으로 모색할 것으로 예상된다.

[표5.1] 해외 현황 및 계획: 요약

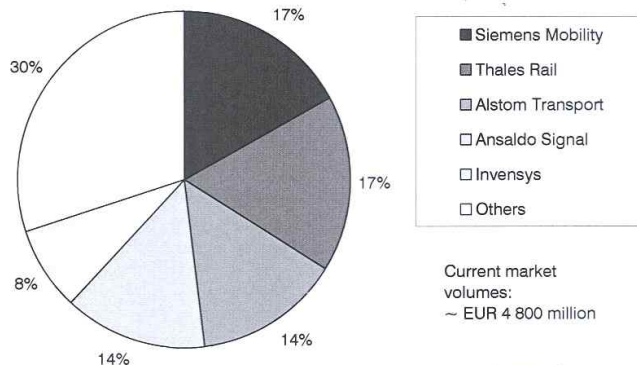
구분	제어방식	통신방식	주파수	주요내용
유럽	ETCS Level2	GSM-R	800 MHz	<ul style="list-style-type: none"> · 2015년까지 핵심 노선에 GSM-R이 의무 구축 (기존 망 업그레이드 포함)될 예정이며, 2020년까지 40,000Km에 도입될 전망 · 영국: RSSB가 LTE-R 도입을 2020년으로 전망하며, 멀티기술 도입을 제안 · 스페인: LTE-R에 대한 개발협력 추진 · 프랑스: GSM-R 구축에 PPP 방식 활용
중국	CTCS-3	GSM-R	900 MHz	<ul style="list-style-type: none"> · 2002년 CTCS 개발을 시작하고 GSM-R을 무선통신기술로 채택 · 2005년 GSM-R을 화웨이 장비를 통해 대진철도에 처음 구축 운영 · 장비업자를 중심으로 고속철도에서의 LTE 기술 도입이 검토 중
인도	ETCS Level2	GSM-R	900 MHz	<ul style="list-style-type: none"> · One Indian One ATC 정책에 의해 2020년까지 GSM-R로 통합이 예상됨
대만	D-ATC (유선)	TETRA	400 MHz	<ul style="list-style-type: none"> · TETRA로 철도무선망을 구축한 최초의 사례 · 이동통신사인 청화텔레콤이 고속철도에서의 LTE 운영을 시험 검증
일본	ATACS	별도	400 MHz	<ul style="list-style-type: none"> · 2011년부터 동일본철도에 의해 도시형 철도에 적용되어 운행 시작 · 개발부터 기본 기능 운행까지 약 17년의 시간이 소요됨
사우디	ETCS Level2	GSM-R		<ul style="list-style-type: none"> · 총 2,400km에 달하는 North South Railway 프로젝트에 GSM-R 방식 채택
미국	PTC	별도	200 MHz	<ul style="list-style-type: none"> · 2015년까지 의무도입이 법제화되었으나 기술 검증 등으로 지연 예상 · 캘리포니아 고속철도 프로젝트는 다양한 기술 방식 및 주파수 후보군을 검토한 후 GSM-R에 기반한 ETCS Level2를 선정하여 700MHz 대역 확보를 추진
브라질	ETCS Level2	GSM-R		<ul style="list-style-type: none"> · GSM-R에 기반한 ETCS Level2를 고속철도에 도입하기로 결정하였으며 구체적인 주파수 확보 활동은 확인된 바 없음

2) 열차제어시스템 동향

○ 해외의 열차제어시스템 공급동향

세계 철도신호시장은 6대 메이저 공급사인 Alstom Transport, Ansaldo Signal, Bombardier Transportation(BT), Invensys, Siemens mobility, Thales Rail Signalling solutions이 전 세계 시장의 70%를 점유하고 있다. 최근에 중국철도시장이 급속히 확대되면서, 국영 회사인 China Railway Signal and Communication Corp. 또한 중요한 위치를 차지하고 있다.

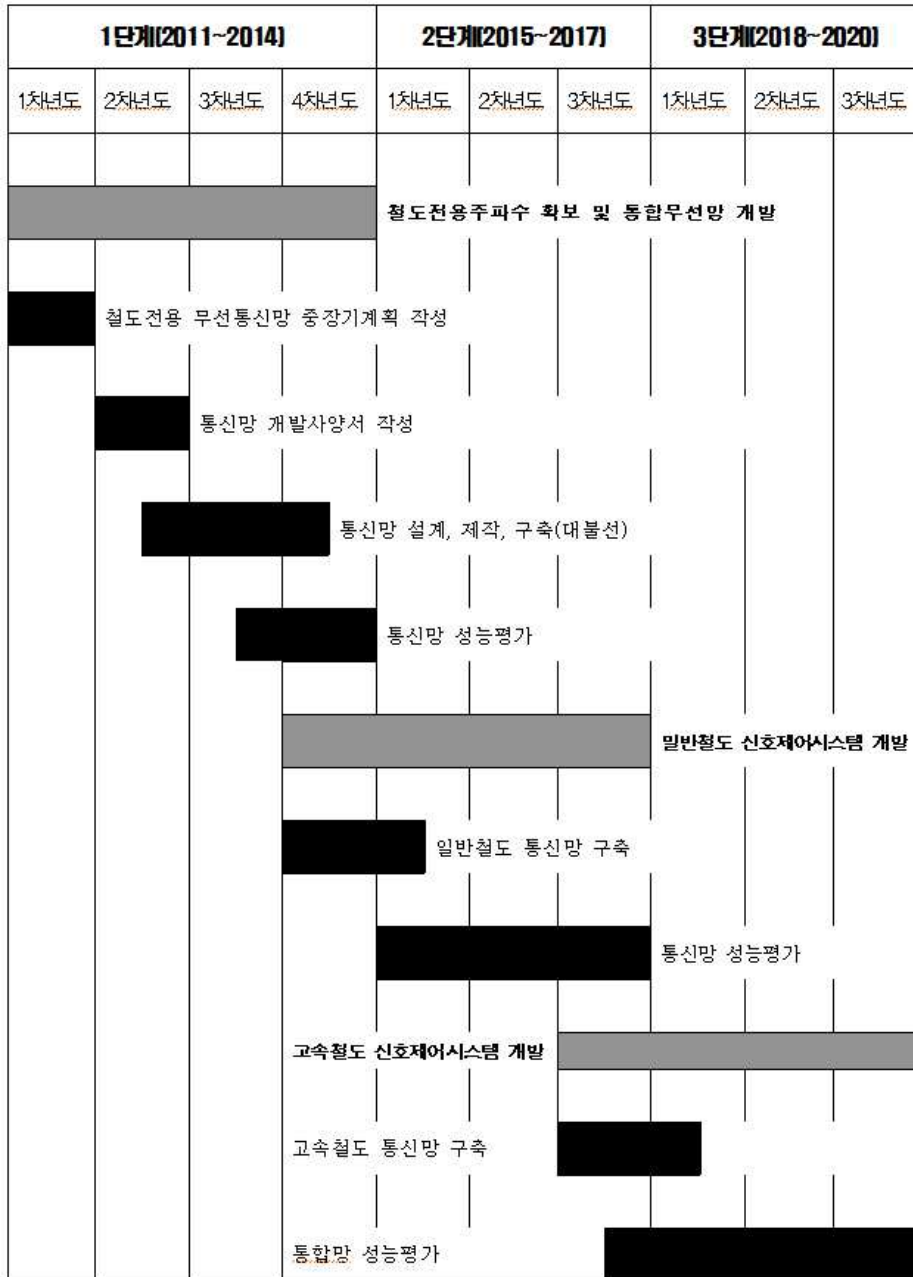
세계 신호부문 6개 메이저기업을 포함한 철도신호업체는 철도운영기관의 요구사항인 안전성과 운영효율향상을 충족하기 위해서 열차제어시스템에 대한 기술개발을 지속적으로 수행하고 있으며 그 단계는 아래 그림과 같이 기술발전을 4단계로 구분할 수 있다. 이 그림을 통해서 무선통신방식을 적용하는 열차제어시스템과 속도프로파일을 적용하는 DTG방식의 ATP시스템이 2000년대 이후 철도신호시장을 주도하고 있는 것을 확인할 수 있다.



[그림 5.2] 2005~2009년 control command and signaling 개발 및 업그레이드 점유율

다. 사업의 미래 잠재적 수요

앞에서 설명한 국내철도 통신망 및 열차제어시스템의 여러 문제점으로 인하여 국토해양부는 철도 통합무선망과 열차제어시스템 구축에 대한 기본계획인 「지능형 철도시스템 구축계획(안)」(등록번호-철도기술안전과 2458)을 2012년 10월에 발표하였다. [그림5.7]은 이 구축계획에서 명시된 지능형 철도시스템 단계별 구축전략이다.



[그림5.3] 지능형 철도시스템 단계별 구축전략

국토해양부의 지능형 철도시스템 단계별 구축전략을 근간으로 국내 철도인프라 건설을 담당하고 있는 한국철도시설공단의 2025년까지 철도 통합무선망 구축계획은 다음과 같다.

[표 5.2] 일반철도/고속철도/광역철도 무선통신망 계획

신설/개량	구분	거리 (km)
신설	일반철도	1693.6
	고속철도	337.2
	광역철도	545.8
개량	일반철도	2334.7
	고속철도	368.5
	광역철도	490.4
합계		5,770.2

[표 5.3] 일반철도(신설)

구분	구간	거리 (km)	사업기간
경부선	사곡~구미산단	11.0	2016-2018
경전선	마산~진주	53.3	2019-2021
	진주~광양	51.5	2023-2025
	부전~마산	32.6	2019-2021
	덕양~여수울촌산단	7.1	2019-2021
	마산~마산신항	14.2	2019-2021
	보성~임성리	79.5	2019-2021
장항, 군산선	대야~군장산단	27.9	2016-2018
	합덕~구미산단	32.6	2016-2018
동해남부선	부산~울산	65.7	2023-2025
	울산~신경주	42.8	2016-2018
	신경주~포항	33.8	2022-2024
	망양~울산신항	9.4	2016-2018
	포항~포항신항	11.2	2023-2025
동해선	동해~동해항	1.3	2016-2018
	포항~삼척	165.8	2016-2018
중앙선	원주~제천	37.7	2016-2018
	도담~영천	150.0	2016-2018
	영천~신경주	22.5	2015-2017
태백선	제천~쌍용	18.3	2021-2023
서해선	원시~화양	90.2	2021-2023
	송산~홍성	98.3	2021-2023
남부내륙선	김천~진주	108.1	2021-2023
	진주~거제	78.2	2021-2023
원주강릉선	원주~강릉	111.2	2023-2025
포승평택선	포승~평택	30.3	2017-2019
충청권철도	논산~청주공항	106.9	2023-2025
성남여주선	성남~여주	53.8	2023-2025

여주원주선	여주~원주	21.9	2023-2025
여주문경선	여주~문경	95.8	2019-2021
경원선	신탄리~철원	16.2	2019-2021
시협선로	오송~조치원	14.5	2023-2025
합계		1,693.6	

[표5.4] 일반철도(개량)

구분	구간	거리 (km)	사업기간
경부선	서울~부산	441.7	2016-2018
	삼각선(경부~경원)	0.5	2016-2018
	삼각선(경부~경인)	1.2	2016-2018
	구로~구로기지	1.4	2016-2018
	의왕~오봉	3.0	2016-2018
	병점~병점기지	2.2	2016-2018
	두정~천안	3.1	2016-2018
	서창~오송	4.6	2016-2018
	조차장~서대전	5.7	2016-2018
	미전~낙동강	1.6	2016-2018
	사상~범일	8.3	2016-2018
	물금~양산화물	3.5	2016-2018
	부강~부강화물	2.9	2016-2018
	신동~신동화물	4.7	2016-2018
가천~영천	24.7	2016-2018	
호남선	대전조차장~목포	252.5	2016-2018
	채운~연무대	5.8	2016-2018
	북송정(호남~경전)	1.0	2016-2018
	일로~대불	12.0	2016-2018
	안평~장성화물	3.6	2016-2018
경전선	삼랑진~마산	42.2	2019-2021
	광양~동순천	10.9	2019-2021
	동순천~광주송정	148.9	2016-2018
	창원~통해	21.2	2019-2021
	광양~태금	18.6	2019-2021
	황길~광양항	2.7	2019-2021
	광주선분기~광주	11.9	2019-2021
	초남~신광양항	6.2	2019-2021
	창원~덕산	8.2	2019-2021
	평화~성산	3.0	2019-2021
	진례~부산신항만	21.3	2019-2021
장항, 군산선	천안~장항	154.4	2016-2018
	장항~장항화물	4.2	2016-2018
	군산~옥구	11.6	2016-2018

	군산화물분기~군산화물	8.9	2016-2018
전라선	익산~여수엑스포	186.6	2019-2021
	동산~북전주	1.7	2019-2021
	덕양~적량	11.6	2019-2021
동해남부선	부산진~신선대	6.1	2016-2018
	가야~부전	2.2	2016-2018
	남창~온산	8.6	2016-2018
	태황강~장생포	3.6	2016-2018
	태화강~울산항	4.6	2016-2018
	효자~괴동	5.6	2016-2018
동해선	제진~감호	11.1	2016-2018
중앙선	청량리~원주	102.6	2019-2021
	제천~도담	17.4	2019-2021
	망우~성북	4.9	2019-2021
	제천~제천조차장	2.3	2019-2021
	북영주(중앙~영동)	0.7	2019-2021
	북영천	1.8	2019-2021
	금장~나원	2.2	2019-2021
영동선	영주~강릉	175.8	2019-2021
	동백산~도계	17.8	2019-2021
	동해~삼척	12.9	2019-2021
	동해~삼화	6.4	2019-2021
	동해~묵호	5.9	2019-2021
경북선	김천~영주	115.2	2019-2021
	점촌~문경	22.3	2019-2021
태백선	쌍용~백산	175.3	2021-2023
	예미~조동	9.6	2021-2023
	민둥산~구절리	45.9	2021-2023
	동백산(태백~영동)	0.8	2021-2023
충북선	조치원~봉양	115.0	2019-2021
합계		2,334.7	

[표 5.5] 고속철도(신설)

구분	구간	거리 (km)	사업기간
경부고속선	대전도심구간	18.2	2013-2015
	대구도심구간	27.1	2013-2015
수도권고속선	수서~평택	61.0	2022-2024
호남고속선	오송~광주송정	184.5	2022-2024
	광주송정~목포	46.4	2015-2017
합계		337.2	

[표 5.6] 고속철도(개량)

구분	구간	거리 (km)	사업기간
경부고속선	시흥연결선~동대구	218.1	2023-2025
	동대구~부산	128.3	2018-2020
	시흥~광명	1.5	2018-2020
	고속선~대전조차장	5.8	2018-2020
	옥천~고속선	4.2	2018-2020
	고속선~신동	3.5	2018-2020
	경부선~고속선분기	4.0	2018-2020
	고속선분기~경부선	1.3	2018-2020
	광명~광명기지	1.4	2023-2025
	고속선분기~오송기지	0.3	2023-2025
	고속선분기~영동기지	0.1	2023-2025
합계		368.5	

[표 5.7] 광역철도(신설)

구분	구간	거리 (km)	사업기간
분당선	기흥~망포	7.7	2019-2021
	망포~수원	4.9	2019-2021
신분당선	용산~강남	7.5	2023-2025
	정자~광교	12.8	2023-2025
	광교~호매실	11.1	2017-2019
대곡~원시	대곡~소사	16.7	2023-2025
	소사~원시	23.1	2023-2025
신안산선	안산~여의도	41.2	2023-2025
	여의도~서울	5.7	2023-2025
경춘선	춘천~속초	91.8	2019-2021
경의선	공덕~DMC	6.1	2019-2021
	용산~공덕	1.9	2019-2021
	수도권북부내륙화물기지인 입철도	3.2	2019-2021
수인선	송도~인천	7.5	2021-2023
	수원~한대앞	19.9	2023-2025
수도권GTX	의정부~금정	45.8	2017-2019
	일산~수서(동탄)	46.2	2017-2019
	송도~청량리	48.7	2017-2019
공항철도	신경의선연결	2.9	2017-2019
별내선	암사~남양주	11.4	2019-2021
진접선	당고개~진접지구	14.5	2019-2021
수서용문선	수서~용문	44.1	2019-2021
월곶판교선	월곶~판교	35.8	2019-2021

인덕원수원선	인덕원~동탄	35.3	2017-2019
합계		545.8	

[표 5.8] 광역철도(개량)

구분	구간	거리 (km)	사업기간
안산선	금정~오이도	26.0	2019-2021
	시흥~기지	2.0	2019-2021
분당선	왕십리~선릉	6.8	2019-2021
	선릉~수서	6.6	2019-2021
	수서~오리	18.5	2019-2021
	오리~죽전	1.8	2019-2021
	죽전~기흥	5.1	2019-2021
	오리~분당기지	2.3	2019-2021
신분당선	강남~정자	18.5	2023-2025
경춘선	금곡~춘천	64.2	2019-2021
	망우~금곡	17.9	2019-2021
	평내기지선	2.5	2019-2021
경원선	용산~신탄리	88.8	2019-2021
경의선	서울~도라산	56.0	2019-2021
	능곡~의정부	31.8	2019-2021
	화전~고양기지	1.7	2019-2021
	문산~문산기지	2.1	2019-2021
	수색~가좌	2.4	2019-2021
수인선	오이도~송도	13.1	2020-2022
공항철도	서울~인천공항	61.7	2017-2019
과천선	금정~남태령	14.4	2019-2021
경인선	구로~인천	27.0	2019-2021
일산선	지축~대화	19.2	2019-2021
합계		490.4	

이상에서 설명된 바와 같이 국가철도 통합무선제어시스템에 대한 국내의 미래수요는 운송수단에 있어서 철도의 중요성 부각에 따라 2025년 기준으로 현 시점(2012)보다 약 56% 증대될 것으로 보이며, 국가와 사업을 직접 수행하는 기관의 정책적 의지 또한 확고하다고 할 수 있다.

해외시장에서 유럽의 경우, 현재 철도 통신방식으로 활용하고 있는 GSM-R 방식에 대한 유지보수를 2025년까지만 보증한다고 밝히고 있으며, 차세대 유럽표준 철도 통신방식으로 채택될 가능성이 큰 LTE-R 방식에 대하여 2017년까지 상용화를 완료할 계획으로 연구개발을 추진 중에 있다. 따라서 국내에서 LTE 방식으로 국가철도 통합무선제어시스템 기술개발을 완료할 경우, 유럽을 중심으로 한 해외시장의 철도 통신기술을 주도할 것을 기대할 수 있다.

2. 파급효과

가. 고용효과

본 과제 종료 후 성과물에 의한 국내 철도신호시장 목표점유율 변화에 따른 경제적 파급효과 규모의 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.

1) 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 수요액이며 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	행	배분구조(생산물의 판매내역) 내생부문			(-)	
부가 가치	투입구조 (원재료*노동등의 구입내역)					
총투 입액						

[그림 5.4] 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) 시나리오 선정

본 과제 성과로서 도출되는 도시철도 분야의 철도신호시스템은 2014년 이후 국내에 건설 검토 중인 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 차원에서의 지원 등을 고려하여 시나리오를 구성하였다.

3) 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 5.9] 성과물 목표점유율에 따른 수요예측

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 1,206억 원 규모에서 최대 약 7,537억 원 규모에 이르는 것으로 추정되었다.

4) 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 5.10] 경제적 효과 계수

생산유발	부가가치	고용유발(억원당)
2.547965	0.769538	2.870

5) 경제적 파급효과 규모

본 과제 성과물의 신호시장 목표점유율과 국내 도시철도시장의 사업시행에 따라 낙관적·중립적·비관적 시나리오를 적용하여 생산유발효과를 산정하였다. 이 때, 신호시장 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 19,205억 원 규모, 모두가 비관적일 경우 약 3,073억 원 규모로 추정된다.

[표 5.11] 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 5,800억 원 규모, 모두가 비관적일 경우 약 928억 원 규모로 추정되었다.

[표 5.12] 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 5.13] 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

나. 수입대체 및 국외 시장 진출

1) 수입대체비용절감편익

- 국내 철도신호통신시장 신설 및 개량 계획
 - 국내 철도무선통신망 구축 계획

국내 철도무선통신망은 구축계획은 다음과 같다.

[표 5.14] 철도무선통신망 구축 계획

신설/개량	구분	거리 (km)
신설	일반철도	1693.6
	고속철도	337.2
	광역철도	545.8
개량	일반철도	2334.7
	고속철도	368.5
	광역철도	490.4

자료: 한국철도시설공단

[표 5.15] 철도무선통신망 기간별 투자액

완공기간	연장(km)	투자액(억원)
2015	45.3	100
2016	0	-
2017	68.9	153
2018	1632.3	3,635
2019	650.8	626
2020	148.6	331
2012	1866.5	4,151
2022	13.1	29
2023	632.2	1,406
2024	279.3	621
2025	783.5	1,787

자료: 한국철도시설공단

차상신호시스템과 지상신호시스템으로 구분되는 국가철도 통합무선제어시스템 구축비용은 다음 표와 같다. 자세한 산정방법은 다음 절의 비용분석에서 다룬다.

[표 5.16] 국가철도 통합무선제어시스템 구축비용

(단위: 억 원)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	합계
지상제어 시스템 구축비용	600	600	600	600	600	400	400	200	200	128	4,328
차상제어 시스템 구축비용	900	900	900	900	900	700	700	700	700	700	7,600
합계	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,100	1,100	900	900	828	11,928

- 차상신호시스템 구축계획

지하철 및 수도권 통근전철에 사용되는 전기동차(2,344량)을 제외하면 고속철도차량(1,110량), 디젤기관차(321량), 동차(444량), 전기기관차(177량) 및 간선형 전기동차(32량)이 사업대상이 된다. 고속철도차량의 경우 KTX는 20량이 1편성, 산천은 10량이 1편성으로 구성된다. KTX 산천의 경우 2012년 현재 29(290량)편성이 운행 중이다.

[표 5.17] 국내 철도 차량 차종별, 내구연한별 통계

차종 연월	고속 철도 차량	디젤 기관 차	디젤 동차	전기 기관 차	간선 형 전기 동차	ITX- 청춘	전 기 동 차	증 기 기관 차	객 차	발전 차	화 차	기종 기	통일 호 전기 동차
계 Total	1,110	321	444	177	32	16	2,344	0	1,080	156	12,705	16	-
1~5	190	-	-	48	32	16	600	-	-	-	696	1	-
6~10	920	83	6	35	-	-	336	-	253	18	3,478	10	-
11~15	-	117	131	2	-	-	695	-	492	83	4,348	4	-
16~20	-	52	304	-	-	-	560	-	270	31	2,529	1	-
21~25	-	16	3	4	-	-	135	-	65	24	990	-	-
26~30	-	11	-	-	-	-	18	-	-	-	664	-	-
31이 상	-	42	-	88	-	-	-	-	-	-	-	-	-
내구 연한 초과	-	53	3	-	-	-	18	-	-	-	-	-	-
미초 과	1,110	268	458	177	-	16	-	-	1,080	156	12,705	16	-
평균 연령	6.1	16.6	16.9	21.6	2.0	0.0	11.5	-	14.0	15.6	13.7	9.6	-

자료: 2011철도통계연보, 2012, 한국철도공사, 코레일공항철도, 한국철도시설공단

KTX는 41편성(820량)에는 82[set]의 차상신호장치가 설치되어야 하며, KTX 산천 29편성(290량)에는 58[set]의 차상신호장치가 설치되어야 하며, 디젤기관차, 디젤동차, 전기기관차 942량에는 942[set]의 차상신호장치가 설치되어야 한다. 디젤기관차, 디젤동차, 전기기관차의 경우 5~10년 후 발생하는 내구연한 초과 차량 234량을 교체할 경우를 반영하였다.

따라서 일반철도 및 고속철도에 KRTCS용 차상신호장치를 설치하기 위해서는 총 1082[set]가 필요하다. 일반철도용 KRTCS개발이 종료 후 2018년부터 2027년까지 순차적으로 설치하는 것으로 하였으며, 차상신호장치 1셋트당 가격을 4억으로 산정하였다(2028년까지 가격 불변).

2003년의 차상신호(ATP)시스템 도입사업의 경우 경부선 호남선(770.7km, 413량)에 대해서 1,185억 원으로 계약이 체결되었다(전기업무자료 제19호, 2012, 한국철도공사 전기기술

단). 차상신호장치는 1세트당 2억 원 정도로 공급이 되었다.

[표 5.18] 차상신호시스템 연차별 구축 계획

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	합계
도입 수량	150	150	150	150	150	100	100	50	50	32	182
투자 예상액 (억원)	600	600	600	600	600	400	400	200	200	128	4,328

- 지상신호시스템 구축계획

지상신호시스템은 관제설비(CTC), ATP설비, 연동설비로 구성되며, 건널목보안장치와 같은 안전설비와 연계되어 있다. 관제설비의 경우 설치율이 70.5%이고, 연동장치의 전자화율도 70.9%이다. KRTCS를 구축하기 위해서는 KRTCS제어영역의 관제설비와 전자연동장치의 설치율이 100%로 되어야 한다. 관제설비와 전자연동장치가 구축되지 않은 것은 열차운행이 매우 한산한 노선으로서, 이러한 설비구축의 시급성이 낮다.

현재 일반철도와 고속철도 노선 중 2,500km에 KRTCS를 설치하고, 제2차 국가철도망 구축계획(2011.4, 국토해양부)에 의해서 추가로 건설되는 고속철도(332km), 일반철도(기 시행 중인 사업 1,828km, 신규사업 후반기 614km)에 KRTCS를 설치한다. 따라서 KRTCS를 설치할 수 있는 노선은 총 5,274km이다. KRTCS의 지상설비는 지상ATP 및 지상자로 구성되며, 지상ATP는 200km마다 3개가 설치된다. 지상ATP의 가격은 엔지니어링 비용을 포함해서 1set당 100억 원으로 책정한다.

[표 5.19] 지상신호시스템 연차별 구축계획

연도	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	합계
건설 길이	600	600	600	600	600	500	450	450	450	424	5,274
설치 수량	9	9	9	9	9	7	6	6	6	6	76
투자 예상액 (억원)	900	900	900	900	900	700	600	600	600	600	7,600

○ 편익추정방법

- 편익추정방법

생산비용절감접근법은 다음과 같은 공식에 의해 대체비용절감편익을 산출한다.

$$\text{수입대체비용절감편익} = (\text{구축장비의 수요}) \times (\text{비용절감액})$$

$$* \text{비용절감액} = (\text{외산장비가격}) - (\text{국산장비가격})$$

- 시나리오 설정

철도무선통신망의 외산가격대비 국산가격절감비율은 약 12.4%이다.

[표 5.20] 철도무선통신망 가격절감율

	외산시스템	국산시스템
기기	TRS (800MHz)	LTE-R (2.6GHz)
예상구축비용 (3,700km 구축시)	8,401억원	7,474억원

자료: 「국가 철도 전용 통합무선망 구축 방안, 한국철도기술연구원, 2012」

무선신호제어 시스템의 경우 외산 시스템에 비해 상대적으로 저렴하므로, 국산 시스템의 가격절감 구간에 따른 시나리오를 설정한다.

[표 5.21] 무선신호제어시스템의 국산가격절감비율 시나리오

시나리오	국산 무선신호제어시스템의 예정가격	비고
비관적	외산시스템 가격 대비 80%	
중립적	외산시스템 가격 대비 70%	
낙관적	외산시스템 가격 대비 60%	

국내시장 수입대체에 따른 편익은 신설 및 교체 계획에 따라 최종공사년도에 수입대체편익이 발생하는 것으로 보며, 지속기간은 없다고 전제한다.

○ 편익추정 결과

편익추정결과 총발생편익이 비관적 시나리오의 경우 3,802억 원, 중립적 시나리오의 경우 4,995억 원, 낙관적 시나리오의 경우 6,188억 원 발생하는 것으로 추정되었다.

[표 5.22] 수입대체비용절감편익 추정결과

연도	수입대체비용절감편익(억원)		
	비관적 시나리오	중립적 시나리오	낙관적 시나리오
2015	11	11	11
2016	-	-	-
2017	17	17	17
2018	701	851	1,001
2019	369	519	669
2020	336	486	636
2021	758	908	1,058
2022	303	453	603
2023	375	485	595
2024	269	369	469
2025	357	437	517
2026	160	240	320
2027	146	218	291
계	3,802	4,995	6,188

2) 국외시장 부가가치편익

○ 국외 철도신호시장규모 예측

국외시장 시장규모는 SCI/VERKEHR 2012년 보고서를 바탕으로 2016년 이후 국외 철도신호통신시장이 동일한 성장율(연 평균 0.3%)로 성장한다고 가정하며, 국내 시장규모는 국외시장 규모 예측시 제외한다.

○ 편익추정방법

- 편익추정방법

시장수요접근법은 시장수요의 추정을 통해 연구개발사업의 결과물이 시장을 점유함에 따라 산출되는 부가가치 중 본 개발사업이 차지하는 비율에 해당하는 편익을 산정하는 방법이다.

$$\begin{aligned}
 \text{국외시장부가가치편익} &= (\text{국외시장규모}) \times (\text{시장점유율}) \\
 &\quad \times (\text{사업화성공률}) \times (\text{부가가치율}) \\
 &\quad \times (\text{R\&D기여도})
 \end{aligned}$$

본 사업은 국내 철도망 신설 및 개량계획과 필요한 국가철도 통신 및 신호제어 시스템의 설치에 관한 기술개발 및 구축사업으로 일반적인 국가연구개발사업의 사업성공률을 적용하기 어려우며, 사업성공률 100%를 전제하였다.

부가가치율은 최근 발간된 2009년 산업연관표(한국은행, 2011)을 기준으로 2006~2011년

4년간 유관산업의 부가가치율을 평균하여 32.3%를 선정하였다.

R&D 기여율이란 기술개발활동이 부가가치의 창출에 어느 정도 기여하였는가를 의미함. 이전의 유사사업에 대한 예비타당성조사에서 가정하였던 방법과 예비타당성 표준지침을 검토하여, 28.1%를 선정함.

편익발생시점은 2018년 상용화 이후, 국내 시스템 구축과 함께 국외수출 가능성이 커짐에 따라, 2018년을 국외시장 수출편익 시점으로 판단하였으며, GSM-R 등 유사 기술의 기술수명을 참고하여 상용화 후 15년으로 전제하였다.

- 시나리오 설정

국외 철도신호시장은 6개의 메이저 업체에 의해 과점이 형성되어 있어, 신규 진입의 가능성이 낮다. 이에 국외 시장 점유율을 3개의 시나리오를 구성하여 설정하였다.

[표 5.23] 무선제어시스템의 국산가격절감비율 시나리오

시나리오	국외 시장 점유율	비고
비관적	0%	
중립적	1%	
낙관적	2%	

○ 편익추정결과

편익추정결과 국외시장 부가가치편익의 총발생편익은 비관적 시나리오의 경우 0원, 중립적 시나리오의 경우 1,286억 원, 낙관적 시나리오의 경우 2,572억 원이다.

[표 5.24] 국산 무선제어시스템의 국외시장 부가가치편익

연도	국외시장 부가가치편익(억원)		
	비관적 시나리오 (0% 점유)	중립적 시나리오 (1% 점유)	낙관적 시나리오 (2% 점유)
2018	-	82	165
2019	-	85	170
2020	-	86	171
2021	-	83	165
2022	-	86	173
2023	-	86	172
2024	-	87	174
2025	-	86	173
2026	-	88	176
2027	-	88	177
2028	-	68	135
2029	-	90	179
2030	-	90	180
2031	-	90	180
2032	-	91	181
총계	-	1,286	2,572

제2절 비용분석

본 절은 열차제어·통신시스템 대한 과제비용과 시스템 구축비용을 추정한다. 열차제어·통신시스템은 철도에 통합무선망을 구축하기 위한 것이며, 철도 통합무선망은 열차제어시스템, 실시간 차량/설비 모니터링, 철도운영시스템, 철도지령망, 화물정보시스템, 건널목시스템 등 다양한 시스템이 무선통신망으로 통합되어 운영되는 것이다. 본 연구과제에 대한 편익은 해당 시스템이 구축되었을 때 비로소 도출되게 된다. 따라서 본 절에서는 열차제어·통신시스템 대한 연구과제 비용을 추정하는 것뿐만 아니라, 통합무선망 구축 및 열차제어시스템 구축에 대한 비용도 함께 추정한다.

철도 통합무선망은 앞에서 설명한 바와 같이 여러 시스템이 통합되어 운영되며, 열차제어시스템이 가장 핵심이 되는 요소다. 연구과제도 철도 통합무선망 구축기술 개발과 열차제어시스템 기술개발로 나뉘어 있다. 따라서 본 절의 비용추정은 과제비용과 구축비용을 모두 추정하며, 각각에 대하여 통합무선망 부문과 열차제어시스템 부문으로 나누어서 비용을 추정한다.

1. 연구과제비 분석

총연구비는 950억 원이며, 정부지원금 950억 원과 민간분담금 0억원으로 구성된다. 이중 50억원은 과제관리비로서 순수 연구비는 900억 원이다. 세부과제1에서 수행하는 안전성활동의 평가에 소요되는 비용은 도시철도용 ATP/ATO 3[set], 일반철도용 ATP/ATO 및 고속철도용 ATP/ATO에 55억 원이 소요될 것으로 예상된다.

세부과제II는 종합성능시험평가에 필요한 종합시험평가인프라(시험선, 시험열차)구축·운영비용과 종합성능시험평가비용으로 구성된다. 또한 일반철도용 열차제어시스템의 경우, 종합성능시험평가를 완료한 후 오송종합시험선으로 이전하기 위한 소요비용으로 15억 원을 배정하였다.

세부과제III 무선기반 철도통신시스템 보안 및 국제화연구는 첫째로는 국제화 활동 및 상호운영성과 둘째는 철도통신시스템 보안 연구로 나누어진다. 세계적으로 처음 시도 되는 LTE-R 이므로 국제화를 통해 선도 기술로의 도약이 목표이며 그 목적을 충족시킬 수 있는 상호운영 및 보완 관련 연구가 주된 업무이다.

세부과제 IV 무선기반 철도통신시스템 최적화 기술개발은 첫째 통합무선망 시험 및 검증, 둘째 철도통신시스템 감시연구 연구로 나누어지며 추가적으로 1차년도에는 사업화를 위해 일반철도 통합무선망 구축 계획 수립 및 고속철도 통합무선망 구축 계획수립 업무가 병행되어

연구 된다. 또한 도시철도용 LTE-R 과 일반철도용 LTE-R의 통합화 추진을 위해 EPC 시스템의 보완 및 이중화 연구가 진행 되며, 대불선/전라선/오송 시험선/고속선 4곳의 무선망에 대한 통합, 속도별 시험, 검증이 진행 된다.

세부과제 V 무선기반 철도시스템 활용 기술 개발은 LTE-R의 성능 검증이 완료 된 이후 인 2차년도부터 시작되며 첫째 통합무선망을 이용한 영상 감시 시스템 개발 연구, 둘째 철도 통신망을 이용한 차량 및 시설물 고장진단 연구, 셋째는 창상 기반 열차제어시스템 연구로 나누어지며 추가적으로 철도 차량 내부 네트워크 성능 향상 연구가 병행되어 연구 된다. LTE-R을 이용한 여러 응용 분야 연구 중 실시간 고장 진단 및 철도 이용객을 위한 범죄 및 안전을 위한 감시시스템과 통신 속도 향상 연구가 주된 연구내용이다.

[표 5.25] 국가철도 통합무선제어기술개발 과제 총 연구비

(단위:억원)

비목	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간 (현물)
세부과제I	89.5		54.5		67		45		12		268	
세부과제II	28		30		36		42		26		162	
세부과제III	18		22		14		14		10		78	
세부과제IV	39		46		56		50		50		241	
세부과제V			7		48		56		40		151	
합계	174.5		159.5		221		207		138		900	

[표 5.26] 국가철도 통합무선제어기술개발 과제 소요예산인원

(단위:M/Y)

비목	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
세부과제I	17.33	9.57	12.67	7.37	3.96	50.9
세부과제II	8.34	8.17	8.58	8.66	6.59	40.34
세부과제III	18	21	28.75	27.75	20.50	116
세부과제IV	14	15.45	17.65	13.25	14.52	74.87
세부과제V			10.35	12.45	11.25	34.05
합계	57.67	54.19	78	69.48	56.82	316.16

가. 세부연구과제별 연구비

1) 세부과제 I - 중고속용 무선기반 열차제어시스템 기술개발

세부과제 I는 중속용 열차제어시스템과 고속용 열차제어시스템을 개발한다. 열차제어시스템개발은 중속용을 우선 개발하여 종합성능시험을 실시할 시기에 고속용 열차제어시스템을

개발한다. 1단계에서 종합성능평가를 완료한 열차제어시스템의 경우, 무선통신망을 무선LAN 방식에서 LTE-R로 변경하여 1차년도와 2차년도에 실시한다. 각 세부내용별 연구비 및 연구내용은 다음과 같다.

[표 5.27] 열차제어시스템 표준체계 구축 연구비 및 연구내용

[단위 : 억원]

	연구비 (민간)	연구내용	비고
1차 년도	89.5	○도시철도 - 시스템 제작 및 설치 - 시스템 안전성 평가 - 시스템 사양서 및 규격서 작성 ○일반철도 - 시스템개발사양서 작성 및 설계 - 시스템개발환경 구축 - 안전성평가	
2차 년도	54.5	○도시철도 - 시스템 안전성 평가 - 시스템 사양서 및 규격서 작성 ○일반철도 - 열차제어시스템 제작 및 설치 - 시스템개발환경 구축(시뮬레이터 개발) - 안전성 평가 - 지상인프라 설계 및 발주	
3차 년도	67	○일반철도 - 안전성 평가 - 시스템 사양서 및 규격서 작성 ○고속철도 - 시스템 사양서 개발 및 설계 - 열차제어시스템 개발환경 구축	
4차 년도	45	○고속철도 - 시스템 사양서 개발 및 설계 - 열차제어시스템 개발환경 구축(시뮬레이터 개발) - 하드웨어 소프트웨어 제작 - 안전성 평가 - 지상인프라 설계 및 발주 - 시스템 사양서 및 규격서 작성	
5차 년도	12	○고속철도 - 시스템 사양서 및 규격서 작성	
합계	268		

[표 5.28] 도시철도용 열차제어시스템(3세트 제작) 연구비 및 연구내용

[단위 : 억원]

	연구비 (민간)	연구 내용	비고
1차년도	15.5	- 시스템 제작 및 설치 - 시스템 안전성 평가 - 시스템 사양서 및 규격서 작성	
2차년도	3.5	- 시스템 안전성 평가 - 시스템 사양서 및 규격서 작성	
3차년도			
4차년도			
5차년도			
합계	19		

[표 5.29] 일반철도용 열차제어시스템 연구비 및 연구내용

[단위 : 억원]

	연구비 (민간)	연구 내용	비고
1차년도	74	- 시스템개발사양서 작성 및 설계 - 시스템개발환경 구축 - 안전성평가	
2차년도	51	- 열차제어시스템 제작 및 설치 - 시스템개발환경 구축(시뮬레이터 개발) - 안전성 평가 - 지상인프라 설계 및 발주	
3차년도	5	- 안전성 평가 - 시스템 사양서 및 규격서 작성	
4차년도			
5차년도			
합계	130		

[5.30] 고속철도용 열차제어시스템 연구비 및 연구내용

[단위 : 억원]

	연구비 (민간)	연구 내용	비고
1차년도			
2차년도			
3차년도	62	- 시스템 사양서 개발 및 설계 - 열차제어시스템 개발환경 구축	
4차년도	45	- 시스템 사양서 개발 및 설계 - 열차제어시스템 개발환경 구축(시뮬레이터 개발) - 하드웨어 소프트웨어 제작 - 안전성 평가 - 지상인프라 설계 및 발주 - 시스템 사양서 및 규격서 작성	
5차년도	12	- 시스템 사양서 및 규격서 작성	
합계	119		

2) 세부과제 II - 무선기반 철도시스템 시험평가 및 전용시험선 구축기술

세부과제 II는 세부과제I에서 개발한 열차제어시스템의 종합성능시험에 필요한 종합성능시험 인프라구축 및 종합성능시험을 수행한다. 종합성능시험 인프라는 지상설비와 차상설비로 구성된다.

지상설비는 시험선로, 유무선통신망, 감시설비(CCTV), 관제설비, 연동설비 등으로 구성된다. 시험선로는 대불선(도시철도용), 전라선(일반철도용) 및 호남선(고속철도용)을 활용한다. 유무선통신망과 감시설비(CCTC), 관제설비 및 연동설비는 전라선과 호남선에 설치한다. 관제설비와 연동설비는 열차제어시스템의 하부시스템으로서 현재 일반선과 고속선에 사용 중인 시스템과 연계하거나 동일한 시스템을 구매하여 설치한다. 특히 연동설비의 경우, 한국철도공사와 협의하여 연동제어권에 대한 협의결과에 맞추어 구축방안을 작성한다. 고속선은 일반선에 비하여 많은 안전설비를 지상에 설치하고 있다. 이러한 안전설비와의 연계방안도 지상설비구축시 반영한다.

차상설비는 시험전동차, 계측설비, 감시설비(CCTV) 등으로 구성된다. 시험전동차의 경우, 최근에 사업이 종료된 톨팅전동차는 일반선용 열차제어시스템의 시험전동차로 검토한다. 해무전동차는 고속선용 열차제어시스템의 전동차로 검토한다. 추가적으로 2편성 시험을 위해서 추가적으로 시험전동차를 확보하여야 한다. 1단계 종합성능시험의 경험을 반영하여 열차에서 종합성능시험을 충분히 지원할 수 있도록 시험전동차의 열차내부를 개조한다.

[표 5.31] 철도차량별 인프라 구축내용

	인프라 구축내용	비고
일반철도용	- 시험전동차 : 2편성 · 톨팅전동차(사용종료) · 영업용 전동차(한시적으로 사용) - 차량개조 · 톨팅전동차 : 중규모 개조 · 영업용 전동차 : 소규모 개조	
고속철도용	- 시험전동차 : 2편성 · 해무(사업진행중) · 영업용 고속전동차(한시적으로 사용) - 차량개조 · 해무전동차 : 중규모 개조 · 영업용 고속전동차 : 소규모 개조	톨팅전동차의 시험전동차 활용 가능성 검토 필요

[표 5.32] 무선기반 철도시스템 시험평가 및 전용시험선 구축기술 연구비 및 연구내용

[단위 : 억원]

	연구비 (민간)	연구 내용	비고
1차년도	28	○도시철도 - 시험열차 임대 - 종합성능시험 ○일반철도 - 시험열차 확보 - 종합성능시험(계획서 작성)	
2차년도	30	○도시철도 - 시험열차 임대 - 종합성능시험 ○일반철도 - 시험열차 임대 및 개조(2편성) - 시험선 운영관리 - 종합성능시험	
3차년도	36	○일반철도 - 시험열차 임대 - 시험선 운영관리 - 종합성능시험	
4차년도	42	○일반철도 - 시스템 사양서 작성 - 시스템 개량(소프트웨어 개수) ○고속철도 - 시험열차 확보(2편성) 및 개조 - 시험열차 임대 - 종합성능시험평가 - 시험선 운영	
5차년도	26	○일반철도 - 시스템 개량(소프트웨어 개수) - 이전설치 및 안정화 ○고속철도 - 시험열차 임대 - 종합성능시험평가 - 시험선 운영	
합계	162		

[표 5.33] 도시철도용 열차제어시스템 성능시험 연구비 및 연구내용

[단위 : 억원]

	연구비 (민간)	연구 내용	비고
2014년	5	- 시험열차 임대 - 종합성능시험	
2015년	8	- 시험열차 임대 - 종합성능시험	
2016년			
2017년			
2018년			
2019년			
합계	13		

[표 5.34] 일반철도용 열차제어시스템 연구비 및 연구내용

[단위 : 억원]

	연구비 (민간)	연구 내용	비고
2014년	3	- 시험열차 확보 - 종합성능시험(계획서 작성)	
2015년	32	- 시험열차 임대 및 개조(2편성) - 종합성능시험 - 시험선 운영관리	
2016년	20	- 시험열차 임대 - 종합성능시험 - 시험선 운영관리	
2017년	5	- 시스템 사양서 작성 - 시스템 개량(소프트웨어 개수)	
2018년	15	- 시스템 개량(소프트웨어 개수) - 이전설치 및 안정화	
2019년			
합계	75		

[표 5.35] 고속철도용 열차제어시스템 연구비 및 연구내용

[단위 : 억원]

	연구비 (민간)	연구 내용	비고
2014년	0		
2015년	0		
2016년	0		
2017년	32	- 시험열차 확보(2편성) 및 개조 - 시험열차 임대 - 종합성능시험평가 - 시험선 운영	
2018년	22	- 시험열차 임대 - 종합성능시험평가 - 시험선 운영	
2019년	20	- 시험열차 임대 - 종합성능시험평가 - 시험선 운영	
합계	162		

3) 세부과제Ⅲ - 무선기반 철도통신시스템 보안 및 국제화연구

무선기반 철도통신시스템 보안 및 국제화연구는 첫째로는 국제화 활동 및 상호운영성과 둘째는 철도통신시스템 보안 연구로 나누어진다. 세계적으로 처음 시도 되는 LTE-R 이므로 국제화를 통해 선도 기술로의 도약이 목표이며 그 목적을 충족시킬 수 있는 상호운영 및 보완 관련 연구가 주된 업무이다.

[표 5.36] 무선기반 철도 통신시스템 보안 및 국제화 연구 연구비 및 연구내용

[단위 : 억원]

	연구비 (민간)	연구 내용	비고
1차년도 (12개월)	18	- LTE-R 열차통신 접속표준 연구 - 통합 무선망을 이용한 LTE-R 국제화 활동(I) - LTE-R과 VHF 상호운영 방안 연구 - LTE-R과 TETRA 상호운영 방안 연구	
2차년도 (12개월)	22	- LTE-R과 VHF 상호운영 IF 설계 - LTE-R과 TETRA 상호운영 IF 설계 - 통합 무선망을 이용한 LTE-R 국제화 활동(II)	
3차년도 (12개월)	14	- LTE-R과 VHF 상호운영 장치 제작 - LTE-R과 TETRA 상호운영 장치 제작 - 통합 무선망을 이용한 LTE-R 국제화 활동(III)	
4차년도 (12개월)	14	- 철도 통합 무선 정보전달 표준화 연구 - 통합 무선망을 이용한 LTE-R 국제화 활동(IV) - 통합 무선망을 이용한 LTE-R 국제화 활동 - 광대역 철도무선 융합 플랫폼 표준화 기술개발 - 열차제어시스템 표준화 체계 및 성능평가 법제화	
5차년도 (12개월)	10	- 철도 통합 무선 정보체계 표준화 기술개발 - 고속이동 철도무선 융합 플랫폼 기술개발 - IEC 62280 기반 철도통신시스템 보안 연구	
합계	78		

[표 5.37] 무선기반 철도 통신시스템 보안 및 국제화 연구 연차별 연구비용

[단위 : 억원]

연구 주제	연 도					
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합 계
국제화 활동 및 상호 운영성 연구	6	8	8	8	7	37
철도통신시스템보안연구	12	14	6	6	3	41
합 계	18	22	14	14	10	78

3) 세부과제 IV - 무선기반 철도통신시스템 최적화 기술개발

무선기반 철도통신시스템 최적화 기술개발은 첫째 통합무선망 시험 및 검증, 둘째 철도통신시스템 감시연구 연구로 나누어지며 추가적으로 1차년도에는 사업화를 위해 일반철도 통합 무선망 구축 계획 수립 및 고속철도 통합무선망 구축 계획수립 업무가 병행되어 연구 된다. 또한 도시철도용 LTE-R 과 일반철도용 LTE-R의 통합화 추진을 위해 EPC 시스템의 보완 및 이중화 연구가 진행 되며, 대불선/전라선/오송 시험선/고속선 4곳의 무선망에 대한 통합, 속도별 시험, 검증이 진행 된다.

[표 5.38] 무선기반 철도통신시스템 최적화 기술개발 연구비 및 연구내용

[단위 : 억원]

	연구비 (년간)	연구 내용	비고
1차년도 (12개월)	39	<ul style="list-style-type: none"> - 기지국셀 이중화 구조 연구 - LTE-R 시스템 사양서 작성 - 고속이동체 handover 기술개발 - 커버리지 증가를 위한 철도 지능형 안테나 설계 - EPC 시스템의 보완 및 이중화 연구 - LTE-R QoS 서버 설계 연구 - LTE-R 무선망 시험 및 보완 	LTE-R Core 시스템 백홀 임대비용 (대불선-전라선 구간 : 10G 4회선 연간 14억)
2차년도 (12개월)	46	<ul style="list-style-type: none"> - LTE-R 기능 사양서 작성 - LTE-R QoS 서버 설계 제작 (IMS 장비) - 커버리지 증가를 위한 철도 지능형 안테나 제작 - 망 최적화 및 안테나 위치측정 SW 개발 - 통합망을 도시/일반 철도 연동시험 - 신호제어용 바이탈 네트워크 기술개발 - ALL IP 기반 무선망 감시시스템(RCADA) 설계 	LTE-R 장비 유지 보수 비용(연간 대불선 4.5억 전라선 5억)
3차년도 (12개월)	56	<ul style="list-style-type: none"> - LTE-R IMS 장비 보완 - LTE-R 지능형안테나 시험 및 검증 - ALL IP 기반 무선망 감시시스템(RCADA) 제작 - LTE-R 차상 단말 수정 및 보완 - 철도전용 통합무선망 안전성 인증 비용 	LTE-R 장비 오송 선 시험선 이전 설치비용(8억)
4차년도 (12개월)	50	<ul style="list-style-type: none"> - ALL IP 기반 무선망 감시시스템(RCADA) 구축 - 고속철도 무선 특성분석연구 (430Km/h 이상) - 고속이동 광대역 무선 게이트웨이 기술개발 - 광대역 철도무선 융합 플랫폼 표준화 기술개발 - 체감 품질/ ALL IP 운영 기기 조회 - LTE-R LTE_Ad 적용 연구 	LTE-R 장비 고속선 이전 설치비용(12억)
5차년도 (12개월)	50	<ul style="list-style-type: none"> - LTE-R 적용에 따른 운전시각 연구 - LTE-R 표준 사양 연구 - 고속이동 철도무선 융합 플랫폼 기술개발 - 체감 품질/ ALL IP 운영 기기 조회 - LTE-R LTE_Ad 적용 연구 	
합계	241		

5) 세부과제 V - 무선기반 철도시스템 활용 기술개발

무선기반 철도시스템 활용 기술 개발은 LTE-R의 성능 검증이 완료된 이후인 2차년도부터 시작되며 첫째 통합무선망을 이용한 영상 감시 시스템 개발 연구, 둘째 철도통신망을 이용한 차량 및 시설물 고장진단 연구, 셋째는 차상 기반 열차제어시스템 연구로 나누어지며 추가적으로 철도 차량 내부 네트워크 성능 향상 연구가 병행되어 연구 된다. LTE-R을 이용한 여러 응용 분야 연구 중 실시간 고장 진단 및 철도 이용객을 위한 범죄 및 안전을 위한 감시시스템과 통신 속도 향상 연구가 주된 연구내용이다.

[표 5.39] 무선기반 철도시스템 활용 기술개발 연구비 및 연구내용

[단위 : 억원]

	연구비 (민간)	연구 내용	비고
		-	
2차년도 (12개월)	7	- LTE-R 철도 영상 정보전달시스템 설계 - LTE-R 철도 영상 정보전달시스템 설계 - 철도차량 내부 네트워크 개선 기술 연구	
3차년도 (12개월)	48	- 철도 영상 정보전달시스템 표준 규격연구 - LTE-R 철도 영상 정보전달시스템 구축 - 철도차량 내부 네트워크 시스템 개발 - 실시간 고장 진단용 정보수집 및 장치 개발	
4차년도 (12개월)	56	- 선로변 시설물 원격제어시스템 개발 - 차량 고장 예방 위한 지원시스템 개발 - 차상 기반 건널목 제어시스템 기술개발 - 무선 기반 차량 원격 제어시스템 연구	
5차년도 (12개월)	40	- 분기기 차상 제어 시스템 개발 - 무선 기반 차량 원격 제어시스템 시범 적용 - 영상 정보를 이용한 차세대 관제 시스템 개발 - LTE-R을 이용한 유럽 철도 연계방안 연구	
합계	151		

나. 세부과제별 소요예산 내역

인건비는 다음표로 공표된 2010년도 엔지니어링기술자 노임단가를 적용하였다.

[표 5.40] 2012년도 엔지니어링기술자 노임단가

구분	단가	평균근무일수	단가(M/M)
기술사	330,109	22.11일	7298710
특급기술자	258,612	22.11일	5717911
고급기술자	205,855	22.11일	4551454
중급기술자	181,472	22.11일	4012346
초급기술자	133,629	22.11일	2954537

1) 세부과제 I - 중고속용 무선기반 열차제어시스템 기술개발

[표 5.41] 세부과제 I 연구비 총괄표

비목		산출근거		금액	
인건비 (M/M)	시스템사양서 개발 및 설계	기술사	10	72,987,100	
		특급	10	57,179,113	
		고급	10	45,514,541	
	열차제어시스템 제작 및 설치	특급기술자	33	196,595,067	
		고급기술자	34	160,581,724	
		중급기술자	34	139,115,302	
		초급기술자	34	105,743,308	
	지상인프라 설계 및 구축	특급기술자	29	176,885,019	
		고급기술자	29	140,157,368	
		중급기술자	29	120,131,789	
		초급기술자	29	93,086,240	
	안전성 평가	특급기술자	43	263,258,972	
		고급기술자	43	208,543,554	
		중급기술자	43	178,461,064	
		초급기술자	44	141,635,532	
	열차제어시스템규격서 및 사양서 작성	특급기술자	39	243,548,924	
		고급기술자	39	192,670,652	
		중급기술자	39	163,489,897	
		초급기술자	39.95	131,256,370	
	소계				2,830,841,536
직접비	연구장 비	연구기자재	소요예산		14,910,000,000
		전산처리비	500,000월 * 12개월		164,000,000

연구 활동비	국내여비	200,000원*6회*10명	90,000,000
	국외여비	5,000,000원*1회*2명	149,000,000
	수용비 및 수수료	400,000원*12개월	354,992,000
	기술정보활동비	외부전문가 활용	385,000,000
연구수당		인건비*20%	566,168,307
소계			16,619,160,307
위탁연구비		소요예산	360,000,000
안전성평가용역		소요예산	3,100,000,000
간접비		(인건비+직접비)*20	3,890,000,369
합계			26,800,000,000

[표 5.42] 세부과제 I 1차년도 연구비-도시철도

비목		산출근거		금액
인건비 (M/M)	시스템사양서 작성 및 상세설계	기술사	0	0
		특급	0	0
		고급	0	0
	시스템 제작 및 설치	특급기술자	5	28,589,557
		고급기술자	5	22,757,270
		중급기술자	5	20,061,730
		초급기술자	5	14,772,686
	안전성 평가	특급기술자	6	34,307,468
		고급기술자	6	27,308,724
		중급기술자	6	24,074,076
		초급기술자	6	17,727,223
	사양서 및 규격서 작성	특급기술자	4	22,871,645
		고급기술자	4	18,205,816
		중급기술자	4	16,049,384
		초급기술자	5	14,772,686
	소계			
직접비	연구장비	연구기자재	소요예산	400,000,000
		전산처리비	500,000월 * 12개월	5,000,000
	연구 활동비	국내여비	200,000원*6회*10명	6,000,000
		국외여비	5,000,000원*1회*2명	9,000,000
		수용비 및 수수료	400,000원*12개월	49,536,000
		기술정보활동비	외부전문가 활용	50,000,000
	연구수당	인건비*20%	52,299,653	
소계				571,835,653
위탁연구비		소요예산		50,000,000
안전성평가용역		소요예산		500,000,000
간접비		(인건비+직접비)*20		166,666,783
합계				1,550,000,000

[표 5.43] 세부과제 I 2차년도 연구비-도시철도

비목		산출근거		금액
인건비 (M/M)	시스템사양서 작성 및 상세설계	기술사	0	0
		특급	0	0
		고급	0	0
	시스템 제작 및 설치	특급기술자	1	5,717,911
		고급기술자	2	9,102,908
		중급기술자	2	8,024,692
		초급기술자	2	5,909,074
	안전성 평가	특급기술자	2	11,435,823
		고급기술자	2	9,102,908
		중급기술자	2	8,024,692
		초급기술자	2	5,909,074
	사양서 및 규격서 작성	특급기술자	2	11,435,823
		고급기술자	2	9,102,908
		중급기술자	2	8,024,692
		초급기술자	2	5,909,074
	소계			
직접비	연구 장비	연구기자재	소요예산	10,000,000
		전산처리비	500,000월 * 12개월	5,000,000
	연구 활동 비	국내여비	200,000원*6회*10명	12,000,000
		국외여비	5,000,000원*2회*2명	20,000,000
		수용비 및 수수료	400,000원*12개월	9,093,900
		기술정보활동비	외부전문가 활용	10,000,000
	연구수당	인건비*20%	19,539,916	
소계				85,633,816
위탁연구비		소요예산		30,000,000
안전성평가용역		소요예산		100,000,000
간접비		(인건비+직접비)*20		36,666,679
합계				350,000,000

[표 5.44] 세부과제 I 1차년도 연구비-일반철도

비목		산출근거		금액
인건비 (M/M)	시스템사양서 개발 및 설계	기술사	5	36,493,550
		특급	5	28,589,557
		고급	5	22,757,270
	열차제어시스템 제작 및 설치	특급기술자	12	68,614,936
		고급기술자	12	54,617,449
		중급기술자	12	48,148,151
		초급기술자	12	35,454,446
	지상인프라 설계 및 구축	특급기술자	8	45,743,291
		고급기술자	8	36,411,632
		중급기술자	8	32,098,767
		초급기술자	8	23,636,298
	안전성 평가	특급기술자	8	45,743,291
		고급기술자	8	36,411,632
		중급기술자	8	32,098,767
		초급기술자	8	23,636,298
	열차제어시스템규격서 및 사양서 작성	특급기술자	5	28,589,557
고급기술자		5	22,757,270	
중급기술자		5	20,061,730	
초급기술자		5	14,772,686	
소계				656,636,577
직접비	연구장비	연구기자재	소요예산	4,500,000,000
		전산처리비	500,000월 * 12개월	100,000,000
	연구활동비	국내여비	200,000원*6회*10명	12,000,000
		국외여비	5,000,000원*2회*2명	20,000,000
		수용비 및 수수료	400,000원*12개월	105,036,200
	기술정보활동비	외부전문가 활용	100,000,000	
연구수당	인건비*20%	131,327,315		
소계				4,968,363,515
위탁연구비		소요예산		50,000,000
안전성평가용역		소요예산		600,000,000
간접비		(인건비+직접비)*20		1,125,000,018
합계				7,400,000,000

[표 5.45] 세부과제 I 2차년도 연구비-일반철도

비목		산출근거		금액
인건비 (M/M)	시스템사양서 개발 및 설계	기술사	0	0
		특급	0	0
		고급	0	0
	열차제어시스템 제작 및 설치	특급기술자	5	28,589,557
		고급기술자	5	22,757,270
		중급기술자	5	20,061,730
		초급기술자	5	14,772,686
	지상인프라 설계 및 구축	특급기술자	7	40,025,379
		고급기술자	7	31,860,178
		중급기술자	7	28,086,421
		초급기술자	7	20,681,760
	안전성 평가	특급기술자	6	34,307,468
		고급기술자	6	27,308,724
		중급기술자	6	24,074,076
		초급기술자	6	17,727,223
	열차제어시스템규격서 및 사양서작성	특급기술자	5	28,589,557
		고급기술자	5	22,757,270
		중급기술자	5	20,061,730
		초급기술자	5	14,772,686
	소계			396,433,715
직접비	연구장비	연구기자재	소요예산	3,100,000,000
		전산처리비	500,000월 * 12개월	6,000,000
	연구 활동비	국내여비	200,000원*6회*10명	12,000,000
		국외여비	5,000,000원*2회*2명	20,000,000
		수용비 및 수수료	400,000원*12개월	44,612,900
		기술정보활동비	외부전문가 활용	50,000,000
	연구수당	인건비*20%	79,286,743	
소계			3,311,899,643	
위탁연구비		소요예산	50,000,000	
안전성평가용역		소요예산	600,000,000	
간접비		(인건비+직접비)*20	741,666,672	
합계			5,100,000,000	

[표5.46] 세부과제 I 3차년도 연구비-일반철도

비목		산출근거		금액
인건비 (M/M)	시스템사양서 개발 및 설계	기술사	0	0
		특급	0	0
		고급	0	0
	열차제어시스템 제작 및 설치	특급기술자	0	0
		고급기술자	0	0
		중급기술자	0	0
		초급기술자	0	0
	지상인프라 설계 및 구축	특급기술자	0	0
		고급기술자	0	0
		중급기술자	0	0
		초급기술자	0	0
	안전성 평가	특급기술자	5	28,589,557
		고급기술자	5	22,757,270
		중급기술자	5	20,061,730
		초급기술자	6	17,727,223
	열차제어시스템규격서 및 사양서작성	특급기술자	5	28,589,557
고급기술자		5	22,757,270	
중급기술자		5	20,061,730	
초급기술자		5	14,772,686	
소계			175,317,022	
직접비	연구장비	연구기자재	소요예산	50,000,000
		전산처리비	500,000월 * 12개월	6,000,000
	연구 활동비	국내여비	200,000원*6회*10명	12,000,000
		국외여비	5,000,000원*2회*2명	20,000,000
		수용비 및 수수료	400,000원*12개월	4,953,000
		기술정보활동비	외부전문가 활용	5,000,000
	연구수당		인건비*20%	35,063,404
소계			133,016,404	
위탁연구비		소요예산	30,000,000	
안전성평가용역		소요예산	100,000,000	
간접비		(인건비+직접비)*20	61,666,685	
합계			500,000,000	

[표 5.47] 세부과제 I 3차년도 연구비-고속철도

비목		산출근거		금액
인건비 (M/M)	시스템사양서 개발 및 설계	기술사	5	36,493,550
		특급	5	28,589,557
		고급	5	22,757,270
	열차제어시스템 제작 및 설치	특급기술자	5	36,493,550
		고급기술자	5	28,589,557
		중급기술자	5	22,757,270
		초급기술자	5	20,061,730
	지상인프라 설계 및 구축	특급기술자	7	51,090,970
		고급기술자	7	40,025,379
		중급기술자	7	31,860,178
		초급기술자	7	28,086,421
	안전성 평가	특급기술자	5	36,493,550
		고급기술자	5	28,589,557
		중급기술자	5	22,757,270
		초급기술자	5	20,061,730
	열차제어시스템규격서 및 사양서 작성	특급기술자	7	51,090,970
고급기술자		7	40,025,379	
중급기술자		7	31,860,178	
초급기술자		7	28,086,421	
소계				605,770,488
직접비	연구장 비	연구기자재	소요예산	4,000,000,000
		전산처리비	500,000월 * 12개월	30,000,000
	연구 활동비	국내여비	200,000원*6회*10명	12,000,000
		국외여비	5,000,000원*2회*2명	20,000,000
		수용비 및 수수료	400,000원*12개월	46,075,500
		기술정보활동비	외부전문가 활용	40,000,000
	연구수당	인건비*20%	121,154,098	
소계				4,269,229,598
위탁연구비		소요예산		50,000,000
안전성평가용역		소요예산		300,000,000
간접비		(인건비+직접비)*20		975,000,017
합계				6,200,000,000

[표 5.48] 세부과제 I 4차년도 연구비-고속철도

비목		산출근거		금액
인건비 (M/M)	시스템사양서 개발 및 설계	기술사	0	0
		특급	0	0
		고급	0	0
	열차제어시스템 제작 및 설치	특급기술자	5	28,589,557
		고급기술자	5	22,757,270
		중급기술자	5	20,061,730
		초급기술자	5	14,772,686
	지상인프라 설계 및 구축	특급기술자	7	40,025,379
		고급기술자	7	31,860,178
		중급기술자	7	28,086,421
		초급기술자	7	20,681,760
	안전성 평가	특급기술자	5	28,589,557
		고급기술자	5	22,757,270
		중급기술자	5	20,061,730
		초급기술자	5	14,772,686
	열차제어시스템규격서 및 사양서작성	특급기술자	5	28,589,557
고급기술자		5	22,757,270	
중급기술자		5	20,061,730	
초급기술자		5.45	16,102,228	
소계				380,527,008
직접비	연구장 비	연구기자재	소요예산	2,700,000,000
		전산처리비	500,000월 * 12개월	6,000,000
	연구 활동비	국내여비	200,000원*6회*10명	12,000,000
		국외여비	5,000,000원*2회*2명	20,000,000
		수용비 및 수수료	400,000원*12개월	47,034,500
		기술정보활동비	외부전문가 활용	50,000,000
	연구수당	인건비*20%	76,105,402	
소계				2,911,139,902
위탁연구비		소요예산		50,000,000
안전성평가용역		소요예산		500,000,000
간접비		(인건비+직접비)*20		658,333,382
합계				4,500,000,000

[표 5.49] 세부과제 I 5차년도 연구비-고속철도

비목		산출근거		금액
인건비 (M/M)	시스템사양서 개발 및 설계	기술사	0	0
		특급	0	0
		고급	0	0
	열차제어시스템 제작 및 설치	특급기술자	0	0
		고급기술자	0	0
		중급기술자	0	0
		초급기술자	0	0
	지상인프라 설계 및 구축	특급기술자	0	0
		고급기술자	0	0
		중급기술자	0	0
		초급기술자	0	0
	안전성 평가	특급기술자	6	43,792,260
		고급기술자	6	34,307,468
		중급기술자	6	27,308,724
		초급기술자	6	24,074,076
	열차제어시스템규격서 및 사양서작성	특급기술자	6	43,792,260
고급기술자		6	34,307,468	
중급기술자		6	27,308,724	
초급기술자		5.5	22,067,903	
소계				256,958,882
직접비	연구장 비	연구기자재	소요예산	150,000,000
		전산처리비	500,000월 * 12개월	6,000,000
	연구 활동비	국내여비	200,000원*6회*10명	12,000,000
		국외여비	5,000,000원*2회*2명	20,000,000
		수용비 및 수수료	400,000원*12개월	48,650,000
		기술정보활동비	외부전문가 활용	80,000,000
연구수당		인건비*20%	51,391,776	
소계				368,041,776
위탁연구비		소요예산	50,000,000	
안전성평가용역		소요예산	400,000,000	
간접비		(인건비+직접비)*20	125,000,132	
합계			1,200,000,000	

2) 세부과제 II - 무선기반 철도시스템 시험평가 및 전용시험선 구축기술

[표 5.50] 세부과제 II 연구비 총괄표

비목		산출근거		금액
인건비 (M/M)	시스템 사양서 작성 및 상세설계	기술사	5	36,493,550
		특급	5	28,589,557
		고급	5	22,757,270
	시스템 이전설치	특급기술자	12	79,680,527
		고급기술자	12	62,782,649
		중급기술자	12	51,921,908
		초급기술자	12	42,859,107
	성능평가	특급기술자	103	612,656,846
		고급기술자	105	495,399,534
		중급기술자	106	433,395,289
		초급기술자	107	333,060,419
	소계			
직접비	연구 장비	연구기자재	소요예산	8,920,000,000
		전산처리비	500,000월 * 12개월	29,000,000
	연구 활동 비	국내여비	200,000원*6회*10명	250,000,000
		국외여비	5,000,000원*1회*2명	0
		수용비 및 수수료	400,000원*12개월	1,552,488,100
		기술정보활동비	외부전문가 활용	109,000,000
	연구수당	인건비*20%	439,919,331	
소계				11,300,407,431
위탁연구비		소요예산		0
안전성평가용역		소요예산		0
간접비		(인건비+직접비)*20		2,700,000,818
합계				16,200,000,000

[표 5.51] 세부과제 II 1차년도 연구비-도시철도

비목		산출근거		금액
인건비 (M/M)	성능평가	특급기술자	5	28,589,557
		고급기술자	5	22,757,270
		중급기술자	5	20,061,730
		초급기술자	5	14,772,686
소계				86,181,242
직접비	연구장비	연구기자재	소요예산	600,000,000
		전산처리비	500,000월 * 12개월	0
	연구활동비	국내여비	200,000원*6회*10명	30,000,000
		국외여비	5,000,000원*1회*2명	0
		수용비 및 수수료	400,000원*12개월	6,583,000
		기술정보활동비	외부전문가 활용	10,000,000
	연구수당	인건비*20%	17,236,248	
소계				663,819,248
위탁연구비		소요예산		0
안전성평가용역		소요예산		0
간접비		(인건비+직접비)*20		150,000,098
합계				900,000,000

[표 5.52] 세부과제 II 2차년도 연구비-도시철도

비목		산출근거		금액
인건비 (M/M)	성능평가	특급기술자	4	22,871,645
		고급기술자	4	18,205,816
		중급기술자	5	20,061,730
		초급기술자	5	14,772,686
소계				75,911,877
직접비	연구 장비	연구기자재	소요예산	200,000,000
		전산처리비	500,000월 * 12개월	0
	연구 활동 비	국내여비	200,000원*6회*10명	30,000,000
		국외여비	5,000,000원*2회*2명	0
		수용비 및 수수료	400,000원*12개월	7,239,100
		기술정보활동비	외부전문가 활용	5,000,000
	연구수당	인건비*20%	15,182,375	
소계				257,421,475
위탁연구비		소요예산		0
안전성평가용역		소요예산		0
간접비		(인건비+직접비)*20		66,666,670
합계				400,000,000

[표 5.53] 세부과제 II 1차년도 연구비-일반철도

비목		산출근거		금액
인건비 (M/M)	성능평가	특급기술자	20	114,358,226
		고급기술자	20	91,029,081
		중급기술자	20	80,246,918
		초급기술자	20	59,090,744
소계				344,724,970
직접비	연구장비	연구기자재	소요예산	1,000,000,000
		전산처리비	500,000월 * 12개월	0
	연구활동비	국내여비	200,000원*6회*10명	30,000,000
		국외여비	5,000,000원*2회*2명	0
		수용비 및 수수료	400,000원*12개월	134,663,500
		기술정보활동비	외부전문가 활용	5,000,000
연구수당	인건비*20%	68,944,994		
소계				1,238,608,494
위탁연구비		소요예산		0
안전성평가용역		소요예산		0
간접비		(인건비+직접비)*20		316,666,693
합계				1,900,000,000

[표 5.54] 세부과제 II 2차년도 연구비-일반철도

비목		산출근거		금액
인건비 (M/M)	성능평가	특급기술자	20	114,358,226
		고급기술자	20	91,029,081
		중급기술자	20	80,246,918
		초급기술자	20	59,090,744
소계				344,724,970
직접비	연구장비	연구기자재	소요예산	1,350,000,000
		전산처리비	500,000월 * 12개월	0
	연구활동비	국내여비	200,000원*6회*10명	30,000,000
		국외여비	5,000,000원*2회*2명	0
		수용비 및 수수료	400,000원*12개월	367,997,000
		기술정보활동비	외부전문가 활용	5,000,000
	연구수당	인건비*20%	68,944,994	
소계				1,821,941,994
위탁연구비		소요예산		0
안전성평가용역		소요예산		0
간접비		(인건비+직접비)*20		433,333,393
합계				2,600,000,000

[표 5.55] 세부과제 II 3차년도 연구비-일반철도

비목		산출근거	금액	
인건비 (M/M)	성능평가	특급기술자	10	57,179,113
		고급기술자	10	45,514,541
		중급기술자	10	40,123,459
		초급기술자	10	29,545,372
소계			172,362,485	
직접비	연구장 비	연구기자재	소요예산	400,000,000
		전산처리비	500,000월 * 12개월	0
	연구 활동비	국내여비	200,000원*6회*10명	30,000,000
		국외여비	5,000,000원*2회*2명	0
		수용비 및 수수료	400,000원*12개월	191,498,500
		기술정보활동비	외부전문가 활용	5,000,000
	연구수당		인건비*20%	34,472,497
소계			660,970,997	
위탁연구비		소요예산	0	
안전성평가용역		소요예산	0	
간접비		(인건비+직접비)*20	166,666,696	
합계			1,000,000,000	

[표 5.56] 세부과제 II 4차년도 연구비-일반철도

비목		산출근거		금액
인건비 (M/M)	시스템사양서 개발 및 설계	기술사	5	36,493,550
		특급	5	28,589,557
		고급	5	22,757,270
	시스템 이전설치	특급기술자	7	51,090,970
		고급기술자	7	40,025,379
		중급기술자	7	31,860,178
		초급기술자	7	28,086,421
소계				238,903,326
직접비	연구장비	연구기자재	소요예산	900,000,000
		전산처리비	500,000월 * 12개월	23,000,000
	연구활동비	국내여비	200,000원*6회*10명	5,000,000
		국외여비	5,000,000원*2회*2명	0
		수용비 및 수수료	400,000원*12개월	5,316,500
		기술정보활동비	외부전문가 활용	30,000,000
연구수당	인건비*20%	47,780,665		
소계				1,011,097,165
위탁연구비		소요예산		0
안전성평가용역		소요예산		0
간접비		(인건비+직접비)*20		250,000,098
합계				1,500,000,000

[표 5.57] 세부과제 II 5차년도 연구비-일반철도

비목		산출근거		금액
인건비 (M/M)	시스템 이전설치	특급기술자	5	28,589,557
		고급기술자	5	22,757,270
		중급기술자	5	20,061,730
		초급기술자	5	14,772,686
소계				86,181,242
직접비	연구장비	연구기자재	소요예산	300,000,000
		전산처리비	500,000월 * 12개월	0
	연구활동비	국내여비	200,000원*6회*10명	5,000,000
		국외여비	5,000,000원*2회*2명	0
		수용비 및 수수료	400,000원*12개월	4,250,000
		기술정보활동비	외부전문가 활용	4,000,000
연구수당		인건비*20%	17,236,248	
소계				330,486,248
위탁연구비		소요예산		0
안전성평가용역		소요예산		0
간접비		(인건비+직접비)*20		83,333,498
합계				500,000,000

[표 5.58] 세부과제 II 3차년도 연구비-고속철도

비목		산출근거		금액
인건비 (M/M)	성능평가	특급기술자	15	85,768,670
		고급기술자	16	72,823,265
		중급기술자	16	64,197,535
		초급기술자	16	47,272,595
소계				270,062,064
직접비	연구장 비	연구기자재	소요예산	1,500,000,000
		전산처리비	500,000월 * 12개월	6,000,000
	연구 활동비	국내여비	200,000원*6회*10명	30,000,000
		국외여비	5,000,000원*2회*2명	0
		수용비 및 수수료	400,000원*12개월	296,593,000
		기술정보활동비	외부전문가 활용	10,000,000
	연구수당		인건비*20%	54,012,413
소계				1,896,605,413
위탁연구비		소요예산		0
안전성평가용역		소요예산		0
간접비		(인건비+직접비)*20		433,333,495
합계				2,600,000,000

[표 5.59] 세부과제 II 4차년도 연구비-고속철도

비목		산출근거		금액
인건비 (M/M)	성능평가	특급기술자	15	109,480,650
		고급기술자	15	85,768,670
		중급기술자	15	68,271,811
		초급기술자	16	64,197,535
소계				327,718,665
직접비	연구장비	연구기자재	소요예산	1,500,000,000
		전산처리비	500,000월 * 12개월	0
	연구 활동비	국내여비	200,000원*6회*10명	30,000,000
		국외여비	5,000,000원*2회*2명	0
		수용비 및 수수료	400,000원*12개월	296,738,000
		기술정보활동비	외부전문가 활용	30,000,000
	연구수당		인건비*20%	65,543,733
소계				1,922,281,733
위탁연구비		소요예산		0
안전성평가용역		소요예산		0
간접비		(인건비+직접비)*20		450,000,080
합계				2,700,000,000

[표 5.60] 세부과제 II 5차년도 연구비-고속철도

비목		산출근거		금액
인건비 (M/M)	성능평가	특급기술자	14	80,050,758
		고급기술자	15	68,271,811
		중급기술자	15	60,185,189
		초급기술자	15	44,318,058
소계				252,825,816
직접비	연구장비	연구기자재	소요예산	1,170,000,000
		전산처리비	500,000월 * 12개월	0
	연구 활동비	국내여비	200,000원*6회*10명	30,000,000
		국외여비	5,000,000원*2회*2명	0
		수용비 및 수수료	400,000원*12개월	241,609,500
		기술정보활동비	외부전문가 활용	5,000,000
	연구수당		인건비*20%	50,565,163
소계				1,497,174,663
위탁연구비		소요예산		0
안전성평가용역		소요예산		0
간접비		(인건비+직접비)*20		350,000,096
합계				2,100,000,000

3) 세부과제Ⅲ - 무선기반 철도통신시스템 보안 및 국제화연구

① 국제화 활동 및 상호운영성 연구

[표 5.61] 세부과제Ⅲ 국제화 활동 및 상호운영성 연구 1차년도 연구비

비목		산출근거		금액	
국제화 활동 및 상호 운영성 연구	과제관리	기술사	3	21,896,130	
		특급기술자	4	22,871,645	
		고급기술자	5	22,757,270	
	시스템엔지니어링	특급기술자	5	28,589,557	
		고급기술자	5	22,757,270	
		중급기술자	6	24,074,076	
		초급기술자	7	20,681,760	
	표준화활동관리체계	특급기술자	3	17,153,734	
		고급기술자	5	22,757,270	
		중급기술자	5	20,061,730	
		초급기술자	6	17,727,223	
	상호운영성평가	특급기술자	4	22,871,645	
		고급기술자	5	22,757,270	
		중급기술자	6	24,074,076	
		초급기술자	7	20,681,760	
	소계				331,712,417
직접비	연구 장비	연구기자재	소요예산		0
		전산처리비	500,000원 * 12개월		6,000,000
	연구 활동비	국내여비	200,000원*11회*11명		24,200,000
		국외여비	5,000,000원*1회*4명		20,000,000
		수용비 및 수수료	423,200원*12개월		5,078,400
		기술정보활 동비	외부전문가활용		5,000,000
	연구수당		인건비*20%		66,342,483
소계				126,620,883	
위탁연구비		소요예산		50,000,040	
간접비		(인건비+직접비)*20%		91,666,660	
합계				600,000,000	

[표 5.62] 세부과제Ⅲ 국제화 활동 및 상호운영성 연구 2차년도 연구비

비목		산출근거		금액
국제화 활동 및 상호 운영성 연구	과제관리	기술사	5	36,493,550
		특급기술자	6	34,307,468
		고급기술자	5	22,757,270
	시스템엔지니어링	특급기술자	5	28,589,557
		고급기술자	6	27,308,724
		중급기술자	8	32,098,767
		초급기술자	8	23,636,298
	표준화활동관리체계	특급기술자	5	28,589,557
		고급기술자	6	27,308,724
		중급기술자	6	24,074,076
		초급기술자	7	20,681,760
	상호운영성평가	특급기술자	6	34,307,468
		고급기술자	6	27,308,724
		중급기술자	7	28,086,421
초급기술자		8	23,636,298	
소계				419,184,662
직접비	연구장비	연구기자재	소요예산	0
		전산처리비	500,000원 * 12개월	6,000,000
	연구활동비	국내여비	200,000원*11회*11명	24,200,000
		국외여비	5,000,000원*1회*8명	40,000,000
		수용비 및 수수료	425,900원*12개월	5,110,800
		기술정보활동비	외부전문가활용	5,000,000
	연구수당	인건비*20%	83,836,932	
소계				164,147,732
위탁연구비		소요예산		100,001,127
				0
간접비		(인건비+직접비)*20%		116,666,479
합계				800,000,000

[표 5.63] 세부과제Ⅲ 국제화 활동 및 상호운영성 연구 3차년도 연구비

		산출근거		금액
국제화 활동 및 상호 운영성 연구	과제관리	기술사	5	36,493,550
		특급기술자	6	34,307,468
		고급기술자	5	22,757,270
	시스템엔지니어링	특급기술자	6	34,307,468
		고급기술자	6	27,308,724
		중급기술자	8	32,098,767
		초급기술자	8	23,636,298
	표준화활동관리체계	특급기술자	5	28,589,557
		고급기술자	6	27,308,724
		중급기술자	6	24,074,076
		초급기술자	7	20,681,760
	상호운영성평가	특급기술자	5	28,589,557
		고급기술자	6	27,308,724
		중급기술자	7	28,086,421
		초급기술자	7	20,681,760
	소계			
직접비	연구장비	연구기자재	소요예산	0
		전산처리비	600,000원 * 12개월	7,200,000
	연구활동비	국내여비	200,000원*11회*11명	24,200,000
		국외여비	5,000,000원*1회*8명	40,000,000
		수용비 및 수수료	604,700원*12개월	7,256,400
		기술정보활동비	외부전문가활용	5,200,000
	연구수당	인건비*20%	83,246,025	
소계				167,102,425
위탁연구비		소요예산		100,000,941
				0
간접비		(인건비+직접비)*20%		116,666,510
합계				800,000,000

[표 5.64] 세부과제Ⅲ 국제화 활동 및 상호운영성 연구 4차년도 연구비

비목		산출근거		금액	
국제화 활동 및 상호 운영성 연구	과제관리	기술사	5	36,493,550	
		특급기술자	5	28,589,557	
		고급기술자	5	22,757,270	
	시스템엔지니어링	특급기술자	5	28,589,557	
		고급기술자	5	22,757,270	
		중급기술자	6	24,074,076	
		초급기술자	7	20,681,760	
	표준화활동관리체계	특급기술자	6	34,307,468	
		고급기술자	6	27,308,724	
		중급기술자	7	28,086,421	
		초급기술자	7	20,681,760	
	상호운영성평가	특급기술자	6	34,307,468	
		고급기술자	7	31,860,178	
		중급기술자	8	32,098,767	
초급기술자		9	26,590,835		
소계				419,184,662	
직접비	연구장비	연구기자재	소요예산	0	
		전산처리비	500,000원 * 12개월	6,000,000	
	연구활동비	국내여비	200,000원*11회*11명	24,200,000	
		국외여비	5,000,000원*1회*8명	40,000,000	
		수용비 및 수수료	409,300원*12개월	4,911,600	
		기술정보활동비	외부 전문가활용	5,200,000	
		연구수당	인건비*20%	83,836,932	
소계				164,148,532	
위탁연구비				100,000,167	
				0	
간접비				(인건비+직접비)*20%	116,666,639
합계				800,000,000	

[표 5.65] 세부과제Ⅲ 국제화 활동 및 상호운영성 연구 5차년도 연구비

비목				산출근거		금액
국제화 활동 및 상호 운영성 연구	과제관리			기술사	5	36,493,550
				특급기술자	5	28,589,557
				고급기술자	5	22,757,270
	시스템엔지니어링			특급기술자	3	17,153,734
				고급기술자	3	13,654,362
				중급기술자	4	16,049,384
				초급기술자	5	14,772,686
	표준화활동관리체계			특급기술자	5	28,589,557
				고급기술자	5	22,757,270
				중급기술자	5	20,061,730
				초급기술자	6	17,727,223
	상호운영성평가			특급기술자	6	34,307,468
				고급기술자	6	27,308,724
				중급기술자	7	28,086,421
				초급기술자	7	20,681,760
	소계					348,990,696
직접비	연구 장비		연구기 자재	소요예산		0
			전산처 리비	500,000원 * 12개월		6,000,000
	연구 활동비		국내여 비	200,000원*11회*11명		24,200,000
			국외여 비	5,000,000원*1회*8명		40,000,000
			수용비 및 수수료	484,000원*12개월		5,808,000
			기술정 보활동 비	외부전문가활용		5,200,000
	연구수당			인건비*20%		69,798,139
소계					151,006,139	
위탁연구비				소요예산 (위탁연구 50,000,000*2건)		100,003,798
						0
간접비				(인건비+직접비)*20%		99,999,367
합계						700,000,000

② 철도통신시스템 보안 연구

[표 5.66] 세부과제Ⅲ 철도통신시스템 보안 연구 1차년도 연구비

비목		산출근거		금액	
보안연구	과제관리	기술사	8	58,389,680	
		특급기술자	10	57,179,113	
		고급기술자	11	50,065,995	
	시스템엔지니어링	특급기술자	10	57,179,113	
		고급기술자	9	40,963,086	
		중급기술자	10	40,123,459	
		초급기술자	11	32,499,909	
	보안시스템관리체계	특급기술자	8	45,743,291	
		고급기술자	10	45,514,541	
		중급기술자	10	40,123,459	
		초급기술자	11	32,499,909	
	시스템보안평가	특급기술자	6	34,307,468	
		고급기술자	8	36,411,632	
		중급기술자	9	36,111,113	
		초급기술자	9	26,590,835	
	소계				633,702,603
직접비	연구장비	연구기자재	소요예산		0
		전산처리비	1,000,000원 * 12개월		12,000,000
	연구활동비	국내여비	200,000원*11회*11명		24,200,000
		국외여비	5,000,000원*1회*4명		20,000,000
		수용비 및 수수료	974,100원*12개월		11,689,200
		기술정보활동비	외부전문가활용		5,000,000
연구수당		인건비*20%		126,740,521	
소계				199,629,721	
위탁연구비		소요예산 (위탁연구 50,000,000*2건)		100,001,211	
연구용역		소요예산		100,000,000	
간접비		(인건비+직접비)*20%		166,666,465	
합계				1,200,000,000	

[표 5.67] 세부과제Ⅲ 철도통신시스템 보안 연구 2차년도 연구비

비목			산출근거		금액
보안연구	과제관리	기술사	10		72,987,100
		특급기술자	10		57,179,113
		고급기술자	11		50,065,995
	시스템엔지니어링	특급기술자	10		57,179,113
		고급기술자	10		45,514,541
		중급기술자	11		44,135,805
		초급기술자	11		32,499,909
	보안시스템관리체계	특급기술자	10		57,179,113
		고급기술자	11		50,065,995
		중급기술자	11		44,135,805
		초급기술자	11		32,499,909
	시스템보안평가	특급기술자	10		57,179,113
		고급기술자	10		45,514,541
중급기술자		11		44,135,805	
초급기술자		11		32,499,909	
소계					722,771,765
직접비	연구장비	연구기자재	소요예산		0
		전산처리비	1,000,000원 * 12개월		12,000,000
	연구활동비	국내여비	200,000원*11회*11명		24,200,000
		국외여비	5,000,000원*1회*3명		15,000,000
		수용비 및 수수료	734,000원*12개월		8,808,000
		기술정보활동비	외부전문가활용		6,000,000
	연구수당		인건비*20%		144,554,353
소계					210,562,353
위탁연구비			소요예산 (위탁연구 75,000,000*2건)		179,999,158
연구용역			소요예산		100,000,000
간접비			(인건비+직접비)*20%		186,666,824
합계					1,400,000,100

[표 5.68] 세부과제Ⅲ 철도통신시스템 보안 연구 3차년도 연구비

비목		산출근거		금액	
보안연구	과제관리	기술사	3	21,896,130	
		특급기술자	4	22,871,645	
		고급기술자	4	18,205,816	
	시스템엔지니어링	특급기술자	3	17,153,734	
		고급기술자	4	18,205,816	
		중급기술자	4	16,049,384	
		초급기술자	5	14,772,686	
	보안시스템관리체계	특급기술자	2	11,435,823	
		고급기술자	3	13,654,362	
		중급기술자	3	12,037,038	
		초급기술자	4	11,818,149	
	시스템보안평가	특급기술자	3	17,153,734	
		고급기술자	4	18,205,816	
		중급기술자	4	16,049,384	
		초급기술자	4	11,818,149	
	소계				241,327,665
직접비	연구장비	연구기자재	소요예산		0
		전산처리비	600,000원 * 12개월		7,200,000
	연구활동비	국내여비	200,000원*11회*7명		15,400,000
		국외여비	5,000,000원*1회*2명		10,000,000
		수용비 및 수수료	495,000원*12개월		5,940,000
		기술정보활동비	외부전문가활용		5,200,000
	연구수당		인건비*20%		48,265,533
소계				92,005,533	
위탁연구비		소요예산 (위탁연구 50,000,000*2건)		100,000,162	
연구용역		소요예산		100,000,000	
간접비		(인건비+직접비)*20%		66,666,640	
합계				600,000,000	

[표 5.69] 세부과제Ⅲ 철도통신시스템 보안 연구 4차년도 연구비

비목		산출근거		금액
보안연구	과제관리	기술사	3	21,896,130
		특급기술자	3	17,153,734
		고급기술자	4	18,205,816
	시스템엔지니어링	특급기술자	3	17,153,734
		고급기술자	3	13,654,362
		중급기술자	3	12,037,038
		초급기술자	4	11,818,149
	보안시스템관리체계	특급기술자	3	17,153,734
		고급기술자	4	18,205,816
		중급기술자	4	16,049,384
		초급기술자	6	17,727,223
	시스템보안평가	특급기술자	4	22,871,645
		고급기술자	6	27,308,724
		중급기술자	6	24,074,076
		초급기술자	7	20,681,760
	소계			
직접비	연구장비	연구기자재	소요예산	0
		전산처리비	500,000원 * 12개월	6,000,000
	연구활동비	국내여비	200,000원*11회*9명	19,800,000
		국외여비	5,000,000원*1회*2명	10,000,000
		수용비 및 수수료	401,000원*12개월	4,812,000
		기술정보활동비	외부전문가활용	3,200,000
	연구수당	인건비*20%	55,198,265	
소계				99,010,265
위탁연구비		소요예산		50,000,000
연구용역		소요예산		99,998,092
간접비		(인건비+직접비)*20%		75,000,318
합계				600,000,000

[표 5.70] 세부과제Ⅲ 철도통신시스템 보안 연구 5차년도 연구비

비목		산출근거		금액	
보안연구	과제관리	기술사	1	7,298,710	
		특급기술자	2	11,435,823	
		고급기술자	2	9,102,908	
	시스템엔지니어링	특급기술자	1	5,717,911	
		고급기술자	1	4,551,454	
		중급기술자	1	4,012,346	
		초급기술자	2	5,909,074	
	보안시스템관리체계	특급기술자	1	5,717,911	
		고급기술자	1	4,551,454	
		중급기술자	1	4,012,346	
		초급기술자	3	8,863,612	
	시스템보안평가	특급기술자	1	5,717,911	
		고급기술자	3	13,654,362	
		중급기술자	3	12,037,038	
초급기술자		3	8,863,612		
소계				111,446,472	
직접비	연구장비	연구기자재	소요예산		0
		전산처리비	500,000원 * 12개월		6,000,000
	연구활동비	국내여비	200,000원*11회*6명		13,200,000
		국외여비	5,000,000원*1회*2명		10,000,000
		수용비 및 수수료	477,000원*12개월		5,724,000
		기술정보활동비	외부전문가활용		3,000,000
	연구수당	인건비*20%		22,289,294	
소계				60,213,294	
위탁연구비		소요예산		50,008,280	
연구용역		소요예산		44,000,000	
간접비		(인건비+직접비)*20%		34,331,953	
합계				300,000,000	

4) 세부과제 IV - 무선기반 철도통신시스템 최적화 기술개발

① 철도통합 무선망 시험 및 검증

[표 5.71] 세부과제 IV 철도통합 무선망 시험 및 검증 1차년도 연구비

비목		산출근거		금액
무선망 시험 및 검증	과제관리	기술사	10	72,987,100
		특급기술자	11	62,897,025
		고급기술자	11	50,065,995
	시스템엔지니어링	특급기술자	10	57,179,113
		고급기술자	10	45,514,541
		중급기술자	12	48,148,151
		초급기술자	12	35,454,446
	무선망 시험	특급기술자	10	57,179,113
		고급기술자	11	50,065,995
		중급기술자	12	48,148,151
		초급기술자	12	35,454,446
	시스템 검증	특급기술자	11	62,897,025
		고급기술자	11	50,065,995
		중급기술자	12	48,148,151
		초급기술자	12	35,454,446
	소계			
직접비	연구장비	연구기자재	소요예산	1,180,000,000
		전산처리비	1,000,000원 * 12개월	12,000,000
	연구활동비	국내여비	200,000원*11회*11명	24,200,000
		국외여비	5,000,000원*1회*4명	20,000,000
		수용비 및 수수료	989,000원*12개월	11,868,000
		기술정보활동비	외부전문가활용	7,000,000
	연구수당	인건비*20%	151,931,938	
소계				1,406,999,938
위탁연구비		소요예산		300,000,000
연구용역		소요예산 (연구용역 100,000,000*2건)		200,008,444
간접비		(인건비+직접비)*20%		433,331,926
합계				3,100,000,000

[표 5.72] 세부과제 IV 철도통합 무선망 시험 및 검증 2차년도 연구비

비목		산출근거		금액
무선망 시험 및 검증	과제관리	기술사	11	80,285,810
		특급기술자	11	62,897,025
		고급기술자	12	54,617,449
	시스템엔지니어링	특급기술자	12	68,614,936
		고급기술자	12	54,617,449
		중급기술자	12	48,148,151
		초급기술자	12	35,454,446
	무선망 시험	특급기술자	12	68,614,936
		고급기술자	12	54,617,449
		중급기술자	12	48,148,151
		초급기술자	12	35,454,446
	시스템 검증	특급기술자	12	68,614,936
		고급기술자	12	54,617,449
		중급기술자	12	48,148,151
		초급기술자	12	35,454,446
	소계			
직접비	연구장비	연구기자재	소요예산	1,492,000,000
		전산처리비	1,500,000원 * 12개월	18,000,000
	연구활동비	국내여비	200,000원*20회*11명	44,000,000
		국외여비	5,000,000원*1회*4명	20,000,000
		수용비 및 수수료	919,400원*12개월	12,364,800
		기술정보 활동비	외부전문가활용	15,000,000
	연구수당	인건비*20%	163,661,046	
소계				1,765,025,846
위탁연구비		소요예산		200,000,000
연구용역		소요예산 (연구용역 300,000,000*2건 ,100,000,000*4건)		1,000,002,711
간접비		(인건비+직접비)*20%		516,666,215
합계				4,300,000,000

[표 5.73] 세부과제 IV 철도통합 무선망 시험 및 검증 3차년도 연구비

비목		산출근거		금액
무선망 시험 및 검증	과제관리	기술사	11	80,285,810
		특급기술자	12	68,614,936
		고급기술자	12	54,617,449
	시스템엔지니어링	특급기술자	12	68,614,936
		고급기술자	12	54,617,449
		중급기술자	12	48,148,151
		초급기술자	12	35,454,446
	무선망 시험	특급기술자	12	68,614,936
		고급기술자	12	54,617,449
		중급기술자	12	48,148,151
		초급기술자	12	35,454,446
	시스템 검증	특급기술자	12	68,614,936
		고급기술자	12	54,617,449
		중급기술자	12	48,148,151
		초급기술자	12	35,454,446
	소계			
직접비	연구장비	연구기자재	소요예산	1,650,000,000
		전산처리비	1,500,000원 * 12개월	18,000,000
	연구활동비	국내여비	200,000원*20회*11명	44,000,000
		국외여비	5,000,000원*1회*5명	25,000,000
		수용비 및 수수료	1,181,000원*12개월	14,172,000
		기술정보활동비	외부전문가활용	10,000,000
	연구수당	인건비*20%	164,804,628	
소계				1,925,976,628
위탁연구비		소요예산		200,000,279
연구용역		소요예산 (연구용역 300,000,000*3건, 100,000,000*2건)		1,100,000,000
간접비		(인건비+직접비)*20%		549,999,954
합계				4,600,000,000

[표 5.74] 세부과제 IV 철도통합 무선망 시험 및 검증 4차년도 연구비

비목		산출근거		금액
무선망 시험 및 검증	과제관리	기술사	10	72,987,100
		특급기술자	11	62,897,025
		고급기술자	11	50,065,995
	시스템엔지니어링	특급기술자	10	57,179,113
		고급기술자	10	45,514,541
		중급기술자	12	48,148,151
		초급기술자	12	35,454,446
	무선망 시험	특급기술자	10	57,179,113
		고급기술자	11	50,065,995
		중급기술자	12	48,148,151
		초급기술자	12	35,454,446
	시스템 검증	특급기술자	11	62,897,025
		고급기술자	11	50,065,995
		중급기술자	12	48,148,151
		초급기술자	12	35,454,446
	소계			
직접비	연구장비	연구기자재	소요예산	1,250,000,000
		전산처리비	1,500,000원 * 12개월	18,000,000
	연구활동비	국내여비	200,000원*15회*11명	24,200,000
		국외여비	5,000,000원*1회*3명	15,000,000
		수용비 및 수수료	1,072,000원*12개월	12,864,000
		기술정보 활동비	외부전문가활용	10,000,000
	연구수당	인건비*20%	151,931,938	
소계				1,481,995,938
위탁연구비		소요예산		200,013,244
연구용역		소요예산 (연구용역 200,000,000*2건, 10,000,000*1건)		410,000,000
간접비		(인건비+직접비)*20%		448,331,126
합계				3,300,000,000

[표 5.75] 세부과제 IV 철도통합 무선망 시험 및 검증 5차년도 연구비

비목		산출근거		금액
무선망 시험 및 검증	과제관리	기술사	9	65,688,390
		특급기술자	9	51,461,202
		고급기술자	11	50,065,995
	시스템엔지니어링	특급기술자	9	51,461,202
		고급기술자	9	40,963,086
		중급기술자	11	44,135,805
		초급기술자	12	35,454,446
	무선망 시험	특급기술자	9	51,461,202
		고급기술자	10	45,514,541
		중급기술자	11	44,135,805
		초급기술자	11	32,499,909
	시스템 검증	특급기술자	9	51,461,202
		고급기술자	10	45,514,541
		중급기술자	12	48,148,151
		초급기술자	12	35,454,446
	소계			
직접비	연구장비	연구기자재	소요예산	1,265,000,000
		전산처리비	1,100,000원 * 12개월	13,200,000
	연구활동비	국내여비	200,000원*15회*11명	24,200,000
		국외여비	5,000,000원*1회*2명	10,000,000
		수용비 및 수수료	735,600원*12개월	8,827,200
		기술정보활동비	외부전문가활용	5,000,000
	연구수당	인건비*20%	138,683,984	
소계				1,464,911,184
위탁연구비		소요예산		200,002,672
연구용역		소요예산 (연구용역 200,000,000*2건)		410,000,000
간접비		(인건비+직접비)*20%		431,666,221
합계				3,200,000,000

② 철도통신시스템 감시연구

[표 5.76] 세부과제 IV 철도통신시스템 감시연구 1차년도 연구비

비목		산출근거		금액
무선망감시 시스템	과제관리	기술사	3	21,896,130
		특급기술자	3	17,153,734
		고급기술자	4	18,205,816
	시스템엔지니어링	특급기술자	4	22,871,645
		고급기술자	4	18,205,816
		중급기술자	5	20,061,730
		초급기술자	5	14,772,686
	무선망감시시스템 시험	특급기술자	3	17,153,734
		고급기술자	4	18,205,816
		중급기술자	4	16,049,384
		초급기술자	5	14,772,686
	종합성능시험 및 성능평가	특급기술자	3	17,153,734
		고급기술자	4	18,205,816
		중급기술자	4	16,049,384
		초급기술자	5	14,772,686
	소계			
직접비	연구 장비	연구기자재	소요예산	80,000,000
		전산처리비	1,000,000원 * 12개월	12,000,000
	연구 활동비	국내여비	200,000원*11회*11명	24,200,000
		국외여비	5,000,000원*1회*2명	10,000,000
		수용비 및 수수료	541,000원*12개월	6,492,000
		기술정보 활동비	외부전문가활용	7,000,000
	연구수당	인건비*20%	53,106,159	
소계				192,798,159
위탁연구비		소요예산		50,005,253
연구용역		소요예산 (연구용역 100,000,000*2건)		200,000,000
간접비		(인건비+직접비)*20%		91,665,791
합계				800,000,000

[표 5.77] 세부과제 IV 철도통신시스템 감시연구 2차년도 연구비

비목		산출근거		금액	
무선망감시 시스템	과제관리	기술사	1	7,298,710	
		특급기술자	2	11,435,823	
		고급기술자	3	13,654,362	
	시스템엔지니어링	특급기술자	1	5,717,911	
		고급기술자	1	4,551,454	
		중급기술자	2	8,024,692	
		초급기술자	3	8,863,612	
	무선망감시시스템 시험	특급기술자	1	5,717,911	
		고급기술자	2	9,102,908	
		중급기술자	2	8,024,692	
		초급기술자	2	5,909,074	
	종합성능시험 및 성능평가	특급기술자	1	5,717,911	
		고급기술자	1	4,551,454	
		중급기술자	2	8,024,692	
초급기술자		4	11,818,149		
소계				118,413,355	
직접비	연구 장비	연구기자재	소요예산		30,000,000
		전산처리비	600,000원 * 12개월		7,200,000
	연구 활동비	국내여비	200,000원*11회*6명		13,200,000
		국외여비	5,000,000원*1회*1명		5,000,000
		수용비 및 수수료	486,000원*12개월		5,832,000
		기술정보 활동비	외부전문가활용		5,000,000
	연구수당	인건비*20%		23,682,671	
소계				89,914,671	
위탁연구비		소요예산		30,006,369	
연구용역		소요예산 (연구용역 20,000,000*1건)		20,000,000	
간접비		(인건비+직접비)*20%		41,665,605	
합계				300,000,000	

[표 5.78] 세부과제 IV 철도통신시스템 감시연구 3차년도 연구비

비목		산출근거		금액
무선망감시 시스템	과제관리	기술사	4	29,194,840
		특급기술자	3	17,153,734
		고급기술자	4	18,205,816
	시스템엔지니어링	특급기술자	2	11,435,823

		고급기술자	4	18,205,816	
		중급기술자	5	20,061,730	
		초급기술자	6	17,727,223	
	무선망감시스템 시험	특급기술자	3	17,153,734	
		고급기술자	3	13,654,362	
		중급기술자	3	12,037,038	
		초급기술자	3	8,863,612	
	종합성능시험 및 성능평가	특급기술자	4	22,871,645	
		고급기술자	4	18,205,816	
		중급기술자	5	20,061,730	
초급기술자	5	14,772,686			
소계				259,605,604	
직접비	연구 장비	연구기자재	소요예산		120,000,000
		전산처리비	1,500,000원 * 12개월		18,000,000
	연구 활동비	국내여비	200,000원*10회*11명		22,000,000
		국외여비	5,000,000원*1회*2명		10,000,000
		수용비 및 수수료	1,121,000원*12개월		13,452,000
		기술정보 활동비	외부전문가활용		5,000,000
	연구수당	인건비*20%		51,921,121	
소계				240,373,121	
위탁연구비			소요예산	100,025,530	
연구용역			소요예산 (연구용역 100,000,000*2건, 50,000,000*2건)	300,000,000	
간접비			(인건비+직접비)*20%	99,995,745	
합계				1,000,000,000	

[표 5.79] 세부과제 IV 철도통신시스템 감시연구 4차년도 연구비

비목		산출근거		금액
무선망감시 시스템	과제관리	기술사	4	29,194,840
		특급기술자	5	28,589,557
		고급기술자	5	22,757,270
	시스템엔지니어링	특급기술자	3	17,153,734
		고급기술자	4	18,205,816
		중급기술자	4	16,049,384
		초급기술자	6	17,727,223
	무선망감시시스템 시험	특급기술자	7	40,025,379
		고급기술자	7	31,860,178
		중급기술자	6	24,074,076
		초급기술자	7	20,681,760
	종합성능시험 및 성능평가	특급기술자	6	34,307,468
		고급기술자	7	31,860,178
중급기술자		8	32,098,767	
초급기술자		8	23,636,298	
소계				388,221,928
직접비	연구 장비	연구기자재	소요예산	190,000,000
		전산처리비	1,500,000원 * 12개월	18,000,000
	연구 활동비	국내여비	200,000원*15회*15명	45,000,000
		국외여비	5,000,000원*1회*2명	10,000,000
		수용비 및 수수료	1,344,000원*12개월	16,128,000
		기술정보 활동비	외부전문가활용	5,000,000
	연구수당	인건비*20%	77,644,386	
소계				361,772,386
위탁연구비		소요예산		100,006,823
연구용역		소요예산 (연구용역 300,000,000*2건, 10,000,000*1건)		700,000,000
간접비		(인건비+직접비)*20%		149,998,863
합계				1,700,000,000

[표 5.80] 세부과제 IV 철도통신시스템 감시연구 5차년도 연구비

비목		산출근거		금액
무선망감시 시스템	과제관리	기술사	5	36,493,550
		특급기술자	6	34,307,468
		고급기술자	6	27,308,724
	시스템엔지니어링	특급기술자	4	22,871,645
		고급기술자	5	22,757,270
		중급기술자	5	20,061,730
		초급기술자	6	17,727,223
	무선망감시시스템 시험	특급기술자	7	40,025,379
		고급기술자	7	31,860,178
		중급기술자	8	32,098,767
		초급기술자	8	23,636,298
	종합성능시험 및 성능평가	특급기술자	7	40,025,379
		고급기술자	8	36,411,632
		중급기술자	8	32,098,767
초급기술자		8	23,636,298	
소계				441,320,309
직접비	연구 장비	연구기자 재	소요예산	210,000,000
		전산처리 비	1,500,000원 * 12개월	18,000,000
	연구 활동 비	국내여비	200,000원*15회*15명	45,000,000
		국외여비	5,000,000원*1회*2명	10,000,000
		수용비 및 수수료	1,312,000원*12개월	15,744,000
		기술정보 활동비	외부전문가활용	5,000,000
	연구수당		인건비*20%	88,264,062
소계				392,008,062
위탁연구비		소요예산	100,005,954	
연구용역		소요예산 (연구용역 300,000,000*2건, 10,000,000*1건)	700,000,000	
간접비		(인건비+직접비)*20%	166,665,674	
합계				1,800,000,000

③ 철도통합무선망 구축계획

[표 5.81] 세부과제 IV 철도통합무선망 구축계획 1차년도 연구비

비목		산출근거		금액
철도통합무선망 구축계획	과제관리	기술사	3	21,896,130
		특급기술자	3	17,153,734
		고급기술자	4	18,205,816
	시스템엔지니어링	특급기술자	4	22,871,645
		고급기술자	4	18,205,816
		중급기술자	5	20,061,730
		초급기술자	5	14,772,686
	구축 계획 작성	특급기술자	3	17,153,734
		고급기술자	4	18,205,816
		중급기술자	4	16,049,384
		초급기술자	5	14,772,686
	노선별 설치 위치선 정	특급기술자	3	17,153,734
		고급기술자	4	18,205,816
		중급기술자	4	16,049,384
		초급기술자	5	14,772,686
	소계			
직접비	연구장비	연구기자재	소요예산	80,000,000
		전산처리비	1,000,000원 * 12개월	12,000,000
	연구활동비	국내여비	200,000원*11회*11명	24,200,000
		국외여비	5,000,000원*1회*2명	10,000,000
		수용비 및 수수료	541,000원*12개월	6,492,000
		기술정보 활동비	외부전문가활용	7,000,000
	연구수당	인건비*20%	53,106,159	
소계				192,798,159
위탁연구비		소요예산		50,005,253
연구용역		소요예산 (연구용역 100,000,000*2건)		200,000,000
간접비		(인건비+직접비)*20%		91,665,791
합계				800,000,000

5) 세부과제 V - 무선기반 철도시스템 활용 기술개발

① 철도 영상정보전달 연구

[표 5.82] 세부과제 V 철도 영상정보전달 연구 2차년도 연구비

비목		산출근거		금액
영상 정보 전달	과제관리	기술사	1	7,298,710
		특급기술자	1	5,717,911
		고급기술자	2	9,102,908
	시스템엔지니어링	특급기술자	1	5,717,911
		고급기술자	1	4,551,454
		중급기술자	2	8,024,692
		초급기술자	2	5,909,074
	인프라구축	특급기술자	1	5,717,911
		고급기술자	1	4,551,454
		중급기술자	2	8,024,692
		초급기술자	2	5,909,074
	시스템성능시험	특급기술자	1	5,717,911
		고급기술자	1	4,551,454
		중급기술자	1	4,012,346
		초급기술자	2	5,909,074
	소계			
직접비	연구장비	연구기자재	소요예산	6,000,000
		전산처리비	300,000원 * 12개월	3,600,000
	연구활동비	국내여비	200,000원*11회*6명	13,200,000
		국외여비	5,000,000원*1회*1명	5,000,000
		수용비 및 수수료	250,000원*12개월	3,000,000
		기술정보활동비	외부전문가활용	2,000,000
	연구수당	인건비*20%	18,143,316	
소계				50,943,316
위탁연구비		소요예산		10,008,127
연구용역		소요예산 (연구용역 20,000,000*1건)		20,000,000
간접비		(인건비+직접비)*20%		28,331,979
합계				200,000,000

[표 5.83] 세부과제 V 철도 영상정보전달 연구 3차년도 연구비

비목		산출근거		금액
영상 정보 전달	과제관리	기술사	4	29,194,840
		특급기술자	5	28,589,557
		고급기술자	5	22,757,270
	시스템엔지니어링	특급기술자	6	34,307,468
		고급기술자	8	36,411,632
		중급기술자	9	36,111,113
		초급기술자	9	26,590,835
	인프라구축	특급기술자	5	28,589,557
		고급기술자	7	31,860,178
		중급기술자	8	32,098,767
		초급기술자	8	23,636,298
	시스템성능시험	특급기술자	4	22,871,645
		고급기술자	4	18,205,816
		중급기술자	5	20,061,730
초급기술자		6	17,727,223	
소계				409,013,929
직접비	연구장비	연구기자재	소요예산	100,000,000
		전산처리비	1,500,000원 * 12개월	18,000,000
	연구활동비	국내여비	200,000원*14회*11명	30,800,000
		국외여비	5,000,000원*1회*2명	10,000,000
		수용비 및 수수료	1,004,000원*12개월	12,048,000
		기술정보활동비	외부전문가활용	5,000,000
	연구수당	인건비*20%	81,802,786	
소계				257,650,786
위탁연구비		소요예산		100,002,342
연구용역		소요예산 (연구용역 200,000,000*2건, 50,000,000*2건)		500,000,000
간접비		(인건비+직접비)*20%		133,332,943
합계				1,400,000,000

[표 5.84] 세부과제 V 철도 영상정보전달 연구 4차년도 연구비

비목		산출근거		금액
영상 정보 전달	과제관리	기술사	7	51,090,970
		특급기술자	7	40,025,379
		고급기술자	8	36,411,632
	시스템엔지니어링	특급기술자	8	45,743,291
		고급기술자	8	36,411,632
		중급기술자	8	32,098,767
		초급기술자	7	20,681,760
	인프라구축	특급기술자	8	45,743,291
		고급기술자	8	36,411,632
		중급기술자	7	28,086,421
		초급기술자	9	26,590,835
	시스템성능시험	특급기술자	10	57,179,113
		고급기술자	10	45,514,541
		중급기술자	10	40,123,459
초급기술자		11	32,499,909	
소계				574,612,633
직접비	연구 장비	연구기자재	소요예산	300,000,000
		전산처리비	1,500,000원 * 12개월	18,000,000
	연구 활동비	국내여비	200,000원*15회*15명	45,000,000
		국외여비	5,000,000원*1회*2명	10,000,000
		수용비 및 수수료	1,315,000원*12개월	15,780,000
		기술정보 활동비	외부전문가활용	5,000,000
	연구수당	인건비*20%	114,922,527	
소계				508,702,527
위탁연구비		소요예산		100,021,808
연구용역		소요예산 (연구용역 300,000,000*2 건, 20,000,000*1건)		800,000,000
간접비		(인건비+직접비)*20%		216,663,032
합계				2,200,000,000

[표 5.85] 세부과제 V 철도 영상정보전달 연구 5차년도 연구비

비목		산출근거		금액
영상 정보 전달	과제관리	기술사	7	51,090,970
		특급기술자	8	45,743,291
		고급기술자	8	36,411,632
	시스템엔지니어링	특급기술자	8	45,743,291
		고급기술자	8	36,411,632
		중급기술자	8	32,098,767
		초급기술자	7	20,681,760
	인프라구축	특급기술자	8	45,743,291
		고급기술자	8	36,411,632
		중급기술자	7	28,086,421
		초급기술자	9	26,590,835
	시스템성능시험	특급기술자	10	57,179,113
		고급기술자	10	45,514,541
		중급기술자	10	40,123,459
초급기술자		11	32,499,909	
소계				580,330,545
직접비	연구장비	연구기자재	소요예산	210,000,000
		전산처리비	1,500,000원 * 12개월	18,000,000
	연구활동비	국내여비	200,000원*15회*15명	45,000,000
		국외여비	5,000,000원*1회*2명	10,000,000
		수용비 및 수수료	1,300,000원*12개월	15,600,000
		기술정보활동비	외부전문가활용	5,000,000
	연구수당	인건비*20%	116,066,109	
소계				419,666,109
위탁연구비		소요예산		100,004,016
연구용역		소요예산 (연구용역 300,000,000*2건, 10,000,000*1건)		700,000,000
간접비		(인건비+직접비)*20%		199,999,331
합계				2,000,000,000

② 고장진단 연구

[표 5.86] 세부과제 V 고장진단 연구 2차년도 연구비

비목		산출근거		금액
고장 진단 및 원격 제어	과제관리	기술사	4	29,194,840
		특급기술자	4	22,871,645
		고급기술자	5	22,757,270
	시스템엔지니어링	특급기술자	3	17,153,734
		고급기술자	5	22,757,270
		중급기술자	5	20,061,730
		초급기술자	5	14,772,686
	고장진단인프라구축	특급기술자	3	17,153,734
		고급기술자	4	18,205,816
		중급기술자	4	16,049,384
		초급기술자	5	14,772,686
	원격제어시스템 성능시험	특급기술자	2	11,435,823
		고급기술자	3	13,654,362
		중급기술자	5	20,061,730
		초급기술자	5	14,772,686
	소계			
직접비	연구장비	연구기자재	소요예산	10,000,000
		전산처리비	600,000원 * 12개월	7,200,000
	연구활동비	국내여비	200,000원*11회*9명	19,800,000
		국외여비	5,000,000원*1회*1명	5,000,000
		수용비 및 수수료	460,000원*12개월	5,520,000
		기술정보 활동비	외부전문가활용	5,000,000
	연구수당	인건비*20%	55,135,079	
소계				107,655,079
위탁연구비		소요예산		10,003,431
연구용역		소요예산 (연구용역 30,000,000*1 건)		30,000,000
간접비		(인건비+직접비)*20%		76,666,095
합계				500,000,000

[표 5.87] 세부과제 V 고장진단 연구 3차년도 연구비

비목		산출근거		금액
고장 진단 및 원격 제어	과제관리	기술사	4	29,194,840
		특급기술자	4	22,871,645
		고급기술자	5	22,757,270
	시스템엔지니어링	특급기술자	7	40,025,379
		고급기술자	8	36,411,632
		중급기술자	8	32,098,767
		초급기술자	9	26,590,835
	고장진단인프라구축	특급기술자	6	34,307,468
		고급기술자	6	27,308,724
		중급기술자	8	32,098,767
		초급기술자	8	23,636,298
	원격제어시스템 성능시험	특급기술자	3	17,153,734
		고급기술자	5	22,757,270
		중급기술자	5	20,061,730
초급기술자		6	17,727,223	
소계				405,001,583
직접비	연구 장비	연구기자재	소요예산	180,000,000
		전산처리비	1,500,000원 * 12개월	18,000,000
	연구 활동비	국내여비	200,000원*14회*11명	30,800,000
		국외여비	5,000,000원*1회*2명	10,000,000
		수용비 및 수수료	988,000원*12개월	11,856,000
		기술정보 활동비	외부전문가활용	5,000,000
	연구수당	인건비*20%	81,000,317	
소계				336,656,317
위탁연구비		소요예산		10,010,520
연구용역		소요예산 (연구용역 300,000,000*1건, 200,000,000*1)		500,000,000
간접비		(인건비+직접비)*20%		148,331,580
합계				1,400,000,000

[표 5.88] 세부과제 V 고장진단 연구 4차년도 연구비

비목		산출근거		금액
고장 진단 및 원격 제어	과제관리	기술사	5	36,493,550
		특급기술자	5	28,589,557
		고급기술자	6	27,308,724
	시스템엔지니어링	특급기술자	7	40,025,379
		고급기술자	8	36,411,632
		중급기술자	8	32,098,767
		초급기술자	9	26,590,835
	고장진단인프라구축	특급기술자	7	40,025,379
		고급기술자	7	31,860,178
		중급기술자	8	32,098,767
		초급기술자	8	23,636,298
	원격제어시스템 성능시험	특급기술자	5	28,589,557
		고급기술자	5	22,757,270
		중급기술자	6	24,074,076
초급기술자		7	20,681,760	
소계				451,241,730
직접비	연구장비	연구기자재	소요예산	94,000,000
		진산처리비	1,500,000원 * 12개월	18,000,000
	연구활동비	국내여비	200,000원*14회*11명	30,800,000
		국외여비	5,000,000원*1회*2명	10,000,000
		수용비 및 수수료	753,000원*12개월	9,036,000
		기술정보 활동비	외부전문가활용	5,000,000
	연구수당	인건비*20%	90,248,346	
소계				257,084,346
위탁연구비		소요예산		50,008,709
연구용역		소요예산 (연구용역 200,000,000*2건, 10,000,000*1건)		500,000,000
간접비		(인건비+직접비)*20%		141,665,215
합계				1,400,000,000

[표 5.89] 세부과제 V 고장진단 연구 5차년도 연구비

비목		산출근거		금액
고장 진단 및 원격 제어	과제관리	기술사	3	21,896,130
		특급기술자	4	22,871,645
		고급기술자	4	18,205,816
	시스템엔지니어링	특급기술자	3	17,153,734
		고급기술자	4	18,205,816
		중급기술자	4	16,049,384
		초급기술자	3	8,863,612
	고장진단인프라구축	특급기술자	3	17,153,734
		고급기술자	4	18,205,816
		중급기술자	3	12,037,038
		초급기술자	4	11,818,149
	원격제어시스템 성능시험	특급기술자	4	22,871,645
		고급기술자	5	22,757,270
		중급기술자	5	20,061,730
초급기술자		6	17,727,223	
소계				265,878,742
직접비	연구장비	연구기자재	소요예산	5,000,000
		전산처리비	1,500,000원 * 12개월	18,000,000
	연구활동비	국내여비	200,000원*15회*15명	45,000,000
		국외여비	5,000,000원*1회*2명	10,000,000
		수용비 및 수수료	1,217,000원*12개월	14,604,000
		기술정보 활동비	외부전문가활용	5,000,000
	연구수당	인건비*20%	53,175,748	
소계				150,779,748
위탁연구비		소요예산		100,009,812
연구용역		소요예산 (연구용역 200,000,000*1건, 10,000,000*2건)		400,000,000
간접비		(인건비+직접비)*20%		83,331,698
합계				1,000,000,000

② 차상기반 열차제어시스템 연구

[표 5.90] 세부과제 V 차상기반 열차제어시스템 연구 3차년도 연구비

비목		산출근거		금액	
차상 기반 열차제어시스템	과제관리	기술사	6	43,792,260	
		특급기술자	6	34,307,468	
		고급기술자	7	31,860,178	
	시스템엔지니어링	특급기술자	9	51,461,202	
		고급기술자	10	45,514,541	
		중급기술자	10	40,123,459	
		초급기술자	10	29,545,372	
	인프라구축	특급기술자	9	51,461,202	
		고급기술자	9	40,963,086	
		중급기술자	10	40,123,459	
		초급기술자	10	29,545,372	
	성능시험	특급기술자	6	34,307,468	
		고급기술자	7	31,860,178	
		중급기술자	7	28,086,421	
		초급기술자	8	23,636,298	
	소계				556,587,964
직접비	연구장비	연구기자재	소요예산		260,000,000
		전산처리비	1,500,000원 * 12개월		18,000,000
	연구활동비	국내여비	200,000원*11회*12명		26,400,000
		국외여비	5,000,000원*1회*2명		10,000,000
		수용비 및 수수료	1,057,000원*12개월		12,684,000
		기술정보 활동비	외부전문가활용		5,000,000
	연구수당		인건비*20%		111,317,593
소계				443,401,593	
위탁연구비		소요예산		50,012,531	
연구용역		소요예산 (연구용역 300,000,000*2 건, 150,000,000*1)		750,000,000	
간접비		(인건비+직접비)*20%		199,997,911	
합계				2,000,000,000	

[표 5.91] 세부과제 V 차상기반 열차제어시스템 연구 4차년도 연구비

비목		산출근거		금액
차상 기반 열차제어시스템	과제관리	기술사	8	58,389,680
		특급기술자	8	45,743,291
		고급기술자	8	36,411,632
	시스템엔지니어링	특급기술자	8	45,743,291
		고급기술자	9	40,963,086
		중급기술자	9	36,111,113
		초급기술자	9	26,590,835
	인프라구축	특급기술자	7	40,025,379
		고급기술자	7	31,860,178
		중급기술자	8	32,098,767
		초급기술자	8	23,636,298
	성능시험	특급기술자	10	57,179,113
		고급기술자	11	50,065,995
		중급기술자	11	44,135,805
		초급기술자	11	32,499,909
	소계			
직접비	연구장비	연구기자재	소요예산	80,000,000
		전산처리비	1,500,000원 * 12개월	18,000,000
	연구활동비	국내여비	200,000원*14회*11명	30,800,000
		국외여비	5,000,000원*1회*2명	10,000,000
		수용비 및 수수료	787,800원*12개월	9,453,600
		기술정보 활동비	외부전문가활용	5,000,000
	연구수당	인건비*20%	120,290,874	
소계				273,544,474
위탁연구비		소요예산		50,001,384
연구용역		소요예산 (연구용역 300,000,000*2 건, 150,000,000*2)		900,000,000
간접비		(인건비+직접비)*20%		174,999,769
합계				2,000,000,000

[표 5.92] 세부과제 V 차상기반 열차제어시스템 연구 5차년도 연구비

비목		산출근거		금액
차상 기반 열차제어시스템	과제관리	기술사	4	29,194,840
		특급기술자	4	22,871,645
		고급기술자	4	18,205,816
	시스템엔지니어링	특급기술자	2	11,435,823
		고급기술자	4	18,205,816
		중급기술자	4	16,049,384
		초급기술자	5	14,772,686
	인프라구축	특급기술자	3	17,153,734
		고급기술자	4	18,205,816
		중급기술자	4	16,049,384
		초급기술자	4	11,818,149
	성능시험	특급기술자	3	17,153,734
		고급기술자	4	18,205,816
		중급기술자	5	20,061,730
		초급기술자	6	17,727,223
	소계			
직접비	연구장비	연구기자재	소요예산	5,000,000
		전산처리비	1,500,000원 * 12개월	18,000,000
	연구활동비	국내여비	200,000원*15회*15명	45,000,000
		국외여비	5,000,000원*1회*2명	10,000,000
		수용비 및 수수료	1,094,000원*12개월	13,128,000
		기술정보 활동비	외부전문가활용	5,000,000
	연구수당	인건비*20%	53,422,319	
소계				149,550,319
위탁연구비		소요예산		100,005,703
연구용역		소요예산 (연구용역 200,000,000*1건, 10,000,000*2건)		400,000,000
간접비		(인건비+직접비)*20%		83,332,383
합계				1,000,000,000

2. 사업비 분석

가. 국가철도 통합무선제어시스템

국가철도 통합무선제어시스템을 구축에 소요되는 비용을 분석하며, 통합무선망의 하부시스템인 열차제어시스템이나 실시간 열차 감시시스템 등은 포함되지 않고, 통신망 자체를 구축하는 비용만을 다룬다.

철도 통합무선망 구축대상은 2020년까지의 구축계획은 「제 2차 국가철도망 구축계획」을 기준으로 하고, 2021년부터 2025년까지의 구축계획은 한국철도시설공단의 철도 통신망 구축계획을 기준으로 한다. 도시철도의 경우 지방자치단체에서 재원을 마련하는 것을 가정하여 본 보고서의 통합무선망 구축대상에서는 제외시킨다. 구축대상 노선별 철도연장은 다음 표와 같다.

[표 5.93] 노선별 철도연장

구분	고속철도	일반/광역철도	전철	합계
연장 (km)	709.5	4,100.8	123.7	4,934.0

1) 비용항목 선정 기준

- 철도 통합무선망 구축비용은 건설비와 운영비로 나누어 산정한다.
- 건설비는 철도시설 구축에서 일반적으로 적용되는 공사비, 설계비, 감리비로 구성한다.
- 기지국 장치는 국내 철도 통합무선망의 통신방식으로 결정된 LTE 방식을 기준으로 산정하여, DU와 RRU로 나누어 구성한다.
- 단말기는 지상에서 고정되어 사용하는 고정국, 차상에 고정되어 사용하는 이동국, 지상·차상에서 기관사, 승무원, 유지보수원 등이 사용하는 휴대국으로 나누어 구성한다.
- 설계비와 감리비는 엔지니어링 사업대가 중 통신요율을 적용하였으며 설계비는 기본설계와 실시설계비 요율을 더한 값으로 산정한다.
- 운영비는 한국철도시설공단의 실운영비를 기준으로 산정한다.

[표 5.94] 철도 통합무선망 구축 및 운영비용 산정 항목

구분		산출근거	비고	
건설비	공사비	① 중앙제어장치(교환기)	- 견적가 적용 - 실공사비 적용 - 산출기준 적용	
		② 기지국		
		- DU(3채널)		
		- RRU		
		③ 단말기		
		- 이동국		
		- 고정국		
		- 휴대국		
		④ 공사비		
		- 선로 통신공사		
	- 선로 전기공사			
	- 부대공사(접지 등)			
	⑤ 설계비	$(①+②+③+④) \times (0.017+0.015)$		
⑥ 감리비	$(①+②+③+④) \times 0.0111$			
연간 운영비		$(①+②+③+④) \times 0.006$	한국철도 시설공단 실운영비	

[표 5.95] 철도 통합무선망 구축 및 운영비용 산정

구분		수량	단가	비용	
건설비	공사비	① 중앙제어장치(교환기)	2	150.00	300
		② 기지국			
		- DU(3채널)	1,616	0.20	323
		- RRU	14,425.75	0.10	1443
		③ 단말기			
		- 이동국	2,097	0.20	419
		- 고정국	786	0.10	79
		- 휴대국	16,277	0.05	814
		④ 공사비			
		- 선로 통신공사	5,770	0.12	692
		- 선로 전기공사	5,770	1.08	6232
		- 부대공사(접지 등)	28,851	0.01	289
	⑤ 설계비			715	
	⑥ 감리비			118	
연간 운영비				635	
합계				12,058	

나. 열차제어시스템 구축

열차제어시스템은 지상설비와 차상설비로 구분된다. 따라서 열차제어시스템을 구축하기 위해서는 차상을 중심으로 사업을 진행할 것인지 지상을 중심으로 사업을 진행할 것인지를 명확히 정의하는 것이 필요하다.

국내 일반철도 및 고속철도의 경우, 신선을 건설하거나 기존선을 개량하여도 현재 운행 중인 열차의 영향을 받는다. 따라서 현재 운행 중인 열차와 신조열차에 KRTCS를 장착하는 것을 우선 수행한다.

1) 차상 제어시스템 구축비용

지하철 및 수도권 통근전철에 사용되는 전기동차(2,344량)를 제외하면 고속철도차량(1,110량), 디젤기관차(321량), 동차(444량), 전기기관차(177량) 및 간선형 전기동차(32량)이 사업대상이다. 고속철도차량의 경우 KTX는 20량이 1편성, 산천은 10량이 1편성으로 구성된다. KTX 산천의 경우 2012년 현재 29(290량)편성이 운행중이다.

[표 5.96] 차종별·차령별 차량수

차종 차령	고속 철도 차량	디젤 기관차	디젤 동차	전기 기관차	간선형 전기 동차	ITX- 청춘	전기 동차	증기 기관차	객차	발전차	화차	기중기	통일 호 전기 동차
계 Total	1,110	321	444	177	32	16	2,344	0	1,080	156	12,705	16	-
1~5	190	-	-	48	32	16	600	-	-	-	696	1	-
6~10	920	83	6	35	-	-	336	-	253	18	3,478	10	-
11~15	-	117	131	2	-	-	695	-	492	83	4,348	4	-
16~20	-	52	304	-	-	-	560	-	270	31	2,529	1	-
21~25	-	16	3	4	-	-	135	-	65	24	990	-	-
26~30	-	11	-	-	-	-	18	-	-	-	664	-	-
31이상	-	42	-	88	-	-	-	-	-	-	-	-	-
내구년 한 초과	-	53	3	-	-	-	18	-	-	-	-	-	-
미초과	1,110	268	458	177	-	16	-	-	1,080	156	12,705	16	-
평균연령	6.1	16.6	16.9	21.6	2.0	0.0	11.5	-	14.0	15.6	13.7	9.6	-

KTX는 41편성(820량)에는 82[set]의 차상신호장치가 설치되어야 하며, KTX 산천 29편성(290량)에는 58[set]의 차상신호장치가 설치되어야 하며, 디젤기관차, 디젤동차, 전기기관차 942량에는 942[set]의 차상신호장치가 설치되어야 한다. 디젤기관차, 디젤동차, 전기기관차의 경우 5~10년 후 발생하는 내구년한 초과 차량 234량을 교체할 경우를 반영하였다.

따라서 일반철도 및 고속철도에 KRTCS용 차상신호장치를 설치하기 위해서는 총 1082[set]가 필요하다. 일반철도용 KRTCS개발이 종료 후 2018년부터 2027년까지 순차적으로 설치하는 것으로 하였으며, 차상신호장치 1세트당 가격을 4억으로 산정하였다(2028년까지 가격 불변).

2003년의 차상신호(ATP)시스템 도입사업의 경우 경부선 호남선(770.7km, 413량)에 대해서

1,185억 원으로 계약이 체결되었다(전기업무자료 제19호, 2012, 한국철도공사 전기기술단). 차상신호장치는 1세트당 2억 원 정도로 공급이 되었다.

[표 5.97] 차상신호시스템 구축비용

(단위: 억 원)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	합계
도입수량	150	150	150	150	150	100	100	50	50	32	182
소요비용	600	600	600	600	600	400	400	200	200	128	4,328

2) 지상 제어시스템 구축비용

지상신호시스템은 관제설비(CTC), ATP설비, 연동설비로 구성되며, 건널목보안장치와 같은 안전설비와 연계되어 있다. 관제설비의 경우 설치율이 70.5%이고, 연동장치의 전자화율도 70.9%이다. KRTCS를 구축하기 위해서는 KRTCS제어영역의 관제설비와 전자연동장치의 설치율이 100%로 되어야 한다. 관제설비와 전자연동장치가 구축되지 않은 것은 열차운행이 매우 한산한 노선으로서, 이러한 설비구축의 시급성이 낮다.

현재 일반철도와 고속철도 노선중 2,500km에 KRTCS를 설치하고, 제2차 국가철도망 구축계획(2011.4, 국토해양부)에 의해서 추가로 건설되는 고속철도(332km), 일반철도(기 시행중인 사업 1,828km, 신규사업 후반기 614km)에 KRTCS를 설치한다. 따라서 KRTCS를 설치할 수 있는 노선은 총 5,274km이다. KRTCS의 지상설비는 지상ATP 및 지상차로 구성되며, 지상ATP는 200km마다 3개가 설치된다. 지상ATP의 가격은 엔지니어링 비용을 포함해서 1set당 100억 원으로 책정한다.

[표 5.98] 지상신호시스템 구축비용

(단위: 억 원)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	합계
건설길이	600	600	600	600	600	500	450	450	450	424	5,274
설치수량	9	9	9	9	9	7	6	6	6	6	76
소요비용	900	900	900	900	900	700	700	700	700	700	7,600

3) 열차제어시스템 구축비용

차상신호시스템과 지상신호시스템으로 구분되는 무선기반 열차시스템 구축비용은 다음 표와 같다.

[표 5.99] 무선기반 열차제어시스템 구축비용

(단위: 억 원)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	합계
지상제어 시스템 구축비용	600	600	600	600	600	400	400	200	200	128	4,328
차상제어 시스템 구축비용	900	900	900	900	900	700	700	700	700	700	7,600
합계	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,100	1,100	900	900	828	11,928

제3절 편익추정

1. 개요

가. R&D사업 예비타당성조사에서의 편익

국가 R&D 사업의 경제성분석은 「연구개발부분 사업의 예비타당성조사 표준지침 연구, 한국과학기술평가원, 2011.12」를 바탕으로 분석하였다.

이에 따르면, 연구개발사업의 추진에 의해 그 수혜를 파급의 관점에서 지식파급, 시장파급, 네트워크 파급으로 구분할 수 있으며, 경제성 분석에서 반영될 수 있는 파급효과는 지식파급과 시장파급이다. 이중 지식파급은 사업 목표와 직접적으로 연결되고 객관적 산출이 가능할 경우에 비용효과분석에 반영될 수 있으며, 시장파급은 사업 목표와 직접적으로 연결되고 객관적 산출이 가능할 경우 경제적 타당성의 비용편익분석에 반영될 수 있다.

[표 5.100] 연구개발활동 파급 분류와 예비타당성조사 반영 여부

구분	정의 및 특성	예비타당성조사 반영 여부
지식파급	<ul style="list-style-type: none"> - 지식의 창출자와 사용자가 다른 경우 발생 - 역설계 발간, 특허공개, 연구가 이동 등을 통해 발생 - 계측 가능 - 화폐환산 불가 	<ul style="list-style-type: none"> - 사업 목표와 직접적으로 연결되고 객관적 산출이 가능할 경우에 비용효과 분석에 반영
시장파급	<ul style="list-style-type: none"> - 시장 기능에 의해 여타 주체들에게 제품이나 공정상의 편익을 전달해주는 것 - 추가기능의 구비, 가격의 인하, 저렴한 제품 및 서비스 제공 등으로 발생 - 계측 가능 - 화폐환산 가능 	<ul style="list-style-type: none"> - 사업 목표와 직접적으로 연결되고 객관적 산출이 가능할 경우 경제적 타당성의 비용편익분석에 반영
네트워크 파급	<ul style="list-style-type: none"> - 관련기술들의 집적을 통해 기능 향상을 도출됨. - 각각 기술들의 개발 주체가 분산되어 있어서 개별 주체별로 투자를 망설임. - 계측 불가 - 화폐환산 불가 	<ul style="list-style-type: none"> - 경제적 타당성에서 미반영 - 정책적 타당성 특수평가에서 반영 가능

비용편익분석에 반영될 수 있는 시장파급에 의한 경제적 편익인 새로운 부가가치 창출 편익과 비용절감편익으로 구분할 수 있다. 부가가치 창출 편익은 연구개발 사업의 결과로써 새로운 제품이나 서비스가 개발되고 상업화되어, 이 결과 시장에서 해당 제품이나 서비스가 실제 거래되어 발생하는 편익을 의미한다. 비용절감 편익은 연구개발사업의 목표가 기존 기술

의 개선 및 개량, 혹은 새로운 생산 공정 기술의 개발 등으로 제시된 경우에 적용되는 항목으로서 해당 기술의 개발과 적용으로 인해 기존의 생산과정에 존재하는 비효율적인 부분이 제거되거나 혹은 투입 요소 대체 등을 통해 생산의 효율성이 증가하여 동일한 양의 산출에 드는 비용이 기존에 비해 감소할 때 발생하는 편익을 의미한다.

[표 5.101] 연구개발부분 예비타당성조사 편익 항목

구분	예비타당성조사 비용편익분석 시 편익반영	예비타당성조사 비용편익분석 시 편익 미반영	
정(+) 의 가치 증가	<ul style="list-style-type: none"> - 부가가치 증대 · 신기술 적용을 통한 생산량 증가 - 기술거래 · 기술이전에 의한 로열티 수입 	<ul style="list-style-type: none"> - 과학기술 지식 (논문, 특허 등) - 국민의 과학기술 이해도 향상 - 과학기술자의 교육 훈련 - 국가위상의 제고 - 지역개발효과 - 시장권의 확대 	<ul style="list-style-type: none"> - 지역산업구조 개편 - 생산유발효과 - 부가가치 유발효과 - 고용유발효과 - 수입유발효과 - 수출유발효과 - 소득분배효과 - 취업유발효과
부(-) 의 가치 감소	<ul style="list-style-type: none"> - 비용 절감 · 생산투입 자원 및 시간의 절감 · 연구기간, 출장회수 등의 연구수행 비용 절감 · 물류비용 절감 - 피해 비용 감소 · 자연재해로 인한 피해 감소 - 질병비용절감* - 환경비용절감** 		

* 논문이나 특허는 비용효과분석으로 반영할 수 있음.

** 질병비용절감과 환경비용절감은 사업이 기여한 부분만의 산출과 이중계산 배제에 제약이 있을 경우 비용편익분석이 아닌 비용효과분석으로 수행

나. 유사 연구의 편익 추정

본 사업에 관련한 기존 연구로는 국가 철도전용 통합무선망 구축 방안 및 효과 분석(정보통신정책연구원, 2012), BCN 인프라 구축 사업(한국개발연구원, 2008), 광대역 가입자망 구축 활성화사업(한국개발연구원, 2009), 차상신호(ATP)시스템 도입사업(한국개발연구원, 2002), 철도 통합무선망 구축(정보화)사업(한국개발연구원, 2006), 통합지휘무선통신망 구축사업(한국개발연구원, 2009)이 있다.

본 사업과 밀접한 관련이 있는 국가 철도전용 통합무선망 구축 방안 및 효과 분석 (정보통신정책연구원, 2012)와 나머지 사업들의 목적과 편익 항목에 대해 분석하였다.

1) 국가 철도전용 통합무선망 구축 방안 및 효과 분석 (정보통신정책연구원, 2012)

본 연구는 지속적으로 증가하는 철도교통량을 효율적이고 안전하게 수용하기 위하여 다양한 철도전용 통합무선망 대안 기술을 검증하여 구축 방안을 마련하고 타당성을 검증하여, 미래 철도교통 수용 여건 변화에 대비하고 신규 철도산업 창출과 경쟁력 향상을 도모하는 것이다. 편익 항목으로는 무선통신환경 개선에 의한 편익, 효과적인 재난대응을 통한 효과가 있다.

[표 5.102] 편익 항목

구분		세부항목	
직접편익	철도사고의 예방 및 대응	철도사고 예방	물적피해 감소
			인적피해 감소
		철도사고 대응	물적피해 감소
			인적피해 감소
	철도운영 효율성 증대	고객관점	고객 기회비용 감소
		내부 프로세스 관점	수송역량 증대
			유지비용 감소
			운영지연 감소
	승무원 IT 서비스 제공	고객관점	고객 기회비용 감소
		내부 프로세스 관점	업무 프로세스 시간 감소
차량 영상감시 및 영상정보 서비스	고객 관점	고객 영상정보 서비스 편익	
		영상 상황 관제 효율성 향상	
	내부 프로세스 관점	대체 시스템 유지보수 비용 감소	
간접편익	국내외 시장 창출	국내 신호통신시스템	시장 대체
		해외 신호통신시스템	점유율 확대
	환경 개선	에너지 절감	전력 소비 감소
			TOE 감축
환경오염 감축	환경오염 감축	CO2 감축	
		대기오염물질 감축	

2) 유사 연구

본 사업과 관련이 있는 BCN 인프라 구축 사업(한국개발연구원, 2008), 광대역 가입자망 구축 활성화사업(한국개발연구원, 2009), 차상신호(ATP)시스템 도입사업(한국개발연구원, 2002), 철도 통합무선망 구축(정보화)사업(한국개발연구원, 2006), 통합지휘무선통신망 구축사업(한국개발연구원, 2009)의 사업 목적, 편익 항목, 편익 추정 방법, 편익 지속 기간에 대해서 분석하였다.

[표 5.103] 타사업 편익 비교

사업명	사업 목적	편익 항목	편익 추정 방법	편익 지속 기간
BCN인프라 구축사업 (KDI, 2008)	경찰의 정보자원 및 정보통신시설을 유비쿼터스 환경의 IP기반으로 대체 다양한 융합서비스를 경찰업무에 접목하여 치안역량을 강화	- VoIP 영상전화 도입 편익 - 112 동영상 신고 편익 - 영상기반 상황 관제 편익 - 영상채증 편익 - 안면인식 시스템 도입 편익 - 화상회의 편익	BCN(Broad band Convergence Network, 광대역구축망) 구축 전·후를 통해 각 사업의 한계 편익 추정	10년
광대역 가입자망 구축 활성화 사업 (KDI, 2009)	통신사업자의 자율적 투자를 기대하기 어려운 50세대 미만 마을을 대상으로 광대역통합망을 구축	- 가구당 지불의사액 - 사회적 편익	CVM(Contingent Valuation Method, 조건부가치추정법)을 적용하여 비시장가치 추정	10년
차상신호(ATP)시스템 도입사업 (KDI, 2002)	지상신호방식에서 최첨단 컴퓨터 및 통신기술을 활용한 차내신호방식으로 전환	- 통행 및 대기시간 절감편익 - 차량운행비 절감편익 - 교통사고 절감편익 - 유지·보수비 절감편익 - 열차사고 감소 편익 - 기관사 인건비 절감편익	시스템 도입을 통한 속도 향상, 용량 증대, 사고 감소 등에 따른 직접 편익 추정	30년
철도 통합무선망(정보화) 사업 (KDI, 2006)	무선방식인 VHF 방식을 통합재난망과 연계된 TRS-TETRA 방식으로 개량	- 무선통신환경 개선효과 · 사고감소 편익 · 연착율 감소에 따른 고객 기회비용의 감소 · 열차증편에 따른 수익성 개선 효과 - 효율적인 재난대응 · 충돌, 탈선 등의 사고 · 열차화재 등의 진행형 사고	BSC (Balanced Scorecard, 학습과 성장, 내부 업무프로세스, 고객만족, 경제적 효과 등 4가지 측면을 고려한 평가관리기법) 적용	10년
통합지휘 무선통신망 구축사업 (KDI, 2009)	재난관리책임기관, 긴급구조 및 지원기관 간의 일원화 재난예측 정보의 수집 및 공동 활용 등을 통해 체계적인 재난관리 업무 수행	- 공동 대응 활동의 개선을 통한 재산 피해 감소 편익 - 공동 대응 활동의 개선을 통한 인적 피해 감소 편익 - 자체 대응 활동의 개선을 통한 재산 피해 감소 편익 - 자체 대응 활동의 개선을 통한 인적 피해 감소 편익	소방, 경찰, 지자체 재난 대응 전문가 조사를 통한 자료 수집	10년

유사연구 검토내용을 바탕으로 볼 때, 본 사업은 편익 추정에 있어 열차제어·통신시스템 연구개발시 및 구축시에 각 경우에 따른 편익항목이 별도로 식별되어야 한다. 각 경우에 따라 분석의 전제 및 가정에 차이가 있으며, 그 비용 또한 차이가 있기 때문이다. 또한, 편익별로 추정방법, 편익발생시기, 편익지속기간이 상이할 수 있으므로, 이에 대한 개별적 연구결과 및 근거를 제시하도록 한다.

2. 국내외 철도 시장 조사

가. 국내 철도시장 전망

본 연구를 위해 국가 상위계획 및 광역교통계획의 철도분야를 조사하였으며, 이를 바탕으로 향후 철도 신설 및 개량계획을 정리하였다. 본 연구에서 검토한 계획은 다음과 같다.

- 제4차 국토종합계획 수정계획(2006~2020년), 건설교통부, 2005
- 제3차 수도권정비계획 「2006~2020」 (건설교통부, 2006)
- 국가기간교통망계획 「2001~2020」 제2차 수정(국토해양부, 2011)
- 제2차 국가철도망 구축계획 「2011~2020」 (국토해양부, 2011)
- 대도시권 광역교통기본계획 「2007~2026」 (국토해양부, 2007)
- 수도권 광역교통망계획 「2001~2020」 (건설교통부, 2001)

[표 5.104] 철도 관련 상위 계획

사업내용	연장(km)
국가기간 교통망계획(2001~2020년) - 제 2차 수정, 국토해양부, 2011	3,257.4
제2차 국가철도망 구축계획(2011~2020), 국토해양부, 2011	2,492.4
대도시권 광역교통기본계획(2007~2026년), 국토해양부, 2007	609
제3차 수도권정비계획(2006~2020년), 건설교통부, 2006	241.3
수도권 광역교통망계획 수립(2001~2020), 건설교통부, 2001	609

국가 계획을 바탕으로 검토된 내용 중 중복되는 노선을 정리하여 향후 신설 및 개량 예정인 철도 노선을 다음과 같다.

[표 5.105] 국내시장 철도 계획

구분	사업내용	연장(km)
고속철도	경부고속철도 대전·대구 도심구간	40.9
	호남고속철도	230.9
	수도권 고속철도	61.1
일반철도/ 광역철도	원주~강릉 복선전철	111.2
	중앙선(도담~영천) 복선전철화	150
	춘천~속초 복선전철	91.8
	남북내륙선(김천~거제) 복선전철	186.3
	수서~용문 복선전철	44.1
	충북선(조치원~봉양) 고속화개량	115
	중앙선(원주~제천) 복선전철화	41.1
	서해선 복선전철	98.3
	중앙선(영천~신경주) 복선전철화	22.5
	경춘선(금곡~춘천) 복선전철화	64.2
	중앙선(덕소~원주) 복선전철화	90.4
	영동선 철도이설	17.8
	인천국제공항 철도건설	61.7
	경전선(동순천~광양) 복선전철화	10.9
	전라선(순천~여수) 복선전철화	32.4
	중앙선(제천~도담) 복선전철화	17.4
	전라선(익산~순천) 복선전철화	154.2
	태백선(제천~쌍용) 복선전철화	13.9
	경전선(삼랑진~진주) 복선전철화	95.5
	경전선(보성~임성리) 철도건설	79.5
	경전선(진주~광양) 복선화	51.5
	성남~여주 복선전철	57
	동해선(포항~삼척) 철도건설	165.8
	경원선(신탄리~철원) 철도복원	5.6
	대곡~소사 복선전철	19.5
	소사~원시 복선전철	23.1
	부전~마산 복선전철	32.6
	동해남부선(신경주~포항) 복선전철화	42.6
	동해남부선(울산~신경주) 복선전철화	33.9
	장항선(익산~대야) 복선전철화	11
	대구선(동대구~영천) 복선전철화	34.9
	포승~평택 철도건설	30.3
	여주~문경 단선전철	95.8
	장항선 2단계 개량	33.1
	경원선(동두천~연천) 단선전철	20.3
	인천공항철도 활성화	1.2
	여주~원주 복선전철	21.9
	이단적재열차	-
	장항선(신창~대야) 복선전철화	122.1
	경전선(진주~광양) 전철화	51.5
	인덕원~수원 복선전철	35.3
천안~청주공항 복선전철	-	
충청권(계룡~청주공항) 광역철도	31.5	

월곶~판교 복선전철	35.8
경의선(용산~문산) 복선전철화	48.6
수인선(수원~인천) 복선전철	52.8
분당선(왕십리~선릉) 복선전철	6.8
분당선(오리~수원) 복선전철	19.5
동해남부선(부산~울산) 복선전철화	65.7
경춘선(망우~금곡) 복선전철	17.9
신분당선(강남~정자) 복선전철	18.5
신분당선(정자~광교) 복선전철	12.8
신안산선(안산~여의도) 복선전철	31.7
신안산선(여의도~서울역) 복선전철	5.7
별내선 복선전철	11.4
진접선 복선전철	14.5
신분당선(강남~용산) 복선전철	7.5
신분당선(광교~호매실) 복선전철	11.1
수도권 광역급행철도 복선전철	145.5
영동선(동백산~도계) 철도이설	17.8
경전선(부전~마산) 복선전철	32.6
동해남부선(울산~포항) 복선전철	76.6
부산신항배후철도(한림정~부산신항) 복선전철	38.8
수도권 북부내륙 화물기지 인입철도(문산역 구내) 단선철도	3.2
판교~여주 복선전철	57
여주~문경 단선전철	95.8
광양항 인입철도(광양~초남) 복선전철화	5.6
울산신항 인입철도(망양~울산신항) 단선철도	9.4
포항영일신항 인입철도(포항~포항신항) 단선철도	11.2
군장산단 인입철도(대야~군장산단) 단선철도	27.9
인천공항철도 활성화 신경의선 연결	2.9
철도종합 시험선로(오송~조치원)	14.5
이단적재 열차(경전선) 개량	-
여주~원주 복선전철	21.9
인덕원~동탄 복선전철	35.3
경전선(진주~광양) 전철화	51.5
춘천~속초 복선전철	91.8
동해항 인입철도(동해~동해항) 단선철도	1.3
여수울촌산단 인입철도(덕양~여수울촌산단) 단선철도	7.1
남부내륙선(김천~진주) 복선전철	186.3
남부내륙선(진주~거제) 단선전철	
충청권 철도(논산~청주공항) 복선전철화	106.9
충북선(조치원~봉양) 고속화	115
교외선(능곡~의정부) 단선전철	35.9
경전선(광주송정~순천) 단선전철	113
마산신항 인입철도(마산~마산신항) 단선철도	14.2
구미산단 인입철도(사곡~구미산단) 단선철도	11
아산산단 인입철도(합덕~아산산단) 단선철도	32.6
수인선(수원~인천) 복선전철	52.8
대구권 광역철도(구미~경산)	-
수도권 광역급행철도(일산~수서(동탄)) 복선전철	46.2
수도권 광역급행철도(송도~청량리) 복선전철	48.7
수도권 광역급행철도(의정부~금정) 복선전철	45.8
경부고속선(평택~오송) 복선전철화	47.5
용문~춘천 복선전철	49
동해선(강릉~제진) 단선전철	110.2

문경선(문경~점촌) 단선전철	17.4
평택~부발 복선전철	58.7
새만금~대야 복선전철	45.4
동해선(동해~강릉) 복선전철화	49.2
동해선(포항~동해) 복선전철화	173.8
신분당선(호매실~항남) 복선전철	17.3
의정부~철원(포천) 복선전철	54.2
경원선(용산~청량리) 복선전철	12.7
김천~전주 복선전철	108.1
서해산업선(인주~안흥) 단선전철	78.3
대구~광주 단선전철	191.6
수도권고속선(수색~서울~시흥) 복선전철	31.3
제2공항철도(인천공항~인천) 복선전철	14.1
대산항 인입철도(당진~대산항) 단선철도	18.5
인천남외항 인입철도(시흥차량기지 내) 단선철도	1.5
녹산산단 인입철도(녹산역 구내) 단선철도	1.5
반월산단 인입철도(안산역 구내) 단선철도	1.5
인천지하철1호선연장(동막~송도신도시)	7
분당~이천~여주	54
대곡~소사	19
오리~오산	15
인천도시철도2호선(오류동~인천대공원)	29
인덕원~병점	25
광명역~분당	21
삼릉~경서, 주안~소래	28
녹번~목동~광명	26
광명~하남	32
경의선2복선(서울역~수색역)	8
제2공항철도(신공항~인천, 소래~광명)	29
의정부~도농	20
홍대입구~대곡~통일전망대	37
수서~광주	19
도농~광주~용인	41
용인~안성	30
화양~원시	51(89)
수원경전철(세류~성대)	19
광명경전철(관악역~철산역)	10
성남경전철1호선(산성역~공단)	8
성남경전철2호선(명촌~굴화)	13
시흥경전철(시흥시청~시화MTV)	11
대화~풍동지구	10
부천경전철(소사~고강동)	12
용인경전철 상현연장(상현~구갈)	8
일산선 연장	8
분당선 연장(왕십리~선릉)	6.6
신분당선(분당~강남)	20.5
신분당선 연장(정자~수원)	18
신안산선(안산~청량리)	40.8
수도권남부순환선(광명역~분당)	20.5
경의선2복선(서울역~수색역)	8.2
제2공항철도(신공항~인천~남서울)	49.3
수도권외부순환선(도농~광주)	23.6
경원선 연장(동안~소요산)	2.5
중앙선 연장(덕소~도곡리)	2.9

남부순환선(남서울역 ~ 분당)	20.5
서울외곽순환선(녹번(3호선)~상암(수색),~목동~시흥~과천, ~북정~하남)	55.3
삼릉~일산~경서역~ 주안~선학~소래	28
도농 ~ 용인 ~ 신갈	58.3
김포공항 ~ 부천 ~ 안산	31.1
지하철8호선연장(암사 ~ 구리)	11.3
지하철9호선(인천~부천)	25.9
김포선(김포~지하철 5호선)	21
의정부선(의정부 ~ 회룡)	14.9
하남선(상일역 ~ 하남시)	8.9
용인선(신갈~ 용인~ 포곡)	21.3
회룡~월계~왕십리	16.6
1호선(인덕원~안양역~광명역)	10.5
2호선(산본~인덕원)	6.9
1호선(소사동~시흥로~ 원종동~고강동)	11.5
2호선(부천역~중앙로~내동~약대~중동대로~송내~경인국 도~부천역)	15.2
구로역 ~ 남서울역	10.5
시흥시 도시기본계획(신천동~방산동~염전~월곶~정왕동)	11.5

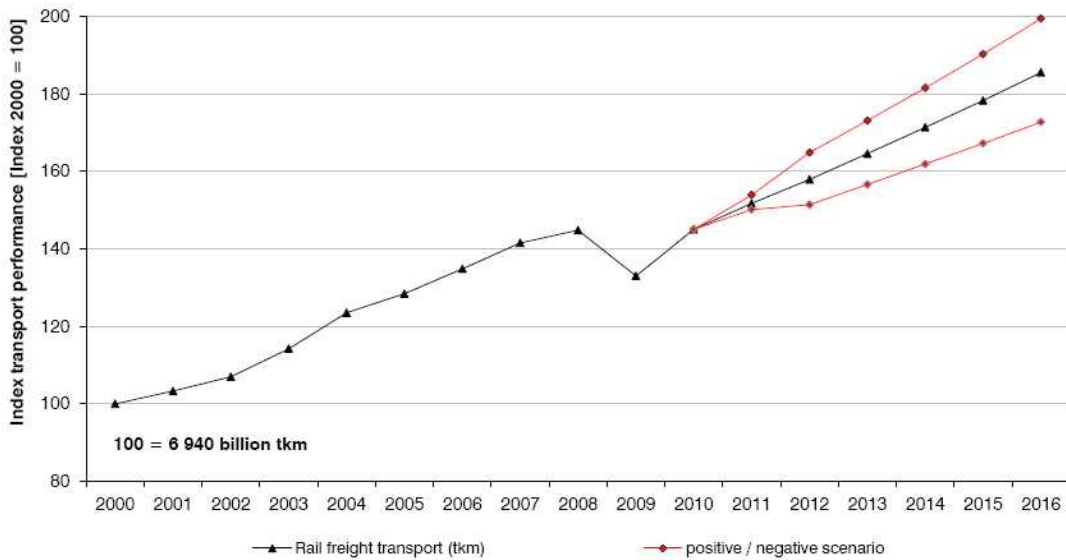
나. 국외 철도시장 전망

국외 철도시장 전망은 「The Worldwide Market for Railway Technology 2012, SCI/VERKEHR,1 2012」 를 바탕으로 분석하였다.

1) 철도화물

최근 80년간의 몇 차례의 경제위기 속에서도 철도시장은 지속적인 성장추이를 보여주고 있다. 2009년 철도화물 시장이 경제위기에 의해 큰 하락을 보였으나, 2011년 약 6%의 성장을 보여 회복세에 있다.

Global Transport Development in Rail Freight Transport 2000-2016
[Index 2000 = 100]



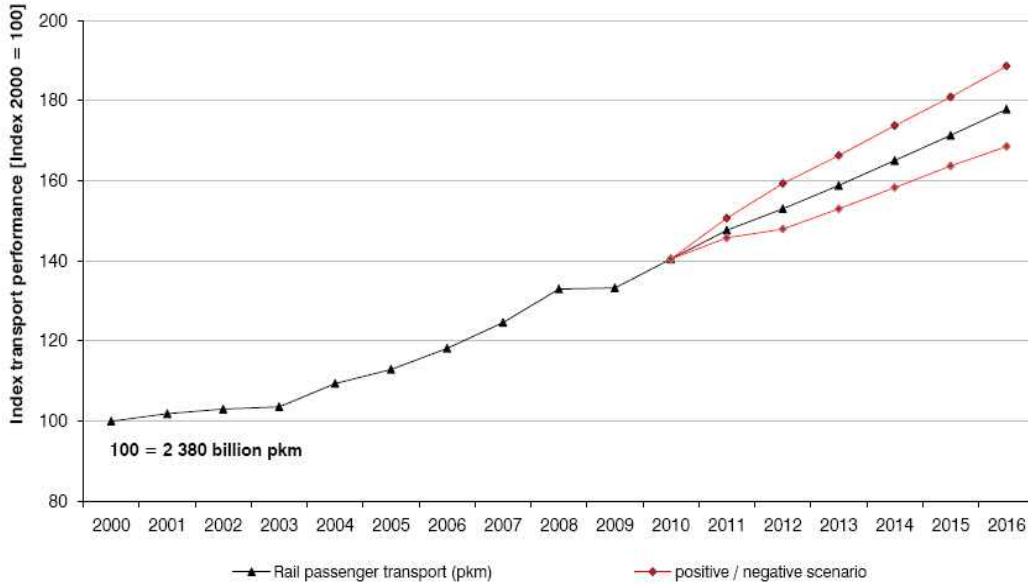
[그림 5.5] 2000~2016년 화물 수요의 세계 시장의 성장 예측

2) 철도여객

철도 여객 수송량은 철도 화물 수요보다 비교적 변동 없이 지속적인 증가추이를 보이고 있다. 철도 여객 수송은 2009년에 있었던 경제적 위기에도 불구하고 2010년, 2011년에 6%의 평균 증가율을 보였다.

세계 모든 여객 수송의 2/3를 차지하는 아시아 시장에서 많은 새로운 철도들이 생기면서 여객 수송에 발전이 있었으며, 아시아뿐만 아니라 아프리카/중동과 중앙/남미 지역에서도 역동적인 성장을 보이는 추세에 있다.

Global Transport Development in Rail Passenger Transport 2000-2016
[Index 2000 = 100]



[그림 5.6] 2000~2016년 철도 여객 교통 수요 예측

3) 철도분야별 시장전망

장기간 관점에서 철도 수요는 철도 관련 생산품의 수요와 연관이 된다. 철도 분야를 총괄한 전체적인 평균 시장 성장률(2011~2016) 예측은 연 3.3%으로 나타났다. 이 중 차량 시장은 전체 시장 규모의 70% 정도를 차지하며, 전반적으로 일직선으로 성장하고 있다. 가장 큰 성장률(3.9%)은 infrastructure 시장에서 나타나고 있다.

[표 5.106] 철도분야별 시장전망

분야	연간 시장 규모 (EUR billions)	연평균 시장 성장률(%) (2011~2016)	표준편차 (2011-2016)
Infrastructure	43.7	+3.9	3.2
Systems technology	13.2	+1.8	1.9
Rolling stock	86	+3.3	2.3
Total	142.9	+3.3	2.1

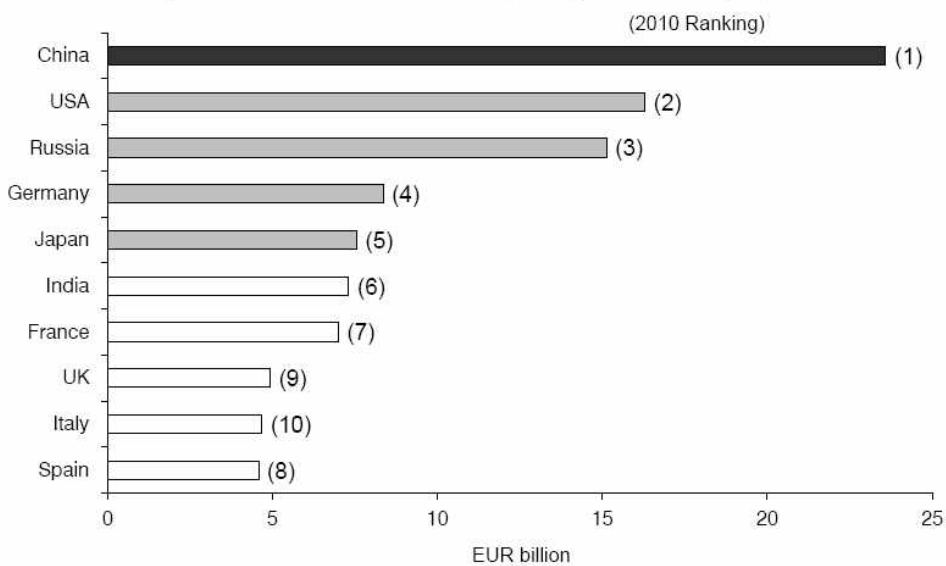
4) 지역별 시장전망

2012년에는 아시아가 가장 큰 철도 시장 규모를 가지고 있고, 서유럽이 뒤를 따르고 있다. 나라별로는 중국이 세계에서 가장 큰 철도시장을 차지하고 있으며 그 뒤를 미국과 러시아가 따르고 있다.

[표 5.107] 지역별 시장전망

지역	연간 시장 규모 (EUR billions)	연평균 시장 성장률(%) (2009~2014)	표준편차 (2011~2016)
서유럽	39.7	+3	2.8
동유럽	9.4	+3.4	5.5
북아메리카	19.9	+5	2.2
중앙/남아메리카	4.1	+5	5.6
아시아	43.4	+1.8	2.8
아프리카/중동	5.1	+10.6	5.2
CIS(독립국가연합)	18.1	+3.2	2.1
호주/태평양부근	3.2	+1.1	4
총계	142.9	+3.3	2.1

Top 10 countries by market volume in EUR billion (average 2010-2012 p.a.)

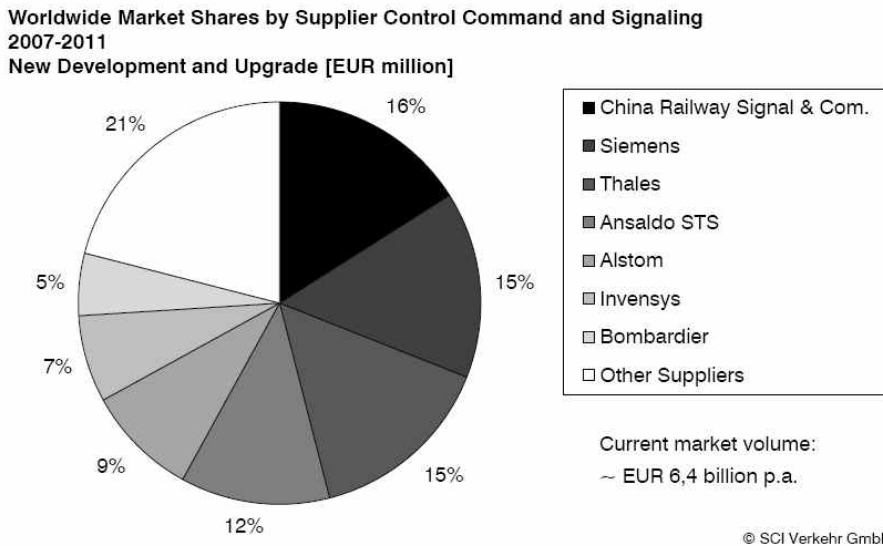


[그림 5.7] 2010년 국가별 세계 시장 점유 순위 (2010~2012년 평균)

5) 국가철도 통합무선제어시스템 시장 예측

철도 시장의 규모가 커질수록 효율적인 철도운영과 고품질의 서비스 제공은 제어부분과 신호부분의 중요한 부분이 되어가고 있다. 기존 설치된 신호 및 제어시스템의 인터페이스 등도 고려되어야 하고, 또 신호 및 제어시스템 내에서는 이는 새로운 시스템의 개발 및 시스템의 업그레이드에도 적용할 수 있다. 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.

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



[그림 5.8] 2007~2011년 control command and signaling 개발 및 업그레이드 세계 시장 점유율

세계 국가철도 통합무선제어시스템의 신설건설 및 개량 시장의 40% 정도를 서유럽에서 차지하고 있고, 주요 나라로는 프랑스, 독일, 스페인, 영국, 이탈리아가 있다. 개량 및 유지관리 시장은 2016년까지 2%의 성장을 보일 것으로 예상되고, 새로운 기술에 기초한 열차 제어 및 신호 시장과 개량 및 유지관리 시장은 동시에 감소할 것으로 예상된다.

세계 열차 제어 및 신호 신설건설 및 개량 시장의 6% 정도를 동유럽에서 차지하고 있고,

주요 나라로는 터키, 폴란드, 헝가리, 루마니아, 슬로바키아, 체코가 있다. 동유럽의 열차 제어 및 신호시장은 장기간동안 높은 수준으로 유지되었고, 35,000km 상당의 메인 철도 네트워크와 3,6000km 상당의 도시 철도 네트워크의 개량 및 유지관리 시장이 유망하다.

세계 열차 제어 및 신호 신설건설 및 개량 시장의 8% 정도를 북 아메리카에서 차지하고 있고, 이 시장은 북 아메리카에서 역동적인 성장을 보이고 있다. 장기간동안 SCI Verkehr는 오바마의 효율적인 철도 여객 수송 서비스 발전 정책으로 인해 높은 시장 잠재력을 기대하고 있다. 개량 및 유지관리 시장은 네트워크가 성장함에 따라 2015년까지 2%의 성장을 보일 것으로 예상된다.

세계 열차 제어 및 신호 신설건설 및 개량 시장의 오직 4%만이 중앙/남아메리카에서 차지하고 있고, 주요 나라로는 브라질, 아르헨티나가 있다. 개량 및 유지관리 시장은 철도 네트워크의 신호 설치의 증가에 따라 성장하고 있다.

세계 열차 제어 및 신호 신설건설 및 개량 시장의 30% 이상을 아시아에서 차지하고 있고, 주요 나라로는 중국, 일본, 인도, 한국이 있다. 신설건설 및 개량 전체 시장에서 중국은 74%를 차지하고 있다. 급격하게 증가하는 아시아 네트워크는 개량 및 유지관리의 수요를 증가시키고, 향후 시장 전망도 밝다.

세계 열차 제어 및 신호 신설건설 및 개량 시장의 7% 정도를 아프리카/중동에서 차지하고 있고, 주요 나라로는 사우디아라비아, 아랍 에미리트국 연합국, 남아프리카, 이란, 알제리, 이집트가 있다. 불안정한 수준에도 불구하고, 시장은 각각의 주요한 사업들에 의해 유지되고 있다. 신호 네트워크의 성장은 개량 및 유지관리 시장 규모를 급격하게 증가시키고 있다.

세계 열차 제어 및 신호 신설건설 및 개량 시장의 3% 정도를 CIS에서 차지하고 있고, 러시아가 가장 중요한 나라이다. 러시아에서 널리 사용되고 있는 신호 기술은 가장 최신의 기술 수준이 아니지만 충분히 효율적이나, 안전을 중시하는 수요와 철도의 수 증가를 원하는 수요는 여전히 있다. 철도 제어 및 신호 신설건설 및 개량 시장 규모는 2016년까지 매우 발전 가능성이 크다. 현재 러시아는 2018년 월드컵을 대비해서 철도 인프라에 큰 투자를 하고 있다. 장기간동안 꾸준한 시장 규모가 예상되고, 철도 네트워크의 개량 및 유지관리는 끊임없이 안전을 위해 제공되고 있다.

세계 열차 제어 및 신호 신설건설 및 개량 시장의 3% 정도를 호주/태평양부근에서 차지하고 있으며, 개량 및 유지관리 시장은 꾸준한 증가율을 보이고 있고, 2016년까지 3%의 성장을 보일 것으로 예상된다.

[표 5.108] 지역별 열차 제어 및 신호 시장 (신설건설 및 업그레이드)

지역	연간 시장 규모 (EUR millions)	연평균 시장 성장률(%) (2009~2014)	표준편차 (2011-2016)
서유럽	2,440	-0.3	3.7
동유럽	400	-0.6	16.3
북아메리카	510	+7.0	14.4
중앙/남아메리카	240	-0.6	11.9
아시아	2,030	-1.3	6.9
아프리카/중동	430	+2.9	13.8
CIS(독립국가연합)	160	+8.6	15.7
호추/태평양부근	200	-8.5	34.4
총계	6,400	+0.3	3.5

[표 5.109] 지역별 열차 제어 및 신호 시장 (개량 및 유지관리)

지역	연간 시장 규모 (EUR millions)	연평균 시장 성장률(%) (2009~2014)	표준편차 (2011-2016)
서유럽	3,260	+2.3	0.9
동유럽	800	+2.9	0.6
북아메리카	425	+2.0	6.6
중앙/남아메리카	60	+5.4	2.1
아시아	1,240	+5.4	1.6
아프리카/중동	115	+6.7	2.3
CIS(독립국가연합)	720	+2.8	0.4
호추/태평양부근	200	+3.4	0.8
총계	6,820	+3.1	0.5

3. 국가철도 통합무선제어시스템 연구개발시 편익추정

가. 편익항목

본 사업은 국가 R&D 사업으로서 연구개발에 의해 개발된 무선통신망 및 응용시스템 기술과 무선통신열차제어시스템 개발기술의 그 결과물을 활용하여 개발된다. 이는 상용화를 통해 국내 고속철도, 일반철도, 광역철도의 신규건설 및 통신망·신호개량 시장에 구축될 예정이다.

철도 무선 통신망 및 무선통신열차제어시스템은 현재 기능이 유사한 외산 시스템이 상용화되어 있으나, 구축비용 및 유지보수비용이 높고, 국가적 차원에서 관련 기술 보유의 필요성이 있어 기술개발의 필요성이 매우 높다. 상대적으로 저렴한 국산 시스템으로 구축할 경우 외산 시스템 구축비용 대비 비용절감의 가능성이 크며, 국외 수출시 신규시장 진출에 따른 부가가치 발생의 가능성이 있다. 단, 국가별 통신시스템의 이질성을 고려할 때, 통합무선망 기술 및 상용화 제품의 수출 가능성이 낮다고 볼 수 있다.

본 사업의 경제적 타당성 조사에서는 「연구개발부분 사업의 예비타당성조사 표준지침 연구, 한국과학기술평가원, 2011.12」에 의거하여 연구결과에 따른 직접 편익만을 분석에 반영하고자 한다. 이에 따라 국내철도 시장에 국산시스템 구축에 따른 비용절감편익과 무선신호제어시스템의 국외 철도시장 진출에 따른 부가가치편익을 반영한다.

공공투자사업의 편익 추정을 위해서는 직접적인 재화나 서비스, 간접적인 재화나 서비스 간에 시장 수요의 추정이 필수적이다. 이러한 시장수요의 추정에 의한 편익 추정을 시장수요 접근법(market demand approach)이라 한다. 또한 향후 시장에서의 비용절감을 물리적 연계를 통해 고려하는 비용절감접근법(Cost of Savings Approach)이 있다.

본 사업은 외산시스템을 대체하는 국산시스템 구축에 의한 수입대체비용절감편익 산정에 있어 비용절감접근법 중 생산비용절감접근법을 이용하며, 국외 철도시장 진출에서 발생하는 부가가치 편익 산정을 위해 시장수요접근법을 활용하여 편익을 추정한다.

[표 5.110] 국가철도 통합무선제어시스템 연구개발 시 경제적 편익 및 추정방법

편익	내용	추정방법
수입대체비용 절감편익	가격이 외산 시스템에 비해 저렴한 국산 시스템으로 대체함에 따라 발생하는 대체비용절감편익	생산비용절감접근법
국외시장 부가가치편익	기술개발에 따라 국외 철도시장에 무선통신열차제어시스템을 수출함에 따라 발생하는 편익	시장수요접근법

나. 편익추정

1) 수입대체비용절감편익

- 국내 철도신호통신시장 신설 및 개량 계획
 - 국내 철도무선통신망 구축 계획

국내 철도무선통신망은 구축계획은 다음과 같다.

[표 5.111] 철도무선통신망 구축 계획

신설/개량	구분	거리 (km)
신설	일반철도	1693.6
	고속철도	337.2
	광역철도	545.8
개량	일반철도	2334.7
	고속철도	368.5
	광역철도	490.4

[표 5.112] 철도무선통신망 기간별 투자액

완공기간	연장(km)	외산기준 투자액(억원)
2015	45.3	100
2016	0	-
2017	68.9	153
2018	1632.3	3,635
2019	650.8	626
2020	148.6	331
2012	1866.5	4,151
2022	13.1	29
2023	632.2	1,406
2024	279.3	621
2025	783.5	1,787

- 차지상제어시스템 구축계획

본 장 2절에 기설명되어 있다.

- 편익추정방법
 - 편익추정방법

생산비용절감접근법은 다음과 같은 공식에 의해 대체비용절감편익을 산출한다.

수입대체비용절감편익 = (구축장비의 수요) × (비용절감액)

* 비용절감액 = (외산장비가격) - (국산장비가격)

- 시나리오 설정

철도무선통신망의 외산가격대비 국산가격절감비율은 약 12.4%이다.

[표 5.113] 철도무선통신망 가격절감율

	외산시스템	국산시스템
기기	TRS (800MHz)	LTE-R (2.6GHz)
예상구축비용 (3,700km 구축시)	8,401억원	7,474억원

자료: 「국가 철도 전용 통합무선망 구축 방안, 한국철도기술연구원, 2012」

무선통신열차제어시스템의 경우 외산 시스템에 비해 상대적으로 저렴하므로, 국산 시스템의 가격절감 구간에 따른 시나리오를 설정한다.

[표 5.114] 무선통신열차제어시스템의 국산가격절감비율 시나리오

시나리오	국산 무선통신열차제어시스템의 예정가격	비고
비관적	외산시스템 가격 대비 80%	
중립적	외산시스템 가격 대비 70%	
낙관적	외산시스템 가격 대비 60%	

국내시장 수입대체에 따른 편익은 신설 및 교체 계획에 따라 최종공사년도에 수입대체편익이 발생하는 것으로 보며, 지속기간은 없다고 전제한다.

○ 편익추정 결과

편익추정결과 총발생편익이 비관적 시나리오의 경우 3,802억 원, 중립적 시나리오의 경우 4,995억 원, 낙관적 시나리오의 경우 6,188억 원 발생하는 것으로 추정되었다.

[표 5.115] 수입대체비용절감편익 추정결과

연도	수입대체비용절감편익(억원)		
	비관적 시나리오	중립적 시나리오	낙관적 시나리오
2015	11	11	11
2016	-	-	-
2017	17	17	17
2018	701	851	1,001
2019	369	519	669
2020	336	486	636
2021	758	908	1,058
2022	303	453	603
2023	375	485	595
2024	269	369	469
2025	357	437	517
2026	160	240	320
2027	146	218	291
계	3,802	4,995	6,188

2) 국외시장 부가가치편익

○ 국외 철도신호시장규모 예측

국외시장 시장규모는 SCI/VERKEHR 2012년 보고서를 바탕으로 2016년 이후 국외 철도신호통신시장이 동일한 성장율(연 평균 0.3%)로 성장한다고 가정하며, 국내 시장규모는 국외시장 규모 예측시 제외한다.

○ 편익추정방법

- 편익추정방법

시장수요접근법은 시장수요의 추정을 통해 연구개발사업의 결과물이 시장을 점유함에 따라 산출되는 부가가치 중 본 개발사업이 차지하는 비율에 해당하는 편익을 산정하는 방법이다.

$$\begin{aligned}
 \text{국외시장부가가치편익} &= (\text{국외시장규모}) \times (\text{시장점유율}) \\
 &\quad \times (\text{사업화성공률}) \times (\text{부가가치율}) \\
 &\quad \times (\text{R\&D기여도})
 \end{aligned}$$

본 사업은 국내 철도망 신설 및 개량계획과 필요한 국가철도 통신 및 신호제어 시스템의 설치에 관한 기술개발 및 구축사업으로 일반적인 국가연구개발사업의 사업성공률을 적용하기 어려우며, 사업성공률 100%를 전제하였다.

부가가치율은 최근 발간된 2009년 산업연관표(한국은행, 2011)을 기준으로 2006~2011년 4년간 유관산업의 부가가치율을 평균하여 32.3%을 선정하였다.

R&D 기여율이란 기술개발활동이 부가가치의 창출에 어느정도 기여하였는가를 의미함. 이전의 유사사업에 대한 예비타당성조사에서 가정하였던 방법과 예비타당성 표준지침을 검토하여, 28.1%를 선정함.

편익발생시점은 2018년 상용화 이후, 국내 시스템 구축과 함께 국외수출 가능성이 커짐에 따라, 2018년을 국외시장 수출편익 시점으로 판단하였으며, GSM-R 등 유사 기술의 기술수명을 참고하여 상용화 후 15년으로 전제하였다.

- 시나리오 설정

국외 철도신호시장은 6개의 메이저 업체에 의해 과점이 형성되어 있어, 신규 진입의 가능성이 낮다. 이에 국외 시장 점유율을 3개의 시나리오를 구성하여 설정하였다.

[표 5.116] 무선신호제어시스템의 국산가격절감비율 시나리오

시나리오	국외 시장 점유율	비고
비관적	0%	
중립적	1%	
낙관적	2%	

- 편익추정결과

편익추정결과 국외시장 부가가치편익의 총발생편익은 비관적 시나리오의 경우 0원, 중립적 시나리오의 경우 1,286억 원, 낙관적 시나리오의 경우 2,572억 원이다.

[표5.117] 국산 무선신호제어시스템의 국외시장 부가가치편익

연도	국외시장 부가가치편익(억원)		
	비관적 시나리오 (0% 점유)	중립적 시나리오 (1% 점유)	낙관적 시나리오 (2% 점유)
2018	-	82	165
2019	-	85	170
2020	-	86	171
2021	-	83	165
2022	-	86	173
2023	-	86	172
2024	-	87	174
2025	-	86	173
2026	-	88	176
2027	-	88	177
2028	-	68	135
2029	-	90	179
2030	-	90	180
2031	-	90	180
2032	-	91	181
총계	-	1,286	2,572

다. 편익추정결과

편익별 추정 시나리오에 따른 변동편익이 발생하므로, 수입대체비용절감편익의 시나리오와 국외시장 부가가치편익의 시나리오의 조합이 발생한다. 이에, 편익값 최저점과 최고점의 구간 분석이 가능하도록 비관적 시나리오 별, 중립적 시나리오 별, 낙관적 시나리오 별로 조합하여 새로운 세 가지 시나리오를 재정리하였다.

이에 따르면 비관적 시나리오 시 총발생 편익은 3,802억 원, 중립적 시나리오 시 6,281억 원, 낙관적 시나리오 시 8,760억 원이다.

[표5.118] 국가철도 통합무선제어시스템 연구개발시 편익추정결과

연도	비관적 시나리오			중립적 시나리오			낙관적 시나리오		
	수입대체 비용절감 편익	국외시장 수출편익	계	수입대체 비용절감 편익	국외시장 수출편익	계	수입대체 비용절감 편익	국외시장 수출편익	계
2013				-		-	-		-
2014				-		-	-		-
2015	11		11	11		11	11		11
2016	-		-	-		-	-		-
2017	17		17	17		17	17		17
2018	701	-	701	851	82	933	1,001	165	1,166
2019	369	-	369	519	85	604	669	170	839
2020	336	-	336	486	86	572	636	171	808
2021	758	-	758	908	83	991	1,058	165	1,224
2022	303	-	303	453	86	540	603	173	776
2023	375	-	375	485	86	571	595	172	767
2024	269	-	269	369	87	455	469	174	642
2025	357	-	357	437	86	524	517	173	690
2026	160	-	160	240	88	328	320	176	496
2027	146	-	146	218	88	307	291	177	468
2028		-			68	68		135	135
2029		-			90	90		179	179
2030		-			90	90		180	180
2031		-			90	90		180	180
2032		-			91	91		181	181
계	3,802	-	3,802	4,995	1,286	6,281	6,188	2,572	8,760

4. 국가철도 통합무선제어시스템 기술 개발 및 구축 시 편익 추정

가. 편익항목

국가철도 통합무선제어시스템 기술개발 사업에 의해 개발된 무선통신망 및 응용시스템 기술과 무선통신열차제어시스템 기술개발의 결과물로 활용되며, 이는 상용화를 통해 국내 고속철도, 일반철도, 광역철도의 신규건설 및 통신망·신호개량 시장에 구축될 예정이다.

본 사업에 의해 개발된 기술이 국내 철도에 구축되기 위해서는 철도전용 통합무선망의 구축이 선행되어야 하며, 철도 통합무선망과 열차제어시스템 기술 개발 및 구축이 이루어지는 경우의 편익에 대한 경제성 분석이 이루어질 필요가 있다. 이에, 본 연구에서는 추진하는 열차제어·통신시스템 기술 개발 및 구축 시에 발생하는 추가적인 편익을 추정하였다.

추가되는 편익 항목으로는 철도의 수송용량증대에 따른 편익, 사고예방에 따른 편익, 정시성 향상에 따른 편익, 시설투자 및 운영비용 절감 편익, IT서비스 제공에 따른 편익을 산정하고 각 항목별 세부 항목을 설정하였다.

단, 이 장에서 제시되는 편익 항목은 앞서 제시된 국가철도 통합무선제어시스템 연구개발 사업의 편익에서 추가되는 항목들을 제시한 것으로, 국가철도 통합무선제어시스템 구축 사업의 총 편익은 연구 개발 사업의 편익과 구축 시 추가되는 편익의 합으로 제시하였다.

[표 5.119] 국가철도 통합무선제어시스템 구축 편익 항목 구성

편익 항목	세부 항목
철도의 수송용량 증대에 따른 편익	철도 수송용량 증대에 따른 타수단 이용자의 통행시간절감 편익
	철도 수송용량 증대에 따른 타수단 이용자의 운행비용 절감 편익
	환경비용 절감 편익
사고예방에 따른 편익	철도 인적사고 절감편익
	철도 물적사고 절감편익
정시성 향상에 따른 신뢰성 증가 편익	정시성 향상에 따른 신뢰성 증가 편익
시설투자 및 운영비용 절감 편익	궤도회로 대체에 따른 투자비 절감 편익
	유지보수 효율화에 따른 총유지보수비용 절감 편익
	영상관제 효율성 향상에 따른 유지보수비용 절감 편익
IT 서비스 제공에 따른 편익	IT서비스 상용통신망 이용비용 절감 편익
	IT 업무프로세스 효율성 향상에 따른 시간절감 편익 IT
열차제어·통신시스템 연구개발에 따른 편익	수입대체비용절감편익
	국외시장 부가가치편익

나. 편익추정

1) 철도 수송용량 증대에 따른 편익

○ 개요

선로의 용량은 선로에서 운행하는 선행열차와 후속열차 사이의 최소 상호운행 간격 시간인 최소 운행시격과 제어역 정차시간에 의해 결정된다. 최소열차시격 또는 제어역 정차시간이 단축되면, 선로의 용량이 증대된다. 열차제어시스템에서 이동폐색 방식을 적용하면, 기존의 고정폐색 방식에 비해 최소열차시격이 3분에서 2분 30초로 단축되고(백중현, 2009), 이 때 제어역 정차시간을 2분으로 가정하는 경우, 선로용량은 기존에 비해 약 11% 증가하게 된다. 따라서 통합무선망을 통한 무선 열차제어시스템 도입 시, 수송용량을 증대시킬 수 있다.

또한, IRSE(IRSE INTERNATIONAL TECHNICAL COMMITTEE)에 의하면 ETCS level 2에서, 현재 국내에서 개발 중인 KRTCS와 유사한 ETCS level 3로 시스템을 변경하는 경우 선로용량이 10%-20% 개선된다고 보고된 바 있다.

본 연구에서는 수송용량이 증대되어 열차가 증편되고 열차 이용자가 증가하면서 타수단(도로교통) 이용자의 수가 감소함에 따라 발생하게 되는 타수단 이용자의 시간절감 편익, 타수단 이용자의 운행비용 절감편익, 환경비용 절감 편익을 철도 수송용량 증대에 따른 편익으로 산출하였다.

철도로의 수단전환에 의한 교통수요 분석에는 국가교통DB센터에서 제공하는 수도권 및 광역권 기종점통행량과 분석용 네트워크를 사용하여 종합 교통계획 분석모형인 EMME/3를 이용하여 분석을 수행하였다.

○ 철도 수송용량 증대에 따른 타수단 이용자의 통행시간절감 편익

철도의 수송용량이 증대되고 열차 이용자가 증가하면 승용차, 버스 등 도로교통수단의 이용자의 수가 감소하게 된다. 도로의 교통량이 감소하면 통행속도가 증가하고, 이에 따라 이용자의 통행시간 및 그 비용이 감소되는 효과가 발생한다.

본 연구에서는 고정폐색에서 이동폐색으로 열차제어시스템이 전환되면, 선로용량이 11%까지 증가할 수 있을 것으로 추정하였다. 하지만 승객요구가 많고 열차가 이미 많은 지역에서 추가로 열차를 증편하기 쉽지 않고, 또 일부 지역에서는 수요가 크지 않아 증편에 대한 요구가 크지 않을 것으로 판단되므로, 증가된 선로용량만큼 철도이용자의 수가 증가

할 것으로 예상할 수는 없다.

따라서 본 연구에서는 수송능력 증대에 따른 철도로의 수단 전환량이 변동할 수 있다고 보았으며, 비관적인 상황에서는 철도로의 수단 전환량이 수송용량 증가의 20%, 중립적인 상황에서는 철도로의 수단 전환량이 수송용량 증가량의 30%, 낙관적인 상황에서는 수송용량 증가량의 40% 수준에서 이루어질 것으로 가정하였다.

본 연구에서는 열차제어 시스템의 지상신호시스템 건설길이의 연차별 비율을 연차별 시스템 구축비율로 보고, 연차별 시스템 구축 정도를 반영한 편익을 산출하였다. 열차제어 시스템은 2018년부터 설치가 시작되며 해당연도의 시스템 구축비율은 다음해의 편익 산정에 적용되는 것으로 계산하였다.

[표 5.120] 타수단 이용자 통행시간절감 편익 산정

구분	내역
철도 수송용량 증대	11%
철도로의 수단 전환율	20%(비관적 상황) 30%(중립적 상황) 40%(낙관적 상황)
연차별 시스템 구축비율	0~1(2018~2027)
도출방안	(사업시행전 타수단(도로) 이용자 총통행시간) - 사업시행후 타수단(도로) 이용자 총통행시간)

[표 5.121] 열차제어시스템 연차별 구축비율

구분	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	합계
건설길이 (km)	600	600	600	600	600	500	450	450	450	424	5,274
연차별 시스템 구축비율	0.114	0.228	0.341	0.455	0.569	0.664	0.749	0.834	0.920	1.000	-

본 연구에서는 통행시간가치 산출에 「교통시설투자평가지침(제4판)」에서 제시하는 전국 권 통행목적별 시간가치, 권역별·차종별 재차인원을 적용하였으며, 그 값은 아래 표와 같다.

[표 5.122] 차량 1대당 평균 통행시간가치(전국권)

구분	승용차		버스		화물차		철도(1인당)	
	업무	비업무	업무	비업무	업무	비업무	업무	비업무
재차인원(인)	0.44	1.11	2.35	7.63	1.00	0.00	0.13	0.87
시간가치(원)	18,626	6,01	10,288(1인) 18,626(1.35인)	3,036	16,571	-	18,626	3,729
시간가치 (원/대·시)	8,245	6,744	35,401	23,161	16,571		2,341	3,260
평균 시간가치 (원/대)	14,990		58,561		16,571		5,602	

자료 : 교통시설 투자평가지침(제4판), 국토해양부, 2011

철도수송용량 증대 및 교통수단전환을 통해 발생하는 교통타수단 도로교통이용자의 통행시간절감 편익을 종합 교통계획 분석모형인 EMMME/3를 이용하여 분석한 결과는 아래 표와 같다. 2019년부터 2027년까지는 연차별 시스템 구축비율을 반영하여 편익을 산정하였으며, 열차 제어시스템이 완공된 2028년부터 2042년까지의 15년 동안은 구축비율을 100%로 설정하고 편익을 산정하였다.

[표 5.123] 타교통수단 이용자의 통행시간절감 편익

구분	연차별 시스템 구축 정도를 반영한 편익(단위 : 억원)		
	비관적 가정(20%)	중립적 가정(30%)	낙관적 가정(40%)
2019	110.06	165.08	220.1
2020	221.14	331.70	442.3
2021	333.24	499.86	666.5
2022	442.61	663.91	885.2
2023	551.12	826.68	1,102.2
2024	640.47	960.71	1,280.9
2025	720.00	1,080.00	1,440.0
2026	798.89	1,198.33	1,597.8
2027	876.81	1,315.21	1,753.6
2028	949.35	1,424.02	1,898.7
2029	945.23	1,417.85	1,890.5
2030	941.12	1,411.67	1,882.2
2031	937.00	1,405.50	1,874.0
2032	929.91	1,394.86	1,859.8
2033	922.81	1,384.22	1,845.6
2034	915.72	1,373.58	1,831.4
2035	908.63	1,362.94	1,817.3
2036	901.53	1,352.30	1,803.1
2037	902	1,352	1,803.1
2038	902	1,352	1,803.1
2039	902	1,352	1,803.1
2040	902	1,352	1,803.1
2041	902	1,352	1,803.1
2042	902	1,352	1,803.1
총 편익	18,455	27,682	36,909.6

○ 철도 수송용량 증대에 따른 도로교통 이용자의 운행비용절감 편익

철도의 수송용량이 증대되고 열차 이용자가 증가하면 승용차, 버스 등 도로교통수단의 이용자의 수가 감소하게 된다. 도로의 교통량이 감소하면 통행속도가 증가하고, 이에 따라 이용자의 차량운행비용이 감소되는 효과가 발생한다.

도로교통 이용자의 운행비용절감 편익에 대해서는 도로교통 이용자의 통행시간절감 편익 산정에서와 마찬가지로 수송능력 증대에 따른 철도로의 교통수단 전환량이 변동할 수 있다고 보았으며, 중립적인 상황에서는 철도로의 교통수단 전환량이 수송용량 증가량의 30%, 낙관적인 상황에서는 수송용량 증가량의 40%, 비관적인 상황에서는 수송용량 증가량의 20% 수준에서 이루어질 것으로 가정하였다.

열차제어시스템은 2018년부터 설치가 시작되므로 도로교통수단전환을 통한 도로교통수단 이용자의 시간절감 편익은 2019년부터 발생하며, 지상신호시스템 건설길이의 연차별 비율을 연차별 시스템 구축비율로 보고, 연차별 시스템 구축 정도를 반영한 편익을 산출하였다.

[표 5.124] 도로교통수단 이용자 운행비용절감 편익 산정

구분	내역
철도 수송용량 증대	11%
철도로의 수단 전환율	20%(비관적 상황) 30%(중립적 상황) 40%(낙관적 상황)
연차별 시스템 구축비율	0~1(2018~2027)
도출방안	(사업시행전 도로교통수단(도로) 이용자 총운행비용) - 사업시행후 도로교통수단(도로) 이용자 총운행비용)

차량운행비용은 통상 고정비와 변동비로 구분되며, 이 중 고정비는 차량의 감가상각비, 보험료 및 제세공과금으로 구성되고, 변동비는 유류비, 엔진오일비, 타이어 마모비, 유지관리비 등으로 구성된다. 이 가운데 제세공과금은 단순한 이전지출로서 경제적 비용이 아니고, 보험료는 교통사고의 발생가능성에 대비한 비용으로 차량운행비용 절감편익에서는 제외한다.

본 연구에서는 통행시간가치 산출에 「철도시설 투자평가지침(제4판)」에서 제시하는 차종별·속도별 차량운행비용을 편익 산정에 적용하였으며, 그 값은 아래 표와 같다.

[표 5.125] 차종별 · 속도별 차량운행비용

(단위 : 원/km)

차종	속도	유류비	엔진 오일비	타이어 마모비	유지 관리비	감가 상각비	합계
승용차	10	86.33	8.76	0.6	10.12	263.13	368.94
	20	52.05	7.29	1.11	11.95	224.26	296.65
	30	44.28	6.33	1.7	14.16	191.38	257.85
	40	39.99	5.34	2.49	14.7	161.46	223.98
	50	40.85	5.34	3.15	16.55	137.54	203.45
	60	42.4	5.34	4.01	17.47	124.08	193.32
	70	44.74	5.34	4.95	18.38	113.62	187.04
	80	45.84	4.87	5.97	20.23	101.66	178.6
	90	49.86	4.38	7.26	20.77	94.19	176.48
	100	53.76	5.34	8.64	22.06	87.61	177.41
	110	58.16	6.81	10.51	24.46	80.14	180.08
120	65.21	10.21	12.48	26.67	70.87	185.43	
소형 버스	10	102.89	8.9	0.47	10.16	614.51	736.92
	20	67.94	8.05	0.86	11.47	507.65	595.97
	30	53.03	7.21	1.39	12.64	416.81	491.06
	40	51.45	6.35	1.93	13.03	347.34	420.1
	50	43.2	6.35	2.49	14.33	299.24	365.59
	60	46.96	5.93	3.09	14.98	264.51	335.49
	70	49.64	5.51	3.86	15.64	237.79	312.44
	80	51.45	5.1	4.72	16.94	213.76	291.95
	90	56.42	4.67	5.71	18.64	196.12	281.56
	100	60.34	4.67	6.8	20.06	181.69	273.54
	110	67.94	5.1	8.26	21.76	165.66	268.71
120	76.06	5.93	10.05	23.44	152.3	267.78	
대형 버스	10	249.88	17.41	1.23	15.77	381.53	665.83
	20	174.91	14.86	1.98	18.1	332.3	542.16
	30	114.7	12.71	2.91	20.19	270.76	421.25
	40	83.3	11.61	4.05	20.88	221.53	341.38
	50	78.62	10.53	5.43	23.89	188.3	306.76
	60	81.36	9.8	7.04	26.67	166.15	291.02
	70	92.06	9.06	8.89	27.84	151.38	289.21
	80	102.87	8.34	11.33	32.48	135.37	290.4
	90	114.7	9.43	14.16	35.5	119.38	293.15
	100	132.02	11.25	17.52	37.8	107.07	305.68
	110	155.47	13.78	21.28	40.13	97.23	327.88
소형 트럭	10	101.41	9.42	0.7	14.31	275.84	401.68
	20	67.92	8.52	1.28	16.13	227.87	321.74
	30	52.61	7.62	2.09	17.78	187.1	267.23
	40	49.97	6.73	2.91	18.35	155.92	233.86
	50	56.41	6.73	3.73	20.18	134.31	221.37
	60	64.78	6.28	4.68	21.09	118.73	215.56
	70	78.62	5.84	5.84	22	106.74	219.02
	80	107.65	5.39	7.12	23.85	95.95	239.94
	90	112.84	4.94	8.63	26.23	88.04	240.66
	100	134.56	4.94	10.27	28.25	81.54	259.55
중형 트럭	10	101.41	12.93	2.65	30.96	391.23	539.17
	20	67.92	11.68	4.19	32.99	331.04	447.8
	30	52.61	10.42	5.95	35.02	290.91	394.91
	40	49.97	9.17	8.15	37.22	245.77	350.28
	50	56.41	8.34	10.79	41.1	215.67	332.33
	60	64.78	7.51	13.42	43.98	193.09	322.79
	70	78.62	7.09	16.28	49.4	175.55	326.93
	80	107.65	6.25	20.24	54.14	160.5	348.77
	90	112.84	7.09	24.21	60.05	146.97	351.15
	100	134.56	7.94	29.04	64.29	136.93	372.74
대형 트럭	10	318.01	15.77	3.12	36.93	359.71	733.55
	20	249.88	14.1	5.43	46.65	295.47	611.53
	30	179.39	12.08	8.21	55.4	244.08	499.16
	40	132.02	10.75	11.66	58.32	205.55	418.29
	50	127.22	9.9	15.29	61.23	170.86	384.5
	60	142.79	8.9	20.22	68.04	147.74	387.67
	70	162.7	7.88	25.3	68.04	132.32	396.26
	80	189.09	6.55	32.22	77.75	115.62	421.21
	90	225.7	7.05	40.6	90.4	113.06	476.79
100	269.09	7.88	49.8	100.11	101.49	528.37	

자료 : 교통시설 투자평가지침(제4판), 국토해양부, 2011

철도수송용량 증대 및 교통수단전환을 통해 발생하는 도로교통 이용자의 차량운행비용절감 편익을 종합 교통계획 분석모형인 EMME/3를 이용하여 분석한 결과는 아래 표와 같다. 2019

년부터 2027년까지는 연차별 시스템 구축비율을 반영하여 편익을 산정하였으며, 열차제어시스템이 완공된 2028년부터 2042년까지의 15년 동안은 구축비율을 100%로 설정하고 편익을 산정하였다.

[표 5.126] 도로교통 이용자의 차량운행비용 절감 편익

구분	연도별 시스템 구축 정도를 반영한 편익(단위 : 억원)		
	비관적 가정(20%)	중립적 가정(30%)	낙관적 가정(40%)
2019	401.77	602.66	803.5
2020	808.95	1,213.42	1,617.9
2021	1,221.52	1,832.28	2,443.0
2022	1,611.73	2,417.59	3,223.5
2023	1,993.44	2,990.17	3,986.9
2024	2,300.94	3,451.40	4,601.9
2025	2,568.84	3,853.26	5,137.7
2026	2,830.38	4,245.57	5,660.8
2027	3,084.04	4,626.06	6,168.1
2028	3,314.72	4,972.08	6,629.4
2029	3,275.78	4,913.67	6,551.6
2030	3,236.84	4,855.27	6,473.7
2031	3,197.91	4,796.86	6,395.8
2032	3,141.21	4,711.82	6,282.4
2033	3,084.52	4,626.78	6,169.0
2034	3,027.83	4,541.74	6,055.7
2035	2,971.13	4,456.70	5,942.3
2036	2,914.44	4,371.66	5,828.9
2037	2,914	4,372	5,828.9
2038	2,914	4,372	5,828.9
2039	2,914	4,372	5,828.9
2040	2,914	4,372	5,828.9
2041	2,914	4,372	5,828.9
2042	2,914	4,372	5,828.9
총 편익	62,473	93,709	124,945.2

○ 철도 수송용량 증대에 따른 환경비용 절감 편익

철도의 수송용량이 증대되고 열차 이용자가 증가하면 승용차, 버스 등 도로교통 수단의 이용자의 수가 감소하게 된다. 도로의 교통량이 감소하면 자동차 운행에 따라 발생하는 대기오염물질의 배출량이 줄어들게 된다.

대기오염비용은 기본적으로 다음 3단계를 거쳐서 산정되는데, 첫째, 자동차 주행으로 인해 발생하는 오염물질별 배출계수를 산정하며, 둘째로, 오염물질별 대기오염비용 원단위를 산출하고, 마지막으로, 사업 시행으로 인한 오염원별, 오염물질 배출량의 변화를 산정하고, 이를 오염물질별 대기오염비용 원단위를 곱하여 화폐가치화 한다.

대기오염비용은 분석대상 사업의 직·간접 영향권 내 링크를 대상으로 통행배정작업의

결과로 산출된 주행속도와 교통량을 이용하여 주행속도에 따른 대기오염비용 원단위를 적용하여 산정한다.

[표 5.127] 환경비용 절감 편익 산정

구분	내역
철도 수송용량 증대	11%
철도로의 교통수단 전환율	20%(비관적 상황) 30%(중립적 상황) 40%(낙관적 상황)
연차별 시스템 구축비용	0~1(2018~2027)
도출방안	(사업시행전 도로교통 이용자 총환경비용) - 사업시행후 도로교통 이용자 총환경비용)

본 연구에서는 통행시간가치 산출에 「교통시설 투자평가지침(제4판)」에서 제시하는 차종별·속도별 차량운행비용을 편익 산정에 적용하였으며, 그 값은 아래 표와 같다.

[표 5.128] 차종별 · 속도별 대기오염 비용

(단위 : 원/km)

차종	속도	CO	NOx	HC	PM	CO ₂	합계
승용차	10	37.85	11.84	7.26	0.00	17.87	74.82
	20	16.70	6.79	2.49	0.00	12.08	38.07
	30	10.35	4.91	1.35	0.00	9.61	26.22
	40	7.36	3.89	0.85	0.00	8.18	20.29
	50	5.66	3.26	0.62	0.00	7.21	16.74
	60	4.57	2.80	0.45	0.00	6.50	14.34
	70	3.81	2.48	0.35	0.00	5.97	12.6
	80	3.26	2.22	0.3	0.00	5.54	11.31
	90	2.84	2.03	0.25	0.00	5.19	10.29
	100	2.49	1.87	0.22	0.00	4.89	9.46
소형버스	10	9.69	18.78	2.26	6.79	18.63	56.16
	20	6.72	12.57	1.33	4.86	12.78	38.24
	30	5.42	9.93	0.97	3.99	10.32	30.64
	40	4.66	9.09	0.76	3.48	9.04	27.04
	50	4.14	8.40	0.65	3.31	8.21	24.7
	60	3.77	8.31	0.55	3.54	7.86	24.03
	70	3.48	8.82	0.49	3.8	7.98	24.58
	80	3.24	9.94	0.44	4.04	8.56	26.22
	90	3.05	11.69	0.41	4.29	9.6	29.05
	100	2.88	14.03	0.37	4.57	11.16	32.99
대형버스	10	35.41	75.49	13.11	20.65	23.7	168.36
	20	23.03	49.61	8.37	11.97	18.24	111.22
	30	17.91	38.81	6.43	8.71	13.96	85.81
	40	14.99	32.60	5.33	6.94	10.85	70.71
	50	13.05	28.48	4.61	6.37	8.90	61.41
	60	11.65	25.52	4.11	5.96	8.14	55.37
	70	10.59	23.25	3.73	5.96	8.55	52.06
	80	9.76	21.44	3.41	6.37	10.14	51.10
	90	9.06	22.97	3.16	7.19	12.9	55.28
	100	8.49	29.68	2.95	8.42	16.84	66.38
소형트럭	10	64.14	264.64	18.00	45.65	49.68	442.11
	20	45.06	199.99	11.27	33.11	38.7	328.12
	30	36.65	169.78	8.58	27.44	33.45	275.88
	40	31.65	151.14	7.07	24.01	30.15	244.01
	50	28.25	138.12	6.08	21.64	27.82	221.9
	60	25.74	125.91	5.34	20.3	26.47	204.82
	70	23.25	118.12	4.73	19.1	25.42	190.37
	80	21.44	111.11	4.21	18.1	24.5	179.36
	90	20.0	105.0	3.8	17.3	23.8	170.9
	100	18.7	100.0	3.5	16.7	23.2	164.6
중형트럭	10	57.41	125.91	23.94	26.48	30.97	264.72
	20	36.11	85.92	15.26	17.67	25.42	180.37
	30	27.53	69.63	11.73	13.95	20.82	143.66
	40	22.71	60.49	9.73	11.8	17.17	121.93
	50	19.56	53.16	8.42	10.35	14.51	106.01
	60	17.33	47.65	7.49	8.78	12.82	94.07
	70	15.62	43.97	6.78	7.86	12.10	86.34
	80	14.28	42.11	6.2	7.34	12.34	82.28
	90	13.21	42.09	5.75	7.23	13.53	81.83
	100	12.32	43.89	5.37	7.55	15.69	84.82
대형트럭	10	70.00	349.49	24.15	77.73	147.54	668.91
	20	41.88	268.88	16.31	58.12	112.6	497.79
	30	31.01	230.65	12.97	49.00	96.16	419.78
	40	25.05	206.87	10.62	43.43	85.95	371.91
	50	21.23	190.11	9.71	39.54	78.8	339.38
	60	18.55	177.45	8.76	36.63	73.38	314.77
	70	16.56	167.4	8.03	34.34	69.11	295.43
	80	14.99	159.15	7.44	32.46	65.60	279.63
	90	13.74	152.22	6.95	30.90	62.66	266.46
	100	12.70	146.26	6.57	29.54	60.13	255.21

주 : 대형버스는 시내버스를 의미하며, 시내버스 이외의 대형버스는 대형트럭의 배출계수를 적용함

자료 : 교통시설 투자평가지침(제4판), 국토해양부, 2011

철도수송용량 증대 교통 및 수단전환을 통해 발생하는 환경비용 절감 편익을 종합 교통계획 분석모형인 EMME/3를 이용하여 분석한 결과는 아래 표와 같다. 2019년부터 2027년까지

는 연차별 시스템 구축비율을 반영하여 편익을 산정하였으며, 열차제어시스템이 완공된 2028년부터 2042년까지의 15년 동안은 구축비율을 100%로 설정하고 편익을 산정하였다.

[표 5.129] 환경비용 절감 편익

구분	연도별 시스템 구축 정도를 반영한 편익(단위 : 억원)		
	비관적 가정(20%)	중립적 가정(30%)	낙관적 가정(40%)
2019	12.18	18.28	24.4
2020	24.51	36.76	49.0
2021	36.98	55.47	74.0
2022	49.03	73.55	98.1
2023	60.94	91.42	121.9
2024	70.70	106.05	141.4
2025	79.34	119.01	158.7
2026	87.87	131.81	175.7
2027	96.33	144.49	192.7
2028	104.17	156.25	208.3
2029	103.59	155.38	207.2
2030	103.01	154.51	206.0
2031	102.42	153.64	204.8
2032	101.58	152.37	203.2
2033	100.73	151.10	201.5
2034	99.89	149.83	199.8
2035	99.04	148.56	198.1
2036	98.20	147.30	196.4
2037	98	147	196.4
2038	98	147	196.4
2039	98	147	196.4
2040	98	147	196.4
2041	98	147	196.4
2042	98	147	196.4
총 편익	2,020	3,030	4,039.4

2) 철도사고 예방 편익

○ 개요

국가철도 통합무선제어시스템이 도입되면, 열차의 제어 능력 등의 향상으로 열차의 안전성이 향상되고 사고발생률이 감소하는 효과가 발생할 수 있다. 본 연구에서는 철도사고 중 물적피해와 인적피해로 구분하여 예방가능한 사고 건수 및 피해액을 산정하였다.

○ 철도 인적사고 예방 편익

철도 인적사고는 교통사상사고, 안전사상사고로 크게 구분되며, 각기 세부적으로 여객사상, 공중사상, 직무사상으로 구분된다. 인적사고 예방 편익은 철도 종합 지령망을 활용하여 사고를 사전에 예방함으로써 발생하는 편익으로, 본 연구에서는 철도안전 정보종합 포털 사이트

의 최신 통계자료를 기준으로 산출한 철도사고 피해 건수 및 피해액을 기준으로 예방 가능한 편익을 산출, 매년 평균적으로 발생할 것으로 가정하여 산출하였다.

인적사고 중 직무사상은 철도전용 통합무선망의 지휘통신 기능 등을 활용하여 사전에 예방이 가능한 항목이 있으나, 여객사상과 공중사상은 사전에 예방하기 어려운 것으로, 본 연구에서는 직무사상의 사고 예방 편익만을 고려하였다.

교통사고 원인 중 예방가능한 사고는 부주의한 행동으로 인한 사고로, 전체 사고 원인 중 부주의한 행동으로 인한 사고는 46%로 나타났다. 이에 따라 철도전용 통합무선망 및 열차제어시스템을 설치하면 연평균 사망 2.39명, 중상 3.65명, 경상 1.48명의 사상자 피해가 감소될 수 있다.

[표 5.130] 교통사상사고 중 직무사상 사고 피해감소인원 추정

구분	피해원인	2008	2009	2010	2011	합계	평균	비중
피해인원 (명)	소계	22	14	16	14	66		
	사망	6	2	7	6	21		
	중상	13	5	7	7	32		
	경상	3	7	2	1	13		
사고원인 (건)	소계	19	13	16	9	57		1.00
	미승인작업	1		6	1	8		0.14
	열차방호 소홀	4	5	3	3	15		0.26
	부주의한 행동	9	7	6	4	26		0.46
	시설/설비 결함							-
	기타	5	1	1	1	8		0.14
감소인원 (명)	소계	10.04	6.39	7.30	6.39	30.11	7.53	
	사망	2.74	0.91	3.19	2.74	9.58	2.39	
	중상	5.93	2.28	3.19	3.19	14.60	3.65	
	경상	1.37	3.19	0.91	0.46	5.93	1.48	

자료 : 철도안전정보종합포털

안전사상사고 중 직무사상 감소인원도 같은 방식으로 추정할 수 있다. 지난 4년간 안전사상사고 중 직무사상 사고 인원은 총 291명으로 이 중 예방 가능한 사고원인인 부주의한 행동으로 인한 사고는 11%를 차지하는 31명으로 조사되었다. 이에 따라, 철도전용 통합무선망 및 열차제어시스템을 설치하면 연평균 사망 0.76명, 중상 4.92명, 경상 2.80명의 사상자 피해가 감소될 수 있다.

[표 5.131] 안전사상사고 중 직무사상 사고 피해감소인원 추정

구분	피해원인	2008	2009	2010	2011	합계	평균	비중
피해인원 (명)	소계	83	76	69	63	291		
	사망		2	4	1	7		
	중상	60	47	41	33	181		
	경상	23	27	24	29	103		
사고원인 (건)	소계	82	75	66	62	285		1.00
	작업장 추락/넘어짐	29	29	22	20	100		0.35
	비산/낙하물 충격	8	15	12	9	44		0.15
	작업장비에 끼임	14	11	12	13	50		0.18
	시설설비결함	1		1		2		0.01
	전기감전	4	5	8	3	20		0.07
	부주의한 행동	9	11	8	3	31		0.11
	기타	17	4	3	14	38		0.13
감소인원 (명)	소계	9.03	8.27	7.51	6.85	31.65	7.91	
	사망	-	0.22	0.44	0.11	0.76	0.19	
	중상	6.53	5.11	4.46	3.59	19.69	4.92	
	경상	2.50	2.94	2.61	3.15	11.20	2.80	

자료 : 철도안전정보종합포털

본 연구에서는 사고 예방 인원에 따른 사고 예방편익을 추정하기 위하여 「도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완연구(제5판)」에서 제시하는 철도부문의 교통사고 비용을 정신적 피해비용을 포함한 값을 적용하였다. 사상정도에 따른 교통사고 비용 및 이에 따른 직무사상 철도인적사고 예방편익은 다음과 같다.

[표 5.132] 철도인적사고 예방편익

구분	철도부문 교통사고 비용(2007년, 만원)	철도부문 교통사고 비용(2011년, 만원)	직무사상경감 (명)	화폐가치환산 (억원)
사망	44,071	51,161	2.59	13.25
중상	6,035	7,006	8.57	6.00
경상	399	463	4.28	0.20
총계			15.44	19.45

○ 철도 물적사고 예방 편익

철도 물적사고는 열차사고, 건널목 사고, 철도화재 사고, 시설 파손사고, 기타사고로 구분된다. 사고 원인 중 인적요인은 신호위반, 과속운행, 제동실패 등 대부분 철도전용 무선통신망 서비스 제공을 통해 사전에 예방이 가능한 항목이다. 기술적 요인은 선로구조물의 레일파손, 차량 주행장치 파손 등 기계적 결함에 의한 것으로 무선통신망을 통해 차량의 실시간 감시 및 진단이 이루어지면 결함의 조기 인지를 통한 피해 감소가 가능하다. 외부 요인은 기타 상호작용 불량 및 안전장치 고장 등에 의한 것으로 무선통신망을 통해 사전에 예방하기 어려울 것으로 판단하였다. 따라서 본 연구에서는 사고 중 인적 요인에 의한

사고는 100%, 기술적 요인에 의한 사고는 50% 예방이 가능한 것으로 추정하였다.

또한, 본 연구에서는 여러 물적사고의 유형 중 열차사고에 대해서만 편익을 산정하며, 사전에 예방하기 어려운 건물목사고, 화재사고 등은 예방 편익에서 제외하였다.

[표 5.133] 열차사고 피해감소 편익 추정

피해원인	실 피해액(억)		기여비중	최대추정편익(억)
	합계	평균		
총 피해액	8.56	2.14		1.54
인적요인	4.28	1.07	1	1.07
기술적 요인	선로구조물	1.61	0.40	0.20
	차량	0.54	0.13	0.07
	전철			0.5
	신호통신			0.5
	기타	1.61	0.40	0.5

자료 : 철도안전정보종합포털

○ 사고예방편익 종합

철도사고 예방으로 획득될 수 있는 최대 편익은 연평균 20.99억 원으로 산정되었다. 단, 국가철도 통합무선제어시스템 기술개발을 통해 부주의한 행동 등의 인적요인으로 인한 사고예방에 100% 기여할 수 있을 것이라고는 추정하기 어려우므로 사고에의 기여율이 변동할 수 있다고 보았으며, 사고예방 기여가 중립적인 상황에서는 30%, 낙관적인 상황에서는 40%, 비관적인 상황에서는 20% 수준에서 이루어질 것으로 가정하였다.

또한, 연차별 시스템 구축비율을 반영하여 편익을 산정하였으며, 열차제어시스템이 완공된 2028년부터 2042년까지의 15년 동안은 구축비율을 100%로 설정하고 편익을 산정하였다.

[표 5.134] 사고예방편익 산정

구분	내역
사고예방 기여도	20%(비관적 상황)
	30%(중립적 상황)
	40%(낙관적 상황)
연차별 시스템 구축비율	0~1(2018~2027)
도출방안	(연간 평균 철도인적사고 피해액) x (사고예방 기여도) x (연차별 시스템 구축비율)

연차별 시스템 구축 정도 및 사고예방 기여도를 반영한 편익 철도사고 예방편익 추정 결과는 아래 표와 같다.

[표 5.135] 철도사고 예방 편익 요약

구분	연차별 시스템 구축 정도를 반영한 편익(단위 : 억원)			
	최대 편익	비관적 가정(20%)	중립적 가정(30%)	낙관적 가정(40%)
2019	2.39	0.48	0.72	0.96
2020	4.78	0.96	1.43	1.91
2021	7.16	1.43	2.15	2.87
2022	9.55	1.91	2.87	3.82
2023	11.94	2.39	3.58	4.78
2024	13.93	2.79	4.18	5.57
2025	15.72	3.14	4.72	6.29
2026	17.51	3.50	5.25	7.00
2027	19.30	3.86	5.79	7.72
2028	20.99	4.20	6.30	8.40
2029	20.99	4.20	6.30	8.40
2030	20.99	4.20	6.30	8.40
2031	20.99	4.20	6.30	8.40
2032	20.99	4.20	6.30	8.40
2033	20.99	4.20	6.30	8.40
2034	20.99	4.20	6.30	8.40
2035	20.99	4.20	6.30	8.40
2036	20.99	4.20	6.30	8.40
2037	20.99	4.20	6.30	8.40
2038	20.99	4.20	6.30	8.40
2039	20.99	4.20	6.30	8.40
2040	20.99	4.20	6.30	8.40
2041	20.99	4.20	6.30	8.40
2042	20.99	4.20	6.30	8.40
총편익	417.13	83.43	125.14	166.85

3) 정시성 향상에 따른 신뢰성 증가 편익

철도는 자동차, 버스 등의 도로교통에 비해 높은 정시성을 가진다. 정시성이 준수되면 통행 시간에 대한 이용자의 불확실성이 감소하는 한편, 신뢰성이 높아지고, 이는 통행자의 신뢰성 가치 증가로 이어진다. 열차제어·통신시스템 사업 시행을 통해 철도의 수송용량이 증대되고 도로에서 철도로의 교통수단전환이 이루어지면, 전환 된 철도 수요만큼의 통행시간 신뢰성이 개선되며 신뢰성 가치 편익이 발생한다.

본 연구에서는 「교통시설 투자평가지침(제4차 개정)」에서 제공하는 철도의 통행시간 신뢰성 지표 및 통행시간 신뢰성 가치 원단위를 적용하여 통행시간 신뢰성 가치를 화폐가치화 하였다.

[표 5.136] 철도의 통행시간 신뢰성 지표 원단위

(단위 : 초/km)

구분		통행시간 신뢰성 원단위
지역 간 통행	고속철도	0.268
	일반철도	0.384
도시부 통행	광역 및 도시철도	2.303

자료 : 철도투자평가편람 전면개정 연구, 한국철도시설공단, 한국교통연구원, 2010

[표 5.137] 철도의 통행시간 신뢰성 가치 원단위

(단위 : 초/km)

구분	고속철도		일반철도		광역/도시 철도
	업무	비업무	업무	비업무	
통행목적비율(%)	38.4	61.6	17.5	82.5	100.0
신뢰성 가치(원/인·시)	8,313	2,790	8,313	2,790	8,561
가중평균 신뢰성 가치(원/인·시)	4,911		3,757		8,561

주 : 소비자물가지수를 이용하여 2009년 가치로 환산함

자료 : 철도투자평가편람 전면개정 연구, 한국철도시설공단, 한국교통연구원, 2010

철도의 통행시간 신뢰성 비용은 편익 산정의 일반적 절차에 따라 신뢰성 지표, 신뢰성 가치, 수요의 곱으로 산정하며 시간당 철도의 통행시간 신뢰성 비용 산출 식은 아래와 같으며, 제시된 식을 바탕으로 침두 및 비침두의 지속시간 및 비중을 고려하여 1일 편익을 산출하고, 여기에 365를 곱하여 연간 통행시간 신뢰성 편익을 산정한다.

$$VOR_r = \sum_l \sum_{k=1}^3 \left\{ \left(\frac{1}{3,600} \cdot R_l^k \right) \times P^k \times D_l \cdot Q_l^k \right\}$$

R_l^k = 링크 l 의 열차등급 k 의 통행시간신뢰성 지표(초/km)

P^k = 열차등급 k 의 통행시간신뢰성가치(원/인·시)

D_l = 링크 l 의 길이(km)

Q_l^k = 링크 l 의 열차등급 k 의 교통량(인/시)

k = 차종(1: 고속철도, 2: 일반철도, 3: 광역/도시철도)

본 연구에서는 고정폐색에서 이동폐색으로 열차제어시스템이 전환되면, 선로용량이 11%까지 증가할 수 있을 것으로 추정하였다. 하지만 승객요구가 많고 열차가 이미 많은 지역에서 추가로 열차를 증편하기 쉽지 않고, 또 일부 지역에서는 수요가 크지 않아 증편에 대한 요구가 크지 않을 것으로 판단되므로, 증가된 선로용량만큼 철도이용자의 수가 증가할 것으로 예상할 수는 없다.

따라서 본 연구에서는 수송능력 증대에 따른 철도로의 교통수단 전환량이 변동할 수 있다고 보았으며, 중립적인 상황에서는 철도로의 교통수단 전환량이 수송용량 증가량의 30%, 낙관적인 상황에서는 수송용량 증가량의 40%, 비관적인 상황에서는 수송용량 증가량의 20% 수준에서 이루어질 것으로 가정하였다.

또한, 열차제어시스템이 2018년부터 2027년까지 순차적으로 구축되므로 연차별 시스템 구축비율을 반영하여 편익을 산정하였으며, 열차제어시스템이 완공된 2028년부터 2042년까지의 15년 동안은 구축비율을 100%로 설정하고 편익을 산정하였다.

[표 5.138] 신뢰성 증가 편익 산정

구분	내역
철도수송용량 증대	11%
사고예방 기여도	20%(비관적 상황) 30%(중립적 상황) 40%(낙관적 상황)
연차별 시스템 구축비율	0~1(2018~2027)
도출방안	(사업시행전 통행시간 신뢰성 비용) - (사업시행후 통행시간 신뢰성 비용)

[표 5.139] 신뢰성 증가 편익

구분	연차별 시스템 구축 정도를 반영한 편익(단위 : 억원)		
	비관적 가정(20%)	중립적 가정(30%)	낙관적 가정(40%)
2019	3.38	5.07	6.76
2020	3.45	5.18	6.90
2021	3.52	5.29	7.05
2022	3.51	5.27	7.02
2023	3.50	5.25	7.00
2024	3.49	5.23	6.97
2025	3.47	5.21	6.95
2026	3.46	5.19	6.92
2027	3.45	5.17	6.90
2028	3.44	5.16	6.87
2029	3.43	5.14	6.85
2030	3.41	5.12	6.83
2031	3.40	5.10	6.80
2032	3.38	5.07	6.76
2033	3.36	5.04	6.72
2034	3.34	5.00	6.67
2035	3.31	4.97	6.63
2036	3.29	4.94	6.58

2037	3.29	4.94	6.58
2038	3.29	4.94	6.58
2039	3.29	4.94	6.58
2040	3.29	4.94	6.58
2041	3.29	4.94	6.58
2042	3.29	4.94	6.58
총 편익	81.33	122.00	162.66

4) 시설투자 및 운영비용 절감 편익

○ 궤도회로 대체에 따른 투자비 절감 편익

현재 개발 중인 열차제어·통신시스템 구축사업이 완료되면 KRTCS 열차제어설비가 기존의 궤도회로를 대체하게 된다. KRTCS 구축 사업이 시행되지 않을 경우 기존 철도 연장 3,577km에 설치되어 있던 궤도회로 22,234개의 대체가 필요하며, 새로 증설되는 2,193km 구간에 대해서도 궤도회로가 신설되어야 하는 상황이다. 하지만 열차제어·통신시스템 사업이 시행되면 궤도회로를 설치할 필요가 없어지며 이로 인해 발생하는 비용 절감을 제어 시스템 도입을 통한 비용절감 편익으로 추정할 수 있다.

[표 5.140] 궤도회로 대체에 따른 투자비 절감 편익 산정

구분	추정산식	내역
단위 km당 궤도회로 장치 수	A	고속선 0.305대/km 일반선 5.91대/km
궤도회로 대당 단가	B	고속선 2,500만원 일반선 1,500만원
고속선 연장(2025년)	C	705
일반선 연장(2025년)	D	5,065
궤도회로 설치 비용	A*C	4543.9억원
편익 도출 방안	((단위 km당 궤도회로 장치 수) x (궤도회로 대당 단가))	
연차별 시스템 구축비율	0~1(2018~2027)	

제시된 편익 도출 방안에 의하면, 궤도회로 대체 투자비 절감으로 총 4543.9억원의 편익이 발생할 것으로 추정할 수 있다. 이 때, 열차제어시스템이 [표 2-25]에서 제시된 것처럼 2018년부터 2027년까지 순차적으로 구축되므로 연차별 시스템 구축비율을 반영하여 편익을 산정하며, 열차제어설비 구축이 종료하는 2027년을 마지막으로 편익의 발생은 종료하는 것으로 설정하였다.

[표 5.141] 궤도회로 대체에 따른 투자비 절감 편익

구분	연도별 시스템 구축 정도를 반영한 편익(단위 : 억원)
2018	516.94
2019	516.94
2020	516.94
2021	516.94
2022	516.94
2023	430.78
2024	387.70
2025	387.70
2026	387.70
2027	365.30
총편익	4,543.88

○ 유지보수 효율화에 따른 총유지보수비용 절감 편익

국가철도 통합무선제어시스템 기술개발사업 시행으로 새로운 신호시스템 도입되면 기존 유지보수장비의 제거가 발생하여 유지보수 비용이 절감되는 효과가 발생한다. 본 연구에서는 유지보수 효율화에 따른 총유지보수비용 절감 편익을 산정함에 있어, 1년간 한국철도시설공단의 유지보수비용 예산을 연간 평균 유지보수 예산으로 가정하고, 사업비 대비 신호분야 사업비 비중을 반영하여 신호 유지보수를 추정하는 방식으로 유지보수비를 산정하였다.

‘2010 철도통계연보(한국철도공사, 2011)’에 따르면 한국철도시설공단의 2011년 유지보수 예산은 약 4,878억 원 수준으로, 이 중 신호분야 유지보수비 비중은 총 건설비 대비 신호분야 건설비 비중 2.83%를 적용하였다. 이를 반영하면 신호분야 유지보수비 추정 총액은 매년 137.98억 원으로, 이는 곧 열차제어·통신시스템 사업 시행을 통해 절감하게 되는 총 유지보수 비용 절감 편익이 된다.

[표 5.142] 유지보수 효율화에 따른 총유지보수비용 절감 편익 산정

구분	추정 산식	내역
2011 철도시설공단 유지보수비 총액*	A	4,878.43억 원
총 건설비 대비 신호분야 건설비 비중**	B	2.83%
2011 철도시설공단 신호분야 유지보수비 추정 총액	A*B	137.98억 원/년

주: * 제48회 2010 철도통계연보(한국철도공사, 2011)

** 교통시설 투자 평가지침(국토해양부, 2011)

편익 산정 시, 열차제어시스템이 [표 2-25]에서 제시된 것처럼 2018년부터 2027년까지 순차적으로 구축되므로 연차별 시스템 구축비율을 반영하며, 열차제어시스템이 완공된 2028년부터 2042년까지의 15년 동안은 구축비율을 100%로 설정하고 편익을 산정하였다.

[표 5.143] 유지보수 효율화에 따른 총유지보수비용 절감 편익

구분	연도별 시스템 구축 정도를 반영한 편익(단위 : 억원)
2019	15.70
2020	31.39
2021	47.09
2022	62.79
2023	78.49
2024	91.57
2025	103.34
2026	115.11
2027	126.89
2028	137.98
2029	137.98
2030	137.98
2031	137.98
2032	137.98
2033	137.98
2034	137.98
2035	137.98
2036	137.98
2037	137.98
2038	137.98
2039	137.98
2040	137.98
2041	137.98
2042	137.98
총편익	2,742.07

○ 영상관제 효율성 향상에 따른 유지보수비용 절감 편익

국가철도 통합무선제어시스템 사업 시행 시, 무선영상감시시스템(m-CCTV) 제공이 가능해지며 이에 따라 기존의 영상상황관제, 유선 CCTV, 18GHz 무선영상감시시스템 대체 등 다양한 편익이 발생하게 된다.

영상상황관제는 여객 객차 및 시설 등에 대한 영상감시를 수행함으로써 현장에 가지 않고도 즉시 상황을 파악하고 빠르게 대응할 수 있도록 지원하는 시스템으로 치안, 감시, 사고 대응 등을 위해 객차에 철도공안 등이 배치되어야 하나 인력이 부족한 상황에서 m-CCTV를 도입하면 중앙사령센터에서 원격으로 상황을 조기에 파악하고 대응할 수 있으며 실제적인 인력 증원 효과를 얻을 수 있다.

본 연구에서는 영상관제 효율성 향상에 따른 유지보수비용 절감 편익을 계산하기 위해서

m-CCTV는 국내 모든 여객용 객차에 설치하는 것으로 가정하였으며, 업무효율성 향상은 기존 예비타당성조사 기준에 근거하여 30%로 가정하였다. 또한 국내의 법질서 개선 요구 정도도 예비타당성조사 기준에 근거하여 30%로 가정하였다. 유지비 산정에는 공안직 공무원 9급 1호봉으로 가정하였다.

[표 5.144] 영상관제 효율성 향상에 따른 유지보수비용 절감 편익 산정

구분	추정 산식	내역
m-CCTV 도입 객차 수*	A	2,237대
업무효율성 향상**	B	30%
법질서 개선 요구 정도**	C	30%
철도 공안 유지비***	D	1,419만원
연평균 획득 총 추정 편익	A*B*C*D	28.6억원

주: * 통계로 보는 한국철도 2011

** 한국개발연구원(2008) 기준 참고

*** 2011년 기준, 공무원 급여포탈 참고

철도전용 통합무선망은 아래 표에서 제시된 것처럼 2015년부터 2025년까지 순차적으로 구축되며, 편익 산정 시, 연차별 사업비용을 기준으로 계산한 연차별 시스템 구축비율을 반영하여 계산하였다. 편익은 통합무선망 구축이 시작되는 2015년의 다음해인 2016년부터 발생하여 연차별로 구축비율 반영하여 계산되었고, 열차제어설비 구축이 종료하는 2025년 이후 15년 동안은 구축비율을 100%로 설정하고 편익을 산정하였다.

[표 5.145] 철도전용 통합무선망 연차별 구축 비율

구분	통합무선망 연차별 사업 비용	연차별 구축 비율
2015	89.3	0.01
2016	-	-
2017	135.8	0.01
2018	3,233.8	0.28
2019	557.3	0.05
2020	294.2	0.03
2021	3,693.3	0.32
2022	25.6	0.00
2023	1,251.3	0.11
2024	552.7	0.05
2025	1,589.7	0.14

[표 5.146] 영상관계 효율성 향상에 따른 유지보수비용 절감 편익

구분	무선영상상황관제편익(단위 : 억원)
2016	0.22
2017	-
2018	0.34
2019	8.09
2020	1.39
2021	0.74
2022	9.24
2023	0.06
2024	3.13
2025	1.38
2026	3.98
2027	28.57
2028	28.57
2029	28.57
2030	28.57
2031	28.57
2032	28.57
2033	28.57
2034	28.57
2035	28.57
2036	28.57
2037	28.57
2038	28.57
2039	28.57
2040	28.57
총편익	428.53

5) IT서비스 제공에 따른 편익

○ IT서비스 상용통신망 이용비용 절감 편익

국가철도 통합무선제어시스템 구축되면 기존 철도승무원이 이용하는 상용통신망을 LTE-R로 교체할 수 있게 되고 이에 따른 통신망 이용비용 절감편익이 발생한다. CDMA 단말기를 무선이동단말기(MTIT)으로 교체하는 총 비용은 6.83억 원으로 추정되었으며, 기존의 상용통신망을 LTE-R로 교체함으로써 발생하는 절감 편익은 연평균 2.11억 원 발생할 것으로 추정되었다.

[표 5.147] IT서비스 상용통신망 이용비용 절감 편익 산정

구분	추정 산식	내역
CDMA 단말기 총 수	A	1,116대
무선이동단말기(MTIT) 구입비용	B	612000원/대
단말기당 월 이용료	C	15,790원/월
CDMA 단말기 총 교체 비용	A*B	6.83억원
IT 서비스 이용 연간 편익	A*C*12	2.11억원/년
IT 서비스 이용비용 절감 편익	$((\text{IT서비스 제공 승무원 수}) \times (\text{상용망 이용료/인/년}) \times (\text{편익산출 년수})) - ((\text{단말기 수}) \times (\text{무선이동단말기 구입비용}))$	

국가철도 통합무선제어시스템 구축과 함께 2015년에 기존 CDMA 단말기를 무선이동단말기(MTIT)로 교체하고 2016년부터는 준공년도까지무선통신망 연차별 구축비율에 따라 편익이 발생, 준공 후 15년간은 구축비율을 100%로 설정하고 편익을 산정하였다.

[표 5.148] IT서비스 상용통신망 이용비용 절감 편익

구분	IT서비스 상용통신망 이용비용 절감 편익
2015년_MTIT 단말기 구입 비용(-)	-6.83
2016	0.02
2017	-
2018	0.03
2019	0.60
2020	0.10
2021	0.05
2022	0.68
2023	0.00
2024	0.23
2025	0.10
2026	0.29
2027	2.11
2028	2.11
2029	2.11
2030	2.11
2031	2.11
2032	2.11
2033	2.11
2034	2.11
2035	2.11
2036	2.11
2037	2.11
2038	2.11
2039	2.11
2040	2.11
총 편익	24.89

○ IT 업무프로세스 효율성 향상에 따른 시간절감 편익

철도전용 통합무선망이 구축되면 여객 차량에 승차한 승무원이 고객 밀착형으로 정보서비스를 제공할 수 있게 되고, 각종 진단·감시·자료수집·모바일 오피스 등 관련 업무를 수행하여 스마트워크 형태의 업무를 수행함으로써 업무 개선 편익이 발생하게 된다.

방송통신위원회에 따르면 영국 통시사업자인 BT의 경우 스마트워크의 도입으로 20~60%의 생산성이 증가하였다고 보고하였다(방송통신위원회, 2010). 본 연구에서는 BT의 사례가 재택근무를 중심으로 하고 있다는 점과 일반적인 스마트 디바이스 도입을 통한 생산성 증대 목표치가 30% 수준인 점을 감안하여 통합무선망 구축을 통한 업무프로세스 개선 효과를 30% 수준으로 가정하였다.

[표 5.149] IT업무프로세스 효율성 향상에 따른 시간절감 편익 산정

구분	추정 산식	내역
승무원 IT 서비스 제공 인원	A	1,116명
승무원 1인당 연봉 수준**	B	0.54억원
업무프로세스 개선 효과***	C	30%
연평균 획득 총 추정 편익	A*B*C	180.8억원

주 : ** 한국철도공사 홈페이지

*** 스마트디바이스 도입 시 업무 프로세스의 효율성이 30% 향상된다고 가정

무선통신망 사업이 시행되는 2013년의 다음해인 2014년부터 편익이 발생하여 준공년도까지 무선통신망 연차별 구축비율에 따라 편익이 발생, 준공 후 15년간은 구축비율을 100%로 설정하고 편익을 산정하였다.

[표 5.150] IT업무프로세스 효율성 향상에 따른 시간절감 편익

구분	IT 업무프로세스 효율성 향상에 따른 시간 절감 편익
2016	1.41
2017	-
2018	2.15
2019	51.18
2020	8.82
2021	4.66
2022	58.45
2023	0.41
2024	19.80
2025	8.75
2026	25.16
2027	180.79
2028	180.79
2029	180.79
2030	180.79
2031	180.79
2032	180.79
2033	180.79
2034	180.79
2035	180.79
2036	180.79
2037	180.79
2038	180.79
2039	180.79
2040	180.79
총 편익	2,711.88

6) 편익추정 결과

본 연구에서는 수송능력 증대에 따른 철도로의 교통수단 전환량이 변동 가능한 것으로 보았으며, 따라서 교통수단 전환량에 따른 시나리오의 조합이 발생한다.

철도 수송 용량 증대에 따른 철도로의 교통수단 전환율은 20%이고 기술개발에 따른 비용절감이 20%일 것으로 가정한 비관적 시나리오, 교통수단 전환율은 30%이고 기술개발에 따른 비용절감이 30%일 것으로 가정한 중립적 시나리오, 교통수단 전환율이 40%이고 기술개발에 따른 비용절감이 40%일 것으로 가정한 낙관적 시나리오의 세 가지 시나리오를 재정리하여 경제성 분석을 시도하였다.

○ 비관적 시나리오

[표5.151] 비관적 시나리오의 편익 추정

연도	구분										
	연구개발 편익	도로교통 시간	도로교통 운영	환경비용	신뢰성 증가	사고 예방	IT서비스	케도회로 대체	유지보수 비용	영상관제 효율성	총 편익
2015	11	-	-	-	-	-	-7	-	-	-	4
2016	-	-	-	-	-	-	1	-	-	0	2
2017	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17
2018	701	-	-	-	-	-	2	517	-	0	1,221
2019	369	110	402	12	3	0	52	517	16	8	1,489
2020	336	221	809	25	3	1	9	517	31	1	1,954
2021	758	333	1,222	37	4	1	5	517	47	1	2,924
2022	303	443	1,612	49	4	2	59	517	63	9	3,060
2023	375	551	1,993	61	3	2	0	431	78	0	3,496
2024	269	640	2,301	71	3	3	20	388	92	3	3,789
2025	357	720	2,569	79	3	3	9	388	103	1	4,233
2026	160	799	2,830	88	3	4	25	388	115	4	4,416
2027	146	877	3,084	96	3	4	183	365	127	29	4,914
2028	-	949	3,315	104	3	4	183	-	138	29	4,725
2029	-	945	3,276	104	3	4	183	-	138	29	4,682
2030	-	941	3,237	103	3	4	183	-	138	29	4,638
2031	-	937	3,198	102	3	4	183	-	138	29	4,594
2032	-	930	3,141	102	3	4	183	-	138	29	4,530
2033	-	923	3,085	101	3	4	183	-	138	29	4,465
2034	-	916	3,028	100	3	4	183	-	138	29	4,400
2035	-	909	2,971	99	3	4	183	-	138	29	4,336
2036	-	902	2,914	98	3	4	183	-	138	29	4,271
2037	-	902	2,914	98	3	4	183	-	138	29	4,271
2038	-	902	2,914	98	3	4	183	-	138	29	4,271
2039	-	902	2,914	98	3	4	183	-	138	29	4,271
2040	-	902	2,914	98	3	4	183	-	138	29	4,271
2041	-	902	2,914	98	3	4	-	-	138	-	4,060
2042	-	902	2,914	98	3	4	-	-	138	-	4,060
총 편익	3,802	18,455	62,473	2,020	81	83	2,737	4,544	2,742	429	97,366

○ 중립적 시나리오

[표 5.152] 중립적 시나리오의 편익 추정

연도	구분										
	연구개발 편익	도로교통 시간	도로교통 운영	환경비용	신뢰성 증가	사고 예방	IT서비스	궤도회로 대체	유지보수 비용	영상관제 효율성	총 편익
2015	11	-	-	-	-	-	-7	-	-	-	4
2016	-	-	-	-	-	-	1	-	-	0	2
2017	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17
2018	933	-	-	-	-	-	2	517	-	0	1,453
2019	604	165	603	18	5	1	52	517	16	8	1,989
2020	572	332	1,213	37	5	1	9	517	31	1	2,719
2021	991	500	1,832	55	5	2	5	517	47	1	3,955
2022	540	664	2,418	74	5	3	59	517	63	9	4,351
2023	571	827	2,990	91	5	4	0	431	78	0	4,998
2024	455	961	3,451	106	5	4	20	388	92	3	5,485
2025	524	1,080	3,853	119	5	5	9	388	103	1	6,087
2026	328	1,198	4,246	132	5	5	25	388	115	4	6,447
2027	307	1,315	4,626	144	5	6	183	365	127	29	7,107
2028	68	1,424	4,972	156	5	6	183	-	138	29	6,981
2029	90	1,418	4,914	155	5	6	183	-	138	29	6,937
2030	90	1,412	4,855	155	5	6	183	-	138	29	6,872
2031	90	1,406	4,797	154	5	6	183	-	138	29	6,807
2032	91	1,395	4,712	152	5	6	183	-	138	29	6,710
2033	-	1,384	4,627	151	5	6	183	-	138	29	6,523
2034	-	1,374	4,542	150	5	6	183	-	138	29	6,426
2035	-	1,363	4,457	149	5	6	183	-	138	29	6,329
2036	-	1,352	4,372	147	5	6	183	-	138	29	6,232
2037	-	1,352	4,372	147	5	6	183	-	138	29	6,232
2038	-	1,352	4,372	147	5	6	183	-	138	29	6,232
2039	-	1,352	4,372	147	5	6	183	-	138	29	6,232
2040	-	1,352	4,372	147	5	6	183	-	138	29	6,232
2041	-	1,352	4,372	147	5	6	-	-	138	-	6,020
2042	-	1,352	4,372	147	5	6	-	-	138	-	6,020
총편익	6,281	27,682	93,709	3,030	122	125	2,737	4,544	2,742	429	141,400

○ 낙관적 시나리오

[표 5.153] 낙관적 시나리오의 편익 추정

연도	구분										
	연구개발 편익	도로교통 시간	도로교통 운영	환경비용	신뢰성 증가	사고 예방	IT서비스	궤도회로 대체	유지보수비용	영상관제 효율성	총 편익
2015	11	-	-	-	-	-	-7	-	-	-	4
2016	-	-	-	-	-	-	1	-	-	0	2
2017	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17
2018	1,166	-	-	-	-	-	2	517	-	0	1,685
2019	839	220	804	24	7	1	52	517	16	8	2,488
2020	808	442	1,618	49	7	2	9	517	31	1	3,484
2021	1,224	666	2,443	74	7	3	5	517	47	1	4,986
2022	776	885	3,223	98	7	4	59	517	63	9	5,642
2023	767	1,102	3,987	122	7	5	0	431	78	0	6,500
2024	642	1,281	4,602	141	7	6	20	388	92	3	7,182
2025	690	1,440	5,138	159	7	6	9	388	103	1	7,941
2026	496	1,598	5,661	176	7	7	25	388	115	4	8,477
2027	468	1,754	6,168	193	7	8	183	365	127	29	9,301
2028	135	1,899	6,629	208	7	8	183	-	138	29	9,236
2029	179	1,890	6,552	207	7	8	183	-	138	29	9,193
2030	180	1,882	6,474	206	7	8	183	-	138	29	9,107
2031	180	1,874	6,396	205	7	8	183	-	138	29	9,020
2032	181	1,860	6,282	203	7	8	183	-	138	29	8,891
2033	-	1,846	6,169	201	7	8	183	-	138	29	8,581
2034	-	1,831	6,056	200	7	8	183	-	138	29	8,451
2035	-	1,817	5,942	198	7	8	183	-	138	29	8,322
2036	-	1,803	5,829	196	7	8	183	-	138	29	8,193
2037	-	1,803	5,829	196	7	8	183	-	138	29	8,193
2038	-	1,803	5,829	196	7	8	183	-	138	29	8,193
2039	-	1,803	5,829	196	7	8	183	-	138	29	8,193
2040	-	1,803	5,829	196	7	8	183	-	138	29	8,193
2041	-	1,803	5,829	196	7	8	-	-	138	-	7,981
2042	-	1,803	5,829	196	7	8	-	-	138	-	7,981
총 편익	8,760	36,910	124,945	4,039	163	167	2,737	4,544	2,742	429	185,435

제4절 경제성 분석 소결

1. 경제성 분석 개요

가. 개요

경제성 평가는 편익/비용 비율(B/C ratio), 순현재가치(NPV), 내부수익률(IRR) 등의 계산을 통하여 사업의 경제성을 파악하는 과정이며, 경제적 분석에 사용된 각종 추정치의 오차를 보완하기 위하여 주요 변수의 변화가 경제성에 미치는 영향에 대한 민감도 분석을 수행한다.

교통시설 사업의 경제성 분석은 사업시행으로 인하여 영향권 내 교통망에서 발생한 교통패턴의 변화를 화폐가치화한 편익과 사업시행으로 인하여 분석 전 기간 동안 발생하는 비용의 크기를 비교하여 분석 대상사업의 경제적 타당성을 판단한다.

나. 분석 방법

경제적 타당성 평가 분석기법으로는 편익/비용 비율(Benefit /Cost ratio, B/C), 내부수익률(Internal Rate of Return, IRR), 순현재가치(Net Present Value, NPV) 등이 있다.

각 분석기법마다의 장·단점을 가지고 있고, 어느 한 기법만을 가지고 사업의 경제적 타당성을 판단하기에는 적당하지 않은 경우가 자주 있으므로 본 분석에서는 B/C, 순현재가치, 내부수익률을 모두 분석하여 경제적 타당성을 분석하였다.

[표 5.154] 경제적 타당성 평가 분석기법

분석기법	판단	장점	단점
편익/비용 비율(B/C)	$B/C \geq 1$	<ul style="list-style-type: none"> • 이해용이 • 사업규모 고려 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 상호배타적 대안 선택의 오류 발생 가능
순현재가치 (NPV)	$NPV \geq 0$	<ul style="list-style-type: none"> • 대안선택시 명확한 기준 제시 • 장래발생편익의 현재가치제시 • 한계 순현재가치 고려 • 타 분석에 이용 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 이해의 어려움 • 대안 우선순위 결정시 오류발생 가능성
내부수익률 (IRR)	$IRR \geq r$	<ul style="list-style-type: none"> • 사업의 수익성 측정 가능 • 타 대안과 비교가 용이 • 평가 과정과 결과 이해가 용이 	<ul style="list-style-type: none"> • 사업의 절대적 규모 고려하지 않음 • 몇 개의 내부수익률이 동시에 도출될 가능성 내제

1) 편익비용 비율

편익/비용 비율이란 운영 후 연도별로 발생하는 편익과 투입되는 비용(사업비 및 유지관리비)을 적정 할인율로 할인하여 기준연도 가격으로 환산한 금액의 비율을 의미하며, 일반적으로 1.0이상이면 경제성이 있다고 판단한다.

- 편익/비용비율(B/C) =
$$\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} / \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

- 여기서, B_t : 편익의 현재가치
 C_t : 비용의 현재가치
 r : 할인율(이자율)
 n : 교통사업의 분석년도

2) 내부수익률

내부수익률은 현재가치로 환산한 편익과 비용의 값이 같아지는 할인율 r 을 구하는 방법으로 일반적으로 내부수익률이 사회적 할인율보다 크면 경제성이 있다고 판단한다.

- 내부수익률(IRR):
$$\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

- 여기서, B_t : 편익의 현재가치
 C_t : 비용의 현재가치
 r : 할인율(이자율)
 n : 교통사업의 분석년도

3) 순현재가치

순현재가치란 사업에 수반된 모든 비용과 편익을 기준연도의 현재가치로 할인하여 총 편익에서 총 비용을 제한 값이며 (순현재가치) ≥ 0 이면 경제성이 있다고 판단한다.

- 내부수익률(IRR):
$$\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

- 여기서, B_t : 편익의 현재가치
 C_t : 비용의 현재가치
 r : 할인율(이자율)
 n : 교통사업의 분석년도

2. 경제성 분석 결과

가. 국가철도 통합무선제어시스템 연구개발시 경제성 분석 결과

국가철도 통합무선제어시스템 연구개발시 비용편익분석을 통한 경제성 분석 결과 각 시나리오 별로 다음과 같은 결과가 도출되었다. 비관적 시나리오 하에서 B/C는 3.10, NPV는 1,488억 원 도출되었으며, 중립적 시나리오 하에서 B/C는 4.93, NPV는 2,787억 원 도출되었다. 낙관적 시나리오 하에서는 B/C가 6.76, NPV가 4,086억 원 도출되었다. 상기와 같은 결과로 볼 때, 열차제어·통신시스템 연구개발 시 경제적으로 타당하다 판단된다.

[표 5.155] 국가철도 통합무선제어시스템 연구개발시 경제성 분석 결과 요약

구분	비관적 시나리오	중립적 시나리오	낙관적 시나리오
할인비용 (억원)	709	709	709
할인편익 (억원)	2,197	3,496	4,795
B/C	3.10	4.93	6.76
IRR	39.0%	53.6%	65.1%
NPV (억원)	1,488	2,787	4,086

[표 5.156] 국가철도 통합무선제어시스템 연구개발 시 경제성 분석 결과
(비관적 시나리오)

연도	비용					편익			
	연구개발비	연구시설·장비구입 및유지비	연구관리비	소계	할인가치	수입대체비용절감편익	국외시장부가가치편익	소계	할인가치
2014				80	68	-		-	-
2015				194	157	11		11	9
2016				149	114	-		-	-
2017				279	202	17		17	12
2018				176	121	701	-	701	482
2019				72	47	369	-	369	241
2020					-	336	-	336	208
2021					-	758	-	758	444
2022					-	303	-	303	168
2023					-	375	-	375	197
2024					-	269	-	269	134
2025					-	357	-	357	169
2026					-	160	-	160	72
2027					-	146	-	146	62
2028					-	-	-	-	-
2029					-	-	-	-	-
2030					-	-	-	-	-
2031					-	-	-	-	-
2032					-	-	-	-	-
계	0.0	0.0	0.0	950	709	3,802	-	3,802	2,197

[표 5.157] 국가철도 통합무선제어시스템 연구개발 시 경제성 분석 결과
(중립적 시나리오)

연도	비용					편익			
	연구개발비	연구시설·장비구입 및유지비	연구관리비	소계	할인가치	수입대체비용절감편익	국외시장부가가치편익	소계	할인가치
2014				80	68	-		-	-
2015				194	157	11		11	9
2016				149	114	-		-	-
2017				279	202	17		17	12
2018				176	121	851	82	933	642
2019				72	47	519	85	604	394
2020					-	486	86	572	353
2021					-	908	83	991	580
2022					-	453	86	540	299
2023					-	485	86	571	300
2024					-	369	87	455	227
2025					-	437	86	524	247
2026					-	240	88	328	147
2027					-	218	88	307	130
2028					-	-	68	68	27
2029					-	-	90	90	34
2030					-	-	90	90	33
2031					-	-	90	90	31
2032					-	-	91	91	29
계	0.0	0.0	0.0	950	709	4,995	1,286	6,281	3,496

[표 5.158] 국가철도 통합무선제어시스템 연구개발 시 경제성 분석 결과
(낙관적 시나리오)

연도	비용					편익			
	연구개발비	연구시설·장비구입 및유지비	연구관리비	소계	할인 가치	수입대체 비용절감 편익	국외시장 부가가치 편익	소계	할인 가치
2014				80	68	-		-	-
2015				194	157	11		11	9
2016				149	114	-		-	-
2017				279	202	17		17	12
2018				176	121	1,001	165	1,166	801
2019				72	47	669	170	839	547
2020					-	636	171	808	499
2021					-	1,058	165	1,224	716
2022					-	603	173	776	431
2023					-	595	172	767	403
2024					-	469	174	642	320
2025					-	517	173	690	326
2026					-	320	176	496	222
2027					-	291	177	468	199
2028					-		135	135	54
2029					-		179	179	68
2030					-		180	180	65
2031					-		180	180	62
2032					-		181	181	59
계				950	709	6,188	2,572	8,760	4,795

나. 국가철도 통합무선제어시스템 구축시 경제성 분석 결과

국가철도 통합무선제어시스템 구축 시 비용편익분석을 통한 경제성 분석 결과 각 시나리오 별로 다음과 같은 결과가 도출되었다. 비관적 시나리오 하에서 B/C는 1.21, NPV는 6,037억 원 도출되었으며, 중립적 시나리오 하에서 B/C는 1.61, NPV는 19,102억 원 도출되었다. 낙관적 시나리오 하에서는 B/C가 1.95, NPV가 32,167억 원 도출되었다. 상기와 같은 결과로 볼 때, 철도용량 증대를 통한 교통수단 전환율이 20% 이상일 경우, 국가철도 통합무선제어시스템 구축은 경제적으로 타당하다고 판단된다.

[표 5.159] 국가철도 통합무선제어시스템 구축 시 경제성 분석 결과 요약

구분	비관적 시나리오	중립적 시나리오	낙관적 시나리오
할인비용	29,101	31,568	34,035
할인편익	35,139	50,670	66,202
B/C	1.21	1.61	1.95
IRR	10%	16%	21%
NPV	6,037	19,102	32,167

[표 5.160] 국가철도 통합무선제어시스템 구축 시 경제성 분석 결과(비관적 시나리오)

구분	비용							편익											
	유지 보수 비용	차량 구입 비	기술 개발	제어 시스템 구축 비용	무선 통신 망 구축 비용	총 비용	할인 비용	기술 개발 편익	도로 교통 시간	도로 교통 운영	환경 비용	신뢰성 증가	사고 예방	IT서비스	궤도 회로 대체	유지 보수 비용	영상 관제 효율성	총 편익	할인 편익
2014	-		80		-	80	68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	-		194		89	283	229	11	-	-	-	-	-	-7	-	-	-	4	3
2016	5		149		-	154	118	-	-	-	-	-	-	1	-	-	0	2	1
2017	5		279		136	420	304	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	12
2018	13	1,341	176	1,200	3,234	5,963	4,099	701	-	-	-	-	-	2	517	-	0	1,221	839
2019	264	1,341	72	1,200	557	3,434	2,238	369	110	402	12	3	0	52	517	16	8	1,489	971
2020	367	1,341		1,200	294	3,202	1,978	336	221	809	25	3	1	9	517	31	1	1,954	1,207
2021	456	1,341		1,200	3,693	6,690	3,916	758	333	1,222	37	4	1	5	517	47	1	2,924	1,712
2022	733	1,341		1,200	26	3,300	1,831	303	443	1,612	49	4	2	59	517	63	9	3,060	1,698
2023	807	1,341		880	1,251	4,279	2,250	375	551	1,993	61	3	2	0	431	78	0	3,496	1,839
2024	929	1,341		880	553	3,702	1,846	269	640	2,301	71	3	3	20	388	92	3	3,789	1,889
2025	1,013	1,341		720	1,590	4,663	2,204	357	720	2,569	79	3	3	9	388	103	1	4,233	2,001
2026	1,144	1,341		720		3,205	1,436	160	799	2,830	88	3	4	25	388	115	4	4,416	1,978
2027	1,187	1,341		662		3,191	1,355	146	877	3,084	96	3	4	183	365	127	29	4,914	2,086
2028	1,227					1,227	494	-	949	3,315	104	3	4	183	-	138	29	4,725	1,902
2029	1,227					1,227	468	-	945	3,276	104	3	4	183	-	138	29	4,682	1,786
2030	1,227					1,227	444	-	941	3,237	103	3	4	183	-	138	29	4,638	1,677
2031	1,227					1,227	421	-	937	3,198	102	3	4	183	-	138	29	4,594	1,575
2032	1,227					1,227	399	-	930	3,141	102	3	4	183	-	138	29	4,530	1,472
2033	1,227					1,227	378	-	923	3,085	101	3	4	183	-	138	29	4,465	1,375
2034	1,227					1,227	358	-	916	3,028	100	3	4	183	-	138	29	4,400	1,284
2035	1,227					1,227	340	-	909	2,971	99	3	4	183	-	138	29	4,336	1,200
2036	1,227					1,227	322	-	902	2,914	98	3	4	183	-	138	29	4,271	1,120
2037	1,227					1,227	305	-	902	2,914	98	3	4	183	-	138	29	4,271	1,062
2038	1,227					1,227	289	-	902	2,914	98	3	4	183	-	138	29	4,271	1,006
2039	1,227					1,227	274	-	902	2,914	98	3	4	183	-	138	29	4,271	954
2040	1,227					1,227	260	-	902	2,914	98	3	4	183	-	138	29	4,271	904
2041	1,227					1,227	246	-	902	2,914	98	3	4	-	-	138	-	4,060	815
2042	1,227					1,227	233	-	902	2,914	98	3	4	-	-	138	-	4,060	772
총계	25,331	13,407	950	9,862	11,423	60,974	29,101	3,802	18,455	62,473	2,020	81	83	2,737	4,544	2,742	429	97,366	35,139

[표 5.161] 국가철도 통합무선제어시스템 구축 시 경제성 분석 결과(중립적 시나리오)

구분	비용							편익												
	유지 보수 비용	차량 구입 비	기술 개발	제어 시스템 구축 비용	무선 통신 망 구축 비용	총 비용	할인 비용	기술 개발 편익	도로 교통 시간	도로 교통 운영	환경 비용	신뢰성 증가	사고 예방	IT서비스	궤도 회로 대체	유지 보수 비용	영상 관제 효율성	총 편익	할인 편익	
2014	-		80		-	80	68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2015	-		194		89	283	229	11	-	-	-	-	-	-7	-	-	-	4	3	
2016	5		149		-	154	118	-	-	-	-	-	-	1	-	-	0	2	1	
2017	5		279		136	420	304	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	12	
2018	13	2,011	176	1,050	3,234	6,483	4,457	933	-	-	-	-	-	2	517	-	0	1,453	999	
2019	255	2,011	72	1,050	557	3,946	2,571	604	165	603	18	5	1	52	517	16	8	1,989	1,296	
2020	349	2,011		1,050	294	3,705	2,288	572	332	1,213	37	5	1	9	517	31	1	2,719	1,680	
2021	429	2,011		1,050	3,693	7,183	4,205	991	500	1,832	55	5	2	5	517	47	1	3,955	2,316	
2022	697	2,011		1,050	26	3,784	2,100	540	664	2,418	74	5	3	59	517	63	9	4,351	2,414	
2023	762	2,011		770	1,251	4,794	2,522	571	827	2,990	91	5	4	0	431	78	0	4,998	2,629	
2024	877	2,011		770	553	4,211	2,100	455	961	3,451	106	5	4	20	388	92	3	5,485	2,735	
2025	954	2,011		630	1,590	5,185	2,450	524	1,080	3,853	119	5	5	9	388	103	1	6,087	2,877	
2026	1,081	2,011		630		3,722	1,667	328	1,198	4,246	132	5	5	25	388	115	4	6,447	2,888	
2027	1,118	2,011		580		3,709	1,575	307	1,315	4,626	144	5	6	183	365	127	29	7,107	3,018	
2028	1,153					1,153	464	68	1,424	4,972	156	5	6	183	-	138	29	6,981	2,809	
2029	1,153					1,153	440	90	1,418	4,914	155	5	6	183	-	138	29	6,937	2,646	
2030	1,153					1,153	417	90	1,412	4,855	155	5	6	183	-	138	29	6,872	2,485	
2031	1,153					1,153	395	90	1,406	4,797	154	5	6	183	-	138	29	6,807	2,333	
2032	1,153					1,153	375	91	1,395	4,712	152	5	6	183	-	138	29	6,710	2,180	
2033	1,153					1,153	355	-	1,384	4,627	151	5	6	183	-	138	29	6,523	2,009	
2034	1,153					1,153	337	-	1,374	4,542	150	5	6	183	-	138	29	6,426	1,876	
2035	1,153					1,153	319	-	1,363	4,457	149	5	6	183	-	138	29	6,329	1,751	
2036	1,153					1,153	302	-	1,352	4,372	147	5	6	183	-	138	29	6,232	1,634	
2037	1,153					1,153	287	-	1,352	4,372	147	5	6	183	-	138	29	6,232	1,549	
2038	1,153					1,153	272	-	1,352	4,372	147	5	6	183	-	138	29	6,232	1,468	
2039	1,153					1,153	258	-	1,352	4,372	147	5	6	183	-	138	29	6,232	1,392	
2040	1,153					1,153	244	-	1,352	4,372	147	5	6	183	-	138	29	6,232	1,319	
2041	1,153					1,153	231	-	1,352	4,372	147	5	6	-	-	138	-	6,020	1,208	
2042	1,153					1,153	219	-	1,352	4,372	147	5	6	-	-	138	-	6,020	1,145	
총계	23,845	20,110	950	8,630	11,423	64,957	31,568	6,281	27,682	93,709	3,030	122	125	2,737	4,544	2,742	429	141,400	50,670	

[표 5.162] 국가철도 통합무선제어시스템 구축 시 경제성 분석 결과(낙관적 시나리오)

구분	비용							편익											
	유지 보수 비용	차량 구입 비	기술 개발	제어 시스템 구축 비용	무선 통신 망 구축 비용	총 비용	할인 비용	기술 개발 편익	도로 교통 시간	도로 교통 운영	환경 비용	신뢰성 증가	사고 예방	IT서비스	궤도 회로 대체	유지 보수 비용	영상 관제 효율성	총 편익	할인 편익
2014	-		80		-	80	68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	-		194		89	283	229	11	-	-	-	-	-	-7	-	-	-	4	3
2016	5		149		-	154	118	-	-	-	-	-	-	1	-	-	0	2	1
2017	5		279		136	420	304	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	12
2018	13	2,681	176	900	3,234	7,004	4,815	1,166	-	-	-	-	-	2	517	-	0	1,685	1,159
2019	246	2,681	72	900	557	4,457	2,904	839	220	804	24	7	1	52	517	16	8	2,488	1,621
2020	331	2,681		900	294	4,207	2,598	808	442	1,618	49	7	2	9	517	31	1	3,484	2,152
2021	402	2,681		900	3,693	7,676	4,494	1,224	666	2,443	74	7	3	5	517	47	1	4,986	2,919
2022	661	2,681		900	26	4,268	2,368	776	885	3,223	98	7	4	59	517	63	9	5,642	3,131
2023	717	2,681		660	1,251	5,309	2,793	767	1,102	3,987	122	7	5	0	431	78	0	6,500	3,419
2024	826	2,681		660	553	4,720	2,353	642	1,281	4,602	141	7	6	20	388	92	3	7,182	3,580
2025	896	2,681		540	1,590	5,707	2,697	690	1,440	5,138	159	7	6	9	388	103	1	7,941	3,753
2026	1,017	2,681		540		4,238	1,899	496	1,598	5,661	176	7	7	25	388	115	4	8,477	3,797
2027	1,049	2,681		497		4,228	1,795	468	1,754	6,168	193	7	8	183	365	127	29	9,301	3,949
2028	1,079					1,079	434	135	1,899	6,629	208	7	8	183	-	138	29	9,236	3,717
2029	1,079					1,079	412	179	1,890	6,552	207	7	8	183	-	138	29	9,193	3,507
2030	1,079					1,079	390	180	1,882	6,474	206	7	8	183	-	138	29	9,107	3,293
2031	1,079					1,079	370	180	1,874	6,396	205	7	8	183	-	138	29	9,020	3,091
2032	1,079					1,079	351	181	1,860	6,282	203	7	8	183	-	138	29	8,891	2,888
2033	1,079					1,079	332	-	1,846	6,169	201	7	8	183	-	138	29	8,581	2,642
2034	1,079					1,079	315	-	1,831	6,056	200	7	8	183	-	138	29	8,451	2,467
2035	1,079					1,079	299	-	1,817	5,942	198	7	8	183	-	138	29	8,322	2,302
2036	1,079					1,079	283	-	1,803	5,829	196	7	8	183	-	138	29	8,193	2,148
2037	1,079					1,079	268	-	1,803	5,829	196	7	8	183	-	138	29	8,193	2,036
2038	1,079					1,079	254	-	1,803	5,829	196	7	8	183	-	138	29	8,193	1,930
2039	1,079					1,079	241	-	1,803	5,829	196	7	8	183	-	138	29	8,193	1,830
2040	1,079					1,079	228	-	1,803	5,829	196	7	8	183	-	138	29	8,193	1,734
2041	1,079					1,079	217	-	1,803	5,829	196	7	8	-	-	138	-	7,981	1,601
2042	1,079					1,079	205	-	1,803	5,829	196	7	8	-	-	138	-	7,981	1,518
총계	22,358	26,813	950	7,397	11,423	68,941	34,035	8,760	36,910	124,945	4,039	163	167	2,737	4,544	2,742	429	185,435	66,202

제VI장 결론 및 정책 제언

제1절 결론

최근, 에너지 효율, 환경 친화적 요소 등이 부각되면서 국가 교통 핵심 기반으로 철도의 중요성이 강조됨에 따라, 정부는 국토 전반을 하나의 생활권으로 통합하는 제2차 국가철도망 구축계획(2011~2020)을 수립, 추진 중에 있다. 이러한 정책 변화를 중심으로, 기술 분야에서는 관련 정책을 실현하기 위한 많은 연구가 이루어지고 있는 실정이며, 국가적 차원의 철도 인프라 구축을 위해서는 우선적으로 열차운영 환경 및 열차운영속도, 고밀도 열차 운영과 밀접하게 연관된 철도신호 및 통신시스템의 통합 개발이 절실히 필요한 실정이다.

기술 개발 측면으로는 대부분이 차량 위주의 속도 경쟁체제로 개발이 추진되었으며, 개발된 차량은 국내에서 취급되는 현재의 열차제어방식이 80년대 기술로 주어짐에 따라 최근 개발된 첨단 차량 운영에 현재의 열차제어방식을 적용하기에는 성능상 한계에 도달한 상태이며, 현재 사용 중인 제어방식은 모두 국외에서 도입된 시스템이기 때문에, 운영 노선의 연장 및 개량, 유지보수비 과다 및 보수 장비 수급에 많은 애로사항을 유발한다. 또한 현재 운행 중이거나 개통예정인 노선을 운영하는 기관의 협조를 통해 조사한 결과, 철도를 건설하는 경우 무인자동운전이 가능한 무선통신기반 열차제어시스템은 전체 사업비에서 차지하는 비율이 9%까지 상향되었고, 설계비용과 시스템엔지니어링 비용을 반영하면 10% 수준을 상회하는 것으로 확인되었다. 특히 자동화, 무인화 등의 첨단기술이 IT(Information Technology) 산업의 발전과 함께 철도분야의 다양한 하부시스템에 연계되면서 관련 시스템의 제어 및 명령도 신호, 통신 통합시스템으로 주어짐에 따라 열차제어시스템의 철도 반영 비율은 더욱 증가할 것으로 예상되며, 대부분의 철도 선진국에서는 열차제어 및 통신시스템 개발을 위해 많은 국가 R&D 사업을 하여 고부가가치 산업을 창출하였다..

그러나, 국내외 경우에는 철도차량 및 철도 인프라에 대한 전반적인 기술발전에도 불구하고 열차제어시스템은 여전히 국외에서 도입된 궤도회로(레일간의 전기회로)를 이용한 유선방식을 채택함으로써 철도운행의 한계를 나타내고 있으며, 우리나라에서 개발한 고속철도를 국외에 수출하는 경우에도 국산화된 선진적인 열차제어시스템 기술이 없기 때문에, 수주국가에서 원하는 열차제어방식을 국외 제작사를 통해 도입, 수출함으로써 차량 철도 기술 및 수출에 따른 시너지 효과의 확보가 매우 어려운 상황이다.

기술적인 분석에 있어서, 국가철도 통합무선제어시스템은 지상에서 열차의 운행을 감시 및 통제하는 사령설비, 열차의 간격제어를 통해 열차운행속도를 자동으로 제어하는 열차제어장치, 열차의 운행노선 및 방향을 결정하는 연동장치로 구성되며, 이러한 기술은 국내의 모든 철도 현장에서 대부분 상업 운행 중에 있거나 설치중이다.

경량전철, 자기부상열차에는 국산 관제설비의 적용 가능성이 있지만, 통합시스템의 대부분이 해외신호시스템을 도입·의존하고 있기 때문에 독자적으로 적용할 수 있는 기회가 주어지지 않고 있다. 그러나 최근 분당선 시범사업과 경산시험선을 통해 관제설비의 기술 상용화는 물론, LTE-R 구축을 통해 영상 기반 관제 시스템의 구현도 가능한 것으로 검토되었다.

자동열차제어장치(ATC)는 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 위해 자동열차운영장치(ATO)를 사용한다. 고속선 ATC의 경우, 현재 추진 중인 고속철도 기술개발사업을 통해 ATC의 핵심기술인 폐색분할 및 속도 코드 생성을 위한 S/W를 연구 중에 있으며, 도시철도의 경우에는 궤도회로 감시장치 등과 같은 감시장치 및 운영, 유지보수를 위한 설비를 개발하여 적용하고 있으나, 현재까지 개발된 기술상의 문제점은 완전히 해결되지 않고 있는 것으로 조사되었다.

기존선에 사용하는 유선방식의 자동열차방호장치(ATP)는 한국철도공사에서 2004년부터 도입, 설치를 추진 중이며, 관련 설비는 기술적인 측면에서 다양한 부분에 대해 국산화가 병행되었지만, 현재까지 상업운전에 적용하기에는 국내에서 개발된 부분의 기술수준이 매우 미흡한 것으로 확인되었다.

이동폐색 시스템에 적용될 ATP 기술의 경우에는 이미 경산의 경량전철개발사업과 대전국립과학관의 자기부상열차 개발 사업에 국내에서 개발된 기술이 적용되었지만, 이러한 기술에 대한 검증 및 S/W에 대한 보완, 수정 작업이 상용화 수준에는 미흡함에 따라 관련 기술에 대한 정확한 평가가 요구되고 있는 실정이다.

연동장치의 경우에는 국내에서 개발된 기술이 이미 오래전부터 활용되고 있으며, 고속선에 사용되는 전자연동장치는 Alstom에서 도입, 사용 중이며 이를 국내에서 제작된 연동장치로 대체하기 위한 연구가 2009년부터 추진되었고, 현재는 상용화를 위해 오송의 고속선 유지보수센터에서 성능시험을 수행중에 있다. 이러한 일련의 과정을 볼 때,

국내기술로 제작된 연동장치는 주어진 열차운행환경에 적합하도록 자체적으로 프로그램 개량 및 주변 기기와의 인터페이스는 물론 관제설비 및 열차간격제어설비와의 통신을 구현할 수 있음을 보여주며, 이는 완전한 국내 자체기술보유를 의미한다.

따라서, 현재까지 개발된 개별 기술을 보유한 기업 및 연구소에서 제작된 다양한 제품을 대상으로 하여 국가 또는 공공기관이 SE(System Engineerin)을 적용하여 시스템 표준사양을 마련하고, 열차제어·통신시스템을 제작 구축한 후, 안전성을 포함한 시스템의 성능을 확인할 수 있는 인증시험 체계의 구축이 선행된다면, 국내의 자체 개발기술 및 이의 상용화 실적으로 볼 때 관련기술의 적용 가능성이 충분할 것으로 예상된다.

현재의 국내 열차제어·통신 시스템 운영현황은 대부분 국외 시스템을 도입하여 설치·운영함으로써 각각의 노선에 따라 모두 상이하게 기술적 특성이 주어져 있고, 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 있다.

따라서 국내에서 통합시스템으로 제작된 국가철도 통합무선제어시스템의 공급과 이를 상용화하기 위한 노력이 필요한 이유는 독자적인 운영 및 유지보수는 물론 국내에서 사용 중인 열차제어·통신시스템의 통합 운영 기술 확보를 위해 매우 중요한 요인으로 확인되었으며, 이를 위해서는 어떠한 형태로든 국가철도 통합무선제어시스템의 상호운영성을 위한 표준화와 상용화가 조속한 시일 내에 추진되어야 할 것으로 판단된다.

또한 철도전용 통합무선망 구축 기본계획(안) 구축전략은 2년간(2012년~2014년) 기술 개발 및 검증을 완료하고, 3년간(2014년~2017년) 일반철도에 도입하여 성능을 평가하며, 3년간(2017년~2020년) 고속철도에 도입하여 성능을 평가하도록 계획되어있다. 해외 철도 전용 통합무선망 기술개발 사례를 보면 유럽의 GSM-R은 9년간(1992년~2000년)의 표준화 기술 개발 검증기를, 7년간(2010년~2007년)의 제품 안정화 검증 단계를 통해 최초로 Full GSM-R을 구현하였으며 최근 2010년에 LTE-R로의 진화를 논의하였다. 일본의 ATACS도 7년간(1995년~2001년)의 기술 개발 검증기를, 3년간(2001년~2004년)의 제품 개발 검증기를 가지고 2008년부터 실용화를 준비하기 시작하였다. 미국의 PTC도 10년간(2001년~2008년)의 기술 개발 검증기를 거친 후 5년간(2010년~2015년)의 제품 개발 검증기를 가질 계획이다.

이렇게 철도 통신망에 대한 통합 사례가 전 세계적인 기술적 이슈로 부각되고 있는

시점에서 국가철도 통합무선제어시스템의 안전성을 위해 상당한 기간이 투입되어야 함을 고려한다면, 국가철도 통합무선제어시스템의 구축은 더 이상 미루어서는 안 될 중요한 국가 첨단 인프라 개발 사업으로 주어진다.

경제성 측면에 있어서 경제성 평가는 편익/비용 비율(B/C ratio), 순현재가치(NPV), 내부수익률(IRR) 등의 계산을 통하여 사업의 경제성을 파악하는 과정이며, 경제적 분석에 사용된 각종 추정치의 오차를 보완하기 위하여 주요 변수의 변화가 경제성에 미치는 영향에 대한 민감도 분석을 수행하였다.

여기서, 교통시설 사업의 경제성 분석은 사업시행으로 인하여 영향권 내 교통망에서 발생한 교통패턴의 변화를 화폐가치화한 편익과 사업시행으로 인하여 분석 전 기간 동안 발생하는 비용의 크기를 비교하여 분석 대상사업의 경제적 타당성을 판단한다.

경제적 타당성 평가 분석기법으로는 편익/비용 비율(Benefit /Cost ratio, B/C), 내부수익률(Internal Rate of Return, IRR), 순현재가치(Net Present Value, NPV) 등이 있다.

각 분석기법마다의 장·단점을 가지고 있고, 어느 한 기법만을 가지고 사업의 경제적 타당성을 판단하기에는 적당하지 않은 경우가 자주 있으므로 본 사업에 대한 경제성 분석에서는 B/C, 순현재 가치, 내부수익률을 모두 실행하여 경제적 타당성을 분석하였다.

이러한 분석의 정확성을 위해 본 사업과 관련이 있는 BCN 인프라 구축 사업(한국개발연구원, 2008), 광대역 가입자망 구축 활성화사업(한국개발연구원, 2009), 차상신호(ATP)시스템 도입사업(한국개발연구원, 2002), 철도 통합무선망 구축(정보화)사업(한국개발연구원, 2006), 통합지휘무선통신망 구축사업(한국개발연구원, 2009)의 사업 목적, 편익 항목, 편익 추정 방법, 편익 지속 기간에 대해서 분석하였다. 그 결과, 본 사업은 편익 추정에 있어서 국가철도 통합무선제어시스템 연구개발시 및 국가철도 통합무선제어시스템 구축시의 각각의 경우에 따른 편익항목이 별도로 식별되어야 할 것으로 분석되었다. 이는 각각의 경우에 따라 분석의 전제 및 가정에 차이가 있으며, 그 비용 또한 차이가 있기 때문이다. 또한, 편익별로 추정방법, 편익발생시기, 편익지속기간이 상이할 수 있으므로, 이에 대한 개별적 연구결과 및 근거를 제시하였다.

이에 따라, 국가철도 통합무선제어시스템 연구개발시의 비용편익분석을 통한 경제성 분석 결과, 각 시나리오 별로 다음과 같은 결과가 도출되었다. 비관적 시나리오 하에서 B/C는 3.10, NPV는 1,488억 원 도출되었으며, 중립적 시나리오 하에서 B/C는 4.93, NPV는 2,787억 원 도출되었다. 낙관적 시나리오 하에서는 B/C가 6.76, NPV가 4,086억 원 도출되었다. 상기와 같은 결과로 볼 때, 무선통신기반 열차제어·통신시스템 연구개발

은 경제적으로 타당한 것으로 분석되었다.

국가철도 통합무선제어시스템 구축 시의 비용편익분석을 통한 경제성 분석 결과 각 시나리오 별로 다음과 같은 결과가 도출되었다. 비관적 시나리오 하에서 B/C는 1.21, NPV는 6,037억 원 도출되었으며, 중립적 시나리오 하에서 B/C는 1.61, NPV는 19,102억 원 도출되었다. 낙관적 시나리오 하에서는 B/C가 1.95, NPV가 32,167억 원 도출되었다. 상기와 같은 결과로 볼 때, 철도용량 증대를 통한 교통 수단전환율이 20% 이상일 경우, 국가철도 통합무선제어시스템 구축은 경제적으로 타당한 것으로 분석되었다.

결론적으로 국가철도 통합무선제어시스템의 연구개발 및 구축사업은 국가 기간망을 형성하는 중요 핵심 인프라 사업으로서 반드시 수행되어야 할 것으로 예상된다.

제2절 정책 제안

저탄소 녹색성장, 5+2 광역경제권 발전전략 등에 대응하고, 지난 2010년 9월 발표한 「미래 녹색국토 구현을 위한 KTX 고속철도망 구축전략」의 구체적인 실천계획을 제시하기 위하여 「제2차 국가철도망 구축계획(11~20)」이 2011년 4월에 확정 고시되었다. 이는 철도망을 통해 “국토를 통합·다핵·개방형 구조로 재편”한다는 비전 아래, “전국 주요 거점을 일상 통근시간대인 1시간 30분대로 연결하여, 하나의 도시권으로 통합”한다는 목표를 가지고, 전국 주요거점을 고속 KTX망으로 연결, 대도시권 30분대 광역·급행 철도망 구축, 녹색 철도물류체계 구축 등 중점 추진과제를 설정하였다. 이러한 제2차 철도망계획에 따른 2011~2020년까지의 철도망 확충에 총 88조원이 소요될 것으로 전망되었다. 부문별로는 고속철도 16조원, 일반철도 46조원, 광역철도 26조원이 소요될 전망으로, 국비 59조원, 지방비 3조원, 민자유치·공기업·기타 26조원 등으로 소요재원을 조달할 계획이다.

제2차 국가철도망 구축계획에 따라 철도망 확충이 차질 없이 이루어질 경우 국가교통체계가 철도중심 교통·물류체계로 전환되어, 저탄소 녹색성장의 기반이 구축될 것으로 기대된다. 또한 철도 여객수송 분담률은 현재 15.9%(’08)에서 2020년 27.3%로 증가하고, 화물수송 분담률은 8.0%(’08) → 18.5%(’20)로 확대될 전망으로, 연간 6.8조원의 사회적 편익과 774만톤의 CO2 감축 효과가 기대되며, “제2차 국가철도망 구축계획”에 대한 구체적 중점 추진과제로는 철도 인프라 확충, 철도기술개발과 해외진출, 철도의 경쟁력 기반강화 등으로 주어진다.

따라서, 2013년 국정을 책임질 신정부의 철도분야 국정지표는 2011년 국토해양부에서 고시한 제2차 국가철도망 구축계획(11~20)의 사업내용을 반영함으로써, 철도정책의 일관성 및 연속성을 유지하는 것으로 판단된다. 제2차 국가철도망 구축계획의 중점추진과제인 첨단철도기술개발과 해외진출 활성화를 위해서는 핵심요소분야이면서도 타분야에 비해서 기술자립도가 매우 낮은 무선통신기반 열차제어·통신시스템을 국산화 및 실용화하는 것이 반드시 필요하며, 이러한 정책목표를 충실화하기 위해 국토해양부는 2010년에 이미 철도신호시스템 표준화방안을 철도운영기관에 통보하여 열차제어·통신시스템의 신설 및 개량 시 반영하도록 하였다. 특히 국내의 무선통신기반 열차제어·통신시스템 정책도 유럽, 미국, 중국 등의 철도선진국과 동일한 개발 방향과 내용을 내포한 것으로 확인됨으로서, 장기적으로는 전세계 열차제어·통신시스템이 단일체계로 통합됨을 의미하며, 이러한 기술의 표준을 주도하기 위해서는 정부의 지속적이고, 안정적인 정책 지원이 필요한 것으로 판단된다.

본 사업은 철도통합무선망인 LTE-R을 기반으로 열차제어기술, 열차운영서비스기술, 통신망 관리기술 등을 연구개발하는 것이며, 개발성과를 국제 표준화를 통해 세계 철도 기술을 선동하는 것이 기존 사업과 차별되는 내용으로, 본 사업은 국가철도 통합무선제어시스템만을 대상으로 하는 획기적인 계획으로서 기업의 개발 리스크가 큰 국내 여건을 반영한 도전적인 성격을 갖는다. 이 같은 획기적이고, 도전적인 사업의 위험을 최소화하기 위해 연구에서는 SWOT 분석을 실시하여 대응전략을 마련하였다.

결론적으로, 이러한 도전적이고, 진취적인 국가 R&D를 유도하기 위해 정부에서 최우선으로 결정할 사항은 2010년10월부터 추진된 한국형 무선통신열차제어시스템 KRTCS 1 단계 사업의 연속선상에서 국내의 첨단 이동통신 기술을 사용한 국가철도 통합무선제어시스템 개발에 대해 정부의 지원을 최대화하는 것이다. 이를 위해서는 관련 개발에 필요한 철도전용 주파수, 철도차량, 영업 시운전 노선 등과 같은 상용화 기술 개발을 위한 인프라 설비의 제공, 정부의 재정 지원, 국산화 개발품에 대한 활용방안 등, 국가가 철도교통에 반영할 수 있는 다양한 정책을 조속히 추진함으로써 조선산업, 반도체산업, 자동차산업의 뒤를 이을 미래의 고부가 가치 산업인 철도산업을 급성장 시킬 수 있는 다양한 국가 R&D 시나리오를 추진해야 한다. 본 사업의 내실을 다지기 위해서는 무선통신 기반 열차제어·통신시스템 실용화 전략 수립, 협력연구개발체계 구축 및 시스템 RAMS 분야의 역량강화 등도 정부차원에서 정책적으로 보완되어야 한다. 마지막으로 철도신호시스템 안전성인증체계 구축, 국내 철도신호산업구조 개편 및 전문기업 또는 인력 육성을 장기적으로 추진하여야 한다.

제 VII장 참고 문헌

- [1] North American Joint Positive Train Control Project”, Federal Railroad Administration, April. 2009
- [2] Guillaume de Tiliere, "Interoperability in europe : Case of the ERTMS development in the new european rail market" Association for European Transport 2004.
- [3] 국토해양부 미래도시철도기술개발사업 철도분야 신호시스템 상세기획 연구 보고서』(2010, 특허청)
- [4] 철도분야 신호시스템 상세기획연구, 2010, 한국건설교통기술평가원
- [5] 서울특별시 교통백서, 1995
- [6] 차상신호(ATP)시스템도입 예비타당성조사 사업의 수요 및 편익분석, 2002, 철도청
- [7] 차상신호(ATP) 설치 타당성 조사 및 기본계획 수립 (타당성 조사 부문), 2003, 철도청
- [8] 경량전철 신호제어시스템 기술개발 연구결과 보고서(최종보고서), 2004, 한국건설교통기술평가원
- [9] 자기부상열차 실용화 사업에 대한 예비타당성 조사, 2005, 한국과학기술기획평가원
- [10] 한진해운 선박운항관리 시스템 도입 관련기사, 해운신문, 2005. 3. 8.
- [11] 컨버전스 시대의 선박 관제 시스템, 도선, 41호, pp.22-31, 2006.
- [12] 도시형 자기부상열차 실용화사업 경제적 타당성조사, 2006, 한국교통연구원
- [13] 수도권가구 통행실태조사, 2006, 수도권교통본부
- [14] 한국형 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템개발체계 연구, 2006, 한국철도기술연구원
- [15] 자기부상열차 설치사업(국립중앙과학관-엑스포과학공원간) 실시설계보고서, 2006, 국립중앙과학관
- [16] 도시철도 신호시스템 표준화연구, 2006, 한국철도기술연구원
- [17] 항공관제시스템 개발 기획 연구 보고서, 2007, 건설교통부
- [18] 도시철도 신호시스템 인증체계구축 연구, 2008, 한국건설교통기술평가원
- [19] 도시철도차량 표준화유지발전 연구보고서, 2008, 한국철도기술연구원

- [20] 서울메트로 2호선 ATP/ATO차량도입에 따른 기존 신호설비와의 적합성 검토, 2008, 삼성SDS
- [21] 철도용 주파수 연구, 2009, 한국전파진흥협회
- [22] 이재호,황종규, “통신기술 기반으로 하는 열차제어시스템 기술동향”, 한국철도기술연구원, 철도기술정보지 38호,pp.27~30,2002
- [23] 차동완, “개념으로 풀어본 정보통신세계”, 영지문화사, pp.493~519, 2006
- [24] 김영태, “신호제어시스템”, 테크미디어, pp.36~48, 2004
- [25] 윤용기,김용규,신덕호, “무선통신을 이용한 열차제어시스템”, 한국철도학회지, 제7권 제2호, pp.22~28, 2004
- [26] IEEE Std 1474.1-2004,“IEEE Standard Method for CBTC Performance and Functional Requirements”, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2004
- [27] 최규형, “CBTC 무선안테나 최적 배치 프로그램 개발에 관한 연구”, 서울산업대학교 철도전문대학원, 2005. 12
- [28] 김백현,김중기,이영훈,신덕호,백종현, “열차제어를 위한 무선통신 시스템의 생존성 검토”, 한국철도학회 추계학술대회, 2003
- [29] 한국철도기술연구원, “경량전철 신호제어시스템 기술개발”, 경량전철 기술개발사업 최종보고서, 2004. 12
- [30] I. Watanabe, “위성 이동체 통신을 이용한 철도시스템”, RRR pp.10~13, 1999. 9
- [31] H. Moody, “North American View of Future Communication Systems Need”, pp.67~72, Proc. of WCRR '99
- [32] IEEE Std 1474.2 TM-2003, “IEEE Standard for User Interface Requirements in Communication-Based Train Control System”, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2003
- [33] 광경섭, “이동체 제어를 위한 무선통신기술 활용사례 조사분석” 인하대학교, 2002. 12
- [34] 조봉관,류상환,백종현,조보형 “무선을 이용한 지상과 차상간 통신방식에 관한 연구” 한국철도학회 추계학술대회, 2002
- [35] 김윤배, “CBTC를 위한 무선통신장비의 최적위치 선정연구”, 한국철도학회 추계학술대회 논문집, pp.1199~1204, 2004

- [36] 《시사인》, (2011), “영국 철도 민영화, 왜 실패했을까”
- [37] 《철도신문》, (2006a), “속도의 끝없는 진화 이끄는 초고속열차 ‘테제베(TGV)’”
- [38] _____, (2006b), “불안정한 정세 속에서 꾸준히 발전해온 ‘스페인 철도’”
- [39] _____, (2007), “미국, 가장 효율적인 철도운영국가”
- [40] 3G and 4G Wireless Blog (2008). "LTE Roll out updates from the 4th LTE World Summit in London." <http://3g4g.blogspot.com/2008/11/lte-roll-out-updates-from-4th-lte-world.html>
- [41] 3GPP (2011). “3GPP Radio Access Networks LTE-Advanced Status”
- [42] 4G Americas (2011). "Chunghwa Telecom Laboratories and Alcatel-Lucent empower Taiwan to enter the global 4G LTE market." <http://www.3gamericas.org/index.cfm?fuseaction=pressreleasedisplay&pressreleaseid=3117&printfriendly=1>
- [43] Abdullah AlYousef (2012). “Railway Telecommunication System in Desert Environment.” Special pre-conference LTE workshop, 2012. 2. 27, Vienna: RAILTEL
- [44] Anki Mittal (2007). India as a Playground for Spectrum Management in Developing Nations. CITNE
- [45] Antonio E. Lopez (2012). “Railway networks as a foundation for telecom networks.” Special pre-conference LTE workshop, 2012. 2. 27, Vienna: RAILTEL
- [46] Bin Ning et al(2004). "CTCS-Chinese Train Control System," Computers in Railways IX-Computer System Design Operation in the Railway and Other Transit Systems. Vol. 103, WIT Press: Dresden, Germany, pp. 262~272
- [47] CASSIDIAN (2010), “Radio networks and solutions delivered by Cassidian.”
- [48] Caudron Vincent (2012). “Keys for the successful operation of a GSM-R network.” Special pre-conference LTE workshop, 2012. 2. 27, Vienna: RAILTEL
- [49] Chandrika Prasad and Peter Winter (2010). "Indian Automatic Train Control," IRSE News, Issue 159, pp. 2~7
- [50] Commission for Communication Regulation (2010). Proposed licensing regime for GSM for railway operations spectrum.

- [51] COSTAS D. MELISSINOS (2012). "Upgrades: Lessons from the Tendering Process." Special pre-conference LTE workshop, 2012. 2. 27, Vienna: RAILTEL
- [52] Dan Macdoc (2012). "User Requirements for a Railway Radio Digital System." Special pre-conference LTE workshop, 2012. 2. 27, Vienna: RAILTEL
- [53] ERRAC (2011). Rail route 2050: The Sustainable Backbone of the Single European Transport Area
- [54] ETRI (2011), 『재난안전무선통신망 구축 현황 및 전망』
- [55] European Commission (2009). Commission Decision of 22.7.2009
- [56] European Railway Review (2011). "Alcatel-Lucent and Adif jointly research communications technologies for improving high-speed rail transportation." <http://www.europeanrailwayreview.com/11059/rail-industry-news/alcatel-lucent-and-adif-to-jointly-research-communications-technologies-for-improving-high-speed-rail-transportation/>
- [57] F. Van Geel (2012). "Generating ROI on Telco Assets / GSM-R." Special pre-conference LTE workshop, 2012. 2. 27, Vienna: RAILTEL
- [58] Federal Railroad Administration (2009). Research Result - The North American Joint Positive Train Control (NAJPTC) Project.
- [59] Frank D Roskind (2009). POSITIVE TRAIN CONTROL SYSTEMS - ECONOMIC ANALYSIS, Office of Safety Analysis.
- [60] Gerald Sauprigl (2012). "Mobile communications for railways from managing GSM-R to entertaining your customers." Special pre-conference LTE workshop, 2012. 2. 27, Vienna: RAILTEL
- [61] Gerhard Fritze M.Sc (2008). "The Core Network for LTE"
- [62] Government Accountability Office (2010). Federal Railroad Administration Should Report on Risks to the Successful Implementation of Mandated Safety Technology.
- [63] Huawei. www.huawei.com
- [64] ____ (2011). Huawei GSM-R Customer Reference.
- [65] Iku Watanabe (2011), "Trends of Radio Based Train Control Systems," RTRI

Report, Vol. 25, No. 5

- [66] ISV (2009). Brazil: High speed line Sao Paulo - Rio de Janeiro Feasibility study : Signalling and Telecommunication.
- [67] Jan Richard (2012). "How to deliver effective signalling at dense traffic centres." Special pre-conference LTE workshop, 2012. 2. 27, Vienna: RAILTEL
- [68] Jason Durk (2012). "How to better utilise rail communications to improve the on-board customer experience." Special pre-conference LTE workshop, 2012. 2. 27, Vienna: RAILTEL
- [69] Jean CELLMER (2012). "The French GSM-R project: implementing and operating a GSM-R network through a PPP." Special pre-conference LTE workshop, 2012. 2. 27, Vienna: RAILTEL
- [70] Johann Berger (2012). "Prolonging the Life of Signaling Infrastructure." Special pre-conference LTE workshop, 2012. 2. 27, Vienna: RAILTEL
- [71] Johann Garstenauer (2010), "GSM-R evolution towards LTE." IRSE New Delhi 2010
- [72] _____ (2012). "The Evolution of Railway Communication and new applications." Special pre-conference LTE workshop, 2012. 2. 27, Vienna: RAILTEL
- [73] John Stafford (2011). "European railway industries ICT perspectives - GB vision for the expected evolution," Information and Communications Technology on Trains Workshop, Prague 20th -21st
- [74] _____ (2012). "Strategy options for rail mobile communications." Special pre-conference LTE workshop, 2012. 2. 27, Vienna: RAILTEL
- [75] JR East (2009). 無線による列車制御システム(ATACS)の實用化について.
- [76] Leoš Novotný (2012). "LEO express." Special pre-conference LTE workshop, 2012. 2. 27, Vienna: RAILTEL
- [77] Light Reading Mobile (2011), "AlcaLu, Cassidian Team on 400MHz LTE." http://www.lightreading.com/document.asp?doc_id=208302
- [78] M. Aguado, E. Jacob, M.V. Higuero, Marion Berbineau and P. Saiz (2009). "Broadband Communication in the High Mobility Scenario: the WiMAX Opportunity." WIMAX New Developments, Upena D Dalal and Y P Kosta (Ed.), ISBN: 978-953-7619-53-4,

InTech

- [79] M.J.J.M. Ruesen (2012). "The future of ERTMS as a standard in Europe." Special pre-conference LTE workshop, 2012. 2. 27, Vienna: RAILTEL
- [80] Manfred Taferner (2012). "ETCS over GPRS: ERTMS insight." Special pre-conference LTE workshop, 2012. 2. 27, Vienna: RAILTEL
- [81] Marc Laperrouza (2008). "Transferring standards: lessons from GSM.R in the railway sector(Draft)," 19th European Regional ITS Conference, Luiss Guido Carli University, Rome, 18-20
- [82] Maria Leenen (2009). "The Worldwide Railway for Technology Market 2009 ~2014." SCI/Verkehr, p.23
- [83] Mark Edwards (2003). TETRA Release 2.0 Overview
- [84] Michael Liem and Veena B. Mendiratta (2011). "Mission Critical Communication Networks for Railways," Bell Labs Technical Journal, Vol.16, No. 3, pp. 29~46
- [85] Michele Mario ELIA (2012). "What is the future of telecommunications in rail?" Special pre-conference LTE workshop, 2012. 2. 27, Vienna: RAILTEL
- [86] Mick Haynes (2012). "the Hermes VPN Network for Railway Cross Border and intercompany Secure Services." Special pre-conference LTE workshop, 2012. 2. 27, Vienna: RAILTEL
- [87] Ministry of Railways (2009). Indian Railways' Vision 2020.
- [88] _____ (2010). Vision 2020 Telecom Implementation Plan.
- [89] Motorola (2005). "Deploying TETRA to Provide Communications for High Speed Rail," TETRA World Congress 2005
- [90] _____ (2007). Motorola MTS 4 TETRA Base Station.
- [91] _____ (2008). Motorola's TEDS solution.
- [92] _____ (2009). Enabling the Next Evolution of Mission Critical Data Application.
- [93] _____ (2010a). MOTOROLA'S TEDS SOLUTION-ENHANCING PERFORMANCE THROUGH DATA.
- [94] _____ (2010b). TETRA Performance at High Speed at 800MHz.

- [95] Nokia Siemens (1999). GSM-R The Railways Integrated Mobile Communication System.
- [96] _____ (2002). GSM Architecture
- [97] _____ (2007). Long Term Evolution(LTE): A Technical Overview.
- [98] _____ (2010). "GSM-R evolution towards LTE." IRSE New Delhi 2010
- [99] Norman FRISCH (2012). "Building blocks of a Smart Rail.", Special pre-conference LTE workshop, 2012. 2. 27, Vienna: RAILTEL
- [100] Olivier ANDRE (2010). "LTE and its application in Railways." Cambridge Workshop
- [101] _____ (2012). "Now you have a brand new Next Gen Network, how will it improve your business?", Special pre-conference LTE workshop, 2012. 2. 27, Vienna: RAILTEL
- [102] Peter Hausken (2012). "On board Internet connecting non-safety critical systems." Special pre-conference LTE workshop, 2012. 2. 27, Vienna: RAILTEL
- [103] Peter Winter, Jens Braband, Paolo De CiccoPatrick D (2009). Compendium on ERTMS(European Rail Traffic Management System), Railway Gazette International, pp.213~219
- [104] Railway Gazette (2011). "Huawei eyes European market." <http://www.railwaygazette.com/nc/news/single-view/view/huawei-eyes-european-market.html>
- [105] Ramon Abelleiro (2009). "Wireless PTC Technology Outline White Paper." TESSCO
- [106] Robin Llamas (2011). "TETRA for the Government & Industrial Market," TETRA Association Seminars 2011
- [107] Rysavy Research (2009). HSPA to LTE-Advanced: 3GPP Broadband Evolution to IMT-Advanced(4G).
- [108] Scott Fox et al (2009). "2.6GHz Spectrum Band - Unique Opportunity to Realize Global Mobile Broadband," Global View Partners
- [109] SK C&C (2011), "철도안전정보 종합관리시스템 구축사업 추진현황", <<철도

- 안전정보시스템 구축 중간보고회 및 워크숍», 2011. 9. 6. [코레일 대전충남본부 5층 회의실]
- [110] Stefan Schwaab (2012). “Ensuring Safety across the Banedanmark Signalling Programme.” Special pre-conference LTE workshop, 2012. 2. 27, Vienna: RAILTEL
- [111] Takashi Shima (2007). “Taiwan High Speed Rail.” Japan Railway & Transport Review, Vol 48
- [112] Terry Tse (2010). “Signal and Train Control.” Federal Railroad Administration Research & Development Program Review
- [113] TETRA News (2007) “On board for world speed record.”
- [114] The China Post (2010). “Chunghwa completes LTE tests on HSR.” <http://www.chinapost.com.tw/business/2010/10/01/274558/Chunghwa-completes.htm>
- [115] The Market (2010). “The New Age of The Train.” Vol. 6, Issue. 1
- [116] Thomas JOINDOT (2012). “Overcoming GSM-R hurdles during ERTMS implementation: The Thalys example.” Special pre-conference LTE workshop, 2012. 2. 27, Vienna: RAILTEL
- [117] Torbjørn Berger (2012). “Building core redundancy to increase reliability.” Special pre-conference LTE workshop, 2012. 2. 27, Vienna: RAILTEL
- [118] TTA (2011). “IEEE 802.16m 규격의 표준화 및 기술동향” TTA Journal Vol 134
- [119] UIC. www.uic.org
- [120] ___ (2010). “E-Train - Broadband Communication with Moving Train,” Technical Report
- [121] ___ (2011a). “UIC “Future Railways Telecommunication Systems” workshop, ” http://www.uic.org/com/article/uic-future-railways?page=thickbox_enews
- [122] ___ (2011b). “Interferences into GSM-R due to public mobile radio networks.”
- [123] UMTS Forum, (2008). “Standardising the future of mobile communications with LTE.”

- [124] UN (2010). World Urbanization Prospects The 2009 Revision. New York: United Nations.
- [125] V H F / U H F 帶電波有効利用作業班 (2006). “資料2022-3-1 - 中間報告書.”
- [126] Wikipedia Japan, ATACS-開發の歴史, <http://ja.wikipedia.org/wiki/ATACS#.E9.96.8B.E7.99.BA.E3.81.AE.E6.AD.B4.E5.8F.B2>
- [127] Wireless (2011). "Alcatel-Lucent bets on LTE for voice in public safety." http://www.wireless-mag.com/Features/12155/Alcatel-Lucent_bets_on_LTE_for_voice_in_public_safety.aspx
- [128] Wisewires (2011). 새로운 이동통신규격 LTE
- [129] Wolfgang Kalny (2012). “Next generation system of ÖBB.” Special pre-conference LTE workshop, 2012. 2. 27, Vienna: RAILTEL
- [130] 감사원 (2008), 『통합지휘무선망구축실태 감사결과보고서』
- [131] 건설교통부 (2004), 『철도안전기술개발사업 기획보고서』
- [132] 공공투자관리센터 (2009), 『2009년도 타당성 재조사 보고서, 통합지휘무선통신망 구축 사업』
- [133] 국토해양부 (2009), 『교통시설 투자 평가지침』
- [134] _____ (2010a), 『2010년도 철도안전종합시행계획』
- [135] _____ (2010b), 『열차 신호시스템 표준화 방안』
- [136] _____ (2010c), 『제2차 철도안전종합대책 발표』
- [137] _____ (2011a), 『국가 철도전용 통합무선망 기술 세미나』
- [138] _____ (2011b), 『2011년 철도통계집』
- [139] _____ (2011c), 『2011년 국토해양 통계연보』
- [140] _____ (2011d), 『국토해양부통계연보』
- [141] _____ (2011e), 『제2차 국가철도망 구축 계획(2011-2020)』
- [142] 권동수 (2012), “휴대인터넷 기술 동향”
- [143] 기산텔레콤 (2011), 『차량객실감시 시스템 - 기술소개서』
- [144] 김용규 (2011), “국가 철도전용 통합무선망”, 《국가 철도전용 통합무선망 구축》, 2011. 7. 21, [서울: 서울역 대회의실].
- [145] 김철환 (2011), “철도 전용 국가통신망 구축 필요성”, 《국가 철도전용 통합무

- 선망 구축», 2011. 7. 21, [서울: 서울역 대회의실].
- [146] 김철환 · 김범곤 · 이승철 (2011), “철도 통합무선망 구축 필요성에 관한 연구”,
《한국철도학회》 추계학술대회
- [147] 나라지표, www.index.go.kr
- [148] 방송통신위원회 (2010a), 『방송통신 미래 서비스 전략』
- [149] _____ (2010b), 『스마트워크 활성화 추진계획(안)』
- [150] _____ (2012), 『모바일 광개토 플랜』
- [151] 백중현 (2009), “기존선 속도 향상을 위한 열차제어시스템의 열차간격제어에 대한 연구”, 박사학위논문, 전북대학교 메카트로닉스공학과
- [152] 서울도시철도공사 (2010), 『스마트폰 기반의 모바일 업무지원 시스템 구현』
- [153] 에너지 관리공단 (2010), 『에너지 절약시설 자금지원으로 약 36000억원 절약 기대』
- [154] 유남철 (2006), 『디지털TRS 개념 및 기술동향』, 전자정보센터
- [155] 유럽주파수위원회 (2011). “Interferences into GSM-R due to public mobile radio networks.” UIC
- [156] 이숙진 (2011), “국가 철도전용 통합무선망 통신방식(안)”, 《국가 철도전용 통합무선망 구축», 2011. 7. 21, [서울: 서울역 대회의실].
- [157] 이종석 (2011), “2011년도 교통물류 온실가스 배출량 조사 성과발표회(철도부문)”, 《TS 온실가스 협의회》, 2011.12.19
- [158] 정보통신정책연구원 (2008), 『통합지휘무선통신망 사업효과 분석 등을 위한 연구』, 소방방재청
- [159] _____ (2009), 『재안안전 무선통신망 정책방향 수립을 위한 연구』, 행정안전부
- [160] _____ (2011), 『WiBro 활성화 및 공진화 방안 연구』
- [161] 주오스트리아대사관 (2011), “오스트리아 철도공사(ÖBB) 민영화 문제”,
http://aut.mofat.go.kr/webmodule/htsboard/template/read/korboardread.jsp?typeID=15&boardid=2896&seqno=810835&c=TITLE&t=&pagenum=2&tableName=TYPE_LEGATION&pc=&dc=&wc=&lu=&vu=&iu=&du=
- [162] 철도안전정보종합포탈, www.railsafety.or.kr
- [163] 철도전용 주파수 검토 연구반 (2008), “철도 전용 주파수 분배방안 연구”

- [164] 최규형 (2004), “철도에서의 무선통신기술 이용 동향”, 《한국철도학회지》 7(3)
- [165] 한국개발연구원 (2004), 『정보화부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 연구』
- [166] _____ (2006), 『2006년 예비타당성 조사 보고서 - 철도 통합무선망 구축(정보화) 사업』
- [167] _____ (2008a), 『2008년도 예비타당성조사 보고서 -BcN 인프라 구축 사업』
- [168] _____ (2008b), 『도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판)』
- [169] _____ (2009a), 『2009년도 타당성 재조사 보고서 - 통합지휘무선통신망 구축 사업』
- [170] _____ (2009b), 『2009년도 예비타당성조사 보고서 - 모바일융합 신산업 글로벌 경쟁력 강화 사업 예비타당성 조사』
- [171] _____ (2010a), 『2010년도 예비타당성조사 보고서 - 감성터치 플랫폼 개발 및 신산업화 지원사업』
- [172] _____ (2010b), 『2010년도 예비타당성조사 보고서 - 차세대 미디어기반 융합콘텐츠 개발 사업』
- [173] _____ (2010c), 『철도종합시험선로 구축사업 예비타당성조사』
- [174] 한국전파진흥협회 (2007), 『지하철 무선영상전송장치용 주파수 분배방안 연구 최종보고서』
- [175] _____ (2009), 『철도용 주파수 연구 최종 연구개발 결과보고서』
- [176] 한국철도공사 (2011a), 『철도전용 국가통신망 구축 필요성』
- [177] _____ (2011b), 『2010 철도통계연보』
- [178] _____ (2011c), 『제48회 2010 철도통계연보』
- [179] 한국철도기술연구원 (2006), 『고속철도 신호시스템』
- [180] _____ (2009), 『무선통신기반 열차간격제어기술(이동폐색)의 안전성향상 연구』
- [181] _____ (2011a), 『국가 철도전용 통합무선망 구축(안)』, 국가 철도

전용 통합무선망 기술 세미나

- [182] _____ (2011b), 『한국형 열차제어시스템 기술 개발 방안』
- [183] _____ (2011c), 『철도전용 통합무선망 구축(안)』
- [184] _____ (2011d), 『통계로 보는 한국철도 2010』
- [185] 한국철도시설공단 (2007a), 『신분당선 열차무선통신시스템(주파수공용 TRS방식)』
- [186] _____ (2007b), 『신분당선 열차제어시스템(RF-CBTC 방식)』
- [187] _____ (2011), 『철도 설계 편람 (정보통신편)』
- [188] 환경부 (2009), 『환경통계연감 2009』
- [189] _____ (2011), 『자동차 평균에너지소비효율기준·온실가스 배출허용기준 및 기준의 적용·관리 등에 관한 고시(환경부고시 제2011-89호)』
- [190] 효원엔지니어링 (2007), 『철도통합무선망 구축 사업추진방안 작성』, 한국철도시설공단
- [191] 통계청 (2010), 『2010년 고령자통계』
- [192] 携帯・PHS関連 @Wiki (2011), “700MHz帯の周波数再編案,”
<http://www6.atwiki.jp/k-p/pages/62.html>