과제번호

철도교통 위치검지시스템 기술개발 기획연구 기획보고서

2012

국토해양부 한국건설교통기술평가원

Land Transpot and Maritime R&D Report

미래철도기술개발사업

R&D /

철도교통 위치검지시스템 기술개발 기획연구 기획보고서

2012. 02. .

주관연구기관 / 한국철도기술연구원
공동연구기관 / 경북대학교

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

제 출 문

국토해양부 장관 귀하

이 보고서를 "철도교통 위치검지시스템 기술개발 기획연구"과제의 보고서로 제출합니다.

2012. 02.

주관연구기관명 : 한국철도기술연구원
주관연구책임자 : 신 경 호
연 구 원 : 신 덕 호
" : 김 건 엽
위탁연구기관명 : 경북대학교
위탁연구책임자 : 박 준 구

보 고 서 요 약 서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>11미래철도
-</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>2011.08.03
~
2012.02.02</td><td>단 계 구 분</td><td>1차년도
/1차년도</td></tr>
<tr><td colspan="2">연 구 사 업 명</td><td colspan="4">미래철도연구개발사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>대 과 제 명</td><td colspan="4">철도교통 위치검지시스템 기술개발 기획연구</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책 임 자</td><td rowspan="2">신 경 호</td><td>해당단계
참 여
연구원수</td><td>총 : 8명
내부 : 4명
외부 : 4명</td><td>해당단계
연 구 비</td><td>정부 : 100,000천원
기업 : 천원
계 : 100,000천원</td></tr>
<tr><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 8명
내부 : 4명
외부 : 4명</td><td>총연구비</td><td>정부 : 100,000천원
기업 : 천원
계 : 100,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">한국철도기술연구원
지능형도시철도제어연구실</td><td>참여기업명</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="5">상대국명 : 상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="5">연구기관명 : 경북대학교 연구책임자 : 박준구</td></tr>
<tr><td colspan="4">요 약</td><td>보고서면수</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="6">국내외적으로 철도교통망의 투자가 확대되고 있는 가운데, 저비용·고효율 철도시스템 구축 및 운영기술의 수요가 증대되고 있음. 철도교통에서의 위치정보는 철도시스템 전반에 대한 효율성, 안전성, 편의성 개선이 가능한 기초 정보로서 국외의 경우 위성항법, 트랜스폰더 등의 위치검지기술 적용을 통해 위치정보의 품질향상과 함께 차상중심의 위치검지기술을 개발하는 등 위치검지시스템의 효율성 제고를 추진 중에 있음.
따라서 본 보고서에서는 정책, 경제, 기술적 분석 및 수요조사를 통해 후보기술을 도출하고 타당성 검토를 통해 고효율, 고정밀 열차위치검지 핵심기술 개발을 위한 총 3개의 세부과제를 도출하고 RFP를 도출하여 제시하였음.
세부과제 1: 고정밀, 고효율 철도교통 위치검지 기술개발
세부과제 2: 고정밀, 고효율 철도교통 위치검지 시험평가 기술개발
세부과제 3: 철도선로 및 시설물 기반정보 구축 플랫폼 기술개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어
(각 5개 이상)</td><td>한 글</td><td colspan="4">철도, 위치, 융합, 효율성, 기획</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="4">Railroad, Location, Fusion, Efficiency, Plan</td></tr>
</table>

목 차

[국문 요약문] ····· 1

[영문 요약문] ····· 4

제 1 장 연구과제 개요 ····· 1
제 1 절 철도교통 위치검지시스템 기획연구의 개요 ····· 1
1. 기획연구의 추진배경 ····· 1
2. 기획연구의 필요성 ····· 2

제 2 장 기술개발전략 수립 ····· 5
제 1 절 기획 필요성 ····· 5
1. 기획 배경 ····· 5
2. 기획 목적 및 추진방향 ····· 6
제 2 절 국내외 동향 및 환경분석 ····· 14
1. 국내외 정책동향 및 분석 ····· 14
2. 국내외 경제동향 및 분석 ····· 46
3. 국내외 기술개발 동향 및 분석 ····· 60
4. 기술개발을 위한 인프라 및 기반역량 분석 ····· 235
제 3 절 기술 수요 및 예측 ····· 241
1. 기술수요조사 및 결과 ····· 241
2. 기술예측 ····· 259

제 4 절 기술개발 방향 설정 ····· 264
1. 분석결과 종합 ····· 264
2. 비전 및 목표 ····· 273
3. 기술개발에 따른 미래상 ····· 275
제 5 절 후보과제 도출 및 정의 ····· 278

제 3 장 연구개발과제 추진체계 ····· 279
제 1 절 기획대상과제 선정 및 조정결과 ····· 279
1. 중간평가의견 검토결과 ····· 279
2. 후보과제 검토결과 ····· 280
3. 후보과제 조정(안) ····· 282
4. 후보과제 조정(안) - 기획타당성검토위원회 결과 반영 283
제 2 절 연구개발과제 추진체계 ····· 284

제 4 장 연구개발과제 주요내용 및 기대효과 ····· 285
제 1 절 연구개발과제 주요내용 ····· 285
제 2 절 연구개발과제 활용방안 ····· 287
제 3 절 기대효과 ····· 289

제 5 장 연구개발과제 소요예산 ····· 293
제 1 절 (연구단) 고정밀 철도교통 위치검지 기술개발 과제 소요예산 ····· 293

[참고문헌] ····· 295

(별권1) 철도교통 위치검지시스템 기술개발 기획연구과제 기획보고서

<표 목차>

[표 1] 국내철도 미래예측(2020년도, 국토해양부) ····· 19
[표 2] 지역별 세계시장 전망 ····· 58
[표 3] 국내 CBTC 시스템 도입 현황 ····· 61
[표 4] 유진전기 HS4 차륜센서 사양 ····· 120
[표 5] Balise의 기술적인 특징 ····· 122
[표 6] 도시철도용 위치보정용 RFID 리더 사양 ····· 125
[표 7] 도시철도용 위치보정용 RFID 안테나 사양 ····· 125
[표 8] 도시철도용 위치보정용 RFID TAG 사양 ····· 126
[표 9] DRS05 도플러레이더센서의 성능 사양 ····· 129
[표 10] 노바텔 OEMV-2 수신기 성능사양 ····· 132
[표 11] 노바텔 OEMV-2 수신기 성능사양 ····· 137
[표 12] 일반철도 및 고속철도 검측차 사양 비교 ····· 146
[표 13] 1D 측위 알고리즘의 성능 ····· 161
[표 14] ERTMS/ETCS와 RUNE 간의 성능 비교 ····· 166
[표 15] 국외 고속유지보수검측차 위치검지기술 비교 ····· 188
[표 16] 연도별 수치지형도 제작 및 수정 현황 ····· 189
[표 17] ITS 전자도로지도 중앙 DB 내용 ····· 193
[표 18] 교통 DB 구축대상 ····· 194
[표 19] 데이터베이스 입력내용 ····· 195
[표 20] 일본의 수치지도 2500(기본지리정보 데이터) ····· 201
[표 21] XTD사가 DMC 디지털카메라를 도입하여 수행한 주요사업 현황 203
[표 22] 단위철도의 비공간데이터 항목 ····· 204
[표 23] 철도교차점의 비공간데이터 항목 ····· 205
[표 24] 단위철도면의 비공간데이터 항목 ····· 206
[표 25] 세부도화 묘사의 허용 오차범위 ····· 207

[표 26] 국내 철도 시설물 도면 현황 ····· 208
[표 27] GEORAIL 성과의 주요 적용분야 ····· 210
[표 28] 국내 일반철도 및 고속철도에 적용중인 무선통신 방식 ····· 223
[표 29] 후보기술별 특징 비교 ····· 231
[표 30] 후보기술별 장단점 비교 ····· 232
[표 31] 국외기술 인프라 및 역량 비교분석(차상중심 위치검지기술분야) · 240
[표 32] 국외기술 인프라 및 역량 비교분석(고속유지보수검측차
위치검지기술) ····· 241
[표 33] 국외기술 인프라 및 역량 비교분석(RFID 기술분야) ····· 241
[표 34] 국토해양부의 국가연구개발사업 및 시범사업 현황 ····· 242
[표 35] 타 부처의 국가연구개발사업 및 시범사업 현황 ····· 244
[표 36] 철도교통 위치검지기술 국내 인프라 및 역량분석 ····· 245
[표 37] 위성항법 및 관성항법기술 국내 인프라 조사 ····· 246
[표 38] 국내 기술 인프라 세부항목별 역량 비교 ····· 247
[표 39] 철도교통 위치검지정보 세부적용 분야 조사 결과 ····· 258
[표 40] 현재 운영 중 또는 도입 검토 중인 신호시스템 ····· 266
[표 41] 위치검지 신기술 적용 열차제어시스템 현황 ····· 267
[표 42] 국내외 동향 및 환경분석 결과 종합 ····· 271
[표 43] 철도교통 위치검지 기술개발의 SWOT 분석 ····· 279
[표 44] 후보과제 #1 기술개발에 따른 미래상 ····· 282
[표 45] 후보과제 #2 기술개발에 따른 미래상 ····· 283
[표 46] 후보과제 #3 기술개발에 따른 미래상 ····· 284
[표 47] 후보과제 도출 목록 ····· 285
[표 48] 기획과제 중간평가 의견에 대한 검토결과 ····· 287
[표 49] 기획과제 자문위원회 구성명단 ····· 288
[표 50] 후보과제 검토결과 ····· 289

<그림 목차>

[그림 1] 열차제어시스템기술동향 및 국내 구축 현황 ····· 3
[그림 2] 연구추진체계 ····· 11
[그림 3] 녹색건물·교통 핵심사업의 주요 지표 ····· 15
[그림 4] 국가철도망 구상도 ····· 17
[그림 5] 제2차 국가철도망 구축계획도 ····· 20
[그림 6] 중국종단 8종 철도노선 ····· 30
[그림 7] 중국횡단 8횡 철도노선 ····· 30
[그림 8] 4종, 4횡의 여객전용선 건설 노선도 ····· 34
[그림 9] 미국내 수송수단별 화물운송 추이 ····· 35
[그림 10] 미국 고속철도 계획 구간 ····· 36
[그림 11] 미국의 고속철도 노선별 건설계획 ····· 37
[그림 12] 미국 고속철도 투자계획 ····· 38
[그림 13] 미국 철도망 ····· 40
[그림 14] 1980년대 이후 미국 화물철도 생산성 추이 ····· 41
[그림 15] 화물 운송량과 에너지 소모량 비교 ····· 42
[그림 16] 미국 화물철도의 온실가스 배출량 ····· 43
[그림 17] 독일의 교통부분 투자계획 ····· 45
[그림 18] 프랑스 철도망 현황 ····· 46
[그림 19] 철도산업 연구에 따른 세계 철도시장 발전 예측 ····· 55
[그림 20] 2000~2014년 화물수요의 세계시장 성장예측 ····· 55
[그림 21] 2000~2014년 철도 여객교통 수요예측 ····· 56
[그림 22] 2008~2015년 철도기술의 세계시장 성장예측 ····· 57
[그림 23] 2009년 국가별 세계시장 점유순위 ····· 59
[그림 24] 2005년 ~2009년 열차제어 및 관제시스템 분야 세계시장 점유율 60
[그림 25] 열차제어기술 발전단계 ····· 60

[그림 26] 철도교통 위치검지기술분야 연도별 누적 출원건수 ····· 64
[그림 27] 철도교통 위치검지 기술분야 출원건수 및 출원인수 ····· 65
[그림 28] 하부기술 분야별 출원동향 ····· 65
[그림 29] 철도교통 위치검지기술 국가별 출원현황 ····· 66
[그림 30] 철도교통 위치검지 기술분야의 국가별 특허수준 및 시장확보력 68
[그림 31] 철도교통 위치검지기술분야 우선권 점유율 ····· 69
[그림 32] 철도교통 위치검지 기술특허 국가별 우선권 점유율 ····· 70
[그림 33] 하부 적용분야 및 연도별 출원동향 ····· 71
[그림 34] 국가별 기술분포 현황 ····· 73
[그림 35] 특허수준 및 시장확보력 ····· 74
[그림 36] 주요 출원인 및 연도별 출원동향 ····· 75
[그림 37] 주요 출원인 및 연도별 출원건수(I) ····· 75
[그림 38] 주요 출원인 및 연도별 출원건수(II) ····· 76
[그림 39] 주요 출원인별 특허 집중분야 ····· 77
[그림 40] 타 교통 위치검지기술분야 연도별 출원건수 ····· 85
[그림 41] 연도별 전체 출원건수/출원인수 및 포트폴리오 ····· 85
[그림 42] 국가별 출원 현황 및 우선권 점유율 ····· 86
[그림 43] 전체 기술별, 연도별 출원동향 ····· 87
[그림 44] 세부기술별 특허출원 동향 ····· 88
[그림 45] 기술분야별 적용기술 동향 ····· 89
[그림 46] 궤도회로 기본 구성 ····· 115
[그림 47] DC용 AF궤도회로의 구성 ····· 116
[그림 48] AC용 AF궤도회로의 구성 ····· 117
[그림 49] 차륜센서의 구조 ····· 119
[그림 50] 틸팅열차내 차륜센서 설치 예 ····· 119
[그림 51] 발리스 및 발리스안테나 ····· 122
[그림 52] Balise의 동작 구성도 ····· 122

[그림 53] CBTC 열차제어시스템 차상장치 내부 구성도 ····· 124
[그림 54] 도시철도용 위치보정용 RFID 리더 ····· 125
[그림 55] 도시철도용 RFID 안테나 ····· 125
[그림 56] 위치보정용 RFID TAG ····· 126
[그림 57] 킬로정표지 ····· 127
[그림 58] 철도용 도플러 레이더 센서 ····· 127
[그림 59] 철도용 도플러 레이더 센서 내부구조 ····· 128
[그림 60] DRS05 도플러레이더센서와 지면간의 관계 ····· 129
[그림 61] NTRIP 서비스 구성도 ····· 132
[그림 62] 비결합 방식의 GPS/INS 통합 시스템 ····· 133
[그림 63] 약결합 방식 통합 시스템 ····· 134
[그림 64] 한국형 틸팅열차의 틸팅제어시스템 구성도 ····· 136
[그림 65] 신형전기기관차 운전자지원장치 설치상태 ····· 139
[그림 66]신형전기기관차 운전자지원장치 설정화면 ····· 140
[그림 67] 운전자지원장치 표시화면 ····· 140
[그림 68] KTX 운전자지원장치 설치상태 ····· 140
[그림 69] KTX 운전자지원장치 GPS 안테나 위치 ····· 141
[그림 70] XROIS 시스템 초기화면 ····· 142
[그림 71] XROIS내 실시간 열차운행상황 모니터링 ····· 142
[그림 72] 전주인식기반 전차선 검측시스템 구성 ····· 143
[그림 73] 전차선 검측시스템 내부 구조 ····· 144
[그림 74] 유지보수 검측차(EM120, Roger 1000K, IVOIRE) ····· 146
[그림 75] 한국형고속철도 및 차세대고속철도 ····· 147
[그림 76] ETCS 열차제어장치와 INTEGRAIL Mobile Unit와의 구성 관계 ····· 150
[그림 77] INTEGRAIL Mobile Unit 외관 ····· 151
[그림 78] INTEGRAIL Mobile 내부 구성 블록도 ····· 152

[그림 79] INTEGRAIL Mobile Unit 내외부 인터페이스 블럭도 ····· 152
[그림 80] INTEGRAIL 센서 융합 알고리즘 ····· 155
[그림 81] INTEGRAIL 통신망 구성도 ····· 156
[그림 82] 중앙서버의 GUI환경 ····· 156
[그림 83] LogServ/CargoServ 시험선 ····· 157
[그림 84] LOCOLOC 프로젝트와 LOCOPROL 프로젝트간의 관계 ····· 159
[그림 85] LOCOLOC 프로젝트의 열차위치검지장치 구성도 ····· 160
[그림 86] 1D 측위 방법 ····· 161
[그림 87] APOLO 시스템 구조 ····· 163
[그림 88] ETCS 적용 수준 ····· 164
[그림 89] RUNE 내부 구성도 ····· 165
[그림 90] RUNE 데이터퓨전 소프트웨어 구성도 ····· 166
[그림 91] GADEROS 기본구성도 ····· 169
[그림 92] GNSS기반 열차측위장치의 차상시험 구성도 ····· 170
[그림 93] 상호운영성 모의시험환경 ····· 170
[그림 94] 열차운영감시를 위한 기본 개념도 ····· 171
[그림 95] DemoOrt 시스템 구성도 ····· 173
[그림 96] 와전류센서와 레일간의 관계 ····· 173
[그림 97] 와전류센서 출력특성 ····· 174
[그림 98] 분기부 통과시 와전류센서 출력신호 비교 ····· 174
[그림 99] DemoOrt 선로DB매핑 절차 ····· 175
[그림 100] PTC 시스템 구성도(Alaska CAS) ····· 176
[그림 101] PTC 시스템 구성(NAJPTC) ····· 177
[그림 102] NAJPTC의 위치검지 차상장치 내부 구성도 ····· 177
[그림 103]] PTC 시스템 제작사 목록 ····· 182
[그림 104] Archimede 고속종합검측차 ····· 183
[그림 105] Archimede 위치검지시스템 적용 센서 ····· 183

[그림 106] Archimede 위치검지시스템 적용 사례 ····· 183
[그림 107] 프랑스 IRIS 320 외형 및 편성 조합 ····· 184
[그림 108] EAST-i 고속종합검측차 ····· 185
[그림 109] 일본 East-i 데이터처리 프로세스 ····· 185
[그림 110] CRH380A-001, CRH380B-002 고속종합검측차 ····· 186
[그림 111] CRH380 위치검지시스템 ····· 187
[그림 112] CRH380 위치검지 성능(반복시험 정확성) ····· 187
[그림 113] EM 250 검측차 ····· 188
[그림 114] 1/5,000 수치지도 제작현황 ····· 190
[그림 115] 도시정보시스템의 구조 ····· 191
[그림 116] 미국의 디지털카메라 항공촬영 현황(2004년) ····· 196
[그림 117] 네브래스카 주의 농경지도제작용 촬영 영상 ····· 196
[그림 118] USGS National Map ····· 197
[그림 119] OS Master Map ····· 198
[그림 120] TLS 디지털카메라 시스템과 지상영상을 이용한 요코하마시의 3차원 모델링 ····· 199
[그림 121] 독일 베를린 지역을 촬영한 칼라영상 ····· 202
[그림 122] UltraCamD 카메라를 이용하여 제작한 Salzburg Anif 지역의 수치지형도와 수치표고모델 ····· 202
[그림 123] 교통(철도)분야 수치지도 ····· 203
[그림 124] 단위철도의 공간 및 비공간 데이터 ····· 204
[그림 125] 철도 교차점의 공간 및 비공간 데이터 ····· 205
[그림 126] 단위철도면의 공간 및 비공간 데이터 ····· 206
[그림 127] 철도교통 DB구축 시 적용 가능한 GIS 국제표준 ····· 209
[그림 128] GEORAIL에서 조사된 선로DB 구축기술 ····· 209
[그림 129] 화물탑재 시험방안 ····· 211
[그림 130] 시험열차 구성 및 탑재 방안 ····· 211

[그림 131] 선로DB구축 타당성 검토시험 준비 ····· 212
[그림 132] 시험열차 구성 ····· 212
[그림 133] 시험열차 제약 사항 ····· 213
[그림 134] 시험 궤적 ····· 213
[그림 135] 후처리 절차 및 결과 ····· 214
[그림 136] 위치 정확성 품질 ····· 215
[그림 137] 자세 정확성 품질) ····· 215
[그림 138] LiDAR 검측 결과 ····· 216
[그림 139] 위성항법기반 열차위치검지장치 내부 구성 ····· 221
[그림 140] 위성항법기반 열차위치정보 성능 요구사항 ····· 222
[그림 141] VHF열차무선통신망과 음영지역 ····· 223
[그림 142] GSM-R 주파수 대역 ····· 225
[그림 143] 미국의 700MHz 주파수 대역 할당 사례 ····· 226
[그림 144] 철도전용 통합무선통신망 구축 활동 일정 ····· 228
[그림 145] 철도전용 통합무선망의 용도 ····· 229
[그림 146] Faiveley사의 Wiegand 차륜센서 ····· 234
[그림 147] Faiveley사 도플러레이더센서 ····· 236
[그림 148] 기술수요조사 수행절차 ····· 248
[그림 149] 1차 설문조사 공문 ····· 249
[그림 150] 1차 수요조사 설문지 ····· 250
[그림 151] 2차 수요조사 설문지 ····· 251
[그림 152] 국내 철도교통분야 위치검지기술 적용현황 ····· 252
[그림 153] 국내 철도교통 위치검지기술개발 필요성 인식수준 ····· 252
[그림 154] 위치검지기술의 성능요구사항 분류기준 ····· 253
[그림 155] 적용분야별 정확성 요구사항 설문결과 ····· 253
[그림 156] 위치검지기술 내구성 요구사항 ····· 254
[그림 157] 위치검지기술 안전성 요구사항 ····· 254

[그림 158] 위치검지기술 가용성 요구사항 ····· 255
[그림 159] 위치검지기능 수행 주체 조사결과 ····· 255
[그림 160] 철도교통 적용가능 위치검지기술 조사결과 ····· 256
[그림 161] 현 철도교통 선로시설물 정보화 개선 필요성 조사결과 ····· 256
[그림 162] 3차원 선로시설물 기반정보 구축 필요성 조사결과 ····· 256
[그림 163] 3차원 선로DB 구축 효율화기술 필요성 ····· 257
[그림 164] 철도교통 위치정보 활용분야 분포 ····· 257
[그림 165] 시설물 유지보수관련 위치오차 발생 현황 ····· 259
[그림 166] 각 분야별 시설물 유지보수관련 위치오차 발생수준 ····· 259
[그림 167] 유지보수 분야별 시설물 위치확인 방법 ····· 260
[그림 168] 시설물 위지정보 요구 정확성 수준 ····· 260
[그림 169] 각 분야별 시설물 위치정보 요구 정확성 수준 ····· 261
[그림 170] 열차운전시 열차위치정보의 실시간 확인 필요성 ····· 262
[그림 171] 열차운전시 요구되는 열차위치 정확성 수준 ····· 263
[그림 172] 열차운전시 요구되는 시설물 종류 ····· 263
[그림 173] 열차제어시스템의 기술발전 동향 ····· 267
[그림 174] 철도교통 트랜스폰더 기술 현황 ····· 268
[그림 175] 위성항법기술의 미래예측 전망(ENC 2011) ····· 269
[그림 176] 연구개발 비전 및 목표 ····· 280

요 약 문

I. 제목

○ 철도교통 위치검지시스템 기술개발 기획연구

II. 기획연구의 목적 및 필요성

○ 철도교통의 효율적인 위치검지 시스템 개발을 위한 철도교통 분야별 위치결정기술 개발 방안 수립
- 철도교통 차량 및 운행환경별 위치검지기술의 적용방안 제시
- 철도교통 위치검지기술의 활용방안 및 실용화 방안 제시

III. 기획연구의 내용 및 범위

○ 철도교통 위치검지 기술개발 동향 및 환경분석

○ 연구목표 및 연구내용, 추진 전략 수립
- 세부과제 도출 및 세부과제별 연구내용 수립
- 과제별/연차별 연구내용 및 목표제시
- 연구성과 달성 기준 및 측정 방안 마련
- 연구목표의 구체화 및 정량화
- 연구개발 타당성 검토

○ 연구개발 사업제안서(RFP) 도출
- 세부 추진 과제 도출 및 개발 목표 설정

- 연구개발 내용 및 추진전략 도출
- 연구성과 활용방안 및 기대효과 제시

IV. 기획과제의 결과

○ 국내외 정책 동향 및 환경분석, 기술분석을 통해 기술개발의 타당성 확보 및 연구 방향 설정

○ 고정밀 철도교통 위치검지 핵심 요소기술 개발을 위한 총 3개의 세부과제를 도출

○ 연구과제 및 연구개발 주요 연구개발 내용

- 1세부: 고정밀, 고효율 철도교통 위치검지 기술개발
    - 고정밀 차상중심 열차위치검지시스템 개발
    - 철도교통용(최고속도 400km/h급) 저전력 트랜스폰더 기술개발
- 2세부: 고정밀, 고효율 철도교통 위치검지 시험평가 기술개발
    - 고정밀 차상중심 열차위치검지시스템 성능평가 기술 개발
    - 철도교통용(최고속도 400km/h급) 저전력 트랜스폰더 품질안전 확보 기술 개발
- 3세부: 철도선로 및 시설물 기반정보 구축 플랫폼 기술개발
    - 철도선로 및 시설물 기반정보 수집 자동화기술 개발
    - 철도선로 및 시설물 기반정보 플랫폼 운영관리기술 개발

V. 기대효과

○ 사회적 기대효과

- 철도시스템의 운영 및 유지보수 효율성 개선을 통한 철도수송 분담률 증대
- 철도 이용률 증대에 따른 탄소배출량 감소 등 대기오염물질 발생감소효과를 통한 녹색환경 조성으로 국민의 삶의 질 향상에 기여
- 철도 시스템 안전성 확보로 철도사고 발생률 저감

- “선”기반의 1차원 철도공간정보를 3차원 공간정보로 확장 시 지리정보기반의 비상대응 체계 마련 가능
- 최근 국내에서 발생한 정차역사 무정차 통과, 유지보수작업자 인명사고 등은 정확한 열차의 위치정보가 제공되지 못해 발생한 사고로서 고정밀, 실시간 열차위치정보의 확보 시 철도사고의 발생률 저감에 기여

○ 경제적 기대효과
- 고속종합검측차를 통한 검측위치 정확성 향상으로 선로, 전기, 신호, 통신 등 선로 시설물의 유지보수 효율성 증대
- 3차원 선로 및 시설물 기반정보 확보 시 유지보수 지점의 용이한 확인이 가능하여 유지보수 효율성 향상
- 최근 철도시스템의 기술 트랜드는 고효율·저비용·고안전 철도기술로서 철도교통 위치검지기술은 현재의 기술 트랜드에 부합하는 기술로서 향후 수요가 증대될 것으로 예상됨
- 고정밀, 고효율 철도교통 위치검지기술 국내 개발 시 각종 유지보수, 열차제어, 운영관제/감시, 안전분야 등 다양한 철도분야에 적용이 가능하며, 이를 통해 철도시스템 전반의 효율성 향상이 가능함
- 현재 국내 및 전세계적으로 친환경 녹색교통수단인 철도교통망의 확충계획이 수립되어 고속철도 및 기존선 고속화 등 신규노선 구축 및 기존선 개량사업 등 철도시장의 확대가 예상됨

○ 기술적 기대효과
- 철도교통망의 효율성, 안전성, 편의성 도모가 가능함
- 차상중심 위치검지기술 및 철도선로 및 시설물 기반정보는 무선통신기술과 연계 시 다양한 철도적용기술 개발이 가능함
- 고정밀, 고효율 철도교통 위치검지기술은 국내외적으로 표준화가 완료되지 못한 상황으로, 신속한 연구개발을 통해 선진국과의 기술격차를 단축할 경우 기술표준화가 가능함
- 국외제품의 도입 및 설치가 진행 중인 철도교통 트랜스폰더를 고속인식 및 저전력 방식으로 국산화 개발 시 세계시장에서의 기술 경쟁력 확보 가능

SUMMARY

I. Title

○ Research Planning for Technology Development of Railway Location System

II. Objectives and Necessity of the Study

○ To establish development plan of location determination methods for each railway transportation field that leads to development of efficient railway location system
- To propose application strategies for different railway vehicles and for different operation environments
- To suggest strategies for utilization and commercialization of railway location systems

III. Scope and Contents of the Study

○ Analysis on the trends and background of the development of railway location methods

○ Identification of research objectives, research contents and strategies
- Identifying sub tasks and defining the research scopes
- Suggesting research items and goals for the sub tasks
- Developing criteria and assessment methods for research outcomes

- Actualization and quantification of research goals
- Feasibility study on the research development

○ Development of Request for Proposal
- Listing sub tasks and setting up their goals
- Developing the research items and strategies
- Presenting the application strategies and effects of the research outcomes

IV. Result of the Study

○ Feasibility verification of the research and research direction setup based on the study of related policy trends and environment and technology analysis

○ Development of three sub projects for the development of core technologies of efficient and accurate train location system

○ Research projects and their contents
- Project 1: Technology development train location system with high accuracy and high efficiency
  - Development of onboard train location detection system
  - Development of performance assessment methods for the developed system
- Project 2: Development of RFID technology for railway locations and track information
  - Development of low-powered RFID readers and tags for fast moving environments
  - Development of safety improvement methods for railway RFIDs
- Project 3: Technology development for database building platform for tracks and railway facilities
  - Development of automation method for information gathering of

tracks and railway facilities

- Technology development for operation management of platform for railway tracks and facilities

V. Expected Effectiveness of the Study

○ Social Effects

- Increased railway transport capacity by improving efficiency of system operation and maintenance
- Improved quality of life by supporting green environments with reduced CO2 emission
- Reduced number of railway accidents by securing safety of railway system
- Improved emergency response capability by obtaining 3-dimensional railway space information compared to conventional line-based 1-dimension
- Reduced number of railway accidents especially when the recent railway accidents and train pass-by incidents were mainly due to the absence of train location information

○ Economical Effects

- Improved efficiency of maintenance for track, electricity, signalling, and communication facilities by increasing the location accuracy of high speed inspection trains
- Improved efficiency of maintenance with easier determination of the maintenance points based on the 3-dimensional track database
- Increased demands for the technology since the railway location system follows the technology trend with high-efficiency, low-cost and high-safety

- Improved efficiency of entire railway system since the developed high-accuracy high-efficiency location system is applicable to many railway fields including maintenance, train control, operation control/monitoring and safety
- Expected enlargement of the railway market as the environmentally friendly transportations are preferred worldwide and related plans are being established including constructions of new lines and speedup of conventional lines

○ Technological Effects

- Improved efficiency, safety, and convenience of railway transportation
- Possibility of expanded technology development such as onboard train location and track database information system when combined with the wireless communication technology
- Standardization of the technology by minimizing the technology gap with advanced countries and leading the technology development
- securement of competitiveness of domestic technology in the world market with the development of low-powered RFIDs applicable in fast moving environments

제 1 장 연구과제 개요

제 1 절 철도교통 위치검지시스템 기획연구의 개요

1. 기획연구의 추진배경

최근 저탄소 녹색성장, 친환경 저에너지 기술개발이 전 세계 국가들의 중요 관심사항으로 우리 정부에서도 대통령직속 녹색성장위원회를 통해 녹색성장 국가전략을 수립하였다. 정부에서는 전 국토의 녹색성장 기반마련을 위해 탄소저감형 국토구조 개편을 위한 교통체계로의 개편을 추진하고 있으며, 철도시스템은 도로교통이나 항공교통에 비해서 높은 수송능력을 가지고 있으며, CO2를 포함한 온실가스 발생량이 적은 대표적인 저탄소 녹색성장 교통체계로서 철도중심의 녹색기간교통망 확충을 통해 녹색교통 네트워크를 확대하고 있다.

현재 국내에서 운영 중인 철도노선에 설치된 열차제어시스템은 궤도회로를 이용한 기존선의 자동열차정지장치(ATS: Automatic Train Stop), 고속선의 자동열차제어장치(ATC: Automatic Train Control)와 기존선 개량을 위해 도입, 설치된 유럽표준형 자동열차방호장치(ATP: Automatic Train Protection)가 있으며, 현재 도시철도 분야를 중심으로 열차의 운행효율성 개선이 가능한 무선통신기반 열차제어시스템의 도입과 연구개발이 추진 중에 있다.

철도교통의 운행효율성 개선을 위해서는 열차의 이동위치를 정확하고, 신뢰성이 있도록 확보하여야 하며, 기존 철도에서는 궤도회로 및 차륜센서를 이용하기 때문에 확보된 열차위치의 정확성확보에 문제가 있으며, 이를 개선해야할 필요가 있는 상황으로, 해외에서는 타 교통분야에 적용중인 위성항법시스템, 관성센서, 도플러레이더센서 등 열차에 직접적인 탑재가 가능한 다양한 위치 및 속도검지센서를 융·복합하여 열차위치의 정확성, 신뢰성, 실시간성 확보연구를 진행하고 있다.

정확하고, 신뢰성 있는 열차의 위치정보는 열차제어분야 뿐만 아니라, 화물운송, 열차운행감시, 승객서비스, 철도시설물 유지보수 등 다양한 철도교통 분야

에 활용 가능한 기초정보로서 시스템적인 열차위치정보의 파악, 확인, 관리가 필요하다.

따라서 본 기획연구에서는 철도교통의 비용절감 및 운영효율성 개선이 가능한 철도교통 위치검지시스템 개발을 위한 위치검지 융·복합 기술개발 방안을 수립하여 철도교통 차량 및 운행환경별 위치검지기술 적용방안을 마련하고 철도교통 위치검지기술의 활용방안과 실용화 방안을 제시한다.

2. 기획연구의 필요성

현재까지 철도교통분야에서의 열차위치검지는 열차제어(신호)분야에서 주로 적용되어 왔으며, 지상설비인 궤도회로와 차상설비인 차륜센서(타코메터, 오도메터)를 통해서 열차의 위치와 속도를 검지하는 방식이 적용되고 있다.

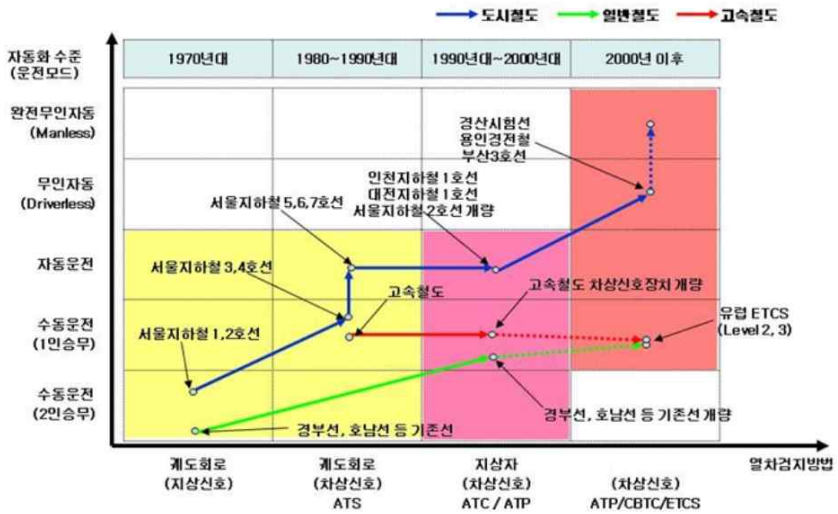
국내 대부분의 도시철도, 일반철도, 고속철도에서 적용중인 열차위치검지기술은 지상설비인 궤도회로와 차상설비인 차륜센서를 이용하고 있다. 궤도회로는 일정길이의 궤도회로내 열차의 존재검지를 통해 열차의 위치를 파악하는 장치로서 열차검지의 신뢰성은 높지만, 궤도회로내 열차 존재여부만 확인할 수 있기 때문에 열차위치검지 정확성이 궤도회로 길이로 제한되는 문제가 있다. 따라서 열차제어관점에서 선행 및 후행 열차간의 간격조정에 유동성이 떨어지므로 열차 운행밀도를 개선하기 어려운 단점이 있다. 국내의 경우 궤도회로의 길이는 철도의 종류에 따라 상이하며, 평균적으로 고속철도는 1.5km, 일반철도는 600m, 도시철도는 200m의 길이로 설치되어 있다.

열차에 설치되어 열차의 이동거리와 속도측정이 가능한 차륜센서는 차륜의 회전량을 측정하여 거리와 속도를 측정하므로, 차륜경의 오차가 거리 및 속도 오차로 발생되는 문제가 있다. 따라서 열차가 가속할 때 발생 가능한 공전(Slip)과 열차가 감속할 때 발생 가능한 활주(Slide), 차륜의 마모에 따른 차륜경 오차 등의 문제로 인하여 열차 속도 및 위치오차가 발생하고, 특히 이동거리가 실제 이동한 거리보다 더 크게 나오는 문제점을 가지고 있다.

기존의 열차제어분야에서는 궤도회로를 통해 획득한 열차위치정보를 열차방호 목적으로 사용하고 있으며, 차륜센서는 속도검지를 통해 열차의 이동속도 제어를 위한 목적으로 사용해오고 있다.

최근, 기존의 궤도회로방식의 자동열차제어(ATC : Automatic Train Control)에서 무선통신을 이용한 차상기반열차제어방식(CBTC)으로 열차제어방식이 발전 중에 있으며, 차상기반 열차제어방식에서의 운영밀도 향상을 위해서는 열차에서 직접 정확하고 신뢰성있는 열차위치를 파악할 수 있어야 한다.

국내 열차제어시스템의 기술발전은 운행방식과 통신부문의 발전과 그 맥락을 같이 하고 있으며, [그림 1]과 같이 진행되고 있다. 2000년대 이후 기존의 궤도회로기반의 열차제어시스템에서 무선통신방식을 적용하는 열차제어시스템과 속도프로파일을 적용하는 DTG(Distance to Go)방식의 ATP시스템이 철도신호시장을 주도하고 있다. 국내의 경우 신분당선이 캐나다 Thales사의 Seltrac 시스템을 도입하여 무선통신방식의 열차제어시스템을 처음으로 구축중에 있으며, 국내 철도운영 및 건설기관에서는 현재 검토 중에 있거나 향후 도입을 계획하고 있는 열차제어시스템으로 세계적인 추세를 반영하여 무선통신기술을 적용한 열차제어시스템을 고려하고 있는 상황이다.



[그림 1] 열차제어시스템기술동향 및 국내 구축 현황

현재 국내외적으로 탄소저감형 국가전략이 수립, 추진 중에 있으며, 철도교통의 교통분담률을 개선하기 위해서는 철도교통을 위한 철도 인프라 확충과 철도건설 및 운영 전반의 비용절감과 효율화, 쾌적하고 안전하고 편리한 철도이용환경의 조성이 필요한 상황이다. 따라서 열차의 정확한 위치정보의 실시

간 파악이 가능하면 열차제어분야에서는 열차운행밀도의 향상의 장점이 있으며, 안전분야에서는 열차의 실시간 감시기능 향상의 장점, 유지보수분야에서는 검측차량을 통한 철도인프라시설의 유지보수지점 정확성 향상, 기타 운송분야에서는 화물운송의 감시기능 향상 등의 장점으로 철도교통 건설 및 운영 전반의 비용절감과 운영효율성 개선이 가능하다.

또한 최근 스마트폰의 대중화를 통해 개인의 위치정보를 활용한 다양한 어플리케이션이 개발되고 활용되고 있는 추세로, 철도교통의 위치정보와 결합하여 다양한 철도용 대국민 서비스 개발이 가능하며, 이를 통해 철도교통이용률 개선 및 철도승객 서비스 향상이 가능하다.

국외의 경우 철도교통의 운영효율성 개선을 위하여 위성항법시스템, 도플러 레이더센서, 관성항법장치, RFID 등 타 교통분야에서 적용중인 위치검지기술을 철도교통환경에 접목하는 연구를 진행하고 있으며, 철도교통의 높은 안전성과 신뢰성 요구사항 만족시키기 위해 안전성, 신뢰성 향상기술들을 연구 중에 있다. 그러나 국내의 경우에는 대부분 궤도회로, 차륜센서를 이용한 기존의 위치검지기술 위주로 적용하고 있는 추세이며, 유지보수지점 확인, 신규 시제열차의 성능 평가시 GPS 위성항법시스템을 적용하는 등 단편적이고, 지엽적으로 열차위치검지기술이 적용되고 있는 상황이다.

따라서 철도건설 및 운영비용 절감 및 효율성 개선을 위해 철도교통 위치검지시스템을 종합적이고 체계적으로 관리·운영할 수 있는 기술개발 전략이 필요하며, 다음과 같은 기획연구의 수행이 필요하다.

- 국내외 철도교통 위치검지기술 동향 및 환경분석
- 철도교통 차량 및 운행환경별 위치검지기술의 적용방안 도출
- 철도교통 위치검지시스템 설계 목표 및 구축방안, 소요예산 수립
- 철도교통 위치검지시스템의 활용방안 및 실용화방안 수립

제 2 장 기술개발전략 수립

제 1 절 기획 필요성

1. 기획 배경

○ 철도시스템은 도로교통이나 항공교통에 비해 높은 수송능력을 가지고 있으며, CO2를 포함한 온실가스 발생량이 적은 대표적인 저탄소 녹생성장 교통수단으로 국내외적으로 각광을 받고 있음.

○ 국토해양부에서는 철도망을 통해 “국토를 통합다핵개방형 구조로 재편한다”는 비전아래, 전국 주요도시를 KTX 고속철도망으로 연결하는 내용을 주요 골자로 하는 제2차 국가철도만 구축계획을 2011년에 확정·고시하는 등 우리나라 정부에서도 도로교통 대비 철도교통에 대한 투자비율을 높이는 방향으로 정책을 전환

○ 철도교통망의 성장을 더욱 가속시키기 위해서는 철도시스템 전반에 대한 효율성, 안전성, 편의성 증대가 요구되며, 운행 중에 있는 열차의 위치정보는 효율성·안전성 개선을 위한 핵심정보 중의 하나임

○ 해외에서는 철도시스템의 효율성 개선을 위해 지상기반의 궤도회로에 의한 열차위치정보 획득이 아닌 RFID, 위성항법기술, 선로 MAP 정보 등을 융합·적용하여 정확성 향상이 가능한 열차위치검지시스템을 개발하고 안전성 향상기술을 접목하여 다양한 철도응용분야에 적용 중에 있음

○ 국내의 경우 철도응용분야별로 다양한 위치검지기술의 지엽·단편적인 개발로 복합적인 철도교통 운영 상황에 효율적으로 대처하기 어려움

○ 저비용 고효율적인 철도교통수단에 대한 요구 증대로 철도교통 위치검지시스템을 종합적이고 체계적으로 관리·운영할 수 있는 기술개발 전략이 필요함

○ 최근 국내 및 해외철도 시장규모의 확대 및 현저한 발전 등을 고려할 때 철도교통의 효율성, 편의성 및 안전성 증진을 위한 국가적 철도교통 위치검지시스템의 운영체계 기술개발이 필요하며, 대규모 예산 투입에 따른 예

산 효율성과 연구개발 성공 가능성을 위한 전략 및 실행방안을 제시할 사전 기획 및 세부 연구내용 도출이 요구됨

○ 열차제어시스템의 기술발전은 시설 및 운영 효율성 개선을 고려하여 궤도회로기반의 지상열차제어시스템에서 무선통신기반의 차상열차제어시스템으로 발전 중에 있으며, 열차위치정보는 안전하고 효율적인 열차제어를 위한 핵심정보로서 종합적이고, 체계적인 확보방안의 마련이 필요함

○ 최근 고속철도, 일반철도, 도시철도 열차 운행 중 정차역의 무정차 통과 및 역주행 등 1인 승무에 따른 안전사고가 다수 발생하고 있으며, 이를 예방하기 위해서는 기관사에게 정확하고 신뢰성있는 열차위치 및 철도 시설물 정보(정차역, 주의구간 등)의 제공이 필요하고, 관제센터에서도 운행 중 열차의 상세 위치정보의 확인이 가능하여야 함

○ 현재 국내외적으로 고속철도의 수요가 증대되고 있으며, 운행 정시성 확보를 위해 철도 시설물의 유지보수 효율성 개선이 필요한 상황으로, 철도 시설물 이상지점의 정확한 위치확인을 통해 유지보수 작업시간 단축 필요

2. 기획 목적 및 추진방향

가. 기획 목적

1) 기획연구 최종목표

○ 철도교통의 효율적인 위치검지 시스템 개발을 위한 철도교통 분야별 위치결정기술 개발 방안 수립

- 철도교통 차량 및 운행환경별 위치검지기술의 적용방안 제시
- 철도교통 위치검지기술의 활용방안 및 실용화방안 제시

나. 추진방향

1) 세부 연구목표 및 연구내용

연구목표	주요 연구내용
▪ 철도교통 위치검지 기술개발 동향 및 환경분석	▪ 국내외 정책/시장/기술 동향분석 ▪ 국내외 위치검지 기술수준 및 제도·기준 분석 ▪ 기존 철도교통 위치검지시스템 및 위치검지분야에 활용 가능한 유사시스템 등에 대한 기술현황 분석 ▪ 국내외 기술개발현황 및 국내 기술인프라/기술인력 현황(기업, 연구소, 대학 등) 분석 ▪ 기술수요 및 기술예측 조사 실시 ▪ 기술개발추진방향 정립
▪ 철도교통 차종별/구간별/운영상황별 적용 가능 위치검지 기술 분석	▪ RFID를 활용한 위치검지 기술동향 및 활용기술 분석 ▪ 위성항법시스템을 활용한 위치검지 기술동향 및 활용기술 분석 ▪ 복합항법시스템을 활용한 위치검지 기술동향 및 활용기술 분석 ▪ 철도교통 시설물 위치검지 기술동향 및 DB구축 현황 분석
▪ 철도교통 위치검지 시스템 개발 요구사항 분석	▪ 철도교통 위치검지 시스템 필요 분야 도출 ▪ 차종별/구간별/운영상황별 철도차량 위치검지 시스템 성능요구사항분석 및 도출 ▪ 철도교통 위치검지시스템 개발 로드맵 도출
▪ 연구목표 및 범위 설정	▪ 목표 및 연구범위 설정 ▪ 세부과제 도출 및 연구내용 설정 ▪ 세부과제 연차별/단계별 성과목표와 성과지표 설정 및 성과맵 제시
▪ 연구목표 달성을 위한 추진방안 수립	▪ 기존 기술/인프라 등의 활용 및 연계 방안 수립 ▪ 철도교통 차량별/구간별/운영상황별 위치검지 융합기술개발 추진전략 및 세부 시행계획 제시 ▪ 컨소시엄 형태 등 최적 연구추진체계 제안
▪ 연구성과물에 대한 활용방안 및 실용화 추진방안 제시	▪ 성과분석 및 검증방안 제시 ▪ 제도/정책 활용, 현장적용, Test Bed 및 시범사업 등 구체적인 실용화 방안제시 ▪ 연구성과물별 운영주체 및 활용방법 제시

▪ 연구개발과제별 인력투입 계획 및 소요예산 산정	▪ 과제구성에 따른 연구일정 및 인력투입계획 수립 ▪ 과제별 소요예산 산정
▪ 연구개발 타당성 검토	▪ 정책적 타당성 검토 ▪ 기술적 타당성 검토 ▪ 경제적 타당성 검토
▪ 과제공모를 위한 RFP 작성 및 평가기준 설정	▪ 연구목표와 내용, 추진전략 등을 바탕으로 본 과제를 공모하기 위한 RFP 작성 ▪ 연차별 평가를 위한 성과목표/지표/마일스톤의 설정, 평가방법 및 기준 설정

2) 연구내용별 상세 연구방법

연구내용	연구방법
▪ 국내외 정책/시장/기술 동향분석	▪ 국내 철도교통 위치검지 기술개발 정책 및 시장분석 ▪ 국외 철도교통 위치검지 기술개발 정책 및 시장분석
▪ 국내외 위치검지 기술수준 및 제도·기준 분석	▪ 국내외 철도교통 위치검지 기술 분석 ▪ 국내외 철도관련 규격내 위치검지 사양 분석
▪ 기존 철도교통 위치검지시스템 및 위치검지분야에 활용 가능한 유사시스템 등에 대한 기술현황 분석	▪ 국내외 철도교통 위치검지시스템 기술현황분석 (도시철도,광역철도,고속철도,자기부상열차 등) ▪ 국내외 타 교통분야 위치검지시스템 기술현황 분석(RFID,INS,GPS,DGPS)
▪ 국내외 기술개발현황 및 국내 기술인프라/기술인력 현황 분석	▪ 국내외 위치검지기술 및 관련프로젝트 현황 분석 ▪ 국내외 위치검지 기술인프라 및 기술인력 현황 분석(기업, 연구소, 대학 등)
▪ 기술수요 및 기술예측 조사 실시	▪ 철도교통 위치검지 특허동향 분석
▪ 기술개발추진방향 정립	▪ SWOT 분석 ▪ 철도교통 위치검지기술개발 추진방향 수립
▪ RFID를 활용한 위치검지 기술동향 및 활용기술 분석	▪ RFID기반 위치검지기술 동향 분석 ▪ RFID기반 철도교통 적용사례 분석

▪ 위성항법시스템을 활용한 위치검지 기술동향 및 활용기술 분석	▪ 위성항법기반 위치검지기술 동향 분석 ▪ 위성항법기반 철도교통 활용기술 분석
▪ 복합항법시스템을 활용한 위치검지 기술동향 및 활용기술 분석	▪ 위성항법/관성항법 등 복합항법 위치검지 기술 동향분석 ▪ 복합항법시스템의 철도교통 활용기술 분석
▪ 철도교통 시설물 위치검지 기술 현황 및 DB구축 현황 분석	▪ 철도교통 시설물 위치검지 기술동향 분석 ▪ 철도교통 시설물 DB구축 현황 분석
▪ 철도교통 위치검지 시스템 필요분야 도출	▪ 국내 철도교통 운영기관 수요조사 ▪ 철도교통 위치검지시스템 적용가능 분야 도출
▪ 차종별/구간별/운영상황별 철도차량 위치검지 시스템 성능요구사항 분석 및 도출	▪ 국내외 철도차량 위치검지시스템 성능요구사항 (정확성, 신뢰성, 안전성, 가용성) 분석 ▪ 차종별/운영환경별 철도교통 위치검지시스템 정량적 성능요구사항 도출
▪ 철도교통 위치검지시스템 개발 로드맵 도출	▪ 철도교통 위치검지시스템 개발 로드맵 작성 ▪ 전문가 검토를 통한 로드맵 보완
▪ 목표 및 연구범위 설정	▪ 연구목표 설정 ▪ 연구범위 설정 ▪ 연구목표 · 범위 검토 및 우선순위 설정
▪ 세부과제 도출 및 연구내용 설정	▪ 세부과제 연구목표 설정 ▪ 세부과제 연구내용 설정 ▪ 세부과제 연구목표 · 내용 검토 및 우선순위 설정
▪ 세부과제 연차별/단계별 성과목표, 성과지표 설정 및 성과맵 제시	▪ 세부과제별 연차/단계별 성과목표 수립 ▪ 세부과제별 연차/단계별 성과지표 수립 ▪ 세부과제별 성과맵 제시 ▪ 성과목표, 성과지표 검토 및 보완
▪ 기존 기술/인프라 등의 활용 및 연계 방안 수립	▪ 국내 국산화기술/인프라 현황 조사 ▪ 국산화 기술/인프라의 활용 · 연계방안 수립
▪ 철도교통 차량별/구간별/운영상황별 위치검지 융합기술개발 추진전략 및 세부 시행계획 제시	▪ 철도교통분야별 철도교통 융합기술개발 추진전략 수립 ▪ 철도교통분야별 철도교통 위치검지 융합기술 세부 시행계획 수립
▪ 연구추진체계 수립	▪ 연구개발 추진체계 수립
▪ 성과분석 및 검증방안 제시	▪ 세부과제 성과별 검증방안 제시 ▪ 성과별 검증방안 전문가 검토

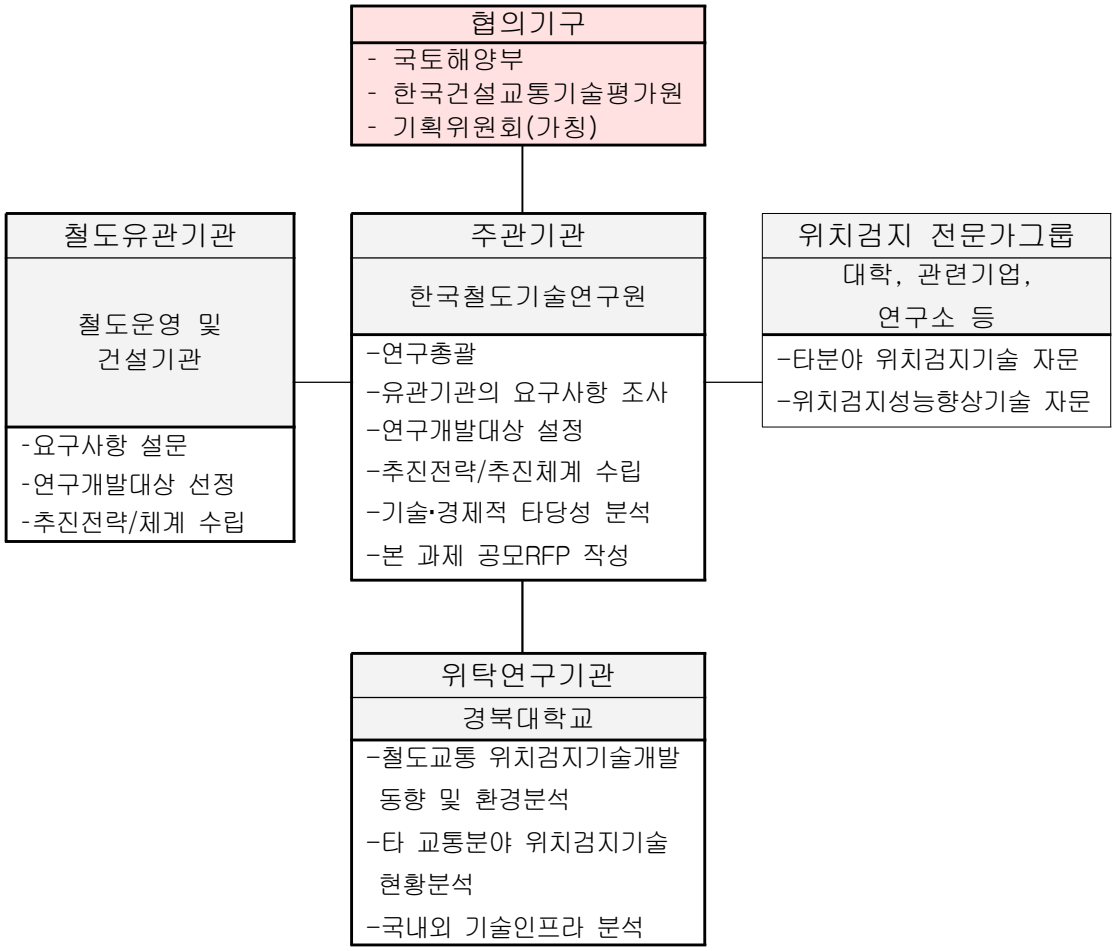
▪ 제도/정책 활용, 현장적용, Test Bed 및 시범사업 등 실용화 방안제시	▪ 세부과제 연구성과물별 상세 실용화방안 수립 ▪ 상세 실용화방안 전문가 검토
▪ 연구성과물별 운영주체 및 활용방법 제시	▪ 연구성과물별 국내 철도교통 운영기관 수요조사 ▪ 연구성과물별 적용대상 선정 및 활용방안 수립
▪ 과제구성에 따른 연구일정 및 인력투입계획 수립	▪ 세부과제별 연구일정 수립 ▪ 세부과제별 인력투입계획 수립
▪ 과제별 소요예산 산정	▪ 세부과제별 소요예산 산정
▪ 정책/기술/경제적 타당성 검토	▪ 국가 전략적 중요성, 상위계획과의 부합성, 연구개발 추진상의 위험요인과 대응방안 등에 대한 검토 ▪ 기존 연구개발과의 중복성, 기술개발 계획의 우수성, 기술 수준 및 개발 성공 가능성 등에 대한 검토 ▪ 경제/사회적 파급효과, 과학기술적 파급효과 등에 대한 검토
▪ 연구목표와 내용, 추진전략 등을 바탕으로 본 과제를 공모하기 위한 RFP 작성	▪ 연구개발 필요성 및 목표 설정 ▪ 연구개발 내용 및 추진방법 설정 ▪ 연구기간 및 예산 설정
▪ 연차별 평가를 위한 성과목표/지표/마일스톤의 설정, 평가방법 및 기준 설정	▪ 성과목표/지표/마일스톤 설정 ▪ 평가방법 및 평가기준 설정

3) 추진체계 및 방안

본 상세기획연구기간이 짧은 것을 고려하여 신속히 진행할 수 있는 연구추진전략을 마련하는 것이 요구된다. 또한 상세기획연구의 연구목표(목적)를 수행하는 과정에서 발생하는 문제점을 해결하는데 필요한 관련 기술정보의 확보, 철도 외 위성항법, 융합항법, RFID, 정보통신 분야 등의 전문가 확보 및 철도유관기관과의 협조체계를 구축하는 것도 매우 중요하다.

가) 연구 추진체계

6개월로 제한된 기간 내에 연구목표를 달성하기 위해서 연구추진체계를 주관연구기관과 위탁연구기관으로 단순 구성하여 기간대비 효율적인 기획연구 수행이 가능하도록 연구체계를 마련하였다.



[그림 2] 연구추진체계

상세기획연구의 주관기관은 한국철도기술연구원에서 담당하고, 위탁연구는 경북대학교에서 담당한다. 주관기관은 본 기획연구를 총괄하며, 국토해양부 및 한국건설교통기술평가원과 협의하여 기획연구를 수행한다. 이를 위하여 정기적으로 또는 수시로 업무진행사항을 보고한다. 주관기관과 위탁연구기관이 수행한 연구내용 중 연구대상분야 설정, 연구개발 추진전략 및 체계 등 중요한 부분에 대해서는 전문가 자문그룹, 국토부, 건교평 등의 의견을 반영하여 결정한다.

나) 기획일정 및 연구목표별 업무분장

연구목표	연구내용	추진일정(월)												연구수행기관
		1		2		3		4		5		6		
1	◎철도교통 위치검지 기술개발 동향 및 환경분석													위탁-경북대
	▪ 국내외 정책/시장/기술 동향분석													
	▪ 국내외 위치검지 기술수준 및 제도·기준 분석													
	▪ 기존 철도교통 위치검지시스템 및 위치검지 분야에 활용 가능한 유사시스템 등에 대한 기술현황 분석													
	▪ 국내외 기술개발현황 및 국내 기술인프라/기술인력 현황(기업, 연구소, 대학 등) 분석													
	▪ 기술수요 및 기술예측 조사 실시													
	▪ 기술개발추진방향 정립													
2	◎철도교통 차종별/구간별/운영상황별 적용 가능 위치검지 기술 분석													위탁-경북대
	▪ RFID를 활용한 위치검지 기술동향 및 활용기술 분석													
	▪ 위성항법시스템을 활용한 위치검지 기술동향 및 활용기술 분석													
	▪ 복합항법시스템을 활용한 위치검지 기술동향 및 활용기술 분석													
	▪ 철도교통 시설물 위치검지 기술동향 및 DB 구축 현황 분석													
	▪ 연구목표 및 세부과제 기술내용 검토 및 보완													
3	◎철도교통 위치검지 시스템 개발 요구사항 분석													주관-철도연
	▪ 철도교통 위치검지 시스템 필요 분야 도출													
	▪ 차종별/구간별/운영상황별 철도차량 위치검지 시스템 성능요구사항분석 및 도출													
	▪ 철도교통 위치검지시스템 개발 로드맵 도출													
4	◎연구목표 및 범위 설정													주관-철도연
	▪ 목표 및 연구범위 설정													
	▪ 세부과제 도출 및 연구내용 설정													

	▪ 세부과제 연차별/단계별 성과목표와 성과지표 설정 및 성과맵 제시														
5	◎연구목표 달성을 위한 추진방안 수립														주관-철도연
	▪ 기존 기술/인프라 등의 활용 및 연계 방안 수립														
	▪ 철도교통 차량별/구간별/운영상황별 위치검지 융합기술개발 추진전략 및 세부 시행계획 제시														
	▪ 컨소시엄 형태 등 최적 연구추진체계 제안														
6	◎연구성과물에 대한 활용방안 및 실용화 추진방안 제시														주관-철도연
	▪ 성과분석 및 검증방안 제시														
	▪ 제도/정책 활용, 현장적용, Test Bed 및 시범사업 등 구체적인 실용화 방안제시														
	▪ 연구성과물별 운영주체 및 활용방법 제시														
7	◎연구개발과제별 인력투입 계획 및 소요예산 산정														주관-철도연
	▪ 과제구성에 따른 연구일정 및 인력투입계획 수립														
	▪ 과제별 소요예산 산정														
8	◎연구개발 타당성 검토														주관-철도연
	▪ 정책적 타당성 검토														
	▪ 기술적 타당성 검토														
	▪ 경제적 타당성 검토														
9	◎과제공모를 위한 RFP 작성 및 평가기준 설정														주관-철도연
	▪ 연구목표와 내용, 추진전략 등을 바탕으로 본 과제를 공모하기 위한 RFP 작성														
	▪ 연차별 평가를 위한 성과목표/지표/마일스톤의 설정, 평가방법 및 기준 설정														
	▪ RFP 보완														
10	◎착수보고회														주관-철도연
11	◎중간보고회														주관-철도연
12	◎최종보고회														주관-철도연

제 2 절 국내외 동향 및 환경분석

1. 국내외 정책동향 및 분석

가. 국내 정책동향

1) 녹색성장 국가전략 수립(대통령직속 녹색성장위원회)

- 법 적 근 거 : 저탄소녹색성장기본법(안)
- 10대 정책방향 : 녹색국토 및 교통의 조성

○ 동향분석 : 탄소저감형 국토구조 개편으로 녹색건물, 교통 확대

우리나라는 건물·교통부문의 온실가스 배출량이 약 43%를 차지하는 에너지다소비형 구조로 적극적인 탄소감축전략이 필요하다. 현재 대중교통분담율은 50%, 자전거 분담율은 1% 내외로 미약하나, 자동차 중심의 교통체계를 전환해야한다는 사회적 요구가 증대하고 있다.

○ 추진전략

도시·농촌·산림자원을 연계, KTX역 등을 중심으로 한 초광역 녹색 자원순환형 지역개발을 추진한다.

철도 중심의 녹색기간교통망 확충(철도 복선·전철화 등)을 통하여 녹색교통네트워크를 확대한다.

○ 주요 지표 및 핵심사업

자전거, 철도 등 친환경 녹색교통수단을 활성화하여, 철도여객수송 분담률 30%, 자전거 교통수단 분담률 20%를 달성한다.

관련 지표	연도별 목표수준			
	'13	'20	'30	'50
UN 녹색우수도시 조성(개소)	2	5	7	10
1인당 생활공원 면적(㎡)	15	20	25	30
보호지역 면적추이(만ha)	12	15	18	25
철도 여객수송 분담율(%)	22	26	28	30
자전거 교통수단 분담율(%)	5	10	15	20

[그림 3] 녹색건물・교통 핵심사업의 주요 지표

2) 철도정책 비전・목표 (국토해양부 2010년도 업무보고)

- 비　　전 : 녹색성장과 지역발전을 선도, 국민들에게 사랑받는 철도
- 정책목표 : 전국을 하나로 묶는 빠르고 안전하며 편리한 철도망 구축

○ 녹색성장 조기 가시화

교통부문(온실가스 배출량의 16.7%를 차지)을 녹색화하여 저탄소 녹색성장 비전을 조기 가시화하기 위해 대표적인 친환경 녹색수단인 철도교통을 중심으로 운영 효율성을 제고하는 정책이 필요하다. 먼저 국가교통망을 도로교통에서 철도교통으로 전환을 하며, 도로교통의 경우 새로운 시설을 확충하는 것을 지양하고 기존 시설물의 운영효율성을 높이는 방향으로 교통정책을 전환해야 한다. 또한 거점지역 간에 건설하는 철도를 고속화하는 방향으로 투자를 확대하여 철도부문 투자비중을 2009년 20.3%에서 2020년 50% 수준으로 확대하는 방안이 검토되어야 한다. 이에 따라 녹색교통방향에 맞게 '국가철도망구축계획', '국가기간교통망계획'을 전면적으로 개편하여 철도여객수송 분담률을 2020년에 30% 선으로 제고하도록 하며, KTX 운행지역을 확대하고 수도권 고속철도(수서~평택) 건설을 본격적으로 착수하여 철도 서비스의 고속화와 광역화를 달성하도록 한다.

○ 중점 추진과제

- 녹색교통을 구현하는 철도 인프라 확충

녹색교통을 구현하기 위해서는 고급화된 광역고속접근수단인 KTX의 서비스 권역을 확대하고 기존 간선철도망을 고속화하는 등의 방안이 요구된다. 이에 따라 경부고속철도 2단계 사업의 조속한 완공 및 호남고속철도의 건설, 수도권 병목구간을 개선하여 전반적인 용량을 향상하기 위한 수도권 고속철도의 신설이 시행되어야 한다. 또한 현재 광역철도망 및 도시철도망을 확충하여 급행 중심의 광역철도 서비스를 확대하여 저비용 고효율의 철도 물류 인프라 확충 및 활성화 기반 조성이 시급하다.

- 철도건설·운영 전반의 비용절감과 효율화

철도망 계획 및 설계과정에서의 비용을 절감하기 위하여 속도대별 최적 설계기준, 역사규모 적정화 등이 필요하며, 건설 과정의 비용 절감을 위해서 시공관리 개선, 고비용 기자재 재활용이 요구된다. 또한 시설물 유지보수, 차량관리 및 차량기지 효율화를 통해 철도 건설과 운영의 연계를 강화할 수 있을 것이다.

- 쾌적하고 안전하고 편리한 이용환경 조성

철도 역사의 환경 개선 및 이동 편의시설 확충과 역사 외 교통광장 구축 등 철도 연계 대중교통시설의 확충을 통해 쾌적하고 편리한 이용환경을 조성하고, 녹색통행수단을 활성화하기 위하여 철도-자전거 연계를 위한 보관소 확대, 역사 내 경사로 설치, 관광상품 개발 등이 필요하다. 이를 위해 사전예방 중심의 철도안전관리가 선행되어야 하며 안전 관리 R&D를 법제화 및 안전시설 확충 등이 요구된다.

- 첨단 철도기술 개발과 해외진출 활성화

대표적인 첨단 철도기술로는 철도차량기술 개발, 철도신호·궤도기술 선진화 추진 및 Web기반 철도산업정보센터 구축, 철도산업복합연구단지 조성 추진 등이 있으며, 개발된 기술을 상용화하여 해외 철도시

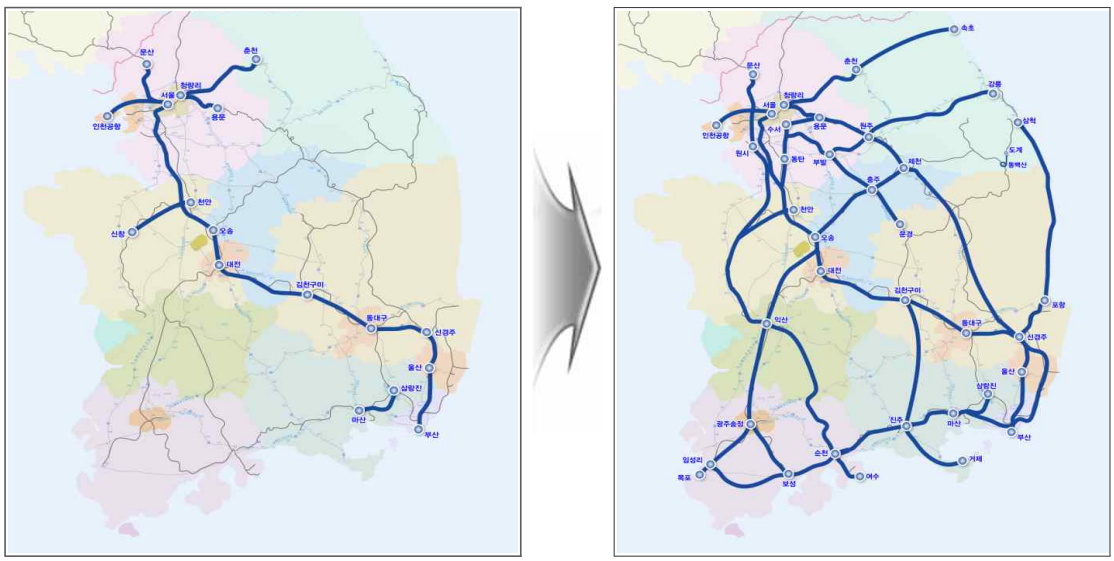
장으로의 진출을 지원하기 위한 민관합동 추진체계 구성이 요구된다.

- 철도산업 경쟁력 강화기반 구축

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

3) 제2차 국가철도망 구축계획(2011~2020)

- 비 전 : 국토를 통합·다핵·개방형 구조로 개편
- 목 표 : 전국 주요거점을 일상 통근시간대인 1시간 30분대로 연결, 하나의 도시권으로 통합.
- 세부추진목표 : 전국주요 거점을 고속 KTX망으로 연결
  : 대도시권 30분대 광역·급행 철도망 구축
  : 녹색 철도물류체계 구축



[그림 4] 국가철도망 구상도(X자형 +ㅁ자형 결합노선)

○ 고속철도 사업 적기 완공, 일반철도 고속화를 통해 KTX 서비스를 전국으로 확대

- 호남고속철도 오송～광주 구간은 ’14년까지, 광주～목포 구간은 ’17년까지 완공하고
- 수도권 고속철도 수서～평택 노선, 경부고속철도 대전·대구 도심구간을 ’14년까지 완공하는 등 추진 중인 고속철도 사업을 적기 완공
- 일반철도를 230km/h급으로 고속화하고, 경부·호남 고속철도와 연계하여 KTX 서비스지역을 전국으로 확대
- 춘천～속초 노선, 월곶～판교, 여주～원주 노선 등 10개 사업을 계획기간의 전반기(’11～’15)에 착수하고, 충청권 철도 논산～청주공항, 경전선 광주송정～순천 등 9개 사업을 후반기(’16～’20)에 착수하며, 추진중인 원주～강릉, 중앙선 영천～도담, 서해선 홍성～송산 등 39개 사업을 적기 완공

○ 대도시 교통난 해소를 위한 광역철도망 지속 확충

- 도심 접근 30분대 철도망 구축을 목표로 경의선 용산～문산, 신분당선 용산～강남, 신안산선 안산～여의도, 수도권 광역급행철도 등 광역철도 사업을 적기 추진

○ 산업단지·물류거점을 연결하는 대량수송 철도물류 네트워크를 구축

- 핵심 물류거점인 항만 · 산업단지 · 내륙화물기지를 간선 철도망과 연결하는 인입철도 지속 확충을 위해 동해항, 마산신항, 여수율촌산단, 구미산단, 아산산단 인입철도 등 5개 사업을 신규 추진하고, 광양항, 울산신항, 포항 영일신항, 군장산단 인입철도 등 4개 사업을 적기 완공

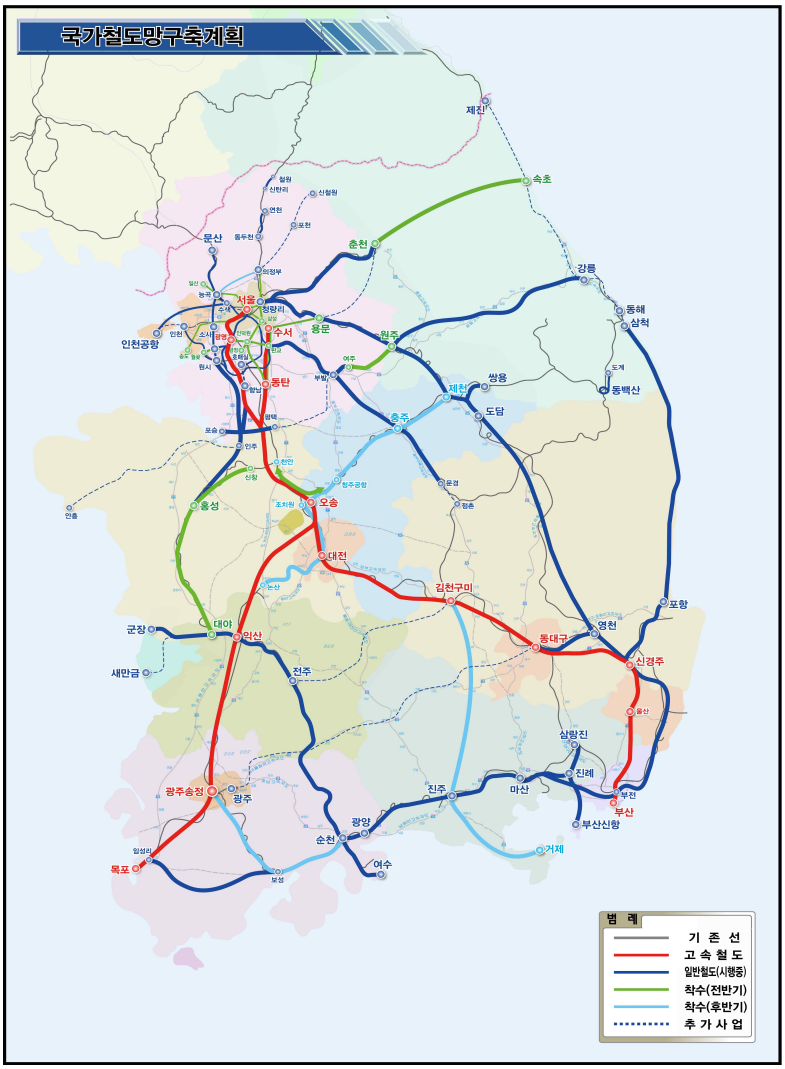
○ 기대효과

- 제2차 국가철도망 구축계획에 따라 철도망 확충이 차질 없이 이루어질 경우 국가교통체계가 철도중심 교통·물류체계로 전환되어, 저탄소 녹색성장의 기반이 구축될 것으로 기대

- 철도 여객수송 분담률은 현재 15.9%('08)에서 2020년 27.3%로 증가하고, 화물수송 분담률은 8.0%('08) → 18.5%('20)로 확대 전망
- 연간 6.8조원의 사회적 편익과 774만톤의 CO2 감축 효과 기대
- 철도망 구축에 따른 접근성 개선으로 연간 91조원의 지역총생산이 추가발생(974→1,065조원)되고, 2020년까지 철도건설 과정에서 198만명의 고용유발 효과와 233조원의 생산유발 효과 기대

[표 1] 국내철도 미래예측(2020년도, 국토해양부)

구 분		현재	장래('20)	증가
수송 분담률(%)	**여 객**	**15.9**	**27.3**	11.4
	화 물	**8**	**18.5**	10.5
철도연장 (km)	**합 계**	**3,557.3**	**4,934.1**	1,376.8
	고속철도	368.5	701.3	332.8
	일반철도 (고속화 철도)	3,082.5 (0)	3,789.7 (1,661.1)	707.2
	광역철도	106.3	443.1	336.8
복선화율(%)		**49.6**	**79.1**	29.5
전철화율(%)		**60.4**	**85.0**	24.6



[그림 5] 제2차 국가철도망 구축계획도

4) 정부정책 종합 및 분석

○ 정부 지원정책 종합

- 탄소저감형 국토구조 개편으로 녹색교통수단 확대
- 철도 중심의 녹색 기간교통망 확충(철도 복선·전철화 등)을 통하여 녹색교통네트워크를 확대
- 대표적인 친환경 녹색수단인 철도교통을 중심으로 운영 효율성을 제고
- 철도를 고속화하는 방향으로 투자를 확대

- 철도여객수송 분담률을 2020년에 30%선으로 제고
- 녹색교통을 구현하는 철도 인프라 확충
- 철도건설·운영 전반의 비용절감과 효율화
- 쾌적하고 안전하고 편리한 이용환경 조성
- 첨단 철도기술 개발과 해외진출 활성화
- 철도산업 경쟁력 강화기반 구축

○ 결론

- 정부의 지원정책 방향은 친환경 녹색교통수단인 철도의 여객수송 분담률을 높이고, 철도건설·운영 전반의 비용절감과 효율화를 이루는 방향으로 대별할 수 있음.
- 교통수단의 위치정보는 운영측면에서 다양한 부가가치를 창출할 수 있는 기반 정보로서 실시간성이 확보되면 그 가치는 더욱 부가됨.
- 철도교통수단의 실시간 위치정보는 열차제어관점에서 열차의 운행밀도를 향상시킬 수 있는 기반정보로 활용이 가능하며, 안전관점에서는 열차의 운행감시 신뢰도를 향상시킬 수 있는 장점이 있음. 유지보수 관점에서는 검측차량을 통한 유지보수지점의 정확한 탐지가 가능하여 유지보수 효율성을 개선할 수 있는 기반정보로 활용가능. 또한 철도이용자를 위한 다양한 LBS(Location-Based Service) 서비스를 창출하여 철도교통의 편의성 및 이용률 증대가 가능함.
- 따라서 철도교통의 실시간 위치정보는 철도건설·운영 전반의 비용절감과 효율화를 위해 반드시 확보되어야 할 기반정보로서 정부가 추진하고 있는 철도정책에 구현 시 필요사항으로 국가적인 관리와 운영체계의 마련이 필요함.

나. 국외 정책동향

1) 일본 철도교통 정책동향

○ '05년 현재 영업연장이 2만 52km이며, 고속철도를 포함한 전철화율은 60.9%,

복선화율은 40.0%임

○ 최근의 철도정책은 재래간선철도와 신칸센의 접근성 향상 및 접속 원활화가 목표이며, 신칸센과 연결되는 재래간선철도의 고속화, 가변궤간열차를 이용한 신칸센 직통운전화 등을 적극 추진하고 있음

○ '06년 일본의 총 철도투자비는 9800억 엔(약 8조 7천억 원)3)임

○ '09년 일본철도연구원(RTRI)에서는 20년 후, 철도와 관련된 사회환경 동향을 전망하여 안전성, 환경, 저비용, 편리성, 공통기술 등의 분야에 대한 연구개발 항목을 아래와 같이 도출

○ 안전성

- 자연재해에 강한 시스템

・자연 외력의 센싱·모니터링

: 자연재해(강우, 강설, 강풍, 지진 등)에 의한 외력, 철도 시설의 변형·붕괴의 발생을 기존 기술의 응용 및 신기술에 의해 신속하고 적확하게 예측

: 주요 기술항목 - 다기능 센서·모니터링, 위성 정보를 활용한 광역 모니터링, 외력별 재해 발생 가능성 예측

・재해 리스크의 분석·평가

: 자연재해의 리스크 분석·평가 기술의 도입에 의해 적절한 방재투자계획의 지원 기술을 확립

: 주요 기술항목 - 각종 재해의 확률적 위험도 분석·평가, 방재투자계획의 지원 기술

- 사고·고장에 강한 시스템

・철도 시스템을 구성하는 요소의 신뢰성 향상

: 철도 시스템을 구성하는 부품·재료의 파괴 메커니즘을 해명해 재료의 고강도화, 수명 예측 기술의 개발, 손상 진단·방지 기술의 향상에 의한 신뢰성 향상을 도모

: 주요 기술항목 - 마찰재료의 손상 방지·장기 수명화, 차륜·레일의 손상 진단 시스템

- Man-Machine System의 고도화

・Human Factor에 근거한 안정성 향상

: 평상시·이상시의 각각에 대해, 운전 환경의 모니터·진단 기술과 적절한 운전 지원 시스템을 개발해, Human Factor에 기인하는 사고나 수송 장해를 방지

: 주요 기술항목 - 운전 환경의 모니터링·진단 기술, 운전사의 이상시 대응 Expert System, Man-Machine 시스템의 리스크 평가 수법

- 열차제어의 지능화

・열차 제어의 지능화에 의한 안전성 향상

: 선로의 각종 정보, 재해 발생 예측 정보 및 열차 운전 정보 등을 실시간으로 파악하면서 주행하고, 해당 정보를 열차 개별 또는 열차군의 운전 제어에 활용하여 열차 운행의 안전성과 효율을 향상

: 주요 기술항목 - 연선 장애물 검지, 실시간 위험도 평가, DB의 고도화·고신뢰성

○ 환경

- 연선 환경 부하 저감

・지반 진동의 평가·대책

: 열차 주행에 의한 지반 진동 예측 시뮬레이션 기술을 확립해, 지반 진동·연선 건물 진동의 예측 수법 및 저감 기술을 연구

: 주요 기술항목 - 지반 진동 예측 시뮬레이션·저감 기술

・전자 환경의 평가·대책

: 유도 장해, 전력 설비로부터의 자계 시뮬레이션 기술을 구축해, 전자계의 건강 리스크 평가 및 효율적인 전자파 적합성(EMC) 대책을 연구

: 주요 기술항목 - 전자의 측정·평가, 전자파 차단

- 에너지 절약

・차량의 에너지 절약화

: 차량 중량의 경량화, 공기 저항의 평가 및 공기 저항 저감 차량의

개발, 주회로 기기의 효율 향상에 의해 에너지 절약화를 한층 더 추진

: 주요 기술항목 - 차량의 경량화, 공기 저항의 평가·저감, 차량 전기기기의 고효율화

・에너지 저장·온실가스 저배출

: 디젤차량을 연료전지 차량으로 대체하여 온실가스 저배출화를 도모. 브레이크 에너지의 저장·재이용 기술에 의한 에너지 절약화를 추진

: 주요 기술항목 - 연료전지 차량, 저비용 대용량 배터리, 고온 초전도 플라이휠(Flywheel)

○ 저비용

- 유지·건설의 효율화

・인프라의 자가 진단·자가 복구

: 인프라의 자가 진단·복구 기술의 개발 등에 의해 보수량의 대폭적인 저감, 교체 주기의 대폭적인 증가를 실현해 유지의 효율화를 도모하면서 신뢰도를 향상

: 주요 기술항목 - 상태정보 발신형 모니터링 시스템, 지능 재료에 의한 구조물의 자가 복구, 수요형 유지 보수 시스템

・마모에 의한 형상 변형이 어려운 차륜·레일

: 차륜·레일 마모 형상 예측 기술을 확립해, 마모에 의한 형상 변형이 어려운 방책을 연구. 또 곡선 통과 성능과 주행 안정성 확보가 가능한 조향대차 차량을 개발

: 주요 기술항목 - 마모 진전 형상 예측, 조타 차량의 주행 안정성 향상

○ 편리성

- 고속화

・저 진동 차량 구조·궤도 구조

: 새로운 고속화에서도 진동이 없고 곡선 통과 성능이 높은 차량·궤도를 개발

: 주요 기술항목 - 차체의 방진 및 진동 제어, 궤도 상태의 모니터링,

고주파수역을 포함한 승차감 평가

・브레이크 시스템의 기능 향상

: 경량 브레이크 시스템 개발, 에어 브레이크 시스템의 개량 등에 의해 새로운 고속화에 대해서 브레이크의 안정성 확보. 또 레일 브레이크에 의해 긴급시의 정지거리를 단축

: 주요 기술항목 - 경량 브레이크 디스크, 소형 경량 브레이크 액추에이터(Actuator), 고감속화를 위한 레일 브레이크 장치

- 고도 정보처리 기술의 이용에 의한 수송 효율·서비스의 향상

・안정된 고속 대용량 통신

: 지상-차량간 대용량 전송 회선에 의한 유비쿼터스 통신 시스템을 개발

: 주요 기술항목 - 고속 대용량 통신기술, 유비쿼터스 통신 환경

○ 공통기술

- 고기능 철도 시뮬레이터의 개발

: 철도 시스템을 구성하는 각 분야의 거동을 모델화하여, 이를 종합적으로 조합한 고기능 철도 시뮬레이터를 개발

: 주요 기술항목 - 각 기술 분야에서의 현상 모델화와 시뮬레이션, 차량과 지상 설비를 통합한 시뮬레이션

2) 중국 철도교통 정책동향

가) 철도현황

○ 중국 철도망은 광활한 면적의 국토를 보유한 중국이 사회, 문화, 정치적으로 통합시키고, 경제적으로 결속시키는데 가장 중요한 역할을 담당하고 있음. 동서로 5,400km, 남북으로 5,200km에 달하는 광활한 국토를 보유하고 있으며, 지방행정 중심지인 각 성 및 직할시 간의 거리가 평균 1,500km에 이르는 등 중・장거리내륙수송에 적합한 철도수송의 역할이 매우 중요시하고 있음.

○ 중국의 철도망은 기본적으로 남북과 동서를 연결하는「8종(縱) 8횡(橫)」의 간선망으로 구성되어 있음. 남북을 연결하는 기간 철도망인「8종(縱)」노선은 베이징을 중심으로 베이징~하얼빈 간, 선양~광저우 간, 베이징~상하이간, 베이징~지우룽간, 베이징~광저우 간 노선과 따퉁~촨쟝 간, 빠오터우~류저우 간, 란저우~쿤밍 간의 8개 노선으로 되어 있음.

○ 동서를 연결하는 기간 철도망「8횡(橫)」노선은 광저우를 중심으로 베이징~란저우 간 석탄수송 북노선, 석탄수송 남노선, 유라시아랜드 브리지 노선, TCR 노선, 난징~시안 노선, 옌장 노선, 상하이 노선, 서남~출해노선 등의 8개 노선으로 되어 있음.

○ 중국은 다양한 부존자원이 존재하고 있으며, 이러한 자원의 분포 상 서부에서 동부로, 북부에서 남부로 운송되는 각종 지하자원 및 에너지 자원운송은 물론 지역별 산업구조의 차이에 따른 각종 원자재 및 생산제품을 운송하기 위한 철도의 역할과 수요가 매우 높음.

○ 특히 중국의 대외 개방정책 추진에 따른 경제성장을 동부 연해지역이 주도함으로써 내륙지역과의 경제발전 격차에 따른 지역간 불균형 발전을 해소하기 위한 방안 중 하나로 철도 운송서비스 네트워크의 강화정책을 적극적으로 추진하고 있음.

○ 중국철도는 중국의 주요 에너지원인 석탄수송의 50% 정도를 책임지고 있으며, 2001년 이후 에너지자원 수송실적을 살펴보면 석탄, 코크스, 석유, 철강, 금속광석, 비금속 광석, 곡물, 소금 등의 화물 수송실적이 꾸준히 증가하고 있음.

○ 중국철도의 발전방향에 대해 중국 국무원은 2004년 1월,「중장기 철도망 계획」을 승인하여 2020년까지 철도 발전방향에 대한 기본방향을 확정하였으며, 매 5년마다 추진하고 있는「국가발전 6개년 계획」에서도 수송수단별 발전방향과 목표를 설정하여 실질적인 개발과 발전정책을 추진하

고 있음.

○ 1992년 말, 완공한 롄윈강~우루무치 간 중국 횡단철도(TCR : Trans China Railway) 노선은 중국을 동서로 횡단하고, 중앙아시아를 거쳐 러시아 철도로 연결되므로서 유라시아 대륙의 통합적 물류체계를 형성하고 있음. 청두를 중심으로 하는 남서부 철도는 동남아 국가들과의 경제교류에 중추적인 역할을 수행할 것이며, 베이징에서 단둥과 북한 신의주를 거쳐 한반도 철도와 연결하여 평양까지 국제열차를 운행하고 있음. 내몽고와 만주를 통해 러시아와 연결되는 중국과 러시아간의 국제열차를 운행하고 있으며, 이 노선은 중장기적으로 TKR(Trans Korean Railway)와 연계되어 우리나라 철도의 유라시아 대륙철도와 연계하는데 중요한 역할을 수행할 것으로 예상하고 있음. 남서부 신악지역에도 청두~총칭, 바오지~청두, 청두~쿤밍, 난닝~쿤밍 등 신규노선을 부설하였으며, 신쟝위구르자치구에도 투르판~카스간의 노선이 신설되었으며, 최근에는 칭하이성의 얼무에서 티벳 라싸에 이르는 세계에서 가장 높은 지역을 통과하는 칭짱철도가 완공되었음. 또한 중국의 광동 성과 해남도, 보하이만의 랴오닝성과 산둥성에서는 열차페리를 통한 Rail & Sea 복합운송이 운영 중에 있음.

나) 최근 철도건설 계획

○ 1949년에는 중화인민공화국 철도부가 설치되었으며, 1876년에는 전국철도 영업거리가 46,262km나 되었으며, 복선화율은 15.7%이다. 1997년 4월, 중국철도는 기존선의 기반시설 유지보수 및 정비를 통해 속도향상을 목적으로「속도향상 프로젝트」를 전국적으로 실시.

- 1997년 4월 1일 : 제1차 속도향상
- 1998년 10월 1일 : 제2차 속도향상
- 2000년 10월 21일 : 제3차 속도향상
- 2001년 11월 21일 : 제4차 속도향상
- 2004년 4월 18일 : 제5차 속도향상
- 2007년 4월 18일 : 제6차 속도향상

다) 중장기 철도망 구축 계획

○ 추진배경

- 중국의 거대 인구, 국토면적 및 급속한 경제발전에 따른 사회기반시설로서의 철도 인프라 부족, 정치·경제적인 통합추진 및 성수기 열차운영난 해소, 일부지역의 철도망 편중현상 등의 제반문제를 해결하기 위해 중장기 철도망 구축계획 추진
- 중국철도는 영업거리(세계 6위) 대비 철도수송량(24%)이 높아 평균 수송밀도는 세계 1위 실적

○ 추진경과

- 2004년 1월 7일, 중국국무원 상무회의에서「중장기 철도망 계획」을 비준 하고, 같은 해 2월 22일부터 철도부가 중심이 되어「중장기 철도망 계획」을 시행

○ 주요내용

- 2020년까지 시속 200km이상의 여객 전용노선 1.2만km 건설, 서부 철도망 확대사업을 통한 1.6만km의 신선노선 건설 등 총 영업거리를 10만km까지 확장계획
- 기존선의 복선화(1.3만km, 17.3%) 맞 전철화(1.6만km, 21%)를 조속히 추진하여 복선화 및 전철화율을 전체 노선의 50%이상 향상
- 주요 간선에 여객과 화물노선의 분리, 국민경제 및 사회발전의 요구에 부합되도록 수송능력의 향상방안 강구
- 2020년까지 총 투자소요는 2조 위안(한화 약 260조원)으로 예상하고 있으며, 매년 1,000억 위안~1,200억 위안(한화 13조~15.6조원) 투입예정

○ 단계별 추진

- 2005년까지 철도 영업연장을 7만 5천km 달성
  · 여객 전용선 착공, 도시간 고속 여객수송시스템 착공, 일반철도 신선 착공, 기존선 개량·복선화·전철화, 컨테이너기지 건설 등
  (복선화 : 2만5천km, 전철화 : 2만km이상)
- 2010년까지 철도 영업연장을 총 8만 5천km 달성
  · 여객 전용선 착공, 일반철도 신선건설, 기존선 개량·복선화 등
  (여객전용선 5,000km, 복선 : 3만 5천km, 전철화 : 3만 5천km)
- 2020년까지 철도 영업연장을 10만km 이상 달성

○ 「4종(縱) 4횡(橫)」 여객 전용선 건설

- 4종(縱) 노선

① 베이징 ~ 상하이간 1,463km 징후선

② 베이징 ~ 광저우 ~ 선전 간 2,294km 징광선

③ 베이징 ~ 선양 ~ 하얼빈 ~ 다롄 간 2,346km

④ 항저우 ~ 푸저우 ~ 선전 간 1,600km 노선

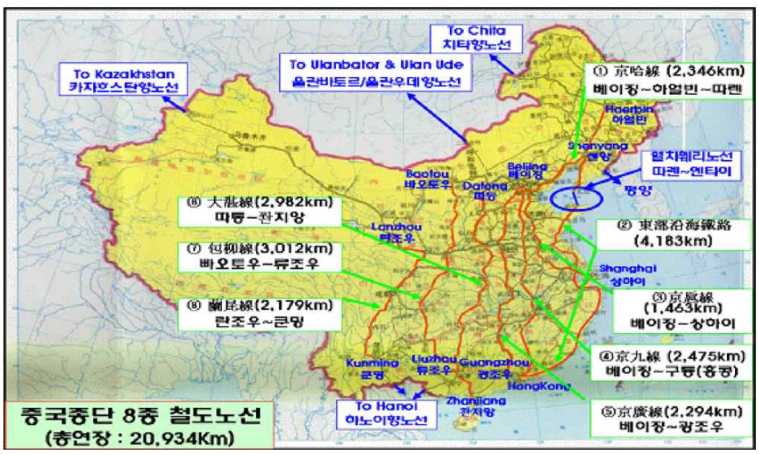
- 4횡(橫) 노선

① 란저우 ~ 정저우 ~ 쉬저우 간 1,536km

② 창사 ~ 난창 ~ 항저우 간 1,006km

③ 타이웬 ~ 시자장 ~ 칭따오 간 925km

④ 청두 ~ 충칭 ~ 우한 ~ 난징 ~상하이 간 2,351km 노선



[그림 6] 중국종단 8종 철도노선



[그림 7] 중국횡단 8횡 철도노선

○ 중점 추진계획

- 중국 국무원은 2007년 중국의 철도개혁발전에 대해 다음과 같은 4가지 주요 임무를 제시
- 양질의 철도건설 임무로써 베이징~톈진간 철도 및 우한~광저우, 시자장~타이웬, 정조우~시안 간에 건설 중인 여객전용선 사업과 베이징~상하이 간 고속철도 건설 등 국가 중점 철도건설사업 등을 통해 철도 수송능력의 한계문제를 조속히 해결
- 철도경영 및 관리, 운영능력의 진일보한 향상문제로 지속적인 칭짱 철도의 영업능력 관리강화 및 전국적으로 실시하는「제6차 속도향상 프로젝트」를 통해 석탄, 석유, 식량, 비료 등 국가중점 수송물품의 수송임무 달성에 만전을 기할 것이며, 아울러 경영관리, 수송능력, 신기술개발 등과 같은 철도관리 및 기술능력 제고로 효율과 이익을 추구함과 동시에 철도 안전운행 확보
- 독자적인 기술확보 및 개발에 대한 노력을 통해 여객 전용선 건설 및 중량 화물수송, 열차 관제시스템의 통합화, 철도장비 및 설비제조 기술능력 강화 등의 노력으로 철도기술 및 운영체계의 선진화 수준 향상
- 철도개혁을 심화하는 것으로 개혁의 기반을 강화하고, 자본의 운용체계 개혁을 심도있게 추진함으로써 미래 지향적인 운송기업체 체계로 전환

라) 기존선 속도향상

○ 목적

- 기존선 속도향상 프로젝트는 광활한 국토 및 철도 수송수요의 증가와 철도기술이 발달하므로서 고속철도에 대한 수요가 증가되어 기존선을 보다 정밀한 보수 및 시설개량을 통해 열차운행 속도향상을 통해 수송력 극대화

○ 추진경과

- 제1차 속도향상 : 1997년 4월 1일 시행
  ・베이징~상하이, 베이징~광저우, 베이징~하얼빈 등 3대 간선의 운행속도를 향상시켜 최고속도 140km/h의 열차운행을 가능하게 하고, 기타 지역에는 평균 90km/h로 40여 편 운행개시
- 제2차 속도향상 : 1998년 10월 1일 시행
  ・3대 간선의 최고속도를 140km/h~160km/h로 하고, 특히 광저우~선전간은 최고 200km/h로 향상시킴으로서 전국 여객열차 속도를 평균 55.16km/h이상 달성하는 것을 목표로 추진

- 제3차 속도향상 : 2000년 10월 21일 시행
  · 아시아~유럽을 연결하는 대륙철도 및 베이징~홍콩 간 노선을 중점적으로 개량하고, 열차등급도 재조정, 특히 승차권의 온라인 발매를 개시하여 전국 400여 개 역에서 상호 발매업무 개시
- 제4차 속도향상 : 2001년 11월 21일 시행
  · 19개 도시 9개 철도국 관할에 총 연장 4,257km 노선을 추가로 정비하여 전국 여객열차 속도를 평균 61.92km/h로 상향조정
- 제5차 속도향상 : 2004년 4월 18일 시행
  · 전국 철도노선 중 속도가 향상된 노선은 16,500km이며, 열차속도를 160km/h 및 그 이상의 운행속도로 실현가능한 선로연장을 7,700km, 열차 속도 200km/h이상 선로를 1,960km로 확대
  · 도시간 직통 여객열차 운행과 야간에 출발하여 아침에 도착하는 여객전용열차를 증편운행
  · 베이징~하얼빈, 베이징~광저우, 베이징~상하이, 베이징~홍콩 등 간선철도의 선로전환장치 1,272개소 교체, 침목 116만 개 교체, 자갈포설 79만㎡, 장대레일 1,149km 부설, 입체 교차시설 건설 및 120km/h이상 구간선로 양측에 방호벽 설치, 곡선구간 개량 1,165km
  · 직통 특급열차 속도를 평균 119.2km/h, 특급열차 속도를 평균 92.8km/h 달성
  · 화물 수송분야에서는 고속 우정 전용열차, 냉장 전용열차 및 2단 적재 컨테이너 전용열차를 운행하여 철도 물류수송에 기여
  · 제5차 속도향상을 계기로 출발지와 목적지를 논스톱으로 연결하는 "직통 특급열차"를 신규로 투입하여 기존 1종 열차운행 등급에서 5종으로 확대 조정

  * 4종 열차등급 : 특급열차(T), 쾌속열차(K), 임시열차(L), 보통열차

  * 직통특급(Z) 신설 : 전국 19편 운행(베이징~상하이간 5편), 전 열차를 침대차로 구성, 고급 레스토랑, 장애인 화장실 등 호텔수준의 시설 및 서비스 제공
- 제6차 속도향상 : 2007년 4월 18일 시행
  · 2005년 10월에 시행예정이었던 제6차 속도향상(여객열차 속도를 200km/h) 계획을 안전 및 기술상 이유로 연기하였다가 2007년 4월 18일 시행
  · 주요 간선에 대한 여객열차 운행속도를 200km/h, 화물열차 운행속도를 120km/h로 향상

마) 고속철도망 구축계획

○ 고속철도 구축 기본방침

- 2006년 3월 8일, 중국 철도부 부장은「제10기 전국인민대회 제4차 회의」에서 배이징~상하이 간 고속철도 프로젝트가 국무원으로부터 정식 비준을 받았다고 발표하였으며, 중국 공산당과 국무원은 고속철도의 기술연구 개발분야를 각별히 중시하고 있으며, 이 노선을 시발점으로 그동안 축적한 경험을 토대로 중국 독자기술을 개발·적용하게 될 것이라고 발표.

○ 중국 고속철도의 개념

- 건설 중이거나 건설예정인 여객전용선에서 운행될 열차 운행시스템을 고속철도라고 볼 수 있으며, 특히 여객전용선 사업 중 베이징~상하이 노선은 시속 약 300km/h~350km/h로 하고, 기타 노선은 약 300km/h 운행 목표로 추진
- 2007년 4월에 추진된「제6차 기존선 속도향상 프로젝트」에서 목표로 주요 간선 최고시속을 200km/h, 간선 일부구간에는 최고시속 250km/h로 운행 가능한 열차가 투입되지만 이는 엄밀하게 말하면 기존선 속도향상이므로 진정한 의미의 고속철도사업이 아니며, 중국의 고속철도 사업은 여객전용선 건설사업을 의미함.

○ 여객전용선 건설계획

- 넓은 국토 및 많은 인구, 급속한 경제발전에 따른 철도망 인프라 부족을 해소하기 위해 2004년 2월부터 추진한「중장기 철도망 구축계획」일환으로 동-서, 남-북의「4종(縱) 4횡(橫) 여객전용선」을 신선으로 건설하는 것으로 계획
- 중장기 철도망 구축계획에 따르면 2020년까지 여객전용선으로만 역 1.2만km 노선을 신선으로 건설예정

○ 「4종(縱) 4횡(橫) 여객전용선」건설계획

- 4종(縱) 노선

① 베이징~상하이 간 1,463km 징후선) : 2006~2010

② 베이징~광저우~선전 간 2,294km 노선

·베이징~우한~광저우~선전 간 징광선은 2010년까지, 우한~광저우간을 우선 완공하고, 2020년까지 전 구간 개통

③ 베이징~선양~하얼빈~다롄 간 1,860km

·베이징~선양~하얼빈 간 징하선은 2020년까지 완공

④ 항저우~닝보~푸저우~선전 간 1,600km 노선

·항저우~닝보~푸저우~선전 간 하용량통 따오는 11차 5개년기간 중

2020년까지 항저우~샤먼 간 완공하고, 2020년까지 전 구간 완공

- 4횡(橫) 노선
  ① 란저우 ~ 정저우 ~ 쉬저우 간 1,536km
  ② 창사 ~ 난창 ~ 항저우 간 1,006km
  ③ 타이웬 ~ 시쟈장 ~ 칭따오 간 925km
  ④ 청두 ~ 충칭 ~우한 ~난징 ~ 상하이 간 2,351km
  ・기 착공구간 : 베이징 ~톈진, 시안 ~정저우, 상하이 ~난징, 우한 ~광저우



[그림 8] 4종, 4횡의 여객전용선 건설 노선도

3) 미국 철도교통 정책동향

○ 미국 내 수송수단별 화물운송의 경우 도로운송의 비중은 1980년 18.5%에서 2005년에 28.5%로 증가하였고, 철도운송의 비중도 27.3%에서 38.2%로 증가하였으며, 수로운송의 비중은 1980년 27.3%에서 2005년 13.0%로 하락하고 있음. 전체 수송수단별 수송 비중은 2000년대 들어 크게 변화하지 않고 정체되어 있는 것으로 파악. 이것은 수송 수단 간 분담률을 변화시킬 특별한 정책 수단을 강구하지 않았기 때문이며, 현재로서는 이 비율이 지속될 것으로 예상됨.

○ 이에 따라 미국 정부는 도로 운송 비중을 줄이고, 장거리 내륙 운송에

있어 철도 운송 비중을 증가시키기 위해 경기 부양 및 온실가스 배출 저감을 위한 목적으로 기존 철도 개량 사업 및 고속철도(High Speed Railway : HSR) 건설 사업 추진에 박차를 가하고 있음.

단위 : 십억 톤-마일

구 분	1980년	1985년	1990년	1995년	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년
도로 운송	630	720	850	1,030	1,190	1,210	1,250	1,260	1,280	1,290
	18.5%	21.7%	23.5%	25.1%	27.4%	27.8%	28.3%	28.5%	28.2%	28.5%
철도 운송	930	880	1,060	1,320	1,550	1,600	1,610	1,600	1,680	1,730
	27.3%	26.5%	29.4%	32.2%	35.7%	36.8%	36.5%	36.2%	37.0%	38.2%
수로 운송	920	890	830	810	650	620	610	610	620	590
	27.0%	26.8%	23.0%	19.7%	15.0%	14.2%	13.8%	13.8%	13.7%	13.0%
파이프라인	920	820	860	930	930	910	930	930	940	900
	27.0%	24.7%	23.8%	22.7%	21.4%	20.9%	21.1%	21.1%	20.7%	19.9%
항공 운송	5	7	10	13	16	13	14	15	16	16
	0.1%	0.2%	0.3%	0.3%	0.4%	0.3%	0.3%	0.3%	0.4%	0.4%
합 계	3,405	3,317	3,610	4,103	4,336	4,353	4,414	4,415	4,536	4,526
	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

자료 : US Department of Transportation, Research and Innovative Technology Administration, Bureau of Transportation Statistics, KMI 분석

[그림 9] 미국내 수송수단별 화물운송 추이

가) 고속철도(High Speed Railway : HSR)

○ 미국의 여객철도는 최근까지 도로중심의 국가정책으로 철도에 대한 투자가 미약하여 노선확대 및 새로운 노선 건설에 대한 투자가 이루어지지 못하였음. 그러나 최근 경기 부양 및 온실가스 배출 저감을 목적으로 오바마 정부가 추진하고 있는 철도에 대한 투자 확대 및 고속철도 건설 계획 발표 이후에 철도에 대한 관심이 높아지고 있으며, 미국 내 여러 지역에서 고속철도 건설 계획에 대한 발표 및 이에 대한 투자가 증대되고 있음.

○ 고속철도 추진 현황

- 미국의 오마바 대통령은 광대한 미국 대륙을 서로 연결하기 위한 새롭고 효율적인 고속철도 네트워크망 계획과 함께 국가의 교통 체계에 대한

개편 방향을 제안하였으며, 주요 내용으로는 연방 정부와 주 정부가 장기간에 걸쳐 고속의 대도시간 여객 철도 네트워크를 발전시켜 기존 철도 인프라를 개편하여 국가의 교통시스템을 개혁하는 것임.

- 미국에서는 1991년 ISTEA3)의 법률화에 따라 5개의 고속철도 건설 노선 계획을 지정하였으며 이후 1992년 중서부 노선, 플로리다 노선, 캘리포니아 노선, 동남부권 노선, 태평양 북서부권 노선을 지정하였음. 이후 지속적인 노력을 통해 1998년 TEA-214)의 법률화 및 추가적인 6개 노선을 포함하여 전체 11개 노선의 건설계획을 발표하였음



[그림 10] 미국 고속철도 계획 구간

○ 고속철도 건설 계획

- 미국 내에서의 고속철도 건설의 필요성이 제기된 이래로 ISTEA를 통해 대도시간 고속철도 건설과 안정성 향상 등의 막대한 투자를 위하여 자금 모금을 위한 특별 프로젝트를 수행하여 추진 중에 있으며, 현재까지 총 11개 노선에 대한 건설 계획이 발표되었음.

노 선	주요 도시	추진 현황
캘리포니아	샌프란시스코, 새크라멘토, 로스앤젤레스, 샌디에이고	-1단계 구간 환경 영향 평가 완료 -로스앤젤레스와 샌디에이고 구간에 대한 기존선 개량 1단계 공사 완료 -'09.2. 노선의 라스베이거스 연장 발표
태평양 북서부	밴쿠버, 시애틀, 포틀랜드, 유진	-'08.11. 워싱턴 주 정부가 대중 교통 및 철도 투자에 대한 179억 달러 계획 승인
남부 중앙	샌안토니오, 오스틴, 댈러스, 리틀 록, 오클라호마시티, 털사	-텍사스주 교통부가 주 전체의 철도 네트워크에 대한 분석 시행 -주의 인구 밀집 지역을 연결
멕시코만 연안	휴스턴, 뉴올리언스, 버밍햄, 애틀랜타	-베이튼에서 뉴올리언스 간 개념적인 엔지니어링 연구와 뉴올리언스 철도 개량 프로젝트
시카고 허브	시카고, 미니애폴리스, 세인트폴, 세인트루이스, 캔사스, 디트로이트, 클리블랜드, 컬럼버스, 신시내티, 루이빌, 인디애나폴리스	-환경 영향 평가 완료 -시카고~세인트루이스 구간에 대한 선로 개량과 시카고~밀워키 간 레일 교환 중
밀워키연결	매디슨, 밀워키, 시카고	-기존 노선 활용, 최고 속도를 176km로 향상 -2013년까지 개통 목표
플로리다	올랜도, 템파베이, 마이애미	-템파베이와 올랜도 간 1단계 25억 달러 규모의 건설 추진
동남부권	워싱턴, 리치먼드, 랄리, 샬롯, 콜롬비아, 메이콘, 잭슨빌	-'02. 10. 1단계 환경 영향 평가 완료 -2단계 환경 영향 평가는 '10. 하반기에 완료
키스토운	필라델피아, 해리스버그, 피츠버그	-기존 3개의 고속도로와 건널목은 고속철도 건설 이후 사라질 것임
뉴욕주	뉴욕, 알버니, 버펄로	-고속철도 TF 구성 -뉴욕주 철도 계획 지속 발전 추진
포틀랜드	포틀랜드, 보스턴, 몬트리올	-포틀랜드 지역에 대한 선로 개량

[그림 11] 미국의 고속철도 노선별 건설계획

○ 고속철도 투자 계획

- 미국 오바마 정부가 녹색친환경 교통수단인 철도에 대한 투자 확대 및 고속철도 건설 계획을 발표한 이후에 미국 연방 정부가 고속철도 건설을 위해 1차로 2010년 80억 달러에 달하는 보조금을 투자할 계획이며, 2차분은 24억 달러를 배정할 계획으로 1, 2차분을 합하면 104억 달러에 달할 예정임.
- 미국 내 고속철도 건설 계획은 2015년부터, 2030년까지 단계적으로 추진될 계획임.



[그림 12] 미국 고속철도 투자계획

나) 화물철도 정책

○ 미국 화물철도는 화물철도 노선, 철도 인프라, 철도 화물 수송량, 철도 화물 운송 생산성 측면에서 세계 최고수준으로 미국내 철도에 대한 정부의 역할과 시장(민간)의 활동이 균형을 잘 이루고 있어 경쟁력 향상의 바탕이 되고 있으며, 미국 화물 운임요율은 세계 주요 국가와 비교하여도 최저 수준임.

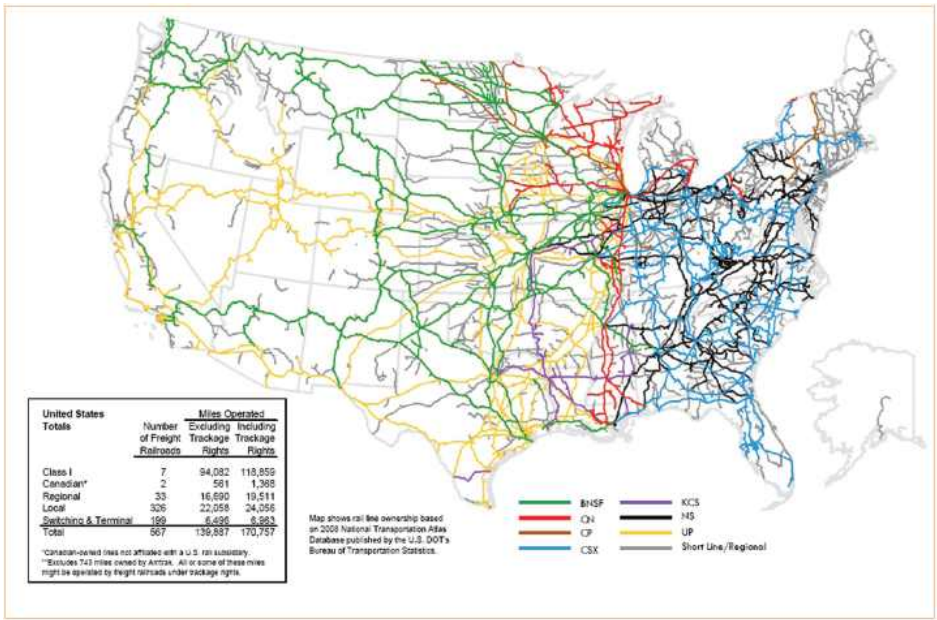
○ 미국은 전국을 사업권역으로 하는 연방여객철도공사(Amtrak)와 14개 지하철사업자, 25개 경량 철도 사업자, 19개 통근 철도 사업자가 여객 수송 서비스를 제공하고 있음. 화물철도의 경우, 8개의 1급 화물철도 회사를 비롯한 570여 화물철도 사업자가 서비스를 제공하고 있으며 42% 이상의 화물수송분담률(톤킬로그램 기준)을 차지.

○ 화물철도 현황

- 현재 미국 화물철도는 톤킬로미터 기준 42%의 분담률을 차지하고 있으며, 수송 품목은 목재·야채·석탄·오렌지주스·곡물·철강 스크랩에 이르기까지 매우 다양하며, 화물철도는 연방 교통부 육상교통위원회(Surface

Transportation Board : STB)에 의해 1급 화물철도, 2급 화물철도, 3급 화물철도로 구분되어 있음.

- 화물철도의 등급은 연간 영업수입에 따라 분류되며, 2001년도 기준으로 1급 화물철도 운영 사업자는 영업수입 2억 6,670만 달러 이상, 2급 화물철도 운영 사업자는 2,130만~2억 6,670만 달러 미만이며, 2,130만 달러 미만이 3급 화물철도 운영 사업자로 구분.
- 미국철도협회(AAR)는 1급 화물철도회사 이외의 화물철도 사업자를 수입 규모와 영업거리 기준으로 지역철도(Regional Railroads)와 로컬철도(Local Railroads)로 재구분하고, 경영 상황 등을 매년 발표하고 있음.
- AAR(Association of American Railroads)의 구분 기준에서 지역철도는 최저 350마일 이상 영업 노선을 갖고 본선 화물수송을 행하는 화물철도로 연간 영업 수입이 4,000만~2억 6,670만 달러 미만 화물철도이며, 로컬철도는 입환철도 및 터미널 철도를 포함하여 지역철도 기준 이하의 본선 화물수송을 수행하는 화물철도임.



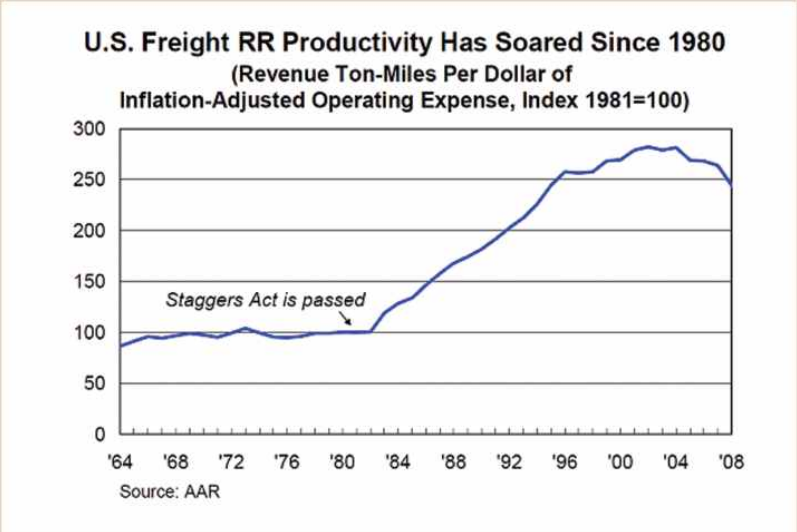
[그림 13] 미국 철도망(www.aar.org)

○ 화물철도의 생산성

- 미국 철도는 1980년부터 2008년까지 철도 종사자의 생산성은 439%, 기

관차 기준 생산성은 126%, 트랙마일 기준 생산성은 226%까지 향상되었으며, 미국내 철도산업에 대한 규제를 완화하기 위해 1980년에 Staggers Act를 시행한 이래로, 생산성 향상은 큰 폭으로 증가.

- 화물철도산업의 경영 성과는 향상에 따라 1980년부터 2008년까지 철도 이용요율이 49%까지 감소되었으며, 이러한 효과로 철도를 통해 화물을 운송하는 기업들의 경쟁력을 강화함으로써, 미국의 글로벌 경쟁력 확보에 공헌.
- 이러한 결과로서, 미국 철도 수송 수요는 증가하고 있으며, 철도는 친환경적인 장점을 바탕으로 이러한 수요 증가에 효과적으로 대처하고자 생산성 증가 노력을 기술 및 제도 개선 차원에서 추진하고 있다 (Association of American Railroads, U.S. Freight Railroad Productivity, 2009. 9.).

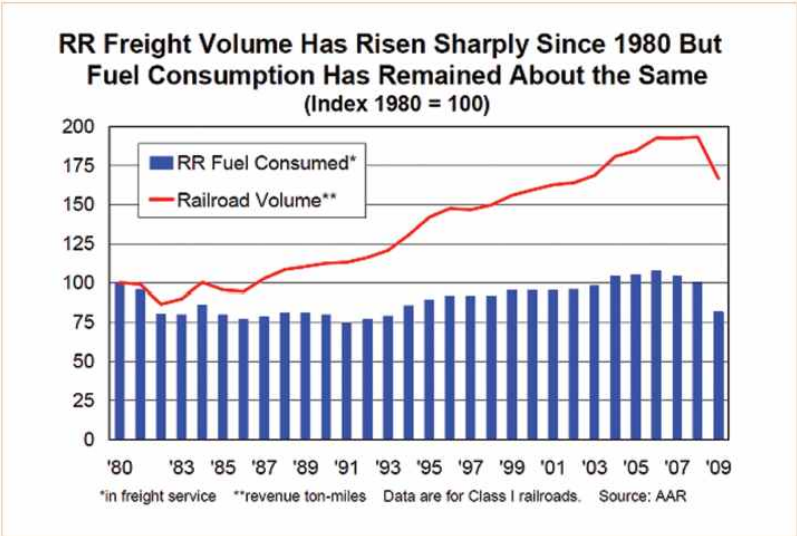


[그림 14] 1980년대 이후 미국 화물철도 생산성 추이(www.aar.org)

○ 화물철도의 에너지 절감

- 미국 화물철도의 효율성은 매년 개선 중에 있으며, 2009년 기준 화물 1톤을 운송할 경우, 1갤런으로 평균 480마일의 이동이 가능하며(2008년 기준, 457마일) 이것은 1980년과 비교할 때 에너지 효율성이 104% 증가한 수치임. 철도는 트럭보다 4배 이상의 에너지 효율성을 가지고 있으며 트

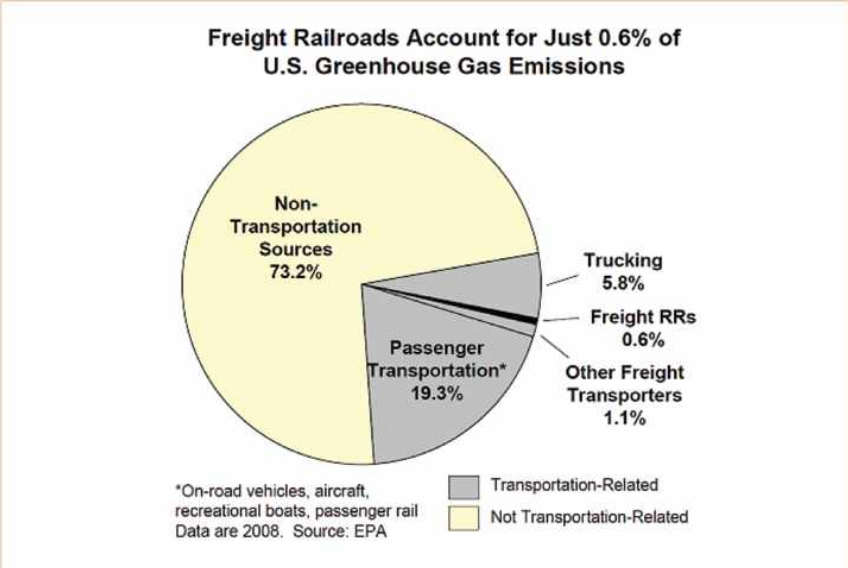
럭으로 운송되는 장거리 화물의 10%를 철도로 대체 운송할 경우 1년에 10만 갤런을 절약가능. 이에 따라 미국은 에너지 효율적인 화물차 도입, 기술 혁신, 에너지 절감 운전교육 등을 통해 에너지 효율 향상을 추구하고 있음.



[그림 15] 화물 운송량과 에너지 소모량 비교(www.aar.org)

○ 화물철도의 친환경성

- 에너지 소비량은 온실가스 발생과 직접적인 관계를 가지고 있으며, 철도는 트럭보다 4배 이상의 에너지 효율성을 가지고 있으므로, 트럭 대신에 철도로 화물을 운송할 경우 온실가스를 75%까지 감축할 수 있음. 장거리 트럭 화물의 10%를 철도로 운송한다면 온실가스 발생량을 매년 12만 톤의 감축이 가능하며 화물 철도는 매년 에너지 효율성 향상으로 자체 온실가스 발생량을 감축하고 있음. 미국에서 화물철도는 전체 물류량의 40%를 운송하지만, 국가 전체적으로 온실가스 배출량에서 차지하는 비중은 0.6%로 낮은 수준임.



[그림 16] 미국 화물철도의 온실가스 배출량(www.aar.org)

○ 수송 체계 개편의 효과

- 미국 내 고속철도 건설프로젝트가 본격화될 경우 미국의 경기부양에 즉각적인 효과를 가져오는 것은 물론 장기적으로는 석유 의존도 감소에 큰 기여를 할 것으로 판단되고 있음. 또한 이산화탄소 배출이 연간 60억 파운드 절감되는 친환경적 효과까지 수반할 것으로 분석되고 있으며, 이는 중서부 지역에서 약 100만 대의 자동차가 사라지는 효과를 나타냄.

○ 결론

- 세계 최대 규모의 온실가스 배출국인 미국은 내륙 교통 체계 개선을 통한 온실가스 배출 저감에 대한 심각성을 인식하고 있으며, 온실가스 배출 감소 등을 위해 도로 위주의 운송을 철도운송으로 전환하는 정책을 도입하여 본격 추진 중에 있음.

4) 러시아 철도교통 정책동향

○ 러시아 철도의 고속화 전략은 일반철도 고속화와 신선 건설을 통한 초고속화로 구분됨

○ 일반철도의 고속화는 인프라의 근대화나 신차량 투입을 통해 일반철도

의 운행속도를 160~200km/h까지 높이는 것이며, '07년 5월 말 현재 15개 구간을 대상으로 함

○ 신선 건설을 통해 최대속도를 350km/h까지 높여 초고속화를 실현할 계획임

○ 러시아의 철도발전전략 중 일반철도의 고속화는 현재 상당히 구체화되었으나, 신선 건설을 통한 고속화는 투자규모가 크고 관련 당사자[연방. 주정부, (주)러시아철도 등] 간의 이해관계가 상이하여 추진에 어려움이 있음

5) 유럽 철도교통 정책동향

가) UIC의 철도정책동향

○ 2011년 7월에 발행된 유럽철도연맹(UIC)의 "2010년도 활동보고서"에 따르면, 유럽철도연맹은 철도 분야 내 유럽의 고유임무 수행을 위한 총 세 단계의 추진 계획을 수립하여 단체 및 기업 간 협력 구조로 업무가 진행되고 있으며, 각 단계는 전략적, 기술적/전문적 협력, 지원 서비스 단계로 구성

○ 전략적 레벨 : 새로운 관리체계에 따른 6개의 UIC 지역(유럽과 중동, 그리고 수립 예정인 아프리카, 아시아, 북아메리카, 라틴아메리카의 지방의회) 및 각 지역의 회원국 간의 코디네이션

○ 기술적/전문적 협력 레벨 : 철도분야 활동을 중심으로 구조화 - 승객, 물류, 철도시스템(인프라, 차량, 운용, 신호 포함), 그리고 분야 간 협력활동(지속가능 개발, 연구 코디네이션, 안전, 보안, 전문가 양성 등). 기술협력활동들 간의 전략적 우선순위는 회원국 대표로 구성된 포럼 및 플랫폼에서 결정

○ 지원 서비스 레벨 : 재무, 인력, 그리고 법률적, 소통, 기관의 관계. 2009년 12월 8일, 유럽철도연맹 중역이사회 및 총회에서 의장은 유럽철도연맹의 향후 활동을 세계 철도 사회의 주요 관심 분야인 다섯 가지 분야에 집중할 것을 제안하였으며, 여기에는 환경, 안전과 보안, 화물/국제노선,

신호, 표준화가 포함됨

나) 독일의 철도교통 정책동향

○ '05년 현재, 선로연장은 7만 3737km, 영업연장은 3만 4221km이며, 고속철도를 포함한 전철화율은 56.5%, 복선화율은 44.8%임

○ 독일의 철도정책은 고속철도와 일반철도를 하나의 네트워크로 통합하여 일반철도를 적극 활용하면서 단계적으로 신선 을 건설하는 것을 목표로 함

○ '독일연방교통계획(FTIP 2003)'에 따르면 '01~'15년 동안의 철도, 도로, 해운에 대한 총 투자규모는 약 1500억 유로(약 207조 원)에 달함

○ 도로 775억 유로(약 107조 원, 52.1%), 철도 639억 유로(약 88조 원, 42.9%), 해운 75억 유로(약 10조 원, 5.0%)로 'FTIP 1992'에서와 마찬가지로 도로와 철도의 비중이 유사함

부문		FTIP 1992 (1991~2000)		FTIP 2003 (2001~2015)	
		금액(억 유로)	비중(%)	금액(억 유로)	비중(%)
총 예산	철도	362	42.3	639	42.9
	도로	441	51.6	775	52.1
	해운	52	6.1	75	5.0
계		855	100.0	1489	100.0

자료: Federal Ministry of Transportation, Building and Housing. 2005. Federal Transportation Infrastructure Plan 2003.

[그림 17] 독일의 교통부분 투자계획

다) 프랑스의 철도교통 정책동향

○ '05년 현재, 선로연장은 5만 2823km, 영업연장은 2만 9286km이며, 고속철도를 포함한 전철화율은 50.4%, 복선화율은 43.5%임

○ 프랑스 정부는 지속적인 신선 건설로 인하여 부채가 급증하자 일반철도를 적극 활용하는 방향으로 정책을 전환하고, 일반철도의 전철화 및 선로개량, 차량의 경량화와 고속화를 통해 서비스 지역을 확대하고 철도의 경쟁력을 강화하고 있음

○ ’00～’09년 동안 중앙정부의 120억 프랑을 포함하여 총 1320억 프랑(약 24조원)2)을 투자할 계획임



출처: www.europeonrail.com

[그림 18] 프랑스 철도망 현황

6) 요약 및 시사점

○ 대부분의 국가에서 교통수단 간 균형을 통한 지속가능한 발전, 기후변화 협약에 대한 대응의 일환 등으로 철도투자를 늘리고 있으며 특히, 일반철도의 고속화에 투자를 확대함.

○ 철도 선진국인 독일, 프랑스, 일본은 고속철도가 운행 중임에도 효율적인 교통체계의 구축을 위해 일반철도의 고속화를 위한 투자도 늘리고 있음.

○ 중국의 경우 국가경제의 급성장에 따른 수송수요의 급증에 따라 철도망 확충과 철도기술의 선진화를 추구하면서 대대적인 투자와 발전계획을 추

진 중에 있음.

○ 미국 정부는 도로 운송 비중을 줄이고, 장거리 내륙 운송에 있어 철도 운송 비중을 증가시키기 위해 경기 부양 및 온실가스 배출 저감을 위한 목적으로 기존 철도 개량 사업 및 고속철도(High Speed Railway : HSR) 건설 사업 추진에 박차를 가하고 있음.

○ 러시아 등의 국가도 신선 건설과 일반철도의 고속화를 동시에 진행하고 있으나 막대한 건설비가 소요되는 신선보다는 일반철도의 고속화를 우선적으로 추진하고 있음.

2. 국내외 경제동향 및 분석

가. 시장환경

전 세계적으로 불고 있는 저탄소 녹색성장과 국내의 철도중심의 국가교통망 구축 등으로 인하여 국내외 철도시장의 지속적인 성장이 기대되고 있으며, 특히 철도열차제어시스템시장의 급격한 증대가 예상되고 있다. 철도교통 위치검지기술은 제어, 운영, 유지보수, 안전 등 다양한 철도교통분야에 적용되고 있으나, 열차 위치 및 속도정보가 필수적으로 필요한 열차제어시스템분야를 중심으로 기술의 발전 및 시장이 확보되고 있다. 따라서, 철도교통 위치검지기술의 시장환경 분석은 국내외 열차제어시스템 분야의 시장환경 동향 분석을 통해 위치검지기술의 시장환경을 유추할 수 있다.

현재 열차제어시스템기술은 새로운 열차제어시스템을 개발, 기존 시스템을 개량하는 시장이 연평균 6.8% 성장할 것으로 예상되고 있으며, 무인자동운전을 지원하는 열차제어시스템이 전체사업에서 차지하는 비중은 8%정도에 이루고 있다. 이러한 열차제어시스템시장을 Siemens, Thales, Alstom, Ansaldo, Invensys(구 웨스팅하우스)가 70%를 점유하고 있으며, 나머지 30%의 시장을 대상으로 일본 등 소규모 기업이 경쟁을 하고 있다. 특히 이들 메이저 기업은 국제철도연합(UIC : International Union of Railway)에서 추진하고 있는 ERTMS/ETCS프로젝트, 국제전기기술위원회(IEC : International Electrotechnical Commision)에서 추진하는 철도 RAMS, 소프트웨어, 하드웨어, 워킹그룹 등 열차제어시스템 기술분야의 표준규격을 작성하는 작업도 주도하고 있다. 열차제어시스템 분야에 대한 국제 표준화는 열차제어시스템의 체계화, 안전성 향상, 철도운영의 효율성 향성 등 긍정적인 측면도 있지만 이들 메이저 기업이 열차제어시스템기술개발방향과 관련시장을 주도할 수 있다는 단점도 있다.

1) 국내 시장환경 분석

가) 정부의 중장기 철도건설계획

2011년도 현재, 정부에서는 제2차 국가철도망 구축계획(2011~2020)을 수립하여 전국 주요거점을 일상 통근시간대인 1시간 30분대로 연결, 하나의 도시권으로 통합하기 위해 고속 KTX망 및 광역·급행 철도망, 녹색 물류체계를 구축 중에 있다. 제2차 국가철도망 구축계획에서는 고속철도, 일반철도, 광역철도별로 구축계획을 수립, 추진 중에 있으며, 각 철도별 세부 구축계획은 다음과 같다.

① 고속철도

○ 총 3개 사업, 총 332.8km 연장

사 업 명	사업구간	총사업비 (억원)	연장(km)	사업기간
경부고속철도 2단계	대전·대구 도심구간	79,454	40.9	~2014
호남고속철도	오송~광주	121,016	230.9	~2014
	광주~목포			~2017
수도권 고속철도	수서~평택	37,231	61.0	~2014

② 일반철도

□ 신규사업 : 19개 사업, 1,025.8km

○ 전반기('11~'15) 착수 사업: 10개 사업, 410.9 km

노선명	사업구간	사업내용	연장 (km)	총사업비 (억원)
수서-용문선	수서~용문	복선전철	44.1	14,971
장항선	신창~대야	복선전철화	122.1	5,692
월곶-판교선	월곶~판교	복선전철	35.8	26,501
여주-원주선	여주~원주	복선전철	21.9	6,329
인덕원-수원선	인덕원~동탄	복선전철	35.3	24,733
경전선	진주~광양	전철화	51.5	1,674
천안-청주공항선	천안~청주공항	복선전철	-	-
춘천-속초선	춘천~속초	복선전철	91.8	30,379
동해항 인입철도	동해~동해항	단선철도	1.3	262
여수율촌산단 인입철도	덕양~여수율촌산단	단선철도	7.1	1,379

○ 후반기('16～'20) 착수 사업 : 9개 사업, 614.9 km

노선명	사업구간	사업내용	연장 (km)	총사업비 (억원)
남부내륙선	김천～진주 진주～거제	복선전철 단선전철	186.3	67,907
충청권 철도	논산～청주공항	2복선전철화	106.9	11,708
충북선	조치원～봉양	고속화	115.0	1,474
교외선	능곡～의정부	단선전철	35.9	8,886
경전선	광주송정～순천	단선전철	113.0	29,515
이단적재열차	경부선	개량	-	11,873
마산신항 인입철도	마산～마산신항	단선철도	14.2	3,106
구미산단 인입철도	사곡～구미산단	단선철도	11.0	4,061
아산산단 인입철도	합덕～아산산단	단선철도	32.6	7,058

□ 기 시행중인 사업 : 39개 사업 1,828.2km

노선명	사업구간	사업내용	연장 (km)	총사업비 (억원)
경춘선	금곡～춘천	복선전철화	64.2	20,731
중앙선	덕소～원주	복선전철화	90.4	21,611
중앙선	원주～제천	복선전철화	37.7	14,774
중앙선	제천～도담	복선전철화	17.4	3,200
중앙선	도담～영천	복선전철화	150.0	43,842
중앙선	영천～신경주	복선전철화	22.5	5,017
영동선	동백산～도계	철도이설	17.8	5,442
인천국제 공항철도	서울~인천공항	복선전철	61.7	42,184
경전선	부전～마산	복선전철	32.6	15,091
경전선	동순천～광양	복선전철화	10.9	3,965
경전선	삼랑진～진주	복선전철화	95.5	22,588
경전선	진주～광양	복선화	51.5	10,060

노선명	사업구간	사업내용	연장 (km)	총사업비 (억원)
경전선	보성～임성리	단선철도	79.5	12,979
전라선	순천～여수	복선전철화	32.4	7,334
전라선	익산～순천	복선전철화	154.2	12,335
태백선	제천～쌍용	복선전철화	13.9	3,773
동해남부선	울산～포항	복선전철화	76.6	23,289
동해선	포항～삼척	단선전철	165.8	29,521
대곡-소사선	대곡～소사	복선전철	19.5	14,468
소사-원시선	소사～원시	복선전철	23.1	17,636
경원선	신탄리～철원	철도복원	5.6	443
부산신항 배후철도	한림정～부산신항	복선전철	38.8	9,361
수도권북부내륙 화물기지인입철도	문산역 구내	단선철도	3.2	386
성남-여주선	판교～여주	복선전철	57.0	18,443
여주-문경선	여주～문경	단선전철	95.8	17,206
대구선	동대구～영천	복선전철화	34.9	9,880
장항선	익산～대야	복선전철화	11.0	5,143
포승-평택선	포승～평택	단선철도	30.3	5,773
장항선	신성～주포 남포～간치	복선전제 단선개량	33.1	7,870
경원선	동두천～연천	단선전철	20.3	3,498
서해선	송산～홍성	복선전철	98.3	40,946
원주-강릉선	원주～강릉	복선전철	111.2	37,327
광양항 인입철도	광양～초남	복선전철화	5.6	736
울산신항 인입철도	망양～울산신항	단선철도	9.4	1,955
포항영일신항 인입철도	포항～포항신항	단선철도	11.2	2,050
군장산단 인입철도	대야～군장산단	단선철도	27.9	5,430
인천공항철도 활성화	-	신경의선 연결	2.9	3,800
철도종합 시험선로	오송～조치원	-	14.5	2,426
이단적재열차	경전선	개량	-	866

③ 광역철도

□ 신규사업

○ 전반기 착수사업 : 3개 사업, 140.7km

노선명	사업구간	사업내용	연장 (km)	총사업비 (억원)
수도권 광역급행철도	일산~수서(동탄)	복선전철	46.2	46,031
	송도~청량리	복선전철	48.7	46,337
	의정부~금정	복선전철	45.8	38,270

□ 기 시행중인 사업 : 15개 사업, 334.0km

노선명	사업구간	사업내용	연장 (km)	총사업비 (억원)
경의선	용산~문산	복선전철화	48.6	21,533
분당선	왕십리~선릉	복선전철	6.8	7,447
분당선	오리~수원	복선전철	19.5	13,967
경춘선	망우~금곡	복선전철	17.9	5,964
신분당선	용산~강남	복선전철	7.5	14,031
신분당선	강남~정자	복선전철	18.5	15,808
신분당선	정자~광교	복선전철	12.8	15,343
신분당선	광교~호매실	복선전철	11.1	7,490
수인선	수원~인천	복선전철	52.8	13,513
동해남부선	부산~울산	복선전철화	65.7	22,689
신안산선	안산~여의도	복선전철	41.2	33,179
신안산선	여의도~서울역	복선전철	5.7	7,802
별내선	암사~남양주	복선전철	11.4	7,988
진접선	당고개~진접	복선전철	14.5	10,990
대구권 광역철도	구미~경산	-	-	77

④ 추가검토 대상사업

○ 20개 사업, 1,081.8km

노선명	사업구간	사업내용	연장 (km)	총사업비 (억원)
수도권고속선	수색～서울～시흥	복선전철	31.3	18,211
경부고속선	평택～오송	2복선전철화	47.5	30,604
용문-춘천선	용문～춘천	복선전철	49.0	16,633
동해선	강릉～제진	단선전철	110.2	27,675
문경선	문경～점촌	단선전철	17.4	1,393
평택-부발선	평택～부발	복선전철	58.7	19,321
새만금-대야선	새만금～대야	복선전철	45.4	11,183
동해선	동해～강릉	복선전철화	49.2	15,493
동해선	포항～동해	복선전철화	173.8	33,051
신분당선	호매실～향남	복선전철	17.3	12,704
의정부-철원선	의정부～철원(포천)	복선전철	54.2	26,571
경원선	용산～청량리	2복선전철	12.7	8,486
김천-전주선	김천～전주	복선전철	108.1	27,541
서해산업선	인주～안흥	단선전철	78.3	20,567
대구-광주선	대구～광주	단선전철	191.6	48,987
제2공항철도	인천공항～인천	복선전철	14.1	20,805
대산항 인입철도	당진～대산항	단선철도	18.5	7,572
인천남외항 인입철도	시흥차량기지 내	단선철도	1.5	536
녹산산단 인입철도	녹산역 구내	단선철도	1.5	560
반월산단 인입철도	안산역 구내	단선철도	1.5	635
계			1,081.8	348,528

나) 국내 시장환경 분석결과

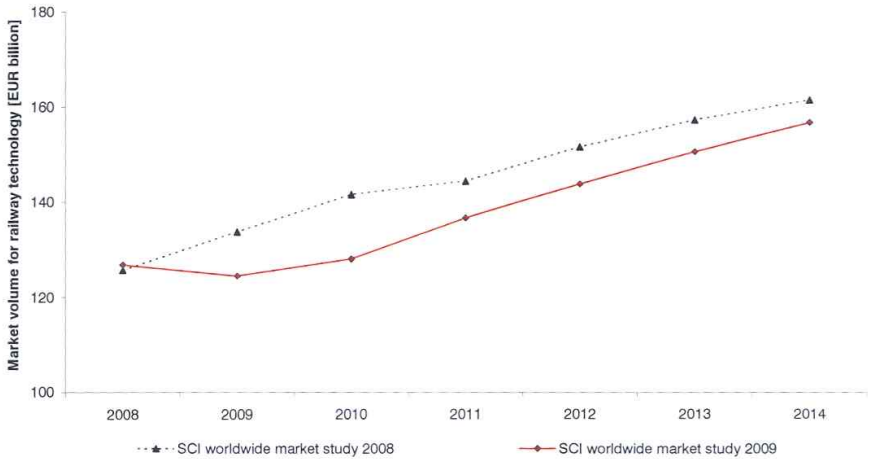
앞서 조사된 바와 같이 정부는 탄소저감형 국토구조 개편을 위해 녹색교통수단의 확대계획을 추진 중이며, 이를 위해 고속철도를 확충하고, 철도 복선 및 전철화를 통해 철도교통 중심의 교통체계로 개편하고 있다. 따라서 친환경 녹색교통수단인 철도의 여객수송 분담률을 높이고, 철도건설 및 운영 전반의 비용절감과 효율화를 이룰 수 있는 기술의 중요성과 수요의 증대가 예상된다.

철도교통에 있어서의 위치검지기술은 열차제어분야의 경우 열차 위치 및 속도검지, 유지보수 분야의 경우 고장위치의 확인, 안전분야의 경우 위치기반 열차상태감시 등 다양한 철도응용분야에 필요한 핵심기술로서 위치 정확성의 개선과 저비용 고효율이 가능한 위치검지기술 확보 시 국내 철도건설 및 운영전반의 효율화와 안전성 향상을 위한 신규시장의 창출이 예상된다.

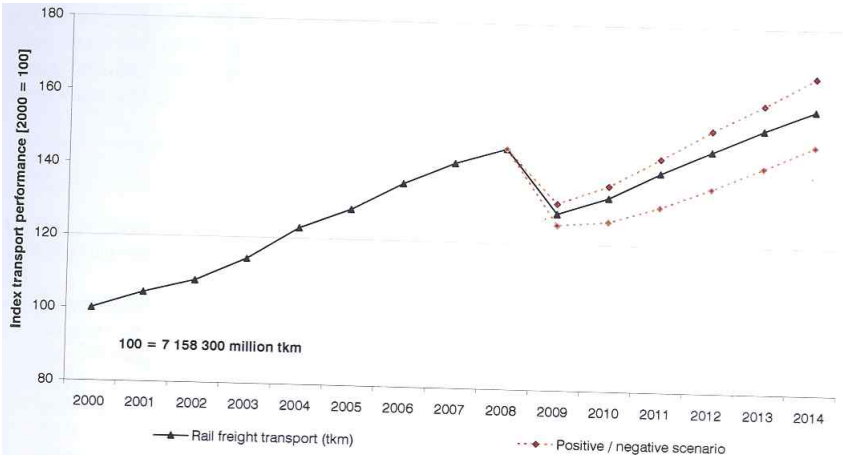
2) 국외 시장환경 분석

가) 철도화물 분야

최근 80년간의 몇 개의 큰 경제 위기 속에서도 철도시장은 계속 성장하고 있다. 철도 여객수송에 비하여 철도 화물 수송 분야는 곧 경제적 위기의 영향을 받는다. 경제 위기로 2009년에 인도를 제외한 남·북아메리카, 중국, 러시아, 서·동유럽에서는 급격한 화물 수요의 변화가 있을 것으로 SCI Verkehr는 예상하였으며, 2008년 수준으로 회복되기 위하여 2012년이나 2014년이 되어야 할 것으로 예측하였다. 하지만 이러한 분석에서 2008년에 매우 높았던 철도화물 교통의 높은 교통 운영 수준을 고려해야한다. 지난 8년간 tonne-kilometers의 세계 시장은 거의 50%나 되는 높은 성장이 있었으며, 이는 세계적으로 철도 화물 교통의 르네상스를 보여준다. 높은 성장률은 주로 컨테이너 교통의 높은 수요를 차지하는 원자재 수송의 증가 때문이다. 이 발전은 교통 용량의 수요를 증가시키는 결과를 낳았다.



[그림 19] 철도산업 연구에 따른 세계 철도시장 발전 예측



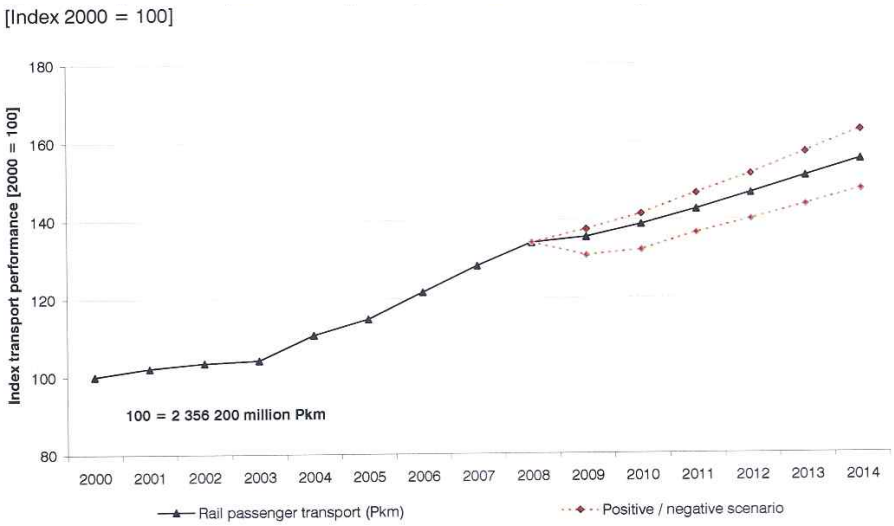
[그림 20] 2000~2014년 화물수요의 세계시장 성장예측

나) 철도여객분야

철도 여객 교통의 발전은 철도 화물 교통 수요보다 비교적 변동이 적다. 2009년에 SCI Verkehr는 2008년과 비교하여 일정한 발전과 교통 서비스에서는 차후에 더 시장이 성장할 것으로 예측하였다. 철도 여객 교통은 철도 화물 교통에 비하여 경제 위기에 영향을 받지 않지만, 장기간 서비스는 부족한 공공 자금으로 감소하며 이러한 현상을 특별히 서유럽에 나타날 수 있다.

철도 여객 교통은 몇 지역의 위기에 의하여 더욱 심하게 영향을 받는다. 유럽과 다른 선진국의 경제는 사업 여행 부분에 영향을 미쳐서 여객의 여행횟수

와 비용에 영향을 미친다. 통근 철도 서비스와 도시교통은 CIS와 몇 개의 동 유럽 국가에서 높은 실업률에 수요가 영향을 받아 감소하고 있음을 알 수 있다.



[그림 21] 2000~2014년 철도 여객교통 수요예측

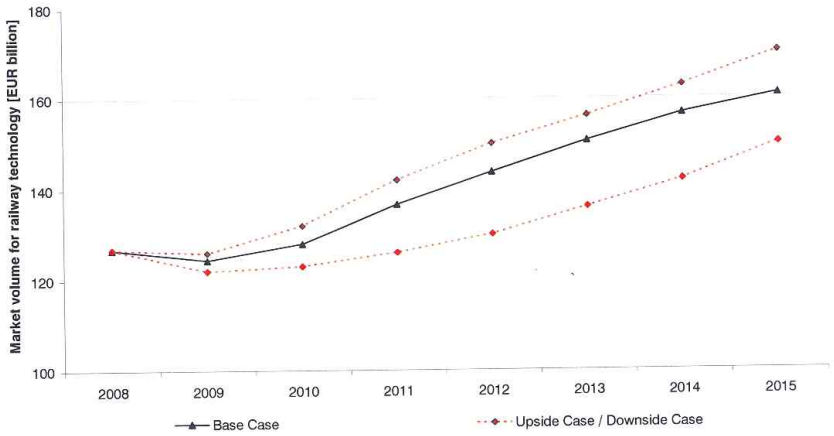
다) 철도분야별 시장전망

장기간 관점에서 철도 수요는 철도 관련 생산품의 수요와 연관이 된다. 가장 큰 발전은 인프라 분야에서 보이고 있으며, Rolling Stock분야에서 화물객차나 기관차에 대한 수요의 감소는 이 분야에 감소의 영향을 주고 있다.

<철도분야별 시장전망>

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

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



[그림 22] 2008~2015년 철도기술의 세계시장 성장예측

- 낙관적 시나리오 (Upside case)

• 중도적 시나리오보다 빠른 세계 경제의 급속한 회복과 증가하는 교통량에 근거한 중도적 시나리오보다 빠른 투자를 가정함

• 공공 자금이 철도 시스템에 투자할 정도로 충분한 상태라고 가정함

• 덧붙여 친환경적 교통 수단으로 철도의 중요성의 부각 요소를 고려함

- 중도적 시나리오 (Base case)

• 2010년에 경제 회복으로 철도 분야의 재정 투자가 가능한 상황을 가정함

• 2008년의 철도 화물 교통 수요가 2012년에 다시 도달하며 철도 여객 수요는 2010년에 도달할 것으로 가정함

• 2012년부터 공공 자금이 투자와 관련하여 압력을 받게 되며, 차량과 인프라에 개인 투자 자금이 증가할 것으로 가정함

- 비관적 시나리오 (Downside case)

• 경기의 회복과 차량과 인프라에 대한 투자가 매우 느리게 회복되는 경우를 가정함

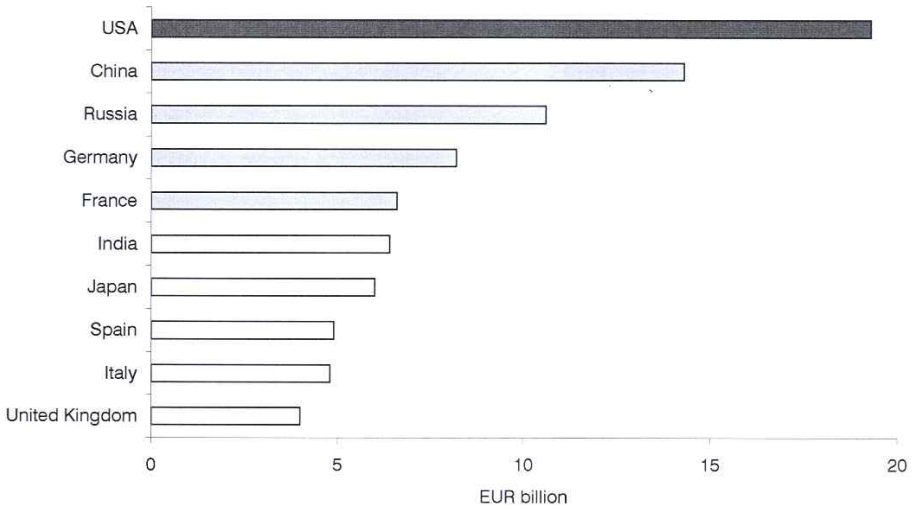
• 공공자금의 위기로 인하여 투자가 늦추어지는 상황을 가정함

라) 지역별 시장전망

서유럽은 세계에서 철도시장이 가장 활발히 운영되고 있다. 아시아는 계속 성장을 거듭하여 지금은 북아머리카를 따라잡았으며 2년 내에 서유럽시장을 따라잡을 것으로 예상된다. 나라별로는 미국이 세계에서 가장 큰 철도시장을 가지고 있으며 그 뒤를 중국과 러시아가 따르고 있다. 이미 세계 탑10안에 드는 아시아의 국가는 3개나 된다.(인도, 일본, 중국) 향후 5년 동안에도 중국과 인도, 미국의 철도시장은 계속 성장할 것으로 예상된다.

[표 2] 지역별 세계시장 전망

지역	연간 시장 규모 (EUR millions)	연평균 시장 성장률(%) (2009~2014)	표준편차 (2009~2014)
서유럽	39000	+3.5	2.1
동유럽	8850	+3.3	3.8
북아메리카	23500	+4.3	4.5
중앙/남아메리카	3000	+7.1	4.7
아시아	317000	+5.2	2.4
아프리카/중동	4250	+5.8	4.3
CIS(독립국가연합)	13700	+3.7	2.3
호주/태평양부근	2500	+3.8	7.5
총 합계	12600	+4.2	1.0

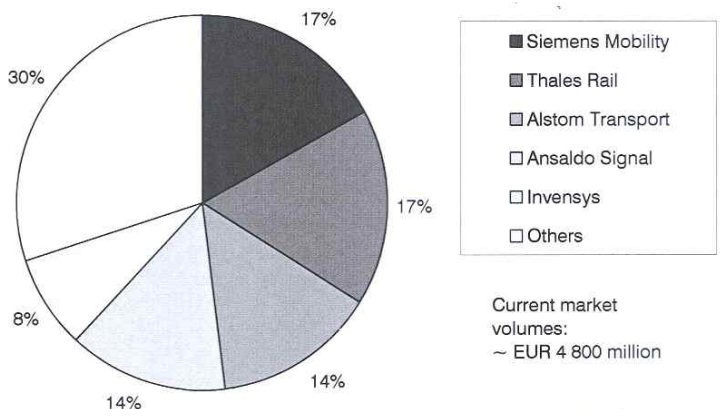


[그림 23] 2009년 국가별 세계시장 점유순위(2008~2010년 평균)

나. 산업구조 및 경쟁력

1) 국내외 해당기술분야의 산업구조

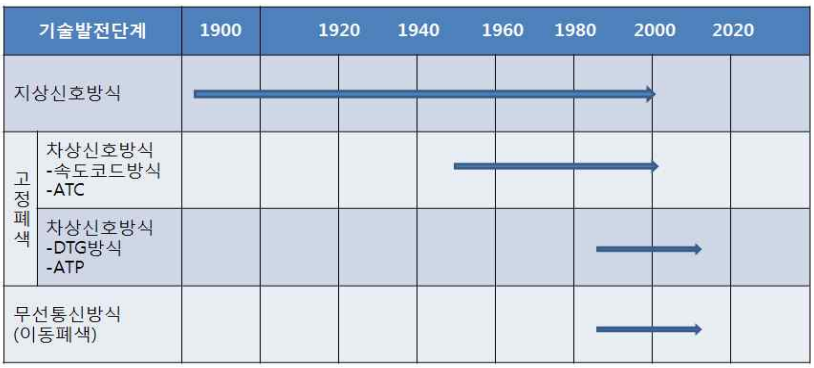
현재까지 철도교통 위치검지기술은 열차제어기술의 하부기술로서 위치검지기술에 대한 산업구조의 정확한 파악은 어렵다. 따라서 열차제어기술에 대한 산업구조 분석을 통해 향후 증대 될 위치검지 기술분야의 산업구조를 예측한다. 열차제어 및 철도신호시장만큼 적용되는 기술과 생산되는 설비의 범위가 다양한 분야는 다른 철도분야에서 찾아보기 힘들다. 1990년대 후반까지는 Adtranz, US&S, GRS등의 공급사가 있었으나, 세계 열차제어(철도신호)시장은 6대 메이저 공급사인 Alstom Transport, Ansaldo Signal, Bombardier Transportation, Invensys, Siemens mobility, Thales Rail Signalling solutions이 70%를 점유하고 있다. 최근에 중국 시장 규모가 급속히 확대되면서 중국의 철도신호회사도 중요한 위치를 차지하고 있다.



[그림 24] 2005년 ~2009년 열차제어 및 관제시스템 분야 세계시장 점유율

6개 메이저 공급사를 포함한 철도신호업체는 철도운영기관의 요구사항인 안전성과 운영효율 향상을 충족하기 위해서 열차제어시스템에 대한 기술개발을 지속적으로 수행하고 있으며 그 단계는 [그림 25]와 같이 기술발전을 4단계로 구분할 수 있다. 이 그림을 통해서 무선통신방식을 적용하는 열차제어시스템과 속도프로파일을 적용하는 DTG방식의 ATP시스템이 2000년대 이후 신호시

스템 시장을 주도하고 있는 것을 확인할 수 있다. 1985년 캐나다 토론토의 Scarborough RT노선에 무선통신기반 열차제어시스템을 처음으로 상업화한 이후 1990년까지 구축된 무선통신기반 열차제어시스템은 Vancouver의 SkyTrain시스템과 Detroit의 people mover가 있다. 2000년까지는 무선통신기반 열차제어시스템을 7개 노선에 추가적으로 구축하였다. 2010년까지 50여개 정도의 노선에서 무선통신기반 열차제어시스템의 영업운전이 계획되었다.



[그림 25] 열차제어기술 발전단계

국내의 경우에도 무선통신기반 열차제어시스템의 국산화를 위해 국토해양부 R&D 사업으로 “도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계 구축 및 성능평가”과제가 한국철도기술연구원의 주도로 2013년까지 추진되고 있으며, 앞으로의 열차제어시스템은 무선통신기술과 차상열차제어기술이 주도할 것으로 예측된다. 따라서 차상열차제어 시 요구되는 핵심기술 중의 하나인 열차위치검지기술에 대한 중요성과 시장성도 날로 확대될 것으로 예측된다.

가) 철도교통 위치검지기술 산업구조 예측

[표 3] 국내 CBTC 시스템 도입 현황

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

국내 적용중인 무선통신 열차제어시스템의 위치검지기술로는 RFID와 차륜센서가 주요 적용기술로 채택 중에 있다. 이중 RFID 기술은 ATS, ATC 등 기존 열차제어기술에 적용되지 않은 차상기반 열차위치검지를 위한 신규 기술이며, 최근 기존선고속화를 위해 구축, 운영되고 있는 일반철도 ATP에서도 발리스(Balise)라는 이름으로 적용되고 있다.

이처럼 국내외적인 무선통신기반 열차제어시스템의 적용증대에 따라 위치검지 효율화 기술의 요구는 증대될 것이며 별도의 시장구조를 확보할 것으로 예상된다. 또한 GPS 위성항법기술이 열차 및 화물감시분야, 유지보수 계측 등의 철도분야에 폭넓게 적용 중에 있으며, 이러한 위치검지 신기술의 철도적용 시 요구되는 센서통합형 열차위치검지기술 및 안전성 확보/평가기술에 대한 수요증대가 예상되며, 이에 대한 시장구조의 형성도 예측된다.

2) 기술확보 시 경쟁력 및 시장의 경쟁력

국내외적으로 저비용·고효율의 철도시스템 구축이 주요 기술개발 이슈로서 지상설비를 최소화하는 차상기반 위치검지기술 개발은 향후 중요성과 시장성이 확대될 것으로 예상되고 있으며, 열차제어 뿐만 아니라, 열차감시, 안전설비, 운전지원, 운영 효율화, 유지보수 계측 등 다양한 철도적용분야에 적용될 수 있는 기반기술이다. 따라서 위치검지관련 국내기술 확보 시 각종 철도응용분야에 적용을 통해 기존 시스템 대비 비용·효율적 차별성 증대가 가능하고, 이는 기술경쟁력의 증대와 함께 시장구조의 재편을 가능하게 할 것으로 예상된다.

3. 국내외 기술개발 동향 및 분석

가. 특허분석

1) 철도교통 위치검지기술분야 특허동향

가) 정량분석

철도교통 위치검지기술의 철도적용분야별 특허기술을 분석하기 위하여 아래와 같이 위치 및 속도검지기술과 관련된 키워드를 도출하고 관련특허를 선별하여 특허기술의 동향과 수준을 분석하였다.

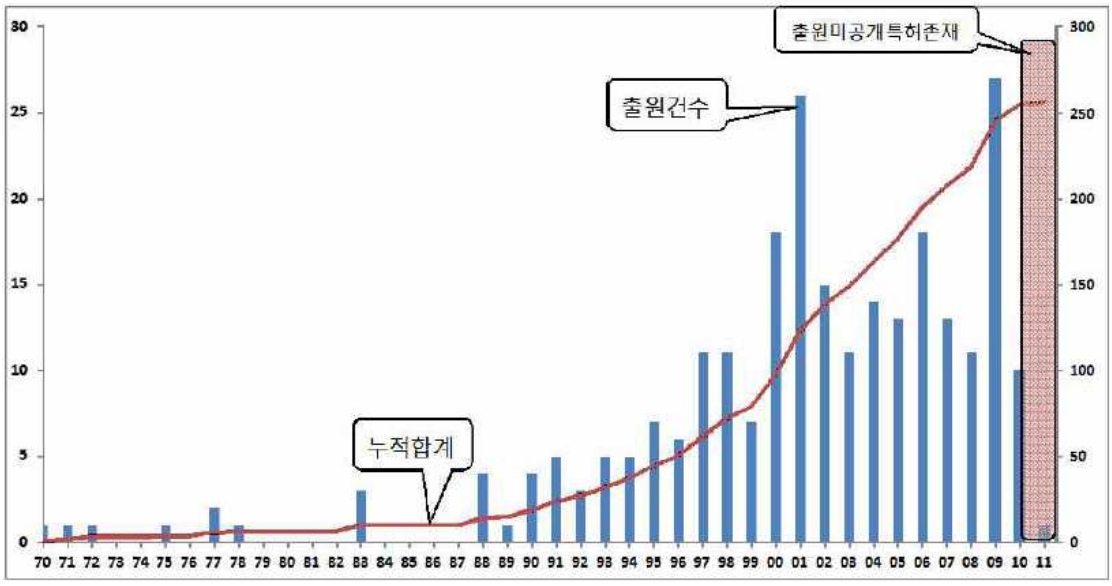
① 검색 키워드 및 검색 결과

Keyword	Title((train! or tram! or tramway! or railcar! or railway! or railroad! or tramway! or ((tram) w/1 (way!)) or "tram-way" or railborn! or ((rail!) w/1 (born!)) or "rail-borne" or "rail road" or ((rail!) w/1 (road!)) or "rail-road" or locomotiv! or "rolling stock!" or ((rolling!) w/1 (stock!)) or rollingstock! or traintram! or tramtrain! or "train-tram" or "tram-train" or "LRV" or "LRT")) and ((posit! or locat! or situat! or plac! or rout! or pathway!) w/2 (measur! or control! or signal! or monitor! or detect! or inspect! or estimat! or analy! or sens! or check!)) and ((speed! or velocit!) w/2 (measur! or control! or signal! or monitor! or detect! or inspect! or estimat! or analy! or sens! or check!)) and (((track!) w/1 (circuit!)) or ((wheel! or speed!) w/1 (sens!)) or odometry! or odometer! or tachometer! or "odor-tachymetry!" or "RFID" or ((radio!) w/1 (frequenc!) w/1 (identification!)) or transponder! or interrogator! or balis! or eurobalis! or "TAG" or ((doppler!) w/1 (radar!)) or "GNSS" or ((global!) w/1 (navigation!) w/1 (satellit!) w/1 (system!)) or "GPS" or ((global!) w/1 (position!) w/1 (system!)) or glonass! or ((global!) w/1 (navigation!) w/1 (satellit!) w/1 (system!)) or galileo! or "DGNSS" or "DGPS" or "CDGPS" or ((carrier!) w/1 (phas!) w/1 (differential!)) or "RTK" or ((real!) w/1 (time!) w/1 (kinematic!)) or "NDGPS" or "SBAS" or (("satellite-based!" or satellitebased! or ((satellite!) w/1 (based!))) w/1 (augmentation!) w/1 (system!)) or "GBAS" or (("ground-based!" or groundbased! or ((ground!) w/1 (based!))) w/1 (augmentation!) w/1 (system!)) or "EGNOS" or ((european!) w/1 (geostationary!) w/1 (navigation!) w/1 (overla!) w/1 (servic!)) or "WAAS" or ((wide!) w/1 (area!) w/1 (augmentation!) w/1 (system!)) or "MSAS" or (("multi-functional!" or multifunctional! or ((multi!) w/1 (functional!))) w/1 (satellit!) w/1 (augumentation!) w/1 (system!)) or ((radio! or "radio-based") w/1 (navigation!)) or "TOA" or ((time!) w/1 (arrival!)) or "PTC" or ((positiv!) w/1 (train!) w/1 (control!)) or "INS" or "IMU" or gyroscope! or accelerometer! or topograph! or "milestone!" or "encoder" or "laser" or "TRACK" or "KP" or ((kilo!) w/1 (post!)))

검색국가	미국, 일본, 중국, PCT, 유럽, 독일, 프랑스, 영국, 한국
검색DB	Total Patent DB, Focust DB
검색건수	1044건
유효 특허건수	258건

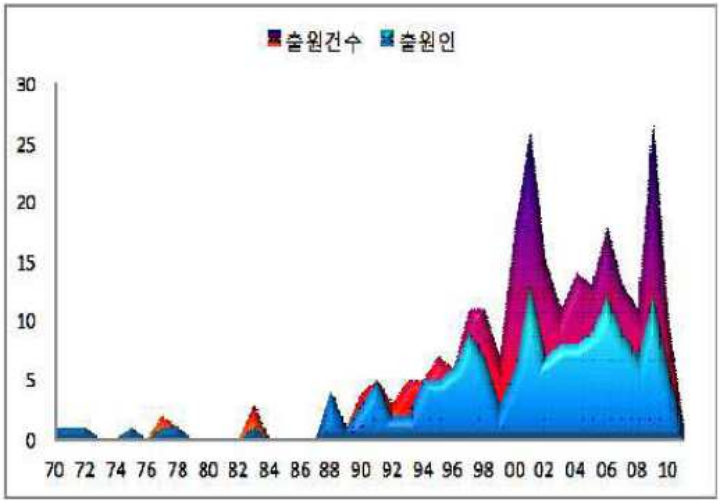
② 키워드연도별 출원건수 및 누적 출원건수

○ [그림 26]과 같이 철도교통 위치검지기술분야는 1970년 이전 연구활동에 대해서는 그 조사가치가 낮아 제외하였으며, 1970년대에도 미비하나 간헐적인 출원이 있었으며, 1988년 이후부터 본격적으로 꾸준히 출원이 이루어지다가 1999년 감소한 경우를 제외하고 2001년에 최대의 출원수를 포함하여 2009년에도 다수 출원되는 등 활발한 출원활동을 보임. 2000년 05월 GPS 위성항법 시스템의 고의적인 오차(SA)가 제거됨에 따라 GPS 기술을 철도에 응용하는 특허를 중심으로 특허건수가 비약적으로 상승하였으며, 최근 GPS 외 다양한 위치검지기술과 무선통신기술을 접목한 철도응용 특허가 증대되고 있는 상황임.



[그림 26] 철도교통 위치검지기술분야 연도별 누적 출원건수

③ 출원건수 및 출원인수 비교



[그림 27] 철도교통 위치검지 기술분야 출원건수 및 출원인수

○ [그림 27]과 같이, 연도별 출원건수 대비 출원인수의 변화를 통해 보다 구체적으로 살펴보면 1997년 이전까지는 한명의 출원인당 약 1건의 출원이 이루어졌으나, 1998년부터는 한명의 출원인당 약 2건으로 출원하고 있었으나, 2002년부터는 출원인이 서서히 증가하면서도 출원수도 비례적으로 증가하는 경향이 보임

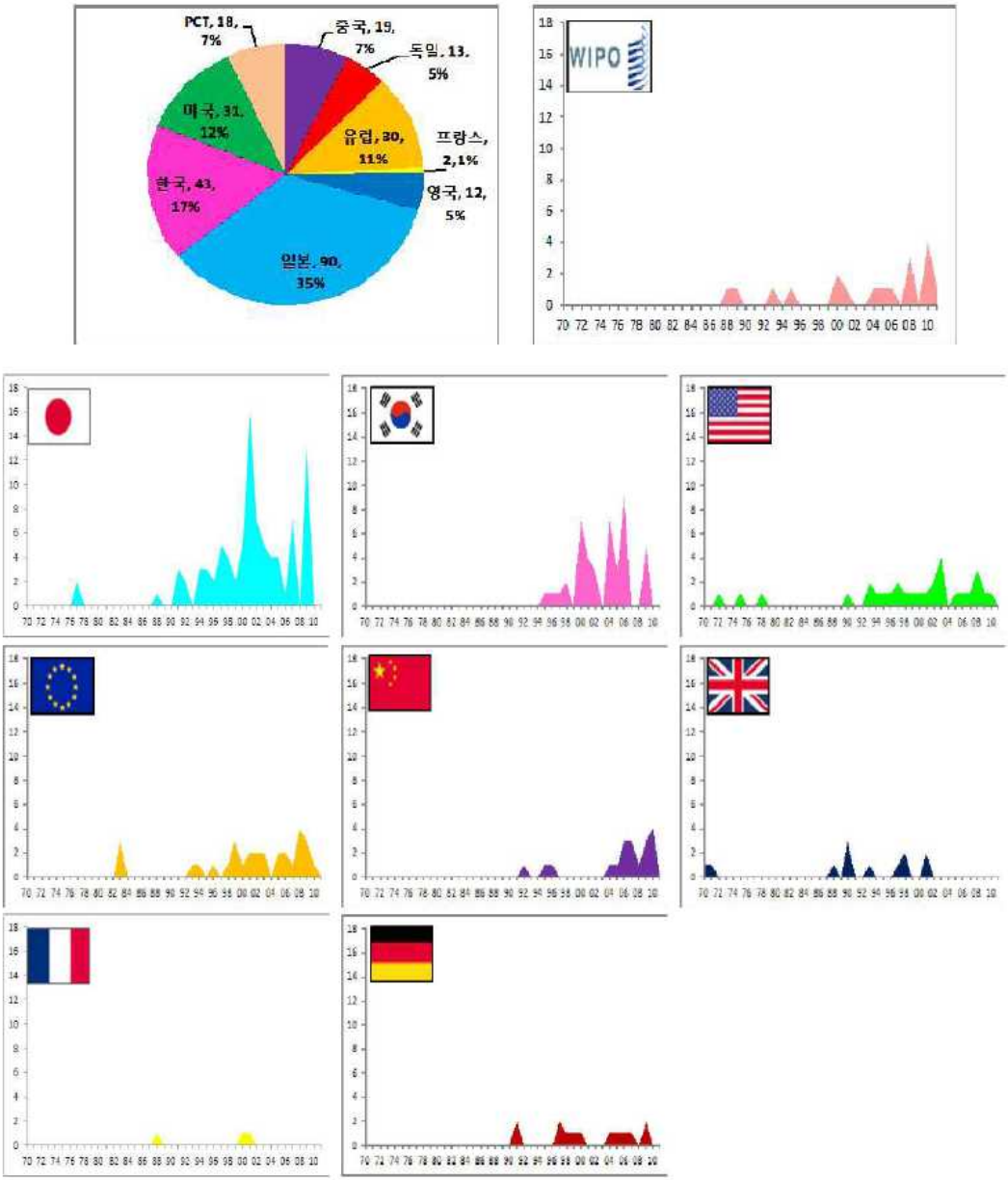
④ 하부기술 분류별 출원동향



[그림 28] 하부기술 분야별 출원동향

○ [그림 28]과 같이 철도교통 위치검지기술이 적용되는 세부기술에 따른 분류 결과 열차 제어가 124건, 위치검지가 54건, 열차감시가 28건, 정위치정차가 22건으로 많았으며, 속도 및 위치검지 기반기술과 열차안전이 10건이고, 유지보수가 6건, 속도검지가 4건의 순으로 나타남

⑤ 국가별 출원동향



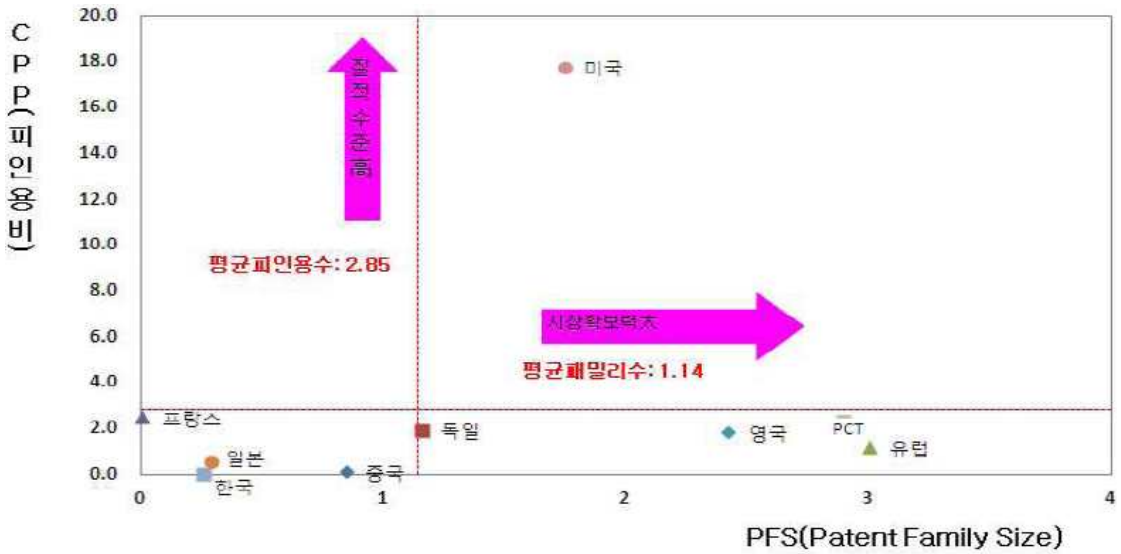
[그림 29] 철도교통 위치검지기술 국가별 출원현황

○ [그림 29]와 같이, 철도교통 위치검지 기술분야에 있어서, PCT출원은 약 7%(18건)로 1980년대 후반부터 미비하게 출원이 꾸준하게 이루어지고 있으며, 일본은 가장 많은 약 35%(90건)으로 1970년대 중반과 1980년 후반 출원이 미약하게 있었으나, 1990년 이후부터 출원이 증가한 이래, 2000년대 중반이후 급격하게 출원한 것으로 보아 최근 많이 출원되고 있는 경향이 보임

○ 한국은 약 17%(43건)로 1995년 출원 이후부터 꾸준한 출원이 있으며, 2000년 이후 급격한 상승을 보이며 2009년에는 13건으로 최근 많은 출원이 있는 경향을 보이며, 미국은 약 12%(31 건)로 1972년부터 출원하였으며 본격적으로 1993년부터 꾸준하게 출원하고 있으며, 유럽은 약 11%(30 건)로 1983년 출원 이후 출원이 없었으나 1993년 이후 꾸준하게 출원하는 경향을 보임

○ 중국은 약 7%(19건)로 1992년 출원이후 미약한 수준이었으나 2004년부터 꾸준하게 증가하는 경향을 보이며, 영국은 약 5%(12건)로 1970년 출원이후 출원이 없었으나 1990년대에 많은 출원을 하였으며, 프랑스는 약 1%(2건)로 출원수가 미약하고, 독일은 약 5%(13건)로 1997년부터 꾸준하게 출원하는 경향을 보임

⑥ 국가별 특허수준 및 시장확보력



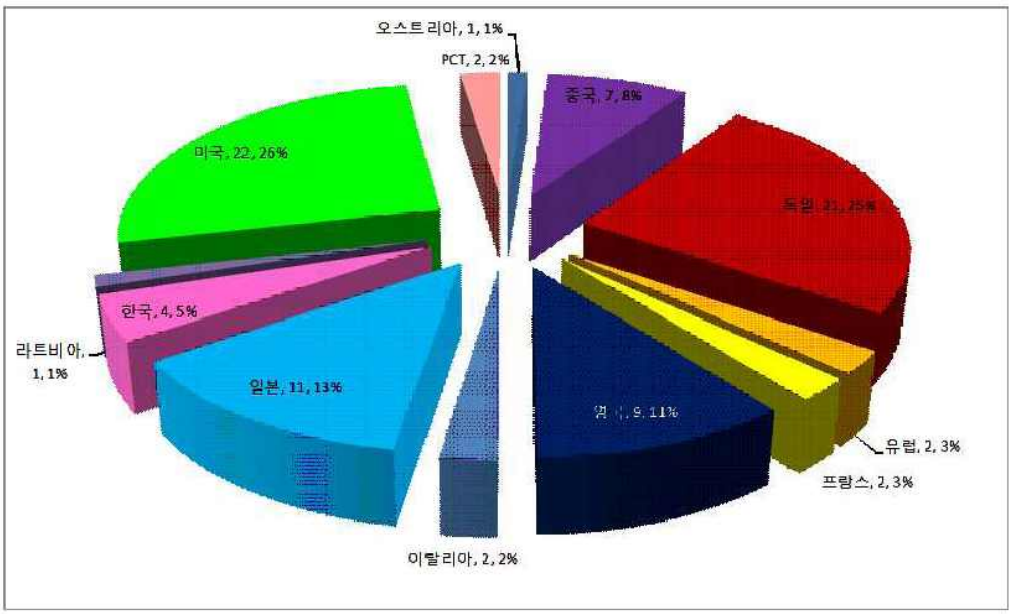
[그림 30] 철도교통 위치검지 기술분야의 국가별 특허수준 및 시장확보력

○ [그림 30]과 같이, 특허의 피인용수(CPP) 및 Family 특허의 수(PFS)를 통해, 국가별 특허의 질적 수준과 시장확보력을 분석한 결과 미국은 평균피인용수가 높은 경향으로 전체 동향에서도 나타나듯이 2003년 이전 등록특허 중심으로 공개된 미국의 특허의 질적 수준이 높아 전체 평균 피인용수가 높으며, 피인용수가 1 이상인 프랑스, 독일, 영국, 유럽이 비교적 특허의 질적 수준이 높은 편임을 보이고 있음

○ 일본, 중국 및 한국은 특허의 질적 수준면에서 특허의 평균 피인용수가 상대적으로 낮은 경향을 볼 수 있는데 이는 자국에서의 피인용수는 제외시킴에 따라 자국 내의 기술을 인용하는 경우가 상대적으로 많음을 보여줌

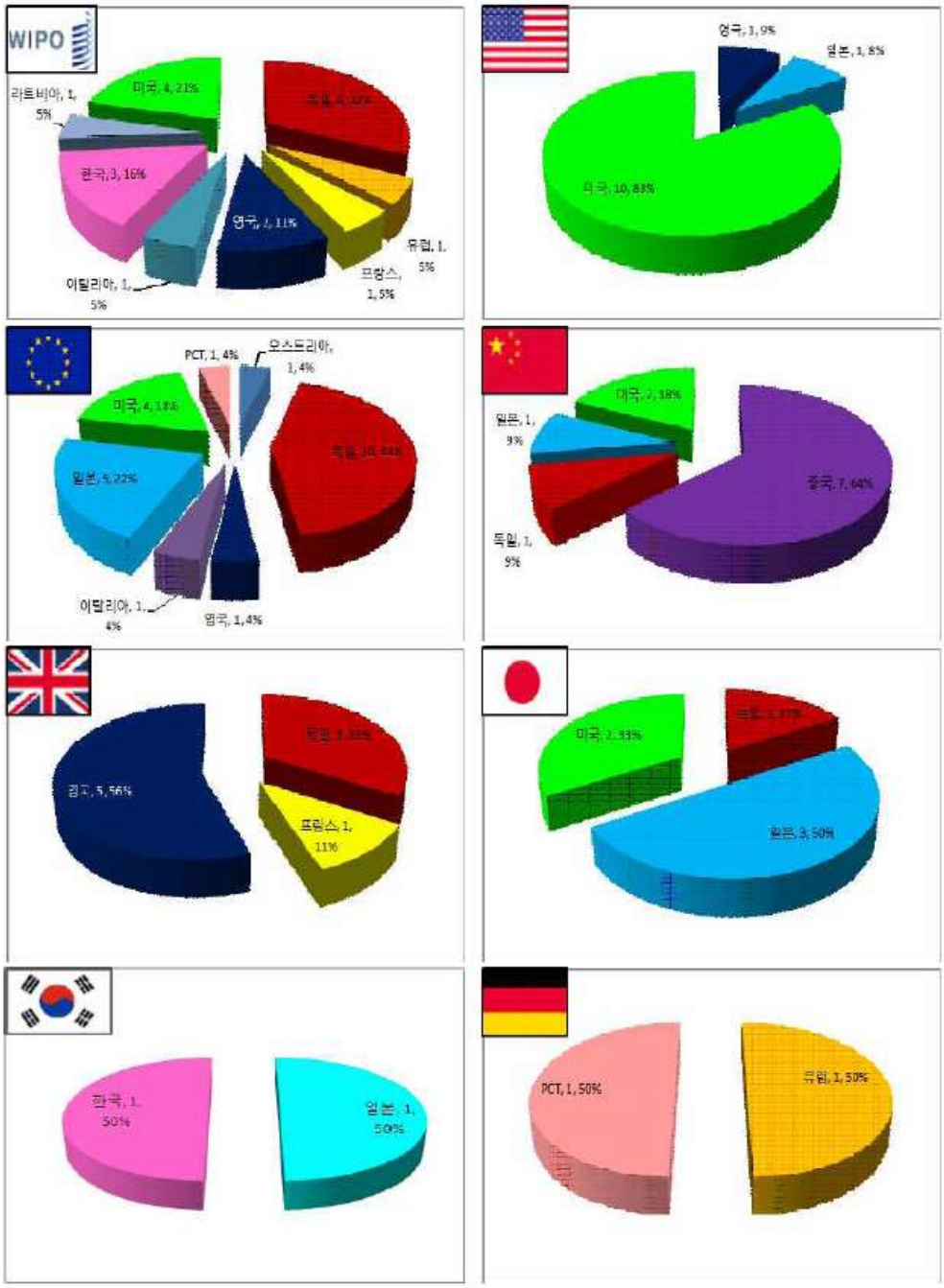
○ 시장 확보력면을 살펴보면 철도산업이 발달한 유럽, 영국, 미국, 독일이 높은 경향을 보이고, 중국이 최근 그 영향력을 넓히고 있음

⑦ 전체 우선권 점유율



[그림 31] 철도교통 위치검지기술분야 우선권 점유율

○ 전체 특허에 대한 각 국가별 우선권 점유율의 순서는 각국의 기술 개발이 활달한 정도의 순서라고 볼 수 있으며, 전체 대상 우선권 보유특허 중 미국이 22건, 독일이 21건으로 상대적으로 높은 경향을 보이고, 일본이 11건으로 출원 수에 비해 낮은 경향이 있고, 영국은 9건으로 출원 수에 비해 높은 경향을 보이며, 후발국가인 중국이 7건으로 최근 기술개발이 활발한 경향을 보임

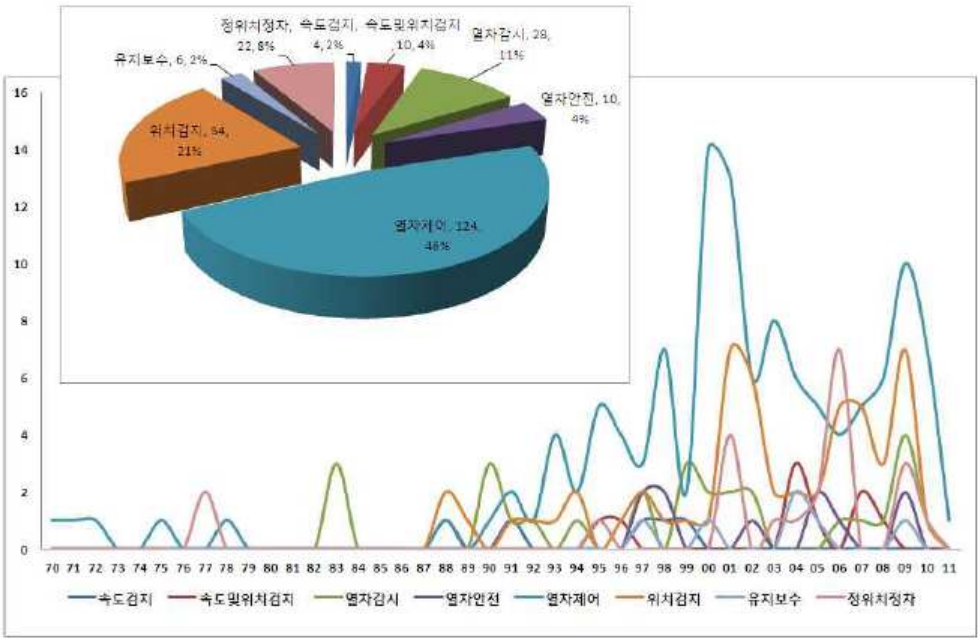


[그림 32] 철도교통 위치검지 기술특허 국가별 우선권 점유율

○ [그림 32]와 같이, PCT는 그 우선권수에 있어 독일, 미국, 한국, 영국의 순으로 나타나며, 미국은 자국인 미국의 출원이 다수를 차지하고 있으며, 유럽은 독일, 일본 미국의 순으로 다소 여러 나라가 우선권을 가지고 있으며, 중국은 자국위주의 우선권의 경향을 보임

○ 영국은 자국의 우선권이 다소 우위를 차지하고 있으며, 일본 또한 자국이 약간 높은 경향을 보이고 있으나 미국, 독일과 큰 차이가 없으며, 한국은 한국과 일본이, 독일은 PCT 출원과 유럽이 양분하고 있는 경향임

⑧ 적용분야 및 연도별 출원동향



[그림 33] 하부 적용분야 및 연도별 출원동향

○ [그림 33]과 같이 철도교통 위치검지기술의 하부 적용분야를 열차제어 분야, 위치검지 분야, 열차감시 분야, 정위치정차 분야, 속도 및 위치 검지 분야, 열차안전 분야, 유지보수 분야, 속도검지 분야로 분류하여 연도별 출원동향을 살펴본 결과 위와 같이, 열차제어 분야가 124건(약 48%)으로 가장 많이 출원되었고, 그 다음으로 위치검지 분야가 54건(약 21%), 열차감시 분야가 28건(약 11%), 정위치정차 분야가 22건(약 8%), 속도 및 위치 검지 기반기술분야가 10건(약 4%), 열차안전 분야가 10건(약 4%), 유지보수 분야가 6건(약 2%), 속도검지 분야가 4건(약 2%)로 나타나고 있으며, 1970년 이전 데이터에 대해서는 그 조사가치가 낮아 제외하였으며, 2010년 4월 이후는 미공개특허의 존재로 감소 추세는 아님

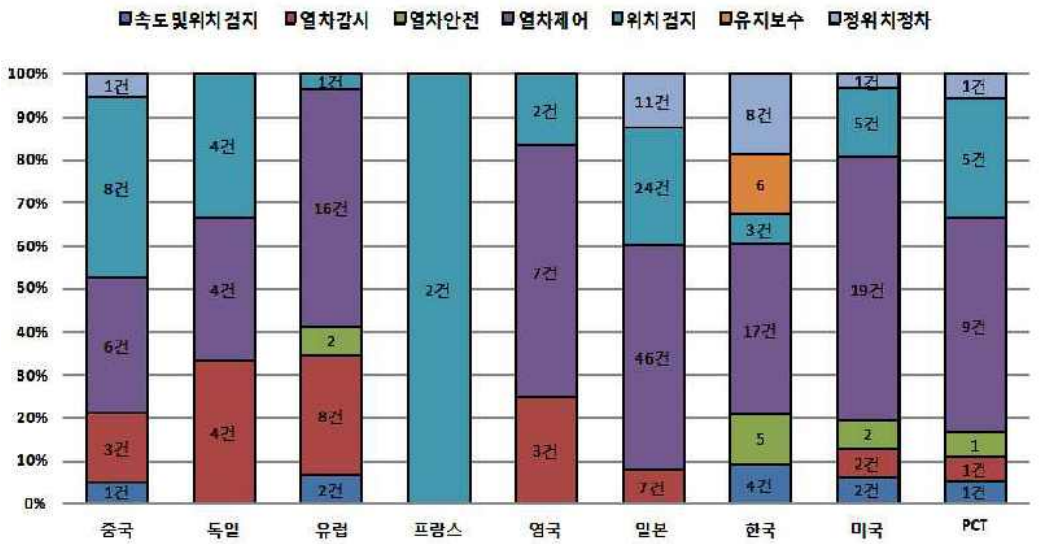
○ 열차제어 분야는 1970년 이후 부터 출원수는 미비하나 꾸준하게 유지하다가 1990년 초반부터 그 수가 급격하게 증가하여 2000년과 2001년에는 14건과 13건으로 최대의 출원수를 나타낸 후 약간의 감소의 경향이 있었으나 2009년 10건으로 최근 다시 출원이 상승하여 높은 출원 경향을 보임

○ 위치검지 기반기술 분야는 1988년 출원이후 2000년까지 미미한 출원수를 보였으나 2001년부터 급격하게 증가한 후 2003년 감소세를 보였으나 2006년 이후 상대적으로 높은 수의 출원을 유지하고 있으며, 열차감시 분야는 1990년 이전에는 1983년 3건의 출원뿐이었으나 1990년대 다시 출원이 증가하였으나 그 출원수가 미비하였으며 2000년 이후 조금 증가된 경향이 있었으나 2003년 이후 출원이 저조하였으나 2009년 4건의 출원을 보여 고속전철의 빠른 열차에서의 안전성과 관련하여 증가하는 경향을 예상함

○ 정위치정차 분야는 전체적으로 많은 수의 출원은 아니나 집중적으로 출원이 많은 년도가 형성되는 경향으로 2000년 이후 비교적 꾸준하게 증가하는 경향이 보이며, 속도 및 위치 검지 분야는 1988년 출원이후 1990년도 중반에 약간의 출원이 있고, 2000년 중반부터 출원 수는 미약하나 꾸준한 출원 경향을 보였으나 최근 다시 감소하는 경향을 보임

○ 열차안전 분야는 1997년 이후 관심을 가지고 출원수가 미비하나 유지되고 있으며 또한 점점 고속화되고 자동화된 철도산업에 있어 안전의 중요성이 증가하여 관련기술의 개발 및 권리의 확보가 요구되며, 유지보수 분야는 1997년 이후 미약한 출원수로 유지되고 있으나 유지비용의 증가에 따라 기술개발이 요구되는 분야이며, 속도검지 분야는 1990년대 출원이 있었으나 최근에는 속도검지 뿐만 아니라 열차의 위치 검측 기술이 함께 출원되어 그에 포함된 경향을 보임

⑨ 국가별 기술분포 현황



[그림 34] 국가별 기술분포 현황

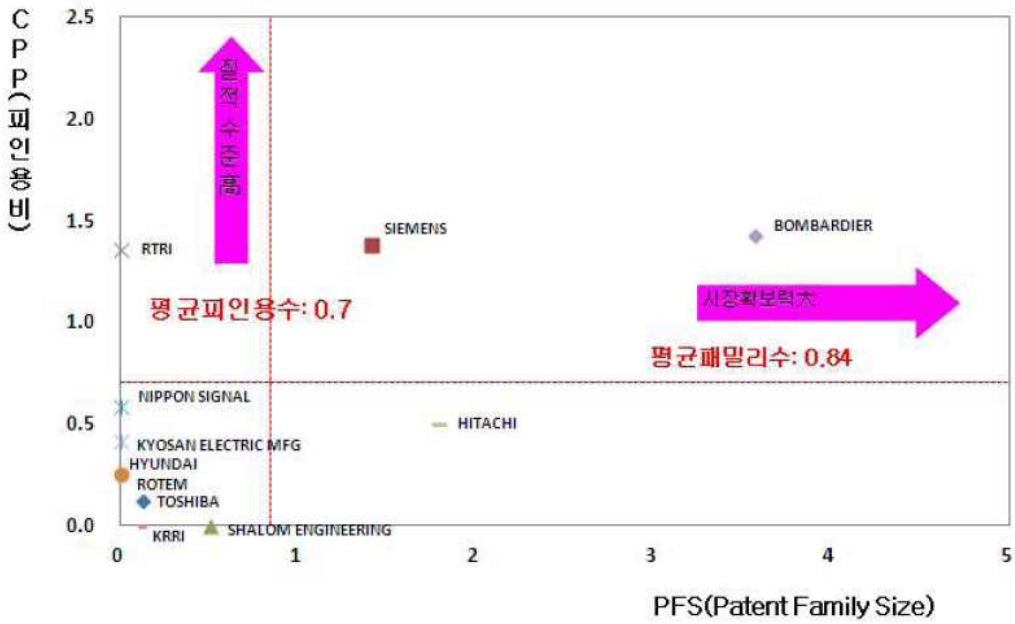
○ [그림 34]와 같이 국가별 기술 분포 현황을 살펴보면, 기술 분야별로는 열차제어 분야가 일본에서의 출원이 가장 활발한 것을 나타났으며, 다음으로 미국, 한국, 유럽 순으로 출원이 많으며 프랑스를 제외한 주요국가에서 모두 출원수가 많은 경향을 보이고, 국제출원의 수도 9건으로 비교적 상당한 것으로 나타남.

○ 위치검지 분야 역시 일본에서의 출원이 가장 많으며, 다음으로 중국과 미국, 독일, 한국, 프랑스, 영국, 유럽의 순으로 나타나고, 모든 주요 출원국에서 출원경향을 보이며 PCT를 통한 국제출원수도 5건으로 상당한 것으로 보이며, 열차감시 분야는 일본, 유럽, 독일의 순으로 역시 일본이 많은 출원수를 보이고 독일과 영국을 포함한 유럽이 높은 출원경향을 보임.

○ 정위치정차 분야는 일본과 한국에서의 출원이 많은 분야로 미국과 중국이 1건으로 비교적 출원국가가 집중된 경향을 보이며, 속도 및 위치 검지 분야는 전체 출원수가 적으나 그 중에서도 한국의 출원수가 높은 편이고, 주요 출원국의 수도 적은 경향을 보여 권리확보 가능성이 높음

○ 열차안전 분야 역시 한국이 많은 편이나 전체 출원수와 주요 출원국이 적어 권리확보 가능성이 높으며, 유지보수 분야는 일본에서만 출원되어 연구 및 공백영역에 해당하며, 속도검지 분야는 일본, 독일 및 유럽으로 주요 출원국의 수가 적어 연구 및 그에 따른 특허출원의 가능성이 높은 분야로 보임

⑩ 주요출원인별 특허수준 및 시장확보력



[그림 35] 특허수준 및 시장확보력

○ [그림 35]와 같이, 주요출원인들이 보유한 특허의 질적 수준과 주요출원인들의 시장확보력을 분석한 결과 BOMBARDIER과 SIEMENS 및 RTRI가 보유하고 있는 특허들의 질적 수준이 높은 경향을 보이며, BOMBARDIER과 HITACHI 및 SIEMENS가 시장확보력 면에서는 높은 경향을 보임

○ 주요출원인 중 일본과 한국의 기업들이 특허들의 질적 수준은 낮지 않으나 시장확보면에서 급격하게 낮은 특징이 보임

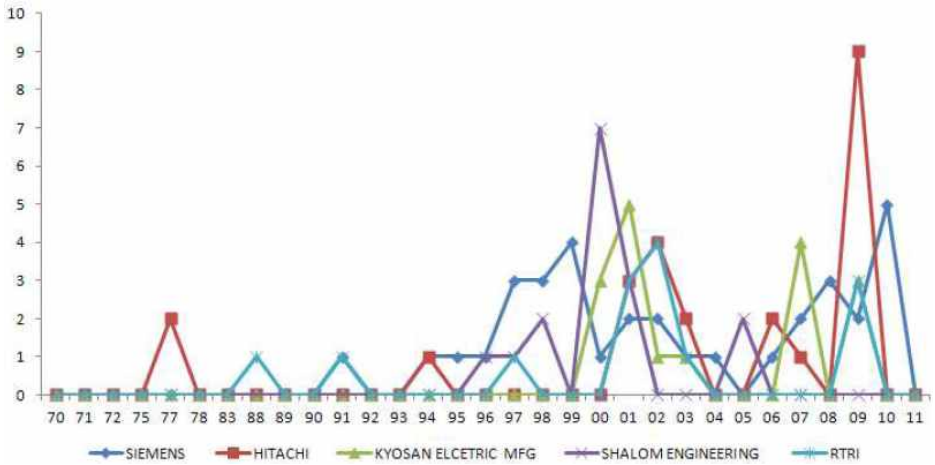
⑪ 주요 출원인 및 연도별 출원동향

주요출원인	출원건수
SIEMENS	34
HITACHI	24
KYOSAN ELECTRIC MFG	17
SHALOM ENGINEERING	16
RTRI	14
NIPPON SIGNAL	12
KRRI	11
MITSUBISHI	8
TOSHIBA	8
BOMBARDIER	7

[그림 36] 주요 출원인 및 연도별 출원동향

○ 열차 위치검지 및 속도 검출 분야에서 주요출원인별 동향을 살펴본 결과는 [그림 36]에서 나타난 바와 같음.

○ SIEMENS가 34건으로 가장 많은 출원을 하고 있으며, 그 다음으로는 HITACHI 24건, KYOSAN ELECTORIC MFG가 7건 등의 순으로 나타남.

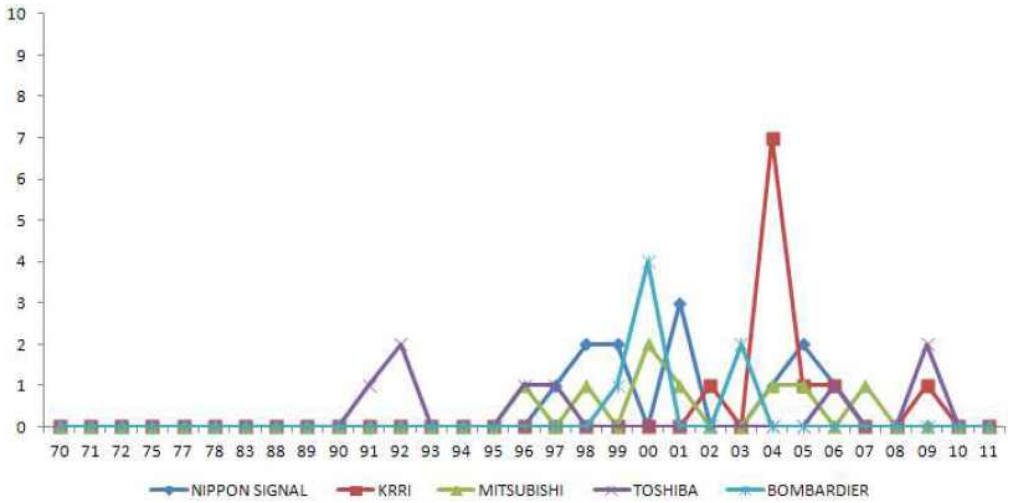


[그림 37] 주요 출원인 및 연도별 출원건수(I)

○ [그림 37]과 같이, SIEMENS는 1991년 출원이후 꾸준하게 출원하고 있으며 1990년 후반에 다소 높은 출원을 보였으나 2000년 중반 감소세 이후 2010년 5건으로 최근 출원이 증가하였으며, HITACHI는 1977년과 1994년 출원이 있으나 2001년 이후 비교적 많은 수의 출원을 보이고, 특히 2009년 9건

의 출원을 보여 최근 연구와 그에 따른 출원이 많이 이루어지는 경향이 있음

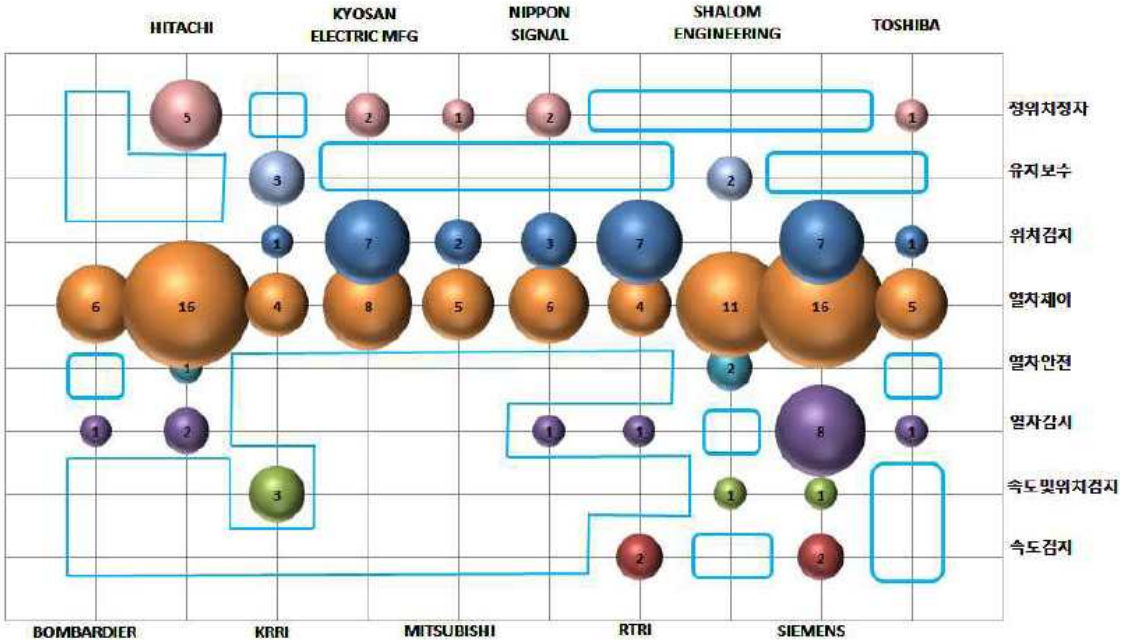
○ KYOSAN ELECTORIC MFG는 2000년 3건과 2001년 5건으로 2000년 초반 출원이 많았으나, 그 이후 감소세를 거쳐 2007년과 2009년에 다수의 출원을 하는 경향을 보이며, SHALOM ENGINEERING는 1990년 중반부터 2000년 초반까지 꾸준한 출원이 있었으나 그 이후 감소세를 보이고 있으며, RTRI는 2000년 초반과 최근 그 출원수가 많이 상승하였음



[그림 38] 주요 출원인 및 연도별 출원건수(II)

○ [그림 38]과 같이, NIPPON SIGNAL은 1990년 중반부터 2006년까지 꾸준한 출원경향을 보였으나, 최근에는 출원이 없으며, KRRI는 2002년 출원 후 2004년 7건의 최대 출원수를 보인 이후 다소 감소하는 경향이며, MITSUBISHI는 1996년부터 2007년 사이에 미약한 출원수이나 꾸준한 출원을 보였으나 최근 출원이 없음

○ TOSHIBA는 1991년부터 1997년 출원이후 없었으나, 2006년과 2009년 다시 출원하는 경향을 보이며, BOMBARDIER는 2000년과 2003년 다수의 출원이 있었으나 근래에 출원이 감소한 경향이 있음



[그림 39] 주요 출원인별 특허 집중분야

○ 주요출원인들의 집중분야를 살펴본 결과 위와 같이, 열차제어 분야에는 다수 출원인으로는 HITACHI와 SIEMENS가 높은 출원수를 보이고, SHALOM ENGINEERING, KYOSAN ELECTRIC MFG 등으로 대부분의 주요출원인의 출원활동이 있어 본 분야에 대한 관심이 높은 것으로 보임

○ 위치검지 분야는 KYOSAN ELECTORIC MFG와 RTRI 및 SIEMENS가 주요출원인으로 특허의 질적수준도 높고, 시장확보력도 높은 경향을 보이며, 열차감시 분야는 SIEMENS가 압도적인 다수 출원을 보이고 있으나 다른 주요출원인의 출원이 적은 경향은 있음

○ 정위치정차 분야는 HITACHI가 주요 출원인이나 다른 주요 출원인도 관심을 보이는 분야로 보이며, 속도 및 위치 검지 분야의 경우 KRRI가 주요 출원인으로 속도 검지와 함께 확실한 공백영역으로 이에 대한 권리의 확보 필요성이 높음

○ 열차안전 분야는 SHALOM ENGINEERING이 적은 수의 출원이 있으나 역

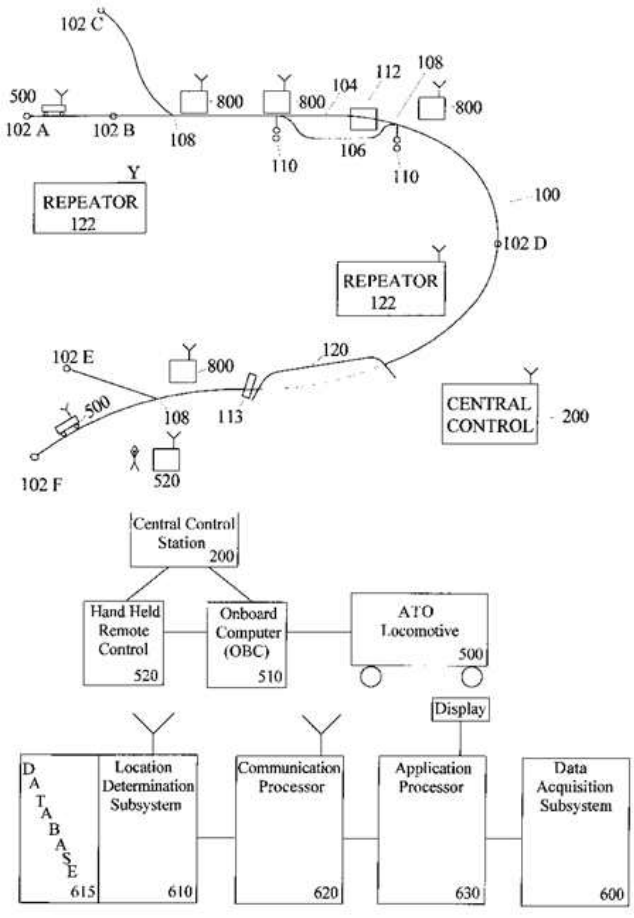
시 연구와 그에 따른 특허의 확보가 필요한 영역으로 판단되며, 유지보수 분야는 KRRI와 SHALOM ENGINEERING가 주요출원인이나 역시 전체 출원수가 적은 편으로 연구를 통한 특허권의 확보가 가능한 영역으로 사료됨

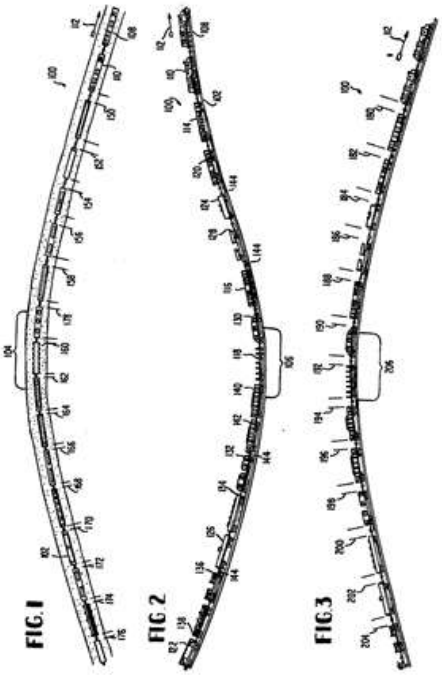
나) 정성분석

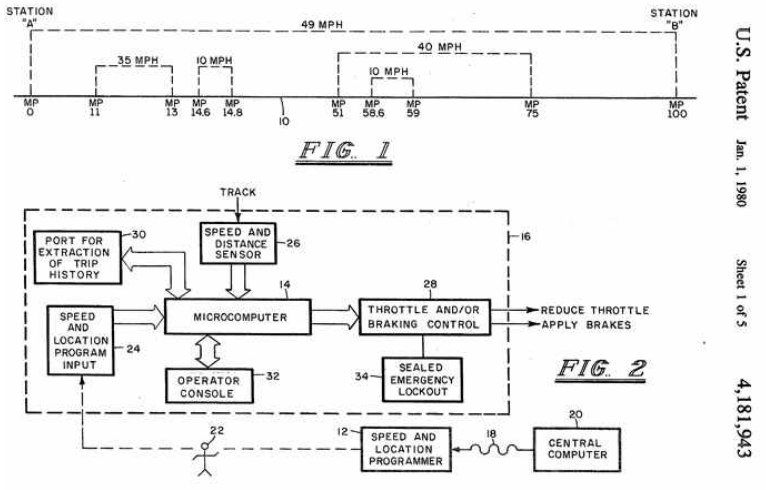
① 핵심특허 선정 목록

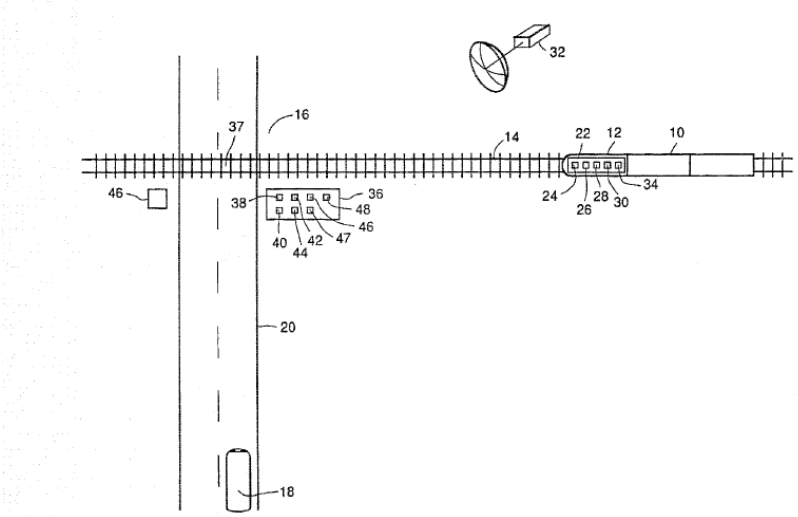
No	공개번호	세부분류	기술 내용
1	US6135396A	열차제어	System and method for automatic train operation
2	US4042810A	열차제어	Method and apparatus for facilitating control of a railway train
3	US5398894A	위치검지	Virtual block control system for railway vehicle
4	US4181943A	열차제어	Speed control device for trains
5	US5554982A	열차감시	Wireless train proximity alert system
6	US3794833A	열차제어	TRAIN SPEED CONTROL SYSTEM
7	US5890682A	열차안전	Railway crossing collision avoidance system
8	US3794833A	열차제어	TRAIN SPEED CONTROL SYSTEM
9	US5678789A	속도 및 위치검지	Model railroad car position indicator
10	US5676059A	위치검지	Tram coordinating method and apparatus
11	EP1147966A1	열차감시	Radio based train securing system for a railway network with a plurality of trains
12	US20030105560A1	열차제어	TRAIN CONTROL METHOD AND APPARATUS
13	EP1104734A1	열차안전	METHOD AND APPARATUS FOR DETECTING RAILROAD CAR DERAILMENT
14	US3501629A	열차안전	SPEED CONTROL SYSTEM FOR RAILROAD TRAINS
15	JP54055904A	정위치정차	AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR STOPPING TRAIN AT PREDETERMINED POSITION
16	US20010022332A1	위치검지	Automated railway monitoring system
17	US6732023B2	열차제어	Train control method and apparatus
18	DE4101776A1	위치검지	Absolute position detection system for magnetic levitation train - uses ratio between calculated amplitude values for induced voltages
19	US20090001226A1	속도 및 위치검지	Acoustic monitoring of railcar running gear and railcars
20	WO2009016024A1	위치검지	TRAIN POSITION SENSING SYSTEM
21	JP54055905A	정위치정차	AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR STOPPING TRAIN AT PREDETERMINED POSITION
22	US20030155470A1	열차제어	Dynamic self-teaching train track layout learning and control system

② 주요 특허별 요약 분석

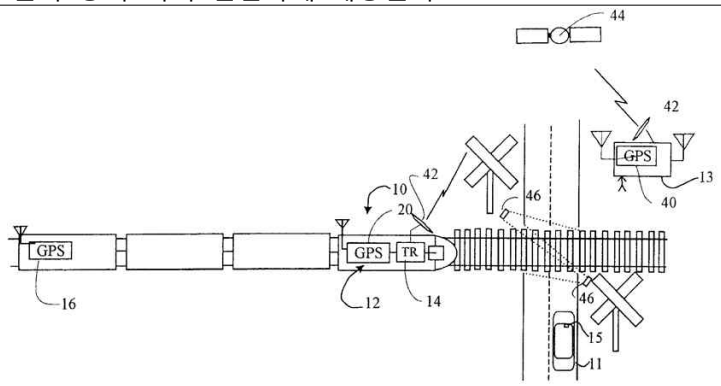
기술분류	열차위치검지및속도검출/열차제어		
출원번호	US09019165	출원일	1998-02-06
공개번호	US6135396A	공개일	2000-10-24
출원인	GE-HARRIS RAILWAY ELECTRONICS LLC	발명자	Russell U.Whitfield
명칭	System and method for automatic train operation (자동 열차 운영을 위한 시스템 및 방법)		
특허 요약	미리 설정된 선로 레이아웃(predetermined track layout) 상에 다수의 무인 화물열차 운영의 동적운영제어를 하기 위한 시스템 및 방법. 이 방법은 선로 레이아웃 상의 여러 대안노선들에 대해 화물열차를 운영하기 위해 제공하는 이동계획을 생성하는 것을 포함하고 있다. 무선통신 시스템은 속도와 정지 명령을 화물차에 전송하는데 사용된다. 지역 리소스에 대한 명령은 이동 계획을 수행하기 위해 필요한 무선통신을 사용하여 전송된다.		
대표도면			

기술분류	열차위치검지 및 속도검출/열차제어		
출원번호	US05599043	출원일	1975-07-25
공개번호	US4042810A	공개일	1977-08-16
출원인	Halliburton Company	발명자	John E.Mosher
명칭	Method and apparatus for facilitating control of a railway train (철도열차의 제어를 용이하게 하기 위한 방법 및 장치)		
특허 요약	적어도 한 개의 기관차와 복수개의 연결차들로 구성된, 철도 열차의 제어를 용이하게 하기 위한 방법 및 장치. 이 방법은 차량 구성 및 궤도 프로필 정보 결정하는 단계, 동적으로 기관차 세트와 전체 열차의 속도를 결정하는 단계, 열차의 운전자로 하여금 보다 효율적이고 안정적으로 열차를 운영할 수 있도록 하기 위해 열차 범위에 걸쳐 각 차량 사이의 커플링 힘을 계산하고 표시하여 열차의 존재와 차량의 커플링 힘을 동적으로 결정하는 단계를 포함하고 있다. 이 장치는 궤도 프로필과 차량구성 저장 유닛(car consist storing units) 그리고 기관차의 속도를 결정하는 방법들을 포함하고 있다. 차량 구성 정보, 궤도 프로필 정보, 기관차 속도 및 동적으로 열차 존재를 결정하고 차량 커플링 힘을 계산하기 위한 기관차 커플링 힘 등을 수신하기 위해 범용의 디지털 컴퓨터가 제공된다. 열차의 존재와 커플링 힘은 기관사가 보다 안정적이고 효율적으로 열차를 운영 할 수 있도록 전자 디스플레이 장치에 표시된다.		
대표도면	 FIG. 1 FIG 2 FIG 3		

기술분류	열차위치 검지 및 속도검출/열차제어		
출원번호	US05908097	출원일	1978-05-22
공개번호	US4181943A	공개일	1996-12-11
출원인	HUGG, STEVEN B; MERCER, LLOYD I	발명자	Lloyd I.Merce
명칭	Speed control device for trains		
특허요약	특정 역에 위치한 속도 및 위치 프로그래머는 차상의 마이크로컴퓨터에서 열차의 속도를 제어하기 위해 사용되는 비휘발성(non-volatile) 프로그램을 준비하는데 사용된다. 이 프로그램은 열차 주문, 트랙 컨디션, 그리고 기타 관련 정보(사이즈, 길이, 열차 용량 등)를 포함한다. 이 프로그램은 열차의 거리와 속도를 모니터하여 프로그램과 비교하는 컴퓨터에 들어간다. 만일 프로그램에 포함된 파라메터가 초과되면, 다른 스로틀(throttle)이 감소되거나 열차의 속도를 통제하기 위해 브레이크가 작동된다. 다음 역에서 엔지니어로 하여금 열차의 운영여부를 결정하기 위해 주행기록이 추출된다. 긴급상황의 경우에는 마이크로컴퓨터의 기능을 제거하기 위해 오버라이드 시스템(override system)이 포함된다. 열차 바퀴의 회전수를 측정하기 위해 센서가 사용되며 이를 통해 열차의 거리와 속도를 계산한다. 운영자 콘솔이 시스템 활성화를 위해 제공되고 주기기적 업데이트를 한다. 수송에 있어 글로벌 포지셔닝 기술을 사용한 열차 추적 방법은 GPS 리시버와 차상의 위성 송수신기, 열차 추적 장치의 로컬 네트워크를 사용하여 열차위치를 결정하는 것을 포함한다. 독립적으로 GPS 솔루션을 계산하고 이것을 central station에 전송하는 대신, 열차 추적 장치는 장치의 특수 ID를 관리자 추적 장치 역할을 하는 로컬 네트워크 내의 추적 장치들 중 하나에 전송한다. 관리자 추적장치는 ID 목록을 유지관리하고 주기적으로 기관차에 ID 목록을 전송한다. 기관차는 GPS을 사용하고 주기적으로 자신의 위치와 속도를 central station로 전송한다.		
대표도면			

기술분류	열차위치검지 및 속도검출/열차감시		
출원번호	US08283460	출원일	1994-08-01
공개번호	US5554982A	공개일	1996-09-10
출원인	Hughes Aircraft Co	발명자	Keith L.Shirkey,
명칭	Wireless train proximity alert system		
특허요약	무선 열차 근접 경고 시스템은 열차가 건널목에 접근 시 다른 차량이 건널목으로 접근할 때 지속적인 경고신호를 열차에 보낸다. 이 시스템은 송수신기를 포함하며, 열차의 위치와 속도를 포함하는 열차 근접 신호를 전송하기 위해 열차 혹은 궤도의 측면에 위치한다. 건널목 기반 송수신기는 열차의 근접 신호를 받고 열차의 건널목에 도착할 때까지의 예측시간이 예정된 범위 내에 있을 때에 경고 영역의 경계 좌표를 전송한다. 차량 기반 수신기는 경고 영역 신호를 받고 건널목의 위치와 차량의 위치와 속도를 비교하여 잠재적 사고가 발생될 때 차량 운전자에게 경고를 보낸다.		
대표도면			

기술분류	지능형 센서를 이용한 시설물/ 건널목감시 모니터링		
출원번호	US08891809	출원일	1997-07-14
공개번호	US5890682A	공개일	1999-04-06
출원인	Alternative Safety Technologies	발명자	James E.Welk
명칭	Railway crossing collision avoidance system		
특허요약	현재 개발된 차량 충돌 방지 시스템과 더불어, 기차가 교차로에 접근하면 철도 건널목 부근의 도로 차량들에게 경보가 발령된다. 열차 내에 장착된 GPS 수신기 와 함께 동작하는 신호장비는 철도 건널목에 대한 열차의 위치 정보를 제공하기 위해 철도 건널목에 위치한 수신기에 신호를 보낸다. 이 신호는 건널목의 철도 차량 및 열차의 도착 시간과 속도를 추정하기에 충분한 데이터로 철도 건널목에 지속적이고 예정된 간격으로 보내진다. 철도 건널목은 정보를 처리하고 건널목에 접근하고 있는 도로차량에게 철도차량의 접근에 대한 경보 신호를 전송한다. 도로차량은 열차와 건		

	널목과의 거리에 따른 다양한 단계의 경보수준을 제공하는 신호를 건널목에게 수신 받는다. 열차와 건널목 모니터 간의 통신은 가급적이면 위성연결에 의해 이루어진다. 열차가 접근 시에 건널목의 지장물을 보호하기 위해 센서 장치 역시 건널목에 제공된다.
대표도면	

③ 분석결과

철도교통 위치검지기술관련 특허는 2000년대 GPS 위성항법서비스의 성능향상(SA 고의오차 제거, 2000년 05월)과 무선통신기술의 발전에 따라 미국, 유럽, 일본을 중심으로 저비용·고효율의 열차제어시스템, 운영감시시스템, 안전시스템 등 시스템 구성방식에 대한 특허가 주류를 이루고 있다. 반면 열차위치의 정확성 개선 및 안전성 향상을 위한 핵심 특허는 아직까지 공개되지 못한 것으로 파악되었으므로 이에 대한 적극적인 특허전략이 필요하다.

2) 자동차, 항공기 등 타 교통분야 위치검지분야 특허동향

철도교통 위치검지시스템 기획연구를 통한 최종 기획물의 완성도를 향상시키기 위해 자동차, 항공기, 선박 등 타 교통분야에서의 위치검지기술에 대한 특허동향을 조사·분석하였다. 타 교통분야의 위치검지기술과 관련된 특허검색을 위해 아래와 같이 관련 키워드를 도출하고 관련특허를 선별하여 특허기술의 동향과 수준을 분석하였다.

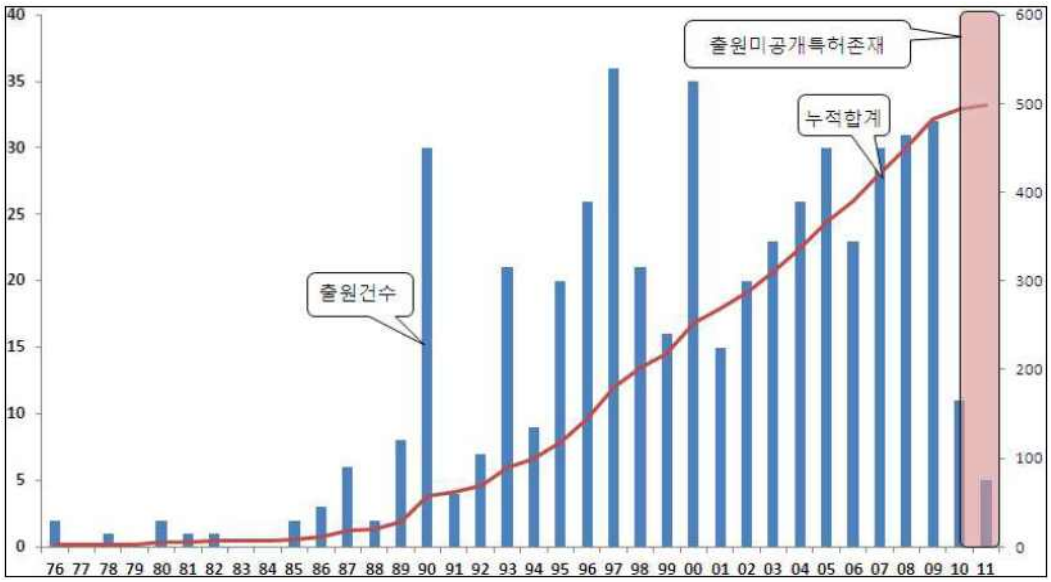
가) 정량분석

① 검색 키워드 및 검색 결과

Keyword	Title=((자동차* or 승용차* or 차량* or 승합차* or "카아" or vehicle* or car* or vehicular* or automotive* or automobile* or 비행기* or 여객기* or 운송기* or 운반기* or 에어크래프트* or 에어플래인* or "에어 플래인" or "에어 플레인" or "에어 크래프트" or aircraft* or airplane* or aeroplane* or "air-craft" or "air-plane" or "aero-plane" or "aero-craft" or "aero plane" or "aero craft") and ("항법" or 차량항법* or 위성항법* or "GPS" or 관성항법* or 관성센서* or "관성 센서" or 추측항법* or "추측 항법" or 데드레코닝* or "데드 레코닝" or "영상" or 차륜센서* or "차륜쎈서" or "차륜 센서" or 오도미터* or "자이로" or 가속도계* or 맵매칭* or "맵 매칭" or 레이다* or 레이더* or "Radar" or "RFID" or navigation* or "CNS" or "car-Navigation" or "car navigation" or "atlas" or odometry* or odometer* or "odor-tachymetry*" or "GNSS" or ((global) w/1 (navigation*)) or ((global) w/1 (position*)) or "Gyro" or "INS" or ((inertial) w/1 (measurement*)) or "map matching" or "DR" or "dead Reckoning" or "dead-Reckoning" or "IMU" or accelerometer* or "vision")) and ABST=((위치* or 경로* or 지점* or 측위* or 로케이* or posit* or locat* or situat* or plac* or rout* or pathway*) w/1 (검지* or 감지* or 측정* or 검출* or 검사* or 확인* or 테스트* or 계측* or 측량* or 측정* or 도출* or 산출* or 체크* or 분석* or measur* or control* or signal* or monitor* or detect* or inspect* or estimat* or analy* or sens* or check*))
검색국가	미국, 일본, 중국, PCT, 유럽, 독일, 프랑스, 캐나다, 영국, 한국
검색DB	Total Patent DB, Focust DB
검색건수	825건
유효 특허건수	449건

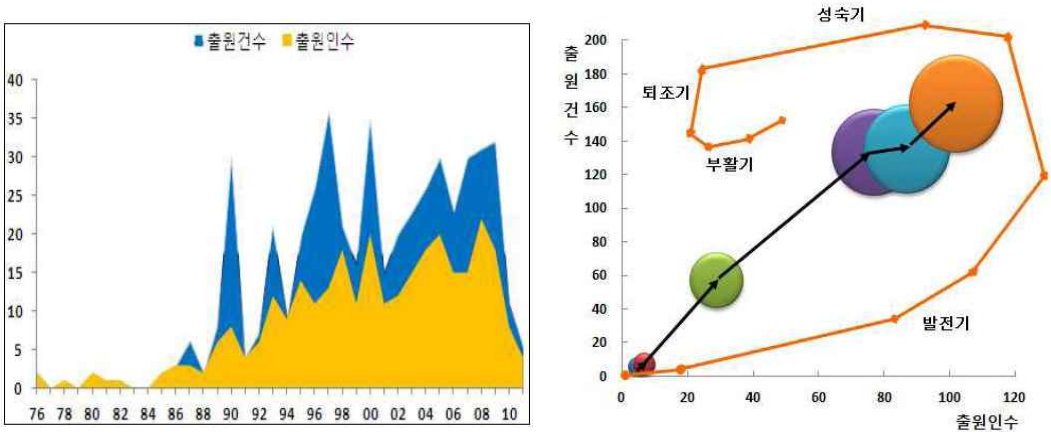
② 연도별 출원건수 및 누적 출원건수

타 교통분야에 대한 위치검지기술 관련특허는 1976년 이후 특히 1990년대 들어 전체 연도별 출원건수는 급격히 상승하고 있으며, 최근 10년간에도 활발한 출원활동이 계속되고 있다. 다만, 1999년과 2001년에 다소 출원수가 감소세를 보였으나, 그 이후 경제 회복으로 다시 증가하여 전반적으로 보아 꾸준하게 증가하는 동향을 보이고 있으며 2010년 및 2011년의 감소세는 현재까지 출원미공개에 따른 결과로 파악된다.



[그림 40] 타 교통 위치검지기술분야 연도별 출원건수

③ 출원건수 및 출원인수 비교를 통한 포트폴리오



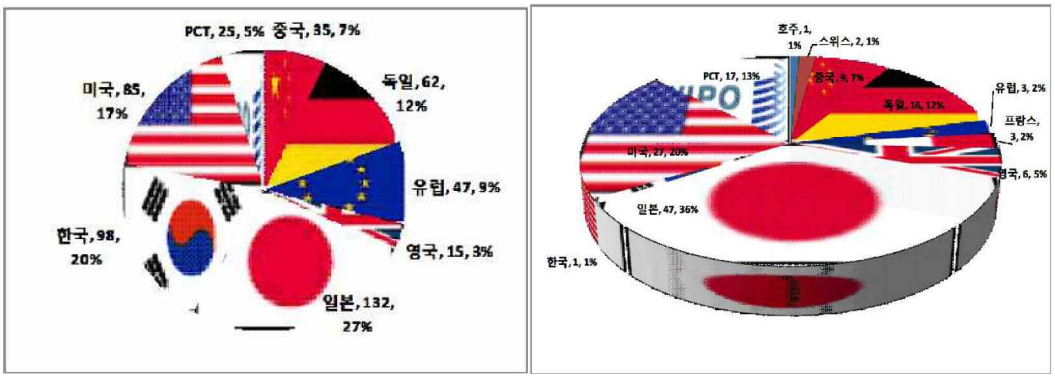
[그림 41] 연도별 전체 출원건수/출원인수 및 포트폴리오

연도별 출원건수 대비 출원인수의 변화를 보다 구체적으로 살펴보면, 1990년대 초반까지는 한명의 출원인당 약 1건의 출원이 이루어졌으나, 1990년대부터는 한명의 출원인당 약 1.7이상으로 출원하고 있는 것으로 보이며, 특히 1990년도에는 4배에 가까운 증가를 보이고 있어 전체 출원건수의 증가를 보여 경쟁이 치열할 것으로 예상되고 있다.

1976년부터 유효구간인 2011년(2010년 4월 이후라도 조기 공개된 특허를

포함)까지를 6년 단위로 6개의 분석 구간을 나누어, 시장 참여자의 변동현황 및 특허 출원 건수의 변동 현황의 상관관계를 이용하여 거시적인 관점에서 분석함으로써, 현재의 시장 성숙도의 수준을 분석한 결과 타 교통분야의 위치검지기술 동향은 현재 발전기 단계인 것으로 판단되고 있다. 즉, 출원건수와 출원인수가 점차적으로 증가하는 것으로 보아 타 교통분야의 위치검지기술은 연구개발 활동이 활발하게 이루어지고, 기술개발에 새로이 참여하는 기업 역시 증가하고 있는 것으로 파악된다.

④ 국가별 출원 현황 및 우선권 점유율 분석



[그림 42] 국가별 출원 현황(좌) 및 우선권 점유율(우)

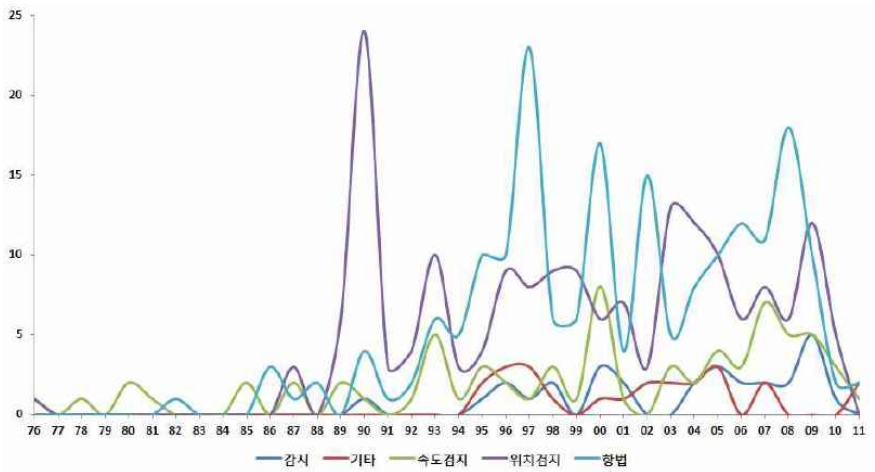
전체 국가별 출원현황을 살펴보면, 일본은 132건(약 27%)으로 76년부터 출원활동이 시작되어 1990년대부터 활발한 출원동향을 보이며 최근까지도 활발한 출원경향을 보이고 있으며, 다음으로 한국은 98건(약 20%)으로 1990년대 급격하게 출원활동이 증가된 후 IMF의 영향으로 감소하였으나, 2000년대 초반에도 다시 증가세를 보이고 현재에도 꾸준한 경향을 보여주고 있다. 1990년대에 관련기술특허의 출원동향이 급증하게된 이유는 GPS 등 위성항법서비스의 민간공개에 따른 자동차, 선박 등 적용특허가 증대된 것으로 파악된다.

우선권 국가를 추적함으로써 해당 특허의 원출원국을 알 수 있으므로, 전체 특허에 대한 각 국가별 우선권 점유율의 순서는 각국의 기술 개발이 활달한 정도의 순서라고 볼 수 있다. 특허분석도구인 Total Patent DB와

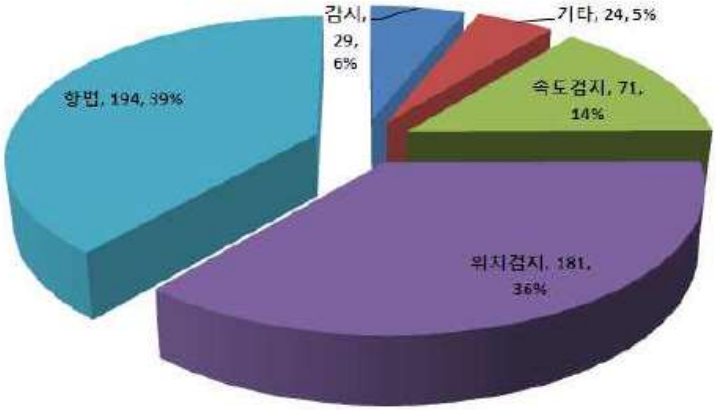
Focust DB에서 추출된 449건의 유효데이터 중 우선권이 존재하는 132건의 추이를 분석한 결과 전체 대상 우선권 보유특허 중 일본이 47건, 미국이 27건, PCT가 17건, 독일이 16건, 중국이 9건 등으로 원천적인 주요 기술의 확보면에 있어서도 일본, 미국의 순으로 기술 개발이 가장 활발함을 알 수 있으며, 다만 중국의 경우에는 후발 국가임에도 불구하고, 우선권점유율이 비교적 높아 주목할 만하다.

⑤ 기술분류

검색된 유효특허에 대하여 상세 기술분석을 수행하기 위해 세부 분류체계를 마련하여 기술분류를 수행하였다. 기술분류는 자동차, 항공기, 선박 등 교통모드에 따른 대분류, 각 교통모드별 적용분야인 항법(Navigation), 감시, 위치검지, 속도검지, 기타로 나눈 중분류, 각 적용분야에 대한 적용기술인 GPS, MAP, Wireless, Radar, Vision, Doppler 등으로 구분한 소분류체계를 마련하여 구분하였다. 기술분류 결과 항공기, 선박에 대한 특허대비 자동차 관련특허가 주종을 이루고 있어 대분류별 출원동향에 대한 분석은 의미부여가 힘들기 때문에 중분류에 따른 출원동향을 살펴보면 다음과 같다.



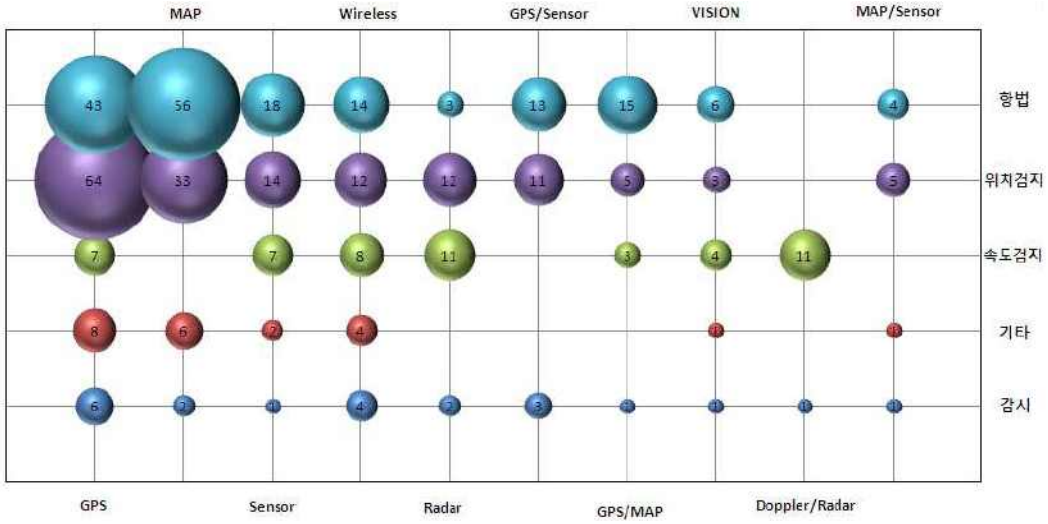
[그림 43] 전체 기술별, 연도별 출원동향



[그림 44] 세부기술별 특허출원 동향

중분류에 따른 출원 동향 분석결과, 항법분야가 194건(약 39%)으로 가장 많이 출원되었고, 그 다음으로 위치검지분야가 181건(약 36%), 속도검지분야가 71건(약 14%), 감시분야가 29건(약 6%)이 뒤를 잇고 있으며, 기타분야가 24건(약 5%)으로 나타나고 있다.

항법분야 관련기술은 1982년 출원이 이루어진 후 1980년대 중반부터 출원이 미약하게 이루어지다가 1990년대 특히 중반에 최대수의 출원건수를 보였으나 1998년, 1999년 급격한 감소 이후 2000년 중반까지 급격한 증가세와 하락세의 반복이었으나 최근 증가된 결과를 보이며, 위치검지분야 관련기술은 1976년 출원 후 1987년에서야 출원이 시작된 후 1990을 24건으로 최대의 출원수를 보이며 급격하게 증가한 후 1991년, 1994년, 2000년의 세 번의 하락이 있었으나 전체적으로 출원수가 꾸준하게 유지되고 최근 소폭의 증가한 경향을 보이고 있다. 속도검지분야 관련기술은 1978년 이후 1980년대까지 출원이 미약하게 이루어졌으나, 1992년부터 점점 그 출원건수가 증가하여 2000년 8건으로 최대 출원건수를 보인 이후 2001년 급감하였으나, 2003년부터 최근까지 계속 꾸준한 증가세를 보이고 있다. 감시분야 관련기술은 1990년 출원이후 1990년대 중반부터 꾸준하게 출원이 이루어지고, 최근 소폭으로 증가한 경향을 보이고 있다.



[그림 45] 기술분야(중분류)별 적용기술 동향

기술분야(중분류)별 주요 적용기술 동향을 살펴본 결과 위와 같이, 항법분야 관련기술이 MAP을 가장 많이 활용하였으며, 다음으로 GPS를 이용하였으며, Sensor, GPS/MAP, GPS/Sensor, Wireless, Vision, MAP/Sensor, Radar 순으로 적용 중에 있다. 여기서 MAP과 GPS기술이 적용 우선순위가 높은 이유는 대분류상 자동차관련 특허가 다수 도출되었기 때문인 것으로 파악된다.

위치검지분야 관련기술은 최근 낮은 오차율과 위성을 통하여 전 지역을 커버하는 GPS의 활용이 가장 많았으며, 다음으로 종래 제작된 MAP, Sensor, Wireless, Radar, GPS/Sensor, GPS/MAP, MAP/Sensor, VISION의 순으로 나타내고 있다.

속도검지분야 관련기술은 Radar, Doppler/Radar의 활용이 많고, 다음으로 Wireless, Sensor, GPS가 많아 속도를 검지하는 데에 있어서는 차륜센서를 보조할 수 있는 속도센서인 Radar와 Doppler 센서가 우선적으로 활용되는 경향을 보이고, VISION, GPS/MAP가 낮은 수준으로 활용되고 있다.

감시분야 관련기술은 GPS, Wireless, GPS/Sensor가 상대적으로 많이 활용되고, 다음으로 Radar, MAP이며 그 외의 기술이 골고루 활용된 경향을 보이며, 기타분야 관련기술은 GPS, MAP, Wireless순으로 많이 활용된 경향을 보이고 있다. 특히 감시분야의 경우 저비용으로 교통수단의 위치확인이 가능한 GPS 기술과 원격감시를 위한 위치정보의 전송 시 필요한 무선통신기술이 우선순위

가 높은 것으로 파악된다.

종합적인 관점에서 살펴보면, 타 교통 위치검지 기술분야에서는 GPS와 GPS를 보완할 수 있는 센서, wireless 기술, Map 적용기술이 전 분야에 고루 적용되고 있으며, 꾸준한 기술 발전이 이루어지고 있음을 보여준다.

나) 정성분석

① 핵심특허 선정목록

No	공개/등록번호	세부분류	기술 내용
1	US20040254722A1	자동차/항법/GPS	Portable vehicle navigation system
2	US7218278	항공기/항법/Wireless	Procedure for guiding an aircraft in the approach phase and corresponding ground beacon
3	US20010037175A1	자동차/항법/GPS/Sensor	Motor Vehicle Navigation System
4	US20050192746A1	자동차/위치검지/GPS	GPS-based vehicle warning and location system and method
5	US20040193372A1	자동차/위치검지/GPS/Wireless	Relative positioning for vehicles using GPS enhanced with bluetooth range finding
6	US6434482	자동차/항법/MAP/Wireless	On-vehicle navigation system for searching facilities along a guide route
7	US6298306	자동차/위치검지/GPS	Vehicle locating system utilizing global positioning
8	US6212473	자동차/항법/MAP/Sensor	Vehicle navigation system having inferred user preferences
9	US6169956	자동차/항법/MAP	Vehicle navigation system providing for determination of a point on the border of a map stored in memory on the basis of a destination remote from the area covered by the map
10	US6006161	자동차/위치검지/MAP	Land vehicle navigation system with multi-screen mode selectivity
11	US5999126	자동차/위치검지/Wireless	Position measuring apparatus, position measuring method, navigation apparatus, navigation method, information service method, automotive vehicle, and audio information transmitting and receiving method
12	US5977885	자동차/항법/Sensor	Land vehicle navigation apparatus with local route guidance selectivity and storage medium therefor
13	US5938718	자동차/항법/	Vehicular navigation system providing

		Sensor	direction data
14	US5931888	자동차/항법/MAP	Navigation system for vehicles with alternative route searching capabilities
15	US5670963	자동차/위치검지/Radar	Radar apparatus of automotive vehicle for producing accurate beam axis correction value
16	US5539647	자동차/항법/GPS	Vehicle navigation system using GPS including correction of coefficients for velocity sensor

② 분석결과

타 교통분야 위치검지기술은 주로 자동차산업을 중심으로 특허출원이 이루어졌으며, 특히 1990년대 중반 GPS의 상용분야 서비스가 개시되면서, GPS와 MAP 기술을 중심으로 위치검지기술이 발전 중에 있다. 또한 위치검지센서 적용과 관련하여 단순 GPS만을 적용하기 보다 GPS와 관성센서, Radar, Doppler 센서를 통합구성하고 각 센서기술별 특성을 고려한 필터(결합)구성을 통해 위치정확성 개선에 대한 특허기술로 발전 중에 있으며, 위치정보에 기반한 네비게이션 기술과 무선통신 및 Vision 기술을 접목하여 자동차 운전 시의 운행 안전성과 편의성을 개선하는 기술도 함께 발전 중에 있는 것으로 파악되었다.

나. 논문분석

1) 철도교통 위치검지분야 논문 검색 리스트

대상국가	중국, 미국, 한국, 일본, 프랑스, 독일, 영국 등
논문 DB	Web of Science
검색기간	1991년 1월 1일 이후 공개된 논문
검색범위	제목, 초록 및 키워드
검색 키워드	TI=((train or tram or railcar or railway or (("rolling") near ("stock")) or (("rail") near ("road")) or locomotive or (("rail") near ("transit")) or tram or tramtrain or "train-tram" or "tram-train")) and ALL=(((position or locat* or situat* or plac* or rout* or path*) or (speed or velocit*)) near (measur* or identif* or control or signal or monitor or detect* or inspect* or estimat* or analy* or sens or check) and (odo* or tacho* or transponder or "TAG" or radar or "laser" or satellite* or "PTC" or "INS" or GPS or gyro* or RFID or "TOA"));
검색검수	132
유효논문수	42

2) 철도교통 위치검지분야 주요 논문 요약

기술분류	열차위치검지 및 속도검출/열차제어		
출처	VEHICLE SYSTEM DYNAMICS | 49 (5): 723-739 2011		
논문명	자동 열차 보호 및 제어 시스템을 위한 Odometric 측정		
저자	Malvezzi, M | Allotta, B | Rinchi, M	발표년도	2011
주요내용	본 논문은 현대 자동 열차 보호 및 제어 (ATP/ATC) 시스템에 사용되는 효율적 주행거리 측정 알고리즘의 정의에 관한 주요 기능을 요약한 것이다. 안정적인 속도와 주행 거리 추정의 이용은 효율성과 전체 시스템의 안전을 위해 필수적이다. odometric 서브시스템 설계를 위한 첫 번째 필수 단계는 출력 신호 속도 추정에 사용되는 센서의 선택이다. 그 후, 적절한 절차를 통해 융합 센서 신호 번호를 정하여 정확도 및 안전 목표를 유형화 시켜야 한다. 이 논문에서는 속도와 주행거리 추정의 정밀도에 대한 혁신적 해결 방법의 주요 기능이 요약되어 있다.		

기술분류	열차위치검지 및 속도검출/열차제어		
출처	TRANSPORTATION RESEARCH PART C-EMERGING TECHNOLOGIES | 19 (1): 75-84 FEB 2011		
논문명	데이터 융합을 통한 열차의 위치 인식과 부분적 측정		
저자	Acharya, A | Sadhu, S | Ghoshal, TK	발표년도	2011
주요내용	인도 철도의 위치 인식과 부분적인 측정을 위한 데이터 융합 제도인 " 열차 충돌 방지 시스템"(TCAS)에 대하여 설명하고 평가하고 있다. TCAS 문제 관련 기술 응용 프로그램에 대한 요구 사항 및 제약 조건을 검토, 설명하였다. TCAS의 기차 위치 인식의 자율적인 구성 요소는 (i), 기차의 길이에 따른 (트랙을 따라) 위치 결정 (2) 자동 제동에 대하여 신뢰성 있는 속도 측정을 제공하며, (3) 기차 선체의 엔진과 마지막 량의 위치를 비교하여 임시적으로 변하는 열차의 부분을 감지한다. 본 논문은 위의 요소들이 트랙 밖의 구급장비들이 없이, GPS 정전 및 GPS 가 잡히지 않는 지역에서의 수행 여부를 검사한다. 시스템 엔지니어링 문제점을 위한 데이터 융합 옵션의 센서 선택과 간단한 목록 작성은 위의 자격 요건의 맥락에서 의논된다. 다수의 데이터 융합 해결책은 종적 위치 인식을 위한 새로운 제안 방식 논의와 이전의 해결 보고서와의 비교를 포함하고 있다. 철도의 부분적 문제를 감지를 위한 연구는 융합 필터 및 고장 검출 방식을 기반으로 할 뿐만 아니라 설명과 평가도 행해진다. 모든 보고 체계는 주행 기록계와 가속도계를 사용한다. 변수의 발생 분석은 적절한 알고리즘, 센서 사양과 조정 매개 변수를 선택하여 행하여진다. 대표 시뮬레이션 결과가 포함되어 있다.		

기술분류	열차위치검지 및 속도검출/열차제어		
출처	Proceedings of the 22nd International Technical Meeting of The Satellite Division of the Institute of Navigation		
논문명	GNSS / 트랙 데이터베이스 기차 포지셔닝 시스템의 성능에 대한 철도 트랙 데이터베이스 품질의 효과		
저자	Zheng, YH | Cross, P | Quddus, M	발표년도	2009
주요내용	본 논문은 승객들에게 실시간 기차 위치 정보를 제공하기 위해 GPS를 광범위하게 이용하는 것과 같이 안전성 이외의 주요 레일 어플리케이션인 GNSS기술 제안한다. 최근의 연구는 또한 GNSS가 안전한 생활 (SOL)에 중요한 철도 서비스 네비게이션 모듈 지원에 관해 큰 모호함을 갖고 있다고 지적했다. 효과적이고 정확한 작업 수행을 위해서, 기차와 다섯 개의 가시 위성은 경보 한계와 위험 요소의 정확한 모니터링을 위해 위치해야 하며 특정 장소에 따른 시간 계산을 위해서 GPS는 최소 4개의 가시 위성이 필요하다. 그러나, GNSS는 깊은 삼목이나 숲, 협곡과 터널 같이 위성의 위치가 낮아 가시 환경이 나쁜 곳에서 문제점이 발생된다. 따라서, 이러한 운영 환경 내에서 독립형 GPS를 사용하면 필요한 만큼의 정확성과 정밀성 을 달성하기 어렵다. GPS에 관성 항법 시스템 (INS)과 같은 공간 레일 네트워크 데이터 및 / 또는 기타 센서가 공급되었어야 한다고 제안되었지만 중요한 철로 어플리케이션인 SOL 에는 허용되지 않았다. 기차가 정해진 경로를 통한 목적지로서의 운행 이후, 자체 공간 철도망 데이터는 열차의 실제 위치를 확인할 뿐만 아니라 필요 위치의 정확성과 정밀성 및 가용성을 향상시키기 위한 잠재력을 지니고 있다. 본 논문의 주요 개요는 철도 어플리케이션에 밀접하게 결합될 GNSS와 철도 궤도 데이터 시스템을 테스트, 평가하는 것이다. 이 시스템의 주요 기능 중 하나는 GPS의 하측치와 공간 레일 네트워크 데이터의 불확실성을 평가하는 것이다. 사전 정의된 고정 노선에 의한 기차 운행 이후, 트랙을 따라 열차의 위치를 예상하기 위한 3 차원 위치 추정 (즉, X, Y, Z 좌표 추정)이 1 - D 위치 (즉, 오직 X의 추정, Y 나 Z 좌표)에서 문제가 된다. 공간적 철도 추적 데이터베이스는 이러한 다른 두 좌표를 계산하는 데 사용된다. 이러한 방법으로, 철도 트랙 데이터베이스의 정확도는 통합 시스템에 대하여 대단히 중요하다. 다행히도, 철도 트랙 데이터베이스의 필요한 정확도는 공개되지 않는다. 본 논문에서는 추적 데이터베이스의 다양한 정확도가 테스트된다. 그 결과에 따른 추적 데이터베이스의 필요한 정확성을 논문에서 제안한다.		

기술분류	열차위치검지 및 속도검출/열차제어		
출처	2009 IEEE/SP 15TH WORKSHOP ON STATISTICAL SIGNAL PROCESSING, VOLS 1 AND 2 | : 361-364 2009		
논문명	차상 열차의 위치검지를 위한 베이시안 기법		
저자	Hensel, S | Hasberg, C	발표년도	2009
주요내용	정확한 열차위치검지는 교통시스템에서 효율적인 보안 및 처리 작업을 위한 필수 조건이다. 비행기나 선박과는 대조적으로, 열차의 위치검지는 위성 시스템과 충분한 분리가 되지 않는다. 도시 지역, 터널과 숲에 의한 폐쇄는 다양한 센서의 응용 프로그램이나 집약적 비용의 어플리케이션을 설치하도록 작용한다. 이 제안은 전적으로 위상 지도와 와류 센서에 의존하는 탑승 기차의 위치검지에 기여 한다. 센서의 원리는 전자기 유도에 기초하고 있으며 열차의 속도를 추정뿐만 아니라 분기기를 감지하고 분류 할 수 있다. 이런 노드로 표시된 지도와 절대적인 위치검지와 거리측정의 재조사가 허용하고 있다. 베이지안 방법은 순차 몬테카를로 방법과 함께 특히 HMM(hidden markov model) 에서, 위상 지도 내에서 실시간 및 일반 탐지 및 분류뿐만 아니라 위치검지 발생 문제를 해결하는 데 사용된다.		

기술분류	열차위치검지 및 속도검출/열차제어		
출처	Intelligent Vehicles Symposium, 2009 IEEE		
논문명	열차 제어 시스템 특수 데이터베이스 연구 및 위치 검색 알고리즘		
저자	Wei, SG | Cai, BG | Wang, J | Liu, J	발표년도	2009
주요내용	저렴한 비용으로 GPS 데이터를 사용하여 안전하고 신뢰할 수 있는 열차 위치 검지를 실현 할 수 있는 열차 제어 시스템에 대한 연구는 철도 교통 분야에서 가장 중요한 부분 중 하나이다. 열차 제어 시스템의 특수 데이터베이스 체계, 데이터 모델 및 데이터 형식의 수학적 토폴로지 모델이 설립된 연구이고 특별한 데이터베이스 생성의 전체 일곱 단계가 설계 되었다. 그에 의해 철도의 기능에 따라, 직선과 원형 곡선으로 나누어진 레일 트랙의 위치와 일치하는 알고리즘을 사용하여 이동 거리 프레임을 기반으로 하는 알고리즘은 실시간으로 빠른 위치 검지를 정확하게 실현할 수 있다. 최종적으로, Sanjiadian marshalling 역에서 이루어진 실험 결과는 특별한 데이터베이스가 유용하며 열차 위치 검지에 대해 효과적이라는 것을 증명한다.		

기술분류	열차위치검지 및 속도검출/열차제어		
출처	PROCEEDINGS OF THE FIRST INTERNATIONAL WORKSHOP ON EDUCATION TECHNOLOGY AND COMPUTER SCIENCE, VOL I | : 526-529 2009		
논문명	철도 트랙 검사에 RFID 기술의 응용		
저자	Yan, B | Yu, W	발표년도	2009
주요내용	이 논문은 표준화를 개선하기 위하여 철도 궤도 검사의 제어 레벨과 과학적이고 정확한 모니터 검사와 무선 주파수 식별과 정보 관리 기술을 기반으로 한 순찰 검사의 관리자 모드를 제공한다. 철도 궤도 검사 시스템의 데이터를 관리하는 데는 정보 버튼이 장착된 이정표 또는 전기 기둥에 휴대용 데이터 수집 장비 (Palm 과 리더) 및 단말 시스템을 사용한다. 순찰 검사 중에 지정 장소의 도착 비율을 증가 시켜 키고 철도 장비의 문제점 관리에 대한 믿을만한 정보를 제공하여 순찰 검사의 작업부하를 줄이도록 도와주는 이 시스템의 실용 애플 리케이션을 사용함으로서 철도 추적 검사의 품질을 향상시켜 장비 사고를 방지하고 여행의 안전을 보장한다		

기술분류	열차위치검지 및 속도검출/열차제어		
출처	COMPUTERS IN RAILWAYS XI | 103: 103-112 2008		
논문명	갈릴레오 Safety of Life 서비스를 기반으로 한 철도 신호 안전 컨셉		
저자	Filip, A | Beugin, J | Marais, J | Mocek, H	발표년도	2008
주요내용	위성 항법 시스템 갈릴레오는 시스템의 운영비, 투자비, 관리비를 줄일 수 있다는 이점에서 항공과 철도 안전에 응용될 가능성이 높다. 항공 분야에서 무선 항법은 몇 십년 동안 안전 어플리케이션으로 사용되어 왔다. 항공 분야에서는 항공 지상 무선 항법 시스템에서 가져왔기 때문에 갈릴레오 Signal-In-Space(SIS) SoL 서비스 레벨 A의 품질(정확성, 무결성, 연속성 및 가용성 등)을 요구한다. 그러나 항공과 철도 신호에서 안전 개념이 다르기 때문에 철도 안전 어플리케이션에 갈릴레오 품질 조치의 직접 도입하기는 어렵다. 이 논문의 목적은 글로벌 위성 탐색 시스템(GNSS)의 관점에서 항공 및 철도 안전 이념 사이의 근본적인 차이점이 무엇이고, 갈릴레오 SIS 품질 조치가 어떻게 파생되었으며, 실질적인 의미는 무엇이고 안전한 열차 위치 찾기(TPL)의 실용적인 설계에 적용 할 수 있는 방법에 대해 알아본다. 안전 평가는 갈릴레오 SIS 무결성과 실패 모드의 연속성 위험의 분류에서 시작된다. 본 논문에서는 무결성과 연속성 위험이 철도 안전에 어떻게 영향을 미치고 이러한 위험이 안전 관련 시스템의 신뢰성에 어떤 영향을 미치는 지를 보여준다. RAMS 측면에서 갈릴레오 품질 조치의 해석(신뢰성, 가용성, 유지 보수 및 안전)은 표준 EN50126에 따라 제안하였으며, 마지막으로 TPL의 안전 평가를 위한 갈릴레오 품질 조치의 실용적인 응용 프로그램을 보인다.		

기술분류	열차위치검지 및 속도검출/열차제어		
출처	SATELLITE COMMUNICATIONS AND NAVIGATION SYSTEMS		
논문명	RUNE (철도 이용자 항법 장치) : 아키텍쳐 및 테스트		
저자	Marradi, L | Albanese, A | Di Raimondo, S	발표년도	2008
주요내용	유럽의 지속적인 개발(EGNOS, 갈릴레오)로 인해 위성 항법은 모든 교통 수단 분야에 흥미로운 혁신이 되고 있다. 철도 분야에서의 혁신 중 하나는 상당이 자율적인 차량 탑재 위치 시스템의 구현이다. 위성 항법은 위치 탐지의 정확성을 높이면서 고속 열차에서부터 지역 및 지역의 철도라인까지 어디에나 안전 기준을 실행할 수 있고, 비용 효율적인 근대화와 효율성을 향상 시키는 등 철도 교통에 새로운 기회를 제시하고 있다. 열차 제어는 열차 위치 탐지에 높은 가용성, 안전성 및 무결성을 요구하고 있다. 이러한 요구사항을 충족하는 GNSS 기반의 네비게이션 시스템은 여러 프로젝트의 목적과 일치한다. RUNE은 VIA Rail Canada 주식회사(VIA), Ansaldo Segnalamento Ferroviario (ASF) 및 INTECS HRT으로 구성된 팀이 이끄는 Alcatel Alenia Space Italia (Laben Directorate)에 의한 유럽 우주 에이전시에서 개발한 프로젝트이다. 이 프로젝트에서 the European Geostationary Overlay Service (EGNOS)는 열차 운전사의 상황 인식을 개선하기 위해 통합 솔루션의 일부로 사용되었다. RUNE는 위치 감지 신호와 제어 센터로부터의 속도 제약 정보를 통합하여 더 나은 상황 인식이 가능하도록 하여 안전성을 향상시킬 뿐 아니라 새로운 노선에 적절한 운전 속도를 할당할 수 있다. 이 프로젝트의 기본 목표는 유럽 철도 열차 관리 시스템(ERTMS)의 요건을 준수하면서 외부로부터의 도움 없이 위치와 제한 속도를 결정하고 열차 자체의 기능을 향상시키는 것이다. 이 목표를 만족할 경우, 열차 주행 오류를 재설정하는데 사용되는 balises를 선로를 따라 설치해야할 물리적인 balises에서 가상의 balises기반의 GNSS로 대체하여 balises 설치 비용을 줄 일 수 있다. RUNE 프로젝트 개발은 HW-In-the-Loop 연구실에서 설정 최대 필드 테스트를 통과했다. 장비의 필드 테스트는 2005년 4월에 이탈리아 Torino-Chivasso 선로에서 Trenitalia ASE-601 실험 기차를 통해 실행되었다. 장치는 LI GPS/EGNOS 수신기, 열차 주행과 BTM에 대한 Profibus 및 CTODL 인터페이스, 계산 불가능한 상태의 위치 탐지를 위한 IMU 센서 및 가상의 balise 와 속도 프로파일 데이터베이스를 포함한다. 본 논문은 RUNE의 개요를 제시하고 실험 열차 시험 캠페인에서 수집된 데이터의 분석 결과를 제공한다. 비록, 제한된 시간이라도, 시스템의 동작과 알고리즘 평가 및 조정에 대한 전문지식을 구축하기 위해선 실제 데이터를 수집하고 분석하는 것은 매우 중요하다. 이러한 초기 결과는 실제 환경에서의 성능과 기관실 신호전송 및 가상 balise의 기능을 제공하는 시스템의 능력을 보여준다. 시스템 아키텍처와 알고리즘이 광범위한 필드 테스트 및 검증을 통해 인정되면, 강력한 GNSS 기반의 열차 네비게이션 시스템을 구축 할 수 있을 것이다.		

기술분류	열차위치검지 및 속도검출/열차제어		
출처	-		
논문명	radio millimeter-waves 이용한 열차 위치 검출 시스템		
저자	Maeda, T | Watanabe, K | Ono, M	발표년도	2006
주요내용	Yamanashi 시험 선로에서 Maglev는 LSM(선형 동기 모터)에 의해 구동한다. 열차 제어는 LSM 운전의 안정적이고 효율적인 운영을 위해 열차의 정확한 위치를 파악할 필요가 있다. 안전 제어의 마지막 방법인 안전 브레이크 제어를 사용하기 위해 열차 위치 정보를 사용하기 때문에 열차 위치의 정보는 안전의 관점에서 매우 중요하다. Yamanashi maglev 시험 선로에서 열차 위치는 유도성 무선 시스템에 의해 감지된다. 유도성 무선 시스템은 신뢰성이 높고 정확하다. 그러나, 상호 유도 케이블을 guideway를 따라 정확하게 깔아야 하고 로컬 위치 감지기는 2km 마다 설치되어야 하기 때문에 유도성 무선 시스템은 설치비와 유지비가 많이 든다. 따라서 구축 및 유지 보수 비용을 줄이기 위해 유도 전선 없이 열차 위치 검출 시스템을 개발하였다. EMF (Electromotive Force) observer, a tachometer of the wheel, a counter of ground c`oils for levitation and guidance, 및 radio millimeter-waves 와 같은 여러 방법의 조합으로 열차 위치를 감지한다. 본 논문에서는 이러한 탐지 방법 외에 radio millimeter-wave를 사용한 열차 위치 검출 시스템을 제안한다.		

기술분류	열차위치검지 및 속도검출/열차제어		
출처	ASME 2005 International Mechanical Engineering Congress and Exposition		
논문명	멀티센서 융합을 기반으로한 독립적 열차 위치검지 방법		
저자	Zhou, DT | Tang, T	발표년도	2005
주요내용	열차 위치검지 시스템은 열차 제어 시스템의 핵심 분야이다. 다중 센서 융합을 기반으로 한 독립적 열차 위치검지 방법이 본 논문에 나타나 있다. 기존의 철도 위치검지 시스템에서, 위치 결정은 궤도회로등과 같이 열차운영자에 의한 참조정보 소스에 의존한다. 테스트에 있는 몇몇 새로운 열차 위치검지 시스템에서, 실제로 위성 네비게이션 기산의 위치검지 방법이 매우 인기가 있는데 이는 시스템의 안정성과 안전성은 철도운영자의 제어 밖에 있기 때문이다. 본 논문에 제시된 위치검지 방법은 관차의 구동축에 부착되어 있는 관성센서 자이로메터와 일반적인 오도메터를 사용한다. 자이로메터는 열차의 헤딩 각속도를 측정하는데 사용된다. 그리고 오도메터는 열차의 속도를 측정하는데 사용된다. 일반적으로, 외부의 참조정보에 독립적인 추측항법이 이 두 개의 센서를 융합하기 위해 선택되었다. 하지만 이 방법의 명백한 단점은 위치오차가 시간에 따라 리니어하게 증가하면서 그 결과 독립적으로 작동하지 않을 수 있는 것이다. 그러므로 위성 네비게이션 시스템은 주로 허용범위를 넘어서는 에러를 제한하기 위해 사용된다. 본 논문에 제시된 방법은 추측항법의 단점을 극복했다. 철도 노선이나 열차의 이동궤도는 고정되어 있기 때문에 경로의 곡률 마일 곡선(curvature-mile curve)을 얻을 수 있다. 이 곡률에 따라, 직선 경로인 지역에서는 곡률값이 0이다. 회전구간이 존재하는 지역에서는, 값이 0이 아니다. DGPS 장비가 위치데이터를 얻고 저장하여 시험 경로상의 DB를 셋업하기 위해 시험 열차에 장착된다. 그러면 곡률 마일 곡선(curvature-mile curve)이 이 데이터들로부터 계산될 수 있다. 우리는 자이로메터와 오도메터들의 데이터에서 선회한 것과 같은 열차 선로 특성을 얻기 위해 허스트 계수를 사용한다. 이러한 특징들과 알려진 경로의 곡률 마일 곡선을 매칭함으로, 열차의 실시간 위치가 계산될 수 있다. 만일 GSM-R과 같은 양방향 통신 채널의 이용이 가능하다면, 철도제어 시스템의 가상 폐색 혹은 자동 이동 폐색을 달성할 수 있다. 이 과정의 세부사항은 본 논문에 효율적인 방법임을 설명하는 몇몇 결과들과 함께 제시되어 있다.		

기술분류	열차위치검지 및 속도검출/열차제어		
출처	ASME/IEEE 2005 Joint Rail Conference (RTD2005)		
논문명	RUNE 프로젝트: GNSS 기반 철도 사용자 네비게이션 장비의 무결성 성능		
저자	Albanese, A | Marradi, L | Labbiento, G | Venturi, G	발표년도	2005
주요내용	RUNE (Railway User Navigation Equipment) 프로젝트는 안전한 철도 어플리케이션을 위해 열차 위치검지를 수행하는 위성기반 시스템을 정의하기 위한 생활서비스 특성들(Life service characteristics)의 안전성과 GNSS 무결성의 사용을 보여주는 것에 목표를 두고 있다. ALS-Laben은 ESA 계약아래, RUNE 장비의 검증과 개발 컨소시엄을 이끌고 있다. 이 프로젝트는 이탈리아 열차 운영사인 Trenitalia의 실험열차 차상에서의 3단간의 현장테스트 뿐 아니라 HW-In-the-Loop 실험 셋업 모두 포함합니다. 기본 목표는 우선 선로변 장치로부터의 지원이나 제한 없이, 그리고 ERTMS를 준수하며 자신의 위치와 속도를 결정하는 자가 능력을 향상시키는 것을 증명하는 것이다. RUNE 기술 솔루션은 GNSS 수신기를 기반으로 한다: 네비게이션 데이터는 거의 모든 환경의 조건하에서 열차의 위치 및 속도를 자율적이고 안정적인 결정이 가능하도록 하기 위한 차동 EGNOS 수정과 함께 GPS로부터 수신된다. 이 시스템은 열차 위치 기능에 대한 다른 기술적 접근을 제공한다: 상호 교정, 에러 필터링 및 에러 교정의 "지능형" 시스템, 관성센서와 차상의 오도메터를 통합한 GNSS 신호들의 사용은 기술, 산업 및 운영 과제를 나타낸다. 가용성 및 무결성 요구사항은 철도 네비게이션 장비에 도움이 되는 ERTMS/ETCS 호환 GNSS를 향한 가장 도전적인 장애물들이다. RUNE는 현재의 EGNOS 무결성과 광역 차동 보정서비스 및 GPS/EGNOS 기반 하이브리드 네비게이션 시스템을 통한 자가 가용성 확장, EKF 네비게이션에서 처리된 INS 및 오도메터 데이터 등의 장점을 이용하도록 설계되었다. 이러한 목적의 달성은 물리적 발리스를 가상의 발리스로 대체하면서 현재 제공되는 안전 수준을 유지함과 동시에 상당한 인프라 비용(초기 투자비용 및 유지보수 비용)와 주파수 감소로 이어질 것이다. RUNE는 또한 운영의 안전과 보안성의 향상과 더불어 기관사가 선로맵을 기반의 신호 위치(signal locations)에 접근하여 허가된 속도 프로필의 속도로 열차를 제어하는 것에 도움을 준다. 장기적으로, RUNE은 철도 교통관제 센터에 열차의 위치와 속도에 대한 실시간이고 연속적인 정보를 제공해줄 것을 기대한다. 이것은 운영자의 안전성과 보안성을 높일 뿐 아니라, 운영속도 향상, 선료 용량 증가, 연료 소비의 감소, 향상된 차량관리, 고객서비스 개선 등을 가능케 할 것이다. 센서와 네비게이션 필터 디자인 측면에서 RUNE 장비 구조는 사전에 다루었다. 본 논문은 RUNE 시범 프로토 타입의 안전성 분석에 초점을 둘 것이며, RUNE 기능들을 이용한 미래의 신호 시스템의 안전 케이스를 이루기 위한 기반으로 여겨질 수 있을 것이다.		

기술분류	열차위치검지 및 속도검출/열차제어		
출처	Electrical Machines and Systems, 2005. ICEMS 2005. Proceedings of the Eighth International Conference on		
논문명	열차 추적 시스템을 위한 새로운 기술 연구		
저자	Rag-Gyo Jeong | Hong-Shik Cho | Sang-Gi Chung;	발표년도	2005
주요내용	열차 제어 시스템에서 열차의 정확하고 안정적인 추적은 필수적이다. 열차 선로 회로를 이용한 고정 블록 시스템은 열차의 위치 검출에 널리 사용되고 있다. 이동 블록 시스템은 설치 간격이 짧고 유지보수가 쉬어 고정 블록 시스템보다 많은 이점을 가지고 있다. 본 논문은 열차의 위치 검출을 위한 무선 신호를 이용한 열차 추적 시스템을 위한 새로운 기술을 제안한다. 제안된 알고리즘은 무선 신호의 도착 위상 차이를 이용한 것으로 알고리즘의 설험적 검증은 본 논문에서 보여줄 것이다.		

기술분류	열차위치검지 및 속도검출/열차제어		
출처	AFRICON, 2004. 7th AFRICON Conference in Africa		
논문명	기관차 위치 표시기 통신 시스템의 설계		
저자	Oranye, N | Masupe, S | Chuma, JM | Sebusang, SEM	발표년도	2004
주요내용	Bostwana에서 기관차는 중요한 역할을 한다. 이는 사람, 가축, 원료와 제품 수송에 중요한 역할을 한다. 이제는 보조, 정부 재정 지원 도로 네트워크를 사용하는 도로 기차로부터의 효율성과 공격의 형태로 나타난 매우 경쟁력 있는 경제의 새로운 도전에 직면했다. 반면, 만일 국가도로 철도 기관사가 도로 작업원에 의해 누리는 이점을 바꾸기 위해 많은 것을 할 수 없다면, 그것은 적절하고 최첨단의 기술적 해결책에 의해 얻어질 수 있는 운영 효율성 측면에 있게 된다. 화물의 존재와 그 위치를 찾는 그러한 유사한 기술들을 사용하는 Botswana Railways와 다른 것들이 가진 한 가지 문제점은,(전형적으로 각각 DC Track Circuit 과 the Axle Counter System) 그 두 가지 기능과 연관되어있는 전원 공급 장치가 안전하지 않은 환경에 위치해있다는 것이며, 그렇기에 기물 파손 및 도난에 취약하다는 것이다. BR 네트워크상의 이 장치에 대한 기물 파손 및 도난은 수년에 걸쳐 점차 증가되었고, 이는 네트워크의 효율성과 처리량을 저해하고, 마찬가지로 화물은 잠재적인 손실에 노출시키는 것이다. 본 논문은 실시간으로 차량 및 장비의 위치를 추적하는 Global Positioning Systems (GPS)를 사용하여 기관차의 위치를 찾는 새로운 방식을 제안한다. 계획안은 열차의 엔진과 마지막 객차, 두 곳에 위치한 두개의 GPS 수신기를 제안한다. 열차의 수신기들은 정보들을 제어실의 대화식 그래픽 디스플레이 장치로 전송한다. 시뮬레이트 된 통신시스템의 결과가 제시될 것이다.		

기술분류	열차위치검지 및 속도검출/열차제어		
출처	Intelligent Vehicles Symposium, 2004 IEEE		
논문명	융합 와류 센서 신호에 의한, 철도 application을 위한 강력한 속도 측정		
저자	Geistler, A | Bohringer, F	발표년도	2004
주요내용	정확한 위치 정보를 제공하는 강력한 주행 기능은 모뎀이 탑재된 열차 위치 시스템을 위한 핵심 요소이다. 본 논문에서는 와전류 센서 시스템을 이용한 강력하고 안정적인 속도 측정이 제안되었다. 이 센서 시스템은 기존에 존재하는 기존 인프라를 넘어서의 추가적인 설치가 불필요한 railway applications에 특히 적합하다. 와류 센서 시스템을 기반으로 한, 두 가지 다른 방법의 속도 측정이 제시되었다. 시스템이 움직임의 방향에 따른 두 가지 센서로 구성됨에 따라, 가장 일반적인 방법은 차량 속도를 얻기 위한 센서 신호간의 교차 상관이다. 또한, 센서 신호의 형태는 주파수 분석과 속도의 대안 측정을 가능하게 한다. Kalman Filter의 속도 데이터 융합은 신뢰도가 증가한 정확하고 확실한 위치 정보를 제공한다.		

기술분류	열차위치검지 및 속도검출/열차제어		
출처	Computers in Railways IX		
논문명	Interacting Multiple Model estimator를 이용한 동적 열차 모델의 적응		
저자	Bohringer, F | Geistler, A	발표년도	2004
주요내용	본 논문은 두 동적 열차 모델 사이의 soft-switching을 기반으로 한 신뢰할 수 있는 열차 위치를 수행하는 Interacting Multiple Model (IMM) estimator을 제시한다. 그 중 하나는 속도를 일정하다고 가정하고, 다른 하나는 가속도를 일정하다고 가정한다. 두 센서들은 시스템에 입력을 제공한다. 다시 말하면 속도를 재는 와류 센서 장치와 정확한 위치를 전달해주는 Global Navigation Satellite System (GNSS) 센서 유닛 이 두 센서들은 시스템에 입력을 제공한다. 시뮬레이션들은 감지 실패 혹은 GNSS 신호의 중단의 경우에도, 위치 시스템은 강력하고 정확한 위치 정보를 제공한다는 것을 보여준다.		

기술분류	열차위치검지 및 속도검출/열차제어		
출처	Computers in Railways IX		
논문명	높은 안전성의 GNSS/INS 기반 열차 위치 탐지기		
저자	Filip, A | Taufer, J | Mocek, H | Bazant, L | Maixner, V	발표년도	2004
주요내용	추가로 관성 센서가 있는 수신기의 통합은 열차 위치 탐지기의 성능과 신뢰도를 크게 향상시킬 수 있다. 만일 TPL이 신호 및 열차 제어와 같이 안전과 관련된 application을 위한 것이었다면, 이것은 센서와 시스템 실패에 대해 강력해야 할 것이다. 이것은 탐지기는 반드시 안전적으로 완전한 (high safety integrity) 디자인이어야 하고, 실패의 경우에 대해 적시의 경고를 할 수 있는 이것만의 해결책이 있어야 한다는 것을 의미한다. 본 논문은 TPL 구조의 높은 완전성에 대해 다루고 있으며 그 구조는 두 개의 기본적인 하부조직으로 구성되어있다. 1) 두 개의 독립적인 루프를 통해 상태 벡터 견적을 제공하는 dual navigation system 2) 지속적으로 안전 무결성 상태를 점검해주는 autonomous safety integrity monitor(AIM) 상태벡터 견적 도구는 지속적으로 GNSS 수신기에 의해 gyro-dodmetry positioning subsystem을 바로잡는 간접적으로 강력한 Kalman filter를 기반으로 한다. 사용된 microwave 도플러 속도계와 가속도계는, 센서 데이터 확인과 완전성 모니터링에 필요한 여분을 제공한다. AIM의 디자인은 이미 지정된 사용자 안전 요구사항으로부터 나온 것이다. AIM의 기본적인 원리와 상태는 위치 오류, 보호 수준 및 수평 경고 제한의 관점에서 설명되어 있으며, 오류 인식 방법론은 가설 테스트를 통해 설명되어있다. AIM의 성능은 잘못된 감지, 허위 경보 및 기타 매개 변수의 확률에 의해 측정된다.		

기술분류	열차위치검지 및 속도검출/열차제어		
출처	The Journal of Navigation (2003), 56 : pp 385-398		
논문명	고장 방지 열차 네비게이션 시스템의 개발을 위한 다중 센서 융합 방법		
저자	Ahmad Mirabadi | Felix Schmid | Neil Mort	발표년도	2003
주요내용	차량 탑재 열차 위치 검출(네비게이션)은 첨단 자동 열차 제어(ATC) 및 자동 열차 보호(ATP)시스템에서 안전상에 중요한 역할을 한다. 또한 이러한 차량 탑재 시스템은 철도에 대한 이동 블록 신호 및 제어 시스템에 필수적이다. 차량 네비게이션 필드에서 다중 센서 융합 알고리즘의 응용 프로그램은 저렴하고 정확한 위치 탐지 시스템을 생성하여 철도의 요구 사항을 만족할 것이다. 칼만 필터링과 관련된 상태 측정 방법은 다중 센서 융합에 가장 효과적인 기법의 일부이다. 본 논문에 소개된 다중 센서 네비게이션 시스템은 기존 열차 위치 검출 시스템의 결점을 해결하였다. 제안된 시스템은 위성항법시스템(GPS), 도플러 레이더, 자이로스코프, tachometers, 디지털 지도와 balises를 활용한다. 고장 감지 및 격리 기능을 제공하기 위해 네비게이션 시스템의 다양한 조합이 작용할 수 있는 다중 센서 시스템에 계층 구조를 제안한다. DR/GPS, DR/Balise, DR/GPS/Balise를 포함한 여러 데이터 통합 노드에 대해 상세히 연구하고 그 성능을 평가한다.		

기술분류	열차위치검지 및 속도검출/열차제어		
출처	Autonomous Decentralized Systems, 2003. ISADS 2003. The Sixth International Symposium on		
논문명	IADS 기반의 저밀도 노선을 위한 열차 제어 시스템		
저자	Tao, T | Cai, BG	발표년도	2003
주요내용	본 논문에서는 칭하이-티벳 철도의 특징과 신호시스템의 요구사항들이 소개되어있다. 시스템 요구사항들을 만족시키기 위한 Intelligent Autonomous Decentralized Systems (IADS) 기술과 위성 위치기반 열차 제어 시스템이 논의 되고 계획 되는데 이는 칭하이-티벳과 같은 저밀도 노선에 적용하기 위함이다. 이 시스템에 적용된 핵심 기술과 시스템 구성 또한 나타나 있다. IADS 기반인 이 시스템은 자동제어능력, 건설 유동성 그리고 온라인 확장성을 가질 뿐 아니라, 일부 지능을 가지고 있다.		

기술분류	열차위치검지 및 속도검출/열차제어		
출처	IEEE 55TH VEHICULAR TECHNOLOGY CONFERENCE, VTC SPRING 2002, VOLS 1-4, PROCEEDINGS | : 670-674 2002		
논문명	열차 추적과 제어를 위한 새로운 레이더 시스템		
저자	Ishikawa, T | Zebker, H	발표년도	2002
주요내용	본 논문은 radar system for train tracking and control (RSTTC)로 불리우는 새로운 열차 제어시스템을 위한 설계를 나타낸다. RSTTC는 CBTC 시스템을 기반으로 하고 있으며, 확산스펙트럼 방식의 레이더 기술을 사용한다. CBTC 시스템을 이용한 주요 이점은 (1)열차들 사이의 간격이 조정 가능하며, (2) 열차 교통이 유동적이다. 레이더는 열차제어에 필요한 열차 속도 및 위치 모두를 식별하기 위해 사용된다. 확산스펙트럼 기술은 통신채널의 노이즈와 간섭에 의한 장애로부터 시스템을 보호하는데 도움을 준다. CDMA와 TDMA의 조합은 단일 통신 채널에서 다중 열차들을 제어하고 추적하기 위해 사용된다.		

기술분류	열차위치검지 및 속도검출/열차제어		
출처	Eighth International Conference on Computers in Railways. Computers in Railways VIII		
논문명	신호 어플리케이션들을 위한 열차 위치 검지기반 GNSS/INS의 동적 특성		
저자	Filip, A | Bazant, L | Mocek, H | Taufer, J | Maixner, V	발표년도	2002
주요내용	논문은 열차 신호 어플리케이션을 목표로 하는 train position locator (TPL) 기반의 GNSS와 INS의 동적 특성들을 다루고 있다. 주요 관심은 GNSS SIS(Signal-in-Space)가 일시적으로 동작하지 않는 'dark' track 상의 차상 중심 열차 위치 및 경로 검지에 효율적인 비용 지출을 하는 것에 있다. 경로 맵 매칭 기술은 전체 위치검지 시스템의 안전성과 정확성을 향상시키기 위한 주요 방법으로 고려된다. 자이로의 드리프트를 완전히 보상하는 double heading differences가 Bayes의 정리에 의한 경로 결정 과정의 신뢰성을 평가하기 위해 도입되었다. 경로 지도를 기반으로 한 센서데이터 검증 프로세스 또한 논의 된다. 스위치(선로전환기?) 특성 요소의 차상 검출이 보다 높은 안전 기준을 획득하고 신호 비용을 줄이기 위한 목적으로 제시되었다. 기재된 실험결과는 3 kV 직류접압 기관차와 컴퓨터 제어 선로 rover를 이용하여 획득하였다.		

기술분류	열차위치검지 및 속도검출/열차제어		
출처	Advanced Intelligent Mechatronics, 2001. Proceedings. 2001 IEEE/ASME International Conference on		
논문명	바퀴 속도 측정을 통한 열차 위치 및 속도 평가		
저자	Allotta, B | Colla, V | Malvezzi, M	발표년도	2002
주요내용	현대 철도의 관리면에서 안전성과 효율성을 향상시키기 위해, 교통 제어 및 모니터링을 위한 몇몇 시스템들이 개발되었다. 다음 타겟 위치와 타겟 속도들 중 하나가 불충분한 정지거리인 경우와 같은 긴급 상황이 발생하면 ATP 시스템은 응급 정지 절차를 명령한다. 이탈리아 철도의 철도 운영에 적용될 SCMT라 불리우는 놀라운 ATP 시스템이 현재 설계 중에 있다. SCMT의 구성요소들 중 하나는 고정발리스 사이에서 열차의 속도와 위치를 평가하기 위한 모듈이다. 본 논문에는 기존의 오도메터 알고리즘이 실패하는 불량한 바퀴-레일 접지 상태들을 보상하는 능력 및 타겟까지의 거리 및 속도를 평가하는 알고리즘이 설명되어 있다. 이 알고리즘은 신경망 네트워크, 퍼지 논리, crisp 논리들을 포함하는 다양한 방법들을 사용하여 파생되었다. 이 시스템은 다른 타입의 차량 및 조건들로 실행되는 테스트 운전으로부터 획득된 광범위한 실험적 데이터 세트를 사용하여 설계되고 훈련되었다. (특히 접착력 저하 조건들이 검토되었다)		

기술분류	열차위치검지 및 속도검출/열차제어		
출처	2001 IEEE/ASME INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED INTELLIGENT MECHATRONICS PROCEEDINGS, VOLS I AND II | : 220-224 2001		
논문명	바퀴 속도 측정을 통한 열차 속도 및 위치 평가		
저자	Malvezzi, M | Toni, P | Allotta, B | Colla, V	발표년도	2001
주요내용	이탈리아 철도의 순환열차에 설치하기 위한 SCMT라는 기발한 시스템이 현재 개발 중이다. SCMT의 구송요소들 중 하나는 타겟(들)의 속도요구사항과 다음 타켓(들)까지의 거리에 대한 정보를 통신하는 발리스를 갖춘 두 개의 후속 via points 사이에서 열차의 속도와 위치를 평가하는 모듈이다. 이 모듈은 인크리먼트 엔코더 타입의 센서들을 갖춘 두 개의 바퀴를 사용한다. 본 논문에서는 비, 안개, 얼음, 나뭇잎 등에 의해 휠-레일 접착능력이 나빠지는 것을 보상하며 위치 및 속도를 측정하는 알고리즘을 설명한다. 이 시스템은 실험 데이터 세트를 폭 넓게 사용하여 설계되고 훈련되었고, 서로 다른 타입의 차량 및 조건을 이용하여 수행하였다. (특히 접착력 저하 조건들이 검토되었다). 각 실험에서는 실제 열차와 네 바퀴의 속도가 측정되었다. 본 논문에 제시된 시스템의 주목적은 두 바퀴의 속도를 기반으로 한 열차 속도 및 위치를 평가하는 것이고 바퀴의 슬립과 미끄러짐이 일어나는 경우도 포함된다. 이 시스템은 또한 두 개의 속도 센서 중 한 개가 고장난 경우데 대하여서도 열차의 속도 및 위치를 측정할 수 있다. 두 바퀴의 속도는 바퀴 직경 변화에 대한 보상을 하기 위해 바퀴가 미끄러지지 않는 단계에서 실제 열차의 속도를 주기적으로 재정렬 해야 한다.		

기술분류	열차위치검지 및 속도검출/열차제어		
출처	Computers in railways VII		
논문명	위성기반 열차 제어		
저자	Schnieder, E | Bikker, G | Schroeder, M	발표년도	2000
주요내용	track bound traffic an interoperable control system 분야의 선진 European 조화의 흐름 안에서, ETCS가 명시되었다. 이 개념의 단계적 실현은 전통적인 철도 교통을 보다 효율적으로 만들지만, 이행을 위한 상당한 노력이 이루어져야 한다. 선로변 구조물들을 제어하는 열차 제어를 기반으로 하는 신호와 전파 분야의 새로운 기술들을 사용함으로써, 선로변 구조물들은 점차 감소할 것이다. 더욱이, 위성항법 기반 위치검지의 가능성과 기회에 대한 이러한 효율적 제어의 개념은 유사한 다른분야에서도 사용될 수 있다. 또한 비유럽 국가들은 기존 철도교통에 있어 경제적인 제어시스템을 필요로 한다. 미국이나 호주의 기술개념의 "단점인"인 spatial width와 scare infrastructure의 이유로, 유럽환경에서의 최적화는 어렵다. 결론적으로, 이러한 분야들에 적용하기 위해선 저비용의 열차 제어 시스템 적용이 설계되어야 하는데, 이것은 다음과 같이 적용가능성, 안정성 및 안전기준과 함께 통신 및 위치와 같은 확장 가능한 컴포넌트를 기반으로 한다.		

기술분류	열차위치검지 및 속도검출/열차제어		
출처	Computers in railways VII		
논문명	고정밀 철도 위치검지를 위한 위성 네비게이션 시스템을 이용한 도전		
저자	Schanzer, G | Schneider, U | Troelsen, J	발표년도	2000
주요내용	열차 위치 관련 지식은 운송 서비스로서 철도가 성공적으로 작동하도록 하는 운송관리 시스템의 보호와 조직을 위해 필수적이다. 각 열차들의 위치 수정은 최적의 교통 배정과 안정적 운영을 위한 기능을 제공하는 운영 제어 시스템의 기본적 파라메터이다. 본 논문에서는 철도 어플리케이션들이 GPS 시스템을 이용한 선로를 넘어서 2m 이내의 정확성을 획득하고 무결성과 안전성을 가지며, 실시간으로 위치의 수정을 결정할 수 있는 혁신적인 기술을 제시한다,		

기술분류	열차위치검지 및 속도검출/열차제어		
출처	IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY | 49 (2): 467-475 MAR 2000		
논문명	열차 위치에 대한 맵 매칭 접근방식 PART1 : 개발과 분석		
저자	Saab, SS	발표년도	2000
주요내용	이 보고서는 열차 위치 시스템을 위한 맵 매칭 알고리즘의 개발에 주안점을 두었는데, 철도 차량과 연관된 nonsteerable 트럭 디자인으로 인해, 레일 선로 곡률은 합리적으로 작으며 결론적으로, 곡선과 같은 선로 특징들이 저렴한 센서들을 이용하여 식별하는 것을 어렵게 만들었다. 이 작업에 제안된 알고리즘은 1차원(1D) 열차 선로 특징의 충분한 이점을 지니며, 이 알고리즘의 핵심은 지도 DB에서부터 이들에 상응하는 차상의 타코메터와 자이로(yaw gyro)값 까지 로부터 추출된 각속도와 연관이 있다. 센서 융합은 자이로 및 속도센서 또는 오토메터의 구성을 필요로 한다.		

기술분류	열차위치검지 및 속도검출/열차제어		
출처	Computers in railways VII		
논문명	GPS와 관성 센서들의 융합과 통합을 이용한 열차 위치결정		
저자	Cai, B | Wang, X	발표년도	2000
주요내용	새로운 ATS와 진보된 폐색 시스템으로써, 열차 위치의 정확성의 필요성이 증가 되었다. 특히, 고속철도에 있어, 열차 위치는 신속하게 업데이트되고 있다. 하나의 센서 소스로는 안정적이지 않다. 대신, 우리는 중요한 열차제어에 있어 안정적이고 실시간의 위치결정을 검지하기 위한 다중센서를 사용한다. 제안된 방법의 타당성을 입증하기 위하여, 우리는 GPS(절대위치 검지용)와 관성 센서(상대위치 검지용)를 사용하였다. 관성 센서에 있어, 우리는 자이로스코프와 가속도계를 운행방향 및 거리를 각각 측정하기 위해 사용하였다. GPS는 좋은 저주파특성을 지니고 있지만 고주파 특성은 취약하다. 관성센서(추측항법)은 반대의 특성을 지니고 있다. 이들의 상호보완적인 특성들을 유리하게 사용하여, 우리는 정확한 열차 위치결정을 할 수 있었다. 효과적으로 다중센서들을 통합하기 위하여, 우리는 관성센서에 대한 오류보정 모델을 개발하였고, 최적 열차 위치 추정을 하기 위해 EKF (Extended Kalman Filter)를 사용하였다. 사전 테스트는 예상 결과를 보여줄 것이다.		

기술분류	열차위치검지 및 속도검출/열차제어		
출처	Computers in railways VII		
논문명	철도 신호에 대한 GPS/GNSS 기반 열차 위치 검지		
저자	Filip, A | Bazant, L | Mocek, H | Cach, J	발표년도	2000
주요내용	최근, DGPS 수신기의 실시간 정확성은 code mode에서 수 미터 (sub-metre) 수준까지 도달했으며, Real Time Kinematics (RTK) mode에서는 Cm수준까지 도달 했다. 따라서 GPS 수신기는 저렴한 비용으로 신호시스템 개념 및 철도산업의 기타 안전분야에 대한 적용을 약속하였다. 본 논문은 미국의 GPS 및 체코 철도에 적용한 열차 위치 검지 테스트를 기반으로 한 러시아의 GLONASS에 대한 검증 방법과 실험결과를 제시한다. 검증 방법은 신호 분야의 현재 요구 사항 및 위성 네비게이션 시스템들의 파라메터로부터 파생됐다. 연구의 핵심요소는 스위치(선로전환기?)인데, 운행중인 열차의 안적적이고 지속적인 위치 결정에 있어 가장 결정적이다. 2차원과 1차원의 운행 검지 모델들이 switch-point에 대해 분석되고 실험적으로 연구되었다. 실험은 Pardubice Hradec Kralove - Chocen 노선에서 총 노선길이 100km에 걸쳐 진행되었다. 3개의 모바일 플랫폼들이 실험에 이용되었는데, 1) 장시간 위치 확인을 위한 전기 기관차 운영 여객 열차, 2) Pardubice 역의 실험선로 상에서 테스트하기 위한 디젤 기관차, 3) 상세 위치검지 테스트를 위해 선로 rover에 의해 원격 조정되는 초경량 기관차가 그것이다. 차량에서 수발신되는 데이터들은 19.2 kb/sec의 데이터률로 150 MHz의 지능형 전차 모뎀 네트워크를 통해 전체 시험 선로에 전송된다. 마지막으로, 안전과 관련된 미래의 유럽 네비게이션 시스템인 GALILEO의 필요요소들이 상세하게 논의되었다.		

기술분류	열차위치검지 및 속도검출/열차제어		
출처	Computers in railways VII		
논문명	철도 위치 시스템으로의 디지털 지도정보 소개: 기회와 위험요소		
저자	Schneider, U | Troelsen, J	발표년도	2000
주요내용	네비게이션 시스템을 지원하는 GPS 내의 디지털 맵의 사용이 연구되어 왔다. 열차 위치검지를 위해 사용하기 위해서는 지구의 기하학적 위치를 참고해야 할 뿐만 아니라, 철도는 (topologic position)위상학적 위치를 참고해야 한다. 디지털 지도의 사용은 이러한 두가지 참조 시스템 간의 사상(맵핑)을 가능하게 한다. 이러한 사상(맵핑)은 열차 위치의 무결성 모니터링을 가능하게 하며, 따라서 네비게이션 시스템 위치 솔루션은 topologic reference system에서 철도 명령 위치와 손쉽게 비교할 수 있다. 전통적인 네비게이션 시스템 위치 솔루션의 절대 정확도를 좌우하는 가장 중요한 요인은 GPS의 정확성 및 원격으로 전달되는 차동 보정데이터이다. DGPS의 사용이 가능한 한, 보조 센서 정보 및 디지털 지도부터 획득한 파라메터들은 위치를 수정하기 위한 정확성을 향상시키지 않는다. 그러나 이들은, 시스템이 보다 적은 타임딜레이로 고주파수에서 위치 솔루션을 제공할 수 있도록 하며, DGPS 단독 사용 시보다 높은 가용성과 integrity를 제공한다. GPS사용이 불가할 경우, track attitude의 사용은 heading estimation를 안정화함으로써 성능을 크게 향상 시킨다. map heading의 사용은 또한 네비게이션 위치 에러에 있어서 gyro error (drift)의 높은 안전성 및 GPS drop-out 에서의 heading estimation에 덜 의존적이게 한다. map heading과 함께 heading estimation의 도움으로, 저비용 gyro의 사용으로도 고성능 gyro의 사용시 때와 같은 수준의 높은 위치 정확성을 가질 수 있다.		

기술분류	열차위치검지 및 속도검출/열차제어		
출처	Computers in railways VII		
논문명	위성기반 열차 위치 플랫폼을 이용한 최적화된 에너지 운행 스타일 관리		
저자	Winter, J | Gu, X | Schmidt, M	발표년도	2000
주요내용	유럽의 철도기반 교통은 현재 급진적인 변화 가운데 있으며 기술 혁신은 철도 운송 개발을 위해 더 많은 새로운 기회를 개방하고 있다. GPS에 기반하여, DaimlerChrysler Rail Systems (Signal) GmbH에 의해 개발된 열차 위치 시스템 OPTIVIA는 다양한 소스에서 데이터를 결합하고, 비용 집약적인 인프라를 배제한 운송시스템의 최적화를 위해 사용되어질 수 있는 정확하며 안정적인 위치 데이터를 제공한다. 이 보고서는 GPS를 기반으로 한 열차 위치 시스템의 성능과 이론을 제시한다. 이 시스템은 위치 정확성과 가용성을 얻기 위해 GPS 수신기, 오도메터 그리고 경로 DB로부터 수집된 데이터를 사용한다. 사용된 센서가 강점과 약점을 모두 가지고 있지만, 센서들을 보완하고 강점을 결합하여 열차 위치 시스템은 정확하고 신뢰할 수 있는 속도와 위치 데이터를 결정할 수 있다. 예를 들어, 오도메터 데이터는 정확한 GPS 위치 데이터로부터 보정 될 수 있다. 정반대로, 보정된 오도메터 데이터는 signal shadowing phases동안 GPS 위치시스템을 사용할 수 없을 때에도 신뢰할 수 있는 위치정보를 제공할 수 있다. 통합 위치 데이터와 더불어, 데이터(ramp, curve, speed limit, stopping point, tunnel, etc.)와 연관된 실제 선로가 경로 데이터베이스로부터 추출되어질 수 있다. 위성기반 열차 위치 시스템의 유용한 적용사례로서 최적화된 에너지 운영 스타일 관리가 보고서에 기재되어 있다. 선로 상태, 도로 상황 및 타임 테이블에 따라, 견인력과 회생제동, 에너지 저장을 제어함으로써 에너지를 최적화 될 수 있다. 이 시스템은 2000년 the Adtranz ICN (Swiss intercity tilting train)에서 테스트가 예정되어 있다.		

기술분류	열차위치검지 및 속도검출/열차제어		
출처	Computers in Railways V, Vol 1		
논문명	열차 위치인식 시스템의 운동 상태의 안전한 검출		
저자	Kiriczi, S | Schneider, E	발표년도	1996
주요내용	이 작업의 과정에서 새로운 알고리즘은 평균적으로 10(8)에서 10(11)시간에 위반한 양을 측정한 신뢰구간내의 참 값과 관련된 안전성을 계산하기 위해 제안되었다. 이 알고리즘은 모델링 센서 정밀도, 센서의 MTTF, 그리고 실패율에 관한 센서의 드리프트 동작을 기반으로 한다. 신뢰구간에 관련된 안전성은 측정값의 편차의 분포에 대한 어떠한 가정 없이 계산될 수 있다. 이 알고리즘은 독일 LZB80의 TWR과 두 개의 도플러 레이더 장치를 사용하는 열차의 스피드와 주행거리를 측정하기 위한 다중센서 구성에 성공적으로 적용되었다.		

기술분류	열차위치검지 및 속도검출/열차제어		
출처	Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems, 1996. IEEE/SICE/RSJ International Conference on		
논문명	철도 시스템의 센서 융합의 응용		
저자	Mirabadi, A | Mort, N | Schmid, F	발표년도	1996
주요내용	ATC와 ATP 시스템은 열차와 철도시스템의 새로운 세대의 성능을 최적화하기 위한 움직임의 핵심 요소를 형성하고 있다. 차상 시스템을 이용한 안정적이고 정확한 위치 및 속도 측정 시스템들은 선로변 장비에 대한 필요성을 줄이는데 핵심 역할을 한다. 이 시스템은 측정된 위치와 스피드에 관한 데이터를 제어센터로 전송하기 위해 전파전송 시스템과 결합된다. 장비의 새로운 접근과 메카트로닉스 기술 및 엔지니어링, 특히 센서 융합의 적용은 측정에 더 나은 신뢰성과 정확성을 달성하기 위한 새로운 지평을 열었다. 이 문서의 작성자는 오도메트리(odometery)의 신,구방식 모두 설명하였으며 특별히 철도 위치 및 속도에의 적용을 설명하였다.		

3) 논문분석 결과

철도교통 위치검지기술관련 기술개발 수준을 확인하기 위해 국내외 논문을 검색하고, 분석한 결과, 차상기반 열차위치검지방식이 주종을 이루고 있으며, 차륜센서를 기반을 하고, 차륜센서에 기인한 누적오차를 보상하기 위한 GPS, RFID 등의 절대위치검지기술을 접목한 열차위치검지방식에 대한 관한 내용의

논문이 다수 확인 되었다. 지상설비를 배제하고 열차위치검지의 효율성 향상을 위해 여러 논문에서 GPS를 포함한 구조의 열차위치검지방식을 적용하였으며, GPS 적용시 철도환경에 적합한 안전성, 신뢰성 확보를 위한 결함허용구조 관련 연구, GPS 신호 미수신 환경에 대비한 관성센서 등의 타센서 결합방식과 항법필터 관련 연구, 차륜센서에 기인한 위치오차 최소화를 위한 차륜센서 특성추정연구 등이 주요 논문내용인 것으로 확인되었다. 국내의 경우, 철도교통 위치검지기술관련 논문은 차상기반 열차위치검지방식의 개념설계 및 국내 철도운영노선에서의 GPS 수신성능 평가, 신규차량시스템의 종합계측시스템 적용연구에 대한 논문이 주로 발표되었으며, GPS외 관성센서 등 다중센서융합기술에 대한 연구는 미진한 상태로 확인되었다.

다. 국내외 기술개발 현황

철도교통 위치검지기술은 열차의 이동과 속도제어를 주목적으로 하는 열차제어분야를 중심으로 기술개발이 이루어져 왔다. 열차제어분야에서 열차의 위치검지는 궤도회로를 이용, 열차의 충·추돌을 방지하기 위한 열차방호의 목적으로 사용되며, 속도검지는 타코미터 등의 차륜센서를 이용하여 열차의 속도 및 이동거리의 제어를 위한 목적으로 사용되고 있다. 최근 열차제어시스템의 운영밀도 향상 및 운영효율성 증대를 위해 지상기반의 열차제어방식에서 차상기반의 열차제어방식으로, 수동운전에서 자동운전으로 발전함에 따라 RFID, 도플러레이더, GPS 위성항법시스템 등이 적용되고 있는 추세이다. 또한 선로시설물의 유지보수 효율 개선을 위해 유지보수지점의 정확한 확인을 위해 다양한 위치검지기술이 복합적으로 적용되고 있고 있다.

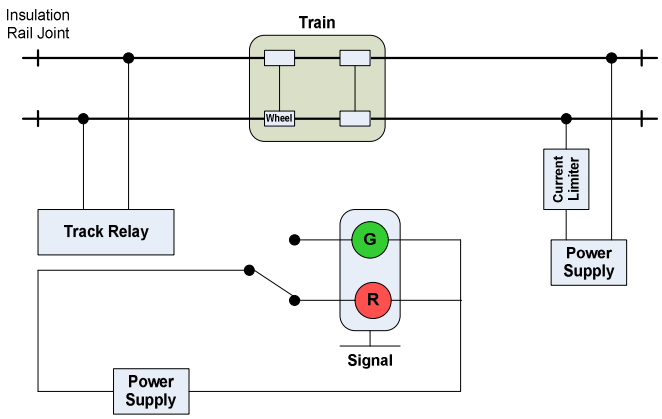
본 절에서는 철도교통 위치검지시스템 개발계획 수립을 위해 현재 국내외적으로 적용 및 개발되고 있는 철도교통 위치검지센서기술과 각종 철도응용분야에 적용되고 있는 위치검지시스템 개발기술 현황을 분석한다.

1) 철도교통 위치검지 센서기술 현황

가) 궤도회로

궤도회로(Track Circuit)는 레일을 전기회로의 일부로 사용하여 회로를 구성하고 차량의 차축에 의해 레일 사이를 단락함에 따라 열차의 유무를 검지하여 신호기, 선로전환기, 연동장치 등의 신호기기를 직접 또는 간접적으로 제어할 목적으로 설치된 궤도를 이용한 전기회로이다. 궤도회로를 통해 측정된 열차 위치정보는 열차의 운행위치확인 및 선로전환기의 쇄정, 열차의 운행간격조정, 열차운행예고 등 다양한 철도분야에 이용되고 있다. 또한 궤도회로를 통해 레일의 절손유무도 검지가 가능하여 선로의 상태감시를 목적으로 활용되기도 한다.

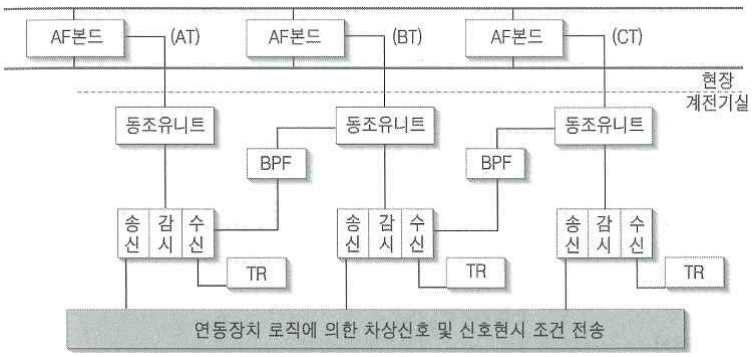
[그림 46]은 궤도회로의 기본 구조를 나타낸다. 일반적으로 궤도회로는 레일을 적당한 구간으로 구분하여 인접 궤도회로와 독립된 회로를 구성하기 위하여 경계부에 레일 절연을 설치하고, 송전측에는 전원을 착전측에는 궤도계전기를 연결하여 전기회로를 구성하는 구조로 구성된다. 따라서 궤도회로 내에 열차가 없을 때에는 전원으로부터 흐르는 전류에 의해 계전기가 여자되고 열차가 궤도회로 내 존재하지 않음이 확인된다. 반대로 궤도회로 내에 열차가 진입하면 차축에 의하여 전기회로가 단락되어 계전기는 낙하되어 궤도회로 내에 열차의 존재여부가 파악되는 원리이다. 또한 레일 손상 등 궤도회로가 고장 시에는 궤도회로의 계전기가 낙하되어 해당 궤도회로 내 열차가 존재하는 것으로 인식되게 함으로서 열차운행에 대한 안전성을 확보할 수 있는 장점이 있다.



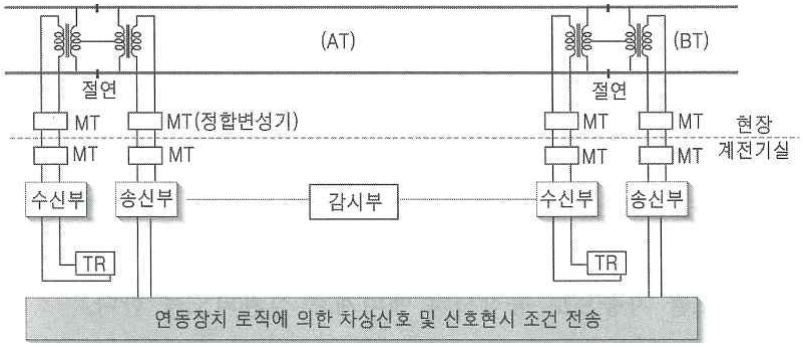
[그림 46] 궤도회로 기본 구성(폐전로식)

궤도회로는 사용전원과 회로구성 방법 및 레일절연 방법 등에 따라 다양하게 분류되고 있으며, 국내의 경우 무절연 AF궤도회로와 임펄스궤도회로가 주로 사용되고 있다.

AF(Audio Frequency)궤도회로는 사람이 청각으로 들을 수 있는 16 ~ 20,000Hz대역의 가청주파수를 이용하는 궤도회로장치이다. 열차의 운행속도가 200km/h를 넘어서면 기관사의 육안으로 확인 가능한 선로변 신호기 확인거리에 한계가 있어 지상의 신호기 현시에 따른 열차제어가 어려운 단점이 있다. 따라서 선행열차와의 운행간격과 제동거리 등을 차상으로 직접 전달할 수 있는 차상장치를 가져야 한다. AF궤도회로는 차상신호용에 적합한 궤도회로 방식으로 시스템의 설계방식에 따라 다양한 형태가 있으며 최근에는 디지털 신호기술의 발달로 열차운행 및 제어정보를 코드화하여 차량과 현장설비간에 유도무선 방식을 사용한 정보전송방식이 이용되고 있다. AF궤도회로는 열차검지기능 뿐만 아니라 선행 열차와의 운행간격, 해당 열차의 지시속도, 차량운행정보 등을 기관사에게 전달하며, 차상열차제어장치에도 관련 정보가 전달되어 열차가 안전하게 운행될 수 있도록 한다. AF궤도회로는 주파수 발생부인 송신부, 케이블의 전달특성 개선을 위한 동조유니트, 해당 궤도회로 주파수 공진 설비인 커플링유니트, 정합변성기, AF본드, AC용 임피던스 본드, DC용 미니본드, 감시부, 수신부 등으로 구성되며, 사용전원에 따라 DC용 AF궤도회로는 DC 1,500V 전철구간에 사용되고 있으며, AC용 AF궤도회로는 AC 25,000V 전철구간의 궤도회로에 사용되고 있다. 현재 AF궤도회로는 국산화 개발되어 일반철도 및 도시철도 등 운영선로에 적용 중에 있다.



[그림 47] DC용 AF궤도회로의 구성



[그림 48] AC용 AF궤도회로의 구성

고전압 임펄스 궤도회로장치는 교류 25,000V 전철구간에 주로 사용되며 복궤조 궤도회로에서 전차선의 귀선전류는 레일을 통하여 변전소로 흘려보내고 신호전류는 임피던스 본드에서 차단하여 궤도회로의 기능을 하는 것으로 비전철구간에서도 적용이 가능한 장점이 있다. 또한 고전압 임펄스 궤도회로장치는 전차선과 팬터그래프와의 이선, 낙뢰 등의 발생으로 궤도회로에 이상 전압의 유입 시에도 절연내력이 커서 신호기기에 대한 보호효과가 높은 장점과 chopper, VVVF(Variable Voltage Variable Frequency) 차량 운행 시에도 내방해 특성이 크므로 오동작이 발생하지 않는 장점이 있다. 또한 고전압임펄스를 사용하므로 송수신거리에 따른 전압강하가 거의 발생하지 않고, 소비전력이 50~60VA 정도로 비교적 적으며 우천 시에도 자갈누설저항(Ballast Leakage Resistance)의 변화가 적어 안정성이 우수한 특징이 있다.

궤도회로는 구조가 단순하여, 높은 신뢰성과 안전성을 갖는 반면 궤도회로 구간 내 열차의 점유여부를 검지함으로서 열차위치검지 정밀도가 궤도회로 길이로 한정되는 문제가 있어, 열차의 정확한 위치를 파악할 수 없는 문제가 있다. 궤도회로의 길이는 일반적으로 고속철도의 경우 1500m, 일반철도의 경우 800~1000m, 도시철도의 경우 200m의 길이로 설치되므로 철도노선에 따라 위치검지 정밀도가 상이한 특징이 있다. 또한 궤도회로를 통한 열차위치검지는 열차의 위치파악 주체가 차량이 아닌 지상설비를 통해 가능하므로, 차상기반 열차제어시스템에는 적합하지 못하며, 현재 열차제어시스템의 발전추세인 이동폐색 구현 시 열차위치의 정확한 파악이 불가능하여 열차운행밀도의 향상을 제한하는 단점이 있다.

궤도회로를 통한 위치검지방식은 국내에서 도시철도, 일반철도, 고속철도에 적용되고 있으며, 궤도회로에 의해 파악된 열차위치(점유)정보는 연동장치(제어) 및 열차관제(감시) 분야에 활용되고 있다.

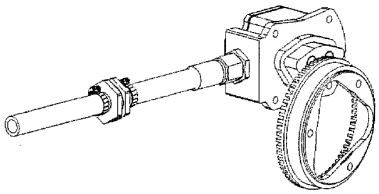
신분당선, 김해경전철, 인천2호선 등 신규 구축되는 도시철도분야에 적용된 CBTC(무선통신기반열차제어시스템) 열차제어설비는 이동폐색방식의 열차제어를 위해 궤도회로가 사용되지 않고 있으며, 타코메타와 트랜스폰더를 이용하여 차량에서 열차의 위치를 파악하고 무선통신망을 통해 열차위치정보를 지상제어설비로 전송하는 방식이 적용되고 있다.

나) 차륜센서

궤도회로는 지상에 설치되기 때문에 지상설비를 통해서만 열차위치의 확인이 가능하므로 차상에서 열차의 가감속 운행제어를 위해서는 열차에서 직접 속도 및 열차의 이동거리를 측정하여야 한다. 철도분야에서는 열차의 운행속도 및 이동거리를 파악하기 위해 열차에 속도센서를 탑재하여 운행제어를 하고 있으며, 대표적인 속도센서로서 차륜센서(타코메터, 오도메터)가 있다. 차륜센서는 열차의 차륜에 설치되어 열차이동시 차륜의 회전량을 측정하여 열차의 이동속도와 이동거리를 계산하는 장치이다. 궤도회로의 경우 일정구간 단위로 구분된 궤도회로내의 열차의 존재여부만을 판단하여 열차위치를 파악하므로 열차위치정보의 분해능이 높아 정확한 열차위치의 파악이 불가능하고 불연속적으로 열차의 위치파악이 가능한 단점이 있는 반면, 차륜센서를 적용하면 열차위치정보의 분해능이 높아 정밀한 열차의 위치파악이 가능하고, 연속적으로 열차 위치파악이 가능한 장점이 있다. 하지만 열차는 철제선로 위를 철제차륜의 회전에 의해 이동하므로 열차의 가감속시 차륜과 선로간의 활주(미끄러짐)와 공전(헛바퀴) 현상에 의한 오차와 차륜의 마모에 따른 오차가 발생되어 열차의 운행거리가 증가함에 따라 열차의 위치오차가 누적되는 단점이 있다.

일반적으로 철도용 차륜센서는 차륜에 부착되는 장치로서 차륜의 회전을 정밀하게 측정할 수 있도록 기어구조의 차륜센서 검지용 휠과 검지용 휠의 기어수를 측정하는 기어센서로 구성된다. 일반적으로 기어센서는 2채널 이상의 여분구조를 가지며 최소 10mm 이상의 기어 간격을 측정할 수 있으며, 차륜의 회전운동이 발생하면 기어센서는 차륜센서 검지용 휠의 기어의 회전량을 측정

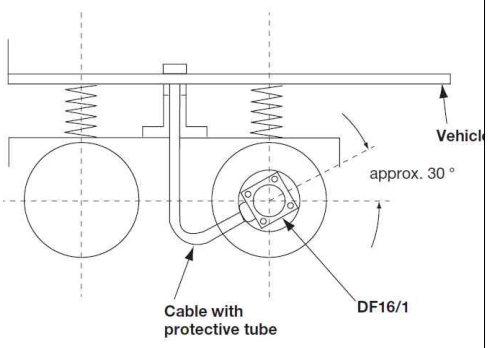
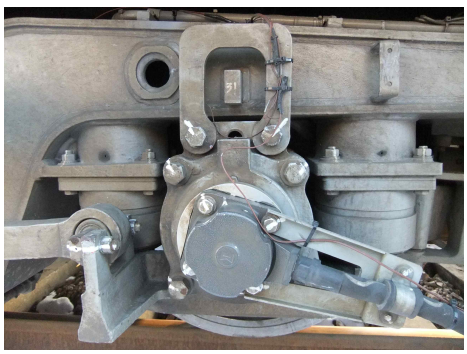
하여 펄스 값으로 출력한다.



[그림 49] 차륜센서의 구조(KTX-산천)

차륜센서의 출력신호는 펄스신호로 출력되며, 출력된 펄스신호는 추진장치, 제동장치, 열차제어장치 등으로 전송되어 열차의 운행제어를 위한 속도정보로 이용된다. 차륜센서의 출력신호는 차륜센서 제작업체 및 사양에 따라 구형파 또는 사인파 등의 아날로그 펄스로 출력되며, 철도차량의 종류 및 추진 및 제동장치의 사양에 따라 차륜 1회전시 발생하는 펄스의 수도 다르게 출력된다.

차륜센서는 국산화 제품이 개발되어 KTX-산천 등 국내개발 열차에 적용 중에 있다. 다음의 표는 국내 차륜센서 제작사인 유진전기의 HS4 차륜센서의 상세 사양을 나타낸다.

차륜센서 장착 도면	틸팅열차 차륜센서 설치 상태
	

[그림 50] 틸팅열차내 차륜센서 설치 예

[표 4] 유진전기 HS4 차륜센서 사양

기어센서 사양	- 모듈 : 2 - 압력각 : 20° - 기어수 : 최소 60 개 - 기어폭 : 10 mm 이상
차륜센서 성능사양	- 최소 : 센서 출력펄스 주파수 20 Hz 이하 (차량속도 2.0 km/h 이하) - 최대 : 센서 출력펄스 주파수 4,000 Hz 이상 (차량속도 380 km/h 는 2,000 Hz 이상이면 만족)
동작전압	DC 12.0±0.1 V
출력신호 특성	규 격 : 출력 듀-티비 = 25 ~ 75 % (–25 ~ 40 ℃에서) 출력 전압 : $E_H > E - 0.5\,V$ $E_L \leq 0.6\,V$ 센서전원전압 출력파형(OUT-G 사이) H H H L L E_H E_L 0 V t T 응답속도 $= \frac{1}{T\,sec}[Hz]$ 출력듀-티 $= \frac{t}{T} \times 100[\%]$

다) RFID(트랜스폰더)

최근 유럽 및 북미 지역에서는 무선통신기술이 접목된 열차제어시스템이 개발, 적용되고 있으며, 대표적인 시스템으로 CBTC (Communication Based Train Control)시스템과 ETCS(European Train Control System) 시스템을 들 수 있다. 상기 열차제어시스템에서는 무선통신을 통해 차량과 지상설비간의 열차제어정보를 교류하며, 차륜센서와 RFID 기술을 접목한 열차위치검지기술이 적용되고 있다. 여기서 RFID는 무선정보인식기술로서 고유정보를 탑재한 RFID 트랜스폰더와 RFID 트랜스폰더내 고유정보를 판독하는 RFID 리더로 구성되며, RFID 트랜스폰더는 일정간격으로 선로 중심에 설치되어, RFID 리더가 탑재된 열차가 RFID를 통과할 때 RFID 탑재정보를 판독하여 선로 상 기

준위치정보를 파악한다.

ETCS에서는 궤도회로, 차륜센서, 도플러레이더센서, Balise를 이용하여 열차의 위치와 속도를 검지하고 있다. 여기서 Balise는 RFID기술을 이용한 위치보정 및 열차제어정보를 제공하는 장치로서 위치보정용 기준위치와 터널, 교량, 절연구간, 선로구배 등 고정정보를 열차로 송신하는 고정 Balise와 열차제어정보(이동권한)를 열차로 송신하는 가변 Balise로 구분된다. 또한 ETCS에는 여분의 속도센서인 도플러레이더센서를 적용하여 열차 주행 시 발생되는 차륜의 slip 및 slide 오차를 보정하고 있다.

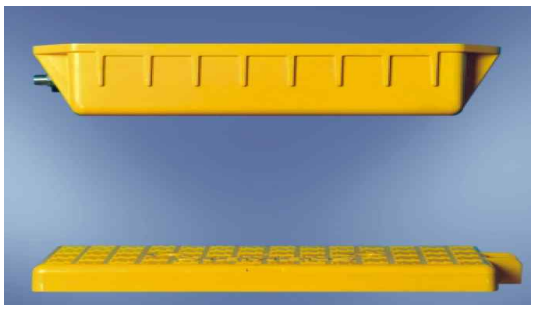
Balise는 비고조파 피드백 주파수(inharmonic feedback frequency)기반의 유도성 결합 RFID 시스템이 기반 기술로서 적용되어 수분, 금속 등 선로변 내환경성이 우수한 장점이 있다. Balise의 전원공급은 27.115MHz에서 유도성 결합으로 차량에 설치된 CAU(Compact Antenna Unit)와 BTM(Balise Transmission Module)으로부터 무선으로 공급되며, balise에 탑재된 데이터는 4.234MHz의 주파수를 통해 차량 안테나 모듈(CAU)를 통해 BTM에 전송된다. Balise는 최대 500km/h의 속도까지 완벽하게 데이터를 읽고 전송할 수 있도록 설계되었으며, 아래와 같이 4가지 타입으로 구분된다.

- 타입 1: 영구적으로 프로그램된 내용을 전송.(발리스 고유ID 정보 등)
- 타입 2: 비접촉 인터페이스로 사용자가 내용을 프로그램하여 전송.(구배, 터널정보 등)
- 타입 3: 열차제어장치와 연결되어 속도제어정보 등과 같은 열차제어정보 전송.
- 타입 4: 차량이 운전되었던 과거의 데이터를 다운로드받아 전송.

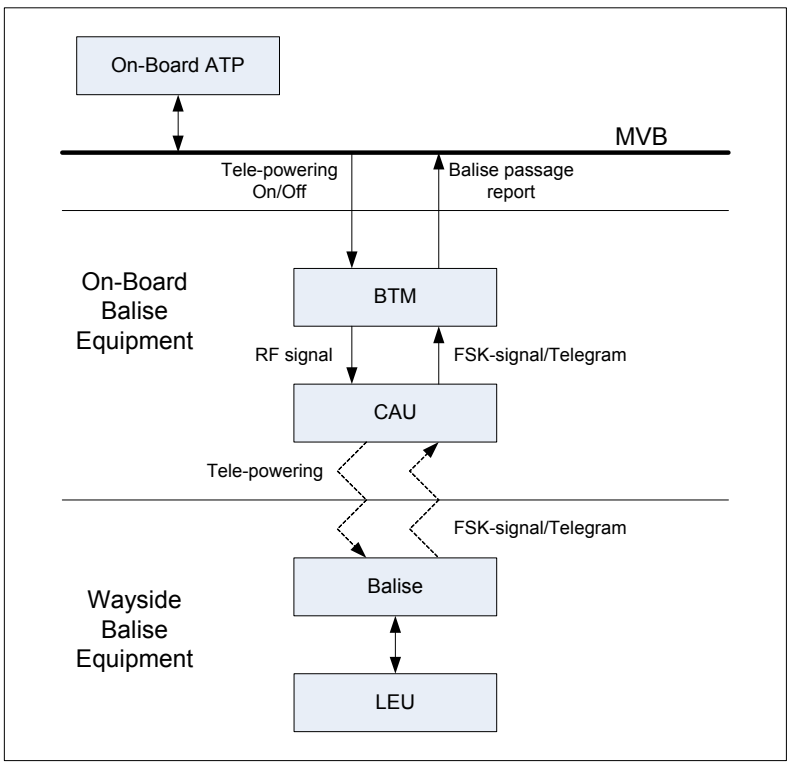
[표 5] Balise의 기술적인 특징

주요 특징	사양
결합(Coupling) 방식	유도(Inductive)
전력 송신 주파수(Vehicle->Balise)	27.115 MHz
데이터 전송 주파수(Balise->Vehicle)	4.234 MHz
변조방식	FSK

변조율	1
데이터의 전송율	565 kbit/s
전송 데이터 길이	1023 or 341 bit
사용 데이터 길이	863 or 216 bit
판독 길이	230 to 450mm
최대 측방 옵셋	180 mm
강우, 강설, 광석 등에 대한 영향	무관



[그림 51] 발리스(하) 및 발리스안테나(상, CAU)



[그림 52] Balise의 동작 구성도

국내의 경우 경부선, 호남선 속도향상을 위해 ETCS level1 수준 열차제어설비(ATP)의 구축이 완료되어, 경부선, 호남선 구간에 Balise가 설치되었으며, 최근 일반철도노선의 고속화를 위해 경춘선, 전라선 구간에도 ETCS level1 열차제어설비(ATP)가 구축 중에 있다.

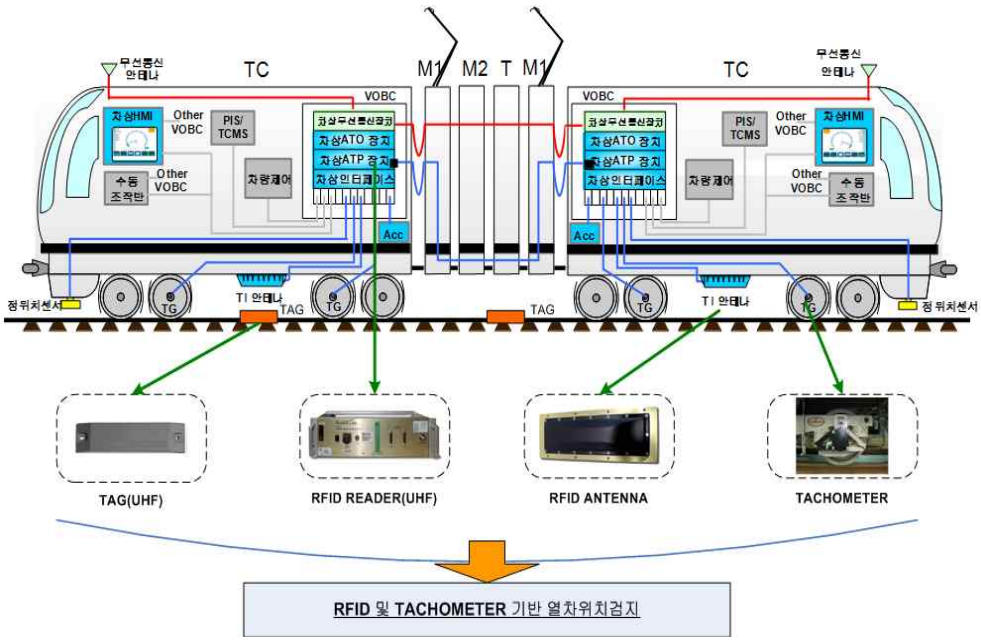
Balise는 일반적으로 1개 폐색구간(일반적으로 800m)에 가변 Balise와 고정 Balise 각 1개씩 구성하며, 역구내의 경우 Balise를 추가로 구성하여 선로에 설치된다. 또한 속도향상을 고려하여 1개 폐색구간 내 Balise를 추가로 구성할 수 있다.

CBTC에서는 차륜센서, RFID Transponder를 이용하여 열차의 위치와 속도를 검지하고 있다. 여기서 RFID Transponder는 ETCS의 Balise와 유사한 위치보정장치로서 통신주파수와 데이터 구조 및 형식이 다른 특징이 있다.

CBTC시스템은 통신기반 열차제어시스템으로 기존의 궤도회로기반 고정폐색방식의 열차제어시스템을 대신하는 이동폐색방식의 열차제어시스템(MBS : Moving Block System)의 한 종류이다. 현재까지 CBTC 시스템은 통신방법에 따라 RF통신기반 CBTC 시스템, 레일기반 CBTC 시스템, 루프기반 CBTC 시스템으로 구분된다. 열차제어정보가 선로를 통해 전달되는 레일기반의 CBTC 시스템은 가장 오래된 방식이지만, 실제로 실용화된 시스템은 거의 없는 상태이다. 반면 열차제어정보가 무선통신을 통해 전송되는 RF통신기반 CBTC 시스템은 유럽 및 북미지역의 도시철도시스템에 실용화되어 운영 중에 있다. 또한 국내의 경우에도 국철 분당선에 RF통신기반의 CBTC 시스템이 시범구축이 완료되어 다양한 시험이 수행되었으며, 현재 신분당선, 김해경전철, 인천2호선에 적용되어 구축 및 운영 중에 있다. 아래 [그림 53]은 분당선 CBTC 열차제어시스템의 차상과 지상간의 제어구조를 나타낸다. 분당선에 시범 구축된 RF통신기반 CBTC 시스템은 2.4GHz 무선 LAN 통신기반의 CBTC 시스템으로 열차의 이동권한 등과 같은 제어정보의 교환이 무선 LAN 통신을 통해 이루어지며 열차위치 또한 열차에서 파악되어 열차무선통신장치를 통해 지상제어센터로 보고된다.

분당선 CBTC 시스템에서는 차륜에 설치된 타코메타를 주요 위치검지센서로 활용하여 열차의 속도 및 이동거리를 측정하며, 열차위치의 절대위치 확인 및 타코미터에 의해 발생한 위치오차의 보정을 위하여 RFID Transponder를 적

용하였으며 열차가 플랫폼에 정확하게 정차할 수 있도록 하는 정위치정차센서도 추가적으로 포함하고 있다. 여기서 정위치정차센서는 역사 내 선로종단에 설치된 금속판을 검지하여 정차지점을 인식하는 방식으로 동작한다.



[그림 53] CBTC 열차제어시스템 차상장치 내부 구성도

CBTC시스템에 적용된 RFID 기술은 UHF(900MHz) 대역의 RFID 기술로서 동일한 주파수 대역의 상용 RFID 시스템과 유사한 특징을 가지고 있다. 하지만 상용 RFID 시스템과는 다른 인터페이스 프로토콜을 가지고 있어 타 시스템과의 간섭을 최소화 하고 있다. CBTC시스템에 적용된 RFID기술은 앞서 설명된 ETCS의 Balise와 유사한 개념의 장치로서 수동형(Passive) RFID를 적용하여 Balise와 동일한 개념으로 선로 상에 무전원 타입의 TAG(트랜스폰더)를 설치하고 차량이 TAG를 통과할 때 차량하부에 장착된 RFID 안테나로부터 텔레파워링(Telepowering)을 통해 TAG에 전원이 공급되면, TAG에 내장된 고유 비트정보가 RFID 안테나로 전송되어 차량의 절대위치가 파악된다.

신분당선, 김해경전철, 인천2호선에 적용되는 CBTC 열차제어시스템은 Thales Transportation사의 Seltrac 열차제어시스템이 적용되었으며, 신분당선의 경우 25m간격으로 위치보정용 TAG가 설치되어 있다.

CBTC시스템에 적용중인 RFID 트랜스폰더 설비는 리더기, 차상안테나, 지상 TAG로 구분되며, 아래와 같은 상세사양을 가진다.

[표 6] 도시철도용 위치보정용 RFID 리더 사양

구분	상세사양
주파수 범위	902 ~ 928 MHz(UHF)
RF 출력	0.8W
RFID 방식	역산란(Back Scattering) 방식
외부인터페이스	RS-232C 2port (TAG 데이터 수신 및 통신 모니터 용)
환경사양	진동 : 2.0Grms, 10~500Hz, random, 3 axes 충격 : 10G peak sawtooth, 11ms 동작온도 : 0 ~ +70°C 습도 : 95%



[그림 54] 도시철도용 위치보정용 RFID 리더

[표 7] 도시철도용 위치보정용 RFID 안테나 사양

구분	상세사양
주파수 범위	902 ~ 928 MHz(UHF)
이득	9.5dBi
VSWR	<2:1
임피던스	50 ohms
3dB 빔폭	30°/80° (E plane/H plane)



[그림 55] 도시철도용 RFID 안테나

[표 8] 도시철도용 위치보정용 RFID TAG 사양

구분	상세사양
주파수 범위	902 ~ 928 MHz(UHF)
인식 동작 범위	1.5~3m
정보 용량	60 bits
동작 전원	RF 전원(수동형 TAG)



[그림 56] 위치보정용 RFID TAG

라) 킬로정표지

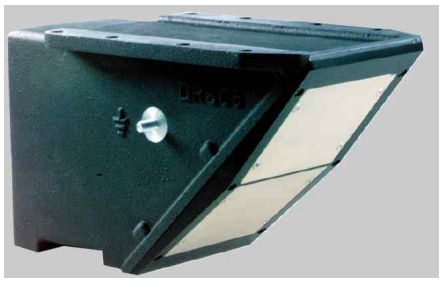
킬로정표지(Kilopost)는 철도선로 건설시 기준위치로부터 상대 거리정보를 나타내기 위해 선로 변에 설치한 거리정보 표지로서 아래 [그림 57]과 같은 형상을 가진다. 킬로정표지의 하단에 위치한 파란색바탕에 흰색 문자는 킬로미터 단위정보를 나타내며, 상단에 위치한 노란색 바탕에 흑색문자는 백미터 단위정보를 나타낸다. [그림 57]에서의 킬로정표지는 선로상 기준위치로부터 208.4km에 위치하고 있음을 나타낸다. 킬로정표지는 선로건설 시 선로의 위치확인을 위해 설치한 기준위치 표지로서 모든 선로에 표지가 설치되어 있으며, 킬로정 정보는 선로변 시설물 위치확인을 위한 기본정보로서 유지보수지점의 확인 시 유지보수인력에 의해 파악되는 필수 위치정보이다. 킬로정표지는 약 200m 간격으로 설치되어 있다. 하지만 킬로정표지는 열차 및 지상설비를 통해 자동으로 판독할 수 없기 때문에 기관사 또는 유지보수자가 육안으로 판독하고 기록하여야 하는 단점이 있다.



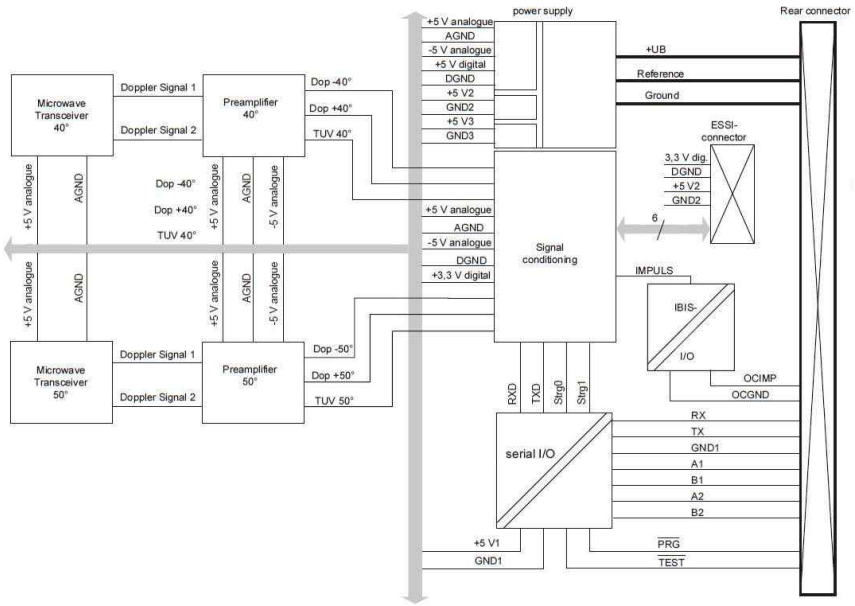
[그림 57] 킬로정표지(Kilopost)

마) 도플러레이더센서

도플러 효과는 송신주파수와 반사되어 돌아오는 반사주파수의 차이가 이동속도에 따라 비례한다는 성질을 나타내며 이러한 도플러 효과를 이용한 속도측정장치가 도플러레이더센서(doppler radar sensor)이다. 현재 도플러 레이더 센서는 ETCS 열차제어시스템에 적용중인 속도센서로서 기존 철도시스템의 속도측정장치인 타코메타를 보조하여 속도측정 및 차륜의 공전과 활주(slip/slide) 검지 기능을 담당하고 있다. 현재 철도용으로 사용되고 있는 대표적인 도플러 레이더 센서는 도이타베르케사의 DRS05 모델이 있으며 DRS05모델은 안정적으로 열차의 이동속도를 측정하기 위해 2종류의 도플러 범위(40°, 50°)를 사용하는 구조가 적용되어 있다.



[그림 58] 철도용 도플러 레이더 센서



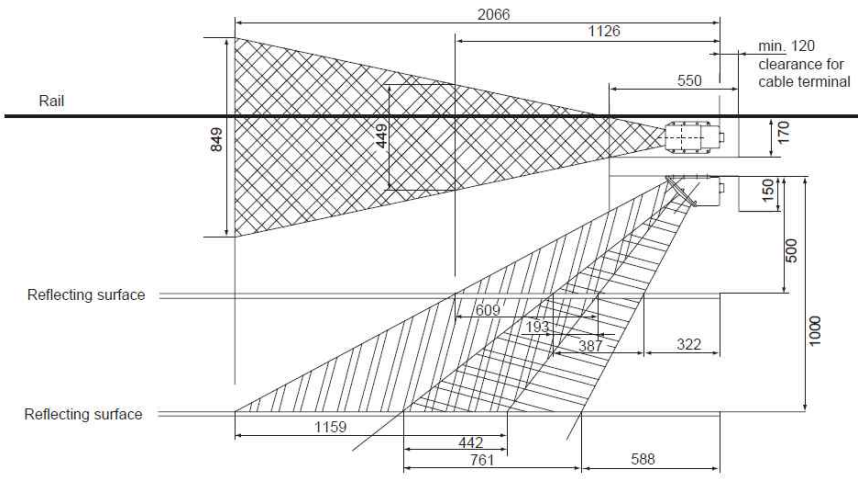
[그림 59] 철도용 도플러 레이더 센서 내부구조

[그림 59]에서 좌측에 위치한 전파송수신기(Microwave Transceiver)는 각각 40°, 50° 도플러 범위에서의 전파의 송신 및 반사된 전파의 수신을 담당하고 있으며, 송신전파와 수신전파의 차이를 분석하고 속도값을 계산하는 신호처리기(signal conditioning)를 통해 이동속도가 산출된다. 일반적으로 도플러 레이더 센서는 전파가 반사되는 지면환경과 도플러 레이더 센서가 장착된 열차의 진동에 영향을 받아 정확성이 감소되는 단점이 있으나, 철도용 도플러 레이더 센서에서는 2종류의 도플러 주파수 범위를 적용하여 지면환경과 열차진동에 대한 영향을 최소화하고, 여분구조를 채택하여 신뢰성이 향상된 특징이 있다. 또한 도플러 레이더 센서는 열차에 장착되는 설치 정확도에 따라 부가적으로 오차가 유발될 수 있다. 따라서 도플러 레이더 센서는 지면과 수평을 이루고, 열차의 진행방향과 동일하도록 장착되어야 설치에 따른 오차발생을 최소화 시킬 수 있다. 도플러 레이더 센서의 최대 단점으로는 도플러 레이더 센서는 구조상 초저속은 측정이 불가능하다. 이것은 초저속에서는 송신주파수와 반사주파수의 차이가 도플러 레이더 센서가 탐지할 수 있는 범위보다 작기 때문이며 철도용 도플러 레이더 센서에서도 0.2km/h 이상의 속도만 측정이 가능한 단점이 있다. 또한 속도측정범위에 따라 정확도가 상이한 특징이 있어 0km/h에

서 100km/h까지는 0.4km/h 이하의 오차를 가지며, 100km/h 이상에서는 측정된 속도의 0.4% 이내의 속도오차가 발생하는 특징이 있다. 아래 표는 DRS05 도플러레이더센서의 성능사양을 나타낸다.

[표 9] DRS05 도플러레이더센서의 성능 사양

구분	성능사양
속도측정범위	0.2km/h ~ 600km/h
정확도(통계)	0km/h ~ 100km/h, < 0.4km/h (1sigma) 100km/h ~ 600km/h, < 0.4% (1sigma)
지면 진동에 따른 오차	0km/h ~ 600km/h, < 1km/h
동적 오차	Delta V = 0.65km/h (at 1m/sec2)
지면과의 간격	500~ 1,000mm



[그림 60] DRS05 도플러레이더센서와 지면간의 관계

바) 위성항법시스템

위성항법시스템(GNSS : Global Navigation Satellite System)은 지구상에 위치한 인공위성을 이용하는 전파항법시스템(Radio Navigation System)으로 항공/우주, 국방, 도로 등 다양한 교통분야에 적용중인 위치검지시스템이다. 현재 운영 중인 위성항법시스템은 미국의 GPS와 러시아의 GLONASS가 있으며,

이중 GPS는 전세계적으로 교통분야, 측량, 레져 등 다양한 위치검지분야에 활용 중에 있다. 또한 전세계적으로 다양한 위성항법시스템이 연구개발 중에 있으며, 현재 개발 중인 위성항법시스템으로는 유럽연합(EU)의 GALILEO, 중국의 COMPASS, 일본의 QZSS 등이 있다. 현재 운영중인 GPS와 GLONASS는 군사용으로 개발된 시스템으로 현재 상업용도로의 서비스 제공이 이루어지고 있으나, 위성항법신호의 품질 및 안전성(무결성) 보장이 어려운 단점이 있어, 유럽연합에서는 위성항법신호의 품질 및 안전성을 확보하여 상용서비스가 가능하도록 GALILEO 위성항법시스템을 개발 중에 있다.

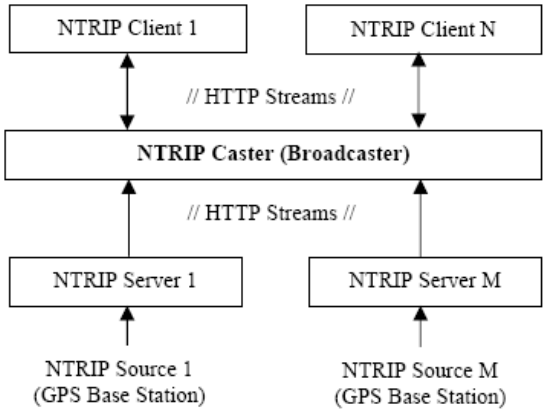
위성항법시스템은 4개 이상의 위성신호를 수신하여 3차원의 절대위치확인이 가능한 시스템으로, 위성신호의 수신이 가능해야만 위치확인이 가능한 약점이 있어, 타코메터, 관성센서(자이로, 가속도계), 비전센서 등의 타 센서와 융합하여 다양한 교통 및 국방분야에 적용되고 있다.

위성항법시스템은 지구 중궤도에 위치한 항법위성으로부터 송출되는 신호가 위성항법수신기에 도달할 때 까지 소요되는 지연시간을 측정하는 전파항법시스템으로 전파의 전달지연과 위성의 기하학적 배치구조에 따라 위치 오차가 발생하는 특징을 가진다. 위성신호의 전달지연오차는 이온층, 대류층 등 대기권에 의한 전파지연과 수신기의 수신환경에 따라 위성신호의 반사에 의한 다중경로오차가 있으며, 기타오차로서 위성 시각 및 궤도오차, 수신기 시각오차 및 잡음오차 등이 있다. 상기 오차요소 중에서 이온층, 대류층 등 대기권에 의한 전파지연오차는 Differential GNSS에 의해 보정이 가능하며, 보정정보 제공주체에 따라 위성을 통한 광역보정시스템인 SBAS(Satellite Based Augmentation System)와 지상의 기준국을 통한 보정시스템인 GBAS(Ground Based Augmentation System)로 구분된다.

Differential GNSS는 이미 알려진 기준 위치에 기준국용 GNSS 수신기를 설치하여 기준국의 위치정보와 기준국에서 수신된 GNSS 위성신호를 비교하고 GNSS 위성신호에 포함된 오차를 계산하여 위성항법 위치정확성을 개선하는 방법이다. Differential GNSS는 위성신호에 포함된 오차를 계산하여 보정정보로 전송하는 기준국과 기준국의 보정정보를 모니터링하는 감시국, 그리고 모든 DGNSS 시스템을 제어하는 제어국으로 구성된다.

국내에서도 Differential GNSS 시스템이 구축되어 있으며, 대표적인 DGNSS

서비스로 국토해양부 소속의 위성항법중앙사무소와 국토지리정보원 GPS 기준점 서비스가 있으며, 현재 전국을 대상으로 GPS 보정정보를 서비스 중에 있다. 국토해양부 소속 위성항법중앙사무소에서는 우리나라 연안해역을 항해하는 선박의 안전을 위해 1995년 5월 서해권 서비스를 시작으로 2001년 동, 남해권에 서비스를 확장하였으며, 2009년에 6개의 내륙기준국 구축을 완료하여 우리나라 전역에 총 17개의 DGNSS 서비스를 제공하고 있다. 제공되는 보정정보 서비스는 후처리용도의 RINEX 포맷 보정정보 제공 및 RTCM SC-104 포맷형식에 따라 중파(283.5 ~ 325KHz)를 이용하여 이용자들에게 실시간으로 방송하고 있다. 또한 2010년 말부터 인터넷 프로토콜을 이용한 보정정보 서비스인 NTRIP을 시범적으로 서비스하고 있다. 여기서 NTRIP(Networked Transport of RTCM via Internet Protocol)은 인터넷 프로토콜을 이용하여 RTCM 위성항법 보정정보를 인터넷 네트워크망으로 전송하여 보정하는 기술로서 2004년 독일지리원(BKG)에서 개발되었다. NTRIP은 인터넷 프로토콜을 사용하기 때문에 무선인터넷 접속을 통해 위성항법 보정정보의 수신이 가능하므로 기존 중파신호를 매체로 하여 위성항법 보정정보를 전송하는 방식에 비해 다양한 환경에서 안정적으로 위성항법 보정신호의 수신이 가능한 장점이 있다. NTRIP의 구성은 NTRIP 소스, NTRIP 서버, NTRIP 클라이언트, NTRIP 캐스터로 구분할 수 있다. 여기서, NTRIP 소스는 위성항법 기준국이 되며, 항법위성의 보정정보를 수집하여 NTRIP 서버로 전송한다. NTRIP 서버는 NTRIP 소스로부터 획득한 항법위성의 보정정보를 인터넷 프로토콜로 변환하여 NTRIP 캐스터로 전송하며, NTRIP 캐스터는 여러 NTRIP 서버로부터 수집된 위성항법 보정정보를 NTRIP 클라이언트에 전송한다. NTRIP 클라이언트는 NTRIP 캐스터로부터 위성항법 보정정보를 수신하여 위성항법수신기에 입력가능한 프로토콜인 RTCM 등의 프로토콜로 변환하여 위성항법수신기에 보정정보를 제공한다.



[그림 61] NTRIP 서비스 구성도

위성항법수신기관련 국산화 기술은 한양네비콤, 텔에이스를 통해 국산화 칩셋개발이 개발되어 군용 및 도로교통분야 항법장치에 적용되고 있다.

국내 철도교통분야에서 위성항법시스템은 열차무선 통신주파수 변경지점 및 사구간 알림 등 기관사에게 운행정보를 제공하는 운전지원장치분야와 선로시설물의 이상여부 검측 및 이상위치확인을 위한 유지보수검측차에 일부 적용중에 있으며, 한국형틸팅열차에서는 틸팅열차의 틸팅제어를 위한 곡선부 검지에 활용되고 있다.

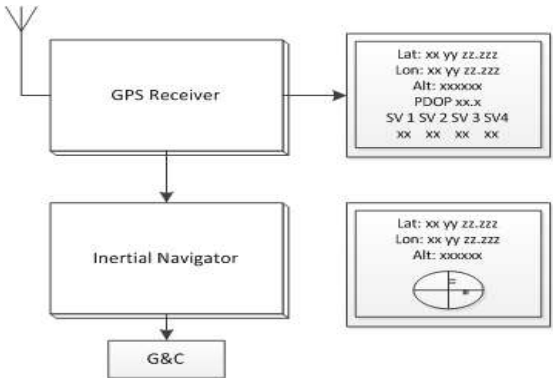
사) 관성항법시스템

관성항법시스템(INS : Inertial Navigation System)는 GNSS 위성과 RFID 트랜스폰더와 같이 외부설비의 도움없이 관성센서인 자이로와 가속도계를 통해 각속도와 선형 가속도 출력을 각각 적분하여 이동체의 자세, 속도, 위치정보를 계산하는 장치이다. 일반적으로 관성항법시스템은 기계적인 김블과 연결된 안정대 위에 센서를 부착시키는 김블형 관성항법시스템(GINS : Gimbaled INS)과 관성센서를 항체에 직접 부착하여 해석적으로 안정대를 구현하는 스트랩다운 관성항법시스템(SDINS : Strapdown INS)으로 구분된다. 스트랩다운 관성항법장치는 김블형 관성항법장치에 비해 소형, 저전력, 모듈 구조에 의한 중첩설계가 가능하다는 장점으로 1970년대 이후 적용이 증대되고 있으며, 스트랩

다운 관성항법장치를 구성하기 위해서는 항법정보를 정밀하게 계산할 수 있는 다양한 항법 알고리즘과 처리능력이 우수한 항법 컴퓨터가 필요하다.

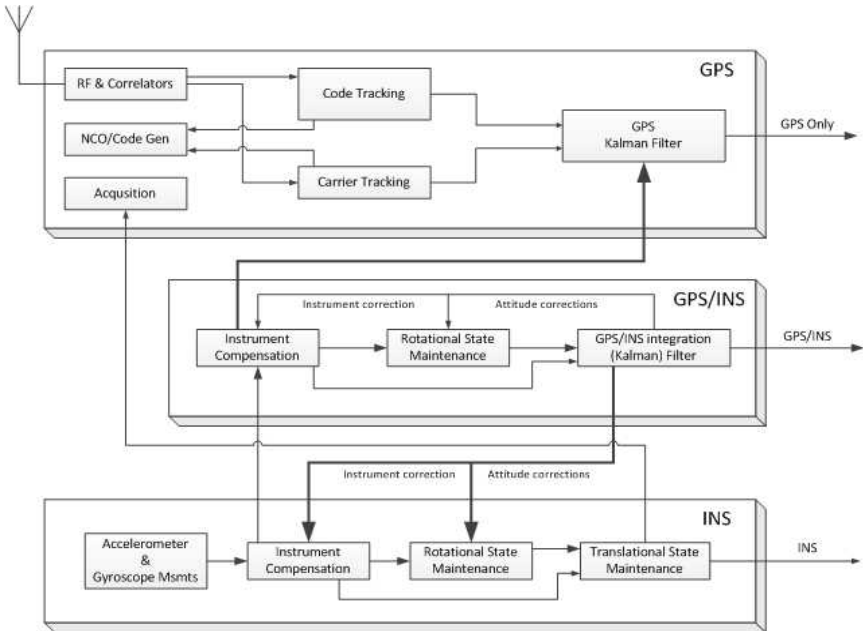
관성항법장치는 자이로와 가속도계의 각속도와 선형 가속도 출력을 적분하여 자세, 속도, 위치정보를 계산하는 방식이 적용되어 있기 때문에 자이로와 가속도계에 포함된 오차에 의해 시간이 증가함에 따라 발산하는 오차 특성을 가지고 있다. 따라서 관성항법장치는 GPS와 같은 절대위치의 보정이 가능한 보조센서와 결합하여 항공우주 및 군사무기 분야에 폭넓게 적용 중에 있다.

INS와 GPS의 통합방식은 일반적으로 결합정도에 따라 비결합 방식, 약결합 방식, 강결합 방식으로 구분한다. 비결합 방식은 [그림 62]와 같이 GPS와 INS가 분리되어 각각 독립적으로 동작하는 형태로써 사용자의 판단에 의하여 INS의 항법오차가 너무 커지게 되면 GPS에서 INS를 초기화 해주는 방식이다.



[그림 62] 비결합 방식의 GPS/INS 통합 시스템

약결합 방식은 아래 [그림 63]과 같이 INS와의 결합시 GPS수신기의 항법 결과인 위치 및 속도정보를 사용하는 방식으로 기존 INS 및 GPS시스템을 그대로 사용하면서 외부에 통합기능을 수행하는 칼만필터를 추가로 구성한다.



[그림 63] 약결합 방식 통합 시스템

현재 관성항법시스템은 MEMS(Microelectromechanical Systems)기술의 발전에 따라 MEMS기반 관성센서가 개발되어 가격대비 성능향상이 진행 중에 있으며, 항공우주 및 군사무기 적용분야 뿐만 아니라 차량항법시스템의 위치정확성 향상을 위해 GPS와 함께 적용되고 있다.

아) 위치검지 센서기술 비교

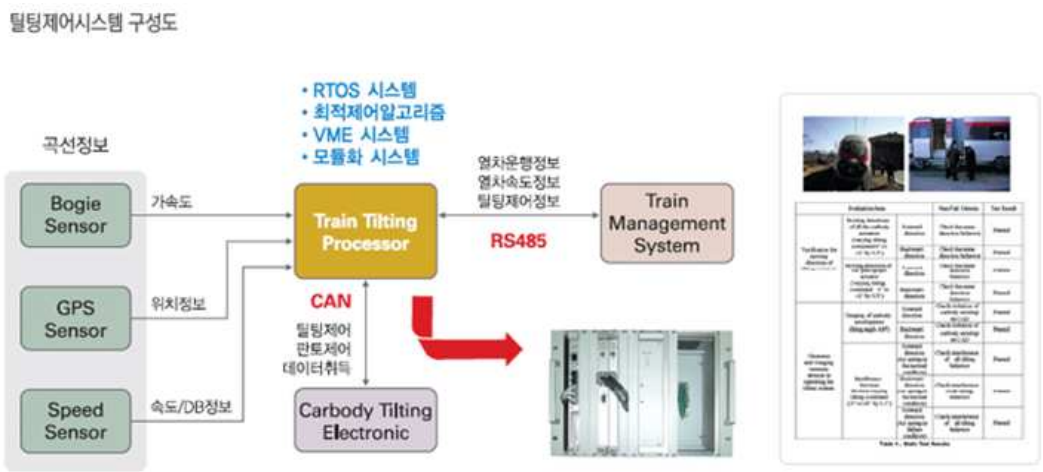
기술구분	궤도회로	차륜센서	BALISE (일반/고속철도용 RFID)	RFID (도시철도용RFID)
기술요약	차량차축에 의한 레일단락현상을 이용, 궤도회로내 열차 존재유무 검지	차륜 회전량을 측정하여 이동거리 및 속도 측정	2주파 RFID기술을 이용 절대위치 측정	1주파 RFID기술을 이용, 절대위치 측정
인식주체	지상	차량	차량	차량
설치장소	지상	차량	지상/차량	지상/차량
측정정보	점유 궤도회로 (1D)	상대위치, 속도 (1D)	절대위치 (1D)	절대위치 (1D)
적용속도	한계없음	한계없음	< 500km/h	< 150km/h
정확성	200m (도시철도) 0.8~1km (일반철도) 1.5km (고속철도)	0.4% (마모율에 따라 오차 상이)	< 5m (최대)	(통과속도에 따라 상이)
연속성	불연속정보 (점유 시)	연속정보 (60Hz~5kHz /1회전)	불연속정보 (통과 시)	불연속정보 (통과 시)
제약성	분해능 저하	공전/활주, 이동거리에 따라 위치오차 누적	선로설치, 정보 불연속	선로설치, 정보 불연속, 응답지연
기존설비 활용성	높음	높음	높음	높음
기술결합성	낮음	높음	높음	높음
시각정보	-	-	-	-
환경성	-	-	-	수분, 금속
타교통정보 연계성	높음	낮음	낮음	낮음
초기위치	불필요	필요	불필요	불필요

기술구분	DOPPLER	GNSS	IMU (관성센서)	Radio
기술요약	도플러효과를 이용하여 속도측정	인공위성 신호 수신, 삼각측량법을 이용하여 위치 및 속도결정	이동방향(자이로스코프), 가속도(가속도계)를 측정하여 위치 및 속도결정	선로변지상무선국과 열차간 전파지연시간, 전파강도를 측정하여 위치결정
인식주체	차량	차량	차량	지상 or 차량
설치장소	차량	차량	차량	지상/차량
측정정보	속도 (1D)	절대위치, 속도 (3D)	상대위치, 속도, 자세(1D,3D)	절대위치, 속도 (1D,2D)
적용속도	< 600km/h	< 1,843km/h	한계없음	세부방식별 상이
정확성	< 0.4% (속도)	< 10m (일반) < 1m (DGPS) < 10cm(RTK)	< 3m (1min)	세부방식별 상이
연속성	연속정보	연속정보 (1Hz, Typical) (20Hz, Special)	연속정보 (100~200Hz)	연속정보
제약성	반사, 진동환경에 따른 성능제약	GNSS 미수신환경 적용불가 DGPS시 기준국필요	운영시간에 따라 오차누적 (절대보정 필수)	선로변지상무선국 설치 과다
기존설비 활용성	높음	낮음	낮음	낮음
기술결합성	높음	높음	높음	높음
시각정보	-	기준시각 제공	-	-
환경성	-	터널, Jamming	-	Jamming
타교통정보 연계성	낮음	높음	낮음	낮음
초기위치	불필요	불필요	필요	불필요

2) 국내 철도교통 위치검지기술 개발 현황

가) 차량제어분야

열차의 위치정보는 열차제어(신호)분야 이외에도 차량제어분야에서도 적용되고 있으며, 국내의 경우 한국형 복합소재 틸팅열차(TTX)의 틸팅제어시스템에 적용 중에 있다. 한국형 틸팅열차에서는 열차내 GPS 수신기를 탑재하여 열차의 곡선부 진입여부를 확인하여 사전 틸팅제어를 수행하고 있다. [그림 64]는 한국형 틸팅열차의 틸팅제어시스템의 내부 구성도를 나타내며, 보기센서로부터 가속도정보, GPS 수신기로부터 위치정보 속도센서로부터 속도정보를 측정하여 열차운행선로의 곡선정보를 실시간으로 파악하여 사전에 틸팅여부를 결정하고, 곡선 정도에 따른 틸팅제어를 수행한다.



[그림 64] 한국형 틸팅열차의 틸팅제어시스템 구성도

한국형 틸팅열차에 적용중인 GPS 수신기는 캐나다 노바텔사의 L1/L2 GPS수신기가 적용되었으며, 실시간 DGPS는 적용되지 않고 있다.

[표 10] 노바텔 OEMV-2 수신기 성능사양

수신기 동작 구분	수평위치 정확성 (개활지 기준)
Single Point L1	1.5m (RMS)
Single Point L1/L2	1.2m (RMS)
SBAS	0.6m (RMS)
DGPS	0.4m (RMS)

한국형 틸팅열차에서는 틸팅제어 위치확인을 위해 GPS를 통한 3차원(위도, 경도, 고도) 위치정보를 활용하고 있며, 선로 정보 또한 3차원 위치정보로 표현되어야만 모든 선로구간에서의 곡선부 탐지가 가능하다. 하지만 국내 선로정보는 1차원 거리정보 기반으로 구축되어 있기 때문에 사전 틸팅제어를 수행하기 위해서는 틸팅열차가 운행하는 선로정보의 3차원화가 필요한 문제가 있다. 따라서 한국형 틸팅열차의 틸팅제어기능의 성능향상을 위해서는 3차원 선로DB의 마련 및 터널환경 등 GPS 위성신호 수신이 불가능한 환경에서도 안정적인 위치정보의 획득이 가능한 철도교통 위치검지시스템이 개발이 필요하다.

나) 운영 및 감시분야

코레일에서는 운행 중인 열차의 감시와 함께 기관사 운전정보 제공 등 다양한 철도 운영 및 감시분야에 위치정보를 적용 중에 있다.

① 운전자지원장치(GPS장치)

운전자지원장치는 2008년부터 시행된 1인승무제 운행에 따른 안전운행을 보장하고 운전업무 효율성을 개선하기 위해 열차 기관사에게 열차운행정보를 제공하는 네비게이션 장치로서, 신형전기기관차(EL8200호대)를 시작으로, KTX에도 적용되어 있으며, 신형전기기관차는 85량(2008년)에 KTX는 92량(2009년)에 설치되었다. 운전자지원장치가 적용된 일반철도 노선과 고속철도 노선의 상세정보는 아래 표와 같다.

<table>
<tr><td>구분</td><td>운전자 지원장치 적용 노선</td></tr>
<tr><td>일반
철도</td><td>
<table>
<tr><th>선 별</th><th>구 간</th><th>연 장(km)</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>경의선</td><td>서울~행신</td><td>14.7</td><td></td></tr>
<tr><td>경부선</td><td>서울~부산</td><td>441.7</td><td></td></tr>
<tr><td>경부고속선</td><td>시흥~지천</td><td>238.6</td><td>연결선포함</td></tr>
<tr><td>호남선</td><td>대전조차장~목포</td><td>252.5</td><td></td></tr>
<tr><td>광주선</td><td>광주선분기~광주</td><td>11.9</td><td></td></tr>
<tr><td>충북선</td><td>조치원~봉양</td><td>115.0</td><td></td></tr>
<tr><td>중앙선</td><td>청량리~영주</td><td>218.2</td><td></td></tr>
<tr><td>영동선</td><td>영주~강릉</td><td>193.6</td><td></td></tr>
<tr><td>태백선</td><td>제천~백산</td><td>103.5</td><td></td></tr>
<tr><td>계</td><td>9개 구간</td><td>1,589.7</td><td></td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>고속
철도</td><td>
<table>
<tr><th>선 별</th><th>구 간</th><th>연 장(km)</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>경의선</td><td>서울~행신</td><td>14.7</td><td></td></tr>
<tr><td>경부고속선</td><td>서울~부산(부산기지포함)</td><td>408.5</td><td>연결선 및 대전이하
일반선포함</td></tr>
<tr><td>호남선</td><td>대전조차장~목포</td><td>252.5</td><td></td></tr>
<tr><td>광주선</td><td>광주선분기~광주</td><td>11.9</td><td></td></tr>
<tr><td>계</td><td>4개 구간</td><td>687.6</td><td></td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

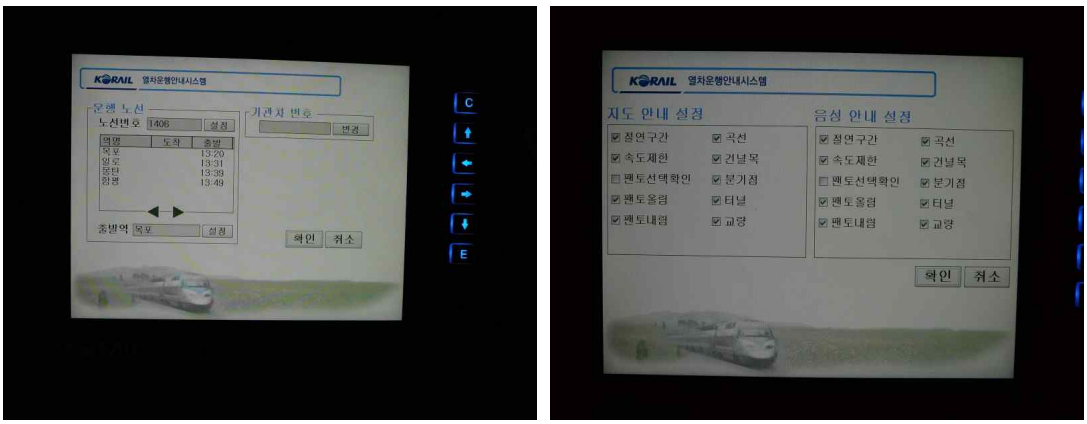
운전자지원장치는 기본적으로 현재 열차위치, 정차역 도착시간, 현재속도를 표시하며, 정차역사, 절연구간, 속도제한, 판토하강/상승, 곡선, 건널목, 분기점, 터널, 교량정보를 안내정보로 제공하고 있으며, 안내정보는 전자지도에 표시 및 음성안내를 통해 기관사에게 전달된다. 운전자지원장치내 열차운행정보는 수동으로 업데이트되고 있으며 USB 메모리를 통해 이루어지고 있다. 운전자지원장치는 일반 도로교통 네비게이션장치와 유사한 구조로 구성되어 있으며, GPS를 통해 열차위치를 확보하고, 일반 상용전자지도를 탑재하고 있다. 특히 KTX용 운전자지원장치는 운행노선 중 터널구간이 많기 때문에 GPS외 G-Senosr를 통합하여 GPS 위성신호품질이 저하되는 환경에서도 열차위치정보를 확보하고 있다.

운전자지원장치에서 열차 위치정보확보를 위해 GPS가 적용되고 있으나, GPS를 통해 위치정보의 충분한 정확성을 확보하기 위해서는 적용 열차에 따라 GPS 안테나의 설치위치의 선정이 중요하다. 하지만 국내 운전자지원장치의 경우에는 GPS 안테나가 운전석 실내 창측 또는 열차 전면 헤드램프 구조 내

설치되어 있는 관계로GPS를 통해 안정적인 위치정보의 확보가 어려운 한계가 있으며, 또한 GPS와 G-Sensor간의 단순 통합적으로 터널환경에서 안정적인 위치정보의 확보에도 한계가 있는 것으로 조사되었다. 전자지도의 경우에도 상용지도의 적용으로 철도 선로정보가 단선으로 표시되는 등 선로의 표시수준이 낮아 복선선로 등의 정보가 제공되지 못하고 있으며, 철도선로의 변경에 따른 갱신이 어려운 문제로 인해 신선 및 개량선로 운영 시에는 운전자지원장치의 동작이 불가능한 단점이 있다. 또한 통신기능 및 관제간 연계기능의 부재로 선행, 후행열차 및 교행열차정보의 표시가 되지 못해 제한된 수준의 운전정보를 제공하고 있다.



[그림 65] 신형전기기관차 운전자지원장치 설치상태(좌: 본체,우: GPS안테나)



[그림 66]신형전기기관차 운전자지원장치 설정화면



[그림 67] 신형전기기관차 운전자지원장치 표시화면



[그림 68] KTX 운전자지원장치 설치상태



[그림 69] KTX 운전자지원장치 GPS 안테나 위치

② 차세대철도운영정보시스템(XROIS)

최근 코레일은 1993년 3월부터 16년 동안 철도의 차량, 화물, 승무원운영 등 철도운영의 중추적인 핵심시스템으로 운영 중이던 철도운영정보시스템(KROIS)을 지난 2009년 12월부터 25개월간의 고도화 개발을 완료하고, IT융합기술(GIS, CTC, 모바일 등)을 접목한 차세대철도운영정보시스템(XROIS)을 2011년 12월 14일부로 운영개시하였다.

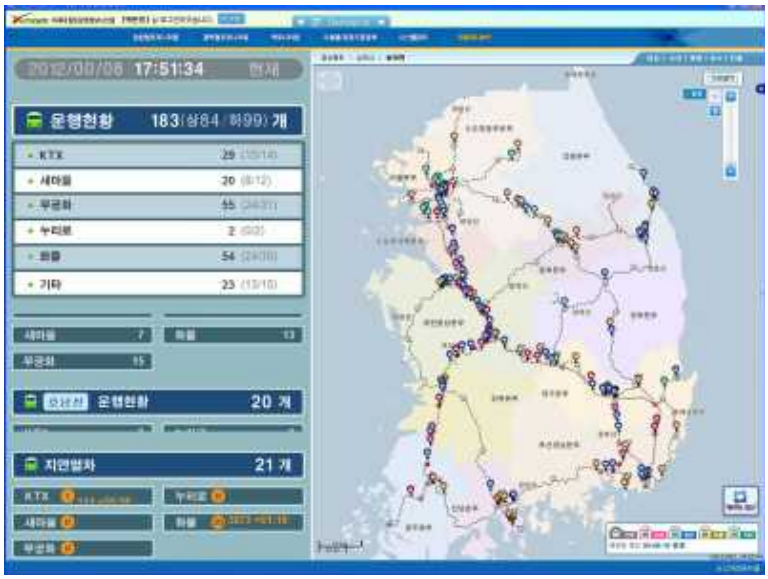
차세대철도운영정보시스템(XROIS : eXtended Railroad Operating Information System)의 주요 기능은 아래와 같다.

- 열차집중제어장치(CTC)와 연계를 통한 열차의 착발시각 자동처리로 운전취급업무의 획기적인 프로세스 개선으로 열차안전운행지원
- 전자지도(GIS) 기반의 실시간 열차운행상황(광역, KTX, 일반 등) 정보제공을 통한 관제업무의 효율적 지원
- 스마트폰(iphone, 갤럭시)을 이용한 물류정보(http://m.logis.korail.com), 승무정보서비스(http://m.crew.korail.com) 제공을 통한 유비쿼터스 정보화 구현
- 열차사고 등 이례사항 발생 시 사고현장(전화번호:#494988) 사진 또는 동영상 정보의 실시간 제공 통한 신속한 관제지원체계 구축
- 광역철도 운행계획, 운행관리, 승무정보 등 기본관리체계 정보화 구현
- 화물운임정책 변동에 대한 신속 대응

차세대철도운영정보시스템에서는 실시간 열차운행상황의 파악을 위해 광역, KTX. 일반열차에 GPS를 탑재하고, 지상 CTC정보를 연계하여 열차의 위치정보를 확보하고 GIS DB에 연계하는 방식으로 열차의 운행상황을 파악한다.



[그림 70] XROIS 시스템 초기화면



[그림 71] XROIS내 실시간 열차운행상황 모니터링

다) 유지보수분야

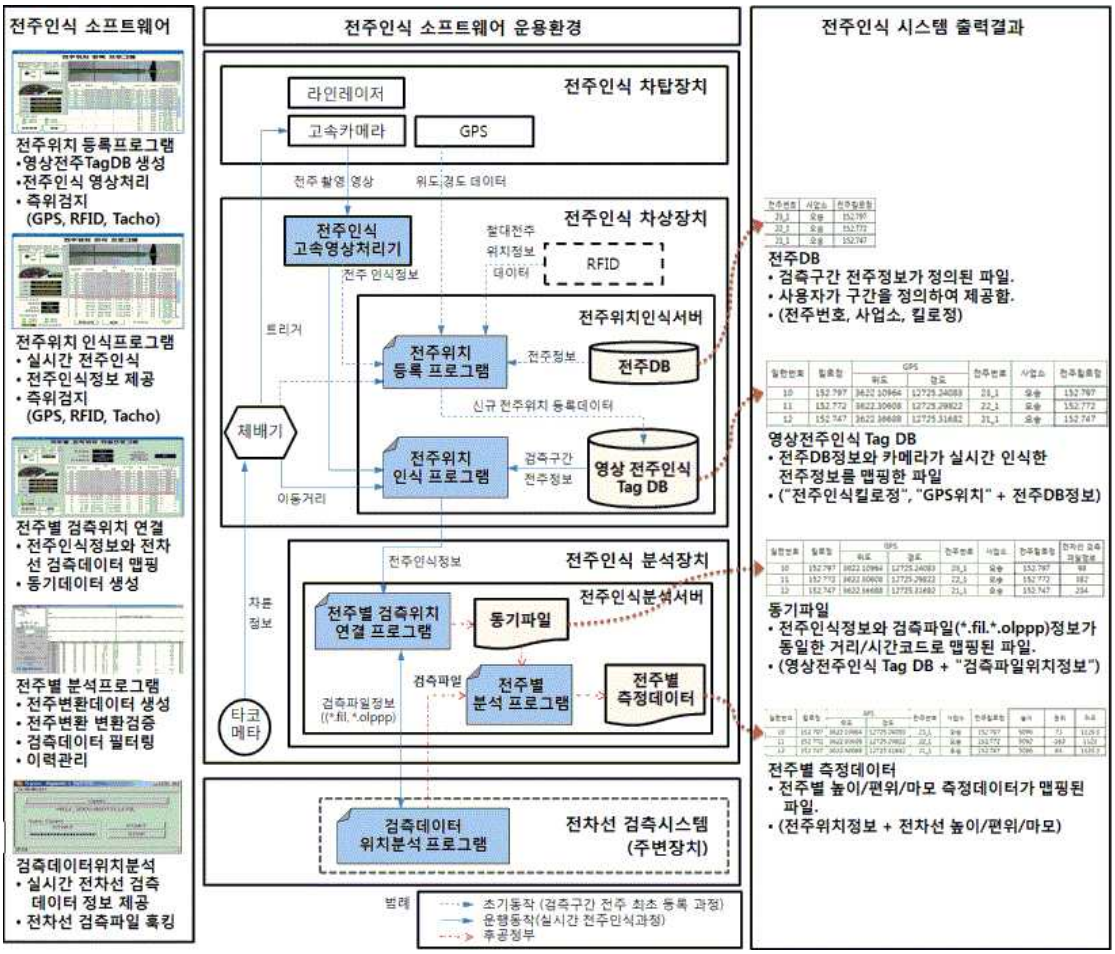
코레일에서는 궤도, 전차선, 신호, 통신 등 선로 시설물 유지보수를 위해 각각의 시설물별 검측차량을 운행하여 유지보수 지점 확인 및 유지보수 작업을 수행하고 있다. 최근, 유지보수 효율성 개선을 위해 검측위치 정확성 개선을 위한 연구개발을 진행 중에 있다.

① 고속카메라 및 RFID 전주인식기반 전차선 검측시스템

국내 전차선 검측시스템 개발기업인 투아이시스(주)에서는 전자선 검측차량의 전차선 검측위치정보의 정확성 향상을 위해 고속카메라 또는 RFID를 이용 전주를 인식하고 전차선 검측정보(높이, 편위, 마모)를 해당 전주별로 관리할 수 있는 전차선 검측시스템을 개발하였다.



[그림 72] 전주인식기반 전차선 검측시스템 구성



[그림 73] 전차선 검측시스템 내부 구조

② 고속선 궤도관리 의사결정지원 시스템

코레일에서는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행하는 미래철도기술개발사업인 '고속선 의사결정지원 시스템(Korea high speed Track Maintenance Decision Making Support System 이하 'KTMSYS')개발' 연구를 2006년부터 2010년까지 약 4년간 수행하였다.

KTMSYS는 고속철도 궤도의 유지보수를 위한 검측데이터 처리가공을 위한 대규모 데이터 관리기술, 궤도상태평가 및 틀림예측 기술, 자원과 작업조건에 따른 궤도 유지보수작업 최적화 기술, 궤도관리 부서조직간 상호협력이 가능한 웹기반 협업지원기술을 기반으로 하는 궤도분야 유지보수 시스템이다.

따라서 궤도의 이상지점을 확인하기 위해 차량기반 위치검지기술의 적용이

필요하며, KTMSYS에서는 RFID와 차륜센서를 통합한 위치검지기술을 도입, 적용하였다.

KTMSYS에 적용된 RFID 시스템은 지상 선로중심에 RFID TAG(트랜스폰더)를 설치하고, 차량 하부에 RFID 리더를 설치하여 열차가 RFID TAG를 통과할 때 기준위치정보를 획득하여 차륜센서에 기안한 위치오차를 보정하는 방안을 적용하였다.

KTMSYS 개발시 적용된 RFID 시스템은 미국 Transcore사의 GAPS RFID 제품이 적용되었으며, 총 47개의 RFID TAG가 고속철도 운행구간(광명역 - 매원고가 간)에 설치되었고, RFID TAG의 설치간격의 최적화를 위해 최소 2km ~ 최대 52km까지 다양한 설치간격을 적용하였다.

③ 유지보수 검측차량 현황

코레일에서는 EM-120, 종합검측차(Roger-1000K), 선로점검차(IVOIRE), 레일탐상차 등과 같은 검측차를 이용해 주기적으로 궤도검측을 수행하고 있으며, 국내의 궤도 유지관리는 주기적인 검측차의 운행을 통해 취득한 궤도검측 데이터들이 관리기준을 초과하는 경우 해당 개소에 대해 유지보수를 실시하는 사후 보수에 의존하고 있는 실정이다. 현재 국내에서 운영 중인 유지보수 검측차량의 위치검지는 차량에 설치된 차륜센서(타코메타) 만을 이용하여, 1차원 거리정보만 계측하고 있으며, 검측차량의 차륜 마모 및 가속/감속 시 발생하는 차륜의 공전/활주에 의한 위치오차는 정차역을 기준으로 시작 위치를 재설정하는 방식으로 유지보수 검측위치 오차를 보정하고 있는 실정이다.

[표 11] 일반철도 및 고속철도 검측차 사양 비교

		Roger 1000K	EM-120	비 고
제 작 사		이태리 MerMec	오스트리아 Plasser	
검측속도		최대 160km/hr	최대 120km/hr	
견 인 력		840HP	620HP	
검측항목	궤도선형	· 고저틀림 · 방향틀림 · 비틀림 · 캔트 · 궤간	· 고저틀림 · 방향틀림 · 비틀림 · 캔트 · 궤간	
	레일단면	레일두부단면	없 음	
	레일표면	레일표면 결함	없 음	
	레일파상	주행면의 마모	없 음	
	전차선	전차선 높이/편위 전차선 마모	없 음	
	신호	- 연·불연속 정보(메세지) : ATC장치의 수신정보 측정 - 연·불연속 정보레벨 : ATC장치의 전계강도 측정 - ATS정보	없 음	
	통신	- 전계강도 : 중계기지국에서 발사된 전자파 세기 측정	없 음	
	위치검지	- 타코메터	타코메터	



[그림 74] 유지보수 검측차(EM120, Roger 1000K, IVOIRE)

라) 시험평가분야

한국형고속철도, 신소재틸팅열차, 차세대고속철도 등 신규 차량시스템 개발에 따른 진동, 소음, 승차감, 소모전류, 신호 및 통신 특성 등 차량시스템 전반에 대한 성능평가가 필요하며, 차량시스템 전반을 모니터링하는 종합계측시스템을 개발하여 적용하였다. 차량시스템 하부장치의 모니터링 정보는 시운전시험

을 통해 종합계측시스템에 저장되며, 이러한 모니터링 정보는 선로 시설물과 연계되는 특성이 있기 때문에 위치정보의 확인이 필요하다. 한국형고속철도기술개발사업(한빛350)에서 개발한 종합계측시스템에서는 GPS 수신기를 단독 적용하여 선로 시설물 위치정보를 파악하였으며, 차세대고속철도기술개발사업(HEMU-400x)에서는 GPS, IMU(관성측정장치)를 통합한 위치검측시스템이 적용하여 선로 KP정보와 연계된 검측위치정보를 확보할 계획이다.



[그림 75] 한국형고속철도(한빛350) 및 차세대고속철도(HEMU-400x)

3) 국외 철도교통 위치검지시스템 기술개발 현황

해외 철도교통에서의 위치검지기술도 국내와 유사하게 궤도회로와 차륜센서에 기반한 위치검지기술이 적용 중에 있다. 하지만, CBTC와 ETCS와 같은 차상기반 열차제어시스템의 개발과 점진적인 적용이 진행되고 있는 상황으로 궤도회로와 같이 지상설비를 통한 위치검지가 아닌 차상에서 직접 열차의 위치를 확인하는 차상위치검지기술들이 개발 중에 있다. 차상위치검지기술은 항공, 해양, 국방 등 타 분야 위치검지기술을 적용하는 방식으로 개발 중에 있으며, 특히 위성항법시스템, 관성항법시스템, RFID, Vision Sensor 등 다양한 위치 및 속도검지기술 등을 융합하여 차상위치검지 정확성과 신뢰도를 높이는 방향으로 연구가 진행 중에 있다. 특히 유럽과 미국의 경우 위성항법시스템을 이용한 철도교통 위치검지기술에 대한 활발한 연구를 진행해 오고 있으며, 터널 등 위성항법기술의 제약이 발생하는 환경에 대해서는 관성센서와 RFID기술을 접목하는 방식으로 위치검지 성능의 연속성과 안전성을 확보하고 있다.

가) INTEGRAIL 프로젝트

INTEGRAIL은 safety-critical한 특성을 가지는 철도시스템의 운영관리와 열차제어에 GPS와 EGNOS(European Geostationary Navigation Overlay System) 시스템의 적용가능성을 확인하는 사업으로 2001년 9월부터 2004년 6월까지 유럽항공우주국(ESA : European Space Agency)의 주도로 이루어진 사업이다. INTERGRAIL 사업의 목적은 철도 운영상의 비용 절감 및 현존하는 열차속도 검지장치 수준의 신뢰성을 확보하는 여분의 GNSS기반 위치검지장치를 개발하여 철도분야에서의 적용가능성을 확인하는 것이다. INTEGRAIL에서는 GNSS기반 위치검지장치의 신뢰성 수준의 개선 및 확보를 위하여 인공위성기반 보강항법시스템인 EGNOS와 odometer 등의 보조센서를 추가하여 사용하였다. 개발된 장치의 성능 검증을 위하여 벨기에와 오스트리아의 교외선 선로에서 각 2회에 걸쳐 필드시험을 수행하였다.

① INTEGRAIL 프로젝트 개요

INTEGRAIL 프로젝트의 주요 목표는 철도시스템 운영환경에서 신뢰할만한 위치정보와 무결성 정보를 제공하는 것이며 이러한 목표는 요구사항 분석, 적절한 측위센서 선정, 모의시험 및 필드시험을 통해서 달성가능하다. 또한 INTEGRAIL은 철도시스템의 운영관리 및 제어 분야에 위성항법시스템을 적용하기 위해 필요한 신뢰성 확보에 EGNOS 시스템을 적용하여 이에 대한 적용성을 확인하는 것이다. 따라서 INTEGRAIL 프로젝트를 성공적으로 수행함으로써 향후 EGNOS 시스템 표준화 수행에 있어서 유럽철도수송관리표준규격인 ERTMS (European Railway Traffic Management System) 내의 열차제어분야 세부표준규격인 ETCS(European Train Control System) 규격을 반영할 수 있는 기반 구축에 도움을 준다.

ERTMS에서 정의된 열차의 제어는 열차의 속도에 의존하고 있다. 열차의 속도는 열차 차륜의 회전수를 odometer를 사용하여 측정이 가능하며 따라서 열차의 위치는 정의된 절대위치로부터의 상대위치로 정의된다. ERTMS에서는 열차의 절대위치를 정의하기 위하여 선로에 Eurobalise라는 지상장

치를 설치하여 열차의 위치를 보정한다. 하지만 열차의 위치보정을 위한 Eurobalise의 도입은 설치 및 유지보수에 많은 비용을 요하게 된다. INTEGRAIL 프로젝트에서는 위성항법 및 EGNOS, odometer등의 보조센서를 통합 적용하여 운영비용의 절감과 기존장치 수준의 신뢰성과 안전성을 가지는 열차위치검지기술의 개발하고 교외선에서의 시험을 통해 적용가능성을 확인하였다.

② INTEGRAIL 상세구조

○ INTEGRAIL의 동작원리

INTEGRAIL은 위성항법정보와 기존의 열차위치검지장치를 결합하여 사용함을 동작원리로 정의하고 있다. 또한 열차에서 검지된 위치는 GSM 망을 통해 센터에 전송하도록 정의되어 있다.

○ INTEGRAIL 상세 시스템 구성

철도교통분야에서 열차의 위치정보는 크게 3가지 분야에서 활용될 수 있다.

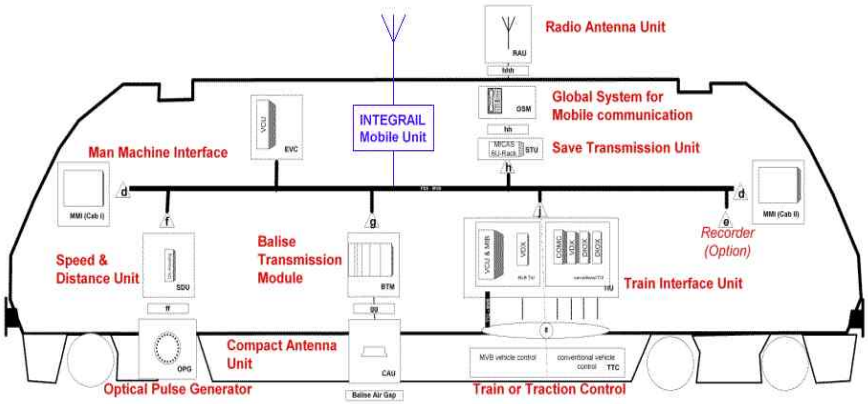
- 열차제어(신호) 분야
- 승객정보제공 분야
- 화물운송관리 분야

각 분야에 대한 열차위치정보의 요구사항 수준은 서로 상이하다. 위 3가지 분야 중 승객정보제공 및 화물운송관리 분야에 적용하기위한 열차위치정보의 요구사항은 높지 않은 정확성, 신뢰성, 가용성, 무결성 수준으로 정의되는 반면 열차제어(신호) 분야에 적용하기위한 열차위치정보의 요구사항은 높은 수준의 정확성, 신뢰성, 가용성, 무결성 정의가 필요하다. 승객정보제공 및 화물운송관리 분야에서의 요구사항 수준은 GPS L1 수신기와 GSM과 같은 통신링크만을 활용한 간단한 위치검지장치 구성으로도 구현가능하다. 하지만 열차제어(신호) 분야에 적용하기 위해 필요한 높은 수준의 요구사항은 GPS(L1+L2)와 EGNOS, 관성센서, 주행거리계, 디지털 선로지도, 센서융합 칼만필터기술, 다양하고 유연한 통신링크(GSM. GSM-R, GPRS,

SATCOM) 등의 활용을 통해서 구현 가능하다.

INTEGRAIL 시스템은 복선구간 및 선로분기구간에서의 정확한 열차검지를 포함하는 안전관련 응용분야에서의 정확한 열차위치정보 제공을 목표로 하고 있다. INTEGRAL에서 개발하는 열차위치검지장치는 "INTEGRAIL Mobile Unit"이라고 정의하며, GPS, EGNOS, 기타 위치 및 속도검지장치 등을 통합한 다중센서기반 위치검지 시스템을 구성한다. INTEGRAIL Mobile Unit은 GSM 통신링크를 통해서 원격감시 및 원격제어가 가능하도록 설계되었다. INTEGRAIL Mobile Unit은 ETCS(European Train Control Standard)에서 정의된 차상기반 열차위치검지기능사양과 타 차상 열차제어장치간의 인터페이스사양을 만족하도록 설계되었다. 단 무결성 감시 부분은 설계에 반영되지 않았다.

[그림 76]은 ETCS 규격에서 정의하고 있는 열차제어장치들과 INTEGRAIL Mobile Unit간의 구성관계를 나타낸다.



[그림 76] ETCS 열차제어장치와 INTEGRAIL Mobile Unit와의 구성 관계

○ INTEGRAIL Mobile Unit 목표 사양

- 시스템 위치검지 정확도 수준(System Positioning Accuracy)

  < 5m + 5% * 이동거리(95%, 단선구간)

  < 1m (95%, 복선구간)

- 시스템 무결성 수준(System Integrity)

  경고 한계(Alarm Limit) < 20m

  경고 지연시간(TTA: Time To Alarm) <6 초

  무결성 위험도(Integrity Risk) < 10-7(target < 10-9)

- 시스템 가용성 및 연속성 수준(System Availability/Continuity)

  > 99.99999%(i.e. unavailability <10-7), 매 20초 또는 2km 이동 시

- 시스템 품질확인

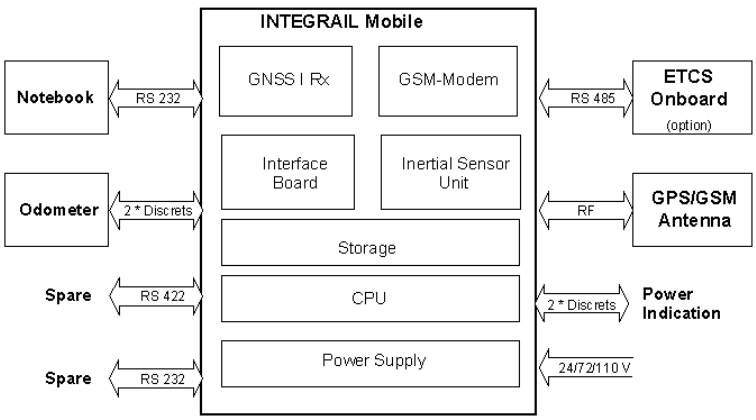
  CENELEC 규격 준용(철도차량 내 전자시스템: 온도, 진동, 전자파)

○ INTEGRAIL Mobile Unit 외부 및 내부 사양

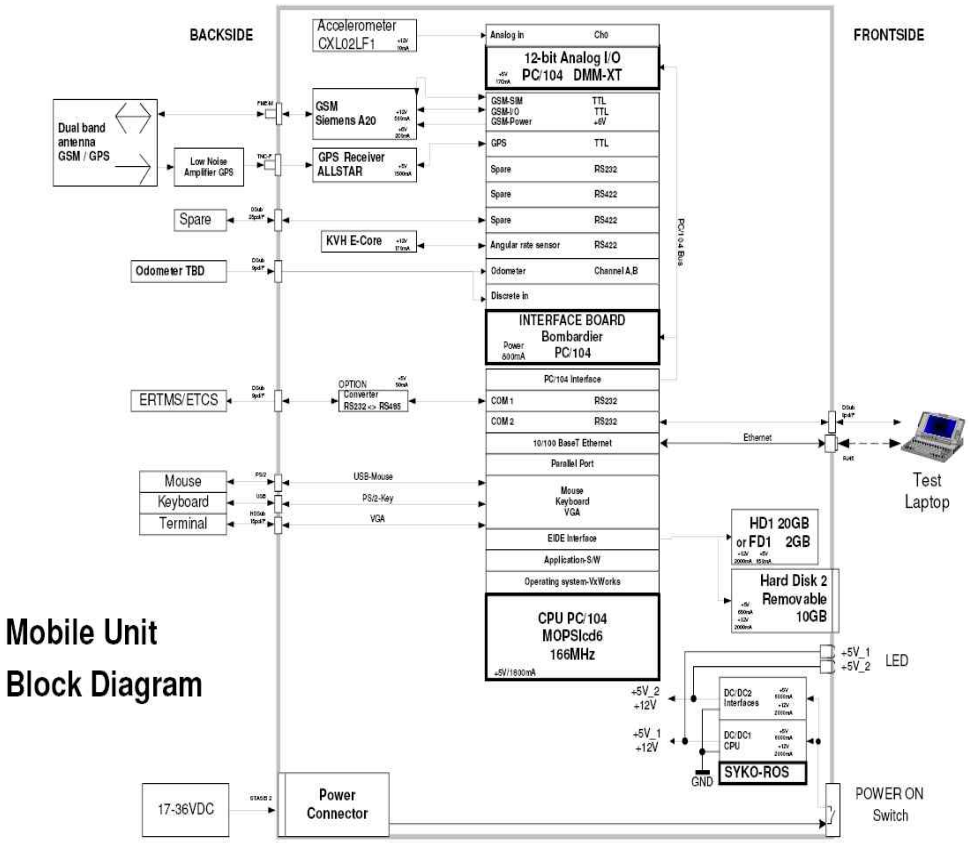
INTEGRAIL Mobile Unit은 19인치 rack타입으로 제작되었으며 차량 내부에 설치되어 운용된다. [그림 77]은 INTEGRAIL Mobile Unit 외관이며, [그림 78]는 내부 구성을 나타낸다.



[그림 77] INTEGRAIL Mobile Unit 외관



[그림 78] INTEGRAIL Mobile 내부 구성 블록도



[그림 79] INTEGRAIL Mobile Unit 내외부 인터페이스 블럭도

[그림 79]는 INTEGRAIL Mobile Unit 내부와 외부 인터페이스 사양을 나타내며 INTEGRAIL Mpbile Unit에서 적용하는 센서로서 GPS/EGNOS 수신기, 지자계, 가속도계, 주행거리계가 사용된다.

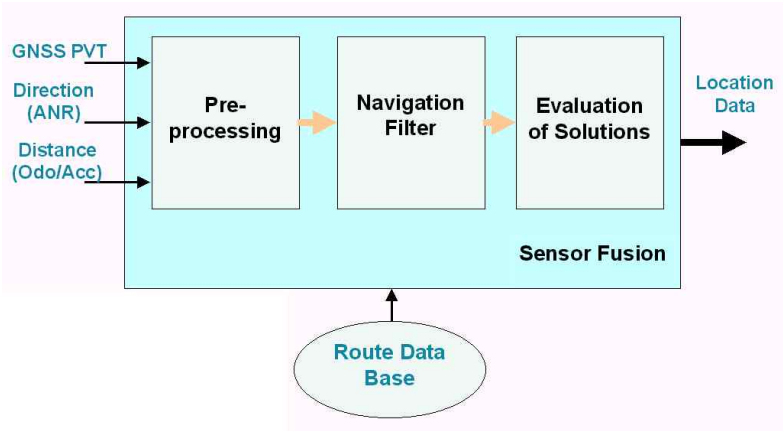
○ INTEGRAIL Mobile Unit의 위치 결정 원리

INTEGRAIL Mobile Unit의 위치 결정 프로세스는 아래에 제시된 순서로 수행된다.

- 입력 : GPS/EGNOS, 주행거리계/가속도계, 지자계
- GPS/EGNOS 정보를 선로 좌표계(track-oriented coordinates)로 변환
- 데이터 이력, 선로DB, 데이터 일관성을 고려한 주행거리계/가속도계 측정치 기반의 이동거리 및 방향 결정

- 추정한 위치와 계산한 위치 후보값 간의 무결성을 점검하여 최종 위치 결정

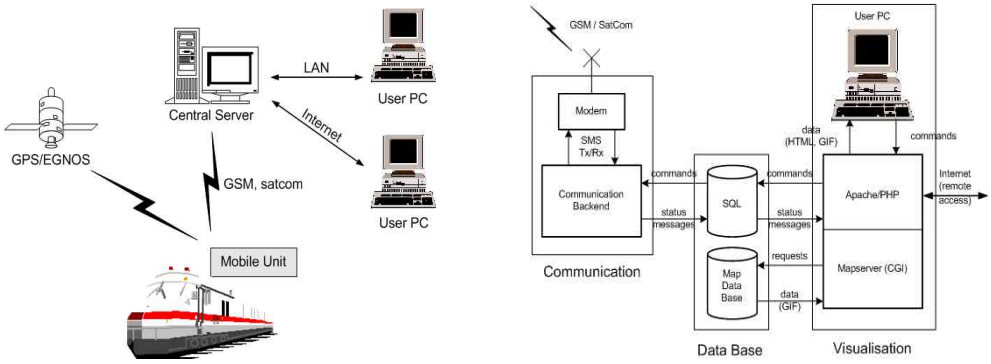
[그림 80]은 INTEGRAIL Mobile Unit 에 탑재된 센서융합 위치검지 알고리즘을 나타낸다. INTEGRAIL Mobile Unit에서는 먼저 각종 센서데이터를 전처리하고, 항법필터로 열차의 위치와 속도를 산출하고, 마지막으로 연산된 열차위치와 속도의 안전성 평가를 수행하여 최종적인 열차위치, 속도결과를 출력한다.



[그림 80] INTEGRAIL 센서 융합 알고리즘

○ INTEGRAIL 통신 구성

INTERGRAIL 프로젝트에서는 INTEGRAIL Mobile Unit으로부터 계산된 열차의 위치를 GSM-R 망을 활용하여 중앙서버에 전송하는 통신시스템을 갖추고 있다. [그림 81]은 INTERGRAIL 프로젝트의 통신망 구성을 나타낸다. 중앙서버는 LAN, Internet 통신을 지원하여 원격PC에서의 열차위치 확인이 가능하다. [그림 82]는 원격PC에서의 열차위치 확인을 위한 GUI 환경을 나타낸다. 열차의 위치, 속도, 시간정보 외에도 정보의 품질수준(confidence level), 건강상태, 메모리용량 등을 표시한다.



[그림 81] INTEGRAIL 통신망 구성도



[그림 82] 중앙서버의 GUI환경

③ INTEGRAIL 필드 시험 수행 결과

INTEGRAIL 프로젝트의 필드 시험은 2회 수행되었다. 첫 번째 시험은 오스트리아의 LogServ/CargoServ에서 수행되었으며, 두 번째 시험은 벨기에의 SNCB에서 수행되었다.

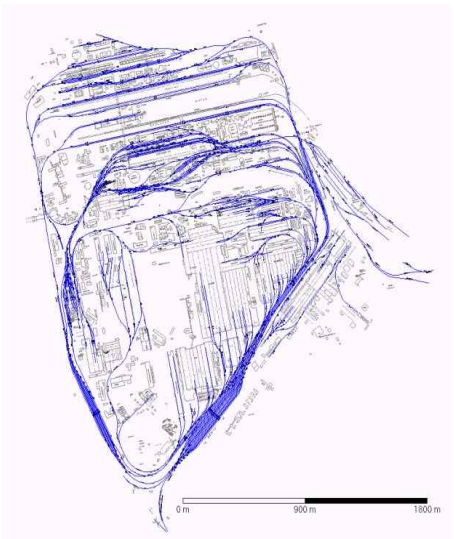
○ LogServ/CargoServ 시험선

LogServ/CargoServ 시험선은 Linz에서 Steyrling까지의 교외선 구간으로 단선으로 구성되어 있으며 4개의 터널이 존재한다. 또한 Linz에 위치한 VoestAlipine 제철소 구내의 시험선로에서도 필드 시험을 수행하였다.

제철소 구내의 시험환경은 다양한 multi-path, 음영지역과 다수의 교행선로 및 분기구간이 존재하는 환경이다. VoestAlipine 제철소에서의 필드시험에서는 Carrier DGPS를 이용하여 20cm 수준의 기준 선로DB를 구축하여 사용하였다. 필드 시험을 통해 multi-path와 음영지역이 아닌 환경에서는 3m의 위치정확도 수준에 도달하였으며 주행거리계, 가속도계, 자이로스코프 등의 보조센서와의 결합을 통해 열차위치결정에 대한 가용성, 정확성, 무결성 수준의 개선을 확인하였다. 하지만 교행선로에서의 열차위치초기화시 모호성 문제 및 입환(shunting)구역에서의 선로 결정 모호성 문제가 발생할 수 있음을 확인하였다.



(1) 교외 시험선



(2) 제철소구내 시험선

[그림 83] LogServ/CargoServ 시험선

○ SNCB 시험선

두 번째 필드시험은 벨기에의 SNCB에서 수행되었으며 Brussels과 Luxembourg간의 운영선이 선택되었다. 이전 LogServ/CargoServ 시험과의 차이점으로 SNCB 시험에서는 30cm 정확도 수준의 기준선로 DB가 사용되었다. Mobile Unit의 적용대상으로는 전기기관차가 선정되어 사용되었다. Mobile Unit의 위치결과와 전기기관차의 위치결과비교를 위해서

전기기관차의 위치확인을 위해 사용되는 crocodile 시스템의 위치결과와 비교하였다. 여기서 crocodile 시스템은 선로에 불연속적으로 지상장치를 설치하여 차량하부의 레버암으로 유도된 전압수준에 따라 열차의 위치를 확인하는 장치이다. 따라서 crocodile 시스템의 위치확인 시점의 Mobile Unit 위치결과를 획득하여 통계적 기법을 적용하여 필드시험 결과를 도출하였다.

INTEGRAIL 프로젝트는 multi-path와 음영이 최소화된 환경에서 EGNOS를 적용한 위성항법기반기술의 철도적용성을 확인하는 프로젝트로서 GPS와 EGNOS 결합시스템 성능으로 단선구간 교외선에서의 적용가능성을 확인하였다. 하지만 교행선, 입환선 등의 다소 복잡한 선로구간에서 GPS/EGNOS 외 열차의 이동거리와 이동방향을 보정할 수 있는 보조센서 및 열차위치초기화방안의 필요성을 확인하였다.

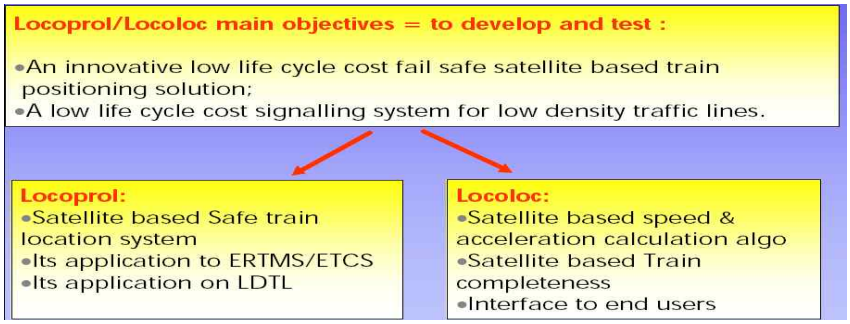
나) LOCOLOC/LOCOPROL 프로젝트

LOCOPROL 프로젝트는 저비용의 위성항법기반 안전측 열차 보호 및 제어(low cost satellite-based fail-safe train protection and control)기술을 개발하는 프로젝트이다. LOCOLOC 프로젝트는 LOCOPROL 프로젝트의 성공적인 수행을 위한 하부 프로젝트로서 저비용의 고신뢰성 열차위치검지기술을 목표로 하고 있다. 본 절에서는 LOCOLOC 프로젝트를 통해 개발된 위성항법기반 철도적용성 기술에 대하여 분석한다.

① LOCOLOC/LOCOPROL 프로젝트 개요

LOCOLOC 프로젝트는 유럽우주항공연구소(ESA)에 의해 지원된 프로젝트로서 2002년 03월부터 2004년 9월까지 약 26개월간 진행되었다. LOCOLOC에 참여한 기관은 총 5개 기관으로 Alstom, Septentrio, TASYS와 같은 3개의 기업체와 SNCB, NMBS와 같은 2개의 철도운영기관이 참여하였다. 반면 LOCOROL 프로젝트는 EU DG INFSO에 의해 지원된 프로젝트로서 2001년 8월부터 2005년 1월까지 진행되었으며 총 13개 기관 및 업체가 참여하였다.

아래 [그림 84]는 LOCOLOC 프로젝트와 LOCOPROL 프로젝트간의 관계를 나타낸다.



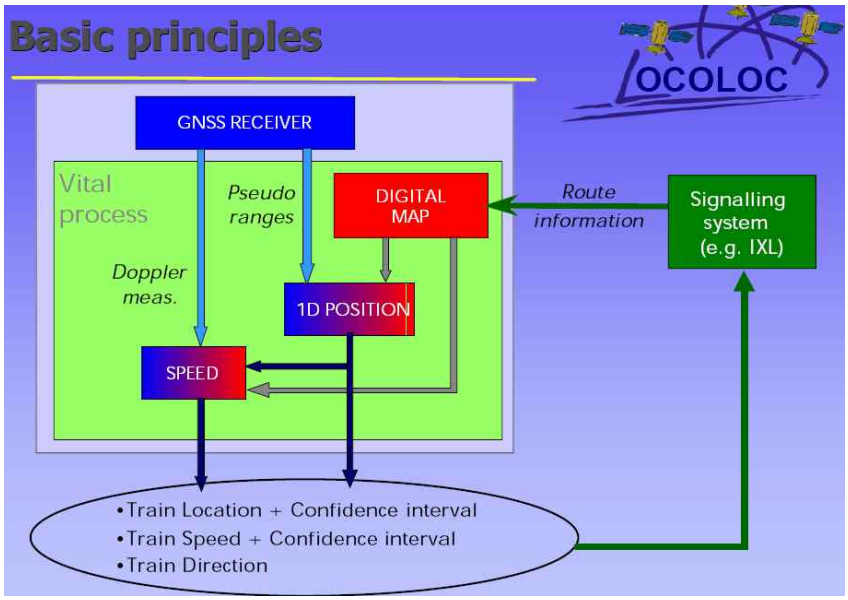
[그림 84] LOCOLOC 프로젝트와 LOCOPROL 프로젝트간의 관계

LOCOLOC/LOCOPROL 프로젝트의 진행은 총 3단계로 나뉘어 수행되었다. 1단계는 열차의 운행이 많지 않는 저밀도 노선에서의 적용 요구사항을 정의하는 단계이다. 이 단계에서는 기능성, 성능, 인터페이스, 안전성, 제약사항 등을 고려한 요구사항과 개발기술에 대한 검증 요구사항을 마련하였다. 다음으로 2단계에서는 프로토타입 설계 및 제작과 필드시험 계획을 수립하였으며, 마지막으로 3단계에서는 필드시험을 수행하였다. 필드시험은 벨기에 시험선 시험, RFF 시험선 시험, CFTA 시험선 시험의 순서로 진행되었다. 벨기에 시험선 시험은 위성항법기반 열차위치검지기술 및 EGNOS와 결합한 위성항법기반 열차속도/가속도검지기술의 검증을 위한 필드 시험이다. RFF 시험선 시험은 ERTMS관련 하부시스템과의 인터페이스를 통한 LOCOPROL의 적용성 시험이며, CFTA 시험선 시험은 기존의 철도신호시설에서의 적용성을 확인하는 시험이다.

② LOCOLOC 프로젝트의 주요 적용 기술

앞서 기술한 바와 같이 LOCOLOC 프로젝트는 저비용, 고 신뢰도의 위성항법기반 열차위치검지알고리즘의 개발 및 검증을 목적으로 하며, 디지털 선로지도를 활용하여 고 신뢰도의 위성항법기반 열차위치검지알고리즘을 적용하였다. [그림 85]는 LOCOLOC 프로젝트의 열차위치검지장치 구성도이다. LOCOLOC 프로젝트에 사용된 GNSS 수신기는 Septentrio사의 PolarRX2

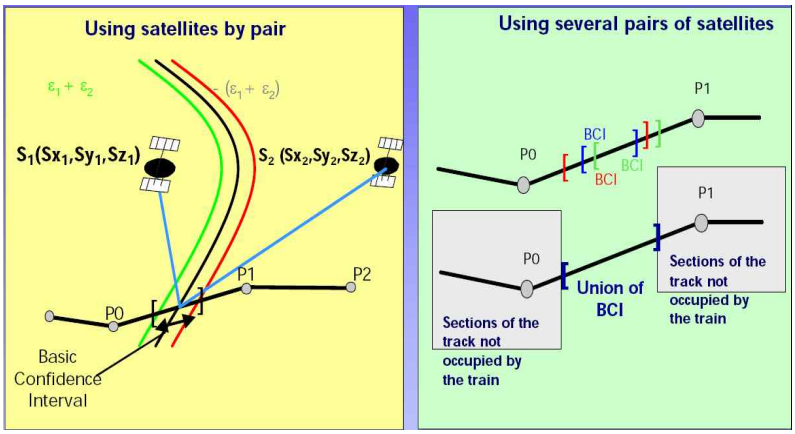
수신기로서 L1/L2, 48 채널, GPS/GLONASS/SBAS 수신이 가능한 고성능 제품이다. LOCOLOC에 적용된 디지털 선로지도는 섹션과 노드로 구성되어 있다. 섹션은 직선구간(straight), 신호기가 설치된 지점구간(point), 입환선로 등의 확장구간(extended)으로 구성된다. 노드는 선로 분기구간으로 WGS84 좌표계로 정의되어 있다.



[그림 85] LOCOLOC 프로젝트의 열차위치검지장치 구성도

LOCOLOC 프로젝트에서 위성항법기반기술의 신뢰성확보를 위하여 1차원(1D) 측위기법을 적용하였다. 일반적인 위성항법알고리즘의 경우 위치결정을 위해서는 4개 이상의 가시위성을 확보해야 하며 계곡, 터널 지역 등 가시성이 불량한 지역에서는 위치결정 자체가 불가능하다. 1D 측위기법을 사용하면 2개의 가시위성을 사용하여 측위가 가능하며 위치결정 성공가능성의 증대로 기능 신뢰성의 증대가 가능하다. 하지만 1D 측위기법은 신뢰성 확보의 이득을 얻는 반면 기존 위성항법알고리즘 대비 위치정확도의 손실을 감수해야만 한다. 아래의 [그림 86]은 1D 측위기법을 개략적으로 설명하고 있다. 즉 1D 측위는 두 위성으로부터 측정한 의사거리의 차분에 해당하는 영역을 관통하는 선로구간에 열차가 위치한다는 원리를 이용한 것이다. 따라서 1D 측위결과로 열차의 위치는 상당히 큰 위치존재가능구간으로 정의가

되며, 시험을 통해 확인된 이 구간의 크기는 약 200~400m 정도이며, 이러한 수준의 정확도는 기존의 궤도회로기반의 열차검지수준에서 용인가능한 수준이다. 표 13은 시험을 통해 확인한 1D 측위 알고리즘의 성능을 나타낸다.



[그림 86] 1D 측위 방법(1D Positioning Method)

[표 12] 1D 측위 알고리즘의 성능

Performance	Length of Position confidence interval	Length of Speed confidence interval
Integrity	~10-11/Hr	~10-11/Hr
Availability	98%	98%
Accuracy	200m ~ 400m(L1) 150m ~ 250m(L1/L2)	3m/s

LOCOPROL 프로젝트는 저비용의 위성항법기반 안전측 열차 보호 및 제어(low cost satellite-based fail-safe train protection and control)기술을 개발하는 프로젝트로서 LOCOLOC 프로젝트를 통해 얻어진 1D 측위 알고리즘 기반의 열차위치정보를 활용하여 ERTMS/ETCS 시스템, 연동장치 간의 적용성 연구 및 저밀도 노선(LDTL)에서의 적용성 연구도 수행하였다. ERTMS/ETCS 시스템간의 적용성 연구를 위해서는 가상발리스(Virtual Balise) 개념을 적용하였다. 즉 ERTMS/ETCS 시스템에서 열차의 위치보정

을 위하여 사용되는 발리스 정보 대신 위성항법기반 열차위치정보를 사용하는 방법을 적용하여 ERTMS/ETCS 시스템에서의 적용성 연구를 수행하였다. 저밀도 노선에서의 적용성 연구는 벨기에의 Line 144(구간길이:14km)에서 수행되었다.

LOCOLOC/LOCOPROL 프로젝트에서는 위성항법기반기술의 열차제어분야에 대한 적용기술을 개발하는 프로젝트로서 철도분야에서 허용 가능한 신뢰성 수준에 부합하는 1D 측위 알고리즘을 개발하였으며, 이를 기반으로 교외선에서의 필드시험과 ERTMS/ETCS 시스템과의 연동시험을 수행하여 위성항법기반기술의 적용성 연구를 진행하였다.

다) APOLO(Advanced Position Locator System) 프로젝트

① 개요

APOLO는 GNSS 수신기 기반의 열차위치 및 속도 검지장치로서 GNSS 위성신호의 차단 시에도 높은 무결성과 연속적인 위치정보를 제공하기위하여 GNSS와 관성센서, 차량 내 설치된 오도메타를 통합 적용하였다.

② 목적

APOLO 프로젝트의 주요 목적은 아래 항목을 제시하기 위하여 위성항법기반 열차위치검지장치의 기본 기술을 시험하는 것이다.

- 특수한 철도 환경에서의 GNSS기반 기술 활용을 위한 기술적 가능성 제시
- 열차검지기능에 대한 성능 파라미터 정의
- 여러 가지 적용분야(상용, 운영관련, 안전관련 적용분야)에 적용이 가능한 열차위치검지 요소기술의 통합
- 타 철도시스템과의 통신을 통한 개방형 시스템 인터페이스 기술 입증

③ APOLO 시스템 구조

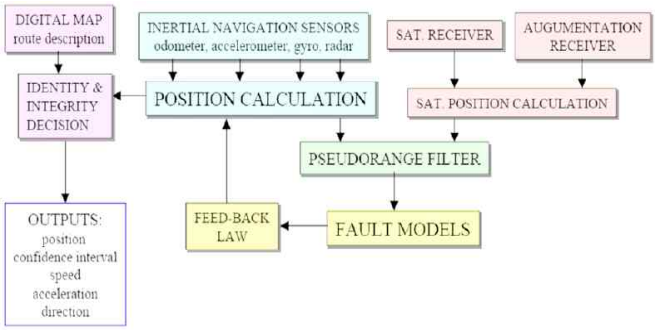
APOLO 프로젝트에서는 2가지 종류의 APOLO 프로토타입을 제작하여 시험하였다. 시험 및 검증은 EU의 철도관련규격에 따라 수행되었다.

- APOLO-SSA(Standard Service Accuracy)

: GPS만을 활용하여 측위기능에 대한 높은 커버리지와 가용성, 무결성 확보가 가능하고 중급 위치정확도 수준(50~100m)을 요구하는 적용분야에 활용

- APOLO-HA(High Accuracy)

: GPS와 EGNOS를 통합 활용하여 고성능 위치정확도 수준(5~10m)을 요구하는 적용분야 활용



[그림 87] APOLO 시스템 구조

④ 결론

APOLO 프로젝트는 철도적용분야를 미리 정하지 않고 철도환경에서의 GNSS기반기술의 적용성을 연구한 프로젝트이다.

라) RUNE(Railway User Navigation Equipment) 프로젝트

① 개요

RNUE은 ESA(European Space Agency)와 이탈리아의 Laben사에 의해 수행된 프로젝트로서 열차 운전사의 운전환경 인식 개선을 위하여 EGNOS 시스템을 활용하였다. RUNE 프로젝트에서는 GPS와 EGNOS, 기타 차상기반 측위 센서, 신호 및 속도제어정보를 통합하여 활용하였다.

② 목적

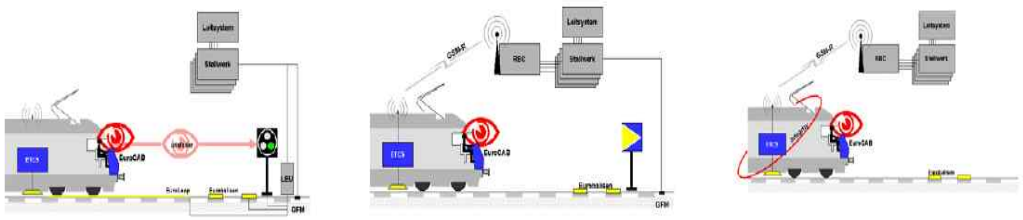
RUNE 프로젝트의 목표는 아래와 같이 크게 2가지로 정의되었다.

- 선로주변장치의 제한적 적용 또는 선로주변장치의 사용 없이 차상기반의 열차 위치 및 속도 결정 성능 개선의 입증.
- ERTMS 요구사항에 적합한 열차 위치 및 속도 측정 장치의 개발 가능성 제시.

③ ERTMS 적용 수준

ERTMS의 적용 수준의 3단계로 정의되며 현재 Level2가 시험적용에 있다.

- Level 1 : 열차의 이동권한(MA)은 선로주변 신호장치를 통해 열차로 전송. 신호기 있음.
- Level 2 : 열차의 이동권한은 Radio Block centre(RBC)와 선로주변 신호장치를 통해 열차로 전송. 신호기 없음.
- Level 3 : 열차의 위치정보는 선로상의 지상자(balise)와 열차항법장치로부터 결정되며, RBC를 통해 이동권한을 포함한 열차제어정보가 전송됨.



Level 1 Level 2 Level 3

[그림 88] ETCS 적용 수준

④ RUNE 장치 구성사양

○ 구조

- 항법센서 :

: GNSS 수신기, 3축 IMU(Inertial Measurement Unit, ACC+Gyro), Wheel

Sensor, Doppler Radar(시험검증용 센서)

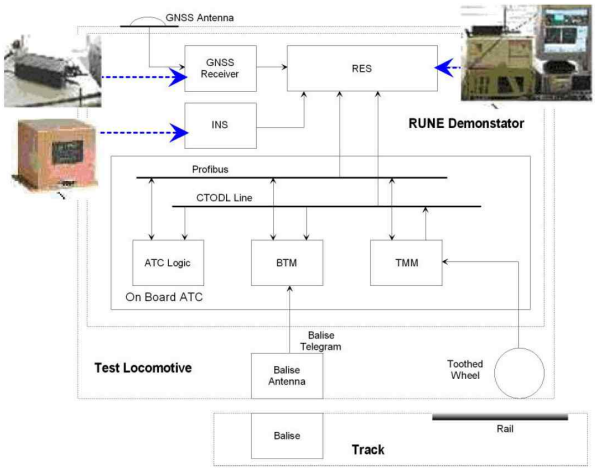
- 기록 소프트웨어 및 항법데이터 퓨전 소프트웨어

  : 항법센서출력데이터 수집용 소프트웨어, 실시간 항법데이터 퓨전 소프트웨어, 제어용 MMI 소프트웨어 등

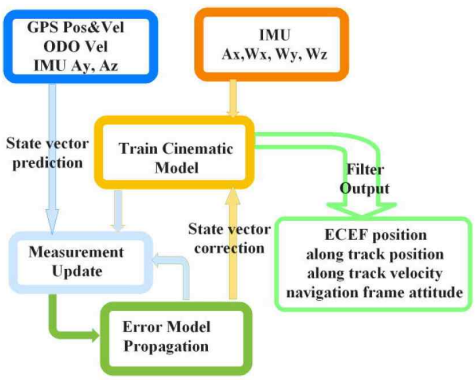
- 데이터베이스

  : 가상 발리스 지도(Virtual Balise Map), 선로변 신호 정보, 선로 속도 프로파일

[그림 89]는 RUNE의 하드웨어 구성도를 나타내며, [그림 90]은 실시간 항법데이터 퓨전 소프트웨어의 내부 구성도를 나타낸다. 실시간 항법데이터 퓨전 소프트웨어는 확장형 칼만필터를 적용하였다.



[그림 89] RUNE 내부 구성도



[그림 90] RUNE 데이터퓨전 소프트웨어 구성도

⑤ RUNE의 성능비교

RUNE은 이탈리아의 철도운영사인 Trenitalia를 통해 필드시험이 진행되었으며, 시험을 통하여 ERTMS/ETCS 성능사양의 만족 가능성을 확인하였다.

[표 13] ERTMS/ETCS와 RUNE 간의 성능 비교

	ERTMS/ETCS	RUNE
위치정확도 (Position Accuracy)	5m+이동거리의 5%	3m, 95% (GNSS+WASS/EGNOS)
속도정확도 (Velocity Accuracy)	2km/h, v<30km/h 12km/h, v<500km/h	2km/h, 95% (GNSS+WASS/EGNOS)
위치 신뢰도 (Position Confidence)	>99.9%	>99.9% 단, 50m 보호구역기반
가용성 (Availavility)	>99% (Level 3 기준)	>99%
경고까지의 소요시간 (TTA)	<5s	<5s

마) ECORAIL(EGNOS COnrolled RAILway equipment) 프로젝트

① 개요

ECORAIL은 ERTMS/ETCS와 조합하여 사용 가능한 GNSS기반기술의 적용성 입증을 위하여 건널목 자동제어장치(ALX: Automatic Level Crossing)의 제어부분에 GNSS기반기술을 적용하는 프로젝트이다. ECORAIL은 2001년부터 시작되어 2003년에 시작품이 제작되었으며 2005년에 필드시험을 끝으로 종료되었다.

② 목적

ECORAIL은 safety critical한 철도분야에 위성항법기반기술의 적용가능성을 입증하기 위하여 아래와 같은 2가지 목적이 있다.

- 철도관련 안전수준에 부합하는 열차위치검지 신기술 개발

- 기존 철도기술(장비) 대비 위성항법기반기술(장비)의 효율성 입증

③ ECORAIL 구성 사양

ECORAIL은 차상, 지상, 차상지상간으로 탑재장치가 구분된다.

- 차상탑재 장치
  : 차상탑재장치는 GNSS-1(GPS+EGNOS)수신기와 보조측위센서, 디지털지도를 통합 사용하여 열차의 위치를 결정하는 장치이다. ECORAIL에서는 차상탑재장치로서 RUNE이 적용되었다.
- 차상 및 지상 통신장치
  : 열차와 지상 장치간의 통신을 위한 장치이다.
- 지상 장치
  : 지상장치는 기존의 건널목 제어장치와 GNSS기반 건널목제어장치의 제어출력을 기록하고 저장하기 위한 장치이다.

④ 프로젝트 결과

ECORAIL 프로젝트를 통하여 다음과 같은 기대효과를 도출하였다. 첫째로 건널목장치의 비용의 감소효과를 얻을 수 있다. 기존 건널목 장치는 유선 제어방식을 사용하는 반면 ECORAIL 프로젝트에서는 무선 제어방식을 통하여 설비 및 유지보수 비용을 줄일 수 있다. 두 번째로 교통량의 증가 효과가 있다. 건널목이 닫히는 시간을 최적화하여 교통량의 효율증대가 가능하다. 세 번째로 환경오염의 저감효과가 있다. 최적화된 건널목 제어를 통해 자동차의 정차시간을 최소로 하기 때문에 배기가스 감소로 인한 환경오염의 저감이 가능하다.

바) GADEROS 프로젝트

① 개요

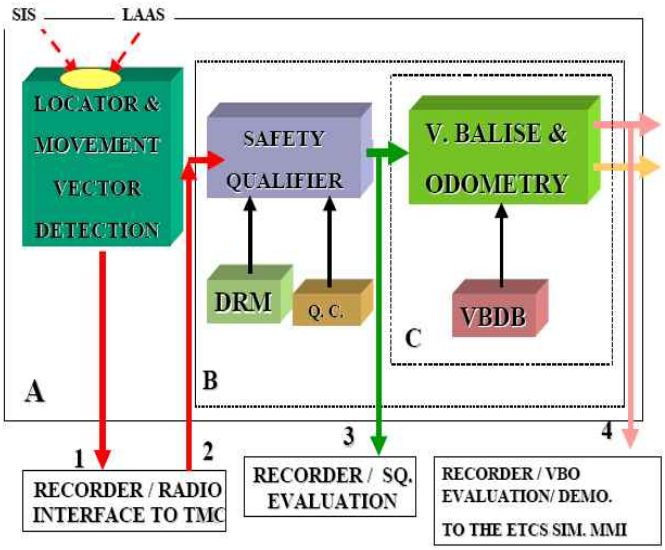
GADEROS는 Galileo Demonstrator for Railway Operation System의 약자로서 유럽연합의 5차 research framework program 지원 하에 추진된 시

범적인 프로젝트이다. GADEROS의 목표는 ERTMS/ETCS 규격과 호환 및 상호운영이 가능하고 열차운영을 위해 요구되는 안전무결성수준(SIL : Safety Integrity Level)을 요하는 철도응용분야에서의 GNSS기반 열차측위장치(GNSS Locator)의 적용성 및 그 타당성을 입증하는 것이다. GADEROS는 크게 3가지의 세부목표로 구성되어 추진되었다.

- 세부목표 1 : 상호운영성을 고려한 ETCS On-Board 장치와 GNSS기반 열차측위장치의 결합 타당성 입증
- 세부목표 2 : 공통 테스트 베드 개발
- 세부목표 3 : 열차운영감시센터에 GNSS기반 열차측위장치 적용을 위한 타당성 입증

② 세부목표 1 : 상호운영성을 고려한 ETCS On-Board 장치와 GNSS기반 열차측위장치의 결합 타당성 입증

ETCS On-Board 장치와의 호환성을 확보하기 위하여 GADEROS에서는 가상 발리스(VB : Virtual Balise)의 개념을 도입하였다. ETCS On-Board 장치에서는 열차측위를 위하여 발리스, 발리스수신장치, 주행거리계를 사용한다. 여기서 발리스는 선로에 설치되어 불연속 위치정보를 무선통신을 통해 제공하며 열차에 탑재된 발리스수신장치에서 발리스의 위치정보를 수신하여 주행거리계의 누적오차를 보정한다. 따라서 GADEROS에서는 GNSS를 통해 생성된 열차위치정보 발리스 통신프로토콜로 변환하여 ETCS On-Board 장치에 전달함으로서 상호운영성 및 호환성 확보가 가능한 결합방안을 제시하였다. [그림 91]은 GADEROS에서 정의하는 기본구성이다.



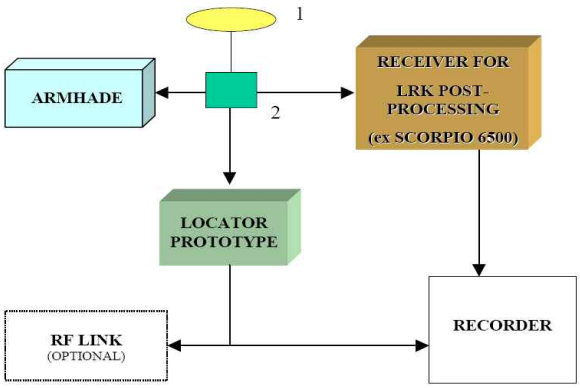
[그림 91] GADEROS 기본구성도

[그림 92]에서 보는바와 같이 GNSS기반 열차측위장치(Locator)는 SIS(GPS + ESTB)와 LASS신호를 수신하여 위성항법시스템수준의 무결성을 확보한 위치정보를 Safety Qualifier로 전달한다. Safety Qualifier에서는 열차제어에 적용가능한 수준의 안전성을 확보된 열차위치를 결정하기 위하여 디지털경로지도(DRM)와 안전성품질기준정보(QC)를 활용하여 가상발리스 또는 주행거리계에 전달한다. 가상발리스에서는 열차위치정보를 발리스 통신프로토콜로 변환하여 ETCS On-Board 장치에 전달하고, ETCS On-Board 장치에서는 주행거리계를 보정한다.

③ 세부목표 2 : 공통 테스트 베드 개발

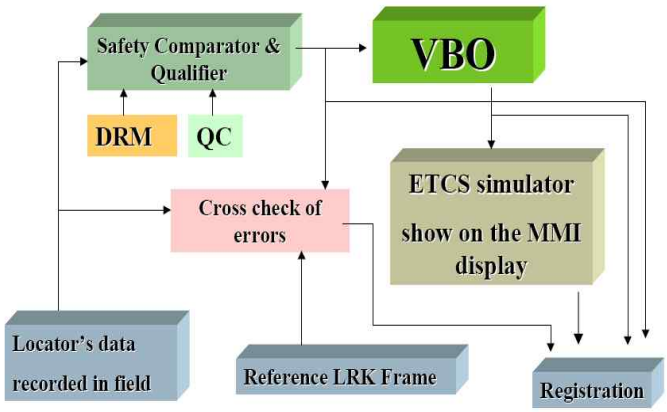
GADEROS에서는 열차운영을 위해 요구되는 안전무결성수준을 요하는 철도응용분야에서의 GNSS기반 열차측위장치의 적용가능성 여부와 ETCS On-Board 장치간의 상호운영성 평가를 위한 평가방안을 마련하였다. 우선 철도응용분야에서의 적용가능성을 확인하기 위하여 [그림 92]와 같이 시험환경을 구성하였다. 아래의 구성도에서 1번은 GNSS 안테나이며, 2번은 RF 분배기/스위치이다. RF분배기는 GNSS기반 열차측위장치와 비교 및 후처리

용 GNSS 수신기(ARMHADE, SCORPIO 6500)에 위성신호를 분배하여 GNSS기반 열차측위성능의 비교평가 및 부분적인 위성신호의 스위칭을 통해 터널통과와 같은 환경의 모사를 가능하게 한다.



[그림 92] GNSS기반 열차측위장치의 차상시험 구성도

GADEROS에서는 GNSS기반 열차측위장치와 ETCS On-Board 장치간의 상호운영성 평가를 위해서 [그림 93]과 같은 시뮬레이션 시험환경을 제안하였다. 본 시뮬레이션 구성환경은 기존의 ETCS On-Board 시뮬레이터에 가상 발리스의 개념을 결합한 구성이다.



[그림 93] 상호운영성 모의시험환경

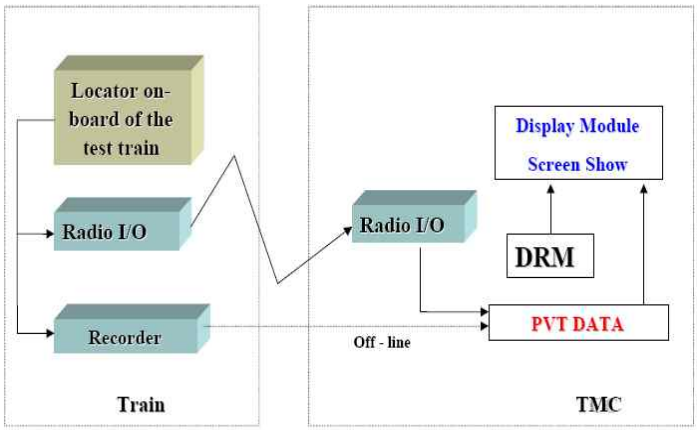
④ 세부목표 3 : 열차운영감시센터에 GNSS기반 열차측위장치 적용을 위한 타당성 입증

GADEROS에서는 열차운영감시센터(Traffic Monitoring Centre)에 GNSS기

반 열차측위장치의 적용을 위해 3가지 주요 기능요구사항을 정의하고 평가하였다.

- Text Messages Management Function(TMMF))
- Communication Function(CF)
- Monitoring Function(MF)

TMMF는 열차와 열차제어센터간 통신메시지의 관리를 담당하는 기능이며, CF는 열차와 열차제어센터간의 통신을 담당하는 기능이고, MF는 열차위치 및 알람의 전송을 담당하는 기능이다. [그림 94]는 열차운영감시에 GNSS기반 열차측위장치를 적용한 기본 개념도이다.



[그림 94] 열차운영감시를 위한 기본 개념도

⑤ 결론

GADEROS 프로젝트는 실용기술의 개발이 아닌 향후 기술개발이 가능하도록 기본 개념 수립 및 타당성을 검증하는 프로젝트로서 ERTMS/ETCS 와 호환이 가능하고 열차운영을 위해 요구되는 안전무결성수준(SIL : Safety Integrity Level)을 만족하는 GNSS기반 열차측위장치(GNSS Locator)의 구성방안과 ETCS On-Board 장치와의 통합방안을 제시하였으며 필드시험을 통해 GNSS기반기술의 철도응용분야에 대한 적용 타당성을 검증하였다. 또한 ETCS On-Board 장치와의 상호운영이 가능하도록 가상발리스 개념과 모의시험환경을 구성하여 ETCS On-Board 장치와의 상호운영시험이 가능한 시

험방안을 제시하였다.

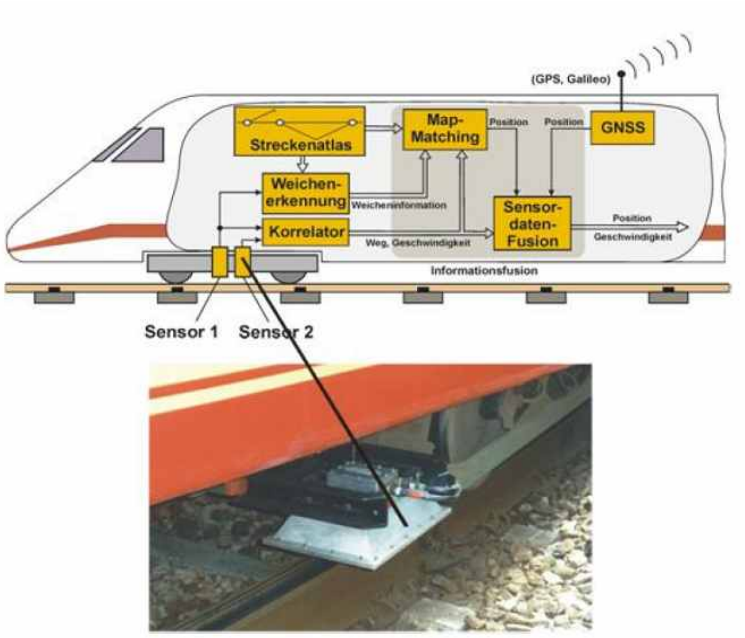
사) DemoOrt 프로젝트

① 개요

DemoOrt는 독일정부기관인 연방경제기술부(BMWi)에 의해 지원된 프로젝트로서 5개 기관(TUV Rhineland, DLR, University of Karlsruht, University of Barunschweig, Bombardier Transportation)이 참여하고 있다. DemoOrt의 목적은 열차위치검지를 위한 신기술을 개발하는 것으로 GNSS와 와전류(eddy-current)기술을 활용하여 위치검지기술을 개발하고 있다. DemoOrt 프로젝트는 2가지 단계로 나뉘어 진행되고 있다. 1단계는 시스템 구조설계단계로서 2004년 09월부터 2006년 01월까지 수행되었다. 2단계는 시험 및 검증을 목표로 하는 단계로서 2007년 01월부터 2008년 06월까지 수행되었다.

② DemoOrt 시스템 구성

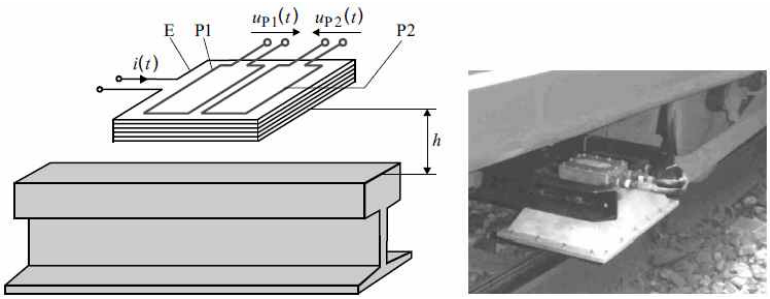
DemoOrt는 GNSS기술과 와전류검측기술을 기반기술로 하여 열차의 위치를 결정하는 시스템이다. [그림 95]는 DemoOrt 시스템의 내부 구성도를 나타낸다. DemoOrt에서 적용된 와전류검측기술은 [그림 95]에서 보는바와 같이 2개의 와전류센서가 차량하부에 장착되어 각 와전류센서간의 궤도 클램프 검지 시간차를 측정하여 열차의 이동속도 및 분기여부를 결정하는 기술로 DemoOrt에서는 GNSS정보, 와전류검측정보, 선로DB를 통합하여 맵 매칭 및 센서데이터통합기법을 사용하여 열차의 위치를 결정한다. DemoOrt에서 적용한 와전류센서는 날씨와 무관하게 외부요소에 강건한 특징을 가지며 기존에 선로구축 시 설치된 궤도 클램프를 검지하므로 트랜스폰더 등의 추가적인 위치보정수단이 필요하지 않다.



[그림 95] DemoOrt 시스템 구성도

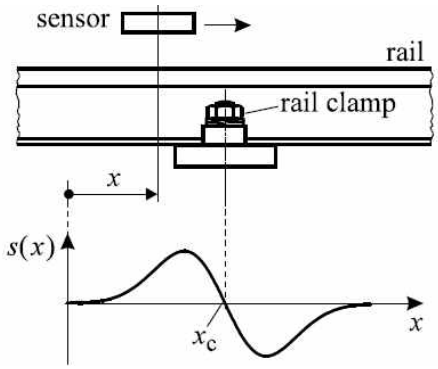
③ DemoOrt 위치검지 원리

DemoOrt에 적용된 와전류센서는 레일 및 레일주변의 자기투자율과 전도성 변동량을 측정하는 원리를 이용, 열차의 속도를 측정한다. 와전류센서는 레일 및 클램프와 마주보는 위치의 차량하부 측면에 설치되며, 열차 이동중 안전성을 고려하여 레일과 와전류센서간의 이격거리는 10cm 이상 떨어지게 설치된다. 와전류센서는 내부적으로 2개의 와전류센서(P1, P2)로 구성되며, 두 와전류센서의 출력차를 비교하여 레일 클램프의 통과여부를 검지한다.



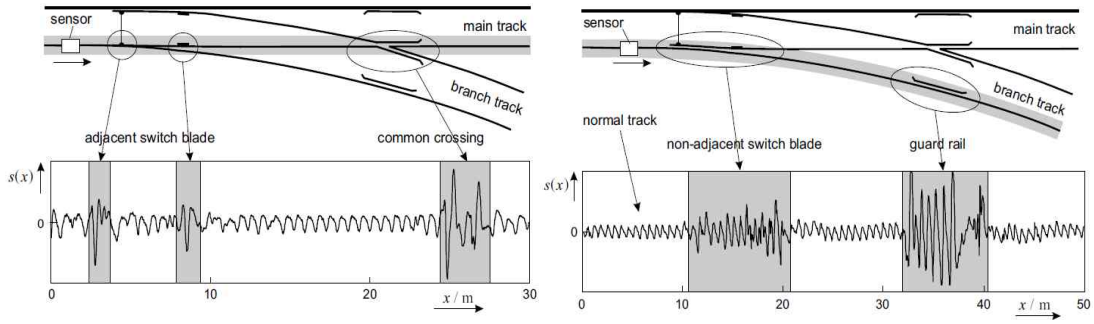
[그림 96] 와전류센서와 레일간의 관계

따라서 열차 이동에 따라 레일 클램프 통과 시 P1, P2 와전류센서는 클램프 통과에 따른 신호를 검지하고, P1, P2 와전류센서의 출력신호의 차는 아래 [그림 97]과 같이 발생하며, 클램프 통과여부를 확인 할 수 있다.



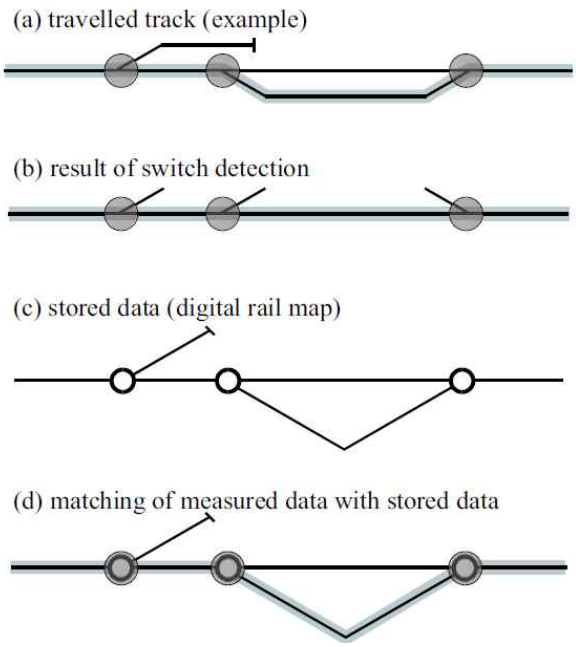
[그림 97] 와전류센서 출력특성

와전류센서는 레일 클램프 외 분기부 레일구조에 따른 출력신호를 비교하여 열차의 분기여부를 파악할 수 있다. [그림 98]은 선로전환기의 동작상태에 따른 와전류센서의 출력신호를 나타내며, 본선 운행 시와 분기선 운행 시에 따라 와전류센서의 출력신호가 상이한 결과를 보여준다.



[그림 98] 분기부 통과시 와전류센서 출력신호 비교(본선 vs. 분기선)

DemoOrt 시스템은 선로 상에서의 열차의 정확한 위치를 확인하기 위해 선로DB정보를 이용, Map Matching 기법을 적용하여 열차의 위치를 확인한다. [그림 99]는 분기정보와 선로DB간의 순차적인 매핑과정을 나타내며, 와전류센서를 통해 파악된 분기정보와 선로DB의 분기점 정보를 매핑하여 선로 상에 위치한 열차의 정확한 위치와 이동경로를 파악할 수 있게 된다.



[그림 99] DemoOrt 선로DB매핑 절차

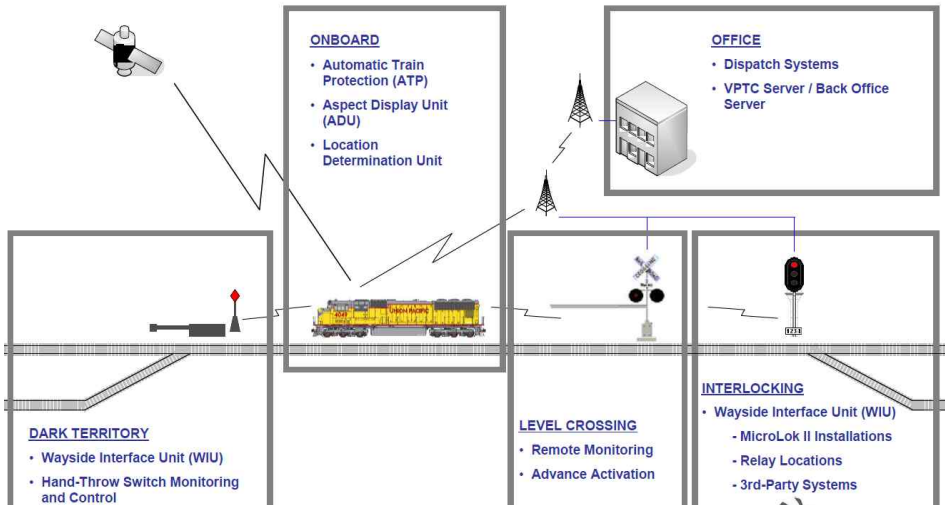
아) PTC(Positive Train Control) 시스템

PTC(Positive Train Control) 시스템은 차상에서 열차의 현재 위치를 확인하고 이동권한에 대한 정보를 수신하는 것을 기본 개념으로 하는 미국에서 개발 중인 열차제어시스템이다. PTC 시스템에서는 열차의 현재 위치를 파악하기 위해 위성항법시스템인 GPS를 활용한다. 미연방철도국(FRA)에서 정의한 PTC의 목표 중 하나는 'NDGPS (Nationwide Differential GPS)를 활용하여 열차제어에 적합한 전국적 규모의 일정하고 지속적인 위치검지 시스템의 개발하는 것'이다. 또한 AREMA(American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association)에서는 PTC의 기본 특성을 아래와 같이 정의한다.

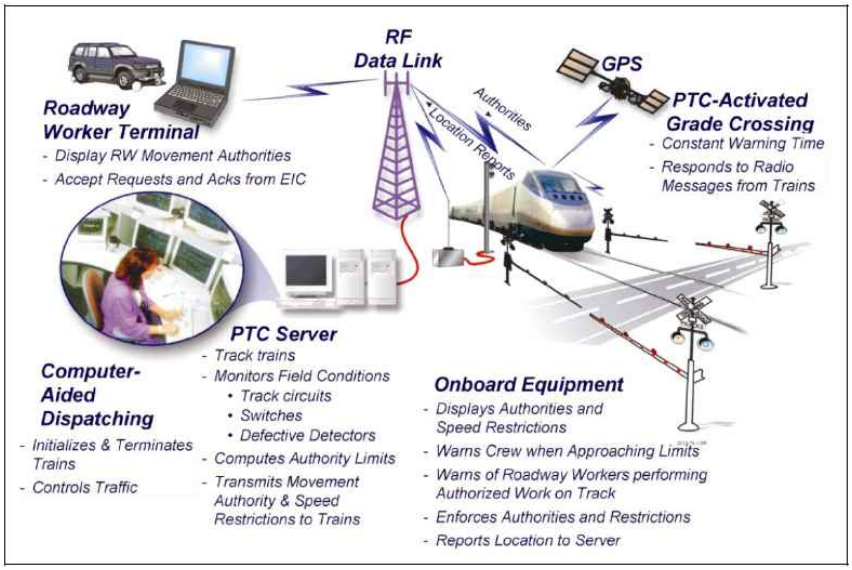
- 열차 간격유지 및 충돌방지
- 선로 속도 제한
- 순간 속도 제한
- 선로변 작업자 안전

1990년 이후 미국연방교통안전위원회(NTSB)는 교통안전향상을 위한 필수 기술로 PTC를 선정하였으며 2008년 9월 12일, 25명자의 사망자와 135명의 부상자가 발생한 캘리포니아 승객열차-화물열차 간의 추돌사고에 대한 대응으로 미국의회는 2008년 10월에 철도안전향상법률을 제정하였으며, 2015년까지 미국전역의 화물 및 여객노선에 PTC 시스템을 구축할 수 있도록 PTC 기술개발을 위한 재정지원을 포함하고 있다.

PTC시스템은 프로젝트별로 일부 다른 사양으로 개발되고 있으나, 기본적으로 GPS 위성항법을 통한 열차위치확인과 차지상간 무선통신망을 통한 열차제어정보의 송수신 기능은 공통적으로 적용 중에 있다. [그림 100]은 Alaska CAS PTC 프로젝트와 NAJPTC 프로젝트의 시스템 구성도를 나타낸다.



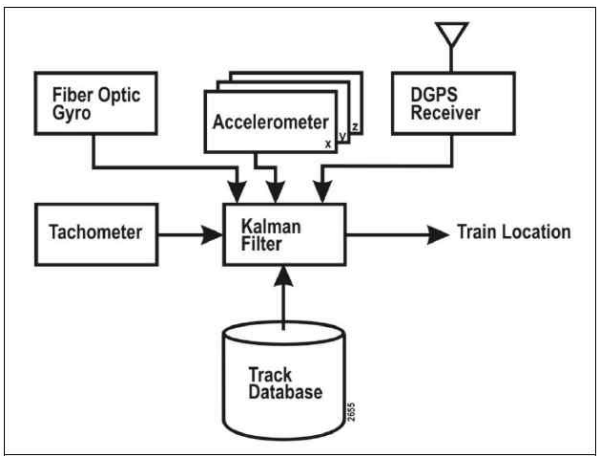
[그림 100] PTC 시스템 구성도(Alaska CAS)



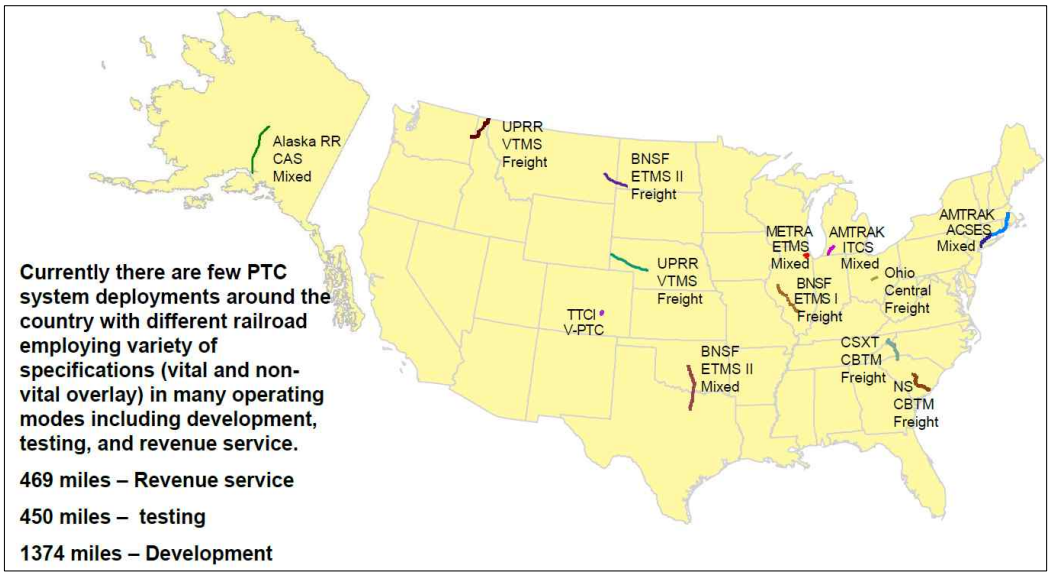
[그림 101] PTC 시스템 구성(NAJPTC)

[그림 101]에서 보는 바와 같이 GPS를 기반으로 열차의 위치를 확인하고, 무선통신망을 통해 열차의 위치를 관제실 등 지상설비에 보고하는 구조를 가지고 있다.

아래 [그림 102]는 NAJPTC 프로젝트에서 적용 중인 열차위치검지 차상장치의 내부 구성을 나타낸다. NAJPTC 프로젝트의 경우, 위성항법수신기를 통한 절대위치값의 정확성 개선을 위해 DGPS를 이용하고 연속적인 위치정보 및 GPS 음영지역에서의 안정적인 위치정보 획득을 위해 자이로스코프와 가속계를 추가적으로 결합한 DGPS/IMU/Tachometer 결합구조의 위치검지장치를 적용하였다.



[그림 102] NAJPTC의 위치검지 차상장치 내부 구성도



2010년 현재 PTC는 프로젝트는 16개 주, 9개 노선에 대해 11개의 프로젝트가 진행 중으로, 총 연장은 4,000mile(약 6,400km)에 이른다. 다음은 미국내에서 현재 진행 중인 주요 PTC 프로젝트에 대한 설명이다.

○ **ACSES**

Amtrak社는 Boston과 Washington DC를 연결하는 NEC (Northeast Corridor) 노선에 ACSES (Advanced Civil Speed Enforcement System) 시스템을 설치했다. ACSES는 기존 NEC 노선에 설치되어 있는 ATC(automatic train control) 시스템에 추가적으로 설치되어 최고운행속도 150mph (약 240km/h)의 환경에서 PTC의 모든 기능을 수행하도록 적용되었다. 처음에는 트랜스폰더 기반 시스템으로 설계되었으나, 현재 트랜스폰더 기반 시스템을 위성항법기반 시스템으로 대체하기 위한 개발이 진행되고 있다. ACSES의 구조는 미국 전역에 설치될 PTC의 두 가지 형태 중 하나이다.

○ **CAS**

Alaska Railroad는 CAS (Collision Avoidance System)라는 통신기반 열차제어 시스템을 주 전체에 다년도에 걸쳐 순차적으로 설치하는 프로젝트를 진행하고 있다. 처음에는 2008년 말/2009년 초에 도입을 완료할 계획이었으나, 기술적인 문제로 연기되었다. CAS는 실시간으로 이동권한, 운행속도, 선로장비

에 대한 권한 등을 강제적으로 제한함으로써 안전성을 향상시키며, DTC (Direct Traffic Control) 및 기존 신호설비와 결합되어 운영된다. 현재까지 통신을 위한 인프라의 설계 및 설치가 완료되었고 새로운 열차 발차 시스템 개발이 완료되었다. 현재 차상장치의 설계 및 구현을 진행하고 있으며 초기 시험운행이 수행되고 있다.

○ **ETMS**

BNSF (Burlington Northern and Santa Fe) Railway社는 FRA(미연방철도청)로부터 35개의 BNSF 운행 구역에 대한 ETMS (Electronic Train Management System) ver.1의 상업 운행을 허가받았다. BNSF는 FRA와 함께 ETMS ver.2의 시험을 진행하고 있으며, ver.2는 화물열차와 승객열차가 고밀도로 함께 운행되는 Texas와 Oklahoma의 300mile(약 480km) 구간을 대상으로 한다. ETMS는 기존 시스템에 추가 설치되는 형태의 통신기반 시스템으로 ETMS 탑재 차량에 대하여 이동권한 및 제한속도를 강제 수용하도록 하고 근접한 선로시설물에 대한 경고를 해준다. ETMS 시스템은 기존 운행방식과 결합되어 사용되며, 이는 기존 신호설비의 신호 활용을 포함한다. ETMS 시스템은 미국 전역에 설치될 두 가지의 PTC 형태 중 또 다른 하나이다.

○ **CBTM**

CSXT社는 1998년, South Carolina주 Spartanburg부터 Georgia주 Augusta 사이의 DTC (Direct Traffic Control) 방식으로 운영되는 CSXT 노선에 CBTM (Communication Based train Management)라고 불리는 PTC 시스템의 설치를 계획하였다. 126.6mile(약 203km)의 전 구간에 CBTM 설치를 계획하였으나, 후에 기존의 CBTM 구조에서 ETMS 기반의 구조로 변경하는 것으로 계획을 수정하여 진행하고 있다.

○ **ITCS**

FRA와 Amtrak社, Michigan주가 협력하여 Amtrak社가 운영하는 Chicago와 Detroit 사이의 Michigan Line에 ITCS(Incremental Train Control System)의 도입을 진행하고 있다. 현재 Michigan주의 Niles와 Kalamazoo 사이의

60mile(약 95km) 구간에 설치가 되었으며, 기존 궤도회로를 대체하여 무선통신 방식으로 고속선의 철도건널목 경고 시스템 등에 활용되고 있다. ITCS는 차상장치와 건널목 간의 통신을 통해 고속선 철도건널목의 상태를 감시하는 HGCW (Highway-rail Grade Crossing Warning) 시스템을 포함한다. HGCW의 상태에 따라 열차의 운행속도를 설정하고 제한하는 기능을 한다. 2002년 1월부터 상업운행 노선에 적용되었으며, 현재 ITCS 적용구간의 최고 운행속도는 95mph(약 153km/h)이다. ITCS는 최고 운행속도를 110mph(약 177km/h)로 증속하기 위한 시스템 업그레이드를 완료하였고 이에 대한 검증을 마쳤다. 현재 추가 60mile에 대한 ITCS의 추가 설치가 고려되고 있는 상황이다.

○ **V-TMS**

UP(Union Pacific Railroad)社와 관련 계약업체들은 기존 V-TMS (Vital Train Management System)라는 PTC 시스템을 개발하고 있으며, V-TMS는 BNSF가 개발한 ETMS의 일종이나 기존 시스템에 추가설치 방식이 아닌 독립적 운영 형태라는 특징이 있다. V-TMS는 BNSF의 ETMS와 비슷한 기능을 제공하지만, ETMS와 다르게 운영 방식의 변화에도 대응할 수 있도록 설계되었다. 현재 UP社는 소프트웨어 개발을 진행하고 있으며, Wyoming의 Powder River Basin과 Washington주에 시험노선 설치를 추진하고 있다.

○ **OTC**

NS (Norfolk Southern Railway)社는 BNSF ETMS의 독립적 형태인 OTC (Optimized Train Control)라는 PTC 시스템을 개발하고 있다. OTC 시스템은 NS社의 CAD (Computer Aided Dispatch) 시스템에 PTC의 기능을 추가한 형태이다. Alaska Railroad社의 CAS, UP社의 V-TMS와 마찬가지로 운영 방식의 변화에도 대응할 수 있는 장점을 지닌다. South Carolina주에 120mile(약 193km)의 시험노선 구축을 진행하고 있으며 통신 인프라의 설치가 거의 완료된 상태이다.

○ **Train Sentinel**

OCRS (Ohio Central Railroad System)社는 Ohio주에 위치한 OCRS 노선 약

300mile(약 483km)에 Train Sentinel이라는 PTC 시스템을 구축하고 있다. Train Sentinel은 기존의 비신호, 수동운전방식에 추가 설치되어 안전성을 향상시키는 형태이다. OCRS社의 Train Sentinel은 PCRR (Panama Canal Railroad)가 개발하여 Panama의 Balboa와 Panama City 사이에 설치하였던 PTC 시스템을 개량하여 적용한 것이다. 2008년 말에 시험운행에 들어갔으나, 미국 내 적용에 기술적인 문제들이 발생하여 중단되었다가 2009년부터 다시 진행되고 있다.

○ **METRA ETMS**

Chicago METRA社는 ETMS 기술을 기반으로 하여 CAD (Computer Aided Dispatch)와 독립적인 형태의 PTC 시스템을 개발하고 있다. METRA는 Chicago 교외의 Joliet 및 Rock Island 지역에 약 60mile(약 96km) 노선에 설치하였다. 초기 목표는 CAD 시스템과 통합하지 않은 형태로 열차 속도제한 및 선로변 작업자 보호의 기능을 제공하는 것이고, 궁극적으로는 CAD 시스템과 통합하여 설치 및 기능제공을 하는 것이다. 2009년 1월부터 시험운행이 시작되었다.

○ **PATH CBTM**

PATH (Port Authority of New York and New Jersey) CBTM (Communication Based Train Management)의 시스템 설계가 현재 진행 중이다. PATH CBTM은 New jersey와 New York 사이의 지하노선인 trans-Hudson River Commuter Rail Line에 적용되어 PTC 기능을 제공할 예정이다.

○ **NAJPTC**

NAJPTC는 미국철도협회(Association of American Railroads), FRA, Illinois 주 교통국이 공동 설립하였으며, Illinois주의 고속(110mph, 약 177km/h) 승객 및 화물열차에 대해 상호운영성과 안전성을 위한 산업 규격을 개발하는 것을 목표로 하고 있다.

System Abbreviation	System Name	Manufacturer
CAS	Collision Avoidance System	Ansaldo
ITCS	Incremental Train Control System	GE Transportation, Global Signaling
ETMS	Electronic Train Management System	Wabtec Railway Electronics
CBTM	Communication Based Train Management	Wabtec Railway Electronics
OTC	Optimized Train Control	Wabtec Railway Electronics
TS	Train Sentinel	Quantum Engineering
V-TMS	Vital Train Management System	Wabtec Railway Electronics
CBTC	Communication Based Train Control	ALSTOM
NAJPTC	North American Joint Positive Train Control Project	Lockheed Martin

[그림 103]] PTC 시스템 제작사 목록

자) 유지보수 검측차량

국외의 경우 선로, 전차선, 신호, 통신 등 각종 철도 시설물의 유지보수 정보의 신속하고, 정확한 계측을 위해 고속종합검측차량을 개발하였으며, 대표적인 고속종합검측차로는 이탈리아의 Archimede, 프랑스의 IRIS 320, 일본의 EAST-i, 중국의 CRH380, 스위스의 EM250 등이 있다. 고속종합검측차는 250km/h ~ 400km/h의 속도로 각종 철도 시설물의 유지보수 정보를 수집하고 있으며, 차륜센서, GPS 등 기반으로 유지보수 지점의 위치정보를 파악하고 있는 실정이다.

① 이탈리아 Archimede

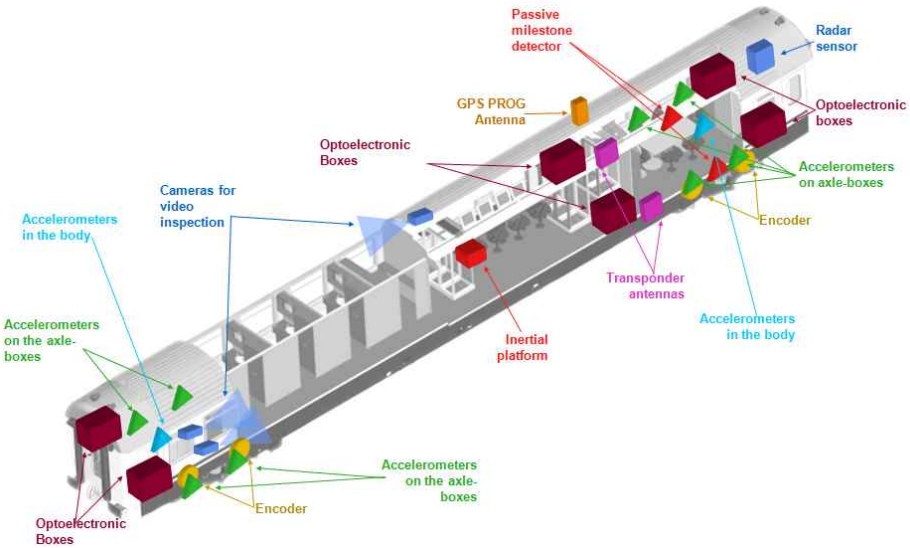
Archimede 검측차는 이탈리아 Mermec사가 제작한 고속종합검측차로 최고 250km/h의 속도로 철도 시설물의 유지보수정보 계측이 가능하다. 고속환경에서 정확한 유지보수 위치성능을 확보하기 위해 Archimede는 차륜센서 외에도 유럽연합의 보강항법시스템인 EGNOS를 이용한 DGPS 시스템, 도플러 레이더센서, 트랜스폰더(RFID), 마일스톤 디텍터(KP인식장치)를 융합하여 위치검지시스템을 적용 중에 있다.



[그림 104] Archimede 고속종합검측차



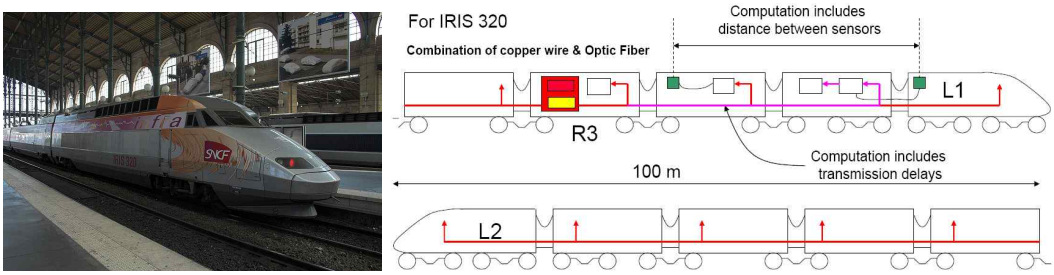
[그림 105] Archimede 위치검지시스템 적용 센서



[그림 106] Archimede 위치검지시스템 적용 사례

② 프랑스 IRIS S320

IRIS 320은 프랑스 SNCF에서 개발된 최고속도 320km/h급의 고속종합검측차로 차량, 궤도, 전차선, 신호, 통신 등 선로 시설물의 이상을 탐지한다. IRIS 320은 150개의 센서, 12대의 워크스테이션, 18개의 안테나, 차상데이터의 전송 및 GIS 기술과 연계한 데이터프로세싱으로 열차 및 시설물 위치 추적을 주요 특징으로 하고 있다.



[그림 107] 프랑스 IRIS 320 외형 및 편성 조합

IRIS 320에서는 선로 시설물 유지보수 지점의 정확한 확인을 위해 1회전당 5000펄스의 고성능 차륜센서를 위치검지 기본센서로 적용하고 차륜센서 누적 오차 보상을 위한 기준 위치확보를 위해 GPS, 마그네틱 발리스, 선로DB를 복합적으로 적용하고 있다. 또한 IRIS 320에서는 유지보수 위치성능의 안전성 확보를 위해 다중계 구조의 위치검지시스템을 적용하고 있다.

IRIS 320을 통해 확보되는 유지보수 지점의 정보목록은 아래와 같다.

- Track line, Track way, kilometre, clock, distance covered, time covered, GPS information,

③ 일본 EAST-i

EAST-i는 신칸센 E3계를 기반으로 최고속도 275km/h로 신칸센의 궤도선형, 전력, 신호, 통신 시설물의 이상을 점검하는 일본의 고속종합검측차이다. EAST-i는 총 6량의 검측차로 각 호차별로 별도의 선로 시설물 검측장치를 탑재하고 있다.



[그림 108] EAST-i

고속종합검측차

- 각 호차별 검측장치 탑재현황

・ATC 측정장치(1호차)

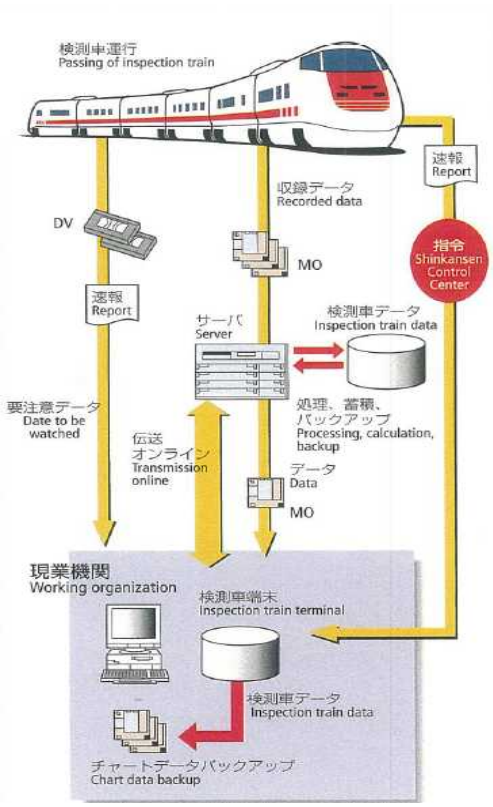
・윤중 및 횡압, 축상 가속도 측정(2호차)

・레일틀림, 레일상태 모니터링, 윤중 및 횡압 처리장치, 영상저장장치(3호차)

・전력, 마모, 높이, 수평방향 변위, 집전장치 모니터링(4호차)

・전력측정데이터 분석, 데이터 송수신(5호차)

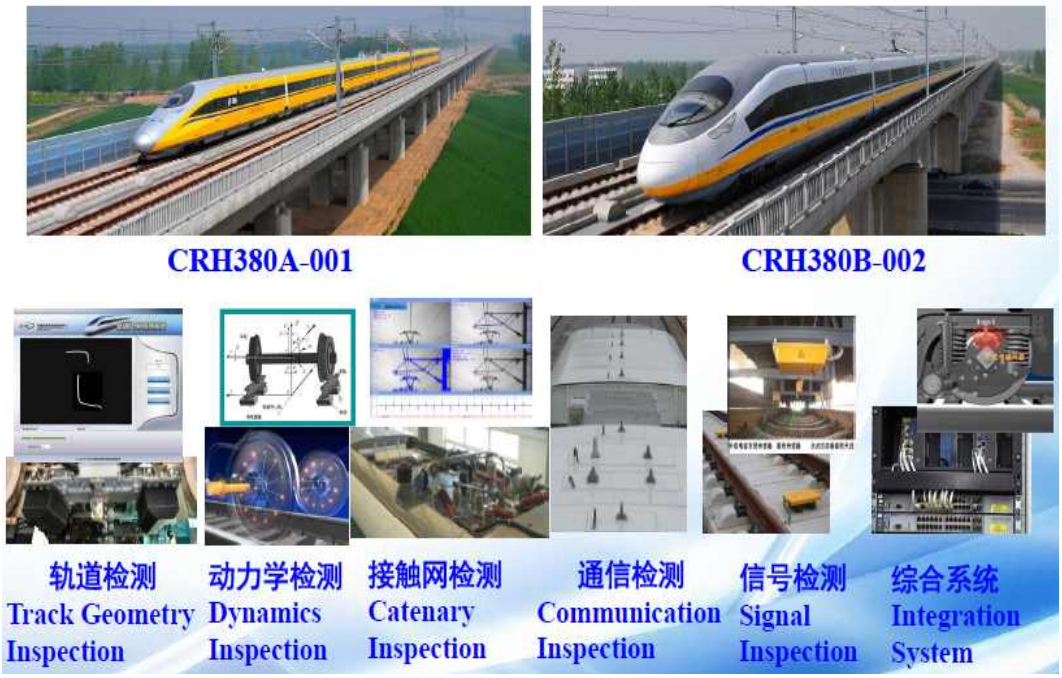
・주행이미지 데이터 저장, 신호측정 장비(6호차)



[그림 109] 일본 East-i 데이터처리 프로세스

④ 중국 CRH380A-001/CRH380B-002

최근 고속철도 건설 및 운영이 활발하게 추진되고 있는 중국에서는 자체개발한 최고운영속도 380km/h(설계속도 400km/h)급의 CRH380A 및 CRH380B 고속열차를 기반으로 고속종합검측차 CRH380A-001과 CRH380B-002를 개발하여 시험운영 중에 있다. 중국의 고속종합검측차 CRH380A-001과 CRH380B-002는 궤도, 전차선, 신호, 통신 등 각종 선로 시설물의 이상유무를 점검하는 검측장치를 탑재하고 있으며, 검측위치의 정확성 확보를 위해 차륜센서(Encoder)와 DGPS 시스템, RFID 기술을 적용하였다. 중국 CRH380A-001과 CRH380B-002의 위치검지 정확성은 400km/h 초고속 환경에서 2m 수준으로 확인되고 있다.



[그림 110] CRH380A-001, CRH380B-002 고속종합검측차



[그림 111] CRH380 위치검지시스템



[그림 112] CRH380 위치검지 성능(반복시험 정확성)

⑤ 오스트리아 EM250

EM250은 오스트리아의 고속선로검측차량으로 2개의 관성측정 시스템, 레이저 게이지 검측 시스템, 레이저 프로파일 측정시스템을 탑재하여 최대속도 250 km/h로 주행하면서 검측이 가능한 선로검측차량이다. EM250은 매 25 cm 간격으로 트랙형상 검측하고, 매 10 m 간격으로 레일형상 검측을 통해 마모 측정을 수행하며, Differential GPS를 이용하여 0.5 m 간격으로 열차위치의 추적이 가능한 특징이 있다.



[그림 113] EM 250 검측차

⑥ 유지보수검측차 성능비교

[표 14] 국외 고속유지보수검측차 위치검지기술 비교

검측차명	Archimede	IRIS320	CRH380A-1 CRH380B-1	EM250	EAST-i
제작국가	이태리 (MerMec)	프랑스 (SNCF)	중국 (중국철도부)	오스트리아 (Plasser)	일본 (도쿄차량제조)
검측최고속도	250km/h	320km/h	400km/h	250km/h	275km/h
위치검지기술	차륜센서 도플러레이더 RFID 레이저센서	차륜센서 DGPS RFID	차륜센서 DGPS RFID	차륜센서 DGPS	-
위치검지 성능	-	2m	2m	0.5m (DGPS보정)	-
검측정보	종합	종합	종합	선로	종합
기타	위치분해능 : 0.25m	위치분해능 : 0.25m 전송지연 : 3ms		위치분해능 : 0.25m	

4) 선로DB 구축기술 현황

가) 국내 GIS 구축기술 현황

① 수치지도 구축 현황

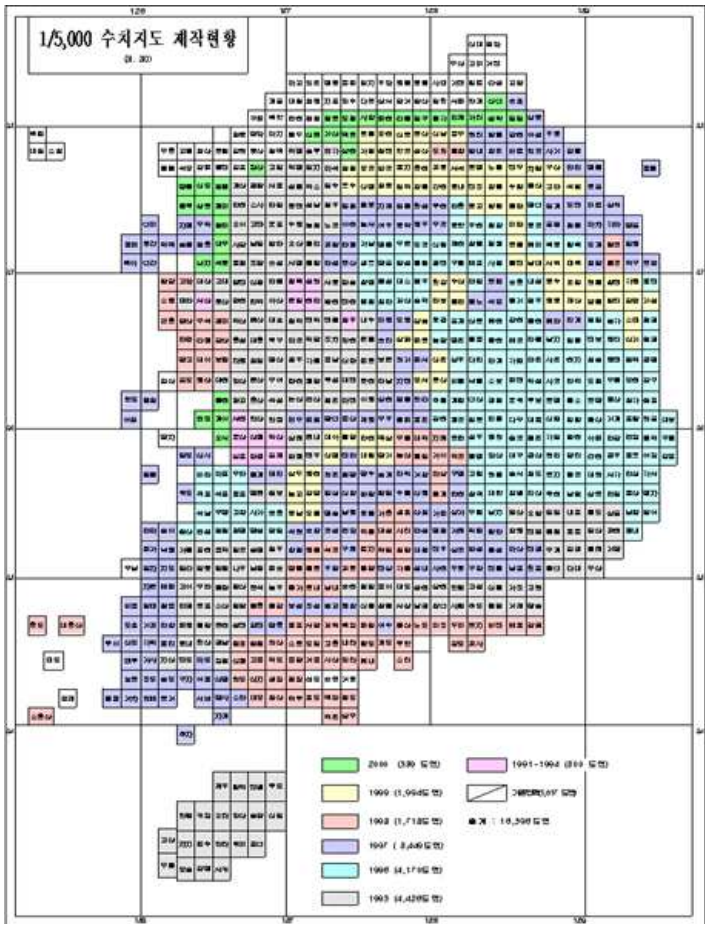
국토지리정보원은 '90년대 중반부터「국가기본지리정보 계획(NGIS기본계획)」에 의거 도형정보 만이 포함된 수치지도1.0 제작 사업을 본격적으로 착수하였다. 2000년부터 시작되는「국가기본지리정보 계획(NGIS기본계획) 2단계」사업에서는 1/1,000, 1/5,000, 1/25,000 축척의 수치지도2.0를 제작 완료하였으며, 이는 도형 및 속성정보가 포함되어 있어 GIS의 기본 데이터로 사용가능하게 되었다. 이러한 수치지도 2.0은 가스, 통신, 전력, 상·하수도, 송유관, 지역난방 등 시설물을 효율적으로 관리하기 위한 기본자료로 사용되었다.

[표 15] 연도별 수치지형도 제작 및 수정 현황 (단위: 도엽)

구 분	1:1,000		1:5,000		1:25,000	
제작	수정	제작	수정	제작	수정	
계	15,374	11,139	16,606	18,774	786	767
2000 이전	9,714	2,105	16,444	-	754	-
2001	325	775	43	582	32	-
2002	1,269	1,465	-	1,202	-	-
2003	816	1,192	-	3,125	-	136
2004	992	714	-	3,768	-	190
2005	1,083	1,033	119	3,156	-	142
2006	876	1,606		3,805		164
2007	299	2,249		3,136		135
자료: 국토해양부 국토지리정보원 공간영상과, 지리정보과(2008)						

이외에도 국토이용계획도, 지형·지번도, 토지이용현황도, 도시계획도, 행정구역도, 도로망도 등 6개 주제도 제작 사업을 추진하고 있다. 표 16은 수치지도의 년도별, 축척별 제작 전체적인 현황을 나타낸 것이다. 1/1,000 수치지도는 2008년 현재 전국 84개시 지자체 중 자체시행 14개시를 포함한 70개시에 대하여 제작되었다. 1995년부터 2008년까지 27,122 도엽이 제작되었으

며 이중 15,374도엽이 신규로 제작되었으며, 11,139도엽이 수정 갱신되었다. 1/5,000 수치지도는 '98 제5차 NGIS 총괄분과위원회 및 민간자문위원회에서 1/5,000 수치지도를 전국 확대 시행하는 것을 계기로 '98년도에는 국고 804백만원을 투자하여 서해도서 및 강원일부지역에 대하여 328도엽을 제작하고, 국제통화기금(IMF) 자금유통 경색으로 인한 구조조정과정에서 발생되는 실업인력 재취업을 위한 정보화 근로사업으로 국고 50억을 투자 남해 도서지역과 전남 산악지역 1,348도엽의 수치지도 제작으로 전체목표 16,200도엽 중 15,515도엽을 추진 84.3%의 수치지도를 제작하였다. 2001년부터는 수정·갱신작업을 추진하였고 2008년 현재 전국을 대상으로 16,606도엽이 제작되었으며, 18,774도엽이 수정되었다.

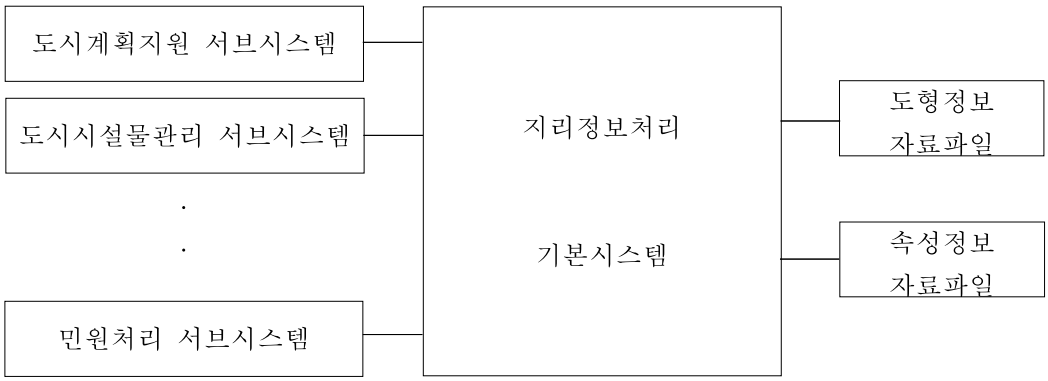


[그림 114] 1/5,000 수치지도 제작현황

② 도시정보시스템(UIS)

도시정보시스템은 지리정보시스템의 한 응용분야로서 응용대상이 도시지역이라는 점과 응용목적이 도시계획, 도시관리 및 도시정비 업무의 효율적인 수행이라는 점에서 지리정보시스템의 다른 응용분야와 구별된다.

도시정보시스템을 구성하는 요소를 보면 우선 도시지역에 관한 도형정보와 속성정보에 관한 자료파일과 이러한 자료파일을 처리하여 공간에 관한 분석을 실시하고 그 결과를 표시라 수 있는 지리정보처리 기본시스템, 그리고 매크로 언어 등을 사용하여 개발한 각종 응용프로그램을 구성된다.



[그림 115] 도시정보시스템의 구조

국내에서 추진되어 온 도시정보시스템은 1980년대 후반부터 시작되었으나 본격적인 구축은 1990년대에 들어서 활발하게 시도 되었다. 우리나라의 도시정보시스템 구축의 특징은 대부분 실무부서의 업무전산화 필요성에서 출발하여 점차 시스템을 확장해가는 상향식방법을 위주로 추진되어 왔다는 점이다. 예를 들면, 도로의 잦은 굴착을 방지하고 도로시설물에 대한 점용료 부가 등 도로를 효율적으로 관리할 목적으로 도로시설물에 대한 전산화를 추진하거나, 도로관리시스템을 중심으로 도로주변의 지하시설물에 대한 관리시스템을 구축한다든지, 도로확장 및 신규개설 시 지하시설물 탐사비 등 공사예산을 절감하고 굴착공사 시 지하시설물의 손상을 방지하기 위하여 전산화를 추진한 예 등이 있다. 지방자치 단체와는 별도로 한국전력공사와 한국통신 등 공공기관에서는 각각 전력시설과 통신시설의 효율적 관리를 위하여 1980년대 후반부터 독자적으로 정보시스템 구축을 추진해 오고 있다.

국내의 도시정보시스템은 대부분 벡터(Vector) 데이터를 위주로 구축되는 특징을 보이고 있다. 일반적으로 계획단계에서 도시정보시스템을 활용할 경우 인공위성 데이터 등 래스터(Raster) 데이터를 이용하여 다양한 분석이 가능한 시스템을 구축하게 되나 도시시설물 관리시스템의 경우 대축척지도를 사용해야 하고 시설물의 유지·보수를 위한 정확한 위치데이터를 필요로 하기 때문에 벡터데이터를 위주로 구축되고 있다.

지금까지 도시정보시스템의 구축이 주로 대도시를 위주로 하여 이루어진 큰 이유 중의 하나는 대축척 수치지도의 작성에 따르는 막대한 비용 때문이다. 그러나 국가 GIS추진계획에 의한 수치기본도가 국가에서 제공으로 중·소도시의 도시정보시스템 개발을 활성화시키는 계기가 되고 있다.

③ 교통지리정보시스템(TGIS)

교통지리정보시스템(TGIS : Traffic Geographic Information System)은 지리정보시스템의 서브시스템으로써 도로교통법 상에 규정된 신호기, 노면표시, 도로표지와 중앙분리대, 방호책, 도로 반사경, 기타 시설물과 같이 지상에 설치된 교통안전시설물을 관리한다.

○ ITS 전자도로지도 중앙 DB 연구(국토연구원)

전자도로지도 중앙 DB는 ITS 센터들이 각자 필요로 하는 데이터를 중심으로 전자도로 지도를 구축하여 사용할 때 활용할 수 있는 일종의 기본도로서, 서브체계를 필요로 하는 각종 도형·비도형자료 중에서 실시간 교통자료와 개별 서브체계 고유자료, 기타 일괄적 공급에 따른 효용성이 낮은 자료들을 제외한 도로 및 도로주변 환경자료와 교통관련 자료를 포함하고 있다.

ITS 전자도로지도 중앙 DB의 내용 중 도로와 관련된 항목을 살펴보면 표 17과 같이 도로객체를 도로링크, 도로노드, 도로교차점, 도로구조물, 도로시설물의 5개로 분류학 이에 대한 세부 소성은 27개로 나타낼 수 있다.

[표 16] ITS 전자도로지도 중앙 DB 내용

객체		속성
객체목록	객체	
공통		공식명칭
도로	도로링크	도로명, 도선번호, 기능상 도로등급, 행정상 도로등급, 차로수, 차로폭, 중앙분리대, 일방통행여부, 가변차로여부, 유료도로여부, HOV 전용차로, U-turn여부, 공사상태, 최고속도제한, 차종별 통행제한, 차중량제한, 차높이제한, 첨두시간 교통량, 하루평균 교통량, 도로용량
	도로노드	노드종류
	도로교차점	교차점명
	도로구조물	도로구조물
	도로시설물	신호등 위치 횡단보도 위치 검지기 위치 VMS 위치

○ 전국교통 DB 구축사업(교통개발연구원)

서울, 인천을 제외한 5개 광역시(부산, 대구, 광주, 대전, 울산)의 여객 및 화물의 통행실태를 분석하여 일관성 있고 종합적인 교통 DB를 구축함으로써 교통문제의 완화를 위한 적절한 교통정책을 수립하는 것으로써 교통 DB의 구축 대상 중 도로와 직접적인 관련이 있는 항목은 교통시설물, 대중교통시설물, 신호체계, 주차장/환승주차장이 있다.

전국 교통 DB에서는 교통문제를 완화하고 교통정책을 수립하기 위한 목적으로 교통 DB의 항목이 도출되어 있음을 알 수 있다. 도로종류별 도시정보 기반구축을 위한 DB 항목으로 표 18의 교통 DB에서 다루고 있는 시설물 DB에 대해 고려해야 한다.

[표 17] 교통 DB 구축대상

대분류	중분류	주요 항목	DB구분
시설물 DB	교통시설물	도로망의 교통시설물 위치 및 규모, 도로시설 등	수치지도/교통망DB
	대중교통시설물	대중교통노선, 정류장, 터미널, 역 등의 위치 및 규모, 대중교통사업체 현황	수치지도/교통망DB
	신호체계	신호등의 위치, 현시, 신호시간 등	수치지도/교통망DB
	주차장/환승주차장	주차장 종류별 위치, 규모 등	수치지도/교통망DB

○ 도로망 수치지도 제작(국토연구원)

도로망 수치지도는 국토연구원에서 '98년도 정화근로사업의 일환으로 전국 차원의 도로망도 제작을 위한 시범사업으로 추진되었으며 1/5,000 축척과 1/25,000 축척으로 제작되고 잇다. 도로망도는 기본도형정보와 속성정보로 구성되어 있으며 도로의 체계적인 관리, 교통량 및 교통관련 체계 개발을 기초 자료로 활용될 수 있다.

도로망도의 기본적인 도형자료는 도로형상, 도로중심선, 도로노드, 주요시설물 등이다. 속성정보에는 도로명, 도로번호, 차선수, 도로폭, 도로등급, 개통상태, 도로포장재질, 시설물의 종류 및 시설물명 등이 포함된다.

도로망도는 도로사업관리, 도로점용관리, 도로굴착복구 등을 위한 것이 목적이 아니라 도로정보 중 도형자료를 중심으로 이를 사용자가 쉽게 식별하고 이해할 수 있도록 하는 것이 목적으로 도로와 관련된 기본적인 속성자료를 담고 있다. 표 19의 도로망 데이터베이스에서 도로중심선에 대해 대부분의 속성항목이 취급되고 있으며 특히, 도로 폭과 등급에 따라 속성값을 부여하고 있음을 알 수 있다.

[표 18] 데이터베이스 입력내용

구분		내 용	비고
도형 자료	도로형상	· 수치지형도에서 실폭으로 처리된 경우 수치지형도의 도로 경계선을 이용하고, 실폭으로 표현되지 않은 도로는 도로폭 구분기준에 준하여 경계선을 입력 · 도로경계선이 부분적으로 변하더라도 도로경계선은 일정하게 유지시키고, 차선변경 시 이를 적용 · 인도선, 도로분리대선은 모두 다각형으로 입력	
	도로중심선	· 실제도로 중앙선을 기준으로 입력하고, 중앙선이 없는 경우 실폭도로의 중앙을 기준으로 입력 · 실폭으로 표현되지 않은 도로는 수치지형도의 도로선을 중심선으로 입력 · 도로요소가 변해도 도로중심선은 계속 연결하여 입력 · 고가도로와 지상도로의 중심선이 일치할 경우, 고가도로에 대한 중심선은 주도로의 왼쪽 또는 위쪽으로 도상 1mm떨어진 곳에 입력 · 지하차도에 대한 도로중심선은 주도로의 오른쪽 또는 아래쪽으로 도상 1mm 떨어진 곳에 입력 · 도로 중심선 번호는 한 도엽내에 고유하게 부여	
	도로노드	· 도로가 교차하는 지점, 도로의 속성이 변하는 지점, 도로 시종점, 도로중심선이 도곽과 만나는 지점 및 두 중심선이 같은 노드를 공유하는 겨우 노드를 입력 ·노드번호는 한 도엽 내에서 고유하게 부여	
	주요시설물	· 수치지형도상에 기호 처리된 경우 그 중심선을 면처리된 경우 그 외곽선을 입력	

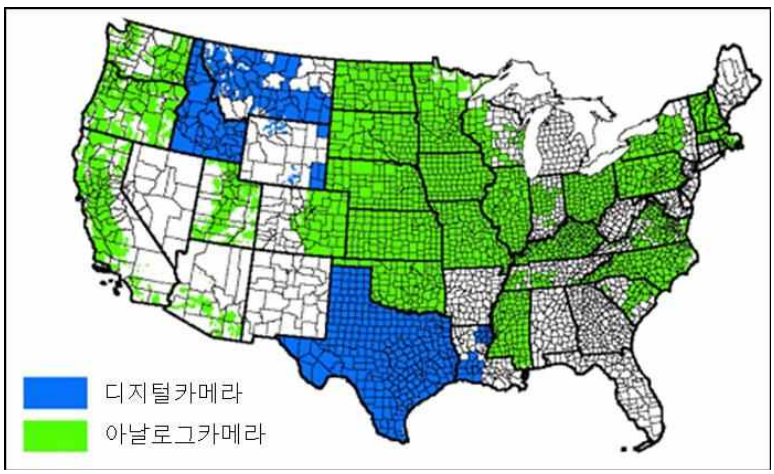
나) 국외 GIS 구축기술 현황

① 미국

미국은 도시계획, 교통, 농작물관리, 수자원관리 등을 위한 지도제작과 모니터링을 주목적으로 디지털카메라를 도입하여 활용하고 있다. 2002년에는 플로리다 주 교통국에서 DMC 디지털카메라를 이용하여 공항 주변지역의 3차원 지도제작을 수행하였고, 2003년과 2004년에는 농작물관리지도제작과 습지해안의 모니터링을 목적으로 ADS40 디지털카메라를 이용하여 항공촬영

을 수행하였다. 이외에도 알래스카 앵커리지 지역에 대한 지형도제작을 목적으로 DMC 카메라를 이용하여 공간해상도 5㎝의 항공영상을 촬영하였다. [그림 118]은 2004년까지 미국 전 지역에 대해서 디지털카메라를 이용하여 항공영상을 촬영한 현황을 지역별로 나타낸 것이다.

현재 미국에서 디지털카메라는 연방철도국(Federal Railroad Administration: FRA), 연방도로국(Federal Highway Administratrion: FHA), 연방항공국(Federal Aviation Administration), 농무부(Department of Agriculture), 환경관리국(Environmental Protection Agency) 등 여러 기관에서 다양한 목적으로 활발하게 이용되고 있다.



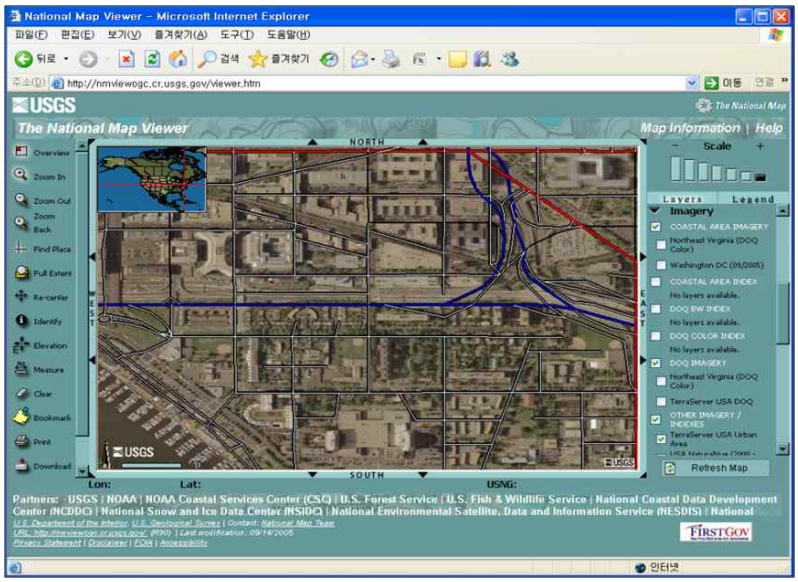
[그림 116] 미국의 디지털카메라 항공촬영 현황(2004년)



[그림 117] 네브래스카 주의 농경지도제작용 촬영 영상

또한, USGS의 National Map은 기존의 Federal Geographic Data Committee(FGDC, 연방지리정보위원회)에서 추구하던 클리어링하우스를 이

용한 데이터의 유통 개념에서 벗어난 국가 기본지형도로서 기본 지리정보 데이터베이스 역할을 하고 있으며 목적은 국가적인 요구에 부응하는 현재 지형공간 정보를 통합하고 신뢰성 및 연속성을 확보하는 데 있다. National Map은 수치표고자료, 고해상도 수치정사영상 Layer에 의한 자료의 연속성을 부여하고 있으며, 자료의 해상도는 지역적인 특성과 자료의 활용도에 따라 다양하게 제공하고 다양한 공간자료 주제(재해, 기상, 환경, 해안위험평가)의 통합 DB를 제공한다.

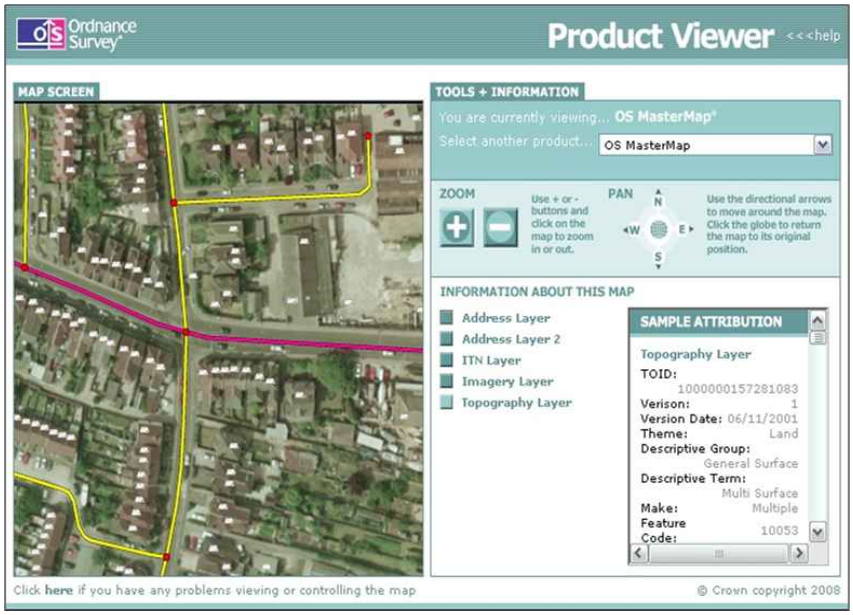


[그림 118] USGS National Map

② 영국

영국의 OS Master Map은 전자상거래나 이동기술시장을 대비하여 실제 세계를 반영하는 2D기반의 연속적인 데이터베이스이며 벡터 및 래스터 데이터의 통합지도를 제공하고 수치지도, 수치정사영상, 물류서비스, 주소체계를 Layer별로 제공하고 있다. OS에 의하면 미래 지리정보라고 표현하는 Master Map이 향후 영국의 지리정보를 관리하고 사용하는 방식의 일대 혁신을 가져다주는 원동력이 될 것이라 제시 하고 있다. Mater Map은 OS가 그동안 구축하고 지속적으로 갱신해오고 있는 Digital Nation Framework(DNF)를 보다 발전시킨 것으로 온라인 서비스로 영국 지리 데이

터 셋을 제공하며 수치지도데이터에 지능을 추가하여 지능형 수치지도데이터로 만들 것이다.



[그림 119] OS Master Map

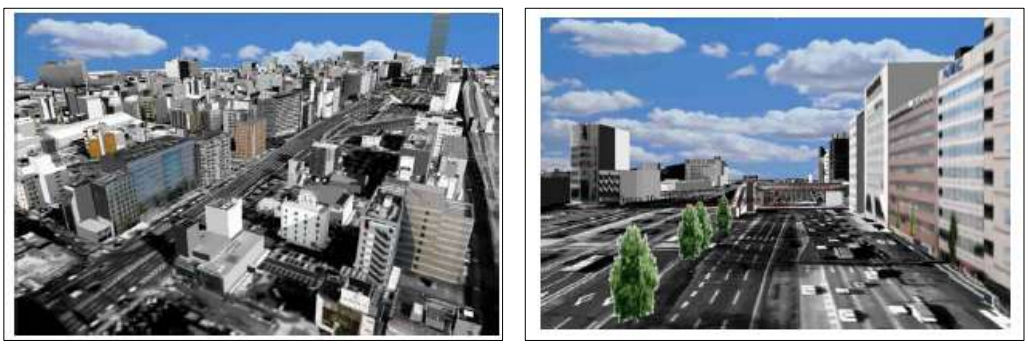
또한 OS Master Map은 정확성이 높고 최신의 정보에 의해 구축된 framework 데이터를 유지하고 관리 및 서비스를 하기 위한 지리정보 및 지도 시스템으로 실세계를 반영하는 연속적인 데이터베이스를 구축하고 있다. 유일 식별자인 Topographic Identifiers (TOID)를 이용하여 다양하게 데이터를 활용 가능케 하고 모든 feature는 16자리의 고유한 값을 가지는 TOID가 부여되며, 이를 기반으로 데이터의 편집 (수정, 갱신 및 삭제)에 대한 상세정보가 제공된다.

데이터는 단순한 구조를 기반으로 하고 있으며, 사용자가 필요한 데이터에만 접근이 가능하도록 하고 있다. OS Master Map에 사용되는 기준 좌표계는 영국의 National Grid 단일 좌표계이며, Topography (지형), Integrated Transport Network (ITN; 통합 교통망), Address (주소), Imagery (영상)의 총 4개의 기본 레이어로 구성되어 있다. 이런 지도 데이터와 서비스 시스템을 이용하여 사용자는 중첩 분석 등과 같은 다양한 공간연산을 통하여 의사결정에 활용한다.

③ 일본

일본은 GIS를 IT로 정의하면서부터 GIS 관련시장이 활발하게 발전하기 시작하였으나, GIS 자료수집 및 지도제작과 같은 공간정보구축을 수치화하는데 소요되는 막대한 비용과 비효율성의 문제가 한계로 작용하고 있었다. 특히 신속하고 정확한 정보에 대한 수요가 증가하면서 지리정보의 갱신주기가 빨라짐에 따라 고비용·저효율성이라는 문제는 가장 시급하게 해결해야 할 문제로 대두되기 시작하였다. 이러한 와중에 CCD의 공간해상도 향상에 따른 디지털카메라의 급속한 발달과 GPS/INS 기술의 발전을 계기로 일본의 디지털카메라를 이용한 항공사진측량기술은 빠르게 발전하기 시작하였다.

현재 일본은 전자국토를 구축하는데 활용할 목적으로 다양한 디지털카메라를 도입하여 시험연구와 시범사업을 진행하고 있다. 2001년 ADS40 카메라를 도입하여 도쿄지역에 대한 20㎝ 공간해상도의 항공영상을 촬영한 것을 시작으로, 2002년에는 TLS 카메라를 이용한 3차원 모델링 시험연구를 요코하마시를 대상으로 진행하였고, 2004년에는 DMC 카메라를 이용하여 도시지형의 칼라정사영상 제작을 간략화하기 위한 시험연구를 진행하였다. 또한 같은 해인 2004년에는 UltraCamD 카메라를 이용하여 도쿄 신주쿠지역에 대해 8㎝ 공간해상도 영상을 촬영하고 항공삼각측량(AT; Aerotriangulation)의 정확도를 검증하였다.



[그림 120] TLS 디지털카메라 시스템과 지상영상을 이용한 요코하마시의 3차원 모델링

일본에서의 국가적 GIS 사업은 1995년 고베지진을 계기로 GIS의 도입과

활용이 정부차원에서 논의되었으며, 이후 설립된 “GIS 관계성청 연락회의”를 중심으로 사업이 추진되어오고 있는 중이다. 이중 간사기관으로서 핵심적인 역할을 하는 국토지리원에서 “국토 공간데이터 기반 표준 및 정비계획”에 따라 우리의 기본 지리정보와 같은 개념으로서 “공간 데이터 기반(Framework Data)”을 구축하고 있으며, 그 내용은 다음과 같다. 특이한 것은 축척 1/2,500과 1/25,000의 두종류를 작성한다는 것이다.

○ 수치지도 2,500(공간데이터 기반)

이 수치지도는 축척 1/2,500(일반적으로 도시계획지도 임)의 지도에 표시되어 있다. 행정구역, 해안선, 도로중심선, 철도, 내수면, 건물, 기준점 등의 항목을 디지털화한 것으로 지리정보시스템(GIS)의 이용에 있어서 필요한 데이터들도 지도보다 더 GIS에 적합한 데이터 형태를 취하고 있다.

수치지도 2500(공간데이터 기반)은 근래 각 분야에서 이용하고 있는 지리정보시스템(GIS)을 구축할 때에 필요한 가장 기본적인 디지털 도형 데이터이다.

수치지도 2500은 기본적으로 1/2,500 지도와 동등한 공간해상도를 갖고 있지만 일부지역에서는 1/10,000이나 1/25,000의 기본도를 원시자료로 사용하였다. 데이터의 형태는 원칙으로는 위상 구조화된 벡터데이터이다. 따라서 도로의 네트워크 해석이나 주소와 위치 좌표와의 대응 등이 가능하다.

[표 19] 일본의 수치지도 2500(기본지리정보 데이터)

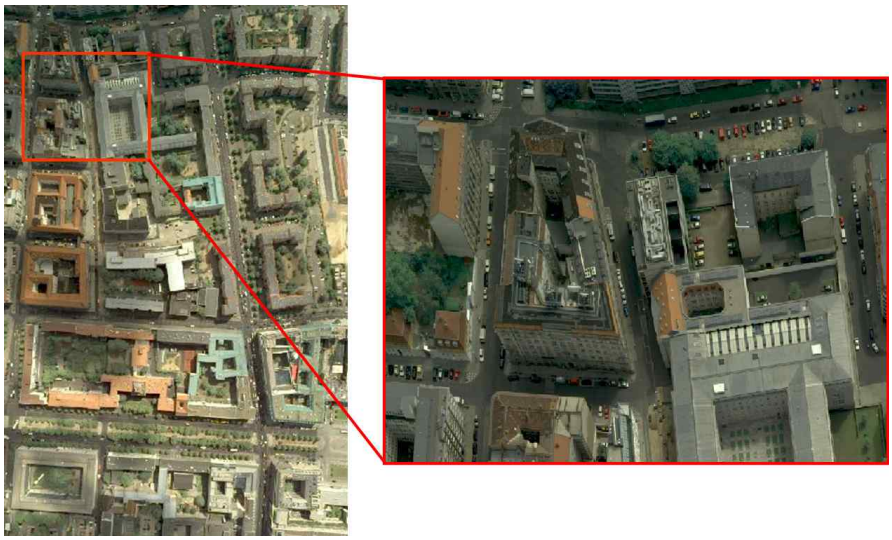
항 목	구 조	속 성
행정구역·해안선	벡터선 정보로 다각형을 구성, 점 정보	행정 코드, 명칭
가구	벡터선 정보로 다각형을 구성, 점 정보	가구 부호
도로중심선(네트워크)	벡터선 정보로 도로 네트워크를 구성	주요한 것만 명칭
도로중심선, 도로경계차도/보도경계	중심선은 벡터선 정보로 네트워크화 , 그 밖은 벡터선 정보	노선명
하천중심선, 하천경계	중심선은 벡터선 정보, 하천구역은 다각형	하천명
철도, 역	벡터선 정보, 역은 점 정보	명칭
내수면, 공원 등의 양지	켁터선 정보로 다각형을 구성	명칭
건물	라스터 영상, 공공 건물은 다각형	공공 건물에 관해서는 종류별 명칭
측지기준점	점 정보	명칭

○ 수치지도 25000(공간데이터 기반)

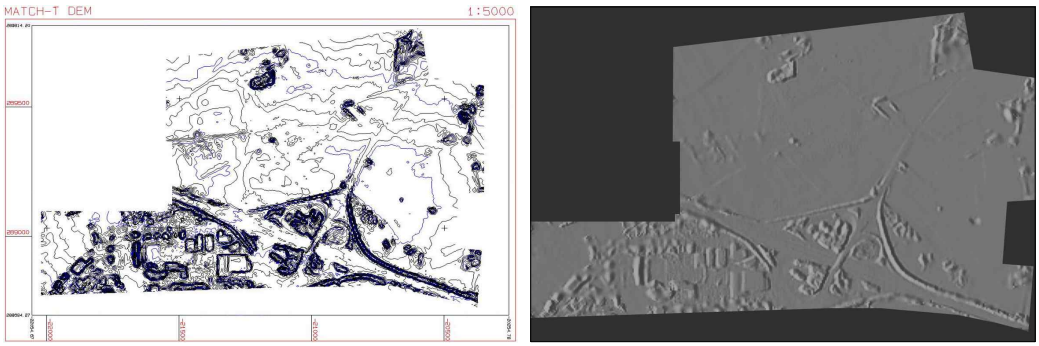
수치지도 25000은 1/25,000 기본도에 상당한 정밀도를 갖고 있으며, 도로중심선, 철도중심선, 하천중심선, 수애선, 해안선, 행정계, 기준 점, 지명, 공공시설, 표고의 10항목의 데이터로 구성되었다. 이러한 데이터는 지리정보시스템(GIS)에서의 이용을 전제로 하여 작성한 데이터로 되어 있다.

④ 독일

독일은 2003년 10월 TerraDigital사에서 처음으로 ADS40 디지털카메라를 도입한 이후, 2004년에는 ILV M-Wagner사가 DMC 카메라를 도입하였고, 같은 해에 IF MS Eichstädt사와 GeoTech사가 UltraCamD 카메라를 도입하여 활용하고 있다.



[그림 121] 독일 베를린 지역을 촬영한 칼라영상



[그림 122] UltraCamD 카메라를 이용하여 제작한 Salzburg Anif 지역의 수치지형도(왼쪽)와 수치표고모델(오른쪽)

⑤ 중국

중국은 2003년 10월 사진측량과 원격탐사, 영상처리 등의 사업을 수행하는 베이징 XTD(Xing Tian Di)사에서 DMC 디지털카메라를 처음으로 도입하였으며, 이후 2004년에는 Tianjing Jinyu사에서 DMC 디지털카메라를 추가적으로 도입하여 수치지형도 및 정사영상 등을 제작하는데 활용하고 있다.

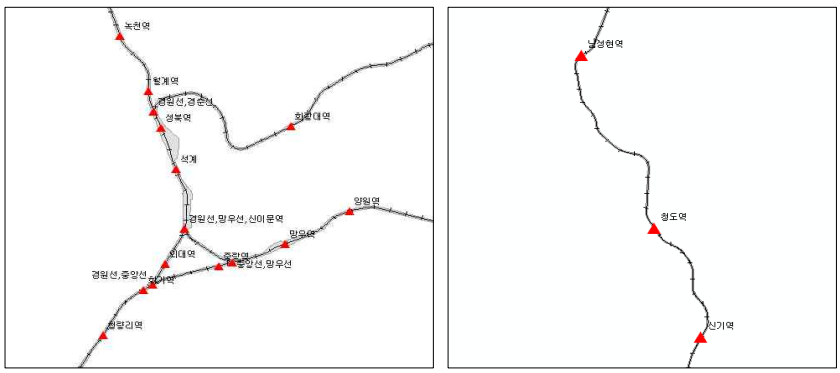
[표 20] XTD사가 DMC 디지털카메라를 도입하여 수행한 주요사업 현황

대상지역	촬영축척	대상면적	지도축척	판매된 영상의 종류
Nanjing	1/12,000 1/25,000	1,800㎢	1/2000	True color/Infrared color
Zhenjiang	1/6,000	2,600㎢	1/1,000	True color/Infrared color
Jurong	1/12,000	1,200㎢	1/2,000	True color/Infrared color
Wujin	1/6,000	400㎢	1/1,000	True color/Infrared color
Taizhou	1/6,000	450㎢	1/1,000	True color/Infrared color
Dongtai	1/6,000	97㎢	1/1,000	True color/Infrared color
Wuxi	1/6,000	1,320㎢	1/1,000	True color/Infrared color
Jingjiang	1/6,000	670㎢	1/1,000	True color/Infrared color
Suzhou	1/12,000	1,770㎢	1/2,000	True color/Infrared color

다) 철도교통 DB 현황

① 수치지도내 철도교통 DB현황

국가기본 지리정보의 기본자료인 수치지도 상에서의 철도공간정보는 단위철도, 철도교차점, 단위철도면 등으로 구축되어 있으며, 단위철도는 철도의 통행을 위해 만들어진 지표면의 선형성분으로 도로네트워크를 구성하는 가장 작은 기본단위이며 철도교차점은 단위철도를 연결하는 물리적인 객체이고, 단위철도면은 철도법에서 정한 철도부지와 퇴거시키거나 하와 시킬 수 있는 지역으로 정의되어 구축 되었다.

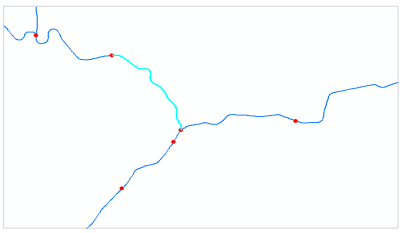


[그림 123] 교통(철도)분야 수치지도 (예)

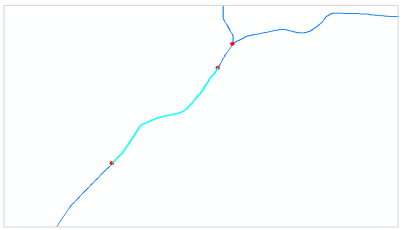
○단위철도

단위철도란 철도의 연결성을 표현하여 철도 위 철도의 흐름을 표현하는 클

래스이며 철도교차점에서 시작하여 철도교차점에서 끝난다. 단위철도는 철도단위면의 철도교차점과 철도교차점 사이의 철도중심선으로 표현되는데 일반적으로 철도경계의 이등분점을 연결한 것이다.



Field	Value
FID	48
Shape	Polyline
s_time	
e_time	
UFID	1000036805057A01510000000000000011
setof_UGID	826
name	문경선
kind	보통철도
high	지상
scale	5000
revision	7



Field	Value
FID	47
Shape	Polyline
s_time	
e_time	
UFID	1000036805079A01510000000000000011
setof_UGID	827
name	경북선
kind	보통철도
high	지상
scale	5000
revision	7

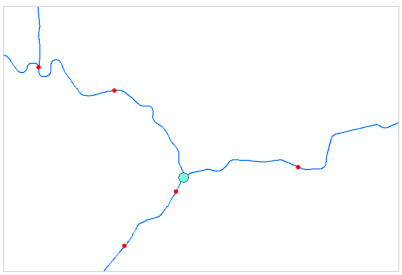
[그림 124] 단위철도의 공간 및 비공간 데이터

[표 21] 단위철도의 비공간데이터 항목

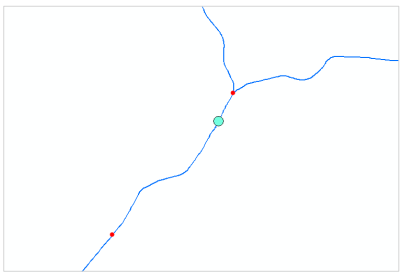
Feature Type	속성				관계정의
	속성	데이터타입	자료값	설명	
단위철도	철도명	문자열		해당 철도 이름	철도교차점 단위철도면
	철도종류	철도종류코드	000:미분류 001:보통철도 002:고속철도 003:지하철 003:특수철도 999:기타	해당 철도의 종류	
	축척	문자열		해당 철도의 축척	
	UFID	문자열		유일식별자	
	REVISION		001:준공도면 002:설계도면 003:DGPS측량 004:VRS측량 005:RTK측량 006:T/S측량 007:수치지형도	단위철도에 해당하는 갱신방법을 기술함	

○ 철도교차점

철도교차점은 단위철도의 시/종점으로 사용되며 철도의 연결성을 표현한다. 철도교차점은 철도역이 있는 부분과 분기지점 그리고 철도중심선이 수평 교차하는 지점에서 생성된다.



Field	Value
FID	0
Shape	Point
s_time	
e_time	
UFID	1000036805069A015P1000000000013511
setof_UGID	1351
name	경북선
kind	보통철도
high	지상
scale	5000
revision	7



Field	Value
FID	202
Shape	Point
s_time	
e_time	
UFID	1000036805079A015P1000000000013501
setof_UGID	1350
name	점촌역
kind	보통철도
high	지상
scale	5000
revision	7

[그림 125] 철도 교차점의 공간 및 비공간 데이터

[표 22] 철도교차점의 비공간데이터 항목

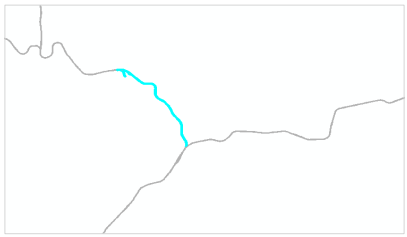
Feature Type	속성				관계정의
	속성	데이터타입	자료값	설명	
단위철도	철도명	문자열		해당 철도 이름	철도교차점 단위철도면
	철도종류	철도종류코드	000:미분류 001:보통철도 002:고속철도 003:지하철 003:특수철도 999:기타	해당 철도의 종류	
	축척	문자열		해당 철도의 축척	
	UFID	문자열		유일식별자	
	REVISION		001:준공도면 002:설계도면 003:DGPS측량 004:VRS측량 005:RTK측량 006:T/S측량 007:수치지형도	단위철도에 해당하는 갱신방법을 기술함	

○단위철도면

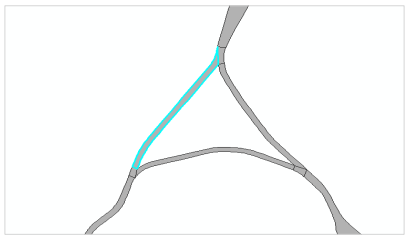
단위철도면은 하나의 단위철도에 해당하는 철도안전법에서 정한 철도부지와 퇴거시키거나 하와시킬 수 있는 지역이다.

철도안전법

제45조 (철도보호지구안에서의 행위제한) ① 철도경계선(가장 바깥쪽 궤도의 끝선을 말한다)으로부터 **30미터 이내의 지역**(이하 '철도보호지구'라 한다)에서 다음 각호의 1에 해당하는 행위를 하고자 하는 자는 대통령령이 정하는 바에 따라 건설교통부장관에게 신고하여야 한다.



Field	Value
FID	55
Shape	Polygon
s_time	
e_time	
UFID	1000036805057A01610000000000000021
setof_UGID	1808
name	문경선
scale	5000
revision	7



Field	Value
FID	313
Shape	Polygon
s_time	
e_time	
UFID	1000036710057A01610000000000005424
setof_UGID	542
name	호남선
scale	5000
revision	007

[그림 126] 단위철도면의 공간 및 비공간 데이터

[표 23] 단위철도면의 비공간데이터 항목

Feature Type	속성				관계정의
	속성	데이터타입	자료값	설명	
단위철도면	단위철도면명	문자열		해당 단위철도면의 명칭	철도교차점 단위철도
	축척	문자열		해당 단위철도면의 축척	
	UFID	문자열		유일식별자	
	REVISION		001:준공도면 002:설계도면 003:DGPS측량 004:VRS측량 005:RTK측량 006:T/S측량 007:수치지형도	단위철도에 해당하는 갱신방법을 기술함	

○ 수치지도의 정확도

현재 수치지형도는 1/5,000의 경우 남한 전체에 대하여 구축이 완료되었으며 그 허용 정확도는 평면의 표준편차가 1m이내여야 하며 최대 2m로 구축되어 있다. 또한 1/1,000의 경우는 광역시와 대도시를 기반으로 하여 도심지를 중심으로 구축되어 있으며, 평면위치의 표준편차는 0.2m이며 최대 0.4m까지 허용하고 있다.

[표 24] 세부도화 묘사의 허용 오차범위

도화축척	표준편차			최대오차		
	평면위치	등고선	표고점	평면위치	등고선	표고점
1/500	0.1m	0.2m	0.1m	0.2m	0.4m	0.2m
1/1,000	0.2m	0.3m	0.15m	0.4m	0.6m	0.3m
1/5,000	1.0m	1.0m	0.5m	2.0m	2.0m	1.0m
1/10,000	1.0m	2.0m	1.0m	4.0m	3.0m	1.5m
1/25,000	5.0m	3.0m	1.5m	10.0m	5.0m	2.5m

② 철도 시설물 분야 도면 현황

국내에서 철도 시설물의 유지보수를 위해 활용되는 도면의 종류는 아래와 같이 선로일람약도, 신호관구도, 변전설비 급전계통도, 전차선가선약도로 구성되며, 선로, 전기, 신호 등 시설물 유지보수분야별로 적합한 도면을 참조하여 유지보수 활동을 수행 중에 있다.

[표 25] 국내 철도 시설물 도면 현황

도면 구분	표시 정보
선로일람약도	정차장, 승강장, 육교, 지하도, 터널, 건널목, 교량, 고가차도, 전차대, 급수주, 중간역(kp), 기관고역(kp), 시설관리반, 시설관리분소, 시설관리사무소, 지역사무소, 복선/단선, 구배, 구배변경점(kp), 시공기면고, 곡선, 레일중량, 침목종류, 도상종류
신호관구도	장내신호기(kp), 출발신호기(kp), 중계신호기(kp), 입환표지, 입환신호기, 폐색신호기(kp), AF기구함, 임피던스본드(kp), 폐색기구함, ATS지상자, 선로전환기, 전철기(kp), 운전취급실, 고가(kp), 교량(kp), 터널(kp), 건널목
변전설비 급전계통도	변전소S/S(kp), 급전구분소SP(kp), 보조급전구분소SSP(kp)
전차선로 가선 약도	변전소S/S(kp), 급전구분소SP(kp), 보조급전구분소SSP(kp), 기타 정거장(kp)

③ 국외 철도교통 DB구축 동향

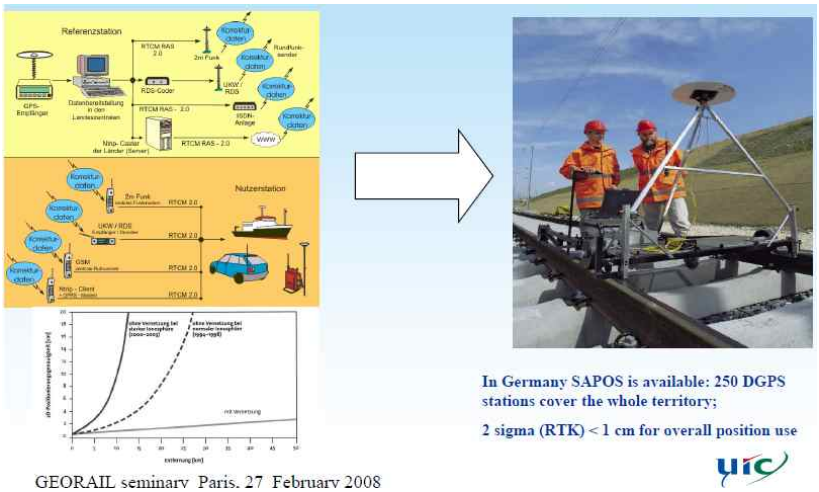
세계철도연맹(UIC)에서는 철도교통망에 3차원 절대위치좌표계 도입을 위한 개념마련을 위해 2000년대 초부터 GEORAIL 프로젝트를 진행해왔다. GEORAIL 프로젝트의 주요 목표는 유럽내 각 국가를 연결하는 철도교통망의 운영효율성 증대를 위해 3차원 절대위치좌표계와 공통 시각시스템 도입에 필요한 기초기술을 연구하는 것으로 기존 1차원 선로정보를 ETRS89 기준좌표계를 기반으로 철도선로의 특성을 반영, 정확하고, 상호호환성이 포함된 철도전용의 3차원 선로DB(CNTD : Coordinate-based Continuous Numerical Track Description) 구축에 필요한 로드맵 마련과 함께 합리적이고, 적용 가능한 기술방안의 도출을 주요 내용으로 하고 있다. GEORAIL 프로젝트에서는 신규노선, 개량노선의 선로DB의 품질, 정확성, 신뢰성을 향상시킬 경우, 저비용 고효율의 철도시설의 구축, 운영, 유지보수가 가능하다고

밝히고 있으며, 향후 위성항법서비스의 확대 시 열차제어, 유지보수, 안전 분야 등 다양한 철도적용분야에서 선로DB를 기반으로 신기술 개발이 이루어질 것으로 예상하고 있다. GEORAIL의 주요 목표는 다음과 같다.

- 좌표기반 연속적인 수치궤도명세(Numerical Track Description)의 개념 정의
- 철도교통 적용분야 우선순위와 고려사항의 조사 및 평가
- CNTD 적용 시 기능, 품질, 데이터처리에 대한 상세 요구사항 정의
- 국제 GIS 표준의 철도적용 시 고려사항 검토
- CNTD 마련 시 최적의 적용가능기술 도출
- 철도교통 분야에 절대위치좌표 도입에 따른 적용지침 제시

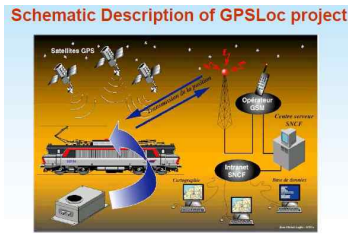
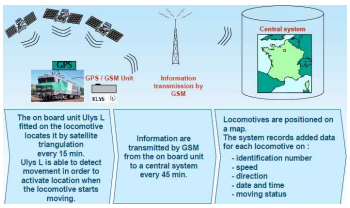
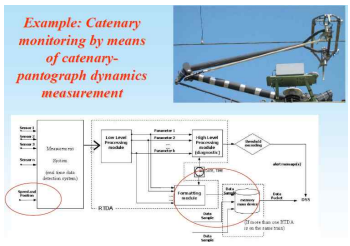
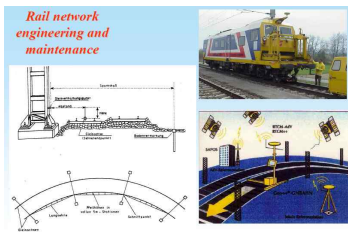
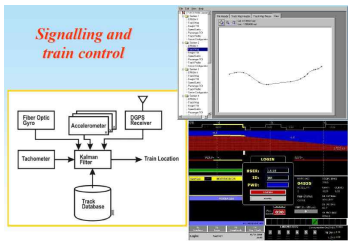
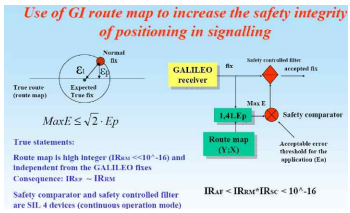
- ISO 19103 – GI conceptual schema language – use of UML graphical formal language
- ISO 19107 – GI spatial schema – indicates the needed data to achieve a coherent spatial description
- ISO 19109 – GI Rules for application schema – indicate the combination of rules needed to achieve object descriptions for real applications
- ISO 19111 – Spatial referencing by coordinates – rules to apply the coordinate reference systems and transformations by projections
- ISO 19115 – GI Metadata – Data about data: comprehensive for realisation of a systematic conception of application – is the first step for a systematic GI approach in an application domain, e.g. railways

[그림 127] 철도교통 DB구축 시 적용 가능한 GIS 국제표준



[그림 128] GEORAIL에서 조사된 선로DB 구축기술(CDGPS)

[표 26] GEORAIL 성과의 주요 적용분야

적용분야 분류	상세적용 분야	
여객열차 및 화물열차 관리, 감시		
실시간 진단 및 유지보수		
열차제어		

④ 선로DB 구축 타당성 시험 결과

○ MMS기반 선로DB 구축 타당성 시험 개요

▸ 시험 개요

- 도로시설물 GIS DB구축용 MMS기술의 철도선로 시설물 DB구축 적용성 검토 목적
- MMS차량을 화차에 적재하여, 일정구간을 운행하여 선로시설물 DB구축 데이터 획득

▸ 시험 방안

- 시험열차 구성 : 전세열차(기관차) + 차장차 + 화차(일반평판차)
- 시험노선 및 일정
  - 경부선, 의왕역-천안역간(약 62km/편도), 최대속도 90km/h

· 의왕-천안간 하행운전 시만 DB구축 데이터 취득 실시

· 천안-의왕간 상행운전 시는 단순 운송

· 차량적재 및 시험준비(2012.01.05), 시험실시(2012.01.06)

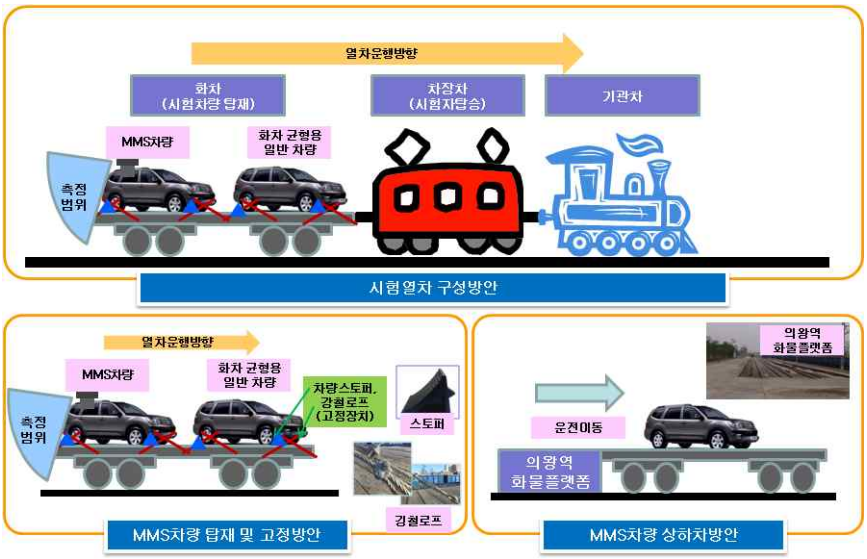
▸ 상하차 및 적재물 고정방안

- MMS차량 상하차 역사 : 의왕역
- MMS차량 상하차 방안 : 차량직접 운전
- MMS차량 고정방안 : 강철로프 결박 및 스토퍼 고정
- 코레일 주관하의 적재검사 후 열차운행 실시



[그림 129] 화물탑재 시험방안

○ 시험열차 구성방안 및 시험차량 탑재방안



[그림 130] 시험열차 구성 및 탑재 방안

○ 선로DB구축 타당성 검토시험 준비



[그림 131] 선로DB구축 타당성 검토시험 준비

○ 시험 결과

▸ 시험열차 구성 및 제약 사항

- 시험열차 구성



[그림 132] 시험열차 구성

- 시험열차 제약사항

・LiDAR 검측범위 간섭

: 화차 탑재시 간섭범위 발생

: 차량한계에 따른 센서높이 제한

: LiDAR 측정품질 저하

・MMS 차량의 DMI 적용 불가: 검측위치 정확성 저하



[그림 133] 시험열차 제약 사항

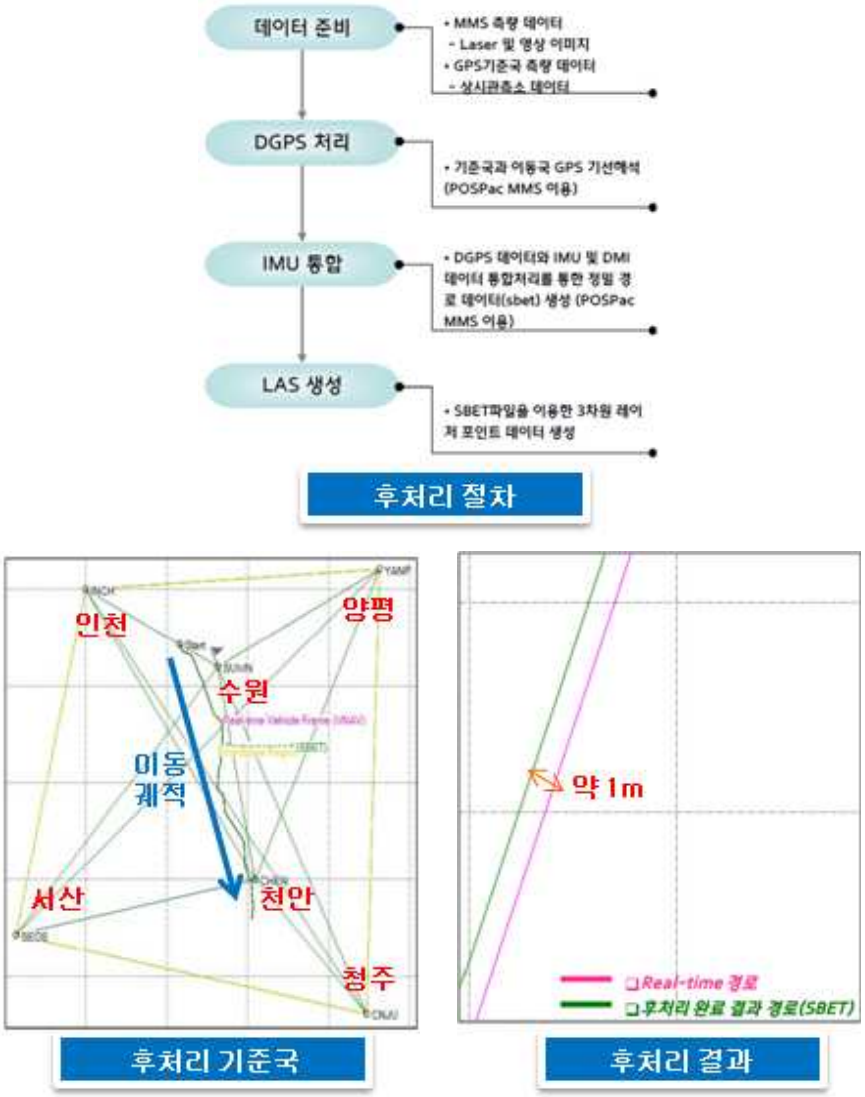
▸ 위치 및 자세정보 후처리

- 시험 궤적



[그림 134] 시험 궤적

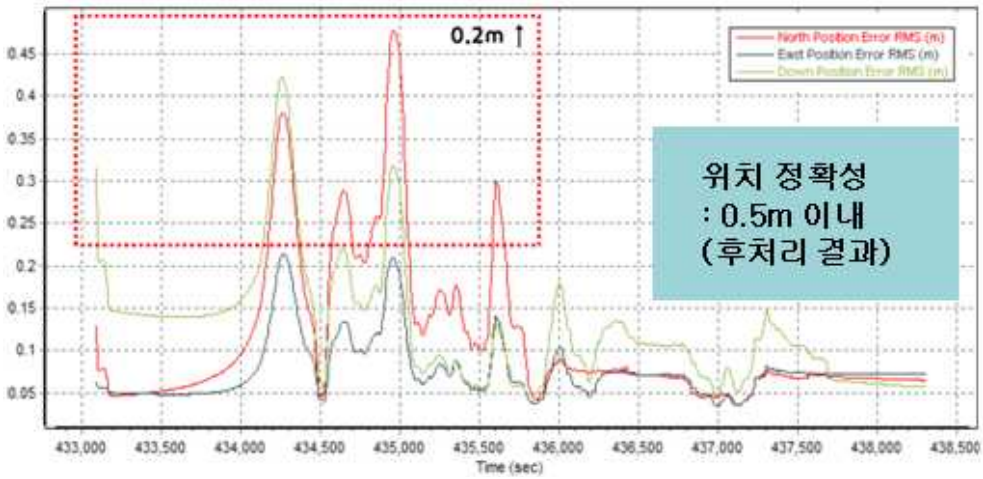
- 후처리 절차 및 결과



[그림 135] 후처리 절차 및 결과

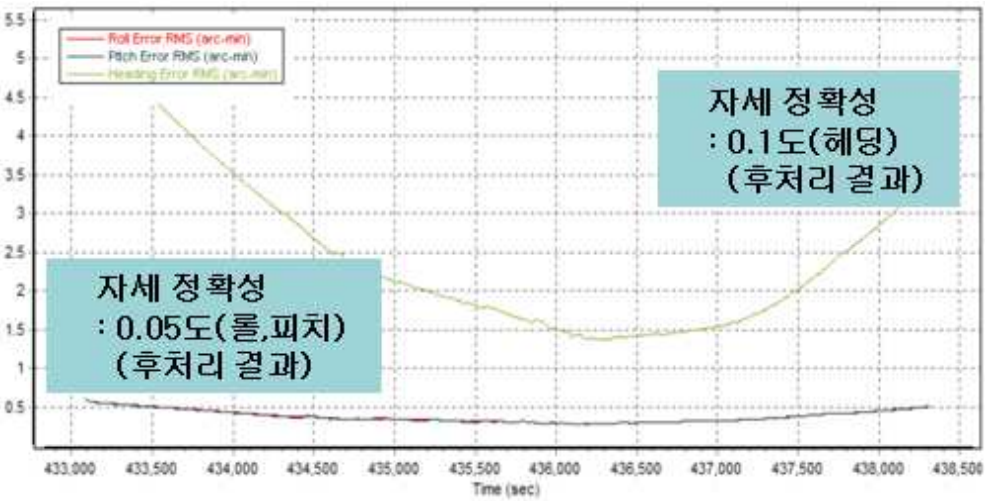
▸ 위치 및 자세정보 측정 정확성 분석

- 위치 정확성 분석 결과 : 후처리 오차특성값 (RMSE) 분석
  평면,수직위치 오차특성 0.5m 이내
  위치정확성 0.5m 이내 확보



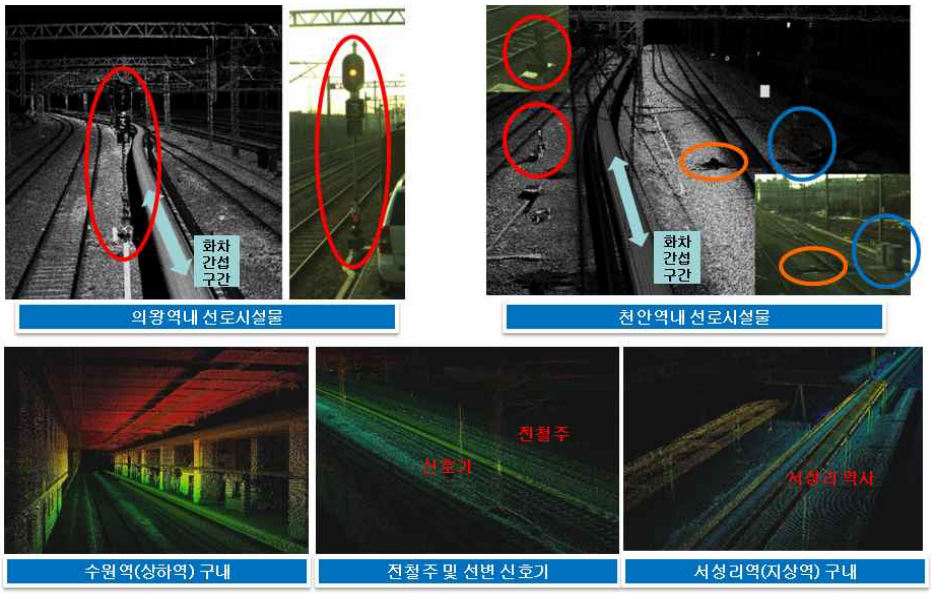
[그림 136] 위치 정확성 품질(RMSE)

- 자세 정확성 분석 결과 : 후처리 오차 특성값 (RMSE) 분석
헤딩방향 오차특성 0.1도 이내
롤, 피치방향 오차특성 0.05도 이내
자세정확성 0.1도(헤딩), 0.05도(롤,피치) 이내 확보



[그림 137] 자세 정확성 품질(RMSE)

▸ LiDAR 검측 결과



[그림 138] LiDAR 검측 결과

○ 시험 결과 종합

▸ MMS 기반 선로DB 구축 기술 타당성 확인

- 위치 및 자세정확성 확인 : 평면, 수직위치 오차 0.5m 이내, 자세오차 0.1도 이내(후처리 결과)
- LiDAR 검측 성능 확인 : 레일 및 선로변 시설물(전철주, 신호기, 선로전환기, 기구함 등) 검측 성능 확인

▸ 시사점

- 철도전용 선로DB 구축기술 개발 가능성 확인
  - ·타당성 검토시험 시 위치 및 LiDAR 검측 제한성 확인
  - ·고속철도노선의 장대터널 내 시설물 검측성능 확인 필요
  - ·고품질 선로DB 구축을 위한 철도환경에 특화된 기술 필요
- 고품질 선로DB 마련을 위한 핵심기술
  - ·선로DB 구축 전용 차량 개발 기술
  - ·MMS센서 검측 품질 향상을 위한 최적화 기술
  - ·시설물 인식 및 DB 구축 자동화시스템 기술

5) 철도교통 위치검지관련 기준 및 규격 현황

가) 국내 현황

국내 철도교통 위치검지관련 기준 및 규격은 철도신호(열차제어)분야 규격에 제시되어 있으며, 국내의 경우에는 역사 내 정위치정차가 필요한 도시철도분야의 규격에서만 열차 위치검지 정확도를 제시하고 있다.

○ 국내 관련 표준사양 및 성능요구사항

- 국내의 경우, 도시철도분야의 열차제어시스템관련 표준사양으로는 국토해양부에서 고시된 “도시철도 차량표준규격”, “도시철도 시설표준규격” 등이 있으며, 본 규격은 도시철도의 표준화체계를 구축하여 도시철도 차량 및 시설의 성능, 안전성, 운영효율성 제고를 목표로 하고 있다. 특히 근래에 새롭게 고시된 “도시철도 시설 표준규격”에서는 신규 열차제어시스템에 대한 다양한 성능요구사항을 정의하고 있다. “도시철도 시설표준규격”의 제3편, II.기술규격, 3. 성능요구사항, 3.1 일반사항, 10)조에서는 다음과 같이 열차의 위치검지 성능을 요구하고 있다.

국내 도시철도 시설 표준규격에서의 열차위치검지 정확도 요구사항
10) 신호 및 열차제어설비는 아래에 제시된 목표성능 범위에 적합하도록 설계되고 제작되어야 한다. 최대 성능은 장애 없이 정상모드에서 달성되어야 한다. 발주자는 특정한 기능을 추가 지정할 수 있다. - 정위치 정차 오차범위 : -0.3m ~ +0.3m - 열차위치 검지의 정확도 : -5m ~ +10m - 열차 속도 측정의 정확도 : -3km/h ~ +3km/h - 구름 검지 기준 : 2m 이하 - 정지 검지 기준 : 2초 동안 1km/h ~ 3km/h 이하

- 도시철도 시스템에서는 열차의 자동운전 및 역사 내 정밀정차 등의 기능 지원을 위하여 일반적인 열차위치 검지부분과 정위치 정차부분에 대하여 서로 다른 기준을 적용하고 있다. 일반적인 열차위치 검지 정확도는 역사와 역사 간의 노선을 주행할 때 적용하는 기준이며, 정위치 정차 정확도

는 역사 승강장에 표시된 승객 탑승지점에 열차가 정확하게 정차하는지를 판단하는 정확도이다. 일반적으로 도시철도시스템에서는 열차에 주행거리계를 설치하여 열차의 위치와 속도를 파악하고, 선로 변에 위치보정설비, 정위치 정차설비 등의 부가적인 설비들을 적용하여 역사 내 열차가 정위치정차할 수 있도록 하여 상기의 위치정확도를 만족시키고 있는 상황이다. 현재 국내의 경우 도시철도 이외의 일반철도 및 고속철도에 대한 위치검지 성능을 제시하고 있는 기술규격은 마련되어 있지 못한 실정이다.

나) 국외 현황

현재 유럽, 일본, 미국 등 철도선진국가주도로 상호운영성 및 무선통신기반 열차제어를 고려한 표준 시스템 규격을 제시하고 있다. 유럽의 경우 고속철도 및 국가간 열차운영에 대한 상호운영성 및 운영효율을 확보하기 위하여 ERTMS/ETCS 규격을 제정하여 단계적으로 유럽 내 열차제어시스템을 표준화하고 있다. ERTMS/ETCS는 시스템 요건에 따라 3단계로 구성되었으며, 현재 유럽에서는 2단계 시스템을 개발하여 시험 중에 있으며, 국내에서도 ETCS 1단계 시스템을 구축하여 시험 중에 있다. 또한 도시철도용 통신기반 열차제어와 관련한 대표적인 표준규격으로 미국의 IEEE 1474.1을 들 수 있다. IEEE 1474.1은 통신기반 열차제어시스템의 기능 및 성능요구사항을 정의하고 있는 국제규격으로 도시철도분야에서 적용되고 있다.

① ERTMS/ETCS 규격의 열차위치검지관련 성능요구사항

ERTMS/ETCS 규격에서는 열차제어와 관련한 다양한 표준규격이 마련되어 있으며, 그중에서 “ERTMS/ETCS Class1 : Performance Requirements for Interoperability" 표준규격문서에서 열차측위 정확도를 규정하고 있다. “ERTMS/ETCS Class1 : Performance Requirements for Interoperability" 문서에서 정의하고 있는 상세 요구사항은 아래와 같다.

ERTMS/ETCS 규격에서의 열차측위 정확도 요구사항
- 위치정확도 : ± 5m+5%*s (여기서 s는 발리스위치로부터의 이동거리임.) - 속도정확도 : ± 2km/h(이동속도가 30km/h 이하일 경우), 이동속도 500km/h시 ± 12km/h의 오차가 발생되도록 이동 속도 30km/h이상에서 정확도 오차 선형증가 - 측위보고지연 : 1초 이하

여기서 발리스는 열차의 위치오차를 보정하기 위한 선로변 지상설비로서 열차내 장착된 주행거리계의 누적오차를 보정을 담당하는 필수 설비이다. ERTMS/ETCS 규격의 열차제어시스템은 국가간 연계운영을 위한 상호운영성 및 운영효율에 초점을 맞춘 시스템으로 운전자에 의한 운전조작이 필요한 열차제어시스템으로 도시철도시스템의 규격과는 달리 일반 정확도와 정위치정차 정확도가 구분되어 있지 않는 특징이 있다. 또한 고속열차에도 적용되는 기준이므로 500km/h의 열차이동속도에서도 측정이 가능하여야 한다.

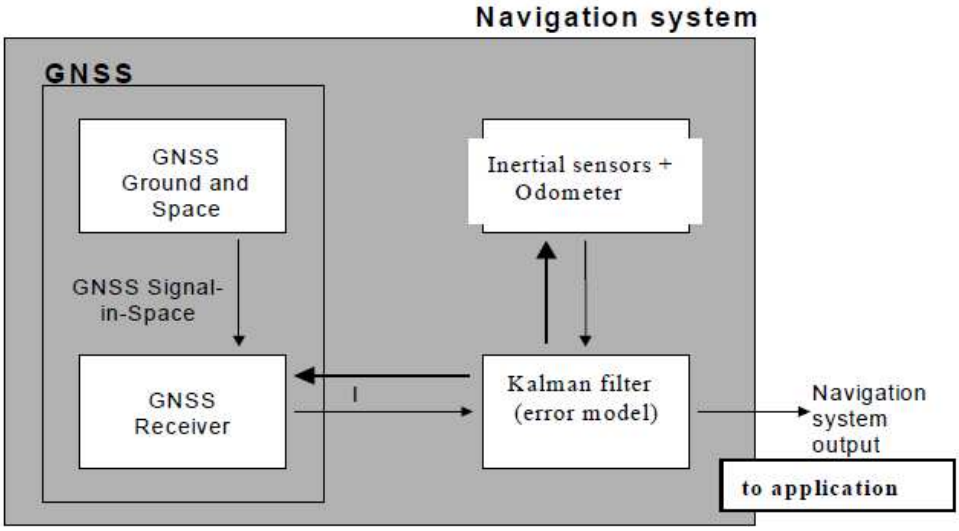
② IEEE 1474.1 규격의 열차위치검지관련 성능요구사항 검토

중량전철, 경량전철, 모노레일 등의 도시철도분야에서도 지상설비의 최소화 및 운영효율 향상을 위하여 기존의 열차제어방식을 무선통신기반의 열차제어방식으로 개선하고 있다. 현재 무선통신기반의 열차제어방식에 대한 표준으로는 “IEEE Std 1474.1 - IEEE Standard for Communications-Based Train Control(CBTC) Performance and Functional Requirements"가 있으며 국내외 많은 프로젝트에 준용되어 적용되고 있다. IEEE Std 1474.1에 정의되어 있는 열차위치검지관련 성능사양은 아래와 같다. IEEE Std 1474.1 규격에서 정의하는 열차위치제어 성능사양은 국내의 “도시철도 시설표준규격”의 열차 측위성능과 유사한 특징이 있다.

IEEE Std 1474.1 규격에서 정의하는 열차위치제어 성능사양
- 일반운전 시 열차위치 정확도 : ± 5m ~ ± 10m - ATO 운전(정거장 정차) 시 열차위치 정확도: ± 0.25m - 열차위치측정 분해능 : ±0.25m ~ ± 6.25m

③ 위성항법기반 열차 위치검지기술 기준

유럽에서는 새로운 위성항법시스템인 GALILEO 시스템의 연구개발과 함께 GALILEO 시스템의 철도 적용을 확대하기 위해 UIC를 중심으로 각계기관의 관련 전문가로 구성된 “GNSS RAIL USER FORUM"을 구성하여 위성항법기술의 철도적용에 필요한 다양한 관점에 대한 선행연구를 진행하였으며, “GNSS RAIL USER FORUM"을 통해 철도적용에 필요한 상세 성능요구사항을 정의하고 목표 성능을 달성하기 위한 타 기술과의 연계성을 검토하였다. 위성항법기반 열차 위치검지기술의 성능요구사항을 정의하기에 앞서 위성항법기반 열차위치검지장치(Location Unit)에 대하여 정의하였다. 가시위성이 제한된 환경에서 위성항법 단독으로 열차위치정보의 확보가 불가능하기 때문에 “GNSS RAIL USER FORUM"에서는 위성항법기술과 함께 차륜센서 및 관성센서를 적용하고 오차 최소화를 위한 칼만필터를 포함하는 구조를 갖는 Location Unit을 아래 [그림 131]과 같이 구성하였다.



[그림 139] 위성항법기반 열차위치검지장치(Location Unit) 내부 구성

“GNSS RAIL USER FORUM"에서는 Location Unit에 대한 성능요구사항을 아래와 같이 제안하였다. 성능요구사항은 적용분야와 분야별 상세 성능요구사항(정확성, 무결성, 가용성, 서비스중단한계, 연속성, 커버리지, 위치정보 갱신률)으로 정의하였다. 적용분야는 대분류별로 안전관련분야, 상업용/정보,관리,운영분야, 계측 및 토목/전문분야로 구분되며, 대분류는 다시 소분류로 구분되어 정의하였다. “GNSS RAIL USER FORUM"에서 정의한 성능요구사항 중 안전관련분야의 요구사항은 권고사항으로 필수적으로 적용되어야 할 사항은 아니다.

No	Application	Requirement							
		Accuracy	Integrity[2]		Availability	Service interrupt threshold	Continuity	Coverage	Fix rate
		Horizontal (m)	Alert limit (m)	Maximum time to alarm (s)	% of mission time	(seconds)			(seconds)
Safety related applications [3]									
I	ex: ATC on high density lines / Station / Parallel track	*(1)*	*2.5*	*<1.0*	*>99.98*	*<5*	*>99.98*	ELM	*1*
II	ex: Train Control on medium density lines	*(10)*	*20*	*<1.0*	*>99.98*	*<5*	*>99.98*	ELM	*1*
III	ex: Train Control on low density lines	*(25)*	*50*	*<1.0*	*>99.98*	*<5*	*>99.98*	ELM	*TBD*
Mass commercial / information and management – operational applications									
IV	Tracing & Tracking of vehicles	50	125	<10	99,9	TBD	TBD	ELM	TBD
V	Cargo monitoring	100	250	<30	99.5	TBD	TBD	ELM	TBD
VI	Dispatching	50	125	<5	99,9	TBD	TBD	ELM	TBD
VII	Passenger information	100	250	<30.0	99.5	TBD	TBD	ELM	TBD
Infrastructure & civil engineering, professional applications									
VIII	Positioning of machines	1 cm	TBD	<5	99.5	TBD	TBD	Oper. Area	TBD
IX	Infrastructure survey	1 cm	0,1 cm	<10	99	TBD	TBD	ELM	
X	Fix point applications	5 mm	TBD	<30.0	99	TBD	TBD	Fix p./ELM	TBD

[그림 140] 위성항법기반 열차위치정보 성능 요구사항

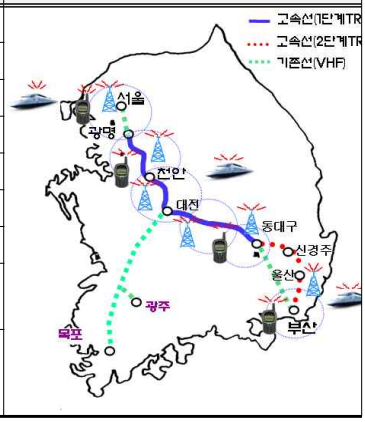
6) 국내외 철도 무선통신기술 현황

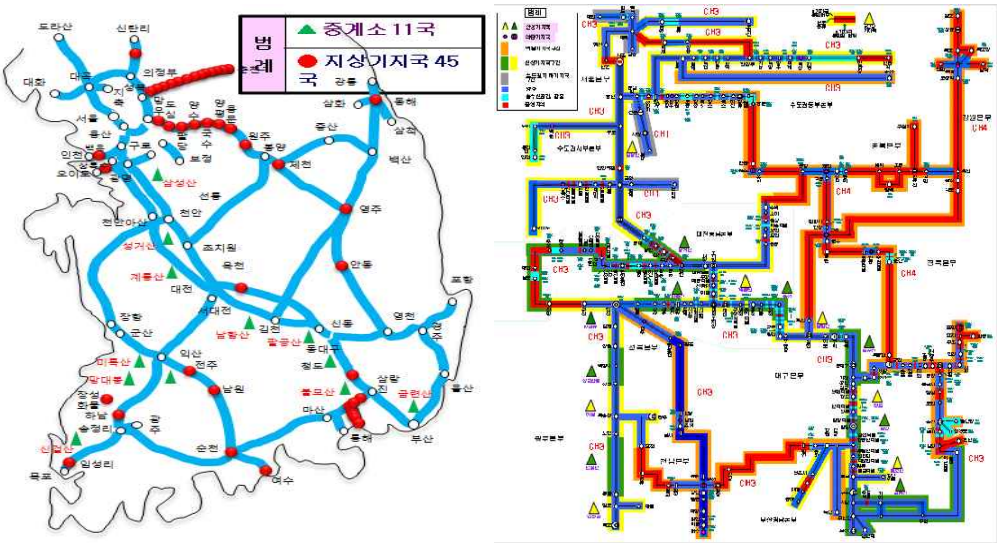
철도시스템의 시설비 저감 및 운영 효율성 증대를 위해서는 궤도회로가 아닌 차량에서 직접 실시간으로 높은 정확성의 열차위치정보를 확보할 수 있어야 하며, 확보된 열차위치정보는 무선통신망을 통해 지상제어시스템(연동장치, 관제센터)으로 전송되어 운행 중인 노선에 대한 열차간의 간격제어 및 진로제어 등을 수행할 수 있어야 한다. 따라서 열차와 지상설비간 무선통신기술의 중요성은 더욱 커지고 있으며, 유럽의 경우에는 GSM-R 이라는 철도전용 무선통신주파수를 할당하고 전용 통신망을 구축하여 고속철도 및 일반철도를 대상으로 하는 열차제어시스템(ERTMS/ETCS)에 적용하는 등 무선통신기반의 차상중심 열차제어기술을 발전시켜나가고 있다.

가) 국내 철도교통 무선통신기술 현황

국내의 경우 철도 무선통신은 관제와 기관사간 음성중심의 무선통신망이 구축되어 있으며, 최근 도시철도 열차를 대상으로 승강장과 기관사간 영상전송 및 무선통신기반 도시철도제어시스템에 2.4GHz 대역의 주파수가 열차제어 정보전송용으로 적용 중에 있다.

[표 27] 국내 일반철도 및 고속철도에 적용중인 무선통신 방식

구 분			통 신 방 식			열차무선시스템 계통도(선구별)
			VHF	TRS-ASTRO	TRS-TETRA	
일반철도	전구간		◎			
경부 고속철도	1단계	서울~광명	◎			
		광명~대전		■		
		대전도심	◎			
		대전~동대구		■		
		동대구도심	◎			
	2단계	동대구~부산			◎	
호남 고속철도	-	오송~광주			◎ (설계중)	
수도권 고속철도	-	수서~평택			◎ (설계중)	



[그림 141] VHF열차무선통신망과 음영지역(적색)

① 국내 철도교통 무선통신망의 문제점

○ 음성통화용으로 VHF (150MHz, 440MHz, 아날로그), TRS (800MHz, 디지털), 영상전송용으로 18GHz 대역이 이용되고 있으며, 열차제어 전용으로 할당된 주파수는 없음

○ 음성통화용으로 VHF (150MHz, 440MHz, 아날로그), TRS (800MHz, 디지음성통화는 관제실의 관제요원과 열차운전자, 관제요원과 현장 유지보수요원 간 열차운행관리

○ 영상전송은 승강장으로 접근하는 열차 운전자에게 승강장 상황을 전송

○ 신분당선, 김해, 용인 경전철 등에 적용되는 열차제어시스템은 2.4GHz(ISM 밴드) 사용으로 혼신 및 해킹 등 사고 내재

○ 열차제어용 궤도회로, ATS 지상자, ATP 발리스 등에서는 미약전계강도($500\mu V/m$) 주파수를 사용하고 있으나 전파법의 규제를 받지 않음

○ 철도용으로 할당되어 운용되는 주파수는 2MHz 이하

- TRS는 1.5MHz, VHF는 200kHz
- 18GHz는 직진성이 강하여 도심구간과 곡선구간에서는 사용이 제한적

나) 해외 철도교통 무선통신기술 현황

① 유럽/중국(GSM-R)

○ 유럽은 철도전용 주파수를 할당받아 GSM 이동통신규격을 기반으로 GSM-R 시스템을 구축하여 열차제어, 열차운행관제, 유지보수 등을 위한 음성통신과 메시지 전송

- 상향, 하향 4MHz의 주파수 대역폭 활용, 기지국당 32~48개의 트래픽 채널 보유



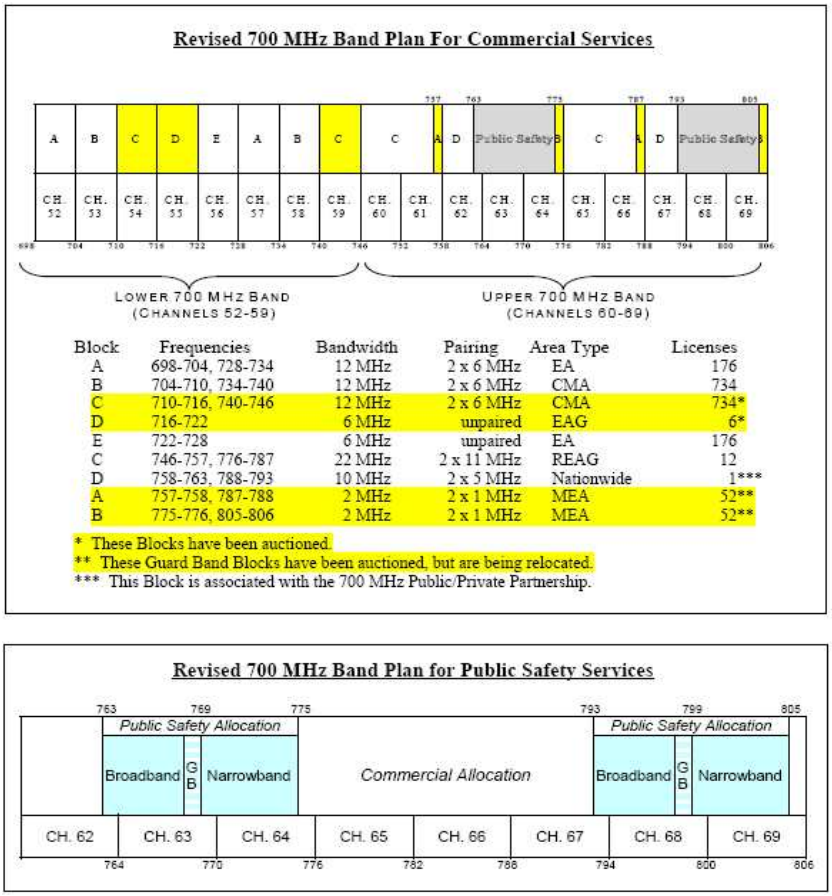
[그림 142] GSM-R 주파수 대역(상용 GSM대역의 Sideband)

- 통신부하증가, 장애 등 유사시 민간 이동통신사망 활용
- 유럽도 위치검지장치 등 철도용 근거리 소출력 기기를 대상으로 미약전계강도 주파수 대역을 분배
- 중국도 유럽과 같이 철도통신망을 GSM-R 규격으로 사용 중
- 최근 무선통신기술의 발전에 따라 LTE로의 개량을 검토 중에 있음

② 미국

○ 미국 연방통신위원회(FCC)는 아날로그방송의 디지털방송 전환에 따라 유휴되는 698MHz~806MHz 대역의 주파수 활용 계획을 수립(2007.7) 하였으며, 해당 대역중 공공안전용 대역으로 24MHz을 할당함으로써 시장기반의 원칙과 공유의 개념을 주파수에 도입

- The Public Safety Spectrum and Wireless Innovation Act: 2008년 주파수 경매에서 유찰된 D블록(716~722MHz대역)을 공공안전 서비스 제공자에게 할당하여 전국적으로 상호운영이 가능한 무선광대역망을 지원하기 위함



[그림 143] 미국의 700MHz 주파수 대역 할당 사례

*자료출처: FCC NEWS July 31, 2007

○ 미국 철도협회(AAR)는 VHF 대역 160-161MHz에서 96개 채널을 할당받아 음성 통화용으로 사용 중이며, ATCS(Advanced Train Control System)를 운용하기 위하여 900 MHz 대역에서 상하향 각각 6채널을 이용

- 무선통신 기반 열차제어시스템 개발을 위해서 220MHz (250KHz 대역폭) 대역에서 주파수를 할당 받음
- 기관차 원격제어용으로 450MHz 대역의 UHF 대역 사용

○ 미국은 도시철도용 RF-CBTC를 운용하기 위하여 2.4GHz(ISM 밴드) 이용

- 라스베가스 모노레일, 뉴욕 지하철에서 사용하고 있으며 송신 제한출력은 1W임(국내 도시철도분야에서 적용 중인 2.4GHz대역의 출력은 10mW/MHz 이하로 제한하고 있음)

③ 일본

○ 일반철도는 음성 통신용으로 VHF 대역 (142~159 MHz)과 UHF 대역 (341~373 MHz)을 사용하고 있음

○ 고속철도(신간선)는 400MHz 대역의 전용 주파수를 할당받아 운전 지령, 여객 지령 업무를 수행하고 있음

○ 무선통신기반 열차제어시스템(ATACS : Advanced Administration and Communication System)용으로 420MHz 대역을 사용하여 시범 서비스 중에 있음

- 도심구간에서는 사용 가능한 채널이 없는 관계로 아날로그TV에서 디지털 TV로 전환되어 유휴되는 700MHz 대역에서 ITS(Intelligent Transport System)용 주파수 715 ~ 725 MHz를 할당받아 ATACS용으로 활용하고자 요청 중

○ 기관사의 열차 운행 시 역구내 상황을 파악하기 위하여 44GHz 대역의 주파수를 할당하여 무선 영상전송 시스템을 설치하여 운영 중

다) 국내 철도전용 통합무선통신망 구축 방향

국내외적인 철도전용 통합무선통신망의 중요성과 시급성을 인정되어 국내에서도 철도전용 통합무선통신망을 구축하기 위한 연구를 진행 중에 있다. 2010년부터 한국철도기술연구원에서는 국토해양부와 한국건설교통기술평가원의 지원 하에 무인자동운전을 지원하는 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스

템의 국산화와 실용화를 목표로 “도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계 구축 및 성능평가”연구를 수행 중에 있으며, 아래와 같이 국내실정에 적합한 철도전용 통합무선통신망 구축 활동을 수행 중에 있다.



[그림 144] 철도전용 통합무선통신망 구축 활동 일정

① 무선통신방식의 단일화 및 통합 추진

○ 운영노선별로 상이한 무선통신망과 기능별로 분리된 무선장치 단일화 및 통합

- 시스템구성이 단순화되고, 주파수 이용률이 높아짐
- 무선통신망의 확장과 성능향상이 용이함

○ 검증된 무선통신방식 적용

- 철도전용 무선통신방식은 개발하는 것이 아닌 안정성과 경제성이 확보된 민간 이동통신사업자의 무선통신방식을 철도용으로 사용
- 유럽은 철도전용 무선통신망으로 유럽이동전화통신망(GSM)을 채택하여 통신망의 안정성과 경쟁체계 확보
- 민간이동통신사업자의 무선통신망을 철도의 요구사항에 맞게 최소한으로 수정하여 사용하며, 과부하 또는 장애발생시 민간통신망으로 우회하여 사용

○ 유럽의 차세대 철도무선 통신망

- 2세대 이동통신기반 철도전용 무선망(GSM-R)을 4세대 이동통신방식(LTE)의 철도전용 무선망(LTE-R)으로 전환

② 철도전용 통합무선망의 용도



[그림 145] 철도전용 통합무선망의 용도

○ 열차속도제어 및 열차진로제어를 위한 데이터 전송

- 열차의 실시간 위치정보, 열차속도명령, 열차진로명령, 열차의 실시간 상태정보 등 전송

○ 운용중인 철도시스템의 실시간 진단을 위한 데이터 전송

- 주행 중인 열차내 전기 · 기계 장치의 진동, 온도, 전류, 전압 등의 상태정보를 실시간으로 전송
- 화재, 도난, 성추행 및 폭력 등 차량 내부에서 유발 가능한 다양한 종류의 사고 및 범죄활동 감시 데이터의 실시간 전송
- 전차선과 팬토그래프 비정상 접촉, 터널 및 궤도 파손, 승강장 등의 이상 현상 감시 및 진단 데이터 실시간으로 전송

- 운용 노선의 고장원에 대한 정확한 파악 및 대처, 신속한 의사 결정, 장애조치 및 운전재개시간 추정 및 예고, 등에 연관된 데이터의 실시간 전송

○ 기존 철도 통신시스템의 통합
- 고속철도, 일반철도, 도시철도, 경량전철 등에서 사용하는 다양한 유형의 철도 통신시스템 통합
- 철도노선, 철도운영 환경, 운영속도 별로 상이한 무선통신 방식 통합
- 수송용량 확대 및 효율적인 철도망 관리

○ 열차운행 및 유지관리를 위한 음성, 데이터 및 영상 전송
- 철도관제실(사령실)을 중심으로 한 음성통화
- 열차승무원의 열차운행관련 데이터 전송
- 현장 작업을 위한 데이터 및 영상정보 전송
- 선로변 현장 운영자 및 작업자 인명 보호를 위한 열차 운영 및 열차 접근 경보 데이터 실시간 송수신
- 차량 및 지상 인프라의 다양한 센서에 의한 실시간 이상 현상 진단 정보 전송

○ 승강장, 열차객실 및 열차기관실 등 실시간 영상감시
- 사고발생시 현장의 각종 영상정보(도착역의 승강장 상황, 객실 상황, 기관실 상황 등)를 활용한 실시간 감시 및 대응

○ 철도이용자를 위한 열차운행정보 제공
- 정상 시(또는 비정상 시) 실시간 열차운행 및 환승정보
- 승객 Mobile, Internet, On line ticketing 등의 다양한 서비스
- 승객 엔터테인먼트 서비스

○ 실시간 운영 및 유지보수를 통한 최적화된 철도망 운영
- 다양한 센서를 활용한 차량 및 지상 인프라의 실시간 이상 현상 진단
- 열차 운영 및 열차 접근 경보 데이터 송수신을 통한 선로변 운영자 및 작업

자 인명 보호

- 신속한 데이터 처리 및 처리 결과의 Feedback을 통한 운영 및 유지보수 효율화

○ 화물열차의 화물 관련 이력 추적 및 정보 관리

- 화물의 선적에서 하적작업까지 모든 상세 이동 경로 추적
- 국가간 정보공유시스템을 통한 실시간 자동 화물 이력 정보 확인

○ 철도산업을 고부가가치 성장 동력으로 육성

- 노후화된 지하철과 광역철도 등의 개량
- 신규 건설사업에 국산장비를 활용함으로써 외산장비 수입대체
- 무선망 기반 국외 철도사업 수주

③ 철도전용 통합무선망 후보기술(안)

○ 무선통신방식 특징

[표 28] 후보기술별 특징 비교

통신방식	특징
WCDMA	• CDMA가 발전하여 음성과 영상 및 데이터 서비스를 제공하는 3세대 이동통신 • 일반 이용자와의 간섭, 빈번한 Hand-off 발생, 낮은 데이터전송율이 기술적 고려사항임
WiBro	• 인터넷 통신에 이동성을 부여한 휴대인터넷 WiMAX 응용 기술 (IEEE 802.16e) • 개발기술 표준서상 120km/h 이상의 속도에서 이동성, 무선접속 품질 및 핸드오버 성능 확인 필요
LTE	• 3세대 이동통신에 역호환성을 제공하고 차별적 QoS, 전송지연 향상, 패킷 기반 무선접속 기능을 추가한 3.9세대 서비스 • 2011년 4월 국내 이동통신사 시범서비스 개시
TRS	• 아날로그 무전방식에서 발달하여 이동전화 기술을 이식한 기술 • 현재 경부고속선에서 활용하고 있는 통신방식으로 기관사와 관제소간 음성통화와 간단한 데이터 전송 가능

○ 무선통신방식의 장·단점

[표 29] 후보기술별 장단점 비교

구분 / 통신방식	장점	단점
WCDMA	• 장애 시 사업자 망으로 우회 가능 및 국산장비 활용	• 고가의 구축비용 및 국내 철도 통신망에 단독 사용으로 해외 진출 불가
WiBro	• 설치가 용이한 저가의 전용망 구축 가능	• LTE 출현에 따른 시장 확보 불투명으로 유지보수 곤란 및 국내 철도 통신망에 단독 사용으로 해외 진출 불가
LTE	• 차세대 철도 무선통신기술 주도예상(유럽은 2017년까지 개발예정) 및 LTE-R 기술 선점 가능	• 현재 상용망을 구축 중
TRS	• 보안성이 높고 기존에 활용하고 있는 통신방식이므로 적용이 용이함	• 프레임의 길이와 hard Hand-off 방식에 따른 긴 시간지연 (음성을 송신해서 수신자가 받기까지 1초 이상의 시간이 소요됨)

라. 기술경쟁력 분석

1) 위치검지 기반기술

가) 궤도회로

○ 궤도회로는 가장 기본적인 열차위치검지 및 열차속도제어정보의 전송수단으로 국내외적으로 적용되고 있음.

○ 국내의 경우 혁신전공사, 신우이엔지 등 궤도회로 제작사가 도시철도, 일반철도용 궤도회로를 국산화하여 공급 중에 있음.

○ 고속철도의 경우 프랑스 Ansaldo-STS로부터 UM-71 궤도회로를 도입하여 경부고속철도 및 호남고속철도에 구축하였음.

○ 현재 열차제어기술의 효율성 증대를 위해 무선통신 및 차상중심 열차제어기술로의 발전이 진행 중에 있으며, 지상설치에 따른 비용 및 유지보수 작업 증대, 궤도회로에 의한 열차간격제어 비효율성 등의 문제점으로 인해 궤도회로의 열차위치검지 및 속도제어정보전송 기능은 RFID, 위성항법, 무선통신 기반의 기술로의 발전이 국내외적으로 이루어지고 있음.

○ 국외의 경우 다양한 위성항법 정확성 및 안전성 향상기술, 고속 및 선로상 내환경성을 갖춘 RFID기술을 접목한 위치검지기술의 개발 및 적용이 추진되고 있으며, 유럽 및 중국의 경우 GSM-R기반 철도전용무선통신망을 활용, 철도교통망의 효율성 개선 추진 중.

나) 차륜센서

○ 차륜센서는 가장 기본적인 철도차량의 이동거리 및 이동속도 측정수단으로 구갠의 경우 유진기공, 유진전기 등 차륜센서 제작사가 도시철도, 일반철도, 고속철도용 차륜센서를 국산화하여 동력차 및 객차용으로 공급, 적용 중에 있음.

○ 하지만, 열차제어시스템에 적용된 차륜센서의 경우, 열차제어시스템의 국외도입 사례가 많고, 턴키형식의 차상, 지상열차제어시스템의 도입이 이루어져, Faiveley, DeutaWerke사 등 국외사의 차륜센서가 적용 중임. 기존선 고속화를 위한 ATP 차상열차시스템의 경우 DeutaWerke사의 차륜센서가 전량 적용되고 있음.

○ 일반적인 차륜센서는 광학 또는 전자기유도기반의 홀(hole) 검지기술을 기반으로 차축에 설치된 기어(gear)구조물의 기어 수를 펄스신호로 판독하는 방식으로 차륜의 회전량을 측정하여 열차의 이동속도와 이동거리를 판독. 국내 및 DeutaWerke사의 경우, 전자기유도기반 홀검지방식의 차륜센서가 적용되고 있으며, 기어구조의 복잡성(개수)에 따라 차륜 1회전시 발생되는 펄스 수가 다름.

○ 최근 프랑스의 Faiveley사에서는 Wiegand effect 기술을 적용하여 무전원 타입의 차륜센서를 개발, 차륜센서의 신뢰성 수준을 향상시킴.



[그림 146] Faiveley사의 Wiegand 차륜센서

○ 철도차량 차륜은 마모상태 및 일정주기 별로 삭정되어 차륜경의 변화를 실시간으로 파악할 수 없기 때문에 마모정도에 따른 이동거리, 속도오차가 누적되는 현상이 발생되며, 실시간으로 차륜경 마모정도 파악 및 마모율을 보상할 수 있는 차륜경 오차 최소화 기술의 개발이 필요함.

다) RFID 기술

○ RFID 기술은 최근 무선통신기반 열차제어기술의 도입에 따라 철도교통 분야에 활발히 적용 중에 있으며, 선로상에 설치된 RFID TAG를 차량하부에 설치된 RFID 리더가 판독하여 TAG에 기록된 선로기준위치 및 구배, 곡선, 터널 등 선로환경정보를 확인하는 기술임.

○ RFID 기술은 CBTC 및 ETCS(국내의 경우 ATP) 열차제어시스템의 하부구성요소로 적용 중에 있으나, 열차제어 외 타 분야에서 위치확인기술로 활용하고 있지 않고 있음.

○ 철도교통용 RFID기술의 세계최고기술수준은 현재 500km/h 속도환경에서의 인

식 및 1m 내외의 위치정확성으로 유럽 열차제어시스템 제작사(Bombardier, Ansaldo, Siemens, Thales 등) 및 미국의 Transcore사가 관련기술을 선도하고 있음.

○ 국내의 경우 신분당선, 인천2호선 등 도시철도분야에 미국 Transcore사의 900MHz대역 수동형 RFID기술이, 일반철도분야에서는 Bombardier사의 Balise RFID 기술이 도입, 적용 중에 있음

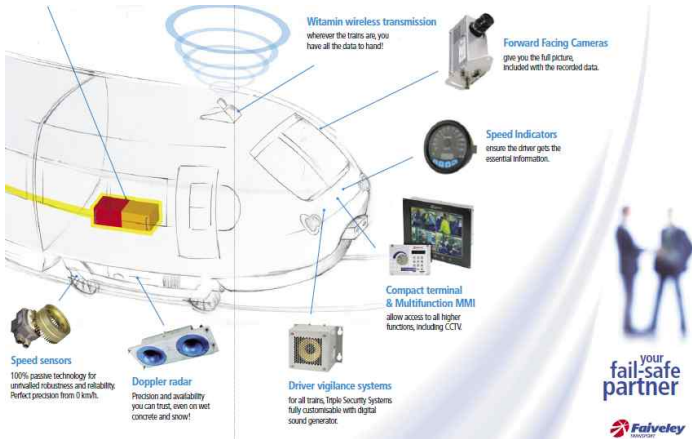
○ 국내의 경우 13.56MHz, 900MHz, 2.4GHz 등 상용 RFID 표준기술을 중심으로 기술개발 및 상용화가 이루어지고 있으며, 안테나, RF, Baseband, Chipset 등 상용 RFID관련 핵심기술은 KETI, ETRI, 삼성전자, LS산전 등을 주축으로 경쟁력을 갖추고 있는 것으로 조사되었음.

라) 도플러레이더센서

○ 도플러레이더센서는 ETCS 열차제어시스템의 하부구성장치로 적용중인 속도검지센서로서 차륜의 활주, 공전현상에 의한 속도오차 발생여부의 확인을 위한 보조적인 속도검지 수단임.

○ 도플러레이더센서는 속도변화에 따라 송수신 주파수 차이가 발생되는 도플러효과를 이용한 속도검지센서로서 자기부상열차 등 비접촉으로 운행되는 교통수단의 속도검지에는 적용효과가 있으나 자갈도상 등 반사환경이 일정치 못한 선로환경에는 적합하지 않은 단점이 있음.

○ 현재 철도용 도플러레이더센서는 프랑스의 Faiveley, 독일의 DeutaWerke사를 중심으로 제품개발 및 공급이 이루어지고 있으며, 국내 ATP차상열차제어시스템의 경우 DeuraWerke사의 도플러레이더 센서가 적용 되고 있음.



[그림 147] Faiveley사 도플러레이더센서

마) 위성항법

○ 인공위성을 이용 추가적인 지상설비의 지원없이 사용자의 위치확인이 가능한 위성항법시스템은 2000년 5월 대표적인 위성항법시스템인 GPS의 고의잡음(S/A)가 제거됨에 따라 위치정확성이 크게 증가되어 현재 다양한 철도분야에 적용 중에 있음.

○ 국내의 경우 유지보수, 운전자지원, 틸팅열차의 사전틸팅제어, 신규철도차량시스템의 시운전 종합계측, 시설물 측량 등의 분야에 GPS 수신기 단품 형태로의 적용이 진행 중에 있음.

○ 국외의 경우, 철도교통망의 운영 및 유지보수 효율성 증대를 위해, 위성항법 및 관성센서, RFID, 차륜센서 등 다양한 위치검지기술의 융합을 통한 철도교통 위치기술의 효율성을 제고하고 있으며, 고속종합검측차 및 저밀도열차제어시스템 등에 적용하고 있음.

○ 위성항법기술은 위성항법구성요소에 따라 항법위성 및 위성항법운영기술, 위성항법보정기술, 수신기기술 등으로 구분되고 있으며, 국내의 경우 지상 및 위성기반 위성항법보정기술과 군사 및 항공우주용, 민수용의 수신기제작기술에 대한 연구개발이 ADD, ETRI, 항우연, 해양연 등 연구소, 서울대, 건국대, 충남대, 항공대 등 학계, 한양네비콤, 삼성전기, 텔에이스 등 민간기업을 중심으로 진행 중에 있음.

○ 현재 서비스중인 GPS(미), GLONASS(러) 외 중국, 유럽, 일본 등의 국가에서 2020년을 목표로 신규위성항법시스템의 개발을 진행 중으로 2020년 이후 총 100

여기 이상의 항법위성을 통한 위성항법서비스 제공이 예상되고 있으며, 위성항법의 파급효과와 시장성은 더욱 확대될 것으로 예상됨

바) 관성항법

○ 가속도계와 자이로스코프를 이용, 위치, 속도, 가속도, 자세정보의 확인이 가능한 관성항법기술은 항공우주 및 군사용 무기체계에 주로 적용되었으나, 최근 소형 및 저비용 구현이 가능한 MEMS기반 관성센서기술이 개발되어, 자동차 및 로봇 제어, 가전분야 등 적용이 확대되고 있음.

○ 국외의 경우 Litton, Northrop Grumman, Honeywell, KVH 등을 중심으로 관성센서 및 관성항법기술이 발전 중에 있으며, MEMS기반 관성센서기술은 Analog device, ST, Honeywell, Bosch, CROSSBOW 등을 중심으로 기술개발이 이루어지고 있음

○ 철도교통 분야에서도 유럽을 중심으로 관성항법기술과 위성항법을 접목한 복합항법장치를 구성하여 차상중심 열차위치검지기술에 대한 연구를 진행하고 있음.

○ 국내의 경우, ADD, 항우연, ETRI, 서울대, 건국대, 충남대, 두산DST, 한양네비콤, 마이크로인피니티 등에서 항공우주 및 군용 관성항법기술과 민간용 MEMS기반 관성항법기술 연구개발을 진행 중에 있음.

2) 위치검지시스템기술

가) 열차제어 위치검지기술

○ 열차제어시스템의 고효율 개선과 상호운영성 확보를 위해 궤도회로기반의 지상중심 열차제어방식에서 무선통신기반의 차상중심 열차제어방식으로 기술발전이 진행 중에 있음.

○ 무선통신기반 차상중심 열차제어시스템에서의 상용화된 위치검지기술은 차륜센서와 RFID기술을 접목한 방식으로 기존 궤도회로기반의 신뢰성, 안전성 확보가 가능한 장점이 있음.

○ 열차제어 위치검지기술의 국외 기술기준은 5m이내의 정확성(수동운전)과 SIL4급의 안전성 인증이 필요함.

○ 하지만 RFID기술 적용시 선로상 일정구간별로 TAG의 지상설치가 필요하여, 이

에 따른 설치비, 유지보수 등의 문제가 발생하며, 이를 극복하기 위한 고효율 열차제어시스템은 저밀도 운행구간을 대상으로 하며, 유럽 및 북미를 중심으로 개발 및 적용되고 있음(BT사의 Interflo50, Ansaldo사의 VPTC 등).

○ 고효율 열차제어시스템을 위한 열차위치검지기술로서 위성항법, 관성센서, 전자지도 등을 결합한 기술구성 방식이 주로 적용되고 있음.

나) 국외 차상중심 열차위치검지기술

○ 저밀도 운행노선용 열차제어시스템 및 유지보수검측차를 중심으로 차상중심 열차위치검지기술의 적용이 확대되고 있음.

○ 국외 경우, APOLO, INTEGRAIL, RUNE, LOCOLOC, GADEROS 등 ETCS 열차제어시스템 적용을 위한 차상중심 열차위치검지기술이 메이저 열차제어시스템 제작사를 주축으로 개발 중에 있음.

○ 유지보수검측차분야의 경우 250km/h ~ 400km/h급 종합고속검측차의 검지위치 정확성 개선을 위한 차상중심 열차위치검지기술이 적용중에 있으며, 유지보수검측차의 경우 25~50cm 수준의 고분해능의 위치검지정밀도를 제공하고 있음.

다) 타교통분야 복합항법기술

○ 자동차 등 육상교통분야의 경우 위성항법, 관성센서, 차륜센서, map 기반의 복합항법기술이 네비게이션 장치 및 지능형운전자지원장치(ADAS)에 적용되고 있음.

○ 항공교통분야의 경우, 위성항법 및 관성센서기반의 항공항법시스템이 적용 중에 있으며, 공항 인근비행 및 착륙시 안정성 확보를 위한 레이더, MLAT, GBAS 등의 지상기반 보완기술이 적용 중에 있음.

○ 해양교통분야의 경우, GPS 및 Loran-C 등의 위성항법시스템과 DGPS 보정항법기술 등을 통해 선박항법시스템이 개발, 적용 중에 있음.

3) DB구축기술

○ 일반 GIS 구축분야에서는 토탈스테이션 및 RTK(CDGPS) 등의 지상측량기술과 항공사진 및 LiDAR 등의 항공측량기술을 기반으로 DB구축이 수행되고 있음.

○ 최근 모바일 GIS 서비스 및 자동차 운전 안전성 향상, 도로시설물 DB구축 효율

성 향상 등을 위해 차량항법 및 3D 카메라 기술을 기반으로 하는 MMS(Mobile Mapping System)이 국내외적으로 개발되어 적용 중에 있음.

4) 철도 무선통신기술

○ 유럽 및 중국을 중심으로 GSM-R기반의 철도통합무선망이 구축되어 열차제어 및 운영제어분야에 적용 중에 있으며, LTE 통신방식으로의 개량을 모색 중임.

○ 국내의 경우 국토부 주관의 “무선통신기반 도시철도 열차제어시스템 표준체계 구축 및 성능평가”사업을 통해 국내 철도통합무선통신망의 구축방안 연구를 진행 중임.

4. 기술개발을 위한 인프라 및 기반역량 분석

가. 철도교통 위치검지기술 인프라 및 역량분석

1) 철도교통 위치검지기술적용 국가R&D 현황 조사

[표 30] 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 운행을 위한 신호시스템(ATC) 차상장치 개발 ·시험선 자동운전을 위한 자동열차운전장치(ATO) 개발 ·열차내 전장품을 제어하는 종합제어장치(TCMS) 개발 -위치검지적용기술 ·궤도회로, 차륜센서기반 지상중심 위치검지기술 적용
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 -위치검지적용기술 ·RFID, 차륜센서기반 차상중심 위치검지
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 -위치검지적용기술 ·무선LAN 및 지상비콘기반 위치검지
고속철도 자동열차제어장치 기술개발	-기간 : 1999. 10 ~ 2001. 9 -주관 : LS산전	-개발내용 ·고속철도용 자동열차제어장치(AF궤도회로, 차상장치) 개발 -개발결과 ·G7고속차량에 차상장치 설치 및 현장

사업(과제)명	수행내용	
	기간 및 주관기관	내 용
		(오송기지) 시험완료 -위치검지적용기술 ·궤도회로, 차륜센서기반 지상중심 위치검지기술 적용
고속철도 열차제어시스템 안정화 기술개발	-기간 : 2002. 12 ~ 2007. 10 -주관 : LS산전	-개발내용 ·열차제어시스템안정화 및 RAMS검증 -위치검지적용기술 ·궤도회로, 차륜센서기반 지상중심 위치검지기술 적용
차세대 고속철도 기술개발사업 (통합차상신호시스템 개발)	-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 -위치검지적용기술 ·궤도회로, 발리스, 차륜센서기반 차상중심 위치검지기술 적용(ATP시)
기존선 속도향상 실용화기술개발 (한국형 틸팅열차개발)	-기간 : 2001. 8 ~ 2006. 7 -주관 : 철도연	-개발내용 ·한국형 틸팅열차 차량시스템 및 선로인프라 성능개선 연구 -위치검지적용기술 ·GPS, 차륜센서기반 위치검지시스템을 활용 차량곡선부 진입여부를 검지하여 틸팅열차의 사전틸팅제어 수행
한국형 틸팅열차 신뢰성평가 및 운용기술개발	-기간 : 2007. 8 ~ 2012. 7 -주관: 철도연	-개발내용 ·한국형 틸팅열차 신뢰성 확보 및 국산화 개발, 운영효율화/유지보수체계 구축 -위치검지적용기술 ·GPS, 차륜센서기반 위치검지시스템을 활용 차량곡선부 진입여부를 검지하여 틸팅열차의 사전틸팅제어 수행
고속선 궤도관리 의사결정지원 시스템 개발	-기간 : 2006. 10 ~ 2010. 7 -주관:한국철도공사	-개발내용 ·고속선 궤도 유지관리효율성 확보를 위해 궤도틀림실시간감시시스템, 검측데이터관리시스템, 궤도틀림진전예측시스템, 궤도 유지보수 작업일정 최적화시스템, 웹기반 협업지원시스템을 개발 -위치검지적용기술 ·300km/h 고속검측환경에서의 검측위치정확성 확보를 위해 RFID기반 위치검지기술 적용

[표 31] 타 부처의 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 -위치검지적용기술 · 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 (자기부상열차실용화를 위한 차량모델개발) (산업자원부)	-기간 : 2003. 10 ~ 2006.9 -주관 : ROTEM	-개발내용 ·실용화 수준의 무인자동 자기부상열차 신호시스템 개발 ·차상과 지상간 정보전송을 위해서 무선LAN 개발 -개발결과 ·대전 국립과학관 자기부상철도에 적용 -위치검지적용기술 ·RFID, 도플러레이더, 차륜센서, GPS기반 차상중심 열차위치검지
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 무선LAN을 국산화함. -위치검지적용기술 ·RFID, 차륜센서기반 차상중심 열차위치검지

2) 철도교통 위치검지기술 국내 인프라 및 역량분석

[표 32] 철도교통 위치검지기술 국내 인프라 및 역량분석

분류	소분류	국산화여부	국내외 주요 제작사	국내기술수준
철도교통 위치검지기술	궤도회로	일부 국산화 (일반,도시)	-혁신전공, 신우ENG -Ansaldo-STS	-도시철도, 일반철도 궤도회로 국산화
	차륜센서	일부 국산화 (도시, 일반, 고속철도)	-유진기공,유진전기 -DeutaWerke, Faiveley	-도시,일반,고속철도 차륜센서 국산화 (단, 열차제어용 차륜센서의 경우 국외 열차제어시스템에 포함되어 도입)
	발리스/RFID	일부 국산화 (발리스TAG)	-태정전척,유경제어 -BT, SIEMENS, Ansaldo-STS, Thales 등(발리스) -Transcore (도시철도RFID)	-발리스(TAG)는 국외기술 지원에 따른 단순제작 -차상 발리스리더(CAU) 및 발리스 설계기술 미확보 -도시철도용 RFID시스템 전량수입 적용 -비철도용 일반 상용 RFID 칩셋,리더 국산화 개발 및 적용
	도플러레이더	-	-DeutaWerke, Faiveley	-전량 수입
	차상중심 열차위치검지 시스템기술	일부국산화 (열차제어분야/RFID, 차륜센서 조합기술)	-로템,LS산전,삼성SDS 등(열차제어분야) -BT, SIEMENS, Ansaldo-STS, Thales 등	-열차제어시스템 국산화에 따른 RFID, 차륜센서 통합기술 개발 중 -위성항법, 관성센서 등 복합항법 철도적용기술 미확보 -항공우주, 자동차대상 위성항법 및 관성항법관련 국내기술수준 높음
타 교통분야 위치검지기술 (복합항법)	위성항법 (복합항법)	일부 국산화 (상용, 군용, 항공우주용 시스템)	-한양네비콤, 텔에이스, 삼성전기 등 -Trimble,Novatel,CSR, Ublox 등	-상용(GPS,Galileo) 칩셋개발 -항공우주,군용(GPS, GLONASS, Galileo) 복합 GNSS 칩셋개발 -위성항법/복합항법 통합 최적화 기술
	관성항법 (복합항법)	일부 국산화 (상용, 군용, 항공우주용 시스템)	- 두산DST,MI 등 - Honeywell,Litton 등	-군용, MEMS기반 관성항법장치 제작기술 국산화 -관성항법/복합항법 최적화 기술

항공우주 및 차량항법분야를 대상으로 위성항법과 관성항법을 융합한 복합항법기술의 국내 연구는 한국항공우주연구원, 전자통신연구원, ADD 등 정부출연연구소와 서울대, 건국대, 충남대, 항공대 등의 학계, 한양네비콤, 두산DST, 마이크로인피니티 등의 산업계를 중심으로 기술개발이 진행되고 있다.

[표 33] 위성항법 및 관성항법기술 국내 인프라 조사

기술구분	국내 연구기관	주요기술분야	세계최고대비 기술수준
위성항법기술	항우연 ETRI 해양연 서울대 충남대 건국대 항공대 한양네비콤	위성항법수신기 개발 위성항법보정시스템 개발 위성항법기반 정확성, 무결성 향상기술 개발 위성항법/관성항법 및 타센서 융합기술 항공,우주,무기체계,선박,자동차 항법 등 적용 및 실용화 기술 개발	70%
관성항법기술	항우연 ETRI 서울대 충남대 건국대 두산DST 마이크로인피니티	관성항법장치 성능최적화 기술 관성항법장치 제작기술 관성항법/위성항법 및 타센서 융합기술 관성항법장치 결합검지 및 분리기술 MEMS기반 관성센서 제작기술 항공,우주,무기체계,자동차 항법 등 적용 및 실용화 기술 개발	70%

3) 국내 기술 인프라 및 역량비교

국내 철도교통 위치검지센서기술은 지상중심 열차제어기술에 적용중인 궤도회로 및 차륜센서 분야에 대한 국산화 기술개발 수준은 높게 조사되었으나, RFID, 도플러레이더 센서 등 차상중심 열차제어시스템에 적용되는 신규 위치검지센서기술에 대한 기술개발 수준은

다소 부족한 상황이다. 철도교통 위치검지 시스템기술의 경우, 국외 선진국과 비교 시 다종 센서융합과 관련된 항공우주 및 차량항법분야에 적용중인 위성항법/관성항법관련 기술 수준은 선진국대비 동등 수준의 전문인력을 보유하고 있다고 판단되나, 철도분야에 대한 적용연구가 체계적으로 수행된 사례가 없기 때문에 철도교통 위치검지시스템기술의 인프라구축과 원천기술 보유와 관련해서는 선진국대비 다소 부족한 것으로 판단된다. 선로DB 구축기술의 경우에도 일반 GIS 구축기술 및 전문인력은 국토부 국가지리정보체계 구축사업을 통해 확보되어 있으나, 선로DB구축 시 시설물의 모바일 매핑과 시설물 자동탐지기술과 관련된 인프라와 원천기술은 다소 부족하다.

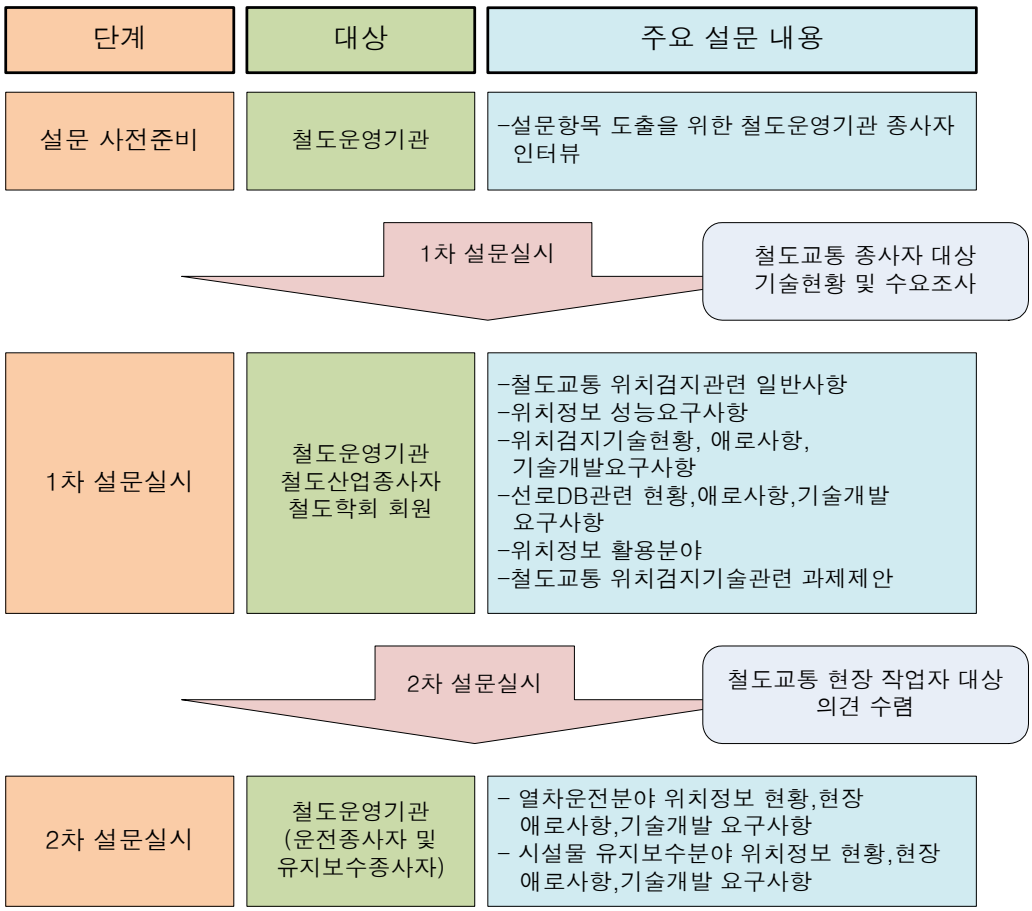
[표 34] 국내 기술 인프라 세부항목별 역량 비교

기술분야	인프라항목	선진국대비 인프라 수준				
		부족	다소부족	동등	우월	보다우월
철도교통 위치검지센서 기술	전문인력 보유			○		
	인프라 구축		○			
	원천기술보유		○			
철도교통 위치검지 시스템기술	전문인력 보유			○		
	인프라 구축		○			
	원천기술보유		○			
선로DB구축 기술	전문인력 보유			○		
	인프라 구축		○			
	원천기술보유		○			

제 3 절 기술 수요 및 예측

1. 기술수요조사 및 결과

철도교통 위치검지시스템 기술개발의 목표 결정을 위해 국내 철도운영 및 건설기관 종사자 및 관련 산업계 기술개발 전문가를 대상을 국내 철도교통 위치검지기술 수준의 현황 및 애로사항을 파악하고, 철도교통 각 분야에서 요구되는 철도교통 위치정보의 성능수준과 기술개발 요구사항을 조사하였다.



[그림 148] 기술수요조사 수행절차

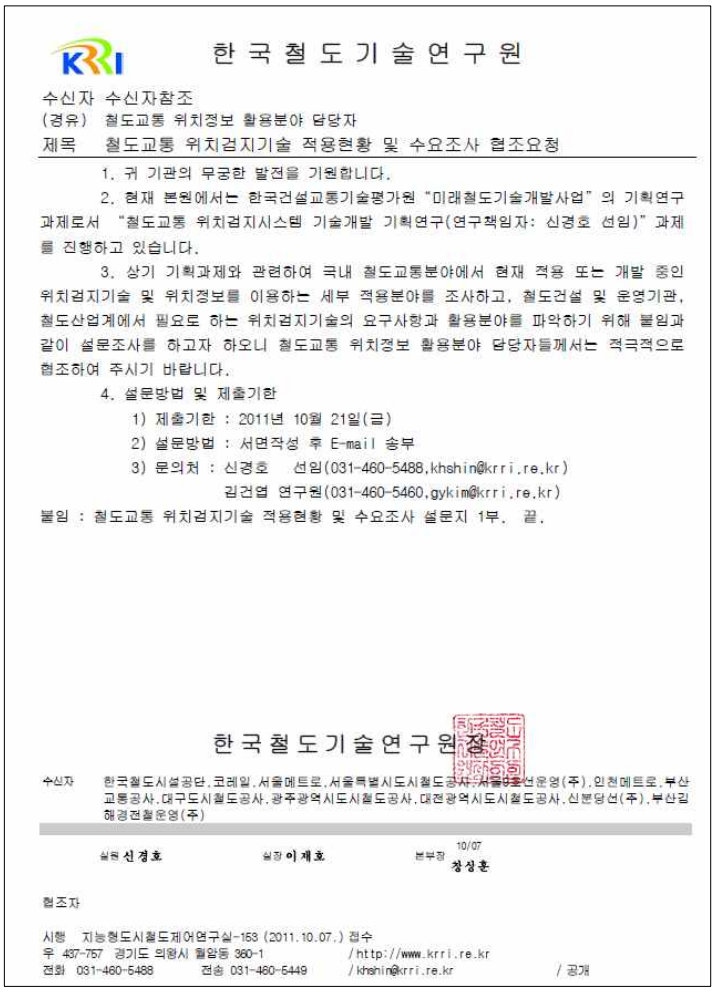
가. 기술수요조사 절차

철도교통 위치검지기술의 현황을 파악하고, 수요를 조사하기 위해 총 2회의 설문을 실시하였다. 적절한 설문항목의 도출을 위해 코레일, 한국철도시설공단 등 철도운

영 및 건설기관 기술담당자를 인터뷰하여 상세 설문항목을 도출하여 1차 설문조사 양식을 개발하였다.

1) 1차 설문조사

1차 설문조사는 철도운영 및 건설기관 담당기술 종사자, 철도산업계 종사자, 철도학회 회원 등 철도교통관련 종사자 및 전문가를 대상으로 실시하였다.



한 국 철 도 기 술 연 구 원

수신자 수신자참조
(경유) 철도교통 위치정보 활용분야 담당자
제목 철도교통 위치검지기술 적용현황 및 수요조사 협조요청

1. 귀 기관의 무궁한 발전을 기원합니다.

2. 현재 본원에서는 한국건설교통기술평가원 "미래철도기술개발사업" 의 기획연구과제로서 "철도교통 위치검지시스템 기술개발 기획연구(연구책임자: 신경호 선임)" 과제를 진행하고 있습니다.

3. 상기 기획과제와 관련하여 국내 철도교통분야에서 현재 적용 또는 개발 중인 위치검지기술 및 위치정보를 이용하는 세부 적용분야를 조사하고, 철도건설 및 운영기관, 철도산업계에서 필요로 하는 위치검지기술의 요구사항과 활용분야를 파악하기 위해 붙임과 같이 설문조사를 하고자 하오니 철도교통 위치정보 활용분야 담당자들께서는 적극적으로 협조하여 주시기 바랍니다.

4. 설문방법 및 제출기한
1) 제출기한 : 2011년 10월 21일(금)
2) 설문방법 : 서면작성 후 E-mail 송부
3) 문의처 : 신경호 선임(031-460-5488,khshin@krri.re.kr)
김건엽 연구원(031-460-5460,gykim@krri.re.kr)

붙임 : 철도교통 위치검지기술 적용현황 및 수요조사 설문지 1부. 끝.

한국철도기술연구원장

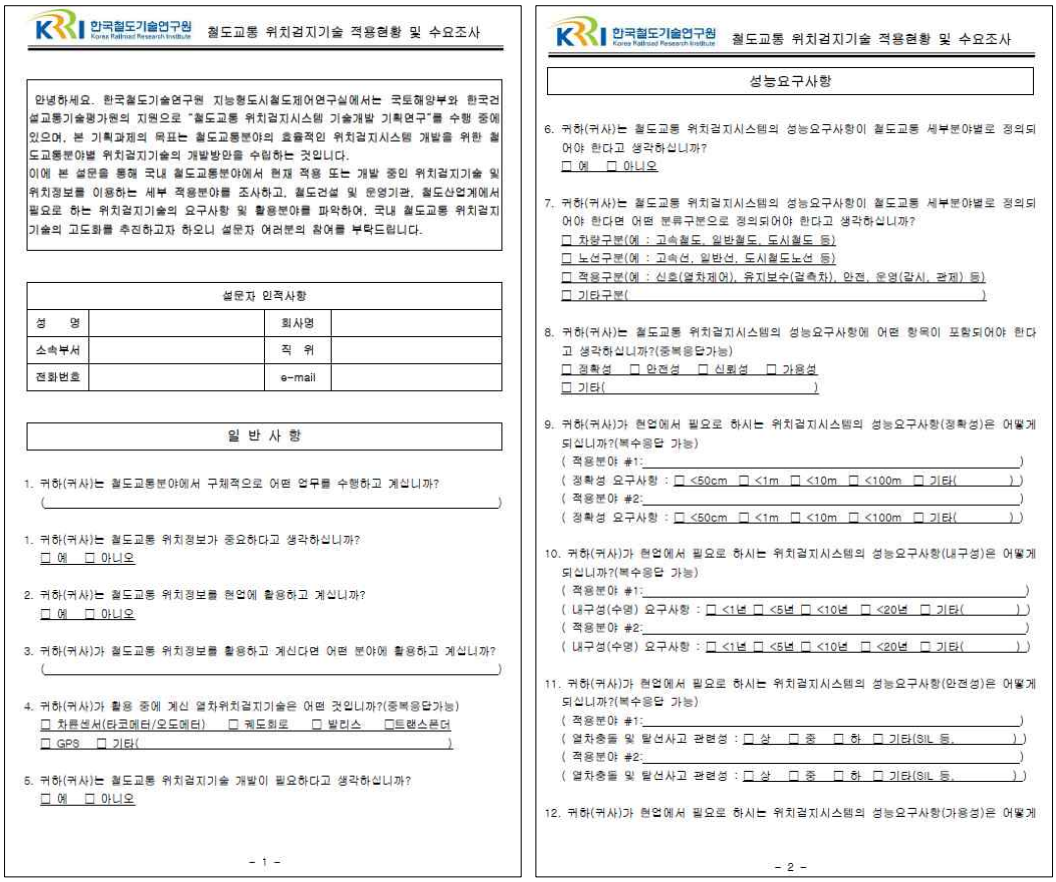
수신자 한국철도시설공단,코레일,서울메트로,서울특별시도시철도공사,서울9호선운영(주),인천메트로,부산교통공사,대구도시철도공사,광주광역시도시철도공사,대전광역시도시철도공사,신분당선(주),부산김해경전철운영(주)

실무 신경호 실장 이재호 본부장 정성훈 10/07

협조자

시행 지능형도시철도제어연구실-168 (2011.10.07.) 접수
우 437-757 경기도 의왕시 월암동 360-1 / http://www.krri.re.kr
전화 031-460-5488 전송 031-460-5449 / khshin@krri.re.kr / 공개

[그림 149] 1차설문조사 공문



한국철도기술연구원 Korea Railroad Research Institute 철도교통 위치검지기술 적용현황 및 수요조사

안녕하세요. 한국철도기술연구원 지능형도시철도제어연구실에서는 국토해양부와 한국건설교통기술평가원의 지원으로 "철도교통 위치검지시스템 기술개발 기획연구"를 수행 중에 있으며, 본 기획과제의 목표는 철도교통분야의 효율적인 위치검지시스템 개발을 위한 철도교통분야별 위치검지기술의 개발방안을 수립하는 것입니다.
이에 본 설문을 통해 국내 철도교통분야에서 현재 적용 또는 개발 중인 위치검지기술 및 위치정보를 이용하는 세부 적용분야를 조사하고, 철도건설 및 운영기관, 철도산업계에서 필요로 하는 위치검지기술의 요구사항 및 활용분야를 파악하여, 국내 철도교통 위치검지기술의 고도화를 추진하고자 하오니 설문자 여러분의 참여를 부탁드립니다.

설문자 인적사항			
성 명		회사명	
소속부서		직 위	
전화번호		e-mail	

일 반 사 항

1. 귀하(귀사)는 철도교통분야에서 구체적으로 어떤 업무를 수행하고 계십니까?
( )

1. 귀하(귀사)는 철도교통 위치정보가 중요하다고 생각하십니까?
□ 예 □ 아니오

2. 귀하(귀사)는 철도교통 위치정보를 현업에 활용하고 계십니까?
□ 예 □ 아니오

3. 귀하(귀사)가 철도교통 위치정보를 활용하고 계신다면 어떤 분야에 활용하고 계십니까?
( )

4. 귀하(귀사)가 활용 중에 계신 열차위치검지기술은 어떤 것입니까?(중복응답가능)
□ 차륜센서(타코메터/오도메터) □ 궤도회로 □ 발리스 □트랜스폰더
□ GPS □ 기타( )

5. 귀하(귀사)는 철도교통 위치검지기술 개발이 필요하다고 생각하십니까?
□ 예 □ 아니오

- 1 -

한국철도기술연구원 Korea Railroad Research Institute 철도교통 위치검지기술 적용현황 및 수요조사

성능요구사항

6. 귀하(귀사)는 철도교통 위치검지시스템의 성능요구사항이 철도교통 세부분야별로 정의되어야 한다고 생각하십니까?
□ 예 □ 아니오

7. 귀하(귀사)는 철도교통 위치검지시스템의 성능요구사항이 철도교통 세부분야별로 정의되어야 한다면 어떤 분류구분으로 정의되어야 한다고 생각하십니까?
□ 차량구분(예 : 고속철도, 일반철도, 도시철도 등)
□ 노선구분(예 : 고속선, 일반선, 도시철도노선 등)
□ 적용구분(예 : 신호(열차제어), 유지보수(검측차), 안전, 운영(감시, 관제) 등)
□ 기타구분( )

8. 귀하(귀사)는 철도교통 위치검지시스템의 성능요구사항에 어떤 항목이 포함되어야 한다고 생각하십니까?(중복응답가능)
□ 정확성 □ 안전성 □ 신뢰성 □ 가용성
□ 기타( )

9. 귀하(귀사)가 현업에서 필요로 하시는 위치검지시스템의 성능요구사항(정확성)은 어떻게 되십니까?(복수응답 가능)
(적용분야 #1:)
(정확성 요구사항 : □ <50cm □ <1m □ <10m □ <100m □ 기타( ))
(적용분야 #2:)
(정확성 요구사항 : □ <50cm □ <1m □ <10m □ <100m □ 기타( ))

10. 귀하(귀사)가 현업에서 필요로 하시는 위치검지시스템의 성능요구사항(내구성)은 어떻게 되십니까?(복수응답 가능)
(적용분야 #1:)
(내구성(수명) 요구사항 : □ <1년 □ <5년 □ <10년 □ <20년 □ 기타( ))
(적용분야 #2:)
(내구성(수명) 요구사항 : □ <1년 □ <5년 □ <10년 □ <20년 □ 기타( ))

11. 귀하(귀사)가 현업에서 필요로 하시는 위치검지시스템의 성능요구사항(안전성)은 어떻게 되십니까?(복수응답 가능)
(적용분야 #1:)
(열차충돌 및 탈선사고 관련성 : □ 상 □ 중 □ 하 □ 기타(SIL 등.))
(적용분야 #2:)
(열차충돌 및 탈선사고 관련성 : □ 상 □ 중 □ 하 □ 기타(SIL 등.))

12. 귀하(귀사)가 현업에서 필요로 하시는 위치검지시스템의 성능요구사항(가용성)은 어떻게

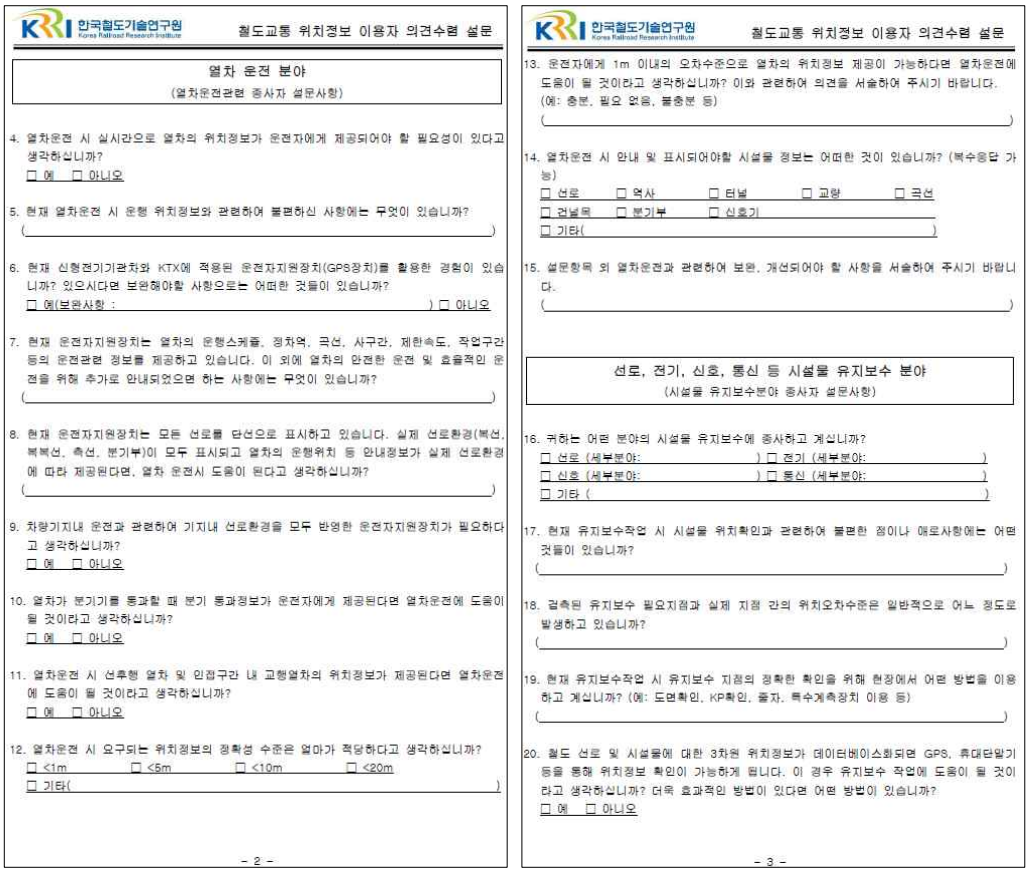
- 2 -

[그림 150] 1차 수요조사 설문지

1차 수요조사 설문지는 6개 대분류(일반사항, 성능요구사항, 위치검지기술, 선로DB, 활용분야, 과제제안) 항목에 대하여 총 50개의 세부 설문항목을 도출하여 설문이 수행되었다. 또한 수요조사 관련기관에 설문협조 공문발송 등을 통해 설문조사의 참여율 향상시켰다. 1차 수요조사에서는 종사자의 업무종류, 현재 위치정보 활용분야, 위치검지기술의 개발필요성, 철도교통에 적합한 위치정보 성능수준(정확성, 신뢰성, 안전성, 가용성), 현 위치검지기술의 문제점 및 애로사항, 기술개발 발전 방향 및 기술개발 요구사항, 선로DB관련 문제점 및 3차원 선로DB 구축의 필요성, 철도교통 위치정보 활용분야 등 철도교통 위치검지시스템 개발에 필요한 다각적인 조사가 수행되었다.

2) 2차 설문조사

2차 설문조사는 철도교통 위치검지시스템의 정량적 성능목표를 설정하기 위해 총 26개의 설문항목을 도출하여 철도교통 위치정보 이용자를 대상으로 설문을 수행하였다. 2차 설문조사는 철도교통 위치정보를 주로 활용하는 철도운영기관의 운전종사자(기관사)와 선로, 전기, 신호, 통신 등 선로 시설물 유지보수 종사자를 대상으로 하였으며, 열차운전 및 선로 시설물 유지보수 작업 시 열차 및 시설물 위치정보와 관련된 애로사항을 파악하고, 열차 운전 및 유지보수 작업 시 효율성과 안전성 개선에 필요한 위치정보의 성능수준, 보완사항 등에 대해 조사하였다.



한국철도기술연구원 Korea Railroad Research Institute — 철도교통 위치정보 이용자 의견수렴 설문

열차 운전 분야
(열차운전관련 종사자 설문사항)

4. 열차운전 시 실시간으로 열차의 위치정보가 운전자에게 제공되어야 할 필요성이 있다고 생각하십니까?
☐ 예 ☐ 아니오

5. 현재 열차운전 시 운행 위치정보와 관련하여 불편하신 사항에는 무엇이 있습니까?
(_____)

6. 현재 신형전기기관차와 KTX에 적용된 운전자지원장치(GPS장치)를 활용한 경험이 있습니까? 있으시다면 보완해야할 사항으로는 어떠한 것들이 있습니까?
☐ 예(보완사항 : _____) ☐ 아니오

7. 현재 운전자지원장치는 열차의 운행스케쥴, 정차역, 곡선, 사구간, 제한속도, 작업구간 등의 운전관련 정보를 제공하고 있습니다. 이 외에 열차의 안전한 운전 및 효율적인 운전을 위해 추가로 안내되었으면 하는 사항에는 무엇이 있습니까?
(_____)

8. 현재 운전자지원장치는 모든 선로를 단선으로 표시하고 있습니다. 실제 선로환경(복선, 복복선, 측선, 분기부)이 모두 표시되고 열차의 운행위치 등 안내정보가 실제 선로환경에 따라 제공된다면, 열차 운전시 도움이 된다고 생각하십니까?
(_____)

9. 차량기지내 운전과 관련하여 기지내 선로환경을 모두 반영한 운전자지원장치가 필요하다고 생각하십니까?
☐ 예 ☐ 아니오

10. 열차가 분기기를 통과할 때 분기 통과정보가 운전자에게 제공된다면 열차운전에 도움이 될 것이라고 생각하십니까?
☐ 예 ☐ 아니오

11. 열차운전 시 선후행 열차 및 인접구간 내 교행열차의 위치정보가 제공된다면 열차운전에 도움이 될 것이라고 생각하십니까?
☐ 예 ☐ 아니오

12. 열차운전 시 요구되는 위치정보의 정확성 수준은 얼마가 적당하다고 생각하십니까?
☐ <1m ☐ <5m ☐ <10m ☐ <20m
☐ 기타(_____)

- 2 -

한국철도기술연구원 Korea Railroad Research Institute — 철도교통 위치정보 이용자 의견수렴 설문

13. 운전자에게 1m 이내의 오차수준으로 열차의 위치정보 제공이 가능하다면 열차운전에 도움이 될 것이라고 생각하십니까? 이와 관련하여 의견을 서술하여 주시기 바랍니다.
(예: 충분, 필요 없음, 불충분 등)
(_____)

14. 열차운전 시 안내 및 표시되어야할 시설물 정보는 어떠한 것이 있습니까? (복수응답 가능)
☐ 선로 ☐ 역사 ☐ 터널 ☐ 교량 ☐ 곡선
☐ 건널목 ☐ 분기부 ☐ 신호기
☐ 기타(_____)

15. 설문항목 외 열차운전과 관련하여 보완, 개선되어야 할 사항을 서술하여 주시기 바랍니다.
(_____)

선로, 전기, 신호, 통신 등 시설물 유지보수 분야
(시설물 유지보수분야 종사자 설문사항)

16. 귀하는 어떤 분야의 시설물 유지보수에 종사하고 계십니까?
☐ 선로 (세부분야: _____) ☐ 전기 (세부분야: _____)
☐ 신호 (세부분야: _____) ☐ 통신 (세부분야: _____)
☐ 기타 (_____)

17. 현재 유지보수작업 시 시설물 위치확인과 관련하여 불편한 점이나 애로사항에는 어떤 것들이 있습니까?
(_____)

18. 검측된 유지보수 필요지점과 실제 지점 간의 위치오차수준은 일반적으로 어느 정도로 발생하고 있습니까?
(_____)

19. 현재 유지보수작업 시 유지보수 지점의 정확한 확인을 위해 현장에서 어떤 방법을 이용하고 계십니까? (예: 도면확인, KP확인, 줄자, 특수계측장치 이용 등)
(_____)

20. 철도 선로 및 시설물에 대한 3차원 위치정보가 데이터베이스화되면 GPS, 휴대단말기 등을 통해 위치정보 확인이 가능하게 됩니다. 이 경우 유지보수 작업에 도움이 될 것이라고 생각하십니까? 더욱 효과적인 방법이 있다면 어떤 방법이 있습니까?
☐ 예 ☐ 아니오

- 3 -

[그림 151] 2차 수요조사 설문지

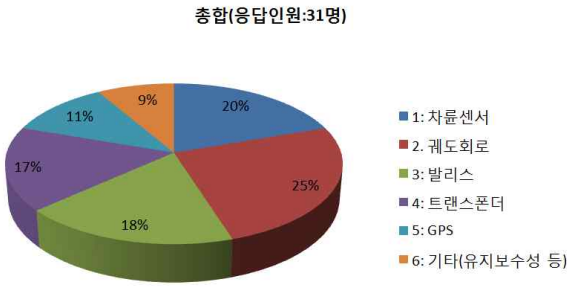
나. 기술수요조사 결과

1) 1차 설문조사 결과

1차 설문조사는 철도운영 및 건설기관 종사자, 철도산업계 종사자, 철도학회 회원 등 총 31명에 대한 설문의견을 확보하였다. 설문참가기관은 한국철도시설공단, 코레일, 서울메트로, 서울도시철도공사, 인천메트로, 대전도시철도공사, 삼성SDS, 포스코엔지니어링, 대아티아이, 금천시스템, 한터기술, 샬롬엔지니어링, LS산전, POSCO ICT, 에이알텍, 세명대학교, ETRI 등으로 주요 설문항목에 대한 결과는 다음과 같다.

가) 일반사항

① 현재 적용중인 위치검지기술



[그림 152] 국내 철도교통분야 위치검지기술 적용현황

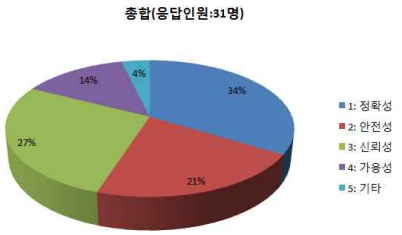
② 철도교통 위치검지기술의 개발 필요성



[그림 153] 국내 철도교통 위치검지기술개발 필요성 인식수준

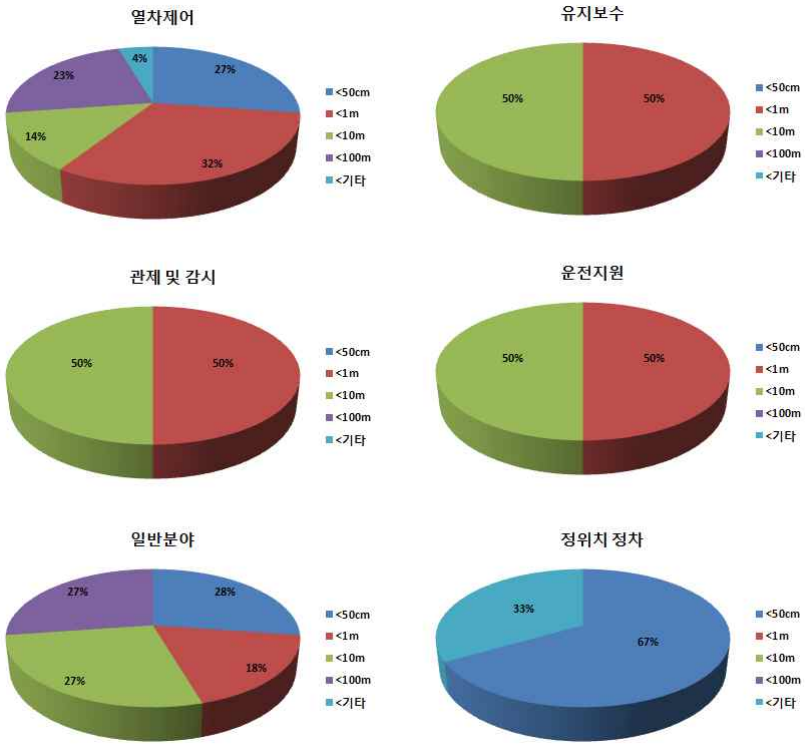
나) 위치검지기술 성능요구사항

① 성능요구사항 분류기준



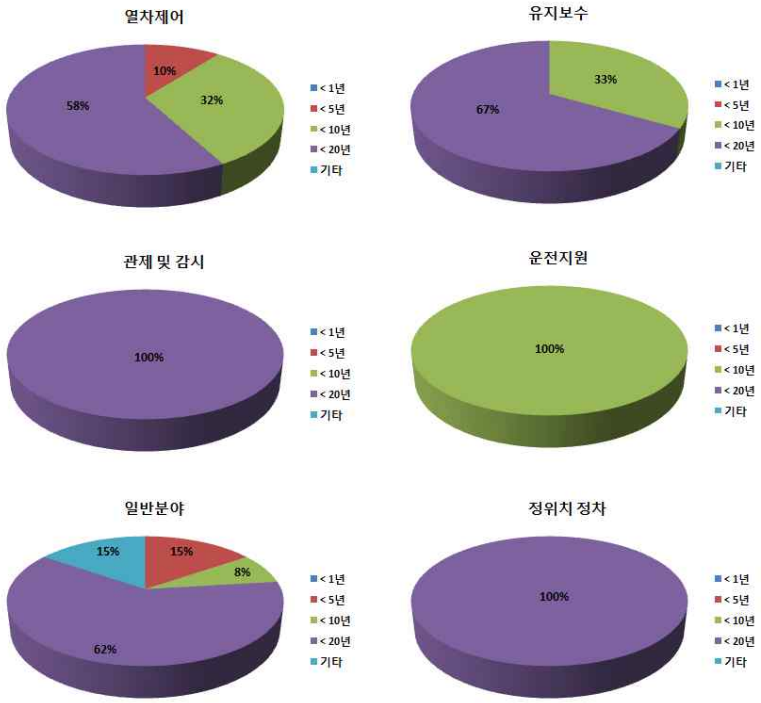
[그림 154] 위치검지기술의 성능요구사항 분류기준

② 정확성 요구사항



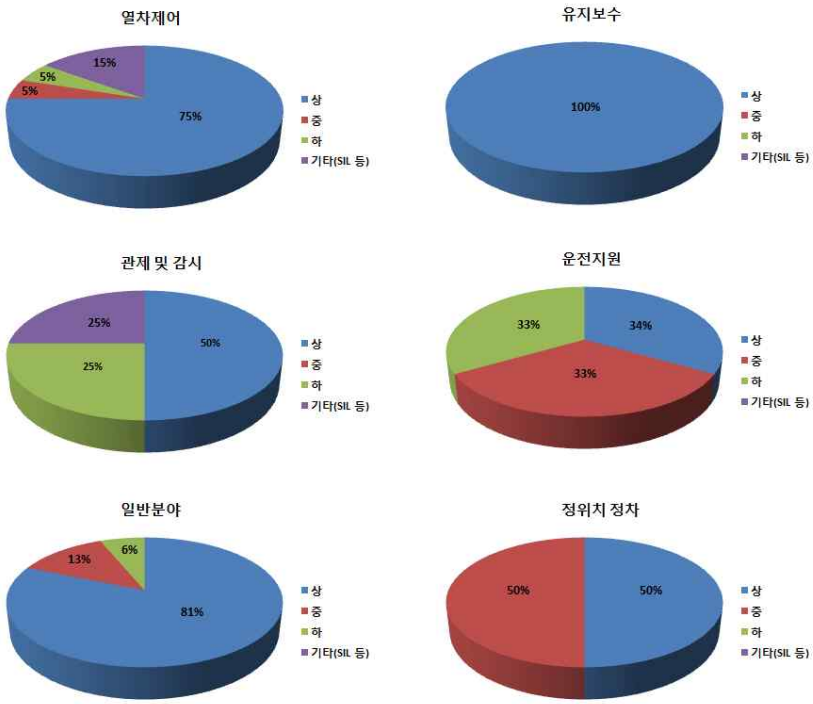
[그림 155] 적용분야별 정확성 요구사항 설문결과

③ 내구성 요구사항



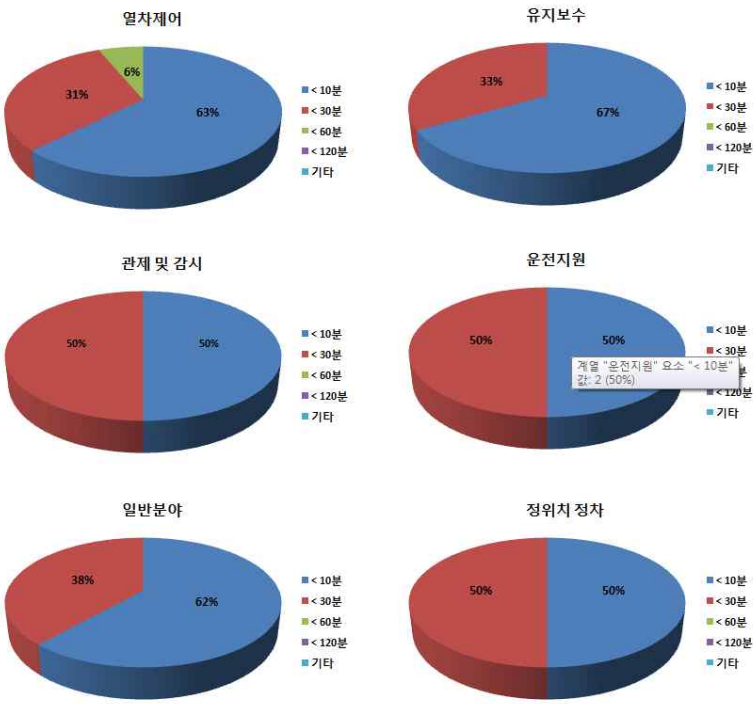
[그림 156] 위치검지기술 내구성 요구사항

④ 안전성 요구사항



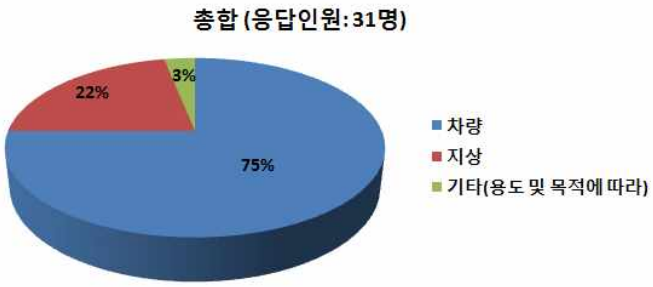
[그림 157] 위치검지기술 안전성 요구사항

⑤ 가용성 요구사항



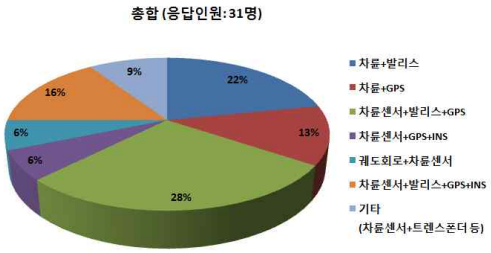
[그림 158] 위치검지기술 가용성 요구사항

⑥ 위치검지주체(차상 vs. 지상)



[그림 159] 위치검지기능 수행 주체 조사결과

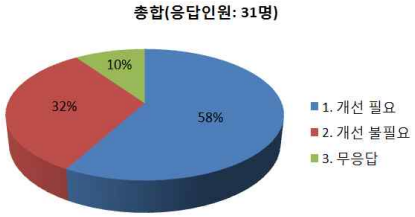
⑦ 철도교통 효율성 향상을 위한 적용가능 위치검지기술



[그림 160] 철도교통 적용가능 위치검지기술 조사결과

다) 선로시설물 기반정보

① 현 1차원 선로시설물 정보화 개선 필요성



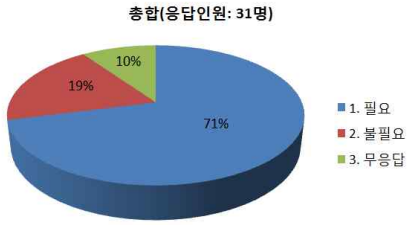
[그림 161] 현 철도교통 선로시설물 정보화 개선 필요성 조사결과

② 3차원 선로시설물 기반정보 구축 필요성



[그림 162] 3차원 선로시설물 기반정보 구축 필요성 조사결과

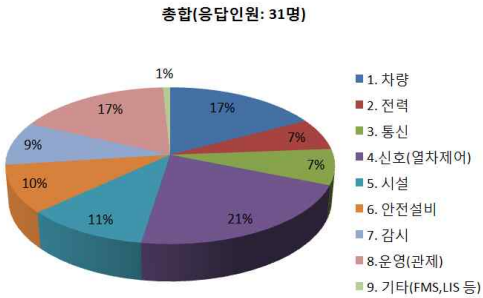
③ 3차원 선로DB 구축 효율화 기술 필요성



[그림 163] 3차원 선로DB 구축 효율화기술 필요성

라) 활용분야

① 철도교통 위치정보의 활용분야



[그림 164] 철도교통 위치정보 활용분야 분포

② 위치정보 활용시 기대효과

- 화물운송/물류효율화 및 고장감시 효율화, 건설비 절감 및 건널목차단제어 효율화
- 운전자 지원 및 여객편의 서비스 개선
- 급전사 구간 확인
- 재해감시 및 대응
- 주파수 절체구간 확인 및 통신음영구간확인
- 열차제어의 효율화 및 정밀도에 따른 시격 개선
- 궤도검측 정확성확보, 궤도유지보수자동화 가능
- 세부 활용 효과 외 국가 정보관리기반의 통합적인 관리체계구축이 가능

③ 상세활용분야

[표 35] 철도교통 위치검지정보 세부적용 분야 조사 결과

분 야	세부 적용분야
차 량	- 차상컴퓨터 S/W 기술 - 열차의 조밀 제어 및 고장개소 검지 및 열차위치 검지 - 열차운행효율화, 에너지효율화, 유지보수효율화, 고장감시효율화, 과밀도 승객수송 - 운영 및 위치적 유지보수 정보 제공 - 전방열차의 정확한 위치표시로 운전의 안전 확보
시 설	- 지리정보 데이터 입수 및 시설물 위치 확인 - 보수지점의 이력관리 - 시설물 유지보수
전 력	- 고장개소 검지 및 고장분석 - 급전체계 효율화 - 변전소 위치선정 및 특정지점 전력 사용량 관리
통 신	- 망 구축 효율화 - 전파장애지점 관리 및 통신 불량개소 관리 - 시설물 유지보수
안 전	- 안전한 열차 운전으로 안전도 향상 - 특정 지역 및 지역관경관리 - 안전 시설물 관리
감 시	- 관제 효율화 개선 - 실시간 열차위치 검지로 효율적인 열차 감시 및 제어 가능
운 영	- 열차의 고속, 고밀도 운전으로 운전효율 및 신뢰도 향상 - 열차위치 감시 및 제어 - 유지보수 체계화
신 호	- 열차 운전 운영 및 시설관리 - 열차위치 검지 및 열차 간격 제어 - 열차의 조밀 제어 및 고장개소 검지 - 지역 특성을 고려한 설비관리 및 구축 - 철도 선로변 시설물 감소로 유지보수가 간단하고 열차제어의 안전성/신뢰성 향상

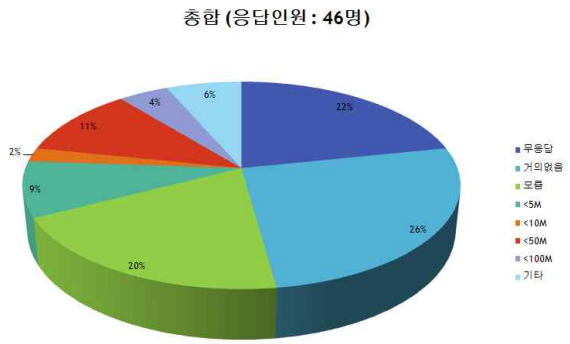
2) 2차 설문조사 결과

2차 설문조사는 열차 운전 및 시설물 유지보수 현장에 근무하는 코레일의 현업 종

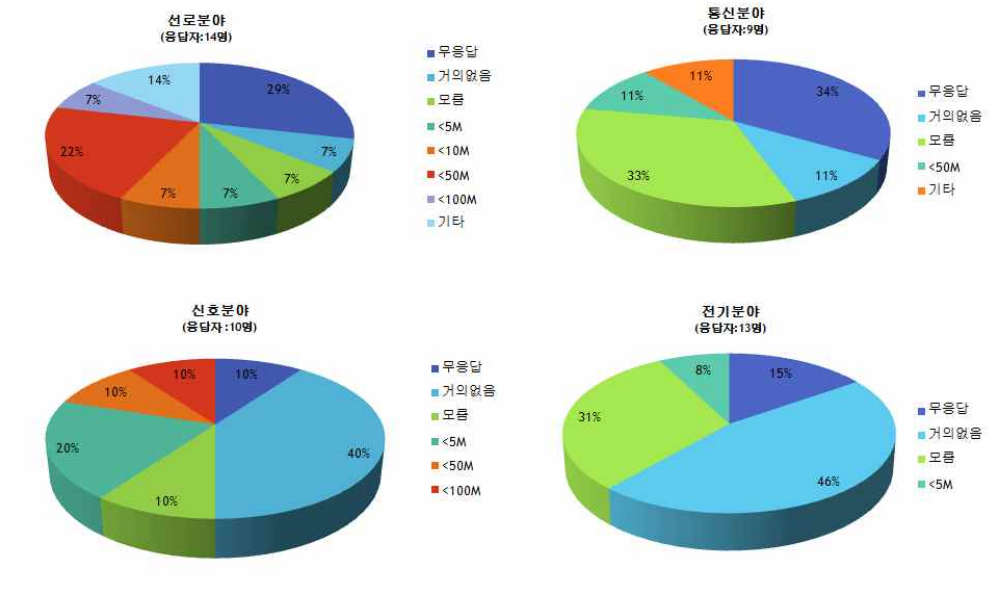
사자를 대상으로 수행하였으며, 선로, 전기, 신호, 통신 등 시설물 유지보수 종사자 46명, 운전종사자 5명에 대한 설문의견을 확보하였다. 주요 설문항목에 대한 결과는 다음과 같다.

가) 시설물 유지보수분야

① 시설물 유지보수 위치오차 현황

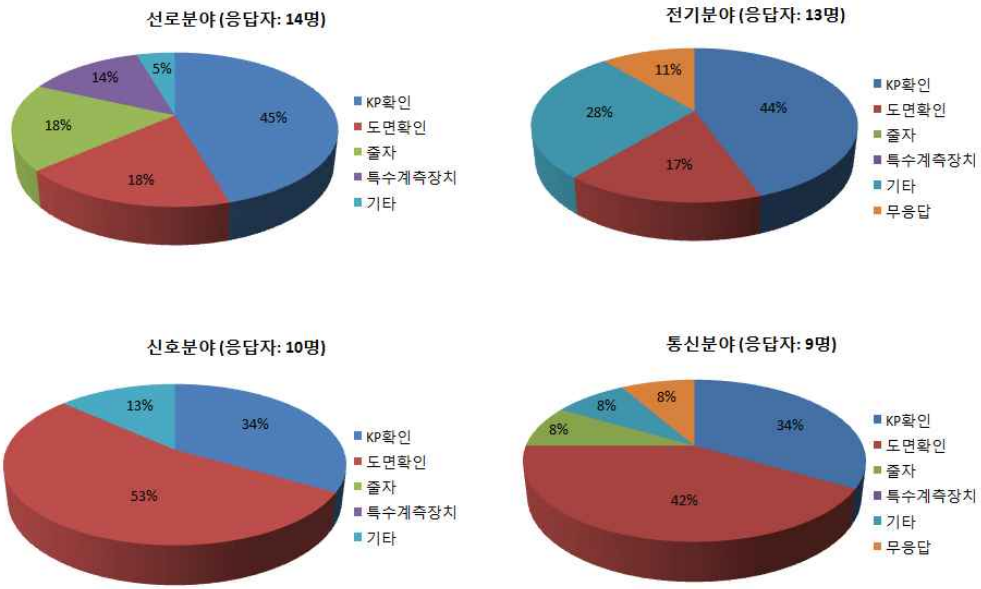


[그림 165] 시설물 유지보수관련 위치오차 발생 현황



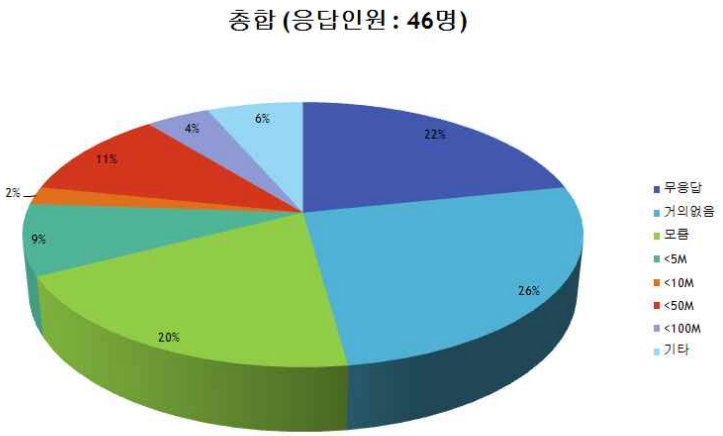
[그림 166] 각 분야별 시설물 유지보수관련 위치오차 발생수준

② 현재 유지보수 시설물 위치 확인 방법

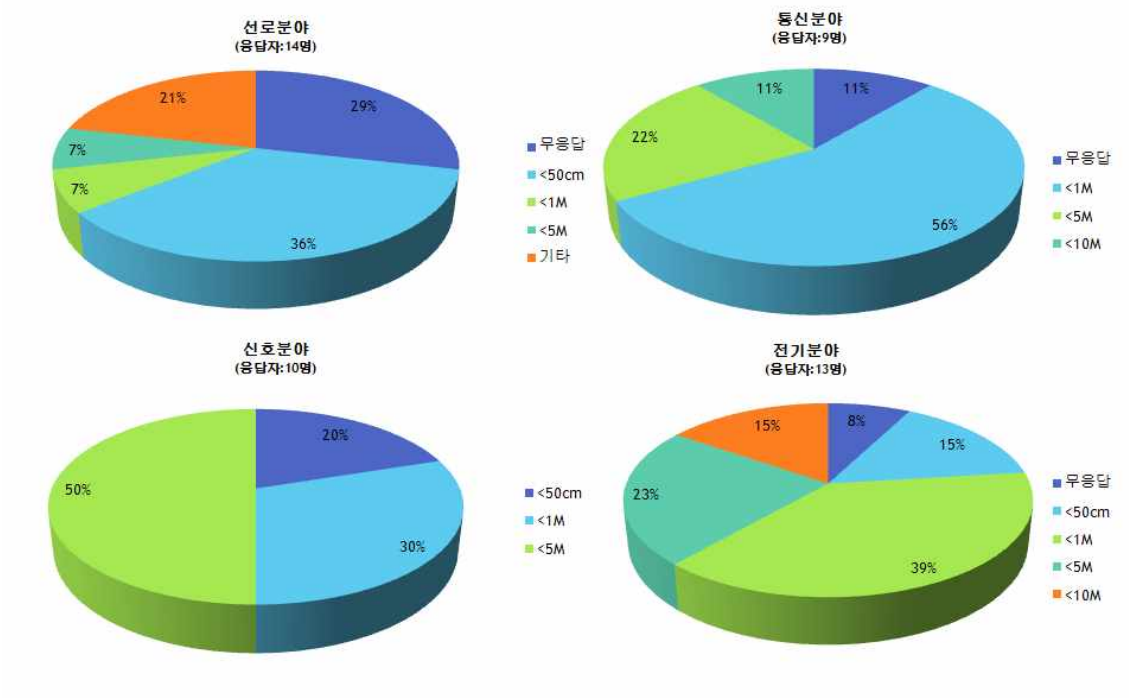


[그림 167] 유지보수 분야별 시설물 위치확인 방법

③ 시설물 위치정보 정확성 요구수준



[그림 168] 시설물 위지정보 요구 정확성 수준



[그림 169] 각 분야별 시설물 위치정보 요구 정확성 수준

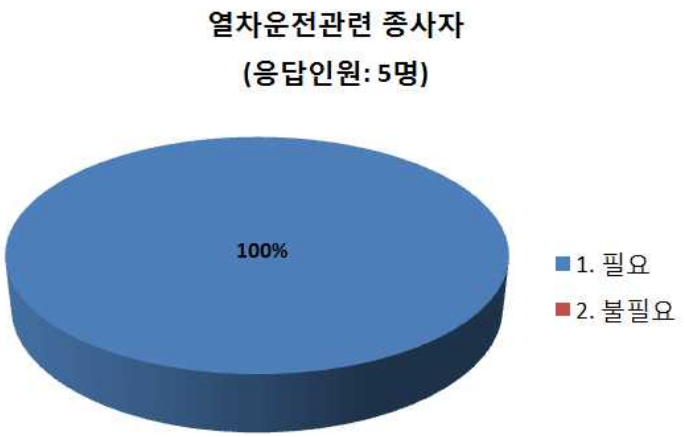
④ 철도 선로 및 시설물 기반정보 구축 요구 시설물 종류

시설물 분야	상세 시설물
선로	레일, 침목, 분기기, 도상자갈, 교량, 터널, 역사
전기	- 전철주, 급전 구분장치 - 변전설비: 변전소(SS), 구분소(SP), 보조구분소(SSP), 병렬급전소(PP) - 기타시설물: 배전소, 전기실
통신	- 터널 중계장치, 영상감시설비 - 기타시설물: 연선전화, 철탑, 통신실, 무인통신국소
신호	- 신호기장치: 전기신호기, 폐색신호기, 엄호, 중계, 유도, 원방, 입환신호기, 입환표지, 주신호진로선별등, 입환진로선별등, 고속선마커 - 연동장치, 폐색장치 - 궤도회로장치: 종류구분필요, 본드류, 궤조절연, 기능감시장치 - 선로전환기장치: 전기선로전환기 종류구분필요, 기계선로전환기 종류구분필요, 전철표지, 안전설비 - 건널목보안장치: 종류구분필요 - 건널목경보장치: 제어유니트, 전동차단기, 경보기, 고장감시장치, 지장물검지장치, 출구측 차단 검지기, 정시간제어기, 원격감시장치

	- 지상자: ATS 지상자, ATP 발리스, LEU - 기구함, 접속함 - 고속철도 신호설비: 불연속정보전송장치, 분기기히터그룹제어함, 표지, 분기기, 폐색방호스위치, 역구내방호스위치, 속도제한판넬, 역정보처리장치, 전자연동장치, 선로변기능모듈랙, 데이터정보처리랙, 데이터입출력처리랙, 쇄정해제스위치, ATC원격감시장치, 속도제한원격장치, 고속선이벤트모니터링시스템, 신호설비집중감시장치, LME CAMS/CAMZ - 기타시설물: 기계실, 궤도회로경계, PKS위치, 궤도회로 송수신함 위치
안전	- 고속철도 안전설비: 차축온도검지장치, 분기기히터전원함, 레일온도검지장치, 터널경보장치 터널작업표시등, 보수자선로횡단장치, 기상검지장치, 지장물검지장치, 끌림검지장치, 무인기계실원격감시장치, 지진감시장치 - 기타시설물: 안전설비, 기타부속설비 포함

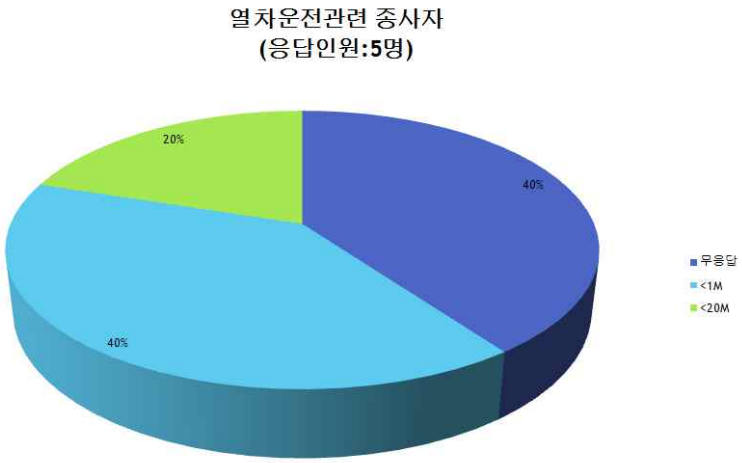
나) 운전분야

① 열차운전 시 열차위치정보의 실시간 확인 필요성



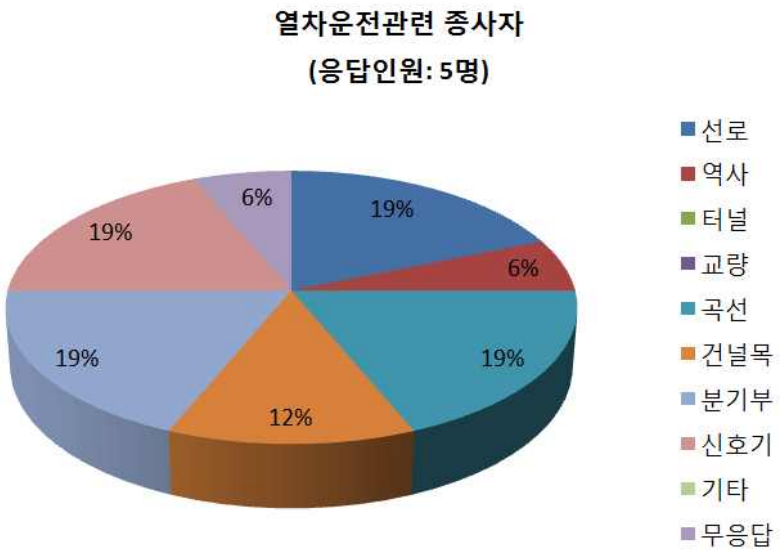
[그림 170] 열차운전 시 열차위치정보의 실시간 확인 필요성

② 열차운전 시 요구되는 열차위치 정확성 수준



[그림 171] 열차운전 시 요구되는 열차위치 정확성 수준

③ 열차운전 시 필요한 시설물 종류



[그림 172] 열차운전 시 요구되는 시설물 종류

다. 기술수요 조사 결론

1) 기술수요 조사 결과 종합

국내 철도교통 운영 및 건설기관 종사자, 산업계 및 학계관련 전문가를 대상으로 1, 2차에 걸친 수요조사를 실시하였으며, 다음과 같이 철도교통 위치검지기술에 대한 상세 수요를 확인하였다.

가) 철도교통 위치검지기술개발 필요성 및 발전방향

- ○ 철도시스템 효율성 개선을 위한 위치검지기술 개발 필요성 요구 확인
- ○ 현재 궤도회로, 차륜센서 등 지상기반 위치검지기술이 적용 중에 있으나, 철도시스템 효율성 개선 및 저비용화를 위한 차상중심 위치검지기술 개발 필요성 인식

나) 철도교통 위치검지기술 개발 요구사항

- ○ 위치검지기술의 개발 요구사항은 정확성, 안전성, 신뢰성, 가용성 등 기존 철도분야 품질요구사항에 부합하도록 정의 필요
- ○ 정확성 및 안전성, 신뢰성 요구사항에 대한 중요성 인식
- ○ 열차제어, 유지보수, 운영/감시 등 세부 적용분야별 위치정보 품질요구사항 정의
- ○ 정확성 요구사항 : 1m(열차제어, 유지보수, 운전지원), 10m(관제, 일반)
- ○ 안전성 요구사항 : 기존 철도시스템 안전성 수준과 동일수준
- ○ 신뢰성(내구성) 요구사항 : 20년(열차제어, 유지보수 등), 10년(운전지원)
- ○ 가용성 요구사항 : 10분이내 서비스 중단
- ○ 철도교통 효율성 향상을 위해 RFID, GPS 등 위치검지 신기술 적용가능성 및 상세 기술개발계획 수립 필요성 확인

다) 철도교통 시설물 기반정보 구축 요구사항

○ 1차원 선로시설물 정보화 현황에 대한 문제점 인식

○ 3차원 선로시설물 기반정보 구축 필요성 인식 및 구축 효율화기술에 대한 수요확인

라) 철도교통 위치검지기술 개발에 따른 기대효과

○ 열차위치정보는 모든 철도시스템분야에 적용 가능한 기초정보로서 차량, 시설, 신호, 전력, 통신, 유지보수, 안전, 운영/감시 등 다양한 분야에 대한 적용이 예상됨

○ 열차제어-차량-운영(관제)-시설(유지보수)-안전분야 등의 순으로 적용분야가 조사되었으며, 고효율 위치검지기술 확보 시 관련분야의 신규시장 확보 예상

○ 철도시스템의 효율성 이외에 안전성 향상, 고객편의성 증진에 따른 부가적인 기대효과의 예상 가능

2. 기술예측

가. 철도교통 위치검지기술 예측

1) 열차제어기술 미래 예측

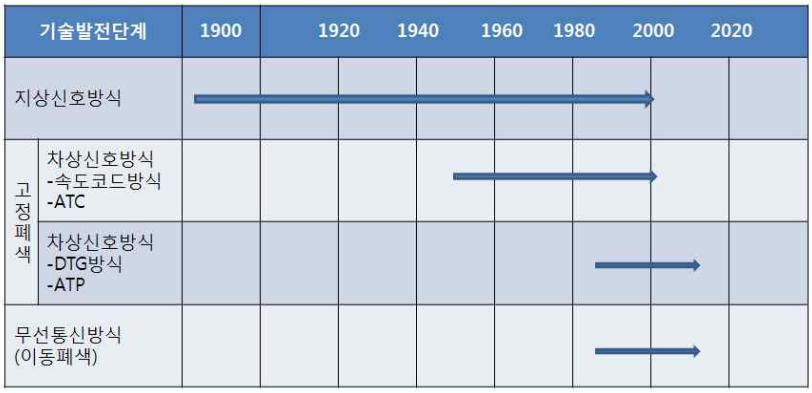
철도교통 위치검지기술은 열차제어기술을 모태로 기술개발 및 발전이 이루어져 왔으며, 열차제어기술의 발전방향에 부합하는 방향으로 열차위치검지기술의 발전이 예상되고 있다.

현재 국내 철도운영기관을 중심으로 도입을 검토 중이거나 향후 도입계획인 열차제어시스템은 기존 노선을 개량 또는 연장하는 특별한 경우를 제외하고는 무선통신기술을 적용한 DTG방식의 ATP와 이동폐색방식의 ATP에 대한 관심이 높으며, 운영 중이거나 도입 검토 중인 신호시스템은 다음과 같다.

[표 36] 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)	가상폐색, 무선통신
차상신호 (이동폐색)	ATP	4	7	무폐색, 무선통신

전세계적으로 열차제어시스템은 기존의 고정폐색 방식에서 무선통신으로 기반으로 하는 이동폐색방식으로 발전 중에 있으며, CBTC와 ETCS를 중심으로 열차제어기술의 발전이 진행되고 있다. 이에 따라 열차위치검지기술은 차상중심의 기술로서 효율성을 개선하고 기존 수준이상의 안전성을 확보 할 수 있는 방향으로의 발전이 예상된다.



[그림 173] 열차제어시스템의 기술발전동향

현재 각광을 받고 있는 CBTC와 ETCS의 경우, RFID와 차륜센서를 중심으로, 도플러레이더센서를 추가한 구조의 열차위치검지기술이 적용 중에 있으며, 유럽 및 미국을 중심으로 위성항법시스템을 절대위치 확보기술로서 활용, 철도교통의 운영효율성을 향상시키기 위한 연구를 진행 중에 있다. 따라서 향후 철도교통 위치검지기술은 운영 효율성 증대와 안전 수준의 확보를 위해 RFID와 위성항법기술을 접목하는 방향으로 위치검지기술의 발전이 예상된다.

[표 37] 위치검지 신기술 적용 열차제어시스템 현황

시스템명	제작사	시스템 특징	적용노선
INTERFLO 50	Bombardier	DGPS, 차륜센서, DB(ATLAS)기반 위치검지 및 무선통신 통합형 열차제어시스템	Voestalpine (오스트리아) SNCB/NMBS (벨기에)
Alaska VPTC	Ansaldo	DGPS, 차륜센서 기반 위치검지 및 무선통신 통합형 열차제어시스템	Fairbanks-Seward Line (미국)
ITARUS ATC	Ansaldo, NIIAS	GLONASS 적용 ETCS Level2 열차제어시스템 (발리스를 위성항법시스템으로 대치)	Khosta-Matsesta Line (러시아)

2) RFID기술 미래 예측

RFID기술은 현재 차상중심 열차제어시스템에서의 절대위치정보 확인을 위한 중요기술로 적용되고 있다. 현재 철도교통 RFID 기술분야의 최고기술은 발리스와

GAPS로 구분할 수 있으며, 최고속도 500km/h 환경에서 1m 이내의 위치정보의 정확성 확보가 가능한 수준이다. RFID 기술은 RFID TAG가 설치된 노선에서 높은 수준의 위치정확성과 함께 안전필수(열차제어)분야에 적용이 가능한 SIL4(발리스 기준)의 안전성 확보가 가능한 장점이 있으며, 열차제어기술이 이동폐색 방식으로 발전함에 따라 RFID기술의 적용성은 더욱 확대될 것으로 예측된다. 하지만 RFID 기술은 지상선로에 TAG의 설치가 필수적으로 필요하여 선로연장의 증대에 따라 구축비용이 증대되는 문제가 있으므로, 저밀도 운행노선을 대상으로 구축비용 최소화 및 운영효율성 증대를 위하여 터널 및 역사 등의 구간에 RFID를 적용하고, 이외의 구간에서는 위성항법기술을 이용하는 등의 위치검지기술과의 접목이 진행되고 있다.

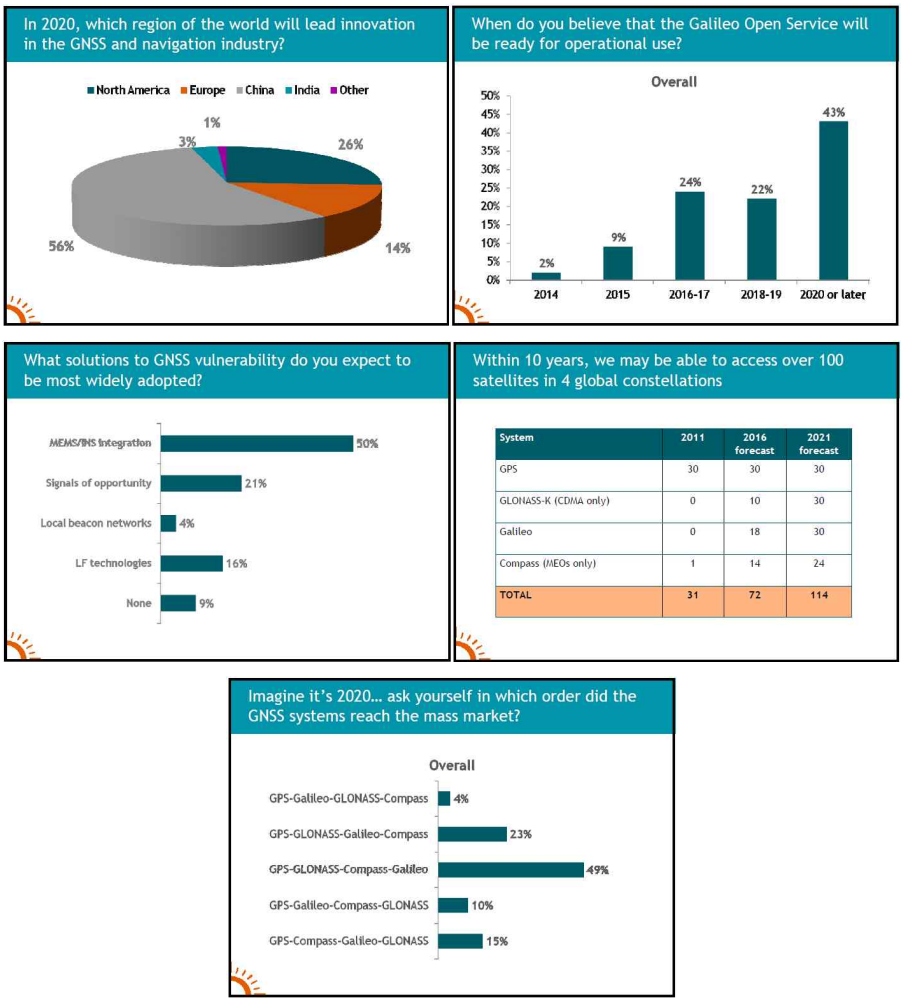
현재 국내의 경우에도 열차제어시스템의 개량 및 신규 설치에 따라 RFID의 수요증대가 예상되고 있으나, 발리스 등 RFID 기술은 국외제품을 전량 도입, 설치되고 있는 상황으로 국내 관련기술의 자립 및 국외 시장 진출을 위하여 철도교통 RFID기술의 국산화 개발이 시급하며 동작속도 향상, 인식시간 단축, 내환경성 개선 및 비용절감형 기술개발을 중심으로 RFID 국산화 기술개발이 필요하다.

3) 위성항법기술 미래 예측

미국의 GPS가 1990년대 민간개방이 허용된 이래, 위성항법기술은 위치검지기술 분야에서 중요기술로 자리잡고 있으며, 자동차, 항공, 선박분야의 중요 위치검지기술로 활용 중에 있으며, 현재 서비스 중인 GPS, GLONASS 외 유럽, 중국, 일본 등의 국가에서 신규 개발 중인 위성항법시스템의 서비스가 개시되면 위성항법기술의 적용성은 더욱 확대될 것으로 예측된다. 유럽항법학회인 ENC(European Navigation Conference) 2011에서는 학회참석자를 대상으로 위성항법기술에 대한 미래 예측을 설문조사를 통해 수행하였다.

ENC 2011에서 조사한 주요 설문결과에 따르면 2020년에 세계적인 위성항법시장을 주도할 국가는 중국-북미-유럽-인도 등의 순으로 예측되었다. 현재 중국은 2020년내 서비스를 목표로 자체 위성항법시스템인 COMPASS의 개발에 박차를 가하고 있으며, 급속한 경제성장에 따라 시장규모의 확대와 부합하여 시장을 리드할 것으로 예측되고 있다. 2013년 서비스 개시될 예정인 유럽의 위성항법시스템인 GALILEO는 유럽경제위기에 기인하여 2020년 이후에 개시될 것으로 예측되었으며, 2020년내 COMPASS, GALILEO 등 신규 위성항법시스템의 서비스가 개시되면, 기존 운영 중인 GPS, GLONASS와 함께 지구전역에서 총 114

기의 항법위성신호를 수신할 수 있게 되어 위성항법을 통한 위치정보의 확보 가용성과 정확성 향상이 예상되며, 위성항법시스템의 약점을 보완할 수 있도록 관성항법장치와의 결합기술의 발전이 예상되는 등, 향후 위성항법기술은 교통 및 다양한 위치검지분야에서 핵심 적용기술로서 중요성과 시장성이 확대될 것으로 예상된다. 또한 국내에서도 국토해양부와 항공우주연구원을 중심으로 2018년 서비스를 목표로 하는 한국형 위성기반보강항법시스템(SBAS)의 국산화 개발과 함께 육상교통망 적용을 목표로 위성항법신호의 무결성 확보가 가능한 지상기반보강항법시스템의 연구개발을 추진 중에 있다.



[그림 174] 위성항법기술의 미래예측 전망(ENC 2011)

4) 선로DB구축기술 미래 예측

앞서 기술동향 분석 시 파악된 바와 같이 유럽에서는 UIC를 중심으로 각 국가간 상호운

영성 확보와 위치정보기반 철도시스템 효율성 개선을 위한 3차원 선로DB 구축 개념을 구성하였으며, 기준 좌표계와 시각시스템의 표준화 체계를 마련하는 등 3차원 선로DB 구축 기술에 대한 연구를 진행 중에 있다. 현재 선로DB구축 기술은 토탈스테이션, CDGPS 등 일반 측량기술을 적용해왔으나, 기존 운영선로 상의 시설물 DB구축 시 요구되는 안전성 확보 및 효율성 개선을 위한 선로시설물 DB구축 효율화기술의 수요가 증대될 것으로 예상된다. 최근 도로교통분야의 경우 위성항법, 관성센서, 차륜센서, LiDAR센서, 비전센서 등을 통합한 MMS(Mobile Mapping System)기반의 도로DB 구축기술이 개발, 적용 중에 있으며, 선로시설물 DB구축 시의 효율성, 안전성 확보를 위해서는 철도환경을 고려한 철도전용 MMS기술 개발과 함께 시설물 자동인식 및 DB구축 자동화 기술, 선로시설물 DB 구축 체계기술 등의 기술 수요가 예상된다.

제 4 절 기술개발 방향 설정

1. 분석결과 종합

가. 국내외 동향 및 환경분석 결과

국내외 정책, 경제, 시장환경, 관련기술, 특허, 논문 등의 동향 및 환경 분석 결과를 아래의 표와 같이 종합하여 제시하였다.

[표 38] 국내외 동향 및 환경분석 결과 종합

분석항목	분석결과		비고
국내외 정책동향	국내	▫ 철도정책비전·목표 및 제2차 국가철도망 구축계획 수립에 따른 철도교통망 확대 구축(복선, 전철화) ▫ 철도교통을 중심으로 운영 효율성 제고 및 고속화 투자 확대 ▫ 2020년에 철도여객 수송분담률 30%선 제고 ▫ 철도건설·운영전반의 비용절감과 효율화 추진 및 안전·편리한 이용환경 조성	
	국외	▫ 저탄소녹색교통수단으로 철도교통망 투자가 전세계적으로 확대 중임. ▫ 일본은 안전성, 환경성, 저비용, 편리성 향상을 철도정책 키워드로 선정 ▫ 중국, 미국, 브라질, 러시아 등 기존선 속도향상 및 고속철도망 확대 구축 ▫ 유럽은 ERTMS/ETCS 확대구축 등 상호 운영호환성 확보 및 고속철도망 확대 구축 중 ▫ 기존선 개량 및 신규노선 구축시 저비용·고효율화 요구 증대	
국내외 경제동향	국내	▫ 탄소저감형 국토구조개편을 위해 철도교통망 확대구축 추진 중 ▫ 철도복선 및 전철화, 고속철도 망 구축 등 신규사업 예정 등 시장 확대 ▫ 철도건설 및 운영 전반의 비용절감 및	

		효율화기술의 수요 증대	
	국외	▫ 전 세계적인 저탄소녹색성장 기조에 따라 철도교통망의 투자 확대 ▫ 철도여객 및 화물수요는 지속적으로 증가 중 ▫ 세계철도시장은 2014년까지 약 4.2%의 연평균성장 예상(SCI Verkehr) ▫ 철도건설 및 운영전반의 비용절감 및 효율화기술의 수요 증대	
위치검지 기술개발 동향	기술 개발 현황	▫ 고효율화 수요에 부합하는 위치검지기술 개발 추진 및 적용 중 - 차량집중형 위치검지기술 및 적용기술 개발 : INTEGRAIL, LOCOLOC, APOLO, RUNE, ECORAIL, GADEROS, DemoORT, PTC 등 : 위성항법, 관성센서 등 차량탑재형 위치검지기술 개발 및 안전성 확보기술 연구 추진 - 무선통신기반 열차제어시스템 적용을 위한 고안전 위치검지기술 적용 : 발리스(RFID), Doppler, 차륜센서 - 열차제어기술은 무선통신기술 및 차상중심 제어기술을 중심으로 발전 : ETCS, CBTC 등 수요증대 : 유럽, 북미를 중심으로 ETCS, CBTC 효율성 개선을 위한 위치검지기술 연구진행 ▫ 철도시설물 유지보수 효율성 향상을 위한 고속종합검측차 기술개발 - Archimede, IRIS320, EAST-i, CRH380A/380B - 유지보수 작업효율성 개선을 위해 2m 수준의 검측위치정확성 확보 ▫ 선로DB의 3차원화 추진 - 유럽내 상호호환이 가능한 3차원 철도교통 표준DB체계 구성(UIC GEORAIL)	

		- 3차원 DB구축을 통한 GIS 호환성 확보 ▫ 국내의 경우, GPS, RFID등 위치검지기술의 단순 적용 - 열차운전자지원장치, 유지보수검측차, 신규차량시스템 시운전시험 등 다양한 위치검지적용에서 GPS등 단순적용 - 국외시스템을 중심으로 열차제어시스템(CBTC, ATP 등)이 도입되어 철도교통 위치검지관련 핵심기술 미확보	
	논문 및 특허 동향	▫ 효율성 개선을 위한 차량탑재형 위치검지기술 중점 연구 - GPS, 관성센서, 차륜센서 등 차량탑재 및 통합형 위치검지시스템 개발기술 연구 - GPS 적용시 안전성, 신뢰성 향상 및 평가기술 연구 - 차륜센서 오차특성 추정 및 오차저감 기술 연구 - 열차위치와 선로DB(MAP)간 정합기술 연구 ▫ 효율성, 안전성 개선을 위한 위치정보기반 철도적용기술 중점 연구 - 열차제어, 충돌방지, 열차운행감시, 운전자지원, 유지보수검측차 분야 등 차량탑재형 열차위치검지기술에 기반한 각종 철도적용기술 연구 - 열차위치정보의 보고를 위한 무선통신망 연계기술 연구 ▫ 다종 위치검지센서기반 차량탑재형 열차위치검지기술 특허가 주로 출원 - 2000년 GPS 위치정확성 품질향상(S/A 제거)에 따른 위성항법기술의 철도적용 특허 대폭 증대 - 다종 위치검지센서 통합 구성 및 열차제어, 열차운행감시(여객, 화물), 충돌방지 등 철도적용분야별 특허 출원	

기술수요	▫ 저비용·고효율 열차위치검지기술 수요 증대 - 철도시스템의 저비용·고효율화에 따른 관련기술 수요 증대 - 차상중심, 무선통신기반, 무인운전 등을 핵심기술개발 키워드로 열차제어기술 발전 및 열차제어에 적용가능한 위치검지기술 수요 증대 - 지상설비를 최소화 및 운영효율성 개선이 가능한 위치검지기술 수요 증대 - 열차위치검지기술 외 3차원 선로시설물 DB, 무선통신연계기술 수요 증대 ▫ 국내 철도운영/건설기관, 산업 및 연구계 수요조사 결과 - 차상중심 열차위치검지기술 개발 요구 - 적용분야별 위치검지성능수준 요구 : 1m(제어, 유지보수), 10m(관제,감시) : SIL4(제어), SIL2(관제), SIL0(유지보수) : 0.5m급 선로DB구축(선로유지보수) - 적용분야 :열차제어, 유지보수, 실시간고장감시, 열차감시 및 관제, 에너지효율화, 충돌방지, 열차무결성 및 유지보수작업자안전 확보 등 안전시스템 등	
기술예측	▫ 열차위치검지기술 - 차상중심 통합형 열차위치검지기술 : RFID, 위성항법, 관성센서 등 다종 센서통합형 고정밀, 고안전 위치검지기술로 발전 예상 : 위치검지신기술관련 안전성, 신뢰성 향상, 평가기술 및 인증체계 예상 - RFID기술 : 고속, 고신뢰성 RFID 인식기술에 부가적으로 내환경성, 저비용, 저전력, 소형 RFID 기술을 중심으로 발전 예상 - 선로DB기술 : 기존노선 및 신규노선의 3차원 선로DB화 구축 및 DB구축시 효율성 개선, 안전성 확보가 가능한 구축자동화기술로 발전 예상 - 위성항법기술	

	: 2020년대 총 100기 이상의 항법위성 증가 및 가용성 증대에 따라 위성항법의 철도교통 적용 가속화 예상 : 철도적용에 따른 안전확보 및 안전성 평가 기술 및 체계 예상 ▫ 열차제어기술 - 무선통신 및 차상중심 열차제어방식으로 발전 ▫ 무선통신기술 - 유럽, 중국등 GSM-R기반 철도무선통신망에서 고속데이터전송이 가능한 LTE망으로 개량 - 국내의 경우 국토부 주관하에 철도전용 통합무선통신망 구축 추진(LTE, Wibro 등)	

국내외 동향 및 환경을 종합적으로 분석한 결과 철도시스템은 안전성의 확보와 함께 저비용·고효율화 및 편의성 향상을 중심으로 정책, 시장, 기술의 발전이 예상되고 있다. 철도교통 위치검지기술 또한 철도시스템의 발전방향에 부합하도록 기술개발이 요구된다.

철도교통 위치검지기술은 기술구성요소 구분에 따라 센서, 위치검지시스템, 선로DB로 구분되며, 기술구성요소에 따른 적합한 기술개발 계획의 마련이 필요하다.

나. 경쟁세력 분석

철도교통 위치검지 기술개발 전략 수립을 위해 철도교통 위치검지기술과 관련된 시장의 경쟁구조를 마이클 포터의 5 Forces 분석 방법을 통해 분석하였다.

○ 진입장벽 : 조기선점이 되면 후발주자의 진입은 어려울 것으로 예상됨

- 원천기술 : 철도교통 위치검지 핵심기술은 차상중심 위치검지 센서기술, 위치검지센서융합기술 및 시스템 조합기술, 선로DB 구축효율화기술 및 선로DB구축 체계기술 등으로 원천기술에 대한 특허와 지적재산권에 대한 진입장벽이 클 것임.
- 차별화 전략 : 위치검지 센서기술 중 철도교통 적용시 반드시 필요한 핵심

센서를 선정, 성능향상 및 비용절감기술을 개발하여 차별화 하고, 위치검지 시스템기술은 정확성 및 안전성 향상 및 평가기술에 집중하여 기술우위를 선점하여야 함. 또한 선로DB구축기술은 자동화 구축기술에 집중하여, 선로DB구축 효율성을 차별화 전략으로 마련해야 함.

○ 공급자 협상력

- 전통적으로 국내철도시장은 국외 시스템 도입에 따른 국외 제작사의 교섭력이 강하지만, 국산화 기술개발이 가능한 분야를 우선적용 대상으로 국내 위치검지기술의 국내 적용전략을 마련하면, 점진적으로 국내 제작사의 교섭력을 증대시킬 것으로 예상.

○ 구매자 협상력

- 저비용·고효율의 철도망 구축 및 운행안전성, 고객편의성 증대를 위해 고품질의 철도교통 위치정보의 필요성의 증대가 예상되므로 철도운영 및 건설기관의 수요 증대가 예상됨.
- 동남아시아 등 개발도상국의 경우 비용대비 고효율의 철도시스템 도입이 요구되고 있으므로, 고효율 철도위치검지기술 개발 시 유지보수, 열차제어, 운영관제/감시분야 등의 적용을 통해 해외시장 구매자 확보가능.

○ 대체재 위협

- 타 교통분야의 경우 위성항법이 주도적인 위치검지기술로서 각광을 받고 있으며, 그 시장성은 더욱 확대될 것으로 예상됨. 하지만 철도환경의 경우 민자역사, 터널 등 위성항법신호의 차단환경이 다수 존재하며, 위성항법기술만으로는 철도교통에서 요구하는 성능수준을 만족할 수 없으므로 다종기술 융합형 위치검지시스템 개발 시 대체재의 위협은 감소할 것으로 예상됨.
- 무선통신기술의 발전에 따라 무선통신 지연시간을 이용한 무선측위기술의 철도적용도 예상할 수 있으나, 전파의 반사, 회절에 따른 다중경로오차와 고속운행환경에서의 성능한계를 극복하지 못하면 대체재의 위협은 감소할 것으로 예상됨.

○ 경쟁구도

- 국제경쟁구도 : 전 세계적 경제환경의 블록화와 동시에 글로벌화 추이 속에서 국가 경쟁력의 주요 이슈인 녹색성장이 더욱 강조될 것임. 고정밀, 고효율 철도교통 위치검지기술에 대한 유럽 및 북미국가의 연구개발이 선행되고 있는 상황으로 산업 표준화 선점 및 원천기술을 통한 진입장벽 고도화와 지식 재산권 경쟁이 치열해질 것으로 예상됨

다. SWOT 분석

철도교통 위치검지 기술개발에 대한 SWOT 분석을 통해 강점과 약점을 분석하고, 기회요인과 위협요인을 파악하여 적합한 기술개발 전략에 활용하고자 한다.

○ 고정밀, 고효율 철도교통 위치검지기술의 강점

- 위성항법, 관성항법, RFID, GIS DB 구축기술 등 철도교통에 적용가능한 위치검지관련 기술의 국내 기술력은 우수함.
- 고정밀, 고효율의 철도교통 위치검지기술 기획 시 체계적인 기술개발 계획을 수립할 경우, 우수한 기술력을 기반으로 선진국과의 기술격차 축소가능
- 국내관련기술의 미확보로 국외제품 도입 시 가격거품이 가중되어 비용이 증대되는 문제가 이었으나, 국내 기술개발 시 가격경쟁력의 개선이 가능하고 국외 시장 진출이 가능
- 고정밀, 고효율 철도교통 위치검지기술 국내 개발 시 각종 유지보수, 열차제어, 운영관제/감시, 안전분야 등 다양한 철도분야에 적용이 가능하며, 이를 통해 철도시스템 전반의 효율성 향상이 가능함

○ 고정밀, 고효율 철도교통 위치검지기술의 약점

- 유럽, 북미의 경우 10년전부터 차상중심 고정밀, 고효율 위치검지기술의 선행개발을 추진 중에 있는 반면, 국내의 경우 체계화된 연구개발 수행사례가 없음
- 유지보수검측차분야, 틸팅열차, 신규차량시스템 시운전시 종합계측 등의 분

야에 철도교통 위치검지 신기술이 적용되어 왔으나, 단순 센서수준으로 적용하여 체계적인 연구개발이 수행되지 못하여, 관련 기술의 인프라 및 핵심원천기술을 확보하지 못하고 있음

- 국내 기술개발 사례가 없어 기술개발 완료시 기술적, 경제적 우수성의 자체적인 입증 필요
- 기술개발 완료시 최종성과물에 대한 공인 성능평가 및 인증체계 미확보
- 유지보수검측차량, 열차제어시스템 등 시스템형태로 국외 제품의 도입 시 하부장치 수준인 위치검기기술 적용이 어려울 수 있음.

○ 고정밀, 고효율 철도교통 위치검지기술의 기회요인

- 현재 국내 및 전세계적으로 친환경 녹색교통수단인 철도교통망의 확충계획이 수립되어 고속철도 및 기존선 고속화 등 신규노선 구축 및 기존선 개량사업 등 철도시장의 확대가 예상됨
- 최근 철도시스템의 기술트랜드는 고효율·저비용·고안전 철도기술로서 철도교통 위치검지기술은 현재의 기술트랜드에 부합하는 기술로서 향후 수요가 증대될 것으로 예상됨
- 최근 국내에서 발생한 정차역사 무정차 통과, 유지보수작업자 인명사고 등은 정확한 열차의 위치정보가 제공되지 못해 발생한 사고로서 고정밀, 실시간 열차위치정보의 확보 시 철도사고의 발생률은 현저히 감소됨
- 고정밀, 고효율 철도교통 위치검지기술은 국내외적으로 표준화가 완료되지 못한 상황으로, 신속한 연구개발을 통해 선진국과의 기술격차를 단축할 경우 기술표준화가 가능함

○ 고정밀, 고효율 철도교통 위치검지기술의 위협요인

- 선진국(유럽, 미국 등)의 경우 10년이상의 연구수행경험이 있어 신속한 연구개발이 이루어지지 못할 경우, 선진국에 의한 철도교통 위치검지기술의 시장 선도 및 선점 위협
- 관련 기술개발의 후발주자로서 특허기술 회피 및 IP전략 미확보시 표준기술로 자리잡는데 어려움이 발생할 수 있음.
- 현재 개발되지 않은 대체 신기술이 국외 연구기관 및 제작사를 통해 개발

될 수 있음

[표 39] 철도교통 위치검지 기술개발의 SWOT 분석

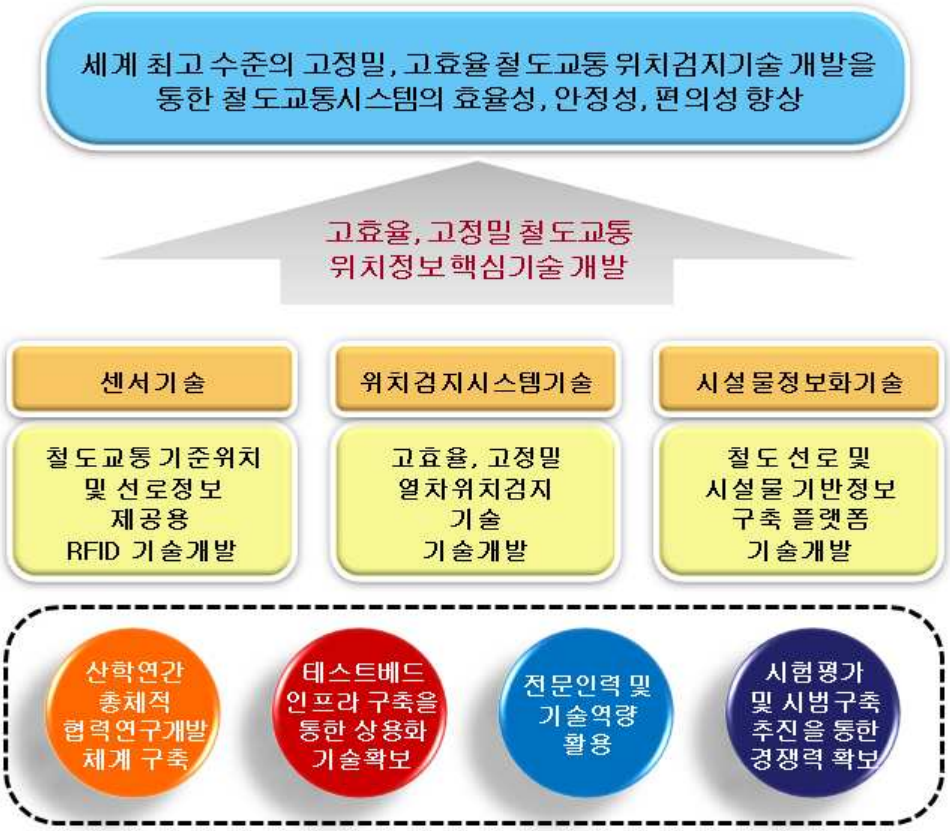
강점(Strength)	약점(Weakness)
- 철도교통에 적용가능한 위치검지센서 기술관련 우수한 국내 기술력 보유 - 체계적인 기술개발 계획수립 시 우수한 기술력을 기반으로 선진국과의 기술격차 축소가능 - 국내 기술개발을 통한 가격경쟁력 향상 및 국내외 적용 가능 - 철도교통 위치검지기술 국산화시 각종 철도적용분야 효율성 향상가능	- 선진국대비 연구개발투자 지연 - 위성항법, 관성항법, RFID 등 관련기술의 철도교통분야 적용과 관련한 체계적인 연구개발 미수행 - 기술적, 경제적 우수성 입증 필요 - 성능평가 및 인증체계 미확보 - 시스템형태로 공급 시 하부장치 수준의 위치검기기술 적용이 어려움
기회(Opportunity)	위협(Threat)
- 국내 및 전세계적인 철도교통망 확충계획 - 고효율·저비용 철도적용기술 수요 증대 - 정차역사 무정차 통과, 유지보수작업자 인명사고 등 열차위치정보 제공시 방지 가능한 철도사고 발생 - 신기술 개발 시 기술 표준화 기대	- 선진국(유럽, 미국 등)의 고정밀, 고효율 철도교통 위치검지기술 시장 선도 및 선점 - 후발주자로서 표준기술로 자리잡는데 어려움 발생 예상 - 국외사의 대체 신기술 개발

○ SWOT 분석결과 종합

- 분석결과, 국내 및 전세계적인 철도교통망 확충계획과 함께 고효율·저비용 철도적용기술 수요 증대가 예상되므로 고정밀, 고효율의 철도교통 위치검지기술의 시장수요는 점진적으로 확대될 것으로 판단됨.
- 관련기술 선도국가 대비 기술개발이 지연된 상황으로 현재 기술격차를 줄이기 위해서는 짧은 연구기간 내 기술격차를 줄일 수 있도록 핵심 개발기술의 선정 및 체계적인 연구개발 계획의 마련이 필요함.
- 시장의 기회요인과 강점을 통해 조속히 철도교통 위치검지기술을 상품화하여 관련시장을 선점할 필요가 있음.
- 기술개발 후발주자로서 성공적인 기술개발을 위해서는 산학연 연계 및 정부, 철도운영 및 건설기관의 지원과 협업을 통해 조속히 상용 제품을 개발

하고, 세계 시장에서 표준을 선도해 나가야 함.

2. 비전 및 목표



[그림 175] 연구개발 비전 및 목표

○ 본 과제의 추진을 통해 궁극적으로 지향하는 방향은 세계 최고 수준의 고정밀, 고효율 철도교통 위치검지기술 개발을 통해 철도교통 전반의 효율성, 안전성, 편의성을 향상하고, 이를 통해 세계시장 진출을 위한 기술적 우위 및 기술경쟁력을 확보하는 것임.

○ 기획연구를 통해 기술 동향 및 관련 시장성 분석한 결과, 전세계적으로 저비용·고효율의 철도시스템 구축 및 운영기술에 대한 수요가 증대되고 있는 현 시점에서 철도시스템의 효율성, 안전성, 편의성 개선에 필수적으로 요구되는 기초정보인 철도교통 위치정보의 고정밀, 고효율화 기술 개발 시 적용분야

및 파급효과의 포괄적인 증대가 예상됨.

○ 철도교통 위치정보의 고정밀, 고효율화를 위해서는 위치검지기능 단계별로 센서기술, 위치검지시스템기술, 선로시설물 정보화기술로 구분할 수 있으며, 각 기술별로 핵심개발기술을 선정하고, 상용화 기술개발을 통해 선진국과의 기술개발 격차를 단축시켜야 함.

○ 본 기획연구에서는 『철도교통 위치정보의 고정밀, 고효율화를 위한 위치검지 핵심개발기술』을 본 사업의 목표로 “철도교통 위치 및 선로정보 제공용 RFID 기술개발(센서기술)”, “고효율 열차위치검지 기술개발(위치검지시스템기술)”, “철도선로 및 시설물 기반정보 구축 플랫폼 기술개발(시설물정보화기술)”을 중요 후보과제로 도출하였음.

○ 빠른 상용화 기술개발을 추진하기 위해서는 기 확보된 기술의 현장 적용 및 시험을 통해 확보 기술의 보완 및 최적화가 가능하도록, 테스트베드의 구축 및 시운전 시험이 필요함.

○ 기술성능의 보완을 위해서는 기 확보된 기술을 바탕으로 전문 인력과 기술역량이 높은 산학연과의 공동 및 협력연구가 필요함.

○ 따라서 전문인력을 바탕으로 기술역량이 있는 산업체, 학교, 연구소, 유관기관들과 공동(협동) 연구체계를 구축하고 기 확보된 원천기술의 보완 및 신기술 개발에 필요한 기반을 마련하여 이를 바탕으로 3개 세부과제를 3년 내에 추진이 가능하도록 세부연구개발 계획을 수립하여 철도교통 위치정보의 고정밀, 고효율화가 가능한 위치검지 상용화 기술 개발의 추진이 필요함.

3. 기술개발에 따른 미래상

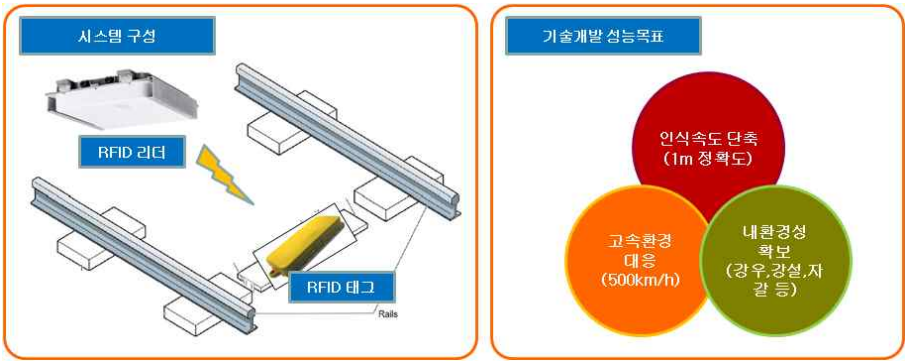
가. 후보과제 1의 미래상

[표 40] 후보과제 #1 기술개발에 따른 미래상

<table>
<tr><td>후보과제 #1</td><td>고정밀, 고효율 열차위치검지기술개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">기술 구성</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td>현재(As-Is)</td><td>미래(To-Be)</td></tr>
<tr><td>- 궤도회로를 이용하는 지상기반 열차위치검지로 인해 위치정보의 불연속성 및 위치정보의 품질 저하 (현재 정확성: 궤도회로 길이(0.2~1.5km)에 의존
- 지상기반 열차위치검지방식으로 인해 구축비용 및 유지보수 비용 증대
- 유지보수검측차는 차륜센서를 이용 검측위치정보를 획득하여 선로시설물의 정확한 검측위치 확보가 어려움
- 유지보수작업자는 선로도면 확인 및 현장도착 후 정확한 이상지점의 위치확인을 위해 재측정 및 육안확인이 요구되어 유지보수 효율성 저하
- 열차관제 및 운행감시 시 궤도회로기반의 열차위치정보가 제공되어 정확한 위치확인이 어려우며, 사고 등 비상사태 발생시 신속한 대처가 어려움</td><td>- 차상중심의 고효율 열차위치검지기술을 개발하여 구축비용 및 유지보수 비용 저감 가능
- 1~2m 수준의 실시간 열차위치정보의 품질을 확보하고 철도전용무선통신망(또는 상용무선통신망)과의 연계를 통해 열차관제/감시, 유지보수, 안전시설, 열차제어분야에 활용하여 철도교통 전반의 효율성, 안전성, 편의성 개선
- 운행사고 발생 시 정확한 열차위치정보에 기반한 신속한 대처가 가능하므로 철도교통망의 안전성 향상
- 유지보수검측차 적용 시 유지보수지점의 정확한 검측 및 모바일 단말을 통한 유지보수자의 검측위치 확인이 가능하므로 유지보수 시간절감 및 철도운영효율성 증대</td></tr>
</table>

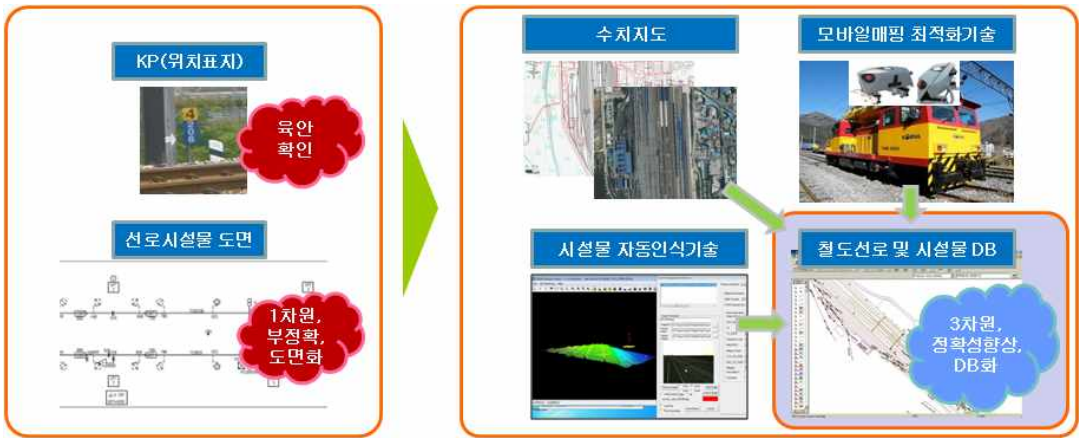
나. 후보과제 2의 미래상

[표 41] 후보과제 #2 기술개발에 따른 미래상

<table>
<tr><td>후보과제 #2</td><td colspan="2">철도교통 기준위치 및 선로정보 제공용 RFID 기술개발</td></tr>
<tr><td colspan="3">기술 특징</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td>현재(As-Is)</td><td colspan="2">미래(To-Be)</td></tr>
<tr><td>- ATS(Automatic Train Stop), ATC(Automatic Train Control) 열차제어시스템 적용노선(고속, 일반, 도시철도)의 경우 궤도회로를 이용하여 열차위치를 확인하므로 정확하고 연속적인 열차위치정보의 확보가 불가능함
- ATP(Automatic Train Protection) 열차제어시스템 적용노선의 경우 수동형 RFID(발리스)를 통한 기준위치 확보가 가능하나 국외도입·설치된 ATP 차상제어시스템에서만 기준위치정보의 활용이 가능함
- CBTC 열차제어시스템 적용노선의 경우 수동형 RFID를 통한 기준위치 확보가 가능하나 국외도입·설치되어 활용성 및 다른 종류의 RFID 도입에 따른 호환성 문제 발생 가능
- ATP 발리스 및 CBTC용 RFID는 전량 수입에 의존하며, 기술종속 및 구축비용 증대가 초래되어 국산화기술 개발 및 표준화가 요구됨</td><td colspan="2">- 철도선로 상 RFID TAG기반의 고유 위치정보(ID) 부여가 가능하여 운행중인 열차 및 철도시설물의 기준위치 확인에 기여 가능
- 도시철도, 일반철도, 고속철도 환경 등 모든 철도운영환경에 적용이 가능하도록 400km/h 고속환경 대응, 1m 이내 기준위치확보성능을 갖추고 있어 열차제어, 유지보수, 운영감시 등 다양한 철도적용분야의 효율성 개선을 위한 기준위치정보 제공
- 고효율 차상중심 열차위치시스템에 적용되어, 터널 및 지하구간 등에서 열차위치정보의 정확성 및 안전성 확보에 기여
- 강우, 강설, 자갈 및 금속파편 등 다양한 철도선로환경에서도 안정적인 기준위치 및 선로정보의 판독이 가능하여 철도교통 안전성 향상에 기여
- 국외수입제품 대체, 시장 경쟁력 확보</td></tr>
</table>

다. 후보과제 3의 미래상

[표 42] 후보과제 #3 기술개발에 따른 미래상

<table>
<tr><td>후보과제 #3</td><td colspan="2">철도 선로 및 시설물 기반정보 구축 플랫폼 기술개발</td></tr>
<tr><td colspan="3">세부기술 특징</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td>현재(As-Is)</td><td colspan="2">미래(To-Be)</td></tr>
<tr><td>- 철도선로 및 시설물의 위치정보는 1차원정보의 도면으로 표시 및 관리
- 유지보수 작업자는 유지보수 작업 시 선로변 위치표지인 KP정보를 확인하거나 고유 시설물의 육안확인을 통해 작업현장의 대략적인 위치를 파악하고, 현장 재검측을 통해 정확한 유지보수 지점을 파악하여 유지보수를 수행하므로 효율성 저하
- 1인승무에 따른 열차운전 안전성개선을 위한 운전자지원장치가 도입되고 있으나, 운전자지원장치에 탑재되는 선로DB의 수준 및 갱신의 문제로 인해 운전자지원정보가 제한적으로 제공되고 있음
- 운영노선에 대한 철도선로 및 시설물 기반정보 구축 시 기존측량 방식을 적용하면 열차의 상업운행이 종료된 심야시간에 가능하므로 효율성 저하 및 안전사고 등의 위험성 증대 예상</td><td colspan="2">- 철도 선로 및 시설물 기반정보 구축 플랫폼 기술개발을 통해 철도 선로 및 시설물 기반정보의 구축 효율성 및 안전성 증대
- 철도 선로 및 시설물 기반정보 활용 분야별 인터페이스를 개발, 기반정보의 활용성 증대
- 3차원 기반의 철도 선로 및 시설물 기반정보는 유지보수분야 적용을 통한 효율성 증대, 차상중심 열차위치 검지시스템 적용을 통한 열차위치정보의 확인성 개선 및 사고 등 비상사태 발생 시 신속한 대처, 운전자지원장치 적용을 통한 열차운행 안전성 향상 및 기능 고도화, 틸팅열차의 사전틸팅 제어성능 개선 및 에너지 절감형 추진제어를 통한 차량성능 고도화 등에 기여가 가능함</td></tr>
</table>

제 5 절 후보과제 도출 및 정의

국내외 정책, 경제, 시장환경, 관련기술 및 수요조사 결과를 반영하여 아래와 같이 총 15개의 후보과제를 도출하였다.

[표 43] 후보과제 도출 목록

연번	후보과제명	후보과제 정의
1	고정밀, 고효율 열차위치 검지기술 개발	- 고속철도 선로시설물 고장정보 수집을 위한 350km/h 속도환경에서 1m 이내의 위치검지가 가능한 고정밀, 고효율의 차상중심 위치검지시스템 개발
2	열차제어용 열차위치검지 안전성 향상기술 개발	- 열차제어시스템에 적용 가능한 SIL4 수준의 차상중심 위치검지기술 및 안전성 평가기술 개발
3	열차관제/감시용 위치검지 기술 개발	- 항공관제수준의 열차관제가 가능한 저비용, 고효율 실시간 열차위치감시기술 개발
4	철도교통 기준위치 및 선로정보 제공용 RFID 국산화 기술 개발	- 선로 기준위치, 선로환경조건(구배,곡선,터널,교량 등) 제공 및 500km/h 고속인식이 가능한 RFID 시스템 국산화 기술개발
5	철도 선로 및 시설물 정보화 구축 기술 개발	- 기존 및 신규 철도선로 기반정보 구축시 안전성 및 효율성 개선이 가능한 효율화기술 개발 및 시범구축
6	철도 선로 및 시설물 정보화 구축 적용기술 개발	- 국내 철도선로 및 시설물 기반정보 플랫폼 구축 및 시설물 기반정보를 활용하는 실용화기술 개발
7	철도교통 통합무선통신망 구축기술 개발	- 열차위치보고 및 열차제어, 감시정보 전송용 고신뢰성 통합무선통신망 구축기술 개발
8	철도시설물 유지보수성 향상을 위한 고속종합검측차 기술개발	- 350km/h 고속철도 운영환경에 적합한 선로,전기,신호,통신 등 선로시설물 유지보수 정보 계측 고속종합검측차 개발
9	철도시설물 유지보수 작업지원 및 작업자안전 향상 기술 개발	- 열차, 시설물, 작업자위치기반 유지보수 효율화 기술 및 작업자 안전성 확보기술 개발
10	철도교통 통합관제 및 운전자 지원시스템 기술개발	- 실시간 열차위치 및 무선통신기반 차량-관제 간 양방향 열차운전감시 및 운전자 운행지원 시스템 개발
11	철도교통 위치기반 지역관제 지원기술개발	- 지역관제요원의 관제효율성 및 안전성 개선을 위한 위치기반 열차정보지원 LCP 표시제어 효율화 시스템 개발
12	위치기반 철도차량 운행이력 관리 및 유지보수 DB 구축기술 개발	- 위치정보기반 차량운행 및 고장이력관리시스템과 차량 유지보수 이력관리 자동화시스템 개발
13	지리정보기반 철도교통 비상대응체계 및 지원시스템 개발	- 3차원 열차위치정보기반 철도교통 비상대응체계, 시나리오 개발 및 비상대응지원시스템 개발
14	철도건널목 제어 효율성 및 안전성 향상 기술 개발	- 차상중심열차위치검지 및 무선통신기반 고효율, 고안전 철도건널목 차단제어 시스템 개발
15	차량기지 내 차량위치감시 및 운영관리기술 개발	- 차량기지 등 무궤도회로환경에 적합한 고효율, 고안전, 저전력 차량위치검지기술 및 감시관리시스템 개발

제 3 장 연구개발과제 추진체계

제 1 절 기획대상과제 선정 및 조정결과

1. 중간평가의견 검토결과

기획과제 중간평가 시 제시된 총 8개 항목의 평가의견에 대하여 각 항목별 검토를 수행하고 기획과제 보고서에 반영하였다.

[표 44] 기획과제 중간평가 의견에 대한 검토결과

순번	평가의견	검토결과
1	○기술개발의 목적을 명확히 제시하고 연구개발 비전, 목표 추진전략 등 철도교통 위치검지시스템 기술개발 방향 재검토 필요	-기술개발의 목적을 명확히 제시하고, 연구개발비전, 추진전략 등 방향 재설정(2장, 4절, 2.비전과 목표)
2	○위치검지 대상물(시설물, 차량 등), 차량의 속도, 환경(개활지, 터널 등)에 따라 최적의 위치검지 기술 적용 방안 제시	-국외 관련기술 및 규격동향을 파악한 결과, 적용분야별 위치검지 요구사항 및 기술적용방안 제시가 적합한 방법으로 판단됨(2장, 2절, 3.국내외기술개발동향)
3	○최종 목표기술로 제시된 위치검지기술에 차륜센서, GNSS, RFID, IMU가 모두 포함될 필요성이 있는지 재검토 필요	-도로교통분야의 경우 GNSS, IMU, 차륜센서결합기술의 적용되고 있으며, 20km이상의 장대터널, 상하역사 등 철도환경 고려 시 RFID기술의 추가 적용이 요구됨(2장, 2절, 3.국내외기술개발동향)
4	○ 위치검지기술의 위치정확성에 대한 오차범위(1m이내)가 적정한지 수요처 기관사 등 현장위주의 설문조사 추가 실시	-한국철도공사 기관사 및 유지보수현장 종사자 50명을 대상으로 위치정확성 수요조사 실시 및 1m급 정확성 요구 (2장, 3절, 1.기술수요조사 및 결과)
5	○ 도로교통분야의 ADAS map(3차원 도로환경정보)을 철도시설물 DB 구축에 활용가능한지 여부 검토	-의왕-천안역간을 대상으로 ADAS map(MMS)구축기술의 철도시설물 DB 구축 적용성 검토시험을 수행하고 활용가능성 확인(2장, 2절, 3.국내외기술개발동향)
6	○ 철도교통 위치검지시스템 기술개발 로드맵에서 1, 2단계를 통합하여 총 3년으로 조정하고, SBAS 구축과 연계 부분은 수정 필요	-한국형 SBAS 구축과 관련된 연계방안은 삭제하고 3년 이내 실용화기술개발이 가능한 핵심과제를 중심으로 후보과제 조정(3장, 1절)
7	○ 환경분석에 국내외 항공기 및 자동차용 위치검지기술의 특허를 조사하여 위치검지기술의 최신 동향 분석 내용 반영 필요	-국내외 항공기, 자동차용 위치검지기술 특허동향 조사/분석하여 최종보고서 내 관련내용 반영 (2장, 2절, 3.국내외기술개발동향)
8	○ 위치검지 대상 선로시설물의 범위를 설정하여 명확히 제시 필요	-국내 철도시설물 현황 조사 및 한국철도공사 기관사 및 유지보수현장 종사자 설문을 통해 선로시설물 정보화 범위 설정(2장, 3절, 1.기술수요조사 및 결과)

2. 후보과제 검토결과

기획과제 중간평가의견을 반영하고 철도교통시스템의 효율성 개선이 가능한 위치검지시스템 기술개발 방향 설정과정을 통해 도출된 후보과제에 대한 적합성 및 개발 우선순위를 검토하기위해 철도교통 및 타교통 분야 위치검지기술 전문가를 대상으로 기획과제 자문위원회를 구성하여 도출된 후보과제 내용 및 우선순위 조정결과에 대한 검토를 수행하였다.

[표 45] 기획과제 자문위원회 구성명단

순번	분야	이름	소속	직위	자문 방법
1	타교통위치검지 기술(관성)	박찬국	서울대학교 기계항공공학부	교수	인터뷰
2	타교통위치검지 기술(관성/위성)	이형근	한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부	교수	기획회의 참석
3	타교통위치검지 기술(위성)	지규인	건국대 정보통신대학 전자공학부	교수	인터뷰
4	타교통위치검지 기술(위성)	허문범	항공우주연구원 위성항법팀	팀장	인터뷰
5	타교통위치검지 기술(RFID)	김재호	전자부품연구원 u임베디드융합연구센터	선임	기획회의 참석
6	타교통위치검지 기술(DB)	최현상	건설기술연구원 U-국토연구실	실장	기획회의 참석
7	타교통위치검지 기술(영상)	명현	KAIST 건설 및 환경공학과	교수	기획회의 참석
8	철도교통(전기)	이병곤	코레일 연구원	차장	인터뷰
9	철도교통(선로)	전일식	코레일 연구원	차장	인터뷰
10	철도교통(제어)	김채덕	한국철도시설공단	차장	기획회의 참석
11	철도교통(선로)	김정한	한국철도시설공단	차장	인터뷰
12	철도교통(제어)	이종성	현대로템 신호팀	팀장	기획회의 참석
13	철도교통(제어)	안진	대아티아이(주)	상무	기획회의 참석

기획과제 자문위원회는 기획과제 참여연구원의 방문 인터뷰 및 자문위원의 기획과제자문위원회 참석을 통해 진행되었으며, 후보과제별 순위조정 및 검토사항은 아래와 같다.

[표 46] 후보과제 검토결과

연번	후보과제명	우선순위 조정결과	검토 사항	비고
1	고정밀, 고효율 열차위치검지기술 개발	-개발전략 우선순위: A -후보과제 우선순위: 1	-정확성 성능수준 제한사항 제시 및 성능수준 정량화(확률, 속도 기준, 시각동기 등 명시)	3년내 개발
2	열차제어용 열차위치검지 안전성 향상기술 개발	-개발전략 우선순위: A -후보과제 우선순위: 3	-정위치정차기능을 고려하도록 성능목표 보완 -RAMS관련 연구내용 보완 -실용화대상 선정 및 적용기술 보완	-
3	열차관제/감시용 위치검지기술 개발	-개발전략 우선순위: A -후보과제 우선순위: 4	-열차제어용 위치검지 안전성향상기술과 통합추진	-
4	철도교통 위치 및 선로정보 제공용 RFID 국산화 기술 개발	-개발전략 우선순위: A -후보과제 우선순위: 2	-국산화개발 시 선진기술과 차별성 확보방안 보완 -RAMS관련 연구내용 보완	3년내 개발
5	철도 선로 및 시설물 DB 구축 기술 개발	-개발전략 우선순위: A -후보과제 우선순위: 1	-선로DB 구축품질의 정량목표 보완 -최종성과물 구체화	3년내 개발
6	철도 선로 및 시설물 GIS DB 구축 적용기술 개발	-개발전략 우선순위: A -후보과제 우선순위: 2	-구축효율화기술 개발이 우선적으로 필요 -전노선 구축은 운영,건설기관 사업화를 통해 진행	-
7	철도교통 통합무선통신망 구축기술 개발	-개발전략 우선순위: B -후보과제 우선순위: -	-“도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계 구축 및 성능평가“과제를 통해 구축방안 마련 중으로 중복성 우려 -열차위치검지시스템 개발시 무선통신연계기술검토필요	-
8	철도시설물 유지보수성 향상을 위한 고속종합검측차기술개발	-개발전략 우선순위: B -후보과제 우선순위: -	-열차위치검지정보를 활용하는 실용화관련 후보과제로 판단되며, 위치검지핵심기술 마련 후 과제화 추진필요	-
9	철도시설물 유지보수 작업지원 및 작업자안전 향상기술 개발	-개발전략 우선순위: C -후보과제 우선순위: -	-열차위치검지정보를 활용하는 실용화관련 후보과제로 판단되며, 위치검지핵심기술 마련 후 과제화 추진필요	-
10	철도교통 통합관제 및 운전자 지원시스템 기술개발	-개발전략 우선순위: C -후보과제 우선순위: -	-열차위치검지정보를 활용하는 실용화관련 후보과제로 판단되며, 위치검지핵심기술 마련 후 과제화 추진필요	-

연번	후보과제명	우선순위 조정결과	검토 사항	비고
11	철도교통 위치기반 지역관제 지원기술 개발	-개발전략 우선순위: C -후보과제 우선순위: -	-열차위치검지정보를 활용하는 실용화관련 후보과제로 판단되며, 위치검지핵심기술 마련 후 과제화 추진필요	-
12	위치기반 철도차량 운행이력 관리 및 유지보수 DB구축 기술 개발	-개발전략 우선순위: C -후보과제 우선순위: -	-열차위치검지정보를 활용하는 실용화관련 후보과제로 판단되며, 위치검지핵심기술 마련 후 과제화 추진필요	
13	지리정보기반 철도교통 비상대응체계 및 지원시스템 개발	-개발전략 우선순위: C -후보과제 우선순위: -	-열차위치검지정보를 활용하는 실용화관련 후보과제로 판단되며, 위치검지핵심기술 마련 후 과제화 추진필요	
14	철도건널목 제어 효율성 및 안전성 향상 기술 개발	-개발전략 우선순위: C -후보과제 우선순위: -	-열차위치검지정보를 활용하는 실용화관련 후보과제로 판단되며, 위치검지핵심기술 마련 후 과제화 추진필요	
15	차량기지내 차량위치감시 및 운영관리기술 개발	-개발전략 우선순위: C -후보과제 우선순위: -	-열차위치검지정보를 활용하는 실용화관련 후보과제로 판단되며, 위치검지핵심기술 마련 후 과제화 추진필요	

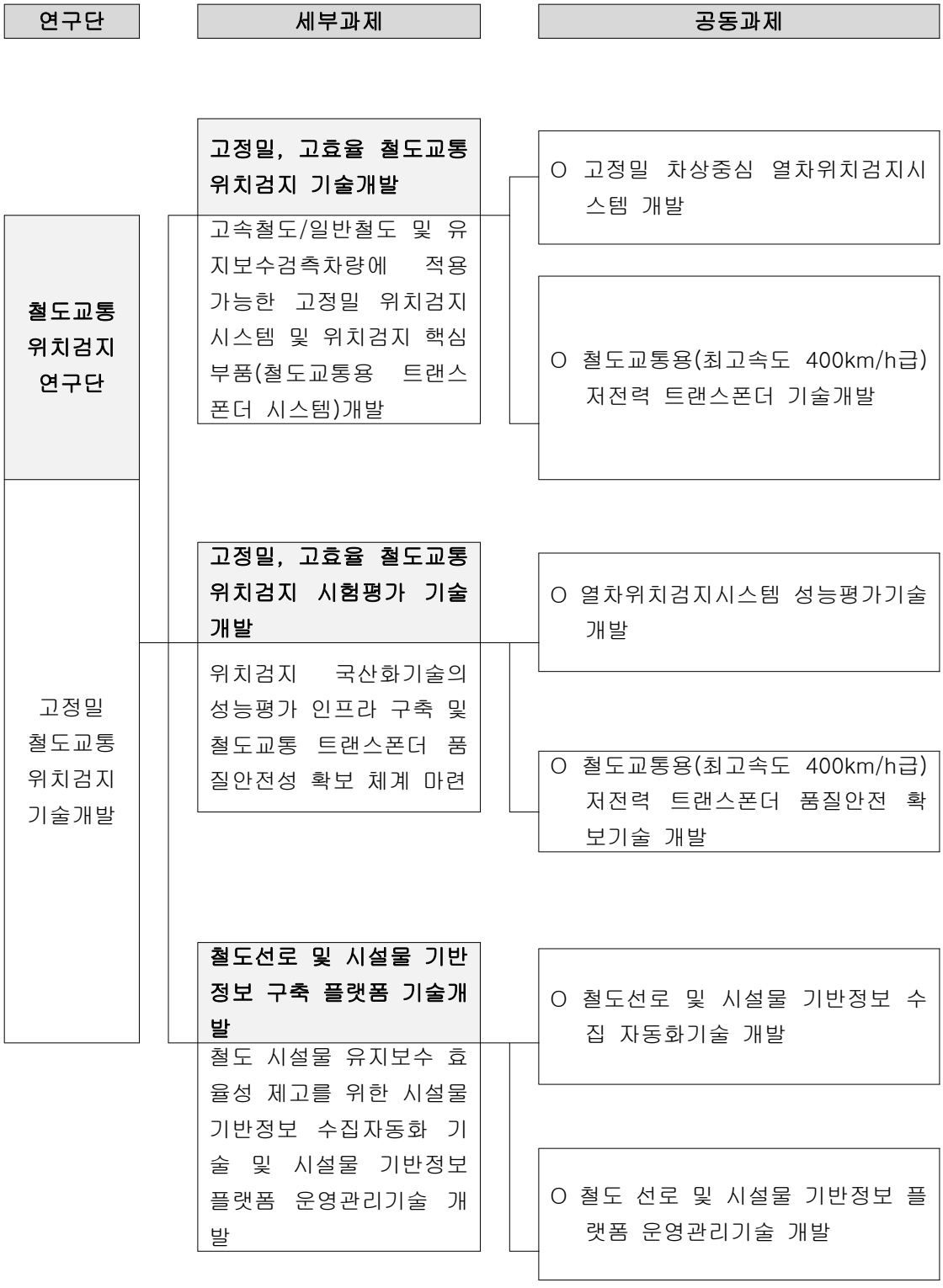
3. 후보과제 조정(안)

연번	기존후보과제		
	과제명	주요연구내용	예산
1	고정밀, 고효율 열차위치검지기술 개발	- 고속종합검측차량 및 일반기관차에 적용가능한 고정밀 차상중심위치검지시스템 및 평가기술 개발 (성능수준: 1m@400km/h)	65억 (기간: 3년)
2	철도교통 기준위치 및 선로정보 제공용 RFID 국산화 기술 개발	- 철도교통 위치검지 정확성, 효율성 개선을 위한 고속, 저전력, 저비용 철도용 RFID 시스템 개발 및 성능검증	60억 (기간: 3년)
3	철도선로 및 시설물 기반정보 구축 플랫폼 기술 개발	- 철도 시설물 유지보수 효율성 제고를 위한 시설물 기반정보 수집자동화 기술 및 시설물 기반정보 플랫폼 운영관리기술 개발	55억 (기간: 3년)

4. 후보과제 조정(안) - 기획타당성 검토위원회 결과 반영

연번	기존후보과제		
	과제명	주요연구내용	예산
1	고정밀, 고효율 철도교통 위치검지 기술개발	- 고속철도/일반철도 및 유지보수 검측차량에 적용 가능한 고정밀 위치검지시스템 및 위치검지 핵심부품(철도교통용 트랜스폰더 시스템)개발 (성능수준: 1m @400km/h)	78.0억 (기간: 3년)
2	고정밀, 고효율 철도교통 위치검지 시험평가 기술개발	- 위치검지 국산화기술의 성능평가 인프라 구축 및 철도교통 트랜스폰더 품질안전성 확보 체계 마련	31.17억 (기간: 3년)
3	철도선로 및 시설물 기반정보 구축 플랫폼 기술개발	- 철도 시설물 유지보수 효율성 제고를 위한 시설물 기반정보 수집자동화 기술 및 시설물 기반정보 플랫폼 운영관리기술 개발	49.5억 (기간: 3년)

제 2 절 연구개발과제 추진체계



제 4 장 연구개발과제 주요내용 및 기대효과

제 1 절 연구개발과제 주요내용

1. (연구단) 고정밀 철도교통 위치검지 기술개발 과제

구분	과제명	주요내용	최종 성과물
연구단 총괄	고정밀 철도교통 위치검지 기술개발	•고정밀, 고효율 철도교통 위치검지 기술개발 •고정밀, 고효율 철도교통 위치검지 시험평가 기술개발 •철도선로 및 시설물 기반정보 구축 플랫폼 기술개발	•고정밀 차상중심 열차위치검지시스템 •철도교통용 (최고속도 400km/h급) 저전력 트랜스폰더 시스템 •위치검지기술 성능평가 인프라 •철도선로 및 시설물 기반정보 수집 시스템 및 플랫폼 운영관리 시스템
1세부과제	고정밀, 고효율 철도교통 위치검지 기술개발	•고정밀 차상중심 열차위치검지시스템 개발 •철도교통용(최고속도 400km/h급) 저전력 트랜스폰더 기술개발	•고정밀 차상중심 위치검지시스템 시작품 •위치검지시스템 운영관리 소프트웨어 •위치검지최적화 알고리즘 설계서 •위치검지시스템 설계서 •위치검지시스템 환경시험 성적서 •철도교통분야별 위치검지시스템 연계방안 및 지상위치검지 인프라 최적화 설치 지침서 •트랜스폰더 시스템 요구사항 정의서 •트랜스폰더 시스템 기능규격서 •트랜스폰더 시스템 구조설계서 •트랜스폰더 시스템 인터페이스 설계서 •트랜스폰더 시스템 인증 시작품(TAG, 리더, 프로그래머) •트랜스폰더 시스템 기능 및 환경시험 성적서
1-1 (공동)	고정밀 차상중심 열차위치검지시스템 개발	•고정밀, 고효율 열차위치검지기술 분석 및 사양도출 •위치검지센서 선정 및 특성분석용 계측시스템 개발 •위치검지센서 차량탑재시험 및 센서특성 분석 •위치검지센서 오차저감기술 개발 •위치검지정보 융합처리장치 개발 •위치검지최적화알고리즘 및 선로 Map 정합기술 개발 •위치검지시스템 통합 및 운영관리 SW개발 •위치검지시스템 차량탑재시험 및 안정화기술 개발 •지상위치검지 인프라 최적화 설치기술 개발 •위치검지시스템 환경시험 및 성능평가 •철도교통분야별 위치검지시스템 최적 연계방안 마련	
1-2 (공동)	철도교통용 (최고속도 400km/h급) 저전력 트랜스폰더 기술개발	•철도교통용 트랜스폰더 요구사항 분석 및 기술사양 설계 •저전력, 고속인식 트랜스폰더 RF/Baseband 신호처리 기술 개발 •태그-리더간 인터페이스 프로토콜 개발 •선로환경대응 내환경성 강화 신호처리 기술 개발 •트랜스폰더 간 간섭저감 및 신뢰성 향상기술 개발 •내환경성 강화 태그 하우징 기술개발 •철도교통용 트랜스폰더 시작품(태그, 리더, 태그 프로그래머) 및 운영소프트웨어 개발 •시작품 통합 기능시험 및 인식성능강화 보완설계 •인증용 트랜스폰더 시작품 개발 및 시험평가 •차량탑재 및 동적환경 성능검증	
2세부과제	고정밀, 고효율 철도교통 위치검지 시험평가 기술개발	•차상중심 열차위치검지시스템 성능평가 기술 개발 및 인프라 구축 •철도교통용(최고속도 400km/h급) 저전력 트랜스폰더 품질안전 확보기술 개발	•성능평가 인프라 시험절차서 •성능평가 인프라 구축설계서 •성능평가 인프라 (지상/차상)
2-1	고정밀 차상중심	•시험차량 및 운영노선 선정	

	(공동)	열차위치검지시스템 성능평가 기술 개발	•시험차량 및 위치검지시스템간 인터페이스 사양개발 •시험차량 운영 및 위치검지시스템 성능안정화 •고속검측차량용 위치검지시스템 성능평가기술 분석 •성능평가 인프라 시험절차 개발 및 성능평가 인프라 구축 •성능평가 인프라 운영 및 시험결과 분석 •철도교통용 트랜스폰더 국산화 개발품의 호환성 및 동적환경성능검증	•위치검지시스템 성능평가 분석서 •철도교통 트랜스폰더 국산화 개발품 시험절차 및 평가서 •철도교통용 트랜스폰더 안전 및 품질강화 설계지침서 •철도교통용 트랜스폰더 Safety Case •철도교통 국제표준기반 트랜스폰더 안전인증서
	2-2 (공동)	철도교통용 (최고속도 400km/h급) 저전력 트랜스폰더 품질안전 확보기술 개발	•트랜스폰더 적용분야 위험원도출 및 분석기술 •트랜스폰더 정량적 품질 및 안전목표 수립 •트랜스폰더 위험도제어설계 기술개발 •트랜스폰더 품질강화설계 기술개발 •철도적용 품질안전규제기반 수명주기 관리체계수립 및 적용 •철도교통 트랜스폰더 제3자 안전평가 취득	
3세부과제		철도선로 및 시설물 기반정보 구축 플랫폼 기술개발	•철도선로 및 시설물 기반정보 수집 자동화기술 개발 •철도선로 및 시설물 기반정보 플랫폼 운영관리기술 개발	•철도선로 및 시설물 기반정보 수집용 모바일 시스템 •철도선로 및 시설물 기반정보 자동추출도구 •시범구축노선의 철도선로 및 시설물 기반정보 •철도선로 및 시설물 기반정보 플랫폼 구축효율화 도구 •철도선로 및 시설물 기반정보 플랫폼 운영관리시스템 •철도선로 및 시설물 기반정보 플랫폼 모니터링관리시스템 •철도선로 및 시설물 기반정보 플랫폼 사용자시스템 •시범구축노선의 선로 및 시설물 기반정보 플랫폼 및 운영관리/모니터링/사용자시스템 •선로 및 시설물 기반정보 플랫폼 활용분야별 연계 지침서 •현장작업자용 선로 및 시설물 기반정보 검색단말
	3-1 (공동)	철도선로 및 시설물 기반정보 수집 자동화기술 개발	•국내외 철도선로 및 시설물 기반정보 수집 자동화기술 조사분석 •선로선형 정보포함 선로 및 시설물 기반정보 수집기술 개발 •선로 및 시설물 기반정보 자동추출기술 개발 •선로 및 시설물 기반정보 수집 시스템 탑재차량 선정 및 인터페이스 기술개발 •선로 및 시설물 기반정보 수집자동화시스템 시험운영 및 안정화 기술 개발 •시범구축노선 선정 및 선로 및 시설물 기반정보 수집	
	3-2 (공동)	철도 선로 및 시설물 기반정보 플랫폼 운영관리기술 개발	•철도시설물 기반정보 구축 및 운영관리기술 조사분석 •선로 및 시설물 기반정보 플랫폼 구축 모델 정립 •수치지도기반 철도공간정보 활용기술 개발 •선로 및 시설물 기반정보 자동추출데이터 연계기술 개발 •선로 및 시설물 기반정보 플랫폼 구축 효율화 도구 개발 •선로 및 시설물 기반정보 플랫폼 운영관리시스템 요구사항 조사/분석 •시범구축노선대상 선로 및 시설물 기반정보 플랫폼 운영관리시스템 구축 •선로 및 시설물 기반정보 플랫폼 운영관리시스템 활용성 증대 및 NGIS 연계방안 마련 •현장작업자용 선로 및 시설물 기반정보 검색단말 기술개발	

제 2 절 연구개발과제 활용방안

1. (연구단) 고정밀 철도교통 위치검지 기술개발 과제

구분	과제명	최종 성과물	최종 수요처	활용방안
연구단 총괄	고정밀 철도교통 위치검지 기술개발	•고정밀 차상중심 열차위치검지시스템 •철도교통용 (최고속도 400km/h급) 저전력 트랜스폰더 시스템 •위치검지기술 성능평가 인프라 •철도선로 및 시설물 기반정보 수집 시스템 및 플랫폼 운영관리 시스템	•철도운영기관 •철도건설기관 •철도차량제작사 •고정밀, 고안전 열차위치정보활용기관 또는 산업체	•철도교통 위치정보의 정확성과 관리효율성을 향상시켜, 철도교통 전반의 유지보수성, 운영효율성, 안전성 개선 사업에 활용 가능
1세부과제	고정밀, 고효율 철도교통 위치검지 기술개발	•고정밀 차상중심 위치검지시스템 시작품 •위치검지시스템 운영관리 소프트웨어 •위치검지최적화 알고리즘 설계서 •위치검지시스템 설계서 •위치검지시스템 환경시험 성적서 •철도교통분야별 위치검지시스템 연계방안 및 지상위치검지 인프라 최적화 설치 지침서 •트랜스폰더 시스템 요구사항 정의서 •트랜스폰더 시스템 기능규격서 •트랜스폰더 시스템 구조설계서 •트랜스폰더 시스템 인터페이스 설계서 •트랜스폰더 시스템 인증 시작품(TAG, 리더, 프로그래머) •트랜스폰더 시스템 기능 및 환경시험 성적서	•국내외 철도운영 및 건설기관 •철도차량제작사 •철도신호제작사 •철도유지보수설비제작사 •철도안전설비제작사 •관제/감시설비제작사	•최종성과물을 고속 및 일반검측차에 우선 적용하고 선로, 전기, 신호, 통신 등 각종 철도시설물 검측설비와 연계하여 검측위치에 대한 정확도 향상 및 유지보수 효율성 개선 •최종성과물을 여객 및 화물열차에 적용하고 무선통신망을 통한 철도교통운영관제설비와 연계하여 운행관제 및 감시 성능 개선 및 효율화 추진 •최종성과물을 여객 및 화물열차에 적용하고 실시간 열차상태감시기술을 접목하여 열차운행상태 실시간 감시를 통한 운행 안전성 향상 도모 •최종성과물을 1인승무 지원용 운전자지원장치에 적용, 운전자지원장치 성능개선을 통한 열차운행 안전성 확보 •열차위치검지시스템 구성용 핵심센서로 활용 •열차제어 등 안전필수 열차위치정보 요구분야에 곡선, 구배, 터널 등 선로정보 제공 및 선로상의 기준위치정보 제공용 하부시스템으로 활용 •현재 ATP, CBTC 등 국외도입 RFID시스템이 국내 구축 중에 있으므로, 국산화 기술개발 시 대체품으로 활용가능
1-1 (공동)	고정밀 차상중심 열차위치검지시스템 개발			
1-2 (공동)	철도교통용 (최고속도 400km/h급) 저전력 트랜스폰더 기술개발			
2세부과제	고정밀, 고효율 철도교통 위치검지 시험평가 기술개발	•성능평가 인프라 시험절차서 •성능평가 인프라 구축설계서 •성능평가 인프라 (지상/차상) •위치검지시스템 성능평가 분석서 •철도교통 트랜스폰더 국산화	•국내외 철도운영 및 건설기관 •철도차량제작사 •철도신호제작사 •철도교통 위치검지활용분야 제작사	•차상중심 철도교통 위치검지시스템 및 위치검지 핵심부품(트랜스폰더)의 성능평가용 테스트베드로 활용 •고품질 열차위치정보가 요구되는 유지보수검측차, 열차제어시스템 등의 시운전시험 시 위치검지 성능평가기술 및 테스트베드로 활용
2-1 (공동)	고정밀 차상중심 열차위치검지시스템 성능평가 기술			

		개발	개발품 시험절차 및 평가서		
	2-2 (공동)	철도교통용 (최고속도 400km/h급) 저전력 트랜스폰더 품질안전 확보기술 개발	•철도교통용 트랜스폰더 안전 및 품질강화 설계지침서 •철도교통용 트랜스폰더 Safety Case •철도교통 국제표준기반 트랜스폰더 안전인증서		•철도교통용 트랜스폰더의 신뢰성 및 안전성 확보에 활용 •철도교통용 위치검지부품의 국산화개발시 품질안전성 확보기술로 활용 •안전평가인증서 확보를 통해 트랜스폰더 국산화 제품의 국내외 시장성 개선
3세부과제		철도선로 및 시설물 기반정보 구축 플랫폼 기술개발	•철도선로 및 시설물 기반정보 수집용 모바일 시스템 •철도선로 및 시설물 기반정보 자동추출도구 •시범구축노선의 철도선로 및 시설물 기반정보	•국내외 철도운영 및 건설기관 •철도선로 및 시설물 기반정보활용 철도산업체	•국내철도 전노선에 대한 기반정보 마련시 구축효율화 기술로 활용 및 신규, 개량노선에 대한 지속적인 유지보수 가능 •철도 선로 및 시설물 기반정보 플랫폼을 유지보수시스템과 연계하여 3차원 위치정보 및 시설물 형상기반 유지보수 효율화 체계마련 시 활용 •선로시설물 유지보수검측차에 의한 유지보수지점정보와 기반정보 플랫폼 연계 시 유지보수 효율성 향상 •1인승무 운전지원장치의 선로MAP 정보로 활용하여 운전지원성능 개량 및 운행안전성 향상 •틸팅열차의 사전틸팅 제어성능 개선에 활용가능 •위치(구배,곡선)기반 에너지 절감형 추진제어 기술개발 시 활용
	3-1 (공동)	철도선로 및 시설물 기반정보 수집 자동화기술 개발	•철도선로 및 시설물 기반정보 플랫폼 구축효율화 도구		
	3-2 (공동)	철도 선로 및 시설물 기반정보 플랫폼 운영관리기술 개발	•철도선로 및 시설물 기반정보 플랫폼 운영관리시스템 •철도선로 및 시설물 기반정보 플랫폼 모니터링관리시스템 •철도선로 및 시설물 기반정보 플랫폼 사용자시스템 •시범구축노선의 선로 및 시설물 기반정보 플랫폼 및 운영관리/모니터링/사용자시스템 •선로 및 시설물 기반정보 플랫폼 활용분야별 연계 지침서 •현장작업자용 선로 및 시설물 기반정보 검색단말		

제 3 절 기대효과

1. 철도교통 위치검지시스템 기술개발 기획의 기대효과

가. 기획 연구결과의 활용방안

○ 본 기획의 연구결과는 철도교통의 운영 효율화 및 편의성, 안전성 증진을 위한 국가적 철도교통 위치검지시스템을 개발하고 상용화하는 국가연구개발사업(이하 본 과제)의 사업계획서를 작성하는데 필요한 자료로 활용될 것이다. 또한 철도교통 국가정책과의 연계방안 및 개발 성과물의 활용방안을 도출하는데 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

○ 본 기획의 연구결과는 철도교통 위치검지시스템과 관련된 국내외 기술동향과 시장분석을 토대로 연구개발 대상 분야의 설정, 연구개발 대상 분야의 최종목표와 범위설정, 연구목표 달성을 위한 추진전략과 추진체계 수립, 소요예산, 일정 등을 포함하고 있다. 이러한 기획결과는 과제목표 설정, 세부연구과제의 구성, 연구개발추진체계 구성, 연차별 연구목표 및 연구내용 설정, 연차별 연구성과목표 설정 등 본 과제의 연구개발 계획서를 작성하는데 활용한다.

○ 탄소저감형 국토구조 개편을 위한 녹색교통수단의 확대를 도모하는 우리나라는 철도교통의 활성화를 위한 다양한 중점 추진과제를 추진 중에 있으며, 철도교통에서의 열차위치정보는 철도교통의 운영효율성 개선 및 신 철도산업 창출에 기반이 되는 중요정보로서 본 기획과제의 연구결과는 향후 국가적 철도교통망의 효율성 및 편의성 개선을 위해 체계적이고 종합적으로 열차위치정보의 관리 및 활용을 위한 기술개발 전략 수립에 기여가 가능하다. 또한 대규모 예산 투입에 따른 예산 효율성과 연구개발 성공 가능성을 위한 전략 및 실행방안을 제시하는데 활용이 가능하다.

○ 본 기획연구를 통해 철도교통 위치정보의 중요성과 활용성을 국내 철도건설 및 운영기관에 홍보하여 본 과제 수행 시 국내 철도건설 및 운영기관의 적극적인 참여를 도모함으로서 본 과제 수행성과의 실용화와 활용을 적극 추진한다.

나. 기대효과

○ 국내 철도산업계의 선순환구조 구축

국내 철도분야 중 열차제어분야의 경우 국외 시스템의 도입, 설치하는 역할을 수행해 왔으며, 국내 도입이 오래된 장치와 안전도 수준이 낮은 하부장치에 한해서 국산화 개발이 진행되어 왔다. 그 결과, 열차제어시스템의 구축비용이 대부분 해외로 유출되고, 국내로 재투자되는 금액은 매우 작아 열차제어기술의 국산화가 미미한 결과를 초래하고 있다. 철도교통에서의 열차위치검지기술은 열차제어분야의 핵심기술로서 현재 무선통신기반 열차제어방식으로의 발전방향에 발마추어 차상기반 열차위치검지기술의 국산화 개발을 통해 국내 철도산업계의 선순환구조 구축에 이바지 할 수 있다. 또한 향후 국내 철도시장 규모의 확대 및 운영 효율성 개선이 필요한 현재 상황에서 국내 철도산업계의 국산화 개발을 도모하여 국내 철도노선에 적용될 경우 국내로 재투자되는 금액의 증가가 예상되며, 이를 통해 국내 철도산업의 기술개발 촉진과 해외철도시장 진출 등의 기대효과의 예상이 가능하며, 국내 철도산업의 고부가가치 달성에 기여가 가능하다.

○ 국내 철도운영기관의 경영개선

현재 국내 철도건설 및 운영기관에서는 철도이용률 개선과 운영 및 유지보수 비용절감을 위한 노력 중에 있으며, 저비용, 고효율, 고안전을 기치로 철도노선을 운영, 개량, 건설하고 있다. 차상기반 열차위치검지기술의 성공적인 개발은 지상설비의 추가없이 정확한 열차위치검지가 가능하여, 구축비용의 절감과 운영효율성 개선의 효과를 기대할 수 있고, 선로, 전력선, 선로변 열차제어설비 등 철도인프라시설의 유지보수지점을 정확하게 탐지하여 유지보수 효율성개선이 가능하며, 열차위치정보를 기반으로 하는 신규 안전설비의 개발과 철도교통 이용고객의 편의성 증진을 위한 위치기반 서비스를 개발, 제공할 수 있으므로, 국내 철도운영기관의 경영개선에 이바지 할 수 있다.

○ 철도교통 위치검지기술의 체계화 및 활용성 증대

철도교통의 효율성, 편의성, 안전성 도모를 위하여 열차위치검지기술은 정확성 외에도 안전성, 신뢰성, 가용성 등의 성능 확보가 필요하며, 상기 열차위치검지 성능의 확보와 열차위치정보의 활용성 증대를 위해서는 위치검지기술의 종합화 및 체계화된 열차위치검지시스템 기술개발이 필요하다. 철도교통 열차위치검지의 시스템화는 열차제어 뿐만 아니라, 화물(위험물)운송, 안전감시 및 관리, 철도교통 및 타 교통수단간의 연계, 국가물류망 구축, 관광산업 활성화 등 다방면의 산업과 융합·활용할 수 있는 장점이 있다.

○ 따라서 상기와 같은 기대효과를 통해 국내 철도교통의 선진화 및 국내 철도

산업의 국제경쟁력 향상을 도모할 수 있다.

2. (연구단) 『고정밀 철도교통 위치검지 기술개발』과제 기대효과

가. 사회적 기대효과

- 철도시스템의 운영 및 유지보수 효율성 개선을 통한 철도수송 분담률 증대
- 철도 이용률 증대에 따른 탄소배출량 감소 등 대기오염물질 발생감소효과를 통한 녹색환경 조성으로 국민의 삶의 질 향상에 기여
- 철도 시스템 안전성 확보로 철도사고 발생률 저감
- '선'기반의 1차원 철도공간정보를 3차원 공간정보로 확장 시 지리정보기반의 비상대응 체계 마련 가능
- 최근 국내에서 발생한 정차역사 무정차 통과, 유지보수작업자 인명사고 등은 정확한 열차의 위치정보가 제공되지 못해 발생한 사고로서 고정밀, 실시간 열차위치정보의 확보시 철도사고의 발생률 저감에 기여

나. 경제적 기대효과

- 고속종합검측차를 통한 검측위치 정확성 향상으로 선로, 전기, 신호, 통신 등 선로 시설물의 유지보수 효율성 증대
- 3차원 선로DB 확보 시 유지보수 지점의 용이한 확인이 가능하여 유지보수 효율성 향상
- 최근 철도시스템의 기술 트랜드는 고효율·저비용·고안전 철도기술로서 철도교통 위치검지기술은 현재의 기술 트랜드에 부합하는 기술로서 향후 수요가 증대될 것으로 예상됨
- 고정밀, 고효율 철도교통 위치검지기술 국내 개발 시 각종 유지보수, 열차제어, 운영관제/감시, 안전분야 등 다양한 철도분야에 적용이 가능하며, 이를 통해 철도시스템 전반의 효율성 향상이 가능함
- 현재 국내 및 전세계적으로 친환경 녹색교통수단인 철도교통망의 확충계획이 수립되어 고속철도 및 기존선 고속화 등 신규노선 구축 및 기존선 개량사업 등 철도시장의 확대가 예상됨

다. 기술적 기대효과

- 철도교통망의 효율성, 안전성, 편의성 도모가 가능 함
- 차상중심 위치검지기술 및 선로DB정보는 무선통신기술과 연계 시 다양한 철도적용기술 개발이 가능함
- 기존선 개량 및 신규노선의 시설물 DB구축 및 갱신 시 구축 효율성 증대
- 고정밀, 고효율 철도교통 위치검지기술은 국내외적으로 표준화가 완료되지 못한 상황으로, 신속한 연구개발을 통해 선진국과의 기술격차를 단축할 경우 기술표준화가 가능함
- 국외제품의 도입 및 설치가 진행 중인 철도교통 트랜스폰더를 고속인식 및 저전력 방식으로 국산화 개발 시 세계시장에서의 기술 경쟁력 확보 가능

제 5 장 연구개발과제 소요예산

제 1 절 (연구단) 고정밀 철도교통 위치검지 기술개발 과제 소요예산

(단위 : 백만원)

과제명	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년(max)		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
[연구단 총괄] 고정밀 철도교통 위치검지 기술개발	**3,900**	**1,300**	**4,800**	**1,600**	**3,200**	**1,067**					**11,900**	**3,967**
[1세부과제] 고정밀, 고효율 철도교통 위치검지기술 개발	**1,917**	**639**	**2,360**	**787**	**1,573**	**524**					**5,850**	**1,950**
[1-1(공동)] 고정밀 차상중심 열차위치검지시스템 개발	1,035	345	1,274	425	849	283					3,158	1,053
[1-2(공동)] 철도교통용(최고속도 400km/h급) 저전력 트랜스폰더기술 개발	882	294	1,086	362	724	241					2,692	897
[2세부과제] 고정밀, 고효율 철도교통 위치검지 시험평가 기술 개발	**766**	**255**	**943**	**314**	**629**	**210**					**2,338**	**779**
[2-1(공동)] 고정밀 차상중심	368	122	453	151	302	101					1,123	374

열차위치검지시스템 성능평가 기술 개발												
[2-2(공동)] 철도교통용(최고속도 400km/h급) 저전력 트랜스폰더 품질안전 확보기술 개발	398	133	490	163	327	109					1,215	405
[3세부과제] 철도선로 및 시설물 기반정보 구축 플랫폼 기술 개발	**1,217**	**406**	**1,497**	**499**	**998**	**333**					**3,712**	**1,238**
[3-1(공동)] 철도선로 및 시설물 기반정보 수집 자동화 기술 개발	827	276	1,018	339	679	226					2,524	841
[3-2(공동)] 철도선로 및 시설물 기반정보 플랫폼 운영관리 기술 개발	390	130	479	160	319	107					1,188	397

[참고문헌]

[1] 국토해양부 고시 제2011-120호, 제2차 국가철도망 구축계획(2011～2020), 국토해양부

[2] 녹색성장국가전략, 2009, 녹색성장위원회

[3] 국토해양부 2010년 업무보고, 2009. 12, 국토해양부

[4] 해외 철도정책 동향과 시사점(일반철도의 고속화를 중심으로), 국토정책Brief, 국토연구원, 2008.06.09

[5] 일본, 20년후를 전망한 철도수송 연구개발(리서치맵), STEPI 과학기술정책연구원, 2010-01-15

[6] 조삼현, 중국의 고속철도 발전동향, KRRI Webzine, 한국철도기술연구원, 2007.12

[7] 김우선, 미국의 친환경 모달시프트 동향, 계간해양수산 2호, 한국해양수산개발원, 2011.05.31

[8] The Worldwide Market for Railway Technology 2010, SCI/VERKEHR COLOGNE 2010

[9] HS3 속도센서 제품규격서, 2001, 유진기공산업주식회사

[10] Klaus Finkenzeller, RFID Handbook, 2004, 영진닷컴

[11] 분당선 지능형 열차제어시스템 시범설비 구축사업 최종용역결과보고서, 2008, 한국철도공사

[12] Aleˇs Filip, Hynek Mocek, Lubor Bazant, "GPS/GNSS Based Train Positioning for Safety Critical Applications", SIGNAL+DRAHT INTERNATIONAL, 2001

[13] 고속선 궤도관리 의사결정지원시스템 개발 최종보고서, 국토해양부, 2010

[14] KAYSER-THREDE, "INTEGRAIL - Final Presentation", ESTEC, 2004

[15] Michel ROUSSEAU, LOCOLOC-Final Presenstation, 2004

[16] FAIL-SAFE, INNOVATIVE, COST-EFFECTIVE, SATELLITE-BASED TRAIN PROTECTION, CONTROL AND COMMAND(LOCOPROL) PROJECT PRESENTATION, 2002.02

[17] S. Bedrich, X. Gu, "GNSS-Based Sensor Fusion for Safety-Critical Applications in Rail Traffic",NAVITEC2004, 2004

[18] Railway User Navigation Equipment (RUNE) (http://www.esa.int/esaNA/SEMAYDM26WD_index_0.html)

[19] Albanese, A. Marradi, L., "The RUNE project: the integrity performances of GNSS-based railway user navigation equipment", ASME2005, 2005

[20] V.THEVENOT, "Final presentation : ECORAIL-GNSS for Safe Railway Road Cross Applications", 2006

[21] Mike Knutton, "Archimede gets the measure of Italian track: a new measuring train used by the Italian railway infrastructure company, RFI, travels 80,000km a year and checks the 10,000km Italian network at double the frequency of previous generations of vehicles", International Railway Journal, Nov 2004

[22] UIC - GALILEO(http://www.uic.org/spip.php?article726)

[23] Michael Meyer zu Horste, Jan Poliak, "The Project DemoOrt - Demonstration of safety critical localization of trains", ZEL-GNSS 2008, 2008

[24] Alvaro Urech, Maria J. Garcia, "GRAIL: GNSS in the rail domain", ZEL-GNSS 2008, 2008

[25] DOT/FRA/ORD-09/04, North American Joint Positive Train Control Project, Federal Railroad Administration, U.S. Department of Transportation, 2009

[26] Federal Railroad Administration(http://www.fra.dot.gov)

[27] Thomas Strang, Michael Meyer zu Horste, Xiaogang Gu, "A RAILWAY COLLISION AVOIDANCE SYSTEM EXPLOITING AD-HOC INTER-VEHICLE COMMUNICATIONS AND GALILEO", ITS2006

[28] RCAS(http://www.collision-avoidance.org/

[29] ARCHIMEDE - High Speed Infrastructure Monitoring Train ROGER 2000, MerMec

[30] SNCF, "The IRIS 320 High speed Measurement Train se", UIC - 6th World Congress on High Speed Rail, 2008

[31] Gerard Presle, The EM250 high-speed track recording coarch and EM-SAT

120 track survey car, as networked track geometry diagnosis and therapy system, Rail Engineering International Edition(No.3), 2000

[32] 도시철도시설 표준규격(국토해양부 고시 2009-929), 2009, 국토해양부

[33] SUBSET-036 Issue 2.4.1, ERTMS/ETCS-Class 1 FFFIS for Eurobalise, 2007

[34] Ansaldo STS, Railway Signalling Technology Symposium, 2011.04.08

[35] "ATLAS - Advanced Train Location and Administration System", SIGNAL+DRAHT INTERNATIONAL, Vol94, 10/2002

[36] 김영태, 철도신호제어시스템, 2006, 테크미디어

[37] 철도분야 신호시스템 상세기획연구, 2010.08, 한국건설교통기술평가원

[38] 위성항법기반 인터모달 자동항법기술개발 최종보고서, 2008, 국토해양부

[39] 철도차량용 급전 및 신호시스템 핵심부품 개발사업 최종보고서, 2011, 지식경제부

[40] Stasha Jovanovic, Giuseppe Aurisicchio, "Condition monitoring and condition-based railway Asset Management for High Speed lines", UIC - 6th World Congress on High Speed Rail, 2008

[41] W. Hanreich1, P. Mittermayr, Track Geometry Measurement Database and Calculation of Equivalent Conicities of the OBB Network, Arema Conference Proceedings, 2002

[42] China, Academy of Railway Sciences, High Speed Comprehensive Inspection Train - Inspection Data Center for Analyzing and Processing, 11th China-Korea-Japan Railway Research Technical Meeting, 2011.11

[43] 2011년도 전기업무 현황, 한국철도공사 전기기술단, 2011

[44] 2011년도 시설업무 현황, 한국철도공사 시설기술단, 2011

[45] http://www.ertms.com

[46] http://www.integrail.info/

[47] http://www.ertico.com/en/activities/activities/locoprol_website.htm

[48] http://en.wikipedia.org/wiki/LOCOPROL

[49] http://galileo.uic.org

[49] http://www.gaderos.com

[50] http://www.transport-research.info/web/projects/project_details.cfm?id=13613

& page=funding

[51] http://elib.dlr.de/44382/

[52] http://www.iva.ing.tu-bs.de/?iT=4_519_541_666

[53] http://en.wikipedia.org/wiki/Positive_train_control

[54] http://en.wikipedia.org/wiki/SNCF_TGV_Iris_320

[55] Transcore(http://www.transcore.com)

[56] http://www.bombardier.com/en/transportation/products-services/rail-control-solutions

[57] http://ja.wikipedia.org/wiki/新幹線E926形電車#E926.E5.BD.A2

[58] http://en.wikipedia.org/wiki/KLUB-U

주 의

1. 이 보고서는 국토해양부에서 시행한 미래철도기술개발사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토해양부에서 시행한 미래철도기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.