Land Infrastructure and Transport R&D Report

건설교통연구기획사업 기획보고서

11-B551201-000083-01

지능형 철도안전 융합시스템 기술개발 기획연구 최종보고서

2013. 12.

주관연구기관 / 한국철도기술연구원
공동연구기관 / 한국철도공사
한국전자통신연구원
위탁연구기관 / 교통안전공단

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관 귀하

이 보고서를『지능형 철도안전 융합시스템 기술개발 기획연구』과제의 최종보고서로 제출합니다.

2013. 12.

주관연구기관명 : 한국철도기술연구원
주관연구책임자 : 구동회 책임연구원
연 구 원 : 조연옥 수석연구원
“ : 이준석 수석연구원
“ : 왕종배 책임연구원
“ : 홍순흠 책임연구원
“ : 안태기 책임연구원
“ : 온정근 선임연구원
“ : 이덕희 선임연구원
“ : 김상암 선임연구원
“ : 곽상록 선임연구원
“ : 박찬우 선임연구원
“ : 김종운 선임연구원
공동연구기관명 : 한국철도공사/한국전자통신연구원
공동연구책임자 : 왕연대 처장/박준희 책임연구원
위탁연구기관명 : 교통안전공단
위탁연구책임자 : 최양규 처장

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td></td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>2013.4.30. -
2013.12.30</td><td>단 계 구 분</td><td>1단계/
총1단계</td></tr>
<tr><td>연 구 사 업 명</td><td colspan="5">건설교통연구기획 사업</td></tr>
<tr><td>연 구 과 제 명</td><td colspan="5">지능형 철도안전 융합시스템 기술개발 기획연구</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책 임 자</td><td rowspan="2">구동회</td><td>해당단계
참 여
연구원수</td><td>총 : 31명
내부 : 30명
외부 : 1명</td><td>해당단계
연 구 비</td><td>정부 :
100,000천원
계 :
100,000천원</td></tr>
<tr><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 31명
내부 : 30명
외부 : 1명</td><td>총연구비</td><td>정부 :
100,000천원
계 :
100,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">한국철도기술연구원</td><td>참여기업명</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="5">상대국명 : 상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td>공 동 연 구</td><td colspan="5">연구기관명 : 한국철도공사, 한국전자통신연구원 연구책임자 : 왕연대, 박준희</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)</td><td>보고서면수</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="6">철도 관제시스템을 중심으로 철도차량 및 작업자의 위치, 철도역사 및 시설(터널, 교량, 궤도, 전기, 신호, 통신 등)의 상태를 실시간으로 확인하고 정보를 공유하여 위험인자를 조기에 예측, 발견, 관리하는 지능형 철도안전 융합시스템 기획</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어
(각 5개 이상)</td><td>한 글</td><td colspan="4">철도, 안전, 지능, 융합, 실시간</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="4">Rail, Safety, Intelligent, Integrated, Realtime</td></tr>
</table>

목 차

[요약문]

제 1 장 기술의 정의 및 필요성 ····· 1
1절 기술의 정의 ····· 1
1. 기술의 정의 ····· 1
2. 기술의 구성 ····· 1
2절 연구개발 배경 ····· 5
1. 국내 철도사고 현황 분석 ····· 5
3절 연구개발 필요성 ····· 17
1. 국내 철도사고 위험도 분석 ····· 17

제 2 장 국내외 동향 및 환경 분석 ····· 23
1절 국내외 정책동향 ····· 23
1. 국내 정책동향 ····· 23
2. 국외 정책동향 ····· 28
2절 국내외 시장현황 ····· 30
1. 시장현황 ····· 30
2. 기술현황 ····· 33
3. 시장 발전단계 ····· 41
3절 국내외 기술동향 ····· 42
1. 연구개발 동향분석 ····· 42
2. 국내외 철도안전 실시간 모니터링 분야 ····· 127
3. 논문동향 분석 ····· 232
4절 기술수준 분석 ····· 239
1. 특허 분석 ····· 239
2. 논문 분석 ····· 251
5절 종합결론 ····· 257
1. 시장분석 결론 ····· 257
2. 특허분석 결론 ····· 257
3. 논문분석 결론 ····· 258

제 3 장 철도안전기술개발 로드맵 및 핵심기술 정의 ·····259
1절 철도안전 기술개발 로드맵 도출 ·····259
1. 국내외 철도안전 기술개발 로드맵 사례 조사 및 분석 ·····259
2절 철도안전기술개발 로드맵 결론 ·····279
1. 철도안전기술개발 로드맵(2014~2020) ·····279
2. 철도안전 기술분류 로드맵 지능형융합시스템기획 ·····282

제 4 장 지능형 안전시스템 시범사업 운영기반 및 제도화 적용방안 ·····293
1절 지능형 안전 감시장치/시스템 조사분석 ·····293
1. 지능형 통합 안전 감시시스템 ·····293
2. 탈선/충돌 감시제어장치 적용성 ·····295
3. 화재 감시제어장치 적용성 ·····296
4. 사상사고 감시제어장치 적용성 ·····297
2절 오송 종합시험선로(Test Bed용) 현황 및 분석 ·····297
1. 과업 추진배경 ·····297
2. 과업의 목적 ·····298
3. 과업범위 및 기본방향 ·····299
4. 시험선 시험항목 및 시험구간 ·····302
5. 시험선 운영계획 ·····304
6. 오송 시험선 시스템 설계사양 ·····305
3절 시범적용 노선(원주-강릉선) 현황 및 분석 ·····307
1. 시범노선을 위한 고속선(원주-강릉선) 사업 개요 ·····308
2. 고속선(원주-강릉선) 운영계획 ·····311
3. 고속선(원주-강릉선) 운영차량 ·····314
4절 지능형 안전시스템 실용화 적용방안 ·····324
5절 지능형 안전시스템 운영을 위한 제도화 방안 ·····325
1. 개정된 철도안전법 ·····327
2. 철도안전법 시행규칙 개정안 ·····327
3. 철도차량안전기준에 관한 규칙 및 철도차량안전에 관한 기준 ·····329
4. 철도시설안전기준에 관한 규칙 및 철도시설안전에 관한 기준 ·····329
5. 철도차량 운전규칙 ·····332
6. 결론 ·····335

제 5 장 연구개발과제 구성 및 추진전략 ····· 337
1절 비전 및 목표 ····· 337
1. 비전 ····· 337
2. 목표 ····· 337
2절 연구개발과제 구성 ····· 338
1. 철도 위험요인별 위험도 분석 및 연구개발 대상 선정 ····· 338
2. 연구개발과제 구성 ····· 349
3. 위험요인별 해당 연구개발과제 ····· 350
3절 세부과제 주요 내용 및 추진전략 ····· 353
1. 연구개발 목표 ····· 353
2. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성 ····· 354
3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안 ····· 358
4. 연구개발 주요내용 ····· 363
5. 연구개발과제 TRM ····· 369
6. 최종성과물 및 성과지표 ····· 371
7. 성과물 검증방안 ····· 375
8. 기술수요처 및 실용화 방안 ····· 376
4절 연구수행체계 ····· 380

제 6 장 사전타당성 검토(또는 파급효과 분석) ····· 387
1절 정책적 타당성 ····· 387
1. 정책적 중요성 ····· 387
2. 정부 전략적 타당성 ····· 387
3. 국가/산업차원 계획과의 부합성 ····· 388
2절 경제적 타당성 ····· 390
1. 분석 배경 ····· 390
2. 사고율 달성 목표수치 설정 ····· 393
3. 기대이익 분석 ····· 395

제 7 장 연구투입 소요예산 산정 ····· 401
1절 인력투입계획 ····· 401
1. 전체사업 인력투입계획 ····· 401
2. 세부과제별 인력투입 ····· 402

2절 소요예산 산정 ·····406
1. 총괄 소요예산 ·····406
2. 세부과제별 소요예산 ·····408

제 8 장 과제 제안요구서 ·····413
1절 과제 제안요구서 ·····413
2절 평가기준 설정 ·····428

참고 문헌 ·····429

부 록 ·····439

표 목 차

표 1. 기술분류 기준 ····· 1
표 2. 연도별 철도사고 발생건수 추세 ····· 8
표 3. 연도별 철도사고 사상자 추세 ····· 8
표 4. 철도종류별 사망자수 변화율 ····· 9
표 5. 철도종류별 사망자수 변화율 ····· 10
표 6. 국내에서 발생한 대형철도사고 사례 ····· 11
표 7. 철도사고 및 장애 발생 원인분석(’09년) ····· 12
표 8. 교통수단별 사고감소율 ····· 14
표 9. 국내외 철도시설 및 사고 발생건수 현황(2011년도 발생기준) ····· 15
표 10. 철도안전 목표 달성 현황(주요국가와 비교) ····· 16
표 11. 국내외 유형별 철도사고 발생율 현황(2008년도 발생기준) ····· 16
표 12. 국외에서 발생한 대형철도사고(10인 이상 사망자 발생사고) ····· 17
표 13. 부상 정도와 가중치 ····· 18
표 14. 최근 5년간 사고유형별 인명피해 분포 및 위험도 ····· 19
표 15. 최근 5년간 사고유형별 인명피해 분포 및 위험도 ····· 20
표 16. 최근 5년간 연도별 개별/종합 위험도 추이 ····· 21
표 17. 사망유형별 사망자 수(Fatalities by category of persons), 2011 ····· 33
표 18. 사고유형별 사망자 수(Fatalities by type of accident), 2011 ····· 34
표 19. 역사에서의 철도 사고·장애 예측 분석 내용 ····· 75
표 20. 노반에서의 철도 사고·장애 예측 분석 내용 ····· 76
표 21. 터널/교량에서의 사고·장애 예측 분석 내용 ····· 77
표 22. 야드에서의 사고·장애 예측 분석 내용 ····· 78
표 23. 자연재해에서의 사고·장애 예측 분석 내용 ····· 79
표 24. 건널목에서의 사고·장애 예측 분석 내용 ····· 79
표 25. 열화분석을 통한 사고·장애 예측 분석 내용 ····· 80
표 26. 차량에 의한 사고·장애 예측 분석 내용 ····· 84
표 27. 열화분석을 통한 사고·장애 예측 분석 내용 ····· 87
표 28. KTX 고장코드 ····· 132
표 29. 철도 교통 시스템의 위험요소 목록 사례 ····· 197
표 30. 철도 교통 시스템의 위험요소와 관련한 사고 목록 사례 ····· 199
표 31. 철도 교통 시스템의 사고 평가 사례 ····· 204
표 32. 철도 교통 시스템의 각 위험요소와 관련한 대응 정보 목록 사례 ····· 206
표 33. 철도분야별 논문 성과 비교 방법론 ····· 232
표 34. 분야별 논문 성과 비교결과 ····· 233
표 35. 세부기술별 논문 검색결과 ····· 233
표 36. 유지보수 분야 논문 성과 추세 ····· 234

표 37. 분야별 논문 성과 비교결과 ·····234
표 38. 분야별 주요국의 평균 피인용도 비교 ·····235
표 39. 특허분석 기준 ·····239
표 40. 기술별 검색 조합식 및 대상특허건수 ·····239
표 41. 주요 핵심특허 현황 ·····247
표 42. 주요 핵심특허 현황 ·····249
표 43. 논문 분석 기준 ·····251
표 44. 기술별 검색 조합식 및 대상특허건수 ·····251
표 45. 주요 피인용 논문 현황 ·····253
표 46. 3년 內 발표논문 중 피인용수 높은 논문(Hot Paper) 현황 ·····254
표 47. 제7차 국가교통안전기본계획의 철도분야 안전 목표치 ·····337
표 48. 국내 철도사고 발생현황 ·····392
표 49. 최근 3년간 (2009~2011) 우리나라 및 선진국 철도사고 발생현황 ·····394
표 50. 감소 목표치 달성 시 사망자 및 중상자 수 계산 ·····395
표 51. 감소 목표치 달성 시 철도교통사고 건수 계산 ·····395
표 52. 선진국의 철도교통사고 비용 (2010년 기준) ·····396
표 53. 철도부문 교통사고 비용(2007년 기준) ·····396
표 54. 감소 목표치 달성 시 시나리오에 따른 사망/중상 및 철도교통사고 수 ·····399

그 림 목 차

그림 1. 열차운행 1억km당 열차사고 발생건수 변화 ·····6
그림 2. 열차운행 1억km당 사망자수 변화 ·····6
그림 3. 철도종류별 사고발생건수 변화 ·····7
그림 4. 철도종류별 사망자수 변화 ·····7
그림 5. 사고유형별 사고건수 및 위험도 분포 ·····20
그림 6. 운영기관별 사고 위험도 ·····20
그림 7. 철도구분별 위험도 분포 ·····21
그림 8. 연도별 개별위험도 변화 추이 ·····22
그림 9. 공공기관 CCTV 목적별 설치 현황 ·····27
그림 10. Global Surveillance equipment market, 2015 ·····31
그림 11. Global Security Solution for the Transportation market, 2008~2015 ·····31
그림 12. Global ITS Market, 2008~2015 ·····31
그림 13. Schematic of Positive Train Control(PTC) System (North America) ·····32
그림 14. Investment in PTC, 2012 (North America) ·····32
그림 15. Status of PTC Implementation, 2012 (North America) ·····32
그림 16. Accidental fatalities and weighted injuries ·····35
그림 17. Trends in fatalities over the past fifty years ·····35
그림 18. Risk profiles by SSP trajectories (total FWI and fatalities) ·····35
그림 19. 영국 ANPR Enforcement Vehicle(Railway safety camera partnership) ·····40
그림 20. Train Location via GPS system (영국 Futronics社) ·····41
그림 21. 특허기술 연계 기술발전 추이 ·····42
그림 22. 논문 발표 연계 기술발전 추이 ·····42
그림 23. KTX 고장코드 무선전송 시스템 구성도 ·····43
그림 24. 철도 전송망 구성도 ·····44
그림 25. 철도 전송망 통합망관리 시스템 구성도 ·····45
그림 26. InteGRail 프로젝트 구성도 ·····46
그림 27. SIRI 서비스 구성도 ·····47
그림 28. 빅데이터 플랫폼 ·····50
그림 29. 정보 시스템 연계를 위한 기술 발전 방향 ·····55
그림 30. 안전성 확보 체계 ·····69
그림 31. PSR 평가 인자 ·····70
그림 32. 사고예측연구 과제의 목표와 비전 ·····74
그림 33. 철도사고 예측 모델 기술개발 Needs 도출 ·····91
그림 34. 각 설비별 데이터에 대한 패턴분석(예) ·····93
그림 35. 이상징후 판단(예) ·····93
그림 36. 휴먼 에러예측 모델 도출 프로세스 ·····96

그림 37. 역사 안전관리 기법 ·····116
그림 38. 선로 안전관리 기법 ·····117
그림 39. 터널 및 교량 안전관리 기법 ·····118
그림 40. 자연재해 안전관리 기법 ·····119
그림 41. 건널목 안전관리 기법 ·····120
그림 42. 차량 안전관리 기법 ·····121
그림 43. 전기신호 안전관리 기법 ·····122
그림 44. 철도 종사자 인적 요인 사고·장애 예측 시스템 구성 ·····123
그림 45. 휴먼에러 안전관리 기법 ·····124
그림 46. 물리 아키텍쳐 예시 ·····126
그림 47. 논리 아키텍쳐 예시 ·····126
그림 48. KTX 주요고장 (MF) 감시대상 ·····132
그림 49. 고장코드 무선전송 시스템 구성도 ·····133
그림 50. 국내 KTX HBD 설치개소 및 운영 모습 ·····134
그림 51. HBD 감지 현황 및 발생 시 조치 과정 ·····134
그림 52. FBG 센서를 활용한 전차선 모니터링 시스템 구성 ·····147
그림 53. 항공기 실시간 안전진단시스템 ·····151
그림 54. ARTC의 RailBAM 시스템 ·····151
그림 55. Axle Mover 모니터링 시스템 적용 예 ·····152
그림 56. T/BOGI 모니터링 시스템 ·····153
그림 57. Cotcha 모니터링 시스템(track-based/train-based) ·····153
그림 58. 브레이크 상태 모니터링 (FRA) ·····154
그림 59. INOX Product Placment (Amsted 社) ·····154
그림 60. 완전 자가발전 무선 온도센서 ·····156
그림 61. 철도차량 대차 모니터링 진단시스템 ·····157
그림 62. Railway bogie condition monitoring 시스템 (SKF) ·····158
그림 63. SAW 센서를 이용한 무선 온도 계측 시스템 ·····159
그림 64. 베어링 수명에 미치는 수분함유량의 영향 ·····160
그림 65. 통합형 기어박스 모니터링 시스템 ·····160
그림 66. 기존 chip dector 방식(좌)과 AH-64 ODM 센서 ·····161
그림 67. 서울도시철도공사(SMRT) 기술 통합관제 ·····163
그림 68. 역사용 통합안전감시시스템 모델 사례 ·····164
그림 69. 궤도형 터널 가디언 구상도 ·····164
그림 70. 스마트폰과 실내위치인식 센서를 접목한 스마트 피난 안내 시스템 ·····165
그림 71. 철도차량용 지능형 화재감지시스템 [(주)이플러티, 2010] ·····170
그림 72. 철도터널용 지능형 배연시스템용 제어기 [(주)리트코, 2010] ·····171
그림 73. 철도터널용 영상화재감지 IP 카메라 [(주)투아이시스, 2011] ·····171
그림 74. 영불유로터널 방재시스템 및 통합 관제실 설치 사례 ·····172
그림 75. 선형 화재탐지 설비 설치 사례(리스텍, 독일) ·····173
그림 76. 철도차량용 미세물분무(Water Mist) 스템(Fogtec,독일) ·····173

그림 77. 지능형 종합감시시스템 표준 구성도 ·····175
그림 78. 위험관리 시스템 요소 및 상호작용 ·····194
그림 79. 제안 시스템 전체 흐름도 ·····195
그림 80. 사전분석 단계 세부 흐름도 ·····196
그림 81. 위험요인 식별 단계 구성 ·····197
그림 82. 시스템 파악 예시 ·····198
그림 83. 위험요인 (각 component failure) 목록 도출 예시 ·····198
그림 84. 예상사고 분석 단계 구성 ·····199
그림 85. 직접요인 도출 예시 ·····200
그림 86. 직접요인에 의한 사고 유형 도출 예시 ·····200
그림 87. 사고 유형별 사고 시나리오 도출 예시 ·····201
그림 88. 허용 위험도 판단 단계 구성 ·····201
그림 89. 이력 기반 개별 사고 유형의 위험도 예시 ·····202
그림 90. 위험도 이력 및 허용 위험도 상한/하한 예시 ·····203
그림 91. 위험도 산정 단계 구성 ·····203
그림 92. 위험요인의 발생빈도 산출 예시 ·····204
그림 93. 직접요인의 발생빈도 산출 예시 및 FTA 예시 ·····205
그림 94. 사고 유형별 위험도 산정 예시 ·····205
그림 95. 위험요인 대응 정보 단계 구성 ·····205
그림 96. 위험요인 별 사전 대응 목록의 예 ·····207
그림 97. 모니터링 단계 세부 흐름도 ·····207
그림 98. 실시간 모니터링 단계 구성 ·····207
그림 99. 모니터링 대상 조사표 예 ·····208
그림 100. 대상별 감지 기술 사례 ····· 209
그림 101. 철도 모니터링 S/W의 예(Rail Control System, Electronics Project) ·····209
그림 102. 위험요인 감지 단계 구성 ·····210
그림 103. 사전 분석 테이블 예 ·····210
그림 104. 경고 시스템 예 ·····211
그림 105. Recovery Check 단계 구성 ·····211
그림 106. 추가 대응 필요 여부 판단 예 ·····212
그림 107. 사전대응 단계 세부 흐름도 ·····212
그림 108. 대응의사 결정 단계 구성 ·····212
그림 109. 대응 절차 구분 예 ·····213
그림 110. 대응 지시 대상 추출 예 ·····214
그림 111. 대응 내용 상세 정보 추출 예 ·····214
그림 112. 자동대응 단계 구성 ·····214
그림 113. 위험요인별 사전 대응의 자동화 가능 여부 판단 ·····215
그림 114. 자동 위험 관리 기술 예 ·····215
그림 115. 시스템 운영자 대응 단계 구성 ·····216
그림 116. 빅데이터 플랫폼 ·····223

그림 117. 정보 시스템 연계를 위한 기술 발전 방향 ·····229
그림 118. 철도안전 빅데이터 통합 플랫폼 개념도 ·····230
그림 119. 철도안전 빅데이터 통합 플랫폼과 다른 시스템과의 관계 ·····231
그림 120. 철도안전 빅데이터 통합 플랫폼 구조도 ·····231
그림 121. 화재감시시스템 관련 연구 국가 ·····235
그림 122. 화재감시시스템 분야 연구 주제 ·····235
그림 123. 소화시스템 관련 주요 연구 국가 ·····237
그림 124. 소화시스템 분야 연구 주제 ·····237
그림 125. 피난/구난 연구 주요 국가 ·····238
그림 126. 피난/구난 분야 연구 주제 ·····238
그림 127. 출원년도 및 국가별 출원추이 ·····240
그림 128. 세부기술별 특허출원동향 ·····241
그림 129. 주요 출원인 동향 ·····242
그림 130. 연도별 주요 출원인 동향 ·····242
그림 131. 기술별/국가별 기술분포(버블형) ·····243
그림 132. 국가별 기술분포(방사형) ·····243
그림 133. 국가별 출원건수 및 시장확보지수 ·····244
그림 134. 국가별 인용도지수 ·····244
그림 135. 국가별 영향력지수 및 기술력지수 ·····245
그림 136. 특허 등고선 맵 ·····245
그림 137. 세부기술별 특허 등고선 맵 ·····246
그림 138. 핵심특허(US6542076B1) 평가결과 ·····250
그림 139. 연도별 논문 발표 추이 및 주요 등재 저널 ·····252
그림 140. 논문 발표 주요 국가 ·····253
그림 141. 논문 발표 주요 저자 ·····253
그림 142. 논문 발표 주요 연구기관 ·····253
그림 143. 핵심논문 발표현황 ·····256
그림 144. 철도안전 기술분류 ·····279
그림 145. TRM - 철도안전기술(Lv.0) ·····280
그림 146. TRM - 안전관리체계 기술(Lv.1) ·····280
그림 147. TRM - 철도시스템 및 사고유형별 안전기술(Lv.1) ·····281
그림 148. TRM - 철도시스템 및 사고유형별 안전기술(Lv.1) ·····281
그림 149. EMU 180Km/h 운행시 ·····310
그림 150. KTX-산천 250Km/h 운행시 ·····311
그림 151. 열차운행 1억km당 사고 및 사망자 발생률 변화 ·····389
그림 152. 1억 km당 철도사고 사망자 수 (국내) ·····390
그림 153. 1억 km당 열차사고 유럽과의 비교 (2012년) ·····391
그림 154. 교통수단별 사고 건수 및 피해 ·····391
그림 155. 국내 백만 km당 철도 사망자 수 ·····392
그림 156. 감소 목표치 달성 시 시나리오에 따른 사망자 및 중상자 수 추이 ·····399

요 약 문

□ 연구개발과제 정의

○ 첨단 IT과 네트워크 기술을 적용하여, 철도 관제시스템을 중심으로 철도 차량, 작업자의 위치, 철도역사 및 시설상태를 실시간으로 확인 및 정보 공유하여 위험인자의 조기 예측, 발견 및 관리하는 지능형 철도안전 융합시스템 기술개발



[지능형 철도안전 융합시스템 미래 비전]



[지능형 철도안전 융합시스템 아키텍쳐]

□ 연구배경 및 필요성

○ 최근 철도사고 사상자의 90% 이상이 개인 과실 및 부적절한 행동 등에 의한 사고로 분석되고 있고, 또한 이에 대한 우리나라의 안전성이 선진국 수준에 많이 미치지 못하여 복지사회 구현을 위한 선진국 수준의 철도 안전성 확보를 위해서는 개인책무 영역인 공중사상 대책 기반기술 개발이 필요

○ 종사자 직무사고율은 선진국에 비해 5배, 건널목사고율은 선진국에 비해 2배 이상 높은 실정으로 개선필요(2008년 기준)

- 건널목 사고율 : 선진국 10건/1억km, 철도공사 20건/1억km
- 직무사고율 : 선진국 2건/1억km, 국내 12건/1억km

○ 일반철도의 사고율과 사망자수 모두 크게 감소하고 있으며, 선로침입·자살·승하차중의 사상사고 위주로 발생

- 열차사고는 종사자의 과실·차량고장(재질불량, 제작결함)요인으로 발생, 건널목 사고는 97%가 외부요인으로 발생
- 사망자 발생위치 : 선로(46%), 승강장(44%), 작업장 및 기타(10%)

○ 현재의 아날로그 CCTV 기반의 수동적 감시체계로서는 감시대상 대비 감시 인력의 부족으로 실질적으로 테러 및 범죄 감시의 한계가 있으며 실제 비상상황 발생 시 대응처리 지연으로 인한 인명 및 재산 피해가 증가할 수 있음.

- 철도에 설치되어있는 카메라와 센서를 이용하여 철도 공중사상 사고를 예방할 수 있는 시스템 구축이 요구됨.

○ 철도의 직무사상사고는 철도운영 및 철도시설관리와 관련하여 업무수행 중 사상자가 발생한 사고를 말하는 것으로써, 철도 운영 특성상 철도 작업자들은 주로 야간에 작업을 진행함에 따라 야간 운행 기관사의 부주의와 선로변 작업자의 감각차단 현상으로 인해 추돌사고가 꾸준히 발생하고 있음.

○ 에스컬레이터, 철도 건널목, 위험지역과 같은 일부 지역의 사상사고가 계속적으로 발생함에 따라 위험지역의 사상사고에 대한 감시제어 시스템이 필요함.

○ 야간 운행 기관사의 부주의와 선로변 작업자의 감각차단 현상으로 인해 야간에 작업이 주로 진행되는 철도 작업자들의 직무사상사고 발생을 막을 수 있는 대책 마련이 시급

○ 최신 IT기술 및 실시간 감시제어기술을 활용하여 사고를 미연에 방지하고 즉각적으로 대응할 수 있는 감시제어시스템 개발이 반드시 필요함.

○ 2009년 12월에 시행된 항공·철도 사고조사에 관한 법률을 통하여 철도사고의 예방과 안전 확보를 위한 정책이 제시되는 등 철도 안전성을 확보하기 위한 감시제어시스템의 기술개발이 반드시 필요함.

○ 행정안전부는 범죄예방을 극대화하기 위한 취지로 통합관제 센터 구축을 지원하고 있으며, 기차·지하철 CCTV가 1만9,494대로 기존 CCTV를 이용해 공중사상사고를 예방할 수 있는 감시제어시스템의 지원이 요구됨.



<코레일 공항철도 작업자 사망사고>

○ 사고예방을 위한 안전관리의 경우 일부 철도시설에 대해 안전 모니터링을 실시하고 있으나, 한정된 장소와 시간 범위에서 실시되고 있으며, 대부분 off-line 또는 철도사고가 발생한 이후에 안전관리가 실시되고 있는 실정임, 철도의 실시간 모니터링 연구의 필요성이 대두됨.

○ 미래 안전 원천기술 및 안전부품 기초연구

- 미래 안전 원천기술 및 안전부품 기초연구는 본사업에서 개발되고 적용되는 시스템을 안정화 및 고도화하기 위한 개발연구로서 안전센서의 대체재료에 대한 연구를 통한 센싱 고도화를 추구하고, 현재의 안전센서의 고정밀화 기술에 대한 대학등에서의 기초연구를 통해 향후 적용가능한 고정밀 센서의 적용가능성을 타진해 보고자한다. 특히 현재의 유선시스템의 실시간 센싱 방식을 안정적으로 실시간으로 전송하는 시스템 구축 방안 및 무선시스템으로 적용할수 있는 무선 전송 대체 시스템에 대한 연구방안이 강구되어야 한다. 특히 무선 시스템으로 전송하는 경우 연속적인 전송방식이 가능하도록하여 실시간 전송의 품질 향상 방안도 강구되어야 한다.

○ 고정밀 센서링 대체 기술 기초연구

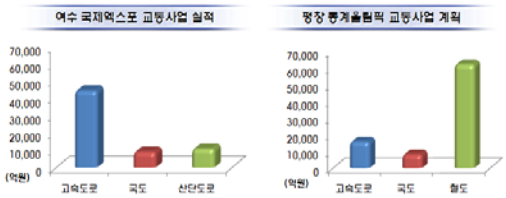
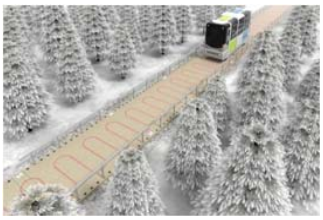
- 고정밀 센서링 대체기술 기초연구는 현재의 안전센싱 시스템의 경우 향후 관제시스템에서 조치 및 판단이 가능하여야 하나 고정밀화를 통해 안전판단 및 조치가 확실히 구축하도록 계측시스템의 고정밀화가 가본적으로 중요하다. 이러한 고정밀화를 위해 고정밀 기술에 대한 국제 적용사례 조사를 통해 재료 선택, 계측방식등에 대한 고정밀화 목표를 상향화 할 수 있는 구체적인 연구가 이루어 져야 한다. 이러한 고정밀 계측 시스템 연구는 현재의 계측 시스템의 문제를 파악하여 향후 시스템 교체까지 고려한 고정밀 센서의 연구가 이루어져야 한다. 본연구는 고정밀 센싱 및 센싱시스템 교체를 고려한 안정적인 센싱 방법을 제시하고 시작품 제작까지 고려된 연구가 이루어 져야 한다.

○ 신뢰성(Relibility) 무선 네트워크 기술 기초연구

- 센싱기술은 통한 네트워크 구성은 유무선 통합형으로 이루어 져있으며, 향후 유선시스템이 무선시스템의 전송방식으로 바꾸어짐에따라 무선시스템의 신뢰성 향상은 중요한 변수가 된다. 무선네트워크 시스템의 전송 신뢰성 향상을 위해 무선방식에 대한 검토와 장단점등을 고려한 무선전송 신뢰성 향상을 위한 연구가 집중적으로 이루어져야 한다. 특히 무선 네트워크의 경우 전자파 영향, 차폐 등의 무선 네트워크의 시스템 구축과 품질 향상도 중요하다.

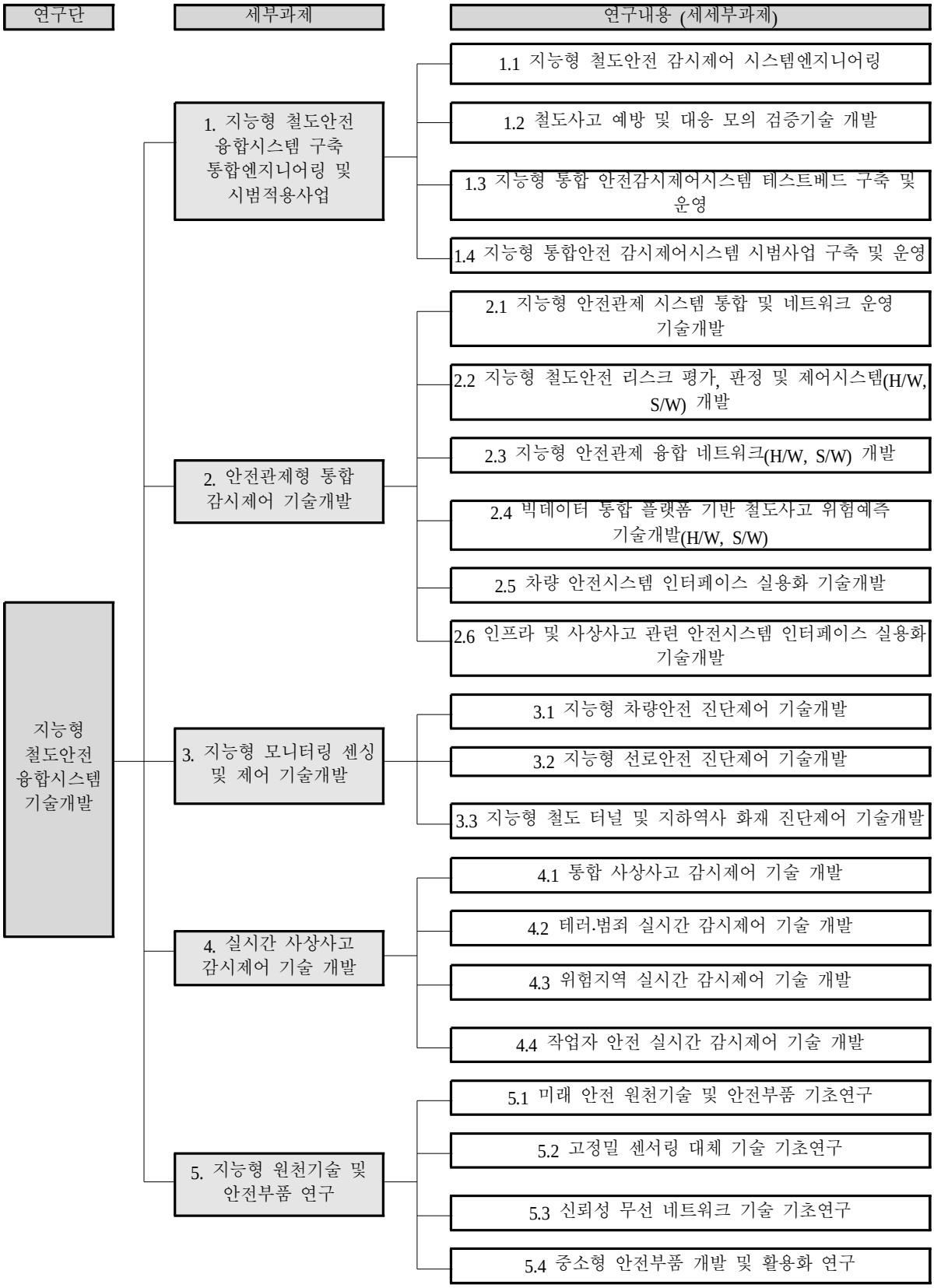
○ 중소형 안전부품 개발 및 활용화 연구

- 중소형 안전부품 개발 및 활용화 연구는 국내의 센싱 및 무선화에 대한 기반기술이 부족하고, 향후 대체할 수 있는 시스템 구축방향이다. 이를 위해 현재의 지능형 안전 시스템에서 향후 국산화, 경량화, 소형화, 무선화등으로의 교체에 대비한 중소부품의 개발이 되어야 한다. 이러한 중소부품의 개발은 국내의 안전부품의 질적 향상과 국내 중소기업의 안전부품의 국산화에 기여할 것이다. 특히 이과제에서는 중소기업이 참여한 시작품 성격으로 개발이 이루어 져야 하며 국산화 대체 부품, 무선화 대체부품등 각분야별 안전부품의 기술개발 성격으로 이루어 질 것이다.

(As-Is)	(To-Be)
	
(이벤트 시 마다 막대한 교통시설 투자)	(도로·철도 등 영구적 인프라 대신 임시적 인프라 설치로 예산 절감)
	
(신규 건설로도 혼잡한 행사장 도로)	(소형·경량의 차량을 통행수요 만큼 연결 운행하여 이용자 대기시간 감소)
	
(긴 대기행렬로 인한 이용자 불편)	(악천후 시 셔틀버스 운행제한으로 인한 이용자 불편 저감)
	
(행사 종료 후 한산한 신규 도로는 지속적 유지보수 비용 발생)	(용도 종료 후 토지는 원상복구하고, 시스템은 해체, 수송, 보관하여 재사용)

□ 연구개발과제 구성

○ 연구단 과제 구성



□ 추진전략

- 단계별 목표를 수립하고, 그에 적합한 추진전략 및 일정계획 수립
- 정부 및 관련 기업·공사 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축
  - 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있도록 관련 기술수요처 의견수렴
  - 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영
- 관련분야 전문가 자문
  - 각종 유사 선진시스템 및 적용 사례에 대한 조사
  - 과제성공률 제고를 위한 자문회의 등 내·외부 전문가 의견 수렴
- 해외 선진기술에 대한 지속적인 벤치마킹을 위한 외국기업체 및 연구기관과의 협력 추진

구분	과제명	주요내용	최종 성과물
연구단 총괄	지능형 철도안전 융합시스템 기술개발	- 지능형 철도안전 융합시스템 구축 통합엔지니어링 및 시범적용사업 - 안전관제형 통합 감시제어 기술개발 - 지능형 모니터링 센싱 및 제어 기술개발 - 실시간 사상사고 감시제어 기술 개발 - 지능형 원천기술 및 안전부품 연구	
1세부과제	지능형 철도안전 융합시스템 구축 통합엔지니어링 및 시범적용사업	- 지능형 철도안전 감시제어 시스템엔지니어링 - 철도사고 예방 및 대응 모의 검증기술 개발 - 지능형 통합 안전감시제어시스템 테스트베드 구축 및 운영 - 지능형 통합안전 감시제어시스템 시범사업 구축 및 운영	- 지능형 철도안전 감시제어 시스템엔지니어링 - 철도사고 예방 및 대응 모의 검증기술 개발 - 지능형 통합 안전감시제어 시스템 테스트베드 구축 및 운영 - 지능형 통합 안전 감시제어시스템 시범사업 구축 및 운영
1-1 (공동)	지능형 철도안전 감시제어 시스템엔지니어링	- 지능형 철도안전 융합시스템 요구사항 및 기능 분석 - 시스템 엔지니어링 관리계획(SEMP) 개발 및 적용 - 세부과제 및 핵심기술간 인터페이스 관리계획 개발 및 적용 - 과제별 성과물 정의, 검증, 평가 및 활용 계획 개발 및 적용 - 기존 안전감시제어시스템, 관제 및 당해 사업 기술개발 성과물과의 통합 엔지니어링 계획 수립 및 적용	
1-2 (공동)	철도사고 예방 및 대응 모의	- 성과물 검증 및 테스트베드 구축/운영을 위한 철도사고/재난 전개 가상 시나리오 개발	

		검증기술 개발	- 철도사고/재난 전개 시나리오에 따른 위험요인별 모니터링, 사고예방 및 대응 성능 모의검증 기술개발 - 실시간 철도사고/재난 위험도 통합 감시, 분석 및 의사결정(제어) 성능 모의검증 기술개발	
	1-3 (공동)	지능형 통합 안전감시제어 시스템 테스트베드 구축 및 운영	- 지능형 통합 안전감시제어시스템 테스트베드 설계 - 지능형 통합 안전감시제어시스템 테스트베드 구축 및 검증 - 지능형 통합 안전감시제어시스템 테스트베드 운영 및 데이터 관리	
	1-4 (공동)	지능형 통합안전 감시제어 시스템 시범사업 구축 및 운영	- 시범사업구간(원주-강릉) 설치 및 운영을 위한 시스템 설계 - 시스템 제작, 설치, 시운전, 개별/통합 성능검증 및 운영 - 시스템 보완사항 도출 및 실용화방안(도시철도/고속철도 등) 마련	
2세부과제		안전관제형 통합 감시제어 기술개발	- 지능형 안전관제 시스템 통합 및 네트워크 운영 기술개발 - 지능형 철도안전 리스크 평가, 판정 및 제어시스템(H/W, S/W) 개발 - 지능형 안전관제 융합 네트워크(H/W, S/W) 개발 - 지능형 통합 위험예측 기술개발 - 차량 안전시스템 인터페이스 실용화 기술개발 - 인프라 및 사상사고 관련 안전시스템 인터페이스 실용화 기술개발	- 지능형 안전관제 시스템 통합 및 네트워크 운영 기술개발 - 지능형 철도안전 리스크 평가, 판정 및 제어시스템 (H/W, S/W) 개발 - 지능형 안전관제 융합 네트워크 (H/W, S/W) 개발 - 빅데이터 통합 플랫폼 기반 철도사고 위험예측 기술개발(H/W, S/W)
	2-1 (공동)	지능형 안전관제 시스템 통합 및 네트워크 운영 기술개발	- 지능형 안전관제 시스템 통합 기술개발 - 모니터링, 통신 프로토콜, 안전정보 및 대응체계 표준화 - 시스템 및 통신 보안 연구 - 지능형 안전관제 네트워크 운영 기술개발 - 테스트베드 및 시범구축사업 지원	
	2-2 (공동)	지능형 철도안전 리스크 평가, 판정 및 제어시스템(H/W, S/W) 개발	- 실시간 철도 통합 리스크 관리체계 개발 - 실시간 철도 통합 리스크 고속 연산 및 추적/평가기술(H/W, S/W) 개발 - 실시간 철도 리스크 기반 안전제어 및 대응기술(H/W, S/W) 개발 - 현장 데이터 기반 리스크 갱신기술(S/W) 개발 - 실시간 철도 리스크 기반 안전관리/유지보수 최적화 모듈(S/W) 개발	

			- Kernel Regression 기법을 활용한 온라인 모니터링 신뢰성 향상기술 개발 - 테스트베드 및 시범구축사업 지원	
	2-3 (공동)	지능형 안전관제 융합 네트워크(H/W, S/W) 개발	- 지능형 안전관제 융합 네트워크(H/W, S/W) 및 인터페이스 기술개발 - 지능형 통합 안전관리 의사결정지원시스템 개발 - 국가 철도안전정보시스템 연계 및 인터페이스 기술개발 - 테스트베드 및 시범구축사업 지원	
	2-4 (공동)	빅데이터 통합 플랫폼 기반 철도사고 위험예측 기술개발(H/W, S/W)	- 철도안전 빅데이터 통합 플랫폼 구축 - 철도안전 빅데이터 분석 기술개발 - 빅데이터 기반 철도사고 예측 기술개발 - 분석 및 예측 정확성 평가도구 개발 - 테스트베드 및 시범구축사업 지원	
	2-5 (공동)	차량 안전시스템 인터페이스 실용화 기술개발	- On-Board 차량 진단제어기술, 기존 위험검지시스템 및 지능형 안전관제 감시제어시스템 간 인터페이스 실용화 기술개발 - 테스트베드 구축 및 시범구축사업 지원	
	2-6 (공동)	인프라 및 사상사고 관련 안전시스템 인터페이스 실용화 기술개발	- 교량, 선로, 터널, 역사, 테러, 인적오류 및 종사자 안전진단제어기술, 기존 위험검지시스템 및 지능형 안전관제 감시제어시스템간 인터페이스 실용화 기술개발 - 테스트베드 구축 및 시범구축사업 지원	
3세부과제		지능형 모니터링 센싱 및 제어 기술개발	- 지능형 차량안전 진단제어 기술개발 - 지능형 선로안전 진단제어 기술개발 - 지능형 철도 터널 및 지하역사 화재 진단제어 기술개발	- 지능형 차량 안전 진단 제어 기술 개발 - 지능형 선로 안전 진단 제어 기술 개발 - 지능형 철도 터널 및 지하역사 화재 진단제어 기술개발
	3-1 (공동)	지능형 차량안전 진단제어 기술개발	- 차량 안전 통합 진단제어 기술개발 - 윤축 베어링 차상 상태 진단 및 예측 기술 개발 - 진동 특성에 의한 차륜 상태 진단 및 주행 안전성 예측 기술 개발 - 대차 프레임 및 하부기기 장착부 상태 진단 및 예측 기술 개발	

	3-2 (공동)	지능형 선로안전 진단제어 기술개발	- 선로 안전 통합 진단제어 기술개발 - 취약구간 선로상태 실시간 감시 기술 개발 - 지능형 선로 침입 감시 기술 개발 - 선로 주변 안전 실시간 감시 기술 개발	
	3-3 (공동)	지능형 철도 터널 및 지하역사 화재 진단제어 기술개발	- 철도 화재 통합 진단제어 기술개발 - 철도터널용 자동소화장치 개발 - 스마트 피난/구난 안내 장치 개발 - 지하역사 지능 제연 및 안전피난통로 기술 개발	
	4세부과제	실시간 사상사고 감시제어 기술 개발	- 통합 사상사고 감시제어 기술 개발 - 테러.범죄 실시간 감시제어 기술 개발 - 위험지역 실시간 감시제어 기술 개발 - 작업자 안전 실시간 감시제어 기술 개발	- 통합 사상사고 감시제어시스템 - 테러.범죄 실시간 감시제어시스템 - 위험지역 실시간 감시제어시스템 - 작업자 안전 실시간 감시제어시스템
	4-1 (공동)	통합 사상사고 감시제어 기술 개발	- 통합 사상사고 감시제어 SOP 개발 - 실시간 이벤트 저장 및 분석기술 - 철도 사상사고 관련 데이터 처리 기술 - 실시간 데이터 및 통계 데이터를 이용한 종합 상황추론 기술 개발 - 통합 사상사고 감시제어시스템 현장구축 및 성능평가	
	4-2 (공동)	테러.범죄 실시간 감시제어 기술 개발	- 테러.범죄 통합 감시시스템 개발 - 행동분석기술 개발 - 위험물체 감시기술 개발 - 이상 환경 검지 및 제어기술 개발 - 성범죄 등 범죄 감시 및 처리 기술 - 테러.범죄 실시간 감시제어시스템 단위기능시험	
	4-3 (공동)	위험지역 실시간 감시제어 기술 개발	- 위험지역 실시간 감시제어시스템 개발 - 건널목 감시제어기술 개발 - 통신기계실, 전기기계실 등 통제구역 감시제어기술 개발 - 승강장 감시제어기술 개발 - 에스컬레이터 감시제어기술 개발 - 위험지역 실시간 감시제어시스템 단위기능시험	
	4-4 (공동)	작업자 안전 실시간 선로안전 감시제어 기술 개발	- 작업자 안전 실시간 감시제어시스템 개발 - 작업지역 내 감시제어기술 개발 - 작업자 인증 감시제어기술 개발 - 작업자 안전 실시간 감시제어시스템 단위기능시험	
	5세부과제	지능형	- 미래 안전 원천기술 및 안전부품 기초연구	- 미래 안전

		원천기술 및 안전부품 연구	- 고정밀 센서링 대체 기술 기초연구 - 신뢰성 무선 네트워크 기술 기초연구 - 중소형 안전부품 개발 및 활용화 연구	원천기술 및 안전부품 기초연구 - 고정밀 센서링 대체 기술 기초연구 - 신뢰성(Relibility) 무선 네트워크 기술 기초연구 - 중소형 안전부품 개발 및 활용화 연구
	5-1 (공동)	미래 안전 원천기술 및 안전부품 기초연구	- 안전센서의 대체 재료(Ceramic, Magnetic등) 연구 - 안전 센서의 고정밀화(High) 기술 연구 - 무선 전송시스템 안정화 연구 - 유무선 전송 시스템 품질향상 및 대체기술 연구	
	5-2 (공동)	고정밀 센서링 대체 기술 기초연구	- 고정밀 계측 방안 수립에 관한 연구 - 고정밀 계측 시스템 교체 방안에 대한 연구 - 고정밀화를 위한 센싱 방법에 대한 연구	
	5-3 (공동)	신뢰성 무선 네트워크 기술 기초연구	- 무선 네트워크 전송 신뢰성(Relibility) 향상 연구 - 신뢰성 향상을 위한 무선 Networkwork 시스템 구축 연구 - 신뢰성 향상 무선 전송 방식에 대한 연구	
	5-4 (공동)	중소형 안전부품 개발 및 활용화 연구	- 지능형 안전 부품 국산화 개발 - 지능형 안전부품 무선화 시스템 교체 개발 - 분야별(차량, 인프라, 화재, 탈성등) 안전센서 교체 개발	

□ 소요예산

과제명	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
연구단 총괄	16,371	3,757	20,082	3,595	26,631	3,679	23,916	2,342	23,062	340	110,062	13,713
1세부: 지능형 철도안전 융합시스템 구축 통합엔지니어링 및 시범적용 사업	1,850	0	3,550	0	9,275	0	11,400	0	16,900	0	42,975	0
(1-1)지능형 철도안전 감시제어 시스템엔지니어링	750	0	850	0	850	0	950	0	850	0	4,250	0
(1-2)철도사고 예방 및 대응 모의 검증기술 개발	0	0	300	0	1,000	0	700	0	500	0	2,500	0
(1-3)지능형 통합 안전감시제어시스템 테스트베드 구축 및 운영	550	0	900	0	2,475	0	1,750	0	550	0	6,225	0
(1-4)지능형 통합안전 감시제어시스템 시범사업 구축 및 운영	550	0	1,500	0	4,950	0	8,000	0	15,000	0	30,000	0
2세부: 안전관제형 통합 감시제어 기술개발	4,000	350	6,525	610	7,250	660	5,850	470	5,050	340	28,675	2,430
(2-1)지능형 안전관제 시스템 통합 및 네트워크 운영 기술개발	500	0	800	0	1,000	0	800	0	800	0	3,900	0
(2-2)지능형 철도안전 리스크 평가, 판정 및 제어시스템(H/W, S/W) 개발	700	150	1,125	250	1,150	260	1,050	220	750	160	4,775	1,040
(2-3)지능형 안전관제 융합 네트워크(H/W, S/W) 개발	1,000	200	1,700	360	1,900	400	1,200	250	700	180	6,500	1,390
(2-4)빅데이터 통합 플랫폼 기반 철도사고 위험예측 기술개발(H/W, S/W)	1,000	0	1,200	0	1,500	0	1,500	0	1,500	0	6,700	0
(2-5)차량 안전시스템 인터페이스 실용화 기술개발	300	0	700	0	700	0	500	0	500	0	2,700	0
(2-6)인프라 및 사상사고 관련 안전시스템 인터페이스 실용화 기술개발	500	0	1,000	0	1,000	0	800	0	800	0	4,100	0
3세부: 지능형 모니터링 센싱 및 제어 기술개발	8,785	2,929	7,353	2,451	7,288	2,429	4,724	1,575	0	0	28,150	9,383

(3-1)지능형 차량안전 진단제어 기술개발	5,885	1,962	4,303	1,434	4,188	1,396	3,024	1,008			17,400	5,800
(3-2)지능형 선로안전 진단제어 기술개발	650	217	800	267	850	283	650	217			2,950	983
(3-3)지능형 철도 터널 및 지하역사 화재 진단제어 기술개발	2,250	750	2,250	750	2,250	750	1,050	350			7,800	2,600
4세부: 실시간 사상사고 감시제어 기술 개발	1,436	479	1,604	535	1,768	589	892	297	0	0	5,700	1,900
(4-1)통합 사상사고 감시제어 기술 개발	596	199	606	202	586	195	450	150			2,238	746
(4-2)테러·범죄 실시간 감시제어 기술 개발	370	123	442	147	524	175	114	38			1,450	483
(4-3)위험지역 실시간 감시제어 기술 개발	240	80	280	93	298	99	200	67			1,018	
(4-4)작업자 안전 실시간 감시제어 기술 개발	230	77	276	92	360	120	128	43			994	331
5세부: 지능형 원천기술 및 안전부품 연구	300	0	1,050	0	1,050	0	1,050	0	1,112	0	4,562	0
(5-1)미래 안전 원천기술 및 안전부품 기초연구	300	0	150	0	150	0	150	0	212	0	962	0
(5-2)고정밀 센서링 대체 기술 기초연구	0	0	200	0	200	0	200	0	200	0	800	0
(5-3)신뢰성 무선 네트워크 기술 기초연구	0	0	200	0	200	0	200	0	200	0	800	0
(5-4)중소형 안전부품 개발 및 활용화 연구	0	0	500	0	500	0	500	0	500	0	2,000	0

제 1 장 기술의 정의 및 필요성

1절 기술의 정의

1. 기술의 정의

○ 최근 발생하고 있는 광명역 KTX사고, 부산지하철 추돌사고 등은 불완전한 인적판단에 의존한 인재(人災)로 사고가 발생됨.

- 광범위한 철도시설 감지를 위해서는, 모니터링 및 센싱 기술개발과 철도관제, 차량, 역사, 각종 시설의 정보를 실시간 교환하고 공유하는 네트워크 시스템이 필요.

○ 모니터링 및 센싱기술을 기초로 실시간 운영 중인 철도의 상태를 평가하여 위험도를 사전에 파악하고 고장을 예방함으로써 대형 철도사고가 발생하지 않도록 관리 필요.

○ 궁극적으로 철도안전은 시간과 장소에 관계없이 상시적(Anytime)으로 모든 곳(Anywhere)에서 감시(Monitoring)/관리(Management)하여 철도사고 사전 방지 필요.

○ 이에 따라, 철도 관제시스템을 중심으로 철도차량 및 작업자의 위치, 철도역사 및 시설(터널, 교량, 궤도, 전기, 신호, 통신 등)의 상태를 실시간으로 확인하고 정보를 공유하여 위험인자를 조기에 예측, 발견, 관리하는 지능형 철도안전 융합시스템 기획.

2. 기술의 구성

○ 본 과제는 철도분야 실시간(Real-time) 안전성 향상을 위한 연구 과제로서, 총 5개 세부 연구내용으로 구성되어 있음.

1) 실시간 철도통합 위험관리 기술 (통합 위험도 평가, 정보 네트워킹 등)
2) 실시간 철도 탈선/충돌 위험관리 기술 (탈선/충돌위험 예측, 선로 위험감시제어 등)
3) 실시간 철도화재 위험관리 기술 (화재 통합관리, 터널소화, 스마트 피난안내 등)
4) 실시간 철도 사상사고 위험관리 기술 (사상사고 감시제어, 테러/범죄 감시제어 등)

표 1. 기술분류 기준

대분류 (영문)	중분류 (영문)	소분류 (영문)	키워드 (영문)
철도 안전성 향상 기술 (Railway safety improvement technology)	A.실시간 철도 통합 위험관리 기술 개발 (Development of real-time	AA.실시간 철도 통합 위험도 평가 및 관리 기술 (Real-time integrated evaluation and management technology)	-철도 통합 위험관리 체계 -Integrated railway risk management system -철도 위험도 평가 -Railway risk level evaluation -철도 안전관제 -Railway safety control -철도 위험도 경감 -Mitigation of railway risk level
		AB.실시간 철도 위험정보 네트워킹 기술	-실시간 위험정보 수집 -Real-time collection of risk data

대분류 (영문)	중분류 (영문)	소분류 (영문)	키워드 (영문)
	integrated risk management technology)	(Real-time risk data networking technology)	-실시간 위험정보 전송 -Real-time transmission of risk data -실시간 위험정보 저장 -Real-time storage of risk data
		AC.실시간 철도 통합 위험관리 시스템 개발 기술 (Technology of developing real-time integrated risk management system)	-통합 위험관리 시스템 개발 -Development of integrated risk management system -통합 위험관리 시스템 운영 -Operation of integrated risk management system
	B.실시간 철도 탈선/충돌 위험관리 기술 (Real-time derail ment/collision risk management technology)	BA.실시간 철도 탈선 위험 예측 기술 (Real-time derailment risk forecasting technology)	-실시간 탈선 위험 감시 -Real-time derailment risk monitoring -실시간 탈선 위험도 예측 -Real-time derailment risk level forecast -실시간 탈선 위험 제어 -Real-time derailment risk control
		BB.실시간 철도 충돌 위험 예측기술 (Real-time collision risk forecasting technology)	-실시간 충돌 위험 감시 -Real-time collision risk monitoring -실시간 충돌 위험도 예측 -Real-time collision risk level forecast -실시간 충돌 위험 제어 -Real-time collision risk control
		BC.실시간 선로 위험 감시제어 기술 (Real-time track risk monitoring/control technology)	-레일 손상 예측 -Rail damage forecast -실시간 선로 모니터링 -Real-time track monitoring -선로 안전 통합 제어 -Integrated control of track safety
		BD.실시간 철도 탈선/충돌 위험 감시제어 통합 기술 (Integrated technology of monitoring derailment/collision risk on real-time basis)	-철도 탈선 위험 예측/평가 시스템 -Derailment risk forecast/evaluation system -철도 충돌 위험 예측/평가 시스템 -Collision risk forecast/evaluation system -철도 탈선 위험(안전) 관리 시스템 -Derailment risk(safety) management system

대분류 (영문)	중분류 (영문)	소분류 (영문)	키워드 (영문)
			-철도 충돌 위험(안전) 관리 시스템 -Collision risk(safety) management system
	C.실시간 철도 화재 위험관리 기술 (Real-time fire risk manage-ment technology)	CA.철도 화재통합관리시스템 개발 기술 (Technology of developing integrated fire manage-ment system)	-통합화재감시제어시스템 -Integrated fire monitoring/control system -감시제어통신표준 -I/O protocol standard -통합감시인터페이스 -Integrated MMI interface
		CB.철도 터널소화 기술 (Technology of fire extinguishing in railway tunnel)	-터널용 미세분무시스템 -Fine spray system for tunnel -궤도형소화장치 -Tracked extinguishing system -터널화재진압장치 -Fire suppression system for tunnel -소화로봇 -Fire extinguishing robot
		CC.철도 스마트피난안내 기술 (Smart evacuation guide technology)	-실내위치인식기술 -Indoor position sensing technology -휴대형피난안내장치 -Portable evacuation guide system -소방대용구난정보지원시스템 -Rescue information backing system
		CD.철도 지능형제연 기술 (Intelligent smoke control technology)	-연기확산분석모델 -Smoke diffusion analysis model -지능형제연장치 -Intelligent smoke control system -피난안전통로 -Safe evacuation passage
	D.실시간 철도 사상사고 위험관리 기술 (Real-time fatality risk management technology)	DA.철도 통합 사상사고 감시제어 기술 (Integrated fatality monitoring/control technology)	-종합상황추론 기술 개발 -Development of emergency situation inferring technology -실시간 이벤트 저장 및 분석 기술 개발 -Development of real-time event storage and analysis technology -통합 사상사고 감시제어시스템 단위기능시험 -Functional test for each integrated fatality monitoring/control system
		DB.철도 테러·범죄 실시간 감시제어 기술	-테러·범죄 감시제어 기술 개발 -Development of terror and crime

대분류 (영문)	중분류 (영문)	소분류 (영문)	키워드 (영문)
		(Real-time terror and crime monitoring/control technology)	monitoring/control technology -행동분석 기술 개발 -Development of behavior analysis technology -위험물체 감시 기술 개발 -Development of dangerous object surveillance technology -이상 환경 검지 및 제어 기술 개발 -Development of abnormal environment detection and control technology -테러.범죄 실시간 감시제어시스템 단위기능시험 -Functional test for each real-time terror and crime monitoring/control system
		DC.철도 위험지역 실시간 감시제어 기술 (Technology of monitoring/controling danger area on real-time basis)	-건널목 감시제어 기술 개발 -Development of crossing surveillance and control technology -통제구역 감시제어 기술 개발 -Development of restricted area surveillance and control technology -승강장 감시제어 기술 개발 -Development of platform surveillance and control technology -에스컬레이터 감시제어 기술 개발 -Development of escalator surveillance and control technology -위험지역 실시간 감시제어시스템 단위기능시험 -Functional test for each real-time surveillance and control system at danger area
		DD.철도 작업자 안전 실시간 감시제어 기술 (Technology of monitoring/controling track workers' safety on real-time basis)	-작업지역 내 감시제어 기술 개발 -Development of surveillance and control technology within work area -작업자 인증 감시제어 기술 개발 -Development of surveillance and

대분류 (영문)	중분류 (영문)	소분류 (영문)	키워드 (영문)
			control technology authorized by workers -통합 작업 관리 및 감시 기술 개발 -Development of integrated work management and monitoring technology -작업자 안전 실시간 감시제어시스템 단위기능시험 -Functional test for each real-time safety monitoring/control system

2절 연구개발 배경

1. 국내 철도사고 현황 분석

가. 국내 철도사고 현황

(1) 국내 철도사고 발생 추이(2001~2012)

○ 2004년 철도안전법 시행 이후 지속적으로 철도사고 및 사고피해 감소추세

- 2009년부터는 선진국 수준의 안전성을 달성하고 있으며, 지속적인 감소추세
- 인명피해가 발생하는 대형철도사고는 ‘04년 이후 미발생
- ’ 12년의 경우 철도운영 역사상 가장 낮은 사고건수 및 사망자수 달성
  - 철도안전종합계획 목표 대비 초과달성 및 세계 일류 수준의 철도안전성 유지
  - 특히 열차사고중 철도건널목사고 감소(최근 10년간 86% 감소) 효과
  - 연간 사망자수 51명(자살 57명 제외), 열차사고 16건 발생

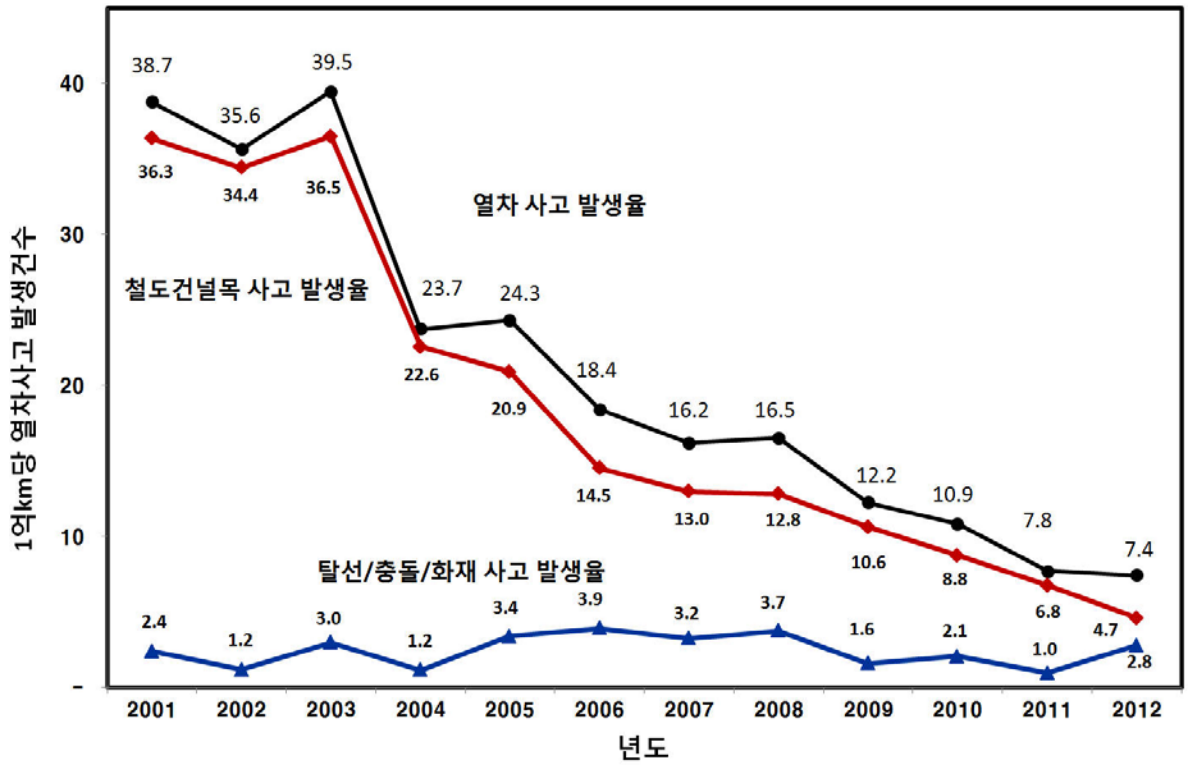


그림 1. 열차운행 1억km당 열차사고 발생건수 변화

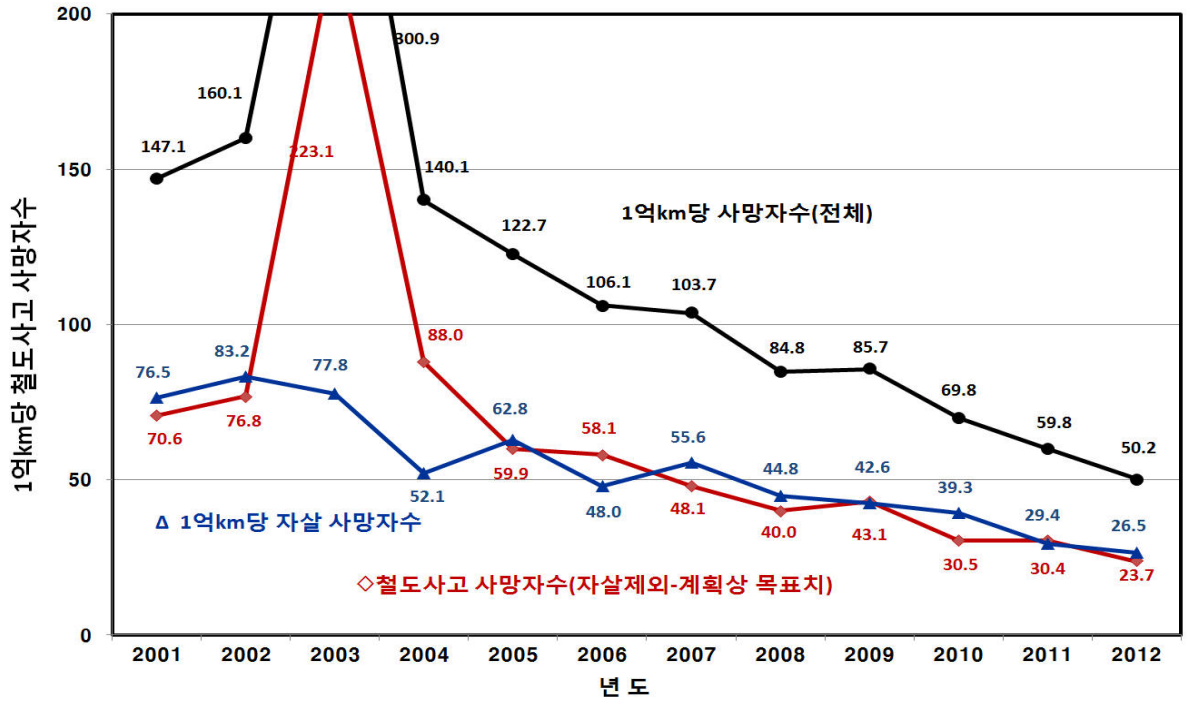


그림 2. 열차운행 1억km당 사망자수 변화

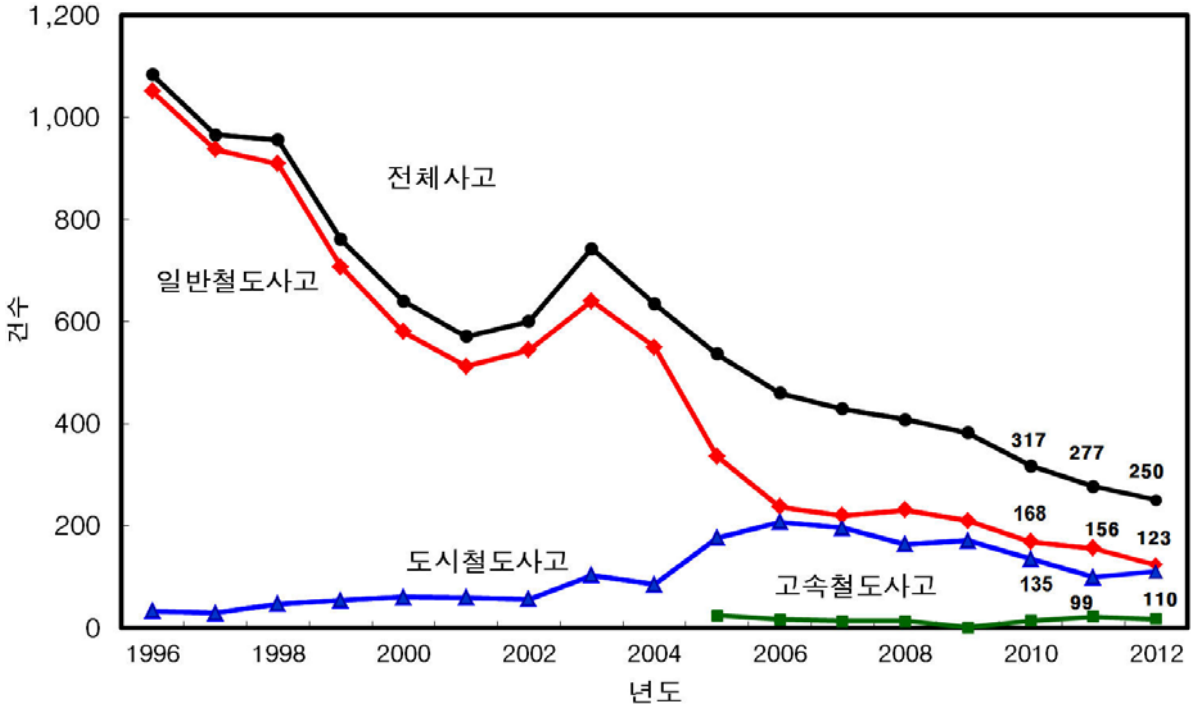


그림 3. 철도종류별 사고발생건수 변화

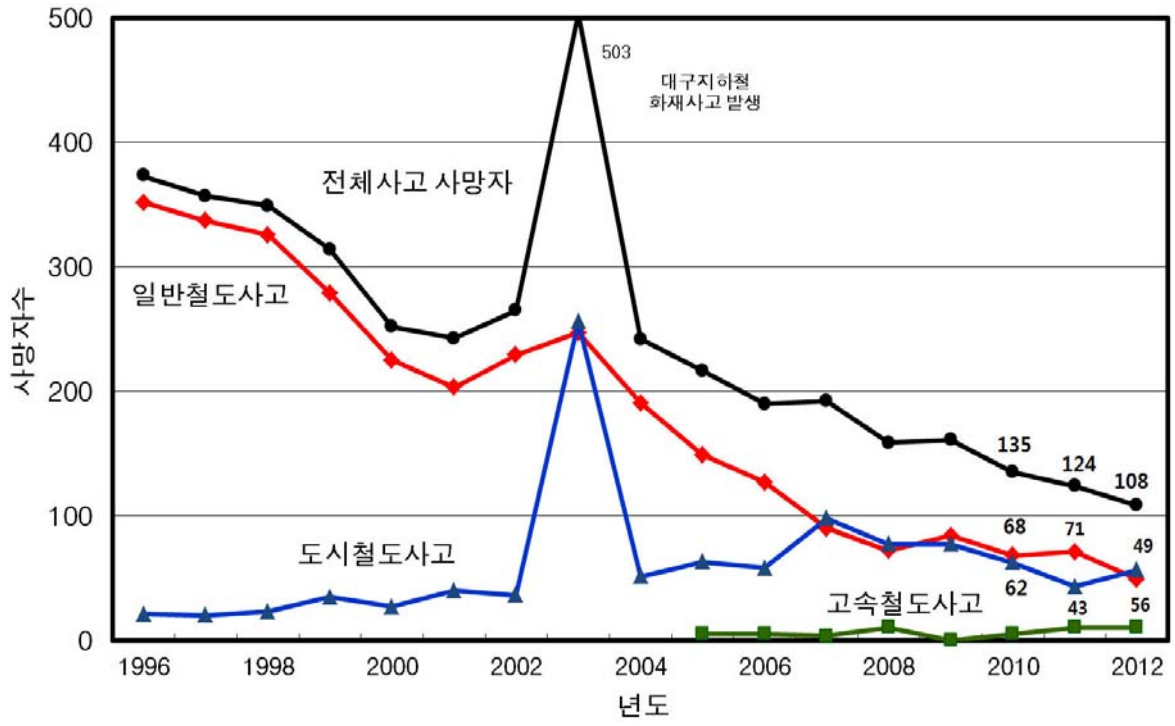


그림 4. 철도종류별 사망자수 변화

(2) 전년 대비 최근(2012) 철도사고 현황 분석

○ 전년 대비 ’ 12년 전체 철도사고 발생건수 전년 대비 9.7% 감소

- 건널목사고, 사상사고, 안전사고는 큰 폭으로 감소
- 열차사고 전년 대비 4건(탈선 2건→4건, 충돌 0→1건, 화재 0→1건) 증가(총6건)

표 2. 연도별 철도사고 발생건수 추세

년 도	계	열차사고	철도건널목 사고	철도교통 사상사고	철도 안전사고
2006년	460	7	26	296	131
2007년	429	6	24	272	127
2008년	408	7	24	251	126
2009년	382	3	20	238	121
2010년	317	4	17	204	92
2011년	277	2	14	170	91
2012년	250	6	10	150	84
증감(’12-’11)	△9.7%	200%	△28.6%	△11.8%	△7.7%

○ ’ 12년 철도사고 사상자 수는 경상자 증가로 전년대비 15.6% 증가

- 사망자는 108명 발생, ’ 11년 124명에 비해 16명(12.9%) 감소
- 중상자는 87명 발생, ’ 11년 87명과 동일
- 경상자는 123명 발생, ’ 11년 64명에 비해 59명(92.2%) 증가

표 3. 연도별 철도사고 사상자 추세

년 도	계	사망자	중상자	경상자
2006년	443	190	153	100
2007년	431	192	145	94
2008년	410	159	167	84
2009년	395	161	134	100
2010년	350	135	136	79
2011년	275	124	87	64
2012년	318	108	87	123
증감(’12-’11)	15.6%	△12.9%	-	92.2%

표 4. 철도종류별 사망자수 변화율

구 분	계 (건)		고속철도		일반철도		도시철도	
	사고	장애	사고	장애	사고	장애	사고	장애
2006년	460	409	16	77	237	226	207	106
2007년	429	349	13	43	220	223	196	83
2008년	408	292	13	39	231	192	164	61
2009년	382	322	1	42	210	225	171	55
2010년	317	310	14	90	168	172	135	48
2011년	277	348	22	112	156	180	99	56
2012년	250	339	17	101	123	181	110	57
증감('12-'11)	△9.7%	△2.6%	△22.7%	△9.8%	△21.2%	0.6%	11.1%	1.8%

○ (고속철도) 집중적인 안전관리와 주요부품의 교체로 사고 및 장애가 감소하였으나, 지속적인 운행장애 감소가 필요

- 운행장애 101건이 발생, ' 09년(가장 낮은 장애율) 42건 대비 높은 수준

○ (일반철도) 철도건널목 사고는 크게 감소하였으나, 대형철도사고로 연결될 수 있는 탈선사고(3건)가 증가하였음.

- 운행거리 증가에 따라 운행장애는 1건 증가

○ (도시철도) 부산교통공사의 열차추돌사고, 의정부경전철 운행장애(10건)로 인해 사고 및 장애건수 증가

- 운행장애는 57건이 발생하여, ' 11년 56건에 비해 1건 증가

○ 철도운영기관별 사고 및 사상자 발생 현황

- 철도사고 사상자는 선로변 및 스크린도어 미설치 승강장에서 발생

  · 운행노선이 많은 한국철도공사(218명, 69%)에서 주로 발생,
  부산교통공사의 열차출도 사고로 부산(61명, 19%)에서 경상자 발생

  · 역사내 승강기 관련 안전사고 및 직무사고 사상자 증가추세

표 5. 철도종류별 사망자수 변화율

기관 / 발생		철도공사	서울메트로	서울도시철도	인천교통공사	대구도시철도	대전도시철도	광주도시철도	부산교통공사	공항철도	서울메트로9	부산김해경전철	신분당선	의정부경전철	계
사고발생건수	열차사고	4							2						6
	건널목사고	10													10
	철도교통사상사고	135	2	1		1			11						150
	철도안전사상사고	72	3	4				1			1				81
	기타사고	2		1											3
	계	223	5	6	0	1	0	1	13	0	1	0	0	0	250
사상자수	사망	96	1	2		1			8						108
	중상	70	7					1	8		1				87
	경상	52	23	3					45						123
	계	218	31	5	0	1	0	1	61	0	1	0	0	0	318
운행거리 (백만km)		129.490	21.756	19.347	3.162	6.211	1.763	1.573	13.086	7.499	4.843	3.481	1.999	0.765	215
이용객 (천만명)		106	152	62	9.1	13	3.8	1.8	28	4.8	1.3	1.2	3.4	1.3	39

(3) 대형 철도사고 발생 현황

○ 주기적인 대형철도사고 발생으로 열차의 충돌・탈선・화재와 같은 중대사고 발생에 대한 국민의 우려는 감소하지 않고 있음.

표 6. 국내에서 발생한 대형철도사고 사례

발생	내용	피해
’03.2.18 대구 지하철 중앙로역	객실내 방화로 인해 인근에 정차한 열차와 역사로 화재가 확산된 사고	사망 192명 부상 151명
’93.3.28 경부선 구포역 부근	선로 하부에서 전력설비공사중(타공사) 철도 노반함몰로 운행중인 열차 탈선	사망 78명 부상 200명
’81.5.14 경부선 경산역	신호를 무시하고 역으로 진입한 열차가 후진중이던 열차와 충돌	사망 57명 부상 243명
’77.11.11 호남선 익산역	화물 운송원이 켜놓은 촛불이 위험물에 옮겨 붙어 역사에 대기중인 열차 폭발	사망 59명 부상 1,300명

나. 국내 철도사고 현황 분석

(1) 철도종류별 사고율 및 사고/장애 원인 분석(~’ 10)

○ 철도 종류별로 일반철도, 도시철도, 고속철도 순으로 사고율이 높았음.

- 고속철도는 운행거리 및 이용객수의 증가에도 낮은 사고율과 사망자수 유지하고 있으며, 사망자는 대부분 선로불법침입으로 발생

  *개통이후 기관사 취급오류로 인한 열차충돌사고만 1건(’07년) 발생

- 일반철도의 사고율과 사망자수 모두 크게 감소하고 있으며, 선로침입・자살・승하차중의 사상사고 위주로 발생

  *년간 3~6건의 열차사고발생(사망자 미발생)

  *사망자 발생위치 : 선로(46%), 승강장(44%), 작업장 및 기타(10%)

  *열차사고는 화물열차 탈선, 기관사 인적요인에 의한 충돌사고가 빈발

- 도시철도 사고율은 감소되고 있으나 열차운행거리 및 이용자수 증가에 따라 사망자수는 지속적으로 증가. 승강장에서 자살, 추락, 선로통행 등으로 사망자 발생(승강장 스크린도어 설치 확대로 향후 사망자 감소 예상)

  *열차운행거리 12%증가 : 87.0백만km(’04년)→ 97.2백만km(’09년)

○ 철도사고 발생 원인으로는 종사자의 과실, 차량・시설 고장, 외부요인 등으로 발생

표 7. 철도사고 및 장애 발생 원인분석(’ 09년)

발생 원인	합계	건수(%)	철도공사 시설공단	도시철도 운영기관
계	706	(100)	479	227
외부요인	265	(37.5)	143	122
인적요인	222	(31.5)	149	73
차량요인	178	(25.2)	156	22
시설요인	41	(5.8)	31	10

- 열차사고는 종사자의 과실·차량고장(재질불량, 제작결함)요인으로 발생, 건널목 사고는 97%가 외부요인으로 발생
- 대형사고로 연결될 수 있는 열차사고(충돌·탈선·화재)사고 지속 발생(최근 5년간 탈선 23건, 충돌 5건, 화재 1건)
- 열차사고는 인적피해 없이 물적 피해만 유발

  * 최근 5년간 열차사고 발생원인 : 인적요인 12건(42%), 차량요인 9건(31%), 시설요인 5건(17%), 외부요인 3건(10%)

- 사상사고 사망자는 승강장(추락 및 자살) 및 선로변(무단횡단 및 자살)에서 주로 발생. 도시철도의 경우 승강장 자살추정사고 위주로 발생

○ 2010년도에 국내에서 운행되고 있는 KTX 고속철도차량이 5분 이상 운행 지연된 것 중 차량이 원인이 된 것이 총 162건으로 보고되고 있음. (출처: 철도차량 스마트 유지보수 기술과제 기획보고서, 2012)

- 차량 원인을 부품별로 분석해 보면, 견인제동 52건, 신호/안전장치 38건, 차체 24건, 대차 22건 순으로 보고되고 있으며, 견인제동이 원인이 된 운행지연 중 모터블럭이 25건으로 가장 많은 원인이 되고 있고, 신호/안전장치에서는 신호장치, 차체에서는 승강문, 그리고 대차에서는 객차대차가 가장 높은 순위를 차지하고 있음.
- 주요장치별 세부원인을 분석해 보면, 신호장치는 ATS, 모터블럭은 견인전류, 객차대차는 HBD(Hot Box Detector : 지상 윤축베어링 온도 측정장치), 승강문은 기타(즉, 다양한 원인이 있음)로 나타났음.

(2) 최근 철도종류별 사고율 및 사고/장애 원인 분석(’ 08~’ 12)

○ 최근 5년(2008년~2012년) 동안의 열차사고는 사고건수나 사상자 모두 지속적으로 감소하고 있는 추세임.

○ 특히 최근들어 각 역마다 설치되고 있는 스크린도어의 영향으로 자살자가 급격히 줄어들고 있으며, 자살자를 제외한 사고나 사망자의 경우도 줄어들고 있는 추세는 있으나 그 정도가 급격하지는 않음.

○ (고속철도) KTX 안전 강화대책(‘11년 4월 및 7월) 시행으로 안정화

- 국토부, 철도공사, 차량제작사의 안전강화 대책 시행으로 장애감소
- 운영구간의 교량(31%), 터널(41%) 구간 증가에 따른 대책마련 필요
  - 운행장애 건수 : 42건(’ 09년) → 90건(’ 10년) → 112건(’ 11년)→ 101건(’ 12년)
- 고속철도는 지연운행 중에서 열차사고와 관련된 지연운행(위험요인)을 찾아서 현황화 해보면 ‘11년(지연운행112건) 및 ‘12년(지연운행 101건)은 각각 34건이 열차사고로 진전될 수 있는 주요 잠재 위험요인들임.
- 연도별로 지속적으로 증가추세이며 줄어들지 않은 것으로 나타났다. 위험요인들이 줄어들지 않는 이유에 대해 보다 근본적인 원인을 규명하고 대책마련 할 필요가 있음.

○ (일반철도) 시설 및 차량의 노후와 관리범위가 넓어 다수의 사고 및 장애가 발생중이나 지속적으로 사고율이 감소하고 있음.

- 노후된 열차 또는 차량고장으로 인한 운행장애가 많이 발생하고 있어 열차탈선과 같은 사고로 진전될 가능성 있음.
- 철도건널목 사고의 지속적인 감소로 선진국 수준의 안전성 달성
  - 주요 건널목사고 원인인 통행자 일단정지 무시횡단 및 돌파/우회 등은 지속적으로 감소하는 추세이며, 최근 년도(‘11년~’ 12년)에 증가 추세인 건널목 통과지체 및 안내원 안전설비조작 잘못, 안내원 차량출입통제 소홀등에 대해서는 원인분석 및 제어대책 수행, 교육등을 통해 철저한 사전예방 활동이 필요
- ’ 12년도에는 열차 탈선사고 3건이 발생

○ (도시철도) 사고 대부분이 사상사고이며, 지속적인 승강장 안전설비 보강과 신규차량 도입 등으로 사고는 감소 추세임. 다만 이용객수, 운영노선 증가에 따라 사고와 운행장애가 증가하고 있음

- 의정부 경전철의 10회의 운행장애 발생에 따른 대책마련 필요
- 승강장 스크린도어 미설치 역사의 사망자수 증가와 승강기(에스컬레이터 포함)내 안전사고에 대한 우려 증가
  - 철도공사, 부산교통공사에서 사망자의 96%(104명) 발생

(3) 타 교통수단 안전성과의 비교

○ 국내에서 철도는 도로·해양 등 타 교통수단에 비해 높은 안전성을 유지하고 있으며, 사고발생율 역시 크게 감소하고 있음.

- 수송분담률 대비 사망자는 도로교통의 1/12 수준(’ 08년 발생사고 기준)
  - · 수송분담률: 도로(75.43%), 철도(24.33%), 항공(0.13%), 해운(0.11%)
  - · 사고사망자: 도로(5,870명), 철도(159명), 항공(2명), 해운(113명)
  - · 안전성비교: 도로 12배, 항공 2배, 해운 163배 안전성이 높음.
- 최근 5년간 지속적인 이용객수 및 열차운행거리 증가에도 철도사고 발생률은 45%감소, 사고건수는 40%, 사망자수는 35% 감소
  - · 여객수 29.5억명(’ 04년) → 38.7억명(’ 09년)으로 31%증가
  - · 열차운행거리는 1.73억km(’ 04년) → 1.89억km(’ 09년)으로 9% 증가

표 8. 교통수단별 사고감소율

구 분		2004년	2009년	증감
철 도 (도시철도 포함)	사 망	249	161	▽35%
	발 생	635	382	▽40%
자동차	사 망	6,563	5,838	▽11%
	발 생	220,755	231,990	5%
선 박	사 망	205*	107	▽48%
	발 생	804	723	▽10%
계	사 망	7,017	6,106	▽13%
	발 생	222,357	233,095	5%

주) 2004년 선박 사망자 일시적 증가(6년 평균 147명)

다. 국내외 철도사고 비교 분석

(1) 국내외 철도안전성 비교

○ 2005년 이후 열차충돌·탈선·화재 등 중대사고율은 선진국 수준도달, 반면 종사자의 직무사고율, 건널목 사고율 및 일억인키로당 철도사고 사망자수는 개선 필요

표 9. 국내외 철도시설 및 사고 발생건수 현황(2011년도 발생기준)

(기준일 : ’11.12.31)

	운행거리 (백만km)	열차사고(수)			열차사고(수) /1억km	사망자 (수)	사망자(수) /1억km
			운전사고	건널목			
대한민국	207.0	16	2	14	7.7	63	30.4
독 일	1063.2	92	36	56	8.7	140	13.2
영 국	528.5	22	11	11	4.2	55	10.4
프 랑 스	501.5	65	25	40	13.0	88	17.5
이 태 리	317.4	28	10	18	8.8	65	20.5
폴 란 드	227.3	117	31	86	51.5	320	140.8
스 페 인	191.4	19	11	8	9.9	25	13.1
체 코	160.6	46	12	34	28.6	29	18.1
네덜란드	160.5	20	6	14	12.5	14	8.7
오스트리아	152.2	47	4	43	30.9	35	23.0
스 웨 덴	140.3	18	11	7	12.8	24	17.1
루마니아	104.2	46	3	43	44.1	100	96.0
벨 기 에	100.6	19	3	16	18.9	27	26.8

* 국내 통계중 사망자 통계는 국제기준에 따라 재편하는 과정에서 10%정도의 오차가 있을 수 있음
- 국내 통계중 여객의 선로무단횡당, 역구내 무단횡단→불법침입 사망자로 계산(국제기준)
- 전체 사망자에는 자살사망자, 철도안전사고사망자 등은 제외하고 산정함(국제기준)
- 운행중 열차와 접촉, 탈락물과 접촉, 운행중 뛰어내림 사망자는 기타사망자 혹은 공중사망자로 계산(국제기준)

- 중대사고 예방에 초점을 둔 안전대책의 시행으로 열차의 충돌·탈선·화재사고는 선진국 수준 도달

- 최근 5년간 충돌·탈선사고는 연평균 5.8건 발생(소규모 사고를 제외하는 국제기준 적용시 연간 3건 이내 발생)

  *유럽철도국(ERA) 기준(백만km당 운전사고) : 국내 0.2건, 선진국 0.3건

  *국제철도연맹(UIC) 기준(여객10억인km당 사망자수) : 국내 0.33명, 선진국 0.3명

- 종사자 직무사고율은 선진국에 비해 5배, 건널목사고율은 선진국에 비해 2배 이상 높은 실정으로 개선필요

  *건널목 사고율 : 선진국 10건/1억km, 철도공사 20건/1억km

  *직무사고율 : 선진국 2건/1억km, 국내 12건/1억km

표 10. 철도안전 목표 달성 현황(주요국가와 비교)

◈ ‘15년까지 대형사고(충돌, 탈선 등) Zero화 등 세계 최고 수준의 철도안전 확보
(운행거리 1억㎞당)

구분	우리나라					외 국 *‘11년 유럽철도국(ERA) 기준
	‘15 목표	’11	‘12	‘13	‘14	
사고건수	6	7.7	7.4	7.0	6.5	英 4.2, 獨 8.7, 利 8.8
사망자수	15	30.4	24.2	20	17	和 8.7, 英 10.4, 西 13.1

* 운행거리(억㎞) ‘11년/’12년 : 2.07/ 2.15

표 11. 국내외 유형별 철도사고 발생율 현황(2008년도 발생기준)

국가	자살 사고/ 1억km	충돌 사고/ 1억km	탈선 사고/ 1억km	건널목 사고 / 1억km	화재 사고/ 1억km	직무 사고/ 1억km	1,2종 건널목 비율(%)	여객 사망률/ 10억인km
영국	37	1.3	2.6	4.4	0	1	25	0
프랑스	53	17.9	17.9	21.3	4.4	1	73	0.115
독일	68	1.2	1.2	7.3	0.6	4	59	0.012
이태리	37	0.5	2.7	4.4	0.5	2	84	0.081
스웨덴	51	2.9	10.1	4.3	2.2	1	31	0
오스트리아	59	1.9	4.4	22.7	0	9	29	0.189
헝가리	102	0.9	0.9	40.4	0	2	59	1.207
네덜란드	118	1.4	0.7	15.1	0	1	76	0.061
철도공사	53	1.7	1.7	19.9	0	10	92	-
대한민국	61	1.1	1.6	12.8	0	12	92	-

주) 사고율이 낮은 선진국 5개국(영국,프랑스,독일,이태리,스웨덴) 및 국내와 열차km가 유사한 국가(오스트리아, 헝가리, 네덜란드) 비교. 국제기준에 따라 국내 사고통계중 일부 수정, 산출기준이 상이 자료는 “-”로 표기

출처) 국외자료(유럽철도국), 국내자료(국토해양부)

표 12. 국외에서 발생한 대형철도사고(10인 이상 사망자 발생사고)

발생	내용	사망자
’10. 4월 이태리	산사태로 인한 열차탈선사고	10명
’10. 3월 러시아	지하철 역사 테러	40명 이상
’09. 6월 미국	기관사 오류로 워싱턴주 통근열차간 충돌	10명
’09. 6월 이태리	석유화합물 수송 화물열차 탈선	32명
’08. 9월 미국	통근열차의 신호무시로 화물열차와 충돌	25명
’06. 9월 독일	시험선로의 자기부상열차와 작업열차 충돌	23명
’05. 4월 일본	과속운행열차의 탈선 및 건물과 충돌	109명
’04. 3월 스페인	마드리드에서 4개 열차에서 폭탄 폭발	191명

3절 연구개발 필요성

1. 국내 철도사고 위험도 분석

가. 위험도 분석 개요 및 총괄

(1) 위험도 분석대상 및 유형

○ 여객 : 철도를 이용하여 여행할 목적으로 역구내에 들어온 사람이나 열차를 이용 중인 사람을 의미

○ 공중 : 역구내 외 철도기반시설에 불법 침입하거나 또는 자살을 시도하거나 시도하려는 사람. 승객이나 종사자로 분류되지 않는 경우

○ 종사자 : 직속 직원 또는 계약에 의하여 철도 활동상의 작업을 하고 있는 사람

(2) 사망자, 부상 FWI

○ 사망, 부상 측면에서 안전성을 분석함.

○ 등가사망자 : 사망자, 부상자는 FWI(Fatalities and Weighted Injuries)라는 용어의 단일 수치로 통합

표 13. 부상 정도와 가중치

부상 정도	정 의	비율
사망	사고로 인하여 72시간 이내 사망한 사람	1
중상	사고로 인하여 3주일 이상의 치료를 요하는 부상을 입은 사람	10
경상	사고로 인하여 1일 이상 3주 미안의 치료를 요하는 부상을 입은 사람	200

(3) 방법론

○ 연간 철도안전성능 분석은 최근 5년(2007~2011)의 데이터를 기반으로 함. 동향 분석을 고려할 때, 한 해에서 다음 해까지 발생할 수 있는 기저 안전 및 통계적 변동과 실제 변경사항을 간에 구분하는 것이 중요

○ 예를 들어 매년 승객 사망자 수치는 열차사고 등, 저빈도, 고심각도 사건으로 발생 여부에 따라 크게 달라질 수 있음. 그러나 열차사고가 없는 해가 반드시 승객안전 리스크가 개선된 것으로 볼 수 있는 것은 아니며, 있다고 해서 리스크 저하를 의미하는 것도 아님.

○ 이를 나타내기 위해, 정기 동향은 5년, 10년 등 평균을 이용하여 평가. 사고 전조나 “아차사고”의 동향을 살피면 기저 위험도의 변경에 대한 추이분석이 가능

○ 여기서는 이력 위험도를 적용하여 기준연도 이전 5년 평균값을 산정하여 평균값이 어떻게 움직이는지 조사(이동평균). 향후 10년 정도의 데이터가 누적된다면 보다 정확한 추이 분석이 가능해짐.

○ 위험도 산정 기준 및 방법

- 위험도(등가사망자/년) = 발생빈도(건수/년) × 심각도(등사망자/건수)
- 실제위험도(년 등가사망자), 이력위험도(5년 평균의 위험도) 산정
- 이력위험도 = 이력사고위험도 + 운행장애위험도(운행장애 사고진전률을 반영하여 빈도 산출)

나. 위험도 분석 결과(2007~2011)

○ 최근 5년간 철도 위험도는 철도교통사상사고가 타 사고에 비해 월등히 높은 위험도를 보이고 있음.

○ 철도 안전사상사고의 종사자에 대한 사고가 철도교통사상의 종사자에 대한 사고건수에

비해 6배 정도 높게 발생되고 있으나 사망자수가 거의 30%정도여서 위험도는 비슷한 수준으로 나타나고 있음.

○ 그리고 철도안전사상사고와 철도교통사상사고를 비교해 볼 때 철도교통사상사고가 종사자를 제외한 공중과 여객에서 사고건수도 높고, 사망자수가 월등히 높아 위험도가 높게 나타나고 있음.

- 이는 전반적으로 자살사고가 전체의 50%를 차지하고 있고, 자살사고의 대부분이 철도교통사상사고에 집중되어 있는 영향으로 판단됨.

○ 운영기관별 위험도의 경우 철도공사의 위험도 도시철도, 고속철도, 일반철도를 별도로 구분하여 분석한 결과 철도공사의 2009년 2010년 위험도가 타 기관 및 2007, 2008년에 비해 상당히 높게 나고 있으며, 타 운영기관의 경우 대체적으로 위험도가 감소하고 있는 경향을 띠고 있음.

○ 전체적으로 위험도가 떨어지는 경향을 보이고는 있으나 대구도시철도와 인천교통공사의 경우 2009년과 2010년의 100만km당 위험도가 다소 높게 나타나는 경향 보임.

표 14. 최근 5년간 사고유형별 인명피해 분포 및 위험도

사고유형별		사고건수	인명피해 분포				사고대비 사망자비율(%)
			위험도	사망자수	중상자수	경상자수	
철도교통사상	공중	491	390.91	381	98	22	77.60
	여객	580	332.88	315	173	116	54.31
	종사자	64	27.77	24	37	13	37.50
철도안전사상	공중	36	12.14	10	21	7	27.78
	여객	116	17.15	10	67	90	8.62
	종사자	395	35.72	10	250	143	2.53
건널목사고		99	23.33	21	22	26	21.21
열차충돌사고		4	0.12	0	1	4	0.00
열차탈선사고		18	0	0	0	0	0.00
철도화재사고		8	0	0	0	0	0.00
철도시설파손사고		2	0	0	0	0	0.00
합계		1813	840.02	771	669	421	42.53

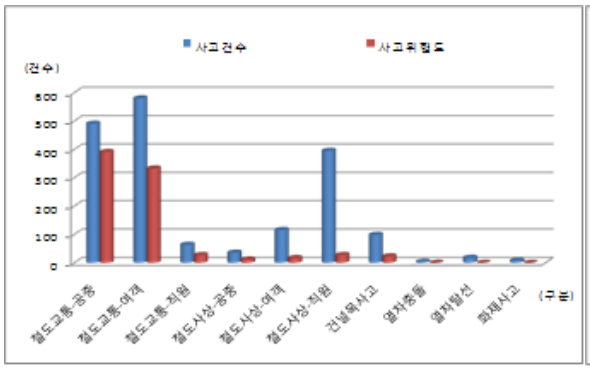


그림 5. 사고유형별 사고건수 및 위험도 분포

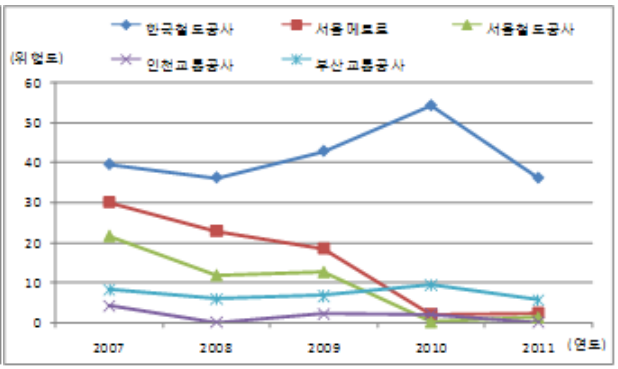


그림 6. 운영기관별 사고 위험도

○ 철도구분별 위험도의 경우 고속철도가 도시철도와 일반철도에 비해 위험도 측면에서 월등히 낮은 결과를 보이고 있는 반면 고속철도와 도시철도의 경우 지속적으로 수치가 낮아지고 있으나 고속철도의 경우 2009년이후 지속적으로 상승하고 있음.

표 15. 최근 5년간 사고유형별 인명피해 분포 및 위험도

구 분		2007	2008	2009	2010	2011	합계
고속철도	사 망	4	10	0	5	10	29
	중 상	5	2	1	7	7	22
	경 상	5	1	0	2	4	12
	위험도	4.53	10.21	0.10	5.71	10.72	31.26
도시철도	사 망	99	74	77	62	43	355
	중 상	50	68	65	64	32	279
	경 상	53	26	34	46	21	180
	위험도	104.27	80.93	83.67	68.63	46.31	383.80
일반철도	사 망	89	75	84	68	71	387
	중 상	90	97	68	65	48	368
	경 상	36	57	66	31	39	229
	위험도	98.18	84.99	91.13	74.66	76.00	424.95
합계	사 망	192	159	161	135	124	771
	중 상	145	167	134	136	87	669
	경 상	94	84	100	79	64	421
	위험도	206.97	176.12	174.90	149.00	133.02	840.01

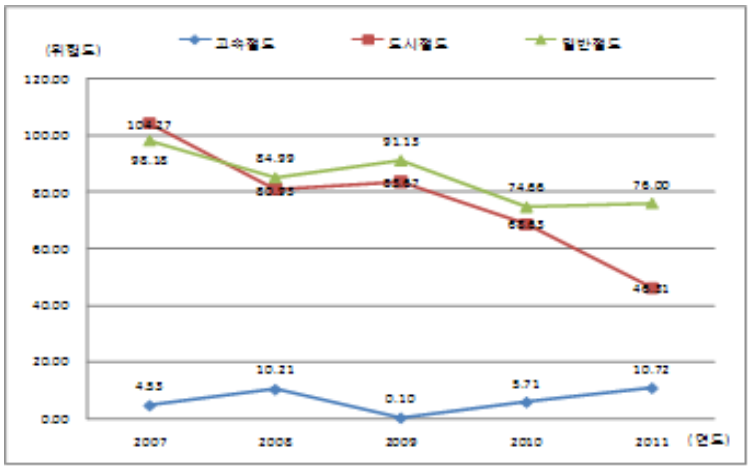


그림 7. 철도구분별 위험도 분포

○ 2007~2011년 연평균 종합위험도 분석

- (여객) 최근 5년 동안에 여객의 피해가 발생된 사고건수는 2009년을 기점으로 급격히 줄어들어 2011년의 사고건수(84건)는 2009년의 사고건수(157건)에 비해 53.5% 수준으로 낮아짐. 또한 위험도의 경우도 사고건수와 거의 비슷한 경향을 보임.

표 16. 최근 5년간 연도별 개별/종합 위험도 추이

구 분		2007	2008	2009	2010	2011	합계	평균
여객	사고건수	157	157	170	128	84	696	139.2
	위험도	93	71	83	67.3	35.8	350	70.01
공중	사고건수	125	118	99	84	101	527	105.4
	위험도	95.7	87.3	78.1	61.1	80.8	403.1	80.61
종사자	사고건수	116	101	88	82	72	459	91.8
	위험도	13.6	13.4	9.4	15.9	11.2	63.5	12.7

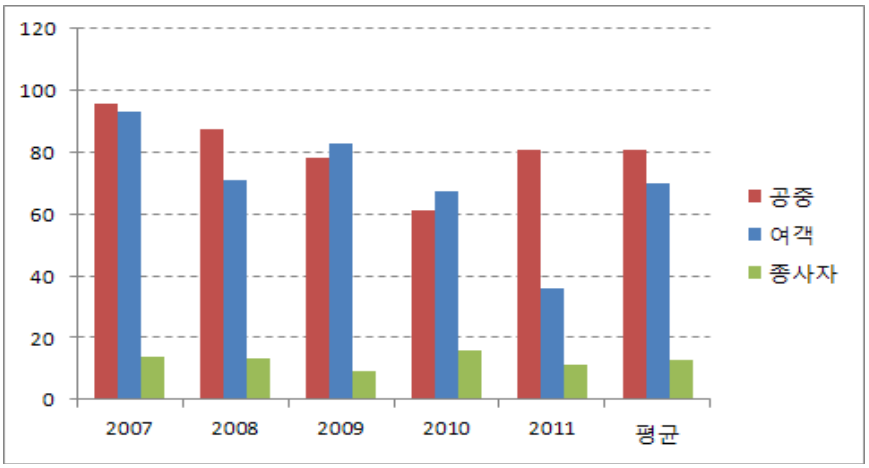


그림 8. 연도별 개별위험도 변화 추이

- (공중) 최근 5년 동안에 공중의 피해가 발생된 사고건수는 2007년부터 꾸준히 줄어들었으나, 2011년은 사고건수와 위험도 모두 증가함. 사고 건수나 위험도 모두 2009년과 비슷하게 나타나고 있으며, 전체적으로 위험도의 경우도 사고건수와 거의 비슷한 경향을 보이고 있음.
- (종사자) 최근 5년 동안에 종사자의 사고건수와 위험도를 여객 및 공중과 비교하면 사고건수는 공중과 비슷한 경향을 보이나 위험도는 현저히 낮게 나타짐. 사고건수의 경우 2007년 이후 꾸준히 감소하여 2007년에 비해 62%수준이며, 위험도의 경우 2009년에 다소 떨어지긴 했지만 거의 비슷한 수준을 보이고 있음.

<참고> 과거 5개년(2003~2008) 분석결과

- 인명사상을 간략하게 분석해보면, 6년 평균 사망자 163.8명중에 공중 110.5명(67.5%), 여객 44.3명(27.0%), 직원 9명(5.5%)으로 나타나 사망자는 공중이 가장 많은 것으로 나타났으며,
- 중상자는 평균 141.8명중에 공중 32.5명(22.9%), 여객 50.8명(35.8%), 직원 58.5명(41.3%)으로 직원이 가장 많이 발생한 것으로 나타났으며, 경상자는 평균 165.5명중에 공중 18.1명(10.9%), 여객 129.7명(78.4%), 직원 17.7명(10.7%)으로 대부분 여객에서 많이 발생하는 것으로 분석되었음
- 연도별 종합위험도 변화추세를 살펴보면, 공중의 위험도는 '03년 166.5명에서 '08년에는 88.3명으로 현저하게 감소되었으며, 여객의 위험도 역시 '03년 79.7명에서 '08년에는 31.2명으로 매년 약 10.1%의 감소폭을 보이고있는 것으로 분석되며, 직원의 경우도 ' 03년 27.4명에서 '08년 12.2명으로 매년 약 9.2%의 감소추세를 보이고 있는 것으로 나타남
- 아울러 사고 1건당 인명피해를 측정할 수 있는 심각도는 6년 평균 공중이 약 0.67명, 여객, 약 0.27명, 직원, 약 0.19명으로 공중이 가장 높은 심각도를 가지는 것으로 분석되었음

제 2 장 국내외 동향 및 환경 분석

1절 국내외 정책동향

1. 국내 정책동향

가. 국내 철도안전 대책기술 정책동향

○ 제7차 국가교통안전기본계획(2012~2016) 수립

- 철도안전 계획지표 수립 및 발표

계획지표		2010년	2016년	2021년
철도	주지표 : 1억km당 사망자수(자살제외)	42	37	34
	1억㎞당 열차사고 발생건수	10.9	9.7	8.4
	여객 10억인 ㎞당 사망자수	0.22	0.18	0.16
	대형철도사고 미발생(5년 누계)	Zero	Zero	Zero

· 제6차 계획기간 중 안전대책 기대효과 반영

· 10년 주기로 발생하는 대형철도참사의 예방에 초점

*대형철도사고 : 10인 이상의 사망자가 발생한 철도사고

- 대형 철도사고 예방시설 확충

<< 추진목표 >>

5년 평균 열차사고 발생건수 5.4건('10) → 4.9건 이하로 감소
5년 평균 운행장애 발생건수 400건('10) → 350건 이하로 감소

- 역사 내 철도 사상사고 예방시설 보완

<< 추진목표 >>

철도안전사고 발생건수 92건('10) → 83건 이하로 감소
철도교통사고 발생건수 204건('10) → 183건 이하로 감소

*(철도안전사고) 열차운행과 무관하게 대합실, 승강기, 계단 등에서 발생하는 사고

*(철도교통사고) 운행 중 열차와의 접촉, 승하차 중 추락 등으로 발생하는 사고

- 철도보호지구 및 취약구간 관리강화

· 선로침입 및 선로주변 공사로 인한 운행열차의 지장은 대형철도사고로 연결되거나 장시간 운행지장을 초래.

*수색역 공사장 지반침하사고, 선로 변 외부 작업장비의 선로침입 등으로 10년간 24건의 철도사고(외부침입)가 철도보호지구에서 발생.

· 철도 운행선로, 역사 등 시설물의 지속적인 개량과 안전관리로 운행중 사고 및 역사 내 안전사고 예방필요.

· 철도보호지구 운영지침 보완 및 사고발생 취약구간 지정(국토부, 철도운영기관, ～’16)

*사고 시 심각도에 따른 보호지구의 등급, 점검주기 설정

*보호지구 내 사고예방 표지, 신고요령 홍보

*사고발생 취약구간 지정 및 중점관리(운영기관)

*선로 변 울타리 설치 및 감시설비 지속설치(운영기관)

- 교통약자 이용 시설물의 안전관리 강화

· 교통약자 이용 시설물의 안전관리 수행(운영기관, ’12～)

*교통약자 이용 시설물의 설치확대 및 일반인 이용 제한

*승강기 운행속도.비상정지 위치 조절

- 재해예방을 위한 노후철도 시설물의 관리

· 노후철도 시설물의 개량 및 유지보수 지속수행(운영기관, ’12～)

*재해, 재난을 대비한 시설물의 보강 및 점검

*선로 등 노후 시설물의 교체.개량.안전진단 수행

○ 철도사고 예방 기술개발 및 종합시험선로 구축(˜’15)

- 열차의 충돌·탈선·화재 안전성 실시간 감시제어 기술개발

- 종합시험선로 구축(루프형 13.8km)으로 철도용품·기술의 개발, 성능 검증 및 수출에 활용(˜’14)

- IT 기술을 활용한 철도안전관리 효율화

· IT기술을 활용한 안전관리의 효율화(운영기관, ’14～)

*IT 기술을 활용한 정보지원(유지보수, 점검, 비상대응) 컨텐츠 개발

*IT 기술지원을 위한 관련장비의 확보 및 프로그램 개발

○ 국토해양부 철도부문 예산 확대

- 국토해양부의 2011년도 예산규모가 전체적으로 감소한 가운데, 철도부문의 예산은 전년대비 7.1% 상승한 4조 4,985억원을 기록하여 정부의 지속적인 철도분야에 대한 투자 의지가 반영되었음.

· 2008년 이후 경제위기의 조기극복을 위한 한시적인 도로 및 철도 부문의 SOC 예산 증가가 이루어졌으나, 경제정상화 추세에 따라 그 규모도 재조정되었음.

· 그러나 철도부문의 예산은 2010년 조정 이후, 2011년도에 다시 증가하여 지속가능한 녹색성장 추진을 위한 단계적인 정부 투자 확대 계획을 반영하고 있음.

· 또한 철도부문의 투자는 기존 철도의 복선화 및 전철화, 시설투자 확대 등을 통해 철도수요를 증가시키고 철도운영의 효율화를 추진하기 위한 기본방향에 적합하도록 확대되고 있음.

○ 제2차 철도산업발전기본계획 수립

- 철도산업발전기본법 제5조에 근거하여 철도산업 관련 정책을 종합하고 체계화하는 기본계획이 수립되었으며 1차 기본계획(2006~2010)의 종료에 따른 2차 기본계획(2011~2015)임.

- 세계 일류 철도국가로의 도약을 비전을 제시하고 있으며, 2015년까지 달성해야 할 목표를 제시하였음.

· 수송분담률 제고(수송인Km) : 15.9%('08) → 24%('15)

· 철도사고 감축(백만Km당) : 0.108건('10) → 0.100건('15)

· 철도 기술력 제고(선진국 대비) : 74%('09) → 95%('15)

· 해외진출 확대(차량시장 점유율) : 2%('09) → 4%('15)

- 주요 추진계획으로는 KTX 고속철도 중심의 국가철도망 구축, 고객 지향적 서비스 제공 및 철도운영의 경쟁력 제고, 녹색철도물류 활성화 기반 마련, 세계 최고수준의 철도안전 확보, 미래성장동력 확충 및 해외철도 진출기반 강화가 있음.

- 향후 5년간 철도산업에 총 48.6조원을 투자할 계획을 수립하였으며, 이를 통해 철도인프라 확충, 고부가가치 수출전략산업으로의 육성, 친환경/에너지 고효율/안전 중심의 철도교통 서비스 제공 등을 계획하고 있음.

○ 제2차 철도안전종합계획

- 철도안전법 제5조 및 제6조에 의거하여 철도안전정책의 발전방향을 제시하는 국가종합계획이 2010년에 수립됨.

· 철도안전을 종합하고 체계화하는 법정 기본계획으로서 재난 및 안전관리기본법 제22조에 따른 국가안전관리 기본계획, 교통안전법 제15조에 따른 국가교통안전기본계획, 철도산업발전기본법 제5조에 따른 철도산업발전기본계획과 연계되어 있음.

· 철도안전종합계획의 주요내용은 추진목표 및 방향, 철도안전시설의 확충·개량 및 점검, 철도차량의 정비 및 점검, 관련 법령의 정비 등 제도개선, 교육훈련, 연구 및 기술개발에 관한 사항임.

- 인구구조 변화에 따른 교통약자의 철도이용 증가, 고품질 철도서비스에 대한 요구 증대, 테러 및 철도파업 발생에 따른 사회적 파장 확대 가능성으로 인하여 철도안전에 대한 중요성이 더욱 강조되고 있음.

- 제2차 계획의 추진방향으로 안전관리 효율화 및 제도개선, 철도운영기관 자율과 책임 강화, 인적요인의 체계적 관리, 사고원인분석에 기초한 안전관리가 제시됨.

  · 철도 시설 및 차량 등에 대한 하드웨어적인 투자성과를 고려하여 향후에는 시설 및 차량에 대한 효율적 안전관리 방안 마련에 중점을 두며 이에 대한 예산이 4,910억원 규모로 1차 계획시보다 1,680억원 가량 증가됨.

  · 그동안 화재안전설비, 역사 내 안전설비, 승강장 스크린도어 설치 등에 예산이 주로 투입되어 향후에는 철도시스템의 종류, 운행여건에 따른 안전설비 투자가 필요함.

  · 사고원인 분석 중심의 안전관리를 실시하고 철도사고 위험도 평가, 안전과 관련된 정보시스템의 운영 등을 계획.

- 철도차량의 안전성 향상을 위해 IT기술을 활용한 철도안전관리 효율화, 다자간 무선통신망 구축, 노후 철도차량의 관리강화, 차량 검수시설 및 장비의 현대화 등의 추진과제를 제시하고 있음.

○ 철도투자 확대를 위한 철도투자평가 편람 개정

- 국내 교통정책의 패러다임도 저탄소 녹색성장 시대에 적합한 지속가능한 친환경 교통체계 구축으로 변화해가면서 철도에 대한 관심과 투자가 확대되고 있음.

  · 저탄소 녹색성장에 기여할 수 있는 철도투자에 대한 평가체계가 녹색가치를 충분히 반영하지 못하고 현재 당면하고 있는 국가차원의 에너지 문제, 도로 투자사업과의 형평성, 투자타당성 조사시 반영하고 있는 자료의 업데이트 측면에서 개선이 필요하다는 지적이 있었음.

- 이러한 문제점을 보완하기 위해 2010년 철도투자평가편람을 전면 개정하여 철도투자를 확대할 수 있는 근거를 마련하였음.

  · 경제성 분석기준을 철도시설의 실제 내구연한에 맞추어 30년에서 50년으로 연장하였으며 사회적 할인율은 완공 후 30년까지는 5.5%, 30년 이후에는 4.5%를 적용하도록 변경함.

  · 수요분석 및 차량운행비용 절감편익 분석에서 유가변동성을 반영하여 유류비 보정계수를 적용 및 계산토록 함.

  · 유류비 산정을 2009년 자료로 업데이트하였으며, 유지보수비 및 감가상각비 등도 최근 자료를 활용하여 재산정하고 공사비의 경우에도 2006년 개정된 건설공사 표준품셈을 적용하였음.

  · 운영 및 유지보수비에 포함되어 있는 영업비용(판매관리비)를 제외하여 비용 과다계상 요인을 없앴음.

  · 교통사고 절감편익 계산시 도로부문은 물적피해(차량손해, 대물피해)를 제외하고 있으나 형평성 측면에서 모두 고려하여 산정토록 함.

○ 행안부는 공공기관이 설치한 CCTV 관리의 효율성을 높이고 영상정보 공동 이용을 활성화하고, 범죄예방을 극대화하기 위한 취지로 통합관제 센터 구축을 지원하고 있음.

- 실제 방법용 CCTV중 기차・지하철 안전관리용으로 활용되는 CCTV가 1만9,494대로 8%를 차지하고 있음.

○ 서울시 도시교통본부에서는 지하철 내 범죄를 예방하고, 보다 안전하고 쾌적한 지하철 이용 환경을 제공을 위하여 서울 지하철 2호선과 7호선 열차에 CCTV 1천7백대 설치를 확정함.

- 혼잡도 높은 2・7호선에 시범 설치하고, 2호선 신형 열차 및 7호선 모든 열차 1량 당 2대 씩, 총 1,704대 설치 확정.
- 비상인터폰 울리면 기관실・관제소에 해당 열차 내부화면 즉시 표출.



출처) 도시환경 그린화 스마트 영상관제 솔루션 육성사업에 관한 보고서, 2010. 5.

그림 9. 공공기관 CCTV 목적별 설치 현황

○ 철도터널 화재감시시스템 설치기준 추진

- 2012년 7월 국내 철도고속선 최장터널인 금정터널(20.3km)에서 고속철도열차가 비상정차 하였으며, 8월 부산 대티역 전차선 비락으로 인한 전동차 화재사고 등의 영향으로 철도터널 및 지하구간의 실시간 화재감시시스템 필요성이 재차 부각되고 있음.
- 국토해양부는 “철도터널에 화재감지기 설치기준을 마련토록”하라는 감사원의 요청에 따라 2012년 철도터널용 화재감지기 설치기준을 마련하고 있으며, 방화셔터 등 화재감지기와 연동되는 설비에는 CCTV 등 영상감시장치를 부가설치토록 추진.

○ 위험도 평가를 반영한 성능중심 안전관리 체계 도입

- 철도차량안전기준에관한규칙에 의한 철도차량 위험도 평가 규정과 철도시설안전기준에관한규칙의 철도터널의 안전성 평가에 관한 규정에 의하여 표준화재시나리오에 기반한 안전성능 관리가 적용되고 있으며 안전성 평가 결과에 따라 결정되는 설비의 범

위가 점차 확대되고 있음.

- 2012년 현재 철도안전법 이하 국가기준 중심의 안전관리 규정을 형식인증 체계로 전환하는 개정 작업을 진행하고 있으며 자체적으로 안전인증의 입증을 위하여 위험도 평가 체계의 안전성능 입증 방법이 더욱 확대될 것으로 예상됨.

2. 국외 정책동향

가. 국외 철도안전 대책기술 정책동향

○ 미국 교통기술센터의 연구개발 동향

- 미국철도협회 산하기관인 교통기술센터에서는 북미철도업계의 공동연구 프로그램인 전략적 연구 이니셔티브 수행을 책임지고 있으며 안전성, 효율성, 신뢰성과 같은 철도산업 업계의 주요 연구개발 니즈를 충족시키기 위한 연구를 수행하고 있음.

  · 차륜균열검출시스템 : 비접촉 레일 검사용 U-Rail 시스템을 개발하여 시험하고 있으며 고출력 레이저를 이용하여 레일 내부에 초음파 신호를 생성하여 검사를 실시.

  · 차륜 및 차축 균열검출 : 열차 주행 중 차륜 및 차축의 내부 결함을 초음파 기술을 활용하여 검사할 수 있음.

  · 예측적 차량보수 : 철도운행의 신뢰성과 효율성에 악영향을 주는 차량파악을 위해 연구를 진행하였으며 차량 및 차량요소의 설계, 운행 중 성능 등에 대한 연구결과가 축적.

  · 기술주도형 열차검사 : 고속 비디오 화면을 분석하는 장치 및 소프트웨어인 머신비젼 기술을 개발 및 활용하기 위해 노력하고 있음.

○ 일본의 철도기술개발 방향

- 일본은 저출산/고령화, 지구온난화, 석유에너지 고갈, 정보화 고도 등의 환경변화에 맞추어 향후 기술개발의 방향성을 안전/신뢰, 지구환경, 저비용, 매력 측면으로 구분하여 검토하고 있음.

- 2009년도에 추진된 기술개발의 주내용을 살펴보면, 회생제동 활용(에너지 재활용), 레일검사 자동화, 신호시스템 개발 등이 포함되어 있음.

  · 에너지 재이용 측면에서는 상세제어를 통해 에너지 효율을 높이고 전력축장 장치 개발 및 회생효율 향상차량 개발을 추진하여 소비전력의 5~10% 저감효과를 기대하고 있음.

  · 레일검사의 자동화를 위한 측정장치 개발을 통해 유지보수비용의 50%를 절감하려는 계획을 수립 및 추진하고 있음.

  · 설비의 간소화를 위한 GPS, 무선 활용 신호시스템을 개발하여 신호설비 등 유지보수 비용의 50%를 절감하려는 계획을 추진중임.

○ 유럽의 철도시스템 개발내용

- UIC(국제철도연맹)에서 발표한 철도분야의 기술동향에 따르면 철도의 안전성 제고를 위한 운영 및 유지보수 부분의 신기술 개발 노력이 증대되고 있음을 확인할 수 있음.

  · 안전 및 건강에 대한 니즈 확대로 인하여 이를 충족시켜 줄 수 있는 철도기술개발에 대한 요구가 증대하고 있음.

  · 무선정보 전송방식인 GSM-R(Global System for Mobile Communication)을 통한 ERTMS-ETCS(European Railway Traffic Management System - European Train Control System)를 도입.

  · 새로운 철도 재료 및 모니터링 시스템 개발, 철도 유지보수를 위한 IT 기반 확충 및 관련 기술개발, 유지보수 기계/기기에 대한 신기술 개발, 철도기반시설의 활용 증진 및 고장시간 저감을 위한 센서개발 등이 추진되고 있음.

- 벨기에의 철도네트워크 운영기업인 Infrabel은 네덜란드의 암스테르담과 벨기에의 Antwerp 사이의 E19 고속도로를 따라 열차 터널 위에 대략 16,000개의 태양패널을 설치하여 고속열차 동력에너지 및 Antwerp North-South juction과 Antwerp Central Station의 신호, 조명, 난방 등에 연간 3,300Mwh의 전력을 생산·공급할 예정임.

- 독일에서는 2006년 4월 재생에너지법(Renewable Energy Laws, EEG)의 도입 이후 태양광 에너지 및 재생 에너지를 이용하여 Freiburg Central 역, Uelzen역, 베를린 Lehrter 역 등의 역사지붕에 태양전지를 설치하여 철도역사 에너지로 이용하고 있음.

- 프랑스와 독일을 중심으로 시작된 철도시스템 연구는 유럽연합과 국제철도연맹의 후원을 통해 본격적인 ERTMS 개발로 확대 추진되고 있음.

  · 프랑스는 1985년부터 ASTREE(실시간 열차 추적 자동화) 연구를 통해 모든 선로의 안전성을 제고하기 위한 차세대 열차제어시스템을 구성을 추진하였음.

  · 독일에서는 지상-차상간의 상호 인터페이스 연구가 진행중이었고 양국간의 공동연구(고속열차에 대한 프랑스-독일 공동연구 일반 프로토콜)로 연계되면서 이후, 국경없는 유럽열차운행을 위한 열차제어시스템 필요성이 제기됨.

  · ERTMS는 개별 국가에서 사용하는 열차제어 및 안전관련 설비 운영방법을 통합하는데 목적이 있으며 신호시스템 통합 및 표준화, 열차 운행 안전성, 에너지 효율성에 중점을 두고 개발이 진행되고 있음.

  · ERTMS는 열차 운행의 안전성을 확보하기 위한 ETCS (European Train Control System)와 무선정보 전송방식인 GSM-R (Global System Mobile for Railway), 운영을 위한 ETML (European Traffic Management Layer)로 분류할 수 있음.

○ 성능중심 안전관리 기준의 적용 확대

- 호주, 영국 등을 중심으로 컴퓨터 계산 성능의 향상에 따라 대규모 화재 및 피난해석이 가능하게 됨에 따라 사양중심의 안전관리 절차를 각 대상의 특성에 맞는 성능중심

의 관리체계로 전환하고 있음.

- 미국의 경우 미국 소방기술사협회에서 관리하는 NFPA 130(궤도교통 시스템의 화재안전 지침) 규격을 중심으로 FRA에서 관련 규정을 정하여 운영. NFPA 규정은 차량의 난연기준, 피난시간 산정기준, 터널 내 대피통로 간격 등의 중요 사항을 규정하고 있음. 역사별 피난인원에 따른 성능중심 관리방안 산정 방법을 적용토록 함.

○ 영국은 CCTV가 가장 많이 설치되어 있는 나라로, 최근에는 테러 방지의 일환으로 영국 내 모든 사람들의 통신 기록 수집 및 보관 정책이 발표되었으며, CCTV/DVR의 시장 규모는 2003년 10억 파운드를 웃도는 수준에서 2007년에는 11억 6천만 파운드를 상회하였으며, 2012년 런던 올림픽 개최로 인해, 보안 시장이 더욱 확대될 것으로 예상되기 때문에 영상 보안 수요가 지속적으로 발생할 것으로 전망.

○ 중국은 도시안전 보안시스템 구축을 위해 약 660개 도시를 개발대상으로 지정하였으며 상하이 엑스포와 광저우 아시안게임 등의 국제행사 유치와 더불어 보안설비 확충을 위한 사업 지원이 활발할 것으로 기대됨.

○ 해외 주요국 기술동향의 시사점

- 철도분야에서 기술개발을 주도하고 있는 주요 선진국들은 최근 철도의 안전성, 효율성, 신뢰성 증대를 위한 연구를 중점적으로 추진하고 있으며 철도운영 효율화를 위한 기술개발에 대한 투자를 지속적으로 하고 있음.
- 미국을 중심으로 철도사고를 저감할 수 있도록 관련 검측기술의 정확성과 신뢰성을 제고할 수 있도록 연구개발을 추진하고 있는 한편, 유럽에서는 열차 운행의 안정성 제고를 위한 통신기술개발 등을 통해 차량 운행에 대한 모니터링 활동을 강화해나가고 있음.
- 또한, 에너지 소비효율을 향상시키고 온실가스를 저감할 수 있는 기술개발과제를 중점분야로 선정하여 정책적으로 해당 분야의 기술역량 제고를 지원하고 있음.

2절 국내외 시장현황

1. 시장현황

가. 안전감시/보안장비분야 및 ITS 시장 현황

○ 2012년 全세계 보안장비[1]시장(Security equipment market)은 810억 달러(약 90.9조원)로 年 7~9%씩 증가하는 추세임 (※ 출처 : Global security equipment market : $81 billion industry in 2012, companies and market, 2013).

---

1) **Security Equipment(보안장비)** : 산업/상업용, 비상업용(주거 감시 및 보안용), 군대/정부용으로 활용되는 보안카메라, 자동원격 모니터링, 위성 GPS감시, 교통감시시스템 등의 보안/감시 장비

○ 全세계 보안/감시장비시장은(Surveillance equipment market) 2009년 780억달러(약 87.5조원)에서 年평균 11.7% 성장하여 2015년에 1,392억달러(약 156.2조원)로 증가될 것으로 예상됨, 이 중 가장 큰 부분인 산업/상업용 장비시장은 2009년 497억 달러(약 55.8조원)에서 年평균 13% 성장하여 2015년에 940억 달러(약 105.5조원)에 이를 것으로 예상됨 (※ 출처 : Surveillance and Security Equipment: New Technologies and New Markets, 2010, BCC Research).

○ 글로벌 수송용 보안기술은 2010년 23억달러(약 2.6조원)에서 年평균 20.4% 성장하여 2015년에 59억달러(약 6.6조원)로 증가될 것으로 예상됨, 이 중 CCTV 등 비디오 감시(모니터링)기술은 2010년부터 年평균 11.6% 성장하여 2015년에 19억 달러(약 2.1조원)에 달할 것으로 예상됨 (※ 출처 : Security Technologies for Transportation Markets, 2011, BCC Research).

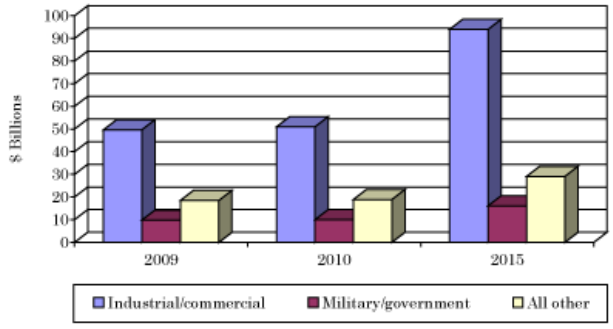


그림 10. Global Surveillance equipment market, 2015

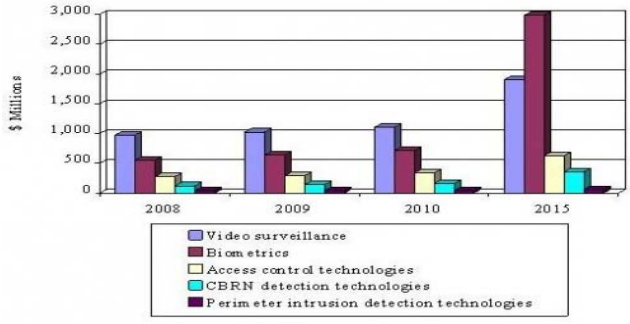


그림 11. Global Security Solution for the Transportation market, 2008~2015

○ 全세계 지능형 교통시스템(ITS) 세계시장은 2010년 240억달러(약 22.9조원)에서 年평균 22.2% 성장하여 2015년에 650억달러(약 73.1조원)로 증가될 것으로 예상됨 (※ 출처 : Technologies for Intelligent Transportation Systems, 2010, BCC Research).

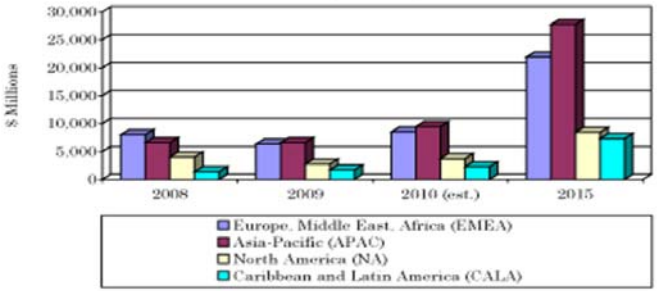


그림 12. Global ITS Market, 2008~2015

- 특히, 아시아-태평양(APAC) 지역은 IT기술의 발달에 따라, 2010년 95억달러(약 10.7조원)에서 年평균 24% 성장하여 2015년 280억달러(약 31.5조원)까지 성장할 것으로 예상됨.

나. 철도 위치검지 시스템 시장 현황 (PTC System)

○ 북미(North America, 미국/캐나다)에서는 2008년 발효된 철도안전 진흥법에 의거 2015년까지 PTC(Positive Train Control) 시스템을 통해 연간 5만톤 이상의 승객과 화물을 운송할 계획임 (※ 출처 : Rail Outlook Study 2013~2022, Frost & Sullivan, 2013).

- 2012년 북미 철도 및 도로 사고는 총 1,953건으로 715명의 사망자 발생.

- 이러한 문제점 극복을 위해, PTC(Positive Train Control) 시스템을 통해 열차 간 충돌, 속도 증가, 작업자 안전등을 보호하여 철도 안전기술을 향상을 추진하고 있음.

□PTC(Positive Train Control) 시스템 : PTC 서버와 작업자 터미널 간 PC 또는 모바일 기기를 통해 RF 데이터가 링크되며, GPS를 통해 온보드 장치를 탑재한 열차 위치를 추적할 수 있는 시스템

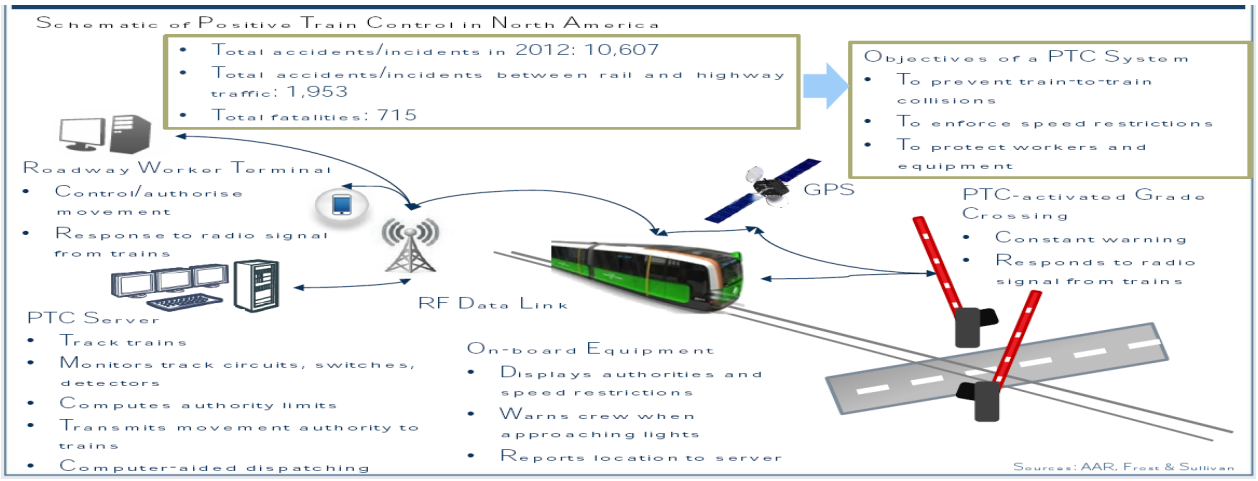


그림 13. Schematic of Positive Train Control(PTC) System (North America)

○ 하지만, 2015년까지 PTC의 완전한 구축은 불가능할 것으로 판단되며, 이에 따라 2020년까지 PTC deadline을 연장하여 PTC 시스템을 구축하기 위한 자본 투자를 늘리고 있는 추세임.

- 2012년 PTC 투자 금액은 1.17Billion 유로임 (BNSF社가 0.37Billion으로 최다 투자사임).

- 2020년까지 PTC 네트워크는 총 연장 110,240km(화물 96,560km, 승객 13,680km)에 달할 것으로 예상되며, PTC 완료를 위한 비용은 총 7.09billion유로(64,312유로/km 당)에 이를 것으로 추정됨.

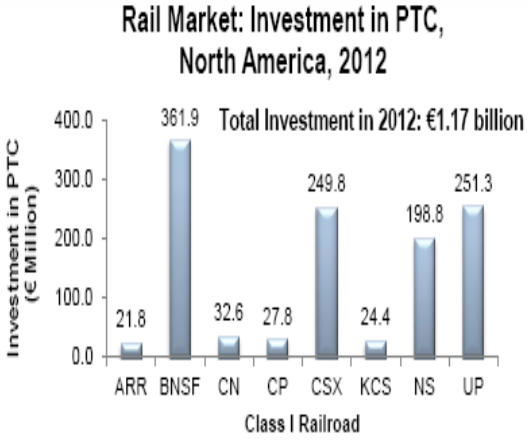


그림 14. Investment in PTC, 2012 (North America)

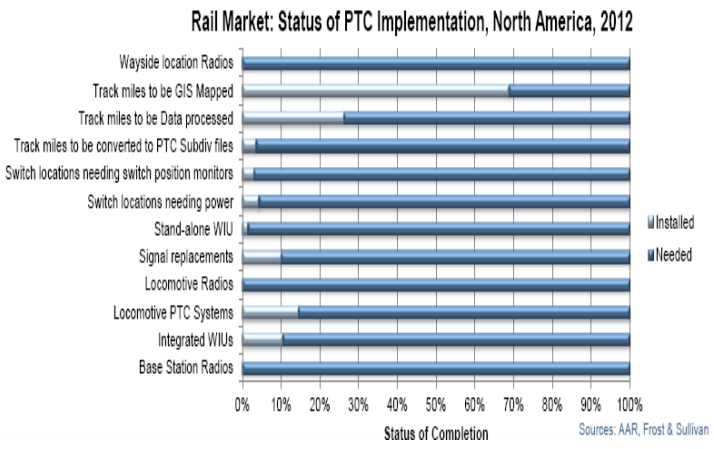


그림 15. Status of PTC Implementation, 2012 (North America)

2. 기술현황

가. 유럽연합(EU) 철도사고 통계 현황 (2011년)

○ 유럽연합(EU)는 철도수송 안전에 대한 노력을 통해 2010년 대비 2011년 철도 사고 건수는 2.3%, 피해자 숫자는 10.1% 감소하였음 (※ 출처 : Railway safety statistics, EUROSTAT(유럽연합 통계청), 2012).

- 국가별 사망자수를 보면 폴란드, 독일, 루마니아 3개국이 전체의 48%를 차지하고 있으며, 사망자유형별로 보면 철도 승객이나 종사자(직원)의 비율은 16.4%에 불과하며 대부분(83.6%)이 건널목 무단 횡단자나 허가받지 않고 철도 역내에 있던 사람들임.

표 17. 사망유형별 사망자 수(Fatalities by category of persons), 2011

순번	국 가	탑승자	종사자	기타	계
1	벨기에	-	3	25	28
2	불가리아	1	1	65	67
3	체코	5	3	21	29
4	덴마크	-	-	6	6
5	독일	9	10	133	152
6	에스토니아	-	-	9	9
7	아일랜드	-	-	-	0
8	그리스	-	-	13	13
9	스페인	2		27	29
10	프랑스	7	2	79	88
11	이탈리아	1	2	68	71
12	키프러스*	-	-	-	0
13	라트비아	-	-	13	13
14	리투아니아	-	-	30	30
15	룩셈부르크	-	-	-	0
16	헝가리	3	1	80	84
17	몰타*	-	-	-	0
18	네덜란드	-	-	11	11
19	오스트리아	-	2	33	35
20	폴란드	10	2	315	327
21	포르투갈	-	-	14	14
22	루마니아	-	2	98	100
23	슬로베니아	-	-	4	4
24	슬로바키아	1	-	48	49
25	핀란드	-	1	4	5
26	스웨덴	-	2	23	25
27	영국	-	-	53	53
계		39	31	1,172	1,242

※ no railway transport in 키프러스(cyprus) and 몰타(malta)

표 18. 사고유형별 사망자 수(Fatalities by type of accident), 2011

순번	국 가	충돌	탈선	건널목사고	열차-사람충돌	화재	기타	계
1	벨기에	-	-	8	20	-	-	28
2	불가리아	-	-	5	62	-	-	67
3	체코	1	1	17	10	-	-	29
4	덴마크	-	-	-	6	-	-	6
5	독일	10	-	39	103	-	-	152
6	에스토니아	-	-	-	9	-	-	9
7	아일랜드	-	-	-	-	-	-	0
8	그리스	-	-	5	8	-	-	13
9	스페인	-	-	11	18	-	-	29
10	프랑스	-	1	32	54	-	1	88
11	이탈리아	-	-	19	52	-	-	71
12	키프러스*	-	-	-	-	-	-	0
13	라트비아	-	-	2	11	-	-	13
14	리투아니아	-	-	6	24	-	-	30
15	룩셈부르크	-	-	-	-	-	-	0
16	헝가리	-	-	27	56	-	1	84
17	몰타*	-	-	-	-	-	-	0
18	네덜란드	-	-	9	1	-	1	11
19	오스트리아	-	-	21	14	-	-	35
20	폴란드	3	2	62	260	-	-	327
21	포르투갈	-	-	4	10	-	-	14
22	루마니아	-	-	22	78	-	-	100
23	슬로베니아	-	-	1	3	-	-	4
24	슬로바키아	-	-	11	38	-	-	49
25	핀란드	1	-	2	2	-	-	5
26	스웨덴	-	-	8	17	-	-	25
27	영국	-	-	6	47	-	-	53
계		15	4	317	903	0	3	1,242

※ no railway transport in 키프러스(cyprus) and 몰타(malta)

나. 영국 철도안전표준위원회(RSSB) 철도사고 분석자료 현황

○ 영국 철도안전표준위원회(RSSB)의 보고서 결과를 보면 유럽연합(EU)의 철도사고 통계와 마찬가지로 사망자는 주로 승객이나 종사자(직원)가 아닌 일반인(Public)이며, 승객/종사자 사망자수는 줄어들고 있는 반면 일반국민의 사망자수는 꾸준히 높게 나타나고 있음 (※ 출처 : Annual Safety Performance Report 2011/2012, RSSB(영국 철도안전표준위원회)).

- 사고 유형별로 보면 승객들은 주로 역내에서 미끄러지거나 넘어져서 다치는 경우가 많으며, 종사자는 작업 중 부상, 일반인은 무단횡단(Trespass) 사고가 대부분임.

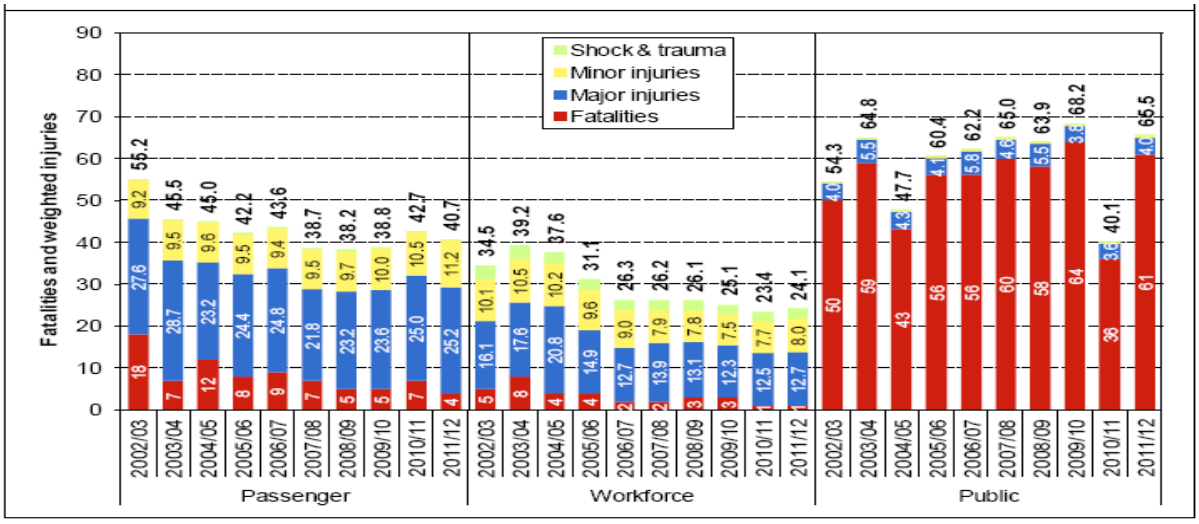


그림 16. Accidental fatalities and weighted injuries

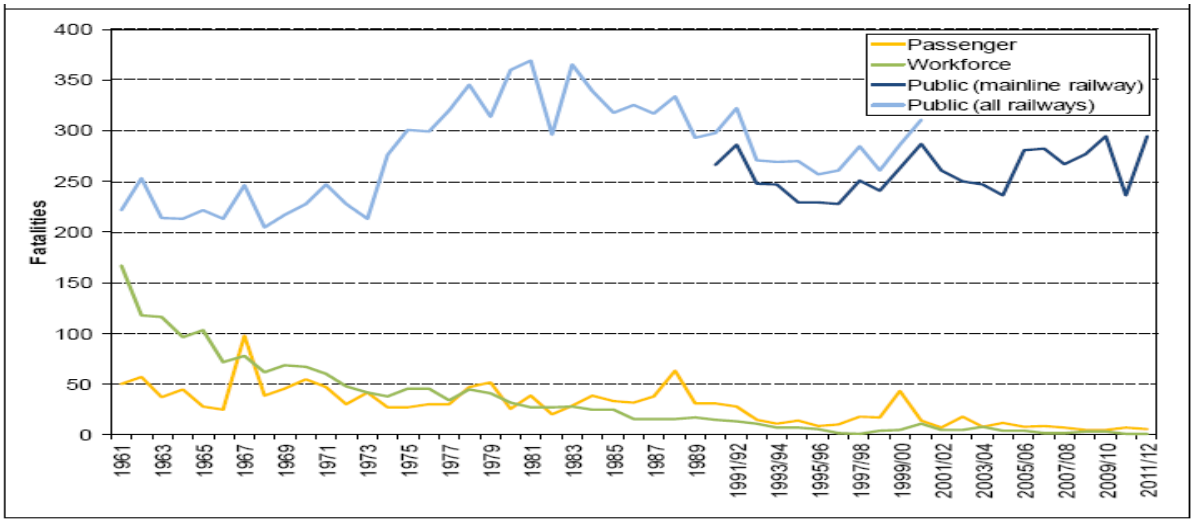


그림 17. Trends in fatalities over the past fifty years

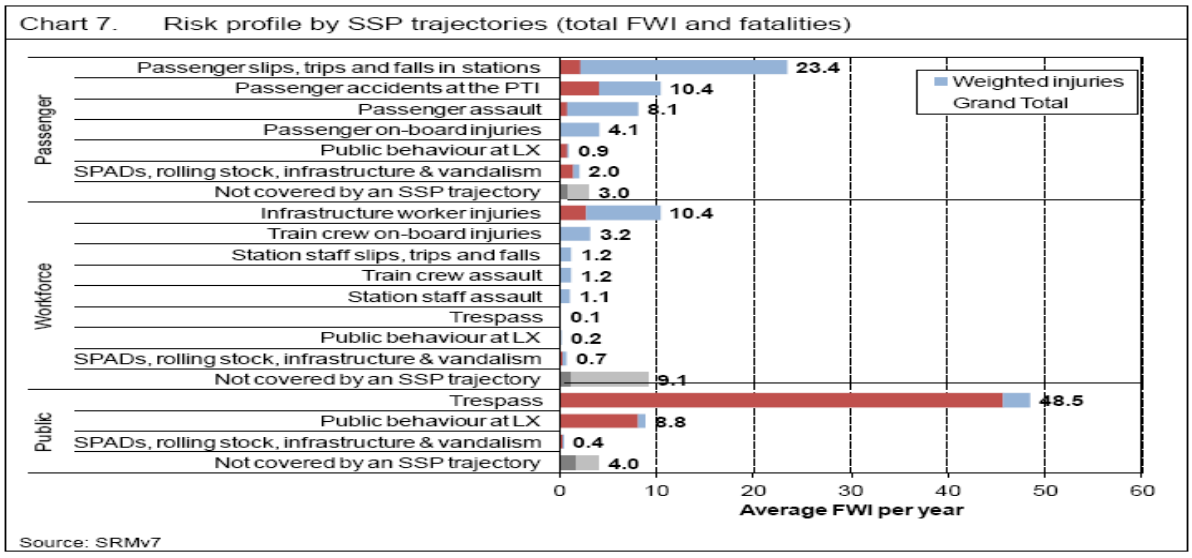


그림 18. Risk profiles by SSP trajectories (total FWI and fatalities)

다. 국내/해외 철도안전분야 미래기술전망 (제2차 철도안전종합계획)

○ 국토해양부의 제2차 철도안전종합계획(2011~2015)에서는 국내 및 해외 철도안전 분야의 미래 전망을 다음과 같이 규정하고 있음 (※ 출처 : 제2차 철도안전종합계획, 국토해양부).

《 국내 철도안전분야 미래 전망 (8개 전망) 》

(1) 고령인구 증가에 따른 여객·종사자의 피해증가 우려

○ 고령자, 장애인 및 임산부 등 교통약자 철도이용 증가에 따른 역사내 안전사고 증가

- 이동편의 시설 설치확대, 고령인구 배려 안전설비설치 등 교통약자 배려 대책 필요
- 외국인·여성·어린이의 철도이용 증가에 대비한 안전설비 및 안내판의 개선 필요

* 장애인의 도시철도 이용률(2009) : 시각장애인(37%), 청각장애인(50%)
* 승강기/에스컬레이터 관련사고 증가 : 2007년 4건 → 2009년 17건
* 도시철도 이동편의시설 현황 : 2008~2017년 승강기 432대, 에스컬레이터 581대

○ 철도종사자 평균연령 증가에 따른 비상 시 대응능력 및 상황의 인지능력 감소로 사고時 피해 확대 가능

- 지각능력 감소, 비상시 반응속도 증가와 관련된 종사자의 인적오류 관련사고 및 작업 중 안전사고 발생위험 증가(철도산업 직무사고율 : 선진국 1건/1억km, 국내 12건/1억km)

(2) 열차 운행속도 향상에 따른 강화된 안전대책 요구

○ 고속/틸팅열차, 기존선로 개량 등 운행속도 향상으로 대형사고 발생 시 피해증가 예상

- 고속운행중 발생사고(1994년 ICE탈선 사고, 2005년 일본 열차탈선사고), 터널·교량에서 발생한 사고(대구지하철 사고)는 대형인명피해로 연결

○ 역사/객실 內 비상통신 장치, 스크린도어 등 안전설비 추가설치로 유지관리 효율화 필요

- 유지관리 인력감소에 대응한 효율적인 시설 및 차량의 안전점검 방안 필요
- 스마트폰 등 정보통신기술을 활용한 안전시설 및 차량의 효율적 관리방안 모색 필요

(3) 이용객 증가에 따라 강화된 대형사고 예방대책 필요

○ 교통수단간 경쟁을 통한 고속화 대량수송 확대전망

- 교통수단간 효율적 연계시스템 구축 및 도심접근 시간 단축을 위한 광역 철도망 확충 등으로 이용객 증가 전망(KTX 좌석점유율 증가 : 63%(2004)→ 72%(2009))
- 철도예약·할인·정기권 운영 등 다양한 고객서비스 제공에 따른 이용객 증가 전망

○ 저탄소 녹색성장 추진 및 유가상승으로 도로 이용자 감소 및 철도이용객 증가 전망

- 장거리 이동여객의 증가 및 화물수송량 증가전망(철도이용객수 증가 : 29.5억명(2004) → 38.7억명(2009)→ 48.2억명(2015))

(4) 위험물·화물 수송관련 사고발생 우려

○ 철도교통 투자확대로 인해 철도를 이용한 위험물 및 화물의 운송량 증가

- 석유 화학물/화약류 등 위험물 수송 증가 및 화물 수송 증가에 따른 안전관리 필요

  * 익산역(1977년 이리역)/용천역(2004년 북한) 화물열차 폭발사고 등 빈발
  * 화물수송량 확대 : 6.2%(4,450톤, 2009년) → 20%(2020년)

○ 철도 화물수송 증대를 위한 시설투자 확대로 운행선 에서의 공사 중 사고증가 우려

- 운행선 공사(시설물 개량, 화물역사 개량 등) 증가에 따른 직무사고 증가
- 노후 화물열차 운행빈도 증가에 따른 사고위험 증가(최근 5년간 발생한 열차탈선 사고의 60%가 화물열차에서 발생)

(5) 신교통수단 도입에 따른 새로운 형태의 사고발생 가능

○ 경량전철(무인운전), 틸팅열차, 자기부상열차 도입에 따라 기존에 발생하지 않았던 새로운 형태의 사고 발생가능(유지보수 종사자/안전관리자의 추가교육 수행 필요)

○ 철도-도로간 복합교통수단 도입에 따른 새로운 형태의 사고 발생가능

- 복합환승센터 확충에 따른 문제점 대두 가능/역세권개발, 연계환승 과정의 안전사고 예방강화 필요

(6) 철도안전관리 범위 확대로 안전관리 업무량 증가 예상

○ 교량, 터널, 스크린도어, 화재를 대비한 설비 등 다양한 안전설비의 설치에 따른 안전관리 대상 시설물 증가

[철도교량 및 터널구간 현황]

< 2010년 5월 기준 >	전체구간	교량구간	터널구간
고속철도	238km	87km(37%)	78km(33%)
일반철도	3,145km	266km(9%)	317km(10%)
도시철도	581km	65km(11%)	512km(88%)
계	3,964km	418km(11%)	907km(23%)

* 스크린도어 현황 : 3개역(2004) → 371역(2009) → 수도권全역사(2015)

○ 사상사고의 94%가 건널목, 선로침입, 불법행위 등 이용자의 부주의로 발생하여 철도교통 안전문화의 개선이 필요(철도교통문화 개선, 안전규정을 무시하는 조직문화 개선)

(7) 국가의 안전관리 활동 범위 및 책임의 증가

○ 소규모 철도운영기관에 대한 국가차원의 기술지원 필요

- 대형사고 발생 시 자체적인 대응과 수습에 한계 예상
- 국가차원의 지원 및 기관 간 협력이 필요한 자연재해, 테러위협, 불법행위 증가 추세

○ 철도운영 경험이 부족한 신규노선·기관의 증가로 인해 철도사고 위험성이 증가할 것으로 예상 (호남고속철도, 경부고속철도 2단계, 공항철도 2단계 등 운영 예정)

(8) 외부 위험요인의 증가 및 관련 사고의 심각성 증가

○ 운행선 주변 공사장설비 등으로 인한 철도사고 및 운행장애의 지속적인 발생

- 열차지연, 종사자의 업무부담 증가 등으로 인한 철도운영자 부담 증가

○ 승강장, 운행 선로 상의 자살사고가 증가하고 있으나 운영기관 자체적인 예방에 한계

- 전체 철도사망자중 자살자 비율 증가 : 50%(2005) → 60%(2009)

○ 승강장, 역사, 객실 內 안전설비 임의조작, 열차운행방해 등 불법행위 증가추세

- 보안인력 축소 전망에 따라 CCTV 설치, 보안강화 등의 대안 마련 필요
- 안전업무 종사자의 업무집중도 저하 및 비상상황과 허위상황의 구분이 어려워 혼란 발생

* 안전설비 임의작동으로 인한 운행장애 건수 : 14건(2009)
* 철도 기초질서 위반사범 단속현황 : 26,282건(2000) → 58,917건(2008)

《 해외 철도안전분야 미래 전망 (3개 전망) 》

(1) 유럽 통합을 중심으로 한 철도안전정책 운영

○ 유럽연합(EU) 출범을 계기로 철도안전에 대한 통일된 기준 설정 노력 진행 中

- 철도안전에 대한 정보공유 및 철도시장 개방 가속화
- 철도안전 전문 인력의 교류 확대와 국가별로 통합되고 등급화된 자격제도 운영 (EU 철도안전규정 2004/49/EC에 목표설정, SMS 운영, 기관사 자격제도, 안전인증, 안전정보 공개 관련 내용명시)

○ 유럽연합 역내 국가 간 철도안전과 관련된 주요지표/정보의 투명한 공개 추진

- 해당 국가 여행자에게 교통수단에 대한 선택 時 안전을 고려할 수 있는 권리 부여
- 통일된 기준에 따른 안전목표, 안전지표, 사고통계 산출 (공통안전목표(CST), 공통안전지표(CSI)를 2008년부터 운영 및 국가별 사고통계자료를 철도안전성능보고서에 공개 중)

(2) 외부요인에 의한 철도사고 지속적인 관리 강화

○ 대형철도사고 발생에 대한 우려 증가

- 설비 낙후에 따른 대형 철도사고 발생빈도 증가 및 탑승객수 증가에 따라 피해확대
- 테러, 선로침입, 자연요인으로 인한 사고 지속 증가

○ 全세계 열차사고 중 60% 이상을 건널목 사고가 차지 (출처 : 국제철도연맹(UIC) 연차보고서의 철도사고원인 통계)

- 철도운영자 과실에 의한 사고는 지속적인 감소추세
- 운영에 지장을 초래하는 외부요인 사고비율 지속 증가

[국외에서 발생한 대형 철도사고]

발 생	내 용	사망자
2010. 4월 이태리	산사태로 인한 열차탈선사고	10명
2010. 3월 러시아	지하철 역사 테러	40명 이상
2009. 6월 미국	기관사 오류로 워싱턴주 통근열차간 충돌	10명
2009. 6월 이태리	석유화합물 수송 화물열차 탈선	32명
2008. 9월 미국	통근열차의 신호무시로 화물열차와 충돌	25명
2006. 9월 독일	시험선로의 자기부상열차와 작업열차 충돌	23명
2005. 4월 일본	과속운행열차의 탈선 및 건물과 충돌	109명
2004. 3월 스페인	마드리스에서 4개 열차에서 폭탄 폭발	191명

(3) 철도 안전문화 및 종사자 인적요인 관리 강화

○ 철도종사자의 오류로 인한 대형철도사고 빈발

- 일본, 미국, 네덜란드 등에서 최근 발생한 대형 인명피해사고의 주요 원인은 종사자의 인적오류에 의해 발생
- 기관사 및 관제사 자격에 대한 국가 간 상호인증 노력

○ 국가 간 철도이용 확대에 따른 안전성 상호 검증 연구

- 기관사·관제사의 의사소통능력, 정보전달 프로토콜 등 에 대한 논의 및 연구수행
- 국가별·운영기관별 철도안전 자료의 공개를 통해 국민의 철도 이용 시 선택권 부여 및 철도사업자간 경쟁유도

라. 철도 건널목 모니터링 장치 기술현황 (해외 사례)

○ 영국에서는 철도 건널목 사고가 큰 이슈가 됨에 따라, 영국교통경찰국이 자동인식이 가능한 아홉 대의 카메라가 장착된 최첨단 경찰밴을 도입하여 건널목 사고를 감시하여 신속하고 효율적으로 대응하고 있음 (※ 출처 : FUTRONICS Preview report).

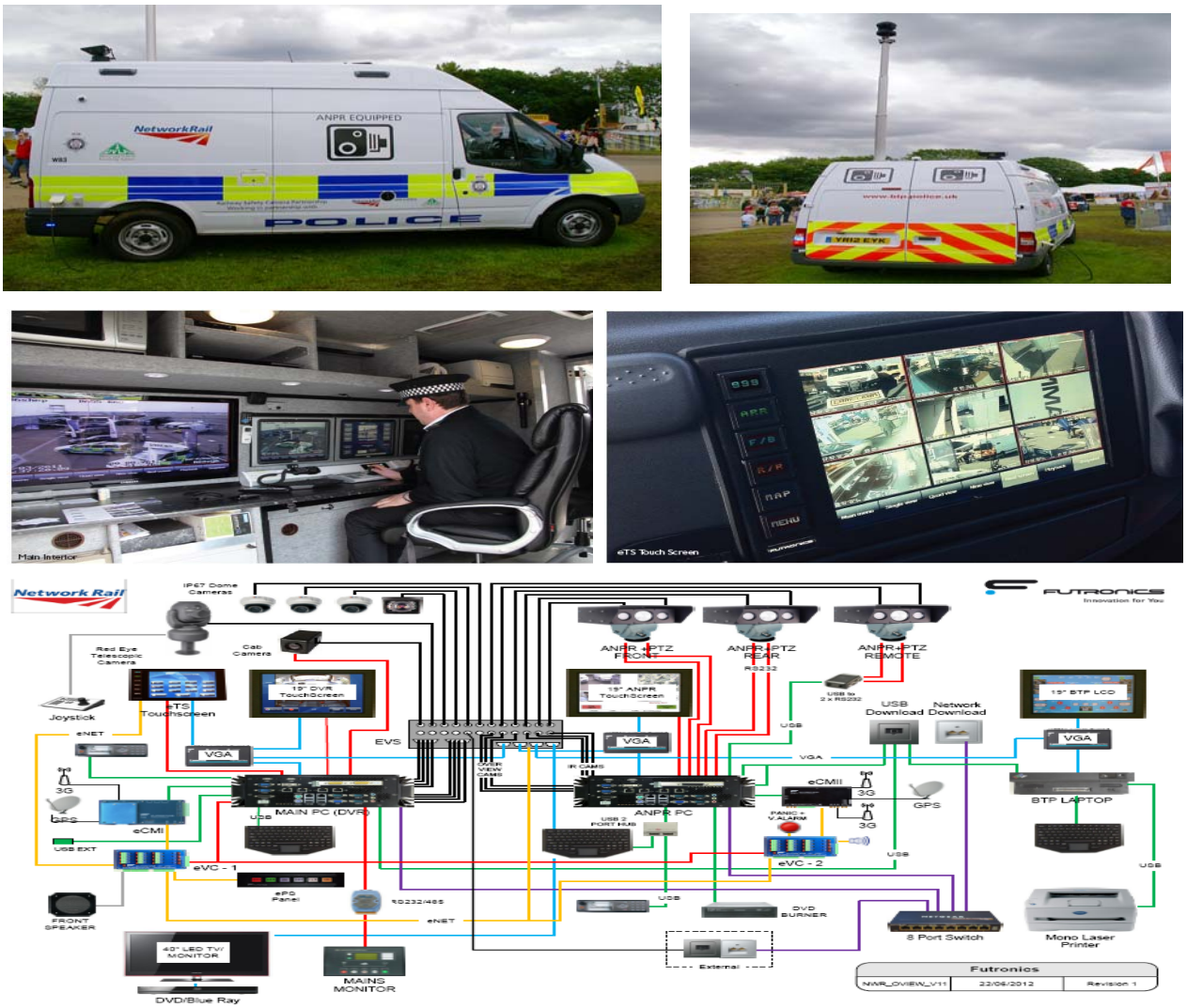


그림 19. 영국 ANPR Enforcement Vehicle(Railway safety camera partnership)

마. 철도 GPS 위치검지 장치 기술현황 (해외 사례)

○ 영국의 Futronics社에서는 지능형 데이터 관리가 가능한 F-BOX시스템을 적용하여 GPS 수신을 통한 열차 위치 검지시스템을 개발하여 시험 중에 있음.

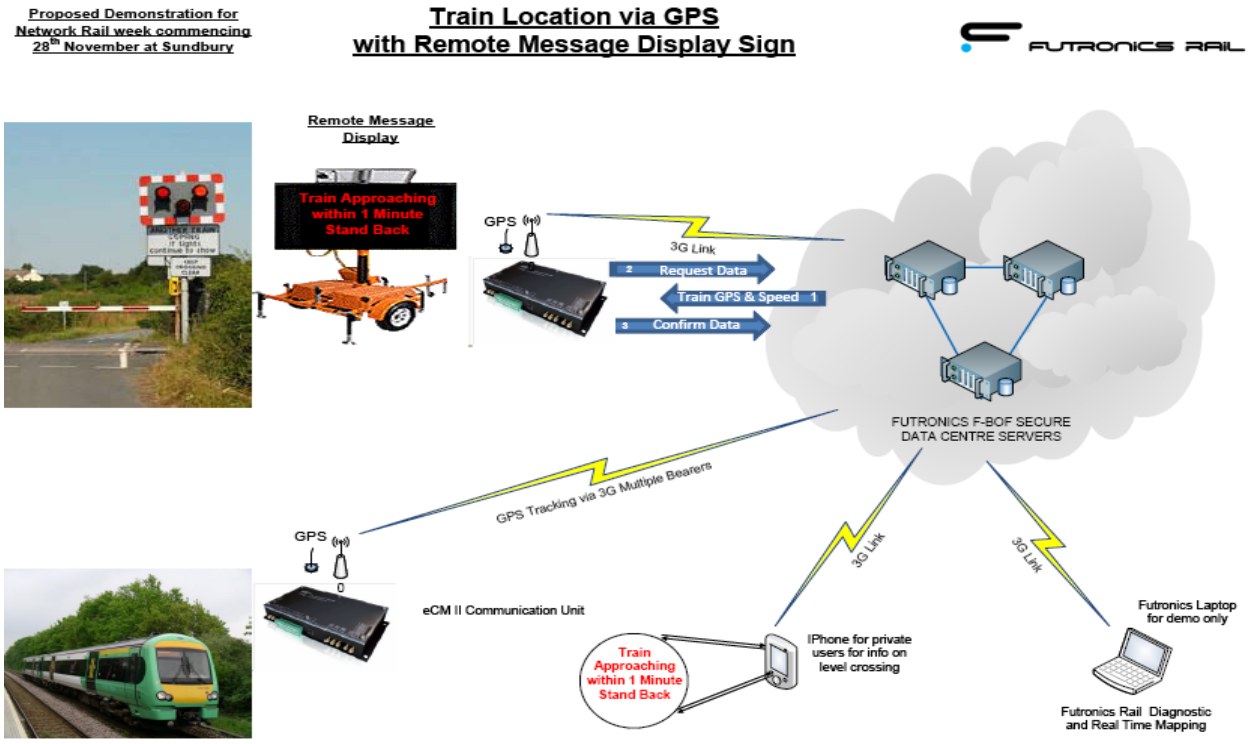


그림 20. Train Location via GPS system (영국 Futronics社)

3. 시장 발전단계

○ 지능형 철도안전 융합시스템 기술의 특허 출원/공개 추이 및 논문 발표추이를 통해 시장 발전단계 위치를 추정해 보면 현재 성장기에 있는 기술 분야로 판단할 수 있음.

- 지능형 철도안전 융합시스템 기술의 특허 출원/공개 추이를 보면, 2007년 이후 급격하게 증가하고 있는 것을 볼 수 있으며, 2012년부터 출원 특허(청색선)보다 해외 공개 특허(적색선)가 더 많이 나타나 최근 해외시장에서 중요한 기술로 부각되고 있는 등 계속적으로 성장하고 있는 기술 분야임을 알 수 있음.

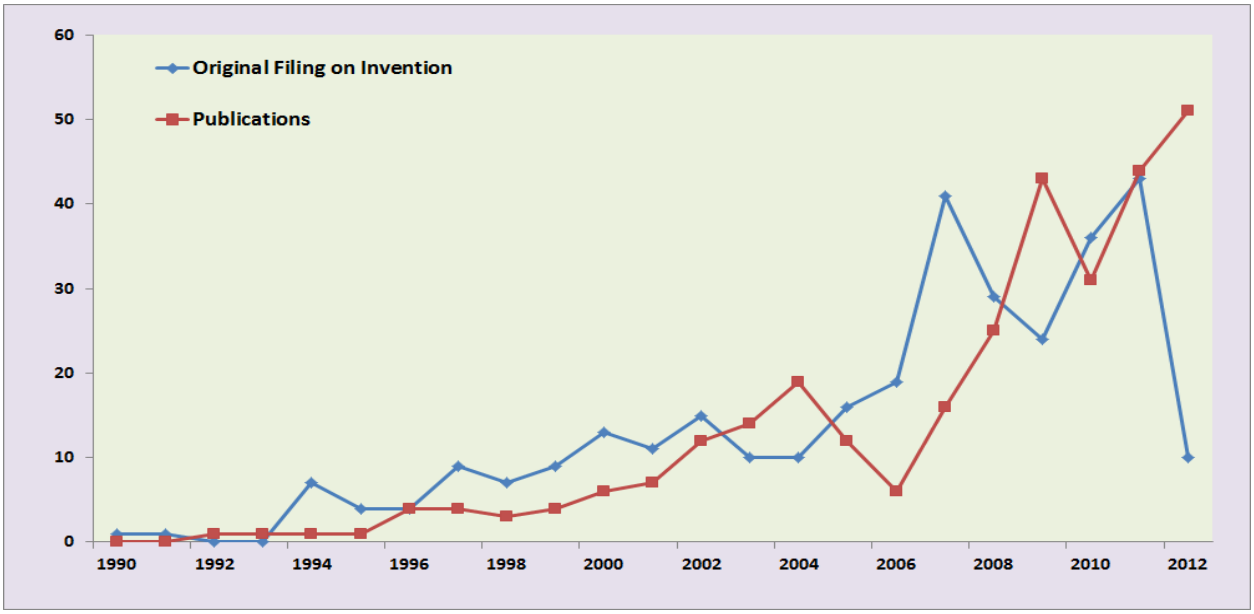


그림 21. 특허기술 연계 기술발전 추이

- 또한, 논문 발표추이를 보면 특허와 마찬가지로 2007년 이후 최근 까지 급격하게 증가하는 추세를 나타내고 있어, 현재 성장하고 있는 기술 분야로 판단할 수 있음.

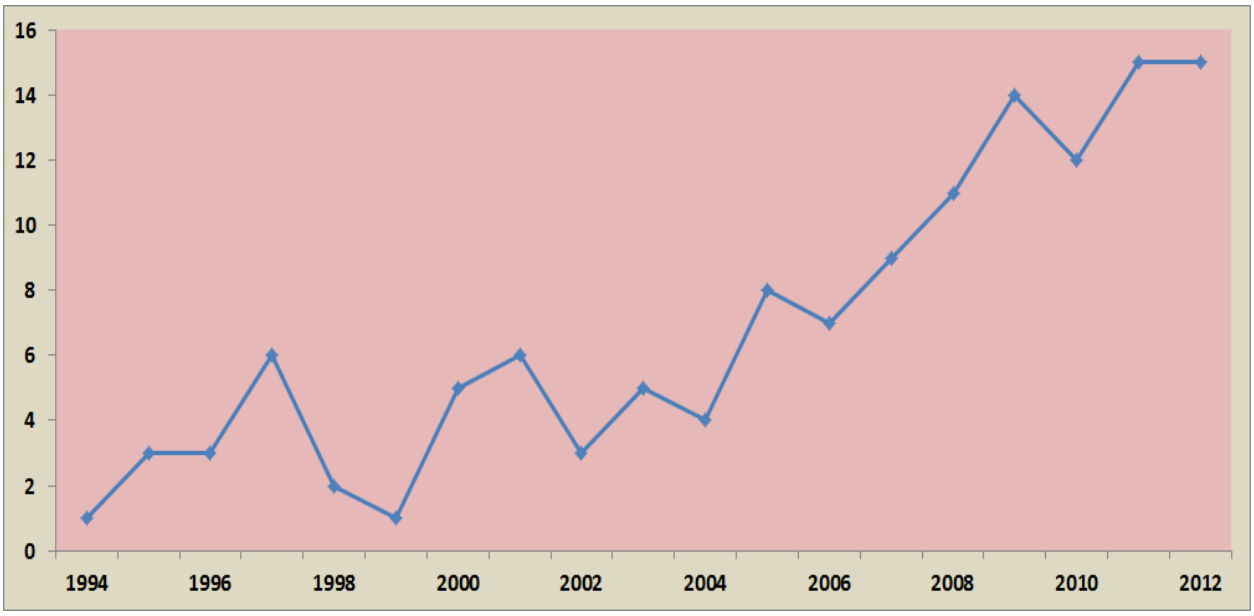


그림 22. 논문 발표 연계 기술발전 추이

3절 국내외 기술동향

1. 연구개발 동향분석

가. 철도안전감시제어 네트워크 구축 및 통합 기술개발 동향 및 환경 분석

(1) 철도안전감시제어 네트워크 기술 현황 및 문제점

(가) 국내 기술 현황

○ 현재 높은 수준의 독립 기능별 철도 안전 시스템이 구축되어 있음

- KTX의 경우 고속철도차량에 built-in 센서가 장착되어 38종에 대한 상태감시를 하고 있으며 고장코드를 CDMA기술을 이용하여 관제센터로 무선전송하는 시스템이 구축되어 있음.

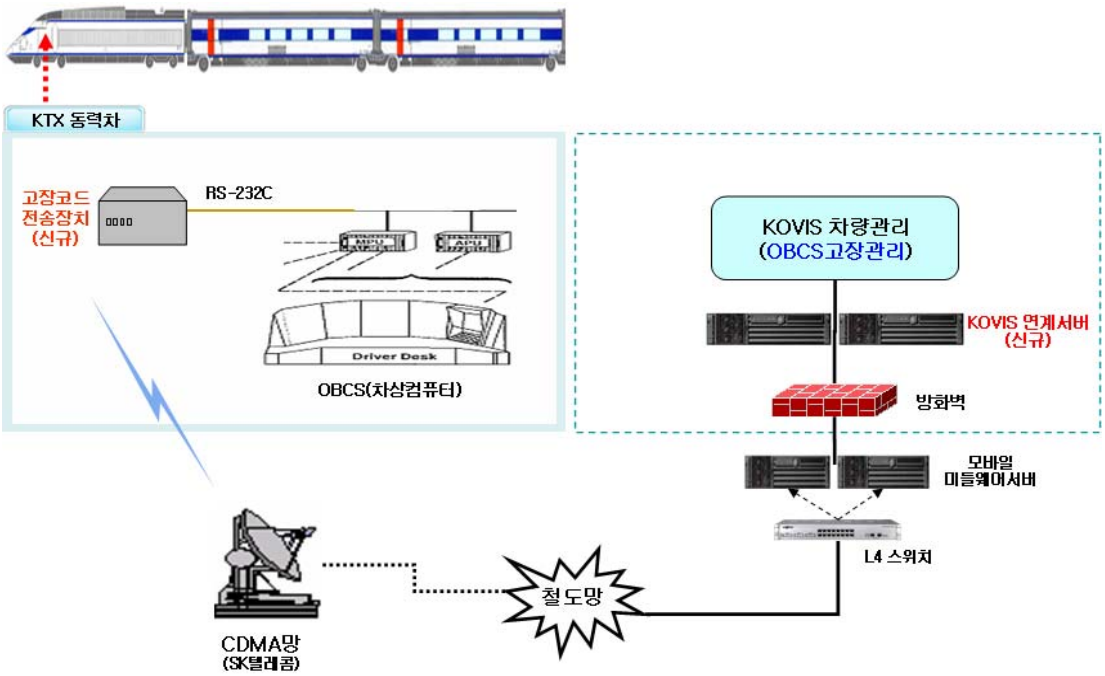


그림 23. KTX 고장코드 무선전송 시스템 구성도

- 고속철도차량의 차축발열감시장치(HBO)를 통하여 차축 온도의 이상이 감지된 경우 관제센터로 이를 알리는 시스템이 구축되어 있음.
- 역구내, 고속철도 건넘선, 선로전환기, 터널, 교량 및 토공구간 등에 영상감시설비가 갖추어져 있으며, 철도교통관제센터에서 영상을 감시하는 시스템이 구축되어 있음.
- 그 외 기상 검지 장치, 레일 온도 검지 장치, 지진 검지 장치 등으로부터 이상 상태가 감지되는 경우 이를 관제센터로 전송하는 시스템이 구축되어 있음.

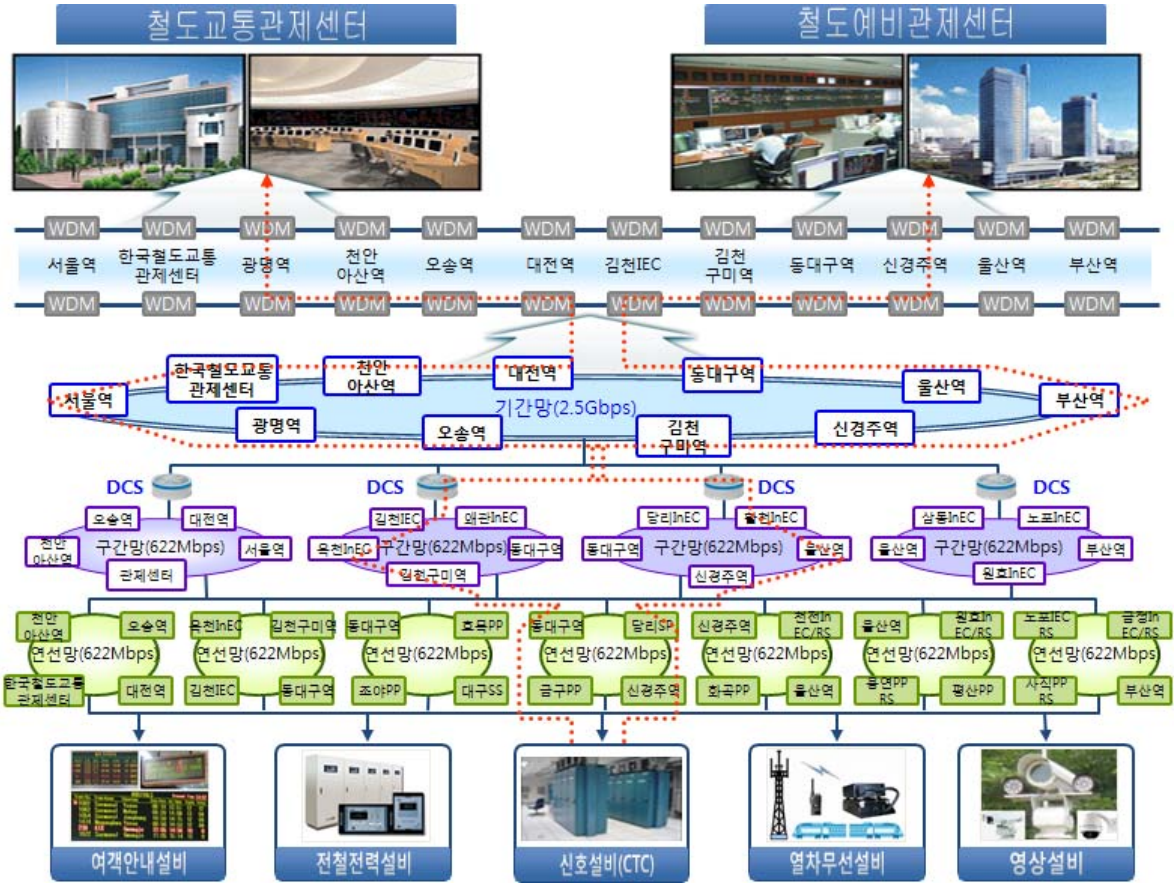
○ 철도 유선 전송망의 경우 전송 용량과 안정성 측면에서 초고속 데이터 통신을 위한 물리적인 기반 시설이 잘 구축되어 있음.

- 철도전용 유선 전송망의 경우 2.5Gbps급의 기간망, 622Mbps급의 구간망 및 622Mbps급의 연선망이 구축되어 있음.
- 향후 모든 역사 및 선로변의 고화질 영상 정보 모두를 중앙의 관제센터까지 전송하기에는 전송망의 용량이 부족하겠으나, 주요 영상 및 기타 모든 센서 데이터들을 실시간으로 중앙의 관제센터까지 전송하기에는 충분한 용량으로 파악됨.

- 안전성을 위하여 망의 한쪽이 단절되더라도 통신이 지속적으로 가능하도록 이중화가 되어 있음.

  · 철도 광전송망은 장애 시 열차운행관련 모든 정보의 송수신이 단절되어 열차안전운행에 큰 차질을 초래하므로 무엇보다 망의 생존성(안정성)이 최우선 시 되어야 함.

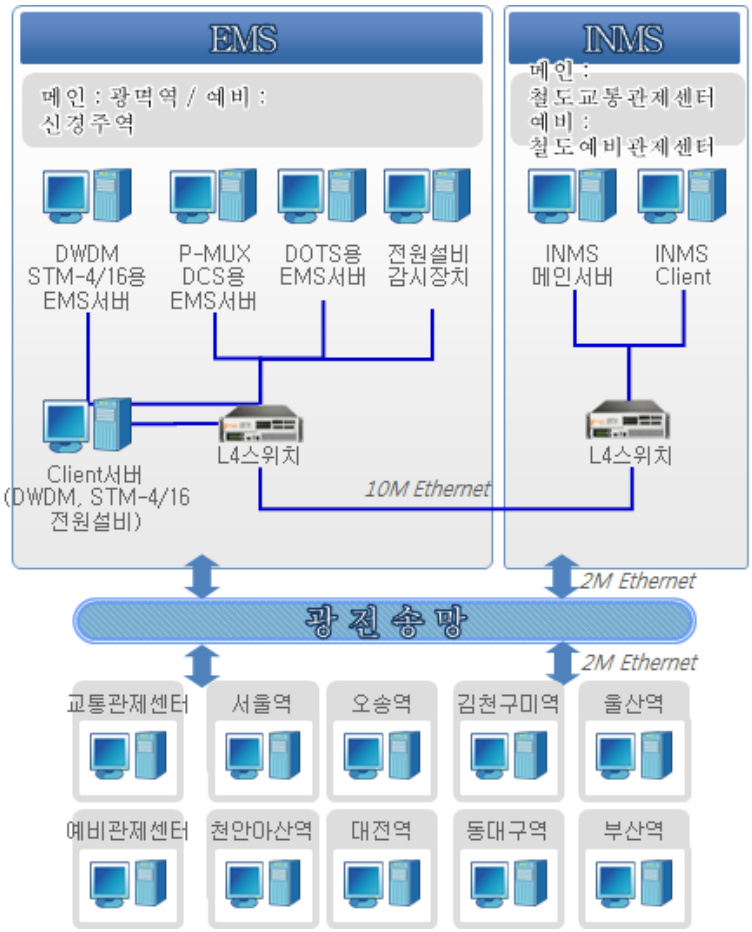
  · 상, 하선으로 이원화된 광케이블 이용하여 환형망으로 구축함으로써 한쪽방향 광케이블 및 전송장비의 장애가 발생하여도 반대 선로 방향으로 우회하여 망이 재구성되도록 구성 (망 재구성 시간 : 50ms 이내)



출처) 한국철도시설공단, 2013. 6.

그림 24. 철도 전송망 구성도

- 각종 전송장비에 대한 실시간 감시/제어를 통하여 장애복구를 신속하게 하고, 각종 통계정보를 제공함으로써 광전송망을 효율적으로 관리하는 통합망관리 시스템을 갖추고 있음.



출처) 한국철도시설공단, 2013. 6.

그림 25. 철도 전송망 통합망관리 시스템 구성도

○ 철도 무선 통신망의 경우는 주로 음성 통화를 위해서만 사용되며, 제어 신호 전송 등 데이터 통신을 위해서는 일부 구간에서만 제한적으로 사용되고 있음.

- 국내 철도무선통신 기술은 중앙에서 전체 통신망을 제어 관리하는 개념 없이 Point-to-Point 방식의 통신방식을 사용하는 153MHz 대역의 VHF(Very High Frequency) 방식과 소방방재청의 국가통합지휘무선통신망에서 사용하는 TRS(Trunked Radio System) 방식이 음성통화를 위해 사용되고 있음.

- TRS 무선설비는 850MHz 대역의 주파수 공용방식으로 최대 300km/h의 고속주행 환경과 28.8Kbps의 전송속도에서 통화 단절 없이 음성통신과 데이터통신을 제공할 수 있으며, 고속철도의 운행 상황, 고장발생, 장비점검상태 등 열차 운영상 중요한 정보들에 대해 관제센터와 송수신이 가능한 시스템임.

- 열차제어시스템을 위한 데이터 통신을 위하여 일부 신분당선, 부산4호선, 김해경전철 등에서 2.4GHz ISM 대역(Industrial Scientific Medical band)을 사용하는 RF(Radio Frequency)-CBTC 방식이 운용되고 있음.

· 별도의 열차제어시스템 주파수가 할당되어 있지 않기 때문에 2.4GHz ISM 대역을 이용하는 802.11 기술을 이용하였지만, 2007년 감사원에서 2.4GHz 대역을 사용하는 철도 시스템 망에 대한 주파수 간섭 및 혼신 등의 안전성 문제를 지적한 바 있음.

· 실제로 2011년 9월 개통된 부산~김해경전철은 개통 전부터 안전성 문제 등으로 세 차례 개통이 연기된 사례가 발생한 바 있음.

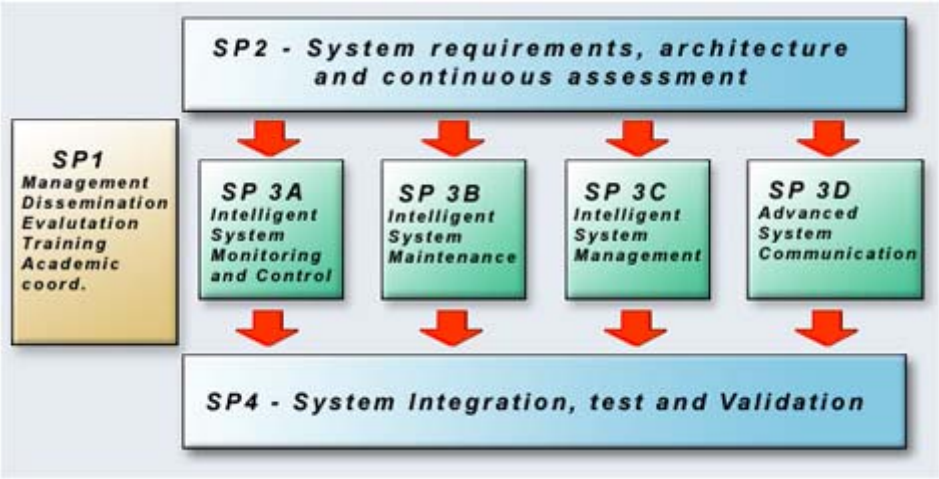
(나) 국외 기술 현황

○ 유럽의 경우 InteGRail(INTElligent inteGration of RAILway systems) 프로젝트(2005년~2009년)를 통하여 서로 상이한 철도 정보 시스템들 사이의 표준화와 상호운용성을 제공하기 위한 표준 플랫폼을 개발하였음.

- 차량 관리, 운행, 교통 관리, 인프라 관리 등의 서로 다른 도메인의 시스템들 및 유럽의 서로 다른 국가의 철도 시스템들 사이의 협업을 가능하게 하여 전체 철도 시스템의 성능을 향상시키고자 함.

- 이를 위하여 정보의 공유를 가장 핵심적인 비전으로 설정하여, 현재 운영 중인 다양한 정보 시스템, 모니터링 시스템, 사용자 어플리케이션들에 대한 전반적인 접근이 가능하도록 하기 위한 기술을 개발하였음.

- 또한, 다양한 문제와 결함을 발견하고 수정하기 위하여, 문제와 결함이 발생하는 조건을 예측하고, 발생을 사전에 방지하기 위해서는 다양한 도메인의 데이터들의 지속적인 수집과 이들 데이터들로부터 유용한 정보를 추출하고, 그러한 정보들이 실시간으로 모니터링되고 분석되어야 함을 강조함.

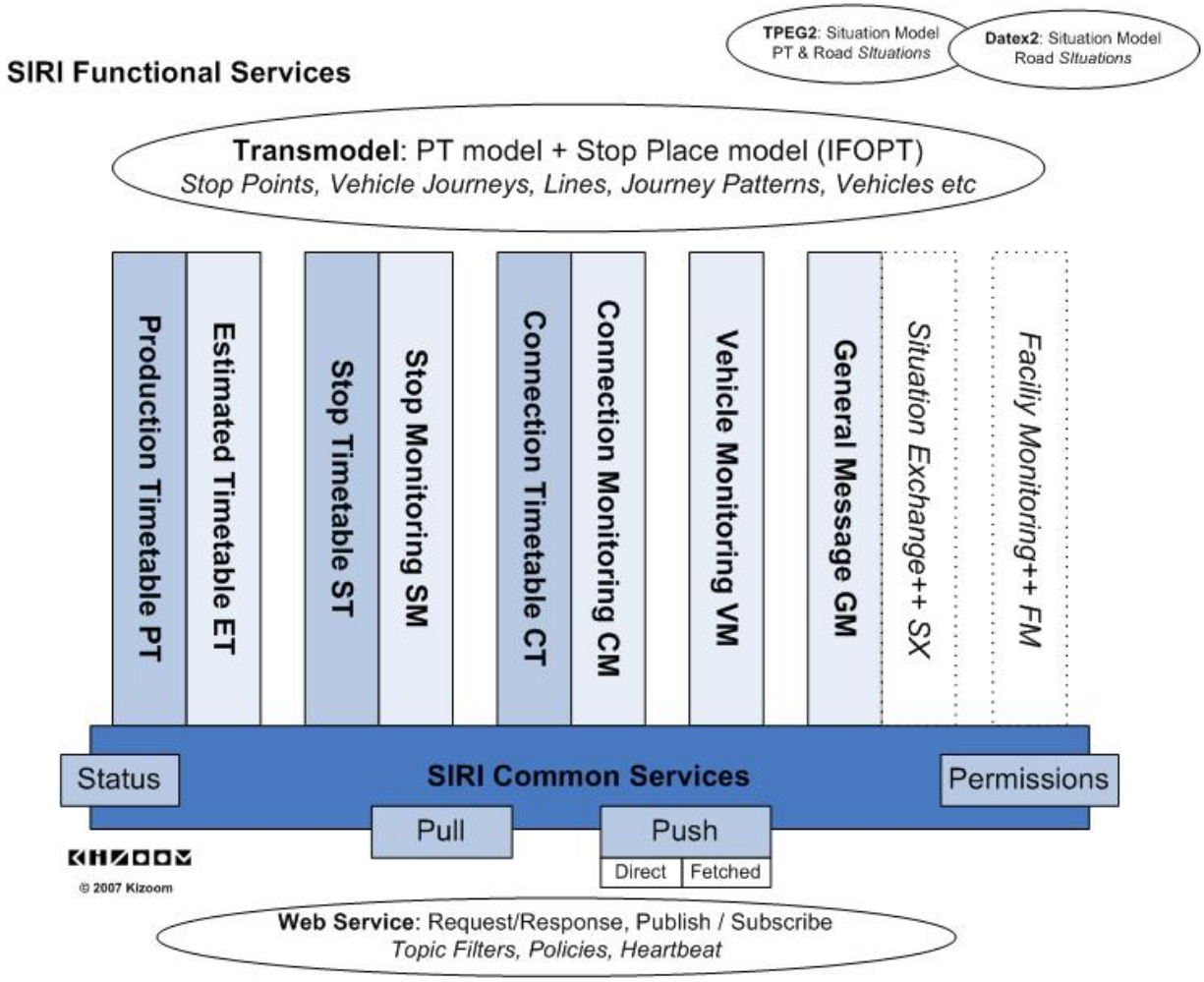


출처) InteGRail 홈페이지(http://www.integrail.info), 2013. 6.

그림 26. InteGRail 프로젝트 구성도

○ 유럽의 경우 철도를 비롯한 대중 교통 서비스에서 분산된 시스템들 사이에 실시간 정보를 교환하기 위한 프로토콜 표준인 SIRI(Service Interface for Real Time Information)를 개발 중임.

- SIRI는 서버 컴퓨터들 간에 스케줄, 차량, 연결편 등에 대한 구조화된 실시간 정보들 및 기타 일반 정보 메시지들 등을 교환하기 위한 XML 프로토콜임.
- SIRI는 현재 유럽 표준화 위원회(CEN-European Committee for Standardization)의 표준으로 등록되어 있으며 2013년 5월 SIRI 2.0이 CEN에 의해서 CEN 기술 표준으로 승인됨(CEN/TS 15531).



출처) SIRI 홈페이지(http://www.siri.org.uk), 2013. 7.

그림 27. SIRI 서비스 구성도

(2) 철도안전감시제어 네트워크 기술 문제점 및 개선 방향

(가) 문제점

○ 현재는 철도 안전 시스템들이 기능별로 분산되어 독립적으로 운영되며, 시스템 간에 상호연동을 지원하지 않음.

- KTX 고속철도, 일반철도, 도시철도 별로 별도의 안전 시스템이 구축되어 사용됨.
- KTX 고속철도의 경우만 고려하더라도, 열차운행정보 시스템, 열차제어 시스템, 전력제어 시스템, 선로 상태 감시 시스템, 영상 감시 시스템, 터널 감시 시스템 등 각각의 시스템이 별도로 독립적으로 운영되며, 각 시스템에서 생성되는 데이터들이 통합적으로 관리되지 않음.
- 이에 따라, 통합된 데이터 기반의 신뢰성 있고 종합적인 의사 결정 지원을 위한 시스템 개발에 한계가 있음.

○ 운영기관(철도공사), 국가안전관리기관(교통안전공단), 이용고객 등 관련 기관 및 고객 간에 철도안전 관련 정보를 공유하기 위한 플랫폼이 없음.

- 현재는 철도 안전과 관련된 기관 간에 데이터 공유의 수준이 낮으며, 상호 간에 정보 공유에 의한 시너지 효과를 창출할 수 있는 기반 플랫폼이 없음.
- 현재 사고가 발생 시에 사고와 관련된 데이터를 철도공사가 교통안전공단에 제공하고 있으나, 교통안전공단이 제공하는 시스템에 철도공사의 담당자가 직접 입력하는 방식임.

○ 초고속 데이터 통신을 위한 철도전용 유선 전송망은 전송용량 및 안정성 측면에서 잘 구축되어 있으나, 철도차량의 안전 관련 정보를 실시간으로 수집하거나, 차량 및 지상 간의 통신을 위한 무선통신망은 개선이 필요함.

- 철도전용 유선 전송망의 경우 2.5Gbps급의 기간망, 622Mbps급의 구간망 및 622Mbps급의 연선망이 구축되어 있음.
- 현재 차량과 지상 간 통신을 위한 무선망의 경우에는 주로 음성 통화를 위해서만 사용되며, 제어 신호 전송 등 데이터 통신을 위해서는 일부 구간에서만 제한적으로 사용되고 있음.
- KTX의 경우 차량의 상태를 차상컴퓨터에 저장시켰다가, 저장된 상태 기록을 철도전용 무선통신망이 아닌 상용 CDMA 망을 통하여 전송하고 있어서, 안정성과 보안성 측면에서 개선이 필요함.
- 현재의 무선 통신망 솔루션으로는 차량 내 영상 정보 등의 대용량 데이터 전송을 할 수 없음.
  - TRS 기술의 경우 28.8Kbps의 전송속도 만을 지원하므로 매우 제한된 데이터 통신만 가능함.
  - 차량 내 안전 데이터의 실시간 전송 및 차량과 관제센터 간의 실시간 양방향 대용량

데이터 전송을 위하여 철도전용 무선 통신망의 개선이 필요함.

(나) 개선 방향

○ 철도 안전 시스템들 간의 상호연동을 위하여 각 시스템들을 다른 시스템들과 연동하기 위한 표준화된 인터페이스 개발이 필요함.

- 1차적으로는 각 시스템들이 생산하는 데이터들을 통합하기 위하여 각 시스템들의 데이터를 접근하기 위한 표준화된 인터페이스가 필요함.
- 2차적으로는 각 시스템들의 전부 또는 일부 제어 기능을 다른 시스템에서 접근할 수 있는 표준화된 인터페이스가 필요함.

○ 철도 안전 데이터의 통합적인 수집, 관리, 지식정보화, 공유를 위한 빅데이터 기반의 통합 데이터 플랫폼이 필요함.

- 통합 데이터 플랫폼을 통하여 수집된 빅데이터 기반의 신뢰성 있고 종합적인 의사 결정 지원을 위한 시스템 개발이 가능하게 됨.
- 빅데이터 기반의 종합적인 위험 분석 및 예측 시스템 개발이 가능하게 됨.

(3) 지능형 철도안전감시제어 네트워크 구축 및 통합을 위한 필요 기술

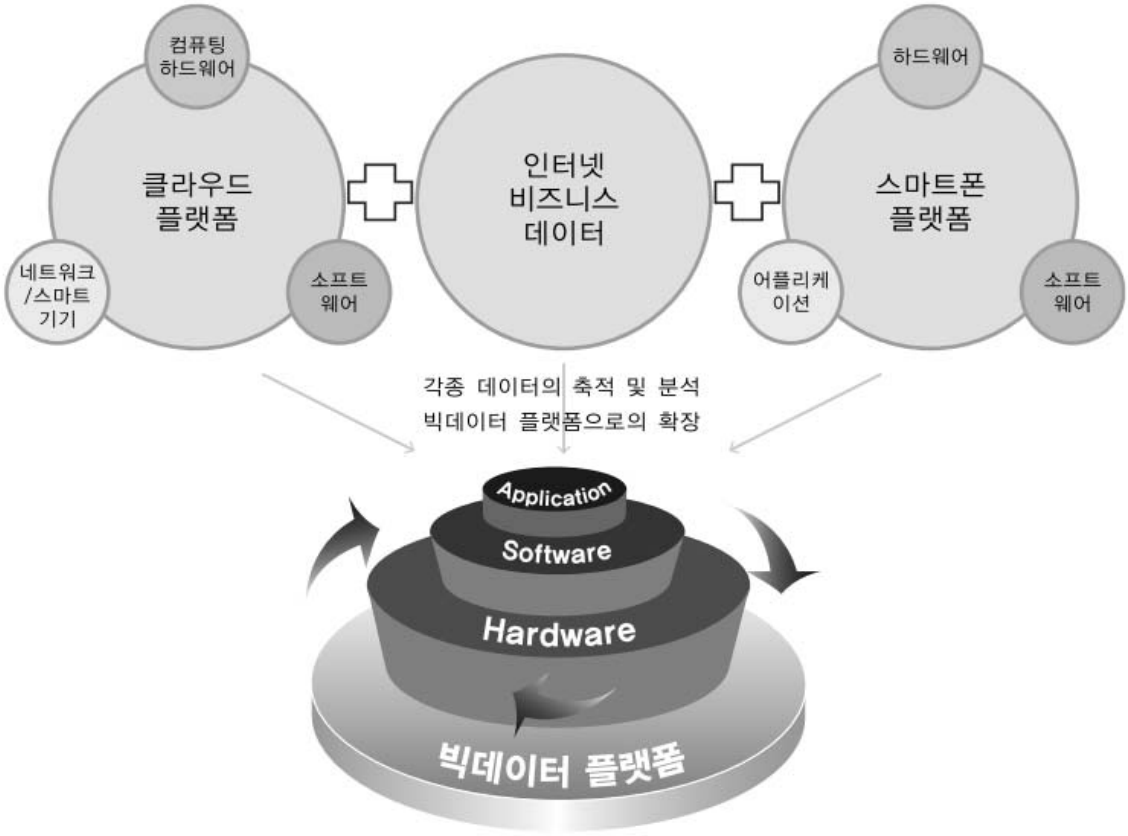
(가) 빅데이터 기술

○ 빅데이터 기술 개요 및 중요성

- 빅데이터란 디지털 환경에서 생성되는 데이터로 그 규모가 방대하고, 유형은 수치 데이터 뿐 아니라 문자와 영상 데이터를 포함하는 대규모 데이터를 의미하며 이러한 데이터를 저장, 관리, 분석할 수 있는 하드웨어, 소프트웨어적 기술, 그리고 데이터를 유통, 활용하는 과정을 의미
  - 빅데이터의 특성은 일반적으로 3V(Volume, Variety, Velocity)를 기본으로1V(Value)나 1C(Complexity)의 특성이 추가되어 설명됨.
  - IBM은 빅데이터를 3V를 가진 새로운 타입의 데이터로서 과거에는 답할 수 없던 인사이트(Insight)를 얻을 수 있는 기회로 정의
  - 비즈니스 분석 솔루션 기업인 SAS는 3V에 새로운 가치(Value)를 더한 4V를 빅데이터의 기본적인 모습으로 제시
  - 가트너는 3V에 복잡성(Complexity)을 추가하여 4개의 축으로 제시
  - 일본 노무라연구소는 빅데이터를 광의적으로는 인재・조직, 데이터처리・축적・분석 기술, 데이터 등 3요소로 정의
- 빅데이터 플랫폼이란 정형, 비정형, 스트리밍 데이터 등 각종 데이터를 수집, 저장, 관리하며 분석하기 위한 플랫폼으로 데이터의 수집, 저장, 분석, 폐기 등의 전 데이터 생

명주기를 하나의 플랫폼에서 관리

- 기존 데이터베이스 관리도구의 데이터 수집·저장·관리·분석의 역량을 넘어서는 대량의 정형 또는 비정형 데이터 세트 및 이러한 데이터로부터 가치를 추출하고 결과를 분석하여 다변화된 현대 사회를 보다 정확하게 예측하여 효율적으로 작동케 하고, 개인화된 현대 사회 구성원 마다 맞춤형 정보를 제공·관리·분석 가능케 하는 기술
- 빅데이터 플랫폼은 고급분석, 빠른 처리속도, 확장성, 실시간성을 지원할 수 있도록 구성되어야 하며 대규모 데이터 측면에서는 대용량 데이터 저장 기술, 분산/병렬 처리 기술 등이 핵심 기술로 대두되는 상황임.
- 비정형 데이터가 대부분인 빅데이터는 복잡성이 높아지는 만큼 확장성에 대한 이슈가 중요하며 최근에는 다양한 IT 플랫폼과 인터넷 비즈니스의 결합된 빅데이터 플랫폼이 등장하고 있음.



출처) 새로운 미래를 여는 빅데이터 시대-한국정보화진흥원

그림 28. 빅데이터 플랫폼

- 빅데이터 기술의 중요성은 빅데이터가 잠재적 가치와 잠재적 위험을 함께 포함하고 있어 사회·경제적으로 성패를 좌우하는 핵심 원천이 될 것으로 평가되며 이는 다양한 기술 발달로 인한 IT 패러다임의 변화가 데이터의 양적 팽창을 유도하고 이에 따른 경제적, 사회적인 새로운 기회와 편익을 창출할 것으로 기대

· 세계 각국의 정부와 기업들은 빅데이터로부터 유용한 정보를 찾아내고 잠재된 정보를 활용할 수 있는 기업들이 경쟁에서 시장을 선도할 것으로 예측

· McKinsey, Economist, Gartner 등은 이미 빅데이터를 활용한 시장변동 예측, 신산업 발굴 등 경제적 가치창출 사례 및 효과를 제시

○ 빅데이터 플랫폼 기술 구성

- 빅데이터 분석을 위한 플랫폼은 여러 첨단 기술들이 통합·적용되어야 하는 매우 복잡하고, 섬세한 기술이 요구되는 분야로 대규모 데이터의 실시간 처리를 위한 클라우드 컴퓨팅 기술은 기본이며 자연언어처리, 텍스트마이닝, 기계학습, 시맨틱 기술과 같은 인공지능 기술이 폭넓게 활용됨.

· 자연언어처리는 글로 된 인간 언어를 컴퓨터를 통해 처리하기 위한 기술이며 형태소 분석, 구문 분석, 개체명 인식 등의 기술을 포함

· 빅데이터 처리를 위해서는 정보 검색이 필수단계로 대규모 데이터를 색인하고, 이 중에서 주제와 관련된 데이터를 빠르게 찾아 분석에 적용함. 기존의 검색과 다른 점은 기존 검색은 인간을 위한 정보 검색이라면, 빅데이터 분석에서의 정보 검색은 컴퓨터가 검색 시스템을 사용하는 수요자가 됨.

· 정보 수집기술 측면에서는 기존의 웹 검색을 위한 수집기보다 매우 발전된 정보 수집 기술이 필요한데 예를 들어, 트위터와 같은 소셜 미디어의 실시간 수집은 스트림 데이터에 대한 처리가 필요하며, AJAX, 자바스크립트 처리가 가능한 포커스드 크롤링(focused crawling) 기술이 적용되어야 함.

· 빅데이터 플랫폼에서 가장 중요한 기술 분야인 기계 학습은 충분한 학습 데이터로부터 모델을 생성하고, 해당 모델을 통해 대용량 데이터를 자동 분석, 귀납 추론하는 시스템을 의미하며 통상 SVM 같은 통계 이론에 기반하며, 자동 분류, 자동 군집, 베이지안 네트워크 기반 추론 등 강력한 데이터 분석 기능을 제공

· 대규모 텍스트로부터 의미 있는 정보를 추출, 분석하는 텍스트 마이닝 기술은 기계학습 기반의 통계적 방법과 규칙 기반의 방법이 있으며, 최근에는 이들이 하이브리드 형태로 결합하여 사용되고 있다. 기존의 분류, 군집 기능 외에 감성(평판) 분석과 같은 기능 구현에 텍스트 마이닝은 필수 요소임.

· 클라우드 컴퓨팅과 NoSQL 기술 또한 중요 기술로서 초대용량 데이터의 저장과 관리, 운영을 위해서는 클라우드 컴퓨팅 기술이 기본이며, 특히 Hadoop, HBase, Casandra, MongoDB와 같은 NoSQL 기술이 적절히 활용되어야 함.

· 데이터의 심층분석을 위한 시맨틱 기술은 시맨틱 메타데이터 자동 추출, 시맨틱 네트워크 생성, 지식 베이스 구축, 온톨로지의 활용, 논리 및 통계적 추론 등을 포함하며 시맨틱 기술은 비정형 데이터와 정형 데이터를 의미에 따라 연결하고 분석하기 위한 핵심으로 왓슨 컴퓨터, 애플의 시리, 울프럼 알파 등이 이를 활용한 좋은 예가 되고

있음.

· 통계 기술 역시 빅데이터의 통계적 의미를 찾고 그 패턴을 분석하기 위해서 강력한 통계 기술이 필요하며 통계 패키지인 R은 이런 의미에서 매우 활용도가 높고 Hadoop 상에서 R을 사용함으로써 과거에 생각하기 어려운 규모의 데이터에 대한 통계 처리가 가능

· 데이터 시각화 기술은 분석된 결과의 통찰력 있는 이해를 위해 점점 더 중요해지고 있으며 그래프와 같이 기본적인 시각화로터 네트워크 표현, 지도와의 매시업 등 그 표현 유형과 분석가와의 상호작용 기술이 빠르게 발전하는 과정임.

○ 빅데이터 기술 개발 동향

- 글로벌 IT 기업들인 IBM, Intel, HP 등이 빅데이터 시장을 선도하고 있는 상황에서 확실한 주도권을 잡기 위해 데이터 수집에서 데이터 분석 중심으로 조직을 개편하고 역량 강화 및 기술 개발에 중점을 두고 있는 상황임.

· IBM, Oracle 등 글로벌 IT기업은 인프라 데이터 수집 관리 분석, 의사결정 지원 등 빅 데이터 전 부분을 담당하고 있으며 특히 복잡한 데이터 처리와 분석을 위하여 자체 솔루션을 개발하여 기술을 주도

· IBM의 Netezza data warehouse는 AMPP(Asymmetric Massively Parallel Processing)라고 부르는 SMP(Symmetric Multiprocessing)와 MPP로 구성된 two-tier 형태의 아키텍처를 가지고 있으며 다른 시스템에서 보기 힘든 데이터 압축, 레코드 또는 컬럼 필터링 기능을 제공하며 트랜젝션 처리시 실시간 처리가 가능한 기술을 제공

· EMC는 데이터 수집, 현황, 관리를 위하여 아이실론 및 그린플럼 기술을 사용하고 있으며 데이터 처리 분석을 위하여 하이 퍼코먼스 애럴리틱스 기술을 적용하여 기술을 주도

· Vertica, Splunk, Cloudera 등의 데이터 처리 전문기업은 지난 수년간 혁신과 새로운 데이터 관리 및 분석에 중요한 역할을 수행

· 테라데이타는 데이터웨어하우징 및 비즈니스 인텔리전스(BI) 전문 업체로 비정형 데이터의 고급분석, 관리 솔루션 업체인 애스터데이터를 인수하여 “애스터 맵리듀스 플랫폼”을 개발

· HP 는 BI 솔루션 업체인 “버티카”와 기업용 검색엔진 업체인 “오토노미”를 인수하여 이들 기술들을 결합하여 빅데이터 분석시장에 진입함. 이를 이용한 “인스턴트-온 엔터프라이즈(Instant-On Enterprise) 솔루션으로 기업경영 의사결정, 경영정보 분석 등 경영지원 전략 수집 서비스를 제공

· SAS 는 고급 분석(Advanced Analytics)을 위한 HPA(High Performance Analytics) 기반의 SEMMA 방법론을 제시하고, IT+분석+비지니스 통합 플랫폼을 구현하고 포레스터 리서치가 발표한 보고서(Big Data Predictive Analytics Solutions, Q1 2013) 에서 SAS

가 빅데이터 예측 분석 솔루션 부문 1위를 차지

- 국내 기업은 글로벌 기업에 비해 스마트홈 분석 및 관리 기술수준과 경쟁력이 비교적 취약한 수준이나 글로벌 IT 기업들이 국내 시장 진출을 선언하면서 국내 기업도 비즈니스 시장분석 및 관리 기술 사업에 참여하는 실정

  · LG CNS 의 경우 하둡 아키텍처를 적용한 자체 빅데이터 솔루션 플랫폼을 개발하였으며 삼성 SDS는 분석기술을 활용한 바이오인포매틱스 서비스를 제공

  · SK C&C는 비정형 데이터 분석 기술을 바탕으로 한 분석 솔루션을 개발하고 효성인포메이션시스템은 스토리지와 솔루션을 결합시킨 빅데이터 어플라이언스 기술을 주도

  · 솔트룩스는 대규모 데이터의 실시간 처리를 위한 클라우드 컴퓨팅 기술과 자연언어처리, 텍스트마이닝, 시맨틱 기술 등의 인공지능 기술이 결합된 시맨틱 기술 기반의 비정형 빅데이터 분석 수집 플랫폼을 개발하여 소셜 매거진 서비스인 지니어스, 스마트 뉴스리더 지니뉴스 서비스를 제공

  · SK텔레콤은 LBS(Location based Service) 기술과 결합해 상권분석, 고객관리 등의 솔루션을 제공하고 있으며, KT는 지역기반 분석서비스 ‘알지오’에 올레맵을 결합한 서비스를 제공 중이며 또한 자체 빅데이터 분석 플랫폼 구축을 시도

  · 그루터는 빅데이터 플랫폼 구축 및 컨설팅, 빅데이터 분석 및 데이터 제공, 빅데이터 분석 플랫폼 제공과 같은 기술과 서비스를 지원하며 개별 기업의 특정 목적에 따라 원하는 분석을 자유롭고 효과적으로 수행 할 수 있는 빅데이터 분석 플랫폼인 BAAS(Big Data Analysis & Application System)을 제공

  · KT클라우드웨어의 주력 제품인 NDAP(NexR Data Analytics Platform)는 글로벌 빅데이터 표준기술로 부상한 하둡의 주요 핵심기능들을 표준화해 엔터프라이즈 환경에 최적화된 플랫폼을 제공하고 있으며 KT 클라우드 로그분석시스템에 적용하여 서비스 가용성 35% 향상과 장애 대응 시간 50% 단축의 성능을 보여줌.

  · KTH 는 대용량 데이터 실시간 분석/추천 솔루션인 “DAISY(Data Intelligence System)”을 통해 기상청의 기상 정보 빅데이터 플랫폼 구축 프로젝트를 수주하여 기술 개발을 진행

○ 국가별 정책 및 구축 현황

- 빅데이터를 둘러싼 관심은 민간 기업들뿐만 아니라 미국, EU, 싱가포르, 일본과 같은 국가들을 시작으로 국가차원의 전략으로 확산되는 상황

  · 미국은 미국 과학기술정책자문위원회는 2010년 “모든 연방정부는 빅데이터 전략 수립이 필요” 하다고 제시하고, 2012년 3월, 빅데이터 연구개발에 2억 달러 이상을 투입하는 빅데이터 연구개발 이니셔티브를 발표하였으며 미국의 빅데이터 연구개발 이니셔티브 참가기관은 유전자 연구 및 의료, 교육, 지구과학 및 국방분야 등 빅데이터

활용 효과가 뛰어난 분야의 기관들이(국립과학재단, 국립보건원, 국방부, 고등방위연구계획국, 에너지부, 지질조사원 등) 우선적으로 참여

- EU는 금융위기 극복과 사회의 복잡성을 이해하기 위한 FuturICT와 불확실한 미래탐구를 위한 iKnow 프로젝트를 추진 중. FuturICT는 지구 신경망시스템, 전지구 시뮬레이터와 글로벌 참여 플랫폼을 구현하여 세계 변화의 방향과 새로운 지식을 탐구하고 iKnow프로젝트는 전세계의 약신호(weak signal)과 와일드 카드(wild cards)를 포착함으로써, 미래를 형성하는 지식과 전략적 이슈를 발굴

- 영국의 중장기 미래전략 수립을 위해, 최신 과학이론과 데이터 등 증거기반의 정책분석 서비스를 제공하고 정부의 혁신적 전략 및 정책 개발을 지원하기 위한 목적으로 HSC (호라이즌스캐닝센터)를 2005년 수립하고 미래신성장동력 발굴을 위하여 HSC는 각각 연관성이 없는 주제들에 대하여 10~15년 이후 미래를 전망하고 영국의 비만대책수립, 잠재적 위험관리 프로젝트, 전염병 대응책 등의 성과를 거두고 있음.

- 싱가포르의 국가안보조정사무국(NSCS)는 국가안전을 위협하는 요소에 대한 평가와 주변 환경변화를 탐지하여 새로운 기회를 발굴하는 RAHS 프로그램을 2004년부터 운영하며 데이터 수집, 분류, 관계분석 등을 통해, 싱가포르의 주요 이머징 이슈들을 예측하고 발견할 수 있는 RAHS 프로그램 구축함. 또한 해안 안전 확립을 위해 해상상황 인식프로젝트 추진함으로써, 해상 테러, 해안침투 등 해안 영역에서의 안전확보와 조류독감이 싱가포르에 들어옴으로써 벌어질 수 있는 미래 시나리오를 연구하고 대응 방안을 마련

- 일본의 경우 지진, 해일 등 자연재해에 대한 예측 및 대비를 위해 빅데이터 기반 도로 교통정보시스템을 구축하고 빅데이터 전문인력 양성을 위한 연구개발 투자를 기획

- 우리나라는 빅데이터를 생산하고 활용, 소비할 수 있는 정보통신 인프라는 우수하나 부가가치를 창출하는 빅데이터 생태계의 분석기술은 매우 부족한 상황이며 2012년 기준 빅데이터 기술 연구개발 투자는 지식경제부가 연 73억원 수준임(비교 : 미국은 2억달러).

(나) 분산 이종 시스템들의 데이터 및 정보 공유를 위한 기술

○ 정보 표현의 표준화를 위한 온톨로지 기술

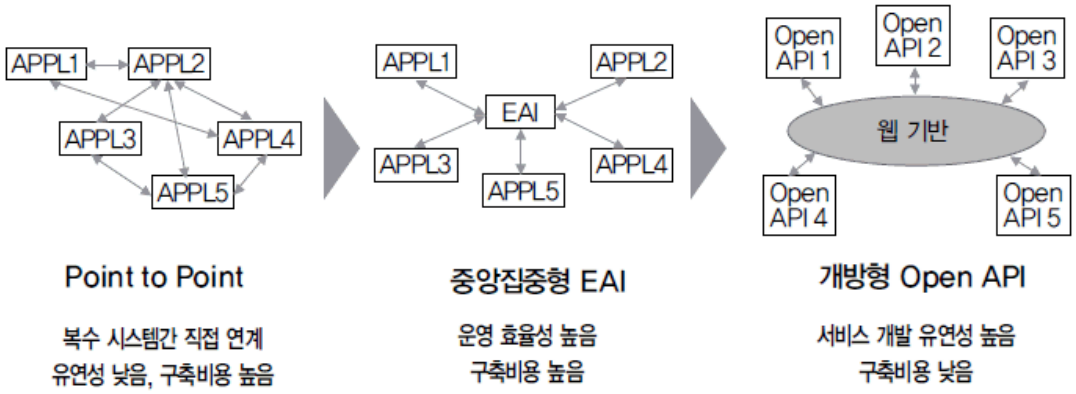
- 온톨로지란 특정한 도메인을 표현하는 데이터 모델로서 특정한 도메인에 속하는 개념과, 개념 사이의 관계를 기술하는 정형 어휘의 집합임.

- 철도 도메인의 온톨로지를 구축함으로써 철도 분야의 서로 다른 시스템에서 생산하는 데이터들 사이의 관계를 도출하기가 용이하게 되며, 궁극적으로 통합된 데이터들로부터 새로운 지식을 추출하기 위한 도구로 사용됨.

- 유럽의 InteGRail 프로젝트에서는 여러 이종의 정보 소스가 있는 유럽 철도 환경에서 정보의 공유와 교환을 위하여 철도 도메인 온톨로지를 구축하였음.

○ 개방형 서비스 인터페이스 기술

- 개방형 서비스란 네트워크 기능 또는 특정한 시스템의 자원을 표준화된 인터페이스(Open API)로 정의하여 네트워크의 구조와 기능 또는 특정한 시스템의 내부를 모르는 다른 별개의 시스템들이 부여된 접근 권한에 따라 쉽게 접근할 수 있게 함으로써 다양한 시스템들이 제공하는 개방형 서비스들을 융합하여 새로운 서비스를 개발할 수 있는 환경을 제공하는 구조를 의미함.
- 이질적인 정보 시스템 간의 연계를 위한 기술 발전 추세는 과거의 경우 복수 시스템 간 직접 연계 방식에서 중앙집중형 EAI(Enterprise Application Integration) 방식을 거쳐서, 개방형 서비스 인터페이스 기술로 발전하고 있음.



출처) 전자정부 포커스, 2007.10

그림 29. 정보 시스템 연계를 위한 기술 발전 방향

- 높은 수준의 보안성이 요구되는 철도 안전 시스템들의 특성을 고려할 때, 철도 안전 시스템들의 융합을 위하여 개방형 서비스 인터페이스 기술을 적용하는 경우, 각 서비스별로 접근 가능한 주체와 접근 권한에 대한 명확한 정의가 우선되어야 하며, 최고 수준의 보안 기술이 함께 적용되어야 할 것임.
- 유럽의 철도를 비롯한 대중 교통 서비스에서 분산된 시스템들 사이에 실시간 정보를 교환하기 위한 프로토콜 표준인 SIRI는 개방형 서비스 인터페이스 표준으로 볼 수 있음.

나. 철도안전 융합시스템 적용을 위한 안전관리체계 구축방안

(1) 철도 안전관리시스템 안전관리기법 개발

(가) 사고예측 모델링

○ ‘철도사고 위험도분석 및 평가체계 구축’ 과제의 연구결과와 국내 철도 전문가의 자문 등을 통해 주요 위험요인을 다음과 같이 도출하였음.

① 도로교통분야

○ 최근까지 도로 교통사고 예측에 관한 연구는 다양한 분야에서 많은 연구자에 의해서 활발히 이루어지고 있음.

- 이기영 등(2004)은 사상자 수를 종속변수, 운전 및 도로 요인을 설명변수로 하고 포아송 및 음이항 회귀식을 이용하여 회귀분석을 통해 사고에 대한 예측 수행
- 강정규 등(2002)은 중회귀 분석을 이용하여 호남고속도로에서의 사고 예측하였으며 Bonneson등은 교차로에서의 교통사고를 음지수분포를 활용하여 예측
- 이수범 등(2003)은 회귀분석 방법을 이용하여 도로특성에 따른 교통사고 예측 모형을 개발하였고 이재명 등은 CART 분석을 이용하여 교통사고 예측모형을 개발. 여기서는 도로 기하구조 요인과 교통사고간의 관계 규명을 위하여 회귀모형과 CART 분석모형을 비교.
- 한상진 등(2008)은 음이항분포 모형에서 최우추정법으로 모수를 추정하는 Hauer 방법 소개
- 김원철 등(2001)은 다중회귀이론, 퍼지이론 등을 이용하여 예측모델을 구축
- 이상의 주요 연구를 표로 정리하면 아래의 표와 같음.

연구자	예측대상	사용기법	사용분포	관련근거
이기영	도로 사상자	회귀분석	음이항분포	“확률회귀모형을 이용한 고속도로의 사고요인분석, ”도로교통 제94호“ (2004)
강정규	고속도로사고	중회귀분석		“고속도로 선형조건별 교통사고 위험도 평가모형 개발”, 대한 교통학회지, 제20권 4호, (2002) : 163-175
Bonneson	교차로사고	회귀분석	음지수분포	"Estimation of safety at two-way stop-controlled intersections on rural highways", TRR 1401, (2000)
김원철	교차로사고	다중회귀분석 퍼지이론		"교차로 안전진단을 위한 교통사고건수 예측모델화 수법에 관한 연구“, 대한 토목학회 논문집, 제 21권 4D호 (2001) : 427-435
이재명	도로상 사고	회귀분석 CART 분석		“CART 분석을 이용한 교통사고 예측모형의 개발”, 한국도로학회 논문집, 제10권 1호 (2008) : 31-39
한상진	도로상 사고	회귀분석 Hauser 분석	음이항 분포	“전통적 사고예측모형의 한계 및 개선 방안 : Hauer 사고예측모형의 소개 및 적용”, 한국도로학회 논문집, 제10권 1호 (2008) : 19-29

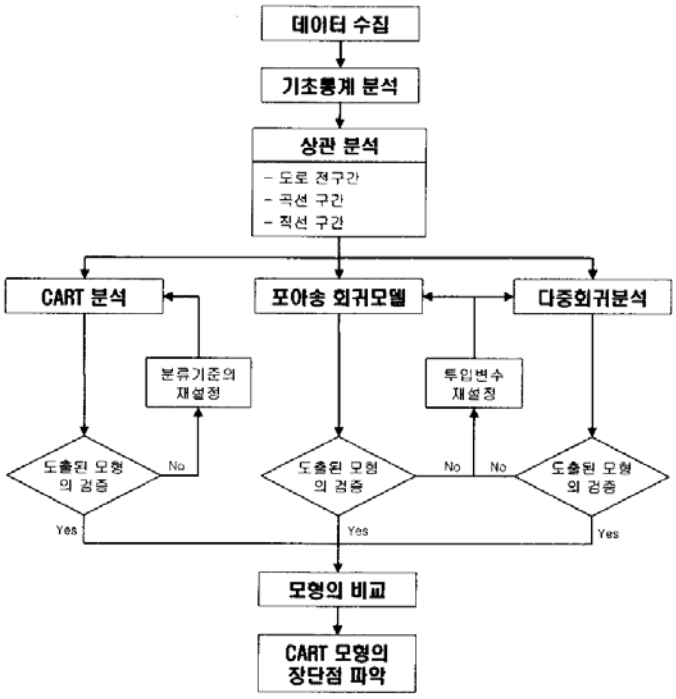
○ 위에 볼 수 있듯이 기존의 연구에서는 사고 예측과 관련된 인자들과의 상관분석이 주로 행해졌으며 대부분 사고 예측을 위해서는 대다수 회귀분석기법을 활용

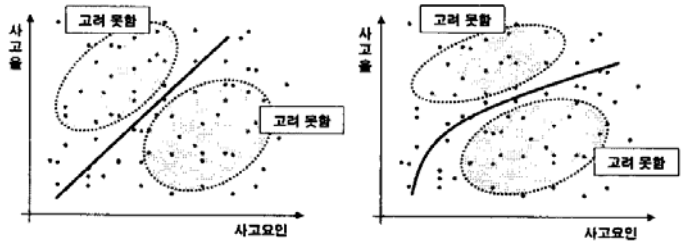
○ 또한 구축된 모델이 어느 특정한 유형의 사고 예측에만 활용되고 있고 서로 다른 유형의 사고 발생에 정보를 제공할 수 있는 모형이 연구되지 않고 있음.

㉮ CART분석을 이용한 교통사고예측 모형 개발

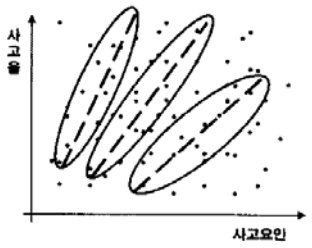
○ 이재명외(2008), 한국도로학회 논문집 제10권 1호, pp 31~39

○ 도로 기하구조 요인과 교통사고간의 관계를 규명하기 위하여 CART분석을 이용하여 전국의 4차로 국도를 대상으로 교통사고예측모형을 개발하고, 다중회귀모형, 확률회귀모형과 CART분석 모형을 비교분석하여 개발.





〔기존 교통사고예측모형의 한계〕



〔CART분석모형의 장점〕

○ 기존의 교통사고예측 모형은 그림과 같이 모형의 설득력을 높이기 위하여 교통사고와의 상관관계가 높은 변수로만 선형회귀모형을 개발하여 다양한 요인을 모형 내에 반영하지 못하거나, 교통사고의 비선형적 특성을 반영하기 위해 비선형 모형을 이용하더라도 교통사고 관련 자료의 분산이 매우 커서 모형의 적용성에는 한계가 있음.

○ 이를 극복하기 위하여 수집자료의 특성에 따라 분류하고 변수의 비선형성을 모형 개발 전에 확인이 가능하며, 변수간의 상호교호작용을 고려할 수 있는 CART분석을 이용하여 교통사고 예측모형을 개발하였음.

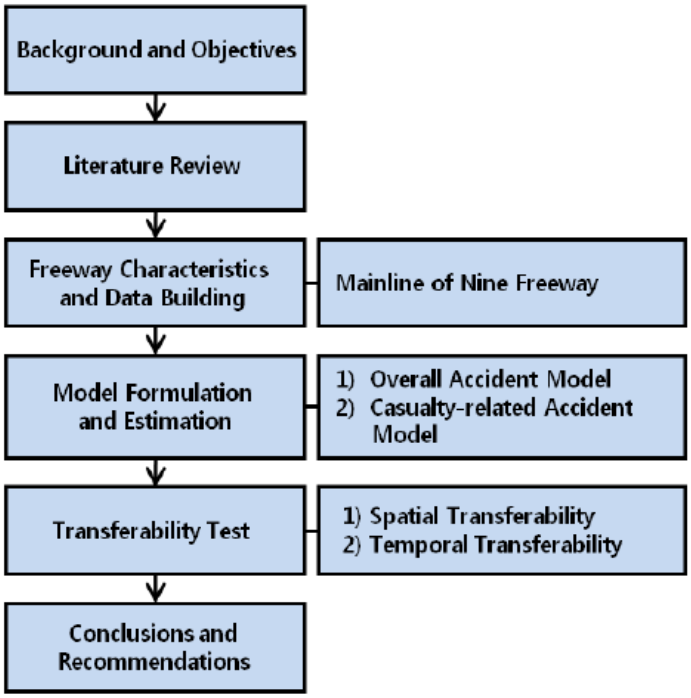
㈏ 고속도로 본선에서의 교통사고 예측모형 개발

○ 문승라 외(2012)은 고속도로 본선에 대한 사고를 예측하거나 안전개선 사업 및 교통정책의 평가 용도로 활용될 수 있는 사고예측모형을 구축. 또한 자료 구축이 용이한 변수를 선정하여 모형을 쉽게 활용할 수 있도록 하는 것을 기본 목표로 종속변수를 사고건수와 사상자발생사고건수로 하여 사고모형과 사상자발생사고모형을 각각 구축

○ 국내 고속도로중 주요한 9개 노선을 선정하고 2003~2007년까지 5개년도 자료를 활용하여 분석 하였으며, 적용 분포는 음이항 분초와 포아송 분포를 적용

○ 모형의 설명변수는 교통류 특성을 나타내는 교통량 등의 예측 가능한 변수와 기하구조 요인 등을 적용하고 최우추정법에 의한 추정 결과 사고모형의 경우 구간길이, 일교통량, 버스비율, 곡선구간수가 유의한 변수로 추정되었으며 사상자발생사고모형에서는 구간길이와 일교통량, 버스비율이 유의한 변수로 추정

○ 모형의 공간적·시간적 전이 가능성을 확인하기 위해 우도비 검정을 수행한 결과, 사고모형은 6차로 이상이나 4차로의 교통류 및 기하구조 특성을 가지는 도로로의 전이가 가능. 반면 사상자발생 사고모형은 모든 도로와 시간대로의 전이가 가능하여, 모형의 활용도가 높게 나타났다. 결과적으로 본 연구에서 구축된 모형은 다른 노선과 장래 계획, 정책 평가 등에 다양하게 활용될 수 있음.



㉰ 고속도로 인터체인지 연결로에서의 교통사고 예측모형 개발

○ 박효신(2007)은 고속도로 트럼펫 인터체인지상에서 연결로 형식별로 일어나는 교통사고와 도로 기하구조 및 교통량등의 교통사고 요인들과의 관계를 분석하여 교통사고 분포특성을 분석하고, 적합성 검증을 통해 최적으로 판단되는 음이항 회귀모형(Negative binomial regression model)을 개발

○ 추정된 모형의 통계적으로 유의한 변수들을 분석하여 교통사고를 설명하는데 유의한 변수들을 도로의 설계자가 도로 설계 및 운영에 적용하거나 교통안전계획 수립시 해당 도로의 교통특성을 반영한 교통사고 절감대책등에 활용할 수 있음.

㉱ 국내 교통사고 예측

○ 양희중(2011)은 교통사고와 관련된 요인들의 상관관계 여부를 분석하고 추후 발생할 수 있는 교통사고율을 예측하는 모형을 개발. 특히 교통사고를 피해 정도에 따라 소형과 대형사고로 구분하고 각 유형의 사고 예측을 할 수 있는 모형을 개발

○ 사고 한 건 한 건에 포함되어 있는 정보를 최대한 활용하기 위하여 각기 다른 유형의 사고 자료도 서로 연관 지어 활용하여 자료 활용성을 최대화 할 수 있도록 하여, 사고 예측에 대한 불확실성을 감소시켜 보다 신뢰성 있는 예측결과를 획득할 수 있도록 분석

㈐ 다중선형 회귀분석을 이용한 고속도로 터널구간의 교통사고 예측모형 개발

○ 박주환(2012)은 고속도로 터널 구간을 대상으로 교통사고 특성을 다각적으로 분석하여 다양한 독립변수를 선정하고 종속변수를 건, 건/km, 건/백만대km로 다양화하여 다중선형회귀모형 개발

○ 교통사고 예측 모형에 대한 기존연구는 크게 본선과 유출입시설을 대상으로 이루어져 왔으며 이를 세부적으로 정리하면 다음과 같음.

- 먼저 본선에 대한 연구는 진교남(1983), 강정규(1985), 백승걸 등(2005)은 사고율을 종속변수로 하는 교통사고모형을 개발
- 이주환(1997), 강민욱(2002) 과 강정규 등(2002)은 사고건수를 종속변수로 하는 교통사고모형을 개발하였으며, 특히 강정규 등(2002)은 호남고속도로를 중심으로 곡선반경, 곡선길이 등을 이용해 선형조건별 모형을 구축
- 이수범(2003)은 도로 등급별 도로의 물리적 특성과 교통특성을 회귀분석을 통하여 개발하였고, 개발한 모형은 실제 사고자료와의 상관성이 높은 것으로 나타났고 특히 고속도로의 경우 교통량이 증가할수록 사고건수도 증가함을 알 수 있음.

○ 유출입시설에 관한 연구는 다음과 같음.

- 박효신(2006), 김희경(2009), 하태준 등(2002)은 사고건수를 종속변수로 하여 교통사고 예측모형을 개발
- 특히, 김희경(2009)은 고속도로 분기점 연결로 선형조건 및 교통조건에 따른 교통사고 특성분석 및 연결로 교통사고예측모형을 개발
- 윤병조(2007)는 트럼펫IC유출연결로를 대상으로 모형을 개발하였으나 설명변수가 적어 모든 설명변수를 All possible regression방식을 이용하여 분석

㈑ 실시간 교통상충 분석기반 경고정보 제공 기법 연구

○ 김준형(2009), 한양대학교 석사학위 논문

○ Perkins등(1968)은 교통상충지표라고 하는 것은 교통사고 가능성의 측도라고 정의하면서, 교통상충을 잠재적 사고 상황으로 정의하여 교차로 사고형태에 따라 20가지 이상의 객관적인 교통상충 기준들을 제시. 이러한 교통상충들은 급제동이나 엇갈림과 같은 교통사고 예방을 위한 필수적인 회피행동의 발생으로 정의되며, 임박한 사고 상황 또는 교통위반 등의 이벤트에서 운전자에 의해 나타난다고 기술

○ Hyden (1996)에 의하면 교통상충분석 기법의 일종으로 1971년 미국의 Hayward가 처음으로 차량 추종상황에서 선행 및 후행차량의 속도가 현 상태를 유지하는 경우 충돌이 발생할 수 있는 시간간격을 time-to-collision (TTC)으로서 정의한 것으로 보고. TTC는 주로 충돌방지 및 감응순항제어(ACC:automatic cruise control)기술의 성능평가를 위해

사용. TTC와 유사한 safety indicator로서 충격파 건수 (Van Arem and DeVos, 1997), time-to-accident (TTA), post-encroachment-time (PET), deceleration-to-safety-time (DTS) 등이 관련연구 (Hyden, 1996; Topp, 1998)에서 발표

○ Trantonioetal.(2005)은 보행자와 차량 간의 상충분석 기법을 최초로 제안. 이 연구에서는 교통상충분석기법을 이용한 보행자 통행안전문제, 특히 시내의 신호교차로를 횡단하는 보행자의 경우를 분석하기 위한 변수를 제시

○ Oh etal(2006)등에 의해 발표된 최근의 논문에서는 기존의 접근방법과는 차별화되는 기법을 소개하였는데, 루프검지기에서 수집된 개별차량의 자기신호자료를 이용하여 후미추돌가능성을 정량화하는 방법론을 제안

- 김현상(1997)은 교통공학의 이론을 바탕으로 객관적이고 비교적 정확한 교통상충기준을 정립하여 사고자료와 교통상충자료의 순위상관분석기법을 통하여 상호 연관성을 규명. 추돌유형상충은 선행차량의 제동에 대하여 추종차량 급제동이 요구되는 상황으로서 안전차두시간을 1.30초 이하를 기준으로 할 때, 상충수와 교통사고 발생의 빈도수가 높게 나타나는 것으로 보고

- 하태준 등(1998)은 교통상충기법을 사용하면 신호교차로에서 사고위험정도 를 효과적으로 예측하고 평가할 수 있기 때문에 교통사고가 잦은 지점의 선정이나 교통사고 감소대책을 위한 도로개선 우선순위를 정할 때 객관적이며 효과적으로 계산할 수 있다고 제시

- 이수범 등(1999)은 교차로 및 짧은 도로구간에서 이용할 수 있는 상충조사 기법과 분석방법을 소개하고, 상충건수별로 위험순위 결정하는 방법을 국내 교통환경에 부합하도록 응용하고, 사례연구로서 심각한 상충건수와 사고건수 간의 관계성을 규명

- 김원철 등(2002)은 기존의 교통상충기법 Traffic Conflict Technique(TCT) 에 사용되는 자료가 조사원에 의해 수집되기 때문에 조사원의 개인적 특성과 지식 정도에 따라 다르게 나타나기 때문에 조사원의 개인적 오차를 최소화하는 방안에 대한 연구 수행. 이를 위해 퍼지 추론이론을 기존의 교통상충모형에 적용하여, 새로운 교통상충모형을 개발

○ 한편 최근의 연구로 이기영(2006)총 7개의 엇갈림구간에서 발생하는 상충유형과 그 빈도수를 추정하기 위해 현장조사를 실시하고, 해당구간의 기하구조 및 교통조건과 상충과의 연관성을 고려한 일반화된 상충추정모형을 개발

○ 오철 등(2007)은 영상 이미지 트랙킹을 통해 추출되는 개별차량의 주행정보와 기존 교통상충분석기법을 응용한 실시간 교통안전평가 방법론을 제시하였다. 오주택 등(2007)은 Tripwire기반의 영상검지 알고리즘과 Tracking 기반의 개별차량 추적기술을 통하여 기본 교통정보를 산출하고 성능을 비교

㈏ 퍼지 및 신경망이론을 이용한 도시부 신호교차로 교통사고예측모형 개발

○ 강영균외(2011), 한국도로학회 논문집, 제 13권 1호, pp 69~77

○ 신호교차로 교통사고예측모형 구축 과정 중 일반적으로 제한된 변수의 선정 및 모형의 구축에만 주로 초점이 맞추어진 기존 방법론의 문제점을 개선하고, 자료조사 및 수집 과정에서 발생하는 자료의 불확실한 상태를 인정하면서 자료의 불확실성을 최소화 하여 이용할 수 있는 방법론 개발

○ 퍼지추론이론과 신경망이론을 이용한 모형을 구축하고, 구축된 퍼지추론이론 모형 및 신경망이론 모형과 기존 회귀모형인 포아송 회귀모형간의 통계적인 검증과 실제 Data를 이용한 모형의 적정성을 검토

○ 모형의 통계적인 검증 시 기존모형에 비해 퍼지추론모형과 신경망이론모형이 더 설명력이 높은 것으로 나타났고, 검증에서도 퍼지추론이론과 신경망이론이 적절한 것으로 나타났으며 기존모형보다 사고건수를 예측하는 설명력이 높은 것으로 입증

② 발전분야

㈎ 화력발전

○ 온라인 조기경보 시스템 : EPI★Center

- 복잡하게 얽혀진 상황변수(압력, 온도, 유속, 진동, 속도, 전압, 전류 및 기타 센서 출력값 등)를 해석하기 위해 데이터 기반으로 설비의 운전패턴을 인식하는 시스템으로 설비와 연관된 센서값들의 미세한 주요변화를 인식함으로써 설비의 비정상 상태를 미리 발견하고 문제가 장애로 발전하기 전에 효과적인 유지보수 가능

- 주요기능

  · 센서와 제어시스템의 각종 데이터의 연관성을 감시 분석

  · 단일 소프트웨어를 이용해서 여러 다양한 설비들(보일러, 터빈, 발전기, 펌프, 팬, 압축기 등)를 감시

  · 상황에 따른 측정 보정 기능을 이용한 센서 자체의 상태감시

  · 매우 중요한 센서 데이터의 값에 대한 타당성 검증

  · 각종 정보시스템(ERP, EAM, MES 등)으로 실시간 설비상태 정보 제공

- 문제점

  · 실시간 분석은 가능하지만 특정 목적을 위한 통계적 분석 작업이 불가

  · 모델링을 통한 이상적인 환경과 현재 환경과의 비교분석 불가

  · 외국 시스템으로 국내 여건에 활용하기 위해서는 별도의 작업이 필요

  · 세부적인 통계분석 기능 부재

○ 온라인 실시간 데이터 취합 시스템 :PI

- 발전소뿐만 아니라 대용량 데이터를 실시간으로 관리하고자 하는 모든 산업 분야에서 실시간으로 관련 데이터들을 취합하고 관리하여 현황분석 및 필요한 분석을 할 수 있는 시스템

- 주요기능

  · PI Alarm : 사용자가 지정한 매개변수를 초과하는 프로세스에 의해 발생하는 경보상태를 추적, 관리 및 확인

  · PI PE(Performance Equations) : 시간 또는 이벤트를 기준으로 실시간 계산을 수행

  · PI RtSQC(Real-time Statistical Quality Control) : 실시간 기반으로 실행되어 시험한 결과와 SQC제한치를 프로그램으로 구현하여 제공

  · PI Totalizer : 실시간으로 입력되는 데이터들에 대한 기술통계량 제공

- 문제점

  · PI는 실시간 분석 시스템이 아니라 실시간으로 데이터를 관리하는 시스템

  · 추가적인 기능을 위해서는 각 기능별로 별도의 모듈이 필요

  · 실시간 분석은 가능하지만 특정 목적을 위한 통계적 모델링 작업이 불가

  · 통계적 모델링을 통한 이상적인 환경과 현재 환경과의 비교분석 불가

  · 외국 시스템으로 국내 여건에 활용하기 위해서는 별도의 작업이 필요

  · 세부적인 통계분석 기능 부재

○ 실시간 성능감시 시스템 : e-OASIS

- 전력연구원에서 개발하여 일부 화력발전소에서 운영중인 시스템으로서 발전설비의 효율적 관리와 운전성능 최적화를 도모하기 위해 성능추세분석, 시간대별, 및 일일 성능진단, 관리 등 실제 운전상황을 반영하는 실시간 성능감시 시스템 구축에 의한 최적 운전상태 유지를 위한 시스템

- 주요기능

  · 실시간 성능감시 : 화력발전소의 방대한 운전변수를 실시간으로 취득하고 성능계산 결과를 데이터베이스화하여 모니터링 함으로써 효율적이며 최적의 발전소 운전을 구현하는 기능을 수행

  · 운전지원 시스템 : 기기 운전절차서, 경보 원인 및 조치사항 등 운전 관련 지식을 체계적으로 분류하여 참조할 수 있도록 구축한 웹 데이터베이스

  · 보고서 자동생성 : 단순 반복적인 업무를 보다 용이하고 신속하고 정확하게 산출하고, 궁극적으로 이들 값으로 구성되는 보고서를 자동으로 생성하는 기능을 제공

  · Data Validation : 분산제어장치(DCS)로부터 취득된 운전변수에 대해 신뢰성을 부여하

기 위해 유효한 값으로 대체하는 유틸리티이다. 수치 및 통계적 방법에 의한 기법을 사용하고 유효성 대상 운전변수의 추가, 삭제 가능하며 고차 다항식을 적용한 정교한 함수식 구현

- 문제점

· 실시간 현황분석을 통한 설비를 효율적으로 관리하기 위한 시스템

· 주요 사이트의 구축 경험이 미약하여 시스템에 대한 검증이 되지 않음.

· 예측진단을 통한 조기 경보 기능 부재

· 실시간 분석은 가능하지만 특정 목적을 위한 통계적 모델링 작업이 불가

· 통계적 모델링을 통한 이상적인 환경과 현재 환경과의 비교분석 불가

· 세부적인 통계분석 기능 부재

㉰ 원자력 발전

○ 원자력안전분석 추이

- 현재 미국은 리스크/성능정보를 활용한 기술지침서 개정(LCO 관련 요건 변경/종결상태 변경 등) 등이 매우 활발히 이뤄지고 있으며, 리스크/성능정보활용의 적용 범위가 대형냉각재상실사고의 재정의(Re-definition)와 같은 설계기준사고의 변경, 신형 원전의 설계 최적화등 광범위하게 확대되어 가고 있으며, 이에 따라 리스크 평가의 범위와 정확성에 대한 기준이 강화되고 있는 추세

- 이에 따라 미국 NRC는 PSA의 정확성을 확보하기 위하여 ASME PSA(PRA) Standard 개발 등 PSA 품질에 대한 요건을 더욱 강화하여 가고 있으며, 2009.3 이후 정비규정은 물론 모든 리스크/성능정보 활용에서 화재와 같은 외부 사건의 영향도 평가하기를 요구함.

- 위와 같은 상황 하에서 미국 EPRI는 PSA 수행의 종합성/객관성(Integrated & Objective)의 확보가 필수적임을 천명하고 있으며, 또한 수행범위의 확대에 따른 PSA 수행의 효율성/편의성 확보가 필수적인 상황

- 미국의 EPRI는 내부사건 PSA로부터 화재 PSA 모델을 구축할 수 있도록 해주는 프로그램의 개발, 디지털 I&C 계통, 리스크 정보를 활용한 새로운 비상계획 수립, 신형 원전 지진 현안 관련 연구 등 본 과제와 유사한 연구를 포함하는 2009년도 리스크정보 활용 관련 연구 계획을 발표

- 미국의 Excelon, Duke Power 등 원자력 사업자들은 단순히 NRC의 리스크/성능 관련 규제 요건을 충족하는 것에서 한발 나아가 이제는 리스크와 성능 정보를 통합하여 가동 중 정비 등 원전의 일상 운전에 적용하여 원전의 안전성을 확보하며, 아울러 경제성도 향상시키는 수준에 이름

- 미국 이외에도 일본 정부는 2003.11에 리스크/성능정보활용 체제의 도입을 위한 정부

정책성명을 발표하였으며, 이후 정량적 안전 목표 설정, PSA 표준 작성 등 관련 기술을 적극적으로 개발 중. 또한 핀란드 등 일부 유럽 국가의 규제 기관은 미국보다도 강화된 리스크 기준에 근거하여 관련 규제를 시행

○ 국내 현황

- 국내는 1994년에 발표된 “원자력안전정책”에 따라, 전 가동원전에 대한 PSA가 수행되었으며, 현재 신규 건설 중인 원전에 대한 PSA가 수행 중
- 또한 리스크정보활용 규제는 과기부가 2002.3에 중점과제로 대통령에게 보고한 사항이며, 원자력안전위원회의 결정에 따라 규제기관 및 산업체가 정비 규정(Maintenance Rule)의 도입을 준비
- 특히 2009년부터 교육과학기술부에서 준비 중인 “원자력안전종합계획(안)”에서도 중점과제로 “리스크정보활용 안전규제체계의 수립/이행”이 포함되어 있을 뿐만 아니라 “원전 안전성 확인체계의 선진화” 등 다른 중점과제에서도 리스크정보활용을 강조
- KINS는 “리스크정보활용 이행 계획”을 준비 중이며 이를 바탕으로 점차적으로 국내에 리스크정보활용규제를 도입하는 것을 추진. 2010년 현재 KINS는 향후 국내 리스크정보활용규제에 대한 전반적인 입장을 밝히는 “리스크정보활용규제에 관한 정책보고서”를 준비 중
- 산업체도 지난 몇 년간 RI-ISI, RI-ILRT 적용 및 기술 지침서 개정(AOT, STI 연장)을 위해 많은 노력을 기울여 오고 있음.
- 한국원자력연구원을 포함한 국내 연구 기관도 지난 1/2차 중장기를 통하여 리스크/성능정보활용을 위한 기반 기술 및 국내 고유 데이터베이스의 구축 작업 등을 수행해 왔다. 더불어 그 동안의 중장기 연구를 통하여 개발된 (1) 세계에서 가장 수행 속도가 빠르고 정확한 결과를 주는 PSA 정량화 프로그램(FTREX), (2) 세계에서 가장 많은 운전원 훈련 자료를 갖고 있는 인적 수행도 DB9OPERA), (30 불확실성 분석지원 프로그램(MOSAIQUE) 등에 대해서는 원자력 선진국에서도 많은 관심을 가지고 사용을 요구

○ 국내외 기술 수준 비교

- 현재 국내 PSA 기술의 몇 가지 분야에 있어서는 아직도 미국과 상당한 기술격차가 있으므로, 이에 대한 연구 개발이 필요한 상황이며 각 기술 분야별 국내 연구 개발 동향 및 기술 수준은 아래에 기술
- 리스크/성능정보활용 기술: 국내의 리스크 평가 및 활용 기술은 전반적으로는 미국에 접근하는 수준으로, 성능 정보 관련 분야에 있어서는 성능감시의 일환으로 정비규정의 도입을 준비하고 있는 단계이나, 미국의 경우는 정비 규정 외에도 사고전조분석(Accident Precursor Analysis) 등 다양한 성능 평가 방법이 사용되고 있음.
- 리스크/성능정보활용 분야는 전체적으로 미국에 비해 5-10년 정도 뒤 늦게 따라가고 있는 단계이며, 국내에서의 신형원자로에 대한 리스크/성능기반 설계체제는 개념연구

가 일부 진행되고 있으나 종합적인 체제 및 분석 시스템의 개발은 미진

- 디지털 계측제어 환경하의 리스크 평가

· 국내 원전의 경우 이미 도입하였거나 설계 및 계획 중인 안전 관련 디지털 I&C 계통이 많아, 디지털 I&C 리스크 평가 기술은 안전성 입증 및 리스크정보활용 의사결정 체계 구축을 위해 필수적인 기술이며, 동시에 디지털 안전 계통의 원전 도입을 준비중인 국제 원자력 산업계에서도 국내의 연구개발에 큰 관심을 갖고 있는 상황임.

· 지난 3차 1단계 중장기 연구를 통해 이 분야에 있어 원천 기술이 되는 요소별 정량화 기술을 확보하였고 원전 리스크모델에의 통합 가능성을 확인한 상태이므로 디지털 I&C PSA 수행 기술은 외국에 비해 앞서 있다고 판단되나, 디지털 특성을 반영한 세부적인 PSA 요소기술 부분은 원전 선진국에 비해 3~5년 정도 뒤쳐져 있다고 판단됨.

- 열화를 고려한 지진 리스크 평가

· 그동안 국내에서도 원전에 대한 지진 PSA를 수행하여 왔으나 국내 지진연구는 대부분 원전 주변에 분포하고 있는 단층대에 대한 조사 및 이들 단층에서 발생할 수 있는 지진 크기의 산정 등 지질학 및 지진학적 측면에서의 지진발생 자체에 대한 연구에 국한되어 있어 지진 PSA 품질 향상을 위한 연구는 매우 미비한 상태

· 1단계에서 처음으로 국내 지진 PSA 기술을 체계화하고 신뢰성 있는 지진리스크 평가 기술을 확보하기 위한 연구를 수행하였으나 국내에서는 아직도 1980년대에 미국에서 개발된 지진 리스크 평가 방법을 사용하고 있어, 이에 대한 보완이 시급한 상황임. 현재 국내 지진 PSA 기술의 적용 수준은 선진국 대비 70% 수준에 와 있다고 볼 수 있으나 미래형 원전 적용을 위한 기술은 초보적인 단계

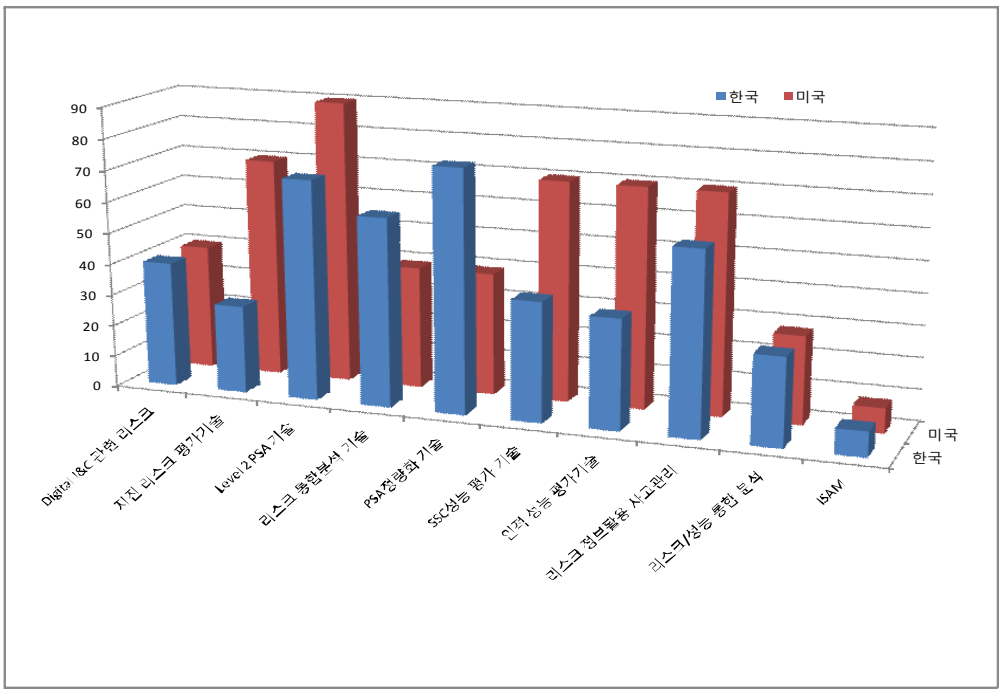
- 인적오류 유발 사건의 리스크/ 성능 평가

· 사고 발생 후의 비상직무에 대한 인적수행도 DB인 OPERA가 개발된 바 있으나, 최근 중요성이 강조되고 있는 정비/시험과 같은 일상직무인 경우, 인적유발사건의 영향을 체계적으로 평가하는 기술 개발에 대한 연구가 아직 없었기 때문에 기술 수준이 선진국에 비하여 상대적으로 취약한 것으로 파악

· 따라서 일상직무 관련 인적유발사건의 분석체계를 개발하였고 이를 근간으로 국내 고유 PSF 항목, 인적오류 유형 예측절차 및 불시정지/출력감발 영향 분석 모델 개발

· 또한, 정/주기 시험 수행과 관련된 문제점을 해결하기 위해 FIXPERTS 시스템을 개발하였고, 운전원간 의사소통 특성 파악을 위한 분류체계를 개발. 그러나 실제적인 활용성을 높이기 위해서는 1단계에서 개발된 방법 및 모델을 근간으로 미반영 요소기술의 개발 및 이들의 통합이 필요한 상황이며, 선진국 대비 3~5년 정도의 기술적 격차가 있는 것으로 판단

- 한•미간의 리스크/성능정보활용 분야 기술에 대한 대략적 기술 수준 비교



○ 원자력발전소 안전성 평가 현황과 계획

- 가동 원전 종합 안전성 평가 체계

· 원자력발전소는 설계 단계부터 안전성을 최우선적으로 고려하여, 심층 방어 및 안전 여유도 개념의 적용, 예비 안전성 평가 및 최종안전성 평가와 사용 전 검사, 성능시험 등을 통해 설계, 시공 및 시운전 단계의 안전성 확인

· 운영 단계의 주요한 안전성 보증활동은 운영기술지침서에서 요구하는 주요 안전 인자의 준수, 각종 안전 등급 설비, 기기 및 구조물의 정기 점검과 더불어 규제 기관의 정기 검사, 품질 보증 검사 등을 들 수 있음.

· 또한 주기적 안전성 평가(PSR)나 확률론적 안전성 평가(PSA)를 수행하여 운영 허가 이후 변화된 안전 기준에 대해 심층적인 검토를 수행하고 있으며, 아울러 원전 운영과 관련된 IAEA, WANO 등의 국제 원자력 전문 기관과 공조하여 안전 수준을 정기적으로 점검하고 있음.

· 원전 운영 단계에서 이루어지는 각종 안전성 평가 및 점검 내용

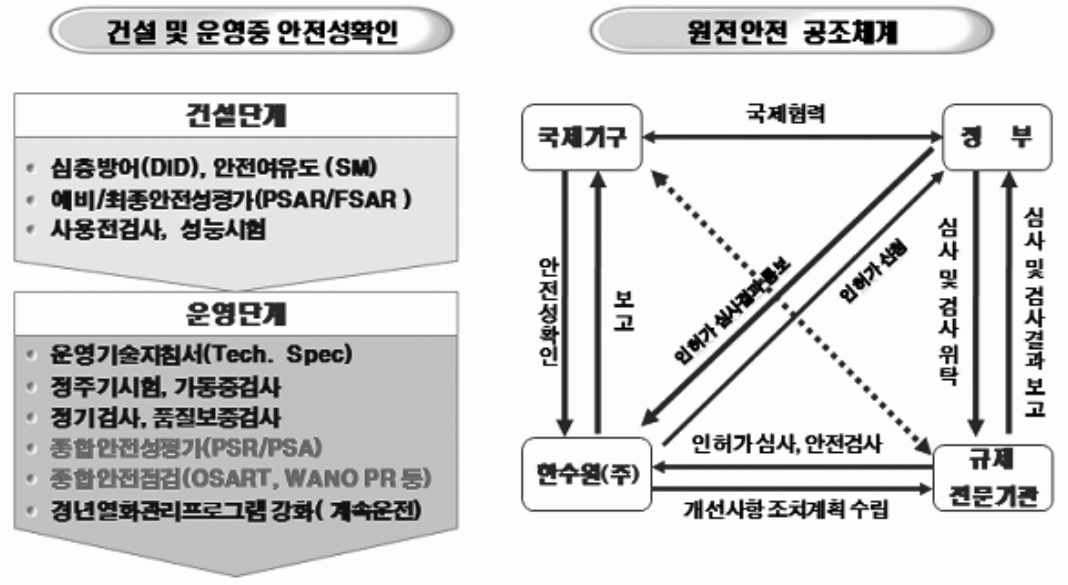


그림 30. 안전성 확보 체계

구분		평가/점검 내용	수행 기관	수행기간/주기
안전성 평가	PSR	원전의 물리적 상태 및 경년열화, 안전성 분석, 절차서, 비상계획 등 11개 분야	한수원	24개월/10년
	PSA	기기 및 계통의 이용불능도, 원자로노심 및 원자로건물 건전성 손상 빈도 등	한수원	24개월/필요시
안전점검	OSART	조직행정, 훈련자격, 운전, 정비, 기술지원, 운전경험 등 9개 분야	IAEA	13일/필요시
	WANO Peer Review	조직행정, 운전, 정비, 훈련, 엔지니어링, 운전 경험 등 10개 분야	WANO	10일/6년
	KOSART	운전, 정비, 방사선 및 화학, 기술지원 등 4개 분야	한수원	8일/2년
정주기시험, 가동중검사		안전관련 기기나 계통이 운영기술지침서에서 요구하는 안전기능 유지 확인	한수원	수시간/ 수시간~수개월
정기검사		원자력법령에서 규정하는 기술기준에의 적합성	KINS	수일/20개월내
품질보증검사		품질보증계획의 유효성, 품질활동의 적합성 등	KINS	수일/2년

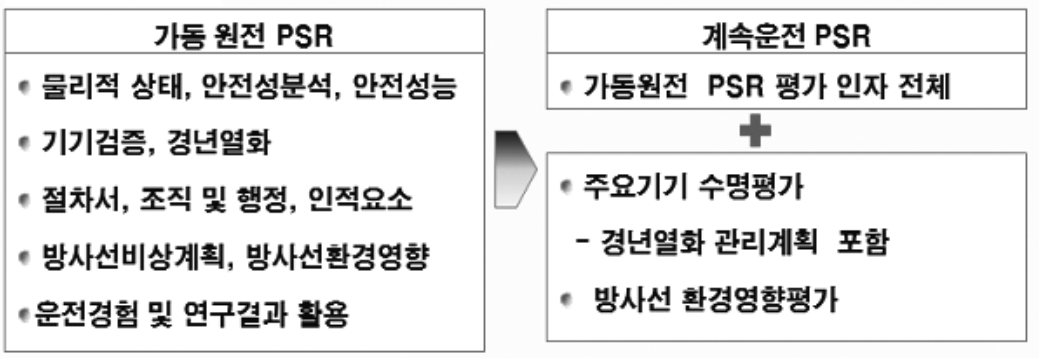


그림 31. PSR 평가 인자

- 주기적 안전성 평가 (PSR, Periodic Safety Review)

· PSR은 가동원전에 대한 안전성 확인 및 증진을 위하여 기존의 안전 검사, 정기 검사 등의 안전성 확인 방법에 추가하여 시행하는 체계적인 안전성 평가 기법으로서, 체르노빌 사고 이후 범세계적인 안전성 평가 기준의 필요성을 제기한 IAEA의 권고에 따라 원전 보유국 대부분이 시행

· 우리나라는 1999년 12월 원자력안전위원회에서 추진 방안을 의결하였으며, 2001년 1월 원자력법 개정 후 동년 7월에 시행령 및 시행 규칙을 개정하여 PSR 제도에 대한 법제화 완료

· 가동 원전은 운영 허가 이후 매 10년마다 안전성을 종합적으로 평가하고 그 결과를 교육과학기술부 장관에게 제출하여 심사

· PSR 평가 내용은 '원자로 시설의 평가 당시의 물리적 상태에 관한 사항', '안전성 분석에 관한 사항', '기기 검증에 관한 사항 ' 등 11개 항목에 대해 개별 평가 인자는 물론 연관 사항을 고려하여 복합적으로 평가

· 우리나라는 계속운전을 위한 법적인 요건으로 가동 원전의 PSR과 미국 원전의 인허가 갱신 요건 모두를 적용한 강화 기준을 적용하고 있고, 계속운전을 위한 PSR은 가동 원전의 PSR 평가 인자 이외에 '주요기기 수명 평가' 및 '방사선 환경 영향 평가' 를 추가로 수행

· 한수원(주)의 평가 결과는 12개월간 규제 기관에서 심사하여 심사 결과와 함께 원자력안전위원회의 심의를 받음.

- 확률론적 안전성 평가 (PSA, Probabilistic Safety Assessment)

· PSA는 원자력발전소에서 발생할 수 있는 주요 사건에 대해 발생 경위와 현상을 규명하고 사건 발생에 따른 원자로 노심 및 원자로 건물의 건전성을 확률론적으로 평가하는 안전성 확인 기술로서 TMI사고를 통해 필요성이 부각되었으며 미국을 중심으로 세계적으로 널리 활용

· 우리나라는 1994년 원자력 안전정책 성명에서 확률론적 안전성 평가의 도입을 천명한 이후에, 2001년 교육과학기술부의 중대 사고 정책에 따라 건설 원전을 포함해 전

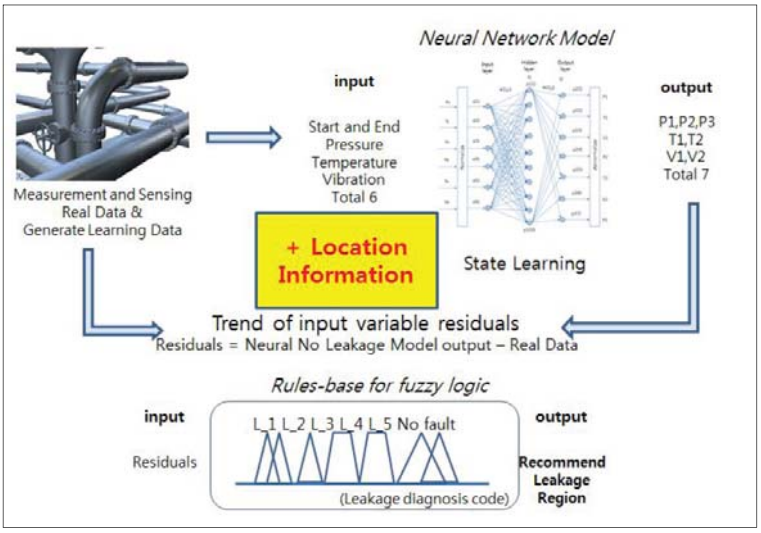
원전에 대해 확률론적 안전성 평가를 수행

- PSA는 원전의 냉각재 상실 사고, 전원 상실 등 원전 내부에서 유발되는 사건뿐 아니라 지진, 홍수, 화재 등의 원전 외부에서 발생한 사건에 의한 리스크를 정량적으로 나타낼 수 있으며, 원자로 노심이나 원자로 건물의 손상 빈도와 원전 외부 환경에 미치는 영향을 정량적으로 평가할 수 있음.
- PSA 수행 및 안전성 향상 방안을 지속적으로 이행하여 국내 원전은 IAEA 권고 수준을 훨씬 상회하는 안전 수준을 확보하게 되었으며, 향후 리스크 정보를 활용한 원전 운영 및 정비 개선을 추진하는 '리스크 정보 활용 기반' 마련

㈐ 사고예측 모델링

○ 가스누출사고 예측 모델링

- 활용센서 : 가스 누설감지기, 바이오 센서, 액체감지센서, 압력 측정기
- 가스누출 원인 : 가스배관의 부식에 의한 열화, 배관 연결고리에서의 불량, 배관의 외부 충격 등으로 인한 강제 절단이나 crack 등
- 관련연구1
  - 압력값 모니터링을 통한 배관 내 가스누출감지에 대한 실험적 연구(진경민)
  - 여러 지점의 배관의 압력센서를 통해 들어오는 압력값들의 연관성을 분석하여 정상적인 연관성 정도에서 벗어날 경우 누출로 판단되고 연관성 정도의 변화량을 계산하여 누출 지점 예측
- 관련연구 2
  - 신경망모델과 퍼지이론을 이용한 가스배관 누출지역 진단 알고리즘(신충연)
  - 여러지점의 압력, 온도, 진동 센서를 통해 들어오는 센서값을 이용해서 데이터마이닝(뉴럴네트워크, 퍼지이론) 분석방법을 이용한 가스누출 조기진단 모형



○ 노후발전소

- 노후발전소를 설계수명 이상 사용하면서 안전성 및 경제성을 확보하기 위해서는 설비의 정확한 상태진단과 수명평가는 필수임.
- 이러한 수명평가 기술은 선진국을 중심으로 꾸준한 연구가 수행 중에 있으며, 일반적인 설비의 평가는 주로 3단계로 이루어 짐.
  - 1단계: 설계 데이터를 이용한 간단한 응력해석을 통해 수명을 예측
  - 2단계 및 3단계: 파괴적인 방법과 비파괴적인 방법을 사용하여 보다 더 정밀한 수명을 예측하는 것으로, 최근의 연구동향에서는 이러한 평가기술의 보수성을 최소화하기 위하여 실시간 운전 데이터를 이용한 설비의 손상 및 정확한 수명평가가 수행되고 있음.
- 미국
  - 전력연구소(EPRI)를 중심으로 하여 보일러 튜브, 고온 헤더, 드럼, 주요 배관, 터빈 로터 등에 대한 설비별 진단기술을 개발하고 있으며, 미국 내의 연구기관과 협력하여 보일러와 터빈을 대상으로 진단 및 수명평가 연구가 광범위하게 진행
  - 또한 주요기기에 대한 수명연장 방법수립은 물론 고온취약설비에 대한 설비상태 평가에 관한 연구가 활발하게 수행
  - 전력연구소에서는 이와 같은 수명평가와 함께 미국 내의 600여개 전력회사가 공통으로 이용할 수 있는 설비의 수명연장을 위한 가이드라인도 구축 완료단계에 있다. 온라인 모니터링에 의한 진단시스템에 관한 연구는 미국 전력연구소의 후원아래 SI(Structural Integrity)사가 개발하여 노후설비 및 신규 발전설비에 적용되고 있음.
  - 최근의 기술동향은 설비를 원격진단에 의해 유지 관리할 수 있는 종합관리 시스템을 구축하는 단계임.
  - 미국의 경우 25~35 년간 운전된 5개 발전 설비를 진단대상으로 하여 수명관리에 대

한 조사를 실시하였으며, 이를 토대로 표준 수명관리 계획에 의한 플랜트 설비별 정밀진단 일정을 5년 단위로 수립하여 설비를 체계적으로 관리하고 있음.

- 캐나다, 영국

· 수명관리와 관련하여 금속조직의 파손해석, 구조물의 온-라인 모니터링에 의한 운전자료의 관리 및 설비의 감시, 응력해석 및 결함진단의 정확성 등에 많은 연구를 수행

· 이와 같이 선진 외국에서는 단기 집중투자에 의한 수명연장을 지양하고, 자체 수명관리 프로그램을 개발하여 지속적으로 설비의 상태를 감시하는 예측정비에 의한 설비의 종합적인 수명연장 관리 기술은 물론 급속하게 발달하고 있는 정보통신 기술을 응용한 설비의 원격진단기술 개발에 집중적인 연구가 진행

- 국내

· 원자력발전소에서 가압분사노즐과 증기발생기 급수노즐에 대한 피로감시방법을 제시한 바 있으며, 한국전력공사와 일부대학에서도 단편적인 연구가 수행되고 있음.

· 현재까지 국내에서는 온-라인에 의한 발전설비 진단시스템을 적용하는 발전소는 소수의 신규발전소에서 국부적으로 운전데이터를 관리하는 수준으로, 40여개의 노후발전소를 정밀진단 및 수명평가를 수행하면서 취약부위에 대한 해석기술을 물론 체계적인 발전설비 데이터 관리 분야 및 진단분야에 대한 연구를 부분적으로 수행함.

· 현재 국내의 기술수준은 ’70 - ‘80년대부터 진단 및 수명평가 관련 연구를 수행한 선진국에 비하여 응용기술 및 시스템 개발 기술 등이 미흡한 수준이므로, 이 분야에 대한 기술 경쟁력을 확보하기 위해서는 현장 경험을 토대로 한 설비 진단기술 개발은 물론 온-라인에 의한 발전설비 진단 시스템을 개발하여 향후 설비의 신뢰성, 안전성, 수명연장 측면에서 활발한 연구가 필수적으로 수행되어야 함. 또한 발전설비 기기에 대한 선진 외국의 수명관리 진단기술을 습득하여 보일러/터빈기기에 대한 수명연장기술을 확보하여 종합적인 수명관리 시스템 개발이 필요

· 이와 같이 진단기술의 신뢰도를 향상시키기 위해서 기존의 오프라인(off-line) 방식의 설비 건전성 및 수명평가에서 벗어나 설비의 실제 운전환경하의 운전데이터를 실시간으로 취득하여 현상을 규명하는 온라인 모니터링에 의한 배관거동 해석기술, 수동방식을 탈피한 자동에 의한 설비의 체계적인 진단 관리시스템 기술 등 비파괴진단기술 및 진단시스템 개발 등을 통한 독자적인 기술축적이 요구

③ 기술개발 요구사항 분석

㉮ 빅데이터 분석

○ 최근 들어 모든 산업분야 뿐만 아니라 공공에서도 빅데이터(Big-Data) 분석을 통한 기업경영이 주요 화두로 대두되고 있으며, 원자력발전, 항공, 화력발전에서는 이미 센서를 통해 수집되는 많은 양의 빅데이터들을 종합분석하여 사고예측 및 효율적 유지보수 전략 수립 체계가 구축 되고 있음.

○ 다양한 경로의 센서들로부터 수집되는 실시간 융합 빅데이터 및 열화분석 데이터에 최신 데이터마이닝 기법과 다차원 분석 등의 고급통계분석 기법을 적용하여 빠르고 정확한 사고예측 모델 개발

- 철도 시설물 요인의 사고·장애 예측 모델 및 평가기술개발, 철도차량·전기신호·통신 요인의 사고·장애 예측 모델 및 평가기술 개발, 철도종사자 인적요인의 사고·장애 예측모델 및 평가기술 개발 부문으로 분류

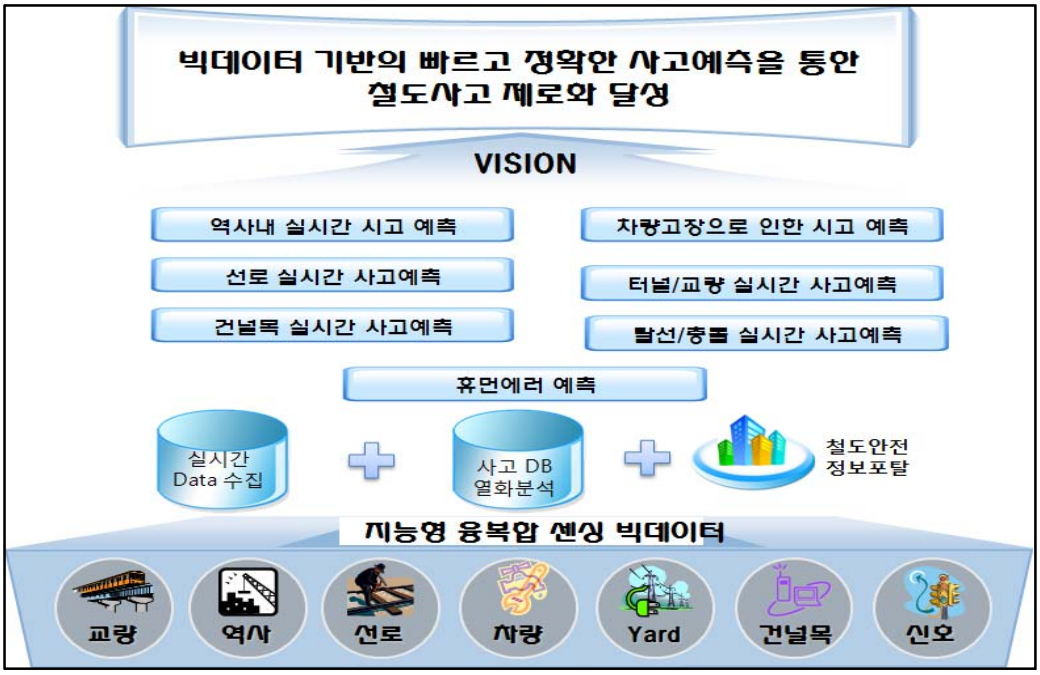


그림 32. 사고예측연구 과제의 목표와 비전

○ 연구내용 - [1] 철도 시설물 요인의 사고·장애 예측 모델 및 평가기술 개발

- 철도 시설물에 관련 센서들에 의해 수집되는 데이터들을 빅데이터 분석, 연관성 분석이나 데이터마이닝 분석기법들을 종합 분석하여 사고를 예측하고, 예측 결과를 바탕으로 미연에 조치를 취함으로서 철도사고의 제로화 달성

- 기존의 센서들에 의한 모니터링 기법들은 분석하고자 하는 센서 개별적으로 상하한치를 설정하고 이를 벗어나면 메시지를 전달하는 일차원적 분석 방법을 사용하여, 사고예측 측면에서는 기초적인 방법을 사용하였으나 본 기획 연구에서는 해당 센서들 개별적인 분석이 아니라 관련 센서들을 융합하여 다차원 분석 및 데이터마이닝 분석을 통한 패턴 기법을 활용함으로서 예측의 정확도를 높이고, 보다 따른 예측을 수행하여 빠른 대응이 가능하도록 함.

- 기존의 연구들은 각각의 센서들에 대한 모니터링 개념으로 국한되어 있으나 본 연구에서는 설비나 차량의 열화분석을 통해 고장으로 인한 사고를 조기에 예측할 수 있도록 하고, 고장을 방지하기 위한 유지보수 전략에 분석 결과를 활용함으로서 보다 정확

한 사고 예측 분석을 수행 하고자 함.

- 철도 시설물 요인의 사고·장애 예측 분석 현황

표 19. 역사에서의 철도 사고·장애 예측 분석 내용

대분류	중분류	기존센싱기술	융합기술	국내기술현황	국외기술현황	감지내용	분석내용
화재	역사내 화재(방화)	CCTV 모니터링, 열감지센서	열영상 적외선 카메라(영상 센싱)+열감지(적외선온도센서)	▪ 연기감시및 온도센서를 통한열감지를통한화재감지기설치 ▪ 보편화된기술	▪ 일부 CCTV를 통한 모니터링은 하고 있으나 센싱 데이터를 이용한 분석은 수행되지 못하고 있음	▪ 테러/방화 가능성 (가스냄새, 기름냄새)	▪ 테러/방화용의 자분류 및 행태 분석
	시설물 화재(전기화재)	CCTV 모니터링, 열감지센서		▪ 온도센서를 통해 열을 감지하여 화재여부 판단		▪ 연기, 가스누출, 수증기, 온도	▪ 전기장치 고장예측 분석 ▪ 전기고장 예측분석
	시설물 화재(설비과열)	CCTV 모니터링, 열감지센서		▪ 온도센서를 통해 열을 감지하여 화재여부 판단		▪ 온도변화, 연기, 가스, 수증기	▪ 설비 고장 예측 분석
	승강장 화재	CCTV 모니터링, 열감지센서		▪ CCTV가 설치되어 센터에서 모니터링		▪ 온도변화, 연기, 가스, 수증기	▪ 설비고장 예측분석 – 고장으로인한화재 ▪ 방화/테러의경우용의자분석
	가스/유류화재	CCTV 모니터링, 열감지센서	가스 누설 감지기, 바이오 센서, 액체감지		▪ 일부 CCTV를 통한 모니터링은 하고 있으나 센싱 데이터를 이용한 분석은 수행되지 못하고 있음	▪ 가스누출, 유류냄새, 신너등 소지여부	▪ 가스/유류화재예측 분석 ▪ 배관,저장소에대한 열화분석
사상	승강장 추락	CCTV 모니터링	초음파, CCTV, 광센서	▪ CCTV가 설치되어 센터에서 모니터링	▪ 일부 CCTV를 통한 모니터링은 하고 있으나 센싱 데이터를 이용한 분석은 수행되지 못하고 있음	▪ 안전지대 이탈 가능성	▪ 여객 이동 패턴 분석 ▪ 안전지역 이탈예측
	승강장 넘어짐	CCTV 모니터링	초음파, CCTV, 광센서	▪ CCTV가 설치되어 센터에서 모니터링		▪ 안전지대 이탈 가능성	▪ 여객 이동 패턴 분석 ▪ 안전지역 이탈예측

대분류	중분류	기존센싱기술	융합기술	국내기술현황	국외기술현황	감지내용	분석내용
	작업장 추락/전도	CCTV 모니터링	CCTV 모니터링	▪ CCTV가 설치되어 센터에서 모니터링		▪ 안전지대 이탈 가능성	작업자이동 패턴분석 안전지역이탈예측
	열차에 뛰어듦(자살)	CCTV 모니터링	CCTV+레이더센스+레이저센스			▪ 안전지대 이탈 가능성	▪ 여객이동 패턴분석 ▪ 안전지역 이탈예측
테러	독극물	없음	CCTV+후각센싱+음향센싱	▪ CCTV부터 입력되는영상을이미지 프로세싱을 통해이벤트를검지하고 센터에전송하는기술적용 ▪ 일부음향센싱, 열감지를통해테러예방시스템 설치사례 ▪ 대부분 CCTV를이용한영상처리방식적용	▪ 일부 CCTV를 통한 모니터링은 하고 있으나 센싱 데이터를 이용한 분석은 수행되지 못하고 있음	▪ 테러/방화 가능성 (가스냄새, 기름냄새) ▪ 독극물,가스, 휘발유등소지 여부	▪ 테러/방화 용의자 분류 및 행태 분석
	총기	없음					
	방화	없음					
	폭탄	없음					

표 20. 노반에서의 철도 사고・장애 예측 분석 내용

대분류	중분류	기존센싱기술	융합기술	국내기술현황	국외기술현황	감지내용	분석내용
선로 침하	노반침하	초음파, 광센서	광섬유 센서+진동센서	▪ 취약구간 선로상태 감시기술 개발 ▪ FBG (FiberBraggGrating) 센서를 활용한 가공전차선 온도/스트레인 모니터링시스템	▪ 일부 CCTV를 통한 모니터링은 하고 있으나 센싱 데이터를 이용한 분석은 수행되지 못하고 있음	▪ 노반열화정도 ▪ 노반에 대한 외부 환경 변화	노반 상태 분석
선로 절단	레일파손	초음파	광섬유 센서+진동센서			▪ 선로열화정도 ▪ 선로주위의 외부 환경 변화	레일 열화 분석
선로 침입	낙하물	CCTV 모니터링	레이더검지기 +영상인식	▪ CCTV부터 입력되는 영상을 이미지 프로		▪ 선로주위의 외부 환경 변화	

				세싱을통해이벤트를검지하고센터에전송하는기술적용 ▪ 세부분석사례없음		▪ 선로의이상물체확인	
	사람	CCTV 모니터링				▪ 안전지대 이탈 가능성	
선로 변형	레일변형	초음파, 응력감지	광섬유 센서+ 레이저센서	▪선로 계측 차량을 통한 주기적 레이상태 점검 수준	▪미국, 캐니다, 호주의 경우 중앙집중방식의 센서를 가진 많은 수의 모니터링 시스템을 가지고 있지만 유럽은 교통의 혼재, 국경간 데이터 변환 과정의 부재 등으로 어려움 (RailBAM COMORAN)	▪ 선로열화정도 ▪ 선로주위의 외부 환경변화	레일 열화 분석
	궤도틀림	초음파, 응력감지				▪ 궤도열화정도 ▪ 주위환경변화	궤도 변형 분석

표 21. 터널/교량에서의 사고・장애 예측 분석 내용

대분류	중분류	기존센싱기술	융합기술	국내기술현황	국외기술현황	감지내용	분석내용
터널붕괴	터널붕괴 (변형)	응력감지센서	광섬유 FBG센서+레이저스캐닝 기술	▪ 음력감지센서를일정간격으로설치하여실시간데이터를모니터링하는수준 ▪ 경부고속선2단계복안터널에서시험운영	▪체코의 지하철 터널에 대하여 열차 운행에 의하여 발생한 진동을 지속적으로 관측하여 분석	▪ 터널열화정도 (터널벽이상정도,천정갈라짐(크랙)정도, 외부진동,.폭발가능성(테러:가스,폭탄등)	▪ 광섬유 격자센서를 이용한 가속도계를 적용하여 고속철도 터널의 상시 진동모니터링 시스템
	터널화재	CCTV 모니터링	비접촉 적외선	▪ 스마트화재감지및		▪ 내부요인:차량	▪ 차량고장및차

			온도센서+UV/IR 검지기(불꽃 검지)	제어시스템시범설치(기술보완으로상용화진행하지못함) ▪ 터널구간별로연기감지및실시간모니터링시스템설치		의터널내화재(차량화재와동일) ▪ 외부요인:방화/테러(방화/테러행태분석-터널진입자, 가스, 폭발물, 유류냄새)	량탈선에의한화재의경우열화분석(전기장치고장예측분석 ▪ 전기고장예측분석) 방화/테러의경우용의자분석
교량붕괴	교량침하(붕괴)	응력감지센서	레이저스캐닝 기술	▪ 광섬유 FBG, OTDR 센서등을 이용한 무선 스마트 센서를 적용 케이블장력 및 교량의 상태 감시		▪ 교량열화정도 ▪ 테러의 경우 진입자	▪ 교량 변형 추이 분석

표 22. 야드에서의 사고·장애 예측 분석 내용

대분류	중분류	기존센싱기술	융합기술	국내기술현황	감지내용	분석내용
절도	절도	CCTV(객체인식)	CCTV+중장거리 레이더센싱+광전센서	▪ 일반CCTV영상을이용한관제수준의시스템설치 ▪ 지능형광망펜스개발(팬스에가해지는충격및침입을실시간검지)	▪ 불법침입자예측분석 ▪ 불법소지물분석	▪ 불법침입자행태분석
위험시설침입	위험시설침입	CCTV(객체인식)			▪ 안전지대이탈 가능성	▪ 불법침입자행태분석

표 23. 자연재해에서의 사고·장애 예측 분석 내용

대분류	기존센싱기술	융합기술	국내기술현황	국외기술현황	감지내용	분석내용
강우	수위센서	고도화	▪ 선로 주변에 안개 측정 시스템을 일정 간격으로 설치하여 모니터링		▪ 강수량, 강설량, 순간 풍속, 평균 풍속, 온도, 습도, 가시거리, 진동	▪ 지진, 폭풍, 폭설 등을 검지하는 장치로 열차주행중 지진방생시 노반 및 선로구축물에 대한 거동평가 기술은 지속적 연구가 이루어지고 있으며, 구조물에 대한 동적 평가기술과 이를 조기경보 시스템
강설	적설계 및 설량계					
강풍	풍량센서					
낙뢰	낙뢰카운터	낙뢰경보기	▪ 주변의 전계강도를 감지하여 낙뢰가 발생하기 전 미리 예보하는 장치 ▪ 최대반경 40㎞ 검지			
지진	지진감지기 (3차원축 P파, S파 감지)	고도화	▪ 지진에 의한 차량 탈선을 막기 위해 고속철 교각과 터널 상하부 등 21곳에 설치	▪ 일본의 RTRI 등에서 주도적으로 수행 중		
안개	안개감지기	고도화	▪ 선로 주변에 안개측정 시스템을 일정간격으로 설치하여 모니터링			
낙석	없음(수동적), CCTV 감시	레이더검지기+영상인식	▪ CCTV를 낙석 우려 지역에 설치하여 모니터링하는 수준			

표 24. 건널목에서의 사고·장애 예측 분석 내용

대분류	중분류	기존센싱기술	융합기술	국내기술현황	감지내용	분석내용
인적요인	안전설비조작 잘못	없음(수동적)	없음	없음	▪ 건널목 시설물 열화 정도 ▪ 안전지대 이탈가능성 ▪ 건널목 통과가능성	▪ 건널목 위험도분석 ▪ 사고예측 및 피해저감분석
	차량출입통제 소홀	자동차단기	없음	없음		
	열차방호 실패	없음(수동적)	없음	없음		
	일단정지 무시횡단	CCTV(객체인식)	CCTV(영상검지)+레이더센스+레이저센스(전천후 중장거리 검지 필요)	▪ 이미지프로세싱을 통한 건널목 주변의 상황모니터링 및 자동검지와 제어시스템 설치 ▪ 철도건널목 지능화를 통한 사고예방 및		
	건널목 안 자동차 고장	CCTV(객체인식)				
	건널목 통과지체	CCTV(객체인식)				
	차단기	CCTV(객체인				

	돌파/우회	식)		피해저감기술개발		
	건널목 보판이탈	없음(수동적)	광전센서		▪ 건널목시설물열화정도 ▪ 안전지대 이탈가능성 ▪ 건널목통과가능성	▪ 건널목 시설물 열화분석
기술 요인	경보장치고장	없음(수동적)	자체모니터링	▪SW적으로 데이터를 수신받아 이상여부를 센터에서 모니터링	▪건널목 안전 장치 열화 정도	▪건널목 안전 장치 고장 예측 분석
	차단장치고장	없음(수동적)				
	검지장치고장	없음(수동적)				

표 25. 열화분석을 통한 사고·장애 예측 분석 내용

시설물	대분류	중분류	기존센싱기술	융합기술	국내기술현황	국외기술현황	감지내용	분석내용
노반	선로 침하	노반 침하	초음파, 광센서	광섬유 센서+ 진동센서	▪ 취약구간선로상태감시 기술개발 ▪ FBG (FiberBraggGrating)센서를 활용한가공 전차선온도/ 스트레인모니터링시스템	▪ 일부 CCTV를 통한 모니터링은 하고 있으나 센싱 데이터를 이용한 분석은 수행되지 못하고 있음	▪ 노반열화정도 ▪ 노반에 대한 외부환경변화	▪ 노반 상태 분석
	선로 절단	레일 파손	초음파	광섬유 센서+ 진동센서			▪ 선로열화정도 ▪ 선로주위의 외부환경변화	▪ 레일 열화 분석
	선로 변형	레일 변형	초음파, 응력감지	광섬유 센서+ 레이저 센서	▪선로 계측차량을 통한 주기적 레이 상태 점검 수준	▪미국, 캐니다, 호주의 경우 중앙집중방식의 센서를 가진 많은 수의 모니터링 시스템을 가지고 있지만 유럽은 교통의 혼재, 국경간 데이터 변환 과정의 부재 등으로 어려움 (RailBAM	▪ 선로열화정도 ▪ 선로주위의 외부환경변화	▪ 레일 열화 분석
		궤도 틀림	초음파, 응력감지				▪ 궤도열화정도 ▪ 주위환경변화	▪ 궤도 변형 분석

시설물	대분류	중분류	기존센싱기술	융합기술	국내기술현황	국외기술현황	감지내용	분석내용
						COMORAN)		
터널	터널 붕괴	터널 붕괴(변형)	응력감지센서	광섬유 FBG센서+레이저스캐닝 기술	▪ 음력감지센서를일정간격으로설치하여실시간 데이터를모니터링하는 수준 ▪ 경부고속선2단계복안터널에서시험운영	▪ 체코의 지하철 터널에 대하여 열차 운행에 의하여 발생한 진동을 지속적으로 관측 하 여 분석	▪ 터널열화정도(터널벽이상정도,천정갈라짐(크랙)정도,외부진동,.폭발가능성(테러:가스,폭탄등))	▪ 광섬유 격자센서를 이용한 가속도계를 적용하여 고속철도 터널의 상시 진동모니터링 시스템
교량	교량 붕괴	교량 침하(붕괴)	응력감지센서	레이저스캐닝 기술	▪ 광섬유 FBG, OTDR 센서등을 이용한 무선 스마트 센서를 적용 케이블장력 및 교량의 상태 감시		▪ 교량열화정도 ▪ 테러의 경우 진입자	▪ 교량 변형 추이 분석
건널목	인적요인	안전설비 조작 잘못	없음(수동적)	없음	없음		▪ 건널목 시설물 열화정도 ▪ 안전지대이탈 가능성 ▪ 건널목 통과 가능성	▪ 건널목 위험도 분석 ▪ 사고예측및피해저감 분석
		차량 출입 통제 소홀	자동차단기	없음	없음			
		열차 방호 실패	없음(수동적)	없음	없음			
		일단정지 무시 횡단	CCTV(객체인식)	CCTV(영상검지)+레이더센스+레이저센스(전천후 중장거리 검지 필요)	▪ 이미지프로세싱을통한 건널목주변의상황모니터링및자동검지와제어 시스템설치 ▪ 철도건널목 지능화를통한사고예방 및피해저감 기술개발			
		건널목안 자동차고장	CCTV(객체인식)					
		건널목 통과 지체	CCTV (객체인식)					
		차단기	CCTV (객체인식)					

시설물	대분류	중분류	기존센싱기술	융합기술	국내기술현황	국외기술현황	감지내용	분석내용
		돌파/우회						
		건널목 보판 이탈	없음 (수동적)	광전센서			▪ 건널목 시설물 열화정도 ▪ 안전지대 이탈 가능성 ▪ 건널목 통과 가능성	건널목 시설물 열화분석

○ 세부 분류별 추진업무 및 분석내용

분류	세부추진업무 내용	주요 분석 내용
역사내 실시간 사고 예측분석 모델링 개발	역사내 철도사고 및 사고유형별 시나리오 분석	▪ 역사내 철도사고가 발생될 수 있는 모든 사고유형에 대해서 정리하고 이들 유형별로 발생 시나리오를 정리하여, 필요센서를 정의하고 각 사고 유형별 분석 주제 및 모델링 작업의 기초분석 과정
	테러/방화 용의자 분류 및 행태분석 모델링 개발	▪ 여객, 공중등이 소지하고 있는 불법소지품(가스, 휘발유, 신너 등)을 확인할 수 있는 관련 센서와 CCTV를 통해 감지하여 용의자를 분류하고, 용의자로 분류될 경우 CCTV를 통해 집중 감시(해당 용의자 행동추적)를 통한 테러/방화 사전 예방
	가스/유류로 인한 화재분석 모델링 개발	▪ 가스누설 감지기, 바이오센서, 액체감지 센서등으로 부터 수집된 관련데이터를 통해 각 factor들의 이상패턴을 분석한 결과를 이용하여 가스/유류 화재예측 ▪ 각종배관 및 저장소에 대한 모니터링 데이터(성능확인을 통한 열화정도, 온도, 습도, 전기적항목등)를 이용한 열화분석
	여객의 안전지역 이탈 가능성 분석 모델링 개발	▪ 여객의 이동 패턴을 분석하여 안전지역 이탈 가능성 예측
선로의 실시간 사고예측 모델링 개발	노반상태 분석 모델링 개발	▪ 노반 침하 상태 및 노반 근처 환경변화(CCTV 포함)에 대한 모니터링 데이터를 이용하여 노반 침하정도 분석
	레일 열화/변형분석 모델링 개발	▪ 레일 상태(침식, 뒤틀림, 크랙) 에 대한 모니터링 데이터(관측 시점별로 상태의 변화 편차분석)를 이용하여 열화정도 분석
	전차 선로 상태 예측분석 모델링 개발	▪ 전차선로의 전압, 누설전류, 레일전압등의 모니터링 데이터를 분석(패턴 및 편차분석)하여 전차선로의 고장 예측분석
	송배전 선로 고장예측 분석 모델링 개발	▪ 변압기, 에너지저장장치, 차단기, 계전기등의 모니터링 데이터를 분석(패턴 및 편차분석)하여 송배전 선로의 고장 예측 분석
터널/교량	터널의 열화분석 모델링	▪ 터널 열화정도(터널벽 이상정도, 천정 갈라짐(크랙) 정도,

분류	세부추진업무 내용	주요 분석 내용
실시간 사고예측 모델링 개발	개발	외부진동, 자연재해등) 대한 모니터링 데이터와 열화분석 결과를 결합하여 터널 붕괴예측 ▪ 자연재해예측 모델링을 활용하여 자연재해로 인한 터널 붕괴 및 터널주위 산사태등에 대한 예측 모델링
	터널의 불법침입 분석 모델링 개발	▪ 터널 불법 침입 예측-방화/테러 용의자의 행태를 분석하여 용의자에 대해 분류하고 행태 모델링 ▪ 장애물 인식 모델링 결과를 활용
	교량의 열화분석 모델링 개발	▪ 교량 열화정도(교량 이상정도, 갈라짐(크랙) 정도, 외부진동, 자연재해등)대한 모니터링 데이터 와 RCM 결과를 결합하여 교량의 붕괴 및 변형 예측 ▪ 자연재해 예측 모델링을 활용하여 자연재해로 인한 교량 붕괴/변형 및 교량과 주위 자연재해로 인한 교량붕괴 위험에 대한 예측 모델
	교량의 진동분석 모델링 개발	▪ 교량 불법 침입예측-방화/테러 용의자의 행태를 분석하여 용의자에 대해 분류하고 행태 모델링 ▪ 장애물 인식 모델링 결과를 활용
건널목 실시간 사고예측 모델링 개발	건널목 시설물 열화분석 모델링 개발	▪ 건널목 시설물에 대한 열화정도 상태 분석을 통해 건널목 시설물의 고장으로 인한 사고 사전 방지
	건널목 안전장치 고장 예측분석 모델링 개발	▪ 건널목 경보장치, 차단장치의 모니터링(전기적, 신호응답, 열, 전자파 등) 데이터를 분석하여 건널목 안전장치 고장 예측 모델링
사고예측 분석을 위한 기본 모델링 개발	여객/종사자/공중 안전지역 이탈예측 모델링 개발	▪ 여객/종사자/공중의 이동 패턴을 분석하여 안전지역 이탈 가능성 예측
	자연재해 예측 분석 모델링 개발	▪ 실시간으로 수집되는 기상정보(강우량,강설량,풍속,온도,습도,지진등)를 이용하여 각 factor별 추이분석을 통한 발생 시점예측 각 Factor별 위험정도 매뉴얼에 따라 위험분석
	장애물 인식 모델링 개발	▪ 이미지 프로세싱을 통한 건널목 주변의 상황 모니터링 및 자동검지와 제어 시스템의 데이터를 종합 분석하여 장애물 인식분석
기타사고 예측 모델링 개발	기타사고 예측 모델링 개발	▪ 상기 언급된 내용 이외에 필요한 분석 모델링 개발
사고예측을 위한 열화분석 내용	시설물 분류체계 정리 및 관리 S/W 고도화	▪ 현재 각 운영기관에서 활용하고 있는 RCM시스템 기능을 고도화 하여 열화분석을 위한 시설물(차량, 선로 및 철도에 필요한 모든 설비)에 대한 관리 분류체계를 활용하고 이들 분류체계를 효율적으로 관리하고 현황을 분석할 수 있는 시스템의 고도화(일부 기능은 현재 철도공사의 KTX RCM시스템 기능 활용)
	설비의 열화분석 기술 개발 및 사고예측의 연관성을 고려한 활용 시나리오 정리	▪ 각 설비들과 연관된 센서 데이터를 분석하여 열화패턴을 정리하고 열화정도 구분(정상단계, 관리단계, 고장)에 대한 정의 ▪ 각 설비의 고장으로 인한 사고로의 연관성 분석 수행 ▪ FTA분석 및 사고시나리오 별 열화분석 활용 방법 개발
	신뢰성 분석 알고리즘 및 기술의 고도화	▪ 현재 철도공사의 KTX RCM시스템 기능 활용하여 열화분석을 위한 신뢰성 분석 기능 고도화

○ 연구내용 - [2] 철도 차량・전기신호(E&M)・통신요인의 사고/장애 예측 모델 및 평가 기술 개발

- 철도 차량・전기신로(E&M)에 관련 센서들에 의해 수집되는 데이터들을 빅데이터 분석, 연관성 분석이나 데이터마이닝 분석기법들을 종합 분석하여 사고를 예측하고, 예측 결과를 바탕으로 미연에 조치를 취함으로서 철도사고의 제로화 달성

- 기존의 센서들에 의한 모니터링 기법들은 분석하고자 하는 센서 개별적으로 상하한치를 설정하고 이를 벗어나면 메시지를 전달하는 일차원적 분석 방법을 사용하여, 사고 예측 측면에서는 기초적인 방법을 사용하였으나 본 기획 연구에서는 해당 센서들 개별적인 분석이 아니라 관련 센서들을 융합하여 다차원 분석 및 데이터마이닝 분석을 통한 패턴 기법을 활용함으로서 예측의 정확도를 높이고, 보다 따른 예측을 수행하여 빠른 대응이 가능하도록 함.

- 기존의 연구들은 각각의 센서들에 대한 모니터링 개념으로 국한되어 있으나 본 연구에서는 설비나 차량의 열화분석을 통해 고장으로 인한 사고를 조기에 예측할 수 있도록 하고, 고장을 방지하기 위한 유지보수 전략에 분석 결과를 활용함으로서 보다 정확한 사고 예측 분석을 수행 하고자 함.

- 철도차량의 사고유형을 크게 충돌, 탈선, 화재, 그리고 기타 중대사고로서 나누어 사고 및 장애요인 분석 및 예측기술을 세분화 하면 아래와 같이 분류될 수 있음.

○ 철도 시설물 요인의 사고・장애 예측 분석 현황

표 26. 차량에 의한 사고・장애 예측 분석 내용

대분류	중분류	기존센싱기술	융합기술	국내기술현황	국외기술현황	감지내용	분석내용
충돌	선로장애물	초음파	초음파+광센싱+CCTV			▪ 선로 장애물 인지	▪ 장애물인식 모델링
	궤도단락	궤도회로 단락여부	궤도회로 단락여부 +GPS센싱 +광센싱			▪ 궤도열회정도 ▪ 주위환경변화	▪ 궤도 변형 분석
탈선	궤도장애	초음파	초음파 +레이저센싱 +진동센싱	▪ 철도기술연구원 등에서 연구과제로 진행 중	▪ COMORAN -Condition Monitoring for Railway Application	▪ 궤도열화정도 ▪ 주위환경변화	▪ 대차진동을 이용해서궤도의틀림정도를다각도로측정하고 분석 ▪ 차륜의속도, 온도,가속도 등을측정할 수있고실시

대분류	중분류	기존센싱기술	융합기술	국내기술현황	국외기술현황	감지내용	분석내용
							간으로계측, 분석하여기관사에게즉시통보되는 On-board시스템
	차륜결함	진동감지	진동감지 +광센싱		▪ 미국, 캐니다, 호주의 경우 운영 중	▪ 차량/궤도결함, 차축압입부피로정도, 분기부통과시열차주행안정성평가기술, 레일피로균열수명평가분석	▪ 차량/궤도결함,차축압입부피로손상, 분기부통과시열차주행안정성평가기술,레일피로균열수명평가분석 ▪ 중앙집중방식의센서를가진많은수의모니터링 ▪ 현재는대부분모니터링수준
	주행장치 결함	열감지	진동,온도, 윤활유열화, 전류, 음향센싱	▪ 실시간고속열차모니터링시스템 ▪ 발전설비모니터링시스템 ▪ 열차종합정보시스템 ▪ 항공기실시간안전진단시스템 ▪ 전력분야에서는송배전부문, 한전 KPS등에서 RCM시스템 구축 ▪ KTX,공항철도,대전도시철도등에서	▪ Russian Railways(RZD)VelaroTrain(Sapsan:Moskva-St.Petersburg)차상실시간모니터링시스템 ▪ Reliability-Centered MaintenanceintheNavalairSystemsCommands(NAVAIR)Program ▪ NRC1991, NRC1995	▪ 주행장치열화정도 ▪ 진동, 온도, 습도, 열, 속도, 가속도, 선로이상여부등종합적인지	
회재	방화	CCTV 모니터링,				▪ 테러/방화가능성	▪ 테러/방화용의자 분

대분류	중분류	기존센싱기술	융합기술	국내기술현황	국외기술현황	감지내용	분석내용
		열감지센서				(가스냄새, 기름냄새)	류 및 행태 분석
	기어박스 과열 (윤활유 이상)	온도감지	온도감지 +광센싱			▪ 기어박스 열화 정도	
	테러	CCTV	CCTV +후각센싱 +음향센싱			▪ 테러/방화 가능성 (가스냄새, 기름냄새)	▪ 테러/방화 용의자 분류 및 행태 분석
기술적 요인으로 인한 고장	주행장치고장		진동,온도,윤활유열화,전류,음향센싱	▪ 실시간고속열차모니터링시스템 ▪ 발전설비모니터링시스템 ▪ 열차종합정보시스템-항공기실시간안전진단시스템 ▪ 전력분야에서는송배전부문, 한전KPS등에서 RCM시스템 구축 ▪ KTX,공항철도,대전도시철도등에서	▪ 스마트 센서를 이용한 선로 실시간 진단시스템 개발	▪ 주행장치 열화정도 ▪ 진동, 온도, 습도, 열, 속도, 가속도, 선로이상 여부등종합적인지	▪ 주행장치고장예측데이터마이닝 ▪ 주행장치상태추이분석
	제동장치고장	없음	무선 온도 센싱, 제동불량, 완해불량, 제동관 압력상태, 디스크 마모 한계점, 제륜자 마모 한계점, 진동	▪ 열차모니터링시스템 ▪ 발전설비모니터링시스템 ▪ 열차종합정보시스템 ▪ 항공기실시간안전진단시스템 ▪ 전력분야에서는송배전	▪ Russian Railways(RZD)VelaroTrain(Sapsan:Moskva-St.Petersburg) 차상실시간모니터링시스템 ▪ Reliability-Centered	▪ 제동장치 열화정도 ▪ 진동, 온도, 습도, 열, 속도, 가속도, 선로이상 여부등종합적인지	▪ 제동장치 고장 예측 분석

대분류	중분류	기존센싱기술	융합기술	국내기술현황	국외기술현황	감지내용	분석내용
				부문, 한전 KPS등에서 RCM시스템	MaintenanceintheNavalairSystemsCommands(NAVAIR)Program ▪ NRC1991, NRC1995		
	연결기 파손/풀림	없음	진동, 전류센서	▪ 발전설비모니터링시스템 ▪ 열차종합정보시스템 ▪ 항공기실시간안전진단시스템		▪ 연결 열화 정도	▪ 연결 상태 모니터링
	집전장치고장	CCTV 모니터링	CCTV +전류센싱 +광센싱 +온도감지			▪ 집전장치 열화정도 ▪ 전류,온도	
전차	전차선로고장	FBG센서	온도감지+전류센싱+광센싱			▪ 전차선로 열화정도 ▪ 온도,전류	▪ 전차선로 상태 예측 분석
	송배전선로고장		전압, 누설전류, 온도			▪ 송배전선로열화정도 ▪ 전압,누설전류, 온도, 전압차	▪ 송배전 선로 고장 예측 분석
안전사상	출입문에 끼임	CCTV				▪ 출입문 열화 정도	▪ 출입문 걸림 감지장치 고장예측

표 27. 열화분석을 통한 사고·장애 예측 분석 내용

시설물	대분류	중분류	기존센싱기술	융합기술	국내기술현황	국외기술현황	감지내용	분석내용
차량	충돌	선로장애물	초음파	초음파+광센싱+CCTV			▪ 선로장애물인지	▪ 장애물인식 모델링
		궤도단락	궤도회로 단락여부	궤도회로 단락여부 +GPS센싱 +광센싱			▪ 궤도열화정도 ▪ 주위환경변화	▪ 궤도 변형 분석

시설물	대분류	중분류	기존센싱기술	융합기술	국내기술현황	국외기술현황	감지내용	분석내용
	탈선	궤도장애	초음파	초음파+레이저센싱+진동센싱	▪ 철도기술연구원 등에서 연구과제로 진행 중	▪ COMORAN - Condition Monitoring for Railway Application	궤도열화정도 주위환경변화	▪ 대차진동을 이용해서궤도의틀림정도를다각도로측정하고 분석 ▪ 차륜의속도, 온도, 가속도등을측정할수있고실시간으로계측, 분석하여기관사에게즉시통보되는 On-board 시스템
	기술적 요인으로 인한 고장	주행장치 고장		진동,온도, 윤활유열화, 전류,음향 센싱	▪ 실시간고속열차모니터링시스템 ▪ 발전설비 모니터링 시스템 ▪ 열차종합정보시스템 ▪ 항공기실시간안전진단시스템 ▪ 전력분야에서는송배전부문, 한전KPS 등에서 RCM시스템구축 ▪ KTX, 공항철도, 대전도시철도 등에서	▪ 스마트 센서를 이용한 선로 실시간 진단시스템 개발	▪ 주행장치열화정도 ▪ 진동, 온도, 습도, 열, 속도, 가속도, 선로이상여부 등 종합적인지	▪ 주행장치고장예측데이터마이닝 ▪ 주행장치상태추이분석
		제동장치 고장	없음	무선 온도센싱, 제동불량, 완해불량, 제동관 입력상태, 디스크 마모	▪ 열차모니터링시스템 ▪ 발전설비 모니터링 시스템 ▪ 열차종합정보시스	▪ Russian Railways(RZD)VelaroTrain(Sapsan:Moskva-St.Petersburg)차상실시간	▪ 제동장치열화정도 ▪ 진동, 온도, 습도, 열, 속도, 가속도, 선로이	▪ 제동장치 고장 예측 분석

시설물	대분류	중분류	기존센싱기술	융합기술	국내기술현황	국외기술현황	감지내용	분석내용
				한계점, 제류자마모 한계점, 진동	템 ▪ 항공기실시간안전진단시스템 ▪ 전력분야에서는송배전부문, 한전KPS 등에서 RCM시스템	모니터링 시스템 ▪ Reliability-Centered MaintenanceintheNavalairSystemsCommands(NAVAIR)Program-NRC1991,NRC1995	상여부 등종합적인지	
		연결기파손/풀림	없음	진동, 전류센서	▪ 발전설비 모니터링 시스템 ▪ 열차종합정보시스템 ▪ 항공기실시간안전진단시스템		▪ 연결 열화 정도	▪ 연결 상태 모니터링
		집전장치 고장	CCTV 모니터링	CCTV +전류센싱 +광센싱 +온도감지			▪ 집전장치 열화정도 ▪ 전류, 온도	
	전차	전차선로 고장	FBG센서	온도감지+ 전류센싱+ 광센싱			▪ 전차선로 열화정도 ▪ 온도, 전류	▪ 전차선로 상태 예측 분석
		송배전선로 고장		전압, 누설전류, 온도			▪ 송배전 선로 열화정도 ▪ 전압, 누설전류, 온도, 전압차	▪ 송배전 선로 고장 예측 분석
	안전사상	출입문 끼임	CCTV				▪ 출입문 열화 정도	▪ 출입문걸림 감지장치고장예측

○ 세부 분류별 추진업무 및 분석내용

분류	세부추진업무 내용	주요 분석 내용
역사내 실시간 사고 예측분석 모델링 개발	▪ 전기장치 고장으로 인한 화재분석 모델링 개발	▪ 전압,전류,누전,열 등의 센서 데이터에 대한 이상패턴 분석과 열화분석 결과(시설물 성능 변화정도)를 결합하여 전기 장치 고장 예측
차량고장으로 인한 사고 예측분석 모델링 개발	▪ 탈선/충돌의 역학적 예측방안 개발	▪ 탈선/충돌을 발생시킬 수 있는 모든 시나리오를 정리하고 각 시나리오별로 예방을 위한 필요센서를 정리하여 필요 모델링 설계
	▪ 탈선/충돌사고의 예측 분석 모델링 개발	▪ 각 시나리오별로 상기 예측 모델링을 종합하여 탈선/충돌에 대한 예측 모델링 설계
	▪ 주행장치 고장으로 인한 사고예측 분석 모델링 개발	▪ 주행 장치와 관련된 모든 센싱데이터(진동, 온도, 습도, 속도, 가속도)를 종합분석하여 정상상태의 각 값들에 대한 패턴과 발생되는 편차를 분석함으로서 고장 예측 모델링
	▪ 제동장치 고장으로 인한 사고예측 분석 모델링 개발	▪ 제동 장치와 관련된 모든 센싱데이터(진동, 온도, 습도, 속도, 가속도)를 종합 분석하여 정상상태의 각 값들에 대한 패턴과 발생되는 편차를 분석함으로서 고장 예측 모델링
	▪ 집전장치 고장으로 인한 사고 예측분석 모델링 개발	▪ 집전 장치와 관련된 모든 센싱데이터(진동, 온도, 습도, 속도, 가속도)를 종합분석하여 정상상태의 각 값들에 대한 패턴과 발생되는 편차를 분석함으로서 고장 예측 모델링
	▪ 차륜 고장으로 인한 사고예측 분석 모델링 개발	▪ 차륜상태와 관련된 모든 센싱데이터(균열, 마모정도, 차축압 피로정도, 주행 안정성)를 종합 분석하여 차륜의 수명 예측 모델링
	▪ 기타 차량고장으로 인한 사고예측 분석 모델링 개발	▪ 상기 내용을 제외한 차량 고장으로 인해 발생될 수 있는 사고 유형에 대한 예측 모델링

○ 시설물 별 기술개발 Needs 도출

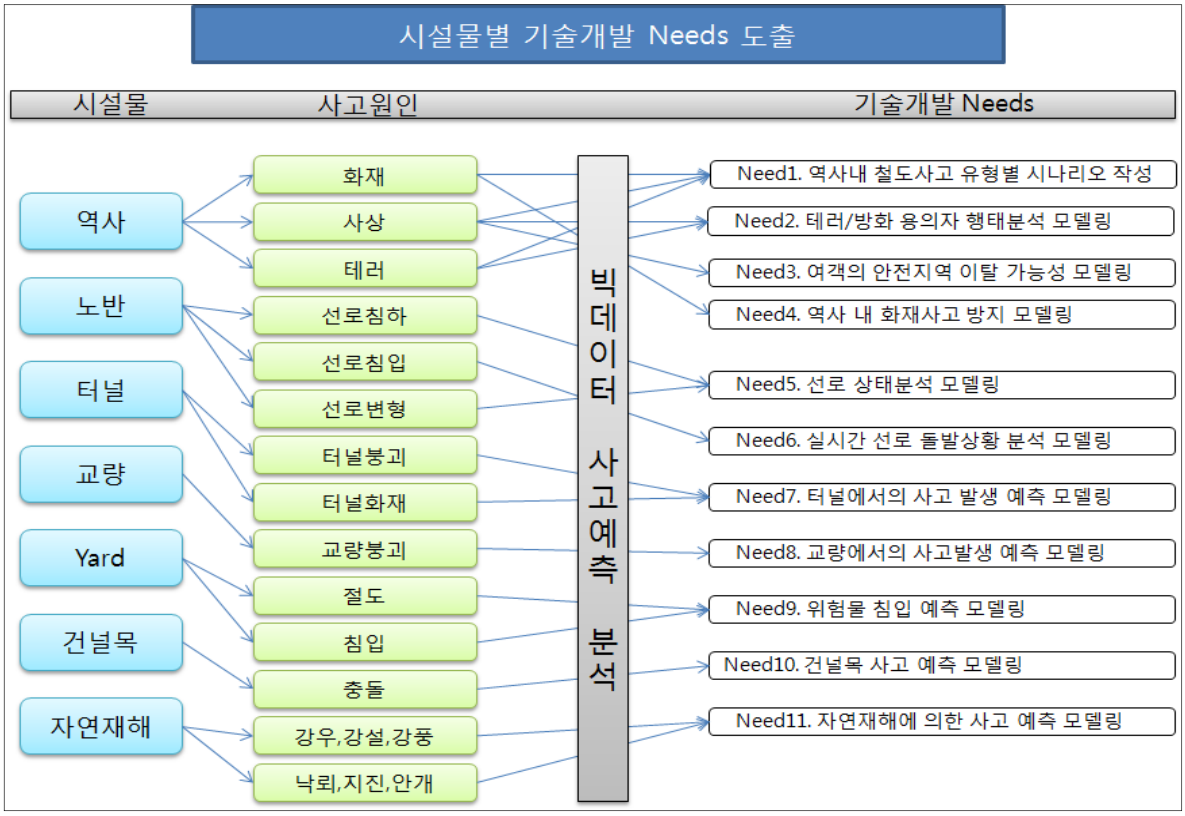


그림 33. 철도사고 예측 모델 기술개발 Needs 도출

○ 철도사고 예측을 위한 철도 시설물과 사고원인을 중심으로 기술개발 Needs를 도출하면 크게 11가지의 기술개발 항목으로 구분될 수 있으며, 각 분석 모델별 주요 내용은 다음과 같음.

- Need 1 : 역사 내에서 발생되는 모든 사고에 대한 예측을 위해서는 기본적으로 사고 발생에 대한 시나리오 전개가 우선 되어야 함. 각 사고 시나리오별로 필요한 센싱데이터를 정의하고, 연관된 센싱들의 변화가 사고와 어떤 관계를 갖는지에 대한 화학적/물리적 분석 및 센싱 데이터들에 대한 연관성 분석을 수행
- Need 2 : 테러 및 방화를 예측하기 위해서는 우선적으로 테러 및 방화 용의자를 예측할 수 있는 센싱을 정의하고, 데이터 분석을 통해 누가 테러 및 방화 용의자인지를 먼저 분류하고, 분류된 용의자의 행태분석을 통해 사고를 예측할 수 있는 모델링 개발
- Need 3 : 여객의 안전사상사고의 경우 여객의 갑작스러운 행동 변화는 예측할 수 없으며, 여객이 안전지대를 벗어나서 발생될 수 있는 사고로 국한함. 따라서 안전지대 경계지역의 여객 행동을 모니터링 하고 이탈 가능성이 있는 여객이 누구인지, 안전지대를 벗어나는 패턴이 무엇인지를 예측 할 수 있는 모델링 개발
- Need 4 : 역사 내 관련 센싱들에 대한 화학적/물리적 분석 결과와 사고 시나리오를 바탕으로 화재발생에 대한 모델링 개발
- Need 5 : 선로와 연관된 센싱들에 대한 화학적/물리적 분석 결과와 선로의 열화분석

결과를 종합 분석하여 선로의 변형으로 인한 사고를 예측 할 수 있는 모델링 개발

- Need 6 : 주요 선로에 대하여 선로 주위에 불법 침입자를 모니터링 하고, 불법 침입에 의한 선로의 변형으로 인한 사고를 예측 할 수 있는 모델링 개발
- Need 7 : 터널에서의 사고는 터널내부의 변형으로 인한 사고와 외부 침입자들에 의한 방화 및 터널 내에서의 차량 고장으로 인한 사고로 구분 할 수 있음. 터널의 열화로 인한 사고는 열화분석 결과를 이용, 방화등에 의한 사고는 침입자 예측의 결과로, 차량의 고장으로 인한 사고는 차량의 열화분석과 차량 고장 모델링의 결과를 분석가능하며, 이를 종합하여 터널 내부에서의 사고 예측 모델링 개발
- Need 8 : 교량에서의 사고는 교량의 변형으로 인한 사고와 교량에서의 차량 고장으로 인한 사고로 구분 할 수 있음. 교량의 열화로 인한 사고는 열화분석 결과를 이용, 차량의 고장으로 인한 사고는 차량의 열화분석과 차량 고장 모델링의 결과를 분석가능하며, 이를 종합하여 교량에서의 사고 예측 모델링 개발
- Need 9 : Yard 의 사고는 침입과 절도에 의한 사고로 구분할 수 있으며, 불법침입자를 사전에 방지하고, 불법 침입자에 의한 절도를 방지하기 위해서는 주요 시설물의 외부 유출 방지 시스템이 필요. 이를 위해서 외부침임 방지 모델링과 시설물 관리 시스템 개발
- Need 10 : 건널목 사고는 시설물의 열화, 종사자 규정위반으로 인한 안전사고 및 공중의 불법 행위로 인한 사고로 구분할 수 있으며, 열화분석과 휴먼에러 및 공중의 안전지대 이탈 예측 모델을 통해 사고를 예측
- Need 11 : 각종 기상관련 센싱의 데이터 추이를 통해 각 위치별 자연재해로 인한 사고의 규정을 벗어날 수 있는 기상 상태를 예측할 수 있는 모델 개발

○ 사고예측 기술개발의 방향

- 현재 운영하고 있거나 연구과제를 통해 구축하고자 하는 시스템들은 각 설비별 운전상태에 대한 데이터를 취합, 관리하고 있는 데이터를 모니터링 하거나 일차원적 단순분석 기능으로 국한되며, 설비의 최적 운정상태 확인 및 설비의 이상을 예측하는 수준에는 미치지 못함.
- 각 항목별 상태 분석으로 단편적인 정보만을 활용한 분석으로 단 차원적 분석에 국한되고, 전체 철도 시스템에서의 운전 상태를 파악하기 위해서는 모든 철도 설비들에 대한 실시간 관측 정보와 유지보수 정보, 설비들의 열화상태를 종합적으로 분석, 판단할 수 있는 시스템 요구
- 각 설비별 데이터에 대한 패턴분석(기본 현황분석)
  · 각 센서에서 실시간으로 관측되는 데이터들은 각 센서별로 아래와 같은 그림의 형태로 측정치에 대한 기본 현황분석을 수행



그림 34. 각 설비별 데이터에 대한 패턴분석(예)

· 가장 기본적으로 각 설비에 대한 이상 징후에 대한 분석은 특정 목표 값으로부터 상하한치를 정하고 이를 벗어나거나 목표 값에서 편차에 대한 상한치를 벗어날 경우 이상 징후로 판단하고 경고를 알려주는 형태로 아래와 그림과 같은 형태임.

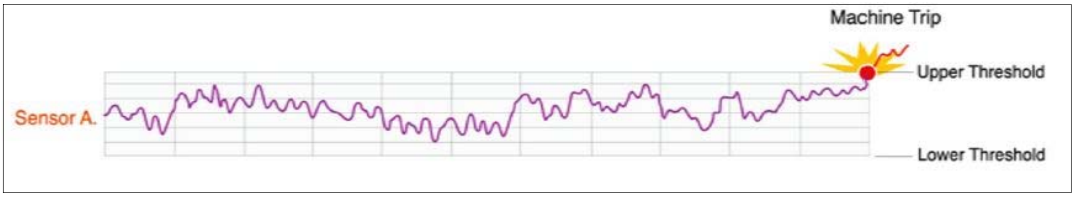


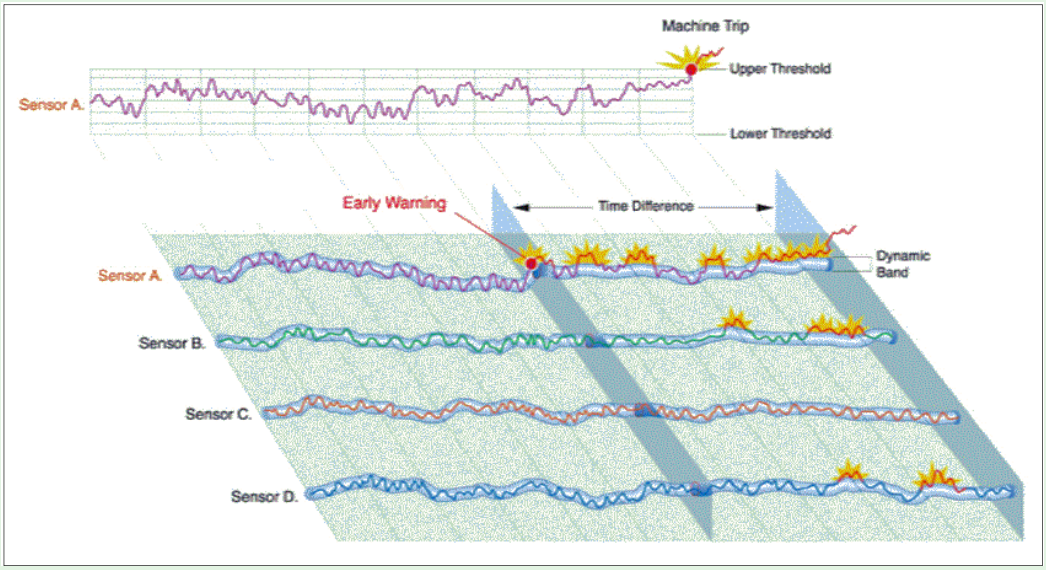
그림 35. 이상징후 판단(예)

· 이는 설비의 공정을 관리하는 공정관리 기법의 내용과 유사하여 기본적인 분석은 설비의 공정관리 기법을 그대로 활용

- 과거 데이터 및 실험데이터를 이용한 정상상태 모델링

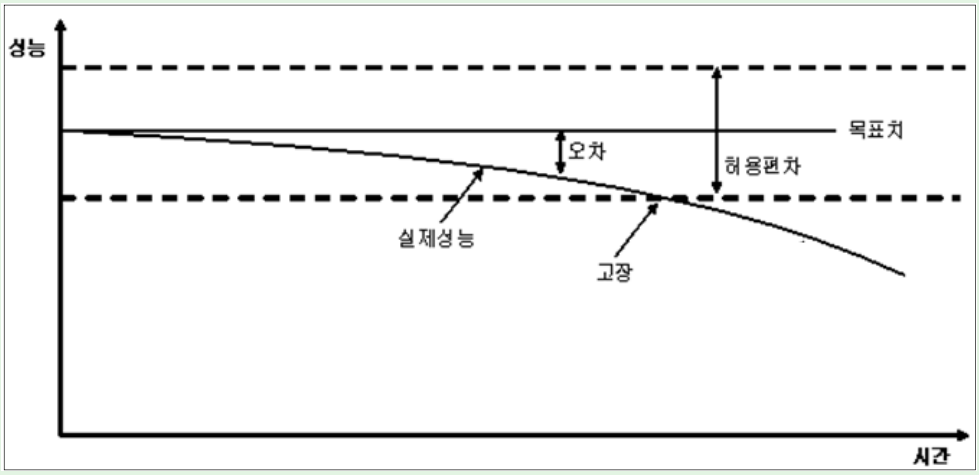
- 정상 조건의 패턴 모델링 : 과거의 데이터를 이용하여 정상조건 상태에서의 각 센서별 상태 데이터를 분석하여 통계적 모델링을 수립하고, 모델링 결과를 바탕으로 정상조건에서의 각 설비의 센서들간의 연관성 분석
- 정상조건의 모델링 결과를 바탕으로 단순히 상하한치를 벗어나는 경우에 이상으로 판단하는 단편적 해석에서 벗어나 정상모델 결과와의 차이가 규정 한도를 벗어날 경우 이상으로 판단
- 이는 각 센서별로 기준값은 특정 기간에서의 평균치로 정리하고 이 평균치를 기준으로 어느 정도 편차를 기준으로 상하한치를 결정하고 있어서 최근의 측정치가 이미 어느 정도의 범위를 벗어날 경우 실제 이상 조건임에도 불구하고 제대로 판단하지 못하는 경우가 발생
- 정상 조건의 패턴 모델링 : 과거의 데이터를 이용하여 정상조건 상태에서의 각 센서별 상태 데이터를 분석하여 통계적 모델링을 수립하고, 모델링 결과를 바탕으로 정상조건에서의 각 설비의 센서들간의 연관성 분석

- 정상조건의 모델링 결과를 바탕으로 단순히 상하한치를 벗어나는 경우에 이상으로 판단하는 단편적 해석에서 벗어나 정상모델 결과와의 차이가 규정 한도를 벗어날 경우 이상으로 판단
- 이는 각 센서별로 기준값은 특정 기간에서의 평균치로 정리하고 이 평균치를 기준으로 어느 정도 편차를 기준으로 상하한치를 결정하고 있어서 최근의 측정치가 이미 어느 정도의 범위를 벗어날 경우 실제 이상 조건임에도 불구하고 제대로 판단하지 못하는 경우가 발생
- 일차원적 분석으로 인한 단편적 해석에서 찾을 수 없었던 이상징후에 대한 패턴을 각 센서들을 동시에 분석할 수 있는 통계적 분석기법을 통해 전체 철도시스템 전체 운영을 고려한 패턴분석 실시
- 패턴분석 결과를 활용 각 센서의 변화가 정상적인 변화인지 이상징후에 의한 변화인지 파악
- 고장발생 패턴 모델링 : 과거 이상징후 및 고장 발생시점 이전의 데이터를 분석하여 이상징후 및 고장발생에 대한 통계적 모델링을 수행하고 그 결과를 향후 동일한 패턴이 발생될 경우 이상징후 및 고장발생 예비 동작으로 판단하여 사전에 경보를 울려줌으로써 최적의 조치를 수행
- 각 센서들의 연관성 분석을 통해 아래 그림과 같이 단위 센서들의 평균과 표준편차만을 이용한 상하한치 범위를 정하는 것이 아니라 타 센서들과의 연관성을 통해 이상징후 조기 발견 및 기준이 되는 평균과 표준편차를 조정하는 Dynamic Band를 구성하여 정확한 이상징후 예측
- 예를 들어 화재가 발생하여 연기가 발생할 경우 이것이 연기인지 수증기인지를 판별하기 위해서는 단순히 CCTV나 하나의 센서로 판단하기는 곤란하며, 주위의 온도 변화나 습도의 변화, 냄새등을 종합적으로 분석하여 온도의 변화형태, 습도의 변화형태, 냄새의 유무들에 따른 수증기 발생 모델과 연기 발생 모델 생성
- 이를 위해서는 단순 센서 데이터의 모델 뿐만아니라 화학적, 공학적인 종합 분석 필요



- 열화분석 데이터를 이용한 사고 예측 모델링

- 철도 차량, 시설물, 선로, 터널, 교량등의 열화정도를 분석하여 열화정도의 추이와 교체 및 시스템 고장에 영향을 미치는 시기를 예측함으로써 조기에 사고를 방지할 수 있는 전략수립
- 주요 활용 데이터 : 해당 시설물 및 설비에서 측정된 센서 데이터, 열화 정도를 판단하여 열화정도에 따른 시설물 상태 판단 기준
- 각종 센서들에 의해서 수집된 데이터들에 대한 추이분석을 통한 단순 열화상태 분석, 동일설비와 연관된 여러 센서들의 연관성 분석을 통한 열화 모델링 분석을 통해 열화지수 산정
- 열화지수의 추이분석을 통해 아래 그림과 같이 열화지수별 성능관계 정립
- 열화지수에 따른 고장기준을 수립하고 고장을 예측할 수 있는 모델링 분석



- 관리되는 데이터를 활용하여 분석대상 구성품을 선택하고 고장원인을 규명하여 고장예방을 위한 정책을 수립하기 위해서는 FTA, FMEA를 수행하고, 고장이력 자료를 활용하여 수명 혹은 교체주기 산정을 위해서 신뢰성 분석이 수행.
- 고장분석을 위해서는 필수적으로 고장이력 자료와 유지보수 자료가 존재하여야 하지만 구성품의 수명이 길어 아직 고장이 발생되지 않았거나 발생빈도가 고장분석을 하기에 충분하지 않을 경우에는 각 구성품의 설계수명 및 유지보수 관련 데이터를 활용하여 고장률을 예측.
- 고장이력 데이터가 고장분석을 수행하기에 충분할 경우에는 고장 데이터를 활용하여 고장발생 분포를 찾고 관련 모수를 추정하여 고장률을 계산하고, 이를 활용하여 평균수명 예측등 고장분석과 신뢰도를 평가.
- 각종 센서들을 이용해서 들어오는 Data를 분석함으로써 해당 구성품(부품)에 대한 열화분석이 가능하고, 열화 분석을 통해 RCM을 수행.

○ 연구내용 - [3] 철도 종사자 인적 요인의 사고·장애 예측 모델의 평가기술 개발

○ 직무 상황 별 인적·생리학적(보편적·개인적) 특성 및 철도 종사자의 직무 상황에 따른 생체신호 특성을 분석하고 개인별 생체신호 DB구축/일반화(Calibration)을 위한 Logic 개발

○ 생리학적/물리적 신호등을 통합 활용한 휴먼에러 예측 모델 개발 및 잠재적 휴먼 에러 발생 가능성 평가지표/평가기준 도출

○ 휴먼에러 관리 및 철도 종사자 상태정보 DB구축을 위한 통합 전산 시스템 개발 및 통합 운영 플랫폼 연계 통합

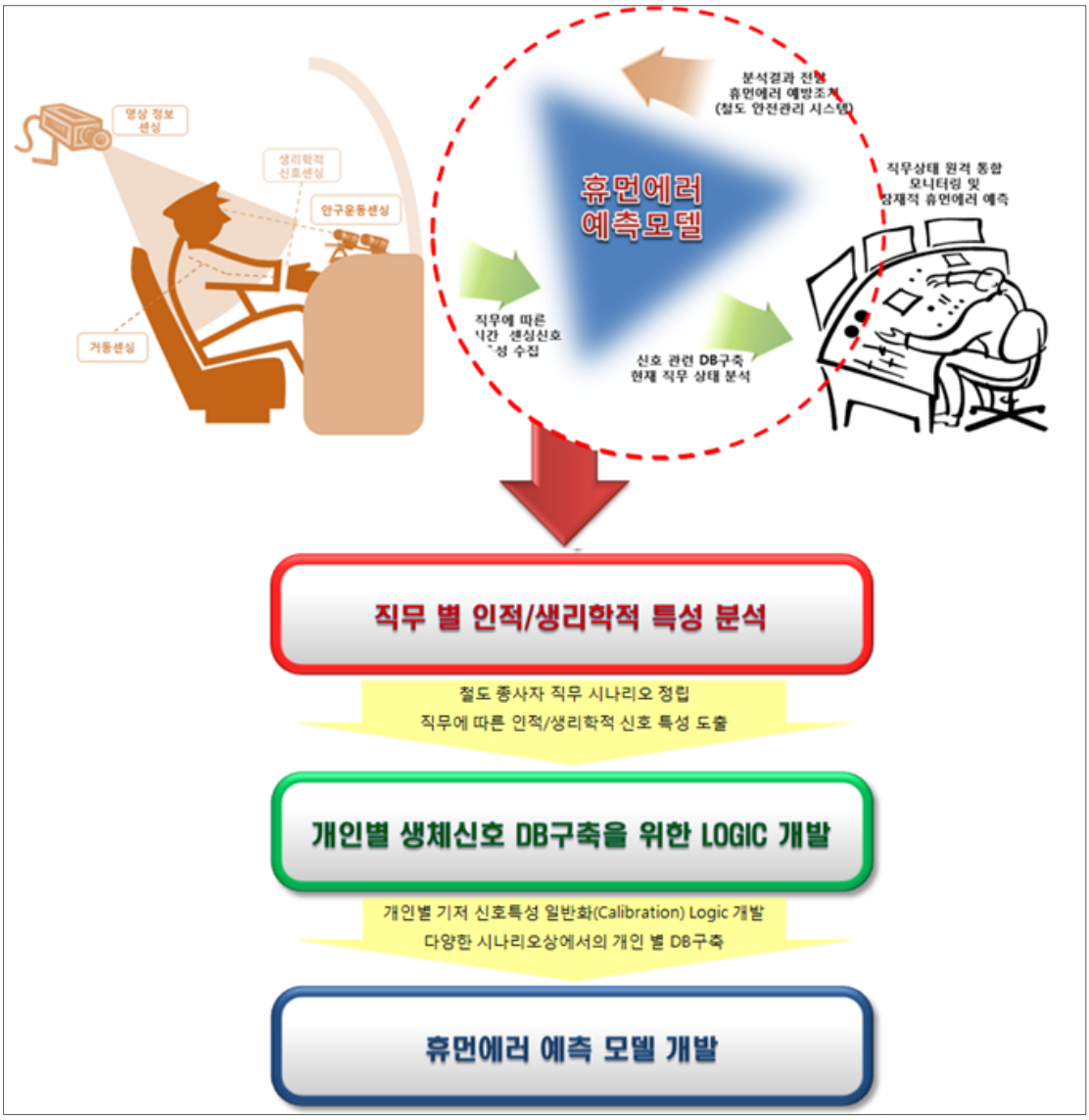


그림 36. 휴먼 에러예측 모델 도출 프로세스

○ 각종 센서의 수집 데이터를 빅데이터 분석, 연관성 분석이나 데이터마이닝 분석기법들을 종합 분석 후 사고를 예측하고, 예측 결과를 바탕으로 미연에 조치를 취함으로서 철도사고의 제로화 달성

○ 기존의 센서들에 의한 모니터링 기법들은 분석하고자 하는 센서 개별적으로 상하한치를 설정하고 이를 벗어나면 메시지를 전달하는 일차원적 분석 방법을 사용하여, 사고 예측 측면에서는 기초적인 방법을 사용하였으나,

- 본 연구에서는 해당 센서들 개별적인 분석이 아니라 관련 센서들을 융합하여 다차원 분석 및 데이터마이닝 분석을 통한 패턴 기법을 활용함으로서 예측의 정확도를 높이고, 보다 따른 예측을 수행하여 빠른 대응 가능

○ 기존의 연구들은 각각의 센서들에 대한 모니터링 개념으로 국한되어 있으나 본 연구에서는 설비나 차량의 열화분석을 통해 고장으로 인한 사고를 조기에 예측할 수 있도록 하고, 고장을 방지하기 위한 유지보수 전략에 분석 결과를 활용함으로서 보다 정확한 유지보수 전략 수립체계 가능

구분		기존기술 현황	차별성	개발항목 및 방향
시설부분	역사노반	▪ 역사내 화재, 사상, 테러에 대한 센서 데이터에 대한 일차원적 분석의 모니터링 시스템	▪ 역사내 화재, 사상, 테러와 연관된 전체 센서데이터와 CCTV를 융합하여 다차원적 분석 및 빅데이터 분석 방법을 이용하여 사고 예측 모델링 개발 ▪ 사고예측 모델링을 통한 보다 빠르고 정확한 예측 시행	▪ 테러/방화 용의자 분류 및 행태분석 모델링 개발 →신기술 적용 ▪ 전기장치 고장으로 인한 화재분석 모델링 개발 →고도화 및 첨단화 적용 ▪ 가스/유류로 인한 화재분석 모델링 개발 →신기술 및 첨단화 적용 ▪ 여객의 안전지역 이탈 가능성 분석 모델링 개발 →신기술 및 첨단화 적용
		▪ 역사내 화재, 사상, 테러 모니터링 및 정보수집을 위해 CCTV 및 화재감지기를 설치하여 운영자가 직접 모니터링 하는 수동형 시스템 설치	▪ CCTV 영상을 입력받아 실시간 영상 분석을 통한 사고예방 알림 ▪ 화재의 경우 초기진입을 위한 불꽃검지 및 광역 열감지 센싱 고도화 ▪ 테러의 경우 입출구에 후각센싱, 음향센싱, 열감지 센싱을 퓨전하여 위험물 소지자에 대한 검지 기술 적용	▪ 역사 내 안전사고 검지 및 예방 기술 →고도화 및 첨단화 적용 ▪ 승강장 내 Safety Line 침입검지 기술 →신기술 적용 ▪ 역사내 테러 예방 기술 →신기술 적용

구분		기존기술 현황	차별성	개발항목 및 방향
			▪ 승강장의 경우 자살 및 무단횡단에 따른 사상사고를 줄이기 위해 Safety Line 설정 자동검지 등 신기술 적용	
		▪ FBG(FiberBragg Grating)센서를 활용한 가공 전차선 온도/스트레인모니터링시스템 ▪ CCTV부터입력되는영상을이미지프로세싱을통해이벤트를검지하고센터에전송하는기술적용	▪ 노반의 전차선의 온도, 진동, 전압, 전류등의 데이터를 종합분석하고 노반의 열화정도를 분석하여 융합형 사고예측 모델 개발	▪ 노반상태 분석 모델링 개발 → 고도화 및 첨단화 적용 ▪ 레일 열화/변형분석 모델링 개발 → 신기술 및 첨단화 적용 ▪ 전차 선로 상태 예측분석 → 신기술 및 첨단화 적용 ▪ 송배전 선로 고장예측 분석 모델링 개발 모델링 개발 → 신기술 및 첨단화 적용
	터널	▪ 터널의 붕괴나 화재사고에 대해 CCTV를 통한 관제와 응력감지센서를 통한 터널의 변형을 감지하는 시스템 설치	▪ 터널 열화정도(터널벽 이상정도, 천정 갈라짐(크랙) 정도, 외부진동, 자연재해 등) 대한 모니터링 데이터와 열화분석 결과를 결합하여 터널 붕괴예측 ▪ 터널 불법 침입 예측-방화/테러 용의자의 행태를 분석하여 용의자에 대해 분류하고 행태 모델링 ▪ 장애물 인식 모델링 결과를 활용	▪ 터널의 열화분석 모델링 개발 →신기술 및 첨단화 적용 ▪ 터널의 불법침입 분석 모델링 개발
	교량 건널목	▪ 교량의 붕괴, 변형, 흔들림 검지를 위해 일부 구간에 CCTV와 응력감지센서를 통한 데이터를 수집하고 운영자가 분석하는 시스템 적용 ▪ 건널목 사고 예방을 위해 많은 안	▪ 교량 열화정도(교량 이상정도, 갈라짐(크랙) 정도, 외부진동, 자연재해등)대한 모니터링 데이터 와 열화분석 결과를 결합하여 교량의 붕괴 및 변형 예측 ▪ 자연재해 예측 모델링을 활용하여 자연재해로 인한 교량 붕괴/변형 및 교량과 주위 자연재해로 인한 교	▪ 교량의 열화분석 모델링 개발 →신기술 및 첨단화 적용 ▪ 건널목 시설물 열화분석 모델링 개발 →신기술 및 첨단화 적용 ▪ 건널목 안전장치 고장예측분석 모델링 개발

구분		기존기술 현황	차별성	개발항목 및 방향
		전장치와 CCTV 등이 설치되어 있으나 관제용도로 설치 운영되고 있음 ▪ 첨단 기술을 적용한 건널목 안전사고 예방 기술들이 연구되고 있지만 신뢰성과 경제성으로 실용화가 많이 되지 못함	량붕괴 위험에 대한 예측 모델 ▪ 건널목 시설물에 대한 열화정도 상태 분석을 통해 건널목 시설물의 고장으로 인한 사고 사전 방지 ▪ 건널목 경보장치, 차단장치의 모니터링(전기적, 신호응답, 열, 전자파 등) 데이터를 분석하여 건널목 안전장치 고장 예측 모델링	
	자연재해	▪ 선로 주변에 기상측정 시스템이 설치되어 있으나 장비의 신뢰성이 많이 떨어지고 외산 장비에 의존하여 시스템 설치	▪ 실시간으로 수집되는 기상정보(강우량,강설량,풍속,온도,습도,지진등)를 이용하여 각 factor별 추이분석을 통한 발생시점예측 ▪ 각 Factor별 위험정도 매뉴얼에 따라 위험분석	▪ 자연재해 예측 분석 모델링 개발 →신기술 및 첨단화 적용
차량부분	충돌	▪ 이미지프로세싱을 통한건널목주변의 상황모니터링및자동검지와제어시스템설치 -철도건널목지능화를통한사고예방및피해저감기술개발	▪ 차량의 여러 장치와 관련된 모든 센싱데이터(진동, 온도, 습도, 속도, 가속도)를 종합 분석하여 정상상태의 각 값들에 대한 패턴과 발생되는 편차를 분석함으로서 고장 예측 모델링	▪ 주행장치/제동장치/집전장치/차륜/기타 고장으로 인한 사고예측 분석 모델링 개발 →신기술 및 첨단화 적용
		▪ 영업구간에서의 열차위치파악을 위한 궤도회로 기반의 열차제어시스템 운영 ▪ 사고 전의 Active safety보다는 사고 후의 Passive safety위주의 충돌에너지 흡수장치 설치	▪ 차량기지 등 수동운전구간에서의 충돌사고를 예방하기 위한 차간거리제어 시스템 적용 ▪ 선로 및 건널목 장애물의 초음파 및 CCTV를 이용한 실시간 영상 분석을 통한 사고예측	▪ 차량위치 검지 및 충돌 분석 및 예측기술 →고도화 및 첨단화 적용 ▪ 선로지장물 검지 및 충돌 융합센싱 기술 →고도화 및 첨단화 적용
	탈선	▪ 철도기술연구원 등에서 연구과제로 진행 중 ▪ COMORAN -	▪ 탈선/충돌을 발생시킬 수 있는 모든 시나리오를 정리하고 각 시나리오별로 예방을 위한 필요센서를	▪ 탈선/충돌사고의 예측분석 모델링 개발 →신기술 및 첨단화 적용

구분		기존기술 현황	차별성	개발항목 및 방향
		Condition Monitoring for Railway Application	정리하여 필요 모델링 설계	
		▪ 탈선의 주요부인 분기기와 취약구간에 초음파 및 레이저를 이용한 모니터링 장치 운영 ▪ 검측차를 이용한 간접적인 선로상태 관리 ▪ 정기적인 유지보수를 통한 차륜상태 관리	▪ 차량에서의 하중, 진동 및 가속도 센서 등 융복합센싱 기술 적용 ▪ 차륜, 분기기 및 궤도 상태에 따른 다양한 탈선 요인을 차상에서 실시간 분석 및 예측	▪ 철도차량의 탈선 분석 및 예측 기술 →고도화 및 첨단화 적용 ▪ 실시간 차상 탈선 위험요인 분석 및 예측기술 →신기술 적용
	화재	▪ 열차내의 연기+온도감지센서를 통한 화재감지시스템 운영 ▪ 기어박스의 과열방지를 위한 윤활유공급	▪ 광화이버 온도 센싱 및 CCTV영상을 이용한 불꽃검지 등 센싱 고도화 ▪ 연기감지+온도감지+불꽃검지 융합센싱을 통한 화재 분석 및 예측	▪ 철도차량 및 전기신호장치 화재 분석 및 예측기술 →고도화 적용
	중대장애 및 사고	▪ 열차종합제어장치에 의해 차량 상태를 기관사가 모니터링하고 지상에 보고하는 체제 ▪ 원격감시제어시스템(SCADA)에 의한 전기장치 모니터링	▪ 유중가스 등 화학센서와 스트레인 게이지를 이용한 센싱 고도화 ▪ 운행중인 차량상태정보를 지상에서 실시간으로 분석 및 예측 ▪ 원격감시제어시스템 고도화	▪ 철도차량 및 전기신호장치 중대장애 및 사고 분석 및 예측기술 →고도화 및 첨단화 적용
휴먼부분	생체신호DB화	▪ 기존에 개발된 기관사 직무수행능력 측정 설비의 경우, 시뮬레이터 교육시 운행정보와 싱크되어 생체신호(Law data)가 수집.저장 만 되는 형태 ▪ 자동차/항공/철도 분야에서 운행 중 실시간으로 수집되는 생체신호를 DB화 한 예는 전	▪ 생체신호의 경우, 개인별로 모두 다른 기저치를 갖고 있고, 직무 환경에 따라 다르므로 일반적인 수집 신호는 크게 의미가 없으므로, 개인별 정상상태의 기저치를 DB화 하여 비정상상태에 대한 유의한 변화 정도를 정확하게 판별 할 수 있음 ▪ 신호 센싱 시 신호 판별 및 DB화가 동시가 이루어질수 있도록 DB 시스템 구성	▪ 개인별 생체신호 일반화(Calibration)기법 →고도화 및 첨단화 적용 ▪ 개인별 운행 패턴/조작정보 일반화(Calibration) 기법 →고도화 및 첨단화 적용 ▪ 생체신호/조작신호/거동신호등을 이용한 실시간 기관사 승무 적합성 판별 logic개발(휴먼에러 예측 모델)

구분		기존기술 현황	차별성	개발항목 및 방향
		무 후무 함		→신기술 적용 ▪ 휴먼에러 통합관리 및 전산 분석 시스템 구축 →신기술 적용
	조작정보 DB 구축	▪ 교육훈련 시뮬레이터에서 기관실 영상저장, 속도 조절 및 출입문 개폐, 가/감속 정도 등 운행 정보 기록 가능	▪ 개인 별 직무 특성을 반영할 수 있는 일반화 기법(Calibration) 개발 ▪ 단순 직무 오류 뿐 아니라 철도종사자의 개인별 직무 패턴을 기반으로한 오류 예측으로 신뢰성 향상	
	전산시스템	▪ 원자력 분야에서 휴먼에러 발생 원인에 대한 사고분석 DB를 활용한 전산 분석 시스템을 개발 하였으며, 현재 철도시스템의 경우, 문서화 하여 관리하고 있음	▪ 기존의 휴먼에러 관리를 위한 분석체계를 전산시스템화 하고, 실시간으로 측정되는 기관사의 상태 정보를 통합적으로 DB화하고, 이상상태에 대한 분석이 동시에 가능한 전산 분석 시스템 개발	

(나) 안전관리기법

① 항공분야

○ 항공업계에서의 사고율은 비약적으로 감소되어 왔지만 인명과 재산의 손실에 따른 항공사고 비용은 반대로 , 일정하게 증가하는 경향을 보임.

○ 이러한 결과로 항공 사고율을 더욱 줄이기 위해 군용 및 민간항공분야 에서는 기술혁신과 제도 개선 등 꾸준히 노력하여 왔지만 뚜렷한 성과가 나타나지는 못하였고, 초창기 항공사고는 대개 항공기의 기계적 결함이 원인이었으나, 과학의 발달로 현대에 들어와서는 기계적 결함이 원인이 되기보다는 항공기를 운항하는 항공종사자들에 의해서 발생되는 사고가 더 위협적인 추세임.

○ 사고에 영향을 미치는 직접적인 요인을 지금까지는 인적오류(Human error)라고 분석하는 것이 일반적이고, 나아가 일부는 승무원이 비행기보다 더 위험한 요소라고 주장하기도 함(Mason, 1993; Murray, 1997).

○ 추정해보면 , 인적오류 (Human Error)에 직접 또는 간접적으로 기인한 사고가 전체의 70 ~ 80%에 이름.

○ 연구1 : 항공사고에서의 비행 단계별 사고수준 예측

- 필요성: 오늘날 항공산업은 고도로 첨단화되고 있으며 그 역할 또한 더욱 증대되고 있음. 그러나 이와 함께 항공사고 및 이에 따른 피해규모 역시 매우 커지고 있는 것이 현실임. 특히 항공사고에 있어 인적요소가 차지하는 비중이 크다는 것은 각종 통계자

료 및 분석을 통하여 이미 확인된 바이고 그 중요성 또한 상당히 인식되고 있음.

- 목적: 항공사고에서의 인적요소를 공군 비행사고에 적용하여 연구하였으며, 특히 기존의 연구에서 미흡했던 인적요소의 특징을 고려한 정성적 요소의 계량화 문제를 다루었고 또한 조종사 인적요소에 따른 비행단계별 각 조건에 따라 정량적인 사고수준의 예측을 통하여 합리적인 비행안전관리 및 안전의식을 제고할 수 있도록 함.
- 범위: 비행사고 요소 중 조종사 인적요소를 중심으로 분석하였고 비행단계는 사고 발생이 가능한 지상작동, 이륙, 상승, 순항, 강하접근, 착륙단계로 구분하여 적용하였으며 상황별 조건은 조종사 편조, 항공기 상태, 기상상태를 등급별로 구분하여 적용
- 방법 및 절차: 첫째, 공군의 비행사고 통계자료 및 현역 조종사의 설문을 통하여 조종사 인적요소에 의한 사고를 분석하고 항목들 도출, 둘째, 분석된 다양한 인적요소 항목들은 각 내용에 따라 작성된 분류 알고리즘을 통하여 9개의 조종사 인적요소 주성분으로 분류. 셋째, 분류된 조종사 인적요소를 중심으로 비행단계별, 각 조건별, 사고수준을 예측할 수 있도록 퍼지 델파이(FUZZY DELPHI) 기법에 의한 설문을 작성하여 전문가에 의한 조사를 실시. 넷째, 퍼지 델파이에 의한 사고수준 예측의 검증은 실제 비행사고 결과와 비교하여 그 적중률로써 신뢰성을 판단. 다섯째, 최종적으로 예측된 퍼지수(FUZZY NUMBER) 형태의 사고수준을 최적의 단일한 예측치로 표현하여 조종사 인적요소에 따라 비행단계별, 조건별 상황에 따른 사고수준 예측
- 기대효과: 첫째, 실질적으로 비행을 준비하고 비행에 임하는 조종사에게는 각 비행단계별, 조건별로 조종사의 불완전한 행동들이 사고로 연결될 경우 얼마나 치명적이며 어느정도 수준의 사고를 야기할 수 있는지 사전에 인지시킴으로써 조종사 인적요소에 의한 사고를 최대한 예방. 둘째, 항공임무를 수행하는 임무 부서와 비행관리자에게는 안전한 항공작전을 위한 객관적인 자료의 제공과 인적요소를 고려한 합리적인 비행안전관리 방법을 제고시킴으로써 효율적 작전성과를 높이는데 기여할 것으로 기대

○ 연구2 : 항공사고 위험요인 예측 분석 및 안전관리 기법 개발 기획연구 보고서

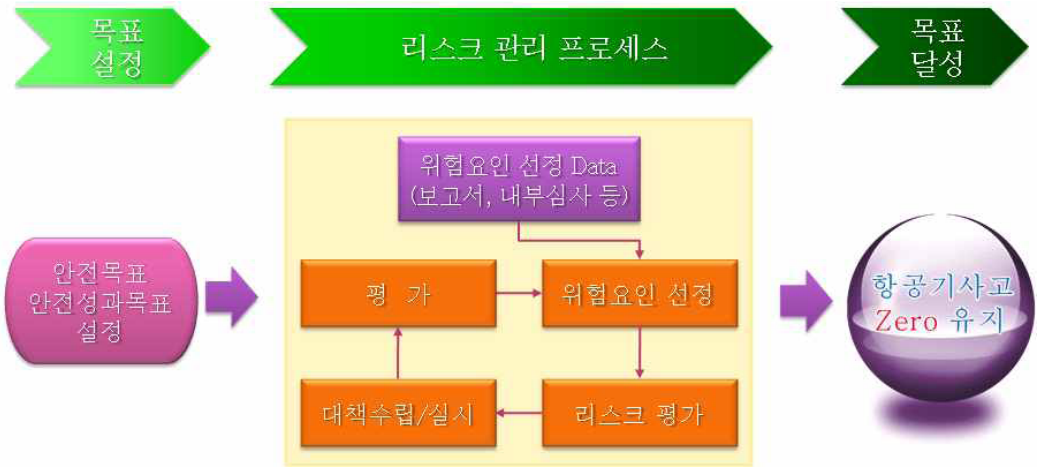
- 우리나라 안전관리시스템 도입 추진현황
  - 정부 차원의 안전관리시스템(SMS) 구축을 위한 노력은 2007년부터 시작되었으며, 그 이전부터 일부 항공사와 공항공사 등에서는 현장의 위험정보를 수집·분석하여 에러 유형을 확인하고 업무환경 등을 개선하는 리스크 관리기법 도입·운영
  - 특히 운항품질보증FOQA) 프로그램, 현장밀착안전감사(LOSA) 등은 SMS와 상관없이 이미 항공사 자체적으로 운영하고 있었으며, 현장의 안전활동에 이미 상당부분 기여
  - 항공교통관제분야의 경우도 이와 유사한 “실무오류 분석시스템“과 “NOSS” 등을 최근 구축·운영하고 있으며, 이와 같이 우리나라의 안전관리시스템을 운영하는 서비스제공자들은 요소별로는 이미 ICAO에서 요구하는 최고 단계의 “예측적 안전관리” 수준에 해당한다고 볼 수 있음.
  - 그러나 서비스제공자의 안전관리시스템을 심층적으로 검토해 보면 이러한 개별적인

요소들과 달리 시스템안전관리의 중요한 특징들은 대부분 충족하고 있지 않다고 판단되므로 실제로 작동되는 안전성과에 초점이 맞추어져 있기 보다는 정부의 법적 기준을 충족하기 위한 외형적 운영에 머물고 있는 상황임.

- 특히 FOQA나 LOSA와 같이 기존의 안전 활동과 안전계획 프로세스가 새로운 SMS/SSP 안전관리체계에 완전하게 통합되지 않고 있음을 확인할 수 있으므로 자발적 참여가 관건인 새로운 제도가 완전하게 정착되기 위해서는 아직 상당한 노력과 개선이 필요할 것이라고 판단됨.
- 일부 대형 항공사 및 공항공사 등과 달리 저비용항공사, 소형업체는 새로운 안전관리 시스템을 원활하게 운영하기 위한 조직과 자원에 있어 한계가 있고, 특히 우리나라 항공산업 전반에 이러한 위험도 분석 및 평가체계에 대한 경험이 없다보니 전문인력을 확보하기 더욱 어려운 실정임.

- 대형 항공사의 안전관리 시스템

- 대한항공에서는 ETQ라는 해외업체의 컨설팅을 통해 안전관리시스템을 개발하였고, 통합적인 정보수집과 위험평가, HFACS기법에 의한 인적요인 분류체계를 확립하고 있음. 특히 위험평가의 경우 운항/정비/객실/화물/조업/보안 분야별로 중요 이벤트를 분류하여 발생빈도와 심각도에 따라 전산망에서 위험을 평가할 수 있는 시스템을 갖추고 있음.
- 특기할 사항은 대한항공의 자체적인 발생빈도 평가기준으로, 대한항공은 발생한 중요 이벤트를 위해요인으로 정의하고 있어 심각도는 이벤트의 결과로 즉각 판단이 가능함. 반면 발생빈도는 해당 이벤트의 발생건수를 최근 3년의 기간을 기준으로 발생빈도를 분류하고 있음.
- 품질관리의 관리도 기법을 원용하여, 발생건수의 평균, 년 최고도수(MAX), 년 최소도수(MIN), 관리(도) 상한 값(UCL : Upper Control Limit)을 5단계의 분류기준으로 정하고 이에 따라 발생 빈도를 결정하며, 이러한 방법은 이벤트를 위해요인으로 관리하고, 운항자료가 충분하게 확보된 대한항공의 특성으로 인해 가능한 방법으로 판단



· 아시아나에서는 2008년부터 안전관리시스템을 시행하고 있으며, 대한항공과 달리 이벤트가 아니라, 운항환경에 잠재된 위해요인을 발굴하여 위험을 평가하는 전형적인 위험관리체계를 갖고 있음. 위험평가의 심각도는 안전사고 발생시 피해의 크기로, 가능성은 위해요인이 안전사고 발생으로 진행될 가능성으로 평가하고 있으며 준정량적 평가에 의해 수행함. 아시아나에서 특기할 사항은 현장밀착안전감서(LOSA)를 수행하고 있다는 것으로, 텍사스오스틴주립대학과 공동으로 운항환경에서 발생한 인적오류를 분석하여 안전교육 등에 이를 반영하고 있음.

- 저비용 항공사, 소형업체의 안전관리시스템

· 저비용 항공사나 소형업체의 경우 조직 규모가 적고 자원의 제약으로 SMS 시행에 있어 외부 전문기관과 긴밀한 협조가 필요함. 예를 들어 FOQA 프로그램의 경우 대부분의 소형업체들은 이러한 업무를 전문기관에 외주를 주는 것이 그러한 예라고 볼수 있으며, ICAO에서는 소형조직에 대해 특별한 가이드라인을 제시하지 않고 있으나 영국, 캐나다의 경우 소형조직에 대해 정부에서 안전관리 기술과 교육을 지원하는 등 각별한 주의를 기울이고 있음.

· 제주항공의 경우 2008년 12월부터 SMS를 수행하고 있고, 시스템의 기본요소를 모두 갖추었고, 위험평가 매트릭스를 수차례 조정하고 있는 것을 감안할 때 형식만 갖추기보다는 실제로 작동되는 시스템이라고 판단됨. SMS 운영을 위한 정보시스템과 보고서 접수시스템을 운영하고 있으며, 운영단계에서 이벤트가 발생한 빈도에 따라 발생가능성을 산정하는 준정량적 방법에 의해 위험 평가

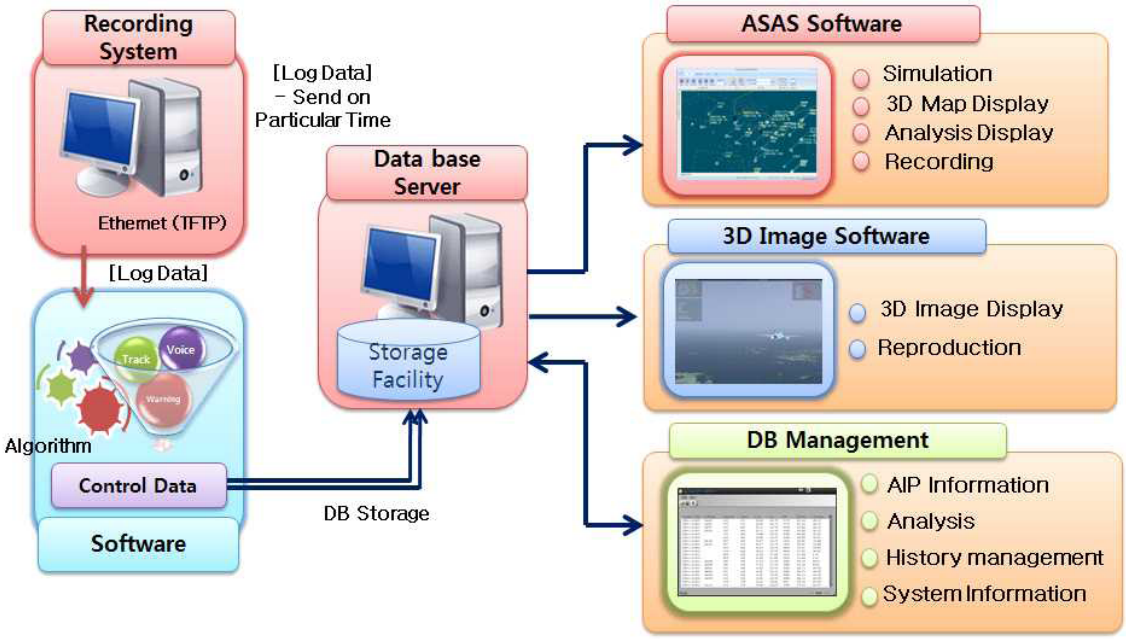
- 항공교통관제기관의 안전관리시스템

· 항공교통관제의 경우 서비스제공자이므로 SMS를 운영할 책임이 있으나, 정부조직인 관계로 역할 정립에 논란이 있을 수 있음. 그러나 이러한 상황은 다른 서비스제공자에서도 발생할 수 있으며 한 조직에서 서로 역할이 다른 부서의 독립성만 확보된다면 SMS/SSP 담당부서가 하나의 조직에 포함될 수 있음.

· 현재 국가항공안전프로그램의 서브파트는 항공관제과에서 담당하고 있으며 SMS 이행기준 수립과 승인에 대한 사항을, 항공교통업무에 대한 안전감독은 항공정책과(舊 항공안전팀)에서 담당

· 항공교통 SMS에 있어서 특기할 사항은 새로운 정보수집 및 분석체계에 있으며, 실무오류분석시스템은 관제시스템에 저장되는 레이더 자료 등을 활용하여 관제업무수행 중 발생되는 충돌경보(STCA), 최저고도경고, 분리최저치 위반 등의 오류를 탐지·분석·개선 추진하는 시스템이다. ASAS(Airborne Separation Assurance System)는 여기에 시뮬레이션, 3차원 영상 재현, 교육/훈련에도 활용할 수 있는 일종의 관제품질보증시스템임.

· 정상운영안전표본조사(NOSS)는 관제사들이 관제업무 수행 중 발생할 수 있는 위협 및 오류 등 안전상의 문제점을 사전에 발굴하여 해결하기 위해 ICAO에서 권고하는 NOSS 안전관리 기법으로, NOSS는 아시아에서 최초로 시행되는 것으로 위협 및 실수 관리(TEM)에 기반을 둔 인적오류 예방안전프로그램이라고 할 수 있음. 이러한 실무 오류분석시스템/ASAS, NOSS 등은 모두 예측적 안전관리를 위한 정보수집 및 분석활동임.



- 공항공사의 안전관리시스템

· 우리나라에서 안전관리시스템 도입이 가장 먼저 시행한 분야가 공항분야이며, 공항의 경우 2005년 구축, 2006년부터 운영을 개시하였으며, SMS 매뉴얼과 함께 자율적 보고제도, SMS 위원회 및 실무위원회, 분야별 위험성 평가 및 위험관리, 안전목표 수립 및 모니터링을 수행하고 있음.

· 현재 SMS 목표관리와 안전활동이 시행계획에 통합된 형태로 운영되고 있으며 SMS 위원회에 공항입주업체들까지 참여함으로써 외주조직을 총괄하는 안전관리체계를 갖추고 있음

· 위험평가에 있어 발생가능성은 업무에서 발생할 수 있는 이벤트의 발생빈도를 기준으로, 심각도는 인적/물적/공항운영제한에 대한 기준으로 평가하는 준정량적 방법을 사용하고 있음.

· 공항공사와 인천공항공사의 경우 상호 위험평가에 대한 호환성을 갖기 위해서 위험산정을 위한 발생가능성, 심각도 기준과 위험평가 판정기준을 공동 검토하였음. 물론 동일한 조건이 공항에 따라 다른 위험으로 평가되는 것은 당연한 일이나, 위험평가에 대한 공통기준이 있다는 것은 안전 협력 및 의사소통에 매우 긍정적인 요소라고 할

수 있으며, 현재 공항에서 수행하고 있는 항공학적 검토 및 위험평가에서도 이러한 기준이 통일됨에 따라 소관부처에서도 승인, 인증업무에 불편을 상당부분 해소할 수 있을 것이라 판단됨.

- 정비업체의 안전관리시스템

· 항공법 제137조의2제1항에 따라 항공기정비업의 등록을 한 업체(AMO)는 SMS를 승인받아 운영해야 하며, 항공기전문정비업체는 많은 경우 공항의 지상조업체를 겸하고 있어 비교적 규모가 적고 SMS에 대한 기술지원이 많이 필요한 상황임.

· (주)한화, 유아이헬리콥터(舊 한벨), LG상사 등이 SMS를 승인받아 운영하고 있으나 대부분의 경우 기존의 산업안전관리와 SMS에 대한 명확한 구분이 미흡한 상태라고 판단됨. 향후 산업안전경영보건시스템과 안전관리시스템의 통합적 경영시스템이 정착된다면 가장 큰 수혜를 받을 수 있는 분야라고 볼 수 있음.

· 한국항공우주산업(KAI)와 대한항공 항공우주사업본부(테크센터)의 경우도 민간항공기 설계 및 제작을 하기 위해서는 2013년 1월 1일부터 SMS를 승인받아 운영하고 있음. 그러나 현재까지는 ICAO에서 아직 이에 대한 기준을 구체적으로 제시하고 있지 않음.

○ 안전관리시스템 기술 상용화 현황

- Aviation Safety (ETQ)

· ETQ는 대한항공의 SMS 컨설팅과 정보시스템을 구축한 경험이 있는 회사로 항공사의 통합적 경영시스템을 구축하는데 장점을 갖고 있음.

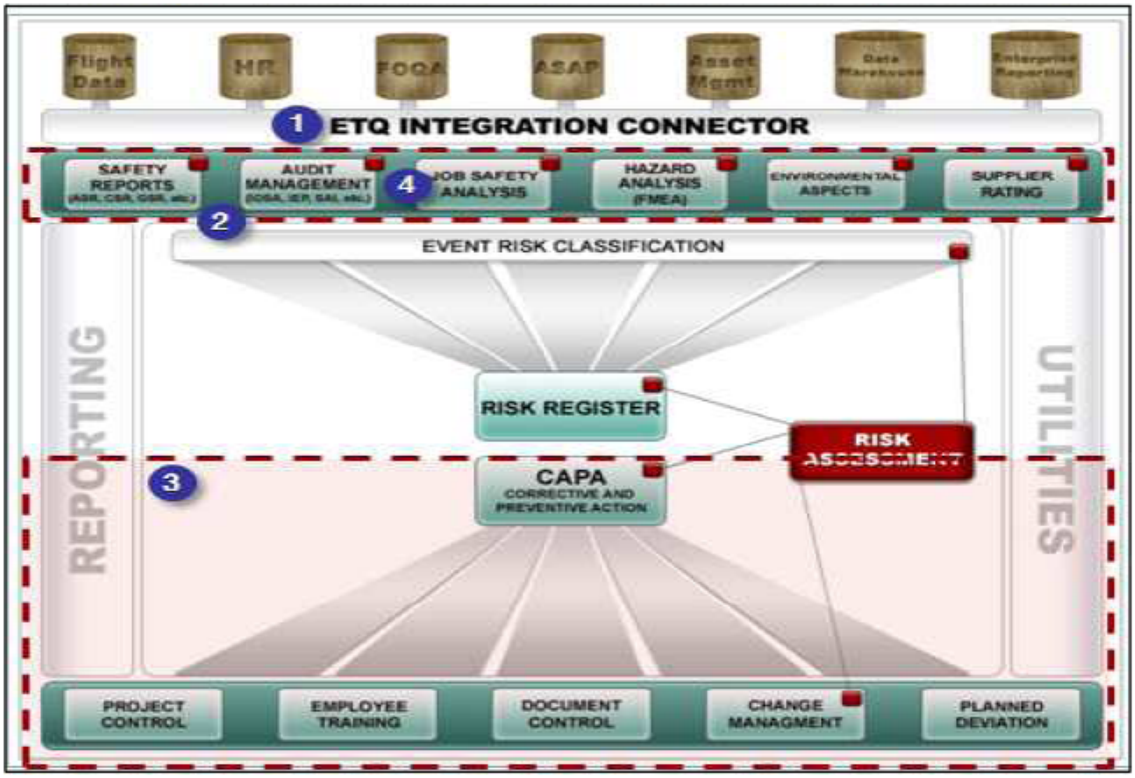
· Aviation Safety는 통합, 자동화, 협동을 기반으로 한 고 위험 식별, 위험 감소, 위험 제거 활동을 위한 항공 안전관리 소프트웨어로써, 엔터프라이즈 레거시(Legacy) 시스템과의 통합기능을 제공하며 안전, 준거성, 조직의 변화에 대한 위험을 측정하고 관리할 수 있음.

· ETQ의 Aviation Safety는 안전, 환경, 품질 및 비용이슈 등에 대한 항공사의 통합 관리를 위한 통합 항공사 관리시스템(IAMS, Integrated Aviation Management System)으로 크게 다음의 4가지 특성을 가지고 있음.

1. Connected to External Systems • Safety기능과 사고조사 및 감사 모듈에 대한 통합 자동화를 위하여 기존 내부데이터 시스템과 연계활용 가능 • 자동화 기능(예, 수정조치 내용, 예상 위험과 해저드 회피 활동 결과에 따른 훈련/교육이벤트 설정 기능)

2. Advanced Filtering Model of Incidents(수정조치 작업효율성 개선 효과)

- 사고데이터의 자동 분류 및 분리
- 해당 사고와 관련된 유사사고의 자동 인식 및 표출



- 내장 위험관리소프트웨어 유틸리티
- 사고 처리의 종료를 위한 내부 평가기능
- 근본 원인 해결을 위한 단계별 조사기능
- 관련 사건과 유사한 교정조치 검색 및 표출
- 교정조치 및 효과성 검증 계획 수립 기능

3. Closed-Loop Corrective Action

- 다양한 CAPA(Corrective/Preventive Action) 사후 프로세스에 대한 다양한 설정가능(전자 문서 배포, 변화관리 및 직원 훈련 등을 추가)

4. EtQ Job Safety Analysis

- 특정 작업 또는 업무 절차와 관련된 해저드를 정의 및 통제기능 설정
- 사용자는 JSA(Job Safety Analysis) 모듈을 통해 작업 기본정보, 작업 단계, 해저드 및 관련 통제를 기록하고 필요한 위험평가를 수행하고, 관련자에 대한 교육/훈련 수행

- SMS-PRO (NorthWest Data Solutions)

· NorthWest Data Solutions가 개발한 SMS 솔루션은 항공사, 정비업체(MRO), Helicopter, 의료운송, 군용비행, 상업용 운송업체의 안전관리 활동을 위한 SMS-ProTM 솔루션과 지역 또는 국가 SSP활동을 위한 SMS Pro SSPs 의 두 영역으로 구성됨.

■ SMS-ProTM 솔루션

1. Core Modules
   - 안전관리활동을 위한 기본 기능 제공
   - 이슈보고, 이슈관리, 해저드/리스크 레지스트리, 갭분석, DashBoard, 사용자 설문, 해저드분석, 안전성과 모니터링, 통계 기능, 조회(정열)기능 제공

2. Safety Policy
   - 안전관리활동을 위한 조직의 원칙, 규정, 요구사항 관리 기능 제공
   - 원칙 작성/배포 및 관리 기능, 감사 스케줄 관리, 규정관리, 매뉴얼관리, 의무/요구사항관리 기능, 조직 차트 등의 기능 제공

3. Safety Assurance
   - 위험관리활동의 적절성을 보증하는 안전 보증 기능 제공
   - 직원 훈련 및 자격관리, 내부감사 양식, 조직 업무 프로세스 정의관리, 규정/책임에 대한 Gap 분석 기능, Predictive 안전분석 툴 등의 기능제공

4. My Safety
   - 일반사용자의 이슈보고 및 안전현황파악 기능 제공
   - 이슈보고, 약식 보고, 사용자 계정이 없는 외부 인원의 안전보고기능, Dash Board, 개인별 위험관리 활동 평가에 따른 위험 통제관리 기능 제공

5. Risk Management
   - 위험관리 활동을 위한 기능 제공
   - 위험평가, 위험 분류, 수정조치관리, 조사진행관리, 경향차트, 조직/기술 변화관리, Proactive 해저드 분석 등의 기능 제공

6. Safety Promotion
   - 안전활동 활성화를 위한 기능 제공
   - 뉴스레터(안전수준 경향, SMS 구축현황 홍보), 효과적인 SMS 활동을 위한 피드백 기능, 과거사례 파악 등의 기능 제공

- iQRAS (ITEM SOFTWARE)

· iTEM Software가 개발한 iQRAS(ITEM Quantitative Risk Assessment System)는 위험모델을 구축하고 분석하는 통합환경을 제공하며, PRA(Probabilistic Risk Assessment)지원을 통해 위험시나리오 모델을 정량화, 수치적 위험도 수준 추정 및 주요 핵심 위험을 식별할 수 있음.

· 주요 기능별로 Event Sequence Diagram 편집 기능, 다용도 Fault Tree 구성 기능, 위험모델 구축 및 분석에 대한 통합환경을 제공하며 각 기능별 구성 요소는 다음과 같음.

1. Event Sequence Diagram 편집 기능
   - Event Tree 개념 : 단일 해저드 및 촉발 이벤트로부터 시작하는 연속적인 이벤트의 연결 및 보호장치 모델링
   - Event Tree 분석 절차 : 이벤트 발생시 관련 보호장치(Barriers/Safeguard)가 적절히 시스템을 보호하고 있는지 확률적 가능성을 할당하고 최종 결과(사건발생)에 대한 확률 추정
   - iQRAS Event Tree 관련 지원기능 : 종료 상태 형식 및 결과에 대한 사용자 정의 시나리오 전이 포인트 지원, 다이어그램의 시각적 형태 변경에 대한 유연성제공, 자동 페이지 부여 및 정렬 기능, ESD 전체 요소 또는 일부 요소에 대한 Copy & Paste 기능

2. 다용도 Fault Tree 구성 기능
   - Fault Tree 개념 : 해저드(Top Event)를 발생시키는 근본 해저드(Base Event)에 대한 상관관계 모델링,
   - Event Tree 분석 절차 : 해저드(Top Event)를 도출하고, 해저드를 발생시키는 근본해저드(Base Event)를 트리 형태로 구성, 데이터분석과 전문가의견을 통해 근본해저드(Base Event)에 확률을 부여하고, 이를 통해 해저드(Tope Event) 발생 확률 부여
   - iQRAS Fault Tree 관련 지원기능 : 전체 Set의 논리게이트 및 이벤트 타입 제공, Fault Tree 다이어그램과 계층구조의 동기화, 불확실성 계산, 다른 이벤트 다이어그램을 경유한 Fault Tree Model 재사용, 다이어그램의 시각적 형태 변경에 대한 유연성 제공, 자동 페이지 부여 및 정렬 기능

3. 위험모델 구축/분석에 대한 통합환경 제공
   - 다양한 프로젝트 동시 지원기능 : 여러 개의 Fault Tree와 Event Tree에 대한 동시 생성, 리뷰, 분석 기능, 여러 개의 Fault Tree를 병합하여 통

합 마스터 Fault Tree 생성, 기존 프로젝트의 Fault Tree를 이용하여 신규 프로젝트에 재활용, 프로젝트간 게이트, 이벤트에 대한 상호 Copy& Paste 기능

- Risk 모델 및 결과에 대한 리포팅 & 익스포트 기능 : 모델과 결과를 Microsoft Word, Excel, Access에 익스포트 가능, Crystal ReportsTM을 통한 광범위한 리포팅 기능 제공
- Fault Tree Linking : Fault Tree Logic을 다른 Fault Tree 또는 게이트에 연결하여 재사용

- @RISK (PALISADE)

· PALISADE가 개발한 몬테카를로시뮬레이션(Monte Carlo Simulation)기반의 리스크 분석 툴로써, Microsoft Excel을 통해 가능한 결과들과 각 결과들이 발생할 확률정보를 제공하고, 이를 기반으로 선택할 위험과 회피할 위험을 선택할 수 으며, 각 단계별로 다음과 같은 기능을 가지고 있음.

○ 모델 구성

- 엑셀 Sheet의 Cell값 중, 불확실한 값에 대하여 @RISK 통계분포함수로 대체(정규분포, 이항분포 등 35종 이상)
- @RISK 함수는 각 Cell이 하나의 값만을 갖을 수 있는 단점을 보완하여 가능한 값의 범위를 지정
- @RISK 통계분포함수는 내장 그래픽기능을 통해 손쉽게 선택할 수 있으며, 과거 데이터를 활용하여 분포를 결정할 수 있음

○ 시뮬레이션 수행

- @RISK는 시뮬레이션에서 설정된 통계분포함수에 따라 수천 번의 재계산 수행
- 각 계산 시 통계분포 함수가 가질 수 있는 임의 값을 입력 값으로 대체하여 계산

○ 주요 위험에 대한 이해

- 시뮬레이션의 결과는 가능한 결과에 대한 모든 가능성을 그래프의 분포로 표시
- 시뮬레이션 결과는 히스토그램, 분포도, 누적그래프 등 다양한 형태로 분석 가능
- Tornado chart 및 민감도 분석을 통해 주요 요소에 대해 식별 가능하며 분석결과에 대한 Excel, Word, PowerPoint로 출력 및 다른 사용자의 참고를 위해 @RISK Library에 저장

② 철도분야

㉮ 철도차량 유지보수 개념

○ 국내 도시철도 유지보수 분야는 지난 30년 이상의 운영경험과 축적된 유지보수기술력을 RCM 기반으로 한 단계 높은 선진화된 방식으로 관리하기 위해 정부 및 관련 연구기관의 인식제고와 더불어 적극적인 연구가 진행되고 있음.

○ 도시철도 차량의 유지보수 선진화를 진행 중인 운영기관에서는 전동차유지보수 정보화 시스템(RIMS: Rolling-Stock Information Maintenance System)을 도입하여 RCM 시스템을 구축하는데 필요한 유지보수 데이터를 구축할 수 있는 시스템을 운영하고 있음.

- 이는 도시철도 차량의 유지보수 주기의 검토, 수명주기 예측 및 평가 그리고 유지보수 주기 최적화를 위한 자료로써 활용 가능함.
- 국내 도시철도차량의 유지보수 활동을 체계적이고 과학적인 접근 방법을 활용하여 유지보수 주기의 체계적이고 합리적인 조정에 대한 방법을 연구하고 있음.

○ 국내 기술 및 산업동향

- 1990년대에 철도차량의 유지보수 주기에 대한 연구가 일부 이루어졌으나 경험적 접근방법에 의해 유지보수 주기가 결정되었고, 2000년대에 들어 고속철도의 유지보수를 위해 검수정보시스템, RCM이 개발 운용되고 있으며 도시철도차량을 위한 유지보수 정보화시스템이 개발 운영되고 있으나, 이들 시스템은 고장 및 유지보수 정보수집, 신뢰성 분석에 중점을 두고 있어 유지보수 주기 및 예비품 소요량 산정에는 사용되고 있지 못하는 실정임.
- 학계에서는 최적 유지보수 주기 및 예비품 산정 기법에 대한 연구가 다수 진행되었으나 특정 상황에 대한 최적화 기법 연구만이 수행되어 안전성, 가용성 등이 중시되는 철도차량 특성에 적합한 시스템적 접근은 거의 이루어지지 않고 있다. 과거 경험을 중심으로 유지보수 주기 및 예비품을 선정하고 있으며 시스템 방법에 대한 연구가 부족함.

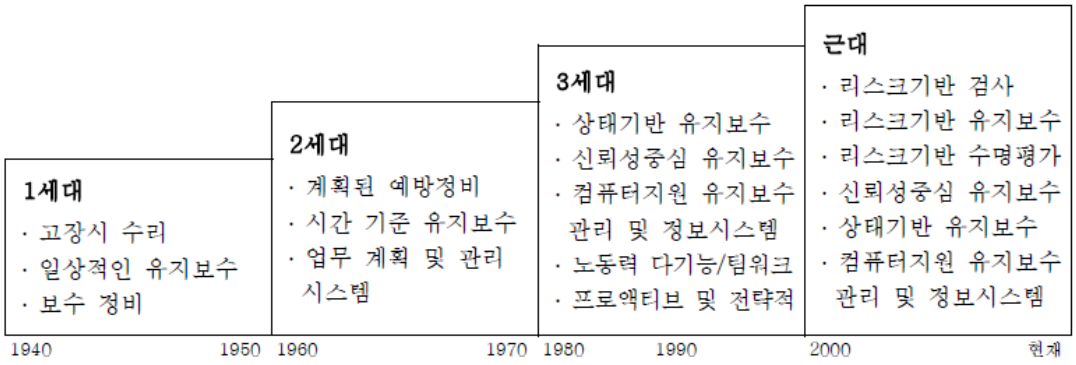
○ 해외기술 및 산업동향

- 1980년대부터 해외 운영기관에서는 유지보수 비용 절감을 위하여 차량의 예방 유지보수 주기 연장 및 유지보수 체계 변경을 위한 활동이 이루어지고 있음. 유지보수 정보화 시스템에서 얻어지는 데이터를 토대로 교환주기 최적화 등 유지보수 비용 절감을 위한 정책 설정 방법론에 대한 연구를 지속적으로 수행하고 있음.
- 철도차량이 발전되고 운영 및 유지보수 정보가 확대됨에 따라 이를 반영한 유지보수 체계 및 주기 설정을 위한 연구를 지속적으로 추진하여 현장에 적용하고 있음.
- 유럽 연합을 중심으로 신뢰성 중심 유지보수(RCM)에 대한 연구를 수행하였으며 신뢰

성 및 최적화 이론을 유지보수 주기 및 예비품 소요량 산정에 적용하는 연구를 수행하여 적용하고 있음.

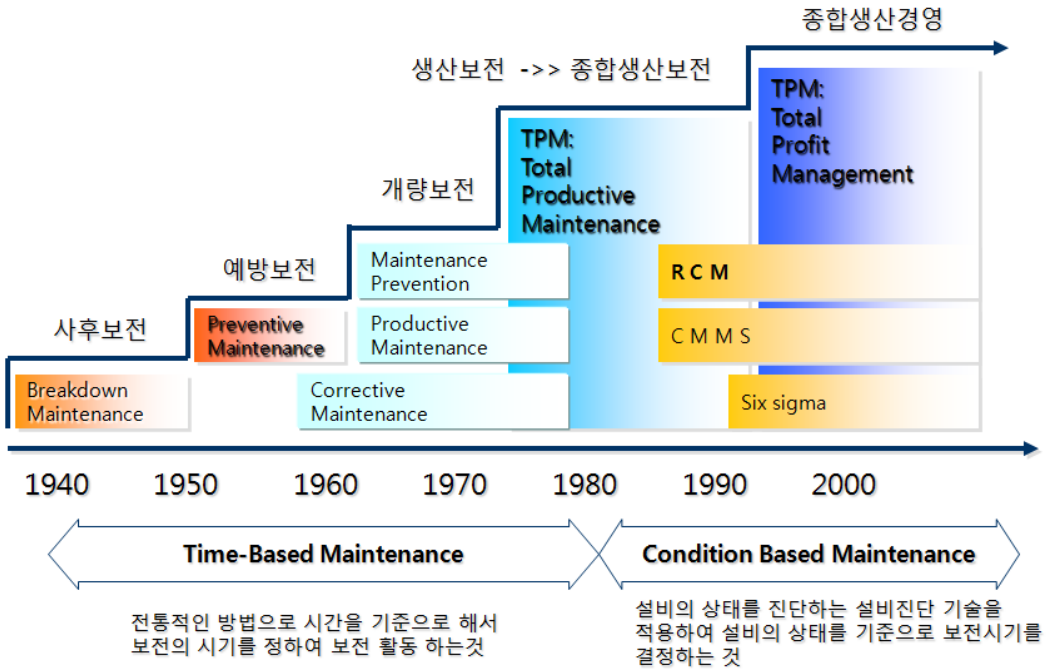
○ 유지보수 트랜드의 변화

- 유지보수에 대한 개념 진화는 다음과 같음.



- 1세대: 시스템 고장이 발생하면 수리 시행
- 2세대: 고장으로 인해 시스템의 정지시간이 생산에 영향을 미치면서 계획된 유지보수를 시행
- 3세대: 시간 및 거리 기준의 계획된 유지보수에서 부품 상태에 따른 유지보수와 신뢰성 기반의 유지보수에 관심을 가지게 됨
- 4세대: 최적의 유지보수를 시행하기 위해 부품의 상태, 신뢰성 기준과 비용 및 리스크를 포함하여 유지보수 결정하는 것으로 기대치가 증가

○ 유지보수는 1980년대를 기준으로 그 이전에는 전통적인 방법으로 시간을 기준으로 정해진 시간이 되면 보전활동을 수행하는 Time-Based Maintenance가 주로 수행되었으나, 1980년 부터는 설비의 상태를 진단하는 설비진단 기술을 적용하여 설비의 상태를 기준으로 보전시기를 결정하는 Condition Based Maintenance가 주를 이루고 있음.



㉰ 영국, 철도사고예방을 위한 컴퓨터 모델링 프로그램 개발

○ 더 정확하게 차량 행동을 예측하여 철도 사고 예방에 도움을 줄 수 있는 컴퓨터 모델링 프로그램이 맨체스터 도시 대학교(MMU, Manchester Metropolitan University)와 피닉스 점검 시스템(Phoenix Inspection Systems)에 의해 개발 됨.

○ 맨체스터 도시 대학교의 철도 기술 유닛과 초음파 시험 장비 제조사인 피닉스는 기존 시스템보다 더 정확하고 더 빠른 최적화된 컴퓨터 모델링 방법을 만들기 위하여 세계 곳곳의 대학과 철도 회사의 연구를 이끌어내고 있음.

○ 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램은 광범위하게 철도 차량의 회전 표면 피로도와 같은 문제를 평가하는데 사용된다. 본 시뮬레이션은 바퀴가 레일에 접촉하는 부분에서 일어나는 응력(stress)을 예측한다. 전형적으로 엄지손톱 크기인 이러한 접촉 부분은 항상 기차로부터 몇 가지 힘을 받음.

○ 1890년대 독일의 물리학자 하인리 헤르츠(Heinrich Hertz)에 의해 개발된 헤르츠 분석 이론(Hertz Analytical theory)은 대부분의 예측 기법의 기초이며, 그것은 접촉한 두 물체가 압력 하에서 행동하는 방법을 요약하기 위한 탄성체와 연속체 메커니즘의 기존 이론으로부터 관찰 결과를 가져왔음.

○ 비록 새로운 방법론이 본 이론을 개선하기 위해 개발되었지만, 그 결과는 다른 변량(variants)에 의존하여 중요한 변화를 줄 수 있음.

○ 맨체스터 도시 대학교의 계산 모델은 최종 결과물에 최소의 영향을 갖는 근사값을 선택하기 위하여 이러한 각각의 방법으로부터 가장 좋은 양상(best aspects)들을 조합하

며, 맨체스터 도시 대학교와 함께 연구하는 피닉스社는 실제 철도에서 일어나는 응력을 에뮬레이션하는 바퀴와 레일의 스케일 버전(scale version)의 사용을 위한 스캐너를 개발하였음.

③ 필요기술분야

○ 안전관리시스템 운영자에 대한 현장감독의 비중을 줄이고, 위험요인의 상시 모니터링과 철도사고/장애 예측모델 기반의 시스템적 통합안전관리기법 개발

○ 위험관리를 표준화함으로써 새로운 안전관리 인증체계기반 구축

○ 인적요인과 안전문화에 대한 체계적 분석기법을 도입하여 예측정확도와 불확실성을 개선하여 현장에서 위험정보공유와 안전협력 증진

○ 철도 2요소로 구분하여

- 철도 안전관리 체계 측면에서는 철도안전 관련 법・제도, 경제성분석을 통한 의사결정 지원, 안전문화 관리방안 도출을 통해 안전관리를 효율적으로 수행하기 위한 관리체계 구축
- 철도 요소별 안전관리 기법 측면에서는 시설물, 차량, 인적요인 별로 사고 예방 및 대응절차의 자동화, 체계화, 표준화를 진행

㉮ 연구내용

[1] 철도사고/장애 예측모델 기반의 안전관리 체계 고도화

○ 철도사고예방 안전관리제도 및 관련 법령 개정

- 시설물, 차량, 철도 종사자 사고에 대한 예방, 대처방안 도출
- 철도안전법에 근거한 사고대응이나 사후 조치가 아닌 사고예방적 안전기준규정의 정비와 개발
- 사고유형 및 사고 위치별 예방·대응절차(매뉴얼) 개발·보급
- 본 과제의 최종적인 산출물인 철도안전 융합시스템의 효율적인 적용을 위해 사고예방적인 기준을 강화하고 의무적인 시스템 적용을 할 수 있도록 기본정책, 법/제도 개정안 도출

○ 조직 안전문화 분석 및 관리방안 도출

- 조직 안전문화 정착은 안전관리의 성과와 밀접한 관련이 있으므로 안전문화의 평가 및 모니터링과 함께 분석 결과의 피드백을 통해서 안전에 관한 조직의 변화 및 문제점 개선을 촉진할 수 있도록 객관적인 안전문화 평가와 관리방안 도출이 필요함.

- 조직 안전문화 조사기법에 대한 최신 동향과 위험유형 분석모델을 개발하고 안전문화에 대한 지표 설정과 측정도 개발
- 안전관리 기술의 효과적인 이행 맞물려 안전증진의 시너지 효과가 발휘될 수 있도록 안전문화 관리 방안을 도출하고 최종적으로 안전문화 관리모형 개발과 함께 시범운영 및 효과분석을 수행함.

○ 철도 요인별 안전관리기법 적용 우선순위 결정을 위한 의사결정 모델 구축

- 철도요인별 위험관리 및 안전활동에 대한 비용모델 구축
- 철도요인별 안전관리 시스템 적용시 발생하는 편익 분석
- 비용편익 분석을 통한 의사결정 모델 개발 및 우선순위 결정
- 최종적으로 국토해양부 등 철도안전관리 의사결정자의 의사결정 지원을 위한 기반 마련

[2] 철도 시설물 요인 사고·장애 예측모델 기반의 안전관리기법 개발

○ 역사내 사고예방 안전관리 기술 고도화

○ 역사내 화재, 사상사고, 테러 등의 사고요인에 따라 즉각적인 요인 제거가 필요한 사고요인과, 데이터 수집을 통해 예측분석을 하여 사전대응 및 유지보수를 해야 하는 사고 요인을 구분

○ 관제시설 및 시스템 사용자에게 안전기준에 벗어나는 사고위험을 GPS와 GIS데이터를 연계하여 사고 유형별 대응기관, 사고위치별 담당 역무원, 기관사 등에 화재, 사상, 위험물의 위치를 자동 통보하여 대응하고 사고위험 시설물을 사전에 유지·보수 할 수 있도록 안전관리 기술을 표준화, 자동화, 체계화



그림 37. 역사 안전관리 기법

○ 선로 사고예방 안전관리 기술 고도화

- 선로의 노반침하, 레일파손, 선로침입, 선로변형 등의 사고요인에 따라 즉각적인 대응이 필요한 낙하물, 사람 등 선로침입에 의한 사고요인과, 데이터 수집을 통해 예측분석을 하여 사전대응을 해야 하는 레일변형, 궤도틀림 등의 사고 요인을 구분

- 관제시설 및 시스템 사용자에게 안전기준에 벗어나는 사고위험을 GPS, GIS를 연계하여 유지·보수 기관, 침입 위치별 담당 역무원, 기관사 등에 자동 통보하여 사고 즉시 선로 침입물을 제거하고, 사고위험 시설물을 사전에 유지·보수 할 수 있도록 안전관리 기술을 표준화, 자동화, 체계화



그림 38. 선로 안전관리 기법

○ 터널 및 교량 사고예방 안전관리 기술 고도화

- 터널 및 교량의 변형 등의 사고요인을 GPS, GIS를 연계하여 열차의 속도, 위치를 파악하고 관제시설 및 시스템 사용자에게 안전기준에 벗어나는 사고위험을 자동으로 전달하여 위험 대응기관, 침입 위치별 담당 역무원, 기관사 등에 자동 통보하여 시설물의 화재 및 테러를 조기에 차단하고, 사고위험 시설물을 사전 또는 사고 즉시 유지·보수할 수 있도록 안전관리 기술을 표준화, 자동화, 체계화



그림 39. 터널 및 교량 안전관리 기법

○ 자연재해에 의한 사고예방 안전관리 기술 고도화

- 자연재해 요인에 따라, 관제시설 및 시스템 사용자에게 안전기준에 벗어나는 사고위험을 자동으로 전달하여 자연재해 유형별 대응기관, 역무원, 기관사 등에 자동 통보하여 열차의 위치파악과 차량의 속도를 제한하고 진입을 차단하며 GIS 구축 및 최적경로 기법을 통한 대피경로, 우회경로를 제공할 수 있도록 안전관리 기술을 표준화, 자동화, 체계화



그림 40. 자연재해 안전관리 기법

○ 건널목 사고예방 안전관리 기술 고도화

- 건널목의 인적, 기술적 사고요인에 따라 관제시설 및 시스템 사용자에게 안전기준에 벗어나는 사고위험을 GPS와 GIS 데이터를 이용하여 유지·보수 기관, 건널목 담당 역무원, 기관사 등에 자동 통보하여 대응할 수 있도록 함.

- 자동출입 통제 시스템 구축과 APT 시스템 설치 및 건널목 관련 장치들의 주기적인 유지·보수를 통해 기술적 사고 요인을 제거하고 꾸준한 교육을 통해 인적 사고원인을 차단할 수 있도록 안전관리 기술을 표준화, 자동화, 체계화



그림 41. 건널목 안전관리 기법

[3] 철도 차량·전기신호(E&M) 요인 사고·장애 예측모델 기반의 안전관리기법 개발

○ 철도차량 사고 예방 안전관리 기술 고도화

- 관제시설 및 시스템 사용자에게 안전기준에 벗어나는 차량의 충돌, 탈선, 화재 여객상해 등의 사고요인을 GPS, GIS를 연계하여 유지·보수 기관, 차량 위치별 담당 역무원, 기관사 등에 자동 통보

- 사고 요인 발견 즉시 GPS를 통해 후방 차량에 즉시 알려주고 선로 장애물을 제거하며, GIS를 통해 승객대피나 우회경로를 알려주고, 차량 과부하 요소를 사전에 유지·보수 할 수 있도록 안전관리 기술을 표준화, 자동화, 체계화

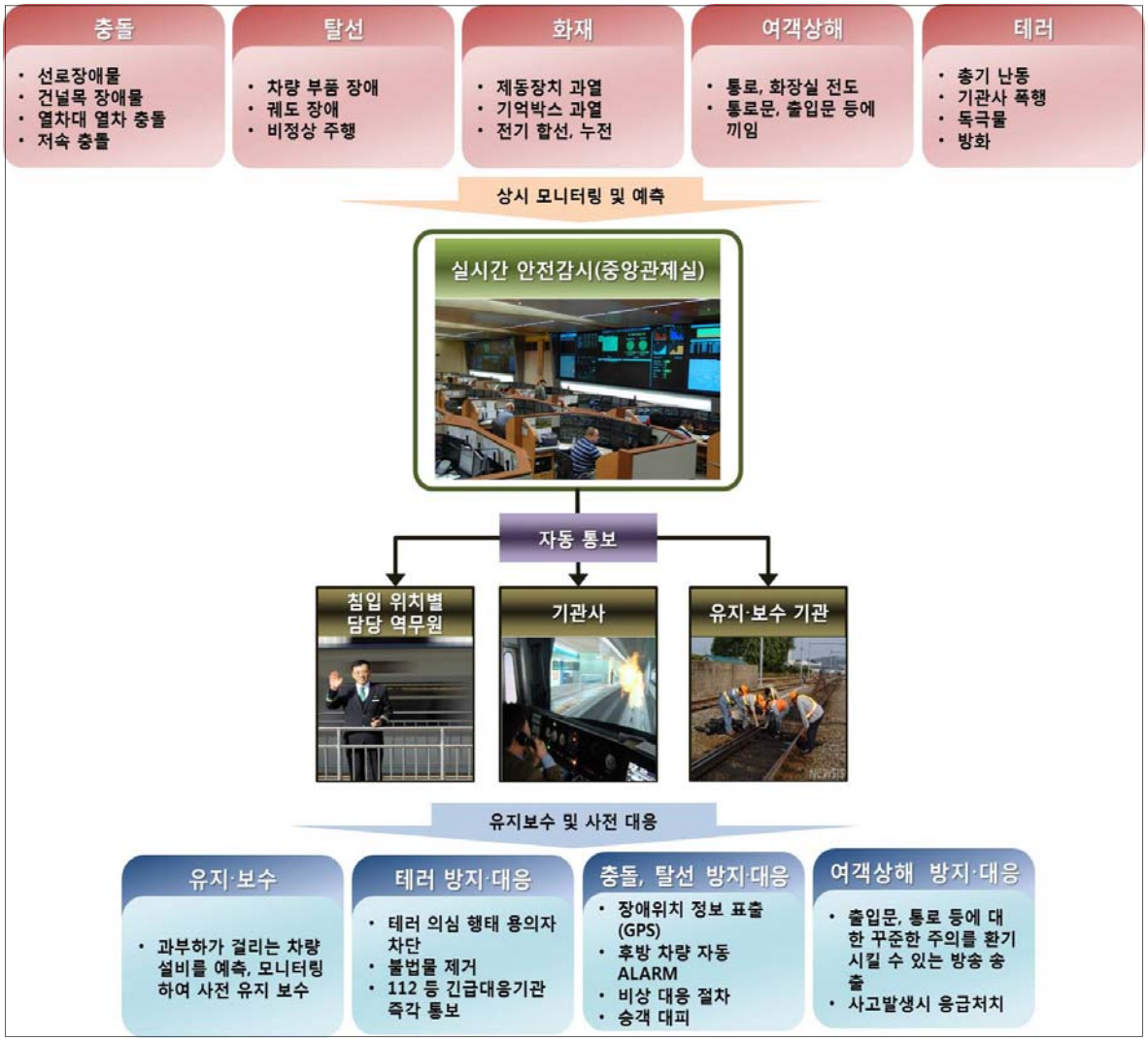


그림 42. 차량 안전관리 기법

○ 철도 전기신호 사고예방 안전관리 기술 고도화

- 관제시설 및 시스템 사용자에게 안전기준에 벗어나는 신호오류, 선로전환기 고장, 전기장치 소손 등의 사고요인을 GPS, GIS를 연계하여 유지·보수 기관, 시설 위치별 담당 역무원, 기관사 등에 자동 통보

- 사고 요인 발견 즉시 GPS를 통해 후방 차량에 즉시 알려주고,GIS를 통해 승객대피나 우회경로를 제공하며, 전기신호장치의 노후화, 과부하 요소를 사전에 유지·보수 할 수 있도록 안전관리 기술을 표준화, 자동화, 체계화



그림 43. 전기신호 안전관리 기법

[3-4] 철도 종사자 인적 요인 사고·장애 예측모델 기반의 안전관리기법 현장 적용 방안 도출

○ 현장 적용을 위한 휴먼에러 예측 장비를 개발·모듈화 하여 직무 수행 전 직무 적합성 평가 시스템으로 활용할 수 있는 사전 판별 시스템 개발

○ 스마트 원격 휴먼에러 예측 시스템은 센싱 모듈을 통해 습득된 상태정보를 통합된 신호체계를 구성하여 전송 하며, 실시간 원격 모니터링·분석에 의해 휴먼에러를 예측 및 경고 할 수 있는 안전관리기법 현장 적용 시스템 개발

○ 실시간 기관사의 다양한 상태 정보를 원격에서 모니터링 하며 휴먼에러 예측 모델을 시스템화 하여 철도사고 예측 기반 철도안전융합시스템 통합운영 플랫폼과 연계되는 스마트 원격 휴먼에러 예방 시스템을 개발 함.

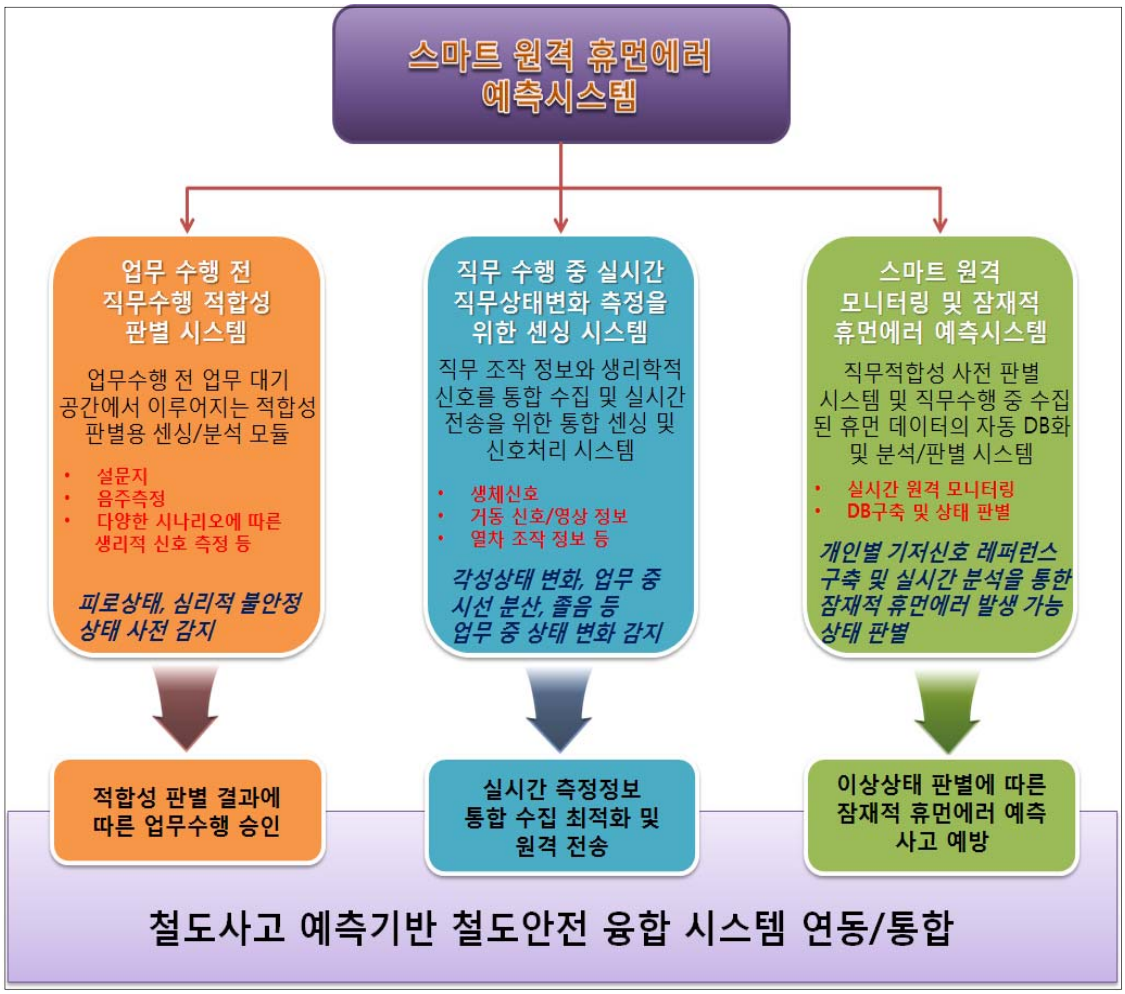


그림 44. 철도 종사자 인적 요인 사고·장애 예측 시스템 구성

○ 휴먼에러가 유발될 조짐을 보이는 철도종사자에게 자동으로 강력한 경고 및 사고예방을 위한 행동 지시를 하며, 사고 예상지점 주변의 기관사, 역무원 등에게 안전제어를 할 수 있도록 통보 할 수 있는 표준화된 휴먼에러 안전관리 기법 개발

○ 사전에 안전지침에 대한 꾸준한 교육과 근본적인 휴먼에러 감소를 위한 철도종사자의 신체, 심리를 관리할 수 있는 체계 구축



그림 45. 휴먼에러 안전관리 기법

[3-5] 정보 데이터 표준화 방안

○ 사고요인별 hazard 코드화 및 표준화

- 안전정보 분석
- 시설물 요인 hazard 도출 및 코드화
- 차량 전기신호 요인 hazard 도출 및 코드화
- 철도 종사자 인적요인 hazard 도출 및 코드화
- 자연재해 요인 hazard 도출 및 코드화

○ 안전대응조치 코드화 및 표준화

- hazard별 대응 조치 코드화
  - 비상대응 조치 코드화
  - 일반대응 조치 코드화
- 안전대응 관련 대상 코드화
  - 안전감독관리자
  - 역무, 운전/TCMS
  - 관제센터 및 관제원
  - 시설 유지보수 담당
  - 차량 및 전기신호 유지보수 담당

[3-6] 철도사고 장애 예측 모델 기반의 통합안전관리시스템 아키텍쳐 구축 및 컨텐츠 설계

○ 통합안전관리시스템 아키텍처 구축

- 세계 최고수준의 정보통신기술과 철도에서 필요한 니즈를 결합한 한국형 신 철도 통합안전관리시스템의 아키텍처 구현을 목적으로 함.
- 아키텍처 구축 예시
  - 1999년 ‘ITS 아키텍처 확립을 위한 연구‘의 결과물로 만들어진 국가 ITS 아키텍처는 새로운 서비스에 대한 사회적 수요, 기술발전에 따른 시스템 구성요소 및 기능의 변화, ITS 사업 추진체계 변화, ITS 관계정립이 필요한 신사업 등장 등 여건변화를 반영할 수 있도록 2009년 ’ ITS 아키텍처 정비를 위한 연구‘를 통해 개선되었음.
  - 기존 논리 아키텍처에서는 기능적인 관점에서만 시스템을 분석하고 사업아키텍처를 도입하여 시스템 구축·운영 관련된 법·제도적, 조직적 관점을 분석하는 것으로 국가 ITS 아키텍처를 구성

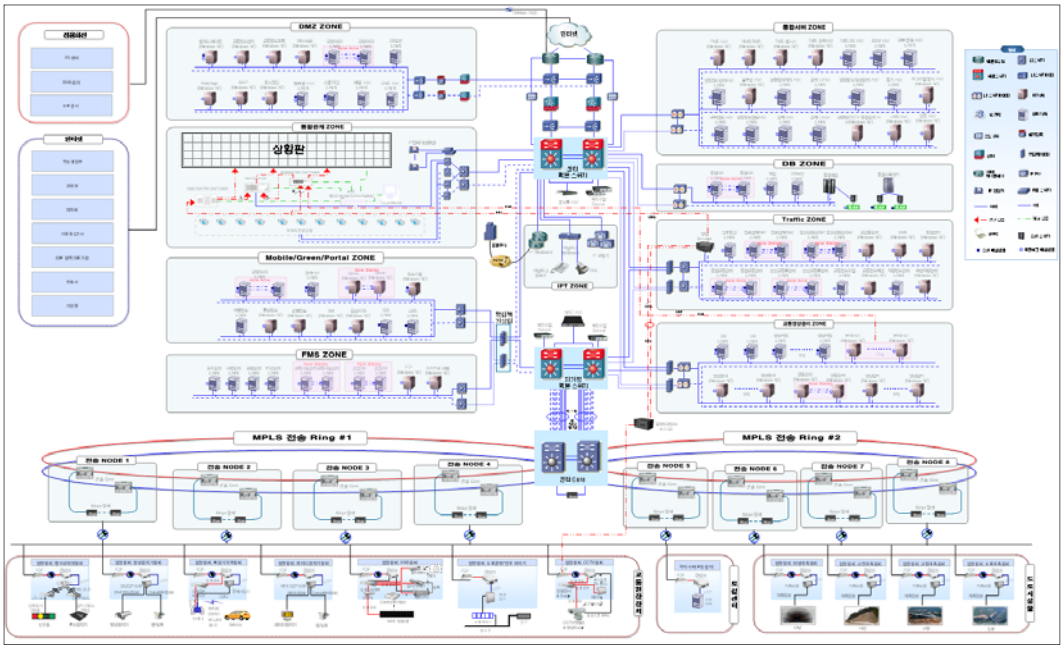


그림 46. 물리 아키텍쳐 예시

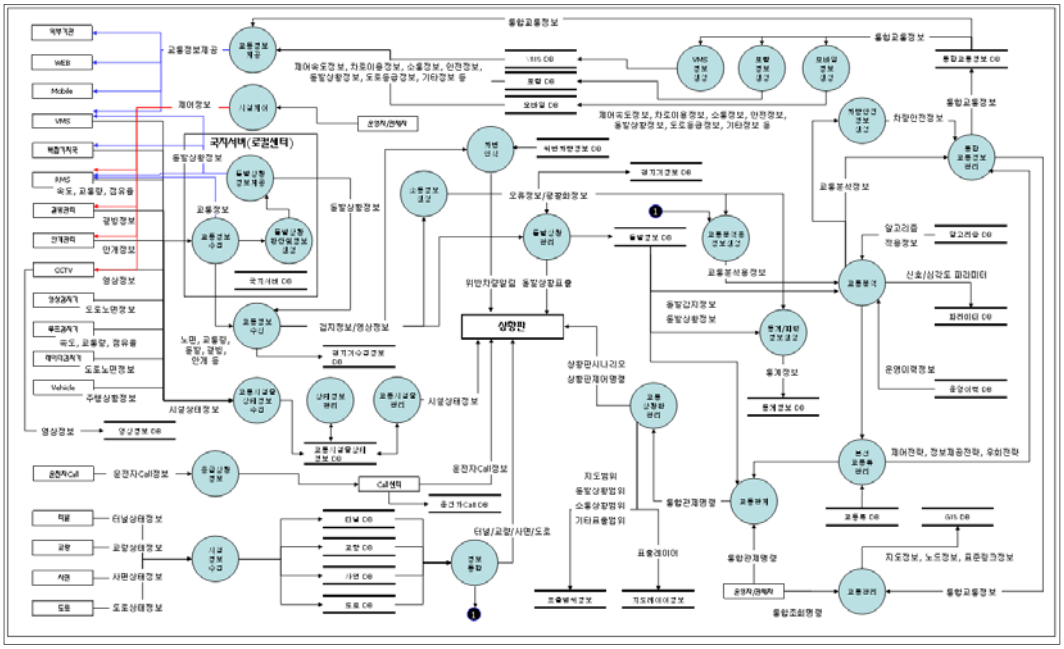


그림 47. 논리 아키텍쳐 예시

○ 철도 요소별 안전관리 기법 컨텐츠 설계

- 철도 요소별로 세부적인 사고 요인에 따른 이용자, 철도 종사자 측면의 컨텐츠 설계
- 효율적인 사고예방, 대응을 하기 위한 경고, 알림 체계의 자동화 및 고도화
- 사고 예방 및 대응 방법의 구체화 및 체계화

2. 국내외 철도안전 실시간 모니터링 분야

가. 철도종합안전기술개발 사업의 기술개발 현황

○ 2004년부터 2011년까지 추진된 철도종합안전기술개발 사업에서 추진된 관련 기술개발 현황은 다음과 같다.

세부 사업 및 과제		대상 기술	결과물
철도 중대사고 방지 및 평가기술 개발	인적요인 사고방지 및 평가기술 개발	- 인적 안전위협요소 관리기술 시뮬레이터 활용 교육훈련 체계	인적오류 평가기술 교육훈련용 시뮬레이터
	철도화재 사고방지 및 평가기술 개발	- 철도재료 화재평가기술, 화재위험 지수산출기술, 지하구조 연기 및 열유동 해석.시험평가기술, 차량화재전파 해석.시험평가 기술, 화재감지 및 자동진화기술, 장대터널 구난역/터널 설계 기술, 철도차량 및 시설물 화재성능시설 구축	화재안전도 시험평가설비.기술, 화재 안전기준 및 종합관리 지침서, 최적지하구조설계기술 및 지침, 지하시설 지능형 배연 시스템, 화재성능 시험시설
	충돌/탈선 사고발지 및 평가기술 개발	- 충돌해석.시험평가기술, 탈선안전도 측정 및 평가기술, 지능형 제동시스템 기술, 철도차량충돌 시험시설 구축 - 탈선 예방정비 시스템기술, 풍하중을 고려한 운행안전성 해석.시험평가기술, 철도부품 이상진단 기술	충돌/탈선/위험물질 운송 안전기준, 충돌/탈선 시험평가설비.기술, 손상/파손/예방정비 시스템, 차량유지관리 프로그램 및 관리지침서, 차량충돌.탈선 시험시설
	열차제어 안전성 기술	- 열차제어소프트웨어 안전평가 및 인증기술	소프트웨어 안전평가 및 입증 기술
	건널목 지능형 시스템 기술	- 지능형 철도 건널목 상황 검지 및 정보전송기술 개발	지능형 열차검지, 도로 연계 시스템 기술

○ 철도사고 및 비상대응 관리체계 구축

- 철도종류별 9개 비상사고 비상대응 시나리오 개발(충돌,탈선 등)
  · 철도 비상사고 유형 표준화

· 도시철도/광역철도 비상대응 시나리오

· 일반철도/고속철도 비상대응 시나리오

- 철도종류별 9개 비상사고 비상대응절차(SOP) 개발

· 철도종류별 비상대응 환경 분석 / Activity-Action Diagram 개발

· 철도종류별 비상대응절차 개발 / 비상대응직원별 역할과 책임 개발

· 시간경과별 비상대응직원별 행동요령 / 비상대응직원의 행동요령개발

· 비상대응지원체계 분석

- 철도 비상대응 교육 프로그램 개발

- 철도 비상대응 훈련 프로그램 개발

○ 철도화재 안전성능 평가 및 사고방지 기술 개발 분야

- 철도시스템 화재안전도 예측평가 기법 개발

- 철도시스템 화재안전도 예측기법 개발/화재안전도 평가지침 보완

· 차량화재 시뮬레이션 수행절차 정립 및 신뢰성 검증 시험

· 철도터널 화재안전도 분석기법 개발

- 철도화재 안전성능 시험평가 시스템 개발

· 차량화재 실대형 화재안전성능 평가 설비 설계

· 중/소형 화재안전성능평가 장치용 구조물/배연설비/룸코너 설치 및 장치 안정화

· 터널화재 실대형 화재안전성능평가를 위한 화재 시험계측시스템 구축

- 철도화재 안전시설 및 설비 표준화/ 초장대터널 구난역표준모델 개발

· 승강장 매점 실화재시험 및 표준설계 지침 작성

- 철도화재 제어장치 성능평가 방법 및 통합화재제어체계 개발

· 터널용 화재감지시스템 및 오작동 방지장치 개발

- 장대 철도터널 현장 화재 시험평가 및 평가기법

- 철도 역사/터널 화재안전시설 설계 사양

- 철도차량 전역방출 소화능력 기준 개발

- 역사용 자동 소화설비 개발 / 화재진화장치 성능평가 방법 개발

- 철도차량용 자동소화설비 성능평가 기준

- 지능형 터널 배연시스템 성능평가 시험 및 시스템

- 역구내 안전 실시간 감시체계 운용 최적화 기술개발

○ 철도차량 충돌 안전성능평가 및 피해저감 기술 개발 분야

- 열차충돌 안전도 설계 가이드라인 연구
- 충돌안전도 표준성능모델 개발
  - 고속철도 동력차 에너지흡수구조설계를 위한 동력객차 단부해석/시험
  - 접촉사고자 보호 에어백 시험시제품 개발
  - 승객보호용 안전의자 시험시제품 개발
- 충돌안전도 성능평가기술 개발
  - 차체구조 충돌안전성능 해석평가를 위한 모델 개발
  - 차체구조 충돌안전성능 시험평가를 위한 시범시험 수행
  - 경충돌 안전장치 실용화 시제품 개발
- 열차충돌 안전성능 시험평가설비 구축
- 충돌동역학 모델에 의한 해석적 충돌성능평가기술 개발
- 전두부 보호용 복합재 구조모듈 개발
- 안전좌석 및 구명장치의 충돌 시범시험
- 전동차용 충돌안전 전두부 구조 개발 / 안전의자 완충장치 표준모델
- 선로침입자 구명장치 및 시험평가 /접촉사고자 보호 에어백 제시

○ 철도차량 탈선 안전성능 평가 및 사고방지 기술개발 분야

- 차량/궤도 결함에 따른 열차주행안전성 향상기술 개발
  - 차축압입부 장기적 피로손상 실험적 규명
  - 레일 구름접촉 피로손상 방지를 위한 피로균열 발생수명 평가절차 및 저감방안 수립
  - 곡선부 주행안정성 향상 방안 수립
  - 다물체 동력학 기법을 이용한 분기부 통과 시 열차 주행안정성 평가기술 개발 및 분기부 탈선방지장치 현장성능 평가
- 자연요인에 의한 주행안전성 평가기술 개발
  - 지진 시 탈선 취약개소 평가기준 개발을 위한 이상개소 진동 모니터링 시스템 현장적용 및 보완
  - 측풍 시 차량 공력계수 평가 및 측풍 위험도 평가 알고리듬 개발
  - 탈선계수 평가기준 수립을 위한 시험절차서 작성
- 탈선안전성 모니터링시스템 개발

· 차량하부결함 감지장치 보완 및 안정화

· 차륜이상(표면균열, 찰상) 감지장치 시제품 제작

· 차축압입부 접촉피로손상 검지장치 보완 및 안정화

· 레일 절손 검지시스템 시제품 제작

- 분기부 주행안전성 평가기술
- 측풍시 열차운전규제기준 수립
- 혹서기 장대레일 좌굴 감시시스템 시제품 및 좌굴 위험평가 프로그램
- 대차진동을 이용한 이상궤도 감시장치 시제품 제작
- 레일저면 대응형 차륜답면 이상검지 시스템 개발
- 레일절손 감시정보시스템 시제품 제작
- 차륜탈선 안전성능 평가 시험설비 구축

○ 열차제어시스템 안전성능 평가 및 사고방지 기술개발 분야

- 열차제어시스템 안전성 향상 핵심기술 개발

· 열차제어용 고안전성 연산처리장치 시제품 제작

- 열차제어시스템 안전성 평가기술 개발

· 안전성 평가기술 적용성연구를 위한 평가대상시스템 시제품제작

· 평가대상 시스템 시험을 위한 시뮬레이터 설계 및 제작

· 열차제어시스템 안전성 평가 가이드라인 작성

· 열차제어시스템 S/W 안전성 테스트도구 설계 및 시제품 제작

- 열차제어시스템 안전성능 평가 가이드라인 작성
- 열차제어시스템 S/W 안전성 평가 가이드라인 보완
- 작업자 사상사고 저감 안전설비 현장 시험 및 보완
- S/W 테스팅 자동화 도구 시제품 완성
- 열차제어시스템 평가대상시스템의 시뮬레이터 제작
- 고안전성 연산처리장치 시제품 보완

○ 철도건널목 지능화를 통한 사고예방 및 피해저감 기술 개발 분야

- 지능형 철도 건널목 상황 검지 및 정보전송기술 개발
- 건널목 상황의 열차 내 모니터링 장치 시범구축
- 열차 위치정보 양방향 무선전송장치 시범구축

- 건널목 지능화 시스템 시범구축 및 운영
- 건널목 통과 차량에의 실시간 정보현시장치 시범구축
- 건널목 시인성평가 장치 및 인접교차로 연계신호장치 시범구축
- 건널목 지장물 영상검지 장치 시범구축

나. 탈선/충돌 분야

(1) 국내

○ KTX 고속철도차량 모니터링 현황

- 현황

· KTX 고속철도차량은 운행 중 차량에 장착된 built-in sensor에 의해 다음과 같은 주요대상 38종에 대해 상태감시를 하고 있음.

*시스템 기능(4종) : 열차상태 모니터 고장시 백업기능 등

*열차운영 제어 및 감시(8종) : 운전실 선택/전후진, 승강문, 신호장치감시 등

*고압시스템 제어 및 감시(3종) : 판토그래프, 주차단기 감시 및 제어 등

*견인시스템 제어 및 감시(6종) : 모터블럭 감시, 열차속도 제어 및 감시 등

*제동시스템 제어 및 감시(7종) : 비상제동 감시 및 제어, 대차 불안정 검지 등

*보조전원장치 제어 및 감시(5종) : 보조블럭 감시, 밧데리 차단제어 등

*차체전기장치 제어 및 감시(5종) : 객차용 HVAC 제어, 열 및 화제검지 감시 등

*KTX-산천인 경우 상기 이외에 중련연결 감시기능(3종)이 추가됨.

· 상기와 같이 상태를 감시하여 장치 또는 부품에서 고장이 발생할 경우 다음 표와 같이 총 425개의 고장코드를 차상컴퓨터에 저장시킴. 이 중에서 주요고장(MF)은 45가지 코드가 있으며, 주요고장 감시대상은 아래 그림과 같이 주변압기 한계온도 초과, 2개 이상 모터블럭 상실, 두 대의 공기압축기 고장, 동력차 대차 불안정, 두 개의 승강문 잠김 등 21종임.

표 28. KTX 고장코드

분야	MF	MCF	OF	AF	EM	계
기계장치	4	5	5			14
견인제동	7	24	51	34		116
제어안전	28	43	19		4	94
차상컴퓨터	1	12	97		19	129
보조전원	3	15	6			24
공기제동	1	7	10		1	19
차체장치	1	9	4			14
공기조화		4	11			15
계	45	119	203	34	24	425

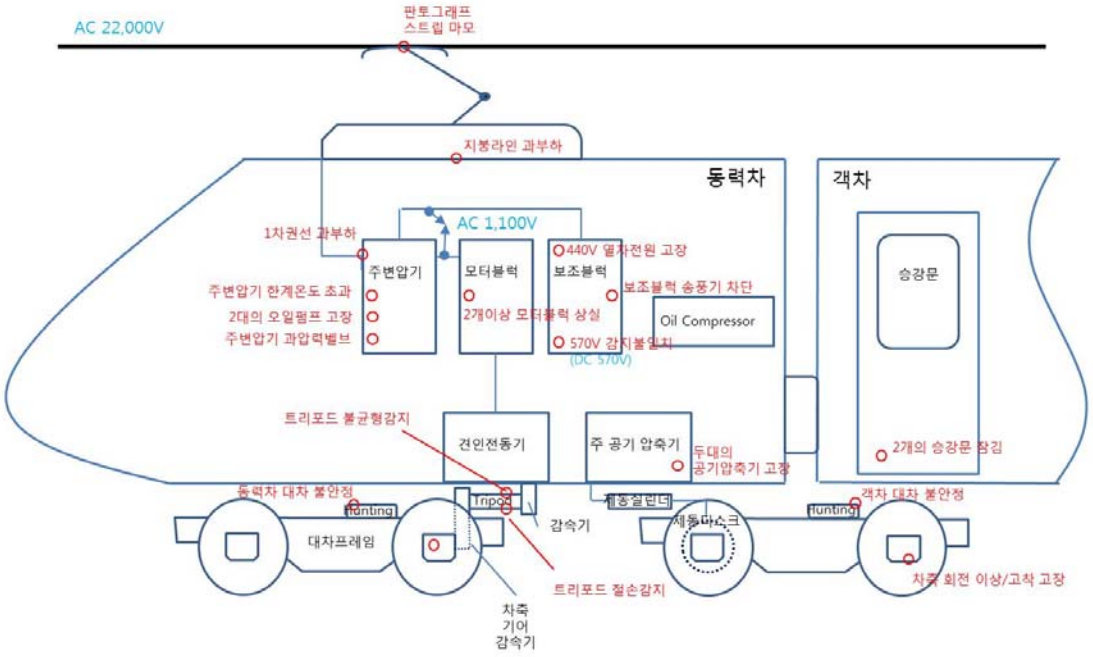


그림 48. KTX 주요고장 (MF) 감시대상

· 고장코드 무선전송시스템

*차상컴퓨터에 저장된 열차고장기록을 CDMA기술을 이용하여 원거리에서 다운로드할 수 있도록 하는 무선전송 시스템

*고장코드 다운로드 및 업로드 업무효율화(25분/편성)

*주요고장 발생 시 상세 고장코드 분석 및 원격기술지원

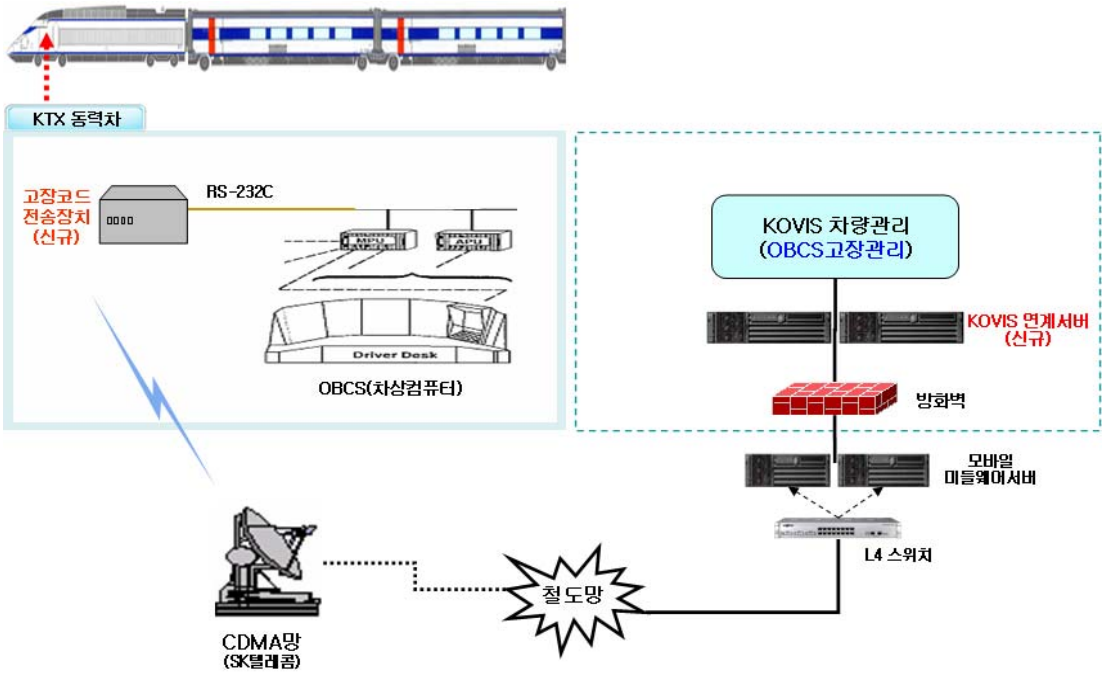


그림 49. 고장코드 무선전송 시스템 구성도

○ 고속철도차량의 차축발열감시장치 (HBD) 현황

- 현황

· 차축발열검지장치(Hot Box Detector, HBD)란 지상 선로 주변에 비접촉 적외선 온도센서가 설치되어 열차 운행 시 차축 베어링 온도를 측정하여 차축 베어링 이상으로 인해 일정온도 이상으로 베어링 온도가 상승할 경우 이를 검지하여 차축 베어링 손상에 의한 열차 탈선 등 대형 사고를 막기 위해 열차의 운행속도를 제한하거나 정지시키게 하는 장치임.

· 현재 경부고속철의 경우, 매송, 둔포, 고등, 문곡, 회동, 김천, 칠곡 등 12개소에 HBD를 설치하여 운용 중에 있음.

· 현재 코레일의 운행규정에 따르면 HBD에서 차축 베어링 온도의 기준값 이상을 알리는 알람이 발생하게 되면 열차속도를 제한하며 경우에 따라서는 열차를 정차한 후 실제로 차축의 표면온도를 측정한 후 이상 유무를 판단하고 나서 열차를 출발시키는 등 HBD는 열차운행에 매우 밀접한 관계가 있음.

· 이후 이상 알람이 발생한 차축 베어링의 경우 차축을 교환하거나 베어링 분해점검을 실시하도록 규정하고 있음.



그림 50. 국내 KTX HBD 설치개소 및 운영 모습

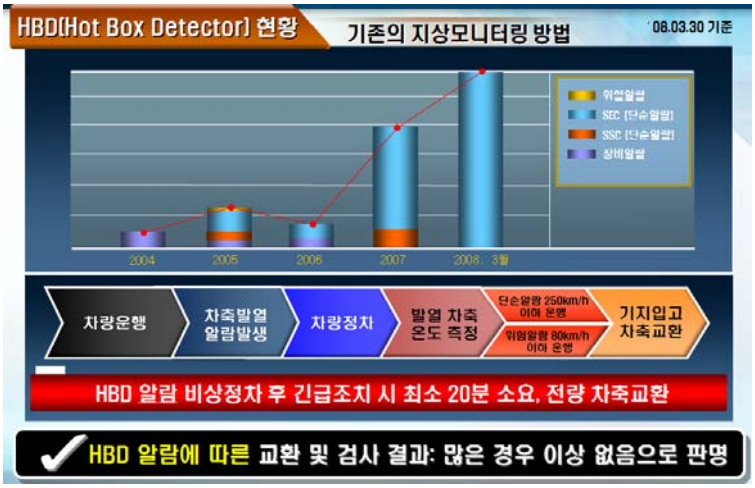


그림 51. HBD 감지 현황 및 발생 시 조치 과정

- 문제점

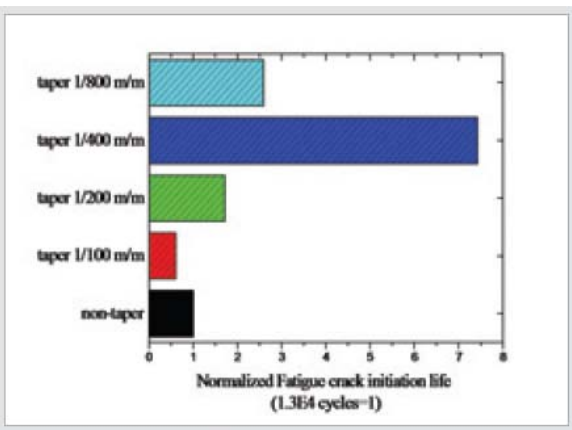
  · 최근 KTX 사용 년수의 증가로 인하여 차축 발열검지 장치에서 이상 알람 발생이 증가하고 있음.

  · 이러한 문제는 지상에 설치된 차축 발열검지 장치의 비연속적인 실시간 검측의 한계에 기인함.

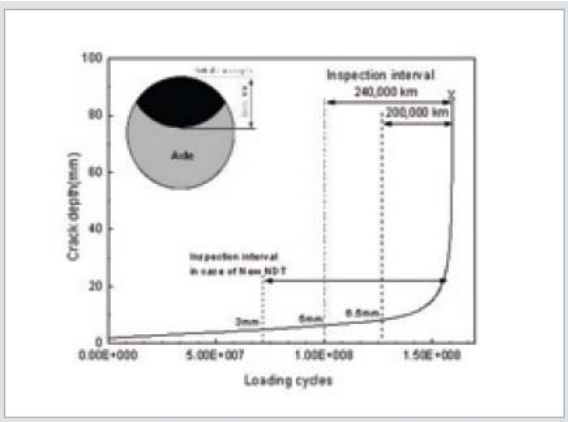
  · 해외의 경우에도 차축 발열검지 장치 검측 한계에 의한 사고 발생: 호주 수송안전국(Australian Transport Safety Bureau, ATSB)의 차축베어링 파손에 따른 화차 탈선 사고 사례를 보면 2005년 3월 1일, 7일에 연달아 2건의 사고 발생이 보고되고 있음. 사고 후 조사에서 CB76 화차의 경우, 사고 전 50km에서 차축 발열검지 장치 검측 결과 69℃ 정상인 것으로 나타났으며, 1WB3 화차의 경우, 사고 전 269km에서 차축 발열검지 장치 검측 결과 정상인 것으로 나타났음. 하지만 두 화차 모두 이 후의 운행 중 차축베어링 손상으로 인한 탈선 사고가 발생하였으며, 차축 발열검지 장치의 실시간 검측 한계로 인해 이상을 사전에 감지하지 못한 것으로 판명됨.

○ 철도차량 탈선 안전성능 평가 및 사고방지 기술개발 분야

- 차량/궤도 결함에 따른 열차주행안전성 향상기술 개발

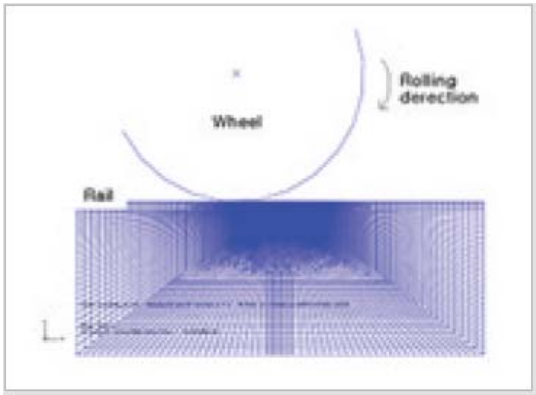


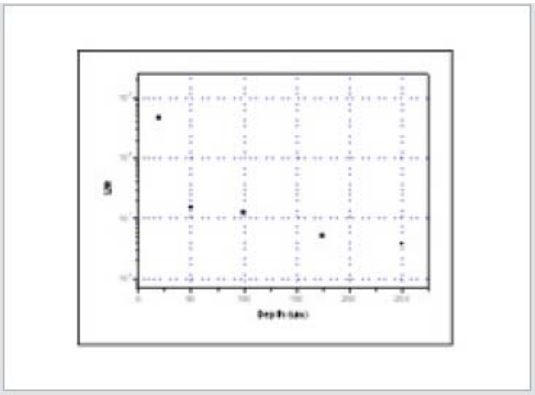
〈테이퍼에 따른 피로균열 발생수명의 변화〉



〈균열깊이에 따른 유지보수 주기 설정〉

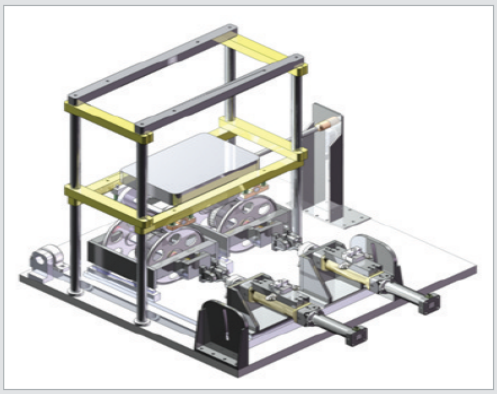
· 차축압입부 장기적 피로손상 실험적 규명

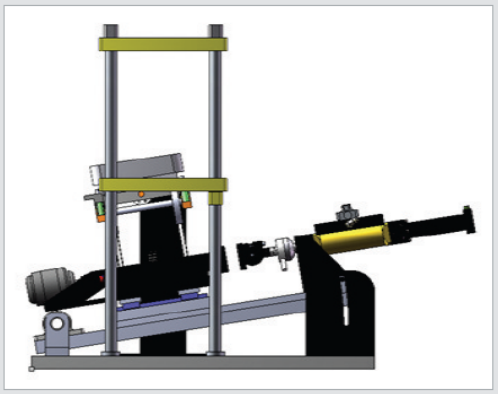




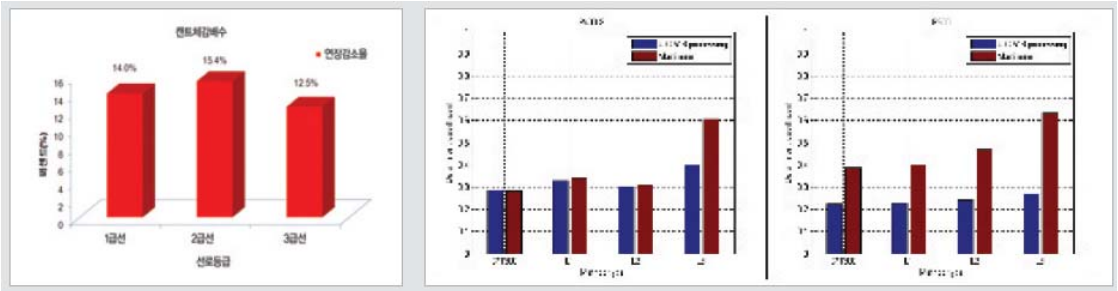
〈WEL 두께변화에 따른 접촉피로 수명평가〉

· 레일 구름접촉 피로손상 방지를 위한 피로균열 발생수명 평가절차 및 저감방안 수립



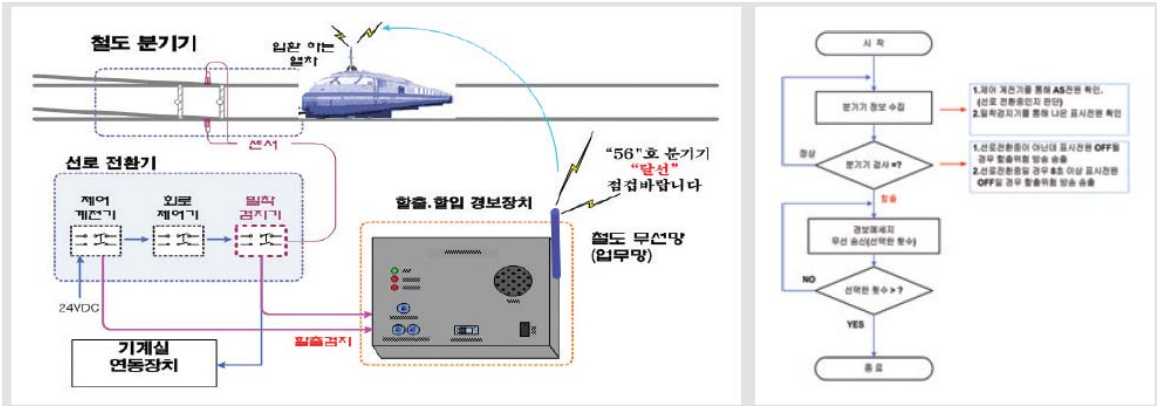


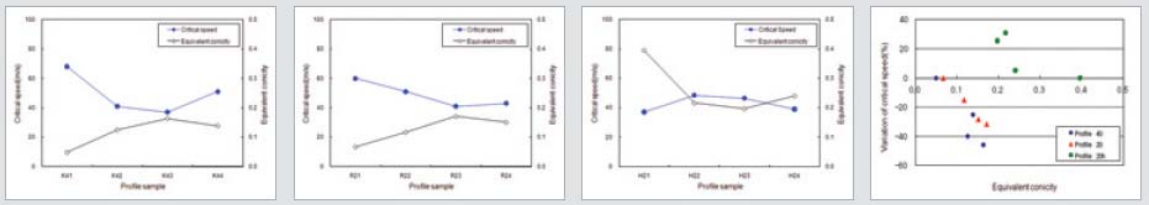
· 곡선부 주행안정성 향상 방안 수립



〈 선로등급에 따른 캔트체감배수(M) 〉 〈 완화곡선길이 별화에 따른 전산해석 결과 〉

· 다물체 동력학 기법을 이용한 분기부 통과 시 열차 주행안정성 평가기술 개발 및 분기부 탈선방지장치 현장성능 평가





(a) Profile 40 (b) Profile 20 (c) Profile 20h (d) 마모샘플 임계속도 변화

〈차륜답면형상 마모에 따른 등가답면구배, 임계속도 영향〉

- 자연요인에 의한 주행안전성 평가기술 개발

· 지진 시 탈선 취약개소 평가기준 개발을 위한 이상개소 진동 모니터링 시스템 현장 적용 및 보완

· 측풍 시 차량 공력계수 평가 및 측풍 위험도 평가 알고리듬 개발

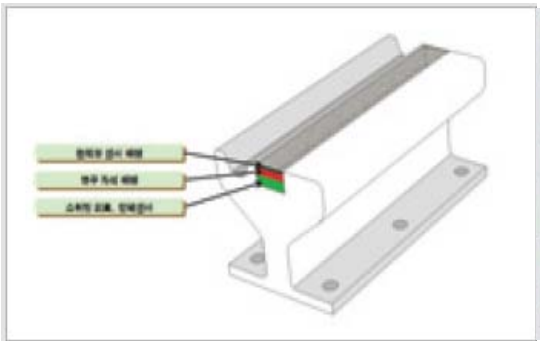
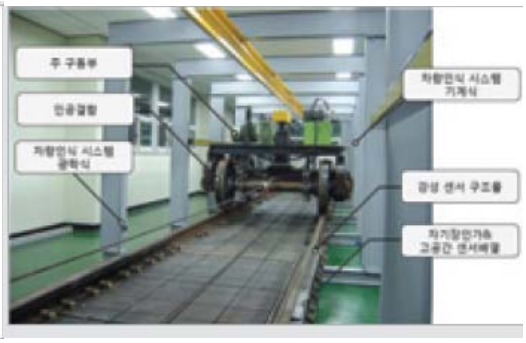
· 탈선계수 평가기준 수립을 위한 시험절차서 작성




- 탈선안전성 모니터링시스템 개발

  · 차량하부결함 감지장치 보완 및 안정화

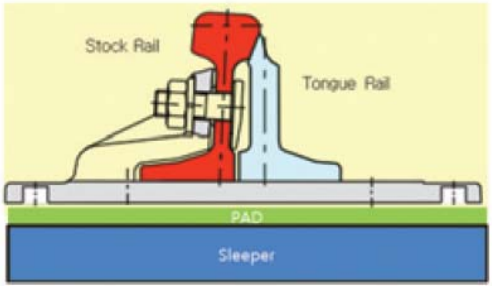
  · 차륜이상(표면균열, 찰상) 감지장치 시제품 제작

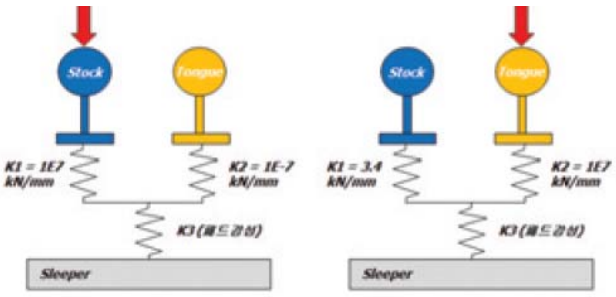



  · 차축압입부 접촉피로손상 검지장치 보완 및 안정화

  · 레일 절손 검지시스템 시제품 제작

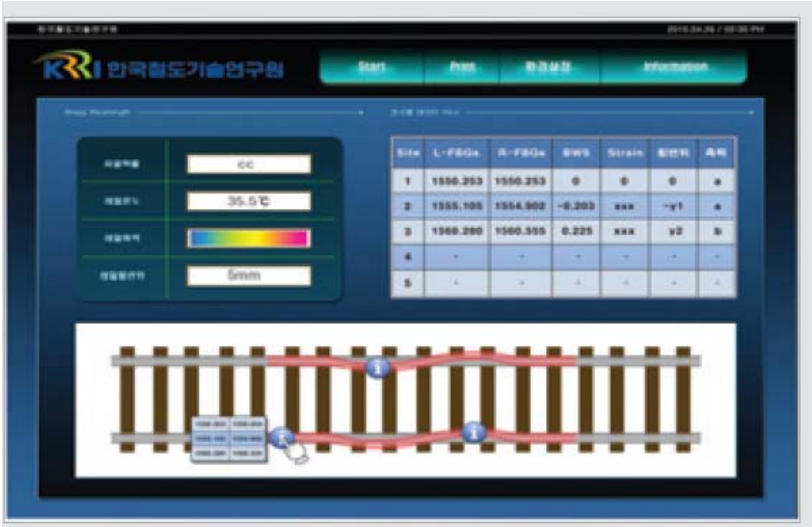
- 분기부 주행안전성 평가기술





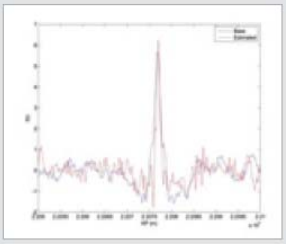
- 측풍시 열차운전규제기준 수립

- 혹서기 장대레일 좌굴 감시시스템 시제품 및 좌굴 위험평가 프로그램

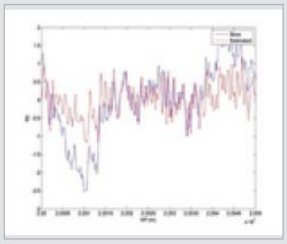


〈혹서기 탈선방지 통합 프로그램 GUI〉

- 대차진동을 이용한 이상궤도 감시장치 시제품 제작



〈종방향 궤도틀림〉



〈225000~225500구간의 줄틀림〉



〈계측용 PC〉

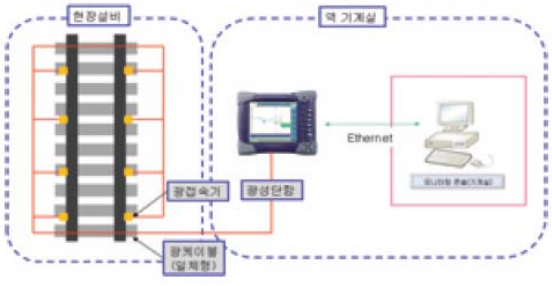


〈계측기 부착 (대차부)〉

〈데이터 계측 스테이션 : 차량 내부〉

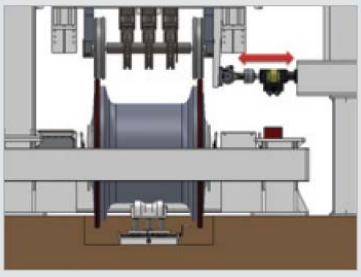
- 레일저면 대응형 차륜답면 이상검지 시스템 개발

- 레일절손 감시정보시스템 시제품 제작

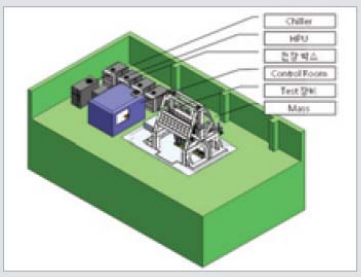




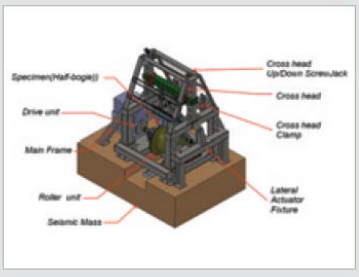
- 차륜탈선 안전성능 평가 시험설비 구축



〈Lateral Actuator Installation〉



〈Installation of Devices〉



〈Layout〉

○ 윤축 베어링(Axle Box Bearing) 차상 온도 진단 및 손상 예측 기술 개발

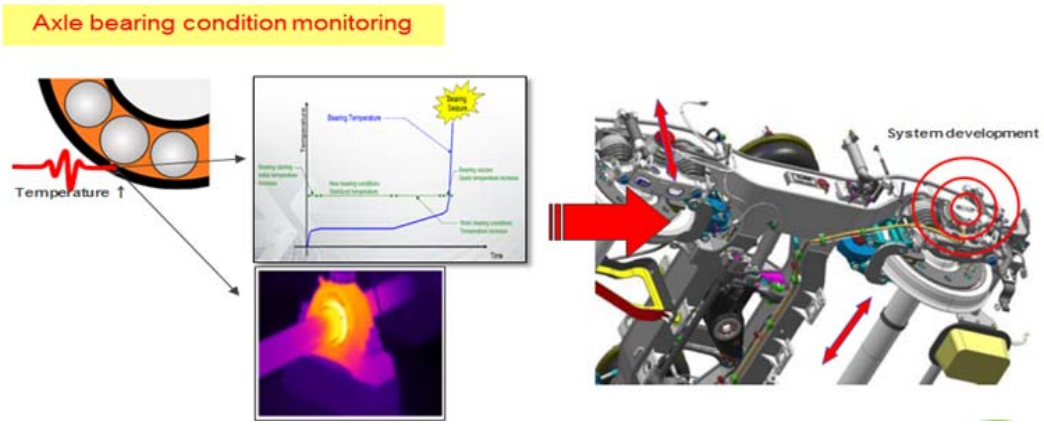
- 윤축베어링(Axle Box Bearing)의 온도를 차상에서 실시간으로 모니터링하여 베어링의 상태를 진단하고 베어링 장착부위의 진동특성과 결합하여 베어링의 손상을 예측하는 기술 개발

- 연구내용

  · 차상 온도모니터링 시스템 개발

  · 대형 실주행시험기를 활용한 윤축베어링 진동 특성분석

  · 온도 및 진동특성에 의한 윤축베어링의 실시간 진단 및 건전성예지 기법 개발



○ 진동 특성에 의한 차륜 (Wheel) 이상 마모 및 주행 안전성 예측기술 개발

- 엑슬박스(Axle Box)의 진동특성을 이용하여 차륜의 이상마모를 예측하고 철도차량의 주행안전성을 예측하는 기술개발

- 연구내용

  · 엑슬박스 진동모니터링 시스템 개발

  · 진동특성에 의한 실시간 탈선예측 시스템 개발

  · 진동특성에 의한 차륜 이상마모 진단 및 유지보수 예측 기술개발



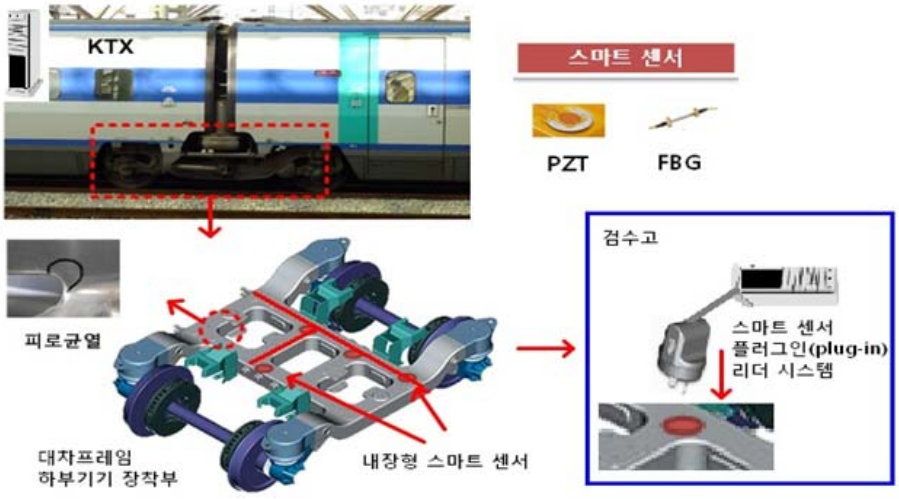
○ 대차 프레임 및 차량하부기기 장착부 진단 및 손상예측 기술 개발

- 탈선과 같은 대형철도사고를 방지하기 위해 대차프레임과 차량하부기기의 장착부에 대한 실시간 또는 Plug-in 방식 이상진단 및 손상예측 기술개발

- 연구내용

  · 스마트센서를 이용한 대차프레임 및 하부기기 장착부 검사 시스템 개발

  · 대차프레임 및 하부기기 장착부 손상예측 기술 개발



○ 취약구간 선로 상태 감시 기술 개발

- 노반 유실 등으로 인한 선로 이상상태를 차량 통과 전 감시

- 취약 구간별 선로 감시 (최대 40km를 1구간)

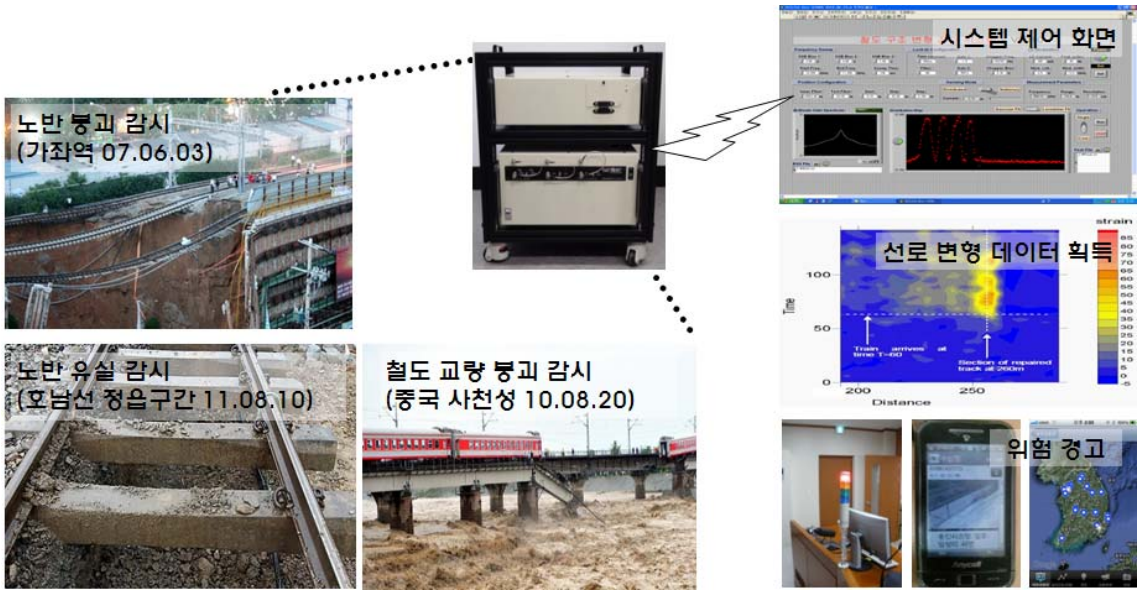
- 감시방법은 레일 부착식, 침목 고정식 가능

- 노반 붕괴, 유실, 교량 붕괴 등으로 인한 선로 이상 감시

- 위험진단 및 경고로 인한 사고예방

- 노선별 기온 분포 측정 (평상시)





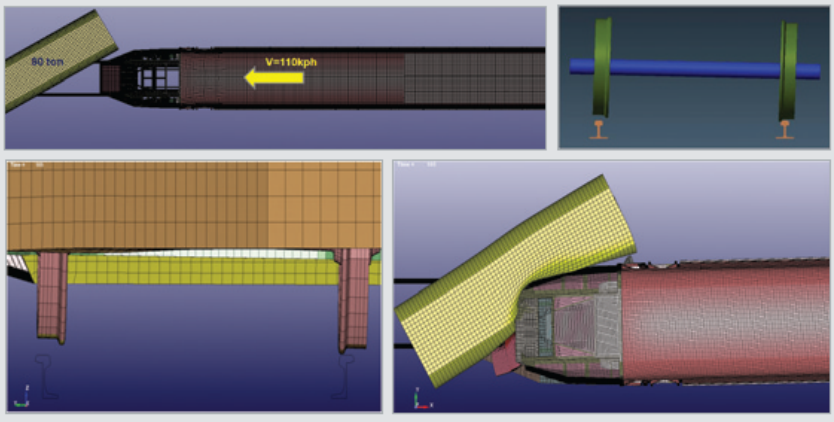
○ 철도차량 충돌 안전성능평가 및 피해저감 기술 개발 분야

- 열차충돌 안전도 설계 가이드라인 연구

· 충돌 후 열차의 타고오름 사고 해석기술 개발

■ 충돌 후 탈선 및 타고오름 사고 예측기술 개발

연구목표	성과지표	실적치
충돌 후 탈선 및 타고오름 사고 예측기술 개발	• 개발된 타고오름 사고해석 모델링 기술의 검증 • 개발된 충돌원인 탈선사고 해석 모델링 및 시뮬레이션 기술의 타당성 검증	• 타고오름 해석용 수치모델 절차서 • 충돌원인 탈선 해석용 수치 모델 절차서



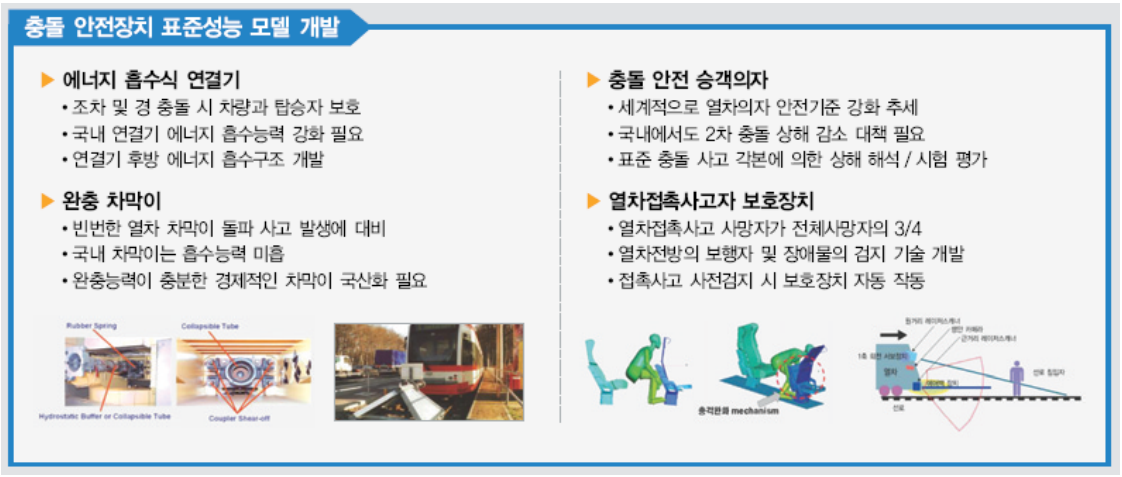
- 충돌안전도 표준성능모델 개발

· 고속철도 동력차 에너지흡수구조설계를 위한 동력객차 단부해석/시험

· 접촉사고자 보호 에어백 시험시제품 개발

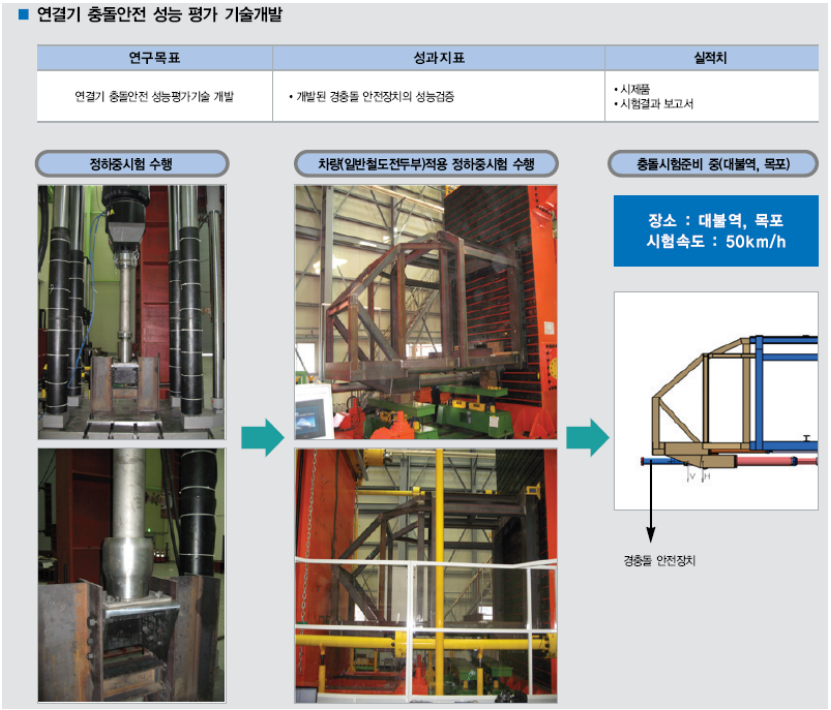
· 승객보호용 안전의자 시험시제품 개발



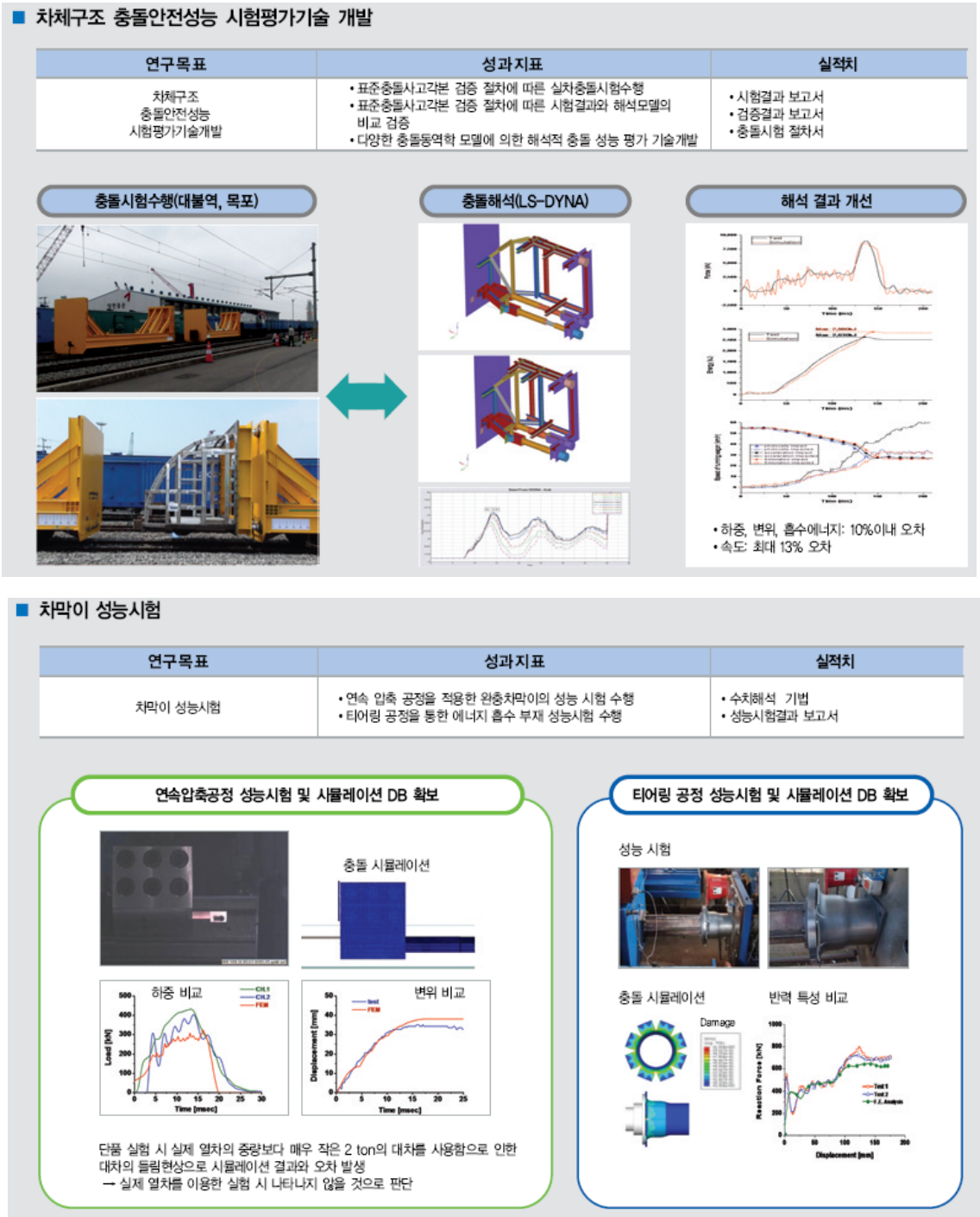


- 충돌안전도 성능평가기술 개발

· 차체구조 충돌안전성능 해석평가를 위한 모델 개발



· 차체구조 충돌안전성능 시험평가를 위한 시범시험 수행



· 경충돌 안전장치 실용화 시제품 개발

- 열차충돌 안전성능 시험평가설비 구축



· 열차 실물충돌시험시설 구축

- 충돌동역학 모델에 의한 해석적 충돌성능평가기술 개발
- 전두부 보호용 복합재 구조모듈 개발
- 안전좌석 및 구명장치의 충돌 시범시험
- 전동차용 충돌안전 전두부 구조 개발 / 안전의자 완충장치 표준모델

■ 전동차 전두부 하부구조 개발

연구목표	성과지표	실적치
전동차 전두부 하부구조 개발	• 단부구조 해석 및 준정적 시험 결과 • 전동차 전두부 해석/시험 평가 및 표준 구조물 • 전두부 보호용 복합재 구조 모듈 개발	• 50톤 GFRP 튜브 • 200톤 GFRP 튜브 에너지 흡수모듈 개발



■ 철도승객 Sled 시험기법 연구

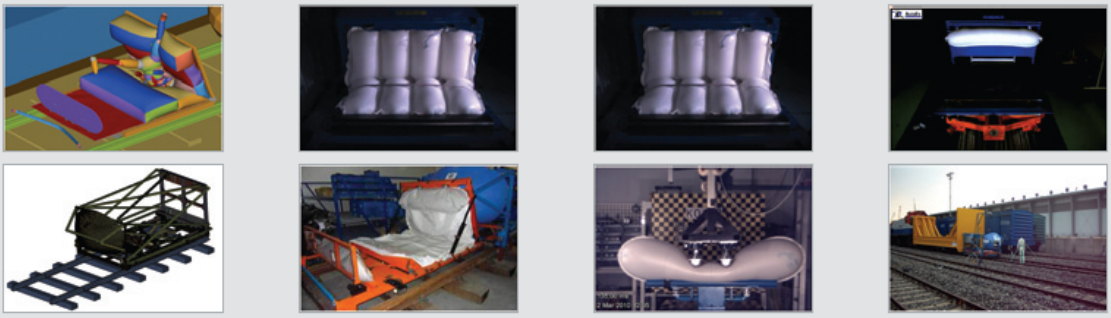
연구목표	성과지표	실적치
철도승객 Sled시험기법 연구	• 승객보호용 안전의자 설계안의 Sled시험수행 • 승객보호용 안전의자 인체상해 해석모델 개발	• Sled시험 절차서 • 시험결과 보고서 • 해석모델 및 검증결과 보고서



- 선로침입자 구명장치 및 시험평가 /접촉사고자 보호 에어백 제시

■ 공중사상 피해저감 방안의 feasibility 검토 및 실용화 방안

연구목표	성과지표	실적치
공중사상 피해저감 방안의 feasibility 검토 및 실용화 방안	• 감지장치 시험 및 신뢰성 향상방안 • 철도차량 접촉사고자를 보호하기 위한 실용화 가능성이 높은 에어백시제품 개발 • 접촉사고자 보호장치 평가시험 수행	• 접촉사고자 에어백 시제품



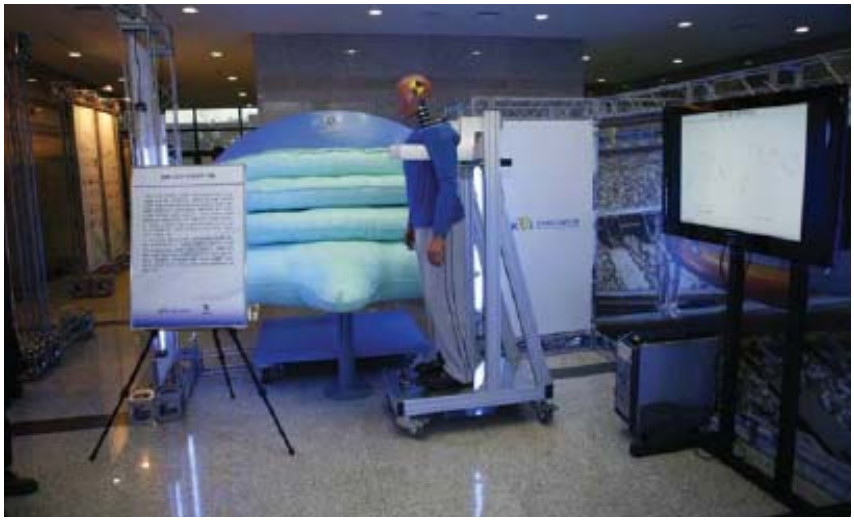
〈 해석 (구조, Kinematics) 〉 〈 정적시험 〉 〈 동적시험(Drop) 〉 〈 동적시험(Field) 〉

■ 승객용 안전의자 개발

연구목표	성과지표	실적치
승객용 안전의자 개발	• 안전의자 완충장치 표준모델 핵심기술 개발	• 시제품 제작



〈 완충장치 기본 구조 〉 〈 시제품 제작 〉



○ 지능형 광망 펜스 개발

- 펜스를 뚫고 추락하는 자동차 및 낙석 등 실시간 검지
- 야생동물 침입 방지
- 펜스에 가해지는 충격 및 침입을 실시간 검지하는 기술 개발



○ 무선/무전원 SAW 센서를 이용한 철도차량 이상상태 실시간 모니터링 기술개발

- 철도시스템 건전성 모니터링 연구(2009, 한국철도기술연구원)의 세부과제로 진행
- 무선/무전원(SAW) 센서 요구조건 분석, 모니터링 시스템 구축
- KTX 차축 베어링 온도 실시간 모니터링을 위한 시험 분석

○ SAW 센서를 이용한 무선 RFID 태그 압력/온도 집적센서 개발(2007, 아주대)

- 무선 RF에너지를 이용 SAW를 생성하여 압력/온도 센서 개발
- 초소형 안테나 이용 440MHz에서 1m이상 감지거리와 2.4GHz 중심주파수에서 30cm 통신거리 확보

○ UHF 대역 수동형 온도 센서 태그(2008, 포항공대)

- 광범위한 UHF 대역 수동형 RFID 태그에 온도 센싱기능을 내장한 칩을 개발
- 20° C~100° C 사이의 온도를 측정한 결과, 0.64° C/LSB의 해상도를 나타내었으며 온도 센서 구동에 필요한 입력 전력은 -11 dBm, 온도 오차는 최대 0.5° C, 칩 면적은 1.1 x 0.34㎟, 동작주파수는 100kHz, 전력소모는 64㎼, 변환율은 12.5 k-samples/sec 이었음

○ 무선 전력 구동 센서 태그 내장형 온도센서의 설계(2007, 충북대)

- 무선 전력 구동 센서 태그 내장형 온도센서는 0.25um CMOS 공정을 사용하였고 전원 전압은 1.5 V, 칩의 면적은 0.32 × 0.22 mm, 동작주파수는 2 MHz
- 시뮬레이션 결과 출력 비트 수가 증가하면 온도센서의 해상도가 증가하게 되는데 설계된 온도센서는 8 bit 출력에서 해상도가 평균 4 ° C/bit로 측정되었음.

○ MEMS/MOSFET 하이브리드 스위치를 이용한 자가전원 무선센서(2010, 중앙대)

- MEMS/MOSFET Hybrid 스위치를 이용하여 Energy Scavenging 기술로 획득한 에너지로 무선 온도 센서를 동작시키는 연구를 수행
- MEMS/MOSFET Hybrid 스위치를 사용하여 solar cell을 이용한 자가 전원 무선 온도 센서를 제작하고, 그 성능을 확인하기 위해 동일한 동작을 하는 MIT의 회로와 데이터 송신 비교 연구를 수행하였으며, 일반사무실 실내조명(300 lux)에서 7.542초 마다 20m 거리까지 데이터를 보낼 수 있었고 이는 MIT 회로 보다 송신 주기가 37% 향상됨

○ FBG 센서를 활용한 가공 전차선의 온도/스트레인 모니터링

- 온도/스트레인 변화에 대한 높은 민감도와 장거리 측정이 가능한 장점을 가진 FBG(Fiber Bragg Grating) 센서를 활용한 가공 전차선 모니터링 시스템의 개발
- FBG 센서는 손쉽게 전차선로에 직렬 또는 병렬로 부착할 수 있고 전기적으로 절연되어 있으며 센서로부터 수십 km의 거리에서도 측정이 가능한 센서로 전차선의 신속한 모니터링과 실시간 측정 가능함.

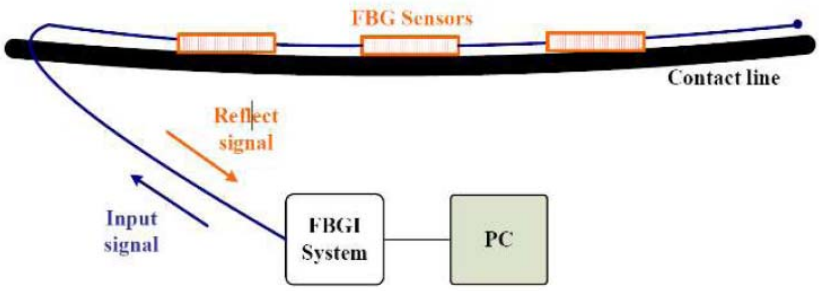


그림 52. FBG 센서를 활용한 전차선 모니터링 시스템 구성

○ 진동을 이용한 모니터링 및 진단 기술

- 국내에서는 회전기계의 결함진단에 관한 연구가 많이 진행되면서 발전기, 모터 등과 같은 회전체에 대한 자동진단시스템이 개발되어 산업분야에서 다수 이용되고 있음
- 회전기계의 결함진단을 원인과 증상에 대한 인과관계를 고려하여 한계치를 설정하지 않고 정확한 판별을 위해서 fuzzy이론을 도입한 이상 진단 시스템을 개발하였음
- 한국원자력연구소에서는 원자로 내부 구조물의 손상 혹은 결함을 감지하기 위해서 진동데이터를 이용한 진동평가 프로그램(해석, 측정, 검사, 평가)을 이용하여 이상상태 감지 시스템을 개발함
- 고가의 Gearbox vibration monitoring기법이 국내의 Power Plant에 도입되었으나 Vehicle분야에는 비용문제와 편의성 문제로 본격적인 연구에 도입된 사례가 발견되지 않음
- 국내자동차의 Gearbox에 관한 자료 중 "주파수 해석에 의한 기어의 고장 신호 해석"으로 자동차공학회에서 논문이 게재된 바 있으나 실용화에 대한 장점은 찾을 수 없음

○ 윤활유 이상상태 모니터링 및 진단 기술

- 일반적으로 기계류의 원활한 작동을 위해 사용되는 윤활유는 기계장치의 사용에 따라 변화하는 다양한 내부 환경 변화를 포괄적으로 함유하기 때문에 윤활유 시료 채취를 통한 기계 장치 내부 변화 상태를 평가할 수 있음
- 손쉬운 오일 열화 분석 방법은 오일의 색상변화를 보는 것으로 산업계 현장에서 오래전부터 사용되고 있는 방법이나 점검자의 주관적 판단에 의지하기 때문에 객관성 및 신뢰성이 떨어지고 추적관리가 어려움. 따라서, 윤활유의 상태를 지속적으로 추적관리하고 문제 발생을 사전에 예방하기 위해서는 오일분석을 통한 모니터링 기법이 필요함. 주로 사용되고 있는 모니터링 기법은 광학식 센서를 이용한 방법, 화학적 분석을 현장 및 실험실에서 실시하는 방법과 전자기적 신호를 이용한 방법 등이 있음
- 윤활유 관리 기법을 통한 기계상태의 진단은 국 내외 산업계에서 활발히 진행되고는 있으나 타 진단기법에 비해 비교적 기술수준이 낙후된 이유는 오일시료 샘플링을 통한 분석이 비교적 고가의 실험실 장비를 이용하여 제한된 공간에서 수행될 뿐만 아니라 시료가 가지는 윤활유 상태의 대표성이 어느 정도로 신뢰성을 가지는가에 대한 부분임. 또한 시료 분석 자체도 시간이 소요되기 때문에 기계 상태의 적기 분석이 어렵다는 문제도 있어 이러한 문제를 해결하기 위한 방안으로서, KIST에서 오일상태 모니터링 연구를 수행한바 있음
- 통합 기계상태 모니터링 기반기술 개발 (1999-2003, KIST)과제에서는 대형 설비의 마모, 진동, 온도, 압력, 유량 등의 측정 기술들을 통합하여 측정하고, 상태 진단을 위해 각 측정 상호 변수들의 이상 발생에 따른 상호 상관관계를 규명하며, 통합적으로 기계 시스템의 상태를 진단할 수 있는 통합 기계 진단 시스템 개발을 목표로 수행 하였으며 본 연구를 통하여 윤활유내의 오염도의 상태 모니터링 연구를 수행하였음.

· 이 연구에서는 윤활유의 오염을 정량적으로 측정하기 위하여 광센서를 이용한 광자기량 변화를 측정하는 방식 사용.

· 오일 오염은 인위적으로 오염된 오일을 하중부과장치의 저널베어링에 투입하고 모사시험장치를 작동하여 일정시간 경과할 때마다 오일샘플링을 하여 분석하는 방식으로 수행.

· 이 연구를 통하여 오일 오염이 회전체 내부의 기계요소 부품인 베어링, 축등의 파손에 영향을 미칠 가능성이 있다는 것이 예측 됨.

- 오일에 수분이 혼합되어 기계요소부품 내부를 순환하게 되면 수분이 포함되지 않은 정상상태의 오일에 비해 점도 특성이 바뀌게 되어 기계의 정밀도 감소와 함께 기계요소 구성품을 녹슬게 하는 등 문제를 야기 할 수 있으므로 충남대에서는 광섬유 센서를 이용한 오일 내 수분량 모니터링 시스템에 대한 연구를 수행한바 있음.

- 호서대에서는 자동차용 엔진오일의 열화 메카니즘을 바탕으로 엔진오일의 열화상태를 측정하기 위해 엔진오일 열화 감지센서를 사용하여 엔진오일 품질모니터링 장치를 제작한바 있으나 상용화를 위해서는 측정 신뢰성을 높이는 연구가 계속적으로 진행되어야 할 부분 임.

○ 유럽 TSI(Technical Specification for Interoperability)는 “Directive 96/48 EC 대차시스템 상태모니터링”과 같은 철도시스템에 대한 모니터링 적용 기준이 제정되었으며, 이에 대응하여 유럽연합(EU)은 철도시스템 Intelligent 모니터링, Intelligent 안전관리, Intelligent 운영유지관리, 그리고 향상된 통신방식 등에 대한 연구인 InteGRail Project를 39개 기관이 참여하여 2000만 유로(약 300억원)의 예산으로 수행하고 있음. 이 프로젝트는 철도연구기관이 중심이 되고 차량제작사, 부품제작사, 차량운영기관 등이 공동연구자로 참여하며 2000년 기준 대비 철도의 신뢰성 50% 향상, 정비비용 10% 감축, 정시성 5% 증대 등을 목표로 하고 있음.

○ 화물열차 탈선시 피해저감을 위한 탈선감지 기술을 개발하여 UIC 규격화 및 실용화 단계에 있으며, Laser cladding 기술을 이용하여 곡선부의 레일의 피로손상 및 소음을 저감하기 위한 “InfraStar“ 과제를 수행한바 있음. 또한, 차륜/레일 접촉에 의한 마모 및 피로손상 저감을 위한 최적 profile에 대한 많은 연구가 수행되고 있음.

○ 차량 충돌 안전 감시 제어 기술 분야

- 자동차의 경우 차간거리제어 시스템(DCA: Distance Contron Assist), 인텔리전트 브레이크 어시스트(IBA: Intelligent Brake Assist) 등 미연의 사고를 예방하는 액티브 세이프티(Active Safety)의 개념이 등장하였음.

- 시속 30km 이하의 저속으로 운전할 때 앞 차와의 충돌 위험을 감지해 스스로 차의 속도를 줄이거나 멈춰 서는 ‘저속 충돌방지 시스템’이 개발되어 있음.

- 충돌안전에 관한 부분을 강제 규정화하여 설계사양을 대폭 강화하고 있으며, 해석과 시험을 통한 객관적인 근거자료를 제시하도록 강제화(유럽-EN15227)

- 주강대차용 화물열차의 취약한 안전도 향상을 위하여 현가장치 개선 및 구조체 안정성 향상 부품 개발을 통한 안전도 향상 및 속도 향상에 기여

○ 홍콩 폴리텍 대학은 KCRC(Kowloon Canton Railway Corporation)에 광섬유 센서 어레이를 철도 레일, 고전압 라인, 철도차량 등에 설치하고 센서와 통제 센터간 데이터 통신은 광 통신기술(유선)을 사용한 지능형 철도센서네트워크(SRSN : Smart Railway Sensor Networks)를 제안하여 2005년부터 기초연구를 수행.

○ 프랑스 Alstom, 독일 Siemens 등 차량제작사는 ETCS(European Train Control System) level 2에서 차상 진단 및 제어장치(Onboard Diagnosis and Control)를 이용하여 GPS 또는 GSM 통신기반으로 차량운행 중 발생하는 주행 및 차량상태를 진단하고 있음.

○ 영국은 철도탈선의 핵심요인인 신호인지 실패가 다발하는 지역의 신호체계를 분석하고 개선방안을 제시하는 연구를 수행하였음. 열차제어, 건널목관련 여러 안전설비들이 운용되고 있으나, 각기 별도로 운용되고 있어 각종 안전 정보들을 통합적으로 실시간 감시 및 제어할 수 있는 통합된 시스템이 없음.

○ 항공기 실시간 안전진단시스템(HUMS)

- 항공기 실시간 안전진단시스템(HUMS : Health & Usage Monitoring System)이란 항공기의 성능과 고장 발생 가능성을 예측하여 알려주는 시스템으로 데이터 획득 처리기술, 데이터 시현 기술, 데이터 저장 기술, 변수분석 기반 안전진단 기술, 센서 연동 및 해석기술이 있음.
- 항공기의 엔진은 물론, 동체, 주날개 및 꼬리날개 등 기체의 여러 주요 부위에 대한 강도, 진동, 압력, 온도 및 물리적 변화 등을 모니터하여 고장발생 가능성이 있을 경우 이를 조종사에 알려주어 즉시 안전조치를 취할 수 있도록 하며, 정비사는 광섬유센서 등 여러 종류의 센서에서 입수되는 약 1,500여개의 정보를 지상의 정밀 분석장비를 이용하여 분석하고 문제점이 나타날 가능성이 있을 경우 사전에 적절한 조치를 취하여 사고를 예방할 수 있게 됨.
- 2013년까지 약 58억원(정부출연 41억원, 업체부담 17억원)을 투입하여 국내 자체 기술로 개발중임.
- 각종 소재의 피로도 해석기법, 고장검출 및 진단 알고리즘 등 HUMS 관련기술은 향후 국내에서 개발되는 항공기뿐만 아니라 선박, 구조물 및 각종 기계장치 등의 실시간 안전진단에도 적용할 수 있어 큰 부가가치를 창출할 것으로 기대됨.

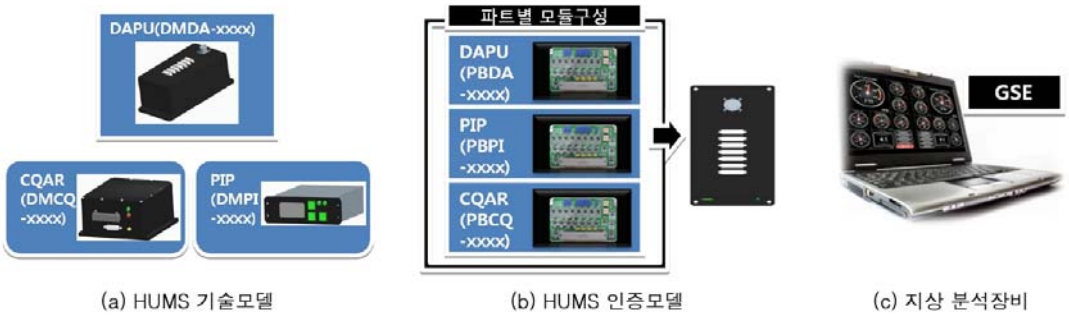


그림 53. 항공기 실시간 안전진단시스템

(2) 국외

○ RailBAM 모니터링 시스템

- 호주의 철도 궤도 시설물을 관리하는 ARTC (Australian Rail Track Corporation)는 차축베어링 이상상태의 추적관리 및 예방보수를 통해 차축 베어링 발열 및 고착을 모니터링하기 위해 HBD와는 다르게 주행 중 철도차량 차축베어링에서 발생하는 음파 데이터를 취득/분석하여 차축베어링 이상상태를 지속적으로 추적 및 감지하는 RailBAM 모니터링 시스템을 호주 남부의 철도망에 시범적으로 운용 중에 있음.

- ARTC에서 도입한 VIPAC사의 RailBAM은 30~130km/h까지의 철도차량 운용 속도범위에서 열차가 통과하는 순간 베어링이나 차륜의 이상으로 발생하는 음파 특성을 식별하여 열차편성에 속하는 전 차량에 대해 차축베어링 이상 및 차륜 상태를 검지하며 차량에 설치된 차량 식별 Tag를 이용하여 해당 차량 각각의 차축 베어링의 상태이력을 DB로 구축하고 지속적으로 추적 관리하는 베어링 상태 모니터링 시스템임.



그림 54. ARTC의 RailBAM 시스템

○ Axle Mover 모니터링 시스템

- BANNER Worldwide사의 Axle Mover 모니터링 시스템은 광전센서(Photoelectric sensor)를 이용한 선로 고정 비접촉방식으로 차륜 상태 및 선적에 따른 Axle pushing arm 상태를 모니터링 함.

- 유무선 데이터 통신 방식으로 배터리에 의해 구동되며, 모니터링을 요하는 부위에 직접 설치가 가능한 장점이 있음.
- 하나의 게이트웨이를 사용하여 한 개 또는 다수의 동일 무선 주파수의 노드를 사용할 수 있어 모니터링 네트워크를 형성할 수 있음.
- 기기 작동의 경우 배터리 타입, 태양열 에너지 타입, 그리고 DC전원 타입 등 플렉스파워(FlexPower) 옵션을 가지며 900MHz와 2.4GHz 대역의 통신 주파수, 다중 계층 보안 프로토콜을 형성할 수 있음.



그림 55. Axle Mover 모니터링 시스템 적용 예

○ T/BOGI 모니터링 시스템

- WID사의 T/BOGI시스템은 HBD, RailBAM과는 달리 레이저 센서를 이용한 비접촉식 선로 고정 모니터링 시스템으로서, 데이터 통신을 이용하며 유선의 별도 구동 전원을 필요로 함. 이 시스템은 축 하중, 축 정렬, 차륜상태, 차축 베어링 등을 검사할 수 있으며, 이 동부 지역에 설치, 운영 중에 있음.
- 250km/h까지의 열차 운행속도에서 모니터링이 가능하며, 인터넷, RFID 등의 무선 센서 네트워크를 활용하여 다른 차량 모니터링 시스템들과의 유기적 구성을 통해 통합 감시체계를 구축할 수 있음.
- 2000~2009년 시스템 설치 운용이 증가하고 있으며, 대표적으로 미국의 BNSF, Norfolk Southern, AMTRAK, 캐나다 Canadian Pacific, 브라질 VALE, 인도 MOR, 호주 RailCrop, ARTC 등에서 사용.



그림 56. T/BOGI 모니터링 시스템

○ Cotcha 모니터링 시스템

- Lloyd's Resister사에서는 광섬유 센서를 이용한 선로 고정 간접방식으로 시스템을 개발하여 영국, 프랑스, 네덜란드 등에 설치운용 중에 있음.
- 다양한 모듈의 추가 설치가 가능한 개방형 플랫폼 형태로 구성되어 있어 플러그 앤 플레이와 같은 트리거링 및 정보통신기술, 구동전력, 차량식별 기술 등을 추가할 수 있음.
- 기본적으로 유선 전원을 이용한 유무선 데이터 통신 방식으로 실시간으로 축 하중 분포, 윤증, 차륜상태, 소음, 차륜 베어링 등의 상태를 모니터링 함.



그림 57. Cotcha 모니터링 시스템(track-based/train-based)

○ 미국 FRA 모니터링 연구

- 미국 Mide Technology Corportaion의 경우, 미연방철도청의 펀드로 철도차량의 자가발전 무선 브레이크 상태 모니터링 시스템을 연구중에 있으며, 열차의 운행 중 진동에너지를 이용한 PZT 타입의 에너지 하베스터를 사용하여 브레이크 상태를 모니터링 함.

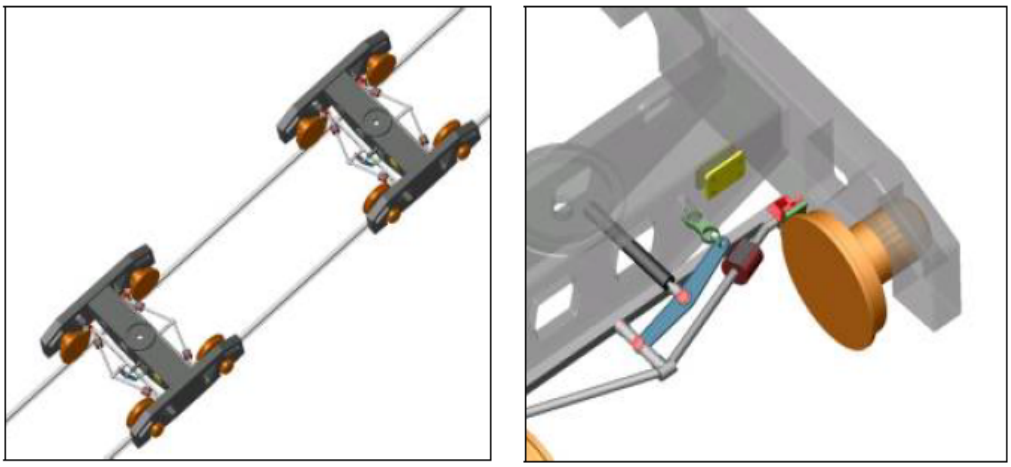


그림 58. 브레이크 상태 모니터링 (FRA)

- FRA는 미국 Amstedt 사와 INOX Edge 모니터링 시스템을 개발하였으며, 이 시스템은 유류 탱크차 및 화물 열차 등 구동 전력을 공급할 수 없는 철도차량에 배터리를 이용하여 작동하며 핸드브레이크나 베어링 등에 무선 센서를 부착하여 위성통신 또는 CDMA 통신이 가능한 장치를 경유하여 원격에서 열차의 상태를 모니터링 할 수 있도록 구현됨.

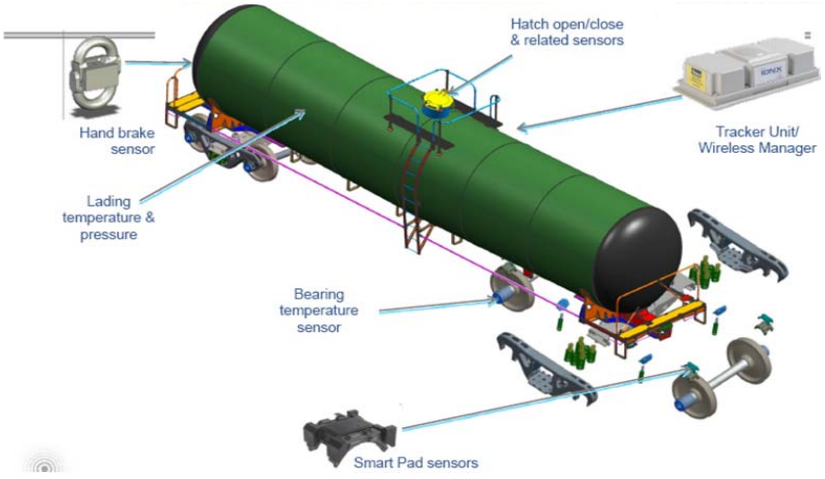


그림 59. INOX Product Placment (Amsted 社)

○ 유럽 철도차량 기술사양에 따른 실시간 모니터링

- 유럽의 철도차량 기술사양인 TSI(European Technical Specification for Interoperability)에서는 철도차량에 대한 실시간 차상 모니터링 방안에 대해 규정함으로써 철도차량의 탈선감지 및 오작동 검측을 강화하고 있음.

- 특히 TSI의 Directive 96/48/EC 규격(2008/232/CE: Concerning a technical specification for interoperability relating to the 'rolling stock' sub-system of the trains-European high-speed rail system, Commission Decision of 21 February 2008 결정)에서는 구체적으로 차량 서브시스템의 부품 단위별 요구조건 및 기술수준, 특성 등에 관하여 명시하고 있으며, 아래와 같이 기존 지상설비 윤축베어링 검지장치(trackside hot axle box

detection, HABD)의 오작동에 의한 한계 및 주행 안전성을 위하여 구체적으로 유럽 최고속도 250km/h 이상의 Class 1 신규 및 개조 고속열차의 경우 의무적으로 윤축베어링에 대하여 실시간 차상 모니터링 시스템 장착을 통해 고속열차의 안전관리가 이루어져야 된다고 규정하고 있음.

4.2.3.3.2. Axle bearing health monitoring

4.2.3.3.2.1. Class 1 trains

The health of wheelset bearings on Class 1 trains shall be monitored by on board detection equipment.

This equipment shall be able to detect a deterioration of the wheelset bearing health, either by monitoring its temperature, or its dynamic frequencies or some other suitable wheelset bearing health condition characteristic. A maintenance requirement shall be generated by this equipment and indicate a need for operational restrictions when necessary depending on the extent of the wheelset bearing deterioration.

The detection system shall be located entirely on board and diagnosis messages shall be communicated to the driver.

Specification and assessment method for on board detection equipment are an open point

To prevent Class 1 trains triggering an incorrect alarm of trackside hot axle box detection (HABD) equipment, Class 1 trains shall have no component (other than axle boxes), or vehicle part, or commodity, that generates sufficient heat in the target area, defined in clause 4.2.3.3.2.3, that triggers an alarm. Where such a possibility exists then that component, vehicle part or commodity that has the possibility of generating an alarm shall be permanently shielded from the trackside HABD equipment.

- 유럽의 고속열차제작사 및 부품 공급사는 TSI 규격을 만족하기 위하여 철도차량 결함의 조기 감지 및 중대 결함 방지, 보수교체 시기의 판단, 상태 기반 정비(CBM : Condition Based Maintenance) 관리체계의 입력자료 제공 등을 목적으로 차상 on-line 상태 모니터링 시스템을 개발하고 있음.

- 프랑스 SNCF는 철도차량의 안전성 제고와 유지관리의 효율성을 위해 무전원 WSN(Wireless Sensor Network) 연구를 착수하였으며, 1단계로 고속철도차량의 축상조립장치(Axle Box)에 무선 온도 계측센서를 포함하는 ZigBee Module을 설치하고, 수많은 ZigBee Module로부터 송출되는 센서 신호를 센서네트워크를 구성하여 ZigBee Coordinator에서 받도록 하였으며, ZigBee Module에 소요되는 전력은 차량의 진동을 이용한 자가발전장치(Energy Harvest)에서 공급하도록 하였음.

- 다국적기업인 SKF의 경우 TSI의 기술요구에 대응하기 위하여 유선 센서 시스템을 활용한 고속열차 차상 실시간 모니터링 장치를 개발 중에 있음.

- 핀란드 VTT 기술연구소 등 유럽에서는 TSI 규격을 만족하기 위하여 철도차량 결함의 조기 감지 및 중대 결함 방지 등 안전관리 체계의 입력자료 제공 등을 목적으로 무선 기술을 활용한 스마트 센서로 철도차량 진단 시스템을 개발하고 있음.

○ 시설 및 열차 설비 관련 탈선 안전 감시제어 기술

- 유럽 TSI(Technical Specification for Interoperability)는 “Directive 96/48 EC 대차시스템 상태모니터링”과 같은 철도시스템에 대한 모니터링 적용 기준이 제정되었으며, 이에 대응하여 유럽연합(EU)은 철도시스템 Intelligent 모니터링, Intelligent 안전관리,

Intelligent 운영유지관리, 그리고 향상된 통신방식 등에 대한 연구인 InteGRail Project를 39개 기관이 참여하여 2000만 유로(약 300억원)의 예산으로 수행하고 있음. 이 프로젝트는 철도연구기관이 중심이 되고 차량제작사, 부품제작사, 차량운영기관 등이 공동연구자로 참여하며 2000년 기준 대비 철도의 신뢰성 50% 향상, 정비비용 10% 감축, 정시성 5% 증대 등을 목표로 하고 있음.

- 화물열차 탈선시 피해저감을 위한 탈선감지 기술을 개발하여 UIC 규격화 및 실용화 단계에 있으며, Laser cladding 기술을 이용하여 곡선부의 레일의 피로손상 및 소음을 저감하기 위한 “InfraStar“ 과제를 수행한바 있음. 또한, 차륜/레일 접촉에 의한 마모 및 피로손상 저감을 위한 최적 profile에 대한 많은 연구가 수행되고 있음.

○ 차량 충돌 안전 감시 제어 기술 분야

- 자동차의 경우 차간거리제어 시스템(DCA: Distance Contron Assist), 인텔리전트 브레이크 어시스트(IBA: Intelligent Brake Assist) 등 미연의 사고를 예방하는 액티브 세이프티(Active Safety)의 개념이 등장하였음.
- 시속 30km 이하의 저속으로 운전할 때 앞 차와의 충돌 위험을 감지해 스스로 차의 속도를 줄이거나 멈춰 서는 ‘저속 충돌방지 시스템’이 개발되어 있음.
- 충돌안전에 관한 부분을 강제 규정화하여 설계사양을 대폭 강화하고 있으며, 해석과 시험을 통한 객관적인 근거자료를 제시하도록 강제화(유럽-EN15227)
- 주강대차용 화물열차의 취약한 안전도 향상을 위하여 현가장치 개선 및 구조체 안정성 향상 부품 개발을 통한 안전도 향상 및 속도 향상에 기여

○ 자가발전 무선 온도센싱 시스템(Imec, 벨기에, 2010)

- 150～1000 Hz의 vibrational 와 piezoelectric energy harvester을 이용한 자가발전형 무선 온도센서 기술개발
- 자가발전 전력 85㎼W, 온도 센서의 소비전력: 1.5mW± 10㎼W
- base station까지 데이터 송수신은 15초

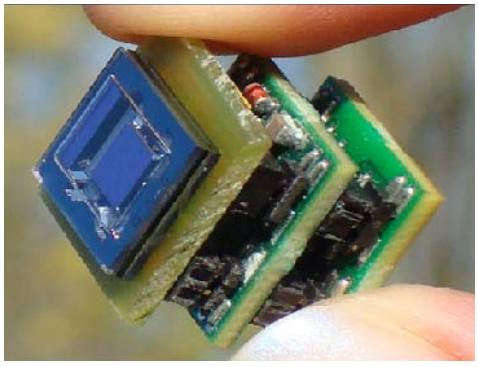


그림 60. 완전 자가발전 무선 온도센서

○ 미국은 철강 생산설비 감속기(mill stand gear drive)의 베어링 온도를 모니터링 하기

위하여 온도 모니터링 시스템을 구축함(NUCOR Steel Arkansas, 2009)

- 최신 온도 모니터링 기술을 이용하여 온도 변화를 감지하고 과도한 하중 또는 속도에 의해 온도 한계를 초과하였을 때 경보하고 관계자에게 통보해 주는 시스템
- 계측된 데이터는 인터넷으로 전송되어 전문가가 설비의 속도와 하중이 적절한지를 판단하는 기초 자료로 활용
- 감속기에 열화상 감시 기술(thermal imaging technology)이 적용되어 온도 모니터링 시스템의 데이터를 확인하고, 윤활 및 냉각시스템의 오동작을 감시함.
- 온도상태 모니터링 기술을 적용하여 생상설비의 성능과 신뢰성을 향상시켰으며, 고가($24 million)의 감속기 손상 위험을 감소시킴.

○ COMORAN - Condition Monitoring for Railway Application (KNORR-BREMSE社)

- 철도차량 제동시스템에 포함된 대차 모니터링 진단시스템(Bogie monitoring and diagnostics)으로 안전과 관련된 중요 항목인 윤축 베어링의 손상, 불안정 주행 또는 탈선 등을 모니터링하고 진단할 수 있는 시스템임.
- 대차에 센서를 설치하여 차륜의 속도, 온도, 가속도 등을 측정할 수 있고 실시간으로 계측, 분석하여 기관사에게 즉시 통보되는 On-board 시스템임.
- 안전관련 모니터링 기능은 차축 베어링(Hot axle box) 감시, 비회전축(non-rotating axles) 감시, 탈선 감시, 대차 헌팅(bogie hunting)이 있으며 진단 기능으로는 윤축 베어링, 차륜 답면 찰상, 차륜 거동, 안정성, 동력전달임.

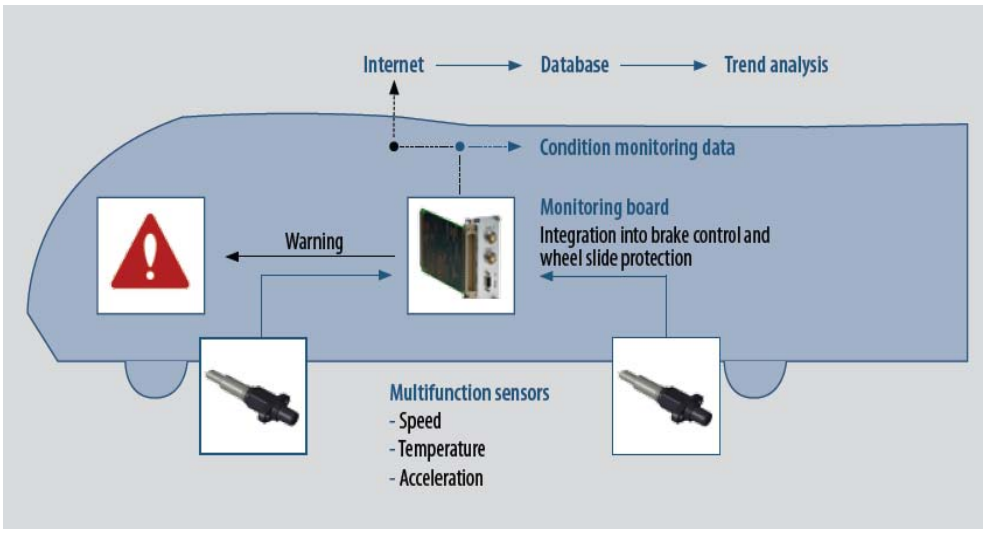


그림 61. 철도차량 대차 모니터링 진단시스템

○ Axle box temperature & Derailment monitoring system on rail vehicles(이탈리아)

- 기존 선로변에 설치한 윤축 베어링 온도 감시 장치는 온도 감시가 연속적이지 못하고, 기관사에게 자동으로 알람을 전달하지 못하는 단점이 있음.
- 기존 제품의 문제점을 개선하고자 윤축 베어링의 온도 및 윤축의 탈선 가능성을 실시

간, 연속적으로 측정하고 과열 등이 발생할 경우 제어실에 알람 제공

- 윤축에 설치되어 베어링의 온도를 모니터링 하는 센서 유닛(WTS, Wheel Temperature Sensor unit)과 데이터의 취득 및 전송 역할을 하는 데이터 취득 유닛(DCT, Data Collection and Transmission unit)으로 구성됨.

○ 윤축 베어링 모니터링 시스템 (SNCF, 프랑스)

- 접촉식 차량 onboard 모니터링 시스템으로서 온도센서(Temperature sensor) + 배터리 &무선모듈 (wireless module with battery)로 구성됨.
- 윤축 베어링의 이상 발열 감지
- 열차 주행 중 실시간 검측가능, 전원 한계

○ Multilog online systems (SKF)

- 철도차량의 안전과 신뢰성을 향상시키고 유지보수비 절감을 목표로 손상발생 가능 항목에 대하여 모니터링하고 알람을 표시함.
- 모니터링 항목 : 윤축 베어링 상태와 그리이스(grease) 수명, 차륜 찰상 및 형상, 대차 안정성 및 hunting, 탈선, 모터, 감속기, 동력전달축, 불평형 및 공진상태, 레일 상태

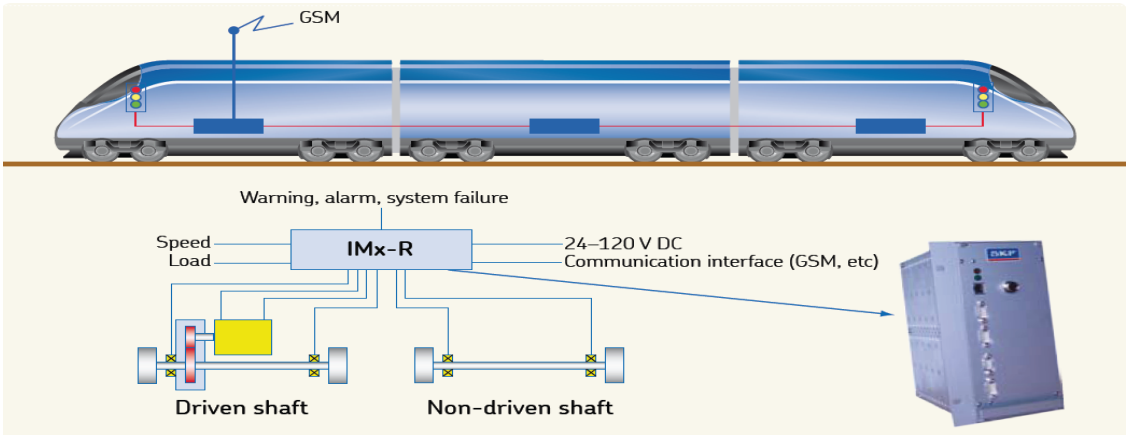


그림 62. Railway bogie condition monitoring 시스템 (SKF)

○ SAW (Surface Acoustic Waves) 센서를 이용한 무선 모니터링

- 기존 온도 모니터링 시스템은 센서 신호를 연속적으로 받기 위하여 케이블 연결이 필요하지만, 최근 이를 극복한 무선/무전원(SAW) 센서를 이용한 모니터링 기술이 개발됨.
- 저가로서 SAW 생산원가 낮고 무전원 및 무선 계측이 가능함.
- 응용분야
  - 항공기 : 제동장치, 내부 엔진, 로터 등의 온도 모니터링 적용
  - 고전압 변압기 온도 모니터링
  - 자동차 타이어 압력 모니터링

· 송전선 온도 감시

· 모터의 로터 온도 모니터링 등

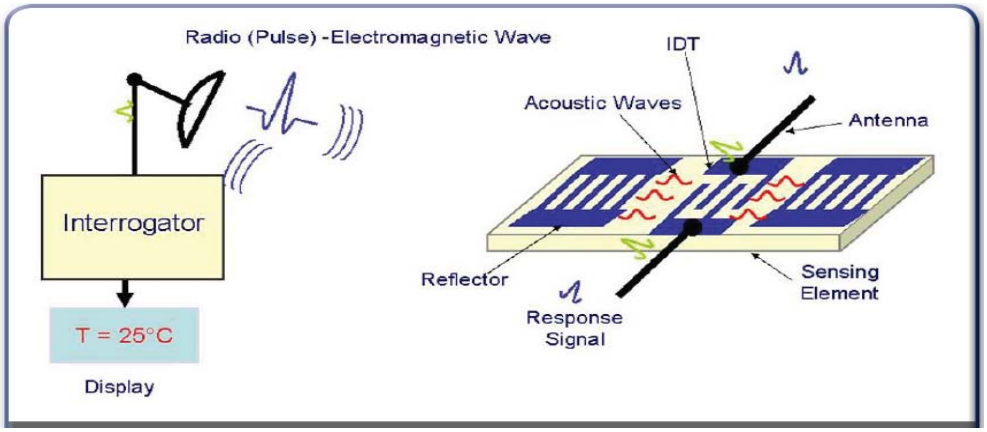


그림 63. SAW 센서를 이용한 무선 온도 계측 시스템

○ 진동을 이용한 모니터링 및 진단 기술

- 일본 철도차량 분야에서는 차량의 주요부품을 해체하지 않는 상태에서 결함 및 이상상태를 진단하기 위한 많은 연구가 진행되었으며, 그 가운데에서도 진동을 이용한 이상상태를 감지하기 위한 시스템이 개발되고 있음.

- 일본 JR에서는 신간선 대차의 유지보수 및 검사를 위해서 진동을 이용한 결함 감지를 위한 두 개의 알고리즘을 개발하였음.

- 영국에서는 철도차량의 안전성과 유지보수의 시간과 비용을 절약하기 위해서 대차의 결함 및 이상상태 감지 시스템에 관한 연구를 수행하였음.

- 협력업체인 미국의 Emerson과의 전략적 제휴를 통해 기존 Power Plant에 적용하였던 PMMS(Plant Maintenance Management System)을 국내의 철도 Gearbox에 적극 도입하여 특장점인 Monitoring 기술 중 특정 Module만 Compact화하여 최적의 국산화하는 방법이 효과적인 Process로 사료됨.

- 고가의 Gearbox에 대해서 특수화 된 vibration monitoring기법, 특히, Alarm signal을 출력할 수 있는 정확한 알고리즘은 국제특허를 할 만큼 특수한 결과물이 될 수 있을 것으로 판단됨.

○ 윤활유 이상상태 모니터링 및 진단 기술

- 기어나 베어링과 같은 기계 요소부품은 정상 사용조건하에서도 재료의 기계적 강도 특성에 영향을 미치는 부식 등이 발생하면 초기 설계 수명보다 짧은 수준에서 파손이 발생하는 경우가 발생.

- 다음 그림은 수분 함유량이 베어링 수명에 미치는 영향(Carl Byington et al., 미국 Impact Technologies사 자료, “Gearbox corrosion prediction via oil condition sensing and model fusion”)을 나타낸 그림으로 수분 함유량이 베어링 수명에 지배적인 영향

을 미침.

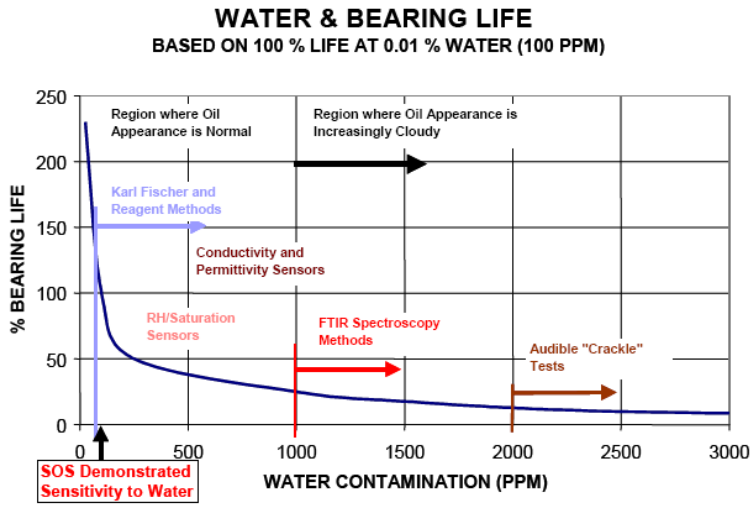


그림 64. 베어링 수명에 미치는 수분함유량의 영향

- 따라서 Impact Technologies사에서는 다음 그림과 같은 지능형 오일센서와 진동패턴 분석 tool을 포함하는 진단기법을 개발하고 lab test를 거쳐 상시 모니터링 가능성을 선보였지만 아직 상용화 단계에 이르지는 못함.

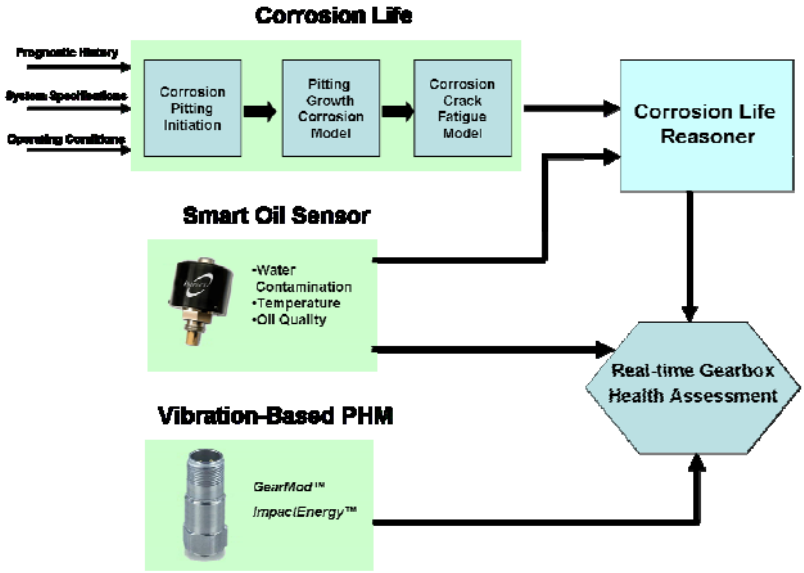


그림 65. 통합형 기어박스 모니터링 시스템

- 미국 BFGoogrich Aerospace사와 캐나다 GasTOP 사는 군용 헬리콥터(AH-64)의 기어박스에 사용되는 오일에 포함되는 마모물질을 모니터링하기 위한 시스템 연구를 수행하였고 본 연구에서 개발된 센서(ODM: Oil Debris Monitor)는 inductive measurement 방식을 사용. 기존의 magnetic chip detector를 1대 1로 대치하여 설치가 가능하므로 기어박스에 설치를 위한 별도의 홀 가공이 필요 없고 철금속 뿐만 아니라 비철금속 마모 입자까지도 감지 가능한 장점이 있음. 개발된 센서는 McDonnell Douglas Helicopter 사에서 검증시험을 거친 후 현재 AH-64 헬리콥터에 장착되어 시험 평가 중에 있음.

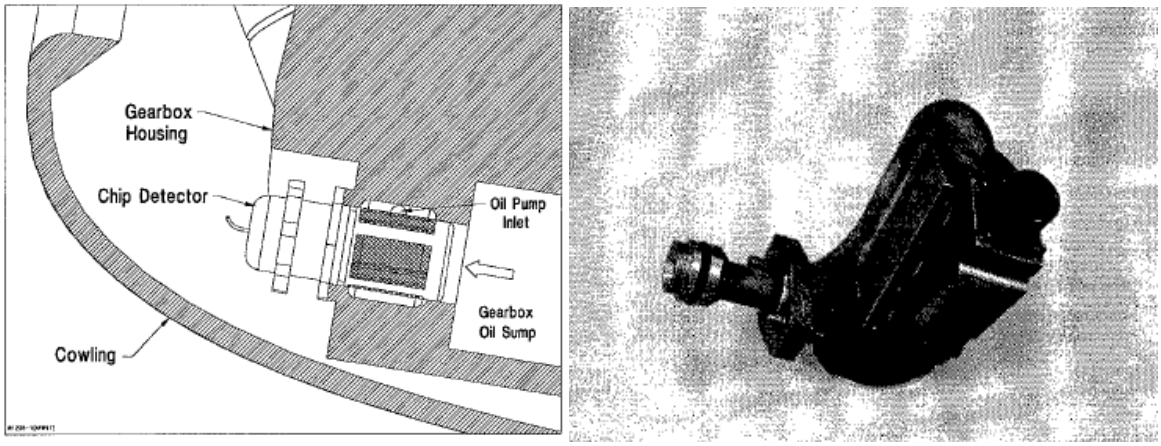


그림 66. 기존 chip dector 방식(좌)과 AH-64 ODM 센서

- Peng et al. (“A study of the effect of contaminat particles in lubricants using wear debris and vibration condition monitoring techniques“ Wear 258(2005) 1651-1662)에 의하면 진동과 오일분석 부분은 기계상태의 진단에 매우 효과적인 기법으로 각각 독립적으로 사용할 경우는 두가지 방식이 복합적으로 사용될 경우에 비해 30-40% 정도 밖에 상태를 진단하지 못하는 것으로 나타나 통합시스템이 중요하다는 것을 나타냄.

○ 현재까지 개발되었거나 개발 중인 윤활유 모니터링 기술은 주로 항공산업, 풍력발전기, 자동차 산업에 집중되어 있으며 고속철도 감속기 전용 윤활유 열화 감시 시스템의 경우 전 세계적으로 아직 실제 차량에 상용화 적용된 사례가 없으므로 이의 개발로 고속철도 차량의 운용 신뢰성을 높이면서 열차 운용 신뢰성과 관련하여 한국 고속철도 기술의 경쟁력 확보가 가능할 것으로 예측 됨.

○ 독일 Simens 의 경우 새롭게 개발하여 제작 납품한 Russian Railways (RZD) Velaro Train (Sapsan : Moskva - St. Petersburg)에 차상 실시간 모니터링 시스템을 적용하여 차량이 운행 중에 실시간으로 차량의 상태를 진단 및 예측하여, 사전에 필요한 안전조치 업무 및 장비를 준비하고 최적의 안전관리를 수행함으로써 안전성 증대를 도모하고 있음. 그 결과 비용의 절감뿐만 아니라 2009년 9월 개통 이후 2011년 4월 현까지 단 한건의 운행 중 장애로 인한 운행 고장(Broken down)이 없었으며, 99.4%의 운행 정시율을 기록하고 있음. 또한 Simens 는 이러한 실시간 상태진단 및 예측을 Zurich-Stuttgart 노선의 ICE tilting train에 적용하여 최적화된 안전관리를 수행하려 준비 중에 있음(Railway Update 3-4/2011 72-73).

○ 미국 연방정부 교통성(DoT : Department of Transportation)은 미국의 교통분야에서 “실시간 대응(Real time response)” 을 미래 혁신적 분야로 선정하고 “시스템 손상 예측, 고장 방지 및 시스템 보호를 위한 실시간 능동형 시스템(Active system real time response for prediction, prevention, and protection from system failure)“을 개발하고 있음.

○ 미국 ENSCO사는 원격 기관차 상태 모니터링 시스템을 개발하여 Amtrack 기관차 등에

GPS 및 위성통신 안테나를 설치하여 견인전동기 전류 등 기관차의 성능조건을 모니터링 하는 실험을 수행.

○ 프랑스 Alstom, 독일 Siemens 등 차량제작사는 ETCS(European Train Control System) level 2에서 차상 진단 및 제어장치(Onboard Diagnosis and Control)를 이용하여 GPS 또는 GSM 통신기반으로 차량운행 중 발생하는 주행 및 차량상태를 진단하고 있음.

○ Lin et al.는 진동시그널로부터 유용한 상태 지시자(condition indicator)를 추출하고, 추출된 정보를 기반으로 기어박스(gearbox)의 최적 정비주기를 산출하기 위하여 비례위험(proportional hazard) 모형을 활용한 연구 수행.

○ Lilley는 철도차량에서 발생되는 sound pressure level을 활용하여 차량의 안전유지관리를 결정하는 방법론을 제시함.

○ Fararooy and Allan은 철도 rotary-door-operator로부터 인터넷을 통해 원격으로 데이터를 획득하고 Matlab기반의 신경망 분석툴을 활용, rotary-door-operator 상태감시에 대한 방법론 제시.

○ 미국의 연방철도국(FRA: Federal Railroad Administration)에서는 원격 실시간 상태진단을 통한 차륜 유지보수 효율화 및 주행안전성 향상, 탈선사고 방지를 위하여 주행 중 차축의 진동센서에 의하여 차상에서 차륜 상태를 무선으로 모니터링 하는 시스템(On-Board Railroad Wheel Monitoring System) 개발 연구를 5년에 걸쳐 수행하여 2010년 ARMS 시스템을 개발하였으며, 현재 기술의 상용화를 위한 후속 연구가 진행 중에 있음.

○ 사고예방을 위한 안전관리의 경우 일부 철도시설에 대해 안전 모니터링을 실시하고 있으나, 한정된 장소와 시간 범위에서 실시되고 있으며, 새로운 첨단기술을 활용한 진단장비나, 자동화된 계측기를 통하여 실시간으로 차량의 상태를 진단하고 조치하는 방법이 기존의 숙련된 기능인에 의존하는 것보다 효율성이 높아지고 있기 때문에 신뢰도 확보측면이나 유지보수 비용관리 측면에서 유리한 것으로 분석 (International Railway Journal, 2009. 5).

○ 탈선안전도 시험평가기술에 있어서 국내에서는 한국철도기술연구원에서 유일하게 철도차량의 탈선계수 측정을 위한 윤축을 개발하여 주행안전성을 평가한 경험과 실적을 보유하고 있지만 연속법이 아닌 간헐법으로 측정하는 것이기 때문에 측정점들 사이의 하중이력들을 기록하지 못하고 있음. 일본철도총합연구소에서는 신간선에서의 탈선계수 측정을 위하여 특수 윤축을 개발하여 사용하였으나 하중 간 연성이 발생하여 이를 이론적으로 보정하는 보정식을 사용하고 있음. 독일의 Minden에 위치한 DB연구소에서도 탈선계수 및 하중이력 측정용 차축을 개발하여 측정하고 있음. 이태리의 경우 최근 레이저 센서를 이용해 차륜에 가해지는 횡압 및 수평압을 측정하는 방법을 개발하고 있음.

○ 차량/궤도 결함에 따른 탈선 분야의 경우 구름접촉 피로손상으로 인한 크고 작은 사고가 계속적으로 발생함에 따라 차량의 안전성 향상을 위하여 차륜/레일재의 개발을 서두르고 있으며 초창기의 마모저항성 차륜재에서 균열발생이 어려운 RCF저항성 향상으로 독일 DB과 일본을 중심으로 연구가 진행되고 있음. 특히, Bombardier transportation에서는 구름접촉피로손상에 대하여 재료적인 규격강화, 잠재적인 손상메커니즘 등에 관하여 연구하고 있으며 RCF의 균열은 ratcheting에 의해서 발생한다고 보고하였음, 러시아 철도기술연구소인 RRRI에서는 차륜답면 경도의 변화에 따른 RCF의 손상에 관한 연구를 실시하였으며 RCF결함의 모델링과 차륜/레일의 접촉영역에 대한 온도특성평가에 대한 연구를 집중적으로 실시하고 있음. 캐나다에서는 소성변형에 의해 발생하는 미세 경사균열, 이른바 ratcheting현상에 의한 균열발생 저감을 위하여 차륜답면 형상에 관한 연구를 실시하고 있음.

다. 화재분야

(1) 국내

○ 서울도시철도공사(SMRT) 기술 통합관제

- 국내에서도 통합감시시스템 필요성에 의하여 서울도시철도공사(SMRT)의 경우 2010년 5월 전력, 설비, 통신, 신호, 스크린도어(PSD), 터널 감시, 영상분석 기능등 기본적인 안전감시 시스템을 반영한 기술통합관제를 자체적으로 수립하여 운영.



출처) SMRT 홍보자료

그림 67. 서울도시철도공사(SMRT) 기술 통합관제

○ 역사용 통합안전감시시스템 모델사례

- 국토해양부는 철도종합안전기술개발사업을 통하여 철도역사용 안전감시시스템 인터페이스 표준 기초 연구를 일부 수행한 바 있음.

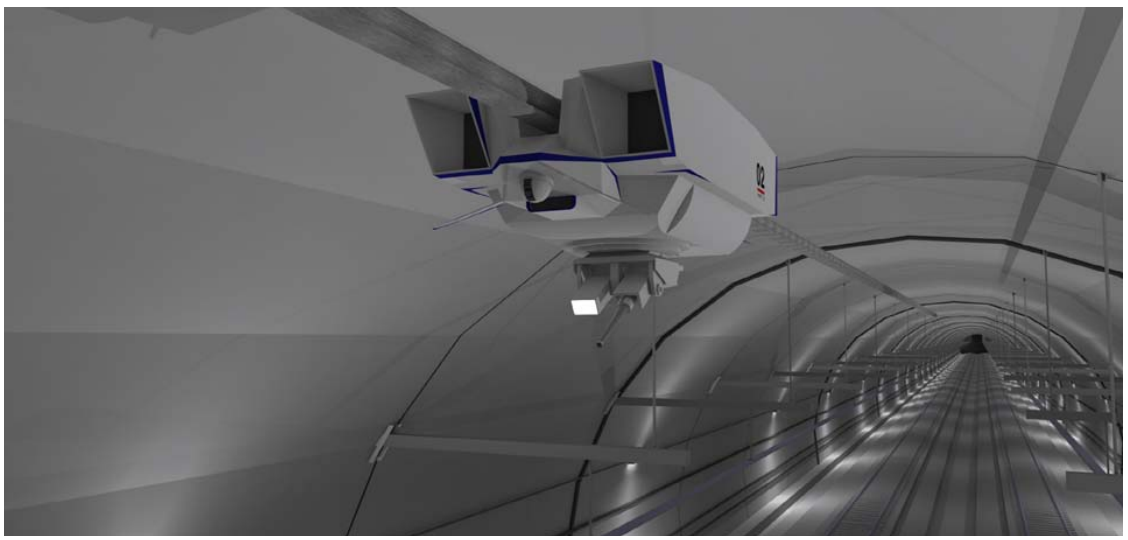


출처) 철도종합안전기술개발사업, 2009.

그림 68. 역사용 통합안전감시시스템 모델 사례

○ 국내에서 통합형 소방시스템의 경우는 아직까지는 시장규모가 작아서 중소기업 사업영역으로 분리되고 있으며 문화재 방재용 통합관제시스템, 지하상가 종합관제시스템 등의 개발되어 개별단위에서 상용화되었음.

○ 실시간 안전감시제어 시스템의 하위 시스템으로 구성될 수 있는 다양한 혁신적인 소방시스템이 제안되고 있으며, 한국철도기술연구원은 터널에 적용할 수 있는 궤도형 자동소화 로봇 시스템과 피난 유도 시스템의 기초 설계안을 제안한 바 있음.



출처) 한국철도기술연구원, 2012.

그림 69. 궤도형 터널 가디언 구상도

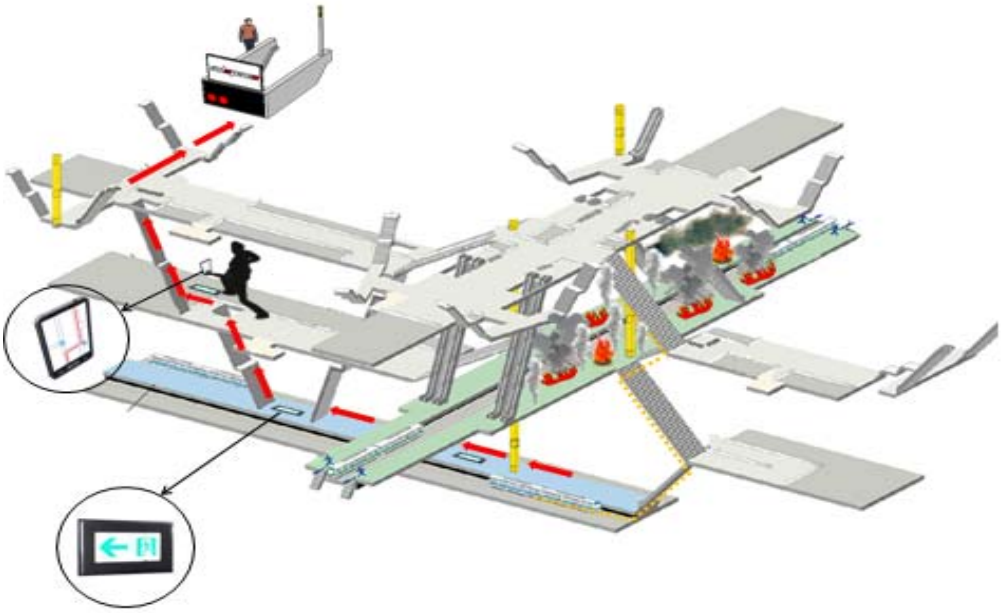


그림 70. 스마트폰과 실내위치인식 센서를 접목한 스마트 피난 안내 시스템

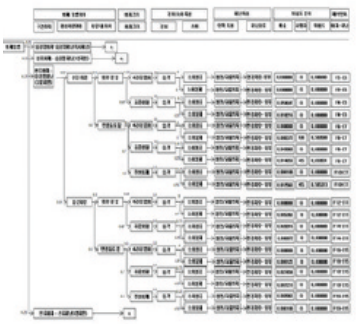
○ 철도화재 안전성능 평가 및 사고방지 기술 개발 분야

- 철도시스템 화재안전도 예측평가 기법 개발

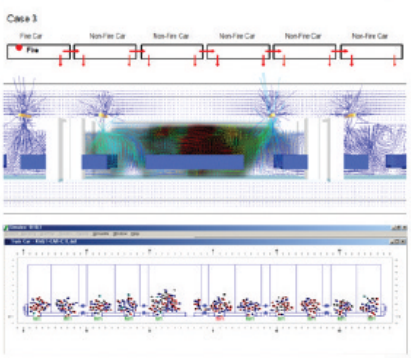
  · 철도차량 화재안전도 시험/평가기법 개발

  · 철도차량 화재 시나리오 분석 및 시뮬레이션 예측기법 정립

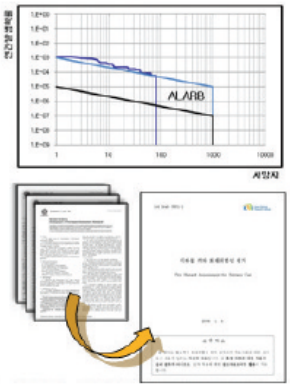
- 철도시스템 화재안전도 예측기법 개발/화재안전도 평가지침 보완



철도차량 화재 위험도 분석 시나리오 구성



화재위험도 분석 수행

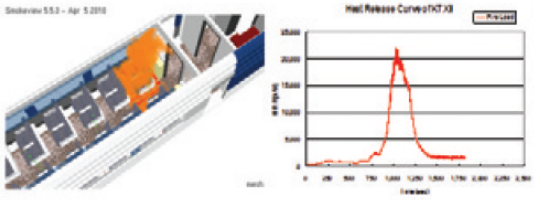


확률 – 사망자 곡선을 이용한 위험도 결과 분석

  · 차량화재 시뮬레이션 수행절차 정립 및 신뢰성 검증 시험



차량 화재해석 입력 DB



차량 화재규모 시뮬레이션 사례 (KTX Ⅱ)



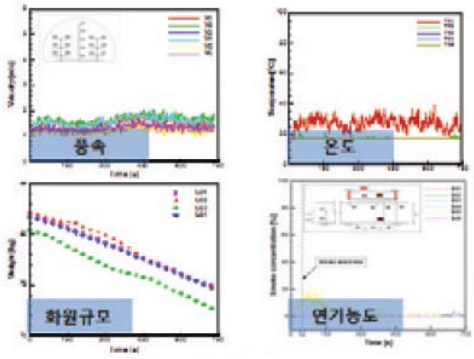
차량 화재시험 수행계획

· 철도터널 화재안전도 분석기법 개발





시험 터널에서의 연기 전파

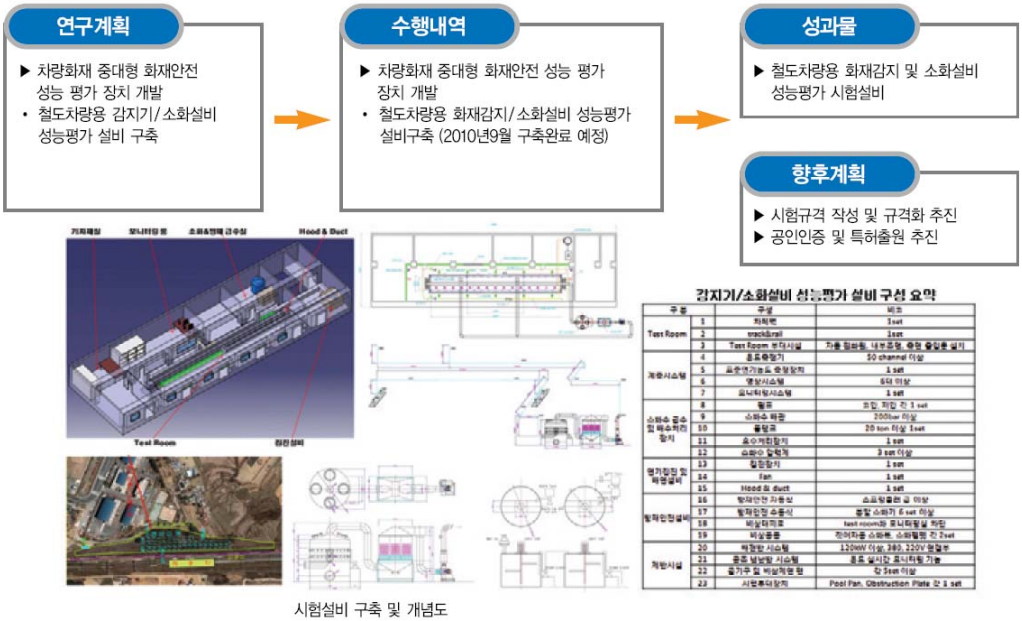


시험에서 측정한 계측값

- 철도화재 안전성능 시험평가 시스템 개발

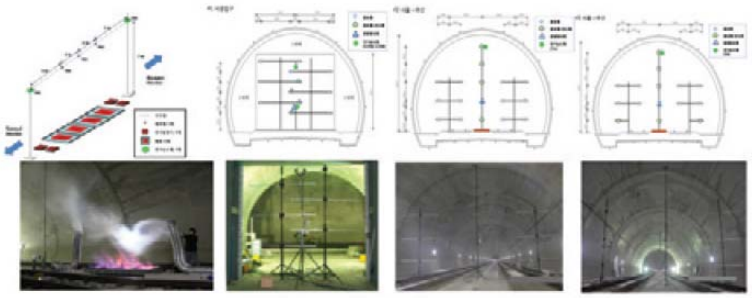
· 차량화재 실대형 화재안전성능 평가 설비 설계

· 중/소형 화재안전성능평가 장치용 구조물/배연설비/룸코너 설치 및 장치 안정화

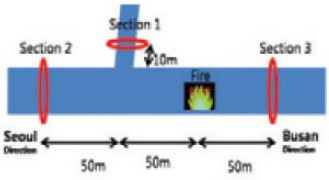


시험설비 구축 및 개념도

· 터널화재 실대형 화재안전성능평가를 위한 화재 시험계측시스템 구축



터널 현장화재시험 시스템 개발 내용 및 적용사진
(좌로부터,화원,단면1,단면2,단면3, 측정시스템)



터널 현장화재시험 시스템 설치 개념

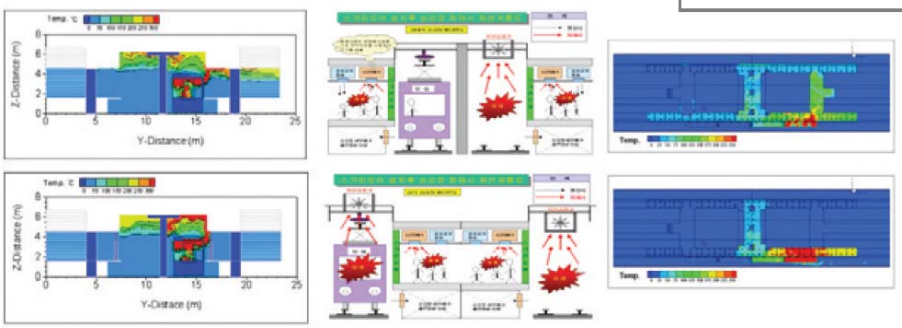
- 철도화재 안전시설 및 설비 표준화/ 초장대터널 구난역표준모델 개발

연구계획
▶ 철도 역사/터널 화재안전시설 설계사양 표준화(스크린도어 외)

수행내역
▶ 철도 역사/터널 화재안전시설 설계사양 표준화(스크린도어 외)
• 스크린도어 설치시 안전설계기준 : 상단부 내화재,승강장 구획에 따른 승강장 및 선로부 제연시설의보완, 스크린도어 개폐 제어방안 등

성과물
▶ 스크린도어 안전설계 기준

향후계획
▶ 제도화



PSD 설치시 상단 내화재 검토
(설치전(상)/후(하)의 유동패턴 변화)

PSD 설치시 제연팬 구성방안
상대식(상)/섬식(하)

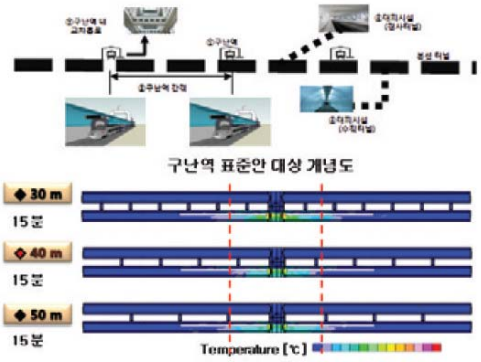
PSD 설치시 선로부 제연팬 검토
제연팬 비가동(상)/가동(하)

연구계획
▶ (초)장대터널 구난역 설계 표준안 제시
▶ 전체시스템 화재 시뮬레이션 (구난역)

수행내역
▶ (초)장대터널 구난역 설계 표준안 제시
• 구난역 설계 표준안 : 구난역정의, 간격, 교차통로 간격, 구난역 등급별 방재시설 적용 등
• 장대 철도 터널 내화성능 기준 작성
▶ 전체 시스템 화재 시뮬레이션(구난역)
• 구난역내 교차통로(횡갱)간격 연구

성과물
▶ 구난역 설계 표준안
▶ 장대철도터널 내화성능 기준

향후계획
▶ 구난역 세부 표준설계안 추가 진행 (소화설비,최종피난 수단, 배연설비 용량(2) 등),제도화



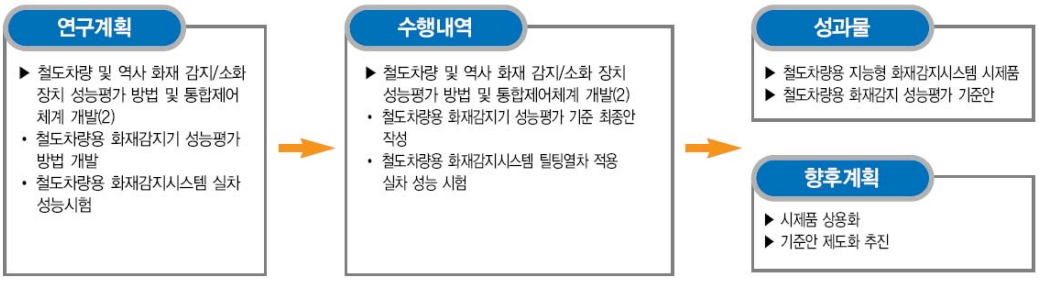
구난역내 교차통로 연구 (전체 시스템 시뮬레이션 수행)



장대 철도터널 내화설계 지침(안)구성

· 승강장 매점 실화재시험 및 표준설계 지침 작성

- 철도화재 제어장치 성능평가 방법 및 통합화재제어체계 개발





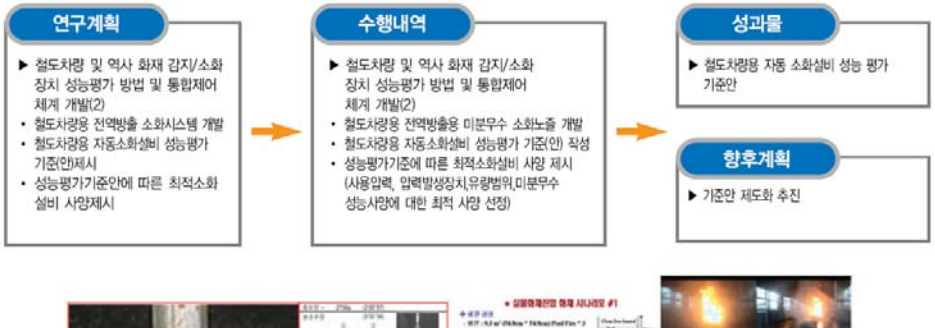
· 터널용 화재감지시스템 및 오작동 방지장치 개발

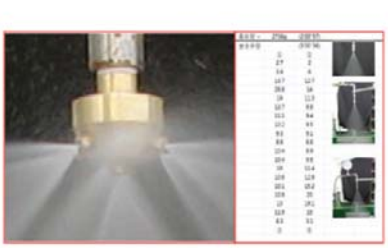
- 장대 철도터널 현장 화재 시험평가 및 평가기법

- 철도 역사/터널 화재안전시설 설계 사양

- 철도차량 전역방출 소화능력 기준 개발

- 역사용 자동 소화설비 개발 / 화재진화장치 성능평가 방법 개발




철도차량용 전역방출 미분무수 노즐


철도차량용 자동소화설비 성능평가 시나리오

- 철도차량용 자동소화설비 성능평가 기준

- 지능형 터널 배연시스템 성능평가 시험 및 시스템

연구계획

▶ 철도터널용 지능형 배연시스템 성능평가방법 및 통합제어체계 개발
- 지능형 배연시스템 성능평가 시험 및 평가 방법 개발

수행내역

▶ 철도터널용 지능형 배연시스템 성능평가방법 및 통합제어체계 개발
- 지능형 배연시스템 알고리즘 확립
- 철도터널용 지능형 배연시스템 제어 장치 제작
- 축소모형을 통한 지능형 배연시스템 성능검증
- 철도터널용 제연필터 특허출원

성과물

▶ 철도터널용 지능형 배연시스템 제어장치
▶ 철도터널용 긴이형 제연필터 장치(특허출원)

향후계획

▶ 철도터널용 지능형 배연시스템 현장적용 성능평가 (폐터널, 장항선 온돌터널 활용)



연구계획

▶ 터널용 화재감시 시스템 및 오작동방지장치 개발

수행내역

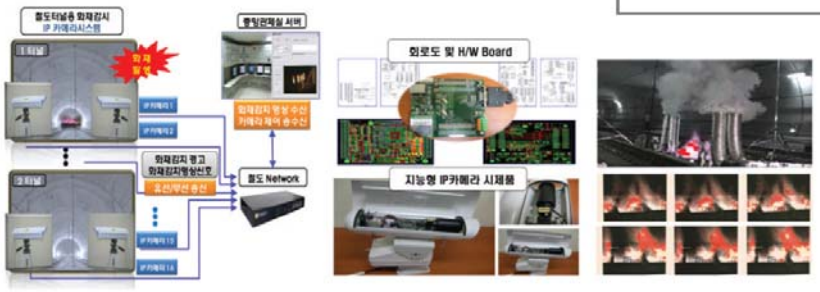
▶ 터널용 화재감시 시스템 및 오작동방지장치 개발
- 지능형 IP 카메라 시제품 개발
- 영상 샘플 시험

성과물

▶ 철도 터널용 화재/연기 자동인지 IP카메라 시제품

향후계획

▶ 철도터널 화재/연기 자동인지 IP카메라 시제품 완성 및 성능검증(폐터널 활용)



철도터널용 화재/연기 자동인지 지능형 IP 카메라 개발
지능형 IP 카메라 시스템(좌),회로도 및 시제품(중),터널에서의 테스트 장면(우)

- 역구내 안전 실시간 감시체계 운용 최적화 기술개발

연구계획

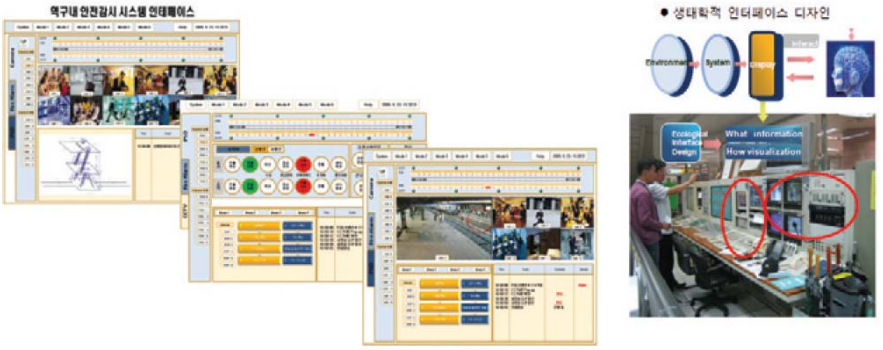
▶ 역구내 안전 실시간 감시체계 운영 최적화 기술개발

수행내역

▶ 역구내 안전 실시간 감시체계 운영 최적화 기술개발
- 역무실용 안전감시 인터페이스 최적모델 개발 연구
- 기존 역무실 안전관리시스템분석
- 역무실 안전관리 수행능력 향상을 위한 생태학적 안전감시 인터페이스 디스플레이 모델개발

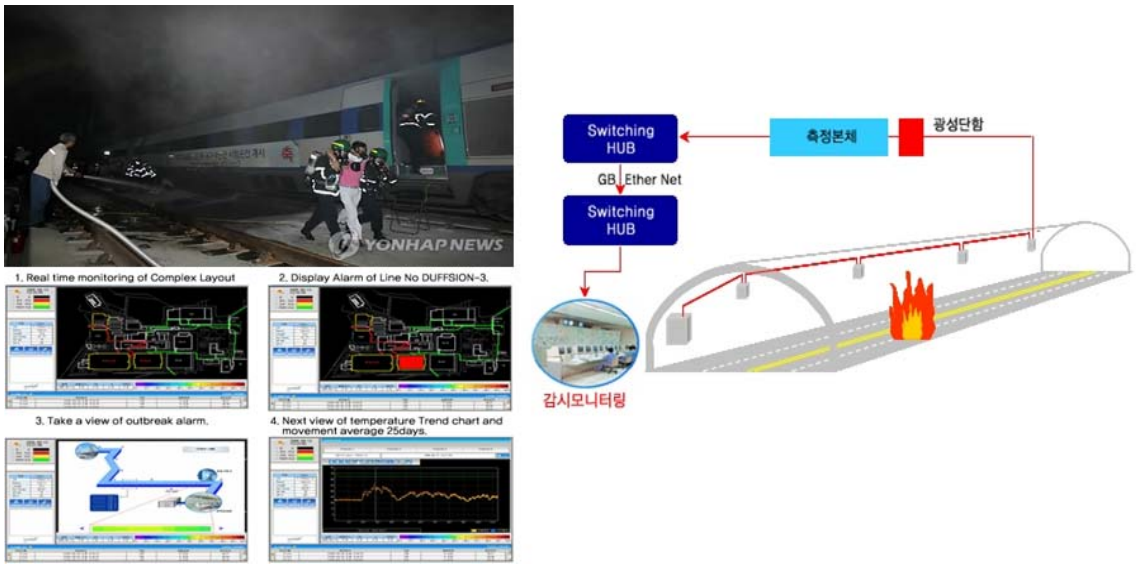
성과물

▶ 역무실용 안전설비 모니터링 인터페이스 모델 및 보고서



○ 터널 화재 실시간 감지 시스템 개발

- 터널 화재 발생 위치 및 화염 전파 상황 실시간 감시
- 전 구간 모니터링 중 최대 20초 이내 화재 발생위치 검지 및 온도 분포 측정
- 분포형으로 터널 전 구간 감시



○ 스마트 화재감지 및 제어 시스템

- 국내에서는 2011년 기준으로 스마트 화재감지 및 제어 시스템의 초기 시작모델의 개발이 진행되었으나 현장 검증 실용화 단계의 기술적 보완이 필요하며 시장이 성숙되지 않아 상용화되지는 못하였음. 이러한 시스템은 철도전반의 스마트 방제 시스템의 도입과 함께 활용될 것으로 기대됨.

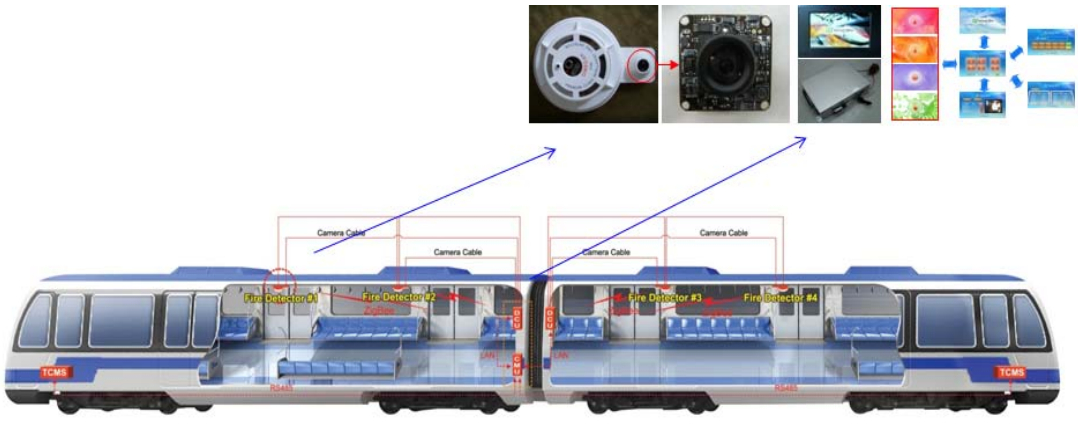


그림 71. 철도차량용 지능형 화재감지시스템 [(주)이플러티, 2010]



그림 72. 철도터널용 지능형 배연시스템용 제어기 [(주)리트코, 2010]

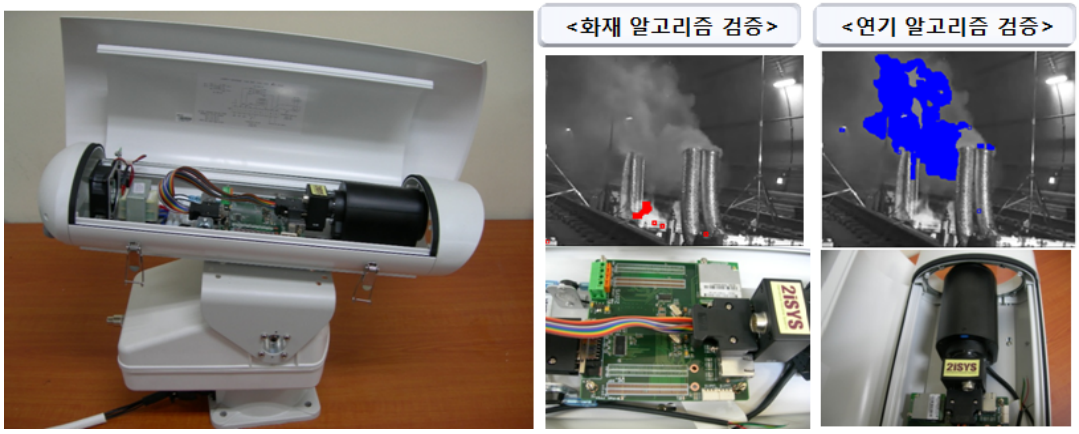


그림 73. 철도터널용 영상화재감지 IP 카메라 [(주)투아이시스, 2011]

○ 국내 터널화재 소화설비 현황

- 현재 국내 철도터널에서 화재사고가 발생한 경우 화재진압을 위한 장비는 연결송수관을 이용하여 소방대가 진입하도록 하고 있다. 그러나 연결송수관의 유지관리 상의 문제로 인해 평상시에는 연결송수관에 물이 채워져 있지 않는 건식 연결송수관을 운영중임. 화재 사고시 연결송수관을 작동시키기 위해서는 소방대가 진입하는 시간과 송수관에 물을 채우기 위해서는 상당한 시간이 소요되며, 충수시간 동안 화재가 급격히 확산할 우려가 큼. 화재가 확산된 경우 연결송수관 설비를 이용하여 소방대가 화재를 진압할 가능성은 매우 낮으므로 이를 대체할 수 있는 첨단 자동소화 설비가 요구됨.

(2) 국외

○ 영불해저터널 자동소화시스템

- 선진철도의 경우영불해저터널의 경우 두 차례의 화재사고를 통하여 터널 내 자동소화시스템을 포함한 방재시스템을 설치하고 이를 관제하는 시스템을 운영하고 있음.

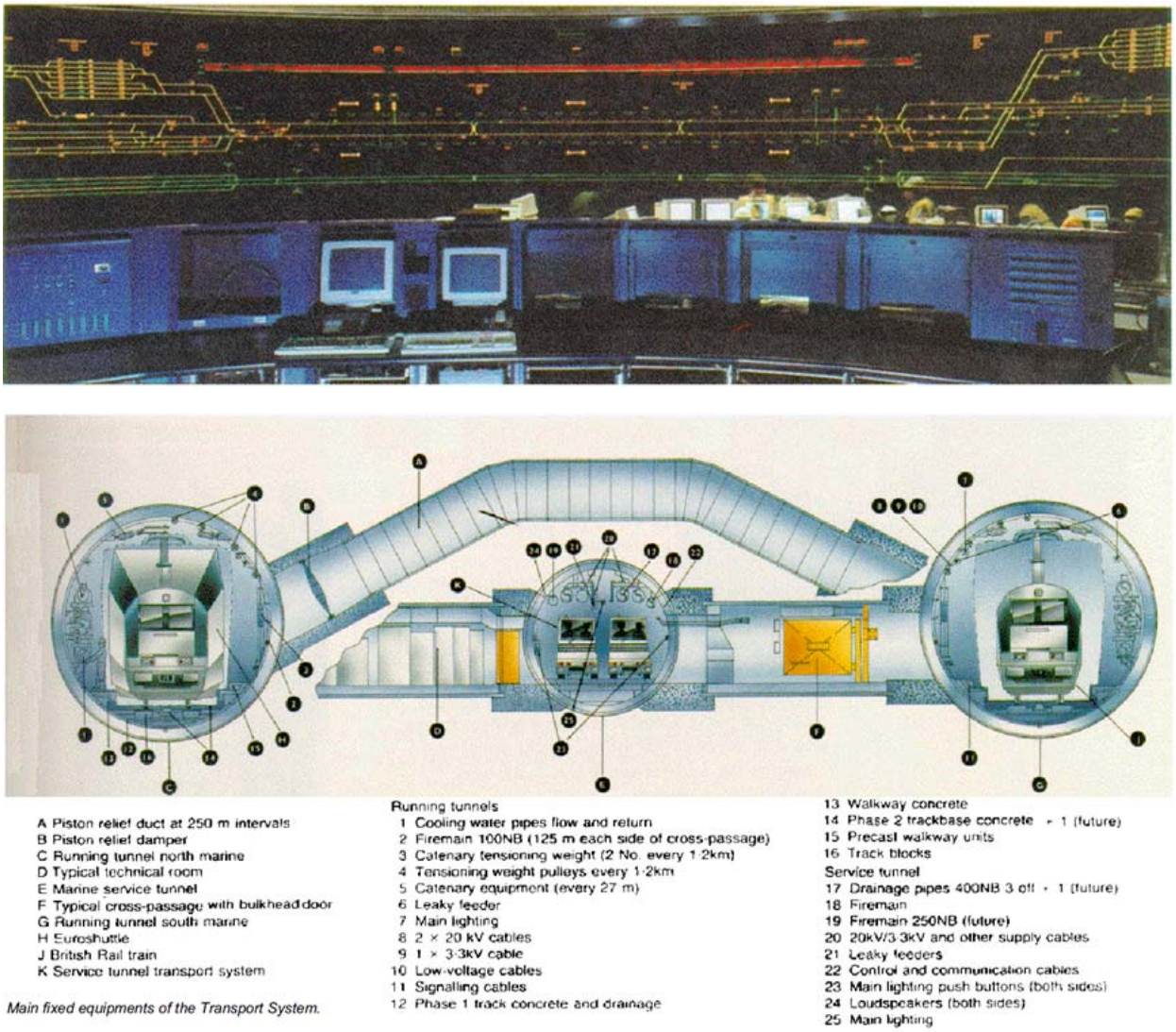


그림 74. 영불유로터널 방재시스템 및 통합 관제실 설치 사례

○ 스마트 화재탐지 및 제어 시스템

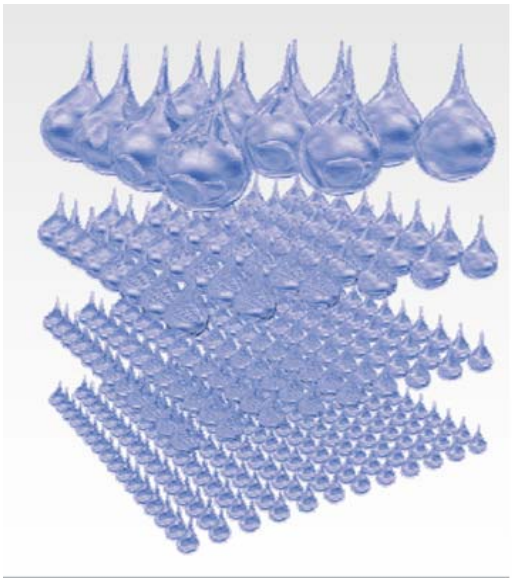
- 화재 탐지설비의 경우는 다양한 형태의 감지기가 개발되어 상용화 되어왔고 최근에는 대공간 전체의 동시 환경 및 화재 모니터링이 가능한 선형감지시스템이 관제시스템으로 활용되고 있는 추세임.
- 실효성 있는 통합화재감시시스템 구성을 위하여 실시간 화재감지 시스템 이외에도 스마트 배연, 소화, 피난/구난 안내 시스템 등 하위 요소기술의 향상이 요구됨.



그림 75. 선형 화재탐지 설비 설치 사례(리스텍, 독일)

○ 미세물분무(Water Mist) 시스템

- 독일에서는 철도차량용 미세물분무(Water Mist) 시스템 개발이 진행되어 상용화 되었으며((주)마리오프,(주)포크텍,(주)아쿠아시스 등) 국내에서도 3개 중소기업에서 자체적으로 차량용 자동소화시스템을 개발하였으나 상용화 실적은 없음((주)건국이엔아이, (주)윈 등).



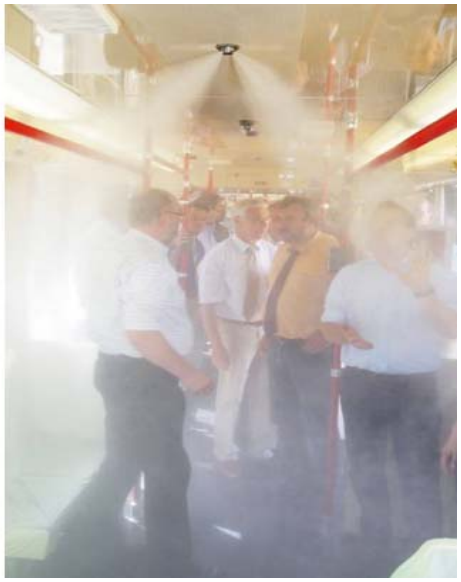


그림 76. 철도차량용 미세물분무(Water Mist) 스템(Fogtec,독일)

○ 열차 및 시설 화재 안전 감시제어 기술 분야

- 선진철도의 경우 재료사용 기준, 터널 방재설계기준, 대피구조, 방화성능 등에 일관된 종합안전방재 지침이 시행되고 있음 - 영국(BS 6853), 프랑스(NF 16-101), 미국(NFPA 130), 유럽연합(UIC 564-2, UIC 779-9), 독일 EBA, 이탈리아 RFI, 일본 국토교통성 기준 등

- 선진 철도의 경우 제작 시점에서 철도차량의 총 화재부하 및 발열량 등 상세 검토하여 안전도 평가 보고서 제출하고 있으며 철도화재안전관리 분야에서도 화재 감지, 배연, 소화, 피난 및 구난 지원 시스템의 통합관리체계 개발 진행 중

- NFPA등 국제적 수준의 화재안전추진 기구에서도 지속적으로 국제연합 연구기획을 시행하고 있으며, 재료사용 기준, 터널 방재설계기준, 대피구조, 방화성능 등에 일관된 종합안전방재 지침이 시행되고 있음 - 영국(BS 6853), 프랑스(NF 16-101), 유럽연합(UIC 564-2, UIC 779-9), 독일 EBA, 이탈리아 RFI 등

○ 해외 터널화재 소화설비 현황

- 영불해저터널에는 미세물분무설비(water-spray house)를 4군대의 고정된 역에 설치하여 열차로부터의 화염으로 인한 구조물의 손상을 막고 있음. water-mist 시스템은 두 개의 교행터널(crossover)들의 사이에 있는 네 개의 Station에 각각 870m의 길이로 설치됨. 일단 화재열차가 멈추면, 열감지 시스템에 의해 문제 화차를 밝혀내고 물안개를 방출함. 스프링클러 시스템 또는 폼과는 달리, water-mist는 화재의 장소에 직접적으로 겨냥할 필요가 없음. 이 시스템을 사용하면 온도를 900℃에서 250℃로 3분 이내에 낮추는 것이 가능하고, 소방을 돕고 터널의 콘크리트 배선들을 보호함(셔틀 열차의 40대의 차량이 관여된 화재에 상당, 2011자료).

- Eurotunnel SAFE project: 1996년과 2008년의 화물열차에 탑재된 트럭의 화재 사고 이후, 터널운영회사는 안전 전략을 강화하기로 결정하고, 이를 새로운 SAFE (프로젝트 이름)이라 하고 화재 소화 시스템을 설비하였음. 이 시스템은 혁신적인 FOGTEC 고압 물안개 기술로 여러 개발 프로젝트에서 이미 검증 받은 바 있음.

- 스위스 철도망의 대부분은 오래전부터 터널로 이루어져 있어, 화재시 구난 및 대응을 위한 차량이 개발되었음. 긴 철도 터널에서 발생한 사고 및 장애를 처리하기 위해 스위스 연방 철도(SBB)는 이미 1960년대 초부터 승객 구조 및 대피 방법뿐만 아니라 이와 관련된 화재 진화 방법에 대해 연구하여 왔음.

- 오스트리아의 블루덴츠 지역에서 철도터널 화재소화/구난 특수차량이 운용중이며, 지역소방대와 긴밀한 관계를 유지하며 운영되고 있음. 오스트리아 철도차량에는 원격으로 조종이 가능한 소화지원차량(LUF)의 적재를 하여 화재를 진압할 수 있도록 구성되어 있음.

라. 사상사고 분야

(1) 국내

○ 국토해양부와 한국건설교통기술평가원에서는 2007년 7월부터 2012년 6월까지 도시철

도표준화2단계 연구를 통하여 지능형 종합 감시시스템에 대한 표준 구성도와 일부 기능에 대한 이벤트 검지를 다루고 있으나, 검지 후 시스템 제어 등에 대한 내용은 포함되어 있지 않음.

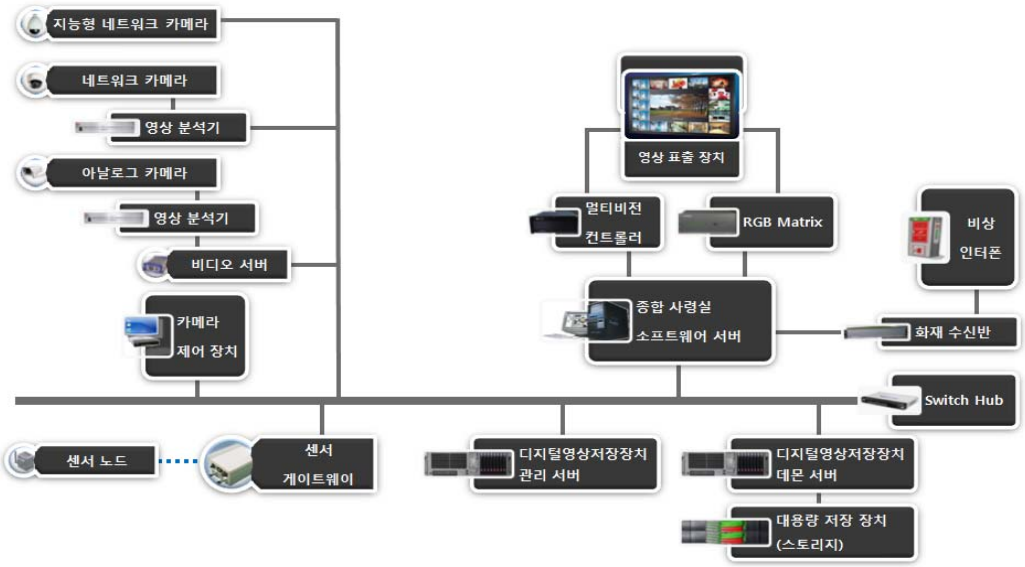
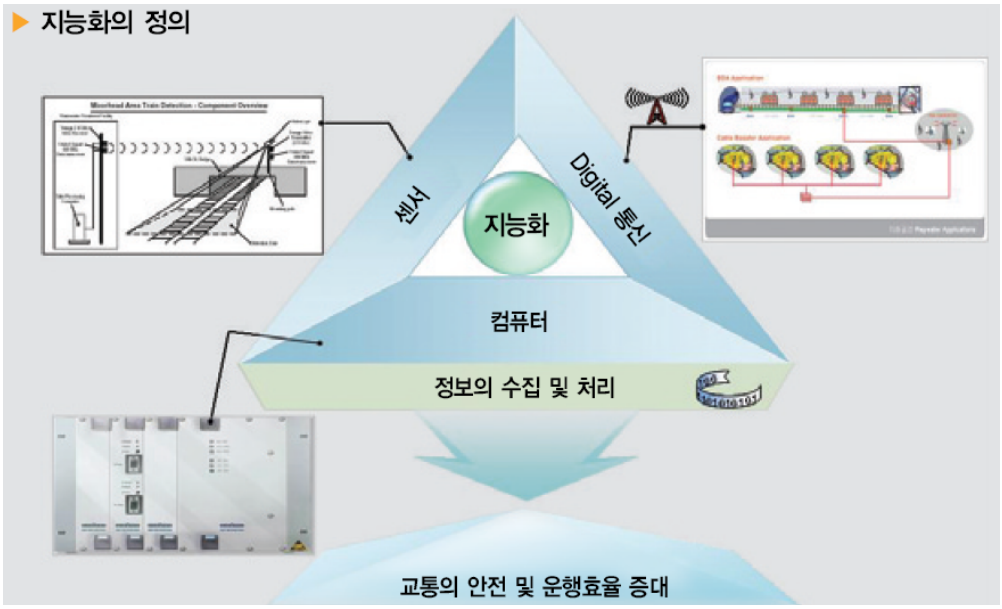


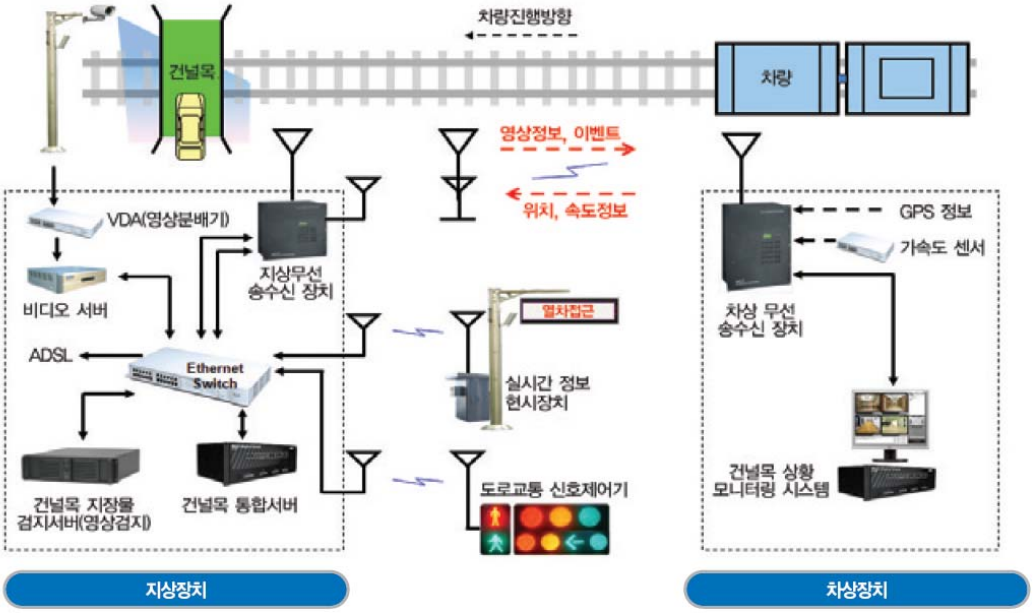
그림 77. 지능형 종합감시시스템 표준 구성도

○ 철도건널목 지능화를 통한 사고예방 및 피해저감 기술 개발 분야

- 지능형 철도 건널목 상황 검지 및 정보전송기술 개발



· 건널목 지장물 검지장치 개발

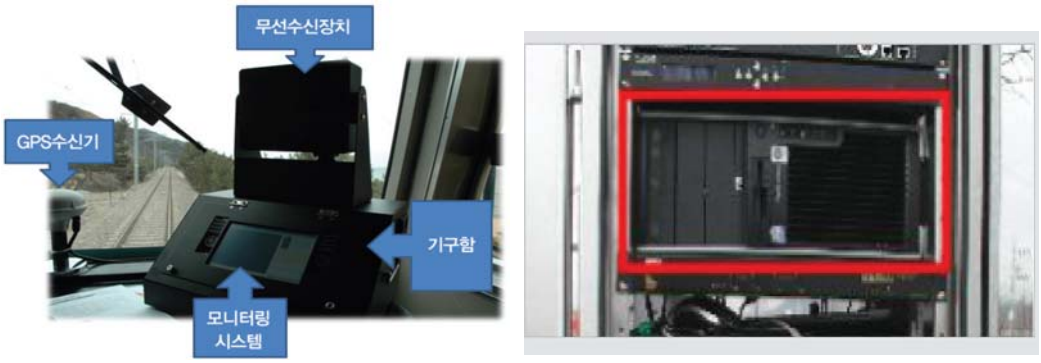


· 건널목-열차간 양방향 무선정보전송장치 시제품 제작



· 건널목 상황의 열차 내 모니터링 장치 시제품 제작

· GPS를 이용한 열차위치정보 측정장치 시제품 제작

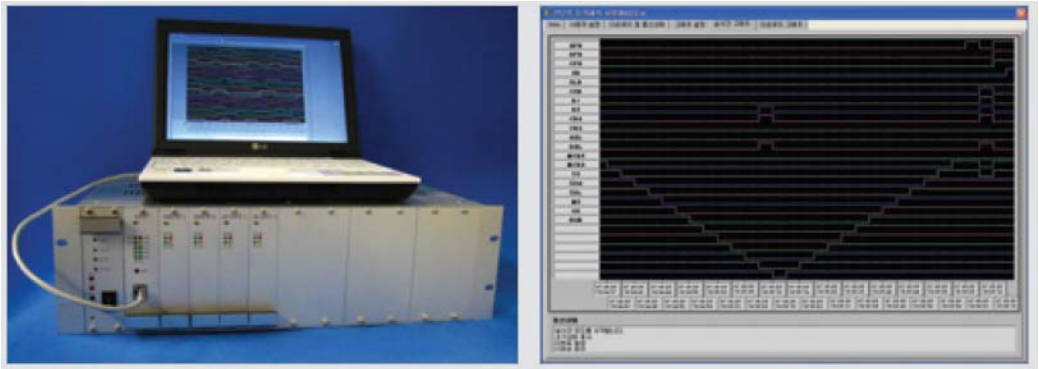


· 도로측 실시간 정보현시장치 시제품 제작

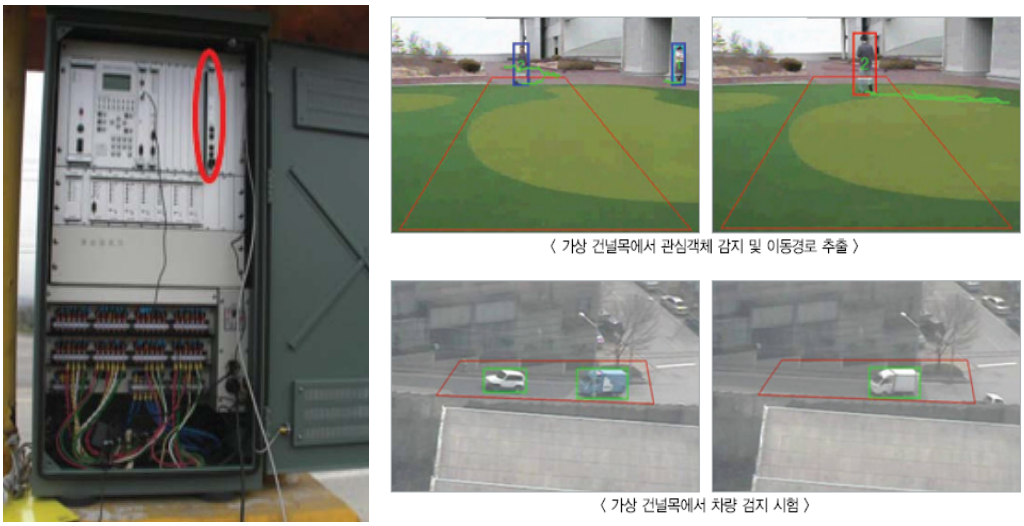


〈 VMS 시범구축(시범열차 접근시) 〉 〈 VMS 시범구축(일반열차 접근시) 〉

· 건널목 동작해석 시뮬레이터 개발


〈 시뮬레이터 전체 구성 〉 〈 Time chart 생성 〉

- 건널목 상황의 열차 내 모니터링 장치 시범구축
- 열차 위치정보 양방향 무선전송장치 시범구축
- 건널목 지능화 시스템 시범구축 및 운영
- 건널목 통과 차량에의 실시간 정보현시장치 시범구축
- 건널목 시인성평가 장치 및 인접교차로 연계신호장치 시범구축
- 건널목 지장물 영상검지 장치 시범구축


〈 가상 건널목에서 관심객체 감지 및 이동경로 추출 〉

〈 가상 건널목에서 차량 검지 시험 〉

○ 선로 감시 예경보 및 사고방지를 위한 실시간 모니터링 시스템 구축

- 국토해양부에서 실시한 “국가 주요시설 안전관리 네트워크 시범구축 및 운영시스템 개발(2011)” 에서 일부 철도 시설물 지능화를 위한 첨단센서 개발 및 네트워킹 기술이 개발되었음.

  · 광섬유센서, RFID/USN센서, GPS센서, 영상이미지센싱, 스마트센서 등에 대한 계측기술이 개발되고 이에 관한 무선센터 네트워크에 대한 시작품이 제작·적용되었음.

  · 향후 계측자료에 대한 복합적인 분석기술 및 이를 바탕으로 하는 시설물 붕괴 예측기술의 개발이 필요

  · 기존 시설물 관리 기관에서 운영하고 있는 개별 안전관리 시스템에 대한 표준화 전략 및 통합방안 필요

- 소방방재청 자연재해 저감기술개발사업단에서 수행하고 있는 “기후변화에 따른 자연재난 환경변화예측 및 방재기준에 미치는 영향연구(2011진행중)” 에서는 기후변화를 고려한 방재기준 재설정을 위한 가이드라인을 제시하는 것을 목적으로 하고 있음.

  · 기후변화를 고려한 확률강우량도, 확률적설하중도, 기존풍속도, 해수면상승예측도 등과 같은 기본하중도를 개발·제공 함.

- 현재 우리나라는 모니터링기술에 발달로 구조물의 변위 등 재해에 직접관련이 있는 물리량을 고정밀도로 계측할 수 있는 기술을 확보하고 있는 방면에 재해등급을 선정할 수 있는 관리기준에 대한 연구가 미흡함.

  · 국토해양부에서 실시한 “국가 주요시설 안전관리 네트워크 시범구축 및 운영시스템 개발(2011)” 연구에서 첨단 센싱기술 및 모니터링에 대한 연구가 일부 이루어졌음.

- 우리나라의 경우에는 사면 및 교량의 붕괴 예측기술 및 교량 등의 구조물에 대한 모니터링 기술 개발에 대한 연구에 주력하고 있음.

  · 한국과학기술원은 미국 일리노이 주립대, 일본 동경대와 국제 공동 연구를 통해 개발된 무선 스마트 센서 네트워크를 제2진도대교에 설치하였음.

  · 부경대학교는 미국 캘리포니아 주립대와 공동연구를 통해, 현재 건설 중인 화명대교에 스마트 무선 센서 네트워크를 설치하여 시공 중 시설물의 안전성 모니터링에 대한 연구를 수행 중임.

  · 국토해양부에서는 낙석 및 산사태 방재연구단을 운영하여 통합사면관리 기술, 광역 산사태 재해저감 및 사면 안전성 증대 기술 등에 대한 연구를 수행하였음

- 국내 주요 철도 시설물에 대한 스마트 센서 기술의 적용이 확대됨.

  · 서해대교의 케이블 장력 측정을 위하여 광섬유 FBG 센서를 적용함.

  · 한국철도기술연구원은 자체 개발된 광섬유 FBG, OTDR 센서등을 이용한 무선 스마트 센서 네트워크로 9개 현장에 시범적용하여 모니터링을 수행중에 있음.

- 국내 비파괴 검사 기술은 적용 범위, 실용화에서 선진국 대비 미흡

  · 콘크리트 재료에 대한 비파괴검사 요소 기술은 다양하게 개발되어 있지만, 검사결과

를 전체 구조물의 성능 평가에 반영하는 부분은 회귀분석 등 초보적인 단계에 머물러 있음.

- 확률론적 상태분석 및 예측기술, 생애주기 성능평가 기술은 철도 시설물에의 적용이 확대되고 있으나, 구조물간의 연계보다는 개별 구조물 위주의 유지관리 기술을 개발 중

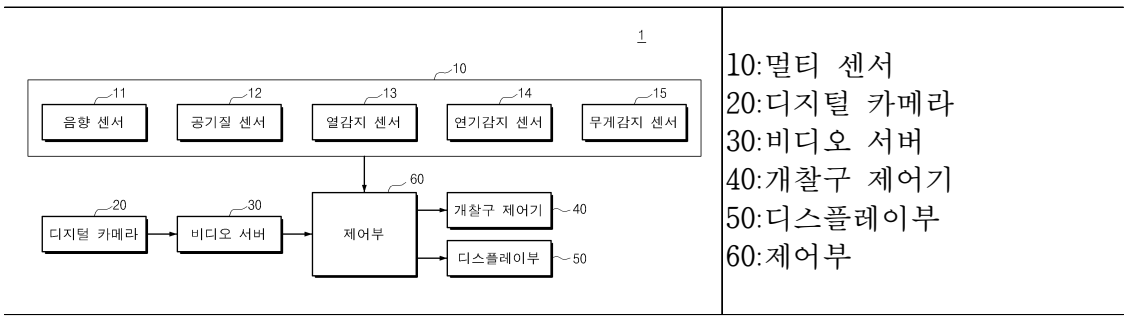
- 레이저 스캐닝을 이용한 시설물 모니터링 사례가 존재하나 해외에 비하여 미흡한 수준임.

  · 한국철도기술연구원은 철도 터널 및 사면의 안정성 모니터링에 대한 현장적용을 통해 기술의 완성도를 높여나가는 연구를 수행하고 있음.

  · 하드웨어의 개발은 해외에서 개발 및 상용화가 진행되고 있으며, 국내에서는 대대분의 장비를 해외에서 수입하여 사용

○ 철도 역사의 테러 감시 시스템 및 방법 (등록특허 10-1012738)

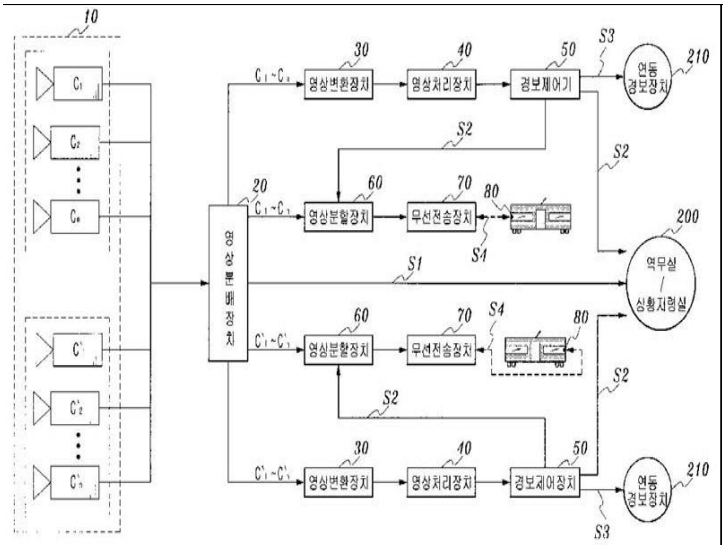
- 본 발명은, 철도 역사의 테러 감시 시스템에 있어서, 철도 역사 내의 복수의 구역 및 철도 차량의 각 객차 내에 설치되는 복수의 디지털 카메라, 각 디지털 카메라가 촬영한 영상을 해당 촬영 구역별로 저장하는 비디오 서버, 미리 정해진 복수의 촬영 구역에 설치되어 음향, 공기질, 열, 연기, 무게를 포함한 감지 요소 중 적어도 어느 하나의 이상 발생시 이상 감지 신호를 출력하는 멀티 센서, 상기 이상 감지 신호를 출력한 멀티 센서의 설치 구역을 촬영한 영상에 기초하여 테러 용의자를 인식하고 상기 인식한 테러 용의자를 복수의 다른 카메라가 촬영한 영상과 비교하여 추적하고 역사 관리실에 테러물의 제거를 요청하는 제어부를 포함. 이러한 구성에 의하여, 철도 역사 내 및 철도 차량의 각 객차 내부에서의 테러 발생 상황을 신속하게 감지하여 대처할 수 있음. 또한, 철도 역사 및 객차를 영상 카메라와 멀티 센서를 이용하여 자동 감시함으로써 지속적으로 카메라를 모니터링 할 필요가 없음.



○ 지하철/철도승강장 돌발 상황 자동감지 영상처리 경보시스템 및 방법 (등록특허 10-0444929)

- 본 발명은 지하철/철도 승강장의 돌발 상황을 자동으로 감지하여 경보하는 영상처리 경보시스템 및 방법에 관한 것으로서, 본 발명은 다수의 촬상장치로 역내의 승강장 선로부, 승강장 탑승부, 차량 도어부를 지속적으로 모니터링 하여 상기 승강장내에 차량이 없는 경우 상기 승강장 상황을 확인할 수 있는 영상을 상기 역으로 진행하는 도착

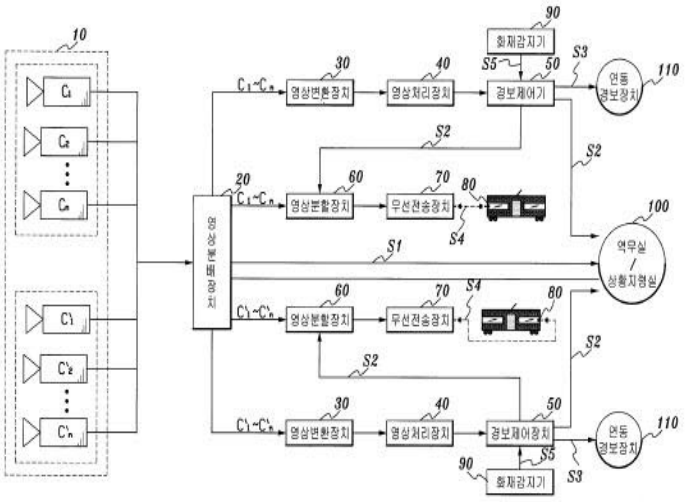
직전 차량과 역무실, 상황지령실에 유/무선으로 전송하고, 상기 역내의 승강장 철로부에 인명의 추락사고 및 차량운행에 대한 각종 위해요소 발생 시 이를 즉시 자동 감지하여 상기 역으로 진행하는 도착 직전 차량과 역무실, 상황지령실 및 각종 연동경보장치로 영상 및 음성경보하며, 상기 승강장에 차량이 정차중이거나 출발 직전에 있는 경우 상기 승강장내 이용객의 탑승상태와 승/하차 시 차량의 도어 개폐상태를 확인할 수 있는 영상을 차량, 역무실 및 상황지령실로 유선 및 무선으로 전송하고, 돌발 상황 발생시 이를 즉시 자동 감지하여 상기 정차중 및 출발 직전상태에 있는 차량과 역무실, 상황지령실 및 각종 연동경보장치로 영상 및 음성 경보함으로써 지하철/철도의 승강장에서 발생할 수 있는 임의의 돌발 상황에 대하여 역무원, 상황통제원 및 차량운전원이 즉각 대처할 수 있도록 하는 지하철/철도 승강장 돌발 상황 자동감지 영상처리경보시스템 및 방법을 제공함.



10:촬상장치 20:영상분배장치
30:영상변환장치
40:영상처리장치
50:경보제어장치
60:영상분할장치
70:무선전송장치(RT)
80:차상장치
90:역무실/상황지령실
91:연동경보장치
S1:영상신호 S2:경보제어신호
S3:경보연동제어신호
S4:영상/경보 무선신호

○ 지하철/열차 승하차시 돌발 상황 자동검지 및 경보방법 (공개특허 10-2005-0019279)

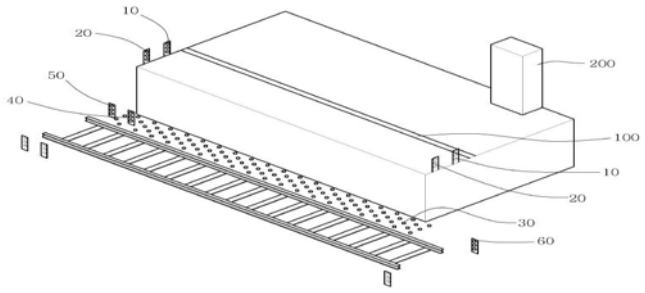
- 본 발명은 지하철/열차 승강장내 이용객이 승하차시 차량 출입문 사이에 신체나 물건의 끼임, 차량과 승강장 사이에 발빠짐 등의 돌발 상황 발생 시 이를 자동 검지하여 해당 경보를 즉각 발령하는 지하철/열차 승하차시 돌발 상황 자동 검지 및 경보방법에 관한 것으로서, 본 발명에 따른 지하철/열차 승하차시 돌발 상황 자동검지 및 경보방법은 지하철/철도 승강장의 돌발 상황을 자동으로 감지하여 경보하는 영상처리 경보시스템을 이용하여 지하철/열차 승강장내 이용객이 승하차시 차량 출입문 사이에 신체나 물건의 끼임, 차량과 승강장 사이에 발빠짐 등의 돌발 상황 발생 시 이를 자동 검지하여 상기 돌발 상황을 유/무선 통신선로를 통하여 음성 및/또는 영상 데이터의 형태로 발령함으로써 보다 효과적으로 경보할 수 있도록 하는 지하철/열차 승하차시 돌발 상황 자동검지 및 경보방법을 제공함.



10:촬상장치 20:영상분배장치
30:영상변환장치
40:영상처리장치
50:경보제어기
60:영상분할장치
70:무선전송장치(RT)
80:차상장치 90:화재감지기
100:역무실/상황지령실
110:연동경보장치
200:촬상장치 감시영역
210:승하차 돌발 검지영역
220:승강장 S1:영상신호
S2:경보제어신호
S3:경보연동제어신호
S4:영상/경보 무선신호
S5:승강장 화재경보신호

○ 철도 승강장의 안전사고 방지방법 (등록특허 10-0604355)

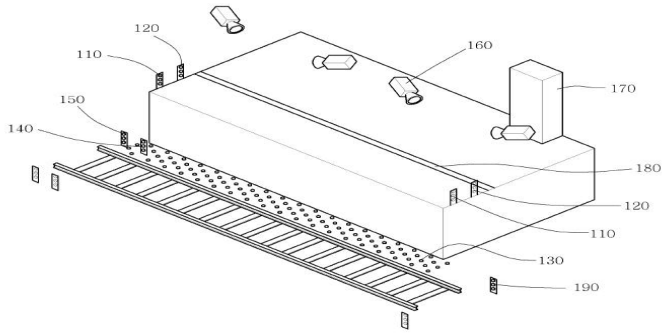
- 본 발명은 철도 승강장의 안전사고방지 방법에 관한 것으로 다단계로 설치된 센서를 이용하여 승강장에 대기하는 승객들이 지정된 탑승대기선에서 이탈한 정도를 감지하고, 그 정도에 따라 설정된 경고, 열차의 서행을 지시하는 안전사고 예방단계와 상기 안전사고 예방단계로 수행함에도 불구하고, 상기 승객이 철로에 추락한 경우 이를 감지하여 해당 승강장에 진입할 열차를 정지시키고, 구호활동을 하는 구호단계와 상기 승강장의 철로에 열차가 완전히 진입함을 감지하여 진입이 완료되면 상기 안전사고 예방단계의 센서 동작을 정지시켜 승객이 하차후 승차를 할 수 있도록 하는 승하차 단계와 상기 승객의 승하차가 완료된 후 열차가 승강장을 출발하는 것을 감지하여 상기 정지된 센서를 다시 동작시켜 상기 안전사고 예방단계로 귀환하는 초기화 단계로 이루어짐. 이와 같은 구성에 의하여 본 발명은 탑승대기선과 승강장 끝단의 사이에 승객이 위치하는지를 감지하되 단계적인 감지를 수행하여 각 단계에 따라 적절한 대응조치를 마련함으로써 승객이 철로로 추락하거나 승강장 끝단에 근접한 승객과 열차의 충돌 등의 안전사고를 미연에 방지할 수 있는 효과가 있음.



10:제1감지부 20:제2감지부
30:제3감지부
40:열차도착 감지부
50:열차출발 감지부
60:열차진입 감지부
100:탑승대기선 200:제어반

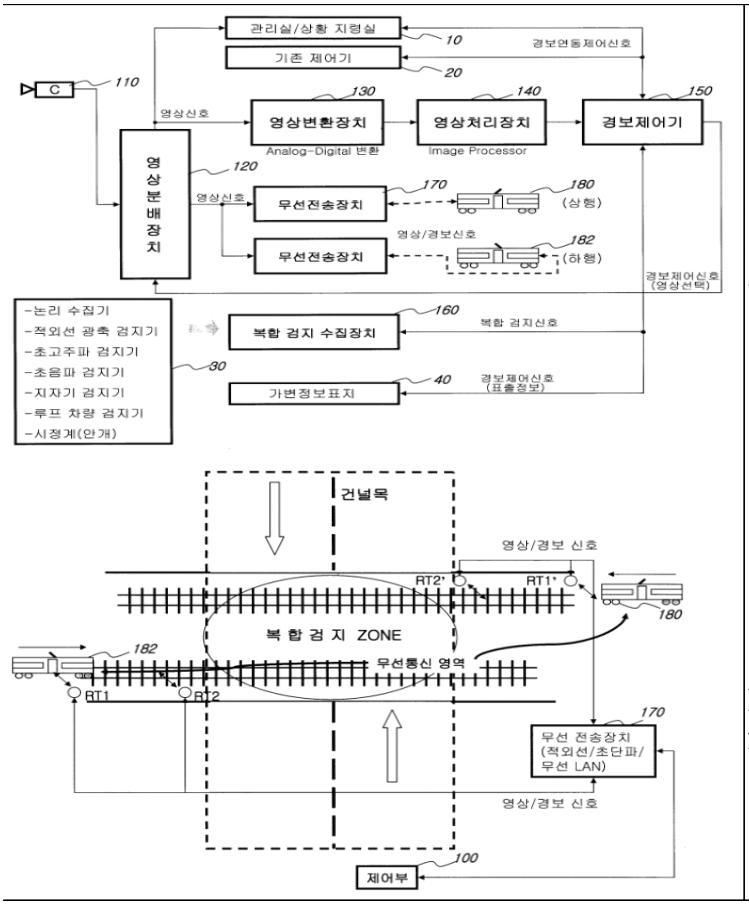
○ 철도 승강장의 안전사고방지 시스템 (등록특허 10-0573본 발명은 철도 승강장의 안전

사고방지 시스템에 관한 것으로 승강장의 전체를 촬상하여 그 정보를 송출하고, 승객이 탑승대기선을 넘어선 정도를 단계적으로 감지하여 그 정도에 따라 설정된 안전사고 방지 동작을 수행하는 승강장 장치부와 상기 승강장 장치부로부터 전송되는 승강장의 안전상태를 확인하여 열차의 운행을 제어하며, 열차의 객실을 모니터하여 안전사고 또는 범죄의 발생을 방지하는 열차장치부와 상기 승강장 장치부와의 통신을 통해 전체 승강장과 열차의 안전운행 상태를 점검하는 상황실 장치부로 구성됨. 이와 같은 구성에 의하여 본 발명은 승객이 탑승을 위해 대기하는 탑승대기선과 승강장 끝단의 사이에 승객이 위치하는지를 감지하되, 단계적인 감지를 수행하여 각 단계에 따라 적절한 대응조치를 마련함으로써 승객이 철로로 추락하거나 승강장 끝단에 근접한 승객과 열차의 충돌 등의 안전사고를 미연에 방지할 수 있는 효과가 있음.

<table>
<tr>
<td>
</td>
<td>100:승강장 장치부
110:제1감지부 120:제2감지부
130:제3감지부
140:열차도착 감지부
150:열차출발 감지부
160:CCD 카메라
170:제어반 180:탑승대기선
190:열차진입 감지부</td>
</tr>
</table>

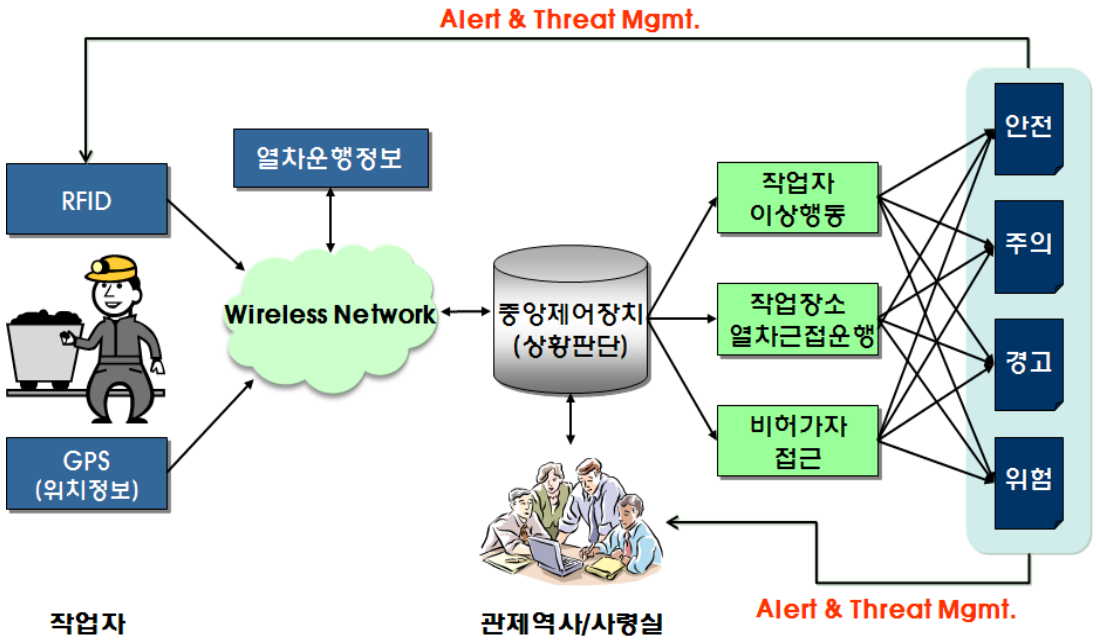
○ 철도 건널목 돌발 상황 자동감지 영상처리 경보장치 (등록실용 20-0361170)

- 본 고안은 철도 건널목 돌발 상황 자동감지 영상처리 경보장치에 관한 것으로서 다중 영상분석 및 처리에 의하여 자동으로 철도 건널목에서의 인명 및 차량운행에 의한 각종 위해요소를 발생 즉시 감지할 수 있도록 하고, 철도 건널목에서의 인접도로, 보행자, 여러 가지 기상조건 등의 주변 환경에 의한 각종 위해요소들을 집중 감시할 수 있도록 하기 위하여, 촬상장치, 영상분배장치, 영상변환장치, 영상처리장치, 경보제어기, 복합 검지 수집장치, 무선전송장치 및 차상장치로 구성되어, 안정되고 정확한 동작을 보장하기 위한 다중의 논리함수 연산을 수행하는 영상처리장치와 철도 건널목 돌발 상황 자동감지 영상처리 경보장치의 연동에 의한 철도 건널목 돌발 상황 자동감지 영상처리 경보장치를 제공함.



10:관리실/상황지령실
20:기존 제어기
30:점유물체 검지장치
40:가변정보표지 100:제어부
110:촬상장치
120:영상분배장치
130:영상변환장치
140:영상처리장치
150:경보제어기
160:복합검지 수집장치
170:무선전송장치
180:차상장치(상행)
182:차상장치(하행)
C:촬상장치(CCD Camera)
RT:무선전송장치(Radio frequency Transmitter)

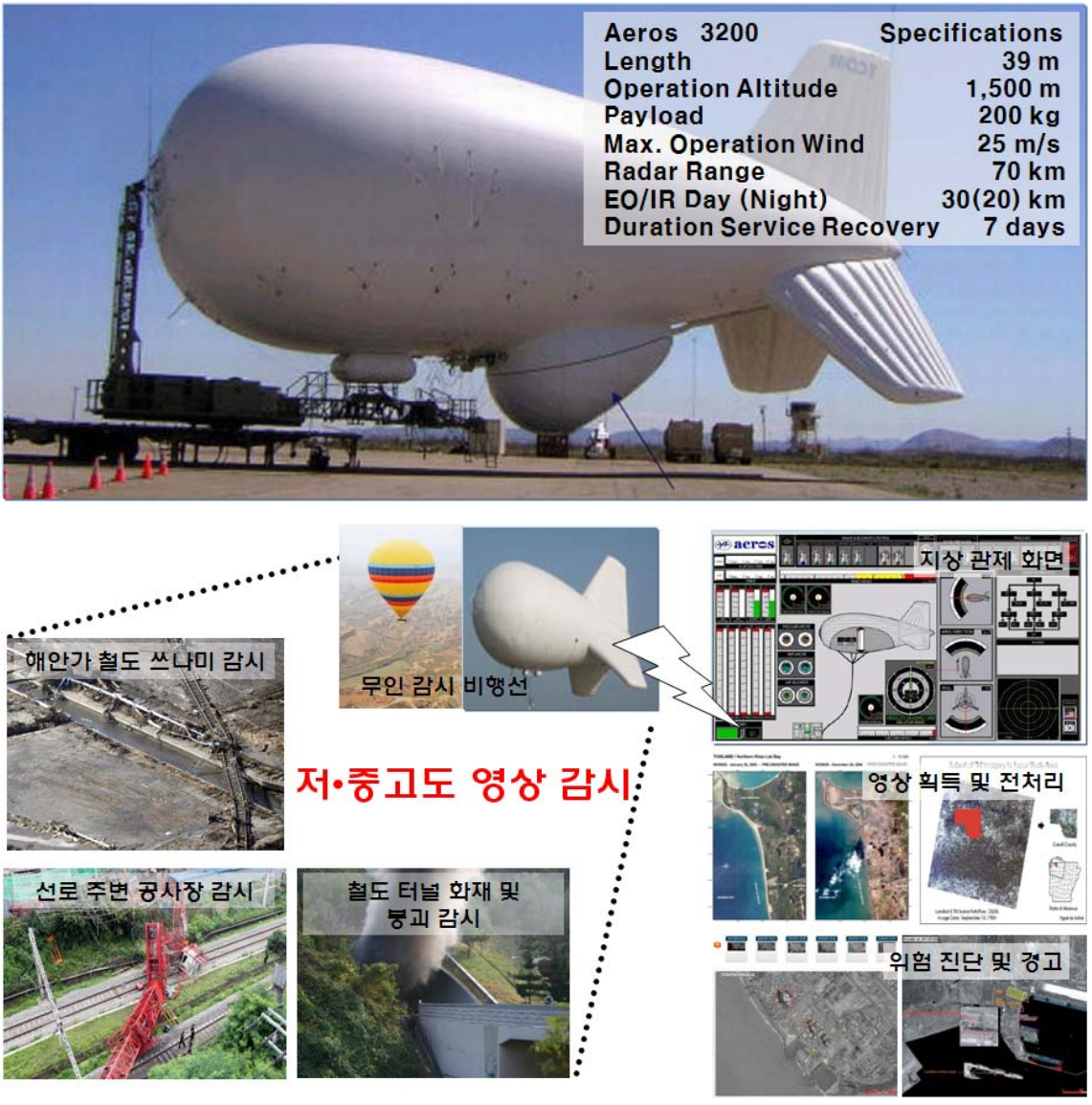
○ 작업자 안전관리 시스템



(2) 국외

○ 저·중고도 영상정보를 활용한 주변 감시

- 무인 감시 비행선(Aerostat) : 카메라, 레이더, 통신장비를 탑재하여 고도 300m~4km의 높이에서 저비용, 고효율로 지상, 공중, 공간 정보를 획득 지원하는 풍선형 부양선을 이용한 플랫폼
- 지형 및 기상에 관계없이 장시간 무인운영을 통한 철도 시설물 감시
- 신속한 영상정보 처리를 통해 철도 시설물의 24h/365d 안전 확보



○ 철도 공중 사상 안전 감시제어 기술

- 감시 및 제어시스템은 물리적 상태 정보의 분석을 통해 현상 파악을 하는 시스템으로, 전송의 한계를 극복하기 위해 무선(wireless) 센서를 이용한 Intelligent 모니터링 시스템에 대한 요구가 확대되고 있음. 특히, 무선 센서와 IT 기술을 이용하여 철도시스템에 대한 Intelligent 모니터링을 적용할 경우 기존의 주기적 안전관리에서 사용하던 방

식과는 차별화된 주행 중 실시간 상태 모니터링 기반의 안전관리가 가능해짐으로써 철도차량 운행의 신뢰성과 안정성이 크게 향상됨(출처 : International Railway Journal, May 2009).

- 유럽 TSI에 따라, 역사 내 이동저하여객 등 여객 이동경로 상에 사용 및 관리하는 층간 이동제어 설비 등의 기능을 표준으로 제시. 지상 역사 설비는 층간이동 등 장애경로관리 제어기능을 요구. 차량 내 여행설비는 여객진입 과정 상태에 따른 여객정보를 안내 및 제어

- 미국, 캐나다, 호주 등과 같이 건널목이 많은 국가의 경우 건널목 분야에 많은 투자가 되었거나 이루어지고 연구결과가 현장에 적용되고 있는 실정임. 철도건널목의 안전을 확보하기 위한 최신의 첨단 센서 및 무선통신 기술을 이용하여 다양하게 열차 및 자동차 운전자에게 정보를 제공할 수 있는 프로젝트를 수행

○ 선로 감시 예경보 및 사고방지를 위한 실시간 모니터링 시스템

- 일본의 경우에는 철도기술연구소(RTRI), 토목연구소(PWRI), 국토기술연구센터(JICE)를 중심으로 전기비저항탐사, 지중레이더탐사, 탄성파탐사, 분포형 광섬유 센서 응용 등 선로 구조물에 대한 비파괴 물리탐사 적용연구가 진행되고 있음.

- 미국, 일본 등 선진국에서서는 인공위성정보 등 리모트센싱자료를 기반으로 하는 재해감시 체계 및 재해 예·경보를 위한 전용망 운영 중에 있음.

  · NASA와 미 교통부에서는 NCRS-H (National Consortia on Remote Sensing in Hazard) 프로그램으로 원격탐사와 GIS기술을 이용한 재해관리 및 응급처치 등에 대한 연구를 진행 중임.

  · 미국 JPL, 유럽의 CODE 및 ESOC 등과 같은 선진연구기관에서는 전세계 우주측지인프라 데이터를 활용하여 전 지구 상층대기 모델을 개발하고 분석결과를 준실시간으로 제공하고 있음.

  · 일본의 국토교통성은 우주측지기술을 활용하여 각종 해일 및 지진에 대비한 안정성 확보를 위한 체제를 갖추고 있으며 국가 재난시 긴급활용을 위한 GNSS + GIS(Geographic Information System) +모바일 네트워크 등 실시간 자료공유 시스템을 개발 완료하였음.

  · G8회담(2005)에서 “전구 지구관측시스템(GEOSS) 10개년 실시계획”이 승인되어 기상재해 및 자연재해에 대한 대응을 강화하고 지구온난화대책에 공헌하기 위해 위성, 육지영역, 해역관측의 통합적인 관측·감시 시스템을 구축 중임.

- 선진국에서는 국가 주요 시설물의 시공 및 사용 단계에서의 상태 모니터링을 위해 광섬유 센서를 적용함.

  · 미국에서는 복합재 교량 상판에 광섬유 센서를 일체화시켜 시범 시공한 경우가 있음.

  · 일본에서는 교량, 터널, 경사면 모니터링을 위하여 광섬유 센서를 적용하기 위한 시범 적용을 시도한 적이 있음.

- 무선 스마트 센서를 이용한 주요 SOC시설물 모니터링 기술이 미국을 중심으로 연구되고 있음.

  · 미국 미시간 주립대학에서는 무선 스마트 센서 Narada를 개발하여 시설물 모니터링에 관한 연구를 진행함.

  · 미국 일리노이 주립대학은 무선 스마트 센서 Imote2를 이용하여 제2진도대교의 구조물 모니터링을 위해 세계에서 가장 큰 규모의 무선 센서 네트워크를 구축함.

  · 일본 동경대학에서는 센서의 무선 통신 프로토콜에 대한 연구가 진행 중이며, 다중통신방식(Multi-hop communication)을 통해 센서 네트워크의 통신 안정성 및 확장성을 높임.

- 레이저 스캐닝 기술을 이용한 시설물 모니터링은 국외 연구에서 철도, 교량등의 선로변 시설물에 적용되고 있음.

  · 도플러 효과를 활용하여 구조물의 변형 및 속도를 측정할 수 있는 레이저 진동계가 상용화 되었고, 실 구조물에 적용성을 위한 연구들이 진행되고 있음.

- IT기반 선로변 시설물 상태 무인 모니터링 기술이 활발하게 연구되고 있으나 실제 적용은 미미한 실정임.

- 미국, 일본 등의 선진국에서는 비파괴검사를 통해 구조물의 현재 상태 평가 기술에 대한 연구가 활발하게 진행 중임.

  · 미쓰이 스미토모 건설에서 개발된 '청강기'는 30 cm 간격으로 부착한 센서사이의 탄성파 속도를 측정하여 콘크리트 강도를 추정함.

  · MIT(메사추세츠 공과대학교)에서는 콘크리트 보강재료로 사용된 유리섬유를 탐지하는 레이더(Radar) 비파괴검사 기법을 개발하였고, 이 기술은 접근이 어려운 콘크리트 교량을 10 m 정도 원거리에서 시험이 가능하여 효율적임.

- 실 재난 데이터베이스를 활용한 구조물의 위험도 기반 확률론적 상태분석 및 예측관리 기술에 관한 연구가 유럽, 미국, 일본, 호주 등을 중심으로 활발히 진행되고 있음.

  · 미국은 허드슨 강 유역에 수자원 관리를 위한 센서 등의 통신, IT 기술을 적용한 "The River and Estuary Observatory Network(REON)" 프로젝트를 진행 중에 있음.

  · 유럽은 방법론, DB구축, 프로그램 개발에 관한 많은 연구가 진행 중이며, 주요 연구기관으로 네덜란드 CML, IVAM, Pre-consulting 등과 프랑스 Ecobilan, 독일 IKP-PE, 스웨덴 IVL, CPM, 영국 Boustead Consulting 등이 있음.

- 생애주기 성능평가 기법을 통해 교량, 철도와 같은 시설물의 상태분석 기술이 개발되고 있음.

  · 미국립과학기술협회인 NIST(National Institute of Science and Technology)에서는 도로 터널 및 포장을 포함하여 도로교량에 대한 LCC 분석을 위한 프로그램 BridgeLCC 1.0 (Ehlen, 1999)과 신기술 적용을 고려한 LCC 예측 모델 개발 및 FRP 데크의 신공법에 대한 경제성 검토를 수행.

마. 관제분야

○ 우리나라 철도관제는 국가관제영역은 철도교통안전관제센터와 철도공사 본사의 예비관제 컨셉으로 구축된 종합관세실 설비가 있음.(아래 현황 표 참조)

(2014. 3. 1 현재)

구분	본사 종합관제실	철도교통안전관제센터	
		일반관제	고속관제
대형표시반	1대(67″, 36면)	1대(67″, 342면)	1대(67″, 48면)
제어콘솔	25식	46식	7식
- 관제사 - 유지보수(신호)	24 1	42 4	6 1
주 컴퓨터	8식	11식	3식
관제전화	34대	37대	14대
직통전화기	4대	16대	2대
CCTV	8조	72조	10조
기타설비	강우 전광판 1대 화상회의 시스템 1대	열차무선장치 22대	지진감시시스템 등

○ 열차집중제어업무 개요

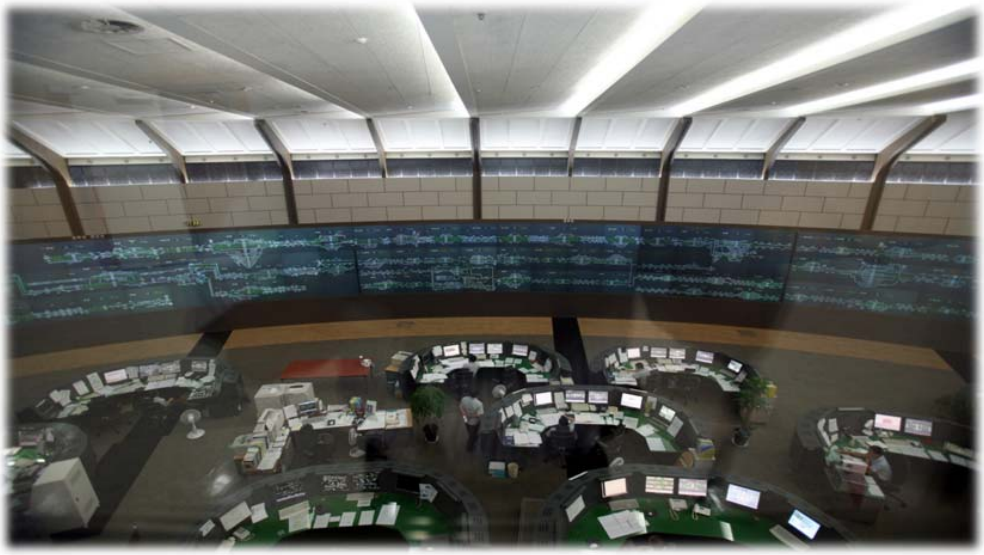
- 설치목적 : 현대의 철도는 고밀도의 다종 다양한 열차의 운행이 이루어 지고 있고 각 역의 배선이 대단히 복잡하여 관제사의 취급에 있어서 더욱더 안전하고 효율적인 운행관리가 요구되고 있다. 따라서 열차의 오취급을 방지하고 보다 정확하고 효율적으로 안전하게 열차를 운행시키기 위한 것이 열차집중제어장치의 설치목적이다

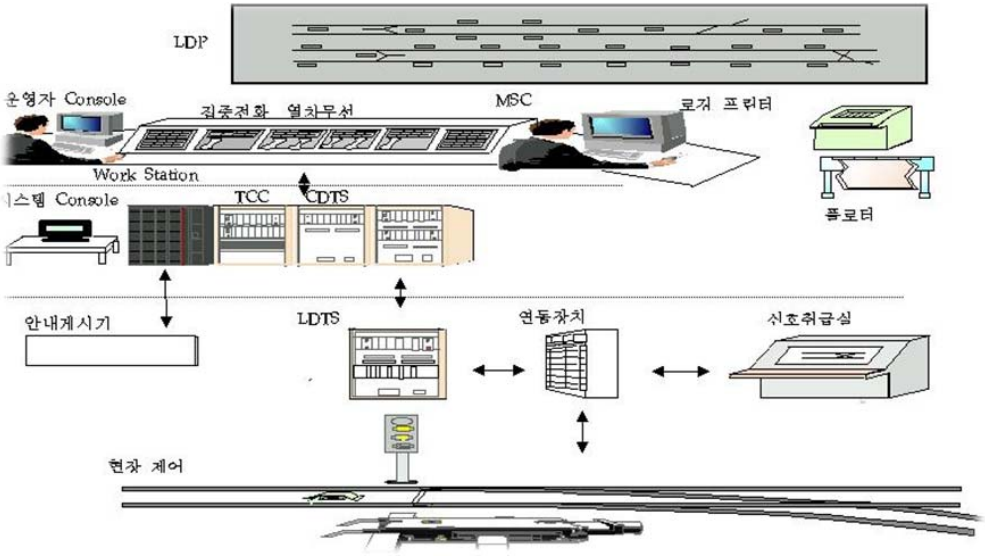
- 정의 : 열차집중제어장치, CTC(Centralized traffic control)

  · 열차 집중 제어장치(centralized traffic control)는 집중 원방 제어 장치를 사용하여 일정 선구의 열차 운행 상황을 직접 파악하여 열차 운행을 판단하고 직접 신호기 및 분기기의 연동장치를 제어하여 열차를 통제하는 운전 방식을 말한다. 이시스템의 중앙장치를 설치한 개소는 일반적으로 CTC센터라 한다

  · CTC센터에서 실제로 운전취급업무를 행하는 직원을 일반적으로 관제사라고 한다.







- 열차집중제어장치의 구성

  · 정보처리계 : MSC(Management Support Computer) : 열차운행을 위한 열차운행계획(DIA)을 작성 또는 운행 스케줄을 입력하고 열차 운행실적을 저장 관리하는 컴퓨터

  · 진로제어계 : TCC(Traffic Control Compute) : MSC에서 작성된 스케줄을 전송받아 이

에 따라 각 역의 선로전환기와 신호를 정보전송계를 통하여 제어하며 열차 운행제어의 주 컴퓨터

- 정보전송계 : DTS(Data Transmission System) : 열차를 집중감시하고 현장 각 역의 열차운행상황을 실시간 파악
- 기 타 : 대형표시반(DLP), 운영자콘솔[CONSOL], 열차무선전화기, 집중전화기[관제전화], 방송장치, CCTV, 연동장치, 신호장치 등으로 구성

○ 관제업무 개요

- 일반열차 관제업무 직무 특성

· 정상직무

직무성격	직무 NO.	일반열차 관제 직무명
정상직무	1	단선구간의 교행 및 교행변경
	2	복선구간의 교차운전
	3	대피 및 대피변경
	4	운전순서 변경
	5	가속/감속운전
	6	화물열차, 단행기관차 착발
	7	타절 및 특발
	8	착발선 변경
	9	입 · 출고 및 시발열차

직무성격	직무 NO.	일반열차 관제 직무명
정상직무	10	편성변경
	11	선로지장작업
	12	귀빈열차 운용
	13	열차다이어 기록
	14	스케줄 입력
	15	열차다이어수정 및 출력
	16	인계인수
	17	KOROIS 및 IRIS
	18	민원

· 비상직무

직무성격	직무 NO.	일반열차 관제 직무명
비상직무	1	사상사고
	2	건널목사고
	3	차량장애
	4	선로장애
	5	신호장애
	6	차량/열차 탈선
	7	급전장애

○ 관제설비 개요

- 시스템 특징

  · 5개지역으로 분산되어 있던 관제설비를 통합운영

  · 통합관제실은 종합적 열차제어기능 및 통제기능수행을 위한 운영관제실, 상황실, 홍보실, 및 교육실 설치 운영

  · 현장 및 열차제어를 위한 CTC서버는 3개 지역으로 구분 운용

  · 열차운행관리를 위한 스케줄 서버의 설치

  · 열차경합해소를 위한 Regulation 컴퓨터

  · 유지보수를 위한 프로그래밍 서버

  · 운영자 콘솔 및 터미널 서버를 이중계로 설치 안정적 열차제어시스템 구축

  · 열차제어의 효율성과 안전성 확보를 위한 다양한 Software구축

  · 안정적인 열차제어시스템 확립을 위한 Hardware구축 등

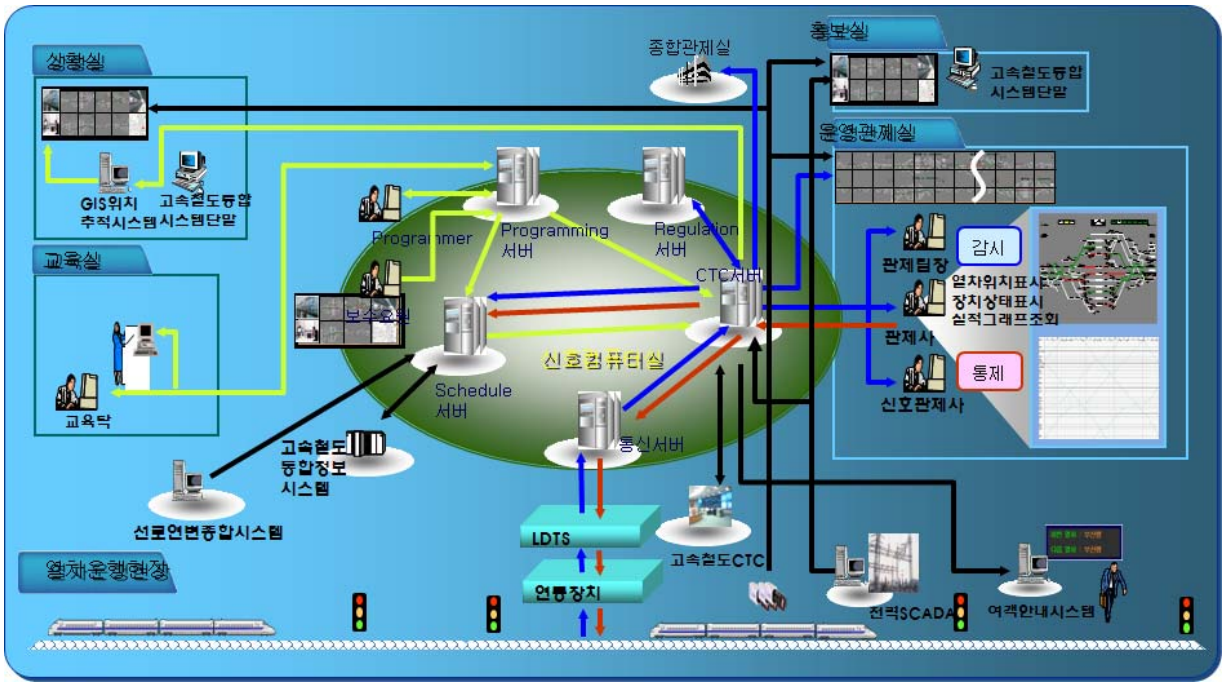
- 소프트웨어 특징

  · 클라이언트-서버 환경으로 구성

  · CTC기본소프트웨어, 열차운행관리 소프트웨어 열차운전관련 DB등으로 구성



- 열차제어정보 흐름도



※ 참고 : 약어

약 어	원 어	용 어	약 어	원 어	용 어
ATC	Automatic Train Control	열차자동제어장치	SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition	전철전력원격감시 제어장치
MMI	Man Machine Interface	사용자 인터페이스 장치	SS	Sub-Station	변전소
DLP	Digital Lighting Processing	디지탈광학출력장치 (대형표시판)	SP	Section post	급전 구분소
LDP	Line Dispatcher Panel	사령조작표시반	SSP	Sub Sectioning Post	보조 구분소
LDTS	Local Data Transmission System	역정보전송장치	SSC	Station to Station Communication	경계역간 정보전송장치
TC	Track circuit	궤도회로	PI	Platform indicator	열차행선안내표시장치
T/G	Train Graphic(monitor)	열차운전곡선도	KROIS	Korean Railroad Operating Information System	철도운영정보전산망
TDI	Train destination indicator	열차행선안내표시기	ATP	Automatic Train protection	열차자동방호장치
TDE	Train destination equipment	열차행선안내장치	RC	Railroad Cross	철도건널목
TTC	Total Traffic Control System	여러역의 열차운행,운수업무등 정보를 한장소에서 일괄통제감시하는장치	EI	Electronic Interlocking	전자연동
ATS	Automatic Train Stop	열차자동정지장치	RI	Relay interlocking	전기연동=계전연동
ATO	Automatic Train Operation	열차자동운행장치	MI	Mechanical Interlocking	기계연동
MBS	Moveing Block System	이동폐색시스템	DIA	Diagram	열차운행표
L/S	Line/Station monitor	역, 역간 표출 모니터	TCC	Traffic Control Computer	열차운행제어컴퓨터

○ 시스템 개선(요구)사항 (철도교통관제센터 설문조사결과)

제목	현황	문제점	개선사항	비고
이례사항시 관제사 조치사항	관제사의 개인별 능력과 매뉴얼에 의존	개인별 능력편차 발생, 규정에 입각한 즉시성 있는 대응 부족	이례사항시 관련규정 매뉴얼을 MMI에 현시(현재 EL8200대 MMI에 차량고장 긴급조치사항 현시됨)	ex) 퇴행운전취급(운전취급세칙 22조내용 간략히)
전기차(EL) 조성시 확인	EL, DL 구분이 없음(TG와 MMI)	EL,DL의 조성을 현재 엑스로이스만 확인	동력차가 EL일 경우 MMI, DLP, TG에 차별 현시 필요	ex) A1001열차-> A1001e, A1003열차-> A1003d
관제 통화장치	무전이 송수신 불량이 많음	현재 관제통화장치는 7콘솔은 현재 송수신이 잘 안되서 역을 통해 연락	역통화장치를 관제통화장치에 현시해서 구간별,역별 무선통화 모니터링	이례사항시 현장에서 기관사와 역간에 통화 모니터링으로 현장파악,조치정 확가능함
TG 사용개선	단선은 TG를 활용하나 복선은 크게 활용하지 않음	현재 주어진 인터페이스를 좀더 구체적이고 쉽게 구현해서 적극 사용하지 못함	관제사가 수작업하고 있는 열차다이아와 TG를 동일하게 표현	다이아와 TG의 현시가 동일시 돼서 점차적으로 다이아 사용축소
입환신호기에 의한 열차 취급 시 CTC시스템상 열차번호 이동 조치	입환신호기와 관련하여 고속열차가 열차번호를 다르게 가지고 이동하여 이선진입한 사고이후 입환신호기에 의한 신호현시시 열차번호가 미이동되도록 변경운영중	- 관제사의 수동취급 횟수가 현저히 증가함 (수동취급으로 인한 오취급 우려) - 위 취급 관련구간 xrois 열차시간 자동입력 불가 (수동입력 시행) - 위 취급 관련구간 관제사 MMI시스템 열차시간 자동 입력 불가(수동입력 시행) - 도착열차 입환신호기에 의한 취급시 관제사가 기외에 있는 열차번호 미삭제 시 후속	- 입환신호기에 의한 열차 출발 및 도착시 열차번호 이동가능하도록 환원조치 - 환원조치 후 안전개선안(가능여부 확인요구) 가. 입환신호기 취급의 경우 입환진로와 입환신호기 진로를 따로 현시 할수 있도록 되어 있으므로 입환신호기에 의한 진로취급시에만 열차번호가 이동가능하도록 조치 (입환에 따른 열차번호 이동으로	

		열차가 앞 열차 번호를 가지고 이동하는 사례 발생 우려 (이선진입사고우려)	열 번오취급 우려 방지) 나. 궤도가 점유되어 있지 않은 열차번호 존재시 관제사가 인지 할 수 있도록 알람표시조치 (본선이나 구내에 열차번호를 남겨 놓은 상태 발생시 관제사에게 인지 하도록 하여 삭제조치하여 열번 오취급 우려 방지)	

3. 실시간 철도 통합 안전감시제어시스템 분야

가. 실시간 철도 위험관리 시스템 구성요소 및 상호작용 정의

○ 위험관리 시스템의 주체는 시스템, 시스템 운영자, 위험관리자로 나눌 수 있음

- 시스템이란 철도교통의 물리적인 시스템을 말하며, 열차의 차량, 선로 및 교량 등의 철도 인프라, 현장 작업요원 등의 인적 자원을 구성원으로 하여 철도 교통 이용자의 이동 목적을 충족시키는 역할을 담당함
- 시스템 운영자는 철도 교통 시스템을 직접적으로 운영하는 인적 자원 및 그 책무를 말하며, 열차 차량의 운전자, 관제사, 현장 작업 관리자, 열차 승무원 등을 구성원으로 하고, 철도 교통 시스템의 효율적인 유지, 보수 및 관리를 통하여 철도 시스템 이용자의 편의성 및 안전성을 확보하는 역할을 맡음
- 위험관리자란 실시간 위험관리 시스템 운영의 권한 및 책임을 가지는 운영자로서, 차량, 인프라, 인적자원 등에 대한 실시간 모니터링을 수행함으로써 시스템의 전반적인 위험 인지에 대한 책임을 가지는 한편, 위험관리가 즉시 필요한 부분에 대하여 대응하도록 시스템 운영자에게 지시할 수 있는 권한을 가짐

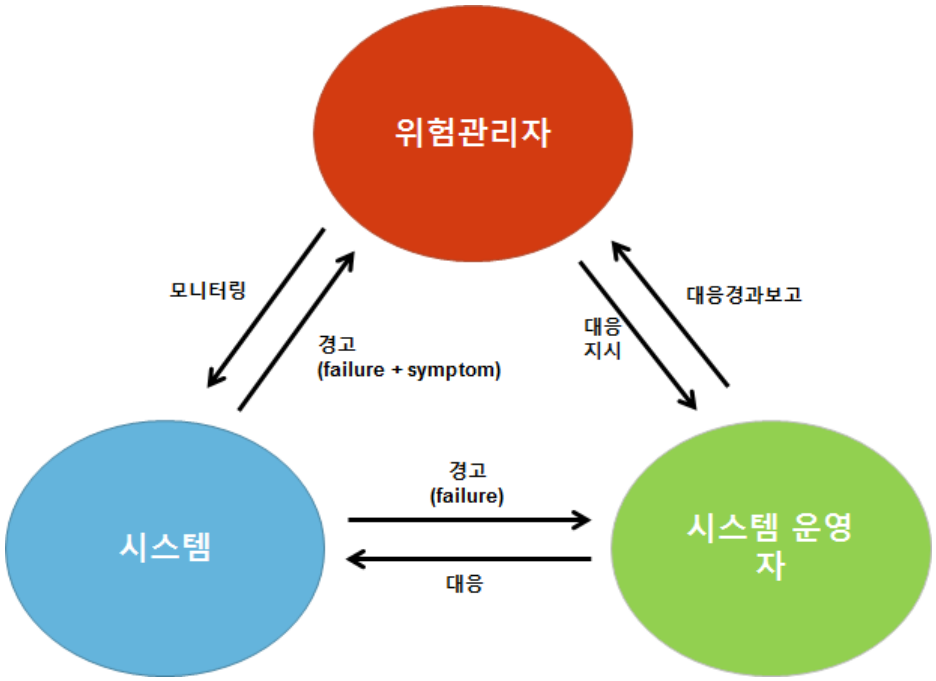


그림 78. 위험관리 시스템 요소 및 상호작용

○ 위험관리 시스템의 주체 간에는 각각 상호작용이 존재함

- 시스템은 시스템 운영자에 대해 이상 징후를 제외한 각 안전장치의 고장과 같은 가시적인 상황 정보를 제공하여 직접적으로 경고(failure)함
- 시스템 운영자는 시스템에 대해 각 위험요인 발생에 대한 대응 내용(매뉴얼 등)을 바탕으로 대응
- 시스템 운영자는 위험관리자에게 발생한 위험요인에 대한 대응의 경과 또는 결과를 보고하고 위험관리자로 하여금 이에 따른 시스템의 상황을 확인하도록 함
- 위험관리자는 시스템 운영자에게 시스템으로부터 받은 경고 및 정보 내용을 즉시 조치하도록 대응 지시
- 위험관리자는 시스템의 차량 및 인프라 등에 설치된 지능형 센서 등을 통하여 시스템의 위험요인 발생에 대한 상황을 실시간으로 확인함
- 시스템은 위험관리자에게 발생한 위험요인에 대한 정보 및 해당 위험요인에 대한 대응 내용, 대응 지시 대상 정보를 제공하고 사고로 이어질 수 있는 이상 징후에 대한 정보를 경고(failure+symptom)

나. 제안 시스템 전체 흐름도

○ 본 과제를 통해 제안하는 실시간 통합안전 감시제어를 위한 프레임워크의 기본 콘셉트는 그림의 흐름도와 같으며, 크게 사전 분석, 모니터링, 사전 대응 단계로 나누어 설명할 수 있음

○ 사전 분석 단계는 철도 운영상의 위험요인 및 예상 사고에 대하여 사전에 미리 파악하는 단계로서, 위험요인 식별, 예상사고 분석, 허용 위험도 판단, 위험도 산정, 위험요인 대응 정보 단계가 이에 해당함

○ 모니터링 단계는 사전 분석 단계를 통해 파악한 위험 요인 및 시스템의 상태에 대하여 실시간으로 감시하는 단계로, 실시간 모니터링, 위험요인 감지, 시스템 회복 확인 단계가 이에 해당함

○ 사전 대응 단계는 모니터링 이전에 사전 분석된 위험 요인 방안에 따라 대응 의사를 자동 혹은 수동으로 대응하는 단계로서, 대응 의사 결정, 자동 대응, 시스템 운영자 대응 단계가 있음

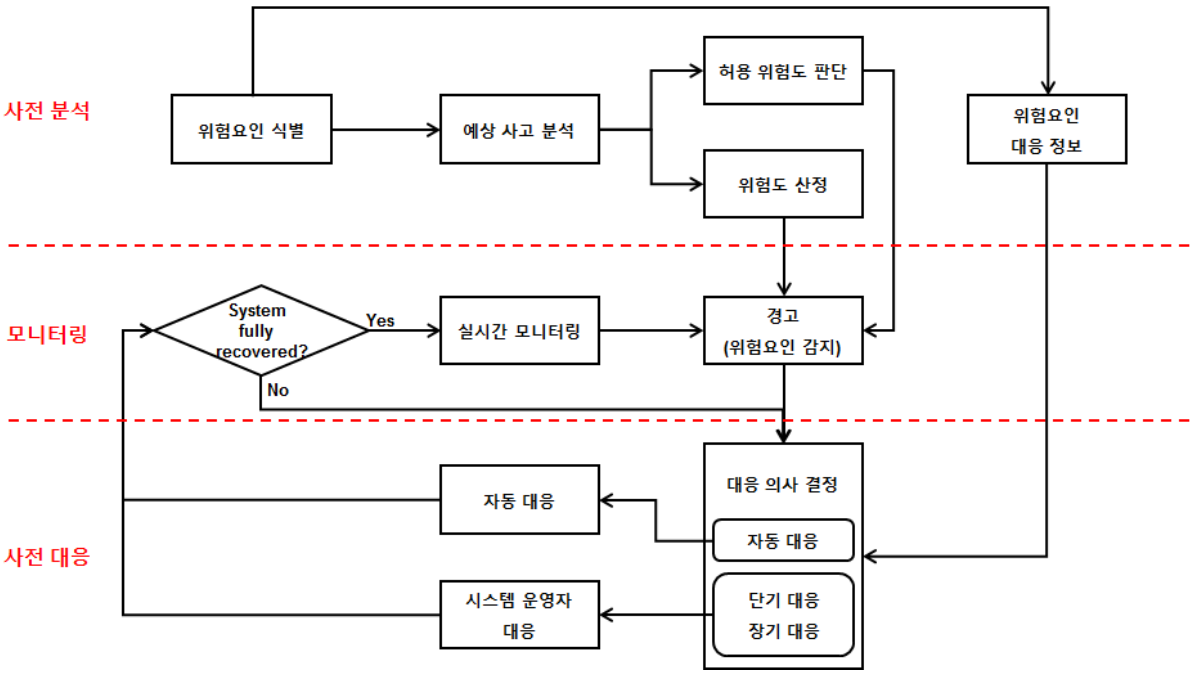


그림 79. 제안 시스템 전체 흐름도

다. 철도 위험관리 시스템 프레임워크

(1) 프레임워크 배경

○ SMS 구축을 위하여 제시되는 각 분야 및 국가 기관별 가이드라인들은 서로가 어느 정도 차이는 있으나, 이들의 공통적인 초점은 위험관리체계(risk management system) 구축에 맞추어져 있음

- 위험관리체계는 교통 시스템 운영에 있어서 존재하는 위험요인(hazard)들을 식별하여 이들에 대한 위험도(risk)를 산출하고 완화(mitigate)시키는 과정을 담은 체계임
- 교통관련 사건발생(occurrence)을 사전에 방지하여 사고(accident) 발생률을 감소시키는 효과 기대

○ IT기술을 통한 모니터링이 가능해짐으로써 실시간 위험관리체계의 구축은 더욱 필요한 상황임

○ 기존의 위험관리체계에는 외부 물체의 침입 및 기계 고장 등과 같은 갑작스런 사건 발생에 즉각적으로 대응할 수 있는 실시간(real-time) 위험관리의 개념이 부재함

○ 향후 실시간 위험관리 프레임워크 콘셉트의 상세 항목별 추가적인 세부 역할 도출이 필요함

(2) 실시간 위험관리 프레임워크 콘셉트 세부 구성

가) 사전분석 단계

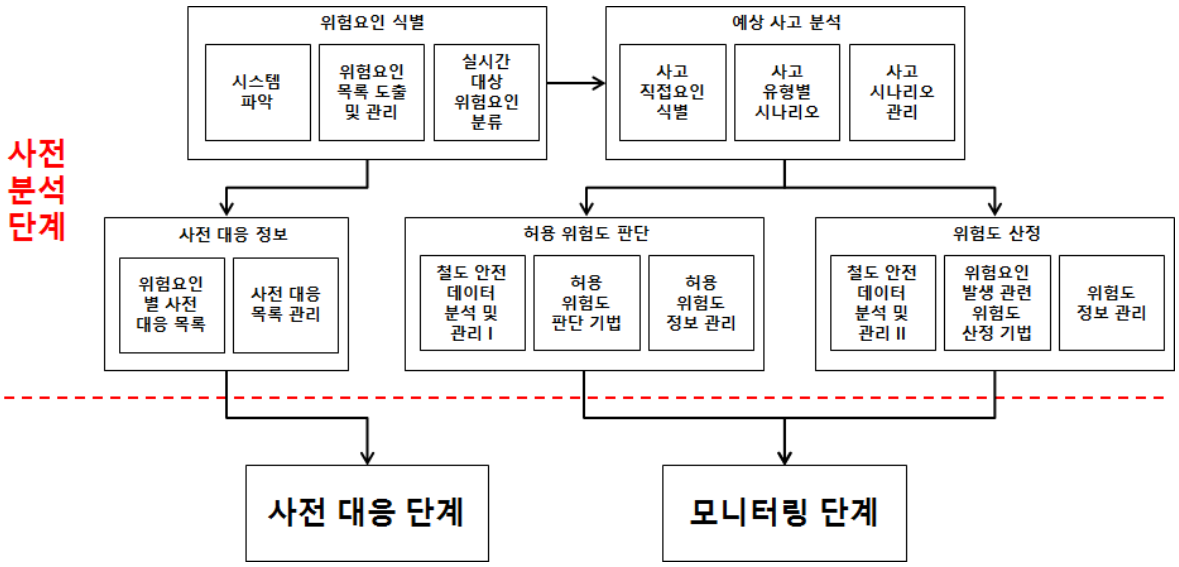


그림 80. 사전분석 단계 세부 흐름도

1) 위험요인 식별

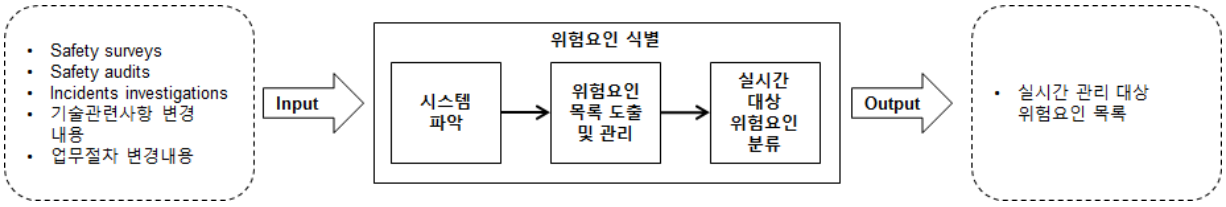


그림 81. 위험요인 식별 단계 구성

○ 해당 교통 시스템에서 관리해야 될 대상인 모든 위험요인들을 식별하여 정리하는 과정

○ 실시간 위험관리시스템에서는 관리대상인 모든 위험요인들 중 실시간 관리에 적합한 위험요인들만 가려내어 위험관리에 사용

○ Process Input으로는 기존의 위험관리 목록, 기술관련 사항 변경 내용, 업무절차 변경 내용 등이 있으며 Process Output에는 실시간 관리 대상인 위험요인의 목록(시스템 환경 변화 시 업데이트)이 해당됨

○ 철도 기술관련 사항 및 업무절차의 변경으로 인하여 시스템 환경이 변화 할 때마다 위험요인목록을 업데이트하는 위험요인 식별체계를 개발하야 함

System	System Component	Component Failure Mode (위험요인)
열차 차량	운행제어장치	지상신호 미검지
		제어장치 접촉 불량
	제동장치	제동장치 고장
선로	레일	레일 파손

표 29. 철도 교통 시스템의 위험요소 목록 사례

(a) 시스템 파악

○ 위험요인 식별의 첫 번째 단계로서 철도 차량, 선로, 전력 등 각 시스템의 모든 component들과 각각의 관계를 파악하여 기록함

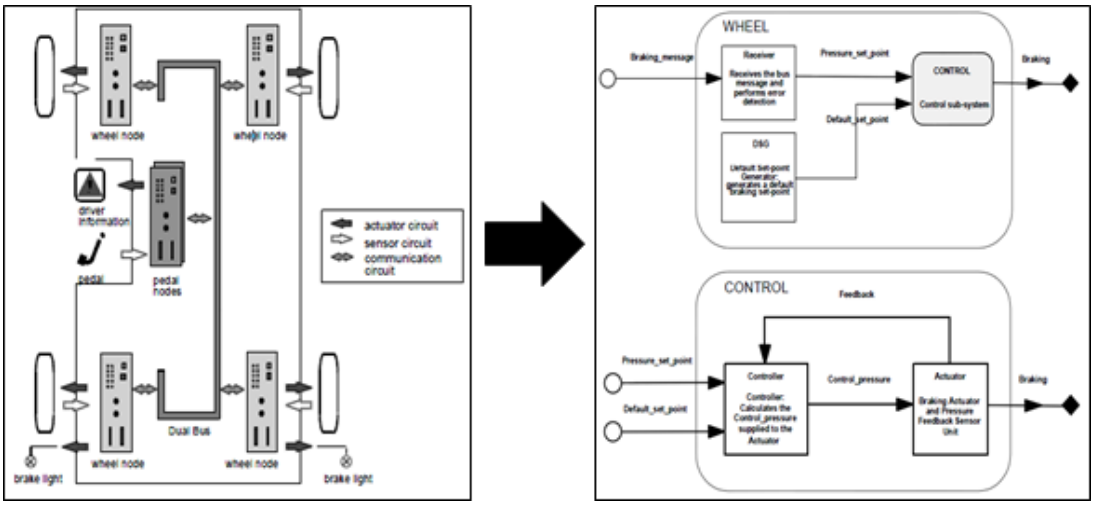


그림 82. 시스템 파악 예시, Hierarchical Modeling of braking wire system (Papadopoulos, 2000)

(b) 위험요인 목록 도출 및 관리

○ 철도 차량, 선로 및 전력 등 각 시스템의 모든 구성요소의 failure 리스트 도출

○ 새로운 기술 도입으로 인한 기술 변경 사항 및 업무 절차 변경 등에 따라 시스템 환경이 변화 할 때마다 위험요인목록을 업데이트하여 관리

System	시스템 Component	Component Failure Mode (위험요인)
차량	운행제어장치	지상신호 미 검지
		제어장치 접촉 불량
		.....
	제동장치	제동장치 고장
		.....
선로	레일	레일 파손
전력	.....	.....

그림 83. 위험요인 (각 component failure) 목록 도출 예시

(c) 실시간 대상 위험요인 분류

○ 시스템의 위험요인 목록 중, 실시간 관리 목적에 따라 장기간(long-term)이 아닌 즉시(immediate) 대응이 가능한 항목만을 추려내어 실시간 관리 대상 위험요인 목록 도출

2) 예상사고 분석

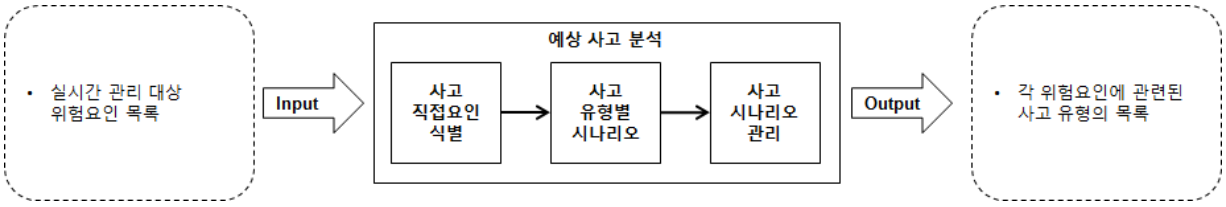


그림 84. 예상사고 분석 단계 구성

○ 위험요인 발생으로 인한 위험도 평가를 위하여, 관련 사고의 유형을 식별하는 단계

○ Process Input으로는 위험요인 목록, 사고의 직접적인 요인 목록, 사고 유형 목록이 있으며, Process Output으로 위험요인, 직접요인, 각 사고 유형간의 관계를 표현하는 사고 시나리오와 각 위험요인에 관련된 사고 유형의 목록을 얻을 수 있음

○ 모든 위험요인, 직접요인, 사고 유형간의 관계를 표현하는 사고 시나리오 개발 연구가 필요

○ 참고: Bow-tie model, Event Sequence Diagram(ESD), HiP-HOPS(Papadopoulos, 2000)

System	System Component	Component Failure Mode (위험요인)	System Function Failure (사고 직접요인)	예상 사고 유형
열차 차량	운행제어장치	지상신호 미검지	오진입	열차 충돌
		제어장치 접촉 불량	감속 실패	열차 충돌
	제동장치	제동장치 고장	감속 실패	열차 탈선
선로	레일	레일 파손	궤도 틀림	열차 탈선

표 30. 철도 교통 시스템의 위험요소와 관련한 사고 목록 사례

(a) 사고 직접요인 식별

○ 위험요인 발생으로 인한 위험도 평가를 위하여 위험요인에 관련된 사고 직접요인 식별

System	시스템 Component	Component Failure Mode (위험요인)	System Function Failure (사고 직접요인)
차량	운행제어장치	지상신호 미 검지	오진입
		제어장치 접촉 불량	감속 실패
		.....	.....
	제동장치	제동장치 고장	오진입
		.....	.....
선로	레일	레일 파손	궤도 틀림
전력	.....	.....	.....

그림 85. 직접요인 도출 예시

(b) 사고 유형별 시나리오

○ 각 사고 직접요인에 관련된 사고 유형 도출

○ 위험요인, 직접요인, 사고 유형 간의 관계를 표현하는 사고 시나리오 도출

System	시스템 Component	Component Failure Mode (위험요인)	System Function Failure (사고 직접요인)	예상 사고
차량	운행제어장치	지상신호 미 검지	오진입	열차 충돌
		제어장치 접촉 불량	감속 실패	열차 충돌
		.....	.....	.....
	제동장치	제동장치 고장	감속 실패	열차 탈선
		.....	.....	.....
선로	레일	레일 파손	궤도 틀림	열차 탈선
전력	.....	.....	.....	.....

그림 86. 직접요인에 의한 사고 유형 도출 예시

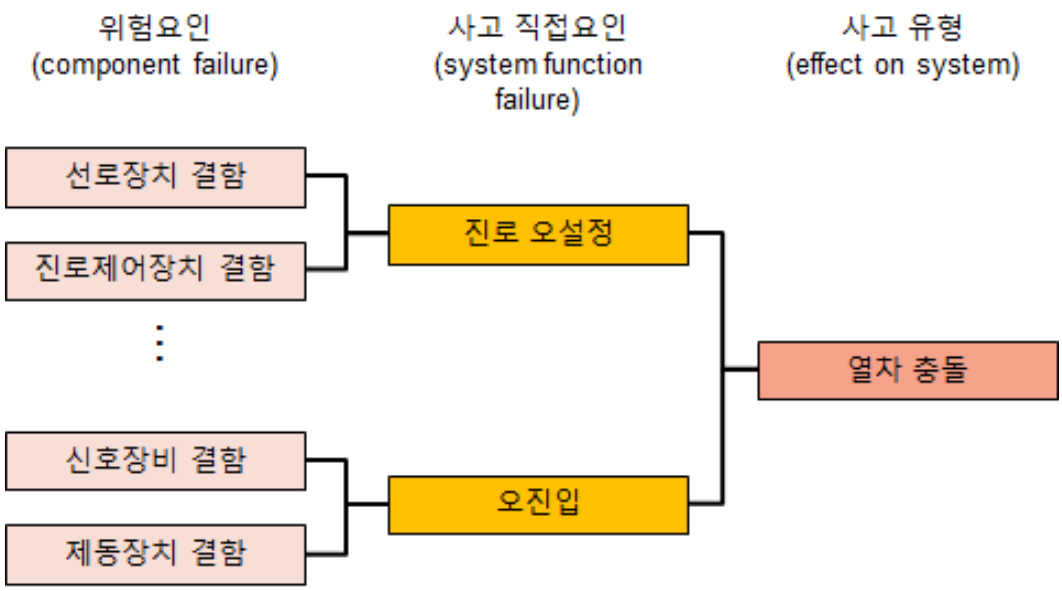


그림 87. 사고 유형별 사고 시나리오 도출 예시

(c) 사고 시나리오 관리

○ 시스템 환경 변화에 따른 위험요인 및 직접요인 목록의 변경 시, 사고 시나리오 변경에 대한 업데이트 관리 필요

3) 허용 위험도 판단

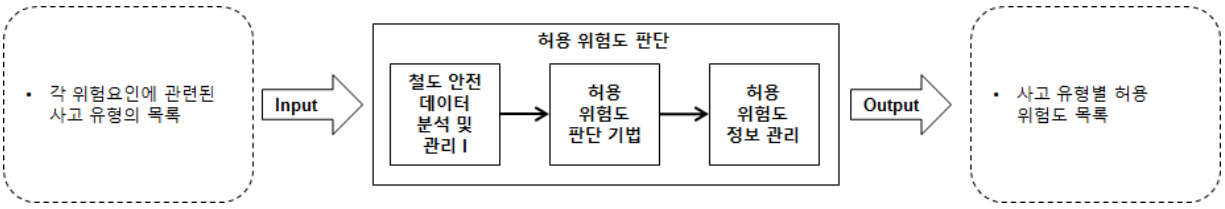


그림 88. 허용 위험도 판단 단계 구성

○ 허용 위험도는 “현재의 사회적 가치 및 주어진 내용에 근거하여 수용 가능한 위험도“를 의미하며(ICE 61508, Part 4), 관련사고 유형에 대하여 산정된 위험도와 비교하여 그 결과를 의사결정에 필요한 정보로 사용하기 위해 본 단계가 필요함

○ Process Input으로는 위험요인 정보, 각 위험요인에 관련된 사고 유형, 각 사고 유형의 발생빈도 정보(Database), 각 사고 유형의 심각도 정보(Database)가 있으며, Process Output으로는 해당 위험요인 발생으로 인한 관련사고 유형에 대하여 판단되는 허용 위험도가 도출됨

○ 본 단계의 필요 연구로써 위험요인 발생 및 관련사고 유형에 대한 허용 위험도 판단 기법 개발이 중요함

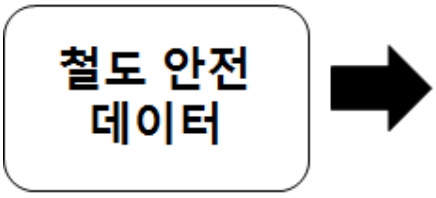
○ 참고: Minimum Endogenous Mortality (MEM) Principle, As Low As Reasonably Practicable (ALARP) Principle

(a) 철도 안전 데이터 분석 및 관리 I

○ 허용 위험도 판단을 위한 과거 데이터(Historical data) 수집을 위하여 철도 안전 데이터 분석

○ 과거 데이터 분석을 통하여 각 사고 유형의 발생빈도(frequency) 및 심각성(severity) 산출

○ 과거 데이터 분석을 통하여 각 사고 유형의 위험도 산정



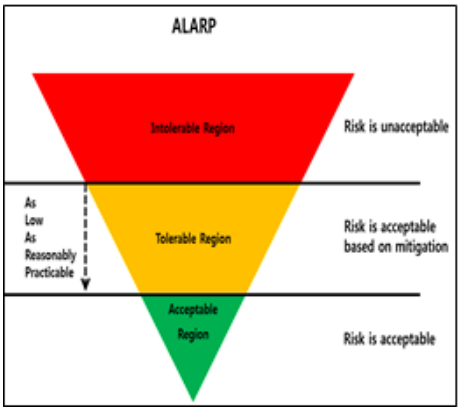
사고 유형	발생빈도 /월	심각도/ 건	위험도/ 월	위험도 Rating/월
열차 충돌	1.2	0.9	1.08	High
열차 탈선	0.4	1.0	0.40	Low
차량 화재	3.3	0.3	0.99	Medium
.....	.....	.....	.....	.....

그림 89. 이력 기반 개별 사고 유형의 위험도 예시

(b) 허용 위험도 판단 기법

○ 과거 이력 기반의 위험도 및 ALARP (As Low As Reasonably Practicable) 원칙 등, 적절한 기준을 이용하여 각 사고 유형별 허용 가능 위험도의 상한(과 하한)을 산출

○ 관련사고 유형에 대하여 산정된 위험도와 비교하여 그 결과를 사전대응 의사결정에 필요한 정보로 사용하기 위해 허용 위험도 판단



사고 유형	위험도/월	허용 위험도/월 상한	허용 위험도/월 하한
열차 충돌	1.08	1.00	0.6
열차 탈선	0.40	0.90	0.5
차량 화재	0.99	1.20	0.4
.....	.....	.....	.....

그림 90. 위험도 이력 및 허용 위험도 상한/하한 예시

(c) 허용 위험도 정보 관리

○ 시스템 환경 변화에 의한 사고 시나리오, 안전 데이터 분석 결과(발생빈도 및 심각도), 사회적 환경 변화 및 철도 운영 기업체 자체의 환경 변화 등 여러 요소들의 변경 사항에 따른 허용 위험도의 상한(하한) 변화에 대한 정보의 주기적인 업데이트 관리

4) 위험도 산정

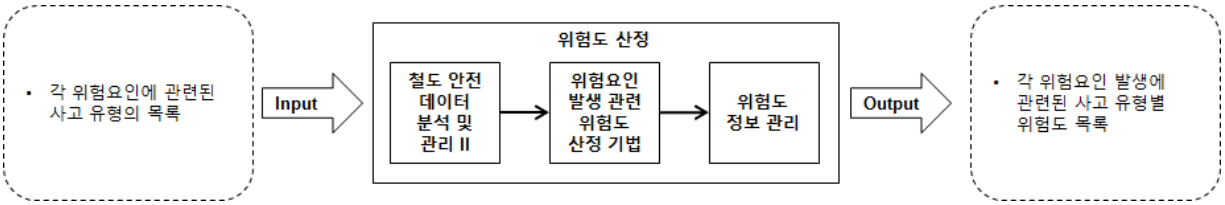


그림 91. 위험도 산정 단계 구성

○ 위험요인 발생 시, 관련사고 유형에 대한 위험도를 산정(Risk Assessment)하는 과정으로, 해당 교통 시스템의 안전 데이터 분석을 통한 정보 수집이 이루어져야 함

○ Process Input으로 위험요인 정보, 각 위험요인에 관련된 사고 유형, 각 사고 유형의 발생빈도 정보(Database), 각 사고 유형의 심각도 정보(Database)가 필요하며, Process Output으로 각 위험요인 발생으로 인한 관련사고 유형에 대하여 산출된 위험도가 생성됨

○ 본 단계를 위해 철도안전 관련 데이터 분류체계 분석, 위험도 산정을 위한 철도안전 관련 데이터의 수집 및 활용방안 제시, 위험요인 발생 및 관련사고 유형에 대한 위험도 산정(Risk Assessment) 기법 개발에 대한 연구 및 업무가 필요함

○ 참고: Fault tree analysis, Bow-tie model, Event Sequence Diagram(ESD), HiP-HOPS(Papadopoulos, 2000)

Syste m	System Component	Component Failure Mode (위험요인)	System Function Failure (사고 직접요인)	예상사고 유형	발생빈도 (λ)	심각도	위험도
열차 차량	운행제어장치	지상신호 미검지	오진입	열차 충돌	0.00003	0.9	Low
		제어장치 접촉 불량	감속 실패	열차 충돌	0.0006	0.9	Critical
	제동장치	제동장치 고장	감속 실패	열차 탈선	0.00039	1.0	High
선로	레일	레일 파손	궤도 틀림	열차 탈선	0.000042	1.0	Medium

표 31. 철도 교통 시스템의 사고 평가 사례

(a) 철도 안전 데이터 분석 및 관리 Ⅱ

○ 위험요인 발생에 의한 위험도 산정을 위하여 철도 안전 데이터 분석을 통한 정보 수집

○ 정보 수집을 통한 각 위험요인 발생 빈도 산출

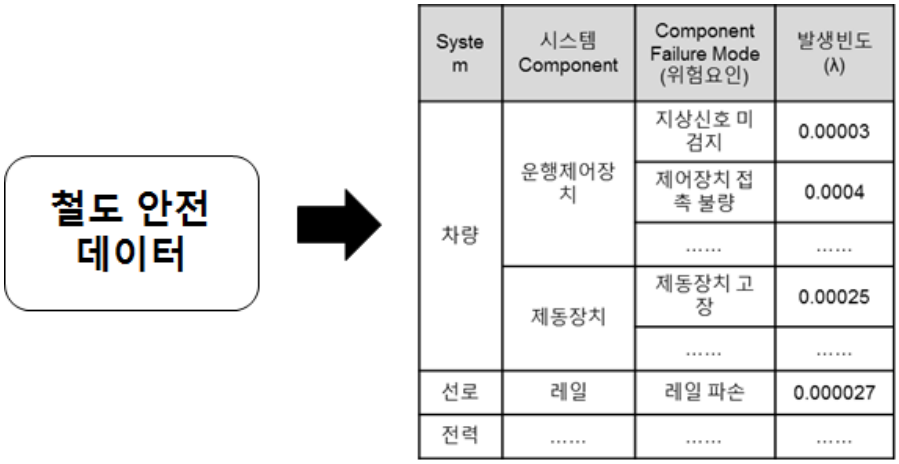


그림 92. 위험요인의 발생빈도 산출 예시

(b) 위험요인 발생 관련 위험도 산정 기법

○ 각 위험요인에 따른 직접요인의 발생빈도(frequency) 산출 (Fault tree analysis 등)

○ 각 사고 유형별 심각도(severity) 산출

○ 각 위험요인 및 직접요인에 의한 사고 유형별 위험도 산정

Syste m	시스템 Component	Component Failure Mode (위험요인)	System Function Failure (사고 직접요인)	발생빈도 (λ)
차량	운행제어장치	지상신호 미검지	오진입	0.00004
		제어장치 접촉 불량	감속 실패	0.0009
		.....	.....	.....
	제동장치	제동장치 고장	오진입	0.00076
		.....	.....	.....
선로	레일	레일 파손	궤도 틀림	0.000054
전력	.....	.....	.....	.....

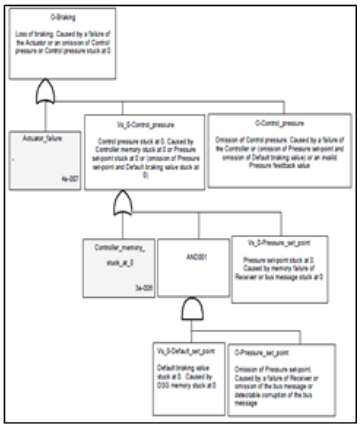


그림 93. 직접요인의 발생빈도 산출 예 및 FTA 예시

System	시스템 Component	Component Failure Mode (위험요인)	System Function Failure (사고 직접요인)	예상 사고	발생빈도 (λ)	심각도	위험도
차량	운행제어장치	지상신호 미 검지	오진입	열차 충돌	0.00003	0.9	Low
		제어장치 접촉불량	감속 실패	열차 충돌	0.0006	0.9	Critical
		.....	.....	.....	.....	.....	
	제동장치	제동장치 고장	감속 실패	열차 탈선	0.00039	1.0	High
		.....	.....	.....	.....	.....	
선로	레일	레일 파손	궤도 틀림	열차 탈선	0.000042	1.0	Medium
전력	.....	.....	.....	.....	.....	.....	

그림 94. 사고 유형별 위험도 산정 예시

(c) 위험도 정보 관리

○ 시스템 환경 변화에 의한 사고 시나리오 및 안전 데이터 분석 결과(발생빈도 및 심각도) 변경에 따른 위험도 산정치 변화에 대한 정보의 주기적인 업데이트 관리

5) 위험요인 대응 정보

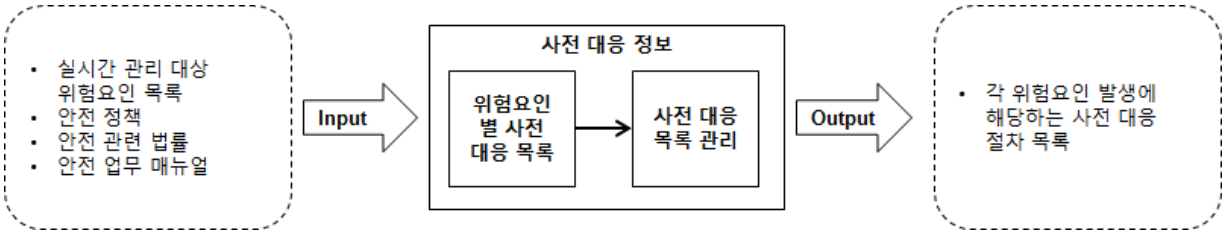


그림 95. 위험요인 대응 정보 단계 구성

○ 각 위험요인 발생 시 그것을 관리하기 위하여 이행하여야 될 대책을 정리하는 단계로, 정책, 법률 및 매뉴얼 등에 대한 검토가 필요함

○ 각 위험요인에 해당하는 대응절차 목록의 데이터 구축 및 시스템 환경이 변화 할 때마다 업데이트되는 위험요인 목록에 따른 대응절차 목록 업데이트 체계 구축에 대한 연구가 필요함

System	System Component	Component Failure Mode (위험요인)	대응 지시 대상	대응 1 (immediate action)	대응 2 (afterwards)
열차 차량	운행제어장치	지상신호 미검지	차량 운전자	차량 즉시 정지	장치 보수
		제어장치 접촉 불량	차량 운전자	차량 즉시 정지	장치 보수
	제동장치	제동장치 고장	차량 운전자	차량 즉시 정지	장치 보수
선로	레일	레일 파손	차량 운전자	진로 우회	레일 보수

표 32. 철도 교통 시스템의 각 위험요소와 관련한 대응 정보 목록 사례

(a) 위험요인 별 사전 대응 목록

○ 각 위험요인 발생 시 사고발생을 해당 위험요인 발생으로부터 사전에 방지하기 위하여 이행하여야 될 사전대책의 정리

○ 안전 정책, 관련 법률, 업무 매뉴얼 등으로부터 해당 위험요인에 관련된 모든 사전 대응에 대한 정보를 정리

○ 각 실시간 관리 대상 위험요인 발생에 상응하는 사전 대응 담당자 및 지시사항에 대한 정보 보유

System	시스템 Component	Component Failure Mode (위험요인)	대응 지시 대상	대응1 (immediate action)	대응2 (afterwards)
차량	운행제어장치	지상신호 미 검지	차량 운전자	차량 즉시 정지	장치 보수
		제어장치 접촉불량	차량 운전자	차량 즉시 정지	장치 보수
		.....	.....	.....	.....
	제동장치	제동장치 고장	차량 운전자	차량 즉시 정지	장치 보수
		.....	.....	.....	.....
선로	레일	레일 파손	차량 운전자	진로 우회	레일 보수
전력	.....	.....	.....	.....	.....

그림 96. 위험요인 별 사전 대응 목록의 예

(b) 사전 대응 목록 관리

○ 시스템 환경 변화(안전 정책, 관련 법률, 업무 절차의 변경)에 따른 각 위험요인 발생 별 사전 대응 목록 변경 정보에 대한 주기적인 업데이트 관리

나) 모니터링 단계

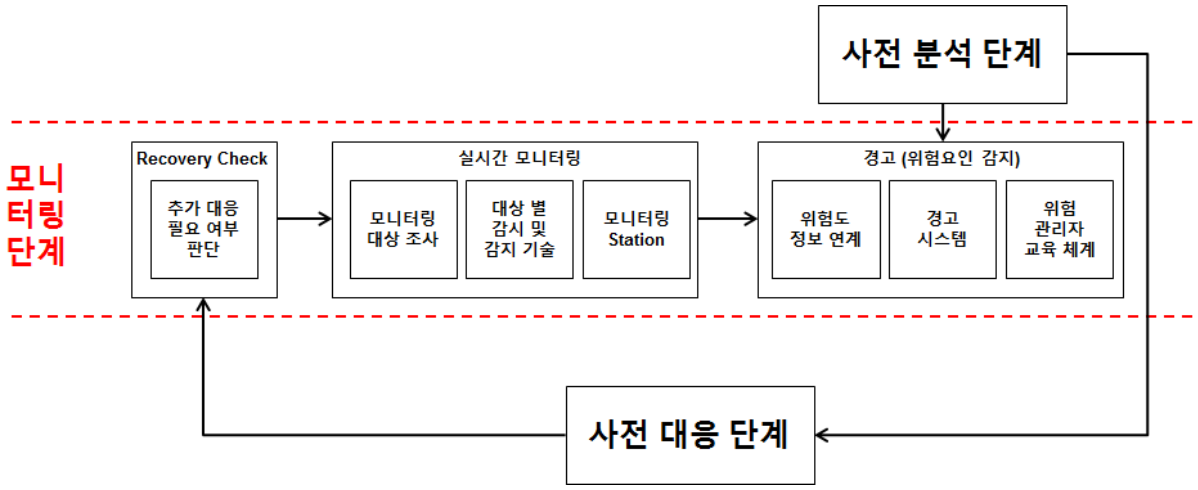


그림 97. 모니터링 단계 세부 흐름도

1) 실시간 모니터링

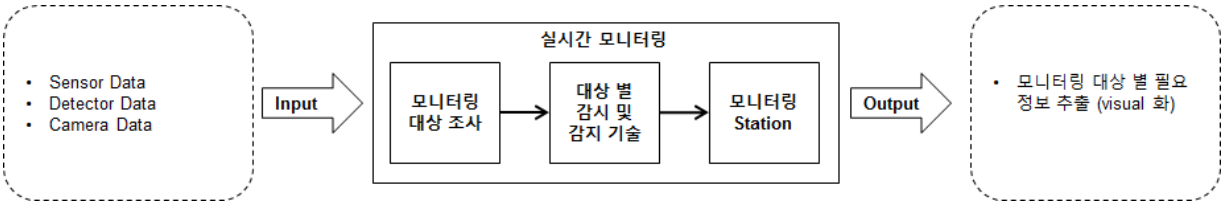


그림 98. 실시간 모니터링 단계 구성

○ 차량 및 인프라 등 철도 시스템 전반에 대한 실시간 모니터링을 수행하는 단계

○ 모니터링 센서, 카메라, 모니터링 스테이션, 디스플레이 등의 사전준비가 필요함

○ Process Input으로는 각종 센서 및 카메라 데이터가 필요하며, 센서 및 카메라로부터 수집된 데이터의 시각화, 음향화, 수치화 정보가 Process Output으로 도출됨

○ 차량 및 인프라 증 철도 시스템 전반에서 위험요인 모니터링 필요 대상의 조사와 위험요인 감지 필요 대상에 대한 모니터링 기술 개발, 실시간 모니터링을 위한 디스플레이 개발 및 스테이션 구축 작업이 필요하며, 모니터링용 센서 및 카메라와 모니터링 스테이션 간의 연동 체계가 구축되어야 함

(a) 모니터링 대상 조사

○ 실시간 모니터링 필요 대상들을 선정하는 단계로, 사전분석 단계에서 식별된 위험요인에 관련하여 차량 및 인프라 등 실시간 관리가 필요한 모든 대상들을 조사

○ 실시간 모니터링 필요 대상의 목록 또한 철도 기술관련 사항 및 업무절차의 변경으로 인한 시스템 환경 변화에 따라서 업데이트 되어야 함

System	시스템 Component	Component Failure Mode (위험요인)	모니터링 대상
차량	운행제어장치	지상신호 미 검지	지상신호 작동 상태
		제어장치 접촉 불량	제어장치 접촉 상태
		.....	.....
	제동장치	제동장치 고장	제동장치 작동 상태
		.....	.....
선로	레일	레일 파손	레일 Health
전력	.....	.....	

그림 99. 모니터링 대상 조사표 예

(b) 대상 별 감시 및 감지 기술

○ 선정된 각 대상 별로 모니터링 센서, 검지기, 카메라를 구축하고, 실시간 모니터링이 필요한 모든 대상에 대한 감시 및 감지 기술을 개발하여 적용

○ 실시간 모니터링의 각 대상 별 기술도 시스템 환경 변화에 따라서 업데이트 되어야 함



그림 100. 대상별 감지 기술 사례(hegenscheidt-MFD社 ARGUS Ⅱ, FOGTEC社 Smoke Detector

(c) 모니터링 스테이션

○ 모니터링을 위하여 설치되는 감지 센서, 검지기 및 카메라와 연동되는 H/W 및 S/W의 개발하는 단계

○ 수집되는 데이터를 분석하여 목적에 따라 필요 정보를 지속적으로 추출하는 분석 기능 모듈의 개발 및 S/W의 적용이 필요

○ 추출된 정보의 기록을 '국가 안전 수준의 심사와 평가(철도 SMS)' 와 연계 - SPI(Safety Performance Indicator)

○ 모니터링을 통하여 수집되는 최하위 단위의 안전 정보(개별 component의 위험요인 등)를 국가 안전 수준의 심사와 평가(SPI)에 반영

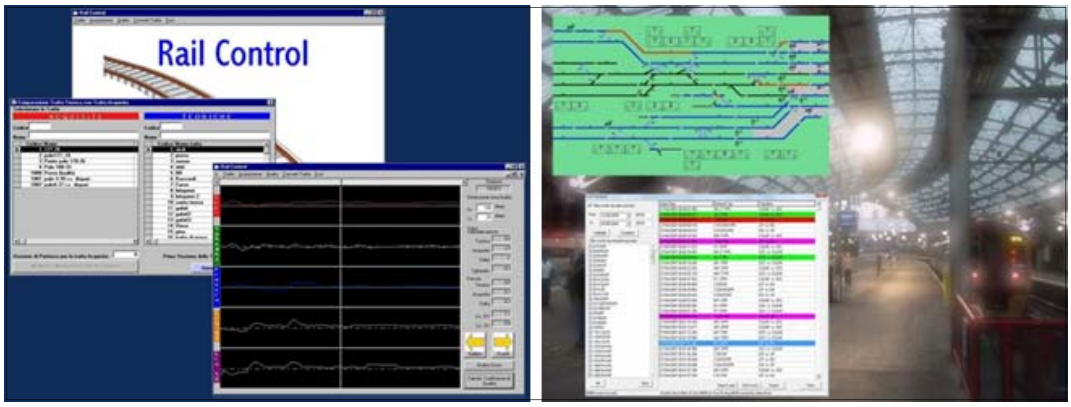


그림 101. 철도 모니터링 S/W의 예 (Rail Control System, Electronics Project, TrackStar

2) 경고 (위험요인 감지)

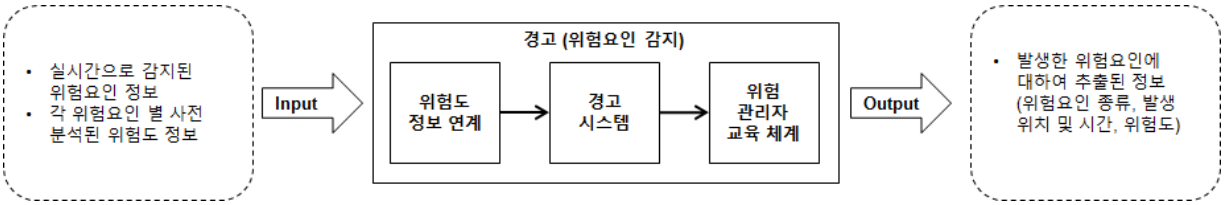


그림 102. 위험요인 감지 단계 구성

○ 실시간으로 감지된 위험요인과 이에 대하여 사전 분석된 위험도 정보를 연계하여 실시간 모니터링을 시행하는 위험관리자에게 경고를 전달하는 단계

○ Process Input으로는 실시간으로 감지된 위험요인 정보, 해당 위험요인에 대하여 사전 분석된 위험도 정보가 있으며, 발생한 위험요인의 정보 (위험요인 종류, 발생 위치 및 시간, 위험도)가 Process Output으로 도출됨

○ 필요 연구 및 업무로는 실시간으로 감지된 위험요인과 이에 대하여 사전 분석된 위험도 정보를 연계하여 위험관리자에게 통보하는 기법 개발과 모니터링 스테이션 및 디스플레이에 적용할 경고 시스템 구축이 있음

(a) 위험도 정보 연계

○ 실시간으로 감지된 위험요인과 이에 대하여 사전 분석된 위험도 정보를 연계하고 위험도 정보를 추출하는 과정

실시간 감지 내용: 제동장치 고장

System	시스템 Component	Component Failure Mode (위험요인)	System Function Failure (사고 직접요인)	예상 사고	발생빈도 (λ)	심각도	위험도
차량	운행제어 장치	지상신호 미검지	오진입	열차 충돌	0.00003	0.9	Low
		제어장치 접촉불량	감속 실패	열차 충돌	0.0006	0.9	Critical
		.....	.....	.....	.....	.....	
	제동장치	제동장치 고장	감속 실패	열차 탈선	0.00039	1.0	High
		.....	.....	.....	.....	.....	

위험도: High

그림 103. 사전 분석 테이블 예

(b) 경고 시스템

○ 연계된 정보를 기반으로 실시간 모니터링을 시행하는 위험관리자에게 경고하는 H/W 및 S/W 시스템 구축

○ 해당 위험요인의 위험도와 허용 가능 위험도 비교를 통하여 경고 여부 판단 (e.g. 정

상, 주의, 위험)

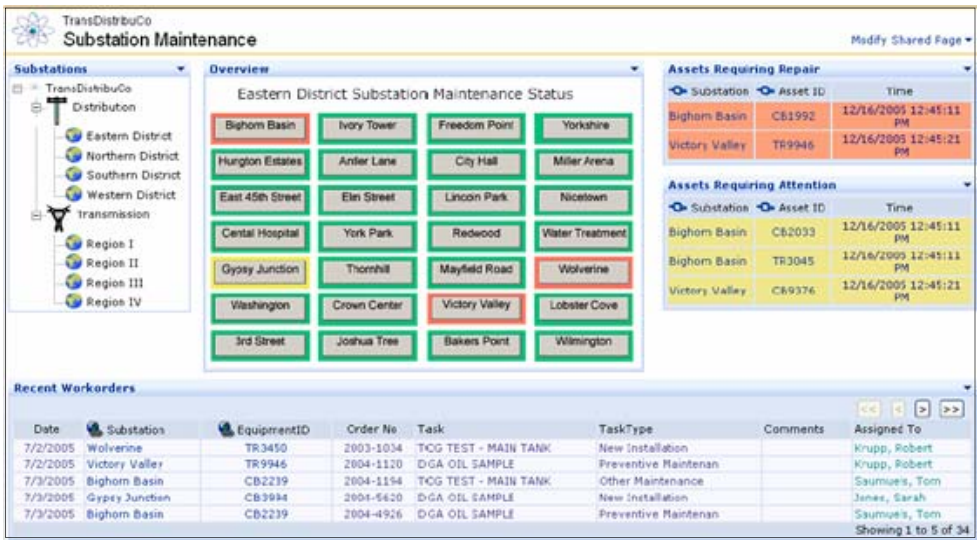


그림 104. 경고 시스템 예 (OSISoft社 Real-time CBM)

(c) 위험관리자 교육 체계

○ 실시간 모니터링 절차 및 위험요인 관련 경고 시 수행 사항 등에 관한 실시간 위험 관리자의 전반적인 교육 체계 구축 (매뉴얼 수립)

3) 시스템 회복 확인

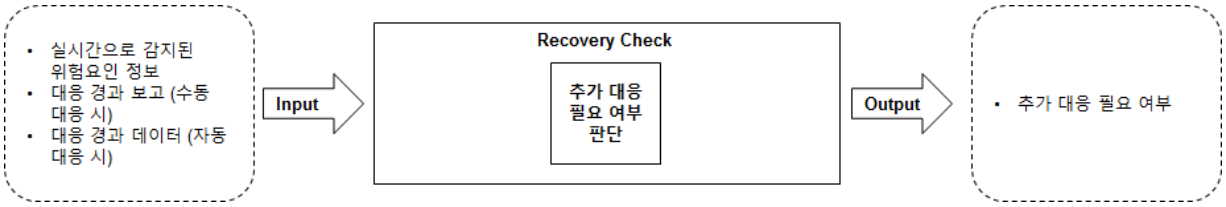


그림 105. Recovery Check 단계 구성

○ 위험요인에 대한 대응 후의 시스템의 상태를 확인하여 추가적인 대응 필요 여부 결정하는 단계

○ 실시간으로 감지된 위험요인 정보, 대응 경과 보고(수동 대응 시), 대응 경과 데이터(자동 대응 시)를 Process Input으로 하며, 대응 후 위험도(Residual Risk)를 Process Output으로 얻을 수 있음

○ 대응 후 위험도 산정 기법 개발 및 추가 대응 필요 여부 결정 기법 개발에 대한 추가적인 상세 연구가 필요

Component Failure (발생 위험요인)	System Function Failure (사고 직접 요인)	예상 사고	발생빈도 (λ)	심각도	위험도	대응 이후 위험도 (Residual Risk)	허용 가능 위험도	추가 대응 필요 여부
지상신호 미 검지	오진입	열차 충돌	0.00003	0.9	Medium	Low	Low	No
레일 파손	궤도 틀림	열차 탈선	0.000042	1.0	High	Medium	Low	Yes

그림 106. 추가 대응 필요 여부 판단 예

다) 사전대응 단계

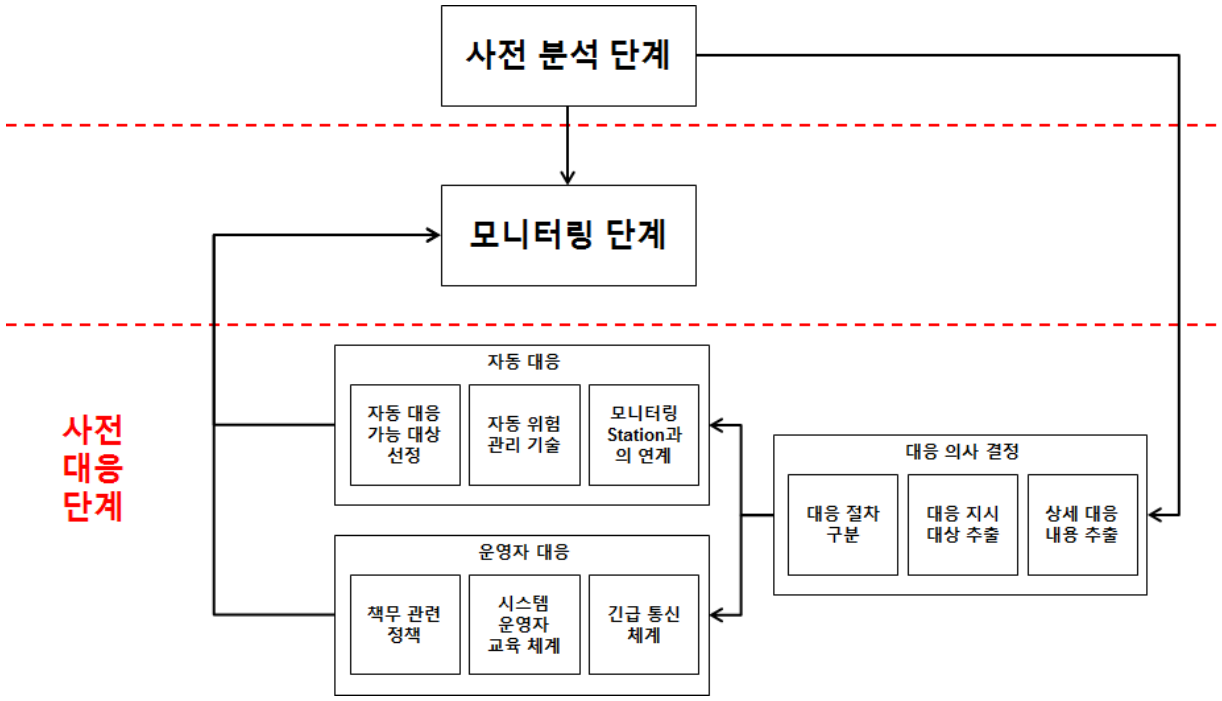


그림 107. 사전대응 단계 세부 흐름도

1) 대응의사 결정

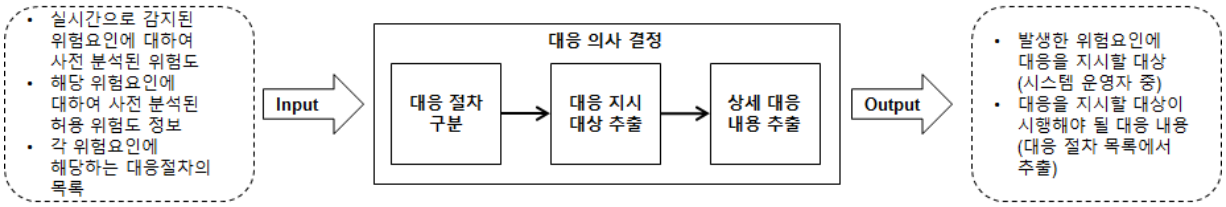


그림 108. 대응의사 결정 단계 구성

○ 실시간으로 감지된 위험요인 정보, 사전 분석된 위험도 정보, 허용 위험도 정보를 연계하여 각 상황에 맞는 적절한 대응절차를 결정하는 단계

○ 상황 별 조건에 따라서 위험요인에 대한 대응절차는 자동, 단기, 장기로 구분됨

○ Process Input으로는 실시간으로 감지된 위험요인 정보, 해당 위험요인에 대하여 사전 분석된 위험도 정보, 해당 위험요인에 대하여 사전 분석된 허용 위험도 정보, 각 위험요인에 해당하는 대응절차의 목록이 있으며, Process Output으로 발생한 위험요인에 대응을 지시할 대상 정보 및 시행해야 할 대응 내용을 얻을 수 있음

○ 본 단계의 활성화를 위해 실시간 위험요인에 대한 대응 의사 결정의 자동화가 필요함

- 자동, 단기, 장기 대응 절차 구분의 자동화
- 대응을 지시할 대상 추출의 자동화
- 시행해야 될 상세 대응 내용 추출의 자동화

(a) 대응 절차 구분

○ 자동 대응: 발생한 위험요인이 특정 자동화 기술로 인하여 관리가 가능한 상황에 적용

○ 단기 대응: 발생한 위험요인의 위험도가 허용 위험도보다 높을 때 즉각적인(Immediate) 조치가 필요한 상황에 적용

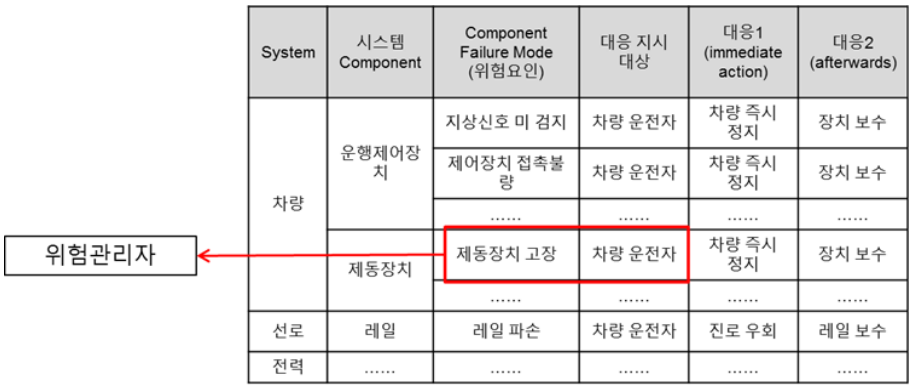
○ 장기 대응: 발생한 위험요인의 위험도가 허용 위험도보다 낮을 때 추후(afterwards) 조치가 가능한 상황에 적용

System	시스템 Component	Component Failure Mode (위험요인)	절차 구분
차량	운행제어장치	지상신호 미 검지	단기
		제어장치 접촉불량	장기
		.....	.....
	제동장치	제동장치 고장	단기
		.....	.....
선로	레일	레일 파손	장기
		선로변경 오작동	자동

그림 109. 대응 절차 구분 예

(b) 대응 지시 대상 추출

○ 사전 분석 단계에서 정리된 위험요인 대응정보를 바탕으로, 발생한 해당 위험요인에 대하여 대응해야 할 대상자 정보를 추출하고, 추출된 정보를 위험관리자에게 통보

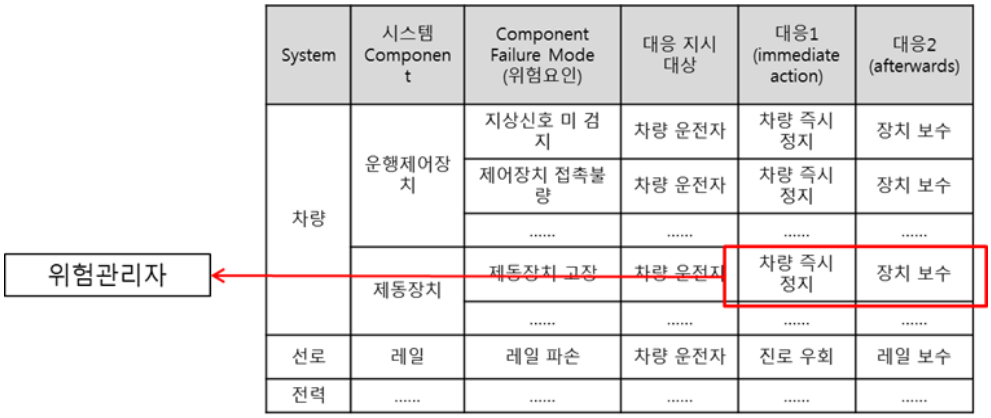


System	시스템 Component	Component Failure Mode (위험요인)	대응 지시 대상	대응1 (immediate action)	대응2 (afterwards)
차량	운행제어장치	지상신호 미 검지	차량 운전자	차량 즉시 정지	장치 보수
		제어장치 접촉불량	차량 운전자	차량 즉시 정지	장치 보수
		.....	.....	.....	.....
	제동장치	제동장치 고장	차량 운전자	차량 즉시 정지	장치 보수
		.....	.....	.....	.....
선로	레일	레일 파손	차량 운전자	진로 우회	레일 보수
전력	.....	.....	.....	.....	.....

그림 110. 대응 지시 대상 추출 예

(c) 상세 대응 내용 추출

○ 사전 분석 단계에서 정리된 위험요인 대응정보를 바탕으로, 발생한 해당 위험요인에 대하여 대상자가 이행해야 할 정보 추출하고, 추출된 정보를 위험관리자에게 통보



System	시스템 Component	Component Failure Mode (위험요인)	대응 지시 대상	대응1 (immediate action)	대응2 (afterwards)
차량	운행제어장치	지상신호 미 검지	차량 운전자	차량 즉시 정지	장치 보수
		제어장치 접촉불량	차량 운전자	차량 즉시 정지	장치 보수
		.....	.....	.....	.....
	제동장치	제동장치 고장	차량 운전자	차량 즉시 정지	장치 보수
		.....	.....	.....	.....
선로	레일	레일 파손	차량 운전자	진로 우회	레일 보수
전력	.....	.....	.....	.....	.....

그림 111. 대응 내용 상세 정보 추출 예

2) 자동 대응

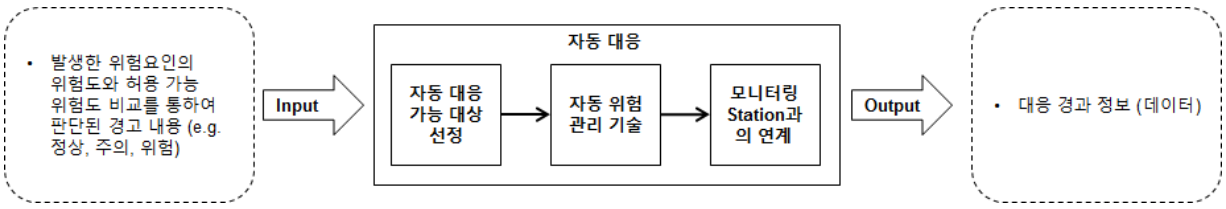


그림 112. 자동대응 단계 구성

○ 발생한 위험요인이 특정 자동화 기술로 인하여 관리가 가능한 위험요인에 한하여 시행되는 대응 조치 단계로, 자동 대응이 가능한 대상을 선정하여 관련 기술을 개발하고

이를 모니터링 스테이션과 연계하는 단계

○ Process Input으로 실시간으로 감지된 위험요인 정보, 해당 위험요인에 대하여 사전 분석된 위험도 정보, 해당 위험요인에 대하여 사전 분석된 허용 위험도 정보가 있으며, Process Output으로 대응 경과 데이터를 도출함

○ 특정 위험요인에 대한 자동 관리 기술 개발과 모니터링 스테이션/디스플레이 연계 연구가 필요함

(a) 자동 대응 가능 대상 선정

○ 자동적인 사전 대응을 통한 제어가 가능한 위험요인들을 선정하고 이에 대한 자동 위험관리 기술에 대한 계획을 수립

System	시스템 Component	Component Failure Mode (위험요인)	사전 대응의 자동화 가능 여부
차량	운행제어장치	지상신호 미 검지	No
		제어장치 접촉불량	No
		.....	.....
	제동장치	제동장치 고장	No
		.....	.....
선로	레일	레일 파손	No
		선로변경 오작동	Yes

그림 113. 위험요인별 사전 대응의 자동화 가능 여부 판단

(b) 자동 위험관리 기술

○ 자동화가 가능하다고 판단되어 선정된 위험요인에 관하여, 해당 위험요인 발생 시 이에 대하여 자동적으로 조치를 취할 수 있도록 하는 기술을 개발

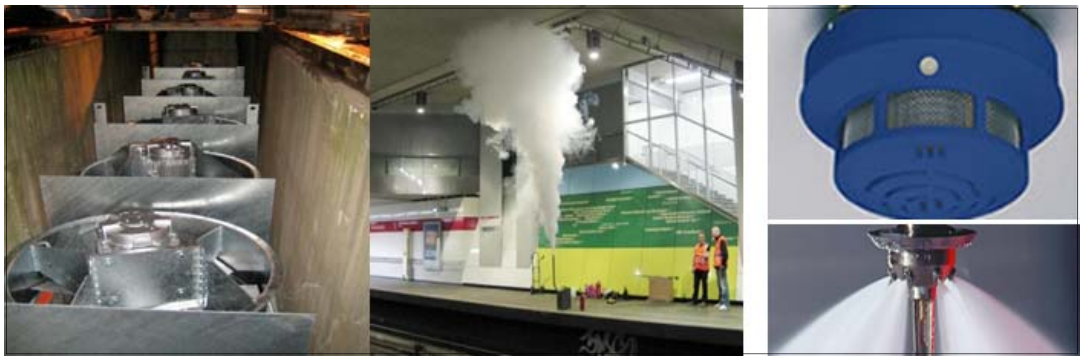


그림 114. 자동 위험 관리 기술 예 (Colt社 연기 제어 시스템, FOGTEC社 화재 제어 시스템)

(c) 모니터링 스테이션과의 연계

○ 자동적인 사전 대응 후, 대응 경과에 대한 정보가 모니터링 스테이션으로 전달될 수 있도록 하는 연계 체계 구축

3) 시스템 운영자 대응

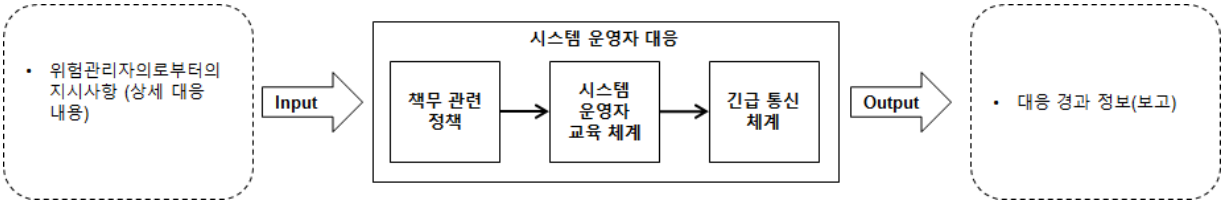


그림 115. 시스템 운영자 대응 단계 구성

○ 대응 의사 결정의 결과를 위험관리자가 시스템 운영자에게 지시하여 지시 사항을 이행하는 단계

○ Process Input으로 위험관리자로부터의 지시사항(상세 대응 내용)을 받아 대응 경과보고를 도출함

○ 위험관리자의 권한 및 시스템 운영자의 책무의 범위를 지정하는 정책 연구, 매뉴얼 등의 시스템 운영자 교육에 대한 상세 연구가 필요함

(a) 책무 관련 정책

○ 위험관리자의 권한 및 시스템 운영자의 책무의 범위를 지정하는 정책 연구

○ 현행 철도안전법에 실시간 위험관리의 범위, 권한, 책무에 관한 내용 추가

(b) 시스템 운영자 교육 체계

○ 시스템 운영자의 책무를 지정하여 교육하는 체계를 구축하는 한편, 실시간 위험관리의 일부로써, 비상 상황 시 수행하여야 되는 내용을 정리한 매뉴얼의 작성

(c) 긴급 통신 체계

○ 비상 상황 시 위험 관리자와 시스템 운영자 간의 긴급 통신을 가능케 하는 긴급 통신 체계를 구축하고, 각 시스템 운영자의 업무 스테이션과 위험관리자의 모니터링 스테이션 간의 통신체계 연결 확보

○ 비상 상황 발생 시, 위험 관리자는 사전 대응 조치를 긴급 통신 체계를 통하여 시스템 운영자에게 지시할 수 있으며, 반대로 시스템 운영자는 대응 후의 경과보고를 위험관리자에게 통보할 수 있도록 함

라. 철도 위험관리 시스템 연구 방향

1) 시스템 의의

○ 기존 위험관리체계 개념의 단점과 IT 기술의 발달로 인한 필요성에 의하여 실시간 위험관리체계 개발에 관한 기본 프레임워크를 제시하였음

○ 제안된 프레임워크는 실시간 모니터링을 통한 위험요인 발생 발견 시, 사전에 분석되어 정리된 과거 이력 기반 위험도 및 대응 절차를 이용하여 즉각적인 대응을 취하는 실시간 위험관리체계 구축에 초점을 맞추었으며, 크게 사전 분석, 모니터링, 사전 대응의 3가지 단계로 구성되어 시스템의 외부적인 요인에 의하여 갑작스럽게 발생되는 사건에 대한 즉각적인 대응이 가능

○ 제안된 프레임워크는 상위 레벨의 기본적인 과정만을 다루었으며, 각 과정의 구축을 위하여 세부적인 개발 연구 목록 및 절차를 수립하는 부분은 후속되는 과제로서 진행되어야 함

2) 필요 연구

가) 사전 분석 단계

(a) 위험요인 식별

○ 철도 차량, 선로, 전력 등 각 시스템의 모든 component들과 각각의 관계를 파악하여 기록

○ 철도 차량, 선로, 전력 등 각 시스템의 모든 component failure들의 리스트 도출

○ 시스템 환경이 변화 할 때마다 위험요인 목록을 업데이트 하여 관리하는 체계 구축

○ 장기간(long-term)이 아닌 즉시(immediate) 대응이 가능한 항목만을 추려내어 실시간 대상 위험요인 목록 도출

(b) 예상사고 분석

○ 위험요인 발생으로 인한 위험도 평가를 위하여 위험요인에 관련된 사고 직접요인 식별

○ 각 사고 직접요인에 관련된 사고 유형을 도출하여 위험요인, 직접요인, 사고 유형간의 관계를 표현하는 사고 시나리오 도출

○ 시스템 환경 변화에 따른 위험요인 및 직접요인 목록의 변경 시, 사고 시나리오 변경에 대한 업데이트 관리 체계 구축

(c) 위험도 산정

○ 철도 안전 데이터 분석을 통한 정보를 수집하여 각 위험요인의 발생 빈도를 산출하는 체계 구축

○ 각 위험요인에 따른 직접요인의 발생빈도 산출 기법 개발

○ 각 위험요인 및 직접요인에 의한 사고 유형별 발생빈도 산출 기법 개발

○ 각 사고 유형별 심각도 산출

○ 각 위험요인 및 직접요인에 의한 사고 유형별 위험도 산정 기법 개발

○ 사고 시나리오 및 안전 데이터 분석결과 변경에 따른 위험도 산정치 변화에 대한 정보의 주기적인 업데이트 관리 체계 구축

(d) 허용 위험도 판단

○ 철도 안전 데이터를 수집을 통하여 각 사고 유형별 발생 빈도 및 심각도를 산출하여 각 사고 유형의 이력기반 위험도 산출 기법 개발

○ 과거 이력 기반의 위험도 및 ALARP 원칙 등, 특정 기준을 이용하여 각 사고 유형별 허용 가능 위험도의 상한(하한) 산출 기법 개발

○ 시스템 환경 변화 등 여러 요소들의 변경에 따른 허용 위험도의 상한(하한) 변화에 대한 정보의 주기적인 업데이트 관리체계 구축

(e) 위험요인 대응 정보

○ 사고 발생을 해당 위험요인 발생으로부터 사전에 방지하기 위하여 이행하여야 될 사전 대응책의 정리 체계 구축

○ 시스템 환경 변화에 따른 각 위험요인 발생 별 사전 대응책 목록 변경 정보에 대한 주기적인 업데이트 관리

나) 모니터링 단계

(a) 실시간 모니터링

○ 사전 분석 단계에서 식별된 위험요인에 관련하여 차량 및 인프라 등 실시간 관리가 필요한 모든 대상들을 조사하여 선정

○ 시스템 환경이 변화 할 때마다 실시간 모니터링 대상 목록을 업데이트 하여 관리하는

체계 구축

○ 선정된 각 실시간 관리 대상에 대한 모니터링 기술 개발 (sensor 및 카메라 영상 시스템)

○ Sensor 및 카메라 등의 감지 기술과 연동되는 모니터링 station 구축을 위한 H/W 및 S/W 개발

○ Sensor 및 카메라를 통하여 수집되는 데이터를 분석하여 필요 정보를 지속적으로 추출하는 분석 기능 모듈 개발 및 S/W 적용

○ 추출된 정보를 '국가 안전 수준의 심사와 평가(철도 SMS)'와 연계- 안전정보(개별 component의 위험요인)를 SPI에 반영하는 체계 구축

(b) 경고 (위험 요인 감지)

○ 실시간으로 감지된 위험요인과 이에 대하여 사전 분석된 위험도 정보를 연계하여, 위험도 정보를 실시간으로 추출하는 체계 구축

○ 추출된 실시간 위험도와 허용 가능 위험도 비교를 통하여 위험관리자에게 경고하는 H/W 및 S/W 시스템 구축

○ 실시간 모니터링 절차 및 위험요인 관련 경고 시 수행 사항 등에 관한 실시간 위험 관리자의 전반적인 교육 체계 구축 (매뉴얼 수립)

(c) 시스템 회복 확인

○ 위험요인에 대한 사전 대응 후의 시스템 상태를 확인하여 추가적인 대응 필요 여부를 판단하는 기법 개발

다) 사전 대응 단계

(a) 대응 의사 결정

○ 상황별 조건에 따라서 위험요인에 대한 대응절차를 자동, 단기, 장기 등으로 구분하는 체계 구축

○ 사전 분석 단계의 대응정보를 바탕으로, 발생한 해당 위험요인에 대하여 대응을 이행해야 될 대상자 정보를 추출하는 체계 구축

○ 사전 분석 단계의 대응정보를 바탕으로, 발생한 해당 위험요인에 대하여 대응 이행 대상자가 이행해야 될 정보를 추출하는 체계 구축

(b) 자동 대응

○ 자동적인 사전 대응한 통하여 제어가 가능한 위험요인들을 선정하고 이에 대한 자동 위험관리 기술 개발에 대한 계획 수립

○ 선정된 각 위험요인에 대한 사전 대응의 자동화 기술 개발

○ 자동적인 사전 대응 후, 대응 경과에 대한 정보가 모니터링 station으로 전달되도록 하는 연계 체계 구축

(c) 시스템 운영자 대응

○ 위험관리자의 권한 및 시스템 운영자의 책무를 지정하는 정책 연구 이행

○ 현행 철도 안전법에 실시간 위험관리의 범위, 권한, 책무에 관한 내용 추가

○ 시스템 운영자의 책무를 정리하여 교육하는 체계 구축 (매뉴얼 수립)

○ 위험 관리자와 차량 및 인프라의 각 시스템 운영자 간의 긴급 통신 체계 구축

마. 빅데이터 플랫폼과의 연계 연구방향

(가) 문제점

○ 현재는 철도 안전 시스템들이 기능별로 분산되어 독립적으로 운영되며, 시스템 간에 상호연동을 지원하지 않음

- KTX 고속철도, 일반철도, 도시철도 별로 별도의 안전 시스템이 구축되어 사용됨
- KTX 고속철도의 경우만 고려하더라도, 열차운행정보 시스템, 열차제어 시스템, 전력제어 시스템, 선로 상태 감시 시스템, 영상 감시 시스템, 터널 감시 시스템 등 각각의 시스템이 별도로 독립적으로 운영되며, 각 시스템에서 생성되는 데이터들이 통합적으로 관리되지 않음
- 이에 따라, 통합된 데이터 기반의 신뢰성 있고 종합적인 의사 결정 지원을 위한 시스템 개발에 한계가 있음

○ 운영기관(철도공사), 국가안전관리기관(교통안전공단), 이용고객 등 관련 기관 및 고객 간에 철도안전 관련 정보를 공유하기 위한 플랫폼이 없음

- 현재는 철도 안전과 관련된 기관 간에 데이터 공유의 수준이 낮으며, 상호 간에 정보 공유에 의한 시너지 효과를 창출할 수 있는 기반 플랫폼이 없음
- 현재 사고가 발생 시에 사고와 관련된 데이터를 철도공사가 교통안전공단에 제공하고 있으나, 교통안전공단이 제공하는 시스템에 철도공사의 담당자가 직접 입력하는 방식임

○ 초고속 데이터 통신을 위한 철도전용 유선 전송망은 전송용량 및 안정성 측면에서 잘 구축되어 있으나, 철도차량의 안전 관련 정보를 실시간으로 수집하거나, 차량 및 지상 간의 통신을 위한 무선통신망은 개선이 필요함

- 철도전용 유선 전송망의 경우 2.5Gbps급의 기간망, 622Mbps급의 구간망 및 622Mbps급의 연선망이 구축되어 있음
- 현재 차량과 지상 간 통신을 위한 무선망의 경우에는 주로 음성 통화를 위해서만 사용되며, 제어 신호 전송 등 데이터 통신을 위해서는 일부 구간에서만 제한적으로 사용되고 있음
- KTX의 경우 차량의 상태를 차상컴퓨터에 저장시켰다가, 저장된 상태 기록을 철도전용 무선통신망이 아닌 상용 CDMA 망을 통하여 전송하고 있어서, 안정성과 보안성 측면에서 개선이 필요함
- 현재의 무선 통신망 솔루션으로는 차량 내 영상 정보 등의 대용량 데이터 전송을 할 수 없음
  - TRS 기술의 경우 28.8Kbps의 전송속도 만을 지원하므로 매우 제한된 데이터 통신만 가능함
  - 차량 내 안전 데이터의 실시간 전송 및 차량과 관제센터 간의 실시간 양방향 대용량 데이터 전송을 위하여 철도전용 무선 통신망의 개선이 필요함

(나) 개선 방향

○ 철도 안전 시스템들 간의 상호연동을 위하여 각 시스템들을 다른 시스템들과 연동하기 위한 표준화된 인터페이스 개발이 필요함

- 1차적으로는 각 시스템들이 생산하는 데이터들을 통합하기 위하여 각 시스템들의 데이터를 접근하기 위한 표준화된 인터페이스가 필요함
- 2차적으로는 각 시스템들의 전부 또는 일부 제어 기능을 다른 시스템에서 접근할 수 있는 표준화된 인터페이스가 필요함

○ 철도 안전 데이터의 통합적인 수집, 관리, 지식정보화, 공유를 위한 빅데이터 기반의 통합 데이터 플랫폼이 필요함

- 통합 데이터 플랫폼을 통하여 수집된 빅데이터 기반의 신뢰성 있고 종합적인 의사 결정 지원을 위한 시스템 개발이 가능하게 됨
- 빅데이터 기반의 종합적인 위험 분석 및 예측 시스템 개발이 가능하게 됨

(다) 지능형 철도안전감시제어 네트워크 구축 및 통합을 위한 필요 기술

1) 빅데이터 기술

○ 빅데이터 기술 개요 및 중요성

- 빅데이터란 디지털 환경에서 생성되는 데이터로 그 규모가 방대하고, 유형은 수치 데이터 뿐 아니라 문자와 영상 데이터를 포함하는 대규모 데이터를 의미하며 이러한 데이터를 저장, 관리, 분석할 수 있는 하드웨어, 소프트웨어적 기술, 그리고 데이터를 유통, 활용하는 과정을 의미

  · 빅데이터의 특성은 일반적으로 3V(Volume, Variety, Velocity)를 기본으로1V(Value)나 1C(Complexity)의 특성이 추가되어 설명됨

  · IBM은 빅데이터를 3V를 가진 새로운 타입의 데이터로서 과거에는 답할 수 없던 인사이트(Insight)를 얻을 수 있는 기회로 정의

  · 비즈니스 분석 솔루션 기업인 SAS는 3V에 새로운 가치(Value)를 더한 4V를 빅데이터의 기본적인 모습으로 제시

  · 가트너는 3V에 복잡성(Complexity)을 추가하여 4개의 축으로 제시

  · 일본 노무라연구소는 빅데이터를 광의적으로는 인재・조직, 데이터처리・축적・분석 기술, 데이터 등 3요소로 정의

- 빅데이터 플랫폼이란 정형, 비정형, 스트리밍 데이터 등 각종 데이터를 수집, 저장, 관리하며 분석하기 위한 플랫폼으로 데이터의 수집, 저장, 분석, 폐기 등의 전 데이터 생명주기를 하나의 플랫폼에서 관리

  · 기존 데이터베이스 관리도구의 데이터 수집・저장・관리・분석의 역량을 넘어서는 대량의 정형 또는 비정형 데이터 세트 및 이러한 데이터로부터 가치를 추출하고 결과를 분석하여 다변화된 현대 사회를 보다 정확하게 예측하여 효율적으로 작동케 하고, 개인화된 현대 사회 구성원 마다 맞춤형 정보를 제공・관리・분석 가능케 하는 기술

  · 빅데이터 플랫폼은 고급분석, 빠른 처리속도, 확장성, 실시간성을 지원할 수 있도록 구성되어야 하며 대규모 데이터 측면에서는 대용량 데이터 저장 기술, 분산/병렬 처리 기술 등이 핵심 기술로 대두되는 상황임

  · 비정형 데이터가 대부분인 빅데이터는 복잡성이 높아지는 만큼 확장성에 대한 이슈가 중요하며 최근에는 다양한 IT 플랫폼과 인터넷 비즈니스의 결합된 빅데이터 플랫폼이 등장하고 있음

출처) 새로운 미래를 여는 빅데이터 시대-한국정보화진흥원

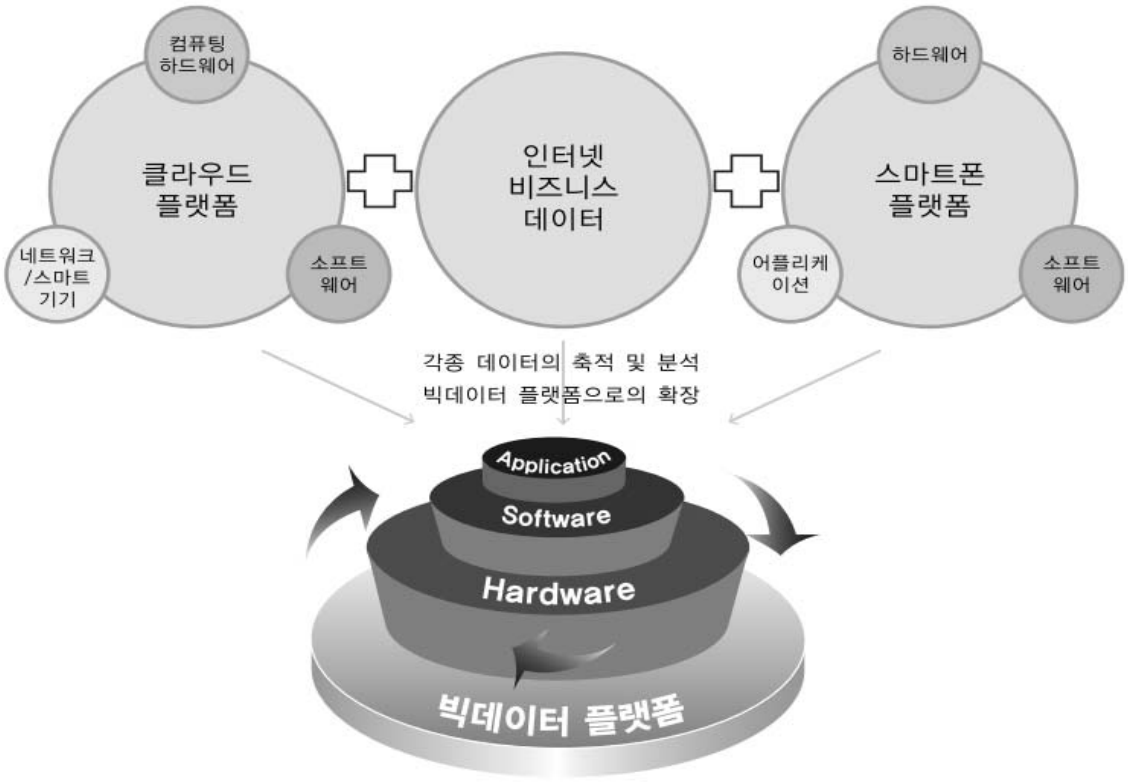


그림 116. 빅데이터 플랫폼

- 빅데이터 기술의 중요성은 빅데이터가 잠재적 가치와 잠재적 위험을 함께 포함하고 있어 사회·경제적으로 성패를 좌우하는 핵심 원천이 될 것으로 평가되며 이는 다양한 기술 발달로 인한 IT 패러다임의 변화가 데이터의 양적 팽창을 유도하고 이에 따른 경제적, 사회적인 새로운 기회와 편익을 창출할 것으로 기대

  · 세계 각국의 정부와 기업들은 빅데이터로부터 유용한 정보를 찾아내고 잠재된 정보를 활용할 수 있는 기업들이 경쟁에서 시장을 선도할 것으로 예측

  · McKinsey, Economist, Gartner 등은 이미 빅데이터를 활용한 시장변동 예측, 신산업 발굴 등 경제적 가치창출 사례 및 효과를 제시

○ 빅데이터 플랫폼 기술 구성

- 빅데이터 분석을 위한 플랫폼은 여러 첨단 기술들이 통합·적용되어야 하는 매우 복잡하고, 섬세한 기술이 요구되는 분야로 대규모 데이터의 실시간 처리를 위한 클라우드 컴퓨팅 기술은 기본이며 자연언어처리, 텍스트마이닝, 기계학습, 시맨틱 기술과 같은 인공지능 기술이 폭넓게 활용됨

  · 자연언어처리는 글로 된 인간 언어를 컴퓨터를 통해 처리하기 위한 기술이며 형태소 분석, 구문 분석, 개체명 인식 등의 기술을 포함

  · 빅데이터 처리를 위해서는 정보 검색이 필수단계로 대규모 데이터를 색인하고, 이 중에서 주제와 관련된 데이터를 빠르게 찾아 분석에 적용함. 기존의 검색과 다른 점은 기존 검색은 인간을 위한 정보 검색이라면, 빅데이터 분석에서의 정보 검색은 컴퓨터가 검색 시스템을 사용하는 수요자가 됨

· 정보 수집기술 측면에서는 기존의 웹 검색을 위한 수집기보다 매우 발전된 정보 수집 기술이 필요한데 예를 들어, 트위터와 같은 소셜 미디어의 실시간 수집은 스트림 데이터에 대한 처리가 필요하며, AJAX, 자바스크립트 처리가 가능한 포커스드 크롤링(focused crawling) 기술이 적용되어야 함

· 빅데이터 플랫폼에서 가장 중요한 기술 분야인 기계 학습은 충분한 학습 데이터로부터 모델을 생성하고, 해당 모델을 통해 대용량 데이터를 자동 분석, 귀납 추론하는 시스템을 의미하며 통상 SVM 같은 통계 이론에 기반하며, 자동 분류, 자동 군집, 베이지안 네트워크 기반 추론 등 강력한 데이터 분석 기능을 제공

· 대규모 텍스트로부터 의미 있는 정보를 추출, 분석하는 텍스트 마이닝 기술은 기계학습 기반의 통계적 방법과 규칙 기반의 방법이 있으며, 최근에는 이들이 하이브리드 형태로 결합하여 사용되고 있다. 기존의 분류, 군집 기능 외에 감성(평판) 분석과 같은 기능 구현에 텍스트 마이닝은 필수 요소임

· 클라우드 컴퓨팅과 NoSQL 기술 또한 중요 기술로서 초대용량 데이터의 저장과 관리, 운영을 위해서는 클라우드 컴퓨팅 기술이 기본이며, 특히 Hadoop, HBase, Casandra, MongoDB와 같은 NoSQL 기술이 적절히 활용되어야 함

· 데이터의 심층분석을 위한 시맨틱 기술은 시맨틱 메타데이터 자동 추출, 시맨틱 네트워크 생성, 지식 베이스 구축, 온톨로지의 활용, 논리 및 통계적 추론 등을 포함하며 시맨틱 기술은 비정형 데이터와 정형 데이터를 의미에 따라 연결하고 분석하기 위한 핵심으로 왓슨 컴퓨터, 애플의 시리, 울프럼 알파 등이 이를 활용한 좋은 예가 되고 있음

· 통계 기술 역시 빅데이터의 통계적 의미를 찾고 그 패턴을 분석하기 위해서 강력한 통계 기술이 필요하며 통계 패키지인 R은 이런 의미에서 매우 활용도가 높고 Hadoop 상에서 R을 사용함으로써 과거에 생각하기 어려운 규모의 데이터에 대한 통계 처리가 가능

· 데이터 시각화 기술은 분석된 결과의 통찰력 있는 이해를 위해 점점 더 중요해지고 있으며 그래프와 같이 기본적인 시각화로터 네트워크 표현, 지도와의 매시업 등 그 표현 유형과 분석가와의 상호작용 기술이 빠르게 발전하는 과정임

○ 빅데이터 기술 개발 동향

- 글로벌 IT 기업들인 IBM, Intel, HP 등이 빅데이터 시장을 선도하고 있는 상황에서 확실한 주도권을 잡기 위해 데이터 수집에서 데이터 분석 중심으로 조직을 개편하고 역량 강화 및 기술 개발에 중점을 두고 있는 상황임

· IBM, Oracle 등 글로벌 IT기업은 인프라 데이터 수집 관리 분석, 의사결정 지원 등 빅 데이터 전 부분을 담당하고 있으며 특히 복잡한 데이터 처리와 분석을 위하여 자체 솔루션을 개발하여 기술을 주도

· IBM의 Netezza data warehouse는 AMPP(Asymmetric Massively Parallel Processing)라고 부르는 SMP(Symmetric Multiprocessing)와 MPP로 구성된 two-tier 형태의 아키텍처를 가지고 있으며 다른 시스템에서 보기 힘든 데이터 압축, 레코드 또는 컬럼 필터링 기능을 제공하며 트랜젝션 처리시 실시간 처리가 가능한 기술을 제공

· EMC는 데이터 수집, 현황, 관리를 위하여 아이실론 및 그린플럼 기술을 사용하고 있으며 데이터 처리 분석을 위하여 하이 퍼코먼스 애럴리틱스 기술을 적용하여 기술을 주도

· Vertica, Splunk, Cloudera 등의 데이터 처리 전문기업은 지난 수년간 혁신과 새로운 데이터 관리 및 분석에 중요한 역할을 수행

· 테라데이타는 데이터웨어하우징 및 비즈니스 인텔리전스(BI) 전문 업체로 비정형 데이터의 고급분석, 관리 솔루션 업체인 애스터데이터를 인수하여 “애스터 맵리듀스 플랫폼”을 개발

· HP 는 BI 솔루션 업체인 “버티카”와 기업용 검색엔진 업체인 “오토노미”를 인수하여 이들 기술들을 결합하여 빅데이터 분석시장에 진입함. 이를 이용한 “인스턴트-온 엔터프라이즈(Instant-On Enterprise) 솔루션으로 기업경영 의사결정, 경영정보 분석 등 경영지원 전략 수집 서비스를 제공

· SAS 는 고급 분석(Advanced Analytics)을 위한 HPA(High Performance Analytics) 기반의 SEMMA 방법론을 제시하고, IT+분석+비지니스 통합 플랫폼을 구현하고 포레스터 리서치가 발표한 보고서(Big Data Predictive Analytics Solutions, Q1 2013) 에서 SAS가 빅데이터 예측 분석 솔루션 부문 1위를 차지

- 국내 기업은 글로벌 기업에 비해 스마트홈 분석 및 관리 기술수준과 경쟁력이 비교적 취약한 수준이나 글로벌 IT 기업들이 국내 시장 진출을 선언하면서 국내 기업도 비즈니스 시장분석 및 관리 기술 사업에 참여하는 실정

· LG CNS 의 경우 하둡 아키텍처를 적용한 자체 빅데이터 솔루션 플랫폼을 개발하였으며 삼성 SDS는 분석기술을 활용한 바이오인포매틱스 서비스를 제공

· SK C&C는 비정형 데이터 분석 기술을 바탕으로 한 분석 솔루션을 개발하고 효성인포메이션시스템은 스토리지와 솔루션을 결합시킨 빅데이터 어플라이언스 기술을 주도

· 솔트룩스는 대규모 데이터의 실시간 처리를 위한 클라우드 컴퓨팅 기술과 자연언어처리, 텍스트마이닝, 시맨틱 기술 등의 인공지능 기술이 결합된 시맨틱 기술 기반의 비정형 빅데이터 분석 수집 플랫폼을 개발하여 소셜 매거진 서비스인 지니어스, 스마트 뉴스리더 지니뉴스 서비스를 제공

· SK텔레콤은 LBS(Location based Service) 기술과 결합해 상권분석, 고객관리 등의 솔루션을 제공하고 있으며, KT는 지역기반 분석서비스 ‘알지오’에 올레맵을 결합한 서비스를 제공 중이며 또한 자체 빅데이터 분석 플랫폼 구축을 시도

· 그루터는 빅데이터 플랫폼 구축 및 컨설팅, 빅데이터 분석 및 데이터 제공, 빅데이터 분석 플랫폼 제공과 같은 기술과 서비스를 지원하며 개별 기업의 특정 목적에 따라 원하는 분석을 자유롭고 효과적으로 수행 할 수 있는 빅데이터 분석 플랫폼인 BAAS(Big Data Analysis & Application System)을 제공

· KT클라우드웨어의 주력 제품인 NDAP(NexR Data Analytics Platform)는 글로벌 빅데이터 표준기술로 부상한 하둡의 주요 핵심기능들을 표준화해 엔터프라이즈 환경에 최적화된 플랫폼을 제공하고 있으며 KT 클라우드 로그분석시스템에 적용하여 서비스 가용성 35% 향상과 장애 대응 시간 50% 단축의 성능을 보여줌

· KTH 는 대용량 데이터 실시간 분석/추천 솔루션인 “DAISY(Data Intelligence System)”을 통해 기상청의 기상 정보 빅데이터 플랫폼 구축 프로젝트를 수주하여 기술 개발을 진행

○ 국가별 정책 및 구축 현황

- 빅데이터를 둘러싼 관심은 민간 기업들뿐만 아니라 미국, EU, 싱가포르, 일본과 같은 국가들을 시작으로 국가차원의 전략으로 확산되는 상황

· 미국은 미국 과학기술정책자문위원회는 2010년 “모든 연방정부는 빅데이터 전략 수립이 필요” 하다고 제시하고, 2012년 3월, 빅데이터 연구개발에 2억 달러 이상을 투입하는 빅데이터 연구개발 이니셔티브를 발표하였으며 미국의 빅데이터 연구개발 이니셔티브 참가기관은 유전자 연구 및 의료, 교육, 지구과학 및 국방분야 등 빅데이터 활용 효과가 뛰어난 분야의 기관들이(국립과학재단, 국립보건원, 국방부, 고등방위연구계획국, 에너지부, 지질조사원 등) 우선적으로 참여

· EU는 금융위기 극복과 사회의 복잡성을 이해하기 위한 FuturICT와 불확실한 미래탐구를 위한 iKnow 프로젝트를 추진 중. FuturICT는 지구 신경망시스템, 전지구 시뮬레이터와 글로벌 참여 플랫폼을 구현하여 세계 변화의 방향과 새로운 지식을 탐구하고 iKnow프로젝트는 전세계의 약신호(weak signal)과 와일드 카드(wild cards)를 포착함으로써, 미래를 형성하는 지식과 전략적 이슈를 발굴

· 영국의 중장기 미래전략 수립을 위해, 최신 과학이론과 데이터 등 증거기반의 정책분석 서비스를 제공하고 정부의 혁신적 전략 및 정책 개발을 지원하기 위한 목적으로 HSC (호라이즌스캐닝센터)를 2005년 수립하고 미래신성장동력 발굴을 위하여 HSC는 각각 연관성이 없는 주제들에 대하여 10~15년 이후 미래를 전망하고 영국의 비만대책수립, 잠재적 위험관리 프로젝트, 전염병 대응책 등의 성과를 거두고 있음

· 싱가포르의 국가안보조정사무국(NSCS)는 국가안전을 위협하는 요소에 대한 평가와 주변 환경변화를 탐지하여 새로운 기회를 발굴하는 RAHS 프로그램을 2004년부터 운영하며 데이터 수집, 분류, 관계분석 등을 통해, 싱가포르의 주요 이머징 이슈들을 예측하고 발견할 수 있는 RAHS 프로그램 구축함. 또한 해안 안전 확립을 위해 해상상황 인식프로젝트 추진함으로써, 해상 테러, 해안침투 등 해안 영역에서의 안전확보

와 조류독감이 싱가포르에 들어옴으로써 벌어질 수 있는 미래 시나리오를 연구하고 대응 방안을 마련

· 일본의 경우 지진, 해일 등 자연재해에 대한 예측 및 대비를 위해 빅데이터 기반 도로 교통정보시스템을 구축하고 빅데이터 전문인력 양성을 위한 연구개발 투자를 기획

· 우리나라는 빅데이터를 생산하고 활용, 소비할 수 있는 정보통신 인프라는 우수하나 부가가치를 창출하는 빅데이터 생태계의 분석기술은 매우 부족한 상황이며 2012년 기준 빅데이터 기술 연구개발 투자는 지식경제부가 연 73억원 수준임(비교 : 미국은 2억달러)

○ 빅데이터 활용 사례

- Google은 독감 관련 특정검색어 등 소셜데이터 분석을 통해 국가·지역·계절별 독감 유행수준을 예측하여 정보를 제공함

· 미국질병통제센터에서 행하던 기존 독감 유행 예보가 2주일 이상 걸리던 것을 실시간으로 독감 유행 수준을 예측하며, 예측의 정확도가 매우 높음

· 참고자료: Detecting influenza epidemics using search engine query data (Nature 2008)

- 스웨덴의 Volvo는 판매되는 각 자동차로부터 400여개의 센서 측정 정보를 수집하여 모든 자동차 모델에서 발생하는 기계적, 전기적 결함에 대한 데이터를 축적함

· 기존에는 자동차 수 만 ~ 수 십만대 정도를 판매하는 시점에서 발견되는 결함을 수천 대 정도를 판매한 시점에서 검출 가능하여 조기에 결함을 수정함으로써 리콜로 인해 발생하는 손실을 획기적으로 줄임

- 일본 NEC는 빅데이터를 활용하여 공장, 발전소와 같은 대규모 플랜트의 고장징후를 미리 파악할 수 있는 대규모 플랜트 고장 전조 감시 시스템을 구축함

· 플랜트 설비에 설치된 대량의 센서 정보와 발생 가능한 약 3,500여 가지의 변수들로 구성된 데이터들로부터 센서 정보와 변수 간의 상관 관계를 분석함

· NEC에서 독자적으로 개발한 빅데이터 분석 기술을 도입하여 설비에 문제가 발생하기 전에 고장이나 이상 징후를 미리 검출함으로써, 발생가능한 치명적인 사고를 미연에 방지하고 품질 및 생산성 향상에 기여함

- 미국 Rutgers 대학교는 각종 범죄관련 정보와 지리정보시스템의 데이터를 결합하여, 범죄발생 위험 지역을 도출하고 범죄발생 가능성을 예측하는 범죄 예측 모델링(RTM, Risk Terrain Modeling)을 구축함

· 범죄자 분포도, 사건 발생 빈도 등의 범죄이력 경찰데이터, GIS 데이터, 지역 기반 SNS 데이터를 기반으로 환경과 범죄 밀집도의 관계를 도출하여 범죄 예측 지도를 생

성함

· 범죄 예측 알고리즘 개발을 통해 지역별 범죄패턴 및 해당 범죄가 자주 일어나는 지역을 예측으로써 범죄 사전예방을 위한 유용한 정보를 제공함

· 미국 대형 유통회사 Target은 고객 데이터를 수집하여 고객의 행동 및 생애주기를 파악하고 그에 따른 구매예정 상품품목 예측 및 마케팅에 활용함

· 고객의 모든 구매활동 데이터를 누적하여 고객의 생애주기를 파악하고, 그에 따른 향후 구매예정 품목을 예측하는 모형을 구축하여 고객 맞춤형 다이렉트 마케팅에 활용

- 미국 MIT에서는 차량에서 수집한 정보와 물리적 거리를 활용해 신호 위반 가능성을 예측하고 신호 위반자를 판별할 수 있는 교통사고 예측 시스템을 구축함

· 차량 간 통신기술(V2V)을 통해 수집한 정보(차량의 감속도 및 위치), 신호정보, 신호로부터의 거리 등의 데이터를 가지고 데이터 간의 상관관계 분석을 통하여 교차로에 진입하는 차량의 신호위반 가능성을 예측하여 잠재적인 신호 위반자인지를 판별함

· 발생 가능한 교통사고 예측정보를 운전자에게 알리는 조기경보 시스템 구축이 가능

- 미국 Inrix는 GPS 기반 장치에서 수집된 실시간 교통정보와 다양한 변수(기상, 도로공사 스케줄, 휴일, 스포츠 경기날짜 등)들을 통합적으로 분석하여 사용자가 필요로 하는 최적의 교통정보를 제공하는 시스템을 구축하여 서비스함

· 휴대폰, 네비게이션, GPS 디바이스 등에서 Inrix 모바일 앱을 사용하는 사용자로부터 실시간 위치데이터를 수집 및 결합하고, 최적경로 알고리즘을 통해 사용자 데이터 패턴 분석을 기반으로 일정시간 이후의 교통정체 구간 및 향후 교통 원활 예상 시기 등을 예측함으로써 사용자에게 목적지까지 도달하는 데 최적의 경로를 제공함

- 미국 최대 온라인 콘텐츠 유통업체인 Netflix는 영화, TV 시리즈 등 콘텐츠 자체의 데이터와 가입자 정보를 연결시켜 이용자에게 맞춤형 콘텐츠를 제공함

· 2013년 3월 현재 전세계 약 3천만 이상 가입자의 스트리밍 이력, 검색 및 평점 데이터 및 콘텐츠 자체의 메타데이터를 바탕으로 넷플릭스의 머신러닝 기반 알고리즘(Cinematch)을 적용하여 가입자의 개인적인 선호도에 맞는 최적의 콘텐츠를 추천함

· 또한, 가입자가 향후 선택할 만한 콘텐츠를 미리 예측하거나 작품의 흥행수준 및 사용자의 반응을 예측함으로써 이용자의 만족도 및 기업의 이익을 극대화함

- 금융감독원은 저축은행의 거래내역과 신용정보 데이터를 활용하여, 법정한도 초과 여신취급과 같은 불법, 부실혐의에 대한 징후를 사전 감지하여 선제 대응할 수 있는 상호저축은행 여신 상시감시 시스템을 구축함

· 저축은행의 대출내역, 담보·보증내역 등과 신용평가사의 기업신용정보 등 다양한 변수들 간의 상호 밀접성을 분석하는 연관성 분석을 통해 유형별 이상 징후를 사전 감지함

· 여신 상시감시 및 현장 검사업무의 효율성이 크게 제고되며, 저축은행 스스로 불법여신취급을 자제하는 예방효과가 있음

※ 참고자료: 백인수, 박지혜, “데이터 시대: 데이터 분석의 중요성”, IT & Future Strategy 제9호, 한국정보화진흥원, 2013

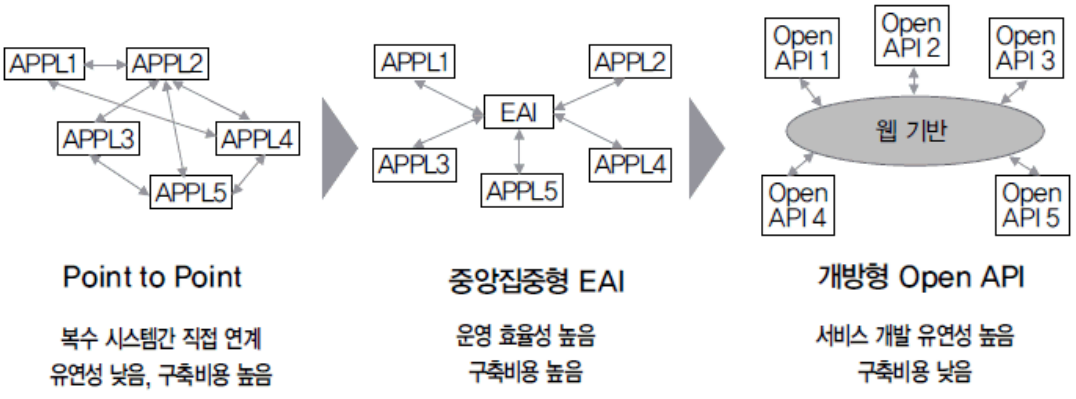
2) 분산 이종 시스템들의 데이터 및 정보 공유를 위한 기술

○ 정보 표현의 표준화를 위한 온톨로지 기술

- 온톨로지란 특정한 도메인을 표현하는 데이터 모델로서 특정한 도메인에 속하는 개념과, 개념 사이의 관계를 기술하는 정형 어휘의 집합임
- 철도 도메인의 온톨로지를 구축함으로써 철도 분야의 서로 다른 시스템에서 생산하는 데이터들 사이의 관계를 도출하기가 용이하게 되며, 궁극적으로 통합된 데이터들로부터 새로운 지식을 추출하기 위한 도구로 사용됨
- 유럽의 InteGRail 프로젝트에서는 여러 이종의 정보 소스가 있는 유럽 철도 환경에서 정보의 공유와 교환을 위하여 철도 도메인 온톨로지를 구축하였음

○ 개방형 서비스 인터페이스 기술

- 개방형 서비스란 네트워크 기능 또는 특정한 시스템의 자원을 표준화된 인터페이스(Open API)로 정의하여 네트워크의 구조와 기능 또는 특정한 시스템의 내부를 모르는 다른 별개의 시스템들이 부여된 접근 권한에 따라 쉽게 접근할 수 있게 함으로써 다양한 시스템들이 제공하는 개방형 서비스들을 융합하여 새로운 서비스를 개발할 수 있는 환경을 제공하는 구조를 의미함
- 이질적인 정보 시스템 간의 연계를 위한 기술 발전 추세는 과거의 경우 복수 시스템 간 직접 연계 방식에서 중앙집중형 EAI(Enterprise Application Integration) 방식을 거쳐서, 개방형 서비스 인터페이스 기술로 발전하고 있음



출처) 전자정부 포커스, 2007.10

그림 117. 정보 시스템 연계를 위한 기술 발전 방향

- 높은 수준의 보안성이 요구되는 철도 안전 시스템들의 특성을 고려할 때, 철도 안전

시스템들의 융합을 위하여 개방형 서비스 인터페이스 기술을 적용하는 경우, 각 서비스별로 접근 가능한 주체와 접근 권한에 대한 명확한 정의가 우선되어야 하며, 최고 수준의 보안 기술이 함께 적용되어야 할 것임

- 유럽의 철도를 비롯한 대중 교통 서비스에서 분산된 시스템들 사이에 실시간 정보를 교환하기 위한 프로토콜 표준인 SIRI는 개방형 서비스 인터페이스 표준으로 볼 수 있음

3) 빅데이터 통합 플랫폼 기반 지능형 위험 예측 기술개발 분야

(a) 연구개발 목표

○ 철도 안전관련 정보를 통합 수집하여 철도안전 빅데이터를 구축하고 철도 안전을 위한 데이터 모델링과 정보 분석 플랫폼을 기반으로 하는 지능형 철도 사고 위험 예측 기술 개발

- 철도안전 빅데이터 통합 플랫폼 구축
- 철도안전 빅데이터 분석 기술 개발
- 빅데이터 기반 철도 사고 예측 기술 개발
- 분석 및 예측 정확성 평가 도구 개발

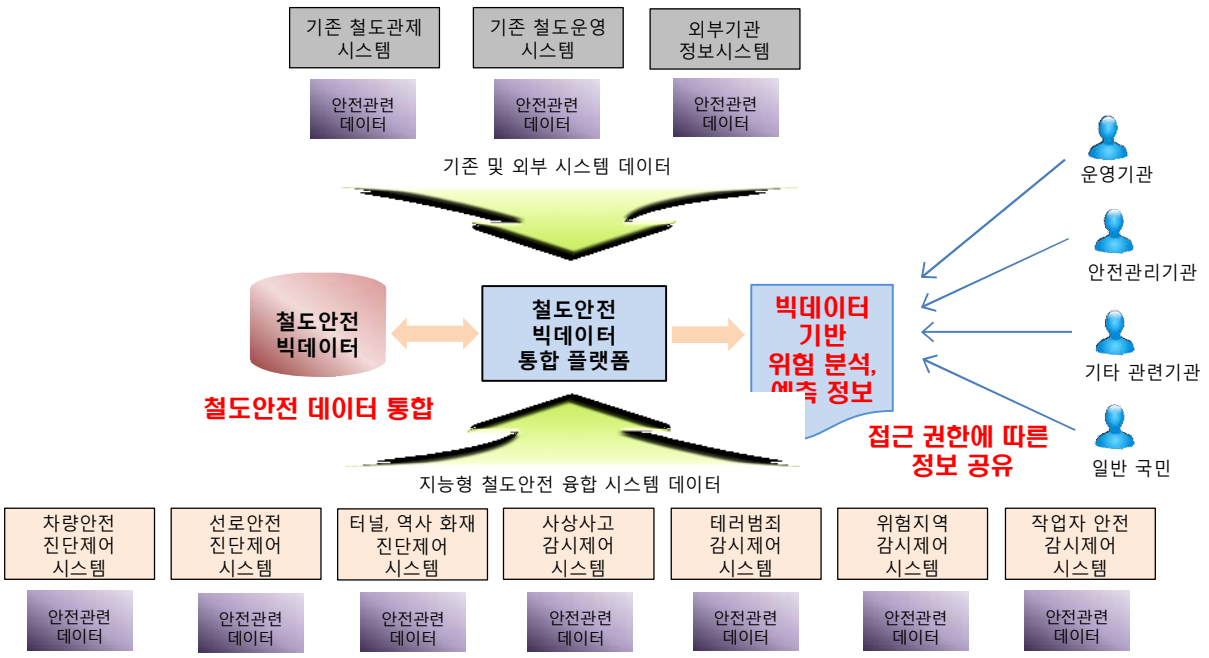


그림 118. 철도안전 빅데이터 통합 플랫폼 개념도

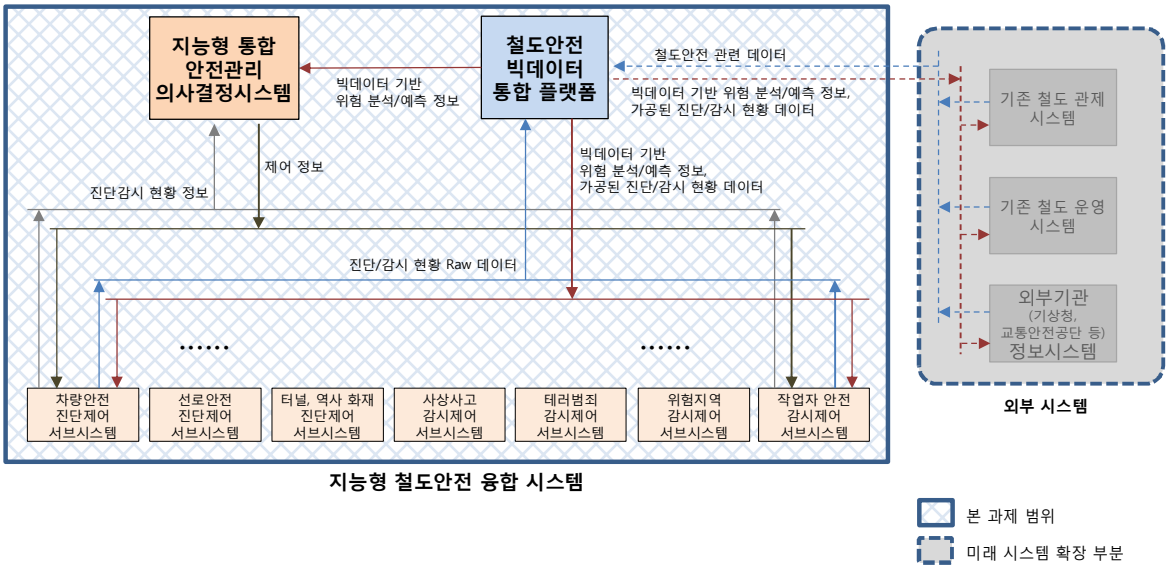


그림 119. 철도안전 빅데이터 통합 플랫폼과 다른 시스템과의 관계

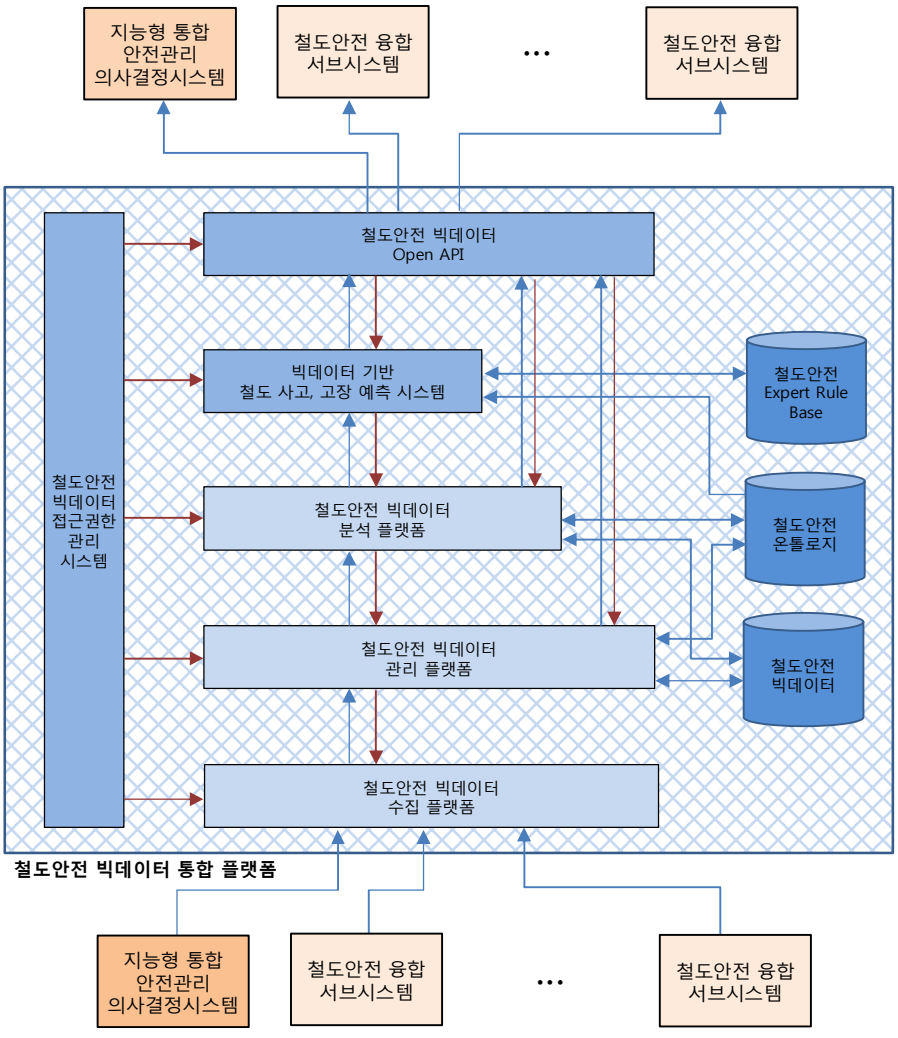


그림 120. 철도안전 빅데이터 통합 플랫폼 구조도

3. 논문동향분석

○ 분석 방법론

- 철도분야의 전반적인 각국별 논문 성과를 비교해보기 위해서 중분류에 대한 키워드 검색을 통해 해당 분야에서의 각국별 논문 성과 수를 비교함.

표 33. 철도분야별 논문 성과 비교 방법론

구분	논문 성과
분석범위	2000년 ~ 2011년 Science Citation Index Expanded, Social Sciences Citation Index, Arts&Humanities Citation Index 게재논문
분석방법	7개 중분류로 구분하여 논문타이틀 키워드 검색 실시
분석DB	Thomson Reuters의 Web of Science DB
분석방법	주요 논문게재 국가비교, 분야별 국내 주요 연구주체파악

○ 철도분야별 논문 성과 비교결과

- 한국은 전반적으로 8위권 이내의 논문 성과를 창출하고 있는 것으로 나타났으며 시스템 엔지니어링 분야에서 상대적으로 타 국가보다 많은 논문을 보유하고 있음.
- 그러나 철도운영 및 차량부문, 환경(소음)분야에서는 상대적으로 경쟁력이 낮은 것으로 조사되었으며 전기신호 및 안전방재/역사 분야에서의 논문 성과는 많지 않음.

표 34. 분야별 논문 성과 비교결과

(단위: 건)

구분	1위	2위	3위	4위	5위	6위	7위	8위	한국
시스템 엔지니어링	미국 (158)	영국 (83)	중국 (80)	한국 (67)	이태리 (65)	독일 (61)	일본 (60)	프랑스 (42)	4위 (67)
운영	미국 (287)	중국 (135)	영국 (127)	독일 (86)	이태리 (59)	일본 (59)	스페인 (59)	네덜란드 (58)	11위 (49)
차량	중국 (253)	미국 (252)	영국 (229)	일본 (199)	이태리 (147)	독일 (145)	스웨덴 (116)	한국 (109)	8위 (109)
궤도토목	미국 (155)	중국 (128)	영국 (115)	일본 (72)	호주 (65)	스웨덴 (63)	한국 (57)	이태리 (55)	7위 (57)
전기신호	미국 (25)	중국 (11)	한국 (10)	독일 (9)	이태리 (9)	일본 (8)	인도 (7)	스페인 (7)	3위 (10)
환경	미국 (99)	중국 (87)	영국 (78)	일본 (64)	프랑스 (39)	스웨덴 (38)	독일 (33)	네덜란드 (31)	10위 (22)
안전방재/역사	미국 (111)	영국 (47)	중국 (44)	일본 (24)	이태리 (20)	한국 (20)	호주 (17)	독일 (16)	6위 (20)

- 국내 논문보유 주체를 살펴보면, 철도기술연구원이 대부분의 성과를 차지하고 있는 가운데, 주요 대학들의 연구 성과가 창출되고 있는 것을 확인할 수 있음.

표 35. 세부기술별 논문 검색결과

(단위: 건)

세분류	1위	2위	3위
시스템엔지니어링	철도기술연구원(27)	서울대(8)	한양대(7)
운영	서울대(8)	한양대(6)	철도기술연구원(6)
차량	철도기술연구원(31)	한양대(12)	성균관대(9)
궤도토목	서울대(18)	철도기술연구원(5)	한양대(4)
전기신호	철도기술연구원(5)	한양대(2)	부경대(2)
환경	철도기술연구원(3)	서울대(3)	KAIST(2)
안전방재/역사	철도기술연구원(2)	한양대(2)	경희대(2)

○ 논문 성과 분석 시사점

- 특허성과에 비해 상대적으로 논문 성과는 양적, 질적으로 우수한 것으로 판단되어 산업적 권리확보보다는 학술적인 연구중심으로 그동안 연구개발이 이루어져 왔음을 확인할 수 있음.
- 그러나 주요국과의 기술격차는 여전히 존재하고 있어 향후 이러한 학문적 성과물도 적극적으로 활용할 경우, 선진국과의 기술격차를 줄여나가는데 도움이 될 것으로 판단됨.

○ 유지보수 분야 논문 성과 비교

- 철도부문에 적용 가능한 IT 관련 기술이 많아 철도유지보수 시스템 분야에서 많은 논문이 창출되고 있는 것으로 조사되었음.

표 36. 유지보수 분야 논문 성과 추세

(단위: 건)

분야	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	합계
철도유지 보수시스템	32	34	50	54	53	47	69	85	69	89	582

- 각국의 논문 성과수를 비교해보면, 미국이 가장 많은 논문을 보유하고 있음

표 37. 분야별 논문 성과 비교결과

(단위: 건)

분야	1위	2위	3위	4위	5위	6위	7위	8위	한국
철도유지 보수시스템	미국 (116)	영국 (80)	이태리 (60)	중국 (53)	독일 (37)	호주 (32)	일본 (30)	프랑스 (28)	10위 (22)

- 분야별 주요국의 논문 성과를 질적으로 비교해 보기 위해 논문 인용도 수준을 파악하였으며, 미국이 논문의 질적성과 면에서도 전반적으로 높은 수치를 나타내고 있는 가운데, 분야별로 일본, 프랑스 보유 논문수는 상대적으로 적지만 우수한 연구성과를 창출하고 있는 것으로 파악됨.
- 한국의 경우, 전반적으로 주요국가의 논문 질적 수준보다는 낮은 것으로 나타나고 있음.

표 38. 분야별 주요국의 평균 피인용도 비교

(단위: 건)

분야	미국	일본	독일	프랑스	한국
철도유지보수 시스템	6.93	5.07	5.54	3.89	1.45

○ 화재감시제어 분야 논문

- 통합화재감시시스템

구 분	내 용
대상국가	미국, 일본, 유럽, 중국, 한국
분석DB	Thomson Innovation, Science Direct
검색기간	최근 6년간
검색범위	제목, 초록 및 키워드
키워드	(train or railroad) AND fire AND Fire monitoring or Fire Detection & control
검색건수	52

· 통합 화재 감시에 과한 연구는 미국과 유럽연합, 캐나다에서 많은 연구를 하고 있으며 그 밖에도 일본, 중국 유럽 등지에서도 많은 논문이 제출되고 있음.

· 논문 주제로는 통합화재 감시시설 중 설비의 성능에 관한 내용이 가장 많았고, 그 다음으로 화재 감지기의 성능이나 무선통신 기타 순임.

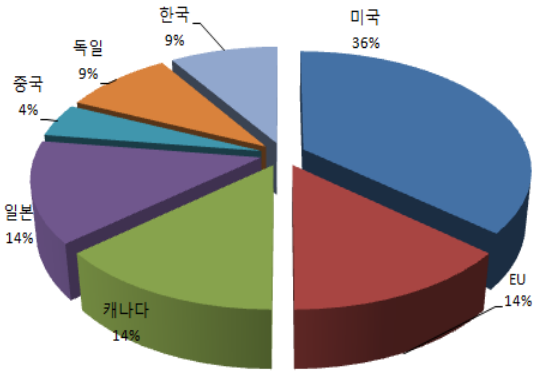


그림 121. 화재감시시스템 관련 연구 국가

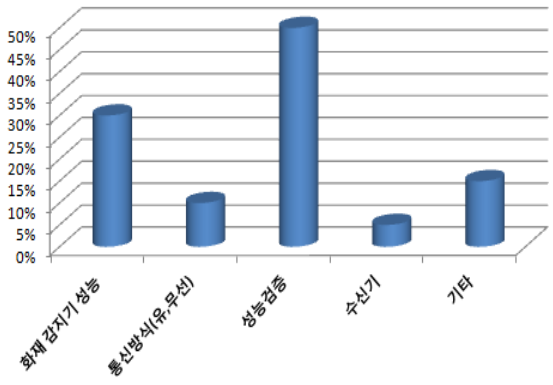


그림 122. 화재감시시스템 분야 연구 주제

· 하지만 아직까지 철도나 터널에 관한 통합화재 감시시스템의 관란 논문은 많지 않음.

· 시스템에 연계된 각종 하드웨어의 통신 프로토콜 및 인터페이스의 표준화와 화재감

지 신호와 접목된 하위 구성품의 제어 전략에 관한 연구가 부각되고 있음.

- 영상화재감시 시스템

구 분	내 용
대상국가	미국, 일본, 유럽, 중국, 한국
분석DB	Thomson Innovation, Science Direct, KISTI, 국회도서관, 한국교육학술정보원, 누리미디어
검색기간	최근 6년간
검색범위	제목, 초록 및 키워드
키워드	(train or railroad) AND fire AND detector AND (image or video)
검색건수	69

· 논문 분석결과, 영상화재 감시 시스템에 관련하여 영국, 중국, 미국, 일본 등에서 활발한 연구를 하고 있었으며 그 외 중국, 미국 등지에서도 활발한 연구를 하고 있음.

· 지능형 영상화재 감시 기술에 대한 기존 논문은 퍼지 칼라 모델, 동적 베이지안 네트워크, 화재 패턴 인식 학습 알고리즘 등 그 다양성과 분야에서 여러 가지 연구개발 시도를 하고 있으나 지능형 시스템의 성능검증과 상용화 부분에 대해서 제출된 논문은 부족함.

- 터널 소화시스템

구 분	내 용
대상국가	미국, 일본, 유럽, 중국, 한국
분석DB	Thomson Innovation, Science Direct, KISTI, 국회도서관, 한국교육학술정보원, 누리미디어
검색기간	최근 6년간
검색범위	제목, 초록 및 키워드
키워드	(train or railroad) AND fire AND Tunnel
검색건수	105

· 논문 분석결과 터널용 소화 시스템에 관련하여 영국이 가장 활발한 연구를 진행하고 있으며, 그 외에 미국, 중국, 한국 등지에서도 활발한 연구를 하고 있음.

· 화재 규모 분석에 관련된 논문이 가장 많았으며 소화설비 제안, 성능검증 및 실험해석에 관한 논문 등이 있음.

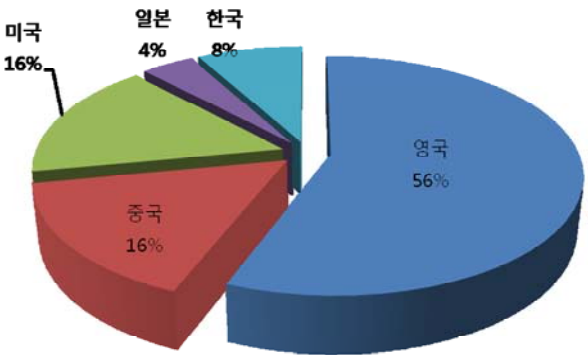


그림 123. 소화시스템 관련 주요 연구 국가

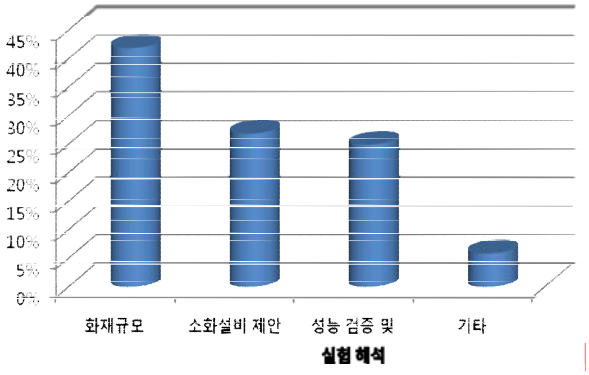


그림 124. 소화시스템 분야 연구 주제

· 기존 연구보다 위험성이 증가된 초장대터널이나 대심도 터널에 대한 소화대책에 대한 필요성이 지적되고 있으며, 스마트 방재시스템의 도입과 이를 활용한 비상대응(SOP) 전략에 대한 해석적, 실험적 검증이 요구됨.

- 지하역사 피난/구난 연구

구 분	내 용
대상국가	미국, 일본, 유럽, 중국, 한국
분석DB	Thomson Innovation, Science Direct
검색기간	최근 6년간
검색범위	제목, 초록 및 키워드
키워드	(train or rail or railroad) AND fire AND rescue or evacuation or evacuation analysis or rescue analysis or equipment
검색건수	58

- 전통적으로 Exodus 피난프로그램을 개발하고 있는 영국 그리니치 대학, 캐나다 NRC의 논문이 많았으나 최근에는 중국에서 매우 활발한 연구를 하고 있었으며 그 외에도 스페인, 스웨덴 등 유럽 여러 국의 활발한 연구가 나타남.
- 유효논문(관련논문) 58건 중 역사 내 화재에 있어서 피난 해석과 방향을 분석한 논문이 많았고 그 외에 고속철도 화재 시 피난 및 구난 해석, 터널화재 분석 등에 관한 논문 등이 있었음.
- 연구 주제별로는 피난/구난 실험 및 소요시간 예측에 관한 연구, 시나리오 및 전략에 관한 연구, 피난 지원설비 개발 연구, 피난 구난 훈련 연구, 기타 순으로 나타남.
- 최근에는 실내 위치인식 기술 및 RF 센싱 기술에 기반한 스마트 피난 안내시스템 관련 연구가 진행되고 있음.

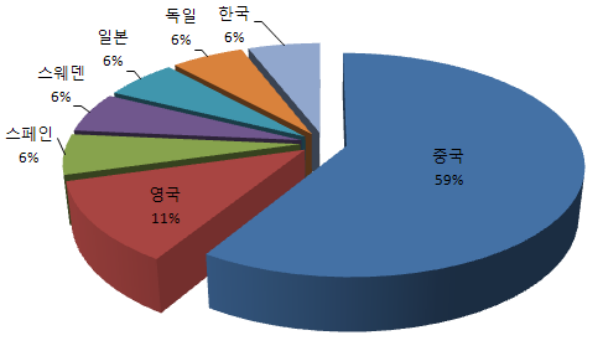


그림 125. 피난/구난 연구 주요 국가

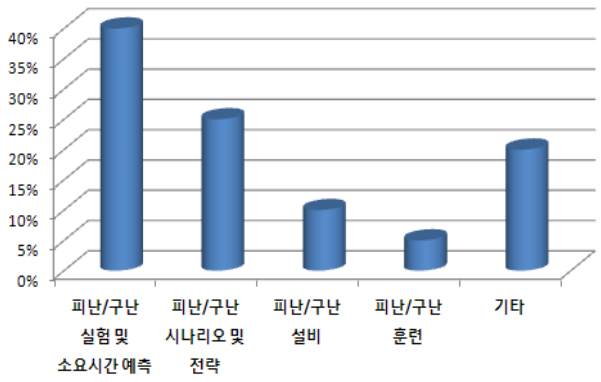


그림 126. 피난/구난 분야 연구 주제

4절 기술수준 분석

1. 특허 분석

가. 특허 분석

표 39. 특허분석 기준

구 분	분석 기준				
특허검색 DB	Thomson Innovation				
검색국가	미국	유럽	일본	한국	중국
	출원, 등록	출원, 등록	출원, 등록	출원, 등록	출원
분석구간	1990.01.01.~2013.07.08				
검색범위	Title, Abstract, Claim				

나. 기술분류 및 검색 조합식

표 40. 기술별 검색 조합식 및 대상특허건수

기술구분	검색 조합식	대상특허
A기술		
AA/AB/AC	CTB=(railway or railroad or locomotive or train*1 or (tram adj way) ADJ (rolling adj stock) OR (rail near2 (vehicle or car)) or subway or metro*) and TAB=(risk or disabl* or fail* or accident or breakdown or damage or danger* or hazard* or peril* or mishap or safety or security) AND CTB=((INTEGRAt* or consolid* or packag* or unif*) near4 (MANAGEMENT or operation or monitor* or observ* or surveillance or contol* or evaluation or assement or estimation or apprais* or predict* or forecast* or foresee));	313건
B기술		
BA/BB/BC/BD	CTB=(railway or railroad or locomotive or train*1 or (tram adj way) ADJ (rolling adj stock) OR (rail near2 (vehicle or car)) or subway or metro*) and TAB=(risk or disabl* or fail* or accident or breakdown or damage or danger* or hazard* or peril* or mishap or safety or security) AND CTB=((derail* or deviat* or collision or crash or collid* or impact) near5 (MANAGEMENT or operation or monitor* or observ* or surveillance or contol* or evaluation or assement or estimation or apprais* or predict* or forecast* or foresee));	288건
C기술		
CA/CB/CC/CD	CTB=(railway or railroad or locomotive or train*1 or (tram adj way) ADJ (rolling adj stock) OR (rail near2 (vehicle or car)) or subway or metro*) and TAB=(risk or disabl* or fail* or accident or breakdown or damage or danger* or hazard* or peril* or mishap or safety or security) AND CTB=((fire or blaze or conflagration or smoke or extinguish* or evacuat*) near5 (MANAGEMENT or operation or monitor* or observ* or surveillance or contol* or evaluation or assement or estimation or apprais* or predict* or forecast* or foresee));	139건
D기술		
DA/DB/	CTB=(railway or railroad or locomotive or train*1 or (tram adj way) ADJ (rolling adj stock) OR (rail near2 (vehicle or car)) or subway or metro*) and TAB=(risk	481건

기술구분		검색 조합식	대상특허
	DC/DD	or disabl* or fail* or accident or breakdown or damage or danger* or hazard* or peril* or mishap or safety or security) AND CTB=((fatality or death or injury or wound or damage or motality or decease or demise or crossing or (cross adj walk) or platform or escalator or worker or laborer or terror or crime or delict or delinquency or offence or vice) near3 (MANAGEMENT or operation or monitor* or observ* or surveillance or contol* or evaluation or assement or estimation or apprais* or predict* or forecast* or foresee))	

다. 특허기술 동향

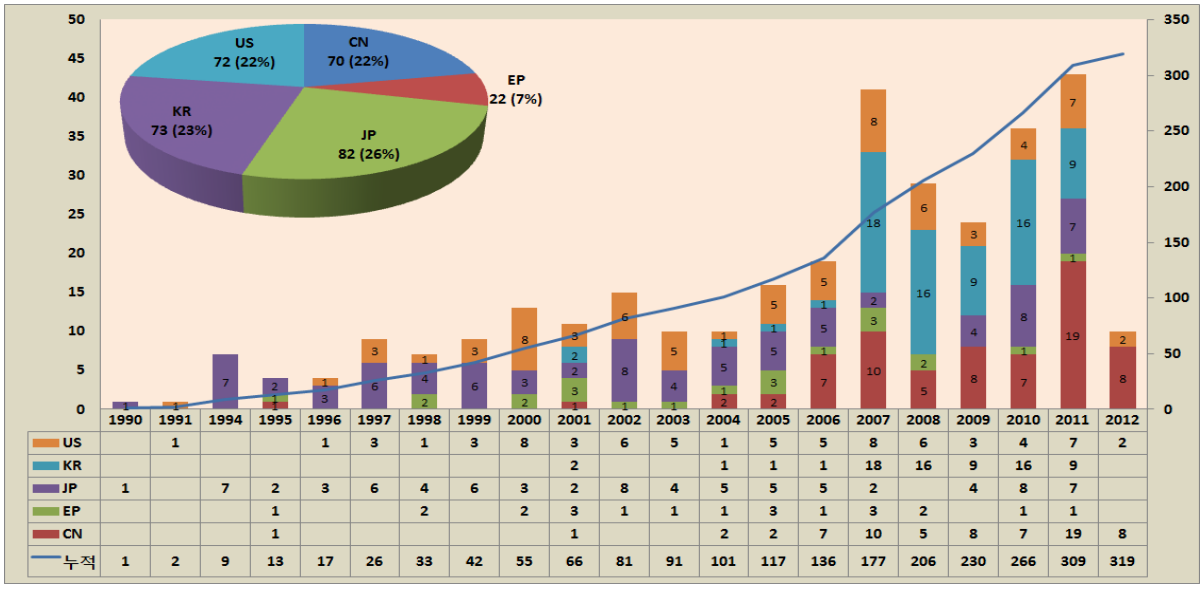
(1) 출원년도 및 국가별 특허출원 동향

○ 지능형 철도안전 융합시스템 기술 분야의 전체적인 특허동향을 살펴보면, 1990년부터 현재까지 총 319건의 특허가 출원되고 있으며, 2007년 이후 급격하게 증가하는 추세를 보이고 있음.

○ 국가별로는 일본이 26%로 최다이며, 한국, 미국, 중국, 유럽의 순으로 출원되고 있음.

○ 국가별 특허출원 추세를 보면, 유럽을 제외하고 한국, 미국, 중국은 거의 유사한 특허출원건수를 나타내고 있으며, 특히 중국의 경우 80% 이상의 특허가 2007년 이후 출원되어 최근 관련 분야에 대한 관심이 증가하고 있음을 알 수 있음.

○ 한국의 경우에도 중국과 마찬가지로 90% 이상의 특허가 2007년 이후 출원되고 있는 등 최근 들어 기술성장세가 급격하게 나타나고 있는 것을 알 수 있음.



	1990	1991	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
US		1			1	3	1	3	8	3	6	5	1	5	5	8	6	3	4	7	2
KR										2			1	1	1	18	16	9	16	9	
JP	1		7	2	3	6	4	6	3	2	8	4	5	5	5	2		4	8	7	
EP				1			2		2	3	1	1	1	3	1	3	2		1	1	
CN				1						1			2	2	7	10	5	8	7	19	8
누적	1	2	9	13	17	26	33	42	55	66	81	91	101	117	136	177	206	230	266	309	319

그림 127. 출원년도 및 국가별 출원추이

(2) 세부기술별 특허출원 동향

○ 실시간 철도 화재 위험관리 기술(C기술) 및 실시간 철도 사상사고 위험관리 기술 개발(D기술) 분야에 특허 출원이 높으며, 최근에도 여전히 많은 특허가 출원되고 있는 상황임.

○ 실시간 철도 통합 위험관리 기술(A기술) 및 실시간 철도 탈선/충돌 위험관리 기술(B기술) 분야는 상대적으로 특허 건수는 적은 편이지만, 2007년 이후 특허가 증가하고 있어 최근 관심이 증가하고 있는 것으로 판단할 수 있음.

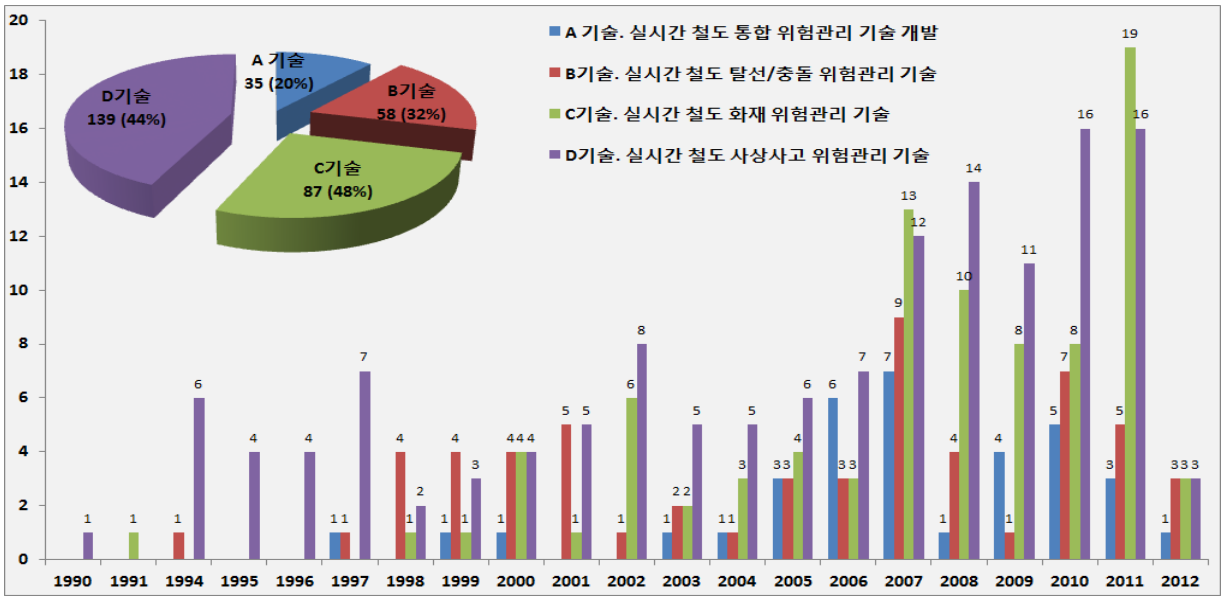


그림 128. 세부기술별 특허출원동향

(3) 주요 출원인 분석

○ 특허를 많이 출원한 상위 10개의 출원인을 분석해 보면, 韓 KRRI가 가장 많은 특허를 보유하고 있으며, 日 MITSUBISHI, KOITO KOGYO KK, RTRI, HITACHI 등 일본 철도부품업체 및 연구기관 등이 많은 특허를 출원하고 있음.

○ 특허 출원동향을 보면, 한국 및 일본의 기관들은 대부분 자국을 중심으로 특허를 출원하고 있으며, 특히 韓 KRRI의 경우 19건의 특허로 건수는 많지만 1건을 제외하고는 모두 자국 특허로 향후 기술 개발 시 해외 출원을 강화해야 할 것으로 판단됨.

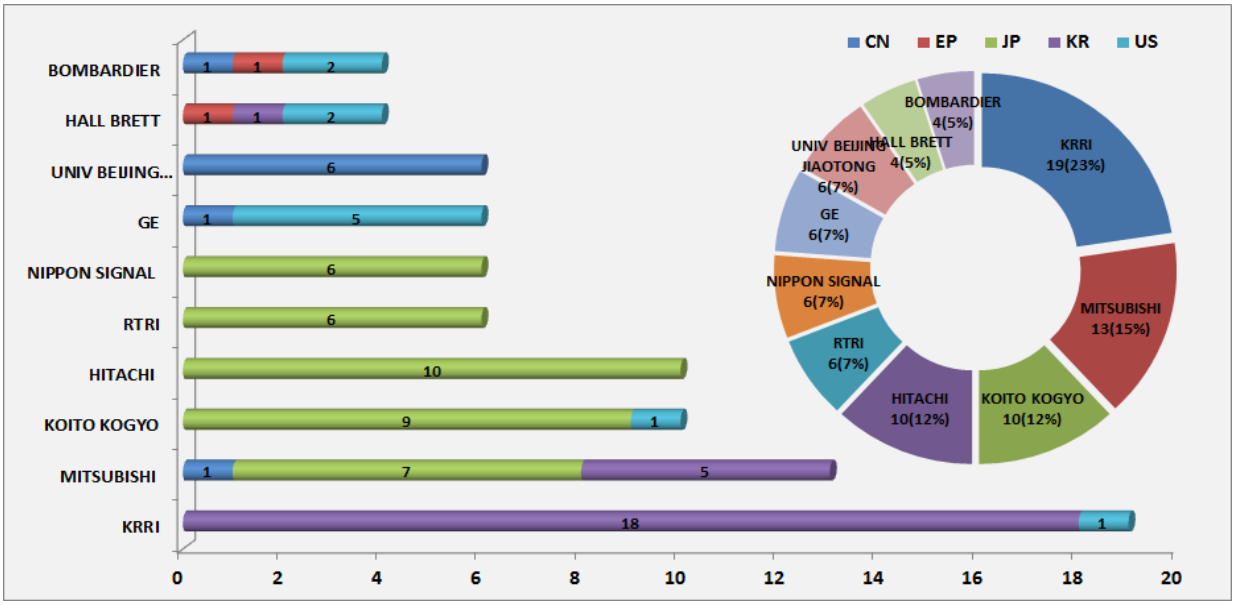


그림 129. 주요 출원인 동향

○ 주요 출원인의 연도별 특허출원을 보면, 최다 출원인인 KRRI는 2007년부터 특허를 집중적으로 출원하고 있으며, 최근에는 MITSUBISHI, UNIV BEIJING JIAOTONG, NIPPON SIGNAL CO LTD 등이 출원을 많이 하고 있는 것을 알 수 있음.

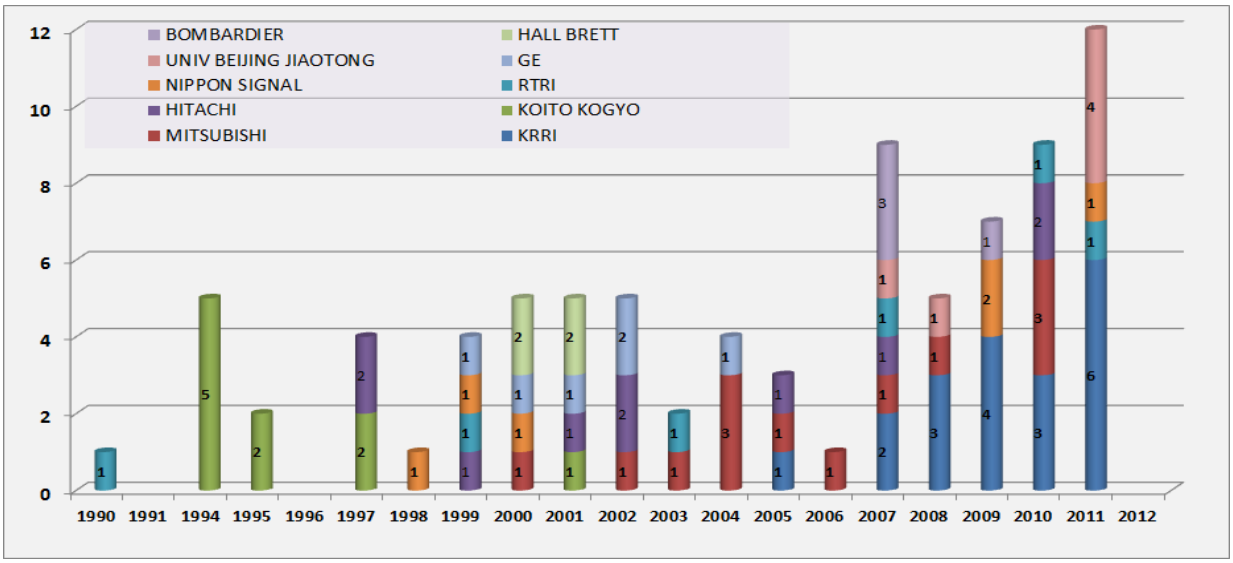


그림 130. 연도별 주요 출원인 동향

(4) 국가별 기술 분포

○ 출원국가별 세부기술의 특허분포를 살펴보면, 미국과 일본은 실시간 철도 사상사고 위험관리 기술 개발(D기술)에 가장 많은 특허를 보유하고 있으며, 실시간 철도 통합 위험관리 기술 개발(A기술) 분야는 상대적으로 낮게 나타나고 있음.

○ 이에 반해, 중국은 실시간 철도 화재 위험관리 기술(C기술)이 다른 기술 분야에 비해 가장 높으며, 실시간 철도 통합 위험관리 기술 개발(A기술)은 다른 나라에 비해 상대

적으로 높은 특허를 출원하고 있는 것으로 나타나고 있음.

○ 한국의 경우 미국과 일본처럼 실시간 철도 사상사고 위험관리 기술(D기술)에 가장 많은 특허를 보유하고 있는 것으로 나타나고 있으며, 실시간 철도 화재 위험관리 기술(C기술)의 경우에는 다른 나라와 비교해 가장 높은 수준의 특허를 보유하고 있는 것으로 나타남. 하지만, 실시간 철도 통합 위험관리 기술 개발(A기술)의 경우 특허가 낮게 나타나고 있어 향후 관련 분야 기술 확보가 시급한 상황으로 판단됨.

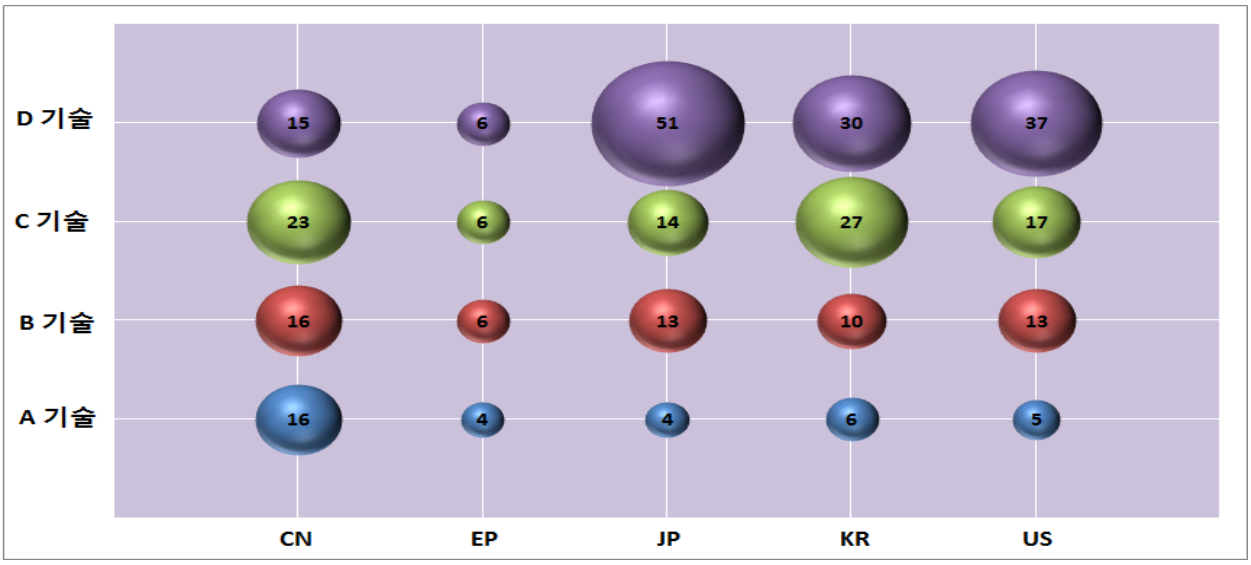


그림 131. 기술별/국가별 기술분포(버블형)

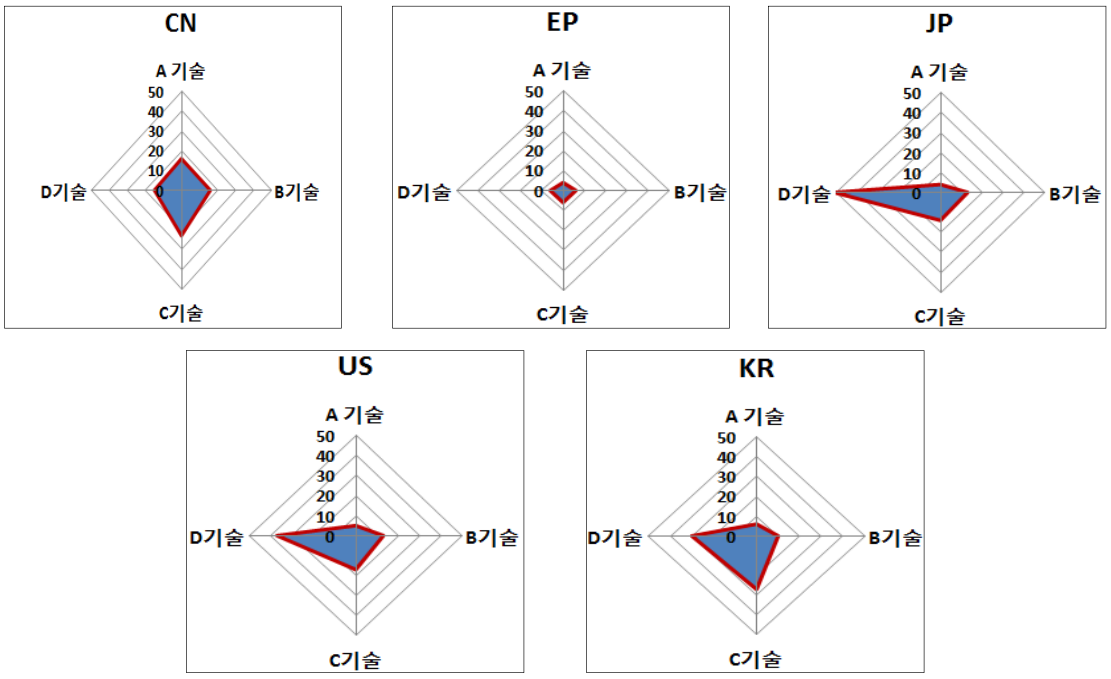


그림 132. 국가별 기술분포(방사형)

(5) 국가별 특허분포 지수분석

(가) 시장확보지수 (PFS : Patent Family Size)

○ (지표 설명) 특정 국가에서 상업적인 이익 또는 기술경쟁 관계에 있을 때 해외에 특허를 출원하므로, Family Patent 數가 많을 때 특허를 통한 시장성이 크다고 판단되어 이를 시장확보력의 지표로 사용함.

○ (계산식) 국가별 시장확보지수(PFS) = (Σ 해당국가 특허別 패밀리) / 해당국가 특허건수

○ (분석결과)

- 유럽의 시장확보지수(PFS)가 7.55로 가장 높게 나타남.
- 유럽 다음으로는 미국의 시장확보력이 높게 나타남.
- 일본, 한국, 중국의 경우 특허 건수에 비해 시장 확보력이 낮게 나타남.

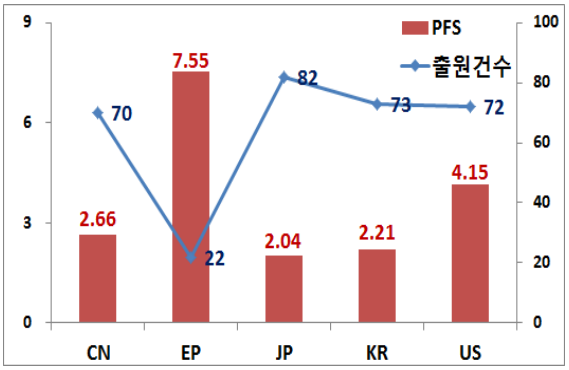


그림 133. 국가별 출원건수 및 시장확보지수

(나) 인용도지수 (CPP : Cites Per Patent)

○ (지표 설명) 특정 국가의 특허들이 이후 등록되는 특허들에 의해 인용되는 회수가 많을수록 기술경쟁력이 높으므로, 인용도지수(CPP)가 클수록 원천특허/핵심특허를 많이 보유한 정도를 나타내는 지표로 사용함.

○ (계산식) 국가별 인용도 지수(CPP) = (Σ 해당국가 특허別 피인용수) / 해당국가 특허건수

○ (분석결과)

- 미국의 인용도지수(CPP)가 13.56로 가장 높아, 원천/핵심특허를 많이 보유한 것으로 판단할 수 있음.
- 반면, 일본, 한국, 중국은 특허건수에 비해 인용도지수(CPP)가 많이 낮아, 원천/핵심특허 비중이 상대적으로 낮은 것으로 판단할 수 있음.

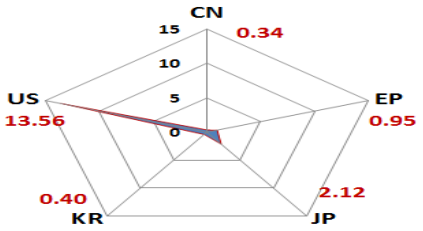


그림 134. 국가별 인용도지수

(다) 영향력지수(PII : Patent Impact Index) 및 기술력지수(TS : Technology Strength)

○ (지표 설명) 영향력지수는 특정 국가가 소유한 기술의 질적수준을 측정하는 지수이며, 기술력지수는 특정 국가의 기술보유 양적수준(특허건수)과 영향력지수(질적수준)을 함께 나타냄.

○ (계산식)

- 국가별 영향력 지수(PII) = 해당국가 특허 인용도지수 / 전체(모든국가) 특허 인용도 지수
- 국가별 기술력 지수(TS) = 해당국가 특허건수 × 해당국가 영향력 지수

○ (분석결과)

- 미국의 영향력지수(PII)가 3.53로 가장 높아 질적 수준에서 가장 우수한 것으로 보여짐.
- 또한, 양적 수준(특허건수)을 고려한 기술력 지수(TS)에서도 미국이 254.37으로 가장 높음.
- 우리나라는 두 지수 모두 하위 수준으로, 향후 지속적인 기술역량 강화가 필요함.

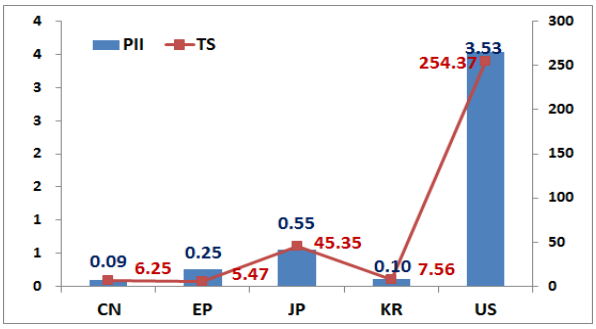


그림 135. 국가별 영향력지수 및 기술력지수

(6) 기술분야 특허 분포도

(가) Text mining을 통한 특허 분포

○ 지능형 철도안전 융합시스템 기술 관련 검색결과 결과 1,119건 중 검색 특허 중 최종 319건의 유효 특허기술이 분포함.

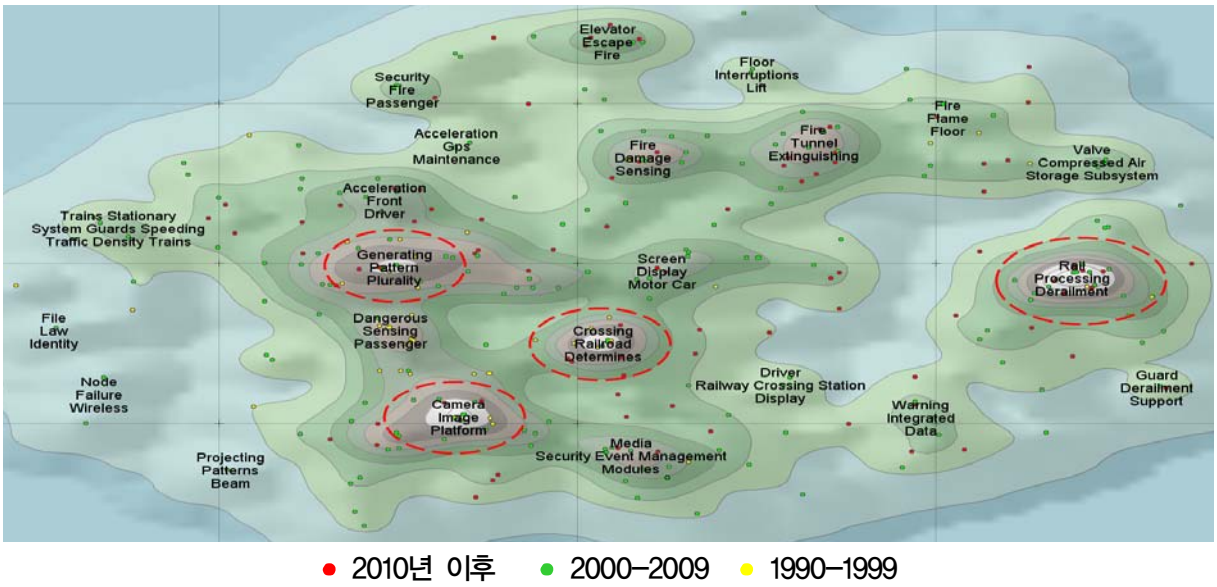


그림 136. 특허 등고선 맵

○ 등고선 꼭지점이 높은 Rail/Processinge/Derailment, Crossing/Railroad/Determines 등 4개 기술에 특허가 많이 분포하고 있어 관련 분야가 기술 집중도가 높은 기술임을 알 수

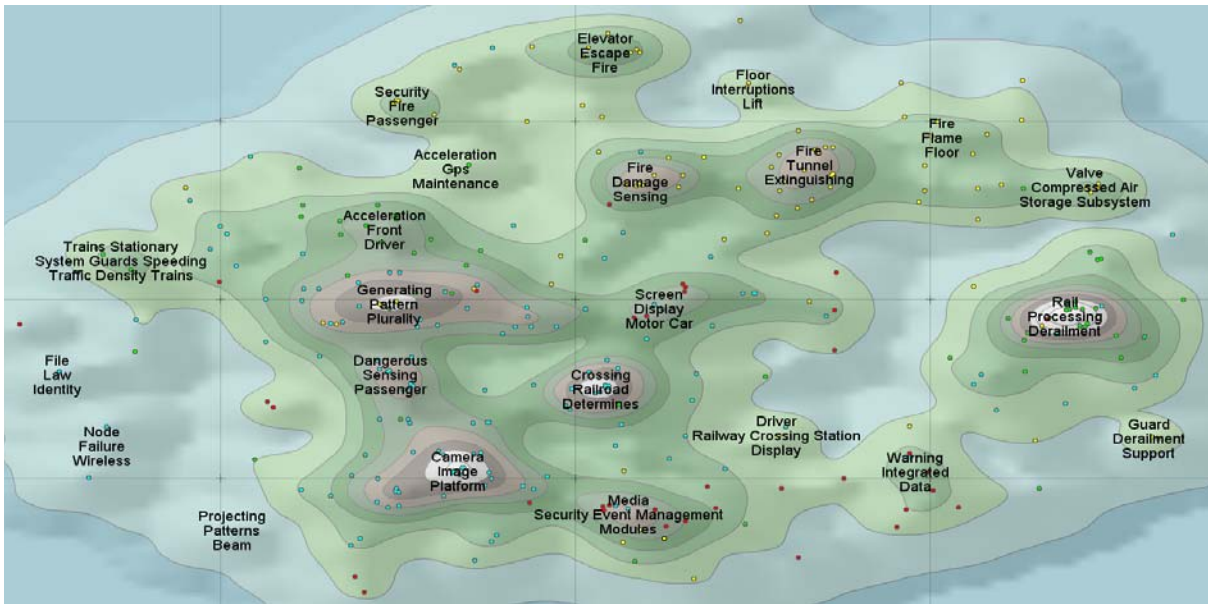
있음.

○ 특히 최근 특허기술 분석결과 RAILWAY SYSTEM USING ACOUSTIC MONITORING, Railway dynamic detection system, EQUIPMENT FOR CONTROLLING A TRAIN FIRE IN A LONG RAILWAY TUNNEL AND METHOD FOR IMPLEMENTING 등이 많이 나타나고 있어 관련기술이 최근 동향임을 알 수 있음.

(나) 핵심기술(중분류 기준)을 통한 특허 분포

○ 기술집중도가 높은 부분에 실시간 철도 탈선/충돌 위험관리 기술(B기술) 및 실시간 철도 사상사고 위험관리 기술 개발(D기술) 특허가 많이 나타나고 있어 관련 분야의 경쟁이 치열함을 알 수 있으며, MITSUBISHI, KOITO KOGYO KK, HITACHI LTD, GE, UNIV BEIJING JIAOTONG 등이 관련 특허를 많이 보유하고 있어 해당 분야 기술을 주도하고 있음.

○ 한국의 경우 KRRI에서 많은 특허를 출원하고 있지만, 대부분 실시간 철도 화재 위험관리 기술(C기술)과 실시간 철도 사상사고 위험관리 기술 개발(D기술)에 집중(총 19건 중 18건(95%))되어 있어 향후 A기술 및 B기술의 개발이 시급한 것으로 판단됨.



■ A. 실시간 철도 통합 위험관리 기술 개발 ■ B. 실시간 철도 탈선/충돌 위험관리 기술
■ C. 실시간 철도 화재 위험관리 기술 ■ D. 실시간 철도 사상사고 위험관리 기술

그림 137. 세부기술별 특허 등고선 맵

(7) 주요 핵심특허 현황

○ 차량 운전 제어방식과 관련된 JOAO RAYMOND ANTHONY社의 미국 등록특허 US6542076B1건(2000년 출원)의 피인용 건수가 171건으로 가장 많으며, HALL BRETT의

충돌방지와 관련된 미국 특허가 피인용 건수 105건으로 두 번째로 피인용이 높음.

○ 기타 철도 운영 모니터링 시스템, 충돌 방지시스템 등과 관련된 특허들이 피인용 건수가 많아 이러한 특허들을 중심으로 주요 특허를 선정하여 핵심특허 권리 분석을 할 수 있음.

표 41. 주요 핵심특허 현황

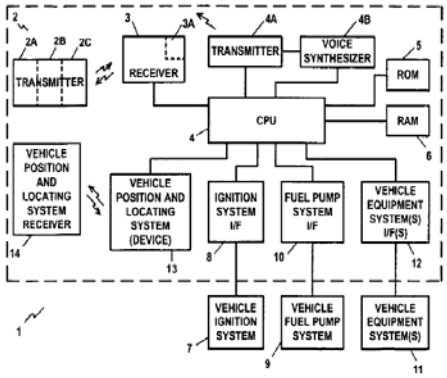
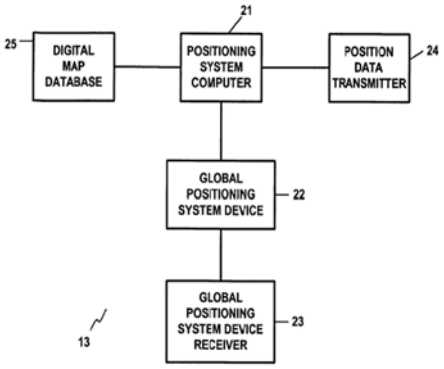
공개번호	발명의 명칭	출원인 정리	피인용수 (Forward)
US6542076B1	Control, monitoring and/or security apparatus and method	JOAO RAYMOND ANTHONY	171
US6223125B1	Collision avoidance system	HALL BRETT	105
US6125311A	Railway operation monitoring and diagnosing systems	MARYLAND TECHNOLOGY CORP	85
US6804607B1	Collision avoidance system and method utilizing variable surveillance envelope	WOOD DEREK	45
US20050156734A1	Integrated detection and monitoring system	MARTINEZTR	41
US6496110B2	Rapid fire emergency response for minimizing human casualties within a facility	SCIENCE APPLIC INT CORP	40
US6405705B1	Method and apparatus for reducing locomotive diesel engine smoke using skip firing	GEN ELECTRIC	34
US6371417B1	Railway wheel counter and block control systems	FOSTER CO L B	27
US6246950B1	Model based assessment of locomotive engines	GEN ELECTRIC	27
US6823835B2	Method and apparatus for reducing locomotive diesel engine smoke using skip firing	GEN ELECTRIC	26

(8) 주요 핵심특허 심층 분석 (사례)

(가) 주요 핵심특허 심층분석 (권리성 분석)

○ 피인용수가 가장 많은 JOAO RAYMOND ANTHONY의 미국 등록특허 US6542076B1건은 차량 운전 제어방식과 관련된 특허로, 미국 내 유사 패밀리특허가 21건이 있으며 관련 소송도 12건이 있을 정도로 중요성이 높은 것으로 판단됨. 이에 따라, 향후 관련 기술 개발 時 본 특허의 분석을 통해 참고가 필요할 것으로 판단됨.

표 42. 주요 핵심특허 현황

1	기술 분류	C. 실시간 철도 화재 위험관리 기술	특허번호 (출원번호)	US2000551365A	특허번호 (공개번호)	US6542076B1
출원인		JOAO RAYMOND ANTHONY	출원일	2000.04.17	공개일	2003.04.01
발명의 명칭		Control, monitoring and/or security apparatus and method				
대표도면							
주요 내용		차량 내부 부품 및 장비의 운전 정보를 수집하고 그 부품 및 장비에 제어신호를 제공하는 차량 운전 제어 방식에 관한 내용임.				
주 요 청구항		1. A control method, comprising: at least one of monitoring and detecting an event regarding at least one of a vehicle system, a vehicle equipment system, a vehicle component, a vehicle device, a vehicle equipment, and a vehicle appliance, of a vehicle at the vehicle; and at least one of generating a first signal with a first control device and transmitting a first signal from a first control device to a second control device, wherein the first signal contains information regarding the event, and wherein the second control device is located at a location which is remote from the vehicle, wherein the second control device automatically receives the first signal from the first control device, and further wherein the second control device at least one of generates a second signal and transmits a second signal to a communication device associated with an individual, wherein the communication device is located remote from the second control device, wherein the communication device automatically receives the second signal from the second control device, and further wherein the communication device generates a third signal, wherein the third signal provides information regarding the event.				
법적상태 (회피전략)		- 본 특허는 2000년 4월 17일 특허출원 이후 2012년 2월 20일 SMARTVUE CORPORATION社에 특허권이 양도되어 현재까지 유지되고 있음. - 향후, 관련 분야 연구를 진행함에 있어 해당기술의 면밀한 검토를 통한 참고가 필요하며, 해당 기술을 침해하지 않도록 특허를 회피하여 기술 개발하는 것이 바람직할 것으로 판단됨.				

(나) 주요 핵심특허 심층 분석 (우수성 분석)

○ 특허청 발명진흥회의 특허분석 평가시스템(SMART3)를 활용하여 피인용도가 가장 높은 US6542076B1(차량 운전 제어방식 관련 특허)을 분석한 결과, 종합평가점수가 92.1점으로 AAA로 최상위의 특허로 평가됨.

평가결과 세부내용

- 전체 미국 등록특허 中 최상위(0%)에 위치하는 우수 특허로 다양한 기술적 관점을 권리화 하였으며, 패밀리 특허도 21건(미국 內 21건)으로 시장 확보력도 높게 평가되었음.
- 또한, 청구항 수가 218개로 많아 다양한 기술적 관점을 권리화 하였으며, 명세서가 풍부하게 작성되어 있고, 독립항수가 29개로 구성되어 있어, 평균 독립항수 보다 많아 권리범위가 넓고 다방면으로 작성되었음.
- 세부적으로는, 권리성 35.9점, 기술성 17.9점, 활용성 38.3점으로 전기/전자/IT분야 평균인 권리성 24.9점, 기술성 15.2점, 활용성 28.4점보다 모두 높게 평가되었음.

평가지표	점수	등급	대분류(전기/전자/IT)			중분류(기구1)			소분류(기구제어)		
			백분위(%)	평균	표준편차	백분위(%)	평균	표준편차	백분위(%)	평균	표준편차
권리성 (40점)	35.9	AAA	0.0	24.9	2.6	0.0	24.6	2.7	0.0	24.6	2.7
기술성 (20점)	17.9	AAA	0.2	15.2	1.0	0.2	15.1	0.9	0.2	15.1	0.9
활용성 (40점)	38.3	AAA	0.1	28.4	1.7	0.1	28.5	1.8	0.1	28.5	1.8
총점 (100점)	92.1	AAA	0.0	68.5	4.0	0.0	68.2	4.2	0.0	68.2	4.2

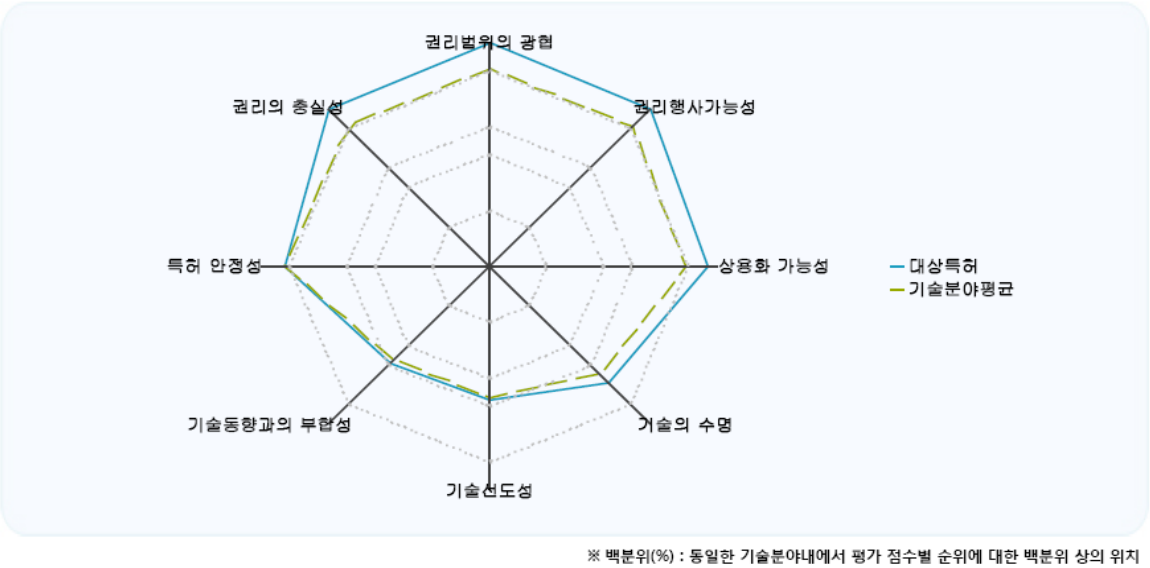


그림 138. 핵심특허(US6542076B1) 평가결과

2. 논문 분석

가. 논문 분석

표 43. 논문 분석 기준

구 분	분석 기준
논문검색 DB	Web of Science, Thomson Innovation
분석구간	1990.01.01.~2013.07.08
검색범위	Title, Abstract

나. 기술분류 및 검색 조합식

표 44. 기술별 검색 조합식 및 대상특허건수

기술구분	검색 조합식	대상논문
A기술		
AA/AB/AC	ALL=(railway or railroad or locomotive or train*1 or (tram adj way) ADJ (rolling adj stock) OR (rail near2 (vehicle or car)) or subway or metro*) and ALL=(risk or disabl* or fail* or accident or breakdown or damage or danger* or hazard* or peril* or mishap or safety or security) AND ALL=((INTEGRAt* or consolid* or packag* or unif*) near4 (MANAGEMENT or operation or monitor* or observ* or surveillance or contol* or evaluation or assement or estimation or apprais* or predict* or forecast* or foresee));	380건
B기술		
BA/BB/BC/BD	ALL=(railway or railroad or locomotive or train*1 or (tram adj way) ADJ (rolling adj stock) OR (rail near2 (vehicle or car)) or subway or metro*) and ALL=(risk or disabl* or fail* or accident or breakdown or damage or danger* or hazard* or peril* or mishap or safety or security) AND ALL=((derail* or deviat* or collision or crash or collid* or impact) near5 (MANAGEMENT or operation or monitor* or observ* or surveillance or contol* or evaluation or assement or estimation or apprais* or predict* or forecast* or foresee));	482건
C기술		
CA/CB/CC/CD	ALL=(railway or railroad or locomotive or train*1 or (tram adj way) ADJ (rolling adj stock) OR (rail near2 (vehicle or car)) or subway or metro*) and ALL=(risk or disabl* or fail* or accident or breakdown or damage or danger* or hazard* or peril* or mishap or safety or security) AND ALL=((fire or blaze or conflagration or smoke or extinguish* or evacuat*) near5 (MANAGEMENT or operation or monitor* or observ* or surveillance or contol* or evaluation or assement or estimation or apprais* or predict* or forecast* or foresee));	103건
D기술		
DA/DB/DC/DD	ALL=(railway or railroad or locomotive or train*1 or (tram adj way) (rolling adj stock) OR (rail near2 (vehicle or car)) or subway or metro*) and ALL=(risk or disabl* or fail* or accident or breakdown or damage or danger* or hazard* or peril* or mishap or safety or security) AND TI=((fatality or death or injury or wound or damage or motality or decease or demise or crossing or (cross adj walk) or platform or escalator or worker or laborer or terror or crime or delict or	238건

기술구분		검색 조합식	대상논문
		delinquency or offence or vice) and (MANAGEMENT or operation or monitor* or observ* or surveillance or contol* or evaluation or assement or estimation or apprais* or predict* or forecast* or foresee))	

다. 논문기술 동향

(1) 연도별 논문 발표 추이 및 주요등재저널 동향

○ 지능형 철도 안전 융합시스템 기술 분야 논문 추이를 살펴보면, 1990년부터 현재까지 총 135건의 논문이 발표되었으며 특허와 마찬가지로 2007년 이후 증가하는 추세를 보이고 있음

○ 기술분야별로 보면, 특허와 마찬가지로 실시간 철도 화재 위험관리 기술(C기술) 분야 논문이 가장 많이 발표되고 있으며, 실시간 철도 사상사고 위험관리 기술(D기술)의 경우 C기술에 비해 건수는 적지만 최근 들어 증가하는 추세를 보이고 있음.

○ 저널별 논문 발표현황을 보면 ELSEVIER SCI LTD, SPRINGER 등 유럽과 미국의 저널에서 많은 논문이 발표되고 있음.

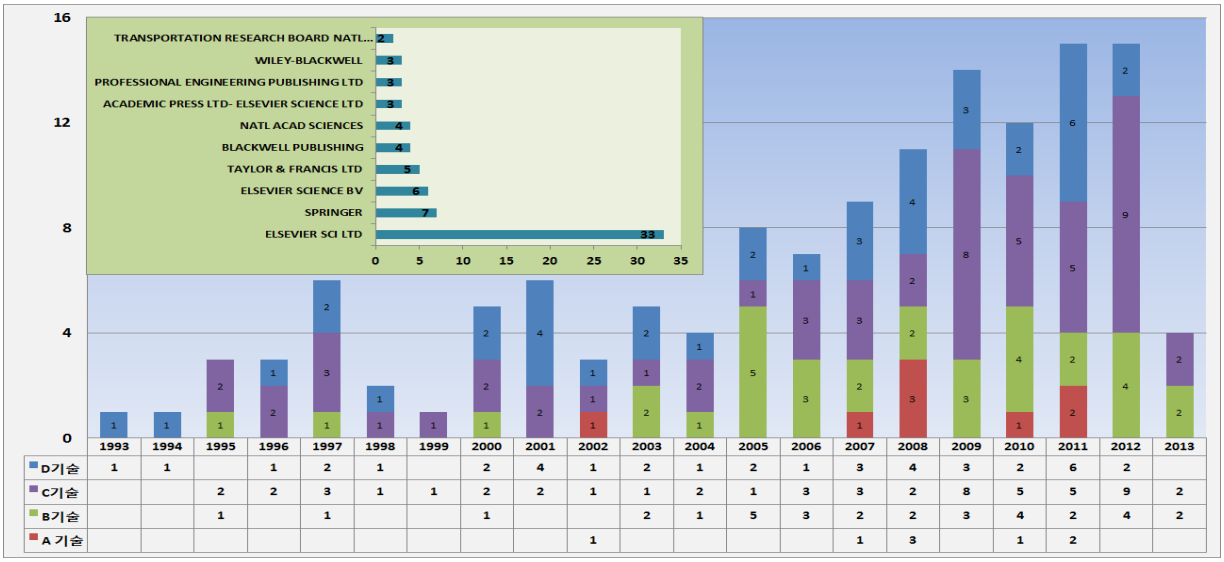


그림 139. 연도별 논문 발표 추이 및 주요 등재 저널

(2) 국가별, 주요연구기관, 주요저자 분석

○ 지능형 철도 안전 융합시스템 기술 분야 논문은 특허와 달리 미국과 유럽의 기관들이 많이 발표하고 있으며, 한국은 특허에 비해 논문 실적은 낮게 나타나고 있음.

○ 또한, 논문 발표 주요저자 분석 결과 중국의 Jiang, CS 교수(Hong Kong Polytech Univ), Xiang, J 교수(Cent S Univ)가 각각 3건으로 최다저자임.

○ 이 분야 최다 연구기관으로는 미국 Univ Illinois, 캐나다 Univ Waterloo, 뉴질랜드 Univ

Auckland, 중국 Hong Kong Polytech Univ 및 Cent S Univ 등이 각각 3건씩의 논문을 발표하여 관련 분야 분야를 선도하고 있음을 알 수 있음.

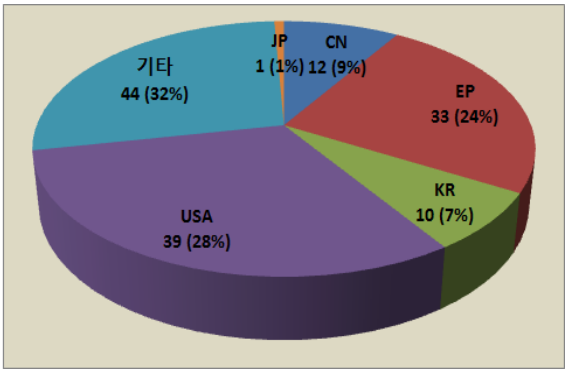


그림 140. 논문 발표 주요 국가

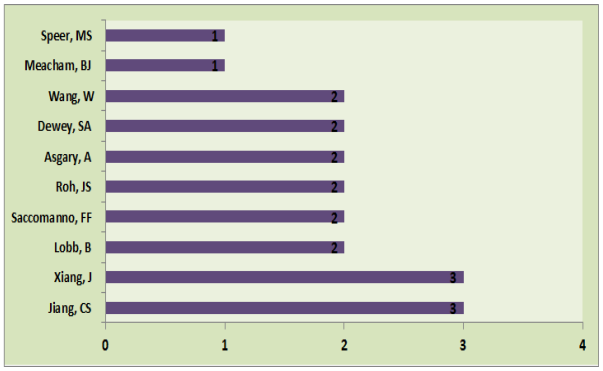


그림 141. 논문 발표 주요 저자

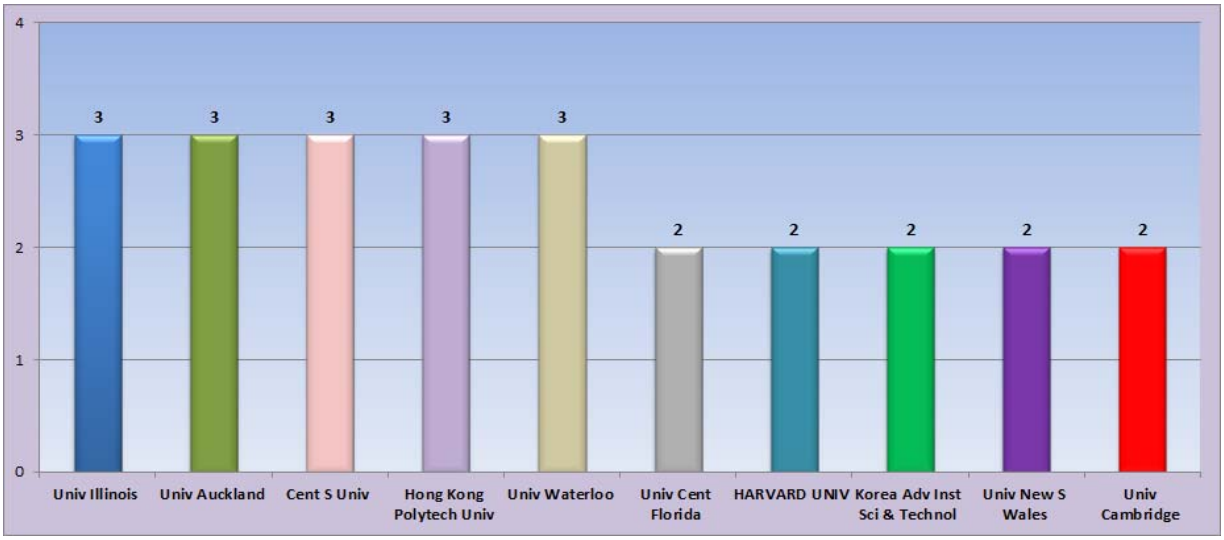


그림 142. 논문 발표 주요 연구기관

(3) 주요 핵심논문 분석

(가) 주요 핵심논문 현황

○ 특정 속도조건에서의 충돌성향 분석연구와 관련된 Abdel-Aty, M 교수 (미국 Univ Cent Florida)의 논문이 피인용 23건으로 가장 많음.

○ 기타 화재 위험 평가, 충돌평가, 건널목/횡단보고 안전 등과 관련된 논문이 피인용수가 높은 것으로 보아 관련 내용이 핵심 연구 분야임을 알 수 있음.

표 45. 주요 피인용 논문 현황

번호	논문제목	저 널 명	발표년도	피인용수
1	Identifying crash propensity using specific traffic speed conditions	ELSEVIER SCI LTD	2005	23

번호	논문제목	저 널 명	발표년도	피인용수
2	Predicting stress fractures using a probabilistic model of damage, repair and adaptation	WILEY-BLACKWELL	2004	20
3	Integrating new methods and tools in fire danger rating	CSIRO PUBLISHING	2007	20
4	The fire in the Channel Tunnel	ELSEVIER SCI LTD	2002	17
5	OSCILLATIONS AND CHAOTIC BEHAVIOR OF UNSTABLE RAILWAY WAGONS OVER LARGE DISTANCES	ELSEVIER SCI LTD	1995	15
6	Estimating countermeasure effects for reducing collisions at highway-railway grade crossings	ELSEVIER SCI LTD	2007	15
7	Study of the human evacuation simulation of metro fire safety analysis in China	ELSEVIER SCI LTD	2008	12
8	An evaluation of a suburban railway pedestrian crossing safety programme	ELSEVIER SCI LTD	2001	12
9	The evaluation of road-rail crossing safety with limited accident statistics	ELSEVIER SCI LTD	1997	11
10	Crowding in platform staircases of a subway station in China during rush hours	ELSEVIER SCIENCE BV	2009	10

○ 최근 3년 內 발표 논문 중 피인용수가 높은 논문(Hot Paper)을 보면 피인용이 높은 논문과 마찬가지로 철도 인프라 손상감지, 화재위험, 충돌 예측 등에 관한 연구내용이 주로 발표되고 있어 관련 분야 연구가 최근 주목받고 있는 분야임을 알 수 있음.

표 46. 3년 內 발표논문 중 피인용수 높은 논문(Hot Paper) 현황

번호	논문제목	저널명	발표년도	피인용수
1	Influence of track conditions and wheel wear state on the loads imposed on the infrastructure by railway vehicles	ELSEVIER SCI LTD	2011	5
2	Smart sensing, monitoring, and damage detection for civil infrastructures	KOREAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS-KSCE	2011	4
3	Effect of varying two key parameters in simulating evacuation for subway stations in	ELSEVIER SCIENCE BV	2010	3

번호	논문제목	저널명	발표년도	피인용수
	China			
4	A Bayesian network based framework for real-time crash prediction on the basic freeway segments of urban expressways	ELSEVIER SCI LTD	2012	3
5	The effect of PSD on life safety in subway station fire	KOREAN SOC MECHANICAL ENGINEERS	2010	3

(나) 주요 핵심논문 심층분석

- SCI 논문 :「Identifying crash propensity using specific traffic speed conditions」
- 저널명 : ELSEVIER SCI LTD, 2005
- 저 자 : Abdel-Aty, M 외 1명
- 주요 내용 : 실시간 교통 흐름(트래픽 속도 패턴)과 충돌 발생과의 연관성에 관한 연구

Pergamon
www.elsevier.com/locate/jsr
Journal of Safety Research 36 (2005) 97–108
www.nsc.org

Identifying crash propensity using specific traffic speed conditions

Mohamed Abdel-Aty*, Anurag Pande

University of Central Florida, Department of Civil Engineering, Orlando, FL 32816, USA

Received 23 March 2004; received in revised form 24 August 2004; accepted 3 November 2004
Available online 26 January 2005

Abstract

Introduction: In spite of recent advances in traffic surveillance technology and ever-growing concern over traffic safety, there have been very few research efforts establishing links between real-time traffic flow parameters and crash occurrence. This study aims at identifying patterns in the freeway loop detector data that potentially precede traffic crashes. *Method*: The proposed solution essentially involves classification of traffic speed patterns emerging from the loop detector data. Historical crash and loop detector data from the Interstate-4 corridor in the Orlando metropolitan area were used for this study. Traffic speed data from sensors embedded in the pavement (i.e., loop detector stations) to measure characteristics of the traffic flow were collected for both crash and non-crash conditions. Bayesian classifier based methodology, probabilistic neural network (PNN), was then used to classify these data as belonging to either crashes or non-crashes. PNN is a neural network implementation of well-known Bayesian-Parzen classifier. With its superb mathematical credentials, the PNN trains much faster than multilayer feed forward networks. The inputs to final classification model, selected from various candidate models, were logarithms of the coefficient of variation in speed obtained from three stations, namely, station of the crash (i.e., station nearest to the crash location) and two stations immediately preceding it in the upstream direction (measured in 5 minute time slices of 10–15 minutes prior to the crash time). *Results*: The results showed that at least 70% of the crashes on the evaluation dataset could be identified using the classifiers developed in this paper.
© 2004 National Safety Council and Elsevier Ltd. All rights reserved.

Keywords: Freeway crashes; Loop detectors; Crash prediction; Probabilistic Neural Networks; Traffic speed

1. Introduction

The conventional approach to traffic safety analysis has been to establish relationships between the traffic characteristics (e.g., flow, speed), roadway and environmental conditions (e.g., geometry of the freeway, weather conditions), driver characteristics (e.g., gender, age), and crash occurrence. The shortcoming of most of the models developed using this approach is that they rely upon aggregate measures of traffic speed (e.g., speed limit) and volume (e.g., AADT or hourly volumes) and hence are not sufficient to identify the real-time "black spots" (i.e., locations having a high probability of crashes), created due to the interaction of ambient traffic conditions with the geometric characteristics of freeway segments.

In this study, the problem of predicting crashes (i.e., identifying freeway locations with high real-time crash potential) has been approached as a classification problem in which the real-time traffic conditions are categorized as measured by underground sensors (i.e., loop detectors) into either leading or not leading to a crash.

The idea of applying loop data to predict crashes in real-time is still in preliminary stages. However, there have been some efforts in this area. Lee, Saccomanno, and Hellinga (2002) introduced the concept of "crash precursors" and hypothesized that the likelihood of a crash is significantly affected by short-term turbulence of traffic flow. They came up with factors like speed variation along the length of the roadway (i.e., difference between the speeds upstream and downstream of the crash location) and also across the three lanes at the crash location. Another important factor identified by them was traffic density at the instant of the crash. Weather, roadway

* Corresponding author. Tel.: +1 407 823 5657; fax: +1 407 823 3315.
E-mail address: mabdel@mail.ucf.edu (M. Abdel-Aty).

0022-4375/$ - see front matter © 2004 National Safety Council and Elsevier Ltd. All rights reserved.
doi:10.1016/j.jsr.2004.11.002

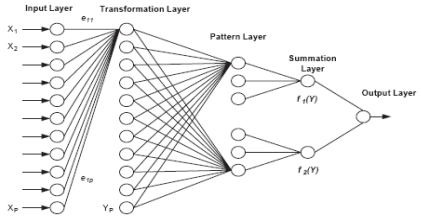


Fig. 3. The modified PNN for a two-class classification problem (Abdulhai and Ritchie, 1999).

The classical PNN uses Euclidean distance as a measure of nearness among different patterns. Euclidean distance is statistically unsatisfactory for some applications because it does not account for differences in variations along the axes (i.e., if some parameters in the input vector are more important than the others) nor the presence of correlation among the variables constituting the pattern vector. To overcome this deficiency, Abdulhai and Ritchie (1999) proposed a modification in the classical PNN algorithm.

To replace the employed Euclidean distance with the preferred statistical distance, principal components rather than the original variables should be used. Algebraically, principal components are particular linear combinations of the original set of random variables.

Fig. 3 shows the modified version of the PNN (referred to as PNN2) that takes the above transformation into account. Two layers, an input layer and a transformation layer, replace the previous input layer of the classical PNN. The original input vector X is transformed into a rotated vector Y using the eigenvectors (e_{ij}) of the covariance matrix Σ associated with random vector X. The component variables of the vector in terms of the rotated axes are then divided by their standard deviations $(\lambda_i)^{0.5}$ to equalize the variances and obtain a new set of inputs free of the effects of correlation and widely varying variances. Beyond this transformation, layer processing of PNN2 is identical to the original PNN described earlier (Abdulhai & Ritchie, 1999).

2.4. Exploration with the loop detector data

There are several studies associating crash occurrences with increasing variation in vehicle speeds (e.g., Shinar, 1999; Garber & Ehrhart, 2000). It has been argued that as individual vehicle speeds deviate more and more from the average speed of the traffic stream, the probability of having a crash increases. The data emanating from a series of consecutive loop detectors on a freeway section has been used here as a surrogate for the detailed vehicle movement data in order to capture the variance in vehicle speeds.

Table 1
Average values of 5-minute standard deviation of speeds observed at various time slice-station combinations

	Time Slice											
	1		2		3		4		5		6	
	Y		Y		Y		Y		Y		Y	
	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Station												
A	5.38	5.63	5.39	5.39	5.36	5.46	5.36	5.61	5.31	5.41	5.30	5.21
B	5.33	5.67	5.37	5.69	5.29	5.65	5.31	5.59	5.34	5.60	5.31	5.51
C	5.38	5.58	5.36	5.71	5.36	5.71	5.34	5.73	5.34	5.44	5.33	5.42
D	5.23	6.00	5.27	5.70	5.26	5.69	5.26	6.05	5.25	5.59	5.24	5.47
E	5.27	6.00	5.30	5.55	5.22	5.63	5.24	5.51	5.26	5.86	5.23	5.63
F	5.33	5.89	5.33	5.79	5.34	5.89	5.33	5.89	5.30	5.85	5.27	5.42
G	5.14	5.50	5.20	5.67	5.15	5.26	5.20	5.60	5.17	5.55	5.17	5.56



Fig. 1. The nomenclature for defining the station and time slice to which any "effect" (average or standard deviation) belongs.

>100 (percent), speed = 0 or >100 (MPH), flow >25 (vehicles per lane), and flow = 0 (vehicles per lane) with speed >0 (MPH), and were removed from raw 30-second data. From the "cleaned" data tables the average and standard deviation of speed were extracted over each lane for six, 5-minute intervals recorded prior to the crash on the station nearest to the crash location (referred to as station of the crash), five stations upstream and one station downstream of the station of the crash. It requires creation of 252 fields (7 stations*6 time slices*3 lanes*2 variables, i.e., average and standard deviation of speed) in the database for each crash. The same 252 fields were extracted for all "corresponding" non-crash days as well.

The nomenclature procedure adopted for defining the station and time slice to which the average and standard deviation belongs is shown in Fig. 1. All the stations were named as "A" to "G," with "A" being the farthest station upstream and so on. It should be noted that "F" is the station of the crash and "G" will be the station downstream of the crash location since we have collected data from 5 upstream stations, station of the crash itself, and one downstream station. Similarly the 5-minute intervals were also given "ID" from 1 to 6. The interval between time of the crash and 5 minutes prior to the crash was named as slice 1, interval between 5 to 10 minutes prior to the crash as slice 2, and interval between 10 to 15 minutes prior to the crash as slice 3, and so on.

2. Methodology: Theoretical background of the classification technique

The proposed solution to the research problem essentially involves classification of traffic speed patterns emerging from the loop detectors. This section provides a theoretical overview of the probabilistic neural network (PNN) classifiers used here. The PNN is a neural network implementation of the well-established multivariate Bayesian classifier, using Parzen estimators to construct the probability density functions of different classes (Specht, 1996).

2.1. Bayes classification

The PNN is strongly based on Bayesian method, which is arguably the single most popular classification paradigm. Suppose there is a collection of random samples from K populations *($k = 1, 2, \ldots\ldots, K$; e.g., for crash vs. non-crash $K = 2$)* and each of these samples is a vector $x = [x_1, x_2, \ldots\ldots\ldots, x_m]'$, then these samples may be used to devise a Bayes optimal decision rule in order to classify a pattern of unknown class. Essentially this rule favors a class (e.g., crash vs. non-crash) if it has high density in the vicinity of the pattern of unknown class. The probability density function $f_k(x)$ corresponds to the concentration of class k cases around the pattern of unknown class. The problem with this rule is that the probability density functions (PDFs) are generally unknown and they should be estimated from the random samples available from K populations (Masters, 1995).

2.2. Parzen Estimator

Parzen estimator uses the weight function $W(d)$ (frequently referred to as potential function or a kernel) having largest value at "distance $d = 0$" and it decreases rapidly as the absolute value of "d" increases (Masters, 1995). The weight functions are centered at each training sample point with the value of each sample's function at a given abscissa being determined by the distance "d" between x and that sample point. The PDF estimator is the scaled sum of that function for all the sample cases.

consists of the values for the coefficient of variation in speed expressed in terms of percentage for every time slice-station combination. This variable also magnifies the difference between crash and non-crash cases, which would help the distance based classifiers to correctly identify certain patterns.

2.5. Preliminary matched case control logistic regression

A basic matched case-control analysis, where the crashes act as cases and all corresponding non-crash data are used as controls, was performed. In this analysis the value of "Hazard ratio" (ratio of odds for crash occurrence versus not, i.e., odds ratio) for the data combined over three lanes was derived.

In a logistic regression setting the function of dependent variables yielding a linear function of the independent variables would be the logit transformation.

$$g(x) = \ln\left[\frac{\pi(x)}{1-\pi(x)}\right] = \beta_0 + \beta_{1,x},$$

where $\pi(x) = E(Y|x)$ is the conditional mean of Y (dummy variable representing crash occurrence) given x when the logistic distribution is used. Under the assumption that the logit is linear in the continuous covariate x the equation for the logit would be $g(x) = \beta_0 + \beta_{1,x}$. It follows that the slope coefficient β_1, gives the change in the log odds for an increase of 1 unit in x, that is $\beta_1 = g(x + 1) - g(x)$ for any

Table 4
Hazard ratio for average volume, average occupancy, and log coefficient of variation of speed

Variable		5-minute average of Volume		5-minute average of Occupancy		Log (5-minute coefficient of variation in speed)	
Station	Time slice	Pr>Chisq	Hazard ratio	Pr>Chisq	Hazard ratio	Pr>Chisq	Hazard ratio
A	1	0.197	0.967	0.008	1.018	0.007	1.643
A	2	0.282	0.969	0.008	1.022	0.024	1.499
A	3	0.366	0.971	0.005	1.021	0.015	1.642
A	4	0.694	0.992	0.039	1.019	0.017	1.660
A	5	0.947	1.004	0.083	1.015	0.069	1.409
A	6	0.582	1.011	0.034	1.018	0.186	1.289
B	1	0.138	0.962	0.031	1.016	0.003	1.631
B	2	0.060	0.945	0.012	1.019	0.002	1.680
B	3	0.080	0.939	0.029	1.013	0.001	1.764
B	4	0.231	0.972	0.044	1.012	0.004	1.593
B	5	0.200	0.969	0.116	1.011	0.007	1.502
B	6	0.960	1.002	0.130	1.010	0.019	1.446
C	1	0.192	0.971	0.005	1.013	0.000	1.722
C	2	0.640	0.991	0.036	1.012	0.000	1.805
C	3	0.180	0.964	0.005	1.018	0.000	1.852
C	4	0.546	0.985	0.011	1.012	0.000	1.807
C	5	0.925	0.991	0.003	1.025	0.001	1.616
C	6	0.754	1.003	0.017	1.016	0.001	1.706
D	1	0.174	0.965	<.0001	1.023	<.0001	2.789
D	2	0.210	0.969	0.001	1.024	0.000	2.212
D	3	0.329	0.974	0.001	1.027	0.001	2.054
D	4	0.443	0.988	0.000	1.027	<.0001	2.607
D	5	0.712	1.006	0.001	1.023	0.002	1.770
D	6	0.861	1.002	0.001	1.021	0.002	1.771
E	1	0.550	0.985	<.0001	1.035	<.0001	2.981
E	2	0.535	0.983	<.0001	1.032	<.0001	2.256
E	3	0.902	0.998	<.0001	1.031	<.0001	2.284
E	4	0.344	0.975	<.0001	1.031	<.0001	2.320
E	5	0.947	1.001	<.0001	1.033	<.0001	2.541
E	6	0.953	1.002	<.0001	1.031	<.0001	2.100
F	1	0.016	0.945	<.0001	1.037	<.0001	2.335
F	2	0.013	0.981	<.0001	1.034	<.0001	2.568
F	3	0.031	0.967	<.0001	1.031	<.0001	2.603
F	4	0.031	0.982	<.0001	1.029	<.0001	2.857
F	5	0.110	0.998	<.0001	1.030	<.0001	2.630
F	6	0.347	0.969	<.0001	1.026	0.000	2.022
G	1	0.201	0.984	<.0001	1.032	<.0001	2.272
G	2	0.152	0.987	<.0001	1.029	<.0001	2.571
G	3	0.170	0.972	<.0001	1.035	<.0001	2.221
G	4	0.140	0.963	<.0001	1.033	<.0001	2.486
G	5	0.113	0.962	<.0001	1.031	<.0001	2.704
G	6	0.562	0.989	<.0001	1.031	<.0001	2.411

그림 143. 핵심논문 발표현황

5절 종합결론

1. 시장분석 결론

○ 全세계 안전감시/보안장비분야 시장 및 지능형 교통시스템(ITS)은 향후 계속적으로 성장할 것으로 전망되며, 북미의 경우 2015년까지 PTC(Positive Train Control) 시스템을 통해 연간 5만톤 이상의 승객과 화물을 운송하는 등 철도/교통분야 안전 관련 시장은 향후 점차 확대될 것으로 예측되고 있음.

○ 유럽의 경우 철도 사고통계 자료 등을 통해 철도수송 안전을 강조하고 있으며, 영국에서는 철도 건널목 사고 감소를 위해 자동인식 카메라가 장착된 최첨단 경찰 밴을 도입하여 건널목 사고를 감시하여 신속하고 효율적으로 대응하는 등 철도안전을 적극적으로 추진하고 있음.

○ 현재, 全세계 철도안전 기술개발은 각 국 정부 차원에서 적극적으로 추진되고 있으며, 우리나라의 경우 철도안전종합계획 등을 통해 관련 분야 기술 확보에 주력하고 있음.

○ 이러한 여러 자료 등을 종합적으로 볼 때, 각 국의 철도안전 확대 정책에 따라 철도안전분야 관련 시장은 크게 확대될 것으로 예상되며 이를 위한 첨단 기술확보 노력도 적극적으로 이루어 질 것으로 판단됨, 이에 따라, 관련 시장 선점을 위해 기술 개발을 위한 정부차원의 R&D 예산 지원이 더욱 강화되어야 할 것으로 판단됨.

2. 특허분석 결론

○ 지능형 철도안전 융합시스템 기술 분야의 전체적인 특허동향을 살펴보면, 1990년부터 현재까지 총 552건의 특허가 출원되고 있으며, 일본이 82건(26%)이 가장 많고 한국이 72건(23%)로 두 번째로 많이 출원 하고 있음, 국가별 특허출원 추세를 보면 2007년 이후 미국, 일본, 한국 등 모든 국가에서 관련 분야 특허 출원이 급격하게 증가하고 있어, 최근 全세계적으로 기술의 성장이 매우 빠르게 나타나고 있는 분야로 판단할 수 있음.

○ 세부 기술별로 보면, 실시간 철도 화재 위험관리 기술(C기술) 및 실시간 철도 사상사고 위험관리 기술 개발(D기술) 분야가 특허가 많이 출원되고 있으며, 실시간 철도 통합 위험관리 기술(A기술) 및 실시간 철도 탈선/충돌 위험관리 기술(B기술) 분야의 경우 상대적으로 특허 건수는 적지만 최근 특허가 증가하는 추세를 나타나고 있음.

○ 특허를 출원한 상위 10개의 출원인을 보면, 韓 KRRI가 가장 많은 특허를 보유하고 있으며 日 MITSUBISHI, KOITO KOGYO KK, RTRI, HITACHI 등 일본 철도부품업체 및 연구기관 등이 많은 특허를 출원하고 있음, 다만, 특허 출원이 대부분 자국 중심으로 이루어지고 있으며, 특히 韓 KRRI의 경우 출원특허 중 1건을 제외하고는 모두 자국 특허로 특허 다양성 확보 등을 위해 해외 특허 출원을 강화해야 할 것으로 판단됨.

○ 국가별 기술 분포를 보면, 미국과 일본은 실시간 철도 사상사고 위험관리 기술 개발(D 기술)에, 중국은 실시간 철도 통합 위험관리 기술 개발(A기술)에서 특허가 높게 나타남, 한국의 경우 실시간 철도 화재 위험관리 기술(C기술)에서는 높은 특허수준을 보유하고 있지만, 실시간 철도 통합 위험관리 기술 개발(A기술)의 경우 특허가 낮아 향후 관련 분야 기술 확보가 시급한 상황으로 판단됨.

○ 국가별로 보면 해외 특허 시장확보력을 의미하는 시장확보지수(PFS)와 출원건수 및 원천/핵심 특허 보유와 관련이 높은 영향력지수(PII), 기술력지수(TS) 등 모든 지표에서 미국이 가장 높게 나타나고 있음, 따라서, 미국 특허가 量的·質的으로 가장 경쟁력이 높은 것으로 판단되며, 향후 연구를 진행함에 있어 미국 특허를 중심으로 세부 선행기술에 대한 분석이 반드시 필요함.

○ 한국의 경우 특허건수, 시장확보력, 인용도 등 기술영향력과 관계된 대부분의 지수에서 가장 낮은 수준을 보이고 있음, 특히 특허 출원건수로는 미국에 이어 두 번째로 높지만 질적 지수가 낮게 나타나는 것은 핵심 특허를 출원하지 못하고 있는 것으로 분석되며, 이에 따라 향후 핵심특허 확보를 위한 관련 분야 연구가 시급한 것으로 판단됨.

3. 논문분석 결론

○ 지능형 철도 안전 융합시스템 기술 분야의 전체적인 논문동향을 살펴보면, 1993년부터 현재까지 총 135건의 SCI 논문이 발표되고 있으며 특허와 마찬가지로 2007년 이후 증가하고 있어 최근 들어 全세계적으로 관심이 높아지고 있다고 판단할 수 있음.

○ 국가별로 보면, 미국과 유럽의 기관에서 논문 발표가 많이 되고 있으며, 한국은 논문 실적이 10%에 불과하여 관련 분야 선행기술 연구를 위한 노력이 필요한 것으로 판단됨.

○ 이 분야 논문의 주요 저자는 중국 Jiang, CS 교수(Hong Kong Polytech Univ) 등이며, 주요 연구기관으로는 미국 Univ Illinois, 캐나다 Univ Waterloo, 중국의 Hong Kong Polytech Univ 등이 많은 논문을 발표해 관련 분야 분야를 선도하고 있음을 알 수 있음.

○ 또한, 이 분야 논문이 많이 발표되는 저널은 ELSEVIER SCI LTD, SPRINGER 등 유럽과 미국의 저널이며, 피인용도가 높은 핵심논문을 많이 발표하고 있는 저널 역시 ELSEVIER SCI LTD, WILEY-BLACKWELL 등 유럽과 미국의 저널임, 이에 따라, 향후 유럽과 미국의 저널에 발표된 이들 논문을 중심으로 선행기술을 우선 검토할 필요가 있음.

제 3 장 철도안전기술개발 로드맵 및 핵심기술 정의

1절 철도안전 기술개발 로드맵 도출

1. 국내외 철도안전 기술개발 로드맵 사례 조사 및 분석

가. 영국 RSSB의 철도안전 기술개발 프로그램

○ 연구개발 프로그램의 공동 투자로 산업계와 정부 모두에 이익

○ RSSB는 2001년 이후의 정부 R&D 프로그램을 관리

○ 연구개발 및 문제해결을 위해 산업계와 함께하는 비용-효과적 프로그램 제시

(1) Cross-industry research(범-산업계 협력 연구)

주제	완료/공표	Stage 4-5: 진행 중	Stage 3: 발주예정	Stage 2: 기획단계	Stage 1: 아이디어 접수/평가	Topic Total
Control, Command and Signalling (신호제어)	43	8	2	2	0	55
Energy (전력공급)	24	5	0	0	0	29
Health (건강보건)	21	2	0	0	0	23
Infrastructure (기반시설)	47	6	1	3	0	57
Innovation (혁신과제)	7	1	1	0	1	10
Operations (철도운영)	80	6	1	7	6	100
Public Behaviour (공중 행동)	31	1	0	1	0	33
Road-Rail Interface (도로-철도 인터페이스)	35	4	0	2	3	44
Rolling Stock (차량)	49	5	1	2	1	60
Safety Policy and Risk Management (안전정책과 위험관리)	62	6	0	1	0	69
Sustainable Development (지속가능한 개발)	16	3	1	1	4	25
Vehicle Track Interaction (차량-궤도 상호작용)	54	10	0	0	1	65
Workforce Development and Competence (작업자 능력개발)	26	1	0	0	0	27
Stage Total	495	58	7	20	17	597

※ 세부내용 : Cross-industry R&D Programme (2012-2013) 참조

(가) Control, Command & Signalling Research(신호제어분야 연구)

- Area 1: 현재 자산을 더 나은 사용을 위한 기존 CCS 장치 개선에 대한 연구
- Area 2: 전체 수명비용 경감을 위한 열차방호의 실행을 지원하는 연구개발
- Area 3: 잠재적 사업&안전 이익을 위한 미래의 통신기술 탐색 연구
- Area 4: 향후 열차제어기술의 가능성 타진과 초기 실행준비를 위한 연구
- Area 5: 잠재적 사업&안전 이익을 위한 미래의 CCS 기술 탐색 연구
- Area 6: 첨단 자료관리 방안 탐색 연구

※ 세부내용 : A guide to RSSB research in CCS 참조

Stage 4-5: 진행 중인 Projects

Project Number	Project Title	Industry Steering Group
T579	Minimising service disruption from failures of track circuit actuators (assisters)	Track Circuit Assistors Working Group
T808	AWS Testing - the way forward	Automatic Warning System Working Group
T892*	Data and analysis for a cost-effective GPS-based locator with simple augmentations	Future Communications & Positioning Systems Advisory Group
T906	ERTMS/ ETCS driver machine interface options for future train cab design	Train Control Technical Sub-Group
T952*	Future Traffic Regulation Optimisation	Vehicle/Train Control & Communications SIC
T960	Specification of a defect recording and corrective actions system architecture and process framework	Defect Reporting and Corrective Action System (DRACAS) Working Group
T975	Design options for the TY287 Automatic Warning System testing unit	Train Control Technical Sub-Group
T999	Review of the braking tables in RGS GK/RT0075 Lineside Signal Spacing and Speed Signage	Control Command and Signalling Standards Committe

Stage 3: 발주 예정 Projects

Project Number	Project Title	Industry Steering Group
T1004	Vehicle TCA testing review	Track Circuit Assistors Steering Group
T990*	Development of a Strategy on Train Position	Future Communications & Positioning Systems Advisory Group

Stage 2: 기획단계 Projects

Project Number	Project Title	Industry Steering Group
T1005	Enhancement of the TCA risk advisor tool to include on track machines	Track Circuit Assistors Steering Group
T998	Non-standard 4-aspect sequences in colour light signalling areas	Control Command and Signalling Standards Committee

(나) 전력분야 연구(Energy Research_

· Area 1: 전력분야 안전 위험도 관리를 위한 안전제어 확인과 개발에 대한 연구

· Area 2: 비용-효율적 전기철도를 제공하기 위한 전력 시스템 최적화 연구(인터페이스, 성능 및 비용 포함)

· Area 3: 철도 경쟁력 유지를 위한 지속가능한 에너지 사용에 대한 연구

※ 세부내용 : A guide to RSSB research in ENERGY 참조

Stage 4-5: Projects in Progress

Project Number	Project Title	Industry Steering Group
T849*	PantoTRAIN (a TrioTrain project) Pantographs: Total Regulatory Acceptance for the Interoperable Network	Vehicle/Train Energy SIC
T987*	Feasibility of asymmetric auto transformer electrification system	Future Electrification Group
T991*	Requirements and optimisation of AC/DC changeover sections	Future Electrification Group
T1001	Review of existing rolling stock against new and upgraded electrification compliant with the Energy TSI	Vehicle/Train Energy SIC
T1011	Optimising the sectioning arrangements on AC electrification	Future Electrification Group

(다) 건강보건 연구(Health Research)

· Area 1: 직원의 건강 위험도 관리-업무가 건강에 미치는 영향 연구

◦ 물리적, 화학적, 생물학적 위험

◦ 심리생체적 위험(psychosocial hazards) (피로, 스트레스, trauma)

· Area 2: 작업자, 승객 및 공중에 영향을 미치는 건강&안전 위험도 관리-직원의 건강이 업무에 미치는 영향 연구

◦ 안정성 감퇴(시력, 청력, 색맹)

◦ 가변적 감퇴(음주약물 남용, 처방약, 정신건강, 피로)

◦ 급성 질환(심장발작, 심혈관질환, 인슐린 저혈당증)

· Area 3: 생산성 및 성능 개선을 위한 업무와 건강의 상호작용 연구

◦ 의료-법적 비용 최소화(Minimise medico-legal costs)

◦ 작업장 안전 강화(Enhance workplace safety)

◦ 질병에 의한 결근 경감(Reduce variation in sickness absence)

◦ 생산성 증진을 통한 직원 성능 강화(Enhance employee performance through increased productivity)

◦ 직원 건강 및 도덕성 극대화(Maximise employee health and morale)

· Area 4: 철도산업, 작업자 및 다른 승객/공중에 미치는 승객 건강의 영향 연구

· Area 5: 조사결과, 정부권고사항, 정책적 선제조치 및 신규법령 지원 연구

※ 세부내용 : A guide to RSSB research in Health 참조

Stage 4-5: Projects in Progress

Project Number	Project Title	Industry Steering Group
T924	Identification of a robust colour-vision testing protocol for the rail industry	Safety Policy Group
T1017	Development of a health risk assessment training resource for rail industry line managers	Workforce Health and Wellbeing Project Working Group (PWG)

(라) 기반시설 연구(Infrastructure Research)

※ 연구주제

· 궤도

· 궤도구조물, 배수, 궤도를 지지하고 방호하는 지상작업 및 구조물

· 철도안전에 영향을 주는 기타 인접 구조물 및 건물

· 터널

· 역사 기반시설

· 철도 선로 진입 및 선로변 기반시설

· 건널목 고정 설비

· 신호, 통신, 전력, 조명 및 기타 장치를 지원하는 구조물

※ 연구 범위

- 철도 환경으로부터의 위험도 관리 : 선로변 보안과 환경조건(잡초, 기후 및 홍수 위험도 관리)
- 하나의 표준규격과 다른 규격사이의 인터페이스 고려(예, 궤도 구조물과 차량 사이의 인터페이스)
- 자격능력, 구매조달, 건설, 승인 및 기록유지 활동과 관련한 요건의 고려

- Area 1: 철도 용량 증대를 위한 궤도의 가용성 향상 연구
- Area 2: 철도 용량 증대를 위한 구조물의 가용성 향상 연구
- Area 3: 철도 안전 및 용량 관리 개선을 위한 차량-역사 인터페이스 관련 위험도의 이해 증진 연구
- Area 4: 철도의 비용-효율적 안전을 보장하기 위한 궤도/구조물과 차량 거동 사이의 관계성의 이해 증진
- Area 5: 기후변화 대응과 관련한, 기반시설 이용에 대한 환경적 영향 이해 연구
- Area 6: 구조물과 지상작업물의 잔존수명 판단을 위한 열화 비율/모드의 정확한 이해 획득 연구
- Area 7: 비용-효율적이고 안전한 철도운영을 보장하기 위한 차량과 기반시설 사이 공기역학 상호작용의 더 나은 이해 연구

※ 세부내용 : A guide to RSSB research in Infrastructure 참조

Stage 4-5: Projects in Progress

Project Number	Project Title	Industry Steering Group
T679*	The effects of railway traffic on embankment stability	Vehicle/Structures SIC
T750	Review of Euronorm design requirements for trackside and overhead structures subjected to transient aerodynamic loads	Aerodynamics GB Working Group
T848*	AeroTRAIN (a TrioTRAIN project) - Aerodynamics: Total Regulatory Acceptance for the Interoperable Network	Aerodynamics GB Working Group
T977	Development of a revised lower sector vehicle gauge	Vehicle/Structures SIC
T978	Development of new 'Suburban' passenger vehicle standard gauge	Vehicle/Structures SIC
T988	Rail bridge design requirements for GB traffic	Vehicle/Structures SIC

Stage 3: Projects in Procurement

Number	Project Title	Industry Steering Group
T995	Development of a new locomotive gauge	Vehicle/Structures SIC

Stage 2: Projects in Specification

Project Number	Project Title	Industry Steering Group
T1020	The assessment of anemometer based wind alert systems for implementation in GB	Aerodynamics GB Working Group
T1028	Investigation of wind tunnel ground configurations on aerodynamic forces and moments	Aerodynamics GB Working Group
T1031	Gauging requirements for freight wagons under side wind loading conditions	Vehicle/Structures SIC

(마) 혁신과제 연구(Innovation Research)

Project Number	Project Title	Industry Steering Group	Year Completed
T912*	The Railway Functional Architecture	Technical Strategy Advisory Group	2011
T915*	Creative Continuity - Exploring mega-city suburban network segregation	Technical Strategy Advisory Group	2011
T933	Test and trial facilities UK - Baselining	Technical Strategy Advisory Group	2011
T934*	Enabling technical innovation in the GB rail industry - barriers and solutions	Technical Strategy Advisory Group	2011
T935*	Making the case for a whole system strategic approach to reliability improvement	Technical Strategy Advisory Group	2012
T962*	Information systems architecture for the rail industry - an initial overview	TSSG	2011
T965	Facilitating testing and trialling to assist technology development	Testing Facilities Steering Group	2011

(바) 운영 관리 연구(Operations and management Research)

※ 연구주제

- 일반 운영
- 정상 및 감퇴된 업무(Abnormal and degraded working)
- 안전 핵심 의사소통(Safety critical communications)
- 작업장 내부와 기술적 점유지 인근(Work inside and adjacent to engineering possessions)
- 신호위반통과(SPADs)

· Area 1: 안전핵심 의사소통-운영직원사이의 의사소통 개선연구, 특히 기관사-신호원의 오해와 사고 경감을 위해

- Area 2: 열차운영-신호원의 안전, 자격능력 및 성능에 대한 연구
- Area 3: 열차운영-기관사의 자격능력, SPAD 위험도 관리, 운전 업무설계, 선정 및 성능 개선에 대한 연구
- Area 4: 열차운영-기타 직원-승무원이 관리하는 안전과 기타 문제에 대한 연구
- Area 5: 열차운영-지상 요원-궤도상의 승무원, 조차원, 기지운영직원을 포함한 지상 요원의 위험도 경감 연구
- Area 6: 역사 설계, 성능 및 안전 - 철도역사 이용자의 안전개선 연구
- Area 7: 운영 관리-철도 운영활동의 안전과 성능 개선, 인적 인자의 이해와 그들에게 영향을 미치는 업무관행 개선. 이 분야의 충격과 위험도 관리
- Area 8: 기번시설 유지관리 및 갱신의 운영관리-기반시설 유지관리/갱신에 참여하는 작업자의 안전에 미치는 작업 운영 관행의 점검
- Area 9: 조사결과, 정부권고사항, 정책적 선제조치 및 신규법령 지원 연구-사고 나 기타 선제조치 이후에 이어지는 운영 안전 및 관련 문제에 대한 연구 필요성에 대응

※ 세부내용 : A guide to RSSB research in Operations and management참조

Stage 4-5: Projects in Progress

Project Number	Project Title	Industry Steering Group
T759	Improving the methods used to provide access to and from trains for wheelchair users	Operations Focus Group
T948	Driver selection: implementation phase	Operations Focus Group
T981	Use of rock salt for de-icing of platforms and station surfaces	Operations Focus Group
T989	Development of an education programme on the risk of using mobile phones and electronic communication devices in the railway industry	Operations Focus Group
T992	Safer stairs in public places	Operations Focus Group
T997	Managing occupational road risk associated with road vehicle driver fatigue	Operations Focus Group

Stage 3: Projects in Procurement

Project Number	Project Title	Industry Steering Group
T1012	Developing a good practice guide for managing personal security on board trains	ATOC Policing and Security Forum

Stage 2: Projects in Specification

Project Number	Project Title	Industry Steering Group
T1013	Analysing the risk of having a mix of imperial and metric measures on the railway	Operations Focus Group
T1014	Understanding the risk and benefits of providing TPWS permanent speed restriction set speed information to train drivers	Operations Focus Group
T1025	Supplying good quality information to passengers on driver only operated train services	Operations Focus Group
T1026	Improving platform operational signage	Operations Focus Group
T1029	Designing a tool to improve the quality of train dispatch risk assessment	Operations Focus Group
T1030	A comparison of the ability of available mathematical models and tools to predict rail staff fatigue	Operations Focus Group
T1032	Investigating the application of on train monitoring recorder data to create safety performance indicators for the proactive management of driver competence	Operations Focus Group

Stage 1: Ideas under Evaluation

Project Number	Project Title	Industry Steering Group
R540	A review of the process used to introduce speed restrictions and driver compliance with them	Operations Focus Group
R543	Evaluating the costs and benefits of using in-cab CCTV as an aid to incident investigation	Operations Focus Group
R545	Evaluating platform gap fillers to reduce risk at the train / platform interface	Operations Focus Group
R548	Understanding the safety consequences of increased emphasis on providing right time train services	National Task Force
R549	Investigating the risks posed by luggage to passengers and staff on trains and stations	ATOC Safety Forum
R550	Research into fatigue-driven performance degradation	Operations Focus Group

(사) 공중안전 연구(Public Research)

Number	Project Title	Industry Steering Group	Year Completed
T039	Reducing assaults on railway staff	N/A	2005
T040	Railway crime - industry perceptions	N/A	2005
T047	Fears and experiences of assault and abuse on the railway	N/A	2005
T061a	Maximising benefits from CCTV on the railways - executive summary	N/A	2005
T061b	Maximising benefits from CCTV on the railway - existing systems	N/A	2005
T061c	Advanced CCTV pilot projects	N/A	2005
T061d	New and emerging CCTV technology	N/A	2005
T062a	Evaluation handbook for route crime and other initiatives	N/A	2005
T062b	Evaluation handbook for route crime and other initiatives	N/A	2005
T062c	Rail participation in the work of youth	N/A	2005

	offending teams		
T062d	Vandalism - lessons to be learned from the USA and other initiatives	N/A	2005
T063	Trespass and vandalism cost modelling	N/A	2005
T064a	Development of rail safety material for teachers and schools	N/A	2005
T064b	Raising awareness of third and fourth rail risks	N/A	2005
T103	Assessing the cost of assaults	N/A	2005
T316	Developing a community safety support unit for public behaviour initiatives	N/A	2005
T318	Investigating the benefits of complementary policing within the railway environment	N/A	2005
T542	Conflict avoidance training for front line railway staff	Rail Personal Security Group	2005
T555	Improving the content and placement of anti-trespass signs	National Railway Crime Group	2005
T592	Management of football fans on the railway	ATOC Operations Council	2008
T667	Research into security at stations	ATOC Operations Council	2008
T693	Providing better information during temporary timetable changes	Community Safety Steering Group	2008
T701	Quantifying the business benefits of investing in passenger security: a feasibility study	Community Safety Steering Group	2009
T703	Facilitating shared expectations between passengers and front-line staff	Community Safety Steering Group	2009
T704	The contribution of alcohol to personal safety and security risk on the railway	Community Safety Steering Group	2010
T723	Making the most of data associated with railway crime	Community Safety Steering Group	2009
T846	A guide to RSSB research in community safety	Community Safety Steering Group	2009
T891	Understanding the personal security issues on GB railways affecting multicultural groups	Community Safety Steering Group	2011
T901	Understanding guidance and operational practice of lone worker personal security	Community Safety Steering Group	2011
T943	Addressing crime and disorder through planning and design	Community Safety Steering Group	2011
T954	Evaluating measures to improve personal security and the value of their benefits	Community Safety Steering Group	2012
T845	Improving suicide prevention measures on the rail network in Great Britain	Community Safety Steering Group	진행중

(아) 도로-철도 인터페이스 연구(Road-Rail interface Research_

- Area 1: 안전 활동의 우선순위 부여를 위한 건널목 위험도 이해
- Area 2: 적절한 해결책 적용을 촉진하기 위한 모범사례 판별 및 공유

  ◦ 도로-철도 문제에 대한 국제적 실행사례: 현행 산업계 구성에서 합리적이고 실행가능하며 재원조달이 가능한 안전개선 지원

  ◦ 두 번째 열차 진입 경고표시에서 얻은 경험

◦ 위험도 모델의 전세계적인 사용

◦ 건널목 관련 위험도 교육의 모범사례

· Area 3: 건널목 오류 및 오사용 예방을 위한 새로운 기술과 운영상의 해결책

◦ 대안적 기술: 표식(signage), 카메라, 도로 markings, 차량-작동 표시 경고

· Area 4: 사회적 비용 최적화를 위한 대안 적용의 비용-이익 평가의 이해

· Area 5: 안전 위험 제거와 사회적 비용 경감을 위한 도로계획당국과의 협력작업

◦ 공공도로에 건널목 신호 사용

◦ 충분한 여유의 황색등 시간조절

◦ 고속 열차 도입에 따른 도로망에 대한 충격영향

◦ 고가 차량의 교량 회피를 지원하기 위한 지능형 경로설정의 충격영향

◦ 건널목에서 저렴한 교량 횡단 및 보행로 사용의 가능성

◦ 중량 화물차량의 크기 증가에 대응한 열차의 중량 저감(특히 선두 기관차)

· Area 6: 시회 참여를 촉진하기 위한 건널목에서의 취약이용자의 필요성 이해

· Area 7: 법적 요건 판별과 분산된 규정을 하나로 묶는 건널목 법령체계의 정비

· Area 8: 교량 충돌과 차량 침입에 대한 연구

◦ 인적 요인의 이해, 너무 높은 트럭/버스 운전자의 교량 하부통과 실패의 이유, 운전자가 그들 차량의 높이를 알 수 있도록 보장하는 교육훈련의 필요성

◦ 낮은 교량에서 사고 예방 및 사고기록을 위한 도로측 카메라 사양개발

◦ 교량에 설치하는 상호작용 기능을 가진 도로 신호의 효용성 평가

◦ 건널목 교량에서의 차량 침입사건 경감

· Area 9: 조사결과, 정부권고사항, 정책적 선제조치 및 신규법령 지원 연구

※ 세부내용 : A guide to RSSB research in Road-Rail interface 참조

Stage 4-5: Projects in Progress

Project Number	Project Title	Industry Steering Group
T756	Research into traffic signs and signals at level crossings	Road-Rail Interface Safety Group
T936	Enhancing the accuracy and functionality of the All Level Crossing Risk Model (ALCRM)	Road-Rail Interface Safety Group
T983	Research into signs at private level crossings	Road-Rail Interface Safety Group
T984	Research into the causes of pedestrian accidents at level crossings and potential solutions	Road-Rail Interface Safety Group

Stage 2: Projects in Specification

Project Number	Project Title	Industry Steering Group
T1006	Enhancing the accuracy and functionality of the AXIAT level crossing tool	Road-Rail Interface Safety Group
T1007	Research into positioning railway signals on the approach to level crossings	Road-Rail Interface Safety Group

Stage 1: Ideas under Evaluation

Project Number	Project Title	Industry Steering Group
R461	Research into treating snow and ice on public road level crossings	Road-Rail Interface Safety Group
R527	Reducing road closure time at MCB type crossings using ERTMS	Road-Rail Interface Safety Group
R544	A review of research into median strips at level crossings	Road-Rail Interface Safety Group

(자) 철도차량 연구(Rolling Stock Research)

- Area 1: 열차사고 사상자 경감을 위한 차량 설계 개선 연구
- Area 2: 비용-효용성 증가를 위한 시스템 전체 수명비용 모델링 (Modelling whole life system costs to increase cost-effectiveness)
- Area 3: 고중량 차량에 대한 운전자 확인과 감축에 대한 인센티브 제공
- Area 4: 좌석/하중 용량 및 속도 최적화 모델링
- Area 5: 위험도, 비용 및 성능 영향을 이해하기 위한 법령 지원 연구

Stage 4-5: Projects in Progress

Project Number	Project Title	Industry Steering Group
T735*	TrioTRAIN: Total Regulatory Acceptance for the Interoperable Network	Vehicle/Vehicle SIC
T860*	Benefits of all-electric braking	Vehicle/Vehicle SIC
T870	Fuel consumption metering for validation purposes	Diesel Systems Working Group
T986*	Cross-interface remote condition monitoring - acoustic bearing monitoring case study	Cross Industry Remote Condition Monitoring Strategy Group
T1018	Assessment of rail vehicle seat fire testing	Rolling Stock Standards

Stage 3: Projects in Procurement

Project Number	Project Title	Industry Steering Group
T1003	Standardisation of coupling arrangements	Vehicle/Vehicle SIC

Stage 2: Projects in Specification

Number	Project Title	Industry Steering Group
T1010*	Cross-industry remote condition monitoring programme phase 2	Cross Industry Remote Condition Monitoring Strategy Group
T1024	Procedures for dealing with bodyside windows broken in service	Vehicle/Vehicle SIC
T1027	Development of an upgraded Rolling Stock Library/RAVERS (R2)	R2 Project Board

Stage 1: Ideas under Evaluation

Project Number	Project Title	Industry Steering Group
R547	On-board injuries associated with internal train doors	Vehicle/Vehicle SIC
R552	A comprehensive assessment of all threats to the continued service operation of British Rail legacy vehicles	Vehicle/Vehicle SIC

(차) 안전정책과 위험도 관리(Safety Policy and Risk Management Research)

※ 주제와 범위

- 위험도 모델링-적절한 자원 사용 결정을 지원하기 위한 위험도 산정 모델링
- 비용 추정 -사고 비용 추정과 안전대책의 비용 산정 지원
- 공급자 chain - 고객과 공급자가 만족을 위한 세계적 공급자 보증 지원 그룹
- 안전관리와 문화 - 산업계에 존재하는 안전관리 방법과 안전문화의 점검

※ SPRM R&D programme

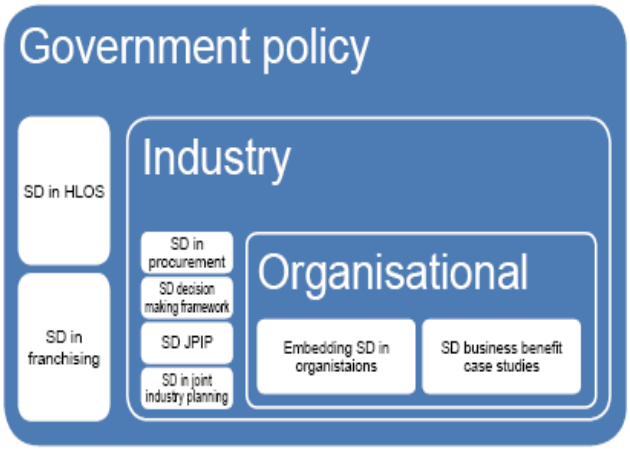
- Area 1: 철도회사의 사업 이익과 법적 의무 판별을 지원하기 위한 안전에 대한 사람들의 기여와 안전 문제의 가치 측정
- Area 2: 합리적, 법적 및 일관된 의사결정을 촉진하기 위한 철도산업계 모범사례 개발
- Area 3: 적절한 자원 사용 결정을 지원하기 위한 위험도 산정 모델링
- Area 4: 산업계의 CBA 수립을 지원하기 안전관리에서의 비용인자 판별
- Area 5: 철도회사의 안전관리시스템 개발을 지원하고 안전문화 및 교육훈련을 다루는 것을 지원하기 위한 전반적인 안전관리 분석

Stage 4-5: Projects in Progress

Project Number	Project Title	Industry Steering Group
T953	Enhancing and promoting the use of safety performance indicators	Safety Policy Group
T955*	Safety Risk Model hazard analysis for rail projects (SHARP)	Safety Policy Group
T956	Further development of the Department for Transport Network Modelling Framework safety module	Safety Policy Group
T974	D-RAIL: research into the causes of freight train derailments and mitigation measures	Safety Policy Group
T994	Development of an incident factor classification system module for SMIS	Safety Policy Group
T1015	Revision of the Close Call System	SMIS Programme Board
T1023	Developing a safety culture good practice guide	Safety Policy Group

(카) 지속가능한 연구개발(Sustainable Development Research)

※ 철도산업 지속가능 개발(SD) 원칙
- 고객-지향
- 이용자에게로의 접근성 개선
- 종점-종점 여행/이동 제공
- 고용주 선택
- 환경 충격의 경감
- Smart 탄소
- Wise에너지
- 경기 부양 지원
- 철도 최적화
- 투명성 확보



(타) 차량-궤도 상호작용 연구(Vehicle Track Interaction Research)

- Area 1: 차량-궤도 인터페이스의 최적 파라메타 판별을 위한 시스템 모델링
- Area 2: 차륜 설계와 유지관리 실행을 강화하기 위한 축이 경험하는 운영환경에 대

한 연구

- Area 3: 저점착 관리 개선을 위한 점착문제 특성의 더 나은 이해 연구
- Area 4: 전체 수명비용 경감을 위한 구름 접촉 피로와 수직 궤도 손상의 최적관리 연구

Stage 4-5: Projects in Progress

Project Number	Project Title	Industry Steering Group
T728	Impact of corrosion upon the high cycle fatigue properties of GB axle steel	Wheelset Management Group
T774	Research into the effects of human factors in axle inspection	Wheelset Management Group
T792*	Stage 2 development of the Vehicle Track Interaction Strategic Model	Vehicle/Track SIC
T797	Performance and installation criteria for sanding systems	Adhesion Research Group
T888*	DynoTRAIN (a TrioTRAIN project) – Railway Vehicle Dynamics and Track Interactions: Total Regulatory Acceptance for the Interoperable Network	Vehicle/Track SIC
T920	Euraxles: Minimising the risk of fatigue failure of railway axles: FP7 3rd Call	Wheelset Management Group
T923	Axle-end equipment: service accelerations and resonance	Vehicle/Track SIC
T959*	Onboard detection of low adhesion	Adhesion Research Group
T963	Managing the effects of train architecture and operational parameters and influences to reduce wheel damage	Vehicle/Track SIC
T996	Categorising the relationship between track condition, line speed, and vehicle forces	Vehicle/Track SIC

Stage 1: Ideas under Evaluation

Number	Project Title	Industry Steering Group
R551	Understanding the root causes of braking damage to wheel tread	Vehicle/Track SIC

(파) 작업자 자격능력 연구(Workforce Competence Research)

- Area 1: 지속적인 전문성 개발(Continuous professional development)
  - 산업계에 현재 정보를 제공하기 위한 훈련코스의 상태와 정보자원의 이해
  - 산업계에 대한 효과적 학습활동 조치를 보장하기 위한 직원 자격능력의 교육훈련 연구
  - 사업 효율성에 미치는 영향을 판단하기 위한 기능 감퇴와 조직적 학습 검증
- Area 2: 산업계내 모범사례 촉진을 위한 범-산업계 자격능력 보증과 조직적 학습에

대한 연구

- Area 3: 훈련기간 단축과 전체 훈련 효용성 개선을 위한 성인 학습방법론 연구
- Area 4: 언제 어떻게 훈련을 도입할지를 이해하기 위한 새로이 출현한 훈련방법의 평가
- Area 5: 향후 공급과 수요를 이해하기 위한 미래 연구와 시나리오 계획
- Area 6: 비용과 실행 가능성을 이해하기 위한 새로운 법령 지원 연구

Stage 4-5: Projects in Progress

Project Number	Project Title	Industry Steering Group
T1016*	Driver training review	Driver Training Review Steering Group

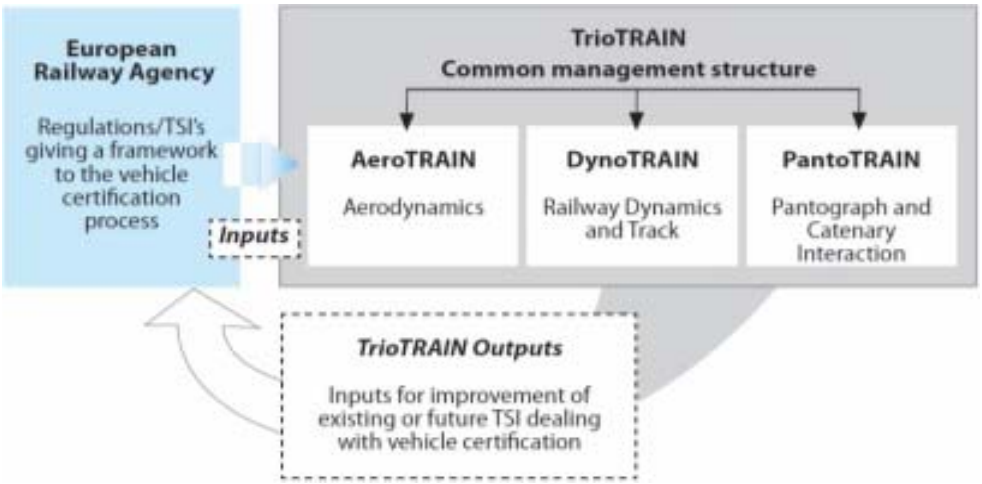
나. 공동투자(Co-funding)연구 : European Commission 프로젝트

○ Trio-TRAIN(Total Regulatory Acceptance Interoperability Network , started June 2009): European Commission's 7th Framework programme의 통합연구프로그램으로서, 가상 시뮬레이션에 의한 물리적 시험 절차의 대체, 현장시험/mock-up 시험/시뮬레이션의 최적 조합을 통해서 복잡한 인증과정의 단순화. 아래 3개 하부 프로젝트를 포함

AEROTRAIN-part of TRIO-TRAIN	WP 0: 모든 관리 활동 WP 1: 개방 공기압 펄스(Open Air Pressure Pulse) WP 2: 공기역학적 하중Aerodynamic Loads on Tracks) WP 3: 횡풍(Crosswind) WP 4: 열차-터널 상호작용(Train - Tunnel Interaction) WP 5: Slip Stream Effects. WP 6: 품질보증(Quality assurance work package)
DYNOTRAIN-part of TRIO-TRAIN	WP 0: 모든 관리 활동 WP 1: 궤도 형상 품질 측정과 가상승인(Measurements of track geometry quality and virtual homologation) WP 2: 궤도 형상 품질(Track geometry quality) WP 3: 접촉 형상(Contact geometry) WP 4: 궤도하중한계(Track loading limits related to network access) WP 5: 모델 구성과 타당성(Model building and validation) WP 6: 변경된 차량과 다른 조건에서 주행하는 차량의 가상 인증(Virtual certification of modified vehicles and vehicles running in other conditions) WP 7: 품질보증(Quality assurance work package)
PANTOTRAIN-part of TRIO-TRAIN	WP 0: 모든 관리 활동 WP 1: 판토/전차선 수치해석 도구의 구성과 타당성(Criteria to build and validate pantograph / catenary numerical simulation tools) WP 2: Hardware-in-the-Loop testing of pantographs; WP 3: 상호운영성의 가상 승인(Virtual homologation for interoperability) WP 4: 기존 승인된 것을 경미하게 변경한 판토의 가상승인 확장(Virtual extension of homologation for a pantograph that presents minor changes from an already homologated one) WP 5: 제어기능을 가진 혁신적 판토 설계(New innovative pantograph designs with control functionalities)(WP 6: 가상형식승인 절차의 평가와 규제승인 Assessment of virtual homologation procedures and Regulatory Acceptance.

※ 프로젝트 개요

- 기간 : 48개월(2009년 6월 1일 시작)
- 비용 : 13,23 million €(EC 8 million € 기여)



- 참여기관: 10개국 30개 기관

unife
THE EUROPEAN RAIL INDUSTRY
adif
ALMA
ALSTOM
AnsaldoBreda
apncf
BOMBARDIER
CAF
CAF
CEIT
TIFSA
DB Mobility Networks Logistics
IFSTTAR
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
KTH
LME
Network Rail
POLITECNICO DI MILANO
renfe
RSSB
Manchester Metropolitan University
SAPIENZA
TRENITALIA
SNCF
uic
SIEMENS
UNIVERSITY OF BIRMINGHAM
STEMMANN-TECHNIK
CONTACT srl
RÉSEAU FERRÉ DE FRANCE

다. EU Rail Safe 프로젝트(http://www.eurailsafe.net/errac.shtml)

○ ERRAC - The European Rail Research Advisory Council

- Strategic Rail Research Agenda(SRRA): 향후 20년에 걸친 다음 5개 분야에 대한 철도 산업 혁신

  · 상호운영성(Interoperability)

  · 지능형 이동수단(Intelligent mobility)

· 세계적 철도 안전 및 보안(Global rail safety and security)

· 환경(Environment)

· 혁신적 재료와 제작방법(Innovative materials and production methods)

○ Research - SAFEINTERIORS (Train Interior Passive Safety for Europe)

- 개요

· 연구 내용: 시스템 실행에 중점을 둔 인간-기계 인터페이스를 고려한 신뢰서 있고 고장 허용(예방, 능동 및 수동) 통합 안전시스템의 개발(4.13 Developing integrated safety systems which are reliable and fault tolerant (preventive, active and passive) taking into account human-machine interface concepts focusing on the system implementation)

· 비용: 3.7 백만 Euros

· 기간: 42 개월(2006년 6월 11일 시작)

- 구성

· WP1- 관리 및 보급(Management and Dissemination)

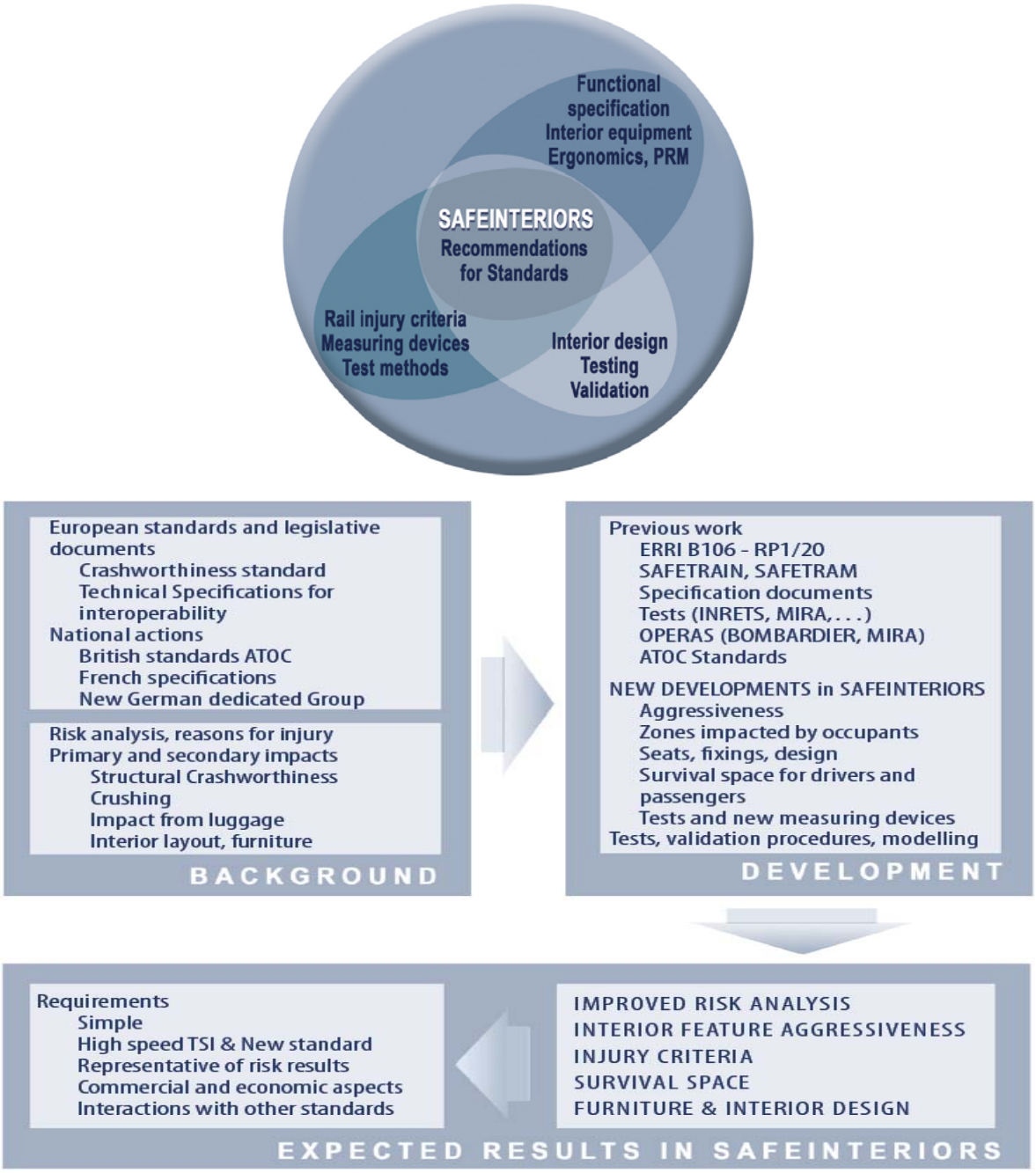
· WP2- 철도차량 실내설비 수동형 안전에 대한 기본체계(Framework for rail vehicle interior passive safety): 관련 규정 적합성 평가, 사고자료 분석, 충돌시 구조체와 분리되는 차량 실내설비 분석, 충돌에너지 관리를 위한 구조장치

· WP3- 철도 상해기준, 측정 및 시험(Rail injury criteria, measuring and testing): 충돌시나리오와 차량실내설비 배치에 따른 탑승자 신체 상해 기준 판별, 탑승자 신체 상해 정량화를 위한 측정장치 판별, 실내설비 설계 및 수동형 객실 안전대책 검증 과정에 적용되는 시험절차 개발

· WP4- 실내장치의 기능적 사양(Functional Specification for interior Equipment) : 운영요건 정의, 실내설비 배치(좌석, 머리받침 및 기타 객실설비 포함) 기본 요건 정의, 신재료/신기술을 적용의 가능성 판별, 비용-이익 분석

· WP5- 실내설비 설계와 타당성 검증(Interior Design and Validation) : 탑승자 실내 수동안전 수준 강화를 위한 다양한 좌석배치, 입석승객, 휠체어 고정, 운전실 실내설비 설계에 대한 개발, 제작, 시험 및 검증. 신규 구성요소 설계 요건의 적합성 평가, 신규 시험방법 적용, 측정 장치 및 상해 기준의 평가

· WP6- 종합 및 표준규격 권고(Synthesis and recommendations for standards) : 상해기준, 측정 및 시험 방법론 평가, 신규 설계요건과 실행 적합성 평가, 구조체 충돌감항성 실행을 위한 유럽 규정 및 관련 TSI 개발의 기술적 지원. 새로운 수동형 안전 실내설비 대책의 기술적 배경 및 탑승자 방호에 대한 권고사항 제공



○ Research - TRAINSAFE

- 개요 : European Rail Research Advisory Council'(ERRAC's)의 "Strategic Rail Research Agenda" 는 2020년까지 여객/화물 수송에서 시장점유율 2배, 수송량 3배, 동시에 안전 개선이라는 야심찬 목표를 제시). TRAINSAFE는 철도의 전반적 안전수준을 향상시키기 위한 유럽수준의 의사소통, 협력 및 검토 기반을 제공

- 주요 내용

  · 안전표준(Standards for safety)

  · 안전한 기반시설(Safe infrastructure)

◦ 궤도 열화와 하부-구조물 건전성(Track Degradation & Sub-structure integrity): 궤도와 하부구조물에 대한 열화문제를 인식하는 신규 표준규격의 정의

◦ 궤도 용접(Track Welding): 용접 및 검사 기술 개발 권고

◦ 궤도 검사 기술(Track Inspection Technologies): 레일 교환여부를 즉시 판단할 수 있는 고속 초음파 기술, 온라인 영상 분석 기술의 가능성

◦ 상태 진단(Condition Monitoring): 궤도의 연속 감시-차륜충격 하중검지, 궤도조건 감시(레일파손, 좌굴), 차량 접촉피로 측정, 신호-열차검지, 속도측정 및 무단횡단 경고. 차량기반 시스템을 보충하기 위한 궤도기반 상시 상시감시시스템의 개발

◦ 점착 관리(Adhesion Management): 신뢰성있는 점착 측정기술 개발, 궤도 청소기술 개발, 저/고 점착 한계수준의 정확한 정의, 고점착에 대응한 고체 윤활제의 개발

*정면-비대칭 충돌시의 안정성 해석 컴퓨터 모델링

· 안전한 차량 구조체와 실내설비(Safe vehicle structures and interiors)

◦ 안전한 차량-에너지 흡수(Safe vehicle-Energy Absorption): Kinetic에너지 분산(운전실 전두부 충격흡수, 운전자 방호공간, 운전실 에어백 등), 최대 감속도 저감(5g), 제어/예측/안정성 부가, 탑승자 생존공간/안전방호(탑승자 방출/외부물체 방호, 구조적 연결의 견고성),

◦ 구조적 건전성(Structural Integrity): 고정벽 충돌과 건널목 충돌시의 생존의 차이점

◦ Interface System: 충돌/탈선시 차량안전성(타오름 방지, 연결유지, 선로상존), 타오름/접힘/분리/전복의 위험도 이해 및 안전성능 타당성 검증방법

◦ 탈선 방호: 배장기의 동적성능 연구, 안내레일의 최 사례 판단, 차륜-레일 인터페이스 연구

◦ 안전한 차량 실내설비(Safe vehicle interiors): 차량거동(감속환경 정의), 상해기준(정량적 상해 판단기준), 실내설비 설계(충격 최소화), 점유자 동역학(감속/충격에 대응한 인체의 반응), 탈출/대피(통신, 극한상황의 행동이해, 직원 교육훈련, 위험상황에서의 탑승자 탈출 보장)

◦ Railway & tram Crashworthiness(충격감항성): 설계 및 충돌 개념(연결기의 에너지흡수/타오름 방지, 운전자 탈출지원 출입문, 운전자 생존공간 확보, 배장기, 전면충돌 에너지 흡수구조 등), 수치해석 모델링과 비교방법의 타당성(준-정적 시험 및 동적 시험)

· 철도차량 구조의 화재 안전성(The fire safety of rail vehicle structures)

◦ 차량 구분별 케이블 및 재료의 독성 요건 및 시험

◦ NoBo 인증의 일치성-시험체와 품질 시스템, 시험기관의 인증 체계

◦ 변경관리(신 재료/절차), 위험도 균형과 보상

◦ 중소규모 화재시험과 실대형 시험

◦ 핵심 그룹 C: 좌석 및 시험 방법

◦ 핵심 그룹 D: 내부 플라스틱 재료, 케이블 연기/독성, 연결기류 오염/노후화

◦ 핵심 그룹 E: 재료 및 시험방법(FRP의 연기/독성)

2절 철도안전기술개발 로드맵 결론

1. 철도안전기술개발 로드맵(2014~2020)

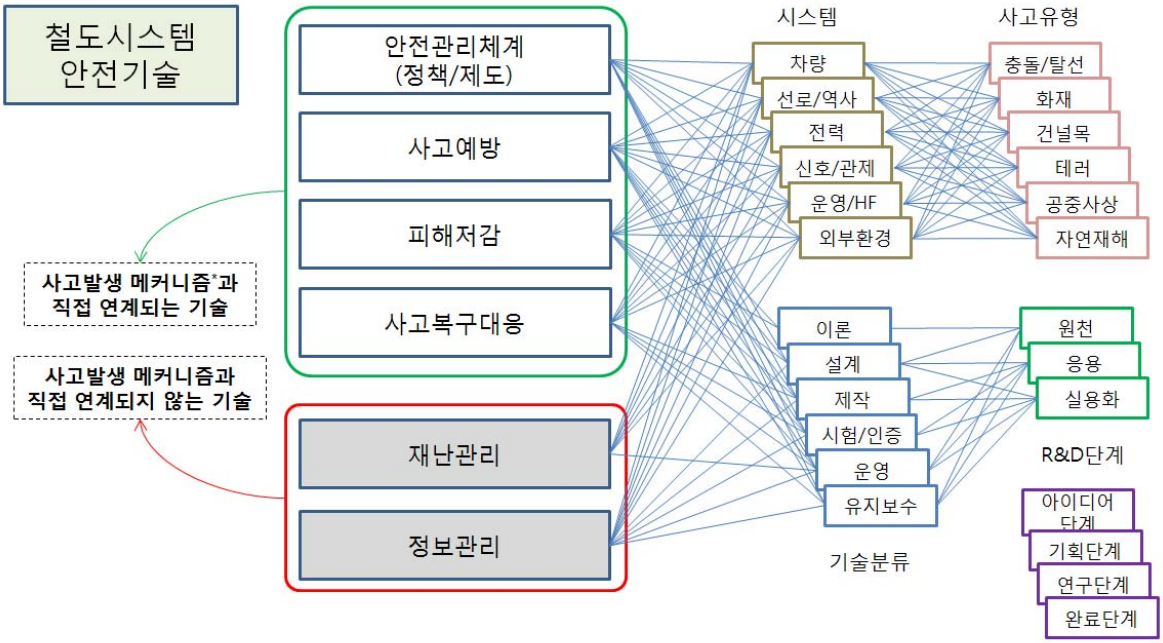


그림 144. 철도안전 기술분류

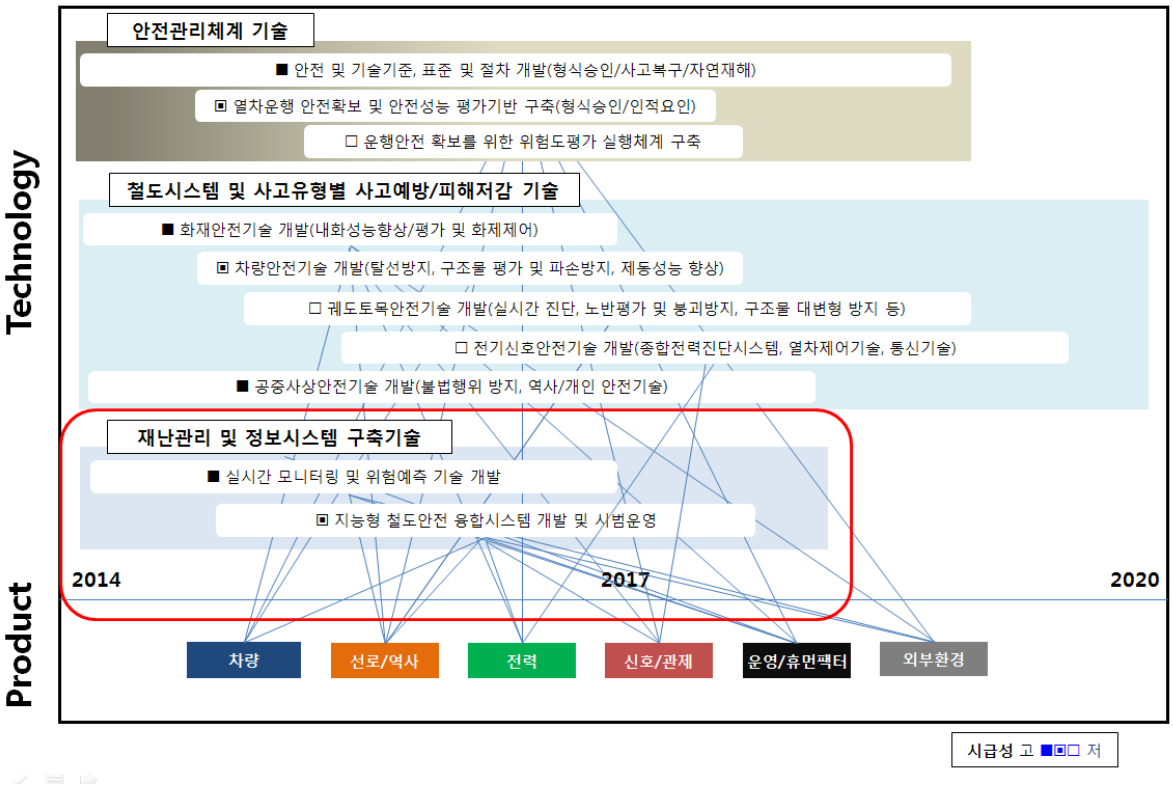


그림 145. TRM - 철도안전기술(Lv.0)

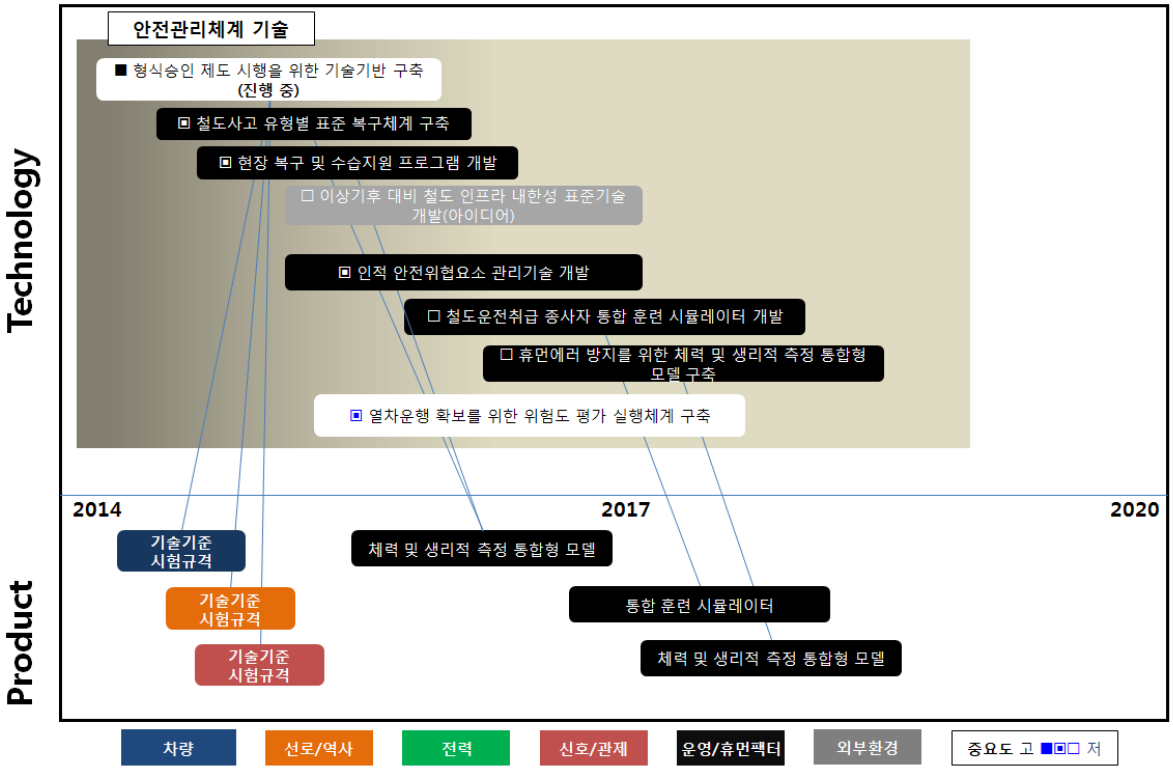


그림 146. TRM - 안전관리체계 기술(Lv.1)



그림 147. TRM - 철도시스템 및 사고유형별 안전기술(Lv.1)

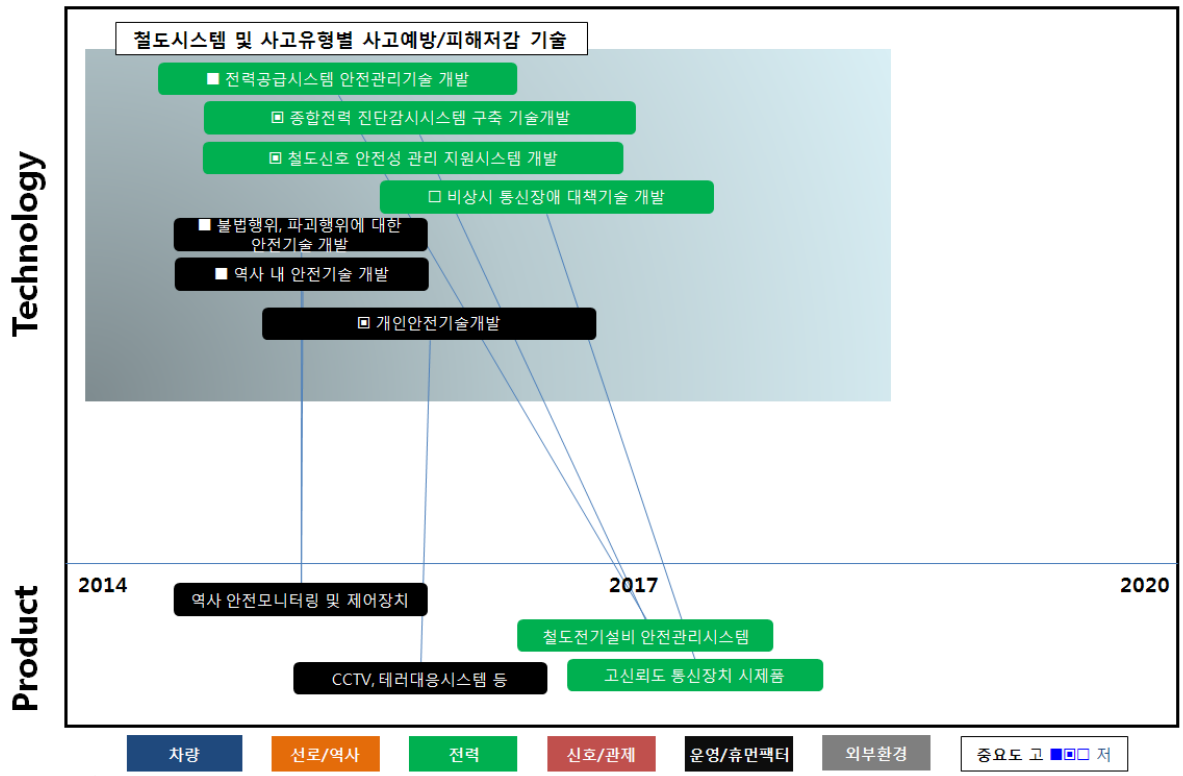


그림 148. TRM - 철도시스템 및 사고유형별 안전기술(Lv.1)

2. 철도안전 기술분류 로드맵 지능형융합시스템기획

□ 안전관리체계 구축 분야(대분류 Ⅰ)

중분류	소분류	세부내용	단계
위험도 평가기술 개발 (Ⅰ-1)	철도사고 위험요인 분석기술개발 (Ⅰ-1-1)	철도사고 원인분류 모델의 개발	완료
		위험요인별 발생빈도 산정기법의 개발	완료
	철도사고 심각도 평가기술 개발 (Ⅰ-1-2)	철도사고 결과의 심각도 평가모델의 구축	완료
		위험도 평가모델을 활용한 프로그램 구축	완료
	열차운행 안전 확보를 위한 위험도 평가체계 구축 (Ⅰ-1-3)	사고 위험도 예측을 위한 분석 및 관리프로그램 개발	기획
		안전성 평가 기반 구축을 위한 지원 프로그램 개발	기획
		철도사고 및 장애 복합적 분석 기법 다각화	기획
안전 및 기술기준, 표준 및 절차 마련 (Ⅰ-2)	철도시설 및 차량 안전기준 마련 (Ⅰ-2-1)	안전기준체계 수립연구	연구
		시설 및 차량 안전기준 제시	연구
		안전기준 현장적용성 검증 및 보완	연구
		안전개선 및 안전투자의 비용효과 분석	완료
	철도사고 모델별 비상대응 절차 개발 (Ⅰ-2-2)	중대사고 시나리오 작성 및 위험도의 정량화	완료
		철도사고 시나리오 전개 및 비상대응 절차 개발	완료
		현장보급 적용성 검토 및 교육훈련 수행	완료
	현장 복구 및 수습지원 프로그램 개발 (Ⅰ-2-3)	사고보고, 긴급출동 및 복구수습절차 작성 연구	기획
		장비투입 및 외부지원 처리절차 개발	기획
		GIS 활용 원격지원 응용프로그램 개발	기획
		현장지원 매뉴얼 개발 및 현장보급	기획
	철도사고 유형별 표준 복구체계 구축에 관한 연구 (Ⅰ-2-4)	철도사고 유형별 표준 복구체계 기술개발	기획
		철도 대형사고 대비 안전설비 안전도 향상 기술개발	기획
		지능형 철도 인프라 감시시스템 기술개발	기획
	이상기후 대비 철도인프라 내한성 표준기술 개발(기획연구) (Ⅰ-2-5)		아이디어
열차운행 안전확보 및 안전성능 평가 기반구축 (Ⅰ-3)	인적 안전위협 요소 관리기술 개발 (Ⅰ-3-1)	운전업무 및 정비업무에서의 과로/피로와 안전요소의 상관관계 분석	기획
		운전자 실수 자료 저장을 통한 발생가능한 실수에 대한 연구	기획
		신호인지 착오가능성 및 예방대응기술 개발	기획
	시뮬레이터를 활용한 업무적성평가 및 교육훈련프로그램 개발 (Ⅰ-3-2)	기관사 위기대응능력 적성평가	완료
		업무적성평가 및 교육훈련을 위한 시뮬레이터 운용프로그램 개발(기관사)	완료
		교육훈련 프로그램의 개발, 현장적용 및 교육훈련 체계 구축(기관사)	완료
		교육훈련 프로그램 및 시뮬레이터 개발	기획

		(기관사, 관제사 및 승무원 통합훈련)	
	휴먼에러 방지를 위한 체력 및 생리적 측정 통합형 모델 구축 (Ⅰ-3-3)	철도종사자 기초체력 및 생리적 변인 측정 기술개발	기획
		휴먼에러 치유/예방 지원프로그램 및 지원설비 구축	기획
		정신적 및 신체적 통합형 관리시스템 모델 구축	기획
	품질인증 및 성능시험 기반구축 (Ⅰ-3-4)	품질인증 및 성능시험 체계 분석 체계분석(형식승인/제작자승인)	연구
		일반철도의 품질인증 및 성능시험 절차와 기준 수립(형식승인/제작자승인)	연구
		고속철도 품질인증 및 성능시험 기반 구축(형식승인/제작자승인)	연구
	국가공인 안전성능평가 전문기관 지정 기반 구축 (Ⅰ-3-5)	국가공인 전문기관 지정절차, 인력 및 장비확보계획 수립	연구
		국가공인 전문기관 신청/허가/지정/관리 절차 개발	연구
		일반철도 및 고속철도로의 전문기관 확대 및 전문성 유지개선	연구

□ 재난관리 분야(대분류 Ⅱ)

중분류	소분류	세부내용	단계
실시간 통합 안전감시제어 기술 (Ⅱ-1)	실시간 통합 안전감시제어 기술개발 (Ⅱ-1-1)	실시간 통합안전 시스템엔지니어링	기획
		실시간 통합 리스크 평가 및 대응기술 개발	기획
		실시간 통합안전관리 소프트웨어 개발	기획
		실시간 통합안전 감시제어시스템 테스트베드 구축 및 운영	기획
	실시간 탈선/충돌 감시제어 기술개발 (Ⅱ-1-2)	실시간 탈선예측 기술개발	기획
		실시간 충돌예측 기술개발	기획
		실시간 선로안전 감시제어 기술개발	기획
		탈선/충돌 감시제어 통합 소프트웨어 개발	기획
	실시간 화재 감시제어 기술개발 (Ⅱ-1-3)	철도화재 통합감시제어시스템(표준) 개발	기획
		철도터널용 자동소화장치 개발	기획
		스마트 피난/구난 안내 장치 개발	기획
		자하역사 지능 제연 및 안전피난통로 기술개발	기획
	실시간 공중사상 감시제어 기술개발 (Ⅱ-2-4)	통합 사상사고 감시제어 기술개발	기획
		테러/범죄 실시간 감시제어 기술개발	기획
		위험지역 실시간 감시제어 기술개발	기획
		작업자 안전 실시간 감시제어 기술개발	기획
지능형 철도안전 융합시스템 구축 기술 (Ⅱ-2)	지능형 융합시스템 구축 통합 엔지니어링 및 시범사업 (Ⅱ-2-1)	지능형 철도안전 감시제어 시스템엔지니어링	기획
		철도사고 예방 및 대응 모의검증 기술개발	기획
		지능형 철도안전 융합시스템 시범사업	기획
	안전관제형 통합	지능형 안전관제 시스템 통합 네트워크 및 운	기획

	감시제어시스템 개발 (Ⅱ-2-2)	영 기술개발	
		지능형 철도안전 리스크 평가, 판정 및 제어 기술개발	기획
		지능형 안전관리 융합관리시스템(h/w, s/w) 기술개발	기획
		차량 및 인프라 안전시스템 인터페이스 실용화 기술개발	기획

□ 철도시스템 및 사고유형별 안전기술 개발 분야(대분류 Ⅲ)

○ 화재안전기술분류

중분류	소분류	세부내용	기술개발 필요성	사고유형	적용분류	단계
화재 안전 기술 (Ⅲ-1)	철도차량 및 시설 재료의 내화성능 향상과 시험평가 기술 개발 (Ⅲ-1-1)	철도재료 화재특성평가 기법 정립	상(E)	화재	사고예방	완료
		철도재료 화재안전특성 데이터베이스 구축	상(E)	화재	사고예방	완료
		소재특성에 따른 철도차량 화재해석 기술	중(E)	화재	사고예방	완료
		철도재료 화재안전기준 작성	상(E)	화재	사고예방	완료
		철도차량 재료안전지수 산출기법 정립	중(E)	화재	사고예방	완료
		철도재료 불연/난연 신소재 응용기술 개발	상(E)	화재	피해저감	기획
		도시철도차량 및 지하역사용 불연성 내외장재 개발	중(E)	화재	피해저감	기획
		철도재료 화재안전 종합지침서 작성	상(E)	화재	사고예방	완료
	철도차량 화재안전 성능 평가 및 화재제어 기술 개발 (Ⅲ-1-2)	철도차량 자동소화 시스템 개발	중(E)	화재	사고예방	완료
		철도차량 화재전파 해석기술 개발	상(E)	화재	사고예방	완료
		철도차량 화재전파제어 블록체계화 기술	상(E)	화재	피해저감	기획
		모형 객차 화재시험 시스템 및 평가체계 구축	상(E)	화재	피해저감	완료
		차량 전력/통신체계 제어기술 개발	상(E)	화재	사고예방	기획
		철도차량 대피안전도 향상 연구 개발	상(E)	화재	사고예방	기획
	지하시설물 화재안전 성능향상 및 시험평가 기술 개발 (Ⅲ-1-3)	국제기준에 대응하는 신설 지하철 역사 화재안전 설계기술 연구	상(E)	화재	피해저감	기획
		지하철 및 일반 장대 철도터널을 위한 시험장치 상세설계 및 계측기술 연구	상(E)	화재	피해저감	기획
		장대 철도터널의 구난역 및 피난갱, 대피로의 화재 유체역학적 설계기술 연구	상(E)	화재	피해저감	기획
		전국 5개 지역 기존 지하철의 화재안전을 위한 개량대책 연구	상(E)	화재	피해저감	기획
		지하철 역사와 본선터널들을 통합제어하는 지능형 배연시스템 기술 연구	중(E)	화재	피해저감	기획
		내열성능 및 저소음의 축류팬/부스트팬 개발을 위한 연구	중(E)	화재	피해저감	기획
		역사의 방화성능 향상 및 인명대피에 용이한 구획짓기 방화문, 제연벽 기술연구	하(E)	화재	피해저감	기획
	지하철 여객 안전대피 및 최적화 기술 개발 (Ⅲ-1-4)	지하 혼잡역, 심층역, 환승역의 여객 유동 형태 및 계단, 출입구, 탈출로의 승객 대피 단면 실태 조사	상(E)	화재	사고예방	기획
		승객 대피 유동 예측 기술 개발 및 최적 승객 유동 동선 개발	상(E)	화재	사고예방	기획
		지하역사 화재안전 설계기준에 대한 성능인증 기술개발	중(E)	화재	사고예방	기획

○ 차량안전기술분류

중분류	소분류	세부내용	기술개발 필요성	사고유형	적용분류	단계
차량 안전 기술 (Ⅲ-2)	충돌탈선 사고 안전도 확보 및 시험평가 기술 개발 (Ⅲ-2-1)	사고 시나리오 설정 및 열차 전방 구조물의 충돌에너지 흡수기술 개발	상(E)	충돌	피해저감	완료
		충돌에 의한 탈선 및 타고오름 사고 예측 및 평가기술 개발	상(E)	충돌/탈선	피해저감	완료
		운전자 및 승객의 상해저감 및 평가기술 개발	중(E)	충돌/탈선	피해저감	완료
		철로 장애물 충돌(obstacle deflector, lifeguard 등) 안전도 확보 기술 개발	상(E)	충돌	피해저감	완료
		충돌이나 탈선, 전복 시 차량의 충격흡수, 손상평가기술 개발(시험 및 해석)	상(E)	충돌/탈선	피해저감	완료
		축소모형시험에 의한 충돌안전도 예측 및 평가기술 개발	중(E)	충돌	피해저감	완료
		완충차막이 안전기준 및 충격흡수성능향상을 통한 안전도 확보	상(E)	충돌	피해저감	완료
	차량탈선 방지기술 개발 (Ⅲ-2-2)	탈선현상 규명 및 **실시간 탈선 평가기술 개발**	상(E)	탈선	사고예방	완료/기획
		주행 중 진동 신호를 이용한 탈선안전도 측정 기술 개발	상(E)	탈선	사고예방	기획
		축소모의실험에 의한 탈선 가능성 예측기술 개발	중(E)	탈선	사고예방	완료
		실차시험에 의한 탈선가능성 예측시스템 기술 개발	상(E)	탈선	사고예방	기획
		분기기 및 곡선부 통과시 탈선안전도 측정 및 예측기술 개발	상(E)	탈선	사고예방	완료
	차량구조물손상평가 및 파손방지 기술개발 (Ⅲ-2-3)	정량적 평가를 기반으로 한 철도차량 구조물의 손상평가 연구	중(E)	탈선/충돌	사고예방	완료
		(실시간) 피로손상예지 모니터링 기술 개발	상(E)	탈선/충돌	사고예방	완료/기획
		CEPM을 이용한 피로손상 게이지의 개발	상(E)	탈선/충돌	사고예방	기획
		철도차량 구조물의 안전성 향상을 위한 피로강도 연구	중(E)	탈선/충돌	사고예방	완료
		윤축의 균열 검출을 목적으로 한 비파괴 검사시스템 개발	상(E)	탈선/충돌	사고예방	완료
		비접촉 손상계측시스템의 개발	상(E)	탈선/충돌	사고예방	완료
	제동성능 안전성향상 기술개발 (Ⅲ-2-4)	전기/기계제동 특성 안전기준 개발	중(E)	충돌	사고예방	기획
		비상시 철도차량 기계/전기제동 프로세스 시뮬레이션	중(E)	충돌	사고예방	기획
		비상용전기제동장치 연구개발	상(E)	충돌	사고예방/피해저감	기획
		지능형 제동시스템 기술개발	상(M)	충돌	사고예방	기획

중분류	소분류	세부내용	기술개발 필요성	사고유형	적용분류	단계
차량 안전 기술 (Ⅲ-2)	일반철도 및 고속철도차량 유지보수관리를 통한 위험예측 시스템개발 (Ⅲ-2-5)	철도차량의 위험요인에 의한 유지보수관리 정보화 기술(위험예측 시스템) 개발	중(E)	탈선/충돌	사고예방	기획
		차량부품수명에 의한 위험상태 분석과 정보시스템 구축	상(E)	탈선/충돌	사고예방	기획
	위험물질 수송안전 기술개발 (Ⅲ-2-6)	철도 위험물질 운송안전관리 정보시스템 개발	중(E)	재난/화재	사고예방	완료
		Tank car 구조안전성/피로내구성 평가기술 개발(시험 및 해석)	중(E)	공중사상	사고예방	기획
		철도 구조물 손상검사 및 평가기술 개발	상(E)	공중사상	사고예방	기획
		철도 구조물 신뢰성 평가기술 개발	중(E)	공중사상	사고예방/피해저감	기획
		철도 운송안전평가시스템 개발	상(E)	재난/화재	사고예방	완료
		철도 위험물질 운송안전관리 통합시스템 개발	상(E)	재난/화재	사고예방	기획
	풍하중에 대한 운행안전성 평가 및 대책기술 개발 (Ⅲ-2-7)	풍동시험 및 전산유체해석을 이용한 풍하중 평가기술 개발	상(E)	탈선/충돌	사고예방	완료
		측풍에 대한 전복위험도 평가, 안전운행기준 마련 및 대책기술 개발	상(E)	탈선/전복	피해저감	완료
		교행 시 탈선위험도 평가 및 선로간격 안전설계기준 개발	중(E)	탈선/충돌	사고예방	기획
		고속주행 시 후류에 의한 후미부 사행동 해석 및 탈선위험도 평가	하(E)	탈선	사고예방	기획
		열차풍에 대한 철도여객, 종사자 안전확보기술 및 자갈비산 방지기술	중(E)	충돌/공중사상	사고예방	기획
	철도차량 고장진단·부품신뢰성 및 적정 내구연한 연구 (Ⅲ-2-8)	철도차량 사고 사례 및 위험요소 분석	중(E)	탈선/충돌	사고예방	완료
		차량부품 적정 내구연한 연구	중(E)	탈선/충돌	사고예방	기획
		철도차량 주행장치 고장진단관련 요소기술 조사 및 분석	중(E)	탈선/충돌	사고예방	기획
		차량고장 및 이상감지관련 계측기술 개발	상(E)	탈선/충돌	사고예방	기획
		차량고장 및 이상감지 진단기술 개발	상(E)	탈선/충돌	사고예방	기획
		차량진단시스템 시제품 구현 및 현차 적용기술 개발	상(E)	탈선/충돌	사고예방/피해저감	기획
		차량진단시스템 현장 적용 및 진단데이터 데이터베이스 구축	중(E)	탈선/충돌	사고예방	기획

○ 궤도토목안전기술분류

중분류	소분류	세부내용	기술개발 필요성	사고유형	적용분류	단계
궤도 토목 안전 기술 (Ⅲ-3)	차량 주행 안전성확보를 위한 궤도기술 (Ⅲ-3-1)	레일 용접부 절손방지 기술	중(E)	탈선	사고예방	기획
		레일 이음부 손상방지 기술	중(E)	탈선	사고예방	기획
		체결구 파손방지 및 궤간확대 방지 기술	상(E)	탈선	사고예방	기획
		궤도 좌굴(장출) 방지 및 모니터링 기술	중(E)	탈선	사고예방	완료
		레일 축력 안정성 확보기술	중(E)	탈선	사고예방	기획
		차량주행안정성 확보를 위한 궤도틀림 관리 기술	중(E)	탈선	사고예방	기획
		분기부 불연속성 제거 기술	중(E)	탈선	사고예방	기획
		궤도 특이구간 안전성 향상을 위한 검측 및 탐상 기술	중(E)	탈선	사고예방	기획
		판형교 목침목 대변형 방지기술	중(E)	탈선	사고예방	기획
		차량과 플랫홈간의 이격공간 보호기술	중(E)	탈선	사고예방	기획
	철도구조물위험진단 및 안전 확보기술 (Ⅲ-3-2)	계측시스템에 의한 위험진단 및 유지관리 기술	상(E)	탈선	사고예방	기획
		위험구간 실시간 무인감시시스템 개발 기술	상(E)	탈선	사고예방	기획
		철도구조물 건전도 평가관련 비파괴검사 기술 개발	상(E)	탈선	사고예방	기획
		도심지 및 근접지 시공 안전확보 기술	상(E)	탈선	사고예방	기획
		열차 운행선의 교량 상부구조 교체공법 개발	상(E)	탈선	사고예방	기획
		철도터널 내공단면 확장 및 변상대책 기술 개발	상(E)	탈선	사고예방	기획
	노반붕괴 위험도평가 및 방지 기술개발 (Ⅲ-3-3)	GPR(Ground Penetration Radar)을 이용한 지하공동 탐사기술 개발	상(E)	탈선	사고예방	기획
		노반붕괴와 지반구조 상관성 분석기술 개발	상(E)	탈선	사고예방	기획
		운행선상에서의 철도지하횡단공사 공법 개발	상(E)	탈선	사고예방	기획
		교량/토공 접속구간 주행안정성 향상 기술	상(E)	탈선	사고예방	기획
		교량 하부구조 노후도 평가 및 보수·보강 기술 개발	상(E)	탈선	사고예방	기획
	장애물 선로침입 방지기술 (Ⅲ-3-4)	장애용 선로침입 방호시설물 기술	중(E)	탈선	사고예방	기획
		장애물 선로침입 시 차량 안전확보 기술	상(E)	탈선	사고예방	기획
	열차주행안전성 확보를 위한 구조물 대변형 방지 기술 (Ⅲ-3-5)	구조물 대변형 유발 하중요소 분류 및 평가 기술	상(E)	붕괴	사고예방	기획
		대변형 발생에 따른 위험요소 분류 및 평가 기술	상(E)	탈선	사고예방	기획
		구조물 대변형 예측 및 저감기술의 개발	중(E)	붕괴	사고예방	기획
		구조물 허용동적변형기준의 개발	상(E)	탈선	사고예방	기획
		구조물 열차운전규제기준의 개발	상(E)	탈선	사고예방	기획

중분류	소분류	세부내용	기술개발 필요성	사고유형	적용분류	단계
궤도 토목 안전 기술 (Ⅲ-3)	철도작업장 안전관리 기술 (Ⅲ-3-6)	국내 철도 작업장 근로자 안전현황 조사 분석	중(E)	탈선	사고예방	기획
		외국의 철도 작업장 근로자 안전 규정 및 시스템 조사 분석	상(E)	탈선	사고예방	기획
		작업장 종류별 안전 위해 요소 분석	상(E)	탈선	사고예방	기획
		작업공정별 안전 위해 요소 분석		탈선	사고예방	기획
		유류 및 휘발성물질 노출평가	상(E)	탈선	사고예방	기획
		위험원인 분석 및 위험 요소제거 또는 완화 방안 제시	상(E)	탈선	사고예방	기획
		작업장 안전관련 규정 및 정책 제시	상(E)	탈선	사고예방	기획
		위험 제거 또는 완화 방안 현장적용 효과 분석	상(E)	화재	사고예방	기획

○ 전기신호제어안전기술분류

중분류	소분류	세부내용	기술개발 필요성	사고유형	적용분류	단계
전기 신호 제어 안전 기술 (Ⅲ-4)	전력공급 시스템 안전관리 기술 개발 (Ⅲ-4-1)	철도전력 안전관리체계 구축	상(M)	장애	사고예방	기획
		전력품질 확보 방안 연구	중(M)	화재/장애	사고예방	기획
		접지 시스템 개선방향 및 관리제어기술 개발	상(E)	화재/장애	사고예방	기획
		누설전류에 의한 전식 방지기술 개발	상(E)	화재/장애	사고예방	기획
		시스템 보호 및 절연기술 개발	상(E)	화재/장애	사고예방	기획
		이상전압 대책기술 개발	상(E)	화재/장애	사고예방	기획
		유해 전자파에 의한 설비 오작동 예방시스템 구축	상(M)	충돌	사고예방	기획
	종합전력 진단감시 시스템구축 기술개발 (Ⅲ-4-2)	철도전기설비 안전관리체계 구축	상(M)	충돌/장애	사고예방	기획
		고장예방진단기술 및 절연열화대책 기술 개발	중(M)	화재/장애	사고예방	기획
		자체 진단성능을 갖는 각종 제어기기 개발	중(E)	충돌/장애	사고예방	기획
		전차선 관리 및 안전저해요소 대책 개발	상(M)	충돌/장애	사고예방	기획
		전기설비 보호시스템의 향상방안 및 기술개발	상(E)	충돌/화재	사고예방	기획
		사구간 안전운행을 위한 절연봉 안전성능향상 기술 개발	상(E)	충돌/장해	사고예방	기획
	철도신호 안전성관리지원 시스템 개발 (Ⅲ-4-3)	철도 신호시스템 안전관리체계 구축	상(M)	충돌	사고예방	기획
		신호보안장치 안전성 향상 핵심 기술 개발	상(M)	충돌	사고예방	기획
		안전성 검지 및 유지관리 기술	중(M)	충돌	사고예방	기획
		신호제어장치 H/W 및 S/W의 신뢰성/안전관리절차기술 개발	상(M)	충돌	사고예방	기획
		철도신호 안전관리 지원 시스템 네트워크구축	중(E)	충돌	사고예방	기획

중분류	소분류	세부내용	기술개발 필요성	사고유형	적용분류	
전기 신호 제어 안전 기술 (Ⅲ-4)	열차제어 안전 기술개발 (Ⅲ-4-4)	차상신호 안전관리체계 구축	상(M)	충돌	사고예방	기획
		열차속도 제어 기술	중(M)	충돌/탈선	사고예방	기획
		열차속도 감시 기술	상(E)	충돌	사고예방	기획
		열차간의 안전 거리 유지 기술	상(E)	충돌	사고예방	기획
		열차 위치의 검지 기술	상(E)	충돌/탈선	사고예방	기획
		지상 신호처리 기술	중(E)	충돌	사고예방	기획
		지상/차상 정보 전송 기술	중(E)	충돌	사고예방	기획
		열차 이동 권한 취급 기술	상(E)	충돌	사고예방	기획
		위험 신호 통과 방지 제어 기술	상(E)	충돌	사고예방	기획
		제동 명령 취급 및 보호 기술	상(E)	충돌/탈선	사고예방	기획
		비상 상황 처리 기술	중(E)	충돌	사고예방	기획
		비상 제동 취급 기술	중(M)	충돌	사고예방	기획
		비상 메시지 취급 기술	상(E)	충돌/탈선	사고예방	기획
	열차진로 제어 안전성확보기술개발 (Ⅲ-4-5)	건널목 안전관리체계 구축	상(M)	충돌/장해	사고예방	완료
		철도건널목 위해요소 도출 및 장치의 최적 관리 방안 도출	중(M)	충돌/장해	사고예방	완료
		열차의 위치 및 속도에 따른 열차검지 및 전송기술 개발	중(E)	충돌	사고예방	완료
		지능형 철도 건널목 제어시스템 개발	상(E)	충돌/장해	사고예방	완료
		도로교통과의 연계를 위한 알고리즘 개발	중(E)	충돌/장해	사고예방	완료
	비상상황 통신장애 대책 기술개발 (Ⅲ-4-6)	통신안전관리체계 구축	상(M)	충돌/장해	사고예방	기획
		비상상황 발생 시 사고대책 수립을 위한 열차와 사령실 간의 비상통신 운영방안 수립	중(M)	충돌	사고예방	기획
		비상상황 발생 시 열차와 사령실 간 통신확보 방안 연구	상(M)	충돌	사고예방	기획
		열차와 사령실 간 비상통신 체널의 신뢰성 확보 기술 연구	중(E)	충돌	사고예방	기획
		비상 시 열차와 사령실 간의 통신확보를 위한 시제품 개발	상(E)	충돌	사고예방	기획

○ 공중사상안전기술분류

중분류	소분류	세부내용	기술개발 필요성	사고유형	적용분류	단계
공중 사상 안전 기술 (Ⅲ-5)	불법침입·파괴행위에 대한 안전 기술개발 (Ⅲ-5-1)	불법 행위의 모니터링장치에 대한 최신기술 도입 방안 연구	상(E)	공중사상	사고예방	기획
		감시장치의 최적 배치 및 운용에 관한 기술 개발	중(M)	공중사상	사고예방	기획
		고등급 저비용의 울타리 시스템, 경보 시스템 개발	중(E)	공중사상	사고예방	기획
		케이블 매설 등, 보호 대상 철도 시스템의 효율적 격리 방안 연구	중(E)	공중사상	사고예방	기획
		불법행위 예방을 위한 공중 교육/홍보 및 치안 연계 방안 연구	중(M)	공중사상	사고예방	기획
	역사 내 안전기술 개발 (Ⅲ-5-2)	승강장 추락 방지를 위한 non-slip 재질 , 조명, 신호 등의 개선 연구	상(E)	공중사상	사고예방	기획
		승강장의 스크린 도아 설치 타당성 조사 및 저비용 도입 방안 연구	중(E)	공중사상	사고예방	기획
		승강장-차량 사이 틈 발생에 따른 위험요소 방지 방안 및 장치 도입 연구	상(E)	공중사상	사고예방	기획
		승객의 원활한 흐름을 위한 시설물 최적 배치 및 신호 개선에 관한 연구	중(M)	공중사상	사고예방	기획
		시각, 청각, 지체 등 장애인의 역사 이용 개선 방안 연구	상(E)	공중사상	사고예방	기획
	개인안전 기술개발 (Ⅲ-5-3)	개인안전감시를 위한 CCTV 등 보안 시스템 관련 신기술 도입 방안 연구	중(E)	공중사상	사고예방	기획
		범법행위 예방 환경 조성을 위하여 차량 및 역사 주변의 조명, 미관, 공중전화, 구난장치 등의 효율적 배치 관련 기술 개발	중(E)	공중사상	사고예방	기획
		범법행위 동기 저하를 위한 심리학적, 사회학적 철도 환경 개선 연구	중(E)	공중사상	사고예방	기획
		개인안전사고 (폭력, 위협, 강도, 테러 등)에 효과적으로 대응하기 위한 공중, 승객, 직원에 대한 교육/훈련 방안 연구	중(M)	공중사상	사고예방	기획

□ 정보시스템 구축 분야(대분류 Ⅳ)

중분류	소분류	세부내용	단계
통합안전정보 시스템 구축 (Ⅳ-1)	통합사고/고장코드 체계 구축 (Ⅳ-1-1)	고장분류체계 개발 및 사고분류체계 통합 연구	완료
		사고/고장코드 통합관리시스템 개발	완료
	통합안전정보관리시스템 개발 (Ⅳ-1-2)	통합검색시스템 개발	완료
		통합 DB 관리시스템 개발	완료
		통합 정보관리시스템 개발	완료
	통합안전정보 DB 구축 (Ⅳ-1-3)	철도 고장 DB 구축 및 사고 DB 연계	완료
		철도 시험/평가 결과 DB 구축	기획
		철도 유지보수관련 DB 연계 통합	기획
		철도 시험설비 DB 구축	기획
		철도 부품수명 및 신뢰도 DB 연계통합	기획
시스템 시범운용 및 안정화 (Ⅳ-2)	시스템 시범운용 및 안정화 (Ⅳ-2-1)	통합안전정보시스템 시범 구축	완료/ 기획
		통합안전정보시스템 시범 운용	완료/ 기획
		통합안전정보시스템 안정화	완료/ 기획

제 4 장 지능형 안전시스템 시범사업 운영기반 및 제도화 적용방안

○ 지능형 안전시스템은 감시제어용 설비에 대한 기술개발을 통해 이를 검증하고, 시범적용이 필수적임. 이를 위해서는 감시제어용 설비에 대한 기술개발을 수행하고, 이를 적용할 수 있는 Test Bed 및 시범적용 노선이 검토되고 적용 실시되어야 함.

○ Test Bed 및 시범사업을 원활하게 수행하기 위해서는 안전시스템 Test Bed와 시범사업에 대한 구체적인 검토가 필요함. 본 기획사업에서는 Test Bed로는 국토부에서 추진하고 있는 오송 시험선로를 활용하여 지능형 안전시스템을 검증하고, 이를 실제 운영하는 노선에 적용하는 방안을 검토하고자 함.

○ 이러한 완성된 지능형 시스템의 시범 구축을 위해 안전감시장치 개발→감시장비 시험(오송시험선)→감시장치 적용(실제 노선)으로 개발되고 적용되는 프로세스를 거쳐야 함. 각 분야별 적용을 위해 검토하기 위해서는 구축될 감시장비에 대한 조사 및 분석, 오송시험선에 대한 조사분석, 실제 적용노선에 대한 검토가 기본설계 수준으로 조사되고 분석되어야 함.

○ 지능형 통합안전 감시시스템의 기능은 현재의 관제센터와의 역할을 정립하여, 현재의 관제와의 통합할 것인지 이원화하여 운행할 것인지가 중요한 기술적 문제해결을 실마리를 줄 수 있음. 현재의 관제시스템에서 관제를 이원화하여 거시적 관제시스템을 “운행관제”와 “안전관제”의 개념으로 정립하고 시스템을 구축하는 방안을 지능형 통합안전 감시시스템 구축시 구체적으로 검토될 것임.

○ 이러한 3개의 분류에 대한 구체적인 조사가 이루어져 구체적인 적용사업으로 활용될 수 있음.

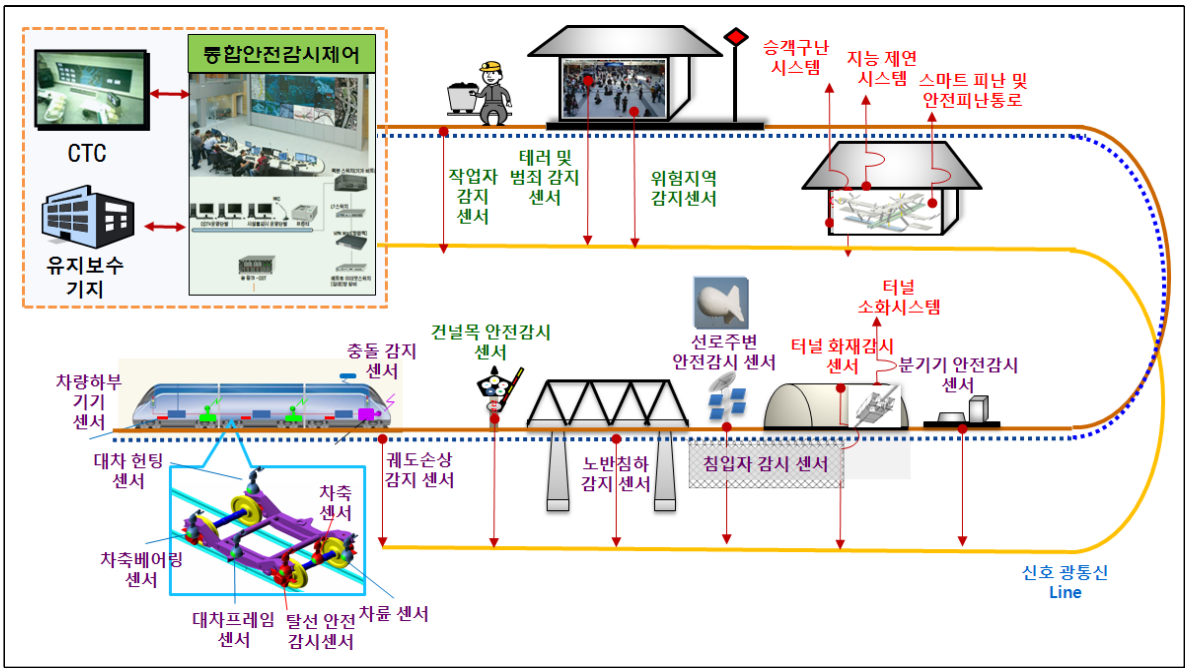
1절 지능형 안전 감시장치/시스템 조사분석

1. 지능형 통합 안전 감시시스템

○ 지능형 안전시스템은 감시제어용 설비에 대한 기술개발을 통해 이를 검증하고, 시범적용이 필수적임. 이를 위해서는 감시제어용 설비에 대한 기술개발을 수행하고, 이를 Test Bed, 시범사업에서 적용성에 대한 신뢰성, 안정성을 확보하여야 함. 검토되는 감시장치로는 크게 지능형 통합안전감시제어 시스템, 3분야의 감시장치 개발(탈선/충돌 감시장치, 화재감시 제어장치, 사상사고 감시장치)이 적용시스템의 항목에 대해 구체적으로 검토되어야 함.

○ 통합안전감시제어시스템은 향후 관제센터나 별도의 안전감시 모니터링을 할 수 있는 공간을 확보하여 전체의 안전감시 시스템을 통제, 감시, 조치을 할 수 있는 공간 및 구조확보가 필요하며, 3분야의 감시장치는 감시장치의 구분 및 차량, 궤도, 전력설비, 통신설비, 인프라(터널, 교량등)의 적용개소에 대한 검토가 필요함.

○ 통합안전감시제어시스템은 향후 시험선이나 시범사업부지에 아래와 같은 항목별 시스템 구축과 지능형 안전감시가 이루어 질 예정임.



○ 감시센터는 관제센터와의 연계성을 우선시 고려하여야 하며, 향후 관제센터와의 통합화나 이원화 체계에 대한 검토를 수행하고 이를 반영하여야 함. 특히 서버, 저장장치, 네트워크, DBMS, 보안등에 대한 조치가 필요하며, 각항목별 특징은 다음과 같음.

- 서버는 업무 시스템별 정확한 사이징과 장비의 이중화를 통한 안정성 강화 및 사용량 증가에 따른 확장성 보유하여야 하며,
- 저장장치는 스토리지 및 LTO(Linear Tape Open)를 설치하여 2중화 저장장치를 구현하고,
- 네트워크 구성은 중요 네트워크 장비의 이중화를 통한 안정적 시스템 구성 및 L3, L4 스위칭 장비 등을 사용해 네트워크 트래픽 분산을 하여야 하며,
- DBMS 분야는 유통되는 모든 문서들을 XML 등을 사용해 구조적으로 저장하고 검색, 활용 및 각종 시설물과 관련된 정보를 저장하여 각종 어플리케이션을 통해 업무 전산화하여야 하며,
- 보안분야는 네트워크 보안을 위해장비 구성, 데이터 보호를 위한 DBMS 암호화 및 사용자 디바이스 인증등이 이루어 져야 함.

○ 지능형 통합 안전감시센터는 아래와 같은 통합센터가 구성되어야 하며, 이를 통해 통합안전감시 시스템 모델이 구축되어야 함.

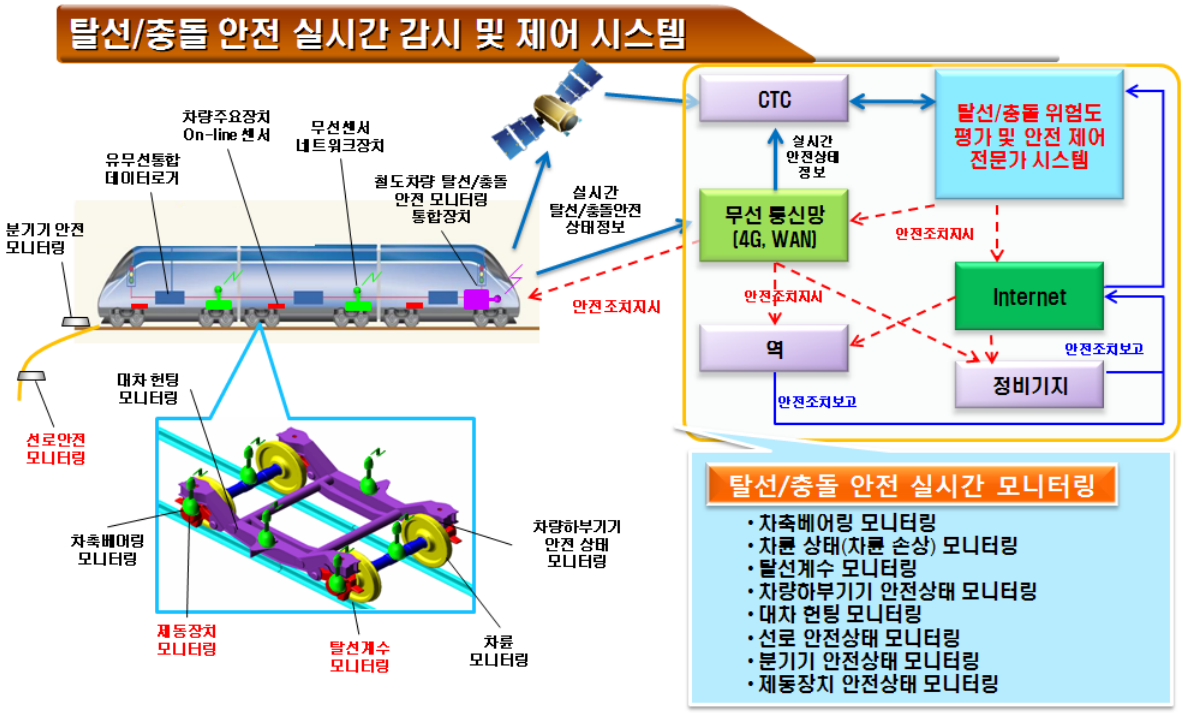




2. 탈선/충돌 감시제어장치 적용성

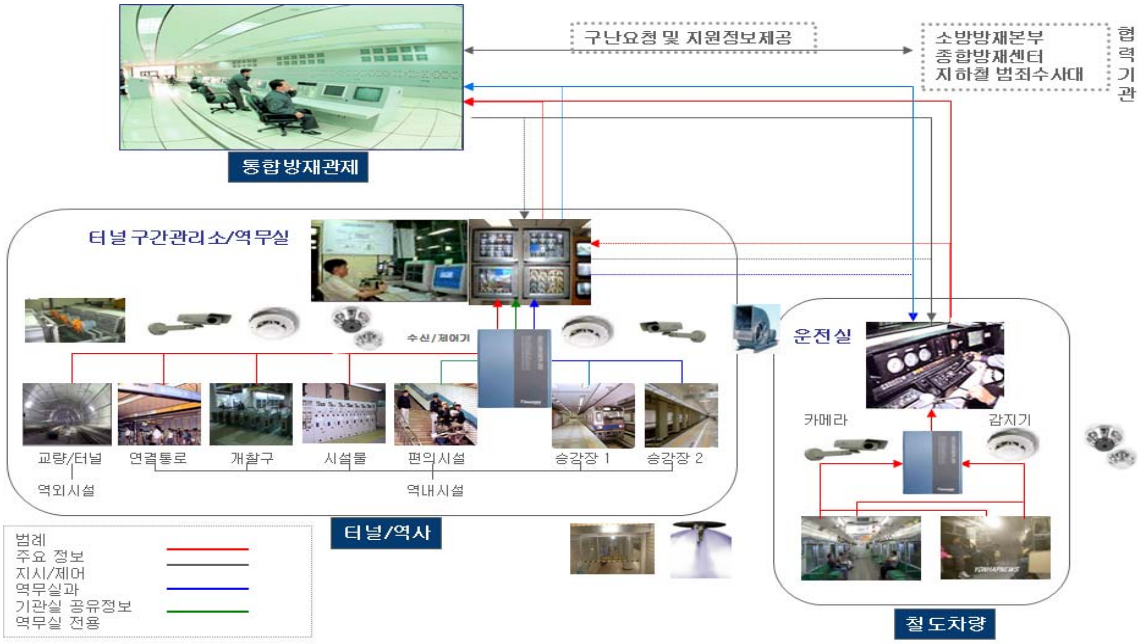
○ 지능형으로 철도차량 탈선/충돌에 대한 안전상태를 모니터링하고 탈선/충돌위험도를 분석하여 안전 허용수준을 넘을 경우 즉각적인 안전 조치(제어)를 취할 수 있는 세계 최고수준의 탈선/충돌 안전 실시간 감시 및 제어 시스템을 적요하고자함.

○ 탈선/충돌 감시장치 분야는 기개발되어 적용 가능한 분야와 본사업에서 개발하는 감시장치를 적용하는 것으로 검토가 이루어져야하며, 향후 적용분야는 아래와 같은 부분이 검토되고 적용될 것임.



3. 화재 감시제어장치 적용성

○ 철도 전 구간에서 15분 이내 화재감지, 제연, 피난안내, 진압을 구현하는 철도화재 통합감시제어시스템 분야로 철도터널용 자동소화장치, 스마트 피난/구난 안내 장치, 지하역사 지능 제연 및 안전피난통로 장치 기술의 적용으로 아래와 같이 구축되어야 함.



4. 사상사고 감시제어장치 적용성

○ 철도에서 발생할 수 있는 공중사상 사고에 대한 실시간 모니터링 및 제어기술의 확보로 지능제연/ 안전피난통로/ 피난안내 기술로 승객을 보호하며 피난 완료할 수 있는 시스템 기술 구축.

○ Test Bed나 시범노선에 적용 가능한 감시장치 기술로는 테러/범죄 감시제어기술, 위험지역 감시제어기술, 작업자 감시제어 기술적용등으로 구분하여 적용하여야 함.
테러/범죄 감시제어 기술 적용에는 테러/범죄 감시제어장치, 위험물체 감시장치기술, 이상환경 감시장치 기술이 적용되어야 하며, 위험지역 감시제어장치로는 건널목 감시장치, 통제구역 감시장치, 승강장 감시장치, 에스컬레이터 감시장치등이 적용되어야 하며, 작업자 안전 감시제어장치로는 작업지역 감시제어장치, 작업자 인증 감시제어 장치등의 적용에 대해 검토되어야 함.

2절 오송 종합시험선로(Test Bed용) 현황 및 분석

1. 과업 추진배경

○ 1970년대에는 열차의 동력이 증기에서 디젤로 발달함에 따라 서울~부산간 5시간대를 운행하게 되었으며, 이후 1980년대에는 국산 새마을 동차의 개발과 함께 궤도 등 철도시설의 개량으로 서울~부산간 4시간대를 운행하며 지역간 여객 및 물류수송의 대전환기를 맞이하게 되었음.

○ 이후 경제 발전으로 경부선의 수송수요가 포화되며 신설 철도노선의 확장이 필요하게 되었으며, 이에 따라 정부는 1989년 5월 경부고속철도 건설 방침을 수립 결정하였으며, 1990년 6월 노선 결정, 1992년 6월 30일 천안아산역 예정지에서 기공식을 거행하여 2004년 4월 1일 개통되었음.

○ 이와 함께 고속철도 차량은 1994년 프랑스 알스톰사의 차량이 도입되었으며, 이후 국내 원천적인 고속철도 설계기술을 확보하기 위해 국가적인 기술개발이 1996년 G7 선도기술개발사업인 고속전철 기술개발 사업에 착수하여 2002년에 최고속도 350km/h급 한국형 고속열차가 개발 제작되었음.

○ 국외의 경우, 일본은 1964년 도카이도 신칸센을 시작으로 200km 이상의 고속철도를 건설하여, 현재 산요, 규슈, 도호쿠 신간센 등 많은 고속철도 운영을 위해 230~320km/h의 다양한 고속철도 열차를 개발, 운영하고 있으며, 현재 최고속도 405km/h, 운영최고속도 360km/h의 FASTECH 360을 개발하고 있으며, 프랑스는 1981년 프랑스 파리와 리옹을 연결하는 유럽 최초의 고속열차 전용선 LGV를 시작으로 테제베 대서양선, 북선 등을 운영 중에 있으며, 250~320km/h의 다양한 고속철도 열차를 개발, 운영 등 지속적인 연구와 개발로 2007년 4월 3일 TGV POS는 574.8km/h로 세계 최고속도를 수립하였음.

○ 현재 세계 철도산업은 독일, 프랑스, 일본 등 소수 국가들이 세계시장을 점유하고 있으나, 우리의 기술력은 기존 철도 선진국에 비하여 다소 미흡하다는 평가를 받고 있음. 그러나, 철도 선진국과의 신기술 경쟁에서 앞서기 위해 부단한 노력으로 한국형 틸팅열차 한빛200, 400km/h 급 차세대 고속열차, 한국형 경량전철 K-AGT 등 다양한 열차를 개발하는 등 부단한 기술개발에 총력을 기울이고 있음. 또한, 2011년 4월 4일 확정·고시된 제2차 국가철도망 구축계획에서 기후변화와 5+2 광역경제권 발전전략 등 여건변화에 대응하고 철도 중심의 녹색 국가교통체계 구축을 위하여 전국 주요거점을 일상 통근시간 대인 1시간 30분대로 연결하여 하나의 도시권으로 통합하는 목표를 제시하였음.

○ 그러나, 국내 철도기술은 기술개발 및 적용의 최우선적인 기반시설은 대형 실내시험시설이 부족한 상황이고, 특히 현장시험을 할 수 있는 전용 시험선로가 없어 고속화에 따른 차량 및 용품의 현장 시험 실적부족으로 철도분야에서의 경쟁력 확보측면에서 매우 어려운 실정임. 이러한 고속화 추세에 맞게 시험시설의 확보는 세계적으로 선점하고 있는 국외 업체와 어깨를 나란하게 하고, 신규 세계 철도시장을 점유하여 국가 수익성 증대와 고속화 철도망 구축에 필요한 철도산업의 발전, 해외 철도차량 및 용품의 수출 확대 등으로 이어져 국가의 전략적 신성장동력의 산업으로 발전할 기회가 될 수 있음.

○ 따라서, 국가의 교통체계 구축을 통하여 미래 녹색국토 구현이라는 정책 모토에 부응하고, 국내 철도차량 및 철도용품의 기술력 향상을 통한 세계 철도시장에서 국외업체와의 경쟁력을 확보할 수 있도록 하며, 철도용품/시스템의 요구 성능평가와 성능검증체계의 보완을 통한 철도기술력 개발 및 발전, 모든 철도차량 및 용품을 현장에서 시험, 검증할 수 있는 철도종합시험선로 구축사업의 필요성이 제기되었음.

2. 과업의 목적

○ 국내 철도산업의 고속화와 더불어 해외진출 확대를 위해서 국내 적용 철도용품/시스템의 성능평가 요구와 현재 적용되고 있는 철도용품/시스템 성능검증체계의 보완이 필요로 하며, 이를 위해서는 시험선로 구축이 반드시 필요로 하며, 특히, 철도용품/시스템의 이상적 성능검증을 위해서는 국가적으로 검증체계의 제도화가 필요하며, 설계검토 ˜ 실내시험 ˜ 부설시험의 3단계 검증체계가 가능하도록 관련 시험기준에 따른 현장 부설시험의 효율적인 수행을 위한 독립기반 시설인 철도종합시험선로 구축이 요구됨.

○ 본 오송선 시범사업은 2009년 3월에 국내 철도용품/시스템 성능검증 체계 및 종합시험선로 구축 필요성이 제기 되었고, 국토부 및 산하기관인 철도시설공단등 합동 철도시험선로 구축검토를 위한 구성 및 운영이 되어, 2009년 말 예비타당성 조사 및 완료되어 2011년 5월에 기본계획 착수에 돌입함. 이후 2012년 11월 타당성 조사 및 기본 계획 수립을 통해 B/C=1.2 이상을 확보하여, 과업이 수행되었음.

3. 과업범위 및 기본방향

○ 본 시험선 구축사업은 세종시 전동면과 충북 청원군 강외면 일원으로, 기술분야, 학술분야, 문화재 지표분야, 사전 환경성 검토, 사전재해 영향성 검토, 폐광조사등 다양한 분야에 대한 조사를 거쳐 과업이 수행될 예정임.

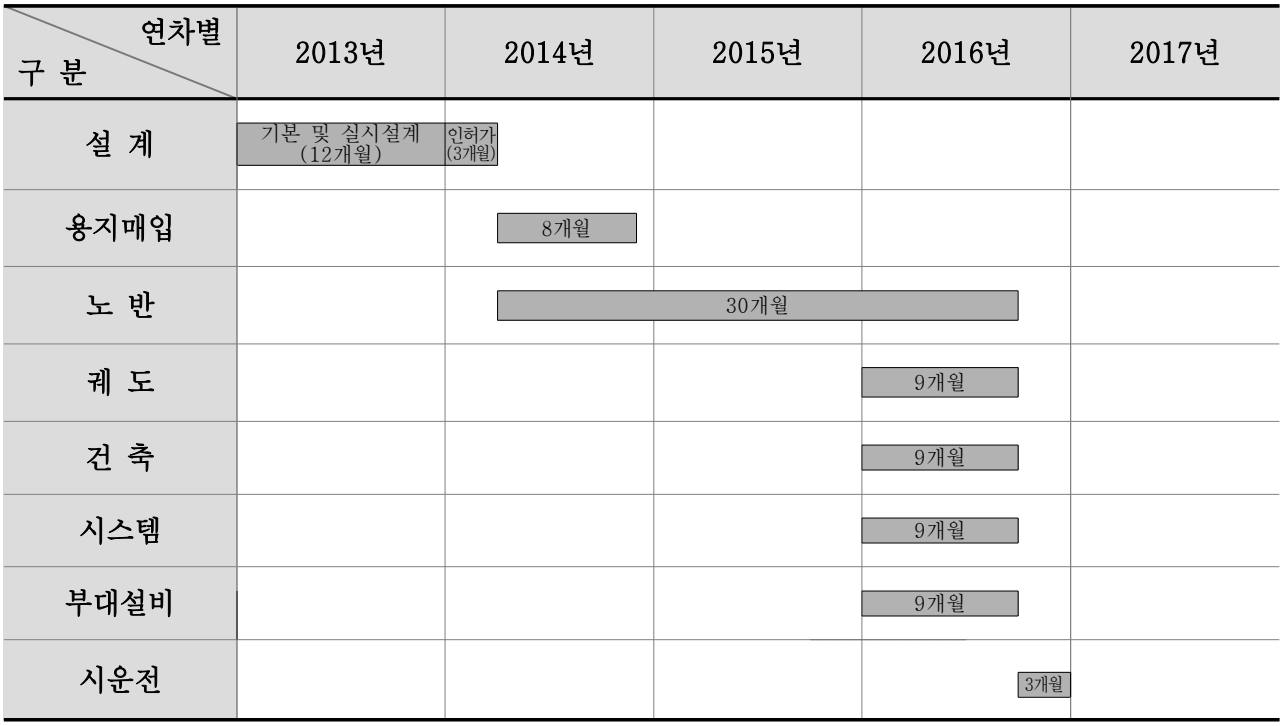




○ 본 시험선은 설계속도 250Km/h 이며, 설계하중 HL-25로서 철도기술력 확보를 위한 시험선로 요구조건을 충족할 수 있는 구조로 설계되고 시공될 것임.

○ 철도시험선로는 철도차량 전차량에 대해 성능검증이 가능하고, 저속에서 고속 대역의 열차운행속도가 구현될 것이며, 차량, 인프라(궤도/노반/교량/터널등), 전철전력, 통신제어등 철도핵심 분야별 조립체 및 시스템 대상이 시험이 이루어 질 것임.

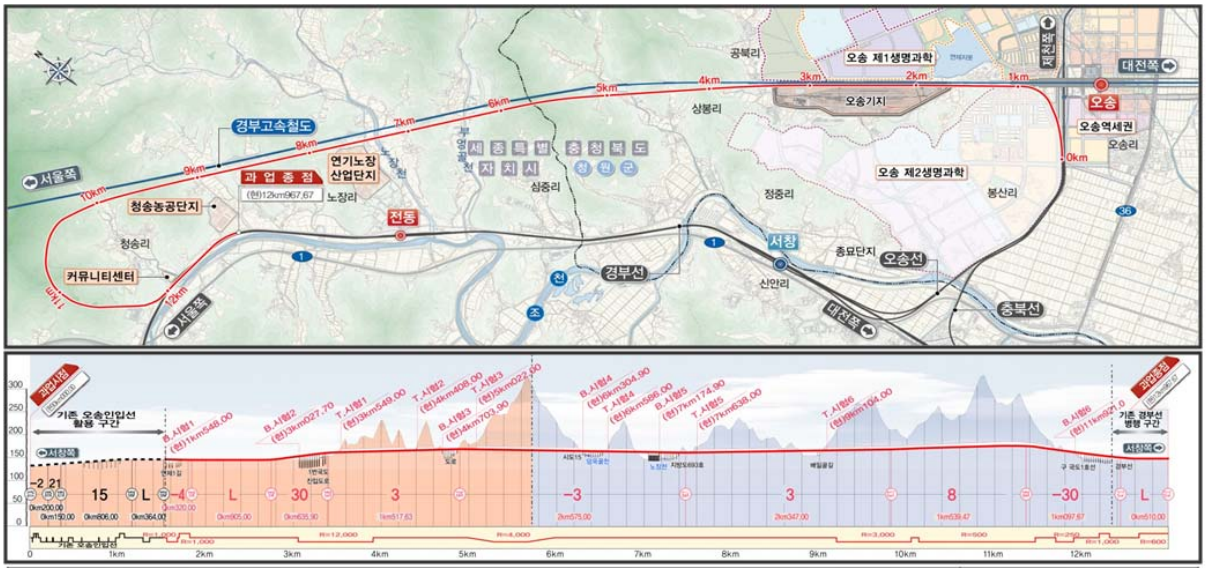
○ 시험선의 기본방향은 건설공사의 설계, 시공, 개통, 완료까지의 순서로 설계→용지 및 지장물 보상→시공→시운전 순서로 공정이 이루어 질 예정이며, 선로연장은 12.968Km로 개통소요공정은 아래와 같이 토목공사 30개월, 설비공사 9개월로 개통 4개월전까지 각종 부대설비등을 완료하고자 계획되었음.



○ 철도시험선로의 운영계획은 차량/인프라/전철전력/제어통신 등 철도의 부품단위, 부품의 조립형태인 시스템 단위 성능평가와 시스템/시스템간 인터페이스 성능평가를 수행하는 것으로 일반적인 철도노선의 운영계획과는 달리 시행되며, 철도종합시험선로는 국가에서 시행하는 R&D 사업, 철도용품/시스템 개발 업체의 시험의뢰 등에 의해 시험선로 일정을 계획하게 되며, 이에 따라 계획된 년간, 또는 월간 운영계획 일정에 따라 운영하게 되며, 특수성에 따라 비정기적으로 운영하게 됨. 따라서, 국내에서 처음으로 계획하는 철도종합시험선로는 사업초기에는 국가적인 차원에서 운영하는 것이 유리한 것으로 판단되며, 추후 수익성 및 운영의 효율성 등을 종합적으로 논의하여 운영기관을 선정하여 운영을 할 계획임.

철도종합시험선로를 운행하게 되는 열차는 크게 시험선로에 부설된 철도용품/시스템의 성능체계 검증을 위해 운행하게 되는 운영차량과 추후 신규 제작 또는 수입된 차량의 성능검증 필요에 따라 시험 의뢰한 시험차량으로 구분되며, 철도종합시험선로 운영에 필요한 차량은 시험선로 특성상 철도용품 및 시스템의 성능검증을 위해 고속대역의 통과속도, 통과하중의 확보가 가능하여야 하므로 차량 최고속도가 높고 축중이 큰 고속철도 열차가 적정한 것으로 판단됨. 고속운행이 가능한 차량 중 KTX, KTX-산천의 경우 신규 차량구입에 따른 추가적인 차량구입비가 발생하게 되며, 신규 차량제작에 따른 탄소발생으로 환경적인 측면에서 불리한 것으로 판단되어, 시험선로 운영차량으로 현재 시운전 중인 TTX와 HEMU-400X 차량을 선정하여 운영될 예정임.

○ 철도 시험선로의 선형계획은 12.968Km로서 토공 5.202Km, 교량 1.975Km(6개소), 터널 5.790Km(6개소)로 구성되었음.



구분	토공	교량(6개소)	터널(6개소)	합계
청원군	2km975	1km140 (3개소)	1km556 (3개소)	5km671
세종특별자치시	2km227	0km835 (3개소)	4km234 (3개소)	7km296

○ 철도 시험선로의 평면선형계획은 각종 곡선은 아래와 같이 계획되었음.



구간	곡선현황	적용사유
오송기지 인입선 구간	R=210~1,500	기존 교량 및 토공 활용
인입선 시점부	R=1,000	배선모양 변경
오송기지 측면통과구간	R=1,000, 12,000	오송기지 녹지지역 활용
경부고속철도 병행구간	**R=4,000, 3,000**	**250km/h 고속대역 시험 고려**
전동면 통과구간	R=500	곡선통과(횡방향) 시험 고려
청송리 마을 입구	**R=250(급곡선)**, 1,000	**급곡선 시험 고려**
경부선 병행구간	R=600	기존 철도시설 저촉 해소

○ 철도 시험선로의 구조물 현황은 아래와 같이 단선 및 복선으로 토공, 교량, 터널이 아래와 같이 계획되었음.



구 분	총연장	토 공	교 량	터 널
단 선	12km967.67	5km202.67 (14개소)	1km975.00 (6개소)	5km790.00 (6개소)

구 분	총연장	토 공	교 량	터 널
복 선	1km800.00	0km546.00 (2개소)	0km220.00 (1개소)	1km034.00 (2개소)

4. 시험선 시험항목 및 시험구간

○ 분야별 시험항목은 차량, 궤도, 노반, 구조물(교량 및 터널등), 전차선, 전력, 신호통신 및 제어, 소음, 공력등으로 구분되며, 분야별 시험차량의 구현 항목이 구체적으로 제시될 것임.

○ 9개 분야별 시험항목으로는 아래 항목이 고려되어 구축될 것임.

- 차량분야 : 탈선안전성, 충돌시험등
- 궤도분야 : 궤도구조시험, 레일체결장치, 분기기등
- 노반분야 : 노반구조, 보수보강공법, 토류구조물, 기초구조물, 연약지반공법등
- 교량분야 : 교량상부구조시스템, 교량받침등
- 전력분야 : 차량/선로, 차량/변전소간 유도장애시험, 차량 자계시험등
- 전차선로 분야 : 팬터그라프 조합시험등
- 신호분야 : 전기선로전환기, 자동열차정지장치(ATS), 자동열차제어장치(ATC), 자동열차방호장치(ATP), 연동장치, CTC, 건널목장치, 자동폐색장치, 궤도회로, 제어기시험, 통신안정성시험등
- 소음분야 : 차량방사소음, 차내소음, 방음벽, 차량/레일 소음저감장치등
- 공력분야 : 선로변 풍압시험, 열차풍, 기밀시험, 미기압파시험(터널)등

○ 위의 항목별 시험을 위한 시험항목의 검토구간은 아래와 같음.



○ 오송시험선의 시험은 5개의 구간으로 구분하여 시험되며, 1구간은 아래 그림과 같으며, 시험속도 100Km/h~180Km/h 가능 구간으로 주로 토공으로 구성되며, 최급기울기(30‰)가 위치하고, 궤도, 노반의 교체시험이 가능하도록 구성되었으며,



2구간은 기존 경부고속철도 병행구간으로 아래 그림과 같으며, 곡선반경 R=4000m 이상의 직선화 구간이며, 시험속도 80Km/h~250Km/h 가능 구간으로 터널, 교량, 토공으로 구성되었으며,



3구간은 시험속도 200Km/h~250Km/h 가능 구간으로 아래 그림과 같으며, 교량, 터널로 구성되어 있고, 전분야에 걸친 시험수행이 가능하며, 최고속도와 연관된 시험이 가능하도록 구성되었으며,



4구간은 급곡선 구간으로 시험속도 60Km/h~140Km/h 가능 구간으로 아래 그림과 같으며, 곡선시험과 연관되며, 곡률반경 500m, 250m의 급곡선이 위치하고 있으며,



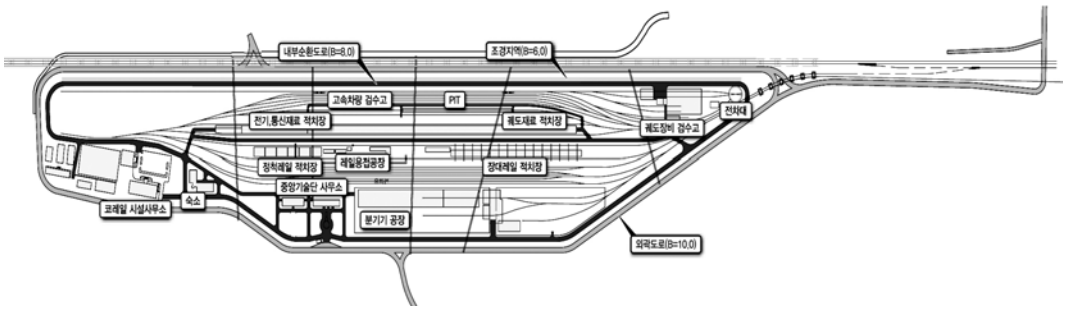
5구간은 경부선 병행구간으로 시험속도 70Km/h~150Km/h 가능 구간으로 아래 그림과 같으며, 교량, 토공으로 구성되며, 여객 및 화물열차가 빈번히 운행중인 경부선과 병행하도록 계획 될 예정임. 기존 경부선과 병행하는 구간은 시험운행시 부득이한 상황이 발생할 수 있으므로 매우 제한적인 일부 시험만 가능한 것임.



5. 시험선 운영계획

○ 운영인력은 종합관리, 시험, 관제, 차량운영에 대하여 약15명 정도가 운영인원으로 상주하여 운영될 것이며, 향후 지능형 안전시험을 위해서는 상주하는 관제인력(2명), 시험, 차량운영인력(약8명)의 적극적 활용을 할 필요가 있음.

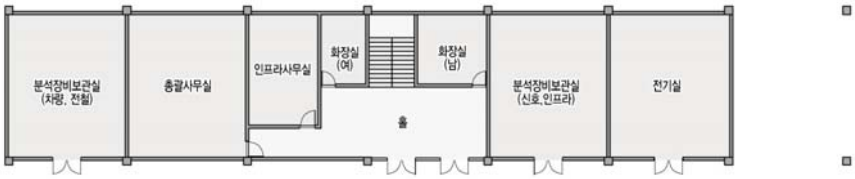
○ 운영차량의 검수방안은 기존차량기지 또는 검수고를 활용하는 방안이 될 것임. 이로서 경부고속철도 및 오송선과 연결되어 있는 아래 그림에 있는 오송기지의 검수고를 활용할 수 있을 것임.



○ 따라서, 오송기지 내에 위치하고 있는 고속차량 검수고 시설을 활용하여 시험선로 차량의 검수기능을 수행하고, 대규모 차량 검수가 필요할 경우 고속철도 검수시설로 위탁하여 운영하는 것으로 검토하였음.

○ 시험선 건축으로는 통합관제센터, 변전소가 있으며, 통합관제센터는 철도종합 시험선

로 운영, 차량의 관제, 유지보수등이 시행되는 곳으로 운영의 효율성, 토지이용의 효율성등을 종합적으로 분석하여 오송차량기지 내부의 여유부지에 계획되었으며, 평면계획은 아래와 같으며, 건물면적은 472.5㎡ (연면적 1,039.5㎡)의 지하 1층, 지상 2층 철근콘크리트건물로 계획되었음.

항 목	평면계획
건축 계획	 지상1층  지상2층

변전소는 열차운행에 필요한 송전과 변전을 취급하는 곳으로 건물위치는 통합관제센터와 함께 아래와 같이 오송차량기지 내부의 부지에 계획될 것이며 철도종합선로 특성상 시스템 성능검증을 위한 시설로 독립적인 별도의 변전소를 지상1층으로 설치하도록 계획되었음.



6. 오송 시험선 시스템 설계사양

○ 시스템 계획은 노반공사이외에 궤도, 전기, 신호, 통신등 철도운영설비에 대하여 아래와 같이 계획되었음.

○ 궤도분야의 시스템 항목별 기준은 아래와 같으며,

항 목	기 준	비 고
속 도	• 최고설계속도 : 250㎞/h	•
궤 간	• 1,435mm	•
분기기	• 본선 저속구간 : 60kg 탄성분기기 (PCT) • 본선 중고속구간 : 60kg UIC 노스가동분기기 (PCT)	•
레 일	• 본선 저속구간 : 60kg KR • 본선 중고속구간 : UIC 60kg	•
침 목	• R=300m이상 : 일반용 PC침목 • R=300m미만 : 곡선용 PC침목 • R=200m미만 : 목침목	•
체결구	• 탄성체결장치 (PCT용)	•
R.L~F.L	• 730mm	•
장대레일	• 본선 및 부본선 : 장대화 • 측선 : 장척화 (L=50m)	•
완화곡선	• 공식에 의하여 산출된 값 중 큰 값 이상 – $L_{T_1} = \frac{7.31V}{1000} \cdot \triangle C$ – $L_{T_2} = \frac{6.18V}{1000} \cdot \triangle Cd$	
곡선사이에 직선 삽입	• $L = 0.5V$ 여기서 L: 직선 및 원곡선의 최소 길이(m) V: 설계속도(km/h)	•
최급기울기	• 최급 기울기 : 30‰	•
궤도중심간격	• 200km/h < V ≤ 350 : 4.8m • 150km/h < V ≤ 200 : 4.3m	•
선로 부담력	• 시험선로에 운행될 열차를 고려하여 HL-25 여객전용 표준활하중 적용	•

○ 전기설비분야의 시스템 항목별 기준은 철도용품/시스템의 성능검증을 위한 전용 철도종합시험선로로써 성능검증시 발생가능한 사고 등을 고려하여 별도의 급전계통을 구성하는 것으로 계획하였으며, 변전설비는 교류전기방식과 직류전기방식의 이원화 계획이 필요하며, 전차선설비는 가선방식, 지지물방식, 가선선종, 각종설비 및 장치는 종류별 시험이 가능하도록 설계되고 고려될 것임.

○ 신호설비분야의 시스템 항목별 철도종합시험선로는 철도용품/시스템의 성능검증을 위한 시설로써, 저속~고속대역의 열차운행을 통한 속도대역별 성능검증이 이루어지며, 특히 250km/h 고속대역의 성능검증을 통한 경쟁력확보가 요구됨에 따라 이러한 다양한 속도대역의 운행이 가능하도록 지상신호방식과 차상신호방식을 겸용 하도록 계획하였으며, 지상신호방식은 연계선구인 충북선과 오송기지의 신호방식의 호환성 및 연계성을 고려하여 ABS/ ATS 시스템을 적용하였으며, 차상신호는 열차 신호시스템 표준화 방안에 의거하여 ERTMS/ ETCS Level 1을 적용하였음.

○ 통신분야의 시스템 항목별 기준은 열차무선설비, 교환설비, 관제전화설비, 화상설비(CCTV), 주전송설비, 연선전화설비, 전원설비가 갖추어질 것임.
열차무선설비는 철도종합시험선로 열차운행시 통합통제센터에서, 기존선 역의 기지국간, 시험선 구간의 시험운행 열차 이동국 상호간, 또는 휴대 이동국과 시험운행열차 이동국간, 휴대 이동국간의 통화를 고려하여 디지털TRS형과 VHF형 열차무선설비를 적용하였으며, 교환설비의 교환기는 종합시험선로 주 관리동에 설치하여 시험선내 전 구역에 업무용으로 사용되며 철도전화와 중계기능으로 연계되도록 하여 전가입자가 철도관련 업무에 신속하고 효율적으로 연결 사용되어질 수 있도록 교환기능, 중계기능 및 가입자기능을 가지며 적정규모의 회선용량을 갖는 ALL IP교환기로 운용 및 유지보수 관리가 용이한 기종으로 계획되었으며, 관제전화설비는 통합관제실 관제원과 종합시험선의 시험운전열차 관제원이 현장간의 열차 운영 및 유지보수에 관한 신속·정확한 관제업무 수행을 지원하기 위한 설비로서 관제원이 상황에 따라 개별호출, 그룹호출, 일제호출하여 통화할 수 있는 설비로 계획되었고, 화상설비(CCTV)는 철도종합시험선로 시험열차운행 및 각종현장시험상황과 주요시설물을 근무 요원이 관리할 수 없는 취약개소에 원격 영상 감시 시스템을 구성하여 각종 사고를 사전에 예방하고 현장상황을 상시감시, 저장하여 효과적으로 분석하여 각종 시설물을 사전 점검, 정비하고 유사시 신속히 대처함으로써 피해를 최소화하고 시설물을 효율적으로 관리 운용할 수 있는 설비로 계획되었으며, 주전송설비는 광케이블 및 동케이블을 매설하였으며, 광게이블은 전송매체로 1.3㎛ 및 1.55㎛ 대역에 사용 가능하며, 국내 생산으로 인해 구매 및 조달이 용이한 ITU-T 권고(G.652) 단일모드 광섬유 케이블로 계획되었고, 동케이블은 선로변의 유지보수자를 위한 연선전화, 비상전화 등을 사용하기 위하여 광케이블을 보조할 수 있도록 15% 차폐형 FS J/F 케이블으로 계획되었음. 연선전화설비는 3회선 중 1회선을 선택할 수 있는 구조로서, 3회선을 1Group으로 하여 각 Group 에 5 ~ 10대 정도의 연선전화기를 병렬로 연결하여 통화 효율이 확보되도록 계획되었으며, 전원설비는 교환설비, 관제전화설비를 제외한 설비에 AC 220V 전원공급을 위해 무정전 전원장치를 계획하고, 교환설비와 관제전화설비는 DC 48V 전원공급을 위해 충전기를 계획하였으며, 해당장비의 정격전압과 Back-Up 시간을 고려해 축전지를 계획하였음.

3절 시범적용 노선(원주-강릉선) 현황 및 분석

○ 지능형 철도안전 융합시스템 적용을 위해서는 시범사업 성격의 Test Bed 구축 및 이에대한 검증을 거쳐 실제 적용노선에 시스템의 활용이 필요함.

○ 융합시스템을 구축하기 위한 주요인자는 각요소별 모니터링 시스템 개발 및 시험, 각요소별 모니터링 시스템의 네트워킹 구성 및 검증, 관제시스템과의 인터페이스 검증 및 실용화가 단계적으로 개발되고 시험되어야 함.

○ 시스템 검증을 위해서는 활용 가능한 노선에 대한 검토가 필요하며, 본선은 크게 두가지 시스템으로 고려하여 설계되고 구축되어야 함. 현재 구축 운영되고 있는 시스템인

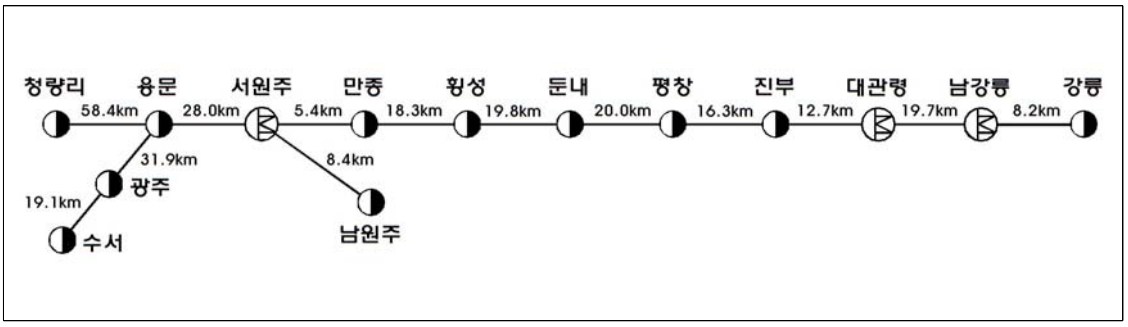
도시철도 시스템과 새로 건설되는 신선에 대한 기존철도 시스템으로 구분하여 검토되어야함. 기본적으로는 도시철도 시스템에 대해서는 현재 가장 최근에 개발되고 적용되는 도시철도 시스템에 대한 조사 및 분석이 기본적으로 수행되어야 하며, 신선의 경우 향후 고속철도가 운행되고 신선으로의 가능성을 고려한 기존선 개량을 통한 원주-강릉 고속차량 운영 시스템에 대해 검토가 필요함.

○ 기존노선의 경우 종합적인 지능형 안전시스템 구축의 구조, 항목, 안전레벨에 따라 보완되거나 지능형으로 전환하거나 보완하는 방안이 강구되어야 함. 이러한 도시철도 노선으로 현재 운행중인 도시철도중 안전시스템 추가 구축이 시급한 노선이나 신규 도시철도 노선을 선정하여 검토가 이루어 질 예정이며, 신선의 경우 4-5년후 완공 및 상용화가 가능한 노선에 대한 검토가 이루어 질 예정임.

1. 시범노선을 위한 고속선(원주-강릉선) 사업 개요

○ 사업내용은 서원주(중앙선)~강릉(영동선) 120.0Km 복선전철로서 총사업비 약4조원이며, 사업기간은 1997년-2018년으로 평창올릭픽을 주요 타켓으로 사업을 진행하고 있으며, 중부-동부간을 횡축으로하는 철도망을 구축하여 낙후된 강원지역 개발 촉진 및 동해권 물류 수도권지역 직결화를 목표를 사업을 진행하고 있음.

○ 원주-강릉선은 청량리를 기점으로 운행되는 청량리~용문~서원주~강릉노선으로 206Km와, 수서를 기점으로 운행되는 수서~용문~서원주~강릉노선으로 199Km의 두 개의 노선으로 운영이 될 것으로 보임.

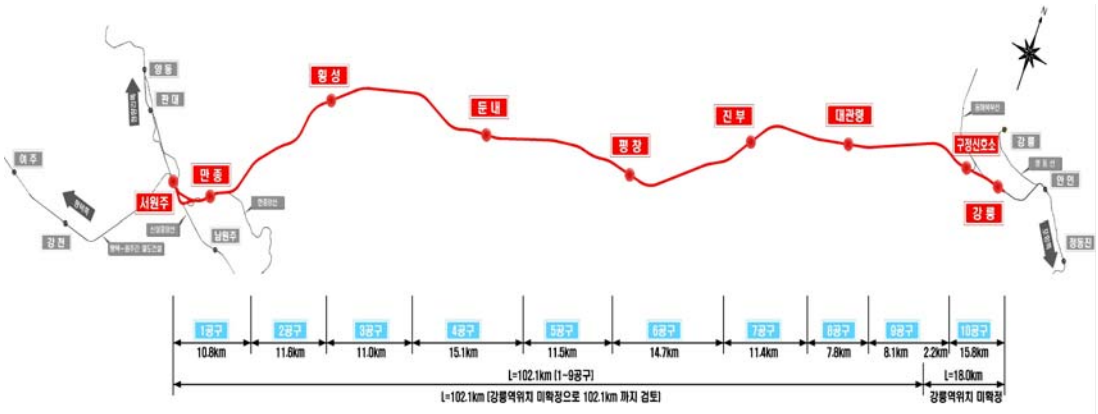


○ 열차선형은 복선전철이며, 교류 AC 25kv, 60Hz 형식이며, 열차운행속도는 최고운행속도 250Km/h를 고려하고 있으며, 차량은 여객열차, 화물열차가 고려되며 여객열차는 고속열차, 일반열차 급행과 완행으로 구분하여 운영될 것임. 차량은 KTX-산천차량, EMU-급행 및 완행 차량이 검토되며, 화물은 150Km/h가 가능한 기관차로서 90~120Km/h의 운행이 고려 될 것임.

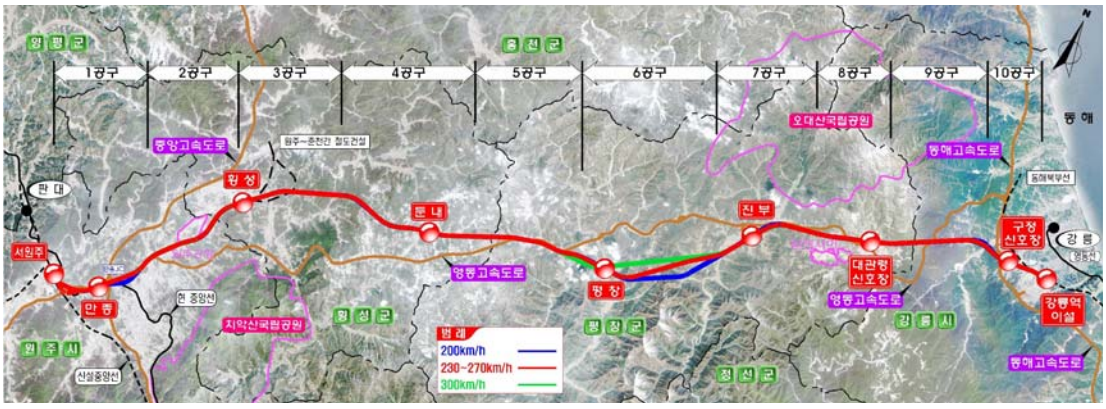
○ 정거장은 만종, 횡성, 둔내, 평창, 진부, 강릉으로 6개의 정거장을 가지며, 3개의 서원주, 대관령, 남강릉 신호장을 고려하고 있음.

○ 현재 원주-강릉과 연계되는 영동선 노선은 중앙선과(원주~제천간), 태백선 (제천~백산), 영동선(백산~강릉) 으로 단선으로 우회되고 있는 노선으로 선로 조건은 산악지의 열악

한 여건으로 태백선의 대부분이 선로구배 12.5‰~30‰와 최소 곡선반경 250m~400m로 운행되고 있고 특히 예미~증산간의 최급구배는 30‰ 이상의 구배와, 영동선의 심포리~나한정간의 최급구배 30‰, 최소 곡선반경 250m의 조건에서 Switch Back의 선형을 갖춘 철도수송 기능의 최악의 조건들로 운행되고 있는 노선이며, 본 과업 시점부와 연계되는 중앙선은 복선전철화 계획에 따른 청량리~용문 구간이 개통되어 운영중에 있으며, 용문~서원주 구간은 2012년 개통을 목표로 시공중에 있고 원주~제천, 제천~도담, 도담~영천간 복선전철화를 단계별로 추진중에 있음. 특히, 중앙선 청량리~서원주 구간은 설계속도 150km/h로 운영 및 시공중에 있고, 원주~강릉 노선과 직접적인 연계노선으로 영동고속도로 및 제2영동고속도로 등 공로와의 경쟁력 확보를 위해서는 속도향상 검토가 필요한 구간이며, 청량리~망우~용문 구간의 경우 경춘선('11년 개통), 원주~강릉선(' 17년 개통), 도담~영천 복선화('23년 개통)의 연차적 개통 예정임에 따라 병목구간 발생구간으로 선로용량 부족현상이 예상되는 바 수서~용문 사업추진 및 청량리~망우 구간의 2복선화 건설 등 원주~강릉사업 개통 이전에 선로용량 확보방안 검토가 필요한 구간임. 또한, 평택~원주 사업이 계획되어있어 과업 시점부 서원주정거장과 연계되며, 서원주~횡성 구간을 공유하여 횡성정거장에서 분기되는 원주~춘천간 철도가 국가기간 교통망계획 등 상위계획으로 수립되어 있음. 과업 종점부 원주-강릉의 메인노선은 10개의 공구로 나누어 평차올림픽에 맞추어 계획되고 공사가 진행되고 있음.



○ 본 노선은 설계속도 300Km/h에 맞는 철도건설규칙을 적용하여 운행이 계획되어 있으며, 각 구간별 곡선을 고려한 운행 속도가 정해질 예정이며, 10공구별 설계속도는 200Km/h-300Km/h로 아래 그림에 나타나 있음.



○ 서원주~강릉간 120Km 구간의 터널은 65.0Km로 전체노선의 54.0%를 차지하고 있으며, 교량(48개소), 터널(34개소)가 존재함.

설계 공구	1공구	2공구	3공구	4공구	5공구	6공구	7공구	8공구	9공구	10공구	11공구	비고
연장 (Km)	10.85	11.57	10.98	11.60	11.59	8.80	9.42	7.48	12.7	9.4	17.72	
교량	6	7	5	3	-	8		6	1		12	
터널	3	3	3	3	1	4	1	7	1	1	5	
정거장	만종	-	횡성	둔내	-	평창		진부	대관령		강릉	

- 총연장 : 120.0Km
- 시설물 : 교량(48개소), 터널(34개소), 정거장(6개소), 신호장(1개소)

서원주~강릉구간 총길이 120Km에서 서원주~평창(63Km)에서 토공(25.4Km), 교량(11.4Km), 터널(26.2Km)를 차지하며, 평창~강릉(57Km)에서 토공(12.8Km), 교량(4.6Km), 터널(40.7Km)로서 전체적으로는 토공(38Km), 교량(16Km), 터널(67Km)를 차지하고 있음.

○ 서원주~만종~횡성~둔내~평차~진부~강릉을 잇는 노선은 노선 설계속도 200~300Km/h 적용에 따라 38분~45분정도로 1시간 이내의 시간이며 가능하며 표정속도는 150Km/h~175Km/h가 될 것임. 설계속도 250Km/h 운행에 따른 B/C가 타 속도영역의 운행에 비해 B/C가 가장 높게 나오는데 이는 비용편익측면에서 사업비 증가폭에 기인함을 알 수 있으며, 아래와 같이 경제성 및 정책성을 고려한 측면에서 200~300Km/h중 최고운행속도 250Km/h 운행이 가장 적절할 것으로 사료되며, 이에 따른 각 구간별 소요시간 및 설계속도는 아래와 같은 예측결과를 보여줌.



그림 149. EMU 180Km/h 운행시



그림 150. KTX-산천 250Km/h 운행시

2. 고속선(원주-강릉선) 운영계획

○ 열차운영계획은 여객열차와 화물열차로 구분할 수 있으며 최고운행속도 250Km/h를 가정하여 운행열차는 아래와 같은 차량이 투입 운행될 것으로 보임.

구 분	여객열차		화물열차	
	KTX-산천	EMU	EL	화차
열차편성(량수)	10량 (2PC+ET+6T)	6량 (4M2T)	1량	11량
최고속도(㎞/h)	330	200	150	90~120
운영속도(㎞/h)	250	180	90	90
열 차 장(m)	201.3	143.0	19.58	12.6~19.6
좌 석 수(석)	360	305	1열차당 760(ton)	

○ 연도별 서원주-강릉구간의 선로용량을 살펴보면 서원주-강릉간 2018년 기준 선로용량이 71회이며, 33회의 여유용량이 있음을 알수 있으며,

(선로요량이 가장 적은 신호장~강릉구간 기준)

구 분	서원주~강릉						
년도별	용량	KTX-Ⅱ	EMU	계	화물	합계	여유용량
2018	71	9	15	24	14	38	33
2021	70	10	16	26	17	43	27
2026	70	11	18	29	18	47	23
2031	70	10	16	26	17	43	27
2036	69	10	16	26	18	44	25

○ 열차운영 배분은 계획은 KTX-산천의 경우 2018년이후 9회정도의 운행을 고려할수 있으며, 아래표와 같이 KTX-산천, EMU, 화물열차의 운행이 될 것으로 보이며,

구 분		여객열차				화물열차	
		운행회수 (청량리~강릉)			평 균 운행시격	운행회수	
		KTX-산천	EMU	계		청량리~서원주	서원주~강릉
250 km/hr	2018	9	15	24	40.0분	8	14
	2021	10	16	25	38.4분	8	17
	2026	11	18	29	33.1분	9	18
	2031	10	16	26	36.9분	10	17
	2036	10	16	26	36.9분	11	18

○ 열차별 차량 소요량은 아래표와 같이 2018년 기준 KTX-산천 10편성, EMU 10편성, 화물용 동력차 24량(화차 271량)이 필요할 것으로 보이며, 차량 주박은 청량리 또는 강릉에 주박하는 방안이 필요함.

구분		2018 년	2021 년	2026 년	2031 년	2036 년
청량리기점	KTX-산천 (편성수)	5	5	5	5	5
	EMU-완급행 (편성수)	5	5	7	7	7
수서기점	KTX-산천 (편성수)	5	5	5	5	5
	EMU-완급행 (편성수)	5	5	5	5	5
동력차 (량수)		24	25	28	29	31
화 차 (량수)		271	292	313	334	354

○ 차량기지 활용방안

구 분	KTX-산천	고속-EMU
활용 차량기지	고양차량기지(경・중정비), 부산차량기지(경정비)	청량리 차량사업소(경정비) 평내 / 덕하 차량사업소(경·중정비)

- KTX-산천 운행시 기존 차량기지인 고양차량기지(경・중정비) 또는 부산차량기지(경정비)를 활용해야 하므로 회송거리가 길어지나, 고속-EMU 운행시에는 기존 차량기지인 청량리차량사업소, 평내차량사업소, 현재 기본설계 중인 덕하차량사업소를 활용할 수 있어 효율적인 것으로 판단됨.
- 또한, KTX-산천 운행시에는 사전조사용역 중인 강릉차량기지에 KTX-산천과 일반-EMU 차량을 검수할 수 있도록 계획이 필요하고, 고속-EMU 운행시에는 KTX-산천 검수시설은 불필요함.

○ 정거장 규모 및 설비

정거장이란 일반적으로 승하차, 화물의 적하, 열차조성 및 해체작업에 따른 차량입환, 열차의 대피, 교행에 의한 열차운전취급 및 열차운전 폐색취급을 하는 장소로서 취급설비로는 열차를 정지, 출발시키는 운전설비, 여객설비, 화물취급설비를 말하며, 철도수송력의 증강과 철도경영측면에서 여객전용역, 화물전용역, 여객과 화물을 혼합하여 운용하는 역 또는 열차운전취급만 하기 위한 신호장, 열차의 행선지별 착발열차 조성만 취급하는 조차장 등으로 구분하여 정거장 설비를 하여야 함.

정거장에는 열차운전을 취급하는 운전설비와 여객이 철도를 이용하는데 필요한 여객설비 및 화물을 수송하기 위한 화물취급 설비 등의 기능이 있어야 함.

신설선 서원주~강릉구간의 서원주역, 만종역, 강릉역은 여객과 화물을 취급하는 역으로 차량의 입환, 화차의 유치선, 화물의 적하장선, 인상선, 화물의 착발선 설비가 필요함.

신호장은 열차의 교행 또는 대피를 하기 위하여 설치한 정거장을 말함.

신호장의 설치는 정거장간 구간거리가 길어 열차운행시간이 많이 소요되어 열차의 운행과 선로용량 등에 영향을 주어 열차운행 효율을 저하시킬 경우 열차운행횟수를 향상시키기 위하여 정거장간 도중에 신호장을 설치하여 원활한 열차운행을 기하기 위하여 설치하는 것으로 진부~강릉구간 도중에 신호장을 설치하여야 함.

정차장의 경우 KTX-산천의 경우 만종, 평창, 강릉을 정차하는 안으로 진행될 것으로 보이며, 각 차량별 정거장은 아래표와 같이 운행될 것임.

구 분		열 차	정거장	비 고
고속열차		KTX-산천	· 청량리, 용문, 만종, 평창, 강릉	5개역
일반열차	급행	EMU	· 청량리, 용문, 만종, 횡성, 평창, 진부, 강릉	7개역
	완행	EMU	· 청량리, 용문, 만종, 횡성, 둔내, 평창, 진부, 강릉	8개역
화물열차			· 청량리, 만종, 강릉	3개역

정거장간 역간 거리 및 여객 취급 요령을 보면 아래표와 같음.

o 청량리기점(청량리~강릉구간)

구 분	하행		상행		정차역			
	역위치	역간거리	역위치	역간거리	고속-EMU	EMU-급행	EMU-완행	화물
청량리	0	58.4	0	58.4	◎	◎	◎	◎
용 문	58.4	28.0	58.4	28.0	◎	◎	◎	-
서원주	86.4	5.4	86.4	5.9	-	-	-	-
만 종	91.8	18.3	92.3	18.3	◎	◎	◎	◎
횡 성	110.1	19.8	110.6	19.8	-	◎	◎	-
둔 내	129.9	20.0	130.4	20.0	-	-	◎	-
평 창	149.9	16.3	150.4	16.3	◎	◎	◎	-
진 부	166.2	12.7	166.7	12.7	-	◎	◎	-
대관령	178.9	19.7	179.4	19.7	-	-	-	-
남강릉	198.6	8.2	199.1	8.2	-	-	-	-
강 릉	206.8		207.3		◎	◎	◎	◎

o 수서기점(수서～강릉구간)

구 분	하행		상행		정차역			
	역위치	역간거리	역위치	역간거리	고속-EMU	EMU-급행	EMU-완행	화물
수 서	0	19.1	0	19.1	◎	◎	◎	-
광 주	19.1	31.9	19.1	31.9	◎	◎	◎	-
용 문	51.0	28.0	51.0	28.0	◎	◎	◎	-
서원주	79.0	5.4	79.0	5.9	-	-	-	-
만 종	84.4	18.3	84.9	18.3	◎	◎	◎	◎
횡 성	102.7	19.8	103.2	19.8	-	◎	◎	-
둔 내	122.5	20.0	123.0	20.0	-	-	◎	-
평 창	142.5	16.3	143.0	16.3	◎	◎	◎	-
진 부	158.8	12.7	159.3	12.7	-	◎	◎	-
대관령	171.5	19.7	172.0	19.7	-	-	-	-
남강릉	191.2	8.2	191.7	8.2	-	-	-	-
강 릉	199.4		199.9		◎	◎	◎	◎

3. 고속선(원주-강릉선) 운영차량

○ 원주-강릉 고속선 운행될 차량은 KTX-산천(300Km/h), 간선형 준고속 전기동차(180Km/h), 화물열차(150Km/h)의 운행이 고려되며 기본제원은 다음과 같음.

구 분	고속-EMU	EMU-완·급행	EL(8100)	화차
열차편성(량수)	4M2T	4M2T	1 L	17.5(환산)
최고속도(km/h)	270	200	150	90～120
출 력	250㎾	250㎾	5,200㎾	-
열차중량(ton)	270.0	270.0	88.0	72.0
열차장(m)	141.0	141.0	19.58	12.6～19.6
좌석수(석)	357	357	1열차당 760(ton)	
기동 가속도(km/s/s)	2.0	2.0		
상용 감속도(km/s/s)	3.0	3.0	0.75	
비상 감속도(km/s/s)	4.0	4.0	1.10	

○ 원주-강릉 고속선 운행될 차량은 KTX-산천으로 10량 1편성으로 구성되어 있으며, 현재 경부선에 운행되는 차량으로서 아래와 같은 형태이며,



○ KTX-산천은 2008년 11월 첫 양산차가 생산되었으며, 2009년 9월 고속철도 운행선을 활용한 주행시험을 통해 차량의 시운전이 시행되었으며, 2010년 3월 경부선과 호남선에 우선 투입하였으며, 차량도입계획으로는 2009년 9월에 1차 시험차량으로 6편성 60량 반입되어 시운전을 통해 2010년 3월부터 영업에 투입되었으며, 2010년 6월에 2차 4편성 40량, 2010년 12월에 9편성 90량이 반입되어 2011년 현재 총 19편성 190량이 운영 중에 있음. 최근 호남고속철도 개통에 대비하여 2014년 11월 납품을 목표로 고속철도차량 25편성 구매계획이 수립되었음.

○ KTX-산천은 PC+T1+T2+T3+T4+T5+T6+T7+T8+PC 10량(PC : 동력차, T : 객차) 1편성 차량으로 중련 운전이 가능하도록 설계되어 있으며, 동력차는 2개의 대차로 구성되어 있으며, 객차는 관절형 대차로 연결 구성되어 있어 동력차와 객차의 분리 운행이 가능한 구조이며, 동력집중식 차량으로 설계최고속도 330km/h으로 세부 사양은 다음과 같음.

항 목	제 원	비 고
차량기본편성	- 10량 1편성(PC1+ET1+T2+T3+T4+T5+T6 +T7 +ET8+PC2)	
최고속도	가. 설계최고속도 : 330km/h 나. 영업최고속도 : 300km/h	
차체길이	- 1편성 : 약 201m - 동력차 22.7m,단부객차 21.8m,중간객차18.7m	
차체폭	가. 동력차 : 약 2,814mm 나. 객 차 : 약 2,970mm	
견인성능	가. 최대견인력 : 210kN 이상 나. 60km/h까지 평균가속도 : 1.62km/h/s 다. 300㎞/h까지의 도달 : 약 316초, 16.4km 라. 정상동력의 75%로 60km/h까지 평균가속도 : 1.21km/h/s(0.335㎧ 이상) 마. 정상동력의 75%로 평탄선로에서 330km/h 운행 가능 바. 정상동력의 50%로 160km/h까지 운행 가능 사. 1대이상 주전력변환장치 차단시 부스팅 기능	

항 목	제 원	비 고
제동성능	가. 비상제동 평균감속도 : 3.8km/h/s(1.06 ㎨) 나. 상용제동 평균감속도 : 3.8km/h/s(1.06 ㎨) 다. 상용최대회생제동력 : 약 168kN 라. 비상최대회생제동력 : 약 170kN	
제어전압	가. 직류 : 72V (변동범위 : 50~90V) 나. 교류 : 220V (변동범위 : 209~231V)	
제어공기압	- 8.5kg/㎠ (변동범위 : ±0.7kg/㎠)	
차량중량	가. 공차중량(W0) : 403톤 이하 나. 정비중량(W1) : 407톤 이하 다. 만차중량(W2) : 434톤 이하 라. 초과중량(W3) : 461톤 이하 마. 최대축중 : 17톤(만차중량 기준)	
레일상면에서높이	가. 동력차 지붕 : 4,062mm 나. 팬터접은 높이 : 4,092mm 다. 언더프레임 상면 : 1,220mm	
차체재질	가. 동력차 : SM490YB, SM570 또는 동등이상(KS D 3515) 나. 객 차 : 알루미늄 압출소재 6005A-T6	
대차	가. 동력대차 : 4대 나. 부수대차 : 9대 다. 대차중심간 거리 - 동 력 차 : 약 14,000mm - 부수대차 : 약 18,700mm	
윤축	가. 윤축간 거리 : 약 3,000mm 나. 차륜 : 일체압연차륜, UIC 812-3 동등 이상, 920mm(신품) / 850mm(마모한계) 다. 차축 : 중공형(Hollow) UIC 811-1 동등 이상, 강도는 UIC515-3 적합	
차량내구연한	- 30년(연평균 600,000㎞ 주행 기준)	
진동 및 충격기준	가. 진동기준 : KS R 9144 나. 전장품의 진동한계 : IEC 60077 다. 차체·대차·차축에 취부되는 구성품은 다음 진동에 견딜 것. - 5~100Hz일 때 g-peak to peak : 차체 0.4, 대차 4.0,차축 10.0 라. 충격기준 : KS R 9146	
승차감 기준	가. ISO 2631 나. 직선평탄선로에서 300Km/h 주행시 “2 hour, reduced comfort level (2시간 쾌적성 감퇴수준)” 또는 동등 이상 다. 열차의 길이방향 Jerk : 0.5m/s3 이하	
소음기준	가. KS R 9143 나. 운전실:300Km/h 주행시, 개활지 78dB(A)이하, 터널 83dB(A)이하 다. 객실 - 300 Km/h 주행시, 개활지 66dB(A)이하, 터널 71dB(A)이하 - 정차중, 개활지에서 60dB(A) 이하	

항 목	제 원	비 고
차량제어	가. 견인제어 : 전압형 PWM 나. 제동제어 : 전기지령식 전기/공기 블랜딩제어 - 체결순서 : 동력대차 전기제동→객차대차 디스크제동→동력대차 답면제동 다. 신호제어 : ATC/ATP/ATS 지상설비 대응 차상장치 탑재	
제동장치	가. 전기제동 : 회생제동, 저항제동 나. 기계제동 : 부수대차 디스크제동, 동력대차 답면제동 다. 제동의 종류 : 사용제동, 비상제동, 주차제동, 구원제동, 보조제동	
연결장치	가. 동력차와 단부객차간 : Side buffer와 견인용 Hook로 구성 나. 객차와 객차간 : 캐링링과 고정링으로 구성, 전기적 연결가능 다. 동력차와 동력차간 : 중련용 자동연결기 라. 구원용 어댑터 : AAR형 연결기와 연결이 가능한 어댑터 탑재	
승강문	- 형식 : 기밀구조 플러그인도어 - 크기 : 900mm×1,835mm 이상	
운전실설비	- ±3,000Pa에서 ±100Pa까지 변화하는 시간이 8초 이상 (압력변화율: 400Pa/sec 이하) - 주요기기 : 주간제어기, 제동레버, 졸음방지장치, 열차방호장치, 열차무선통신장치, 기적, 전차선전압계, 속도계, 공기압력계, 열차제어용 각종스위치, 계기등, 운전실모니터등	
주공기압축기	- 압축방식 : 스크루에 의한 연속 1단 압축방식 - 회전속도 : 1,750 rpm±5%(60Hz) - 토출량 : 1,000 L/min ±5% - 최대토출압력 : 10kgf/㎠ 이상 - 작동공기압 : 7.8bar on~9.0bar off	
주변환장치	- 제어방식 : 전압형 PWM - 최대용량 : 2,500 kW - 입·출력 1) 컨버터 : 입력 AC 1,400V, 출력 DC 2,800V 2) 인버터 : 입력 DC 2,800V, 출력 3상 AC 0~2,183V - 견인부 : 1C2M구성, 1,100kW 유도전동기 2대 병렬운전 - 전력반도체 : IGCT 또는 IGBT - 냉각방식 : 강제풍냉식 - 제어전원 : DC 72V	

항 목	제 원	비 고
견인전동기	- 적용규격 : IEC 60349-2 - 형식 : 3상 농형유도전동기(프레임레스 타입) - 극수 : 4극 - 정격출력 : 1,100kW 이상 - 회전수 : 최대 4,100rpm - 정격전압 : 2,183V - 정격전류 : 360A - 효율 : 0.92 이상 - 냉각방식 : 강제풍냉식 - 절연종별 : 200 Class	
팬터그래프	- 전차선방식 : 심플카테너리 - 형식 : 싱글암 - 작동방식 : 공기상승/자중하강 - 작동공압력 : 6.0~10.0kgf/㎠ - 압상력(표준치) : 7.0kgf - 정격전류 : 1,000A - 접은 높이 : 612.5±10mm - 최소 작용 높이 : 300mm - 최고 작용 높이 : 2,250mm - 해방 높이 : 2,500±50mm - 집전판 : Metalized Carbon	
속도지령장치 (Speed Command Unit)	가. 신호변환장치(Mas-con. Control Unit) : 주간제어기 제어신호에 따라 견인력/제동력 명령신호를 PWM 파형신호로 출력 나. 속도설정장치(Preset Speed) : 설정치와 열차속도를 비교하여 설정된 속도로 열차가 정속 행하도록 견인력/제동력 명령치 신호 출력	
보조전력장치	가. 컨버터 - 주회로방식 : 2군(2대병렬) 2병렬운전 - 제어방식 : IGBT에 의한 PWM제어 - 입력정격전압 : 1Ø 380V AC, 60Hz - 출력정격전압 : 670V DC - 정격용량 : 1,000kW/편성(250kW×2조×2군) 가. 인버터 - 제어방식 : IGBT 인버터 PWM방식 - 정격입력전압 : 670V DC - 정격출력전압 : AC 0[V]~380[V] / 0~60[Hz] - 정격용량 : 52kVA×4대/편성	
신호장치	- ATC, ATP, ATS는 갑에서 설치운용 중인 각각 인터페이스 유지 - ATC, ATP는 유럽전기기술표준위원회(CENELEC)의 종합안전도(SIL4) 또는 이에 상응하는 설계 및 환경, 안전요건 충족 - ATP는 ERTMS/ETCS SRS 2.2.2 등급 1에 따름.	

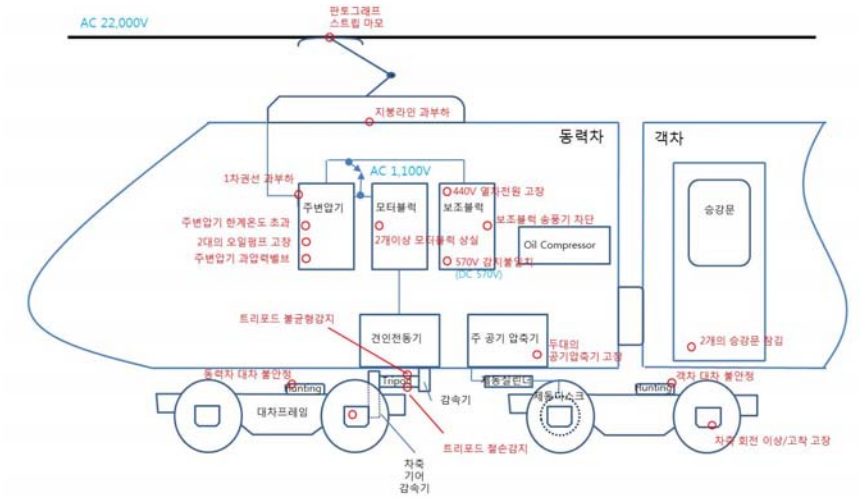
항 목	제 원	비 고
무선통신장치	가. 무선통신방식 – 고속선 : TRS-Astro(서울-대구), TRS-Tetra(대구-부산),통합운영 가능 – 일반철도(경부, 호남·전라, 경전선) : VHF 나. TRS-Astro 송수신기 (1) 송신기 – 주파수 범위 : 806~824㎒ – 송신출력 : 35W – 채널간격 : 12.5/25kHz (2) 수신기 – 주파수 범위 : 851~870㎒ – 음성출력 : 5W – 채널간격 : 12.5/25kHz 다. TRS데이터통신장치 (1) 송신기 – 주파수 대역 : 806 ~ 825㎒ – 송신출력 : 10~15W, 15~35W – 임피던스 : 50Ω (3) 수신기 – 주파수 범위 : 851 ~ 870㎒ (TR+45㎒) – 채널간격 : 851~ 886㎒(25㎑) 라. 무선통신 자동전환장치 : GPS 위치신호에 의한 자동전환 마. 일반철도용 무선장치 : 한국철도표준규격 CM0007-06(초단파무선송수신기) 및 CM0006-06(초단파무선수신기)의거 제작, 설치	

○ 현재 운행되는 KTX 차량의 모니터링 현황을 보면, KTX 고속철도차량은 운행 중 차량에 장착된 built-in sensor에 의해 다음과 같은 주요대상 38종에 대해 상태감시를 하고 있으며,

- 시스템 기능(4종) : 열차상태 모니터 고장시 백업기능 등
- 열차운영 제어 및 감시(8종) : 운전실 선택/전후진, 승강문, 신호장치감시 등
- 고압시스템 제어 및 감시(3종) : 판토그래프, 주차단기 감시 및 제어 등
- 견인시스템 제어 및 감시(6종) : 모터블럭 감시, 열차속도 제어 및 감시 등
- 제동시스템 제어 및 감시(7종) : 비상제동 감시 및 제어, 대차 불안정 검지 등
- 보조전원장치 제어 및 감시(5종) : 보조블럭 감시, 밧데리 차단제어 등
- 차체전기장치 제어 및 감시(5종) : 객차용 HVAC 제어, 열 및 화제검지감시등
- KTX-산천인 경우 상기 이외에 중련연결 감시기능(3종)이 추가됨.

상기와 같이 상태를 감시하여 장치 또는 부품에서 고장이 발생할 경우 다음 표와 같이

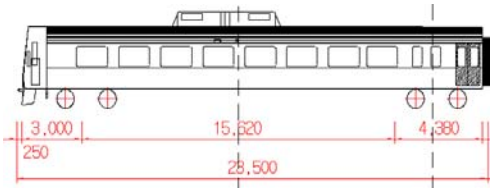
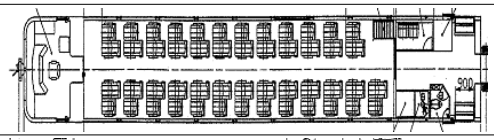
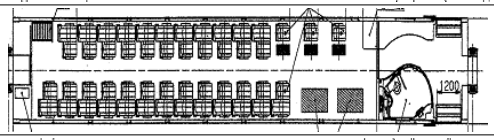
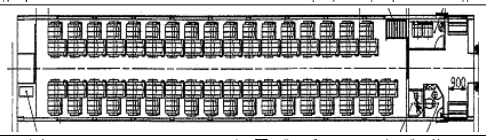
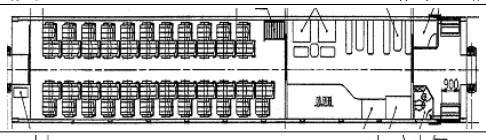
총 425개의 고장코드를 차상컴퓨터에 저장시키며, 이 중에서 주요고장(MF)은 45가지 코드가 있으며, 주요고장 감시대상은 아래 그림과 같이 주변압기 한계온도 초과, 2개 이상 모터블럭 상실, 두 대의 공기압축기 고장, 동력차 대차 불안정, 두 개의 승강문 잠김 등 21종임.



○ 화물열차의 제원 및 성능은 EL 8100~8200계열로서 최고운행속도 150Km/h, 운영속도 90~120Km/h로 운행이 검토되고 향후 운영에 투입될 예정임.

구 분		EL_8100~8200	비 고
차 량 외 관			- 환산량수 17.5톤 - 견인중량 760톤
최고 운행속도		150 km/h	
견 인 마 력		7,000 Hp	
연속정격출력		5,200KW	
중량	운전정비 중량	88 ton	
	축 중	22ton	
차체 및 대차	전 장	19,580mm	
	폭	3,000mm	
	높 이	4,470mm(팬토 접었을 때)	
	대차간 중심거리	9,900mm	
	고정축거	3,000mm	
전 기 방 식		25KV, 60Hz	
축 배 치		BO-BO	
최소곡선반경		100m이상	

○ 간선형 준고속 전기동차는 6량1편성(4M2T)으로 최고운행속도(180Km/h) 차량으로 운행 차량의 사양은 아래와 같음.

구 분	간선형 전기동차	비 고
편성 구성	6량 1편성 (4M2T) (Tc+M'+M+M+M'+Tc)	
최고운행속도	180 Km/h	
가속도	2.0 km/h/s	
감속도	3.0 km/h/s	
편성 길이	141.0m/편성	
차체 길이	 23.50m/량	
차체 폭	약 3.2m	
차체 높이	약 3.9m	
공차 하중	약 270ton/편성	
축당 중량	16ton/이하	
Tc		50 인/량
M		51 인/량
M		70 인/량
M		46인/량
M		74인/량
Tc		66 인/량
좌 석 승차정원	6량 편성 : 357 인/편성	

4절 지능형 안전시스템 실용화 적용방안

○ 오송시험선로 및 시범사업(원주-강릉) 추진을 위해 오송시험선 및 시범사업에서 고려되어야하는 항목에 대한 기본적인 기술적 내용 및 현황은 아래 표와 같음.

기술 항목	세부사항	오송시험선로	시범사업단지	비 고
노선	노선 연장(Km)	12.968Km	120.0Km	
선로 현황	교량	6개소 (5.79Km)	48개소 (16m)	
	터널	6개소 (1.975Km)	34개소 (40.7Km)	
	토공	5.203Km	38.0Km	
최고운행속도		250Km/h	300Km/h	
안전관제예상부지		-통합관제센터(1,2층) (건물:472.5m2) (연면적:1,39.5m2)	-구로관제센터	
최고운행속도		250Km/h	300Km/h	
역 사			-8개역사(, 횡성, 둔내, 평창,, 진부, 대관련, 강릉)	
운행차량		시험차량	-기관차(24량) -EMU180(10편성) -KTX-산천(10편성)	
소요시간			40분 ~ 60분	
운행횟수			-청량리-강릉 : 24회 산천(9회),EMU(15회) - 수서-강릉 :	

○ 지능형 철도안전 융합시스템 개발, 적용을 위해서는 개발 적용을 위해 아래와 같은 항목 및 지역이 검토되어야 함.

- 안전관제를 위한 안전관제 시스템 개발 및 부지 (Test Bed + 시범노선)
- 개발 시스템 항목에 대한 개발 및 시험위치 (Test Bed)
  (세부과제 “지능형 모니터링 센싱 및 제어 기술개발”, “지능형 사상사고 감시제어 기술개발” 관련 개발 항목)
- 적용 안전 시스템에 대한 인터페이스 실용화 개발 및 적용 (시범노선)
  (세부과제 “안전관제형 통합 감시제어 기술개발”, “지능형 사상사고 감시제어 기술

개발” 의 인터페이스 및 개량화 개발항목)

- 위 항목에 대한 Test Bed 및 시범노선의 적용개소, 적용 항목에 대한 검토와 함께 대략적인 안이 도출될 것임.

○ 오송시험선로는 감시설비의 모니터링을 위한 감시실의 설치를 위한 변전소나 통제센터의 건물에 대한 검토가 추가적인 검토를 통해 지능형 감시센터의 건물에 대한 공간 확보와 인터페이스가 추가로 검토되어야 함.

- 통합 감시센터 : 오송시험선로의 경우 통제센터의 활용이 필요하고, 시범사업의 경우 구로관제센터에 설치하거나 중요역(청량리 또는 강릉역)에 설치하는 방안이 강구되어야 함.

○ 개발될 감시장치 및 기설치된 감시장치의 네트워킹화에 대한 감시설비의 검토를 통해 감시장치의 설치여부, 추가 감시장치 설치등에 대한 수량, 인터페이스, 통신망등에 대해 구체적으로 검토되고 항목별 시스템 사양이 구체화 되어야 함.

- 감시시스템 : 오송시험선로의 경우 개발시스템의 적용을 위한 적용장소가 터널, 교량, 토공 각각 1개부분이 검토되고, 차량의 경우 별도로 검토가 이루어져야 함. 역사에 대한 개발 시스템은 시범사업 부지에서 직접 이루어져야 함.

- 안전감시센터 : 안전감시센터는 오송시험선로에서 개발시스템과 현적용시스템의 네트워킹화에 주안점을 두고 시스템 네트워킹 Proto 시험이 이루어지고, 시범사업에서는 구로관제센터에 설치하거나 중요역(청량리 또는 강릉역)에 설치하는 방안이 강구되어야 함.

○ 감시설비의 검토를 위해 터널, 인프라, 변전설비, 통신설비에 대한 용량, 위치, 단면적에 대한 검토와 향후 지능형 감시를 위한 감시실의 시설확보와 특히 안전감시장비와 통제센터의 지능형화를 위한 통신체계에 대한 검토를 통해 향후 용량확보, 증설계획등을 구체적으로 세워야 함.

- 감시장치 : 오송시험선로에서는 안전관제시스템, 개발 서브시스템, 현적용시스템, 네트워킹등의 기본적인 시스템 점검 및 신뢰성 확인이 이루어져야 하며, 시범단지에서는 터널 34개소, 교량 48개소, 역사 8개소에 전반적으로 설치가 이루어져야 하므로 양산성과 신뢰성을 고려하여 검토되어야 함.

- 특히 현재 설치되어있는 안전 감시장치의 인터페이스화, 네트워킹화를 위해 현 안전설비에 대한 기술검토도 별도로 이루어져야 함.

5절 지능형 안전시스템 운영을 위한 제도화 방안

○ 현행 철도안전법에는 안전융합시스템운영을 위한 제도적 근거가 없이, 하위 규정에 화재 및 재난의 일부 사항만 반영되어 있었으나, 2014년 시행예정인 개정된 철도안전법의 제39조(철도교통관제) 관련조항에 안전융합시스템운영을 위한 제도적 근거가 마련

되어 있음. 그러나 현재 입법예고된 철도안전법 하위 규정에 세부적인 사항이 반영되어 있지 않은 상태임. 따라서 향후 안전융합시스템 운영을 위해서는 철도안전법의 개정보다는 하위 규정의 개정이 요구됨. 그러나 안전융합시스템의 기획연구가 추진중에 있으며, 세부사항이 결정되지 않아 현시점에서 제도 반영시에는 많은 시행착오가 예상되어 안전융합시스템에 대한 본격적인 연구 진행을 통해 도출된 결과를 검토하여 철도안전법의 하위규정에 반영하는 방안의 추진이 필요함.

○ 예로서 운행중 안전감시 센서에서 이상 징후가 포착된 경우 무조건적인 운행중지보다는 상황파악을 통해 운행조건의 변경(운행속도 감속 등)과 같은 의사결정이 요구되는데, 이를 위해서는 안전감시의 신뢰성 향상, 의사결정 기준마련이 선행되어야 함. 안전감시 시스템의 개발이 진행되지 않은 현시점에서는 제도반영은 어려움이 예상되며, 본 기획연구를 통해서 도출된 시스템의 현장적용을 위해 향후 제도적 기반 마련과 관련된 검토가 필요함. 본 절에서 검토된 규정은 다음과 같음.

① 현행 철도안전법, 시행령, 시행규칙
② 현행 철도차량안전기준에 관한 규칙, 철도시설안전기준에 관한 규칙(향후 삭제 예정)
③ 현행 철도차량안전기준, 철도시설안전기준
④ 현행 철도차량운전규칙
⑤ 현행 도시철도법 및 하위 규정
⑥ 현행 도시철도 차량안전기준, 도시철도 시설안전기준
⑤ 개정 철도안전법
⑥ 철도안전법 시행령, 시행규칙 개정안
⑦ 개정 철도차량안전기준, 철도시설안전기준

○ 철도산업발전기본법 제36조(비상사태시 처분) 등 세부 내용은 이미 개정된 철도안전법 및 하위규정 개정안에 포함되어 있으며, 철도안전법에서 보다 구체적으로 언급되어어 검토에서 제외하였음. 검토 사항으로는 안전융합시스템 및 이와 유사한 시스템의 적용 및 운영, 유지보수 사항과 각종 안전감시 시스템의 설치 및 안전감시 경보시 조치사항과 관련된 내용을 중점적으로 고려하였으며, 관련 종사자의 자격, 운영기관 자체적인 사규 등은 제외하였음.

○ 현행 법령의 경우 안전융합시스템 적용에 필수적인 사항으로 운행중 시설・차량・외부요인의 위험요인 혹은 이상 징후 감지시 열차운행 중단 및 대피를 위한 의사결정에 관한 내용이 누락되어 있음. 현행 철도차량안전에 관한 규칙과 철도시설안전기준에 관한 규칙에 화재 및 각종 고장감시에 대한 내용 등의 일부만 반영되어 있음. 그러나 고장 및 경보가 발생시 의사결정에 관한 사항이 포함되지 않고 있으며, 이들은 철도공사 혹은 도시철도 운영기관이 자체적으로 운영하는 매뉴얼에만 일부 반영되어 있음. 제도적 검토 사항을 다음에 기술하였음.

1. 개정된 철도안전법

○ 개정되어 2014년 3월 시행예정인 개정철도안전법의 제39조에는 철도교통관제에 대한 기본적인 사항이 기술되어있으며, 제40조에는 열차운행 중지와 관련된 사항이 기술되어 있다. 지진, 폭우, 폭설 등 천재지변과 중대한 장애로 기술되어 있음. “중대한 장애” 관련 사항에 안전융합시스템의 적용을 위한 사항의 반영이 가능하여, 향후 안전융합시스템 개발시 별도의 철도안전법 개정은 필요하지 않을 것으로 예상됨. 다만, 안전융합시스템의 적용 및 운영을 위해서는 하위규정인 시행령 혹은 시행규칙에 반영이 가능함.

○ 개정된 철도안전법의 제39조, 제40조에 관련사항이 반영되어 있으며, “철도시설 및 차량에 이상 징후가 있는 경우” 운행 중지 및 여객 대피 등의 조치와 관련된 근거가 마련되어 있음. 이러한 조치는 관제실에 적용되는 항목이며, 기관사의 판단에 따른 사항은 철도차량 운전규칙 및 운영기관의 개별 사규, 기관사의 교육훈련 및 자격관련 사항에 반영해야 함. 개정된 철도안전법의 관련 조항을 다음에 수록하였음.

1) 제39조의2(철도교통관제)

① 철도차량을 운행하는 자는 국토해양부장관이 지시하는 이동 · 출발 · 정지 등의 명령과 운행 기준 · 방법 · 절차 및 순서 등에 따라야 한다.
② 국토해양부장관은 철도차량의 안전하고 효율적인 운행을 위하여 철도시설의 운용상태 등 철도차량의 운행과 관련된 조언과 정보를 철도종사자 또는 철도운영자등에게 제공할 수 있다.
③ 국토해양부장관은 철도차량의 안전한 운행을 위하여 철도시설 내에서 사람, 자동차 및 철도차량의 운행제한 등 필요한 안전조치를 취할 수 있다.
④ 제1항부터 제3항까지의 규정에 따라 국토해양부장관이 행하는 업무의 대상, 내용 및 절차 등에 관하여 필요한 사항은 국토해양부령으로 정한다.

2) 제40조(열차운행의 일시 중지)

철도운영자는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우로서 열차의 안전운행에 지장이 있다고 인정하는 경우에는 열차운행을 일시 중지할 수 있다.
1. 지진, 태풍, 폭우, 폭설 등 천재지변 또는 악천후로 인하여 재해가 발생하였거나 재해가 발생할 것으로 예상되는 경우
2. 그 밖에 열차운행에 중대한 장애가 발생하였거나 발생할 것으로 예상되는 경우

2. 철도안전법 시행규칙 개정안

○ 개정되어 2014년 3월 시행예정인 개정철도안전법과 달리 시행규칙은 현재 의견조회과정에 있다. 현재 의견 수렴중인 내용을 다음에 기술하였으며, 지능형 안전융합시스템의 반영을 위해서는 개정(안)의 제58조, 59조, 60조, 61조,62조에 대한 세부적인 검토가 요구된다. 또한 개정안에서 언급중인 성능시험 세부기준 및 성능시험기관 지정기준 역

시 동시에 검토가 필요함.

○ 개정안에는 시설 및 차량의 운행감시, 외부정보 활용, 선로작업 등의 사항이 포함되어 있으나, 안전감시의 범위 및 의사결정 등의 사항은 포함되어 있지 않음. 따라서 향후 안전감시제어 시스템의 적용을 위해서는 추후 개정이 필요하다. 개정안의 관련된 조항을 다음에 기술하였음.

1) 제59조(관제업무의 내용) 법 제39조의2제4항에 따라 철도교통의 안전과 질서를 유지하기 위하여 관제기관(「철도산업발전기본법 시행령」제24조제4항에 따라 국토교통부장관이 설치·운영하는철도교통 관제시설을 말한다. 이하 같다)이 수행하는 관제업무의 내용은 다음 각 호와 같다.
   1. 철도차량 등의 운행을 집중 제어·통제·감시
   2. 철도시설의 운용상태 및 철도차량 등의 운행과 관련된 조언과 정보의 제공
   3. 철도차량 등의 적법운행 여부에 대한 지도·감독
   4. 철도차량등이 운행하는 선로를 지장하는 작업에 대한 승인·조정·통제 및 작업구간의 열차운행 통제
   5. 철도사고등 발생 시 사고복구 지시
   6. 철도교통관제시설의 관리
   7. 기타 국토교통부장관이 철도차량의 안전운행 등을 위하여 지시한 사항

2) 제60조의 제목 “(성능시험의 절차 등)”을 “(철도차량 운행절차)”로 하고, 같은 조 제1항부터 제3항까지를 각각 다음과 같이 한다.
   ① 법 제39조의2제4항에 따라 철도차량 등을 운행하려는 자는 관제기관으로부터 철도교통관제허가(이하 “관제허가”라 한다)를 받고 철도차량의 운행을 시작하여야 한다. 다만, 사전에 선로배분을 받은 때에는 관제허가를 받은 것으로 본다.
   ② 철도차량 등의 운행은 사전 승인된 운행계획에 따라야 한다. 다만, 운행계획의 변경에 대하여 관제허가를 받은 경우 또는 긴급한 조치가 필요한 비상상황이 발생한 경우에는 그러하지 아니하다. 이 경우 비상상황의 발생으로 운행계획을 지키지 못하였을 때에는 긴급 조치를 한 즉시 이를 관제기관에 통보하여야 한다.
   ③ 관제기관은 철도종사자 또는 철도운영자등에게 철도차량의 안전한 운행을 위하여 철도시설 내에서 사람, 자동차(건설기계 및 장비를 포함한다) 및 철도차량의 운행제한 등 필요한 안전조치를 지시할 수 있다. 이 경우 지시를 받은 철도종사자 또는 철도운영자등은 특별한 사유가 없으면 지시에 따라야 한다.

3) 제61조의 제목 “(성능시험기관의 지정절차 등)”을 “(철도사고등 발생에 대한 지원 등)”으로 하고, 같은 조 제1항 및 제2항을 각각 다음과 같이 한다.
   ① 관제기관은 철도사고등이 발생하거나 비상상황에 처하여 있다고 의심되는 철도차량에 대해서는 그 상황을 최대한 고려하여 긴급한 처리지시 및 구조·구호 등 관계기관에 신속한 상황 보고·전파 등을 통하여 인명·재산피해가 최소화되도록 하거나 이의 예방을 위한 조치를 하여야 한다.

② 철도운영자등은 철도사고등이 발생하거나 철도시설 또는 철도차량 등이 정상적인 상태에 있지 아니하다고 의심되는 경우에는 이를 신속히 관제기관에 통보하고 조치하여야 한다.

4) 제62조(관제규정의 설정 등) 관제기관이 관제업무를 안전하고 효율적으로 수행하기 위하여 필요한 세부기준 및 절차 등에 관하여 국토교통부장관이 정하여 고시할 수 있다.

3. 철도차량안전기준에 관한 규칙 및 철도차량안전에 관한 기준

○ 현행 철도차량안전기준에 관한 규칙은 철도안전법 개정에 따라 삭제될 예정이며, 관련 규칙의 내용은 “철도차량안전기준에 관한 기준”으로 통합이 추진중에 있다. 현행 규칙에는 안전융합시스템을 적용하기 위한 일부사항이 포함되어 있으나, 실행에 관련된 사항은 누락되어 있어 세부적인 검토가 요구됨. 예로서 현행 규칙의 제15조에는 화재감시와 관련된 사항만 기술이 되어 있을뿐, 화재경보가 작동되거나 화재 발생시 조치에 대해서는 언급이 없는 실정임. 이외에 차량요인으로 인한 탈선, 충돌 등의 위험이 예상될 경우에 대한 세부적인 기준마련의 필요성에 대한 세부 검토가 필요함.

1) 제15조 관련 별표 12(철도차량의 위험도분석 세부기준
- (2)-(나) 화재전파의 차단,
- (가) 신호지시위반, 과속운행, 선로지장물, 외부장애물
- (라) 운행상태 감시/고장 경보 및 보호 기능의 확보에 관한 사항고려
- (마) 선로주변의 각종 안전설비나 철도교통관제실 등으로 부터의 위험정보나 지시르시를 전달받고... 비상통신 및 열차방호 기능의 확보
- (아) 최고 운행속도에서 풍압이나 외부물체 충격등...고려
- (4) 탈선안전 위험도 분석
  (가) 신호지시 위반, 과속운행
  (나) 중량분포, 축중에 대한 기준만족, 최소곡선구간 통과

2) 제18조 관련 별표 16(철도차량의 풍력전복방지 세부기준)
- 풍력전복방지 세부기준 운영 : 풍력감시 설비

4. 철도시설안전기준에 관한 규칙 및 철도시설안전에 관한 기준

○ 현행 철도시설안전기준에 관한 규칙은 철도안전법 개정에 따라 삭제될 예정이며, 관련 규칙의 내용은 “철도시설안전기준에 관한 기준”으로 통합이 추진 중에 있음. 시설분야의 결함은 열차의 탈선, 시설물 붕괴로 인한 재난 등으로 연결될 수 있어 다양한 감시설비가 설치되어 있음. 대구지하철 화재참사로 인해 역사 및 차량의 화재와 관련된 세부사항이 제도에 반영되어 있으나, 탈선, 충돌 등의 사항에 대해서는 세부검토가 필요함. 철도차량안전기준에 관한 규칙과 유사하게 안전융합시스템을 적용하기 위한 일부사항이 포함되어 있으나, 실행에 관련된 사항은 누락되어 있어 세부적인 검토가 요

구됨. 건널목의 경우 낙뢰, 정전 등의 사항이 일부반영되어 있으며, 원문을 다음에 수록하였음.

1) 제23조(철도교량의 안전 일반기준)
① 철도교량(이하 “교량“이라 한다)은 열차가 안전하게 운행할 수 있도록 안전성 및 내구성을 갖추어야 한다.
② 교량은 홍수, 강풍 및 지진 등의 자연재해로부터 안전하도록 건설하여야 한다.
③ 도로 또는 하천을 가로지르는 교량은 도로 또는 하천을 이용하는 교통수단과 충돌하지 아니하도록 충분한 하부 공간을 확보하여야 한다.
④ 하천을 가로지르는 교량의 교각과 교대(橋臺)에 대해서는 세굴(洗掘)에 대한 대책을 마련하여야 한다.
⑤ 교량은 철도시설관리자가 점검과 유지·관리 업무를 쉽고 안전하게 수행할 수 있도록 건설하여야 한다.

2) 제24조(교량의 안전시설)
① 철도시설관리자는 열차가 교량에서 또는 교량에 접근하면서 탈선하는 경우를 대비하여 열차의 이탈을 방지할 수 있는 안전시설 등을 설계에 반영하는 등의 안전대책을 수립하여야 한다.
② 자동차나 선박 등의 통행이 잦은 도로 또는 하천 위에 가설한 교량에는 자동차나 선박에 의한 충격을 방지할 수 있는 보호대 등의 설비를 설치하여야 한다.
③ 교량에는 점검 및 유지·관리 시 추락을 방지할 수 있는 난간을 설치하여야 한다.

3) 제30조(본선터널의 출입구)
① 본선터널의 출입구 주위에는 열차의 안전운행을 위하여 외부인이나 동물 등의 출입을 통제할 수 있도록 표지판, 울타리 또는 자물쇠가 있는 출입문 등을 설치하여야 한다.
② 「통합방위법」 제21조제4항에 따라 국가중요시설로 지정된 본선터널의 출입구에는 실시간 감시를 할 수 있도록 원격감시장치(遠隔監視裝置)를 설치하거나 감시 인력을 배치하여야 한다.
③ 제14조에 따라 본선터널의 출입구에 진입로를 설치할 경우에는 소방차량 등 긴급구조차량이 쉽게 접근할 수 있도록 하여야 한다.
④ 본선터널의 출입구에 대한 세부 사항은 국토교통부장관이 정하여 고시한다.

4) 제31조(비상통신장비) 본선터널 안에는 화재 등 비상사태가 발생한 경우에 승객이나 승무원이 관제실 또는 소방서 등 구조기관과 직접 유선 또는 무선으로 통화할 수 있는 비상통신장비를 설치하여야 한다.

5) 제32조(안전스위치)
① 고속철도전용선의 경우에는 터널 내 작업자를 보호하기 위한 안전스위치를 설치하

여야 한다.

② 안전스위치에 대한 세부 사항은 국토교통부장관이 정하여 고시한다.

6) 제34조(제연설비)

① 철도시설관리자는 안전성 분석 결과에 따라, 본선터널 안에서 화재가 발생하는 경우에 유독가스가 인접 지역으로 급격히 확산되는 것을 제어하는 설비[이하 “제연설비“(制煙設備)라 한다]를 설치하여야 한다.

② 제연설비에 대한 세부 사항은 국토교통부장관이 정하여 고시한다. <개정 2013.3.23>

7) 제35조(배연설비)

① 철도시설관리자는 안전성 분석 결과에 따라, 본선터널 안에서 화재가 발생하는 경우에 효과적으로 유독가스의 배출 방향 · 속도 등을 제어하여 유독가스를 밖으로 배출시킬 수 있는 설비[이하 “배연설비“(排煙設備)라 한다]를 설치하여야 한다.

② 본선터널 바닥면과 연결되어 있는 환기구를 대피통로로 사용하는 경우 배연설비는 비상시 승객 및 승무원이 신속히 대피할 수 있는 구조로 설치되어야 한다.

8) 제44조(승강장의 안전시설)

① 열차가 운행되는 승강장에는 승객의 안전사고를 방지하기 위하여 다음 각 호의 안전시설을 설치하여야 한다.

1. 전동차가 운행되는 승강장에는 노대(露臺)의 난간 또는 스크린도어 및 승객의 실족사고 방지를 위한 안전발판
2. **승강장 내 상황을 실시간 감시할 수 있는 감시장치 또는 관리자에게 위험상황을 통보할 수 있는 경보장치**

② 승강장의 안전시설에 대한 세부 사항은 국토교통부장관이 정하여 고시한다.

9) 제57조(철도 건널목의 안전설비)

① 철도시설관리자는 제56조제1항에 따른 철도 건널목의 종류에 따라 현장 여건에 적합한 안전설비를 설치하여야 한다.

② 철도 건널목 안전설비의 전원은 장애로 인한 정전의 경우에도 복구시간 동안 전원 공급에 지장이 없어야 한다.

③ 철도 건널목 안전설비는 벼락의 직간접적인 영향을 받지 아니하도록 보호장치를 하여야 한다.

④ 철도 건널목의 안전설비에 대한 세부 사항은 국토교통부장관이 정하여 고시한다.

10) 제58조(전철전력설비의 안전 일반기준)

① 사람들이 접근하기 쉬운 장소에는 전철전력설비에 대한 위험 경고표지를 설치하여야 하며, 화재 위험성을 최소화할 수 있도록 하여야 한다.

② 전철전력설비에서 발생되는 전자파는 인체에 유해한 영향을 미치지 아니하도록 하여야 한다.

③ 전철전력설비는 주변 설비에서 발생되는 전자파로 인하여 오작동(誤作動)되지 아니하여야 한다.

④ 가공(架空) 전차선은 시설 장소의 상황이나 표준전압에 따라 감전의 우려 및 다른 교통의 지장이 없는 높이를 유지하여야 한다.

⑤ 취급자의 부주의로 위험을 초래할 수 있는 전철전력설비에는 주의(注意) 표시를 하여야 하며, 작동 상태를 알 수 있는 기능을 갖추어야 한다.

11) 제65조(철도 안전설비와의 연계) 철도시설관리자는 선로 또는 승강장에서의 철도사고를 방지하고 그 영향을 차단할 수 있도록 철도신호설비를 다음 각 호의 철도 안전설비와 연계하여야 한다.

1. 차축온도(車軸溫度) 검지장치 등 선로의 안전설비
2. 비상정지버튼 등 승강장의 안전설비

12) 제66조(철도통신설비의 안전 일반기준)

① 철도통신설비는 관제실, 정차장(停車場), 운전실, 변전소, 그 밖에 보안상 필요한 장소 상호간에 음성, 부호, 데이터 및 영상 등의 중요한 정보를 지속적으로 안전하게 송수신하여 신속히 연락할 수 있는 기능을 갖추어야 한다.

② 철도통신설비를 구성할 때에는 다음 각 호의 조건을 포함한 여러 조건을 고려하여야 한다.

1. 철도종사자 및 일반인이 도움과 지원을 요청할 수 있을 것
2. 비상 대응 조치를 지원하도록 적절한 설비를 구축할 것

③ 철도통신설비를 변경하거나 신설하는 경우에는 철도안전에 영향을 주지 아니하도록 하여야 한다.

13) 제67조(철도통신설비의 구조) 철도통신설비는 기능을 충실하게 수행하기 위하여 안전성, 신뢰성 및 유지 · 보수의 용이성을 확보하여야 하며, 주요 장치는 다음 각 호의 기준을 충족하여야 한다.

1. 주요 부분은 고장 시 자동 및 수동 운용에 지장이 없도록 예비 시스템을 갖출 것
2. 기능 및 인터페이스 등을 자동으로 진단하고, 장애 발생 시 경보음이 울리도록 할 것
3. 전원장치는 전력 공급이 중단되더라도 통신설비가 일정 시간 계속 작동할 수 있는 시스템을 갖출 것

5. 철도차량 운전규칙

○ 기존 철도안전법에 철도교통관제관련 사항이 포함되지 않았으나, 개정된 철도안전법에 관제관련 사항이 포함되어, 현행 철도차량 운전규칙에 대한 변경이 검토중임. 현재 철도운영기관별로 운영중인 다양한 매뉴얼의 내용중 필수적인 사항에 대해서는 철도차량 운전규칙 등에 반영하는 방안이 요구됨. 현행 운전규칙중 본 기획연구의 범위에 포함되는 사항을 다음에 기술하였음. 예로서 제29조(열차의 긴급정지) 관련 사항의 경우 세

부사항이 정해지지 않아 화재경보, 시설물 장애 신호 등 다양한 안전감시 경보가 작동할 경우 의사결정에 대해 모호한 점이 있음.

1) 제5조(철도운영자등의 책무) 철도운영자등은 열차 또는 차량을 운행함에 있어 철도사고를 예방하고 여객과 화물을 안전하고 원활하게 운송할 수 있도록 필요한 조치를 하여야 한다.

2) 제6조(교육 및 훈련 등)

① 철도운영자등은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자에 대하여 「철도안전법」 등 관계법령에 따라 필요한 교육을 실시하여야 하고, 해당 철도종사자가 해당 업무 수행에 필요한 지식과 기능을 보유한 것을 확인한 후 해당업무를 수행하도록 하여야 한다.

1. 철도차량운전업무에 종사하는 자(운전업무보조자를 포함한다)
2. 열차에 승무하여 열차의 방호, 제동장치의 조작 또는 각종 전호를 취급하는 업무를 수행하는 자
3. 정거장에서 신호와 선로전환기 또는 조작판을 취급하는 자
4. 정거장에서 철도차량을 연결·분리하는 업무를 수행하는 자
5. 정거장에서 열차의 출발·도착에 관한 업무를 수행하는 자
6. 무인운전되는 열차의 운행을 관제하는 사람(이하 “무인운전 관제업무종사자“라 한다)

② 철도운영자등은 철도차량운전업무에 종사하는 자(운전업무보조자를 포함한다), 열차에 승무하여 열차의 방호(防護), 제동장치의 조작 등 철도차량의 운전과 관련된 업무를 수행하는 자 등이 철도차량에 탑승하기 전 또는 철도차량의 운행중에 필요한 사항에 대한 보고·지시 또는 감독 등을 적절히 수행할 수 있도록 안전관리체제를 갖추어야 한다.

③ 철도운영자등은 제2항의 규정에 의한 업무를 수행하는 자가 과로 등으로 인하여 당해 업무를 적절히 수행하기 어렵다고 판단되는 경우에는 그 업무를 수행하도록 하여서는 아니된다.

3) 제7조(열차에 탑승하여야 하는 철도종사자)

① 열차에는 철도차량운전자와 열차에 승무하여 여객에 대한 안내, 열차의 방호, 제동장치의 조작 또는 각종 전호를 취급하는 업무를 수행하는 자를 탑승시켜야 한다. 다만, 당해 선로의 상태, 열차에 연결되는 차량의 종류, 철도차량의 구조 및 장치의 수준 등을 고려할 때 열차운행의 안전에 지장이 없다고 인정되는 경우에는 철도차량운전자외의 다른 철도종사자를 탑승시키지 아니하거나 인원을 조정할 수 있다.

② 제1항에도 불구하고 무인운전의 경우에는 철도차량운전자를 탑승시키지 아니한다.

4) 제27조(열차의 재난방지) 폭풍우·폭설·홍수·지진·해일 등으로 열차에 재난 또는 위험이 발생할 우려가 있는 때에는 그 상황을 고려하여 열차운전을 일시 중지하거나 운

전속도를 제한하는 등의 재난·위험방지조치를 강구하여야 한다.

5) 제29조(열차의 긴급정지 등) 철도사고등이 발생하여 열차를 급히 정지시킬 필요가 있는 경우에는 지체없이 정지신호를 표시하는 등 열차정지에 필요한 조치를 취하여야 한다.

6) 제30조(선로의 일시 사용중지)
① 선로의 개량 또는 보수 등으로 열차의 운행에 지장을 주는 작업 또는 공사가 시행중인 구간에는 열차를 진입시켜서는 아니된다.
② 제1항의 규정에 의한 작업 또는 공사가 완료된 경우에는 열차의 운행에 지장이 없는 지를 확인하고 열차를 운행시켜야 한다.

7) 제32조의2(무인운전 시의 안전확보 등) 열차를 무인운전하는 경우에는 다음 각 호의 사항을 준수하여야 한다.
1. 철도운영자등이 지정한 철도종사자는 차량을 차고에서 출고하기 전 또는 무인운전 구간으로 진입하기 전에 운전방식을 무인운전 모드(mode)로 전환하고, 무인운전 관제업무종사자로부터 무인운전 기능을 확인받을 것
2. 무인운전 관제업무종사자는 열차의 운행상태를 실시간으로 감시하고 필요한 조치를 할 것
3. 무인운전 관제업무종사자는 열차가 정거장의 정지선을 지나쳐서 정차한 경우 다음 각 목의 조치를 할 것
가. 후속 열차의 해당 정거장 진입 차단
나. 철도운영자등이 지정한 철도종사자를 해당 열차에 탑승시켜 수동으로 열차를 정지선으로 이동
다. 나목의 조치가 어려운 경우 해당 열차를 다음 정거장으로 재출발
4. 철도운영자등은 여객의 승하차 시 안전을 확보하고 시스템 고장 등 긴급상황에 신속하게 대처하기 위하여 정거장 등에 안전요원을 배치하거나 순회하도록 할 것

8) 제46조(열차간의 안전 확보)
① 열차는 열차간의 안전을 확보할 수 있도록 다음 각 호의 어느 하나의 방법으로 운전하여야 한다. 다만, 정거장 내에서 철도신호의 현시·표시 또는 그 정거장의 운전을 관리하는 자의 지시에 따라 운전하는 경우에는 그러하지 아니하다.
1. 폐색에 의한 방법
2. 제66조의 규정에 의한 열차간의 간격을 확보하는 장치(이하 “자동열차제어장치“라 한다)에 의한 방법
3. 시계운전에 의한 방법
② 단선(單線)구간에서 폐색을 한 경우 상대역의 열차가 동시에 당해 구간에 진입하도록 하여서는 아니된다.
③ 구원열차를 운전하는 경우 또는 공사열차가 있는 구간에서 다른 공사열차를 운전하는 등의 특수한 경우로서 열차운행의 안전을 확보할 수 있는 조치를 취한 경우에는 제1항 및 제2항의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

6. 결론

○ 현재의 기획연구 단계에서는 개발 시스템의 세부 적용 범위와 사양이 결정되지 않아 현 단계에서 제도에 반영하기에는 어려움이 있으나, 개정된 철도안전법에 적용을 위한 근거는 마련되어 있는 상황임. 또한 철도안전법의 하위 규정(안)이 의견수렴중에 있으나, 안전융합시스템의 세부사양과 적용범위가 결정되지 않은 현 시점에서 제도개선에는 어려움이 예상됨. 향후 지속적인 현장의 의견수렴과 안전융합시스템의 검증 수행이후 제도개선이 효율적일 것으로 예상됨. 현재 운영중인 많은 안전감시 시스템의 용도가 대형철도사고 예방에 초점을 두고 있으나, 현재 도시철도운영기관에서 많은 문제가 제기되고 있는 사상사고 분야의 안전감시의 경우 운영기관의 과실이 없는 경우라도 열차운행지연, 운전 정리로 인한 관제사 및 기관사의 업무부담 증가로 연결 될 수 있어 별도의 감시제어 시스템에 대한 검토가 필요함. 개정 철도안전법에는 불법행위에 대한 처벌이 강화되어 있으나, 개발이 추진중인 안전융합시스템의 효율적 적용을 위해서는 기술적 보완과 병행하여 제도적 보완이 필수적으로 요구됨.

○ 본 절에서는 철도안전 융합시스템의 적용을 위한 초기 단계의 제도적 검토를 수행하여 향후 기획연구의 내용이 현장에 적용될 경우 변경되거나 검토되어야 할 관련 조항을 본 절에 기술하였음. 향후 지속적인 연구개발이 수행될 경우 테스트베드(Test-bed) 구축 및 시범적용을 통해 현장확대 적용 방안이 검토중에 있으며, 제도화의 추진은 검증이 마무리 되는 테스트베드 구축과 시범적용 직후 추진하는 방안을 검토하고 있음.

○ 추가적으로 철도차량의 종류, 노선의 종류에 따라 안전시스템의 차이가 커서 향후 철도안전관련 하위법령이 확정되면 제도적 검토 대상을 “고속철도, 일반철도, 도시철도, 경량전철”에 대해 구분하여 세밀한 검토가 요구됨.

제 5 장 연구개발과제 구성 및 추진전략

1절 비전 및 목표

1. 비전



2. 목표

첨단 IT과 네트워크 기술을 적용하여, 철도 관제시스템을 중심으로 철도 차량, 작업자의 위치, 철도역사 및 시설상태를 실시간으로 확인 및 정보 공유하여 위험인자의 조기 예측, 발견 및 관리하는 지능형 철도안전 융합시스템 기술개발

⬇

- 철도 선진국 수준 이상의 철도안전 핵심기술 확보를 통한 국가철도안전 목표 조기 달성 (2021년 목표치 → 2019년 달성)

표 47. 제7차 국가교통안전기본계획의 철도분야 안전 목표치

계획지표	2010년	2016년	2021년		2019년
주지표 : 1억km당 사망자수(자살제외)	42	37	34		34
1억㎞당 열차사고 발생건수	10.9	9.7	8.4	➡	8.4
여객 10억인 ㎞당 사망자수	0.22	0.18	0.16		0.16
대형철도사고 미발생(5년 누계)	Zero	Zero	Zero		Zero

주) 최종목표 수준 :선진국 수준 이상의 철도 안전성 수준 (09년도 이후 선진국 수준의 열차사고 발생률 유지)

- 철도 정시성 향상을 통한 국가 철도교통 경쟁력 강화

- 고부가가치 철도 미래성장산업 육성을 통한 국익 창출

2절 연구개발과제 구성

1. 철도 위험요인별 위험도 분석 및 연구개발 대상 선정

가. 주요 위험요인 도출

○ ‘철도사고 위험도분석 및 평가체계 구축’ 과제의 연구결과와 국내 철도 전문가의 자문 등을 통해 주요 위험요인(안전 감시제어 관련 위험요인)을 다음과 같이 도출하였음.

(1) 차량 주요 위험요인

번호	위 험 요 인	비 고
1.1	대차부 고장	탈선
1.2	연결장치 고장	탈선
1.3	제동부 고장	탈선/충돌
1.4	차축 고장(고착, 과열 등)	탈선
1.5	차륜 고장, 찰상, 마모한계 초과	탈선
1.6	터널 내 열차 불안전성(공기역학 상호작용)	탈선
1.7	차량 탈락물(Tripod 등)	탈선/충돌
1.8	차상신호제어장치(ATS, ATC 등) 고장	충돌
1.9	차량 연결기 풀림/파손	충돌
1.10	차량제동 풀림(구름방지 미설치)	충돌
1.11	견인전동기 결함/고장	화재
1.12	배터리 결함/고장	화재
1.13	변압기/저항기 결함/고장	화재
1.14	차단기/전류집전 결함/고장	화재
1.15	압축공기 공급장치, 에어컨 및 소화기의 고장	화재
1.16	제륜자 불꽃	화재
1.17	기계장치 과열(베어링/차축)	화재
1.18	동력장치 화재(엔진/배기시스템)	화재
1.19	연료, 오일 누출(탱크/연결관)	화재
1.20	차량내부 인화물질	화재
1.21	전기장치 화재	화재
1.22	열차 운행 중 출입문 개방	사상
1.23	열차 출입문 끼임	사상
1.24	출입문 오작동/고장	사상
1.25	열차 탑승 중 전도, 실족	사상
1.26	폭행/범죄	사상
1.27	연기, 독가스에 누출	사상
1.28	전기아크에 노출	사상

(2) 선로 주요 위험요인

번호	위 험 요 인	비 고
2.1	레일 파손	탈선
2.2	레일 좌굴	탈선
2.3	레일 이음매 파손	탈선
2.4	궤간 확장	탈선
2.5	노반 침하	탈선
2.6	선로분기기 고장	탈선/충돌
2.7	가혹한 기상조건(태풍, 눈, 얼음, 폭우, 강풍)	탈선
2.8	지진	탈선
2.9	구조시설(전차선, 터널벽, 교량구성 등) 탈락물	탈선/충돌
2.10	건널목 차량 및 보행자 침입	탈선
2.11	공사장비 지장	충돌
2.12	산사태(암석/수목/진흙 지장)	충돌
2.13	투척물체	충돌
2.14	대형 장애물(작업자 또는 전열차)	충돌
2.15	불법점거 및 무단횡단/동물침입	충돌
2.16	차량추락 및 침입	충돌
2.17	선로변 산불 확산	화재
2.18	터널 전기장치 고열	화재
2.19	터널 화재	사상
2.20	역구내 선로횡단	사상
2.21	본선 불법침입	사상
2.22	자살시도	사상
2.23	비산물체(공중, 작업자)	사상
2.24	건널목 보행자/자전거 전도, 실족	사상
2.25	선로상 폭약	탈선/화재/사상
2.26	교량 붕괴, 변형	탈선
2.27	측선에서 탈선된 열차	충돌
2.28	선로 침수	탈선
2.29	선로 오염(결빙, 기름, 낙엽 등)	탈선

(3) 신호/통신 위험요인

번호	위 험 요 인	비 고
3.1	신호기 고장(결함/파손)	충돌
3.2	선로분기기 고장/판손	탈선/충돌
3.3	경로설정 오류(작업자 등)	
3.4	입환 통신장치 고장	충돌
3.5	열차로 전송된 속도정보의 오류	탈선/충돌
3.6	속도표시 오류 미검지	탈선/충돌
3.7	속도제어시스템 고장	탈선/충돌
3.8	속도제한 실패(ATC, ATS 등)	탈선/충돌
3.9	연동장치/폐색장치 고장/파손	탈선/충돌

(4) 전력 위험요인

번호	위 험 요 인	비 고
4.1	전차선 감전	사상
4.2	전도레일 감전	사상
4.3	전차선과 접지사이의 회로단락 (유지보수 장비에 의한)	사상
4.4	전차선 붕괴 (얼음무게, 또는 강풍)	기타
4.5	가전장력 조정장치 고장	기타
4.6	전차선 손상	기타
4.7	전차선 처짐 (결빙)	기타

(5) 역사 위험요인

번호	위 험 요 인	비 고
5.1	시설물 방화	화재
5.2	전차선 감전	사상
5.3	승강장에서 전도, 실족	사상
5.4	계단, 에스컬레이터에서 전도, 실족	사상
5.5	기기 과열(전기합선, 난방기)	사상
5.6	자살시도	사상
5.7	승객 폭행/욕설	사상
5.8	과밀/혼잡	사상
5.9	위험물(폭발물) 누출	사상
5.10	연기 독가스에 노출	사상
5.11	동물 곤충에 물림	사상

5.12	전기아크에 노출	사상
5.13	전차선 감전	사상
5.14	전도레일 감전	사상
5.15	전차선 정원이외 감전	사상
5.16	선로로 추락	사상
5.17	(경사로, 계단, 에스컬레이터, 엘리베이터) 전도, 실족	사상
5.18	(질병, 음주, 약물)로 전도, 실족	사상

(6) 운전/승무/작업자 주요 위험요인

번호	위 험 요 인	비 고
6.1	과속운전	탈선/충돌
6.2	기관사 신호 오인/미확인/위반	충돌
6.3	제동취급 지연/오류	충돌
6.4	기관사 업무 수행 불가(질병, 약물 등)	충돌
6.5	추진운전 오류, 후진선택 등	충돌
6.6	열차조성, 연결/분리 오류	충돌
6.7	작업자 역구내 선로로 추락	사상
6.8	실화(승무원/작업자)	화재
6.9	작업자 열차에 치임	사상
6.10	폭행/욕설(승무원 대상)	사상
6.11	선로전환 취급오류	충돌

○ 각 위험요인별 안전관리 현황 및 개선방안을 국내 철도 전문가의 자문 등을 통해 아래와 같이 도출하였음(아래는 1.4 차축고장에 대한 예시이며 전체 현황은 부록 4 참조)

위험요인	1.4 차축고장(고착, 과열 등)
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- (관련기기) 차축, 차륜, 윤축 (안전관리) ○ 도착검사 (입고 시) - 육안 및 청각검사 ・차축의 변형, 균열 손상검사 ・차축조립장치의 외관 코니컬스프링 상태 ○ 일상검사 (주기 : 3일) - 육안 및 청각검사 ・차축의 변형, 균열 손상검사 ・차축조립장치의 외관 코니컬스프링 상태 ○ 월상검사 (주기 3개월 또는 50,000Km) - 차축 상태점검 및 기능확인을 시행 ・청소,볼트너트이완,누기,균열,손상,변형,마모,부식유무를 육안검사 또는 점검망치 사용 점검 및 조정 ○ 중간검사 (주기 : 3년 또는 50만 Km) - 주요부품을 분해검사.수선 및 시험 ・각부의 치수검사 - 초음파 탐상, 자분 및 침투탐상 시행 초음파탐상 침투 ・전처리작업-수직탐상-국부탐상-사각탐상-정밀탐상 ・각 부품의 균열 손상 침투 탐상 ○ 전반검사 (주기 : 6년 또는 100만 Km) - 해체 필요한 부품을 분해검사.수선 - 초음파 탐상, 자분 및 침투탐상 시행 - 중반검사와 동일 -고속철도- ○ 차축(차축베어링) 과열 시 HBD를 사용하여 상시 모니터링 ○ 차축베어링 144개월마다 교환 ○ 대차 축상 베어링의 과열을 지상에서 감지하여 종합사령실에 통보(고속열차) ○ 축상 누유 및 차축의 일상/월상/분기 검사 ○ 경/중정비(60km 주행 또는 2년 이내) 시에 베어링 분해 검사, 차축 크랙 자분탐상 및 UT 검사
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 부품을 세척할 경우(특히 조립 시)의 세척유로는 양질의 경유 또는 백등유를 사용하여야 함 ○ 초음파탐상 방법으로 흠의 판정이 곤란한 경우 자분탐상 실시

	-고속철도- ○ 고속선에만 HBD장치 설치로 기존선로 모니터링방안 필요 ○ 최근 무급유 차축 베어링의 사용으로 베어링 과열에 대한 사전예방이 급유식 보다 더 어려워졌음
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 차축베어링 부분에 운행 중 온도감지 센서를 설치하여 실시간 온도 측정을 할 수 있는 시스템 필요 -고속철도- ○ 축상에 베어링 온도센서를 설치하여, 차량진단장치에 의해 모니터링이 되어 운전사가 조치할 수 있도록 개선

나. 위험요인별 위험도 평가 및 연구개발 대상 선정

○ 위험요인별 연구개발 대상 적합성은 안전(기술) 중요도, 개발효과, 개발가능성 기준으로 중요도를 평가하였음.

- 안전(기술) 중요도: 각 위험요인별 안전성에 미치는 영향도

· 위험요인별 위험도를 평가하였으며 그 평가 기준은 CLC-TR 50126-2와 같은 기준을 사용하였음.

· 발생빈도 평가 기준은 다음과 같음.

등 급	발생빈도 범위	중간값 추정 빈도	연간 발생빈도
6	1건/20일 - 1건/3달	1건/2달	6.25건
5	1건/3달 - 1건/1.25년	1건/9달	1.25건
4	1건/1.25년 - 1건/7년	1건/4년	0.25건
3	1건/7년 - 1건/35년	1건/20년	0.05건
2	1건/35년 - 1건/175년	1건/100년	0.01건
1	< 1건/175년	1건/500년	0.002건

· 심각도 평가 기준은 다음과 같음.

순 위	범 주	사건당 등가사망자
6	Multiple fatalities (6 to 25 equivalent fatalities)	15.625
5	Multiple fatalities (2 to 5 equivalent fatalities)	3.125
4	Multiple major injuries/single fatality	0.625
3	Major Injury	0.125
2	More serious injury/multiple minor injuries	0.025
1	Minor Injury	0.005

· 위험도는 발생빈도와 심각도에 따라 1에서 12까지 분류하며 평가 기준은 다음과 같음.

	심 각 도					
빈 도	1	2	3	4	5	6
6	7	8	9	10	11	12
5	6	7	8	9	10	11
4	5	6	7	8	9	10
3	4	5	6	7	8	9
2	3	4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7

- 개발 효과: 안전성 향상 및 산업적 측면에서 효과도

· 안전성 향상 측면의 효과 점수와 산업적 파급효과 측면의 점수의 평균으로 개발 효과를 평가함.

· 안전성의 경우에는 해당 위험요인으로 인한 사고사건 발생 리스크 기준으로 아래의 표와 같은 등급으로 구분.

등급	안전성 측면	설 명
5	30% 이상	- 해당 기술개발로 인하여 위험요인을 원인으로 발생하는 사건사고의 리스크 감소 비율
4	20% 이상 ~ 30% 미만	
3	10% 이상 ~ 20% 미만	
2	5% 이상 ~ 00% 미만	
1	0% ~ 5% 미만	

· 산업적 측면의 경우 기술의 수출 및 특허 등으로 인한 경제적인 기대효과를 기준으로 아래의 표와 같은 등급으로 구분

등급	산업적 측면
5	세계 최초의 기술로서 기술이 개발되었을 때 경제적 효과가 매우 큰 경우
4	국내 독자적 기술이 개발되었을 때 철도 해외시장 진출이 가능하며 경제적 효과가 큰 경우
3	국내 독자적 기술이 개발되었을 때 철도 해외시장 진출은 어렵지만 수입대체 등으로 인해 경제적 효과가 큰 경우
2	국내외 유사기술이 존재하지만 새로운 기술이 개발되었을 때 경제적 효과가 어느 정도 있는 경우
1	국내외 유사기술이 존재하며 경제적 효과가 거의 없는 경우

- 개발 가능성: 위험요인의 위험도를 경감시킬 수 있는 제안기술을 개발 및 적용할 수 있는 가능성

· 개발 가능성을 아래 표와 같은 등급으로 구분

등급	가능성	설 명
5	확실	국내 유사 기술 및 개발경험을 보유하여 기술개발이 확실한 경우
4	거의 확실	국내 기반기술 및 개발경험을 통해 기술개발 성공이 거의 확실한 경우
3	유력	국내 기반기술 및 개발경험을 통해 기술개발 성공이 유력한 경우
2	불투명	국내 기반기술이 취약하여 기술개발 성공 여부가 불투명한 경우
1	어려움	국내 기반기술이 취약하여 기술개발 성공이 어려울 것으로 예상되는 경우

○ 위험요인별 연구개발 중요도는 5점 만점으로 평가하였으며, 안전(기술) 중요도, 개발효과, 개발가능성에 대해 가중치를 40%, 30%, 30%를 부여하여 평가하였음.

○ 평가 결과는 다음과 같음.

구분	번호	위험요인	안전(기술) 중요도			개발 효과			개발가능성	중요도
			빈도	심각도	중요도	안전성 측면	산업적 측면	중요도	중요도	
차량	1.4	차축 고장(고착, 과열 등)	6	5	4.6	5	5	5	5	4.833
	1.7	차량 탈락물	5	5	4.2	5	4	4.5	5	4.517
	1.20	차량내부 인화물질	4	6	4.2	4	4	4	4	4.067
	1.21	전기장치 화재	5	4	3.8	3	4	3.5	5	4.050
	1.1	대차부 고장	5	4	3.8	4	3	3.5	4	3.750
	1.8	차상신호장치 고장	5	4	3.8	4	3	3.5	4	3.750
	1.26	폭행/범죄	4	3	2.9	5	4	4.5	4	3.717
	1.3	제동부 고장	4	5	3.8	4	3	3.5	3	3.450
	1.11	견인전동기 결함/고장	4	4	3.3	2	4	3	4	3.433
	1.10	차량제동 풀림(구름방지 미설치)	3	5	3.3	3	3	3	4	3.433
	1.14	차단기/전류집전 결함/고장	4	4	3.3	2	4	3	4	3.433
	1.17	기계장치 과열(베어링/차축)	6	2	3.3	2	4	3	4	3.433
	1.18	동력장치 화재(엔진/배기시스템)	5	3	3.3	2	4	3	4	3.433
	1.27	연기, 독가스에 누출	4	3	2.9	4	5	4.5	3	3.417
	1.9	차량 연결기 풀림, 파손	5	4	3.8	3	3	3	3	3.300
	1.25	열차 탑승 중 전도, 실족	6	3	3.8	3	3	3	3	3.300
	1.2	연결장치 고장	4	4	3.3	4	3	3.5	3	3.283
	1.19	연료, 오일 누출(탱크/연결관)	4	4	3.3	1	4	2.5	4	3.283
	1.12	배터리 결함/고장	4	3	2.9	2	4	3	4	3.267
	1.13	변압기/저항기 결함/고장	3	4	2.9	2	4	3	4	3.267
	1.16	제륜자 불꽃	5	2	2.9	2	4	3	4	3.267
	1.23	열차 출입문 끼임	6	3	3.8	3	2	2.5	3	3.150
	1.5	차륜 고장, 찰상, 마모한계 초과	4	4	3.3	3	3	3	3	3.133
	1.6	터널 내 열차 불안전성	5	3	3.3	3	3	3	3	3.133
	1.15	압축공기 공급장치, 에어컨 및	4	2	2.5	1	4	2.5	4	2.950

		소화기의 고장								
	1.28	전기아크에 노출	5	3	3.3	1	2	1.5	3	2.683
	1.24	출입문 오작동/고장	6	1	2.9	1	1	1	4	2.667
	1.22	열차 운행 중 출입문 개방	4	1	2.1	1	1	1	4	2.333

구분	번호	위험요인	안전(기술) 중요도			개발 효과			개발 가능성	중요도
			빈도	심각도	중요도	안전성 측면	산업적 측면	중요도	중요도	
선로	2.1	레일 파손	6	6	5.0	5	4	4.5	5	4.850
	2.2	레일 좌굴	6	5	4.6	5	5	5	5	4.833
	2.4	궤간 확장	6	4	4.2	5	4	4.5	5	4.517
	2.11	공사장비 지장	5	6	4.6	4	2	3	5	4.233
	2.10	건널목 차량 및 보행자 침입	6	4	4.2	4	3	3.5	5	4.217
	2.20	역구내 선로횡단	6	4	4.2	3	4	3.5	4	3.917
	2.21	본선 불법침입	6	4	4.2	3	4	3.5	4	3.917
	2.3	레일 이음매 파손	5	4	3.8	5	3	4	4	3.900
	2.15	불법점거 및 무단횡단/동물침입	4	5	3.8	4	3	3.5	4	3.750
	2.18	터널 전기장치 고열	3	6	3.8	2	4	3	4	3.600
	2.6	선로분기기 고장	5	4	3.8	4	4	4	3	3.600
	2.12	산사태(암석/수목/진흙 지장)	1	5	2.5	3	3	3	5	3.400
	2.24	건널목 보행자/자전거 전도, 실족	6	4	4.2	3	2	2.5	3	3.317
	2.19	터널 화재	1	6	2.9	4	4	3	4	3.267
	2.9	구조시설(전차선, 터널벽, 교량구성 등) 탈락물	4	4	3.3	3	3	3	3	3.133
	2.13	투척물체	3	4	2.9	3	2	2.5	4	3.117
	2.16	차량추락 및 침입	4	3	2.9	2	3	2.5	4	3.117
	2.17	선로변 산불 확산	3	3	2.5	1	5	3	4	3.100
	2.22	자살시도	6	4	4.2	2	2	2	2	2.867
	2.27	측선에서 탈선된 열차	2	6	3.3	2	2	2	3	2.833
	2.26	교량 붕괴, 변형	6	1	2.9	3	2	2.5	3	2.817
	2.28	선로 침수	4	3	2.9	3	1	2	3	2.667
	2.5	노반 침하	1	4	2.1	5	3	4	2	2.633
	2.14	대형 장애물(작업자 또는 전열차)	1	4	2.1	2	2	2	4	2.633
	2.29	선로 오염(결빙, 기름, 낙엽 등)	5	2	2.9	2	1	1.5	3	2.517
	2.7	가혹한 기상조건(태풍, 눈, 얼음, 폭우, 강풍)	1	5	2.5	3	2	2.5	2	2.350
	2.25	선로상 폭약	2	6	3.3	2	2	2	1	2.233
	2.8	지진	1	4	2.1	3	2	2.5	2	2.183
	2.23	비산물체(공중, 작업자)	4	2	2.5	1	4	2.5	1	2.050

구분	번호	위험요인	안전(기술) 중요도			개발 효과			개발 가능성	중요도
			빈도	심각도	중요도	안전성	산업적	중요도	중요도	

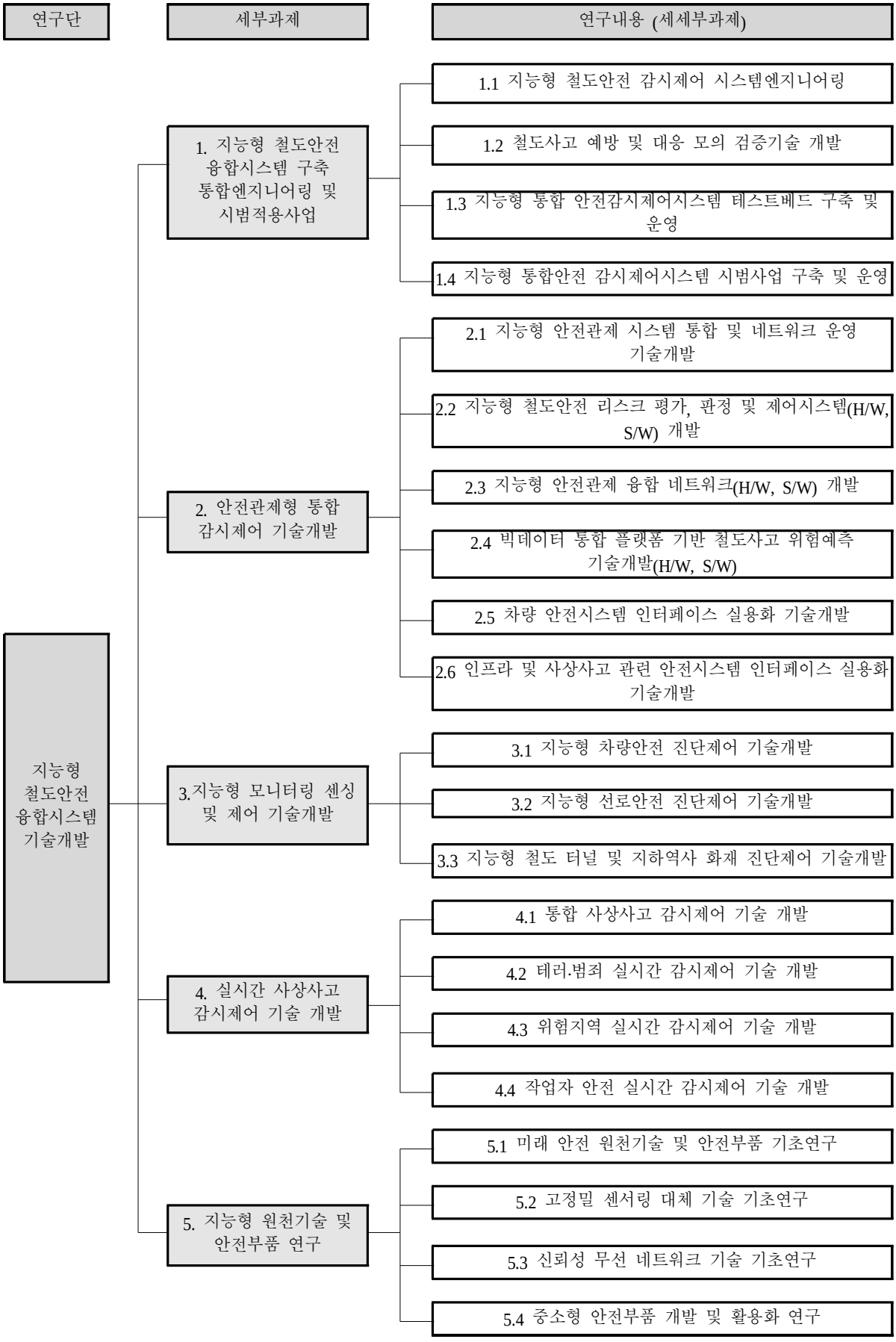
						측면	측면			
신호통신	3.2	선로분기기 고장/파손	6	4	4.2	3	3	3	3	3.467
	3.3	경로설정 오류(작업자 등)	3	6	3.8	3	3	3	2	3.000
	3.1	신호기 고장(결함/파손)	3	6	3.8	3	3	3	1	2.700
	3.4	입환 통신장치 고장	1	6	2.9	2	3	2.5	2	2.517
	3.5	열차로 전송된 속도정보의 오류	1	6	2.9	2	3	2.5	2	2.517
	3.6	속도표시 오류 미검지	1	6	2.9	2	3	2.5	2	2.517
	3.7	속도제어시스템 고장	1	6	2.9	2	3	2.5	2	2.517
	3.8	속도제한 실패(ATC, ATS 등)	1	6	2.9	2	3	2.5	2	2.517
	3.9	연동장치/폐색장치 고장/파손	1	6	2.9	2	3	2.5	2	2.517

구분	번호	위험요인	안전(기술) 중요도			개발 효과			개발 가능성	중요도
			빈도	심각도	중요도	안전성 측면	산업적 측면	중요도	중요도	
전력	4.1	전차선 감전	4	4	3.3	2	2	2	5	3.433
	4.2	전도레일 감전	4	4	3.3	2	2	2	5	3.433
	4.3	전차선과 접지사이의 회로단락 (유지보수 장비에 의한)	4	2	2.5	2	2	2	5	3.100
	4.4	전차선 붕괴 (얼음무게, 또는 강풍)	4	2	2.5	2	2	2	5	3.100
	4.5	가전장력 조정장치 고장	4	2	2.5	2	2	2	5	3.100
	4.6	전차선 손상	4	2	2.5	2	2	2	5	3.100
	4.7	전차선 처짐 (결빙)	4	2	2.5	2	2	2	5	3.100

구분	번호	위험요인	안전(기술) 중요도			개발 효과			개발 가능성	중요도
			빈도	심각도	중요도	안전성 측면	산업적 측면	중요도	중요도	
역사	5.1	시설물 방화	4	4	3.3	4	5	4.5	5	4.183
	5.14	선로로 추락	6	4	4.2	3	3	3	4	3.767
	5.15	(경사로, 계단, 에스컬레이터, 엘리베이터) 전도, 실족	6	3	3.8	3	4	3.5	4	3.750
	5.6	승객 폭행/욕설	4	3	2.9	5	4	4.5	4	3.717
	5.3	승강장에서 전도, 실족	6	2	3.3	3	3	3	4	3.433
	5.9	연기 독가스에 노출	4	3	2.9	4	5	4.5	3	3.417
	5.2	전차선 감전	5	3	3.3	3	3	3	3	3.133
	5.5	자살시도	6	4	4.2	2	2	2	2	2.867
	5.8	위험물(폭발물) 누출	3	6	3.8	2	2	2	2	2.700
	5.11	전기아크에 노출	5	3	3.3	1	2	1.5	3	2.683
	5.4	기기 과열(전기합선, 난방기)	4	3	2.9	2	2	2	3	2.667
	5.1	동물 곤충에 물림	6	1	2.9	1	1	1	4	2.667
	5.12	전도레일 감전	4	1	2.1	3	3	3	3	2.633
	5.7	과밀/혼잡	4	2	2.5	2	2	2	3	2.500
	5.13	전차선 전원이외 감전	4	3	2.9	1	1	1	3	2.367

구분	번호	위험요인	안전(기술) 중요도			개발 효과			개발 가능성	중요도
			빈도	심각도	중요도	안전성 측면	산업적 측면	중요도	중요도	
운전승무작업자	6.9	작업자 열차에 치임	4	4	3.3	4	4	4	4	3.733
	6.7	작업자 역구내 선로로 추락	4	4	3.3	4	4	4	3	3.433
	6.11	선로전환 취급오류	3	6	3.8	1	4	2.5	3	3.15
	6.8	실화(승무원/작업자)	4	4	3.3	3	3	3	3	3.133
	6.2	기관사 신호 오인/미확인/위반	4	6	4.2	1	4	2.5	2	3.017
	6.4	기관사 업무 수행 불가(질병, 약물 등)	4	5	3.8	1	4	2.5	2	2.85
	6.1	과속운전	2	6	3.3	1	4	2.5	2	2.683
	6.3	제동취급 지연/오류	3	5	3.3	1	4	2.5	2	2.683
	6.5	추진운전 오류, 후진선택 등	4	4	3.3	1	4	2.5	2	2.683
	6.6	열차조성, 연결/분리 오류	4	4	3.3	1	4	2.5	2	2.683
	6.1	폭행/욕설(승무원 대상)	6	1	2.9	1	1	1	4	2.667

2. 연구개발과제 구성


연구단
세부과제
연구내용 (세세부과제)
지능형 철도안전 융합시스템 기술개발
1. 지능형 철도안전 융합시스템 구축 통합엔지니어링 및 시범적용사업
1.1 지능형 철도안전 감시제어 시스템엔지니어링
1.2 철도사고 예방 및 대응 모의 검증기술 개발
1.3 지능형 통합 안전감시제어시스템 테스트베드 구축 및 운영
1.4 지능형 통합안전 감시제어시스템 시범사업 구축 및 운영
2. 안전관제형 통합 감시제어 기술개발
2.1 지능형 안전관제 시스템 통합 및 네트워크 운영 기술개발
2.2 지능형 철도안전 리스크 평가, 판정 및 제어시스템(H/W, S/W) 개발
2.3 지능형 안전관제 융합 네트워크(H/W, S/W) 개발
2.4 빅데이터 통합 플랫폼 기반 철도사고 위험예측 기술개발(H/W, S/W)
2.5 차량 안전시스템 인터페이스 실용화 기술개발
2.6 인프라 및 사상사고 관련 안전시스템 인터페이스 실용화 기술개발
3.지능형 모니터링 센싱 및 제어 기술개발
3.1 지능형 차량안전 진단제어 기술개발
3.2 지능형 선로안전 진단제어 기술개발
3.3 지능형 철도 터널 및 지하역사 화재 진단제어 기술개발
4. 실시간 사상사고 감시제어 기술 개발
4.1 통합 사상사고 감시제어 기술 개발
4.2 테러.범죄 실시간 감시제어 기술 개발
4.3 위험지역 실시간 감시제어 기술 개발
4.4 작업자 안전 실시간 감시제어 기술 개발
5. 지능형 원천기술 및 안전부품 연구
5.1 미래 안전 원천기술 및 안전부품 기초연구
5.2 고정밀 센서링 대체 기술 기초연구
5.3 신뢰성 무선 네트워크 기술 기초연구
5.4 중소형 안전부품 개발 및 활용화 연구

3. 위험요인별 해당 연구개발과제

○ 평가 결과는 다음과 같음.

구분	번호	위험요인	중요도	관련 과제번호
차량	1.4	차축 고장(고착, 과열 등)	4.833	1, 2, 3.1, 5
	1.7	차량 탈락물	4.517	1, 2, 3.1, 5
	1.20	차량내부 인화물질	4.067	1, 2, 3.1, 5
	1.21	전기장치 화재	4.050	1, 2, 3.1, 5
	1.1	대차부 고장	3.750	1, 2, 3.1, 5
	1.8	차상신호장치 고장	3.750	1, 2, 3.1, 5
	1.26	폭행/범죄	3.717	1, 2, 2.5, 5
	1.3	제동부 고장	3.450	1, 2, 3.1, 5
	1.11	견인전동기 결함/고장	3.433	1, 2, 3.1, 5
	1.10	차량제동 풀림	3.433	1, 2, 2.5, 5
	1.14	차단기/전류집전 결함/고장	3.433	1, 2, 3.1, 5
	1.17	기계장치 과열(베어링/차축)	3.433	1, 2, 3.1, 5
	1.18	동력장치 화재(엔진/배기시스템)	3.433	1, 2, 3.1, 5
	1.27	연기, 독가스에 누출	3.417	
	1.9	차량 연결기 풀림, 파손	3.300	
	1.25	열차 탑승 중 전도, 실족	3.300	
	1.2	연결장치 고장	3.283	
	1.19	연료, 오일 누출(탱크/연결관)	3.283	
	1.12	배터리 결함/고장	3.267	
	1.13	변압기/저항기 결함/고장	3.267	
	1.16	제륜자 불꽃	3.267	
	1.23	열차 출입문 끼임	3.150	
	1.5	차륜 고장, 찰상, 마모한계 초과	3.133	
	1.6	터널 내 열차 불안전성	3.133	
	1.15	압축공기 공급장치, 에어컨 및 소화기의 고장	2.950	
	1.28	전기아크에 노출	2.683	
	1.24	출입문 오작동/고장	2.667	
	1.22	열차 운행 중 출입문 개방	2.333	

구분	번호	위험요인	중요도	관련 과제번호
선로	2.1	레일 파손	4.850	1, 2, 3.2, 5
	2.2	레일 좌굴	4.833	1, 2, 3.2, 5
	2.4	궤간 확장	4.517	1, 2, 3.2, 5
	2.11	공사장비 지장	4.233	1, 2, 3.2, 5
	2.10	건널목 차량 및 보행자 침입	4.217	1, 2, 3.2, 5
	2.20	역구내 선로횡단	4.050	1, 2, 4.3
	2.21	본선 불법침입	3.917	1, 2, 4.3
	2.3	레일 이음매 파손	3.917	1, 2, 3.2, 5

	2.15	불법점거 및 무단횡단/동물침입	3.900	1, 2, 3.2, 5
	2.18	터널 전기장치 고열	3.750	1, 2, 3.3, 5
	2.6	선로분기기 고장	3.600	1, 2, 3.2, 5
	2.12	산사태(암석/수목/진흙 지장)	3.600	1, 2, 3.2, 5
	2.24	건널목 보행자/자전거 전도, 실족	3.400	1, 2, 3.2, 5
	2.19	터널 화재	3.317	1, 2, 3.3, 5
	2.9	구조시설(전차선, 터널벽, 교량구성 등) 탈락물	3.267	
	2.13	투척물체	3.133	
	2.16	차량추락 및 침입	3.117	
	2.17	선로변 산불 확산	3.117	
	2.22	자살시도	3.100	
	2.27	측선에서 탈선된 열차	2.867	
	2.26	교량 붕괴, 변형	2.833	
	2.28	선로 침수	2.817	
	2.5	노반 침하	2.667	
	2.14	대형 장애물(작업자 또는 전열차)	2.633	
	2.29	선로 오염(결빙, 기름, 낙엽 등)	2.633	
	2.7	가혹한 기상조건(태풍, 눈, 얼음, 폭우, 강풍)	2.517	
	2.25	선로상 폭약	2.350	
	2.8	지진	2.233	
	2.23	비산물체(공중, 작업자)	2.183	

구분	번호	위험요인	중요도	관련 과제번호
신호통신	3.2	선로분기기 고장/파손	3.467	1, 2, 3.2, 5
	3.3	경로설정 오류(작업자 등)	3.000	1, 2, 5
	3.1	신호기 고장(결함/파손)	2.700	1, 2, 5
	3.4	입환 통신장치 고장	2.517	
	3.5	열차로 전송된 속도정보의 오류	2.517	
	3.6	속도표시 오류 미검지	2.517	
	3.7	속도제어시스템 고장	2.517	
	3.8	속도제한 실패(ATC, ATS 등)	2.517	
	3.9	연동장치/폐색장치 고장/파손	2.517	

구분	번호	위험요인	중요도	관련 과제번호
전력	4.1	전차선 감전	3.433	
	4.2	전도레일 감전	3.433	
	4.3	전차선과 접지사이의 회로단락 (유지보수 장비에 의한)	3.100	
	4.4	전차선 붕괴 (얼음무게, 또는 강풍)	3.100	
	4.5	가전장력 조정장치 고장	3.100	
	4.6	전차선 손상	3.100	

	4.7	전차선 처짐 (결빙)	3.100	

구분	번호	위험요인	중요도	관련 과제번호
역사	5.1	시설물 방화	4.183	1, 2, 4.2, 4.3, 5
	5.14	선로로 추락	3.767	1, 2, 4.3, 5
	5.15	(경사로, 계단, 에스컬레이터, 엘리베이터) 전도, 실족	3.750	1, 2, 4.3, 5
	5.6	승객 폭행/욕설	3.717	1, 2, 4.3, 5
	5.3	승강장에서 전도, 실족	3.433	1, 2, 4.3, 5
	5.9	연기 독가스에 노출	3.417	1, 2, 4.2, 5
	5.2	전차선 감전	3.133	1, 2, 4.3, 5
	5.5	자살시도	2.867	1, 2, 4.3, 5
	5.8	위험물(폭발물) 누출	2.700	1, 2, 4.2, 5
	5.11	전기아크에 노출	2.683	
	5.4	기기 과열(전기합선, 난방기)	2.667	
	5.1	동물 곤충에 물림	2.667	
	5.12	전도레일 감전	2.633	
	5.7	과밀/혼잡	2.500	
	5.13	전차선 전원이외 감전	2.367	

구분	번호	위험요인	중요도	관련 과제번호
운전승무작업자	6.9	작업자 열차에 치임	3.733	1, 2, 4.4, 5
	6.7	작업자 역구내 선로로 추락	3.433	1, 2, 4.4, 5
	6.11	선로전환 취급오류	3.15	
	6.8	실화(승무원/작업자)	3.133	
	6.2	기관사 신호 오인/미확인/위반	3.017	
	6.4	기관사 업무 수행 불가(질병, 약물 등)	2.85	
	6.1	과속운전	2.683	
	6.3	제동취급 지연/오류	2.683	
	6.5	추진운전 오류, 후진선택 등	2.683	
	6.6	열차조성, 연결/분리 오류	2.683	
	6.1	폭행/욕설(승무원 대상)	2.667	

3절 세부과제 주요 내용 및 추진전략

1. 연구개발 목표

○ 철도 안전사고 취약지점의 위험요인 상태를 실시간으로 감시하고 안전감시체계의 지능화를 통하여 철도사고를 최대한 사전에 예방하고, 사고 발생시 즉각적인 대처 및 사고 심각도 경감기술을 통해 철도 안전 리스크를 최소로 할 수 있는 지능형 안전 융합시스템 구축을 위한 핵심기술 개발과 운행노선에 시범적용하기 위한 통합 엔지니어링

○ 기존 안전검지기술 및 당해 과제 산출물의 연계 및 통합, 테스트베드, 시범적용 및 실용화 실효성을 향상시키기 위한 사고 예방 및 대응 단계에서의 시스템 모의 검증기술 개발

○ 지능형 철도안전 융합시스템과 국가 철도교통관제와의 연계를 통해 기존 관제기능 향상 및 지능형 안전관제시스템 구축

○ 철도 안전사고 취약지점의 위험요인 상태를 실시간으로 감시하고 안전감시 체제의 지능형화를 통하여 철도 사고를 최대한 사전에 예방하고, 사고 발생시 즉각적인 대처 및 사고 심각도 경감기술을 통해 철도 안전 리스크를 최소로 할 수 있는 안전관제 기능을 융한한 안전관리시스템 핵심, 응용 및 실용화 기술개발

○ 탈선, 충돌, 화재를 야기할 수 있는 차량, 선로, 역사, 터널의 안전 취약지점 위험요인을 실시간으로 감시제어 하고 사고 심각도를 경감할 수 있는 기술을 개발함으로써 철도의 안전성, 정시성, 유지보수성을 제고하고자 함.

○ 철도에서 발생할 수 있는 공중사상사고에 대한 실시간 모니터링 및 제어기술의 확보

○ 지능제연/안전피난통로/피난안내 기술개발로 승객을 보호하며 피난 완료할 수 있는 시스템 기술 확보

○ 철도 공중사상사고의 10% 감소

- 통합 공중사상 감시제어 기술 개발
- 테러・범죄 실시간 감시제어 기술 개발
- 위험지역 실시간 감시제어 기술 개발
- 작업자 안전 실시간 감시제어 기술 개발

○ 철도 안전사고의 위험요인 상태를 실시간으로 감시하기위해 감시형 센서의 고정밀 센서기술, 무선네트워크 기술에 대한 안전센서의 신뢰도 향상, 무선 네트워크의 안정화와 관련하여 기술대체 및 미래 원천기술에 대한 미래지향적 기초기술 연구 필요

○ 철도 안전과 관련된 안전센서의 장기적인 안정성 향상을 위해 기설치된 안전부품의 국

산화, 무선화, 신뢰성 향상 기술을 접목한 고기능 센서의 대체 부품 개발 및 국산화 추진

2. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

가. 연구개발 필요성

○ 철도교통량 증가 및 열차 운행속도 향상으로 인하여 철도안전에 대한 국민 인식 및 요구 수준이 높아짐에 따라 강화된 안전대책 필요

- 고속열차, 틸팅열차 및 기존선로 개량 등 운행속도 향상에 따른 대형사고 예방대책 지속 추진 필요

  · 고속철도망 구축계획에 따른 장대터널 및 교량구간 증가

  · 열차 운행밀도 증가로 사고·장애시 처리 시간 부족

- 국가고속철도망 구축계획의 효율적 실행을 위해서는 철도 건설과 운영시 안전성, 유지보수성 목표를 저해하지 않으면서도 투자비용을 최소화하기 위해서는 정책·제도적 뒷받침과 IT기술 등이 접목된 획기적인 통합안전시스템 기술개발 필요

○ 고속철도 개통이후 감소하던 운행장애 및 서비스고장 발생건수가 2008년 이후 증가하고 있는 고속철도의 운행 장애와 약 10년 주기로 발생한 대형철도사고의 국민의 불안감 증대

- 최근 KTX 탈선, 선로전환기 장애, 지하철 화재, 철도 작업자 사고 등 크고 작은 사고·장애가 지속적인 발생하여 철도 안전에 대한 국민의 우려 증대

- 1번의 중·대형 사고는 과거 29번의 장애와 잠재원인 300건이 관련되어 있음(하인리히 법칙).

- 최근 KTX 탈선, 선로전환기 장애 등 크고 작은 사고·장애가 지속적으로 발생하고 있으며, KTX 안전 모니터링 장치의 높은 오보율에 의해 철도서비스 품질이 저하되고 있음.

  · 2010년 운행장애의 경우 고장오보가 약 23.5%를 차지하며, HBD의 오보율은 50%에 달함. 감지기의 빈번한 오작동은 기관사 및 관제사의 규정위반 원인을 제공하고 있어 획기적인 대책 강구 필요

    *HBD : Hot Box Detector(차축온도검지장치)

- 구조물에 스트레인 게이지(strain gauge)나 가속도계 등과 같은 센서를 부착하여 변형률, 하중, 변위, 진동 등을 측정하여 구조물의 건전성을 감시하는 기술이 주로 진행되어 왔으나, 기존 방법들은 전자기적 간섭이나 부식 등으로 인한 열악한 측정 환경, 고가의 측정 장비 등의 어려움으로 인해 현실적인 문제를 안고 있으며, 실시간으로 감시하는데 어려움이 있음.

- 철도차량에 화재감지기가 설치되고 있으며, 일부 전동차에 자동소화설비가 시범적으로

설치 운영되고 있어 안전수준이 상승된 상황

· 하지만 화재와 터널 비상정차 등에 대한 중앙 관제의 신속한 모니터링 및 제어는 미흡하며 소방기관과의 역할 분담이 신속하게 이루어지지 못하고 있음.

· 특히 장대터널 내 화재 발생 시 화재진압 기능이 매우 취약한 상황임.

○ 인구의 고령화 등에 의한 교통약자의 철도이용 증가를 대비한 강화된 안전대책 필요

- 총 인구는 ’16년에 4,931만명, 이 중 고령화인구는 658만명에 이를 것으로 전망

- 최근 철도사고 사상자의 90% 이상이 개인 과실 및 부적절한 행동 등에 의한 사고로 분석되고 있고, 또한 이에 대한 우리나라의 안전성이 선진국 수준에 많이 미치지 못하여 복지사회 구현을 위한 선진국 수준의 철도 안전성 확보를 위해서는 개인책무 영역인 공중사상 대책 기반기술 개발이 필요

- 현재의 아날로그 CCTV 기반의 수동적 감시체계로서는 감시대상 대비 감시 인력의 부족으로 실질적으로 테러 및 범죄 감시의 한계가 있으며 실제 비상상황 발생 시 대응처리 지연으로 인한 인명 및 재산 피해가 증가할 수 있음.

· 철도에 설치되어있는 카메라와 센서를 이용하여 철도 공중사상 사고를 예방할 수 있는 시스템 구축이 요구됨.

○ 철도의 직무사상사고는 철도운영 및 철도시설관리와 관련하여 업무수행 중 사상자가 발생한 사고를 말하는 것으로써, 철도 운영 특성상 철도 작업자들은 주로 야간에 작업을 진행함에 따라 야간 운행 기관사의 부주의와 선로변 작업자의 감각차단 현상으로 인해 추돌사고가 꾸준히 발생하고 있음.

○ 철도 안전감시제어기술은 철도 신기술 개발과 해외시장진출을 위한 필수 기술로써 미래성장엔진 육성 필요

- 첨단 IT 기술경쟁력 강화를 토대로 고속철도의 해외 고속철도시장을 개척하여 새로운 국부창출의 추진 동력 확보 필요

· 해외 철도 프로젝트 진출 경쟁력 강화에 따른 글로벌 철도시장 참여 확대로 인한 경제적 효과 극대화

- 철도 지능 모니터링 시장은 급속히 성장할 것으로 예상됨에 따라 고부가가치 철도기술 활성화를 지원함으로써 국민소득 3만불 시대를 여는 미래성장엔진으로 육성할 필요가 있음.

○ 철도사고 사상자의 90% 이상이 개인 과실 및 부적절한 행동으로 발생됨에 따라 이용객 안전성 확보를 위해 공중사상 대책 기반기술 개발이 필요함.

○ 에스컬레이터, 철도 건널목, 위험지역과 같은 일부 지역의 사상사고가 계속적으로 발생함에 따라 위험지역의 사상사고에 대한 감시제어 시스템이 필요함.

○ 야간 운행 기관사의 부주의와 선로변 작업자의 감각차단 현상으로 인해 야간에 작업이 주로 진행되는 철도 작업자들의 직무사상사고 발생을 막을 수 있는 대책 마련이 시급

○ 최신 IT기술 및 실시간 감시제어기술을 활용하여 사고를 미연에 방지하고 즉각적으로 대응할 수 있는 감시제어시스템 개발이 반드시 필요함.

○ 미래 안전 원천기술 및 안전부품 기초연구

- 미래 안전 원천기술 및 안전부품 기초연구는 본사업에서 개발되고 적용되는 시스템을 안정화 및 고도화하기 위한 개발연구로서 안전센서의 대체재료에 대한 연구를 통한 센싱 고도화를 추구하고, 현재의 안전센서의 고정밀화 기술에 대한 대학등에서의 기초연구를 통해 향후 적용가능한 고정밀 센서의 적용가능성을 타진해 보고자함. 특히 현재의 유선시스템의 실시간 센싱 방식을 안정적으로 실시간으로 전송하는 시스템 구축방안 및 무선시스템으로 적용할 수 있는 무선 전송 대체 시스템에 대한 연구방안이 강구되어야 함. 특히 무선 시스템으로 전송하는 경우 연속적인 전송방식이 가능하도록 하여 실시간 전송의 품질 향상 방안도 강구되어야 함.

○ 고정밀 센서링 대체 기술 기초연구

- 고정밀 센서링 대체기술 기초연구는 현재의 안전센싱 시스템의 경우 향후 관제시스템에서 조치 및 판단이 가능하여야 하나 고정밀화를 통해 안전판단 및 조치가 확실히 구축하도록 계측시스템의 고정밀화가 기본적으로 중요함. 이러한 고정밀화를 위해 고정밀 기술에 대한 국제 적용사례 조사를 통해 재료 선택, 계측방식등에 대한 고정밀화 목표를 상향화 할 수 있는 구체적인 연구가 이루어 져야 함. 이러한 고정밀 계측 시스템 연구는 현재의 계측 시스템의 문제를 파악하여 향후 시스템 교체까지 고려한 고정밀 센서의 연구가 이루어 져야 함. 본연구는 고정밀 센싱 및 센싱시스템 교체를 고려한 안정적인 센싱 방법을 제시하고 시작품 제작까지 고려된 연구가 이루어 져야 함.

○ 신뢰성(Relibility) 무선 네트워크 기술 기초연구

- 센싱기술은 통한 네트워크 구성은 유무선 통합형으로 이루어 져있으며, 향후 유선시스템이 무선시스템의 전송방식으로 바꾸어짐에따라 무선시스템의 신뢰성 향상은 중요한 변수가 됨. 무선네트워크 시스템의 전송 신뢰성 향상을 위해 무선방식에 대한 검토와 장단점등을 고려한 무선전송 신뢰성 향상을 위한 연구가 집중적으로 이루어져야 함. 특히 무선 네트워크의 경우 전자파 영향, 차폐등의 무선 네트워크의 시스템 구축과 품질 향상도 중요함.

○ 중소형 안전부품 개발 및 활용화 연구

- 중소형 안전부품 개발 및 활용화 연구는 국내의 센싱 및 무선화에 대한 기반기술이 부족하고, 향후 대체할 수 있는 시스템 구축방향임. 이를 위해 현재의 지능형 안전 시스템에서 향후 국산화, 경량화, 소형화, 무선화등으로의 교체에 대비한 중소부품의 개발이 되어야 함. 이러한 중소부품의 개발은 국내의 안전부품의 질적 향상과 국내 중소

기업의 안전부품의 국산화에 기여할 것임. 특히 이 과제에서는 중소기업이 참여한 시작품 성격으로 개발이 이루어 져야 하며 국산화 대체 부품, 무선화 대체부품등 각 분야별 안전부품의 기술개발 성격으로 이루어 질 것임.

나. 정부지원 필요성

○ 철도 안전은 생명과 직결되는 철도서비스의 최고의 가치로서 미래를 대비한 철도안전 대책 마련은 국가의 책무이며 의무

- 철도교통은 인적·물적 교류의 가장 중요하고 효율적인 수단으로 국가산업의 경쟁력과 성장을 좌우하는 핵심 인프라로 작용하므로, 국가적인 철도안전시스템의 구축은 국민의 안전 확보 차원을 넘어 국가경쟁력 재고와 생존경쟁에서 우위를 가능케 하는 국가의 기본서비스임

- 국가적인 철도안전시스템 구축은 관련 건설/운영기관 자체의 개별적인 노력으로는 불가능하며, 국가가 전적으로 책임을 지고 국제적인 수준의 철도안전인프라를 확보하여야 할 의무가 있음

○ 철도교통량 증가 및 열차 운행속도 향상으로 인하여 철도안전에 대한 국민 인식 및 요구 수준이 높아짐에 따라 강화된 안전대책 필요

- 국가철도망 구축계획의 지속적인 시설 확장에 따라 철도여객은 매년 1~2%씩 증가할 것으로 전망

구분	2004년	2011년		2016년
역사수	1,073	1,156		1,346
노선연장	3,797	4,148	⇨	5,018
노선수	61	92		100
철도운영기관수	7	10		15

출처) 제7차 국가교통안전기본계획

- 고속열차, 틸팅열차 및 기존선로 개량 등 운행속도 향상에 따른 대형사고 예방대책 지속 추진 필요

  · 고속철도망 구축계획에 따른 장대터널 및 교량구간 증가

  · 열차 운행밀도 증가로 사고·장애시 처리 시간 부족

- 향후 10년간 약 98조가 투입되는 국가고속철도망 구축계획의 효율적 실행을 위해서는 철도 건설과 운영시 안전성, 유지보수성 목표를 저해하지 않으면서도 투자비용을 최소화하기 위해서는 정책·제도적 뒷받침과 IT기술 등이 접목된 획기적인 통합안전시스템 기술개발 필요

○ 국내에서는 철도안전법 및 도시철도법을 기반으로 철도안전관리를 수행하고 있으나, 아직 실시간 진단의 위험도를 기반으로 하는 안전관리체계가 정착되지 않는 상태임.

○ 철도는 국민이 이용하는 국가기반 교통시설로서 철도시스템의 신뢰성 및 안전성 향상은 국민의 생명과 재산, 환경보호라는 국가 본연의 임무를 수행하는 분야이므로 공공성 및 국민복지 증진 측면에서 정부 투자가 반드시 필요함.

○ 지속적으로 발생하고 있는 철도차량의 운행 장애를 최소화하여 철도안전사고 감소 및 국민의 안전 확보.

○ 유럽을 중심으로 국제적으로 적용하고 있는 철도차량 안전요구사항 및 규격과 관련한 대응 기술개발이 필요하므로 해외수출 경쟁력 향상을 위해 정부지원 필요.

○ 화재통합관리시스템과 연계되어야 하는 감지기 및 배연, 피난유도, 소화 시스템에 이르기까지 각 단계별 구성품의 사양 특성이 제각기 다르기 때문에 민간에서 주도하기 어려움. 철도안전 기준의 수립과 안전관리의 총괄 관리를 담당하는 정부에서 표준화 차원에서 주도적으로 추진하여야 실질적인 통합화가 가능함.

○ 2009년 12월에 시행된 항공·철도 사고조사에 관한 법률을 통하여 철도사고의 예방과 안전 확보를 위한 정책이 제시되는 등 철도 안전성을 확보하기 위한 감시제어시스템의 기술개발이 반드시 필요함.

○ 행정안전부는 범죄예방을 극대화하기 위한 취지로 통합관제 센터 구축을 지원하고 있으며, 기차·지하철 CCTV가 1만9,494대로 기존 CCTV를 이용해 공중사상사고를 예방할 수 있는 감시제어시스템의 지원이 요구됨.

3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

세부과제명		기존 연구과제(최상위 과제명)			검토결과	
과제명	주요내용	과제명	주요내용	연구기관 (연구기간)	차별성	연계방안
지능형 철도안전 융합시스템 기술개발	●지능형 철도안전 융합시스템 구축 통합엔지니어링 및 시범적용사업 ●안전관제형 통합 감시제어 기술개발 ●지능형 모니터링 센싱 및 제어 기술개발 ●실시간 사상사고 감시제어 기술 개발 ●지능형 원천기술 및 안전부품 연구	철도차량 탈선 안전성능 평가 및 사고방지 기술개발	●탈선현상 규명 및 평가기술 개발 ●탈선위험 평가기법 개발 ●레일절손 안전도 평가 ●차축압입부 접촉피로 손상 검지장치 제작 ●차륜탈선 안전성능 평가	한국철도기술연구원 ('05.9~'11.8)	●기존 연구는 철도차량의 탈선현상 규명과 탈선계수 평가기법을 개발하였으나 본 과제는 가혹한 운행조건을 갖는 KTX 차량의 실시간 차상 탈선 진단 및 제어연구를 목표로 하고 있음.	●탈선 위험도 평가 및 탈선사고 방지 기술과 연계
		철도차량 탈 충돌 안전성능 평가 및 피해저감 기술개발	●충돌안전도 설계 가이드라인 연구 ●충돌안전도 성능향상 표준성능 구조 및 장치 개발 ●충돌안전 성능평가 기술개발 ●충돌안전 시험평가설비 구축	한국철도기술연구원 ('05.9~'11.8)	●기존 연구는 철도차량의 충돌 위험도 평가를 중심으로 개발하였으나 본 과제는 실시간으로 충돌 위험도를 예측하여 충돌가능성을 최소화하도록 시스템을 제어하는 연구를 목표로 있음.	●충돌 위험도 평가 및 충돌 피해저감 기술과 연계

		원전기기 진단신뢰도 향상 및 표준형 통합 상태기반정비 기술 개발	●다차원 통합 신호 취득 기술 ●표준형 상태기반정비 플랫폼 설계 ●펌프 상태진단 DB 구축용 시험장치 설계 ●제어루프 및 제어밸브 조사	한국원자력연구원 ('11.7~'16.6)	●기존 과제는 상태진단을 중심으로 진행되었으나 본 과제는 상태진단 및 예지를 포함하는 운영환경에 적합한 전문가 시스템 개발 연구임. ●철도 분야 대상 부품이 아니기 때문에 고장물리 특성에 차이가 있음.	●부품의 상태 모니터링 기술과 안전성 향상방안에 대해 연계
		KTX-RCM 구축사업	●차량정보 및 운용정보 관리 ●MKBSF, 지연시간 관리 ●RAMS 관리 ●RCM 관리	한국철도공사 ('06.1~'10.12)	●기존 과제는 운용 및 검수 정보를 기반으로 통계적인 방법으로 RAMS 지표를 산출하고 이를 기반으로 정비주기를 판단하고 있음. 본 과제에서는 상태기반 유지보수 체계를 구축하고자 함.	●실시간 상태 모니터링이 필요하지 않은 부품의 경우 통계적인 분석 방법으로 접근이 필요함. 따라서 KTX-RCM 체계와 보완적인 관계에서 연계
		철도전력시스템의 신뢰성 공학기반 유지보수 기술 개발	●전력시스템 RCM 적용, 신뢰성 공학기반 유지보수 체계 연구	한국철도기술연구원 ('07.1~'07.12)	●유지보수 효율성을 목표로 하는 것은 동일하나, 기존 연구는 유지보수 업무와 고장 분석에 대한 신뢰성 관점에서 유지보수 체계 구축을 목적으로 하며, 본 연구 목적인 상태기반 유지보수 실용화 S/W 및 H/W 개발과는 중복성이 없음.	●시스템 신뢰성 증진 관점에서 연구내용 참조
		선박 및 해양플랜트의 운영단계 생애주기 관리시스템 개발	●선박 및 해양플랜트의 생애주기 데이터 통합 플랫폼 개발 ●선박해양 통합 정보 모델 개발 ●조선소 등의 기간시스템과의 정보 인터페이스 개발 ●선박 및 해양플랜트의 생애주기 통합 플랫폼과의 인터페이스개발 ●선박 및 해양플랜트의 운영단계 지원 응용시스템 개발	(사) 한국선급 ('11.6~'15.5)	●기존 과제는 선박 및 해양 플랜트를 대상으로 함. ●기존과제는 Product Life cycle의 제품 정보관리 측면에서 접근하고 있으나, 본 과제에서는 고장물리 특성에 따른 상태 진단 및 예지를 기반으로 하는 철도차량에 적합한 CBM 체계를 구축하고자 함	●연계사항 없음
		USN기반 설비(선박 건조용 크레인) 예지보전 시스템 개발	●선박건조용 대형 크레인 상태를 실시간으로 모니터링하는 상태기반 유지보수 적용하는 것을 목표 ●USN 기술을 활용하여 무선으로 크레인의 상태를 실시간 모니터링하여 그 데이터를 기반으로 크레인 설비 상태 분석 및 알고리즘을 통해 고장의 원인을 실시간으로 예측, 진단	㈜씨에프정보통신 ('10.3~'12.2)	●CBM은 대상부품에 따라 고장물리 특성에 차이가 있음. ●USN 기술에 사용된 무선 모니터링 기술의 경우 기존 연구에서는 배터리 전원 무선 통신 시스템을 사용하였으나 본 연구체서는 철도차량 유지보수 특성을 고려 무전원 기술을 개발 무선/무전원 모니터링 시스템 적용하고자 함	●연계사항 없음
		미래철도기술개발사업(철도 핵심부품 및 장치 기술개발 1단계)	●고속철도용 차축발열검지장치(HBD) 개발 ●차축발열검지장치(HBD) 시스템 엔지니어링	한국철도공사 ('11.12~'14.9)	●지상 설비인 HBD 시스템의 국산 상용화 기술 개발을 목표로 하고 있음. ●본 연구에서는 유럽 TSI에서 차축발열검	●연계사항 없음

			•차축발열검지장치(HBD) 개발을 위한 센서모듈 및 전자랙 개발 •통합시험 및 사양서(기술/유지보수)		지 기준과 관련하여 2008년에 개정한 Directive 96/48/EC 기준에 적합한 차상(on board) 모니터링 시스템 개발을 목표함으로 중복성 없음. •향후 고속철도차량 해외진출 및 주행안전성 통합 모니터링 기술의 국산화를 위해 반드시 필요.	
		철도차량용 휠 베어링의 고수명 고밀폐 오일실 개발	•윤축용 베어링의 최적 시일구조 설계 •신제품 제조를 위한 성형 금형 설계 및 평가분석	(주)대성화학공업 ('04.4~'05.3)	•기존 과제는 철도차량의 윤축 베어링에 사용되는 오일실의 개발 과제이나 본 과제는 윤축 베어링의 주요 위험표시 인자인 온도의 차상 실시간 모니터링에 대한 연구를 목표로 함고 있음.	•연계사항 없음
		콤바인 주요 부품의 실시간 고장진단 시스템 개발	•고장 감지를 위한 센서의 구성 및 신호 처리부 개발 •무선랜 환경을 구현할 수 있는 임베디드 시스템 하드웨어 개발 •이상징후, 고장 판별을 위한 알고리즘 및 진단 모듈 개발	성균관대학교 ('04.5~'05.5)	•기존 연구는 콤바인 주요 부품의 고장 감지를 위한 계측시스템, 무선랜 및 고장 진단 모듈을 개발하였으나 본 과제는 고장 모드가 온도로 명확하고 철도환경이라는 특수한 환경하에서의 온도 및 진단시스템 개발을 목표로 하고 있음.	•콤바인 고장모드에 온도가 존재하는 경우 온도 감지 기법에 대한 데이터 활용 가능
		철도차륜 마모와 소음 개선을 위한 도유 시스템 개발	•지정위치에서 윤활유를 분사하는 곡선 감지시스템 개발 •마모 최소화 기능을 갖는 윤활제 개발	(주)플러스산업 ('08.6~'11.5)	•기존 과제는 차륜 마모 저감을 위한 자동 급유 시스템 및 이에 사용되는 윤활제를 개발하였으나 본 과제는 차륜 마모 감지 및 진단과 동시에 주행안전성을 예측 하는 기술 개발을 목표로 하고 있음.	•연계사항 없음
		철도차량 건전성 모니터링 기초연구	•다중센서 인식 시스템 개발 •주행환경을 이용한 시스템 신호 특성 연구 •차축베어링 온도 측정	한국철도기술연구원 ('09.1~'11.12)	•기존 과제는 측정 및 주행환경 평가 위주로 구성되었나, 본 과제는 구조물 내부의 손상 및 이로 인한 수명 특성 변화에 대한 연구 및 이를 모니터링 할 수 있는 신기술 개발을 목표로 하고 있음.	•철도차량 주행환경데이터 활용
		구조계 맞춤형 스마트 건전성 평가 기술의 개발	•교량 구조물의 위험 유형 분석 •각종 균열에 대한 손상 평가 기법 개발 •혼합형 손상 평가 체계 개발	한국부경대학교 ('10.3~'11.2)	•기존 연구는 구조물의 손상평가를 위한 혼합형 손상평가 체계를 개발하였으며 그 대상이 교량구조물로 한정되어 있으나 본 과제는 차량 구조물의 손상 및	•상태 진단 및 예측 기법 자료 일부 참조

					수명에 대한 영향 평가를 목표로 하고 있음.	
		철도화재 안전성능 평가 및 사고방지 기술개발	•철도화재 위험도 예측기법 및 매뉴얼 개발 •철도화재 안전성능 평가 시스템 개발 •철도 화재안전설비 표준화 •철도차량 통합화재제어시스템 개발	한국철도기술연구원 (‘05.11~’11.6)	•기존 과제는 철도차량용 화재감지기, 소화설비를 대상으로 감지제어시스템을 구현하였듬. 본 과제는 철도차량, 역사, 터널 전체 구간을 통합하여 감지, 경보 및 피난안내, 제연, 소화, 구난 지원에 이르는 전체 과정을 통합 목표로 하고 있음.	•기존 과제에서 연구된 역사용 통합감시제어 인터페이스 등 성과 활용
		차세대 지능형 화재감지기 개발	•철도차량용 지능형 복합식 화재감지기 개발	이플러스티 (‘06.11~’10.6)	•본 과제에는 화재감지기 개발은 포함하지 않음.	•기존 과제에서 개발된 지능형 복합식 화재감지기를 시범모델 구축에 활용
		철도터널용 지능형 배연시스템개발	•철도터널용 지능형 배연시스템 알고리즘 및 시제품 개발	리트코 (‘08.7~’10.6)	•본 과제에서는 실시간 화재감시시스템에 기반한 역사 및 차량구간 포함 전체 제연 알고리즘을 개발	•터널 제연 알고리즘은 기존 연구성과 활용
		이미지 프로세싱 화재인식장치 개발	•영상화재 감지알고리즘 개발 •영상화재 감지 카메라 시제품 개발	투아이시스 (‘09.7~’11.6)	•본 과제는 화재감지 카메라 개발을 포함하지 않음	•다만, 다양한 화재감지 방식의 통신 표준 연구시 영상감지 방식의 연계방안 고려할 필요 있음
		실내화재진압 및 인명구조 로봇기술 개발	•실내화재 인명구조영 로봇팔 시작품 제작	동일파텍(주) (2007)	•본 과제는 철도터널에 특화된 소화시스템을 개발	•연계사항 없음
		재난극복 및 인명구조 로봇 기술 개발	•인명탐지 기술 개발 •열영상 시스템 이용 방안 개선 •인명구조 유니트 제작 및 장착	한국원자력연구원 (2007)	•본 과제는 철도터널에 특화된 소화시스템을 개발	•연계사항 없음
		도시철도 표준화 2단계 연구	•지능형종합감시 시스템 연구개발 •차량과 지상간 통합데이터 전송 시스템 연구개발	한국철도기술연구원 ('07.7~'12.6)	•기존연구는 지능형 카메라 및 제한지역 감시, 승객혼잡도 및 유동량 감시 등에 대한 알고리즘을 개발하였으나, 본과제에서는 테러, 범죄감시제어, 작업자 안전 감시제어, 확대된 위험지역에 대한 안전 감시 및 제어연구를 목표로 하고 있음.	•지능형 카메라 하드웨어 및 영상 분석 알고리즘 기술과 연계
		건설기술혁신사업	•위치 정보를 활용한 건설안전리스크 관리기술 개발	서울대학교 (‘06.12~’09.12)	•작업자 위치추적 기술은 작업자의 위치(point)를 파악하고 도면정보, 공정진행, 안전시설물 설치 현황 등과 연계하여 위험상황 노출여부를 종합적으로 판단하는 기술로서, GPS, 위치감지 센서 등의 하드웨어 기술	•작업자 위치파악 및 추적 기술과 연계

					을 기반으로 개발되었으나, 본 과제에서는 작업자에게 단순히 고지하는 방식이 아닌 작업지역 내 감시제어연구를 목표로 하고 있음.	
		미래도시철도기술개발사업	•지상역 승강장의 지능형 승객안전사고 방재 시스템 개발	한국교통연구원 ('11.9~12.3)	•지상역 승강장의 환경에 부합한 승객안전사고 방재시스템을 개발하였으나, 본과제에서는 영상 및 센서 정보와 같이 복합적인 정보를 이용한 추론을 통해 위험지역 감시제어 연구를 목표로 하고 있음.	•위험지역 실시간 감시기술과 연계
		철도인프라의 유지보수를 위한 고속종합 검측 시스템 개발	•고속주행에 따른 궤도, 전차선등 시설물 상태를 검측하는 종합 검측차 개발	한국철도기술연구원 ('13.5~'17.5)	•검토 과제에서 적용되는 기술은 가속도센서, GPS, 온도센서, 레이져 기술, 영상장비 기술로서 이러한 기술을 개발하기 보다는 상용되고 있는 각 센서를 정밀도에 맞게 적용하여 검측 데이타에 맞는 처리모듈을 만들고 저장하는 기술을 개발하는 것으로서, 실시간으로 위험요인과 관련된 현장 데이터를 받아 직접 처리하고자 하는 지능형 안전시스템과는 차별화 되어 있음.	•다만, 검측데이터를 수신하여 분석하여 궤도 유지관리에 활용하고 있는 KTMSYS와 간접 연계할 필요는 있음.
		상태기반 스마트 유지보수 핵심기술 개발	•스마트 상태기반 유지보수체계 •스마트 상태기반 유지보수체계 구축을 위한 핵심기술 개발	한국철도기술연구원 ('13.7~'16.12)	•본 과제는 도시철도 차량의 유지보수에만 그 범위가 한정되어 있으며, 안전을 위하여 관제 또는 차량을 통제하는 것은 전혀 다루지 않고 있다. 따라서 기획중인 "지능형 철도안전 융합시스템" 과는 그 차별성이 명확	•다만 현재 기획중인 내용 중 차량의 안전 모니터링이 유지보수와도 연계되어야 할 필요가 있으므로 이에 대해서는 위 과제와 연계가 필요
		고정밀(1m급) 철도 위치검지 기술 개발	•400km/h급 고정밀 철도 위치검지 기술개발 •철도선로 및 시설물 기반정보 구축 플랫폼 기술개발	한국철도기술연구원 ('13.3~'16.2)	•지상중심에서 차상중심 열차 고정밀 위치검지 기술개발을 목표로 하고 있으며, 차상신호시스템 및 선로/전철전력 유지보수 등 운영효율화 기여 측면이 큼. 안전 모니터링 및 제어 측면과는 직접적인 연계성 없음.	•안전 제어를 위해 고정밀 위치 정보가 필요한 분야에 당해 과제 성과를 연계할 필요는 있음.

4. 연구개발 주요내용

가. 지능형 철도안전 융합시스템 구축 통합엔지니어링 및 시범적용사업

○ (1-1)지능형 철도안전 감시제어 시스템엔지니어링

- 지능형 철도안전 융합시스템 요구사항 및 기능 분석
- 시스템 엔지니어링 관리계획(SEMP) 개발 및 적용
- 세부과제 및 핵심기술간 인터페이스 관리계획 개발 및 적용
- 과제별 성과물 정의, 검증, 평가 및 활용 계획 개발 및 적용
- 기존 안전감시제어시스템, 관제 및 당해 사업 기술개발 성과물과의 통합 엔지니어링 계획 수립 및 적용

○ (1-2)철도사고 예방 및 대응 모의 검증기술 개발

- 성과물 검증 및 테스트베드 구축/운영을 위한 철도사고/재난 전개 가상 시나리오 개발
- 철도사고/재난 전개 시나리오에 따른 위험요인별 모니터링, 사고예방 및 대응 성능 모의검증 기술개발
- 실시간 철도사고/재난 위험도 통합 감시, 분석 및 의사결정(제어) 성능 모의검증 기술개발

○ (1-3)지능형 통합 안전감시제어시스템 테스트베드 구축 및 운영

- 지능형 통합 안전감시제어시스템 테스트베드 설계
- 지능형 통합 안전감시제어시스템 테스트베드 구축 및 검증
- 지능형 통합 안전감시제어시스템 테스트베드 운영 및 데이터 관리

○ (1-4)지능형 통합안전 감시제어시스템 시범사업 구축 및 운영

- 시범사업구간(원주-강릉) 설치 및 운영을 위한 시스템 설계
- 시스템 제작, 설치, 시운전, 개별/통합 성능검증 및 운영
- 시스템 보완사항 도출 및 실용화방안(도시철도/고속철도 등) 마련

나. 안전관제형 통합 감시제어 기술개발

○ (2-1) 지능형 안전관제 시스템 통합 및 네트워크 운영 기술개발

- 지능형 안전관제 시스템 통합 기술개발
- 모니터링, 통신 프로토콜, 안전정보 및 대응체계 표준화
- 시스템 및 통신 보안 연구
- 지능형 안전관제 네트워크 운영 기술개발

- 테스트베드 및 시범구축사업 지원

○ (2-2) 지능형 철도안전 리스크 평가, 판정 및 제어시스템(H/W, S/W) 개발

- 실시간 철도 통합 리스크 관리체계 개발
- 실시간 철도 통합 리스크 고속 연산 및 추적/평가기술(H/W, S/W) 개발
- 실시간 철도 리스크 기반 안전제어 및 대응기술(H/W, S/W) 개발
- 현장 데이터 기반 리스크 갱신기술(S/W) 개발
- 실시간 철도 리스크 기반 안전관리/유지보수 최적화 모듈(S/W) 개발
- Kernel Regression 기법을 활용한 온라인 모니터링 신뢰성 향상기술 개발
- 테스트베드 및 시범구축사업 지원

○ (2-3) 지능형 안전관제 융합 네트워크(H/W, S/W) 개발

- 지능형 안전관제 융합 네트워크(H/W, S/W) 및 인터페이스 기술개발
- 지능형 통합 안전관리 의사결정지원시스템 개발
- 국가 철도안전정보시스템 연계 및 인터페이스 기술개발
- 테스트베드 및 시범구축사업 지원

○ (2-4) 빅데이터 통합 플랫폼 기반 철도사고 위험예측 기술개발(H/W, S/W)

- 철도안전 빅데이터 통합 플랫폼 구축
- 철도안전 빅데이터 분석 기술개발
- 빅데이터 기반 철도사고 예측 기술개발
- 분석 및 예측 정확성 평가도구 개발
- 테스트베드 및 시범구축사업 지원

○ (2-5) 차량 안전시스템 인터페이스 실용화 기술개발

- On-Board 차량 진단제어기술, 기존 위험검지시스템 및 지능형 안전관제 감시제어시스템간 인터페이스 실용화 기술개발
- 테스트베드 구축 및 시범구축사업 지원

○ (2-6) 인프라 및 사상사고 관련 안전시스템 인터페이스 실용화 기술개발

- 교량, 선로, 터널, 역사, 테러, 인적오류 및 종사자 안전진단제어기술, 기존 위험검지시스템 및 지능형 안전관제 감시제어시스템간 인터페이스 실용화 기술개발
- 테스트베드 구축 및 시범구축사업 지원

다. 지능형 모니터링 센싱 및 제어 기술개발

○ (3-1) 지능형 차량안전 진단제어 기술개발

- 차량 안전 통합 진단제어 기술개발
  - 탈선/충돌 영향 파라미터 민감도 분석을 통한 탈선 모드별 메카니즘 규명
  - 탈선/충돌 성능시험설비 고도화 및 충돌·탈선 성능시험 표준화
  - 동역학적 탈선/충돌 예측 이론식 개발
  - 단일윤축 탈선 예측이론식의 다물체동역학 시뮬레이션 검증
  - 탈선/충돌 성능시험설비를 활용한 편성열차 동역학 모델의 주행안전성 시뮬레이션 및 개발된 탈선/충돌 예측 이론식 검증
  - 차축 작용하중, 윤축 횡가속도, 변위 계측용 모니터링장치 개발
  - 실시간 탈선/충돌 제어 알고리즘 및 S/W 개발
  - 개발된 탈선/충돌 모니터링 모듈 및 S/W의 실차 on-line 성능시험
- 윤축 베어링 차상 상태 진단 및 예측 기술 개발
  - 윤축 베어링 차상 모니터링 시스템 개발
  - 자가구동형 유무선 센싱 통합 모듈 개발
  - 온도 및 진동특성에 의한 윤축 베어링의 실시간 상태진단 기술 개발
- 진동 특성에 의한 차륜 상태 진단 및 주행 안전성 예측 기술 개발
  - Axle Box 진동 기반 유무선 차륜 상태 및 주행 안전성 모니터링 시스템 개발
  - 차륜 상태진단 기법 개발
  - 실시간 동특성 계측기법을 이용한 탈선안전성 모니터링 시스템 개발
  - 저전력 센서 네트워크 신호처리 기술 개발
- 대차 프레임 및 하부기기 장착부 상태 진단 및 예측 기술 개발
  - 스마트 센서(PZT, FBG: 분포형 광섬유)를 이용한 대차 프레임 및 하부기기 장착부 검사 시스템 개발
  - 대차 프레임 및 하부기기 장착부 상태 진단 기법 개발

○ (3-2) 지능형 선로안전 진단제어 기술개발

- 선로 안전 통합 진단제어 기술개발
  - 레일 손상에 영향을 미치는 파라미터에 대한 민감도 분석
  - 레일 손상 Tribology 실험장비 개발
  - 선로 감시 시스템 내구성 및 환경성 시험 장비 구축

· 시스템 현장 적용성 검증을 위한 테스트 베드 구축

· 기술기준 작성 및 선로 감시 시스템 시험인증 방안 수립

· 개발된 선로안전 감시 및 제어시스템 on-line 성능시험

- 취약구간 선로상태 실시간 감시 기술 개발

· 분포형 광섬유 센서 기반 레일 파손 및 노반침하 감시 시스템 개발

· 역간의 선로 전구간 감시 및 비정상거동 발생 위치별 고정밀 공간 해상도의 상태 모니터링 시스템 구축

· 무선 압축기술(3G, CDMA)을 이용한 양방향 제어시스템 개발

· 비상 상황전파 전자동 네트워크 프로그램 개발

- 지능형 선로 침입 감시 기술 개발

· 침입자 발생 위치 및 종류 검지를 위한 지능형 안전펜스 개발

· 자연재해로 인한 수목 전도 등 선로 지장 검지 기술 개발

· 작업자 출입 자동 검지 및 사전승인 시스템 구축

· 침입 감지시 침입자에게 자동 경고 시스템 구축

- 선로 주변 안전 실시간 감시 기술 개발

· 인근 공사장등 선로 주변 저중고도 영상 설비 구축

· 감시 대상 항목 도출 및 정보 추출 프로세스 개발

· 패턴인식형 영상정보 고속처리모듈 개발

· 공간정보 기반 초고속 영상정보처리시스템 구축

· 실시간 선로 주변 정보분석 및 위험경고 시스템 제작

○ (3-3) 지능형 철도 터널 및 지하역사 화재 진단제어 기술개발

- 철도 화재 통합 진단제어 기술개발

· 통합화재감시제어시스템 표준운용체계 정립

· 화재감지기 및 제어장치 통신표준

· 철도화재감시제어인터페이스 패널 표준

· 피난/구난 안내 및 화재 제어설비 운용을 위한 실시간화재분석 알고리즘 개발

· 철도화재통합감지제어시스템 시범모델 구축

- 철도터널용 자동소화장치 개발

· 터널화재 유형/규모별 소화장치 적용성 분석

· 화재감지, 접근, 소화 기능별 모델 분석

· 철도터널용 최적 소화시스템 설계

· 연결송수관 설비 활용성 증대방안 연구

· 자동소화 장치 시제품 제작 및 검증

- 스마트 피난/구난 안내 장치 개발

· 실내 위치인식, 증강현실, 무선통신 기술 활용방안 정립

· 승객 휴대단말기용 스마트 피난 안내 시스템 개발

· 소방대원용 화재 및 승객구난 정보지원시스템 개발

- 지하역사 지능 제연 및 안전피난통로 기술 개발

· 지하역사 제연 표준 모드 정립

· 차량, 터널, 역사 화재위치별 스마트 제연 알고리즘 개발

· 차량, 터널, 역사 제연장치(배연팬, 스크린 등) 연계 운영방안 연구

· 안전 피난통로(safety pass way) 설계

· 안전피난통로 시범설치 및 검증

라. 실시간 사상사고 감시제어 기술 개발

○ (4-1) 통합 사상사고 감시제어 기술 개발

- 통합 사상사고 감시제어 SOP 개발

· 사상사고별 SOP개발

· 통합 사상사고 감시제어 시스템과 SOP 연계방안 연구

- 실시간 이벤트 저장 및 분석기술

· 실시간 혼잡상황, 이상상황 등 이벤트 판단 알고리즘

· 실시간 이벤트 저장 및 데이터베이스 구축 기술

- 철도 사상사고 관련 데이터 처리 기술

· 철도 사상사고 인자별 데이터 분류 기술

· 철도 사상사고 종합상황추론을 위한 요소 도출

- 실시간 데이터 및 통계 데이터를 이용한 종합상황추론 기술 개발

· 실시간 데이터 및 통계 데이터 퓨전 알고리즘 개발

· 데이터 기반 종합상황 추론 알고리즘 개발

- 통합 사상사고 감시제어시스템 현장구축 및 성능평가

○ (4-2) 테러·범죄 실시간 감시제어 기술 개발

- 테러·범죄 통합 감시시스템 개발
- 행동분석기술 개발
  · 배회 등 이상 행동 감시 알고리즘
  · 급격한 모임, 흩어짐 등 이상 군집 감시 알고리즘
- 위험물체 감시기술 개발
  · 방치된 물체 또는 의심 물체 감시 알고리즘
- 이상 환경 검지 및 제어기술 개발
  · 센서 및 영상 데이터 융합한 환경 이상 감시 알고리즘
  · 이상 환경 상황별 환경설비 제어 알고리즘
- 성범죄 등 범죄 감시 및 처리 기술
  · 고정밀 위치기반 범죄 감시 기술
  · 유관기관 연계 표준 및 시스템 기술
- 테러·범죄 실시간 감시제어시스템 단위기능시험

○ (4-3) 위험지역 실시간 감시제어 기술 개발

- 위험지역 실시간 감시제어시스템 개발
- 건널목 감시제어기술 개발
- 통신기계실, 전기기계실 등 통제구역 감시제어기술 개발
- 승강장 감시제어기술 개발
- 에스컬레이터 감시제어기술 개발
- 위험지역 실시간 감시제어시스템 단위기능시험

○ (4-4) 작업자 안전 실시간 감시제어 기술 개발

- 작업자 안전 실시간 감시제어시스템 개발
- 작업지역 내 감시제어기술 개발
- 작업자 인증 감시제어기술 개발
- 작업자 안전 실시간 감시제어시스템 단위기능시험

마. 지능형 원천기술 및 안전부품 연구

○ (5-1) 미래 안전 원천기술 및 안전부품 기초연구

- 안전센서의 대체 재료(Ceramic, Magnetic등) 연구
- 안전 센서의 고정밀화(High) 기술 연구
- 무선 전송시스템 안정화 연구
- 유무선 전송 시스템 품질향상 및 대체기술 연구

○ (5-2) 고정밀 센서링 대체 기술 기초연구
- 고정밀 계측 방안 수립에 관한 연구
- 고정밀 계측 시스템 교체 방안에 대한 연구
- 고정밀화를 위한 센싱 방법에 대한 연구

○ (5-3) 신뢰성(Relibility) 무선 네트워크 기술 기초연구
- 무선 네트워크 전송 신뢰성(Relibility) 향상 연구
- 신뢰성 향상을 위한 무선 Networkwork 시스템 구축 연구
- 신뢰성 향상 무선 전송 방식에 대한 연구

○ (5-4) 중소형 안전부품 개발 및 활용화 연구
- 지능형 안전 부품 국산화 개발
- 지능형 안전부품 무선화 시스템 교체 개발
- 분야별(차량, 인프라, 화재, 탈성등) 안전센서 교체 개발

5. 연구개발과제 TRM

일련번호	기술 확보		추 진 일 정 (연도별)																			
			1차년도				2차년도				3차년도				4차년도				5차년도			
			1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
1	(1세부과제)지능형 철도안전 융합시스템 구축 통합엔지니어링 및 시범적용사업	(1-1)지능형 철도안전 감시제어 시스템 엔지니어링																				
2		(1-2)철도사고 예방 및 대응 모의 검증기술 개발																				
3		(1-3)지능형 통합 안전감시제어 시스템																				

		테스트베드 구축 및 운영	
4		(1-4)지능형 통합안전 감시제어시스템 시범사업 구축 및 운영	
5	(2세부과제)안전관제형 통합 감시제어 기술개발	(2-1)지능형 안전관제 시스템 통합 및 네트워크 운영 기술개발	
6		(2-2)지능형 철도안전 리스크 평가, 판정 및 제어 시스템(H/W, S/W) 개발	
7		(2-3)지능형 안전관제 융합 네트워크(H/W, S/W) 개발	
8		(2-4)빅데이터 통합 플랫폼 기반 철도사고 위험예측 기술개발(H/W, S/W)	
9		(2-5)차량 안전 시스템 인터페이스 실용화 기술개발	
10		(2-6)인프라 및 사상사고 관련 안전시스템 인터페이스 실용화 기술개발	
11	(3세부과제)지능형 모니터링 센싱 및 제어 기술개발	(3-1)지능형 차량안전 진단제어 기술개발	
12		(3-2)지능형 선로안전 진단제어 기술개발	
13		(3-3)지능형 철도 터널 및 지하역사 화재	

		진단제어 기술개발	
14	(4세부과제)실시간 사상사고 감시제어 기술 개발	(4-1)통합 사상사고 감시제어 기술 개발	
15		(4-2)테러·범죄 실시간 감시제어 기술 개발	
16			
17		(4-3)위험지역 실시간 감시제어 기술 개발	
		(4-4)작업자 안전 실시간 감시제어 기술 개발	
18	(5세부과제)지능형 원천기술 및 안전부품 연구	(5-1)미래 안전 원천기술 및 안전부품 기초연구	
19		(5-2)고정밀 센서링 대체 기술 기초연구	
20		(5-3)신뢰성 무선 네트워크 기술 기초연구	
21		(5-4)중소형 안전부품 개발 및 활용화 연구	

6. 최종성과물 및 성과지표

가. 최종성과물

- 지능형 철도안전 융합시스템 요구사항 및 기능분석 보고서
- 지능형 철도안전 융합시스템 통합 기본설계서
- 지능형 철도안전 융합시스템 기술개발 시스템엔지니어링 관리계획서(SEMP)
- 철도 통합안전 시스템엔지니어링 적용 결과보고서(세부과제 및 핵심기술 간 인터페이스 관리 포함)
- 지능형 철도안전 융합시스템 모의검증 모델 및 절차서
- 테스트베드 구축 시방서

◦ 시범사업 계획 및 구축 시방서

◦ 지능형 철도안전 융합시스템 운영매뉴얼(리스크 관리, 유지보수 최적화, 빅데이터 통합 플랫폼 포함)

◦ 실시간 철도안전 리스크 관리 모델 및 통합 시스템

◦ 현장 데이터 기반 리스크 갱신 알고리즘

◦ 실시간 철도 통합안전관리 소프트웨어

◦ 실시간 철도통합 안전감시제어시스템 Test-bed (H/W 및 S/W)

◦ 기존 차량, 인프라 및 사상사고 관련 안전검지 시스템 통합 설계 및 시방서

◦ 지능형 철도안전 융합시스템 네트워크 구축 검토, 계획 및 시방서

◦ 지능형 철도안전 통합 관제지원시스템(H/W 및 S/W)

◦ 지능형 철도안전 융합시스템 테스트베드 검증보고서

◦ 시범사업에 따른 지능형 철도안전 융합시스템 통합 검증보고서

◦ 차축 작용하중, 윤축 횡력 계측 실시간 탈선계수 모니터링장치(H/W)

◦ 윤축 베어링 차상 모니터링 시스템

◦ 자가구동형 유무선 센싱 통합 모듈

◦ 윤축 베어링 실시간 상태진단 알고리듬 및 시스템

◦ Axle Box 진동 기반 유무선 차륜 상태 및 주행 안전성 모니터링 시스템

◦ 실시간 동특성 계측기법을 이용한 탈선안전성 모니터링 시스템

◦ on-board 저전력 센서 네트워크

◦ 스마트 센서(PZT, FBG: 분포형 광섬유)를 이용한 대차 프레임 및 하부기기 장착부 검사 시스템

◦ on-board 차량안전 진단제어 통합 시스템 및 융합시스템 인터페이스 장치

◦ 단위시험 및 통합 검증시험 결과보고서

◦ 레일 손상 Tribology 실험장비(H/W)

◦ 실시간 선로 모니터링 장치(H/W)

◦ 취약구간 선로상태 모니터링 시스템

◦ 지능형 선로침입 모니터링 시스템

◦ 지능형 안전펜스

◦ 작업자 출입 장지검지 및 사전승인 시스템(자동 경고기능 포함)

◦ 선로주변 안전 실시간 감시제어 시스템(영상, 정보처리, 분석 및 위험경고 등)

◦ 선로안전 진단제어 통합 시스템 및 융합시스템간 인터페이스 장치

◦ 탈선, 충돌, 선로안전 통합 제어 알고리즘 (S/W)

◦ 실시간 탈선/충돌 감시제어 시스템 검증을 위한 Test-bed (H/W 및 S/W)

◦ 철도 전 구역 15분 이내 화재 진화를 구현하는 철도화재통합감시제어시스템(S/W, H/W)

◦ 철도 직무자 비상대응 직무 DB 및 교육 훈련 프로그램(S/W)

◦ 철도터널용 자동소화 장치(H/W)

◦ 스마트폰 기반 승객용 피난안내 시스템(S/W)

◦ 소방대원용 승객구난 정보지원 시스템(S/W, H/W)

◦ 지능형 제연 알고리즘(S/W)

◦ 안전피난통로(safety pass way) 시제품 (H/W)

◦ 통합 사상사고 감시제어시스템

◦ 테러.범죄 실시간 감시제어시스템

◦ 위험지역 실시간 감시제어시스템

◦ 작업자 안전 실시간 감시제어시스템

◦ 고정밀, 고신뢰도 안전센서 대체 재료, 부품 및 알고리듬

◦ 고정밀 센서링 대체 기술

◦ 고신뢰성 무선 센서 네트워크 기술

나. 성과지표

유 형	지표 구분	성과지표	1차(년) 목표	2차(년) 목표	3차(년) 목표	4차(년) 목표	5차(년) 목표	최종 목표
산출 (Output) 지표	기술적 목표	지능형 철도안전 융합시스템 구축 통합엔지니어링 및 시범적용	SE 요구사항 및 기능분석, 시스템 기본설계	SE 검증계획 수립, 시스템 통합 상세설계	SE 검증(1), 시스템 통합	SE 검증(2), 시스템 시험평가, 테스트베드 구축, 시범사업 착수,	시스템 운영 및 검증 완료, 실용화방안 제시	SE 프로세스 수명주기별 산출물, 시스템 통합 및 검증 완료
		안전관제형 통합 감시제어 기술	시스템 기본설계	시스템 통합 상세설계	시스템 통합	시스템 시험평가	시스템 운영 및 검증	안전관제형 통합 감시제어시스템 기술 확보
		지능형 모니터링 센싱 및 제어 기술	센싱 및 제어 서브시스템별 이론 및 메커니즘 규명	센싱 및 제어 서브시스템 설계	센싱 및 제어 서브시스템별 장치 개발 제작	서브시스템별 시험평가, 테스트베드 구축, 시범사업 착수	시스템 운영 및 검증	차량, 인프라 및 화재사고 센싱 및 제어 서브시스템별 기술 확보
		실시간 사상사고 감시제어 기술	사상사고 유형별 감시제어 서브시스템 기본설계	서브시스템별 상세설계 및 시스템 통합 상세설계	서브시스템 제작 및 시스템 통합	서브시스템 및 시스템 시험평가, 테스트베드 구축, 시범사업 착수	시스템 운영 및 검증	사상사고 유형별 감시제어 서브시스템 및 통합 감시제어시스템 기술 확보
		지능형 원천기술 및 안전부품	지능형 안전 센서 대체기술(재료, 국산화 및 무선화) 분석	지능형 안전 센서 설계	지능형 안전 센서 제작	지능형 안전 센서 현장 적용	지능형 안전 센서 성능 검증, 보완 및 실용화 기술 확보	지능형 안전 센서 국산화 및 대체 기술 확보 및 실용화
	표준 지표	논문 학술지 발표/게재	11	20	20	17	5	73
		특허 출원 건수	7	10	10	8	2	37
		소프트웨어 개발 건수	-	1	6	4	-	11
		시제품 개발 건수	-	2	5	4	-	11
결과 (Outcome) 지표	과제의 궁극적 목표	지능형 철도안전 융합시스템 실용화	시스템 설계	시스템 설계	시스템 제작	시스템 검증	시스템 운영 및 유효성 확인	시스템 현장 적용
		철도안전성 향상	철도 안전성 향상 기반 기술	철도 안전성 향상 도구 개발	철도 안전성 향상 도구 개발	철도 안전성 향상 기술 확보	철도 안전성 향상 기술 운영	철도서비스 안전성 향상 기술
	표준 지표	세계 최고 수준대비 기술수준	80%	90%	95%	100%	100%	100%

7. 성과물 검증방안

가. 전문가 자문에 의한 검증

○ 운영기관, 제작사, 학계 전문가들의 자문회의를 통한 검증

○ S/W의 경우는 외부 독립기관의 안전성 인증 확보

나. 테스트베드 시험, 운영 및 시범사업에 따른 검증

○ 테스트베드 구축에 따른 시범적용에 의한 안전성/운용성 검증

○ 시험품 단위 성능테스트 방안 : 한국철도기술연구원에서 보유중인 “대차시험기(Roller Rig)”와 탈선안전성능시험기, 충돌안전 성능시험설비 등을 활용하여 다양한 조건을 시제품에 구현하여 개발한 성과물의 시험품 단위 성능 및 신뢰성 검증 예정

○ 철도차량 장착 성능테스트 방안: 한국철도기술연구에서 개발한 “분산형 차세대고속철도 (HEMU)” 등 실제 주행 열차에 장착하여 개발한 성과물의 시제품 성능 및 신뢰성 검증 예정

○ 시범설치 운영을 통한 신뢰성 검증 예정

다. 실제 운영사 데이터를 통한 성과물 성능 및 신뢰성 검증 방안

○ 운영사의 실제 운전장애 및 안전사고 데이터를 활용하여 시스템 단위별 안전 향상 및 신뢰성 검증 예정

○ 철도 운영기관의 테스트베드 구축을 통한 실질적 성과물 성능 데이터를 도출하고 분석하여 시스템 단위별 성능 및 통합 시스템 신뢰성 검증 예정

라. 산출 지표별 검증방안

유 형	지표구분	성과지표	도출근거	평가(검증)방법
산출 (Output) 지표	기술적 목표	지능형 철도안전 융합시스템 구축 통합엔지니어링 및 시범적용	현장 활용성 증대를 위해 반드시 필요한 기술	운영사 및 전문가 자문/검증
		안전관제형 통합 감시제어 기술	현장 활용성 증대를 위해 반드시 필요한 기술	운영사 및 전문가 자문/검증
		지능형 모니터링 센싱 및 제어 기술	현장 활용성 증대를 위해 반드시 필요한 기술	운영사 및 전문가 자문/검증
		실시간 사상사고 감시제어 기술	현장 활용성 증대를 위해 반드시 필요한 기술	운영사 및 전문가 자문/검증

		지능형 원천기술 및 안전부품	기존 부품 대비 국산화율 및 대체율	운영사 및 전문가 자문/검증
	표준 지표	논문 학술지 발표/게재	핵심 기술의 개발 및 검증	논문 게재 확인
		특허 출원 건수	핵심 기술의 개발 및 검증	특허 출원증 제시
		소프트웨어 개발 건수	핵심 기술의 개발 및 검증	시제품 제시
		시제품 개발 건수	사양 대비 성능 검증	시험성적서
결과 (Outcome) 지표	과제의 궁극적 목표	지능형 철도안전 융합시스템 실용화	선진국과의 기술 격차 해소 필요	현장 적용을 통한 검증
		철도안전성 향상	품질향상과 비용절감은 철도서비스 경쟁력의 주요 요인	최종(중간)보고서 내용 확인
	표준 지표	세계 최고 수준대비 기술수준	세계 최고 수준 목표	전문가 자문 및 검증

8. 기술수요처 및 실용화 방안

가. 기술수요처 및 실용화 방안

○ 고속철도, 도시철도, 일반철도에 적용

○ 철도 중대사고에 해당하는 탈선과 충돌사고를 최소화 하기 위한 감시시스템으로 활용

○ 세계4번째 고속철도 개발 국가로서 해외 진출시 기술요구사항 충족뿐만 아니라 안전성 향상 기술로서 경쟁력 증대에 기여

○ 운영사 및 관련 기업에 관련 원천기술 이전 및 실용화

○ 국제 기준에 부응하도록 국내 철도안전기준에 반영하여 개발기술의 활용 활성화

○ 고속철도, 중・저속 철도 차량에 활용

○ 철도 중대사고에 해당하는 탈선과 충돌사고를 최소화 하기 위한 감시시스템으로 활용

○ 세계4번째 고속철도 개발 국가로서 해외 진출시 기술요구사항 충족뿐만 아니라 안전성 향상 기술로서 경쟁력 증대에 기여

○ 운영사 및 관련 기업에 관련 원천기술 이전 및 실용화

○ 국제 기준에 부응하도록 국내 철도안전기준에 반영하여 개발기술의 활용 활성화

○ 기술 개발품 전체가(소프트웨어 3개, 하드위어 4개) 기업을 통하여 기술 실시 가능.

○ 철도화재통합감시제어시스템(S/W, H/W)

- 철도공사 및 도시철도 운영기관 안전관제실에 적용
- 하위 단위의 경우 기능별 사용정보를 제한하여 역무 시설 제어실에서 활용

○ 철도직무자 비상대응 직무 DB 및 교육 훈련 프로그램(S/W)
- 철도운영기관 직무자 비상훈련시 활용

○ 철도터널용 자동소화 장치(H/W)
- 5km 이상 장대터널에 설치 운영(2011년 3월 기준 설치대상 11개소)

구 분	합계	1㎞미만	1~5㎞미만	5㎞이상	총연장(㎞)
계(개소)	660	541	108	11	506.3
고속철도	91	56	29	6	152.7
일반철도	569	485	79	5	353.6

○ 스마트폰 기반 승객용 피난안내 시스템(S/W)
- 스마트 피난/구난 안내시스템은 승객이 무료앱으로 활용
- 철도운영기관은 각 역의 피난구조 및 출구정보를 표준 DB화하여 앱에 제공
- 환승 및 역사 출구 찾기 기능으로 병행 활용

○ 소방대원용 승객구난 정보지원 시스템(S/W, H/W)
- 비상시 소방대 연계 정보 지원 서비스 운영

○ 안전피난통로(safety pass way) 시제품 (H/W)
- 지하심도 30미터 이상 지하역사에 적용 실용화
- [도시철도 정거장 및 환승·편의시설 보완 설계 지침] 대피시간 기준 6분 이내 대피 불가한 지하역사에 적용 실용화

○ 철도 서비스 구간에서 발생하는 공중 사상사고를 최소화하기 위한 감시 시스템으로 활용

○ 해외 진출시 기술요구사항을 충족함과 동시에 안전성 향상 기술로서 경쟁력 증대에 기여

○ 운영기관 및 관련 기업에 원천기술 이전 및 실용화

나. 기대효과 및 파급효과

○ 철도 선진국 수준 이상의 철도 안전성 확보

지표	2010년		2019년
주지표 : 1억km당 사망자수(자살제외)	42		34
1억㎞당 열차사고 발생건수	10.9	➡	8.4
여객 10억인 ㎞당 사망자수	0.22		0.16
대형철도사고 미발생(5년 누계)	Zero		Zero

○ 철도 서비스 운행 장애 감소 및 유지보수 비용 절감

- 고장을 사전에 예측하여 수리하게 되는 것으로 변경됨으로써 운행 장애가 10% 이상 감소하게 되고, 유지보수비용도 10% 이상 절감할 수 있을 것으로 기대

  · KTX의 운행지연장애 감소 : 연간 16건 이상,

  · 철도차량 유지보수비 절감 : 연간 600억원 (30년 기준 : 1.8조원)

○ 철도 안전 핵심기술 확보로 인한 철도 해외시장 진출 확대

- 첨단 IT 기술경쟁력 강화를 토대로 고속철도의 해외 고속철도시장을 개척하여 새로운 국부창출

- 세계 철도 모니터링 시장 선점: ‘15년 지능형 모니터링 시장: 2.5조

○ 세계 최초 철도 탈선 및 충돌 감시 및 제어 기술 확보

○ 철도차량 유지보수비 연간 600억원 절감 (2010년 Korail 의 철도차량 유지보수비 6,000억원 × 10% = 600억원)

○ 세계 철도 실시간 모니터링 시장 선점

○ 세계 최고수준의 선로상태 진단 및 예측 기술, 주행장치 상태 진단 기술, 탈선계수 실시간 측정 및 탈선안전 예측기술 확보

○ 세계 최초의 스마트 센서를 이용한 선로 실시간 진단시스템 개발

○ 주요장치 상태 진단 및 예측으로 인한 운행정지 경제적 손실비용(360억/년, 년4건 기준) 저감

○ 고장 예방정비로 인해 안전성 증대 및 수리 예비품 감소

○ 철도 전구간의 화재안전성을 획기적으로 상승

○ 10km이상 초장대 터널의 화재에 대응할 수 있는 세계 최초의 궤도형 소화드론 기술 확보

○ 지하역사 스마트 피난안내 시스템은 초고층 빌딩이나 대형 복합상가 등에서도 활용가능

○ 세계최고 수준의 지하터널 및 역사 안전피난 기술 확보

○ 철도 사상사고 감시제어 기술 확보에 따른 철도 안전성 증대

○ 세계 철도 실시간 감시제어 시장 선점

○ 감시시스템과 관련한 국가 R&D 창출에 활용

○ 무인역사 및 무인운전 적용을 위한 상용화 추진

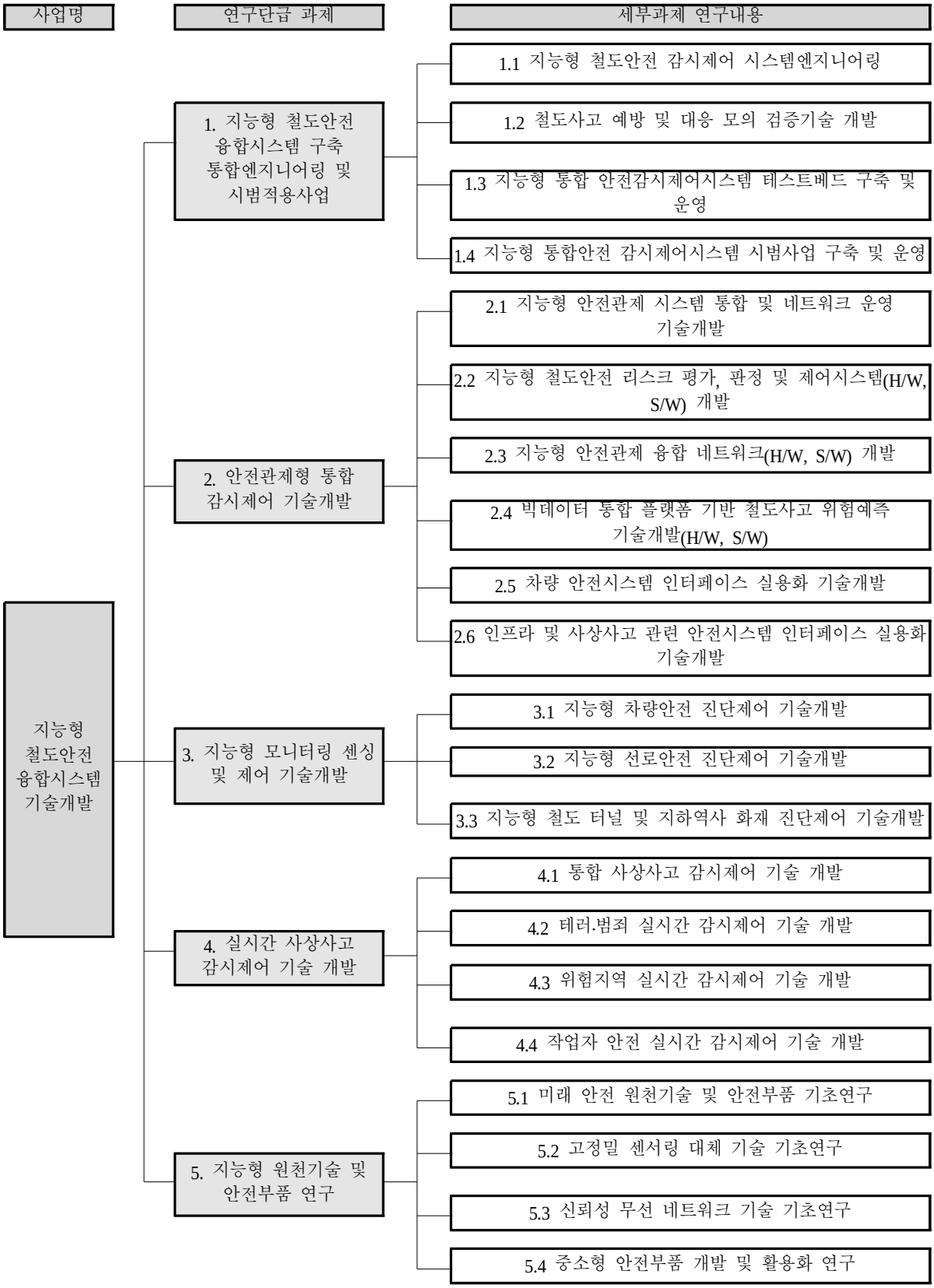
○ 감시제어시스템 도입과 관련된 의사결정 지원

○ 최신 IT기술과 실시간 감시·제어기술을 활용한 혁신적 철도안전시스템 구현

○ 철도 사고위험을 실시간으로 검지하고 적절한 제어대책을 제공하는 철도통합 안전감시·제어시스템 구축 및 운영

4절 연구수행체계

○ 연구과제의 구성

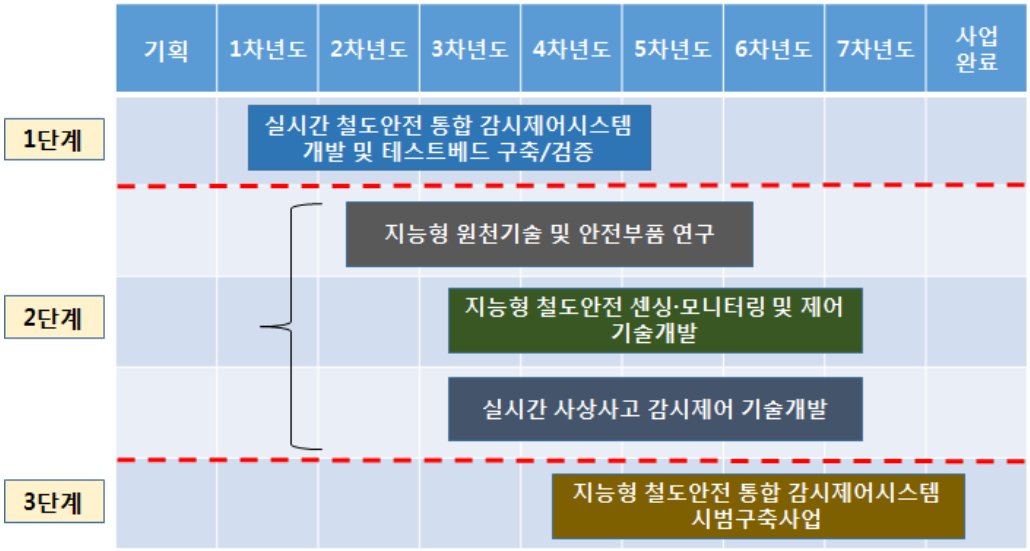


○ 추진전략

- 단계별 목표를 수립하고, 그에 적합한 추진전략 및 일정계획 수립
- 정부 및 관련 기업·공사 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축
  - 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있도록 관련 기술수요처 의견수렴
  - 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영
- 관련분야 전문가 자문
  - 각종 유사 선진시스템 및 적용 사례에 대한 조사
  - 과제성공률 제고를 위한 자문회의 등 내·외부 전문가 의견 수렴
- 해외 선진기술에 대한 지속적인 벤치마킹을 위한 외국기업체 및 연구기관과의 협력 추진

○ 단계별 추진전략

- (단계별 추진) 전체 하나의 연구단급 과제로 제안된 5개의 세부과제를 단계적으로 추진하는 전략으로서 이 경우 아래와 같이 추진하는 것이 바람직함.
  - (1단계) 기존 안전검지장치를 이용한 안전정보 통합 관리·분석(예측)·대응(제어)을 위한 통합 철도안전관제시스템과 기존 검지장치 개선·고도화 및 테스트베드 구축을 통한 검증
  - (2단계) 지능형 모니터링 장치(센서) 및 감시제어 기술개발과 1단계 구축 안전관제시스템과의 연계
  - (3단계) 시범적용사업 추진



[1단계 연구과제 구성 및 성과물]

구분		과제명	주요내용	최종 성과물
연구단		안전관제형 통합 감시제어 기술개발	- 지능형 안전관제 시스템 통합 및 네트워크 운영 기술개발 - 지능형 철도안전 리스크 평가, 판정 및 제어 시스템(H/W, S/W) 개발 - 지능형 안전관제 융합 네트워크(H/W, S/W) 개발 - 지능형 통합 위험예측 기술개발 - 차량 안전시스템 인터페이스 실용화 기술개발 - 인프라 및 사상사고 관련 안전시스템 인터페이스 실용화 기술개발	- 지능형 안전관제 시스템 통합 및 네트워크 운영 기술개발 - 지능형 철도안전 리스크 평가, 판정 및 제어 시스템(H/W, S/W) 개발 - 지능형 안전관제 융합 네트워크(H/W, S/W) 개발 - 빅데이터 통합 플랫폼 기반 철도사고 위험예측 기술개발(H/W, S/W) - 테스트베드 구축 및 검증
	1세부 과제	지능형 안전관제 시스템 통합 및 네트워크 운영 기술개발	- 지능형 안전관제 시스템 통합 기술개발 - 모니터링, 통신 프로토콜, 안전정보 및 대응체계 표준화 - 시스템 및 통신 보안 연구 - 지능형 안전관제 네트워크 운영 기술개발 - 테스트베드 및 시범구축사업 지원	
	2세부 과제	지능형 철도안전 리스크 평가, 판정 및 제어시스템(H/W, S/W) 개발	- 실시간 철도 통합 리스크 관리체계 개발 - 실시간 철도 통합 리스크 고속 연산 및 추적/평가기술(H/W, S/W) 개발 - 실시간 철도 리스크 기반 안전제어 및 대응기술(H/W, S/W) 개발 - 현장 데이터 기반 리스크 갱신기술(S/W) 개발 - 실시간 철도 리스크 기반 안전관리/유지보수 최적화 모듈(S/W) 개발 - Kernel Regression 기법을 활용한 온라인 모니터링 신뢰성 향상기술 개발 - 테스트베드 및 시범구축사업 지원	
	3세부 과제	지능형 안전관제 융합 네트워크(H/W, S/W) 개발	- 지능형 안전관제 융합 네트워크(H/W, S/W) 및 인터페이스 기술개발 - 지능형 통합 안전관리 의사결정지원시스템 개발 - 국가 철도안전정보시스템 연계 및 인터페이스 기술개발 - 테스트베드 및 시범구축사업 지원	
	4세부 과제	빅데이터 통합 플랫폼 기반 철도사고 위험예측 기술개발(H/W, S/W)	- 철도안전 빅데이터 통합 플랫폼 구축 - 철도안전 빅데이터 분석 기술개발 - 빅데이터 기반 철도사고 예측 기술개발 - 분석 및 예측 정확성 평가도구 개발 - 테스트베드 및 시범구축사업 지원	

5세부 과제	차량 안전시스템 인터페이스 실용화 기술개발	- On-Board 차량 진단제어기술, 기존 위험검지 시스템 및 지능형 안전관제 감시제어시스템 간 인터페이스 실용화 기술개발 - 테스트베드 구축 및 시범구축사업 지원	
6세부 과제	인프라 및 사상사고 관련 안전시스템 인터페이스 실용화 기술개발	- 교량, 선로, 터널, 역사, 테러, 인적오류 및 종사자 안전진단제어기술, 기존 위험검지시스템 및 지능형 안전관제 감시제어시스템간 인터페이스 실용화 기술개발 - 테스트베드 구축 및 시범구축사업 지원	
7세부 과제	지능형 통합 안전감시제어 시스템 테스트베드 구축 및 운영	- 지능형 통합 안전감시제어시스템 테스트베드 설계 - 지능형 통합 안전감시제어시스템 테스트베드 구축 및 검증 - 지능형 통합 안전감시제어시스템 테스트베드 운영 및 데이터 관리	

[2단계 연구과제 구성 및 성과물]

구분		과제명	주요내용	최종 성과물
1연구단		지능형 모니터링 센싱 및 제어 기술개발	- 지능형 차량안전 진단제어 기술개발 - 지능형 선로안전 진단제어 기술개발 - 지능형 철도 터널 및 지하역사 화재 진단제어 기술개발	- 지능형 차량 안전 진단 제어 기술 개발 - 지능형 선로 안전 진단 제어 기술 개발 - 지능형 철도 터널 및 지하역사 화재 진단제어 기술개발
	1세부 과제	지능형 차량안전 진단제어 기술개발	- 차량 안전 통합 진단제어 기술개발 - 윤축 베어링 차상 상태 진단 및 예측 기술 개발 - 진동 특성에 의한 차륜 상태 진단 및 주행 안전성 예측 기술 개발 - 대차 프레임 및 하부기기 장착부 상태 진단 및 예측 기술 개발	
	2세부 과제	지능형 선로안전 진단제어 기술개발	- 선로 안전 통합 진단제어 기술개발 - 취약구간 선로상태 실시간 감시 기술 개발 - 지능형 선로 침입 감시 기술 개발 - 선로 주변 안전 실시간 감시 기술 개발	
	3세부 과제	지능형 철도 터널 및 지하역사 화재 진단제어 기술개발	- 철도 화재 통합 진단제어 기술개발 - 철도터널용 자동소화장치 개발 - 스마트 피난/구난 안내 장치 개발 - 지하역사 지능 제연 및 안전피난통로 기술 개발	
2연구단		실시간 사상사고 감시제어 기술 개발	- 통합 사상사고 감시제어 기술 개발 - 테러.범죄 실시간 감시제어 기술 개발 - 위험지역 실시간 감시제어 기술 개발 - 작업자 안전 실시간 감시제어 기술 개발	- 통합 사상사고 감시제어시스템 - 테러.범죄

	1세부 과제	통합 사상사고 감시제어 기술 개발	- 통합 사상사고 감시제어 SOP 개발 - 실시간 이벤트 저장 및 분석기술 - 철도 사상사고 관련 데이터 처리 기술 - 실시간 데이터 및 통계 데이터를 이용한 종합 상황추론 기술 개발 - 통합 사상사고 감시제어시스템 현장구축 및 성능평가	실시간 감시제어시스템 - 위험지역 실시간 감시제어시스템 - 작업자 안전 실시간 감시제어시스템
	2세부 과제	테러.범죄 실시간 감시제어 기술 개발	- 테러.범죄 통합 감시시스템 개발 - 행동분석기술 개발 - 위험물체 감시기술 개발 - 이상 환경 검지 및 제어기술 개발 - 성범죄 등 범죄 감시 및 처리 기술 - 테러.범죄 실시간 감시제어시스템 단위기능시험	
	3세부 과제	위험지역 실시간 감시제어 기술 개발	- 위험지역 실시간 감시제어시스템 개발 - 건널목 감시제어기술 개발 - 통신기계실, 전기기계실 등 통제구역 감시제어기술 개발 - 승강장 감시제어기술 개발 - 에스컬레이터 감시제어기술 개발 - 위험지역 실시간 감시제어시스템 단위기능시험	
	4세부 과제	작업자 안전 실시간 선로안전 감시제어 기술 개발	- 작업자 안전 실시간 감시제어시스템 개발 - 작업지역 내 감시제어기술 개발 - 작업자 인증 감시제어기술 개발 - 작업자 안전 실시간 감시제어시스템 단위기능시험	
3연구단		지능형 원천기술 및 안전부품 연구	- 미래 안전 원천기술 및 안전부품 기초연구 - 고정밀 센서링 대체 기술 기초연구 - 신뢰성 무선 네트워크 기술 기초연구 - 중소형 안전부품 개발 및 활용화 연구	- 미래 안전 원천기술 및 안전부품 기초연구 - 고정밀 센서링 대체 기술 기초연구 - 신뢰성 (Relibility) 무선 네트워크 기술 기초연구 - 중소형 안전부품 개발 및 활용화 연구
	1세부 과제	미래 안전 원천기술 및 안전부품 기초연구	- 안전센서의 대체 재료(Ceramic, Magnetic등) 연구 - 안전 센서의 고정밀화(High) 기술 연구 - 무선 전송시스템 안정화 연구 - 유무선 전송 시스템 품질향상 및 대체기술 연구	
	2세부 과제	고정밀 센서링 대체 기술 기초연구	- 고정밀 계측 방안 수립에 관한 연구 - 고정밀 계측 시스템 교체 방안에 대한 연구 - 고정밀화를 위한 센싱 방법에 대한 연구	
	3세부 과제	신뢰성 무선 네트워크 기술 기초연구	- 무선 네트워크 전송 신뢰성(Relibility) 향상 연구 - 신뢰성 향상을 위한 무선 Networkwork 시스템 구축 연구 - 신뢰성 향상 무선 전송 방식에 대한 연구	

	4세부 과제	중소형 안전부품 개발 및 활용화 연구	- 지능형 안전 부품 국산화 개발 - 지능형 안전부품 무선화 시스템 교체 개발 - 분야별(차량, 인프라, 화재, 탈성등) 안전센서 교체 개발	

[3단계 연구과제 구성 및 성과물]

구분		과제명	주요내용	최종 성과물
연구단		지능형 철도안전 융합시스템 구축 통합엔지니어링 및 시범적용사업	- 지능형 철도안전 융합시스템 통합 엔지니어링 - 철도사고 예방 및 대응 모의 검증기술 개발 - 지능형 통합안전 감시제어시스템 시범사업 구축 및 운영	- 지능형 철도안전 감시제어 시스템엔지니어링 - 철도사고 예방 및 대응 모의 검증 기술 개발 - 지능형 통합안전 감시제어시스템 시범사업 구축 및 운영
	1세부 과제	지능형 철도안전 융합시스템 통합 엔지니어링	- 지능형 철도안전 융합시스템 통합 요구사항 및 기능 분석 - 기존 안전감시제어시스템, 관제 및 당해 사업 기술개발 성과물과의 통합 엔지니어링 계획 수립 및 적용	
	2세부 과제	철도사고 예방 및 대응 모의 검증기술 개발	- 성과물 검증 및 테스트베드 구축/운영을 위한 철도사고/재난 전개 가상 시나리오 개발 - 철도사고/재난 전개 시나리오에 따른 위험요인별 모니터링, 사고예방 및 대응 성능 모의 검증 기술개발 - 실시간 철도사고/재난 위험도 통합 감시, 분석 및 의사결정(제어) 성능 모의검증 기술개발	
	3세부 과제	지능형 철도안전 융합시스템 시범사업 구축 및 운영	- 시범사업구간(원주-강릉) 설치 및 운영을 위한 시스템 설계 - 시스템 제작, 설치, 시운전, 개별/통합 성능검증 및 운영 - 시스템 보완사항 도출 및 실용화방안(도시철도/고속철도 등) 마련	

제 6 장 사전타당성 검토(또는 파급효과 분석)

1절 정책적 타당성

1. 정책적 중요성

○ 철도 안전은 국민의 생명과도 직결되는 최상위의 고객 서비스이며, 미래철도의 도입을 대비하여 국가 차원의 대책 마련이 필요함.

- 철도교통은 우리나라 여객 및 수송의 한 축을 담당하는 중요한 교통수단으로서 국가의 산업 성장의 원동력이 되는 핵심 기반시설이므로, 철도 위험관리 시스템의 도입은 국민의 안전 도모와 더불어 국가경쟁력 확보를 위해 필요한 중요한 경유점이 될 것임

- 국가기반시설이자 국가간선교통망인 철도에 있어서 통합 위험관리 시스템의 도입은 운영기관, 지방자치단체 규모의 노력으로 이루어질 수 없으며, 국가차원의 전략적 선택을 통해 선진국 수준의 안전시스템을 도입하여야 함.

○ 광명역 KTX 탈선사고(2011년 2월)를 계기로 지난 2년 간 국토교통부가 집중 추진한 철도안전강화대책에서 철도안전수준이 선진국 수준으로 높아졌음을 확인하였으며, 철도안전수준의 향상에 따라 KTX 1일 운영 편수가 2010년 181회에서 2013년 241회로 60회(33%) 증가하는 등 열차 운영효율 또한 향상되었음을 확인함.

○ 2013년 8월 말 발생한 대구역 무궁화열차 충돌사고를 계기로 정부는 인적 과실에 대한 관리·감독 강화, 시스템 보완 및 투자확대, 매뉴얼 실효성 강화, 안전조직 강화 등 4개 분야로 이루어진 철도사고 재발방지 대책을 발표하였으며, 안전시설 투자를 2배 늘리기로 하는 등 안전강화조치를 도입함.

○ 국가 고속철도망의 구축 및 노선의 다양화에 발맞추어 다양한 위험관리에 신속하고 적절하게 대응할 수 있도록 강화된 안전대책 및 관련 정책을 준비해야하며, 첨단기술을 기반으로 한 안전시스템의 도입과 더불어 제도 및 기술 부분을 철도 분야에도 적극적으로 받아들일 필요가 있음.

○ 현재 철도운영 선진국, 원자력 및 항공 산업 등에서는 시스템안전관리계획을 통해 위험도 기반의 안전관리를 하고 있으며, 따라서 철도운영 선진국 수준으로 안전관리를 하기위해서는 철도시스템의 위험분서고가 위험도 평가기술을 기반으로 한 실시간 철도안전 시스템의 구축이 필요함.

2. 정부 전략적 타당성

○ 교통체계효율화법 제9조에 근거하여 도로, 철도, 항만, 물류 등 교통관련 시설 및 수단의 운영실태, 교통량, 교통네트워크 등에 관한 기초자료를 수집해 교통정책 및 계획수립 등에 활용하기 위한 교통데이터베이스를 구축, 제공할 수 있음.

○ 실시간 철도안전 시스템을 국가교통DB로 구축할 경우 철도교통과 관련한 안전조사에

표준화된 수행체계 및 방법론을 제시하고, 다양한 기초자료 및 통계자료를 통해 종합적인 조사 · 분석 · 관리가 가능하게 됨.

○ 정부는 2013년 6월 발표한 철도산업 발전방안에서 “정시성, 안전성 등 기준을 정립하고, 철도운송 표준약관을 도입하여 운영자와 관계없이 일정 서비스 수준 확보”라는 운영개선 방향을 언급하고 있으며, 실시간 철도안전 시스템은 이와 같은 정부의 전략을 위한 효율적인 방안이 될 것임.

- 실시간 철도안전 시스템의 운영은 정부가 철도서비스 개선을 위해 제시한 철도교통관리인력 전문성 강화, 안전장비 현대화, 건설 및 유지보수 작업 매뉴얼 재정비 등 향후 추진요소와의 시너지효과를 기대할 수 있음.
- 교통DB화를 통해 시설유지보수사업의 독립이 이루어지더라도 원활한 철도안전관리가 가능

3. 국가/산업차원 계획과의 부합성

○ 제 7차 교통안전기본계획 (2012~2016)에서는 철도분야 교통안전 계획지표로서 주지표인 1억 km당 사망자 수를 2010년 42명에서 2016년 37명, 2021년 34명으로 감축하고자 함.

- 1억 km당 열차사고 발생건수는 2010년 10.9명에서 2016년 9.7명, 2021년 8.4명으로 감축하는 것을 목표로 함.
- 여객 10억인 km당 사망자 수는 2010년 0.22명에서 2016년 0.18명, 2021년 0.16명으로 감축하는 것을 목표로 함.
- 대형철도사고 5년 누계는 2010년 현재 미발생이며, 2016년, 2022년에도 미발생 수준으로 유지하고자 함.

○ 선진국의 경우 향후 5년 간 2~10% 이내의 사고 감소를 목표로 하고 있으며(영국: 5년간 3% 감소, 유럽연합: 현수준 유지 및 개선, 일본: 5년간 10% 감소), 이에 따라 제7차 국가교통안전기본계획에서는 선진국의 5년간 최대 감소목표인 10% 감소율을 적용하여 목표치를 선정하였음.

- 현재 사고의 대부분인 선로침입, 자살, 안전사고는 완전한 예방이 어려움을 전제로 함.
- 충돌, 탈선, 화재사고는 2009년 이후 선진국 수준에 도달하여 추가 감축은 어렵다고 보고 있음.
- 건널목 사고율 10% 이상 감축을 목표로 하였음.
- 열차 승하차 중 안전사고, 승강장에서 열차와 접촉사고를 방지하여 여객 사망자수 감축 도모
- 10년 주기로 발생하는 대형철도참사의 예방에 초점을 맞춤.

○ 실시간 위험관리 프레임워크를 도입할 경우 사전예방적인 국가단위 철도안전관리가 가능하며, 현재 시스템보다 더욱 효율적인 실시간 안전관리를 도모할 수 있어 교통안전 계획의 목표지표를 달성하는 데 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 기대됨.



그림 151. 열차운행 1억km당 사고 및 사망자 발생률 변화

○ 2010년 12월 국토교통부에서 발표한 제2차 철도안전종합계획에서는 비용효율적으로 중대사고 안전관리를 수행하기 위해 실시간 통합 안전감시제어시스템의 개발이 필요함을 인식하고 있음.

- 화재, 충돌, 탈선, 공중사상사고 등 사고발생시 사고의 위험도를 실시간으로 감시하고 제어하는 시스템 기술개발의 필요함.
- RFID 통신, GPS활용 위치추적 등 최신 IT기술과 무선통신을 이용할 수 있으므로, 이를 기반으로 한 실시간 감시제어기술을 구현할 수 있는 최적기임.

○ 철도기술연구원은 대형 철도사고(열차 충돌・탈선・화재사고) 발생 예방 및 사고 발생시 피해 최소화를 위해 실시간 철도안전감시제어시스템에 대한 활발한 연구를 진행하고 있음.

2절 경제적 타당성

1. 분석 배경

가. 국내사고 비용 현황

(1) 국내 1억 km 당 사망자 수 현황

○ 철도안전정보포탈(http://www.railsafety.or.kr/)에서 제공하는 2010년의 1억 km당 사망자 수: 1억 km당 69.8명(2010)

- 2010년 기준 백만km당 사망자 수: 자살 포함 - 0.698, 자살 제외 - 0.305

○ 제 7차 교통안전기본계획 (2012~2016)의 철도 분야 1억 km당 사망자 수 목표: 42명(2010) → 37명(2016) → 34명(2021)

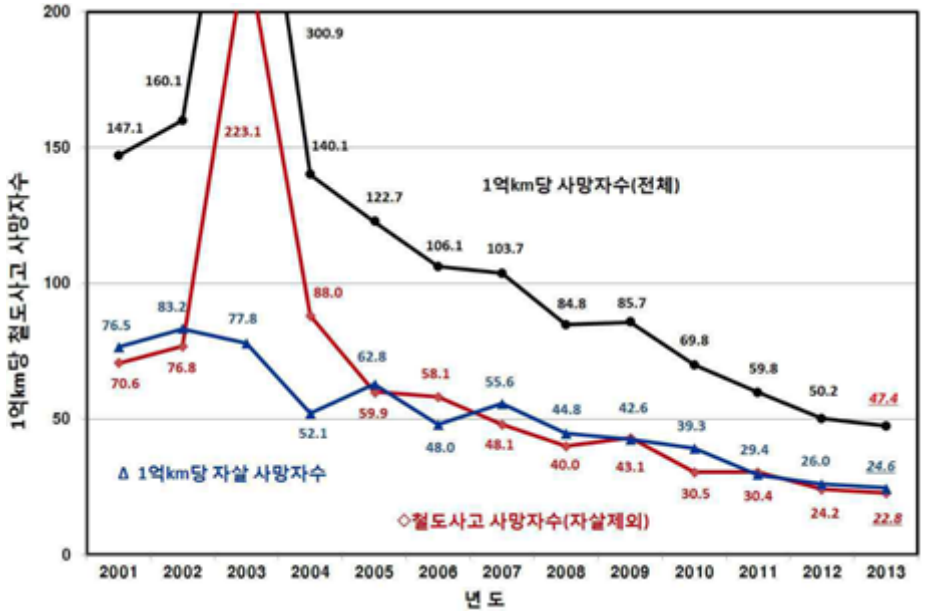


그림 152. 1억 km당 철도사고 사망자 수 (국내)

(2) 국내 열차사고 현황

○ 열차사고 1억 km당 2.73건으로 세계 3위 수준 (국토교통부 보도자료, 2013)

- 선진국 수준 열차사고 발생 건수: 1억 km당 9~15건
- 철도교통사고 중 열차사고에만 해당
- 2012년 기준 열차사고 6건, 운행거리 214.975(백만km)

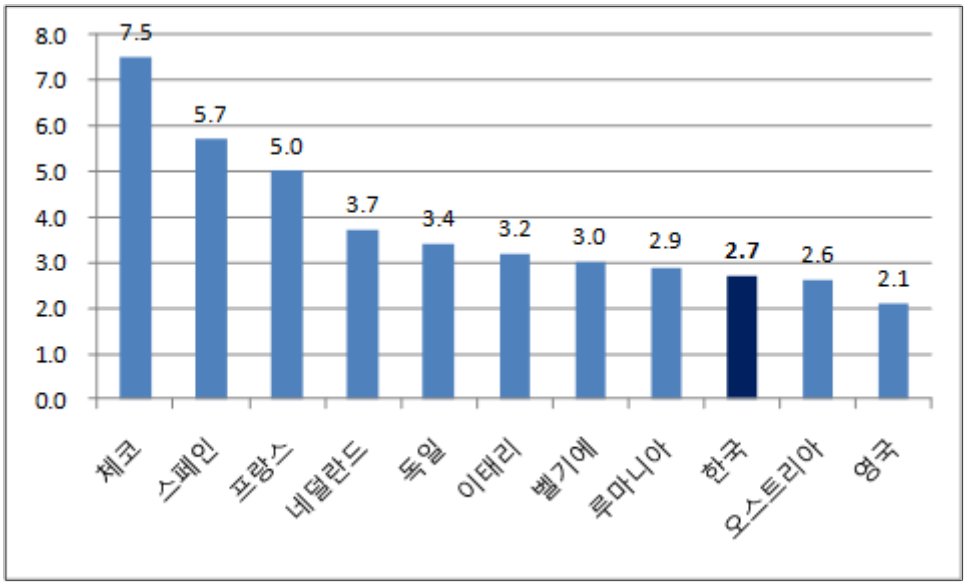


그림 153. 1억 km당 열차사고 유럽과의 비교 (2012년)

(3) 국내 교통사고 비용 현황

○ 2010년 철도사고 교통사고비용 약 683억 원 (한국교통연구원, 2013)

○ 사고 건 당 사고비용 계산 시, 사고 1건 당 약 1.15억 원

- 철도안전정보포탈에서 제공하는 사망자 수, 부상자 수 및 교통사고비용과 다소 차이가 있음.



그림 154. 교통수단별 사고 건수 및 피해

나. 국내 철도사고 내용 분석

(1) 국내 철도사고 발생현황 (2006년~2012년)

○ 철도사고 발생 건수 및 사상자 수 감소 추세

○ 열차운행거리는 연간 약 6백만 km 증가 추세

○ 재산피해액은 연간 5억 3천만 원~50억 2천만 원 수준

표 48. 국내 철도사고 발생현황

		2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년
철도교통사고(건)		329	302	282	261	225	186	166
철도안전사고(건)		131	127	126	121	92	91	84
사망(건)	사망(자살추정)	85	103	84	98	76	40	46
	사망(자살제외)	105	89	75	63	59	84	62
	합계	190	192	159	161	135	124	108
중상(건)		153	145	167	134	136	87	87
경상(건)		100	94	84	100	79	64	123
재산피해(백만원)		1651.7	5016.3	1417.7	917.1	533.3	387.9	535.5
열차운행거리(백만km)		178.91	185.14	187.39	187.96	193.33	207.02	214.98

(2) 국내 철도사고 현황 분석

○ 국내 철도사고율을 교통안전기본계획과 비교할 경우, 자살을 제외할 경우 2009, 2010, 2012년에 이미 2021년 목표치를 달성하였으며, 자살을 포함할 경우 교통안전기본계획의 2010년 사망자 수치와 큰 차이를 보임.

○ EU의 평균 철도 백만km 당 사망자 수(0.31)와도 비등한 철도사고율을 보임.

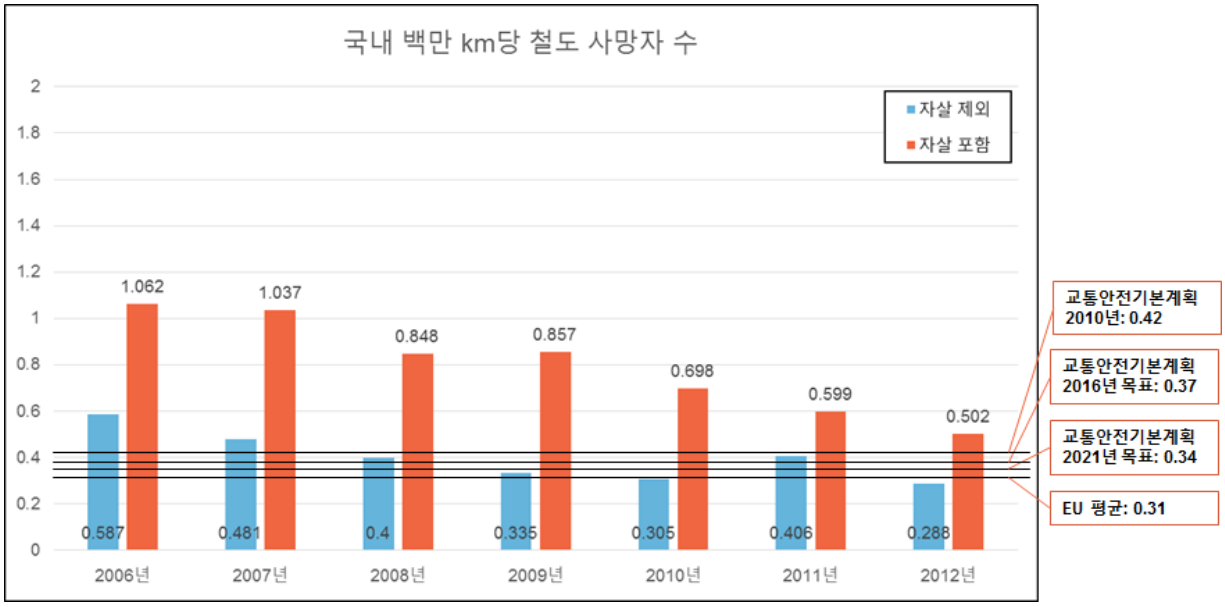


그림 155. 국내 백만 km당 철도 사망자 수

다. 경제성 분석 방향

○ 지능형 철도안전 융합시스템을 도입하여 안전목표를 달성하였을 경우의 기대이익을 계

산하여 경제성 검토

○ 철도 사망자 수를 선진국 수준으로 낮췄을 경우를 가정

- 자살을 제외한 백만km 당 철도 사망자 수를 선진국 수준으로 낮췄을 경우를 가정하여 기대이익 계산

○ 철도교통사고 건수를 선진국 수준으로 낮췄을 경우를 가정

- 선진국의 교통사고 건수 및 사고 건당 피해액을 고려하여 국내 철도 사고 피해액 감소 기대치를 계산

2. 사고율 달성 목표수치 설정

가. 철도선진국가와 국내 사고내용 비교

○ 백만 km당 철도 사망자 및 사고 수가 EU 평균보다 낮은 5개 국가들의 데이터를 활용하여 국내 철도의 안전 목표치로 활용

- 연간 열차 운행거리 1억 km 이상 국가
- 연간 운행거리 대비 사망자 수 하위 5개 국가
- 영국, 네덜란드, 독일, 프랑스, 스페인을 비교대상으로 선정

○ 5개 철도선진국가의 사고 내용 (ERAIL(European Railway Accident Information Links) 통계 데이터) 검토

- 최근 3년간(2009~2011) 철도 백만km 당 평균 사망자 수는 스페인, 프랑스, 독일 3개국이 네덜란드, 영국 2개국보다 다소 높게 나타났으며, 스페인, 프랑스, 독일 3개국 평균은 0.15명, 네덜란드, 영국 2개국 평균은 0.08명으로 나타남.
- 최근 3년간(2009~2011) 철도 백만km 당 평균 중상자 수 또한 스페인, 프랑스, 독일이 네덜란드, 영국보다 다소 높게 나타났으며, 스페인, 프랑스, 독일의 평균은 0.10명, 네덜란드, 영국의 평균은 0.05명으로 나타남.
- 최근 3년간(2009~2011) 철도 백만km 당 평균 철도교통사고 건수는 스페인, 프랑스, 독일, 네덜란드, 영국 모두 비슷한 수준이었으며, 5개국 평균 0.235건으로 나타남.

○ 우리나라의 철도교통사고 내용과의 비교

- 최근 3년간(2009~2011) 우리나라의 철도 백만km 당 평균 사망자 수는 0.35명으로 나타났으며, 평균 철도교통사고 건수는 1.142건으로 나타남.
- 2012년 우리나라의 철도 백만km 당 평균 사망자 수와 평균 철도교통사고 건수는 각각 0.288명, 0.772건으로 나타남.

표 49. 최근 3년간 (2009~2011) 우리나라 및 선진국 철도사고 발생현황

		우리나라	스페인	프랑스	독일	네덜란드	영국
철도교통사고(건)		224	46	160	297.3333	25	81.33333
철도안전사고(건)		101.3333	-	-	-	-	-
사망(건)	사망(자살추정)	71.33333	138.3333	332.3333	875.6667	204.3333	212.3333
	사망(자살제외)	68.66667	31	77.66667	152	12.66667	44.33333
중상(건)		119	16.33333	53.33333	127	9	15.66667
경상(건)		81	-	-	-	-	-
재산피해(백만Euro)		612.7667	96.8	-	-	68.36667	237.1333
열차운행거리(백만km)		196.1033	188.7333	496.7667	1029.4	146.2333	539.0183

나. 시스템 도입을 통한 사고율 도달 목표 설정

○ 지능형 철도안전 융합시스템을 도입하여 10년 간 순차적으로 철도선진국가의 사고율 수준에 도달하도록 목표 설정

- 2012년 철도사고 안전지표를 초기 값으로 설정
- 철도 백만km 당 평균 사망자 수는 도입 5년 후 1차 목표인 0.15명(스페인, 프랑스, 독일 수준), 도입 10년 후 2차 목표인 0.08명(네덜란드, 영국 수준)을 달성하도록 목표 설정
- 철도 백만km 당 평균 중상자 수는 도입 5년 후 1차 목표인 0.10명(스페인, 프랑스, 독일 수준), 도입 10년 후 2차 목표인 0.05명(네덜란드, 영국 수준)을 달성하도록 목표 설정
- 철도 백만km 당 평균 철도교통사고 건수는 도입 10년 후 0.235건(철도안전 선진 5개국 수준)을 달성하도록 목표 설정
- 연간 열차운행거리는 국내 2006~2012년 데이터를 토대로 하여 연간 6백만 km씩 증가하는 것으로 가정
- 달성 목표 사이 연도의 값은 보간법을 통해 계산

○ 위의 기준을 토대로 한 연간 사망자 수 및 중상자 수의 추이를 살펴보면 아래와 같음

- 지능형 철도안전 융합시스템을 도입하여 10년 후 사망자 수를 철도 선진국 수준으로 감소시켰다고 할 때, 2017년에는 37명, 2022년에는 22명의 사망자 수가 발생하는 것으로 나타남.
- 같은 방법으로 2017년에는 25명, 2022년에는 14명의 중상자 수가 발생

표 50. 감소 목표치 달성 시 사망자 및 중상자 수 계산

	2012 (실제)	2013	2014	2015	2016	2017 (1차목표)	2018	2019	2020	2021	2022 (2차목표)
사망자 수	62	58	53	48	42	37	34	31	28	25	22
중상자 수	87	76	64	52	38	25	23	21	18	16	14
열차운행거리(백만km)	215	221	227	233	239	245	251	257	263	269	275
백만km당 평균 사망자 수	0.288	0.2604	0.2328	0.2052	0.1776	0.15	0.136	0.122	0.108	0.094	0.08
백만km당 평균 중상자 수	0.405	0.344	0.283	0.222	0.161	0.1	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05

- 지능형 철도안전 융합시스템을 도입하여 10년 후 사망자 수를 철도 선진국 수준으로 감소시켰다고 할 때, 2012년에 65건의 철도교통사고가 발생하는 것으로 나타남

표 51. 감소 목표치 달성 시 철도교통사고 건수 계산

	2012 (실제)	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022 (목표)
철도교통사고	166	159	151	142	133	123	113	102	90	78	65
열차운행거리 (백만km)	215	221	227	233	239	245	251	257	263	269	275
백만km당 철도교통사고	0.772	0.718	0.665	0.611	0.557	0.504	0.450	0.396	0.342	0.289	0.235

3. 기대이익 분석

가. 기대이익 산출 방법

(1) 철도 백만km 당 사망자/중상자 목표치 달성 가정시

○ 시스템 도입을 통해 10년 간 감소 가능한 사망자/중상자의 수에 교통사고비용을 곱하여 기대이익 계산

- 사망자 감소 수 = 2012년의 사망자/중상자가 10년 간 유지될 경우 사망자 수 - 시스템 도입을 통해 사망자/중상자가 감소할 경우 사망자 수

- 교통사고 비용은 선진국의 교통사고 비용 및 국내 철도부문 교통사고 비용 내역을 참고하여 계산

- 선진국의 교통사고 비용은 ERA의 Railway Safety Performance in the European Union (2012) 문건에서 제공하는 2010년 영국, 독일, 프랑스의 전체 사망, 중상에 대한 경제적 비용을 전체 사망자, 중상자 수로 나눈 것을 사용함.

표 52. 선진국의 철도교통사고 비용 (2010년 기준)

(단위: 명, 백만 EUR)

	영국	독일	프랑스
사망자 수	25	146	69
전체 사망 경제비용	47.32	285.41	132.47
1인당 사망 경제비용	**1.893**	**1.955**	**1.920**
중상자 수	23	116	46
전체 중상 경제비용	5.11	31.32	12.33
1인당 중상 경제비용	**0.222**	**0.270**	**0.268**

출처) Railway Safety Performance in the European Union 2012

표 53. 철도부문 교통사고 비용(2007년 기준)

(단위: 만원/건)

구분			생산손실비용	의료비용	물적피해비용	행정비용	계
인적피해	사망	PGS 제외	30,695	666	504	70	31,935
		PGS 포함	42,360	919	696	97	44,071
	중상	PGS 제외	909	424	391	1,293	3,017
		PGS 포함	1,818	849	782	2,585	6,035
	경상	PGS 제외	95	9	12	253	368
		PGS 포함	102	10	13	274	399
물적피해					284	845	1,129

주: 2004년 기준비용에 소비자물가지수(1.0772)를 적용하여 2007년 기준으로 보정한 금액임.

출처) (예비)타당성조사의 교통사고 감소편익 산정방안 개선연구

(2) 철도 백만km 당 철도교통사고 건수 목표치 달성 가정시

○ 시스템 도입을 통해 10년 간 감소 가능한 철도교통사고의 수에 지난 7년간 국내 철도교통사고+철도안전사고 건당 재산피해 값을 곱하여 기대이익 계산함.

- 선진국 통계 자료의 경우 철도안전사고 자료 및 재산피해 자료가 충분하지 않음.

○ 지난 7년간의 철도사고 건당 재산피해액은 2011년이 최소로 약 140만 원, 2007년이 최대로 약 1,169만 원이었으며, 7개년 평균은 약 377만 원이었음.

나. 기대이익 계산 결과

(1) 철도 백만km 당 사망자/중상자 목표치 달성 가정시

○ 환율은 2010년 12월 31일 유로화 매매기준환율인 1,494.08원을 적용

○ 우리나라 모델 계산 시 피해자 및 가족의 정신적 피해(PGS, pain, grief and suffering) 포함 비용을 적용하였음.

○ 지능형 철도안전 융합시스템을 도입하여 10년 후 사망자 및 중상자 수를 철도 선진국 수준으로 감소시켰다고 할 때, 10년 간 사망자 수 242명, 중상자 523명의 감소 효과를 기대할 수 있음.

- 지능형 철도안전 융합시스템 미도입 시 2012년의 사망자 및 중상자 수가 10년 간 유지되어 총 사망자 수 682명, 중상자 수 957명으로 집계됨.
- 지능형 철도안전 융합시스템 도입 시 10년 간 총 사망자 수 440명, 중상자 수 434명로 집계됨.

○ 지능형 철도안전 융합시스템 도입에 따른 10년 간 사망자 및 중상자 감소 이익은 아래와 같았음.

- 영국의 철도사고 경제비용을 적용하였을 경우 사망에 대하여 6,844억 원, 중상에 대하여 1,735억 원의 피해감소이익을 얻어 10년 간 총 8,579억 원의 기대이익이 발생함.
- 독일의 철도사고 경제비용을 적용하였을 경우 사망에 대하여 7,069억 원, 중상에 대하여 2,110억 원의 피해감소이익을 얻어 10년 간 총 9,179억 원의 기대이익이 발생함.
- 프랑스의 철도사고 경제비용을 적용하였을 경우 사망에 대하여 6,942억 원, 중상에 대하여 2,094억 원의 피해감소이익을 얻어 10년 간 총 9,036억 원의 기대이익이 발생함.
- 우리나라의 사고비용모델을 적용하였을 경우 사망에 대하여 1,067억 원, 중상에 대하여 316억 원의 피해감소이익을 얻어 10년 간 총 1,383억 원의 기대이익이 발생함.

○ 인적 피해에 한해서 기대할 수 있는 10년 간 비용감소 효과는 우리나라 사고비용모델의 경우 1,383억 원, 유럽 선진국의 경우 8,579 ~ 9,179억 원으로 나타남.

(2) 철도 백만km 당 철도교통사고 건수 목표치 달성 가정시

○ 지능형 철도안전 융합시스템을 도입하여 10년 후 철도교통사고 건수를 철도 선진국 수준으로 감소시켰다고 할 때, 10년 간 철도교통사고 504건의 감소 효과를 기대할 수 있음.

- 지능형 철도안전 융합시스템 미도입 시 2012년의 철도교통사고 건수가 10년 간 유지되어 10년 간 총 1,826건의 철도 교통사고 발생
- 지능형 철도안전 융합시스템 도입 시 10년 간 총 철도교통사고 건수가 1,322건으로 집계됨.

○ 시스템 도입에 따른 철도교통사고 감소 이익은 아래와 같았음.

- 지난 7년 간(2006 ~ 2012년)의 연도별 철도사고 건당 재산피해액 최소치를 기준으로

하여 계산할 경우 10년 간 약 7억 1천만 원의 피해감소이익을 기대할 수 있음

- 연도별 철도사고 건당 재산피해액 최대치를 기준으로 하여 계산할 경우 10년 간 약 58억 9천만 원의 피해감소이익을 기대할 수 있음.
- 7년 평균 재산피해액을 기준으로 하여 계산할 경우 약 19억 원의 피해감소이익을 기대할 수 있음.

○ 물적 피해에 한해서만 10년 간 7억 1천만 원 ~ 58억 9천만 원의 교통사고 비용 감소를 기대할 수 있는 것으로 나타남.

다. 기대효과

○ 지능형 철도안전 융합시스템을 도입하여 안전목표치에 도달하였을 경우 10년 간 약 1,390억 원 ~ 9,215억 원의 교통사고 비용 감소 이익을 기대할 수 있음.

- 선진국 수준의 사망/중상자율에 도달했을 시 10년 간 약 1,383억 원 ~ 9,179억 원의 기대이익 발생
- 선진국 수준의 철도교통사고 건수에 도달했을 시 10년 간 약 7억 1천만 원 ~ 58억 9천만 원의 기대이익 발생

○ 상기 비용 감소 이익을 바탕으로 할 때, 실시간 철도 통합 위험관리 시스템의 10년 도입 비용은 최소 1,390억 원, 최대 9,215억 원까지를 허용 도입 비용으로 판단할 수 있음.

○ 상기 기대 금액은 최소한의 금액이며, 분석의 신뢰도를 높이기 위해서는 아래의 추가적인 사항을 고려해야 함.

- 시스템 도입으로 인한 철도안전사고 감소 건 수 및 해당 피해액
- 시스템 도입으로 인한 자살사고 감소 건 수 및 해당 피해액
- 시스템의 수명 혹은 도입 기간
- 교통사고비용(사망/중상/경상) 기준의 변화

라. 추가 시나리오 분석

○ 상기 분석에서는 시스템을 도입하여 10년 후 타겟에 도달하는 시나리오를 가정하였으며, 일반적인 경제성분석 범위인 30년을 가정하여 추가 시나리오를 분석함.

- 선진국 수준의 안전지표를 상기 분석과 같이 10년 후에 달성하고, 이후 20년 간 그 상태를 유지하는 것을 가정
- 현재 사고지표를 30년 간 유지했을 경우와 비교하여 사고감소 이익을 분석
- 열차운행거리는 10년 이후까지는 상기 분석과 같이 점차 늘어나다가 2022년 이후 유

지(275백만 km)되는 것으로 가정

- 시스템 도입 및 유지비용은 고려되지 않으며, 사망/중상자 감소 비용 및 물적 피해 감소 비용을 전체 교통사고 비용 감소 이익으로 간주함.

- 교통사고비용은 표 48, 표 49의 값을 적용

표 54. 감소 목표치 달성 시 시나리오에 따른 사망/중상 및 철도교통사고 수

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2027	2032	2037	2042
사망자 수	62	58	53	48	42	37	34	31	28	25	22	22	22	22	22
중상자 수	87	76	64	52	38	25	23	21	18	16	14	14	14	14	14
철도교통사고	166	159	151	142	133	123	113	102	90	78	65	65	65	65	65
열차운행거리(백만km)	215	221	227	233	239	245	251	257	263	269	275	275	275	275	275
백만km당 평균 사망자 수	0.288	0.2604	0.2328	0.2052	0.1776	0.15	0.136	0.122	0.108	0.094	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
백만km당 평균 중상자 수	0.405	0.344	0.283	0.222	0.161	0.1	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
백만km당 철도교통사고	0.772	0.718	0.665	0.611	0.557	0.504	0.450	0.396	0.342	0.289	0.235	0.235	0.235	0.235	0.235

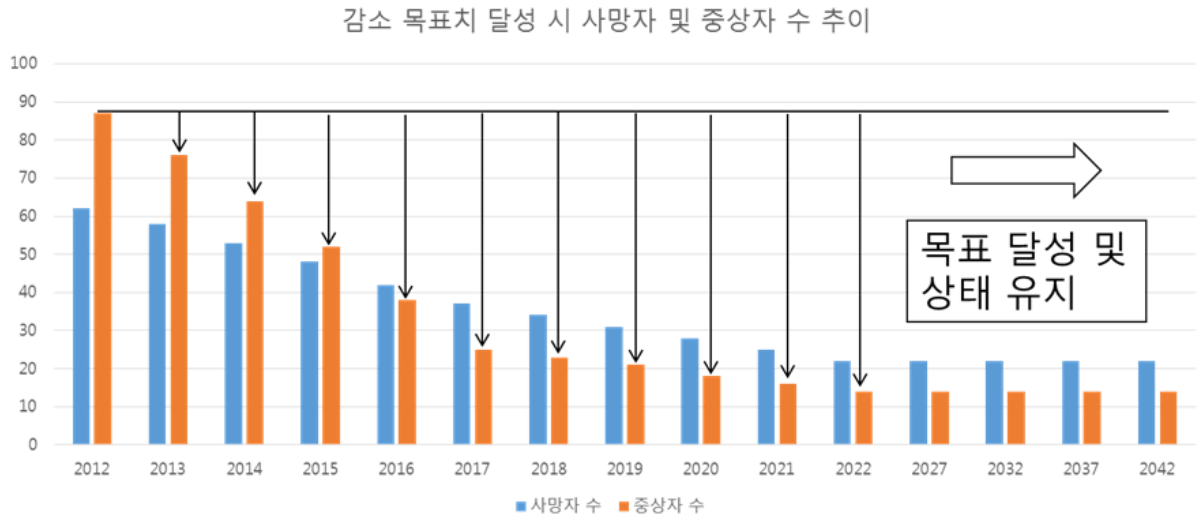


그림 156. 감소 목표치 달성 시 시나리오에 따른 사망자 및 중상자 수 추이

○ 시스템 도입 시 30년 간 사망자 수는 1,042명 감소할 것으로 기대되며, 중상자 수는 1,983명, 철도교통사고 수는 2,524건 감소할 것으로 예상

- 사망자 수는 2012년 사망자 수가 유지될 경우와 비교하여 10년 간 242명, 이후 20년 간 40명씩 800명의 감소 효과 기대

- 중상자 수는 2012년 중상자 수가 유지될 경우와 비교하여 10년 간 523명, 이후 20년 간 73명씩 1,460명의 감소 효과 기대
- 철도교통사고 수는 2012년의 철도교통사고가 유지될 경우와 비교하여 10년 간 503건, 이후 20년 간 101건씩 2,020건의 감소 효과 기대

○ 사망자 감소 이익은 30년 간 최소 4,592억 원에서 최대 3조 436억 원으로 기대됨.

- 영국 철도사고 경제비용: 약 2조 9,471억 원
- 독일 철도사고 경제비용: 약 3조 436억 원
- 프랑스 철도사고 경제비용: 약 2조 9,891억 원
- 우리나라 사고비용모델: 약 4,592억 원

○ 중상자 감소 이익은 30년 간 최소 1,197억 원에서 최대 7,999억 원으로 기대됨.

- 영국 철도사고 경제비용: 약 6,577억 원
- 독일 철도사고 경제비용: 약 7,999억 원
- 프랑스 철도사고 경제비용: 약 7,940억 원
- 우리나라 사고비용모델: 약 1,197억 원

○ 지난 7년 간의 국내 철도사고 및 재산 피해액을 토대로 철도교통사고 수에 따른 물적 피해 감소 이익을 계산한 결과 30년 간 약 35억 3천만 원에서 295억 1천만 원의 기대 이익이 발생하였음.

○ 위의 기대이익 분석 결과를 종합하면, 철도 통합 위험관리 시스템을 도입하여 철도 선진국 수준의 철도사고 안전지표를 달성하였을 경우 30년 간 약 5,824억 원 ~ 3조 8,435억 원의 교통사고 비용 감소 이익을 기대할 수 있음.

제 7 장 연구투입 소요예산 산정

1절 인력투입계획

1. 전체사업 인력투입계획

(1) 지능형 철도안전융합 시스템 개발 목표는 통합 및 시범사업 구축, 안전관제 시스템 구축, 제어/감시 시스템 개발 및 안전부품 원천기술연구로서 제어/감시시스템개발→안전관제 시스템 통합→시범사업 적용을 통하여 국가적인 안전관제 시스템의 극대화하는 전문인력 투입을 통한 연구추진

(2) 개발기간을 단축하고 기존 성과를 활용하기 위하여, “실시간 통합안전 감시제어 시스템 개발 사업”과 “상태 기반 유지보수체계 구축”, “고속 종합검측차 기술개발” 및 “고정밀 위치검지 시스템 개발” 등 3개 유사 사업과의 연계성을 고려하여 인력 및 예산의 적절한 분배를 통한 인력 투입 계획 수립

(3) 안전관제센터의 국가적인 관리 및 시범사업 구간인 원주-강릉 고속선에의 활용성을 위해 정부, 건설/운영공사와의 협력체제 구축을 통한 개발단계부터 시범운영단계까지 기술로드맵 수립 추진

(4) 실용화 적용사업으로 시범노선에서의 인력활용을 위한 Road Map과 안전관제의 활용방안을 고려한 관리체계를 위해 연구개발단계부터 국가 및 운영기관의 주관 또는 협조체제를 통한 인력활용 방안 강구 추진

과 제 명	추 진 일 정 (연도별)					
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
연구단 총괄	170	257	258	209	110	1004
1세부과제: 지능형 철도안전 융합시스템 구축 통합 엔지니어링 및 시범적용사업	17	31	46	56	52	202
1-1 지능형 철도안전 감시제어 시스템엔지니어링	7	8	9	9	5	38
1-2 철도사고 예방 및 대응 모의 검증기술 개발	0	3	10	7	5	25
1-3 지능형 통합 안전감시제어시스템 테스트베드 구축 및 운영	5	10	10	18	10	53
1-4 지능형 통합안전 감시제어시스템 시범사업 구축 및 운영	5	10	17	22	32	86
2세부과제: 안전관제형 통합 감시제어 기술개발	35	53	63	56	46	253
2-1 지능형 안전관제 시스템 통합 및 네트워크 운영 기술개발	5	8	8	8	5	34

2-2 지능형 철도안전 리스크 평가, 판정 및 제어시스템(H/W, S/W) 개발	6	10	11	10	7	44
2-3 지능형 안전관제 융합 네트워크(H/W, S/W) 개발	8	12	15	10	9	54
2-4 빅데이터 통합 플랫폼 기반 철도사고 위험예측 기술개발(H/W, S/W)	9	11	15	15	15	65
2-5 차량 안전시스템 인터페이스 실용화 기술개발	2	5	7	5	5	24
2-6 인프라 및 사상사고 관련 안전시스템 인터페이스 실용화 기술개발	5	7	7	8	5	32
3세부과제: 지능형 모니터링 센싱 및 제어 기술개발	99	116	101	61		377
3-1 지능형 차량안전 진단제어 기술개발	55	51	42	30		178
3-2 지능형 선로안전 진단제어 기술개발	8	16	12	6		42
3-3 지능형 철도 터널 및 지하역사 화재 진단제어 기술개발	36	49	47	25		157
4세부과제: 실시간 사상사고 감시제어 기술 개발	16	46	37	25		124
4-1 통합 사상사고 감시제어 기술 개발	6	11	8	7	0	32
4-2 테러·범죄 실시간 감시제어 기술 개발	4	15	9	6	0	32
4-3 위험지역 실시간 감시제어 기술 개발	4	14	13	8	0	39
4-4 작업자 안전 실시간 감시제어 기술 개발	2	6	7	6	0	21
5세부과제: 지능형 원천기술 및 안전부품 연구	3	11	11	11	12	48
5-1 미래 안전 원천기술 및 안전부품 기초연구	3	2	2	2	3	12
5-2 고정밀 센서링 대체 기술 기초연구	0	2	2	2	2	8
5-3 신뢰성 무선 네트워크 기술 기초연구	0	2	2	2	2	8
5-4 중소형 안전부품 개발 및 활용화 연구	0	5	5	5	5	20

2. 세부과제별 인력투입

○ 1세부과제 인력투입계획(통합엔지니어링 및 시범사업)

일련번호	기술 확보		주 진 일 정 (연도별)				
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
1	(1-1)지능형 철도안전 감시제어 시스템엔지니어링	지능형 철도안전 융합시스템 요구사항 및 기능 분석	5	0	0	0	0
2		시스템 엔지니어링 관리계획(SEMP) 개발 및 적용	1	0	0	0	0
3		세부과제 및 핵심기술간 인터페이스 관리계획 개발 및 적용	1	3	2	2	1
4		과제별 성과물 정의, 검증, 평가 및 활용 계획 개발 및 적용	0	4	3	3	1

5		기존 안전감시제어시스템, 관제 및 당해 사업 기술개발 성과물과의 통합 엔지니어링 계획 수립 및 적용	0	1	4	4	3
6	(1-2)철도사고 예방 및 대응 모의 검증기술 개발	성과물 검증 및 테스트베드 구축/운영을 위한 철도사고/재난 전개 가상 시나리오 개발		1	3	2	0
7		철도사고/재난 전개 시나리오에 따른 위험요인별 모니터링, 사고예방 및 대응 성능 모의검증 기술개발		1	4	3	1
8		실시간 철도사고/재난 위험도 통합 감시, 분석 및 의사결정(제어) 성능 모의검증 기술개발		1	3	2	4
9	(1-3)지능형 통합 안전감시제어 시스템 테스트베드 구축 및 운영	지능형 통합 안전감시제어시스템 테스트베드 설계	5	6	0	0	0
10		지능형 통합 안전감시제어시스템 테스트베드 구축 및 검증	0	4	6	8	4
11		지능형 통합 안전감시제어시스템 테스트베드 운영 및 데이터 관리	0	0	4	10	6
12	(1-4)지능형 통합안전 감시제어시스템 시범사업 구축 및 운영	시범사업구간(원주-강릉) 설치 및 운영을 위한 시스템 설계	5	7	0	0	0
13		시스템 제작, 설치, 시운전, 개별/통합 성능검증 및 운영	0	3	15	20	30
14		시스템 보완사항 도출 및 실용화방안(도시철도/고속철도 등) 마련	0	0	2	2	2

○ 2세부과제 인력투입계획(안전관제)

일련번호	기술 확보		추 진 일 정 (연도별)				
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
1	(2-1)지능형 안전관제 시스템 통합 및 네트워크 운영 기술개발	지능형 안전관제 시스템 통합 기술개발	1	1	1	1	1
2		모니터링, 통신 프로토콜, 안전정보 및 대응체계 표준화	2	2	2	2	0
3		시스템 및 통신 보안 연구	1	2	1	1	0
4		지능형 안전관제 네트워크 운영 기술개발	1	2	2	2	1
5		테스트베드 및 시범구축사업 지원	0	1	2	2	3
6	(2-2)지능형 철도안전 리스크 평가, 판정 및 제어시스템(H/W, S/W) 개발	실시간 철도 통합 리스크 관리체계 개발	1	1	2	1	1
7		실시간 철도 통합 리스크 고속 연산 및 추적/평가기술(H/W, S/W) 개발	1	2	2	2	1
8		실시간 철도 리스크 기반 안전제어 및 대응기술(H/W, S/W) 개발	1	2	2	2	1
9		현장 데이터 기반 리스크 갱신기술(S/W) 개발	1	2	2	2	1
10		실시간 철도 리스크 기반 안전관리/유지보수 최적화 모듈(S/W) 개발	1	2	1	1	1
11		Kernel Regression 기법을 활용한 온라인 모니터링 신뢰성 향상기술 개발	1	1	1	1	1

12		테스트베드 및 시범구축사업 지원			1	1	1
13	(2-3)지능형 안전관제 융합 네트워크(H/W, S/W) 개발	지능형 안전관제 융합 네트워크(H/W, S/W) 및 인터페이스 기술개발	4	4	4	2	2
14		지능형 통합 안전관리 의사결정지원시스템 개발	4	4	5	4	4
15		국가 철도안전정보시스템 연계 및 인터페이스 기술개발	0	4	5	3	2
16		테스트베드 및 시범구축사업 지원			1	1	1
17	(2-4)빅데이터 통합 플랫폼 기반 철도사고 위험예측 기술개발(H/W, S/W)	철도안전 빅데이터 통합 플랫폼 구축	2	2	3	3	3
18		철도안전 빅데이터 분석 기술개발	3	3	4	4	4
19		빅데이터 기반 철도사고 예측 기술개발	3	3	4	4	4
20		분석 및 예측 정확성 평가도구 개발	1	3	3	3	3
21		테스트베드 및 시범구축사업 지원			1	1	1
22	(2-5)차량 안전시스템 인터페이스 실용화 기술개발	On-Board 차량 진단제어기술, 기존 위험검지시스템 및 지능형 안전관제 감시제어시스템간 인터페이스 실용화 기술개발	2	4	6	4	4
23		테스트베드 구축 및 시범구축사업 지원	0	1	1	1	1
24	(2-6)인프라 및 사상사고 관련 안전시스템 인터페이스 실용화 기술개발	교량, 선로, 터널, 역사, 테러, 인적오류 및 종사자 안전진단제어기술, 기존 위험검지시스템 및 지능형 안전관제 감시제어시스템간 인터페이스 실용화 기술개발	4	6	6	7	4
25		테스트베드 구축 및 시범구축사업 지원	1	1	1	1	1

○ 3세부과제 인력투입계획(화재)

일련번호	기술 확보		추 진 일 정 (연도별)			
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
1	(3-1)지능형 차량안전 진단제어 기술개발	차량 안전 통합 진단제어 기술개발	22	36	28	22
2		윤죽 베어링 차상 상태 진단 및 예측 기술 개발	15	7	7	3
3		진동 특성에 의한 차륜 상태 진단 및 주행 안전성 예측 기술 개발	13	6	5	3
4		대차 프레임 및 하부기기 장착부 상태 진단 및 예측 기술 개발	5	2	2	2
5	(3-2)지능형 선로안전 진단제어 기술개발	선로 안전 통합 진단제어 기술개발	3	3	4	3
6		취약구간 선로상태 실시간 감시 기술 개발	2	5	3	1
7		지능형 선로 침입 감시 기술 개발	2	5	3	1
8		선로 주변 안전 실시간 감시 기술 개발	1	3	2	1
9	(3-3)지능형 철도 터널 및 지하역사 화재 진단제어 기술개발	철도 화재 통합 진단제어 기술개발	8	15	15	15
10		철도터널용 자동소화장치 개발	13	13	12	0
11		스마트 피난/구난 안내 장치 개발	7	11	11	10
12		지하역사 지능 제연 및 안전피난통로 기술 개발	8	10	9	0

○ 4세부과제 인력투입계획(사상사고)

일련번호	기술 확보		추 진 일 정 (연도별)			
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
1	(4-1)통합 사상사고 감시제어 기술 개발	통합 사상사고 감시제어 SOP 개발	3	4	0	0
2		실시간 이벤트 저장 및 분석기술	0	3	3	-
3		철도 사상사고 관련 데이터 처리 기술	0	0	2	2
4		실시간 데이터 및 통계 데이터를 이용한 종합상황추론 기술 개발	3	4		
5		통합 사상사고 감시제어시스템 현장구축 및 성능평가			3	5
6	(4-2)테러.범죄 실시간 감시제어 기술 개발	테러.범죄 통합 감시시스템 개발	2	3	0	0
7		행동분석기술 개발	2	3	0	0
8		위험물체 감시기술 개발	0	3	3	0
9		이상 환경 검지 및 제어기술 개발	0	4	3	0
10		성범죄 등 범죄 감시 및 처리 기술	0	2	1	0
11		테러.범죄 실시간 감시제어시스템 단위기능시험			2	4
12	(4-3)위험지역 실시간 감시제어 기술 개발	위험지역 실시간 감시제어시스템 개발	2	3	0	0
13		건널목 감시제어기술 개발	2	3	3	0
14		통신기계실, 전기기계실 등 통제구역 감시제어기술 개발	0	3	3	0
15		승강장 감시제어기술 개발	0	3	2	2
16		에스컬레이터 감시제어기술 개발	0	2	3	2
17		위험지역 실시간 감시제어시스템 단위기능시험			2	4
18	(4-4)작업자 안전 실시간 감시제어 기술 개발	작업자 안전 실시간 감시제어시스템 개발	2	2	0	0
19		작업지역 내 감시제어기술 개발	0	2	3	1
20		작업자 인증 감시제어기술 개발	0	2	2	2
21		작업자 안전 실시간 감시제어시스템 단위기능시험	0	0	2	3

○ 5세부과제 인력투입계획(원천기술 및 안전부품)

일련번호	기술 확보		추 진 일 정 (연도별)				
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
1	(5-1)미래 안전 원천기술 및 안전부품 기초연구	안전센서의 대체 재료(Ceramic, Magnetic등) 연구	1	0	0	0	0
2		안전 센서의 고정밀화(High) 기술 연구	1	1	1	0	1
3		무선 전송시스템 안정화 연구	0	1	1	1	1
4		유무선 전송 시스템 품질향상 및 대체기술 연구	1	0		1	1
5	(5-2)고정밀 센서링 대체 기술 기초연구	고정밀 계측 방안 수립에 관한 연구	0	1	1	0	0
6		고정밀 계측 시스템 교체 방안에 대한 연구	0	0	0	1	1
7		고정밀화를 위한 센싱 방법에 대한 연구	0	1	1	1	1
8	(5-3)신뢰성 무선 네트워크 기술 기초연구	무선 네트워크 전송 신뢰성(Relibility) 향상 연구	0	1	1	1	1
9		신뢰성 향상을 위한 무선 Networkwork 시스템 구축 연구	0	1	1	1	1
10		신뢰성 향상 무선 전송 방식에 대한 연구					
11	(5-4)중소형 안전부품 개발 및 활용화 연구	지능형 안전 부품 국산화 개발	0	3	3	0	0
12		지능형 안전무품 무선화 시스템 교체 개발	0	1	1	2	2
13		분야별(차량, 인프라, 화재, 탈정등) 안전센서 교체 개발	0	1	1	3	3

2절 소요예산 산정

1. 총괄 소요예산

(단위: 백만원)

과제명	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
연구단 총괄	16,371	3,757	20,082	3,595	26,631	3,679	23,916	2,342	23,062	340	110,062	13,713
1세부: 지능형 철도안전 융합시스템 구축 통합엔지니어링 및 시범적용 사업	1,850	0	3,550	0	9,275	0	11,400	0	16,900	0	42,975	0
(1-1)지능형 철도안전 감시제어 시스템엔지니어링	750	0	850	0	850	0	950	0	850	0	4,250	0
(1-2)철도사고 예방 및 대응 모의 검증기술 개발	0	0	300	0	1,000	0	700	0	500	0	2,500	0

(1-3)지능형 통합 안전감시제어시스템 테스트베드 구축 및 운영	550	0	900	0	2,475	0	1,750	0	550	0	6,225	0
(1-4)지능형 통합안전 감시제어시스템 시범사업 구축 및 운영	550	0	1,500	0	4,950	0	8,000	0	15,000	0	30,000	0
2세부: 안전관제형 통합 감시제어 기술개발	4,000	350	6,525	610	7,250	660	5,850	470	5,050	340	28,675	2,430
(2-1)지능형 안전관제 시스템 통합 및 네트워크 운영 기술개발	500	0	800	0	1,000	0	800	0	800	0	3,900	0
(2-2)지능형 철도안전 리스크 평가, 판정 및 제어시스템(H/W, S/W) 개발	700	150	1,125	250	1,150	260	1,050	220	750	160	4,775	1,040
(2-3)지능형 안전관제 융합 네트워크(H/W, S/W) 개발	1,000	200	1,700	360	1,900	400	1,200	250	700	180	6,500	1,390
(2-4)빅데이터 통합 플랫폼 기반 철도사고 위험예측 기술개발(H/W, S/W)	1,000	0	1,200	0	1,500	0	1,500	0	1,500	0	6,700	0
(2-5)차량 안전시스템 인터페이스 실용화 기술개발	300	0	700	0	700	0	500	0	500	0	2,700	0
(2-6)인프라 및 사상사고 관련 안전시스템 인터페이스 실용화 기술개발	500	0	1,000	0	1,000	0	800	0	800	0	4,100	0
3세부: 지능형 모니터링 센싱 및 제어 기술개발	8,785	2,929	7,353	2,451	7,288	2,429	4,724	1,575	0	0	28,150	9,383
(3-1)지능형 차량안전 진단제어 기술개발	5,885	1,962	4,303	1,434	4,188	1,396	3,024	1,008			17,400	5,800
(3-2)지능형 선로안전 진단제어 기술개발	650	217	800	267	850	283	650	217			2,950	983
(3-3)지능형 철도 터널 및 지하역사 화재 진단제어 기술개발	2,250	750	2,250	750	2,250	750	1,050	350			7,800	2,600
4세부: 실시간 사상사고 감시제어 기술 개발	1,436	479	1,604	535	1,768	589	892	297	0	0	5,700	1,900
(4-1)통합 사상사고 감시제어 기술 개발	596	199	606	202	586	195	450	150			2,238	746
(4-2)테러·범죄 실시간 감시제어 기술 개발	370	123	442	147	524	175	114	38			1,450	483
(4-3)위험지역 실시간 감시제어 기술 개발	240	80	280	93	298	99	200	67			1,018	
(4-4)작업자 안전 실시간 감시제어 기술 개발	230	77	276	92	360	120	128	43			994	331

5세부: 지능형 원천기술 및 안전부품 연구	300	0	1,050	0	1,050	0	1,050	0	1,112	0	4,562	0
(5-1)미래 안전 원천기술 및 안전부품 기초연구	300	0	150	0	150	0	150	0	212	0	962	0
(5-2)고정밀 센서링 대체 기술 기초연구	0	0	200	0	200	0	200	0	200	0	800	0
(5-3)신뢰성 무선 네트워크 기술 기초연구	0	0	200	0	200	0	200	0	200	0	800	0
(5-4)중소형 안전부품 개발 및 활용화 연구	0	0	500	0	500	0	500	0	500	0	2,000	0

2. 세부과제별 소요예산

구분	과제명	주요내용	년차별 예산 (백만원)					총예산 (백만원)		
			1	2	3	4	5	정부	민간	합계
1세부 과제	지능형 철도안전 융합시스템 구축 통합엔지니어링 및 시범적용사업	- 지능형 철도안전 감시제어 시스템엔지니어링 - 철도사고 예방 및 대응 모의 검증기술 개발 - 지능형 통합 안전감시제어시스템 테스트베드 구축 및 운영 - 지능형 통합안전 감시제어시스템 시범사업 구축 및 운영	1,850	3,550	9,275	11,400	16,900	42,975	0	42,975
1-1	지능형 철도안전 감시제어 시스템엔지니어링	- 지능형 철도안전 융합시스템 요구사항 및 기능 분석 - 시스템 엔지니어링 관리계획(SEMP) 개발 및 적용 - 세부과제 및 핵심기술간 인터페이스 관리 계획 개발 및 적용 - 과제별 성과물 정의, 검증, 평가 및 활용 계획 개발 및 적용 - 기존 안전감시제어시스템, 관제 및 당해 사업 기술개발 성과물과의 통합 엔지니어링 계획 수립 및 적용	750	850	850	950	850	4,250	0	4,250
1-2	철도사고 예방 및 대응 모의 검증기술 개발	- 성과물 검증 및 테스트베드 구축/운영을 위한 철도사고/재난 전개 가상 시나리오 개발 - 철도사고/재난 전개 시나리오에 따른 위험요인별 모니터링, 사고예방 및 대응 성능 모의검증 기술개발 - 실시간 철도사고/재난 위험도 통합 감시, 분석 및 의사결정(제어) 성능 모의검증 기술개발	0	300	1,000	700	500	2,500	0	2,500
1-3	지능형 통합 안전감시제어시스템 테스트베드 구축 및 운영	- 지능형 통합 안전감시제어시스템 테스트베드 설계 - 지능형 통합 안전감시제어시스템 테스트베드 구축 및 검증 - 지능형 통합 안전감시제어시스템 테스트베드 운영 및 데이터 관리	550	900	2,475	1,750	550	6,225	0	6,225
1-4	지능형 통합안전 감시제어시스템 시범사업 구축 및 운영	- 시범사업구간(원주-강릉) 설치 및 운영을 위한 시스템 설계 - 시스템 제작, 설치, 시운전, 개별/통합 성능 검증 및 운영 - 시스템 보완사항 도출 및 실용화방안(도시철도/고속철도 등) 마련	550	1,500	4,950	8,000	15,000	30,000	0	30,000

2세부 과제		안전관제형 통합 감시제어 기술개발	- 지능형 안전관제 시스템 통합 및 네트워크 운영 기술개발 - 지능형 철도안전 리스크 평가, 판정 및 제어시스템(H/W, S/W) 개발 - 지능형 안전관제 융합 네트워크(H/W, S/W) 개발 - 지능형 통합 위험예측 기술개발 - 차량 안전시스템 인터페이스 실용화 기술개발 - 인프라 및 사상사고 관련 안전시스템 인터페이스 실용화 기술개발	4,350	7,135	7,910	6,320	5,390	28,675	2,430	31,105
	2-1	지능형 안전관제 시스템 통합 및 네트워크 운영 기술개발	- 지능형 안전관제 시스템 통합 기술개발 - 모니터링, 통신 프로토콜, 안전정보 및 대응체계 표준화 - 시스템 및 통신 보안 연구 - 지능형 안전관제 네트워크 운영 기술개발 - 테스트베드 및 시범구축사업 지원	500	800	1,000	800	800	3,900	0	3,900
	2-2	지능형 철도안전 리스크 평가, 판정 및 제어시스템(H/W, S/W) 개발	- 실시간 철도 통합 리스크 관리체계 개발 - 실시간 철도 통합 리스크 고속 연산 및 추적/평가기술(H/W, S/W) 개발 - 실시간 철도 리스크 기반 안전제어 및 대응기술(H/W, S/W) 개발 - 현장 데이터 기반 리스크 갱신기술(S/W) 개발 - 실시간 철도 리스크 기반 안전관리/유지보수 최적화 모듈(S/W) 개발 - Kernel Regression 기법을 활용한 온라인 모니터링 신뢰성 향상기술 개발 - 테스트베드 및 시범구축사업 지원	850	1,375	1,410	1,270	910	4,775	1,040	5,815
	2-3	지능형 안전관제 융합 네트워크(H/W, S/W) 개발	- 지능형 안전관제 융합 네트워크(H/W, S/W) 및 인터페이스 기술개발 - 지능형 통합 안전관리 의사결정지원시스템 개발 - 국가 철도안전정보시스템 연계 및 인터페이스 기술개발 - 테스트베드 및 시범구축사업 지원	1,200	2,060	2,300	1,450	880	6,500	1,390	7,890
	2-4	빅데이터 통합 플랫폼 기반 철도사고 위험예측 기술개발(H/W, S/W)	- 철도안전 빅데이터 통합 플랫폼 구축 - 철도안전 빅데이터 분석 기술개발 - 빅데이터 기반 철도사고 예측 기술개발 - 분석 및 예측 정확성 평가도구 개발 - 테스트베드 및 시범구축사업 지원	1,000	1,200	1,500	1,500	1,500	6,700	0	6,700
	2-5	차량 안전시스템 인터페이스 실용화 기술개발	- On-Board 차량 진단제어기술, 기존 위험검지시스템 및 지능형 안전관제 감시제어시스템간 인터페이스 실용화 기술개발 - 테스트베드 구축 및 시범구축사업 지원	300	700	700	500	500	2,700	0	2,700
	2-6	인프라 및 사상사고 관련 안전시스템 인터페이스 실용화 기술개발	- 교량, 선로, 터널, 역사, 테러, 인적오류 및 종사자 안전진단제어기술, 기존 위험검지시스템 및 지능형 안전관제 감시제어시스템간 인터페이스 실용화 기술개발 - 테스트베드 구축 및 시범구축사업 지원	500	1,000	1,000	800	800	4,100	0	4,100
3세부 과제		지능형 모니터링 센싱 및 제어 기술개발	- 지능형 차량안전 진단제어 기술개발 - 지능형 선로안전 진단제어 기술개발 - 지능형 철도 터널 및 지하역사 화재 진단제어 기술개발	11,714	9,804	9,717	6,299	0	28,150	9,383	37,533

	3-1	지능형 차량안전 진단제어 기술개발	- 차량 안전 통합 진단제어 기술개발 - 윤축 베어링 차상 상태 진단 및 예측 기술 개발 - 진동 특성에 의한 차륜 상태 진단 및 주행 안전성 예측 기술 개발 - 대차 프레임 및 하부기기 장착부 상태 진단 및 예측 기술 개발	7,847	5,737	5,584	4,032	0	17,400	5,800	23,200
	3-2	지능형 선로안전 진단제어 기술개발	- 선로 안전 통합 진단제어 기술개발 - 취약구간 선로상태 실시간 감시 기술 개발 - 지능형 선로 침입 감시 기술 개발 - 선로 주변 안전 실시간 감시 기술 개발	867	1,067	1,133	867	0	2,950	983	3,933
	3-3	지능형 철도 터널 및 지하역사 화재 진단제어 기술개발	- 철도 화재 통합 진단제어 기술개발 - 철도터널용 자동소화장치 개발 - 스마트 피난/구난 안내 장치 개발 - 지하역사 지능 제연 및 안전피난통로 기술 개발	3,000	3,000	3,000	1,400	0	7,800	2,600	10,400
4세부 과제		실시간 사상사고 감시제어 기술 개발	- 통합 사상사고 감시제어기술 - 테러.범죄 실시간 감시제어기술 - 위험지역 실시간 감시제어기술 - 작업자 안전 실시간 감시제어기술	1,915	2,139	2,357	1,189	0	5,700	1,900	7,600
	4-1	통합 사상사고 감시제어 기술 개발	- 통합 사상사고 감시제어 SOP 개발 - 실시간 이벤트 저장 및 분석기술 - 철도 사상사고 관련 데이터 처리 기술 - 실시간 데이터 및 통계 데이터를 이용한 종합상황추론 기술 개발 - 통합 사상사고 감시제어시스템 현장구축 및 성능평가	795	808	781	600	0	2,238	746	2,984
	4-2	테러.범죄 실시간 감시제어 기술 개발	- 테러.범죄 통합 감시시스템 개발 - 행동분석기술 개발 - 위험물체 감시기술 개발 - 이상 환경 검지 및 제어기술 개발 - 성범죄 등 범죄 감시 및 처리 기술 - 테러.범죄 실시간 감시제어시스템 단위기능시험	493	589	699	152	0	1,450	483	1,933
	4-3	위험지역 실시간 감시제어 기술 개발	- 위험지역 실시간 감시제어시스템 개발 - 건널목 감시제어기술 개발 - 통신기계실, 전기기계실 등 통제구역 감시제어기술 개발 - 승강장 감시제어기술 개발 - 에스컬레이터 감시제어기술 개발 - 위험지역 실시간 감시제어시스템 단위기능시험	320	373	397	267	0	1,018		1,018
	4-4	작업자 안전 실시간 감시제어 기술 개발	- 작업자 안전 실시간 감시제어시스템 개발 - 작업지역 내 감시제어기술 개발 - 작업자 인증 감시제어기술 개발 - 작업자 안전 실시간 감시제어시스템 단위기능시험	307	368	480	171	0	994	331	1,325
5세부 과제		지능형 원천기술 및 안전부품 연구	- 미래 안전 원천기술 및 안전부품 기초연구 - 고정밀 센서링 대체 기술 기초연구 - 신뢰성 무선 네트워크 기술 기초연구 - 중소형 안전부품 개발 및 활용화 연구	300	1,050	1,050	1,050	1,112	4,562	0	4,562
	5-1	미래 안전 원천기술 및 안전부품 기초연구	- 안전센서의 대체 재료(Ceramic, Magnetic등) 연구 - 안전 센서의 고정밀화(High) 기술 연구 - 무선 전송시스템 안정화 연구 - 유무선 전송 시스템 품질향상 및 대체기술 연구	300	150	150	150	212	962	0	962

5-2	고정밀 센서링 대체 기술 기초연구	- 고정밀 계측 방안 수립에 관한 연구 - 고정밀 계측 시스템 교체 방안에 대한 연구 - 고정밀화를 위한 센싱 방법에 대한 연구	0	200	200	200	200	800	0	800
5-3	신뢰성 무선 네트워크 기술 기초연구	- 무선 네트워크 전송 신뢰성(Relibility) 향상 연구 - 신뢰성 향상을 위한 무선 Networkwork 시스템 구축 연구 - 신뢰성 향상 무선 전송 방식에 대한 연구	0	200	200	200	200	800	0	800
5-4	중소형 안전부품 개발 및 활용화 연구	- 지능형 안전 부품 국산화 개발 - 지능형 안전부품 무선화 시스템 교체 개발 - 분야별(차량, 인프라, 화재, 탈성등) 안전센서 교체 개발	0	500	500	500	500	2,000	0	2,000

제 8 장 과제 제안요구서

1절 과제 제안요구서

연구과제명	지능형 철도안전 융합시스템 기술개발
1. 연구 목표	

○ 첨단 IT과 네트워크 기술을 적용하여, 철도 관제시스템을 중심으로 철도 차량, 작업자의 위치, 철도역사 및 시설상태를 실시간으로 확인 및 정보 공유하여 위험인자의 조기 예측, 발견 및 관리하는 지능형 철도안전 융합시스템 기술개발

2. 연구 필요성

○ 철도교통량 증가 및 열차 운행속도 향상으로 인하여 철도안전에 대한 국민 인식 및 요구 수준이 높아짐에 따라 강화된 안전대책 필요

- 고속열차, 틸팅열차 및 기존선로 개량 등 운행속도 향상에 따른 대형사고 예방대책 지속 추진 필요
  · 고속철도망 구축계획에 따른 장대터널 및 교량구간 증가
  · 열차 운행밀도 증가로 사고·장애시 처리 시간 부족
- 국가고속철도망 구축계획의 효율적 실행을 위해서는 철도 건설과 운영시 안전성, 유지보수성 목표를 저해하지 않으면서도 투자비용을 최소화하기 위해서는 정책·제도적 뒷받침과 IT기술 등이 접목된 획기적인 통합안전시스템 기술개발 필요

○ 고속철도 개통이후 감소하던 운행장애 및 서비스고장 발생건수가 2008년 이후 증가하고 있는 고속철도의 운행 장애와 약 10년 주기로 발생한 대형철도사고의 국민의 불안감 증대

- 최근 KXT 탈선, 선로전환기 장애, 지하철 화재, 철도 작업자 사고 등 크고 작은 사고·장애가 지속적인 발생하여 철도 안전에 대한 국민의 우려 증대
- 1번의 중·대형 사고는 과거 29번의 장애와 잠재원인 300건이 관련되어 있음 (하인리히 법칙)
- 최근 KTX 탈선, 선로전환기 장애 등 크고 작은 사고·장애가 지속적으로 발생하고 있으며, KTX 안전 모니터링 장치의 높은 오보율에 의해 철도서비스 품질이 저하되고 있음
  · 2010년 운행장애의 경우 고장오보가 약 23.5%를 차지하며, HBD의 오보율은 50%에 달함. 감지기의 빈번한 오작동은 기관사 및 관제사의 규정위반 원인을 제공하고 있어 획기적인 대책 강구 필요

    *HBD : Hot Box Detector(차축온도검지장치)
- 구조물에 스트레인 게이지(strain gauge)나 가속도계 등과 같은 센서를 부착하여 변형률, 하중, 변위, 진동 등을 측정하여 구조물의

건전성을 감시하는 기술이 주로 진행되어 왔으나, 기존 방법들은 전자기적 간섭이나 부식 등으로 인한 열악한 측정 환경, 고가의 측정 장비 등의 어려움으로 인해 현실적인 문제를 안고 있으며, 실시간으로 감시 하는데 어려움이 있음.

- 철도차량에 화재감지기가 설치되고 있으며, 일부 전동차에 자동소화설비가 시범적으로 설치 운영되고 있어 안전수준이 상승된 상황.
  - 하지만 화재와 터널 비상정차 등에 대한 중앙 관제의 신속한 모니터링 및 제어는 미흡하며 소방기관과의 역할 분담이 신속하게 이루어지지 못하고 있음.
  - 특히 장대터널 내 화재 발생 시 화재진압 기능이 매우 취약한 상황임.

○ 인구의 고령화 등에 의한 교통약자의 철도이용 증가를 대비한 강화된 안전대책 필요

- 총 인구는 ’16년에 4,931만명, 이 중 고령화인구는 658만명에 이를 것으로 전망
- 최근 철도사고 사상자의 90% 이상이 개인 과실 및 부적절한 행동 등에 의한 사고로 분석되고 있고, 또한 이에 대한 우리나라의 안전성이 선진국 수준에 많이 미치지 못하여 복지사회 구현을 위한 선진국 수준의 철도 안전성 확보를 위해서는 개인책무 영역인 공중사상 대책 기반기술 개발이 필요
- 현재의 아날로그 CCTV 기반의 수동적 감시체계로서는 감시대상 대비 감시 인력의 부족으로 실질적으로 테러 및 범죄 감시의 한계가 있으며 실제 비상상황 발생 시 대응처리 지연으로 인한 인명 및 재산 피해가 증가할 수 있음.
  - 철도에 설치되어있는 카메라와 센서를 이용하여 철도 공중사상 사고를 예방할 수 있는 시스템 구축이 요구됨

○ 철도의 직무사상사고는 철도운영 및 철도시설관리와 관련하여 업무수행 중 사상자가 발생한 사고를 말하는 것으로써, 철도 운영 특성상 철도 작업자들은 주로 야간에 작업을 진행함에 따라 야간 운행 기관사의 부주의와 선로변 작업자의 감각차단 현상으로 인해 추돌사고가 꾸준히 발생하고 있음.

○ 철도 안전감시제어기술은 철도 신기술 개발과 해외시장진출을 위한 필수 기술로써 미래성장엔진 육성 필요

- 첨단 IT 기술경쟁력 강화를 토대로 고속철도의 해외 고속철도시장을 개척하여 새로운 국부창출의 추진 동력 확보 필요
  - 해외 철도 프로젝트 진출 경쟁력 강화에 따른 글로벌 철도시장 참여 확대로 인한 경제적 효과 극대화
- 철도 지능 모니터링 시장은 급속히 성장할 것으로 예상됨에 따라 고부가가치 철도기술 활성화를 지원함으로써 국민소득 3만불 시대를 여는 미래성장엔진으로 육성할 필요가 있음.

3. 연구 중점분야	

○ 지능형 철도안전 융합시스템 통합엔지니어링 및 시범구축사업

○ 안전관제형 통합 감시제어시스템 기술개발

○ 지능형 철도안전 모니터링, 센싱 및 제어 기술개발

○ 실시간 사상사고 감시제어 기술개발

○ 지능형 원천기술 및 안전부품 연구

4. 연구 내용

□ 1세부과제 : 지능형 철도안전 융합시스템 구축 통합엔지니어링 및 시범적용사업

○ 지능형 철도안전 감시제어 시스템엔지니어링

- 지능형 철도안전 융합시스템 요구사항 및 기능 분석
- 시스템 엔지니어링 관리계획(SEMP) 개발 및 적용
- 세부과제 및 핵심기술간 인터페이스 관리계획 개발 및 적용
- 과제별 성과물 정의, 검증, 평가 및 활용 계획 개발 및 적용
- 기존 안전감시제어시스템, 관제 및 당해 사업 기술개발 성과물과의 통합 엔지니어링 계획 수립 및 적용

○ 철도사고 예방 및 대응 모의 검증기술 개발

- 성과물 검증 및 테스트베드 구축/운영을 위한 철도사고/재난 전개 가상 시나리오 개발
- 철도사고/재난 전개 시나리오에 따른 위험요인별 모니터링, 사고예방 및 대응 성능 모의검증 기술개발
- 실시간 철도사고/재난 위험도 통합 감시, 분석 및 의사결정(제어) 성능 모의검증 기술개발

○ 지능형 통합 안전감시제어시스템 테스트베드 구축 및 운영

- 지능형 통합 안전감시제어시스템 테스트베드 설계
- 지능형 통합 안전감시제어시스템 테스트베드 구축 및 검증
- 지능형 통합 안전감시제어시스템 테스트베드 운영 및 데이터 관리

○ 지능형 통합안전 감시제어시스템 시범사업 구축 및 운영

- 시범사업구간(원주-강릉) 설치 및 운영을 위한 시스템 설계

- 시스템 제작, 설치, 시운전, 개별/통합 성능검증 및 운영
- 시스템 보완사항 도출 및 실용화방안(도시철도/고속철도 등) 마련

□ 2세부과제: 안전관제형 통합 감시제어 기술개발

○ 지능형 안전관제 시스템 통합 및 네트워크 운영 기술개발

- 지능형 안전관제 시스템 통합 기술개발
- 모니터링, 통신 프로토콜, 안전정보 및 대응체계 표준화
- 시스템 및 통신 보안 연구
- 지능형 안전관제 네트워크 운영 기술개발
- 테스트베드 및 시범구축사업 지원

○ 지능형 철도안전 리스크 평가, 판정 및 제어시스템(H/W, S/W) 개발

- 실시간 철도 통합 리스크 관리체계 개발
- 실시간 철도 통합 리스크 고속 연산 및 추적/평가기술(H/W, S/W) 개발
- 실시간 철도 리스크 기반 안전제어 및 대응기술(H/W, S/W) 개발
- 현장 데이터 기반 리스크 갱신기술(S/W) 개발
- 실시간 철도 리스크 기반 안전관리/유지보수 최적화 모듈(S/W) 개발
- Kernel Regression 기법을 활용한 온라인 모니터링 신뢰성 향상기술 개발
- 테스트베드 및 시범구축사업 지원

○ 지능형 안전관제 융합 네트워크(H/W, S/W) 개발

- 지능형 안전관제 융합 네트워크(H/W, S/W) 및 인터페이스 기술개발
- 지능형 통합 안전관리 의사결정지원시스템 개발
- 국가 철도안전정보시스템 연계 및 인터페이스 기술개발
- 테스트베드 및 시범구축사업 지원

○ 빅데이터 통합 플랫폼 기반 철도사고 위험예측 기술개발(H/W, S/W)

- 철도안전 빅데이터 통합 플랫폼 구축
- 철도안전 빅데이터 분석 기술개발

- 빅데이터 기반 철도사고 예측 기술개발
- 분석 및 예측 정확성 평가도구 개발
- 테스트베드 및 시범구축사업 지원

○ 차량 안전시스템 인터페이스 실용화 기술개발

- On-Board 차량 진단제어기술, 기존 위험검지시스템 및 지능형 안전관제 감시제어시스템간 인터페이스 실용화 기술개발
- 테스트베드 구축 및 시범구축사업 지원

○ 인프라 및 사상사고 관련 안전시스템 인터페이스 실용화 기술개발

- 교량, 선로, 터널, 역사, 테러, 인적오류 및 종사자 안전진단제어기술, 기존 위험검지시스템 및 지능형 안전관제 감시제어시스템간 인터페이스 실용화 기술개발
- 테스트베드 구축 및 시범구축사업 지원

□ 3세부과제: 지능형 모니터링 센싱 및 제어 기술개발

○ 지능형 차량안전 진단제어 기술개발

- 차량 안전 통합 진단제어 기술개발
  - · 탈선/충돌 영향 파라미터 민감도 분석을 통한 탈선 모드별 메카니즘 규명
  - · 탈선/충돌 성능시험설비 고도화 및 충돌·탈선 성능시험 표준화
  - · 동역학적 탈선/충돌 예측 이론식 개발
  - · 단일윤축 탈선 예측이론식의 다물체동역학 시뮬레이션 검증
  - · 탈선/충돌 성능시험설비를 활용한 편성열차 동역학 모델의 주행안전성 시뮬레이션 및 개발된 탈선/충돌 예측 이론식 검증
  - · 차축 작용하중, 윤축 횡가속도, 변위 계측용 모니터링장치 개발
  - · 실시간 탈선/충돌 제어 알고리즘 및 S/W 개발
  - · 개발된 탈선/충돌 모니터링 모듈 및 S/W의 실차 on-line 성능시험
- 윤축 베어링 차상 상태 진단 및 예측 기술 개발
  - · 윤축 베어링 차상 모니터링 시스템 개발
  - · 자가구동형 유무선 센싱 통합 모듈 개발

· 온도 및 진동특성에 의한 윤축 베어링의 실시간 상태진단 기술 개발

- 진동 특성에 의한 차륜 상태 진단 및 주행 안전성 예측 기술 개발

· Axle Box 진동 기반 유무선 차륜 상태 및 주행 안전성 모니터링 시스템 개발

· 차륜 상태진단 기법 개발

· 실시간 동특성 계측기법을 이용한 탈선안전성 모니터링 시스템 개발

· 저전력 센서 네트워크 신호처리 기술 개발

- 대차 프레임 및 하부기기 장착부 상태 진단 및 예측 기술 개발

· 스마트 센서(PZT, FBG: 분포형 광섬유)를 이용한 대차 프레임 및 하부기기 장착부 검사 시스템 개발

· 대차 프레임 및 하부기기 장착부 상태 진단 기법 개발

○ 지능형 선로안전 진단제어 기술개발

- 선로 안전 통합 진단제어 기술개발

· 레일 손상에 영향을 미치는 파라미터에 대한 민감도 분석

· 레일 손상 Tribology 실험장비 개발

· 선로 감시 시스템 내구성 및 환경성 시험 장비 구축

· 시스템 현장 적용성 검증을 위한 테스트 베드 구축

· 기술기준 작성 및 선로 감시 시스템 시험인증 방안 수립

· 개발된 선로안전 감시 및 제어시스템 on-line 성능시험

- 취약구간 선로상태 실시간 감시 기술 개발

· 분포형 광섬유 센서 기반 레일 파손 및 노반침하 감시 시스템 개발

· 역간의 선로 전구간 감시 및 비정상거동 발생 위치별 고정밀 공간 해상도의 상태 모니터링 시스템 구축

· 무선 압축기술(3G, CDMA)을 이용한 양방향 제어시스템 개발

· 비상 상황전파 전자동 네트워크 프로그램 개발

- 지능형 선로 침입 감시 기술 개발

· 침입자 발생 위치 및 종류 검지를 위한 지능형 안전펜스 개발

· 자연재해로 인한 수목 전도 등 선로 지장 검지 기술 개발

· 작업자 출입 자동 검지 및 사전승인 시스템 구축

· 침입 감지시 침입자에게 자동 경고 시스템 구축

- 선로 주변 안전 실시간 감시 기술 개발

· 인근 공사장등 선로 주변 저중고도 영상 설비 구축

· 감시 대상 항목 도출 및 정보 추출 프로세스 개발

· 패턴인식형 영상정보 고속처리모듈 개발

· 공간정보 기반 초고속 영상정보처리시스템 구축

· 실시간 선로 주변 정보분석 및 위험경고 시스템 제작

○ 지능형 철도 터널 및 지하역사 화재 진단제어 기술개발

- 철도 화재 통합 진단제어 기술개발

· 통합화재감시제어시스템 표준운용체계 정립

· 화재감지기 및 제어장치 통신표준

· 철도화재감시제어인터페이스 패널 표준

· 피난/구난 안내 및 화재 제어설비 운용을 위한 실시간화재분석 알고리즘 개발

· 철도화재통합감지제어시스템 시범모델 구축

- 철도터널용 자동소화장치 개발

· 터널화재 유형/규모별 소화장치 적용성 분석

· 화재감지, 접근, 소화 기능별 모델 분석

· 철도터널용 최적 소화시스템 설계

· 연결송수관 설비 활용성 증대방안 연구

· 자동소화 장치 시제품 제작 및 검증

- 스마트 피난/구난 안내 장치 개발

· 실내 위치인식, 증강현실, 무선통신 기술 활용방안 정립

· 승객 휴대단말기용 스마트 피난 안내 시스템 개발

· 소방대원용 화재 및 승객구난 정보지원시스템 개발

- 지하역사 지능 제연 및 안전피난통로 기술 개발

· 지하역사 제연 표준 모드 정립

· 차량, 터널, 역사 화재위치별 스마트 제연 알고리즘 개발

· 차량, 터널, 역사 제연장치(배연팬, 스크린 등) 연계 운영방안 연구

· 안전 피난통로(safety pass way) 설계

· 안전피난통로 시범설치 및 검증

□ 4세부과제: 실시간 사상사고 감시제어 기술 개발

○ 통합 사상사고 감시제어 기술 개발

- 통합 사상사고 감시제어 SOP 개발

· 사상사고별 SOP개발

· 통합 사상사고 감시제어 시스템과 SOP 연계방안 연구

- 실시간 이벤트 저장 및 분석기술

· 실시간 혼잡상황, 이상상황 등 이벤트 판단 알고리즘

· 실시간 이벤트 저장 및 데이터베이스 구축 기술

- 철도 사상사고 관련 데이터 처리 기술

· 철도 사상사고 인자별 데이터 분류 기술

· 철도 사상사고 종합상황추론을 위한 요소 도출

- 실시간 데이터 및 통계 데이터를 이용한 종합상황추론 기술 개발

· 실시간 데이터 및 통계 데이터 퓨전 알고리즘 개발

· 데이터 기반 종합상황 추론 알고리즘 개발

- 통합 사상사고 감시제어시스템 현장구축 및 성능평가

○ 테러·범죄 실시간 감시제어 기술 개발

- 테러·범죄 통합 감시시스템 개발

- 행동분석기술 개발

· 배회 등 이상 행동 감시 알고리즘

· 급격한 모임, 흩어짐 등 이상 군집 감시 알고리즘

- 위험물체 감시기술 개발

· 방치된 물체 또는 의심 물체 감시 알고리즘

- 이상 환경 검지 및 제어기술 개발

· 센서 및 영상 데이터 융합한 환경 이상 감시 알고리즘

· 이상 환경 상황별 환경설비 제어 알고리즘

- 성범죄 등 범죄 감시 및 처리 기술

· 고정밀 위치기반 범죄 감시 기술

· 유관기관 연계 표준 및 시스템 기술

- 테러·범죄 실시간 감시제어시스템 단위기능시험

○ 위험지역 실시간 감시제어 기술 개발

- 위험지역 실시간 감시제어시스템 개발
- 건널목 감시제어기술 개발
- 통신기계실, 전기기계실 등 통제구역 감시제어기술 개발
- 승강장 감시제어기술 개발
- 에스컬레이터 감시제어기술 개발
- 위험지역 실시간 감시제어시스템 단위기능시험

○ 작업자 안전 실시간 감시제어 기술 개발

- 작업자 안전 실시간 감시제어시스템 개발
- 작업지역 내 감시제어기술 개발
- 작업자 인증 감시제어기술 개발
- 작업자 안전 실시간 감시제어시스템 단위기능시험

□ 5세부과제: 지능형 원천기술 및 안전부품 연구

○ 미래 안전 원천기술 및 안전부품 기초연구

- 안전센서의 대체 재료(Ceramic, Magnetic등) 연구
- 안전 센서의 고정밀화(High) 기술 연구
- 무선 전송시스템 안정화 연구
- 유무선 전송 시스템 품질향상 및 대체기술 연구

○ 고정밀 센서링 대체 기술 기초연구

- 고정밀 계측 방안 수립에 관한 연구
- 고정밀 계측 시스템 교체 방안에 대한 연구

	- 고정밀화를 위한 센싱 방법에 대한 연구 ○ 신뢰성(Relibility) 무선 네트워크 기술 기초연구 - 무선 네트워크 전송 신뢰성(Relibility) 향상 연구 - 신뢰성 향상을 위한 무선 Networkwork 시스템 구축 연구 - 신뢰성 향상 무선 전송 방식에 대한 연구 ○ 중소형 안전부품 개발 및 활용화 연구 - 지능형 안전 부품 국산화 개발 - 지능형 안전부품 무선화 시스템 교체 개발 - 분야별(차량, 인프라, 화재, 탈성등) 안전센서 교체 개발
□ 주요산출물	○ 지능형 철도안전 감시제어 시스템엔지니어링 - 지능형 철도안전 융합시스템 기술개발 시스템엔지니어링 관리계획서 - 지능형 철도안전 융합시스템 기술개발 시스템엔지니어링 적용 결과보고서(요구사항분석보고서, 인터페이스관리결과보고서, 통합엔지니어링결과보고서 등) ○ 철도사고 예방 및 대응 모의 검증기술 개발 - 철도사고/재난 전개 가상 시나리오 - 철도사고/재난 예방 및 대응 모의검증시스템(H/W 및 S/W) ○ 지능형 통합 안전감시제어시스템 테스트베드 구축 및 운영 - 지능형 통합 안전감시제어시스템 Test-bed(H/W 및 S/W) - 모의검증시스템에 의한 개발시스템 및 테스트베드 성능검증 결과보고서 ○ 지능형 통합안전 감시제어시스템 시범사업 구축 및 운영 - 상업운행노선(원주-강릉), 운행차량 및 관제센터 시범 구축 - 시범사업 운영 결과보고서 ○ 지능형 안전관제 시스템 통합 및 네트워크 운영 기술개발 - 지능형 안전관제 시스템 통합 엔지니어링 결과보고서 - 지능형 안전관제 네트워크 운영 절차 및 매뉴얼

○ 지능형 철도안전 리스크 평가, 판정 및 제어시스템(H/W, S/W) 개발

- 실시간 철도 통합 리스크 관리체계(절차/매뉴얼)
- 실시간 철도 통합 리스크 고속 연산 및 추적/평가 모듈
- 실시간 철도 리스크 기반 안전제어 및 대응 모듈
- 현장 데이터 기반 리스크 갱신 모듈
- 실시간 철도 리스크 기반 안전관리/유지보수 최적화 모듈(S/W)
- Kernel Regression 기법을 활용한 온라인 모니터링 신뢰성 향상 알고리즘 및 S/W 모듈

○ 지능형 안전관제 융합 네트워크(H/W, S/W) 개발

- 지능형 안전관제 융합 네트워크(H/W, S/W)
- 지능형 통합 안전관리 의사결정지원시스템

○ 빅데이터 통합 플랫폼 기반 철도사고 위험예측 기술개발(H/W, S/W)

- 철도안전 빅데이터 클라우드 서버
- 철도안전 빅데이터 분석 기술
- 빅데이터 기반 철도사고, 고장예측 알고리즘 및 S/W 모듈
- 분석 및 예측 정확성 평가도구

○ 지능형 차량안전 진단제어 기술개발

- 윤축베어링 차상 모니터링 시스템(H/W)
- 실시간 윤축베어링 상태진단 기법(S/W)
- Axle Box 진동 기반 차륜 상태 모니터링 장치(H/W)
- 실시간 차륜 상태 진단 알고리즘 (S/W)
- 차상 탈선/충돌 안전성 모니터링 시스템(H/W) 및 탈선/충돌 예측 알고리즘 (S/W)
- 스마트 센서를 이용한 대차 프레임 및 하부기기 장착부 검사 시스템(HW)
- 대차 프레임 및 하부기기 장착부 상태 진단 기법(S/W)

○ 지능형 선로안전 진단제어 기술개발

- 선로 안전 통합 진단제어 알고리즘

- 취약구간 선로상태 실시간 감시 제어 장치
- 지능형 선로 침입 감시 장치
- 선로 주변 안전 실시간 감시 장치

○ 지능형 철도 터널 및 지하역사 화재 진단제어 기술개발

- 철도화재통합감시제어시스템(S/W, H/W)
- 철도 직무자 비상대응 직무 DB 및 교육 훈련 프로그램(S/W)
- 철도터널용 자동소화 장치(H/W)
- 스마트폰 기반 승객용 피난안내 시스템(S/W)
- 소방대원용 승객구난 정보지원 시스템(S/W, H/W)
- 지능형 제연 알고리즘(S/W)
- 안전피난통로(safety pass way) 시제품 (H/W)

○ 통합 사상사고 감시제어 기술 개발

- 사고 발생시 이용개의 신속한 사고 처리 및 사고예방 및 확산 방지를 위한 통합 사상사고 감시제어시스템

○ 테러・범죄 실시간 감시제어 기술 개발

- 대형 인명사고로 이어질 수 있는 테러 및 범죄를 감시하기 위한 테러・범죄 실시간 감시제어시스템

○ 위험지역 실시간 감시제어 기술 개발

- 기계실, 전기실, 선로 등과 같은 철도 서비스 구간 내 다양한 위험지역 감시를 위한 위험지역 실시간 감시제어시스템

○ 작업자 안전 실시간 감시제어 기술 개발

- 철도 종사자의 안전을 보장하기 위한 작업자 안전 실시간 감시제어시스템

○ 미래 안전 원천기술 및 안전부품 기초연구

- 안전센서 대체재료관련 연구 보고서
- 고정밀 센싱 방법 제안 보고서
- 무선 전송시스템 안정화 방안 연구보고서
- 전송 시스템 품질향상 및 대체 연구보고서

○ 고정밀 센서링 대체 기술 기초연구

- 고정밀 센서링 시작품 모델(5종이상)
- 센서링 교체 시작품 모델 (5종이상)
- 고정밀 센서링 연구 보고서

○ 신뢰성(Relibility) 무선 네트워크 기술 기초연구

- 무선 네트워크 전송 신뢰성(Relibility) 향상 보고서
- 무선 Networkwork 시스템 구축 연구보고서
- 신뢰성 향상 무선 전송 방식에 대한 연구보고서

○ 중소형 안전부품 개발 및 활용화 연구

- 지능형 안전 부품 국산화 개발 모델 (총 10종이상)
- 지능형 안전부품 무선화 시스템 교체 개발 모델 (총 10종이상)

5. 연구 추진방법

□ 추진전략

○ 단계별 목표를 수립하고, 그에 적합한 추진전략 및 일정계획 수립

○ 정부 및 관련 기업·공사 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축

- 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있도록 관련 기술수요처 의견수렴
- 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영

○ 관련분야 전문가 자문

- 각종 유사 선진시스템 및 적용 사례에 대한 조사
- 과제성공률 제고를 위한 자문회의 등 내·외부 전문가 의견 수렴

○ 철도종합안전사업 사업결과 등 기 수행(종료과제, 중단과제) 및 현재 수행중인 동 과제 관련 연구개발결과와의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함

□ 추진체계

○ 본 과제는 개발기술의 실용화 및 사업화를 위해 산업체, 연구기관 및 학계 컨소시엄으로 구성하여 공동연구를 수행해야 함

※철도 및 IT 등 관련 기술을 확보한 연구기관 및 성과물을 활용할 수 있는 산업체 참여 유도

○ 관련 정부기관, 수요기관, 운영기관 등과의 연계를 통한 실용화 등의 협력체계 구축

○ 연구신청자는 과다한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구추진의 효율성을 도모할 것

○ 연구진의 연구참여율을 높여 연구집중도 제고 필요

□ 기타

○ 연구내용, 연구기간 및 연구개발비는 본 과제제안요구서(RFP)를 참조하여 작성

○ 과제 신청자는 연구개발 성과목표·지표 등을 연구개발계획서에 제시

- 연구개발 성과목표·지표별 달성목표치 및 가중치 등을 연구개발계획서에 제시

- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함

- 연구성과의 실용성 검증 계획을 반드시 제시해야 함

○ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함

○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안

- 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함

○ 철도통합안전 감시제어시스템과 열차운행시스템/유지보수 시스템과의 연계방안을 연구계획에 포함

○ 승객안전감시시스템 등 기존 철도 안전설비에 대한 조사 및 연계방안을 연구계획에 포함

○ 연구결과물의 경제성 및 효용성 평가방안을 연구계획에 포함해야 함

○ 철도 운영환경에 적용 가능하고 실용성 있는 성과물 제시방안을 연구계획에 포함해야 함

○ 과제를 통해 제시되는 철도안전설비의 타당성 및 적합성 검증/승인 방안을 연구계획에 포함해야 함

○ 테스트베드 구축방안(상업운행구간의 설치 적절성 검토 포함)을 연구계획에 포함해야 함

○ 철도안전을 위해 추가적으로 감시제어가 필요하다고 판단되는 위험요인에 대해서는 과제에 포함하여 수행가능하며, 이러한 경우에는 연구계획에 포함해야 함

6. 사업기간 및 소요예산

○ 연구기간 : 협약일로부터 총 5년

○ 연구예산 : 123,775백만원 (정부 : 110,062백만원 + 민간 : 13,713백만원)

1세부과제: 42,975백만원 (정부 : 42,975백만원)

2세부과제: 31,105백만원 (정부 : 28,675백만원 + 민간 : 2,430백만원)

3세부과제: 37,533백만원 (정부 : 28,150백만원 + 민간 : 9,383백만원)
4세부과제: 7,600백만원 (정부 : 5,700백만원 + 민간 : 1,900백만원)
5세부과제: 4,562백만원 (정부 : 4,562백만원)

2절 평가기준 설정

1. 제안요청 과제의 목적과 제안과제의 연구목표의 일치도 : 배점 30점

세부항목	평가내용	배점				
		우수	양호	보통	미흡	불량
과제목적의 적합성	과제의 목적에 적합한 과제인가?	30	25	20	15	10
소계						

2. 연구목표 달성을 위한 전문성 및 추진체계 : 배점 30점

세부항목	평가내용	배점				
		우수	양호	보통	미흡	불량
최종 목표	연구개발 최족목표의 적절성 및 부합성?	10	8	6	4	2
단계별 목표	단계별 목표의 적절성 및 부합성?	10	8	6	4	2
연구 추진체계	목표 달성을 위한 체계적인 연구추진체계를 갖추고 있는가?	10	8	6	4	2
소계						

3. 자체설정 목표 달성 가능성 : 배점 40점

세부항목	평가내용	배점				
		우수	양호	보통	미흡	불량
연구성과	정량적 연구목표는 적절한가?	10	8	6	4	2
연구의 독창성	연구 결과의 독창성 (국내외 최초 등)?	10	8	6	4	2
실용성	연구 결과의 실용성?	10	8	6	4	2
결과활용	기대성과 및 활용방안의 적절성>	10	8	6	4	2
소계						

참고 문헌

[1] “철도종합시험선로 구축사업 타당성조사 및 기본계획” 보고서, 2012.11, KRTC/(주)선진엔지니어링 종합건축사사무소

[2] “원주-강릉 철도건설 노반실시설계” 보고서, 2010.8, 한국철도시설공단

[3] “원주-강릉간 복선전철 기본계획, 타당성조사 및 기본설계 보고서, 2012.11, 한국철도시설공단Fires in Transport Tunnels, EUREKA-Project EU 499:FIRETUN, 1995

[4] InteGRail Project(FP6 012526)“ IGR-I-IQM-024-09, Unife, 2008

[5] International Media Support, “IMS Annual Report 2010”, 2011. 6.

[6] Ireland RAIU 탈선사고 보고서

[7] ISO 9705 Fire tests - “Full-scale room tests for surface products”

[8] KOTRA, “中, 디지털 영상보안설비 시장동향”, 2010. 7.

[9] SDS journal of IT service, “융합보안시장 동향 보고”, 2010. 9.

[10] SHAD Roundy, Paul Kenneth Wright, Jan M.Rabaey, Energy Scavenging for Wireless Sensor Networks, Kluwer, 2004

[11] 건설교통부, “철도화재 조기탐지/자동소화 장치개발”, 2004

[12] 고경찬 박외철, “FDS를 이용한 실내화재의 문제점”, 산업안전 학회지, 제19권 제1호 pp18-22, 2004

[13] 고승우, 고권현, 유홍선, “액적분열을 고려한 미세물분무 화재제어에 대한 수치해석”, 한국철도학회논문집, 제9권, 제6호, pp625-629, 2006

[14] 高草木明, 空調機器の信頼度・保全度調査研究, 日本建築學會計劃系論文報告集 , 436호, 1-9. 1992

[15] 광주광역시, “도시환경 그린화 스마트 영상관제 솔루션 육성사업에 관한 보고서” 2011.5

[16] 김정엽 외 8명, “도시철도 환경개선 및 방재를 위한 스크린도어 시스템 최적설계기술 개발”, 2004

[17] 도시철도 건설규칙” 건설교통부령 412호, 2004년 12월 개정

[18] 박창규, “특별기고-녹생성장과 국방”, 국방과 기술, pp42-55, 2009

[19] 영상보안시스템 기술 동향”, 정보보호학회 논문지, 제19권 5호, 2009. 10

[20] 이덕희 외 4명 “철도차량 화재 시 열방출률 곡선의 표준화 방안 연구”, 한국철도학회 추계학술대회 논문집, 2010

[21] 장희철, 김태국, 박원희, 김동현, “지하역사에서 화재 발생시 자연풍 및 강제배연의 영향에 대한 수치적 연구”, Jour. of the ITS, CAU., VOL34 pp23-30, 2004

[22] 장희철, 김태국, 박원희, 손봉세, “지하철 역사에서 화재발생시 배연 팬의 운전조건에 따른 화재 특성연구”,(사) 한국화재소방학회, 서울특별시 소방학교 공동 추계학술논문 발표회, B09, pp230-240, 2005

[23] 전자정보센터, “지능형 영상보안 기술현황 및 동향”, 2008. 8.

[24] 田中弘, 空調設備の子防保全に關する解釋的研究, 日本建築學會計劃系論文報告集, 430호, 45-53. 1991

[25] 조래혁,박채형, 이학선. “레일절손 감시시스템 개발“, 대우엔지니어링 기술보, 제26권

1호, pp70~89
[26] 철도 건설 본부, “영동선 동백산-도계 간 철도이설 건설공사 실시설계 보고서 (환기설비)”, 1999
[27] 철도 시설 안전기준에 관한규칙(건476,05/10), 철도 시설 안전기준에 관한지침 (건395,06/9)
[28] 철도시설 안전기준에 관한 규칙” 건설교통부령 제476호
[29] 철도시스템 건전성 모니터링 기초연구 보고서. 한국철도기술연구원. 2010
[30] 한국 철도시설공단, “중앙선 원주-봉양 간 복선전철 노반 기본설계 및 보양-제천 간 복선전철 노반 기본 및 실시설계”, 2004
[31] 한국건설교통기술평가원, “장대 철도터널 화염방재 기술 및 환기 공조시스템 개발”, 2004
[32] 한국철도기술연구원, “철도화재 안전 매뉴얼”, 2011
[33] 한국철도기술연구원, “철도화재 안전성능 평가 및 사고방지 기술개발”, 2011
[34] 한국철도기술연구원, “실시간 철도 통합안전감시제어시스템 개발 기획 연구보고서”, 2012
[35] 교통안전공단, 철도안전성능 보고서, 2012.12
[36] 김사혁, “철도무선통신망 구축 국내외 현황 및 시사점”, KISDI 정보통신정책, 2013
[37] InteGRail 프로젝트 홈페이지, http://www.integrail.info, 2013
[38] SIRI 홈페이지, http://www.siri.org.uk, 2013
[39] 한국철도시설공단, “전송망설비”, 2013
[40] 한국철도시설공단, “역무통신설비”, 2013
[41] 한국철도시설공단, “열차무선설비”, 2013
[42] 한국 정보화 진흥원, “새로운 미래를 여는 빅데이터 시대”, 2013
[43] 신수정, 윤명석, “전자정부 사업의 OPEN-API 도입전략”, 전자정부 포커스, 2007
[44] Adnan Harb, "Energy Harvesting: State-of-the-art", Renewable Energy, v30, pp1-14. 2010
[45] Anton S R, Sodano H A, "A review of power harvesting using piezoelectric materials (2003-2006)", Smart Mater. Struct., v16 p1. 2007
[46] Anurag Kasyap, "Energy Harvesting Pwered Wireless Sensor Node and Asset Tracking Solutions in Random Vibration Environments", AdaptivEnergy White Paper,2009
[47] ATA MSG-3, Operator/Manufacturer Scheduled Maintenance Development.
[48] Australian Transport Safety Bureau 탈선사고 보고서
[49] Barlow, R. E. and Proschan, F., Mathematical Theory of Reliability, SIAM, Philadelphia. 1996
[50] Beeby S P , M J Tudor, N M White, "Energy harvesting vibration sources for microsystems applications," Measurement Science and Technology, 26 Oct., p175-195, 2006
[51] Beeby S P , R N Torah, M H Tudor, P Glynne-Jones, T O'Donnell, C R Saha, S Roy, “A micro electromagnetic generator for vibration energy harvesting,”

Journal of Micromechanics and Microengineering, v17, p1257-1265, 2007
[52] Box , G. E. P., and Jenkins G. M., Time Series Analysis: Forecasting and Control, 2nd ed., Holden Day, San Francisco. CA. 1976
[53] Callahan E. H., Wireless Sensor Networks, CRC Press, 2004
[54] Cecilia D. Richards, Michael J. Anderson, David F, Bahr, Robert F. Richards, "Efficiency of energy conversion for devices containing a piezoelectric component", J. Micromech. Microeng. v14, pp717-721. 2004
[55] Cian,Terenece, Rafael,James,Bredan, Energy scanvenging for long term deployable wireless sensor networks, Talanta, Vol. 75, pp.613-623. 2008
[56] David Michael Rowe, "Review Thermoelectric waste heat recovery as a renewable energy source", International Journal of Innovations in Energy Systems and Power, v1, n1, pp13-23, 2006
[57] David Michael Rowe, CRC Handbook of Thermoelectrics, CRC, 1995
[58] David Michael Rowe, Thermoelectrics Handbook : Macro to Nano structured Materials, CRC, 2006
[59] Donoho, D. L. and Johnstone, I. M., “Adapting to unknown smothness via wavelet shrinkage”, Journal of the American Statistical Association, 90, 1200-1224. 1995
[60] Donoho, D. L. and Johnstone, I. M., “Ideal spatial adaptation by wavelet shrinkage”, Biometrika, 81, 422-455. 1995
[61] Du T., M. Liu1, S. Seghi, K. J. Hsia1, J. Economy and J. K. Shang, New technique for determining mechanical property of polymer/metal interface, Materials Research Society. Symp. Proc. Vol. 661, 2001
[62] Duncan Graham-Rowe, "Wireless Power Harvesting for Cell Phones", Technology Review, 9 June, 2009
[63] E. M. Yeatman, "Advances in Power Sources for Wireless Sensor Nodes," Proceeding of International Workshop Wearable and Implantable Body Sensor Networks, pp20-21, 2004
[64] Fires in Transport Tunnels, EUREKA-Project EU 499:FIRETUN, 1995
[65] Fleming, J, Ng W. and Ghamaty S., "Thermoelectric-based Power System for Unmanned-air-vehicle/Microair-vehicle Applications", Journal of Aircraft v4, n3, pp674-676. 2004
[66] FRA, "Developed Wheel anf Axle Assembly Monitoring System to lmprove Passenger Safety", Research Results, PR00-02
[67] FRA, "Development of Rail Neutral Temperature Monitoring Device", Research Results, PR08-31
[68] FRA, "Electrochemical Fatigue Sensor Demonstration on the Steel Bridge at the FAST", Research Results, PR08-12
[69] FRA, "Self-Power Wireless Brake Health Monitor", Research Results, PR08-30
[70] Fredrik Gustafsson, Noclas Bergman, "Matlab for Engineeris Explained,"

Springer, 2005
[71] Gertsbakh, I. B., Models of Preventive Maintenance, North-Holland. 1977
[72] Gertsbakh, I. B., Reliability theory with applications to preventive maintenance, Springer, New York. 2006
[73] Goldschmidtboeing F and Woias P, "Characterization of different beam shapes for piezoelectric energy harvesting" J. Micromech. Microeng. 18 104013. 2008
[74] Graham Martin, "Wireless Sensor solutions for Home and Building Automation - The Successful Standard Uses Energy Harvesting,", Green Smart Wireless Encean, 10 Aug. 2007
[75] Guan M J, Liao W H, "On the efficiencies of piezoelectric energy harvesting circuits towards storage device voltages", Smart Mater. Struct., v16 p498. 2007
[76] Gyuhae Park, Tajana Rosing, Michael D.Todd,Charles R.Farrar,William Hodkiss,"Energy Harvesting for Structural Health Monitoring Sensor Netwokrs", ASCE Journal of Infrastructure System, Vol.14(1) pp.64-79, 2008
[77] Hwee-Pink Tan, Pius W. Q. Lee, Winston K. G. Seah, Zhi Ang Eu, "Impact of Power Control in Wireless Sensor Networks Powered by Ambient Energy Harvesting for Railroad Health Monitoring,", International Conferenec on Advanced Information Networking and Applications Workshop, pp804-809, 2009
[78] Ian McPherson, "Idustrial Wireless:Hope,help or hype?",The Industrial ethernet book, pp10-12, 2006
[79] IEC 60300, Application guide - Reliability Centred Maintenance.
[80] IEC-60812, Analysis Techniques for System Reliability-Procedure for Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). 2001
[81] IEC-62278, Railway Applications -Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS). 2001
[82] Ingason H., “Correlation between temperatures and oxygen measurements in a tunnel flow”, Fire Safety Journal 42(2007) pp.75-80
[83] Ingason H., “Model scale railcar fire tests”, Fire Safety Journal 42(2007) pp271-282
[84] Ingason, H. Findings concerning the rate of heat release. Proceedings of the International Conference on Fire Protection in Traffic Tunnels, Dresden, Germany, 12-13 September 1995, pp94-103.
[85] InteGRail Project(FP6 012526)" IGR-I-IQM-024-09, Unife, 2008
[86] International Media Support, “IMS Annual Report 2010”, 2011. 6.
[87] International Railway Journal. May 2009
[88] Ireland RAIU 탈선사고 보고서
[89] ISO 9705 Fire tests - “Full-scale room tests for surface products”

[90] James, W. Stevens, "Optimal design of small ΔT thermoelectric generation systems," Energy Conversion and Management, v42, pp709-720, 2001
[91] Jan G. Smits, Wai-Shing Choi, "The Constituent Equations of Piezoelectric Heterogeneous Bimorphs", IEEE Ultrasonics Symposium, pp1275-1278, 1990
[92] Jeffrey Snyder G. , Eric S. Toberer, "Complex thermoelectric materials," Nature Publishing Group, Feb, v7, p105-114. 2008
[93] Jeffrey Snyder G., "Application of the compatibility factor to the design of segmented and cascaded thermoelectric generators," Applied Physics Letters, v84, n13, pp.2436-2438, 2004
[94] Jeffrey Snyder G., Tristan S. Ursell, "Thermoelectric Efficiency and Compatibility,", Physical Review Letters, v91, n14, 148301, 2003
[95] Jennifer Yick, Biswanath Mukherjee, Dipak Ghosal, "Wireless Sensro network survey," Computer Networks, v52, pp2292-2330, 2008
[96] Joseph A. Paradiso, Thad Starner, "Energy Scavenging for Mobile and Wireless Electronics", IEEE CS, p18-27, 2005
[97] Kim H, Priya S, Stephanou H, Uchino K, "Consideration of impedance matching techniques for efficient piezoelectric energy harvesting", IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control, v54, p1851-1859. 2007
[98] KOTRA, “申, 디지털 영상보안설비 시장동향”, 2010. 7.
[99] Lawrence E. E. and Snyder G. J., "A study of Heat Sink Performance in Air and Soil for use in a Thermoelectric Energy Harvesting Device,", Proceedings of the 21st International Conference on Thermoelectronics Portland, OR. 2002
[100] Lee H. S., "Thermal Design: Heat Sinks, Thermoelectrics, Heat Pipes, Compact Heat Exchanger, and Solar Cells,", John Wiley Inc. 2010
[101] Lee, S., Youn, B.D., and Jung, B.C., “Robust segment-type energy harvester and its application to a wireless sensor,” Smart Material and Structures, Vol. 18, 095021. 2009
[102] Levitt, J., Complete guide to predictive and preventive maintenance, Industrial Press, New York. 2002
[103] LIG넥스원, "CBM 도입을 통한 정비효율성 제고방안", 기술보고서. 2008
[104] Lin, D., Wiseman, M., Banjevic, D., and Jardine, A.K.S., “An approach to signal processing and condition-based maintenance for gearboxes subject to tooth failure”, Mechanical Systems and Signal Processing, 18, 993-1007. 2004
[105] Lin, W. S. W. and Adams, B. M., “Combined Control Charts for Forecast-Based Monitoring Schemes," Journal of Quality Technology, 28(3), 289-301. 1996
[106] Lossec M., B. Multon, H. Ben Ahmed, C. Goupil, "Thermoelectric generator placed on the human body: system modeling and energy conversion

improvements", J. Applied Physics, v52, 11103, 2010
[107] Lu F, Lee H P, Lim S P, "Modeling and analysis of micro piezoelectric power generators for micro-electromechanical-systems applications", Smart Mater. Struct., v13 p57-63. 2004
[108] Manual, "VVVF type Electrical Multiple Unit Maintenance Manual," Korean Operator. 2005
[109] Meydbray Y., R. Singh, Ali Shakouri, "Thermoelectric Module Construction for Low Temperature Gradient Power Generation", IEEE International Conference on Thermoelectrics, pp348-251, 2005
[110] MIL-1629a, Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis. 1980
[111] MIL-HDBK-2173 (AS), Handbook for Reliability-Centered Maintenance Requirements for Naval Aircraft, Weapons systems and Support Equipment.
[112] Montgomery, D. C. and Mastrangelo, C. M., “Some Statistical Process Control Methods for Autocorrelated Data," Journal of Quality Technology, 23(3), 179-193. 1991
[113] Moubray, J., Reliability-Centered Maintenance, 2nd ed., Industrial Press, New York. 1997
[114] Nathan S. Shenck , Joseph Paradiso, "Energy Scavenging with Shoe Mounted Piezoelectrics," IEEE Micro, v21. 2001
[115] NAVAIR 00-25-403, Guidelines for the naval aviation reliability-centered maintenance process.
[116] Niebel, B. N., Engineering Maintenance Management, 2nd ed., Marcel Dekker, New York. 1996
[117] Oh, J. G., "SAW Based Passive Radio Sensors using Energy Gathering Method," Ph.D. Thesis, University of Sogang, pp. 25-29. 2005
[118] Oriane GATIN, David SANZ, Benjamin L'HENORET, Pieere-GAUTIER I, "Wireless Sensor Network opportunities for railway enviroment at SNCF", SNCF-KRRI meeting on WSN, 2010
[119] Ottman G K, Hofmann H F, Bhatt A C, Lesieutre G A, "Adaptive piezoelectric energy harvesting circuit for wireless remote power supply", IEEE Trans. Power Electron. v17, p669-676. 2002
[120] Ottman G K, Hofmann H F, Lesieutre G A, "Optimized piezoelectric energy harvesting circuit using step-down converter in discontinuous conduction mode", IEEE Trans. Power Electron., v18, p696-703, 2003
[121] Paulo J., P. D. Gaspar, "Review and Future Trend of Energy Harvesting Methods for Portable Medical Devices,", proceedings of the World Congress on Engineering 2010, v2, 2010
[122] Peter Harrop, "Energy harvesting WSN at SNCF France," J. Energy Harvesting, Article, 4 Jan. 2010

[123] Piezo systems product catalog. (cited 2011 22 March) Available from http://www.piezo.com/catalog7C.pdf
[124] Pitak Laoratanakul, Bonding agent selections for a laminated piezoelectric transformer aiming to improve power capability
[125] Poudeu, P. F. R., "High Thermoelectric Figure of Merit and Nanostructuring in Bulk p-type ,", Angew. Chem. Int. Edn 45, pp3835-3839. 2006
[126] Pucher, K. Fire tests in the Zwenberg Tunnel(Austria). Proceedings of the International Conference on Fires in Tunnels, Boras, Sweden, 10-11 October 1994, pp187-194
[127] Qing-Ming Wang, L. Eric Cross, "Constitutive Equations of Symmetrical Triple Layer Piezoelectric Benders", IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control, v46, n6, 1999
[128] Quintiere, J. G. Scaling applications in fire research. Fire Safety Journal, 1989, 15, pp3-29.
[129] Rama Venkatasubramanian, Edward Siivola, Thomas Colpitts, and Brooks O'Quinn, "Thin-film thermoelectric devices with high room-temperature figures of merit", Macmillan Magazine Ltd, v413, pp597-602. 2001
[130] Rodriguez A., J. G. Vian, D. Astrain, A. Martinez, "Study of thermoelectric systems applied to electric power generation", Energy Conversion and Management, v50, pp1236-1243. 2009
[131] Roundy S, Wright P, Pister K, "Micro electrostatic vibration to electricity converters", Proc. IMECE 2002, pp1-10. 2002
[132] Roundy S., V. Sundararajan, "Improving Power Output for Vibration-Based Energy Scavengers", IEEE CS, pp28-36, 2005
[133] Roundy, S. and Wright P.K., "A piezoelectric vibration based generator for wireless electronics," Smart Materials and Structures, v13, pp. 1131-1142. 2004
[134] Roy Freeland, " Vibration Energy Harvesting" Perpetuum, Korea Rail Mar 2011
[135] SAE JA1012, A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard.
[136] Saranga, H. and Knezevic, J., “Reliability prediction for condition-based maintained systems”, Reliability Engineering & System Safety, 71, 219-224. 2001
[137] SDS journal of IT service, “융합보안시장 동향 보고”, 2010. 9.
[138] SHAD Roundy, Paul Kenneth Wright, Jan M.Rabaey, Energy Scavenging for Wireless Sensor Networks, Kluwer, 2004
[139] Shashank Priya, Daniel J. Inman, Energy Harvesting Technologies, Springer. 2009
[140] Shunfeng Cheng, Michael H. Azarian, Michael G. Pecht, "Sensor Systems for

Prognostics and Health Management", Sensors, v10, pp5774-5797, 2010
[141] Sodano H A, Inman D J and Park G, "Comparison of piezoelectric energy harvesting devices for recharging batteries" J. Intell. Mater. Syst. Struct. 16 799. 2005
[142] Sodano H A, Inman D J and Park G, "Generation and storage of electricity from power harvesting devices" J. Intell. Mater. Syst. Struct. 16 67. 2005
[143] Sodano H A, Inman D J, Park G, "A review of power harvesting from vibration using piezoelectric materials" Shock Vib. Dig. v36, pp197. 2004
[144] Sodano H A, Lloyd J and Inman D J, "An experimental comparison between several active composite actuators for power generation" Smart Mater. Struct. 15 1211-6. 2006
[145] Sodano H. A., G. Park, D. J. Inman, "Estimation of Electric Charge Output for Piezoelectric Energy Harvesting,", Strain, v40, pp49-58, 2004
[146] Sodano H. A., Simmers G. E., Dereux R., Inman D. J., "Recharging Batteries using Energy Harvested from Thermal Gradients" J. Intell. Mater. Syst. Struct., v18, n1, pp3-10. 2007
[147] Soobum Lee, Byeng D Youn, "A design and experimental verification methodology for an energy harvester skin structure", Smart Material and Structure, v20, pp9, 2011
[148] State of the Road Tunnel Equipment Technology in Japadn Ventilation, Lighting, Safety Equipment. Technical Note, Japanese Public Works Research Institute(PWRI), ministry of Construction, Japan, September 1993, pp35-47.
[149] Strang, G. and Nguyen, T., Wavelets and Filter Banks, Wellesley-Cambridge Press, MA. 1997
[150] Tsang, A. H. C., "Conidition-based maintenance tools and decision making", Journal of Quality in Maintenance Engineering, 1(3), 3-17. 1995
[151] Va´ zquez J, Sanz-Bobi M A, Palacios R and Arenas A, "State of the Art of Thermoelectric Generators Based on Heat Recovered from the Exhaust Gases of Automobiles,", Proceedings of the 7th European Workshop on Thermoelectrics. 2002
[152] Wang Z. L., "Energy Harvesting for Self-Powered Nanosystem," Nano Res., v1, pp1. 2008
[153] Wireman, T., World class maintenance management, Industrial Press, New York. 1990
[154] Yen Kheng Tan, Sanjib Kumar Panda,, "Review of Energy Harvesting Technologies for Sustainable wireless sensor network", Sustainable Wireless sensor networks, pp.15-43
[155] 건설교통부, “철도화재 조기탐지/자동소화 장치개발”, 2004
[156] 고경찬 박외철, “FDS를 이용한 실내화재의 문제점”, 산업안전 학회지, 제19권 제1호 pp18-22, 2004

[157] 고승우, 고권현, 유홍선, “액적분열을 고려한 미세물분무 화재제어에 대한 수치해석”, 한국철도학회논문집, 제9권, 제6호, pp625-629, 2006
[158] 高草木明, 空調機器の信賴度·保全度調査研究, 日本建築學會計劃系論文報告集 , 436호, 1-9. 1992
[159] 광주광역시, “도시환경 그린화 스마트 영상관제 솔루션 육성사업에 관한 보고서” 2011.5
[160] 김두현, “국방분야 녹색기술 선진국의 연구개발 동향”, 국방과학논단, pp56-61, 2010
[161] 김식, “미래병사체계 기술개발 동향”, 국방과학기술조사서, pp76-87, 2010
[162] 김정엽 외 8명, “도시철도 환경개선 및 방재를 위한 스크린도어 시스템 최적설계기술 개발”, 2004
[163] 도시철도 건설규칙” 건설교통부령 412호, 2004년 12월 개정
[164] 박창규, “특별기고-녹생성장과 국방”, 국방과 기술, pp42-55, 2009
[165] 영상보안시스템 기술 동향”, 정보보호학회 논문지, 제19권 5호, 2009. 10
[166] 유병곤, “MEMS 기술을 이용한 에너지 하베스팅 기술”, 전자통신동향분석, 제23권, 제6호, pp48-58, 2008
[167] 유인성, 홍희영, “Eco Step", 인천 국제 디자인 어워드 (IIDA 2009)
[168] 이덕희 외 4명 “철도차량 화재 시 열방출률 곡선의 표준화 방안 연구”, 한국철도학회 추계학술대회 논문집, 2010
[169] 이동호, “지하철 역사의 공기질 개선을 위한 최적 환기 방식에 관한 연구”, 인천지역환경기술개발센터,
[170] 일본문부과학성 과학기술정책연구소, “2040년의 과학기술”, 2012
[171] 장용준, “사각 단면을 갖는 철도차량 주위의 3차원 유동해석”, 한국철도학회논문집, 제9권, 제6호, pp772-777, 2006
[172] 장희철, 김태국, 박원희, 김동현, “지하역사에서 화재 발생시 자연풍 및 강제배연의 영향에 대한 수치적 연구”, Jour. of the ITS, CAU., VOL34 pp23-30, 2004
[173] 장희철, 김태국, 박원희, 손봉세, “지하철 역사에서 화재발생시 배연 팬의 운전조건에 따른 화재 특성연구”,(사) 한국화재소방학회, 서울특별시 소방학교 공동 추계학술논문 발표회, B09, pp230-240, 2005
[174] 전자정보센터, “지능형 영상보안 기술현황 및 동향”, 2008. 8.
[175] 田中弘, 空調設備の子防保全に關する解釋的研究, 日本建築學會計劃系論文報告集, 430호, 45-53. 1991
[176] 정영훈, 조정호, 이영진, 백종후, “나노선 기반 압전 에너지 하베스팅 소재”, 전기전자재료, 제23권, 제9호, p3-11, 2010
[177] 조래혁,박채형, 이학선. "레일절손 감시시스템 개발", 대우엔지니어링 기술보, 제26권 1호, pp70~89
[178] 철도 건설 본부, “영동선 동백산-도계 간 철도이설 건설공사 실시설계 보고서 (환기설비)”, 1999
[179] 철도 시설 안전기준에 관한규칙(건476,05/10), 철도 시설 안전기준에 관한지침 (건395,06/9)
[180] 철도시설 안전기준에 관한 규칙” 건설교통부령 제476호

[181] 철도시스템 건전성 모니터링 기초연구 보고서. 한국철도기술연구원. 2010
[182] 한국 철도시설공단, “중앙선 원주-봉양 간 복선전철 노반 기본설계 및 보양-제천 간 복선전철 노반 기본 및 실시설계”, 2004
[183] 한국건설교통기술평가원, “장대 철도터널 화염방재 기술 및 환기 공조시스템 개발”, 2004
[184] 한국철도공사, “2011철도통계연보”, 2011
[185] 한국철도기술연구원, “철도화재 안전 매뉴얼”, 2011
[186] 한국철도기술연구원, “철도화재 안전성능 평가 및 사고방지 기술개발”, 2011

부 록

<부록 1> 2007~2011년 기준 위험사건별 위험도 산정

<부록 2> 감시제어대상 선정을 위한 위험요인별 위험도 분석

<부록 3> 철도안전 융합시스템 적용 기반 구축 설문지

<부록 4> 철도시스템 주요 위험요인 및 위험요인별 안전관리 현황 및 개선방안

<부록 1> 2007~2011년 기준 위험사건별 위험도 산정

가. 위험사건별 위험도 분석 상세자료

위험사건분류	위험사건명	사고 위험도	위험도 (5년평균)	사고 발생빈도	피해 심각도	등가사망 합계
교통사상-여객	여객이 승강장 등에서 열차에 고의로 뛰어들어 치임(자살추정)	223.535	44.707	323	0.692059	223.535
교통사상-공중	공중이 선로무단침입(통행)하여 열차에 치임	209.67	41.934	288	0.728021	209.67
교통사상-공중	공중이 선로내에서 누움/서있음/앉음/열차에 뛰어듬 등으로 열차에 치임(자살추정)	147.11	29.422	156	0.943013	147.11
교통사상-여객	여객이 선로내에서 누움/서있음/앉음/열차에 뛰어듬 등으로 열차에 치임(자살추정)	60.72	12.144	80	0.759	60.72
교통사상-직원	직원이 작업중(통행중)에 열차에 치임	18.405	3.681	29	0.634655	18.405
건널목사고	위반진입에 의한 차단기 돌파/우회에 따른 건널목사고	16.25	3.25	40	0.40625	16.25
교통사상-여객	여객이 선로(차량)근접/통행하다 열차에 치이거나 접촉(승강장 안전지역 이탈)	15.835	3.167	47	0.336915	15.835
교통사상-공중	건널목에서공중(통행자)이여객열차에치임.	14.7	2.94	21	0.7	14.7
교통사상-여객	여객이 선로무단침입(통행)하여 열차에 치임	11.41	2.282	17	0.671176	11.41
교통사상-여객	여객이 승강장에서 선로로 떨어져 열차에 치임	10.82	2.164	21	0.515238	10.82
교통사상-공중	공중이 승강장 등에서 열차에	10.1	2.02	11	0.918182	10.1

	고의로 뛰어들어 치임(자살추정)					
안전사상-공중	공중이 전차선로(전력선)에 감전됨	8.9	1.78	26	0.342308	8.9
안전사상-여객	여객이 역에서 넘어짐(승강장 제외)	7.405	1.481	55	0.134636	7.405
교통사상-공중	건널목에서공중(통행자)이여객외 열차에치임.	6.105	1.221	6	1.0175	6.105
건널목사고	위반진입에 의한 경보중 진입에 따른 건널목사고	5.735	1.147	35	0.163857	5.735
안전사상-직원	직원이 작업장에서 넘어짐	5.495	1.099	73	0.075274	5.495
교통사상-직원	직원이 열차 바깥의 구조물(물체)에 충격	5.315	1.063	6	0.885833	5.315
안전사상-직원	직원이 작업중 철로교/사다리/비계/전주/작업장 등에서 추락	4.76	0.952	40	0.119	4.76
안전사상-직원	작업장에서 직원이 장비(공구/ 장치/기계/자재/자동차 등)에 충격	4.59	0.918	82	0.055976	4.59
안전사상-직원	직원이 장비(차량/공구/장치/기계/자재 등)에 끼임	3.81	0.762	59	0.064576	3.81
안전사상-직원	직원이 전차선로(전력선)에 감전됨	3.515	0.703	18	0.195278	3.515
안전사상-여객	여객이 승강장에서 선로로 떨어짐	3.405	0.681	36	0.094583	3.405
안전사상-직원	직원이 낙하(비산)물에 충격	3.17	0.634	27	0.117407	3.17
안전사상-직원	직원이 전기설비/장치(차량전기)에 감전됨	2.335	0.467	12	0.194583	2.335
교통사상-여객	여객이 열차와 스크린도어 사이에 끼임	2.2	0.44	4	0.55	2.2
교통사상-여객	여객이 열차에서	2.1	0.42	3	0.7	2.1

	추락하여 열차에 치임(출입문 결함/뛰어내림/뛰어탐 등)					
교통사상-여객	여객이 구내건널목을 건너가다가 열차에 치임(선로내/선로변 통행, 침입)	2	0.4	2	1	2
안전사상-여객	여객이 물체/장비 등에 충격	2	0.4	1	2	2
안전사상-직원	직원이 차량 승/하차 중 추락(차량운행과 관계 없는 경우)	1.705	0.341	9	0.189444	1.705
안전사상-여객	역에서 여객이 전차선로(전력선)에 감전됨	1.605	0.321	8	0.200625	1.605
교통사상-직원	직원이 열차에서 선로로 떨어짐	1.41	0.282	6	0.235	1.41
교통사상-여객	여객이 승하차시 넘어짐	1.335	0.267	11	0.121364	1.335
안전사상-여객	여객이 승강장에서 넘어짐	1.315	0.263	7	0.187857	1.315
안전사상-직원	사업장내 직원 환자(부상) 발생	1.225	0.245	16	0.076563	1.225
교통사상-공중	공중이 선로근접통행하다 열차에 치이거나 접촉(승강장 안전지역 이탈)	1.205	0.241	4	0.30125	1.205
교통사상-직원	직원이 작업중 열차(차량)에서 뛰어타거나 뛰어내리다 추락하거나 넘어짐	1.205	0.241	4	0.30125	1.205
안전사상-여객	여객이 역사 내부 시설물/장소 등에서 추락(뛰어내림)	1.205	0.241	4	0.30125	1.205
안전사상-직원	직원이 차량 지붕에서 추락	1.2	0.24	3	0.4	1.2
안전사상-공중	공중이 역사 외부 시설물/장소 등에서 추락(뛰어내림)	1.11	0.222	3	0.37	1.11
교통사상-직원	직원이 열차와 구조물(물체)간 간섭으로 충격	1.1	0.22	2	0.55	1.1

교통사상-공중	공중의 기타 위험사건	1.005	0.201	2	0.5025	1.005
건널목사고	추진/제동 부족으로 건널목 갇힘(지체)에 따른 건널목사고	1	0.2	3	0.333333	1
교통사상-공중	공중이 구내건널목(임시통로)를 건너가다가 열차에 치임	1	0.2	1	1	1
안전사상-공중	공중이 승강장에서 선로로 떨어짐	1	0.2	1	1	1
안전사상-직원	직원이 선로변/건널목에서 넘어짐(열차운행과 관계 없는 경우)	0.92	0.184	13	0.070769	0.92
교통사상-여객	여객이 운행 열차(차량)에서 추락/ 뛰어내림(역)	0.82	0.164	12	0.068333	0.82
안전사상-직원	직원의 기타 위험사건	0.72	0.144	8	0.09	0.72
안전사상-직원	직원이 차량출입문/설비 등에 끼임	0.53	0.106	11	0.048182	0.53
교통사상-여객	여객이승/하차중 승강장으로추락(열차와승강장사이포함)	0.52	0.104	9	0.057778	0.52
교통사상-여객	여객이 열차 출입문/설비 등에 끼임	0.42	0.084	25	0.0168	0.42
교통사상-직원	직원이 열차에 승하차시 전도, 미끄러짐	0.405	0.081	3	0.135	0.405
교통사상-직원	직원이 차량과 작업대(선로) 사이에 끼임	0.4	0.08	4	0.1	0.4
안전사상-직원	직원이 역사 내부 시설물/장소에서 추락(뛰어내림)	0.305	0.061	4	0.07625	0.305
교통사상-여객	열차내 환자(부상)발생	0.25	0.05	2	0.125	0.25
건널목사고	건널목 전후차량으로 건널목에 정차됨(통과지체)에 따른	0.21	0.042	8	0.02625	0.21

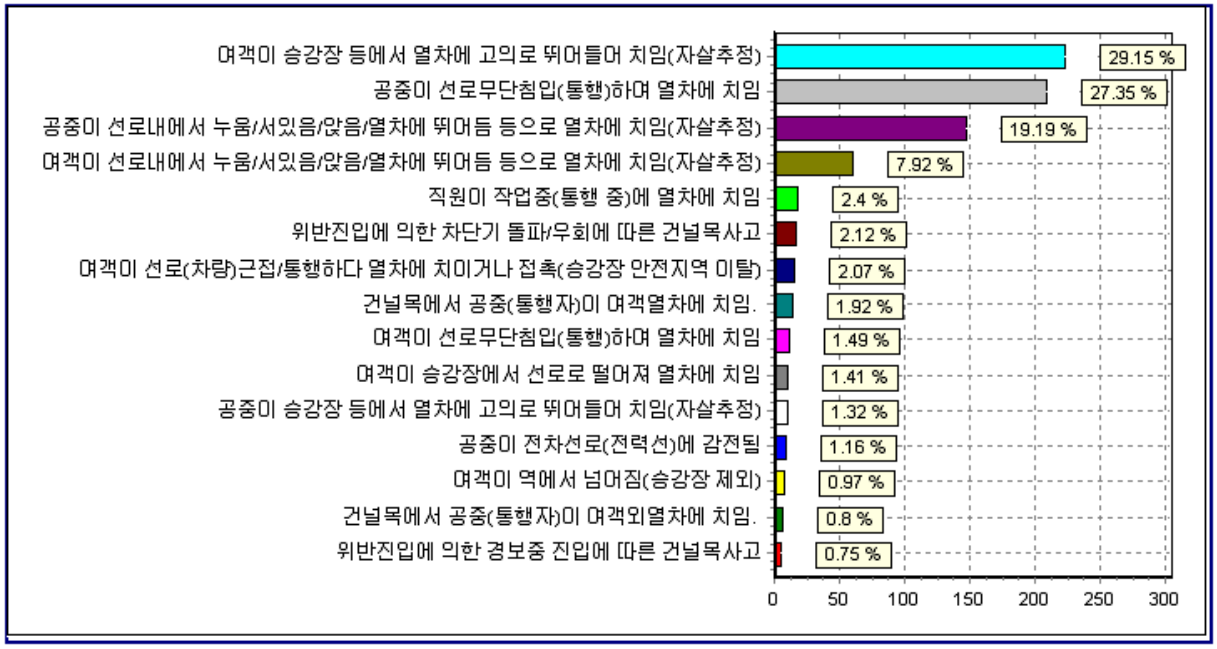
	건널목사고					
교통사상-여객	여객이 열차와 승강장 사이에 끼임	0.21	0.042	4	0.0525	0.21
안전사상-직원	직원이 차량 승/하차 중 넘어짐(차량운행과 관계 없는 경우)	0.21	0.042	4	0.0525	0.21
교통사상-직원	직원이 열차설비(장치/기계/공구)에 끼임	0.205	0.041	3	0.068333	0.205
교통사상-직원	직원이 작업중 급정차 또는 급출발로 열차(차량)에서 떨어짐	0.2	0.04	2	0.1	0.2
안전사상-직원	직원이 승강장에서 추락(뛰어내림)	0.2	0.04	2	0.1	0.2
안전사상-직원	직원이작업장비(휴대용동력공구, 선로보수중장비 등)발열부/고온부 접촉으로화상	0.2	0.04	2	0.1	0.2
안전사상-직원	직원이폭행/협박 받음	0.2	0.04	2	0.1	0.2
안전사상-직원	작업장 직원 사상자 발견(차량운행과 관계 없는 경우)	0.2	0.04	2	0.1	0.2
교통사상-여객	여객이 열차내에서 넘어짐	0.155	0.031	8	0.019375	0.155
교통사상-여객	여객이 열차 출입문 등에 충격(외부/통로/화장실출입문)	0.105	0.021	2	0.0525	0.105
교통사상-여객	여객의 기타 위험사건	0.105	0.021	2	0.0525	0.105
교통사상-직원	직원이 차량장치(출입문/기구/기계/공구 등)에 충격	0.105	0.021	2	0.0525	0.105
안전사상-직원	직원이 차량 출입문 등에 충격(외부/통로/화장실출입문)	0.105	0.021	2	0.0525	0.105
안전사상-직원	직원이 차량설비 접촉 및 위험물질 노출/누출로 화상(차량운행과	0.105	0.021	2	0.0525	0.105

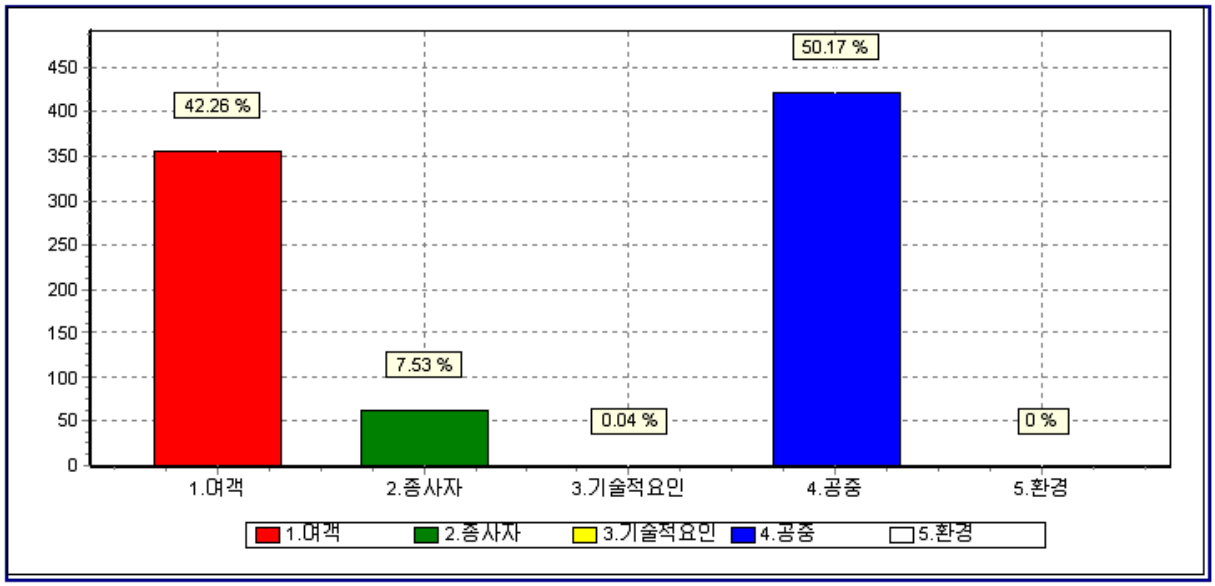
	관계 없는 경우)					
열차충돌사고	신호/지시취급 결함의 원인으로 운전취급결함이 발생하여 열차충돌	0.1	0.02	2	0.05	0.1
건널목사고	추진/제동부족으로 차단기 돌파/우회에 따른 건널목사고	0.1	0.02	1	0.1	0.1
교통사상-여객	여객이 열차 바깥의 구조물(물체)에 충격	0.1	0.02	1	0.1	0.1
교통사상-여객	여객이 운행 열차(차량)에서 추락/ 뛰어내림(역외)	0.1	0.02	1	0.1	0.1
교통사상-직원	직원이 열차와 승강장 사이에 끼임	0.1	0.02	1	0.1	0.1
안전사상-여객	여객이 선로/건널목에서 넘어짐(차량운행과 관계 없는 경우)	0.1	0.02	1	0.1	0.1
안전사상-여객	여객이 차량 승/하차 중 추락(차량운행과 관계 없는 경우)	0.1	0.02	1	0.1	0.1
안전사상-여객	역사내 여객 사상자 발견(차량운행과 관계 없는 경우)	0.1	0.02	1	0.1	0.1
안전사상-공중	공중의 기타 위험사건	0.1	0.02	1	0.1	0.1
안전사상-직원	역사내 직원 환자(부상) 발생(차량운행과 관계 없는 경우)	0.1	0.02	1	0.1	0.1
건널목사고	한계지장/걸림으로 경보중 진입에 따른 건널목사고	0.035	0.007	1	0.035	0.035
열차충돌사고	외부장애물(차량부품/시설 제외) 등 선로상의 장애물에 따른 열차충돌	0.025	0.005	3	0.008333	0.025
열차충돌사고	폐색(궤도회로)결함의 원인으로 진로구성결함이 발생하여	0.02	0.004	1	0.02	0.02

	열차충돌					
교통사상-여객	여객이 열차내에서 구조물이나 낙하(비산)하는 물체에 충격	0.02	0.004	4	0.005	0.02
교통사상-공중	공중이 열차를 피하려다 넘어져 부상	0.015	0.003	3	0.005	0.015
교통사상-공중	공중이 열차운행 비산물에 충격	0.01	0.002	1	0.01	0.01
안전사상-공중	공중이 선로/건널목에서 넘어짐	0.01	0.002	1	0.01	0.01
교통사상-직원	직원이 열차운행 비산물에 충격	0.005	0.001	1	0.005	0.005
교통사상-직원	직원이 열차밖에서 날아온 외부물체에 충격	0.005	0.001	1	0.005	0.005
교통사상-직원	직원이 승강장에서 넘어짐	0.005	0.001	1	0.005	0.005
교통사상-직원	직원이 열차출입문 등에 끼임	0.005	0.001	1	0.005	0.005
교통사상-직원	직원이 시설/설비결함(취급오류) 등으로 인해 열차에서 화상	0.005	0.001	1	0.005	0.005
안전사상-여객	여객이 차량 출입문 등에 충격(외부/통로/화장실출입문)	0.005	0.001	1	0.005	0.005
안전사상-여객	역에서 여객이 전기설비(차량)에 감전됨	0.005	0.001	1	0.005	0.005
안전사상-여객	여객의 기타 위험사건	0.005	0.001	1	0.005	0.005
안전사상-직원	직원이 역구내 시설물에 끼임	0.005	0.001	1	0.005	0.005
열차탈선사고	선로전환(장치/취급)결함의 원인으로 진로구성결함이 발생하여 열차탈선	0	0	3	0	0
열차탈선사고	신호/지시취급 결함의 원인으로 운전취급결함이 발생하여 열차탈선	0	0	3	0	0

열차탈선사고	궤도결함 등 선로결함으로 열차탈선	0	0	3	0	0
열차탈선사고	열차분리의원인으로열차이상이 발생하여 열차탈선	0	0	1	0	0
열차탈선사고	외부장애물(차량부품/시설 제외) 등 선로상의 장애물에 따른 열차탈선	0	0	1	0	0
열차탈선사고	주행장치 결함으로 열차탈선	0	0	2	0	0
열차탈선사고	차량-궤도 인터페이스 부적합 등 하중분포에 따른 열차탈선	0	0	2	0	0
열차탈선사고	열차탈선 기타 위험사건	0	0	2	0	0
건널목사고	엔진정지(고장)로 건널목 간힘에 따른 건널목사고	0	0	1	0	0
건널목사고	보판이탈로 건널목 간힘에 따른 건널목사고	0	0	5	0	0
건널목사고	출구차단으로 건널목 간힘에 따른 건널목사고	0	0	1	0	0
건널목사고	한계지장/걸림으로 차단기 돌파/우회에 따른 건널목사고	0	0	1	0	0
건널목사고	건널목 안내/관리/시설취급 오류에 따른 건널목 사고	0	0	2	0	0
건널목사고	건널목 기타 위험사건	0	0	1	0	0
화재사고	역사,기계실,터널 등의철도시설화재	0	0	6	0	0
화재사고	철도차량에서 발생한 화재(운행차량 아님)	0	0	2	0	0
시설물파손사고	신호 및 전기설비 파손	0	0	1	0	0

시설물파손사고	기타 철도시설 파손	0	0	1	0	0
합계		840.005	168.001	1812	0.463579	840.005





<부록 2> 철도안전 융합시스템 적용 기반 구축 설문지
- 관제업무종사자 대상 설문(중간보고 이후 시행예정)

본 설문지는 2013년 국가연구개발 사업의 일환으로 국토교통과학기술진흥원에서 발주한 미래철도 기술개발 사업 중 **『철도안전 융합시스템 적용 기반분석 기획』**의 일환으로 철도교통 관제센타에서 근무하는 관제사분들에 업무 중 애로사항 및 인적오류 사고예방을 위한 시설기반을 조사 분석하고, 직무상 나타나는 스트레스와 업무에 필요한 기반기술을 접목하고자 의견을 받습니다.

수렴된 의견은 관제사 여러분께 보다 나은 관제업무환경을 제공하는 데 필요한 기초 연구자료로만 사용될 것입니다. 또한 설문지의 내용은 통계법 제33조(비밀의 보장)에 의거하여 무기명으로 처리되며, 개인적인 사항을 확인할 수 없도록 되어 있습니다.

따라서 귀하께서 응답하신 내용은 반드시 **『대외비로 처리』**될 것을 약속드립니다.

본 설문지의 작성에는 약 30분 정도가 소요될 것입니다. 모든 조사항목이 솔직히 응답되어져야 자료로서 분석될 수 있습니다. 귀중한 시간을 할애해 주신데 대해 깊이 감사드리며, 귀하와 철도 그리고 미래의 철도관제사를 사랑하는 마음으로 설문에 **『진솔』**하고 **『성의』** 있게 응답해 주시기를 간곡히 부탁드립니다.

감사합니다.

2013. 8.

연구 책임자 한국철도공사 왕 연 대

연락처 042-615-4665

철도전화 900-4665

☞ 아래 질문은 통계처리를 위한 것입니다. 해당되는 곳에 √표 하여 주시기 바랍니다.

Q01. 귀하의 성별은 무엇입니까?

1) 남 2) 여

Q02. 귀하의 연령은? 만 _____ 세

Q03. 귀하의 믿고 있는 종교는 있으십니까?

1) 있다 2) 없다

Q04. 귀하의 학력은 어디에 해당됩니까?

1) 고졸이하 2) 전문대졸 3) 대졸 4) 대학원졸

Q05. 귀하의 분야는 어디에 해당합니까?

1) 사무영업 2) 운전 3) 차량 4) 시설 5) 전기 6) 기타

Q06. 귀하가 현재 관제하는 선로는 어디에 해당합니까?

1) 고속선 2) 일반선 3) 광역선 4) 전기 5) 통신 6) 기타

Q07. 귀하의 총 철도의 경력은 얼마입니까? _____ 년

Q08. 귀하의 관제사의 경력이 얼마입니까? (과거 사령실의 경력은 포함하지 않음) ___ 년

Q09. 관제사를 하는 동안 사상사고를 얼마나 접수처리하셨습니까?

1) 없다 2) 있다 _____ 건

Q10. 관제사를 하는 동안 사상사고 접수처리시 힘든부분은 무엇이라 생각하십니까?(예:무선통화 두절 등)

_____

Q11. 관제사를 하는 동안 차량고장사고를 얼마나 접수처리하셨습니까?

1) 없다 2) 있다 _____ 건

Q12. 관제사를 하는 동안 차량고장사고 접수처리시 힘든부분은 무엇이라 생각하십니까?(예:무선통화 두절 등)

_____

Q13. 관제사를 하는 동안 시설물(전차선, 신호 등)사고를 얼마나 접수처리하셨습니까?

1) 없다 2) 있다 _____ 건

Q14. 관제사를 하는 동안 시설물(전차선, 신호 등)사고 접수처리시 힘든부분은 무엇이라 생각하십니까?(예:무선통화 두절 등)

_____

Q15. 귀하의 현재 직책은?

1) 관제사 2)선임관제사 3)관제부장 4) 기타

☞ 다음은 고속선에 설치된 감시장치에 대한 내용입니다. 고속선 근무시 동작한 횟수를 적어주시기 바랍니다

번호	감시장치 종류	총 동작횟수	정상동작수	오동작수
16	차축온도검지장치(HBD)			
17	레일온도검지장치(RTCB)			
18	지장물검지장치(ID)			
19	터널경보장치(TACB)			
20	기상검지장치(METEO)			
21	보수자횡단장치(PSC)			
22	끌림검지장치(DD)			
23	분기기히팅장치(PHCB)			
24	지진정보감시장치(EIMS)			
25	고속선주요설비통합감시설비(CCTV)			

☞ 다음은 관제사에 대한 인적오류 부분과 업무개선사항에 대한 사항입니다.

Q 26. 관제업무를 하시면서 실수를 하거나 할 뻔한 경험이 있으십니까?

1) 없다 2) 있다 _____ 건

Q 27. 실수를 한다면 주로 어떤 부분이라 생각하십니까?

_____

Q 28. 관제업무에 대하여 개선사항이 있다면?

1) _____

2) _____

3) _____

4) _____

5) _____

6) _____

7) _____

8) _____

☞ 다음은 직무 스트레스에 대한 조사입니다. 해당되는 항목에 √표하여 주시기 바랍니다.

번호	설 문 내 용	전혀 그렇지 않다	그렇지 않다	그렇다	매우 그렇다
01	근무 장소가 깨끗하고 쾌적하다				
02	내 일은 위험하며 사고를 당할 가능성이 있다.				
03	내 업무는 불편한 자세로 오랫동안 일을 해야 한다.				
04	나는 일이 많아 항상 시간에 쫓기며 일한다.				
05	현재 하던 일을 끝내기 전에 다른 일을 하도록 지시받는다.				
06	업무량이 현저하게 증가하였다.				
07	나는 동료나 부하직원을 돌보고 책임져야할 부담을 안고 있다.				
08	내 업무는 장시간 동안 집중력이 요구된다.				
09	업무 수행 중에 충분한 휴식(짬)이 주어진다.				
10	일이 많아서 직장과 가정에 다 잘하기가 힘들다.				
11	여러 가지 일을 동시에 해야 한다.				
12	내 업무는 창의력을 필요로 한다.				
13	업무관련 사항(업무의 일정, 업무량 회의시간 등)이 예고 없이 갑작스럽게 정해지거나 바뀐다.				
14	내 업무를 수행하기 위해서는 높은 수준의 기술이나 지식이 필요하다.				
15	작업시간, 업무수행과정에서 나에게 대해 결정할 권한이 주어지며 영향력을 행사할 수 있다.				
16	나의 업무량과 작업스케줄을 스스로 조절할 수 있다.				
17	나의 상사는 업무를 완료하는데 도움을 준다.				
18	나의 동료는 업무를 완료하는데 도움을 준다.				
19	직장에서 내가 힘들 때 내가 힘들다는 것을 알아주고 이해해 주는 사람이 있다.				
20	직장생활의 고충을 함께 나눌 동료가 있다.				
21	지금의 직장을 옮겨도 나에게 적합한 새로운 일을 쉽게 찾을 수 있다.				
22	현재의 직장을 그만두어도 현재 수준만큼의 직업(직장)을 쉽게 구할 수 있다.				

☞ 다음은 직무 스트레스에 대한 조사입니다. 해당되는 항목에 √표하여 주시기 바랍니다.

번호	설 문 내 용	전혀 그렇지 않다	그렇지 않다	그렇다	매우 그렇다
23	직장사정이 불안하여 미래가 불확실하다.				
24	나의 직업은 실직하거나 해고당할 염려가 없다				
25	앞으로 2년 동안 현재의 내 직업을 잃을 가능성이 있다.				
26	나의 근무조건이나 상황에 바람직하지 못한 변화(예, 구조조정)가 있었거나 있을 것으로 예상된다.				
27	우리 직장은 근무평가, 인사제도(승진, 부서배치 등)가 공정하고 합리적이다.				
28	업무수행에 필요한 인원, 공간, 시설, 장비, 훈련 등의 지원이 잘 이루어지고 있다.				
29	우리 부서와 타 부서 간에는 마찰이 없고 업무협조가 잘 이루어진다.				
30	근로자, 간부, 경영주 모두가 직장을 위해 한마음으로 일을 한다.				
31	일에 대한 나의 생각을 반영할 수 있는 기회와 통로가 있다.				
32	나의 경력개발과 승진은 무난히 잘 될 것으로 예상한다.				
33	나의 현재 직위는 나의 교육 및 경력에 비추어 볼 때 적절하다.				
34	나의 직업은 내가 평소 기대했던 것에 미치지 못한다.				
35	나의 모든 노력과 업적을 고려할 때 내 봉급/수입은 적절하다.				
36	나의 모든 노력과 업적을 고려할 때, 나는 직장에서 제대로 존중과 신임을 받고 있다.				
37	나는 지금 하는 일에 흥미를 느낀다.				
38	내 사정이 앞으로 더 좋아질 것을 생각하면 힘든 줄 모르고 일하게 된다.				
39	나의 능력을 개발하고 발휘할 수 있는 기회가 주어진다.				
40	회식자리가 불편하다.				
41	기준이나 일관성이 없는 상태로 업무 지시를 받는다.				
42	직장의 분위기가 권위적이고 수직적이다.				
43	남성, 여성이라는 성적인 차이 때문에 불이익을 받는다.				

※ 끝까지 설문에 응답해 주셔서 감사합니다.

〈부록 3〉

철도시스템 주요 위험요인 및 위험요인별 안전관리 현황 및 개선방안

도시철도와 고속철도로 구분하여 주요위험요인과 위험요인별 안전관리 현황 및 개선방안을 작성한다.

1. 주요위험요인

가. 탈선

	위 험 요 인	비 고
1.1	대차부 고장	차 량
1.2	연결장치 고장	〃
1.3	제동부 고장	〃
1.4	차축 고장(고착, 과열 등)	〃
1.5	차륜 고장, 찰상, 마모한계 초과	〃
1.6	터널 내 열차 불안전성(공기역학 상호작용)	차량/운전
1.7	레일 파손	철도토목
1.8	레일 좌굴	〃
1.9	레일 이음매 파손	〃
1.10	궤간 확장	〃
1.11	노반 침하	철도토목/토목
1.12	선로분기기 고장	철도토목/신호
1.13	과속으로 인한 탈선	운 전
1.14	가혹한 기상조건(태풍, 눈, 얼음, 폭우, 강풍)	차량/운전/궤도/신호
1.15	지진	토 목
1.16	차량 탈락물(Tripod 등)	차 량
1.17	구조시설(터널벽, 교량구성) 탈락물	토 목
1.18	건널목 차량 및 보행자 침입	토 목

나. 충돌

	위 험 요 인	비 고
2.1	기관사 신호 오인/미확인/위반	운 전
2.2	신호기 고장 및 작동 오류	신 호
2.3	차량 제동장치 고장	차 량
2.4	제동취급 지연/오류	운 전
2.5	차상신호제어장치(ATS, ATC 등) 고장	차 량
2.6	선로분기기 고장(이선진입)	철도토목/신호
2.7	경로설정 오류(작업자 등)	신 호
2.8	차량 연결기 풀림/파손	차 량
2.9	차량제동 풀림(구름방지 미설치)	〃
2.10	열차 탈락물	〃
2.11	구조시설(터널벽, 교량구성) 탈락물	토 목
2.12	공사장비 지장	철도토목
2.13	산사태(암석/수목/진흙 지장)	토 목
2.14	투척물체	토 목
2.15	대형 장애물(작업자 또는 전열차)	철도토목
2.16	불법점거 및 무단횡단/동물침입	토 목
2.17	차량추락 및 침입	관련없음
2.18	건널목 차량 및 보행자 침입	토 목
2.19	기관사 업무 수행 불가(질병 등)	운 전

다. 화재

	위 험 요 인	비 고
3.1	견인전동기 결함/고장	차 량
3.2	배터리 결함/고장	〃
3.3	변압기/저항기 결함/고장	〃
3.4	차단기/전류집전 결함/고장	〃
3.5	압축공기 공급장치(폭발)	〃
3.6	제륜자 불꽃	〃
3.7	기계장치 과열(베어링/차축)	〃
3.8	동력장치 화재(엔진/배기시스템)	〃
3.9	연료, 오일 누출(탱크/연결관)	〃
3.10	차량내부 인화물질	〃
3.11	실화(승무원/작업자)	운 전
3.12	전기합선/누전(차량기기/전차선/집전장치)	차량/전기
3.13	선로변 산불 확산	철도토목
3.14	터널 전기장치 화재	전 기
3.15	실화	공 통
3.16	시설물 방화	공 통

라. 사상

	위 험 요 인	비 고
4.1	열차 운행 중 출입문 개방	차 량
4.2	열차 출입문 끼임	〃
4.3	출입문 오작동/고장(승객앞에서 닫힘 등)	〃
4.4	열차 탑승 중 전도, 실족	〃
4.5	폭행/범죄	〃
4.6	연기, 독가스에 누출	〃
4.7	전기아크에 노출	〃
4.8	전차선 감전	전 기
4.9	전도레일 감전	전 기
4.10	승강장에서 열차로 추락	전 자
4.11	승강장에서 전도, 실족	건 축
4.12	계단, 에스컬레이터에서 전도, 실족	기계/건축
4.13	기기 과열(전기합선, 난방기)	전 기
4.14	열차내부 기기(노출배선, 누전)	차 량
4.15	자살시도	전자(PSD)
4.16	역구내 선로횡단	철도토목
4.17	본선 불법침입	토 목
4.18	건널목 보행자/자전거 전도, 실족	차 량
4.19	비산물체(공중, 작업자)	공 통
4.20	작업자 열차에 치임	철도토목

2. 위험요인별 안전관리 현황 및 개선방안

가. 탈선

위험요인	1.1 대차부 고장
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- (관련기기) 대차프FP임,센타피봇장치,공기스프링,윤축,드라이빙기어, 제동장치, 차륜, 모타로 분류 (안전관리) ○ 도착검사 (입고 시) - 외관검사 · 변형,손상,균열,파손,탈락,누기,누유 및 변색 등 검사 ○ 일상검사 (주기 : 3일) - 외관 및 기능 확인 검사 · 변형,손상,균열,파손,탈락,누기,누유 및 변색 등 검사 ○ 월상검사 (주기 3개월 또는 50,000Km) - 상태점검 및 기능확인을 시행 · 변압기 오일필터 시험 및 교환 필요시 라디에이터청소 ○ 중간검사 (주기 : 3년 또는 50만 Km) - 주요부품을 분해검사·수선 및 시험 · 분리-분해-세척-정비-시험-취부 ○ 전반검사 (주기 : 6년 또는 100만 Km) - 해체 필요한 부품을 분해검사·수선 - 자기탐상 시행 · 볼스타앵커, 대차틀 탐상 ○ 특별검사 - 전동차 개조등을 목적으로 특별히 계획에 의해 시행 · 대차프레임 일제점검 트렌솜 크로스빔 용접부, 기어행거취부 브라케 용접부, TM마운틴 브라켓 용접부 균열에 따른 형광침투탐상 -고속철도- ○ 차량 안전설비 - 축상 베어링 과열에 대하여 지상에서 감시(고속열차) - KTX 트리폴리 축의 이상 진동을 센서에 의해 모니터링하고, 기준 값 이상으로 커지면 제동이 작동됨(고속열차) - 대차프레임에 탈선센서 설치하여, 좌우 가속진동 값이 기준 값을 초과 시 제동이 작동됨(고속전철, 틸팅차량 등)

	- 대차불안정(횡진동)발생시 감지센서로 모니터링 - 감지센서는 불량발생시 교환 ○ 유지보수 시 안전점검 - 일상/월상/분기검사 시 차륜, 차축, 대차 프레임, 전동기, 제동장치 등 검사 - 경/중정비(60km 주행 또는 2년 이내) 분해검사 시 프레임, 차축/차륜의 UT 또는 자분탐상 검사
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 일·월상검사 시 대차부 육안 및 청각검사 취약 ○ 미세에어누기를 청각에 의존 검사시행 ○ 대차부 센터피봇 볼트탈락 및 트렌숀 균열발생 -고속철도- ○ 감지센서의 신뢰도 저하 ○ 차축 및 차륜의 자분탐상으로 완전한 크랙 검사가 어려움 ○ 베어링 과열은 지상에서 감지하여 종합사령실에 통보되므로 베어링이 발열 시 차량에서 조치를 취하기까지 많은 시간이 소요되어 탈선 등 사고위험이 있음. ○ 탈선센서가 대차 프레임에 설치되어 있어, 좌우진동 가속도의 민감도가 떨어져 실질적인 탈선방지 기능을 제대로 발휘하지 못하며 또한 모니터링이 안 되어 제동체결 시 기관사가 상황 파악을 해야 함
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 특별검사를 통한 취약개조 정밀점검 시행 ○ 대차부에 대한 초음파 탐상 및 자분탐상을 통한 정밀점검 ○ 미세에어누기를 검지할 수 있는 방안 모색 -고속철도- ○ 주행거리 60만Km 주행 또는 18개월 이내 분해검사 시 완전한 크랙 검사를 위하여, 대차 차축 및 차륜의 초음파 검사 장비를 이용한 검사 실행(일본 유지보수 사례) - 차축 및 차륜의 초음파 검사 : JR 서일본 하카타 종합차량소(유지보수) 참조 - 차량 검사 주기 : 프랑스 EIM-TGV 샬틸론 차량기지(유지보수) 참조 ○ 대차 축상에 베어링 온도센서를 설치하여 차량진단장치에 의해 모니터링이 되어 운전사가 조치할 수 있도록 개선 ○ 탈선센서를 축상에 설치하여, 기준값 이상의 이상 진동이

	발생 시 즉시 자동적으로 제동이 체결되고, 차량진단장치에 의해 모니터링 되도록 개선이 필요함 ○ 탈선은 분기기 등을 통과 시 발생함으로 탈선 위험 구간 통과 시 운전사가 선로상태를 확인 할 수 있는 CCTV 설치하여 모니터링이 가능 하도록 개선이 필요함

위험요인	1.2 연결장치 고장
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- (관련기기) 밀착연결기, 샹크가이드, 고무완충기 및 연결기 요크핀 (안전관리) ○ 도착검사 (입고 시) - 외관검사 · 외관 및 누기 검사 ○ 일상검사 (주기 : 3일) - 외관검사 · 외관 및 누기 검사 ○ 월상검사 (주기 3개월 또는 50,000Km) - 외관 및 상태점검 시행 · 습동부 급유 및 작동상태 · 연결기 접합상태, 접합면의 공기누기 확인 · 샹크가이드 마모판 탈락 유무 및 높이조정, 체결, 변형, 균열 이완여부 검사 · 고무완충기 와 요오크 결합상태 및 리벳상태 ○ 중간검사 (주기 : 3년 또는 50만 Km) - 주요부품을 분해검사·수선 및 시험 · 세척, 전처리작업(녹방지), 공기압시험 - 자기탐상 시행 · 자분액 분산 결함 무늬가 선명하게 노출되는지 검사 · 밀착연결기 및 요크 핀 자분탐상 ○ 전반검사 (주기 : 6년 또는 100만 Km) - 해체 필요한 부품을 분해검사·수선 · 세척, 전처리작업(녹방지),공기압시험 · 밀착연결기 장착전 공기주입시험 · 밀착연결기 시험전용 공기압축기사용(10kg/㎠) - 자기탐상 시행 · 자분액 분산 결함 무늬가 선명하게 노출되는지 검사 · 밀착연결기 및 요크 핀 자분탐상

	○ 임시검사 (필요시) - 전동차의 이상상태 발생 시 및 이상징후가 감지될 때 ○ 특별검사 - 전동차 개조 등을 목적으로 특별히 계획에 의해 시행 - 개조사항 발생시 ○ 기타 검사 - 량당점검, 중수선 출창검사 시 검수, 정비부 합동 확인점검 - MR공기호스 비틀림 발생여부 정밀점검 ○ 차량이 주행 중에 연결장치 고장으로 차량이 분리될 시 자동적으로 제동이 체결되어 정지됨. - 도시철도차량 제동유니트, 공기압축기, 판토그래프 및 전두연결기의 경량화에 대한 (주)유진기공 자료 연결기 참조 - 철도차량 안전기준 지침 참조 ○ 연결장치는 차량의 분리를 방지하기 위하여 타이트 록크 연결기를 함(객차, 기관차 등) ○ 일상 및 월상 상태 육안검사 및 경/중정비시 분해 검사 수행
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 연결기 제조사별 차이로 동일제조사별로 한조를 이루어 시험 및 취부 ○ 차량이 주행 중에 연결기장치의 고장으로 인하여 차량이 분리된 경우, 운전사는 열차가 분리된 상황을 실시간으로 확인할 수 없음
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 공기누기 검사를 비눗물로 시행하는데 공기압 누설시험기로 시험할 수 있는 방안 모색 ○ 연결장치의 고장으로 차량이 분리될 경우는 차량진단장치에 의해서 운전사가 확인이 가능 하도록 함

위험요인	1.3 제동부 고장
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- (관련기기) 제동작용장치(BOU), 기초제동장치(BFC), 브레이크슈, 라이닝, 디스크, 제륜자 (안전관리) ○ 도착검사 (주기 : 입고 시)

	- 외관검사 · 외관 및 마모상태 검사 ○ 일상검사 (주기 : 3일) - 외관 및 기능 확인 검사 · 외관 및 마모 작동, 기능 점검 ○ 월상검사 (주기 3개월 또는 45,000Km) - 상태점검 및 기능확인을 시행 · 각부의 외관 및 청소, 작동, 손상, 변형, 급유상태 ○ 중간검사 (주기 : 3년 또는 40만 Km) : - 분해조립, 세척 후 시험 · 외관, 공기누설(저압, 고압), 성능시험 - 브레이크 실린더 분해 조립 - BFC 블록 브레이크 유니트 분해조립 시험 ○ 전반검사 (주기 : 6년 또는 80만 Km) : - 중간검사와 동일 -고속철도차량- ○ 제동완해불량을 상시 모니터링하며, 불량 시 차상에 현시됨 ○ 기지 출발전 또는 시발역 출발전 차상모니터(TECA)에 의한 제동 및 완해 상태 확인 ○ 제동패널 144개월, 제동표시기 96개월마다 교환 ○ 공기제동의 경우는 제동관의 압력상태가 운전실 계기판에 나타나 제동장치의 고장상태의 확인이 가능함 ○ 제동장치(공기 및 전기제동)의 고장은 차량진단장치에 의해 모니터링 되므로 운전사가 알 수 있음
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 다음 주기이전 검사 시까지 마모한계 예상하여 교환 ○ 마모한도 외에 이상의심 부품 교환 ○ 운전실 고장정보장치에 제동압력 수치상 이상 없어도 직접 제동체결여부 확인 ○ 브레이크슈 교환 시 좌우 동시교환 -고속철도- ○ 차량이 탈선 시에 운전자가 상황을 정확히 알 수 없으므로 신속하게 제동을 체결할 수 없어 큰 사고로 이어짐
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 디스크나 제륜자 마모한계점 자동설정으로 검수효율 방안

	○ 디스크나 제륜자 표면 온도로 측정으로 실 제동압력 상태 확인 방안 -고속철도- ○ 대차에 탈선감지장치를 설비하여 차량의 상하가속도를 검지하여, 진동의 값이 기준치 이상이면 자동적으로 제동을 체결하여, 탈선사고 시 신속히 열차를 정지시켜 큰 사고를 예방할 수 있음

위험요인	1.4 차축고장(고착, 과열 등)
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- (관련기기) 차축, 차륜, 윤축 (안전관리) ○ 도착검사 (입고 시) - 육안 및 청각검사 · 차축의 변형, 균열 손상검사 · 차축조립장치의 외관 코니컬스프링 상태 ○ 일상검사 (주기 : 3일) - 육안 및 청각검사 · 차축의 변형, 균열 손상검사 · 차축조립장치의 외관 코니컬스프링 상태 ○ 월상검사 (주기 3개월 또는 50,000Km) - 차축 상태점검 및 기능확인을 시행 · 청소,볼트너트이완,누기,균열,손상,변형,마모,부식유무를 육안검사 또는 점검망치 사용 점검 및 조정 ○ 중간검사 (주기 : 3년 또는 50만 Km) - 주요부품을 분해검사·수선 및 시험 · 각부의 치수검사 - 초음파 탐상, 자분 및 침투탐상 시행 초음파탐상 : 침투 · 전처리작업-수직탐상-국부탐상-사각탐상-정밀탐상 · 각 부품의 균열 손상 침투 탐상 ○ 전반검사 (주기 : 6년 또는 100만 Km) - 해체 필요한 부품을 분해검사·수선 - 초음파 탐상, 자분 및 침투탐상 시행 - 중반검사와 동일

	-고속철도- ○ 차축(차축베어링) 과열 시 HBD를 사용하여 상시 모니터링 ○ 차축베어링 144개월마다 교환 ○ 대차 축상 베어링의 과열을 지상에서 감지하여 종합사령실에 통보(고속열차) ○ 축상 누유 및 차축의 일상/월상/분기 검사 ○ 경/중정비(60km 주행 또는 2년 이내) 시에 베어링 분해 검사, 차축 크랙 자분탐상 및 UT 검사
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 부품을 세척할 경우(특히 조립 시)의 세척유로는 양질의 경유 또는 백등유를 사용하여야 함 ○ 초음파탐상 방법으로 흠의 판정이 곤란한 경우 자분탐상 실시 -고속철도- ○ 고속선에만 HBD장치 설치로 기존선로 모니터링방안 필요 ○ 최근 무급유 차축 베어링의 사용으로 베어링 과열에 대한 사전예방이 급유식 보다 더 어려워졌음
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 차축베어링 부분에 운행 중 온도감지 센서를 설치하여 실시간 온도 측정을 할 수 있는 시스템 필요 -고속철도- ○ 축상에 베어링 온도센서를 설치하여, 차량진단장치에 의해 모니터링이 되어 운전사가 조치할 수 있도록 개선

위험요인	1.6 차륜 고장, 찰상, 마모한계 초과
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- (안전관리) ○ 도착검사 (주기 : 도착전후) - 육안검사 · 차륜 답면의 찰상, 그루빙, 박리 및 플랜지 높이, 두께 상태 ○ 일상검사 (주기 : 3일) - 육안 및 촉수 검사 · 차륜 답면의 찰상, 그루빙, 박리 및 플랜지 높이, 두께 상태 · 이상시 삭정

	○ 월상검사 (주기 3개월 또는 45,000Km) - 육안 및 촉수 검사차륜 측정 · 차륜직경 및 차량과 직경차 · 이상시 삭정 ○ 중간검사 (주기 : 3년 또는 40만 Km) - 분해 후 자분탐상검사 · 기어행거 자분탐상 · 윤축 중심에서 플랜지 외측면 · 차륜삭정 ○ 전반검사 (주기 : 6년 또는 80만 Km) - 중간검사와 동일 ○ 특별검사 - 차륜경 측정검사 -고속철도- ○ 자동검사장치를 활용하여 차륜상태 모니터링 ○ 주기적으로 시각, 계측기에 의한 계측 모니터링 ○ 차륜고장(크랙), 답면찰상, 마모한계 초과(차륜경 최소 780mm) 등은 일상/월상/분기 검사 시 확인 ○ 차량 주행 중 이상 진동을 승객 또는 승무원이 발견 보고
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 주기적 검사에 의한 유지보수 소요시간 증가로 유지보수비 증가 ○ 육안검사에 의한 정확도 저하로 유지관리 문제 야기 -고속철도 ○ 차륜의 답면찰상으로 이상 진동 발생 시에 조기 발견하지 못하면 탈선의 위험성이 높아짐
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 자가발전 진동센서에 의한 차륜 이상상태를 확인하여 차륜 상태에 따른 유지보수 시행. 또는, 검수주기 및 검수내용 변경하여 효율적으로 시행 -고속철도- ○ 상하진동센서를 축상에 설치하여, 기준값 이상의 이상 진동이 발생 시 즉시 자동적으로 제동이 체결되고, 차량진단장치에 의해 모니터링 되도록 개선이 필요함.

위험요인	1.7 터널 내 열차 불안전성(공기역학 상호작용)
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- (관련 기기) 레벨링밸브(차체제동반), 공기스프링(부품제동반) (안전관리) ○ 터널내 열차 통과 시 공기역학 작용 - 열차가 터널 통과 시 생성되는 피스톤 효과에 의하여 전면부에서는 양압에 의한 열차풍이 형성되고, 후면부에서는 열차의 이동에 의한 부압에 따른 열차풍이 형성됨. ○ 도착검사 (주기 : 도착전후) - 외관검사 · 외관의 변형, 손상, 누기 및 취부볼트 이완여부 ○ 일상검사 (주기 : 3일) - 외관검사 · 외관의 변형, 손상, 누기 및 취부볼트 이완여부 · 공기스프링 높이조정 ○ 월상검사 (주기 3개월 또는 45,000Km) - 육안 및 높이측정 · 각부의 변형, 균열 흠여부 확인 · 면판과 공기스프링 시이트 일치여부 · 대차와 차체기준면과의 높이측정 ○ 중간검사 (주기 : 3년 또는 40만 Km) - 공기스프링 점검(중간검사, 전반검사) · 다이어프램에 유해한 약품이나 기름이 묻어있는가를 점검 · 각 부 특히 다이어프램과 상하면판 간의 먼지청소 · 공기스프링 내압시험 - 레벨링밸브 점검(중간검사, 전반검사) · 외관상태 및 공기 누설, 누유 상태 검사 · 높이조정봉 측면 절연체 상태 검사 · 댐퍼유(실리콘유) · 스프링 및 필터 상태 검사 · 수선 시 O-링, 가스켓 및 패킹 교환 · 조립후 시험 -고속철도- ○ 현재 KTX는 터널 내에서 최고속도로 주행 시, 발생하는 최대 미기압파(최대 약6,000~7,000pascal)와 열차가 단독주행 또는 교행 시에 발생하는 열차풍에 의해서 왜란 되는 차량

	진동에 탈선하지 않고 안정화 되도록 설계 되어 있음.
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 전동차 량과 량 사이 높낮이 및 기울기를 육안점검으로 시행하다보니 편차확인 다소미흡 -고속철도- ○ 고속전철이 과속 주행으로 인하여, 열차풍과 미기압파가 갑자기 높아져, 차량의 좌우진동(헌팅), 곡선캔트 등과 겹쳐져 탈선의 위험성이 상존하고 있음
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-고속철도- ○ 터널 내에서 열차가 주행 시 열차풍, 미기압파, 차량의 좌우진동(헌팅), 곡선캔트 등이 겹쳐 왜란이 커져 탈선의 위험성이 있으므로 좌우진동에 대한 탈선세서를 차체에 설비하여 차량진단장치에 모니터링 되고, 기준 값이 이상 시 열차를 자동적으로 정지시켜 탈선을 방지할 수 있도록 개선이 필요

위험요인	1.8 레일 파손
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 레일 일반검사(주기 : 2일 1회) - 육안검사 - 주로 야간에 선로순회점검 시 시행 ○ 레일마모검사(주기 : 본선구간 년 4회) - 육안 및 촉수 검사 - 레일마모측정기를 이용한 레일마모 검사 ○ 레일탐상차 검사(주기 : 연4회) - 레일탐상차를 이용하여 초음파로 레일균열, 절손 등을 검사 - 이상개소 발생 시 단면분석기를 통한 레일정밀검사
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 주기적으로 검사하고 있으나 육안검사의 경우 터널의 어두운 환경으로 인해 검사의 어려움이 있음
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 레일 균열 및 파손을 전기적인 기술을 이용하여 사전에 감지할 수 있는 장치 개발이 필요함

위험요인	1.9 레일 좌굴
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 레일 일반검사(주기 : 2일 1회) - 육안검사 - 주로 야간에 선로순회점검 시 시행 ○ 레일온도측정(주기 : 월1회) - 레일온도측정기를 이용하여 인력검사 ○ 레일신축이음매검사(주기 : 월1회) - 측정자를 이용하여 신축이음매 동정량 인력 측정
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 주기적으로 검사하고 있으나 인력측정 및 검사에 의존함으로 신뢰도가 낮음
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 레일온도 및 신축이음매 동정량을 자동측정할 수 있는 장치 개발이 필요함

위험요인	1.10 레일이음매 파손
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 레일 일반검사(주기 : 2일 1회) - 육안검사 - 주로 야간에 선로순회점검 시 시행 ○ 레일이음매해체검사(주기 : 본선 일반이음매 연1회) - 일반이음매를 해체한 다음 이상유무 육안검사 ○ 레일탐상차 검사(주기 : 연4회) - 레일검사와 동시에 이루어지고 있음
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 주기적으로 검사하고 있으나 인력측정 및 검사에 의존함으로 신뢰도가 낮음
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 레일온도 및 신축이음매 동정량을 자동측정 할 수 있는 장치 개발이 필요함

위험요인	1.11 궤간 확장
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 레일 간격검사(주기 : 본선, 본선부대분기기 연2회) - 궤간게이지를 이용하여 인력측정 ○ 궤도검측차 검사(주기 : 본선 연 4회) - 궤도검측차(종합검측차)를 이용하여 궤간, 면 및 줄틀림, 방향틀림을 측정 ○ 인력검사(주기 : 연4회) - 궤도검측차 미시행구간과 본선부대분기기 인력궤도틀림 검사
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 문제점 없음
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 안전관리에 대한 문제점은 없으나 종합검측차의 별도 운행에 따른 비용을 절감하는 측면에서 영업운행열차에 의한 궤간 확장검사장치 개발이 필요함

위험요인	1.12 노반침하
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 노반 상부에 설치된 도상검사를 연2회 실시 - 육안으로 자갈부족, 도상 흐트러짐을 검사하며, 콘크리트 도상의 경우에는 균열 및 파손여부 검사
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 대부분 인력 육안검사로서 콘크리트도상의 경우에는 정밀한 균열 진전도를 파악하기 어려움
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 콘크리트도상의 균열 및 내부파손 정도를 확인할 수 있는 정밀 측정 장비를 이용하는 것이 필요함

위험요인	1.13 선로 분기기 고장
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 전철기 점검 실시요령 - 전철기 점검범위는 게이지 타이롯트로부터 크로싱 후단부

	이음매까지이고, 전철함과 수동창, 점검창은 항상 잠겨 있어야 함 - 각종 볼트, 넛트, 조핀은 절손 또는 이완되어서는 안되며, 조핀 핀구멍의 마모량은 1㎜이하여야 함 - 할핀의 각도는 60도 정도 벌어져 있어야 하며, 특히 각종 넛트 점검 시에는 조여지는 방향으로 가볍게 두드려야 함 ○ 첨단부 점검 요령 - 타이버(연결판)지점 5미리 철판 삽입 시 쇄정되어서는 안됨 - 첨단끝이 상판 중심부를 기준으로 앞으로 나온 것을 복진, 뒤로 들어간 것을 역복진이라 하는데 그 한도는 25㎜ 이하 - 양쪽 첨단끝의 직각 틀림은 그 한도가 50㎜이하 - 상판위 첨단의 부상한도는 2㎜이하여야 하며 밀착조정간의 육각 통나사와 부라켓트 사이는 3㎜이상의 조정범위가 있어야 함 ○ 힐부점검사항 - 상판 및 눌림쇠의 절손, 균열이 없어야 하고 텅레일과 리드레일의 단차 및 편차가 3㎜를 넘지 않아야 함 ○ 기타 검사는 임시, 특별, 정기, 일일검사 순으로 필요한시기에 적절히 계획을 수립 후 실시 함 ○ 일반검사(주기 : 2일 1회) - 육안검사 - 주로 야간에 선로순회점검 시 시행 ○ 정밀검사 - 검사주기 ・본선부대분기기 : 연2회 ・측선부대분기기 : 연1회 ○ 레일탐상차 검사(주기 : 연4회) - 레일탐상차 검사가 불가한 본선분기기의 경우에는 초음파레일탐상검사(인력)를 시행함. ○ 분기기의 레일, 침목 등 정기 재료검사 연1회
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 지하철에 설치되어진 선로전환기의 내구연한은 기준년도를 생각하지 말고 사용횟수를 기준으로 내구연한을 잡아 교체해야 함. 왜냐하면 사용빈도가 타철도 기관에 비해 너무 많고 기계의 피로도 또한 심하기 때문임 - 검사에 의한 정확도 또한 설치장소의 제약 유지관리 문제 등 각종 검사에서 사전에 발견하는데 제약이 따름

	○ 영업열차운행에 따른 건넘선(크로싱) 충격이 심함
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 선로 분기기는 고장 후 조치하면 민원사항이 폭주 내지 큰 사고를 초래하는 관계로 사전 예방이 주목적이고 내구연한과 사용빈도를 고려하여 부품을 교체 정비 ○ 일반적인 건넘선(크로싱) 사용을 충격 및 재료파손이 적은 분기기 개발 필요함

위험요인	1.14 과속으로 인한 탈선
안전관리 및 대책 현황	-고속철도- ○ 규정속도 초과시 ATC/ATS장치에 의한 비상제동체결로 과속 방지 ○ ATO, ATC, ATP의 신호설비가 탑재된 차량은 선로에 설비된 신호장치에서 정보를 받아 운행함으로 실질적으로 과속 주행의 위험성은 거의 없음
안전관리 및 대책의 문제점	-고속철도- ○ 일부 선로에는 ATS가 설비되어 있어, 곡선구간, 분기기, 하양구배 등에서 일시적으로 과속의 위험성이 내재 되어있음.
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-고속철도- ○ ATS 신호설비가 되어 있는 선로에 ATP 설비로 개선하여 탈선을 예방하는 것이 필요함

위험요인	1.15 가혹한 기상조건(태풍, 눈, 얼음, 폭우, 강풍)
안전관리 및 대책 현황	-도시철도(일반)- ○ 계절별 열차 안전운행 대책 수립 시행 - 이상기후 시 취약개소 지정 중점관리 - 해빙기 안전운행 대책 ・안개주의개소 ・폭설우려개소 - 여름철 안전운행 대책 ・선로침수 우려개소 ・태풍 시 강풍피해 우려 개소 - 겨울철 안전운행 대책 ・폭설우려개소 ・급경사 선로 미끄럼 우려개소 ○ 이상기후 시 현장활동 강화 - 간부급 직원 위주 현장활동 강화(비상근무)로 안전운행 확보 ・차량기지 및 취약개소 위주 활동 ・비상연락체계 구축으로 권역별 신속출동 ○ 폭우 및 폭설 대비 선로특별점검 - 재해대책에 의해 특별점검 - 시설물점검대상 : 분기부, 급곡선부, 신축이음매부, 배수로 ・재해대책기간 동안 주1회씩 인력 육안점검 - 장비점검 : 양수기, 긴급출동장비 등 -도시철도(동절기 관리현황)- (관련기기) 판타그라프, 대차기기, 밀착연결기, 출입문, 리액터류 (안전관리) ○ 도착검사 (입고 시) - 육안검사 ○ 일상검사 (주기 : 3일) - 육안검사 · 동절기 공기배관 배수시행 ○ 월상검사 (주기 3개월 또는 45,000Km) - 마모한계 측정 · 동절기 눈 유입 시 주요장치 청소시행에 의한 절연확보로 진공청소 또는 에어 청소실시 ○ 특별검사 (동절기 등) : - 눈유입에 따른 출입문 고장방지

	· 객실출입문 방설테이프 부착 - 밀착연결기 및 12심 점퍼커플러 보호커버 부착 - 객실난방히터 동작상태 - 장치별 보온히터 점검 - 공기압기기 일제점검(배관, 출입문, 전자변, 접촉기) - 리액터류 점검 · 리액터 함침(외주 정비) · 리액터류 표면균열, 절연니스도포, 리드선단자 절연피복 및 체결상태, 이물질 및 분진상태 - 눈 유입방지 차단막설치 -고속철도- ○ 전동차 표준사양서, 코레일 등의 운영기관의 구매를 위한 차량기술사양서에는 기후조건(기온, 최대강수량, 최대강설량 등)이 기술되어 있음. ○ 한국철도의 운수지침에 풍속 35m/s 이상에서는 차량의 운행을 중단하는 것으로 알려져 있음
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 기상 이변 등 예측불허의 기후변화 추이 ○ 현장출동시간이 많이 소요됨 ○ C/I장치는 자연냉각공냉 방식으로 냉각효율상승을 위해 타공판으로 설치되어 주행풍에 의한 눈유입으로 절연파괴 및 GTO소자 소손 - 눈유입 차단막 필터취부 ○ 취거 및 취부에 의한 작업의 난이성으로 인해 청소기간 장기 소요 ○ 눈유입방지 차단막설치 상태 -고속철도- ○ 특정한 지역 및 시간에 돌풍, 눈/얼음 재해, 폭우, 강풍의 발생에 대하여 차량 운행 여부를 종합적으로 검토 판단하여 운영하는 체제가 준비되어 있지 않음
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 폭설 등 이상기후에 의한 미끄럼 우려개소 중점관리 - 권역별 담당 승무사업소 지정 매일 점검 ○ 재해 우려개소에는 감시시스템 설치 필요함

	-고속철도- ○ 가혹한 기상조건(태풍, 눈, 얼음, 폭우, 강풍)을 관리하고, 예측하여 열차의 운행을 조속히 판단하는 구체적인 관리 조직의 운영이 필요함 ○ 동절기 눈유입방지 차단막설치 상태 구조변경이 요구됨 ○ 냉각방식을 고려하여 냉각효율을 극대화 할 수 있는 방안강구 ○ 동절기 폭설시 판타그라프 동결로 열차 기동불능 되어 이에 대한 방법강구(동결방지 스프레이, 판타커버)

위험요인	1.16 지진
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 근거(시설물특별법) 및 점검대상(BOX, T/L등) - 정기점검(년 2회) : 구조물의 손상여부 조기발견 - 정밀점검(년 1회) : 물리적, 기능적 결함상태 - 정밀안전진단(5년 1회) : 안전성 검토 및 이상유무 - 긴급점검(필요시) : 재해 및 사고에 의한 구조적 손상여부 ○ 근거(재난관리법) 및 점검대상(BOX, T/L, 취약구간, 인접공사장, 환기구, U-TYPE 등) - 계절별점검(해빙기, 우기, 동절기) : 취약구간 및 인접공사장의 안전여부 - 취약구간점검(월 1회) : 취약구간 선정, 변화여부 - 지상시설물점검(월 1회) : 결함 및 손상여부 - 인접공사장점검(월 1회~4회) : 지하구조물 변위여부
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 내진설계가 적용되지 않은 기존시설물에 대하여 내진성능 상세평가 결과에 의한 보강방안을 수립하여 내진보강공사를 시행하여야 하나 국비지원 지연으로 어려움이 있음
실시간 안전감시 방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 내진설계가 적용되지 않은 기존시설물에 대하여 내진성능 보강 및 지진 조기경보시스템 개발 구축

위험요인	1.17 차량 탈락물(Tripod 등)
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- (관련기기) 대차기기, 기어커플링, 각종커버 (안전관리) ○ 도착검사 (주기 : 입고 시) - 육안검사 · 볼트류 이완, 균열, 변형, 체결상태 등 점검 ○ 일상검사 (주기 : 3일) - 육안 및 촉수 검사 · 볼트류 이완, 균열, 변형, 체결상태 등 점검 ○ 월상검사 (주기 3개월 또는 45,000Km) - 육안 및 촉수 검사 · 볼트류 이완, 균열, 변형, 체결상태 등 점검 ○ 중간검사 (주기 : 3년 또는 40만 Km) - 해체 필요한 부품을 분해검사·수선 · 관련기기 취거취부시 규정 토오크치 사용 · 도체부 단자이완, 절손, 탈락 시 수선 또는 교환 - 자분탐상검사 · 관련기기 분해후 나사류, 레버류 ○ 전반검사 (주기 : 6년 또는 80만 Km) : - 중간검사와 동일 ○ 지하철 전동차량에 인버터, 컨버터, 보조전원장치, 변압기, 견인전동기 등은 탈락방지를 위하여 브라켓트 위에 설비되게 설계되어 있어 떨어지지 않는 구조임 -고속철도- ○ KTX 대차에 설비된 견인전동기와 감속기 동력전달용 Tripod에는 이상 진동발생 검지 진동검지센서가 설비되어 있어 이상진동시 차량진단장치에 의해 모니터링 됨 ○ KTX 및 산천호 KTX Ⅱ의 견인전동기는 탈락방지를 위해 안전체인이 차체와 견인전동기 사이에 설비되어 있음
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 기어박스 안전포켓 구조상 취약점으로 인해 절손. ○ 일도착 검사 시 육안검사로 균열부위 발견이 어려움 ○ 취거·취부시 규정 공구 및 규정토오크치 사용

	-고속철도- ○ 견인전동기는 토오크와 회전속도를 전달하는 동력장치이므로 베어링 고착, 차륜 이상 마모 등으로 커플링, 동력전달축, 지지 브라켓트 등이 피로파손의 위험이 있음
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 기어박스 안전포켓 개선 보안된 제품으로 교체 -고속철도- ○ 견인전동기 및 동력전달장이의 탈락에 의한 탈선방지를 위하여 이상 진동 상태를 파악 알 수 있는 진동센서를 설비하여 차량진단장치에 의해 모니터링이 필요함

위험요인	1.18 구조시설(터널벽, 교량구성) 탈락물
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 근거(시설물특별법) 및 점검대상(BOX, T/L등) - 정기점검(년 2회) : 구조물의 손상여부 조기발견 - 정밀점검(년 1회) : 물리적, 기능적 결함상태 - 정밀안전진단(5년 1회) : 안전성 검토 및 이상유무 - 긴급점검(필요시) : 재해 및 사고에 의한 구조적 손상여부 ○ 근거(재난관리법) 및 점검대상(BOX, T/L, 취약구간, 인접공사장, 환기구, U-TYPE 등) - 계절별점검(해빙기, 우기, 동절기) : 취약구간 및 인접공사장의 안전여부 - 취약구간점검(월 1회) : 취약구간 선정, 변화여부 - 지상시설물점검(월 1회) : 결함 및 손상여부 - 인접공사장점검(월 1회~4회) : 지하구조물 변위여부
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 탈락물 방지 방안으로 터널벽 유지관리 비용(계측기 설치) 및 고가교(교량) 구성(보) 낙하 방지 보강비용 증가
실시간 안전감시 방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 구조시설(터널벽, 교량구성) 탈락물에 대한 개선방안으로 터널벽은 지하수위변위를 측정할 수 있는 계측기 설치 운영 및 고가교(교량) 구성(보) 탈락방지를 위한 낙교 방지시설 설치

위험요인	1.19 건널목 차량 및 보행자 침입
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 근거(시설물특별법) 및 점검대상(BOX, T/L등) - 정기점검(년 2회) : 구조물의 손상여부 조기발견 - 정밀점검(년 1회) : 물리적, 기능적 결함상태 - 정밀안전진단(5년 1회) : 안전성 검토 및 이상유무 - 긴급점검(필요시) : 재해 및 사고에 의한 구조적 손상여부 ○ 근거(재난관리법) 및 점검대상(BOX, T/L, 취약구간, 인접공사장, 환기구, U-TYPE 등) - 계절별점검(해빙기, 우기, 동절기) : 취약구간 및 인접공사장의 안전여부 - 취약구간점검(월 1회) : 취약구간 선정, 변화여부 - 지상시설물점검(월 1회) : 결함 및 손상여부 - 인접공사장점검(월 1회~4회) : 지하구조물 변위여부 ○ 고속전철, 일반차량, 도시철도는 국토해양부 철도안전기준에 15톤 대형장애물충돌(110km/h)과 열차정면충돌(36Km/h)시에 운전자를 보호하는 구조로 되어 있음 ○ 철도차량 안전기준 지침 참조
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 보행자 침입을 예방하기 위하여 보호울타리 설치 및 보안시스템 설치에 따른 유지관리 비용 증가
실시간 안전감시 방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 보행자 침입을 예방을 위하여 지상역사 및 U-Type 주변에 보호울타리를 설치하여 운영하고 있으며, 순찰인원 부족에 따른 CCTV 및 경보시스템 설치

나. 충돌

위험요인	2.1 기관사 신호 오인/미확인/위반
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 승무원 교육 강화 - 철도안전교육 · 일일교육 · 직무교육 · 현장실기교육 - 승무원 기본업무 이행 교육 - 단독 지적확인환호 이행 · 지도승무 : 사고우려자 등 중점관리대상자 위주 지도승무 · 지적확인환호 훈련의 달 지정 운영 : 연2회(4월,9월) -고속철도- ○ 신호 오인/미확인/위반 등으로 속도초과, 또는 허가 없는 진입 시 비상제동체결
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 인적오류 관리에 어려움
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 실질적이고 현장위주의 교육 및 지도를 통해 인적오류 예방

위험요인	2.2 : 신호기 고장 및 작동 오류
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 신호기 작동오류 - 선로전환장치를 제어하는 신호기기실내의 전자연동장치 S/W 제어로직이 잘못되어 차량이 지정된 진로 진입하지 못한 경우, 제작사, 유지보수자가 제어로직을 점검보완하고 안전여부를 진단하여 설비를 안전하게 사용할 수 있게 해야 함 ○ 선로전환기 도중전환 - 관제의 오취급 계전연동장치전원이 순간차단 인가 타전원 유입되어 선로전환기 제어계전기가 오동작하여 발생한 사고였으며, 계전기 제어회로 신뢰성을 보완하여야 함 - 이러한 장애는 자칫 열차 탈선사고를 일으켜 인명피해가 큰 안전사고를 유발할 수 있으며, 신호설비는 어디서 언제 발생할지모르는 경우의 수까지 생각하여 설계해야 함

	○ 신호기 고장오류 - 신호제어설비의 전자화가 빠르게 이루어지고 있으며, 열차집중제어장치, 전자연동장치의 확대설치 등 자동화, 전자화를 위한 설비개량을 추진하고 특히 신호제어설비의 신뢰도와 안전도 향상을 위한 자기진단 기능을 향상시켜 보수업무의 전산화를 구축하려고 추진하고 있음 - 낙뢰 및 전철구간에서의 유도대책 등 각종 재해대책 수립과 철도의 건설 등 신기술 개발 시 대책을 세워야 함 - 또한 사람의 눈으로 손쉽게 확인할 수 있는 장치에서 사람의 눈으로는 확인할 수 없는 제어장치들로 발전되어 가고 있으며 따라서 일부기능에 있어서의 신뢰성 결여는 시스템 전체의 안전성에 중대한 영향을 미칠 수 있음 - 철도 선진국에서는 신뢰성을 확보하기 위한 각종 표준규격 및 지침을 제정하여 이에 따라 안전에 영향을 주는 기기의 설계 및 운영 등 수명주기 이를 적용하도록 하고 있으며 전 과정에 걸쳐서 분석되어지고 확보되어져야 함
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 신호장치의 고장 오류는 인적 물적 철도관련기관의 존폐를 걸고 임한다 해도 과하지 않을 것이고 또한 외적으로 여러 가지 환경이 안전성에 영향을 미치고 있음
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 신뢰도와 안전도 향상을 위한 자기진단 기능을 향상시켜 보수업무의 전산화를 구축하면서 기기의 설계 및 운영 등 수명주기 이를 적용해야 함

위험요인	2.3 차량제동장치 고장
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- (관련기기) 제동작용장치(BOU), 기초제동장치, 제동제어기(제습기, 레벨링 밸브, 전자변, 유수분리기, 자동배수변) (안전관리) ○ 도착검사 (주기 : 입고 시) - 육안검사 · 브레이크슈 및 라이닝 검사 ○ 일상검사 (주기 : 3일) - 육안검사 · 제동 및 완해 작동검사

	· 브레이트슈 및 라이닝 검사 · 배관 및 유니온등 변형 및 파손상태 점검 ○ 월상검사 (주기 3개월 또는 45,000Km) - 외관 및 기능검사 · BOU 상용 및 비상제동 시 공기유입상태 확인 · 브레이크, 디스크 외주면 손상은 교환, 습동부급유 ○ 중간검사 (주기 : 3년 또는 40만 Km) - 분해 후 시험 : 편성당 소요시간 · BOU 상용 및 비상제동 시 공기유입상태 확인 · 브레이크장치부품 세척, 공기누설시험, 성능시험 · 제동제어기 분해, 수선 - 자분탐상검사 : 나사부, 레버류 ○ 전반검사 (주기 : 6년 또는 80만 Km) · 중간검사와 동일 -고속철도- ○ 제동완해불량을 상시 모니터링하며, 불량시 차상에 현시됨 ○ 기지 출발전 또는 시발역 출발전 차상모니터(TECA)에 의한 제동 및 완해 상태 확인시험 시행(기장) ○ 제동패널 144개월, 제동표시기 96개월마다 교환 ○ 공기제동관의 압력상태가 운전실에 계기판 나타나므로 제동장치 고장을 신속히 확인할 수 있음 ○ 제동장치(공기, 전기제동) 고장 시 차량진단장치에 의해 모니터링 되므로 운전사가 신속히 알 수 있고, 차량제어장치에 의해 자동으로 제동력이 제어 되어 열차가 정지됨 ○ 제동시린더의 완해불량 시 운전사가 강제완해 실행함 ○ 제동력 부족 시에 전기제동 또는 공기제동으로 자동블랜딩 되어 열차에 필요한 제동력이 작동됨
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 배관 및 유니온등 변형 및 파손상태 점검 ○ 월상검사 시 주공기관 U-볼트 체결상태 확인 -고속철도- ○ 제동장치 고장 시 열차의 총 제동성능에 따라 차량의 운행속도를 조절하지 않고 운행하고 있어, 최고속도주행 시 제동력 부족으로 사고 발생 위험이 있음 ○ 열차 충돌 시에 운전자가 상황을 정확히 알 수 없을 경우 제동을 작동할 수 없어 큰 사고로 이어짐

실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 경수선시 제동제어기 년1-2회 (육안 및 내시경)점검 -고속철도- ○ 열차의 제동성능에 따라 자동적으로 열차 최고운행속도가 감속되어 주행되도록 차량제어장치의 프로그램 개선 ○ 대차에 충돌감지장치를 설비하여 차량의 전후가속도를 검지하여 기준치 이상이면 자동적으로 제동을 체결하여 충돌 사고를 사전에 조치할 수 있음

위험요인	2.4 제동취급 지연/오류
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 표준운전취급법 보급 및 교육 실시 - 열차운행기록부 분석 · 월 1회 열차운행기록부 분석을 통해 표준운전취급법 보급 및 미흡 승무원에 대한 특별교육 실시 -고속철도- ○ ATC, ATP 신호장치에 의해 과속방지, 선행/후행열차 거리유지, 열차감시, 진로연동, 열차검지로 열차위치를 파악하여 열차가 안전운행하고 있음 ○ 비상시에는 운전자의 인지에 따라 비상제동을 작동함
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 인적오류 관리의 어려움 -고속철도- ○ 비상사태 또는 충돌발생시 운전자의 인지에 의해 비상제동을 작동하므로 운전자의 숙련도, 조치상황에 따라 제동거리의 큰 차이가 발생함 ○ 충돌 후 즉시 인지하여 비상제동을 작동시킬 수 있는 시스템이 구축되어 있지 않음
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 실질적이고 현장위주의 교육 및 지도를 통해 인적오류 예방 -고속철도- ○ 차량 충돌상황을 인지할 수 있는 검지장치를 설비하여 자동

	적으로 비상제동이 체결되는 시스템 구축이 필요함 ○ 대차에 충돌감지장치를 설비하여 차량의 전후가속도를 검지하여 기준치 이상이면 자동적으로 제동을 체결하여 사고를 사전에 조치할 수 있음(외국의 차량에는 설비되어있음)

위험요인	2.5 차상제어신호장치(ATS,ATC등) 고장
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- (관련기기) 속도발전기, 픽업코일, ATS차상제어장치 (안전관리) ○ 도착검사 (주기 : 도착전후) - 외관검사 · 이완, 균열, 변형상태 등 점검 ○ 일상검사 (주기 : 3일) - 외관검사 · 전원가압 현시 및 표시상태 ○ 월상검사 (주기 3개월 또는 45,000Km) - 외관검사 및 청소, 동작시험 · ATC/S 시험기에 의한 각부의 동작상태 점검 ○ 중간검사 (주기 : 3년 또는 40만 Km) - 분해-정비-세척-조립-시험 · 계전기류 접점, 저항, 마모, 황손 상태 · ATC/S 종합시험기 및 결합도시험기에 의해 시험 ○ 전반검사 (주기 : 6년 또는 80만 Km) - 중간검사와 동일 -고속철도- ○ 차상신호제어장치 고장 시 비상제동체결로 운행제한 ○ 자동으로 동작을 개시하지 못할 때 수동으로 동작시킬 수 있음
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 본선운행 중 간헐적 오신호(외부신호)에 의한 오동작 우려 ○ 픽업코일등 대차부속기기 균열 및 탈락 우려
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 오신호 방지대책 강구 ○ ATC랙 안전성 방안가구(외부안전진단, 안전성 점검)

	○ 대차에 부착된 ATC신호수신장치 픽업코일을 차체에 부착함으로써 진동에 의한 균열, 탈락 방지

위험요인	2.6 선로분기기 고장 (이선지입)
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 역구내의 입환 취약개소 - 역구내 입환은 수많은 보안장치(신호기, 전철기, 각종표지, 건널목 보안장치 등)가 설치되어 있고, 본선열차의 착발 및 입환 등 사고가 발생할 개연성이 그 어느 곳 보다도 많은 작업이다. 또한 열차를 이용하려는 이용객들의 왕래와 각 분야의 직원들이 작업을 하고, 차량 및 역구내 청소인부 등 사람들의 작업 및 출입이 잦은 장소의 작업과 취약요인이 많은 작업이라 사고도 많이 발생하고 있음 - 역구내에서 발생한 사고 및 장애 분석해 보면 사고종류별로는 차량탈선이 가장 크고 그다음 차량파손이다. 요인별로는 취급부주의에 의한 것이 가장 크고 시설장비 결함 기타로 나타났다. 사고책임 분야별로 보면 신호취급이 가장 높고 운전 시설 20, 차량, 전기, 기타로 나타남 ○ 분야별 취급부주의사고 - 신호취급분야의 경우 전철기 개통방향, 밀착상태 확인소홀로 이선진입 및 전철기 할출할입한 것이 가장 많고, 전철기 도중전환 등 잘못취급, 유치차량 및 진로확인 소홀, 입환협의 미시행 및 자량접촉한계표 외방유치 신호.전호.표지 현시지연, 오인, 미현시와 기타요소 등이 차지하고 있음 - 운전분야의 경우 제동취급 소홀이 가장 많고, 진로.전철기. 유치차량 확인소홀이 다음을 차지하고, 신호.전호.표지확인 차량접촉한계표 외방정차 제한속도초과운전과 운전취급방법 불량으로 인한 것 기타 순으로 나타남 - 시설분야의 경우 선로보수 소홀 선로보수작업불량과 장비점검 정비불량이 레일절손 보선장비 침목.레일 등 적재물 낙하등 기타 순이다 역구내 입환은 수많은 보안장치(신호기, 전철기, 각종표지, 건널목 보안장치 등)가 설치되어 있고, 본선열차의 착발 및 입환 등 경합입환이 이루어지고 있어 사고가 발생할 개연성이 그 어느 곳 보다도 많은 작업이다. 또한 열차를 이용하려는 이용객들의 왕래와 각 분야의 직원들이 작업을 하고, 차량 및 역구내 청소인부, 화물 하역인부 등 사람들의 작업 및 출입이 잦은 장소의 작업이 입환작업이다. 그만큼 취약요인이 많은 작업이라 사고도 많이 발생하고 있음

안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 열차가 이선진입 시 인지착오에 의한 오류를 줄여나가야 할 것이고, 작업자는 스스로가 인간의 불안전한 특성을 인식하고 보완해야 한다.
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 철도를 포함한 각종 산업사고의 발생원인의 대부분은 시설/장비의 결함인 물적 원인에 의한 것보다는 작업자의 사소한 취급부주의에 의한 인적원인으로 발생되는 경우가 더 많다. 이러한 인적오류로 인한 사고로부터 자기 자신과 여객의 귀중한 생명과 재산을 안전하게 보호하기 위한 가장 과학적이고 효과적인 방법임

위험요인	2.7 진로설정오류 (작업자 등)
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 승무 - 기관사는 신호장애로 수동운전으로 역구내 진입 ATC 차단된 상태로 정차 - 관제사의 지시로 강제완해스위치를 취급하고 정지위치까지 이동하며 제동 - 차내 신호 정지 및 진로개통표시기 정지현시 상태에서 관제사에게 확인절차 없이 15키로 스위치를 임의로 취급하고 그대로 운행하던 중 열차의 출발을 발견한 관제사의 긴급 정지지시를 듣지 못하고 비상정차를 통보하여 선로전환기를 파손 ○ 관제센터 - 관제사는 역구내 진입 시 승무원과 원활한 상호교신을 하여 현장상황을 기관사에게 주지시키고 지시해야 함 - 후속열차 승무원에게 열차지연 등을 고려하여 중선을 통하여 후속열차를 운행시키려고 진로를 설정 등 정거장 구내의 이상유무확인 - 이 사실을 후속열차 기관사에게 알리고 고장조치를 위하여 신호보안분소 직원에게 신속히 통보 - 고장조치 해제 시까지 구간을 운행 중인 전열차에게 알려 2차장애를 방지해야 함
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 철도사고 모의훈련실시 고온과 장마대책 필요 ○ 지하철, 열차 전력공급 선로 단락 등으로 인한 승객 안전을 위한 대책강구

실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 승무 - 운전취급 엄정 및 규정준수 철저 - 이례상황발생시 신호, 진로개통 정반위표시기 확인 철저 - 이례상황발생시 정확한 상황보고 철저 - 열차무선 통화 시 주요내용 복창 실시 - 이상 감지 시 일단정차, 현장 확인 후 운행재개 ○ 종합관제 - 이례상황 발생 시 전체무선통화를 통한 상황전파 철저 - 운전명령 시 복명복창 및 내용 수신상태 재확인 철저 - 운전지시사항 변경 시 기관사에게 직접 상세하게 설명하고 숙지

위험요인	2.8 차량연결기 풀림/파손
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- (관련기기) 밀착연결기, 샹크가이드, 고무완충기 및 연결기 테일핀 (안전관리) ○ 도착검사 (입고 시) - 외관검사 · 균열, 손상, 변형 취부상태 및 누기 검사 ○ 일상검사 (주기 : 3일) - 외관검사 · 균열, 손상, 변형 취부상태 및 누기 검사 · 연결기 쇄정 레버 또는 볼트 이완여부 ○ 월상검사 (주기 3개월 또는 50,000Km) - 상태점검 및 기능확인을 시행 · 습동부 급유 및 작동상태 · 연결기 접합상태, 접합면의 공기누기 확인 · 샹크가이드 마모판 탈락 유무 및 높이조정, 체결, 변형, 균열 이완여부 검사 · 고무완충기 와 요오크 결합상태 및 리벳상태 ○ 중간검사 (주기 : 3년 또는 50만 Km) - 주요부품을 분해검사·수선 및 시험 · 세척, 전처리작업(녹방지), 인장하중, 공기누설시험 ○ 전반검사 (주기 : 6년 또는 100만 Km) - 해체 필요한 부품을 분해검사·수선 · 세척, 전처리작업(녹방지),공기압시험

	- 밀착연결기 자분탐상 시행 · 자분액 분산 결함 무늬가 선명하게 노출되는지 검사 ○ 특별검사 - 전동차 개조 등을 목적으로 특별히 계획에 의해 시행 ○ 기타 검사 - 량별점검, 중수선 출창검사 시 검수. 정비부 합동 확인점검 - MR공기호스 비틀림 발생여부 정밀점검 - 밀착연결기 장착전 공기주입시험 · 밀착연결기 시험전용 공기압축기사용(10kg/㎠) - 밀착연결기 동절기 결빙 방지 보호커버 설치 ○ 연결장치는 충돌 시에 충격력을 줄이기 위하여 1차(고무), 2차(유압), 3차(볼트)로 파손되도록 설계되어 있음(전동차, EMU) - 도시철도차량 제동유니트, 공기압축기, 판토그래프 및 전두연결기의 경량화에 대한 (주)유진기공 자료 전동차 연결장치 참조 - 철도차량 안전기준 지침 참조 ○ 연결장치는 풀림방지를 위하여 타이트 록크(객차)로 되어 있고, 전동차의 중간차량에는 연결봉으로 설비되어 있음
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 전두차용 연결기의 공기관 구멍에 방진용 마개가 끼워져 있으므로 마개를 제거하고 연결. 패캥고무는 그리이스나 기타 기름이 묻지 않아야 함 ○ 연결기 미세 에어누기 발생 ○ 연결기장치가 풀리거나 파손되어 차량 분리될 경우에 운전자가 신속히 확인하여 관련 조치를 실행하기 어려움 ○ 차량이 충돌 시 차량이 타오름(객차)
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 차량이 기동상태에서 청각에 의한 공기누기검사 한계로 경수선시 미세공기 측정기 사용 점검 ○ 연결장치가 분리될 시 차량진단장치에 의해서 확인이 가능하도록 설비(외국의 차량에는 설비되어 있음) ○ 연결장치에 자체적인 타오르기 방지설비(객차)

위험요인	2.9 차량제동 풀림(구름방지 미설치)
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- (관련기기) 기초제동장치, 주차제동전자변 (안전관리) ○ 도착검사 (주기 : 입고 시) - 육안검사 · 브레이크슈 및 라이닝 검사 ○ 일상검사 (주기 : 3일) - 육안검사 · 제동 및 완해 작동검사 · 브레이크슈 및 라이닝 검사 ○ 월상검사 (주기 3개월 또는 45,000Km) - 외관 및 기능검사 · BOU 상용 및 비상제동시 공기유입상태 확인 · 브레이크, 디스크 외주면 손상은 교환, 습동부급유 ○ 중간검사 (주기 : 3년 또는 40만 Km) - 분해 후 시험 · 브레이크장치부품 세척, 공기누설시험, 성능시험 - 자분탐상검사 · 나사부, 레버류 ○ 전반검사 (주기 : 6년 또는 80만 Km) - 중간검사와 동일 ○ 특별검사 - 차량분리 조성 시 ○ 열차가 정차 시에는 자동적으로 공기제동이 체결되어 차량이 정지됨 ○ 전기차량에 전기 공급이 안 될 경우, 공기제동이 체결되어 차량이 정지됨 -고속철도- ○ 공기적 제동풀림시 스프링힘에 의한 제동이 동작함 ○ 3.5백만KM마다 교환
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 차량 분리 조성시 공기배관 콕크 취급 상태확인 철저 ○ 인적결함에 의한 사고 발생 ○ 유지보수/정비, 조차를 위하여 단차로 분리되어 있을 경우

	에는 공기제동이 작동되지 않음 ○ 열차가 고장으로 정차 중에 제동관의 공기압력이 파손 또는 장기 보관으로 누설되면 제동이 작동되지 않음
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 차량분리 조성 시 전담 점검반 운용 및 표준작업절차서에 의해 시행 ○ 유치선, 시험선, 정비선, 검수선, 검사선, 대기선 등에 장기 보관 중인 차량은 안전한 보관을 위하여 정차표지, 정차신호, 구름방지 등을 설비 ○ 제동고장 및 누설로 제동이 작동되지 않는 열차는 안전한 대피를 위해 정차표지, 정차신호, 구름방지 등을 설비

위험요인	2.10 열차 탈락물
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- (관련기기) 대차기기, 기어커플링, 각종커버류 (안전관리) ○ 도착검사 (주기 : 입고 시) - 육안검사 · 볼트류 이완, 균열, 변형, 체결상태 등 점검 ○ 일상검사 (주기 : 3일) - 육안 및 촉수 검사 · 볼트류 이완, 균열, 변형, 체결상태 등 점검 - 육안 및 촉수 검사 · 볼트류 이완, 균열, 변형, 체결상태 등 점검 - 해체 필요한 부품을 분해검사·수선 · 관련기기 취거취부시 규정 토오크치 사용 · 도체부 단자이완, 절손, 탈락 시 수선 또는 교환 - 자분탐상검사 · 관련기기 분해 후 나사류, 레버류 ○ 열차가 주행 중 차량이 분리될 경우에는 차량 간의 제동연결기가 분리되어 분리된 양 차량은 자동적으로 제동이 체결되어 정차됨 ○ 대차에 견인전동기, 감속기어, 제동장치 등이 설비되어 있으며, 이들이 탈락할 경우는 차량진단장치에 의해 파손된 장치의 고장사항이 모니터에 정보가 제공됨

	○ 차량 하부에 설비된 인버터, 컨버터, 보조전원장치, 변압기, 판토그래프 등의 탈락의 경우에는 차량진단장치에 의해 파손된 장치의 고장사항이 모니터에 정보가 제공됨
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 기어박스 안전포켓 구조상 취약점으로 인해 절손 ○ 일도착 검사 시 육안검사로 균열부위 발견이 어려움 ○ 취거·취부 시 규정 공구 및 규정토오크치 사용 ○ 대차의 설비된 장치 및 차량에 설비된 장치가 탈락될 경우에 작동 불능은 모니터링 되나, 탈락의 정보는 정확히 확인이 안 됨
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 기어박스 안전포켓 개선 보안된 제품으로 교체 ○ 대차기기 고정브라켓 미세균열인자를 육안으로 발견하기 어려움을 일·월상검사 시 장비를 이용한 방안모색 ○ 차량 중요 부품이 주행 중 탈락이 우려되는 장비 및 부품에 대해서는 적정한 곳에 CCTV 등을 설비하여 탈락에 대한 확인이 필요함

위험요인	2.11 구조시설(터널벽, 교량구성) 탈락물
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 근거(시설물특별법) 및 점검대상(BOX, T/L등) - 정기점검(년 2회) : 구조물의 손상여부 조기발견 - 정밀점검(년 1회) : 물리적, 기능적 결함상태 - 정밀안전진단(5년 1회) : 안전성 검토 및 이상유무 - 긴급점검(필요시) : 재해 및 사고에 의한 구조적 손상여부 ○ 근거(재난관리법) 및 점검대상(BOX, T/L, 취약구간, 인접공사장, 환기구, U-TYPE 등) - 계절별점검(해빙기, 우기, 동절기) : 취약구간 및 인접공사장의 안전여부 - 취약구간점검(월 1회) : 취약구간 선정, 변화여부 - 지상시설물점검(월 1회) : 결함 및 손상여부 - 인접공사장점검(월 1회~4회) : 지하구조물 변위여부
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 탈락물 방지 방안으로 터널벽 유지관리 비용(수시점검 및 계측기 설치) 및 고가교(교량) 보 낙하 방지 보강비용 증가

실시간 안전감시 방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 구조시설(터널벽, 교량구성) 탈락물에 대한 개선방안으로 터널벽은 지하수위변위를 측정할 수 있는 계측기 설치 운영 및 고가교(교량) 보 탈락방지를 위한 낙교 방지시설 설치

위험요인	2.12 공사장비 지장
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 선로신설, 개량공사 후 점검 - 공사장비 철수 여부 - 현장적치시 건축한계침범 여부 ○ 영업첫열차 통과 확인 후 철수
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 선로주변에 공사장비 현장 적치 시 열차저촉 우려
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 설계 시에 공사장비 적치장 비용 포함하여 선로주변에서 공사장비 완전철수

위험요인	2.13 산사태(암석/수목/진흙 지장)
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 근거(시설물특별법) 및 점검대상(BOX, T/L등) - 정기점검(년 2회) : 구조물의 손상여부 조기발견 - 정밀점검(년 1회) : 물리적, 기능적 결함상태 - 정밀안전진단(5년 1회) : 안전성 검토 및 이상유무 - 긴급점검(필요시) : 재해 및 사고에 의한 구조적 손상여부 ○ 근거(재난관리법) 및 점검대상(BOX, T/L, 취약구간, 인접공사장, 환기구, U-TYPE 등) - 계절별 점검(해빙기, 우기, 동절기) : 취약구간 및 인접공사장의 안전여부 - 취약구간점검(월 1회) : 취약구간 선정, 변화여부 - 지상시설물점검(월 1회) : 결함 및 손상여부 - 인접공사장점검(월 1회~4회) : 지하구조물 변위여부

안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 해빙기, 우기, 동절기 산 비탈면 산사태 방지 시설물 설치에 따른 유지관리 비용 증가
실시간 안전감시 방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 산 비탈면 산사태 예방을 위하여 T/L 입구 및 U-Type 주변에 산사태 방지 시설물 설치 및 배수로를 구축하여 운영하고 있으며, 점검인원 부족에 따른 CCTV 설치

위험요인	2.14 투척물체
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 근거(시설물특별법) 및 점검대상(BOX, T/L등) - 정기점검(년 2회) : 구조물의 손상여부 조기발견 - 정밀점검(년 1회) : 물리적, 기능적 결함상태 - 정밀안전진단(5년 1회) : 안전성 검토 및 이상유무 - 긴급점검(필요시) : 재해 및 사고에 의한 구조적 손상여부 ○ 근거(재난관리법) 및 점검대상(BOX, T/L, 취약구간, 인접공사장, 환기구, U-TYPE 등) - 계절별점검(해빙기, 우기, 동절기) : 취약구간 및 인접공사장의 안전여부 - 취약구간점검(월 1회) : 취약구간 선정, 변화여부 - 지상시설물점검(월 1회) : 결함 및 손상여부 - 인접공사장점검(월 1회~4회) : 지하구조물 변위여부 -고속철도- ○ KTX 및 KTX Ⅱ 차량에 전면유리창은 UIC 651규격에 의하여 1kg의 투사물체가 충돌속도(250km/h+열차최고 행속도)로 충돌할 경우 전면유리창을 통과하지 않도록 설계 제작되어 있음
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 한강상에 있는 철교는 도로교와 인접하여 있으며, 보호시설(휀스)이 설치되어 있지 않음 -고속철도- ○ 일반객차 및 전동차의 전면유리창에는 UIC 651 투사물 충돌기준으로 설계되어 있지 않음

실시간 안전감시 방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 도로교의 운전자의 물체투척으로 안전운행에 지장이 발생하고 있어 도로교 관리기관에 보호시설(휀스) 설치 요청 필요 -고속철도- ○ 일반객차 및 전동차 전면유리창에 대하여 UIC 651 투사물 충돌기준의 적용에 대하여 적절한 검토가 필요함

위험요인	2.15 대형 장애물(작업자 또는 전열차)
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 영업열차 운행시의 선로출입 - 안전모, 안전화 등 개인보호구 착용 - 열차 마주보면서 현장 점검 - 2인 1조 선로현장 출입(1명은 열차감시) ○ 고속전철, 일반차량, 도시철도는 국토해양부 철도안전기준에 15톤 대형장애물충돌(110km/h)과 열차정면충돌 (36Km/h)시에 운전자를 보호하는 구조로 되어 있음. ○ 철도차량 안전기준 지침 참조
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 장애 및 특별점검으로 선로출입할 때에 사고발생 우려
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 기관사에게 사전 알리고 철저한 전도주시 교육. 선로출입자 개인보호구 착용

위험요인	2.16 불법점거 및 무단횡단/동물침입
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 근거(시설물특별법) 및 점검대상(BOX, T/L등) - 정기점검(년 2회) : 구조물의 손상여부 조기발견 - 정밀점검(년 1회) : 물리적, 기능적 결함상태 - 정밀안전진단(5년 1회) : 안전성 검토 및 이상유무 - 긴급점검(필요시) : 재해 및 사고에 의한 구조적 손상여부 ○ 근거(재난관리법) 및 점검대상(BOX, T/L, 취약구간, 인접공사장, 환기구, U-TYPE 등) - 계절별점검(해빙기, 우기, 동절기) : 취약구간 및 인접공사

	장의 안전여부 - 취약구간점검(월 1회) : 취약구간 선정, 변화여부 - 지상시설물점검(월 1회) : 결함 및 손상여부 - 인접공사장점검(월 1회~4회) : 지하구조물 변위여부
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 한강상 도로교에 인접한 철교는 불법점거가 가능함
실시간 안전감시 방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 불법점거 및 동물침입 예방을 위하여 T/L 입구, U-Type, 한강상 도로교와 인접한 철교 한강 주변에 점검인원 부족에 따른 CCTV 설치 및 철교 보호시설 구축

위험요인	2.17 차량추락 및 침입
안전관리 및 대책 현황	-고속철도- ○ KTX는 110 km/h의 속도로 15톤 장애물 충돌에너지 흡수구조로 설계가 되어 있음. ○ 고속전철, 일반차량, 도시철도는 국토해양부 철도안전기준에 15톤 대형장애물충돌(110km/h)과 열차정면충돌(36Km/h)시에 운전자를 보호하는 구조로 되어 있음. ○ 철도차량 안전기준 지침 참조
안전관리 및 대책의 문제점	
실시간 안전감시방안 및 개선방안	

위험요인	2.18 건널목 차량 및 보행자 침입
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 근거(시설물특별법) 및 점검대상(BOX,T/L등) - 정기점검(년 2회) : 구조물의 손상여부 조기발견 - 정밀점검(년 1회) : 물리적, 기능적 결함상태 - 정밀안전진단(5년 1회) : 안전성 검토 및 이상유무 - 긴급점검(필요시) : 재해 및 사고에 의한 구조적 손상여부 ○ 근거(재난관리법) 및 점검대상(BOX, T/L, 취약구간, 인접공사장, 환기구, U-TYPE 등) - 계절별점검(해빙기, 우기, 동절기) : 취약구간 및 인접공사장의 안전여부

	- 취약구간점검(월 1회) : 취약구간 선정, 변화여부 - 지상시설물점검(월 1회) : 결함 및 손상여부 - 인접공사장점검(월 1회~4회) : 지하구조물 변위여부 ○ 고속전철, 일반차량, 도시철도는 국토해양부 철도안전기준에 15톤 대형장애물충돌(110km/h)과 열차정면충돌 (36Km/h) 시에 운전자를 보호하는 구조로 되어 있음. ○ 철도차량 안전기준 지침 참조
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 보행자 침입을 예방하기 위하여 보호울타리 설치 및 보안시설물 설치에 따른 유지관리 비용 증가
실시간 안전감시 방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 보행자 침입을 예방을 위하여 지상역사 및 U-Type 주변에 보호울타리를 설치하여 운영하고 있으며, 점검인원 부족에 따른 CCTV 및 경보시스템 설치

위험요인	2.19 기관사 업무 수행 불가(질병 등)
안전관리 및 대책 현황	-고속철도- ○ 운전자경계장치가 동작하여 비상제동 체결되며, 일정시간 이후 무선으로 관제에 자동경보 발송됨
안전관리 및 대책의 문제점	
실시간 안전감시방안 및 개선방안	

다. 화재

위험요인	3.1 견인전동기 결함/고장
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- (관련기기) 주전동기, 고압단자함, 스피드프로브 (안전관리) ○ 도착검사 (주기 : 도착전후) - 외관 및 청각검사 · 볼트조임, 배선손상, 누유, 부식, 소음 취부상태 ○ 일상검사 (주기 : 3일) - 외관 및 청각검사 · 볼트조임, 배선손상, 누유, 부식, 소음 취부상태 ○ 월상검사 (주기 3개월 또는 45,000Km) - 외관 및 청각검사 · 볼트조임,배선손상,누유,부식,취부상태 · 고압단자함검사. 스피드프로 결합상태 ○ 중간검사 (주기 : 3년 또는 40만 Km) - 분해, 조립 후 시험 · 분해-세척 및 건조-부품점검-조립 -검사 및 시험 · 검사: 전식, 로울로 단멈부 상처, 코팅부 손상, 조립절연상태 · 축수부온도: 2시간이상 무부하시험 및 운전후 온도측정 ○ 전반검사 (주기 : 6년 또는 80만 Km) - 중간검사와 동일 ○ 임시검사 (필요시) - 견인전동기 교환 ○ 견인전동기가 작동불능 시는 차량진단장치에 의해서 모니터링 됨. 철도공사 1호선 제작사양서 열차종합정보장치 참조 ○ 일상/월상/분기검사 시에는 작동상태 검사, 경/중정비 시에 결함 및 고장사항을 점검하고 수리함 -고속철도- ○ 전기적 고장을 감시하는 센서를 통해 모터블럭이 상시 모니터링 ○ 2.5백만KM마다 교환
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 월상검사시 전동발전기 역저지다이오드 도통상태 점검 ○ 에어청소 및 필터 청소 강화

	○ 전동발전기 브러쉬 마모주기가 일정치 않음 -고속철도- ○ 견인전동기축 베어링불량에 의한 고장(열화등) 감지방법 없음 ○ 견인전동기의 결함 및 고장 발생 시 작동 이상 유무는 차량진단장치에 의해 모니터링 되나, 과열은 알 수 없음
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 견인전동기 1UNIT마다 제작사 동일품 취부 ○ 주회로장치 절연확보 강화로 전차선 단전 최소화 ○ 월상검사시 전동발전기 역저지다이오드 도통상태 점검 -고속철도- ○ 견인전동기의 결함 및 고장으로 인한 온도 상승에 대하여 온도센서를 설비하여 차량진단장치에 의해 견인전동기 온도의 모니터링를 통해 화재를 예방하는 것이 필요함

위험요인	3.2 배터리 결함/고장
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- (안전관리) ○ 도착검사 (주기 : 입고 시) - 육안검사 · 외관변형, 볼트이완, 쇄정, 배선상태 ○ 일상검사 (주기 : 3일) - 육안검사 · 외관변형, 볼트이완, 쇄정, 배선상태 ○ 월상검사 (주기 3개월 또는 45,000Km) - 청소, 시험 · 청소, 단자고정상태, 전해액비중 및 액위 점검 보충 · 셀당 부동 충전전압 측정 ○ 중간검사 (주기 : 3년 또는 40만 Km) · 분해 후 점검 · 전조의 파손, 변형, 전해액 누설여부 · 충.방전 시험 후 취부전 만충전시험(9A/7시간) ○ 전반검사 (주기 : 6년 또는 80만 Km) - 중간검사와 동일 ○ 임시검사 (필요시)

	- 배터리 교환 -고속철도- ○ 배터리 이상 온도상승 감지센서 또는 과전류 방지용 퓨즈 동작하여 전류차단 ○ 약2.5년마다 교환 ○ 배터리가 정상 작동불능 시에는 차량진단장치에 의해서 모니터링 됨. ○ 일상/월상/분기검사 시에 결함/고장 검사 및 교체
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 밧데리 성능유지를 위한 주기적 관리. ○ 충방전시 셀당 전압강하 철저 확인 -고속철도- ○ 배터리의 결함 및 고장 발생 시 작동 이상 유무는 차량진단장치에 의해 모니터링 되나, 과열은 알 수 없음.
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 예비품 주기적 충방전 실시 ○ 셀 성능 저하를 위해 비어있는 상태로 보관하지 않는다. ○ 축전지 보호회로 개선 - 전차선 단전에 의한 축전지 급속 방전으로 보호회로 개선작업

위험요인	3.3 변압기/저항기 결함/고장
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- (관련기기) 주변압기, 리액터류, 저항기, (안전관리) ○ 도착검사 (주기 : 도착전후) - 육안검사 · 외함의 변형, 손상, 이완, 누유상태 ○ 일상검사 (주기 : 3일) - 육안 및 촉수 검사 · 외함의 변형, 손상, 이완, 누유상태 ○ 월상검사 (주기 3개월 또는 45,000Km) - 외관 및 청각검사 · AC가압 후 주변압기 청각검사, 유량 및 유면검사, 누유, 단자이완, 청소

	○ 중간검사 (주기 : 3년 또는 40만 Km) - 분해 후 검사 및 수선 · 모든 외부표면 청소, 변압기 오일 교환 · 보호장치 및 회로검사 ○ 전반검사 (주기 : 6년 또는 80만 Km) - 중간검사와 동일 ○ 임시검사 (필요시) - 변압기 냉각핀 청소시행 ○ 특별검사 - 리액터류 검사 · 리액터류 표면균열, 절연니스도포, 리드선단자 절연피복 및 체결상태, 이물질 및 분진상태 ○ 일상/월상/분기검사 시에는 작동상태 검사, 경/중정비 시에 결함 및 고장사항을 점검하고 수리함 -고속철도- ○ 변압기 전기적 결함을 감지센서를 통해 모니터링 ○ 이상 압력상승에 대해 압력스위치를 통해 모니터링 ○ 15년마다 교환 ○ 차량진단장치에 의해서 화재상태가 감지됨
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 변압기주요원인인자(압력완해장치, 오일게이지, 써머스텟, 가스검출스위치) 발생시 철저히 원인규명 ○ 저항기류 장기 사용에 의한 브라켓등 균열진행 ○ 리액터류 도전체 내압약화로 절연불량 및 절연파괴발생 -고속철도- ○ 변압기의 결함 및 고장 발생 시 작동 이상 유무는 차량진단장치에 의해 모니터링 되나, 과열은 알 수 없음.
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 하절기 도래전 주변압기 냉각핀, 저항기 등 청소 ○ 청소방법 개선방안 강구 ○ 12년 이상된 주요 리액터류 함침시행 -고속철도- ○ 변압기/저항기의 결함/고장으로 과열 시 화재의 위험이 있으므로 온도센서를 설비하여 차량진단장치에 의해 모니터링이 필요함

위험요인	3.4 차단기/전류집전 결함/고장
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- (관련기기) 주차단기(MCB),고속도차단기(HSCB), CCK, K1, K2 (안전관리) ○ 도착검사 (주기 : 도착전후) - 육안검사 ○ 일상검사 (주기 : 3일) - 육안검사 ○ 월상검사 (주기 3개월 또는 45,000Km) - 육안검사 · 외관 및 애자청소, 동작회수계의 점검 · 절연부, 접촉편, 아크슈트 점검 · 간이동작 성능시험 및 기구부 습동부 급유 ○ 중간검사 (주기 : 3년 또는 40만 Km) : - 분해, 수선 및 시험 · 공기누설, 절연저항측정 · 차단부 해체점검, 동작성능 시험 ○ 전반검사 (주기 : 6년 또는 80만 Km) : - 분해, 수선 및 시험 · 차단기 전반에 걸친 해체, 재조립(청소, 급유, 교환) · 절연내력시험 ○ 특별검사 - MCB 진공밸브 교환 - MCB 제어계전기 특별점검 시행 - 고속도차단기 로드 교환 -고속철도- ○ 전류집전장치(팬터그래프)결함시 압력스위치를 통해 모니터링 ○ 96개월마다 교환 ○ 차단기/전류집전장치의 결함/고장으로 전류가 차단되어 차량에 전기가 공급되지 않으면, 차량진단장치에 의해 모니터링 됨 ○ KTX의 판토그래프는 집전판에 마모되어 이상이 생기면 차량진단장치에 의해 모니터링 됨 ○ 고압전류 인입 시 주차단기의 전류를 차단함

안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 주차단기(MCB) 장기사용으로 진공도 저하 ○ 고속도차단기 접점 마모발생 성능개선품 확보필요
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 주차단기(MCB) 계수기 이중화로 동작횟수 관리 및 동작상태 정밀점검 ○ MCB 유리관 진공밸브을 세라믹형으로 전량교환 ○ 고속도차단기(HSCB) 회로변경 및 오버홀 시행 ○ 차단기류 장기 사용으로 성능개선품이 요구됨

위험요인	3.5 압축공기 공급장치(폭발)
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- (관련기기) 공기압축기, 기동장치, 제습기 (안전관리) ○ 도착검사 (주기 : 도착전후) - 외관검사 ·오일유면 및 누기 작동상태 점검 ○ 일상검사 (주기 : 3일) - 외관검사 ·오일유면 및 누기 작동상태 점검 ○ 월상검사 (주기 3개월 또는 45,000Km) - 청소 및 오일, 필터류 교환 ○ 중간검사 (주기 : 3년 또는 40만 Km) - 분해 후 시험 ·오일제어유니트점검, 온도스위치점검, 오일트랩교환, 제어 및 감시부 점검 ○ 전반검사 (주기 : 6년 또는 80만 Km) ·중간검사와 동일 ○ 임시검사 (필요시) - 내구연한이 도래된(12년) 스크류블럭 교환 ○ 운전실에서 제동관 공기압력이 모니터링 됨 ○ 공기압축기에 의하여 10kg/cm2의 압축공기가 RP관에 공급되어 주공기통에 저장되며, 가버너에 의해 5kg/cm2로 감압되어 보조공기통에 저장됨 ○ RP관 및 BP관에 적정공기압력이 형성되면 공기압축기가 자동적으로 정지됨

	○ 압축공기는 인화성이 없어 폭발해도 화재는 발생하지 않음. ○ 압력공기는 충부한 강도를 갖은 공기통 및 배관에 보관하여 충격으로 폭발하지 않으나, 탈선 시에는 공기가 누설되어 안전함 ○ 부품시험은 내압시험을 실시함 - 도시철도차량 제동유니트, 공기압축기, 판토그래프 및 전두연결기의 경량화에 대한 (주)유진기공 자료 공기압축기 참조
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 도착, 일상 검사 시 공기압축기 충기상태 및 오일누유 확인 ○ 공기압축기 교환 시 순환예비품 수선 후 점검 및 기록유지
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 공기압축기 부하를 감소시킬 수 있는 방안 모색으로 고장발생빈도 감소 - 공기제어방식 출입문을 전기식으로 제어 - 미세 공기누기 원인(배관이음매, 제습기등)파악 해결 ○ 주공기압축기 기동장치를 GTO - IGBT방식으로 교체 ○ 오일역류 방지로 제어공기질을 향상

위험요인	3.6 제륜자 불꽃
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- (관련기기) 브레이크실린더, 라이닝홀더, BFC블럭 브레이크 유니트 (안전관리) ○ 도착검사 (주기 : 도착전후) - 육안검사 ·브레이크슈 및 라이닝 검사 ○ 일상검사 (주기 : 3일) - 육안검사 ·제동 및 완해 작동검사 ·브레이크슈 및 라이닝 검사 ○ 월상검사 (주기 3개월 또는 45,000Km) - 외관 및 교환 ·브레이크, 디스크 외주면 손상은 교환, 습동부급유 ○ 중간검사 (주기 : 3년 또는 40만 Km) - 분해 후 검사 및 수선 ·브레이크장치부품 세척, 공기누설시험, 성능시험

	- 자분탐상검사 : 나사부, 레버류 ○ 전반검사 (주기 : 6년 또는 80만 Km) ·중간검사와 동일 ○ 제동 완해 시 일부 제동유니트가 완해가 안 되었을 경우에 운전자가 운전실에서 운전자가 강제 완해시킴 ○ 제륜자에서 과제동이 작동하지 않도록 제동유니트의 제동통 공기압력을 운전실에서 이상 유무를 모니터링 함 ○ 제륜자의 불꽃 방지를 위하여 주철제륜자 대신에 합성제륜자(레진)를 사용하고 있음 - 도시철도차량 제동유니트, 공기압축기, 판토그래프 및 전두연결기의 경량화에 대한 (주)유진기공 자료 답면유니트 제동 참조
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 다음 주기이전 검사 시까지 마모한계 예상하여 교환 ○ 마모한도 외에 이상의심 부품 교환 ○ 운전실 고장정보장치에 제동압력 수치상 이상 없어도 직접 제동체결여부 확인 ○ 소결함금 또는 주철 제륜자를 사용할 경우 불꽃이 발생하여 차량 및 선로주변에 화재발생 위험이 있음
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 디스크나 제륜자 마모한계점 자동설정으로 검수효율 방안 ○ 디스크나 제륜자 표면 온도로 측정으로 실 제동압력 상태 확인 방안 ○ 브레이크 라이닝 이상, 마모상태 자동감지 방안 모색 ○ 제동 작동 시 제륜자에서 불꽃이 발생하지 않는 제륜자의 연구개발이 필요함

위험요인	3.7 기계장치과열(베어링/차축)
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- (안전관리) ○ 도착검사 (주기 : 도착전후) - 육안 및 청각검사 ○ 일상검사 (주기 : 3일) - 육안 및 청각검사 ○ 월상검사 (주기 3개월 또는 45,000Km) - 육안 및 청각검사 ○ 중간검사 (주기 : 3년 또는 40만 Km)

	- 분해 후 검사, 교환 · 베어링 롤러 두부의 긁힘, 턱륜, 스페이서 단면의 긁힘, 마모상태 · 차축청소, 볼트너트이완, 누기, 균열, 손상, 변형, 마모, 부식유무를 육안검사 또는 점검망치 사용 점검 및 조정 ○ 전반검사 (주기 : 6년 또는 80만 Km) - 주요 단위기기의 상태점검 및 기능확인을 시행 ○ 임시검사 (필요시) - 분해 후 검사, 교환 ○ 특별검사 (동하절기 등) - 차륜경 측정검사 -고속철도- ○ 대차 축상의 과열은 지상 센서가 감지하여 종합사령실에 통보되어 관리함
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 그리이스의 변질은 베어링의 이상 발열이나 물의 침입이 원인으로 되는 경우가 많음 ○ 적당한 량의 그리이스를 충전하도록 주의하고 반드시 깨끗한 손으로 그리이스를 취급해야 함 ○ 녹은 방치하여 두면 소부나 조기 플래킹(Flaking)의 원인이 되기 때문에 재사용 전에 잘 점검하여 가벼운 것이라면 녹을 완전히 제거하여 사용하여야만 함 -고속철도- ○ 축 베어링 과열은 지상에서 감지하여 종합사령실에 보고되므로 베어링이 발열 시 차량에서 조치를 취하기까지 많은 시간이 소요되어 화재의 위험이 있음
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 베어링 청결유지, 세척후 방청처리 ○ 베어링에 수동으로 그리이스를 주입함으로써 일정량 일정압력으로 그리이스를 주입하는 것이 불가능함으로 베어링 오일 자동충진장치을 개발 함으로써 윤활유의 균일한 도포가 이루어져 베어링의 파손을 방지 -고속철도- ○ 대차 축상에 베어링 온도센서를 설치하여 차량진단장치에 의해 모니터링이 되어 차축이 과열 시에 운전사가 조치할 수 있도록 개선

위험요인	3.8 동력장치 화재(엔진/배기시스템)
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- (관련기기) 객실 정션박스내 견인전동기, 전동발전기, 고압리드선, (안전관리) ○ 도착검사 (주기 : 도착전후) - 외관상태검사 ○ 일상검사 (주기 : 3일) - 외관상태검사 ○ 월상검사 (주기 3개월 또는 45,000Km) - 외관상태검사 · 전동발전기 정류자면 청소 및 절연페인트 도포상태확인 · 월상검사시 전동발전기 역저지다이오드 도통상태 점검 ○ 중간검사 (주기 : 3년 또는 40만 Km) - 분해 후 검사·수선 · 도체부단자이완, 절손, 탈락시 수선 또는 교환 · 절연체 파손, 변형, 열화된 것 교환 · 절연저항 측정 ○ 전반검사 (주기 : 6년 또는 80만 Km) - 중간검사 와 동일 -고속철도- ○ 동력장치 화재 시 열감지장치를 통해 상시 모니터링 및 동력장치 차단 ○ KTX 및 KTX Ⅱ의 모터블럭, 보조블럭, 변압기에는 화재감지장치가 설치되어 차량진단장치에 정보를 제공함
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 육안검사로 정션박스내 인입선 열화상태 확인이 어려움 ○ 육안검사에 의한 정확도 저하로 유지관리 문제 야기 ○ 월상검사시 전동발전기 역저지다이오드 도통상태 점검 ○ 에어청소 및 필터 청소 강화 ○ 전동발전기 브러쉬 마모주기가 일정치 않음 ○ 전동차, EMU 열차에는 동력장치 화재 감지장치가 설비되어 있지 않음
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 객실 정션박스 단자대에 온도라벨스티커 부착으로 견인전동기의 인입리드선 열화 및 용손등으로 발생되는 고장 사전

	예방 ○ 견인전동기 안전성 및 내구성을 확보 열화된 단자대를 육안으로 쉽게 확인 가능 ○ 고속전철, 전동차, EMU 열차에 동력장치에 온도센서를 설비하여 온도 및 화재정보를 차량진당장치에서 모니터링 할 수 있도록 개선

위험요인	3.9 연료,오일 누출(탱크/연결관) CM
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- (관련기기) 공기압축기, 변압기 (안전관리) 도착검사 (주기 : 도착전후) - 외관검사 · 오일유면 및 누기 작동상태 점검 · 외함의 손상, 이완, 균열, 오일변형, 누유상태 ○ 일상검사 (주기 : 3일) - 외관검사 · 오일유면 및 누기 작동상태 점검 · 외함의 손상, 이완, 균열, 오일변형, 누유상태 ○ 월상검사 (주기 3개월 또는 45,000Km) - 외관 및 청각검사 · AC가압후 주변압기 청각검사, 유량 및 유면검사, 누유, 단자이완, 청소 ○ 중간검사 (주기 : 3년 또는 40만 Km) - 분해 후 검사 및 수선 · 오일제어유니트점검,온도스위치점검,오일트랩교환, 제어 및 감시부 점검 · 공기압축기 연결피팅에 이완으로 인한 누유 및 가스켓과 O-링에 파손 상태 점검 ○ 전반검사 (주기 : 6년 또는 80만 Km) - 중간검사와 동일 ○ 임시검사 (필요시) - 내구연한이 도래된(12년) 스크류블럭 교환 ○ 디젤기관차 및 디젤동차(새마을 동차)의 연료 및 오일의 탱크 및 연결관에서 누출은 일상/월상/분기검사 시 확인

안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 경정비시 오일 소모원인 파악 미흡
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 오일 보충 시 보충내역 기록 DB구축으로 오일 소모원인 파악

위험요인	3.10 차량내부 인화물질
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙 - 차량의 차체 및 실내설비는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 불에 타지 아니하는 재로(이하 “불연재료”라 한다.)를 사용하여야 함 ○ 내장재의 내화기준 강화 ○ 발화시 연기 및 유독가스 발생기준 보강 - 화재사고 통계에 의하면 화재에 의한 사망자보다도 연기에 의한 피난탈출의 곤란 또는 유독성 가스에 의한 피해가 높게 나타남 ○ 재질 기준의 강화 ○ 시험 방법 및 기준마련 ○ 차량에 배선된 전선과 차량에 설치된 장비는 차량의 제동시 발생하는 불꽃으로부터 보호되어야 함 ○ 불꽃발생 및 발열위험이 있는 기기는 그 사이가 절연되도록 일정한 간격으로 분리되어 설치되거나 필요한 경우 불연재료를 사용한 차단막이 설치되어야 함 ○ 하부틀의 하부를 지나는 배관 및 전선은 차체바닥으로부터 기름 또는 인화성 물질 스며들지 못하도록 설치되어야 함 ○ 차량의 실내외에 광고물을 게시 또는 부착하는 경우 액자형 광고틀·광고물보호덮개·광고물 지지대 등은 불연재료를 사용하여야 함 ○ 차량에 적용되는 모든 재료는 “도시철도차량 안전기준에 관한 규칙 제10조 (화재 예방을 위한기준)”에 적합한 재료를 사용하여야 함 ○ 도시철도차량, 고속전철 및 일반철도차량에는 화재 예방을 위한 기준을 적용하고 있음 ○ 철도차량 안전기준 지침 참조
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 대구화재사건 이후 서울메트로에서는 스텐레스형 의자 도입

	하고 내장재 또한 전면 교체하였으나 스텐레스형 의자는 추운 겨울에는 온도변화 민감하여 승객의 편의성을 저감시킴
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 차량제작시 한국산업표준인 KS F ISO 1182 및 KS M ISO 4589-2의 규정에 의한 재료 시험 등에 기준 관리 강화

위험요인	3.11 실화(승무원)
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 운행중인 열차에 화재가 발생하였을 시 관계 직원은 즉시 운전관제에 보고하고, 운전사령은 상황을 판단하여 후속 열차 및 인접선로 운행열차에 정차 지시하여 화재 확산을 예방하고 유관기관에 통보하여 신속한 복구가 되도록 노력 열차 운전중 화재 발생시 다음역까지 운행할 수 있을 때 기관사의 조치 ○ 운전관제에 화재의 상황(종별, 정도, 영향, 발생장소)과 다음역까지 운행하는 요지를 통보 ○ 차장에게 승객의 동요가 발생하지 않도록 안내방송 시행 지시 ○ 정거장 도착 즉시 화재상황을 판단하여 역장과 협의, 국민방독면 또는 양압식 공기호흡기를 착용하고 소화에 임하며 소화 불가능 시 손님 대피유도 ○ 운전관제에 사고조치의 상황을 수시로 통보하고 이후의 지시를 받음 차장의 조치 ○ 기관사에게 상황을 알리고 기관사가 운전관제에 연락할 수 없을 때에는 연락담당 ○ 손님질서 유지 안내방송을 반복 시행 승객 동요방지 부득이 열차가 정거장간 도중에 정차하였을 때 기관사의 조치 ○ 운전관제에 화재상황을 통보하고 차장에게 안내방송을 지시하는 등 가장 안전하게 조치 ○ 국민방독면 또는 양압식 공기호흡기 착용 후 현장출동, 상황에 따라 초기소화 시도 ○ 소화 후 운전가능 시 관제 보고 후 차장과 협의, 출발전호를 확인 후 다음 역까지 운전

	○ 소화가 불가능하고 기동이 되지 않을 때는 운전관제에 통보, 안전한 장소로 승객을 대피 유도함. ○ 승객을 열차 밖으로 대피시킬 때는 운전실 비상문을 이용하여 손님을 선로 내로 안전하게 대피 유도함. ○ 승객의 과다 또는 기타 사유로 인하여 전, 후 차량으로 승객을 유도할 수 없는 상황에서 긴급대피를 요할 때는 다음의 순서에 의함
안전관리 및 대책 현황	**부득이 열차가 정거장간 도중에 정차하였을 때** **기관사의 조치** ○ 운전관제에 화재상황을 통보하고 차장에게 안내방송을 지시하는 등 가장 안전하게 조치 ○ 국민방독면 또는 양압식 공기호흡기 착용 후 현장출동, 상황에 따라 초기소화 시도 ○ 소화 후 운전가능 시 관제 보고후 차장과 협의, 출발전호를 확인 후 다음 역까지 운전 ○ 소화가 불가능하고 기동이 되지 않을 때는 운전관제에 통보, 안전한 장소로 손님을 대피 유도함. ○ 손님을 열차 밖으로 대피시킬 때는 운전실 비상문을 이용하여 손님을 선로 내로 안전하게 대피 유도함. ○ 손님의 과다 또는 기타 사유로 인하여 전, 후 차량으로 손님을 유도할 수 없는 상황에서 긴급대피를 요할 때는 다음의 순서에 의함 - 운전관제에 상황통보 및 후속열차, 인접열차 정차조치 요구 - 후속열차 및 인접선로 운행열차 정차확인 - 출입문 개방 ○ 운전관제에게 사고처리 상황을 보고하고 이후의 지시를 받음 **차장의 조치** ○ 기관사에게 화재의 상황을 연락하고 안내방송 시행 ○ 기관사와 협의하여 운전관제와의 연락담당 ○ 차내 방송을 반복하여 손님의 당황 및 차량 밖으로 나가는 것을 적극 방지 - 월 1회 열차운행기록부 분석을 통해 표준운전취급법 보급 및 미흡 승무원에 대한 특별교육 실시

안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 인적오류 관리의 어려움
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 승무원의 화재발생 경보 · 발생 시 대응책 수시 교육 ○ 대 시민 예방 활동 강화 ○ 객실 화재발생시 승객 및 승무원의 초동 진화 중요성 인지 필요

위험요인	3.12 전기합선/누전(차량기기/**전차선**/집전장치)
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- (관련기기) 전차선 (안전관리) ○ 전차선 일상점검 및 정기검사, 특별검사 - 일상점검(육안점검) - Km당 소요시간 ○ 전차선 6개월 검사 - 지상부 전차선로 설비 검사 - 에어섹숀, 신축장치, 궁선장치, 흐름방지장치 등 검사 - Km당 소요시간 ○ 전차선 1년 검사 - 전차선 전압, 절연저항, 누설전류, 레일전압 등 측정 - Km당 소요시간 ○ 특별검사 - 계절별 풍수해, 하절기, 동절기 등 환경에 의한 점검 - 전차선로 취약개소 집중점검(점검반 편성) - Km당 소요시간 (관련기기) 전차선 단전관련 원인인자 대책, 객실 배전반 (안전관리) ○ 전차선단전 최소화 대책 시행 - 견인전동기(TM) 정비강화 · 전동기 공기청소 강화, 절연저항 측정강화 · 전동기의 정기 검사시 세정 및 바니쉬 처리 - 주회로장치 단류기 정비강화 · 단류기함 진공청소기 및 세정제사용 등 청소 강화 · 고속도차단기 차단특성 시험강화 · 단류기함내 기기장치 절연보강 작업

	- 전력반도체 불량감소 · 열화진단기사용(반도체 특성시험) · 반도체 소자접촉면 정밀작업(균등한 압접력 작업등) · 전력반도체 방열판 청소 - 주회로 저항기 및 리액터 불량감소 · 저항기함 공기청소 강화 · 전력콘덴서 점검강화 및 적기교환 - 리액터류 절연확보 · 12년 이상 사용 리액터는 절연측정 및 필요시 내전압 시험 등 불량시 함침 및 외주수선 · 월상 및 중정비 시 공기청소 시행 - 배전반 확인 상태 · 배선 열화 및 단자대 접촉상태 확인(월상검사 시) · 접촉기류 동작 및 과열상태 확인(열화상카메라) ○ 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙 - 전기장치는 인체에 대한 감전과 화재발생 위험을 방지할 수 있도록 이를 설계 및 설치해야 함 - 교류600V이상을 사용하는 전기장치에는 사람이 보기 쉬운 위치에 “고전압” 및 “위험”표시를 해야 함 - 철제차륜을 사용하는 도시철도차량의 경우 정상전류 및 예측할 수 있는 고장전류를 대응할 수 있도록 구동주행장치에는 모든 차축에 부수주행장치에는 각각의 주행장치마다 1축 이상에 접지기구를 설치하여야 하며, 고무차륜을 사용하는 경량전철 차량이나 자기부상차량의 경우 승강장 등에서 접지가 이루어 질 수 있도록 접지기구를 설치해야 함 - 인체에 접촉하여 감전 등 상해를 줄 수 있는 장치나 기기 표면에는 보호접지가 되어 있어야 함 - 전기부품은 다른 부품이나 전선과 이격 또는 차폐시키거나 필터 등을 사용함으로써 전자유도간섭을 최대한 억제해야 함 - 전기장치의 마찰접촉부위에 사용하는 마모성 부품류는 차량의 정기적인 검사주기 혹은 그 배수의 주기로 교체하여 사용할 수 있는 마모한도를 가져야 함 - 전기장치는 신속한 유지보수를 위하여 그 장치를 개방하였을 때 쉽게 접근할 수 있도록 이를 설치해야 함 -고속철도- ○ 차량 제작 시 제어선에 대한 벨체크를 하기 때문에 정상적인 상태에서 전기합선은 일어나지 않음

안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 전차선로의 전압, 누설전류, 레일전압 측정시 계측기사용으로 인한 감전사고 발생 ○ 고가에 설치되어 점검 및 보수 시 안전사고 우려 ○ 회로개선 등 배선작업 시 작업상태 철저확인 ○ 객실 배전반 내 단자 압착상태 ○ 많은 부품의 수명주기가 일정하지 않고 경정비 및 중정비 업무 도래 시 검사주기별 다품목의 정밀한 검사가 어려운 상황임 -고속철도- ○ 과부하나 노후 되어 전선이 불타서 합선이 일이 날 수 있음
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 전차선로 설비의 점검방법을 실시간 모니터링으로 개선하여 이상개소만 점검 필요 ○ 전차선 단전요인 원인인자 분석 사전정비로 고장 최소화 ○ 관련부품 적정사용한계 지정으로 적기 교환 ○ 전기적 연결부위의 개방되고 점검이 쉬운 곳에 기기배치 및 점검개소의 집중화 등으로 검사 동선의 최소화 및 전기적, 전기적 및 기계적 결합부품의 절연강화 등 -고속철도- ○ 차량진단장치에서 케이블의 이상 유무를 모니터링 확인 할 수 있도록 개선 필요 ○ 차량 전선 케이블의 설계기준 및 교체시기를 국가규격으로 제정하여 운영할 필요가 있음

위험요인	3.14 터널 전기장치 화재
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- (관련기기) - 터널전기실, 터널조명, 터널콘센트, 수·송배전선로 전기설비 (안전관리) ○ 일상검사(육안점검) - 터널 조명 점등 유무 및 콘센트 탈락 등 이상유무 확인 - 터널내 전기설비 확인

	- Km당 소요시간 ○ 6개월 검사(터널전기실) - 배전반 등 전력설비 이상유무 확인 · 이상음 및 냄새, 지시계기, 단자이완 유뮤 등 - 전기실당 소요시간(MH) ○ 6개월 검사(수·송배전선로) - 맨홀상태 및 내부침수, 트라프 점검 - 맨홀내 접속개소 및 케이블 외부상태 - Km당 소요시간 ○ 1년 검사 - 터널전기실, 터널조명, 터널콘센트, 수·송배전선로 전기설비의 절연저항 측정, 접지상태 확인 등 - Km당 소요시간 ○ 특별검사 (필요시) - 이상개소 발생시 및 터널 전기장치 보수 등 - 건당 소요시간
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 수·송배전선로 트라프 등 아크유입에 의한 케이블 화재 ○ 작업자들에 의한 쓰레기 등 인화물질에 대한 화재 우려
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 전기설비(트라프 및 케이블 포설) 개선 및 터널내 감시카메라 설치

위험요인	3.15 실화
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 근거(시설물특별법) 및 점검대상(BOX, T/L등) - 정기점검(년 2회) : 구조물의 손상여부 조기발견 - 정밀점검(년 1회) : 물리적, 기능적 결함상태 - 정밀안전진단(5년 1회) : 안전성 검토 및 이상유무 - 긴급점검(필요시) : 재해 및 사고에 의한 구조적 손상여부 ○ 근거(재난관리법) 및 점검대상(BOX, T/L, 취약구간, 인접공사장, 환기구, U-TYPE등) - 계절별점검(해빙기, 우기, 동절기) : 취약구간 및 인접공사장의 안전여부 - 취약구간점검(월 1회) : 취약구간 선정, 변화여부 - 지상시설물점검(월 1회) : 결함 및 손상여부 - 인접공사장점검(월 1회~4회) : 지하구조물 변위여부

	○ 소화기 비치 ○ 건축마감재 난연재로 교체 ○ 인화성 물질 보관 금지 ○ 화재 발생 시 초동조치 ○ 연기확산 억제 및 배연대책 메뉴얼에 따라 대응 - 일반적으로 역사내 화재 시 화재구역은 배기만 가동하고 급기는 정지하며 비화재구역은 배기는 정지하고 급기만 가동 - 본선내 화재 시 화재구역에서 가장 가까운 터널은 배기 가동 하고 기타 터널 및 인근역 승강장은 급기만 가동 - 유형별 화재 시 자동 또는 수동으로 취급 · 역사 화재 시 : A,B,C,D.. 구역별 환기 가동 - 역 정차중 열차 화재 시 : 터널 배기는 승객의 터널 대피 여부를 확인 후 가동(터널은 각 환기실에서 인접측임) - 지하 터널구간 열차 화재 시 · 터널구간 열차화재는 운전취급규정 제325조(열차화재시의 조치) ①항에 의거 최근정거장까지 운전함을 원칙 · 터널환기는 화재 인접측은 배기을 가동하고 먼측을 급기 가동하고 양 역사 환기는 본선에 인접된 승강장 급기만 가동. ※ 다만, 풍속, 구배 등에 의한 연기 이동상태에 따라 가동 방식을 변경 할 수 있음 · 승무원은 열차위치, 연기의 이동방향, 화재위치의 터널 구배상태 등 특이사항을 파악하여 종합관제소에 정확한 보고 · 해당 역장은 종합관제소의 지시에 의해 원방제어반에 설치된 개별 작동스위치를 눌러 본선환기실 송풍기를 가동 ※ 승객은 바람이 불어오는 방향으로 대피 - 자동 가동이 미 작동 시 개별 작동 스냅스위치를 ON, OFF하여 메뉴얼에 따라 가동 ○ 기 설치된 제연설비는 제외
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 지상시설물(환기구)에 보행자가 담배꽁초 투기로 인한 환기구 내부 화재 발생 ○ 인화성 물질 휴대 시 확인 곤란 ○ 화재 발생 시 초동조치 미흡 ○ 역사 시설물 화재 및 역 정차 중 열차 화재 시에 대한 모의훈련은 실시하고 있음 ○ 지하부 터널구간 열차 화재 시 승객이 탑승한 채 메뉴얼에 따라 정기 및 수시 모의 훈련은 실시하기가 어려운 실정임 ○ 지하 역사에는 화재감지기 및 역사 종합화상감시장치인

	CCTV가 설치되어 있으나 터널구간에는 화재감지기 및 역사 종합화상감시장치인 CCTV가 미설치
실시간 안전감시 방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 환기구 그레이팅에 보행자가 담배꽁초 투기에 따른 실화 대책으로 담배꽁초가 유입되지 않도록 스프링으로 보완된 그레이팅 설치 운영 중에 있음 ○ 인화물질 휴대검사 ○ 시설물 순회 점검강화 ○ 터널구간에는 화재감지기 및 종합화상감시장치인 CCTV를 설치하여 본선 환기 자동시스템 구축 ○ 지하부 터널구간 열차 화재 시 승객이 탑승한 채로 메뉴얼에 따라 정기 및 수시 모의 훈련 실시

위험요인	3.16 시설물 방화
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 근거(시설물특별법) 및 점검대상(BOX, T/L등) - 정기점검(년 2회) : 구조물의 손상여부 조기발견 - 정밀점검(년 1회) : 물리적, 기능적 결함상태 - 정밀안전진단(5년 1회) : 안전성 검토 및 이상유무 - 긴급점검(필요시) : 재해 및 사고에 의한 구조적 손상여부 ○ 근거(재난관리법) 및 점검대상(BOX, T/L, 취약구간, 인접공사장, 환기구, U-TYPE 등) - 계절별점검(해빙기, 우기, 동절기) : 취약구간 및 인접공사장의 안전여부 - 취약구간점검(월 1회) : 취약구간 선정, 변화여부 - 지상시설물점검(월 1회) : 결함 및 손상여부 - 인접공사장점검(월 1회~4회) : 지하구조물 변위여부 ○ 소화기 비치 ○ 건축마감재 난연재로 교체 ○ 인화성 물질 보관 금지 ○ 화재 발생시 초동조치 ○ 연기확산 억제 및 배연대책 메뉴얼에 따라 대응 - 일반적으로 역사내 화재시 화재구역은 배기만 가동하고 급기는 정지하며 비화재구역은 배기는 정지하고 급기만 가동 - 본선내 화재 시 화재구역에서 가장 가까운 터널은 배기 가동 하고 기타 터널 및 인근역 승강장은 급기만 가동

	- 유형별 화재 시 자동 또는 수동으로 취급. · 역사 화재 시 : A,B,C,D.. 구역별 환기 가동 - 역 정차 중 열차 화재 시 : 터널 배기는 승객의 터널 대피 여부를 확인 후 가동(터널은 각 환기실에서 인접측임) - 지하 터널구간 열차 화재 시 · 터널구간 열차화재는 운전취급규정 제325조(열차화재시의 조치) ①항에 의거 최근정거장까지 운전함을 원칙. · 터널환기는 화재 인접측은 배기을 가동하고 먼측을 급기 가동하고 양 역사 환기는 본선에 인접된 승강장 급기만 가동. ※ 다만, 풍속, 구배 등에 의한 연기 이동상태에 따라 가동 방식을 변경 할 수 있음. · 승무원은 열차위치, 연기의 이동방향, 화재위치의 터널 구배상태 등 특이사항을 파악하여 종합관제소에 보고 · 해당 역장은 종합관제소의 지시에 의해 원방제어반에 설치된 개별 작동스위치를 눌러 본선환기실 송풍기를 가동 ※ 승객은 바람이 불어오는 방향으로 대피. - 자동 가동이 미 작동 시 개별 작동 스냅스위치를 ON, OFF하여 메뉴얼에 따라 가동.
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 고가교 및 교량시설물 하부 보행자 및 노숙자에 의한 방화에 노출되어 있음 ○ 인화성 물질 휴대시 확인 곤란 ○ 화재 발생 시 초동조치 미흡 ○ 역사 시설물 화재 및 역 정차 중 열차 화재 시에 대한 모의훈련은 실시하고 있음 ○ 지하부 터널구간 열차 화재 시 승객이 탑승한 채 메뉴얼에 따라 정기 및 수시 모의 훈련은 실시하기가 어려운 실정임 ○ 지하 역사에는 화재감지기 및 역사 종합화상감시장치인 CCTV가 설치되어 있으나 터널구간에는 화재감지기 및 역사 종합화상감시장치인 CCTV가 미설치
실시간 안전감시 방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 고가교 및 교량시설물에 내화성능보강시스템 도입이 시급함 ○ 인화물질 휴대검사 ○ 시설물 순회 점검강화 ○ 터널구간에는 화재감지기 및 종합화상감시장치인 CCTV를 설치하여 본선 환기 자동시스템 구축 ○ 지하부 터널구간 열차 화재 시 승객이 탑승한 채로 메뉴얼에 따라 정기 및 수시 모의 훈련 실시

라. 사상

위험요인	4.1 열차운행 중 출입문 개방
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙 - 출입문장치는 승객들이 가하는 하중과 운행중에 작용하는 하중을 견딜 수 있는 구조이어야 함 - 차량에는 비상시 승객용 출입문을 외부에서 수동으로 열 수 있는 장치와 비상시 승객용 출입문을 내부에서 수동으로 열 수 있는 장치를 각각 구비해야 함 - 승객용 출입문의 가장자리는 사람의 손 또는 옷이 걸리지 아니하는 구조이어야 함 - 승객용 출입문이 서로 맞닿는 부위는 문이 완전히 닫혔을 때 틈이 없어야 함 - 승객용 출입문은 닫힌 상태에서 차체 밖으로 돌출되어서는 안 됨 - 출입문에 근접하여 설치하는 설비는 상해의 위험을 최소화하도록 설계해야 함 - 승객용 출입문의 안쪽 옆벽에는 비상시 문을 여는 방법이 설명되어 있고 내부개장장치가 설치된 곳을 향하여 부탁하거나 설치하여서는 안 됨 - 내부개방장치와 외부개장장치의 덮개에는 승객이 그 위치를 쉽게 알 수 있도록 위치표지를 각각 부착해야 함 - 승객이 정당한 사유 없이 운행중인 열차의 비상정지버튼을 누르거나 승강용 출입문을 열면 1000만원 이하의 과태료 부과 ○ 도시철도 및 일반철도의 출입문은 승무원에 의해 개폐되는 중앙집중식 제어로 되어 있음 -고속철도- ○ 산천 차량은 출입문(승강문) 개방 시 견인불능 및 운행 중 열림 시 비상제동체결로 안전확보 ○ KTX차량은 승객에 의한 승강문 개방 불가능토록 설비구축됨 ○ KTX 및 KTX Ⅱ(산천호)는 출발 후 25km/h 이상의 속도에서는 출입문이 인터록크가 되어 안전하고, 출입문은 승무원에 의해 개폐되는 중앙집중식 제어로 개폐함

안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 현재 전동차 내 화재발생의 사고로 인한 인명피해의 최소화 하기 위해 차량에는 비상시 승객용 출입문을 외부 및 내부에서 수동으로 열 수 있는 장치 출입문 비상 개방장치가 설치되어 있어 승객의 실수 및 고의적으로 개방될 가능성이 있음 ○ 현행 철도법상 차내 방송 등으로 홍보 및 계도 등으로 출입문 비상 개방장치를 무단으로 조작 하지 않도록 방법 외에는 없음 -고속철도- ○ 철도차량은 승무원이 출입문을 개폐는 중앙집중식 제어로 되어 있어 차량이 주행 중이거나 정차 시에 어디에서든 개폐할 수 있어 사상의 위험성이 있음
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 열차종합제어장치(TCMS) 활용하여 화재상황 및 승객 무단 조작여부 등의 상황인지를 할 수 있는 시스템적인 체계가 필요함 -고속철도- ○ 열차가 주행 중에 승무원이 출입문을 개폐하는 것을 방지하기 위해 신호장치로부터 정보를 받아 지정된 위치에 출입문이 개폐되도록 함 ○ 단 출입문제어장치를 수동모드로 조작할 경우는 어디에서든 개폐할 수 있도록 설비하여 편의성을 도모함

위험요인	4.2 열차 출입문 끼임
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 전동차 끼임 사고 예방법 - 장난으로 전동차 출입문에 이물질을 끼우지 말 것 - 바닥에 떨어져 있는 볼펜, 장난감 등을 발견 즉시 줍기 - 우산, 가방, 손, 발 등을 문 사이에 넣지 말 것 - 출입문이 닫힐 때에는 무리하게 승차하려 하지 말고 노란선 바깥쪽으로 물러날 것 - 지하철을 놓칠 경우 3,4분 간격으로 배차되므로 여유 있게 생각하는 자세를 가질 것

	- 불의의 사고시 전동차 앞뒤로 배치된 인터폰으로 기관사에게 즉시 연락할 것 -고속철도- ○ 감지장치를 통해 출입문이 다시 열림 - 도시철도차량의 경우에는 측출입문이 완전히 닫히지 않으면 운전실에 정보가 현시되어 운전자는 출입문이 완전히 닫힌 상태가 되어야 출발을 함 ○ 정거장에는 열차의 측방면을 운전사가 볼 수 있도록 CCTV 모니터가 설비 되어 있음
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 승무원의 승객승하차상황 모니터링이나 출입문 센서 등의 안전장치에도 불구하고 전동차 출입문관련 안전사고도 심심치 않게 발생하는데, 전동차 출입문에는 센서가 설치되어 있어 12.5mm이상 출입문이 벌어져 있으면 전동차가 출발하지 않지만, 7.5mm 이하인 경우에는 감지센서가 인지하지 못하여 전동차가 출발할 수 있다. 이때 가방끈이나 옷자락 등 얇은 물체가 출입문에 낀채 열차가 출발하는 경우 생명이 위험한 상황에 까지 이를 수도 있으며, 닫히는 출입문에 무리하게 승차하다 지하철 문이 닫히는 힘(500N, 약 51kg의 부딪히는 힘)에 의해 신체에 부상을 입거나 피해를 입을 가능성이 있으므로 유의해야 한다. - 출입문 비상콕크 임의 조작 - 열차 내 비상통화장치 임의 조작 - 출입문에 기대는 등의 과도한 압력 - 발열내의, 나이론 등으로 인한 정전기 및 합선 - 열차내 흡연등으로 인한 화재오인 - 전동차 출입문에 낀 이물질 ○ 도시철도차량에서는 종종 열차 출입문에 끼이는 사고가 발생하고 있음
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 실시간 승무원 및 역무원의 승객 승·하차 상황 모니터링 시스템이나 전동차 출입문 센서 등의 안전장치 기준 강화 설치 -고속철도- ○ 출입문 끼임 사고가 발생할 때 사고 당사자 또는 주변 승객, 역승무원 등이 비상조치를 위할 수 있는 비상스위치를

	출입문 주변 내외 설비하여 비상상황 시 즉시 조치할 수 있도록 개선할 필요가 있음

위험요인	4.3 출입문 오작동/고장(승객앞에서 닫힘 등)
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- (관련기기) 도어엔진, 쿠션실린더, 전자변 (안전관리) ○ 도착검사 (주기 : 도착전후) - 출입문 점검 시행 · 출입문 개폐상태 및 이상음 ○ 일상검사 (주기 : 3일) - 출입문 량당점검 시행 · 출입문 개폐상태 및 이상음 ○ 월상검사 (주기 3개월 또는 45,000Km) - 출입문 포켓네 이물질 청소 - 각종 공기탱크 배수 ○ 중간검사 (주기 : 3년 또는 40만 Km) : - 출입문 분해검사·수선 · 도어엔진내 각종 부품 마모 및 이상 상태 점검 · 쿠션실린더 그리이스 급유 및 도포 · 도어스위치(DS함) 압봉, 단자대등 배선상태 점검 · 개폐속도 쿠션작용 등 도어엔진 작동시험 ○ 전반검사 (주기 : 6년 또는 80만 Km) · 중간검사와 동일 ○ 특별검사 - 량당 점검 · 스피드쿠숀, 포켓 및 전자변, 벨트 및 브라켓, 하부차체 간섭 ○ 도시철도차량, 일반철도차량, 고속전철에서는 출입문이 닫히기 전에 닫힘 경고음이 울림
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 출입문 쿠션 실린더 내부부식 및 제작사, 제작년도 등 제작 이력관리 ○ 출입문 점검시 육안점검이 불가능한 개소 발생 ○ 출입문 전자변 단자대와 벨트 연결 통간 간섭

실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 쿠션실린더 제작이력 관리 ○ 출입문 간섭여부 일제점검 및 구조개선 검토 ○ 육안점검이 불가능한 개소를 내시경 카메라에 의한 출입문 정밀점검 시행. ○ 도어스위치 단투형에서 쌍투형으로 개선 오동작 방지 ○ 내구연한 설정부품 이력관리 ○ 고무재질 로울러를 나이라트론재질로 일괄교체 ○ 유수분리기 설치로 전동차 공기질을 향상으로 출입문 고장 방지

위험요인	4.4 열차 탑승 중 전도, 실족
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 선로위에 떨어졌을 때 - 침착하게 승강장 밑, 벽면 여유공간에 엎드려 주십시오. - 큰소리로 도움을 청하여 주십시오. - 상황이 발생하면 즉시 역무원에게 알려 도움을 요청하시고 역무원이올 때 까지 기다려 주십시오. ○ 선로위에 떨어진 사람을 보았을 때 - 사람을 구하려고 무리하게 선로로 뛰어드는 것은 매우 위험한 일입니다. - 상황이 발생하면 즉시 역무원에게 알려 도움을 요청하시고 역무원이올 때 까지 기다려 주십시오. ○ 선로위에 물건을 떨어뜨렸을 때 - 스스로 물건을 주우려고 선로로 뛰어드는 것은 매우 위험한 일입니다. - 상황이 발생하면 즉시 역무원에게 알려 도움을 요청하시고 역무원이 올 때까지 기다려 주십시오. ○ 고속전철 및 일반철도의 측출입구 승강대 계단 높이는 UIC566 OR 규격에 의하여 설계되어 있음
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 승강구의 전동차와 승강장연단 간격이 도시철도건설규칙 적용기준 10cm 초과 ○ 안전장치 보완 및 장애인, 노약자 등 거동불편자를 위한 편의시설 확충 ○ 승강부의 조명이 어둡거나, 노약자에는 계단이 높아 넘어지거나 미끄러질 수 있음

실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 역사 내 비상상화에 대비한 휴대용 비상조명등 등의 방재설비 관리 강화 ○ 차량과 철도시설에 대한 정비관리 강화 및 운전·운행요원에 대한 교육 강화 등 ○ 승객이 승하차시에 계단을 잘 인식 할 수 있도록 측출입 승강대 조명을 밝게 하고, 계단을 낮추고, 계단이 잘 보이도록 형광색 등으로 개선이 필요함

위험요인	4.5 폭행/범죄
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 환경점검반 운영 ○ 서비스지원단(지하철 안전관리 업무수행) - 청원경찰 : 테러(화재, 폭발물, 독가스)에 대비하여 단속활동 - 공익근무요원 : 질서유지, 역사내 위협요소 사전방지 업무 ○ 지하철 119구조대 : 신도림역, 종로3가역 - 수도권 지하철 이용시민의 안전을 확보하기 위하여 주요 환승역에[테러.방화사고 예방순찰] 및 유사시 [초동, 조치임무]를 전달하는 구조대원을 배치하여 대형 인명피해를 사전에 예방하고자 함 ○ 지하철수사대 - 지하철 내에서의 소매치기, 성추행 등 각종 범죄 예방 활동 ○ 서울메트로 보안관운영 : 1~4호선 - 승객의 편리성 및 안전성 확보를 위해 현장에 배치되어 활동 - 지하철 및 역사내 각종 성범죄 예방 및 단속 - 질서저해자 단속 및 예방 - 화재 등의 기타 안전불감증 예방 초동조치 - 혼잡구간 출·퇴근 통제
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 전동차 운행구간 및 역사시설에 비해 조직 및 인원확충 필요
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 전동차 객실내 성폭행 목격 시 핸드폰 어플을 개발 실시간 위치확인 승무원이 방송을 하고 청원경찰 즉시 출동 시스템 구축

위험요인	4.6 연기, 독가스에 누출
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 전동차내 화재발생 등 긴급상황 발생시 - 노약자 · 장애인석 측면 비상버튼을 눌러 승무원과 연락함 - 객차마다 2개씩 비치된 소화기를 이용, 불을 끔 - 비상용 망치를 이용해 창문을 깬 뒤 환기를 시킴 - 출입문을 연다(수동으로 문을 여는 요령) · 출입문 쪽 의자 옆의 아래쪽에 있는 조그만 뚜껑을 열음 · 뚜껑 속의 비상 코크를 잡아당김 (공기가 빠지는 소리가 멈출 때까지 3 ~ 10초간 기다린다) · 공기가 빠진 후 손으로 출입문을 열음 - 호흡기를 수건(물티슈) 등으로 막고 비상구로 신속히 대피함 - 정전 시에는 유도등을 따라 출구로 나감 - 어두운 경우, 자세를 낮추어 빛이 보이는 쪽으로 대피함 - 비상구(지상으로) 대피가 여의치 않을 때는 역무원(대피요원)의 유도에 따라 철로를 이용하여 대피 - 시간적 여유가 있을 경우 옥내소화전을 이용, 불을 끔
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 전동차 운행구간, 역사시설의 규모에 비해 부족한 조직 및 인원으로 운영되고 현 방제시스템의 문제점 보안 및 시설물 시스템의 업그레이드 필요
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 전동차 및 역사내·외 시설물의 실시간 감시시스템으로 업그레이드 필요

위험요인	4.7 전기아크에 노출
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 전기안전 - 교류600V이상을 사용하는 전기장치에는 사람이 보기 쉬운 위치에 “고전압” 및 “위험”표시를 해야 함 ○ 절연확보 - 충정부분과 접지된 부분 간에 절연에 적합한 거리를 확보 ○ 전기차단 - 운전 및 유지보수 시에 전원을 차단 또는 분리시킬 수 있는 장치를 구분

	- 전기전자회로는 내부회로 또는 외부회로의 합선 및 다른 전기전자장치의 고장 등이 발생한 경우에 대비하여 회로차단기능 또는 보호동작회로 기능 등을 갖추어야 함 ○ 전기전자장치 오조작방지 - 오조작에 의하여 위험을 초래할 수 있는 전기전자장치는 그 위험으로부터 보호할 수 있는 장소에 설치하여야 하며, 오조작을 방지할 수 있는 잠금장치를 구비하여야 함
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 차량의 배선은 적절하게 지지되고 마모 또는 손상으로부터 보호될 수 있는 곳에 설치해야 함 ○ 차량 간에 연결되는 각종 전선은 발생 가능한 최대변위에서의 비틀림·진동 및 충격 등에 견딜 수 있고 유지보수가 용이한 구조로 설치해야 함 ○ 전선의 단자는 운행 중 발생하는 기계적 충격 및 진동에 의한 풀림을 방지할 수 있는 구조이어야 함 ○ 차량의 배선·단자 및 전기장치에는 판별이 쉽고 지워지지 아니하는 표시가 있어야 하며, 사용 중 추가적인 표시가 가능해야 함 ○ 차량의 배선은 유도장애를 고려하여 전선관 및 전선덕트 안에 사용전압 및 기능별로 분리하여 수용해야 함 ○ 전기회로는 차량기기의 전기부식이 최소화되도록 구성되어야 함
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 점검개소 적정 인원 배치 또는 실시간(CCTV 등)으로 위험개소의 감시시스템 관리 강화

위험요인	4.8 전차선 감전
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- (안전관리) ○ 전차선 위험 안내판 설치(고가, 교량 등) - 전차선 위험 안내표지판 설치 - 장애물 접촉방지 표지판 설치 - 1개소 설치 시 소요시간 ○ 전차선 작업자 안전교육 실시 - 작업전 안전수칙 준수 및 안전보호구장비 착용 - 현장책임자 및 감독자의 지시에 따라 작업실시

	- 소요시간 ○ 급전상태에서 선로 출입 통제 - 관제부서(사령) 급·단전 확인 후 작업실시
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 전차선 작업 시 관제부서 확인 무시 ○ 안전수칙 미준수 및 안전보호구 미착용 ○ 현장책임자 및 감독자 없이 공사, 작업 시행
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 안전 감시카메라 설치 및 작업시 안전수칙 준수 철저

위험요인	4.9 전도레일 감전
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- (안전관리) ○ 전동차 운행 중(영업 중) 선로내 표지판 설치 - 영업중 선로내 출입금지 표지판 설치 - 전기감전 위험에 대한 표지판 설치 ○ 전차선 작업자 안전교육 실시 - 작업전 안전수칙 준수 및 안전보호구장비 착용 - 현장책임자 및 감독자의 지시에 따라 작업실시 - 작업자 단전확인 철저 및 검전, 방전, 접지걸이 설치 등 ○ 작업자 급전 중 선로출입 시 금속물체 반입금지
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 전차선 작업 시 관제부서 확인 무시 ○ 안전수칙 미 준수 및 안전보호구 미착용 ○ 현장책임자 및 감독자 없이 공사, 작업 시행
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 안전 감시카메라 설치 및 작업 시 안전수칙 준수 철저

위험요인	4.10 승강장에서 열차로 추락
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 안전요원 배치와 주기적인 순찰로 안전사고 예방 ○ 승객이 고의나 실수로 선로에 떨어지는 것을 방지하기위해 위험장소에 안전사고 방지용 보호팬스 설치 ○ 일반인 선로출입 금지와 선로출입현황 기록부 비치하여 역

	사무실에서 관리 ○ CCTV를 설치하여 승객의 동선파악과 위험요소 근접 방지를 위해 안전한 승강장으로 승객유도 조치 ○ 전동열차가 승강장 선로에 진입 시 주위를 환기시킬 수 있는 방송안내 장치나 점멸등 설치로 승객보호 조치 ○ 승객의 사상 사고를 근원적으로 차단할 수 있는 승강장 스크린도어(PSD : Platform Screen Door) 설치
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 승강장 안전시설물의 주기적 검사에 의한 유지보수비 증가 ○ 승강장 스크린도어의 미설치로 안전사고 위험성 노출됨
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 경과 년 수에 의한 PSD 등 시설물의 주기적 유지보수 시행 ○ 쾌적한 환경개선과 지하철이용 시민들의 안전을 위한 승강장 스크린도어(PSD)의 안정성, 신뢰성 확보

위험요인	4.11 승강장에서 전도, 실족
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 승강장에 안전펜스 및 스크린 도어설치 ○ 승강장에 노반 출입 계단설치 ○ 승강장에 안전요원 배치
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 안전관리 시설 설치 예산확보 ○ 안전요원 추가 인력확보
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 안전관리 시설(안전펜스, 스크린도어) 설치 ○ 안전관리 요원 배치

위험요인	4.12 계단, 에스컬레이터에서 전도, 실족
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 계단석 디딤판에 미끄럼방지 시설설치 ○ 계단 벽체에 안전손잡이 설치 ○ E/S 전도, 실족사고 등에 대한 유형 분석결과 음주, 노약자, 걸음, 핸드레일 미파지, 화물운반, 안전스위치 작동 핸드레일

	미파지, 어린이 단독 탑승 순이고 전체사고의 80%을 차지하며 이용자가 준수사항을 지키지 않아 발생 - 한국승강기안전관리원과 MOU 체결 합동 캠페인 실시 · E/S 두줄 서서타기 등 안전한 승강기 이용문화 정착 캠페인 - 이용안내방송 · E/S 자동이용안내 방송장치 · E/S 설치 해당역 운행관리자 역무실 수시 방송 - 동영상 방영 · 승강장 행선안내게시기 및 열차내 모니터 방송 송출 · 스크린도어 PDP 방송 송출 - 에스컬레이터 이용준수사항 및 안내문 부착 · E/S 탑승위치 벽체 이용자 준수사항 안내문 부착 · E/S 좌,우 핸드레일 아웃데크 및 이너데크 안내 스티커 · E/S 탑승입구 내장 판넬 법정안내 스티커 · E/S 천정 달대형 픽토그램 안내문 설치 - E/S 노출형 비상정지스위치 및 - E/S 역회전 방지장치 설치
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 안전관리 시설 설치예산 확보 ○ TV 계도방송 및 홍보, 역사내 캠페인, 안내방송, 동영상 방영, 이용안내문을 부착, 시설물 보완 등 다양한 방법으로 이용자 안전사고 예방에 대응하고 있으나 걸어가거나 뛰는가는 등에 따라 이용자 준수사항을 지키지 않아 전도사고 등이 발생됨
실시간 안전감시방안 및 개선방안	- 도시철도- ○ 계단석 디딤판에 미끄럼 방지용 논스립 설치 ○ 계단 벽체에 안전 손잡이설치 ○ 에스컬레이터 이용자 - 이용자 안전수칙 준수 철저 ○ 행정안전부(한국승강기안전관리원 등 승강기관련기관) - TV 계도 방송 및 홍보 강화 - E/S 운행속도 30m/min⇒25m/min 이하 감속운행 법제화 - E/S 탑승 안내 및 안전요원 운영비 지원 - E/S 이용중 안전사고를 유발시킨자 벌금부과 조항 신설 - 안전사고 유발시킨자 치료비 등 배상 면제 법제화 ○ 도시철도 운영기관 - 역무실 종합화상시스템 구축 E/S 탑승자 모니터링 강화 - E/S 운행속도 30m/min⇒25m/min이하 감속운행 실시

	- 정부지원하에 E/S 탑승 안내 및 안전요원 배치 - 지속적인 이용안내 홍보 및 캠페인 강화

위험요인	4.13 기기 과열(전기합선, 난방기)
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 역사내 가전기기(난방기, 전기매트 등) 과열에 대한 사상사고 예방 조치 (안전관리) ○ 월간검사 - 전기설비 주변 인화물질 접근 금지 여부 확인 - 기기 배선상태 점검 - 개소당(상가 및 사무실) 소요시간 ○ 1년검사 - 기기 누전 및 과부하 차단기 시험 동작 - 전기회로 절연저항 측정 - 회로접속개소 열온도 측정 및 부하전류 측정 - 불량 전기용품 사용 여부 확인 - 개소당(상가 및 사무실) 소요시간 ○ 특별검사 (동절기) : - 역사청원전력 누전차단기 동작여부 - 난방기 등 사용으로 인한 정격용량 초과사용 여부 확인 : - 개소당(상가 및 사무실) 소요시간 -고속철도- ○ 차량 제작 시 제어케이블에 대한 벨체크를 하기 때문에 정상적인 상태에서 전기합선은 일어나지 않음 ○ 차량 운행 후에는 차량의 전기공급이 중단되므로 정상적인 상태에서 과열은 일어나지 않음
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 전기 기초상식 부족(외부인)/기기정품 미사용 ○ 안전수칙 미준수/ 안전장치 미설치(누전차단기 등) -고속철도- ○ 케이블이 과부하나 노후 되어 전선이 타서 합선이 일이 날 수 있음 ○ 난방기가 불량이거나 노후 되어 사용 중에 과열이 일이 날 수 있음

실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 전기제품 사용 안전수칙 부착 및 교육 실시 ○ 회로별 실시간(온도, 부하전류, 자동계측 등) 경보설비 설치 ○ 기기과열에 따른 자동차단기 개선 및 설치 ○ 난방기의 과부하 및 운영성능사양을 정확히 설정하여 과열되지 않도록 하고, 교체주기를 설정하여 운영이 하는 것이 필요함

위험요인	4.14 열차내부 기기(노출배선, 누전)
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 외관 열화상태 및 성능 확인 ○ 케이블류 접속상태 수시 확인 ○ 먼지, 오물 개입여부 및 변색, 손상 발생여부 등 ○ 배선, 단자, 절연물 및 지지금구 등의 상태 확인 ○ 절연저항측정(상온 20㏁이상/고온10㏁이상) ○ 절연내력시험(도전부와 외함간 DC1500V 1분간 가압) ○ 화재감지기 챔버 주변에 먼지 및 이물질 수시 청소 등 -고속철도- ○ 최근 공급되는 철도차량의 열차제어케이블은 광케이블을 사용하고 있음 ○ 전기장치를 모듈화시켜 와이어하네스를 덕트 및 파이프로 커버하고 있음
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 다중개소의 인적자원 투입으로 개별개소를 직접 육안 및 계측기등으로 점검함으로써 많은 시간 필요 ○ 열차내부 기기는 승객과 가장 가까운 곳에 위치하며, 승객의 탑승공간에 안전사고 발생 시에도 안전조치의 어려움 발생으로 인명사고 발생 우려 ○ 열차내부는 승객의 편의적 공간으로서 승무원과의 격리된 공간이며 사고에 노출되어 있어 운행 중 직접적으로 통제, 감시에 어려움 발생 -고속철도- ○ 케이블은 과부하로 과열되어 화재가 발생할 수 있음
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 인적자원을 통한 실시간 통제 및 감시

	○ 무인체계 시스템 구축 - 열차내부기기의 위험개소에 특성에 맞는 센서 및 게이지 등을 활용하여 이상감지 시 승무원에게 인지 및 조치할 수 있도록 하드웨어와 소프웨어적인 시스템 구축 -고속철도- ○ 차량진단장치에서 케이불의 이상 유무를 모니터링 확인 할 수 있도록 개선이 필요함 ○ 차량 전선 케이불의 설계기준 및 교체시기를 국가규격으로 제정하여 운영하는 것이 필요함

위험요인	4.15 자살시도
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 전동차가 주행하는 선로와 승강장 사이를 완전 차단하는 시설인 스크린도어(PSD : Platform Screen Door)를 설치하여 승객 사상사고를 근원적으로 차단함 ○ 위험요소 제거와 쾌적한 환경 조성을 함 ○ 주기적인 일상점검, 정기점검을 통한 시설물 유지보수 및 관리를 철저히 함 ○ 폐쇄회로(CCTV) 설치와 안전요원 배치로 승객동선을 주의 주시하여 살핌 ○ 안전요원 및 관계직원의 승강장 순회점검을 실시함
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 승강장 스크린도어의 미설치로 안전사고 위험성 노출됨 ○ 안전요원 미상주로 돌발상황 발생 시 즉각적인 응급조치에 어려움이 있음
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 최근 급증하는 지하철 승강장에서의 추락 및 자살사고를 근본적으로 방지하기 위하여 승강장 스크린도어(PSD) 설치와 안전요원 상주로 순회

위험요인	4.17 본선 불법침입
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 근거(시설물특별법) 및 점검대상(BOX, T/L등) - 정기점검(년 2회) : 구조물의 손상여부 조기발견 - 정밀점검(년 1회) : 물리적, 기능적 결함상태

	- 정밀안전진단(5년 1회) : 안전성 검토 및 이상유무 - 긴급점검(필요시) : 재해 및 사고에 의한 구조적 손상여부 ○ 근거(재난관리법) 및 점검대상(BOX, T/L, 취약구간, 인접공사장, 환기구, U-TYPE 등) - 계절별점검(해빙기, 우기, 동절기) : 취약구간 및 인접공사장의 안전여부 - 취약구간점검(월 1회) : 취약구간 선정, 변화여부 - 지상시설물점검(월 1회) : 결함 및 손상여부 - 인접공사장점검(월 1회~4회) : 지하구조물 변위여부
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 지상부 본선에 불법침입을 예방하기 위하여 보호울타리 설치하여 운영하고 있으나 순찰인원이 부족하여 불법침입 우려가 있음
실시간 안전감시 방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 지상부 본선에 불법침입에 대하여 원천봉쇄 할 수는 없지만 열차 안전운행 및 시설물 보호 차원에서 CCTV 및 보호울타리 침입 시 경보시스템 설치가 필요

위험요인	4.18 건널목 보행자/자전거 전도, 실족
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 사고발생이 우려되는 지점 선별 및 사고 예방대책에 대한 교육 ○ 사고사례교육 ○ 사고발생 유형별 응급처치에 대한 가상훈련 ○ 긴급비상훈련
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 사고의 원인이 순간적으로 노출 - 열차를 운행시키기 위한 모든 기기가 정상적으로 동작하다가도 순간적으로 기능이 정지되어 사고 발생 ○ 사고의 진행이 급속 - 사고가 일어나면 열차가 갖는 속도로 인해 순식간에 충돌, 탈선 등 중대한 결과를 가져오며, 이를 지연시킬만한 시간적인 여유가 없음 ○ 사고 규모와 피해가 큼 - 열차는 큰 중량과 빠른 속도로 운행되기 때문에 운동 에너지가 크며 그에 따른 피해도 큼

	○ 사고가 연속적으로 일어날 가능성 - 열차운행 중에 사고 발생 시 다른 열차에 지장을 주거나 복구과정에서 사고가 잇따라 일어날 가능성이 있음 ○ 사고의 관련자가 많음 - 열차 운행을 위해서는 기관사, 차장, 역장, 보선원, 보안원 등 각 분야별로 업무를 수행하기 때문에 사고 발생원인을 조사하면 그 책임이 여러 사람이 관련되어 있을 경우가 많음
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 철도 건널목에 장애물이 있어 열차에 지장을 초래한다는 신호를 전달할 수 있는 실시간 검지장치의 설치로 사고발생 위험을 감소시킴

위험요인	4.19 비산물체(공중, 작업자)
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 근거(시설물특별법) 및 점검대상(BOX, T/L등) - 정기점검(년 2회) : 구조물의 손상여부 조기발견 - 정밀점검(년 1회) : 물리적, 기능적 결함상태 - 정밀안전진단(5년 1회) : 안전성 검토 및 이상유무 - 긴급점검(필요시) : 재해 및 사고에 의한 구조적 손상여부 ○ 근거(재난관리법) 및 점검대상(BOX, T/L, 취약구간, 인접공사장, 환기구, U-TYPE 등) - 계절별점검(해빙기, 우기, 동절기) : 취약구간 및 인접공사장의 안전여부 - 취약구간점검(월 1회) : 취약구간 선정, 변화여부 - 지상시설물점검(월 1회) : 결함 및 손상여부 - 인접공사장점검(월 1회~4회) : 지하구조물 변위여부 ○ 가림막 및 안전망 설치 ○ 안전 보호 장비 착용 ○ 공사장 안내문 부착 ○ 공사장(역사, 터널) 먼지 비산방지 - 역사 및 터널에서 냉방공사 등 많은 공사(월 600건) 진행 시 쾌적한 지하환경 조성을 위해 시공 시 비산먼지 발생을 최소화하기 위하여 공사장마다 환경관리담당자(공사관리관) 지정 운영하고 전사 환경점검반 운영

안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 고가교(교량) 점검 및 작업 시 공구 또는 자재에 의한 사상사고 발생 우려 있음 ○ 외부 공사장 공중 비산물체 처리방안 ○ 안전 보호구 확보 ○ 체계적인 먼지 비산 방지대책이 미흡하여 역사내 공기질 저하 ○ 공사중 발생된 폐기물 관리 및 공사 완료 후 바닥 청소 미흡 ○ 환경관리담당자(공사관리관) 및 현업 환경점검반 환경관리에 대한 마인드 부족
실시간 안전감시 방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 고소차를 이용 고가교(교량) 점검 및 작업 시 낙하물(공구 및 자재)로부터 하부 작업자 보호를 위한 작업발판 주변 낙하물 방지 그물망 설치 후 시행 ○ 가림막 및 안전망 설치후 작업 ○ 안전모 및 작업복 착용후 작업 ○ 공사장 안내문 부착 ○ 환경점검 활동 강화 - 공사현장 특별 환경점검 시행(환경담당부서, 불시점검) · 매뉴얼에 의한 작업여부 확인 · 공사장 폐기물관리 및 청소상태 등 확인 · 점검 결과는 환경관리 평가 시 반영 - 환경관리담당자 및 현업 환경점검반 활동 강화 · 환경관리자(공사감독 등) 임무준수 철저 ✓ 체크리스트에 의한 점검(첨부 2) 후 기록유지(공사장 특별 환경점검시 확인) · 현업 환경점검반 활동 지속시행(서비스센타, 기술사업소) ✓ 관할구간 공사장 점검결과는 매월 환경점검 실적에 포함 ○ 공사장 먼지 비산방지를 위한 세부 메뉴얼 마련 - 대형공사 시, 부분 개·보수 공사 시 비산방지 대책 - 작업 단계별(작업전, 작업시, 작업후) 비산방지 대책 - 역사 및 터널 작업시 비산방지 대책 ○ 환경관리 마인드 확산 - 환경점검반(서비스센타, 기술사업소 등) 교육 : 반기 1회 · 일 시 : 반기별 1회(6월 11월) - 환경관리담당자(공사감독 등 100명) 위탁교육 : 년1회 · 실내공기질 관리자 교육시 병행 실시(환경보전협회)

위험요인	4.20 작업자 열차에 치임
안전관리 및 대책 현황	-도시철도- ○ 열차 운행시간 공사시 작업자 선로출입 - 야간공사 작업자 충분한 휴식없이 주간작업 투입 금지
안전관리 및 대책의 문제점	-도시철도- ○ 야간공사 후 충분한 휴식 없이 주간작업 투입시 열차운행 중 작업자 사고 발생 우려증폭
실시간 안전감시방안 및 개선방안	-도시철도- ○ 순수한 열차감시원 배치 철저 (열차감시만) ○ 열차운행 중 적합한 특수제작 안전보호구 착용