3㎝

11PRTD-C061222-01

4㎝

실시간 철도 통합안전 감시제어시스템 기획연구 보고서

(견고딕 14p)

2012

(견고딕13 p)

5㎝

국토해양부

한국건설교통기술평가원

3㎝

(견고딕 17p)

Land Transpot and Maritime R&D Report

(견고딕 25p)

건설교통연구기획사업 기획보고서 (견고딕13p)

3㎝

0.5㎝ 11PRTD-C061222-01

2.5㎝ 9㎝

(견고딕31p) 5㎝

실시간 철도 통합안전 감시제어시스템 개발 기획연구 보고서

(0.1㎝)

2012. 9. .

0.15㎝ (견고딕15p)

(별색바탕 : C50, M20, Y59, K0)

주관연구기관 / 한국철도기술연구원

2㎝

(견고딕 15.5p)

(백색바탕)

국 토 해 양 부

한국건설교통기술평가원

(견고딕 20p)

주 의

1. 이 보고서는 국토해양부에서 시행한 건설교통연구기획사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토해양부에서 시행한 건설교통연구기획사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.

제 출 문

국토해양부장관 귀하

이 보고서를『실시간 철도 통합안전 감시제어시스템 개발 기획연구』과제의 보고서로 제출합니다.

2012. 9. 22

주관연구기관명 : 한국철도기술연구원
주관연구책임자 : 김종운 선임연구원
연 구 원 : 류상환 책임연구원
〃 : 이희업 책임연구원
〃 : 이재호 책임연구원
〃 : 안태기 책임연구원
〃 : 권석진 책임연구원
〃 : 김상암 선임연구원
〃 : 이덕희 선임연구원
〃 : 윤혁진 선임연구원
〃 : 김재훈 선임연구원

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td></td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>2011.12.23.
- 2012.9.22</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">실시간 철도 통합안전 감시제어시스템 개발 기획연구</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책 임 자</td><td rowspan="2">김종운</td><td>해당단계
참 여
연구원수</td><td>총 : 10명
내부 : 10명
외부 : 0명</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 : 10명
내부 : 10명
외부 : 0명</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 : 연구책임자 :</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)</td><td>보고서면수</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="6">철도 탈선, 충돌, 화재, 공중사상 취약지점의 위험요인 상태를 실시간으로 감시하여 철도 사고를 최대한 사전에 예방하고, 사고 발생시 즉각적인 대처 및 사고 심각도 경감기술을 통해 철도 안전 리스크를 최소로 할 수 있는 핵심기술과 이 기술들이 통합화된 실시간 안전감시제어시스템을 개발하고 테스트베드(Test-bed)를 구축하는 기술에 대한 기획연구</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어
(각 5개 이상)</td><td>한 글</td><td colspan="4">철도, 안전, 감시, 실시간, 예방</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="4">Rail, Safety, Monitoring, Realtime, Prevention</td></tr>
</table>

목 차

[요약문]

제1장 기술의 정의 및 필요성 ····· 3
1절 기술의 정의 ····· 3
2절 기획배경 및 내용 ····· 4

제2장 국내외 동향 및 환경분석 ····· 9
1절 국내외 정책동향 ····· 9
1. 국내 정책동향 ····· 9
2. 국외 정책동향 ····· 14
2절 국내외 시장현황 및 전망 ····· 16
1. 국내 시장현황 ····· 16
2. 국외 시장현황 ····· 20
3. 국내 철도안전현황 분석 ····· 27
3절 기술동향분석 ····· 35
1. 연구개발 동향분석 ····· 35
2. 특허동향분석 ····· 93
3. 논문동향분석 ····· 107
4절 연구개발 인프라 분석 ····· 114
5절 SWOT 분석 ····· 115

제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략 ····· 121
1절 비전 및 목표 ····· 121
2절 기술개발에 따른 미래상 ····· 122
1. 현황 ····· 122
2. 미래상 ····· 124
3절 연구개발과제 구성 ····· 125
1. 철도 위험요인별 위험도 분석 ····· 125
2. 위험요인별 연구개발 대상 선정 ····· 133
3. 연구개발과제 구성 ····· 137
4. 위험요인별 해당 연구개발과제 ····· 138

4절 세부과제별 주요내용 및 추진전략 ····· 140
1. 실시간 통합안전 감시제어 기술개발 분야 ····· 140
2. 실시간 탈선/충돌안전 감시제어 기술개발 분야 ····· 157
3. 실시간 화재 감시제어 기술개발 분야 ····· 169
4. 실시간 사상사고 감시제어 기술개발 분야 ····· 178
5절 세부과제간 연계관계 ····· 184
6절 연구추진체계 제안 ····· 185

제4장 사전타당성 검토 ····· 193
1절 정책적 타당성 ····· 193
1. 정책적 중요성 ····· 193
2. 정부 전략적 타당성 ····· 195
3. 국가/산업차원 계획과의 부합성 ····· 196
2절 기술적 타당성 ····· 202
3절 경제적 타당성 ····· 203

제5장 인력투입 계획 및 소요예산 산정 ····· 209
1절 연구일정에 따른 인력투입계획 ····· 209
1. 전체사업 인력투입계획 ····· 209
2. 세부과제별 인력투입 ····· 210
2절 소요예산 산정 ····· 212
1. 총괄 소요예산 ····· 212
2. 세부과제별 소요예산 ····· 213

제6장 과제 제안요구서 ····· 217
1절 과제 제안요구서(RFP) ····· 217
2절 평가기준 설정 ····· 226

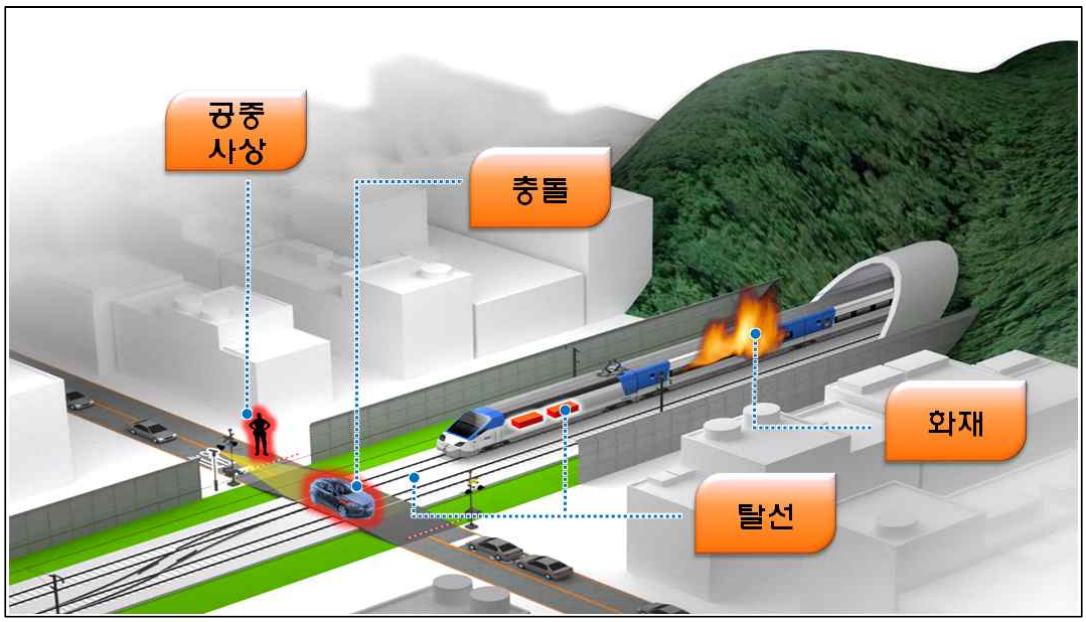
참고 문헌 ····· 227

부록 ····· 237

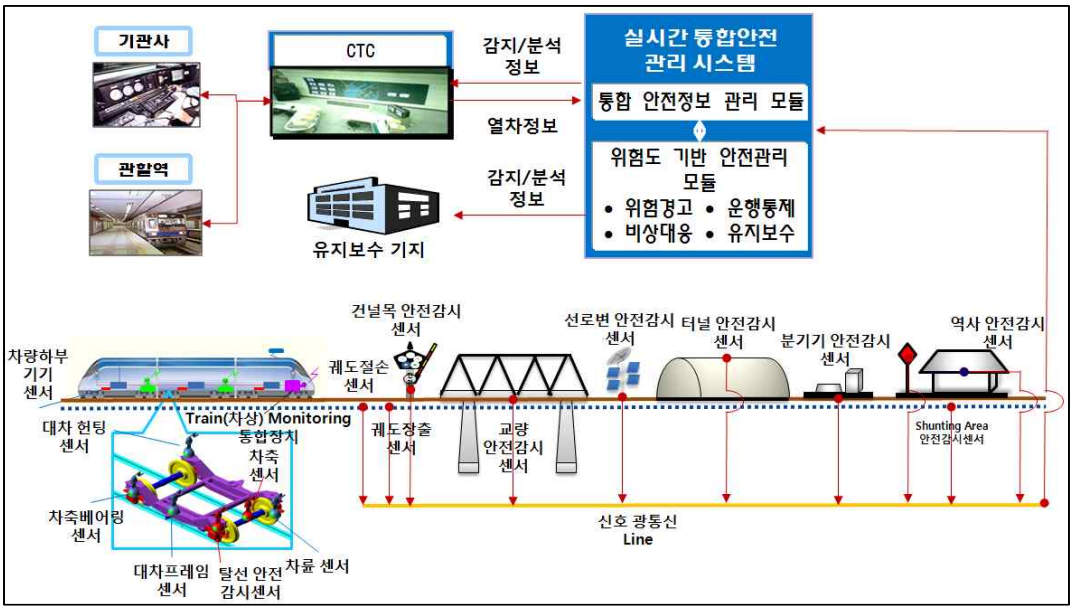
요 약 문

□ 연구개발과제 정의

○ 철도 탈선, 충돌, 화재, 공중사상 취약지점의 위험요인 상태를 실시간으로 감시하여 철도 사고를 최대한 사전에 예방하고, 사고 발생시 즉각적인 대처 및 사고 심각도 경감 기술을 통해 철도 안전 리스크를 최소로 할 수 있는 핵심기술과 이 기술들이 통합화된 실시간 안전감시제어시스템을 개발하고 테스트베드(Test-bed)를 구축함.



[실시간 철도 통합안전 감시제어시스템 개념도]



[실시간 철도 통합안전 감시제어시스템 아키텍처]

□ 배경 및 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

○ 열차 안전사고(충돌, 탈선, 화재)수는 2007년 이후 지속적으로 감소하고 있으나, 최근 증가하고 있는 고속철도의 운행 장애와 약 10년 주기로 발생한 대형철도사고의 근원적 예방에 대한 사회적 요구 증대

- 6차 국가교통안전기본계획 기간('07～'11) 중 '10년까지 철도안전사고는 목표를 달성한 것으로 분석

구 분			2006년	2007년	2008년	2009년	2010년
철도	목표치	10억인㎞당 사망자수	-	0.93	0.85	0.78	0.72
	실적치		1.1	0.32	0.23	0.28	0.22
	목표달성률(%)						327.3

출처) 제7차 국가교통안전기본계획

- 고속철도 개통이후 감소하던 운행장애 및 서비스고장 발생건수가 2008년 이후 지속적으로 증가하고 있으며 이는 중·대형 사고발생 리스크가 증가하고 있음을 의미

  · 1번의 중·대형 사고는 과거 29번의 장애와 잠재원인 300건이 관련되어 있음 (하인리히 법칙)

- 최근 KXT 탈선, 선로전환기 장애, 지하철 화재, 철도 작업자 사고 등 크고 작은 사고·장애가 지속적인 발생하여 철도 안전에 대한 국민의 우려 증대

- 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

구분	2007년	2011년		2016년
총 인구(만명)	4,846	4,899	⇨	4,931
고령화 인구(만명)	481	553		658

출처) 통계청, 「고령자 통계」, 2010.

- 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

○ 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

  · 2015년 철도 Intelligent 모니터링 시장의 규모는 2조 5000억원으로 예상됨

  · 국내에서 세계최초로 본 프로그램을 통해 기술개발이 이루어지면, 이 분야 세계시장을 30%정도만 선점하여도 연간 8000억원 이상의 시장효과가 있을 것으로 기대됨

- 철도 지능 모니터링 시장은 급속히 성장할 것으로 예상됨에 따라 고부가가치 철도기술 활성화를 지원함으로써 국민소득 3만불 시대를 여는 미래성장엔진으로 육성할 필요가 있음.

□ 기술개발에 따른 미래상

○ 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

- 세계 최초 철도 탈선 및 충돌 감시 및 제어 기술 확보
- 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
- 화재사고를 조기 감지하여 철도관제와 소방기관까지 화재확산 이전에 신속 대응
- 터널에서는 지능화된 고속형 소화로봇이 화재를 조기 진화하고 승객의 피난 안내
- 지하역사에서도 스마트 피난안내 장치의 도움으로 승객이 안전하게 피난로 탐색

- 사고예방 및 공중 및 종사자 사고에 대한 능동적이고 지능적인 감시제어를 통한 종사자 및 공중사상 사고의 10% 감소

○ 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)

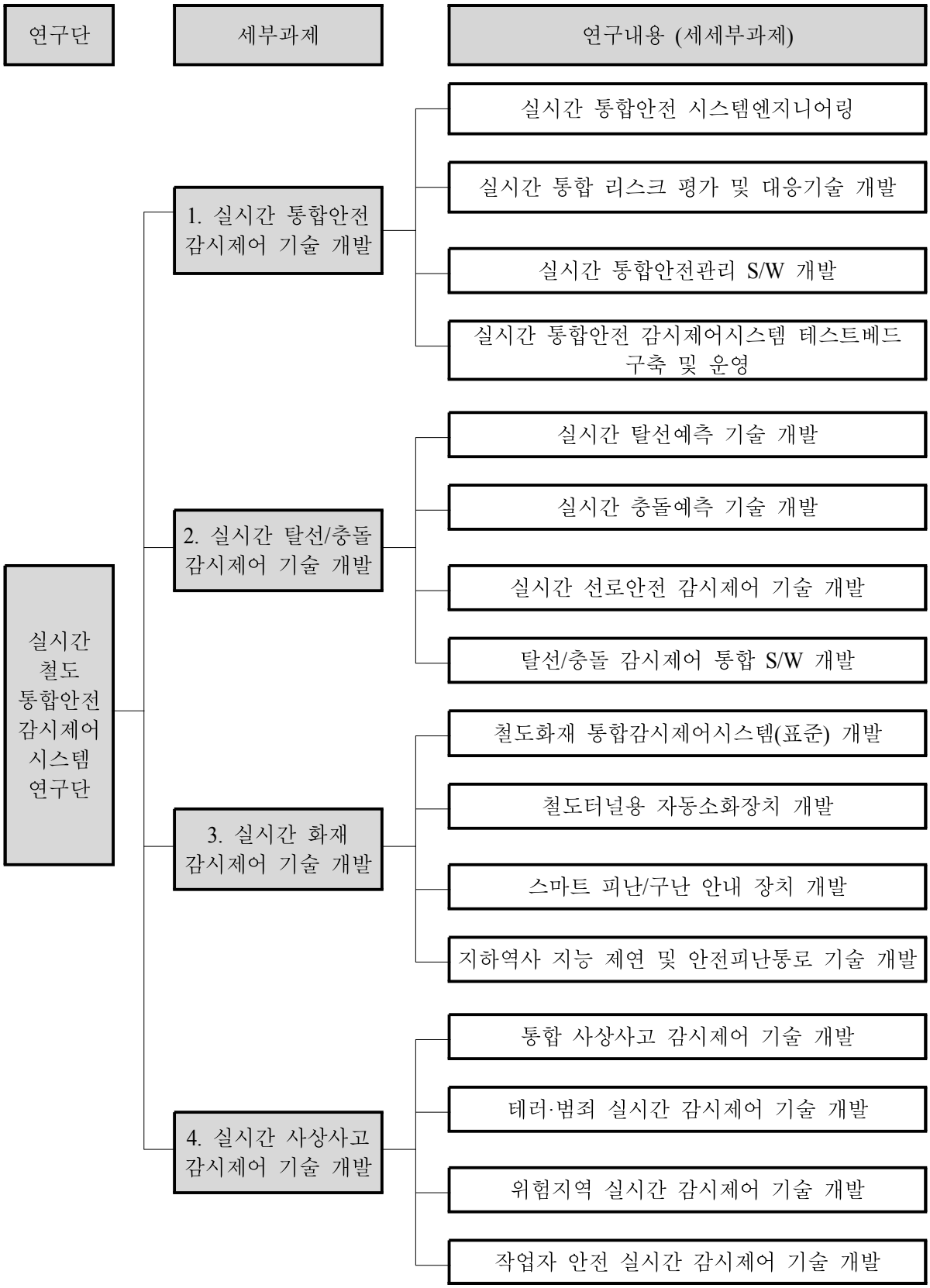
○ 철도 안전 핵심기술 확보로 인한 철도 해외시장 진출 확대

- 첨단 IT 기술경쟁력 강화를 토대로 고속철도의 해외 고속철도시장을 개척하여 새로운 국부창출

- 세계 철도 모니터링 시장 선점: ‘15년 지능형 모니터링 시장: 2.5조

□ 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	실시간 철도 통합안전 감시제어 시스템 개발	- 실시간 통합안전 감시제어 기술 개발 - 실시간 탈선/충돌 감시제어 기술 개발 - 실시간 화재 감시제어 기술 개발 - 실시간 사상사고 감시제어 기술 개발	- 실시간 철도 통합안전 감시제어 시스템 및 테스트베드
1세부과제	실시간 통합안전 감시제어 기술 개발	- 실시간 통합안전 시스템엔지니어링 - 실시간 통합 리스크 평가 및 대응기술 개발 - 실시간 통합안전관리 S/W 개발 - 실시간 통합안전 감시제어시스템 테스트베드 구축 및 운영 기술 개발	- 철도 통합안전 시스템 엔지니어링 관리계획서 - 철도 통합안전 시스템 엔지니어링 적용 결과 보고서 - 실시간 철도 통합 리스크 관리 체계 - 현장 데이터 기반 리스크 갱신 알고리즘 (S/W) - 실시간 철도 통합안전관리 S/W (S/W) - 실시간 철도 통합 안전
1-1 (공동)	실시간 통합안전 시스템엔지니어링	- 실시간 안전감시제어 통합 기술 개발 - 과제별 요구사항 분석 및 관리계획 개발 및 적용 - 시스템 엔지니어링 관리계획 개발 및 적용 - 과제간 인터페이스 관리계획 개발 및 적용 - 과제별 성과물 정의, 검증, 평가 및 활용 계획 개발 및 적용 - 실시간 철도안전감시제어시스템 통합 요구사항 분석 및 관리계획 개발 및 적용 - 실시간 철도안전감시제어시스템 통합 엔지니어링 계획 개발 및 적용 - 실시간 철도안전감시제어시스템 통합 Verification & Validation	
1-2 (공동)	실시간 통합 리스크 평가 및 대응기술 개발	- 실시간 철도 통합 리스크 관리 체계 개발 - 실시간 철도 통합 리스크 평가 기술 개발 - 실시간 철도 리스크 기반 안전대응 기술 개발 - 현장 데이터 기반 리스크 갱신 기술 개발	

	1-3 (공동)	실시간 통합안전관리 S/W 개발	- 실시간 철도안전 통합 모니터링 모듈 개발 - 실시간 철도안전 통합 위험도 관리 모듈 개발 - 실시간 철도안전 대응 관리 모듈 개발 - 안전계획 관리 모듈 개발 - 연계 시스템과의 인터페이스 기술 개발	감시제어시스템 Test-bed (H/W 및 S/W)
	1-4 (공동)	실시간 통합안전 감시제어시스템 테스트베드 구축 및 운영 기술 개발	- 통합안전관리시스템 테스트베드 설계 - 통합안전관리시스템 테스트베드 구축 및 검증 - 통합안전관리시스템 테스트베드 운영 및 데이터 관리	
2세부과제		실시간 탈선/충돌 감시제어 기술 개발	- 실시간 탈선 예측 기술 개발 - 실시간 충돌 예측 기술 개발 - 실시간 선로안전 감시제어 기술 개발 - 탈선/충돌 감시제어 통합 S/W 개발	- 차축 작용하중, 윤축 횡력 계측 실시간 탈선계수 모니터링 장치 (H/W) - 실시간 탈선제어 알고리즘(S/W) - 충돌계측용 모니터링장치 개발 (H/W) - 실시간 충돌제어 알고리즘 (S/W) - 레일 손상 Tribology 실험장비 (H/W) - 실시간 선로 모니터링 장치(H/W), 선로안전 제어 알고리즘(S/W) - 탈선, 충돌, 선로안전 통합 제어 알고리즘 (S/W)
	2-1 (공동)	실시간 탈선예측 기술 개발	- 탈선 영향 파라미터 민감도 분석을 통한 탈선 모드별 메카니즘 규명 - 탈선성능시험설비 고도화 및 탈선성능시험 표준화 - 차축 작용하중, 윤축 횡가속도, 변위 등을 이용한 단일윤축의 동역학적 탈선예측 이론식 개발 - 단일윤축 탈선 예측이론식의 다물체동역학 시뮬레이션 검증 - 탈선성능시험설비를 활용한 편성열차 동역학 모델의 주행안전성 시뮬레이션 및 개발된 탈선예측 이론식 검증 - 차축 작용하중, 윤축 횡가속도, 변위 계측용 모니터링장치 개발 - 실시간 탈선제어 알고리즘 및 S/W 개발 - 개발된 탈선 모니터링 모듈 및 S/W의 실차 on-line 성능시험	
	2-2 (공동)	실시간 충돌예측 기술 개발	- 충돌 영향 파라미터 민감도 분석을 통한 충돌 유형별 메카니즘 규명 - 충돌성능시험설비 고도화 및 충돌성능시험 표준화 - 동역학적 충돌예측 이론식 개발 - 충돌 예측이론식의 다물체동역학 시뮬레이션 검증 - 충돌성능시험설비를 활용한 편성열차 동역학 모델의 충돌예측 이론식 검증 충돌계측용 모니터링장치 개발 - 실시간 충돌제어 알고리즘 및 S/W 개발 - 개발된 충돌 모니터링 모듈 및 S/W의 실차 on-line 성능시험	

	2-3 (공동)	실시간 선로안전 감시제어 기술 개발	- 레일 손상 메카니즘 규명 및 예측 알고리즘 개발 - 레일 손상 메카니즘 규명 및 예측 알고리즘 개발 - 취약구간 선로 상태 감시를 위한 지속가능형 센서 및 네트워크 기술 개발 - 지능형 안전 펜스를 이용한 침입자 자동 감시 기술 개발 - 저중고도 영상정보를 활용한 선로 주변 감시 기술 - 철도 선로 실시간 감시 및 제어 통합시스템 개발 - 개발된 선로안전 감시 및 제어시스템 on-line 성능시험	- 실시간 탈선/충돌 감시제어 시스템 검증을 위한 Test-bed (H/W 및 S/W)
	2-4 (공동)	탈선/충돌 감시제어 통합 S/W 개발	- 탈선/충돌 통합안전 시스템 엔지니어링 - 탈선, 충돌, 선로안전 모니터링 시스템 통합 - 탈선, 충돌, 선로안전 제어 통합 S/W 개발 - 통합 S/W의 실차 on-line 성능시험 - 철도차량 무선 통신 보안 기술 개발 - 초고속 철도의 무선 통신기술 개발 - 다중상용 무선 통신망의 철도 응용을 위한 인터페이스 기술 개발	
3세부과제		실시간 화재 감시제어 기술 개발	- 철도화재 통합감시제어시스템(표준) 개발 - 철도터널용 자동소화장치 개발 - 스마트 피난/구난 안내 장치 개발 - 지하역사 지능 제연 및 안전피난통로 기술 개발	- 철도 전구역 15분 이내 화재 진화를 구현하는 철도화재통합감시제어시스템 (S/W, H/W) - 철도 직무자 비상대응 직무 DB 및 교육 훈련 프로그램 (S/W) - 철도터널용 자동소화장치(H/W) - 스마트폰 기반 승객용 피난안내 시스템 (S/W) - 소방대원용 승객구난 정보지원
	3-1 (공동)	철도화재 통합감시제어 시스템(표준) 개발	- 통합화재감시제어시스템 표준운용체계 정립 - 화재감지기 및 제어장치 통신표준 - 철도화재감시제어인터페이스 패널 표준 - 실시간화재분석 알고리즘 개발 - 통합감시제어시스템 기반 철도직무자 비상대응교육 훈련 모듈 개발 - 통합시스템 제어장치별 최적모델 연구 - 철도화재통합감지제어시스템 시범모델 구축	
	3-2 (공동)	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	
	3-3 (공동)	스마트 피난/구난 안내 장치 개발	- 실내 위치인식, 증강현실, 무선통신 기술 활용 방안 정립 - 승객 휴대단말기용 스마트 피난 안내 시스템 개발 - 소방대원용 화재 및 승객구난 정보지원시스템 개발	

	3-4 (공동)	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	시스템(S/W, H/W) - 지능형 제연 알고리즘(S/W) - 안전피난통로(safety pass way) 개발(H/W)
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	- 종합상황추론 기술 개발 - 실시간 이벤트 저장 및 분석기술 - 통합 사상사고 감시제어시스템 단위기능시험	
	4-2 (공동)	테러·범죄 실시간 감시제어 기술 개발	- 테러·범죄 감시제어기술 개발 - 행동분석기술 개발 - 위험물체 감시기술 개발 - 이상 환경 검지 및 제어기술 개발 - 테러·범죄 실시간 감시제어시스템 단위기능시험	
	4-3 (공동)	위험지역 실시간 감시제어 기술 개발	- 건널목 감시제어기술 개발 - 통제구역 감시제어기술 개발 - 승강장 감시제어기술 개발 - 에스컬레이터 감시제어기술 개발 - 위험지역 실시간 감시제어시스템 단위기능시험	
	4-4 (공동)	작업자 안전 실시간 선로안전 감시제어 기술 개발	- 작업지역 내 감시제어기술 개발 - 작업자 인증 감시제어기술 개발 - 통합 작업 관리 및 감시기술 개발 - 작업자 안전 실시간 감시제어시스템 단위기능시험	

□ 소요예산

(단위 : 백만원)

과제명	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
연구단 총괄	8,286	1,904	10,129	2,326	12,193	2,612	7,642	1,318	1,500	160	39,750	8,320
1세부: 실시간 통합안전 감시제어 기술 개발	2,300	200	3,025	330	4,725	360	3,350	245	1,500	160	14,900	1,295
(1-1)실시간 통합안전 시스템 엔지니어링	750	0	650	0	650	0	450	0	350	0	2,850	0
(1-2)실시간 통합 리스크 평가 및 대응기술 개발	500	100	625	150	650	160	550	120	250	70	2,575	600
(1-3)실시간 철도 통합안전관리 S/W 개발	500	100	850	180	950	200	600	125	350	90	3,250	695
(1-4) 테스트베드 구축 및 운영 기술 개발	550	0	900	0	2,475	0	1,750	0	550	0	6,225	0
2세부: 실시간 탈선/충돌 안전 감시제어 기술 개발	2,300	560	3,250	930	3,450	1,100	2,350	535	0	0	11,350	3,125
2-1 실시간 탈선예측 기술 개발	550	150	900	250	900	300	600	135	0	0	2,950	835
2-2 실시간 충돌예측 기술 개발	600	150	850	250	850	300	600	170	0	0	2,900	870
2-3 실시간 선로안전 감시제어 기술 개발	650	150	800	280	850	350	650	130	0	0	2,950	910
2-4 탈선/충돌 감시제어 통합 S/W 개발	500	110	700	150	850	150	500	100	0	0	2,550	510
3세부: 실시간 화재 감시제어 기술 개발	2,250	750	2,250	750	2,250	750	1,050	350	0	0	7,800	2,600
3-1철도화재 통합감시제어시스템개발	675	225	600	200	600	200	600	200	0	0	2,475	825
3-2 철도터널용 자동소화장치 개발	600	200	600	200	600	200	0	0	0	0	1,800	600
3-3 스마트 피난/구난 안내 장치 개발	450	150	525	175	525	175	450	150	0	0	1,950	650
3-4 지하역사 지능 제연 및 안전피난통로 기술 개발	525	175	525	175	525	175	0	0	0	0	1,575	525
4세부: 실시간 사상사고 감시제어 기술 개발	1,436	394	1,604	316	1,768	402	892	188	0	0	5,700	1,300
4-1 통합 사상사고 감시제어 기술 개발	596	100	606	124	586	135	450	86	0	0	2,238	445
4-2 테러·범죄 실시간 감시제어 기술 개발	370	138	442	88	524	119	114	30	0	0	1,450	375
4-3 위험지역 실시간 감시제어 기술 개발	240	78	280	52	298	65	200	37	0	0	1,018	232
4-4 작업자 안전 실시간 감시제어 기술 개발	230	78	276	52	360	83	128	35	0	0	994	248

제1장

기술의 정의 및 필요성

1절 기술의 정의

2절 기획배경 및 필요성

제1장 기술의 정의 및 필요성

1절 기술의 정의

○ 철도 탈선, 충돌, 화재, 공중사상 취약지점의 위험요인 상태를 실시간으로 감시하여 철도 사고를 최대한 사전에 예방하고, 사고 발생시 즉각적인 대처 및 사고 심각도 경감 기술을 통해 철도 안전 리스크를 최소로 할 수 있는 핵심기술과 이 기술들이 통합화된 실시간 안전감시제어시스템을 개발하고 테스트베드(Test-bed)를 구축하는 기술

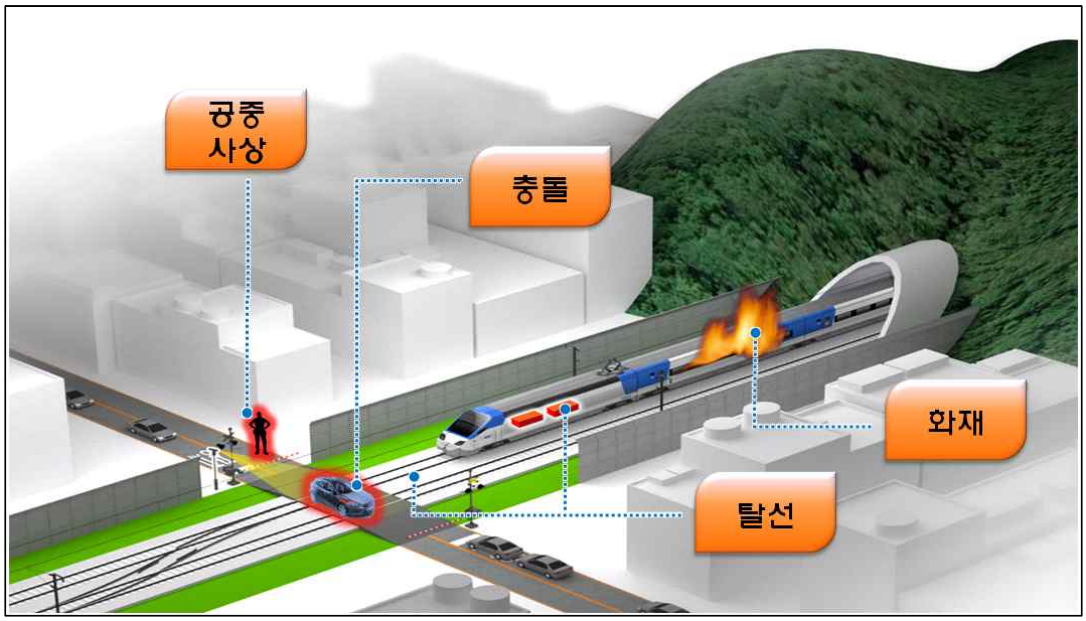


그림 1.1 실시간 철도 통합안전 감시제어시스템 개념도

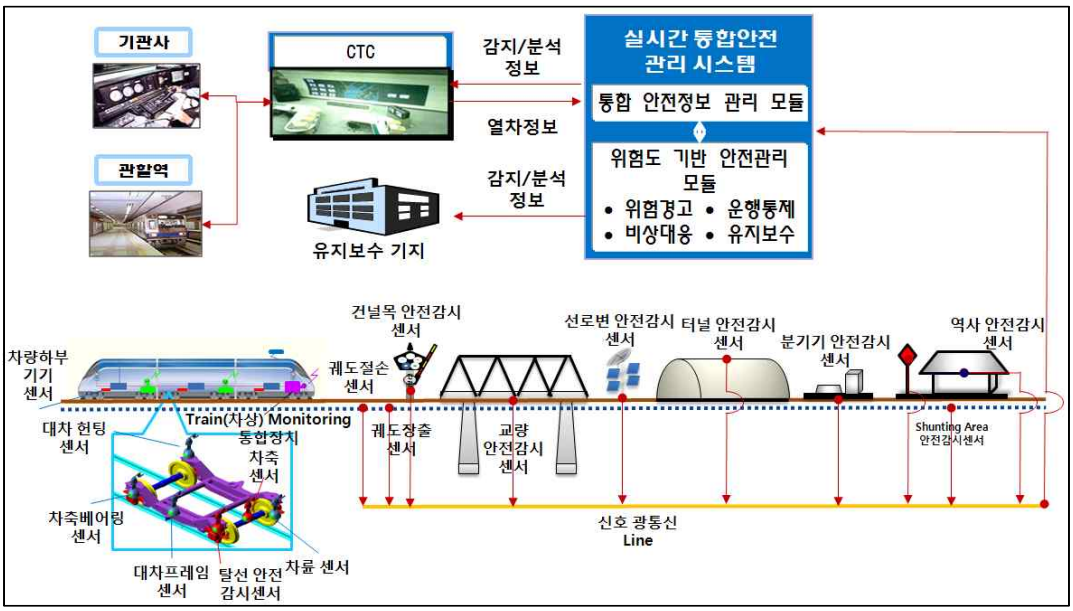


그림 1.2 실시간 철도 통합안전 감시제어시스템 아키텍처

2절 기획 배경 및 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

○ 열차 안전사고(충돌, 탈선, 화재)수는 2007년 이후 지속적으로 감소하고 있으나, 최근 증가하고 있는 고속철도의 운행 장애와 약 10년 주기로 발생한 대형철도사고의 근원적 예방에 대한 사회적 요구 증대

- 6차 국가교통안전기본계획 기간('07～'11) 중 '10년까지 철도안전사고는 목표를 달성한 것으로 분석

구 분			2006년	2007년	2008년	2009년	2010년
철도	목표치	10억인㎞당 사망자수	-	0.93	0.85	0.78	0.72
	실적치		1.1	0.32	0.23	0.28	0.22
	목표달성률(%)						327.3

출처) 제7차 국가교통안전기본계획

- 고속철도 개통이후 감소하던 운행장애 및 서비스고장 발생건수가 2008년 이후 지속적으로 증가하고 있으며 이는 중·대형 사고발생 리스크가 증가하고 있음을 의미

  · 1번의 중·대형 사고는 과거 29번의 장애와 잠재원인 300건이 관련되어 있음 (하인리히 법칙)

- 최근 KXT 탈선, 선로전환기 장애, 지하철 화재, 철도 작업자 사고 등 크고 작은 사고·장애가 지속적인 발생하여 철도 안전에 대한 국민의 우려 증대

○ 인구의 고령화 등에 의한 교통약자의 철도이용 증가를 대비한 강화된 안전대책 필요

- 총 인구는 '16년에 4,931만명, 이 중 고령화인구는 658만명에 이를 것으로 전망

구분	2007년	2011년	⇨	2016년
총 인구(만명)	4,846	4,899		4,931
고령화 인구(만명)	481	553		658

출처) 통계청,「고령자 통계」, 2010.

- 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

○ 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

  · 2015년 철도 Intelligent 모니터링 시장의 규모는 2조 5000억원으로 예상됨

  · 국내에서 세계최초로 본 프로그램을 통해 기술개발이 이루어지면, 이 분야 세계시장을 30%정도만 선점하여도 연간 8000억원 이상의 시장효과가 있을 것으로 기대됨

- 철도 지능 모니터링 시장은 급속히 성장할 것으로 예상됨에 따라 고부가가치 철도기술 활성화를 지원함으로써 국민소득 3만불 시대를 여는 미래성장엔진으로 육성할 필요가 있음.

제2장

국내외 동향 및 환경분석

1절 국내외 정책동향
2절 국내외 시장현황 및 전망
3절 기술동향분석
4절 연구개발 인프라 분석
5절 SWOT 분석

제2장 국내외 동향 및 환경분석

1절 국내외 정책동향

1. 국내 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 투자의지가 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

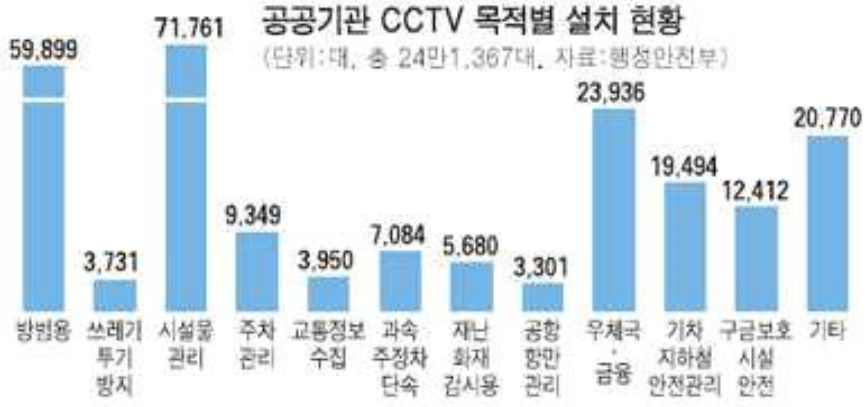
  · 교통사고 절감편익 계산시 도로부문은 물적피해(차량손해, 대물피해)를 제외하고 있으나 형평성 측면에서 모두 고려하여 산정토록 함

○ 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 2.1 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 범위가 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

○ 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 머신비전 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 유지보수비용의 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 성능중심의 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 및 전망

1. 국내 시장현황

○ 스마트 광섬유 탐촉자 기술을 통한 시설물 헬스 모니터링

- 산업구조물 안전진단 시장만 국내의 경우 2006년 1천억원 수준으로 2010년 2천억원을 넘어서는 등 향후 비약적 성장이 예상되며, 세계시장 규모도 2010년 34조원에 이를 것으로 예상됨. (영남일보 2007-06-08)
- 비파괴검사 관련 국내시장 규모의 경우 약 800억 정도이며, 기술력과 자본력이 취약한 다수 업체가 경쟁하고 있으나, 향후 비파괴 검사가 기반시설의 안전진단, 수명예측수단으로 본격적으로 사용될 것을 감안하면 산업이 성장할 것으로 전망됨. (국내 금융계 시장전망 자료, 2006)
- 시설물 안전진단업체 현황의 경우 지난 1월 현재 건설교통부에 등록된 안전진단업체는 334개이며 그동안 진단업체 등의 시장규모의 경우 2002년말 현재 약 830억원 정도

임. (한국건설일보 2004-05-18)

○ IT기반 선로변 시설물 상태 무인 모니터링 기술

- 경제·사회 전반으로 IT융합이 확산되면서 2010년 365억불인 국내 IT융합 시장은 2020년까지 1,237억불에 이를 전망임(자동차·조선·의료·기계·건설·섬유·국방·에너지·조명·로봇 10대 분야, ETRI추정)

  · 시설물 : (현재) 노동집약형 선로변 시설물 건설 -> (미래) 기술집약형 디지털 기반 선로변 시설물 건설

- 선로변 시설물과 IT와의 융합은 유비쿼터스를 추구하는 과정에서 지능형센서와 네트워크를 철도 시설물에 접목하는 양상으로 진행되어 왔음

  · 선로변 시설물에 IT관련 기술이 도입이 되기는 하였으나 선로변 시설물과 IT의 융합의 수준에 다다랐다고 보기는 어려운 측면이 있음

○ 지능형센서의 국내동향

- 지능형센서 산업은 핵심부품으로 발전하는 미래성장 산업임과 동시에 복합기술이 요구되고 사용분야가 광범위한 고부가가치 복합지식산업임

표 2.1 지능형센서의 산업적 특성

구분	부가가치 창출	제한적 요소(현재)
소재재료	20~30배	장치산업
센서소자	5~7배	소량, 다품종 산업
응용제품	10~15배	기술 융합요구

출처) 센서조합 보고서, 2009.

- 국내의 경우, 지능형센서 기술은 아직 시제품을 개발하는 수준으로 선진업체와의 기술격차와 가격경쟁력의 차이가 아직 크기 때문에 상용화 된 MEMS센서 등를 대부분 해외에서 수입하여 센서모듈제작을 하고 있는 상황임

- 국내 센서 수출입 현황을 보면 2006년 국내 센서 수입액의 경우 전년대비 9.2%가 증가한 6억 8천만불로 당해 수출액의 3배가 넘는 규모이며, 이중 이미지센서가 3억 9천만불로 가장 많은 비중을 차지하고 있음

- 국내센서업체의 대부분은 중소업체이로서 약 150개의 국내센서업체('08년 통계청 광공업통계자료)가 존재하나 자체 생산보다는 수입제품의 가공/조립/패키징 생산 위주임

- 2009년 센서수출은 글로벌 경기침체에도 불구하고 디텍터, 이미지센서 수출호조로 32%의 상장을 하였으나 여전히 센서 수출 규모는 수입액의 절반 이하로 대표적인 적자 품목임(2009년 5.4억달러 적자)

○ RFID/USN 시장

- RFID는 유비쿼터스 컴퓨팅 기반기술 중의 하나인 센싱기술로서 각국에 서는 정부의 지속적인 지원 하에 연구 및 시범사업들이 추진되고 있고 인식률의 제고, 국가 간/기기 간 표준화, 다른 정보통신기기와의 연동가능성 등 지속적인 기술보완이 이루어지고 있음
- 비접촉형 인식매체이면서 통신네트워크와의 연계를 통하여 물류, 유통, 군사, 식품, 안전 등 다양한 산업분야로의 확장 가능성이 매우 높기 때문에 세계 RFID 시장은 향후 고성장이 기대됨
- 국내의 RFID관련 기기산업은 핵심 칩을 해외에서 수입하여 재가공하거나 주요부품을 수입하여 단순 조립하는 수준으로서 지난해 삼성전자에서13.56MHz 태그칩을 발표하였고, 중소기업인 쓰리에이로직스에서 13.56MHz리더용 칩을 개발하여 공급하고 있으나 대부분 수입에 의존하고 있음
- USN기술의 경우 대부분 중소기업들이 산업을 주도하고 저가형 단순센서 생산에 주력하고 있어 기술력이나 여러 측면에서 많이 미약하며 선진국에서 기술을 수입하여 센서칩 수입을 통한 모듈조립에 집중하고 있는 실정이며, 선진국의 경우는 대기업이 고가의 첨단센서 개발을 통하여 시장을 주도하고 있음.

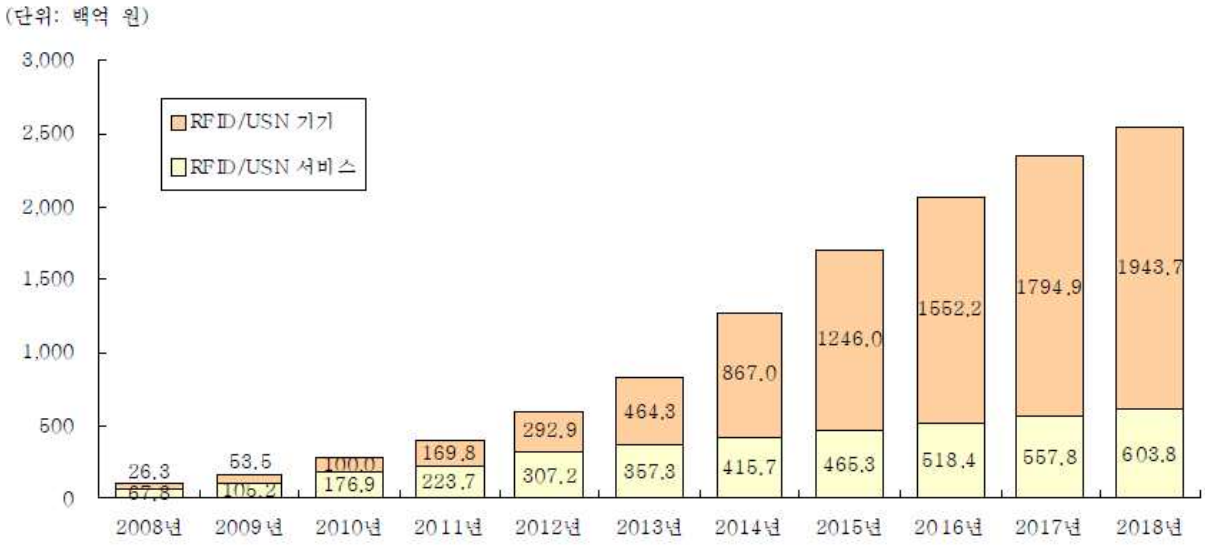
표 2.2 RFID 국내시장 전망

(단위: 억원)

구분	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	CAGR
태그	317	408	504	672	912	1224	1704	33.5%
리더기	165	213	262	350	475	637	888	33.5%
S/W&Service	178	229	284	378	513	689	958	33.6%
합계	660	850	1050	1400	1900	2550	3550	33.5%

주) 국내시장은 세계시장의 5%로 추정

- 국내 RFID/USN 시장은 2008년 약 9천 4백억원 시장에서 2018년 25조 4천 7백억 정도에 이를 것으로 전망
- 그중 RFID/USN 기기 시장은 2008년 6천 8억원에서 2018년 6조 4백억원 정도의 규모를 형성할 것으로 예측되고, 서비스의 경우 2008년 2천 6백억원 규모에서 2018년 19조 4천 3백억 원 정도에 이를 것으로 예측



출처) RFID/USN 협회의 산업실태조사 결과

그림 2.2 국내 RFID/USN 시장전망

○ 산업용 광 계측기기 및 센서관련 시장

- 산업용 센서기기의 경우, 2005년 국내 생산규모의 경우 1,500억 원, 내수규모의 경우 4,300여억 원 정도로 시장규모가 5,800여억 원에 이르고 있으며, 향후 5% 이상의 성장이 예측되고 있음
- 특히 광섬유를 이용한 센서 및 센서 시스템이 향후 기존시장 대체 및 센서 계측분야 신규시장 개척을 통하여 상당한 성장세를 보일 것으로 관련업계는 전망하고 있음.
- 센서시장의 70% 이상을 점유하고 있는 미국과 유럽시장의 광섬유 센서시장을 살펴보면, 미국 시장은 1992년 73백만 달러에서 1998년 700백만 달러로 증가하여 연평균 증가율이 거의 50%에 달하고, 유럽은 1992년 50백만 달러에서 1998년 87백만 달러로써 약 10%의 증가율을 보이고 있음
- 이와 같은 증가율을 감안할 때 광섬유 센서 전체 시장 규모는 2010년에는 약 509억 달러에 달할 것으로 관련업계는 예상하고 있음

○ 국내 융합보안시장은 2010년 1.67조로 정보보안 시장 규모인 1.3조를 넘어섰으며, 2018년까지 평균 32% 성장하여 12.8조에 이를 것으로 예상되며, 2014년 기준 5.5조 규모의 시장이 형성될 것으로 전망됨.

표 2.3 국내 융합보안시장 규모 전망

(단위: 억원)

구분		2007년	2010년	2012년	2014년	2018년	CAGR
정보영역		7,431	12,724	15,401	17,541	29,145	13.05%
물리영역	물리보안	14,824	16,247	18,069	23,281	42,814	10.12%
	물리+정보	2,922	9,616	18,910	32,149	64,222	31.60%
IT융합보안		2,922	7,131	10,598	22,964	64,174	34.25%
융합보안소계		6,054	16,747	29,508	55,113	128,396	32.00%

출처) SDS journal of IT service, “융합보안시장 동향 보고”, 2010. 9.

2. 국외 시장현황

○ 철도기술 분야별 시장규모

- SCI/Verkehr에서 2009년 발간한 철도시장 보고서에 따르면 전 세계 철도기술 관련 시장규모는 197조원 규모이며 인프라 부문이 61조원, 시스템 부문이 20조원, 철도차량 부문은 115조원인 것으로 파악하고 있음

  · 인프라 구조물(Infrastructure) 분야에서는 일반토목에 해당하는 부분은 제외하고 철도와 직접 관련성이 높은 궤도 및 전철화 등의 부문을 포함하고 있음

  · 시스템기술(System Technology) 분야에서는 열차제어, 통신 및 여객서비스를 위한 정보통신기술을 포함하고 있음

  · 철도차량(Rolling Stock) 분야에서는 고속 및 일반 철도차량과 신교통시스템을 포함하는 도시철도차량으로 구성하고 있음

- 글로벌 경제 활성화 및 저탄소 녹색교통수단 확대를 위한 대규모 철도사업의 계획 및 추진으로 인하여 향후에도 인프라구조물에 대한 시장성장이 지속될 것으로 예상되고 있음

- 지역별 시장규모를 살펴보면, 서유럽이 2009년 현재 60.8조원으로 가장 큰 시장을 형성하고 있으며 그 다음으로 아시아가 49.5조원, 북미가 36.7조원 규모이나 향후 시장성장률 측면에서는 남미/중미(7.1%), 아프리카/중동(5.8%), 아시아(5.2%) 순임

표 2.4 철도기술 시장의 분야별 규모

기술 분야	현 시장규모(2009년)		2009~2014년 평균시장성장률(%)
	백만유로	십억원	
Infrastructure	39,500	61,620	5.5
System Technology	13,200	20,592	4.1
Rolling Stock	73,800	115,128	3.7
총계	126,500	197,340	4.2

주) 1 EUR(유로) = 1,560원
출처) SCI/Verkehr 철도시장보고서, 2009.

○ 철도사업 분야별 시장규모

- 철도시스템의 구축이 확대됨에 따라 기존 및 신규 철도운영에 대한 사업이 점차 확대될 것으로 예상되고 있음

표 2.5 철도기술 시장의 사업유형별 규모

사업유형	현 시장규모(2009년)		2009~2014년 평균시장성장률(%)
	백만유로	십억원	
OEM 사업	55,100	85,956	5.1
After-sales 사업	71,400	111,384	3.6
총계	126,500	197,340	4.2

주) 1 EUR(유로) = 1,560원
출처) SCI/Verkehr 철도시장보고서, 2009.

- 철도시장을 신규/개량 부문과 유지/관리 부문으로 구분하여 살펴보면, 유지/관리 부문 시장이 전체 110.2조원 규모이며 특히 철도차량 및 궤도 부문의 비중이 높은 것을 확인할 수 있음

· 현재 거대시장을 형성하고 있는 서유럽, 아시아, 북미 지역의 유지/관리 시장규모가 높은 비중을 차지하고 있음

표 2.6 기술 분야별 시장세분화 (신규/개량, 유지/관리)

구분		신규/개량(조원)	유지/관리(조원)
인프라	궤도	14.2	38.1
	전철화	4.7	3.9
	소계	18.9	42.0
시스템	신호/제어	7.8	9.6
	여객정보시스템	2.3	0.6
	소계	10.1	10.2
철도차량		55.8	58.0
합계		84.8	110.2

출처) SCI/Verkehr 철도시장보고서, 2009.

- UNIFE(유럽철도산업연맹)의 철도플랜트 시장자료(2003년~2007년)를 바탕으로 향후 시장을 전망한 분석자료에 따르면, 유지보수 시장은 2011년 이후 80억 달러 규모로 성장할 것으로 예측됨

· 철도제어시장 : 입찰국가에 차등을 두지 않는 개방시장으로 입찰개방률이 100%임

· 토목건축 : 자국 내 기술 확보를 위해 20~25%의 로컬 업체를 의무적으로 참여시키며 컨소시엄 형태로 활용, 입찰개방률은 78% 수준임

· 철도차량 : 고속철도 수출국의 기술적 우위로 84% 전후의 입찰개방률을 유지하고 있음

· 유지보수 : 발주처의 기술이전 유도 또는 강제로 인해 입찰개방률이 51%에 불과함

표 2.7 세계 철도시장 및 입찰개방시장 규모(2011~2015년)

구분	2011~2013		2013~2015	
	전체규모 (억달러)	입찰개방 (억달러)	전체규모 (억달러)	입찰개방 (억달러)
철도제어	15	15	16	16
토목건축	32	25	34	26
철도차량	54	45	57	48
유지보수	77	39	82	42
합계	178	124	189	132

출처) KB투자 시장분석리포트, 2010.

- 세계 철도플랜트 지역별 시장규모는 서유럽, 아시아, 북미 순이며 서유럽의 현대화작업, 중국시장의 확대, 미주지역의 고속철도 발주계획이 시장확대의 주요인임

· 서유럽지역 : 2014년까지 28개 유로스타열차 현대화, 44개의 ICE2 열차 현대화(독일), 2020년까지 TGV파리-남동부 열차 현대화(프랑스) 등 1세대 고속철도열차에 대한 교체와 철도차량 현대화 추진

· 북미지역 : 미국 캘리포니아 및 플로리다 고속철도 건설, 도시간 철도건설 투자 등 철도인프라투자로 약 568억 달러가 투입될 것으로 추정되고 있음

· 아시아지역 : 중국의 4종 4횡 광역철도망구축계획으로 인하여 시장이 확대되고 있으며 2025년까지 러시아대륙횡단철도, 중앙아시아횡단철도, 동남아연결철도를 합한 유라시아연결고속철도망을 추진할 계획임

· 러시아지역 : 2009년 모스크바-상트페테르부르크 연결 고속철도를 교체하였으며 시베리아횡단철도의 노후화가 진행되어 현대화의 필요성이 높음

○ 비파괴검사 관련 시장

- 세계 비파괴검사시장은 크게 장치·기기 시장과 용역 시장으로 나누어볼 수 있으며, 2008년 27.77억 달러 수준으로 연간 6%의 성장을 보이고 있음

- 한편, 비파괴검사 장치·기기를 활용하는 기술용역을 포함한 부가가치 생산액은 연간 100억 달러를 넘을 것으로 추산되며, 현재 비파괴검사시장은 초음파, 방사선, 와전류, 시각·광학 장비가 주축을 이루고 있으나, 안전 및 품질관리에 대한 장비 수요도 커질 전망임.

(단위: 억 달러)



출처) 비파괴검사기술 진흥계획(교육과학기술부 외), 2006. 12. 참고로 재구성

그림 2.3 세계 비피괴검사 장치·기기 시장 규모

- 일본의 비파괴검사시장을 크게 장치·>기기 시장과 용역 시장으로 나누어볼 때, 비파괴검사 장치·기기 시장은 2008년 약 2,677억엔으로 추정되며, 연평균 4%의 성장을 보이고 있고, 비파괴검사 용역 시장 규모는 2008년 현재 약 1,327억엔으로 추정됨

- 미국의 비파괴검사기기 시장은 2005년 $2.2억 달러의 시장규모를 형성한 이래 2006년~

2011년 평균 5.1%의 성장을 보이면서 2011년 $3.1억 달러의 시장을 형성할 것으로 예측되며, 수하물 검사관리 분야의 시장이 빠른 속도로 성장하고 있으며, X-ray를 이용한 비파괴검사, 광 및 적외선 이미지를 이용한 비파괴검사 등이 주목받고 있음

○ USN/RFID 관련 시장

- RFID의 시장전망은 세계시장의 경우 2005년 21억달러 규모에서 2010년에는100억달러 규모로 국내시장은 2003년 660억원 규모에서 2007년 1,900억원 규모로 성장할 것으로 예측됨

표 2.8 RFID세계시장 전망

(단위: 억 달러)

구분	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	CAGR
태그	5.3	7.2	10.0	13.4	18.2	24.5	34.1	36.9%
리더기	2.7	3.8	5.3	7.0	9.5	12.7	17.7	37.4%
S/W&Service	3.0	4.0	5.7	7.6	10.3	13.8	19.2	36.9%
합계	11	15	21	28	38	51	71	37.1%

- 일본의 정보통신종합연구소가 예측한 세계의 USN 관련 시장규모는 2005년에 약 3,207천억원, 2010년에는 8,428천억원으로 증가할 것으로 전망됨

표 2.9 유비쿼터스 관련 시장 규모 예측

(단위: 천억 원)

구분	2005년	2010년
코어시장 (네트워크, 어플라이언스, 플랫폼)	1,675	2,574
응용시장 (서비스 및 컨탠츠, 커머스 등)	1,352	5,854
계	3,027	8,428

출처) 정보통신종합연구소(일본 NTT의 자회사)

- RFID를 포함한 세계 USN 시장 규모는 2004년 104억 달러 규모에서 2007년 200억 달러를 넘어, 2010년 540억 달러 규모로 성장할 것으로 전망되어, 이에 IBM, Intel, 오키 전기 등 주요 관련 기업들이 USN 관련 기술 및 서비스 개발에 박차를 가하고 있음
- 일본을 위시한 여러 선진 국가들 또한 유비쿼터스 관련 프로젝트들을 진행 중에 있지만, USN 시장의 경우 핵심 기술 발전의 미비와 가격, 산업간 인식부족, 개인정보 안전 미비, 이에 따른 시장 수요 미진 등의 이유로 본격적인 시장 형성이 지연되고 있음

- USN을 성공적으로 구현하기 위해서는 엔드 유저와 응용 환경에 맞는 사용자 중심의 시장 전망을 통해 적절한 기술 적용이 필수적이고, 실질적으로 적용 가능한 핵심 기술들의 발전이 우선되어야 하며, 특히 응용 서비스의 경우 각 산업 분야 간의 협력과 인식이 절실히 필요한 상태임.

○ 무선스마트센서네트워크(Wireless Smart Sensor Network) 기술

- 시설물 건전도 평가에 있어 사람의 시각에 의존한 방법 (visual inspection)은 노동집약적이고 부정확한 고비용-저효율인 방법으로 생각되고 있고, 이를 대체하기 위해 센서를 이용한 다양한 모니터링 시스템을 적용하고 있음

  · 대표적인 예로, 미국 미주리주에 위치한 빌 에머슨 기념교 (Bill Emerson Memorial Bridge)에 86개의 유선 가속도계를 교량 모니터링 목적으로 설치

  · 이 모니터링 시스템의 설치비용은 천3백만 달러이며, 한 센서채널당 1만5천 달러로 구조물의 정확한 모니터링을 위해 충분한 만큼의 센서를 설치하기 어렵게 만드는 단점이 있음

- 기존에 널리 사용된 유선 센서가 가진 단점을 뛰어넘기 위해 만들어진 무선 스마트 센서는 사회기반 시설물 유지관리를 위한 목적 뿐 아니라 다양한 분야에서도 그 적용성을 찾을 수 있음

- 특히 기존의 유선 센서를 통한 모니터링 시스템이 고비용으로 인한 비효율성 때문에 널리 확대되어 사용되지 못했지만, 무선 스마트 센서 네트워크를 이용한 시설물 모니터링은 이러한 관점에서 새로운 시장을 형성할 수 있을 것으로 기대됨

- 미국 WTRS (West Technology Research Solutions, LLC)의 2011년 조사에 따르면, 무선 센서 네트워크 시장은 현재 증가추세에 있으며, 2015년에는 적게는 10억 달러 많게는 40억 달러 이상으로 확대될 것이라고 전망하고 있음

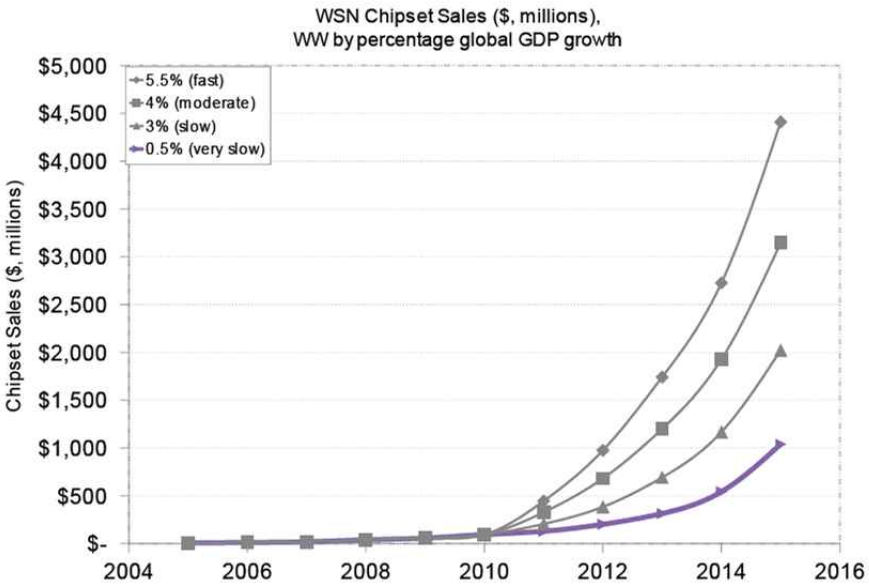
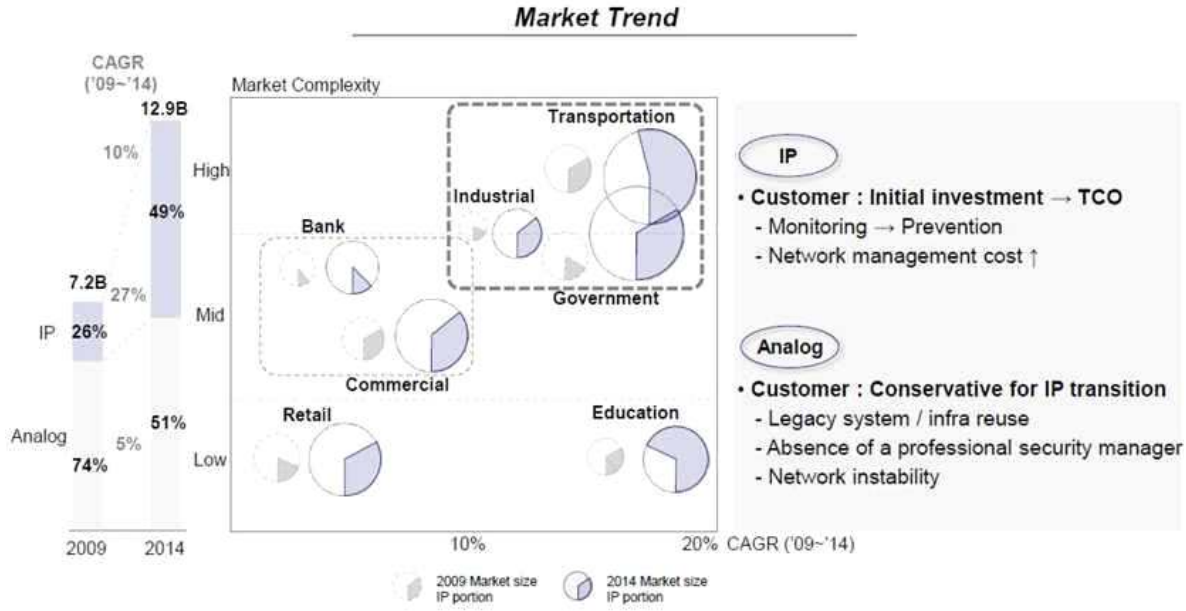


그림 2.4 무선센서 네트워크 시장

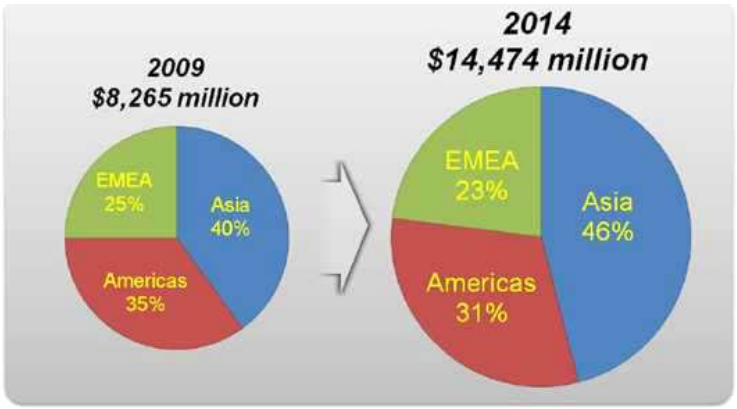
○ IP기반 카메라의 대중화와 영상분석 기술의 발전으로 세계 지능형 영상관제 시장이 37% 이상 성장할 것으로 전망됨.



출처) 2010 IMS Report

그림 2.5 국외 영상관제 시스템 시장 추세

○ 아시아 지역은 급속한 경제발전과 도시화로 인한 범죄율 급증에 따라 국민들의 치안 강화 요구가 높아지면서 전 세계에서 보안 산업이 폭발적으로 성장하고 있음.

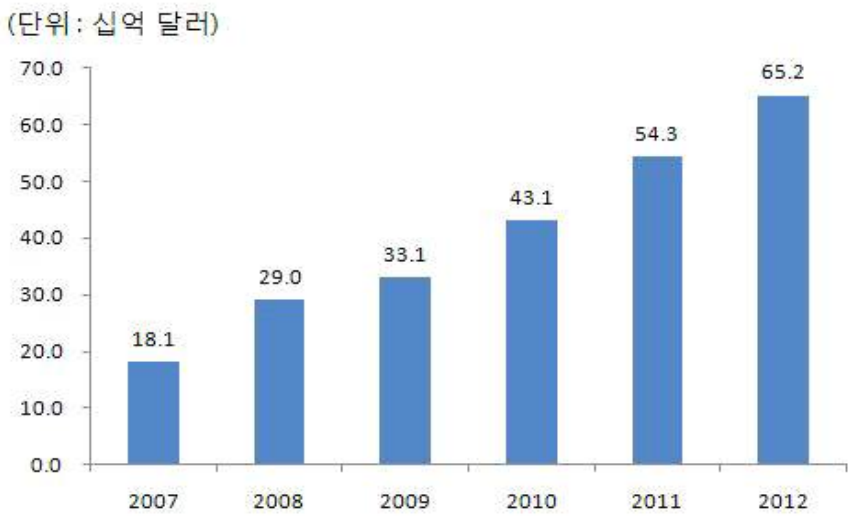


Region	CAGR
Global	11.9%
Americas	9.2%
Asia	15.2%
EMEA	9.6%

출처) 2010 IMS Report

그림 2.6 글로벌 보안 시장 성장률

○ 중국의 2008년 기준 보안시스템 시장규모는 약 32억 달러이며, 그 중 CCTV/영상감시 분야는 29억 달러로 68.3%의 가장 높은 점유율을 차지하고 있음.



출처) KOTRA, 2010.7

그림 2.7 중국 디지털 영상보안설비 시장동향

3. 국내 철도안전현황 분석

가. 국내철도안전현황

○ 철도안전법의 시행으로 지속적으로 철도사고 및 사고피해 감소추세

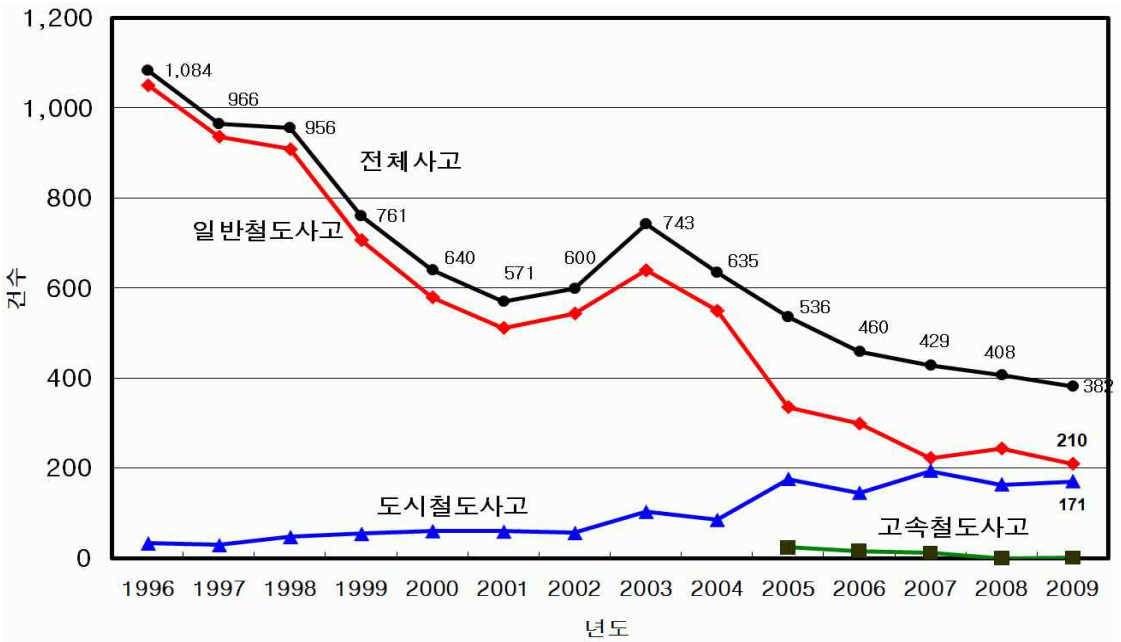


그림 2.8 철도종류별 사고발생건수 변화

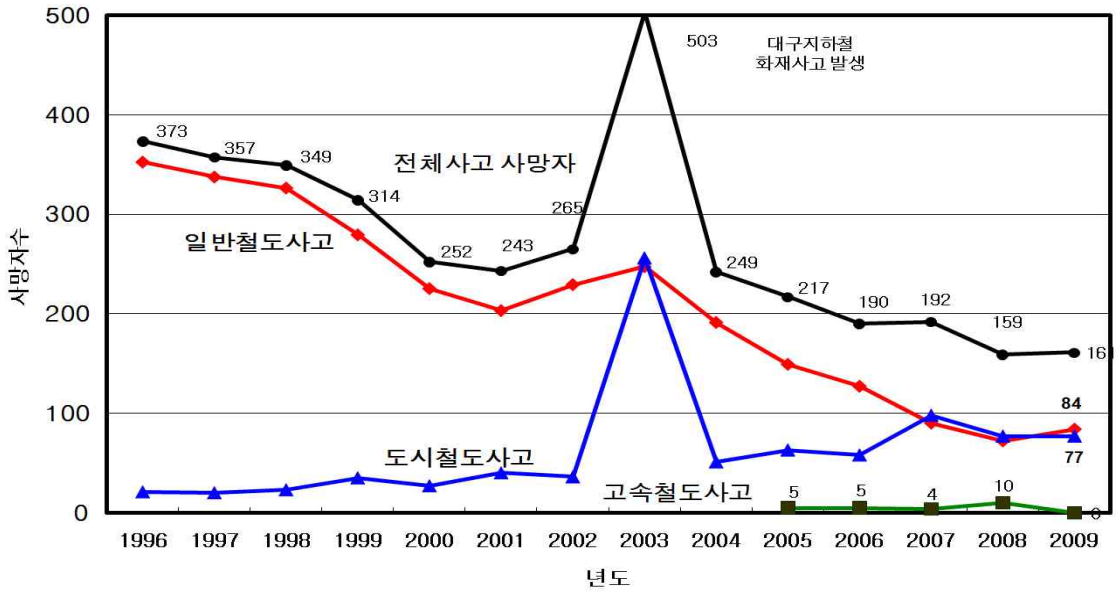


그림 2.9 철도종류별 사망자수 변화

○ 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 2.10 철도종류별 사망자수 변화 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)

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

표 2.11 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

표 2.12 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

○ 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.

나. 국내외 철도안전성 비교

○ 2005년 이후 열차충돌·탈선·화재 등 중대사고율은 선진국 수준도달, 반면 종사자의 직무사고율과 건널목 사고율은 개선필요

표 2.13 국내외 철도시설 및 사고 발생건수 현황(2008년도 발생기준)

국가	열차 백만km	여객 백만인km	선로 연장km	건널목수	자살	충돌	탈선	건널목	여객 사망	종사자
영국	548	50,405	31,240	6,680	203	7	14	24	0	5
프랑스	541	87,000	29,473	14,640	289	97	97	115	10	6
독일	1,044	82,500	51,851	18,051	714	13	13	76	1	41
이태리	367	49,471	25,720	7,643	137	2	10	16	4	9
스웨덴	138	10,838	16,075	11,352	71	4	14	6	0	1
오스트리아	158	10,600	8,197	6,713	93	3	7	36	2	14
헝가리	109	8,288	10,577	5,910	111	1	1	44	10	2
네덜란드	139	16,500	6,700	2,700	164	2	1	21	1	1
철도공사	121	29,706	3,145	1,455	64	2	2	24	0	12
대한민국	187	57,707	3,915	1,456	114	2	3	24	0	22

- 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 2.14 국내외 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)

다. 철도종류별 사고율 및 사고 발생원인

○ 철도 종류별로 일반철도, 도시철도, 고속철도 순으로 사고율이 높음

- 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 2.15 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

라. 국내 철도사고 위험도

○ 최근 6년간('03～'08) 철도공사에서 발생한 총 2,634건의 철도사고에 대한 통계자료를 바탕으로 사고종류와 원인별로 정리하여 위험사건과 위험요인으로 분류(도시철도에 대한 위험도는 대부분 자살, 승강장 투신, 안전사고로 분석되어 제외하였음)

표 2.16 종합위험도 분석 결과('03~'08년)

대 상		공 중	여 객	직 원	합 계
건 수(건)		171.67	186.86	80.5	439.03
심각도(명)		0.66313	0.26795	0.18559	0.40738
인명 사상	사망(명)	110.5	44.33	9	163.83
	중상(명)	32.5	50.83	58.5	141.83
	경상(명)	18.17	129.67	17.67	165.51
위험도		113.84	50.07	14.94	178.85

- 2003년도부터 2008년도까지 연평균 종합위험도는 6('03~'08)년간 철도사고 종류별 위험사건의 발생빈도와 위험사건이 초래하는 결과심각도(등가사망자)를 곱하여 각각의 위험사건이 초래하는 인명피해 손실의 연간 평균값을 산출하였으며, 단위로는 (명)으로 표시함
- 위험사건의 발생빈도는 2003년부터 2008년까지 2,634건의 철도사고통계자료를 분석하여 연도별 발생건수로 산출하였으며, 단위로는 (건)으로 표시함
- 위험사건의 심각도는 철도사고발생 1건당 나타나는 인명피해 정도를 말하며, 단위로는 (명)으로 표시함

○ 2003～2008년 연평균 종합위험도 분석

- 최근 6('03～'08)년간 평균 종합위험도를 분석·평가한 결과 전체 위험도 178.8명중에 공중이 113.8명(63.7%), 여객이 50.1명(28.0%), 직원이 14.9명(8.3%)으로 종합위험도는 공중이 가장 높은 것으로 나타남

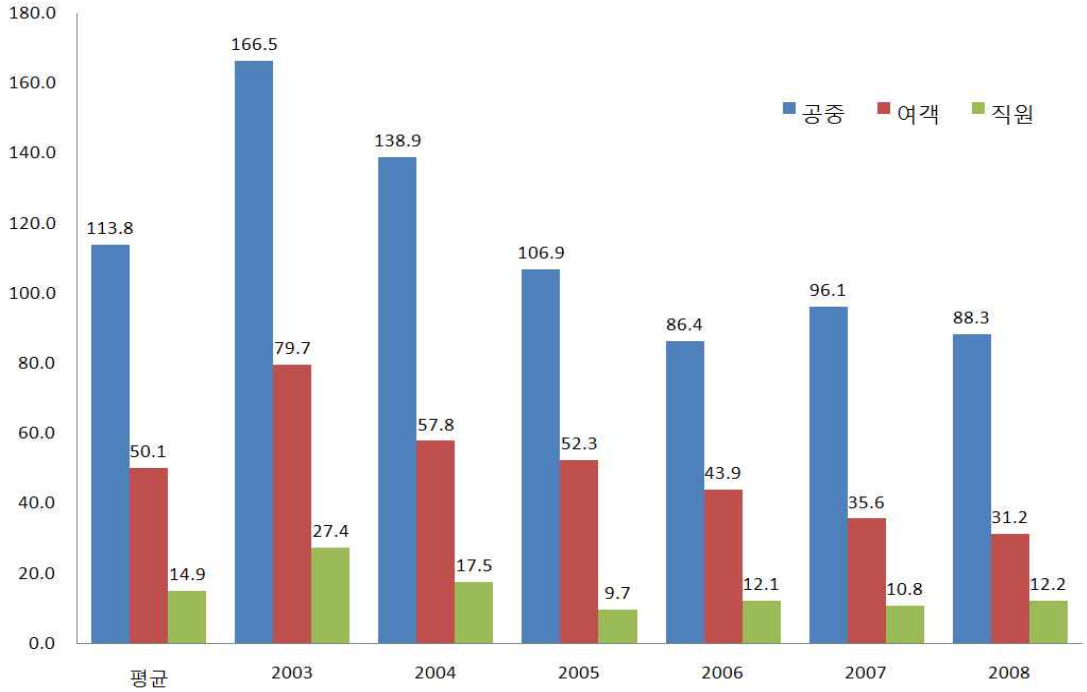


그림 2.10 연도별 철도사고 위험도 추이

- 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

3절 기술동향분석

1. 연구개발 동향분석

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 시험평가 설비·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 주요 대상 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 2.18 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

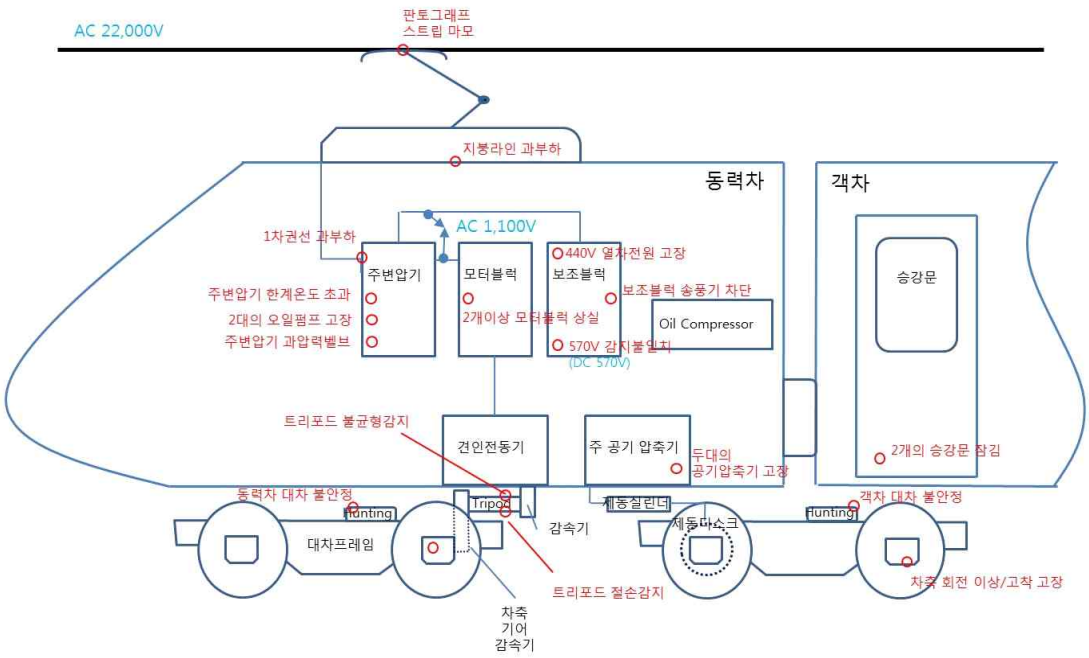


그림 2.11 KTX 주요고장 (MF) 감시대상

· 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

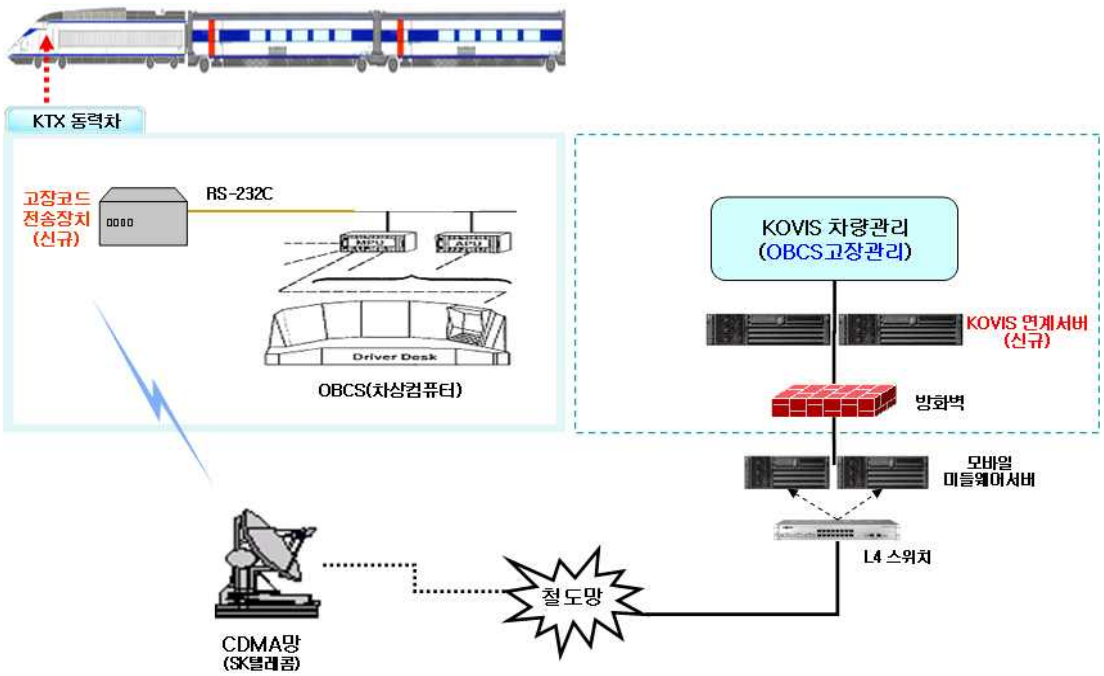


그림 2.12 고장코드 무선전송 시스템 구성도

○ 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 2.13 국내 KTX HBD 설치개소 및 운영 모습

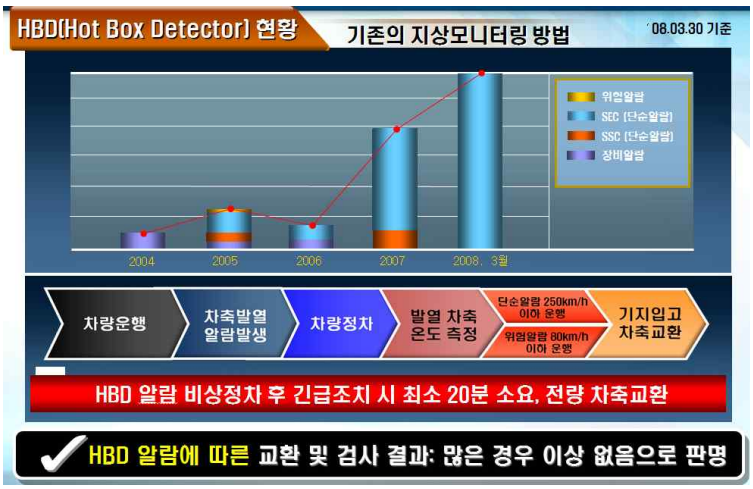


그림 2.14 HBD 감지 현황 및 발생 시 조치 과정

- 문제점

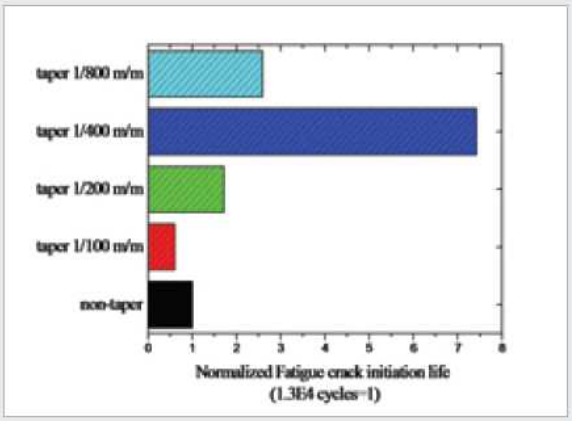
· 최근 KTX 사용 년수의 증가로 인하여 차축 발열검지 장치에서 이상 알람 발생이 증가하고 있음.

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

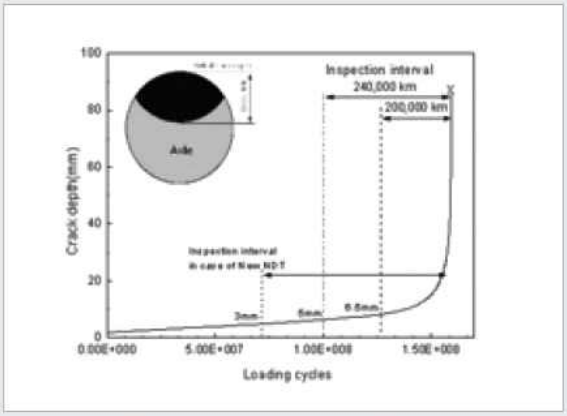
· 해외의 경우에도 차축 발열검지 장치 검측 한계에 의한 사고 발생: 호주 수송안전국(Australian Transport Safety Bureau, ATSB)의 차축베어링 파손에 따른 화차 탈선 사고 사례를 보면 2005년 3월 1일, 7일에 연달아 2건의 사고 발생이 보고되고 있음. 사고 후 조사에서 CB76 화차의 경우, 사고 전 50km에서 차축 발열검지 장치 검측 결과 69℃ 정상인 것으로 나타났으며, 1WB3 화차의 경우, 사고 전 269km에서 차축 발열검지 장치 검측 결과 정상인 것으로 나타났음. 하지만 두 화차 모두 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

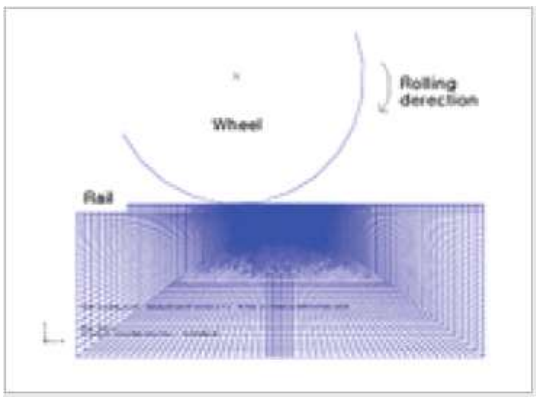


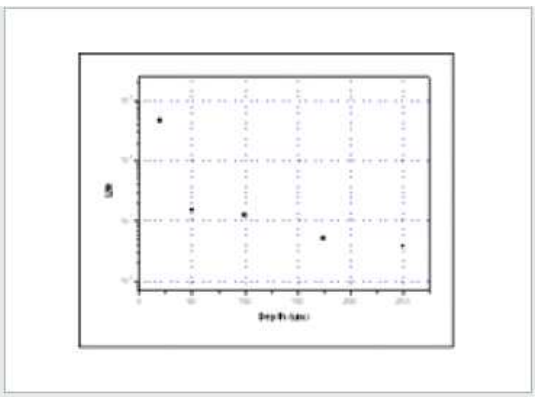
〈테이퍼에 따른 피로균열 발생수명의 변화〉



〈균열깊이에 따른 유지보수 주기 설정〉

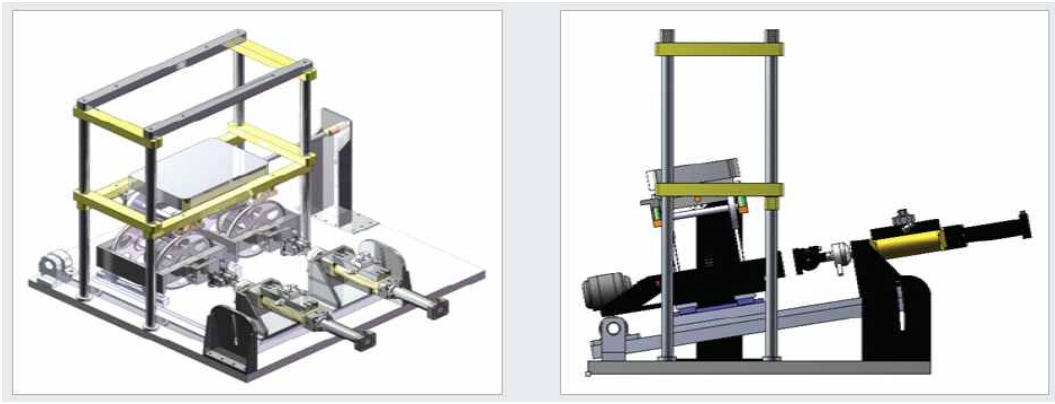
· 차축압입부 장기적 피로손상 실험적 규명



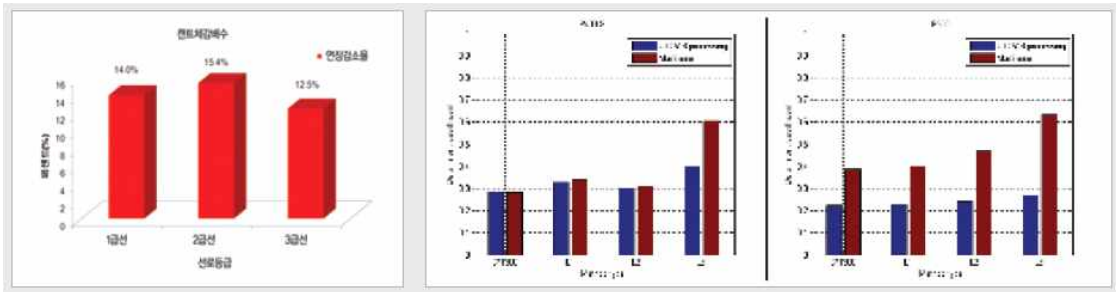


〈WEL 두께변화에 따른 접촉피로 수명평가〉

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

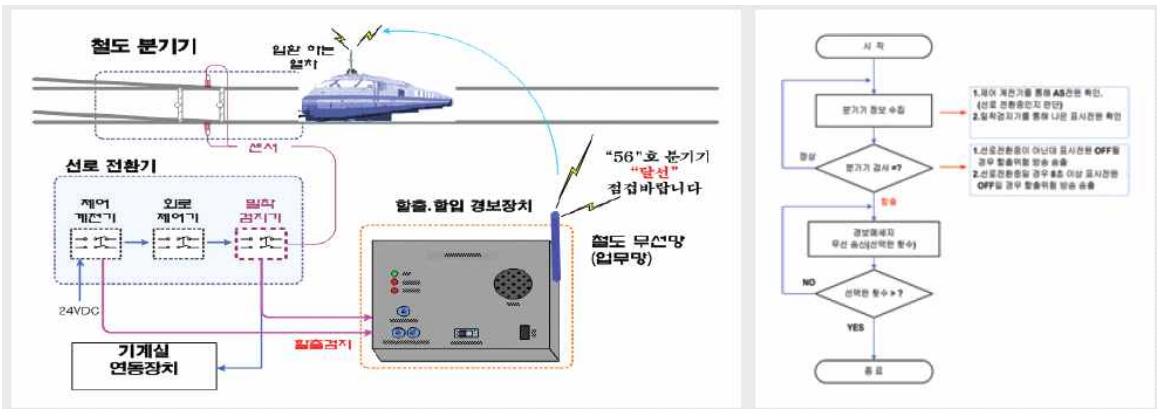


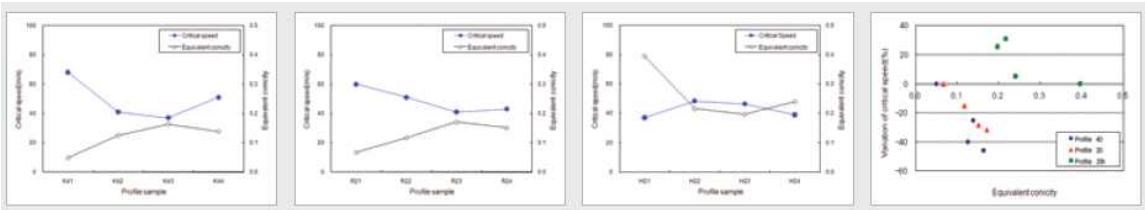
· 곡선부 주행안정성 향상 방안 수립



〈 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

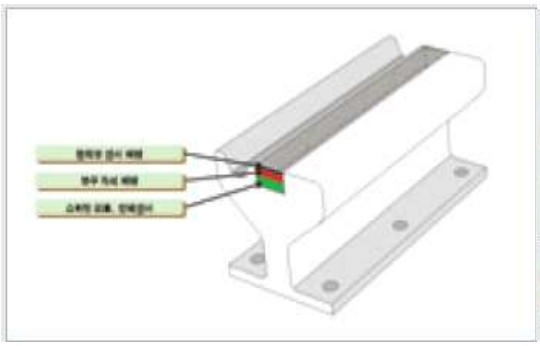




- 탈선안전성 모니터링시스템 개발

· 차량하부결함 감지장치 보완 및 안정화

· 차륜이상(표면균열, 찰상) 감지장치 시제품 제작

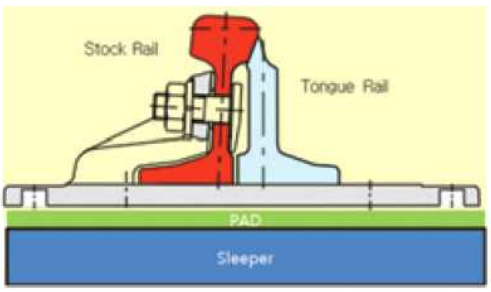


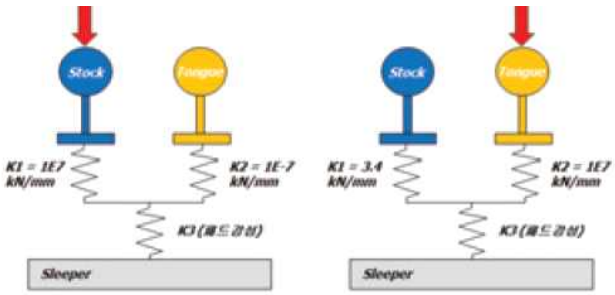


· 차축압입부 접촉피로손상 검지장치 보완 및 안정화

· 레일 절손 검지시스템 시제품 제작

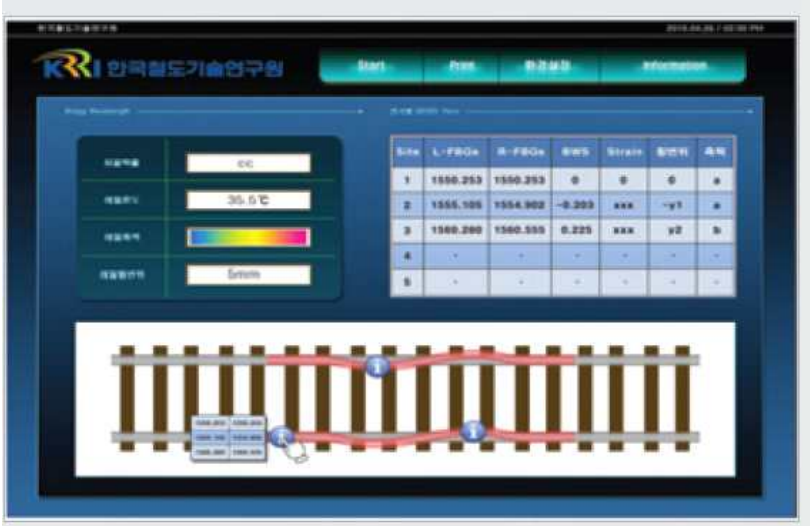
- 분기부 주행안전성 평가기술





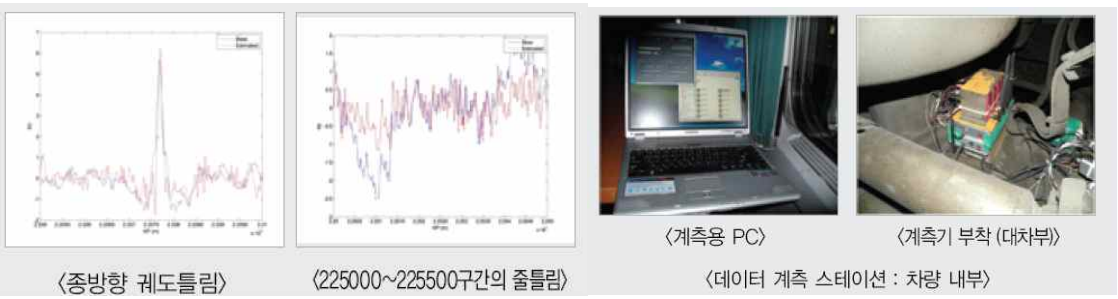
- 측풍시 열차운전규제기준 수립

- 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)〉

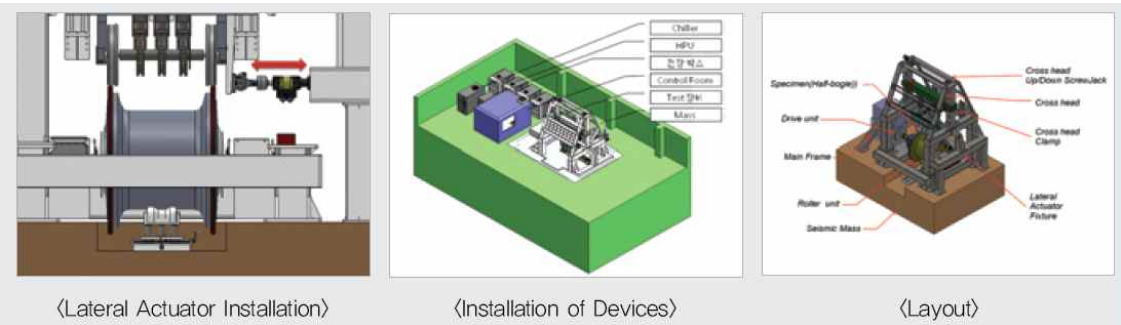
〈데이터 계측 스테이션 : 차량 내부〉

- 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

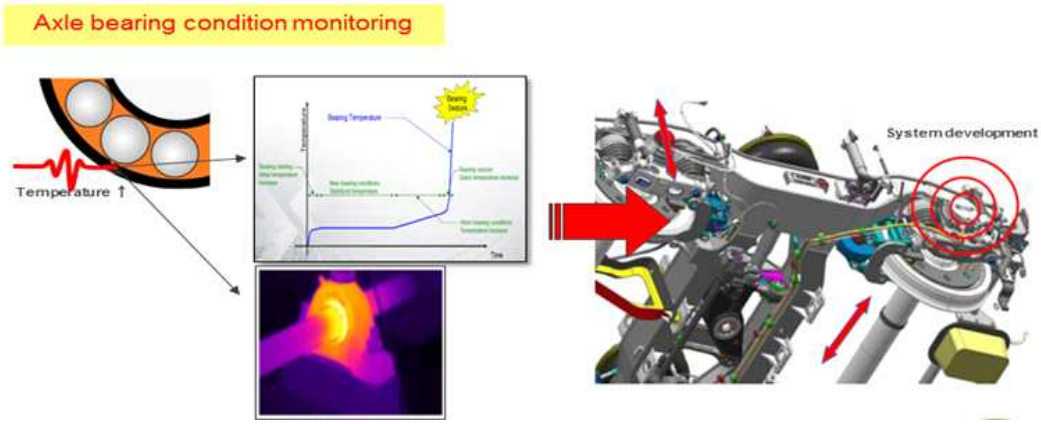
- 윤축베어링(Axle Box Bearing)의 온도를 차상에서 실시간으로 모니터링하여 베어링의 상태를 진단하고 베어링 장착부위의 진동특성과 결합하여 베어링의 손상을 예측하는 기술 개발

- 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

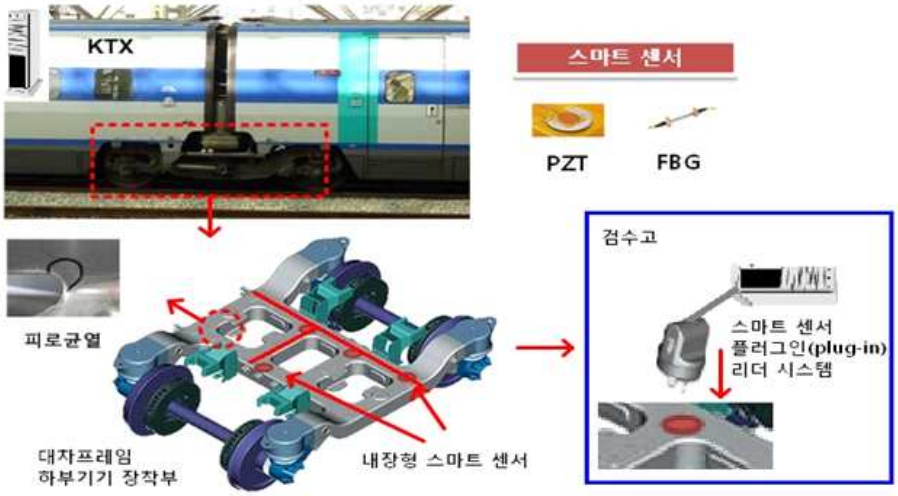
  · 진동특성에 의한 실시간 탈선예측 시스템 개발

  · 진동특성에 의한 차륜 이상마모 진단 및 유지보수 예측 기술개발



○ 대차 프레임 및 차량하부기기 장착부 진단 및 손상예측 기술 개발

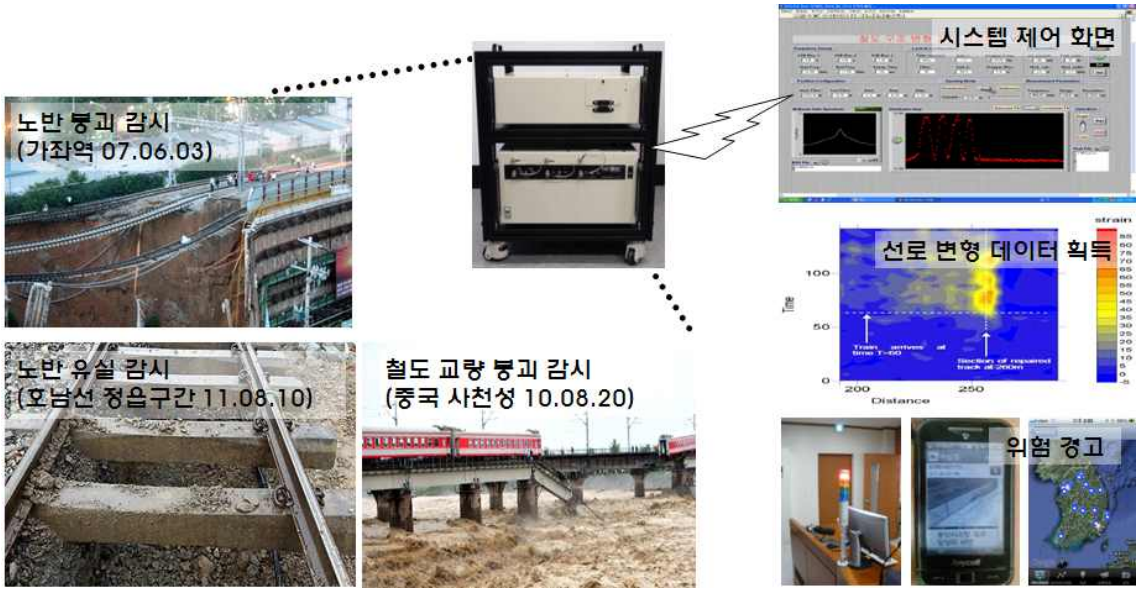
- 탈선과 같은 대형철도사고를 방지하기 위해 대차프레임과 차량하부기기의 장착부에 대한 실시간 또는 Plug-in 방식 이상진단 및 손상예측 기술개발
- 연구내용
  · 스마트센서를 이용한 대차프레임 및 하부기기 장착부 검사 시스템 개발
  · 대차프레임 및 하부기기 장착부 손상예측 기술 개발



○ 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)





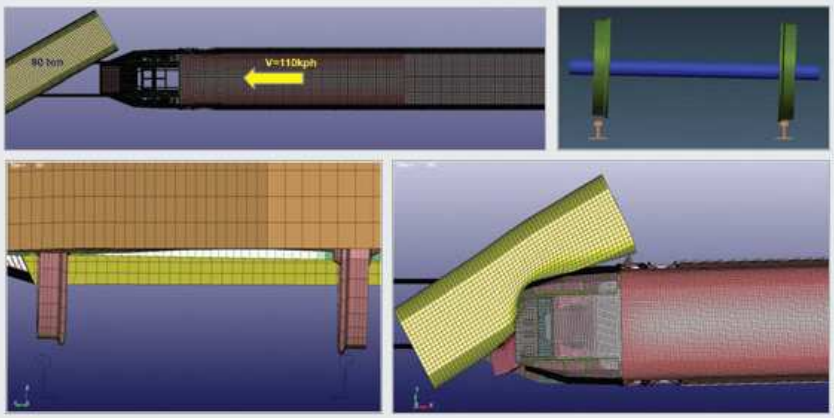
○ 철도차량 충돌 안전성능평가 및 피해저감 기술 개발 분야

- 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



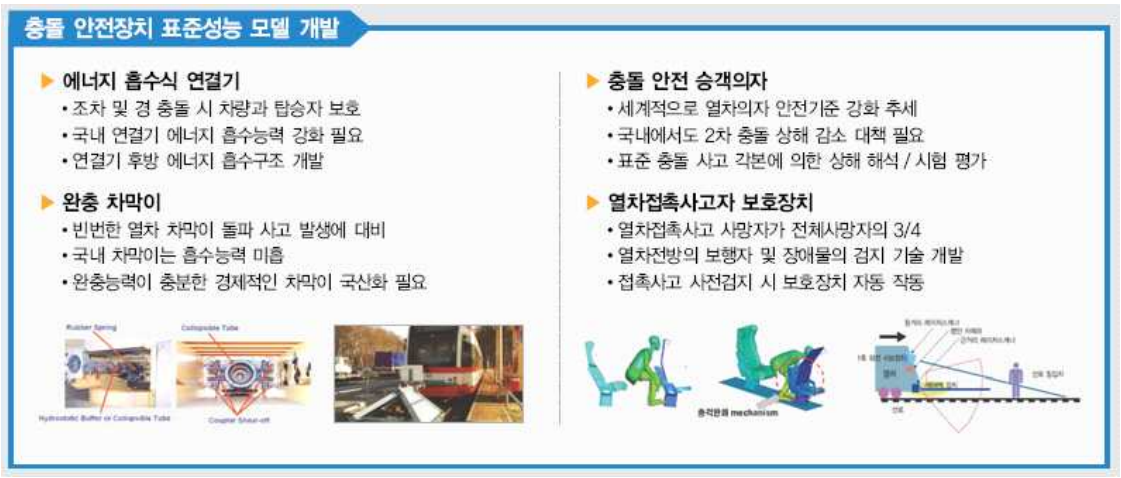
- 충돌안전도 표준성능모델 개발

· 고속철도 동력차 에너지흡수구조설계를 위한 동력객차 단부해석/시험

· 접촉사고자 보호 에어백 시험시제품 개발

· 승객보호용 안전의자 시험시제품 개발



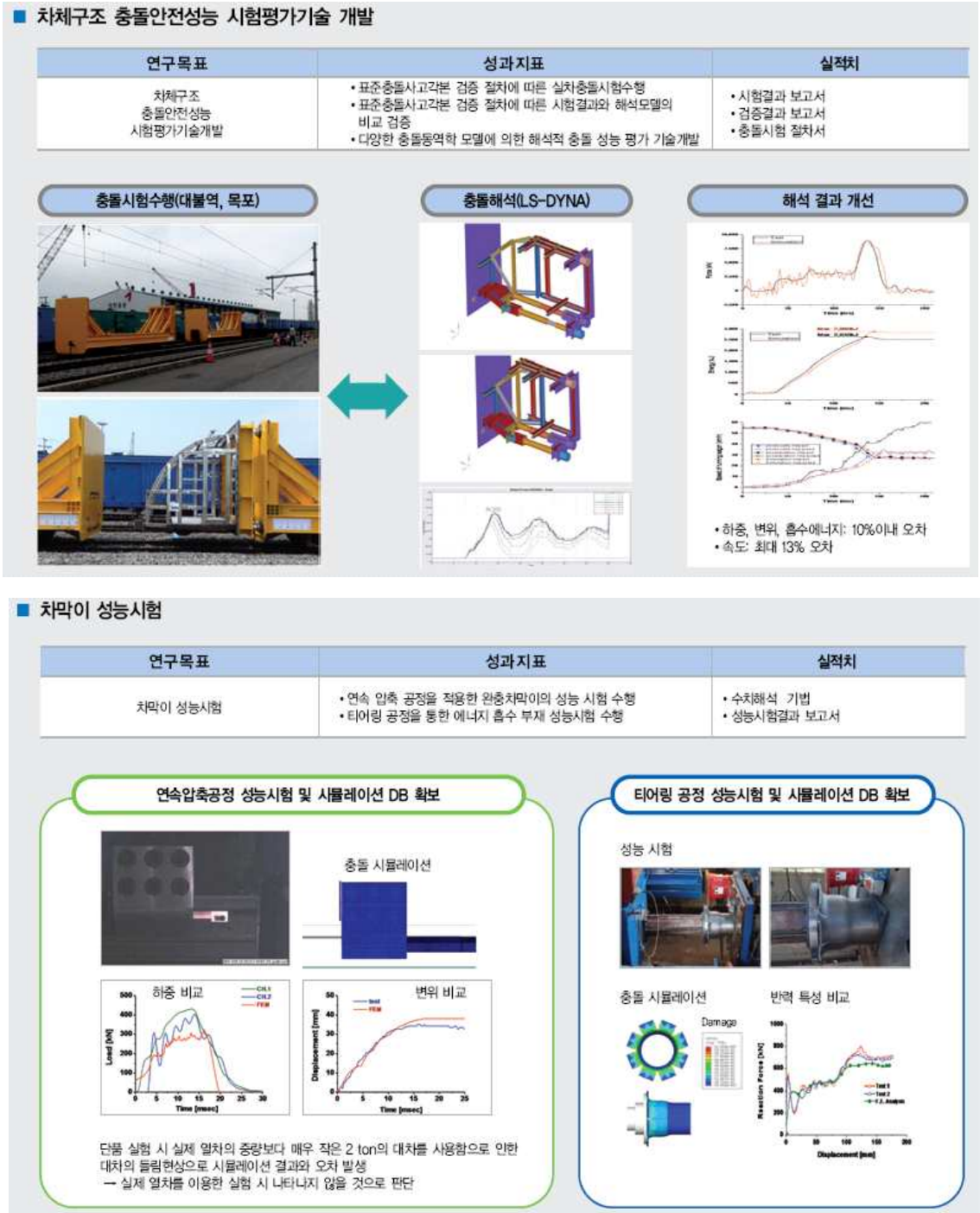


- 충돌안전도 성능평가기술 개발

· 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

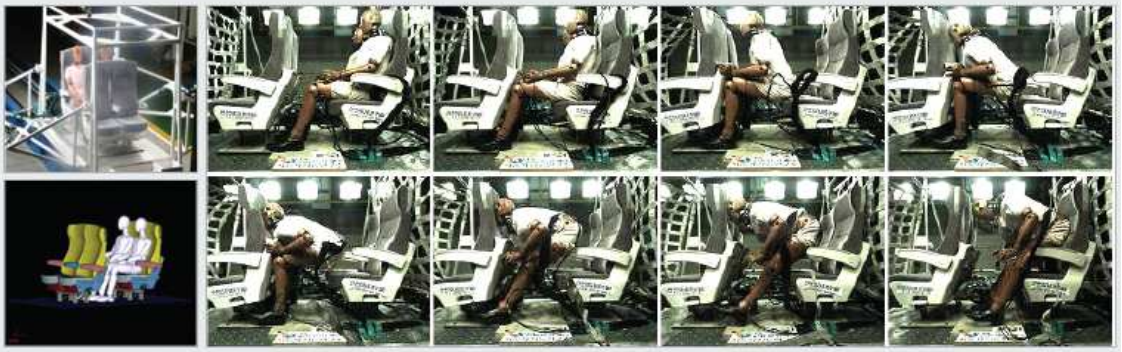
■ 전동차 전두부 하부구조 개발

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

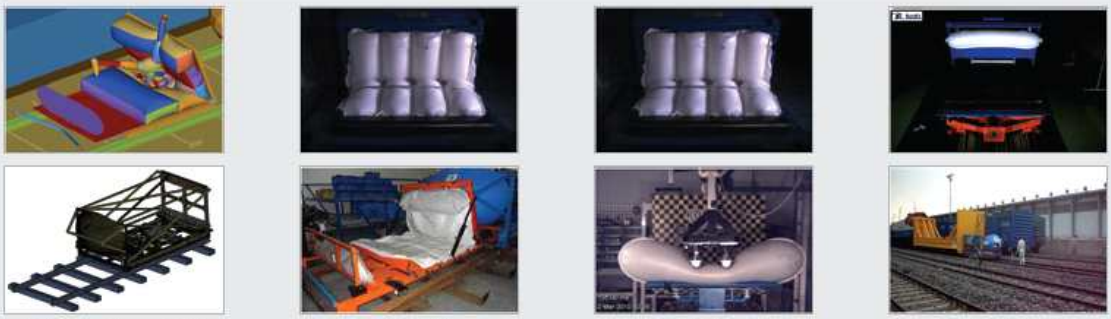
연구목표	성과지표	실적치
철도승객 Sled시험기법 연구	• 승객보호용 안전의자 설계안의 Sled시험수행 • 승객보호용 안전의자 인체상해 해석모델 개발	• Sled시험 절차서 • 시험결과 보고서 • 해석모델 및 검증결과 보고서



- 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 64μW, 변환율은 12.5 k-samples/sec이었음

○ 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.

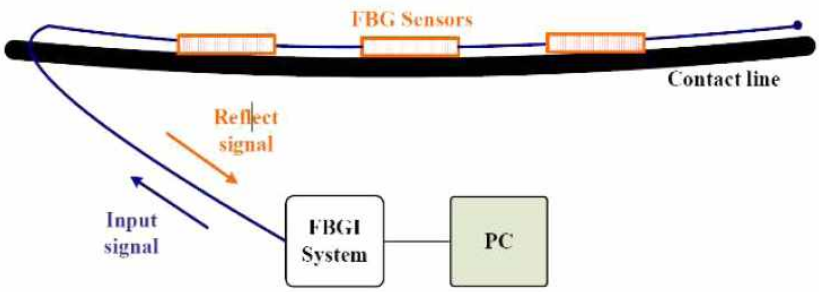


그림 2.15 FBG 센서를 활용한 전차선 모니터링 시스템 구성

○ 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 Vehicle 분야에는 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 오래 전부터 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 모사

시험장치를 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

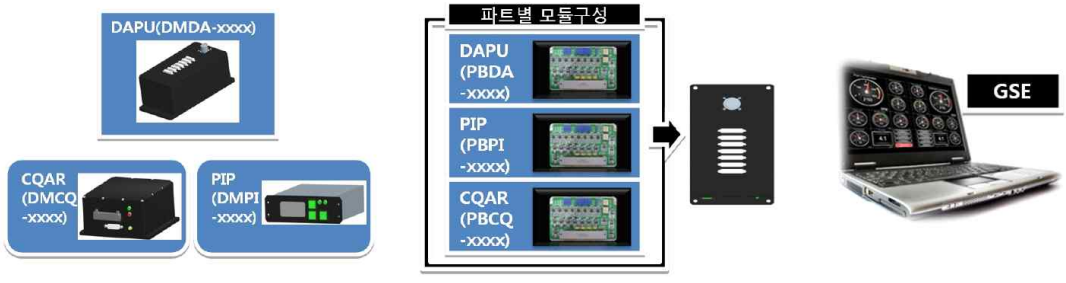
○ 홍콩 폴리텍 대학은 KCRC(Kowloon Canton Railway Corporation)에 광섬유 센서 어레이를 철도 레일, 고전압 라인, 철도차량 등에 설치하고 센서와 통제 센터간 데이터 통신은 광 통신기술(유선)을 사용한 지능형 철도센서네트워크(SRSN : Smart Railway Sensor Networks)를 제안하여 2005년부터 기초연구를 수행.

○ 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



(a) HUMS 기술모델 (b) HUMS 인증모델 (c) 지상 분석장비

그림 2.16 항공기 실시간 안전진단시스템

(2) 국외

○ RailBAM 모니터링 시스템

- 호주의 철도 궤도 시설물을 관리하는 ARTC (Australian Rail Track Corporation)는 차축 베어링 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 2.17 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 2.18 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 2.19 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 2.20 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.

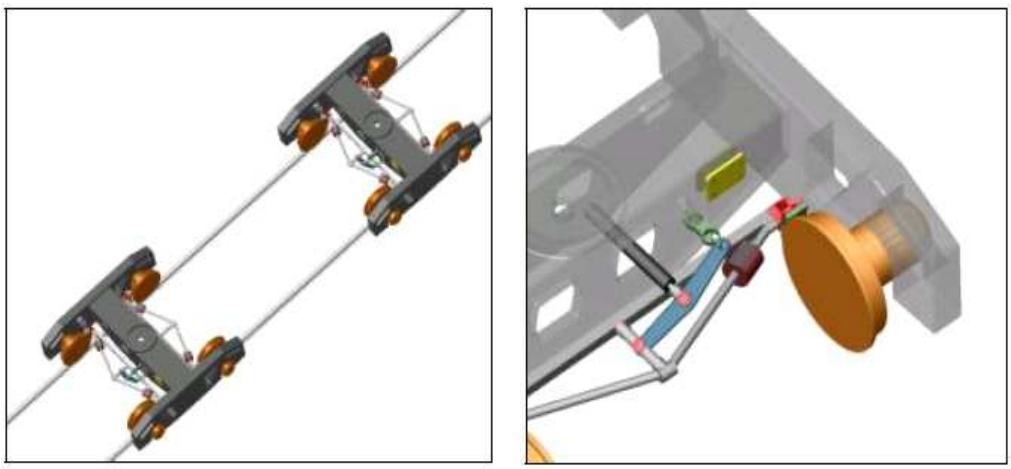


그림 2.21 브레이크 상태 모니터링 (FRA)

- 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.

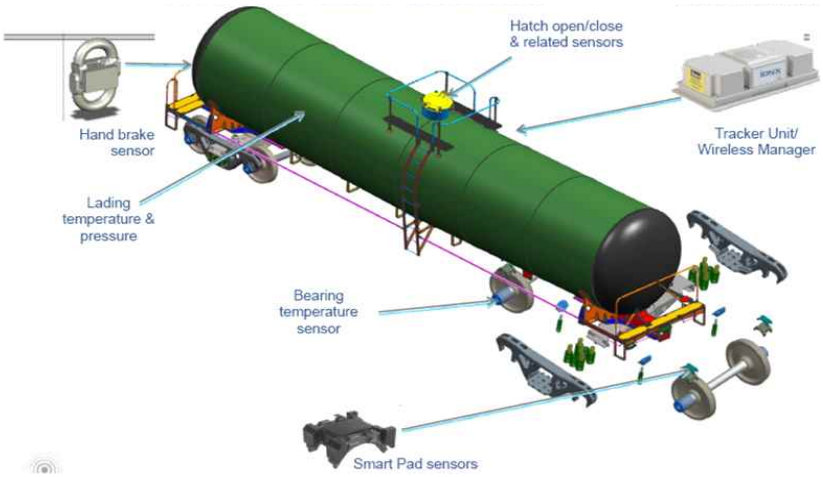


그림 2.22 INOX Product Placment (Amsted 社)

○ 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 85μW, 온도 센서의 소비전력: 1.5mW± 10μW
- base station까지 데이터 송수신은 15초

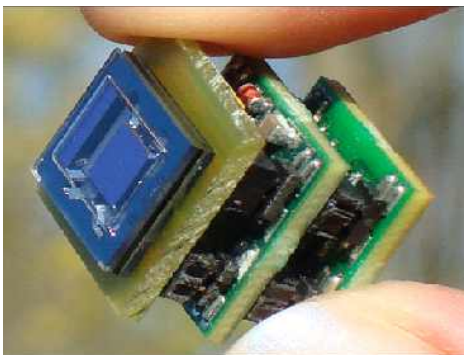


그림 2.23 완전 자가발전 무선 온도센서

○ 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

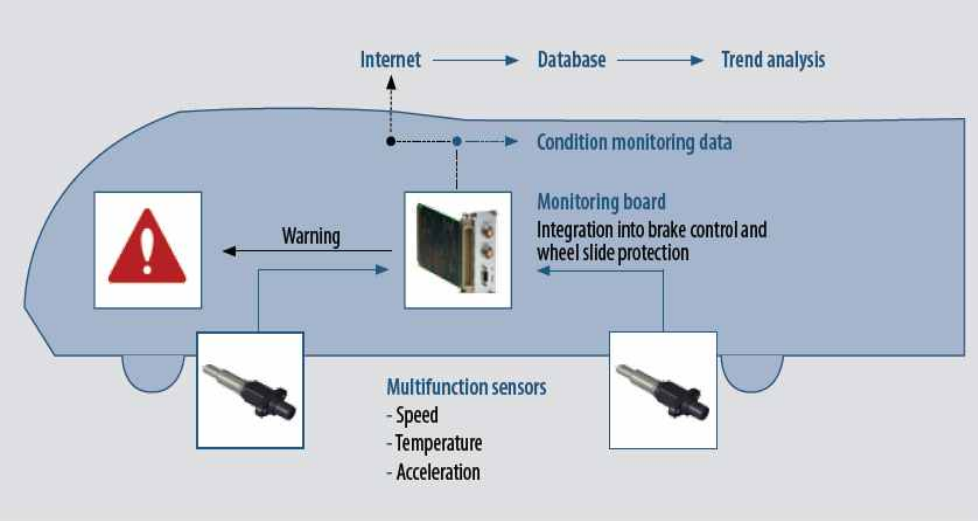


그림 2.24 철도차량 대차 모니터링 진단시스템

○ 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 실시간, 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

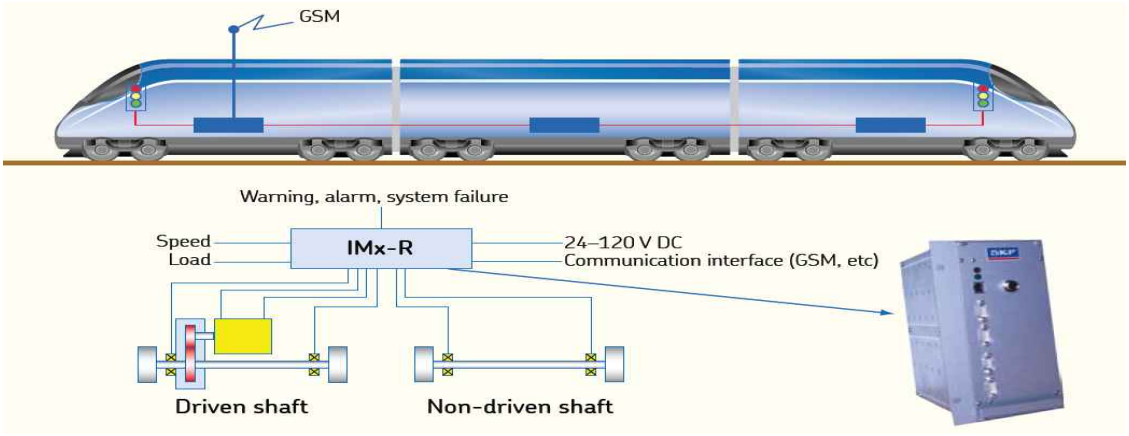


그림 2.25 Railway bogie condition monitoring 시스템 (SKF)

○ 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

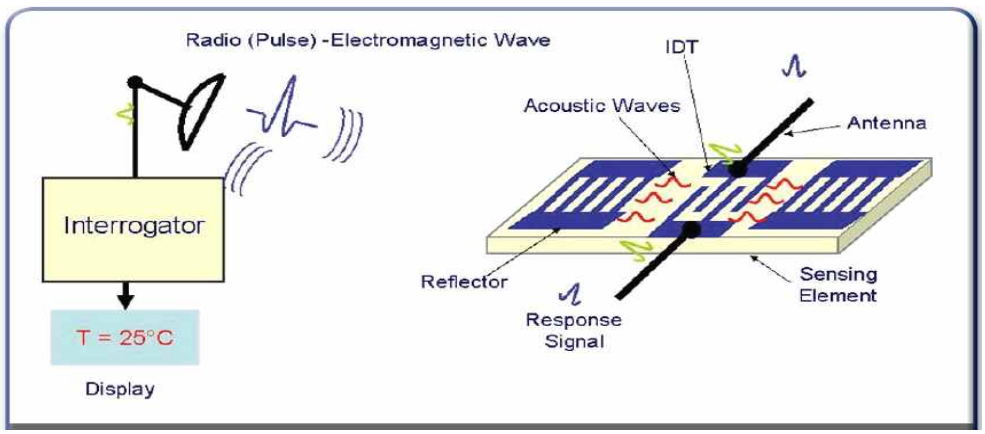


그림 2.26 SAW 센서를 이용한 무선 온도 계측 시스템

○ 진동을 이용한 모니터링 및 진단 기술

- 일본 철도차량 분야에서는 차량의 주요부품을 해체하지 않는 상태에서 결함 및 이상

상태를 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 영향을 미침

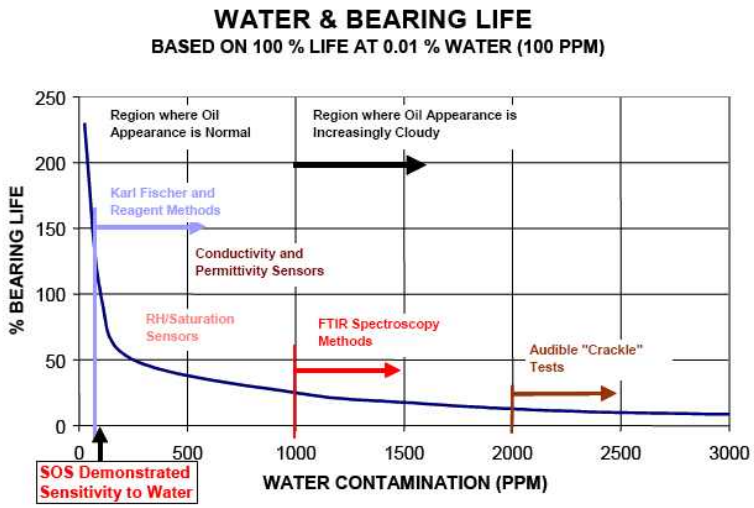


그림 2.27 베어링 수명에 미치는 수분함유량의 영향

– 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

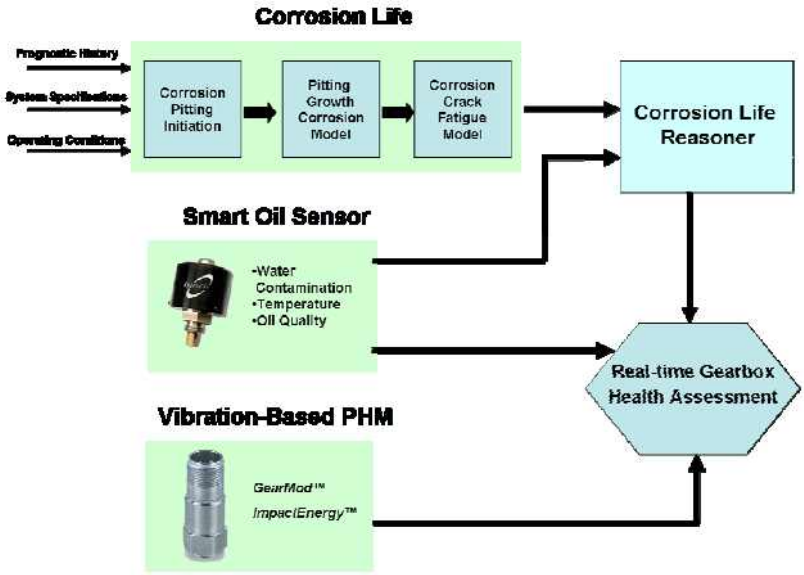


그림 2.28 통합형 기어박스 모니터링 시스템

- 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

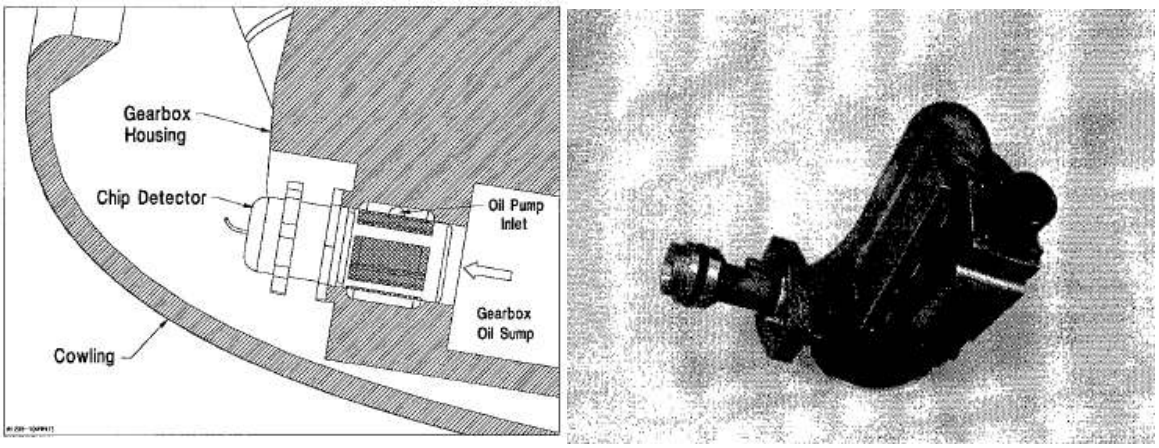


그림 2.29 기존 chip dector 방식(좌)과 AH-64 ODM 센서

- 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 한 건의 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 차

축의 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 온도특성 평가에 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 2.30 서울도시철도공사(SMRT) 기술 통합관제

○ 역사용 통합안전감시시스템 모델사례

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



출처) 철도종합안전기술개발사업, 2009.

그림 2.31 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 자동

소화 로봇 시스템과 피난 유도 시스템의 기초 설계안을 제안한 바 있음.



출처) 한국철도기술연구원, 2012.

그림 2.32 궤도형 터널 가디언 구상도

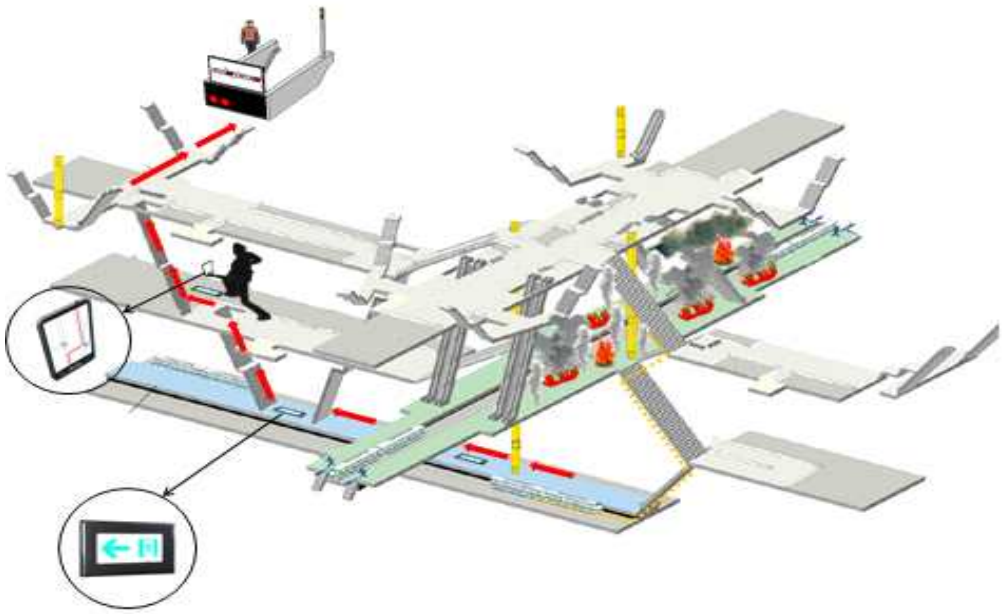
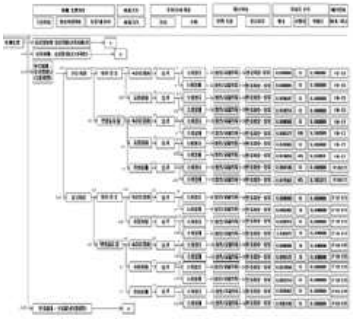


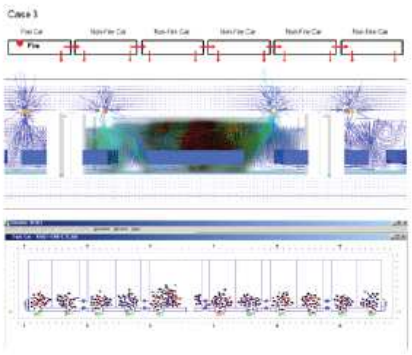
그림 2.33 스마트폰과 실내위치인식 센서를 접목한 스마트 피난 안내 시스템

○ 철도화재 안전성능 평가 및 사고방지 기술 개발 분야

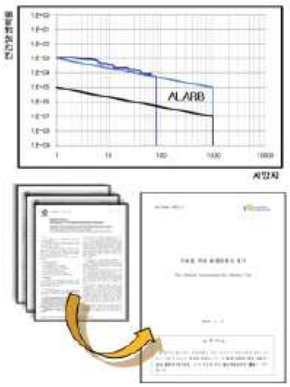
- 철도시스템 화재안전도 예측평가 기법 개발
  · 철도차량 화재안전도 시험/평가기법 개발
  · 철도차량 화재 시나리오 분석 및 시뮬레이션 예측기법 정립
- 철도시스템 화재안전도 예측기법 개발/화재안전도 평가지침 보완



철도차량 화재 위험도 분석 시나리오 구성



화재위험도 분석 수행

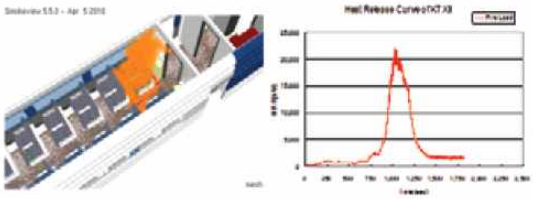


확률 – 사망자 곡선을 이용한 위험도 결과 분석

· 차량화재 시뮬레이션 수행절차 정립 및 신뢰성 검증 시험



차량 화재해석 입력 DB



차량 화재규모 시뮬레이션 사례 (KTX Ⅱ)



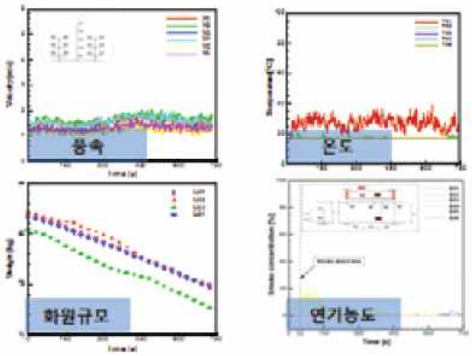
차량 화재시험 수행계획

· 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

연구계획

▶ 차량화재 중대형 화재안전 성능 평가 장치 개발
• 철도차량용 감지기/소화설비 성능평가 설비 구축

수행내역

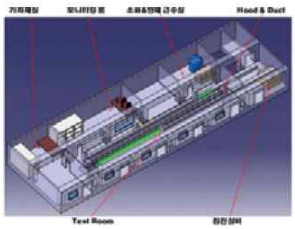
▶ 차량화재 중대형 화재안전 성능 평가 장치 개발
• 철도차량용 화재감지/소화설비 성능평가 설비구축 (2010년9월 구축완료 예정)

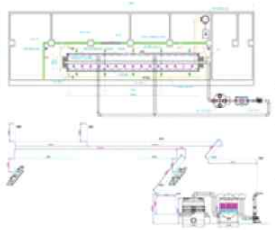
성과물

▶ 철도차량용 화재감지 및 소화설비 성능평가 시험설비

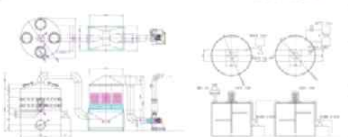
향후계획

▶ 시험규격 작성 및 규격화 추진
▶ 공인인증 및 특허출원 추진







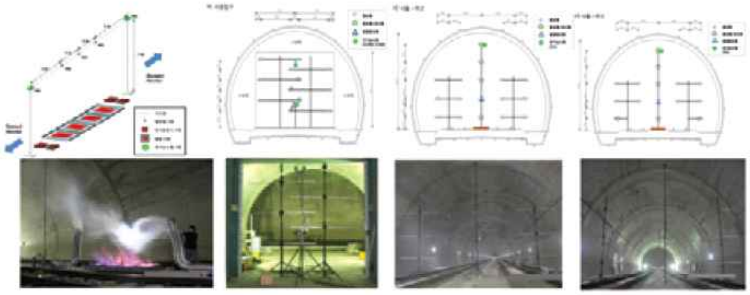


감지기/소화설비 성능평가 설비 구성 요약

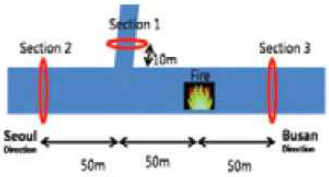
구분		구성	비고
Test Room	1	차체부	1set
	2	track&rail	1set
	3	Test Room 보조시설	차륜 회피형, 내부조명, 환풍 송입풍 설치
계측시스템	4	온도측정기	50 channel 이상
	5	표준연기농도 측정장치	1 set
	6	영상시스템	8채 이상
	7	모니터링시스템	1 set
소화수 공소 및 배소처리 장치	8	펌프	피탐, 피탐 각 1 set
	9	소화수 배관	200ℓ/min 이상
	10	플랜지	20 ton 이상 1set
	11	유수제한장치	1 set
	12	소화수 압력계	3 set 이상
환기장치 및 배연설비	13	질량장치	1 set
	14	Fan	1 set
	15	Hood & duct	1 set
철재안전설비	16	방재안전 자동실	소요장비관리 공 이상
	17	철재안전 수동식	철탐 소화기 6 set 이상
	18	비상라이트	test room와 모니터링실 제한
	19	비상출입	전차차량 소화후, 소화철탐 각 2set
제연시설	20	제연팬 시스템	120kW 이상, 380, 220V 겸용형
	21	풍속 보상장 시스템	풍속 설치장 모니터링 기능
	22	출기구 및 비상제연 팬	각 Seen 이상
	23	시험후보장치	Pool Fan, Obstruction Plate 각 1 set

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

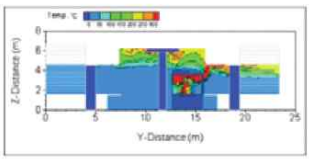
▶ 철도 역사/터널 화재안전시설 설계사양 표준화(스크린도어 외)
• 스크린도어 설치시 안전설계기준 : 상단부 내화재승강장 구획에 따른 승강장 및 선로부 제연시설의보완, 스크린도어 개폐 제어방안 등

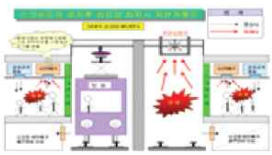
성과물

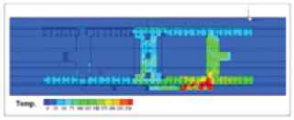
▶ 스크린도어 안전설계 기준

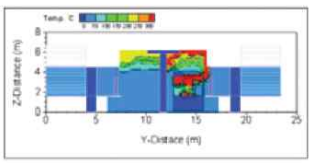
향후계획

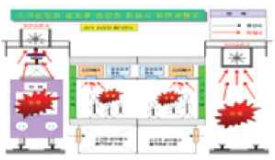
▶ 제도화

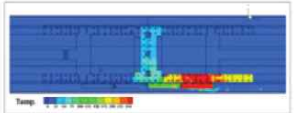








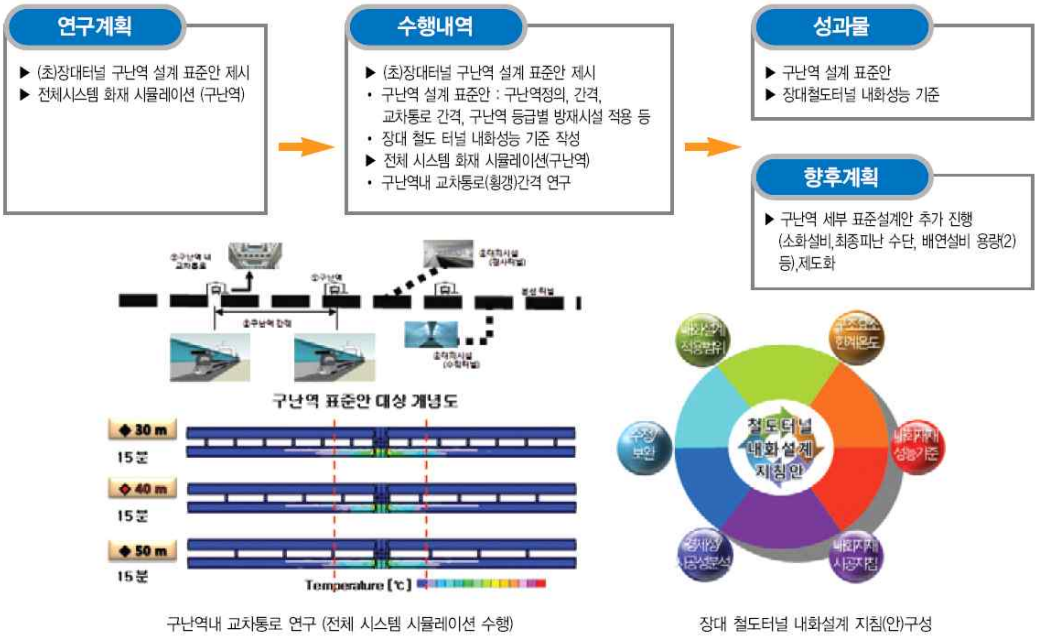




PSD 설치시 상단 내화재 검토
(설치전(상)/후(하)의 유동패턴 변화)

PSD 설치시 제연팬 구성방안
상대식(상)/섬식(하)

PSD 설치시 선로부 제연팬 검토
제연팬 비가동(상)/가동(하)



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

연구계획

▶ 철도차량 및 역사 화재 감지/소화 장치 성능평가 방법 및 통합제어 체계 개발(2)
- 철도차량용 전역방출 소화시스템 개발
- 철도차량용 자동소화설비 성능평가 기준(안)제시
- 성능평가기준안에 따른 최적소화 설비 사양제시

수행내역

▶ 철도차량 및 역사 화재 감지/소화 장치 성능평가 방법 및 통합제어 체계 개발(2)
- 철도차량용 전역방출용 미분무수 소화노즐 개발
- 철도차량용 자동소화설비 성능평가 기준(안) 작성
- 성능평가기준에 따른 최적소화설비 사양 제시 (사용압력, 압력발생장치,유량범위,미분무수 성능사양에 대한 최적 사양 선정)

성과물

▶ 철도차량용 자동 소화설비 성능 평가 기준안

향후계획

▶ 기준안 제도화 추진



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 간이형 제연필터 장치특허출원

향후계획

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



연구계획

▶ 터널용 화재감시 시스템 및 오작동방지장치 개발

수행내역

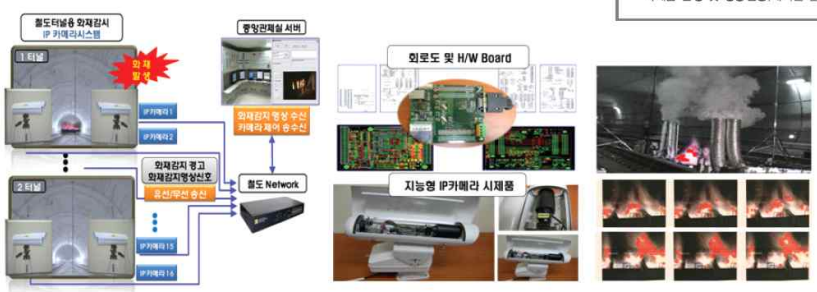
▶ 터널용 화재감시 시스템 및 오작동방지장치 개발
- 지능형 IP 카메라 시제품 개발
- 영상 샘플 시험

성과물

▶ 철도 터널용 화재/연기 자동인지 IP카메라 시제품

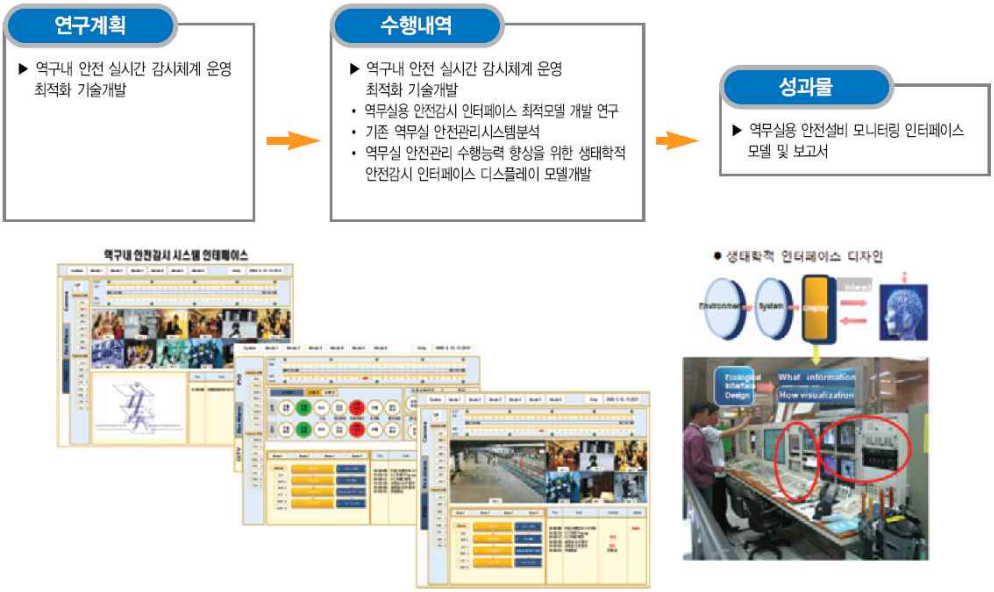
향후계획

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



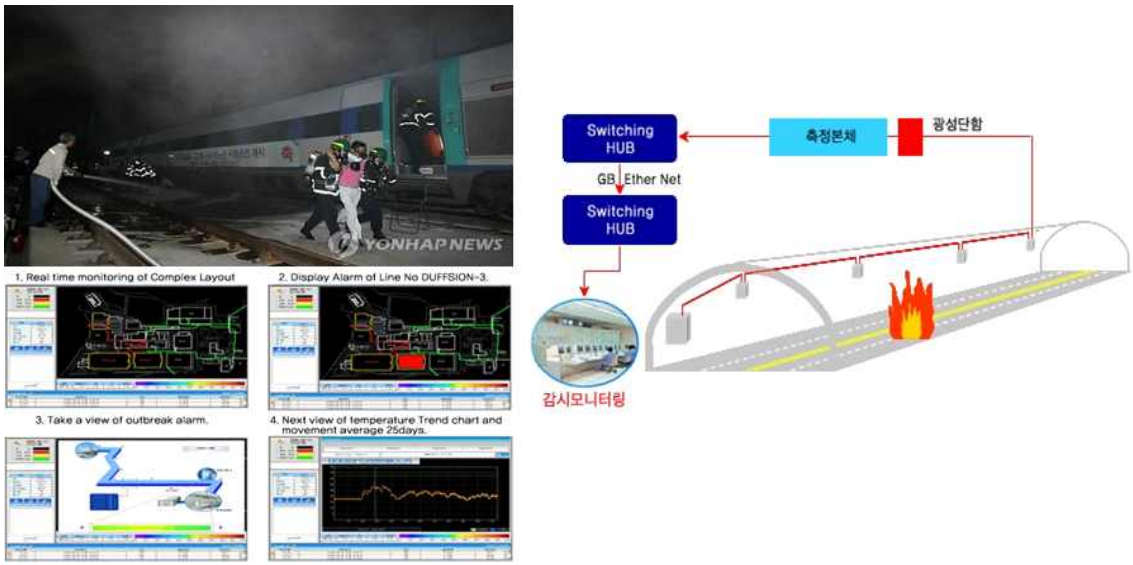
철도터널용 화재/연기 자동인지 지능형 IP 카메라 개발
지능형 IP 카메라 시스템(좌),회로도 및 시제품(중),터널에서의 테스트 장면(우)

- 역구내 안전 실시간 감시체계 운용 최적화 기술개발



○ 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.

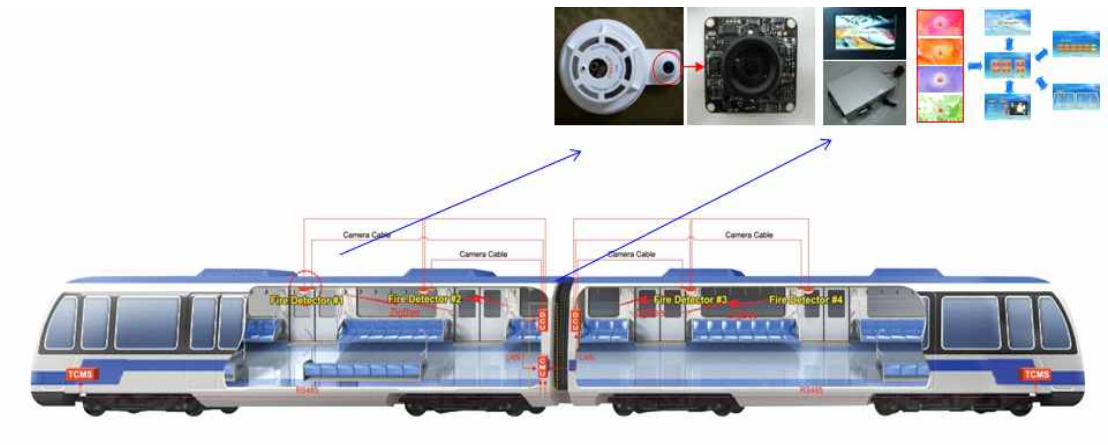


그림 2.34 철도차량용 지능형 화재감지시스템 [(주)이플러티, 2010]



그림 2.35 철도터널용 지능형 배연시스템용 제어기 [(주)리트코, 2010]



그림 2.36 철도터널용 영상화재감지 IP 카메라 [(주)투아이시스, 2011]

○ 국내 터널화재 소화설비 현황

- 현재 국내 철도터널에서 화재사고가 발생한 경우 화재진압을 위한 장비는 연결송수관

을 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.

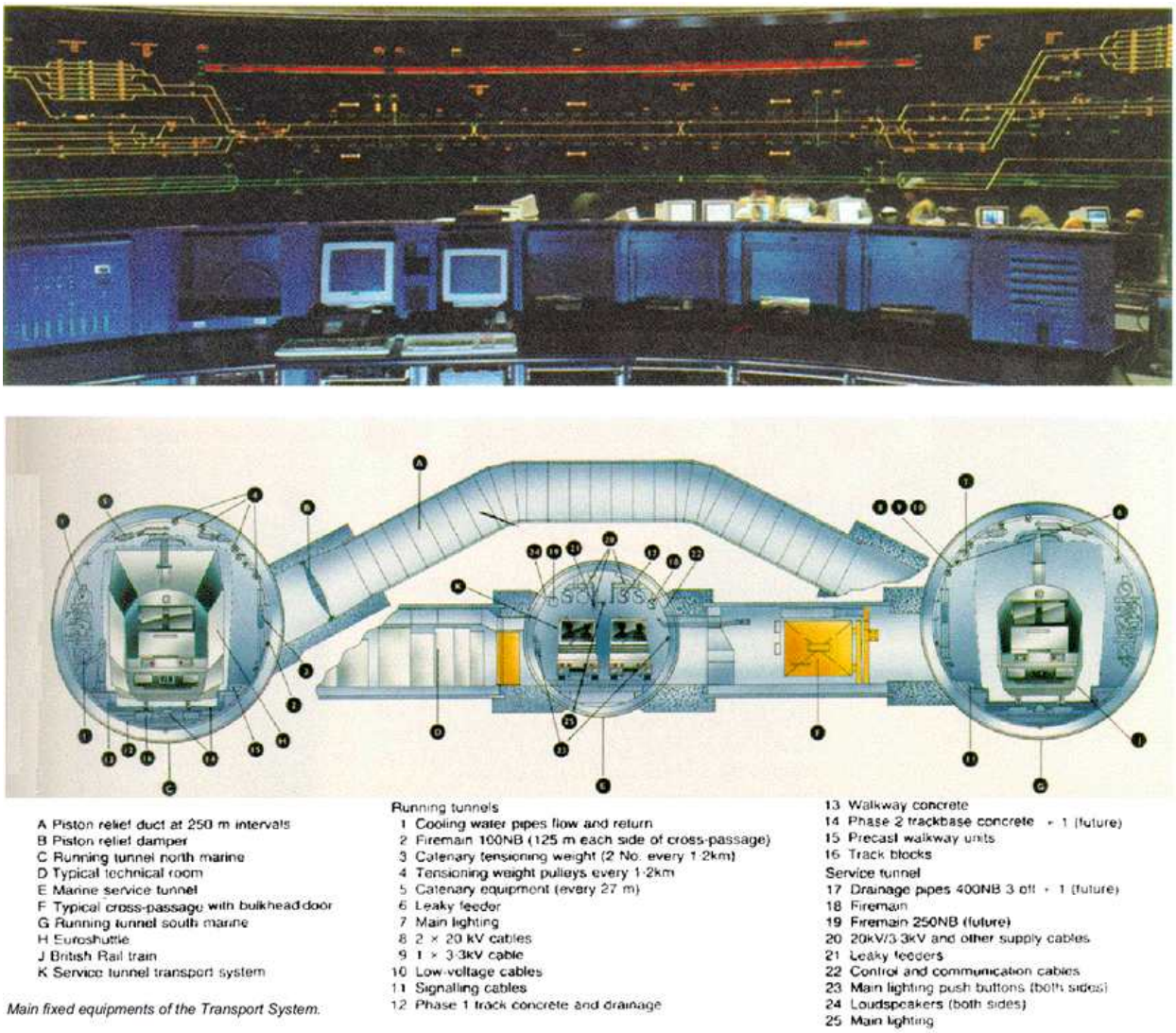


그림 2.37 영불유로터널 방재시스템 및 통합 관제실 설치 사례

○ 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 2.38 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)

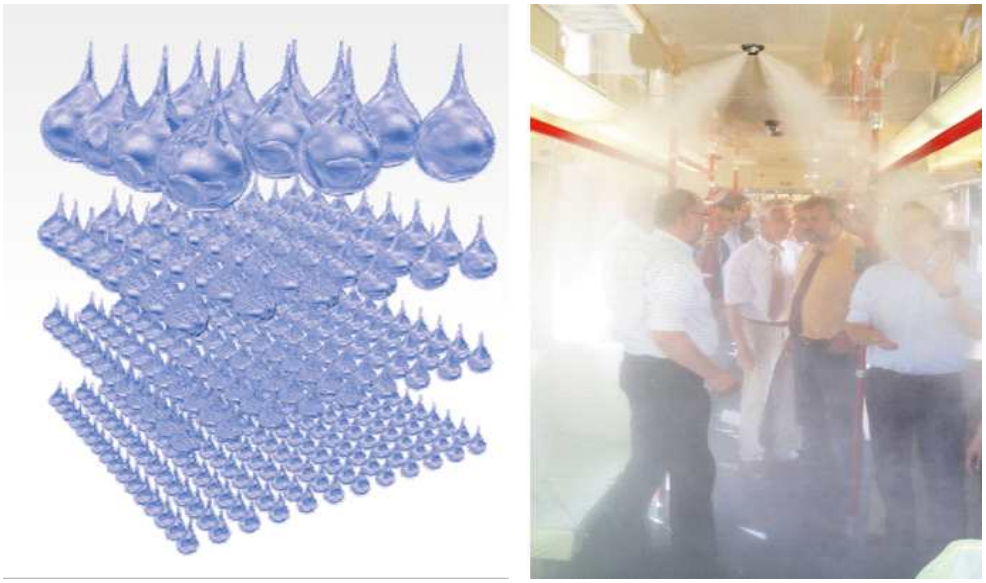


그림 2.39 철도차량용 미세물분무(Water Mist) 스템(Fogtec,독일)

○ 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 이

후, 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 도시철도표준화2단계 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.

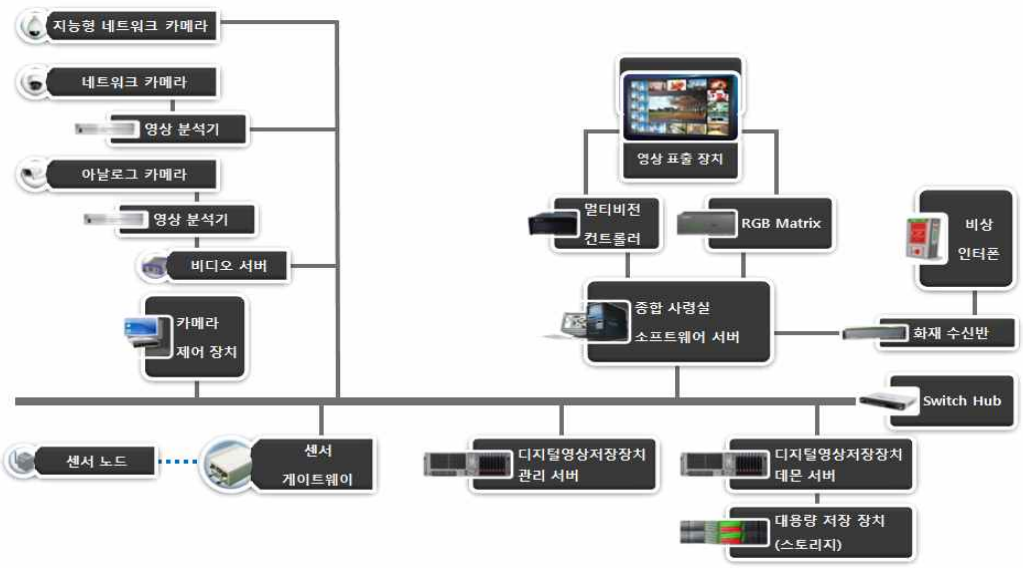
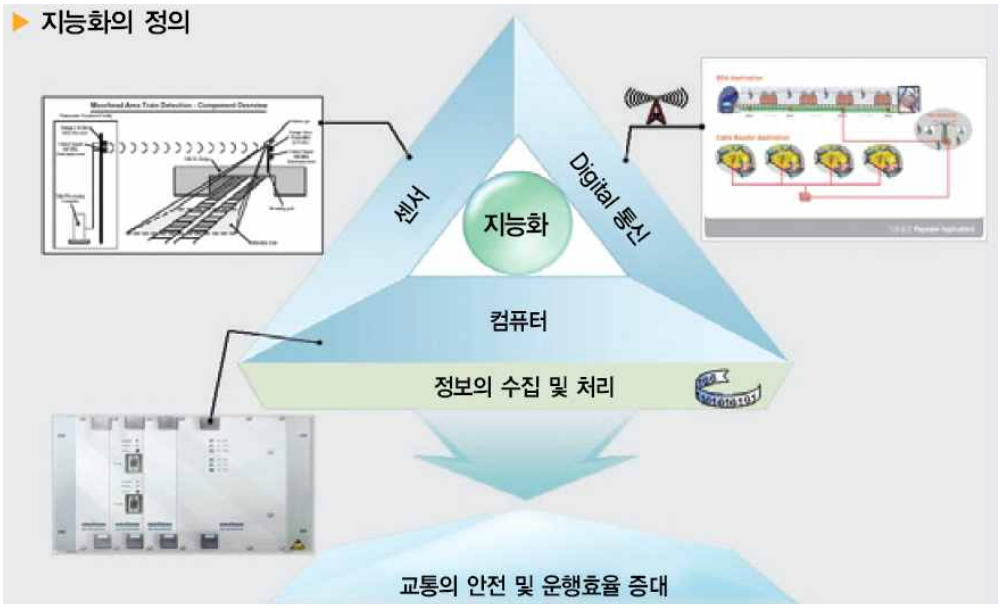


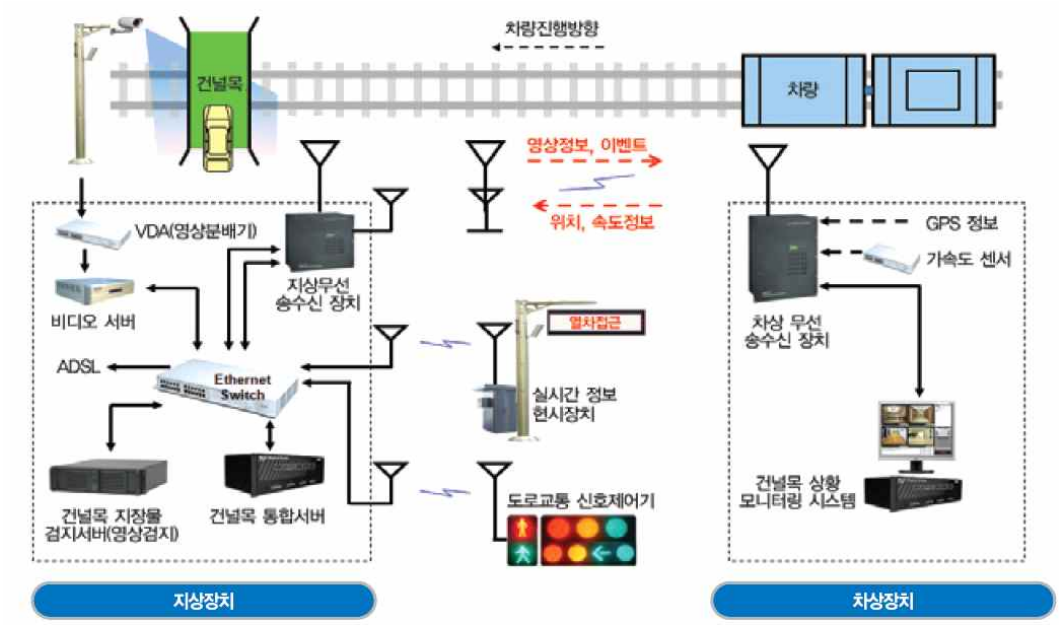
그림 2.40 지능형 종합감시시스템 표준 구성도

○ 철도건널목 지능화를 통한 사고예방 및 피해저감 기술 개발 분야

- 지능형 철도 건널목 상황 검지 및 정보전송기술 개발



· 건널목 지장물 검지장치 개발

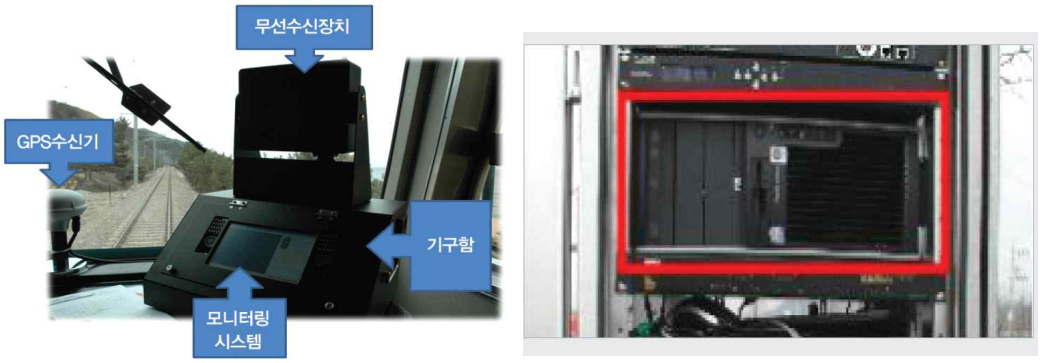


· 건널목-열차간 양방향 무선정보전송장치 시제품 제작



· 건널목 상황의 열차 내 모니터링 장치 시제품 제작

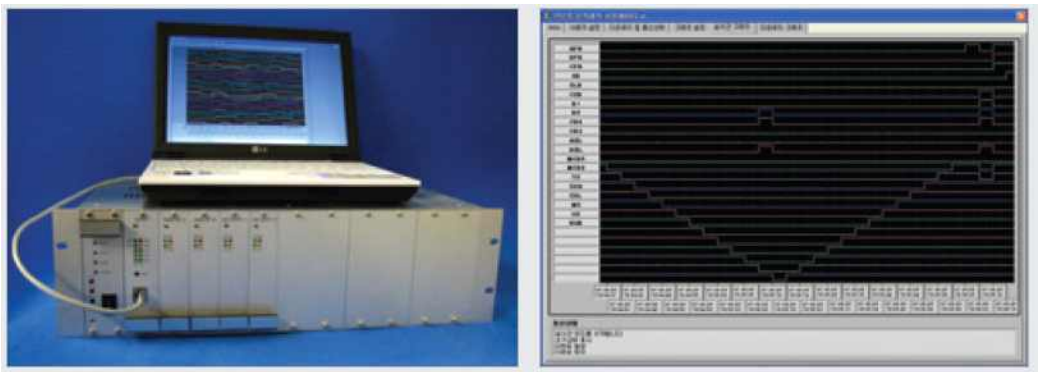
· GPS를 이용한 열차위치정보 측정장치 시제품 제작



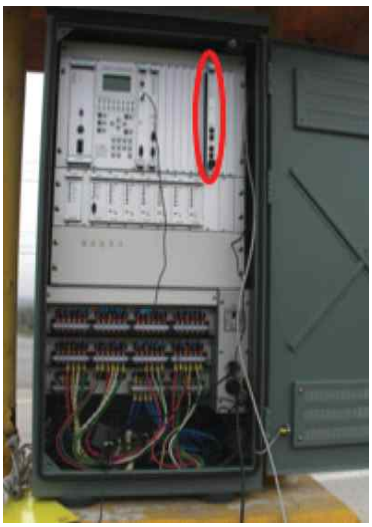
· 도로측 실시간 정보현시장치 시제품 제작



· 건널목 동작해석 시뮬레이터 개발

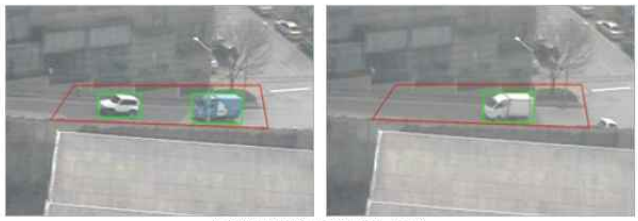


- 건널목 상황의 열차 내 모니터링 장치 시범구축
- 열차 위치정보 양방향 무선전송장치 시범구축
- 건널목 지능화 시스템 시범구축 및 운영
- 건널목 통과 차량에의 실시간 정보현시장치 시범구축
- 건널목 시인성평가 장치 및 인접교차로 연계신호장치 시범구축
- 건널목 지장물 영상검지 장치 시범구축





〈 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 연구기 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, 검사결과를 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

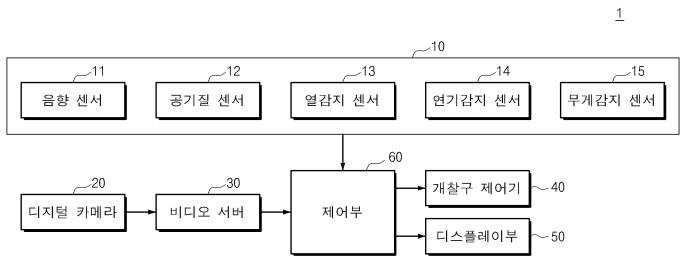
- 레이저 스캐닝을 이용한 시설물 모니터링 사례가 존재하나 해외에 비하여 미흡한 수준임

· 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)

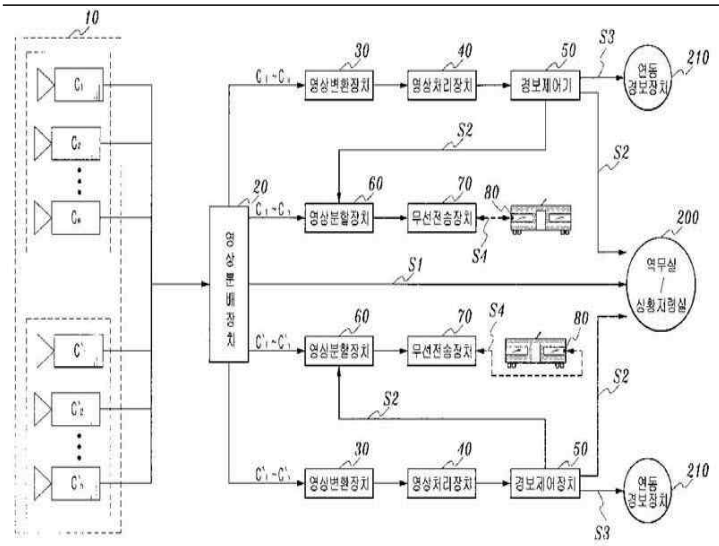
- 본 발명은, 철도 역사의 테러 감시 시스템에 있어서, 철도 역사 내의 복수의 구역 및 철도 차량의 각 객차 내에 설치되는 복수의 디지털 카메라, 각 디지털 카메라가 촬영한 영상을 해당 촬영 구역별로 저장하는 비디오 서버, 미리 정해진 복수의 촬영 구역에 설치되어 음향, 공기질, 열, 연기, 무게를 포함한 감지 요소 중 적어도 어느 하나의 이상 발생시 이상 감지 신호를 출력하는 멀티 센서, 상기 이상 감지 신호를 출력한 멀티 센서의 설치 구역을 촬영한 영상에 기초하여 테러 용의자를 인식하고 상기 인식한 테러 용의자를 복수의 다른 카메라가 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.



10:멀티 센서
20:디지털 카메라
30:비디오 서버
40:개찰구 제어기
50:디스플레이부
60:제어부

○ 지하철/철도승강장 돌발 상황 자동감지 영상처리 경보시스템 및 방법 (등록특허 10-0444929)

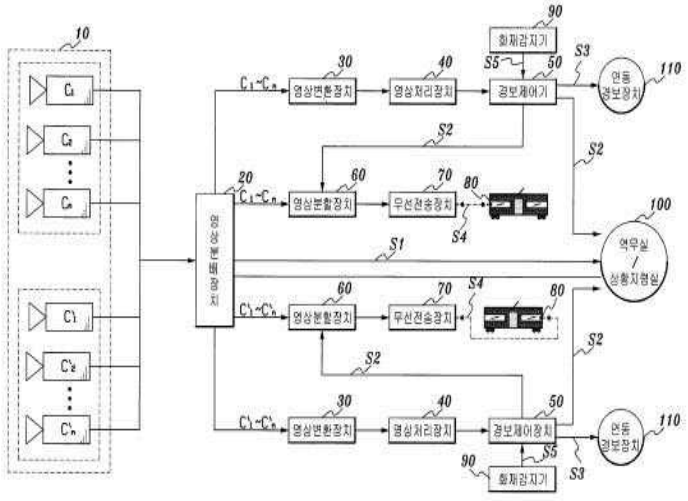
- 본 발명은 지하철/철도 승강장의 돌발 상황을 자동으로 감지하여 경보하는 영상처리 경보시스템 및 방법에 관한 것으로서, 본 발명은 다수의 촬상장치로 역내의 승강장 선로부, 승강장 탑승부, 차량 도어부를 지속적으로 모니터링 하여 상기 승강장내에 차량이 없는 경우 상기 승강장 상황을 확인할 수 있는 영상을 상기 역으로 진행하는 도착 직전 차량과 역무실, 상황지령실에 유/무선으로 전송하고, 상기 역내의 승강장 철로부에 인명의 추락사고 및 차량운행에 대한 각종 위해요소 발생 시 이를 즉시 자동 감지하여 상기 역으로 진행하는 도착 직전 차량과 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

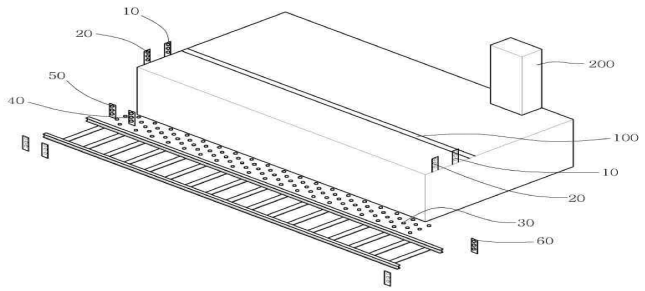


10:촬상장치 20:영상분배장치
30:영상변환장치
40:영상처리장치
50:경보제어기
60:영상분할장치
70:무선전송장치(RT)
80:차상장치 90:화재감지기
100:역무실/상황지령실
110:연동경보장치
200:촬상장치 감시영역
210:승하차 돌발 검지영역
220:승강장 S1:영상신호
S2:경보제어신호
S3:경보연동제어신호
S4:영상/경보 무선신호
S5:승강장 화재경보신호

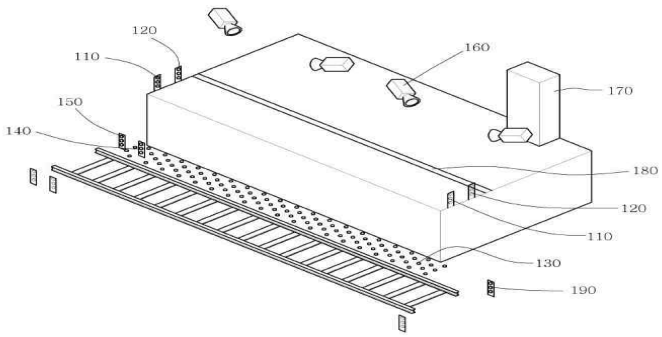
○ 철도 승강장의 안전사고 방지방법 (등록특허 10-0604355)

- 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 승

객이 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

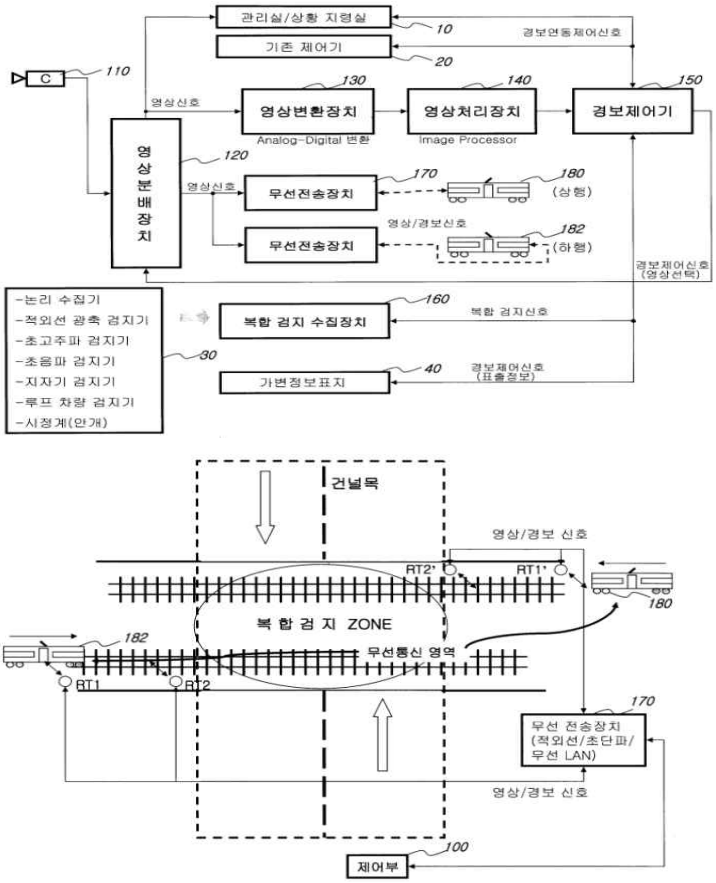
○ 철도 승강장의 안전사고방지 시스템 (등록특허 10-0573본 발명은 철도 승강장의 안전사고방지 시스템에 관한 것으로 승강장의 전체를 촬상하여 그 정보를 송출하고, 승객이 탑승대기선을 넘어선 정도를 단계적으로 감지하여 그 정도에 따라 설정된 안전사고방지 동작을 수행하는 승강장 장치부와 상기 승강장 장치부로부터 전송되는 승강장의 안전상태를 확인하여 열차의 운행을 제어하며, 열차의 객실을 모니터하여 안전사고 또는 범죄의 발생을 방지하는 열차장치부와 상기 승강장 장치부와의 통신을 통해 전체 승강장과 열차의 안전운행 상태를 점검하는 상황실 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.

	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

○ 철도 건널목 돌발 상황 자동감지 영상처리 경보장치 (등록실용 20-0361170)

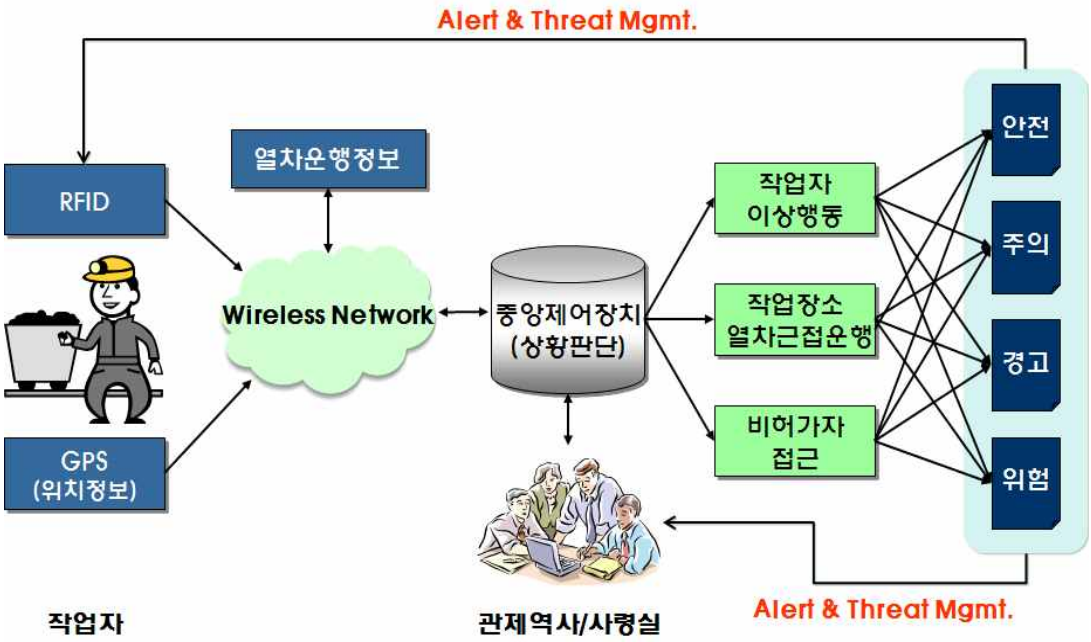
- 본 고안은 철도 건널목 돌발 상황 자동감지 영상처리 경보장치에 관한 것으로서 다중 영상분석 및 처리에 의하여 자동으로 철도 건널목에서의 인명 및 차량운행에 의한 각종 위해요소를 발생 즉시 감지할 수 있도록 하고, 철도 건널목에서의 인접도로, 보행자, 여러 가지 기상조건 등의 주변 환경에 의한 각종 위해요소들을 집중 감시할 수 있도록 하기 위하여, 촬상장치, 영상분배장치, 영상변환장치, 영상처리장치, 경보제어기, 복합 검지 수집장치, 무선전송장치 및 차상장치로 구성되어, 안정되고 정확한 동작을

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)

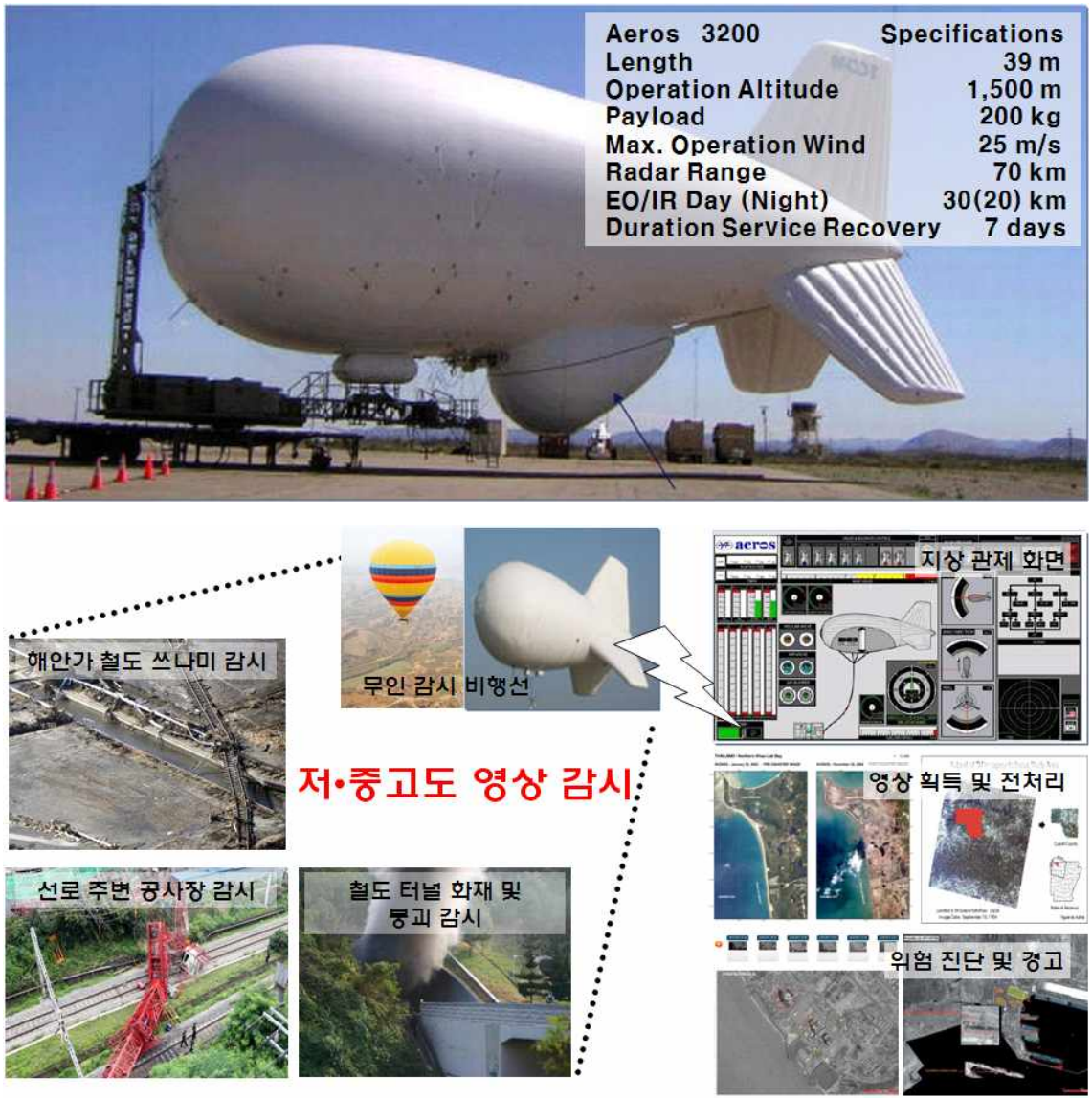
○ 작업자 안전관리 시스템



(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 방식과

는 차별화된 주행 중 실시간 상태 모니터링 기반의 안전관리가 가능해짐으로써 철도 차량 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

· 핀란드는 최초 BMS 구축국이며 초기에 겉보기 상태진단을 이용하였으나 보수지수, 재건지수 등 새로운 평가지수를 추가하였고 결함에 대해서도 4개의 카테고리로 구분하여 성능평가가 이루어짐.

· 네덜란드는 RAMS로 통칭되는 Reliability, Availability, Maintainability, Safety 4개 지표를 이용한 교량관리 시스템 구축.

· 일본은 다년간 축적된 진단 데이터를 근간으로 하는 GOA를 개발하여 구조물의 안전도, 도로의 안전도, 사용도 및 기능도 평가, 유지관리 비용효과 등의 기능을 가짐

2. 특허동향분석

○ 철도분야별 특허성과 비교

- 철도분야를 8개 중분류(시스템 엔지니어링, 운영, 차량, 궤도토목, 전기신호, 환경, 안전방재, 역사) 수준으로 구분하여 각각 미국등록특허를 기준으로 키워드 검색을 실시하여 주요국의 특허보유 수준을 비교하였음

표 2.19 철도 기술분야 분류

대분류	중분류	소분류
철도	시스템 엔지니어링	철도시스템 평가 및 검증
	운영	운영효율화 기술
	차량	차체 및 실내외 설비기술
		제동제어 기술
		대차 및 현가장치 기술
		차량전기기술
		차량제어기술
		차량유지보수
	궤도토목	궤도기술
		철도교량기술
		철도터널기술
		노반기술
		궤도유지보수
	전기신호	전력설비 기술
		신호통신
		전기신호유지보수
	환경	소음저감기술
		온실가스저감기술
	안전방재	안전방재기술
	역사	플랫폼

출처) 한국과학기술기획평가원(2007), 건설교통기술 특허·논문 동향조사

- 또한, 본 연구기획을 통해 연구 중점추진분야를 도출하기 위해서 4대 세부분야별로 키워드 검색을 통해 각 분야에서의 연도별 동향, 국가별 특허의 양적/질적 성과수준 비교 등을 실시함

- 분석대상은 2001년부터 2010년까지 등록된 한국, 미국, 일본, 유럽특허이며, 특허DB업체인 WIPS 자료를 활용하였음

표 2.20 특허분석 방법론

구 분	내 용
분석기간	2001년 ~ 2010년 (10년간)
분석국가	한국, 미국, 일본, 유럽 등록특허
분석범위	철도 8대 분야별 특허, 기획을 위한 4대 세부분야별 특허
분석DB	WIPS 특허DB
분석방법	연도별 특허현황, 출원인 국적분포, 주요출원인, 국가별 IPC 특허분포 및 연도별 등록추세 등

- 미국특허를 중심으로 비교한 자료이기 때문에 미국이 대부분의 특허를 차지하고 있는 것으로 조사되었음

- 그러나 일본, 독일의 경우 운영, 차량, 궤도토목, 전기신호 등의 분야에서 전략적으로 미국특허를 보유하면서 국제 경쟁력 확보를 위해 노력하고 있음을 확인할 수 있음

- 상대적으로 한국의 경우, 미국특허보유수 자체가 많지 않으며 환경 및 안전방재/역사 분야에서는 한 건의 특허도 보유하고 있지 않은 것으로 조사되었음

표 2.21 분야별 특허성과 비교결과

(단위: 건)

분야	미국	일본	독일	프랑스	영국	한국
시스템 엔지니어링	37	0	8	1	1	3
운영	181	50	19	9	5	7
차량	491	104	114	35	7	3
궤도토목	375	38	128	17	50	12
전기신호	188	35	28	11	4	3
환경	21	8	1	1	0	0
안전방재/역사	87	11	12	2	2	0
합계	1,283	235	298	73	67	28

- 국내등록특허를 보유한 주요 주체들의 현황을 살펴보면, 한국철도기술연구원이 전 분야에서 기술력을 확보하고 있는 것을 확인할 수 있으며, 현대로템, 철도공사, 삼표이앤씨 등이 일부 해당 분야에서 관련 특허를 상당수 보유하고 있음

○ 철도분야의 기술동향

- 국제특허분류 기준에 의거하여 IPC 코드 B61(철도)에 해당하는 세부기술 동향을 분석하였으며, 9개 중분류 및 이하 세분류에 해당하는 특허수를 기준으로 분석을 실시하였음
- 분석대상은 2001년부터 2010년까지 등록된 한국, 미국, 일본, 유럽특허이며, 특허DB업체인 WIPS 자료를 활용하였음
- 각 국가별로 등록된 연도별 특허현황, 출원인의 국적분포, 주요출원인, 국가별 IPC 분야별 특허분포 및 연도별 등록추세 등을 파악하였음

표 2.22 특허분석 방법론

구 분	내 용
분석기간	2001년 ~ 2010년 (10년간)
분석국가	한국, 미국, 일본, 유럽 등록특허
분석범위	등록특허의 IPC가 B61(철도)로 분류된 특허
분석DB	WIPS 특허DB
분석방법	연도별 특허현황, 출원인 국적분포, 주요출원인, 국가별 IPC 특허분포 및 연도별 등록추세 등

- 미국등록특허는 2005년까지 지속적인 감소세를 보였으나 2009년까지 완만한 감소 및 증가를 기록했다가 2010년 다시 207건으로 증가하였음
- 일본특허의 경우, 2005년부터 2009년까지 큰 폭의 증가를 보이다가 2010년 다시 538건으로 감소하였음
- 유럽특허의 경우, 매년 200건 내외 특허등록을 기록하면서 비슷한 수준을 유지하고 있는 것으로 나타났음
- 한국 등록특허의 경우, 2007년까지 증가추세를 보이다가 2008년, 2009년 등록특허수가 감소하였으나 2010년에는 181건으로 다시 증가하고 있어 연구개발 투자규모 대비 양적인 특허성과 창출은 부족하지 않은 상황임

표 2.23 각국별 철도 분야 등록특허 연도별 현황

(단위: 건)

구분	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
한국	41	63	67	43	133	128	213	173	128	181
미국	258	235	201	170	141	165	149	142	158	207
일본	349	365	417	399	289	336	448	634	638	538
유럽	104	162	235	252	197	189	157	238	206	178

- 한국 등록특허를 보유하고 있는 출원인의 국적 분포를 살펴보면, 한국을 제외하고 일본, 독일, 프랑스, 미국 순임
- 미국특허에서는 독일, 일본, 캐나다, 프랑스 순으로 등록특허수를 많이 보유하고 있으며, 유럽특허의 경우에는 독일이 가장 많은 특허를 보유하고 있는 가운데 프랑스, 오스트리아, 미국, 중국 순임
- 전반적으로 미국, 독일 및 프랑스가 다양한 국가에서 철도 관련 특허를 보유하고 있는 것으로 조사되었으며, 일본은 미국과 한국 특허보유 비율이 상대적으로 높음
- 한국의 경우, 해외특허보유가 상대적으로 적어 기술경쟁력 확보가 미흡한 것으로 나타났으며, 중국은 유럽특허를 많이 확보해나가고 있는 것을 확인할 수 있음
- 철도분야에서 글로벌 경쟁력을 확보하기 위해서는 자국 뿐만 아니라 시장진출 국가의 특허권을 확보함으로써 시장진입 시 기술적 장벽을 제거하려는 노력이 꾸준이 이루어져야 함

표 2.24 각국별 특허출원인 국가별 분포

(단위: 건)

구분	한국특허수		미국특허수		유럽특허수	
1	한국	952	미국	856	독일	874
2	일본	106	독일	164	프랑스	257
3	독일	45	일본	132	오스트리아	160
4	프랑스	24	캐나다	113	미국	135
5	미국	13	프랑스	60	중국	117

- 히다치(일본)는 각국에 자사특허를 등록하여 특허포트폴리오를 구축하고 있으며, 지멘스(독일) 및 알스톰(프랑스), 봄바디어(캐나다) 역시 유럽 및 미국특허를 중심으로 특허를 확보하여 글로벌 경쟁력을 확보하고 있음
- 국내에서는 한국철도기술연구원이 보유한 등록특허가 192건으로 가장 많은 가운데 한국철도공사(16건), 서울메트로(15건) 등의 유관기관 특허는 많지 않은 것으로 조사되었음
- 세계적인 글로벌 기업인 GE는 철도부분 사업을 추진하면서 미국에서 가장 많은 특허를 보유하고 있으며 National Steel Car는 캐나다 철도차량 제조업체로서 62건의 특허를 보유하고 있음
- 일본에서는 히다치에 이어 일본철도종합연구소가 351건의 특허를 보유하고 있는 것으로 조사되었으며 철도신호 주식회사의 특허가 291건인 것으로 파악되었음
- 국내에서는 철도기술연구원의 연구활동이 가장 두드러지고 있으며, 단기간에 해외 선진 기술주체들의 기술수준에 도달하고 기술경쟁력을 확보하기 위해서는 해외 연구주체와의 공동연구 또는 산학협력을 바탕으로 한 특정 연구분야에서의 실용화 R&D 아

이템을 발굴하려는 노력이 요구됨

표 2.25 각국별 특허출원인 분포

(단위: 건)

구분	한국특허수		미국특허수		일본특허수		유럽특허수	
1	한국철도 기술연구원	192	General Electric	90	Hitachi	394	Simens	208
2	현대로템 주식회사	73	National Steel Car	62	Railway Technical Research	351	Bombardier Transportation	112
3	주식회사 로템	35	Hitachi	34	Nippon Signal	291	Alstom	66
4	히다치	34	Miner Enterprise	29	East Japan Railway	287	Alcatel	50
5	혁신전공사	19	TRN Business Trust	27	Central Japan Railway	268	Hitachi	49
6	샬롬 엔지니어링	17	Westinghouse Air Brake Technology	26	Nippon Sharyo Seizo	206	Knorr-Bremse	41
7	한국철도 공사	16	Siemens	24	Mitsubishi Electric	200	Innova Patent	38
8	서울메트로	15	ASF-Keystone	18	Kawasaki Heavy Industry	195	Voith Turbo Scharfenberg	32
9	디유에이 엔아이	13	Alstom	18	Daifuku	173	Schwab Verkehrste-chnik	20
10	나부테스코	11	New York Air Brake	16	Toshiba	151	Daimler Chrysler	19

- 미국특허의 경우에는 B61D(철도 차량 종류, 차체 세부) 특허가 565건으로 가장 많으며, 그 다음으로 B61B(철도방식), B61L(철도 교통 안내, 철도 교통 보안)의 등록특허가 높은 비율을 차지하고 있음
- 일본특허의 경우에는 B61B(철도방식), B61L(철도 교통 안내, 철도 교통 보안) 분야의 특허수가 비슷한 수준에서 가장 많으며, 그 다음으로 B61D(철도 차량 종류, 차체 세부) 특허가 많음
- 유럽특허의 경우에는, B61D(철도 차량 종류, 차체 세부) 및 B61L(철도 교통 안내, 철도 교통 보안) 분야 특허가 가장 높은 비율을 차지하고 있는 가운데 B61F(철도 차량 현가장치) 특허도 292건으로 많음
- 한국에서는 B61L(철도 교통의 안내, 철도 교통의 보안)에 속하는 특허가 391건으로 가

장 높은 비율을 차지하고 있으며, B61D(철도 차량의 종류와 차체 세부) 특허도 323건으로 상대적으로 많음

표 2.26 IPC 중분류 수준에서의 특허분포

(단위: 건)

구분	한국 특허수	미국 특허수	일본 특허수	유럽 특허수
B61B(철도방식; 달리 분류되지 않는 설비)	190	317	1,241	224
B61C(기관차; 동력차)	25	160	215	145
B61D(철도 차량의 종류와 차체 세부)	323	565	1,159	610
B61F(철도 차량 현가장치)	124	199	584	292
B61G(철도 차량에 특별히 이용되는 연결기)	41	129	90	179
B61H(철도 차량에 특유한 제동장치 또는 기타 감속장치)	59	74	179	86
B61J(차량을 이동하는 것 또는 교환하는 것)	11	42	54	13
B61K(철도를 위한 다른 보조장치)	62	91	220	111
B61L(철도 교통의 안내; 철도 교통의 보안)	391	288	1,236	503

- 각국별 IPC 중분류 분포 비율을 비교해보면 전반적으로 기술분야별 분포는 유사한 형태를 보이고 있으나 B61L, B61B에서는 각각 한국 및 일본의 특허비율이 상대적으로 높음
- 한국과 일본의 경우 B61L 분야의 특허비율은 미국 및 유럽수준을 상회하고 있으며, B61B 및 B61D 분야에서도 상대적으로 그 비율이 높거나 비슷한 수준을 기록하고 있음
- 미국 및 유럽의 특허에서는 B61D 분야의 특허비율이 상대적으로 높은 것으로 조사되었음

○ 철도안전유지관리 분야 특허성과 비교

- 철도유지보수 시스템에 활용가능한 IT 관련 기술이 상당수 존재하여 가장 많은 특허성과가 창출되고 있는 것으로 조사되었음

표 2.27 철도 유지보수 분야 특허성과 추세

(단위: 건)

분야	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	합계
철도유지보수 시스템	45	52	63	63	65	52	64	61	43	508

주) 등록특허로 검색된 결과를 출원연도를 기준으로 기록하여 2009년 특허수가 감소

- 미국이 가장 많은 특허수를 보유하고 있음

표 2.28 분야별 미국/유럽 특허성과 비교결과

(단위: 건)

분야	1위	2위	3위	4위	5위	한국
철도유지보수 시스템	미국 (212)	유럽 (103)	캐나다 (16)	일본 (13)	중국 (5)	6위 (4)

주) 분야별 주요국의 특허보유 수준비교는 미국 및 유럽특허 검색결과만을 활용하여 집계. 유럽 특허의 경우, 유럽 개별국가에 대한 정보가 세분화되지 않아 유럽(EP)로 통합하여 집계

- 전반적으로 특허 피인용도는 높지 않으며 미국의 피인용도 수준이 상대적으로 높음

표 2.29 분야별 주요국의 평균 피인용도 비교

(단위: 건)

분야	미국	일본	유럽	전체평균
IT기술융합 철도유지보수 시스템	1.84	0.38	1.09	1.54

- 철도안전유지관리 시스템 분야에서는 타 분야보다 많은 특허수가 검색되어 해당 특허를 6개의 세분류로 다시 구분하여 기술 분포를 파악하였음

  · 철도차량 차상상태에 대한 모니터링 및 진단/예측 분야에서는 철도차량 구성 요소 및 부품에 대한 상태 측정 관련 특허들이 대다수이며 이를 보수유지 주기 및 수명예측과 연계한 특허는 거의 없음

  · 철도차량 모니터링 센싱 분야에서는 유선 센서와 관련된 특허가 많이 분포하며, 무선 센서 및 이와 연계된 무전원, 에너지 하베스팅 관련 특허가 다수 파악되었음

  · 철도차량 유지보수 분야에서는 관련 시설 및 장비, 도구 등에 대한 특허가 대부분이며 유지관리 의사결정에 필요한 시스템 개발 및 SW 개발 특허는 거의 없음

· 철도차량 무선통신 분야에서는 다양한 IT 통신기술을 철도분야에 적용하기 위한 특허들은 다수 있으나, 통신의 신뢰성/안정성/대용량화 관련 특허는 많지 않음

· 선로구축물 및 전기/신호 유지관리 특허는 주로 궤도, 노반, 교량, 터널, 역사 및 신호/급전 설비 관련 유지관련 기술이 조사되었음

표 2.30 철도안전유지관리 시스템 분야별 특허 수 분포

(단위: 건)

구분	철도차량 차상상태 진단/예측	철도차량 모니터링 센싱	철도차량 유지보수	철도차량 무선통신	선로 구축물 유지관리	전기/ 신호 유지관리
특허 수	106	62	60	68	102	110

○ 특허성과 분석 시사점

- 조사된 특허를 바탕으로 Micropatent의 Aureka 프로그램을 활용하여 특허맵을 작성하였으며 주요 특허를 선별하여 검토를 실시하여 시사점을 도출

- 센서를 활용한 철도 차량 모니터링, IT네트워크를 통한 검측 정보 활용, 관련 정보의 분석 등과 관련된 특허가 증가하고 있으나, 현재까지 유지관리 및 예측에 대한 기술개발을 많지 않은 것으로 판단됨

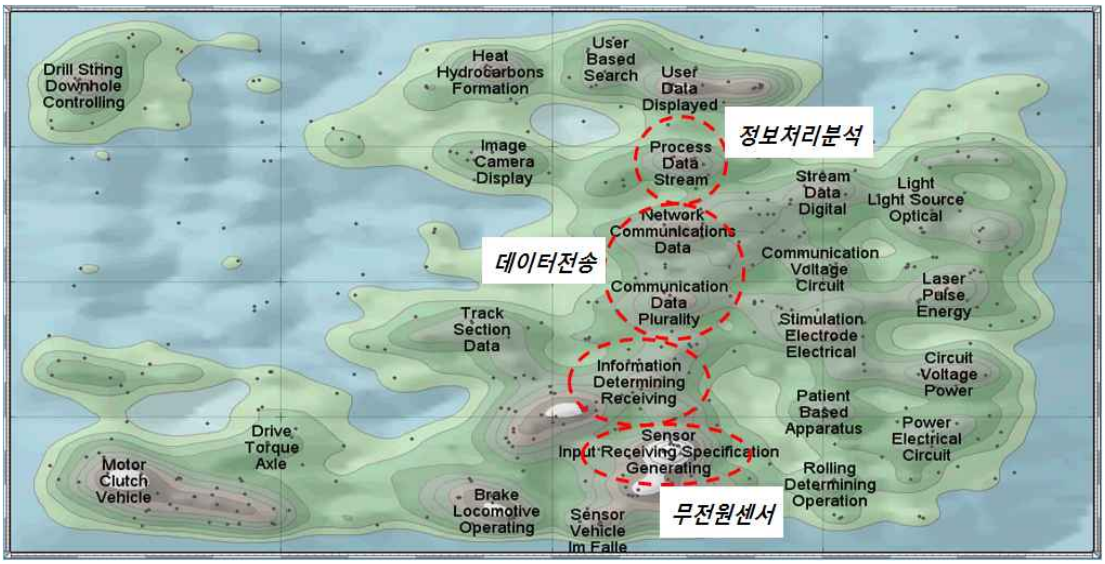


그림 2.41 철도유지관리 시스템 분야의 특허맵

- 차상 상태 측정, 무전원/무선 센서, 철도용 무선통신 관련 기존 특허기술 내용을 검토하여 보다 신뢰성이 높고 안정적인 모니터링 시스템을 구축해야 할 것이며, 기존에 연구가 많이 이루어지지 못한 실시간 모니터링 정보처리를 위한 네트워크 기술, 차량상태 진단 및 예측기술, 통합적 유지관리 시스템 구축을 위한 분석 및 최적화 기술개발이 요구됨

표 2.31 철도안전유지관리 시스템 분야의 주요 특허

출원번호	특허상태	출원인	발명의 명칭
2009-0135819	한국공개	국민대 산학협력단	무전원 기동 센서 노드
2006-0062604	한국등록	엠디티	에너지 포집형 표면탄성파 기반의 무전원/무선센서
2005-084541	미국등록	MicroStrain	Wireless sensor system
2004-023191	미국등록	MicroStrain	Energy harvesting for wireless sensor operation and data transmission
2007-822272	미국등록	Hitachi	Sensor with wireless communication function
2007-655672	미국등록	L-3 Communications	Self-assembling wireless network, vehicle communication system, railroad wheel and bearing monitoring system and methods therefor
2001-861477	미국등록	TC License	Method, apparatus and system for wireless data collection and communication for interconnected mobile systems, such as for railways
1999-390699	미국등록	New York Air Brake Corp	Intra-train communication network
2003-686660	미국등록	Denso	Vehicle data communication system having supervised coordination of networks which control respective basic operating functions of vehicle
2004-563808	미국등록	Dofasco	Diagnostic method for predicting maintenance requirements in rotating equipment

○ 온도를 이용한 이상상태 모니터링 기술 특허 동향

- 검색어(무선*무전원*온도)로 특허 검색한 결과, 산학연에서 다양하게 연구를 진행하고 있음
- 무선방식의 온도 모니터링 시스템은 산업계 전반에서 적용중이나 운행 중인 철도차량의 감속기 온도 모니터링 시스템은 적용사례가 없음
- 무선/배터리전원 방식의 온도 모니터링 시스템이 다양화되고 실용화 되어 있는 것에 비하여 무선/무전원 방식의 온도 모니터링은 MEMS의 발전으로 최근에 연구가 진행중에 있음
- 특허 실용
  · 자가 발전 무선 감지 장치 및 방법, (주)코아칩스, 2009
  · 열전 변환 소자를 이용한 무전원 고로 표면 감시장치 및 방법, 포항산업과학연구원, 2008
  · 표면 탄성파를 이용한 감지 장치 및 감지 방법, 오재근, 2006
  · 무전원 알에프아이디 태그를 이용한 자동차 타이어 공기 압력 및 온도 측정장치, 정

보통신연구진흥원, (주)하이칩스, 2005

· 타이어의 압력 및 온도 측정용 표면탄성파 센서, 현대차, 기아차, 2003

· 압전발전 및 무선전력전송을 이용한 표면탄성파 기반의 무전원 및 무선 센싱 시스템 주식회사 엠디티, 2005

· 에너지 포집형 표면탄성파 기반의 무전원/무선 센서, 주식회사 엠디티, 2004

· 무전원 전기에너지 발생장치, 오현택, 2005

· 전선용 무전원 온도측정장치, 주식회사 씨앤케이, 2004

· 광접속함체의 실시간 모니터링 시스템의 운용방법, 주식회사 씨티네트웍스, 2009

· WIRELESS HIGH-TEMPERATURE SENSOR, TOYO COMMUN EQUIP CO LTD, 1994

· DETECTING DEVICE OF CONCENTRATION OF UNBURNT COMPONENT OF BURNING APPLIANCE, HARMAN CO LTD, 1997

· WIRELESS MONITORING SYSTEM WITH NO POWER SUPPLY AND SLAVE STATION TO BE USED FOR THE SYSTEM, HITACHI CABLE LTD, 2008

· WIRELESS TEMPERATURE MEASURING SYSTEM Changhuan Zhang 2011

· Wireless temperature monitoring system, Zosimadis, 2000

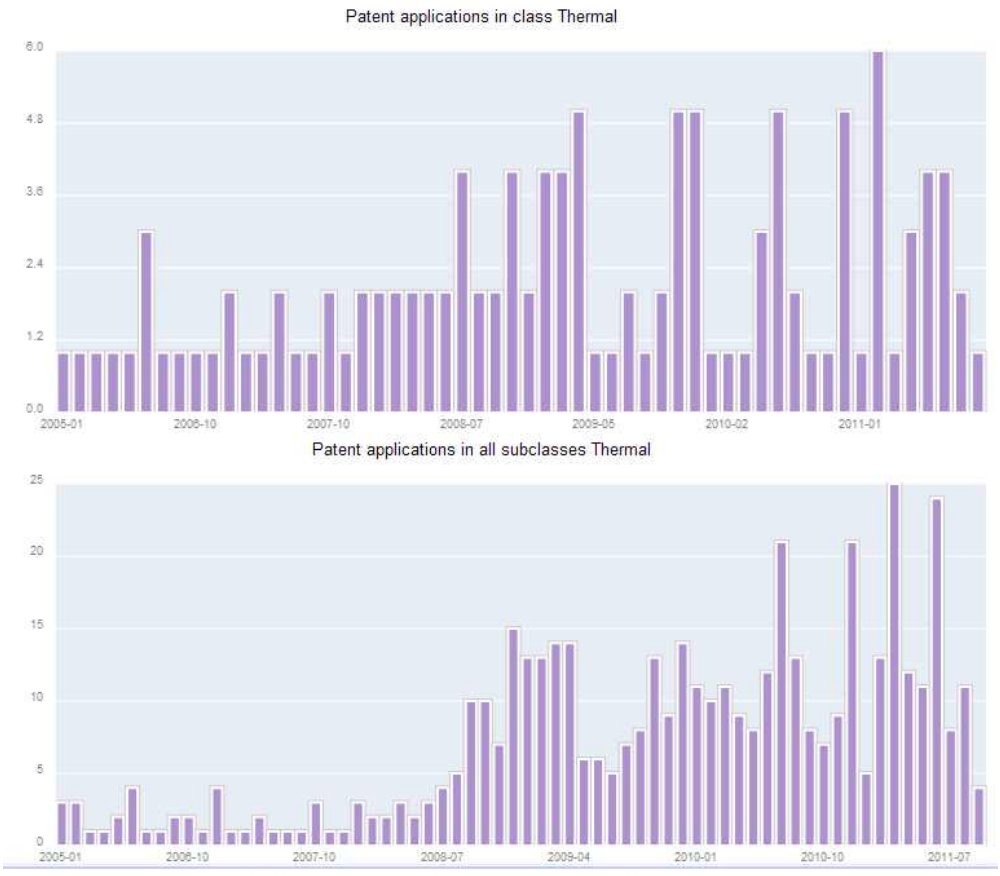


그림 2.42 온도 모니터링에 대한 특허출원현황

○ 진동을 이용한 모니터링 및 진단 기술 특허 동향

- 지능형 상태 감시 및 결함 진단시스템, 2008.
- 음향방출신호를 이용한 결함진단시스템 및 결함진단방법, 2009.
- 차량에서 발생할 수 있는 고장진단을 향상시키는 방법, 2008.
- 진동신호 양자화에 의한 거동반응을 이용한 고장진단방법, 2007.
- 차량 전자 시스템 조립체의 기능 결함 진단방법, 2005.
- Bearing vibration diagnostic apparatuses and methods of detecting vibration of bearings, 2001.
- Method and device for the diagnosis of characteristic vibration in a mechatronic system. 2001.
- System for diagnosing facility apparatus managing apparatus and diagnostic apparatus. 2006.
- Diagnosis method of defects in a motor and diagnosis device, 2009.
- System and method of diagnosis through detection of mechanical waves refrigeration systems and/or household appliances, 2008.
- Method of diagnosing vibration of rotary machine, 1982.
- Vibration diagnosis method for rotary machine, 1984.
- Machine diagnostic system and method for vibration analysis, 2001.
- System and method for diagnosing jet engine conditions, 2003.
- Fault diagnosis method and apparatus, 2003.
- Alarm signal을 출력할 수 있는 정확한 알고리즘(Gear의 결함상태와 Critical상태와의 선형성)은 국제특허에 합당한 특수한 결과물이 될 수 있을 것으로 판단됨

– 국내 특허 중 “Gear box, Vibration monitoring, 진단” 등에 의한 내용은 검색되지 않음

○ 윤활유 이상상태 모니터링 및 진단 기술

- 통합형 인라인 오일 모니터링 장치
  · 본 발명은 오일의 성능에 관련된 여러 파라메타들을 동시에 연속적으로 모니터링하는 통합형 오일모니터링 장치에 관련된 내용
  · 오일을 수용하는 부재에 오일이 접촉하도록 장착되는 프로브 및 프로브와 인라인 연결된 분석모듈을 포함함
  · 본 발명의 오일 모니터링 장치는 오일의 열화와 장비의 작동을 평가하기 위한 오일의 물성에 관련된 파라미터들이 동시에 연속적으로 모니터링 되며 최적 오일 교환시기 및 오일이 사용되는 장비의 작동을 적시에 예상할 수 있음

- 윤활설비의 윤활유 상태 검사방법

  · 본 발명은 윤활관리 항목 중 윤활유의 수분함량, 점도 및 오염도를 윤활 감시장치의 각 센서로부터 측정값을 입력받아 특정 알고리즘을 이용하여 사용 목적에 따른 관리 기준에 맞추어 예측진단이 가능하여 이를 윤활설비의 관리 시스템에 사용하거나, 나아가 온라인상에서 윤활유 상태를 실시간으로 모니터링하는데 기초자료가 되는 윤활설비의 윤활유 검사방법에 관한 것임

- 윤활유 감지 센서에 대한 특허는 다수 출원([통합형 인라인 오일 모니터링 장치, 2009년], [윤활설비의 윤활유 상태 검사방법, 2008년] 등)되어 있으나 현재 과제로 개발을 하고자 하는 철도차량의 특정 부품 전용, 즉 고속 철도차량 감속기유의 열화 감지 시스템에 대한 특허는 아직까지 없는 것으로 파악됨

○ 화재감시제어 분야 특허

- 스마트 소화로봇 관련

구 분	내 용
대상국가	한국
분석DB	한국특허정보검색서비스(http://www.kipris.or.kr)
검색기간	최근 6년간
검색범위	제목, 초록 및 키워드
키워드	소화, 소방, 로봇, 무인, 자동, 장치, auto, robot, fire ight,
검색건수	27

· 27개의 특허에서 중점을 두고 있는 핵심 기술을 분류하면 다음과 같음. (하나의 특허 안에서 여러 핵심 기술이 있을 시 여러 개 중복)

표 2.32 스마트 소화로봇 관련 분야별 특허 수 분포

(단위: 건)

구분	이동 장치	화재 감지	통신 제어	분사 기술	소화 약재	부가 기능 결합	작동 장치
특허 수	8	9	6	4	2	1	6

· 소방대와 함께 출동하여 무한궤도를 이용하여 장애물이 있는 실내로 이동할 수 있는 전차형 소화차량 형태가 보편적이었음.

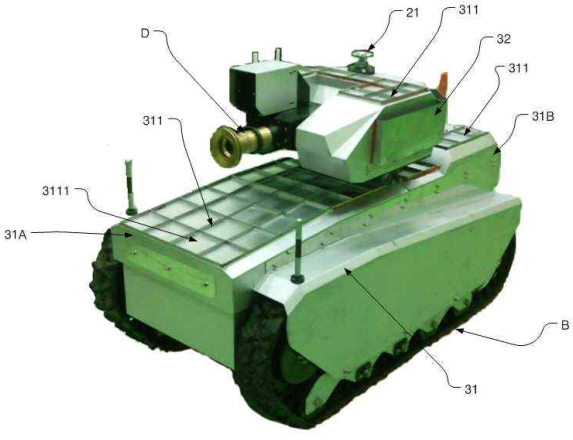


그림 2.43 로봇용 냉각시스템
(디알비파텍. 등록번호1011237590000)

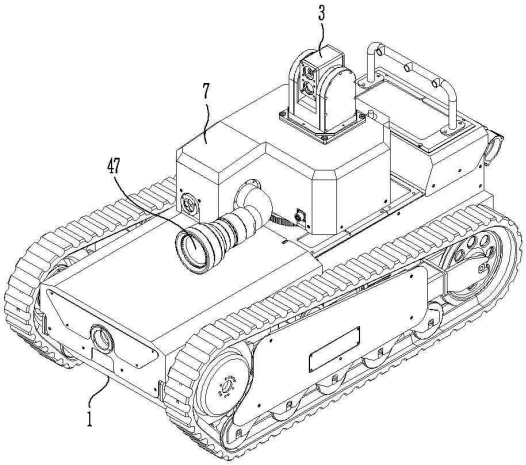


그림 2.44 로봇용 방수포시스템
(디알비파텍. 등록번호1010993760000)

· 소화로봇 관련 특허는 이동장치 및 화재감지, 통신제어 기술에 집중되어 있음. 이중 철도 터널화재 소화시스템에 응용할 수 있는 유사기술은 궤도를 따라 이동하는 이동체에 소화탄이나 소화수를 탑재하여 방사하도록 구성한 사례가 있음.

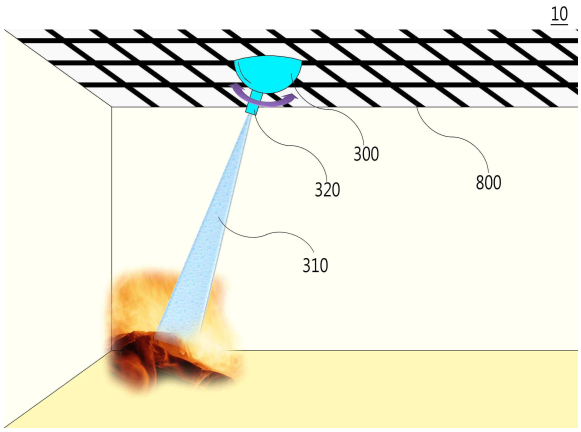


그림 2.45 화재지점감지 및 자동소화장치
(출원번호 10-2010-0139607)

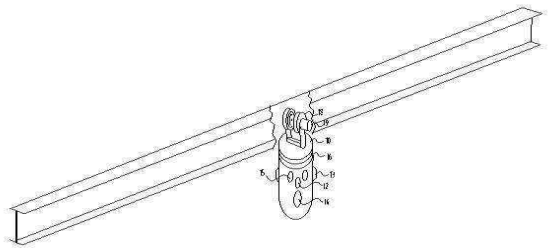


그림 2.46 소방로봇과 열반응 소화탄 시스템
(출원 번호 10-2007-0001424)

· 이외에도 철도차량 내에 건식 소화관을 설치하고 비상시에 시설물이나 수조탱크를 연결하여 화재를 진압할 수 있도록 설계한 특허 사례 등이 조사되었음.

- 지능형 통합방재 및 피난안내 시스템

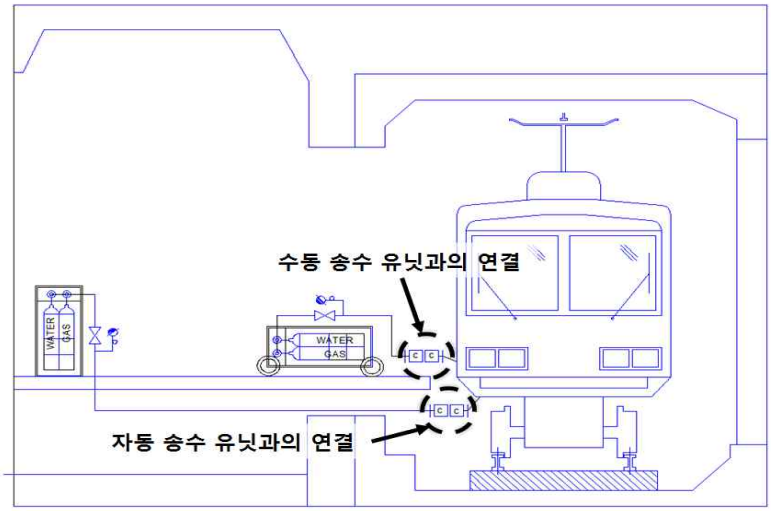


그림 2.47 탱크연결형 소화설비

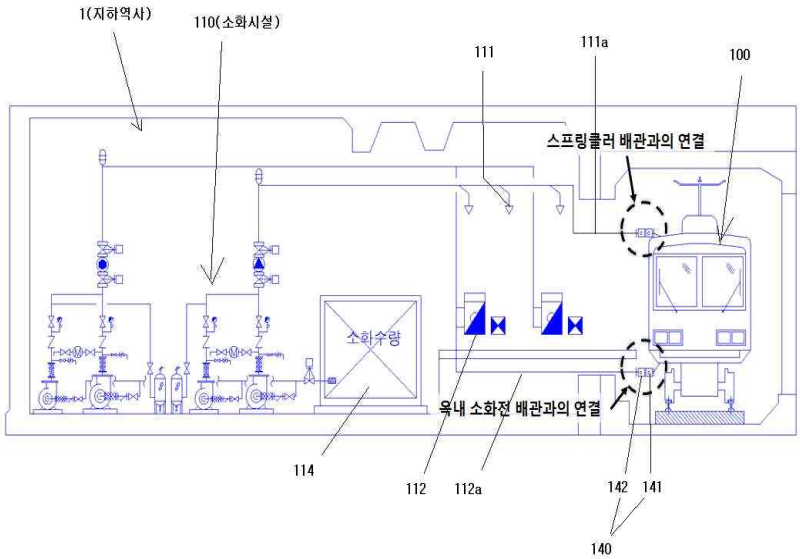


그림 2.48 시설연결형 소화설비

- 지능형 통합방재 및 피난안내 시스템

구 분	내 용
대상국가	한국
분석DB	한국특허정보검색서비스(http://www.kipris.or.kr)
키워드	통합방재시스템, 지능형 피난, 스마트 피난, Smart evacuation, Intelligent Escape
검색건수	39

· 특허에서 중점을 두고 있는 핵심 기술을 분류하면 다음과 같음. (하나의 특허 안에서 여러 핵심 기술이 있을 시 여러 개 중복), 피난유도 방법에 대한 특허가 가장 많은 비중을 차지하였으며, 지능형 또는 유비쿼터스 기술을 이용한 원격통합방재시스템 관련 특허도 상당수 분포되어있음.

표 2.33 지능형 통합방재 시스템 분야별 특허 수 분포

(단위: 건)

구분	(지능형,USN) 통합방재	지능피난 유도	영상감시	RF테그	휴대 단말기	구난지원	위치인식
특허 수	15	25	3	3	2	1	4

· 피난안내 시스템으로는 발광형 연속 선형 피난유도 시스템이나 레이저를 이용한 연속안내 시스템 등이 지하역사에서 활용가능 할 것으로 파악되었음. 반면 대부분의 특허 장치의 경우 설치상의 문제나 전원공급, 다양한 화재시나리오에 대응할 수 있는 기능에 대한 보완 연구가 필요한 것으로 보임.

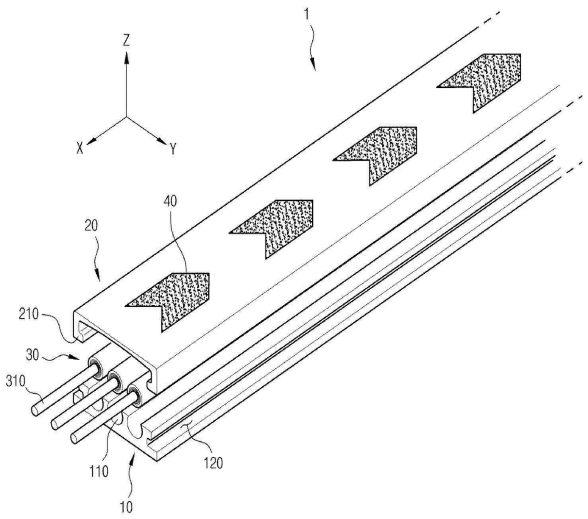


그림 2.49 연속선형 발광피난 유도선
(용진기업, 1010210560000)

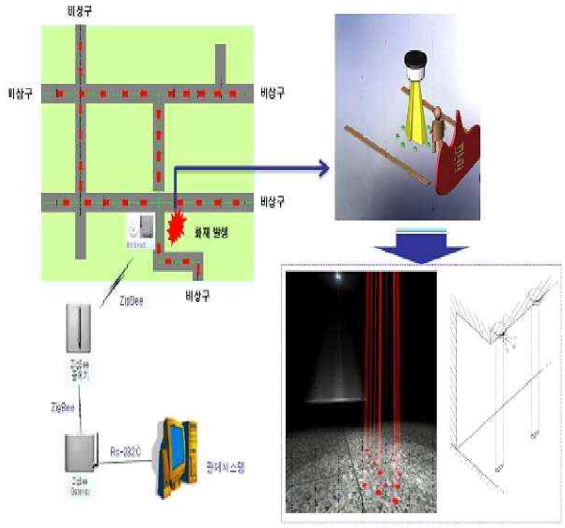


그림 2.50 지능형 피난 레이저 유도 시스템
(하아아이엔씨, 10-2009-0115809)

3. 논문동향분석

○ 분석 방법론

- 철도분야의 전반적인 각국별 논문 성과를 비교해보기 위해서 중분류에 대한 키워드 검색을 통해 해당 분야에서의 각국별 논문 성과 수를 비교함

표 2.34 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 2.35 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 2.36 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 2.37 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 2.38 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 2.39 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

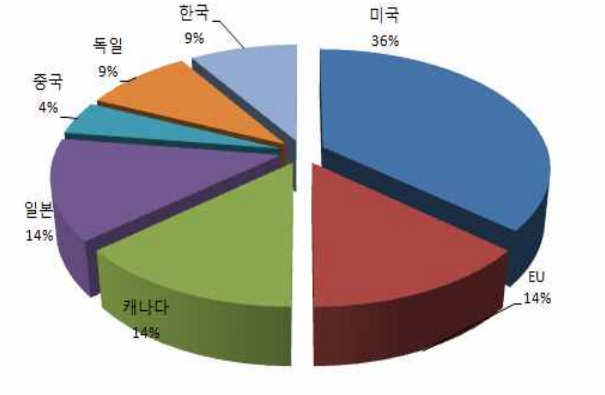


그림 2.51 화재감시시스템 관련 연구 국가

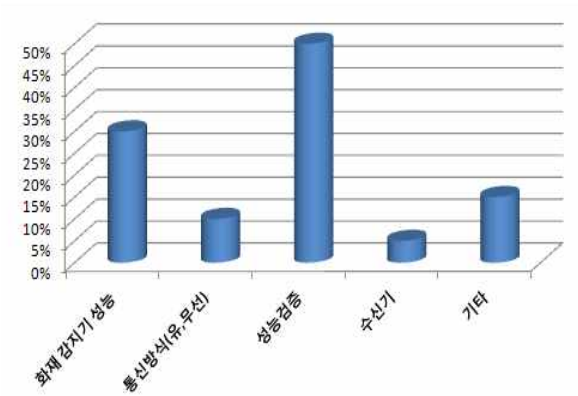


그림 2.52 화재감시시스템 분야 연구 주제

· 하지만 아직까지 철도나 터널에 관한 통합화재 감시시스템의 관란 논문은 많지 않음.

· 시스템에 연계된 각종 하드웨어의 통신 프로토콜 및 인터페이스의 표준화와 화재감지 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.

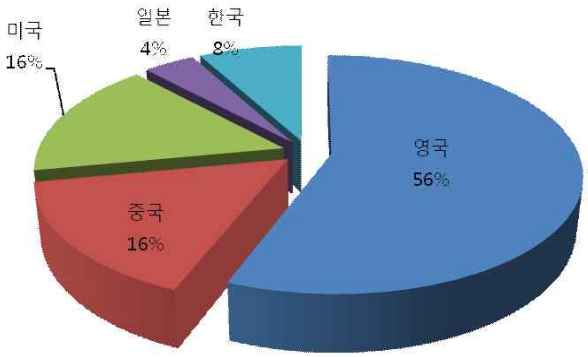


그림 2.53 소화시스템 관련 주요 연구 국가

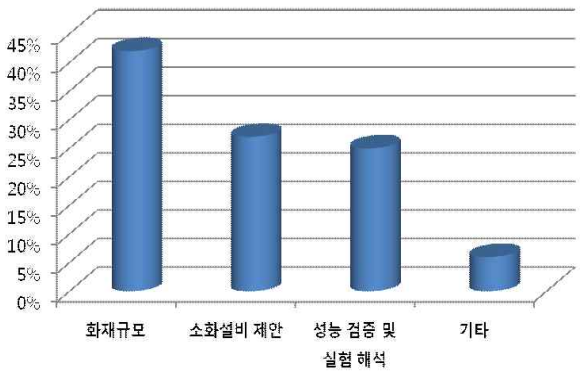


그림 2.54 소화시스템 분야 연구 주제

· 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.

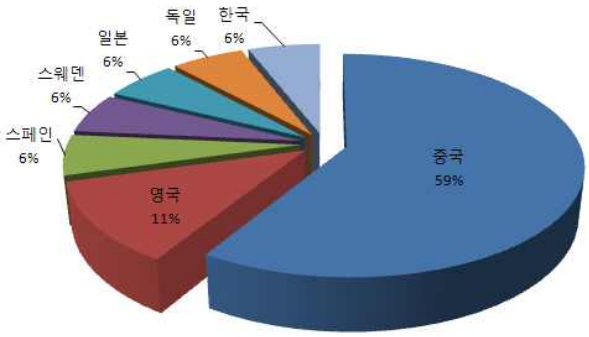


그림 2.55 피난/구난 연구 주요 국가

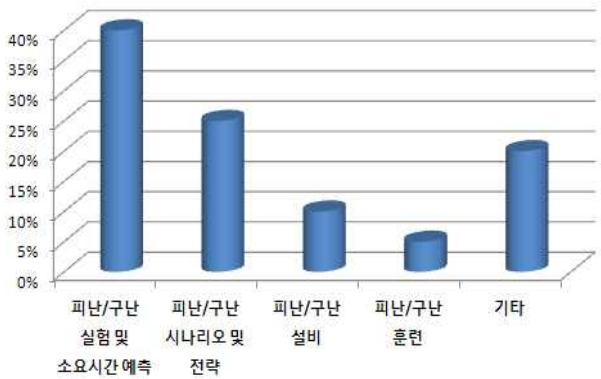


그림 2.56 피난/구난 분야 연구 주제

4절 연구개발 인프라 분석

기술분야	인프라 항목	선진국 대비 인프라 수준				
		부족	다소 부족	동등	우월	보다 우월
통합안전 감시제어	전문인력 보유정도		O			
	기자재		O			
	산학연 공동연구기반		O			
	기술이전 및 거래	O				
	국제기술협력기반		O			
	업계현황	O				
탈선/충돌 안전 감시	전문인력 보유정도			O		
	기자재			O		
	산학연 공동연구기반			O		
	기술이전 및 거래	O				
	국제기술협력기반		O			
	업계현황		O			
화재안전 감시제어	전문인력 보유정도				O	
	기자재			O		
	산학연 공동연구기반			O		
	기술이전 및 거래			O		
	국제기술협력기반				O	
	업계현황			O		
사상사고 안전 감시제어	전문인력 보유정도				O	
	기자재		O			
	산학연 공동연구기반			O		
	기술이전 및 거래		O			
	국제기술협력기반			O		
	업계현황			O		

5절 SWOT 분석

S (강점)	◆국가 R&D(철안사 1단계)수행을 통한 위험도 기반 철도안전관리체계의 제도적 실행기반 구축 -철도사고통계/위험요인 관리체계 구축 -철도사고 위험도평가 표준모델과 전산모듈 개발, Risk-Profile 작성을 통한 철도시스템 위험도 관리 기반 구축 -철도안전관리 실행지침/매뉴얼 개발 및 실용화 보급(국가 철도안전관리, 비상대응, 위험물수송, 교육훈련 등) ◆철도 중대사고 방지 및 안전성 평가 기술 확보 -충돌, 탈선, 화재, 건널목 등 철도 중대사고 방지기술 확보 및 연구성과 현장보급 -철도안전성 평가기술/시험장비 확보 -철도차량/시설분야 안전기준/지침 작성 -종합시험운행절차/지침 제정 ◆세계 5대 고속철도 자체 기술보유 및 안전 운영관리 능력 확보 -KTX II(350km/h) 자체개발 기술 보유 -고속철도 안전 운영관리 경험 축적 ◆IT 기반 모니터링 인프라 보유 -관련 IT 기반 기술을 보유한 수준 높은 국내 기업 보유 -공간 및 시간에 대한 연속적 모니터링 기술 확보	O (기회)	◆녹색성장의 원동력으로서 고속철도망을 확대하는 철도중심의 국가교통정책 추진 -정시성, 안전성, 친환경성이 장점인 고속철도 확대를 통한 교통경쟁력 강화 ◆국가차원 안전관리 노력 및 투자 확대 -국가 안전목표 및 장단기 추진전략 수립 -5년 단위 철도안전종합계획 수립 및 연차별 시행계획 관리 ◆고속철도시스템 해외진출 및 기술이전에 대응한 안전요건/안전인증 요구 -브라질, 미국 등으로의 고속철도시스템 해외수출을 위한 국가적인 노력 전개 -시스템 안전계획/안전인증 필수요건 ◆최신 IT기술과 실시간 감시제어기술을 활용한 혁신적 철도안전시스템 구현 가능 -RFID 통신, GPS활용 위치추적 등 첨단 센서와 무선통신 기반의 첨단 감시제어기술의 발전과 신뢰성 확보 -실시간 화재감시제어/열차감시제어/건널목감시제어/불법행위감시제어 등 혁신적인 철도안전시스템의 개발, 구현 가능

W (약점)	**◆여객, 직원 및 공중사상을 포함한 종합 철도사고 위험도는 선진국 수준 미달** -공중 무단통행, 불법행위 등 개인책임에 의한 사고위험도가 매우 높은 수준 **◆원천 및 통합기술 미흡** -원천 기술의 높은 국외 의존도 -건설융합산업 관련 시장의 진입장벽 및 타기관 기술 종속 가능성 -기술의 상용화 및 세계시장 마케팅 능력 미흡 -요소기술 수준은 높으나 전체기술의 통합적인 관리 및 적용 미약 -비파괴 및 센서 반응 복합 해석능력 미흡	T (위협)	**◆철도 고속화, 자동화, 무인화에 따른 새로운 안전위협요소의 등장** -고속화로 인한 충돌, 탈선의 가능성과 피해심각도 증가 우려 -무인운전, 무인역사, 자동검수 등 무인자동화 확대와 시스템 결함에 대응한 선제대책 미비로 인한 안전인력 감소, 안전감시 소홀, 비상대응능력 저하 우려 **◆개인책무로 인한 공중사상 위험도의 증가는 선진 일류 안전수준 달성을 저해** -개인의 과실이나 부적절한 행동에 의한 공중사상(자살, 불법행위) 위험도가 선진국의 2~4배 수준 **◆낮은 철도 IT 수준 및 투자** -철도와 IT의 낮은 융합 수준 -해외의 시장 선도로 진입장벽 발생 우려 -선진국과 비교하여 철도 선로의 유지관리 투자가 상대적으로 빈약 -선진국과의 IT 철도 융합 기술 경쟁 심화(개발기술 사업화 경쟁 심화) -국내 경기 위축에 따른 신기술 개발 추진동력 상실

SO 전략

- 국내 IT 기술을 활용한 세계적 수준의 통합감시제어시스템 개발
- 선행기술 고도화를 통하여 적용범위가 넓은 시스템 기술 개발
- IT 융합을 통한 철도 선로 구조물 관련산업의 고부가 가치화 실현
- 연구결과물의 적극적인 홍보를 통한 연구결과의 효율적 사회환원 시도
- 원천 기술의 양도를 통한 국내 관련 기업의 경쟁력 확보와 해외시장 진출 선도
- 계측시장 확대를 대비한 세계 유수의 원천기술 개발계획 수립
- 핵심기술의 조기상용화 기반 구축
- Test-bed 이용 신속한 실증화 전략

ST 전략	- 국내 강점 기술을 활용하여 해외 경쟁력이 있는 기술을 선택적으로 개발 - 연구과제와 연관된 소방법 및 철도안전법 체계의 분석을 선행적으로 검토 - 철도 선로감시 및 예·경보의 중요성에 대한 공감대를 바탕으로 전문 인력 양성 및 관련제도 정비 - 철도 사고예방 및 관리에 대한 정부주관부처의 명확화추진 - 개별 관리시스템에 대한 통합 및 표준화로 중복투자 방지 - IT 철도 기술 융합 핵심 역량의 고도화를 통한 세계 시장 선도 - 철도 선로 시설물의 안전관리에 관한 객관적이고 체계적인 방안의 대국민 홍보를 통한 사회 안정 확보 - 융합에 관한 신기술의 적용을 통한 분석 결과의 신뢰도 확보
WO 전략	- 국내 강점 기술을 활용하여 해외 경쟁력이 있는 기술을 선택적으로 개발 - 연구과제와 연관된 철도안전법 및 관련법 체계의 분석을 선행적으로 검토 - IT 융합기술 정책지원을 이용한 원천기술 확보 - 친환경기술을 이용한 시장 확보 - 혁신적인 원천기술 개발에 대한 투자 증가 - 체계적인 중장기 통합연구 프로그램 필요 - 대규모 투자가 불가피한 원천기술에 대한 정부 투자 설득 및 대응 방안 제시 - 요소기술의 패키지화를 통한 기술의 통합화 추진 - 효율적 홍보를 통한 현장의 활용 요건 완화 - 적극적인 학술활동을 통한 기술의 상용화 및 대외 경쟁력 향상 추진
WT 전략	- 경쟁력이 없는 항목의 경우 선진국의 선행기술을 벤치마킹, 기술도입 등을 적극적으로 검토 - 철도 시설 지능형 모니터링 기술의 융합 가속화를 통한 기술 격차를 최소화 - 산업화와 재원의 효율적 활용을 통한 국가적 차원의 네트워크기반 SOC관리에 대한 비전과 전략 마련 - 철도 선로의 구조적 안전성확보를 위한 모니터링 데이터의 효율적 활용을 위한 연구투자 확대 - 관·산·학·연 협력 강화 - 선진 네트워크를 통한 기술향상 추진 - 원천기술 특허를 통한 기술적 우위성 확보 - 첨단 원천재료의 응용기술 개발 조기 수행

제3장

연구개발과제 구성 및 추진전략

1절 비전 및 목표
2절 기술개발에 따른 미래상
3절 연구개발과제 구성
4절 세부과제별 주요내용 및 추진전략
5절 세부과제간 연계관계
6절 연구추진체계 제안

제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

1절 비전 및 목표

1. 비전

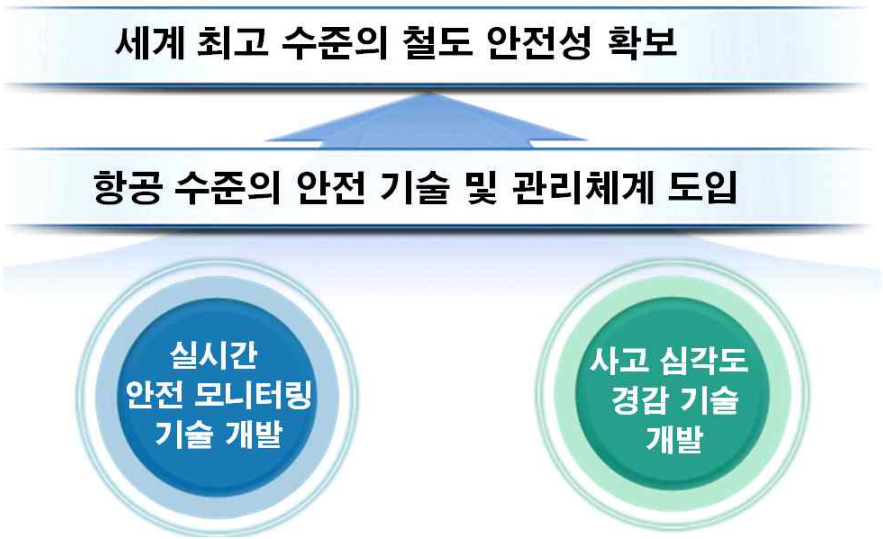


그림 3.1 연구개발과제 비전

2. 목표

세계 최고 수준의 철도 안전을 확보하기 위해 탈선, 충돌, 화재, 사상사고 취약지점을 실시간으로 감시하여 사고를 사전에 예방하고 사고피해를 최소화 할 수 있는 핵심기술을 개발하여 국가 『실시간 철도 통합안전 감시제어시스템』 구축

⬇

- 철도 선진국 수준 이상의 철도안전 핵심기술 확보를 통한 국가철도안전 목표 조기 달성 (2021년 목표치 → 2019년 달성)

표 3.1 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 기술개발에 따른 미래상

1. 현황

○ 교통 여건의 변화 (출처: 제7차 국가교통안전기본계획)

- 총 인구는 ’16년에 4,931만명, 이 중 고령화인구는 658만명에 이를 것으로 전망

구분	2007년	2011년		2016년
총 인구(만명)	4,846	4,899	⇨	4,931
고령화 인구(만명)	481	553		658

출처) 통계청,「고령자 통계」, 2010.

- 철도노선 확충에 따른 여객의 지속적인 증가

· 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

○ 철도, 도로, 항공, 해양 중 6차 국가교통안전기본계획 기간(’07～’11) 중 ’10년까지 철도, 항공 분야만 목표를 달성한 것으로 분석

- 2010년 교통사고 통계 분석결과 목표달성도는 도로 83.6%, 철도 327.3%, 항공 117.9%, 해양 85.2%

○ 그러나 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 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.

○ 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

- 건널목사고 및 자살사고율은 선진국에 비해 약 2~4배 높은 실정으로 개선 필요(2008년 기준)

· 건널목 사고율 : 영국 4.4건/1억km, 국내(철도공사) 19.9건/1억km

· 자살사고율 : 영국 37건/1억km, 국내 61건/1억km

*일반 공중의 무단선로침입, 선로무단횡단, 자살추정, 운행 중 뛰어내림, 열차출입문에서의 안전사고, 철도관련 업체 등의 부적절한 작업 등으로 인한 사상사고가 꾸준히 발생하고 있음

○ 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.

- 철도사고의 예방과 안전 확보를 위해 CCTV의 설치가 증가되고 있는 추세임.

· 그러나 CCTV 기반의 수동적 감시체계에서 사고 및 범죄 감시의 한계가 드러나고 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.

2. 미래상

○ 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

- 세계 최초 철도 탈선 및 충돌 감시 및 제어 기술 확보
- 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
- 화재사고를 조기 감지하여 철도관제와 소방기관까지 화재확산 이전에 신속 대응
- 터널에서는 지능화된 고속형 소화로봇이 화재를 조기 진화하고 승객의 피난 안내
- 지하역사에서도 스마트 피난안내 장치의 도움으로 승객이 안전하게 피난로 탐색
- 사고예방 및 공중 및 종사자 사고에 대한 능동적이고 지능적인 감시제어를 통한 종사자 및 공중사상 사고의 10% 감소

○ 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

3절 연구개발과제 구성

1. 철도 위험요인별 위험도 분석

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) 탈선 주요 위험요인

번호	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

(2) 충돌 주요 위험요인

번호	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

(3) 화재 주요 위험요인

번호	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

(4) 사상사고 주요 위험요인

번호	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

○ 각 위험요인별 안전관리 현황 및 개선방안을 국내 철도 전문가의 자문 등을 통해 아래와 같이 도출하였음(전체 현황은 부록 Ⅰ 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

○ 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

○ 위의 기준에 따라 각 위험요인의 위험도를 평가하였으며, 그 결과는 다음과 같음.

- 탈선

순번	위험요인	빈도	심각도	위험도	순위
1.1	대차부 고장	5	4	9	7
1.2	연결장치 고장	4	4	8	11
1.3	제동부 고장	4	5	9	7
1.4	차축 고장(고착, 과열 등)	6	5	11	2
1.5	차륜 고장, 찰상, 마모한계 초과	4	4	8	11
1.6	터널 내 열차 불안전성(공기역학 상호작용)	5	3	8	11
1.7	레일 파손	6	6	12	1
1.8	레일 좌굴	5	6	11	2
1.9	레일 이음매 파손	5	4	9	7
1.10	궤간 확장	6	4	10	4
1.11	노반 침하	1	4	5	17
1.12	선로분기기 고장	5	4	9	7
1.13	과속으로 인한 탈선	2	6	8	11
1.14	가혹한 기상조건(태풍, 눈, 얼음, 폭우, 강풍)	1	5	6	16
1.15	지진	1	4	5	17
1.16	차량 탈락물 (Tripod 등)	5	5	10	4
1.17	구조시설(터널벽, 교량구성) 탈락물	4	4	8	11
1.18	건널목 차량 및 보행자 침입	6	4	10	4

- 충돌

순번	위험요인	빈도	심각도	위험도	순위
2.1	기관사 신호 오인/미확인/위반	5	6	11	1
2.2	신호기 고장 및 작동 오류	3	6	9	6
2.3	차량 제동장치 고장	4	5	9	6
2.4	제동취급 지연/오류	6	5	11	1
2.5	차상신호제어장치(ATS, ATC 등) 고장	5	4	9	6
2.6	선로분기기 고장(이선진입)	6	4	10	5
2.7	경로설정 오류(작업자 등)	3	6	9	6
2.8	차량 연결기 풀림/파손	5	4	9	6
2.9	차량제동 풀림(구름방지 미설치)	3	5	8	14
2.10	열차 탈락물	3	4	7	15
2.11	구조시설(터널벽, 교량구성) 탈락물	4	5	9	6
2.12	공사장비 지장	5	6	11	1
2.13	산사태(암석/수목/진흙 지장)	1	5	6	18
2.14	투척물체	3	4	7	15
2.15	대형 장애물(작업자 또는 전열차)	1	4	5	19
2.16	불법점거 및 무단횡단/동물침입	4	5	9	6
2.17	차량추락 및 침입	4	3	7	15
2.18	건널목 차량 및 보행자 침입	4	5	9	6
2.19	기관사 업무 수행 불가(질병 등)	5	6	11	1

- 화재

순번	위험요인	빈도	심각도	위험도	순위
3.1	견인전동기 결함/고장	4	4	8	5
3.2	배터리 결함/고장	4	3	7	11
3.3	변압기/저항기 결함/고장	3	4	7	11
3.4	차단기/전류집전 결함/고장	4	4	8	5
3.5	압축공기공급장치(폭발)	4	2	6	15
3.6	제륜자 불꽃	5	2	7	11
3.7	기계장치 과열(베어링/차축)	6	2	8	5
3.8	동력장치 화재(엔진/배기시스템)	5	3	8	5
3.9	연료, 오일 누출(탱크/연결관)	4	4	8	5
3.10	차량내부 인화물질	4	6	10	1
3.11	실화(승무원/작업자)	4	3	7	11
3.12	전기합선/누전(차량기기/전차선/집전장치)	5	4	9	2
3.13	선로변 산불 확산	3	3	6	15
3.14	터널 전기장치 화재	3	6	9	2
3.15	실화	5	4	9	2
3.16	시설물 방화	4	4	8	5

- 사상사고

순번	위험요인	빈도	심각도	위험도	순위
4.1	열차 운행중 출입문 개방	4	1	5	17
4.2	열차 출입문 끼임	6	3	9	6
4.3	출입문 오작동/고장(승객앞에서 닫힘 등)	6	1	7	13
4.4	열차 탑승중 전도, 실족	6	3	9	6
4.5	폭행/범죄	4	3	7	13
4.6	연기, 독가스에 누출	4	3	7	13
4.7	전기아크에 노출	5	3	8	10
4.8	전차선 감전	5	3	8	10
4.9	전도레일 감전	4	1	5	17
4.10	승강장에서 열차로 추락	6	3	9	6
4.11	승강장에서 전도, 실족	6	2	8	10
4.12	계단, 에스컬레이터에서 전도, 실족	6	3	9	6
4.13	기기 과열(전기합선, 난방기)	4	1	5	17
4.14	열차내부 기기(노출배선, 누전)	5	1	6	16
4.15	자살시도	6	4	10	1
4.16	역구내 선로횡단	6	4	10	1
4.17	본선 불법침입	6	4	10	1
4.18	건널목 보행자/자전거 전도, 실족	6	4	10	1
4.19	비산물체(공중, 작업자)	4	1	5	17
4.20	작업자 열차에 치임	6	4	10	1

2. 위험요인별 연구개발 대상 선정

○ 위험요인별 연구개발 대상 적합성은 안전(기술) 중요도, 개발효과, 개발가능성 기준으로 중요도를 평가하였음.

- 안전(기술) 중요도: 각 위험요인별 안전성에 미치는 영향도 (앞에서 평가한 위험도 값을 5점을 최고점으로 환산하여 사용)
- 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.

○ 평가는 국내 철도 전문가의 참여에 의해 수행되었으며 그 결과는 다음과 같음.

- 탈선

위험요인	안전 중요도	개발 효과	개발 가능성	중요도
레일 파손	5.0	4.5	5	4.850
차축 고장(고착, 과열 등)	4.6	5	5	4.833
레일 좌굴	4.6	4.5	5	4.683
궤간 확장	4.2	4.5	5	4.517
차량 탈락물 (Tripod 등)	4.2	4.5	5	4.517
건널목 차량 및 보행자 침입	4.2	3.5	5	4.217
레일 이음매 파손	3.8	4	4	3.900
대차부 고장	3.8	3.5	4	3.750
선로분기기 고장	3.8	4	3	3.600
제동부 고장	3.8	3.5	3	3.450
연결장치 고장	3.3	3.5	3	3.283
구조시설(터널벽, 교량구성) 탈락물	3.3	3	3	3.133
차륜 고장, 찰상, 마모한계 초과	3.3	3	3	3.133
터널 내 열차 불안전성(공기역학 상호작용)	3.3	3	3	3.133
과속으로 인한 탈선	3.3	2.5	3	2.983
노반 침하	2.1	4	2	2.633
가혹한 기상조건(태풍, 눈, 얼음, 폭우, 강풍)	2.5	2.5	2	2.350
지진	2.1	2.5	2	2.183

- 충돌

위험요인	안전 중요도	개발 효과	개발 가능성	중요도
제동취급 지연/오류	4.6	4.5	5	4.683
선로분기기 고장(이선진입)	4.2	4.5	5	4.517
차량 제동장치 고장	3.8	4.5	5	4.350
공사장비 지장	4.6	3	5	4.233
신호기 고장 및 작동 오류	3.8	3.5	5	4.050
건널목 차량 및 보행자 침입	3.8	3.5	5	4.050
기관사 신호 오인/미확인/위반	4.6	3	4	3.933
차상신호제어장치(ATS, ATC 등) 고장	3.8	3.5	4	3.750
불법점거 및 무단횡단/동물침입	3.8	3.5	4	3.750
경로설정 오류(작업자 등)	3.8	3.5	4	3.750
열차 탈락물	2.9	3.5	5	3.717
기관사 업무 수행 불가(질병 등)	4.6	2	4	3.633
차량제동 풀림(구름방지 미설치)	3.3	3	4	3.433
산사태(암석/수목/진흙 지장)	2.5	3	5	3.400
구조시설(터널벽, 교량구성) 탈락물	3.8	3	3	3.300
차량 연결기 풀림/파손	3.8	3	3	3.300
투척물체	2.9	2.5	4	3.117
차량추락 및 침입	2.9	2.5	4	3.117
대형 장애물(작업자 또는 전열차)	2.1	2	4	2.633

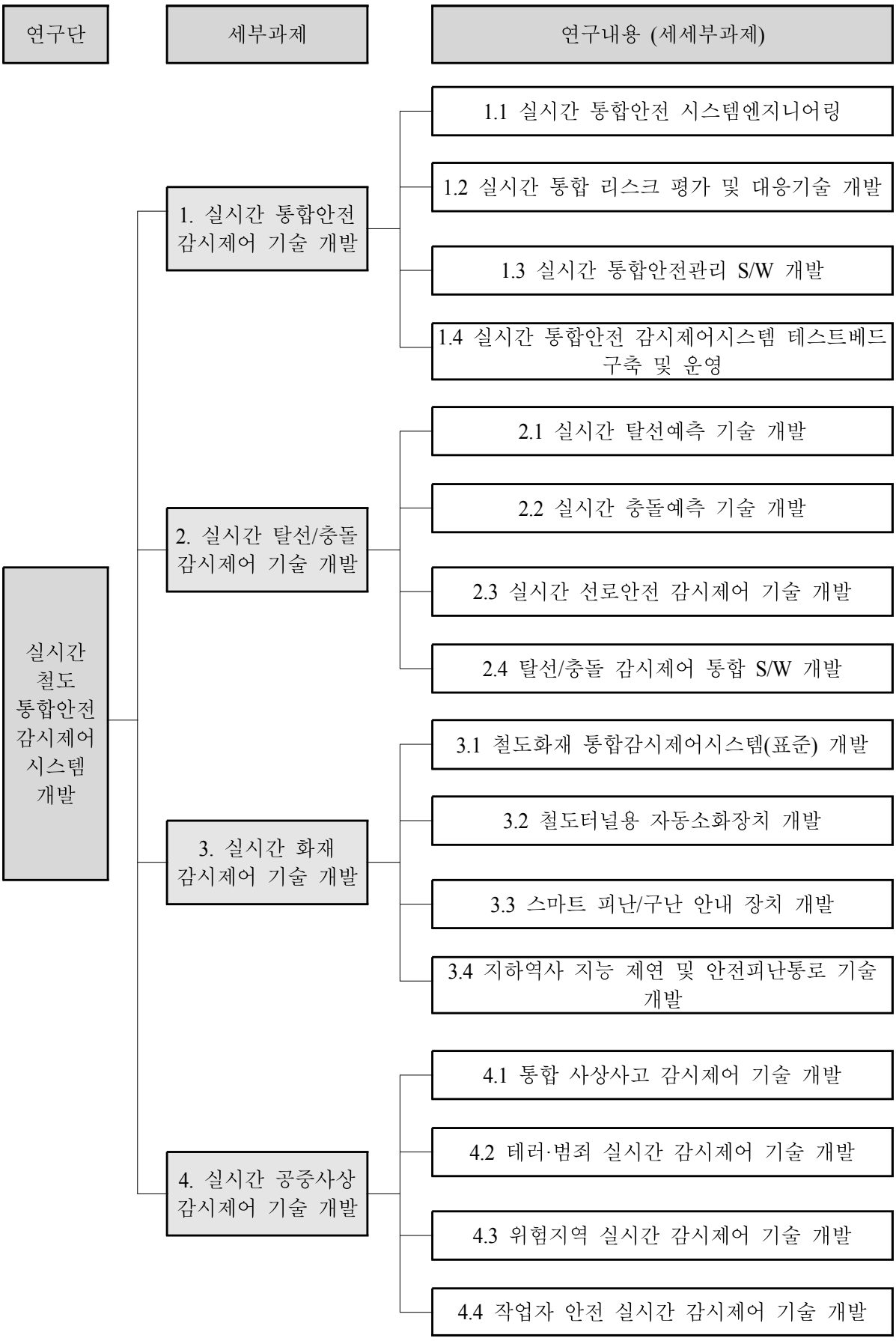
- 화재

위험요인	안전 중요도	개발 효과	개발 가능성	중요도
실화	3.8	4	5	4.200
시설물 방화	3.3	4.5	5	4.183
차량내부 인화물질	4.2	4	4	4.067
전기합선/누전(차량기기/전차선/집전장치)	3.8	3.5	5	4.050
터널 전기장치 화재	3.8	3	4	3.600
견인전동기 결함/고장	3.3	3	4	3.433
기계장치 과열(베어링/차축)	3.3	3	4	3.433
동력장치 화재(엔진/배기시스템)	3.3	3	4	3.433
차단기/전류집전 결함/고장	3.3	3	4	3.433
실화(승무원/작업자)	2.9	3.5	4	3.417
연료, 오일 누출(탱크/연결관)	3.3	2.5	4	3.283
배터리 결함/고장	2.9	3	4	3.267
변압기/저항기 결함/고장	2.9	3	4	3.267
제륜자 불꽃	2.9	3	4	3.267
선로변 산불 확산	2.5	3	4	3.100
압축공기공급장치(폭발)	2.5	2.5	4	2.950

- 사상사고

위험요인	안전 중요도	개발 효과	개발 가능성	중요도
역구내 선로횡단	4.2	3.5	4	3.917
본선 불법침입	4.2	3.5	4	3.917
계단, 에스컬레이터에서 전도, 실족	3.8	3.5	4	3.750
폭행/범죄	2.9	4.5	4	3.717
작업자 열차에 치임	4.2	3.5	3	3.617
승강장에서 열차로 추락	3.8	3	4	3.600
승강장에서 전도, 실족	3.3	3	4	3.433
연기, 독가스에 누출	2.9	4.5	3	3.417
건널목 보행자/자전거 전도, 실족	4.2	2.5	3	3.317
열차 탑승중 전도, 실족	3.8	3	3	3.300
열차 출입문 끼임	3.8	2.5	3	3.150
전차선 감전	3.3	3	3	3.133
자살시도	4.2	2	2	2.867
전기아크에 노출	3.3	1.5	3	2.683
전도레일 감전	2.1	3	3	2.633
출입문 오작동/고장(승객앞에서 닫힘 등)	2.9	0	0	1.167
열차내부 기기(노출배선, 누전)	2.5	0	0	1.000
열차 운행중 출입문 개방	2.1	0	0	0.833
기기 과열(전기합선, 난방기)	2.1	0	0	0.833
비산물체(공중, 작업자)	2.1	0	0	0.833

3. 연구개발과제 구성


연구단
세부과제
연구내용 (세세부과제)
실시간 철도 통합안전 감시제어 시스템 개발
1. 실시간 통합안전 감시제어 기술 개발
1.1 실시간 통합안전 시스템엔지니어링
1.2 실시간 통합 리스크 평가 및 대응기술 개발
1.3 실시간 통합안전관리 S/W 개발
1.4 실시간 통합안전 감시제어시스템 테스트베드 구축 및 운영
2. 실시간 탈선/충돌 감시제어 기술 개발
2.1 실시간 탈선예측 기술 개발
2.2 실시간 충돌예측 기술 개발
2.3 실시간 선로안전 감시제어 기술 개발
2.4 탈선/충돌 감시제어 통합 S/W 개발
3. 실시간 화재 감시제어 기술 개발
3.1 철도화재 통합감시제어시스템(표준) 개발
3.2 철도터널용 자동소화장치 개발
3.3 스마트 피난/구난 안내 장치 개발
3.4 지하역사 지능 제연 및 안전피난통로 기술 개발
4. 실시간 공중사상 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

4. 위험요인별 해당 연구개발과제

○ 탈선

위험요인	중요도	관련 연구과제
레일 파손	4.850	1, 2.1, 2.3, 2.4
차축 고장(고착, 과열 등)	4.833	1, 2.1, 2.4
레일 좌굴	4.683	1, 2.1, 2.3, 2.4
궤간 확장	4.517	1, 2.1, 2.3, 2.4
차량 탈락물 (Tripod 등)	4.517	1, 2.1, 2.4
건널목 차량 및 보행자 침입	4.217	1, 4.1, 4.3
레일 이음매 파손	3.900	1, 2.1, 2.3, 2.4
대차부 고장	3.750	1, 2.1, 2.4
선로분기기 고장	3.600	1, 2.3, 2.4
제동부 고장	3.450	
연결장치 고장	3.283	
구조시설(터널벽, 교량구성) 탈락물	3.133	
차륜 고장, 찰상, 마모한계 초과	3.133	
터널 내 열차 불안전성(공기역학 상호작용)	3.133	
과속으로 인한 탈선	2.983	
노반 침하	2.633	
가혹한 기상조건(태풍, 눈, 얼음, 폭우, 강풍)	2.350	
지진	2.183	

○ 충돌

위험요인	중요도	관련 연구과제
제동취급 지연/오류	4.683	1, 2.2, 2.4
선로분기기 고장(이선진입)	4.517	1, 2.2, 2.4
차량 제동장치 고장	4.350	1, 2.2, 2.4
공사장비 지장	4.233	1, 2.3, 2.4
신호기 고장 및 작동 오류	4.050	1, 2.2, 2.4
건널목 차량 및 보행자 침입	4.050	1, 4.1, 4.3
기관사 신호 오인/미확인/위반	3.933	1, 2.2, 2.4
차상신호제어장치(ATS, ATC 등) 고장	3.750	1, 2.2, 2.4
불법점거 및 무단횡단/동물침입	3.750	1, 2.3, 2.4
경로설정 오류(작업자 등)	3.750	1, 2.2, 2.4
열차 탈락물	3.717	
기관사 업무 수행 불가(질병 등)	3.633	
차량제동 풀림(구름방지 미설치)	3.433	
산사태(암석/수목/진흙 지장)	3.400	
구조시설(터널벽, 교량구성) 탈락물	3.300	
차량 연결기 풀림/파손	3.300	
투척물체	3.117	
차량추락 및 침입	3.117	
대형 장애물(작업자 또는 전열차)	2.633	

○ 화재

위험요인	중요도	관련 연구과제
실화	4.200	1, 3.1, 3.2
시설물 방화	4.183	1, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4
차량내부 인화물질	4.067	1, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4
전기합선/누전(차량기기/전차선/집전장치)	4.050	1, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4
터널 전기장치 화재	3.600	1, 3.1, 3.2
견인전동기 결함/고장	3.433	1, 3.1, 3.2
기계장치 과열(베어링/차축)	3.433	1, 3.1
동력장치 화재(엔진/배기시스템)	3.433	1, 3.1
차단기/전류집전 결함/고장	3.433	1, 3.1
실화(승무원/작업자)	3.417	
연료, 오일 누출(탱크/연결관)	3.283	
배터리 결함/고장	3.267	
변압기/저항기 결함/고장	3.267	
제륜자 불꽃	3.267	
선로변 산불 확산	3.100	
압축공기공급장치(폭발)	2.950	

○ 사상사고

위험요인	중요도	관련 연구과제
역구내 선로횡단	3.917	1, 4.1, 4.4
본선 불법침입	3.917	1, 4.1, 4.4, 4.3
계단, 에스컬레이터에서 전도, 실족	3.750	1, 4.1, 4.3
폭행/범죄	3.717	1, 4.1, 4.2
작업자 열차에 치임	3.617	1, 4.1, 4.4
승강장에서 열차로 추락	3.600	1, 4.1, 4.3
승강장에서 전도, 실족	3.433	1, 4.1, 4.3
연기, 독가스에 누출	3.417	1, 4.1, 4.2
건널목 보행자/자전거 전도, 실족	3.317	1, 4.1, 4.3
열차 탑승중 전도, 실족	3.300	1, 4.1, 4.3
열차 출입문 끼임	3.150	1, 4.1, 4.3
전차선 감전	3.133	
자살시도	2.867	
전기아크에 노출	2.683	
전도레일 감전	2.633	
출입문 오작동/고장(승객앞에서 닫힘 등)	1.167	
열차내부 기기(노출배선, 누전)	1.000	
열차 운행중 출입문 개방	0.833	
기기 과열(전기합선, 난방기)	0.833	
비산물체(공중, 작업자)	0.833	

4절 세부과제별 주요내용 및 추진전략

1. 실시간 통합안전 감시제어 기술개발 분야

가. 연구개발 목표

○ 철도 사고 리스크 및 위험요인을 실시간으로 관리하여 철도사고를 사전에 예방하고 위험징후의 발견시 즉각적인 대처 등을 통해 사고의 2차 피해를 최소화할 수 있는 실시간 철도 통합 안전감시제어시스템을 개발하고, 테스트베드(Test-bed)를 구축·운영하는 기술

- 실시간 철도 통합안전 시스템엔지니어링
- 실시간 철도 통합리스크 예측 및 대응기술 개발
- 실시간 철도안전관리 S/W 개발
- 통합안전관리시스템 테스트베드 구축 및 운영 기술 개발

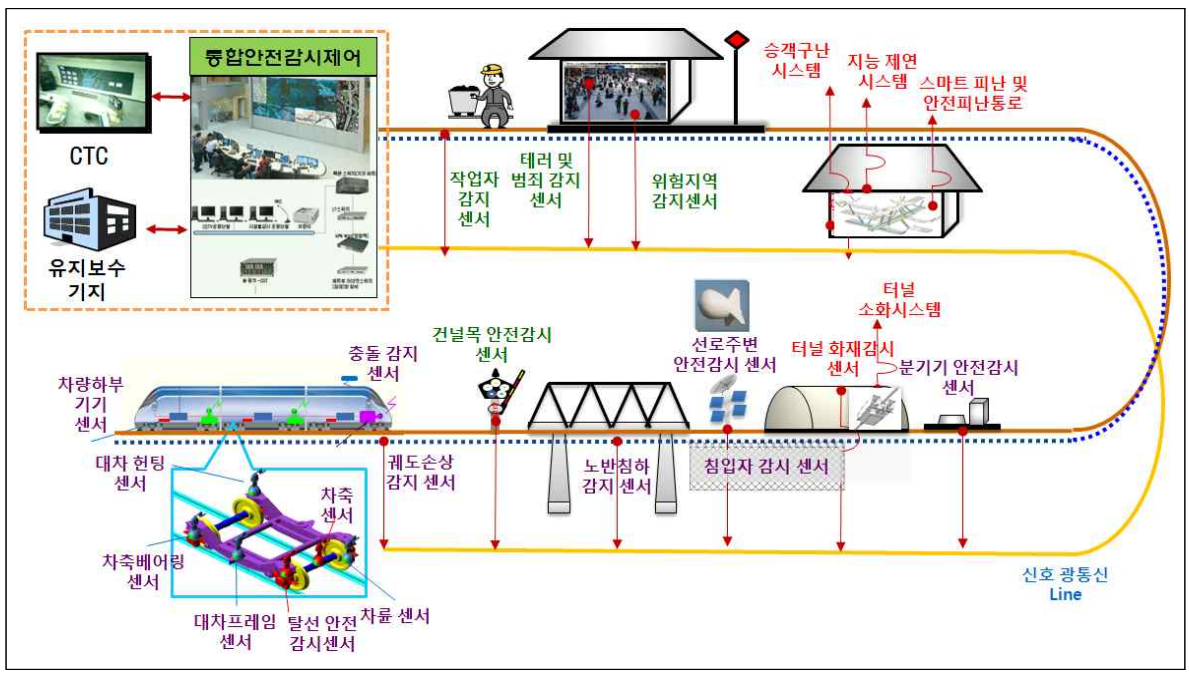


그림 3.2 실시간 철도 통합안전 감시제어시스템 아키텍쳐

나. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

(1) 연구개발 필요성

○ 열차 안전사고(충돌, 탈선, 화재)수는 2007년 이후 지속적으로 감소하고 있으나, 최근 증가하고 있는 고속철도의 운행 장애와 약 10년 주기로 발생한 대형철도사고의 근원적 예방에 대한 사회적 요구 증대

- 고속철도 개통이후 감소하던 운행장애 및 서비스고장 발생건수가 2008년 이후 지속적

으로 증가하고 있으며 이는 중·대형 사고발생 리스크가 증가하고 있음을 의미

· 1번의 중·대형 사고는 과거 29번의 장애와 잠재원인 300건이 관련되어 있음 (하인리히 법칙)

- 최근 KXT 탈선, 선로전환기 장애, 지하철 화재, 철도 작업자 사고 등 크고 작은 사고·장애가 지속적인 발생하여 철도 안전에 대한 국민의 우려 증대

○ 인구의 고령화 등에 의한 교통약자의 철도이용 증가를 대비한 강화된 안전대책 필요

- 총 인구는 '16년에 4,931만명, 이 중 고령화인구는 658만명에 이를 것으로 전망

구분	2007년	2011년		2016년
총 인구(만명)	4,846	4,899	⇨	4,931
고령화 인구(만명)	481	553		658

출처) 통계청, 「고령자 통계」, 2010.

- 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

○ 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

· 2015년 철도 Intelligent 모니터링 시장의 규모는 2조 5000억원으로 예상됨

· 국내에서 세계최초로 본 프로그램을 통해 기술개발이 이루어지면, 이 분야 세계시장을 30%정도만 선점하여도 연간 8000억원 이상의 시장효과가 있을 것으로 기대됨

- 철도 지능 모니터링 시장은 급속히 성장할 것으로 예상됨에 따라 고부가가치 철도기술 활성화를 지원함으로써 국민소득 3만불시대를 여는 미래성장엔진으로 육성할 필요가 있음.

(2) 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 국

민의 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

다. 연구개발 주요내용

○ (1-1) 실시간 통합안전 시스템엔지니어링

- 실시간 안전감시제어 통합 기술 개발 (휴먼에러, 천재지변, 기상 등의 철도 위험요인 감시제어에 대한 기존 철도 모니터링 기술 적용 및 통합 포함)
- 과제별 요구사항 분석 및 관리계획 개발 및 적용
- 시스템 엔지니어링 관리계획 개발 및 적용
- 과제간 인터페이스 관리계획 개발 및 적용
- 과제별 성과물 정의, 검증, 평가 및 활용 계획 개발 및 적용
- 실시간 철도안전감시제어시스템 통합 요구사항 분석 및 관리계획 개발 및 적용

- 실시간 철도안전감시제어시스템 통합 엔지니어링 계획 개발 및 적용
- 실시간 철도안전감시제어시스템 통합 Verification & Validation

○ (1-2) 실시간 통합 리스크 평가 및 대응기술 개발

- 실시간 통합 리스크 관리 체계 개발
  · 감시-평가-사고예측-사고예방조치-실제현황분석-조치결과평가-평가/예측방법의 신뢰도 평가 및 갱신 등의 관리체계
- 실시간 통합 리스크 평가 기술 개발
  · 현장에서의 실제 현황 분석 및 평가 기술)
- 실시간 리스크 기반 안전제어 및 대응 기술 개발
  · 평가 및 예측 방법의 신뢰도 평가 및 DB 화 방안 포함)
- 현장 데이터 기반 리스크 갱신 기술 개발
  · 평가 및 예방조치 방법의 갱신 기술

○ (1-3) 실시간 통합안전관리 S/W 개발

- 실시간 철도안전 통합 모니터링 모듈 개발
- 실시간 철도안전 통합 위험도 관리 모듈 개발
- 실시간 철도안전 대응 관리 모듈 개발
- 안전계획 관리 모듈 개발
- 연계 시스템과의 인터페이스 기술 개발

○ (1-4) 실시간 통합안전 감시제어시스템 테스트베드 구축 및 운영 기술 개발

- 통합안전관리시스템 테스트베드 설계
- 통합안전관리시스템 테스트베드 구축 및 검증
- 통합안전관리시스템 테스트베드 운영 및 데이터 관리

라. 실시간 통합안전 감시제어 시스템 구축 방안

(1) 하드웨어 구축 방안

○ 서버 : 업무 시스템별 정확한 사이징과 장비의 이중화를 통한 안정성 강화 및 사용량 증가에 따른 확장성 보유

○ 저장장치 : 스토리지 및 LTO(Linear Tape Open)를 설치하여 2중화 저장장치를 구현한다.

○ 네트워크 : 중요 네트워크 장비의 이중화를 통한 안정적 시스템 구성 및 L3, L4 스위칭 장비 등을 사용해 네트워크 트래픽 분산

○ DBMS : 유통되는 모든 문서들을 XML 등을 사용해 구조적으로 저장하고 검색, 활용 및 각종 시설물과 관련된 정보를 저장하여 각종 어플리케이션을 통해 업무 전산화

○ 보안 : 네트워크 보안을 위해장비 구성, 데이터 보호를 위한 DBMS 암호화 및 사용자 디바이스 인증 등

(2) 소프트웨어 구축 방안

○ 소프트웨어 요구 기능

- 모든 데이터는 데이터베이스화 하여 저장 한다.

  · 기본적으로 계측데이터는 시계열 데이터이다. 따라서 데이터의 체계화 및 분석과정을 용이하게 하기 위해서는 데이터베이스화는 필수 과정이며, 서버 프로그램은 이러한 측정 데이터를 체계적으로 데이터베이스화 하여야 한다.

- 계측 데이터의 분석 기능이 내장 되어야 한다.

  · 통합안전 감시제어 시스템 같은 경우 활용, 도입될 수 있는 분석 기법은 다양하게 있을 수 있으나 센서 경고등의 정량화된 등급으로 분류할 수 있는 분석기법은 필수적으로 서버 프로그램에 내장 되어야 한다. 특히 분석기법등을 이용한 관리기법등은 기본적으로 탑재 되어야 한다.

- 센서의 속성 영상 정보 추가, 수정, 삭제 등의 관리가 될 수 있어야 한다.

  · 센서의 속성정보는 기본적으로 프로그램에서 설정 가능해야 한다. 센서 망실 및 보수, 추가 시 관리자는 개발사의 도움 없이 바로 설정이 가능해야 능동적 센서 정보관리가 되도록 한다.

- 경보 및 상황전파 등이 분석 모듈과 연계되어 운영 될 수 있어야 한다.

  · 유지관리 시 계측 목적중 하나가 센서기반 경고 상황 대응 및 대처이기 때문에 서버 프로그램은 분석모듈에서 발생된 경고를 관리자, 관계자등에게 SMS, MMS, Email, 화면, 소리 등으로 전달될 수 있어야 한다.

○ DB 암호화 솔루션

- DB 암호화 솔루션의 주요 사양은 다음과 같다.

구 분	주 요 사 양
인증 관련	- 국가정보원 국가용 암호제품 등록 - 국가정보원 검증필 암호모듈 탑재 - 한국정보통신기술협회 GS 인증 획득
설치 및 지원 환경	- 윈도우 기반의 관리자 프로그램 제공

	- Plug-In 방식과 API 방식의 통합 관리 지원 - 구소 요소의 네트워크 구간 국정원 검증 암호화 통신 사용 - 솔루션의 불법 복제 사용 방지
관리 및 운용성	- 암호화 및 인덱스 생성 과정의 GUI Tool 지원 - 다수 DB 서버에 대한 통합 관리 지원 - Multi-Instance 지원 - RAC 분산 환경 지원 - 보안 정책의 백업 기능 지원 - 보안 USB 기반의 관리자 인증 제공 - 정책 서버 실행 시 보안 USB 인증 제공 - Agent 실행 시 패스워드 인증 제공 - Plug-In과 API 방식을 운영환경에 따라 동시 적용 제공
장애 대비 및 부하 분산	- 정책 서버 장애 시에도 데이터 보안 및 접근제어 기능 제공 - 부하 분산을 위해 복수의 Agent 지원 - Agent 통신 및 다운로드 장애 시 긴급 모드 제공 - 운영 중 서비스 중단 없이 키 변경 지원 - Plug-In 암/복호화 권한 없는 사용자는 Plug-In 라이브러리 및 관련 자원에 독립적 사용
암호 알고리즘	- 필수 및 기타 알고리즘 지원(ARIA, SEED, SHA, AES, 3DES, DES, HMAC 등) - 국정원 인증 암호 알고리즘 및 모듈 지원
키 및 보안 정책관리	- 암호화 키가 안전한 장소에 저장 - 암, 복호화 키에 대한 백업 및 복구 가능 - 보안 정책 데이터는 암호화되어 보호되고 변경이 불가능 - 사용자 접근제어 및 암/복호화 보안 정책은 장애 대비 백업 및 복구 기능 제공
초기 암호화	- 초기 암,복호화 진행 시 서비스 무 중단 지원 (수초 ~ 수분 Lock 발생 가능) - 암호화 대상 컬럼의 연관 관계 명시 - Online Redefinition 및 기존 컬럼 처리 옵션 등 지원 - 초기 암호화 시 진행 모니터링 지원 - 다수의 정책수립 후 다수의 컬럼 동시 암/복호화기능 제공
암호화	- 테이블 및 컬럼 단위의 선택적 암호화 지원 - 다양한 Data Type 지원 (Varchar, Number, Date, Integer 등) - Random Initial Vector 적용 기능 지원 - 부분/이중 암호화 기능 지원 - 데이터 마스킹 지원 - 암호화 컬럼에 대한 인덱스 일치 또는 부분 검색 지원 - 파티션 테이블 컬럼 암/복호화가 가능(키 값 제외) - API 방식에서 Plug-In 방식을 이용한 인덱스 데이터 암호화 지원 - Plug-In 방식에서 Oracle SQL 암/복호화 API 지원
접근제어	- 컬럼 별 암/복호화 권한 및 접근 제어 지원 - 사용자 시간(기간/요일 별), IP 별 접근 권한 설정 지원 - JAVA Class 접근 제어 제공 (API 방식) - 암/복호화 및 접근 권한 등의 보안 정책은 보안관리자가 관리하며 DBA도 보안 관리자의 승인 없이 접근 불가

감사 및 로그	- 보안 정책의 설정, 변경 또는 배포 시 Audit 로깅 기능 지원 - 암호화 컬럼에 대한 다양한 접근 로그 기록 (성공/실패, IP, 계정, 시간, S/I/U/D 등) - 접근 로그 성능/실패 로그 등 다양한 로그에 대한 검색 기능 지원 - NTP 서버 설정 - 로그 데이터 용량 체크 이벤트 지원

○ DB 보안 접근제어 솔루션

- DB 보안 접근제어 솔루션의 주요사양은 아래와 같다.

구 분	주 요 사 양
인증 관련	- 국가정보원 CC인증
접근 제어	- Alert Policy (Alerting, Denial of Service) • 기업의 보안전략 및 업무수행 절차에 따라 DB에 악영향을 줄 수 있는 접근에 대해 경보발생, 강제 차단 등의 보안정책을 설정 • Client Connection, DB/OS Account, Instance, Session, SQL, SQL Result, Action 등 다양한 조건의 경고발생 및 차단기능 설정 - Alert Monitor • 보안 담당자가 설정한 경보조건에 의해 발생된 이벤트 목록 및 상세 내역 확인 • 설정된 보안정책에 의해 경보 발생시 자동으로 세션 차단 및 관리자 메일이나 SMS로 자동 통보
로깅 및 감사	- 데이터베이스(SQL) 로깅 및 감시 정책 관리 • 다양한 보안정책 수립을 위한 편리한 정책설정 • Client IP, DB/OS Account, App, SQL Type, 각 시간 조건과 함께 세부 작업내역 구분 조건 설정 가능 - 서버(Telnet/FTP/RCmd) 로깅 및 감시정책 관리 • 감시대상 서버에 대한 Telnet, FTP, RCmd 접근 및 작업내역의 감시를 위한 로깅 및 감시정책 설정 • 설정된 보안정책에 의해 경보 발생시 자동으로 세션 차단 및 관리자 메일이나 SMS로 자동 통보 • 360도 전방위 감시 및 로깅(SSH, Telnet, 암호화 통신 작업 내역 기록)
로그 모니터링	- Session Monitoring • 감시 대상 데이터베이스에 연결되어 있는 세션들에 대한 다양한 상태 정보를 일괄적으로 모니터링 • 각 세션에 대한 Client IP, Connect Time, DB User, App, SQL Count 등의 정보 제공 • 수행된 SQL의 Type, Text, 응답시간, Return Row, Transaction Usage 등의 정보 제공 - SQL Monitoring • 현재 실행 중인 SQL에 대한 실시간 목록 및 상세내역 제공(SQL 내용, 성능정보, 세션정보, Client 정보 등) • 설정된 보안정책에 의해 경보 발생시 자동으로 세션 차단 및 관리자 메일이나 SMS로 자동 통보

	• 내장된 Plan Tool 혹은 Orange와 연계 하여 SQL에 대한 상세한 Tracing 가능 - Report Builder • Report Builder를 통해 DB별, Host별 보안 관점 별로 다양한 검색 조건에 의한 보고서 생성 • 검색 조건에 의해 생성된 Report는 HTML, PDF 등 다양한 포맷으로 변환 제공 - Telnet/FTP/Rcmd Log Monitoring • 감시대상 서버로 접속한 모든 작업자의 Telnet, FTP, RCmd 로그를 다양한 검색 조건으로 감시 함 • Client IP, 사용 명령어, 사용시간, 결과정보 등의 상세정보 제공
접근 분석	- Trend Analyzer (추세분석 및 예측) • 감시 대상 DBMS의 Server Time, Session Count, Transaction Usage, Return Row 등의 추이분석 그래프 제공 • 패턴에 대한 임계치 설정을 통해 경고 발생 및 추이분석을 통한 사전 예보 서비스 제공 - Log Analyzer (Alert, SQL, Server Log 분석) • 감시 대상 데이터베이스에 대한 로그 분석기로 문제발생 시점의 추이분석 및 추적 기능 제공 • 다양한 조건의 검색 기능을 제공하며, 해당 SQL에 대한 튜닝을 위해 Plan Tool 연계(Rich Client시) 기능지원
사용자 인증 관리	- 사용자 정보 관리 • 사용자 기본정보 (ID, Password, IP, 유효기간 등) 및 접속 가능 DBMS 정보들 등록 관리 Client의 DAR과 연동하여 사용자 인증(암호, IP, 유효기간) 후 권한 있는 DBMS에 대해 접속 허용 - DAR 정책 관리 • 정형, 비정형 접속 Tool을 등록 관리하여 Application별 접속 허용, 차단 정책 관리 • 감시 대상 DBMS별 Routing 정책 관리 및 Chakra 서버 장애에 따른 Fail-Over 정책 관리
대상 DBMS	- Oracle, DB2, MS-SQL, Sybase, Informix, MySQL, Altibase, Teradata, Cubrid, PostgreSQL, Tibero, Symfoware
보안 및 감시 기능	- Local Logging 기능 제공 • 로컬 로깅을 통한 콘솔 작업의 모니터링 및 감시 • 파이프 통신과 루프백 디바이스 지원 - Software TAP • 별도의 네트워크 설정이나 하드웨어 장비가 필요치 않은 소프트웨어로 구현된 TAP 기능 지원 • 가상화 머신, 블레이드 서버 감시 가능 - SSH 로컬 로깅 및 차단 • 비 Proxy 방식의 SSH 세션 및 명령어 감시 기능 • 특정 IP의 접근에 대한 차단/허용 기능 제공 - 우회 접속 및 웹 사용자 추적 • 다수의 서버를 경유한 사용자의 최종 IP를 추적/감시 • 웹과 Application 서버를 통해 접근하는 사용자 추적/감시 - 다차원 로그조회 및 비정형 데이터 분석

	• 비정형 다차원 분석 기능을 통한 System 운영 계획 의사결정 지원 • 다각적인 사용자 사용 형태 분석 및 추이 분석 • System Usage, Auditing의 결과에 따른 System 운영 계획 수립 지원 Reporting • Capacity Planning지원 • Automatic DB performance harm detect - 아키텍쳐 개선 • Open Architecture 기반의 확장성 및 신뢰성, 생산성 제고 • RDBMS(MySQL) Repository 지원으로 안정적이고, 확장된 검색 기능 제공 • 기업내 ESM 솔루션과 유기 적인 결합 • 이중화 구조를 통한 안정성 증대 - 주요 데이터 보호 • 개인정보, 카드정보 등의 주요 데이터 마스킹 기능 제공 • DML 실행 전후의 데이터 보존 기능 • 패턴 분석을 통한 주민등록번호 인식과 Prepared ALERT을 통한 제어

○ 서버 보안 접근제어 솔루션

- 서버 보안 접근제어 솔루션의 주요사양은 아래와 같다.

구 분	주 요 사 양
인증 관련	- 국가정보원 운영체제보안시스템 CC 인증 - 행정정보보호용시스템 선정 - 한국정보통신기술협회 GS 인증
관리자 권한 분리 및 통제	- root에서 사용자로의 권한 이동 통제 - 모든 주체 및 객체에 대해 자동으로 보안속성 부여 - 관리자 권한인 root 또는 Administrator도 보안 역할에 따라 구분하고 통제 - 보안역활에 따라 인가된 사용자만이 신뢰된 명령어를 통하여 관리자 권한 이동 - 불법적으로 획등한 관리자 권한을 추적하여 차단
계정관리 및 로그인 통제	- 시스템 사용자 및 그룹에 대한 편리한 관리 기능 제공 - 강력한 사용자 패스워드 관리 기능 제공 - 사용자 계정 Lock/Unlock 기능 제공 - PAM을 이용한 강화된 인증 기능 제공 - IP, 서비스, 시간 등에 대한 사용자 로그인 통제 기능 제공 - 보안 패스워드 또는 PKI 인증서를 이용한 인증 기능 제공
사용자 추적 기능	- 로그인한 사용자의 행위(실행 명령어)를 로그로 남기는 기능을 제공 - 세션에 기반한 추적을 통해 사용자 전환 후에도 계속 추적 가능 - 사용자 및 접속 IP를 이용한 체계적인 로그 분류 및 관리 - 자동화된 백업 관리 기능을 통한 효율적인 로그 관리
보안감사 기능 및 보고서 기능	- 보안 위반 사항에 대한 실시간 로깅 및 감사 증적 기능 제공 - 주요 시스템 로그에 대한 별도의 통합 관리를 제공하며, 이를 통해 시스템 로그의 무결성을 보장

	- 보안 로그에 대한 자동화 백업관리 기능 게공 - 보안위반 발생시 실시간 경고, E-mail, SMS, 팝업 등의 다양한 관리자 통보 기능 제공 - 단위 시간당 발생한 위반 로그를 분석하는 잠재적 위반 분석 및 대응 기능 제공 - 다양한 통계분석 보고서 : 보안위반 별, 사용자별, IP별 시스템 정보 보고서, 보안로그분석 보고서 제공
통합보안관리 및 배포기능	- 이기종 다중 운영체제에 대하여 동일한 방식의 보안 관리를 제공 - 다수의 Agent에 대한 1:N의 통합 보안 관리로 보안 관리의 효율성 증대 - 다수의 서버에 대해 일괄적인 관리를 위한 보안정책 배포 기능 제공 및 Manager를 통한 원격 업데이트 기능 제공
파일 및 디렉토리 보호	- 보안 등급 및 카테고리에 의한 강제적 접근통제 기능 제공(국가기관용 등급 기반 접근통제 시스템) - 파일 생성시 자동 보안속성 상속기능 제공 - 네트워크를 통한 공유 지원(공유 폴더)에 대한 접근통제 기능 제공 - 보안 역할, 사용자, IP, 프로그램, 접근권한 등의 조합을 통한 다양한 ACL 규칙설정 기능
침입 방지 (Anti-Hacking) 및 네트워크 통제	- 백도어를 이용한 불법적인 root 권한 획득 방지 - Inbound/Outbound에 대한 트래픽 통제 및 IP, 서비스(Port)에 대한 접근 제어 - 모든 접근 시도에 해해 허용/차단 로그기록 가능 - TCP 플래그 필터링, 모니터링, 세션 필터링 등 다양한 고급 옵션 제공 - 사용자 로그인 통제와의 연동을 통한 다양하고 효율적인 네트워크 통제
시스템 모니터링 및 성능관리	- 파티션 정보, 하드웨어 정보, 소프트웨어 설치 정보 등 다양한 시스템 정보 제공 - 디스크, 메모리, CPU 등 주요 리소스 사용에 대한 실시간 모니터링 기능 제공 - Active 프로세스 감시 및 이상징후 발생시 경고 - 프로세스 별 리소스 사용량 제한 및 초과시 경고 - 파일시스템 사용량에 대한 임계치를 설정하고 감시
명령어 불법 실행 통제	- 파일 접근통제 정책에 기반하여 불법적인 명령어 실행을 통제 - 강제적 접근통제 정책 사용시 보안속성에 따라 명령어 실행을 통제 - 임의적 접근통제 정책 사용시 지정된 ACL 규칙에 따라 명령어 실행을 통제 - 보안 역할, 사용자, IP, 프로그램, 접근권한 등의 조합을 통한 다양한 ACL 규칙 제공 - 쓰기 관련 명령어의 경우 delete, rename, copy 등으로 세분화하여 통제 기능 - Shutdown, 시스템 종료 등과 같은 시스템 운영에 중대한 영향을 미치는 주요 명령어들에 대한 통제 기능 제공 - 실행은 허용할 setuid 프로그램 목록 관리, 등록된 setuid 프로그램의 위/변조 발생시 실행 자동 차단
프로세스 보호	- 보안속성에 의한 프로세스간 접근 통제 및 중요 프로세스에 대한 KILL 통제 목록 제공 - Active 프로세스 감시 및 이상징후 발생시 경고 - 실행중인 프로세스에 대한 추적 기능 제공

편리성을 보장하는 다양한 부가기능	- 보안 기능별 / 보안 정책별 On, Off Warning 모드 지원 - 위반 및 허용 감사로그를 포함한 섬세한 감사로그 기록 - 서버 방화벽 , 서버 성능 / 장애 모니터링 - 보안 정책 배포 가능

○ 보안관제 솔루션

- 보안관제 솔루션의 주요사양은 아래와 같다.

구 분	주 요 사 양
인증 관련	- 국가정보원 보안적합성 제품 - 국가정보원 CC 인증 제품 - 한국정보통신기술협회 GS 인증
보안정책의 일관성 유지	- 통합정보보호체계 수립을 통한 IT 보안의 체계성/일관성 보장 - 기(旣)구축된 보안시스템과의 완벽한 연동 및 호환성을 유지하여 통합보안관리의 시너지 효과 발생 - 고객사의 통합정보보호정책을 완성하고 나아가 안정적인 확장방안 마련
보안 침해사고 대응 및 예방	- 신속하고 능동적인 법적 대응절차를 통한 보안 침해사고의 대응체제 및 사이버테러에 대한 대책 마련 - 사전(事前) 모니터링을 통한 보안 침해사고 방지 및 손실 위험 최소화
통합보안관리 인프라 구축	- ESM 구축을 통해 보안시스템에 대한 통합관리능력을 향상시켜 전체 시스템의 확장에 안정적 기반 마련 - 통합보안관리시스템 도입으로 인한 IT 정보자산의 안정적인 관리 - ESM 도입으로 인한 정보자산의 신뢰성 향상
보안시스템의 효율적 분석 및 운영	- 고객사에 최적화된 보안시스템 운영방안 수립 - 자체 보안시스템의 데이터 분석 및 정책 반영 기반 마련 - 산재된 보안시스템에 대한 체계적인 운영 및 관리시스템 구축을 통해 인력의 효율적인 배분 및 업무 효율성 증대
이벤트 수집	- ESM Agent를 통한 보안이벤트 수집 - 이벤트 수집 범위 : 방화벽, IDS, 기타 보안장비 - 이벤트 가공 : 정규화, 필터링, 축약 - 이벤트 수집 시 부하 최소화 : 시스템, 네트워크
통합관리	- Agent를 통해 수집된 이벤트를 Manager에서 취합 - Manager는 취합된 이벤트 분석 - Manager로 취합된 이벤트는 Console에서 실시간 모니터링 - 정확한 분석을 위해 동종/이종 보안장비 간의 연계분석
침해경보	- 보안 침해징후 발견 시 경보 발령 - 침해징후에 따라 경보수위 선택 - 경보는 운영자가 빨리 대응할 수 있도록 가시/가청 형태로 발령 : Log, Popup Message, Sound, E-Mail, SNMP, SMS

침해대응	- 침해 상황별로 대응 결정 : ESM 자동대응, 운영자 수동대응 - ESM은 대응결과 기록 및 관리 실시 - 침해사고에 관련된 증거기록과 로그 보관 - 보안감사 또는 보안정책 수립의 근거자료로 활용

○ 시스템 접근제어 솔루션

- 시스템 접근제어 솔루션의 주요사양은 아래와 같다.

구 분	주 요 사 양
접근 제어	- 일원화 된 접근경로 제공 : Gateway방식 단일경로 제공(모든 장비에 대한 접속경로 단일화) - 인증키 방식의 인증시스템 : 관리자의 승인을 통한 인증 방식(E-mail . SMS) - 접근제어장비 로그인과 시스템 로그인을 통하는 이중화된 접속방식 - Proxy Client 제공(상용 접속프로그램 지원) : 원격접속세션(SecureCRT, Putty, Zterm, NetTerm, TeraTerm, - Filezila, Xshell, mstsc, Edit-Plus, 알FTP등)접속지원 : DBMS접속세션(Toad, SQL-Plus, Golden, SQL-Gate 등)접속지원
정책 적용	- 작업자 권한 관리 기능(그룹관리자, 작업자등 계층별 권한관리) - 그룹별/장비별/작업자 분류를 따른 정책적용 및 관리 - 작업시간(전체작업시간, 절대시간, 유휴시간) 제어 - 금지명령어 및 금지 SQL Query 제한 (금지어 위반시 작업중지/접속차단 기능) : 관리자에 의한 금지명령어 추가/삭제 가능 - FTP 정책 적용 가능 : 파일 폴더에 대한 업/다운로드, 수정/삭제 금지 지정 - DBMS(Oracle, MS-Sql, My-SQL), RDP의 작업시간 제어 : DBMS의 접속Client에 대한 접속지원 및 작업시간 제어 - 명령어 승인을 통한 주요 명령어 실행 기능
실시간 모니터링	- 실시간 현황 표시를 위한 GUI형식의 대시보드 제공 : 작업자/세션/이벤트 등에 관한 정보화면 제공 - Telnet, SSH, FTP, SFTP등 작업내역 모니터링 : 입출력 작업내역 및 명령어 단위의 실시간 작업 모니터링 - Vi ex 모드에서 금지명령어 제어 및 내용 감사 저장 : Vi ex모드 금지명령어 사용시 세션 차단 중지 기능 및 작업내역저장 - Windows 서버에 대한 작업내역 동영상 저장 및 감사 기능 : RDP 사용자들의 작업내역의 동영상 저장 및 Replay 기능 - 실시간 이벤트 발생감지 및 실시간 세션차단 기능 : 이벤트 감지와 동시에 모니터링 및 세션제어 가능 - 대상시스템의 통신상태 확인 가능 : 등록된 대상장비의 서비스포트에 대한 통신상태 확인 가능 - Root 권한 사용자 및 시스템 현황 및 추이 기능
작업이력 로그감사	- 모든 작업자의 접속현황 및 접속이력 저장 및 감사 기능 - 작업입출력 내역 및 작업내역 동영상(RDP) 저장 및 감사기능 - DBMS(Oracle, MS-Sql, My-SQL, Altibase) 접속기록 저장 - 로그 파일 암호화 저장

	- 모든 로그 다운로드 및 다양한 검색 조건 제공 - 시스템 정책적용 및 변경내역에 대한 이력 감사 - Web상 접속통계 Excel 변환기능 지원

○ 지능형 영상 분석 솔루션

- 지능형 영상 분석 솔루션의 주요사양은 아래와 같다.

구 분	주 요 사 양
영상 분석 설정	- 고객 보안규칙에 맞춰서 영상보안 조건 설정 기능 • 보안 이벤트 규칙 설정 : 침입, 배회, 정지, 물건버림 등 • 이벤트 영역 설정 : 침입금지구역, 감시구역, 경계선 등
보안 영상 녹화 / 재생 / 검색 기능	- 보안영상 모니터링 및 검색 기능 • 화면 분할 설정 : 1/4/6/7/8/9/10/13/16 분할 • 이벤트 영상 저장조건 설정 및 재생(DVR) • 조건별 이벤트 영상 검색 : 이벤트 규칙별 영상 검색 기능 제공
이벤트 감지 및 알람 기능	- 이벤트영상 자동감지 및 알람 기능 • 이벤트별 보안영상 자동 표출 : 침입, 출입, 배회, 넘어짐, 카운팅 등 • 다양한 알람 기능 ◆ 운영자 GUI 알람 : 팝업, 소리, 감지화면자동 표시, 깜박거림 ◆ 외부 기기통한 알람 : 휴대폰 SMS, 전자메일, 경고등 등
기타	- 이벤트 통계 데이터 추출 및 원격관리 기능 • 운영자 로그인 및 등급별 접속권한 기능 • 기간별, 이벤트/조건별 통계 데이터 추출 및 그래픽화 • 로그 데이터 생성/저장/출력 • 원격 시스템 관리 : 웹 브라우져를 이용한 원격 접속

(3) 테스트베드 구축 방안

○ 실시간 철도 통합안전 감시제어시스템의 테스트베드(이하 테스트베드)는 실시간 철도 통합안전 감시제어시스템을 검증하고 운영/유지보수 기술을 획득하기 위한 것으로 각 대상 장치별로 실험실 또는 현장 시험을 통해 검증되어야 하는 부분은 이와 병행하여 추진되어야 한다.

○ 테스트베드는 현재 추진중인 오송 종합시험선로에 구축하는 것을 고려해야 한다.

○ 테스트베드는 CTC(Centralized Traffic Control)와의 연계 방안이 고려되어 구축되어야 한다.

○ 테스트베드의 구축은 오송 종합시험선로의 추진 일정을 고려하여 추진되어야 한다.

마. 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	(1-1)실시간 통합안전 시스템 엔지니어링	SE 관리계획 수립																				
2		SE 관리계획 적용																				
3		통합 검증 및 유효성 확인																				
4	(1-2)실시간 통합 리스크 평가 및 대응기술 개발	통합 리스크 관리체계 개발																				
5		통합 리스크 평가/안전대응 기술 개발																				
6		현장데이터 기반 리스크 갱신기술 개발																				
7	(1-3)실시간 통합안전관리 S/W 개발	S/W 설계																				
8		S/W 구현 및 개발																				
9		S/W 검증																				
10	(1-4)통합안전 감시제어시스템 테스트베드 구축 및 운영 기술 개발	시스템 테스트베드 설계																				
11		시스템 테스트베드 구축																				
12		시스템 검증 및 운영																				

바. 최종성과물 및 성과지표

(1) 최종성과물

◦ 철도 통합안전 시스템엔지니어링 관리계획서

◦ 철도 통합안전 시스템엔지니어링 적용 결과보고서

◦ 실시간 철도 통합 리스크 관리 체계

◦ 현장 데이터 기반 리스크 갱신 알고리즘 (S/W)

◦ 실시간 철도 통합안전관리 S/W (S/W)

◦ 실시간 철도통합 안전감시제어시스템 Test-bed (H/W 및 S/W)

(2) 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	통합안전 시스템엔지니어링	SE 관리계획서	SE 계획 적용	모듈별 안전성 검증	통합시스템 안전성 검증	안전성 인증 획득	실시간 통합안전감시 제어시스템 안전성 인증
		실시간 통합리스크 평가/대응 기술	철도통합 리스크 모형 확보	철도통합 리스크 관리체계 확보	철도통합 리스크 대응 기술 확보	철도통합 리스크 갱신 기술 확보	철도통합 리스크 평가기술 현장 적용	실시간 통합리스트 평가/대응 기술 확보
		실시간 통합안전관리 S/W	시스템 통합 기본설계	시스템 통합 상세설계	시스템 통합	시스템 시험평가	시스템 운영 및 검증	실시간 통합안전관리 S/W 안전성 검증
		테스트베드 구축 및 운영	테스트베드 기본설계	테스트베드 상세설계	테스트베드 구축	테스트베드 구축	테스트베드 운영 및 검증	테스트베드 운용성/안전성 검증
	표준 지표	논문 학술지 발표/게재	3	5	5	5	5	23
		특허 출원 건수	2	2	2	2	2	10
		소프트웨어 개발 건수	-	-	1	1	-	2
결과 (Outcome) 지표	과제의 궁극적 목표	실시간 통합안전 감시제어시스템 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%

사. 성과물 검증방안

(1) 전문가 자문에 의한 검증

○ 운영기관, 제작사, 학계 전문가들의 자문회의를 통한 검증

(2) 테스트베드 시험 운영결과에 따른 검증

○ S/W의 경우는 외부 독립기관의 안전성 인증 확보

(3) 테스트베드 시험 운영결과에 따른 검증

○ 테스트베드 구축에 따른 시범적용에 의한 안전성/운용성 검증

(4) 산출 지표별 검증방안

유 형	지표구분	성과지표	도출근거	평가(검증)방법
산출 (Output) 지표	기술적 목표	통합안전 시스템엔지니어링	현장 활용성 증대를 위해 반드시 필요한 기술	운영사 및 전문가 자문/검증
		실시간 통합리스크 평가/대응 기술	현장 활용성 증대를 위해 반드시 필요한 기술	운영사 및 전문가 자문/검증
		실시간 통합안전관리 S/W	현장 활용성 증대를 위해 반드시 필요한 기술	운영사 및 전문가 자문/검증
		테스트베드 구축 및 운영	현장 활용성 증대를 위해 반드시 필요한 기술	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
결과 (Outcome) 지표	과제의 궁극적 목표	실시간 통합안전 감시제어시스템 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

아. 기술수요처 및 실용화 방안

(1) 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

(2) 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

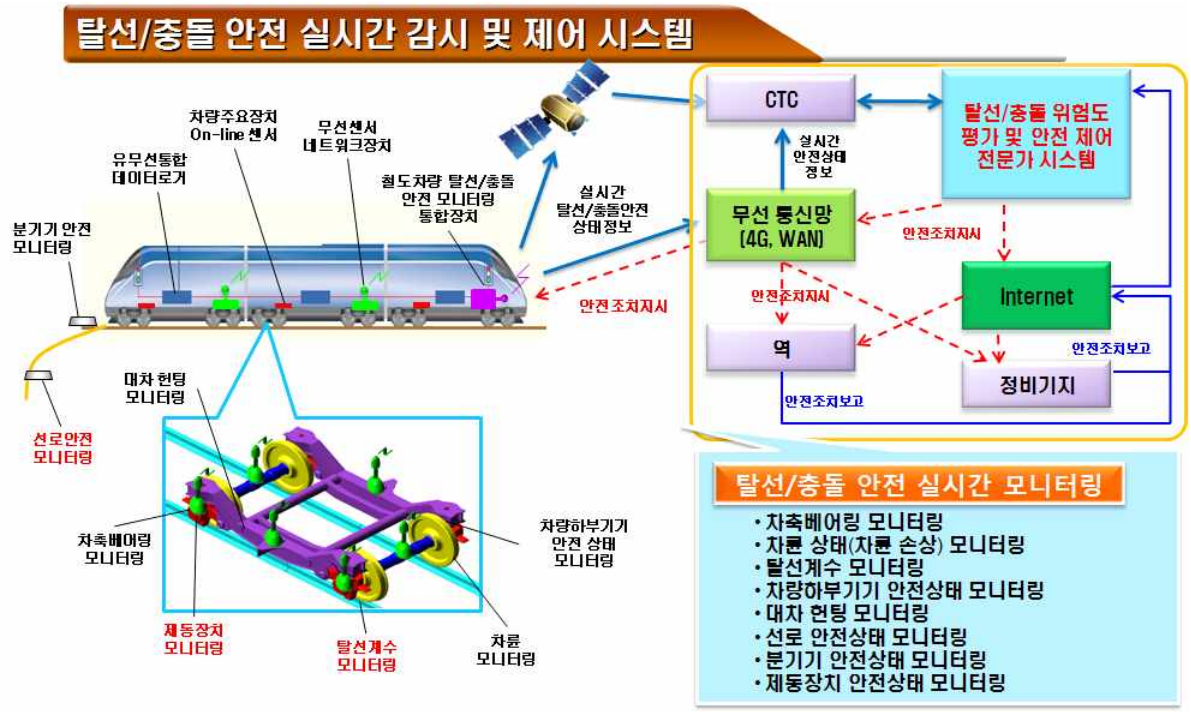
- 세계 철도 모니터링 시장 선점: ‘15년 지능형 모니터링 시장: 2.5조

2. 실시간 탈선/충돌안전 감시제어 기술개발 분야

가. 연구개발 목표

○ 실시간으로 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 시스템 개발을 목표로 함.

- 실시간 탈선 예측 기술개발
- 실시간 충돌 예측 기술개발
- 실시간 선로안전 감시제어 기술개발
- 탈선/충돌 감시제어 통합 S/W 개발



나. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

(1) 연구개발 필요성

○ KTX의 운용 중 고장으로 인한 안전사고가 빈번히 발생하고 있고, 이로 인한 국민의 안전에 심각한 영향을 미치고 있으므로 고속철도 시스템 안전성의 획기적 증대가 요구되고 있음.

○ 철도시스템에 있어 시스템의 고속화는 승객과 열차의 신뢰성과 안전성에 대한 절대적인 향상을 요구하며, 이를 위해 철도시스템의 지능화가 선결되어야 함. 철도시스템 지능화의 기본은 지속적인 실시간 감시기술에 있으며, 이를 위해 철도 선진국에서는 지능화 모니터링 시스템에 대한 다양한 연구 활동이 철도연구기관, 운영사, 제작사 등을

중심으로 이루어지고 있음.

○ 철도 운용 중 발생한 안전사고로 인한 직접 손실 및 수리부속 교체 활동 등으로 운영사 입장에서 직간접적인 큰 경제적인 손실이 발생하고 있는 실정임. 실례로 KTX 안전사고로 인한 운행중단은 운용사의 경제적 손실 뿐 아니라 사회전반에 안전에 대한 큰 심리적 부담을 주고 있음. 따라서 안전사고를 사전 예방하거나 사고 발생이 예상되는 부분에 대해 신속한 제어를 수행함으로써 운영사의 수익성 개선 및 고객 만족도 증진이 필요함.

○ 안전성을 높이고 효율적인 운영이 가능한 환경을 제공함으로써 수송수단으로서 철도시스템에 대한 대외 경쟁력을 확보하는 것은 물론 국가적인 차원에서 철도 선진화 및 고속철도의 대외수출에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 기대됨.

○ 2010년에 KTX 차량고장으로 인한 5분 이상 운행지연이 162건에 달하고 있다는 사실은 대형 철도사고를 야기시킬 수 있는 잠재적 위험이 있다는 것을 의미함. 따라서 철도시스템에서 위험도가 높은 부분의 상태를 실시간으로 모니터링하고 사고예방을 위한 시스템제어 조치가 필요하며, 이와 관련하여 안전제어를 위한 통합 모니터링 개발에 대한 필요성이 제기됨(국토부).

○ 2008년2월 기준(KTX-RCM 출처) 전체 KTX 운행 중 차량고장 중 약 32%가 차륜·차축 관련 이상이었다는 사실은 현재의 주기적으로 수행하고 있는 차륜·차축에 대한 유지보수에 한계가 있음을 의미함. 따라서 철도시스템에서 위험도가 높은 부분의 상태를 실시간으로 모니터링하고 사고예방을 위한 시스템제어 조치가 필요함.

○ 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.

○ 열차와 같은 강한 전자기장에서 작동할 수 있으며 부식 등 열악한 환경 하에서도 지속적인 작동이 가능한 시스템 체계가 필요한데 그 중에서도 가장 중요한 센서시스템의 반영구적인 작동수명을 보장할 수 있는 전원체계와 무선 보완성 및 다수의 센서들이 통신을 수행하되 열악한 환경 하에서도 오류 없이 센싱 데이터를 전송할 수 있는 체계의 개발이 필수적임.

○ 철도차량의 탈선사고에 영향을 주는 주요 인자들에 대해 현재까지는 개별 인자들의 영향만을 연구해 왔으나, 보다 근원적인 원인규명을 위해서는 탈선인자들이 복합적으로 작용할 때 일어나는 복합요인에 의한 탈선현상을 규명하고, 그때의 탈선위험을 평가하는 방향으로 수행되고 있음.

○ 국내에서 연구 개발된 탈선안전 기술을 기반으로 탈선 주요 원인인 윤축베어링, 차륜,

궤도 등의 이상 상태를 모니터링하는 장치를 개발하고, 무선센서네트워크를 이용한 철도 탈선안전 감시 및 제어시스템을 개발함으로써, 승무원과 사령실에서 실시간으로 열차에 대한 탈선위험을 감시하고 열차정지 등 열차운영에 대한 제어를 할 수 있도록 하여 탈선위험도를 현저히 감소시킬 필요성이 대두되고 있음. 선진 각국은 자체적으로 탈선안전시험설비를 확보하여 그 활용을 극대화하고 안전성능시험을 수행할 수 있는 기반을 구축하고 있으며, 차륜/레일 결함에 의한 탈선사고의 원인을 실험적으로 규명 및 재현하고 검증하는 연구가 지속적으로 추진되고 있음.

○ 탈선안전 모니터링 시스템은 대상 시스템의 이상 징후를 조기 발견하여 위험 상황에 처하기 이전에 예방 및 대응 조치를 취할 수 있도록 지속적인 감시를 하기 위해 감시 대상 시스템의 물리적 변화현상을 전기적인 신호로 변환하는 센서를 이용하여 정보의 분석을 통해 현상 파악을 하는 시스템임. 현재까지 철도에서의 모니터링 시스템은 유선(wire) 센서의 사용이 일반적이며, 최근 들어 철도차량 대차 및 주행 장치와 같이 동작을 하는 부분 또는 설치 및 유지보수 접근이 어려운 부분의 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 방식과는 차별화된 주행 중 실시간 상태 모니터링 기반의 안전관리가 가능해짐으로써 철도차량 운행의 신뢰성과 안정성이 크게 향상됨. (출처: International Railway Journal, May 2009).

(2) 정부지원 필요성

○ 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.

다. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

세부과제명		기존 연구과제(최상위 과제명)			검토결과	
과제명	주요내용	과제명	주요내용	연구기관 (연구기간)	차별성	연계방안
실시간 탈선/충돌 감시 제어 기술 개발	• 실시간 탈선 예측 기술개발 • 실시간 충돌 예측 기술개발 • 실시간 선로안전 감시제어 기술개발 • 탈선/충돌 감시 제어 통합 S/W 개발	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 탈선 사고 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 기술개발	• 다차원 통합 신호취득 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 기술개발	• 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 관리시	• 선박 및 해양플랜트의 생애주기 데이터 통합 플랫폼 개발 • 선박해양 통합 정보	(사) 한국선급 ('11.6~'15.5)	• 기존 과제는 선박 및 해양 플랜트를 대상으로 함. • 기존과제는 Product Life	• 연계사항 없음

		스템 개발	모델 개발 • 조선소 등의 기간시스템과의 정보 인터페이스 개발 • 선박 및 해양플랜트의 생애주기 통합 플랫폼과의 인터페이스개발 • 선박 및 해양플랜트의 운영단계 지원 응용시스템 개발		cycle의 제품 정보관리 측면에서 접근하고 있으나, 본 과제에서는 고장물리 특성에 따른 상태 진단 및 예지를 기반으로 하는 철도차량에 적합한 CBM 체계를 구축하고자 함	
		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	주)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 차축 발열검지장치(HBD) 개발 • 차축발열검지장치(HBD) 시스템 엔지니어링 • 차축발열검지장치(HBD) 개발을 위한 센서모듈 및 전자랙 개발 • 통합시험 및 사양서(기술/유지보수)	한국철도공사 ('11.12~'14.9)	• 지상 설비인 HBD 시스템의 국산 상용화 기술 개발을 목표로 하고 있음. • 본 연구에서는 유럽 TSI에서 차축발열검지 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.	• 연계사항 없음
		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	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 철도 환경이라는 특수한	• 콤바인 고장 모드에 온도가 존재하는 경우 온도 감지 기법에 대한 데이터 활용 가능

			판별을 위한 알고리즘 및 진단 모듈 개발		환경하에서의 온도 및 진단시스템 개발을 목표로 하고 있음.	
		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 주행 환경데이터 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 수명에 대한 영향평가를 목표로 하고 있음.	• 상태 진단 및 예측 기법 자료 일부 참조

라. 연구개발 주요내용

○ (2-1) 실시간 탈선예측 기술 개발

- 탈선 영향 파라미터 민감도 분석을 통한 탈선 모드별 메카니즘 규명
- 탈선성능시험설비 고도화 및 탈선성능시험 표준화
- 차축 작용하중, 윤축 횡가속도, 변위 등을 이용한 단일윤축의 동역학적 탈선예측 이론식 개발
- 단일윤축 탈선 예측이론식의 다물체 동역학 시뮬레이션 검증
- 탈선성능시험설비를 활용한 편성열차 동역학 모델의 주행안전성 시뮬레이션 및 개발된 탈선예측 이론식 검증
- 차축 작용하중, 윤축 횡가속도, 변위 계측용 모니터링장치 개발
- 실시간 탈선제어 알고리즘 및 S/W 개발
- 개발된 탈선 모니터링 모듈 및 S/W의 실차 on-line 성능시험

○ (2-2) 실시간 충돌예측 기술 개발

- 충돌 영향 파라미터 민감도 분석을 통한 충돌 유형별 메카니즘 규명
- 충돌성능시험설비 고도화 및 충돌성능시험 표준화
- 동역학적 충돌예측 이론식 개발
- 충돌 예측이론식의 다물체동역학 시뮬레이션 검증
- 충돌성능시험설비를 활용한 편성열차 동역학 모델의 충돌예측 이론식 검증
- 충돌계측용 모니터링장치 개발
- 실시간 충돌제어 알고리즘 및 S/W 개발
- 개발된 충돌 모니터링 모듈 및 S/W의 실차 on-line 성능시험

○ (2-3) 실시간 선로안전 감시제어 기술 개발

- 레일 손상 메카니즘 규명 및 예측 알고리즘 개발
  · 레일 손상에 영향을 미치는 파라미터에 대한 민감도 분석
  · 레일 손상 Tribology 실험장비 개발
- 레일 손상 메카니즘 규명 및 예측 알고리즘 개발
- 취약구간 선로 상태 감시를 위한 지속가능형 센서 및 네트워크 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 안전 펜스를 이용한 침입자 자동 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
- 저중고도 영상정보를 활용한 선로 주변 감시 기술
  · 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

- 철도 선로 실시간 감시 및 제어 통합시스템 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

○ (2-4) 탈선/충돌 감시제어 통합 S/W 개발

- 탈선/충돌 통합안전 시스템 엔지니어링
- 탈선, 충돌, 선로안전 모니터링 시스템 통합
- 탈선, 충돌, 선로안전 제어 통합 S/W 개발
- 통합 S/W의 실차 on-line 성능시험
- 철도차량 무선 통신 보안 기술 개발
- 초고속 철도의 무선 통신기술 개발
- 다중상용 무선 통신망의 철도 응용을 위한 인터페이스 기술 개발
- 실시간 탈선/충돌 감시제어 시스템 검증을 위한 Test-bed 구축 (System Validation Test)

마. 연구개발과제 TRM

일련번호	기술 확보		추 진 일 정 (연도별)															
			1차년도				2차년도				3차년도				4차년도			
			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	(2-1)실시간 탈선예측 기술 개발	동역학적 탈선예측 이론식 개발																
2		실시간 탈선감시 장치 개발																
3		실시간 탈선제어 알고리즘 및 S/W 개발																
4	(2-2)실시간 충돌예측 기술 개발	충돌 예측 이론식 개발																
5		실시간 충돌 감시 장치 개발																
6		실시간 충돌제어 알고리즘 및 S/W 개발																
7	(2-3)실시간 선로안전 감시제어 기술 개발	레일 손상 메카니즘 규명 및 예측 알고리즘 개발																
8		실시간 선로 모니터링 장치 개발																
9		선로안전 제어 통합시스템 개발																
10	(2-4)탈선/충돌 감시제어 통합 S/W 개발	탈선/충돌 통합안전 시스템 엔지니어링																
11		탈선, 충돌, 선로안전 제어 통합 S/W 개발																
12		실차 on-line System Validation Test																

바. 최종성과물 및 성과지표

(1) 최종성과물

◦ 차축 작용하중, 윤축 횡력 계측 실시간 탈선계수 모니터링장치(H/W)

◦ 실시간 탈선제어 알고리즘(S/W)

◦ 충돌계측용 모니터링장치 개발(H/W)

◦ 실시간 충돌제어 알고리즘 (S/W)

◦ 레일 손상 Tribology 실험장비(H/W)

◦ 실시간 선로 모니터링 장치(H/W)

◦ 선로안전 제어 알고리즘(S/W)

◦ 탈선, 충돌, 선로안전 통합 제어 알고리즘 (S/W)

◦ 실시간 탈선/충돌 감시제어 시스템 검증을 위한 Test-bed (H/W 및 S/W)

(2) 성과지표

유 형	지표 구분	성과지표	1차(년) 목표	2차(년) 목표	3차(년) 목표	4차(년) 목표	최종 목표
산출 (Output) 지표	기술적 목표	실시간 탈선예측 기술	탈선예측 모델개발	실시간 탈선계수 측정 장치 개발	탈선예측 알고리즘 개발	탈선예측 성능시험	실시간 탈선예측 기술 확보
		실시간 충돌예측 기술	충돌예측 모델개발	실시간 충돌 예측 장치 개발	충돌예측 알고리즘 개발	충돌예측 성능시험	실시간 충돌예측 기술 확보
		실시간 선로안전 감시제어 기술	레일손상 메카니즘 규명	실시간 레일손상 계측장치 개발	실시간 선로안전 제어장치 개발	선로안전 성능시험	실시간 선로안전 감시제어 기술 확보
		탈선/충돌 감시제어 통합시스템	시스템 통합 기본설계	시스템 통합 상세설계	시스템 통합	시스템 시험평가	탈선/충돌 감시제어 통합시스템 성능구현
	표준 지표	논문 학술지 발표/게재	3	5	6	5	19
		특허 출원 건수	2	2	2	2	8
		소프트웨어 개발 건수	-	-	3	1	4
결과 (Outcome) 지표	과제의 궁극적 목표	탈선/충돌 실시간 감시제어시스템 실용화	모델 개발	시스템 설계	시스템 제작	시스템 성능평가	시스템 현장 적용

		철도서비스 안전성 향상	철도서비스 안전성 향상 기반 기술	철도서비스 안전성 향상 도구 개발	철도서비스 안전성 향상 도구 개발	철도서비스 안전성 향상 기술 확보	철도서비스 안전성 향상 기술
	표준 지표	세계 최고 수준대비 기술수준	80%	90%	95%	100%	100%

사. 성과물 검증방안

(1) 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

(2) 시험을 통한 성과물 성능 및 신뢰성 검증 방안

○ 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

(3) 산출 지표별 검증방안

유 형	지표구분	성과지표	도출근거	평가(검증)방법
산출 (Output) 지표	기술적 목표	실시간 탈선예측 기술	현장 활용성 증대를 위해 반드시 필요한 기술	운영사 및 전문가 자문/검증
		실시간 충돌예측 기술	현장 활용성 증대를 위해 반드시 필요한 기술	운영사 및 전문가 자문/검증
		실시간 선로안전 감시제어 기술	현장 활용성 증대를 위해 반드시 필요한 기술	운영사 및 전문가 자문/검증
		탈선/충돌 감시제어 통합시스템	현장 활용성 증대를 위해 반드시 필요한 기술	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

결과 (Outcome) 지표	과제의 궁극적 목표	탈선/충돌 실시간 감시제어시스템 실용화	선진국과의 기술 격차 해소 필요	현장 적용을 통한 검증
		철도서비스 안전성 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

아. 기술수요처 및 실용화 방안

(1) 기술수요처 및 실용화 방안

○ 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

(2) 기대효과 및 파급효과

○ 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

3. 실시간 화재 감시제어 기술개발 분야

가. 연구개발 목표

○ 철도 전 구간에서 15분 이내 화재감지, 제연, 피난안내, 진압을 구현하는 철도화재 통합감시제어시스템 기술 개발

- 철도화재 통합감시제어시스템(표준) 개발
- 철도터널용 자동소화장치 개발
- 스마트 피난/구난 안내 장치 개발
- 지하역사 지능 제연 및 안전피난통로 기술 개발

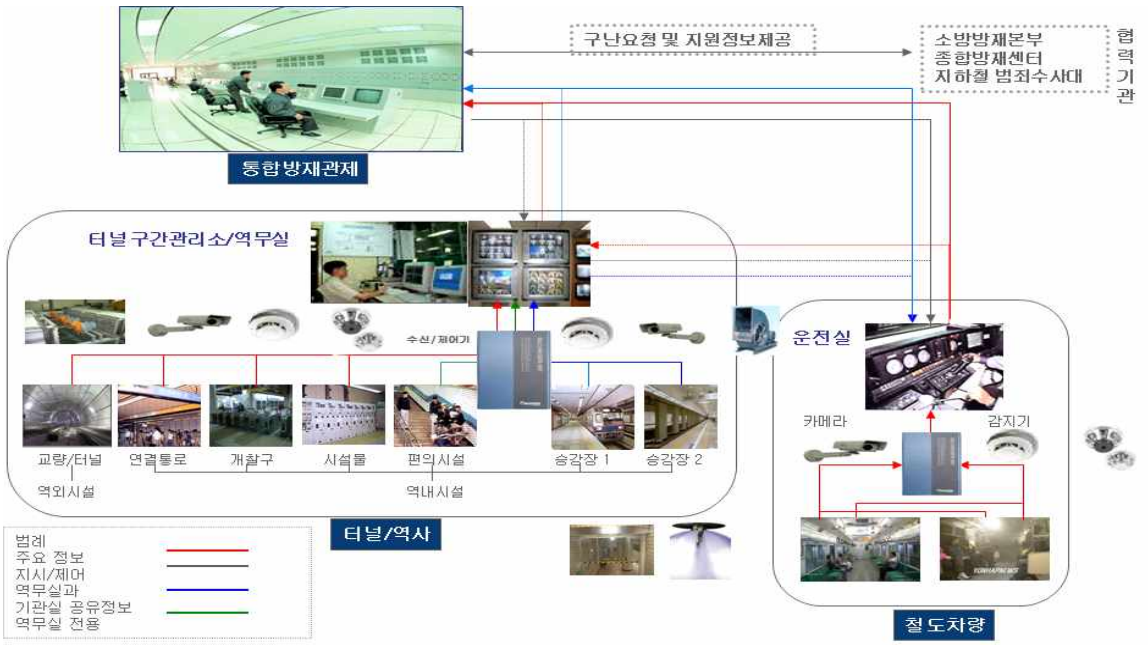


그림 3.3 철도화재 통합감시제어시스템 구성 체계도

나. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

(1) 연구개발 필요성

○ 철도의 고속화, 지하화, 무인화가 가속되어 화재사고가 발생할 경우 대형인명피해로 이어질 가능성이 지속적으로 높아지고 있음. 특히 터널이나 지하구간 또는 차량내부와 같이 외부로부터 닫혀진 구획공간에서는 화재규모가 폭발적으로 갑자기 성장하는 폭열(flashover)의 특성이 나타나게 되어 초기에 화재를 효과적으로 진압하지 못하면 이후에는 제어하기가 거의 불가능하므로 화재초기에 감지, 배연, 피난, 소화, 구난요청 등 일련의 과정이 체계적이고 신속하게 이루어져야함.

○ 우리나라는 2003년 대구지하철 화재사고 이후 차량내장재 난연성 개선, 화재감지기 및 CCTV 설치, 역사 배연설비 용량개선, 승강장 스크린도어 및 스프링클러 설치 등의 다

각적인 안전도 개선 사업이 진행되어 각 분야별 안전성능은 상당한 수준으로 개선되었으나,

○ 각 설비들이 각기 다른 성능사양과 운영체계를 가지고 설치되어 효과적으로 통합 운영되지 못하고 있음. 이러한 이유로 아직도 화재감지 시간지연, 후속 열차의 화재승강장 진입 통제 실패, 소방서 출동 요청 지연, 터널 내 송수관 충수시간 지연 철도직무자의 비상대응절차 혼동이나 훈련부족 등의 문제가 발생하고 있으며

○ 장대터널에서 열차화재가 발생할 경우 소방관의 터널 진입속도 및 보호 대책 부재 등 미해결 과제들이 남아있는 현실임.

○ 특히, 최근에는 고속철도 금정터널 내 열차 비상정차(2012.7.27), 부산 대티역 지하철 화재사고(2012.8.27) 등의 사고가 발생하고 있으며 “철도터널 화재감지기 설치기준 마련 요구”(2011,감사원), “금정터널 화재안전 16개 개선 요구사항 전달”(2012.7, 부산시소방본부), “철도터널 화재안전 관리체계 문제점 지적사항” (소방방재청, 철도터널 화재안전 관리체계 개선방안 연구, 2012.10) 등의 위험 전조 수준이 다시 높아진 상황임.

○ 따라서 고속철도 금정터널 따라서 빠르게 진화하는 최신 IT 기술을 활용하여 실시간 감지 제어 기능을 구현하고 기존 안전설비로는 구현할 수 없는 완결성이 높은 승객 보호시스템의 개발과 장대 터널내에서 효과적으로 대응할 수 있는 자동소화시스템 개발을 통하여 철도시스템의 화재안전도를 획기적으로 상승시키고,

○ 보다 안전한 철도교통을 구현하고 철도 선진화 및 안전관리 시스템의 대외수출 역량 개발에도 기대함.

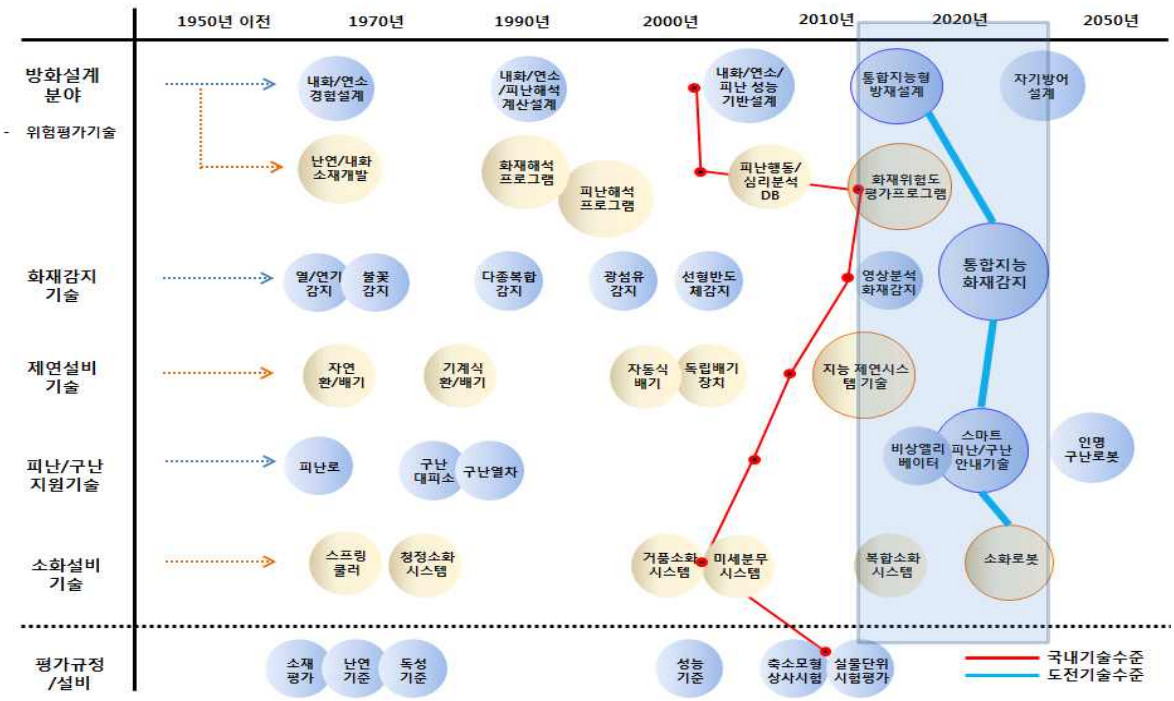


그림 3.4 철도화재 안전기술공학 지도

(2) 정부지원 필요성

○ 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.

다. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

세부과제명		기존 연구과제(최상위 과제명)			검토결과	
과제명	주요내용	과제명	주요내용	연구기관 (연구기간)	차별성	연계방안
실시간 화재 감시 제어 기술개발	• 철도화재통합 감시제어시스템 개발 • 철도직무자 비상대응 직무 DB 및 교육 훈련 프로그램 개발 • 철도터널용 자동소화 장치 갭라 • 승객용 피난안내 시스템 및 소방대원용 승객구난 정보지원 시스템 개발 • 지하역사 지능 제연 및 안전피난통로 기술 개발	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 구현하였음. 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 차량 구간 포함 전체 제연 알고리즘을 개발	• 터널 제연 알고리즘은 기존 연구성과 활용
		이미지 프로세싱 화재인식 장치 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
		실내화재 진압 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

라. 연구개발 주요내용

○ (3-1) 철도화재 통합감시제어시스템(표준) 개발

- 통합화재감시제어시스템 표준운용체계 정립

  · 화재감지기, 제/배연설비, 소방대 연계 체계, 피난안내 시스템, 자동소화시스템 등 관련 감시제어 설비 표준운용 체계 수립

- 화재감지기 및 제어장치 통신표준

  · 기존 상용 화재감지기별 통신 프로토콜 분석 및 철도표준 정립

- 철도화재감시제어인터페이스 패널 표준

  · 화재 및 연계 제어기 상태 감시부, 영상 감지부, 제어설비 제어부 등의 표시장치 표준 정립

- 피난/구난 안내 및 화재 제어설비 운용을 위한 실시간화재분석 알고리즘 개발

- 통합감시제어시스템 기반 철도직무자 비상대응교육 훈련 모듈 개발

  · 철도직무자 비상대응 직무 DB 구축

  · 비상대응절차 지원 안내 체계 수립

  · 휴대 통신장치 기반의 비상교육 훈련 모듈 기술 개발

- 통합시스템 제어장치별 최적모델 연구

  · 철도터널 화재감지기 최적 모델 분석

  · 통합감지제어 시스템 연계 제연, 소화, 피난 안내 장치 최적 모델 제안

- 철도화재통합감지제어시스템 시범모델 구축

○ (3-2) 철도터널용 자동소화장치 개발

- 장대터널에서 발생할 수 있는 터널화재 유형/규모별 소화장치 적용성 분석

  · 미세물분무 설비, 폼분무 소화설비, 투척형 강화약제 설비 등 적용성 분석

- 화재감지, 접근, 소화 기능별 모델 분석

  · 고정식 및 이동형 소화장치 운영 방안 분석

  · 차량화재 최적 자동소화 장치 분석

- 철도터널용 최적 소화시스템 설계

  · 고정식 소화시스템 운영 방안 제시

  · 이동식 자동 소화장치 설계 및 운영방안 제시

- 기존 설치된 연결송수관 설비 활용성 증대방안 연구

- 자동소화 장치 시제품 제작 및 검증

○ (3-3) 스마트 피난/구난 안내 장치 개발

- 실내 위치인식, 증강현실, 무선통신 기술 활용방안 정립
  · 실내위치 인식 기술 분석 및 최적 적용 방안 선정
- 승객 휴대단말기용 스마트 피난 안내 시스템 개발
  · 화재감지시스템 연계 피난안내 알고리즘 개발
  · 역사별 피난 안내구조 DB 작성 표준 체계 개발
  · 스마트 폰 기반 피난 안내 시스템 앱 개발
- 소방대원용 화재 및 승객구난 정보지원시스템 개발
  · 구난 지원정보 정립 및 추출 알고리즘 개발
  · 구난정보 표시기 형식 및 활용 시나리오 정리
  · 정보지원 단말기 및 인테페이스 표준 개발

○ (3-4) 지하역사 지능 제연 및 안전피난통로 기술 개발

- 지하역사 제연 표준 모드 정립
- 차량, 터널, 역사 화재위치별 스마트 제연 알고리즘 개발
  · 실시간 화재모니터링 정보 기반 연기확산 분석 모델 개발
  · 연기 및 화재확산 예측 결과에 기반한 최적 제연 알고리즘 정립
- 차량, 터널, 역사 제연장치(스크린 등) 연계 운영방안 연구
  · 방연셔터, 제연경계벽, 제연스크린 연계 운영 방안 정립
  · 배연설비 운전모드 연계방안 정립
- 안전피난통로(safety pass way) 설계
  · 피난자 보호가 가능한 안전 구역 구현 기술 연구
  · 안전피난통로 시범설치 및 검증

마. 연구개발과제 TRM

일련번호	기술 확보		추 진 일 정 (연도별)															
			1차년도				2차년도				3차년도				4차년도			
			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	(3-1)철도화재 통합감시제어 시스템(표준) 개발	운영체계 및 통신 표준화																
2		실시간화재분석 알고리즘																
3		비상대응교육 훈련 모듈																
4		하위 제어시스템 최적 모델																
5		시제품 개발																
6	(3-2)철도터널용 자동소화장치 개발	무선제어 기술																
7		궤도고속 주행기술																
8		화재인지 및 자동소화기술																
9		시제품 개발																
10	(3-3)스마트 피난/구난 안내 장치 개발	지하역사내 실내위치 계측 기술																
11		피난안내 알고리즘 기술																
12		피난경로 DB 및 안내 앱 제작																
13		구난지원정보 단말기 제작																
14	(3-4)지하역사 지능 제연 및 안전피난통로 기술 개발	지하역사 제연 표준																
15		배연팬, 스크린 연계 제연 시나리오																
16		안전피난통로 설계 기술																
17		시제품 제작																

바. 최종성과물 및 성과지표

(1) 최종성과물

◦ 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)

(2) 성과지표

유 형	지표 구분	성과지표	1차(년) 목표	2차(년) 목표	3차(년) 목표	4차(년) 목표	최종 목표
산출 (Output) 지표	기술적 목표	철도화재 통합감시제어 시스템 개발	운영체계 및 통신 표준화	실시간화 재분석 알고리즘 정립	비상대응 교육 훈련 모듈	통합제어 시스템 시제품 개발	15분 이내 화재진압시스템 구축
		철도터널용 자동소화시스템 장치 개발	무선제어 기술 확보	궤도고속 주행기술	화재인지 및 자동소화 기술	-	터널 내 차량화재 조지진화 체계 개발
		스마트 피난/구난 안내 시스템 개발	지하역사 내 실내위치 계측 기술	피난안내 알고리즘 기술	피난경로 DB 및 안내 앱 제작	구난지원 정보 단말기 제작	스마트 안내를 통한 사고승객 제로 기술 구현
		지하역사 안전피난통로 설계 기술 개발	지하역사 제연 표준	배연팬, 스크린 연계 제연 시나리오	안전피난 통로 설계 기술	-	지능 제연을 통한 사고승객 제로기술 구현
	표준 지표	논문 학술지 발표/게재	2	4	5	4	14
		특허 출원 건수	1	4	4	2	4
		소프트웨어 개발 건수	-	1	2	2	5
		시제품 개발 건수		2	2	2	6

결과 (Outcome) 지표	과제의 궁극적 목표	철도 전구간 15분 이내 화재진압 대응 체계 구현	조기 대응 체계 기반 정립	조기대응 기술 실현	분야별 장벽기술 해결	장벽기술 해결을 통한 대응시간 단축	철도 전구간 15분 이내 화재진압 대응 체계 구현
		철도구간내 화재로 인한 인명피해 제로 안전 구현	인명 피해 제로화 기술 기반 확보	인명 피해 제로화 기술 기반 확보	분야별 인명기술 제로화 기술 개발	분야별 인명기술 제로화 기술 개발	화재로 인한 인명피해 제로 안전 구현
	표준 지표	세계 최고 수준대비 기술수준	80%	90%	95%	100%	100%

사. 성과물 검증방안

(1) 시범설치 운영을 통한 성능 검증

○ 시범설치 운영을 통한 신뢰성 검증 예정

(2) 산출 지표별 검증방안

유 형	지표구분	성과지표	도출근거	평가(검증)방법
산출 (Output) 지표	기술적 목표	철도화재 통합감시제어 시스템 개발	신속한 조기 대응 시스템 구축	시범운영 검증
		철도터널용 자동소화시스템 장치 개발	화재소화 분야 장벽 기술 해결	시제품 성능 검증
		스마트 피난/구난 안내 시스템 개발	피난 안전 분야 장벽 기술 해결	시제품 성능 검증
		지하역사 안전피난통로 설계 기술 개발	연기제어 및 피난분야 장벽 기술 해결	시제품 성능 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	프로그램 제시
		시제품 개발 건수	핵심 기술의 개발 및 검증	시제품 제시
결과 (Outcome) 지표	과제의 궁극적 목표	철도 전구간 15분 이내 화재진압 대응 체계 구현	선진국과의 기술 격차 해소 필요	현장 적용을 통한 검증
		철도구간 내 화재로 인한 인명피해 제로 안전 구현	품질향상과 비용절감은 철도서비스 경쟁력의 주요 인자	최종(중간)보고서 내용 확인
	표준 지표	세계 최고 수준대비 기술수준	세계 최고 수준 목표	전문가 자문 및 검증

아. 기술수요처 및 실용화 방안

(1) 기술수요처 및 실용화 방안

○ 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

(2) 기대효과 및 파급효과

○ 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

4. 실시간 사상사고 감시제어 기술개발 분야

가. 연구개발 목표

○ 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

나. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

(1) 연구개발 필요성

○ 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.

(2) 정부지원 필요성

○ 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 있

으며, 기차·지하철 CCTV가 1만9,494대로 기존 CCTV를 이용해 공중사상사고를 예방할 수 있는 감시제어시스템의 지원이 요구됨.

다. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

세부과제명		기존 연구과제(최상위 과제명)			검토결과	
과제명	주요내용	과제명	주요내용	연구기관 (연구기간)	차별성	연계방안
실시간 공중사상 감시제어 기술개발	• 통합 사상사고 감시제어기술 • 테러·범죄 실시간 감시제어기술 • 위험지역 실시간 감시제어기술 • 작업자 안전 실시간 감시제어기술	도시철도 표준화 2단계 연구	• 지능형종합감시시스템 연구개발 • 차량과 지상간 통합데이터 전송시스템 연구개발	한국철도기술연구원 ('07.7~'12.6)	• 기존연구는 지능형 카메라 및 제한지역 감시, 승객 혼잡도 및 유동량 감시 등에 대한 알고리즘을 개발하였으나, 본과제에서는 테러, 범죄 감시제어, 작업자 안전 감시제어, 확대된 위험지역에 대한 안전 감시 및 제어연구를 목표로 하고 있음.	• 지능형 카메라 하드웨어 및 영상분석 알고리즘 기술과 연계
		건설기술혁신사업	• 위치 정보를 활용한 건설안전 리스크 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 기술을 기반으로 개발되었으나, 본과제에서는 작업자에게 단순히 고지하는 방식이 아닌 작업지역 내 감시제어연구를 목표로 하고 있음.	• 작업자 위치파악 및 추적 기술과 연계
		미래도시철도기술개발사업	• 지상역 승강장의 지능형 승객 안전사고 방재시스템 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 감시제어연구를 목표로 하고 있음.	• 위험지역 실시간 감시기술과 연계

라. 연구개발 주요내용

○ (4-1) 통합 사상사고 감시제어 기술 개발

- 종합상황추론 기술 개발
- 실시간 이벤트 저장 및 분석 기술 개발
- 통합 사상사고 감시제어시스템 단위기능시험

○ (4-2) 테러·범죄 실시간 감시제어 기술 개발

- 테러·범죄 감시제어 기술 개발
- 행동분석 기술 개발
- 위험물체 감시 기술 개발
- 이상 환경 검지 및 제어 기술 개발
- 테러·범죄 실시간 감시제어시스템 단위기능시험

○ (4-3) 위험지역 실시간 감시제어 기술 개발

- 건널목 감시제어 기술 개발
- 통제구역 감시제어 기술 개발
- 승강장 감시제어 기술 개발
- 에스컬레이터 감시제어 기술 개발
- 위험지역 실시간 감시제어시스템 단위기능시험

○ (4-4) 작업자 안전 실시간 감시제어 기술 개발

- 작업지역 내 감시제어 기술 개발
- 작업자 인증 감시제어 기술 개발
- 통합 작업 관리 및 감시 기술 개발
- 작업자 안전 실시간 감시제어시스템 단위기능시험

마. 연구개발과제 TRM

일련번호	기술 확보		추 진 일 정 (연도별)															
			1차년도				2차년도				3차년도				4차년도			
			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	(4-1)통합 사상사고 감시제어 기술 개발	종합상황추론 기술																
2		실시간 이벤트 저장 및 분석기술																
3		통합 공중사상 감시제어시스템 단위기능시험																
4	(4-2)테러·범죄 실시간 감시제어 기술 개발	테러·범죄 감시제어기술																
5		행동분석기술																
6		위험물체 감시기술																
7		이상 환경 검지 및 제어기술																
8		테러·범죄 실시간 감시제어시스템 단위기능시험																
9	(4-3)위험지역 실시간 감시제어 기술 개발	건널목 감시제어기술																
10		통제구역 감시제어기술																
11		승강장 감시제어기술																
12		에스컬레이터 감시제어기술																
13		위험지역 실시간 감시제어시스템 단위기능시험																
14	(4-4)작업자 안전 실시간 감시제어 기술 개발	작업지역 내 감시제어기술																
15		작업자 인증 감시제어기술																
16		통합 작업 관리 및 감시기술																
17		작업자 안전 실시간 감시제어시스템 단위기능시험																

바. 최종성과물 및 성과지표

(1) 최종성과물

◦ 통합 사상사고 감시제어시스템

◦ 테러·범죄 실시간 감시제어시스템

◦ 위험지역 실시간 감시제어시스템

◦ 작업자 안전 실시간 감시제어시스템

(2) 성과지표

유 형	지표 구분	성과지표	1차(년) 목표	2차(년) 목표	3차(년) 목표	4차(년) 목표	최종 목표
산출 (Output) 지표	기술적 목표	통합 사상사고 감시제어 기술	시스템 통합 기본설계	시스템 통합 상세설계	시스템 통합	시스템 단위기능 시험	통합 공중사상 감시제어시스템 성능구현
		테러·범죄 실시간 감시제어 기술	테러·범죄 감시 기본설계	테러·범죄 감시 상세설계	테러·범죄 감시 S/W제작	테러·범죄 감시 단위기능 시험	테러·범죄 실시간 감시제어기술 확보
		위험지역 실시간 감시제어 기술	위험지역 감시 기본설계	위험지역 감시 상세설계	위험지역 감시 S/W제작	위험지역 감시 단위기능 시험	위험지역 실시간 감시제어기술 확보
		작업자 안전 실시간 감시제어 기술	작업자 안전 감시 기본설계	작업자 안전 감시 상세설계	작업자 안전 감시 S/W제작	작업자 안전 감시 단위기능 시험	작업자 안전 실시간 감시제어 기술 확보
	표준 지표	논문 학술지 발표/게재	3	4	4	3	14
		특허 출원 건수	2	2	2	2	8
		소프트웨어 개발 건수	-	-	3	1	4
결과 (Outcome) 지표	과제의 궁극적 목표	실시간 공중사상 감시제어시스템 실용화	모델 개발	시스템 설계	시스템 제작	시스템 단위기능 시험	시스템 현장 적용
		공중사상 사고율 감소	공중사상 사고율 감소를 위한 기반 기술	공중사상 사고율 감소를 위한 도구 개발	공중사상 사고율 감소를 위한 도구 개발	공중사상 사고율 감소 기술 확보	공중사상 사고율 감소 기술
	표준 지표	세계 최고 수준대비 기술수준	70%	80%	90%	100%	100%

사. 성과물 검증방안

(1) 철도 운영기관 테스트베드 구축을 통한 성과물 성능 및 신뢰성 검증 방안

○ 철도 운영기관의 테스트베드 구축을 통한 실질적 성과물 성능 데이터를 도출하고 분석하여 시스템 단위별 성능 및 통합 시스템 신뢰성 검증 예정

(2) 산출 지표별 검증방안

유 형	지표구분	성과지표	도출근거	평가(검증)방법
산출 (Output) 지표	기술적 목표	통합 사상사고 감시제어시스템	사상사고 감소를 위해 반드시 필요한 기술	운영기관 및 전문가 자문/검증
		테러·범죄 실시간 감시제어 기술	사상사고 감소를 위해 반드시 필요한 기술	운영기관 및 전문가 자문/검증
		위험지역 실시간 감시제어 기술	사상사고 감소를 위해 반드시 필요한 기술	운영기관 및 전문가 자문/검증
		작업자 안전 실시간 감시제어 기술	사상사고 감소를 위해 반드시 필요한 기술	운영기관 및 전문가 자문/검증
	표준 지표	논문 학술지 발표/게재	핵심 기술의 개발 및 검증	논문 발표/게재 확인
		특허 출원 건수	핵심 기술의 개발 및 검증	특허 출원증 제시
		소프트웨어 개발 건수	핵심 기술의 개발 및 검증	시작품 제시
결과 (Outcome) 지표	과제의 궁극적 목표	실시간 공중사상 감시제어시스템 실용화	선진국과의 기술 격차 해소 필요	현장 적용을 통한 검증
		공중사상 사고율 감소	공중사상사고 감소를 통한 안전성 향상은 철도서비스 경쟁력의 주요 요인	최종(중간)보고서 내용 확인
	표준 지표	세계 최고 수준대비 기술수준	세계 최고 수준 목표	전문가 자문 및 검증

아. 기술수요처 및 실용화 방안

(1) 기술수요처 및 실용화 방안

○ 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

(2) 기대효과 및 파급효과

○ 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

5절 세부과제간 연계관계

○ 실시간 통합안전 감시제어기술은 탈선, 충돌, 화재, 사상사고 감시제어기술에서 개발된 기술과 모듈들을 통합화하여 하나의 시스템으로 개발하고 테스트베드를 구축하여 운영함.

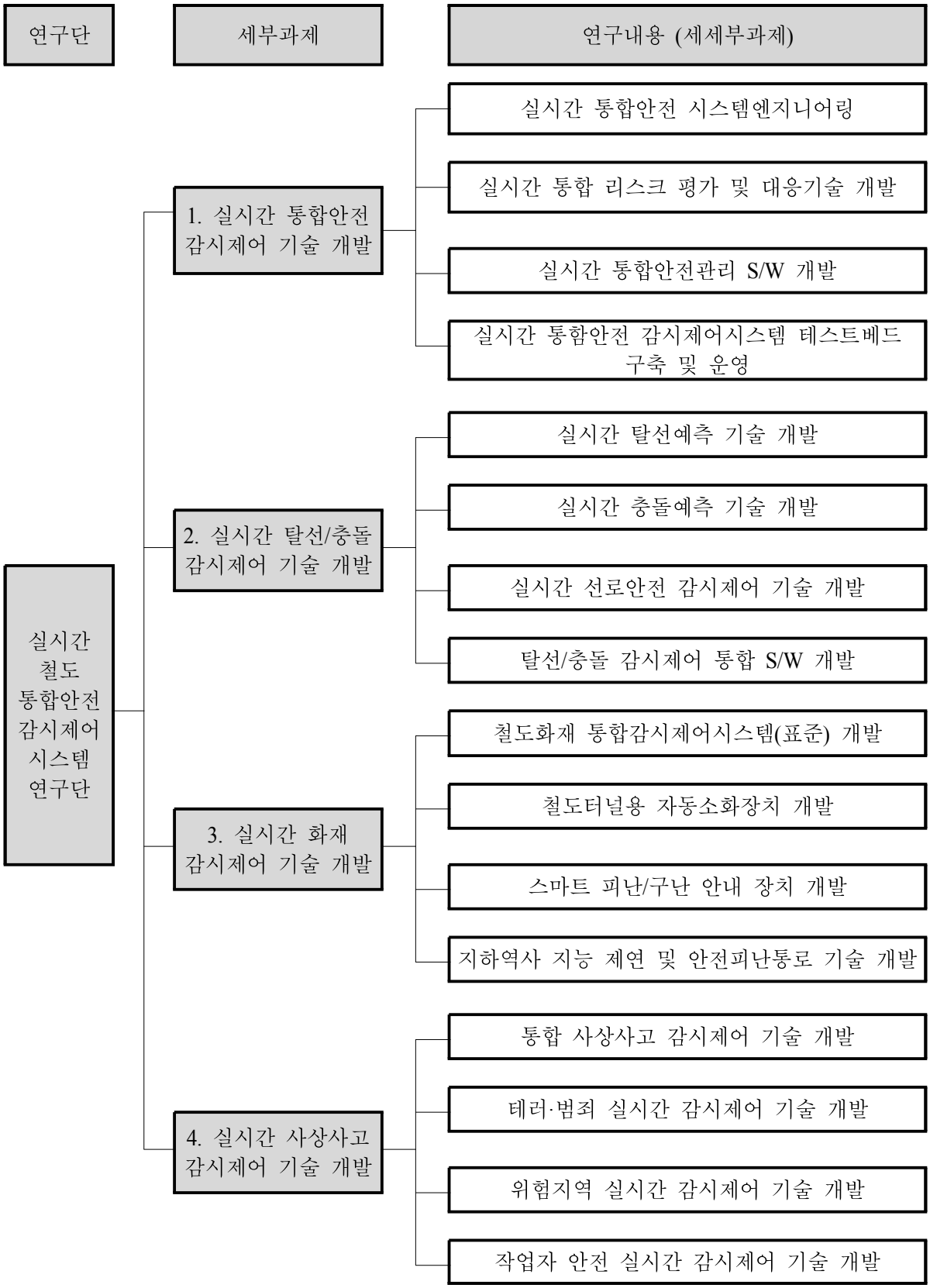
○ 실시간 탈선/충돌 감시제어기술은 탈선이 감지되었을 시 탈선에 의한 인명사고를 예방하는 시스템으로써 실시간 공중사상 감시제어 시스템 개발 시 이와 연계하여 개발되 충돌분야는 침입자 감시기술, 철도시설물 붕괴, 공사장 실시간 감시제어 기술 등의 개발을 통해 실시간 공중사상 감시제어 시스템 개발 시 이를 고려하여 개발됨.

○ 실시간 화재 감시제어시스템은 승강장 및 터널용 자동소화 기술, 스마트 화재 피난/구난 기술, 연기제어 기술, 화재감시 및 영상분석 기술 등이 적용되는 시스템으로써 실시간 공중사상 감시제어 시스템 개발 시 이와 연계하여 개발됨.

○ 세계 최고수준의 국내 IT 인프라를 응용하고 철도 실시간 모니터링 기술을 개발하여 철도차량의 탈선/충돌 등의 상태를 진단하고 사고를 예측하는 기술을 개발함으로써 철도차량 안전성, 친환경성, 유지보수성을 제고하고자 함.

6절 연구수행체계 제안

○ 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	실시간 철도 통합안전 감시제어 시스템 개발	- 실시간 통합안전 감시제어 기술 개발 - 실시간 탈선/충돌 감시제어 기술 개발 - 실시간 화재 감시제어 기술 개발 - 실시간 사상사고 감시제어 기술 개발	- 실시간 철도 통합안전 감시제어 시스템 및 테스트베드
1세부과제	실시간 통합안전 감시제어 기술 개발	- 실시간 통합안전 시스템엔지니어링 - 실시간 통합 리스크 평가 및 대응기술 개발 - 실시간 통합안전관리 S/W 개발 - 실시간 통합안전 감시제어시스템 테스트베드 구축 및 운영 기술 개발	- 철도 통합안전 시스템 엔지니어링 관리계획서 - 철도 통합안전 시스템 엔지니어링 적용 결과 보고서 - 실시간 철도 통합 리스크 관리 체계 - 현장 데이터 기반 리스크 갱신 알고리즘 (S/W) - 실시간 철도 통합안전관리 S/W (S/W) - 실시간 철도 통합 안전
1-1 (공동)	실시간 통합안전 시스템엔지니어링	- 과제별 요구사항 분석 및 관리계획 개발 및 적용 - 시스템 엔지니어링 관리계획 개발 및 적용 - 과제간 인터페이스 관리계획 개발 및 적용 - 과제별 성과물 정의, 검증, 평가 및 활용 계획 개발 및 적용 - 실시간 철도안전감시제어시스템 통합 요구사항 분석 및 관리계획 개발 및 적용 - 실시간 철도안전감시제어시스템 통합 엔지니어링 계획 개발 및 적용 - 실시간 철도안전감시제어시스템 통합 Verification & Validation	
1-2 (공동)	실시간 통합 리스크 평가 및 대응기술 개발	- 실시간 철도 통합 리스크 관리 체계 개발 - 실시간 철도 통합 리스크 평가 기술 개발 - 실시간 철도 리스크 기반 안전대응 기술 개발 - 현장 데이터 기반 리스크 갱신 기술 개발	

	1-3 (공동)	실시간 통합안전관리 S/W 개발	- 실시간 철도안전 통합 모니터링 모듈 개발 - 실시간 철도안전 통합 위험도 관리 모듈 개발 - 실시간 철도안전 대응 관리 모듈 개발 - 안전계획 관리 모듈 개발 - 연계 시스템과의 인터페이스 기술 개발	감시제어시스템 Test-bed (H/W 및 S/W)
	1-4 (공동)	실시간 통합안전 감시제어시스템 테스트베드 구축 및 운영 기술 개발	- 통합안전관리시스템 테스트베드 설계 - 통합안전관리시스템 테스트베드 구축 및 검증 - 통합안전관리시스템 테스트베드 운영 및 데이터 관리	
2세부과제		실시간 탈선/충돌 감시제어 기술 개발	- 실시간 탈선 예측 기술 개발 - 실시간 충돌 예측 기술 개발 - 실시간 선로안전 감시제어 기술 개발 - 탈선/충돌 감시제어 통합 S/W 개발	- 차축 작용하중, 윤축 횡력 계측 실시간 탈선계수 모니터링 장치 (H/W) - 실시간 탈선 제어 알고리즘(S/W) - 충돌계측용 모니터링장치 개발 (H/W) - 실시간 충돌제어 알고리즘 (S/W) - 레일 손상 Tribology 실험장비 (H/W) - 실시간 선로 모니터링 장치(H/W), 선로안전 제어 알고리즘(S/W) - 탈선, 충돌, 선로안전 통합 제어 알고리즘 (S/W) - 실시간 탈선/
	2-1 (공동)	실시간 탈선예측 기술 개발	- 탈선 영향 파라미터 민감도 분석을 통한 탈선 모드별 메카니즘 규명 - 탈선성능시험설비 고도화 및 탈선성능시험 표준화 - 차축 작용하중, 윤축 횡가속도, 변위 등을 이용한 단일윤축의 동역학적 탈선예측 이론식 개발 - 단일윤축 탈선 예측이론식의 다물체동역학 시뮬레이션 검증 - 탈선성능시험설비를 활용한 편성열차 동역학 모델의 주행안전성 시뮬레이션 및 개발된 탈선예측 이론식 검증 - 차축 작용하중, 윤축 횡가속도, 변위 계측용 모니터링장치 개발 - 실시간 탈선제어 알고리즘 및 S/W 개발 - 개발된 탈선 모니터링 모듈 및 S/W의 실차 on-line 성능시험	
	2-2 (공동)	실시간 충돌예측 기술 개발	- 충돌 영향 파라미터 민감도 분석을 통한 충돌 유형별 메카니즘 규명 - 충돌성능시험설비 고도화 및 충돌성능시험 표준화 - 동역학적 충돌예측 이론식 개발 - 충돌 예측이론식의 다물체동역학 시뮬레이션 검증 - 충돌성능시험설비를 활용한 편성열차 동역학 모델의 충돌예측 이론식 검증 - 충돌계측용 모니터링장치 개발 - 실시간 충돌제어 알고리즘 및 S/W 개발 - 개발된 충돌 모니터링 모듈 및 S/W의 실차 on-line 성능시험	

	2-3 (공동)	실시간 선로안전 감시제어 기술 개발	- 레일 손상 메카니즘 규명 및 예측 알고리즘 개발 - 취약구간 선로 상태 감시를 위한 지속가능형 센서 및 네트워크 기술 개발 - 지능형 안전 펜스를 이용한 침입자 자동 감시 기술 개발 - 저중고도 영상정보를 활용한 선로 주변 감시 기술 - 철도 선로 실시간 감시 및 제어 통합시스템 개발 - 개발된 선로안전 감시 및 제어시스템 on-line 성능시험	충돌 감시 제어 시스템 검증을 위한 Test-bed (H/W 및 S/W)
	2-4 (공동)	탈선/충돌 감시제어 통합 S/W 개발	- 탈선/충돌 통합안전 시스템 엔지니어링 - 탈선, 충돌, 선로안전 모니터링 시스템 통합 - 탈선, 충돌, 선로안전 제어 통합 S/W 개발 - 통합 S/W의 실차 on-line 성능시험 - 철도차량 무선 통신 보안 기술 개발 - 초고속 철도의 무선 통신기술 개발 - 다중상용 무선 통신망의 철도 응용을 위한 인터페이스 기술 개발	
3세부과제		실시간 화재 감시제어 기술 개발	- 철도화재 통합감시제어시스템(표준) 개발 - 철도터널용 자동소화장치 개발 - 스마트 피난/구난 안내 장치 개발 - 지하역사 지능 제연 및 안전피난통로 기술 개발	- 철도 전구역 15분 이내 화재 진화를 구현하는 철도화재통합감시제어시스템 (S/W, H/W) - 철도 직무자 비상대응 직무 DB 및 교육 훈련 프로그램 (S/W) - 철도터널용 자동소화장치(H/W) - 스마트폰 기반 승객용 피난안내 시스템 (S/W) - 소방대원용 승객구난 정보지원 시스템 (S/W, H/W)
	3-1 (공동)	철도화재 통합감시제어 시스템(표준) 개발	- 통합화재감시제어시스템 표준운용체계 정립 - 화재감지기 및 제어장치 통신표준 - 철도화재감시제어인터페이스 패널 표준 - 실시간화재분석 알고리즘 개발 - 통합감시제어시스템 기반 철도직무자 비상대응교육 훈련 모듈 개발 - 통합시스템 제어장치별 최적모델 연구 - 철도화재통합감지제어시스템 시범모델 구축	
	3-2 (공동)	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	
	3-3 (공동)	스마트 피난/구난 안내 장치 개발	- 실내 위치인식, 증강현실, 무선통신 기술 활용 방안 정립 - 승객 휴대단말기용 스마트 피난 안내 시스템 개발 - 소방대원용 화재 및 승객구난 정보지원시스템 개발	
	3-4 (공동)	지하역사 지능 제연 및	- 지하역사 제연 표준 모드 정립 - 차량, 터널, 역사 화재위치별 스마트 제연 알	

		안전피난통로 기술 개발	고리즘 개발 - 차량, 터널, 역사 제연장치(배연팬, 스크린 등) 연계 운영방안 연구 - 안전 피난통로(safety pass way) 설계 - 안전피난통로 시범설치 및 검증	- 지능형 제연 알고리즘 (S/W) - 안전피난통로(safety pass way) 개발(H/W)
	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	- 종합상황추론 기술 개발 - 실시간 이벤트 저장 및 분석 기술 개발 - 통합 사상사고 감시제어시스템 단위기능시험	
	4-2 (공동)	테러·범죄 실시간 감시제어 기술 개발	- 테러·범죄 감시제어 기술 개발 - 행동분석 기술 개발 - 위험물체 감시 기술 개발 - 이상 환경 검지 및 제어 기술 개발 - 테러·범죄 실시간 감시제어시스템 단위기능시험	
	4-3 (공동)	위험지역 실시간 감시제어 기술 개발	- 건널목 감시제어 기술 개발 - 통제구역 감시제어 기술 개발 - 승강장 감시제어 기술 개발 - 에스컬레이터 감시제어 기술 개발 - 위험지역 실시간 감시제어시스템 단위기능시험	
	4-4 (공동)	작업자 안전 실시간 선로안전 감시제어 기술 개발	- 작업지역 내 감시제어 기술 개발 - 작업자 인증 감시제어 기술 개발 - 통합 작업 관리 및 감시 기술 개발 - 작업자 안전 실시간 감시제어시스템 단위기능시험	

제4장

사전타당성 검토

1절 정책적 타당성
2절 기술적 타당성
3절 경제적 타당성

제4장 사전타당성 검토

1절 정책적 타당성

1. 정책적 중요성

○ 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

○ 열차 안전사고(충돌, 탈선, 화재)수는 2007년 이후 지속적으로 감소하고 있으나, 최근

증가하고 있는 고속철도의 운행 장애와 약 10년 주기로 발생한 대형철도사고의 근원적 예방에 대한 사회적 요구 증대

- 고속철도 개통이후 감소하던 운행장애 및 서비스고장 발생건수가 2008년 이후 지속적으로 증가하고 있으며 이는 중·대형 사고발생 리스크가 증가하고 있음을 의미

  · 1번의 중·대형 사고는 과거 29번의 장애와 잠재원인 300건이 관련되어 있음 (하인리히 법칙)

- 최근 KXT 탈선, 선로전환기 장애, 지하철 화재, 철도 작업자 사고 등 크고 작은 사고·장애가 지속적인 발생하여 철도 안전에 대한 국민의 우려 증대

○ 인구의 고령화 등에 의한 교통약자의 철도이용 증가를 대비한 강화된 안전대책 필요

- 총 인구는 '16년에 4,931만명, 이 중 고령화인구는 658만명에 이를 것으로 전망

구분	2007년	2011년		2016년
총 인구(만명)	4,846	4,899	⇨	4,931
고령화 인구(만명)	481	553		658

출처) 통계청, 「고령자 통계」, 2010.

- 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

○ 철도 안전관리에 대한 연구가 이루어지고 있으나 시스템적인 접근이 이루어지지 않고 있으며 일부 분야에서는 안전에 대한 지식관리 시스템을 개발하여 활용하고 있으나 대부분 해외 소프트웨어에 의존하고 있는 상황임.

○ 세계4번째 고속철도 개발 국가로서 고속철도기술의 해외진출시 가장 중요시 되는 부분은 기술이전 뿐만 아니라 철도시스템 운영의 안전성 확보이며, 철도시스템에 있어 IT 기술을 이용한 실시간 안전관리가 세계적인 추세이며 필수적인 사항임.

○ 수도권 급행철도(GTX)와 같이 철도가 대심도화 되고, 솔안터널(16.7km) 금정터널(20.3km)을 등과 같이 초장대화 되어감에 따라 화재사고에 대한 국민적 불안감이 높아가고 있음.

○ 대구지하철 화재사고 이후 많은 비용의 안전 개선사업이 있었으나 이를 종합적으로 통제하기 위한 통합관제시스템 영역의 결핍으로 최근 금정역 정차사고나 부산역 전동차 화재사고에 의해서 기존 시스템이 신속한 초기대응에 결함이 있음이 확인됨.

○ 철도 전체구간에 발생한 화재에 대하여 신속하게 대응 조치할 수 있도록 통합감시제어 시스템을 구축하고 이를 구현할 수 있는 혁신방재기술을 개발할 필요가 있음.

2. 정부 전략적 타당성

○ 정부는 1999년 2월 '교통체계효율화법'의 제정을 통하여, 국가 차원의 ITS 계획 수립 및 시행을 위한 법적 근거를 마련하였음. 본 과제는 정부가 추진하는 지능형 교통체계 2020계획과 철도분야 지능형 교통체계 추진방향과 부합함.

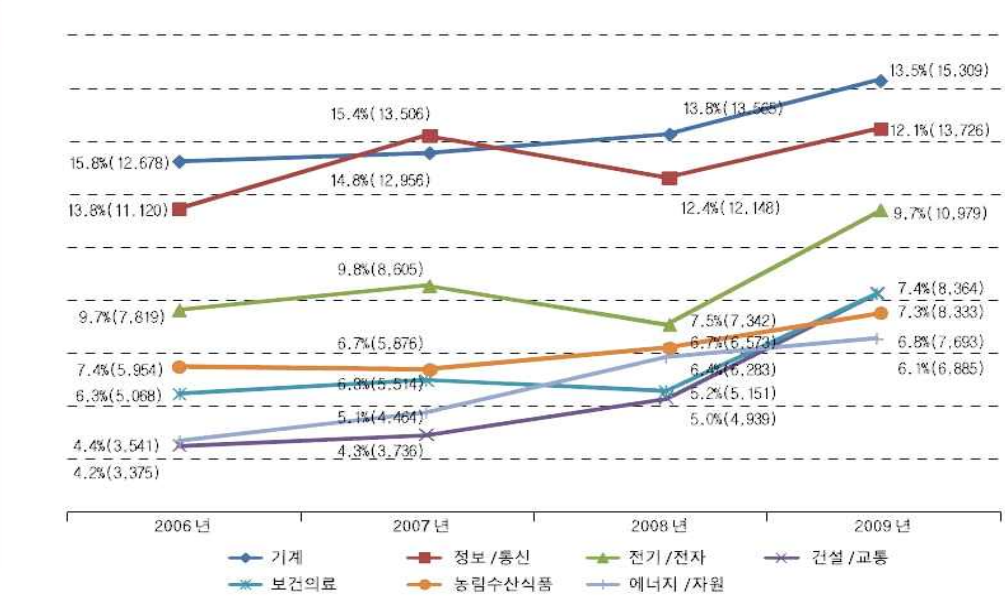
○ 녹색기술 국가 연구 개발사업

- 2010년도 녹색기술 국가연구개발사업을 참고하면, 정부는 녹색강국 건설을 위하여 녹색기술에 대한 투자를 2012년까지 2008년 대비 2배 이상으로 확대하고자 '09년 1월 R&D투자 목표를 세움
- 기술별 27대 중점녹색기술별 투자실적을 보면, 지능형 교통, 물류기술이 2,510억원(7.8%)로 가장 많음
- 2009년 전체 녹색기술 투자 규모 및 중점녹색기술 투자 비중은 정부 계획대로 이행되고 있으나, 녹색기술에 대한 투자 목표 달성을 위해 지속적인 투자 확대정책이 요망됨
- 녹색기초연구 투자목표달성을 위해 중장기적인 관점에서 전략적인 기초연구 확대가 필요함

○ 국가 연구 개발사업

- 국가과학기술위원회와 교육과학기술부가 작성한 2010년도 국가연구개발사업 조사 분석 보고서에 따르면 건설/교통분야에 투자되는 비중이 2006년 4.4%에서 2008년 급격히 증가되어 2009년에는 7.4%에 달함을 알 수 있음

(단위: 억원)



주) 개편된 과학기술표준분류 기준으로 추이 분석함에 따라 2006년부터 시작

그림 4.1 과학기술표준분류별 투자 비중 추이

○ 2010 산업기술 주요 통계분석

- KIAT가 작성한 2010 산업기술 주요통계분석을 참고하면 국가연구개발사업의 부처별 투자를 볼 때, 전체 10조 9,936억원 중 지식경제부,교육과학기술부, 방위사업청, 국토해양부, 중소기업청, 농촌진흥청 등 6개 부.청이 전체의 89.3%를 차지함

- 2008년 건설교통의 경우 협력연구의 비중이 72.6%(3,407억원) 협력연구 없음이 27.4%(1,285억원)으로 협력연구가 비교적 많은 편에 속함

3. 국가/산업차원 계획과의 부합성

○ 제7차 국가교통안전기본계획(2012~2016) 수립 및 발표

- 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

- 역사내 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) 운행중 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, 선로변 외부 작업장비의 선로침입 등으로 10년간 24건의 철도사고(외부침입)가 철도보호지구에서 발생

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

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

*사고시 심각도에 따른 보호지구의 등급, 점검주기 설정

*보호지구내 사고예방 표지, 신고요령 홍보

*사고발생 취약구간 지정 및 중점관리(운영기관)

*선로변 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

○ 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

○ 국가 재정운용계획

- 기획재정부에서 작성한 “2011~2015년 국가재정운용계획요약”중 ‘분야별 재원배분방향’을 살펴보면 재원배분 목적은 ‘맞춤형 복지체계 구축 및 삶의 질 선진화’, ‘녹색성장 등 미래대비 투자강화’, ‘국민 안전 및 국격제고’로 나누어짐

- 재원배분은 크게 12가지 분야로 나누어 배분되는데, 그 중 R&D 분야는 2011년부터 2015년 까지 매년 14.9조원, 16.0조원, 16.9조원, 17.8조원, 18.3조원이 지원될 계획이며, SOC분야에는 24.4조원, 22.6조원, 22.8조원, 22.8조원, 22.8조원이 지원될 예정임

- R&D와 SOC분야 외에도 산업·중소기업·에너지, 농림수산식품, 사회복지·보건, 교육, 문화·체육·관광, 환경, 국방, 외교·통일, 공공질서·안전, 일반공공행정분야가 있음

- R&D 분야의 정책방향 중‘핵심기술 선점 등 선진국 진입을 위해 신성장동력, 녹색기술 분야 등 창조적, 선도적 연구에 선택과 집중’, ‘안전・건강・기후변화 문제 대응 강화’라는 항목이 있음

- SOC 분야의 정책방향 중 ‘녹색성장 뒷받침, 현 스톡수준 등을 감안하여 SOC분야 내 도로투자 비중은 축소하고 철도투자 비중을 단계적으로 확대’, ‘국민안전 확보를 위한 교통시설 안전투자 강화’라는 항목이 있음

- 이처럼 앞으로 늘어나는 철도시설의 안전성 확보를 통한 국민의 신뢰도 상승이 필요함

- 해당기술의 개발을 통해 시설의 안전성 확보 및 국민의 신뢰도 회복을 기대할 수 있음

○ 과학기술 기본계획

- 기획재정부, 교육과학기술부, 외교통상부, 통일부, 국방부 행정안전부, 문화체육관광부, 농림수산식품부, 지식경제부 보건복지부, 환경부, 고용노동부, 국토해양부, 국무총리실 방위사업청, 소방방재청, 농촌진흥청, 산림청, 중소기업청 특허청, 식품의약품안전청, 기상청, 방송통신위원회가 함께 만든 ‘이명박정부의 과학기술기본계획(577전략) 2011년도 시행계획(안)’을 참조함

- 본 계획에 포함된 ‘2011년도 주요 추진계획’은 5%투자달성, 7대 R&D 집중육성, ‘7대 시스템 선진화·효율화’를 포함하고 있음

- 집중육성될 7대 R&D는 주력기간산업 기술 고도화(자동차·조선, 기계·제조공정, 반도체 등), 신산업창출을 위한 핵심기술개발 강화(차세대시스템 S/W, 암 진단·치료 등), 지식기반서비스 산업기술개발 확대(융합형 콘텐츠, 첨단물류 등), 국가주도기술 핵심역량 확보(우주·항공, 원자력·핵융합, 국방 등), 현안관련 특정분야 연구개발 강화(인수공통전염병, 부품·소재 등), 글로벌 이슈관련 연구개발 추진(신재생에너지, 기후변화 예측·

적은 등), 기초·기반·융합기술 개발 활성화(바이오칩·센서, 지능형 로봇 등)로 이루어져 있음

- 7대 R&D 주력기간 산업 중‘국가주도기술 핵심역량 확보’의 목적 중 하나는 국민생활 환경 개선, 생명·재산 안전 확보 등 공익목적 달성과 첨단 건설·교통·물류 기술개발임
- 건설기술혁신사업, 교통체계효율화사업, 미래도시철도기술개발, 미래철도기술개발사업, 첨단도시개발사업(국토부) 등의 사업들을 포함하고 있음
- 7대 시스템 선진화·효율화에 포함된 7대 시스템은 세계적 과학기술인재 양성·활용, 기초원천연구 진흥, 중소·벤처기업 기술혁신 지원, 전략적 과학기술 국제화, 지역 기술혁신역량 강화, 과학기술 하부구조 고도화, 과학기술 문화확산(생활화), 과학기술 문화확산(사회적 역할 증대)으로 이루어짐
- 이 외에도 2011년도 주요 내용은 ‘과학기술인력 양성 및 일자리 창출’, ‘창조형 기초·원천연구 강화’, ‘녹색기술 및 신산업창출 기술 지원’, ‘미래 국력 제고를 위한 지원 강화’를 포함하고 있음
- 녹색기술 및 신산업창출 기술 지원은 ‘저탄소 녹색성장’을 뒷받침하기 위한 핵심 녹색기술 개발과 미래 성장을 주도할 신산업 R&D 투자확대를 목적으로 하고 있음

○ 국가 R&D사업 Total Roadmap

- 과학기술부, KISTEP이 2006년 12월에 함께 작성한 국가 R&D사업 Total Roadmap을 참고함
- Total Roadmap의 분야별 추진전략 중 건설·교통·안전 분야를 보면, 국민 생활환경 개선, 생명·재산 안전성 확보 등 공공 분야와 첨단산업화가 가능한 분야에 투자하는 것이 추진전략임
- 세부 항목으로는 자연 및 인위재해·재난의 예방·대응 등 국민의 삶과 직접 연관된 분야에 투자확대, 미래형 SOC건설, 국토의 효율적 활용 등 국가 기간시설 확충 및 개선을 위한 핵심 분야와 첨단물류기술 분야에 투자지속이라 명시되어 있음
- 본 사업에서 개발하는 기술을 통해 철도차량의 상태를 실시간 모니터링을 할 수 있고, 이를 통해 관리의 효율화를 이룰 수 있고 동시에 국민의 신뢰도 회복을 통해 철도이용률 또한 높아질 것이라 예상됨

○ 국토 종합계획

- 정부에서 발간한 ‘제4차 국토종합계획 수정계획(2006~2020)’을 참고함
- 현재 우리나라는 교통부문의 예산증가율이 일반회계증가율보다 낮은 추세이며, OECD 국가들과 비교했을 때 도로·철도시설이 부족한 실정임
- 국내 교통수단별 장래 여객·화물수송 수요 전망에 따르면, 2020년도에 도로 76.8%, 철도 20.1%, 해운 0.3%, 항공 2.8%에 이를 것으로 전망하고 있음

표 4.1 교통수단별 장래 여객수송 수요

(단위: 백만 인·km/년, %)

연도	도로	철도	해운	항공	합계
2002	206,737(89.0)	18,287(7.5)	621(0.3)	7,809(3.2)	243,454(100.0)
2012	283,131(80.9)	57,378(16.4)	879(0.3)	8,691(2.5)	350,076(100.0)
2020	306,272(76.8)	80,081(20.1)	1,022(0.3)	11,170(2.8)	398,545(100.0)

출처) 건설교통부, 1999 (단, 항공부문의 화물수송수요 자료는 건설교통부, 2005)

표 4.2 교통수단별 장래 화물수송 수요

(단위: 백만 톤·km/년, %)

연도	도로	철도	해운	항공	합계
2002	79,716(50.5)	14,235(9.0)	63,766(40.4)	170(0.1)	157,557(100.0)
2012	101,507(44.6)	26,025(11.4)	99,682(43.2)	200(0.1)	227,414(100.0)
2020	110,960(41.3)	30,368(11.3)	127,166(47.3)	266(0.1)	268,760(100.0)

출처) 건설교통부, 1999 (단, 항공부문의 화물수송수요 자료는 건설교통부, 2005)

- 이러한 변화와 함께 환경 친화적 교통수단 개발 및 교통안전 증진에 대한 사회적 요구 증대, 주 40시간 근무제 시행으로 인해 여가 통행 전망, 고령자·교통약자를 위한 교통시설 및 교통서비스 공급 요구 증대, 대도시권 통근통행의 광역화 심화 등의 예측이 가능함
- 이러한 요구사항들을 충족시키기 위한 추진과제 중 하나가 '반일생활권의 국가기간교통망 구축'으로 볼 수 있음
- 그 중 철도 부문을 보면 수송수요 증가 및 지역개발 유도를 위한 고속철도망을 건설하고, 간선철도망을 정비하는 등의 고속철도와 일반철도망이 연계되는 체계적인 국가철도망구축계획의 수립 및 추진을 계획함
- 또 다른 추진과제인 '안전하고 환경 친화적인 교통체계 구축'의 하위항목에는 '안전을 고려한 교통체계 구축'과 '환경 친화적 교통체계 구축'이 있음
- 이 둘 중 '환경 친화적 교통체계 구축'은 미연결 철도구간을 연결하여 적국적인 철도네트워크를 구축하고 대도시와 주변 신도시 간의 교통계획에서 철도건설을 우선 검토한다는 항목이 포함되어있음

2절 기술적 타당성

○ 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

  · 2015년 철도 Intelligent 모니터링 시장의 규모는 2조 5000억원으로 예상됨

  · 국내에서 세계최초로 본 프로그램을 통해 기술개발이 이루어지면, 이 분야 세계시장을 30%정도만 선점하여도 연간 8000억원 이상의 시장효과가 있을 것으로 기대됨

- 철도 지능 모니터링 시장은 급속히 성장할 것으로 예상됨에 따라 고부가가치 철도기술 활성화를 지원함으로써 국민소득 3만불시대를 여는 미래성장엔진으로 육성할 필요가 있음.고속철도 개통이후 감소하던 운행장애 및 서비스고장 발생건수가 2008년 이후 지속적으로 증가하고 있으며 이는 중·대형 사고발생 리스크가 증가하고 있음을 의미

○ 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)

○ 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.

○ 안전성 향상을 위하여 단순한 대차 주행안전성 측정이 아닌 그 원인이 되는 차륜 상태를 기반으로 한 주행 안전성 감시 기술이 요구되며, 이를 위한 실시간 차상 모니터링 개발 필요. 특히, 주행 중 열차환경과 같은 특수 조건하에서 강건한 내구성능과 작동성능이 보장될 수 있는 모니터링을 위한 핵심 부품의 개발이 필요함.

○ 화재사고의 경우 적정한 시점에 사용된 휴대 소화기 한 대가 소방차 10대 진화 효과를 능가한다고 알려져 있을 정도로 신속한 초기대응이 중요함. 이를 구현시키기 위해서는 철도의 중요 위험구간을 실시간 감시하고 즉시 대응할 수 있는 기술 체계를 확립하여야 함.

○ 또한 안전관리를 담당하게 될 철도종사자가 지속적으로 줄어들고 있으므로 이를 지능자동화 하는 기술적 요구가 증대되고 있음. 철도 종사자가 비상시에 대응해야할 일련의 비상조치를 원활히 수행할 수 있도록 지원하는 기능의 보완도 시급히 요구됨.

○ 전체 시스템의 하드웨어와 소프트웨어는 물론 소요 기술을 구체적으로 포함하여 개별 세부과제는 물론 통합과제로서의 가치를 반영하고 있음

- KTX의 경우 2004년 운행 시작 이후 축적된 풍부한 데이터를 바탕으로 안전 관리의 신뢰도 향상 및 예측 기술에 대한 필요성을 정확히 반영하고 있으며, 그에 따른 해결방안을 충실하게 기술하고 있음
- 해당과제는 탈선, 충돌, 화재, 공중사상 안전 취약지점의 상태를 실시간으로 모니터링하고 이를 바탕으로 탈선, 충돌, 화재, 사상사고의 안전 리스크 예측기술을 개발하여 사고방지 또는 피해저감을 위한 실시간 제어기술을 개발하는 것을 포함하고, test-bed를 구축하여 실용화 입증시험을 하는 등 핵심적인 분야가 모두 포함된 것으로 판단됨

○ 기술 수준 및 개발성공 가능성

- 기존 유사 과제를 수행한 연구실적을 기반으로 전문가 그룹이 형성되어 있으며 상당과제의 기술적 아이디어가 제안되어 있으므로 개발 성공 가능성이 높다고 보임.
- 소요 기술은 세부 각 분야에서 활발히 연구되고 있는 분야로 판단됨. 탈선, 충돌, 화재, 사상사고 각 개별 분야의 경우 이론적 연구는 상당히 진행된 상태이며, 각 분야에서 상당한 실효성을 발휘하는 만큼, 철도 분야에 있어 적용이 가능할 것으로 판단되며, 실효성 또한 매우 높음
- 세계 4번째 고속철도 개발 국가로서 “철도차량 실시간 안전관리기술” 구현을 위한 자료가 충분히 축적된 상태로 판단되며, 이는 경쟁국가와 차별화 된 신뢰도 높은 시스템을 도출 할 것으로 예상 됨
- 추진 사업은 시스템 구현은 물론 다양한 분야의 선행 기술로서의 원천기술 확보가 가능하며, 지적 재산으로서의 활용성 또한 높을 것으로 판단됨

3절 경제적 타당성

○ 비용절감 효과

- 철도운전사고 피해비용 경감 : 제2차 철도종합안전계획 안전목표(‘10년기준 운전사고 사망자 1억・km당 42명→‘19년 34명) 8명 감소시 연간 196억원 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)

○ 생산증대 효과

- 철도 실시간 진단 및 손상 예측기술 개발이 국가 거시적 경제에 미치는 파급효과를 분석하기 위해 본 연구에서는 한국은행에서 5년마다 발표하는 산업연관표를 이용하여 각 산업간 상관관계효과를 고려한 산업부문별 생산유발효과와 부가가치 창출효과 등을 고려하여 연관산업관계 분석을 실시

  · 산업연관표상에는 404개의 기본 산업부문으로 유형별로 구별되어 있는데, 이러한 부문을 철도차량, 철도시스템 등 관련 산업부문으로 재통합하고, 경쟁형 접근방법을 사용하여 철도생산부문을 대상으로 생산유발계수, 부가가치 유발계수의 추정치를 이용

  · 경제적 효과 계수와 고용유발계수는 한국개발연구원(KDI)의 '철도부분사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제3판), 2001'에서 제시하고 있는 값을 이용

표 4.3 철도생산 및 부가가치 유발계수

산업구문	생산유발계수	부가가치유발계수
일반기계	2.93	0.71
전기 및 전자제품	3.04	0.54
철도차량	3.59	0.51

표 4.4 생산유발계수, 부가가치유발계수, 고용유발계수

구 분	생산유발	부가가치	고용유발 (억원당)
차량	3.59	0.51	2.87
시스템 (신호/통신/기계)	3.02	0.57	2.87

  · 실시간 감시 및 손상예측기술 개발비용에 1000억원을 투자했다고 가정했을 때 철도차량과 그 시스템의 투자비가 6:4를 이룰 때 해당 투자 비용과 위 표 4.4의 생산유발계수와 부가가치유발계수, 고용유발계수를 곱하여 기술 개발시의 시장에 대한 예상파급효과를 표로 나타내면 아래의 표와 같음.

표 4.5 시장파급 예상효과

(단위 : 억원)

구분	비용	생산유발	부가가치	고용유발(명)
차량	600	2,154	306	1,722
시스템	400	1,208	228	1,148
합계	1,000	3,362	534	2,870

○ 대외무역증진 효과

- 해외 선진국 철도 분야의 기술은 시대흐름과 함께 고도의 성장을 이루었고 기술진전의 속도가 한층 가속화 됨

  · 설비의 안전관리는 최신 스마트 기술을 적극적으로 도입해 상태감시시스템을 적극 도입하고 설비관리방법을 개량해 옴

  · 해외 철도 선진국의 정책상 지속적인 철도산업의 증가가 예상될 뿐 아니라 현존하는 철도의 안전관리의 기술적 개선, 상태진단 잔여수명 예측을 통해 효과적이고 비용 절감의 관심과 기술 개발이 지속적으로 일어날 것으로 예상

- 선진국 수준의 철도안전기술 확보와 국제표준의 시험규격 및 안전심사 기준 개발로 해외수출에 기여

제5장 인력투입 계획 및 소요예산 산정

1절 연구일정에 따른 인력투입계획
2절 소요예산 산정

제5장 인력투입 계획 및 소요예산 산정

1절 연구일정에 따른 인력투입계획

1. 전체사업 인력투입계획

과 제 명	추 진 일 정 (연도별)					
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
연구단 총괄	109	190	166	118	23	606
1세부과제: 실시간 통합안전 감시제어 기술 개발	30	49	45	42	23	189
1-1 실시간 통합안전 시스템 엔지니어링	7	7	11	9	4	38
1-2 실시간 통합 리스크 평가 및 대응기술 개발	8	10	10	7	4	39
1-3 실시간 통합안전관리 S/W 개발	7	15	15	12	5	54
1-4 통합안전 감시제어시스템 테스트베드 구축 및 운영 기술 개발	8	17	9	14	10	58
2세부과제: 실시간 탈선/충돌안전 감시제어 기술 개발	30	52	40	28	0	150
2-1 실시간 탈선예측 기술 개발	8	14	12	6	0	40
2-2 실시간 충돌예측 기술 개발	8	14	12	6	0	40
2-3 실시간 선로안전 감시제어 기술 개발	8	16	12	6	0	42
2-4 탈선/충돌 감시제어 통합 S/W 개발	6	8	4	10	0	28
3세부과제: 실시간 화재 감시제어 기술 개발	36	49	47	25	0	157
3-1 철도화재 통합감시제어시스템(표준) 개발	8	15	15	15	0	53
3-2 철도터널용 자동소화장치 개발	13	13	12	0	0	38
3-3 스마트 피난/구난 안내 장치 개발	7	11	11	10	0	39
3-4 지하역사 지능 제연 및 안전피난통로 기술 개발	8	10	9	0	0	27
4세부과제: 실시간 사상사고 감시제어 기술 개발	13	40	34	23	0	110
4-1 통합 사상사고 감시제어 기술 개발	3	7	6	5	0	21
4-2 테러·범죄 실시간 감시제어 기술 개발	4	13	8	4	0	29
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

2. 세부과제별 인력투입

○ 1세부과제 인력투입계획(통합안전)

일련번호	기술 확보		추 진 일 정 (연도별)				
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
1	(1-1)실시간 통합안전 시스템 엔지니어링	SE 관리계획 수립	7	0	0	0	0
2		SE 관리계획 적용	0	7	5	5	0
3		통합 검증 및 유효성 확인	0	0	6	4	4
4	(1-2)실시간 통합 리스크 평가/대응기술 개발	통합 리스크 관리체계 개발	4	4	0	0	0
5		통합 리스크 평가/안전대응 기술 개발	4	6	6	0	0
6		현장데이터 기반 리스크 갱신기술 개발	0	0	4	7	4
7	(1-3)실시간 통합안전관리 S/W 개발	S/W 설계	7	6	0	0	0
8		S/W 구현 및 개발	0	9	9	5	0
9		S/W 검증	0	0	6	7	5
10	(1-4)테스트베드 구축 및 운영 기술 개발	시스템 테스트베드 설계	8	8	0	0	0
11		시스템 테스트베드 구축	0	9	9	6	4
12		시스템 검증 및 운영	0	0	0	8	6

○ 2세부과제 인력투입계획(탈선/충돌)

일련번호	기술 확보		추 진 일 정 (연도별)			
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
1	(2-1)실시간 탈선예측 기술 개발	동역학적 탈선예측 이론식 개발	4	4	0	0
2		실시간 탈선감시 장치 개발	4	6	6	0
3		실시간 탈선제어 알고리즘 및 S/W 개발	0	4	6	6
4	(2-2)실시간 충돌예측 기술 개발	충돌 예측 이론식 개발	4	4	0	0
5		실시간 충돌 감시 장치 개발	4	6	6	0
6		실시간 충돌제어 알고리즘 및 S/W 개발	0	4	6	6
7	(2-3)실시간 선로안전 감시제어 기술 개발	레일 손상 메카니즘 규명 및 예측 알고리즘 개발	4	6	0	0
8		실시간 선로 모니터링 장치 개발	4	6	6	0
9		선로안전 제어 통합시스템 개발	0	4	6	6
10	(2-4)탈선/충돌 감시제어 통합 S/W 개발	탈선/충돌 통합안전 시스템 엔지니어링	4	4	0	0
11		탈선, 충돌, 선로안전 제어 통합 S/W 개발	2	4	4	2
12		실차 on-line System Validation Test	0	0	0	8

○ 3세부과제 인력투입계획(화재)

일련번호	기술 확보		추 진 일 정 (연도별)			
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
1	(3-1)화재 통합감지제어 시스템(표준) 개발	운영체계 및 통신 표준화	3	4	2	2
2		실시간화재분석 알고리즘	3	3	3	3
3		비상대응교육 훈련 모듈	-	3	3	3
4		하위 제어시스템 최적 모델	2	2	3	3
5		시제품 개발	-	3	4	4
6	(3-2)터널용 자동소화장치 개발	무선제어 기술	4	3	3	0
7		궤도고속 주행기술	3	4	3	0
8		화재인지 및 자동소화기술	4	3	2	0
9		시제품 개발	2	3	4	0
10	(3-3)스마트 피난/구난 안내 장치 개발	지하역사내 실내위치 계측 기술	2	3	3	3
11		피난안내 알고리즘 기술	3	3	3	2
12		피난경로 DB 및 안내 앱 제작	2	3	3	3
13		구난지원정보 단말기 제작	-	2	2	2
14	(3-4)지하역사 지능 제연 및 안전피난통로 기술 개발	지하역사 제연 표준	2	3	2	0
15		배연팬, 스크린 연계 제연 시나리오	2	2	2	0
16		안전피난통로 설계 기술	2	2	2	0
17		시제품 제작	2	3	3	0

○ 4세부과제 인력투입계획(사상사고)

일련번호	기술 확보		추 진 일 정 (연도별)			
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
1	(4-1)통합 사상사고 감시제어 기술 개발	종합상황추론 기술 개발	3	4	0	0
2		실시간 이벤트 저장 및 분석 기술 개발	0	3	3	-
3		통합 사상사고 감시제어시스템 단위기능시험	0	0	3	5
4	(4-2)테러·범죄 실시간 감시제어 기술 개발	테러·범죄 감시제어 기술 개발	2	3	0	0
5		행동분석 기술 개발	2	3	0	0
6		위험물체 감시 기술 개발	0	3	3	0
7		이상 환경 검지 및 제어 기술 개발	0	4	3	0
8		테러·범죄 실시간 감시제어시스템 단위기능시험	0	0	2	4
9	(4-3)위험지역 실시간 감시제어 기술 개발	건널목 감시제어 기술 개발	2	3	0	0
10		통제구역 감시제어 기술 개발	2	3	3	0
11		승강장 감시제어 기술 개발	0	3	3	0
12		에스컬레이터 감시제어 기술 개발	0	3	3	4
13		위험지역 실시간 감시제어시스템 단위기능시험	0	2	4	4
14	(4-4)작업자 안전 실시간 감시제어 기술 개발	작업지역 내 감시제어 기술 개발	2	2	0	0
15		작업자 인증 감시제어 기술 개발	0	2	3	1
16		통합 작업 관리 및 감시 기술 개발	0	2	2	2
17		작업자 안전 실시간 감시제어시스템 단위기능시험	0	0	2	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	8,286	1,904	10,129	2,326	12,193	2,612	7,642	1,318	1,500	160	39,750	8,320
1세부: 실시간 통합안전 감시제어 기술 개발	2,300	200	3,025	330	4,725	360	3,350	245	1,500	160	14,900	1,295
(1-1)실시간 통합안전 시스템 엔지니어링	750	0	650	0	650	0	450	0	350	0	2,850	0
(1-2)실시간 통합 리스크 평가 및 대응기술 개발	500	100	625	150	650	160	550	120	250	70	2,575	600
(1-3)실시간 철도 통합안전관리 S/W 개발	500	100	850	180	950	200	600	125	350	90	3,250	695
(1-4) 테스트베드 구축 및 운영 기술 개발	550	0	900	0	2,475	0	1,750	0	550	0	6,225	0
2세부: 실시간 탈선/충돌 안전 감시제어 기술 개발	2,300	560	3,250	930	3,450	1,100	2,350	535	0	0	11,350	3,125
(2-1) 실시간 탈선예측 기술 개발	550	150	900	250	900	300	600	135	0	0	2,950	835
(2-2) 실시간 충돌예측 기술 개발	600	150	850	250	850	300	600	170	0	0	2,900	870
(2-3) 실시간 선로안전 감시제어 기술 개발	650	150	800	280	850	350	650	130	0	0	2,950	910
(2-4) 탈선/충돌 감시제어 통합 S/W 개발	500	110	700	150	850	150	500	100	0	0	2,550	510
3세부: 실시간 화재 감시제어 기술 개발	2,250	750	2,250	750	2,250	750	1,050	350	0	0	7,800	2,600
(3-1) 철도화재 통합감시제어시스템개발	675	225	600	200	600	200	600	200	0	0	2,475	825
(3-2) 철도터널용 자동소화장치 개발	600	200	600	200	600	200	0	0	0	0	1,800	600
(3-3) 스마트 피난/구난 안내 장치 개발	450	150	525	175	525	175	450	150	0	0	1,950	650
(3-4) 지하역사 지능 제연 및 안전피난통로 기술 개발	525	175	525	175	525	175	0	0	0	0	1,575	525
4세부: 실시간 사상사고 감시제어 기술 개발	1,436	394	1,604	316	1,768	402	892	188	0	0	5,700	1,300
(4-1) 통합 사상사고 감시제어 기술 개발	596	100	606	124	586	135	450	86	0	0	2,238	445
(4-2) 테러·범죄 실시간 감시제어 기술 개발	370	138	442	88	524	119	114	30	0	0	1,450	375
(4-3) 위험지역 실시간 감시제어 기술 개발	240	78	280	52	298	65	200	37	0	0	1,018	232
(4-4) 작업자 안전 실시간 감시제어 기술 개발	230	78	276	52	360	83	128	35	0	0	994	248

2. 세부과제별 소요예산

구분	과제명	주요내용	년차별 예산 (백만원)					총예산 (백만원)		
			1	2	3	4	5	정부	민간	합계
1세부 과제	실시간 통합안전 감시제어 기술 개발	- 실시간 통합안전 시스템엔지니어링 - 실시간 통합 리스크 평가 및 대응기술 개발 - 실시간 통합안전관리 S/W 개발 - 실시간 통합안전 감시제어시스템 테스트베드 구축 및 운영 기술 개발	2,500	3,355	5,085	3,595	1,660	14,900	1,295	16,195
1-1	실시간 통합안전 시스템엔지니어링	- 과제별 요구사항 분석 및 관리계획 개발 / 적용 - 시스템 엔지니어링 관리계획 개발/적용 - 과제간 인터페이스 관리계획 개발/적용 - 과제별 성과물 정의, 검증, 평가 및 활용 계획 개발/적용 - 실시간 철도안전감시제어시스템 통합 요구사항 분석 및 관리계획 개발/적용 - 실시간 철도안전감시제어시스템 통합 엔지니어링 계획 개발/적용 - 실시간 철도안전감시제어시스템 통합 Verification & Validation	750	650	650	450	350	2,850	0	2,850
1-2	통합 리스크 평가 및 대응기술 개발	- 실시간 철도 통합 리스크 관리 체계 개발 - 실시간 철도 통합 리스크 평가 기술 개발 - 실시간 철도 리스크 기반 안전대응 기술 개발 - 현장 데이터 기반 리스크 갱신 기술 개발	600	775	810	670	320	2,575	600	3,175
1-3	통합안전관리 S/W 개발	- 실시간 철도안전 통합 모니터링 모듈 개발 - 실시간 철도안전 통합 위험도 관리 모듈 개발 - 실시간 철도안전 대응 관리 모듈 개발 - 안전계획 관리 모듈 개발 - 연계 시스템과의 인터페이스 기술 개발	600	1,030	1,150	725	440	3,250	695	3,945
1-4	테스트베드 구축 및 운영 기술 개발	- 통합안전관리시스템 테스트베드 설계 - 통합안전관리시스템 테스트베드 구축 및 검증 - 통합안전관리시스템 테스트베드 운영 및 데이터 관리	550	900	2,475	1,750	550	6,225	0	6,225
2세부 과제	실시간 탈선/충돌 안전 감시제어 기술 개발	- 실시간 탈선예측 기술개발 - 실시간 충돌예측 기술개발 - 실시간 선로안전 감시제어 기술개발 - 탈선/충돌 감시제어 통합 S/W 개발	2,860	4,180	4,550	2,885	0	11,350	3125	14475
2-1	탈선예측 기술 개발	- 역학적 탈선예측 이론식 개발 - 실시간 탈선감시 장치 개발 - 실시간 탈선제어 알고리즘 및 S/W 개발	700	1,150	1,200	735	0	2,950	835	3,785
2-2	충돌예측 기술 개발	- 충돌 예측 이론식 개발 - 실시간 충돌 감시 장치 개발 - 실시간 충돌제어 알고리즘 및 S/W 개발	750	1,100	1,150	770	0	2,900	870	3,770
2-3	선로안전 감시제어 기술 개발	- 레일 손상 메카니즘 규명 및 예측 알고리즘 개발 - 실시간 선로 모니터링 장치 개발 - 선로안전 제어 통합시스템 개발	800	1,080	1,200	780	0	2,950	910	3,860
2-4	탈선/충돌 감시제어 통합 S/W 개발	- 탈선/충돌 통합안전 시스템 엔지니어링 - 탈선, 충돌, 선로안전 제어 통합 S/W 개발 - 실차 on-line System Validation Test	610	850	1,000	600	0	2,550	510	3,060

3세부 과제	실시간 화재 감시제어 기술 개발	- 철도화재통합감시제어시스템 개발 - 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
3-1	철도화재 통합감시제어시스템 개발	- 통합화재감시제어시스템 표준운용체계 정립 - 화재감지기 및 제어장치 통신표준 - 철도화재감시제어인터페이스 패널 표준 - 실시간화재분석 알고리즘 개발 - 통합감시제어시스템 기반 철도직무자 비상대응교육 훈련 모듈 개발 - 통합시스템 제어장치별 최적모델 연구 - 철도화재통합감지제어시스템 시범모델 구축	900	800	800	800	0	2,475	825	3,300
3-2	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	800	800	800	0	0	1,800	600	2,400
3-3	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	600	700	700	600	0	1,950	650	2,600
3-4	지하역사 지능 제연 및 안전피난 통로 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	700	700	700	0	0	1,575	525	2,100
4세부 과제	실시간 사상사고 감시제어 기술 개발	- 통합 사상사고 감시제어기술 - 테러·범죄 실시간 감시제어기술 - 위험지역 실시간 감시제어기술 - 작업자 안전 실시간 감시제어기술	1,830	1,920	2,170	1,080	0	5,700	1,300	7,000
4-1	통합 사상사고 감시제어 기술 개발	- 종합상황추론 기술 - 실시간 이벤트 저장 및 분석기술 - 통합 사상사고 감시제어시스템 단위기능시험	696	730	721	536	0	2,238	445	2,683
4-2	테러·범죄 실시간 감시제어 기술 개발	- 테러·범죄 감시제어기술 - 행동분석기술 - 위험물체 감시기술 - 이상 환경 검지 및 제어기술 - 테러·범죄 실시간 감시제어시스템 단위기능시험	508	530	643	144	0	1,450	375	1,825
4-3	위험지역 실시간 감시제어 기술 개발	- 건널목 감시제어기술 - 통제구역 감시제어기술 - 승강장 감시제어기술 - 에스컬레이터 감시제어기술 - 위험지역 실시간 감시제어시스템 단위기능시험	318	332	363	237	0	1,018	232	1,250
4-4	작업자 안전 실시간 감시제어 기술 개발	- 작업지역 내 감시제어기술 - 작업자 인증 감시제어기술 - 통합 작업 관리 및 감시기술 - 작업자 안전 실시간 감시제어시스템 단위기능시험	308	328	443	163	0	994	248	1,242

제6장

과제 제안요구서

1절 과제 제안요구서(RFP)

2절 평가기준 설정

제6장 과제 제안요구서 및 평가기준

1절 과제 제안요구서(RFP)

연구과제명	실시간 철도 통합안전 감시제어시스템 개발
1. 연구 목표	

○ 철도 탈선, 충돌, 화재, 공중사상 취약지점의 위험요인 상태를 실시간으로 감시하여 철도 사고를 최대한 사전에 예방하고, 사고 발생시 즉각적인 대처 및 사고 심각도 경감기술을 통해 철도 안전 리스크를 최소로 할 수 있는 핵심기술을 개발하며 이 기술들이 통합화된 실시간 안전감시제어시스템을 개발하고 테스트베드(Test-bed)를 구축함.

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

○ 실시간 통합안전 감시제어 기술 개발
- 실시간 통합안전 시스템엔지니어링
- 실시간 통합 리스크 평가 및 대응기술 개발
- 실시간 통합안전관리 S/W 개발
- 실시간 통합안전 감시제어시스템 테스트베드 구축 및 운영 기술 개발

○ 실시간 탈선/충돌 감시제어 기술 개발
- 실시간 탈선 예측 기술 개발
- 실시간 충돌 예측 기술 개발
- 실시간 선로안전 감시제어 기술 개발
- 탈선/충돌 감시제어 통합 S/W 개발

○ 실시간 화재 감시제어 기술 개발
- 철도화재 통합감시제어시스템 개발
- 철도터널용 자동소화장치 개발
- 스마트 피난/구난 안내 장치 개발
- 지하역사 지능 제연 및 안전피난통로 기술 개발

○ 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

4. 연구 내용

□ 1세부과제: 실시간 통합안전 감시제어 기술 개발

○ 실시간 통합안전 시스템엔지니어링
- 실시간 안전감시제어 통합 기술 개발 (휴먼에러, 천재지변, 기상 등의 철도 위험요인 감시제어에 대한 기존 철도 모니터링 기술 적용 및 통합 포함)
- 과제별 요구사항 분석 및 관리계획 개발 및 적용
- 시스템 엔지니어링 관리계획 개발 및 적용
- 과제간 인터페이스 관리계획 개발 및 적용
- 과제별 성과물 정의, 검증, 평가 및 활용 계획 개발 및 적용
- 실시간 철도안전감시제어시스템 통합 요구사항 분석 및 관리계획 개발 및 적용
- 실시간 철도안전감시제어시스템 통합 엔지니어링 계획 개발 및 적용
- 실시간 철도안전감시제어시스템 통합 검증 및 유효성 확인

○ 실시간 통합 리스크 평가 및 대응기술 개발
- 실시간 철도 통합 리스크 관리 체계 개발
- 실시간 철도 통합 리스크 평가 기술 개발
- 실시간 철도 리스크 기반 안전제어 및 대응 기술 개발
- 현장 데이터 기반 리스크 갱신 기술 개발

○ 실시간 통합안전관리 S/W 개발
- 실시간 철도안전 통합 모니터링 모듈 개발
- 실시간 철도안전 통합 위험도 관리 모듈 개발
- 실시간 철도안전 대응 관리 모듈 개발
- 안전계획 관리 모듈 개발
- 연계 시스템과의 인터페이스 기술 개발

○ 실시간 통합안전 감시제어시스템 테스트베드 구축 및 운영 기술 개발
- 통합안전관리시스템 테스트베드 설계
- 통합안전관리시스템 테스트베드 구축 및 검증
- 통합안전관리시스템 테스트베드 운영 및 데이터 관리

□ 2세부과제: 실시간 탈선/충돌 감시제어 기술 개발

○ 실시간 탈선 예측 기술 개발
- 탈선 영향 파라미터 민감도 분석을 통한 탈선 모드별 메카니즘 규명
- 탈선성능시험설비 고도화 및 탈선성능시험 표준화
- 차축 작용하중, 윤축 횡가속도, 변위 등을 이용한 단일윤축의 동역학적 탈선예측 이론식 개발
- 단일윤축 탈선 예측이론식의 다물체동역학 시뮬레이션 검증
- 탈선성능시험설비를 활용한 편성열차 동역학 모델의 주행안전성 시뮬레이션 및 개발된 탈선예측 이론식 검증
- 차축 작용하중, 윤축 횡가속도, 변위 계측용 모니터링장치 개발
- 실시간 탈선제어 알고리즘 및 S/W 개발
- 개발된 탈선 모니터링 모듈 및 S/W의 실차 on-line 성능시험

○ 실시간 충돌 예측 기술 개발
- 충돌 영향 파라미터 민감도 분석을 통한 충돌 유형별 메카니즘 규명
- 충돌성능시험설비 고도화 및 충돌성능시험 표준화
- 동역학적 충돌예측 이론식 개발
- 충돌 예측이론식의 다물체동역학 시뮬레이션 검증
- 충돌성능시험설비를 활용한 편성열차 동역학 모델의 충돌예측 이

론식 검증
- 충돌계측용 모니터링장치 개발
- 실시간 충돌제어 알고리즘 및 S/W 개발
- 개발된 충돌 모니터링 모듈 및 S/W의 실차 on-line 성능시험

○ 실시간 선로안전 감시제어 기술 개발
- 레일 손상 메카니즘 규명 및 예측 알고리즘 개발
- 레일 손상 메카니즘 규명 및 예측 알고리즘 개발
- 취약구간 선로 상태 감시를 위한 지속가능형 센서 및 네트워크 기술 개발
- 지능형 안전 펜스를 이용한 침입자 자동 감시 기술 개발
- 저중고도 영상정보를 활용한 선로 주변 감시 기술
- 철도 선로 실시간 감시 및 제어 통합시스템 개발
- 개발된 선로안전 감시 및 제어시스템 on-line 성능시험

○ 탈선/충돌 감시제어 통합 S/W 개발
- 탈선/충돌 통합안전 시스템 엔지니어링
- 탈선, 충돌, 선로안전 모니터링 시스템 통합
- 탈선, 충돌, 선로안전 제어 통합 S/W 개발
- 통합 S/W의 실차 on-line 성능시험
- 철도차량 무선 통신 보안 기술 개발
- 초고속 철도의 무선 통신기술 개발
- 다중상용 무선 통신망의 철도 응용을 위한 인터페이스 기술 개발

□ 3세부과제: 실시간 화재 감시제어 기술 개발

○ 철도화재 통합감시제어시스템(표준) 개발
- 통합화재감시제어시스템 표준운용체계 정립
- 화재감지기 및 제어장치 통신표준
- 철도화재감시제어인터페이스 패널 표준
- 실시간화재분석 알고리즘 개발
- 통합감시제어시스템 기반 철도직무자 비상대응교육 훈련 모듈 개발
- 통합시스템 제어장치별 최적모델 연구
- 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 - 종합상황추론 기술 개발 - 실시간 이벤트 저장 및 분석 기술 개발 - 통합 사상사고 감시제어시스템 단위기능시험 ○ 테러·범죄 실시간 감시제어 기술 개발 - 테러·범죄 감시제어 기술 개발 - 행동분석 기술 개발 - 위험물체 감시 기술 개발 - 이상 환경 검지 및 제어 기술 개발 - 테러·범죄 실시간 감시제어시스템 단위기능시험 ○ 위험지역 실시간 감시제어 기술 개발 - 건널목 감시제어 기술 개발 - 통제구역 감시제어 기술 개발 - 승강장 감시제어 기술 개발 - 에스컬레이터 감시제어 기술 개발 - 위험지역 실시간 감시제어시스템 단위기능시험 ○ 작업자 안전 실시간 감시제어 기술 개발 - 작업지역 내 감시제어 기술 개발 - 작업자 인증 감시제어 기술 개발 - 통합 작업 관리 및 감시 기술 개발 - 작업자 안전 실시간 감시제어시스템 단위기능시험
□ 주요산출물	○ 실시간 통합안전 감시제어 기술 개발

- 철도 통합안전 시스템엔지니어링 관리계획서
- 철도 통합안전 시스템엔지니어링 적용 결과보고서
- 현장 데이터 기반 리스크 갱신 알고리즘 (S/W)
- 실시간 철도 통합안전관리 S/W (S/W)
- 실시간 철도통합 안전감시제어시스템 Test-bed (H/W 및 S/W)

○ 실시간 탈선/충돌 감시제어 기술 개발
- 차축 작용하중, 윤축 횡력 계측 실시간 탈선계수 모니터링장치 (H/W)
- 실시간 탈선제어 알고리즘(S/W)
- 충돌계측용 모니터링장치 개발(H/W)
- 실시간 충돌제어 알고리즘 (S/W)
- 레일 손상 Tribology 실험장비(H/W)
- 실시간 선로 모니터링 장치(H/W), 선로안전 제어 알고리즘(S/W)
- 탈선, 충돌, 선로안전 통합 제어 알고리즘 (S/W)
- 실시간 탈선/충돌 감시제어 시스템 검증을 위한 Test-bed (H/W 및 S/W)

○ 실시간 화재 감시제어 기술 개발
- 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) 개발(H/W)

○ 실시간 사상사고 감시제어 기술 개발
- 통합 사상사고 감시제어시스템
- 테러·범죄 실시간 감시제어시스템
- 위험지역 실시간 감시제어시스템
- 작업자 안전 실시간 감시제어시스템

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 : 48,070백만원 (정부 : 39,750백만원 + 민간 : 8,320백만원) 1세부과제: 16,195백만원 (정부 : 14,900백만원 + 민간 : 1,295백만원) 2세부과제: 14,475백만원 (정부 : 11,350백만원 + 민간 : 3,125백만원) 3세부과제: 10,400백만원 (정부 : 7,800백만원 + 민간 : 2,600백만원) 4세부과제: 7,000백만원 (정부 : 5,700백만원 + 민간 : 1,300백만원)

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] Adnan Harb, "Energy Harvesting: State-of-the-art", Renewable Energy, v30, pp1-14. 2010

[2] Anton S R, Sodano H A, "A review of power harvesting using piezoelectric materials (2003-2006)", Smart Mater. Struct., v16 p1. 2007

[3] Anurag Kasyap, "Energy Harvesting Pwered Wireless Sensor Node and Asset Tracking Solutions in Random Vibration Environments", AdaptivEnergy White Paper,2009

[4] ATA MSG-3, Operator/Manufacturer Scheduled Maintenance Development.

[5] Australian Transport Safety Bureau 탈선사고 보고서

[6] Barlow, R. E. and Proschan, F., Mathematical Theory of Reliability, SIAM, Philadelphia. 1996

[7] 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

[8] 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

[9] Box , G. E. P., and Jenkins G. M., Time Series Analysis: Forecasting and Control, 2nd ed., Holden Day, San Francisco. CA. 1976

[10] Callahan E. H., Wireless Sensor Networks, CRC Press, 2004

[11] 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

[12] Cian,Terenece, Rafael,James,Bredan, Energy scanvenging for long term deployable wireless sensor networks, Talanta, Vol. 75, pp.613-623. 2008

[13] 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

[14] David Michael Rowe, CRC Handbook of Thermoelectrics, CRC, 1995

[15] David Michael Rowe, Thermoelectrics Handbook : Macro to Nano structured Materials, CRC, 2006

[16] Donoho, D. L. and Johnstone, I. M., "Adapting to unknown smothness via wavelet shrinkage", Journal of the American Statistical Association, 90, 1200-1224. 1995

[17] Donoho, D. L. and Johnstone, I. M., "Ideal spatial adaptation by wavelet shrinkage", Biometrika, 81, 422-455. 1995

[18] 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
[19] Duncan Graham-Rowe, "Wireless Power Harvesting for Cell Phones", Technology Review, 9 June, 2009
[20] E. M. Yeatman, "Advances in Power Sources for Wireless Sensor Nodes," Proceeding of International Workshop Wearable and Implantable Body Sensor Networks, pp20-21, 2004
[21] Fires in Transport Tunnels, EUREKA-Project EU 499:FIRETUN, 1995
[22] 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
[23] FRA, "Developed Wheel anf Axle Assembly Monitoring System to lmprove Passenger Safety", Research Results, PR00-02
[24] FRA, "Development of Rail Neutral Temperature Monitoring Device", Research Results, PR08-31
[25] FRA, "Electrochemical Fatigue Sensor Demonstration on the Steel Bridge at the FAST", Research Results, PR08-12
[26] FRA, "Self-Power Wireless Brake Health Monitor", Research Results, PR08-30
[27] Fredrik Gustafsson, Noclas Bergman, "Matlab for Engineeris Explained," Springer, 2005
[28] Gertsbakh, I. B., Models of Preventive Maintenance, North-Holland. 1977
[29] Gertsbakh, I. B., Reliability theory with applications to preventive maintenance, Springer, New York. 2006
[30] Goldschmidtboeing F and Woias P, "Characterization of different beam shapes for piezoelectric energy harvesting" J. Micromech. Microeng. 18 104013. 2008
[31] Graham Martin, "Wireless Sensor solutions for Home and Building Automation - The Successful Standard Uses Energy Harvesting,", Green Smart Wireless Encean, 10 Aug. 2007
[32] Guan M J, Liao W H, "On the efficiencies of piezoelectric energy harvesting circuits towards storage device voltages", Smart Mater. Struct., v16 p498. 2007
[33] 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
[34] 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

[35] Ian McPherson, "Idustrial Wireless:Hope,help or hype?",The Industrial ethernet book, pp10-12, 2006
[36] IEC 60300, Application guide - Reliability Centred Maintenance.
[37] IEC-60812, Analysis Techniques for System Reliability-Procedure for Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). 2001
[38] IEC-62278, Railway Applications -Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS). 2001
[39] Ingason H., “Correlation between temperatures and oxygen measurements in a tunnel flow”, Fire Safety Journal 42(2007) pp.75-80
[40] Ingason H., “Model scale railcar fire tests”, Fire Safety Journal 42(2007) pp271-282
[41] 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.
[42] InteGRail Project(FP6 012526)" IGR-I-IQM-024-09, Unife, 2008
[43] International Media Support, “IMS Annual Report 2010”, 2011. 6.
[44] International Railway Journal. May 2009
[45] Ireland RAIU 탈선사고 보고서
[46] ISO 9705 Fire tests - “Full-scale room tests for surface products”
[47] James, W. Stevens, "Optimal design of small ΔT thermoelectric generation systems," Energy Conversion and Management, v42, pp709-720, 2001
[48] Jan G. Smits, Wai-Shing Choi, "The Constituent Equations of Piezoelectric Heterogeneous Bimorphs", IEEE Ultrasonics Symposium, pp1275-1278, 1990
[49] Jeffrey Snyder G. , Eric S. Toberer, "Complex thermoelectric materials," Nature Publishing Group, Feb, v7, p105-114. 2008
[50] 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
[51] Jeffrey Snyder G., Tristan S. Ursell, "Thermoelectric Efficiency and Compatibility,", Physical Review Letters, v91, n14, 148301, 2003
[52] Jennifer Yick, Biswanath Mukherjee, Dipak Ghosal, "Wireless Sensro network survey," Computer Networks, v52, pp2292-2330, 2008
[53] Joseph A. Paradiso, Thad Starner, "Energy Scavenging for Mobile and Wireless Electronics", IEEE CS, p18-27, 2005
[54] 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
[55] KOTRA, “中, 디지털 영상보안설비 시장동향”, 2010. 7.
[56] 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
[57] Lee H. S., "Thermal Design: Heat Sinks, Thermoelectrics, Heat Pipes, Compact Heat Exchanger, and Solar Cells,", John Wiley Inc. 2010
[58] 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
[59] Levitt, J., Complete guide to predictive and preventive maintenance, Industrial Press, New York. 2002
[60] LIG넥스원, "CBM 도입을 통한 정비효율성 제고방안", 기술보고서. 2008
[61] 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
[62] 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
[63] 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
[64] 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
[65] Manual, "VVVF type Electrical Multiple Unit Maintenance Manual," Korean Operator. 2005
[66] Meydbray Y., R. Singh, Ali Shakouri, "Thermoelectric Module Construction for Low Temperature Gradient Power Generation", IEEE International Conference on Thermoelectrics, pp348-251, 2005
[67] MIL-1629a, Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis. 1980
[68] MIL-HDBK-2173 (AS), Handbook for Reliability-Centered Maintenance Requirements for Naval Aircraft, Weapons systems and Support Equipment.
[69] Montgomery, D. C. and Mastrangelo, C. M., “Some Statistical Process Control Methods for Autocorrelated Data," Journal of Quality Technology, 23(3), 179-193. 1991
[70] Moubray, J., Reliability-Centered Maintenance, 2nd ed., Industrial Press, New York. 1997
[71] Nathan S. Shenck , Joseph Paradiso, "Energy Scavenging with Shoe Mounted Piezoelectrics," IEEE Micro, v21. 2001
[72] NAVAIR 00-25-403, Guidelines for the naval aviation reliability-centered maintenance process.

[73] Niebel, B. N., Engineering Maintenance Management, 2nd ed., Marcel Dekker, New York. 1996
[74] Oh, J. G., "SAW Based Passive Radio Sensors using Energy Gathering Method," Ph.D. Thesis, University of Sogang, pp. 25-29. 2005
[75] 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
[76] 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
[77] 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
[78] 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
[79] Peter Harrop, "Energy harvesting WSN at SNCF France," J. Energy Harvesting, Article, 4 Jan. 2010
[80] Piezo systems product catalog. (cited 2011 22 March) Available from http://www.piezo.com/catalog7C.pdf
[81] Pitak Laoratanakul, Bonding agent selections for a laminated piezoelectric transformer aiming to improve power capability
[82] Poudeu, P. F. R., "High Thermoelectric Figure of Merit and Nanostructuring in Bulk p-type ,", Angew. Chem. Int. Edn 45, pp3835-3839. 2006
[83] 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
[84] Qing-Ming Wang, L. Eric Cross, "Constitutive Equations of Symmetrical Triple Layer Piezoelectric Benders", IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control, v46, n6, 1999
[85] Quintiere, J. G. Scaling applications in fire research. Fire Safety Journal, 1989, 15, pp3-29.
[86] 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
[87] 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
[88] Roundy S, Wright P, Pister K, "Micro electrostatic vibration to electricity converters", Proc. IMECE 2002, pp1-10. 2002

[89] Roundy S., V. Sundararajan, "Improving Power Output for Vibration-Based Energy Scavengers", IEEE CS, pp28-36, 2005
[90] Roundy, S. and Wright P.K., "A piezoelectric vibration based generator for wireless electronics," Smart Materials and Structures, v13, pp. 1131-1142. 2004
[91] Roy Freeland, " Vibration Energy Harvesting" Perpetuum, Korea Rail Mar 2011
[92] SAE JA1012, A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard.
[93] Saranga, H. and Knezevic, J., "Reliability prediction for condition-based maintained systems", Reliability Engineering & System Safety, 71, 219-224. 2001
[94] SDS journal of IT service, "융합보안시장 동향 보고", 2010. 9.
[95] SHAD Roundy, Paul Kenneth Wright, Jan M.Rabaey, Energy Scavenging for Wireless Sensor Networks, Kluwer, 2004
[96] Shashank Priya, Daniel J. Inman, Energy Harvesting Technologies, Springer. 2009
[97] Shunfeng Cheng, Michael H. Azarian, Michael G. Pecht, "Sensor Systems for Prognostics and Health Management", Sensors, v10, pp5774-5797, 2010
[98] 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
[99] 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
[100] Sodano H A, Inman D J, Park G, "A review of power harvesting from vibration using piezoelectric materials" Shock Vib. Dig. v36, pp197. 2004
[101] 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
[102] Sodano H. A., G. Park, D. J. Inman, "Estimation of Electric Charge Output for Piezoelectric Energy Harvesting,", Strain, v40, pp49-58, 2004
[103] 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
[104] Soobum Lee, Byeng D Youn, "A design and experimental verification methodology for an energy harvester skin structure", Smart Material and Structure, v20, pp9, 2011
[105] 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.
[106] Strang, G. and Nguyen, T., Wavelets and Filter Banks, Wellesley-Cambridge

Press, MA. 1997
[107] Tsang, A. H. C., "Conidition-based maintenance tools and decision making", Journal of Quality in Maintenance Engineering, 1(3), 3-17. 1995
[108] 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
[109] Wang Z. L., "Energy Harvesting for Self-Powered Nanosystem," Nano Res., v1, pp1. 2008
[110] Wireman, T., World class maintenance management, Industrial Press, New York. 1990
[111] Yen Kheng Tan, Sanjib Kumar Panda,, "Review of Energy Harvesting Technologies for Sustainable wireless sensor network", Sustainable Wireless sensor networks, pp.15-43
[112] 건설교통부, “철도화재 조기탐지/자동소화 장치개발”, 2004
[113] 고경찬 박외철, “FDS를 이용한 실내화재의 문제점”, 산업안전 학회지, 제19권 제1호 pp18-22, 2004
[114] 고승우, 고권현, 유홍선, “액적분열을 고려한 미세물분무 화재제어에 대한 수치해석”, 한국철도학회논문집, 제9권, 제6호, pp625-629, 2006
[115] 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
[116] 광주광역시, “도시환경 그린화 스마트 영상관제 솔루션 육성사업에 관한 보고서” 2011.5
[117] 김두현, “국방분야 녹색기술 선진국의 연구개발 동향”, 국방과학논단, pp56-61, 2010
[118] 김식, “미래병사체계 기술개발 동향”, 국방과학기술조사서, pp76-87, 2010
[119] 김정엽 외 8명, “도시철도 환경개선 및 방재를 위한 스크린도어 시스템 최적설계기술 개발”, 2004
[120] 도시철도 건설규칙” 건설교통부령 412호, 2004년 12월 개정
[121] 박창규, “특별기고-녹생성장과 국방”, 국방과 기술, pp42-55, 2009
[122] 영상보안시스템 기술 동향”, 정보보호학회 논문지, 제19권 5호, 2009. 10
[123] 유병곤, “MEMS 기술을 이용한 에너지 하베스팅 기술”, 전자통신동향분석, 제23권, 제6호, pp48-58, 2008
[124] 유인성, 홍희영, “Eco Step", 인천 국제 디자인 어워드 (IIDA 2009)
[125] 이덕희 외 4명 “철도차량 화재 시 열방출률 곡선의 표준화 방안 연구”, 한국철도학회 추계학술대회 논문집, 2010
[126] 이동호, “지하철 역사의 공기질 개선을 위한 최적 환기 방식에 관한 연구”, 인천지역환경기술개발센터,
[127] 일본문부과학성 과학기술정책연구소, “2040년의 과학기술”, 2012
[128] 장용준, “사각 단면을 갖는 철도차량 주위의 3차원 유동해석”, 한국철도학회논문집, 제9권, 제6호, pp772-777, 2006

[129] 장희철, 김태국, 박원희, 김동현, “지하역사에서 화재 발생시 자연풍 및 강제배연의 영향에 대한 수치적 연구”, Jour. of the ITS, CAU., VOL34 pp23-30, 2004
[130] 장희철, 김태국, 박원희, 손봉세, “지하철 역사에서 화재발생시 배연 팬의 운전조건에 따른 화재 특성연구”,(사) 한국화재소방학회, 서울특별시 소방학교 공동 추계학술논문 발표회, B09, pp230-240, 2005
[131] 전자정보센터, “지능형 영상보안 기술현황 및 동향”, 2008. 8.
[132] 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
[133] 정영훈, 조정호, 이영진, 백종후, “나노선 기반 압전 에너지 하베스팅 소재”, 전기전자재료, 제23권, 제9호, p3-11, 2010
[134] 조래혁,박채형, 이학선. "레일절손 감시시스템 개발", 대우엔지니어링 기술보, 제26권 1호, pp70~89
[135] 철도 건설 본부, “영동선 동백산-도계 간 철도이설 건설공사 실시설계 보고서 (환기설비)”, 1999
[136] 철도 시설 안전기준에 관한규칙(건476,05/10), 철도 시설 안전기준에 관한지침 (건395,06/9)
[137] 철도시설 안전기준에 관한 규칙” 건설교통부령 제476호
[138] 철도시스템 건전성 모니터링 기초연구 보고서. 한국철도기술연구원. 2010
[139] 한국 철도시설공단, “중앙선 원주-봉양 간 복선전철 노반 기본설계 및 보양-제천 간 복선전철 노반 기본 및 실시설계”, 2004
[140] 한국건설교통기술평가원, “장대 철도터널 화염방재 기술 및 환기 공조시스템 개발”, 2004
[141] 한국철도공사, “2011철도통계연보”, 2011
[142] 한국철도기술연구원, “철도화재 안전 매뉴얼”, 2011
[143] 한국철도기술연구원, “철도화재 안전성능 평가 및 사고방지 기술개발”, 2011

부 록

철도시스템 주요 위험요인 및 위험요인별 안전관리 현황 및 개선방안

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 차륜상태에 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 과속방지 ○ ATO, ATC, ATP의 신호설비가 탑재된 차량은 선로에 설비된 신호장치에서 정보를 받아 운행함으로 실질적으로 과속주행의 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 자동블랜딩되어 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 운전 취급방법 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 차단 된 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 흡수 구조로 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 급속방전으로 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, 긍선장치, 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 케이불의 이상 유무를 모니터링 확인 할 수 있도록 개선 필요 ○ 차량 전선 케이불의 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 배기가동 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 최소화 하도록 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 최소화하기 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 무단조작여부 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 제작이력관리 ○ 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 케이블의 이상 유무를 모니터링 확인 할 수 있도록 개선이 필요함 ○ 차량 전선 케이블의 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