



K
R
R
I

철도 배전선로 무전원·무선 안전 감지 기술 개발 기획 연구

Preliminary study on the self-powered wireless
sensing technology for the safety of rail power
distribution line

2018.10



K
R
R
I

철도 배전선로 무전원·무선 안전 감지 기술 개발 기획 연구

Preliminary study on the self-powered wireless
sensing technology for the safety of rail power
distribution line

2018.10

제 출 문

한국철도기술연구원 원장 귀하

본 보고서를 “철도 배전선로 무전원·무선 안전 감지 기술 개발 기획” 과제 의 보고서로 제출합니다. (“철도 시설 및 차량 설비 무전원·무선 안전 감지 기술 개발 기획” 발췌)

2018년 10월 31일

연구기관명 : 한국철도기술연구원

보고서 요약서

과제코드	RP18003X	총연구 기간	2018.09.10 ~ 2018.10.31	당해연도 연구기간	2018.09.10 ~ 2018.10.31
연구사업명	한국철도기술연구원 자체사업				
연구과제명	대과제명	철도 시설 및 차량 설비 무전원·무선 안전 감지 기술 개발			
	세부과제명	철도 배전선로 무전원·무선 안전 감지 기술 개발 기획 연구 (발췌)			
연구기관명	한국철도기술 연구원	해당단계 참여 연구원수	총 내부 외부	10명 10명 명	해당단계 연구비
소속부서명	차세대철도차량본부	참여기업명		정부 기업 계	5,000천원 천원 5,000천원
국제공동연구	상대국명 :	상대국연구기관명 :			
위탁연구	연구기관명 :	연구책임자 :			
요약 (연구결과를 중심으로 개조직 500자 이내)				보고서면수	
<p>○ 철도 배전선로 무전원·무선 안전 감지 기술 개발 기획 연구</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ ‘철도 배전선로 무전원·무선 안전 감지 기술’은 철도시스템의 안전을 확보하기 위해 철도시설에 대한 무전원·무선 기술을 이용하여 실시간 상태 및 위험을 평가·예측하는 철도안전체계를 구축하여, 철도관리자·운영자가 활용하기 쉽고, 일반 국민이 안전한 철도를 구현하는 것을 목적으로 하며, 다음과 같은 세부 수행 기술로 구성 <ol style="list-style-type: none"> 1) 철도 배전선로 무전원·무선 안전 감지 기술 개발 [배전선로 케이블, 접속함, 부스바 등 직결접속점] 2) 무전원·무선 안전 감지 기술의 공간정보 기반 철도 배전선로 통합 안전 운영 기술 개발 및 실증 					
색인어 (각 5개 이상)	한글	무전원, 무선, 센서, 모니터링, 철도			
	영어	Self-powered, Wireless, Sensor, Monitoring, Rail, Power distribution line			

요 약 문

I. 제목

철도 배전선로 무전원·무선 안전 감지 기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

- (철도 시설 노후화 심화) '16년 기준, 30년 이상 노후화된 주요 시설물이 약 42%이며, 국가 철도 시설개량 투자 소요 필요예산은 9조4,682억원으로 '16년까지 2조2,019억원 투자되어 철도시설 개량율이 23.3%(최근 5년간 연 평균 3,675억원 투자) 수준으로 매우 저조 (철도시설개량 종합계획(국토부, 2015.12월 보완분)).
 - '17년 기준 31년 이상 노후 시설물 약 39%
 - '17년 철도 4700억원 예산 투입한 전기설비의 경우 개량화 실적이 노후화 속도를 따라 가지 못하는 것으로 나타남 (한국철도시설공단, 인천일보, 「4,700억 투입했지만 철도시설 노후화는 '계속' 진행형」 2017.10.22.)
- 전철전력 배전을 위한 지중 전력케이블은 고속선 및 일반선 전 선로에 설치되어 있으며, 노후화 등의 이유로 발생하는 지중 배전선로 장애 및 사고가 전체 전력설비 장애 및 사고의 80%이상으로 대다수를 차지함 (출처: 코레일, 한국철도시설공단, '13~'17년도)
 - 코레일 전철전력처, 한국철도시설공단 시설개량처 : 현재 철도시설 지중 전력케이블 등 전력 전송 계통 안전 감지를 위한 모듈이 포함되어 있지 않아, 조속한 개발 요구
 - 한국철도시설공단, 코레일 모두 제안된 “배전선로 전력계통 무전원·무선 안전감지 기술”개발 필요성 확인, 이에 따라 한국철도시설공단, 코레일 등 유관기관의 참여 및 시스템을 연계하여 기술개발 및 실용화에 적극적인 참여 활용계획 마련 : 한국철도시설공단 “지중 전력케이블 단일화 22.9kV 승압 개량화 사업('24년 완료예정),” 코레일 “철도전기설비 고도화 실행계획” 등 기술 반영 등 구체적 실용화 방안 마련('20년 케이블 자동화 감시 추진계획 기반영)
- 철도 시설물에 대한 안전 확보를 위해서는 무엇보다 예방정비가 중요하나, 막대한 인력과 시간이 소요되며, 현재 적기에 100% 전수 검사 수행이 불가능한 상황
- (육안점검과 인력기반의 현행 정기점검) 비용, 인력 및 시간 소요 과다, 장애에 대한 제한된 정보만 제공(정성적 평가)되며, 갑작스러운 파괴 징후의 발견 어려움
- 지중 전력케이블은 고속선로 1237.2km, 일반선로 4851.16km에 해당하며, 전구간에 저전압 전력선 및 통신선을 설치해야 하는 유선 모니터링은 경제성 측면에서 현실적으로 구현 불가
- 한국철도시설공단은 '철도시설 이력관리 종합정보시스템 구축용역(2018~)', '철도공간정

보 구축 용역(2018~)', 'IoT 기반 지능형 철도시설관리체계(2018~)' 등으로 철도시설물 효율적 유지관리 도모

· 철도시설 이력관리 및 IoT 기반 체계 구축에서 지중 전력케이블 등 전력 전송 계통 안전 감지를 위한 모듈이 포함되어 있지 않아, 조속한 개발 요구

- 무전원·무선 센서 노드는 센싱, 무선통신 등 센서 노드 동작에 필요한 전력을 주변 환경으로부터 획득하는 무전원 센서 노드로서, **별도 전원이 필요 없기 때문에 기존 설치 불가능한 곳에도 개조 없이 설치가 가능하며**, 반영구적인 사용으로 경제성이 높으며, 유지보수 효용성이 높음 (Easy installing, Fix & Forget)
 - 철도차량은 전철전력설비로부터 급전받아 차량 추진모터, 차내 전원 등을 공급하기 위해 모터 블록, 변압기, 인버터, 공기압축기, 냉난방기 등의 시설을 갖추고 있으며, 이들 또한 차량 운행의 핵심 설비로서 주요 모니터링 대상임
 - 철도차량은 독립된 일체의 설비로서 사고를 방지하고 안정성을 확보하기 위해 다양한 형태의 유선 센서 및 모니터링 시스템을 자체적으로 구비하고 있음
 - 철도차량 중 일부 탈선 감지 센서, 압축기 모니터링 센서, 대차 구조물 안전성 모니터링 센서, 부스바 등에 대한 부분적인 무전원·무선 센서 모니터링의 요구가 있음
- (※ 철도 차량 설비 무전원·무선 안전 감지 기술 적용 대상은 철도공사의 협조하에 본 기획연구 기술개발의 필요성 및 기술동향 “능동 유지보수기술”과 같이 조사·분석했으나, 도출된 과제제안 연구내용은 연구원에서 진행중인 “철도 유지관리 자동화 관리 개발 사업 기획” 연구에 반영)

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

- ‘철도 배전선로 무전원·무선 안전 감지 기술’은 철도시스템의 안전을 확보하기 위해 철도시설에 대한 무전원·무선 기술을 이용하여 실시간 상태 및 위험을 평가·예측하는 철도안전체계를 구축하여, 철도관리자·운영자가 활용하기 쉽고, 일반 국민이 안전한 철도를 구현하는 것을 목적으로 하며, 다음과 같은 세부 수행 기술로 구성
 - 1) 철도 배전선로 무전원·무선 안전 감지 기술 개발 [배전선로 케이블, 접속함, 부스바 등 직결접속점]
 - 2) 무전원·무선 안전 감지 기술의 공간정보 기반 철도 배전선로 통합 안전 운영 기술 개발 및 실증

IV. 연구개발 내용

- 1) 철도 배전선로 무전원·무선 안전 감시 기술 개발 [배전선로 케이블, 접속함, 부스바 등 직결접속점]
 - 배전선로 케이블 전기에너지 기반 자가발전 전력 모듈 기술 개발
 - 상시 활선 발전전력 저장 및 관리 모듈 기술 개발
 - 배전선로 안전 감시 센서 모듈 기술 개발
 - 배전선로 고자기장·고전압 환경 저전력 무선통신 기술 개발
 - 배전선로 안전 감시 일체형 무전원·무선 통합 센서 노드 기술 개발

- 2) 무전원·무선 안전 감시 기술의 공간정보 기반 철도 배전선로 통합 안전 운영 기술 개발 및 실증
 - 철도 배전선로 무전원 무선 센서 네트워크 시스템 개발
 - 철도 배전선로 신뢰성, 안전성, 수명주기비용(LCC) 관리 체계개발
 - 철도 배전선로 대상 AI기반 지능형 통합 안전 모니터링 기술 개발 및 실증
 - 철도 배전선로 대상 지능형 통합 유지관리시스템 개발
 - 철도 배전선로 대상 지능형 통합 유지관리시스템 시범 운용 및 실증

V. 연구개발결과의 활용계획

- 한국철도시설공단, 코레일 모두 제안된 “배전선로 전력계통 무전원·무선 안전감지 기술”개발 필요성 확인, 이에 따라 한국철도시설공단, 코레일 등 유관기관의 참여 및 시스템을 연계하여 기술개발 및 실용화에 적극적인 참여 활용계획 마련 : 한국철도시설공단 “지중 전력케이블 단일화 22.9kV 승압 개량화 사업(’24년 완료예정),” 코레일 “철도전기설비 고도화 실행계획” 등 기술 반영 등 구체적 실용화 방안 마련(’20년 케이블 자동화 감시 추진계획 기반영)
- 한국철도시설공단 철도산업정보센터, 코레일 KOVIS (철도시설물 유지보수 이력관리시스템, 사고이력시스템 등) 연계 지속적으로 수집, 분석 및 관리하는 모듈 기반 기술로 확대
- 첨단기술과 연계된 철도시설 안전관리 기술을 통하여 국민이 안전한 사회를 구축
- 국가 자산순위(선진국, 후진국 등)와 상관없이 적용 가능한 철도 시설 안전 대비기술 확보로 인명피해 저감
- 안전사고 발생시 신속한 대응이 가능해지고, 신속한 철도 인프라에 대한 통제와 해제로 시설물 피해 및 인명 피해 경감
- 기존 철도시설에 대한 개량 수준의 안전성 확보: ’17년 철도 4700억원 예산 투입한 전기

설비의 경우 개량화 실적이 노후와 속도를 따라 가지 못하는 것으로 나타남 (철도시설공단, 인천일보, 「4,700억 투입했지만 철도시설 노후화는 '계속' 진행형」 2017.10.22.)

- 국민생활 및 산업에 직접 영향을 주는 서비스가 많아 시설관리체계에 IoT, AI를 활용한 첨단기술 도입으로 기술 개발 선도, 시장창출 등 성과 가시화 가능
- IoT와 빅데이터, 인공지능, 4차 산업혁명 등이 최근 이슈와 함께 센서시장은 급속한 성장세에 있으며, 새롭게 개발된 센서의 활용도가 높아짐
- 2017년 기준으로 철도 및 전력분야의 시스템 구축비용을 검토해 보면, 약 99억원/년의 시장이 예상

목 차

요약문	v
제1장 기술의 정의 및 필요성	3
제1절 기술의 정의 및 분류체계	3
제2절 기술개발의 필요성	8
제2장 국내외 동향 및 환경분석	19
제1절 국내외 정책동향	21
제2절 국내외 시장현황 및 전망	35
제3절 국내외 기술 동향	45
제4절 SWOT 분석	82
제5절 종합분석	84
제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략	89
제1절 비전 및 목표	91
제2절 연구개발과제 구성	92
제3절 세부과제별 주요내용 및 추진전략	93
제4절 연구추진체계	96
제5절 기술/성과 로드맵	97
제6절 최종성과물 성능목표 및 활용방안	98
제4장 자원투입 계획	101
제1절 연구시설 및 장비 투입계획	103
제2절 인력 및 소요예산 투입계획	104
제5장 과제공모 방안	107
제1절 과제제안 요구서	109
참고문헌	121

표 목 차

표 2-1-1 철도주요지표 변화	24
표 2-1-2 국가별 4차 산업혁명 정책 현황 비교	31
표 2-1-3 주요 부처별 4차 산업혁명 대응 현황	31
표 2-1-4 4차 산업혁명 공약	31
표 2-1-5 시설안전 메가 트렌드별 이슈(2013)	34
표 2-2-1 차량분야 유지보수시장 규모(2013년)	38
표 2-2-2 Low level 요구사항	43
표 2-2-3 Mid level 요구사항	44
표 2-3-1 무전원 센싱기술-특허분석기준	45
표 2-3-2 무전원 센싱기술-특허분석범위	45
표 2-3-3 능동유지보수기술-특허분석기준	51
표 2-3-4 능동유지보수기술-특허분석범위	51
표 2-3-5 이동식 자동검측기술-특허분석기준	56
표 2-3-6 이동식 자동검측기술-특허분석범위	56
표 2-3-7 전력선 에너지하베스터의 대표적 연구	64
표 2-3-8 List of symbol	65
표 4-2-1 년차별 인력투입계획	104
표 4-2-2 년차별 예산투입계획	105

그림 목 차

그림 1-2-1 세그먼트 구분에 따른 유지보수업무 효율화 개념	15
그림 2-1-1 철도기술부분 중점 추진분야	23
그림 2-1-2 Shift2Rail의 중점 추진분야	28
그림 2-1-3 일본의 상대기반유지보수에 기초한 스마트 유지보수	30
그림 2-1-4 일본철도연구소의 목표 및 비전	30
그림 2-2-1 대한민국 철도유지보수 시장규모(단위: 백만 유로)	35
그림 2-2-2 아시아 철도유지보수시장규모(단위: 백만 유로)	35
그림 2-2-3 세계철도시장 크기 및 2020년까지 예측 성장률	36
그림 2-2-4 세계 상위 5위 철도시장 주도국	36
그림 2-2-5 세계 철도유지보수시장(2015년)	37
그림 2-2-6 유지보수시장 규모 및 수송수단별 규모(2013년)	37
그림 2-2-7 세계 상위 10위 유지보수시장 크기(단위: 백만 유로)	38
그림 2-2-8 유지보수시장 부문별 비율(2013년)	39
그림 2-2-9 유지보수시장 규모 및 연평균 성장률(2013-2018)	39
그림 2-2-10 세계 톱 10위 유지보수서비스 제공 기업 순위(2013년, 단위: 백만 유로)	40
그림 2-3-1 지능형 센싱기술-특허 출원년도 및 국가별 출원추이	46
그림 2-3-2 세부기술별 특허출원동향	47
그림 2-3-3 주요 출원인 동향	47
그림 2-3-4 연도별 주요 출원인 동향	48
그림 2-3-5 기술별/국가별 기술 분포(버블형)	48
그림 2-3-6 국가별 출원건수 및 시장 확보 지수	49
그림 2-3-7 국가별 인용도지수	49
그림 2-3-8 국가별 영향력지수 및 기술력지수	50
그림 2-3-9 능동유지보수기술-출원년도 및 국가별 출원추이	52
그림 2-3-10 능동유지보수기술-세부기술별 특허출원동향	52
그림 2-3-11 능동유지보수기술-주요 출원인 동향	53
그림 2-3-12 능동유지보수기술-연도별 주요 출원인 동향	53
그림 2-3-13 능동유지보수기술-기술별/국가별 기술 분포(버블형)	54
그림 2-3-14 능동유지보수기술-국가별 출원건수 및 시장 확보 지수	54
그림 2-3-15 능동유지보수기술 -국가별 인용도지수	55

그림 2-3-16	농동유지보수기술-국가별 영향력지수 및 기술력지수	55
그림 2-3-17	이동식 자동검측기술-출원년도 및 국가별 출원추이	57
그림 2-3-18	이동식 자동검측기술-세부기술별 특허출원동향	58
그림 2-3-19	이동식 자동검측기술-주요 출원인 동향	58
그림 2-3-20	이동식 자동검측기술-연도별 주요 출원인 동향	59
그림 2-3-21	이동식 자동검측기술-기술별/국가별 기술 분포(버블형)	59
그림 2-3-22	이동식 자동검측기술-국가별 출원건수 및 시장 확보 지수	60
그림 2-3-23	이동식 자동검측기술-국가별 인용도지수	60
그림 2-3-24	이동식 자동검측기술 - 국가별 영향력지수 및 기술력지수	60
그림 2-3-25	에너지 하베스터를 이용한 무전원·무선 센싱 시스템 구성	61
그림 2-3-26	전력선 자기장을 이용한 자가발전 무선센서 시스템	61
그림 2-3-27	전력선 이용 에너지 하베스팅 순서도	62
그림 2-3-28	전력선 자기장 이용 센서 노드의 예	62
그림 2-3-29	송전탑 주변 거치형 에너지하베스터	63
그림 2-3-30	송전케이블 부착형 에너지하베스터	63
그림 2-3-31	저전압케이블(220V) 부착형 에너지하베스터	63
그림 2-3-32	전력선 clamp형 에너지하베스터	64
그림 2-3-33	일반적인 전력선 clamp형 에너지하베스터의 기본 컨셉	64
그림 2-3-34	전력선과의 거리에 따른 유도 전압	65
그림 2-3-35	air gap을 가지는 에너지하베스터 구조	66
그림 2-3-36	EnOcean GmbH의 에너지 컨버터, ECO200, ECS300 및 ECT 310 무선 센싱 시스템	66
그림 2-3-37	Perpetuum의 무선 센서 시스템	67
그림 2-3-38	한전 전력연구원에서 개발한 IoT 무선센서용 에너지 하베스팅 전원장치	67
그림 2-3-39	리바이브 에너지의 진동을 AC 전류로 변환할 수 있는 센서	68
그림 2-3-40	차량유지보수 시스템	68
그림 2-3-41	차량유지보수 데이터와 유지보수 지원시스템의 처리 절차	69
그림 2-3-42	유지보수의 단계적 방법과 고려사항	69
그림 2-3-43	IT센서 네트워크 기반 유지보수 결정 프로세스	70
그림 2-3-44	차량 유지보수의 진단대상과 고장레벨	70
그림 2-3-45	차량 유지보수 시간 최적화와 모듈화	71
그림 2-3-46	모니터링 데이터기반 유지보수의 일반적인 프로세스	72
그림 2-3-47	스마트 기술을 이용한 차량유지보수 계획	73
그림 2-3-48	빅데이터 분석을 이용한 차량 유지보수데이터의 처리방법	74

그림 2-3-49 차량 유지보수시스템의 변화	74
그림 2-3-50 차상 지상 센서에 의한 차량 유지보수 검사방법의 변천	75
그림 2-3-51 일본(JR 토카이도) 고속차량의 유지보수 데이터 분석방법	75
그림 2-3-52 차량 유지보수 프로세스(Orbita)	76
그림 2-3-53 차량 유지보수 프로세스(영국)	76
그림 2-3-54 향후 실시간 디바이스의 변화	76
그림 2-3-55 현재 및 차세대 TCMS 아키텍처	77
그림 2-3-56 베어링 진단시스템	78
그림 2-3-57 베어링 진단을 위한 수명 모델 및 데이터 혼합 알고리즘	78
그림 2-3-58 화차 및 기관차의 주요검사 부위	79
그림 2-3-59 목침목의 형상인식과 다양한 형태의 이미지 프로세싱 결과	79
그림 2-3-60 차륜 파손 예측을 위한 데이터 마이닝 프레임 워크	80
그림 2-3-61 회귀모델 적용 시 시험결과	80
그림 2-3-62 WILD와 HBD의 데이터를 이용한 손상맵	81
그림 2-3-63 차량의 상태 판단을 위한 결정 트리	81

제1장

기술의 정의 및 필요성

제1절 기술의 정의 및 분류체계

제2절 기술개발의 필요성

제1장 기술의 정의 및 필요성

제1절 기술의 정의 및 분류체계

1. 기술의 정의

- ‘철도 배전선로 무전원·무선 안전 감지 기술’은 철도시스템의 안전을 확보하기 위해 철도 시설에 대한 무전원·무선 기술을 이용하여 실시간 상태 및 위험을 평가·예측하는 철도안전체계를 구축하여, 철도관리자·운영자가 활용하기 쉽고, 일반 국민이 안전한 철도를 구현하는 것을 목적으로 하며, 다음과 같은 세부 수행 기술로 구성
 - 1) 철도 배전선로 무전원·무선 안전 감지 기술 개발 [배전선로 케이블, 접속함, 부스바 등 직결접속점]
 - 2) 무전원·무선 안전 감지 기술의 공간정보 기반 철도 배전선로 통합 안전 운영 기술 개발 및 실증
- 배전선로 무전원·무선 안전 감지 기술 개발
 - 배전선로 케이블 전기에너지 기반 자가발전 전력 모듈 기술 개발
 - 상시 활선 발전전력 저장 및 관리 모듈 기술 개발
 - 배전선로 안전 감지 센서 모듈 기술 개발
 - 배전선로 고자기장·고전압 환경 저전력 무선통신 기술 개발
 - 배전선로 안전 감지 일체형 무전원·무선 통합 센서 노드 기술 개발
- 무전원·무선 안전 감지 기술의 공간정보 기반 철도 시설물 통합 안전 운영 기술 개발
 - 철도 배전선로 무전원 무선 센서 네트워크 시스템 개발
 - 철도 배전선로 신뢰성, 안전성, 수명주기비용(LCC) 관리 체계개발
 - 철도 배전선로 대상 AI기반 지능형 통합 안전 모니터링 기술 개발 및 실증
 - 철도 배전선로 대상 지능형 통합 유지관리시스템 개발
 - 철도 배전선로 대상 지능형 통합 유지관리시스템 시범 운용 및 실증

철도시설 무전원·무선 안전 감지 기술 개발

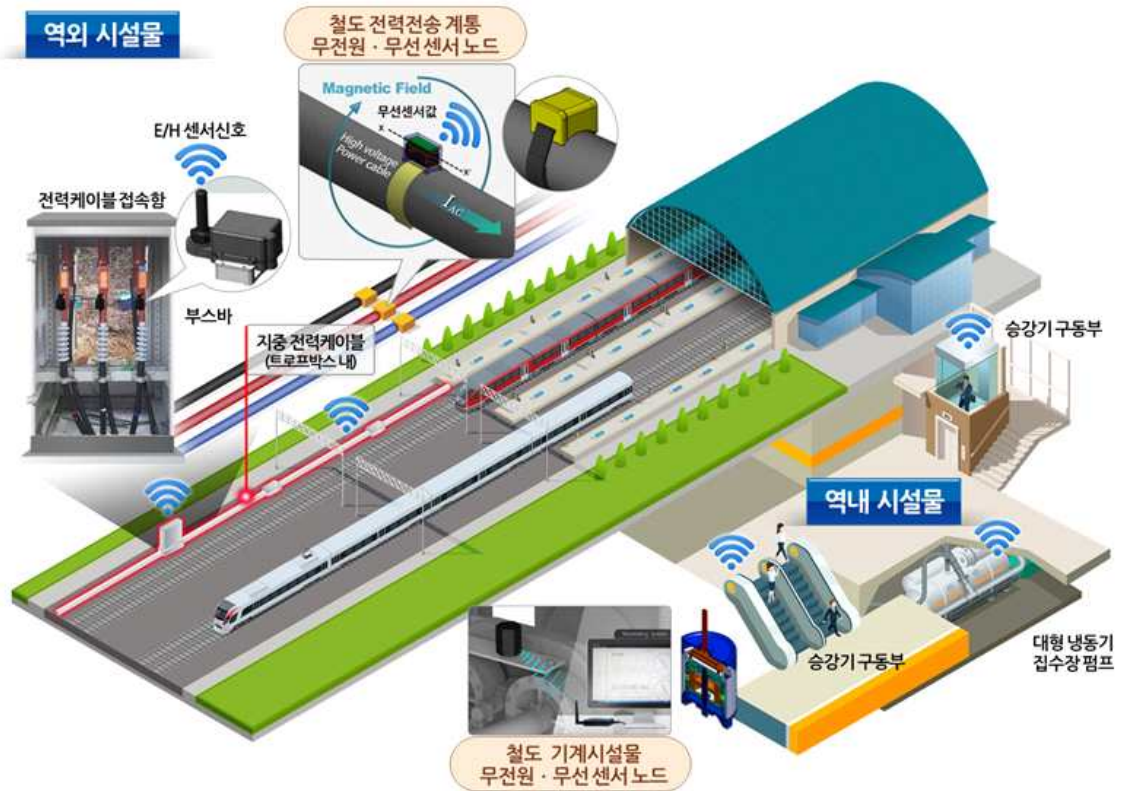


그림 1-1-1 철도 시설물 무전원·무선 안전 감지 기술 개념도

※ 철도 차량 설비 무전원·무선 안전 감지 기술 적용 대상은 철도공사의 협조하에 본 기획연구 기술개발의 필요성 및 기술동향 “능동 유지보수기술”과 같이 조사·분석, 도출된 과제제안 연구내용은 연구원에서 진행중인 “철도 유지관리 자동화 관리 개발 사업 기획” 연구에 반영

2. 기술분류체계

- 2018년도 철도교통 기술수준 상세 분석 및 R&D 추진전략 수립 연구의 철도교통 기술분류체계에 따르면, 본 기획연구는 급전계통 운영 및 제어기술, 정거장(역사) 설비시스템 기술, 사고예방 및 복구 기술로 정의됨

대분류(L1)	중분류(L2)	소분류(L3)	세부분류(L4)	세세부분류(L5)
철도교통	철도시설	궤도토목	궤도/주행로	<ul style="list-style-type: none"> 궤도/주행로 해석/설계 기술 궤도/주행로 시공 및 성능평가기술 궤도/주행로 시스템 및 구성품 기술 궤도/주행로 유지관리기술
			노반	<ul style="list-style-type: none"> 노반 해석/설계 기술 노반 시공 및 성능평가기술 노반 재료 및 구성품 기술 노반 유지관리기술
			철도교량/고가구조물	<ul style="list-style-type: none"> 철도교량/고가구조물 해석/설계 기술 철도교량/고가구조물 시공 및 성능평가기술 철도교량/고가구조물 재료 및 구성품 기술 철도교량/고가구조물 유지관리기술
			철도터널	<ul style="list-style-type: none"> 철도터널 해석/설계 기술 철도터널 시공 및 성능평가기술 철도터널 유지관리기술
			정거장(역사)	<ul style="list-style-type: none"> 정거장(역사) 설계 및 운영기술 정거장(역사) 설비시스템 기술 차량기지 기술
		전철전력	급전계통	<ul style="list-style-type: none"> 급전계통 해석 및 설계기술 급전계통 설비기술 급전계통 운영 및 제어기술
			전차선로	<ul style="list-style-type: none"> 전차선로 해석/설계/시공 기술 전차선로 설비기술 전차선로 집전성능평가 및 유지관리기술 제3궤조 등 기타 전차선로기술
			전력(에너지 변환 및 공급)	<ul style="list-style-type: none"> 무선급전기술 신재생에너지 및 전기저장장치 연계 네트워크 기술 철도용 스마트그리드 기술
		신호통신	신호제어	<ul style="list-style-type: none"> 열차제어시스템 설계기술 열차운행제어기술 열차운행제어설비기술 신호통신설비 유지관리기술
			철도통신 서비스	<ul style="list-style-type: none"> 철도차량 통신서비스 기술 IoT 통신서비스 기술 재난 통신서비스 기술
			철도통신전송 및 통신망	<ul style="list-style-type: none"> 철도통신망 전송기술 열차무선통신망 기술

대분류(L1)	중분류(L2)	소분류(L3)	세부분류(L4)	세세부분류(L5)
철도교통	철도운영 및 환경	계획 및 운영	철도교통계획	<ul style="list-style-type: none"> 노선계획 및 연계수송체계기술 수송수요예측기술 철도투자 및 평가기술
			운영효율화	<ul style="list-style-type: none"> 철도서비스 계획기술 여객 및 화물운영 최적화기술 철도교통관제기술
			모드연계	<ul style="list-style-type: none"> 철도-도로 연계기술 철도-해운 연계기술 철도-항공 연계기술
			철도물류	<ul style="list-style-type: none"> 물류 운송 시스템기술 보관, 하역, 이송기술 물류 정보화 기술 물류기지 및 터미널 구축기술
		철도안전	안전 엔지니어링	<ul style="list-style-type: none"> 시스템 안전 관리체계 기술 안전성 검증/인증기술 신뢰성 평가기술
			위험도 평가	<ul style="list-style-type: none"> 철도사고 모델링 기술 위험도 분석 및 평가기술 안전대책 평가기술
			사고예방/대응	<ul style="list-style-type: none"> 사고예방 및 복구기술 재해예방 및 복구기술 방법 및 보안기술
		철도환경	환경평가/복원	<ul style="list-style-type: none"> 기후변화대응기술 환경평가기술 환경복원기술
			쾌적성/편의성	<ul style="list-style-type: none"> 공기질관리기술 소음진동기술 승차감개선기술 유도장애기술
			친환경소재	<ul style="list-style-type: none"> 친환경 소재기술

세부분류기술	기술 내용
급전계통 유지관리 기술	전기 철도 시스템에서 송전, 변전, 배전을 포함한 모든 전력공급 시스템을 중앙에서 감시하고 보호 및 제어하기 위한 시스템 설계/구축/운영 기술
정거장(역사) 설비시스템 기술	역사의 편의성 및 쾌적성을 추구하기 위하여 설비표준화, 첨단화, 환경개선을 위한 기술
사고예방 및 복구기술	철도사고(충돌, 탈선, 화재, 건널목사고 및 공중사상 사고)를 예방하고 그 피해를 저감시키기 위한 기술

제2절 기술개발의 필요성

- 철도 역의 시설물 철도전력전송 계통 [지중 전력케이블, 접속함, 부스바, 직결접속점] 및 철도 역내 필수 다중이용 기계시설물 [승강기, 대형냉동기, 집수장펌프] 과 같이 철도 시설물 설비로서 무전원·무선 안전 감지 기술 주요 모니터링 대상임



- 철도 시설물에 대한 안전 확보를 위해서는 무엇보다 예방정비가 중요하나, 막대한 인력과 시간이 소요되며, 현재 적기에 100% 전수 검사 수행이 불가능한 상황
- 일부 배전반 부스바 등에 대해 직접적인 센서 부착을 통한 상시 모니터링 시도가 이뤄지고 있으나, 유선 전원 공급이 불가능하여 효율성이 매우 낮으며 실제 현장에서의 사용 사례가 없음
- 전철전력 배전을 위한 지중 전력케이블은 고속선 및 일반선 전 선로에 설치되어 있으며, 노후화 및 시공 불량 등의 이유로 발생하는 케이블 장애가 전체 전력설비 장애의 80% 이상을 차지함
- 지중 전력케이블은 고속선로 1237.2 km, 일반선로 4851.16 km 에 해당하며, 전구간에 전력선 및 통신선을 배치해야 하는 유선 모니터링은 경제성 측면에서 현실적으로 구현 불가
- 고속선의 지중 전력케이블은 약 3~4 km 마다 설치된 전기실 간을 연결하며, 트러프케이

스 내부에 설비되어 있고, 주요 장애 원인이 되는 케이블 간 접속점은 케이스 내부 또는 지상접속함에서 연결되어 인력으로 전수 조사가 어려움

- (철도 시설 노후화 심화) '16년 기준, 30년 이상 노후화된 주요 구조물이 약 42%¹⁾이며, 국가 철도 시설개량 투자 소요 필요예산은 9조4,682억원으로 '16년까지 2조2,019억원 투자되어 철도시설 개량율이 23.3%(최근 5년간 연 평균 3,675억원 투자) 수준으로 매우 저조 (철도시설개량 종합계획(국토부, 2015.12월 보완분)).
 - '17년 기준 30년 이상 노후 구조물 약 39%
 - '17년 철도 4700억원 예산 투입한 전기설비의 경우 개량화 실적이 노후화 속도를 따라 가지 못하는 것으로 나타남 (철도시설공단, 인천일보, 「4,700억 투입했지만 철도 시설 노후화는 '계속' 진행형」 2017.10.22.)
- 주요 시설 노후율 (경과년수 기준)
 - “시특법” 관리대상 기준으로 우리나라 전체 SOC 시설물 중 30년 이상된 시설물 비율은 9.6%²⁾로 타분야에 비하여 “철도분야 노후도 심각성” 확인
 - 열차사고예방을 위해 노후도 높은 시설물의 개량·보수의 적기 수행 필요
 - 일본 내각부 집계 국토교통성 유지관리 및 개량비용 약 499조엔 추산(2011년부터 2015년까지 4년간 190조엔으로 추정)
- 고속선을 따라 수십 km 마다 위치하는 161개의 배전소(경부) 및 ~수 km 마다 위치하는 지중 전력케이블 접속함의 부스바 등에 대해 운영사인 한국철도공사에서 실시간 모니터링을 요구하고 있으나 별도의 전원 설치가 불가하여 유선 모니터링이 원천적으로 불가능
- 일반선의 지중 전력케이블은 지중 직매되어 있으며, ~500 m 간격의 맨홀 내에서 접속하거나 맨홀 상부 접속함에서 접속되어 인력으로 전수 조사 불가
- 일부 배전반 부스바 등에 대해 직접적인 센서 부착을 통한 상시 모니터링 시도가 이뤄지고 있으나, 유선 전원 공급이 불가능하여 효용성이 매우 낮으며 실제 현장에서의 사용 사례가 없음
- 역사 핵심 시설물 중 대형냉동기(1억 이상)는 한국철도공사 운영 61개 지하역사의 80% 이상에 2개 이상 배치되어 있으며, 지하공간 냉방을 위한 주요 관리 시설물로서 가동 중단 사고를 막기 위해 상시 모니터링이 필요함
- 역사 핵심 시설물 중 승강기(E/V 1600대, E/S 2200대) 또한 이용객 편의 및 교통약자 역사 이용을 위한 주요 관리 시설물로서 가동 중단 및 안전사고 방비를 위해 상시 모니터링이 필요함.
- 이러한 역사 핵심 시설물을 대한 모니터링 및 유지보수는 현재 인력과 간이 포터블 장비에 전적으로 의존함

1) 노후현황 : 교량 1,357(42%) 68km, 터널 299개(39%) 117km, 역사 209개(33%) 철도시설개량 종합계획(국토부, 2015.12월 보완분)

2) SOC 고령화에 대응하기 위한 성능중심 사회기반시설 관리체계(국토부, 2014)

○ 철도 시설물 전기 사고사례



사고시기	사고내용
2015년 10월 2016년 2월	경기 고양과 호남기지에 있던 신형 KTX 3대에서 변압기가 폭발
2014년 5월 19일	과천선 금정역 전동열차 지붕위에 설치돼 있는 계기용 변압기와 애자 파손
2015년 7월 4일	대전도시철도 대동역 변전소 전력기기에서 화재 발생, 도시철도 전기사용량을 측정하는 계기용변성기(MOF) 절연열화로 자동화재감지기가 작동
2014년 11월 20일	대전도시철도 시청역 지하1층 변전실에서 변압기 1대를 태운 뒤 3분 만에 진화, 변전실 내 에너지 저장장치 과부화로 화재 추정
2017년 8월 3일, 8일	부산도시철도 1호선 남포역 변전소 내 변압기에서 5일 간격으로 2차례 화재, 변압기 제조/운반·설치 시 충격으로 변압기 내 절연물에 균열이 발생 후 성장하여 전기 합선으로 이어짐
2015년 12월 30일	고양 고속철도 차량기지 변전소에서 불이 나 40분 만에 진화, 경의선 전력공급이 한때 중단돼 열차 3대가 20분가량 지연운행

- 철도 시설물에 무전원·무선 센서 노드를 설치하여 화재 위험이 있는 설비의 실시간 상태 정보를 획득할 수 있으며, 이를 통해 철도 시스템 전체의 안전관리 및 효율적 유지보수를 위한 실시간 모니터링이 가능함
- 무전원·무선 센서 노드는 철도 시설물에서 측정된 데이터를 무선으로 송수신하여, 기존의 설치 한계가 있는 유선 시스템 대비 설치 및 센서 노드 클러스터의 구성이 용이하여 대형 모니터링 시스템의 손쉬운 구축이 가능함
- 무전원 무선 센서 노드의 구현

진동 무전원 Active 센서	기계구조물의 버려지는 진동에너지를 하베스팅하여 무선 무전원 센서 구현
SAW(Surface Acoustic Wave) 센서	전자기파에 반응하는 피에조 물질로 passive 소자로서 무선 무전원 센서 구현
유도전류 센서	고압 고전류 AC 케이블로부터 에너지를 하베스팅하여 무선 무전원 센서 구현

- 무전원·무선 센서 노드는 센싱, 무선통신 등 센서 노드 동작에 필요한 전력을 주변 환경으로부터 획득하는 무전원 센서 노드로서, 기존 배터리 전력원 대비 반영구적인 사용으로 경제성이 높고, 배터리 수명 한계에 따른 교체 필요성이 없이 유지보수 효율이 높음
- (철도 차량 설비 무전원·무선 센서 노드는 센싱 필요성: 코레일 자문) 철도차량은 전철전력설비로부터 급전받아 차량 추진모터, 차내 전원 등을 공급하기 위해 모터 블록, 변압기, 인버터, 공기압축기, 냉난방기 등의 시설을 갖추고 있으며, 이들 또한 차량 운행의 핵심 설비로서 주요 모니터링 대상임
- 철도차량 중 일부 탈선 감지 센서, 압축기 모니터링 센서, 대차 구조물 안전성 모니터링 센서, 부스바 등에 대한 부분적인 무전원·무선 센서 모니터링의 요구가 있음
- 철도차량은 독립된 일체의 설비로서 사고를 방지하고 안정성을 확보하기 위해 다양한 형

- 태의 유선 센서 및 모니터링 시스템을 자체적으로 구비하고 있음
- 철도시설 점검에서 대규모 인력투입 및 철도분야 사고위험도 상위
 - (연합뉴스, 2016) 코레일, 폭염주의보로 2,500명 투입하여 온도측정, 970명 감시인원 현장 배치
 - 코레일 건설현장 재해율(2.62%), 사망만인율(21.39%)로 가장 높음
 - (시설 안전예방 데이터 축적 및 해석 고도화) 구축된 고장 및 안전 시스템 (KOVIS)의 DB 구축 및 상태진단/고장예측 알고리즘의 고도화 필요
 - (첨단기술 접목 애로) IoT 등 ICT기술 융복합 적용이 적어, 실시간 원격 점검체계 구축을 통한 철도 시설물 점검에서의 활용도 미흡
 - (안전 및 상태 정보 공유 미흡) 최근 대규모화하는 자연재난 및 케이블 등 전력 시설물의 잦은 고장에 대한 안전관리 요구³⁾되며, 한국철도시설공단, 한국철도공사의 열차운전자, 관제사, 현업담당자 및 정부가 공동으로 활용할 수 있는 주요 정보의 일원화된 창구 없음
 - 기술융합으로 인력점검 한계를 극복하기 위해 장기투자를 기반으로 시설물 점검 및 재해 예방에 원격 점검 체계를 활용 미비
 - 철도 시설물 고장 예측 및 안전/유지보수에 대한 국가네트워킹 등 미래 고속철도 인프라 환경 변화를 고려한 고속철도 인프라 안전/유지보수 관리 기술 구축이 필요
 - 실사용자인 End User의 기술수요 및 사용자 편의를 고려한 상태진단/고장예측 체계 구축 필요
 - 효율적 재해 대응을 위한 고속철도 인프라 통합관리시스템, IT/ST 융합기반의 모니터링 시스템, 시설물별 건전도 평가 및 예·경보 시스템 등 필요
 - (현업 애로사항) 한정된 예산으로 대상 철도시설의 보수보강 및 개량사업의 적기 수행

지장 : 철도시스템의 전반적인 위험도 증가

 - 시설 노후화에 따라 장래 예상되는 소요비용을 예측할 수는 있으나, 연차별 한정된 예산으로 인하여 동시에 집행하는 것은 불가능
 - 첨단 센싱기술 기반으로 제한된 예산의 효율적 집행방식을 새롭게 도입하여 예산운영의 효율성을 확보할 수 있는 방안 정립 요구
 - 인구절벽, 전문인력 노령화와 숙련 검사기술자 부재·부족도 악재로 작용
 - (인력위주 점검 한계) 국가철도망 구축으로 관리시설은 증가하고 있으나 인력위주 사후 점검 및 유지관리 시행으로 노후화 및 안전 및 사고 대응에 한계
 - (지난 5년 철도시설 증가) 교량 (269개소, 8.9%), 터널 (112개소, 16.6%)
 - 안전점검에서 대규모 인력투입 및 접근난이 시설물 주기적 점검 한계
 - 지중선 등 유지보수 점검하기 어려운 개소의 정기적인 확인 난이
 - (철도운영의 연속성 확보 어려움) 철도특성상 열차의 운영 중단은 현실적으로 불가능하여 안전확보를 위한 조치 및 대책 적용이 제한적

3) 최근 10년간 연평균 철도 인명피해 22명, 재산피해 5,477억원 (국민안전처, 2015)

- (순회 및 육안점검) 선로순회⁴⁾ 및 재해우려시설 경계⁵⁾시 작업자가 선로를 걸으며 육안으로 철도시설과 재해우려개소 점검
 - 철도시설 특수성, 접근 한계성, 점검 난이성 등으로 노후화 및 재난 대응방법이 제한적: 인력에 의한 현장점검은 관리대상 시설과 위험개소가 많아 실효성이 매우 떨어짐
 - 정기점검만으로 철도운영의 연속성(시설안전)을 확보하기 위해서는 정량적인 정보가 매우 부족
 - 인력기반 점검은 관리시설과 위험개소가 많아 실효성 의문(예. 재해우려시 2인1조로 약 5km 도보 순회)
 - 비용, 인력 및 시간 소요 과다, 구조 상태 제한된 정보만 제공(정성적 평가)되며 갑작스런 파괴징후의 발견이 어려움
 - 내부 손상의 경우, 장시간 동안의 점검과 진단을 통하여도 확인할 수 없는 경우가 있으며(Chang, 2009), 구조적인 결함이 있는 시설물(상태평가 C등급 이하)은 개량사업 또는 다음 점검까지 관리담당자 불안감 야기
 - 개량사업이 결정된 시설물도 민원제기 등에 의하여 사업시행이 어려운 상황이 발생하여 불안정한 상태 지속(예. 충북선 ○○교)
 - (육안점검과 인력기반의 현행 정기점검은 노동집약적) 비용, 인력 및 시간 소요 과다, 구조 상태에 대한 제한된 정보만 제공(정성적 평가)되며 갑작스런 파괴징후의 발견이 어려움
 - 재해대비점검에서 대규모 인력투입⁶⁾ 및 접근 난이개소에 대한 점검 불가능
 - 터널 천단부, 교각 등 접근하기 어려운 개소의 정기적인 확인 난이
 - 주기적으로 시행되는 점검에 의한 시계열적 변형의 특성 확인 애로
 - 재해대비점검에서 대규모 인력투입⁷⁾이 필요하며, 접근 난이개소에 대한 점검이 현실적으로 불가능
- 파업, 인력부족 등으로 인하여 열차 및 시설물 안전사고 발생, 일상 점검량의 10% 이상을 완벽하게 점검 못함
- (안전 및 상태 정보 공유 미흡) 최근 대규모화하는 자연재난 및 케이블 등 전력 시설물의 잦은 고장에 대한 안전관리 요구⁸⁾되며, 한국철도시설공단, 한국철도공사의 열차운전자, 관제사, 현업담당자 및 정부가 공동으로 활용할 수 있는 주요 정보의 일원화된 창구 없음
- 유지관리와 재난대응단계에서 상황인식, 신속한 복구, 추가 예산확보, 장비지원 등 정보

4) 노반점검(매일 순회), 선로구조물점검(정기, 정밀, 긴급, 특별), 선로순회(도보, 열차-진동상태 파악)

5) 재해우려개소 2일1조 경계(제1종 경계 이상시)

6) 한국철도공사, 폭염주의보로 6~8월 2,500여명 투입하여 순회점검 및 실시간 온도 측정, 970명 감시인원 현장 배치(연합뉴스, 2016.9.6.)

7) 한국철도공사, 폭염주의보로 6~8월 2,500여명 투입하여 순회점검 및 실시간 온도 측정, 970명 감시인원 현장 배치(연합뉴스, 2016.9.6.)

8) 최근 10년간 연평균 철도 인명피해 22명, 재산피해 5,477억원 (국민안전처, 2015)

공유가 어려움

- 유지관리와 재난대응단계 정보가 인력기반으로 확인·보고되어 실시간 확인·공유가 어렵고, 재난조기경보체계 미비, 일반철도는 재해우려시 열차운전규제도 미흡
- 각 분야 담당자에게 상태, 재난정보의 실시간 전달 어려움
- (現)정보전달단계 : 유선상 구두보고 후 지시, 현장작업자 정보 전달 애로
- (이상기후에 선제적 대응) 세계적인 기후변화로 자연재해 급증, 재해예측의 한계로 재난 강도 및 피해규모는 증가하고 일상화, 복합화 심화⁹⁾
 - UIC, DB, Network rail 등 선진철도국에서는 ARISCC¹⁰⁾ Unit 조직, 기후변화에 대비한 철도 자연재해 대응기술 준비 등 관심 고조
 - 「2014, 2017 Natural Disaster Management for Railway Systems 컨퍼런스」에서 철도의 자연재해 저감기술 중요성 피력(UIC 및 참여국가 공통)
 - 유지관리와 재난단계에서 상황인식, 장비지원, 복구 등 정보공유 미흡
 - 재난(우려)정보가 인력기반으로 확인·보고되어 실시간 확인·공유가 어렵고, 일반철도는 재해우려시 열차운전규제도 미흡
 - 정보전달 체계 : 유선상 구두보고 후 지시, 현장작업자 정보 전달 애로
- (철도분야 재해위험도) 조사대상 공공기관 중에서는 한국철도공사가 건설현장 재해율(2.62%)과 사망 만인율(21.39‰)이 가장 높음
 - (연합뉴스, '17.07.04.) “지난해 건설현장 사고 사망자 184명…20.3% 늘어”
- (보수보강 및 개량사업 최적화 필요) 현재 유지보수작업 단위가 길어 불필요한 보수보강과 과다 유지보수사업이 진행될 수 있어 예산낭비 우려 높음
- (불규칙한 유지보수작업구간 단위) 유지보수작업구간 단위가 역간 또는 불규칙하게 설정되어 있어 불필요한 개소의 보수보강작업이 부득히 시행되는 불합리성 존재
 - 유지보수업무, 점검 및 진단, 검측정보 등을 활용한 유지보수와 의사결정을 통하여 보수보강주기 최적화 필요

9) '14년 재난·재해 R&D 투자전략(안), 미래창조과학부

10) Adapting Rail Infrastructure to Climate Change(기후변화에 대한 철도시설 적응)

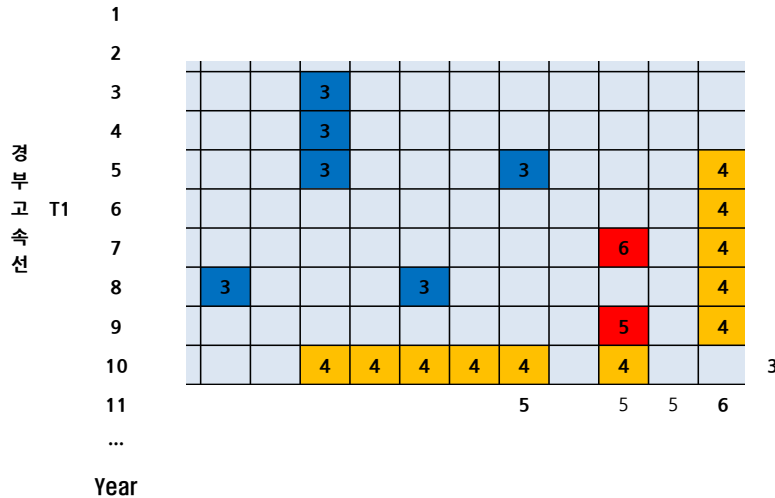


그림 1-2-1 세그먼트 구분에 따른 유지보수업무 효율화 개념

- (노후시설 개량계획 지원) 개량사업이 진행된 시설의 상태를 평가할 명확한 방법이 없고, 후순위 개량사업 대상 시설물의 안전확보 및 평가방법 부재, 주기적 점검에 따른 연속적인 점검자료 부재
 - 후순위 개량시설에 대한 철도유관기관의 불안감을 해소하고, 공학적으로 관리할 수 있는 방안 필요
 - 개량시설의 성능저하모델(열화모델)이 없어, 차기 개량계획(예방 유지보수) 수립이 어려움
- (철도시설관리 경쟁력 확보) 철도는 첨단기술 활용이 초기단계로 글로벌 추세 및 산업구조 개편 흐름 상 지능정보기술 도입으로 경쟁력 확보 필요
- 국민생활 및 산업에 직접 영향을 주는 서비스가 많아 시설관리체계에 IoT, AI를 활용한 첨단기술 도입으로 기술 개발 선도, 시장창출 등 성과 가시화 가능
- (지능정보기술 활용 부족) 철도분야 지능정보기술 활용은 아직 초기 단계이나, 글로벌 추세 및 산업구조 개편 흐름 상 첨단기술 도입을 통한 철도시설 관리의 경쟁력 확보가 불가피한 상황
- (현 수준 진단) AI·빅데이터 기술 등 4차 산업혁명 핵심 기술이 미국의 70~80% 수준으로 2~3년의 기술격차가 존재하는 반면, 네트워크 등 세계적 수준의 ICT 인프라, 신기술과 새로운 서비스에 대한 높은 수용성은 강점
 - (철도교통) 국민생활 및 산업에 직접적인 영향을 미치는 서비스가 많아, 철도시설관리체계를 개편하여 기술개발 선도·시장 창출 등 성과의 조기 가시화 가능
- (공공서비스) IoT, AI를 활용한 지능정보기술 도입으로 철도시설 실시간 모니터링·판단·제어로 효율성 향상과, 자연재해로부터 안전성 제고 필요
 - (IoT 기술도입) IoT 기반 표준 기술 적용 센서, 디바이스, 네트워크, 플랫폼 등 통합 운용 가능

- 철도 도면과 시설물 위치가 서로 상이하여 현장 유지보수 및 안전관리에 어려우며, 또한 보수·개량공사 등으로 변동사항이 지속적으로 발생하나, 정보를 보관할 정보체계 부재
 - (전자도면) 시설 및 구조물 건설을 위한 설계/시공 기초자료, 종이 또는 전산파일
 - (공간정보) 실세계를 관측(측량, 속성수집, 현장조사)하여 컴퓨팅 환경에 재구성한 현실 모델
- (신기술적용 어려움) 위치기반 현실(사고, 관리, 센서정보 등) 정보의 취득을 위한 정보체계 부재(공간정보체계는 정보를 담는 그릇)
 - 공간정보체계를 기반으로 수집된 정보가 4차 산업혁명의 기반 정보 활용
- 기존 시설물 위치정보는 역과 역사이 혹은 역구내 등 기능적으로 분할한 위치정보로 표현되어 정확한 작업이력 관리에 한계
- 단위 도면 기반의 단순 도형으로 시설물 정보가 표출되는 경우, 개별 시설물에 대한 위치기반의 유지보수 및 변경 이력 반영이 어려움
 - 선형개량, 신선건설 등 현장여건에 따라 매번 변경되어야 하는 상대위치(KP 기준)의 한계 극복 필요
- 설계, 건설 및 유지관리까지 일관된 도면관리, 속성정보 연계활용 부족
- (유지관리 적기수행 애로) 시설 노후화에 따라 소요예산은 증가추세에 있으며, 제한된 예산으로 대상 철도시설의 보수보강 및 개량사업의 적기수행이 어려워 철도시스템의 전반적인 위험도 증가
 - 철도시설개량 소요예산은 9조4,682억원으로 '16년까지 2조2,019억원이 투자되어 개량율 23.3% (최근 5년 연 평균 3,675억원 투자) 수준으로 매우 저조
 - 국가 전체 SOC중 30년 이상 철도시설물 비율 9.6%¹¹⁾로 타분야 대비 노후도 심각
 - 시설 노후화에 따라 장래 예상되는 소요비용을 예측할 수는 있으나, 연차별로 한정된 예산이 반영되어 동시에 집행(해소)하는 것은 불가능
 - 전문인력 노령화와 숙련 검사기술자 부재·부족, 인구절벽 등 사회적 요인에 따른 위험 발생요인의 증가
 - 구조적인 결함이 있는 시설물(상태평가 C등급 이하)은 개량사업 또는 다음 점검까지 관리담당자 불안감 야기
- (노후시설 개량계획 지원) 개량사업이 진행된 시설의 상태를 평가할 명확한 방법이 없고, 후순위 개량사업 대상 시설물의 안전확보 및 평가방법 부재, 주기적 점검에 따른 연속적인 점검자료 부재
 - 후순위 개량시설에 대한 철도유관기관의 불안감을 해소하고, 과학적으로 관리할 수 있는 방안 필요
 - 개량시설 성능저하모델(열화모델)이 없어 차기 개량계획(예방유지보수) 수립 난이
- (철도시설물 유지보수이력관리시스템 “RAFIS” 연계) 철도시설 손상예측, 적기 보수보강, 보수보강 의사결정지원 등을 위한 상태기반 유지관리(CBM)와 신뢰도기반 유지관리(RCM)

11) SOC 고령화에 대응하기 위한 성능중심 사회기반시설 관리체계(국토부, '14년)

- 를 지원하는 시설물 상태정보를 제공하는 정보입수체계 없음 ⇒ RAFIS 무용론 가능
- (기술융합에 의한 한계 극복) 해외사례를 보면 기술융합으로 인력점검 한계를 극복하기 위해 장기투자를 기반으로 시설물 점검(유지보수) 및 안전예방에 원격 점검 체계를 활용
 - ‘인프라 장수명화 기본계획 및 실행계획(일본 국토교통성, 2013~)’ : 인프라 유지관리비용 저감, 중대사고 최소화, 안심한 사회 실현을 목표로 첨단 계측기술에 의한 점검/모니터링/진단기술 확보(실행계획 진행 중('14~'20))
 - JR 동일본은 센서기반 철도방재 자동화 원격 점검 시행(전노선 대상 위험개소 중심 안전감지장치 279개 설치 및 운용)
 - (첨단기술 접목) 4차 산업혁명 관련 기술의 철도분야(실시간 원격 점검체계 구축을 통한 안전관리와 시설물 점검 등) 적용확대 필요
 - (시설관리 고도화) 센싱, 기계화, 일체화, 자동화, 열차 무정차 대책 등 첨단기술 도입을 통한 영속적이고 안정적인 철도안전 확보
 - IoT 기반의 표준화된 기술을 적용하여 센서, 디바이스, 네트워크, 플랫폼, 서비스 등 공동 통합운용 가능
 - (IoT 기술 도입) ① 초기 구축비용이 비교적 적어, 폭넓은 지역 담당, ② 센서간 통신 기능, 표준 통신기술 등에 의하여 센서 디바이스, 서비스 플랫폼간 데이터 송수신 용이, ③ 통합운영체계 구축 용이
 - (기존) 직렬형 정보관리체계에서 (변경) 병렬·순환형 정보관리체계로 전환되어, 정보 전달과 분석, 행동요령 등 정보운용체계가 서로 보완되면서 공유

제2장

국내외 동향 및 환경분석

제1절 국내외 정책동향

제2절 국내외 시장현황 및 전망

제3절 국내외 기술 동향

제4절 SWOT 분석

제5절 종합분석

제2장 국내외 동향 및 환경분석

제1절 국내외 정책 동향

1. 국내 정책동향

가. 현 정부 국정운영 5개년 계획 (2017)

(가) 개요

- 국정운영 5개년 계획은 문재인정부 국정운영의 최상위 계획으로써 향후 문재인정부의 세부 정책을 수립하고 정책집행, 정책평가 및 환류의 기준을 제시함
 - 변화된 패러다임에 맞추어 각 부문별 국가정책의 기본방향을 설계하였고, 이를 실현하기 위한 20개 국정전략과 287개 실천과제를 제시함
- 정책 집행 단계에서 목표와의 정합성과 일관성을 유지하고, 새롭게 수립되는 정책들이 정부의 지향에 부합하도록 하여 국정운영의 연속성을 확보하고자 함

(나) 철도 유지관리 관련 정책

- ‘서민과 중산층을 위한 민생경제’ 과제에서는 국가기간교통망 공공성 강화 및 국토교통산업 경쟁력 강화를 목표로 하며, 노후 인프라 개선 및 SOC안전강화를 추구함
 - 교통의 공공성을 단계적으로 강화하고 노후 인프라를 개선함
 - SOC 안전 강화를 위해 `17년 노후 철도차량/신설 개선을 위한 중장기 개량 계획을 수립하고 성능 기반의 철도시설 관리체계를 마련함
- ‘과학기술 발전이 선도하는 4차 산업혁명’ 과제에서는 고부가가치 창출 미래형 신산업 발굴 및 육성을 목표로 하고 첨단기술의 융복합을 통한 신산업을 창출 및 시장선점을 지원할 계획임
 - ICT, 서비스 등의 융합을 통해 미래형 신산업을 육성함
 - (첨단기술 산업) 융복합 추진전략을 마련함
 - (첨단기술 산업) 반도체, 디스플레이, 탄소사업 등 4차 산업혁명 대응에 필요한 첨단 신소재/부품을 개발함
 - 지능형 로봇, 3D 프린팅, AR, VR, IoT, 스마트 선박, 나노, 바이오, 항공, 우주 등 첨단기술 산업 육성을 위해 R&D 및 실증/인프라 구축을 지원함

- 신사업 분야의 핵심 원천기술을 확보하여 시장을 선점함

나. 국토교통 연구개발 중장기전략(‘14~’23)

- 국토교통부는 2014년 7월 “국토교통 기술을 통한 국민행복 및 국제적 가치 창조”라는 목표 아래 국토교통 연구개발 중장기전략(‘14~23)을 발표하였고, 미래가치 창출을 위한 10대 중점프로젝트를 발굴·제시하였으며, 이중에 “스마트 철도교통시스템”을 추진.
 - “스마트 철도교통 시스템”은 도시 간, 도시 내 생활교통수단으로서 수송성·정시성 및 친환경성이 뛰어난 철도교통시스템의 안전성·경제성 및 효율성을 제고하기 위한 제반 기술을 확보하는 것으로 다음과 같은 방향을 제시함.
 - 430km/h급 고속열차의 실용화 이후 미래 지향적인 전자식 궤도방식의 초고속 자기부상 핵심기술 개발
 - 철도차량 및 인프라 상태를 자동으로 실시간 모니터링, 진단 및 유지보수 기술을 개발하여 안전사고 예방
 - 철도 에너지 절감, 인프라 성능 대비 건설·운영비 최적화 기술 및 철도운영 효율화 기술 등 개발
 - 2040 국토교통 200대 미래 유망기술에는 철도차량의 모니터링 및 유지보수 자동화에 대한 기술이 포함되어 있음.
 - 연중 무사고/무재해 운행을 위한 실시간 철도사고 예측/안전 모니터링 시스템
 - 철도차량, 인프라의 자동진단을 통해 무인운전을 위한 인공지능형 종합관제시스템
 - 자원과 비용을 최소화 하는 고효율 생애주기 철도운영/유지보수 시스템
 - 철도차량 기지공간을 1/10로 축소한 유지보수 정비부지 조성 및 운영 자동화

다. 제3차 국가 교통기술 개발계획(‘14~’18)

- 제3차 국가교통기술개발계획은 국가통합교통체계효율화법에 의거 향후 5년(‘14~’18)간 교통기술의 연구개발을 촉진하기 위한 정부의 교통기술 관련 정책을 종합화하고 체계화하는 법정계획임.
- 철도교통 기술의 문제점을 외국 의존기술의 심화, 고부가가치 원천기술 확보노력 미흡, 철도유지관리를 위한 검측기술 수입 의존으로 꼽고 있음
 - 외국기술 의존 심화, 고장원인 분석과 해결지연으로 인한 운행 차질 초래 등 장기적인 관점에서 철도의 안정성 확보를 위한 근본적인 기술개발 미흡
 - 다양한 열차시스템에 활용할 수 있고 나아가 타 산업에 확대 적용이 가능한 고부가가치 원천기술 확보 노력 미흡
 - 철도 유지관리를 위한 검측시스템 기술을 전량 수입에 의존하고 있는 실정이므로

유지보수 기간이 길어지고, 비용 과다소요

- 중점 추진과제로써 “빠르고 지능적인 철도”, “안전하고 편리한 철도”, “정확하고 경제적인 철도” 로 구분하고 있음.
- 무전원·무선 센싱 기술은 제4차 산업혁명으로 발전된 기술인 인공지능, 빅데이터 및 IoT 센서를 이용하여 유지보수를 효율화하기 위한 과제로써 ‘정확하고 경제적인 철도’ 에서 철도운영 및 유지관리 기술개발에 부합되고 있음.

빠르고 지능적인 철도 (SMART Railroad)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 대용량 고속화 철도기술개발 ▪ ICT 기반 철도시스템 개발 ▪ 신교통시스템 기술개발
안전하고 편리한 철도 (SAFE Railroad)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 사고 예방 및 복구 기술 ▪ 철도 안전 및 인증체계 구축 ▪ 이용 편의성 및 쾌적성 향상기술
정확하고 경제적인 철도 (ECONOMICAL Railroad)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 철도 핵심부품 기술개발 ▪ 철도 운영 및 유지관리 기술개발 ▪ 철도 건설비 및 환경비용 저감 기술개발

그림 2-1-1 철도기술부분 중점 추진분야

라. 제3차 국가철도망 구축계획(’16~’25)

- 철도투자를 효율적 및 체계적으로 수행하기 위하여 중장기 국가철도구축계획을 수립하고 있으며, 고속철도·일반철도·광역철도 건설을 2016년에서 2025년까지 계획을 수립함.
- 구축계획의 주요내용으로는 철도의 중장기 건설계획, 다른 교통수단과의 연계교통 체계 구축, 소요재의 조달방안 및 환경 친화적인 철도 건설 방안으로 구성함.
 - 영업거리는 3,729km에서 5,364km(144%↑)로, 전철화 연장은 2,595km 에서 4,421km(170%↑)로 대폭 제고
 - 철도 수송 분담률이 14.7%에서 5%pt 수준(약 20%) 증대

표 2-1-1 철도주요지표 변화

구분	2014 (A)	2026 (B)	비고 (B/A)
영업거리 (km)	3,729	5,364	144%
복선화율 (%)	2,147(58%)	3,813(71%)	178%
전철화율 (%)	2,595(70%)	4,421(82%)	170%

* 제3차 국가철도망 구축계획내 사업 완료시 3,729km→ 6,133km(164%↑)

- 구축계획에서는 미래철도의 역할을 수송 분담률 증가, 시간단축 및 안전 확보 등으로 규정하고 있음.
 - 철도 운영 효율성을 확보를 통한 수송 분담률을 선진국 수준으로 증가
 - 새로운 기후체제 등에 대비한 온실가스 감축과 교통비용 감축을 위한 철도의 주도적 역할 수행
 - 국민의 요구수준에 맞는 안전 확보와 이용 편리성 제고
 - 노후 철도시설 개량, 열차운행 안전성 강화, 철도이용 편의시설 확충 등 필요
 - 통일·유라시아 시대를 대비하여 남북철도 연결, 대륙철도(TSR, TCR 등)의 연계 추진

마. 국토교통 연구개발 사업 개편(`18 ~ `23)

- 고부가가치 철도차량 기술개발(`18~`22)
 - 목표 : 비용대비 효율적 고성능 친환경 철도차량 기술 확보
 - 추진분야
 - 신재생에너지 적용 철도차량 개발 : 신재생에너지 철도차량 추진·제어 핵심기술 5건 이상 확보
 - 에너지 효율향상 기술 : 철도차량 운전 에너지 효율 10% 향상, 철도차량 량당 무게 15% 절감
 - 여객편의 향상 기술 : 승차감 향상을 위해 동일차종 대비 소음 3dB, 진동 3dB 저감, 공기질 개선을 위한 초미세먼지(PM2.5) 25 μ g/m³ 저감
- 철도유지·관리 자동화 기술개발(`18~`23)
 - 목표 : 상태기반의 유지·관리 자동화를 통한 철도시스템 유지보수 효율화 및 안전성 향상
 - 추진분야
 - 능동형 유지보수 기술 : 철도차량 및 시설물의 유지보수 첨단화를 통한 진단평가 소요시간 20%단축

- 사고복구대응 기술 : 철도사고 및 운행 장애 복구시간 20% 감축
- 고성능·저비용 철도인프라 구축기술 개발('18~'22)
 - 목표 : 정책실현을 위한 ICT를 활용한 비용 효과적인 철도망 구축기술 및 철도인프라 신기술 확보
 - 추진분야
 - 저비용 궤도/노반 구축 및 개량 기술개발 : 궤도/노반 구축비용(LCC포함) 5% 절감 기술확보, 기존대비 궤도/노반 개량 비용(LCC포함) 10% 절감 기술확보
 - 고효율 전력공급 네트워크 기술 : 고효율 전력공급을 통한 전력공급 손실 10% 저감
 - ICT기반 철도신호제어 시스템 개발 : 무궤도회로 기반 무선통신 열차제어 기술개발을 통한 일반/고속철도 운행 시격 30% 단축
- 철도부품·장치 자립화 기술개발('18~'24)
 - 목표 : 주요 부품장치 국산화 및 실용화 문턱 해소를 통한 철도산업 활성화
 - 철도부품 설계·제작·성능 검증 기술 : 철도부품·장치 수입대체를 통한 매출액 70억 원
 - 철도부품·장치 실용화 문턱지원 : 철도부품·장치의 상용화율 50% 달성

바. 국내 철도유지보수 정책 동향

- 제3차 국가교통기술개발계획('14~'18)
 - 국가통합교통체계효율화법에 의거 향후 5년('14~'18)간 교통기술의 연구개발을 촉진
 - 열차운행 100만km당 사고건수 10% 저감을 목표로 정확하고 경제적인 철도를 위한 철도운영 및 유지관리 기술개발 추진.
- 국토교통 연구개발 중장기 전략('14-'23)
 - 미래가치 창출을 위한 10대 중점프로젝트를 발굴·제시하였으며, 이중에 “스마트 철도교통시스템”을 추진
 - 철도교통시스템의 안전성 및 경제성을 위한 기술로 “철도차량 및 인프라 상태를 자동으로 실시간 모니터링, 진단 및 유지보수를 하기 위한 기술을 개발하여 안전 사고를 예방할 수 있는 기술” 추진
- 제3차 철도안전종합계획('16 ~'20) : 철도차량 정비제도 선진화
 - 차량고장으로 인한 장애증가로 안전위협, 운행지연 등 사회적 경제적 손실증가와

단순한 차량고장이 사고로 연결될 우려 증가.

- 철도차량의 선진유지보수 체계 수립 및 시행
 - 기관별 차량 특성에 따른 예방정비체계 구축과 정보시스템 운영
 - 철도차량의 유지보수 장비 현대화 및 검수시설 보강
 - 기관별 차량 특성에 따른 예방정비체계 구축과 정보시스템 운영
- 철도차량 유지보수에 스마트팩토리 솔루션 적용
 - 코레일은 철도차량 유지보수의 생산성과 품질 향상을 위해 제조업의 스마트팩토리 혁신 개념을 철도차량 유지보수에 적용
 - 스마트팩토리가 도입되면 철도차량, 대차 등의 수작업 도장 및 세척 업무가 로봇 자동화로 대체되고 차축베어링, 트리포드 등의 유지보수 작업장이 연속공정 방식으로 개선. 또한 첨단 차량초음파탐상설비 등 시험설비를 확대 도입해 정비 생산성 향상과 품질 고도화도 추진.

2. 국외 정책동향

가. 유럽 (EU, European Union)

- 유럽에서는 철도의 안전성 제고를 위한 운영 및 유지보수 부분의 신기술 개발에 노력하고 있음.
 - 안전 및 건강에 대한 니즈 확대에 인하여 이를 충족시켜 줄 수 있는 철도기술개발에 대한 요구가 증대하고 있음. 새로운 철도 재료 및 모니터링 시스템 개발, 철도 유지보수를 위한 IT 기반 확충 및 관련 기술개발, 유지보수 기계에 대한 신기술 개발, 센서개발 등이 추진되고 있음.
 - 철도시스템의 유지관리 기준 및 공법에 대하여 신뢰성 중심의 유지보수에 대한 연구가 진행되었으며, 각국이 유지보수 기준을 보유
 - 유럽 연합을 중심으로 신뢰성 중심 유지보수(RCM)에 대한 연구를 수행, 신뢰성 및 최적화 이론을 유지보수주기 및 예비품 소요량 산정에 적용하는 연구를 수행하여 적용
 - 이탈리아의 Circumviana Railway는 유지보수 전산통합관리체계를 도입하여 전동차 전주기 비용의 60%에 해당하는 유지보수 비용을 10% 절감하고 전동차의 신뢰성 및 가용도를 향상
- 모니터링 시스템의 개발 및 적용을 통해 철도시스템의 유지보수 비용 절감과 안정성 확보를 추구

- 스위스의 ABB사는 RE0517을 개발하여 전차선, 조가선 및 전력설비의 보호 및 모니터링 기능을 포함하는 시설분야 모니터링 시스템을 개발하고, 네트워크 기반 모니터링 시스템 기술개발을 추진.
 - 영국 런던에서는 차륜의 상태를 모니터링 하는 시스템을 구축하여 운용 중에 있으며, 적외선 센서를 철도차량 하부에 설치하여 온도를 측정하고 온도 임계치가 넘어가면 베어링의 마모를 인식하여 알려줌으로써 철도차량의 탈선사고를 예방
- TEN-T(Trans-European Transport Network) 정책
- 교통부문의 균형 있는 발전과 회원국 간의 통합을 위한 철도중심의 범유럽 교통 네트워크계획 수립
 - 신뢰성 높은 유럽 통합철도시스템 구축을 위한 관리측면 강조(유지보수, 안전 측면)
 - 궤도/하부구조물의 고효율 고속 상태모니터링시스템(2004-2008)
 - 철도 월셋 검사시스템(2008-2011), 월셋 통합 설계 및 효율 관리(2005-2007)
 - 유지보수 효율화 자동화(2010-2013), 철도 인프라의 스마트유지보수(2011-2014), 선로변 작업자 자동경보시스템(2010-2012)
- 유럽의 ERRAC “Strategic Rail Research Agenda 2020 & Roadmap 2050
- 효율적인 도시교통, 끊김 없고 통합된 고속여객 서비스, door-to-door 화물 서비스 제공을 통한 유럽교통시스템에서의 철도 역할 증대
 - 차량, 유지보수 절차, 발권시스템, 인프라 등 철도 운영 전반에 대한 현대적 기술의 접목을 통한 제품의 고객 선호도 개선과 수명주기비용 절감 달성 등 철도 경쟁력 제고
 - 차량 궤도 안정성 향상을 위한 고효율 유지보수 및 공동 운영이 가능한 유지보수 프리 개념의 인프라 개발
- 유럽은 철도 중심의 교통정책을 수립하고, 철도 차량의 고속화·경량화·대용량화, 신호 및 제어기술 고도화 등 추진
- '88년에 이미 400km/h급 고속철도를 운영한 독일이 세계 최고 기술국이며, 프랑스도 비슷한 상대 기술수준(98.2%) 보유
- Shift2Rail을 통하여 신뢰성 있는 차세대 고용량 차량개발, 지능형 교통 제어시스템개발, 혁신적인 IT 솔루션 결합 등을 목표로 과제 수행 중에 있음

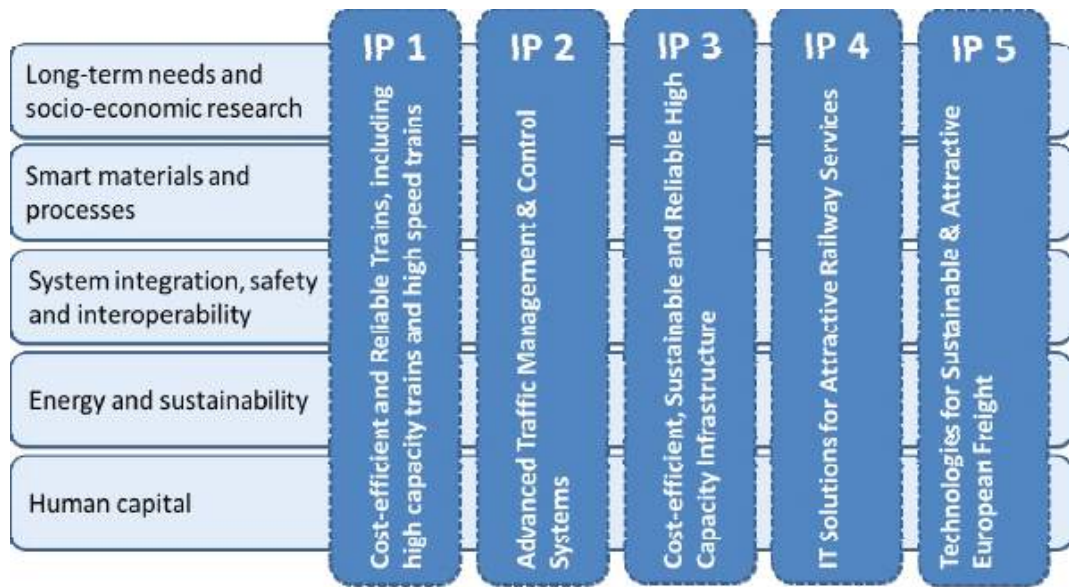


그림 2-1-2 Shift2Rail의 중점 추진분야

나. 중국

- “2020 중장기 철도 네트워크 구축 계획”에 따라 속도향상 프로젝트를 적극 추진하고, 중국 철도차량 회사(CSR, CNR)의 세계시장 진출 확대를 위해 철도 기술개발 속도향상 추진
- 철도망 배치의 합리화, 기술장비의 선진화, 경영효율 증가 등을 목표로 설정하여 철도정책 추진
 - 고속철도, 간선철도, 석탄운송통로, 서부철도 등 철도망 배치의 합리화 계획 수립
 - 동북, 서북, 서남 등 출경철도(국경을 넘는 국제철도)를 건설하고 1, 2, 3 유라시아 대륙교를 건설하여 국제통로 건설강화, 인접국가와의 연계 실현 계획 수립
 - 시장수요에 따른 철도서비스 능력의 확대와 서비스 수준 제고를 중심으로 철도 다원화 경영을 추진, 경영효율 증대
- 20년까지 12만km 이상의 철도연장을 계획하고 복선화율 50%이상, 전철화율 60%이상을 목표로 철도망 구축
 - 4중 4횡 여객전용선 계획과 주요 도시 간 여객전용선 구축 추진, 고속철도 및 쾌속철도망 건설
 - 40년까지 전국 주요성시구를 연결하는 5중 6횡 8연결의 중단기 계획, 2070~2100까지 8중의 고속철도망 장기 계획 수립
- 중국정부가 추진 중인 일대일로 전략과 철도 해외진출 등에 따라 철도 설비 수출 및 철도 관련 유지·보수, 수리, 안전 운영, 검사 등 수요 증가

- 15년 중국 철도 차량 투자 금액은 약 1,200억 위안(국가통계국 통계)이며 이중 약 25%가 철도 차량 유지·보수 등에 이용된다고 가정할 경우, 철도 유지·보수 시장이 최소 300억 위안에 달할 것으로 분석.
- 해외 시장의 경우, 철도 해외진출 사업은 주로 철도 설비, 철도 차량 수출 위주로 진행되고 있으나, 철도 설비, 차량 수출과 동시에 관련 서비스를 제공하는 원스톱 수출 비중은 상대적으로 적은 편이기 때문에 해외 시장 전망이 매우 밝다고 분석, 철도차량 유지보수는 중국의 철도차량 제작회사인 CNR이 가장 큰 점유를 하고 있음

다. 일본

- 국민생활에 필요한 교통, 지역 및 국제 교통네트워크 구축, 지속 가능하고 안전한 교통시설 정비에 중점을 둔 철도 정책을 수립
 - 지자체 중심의 압축형 도시 정비와 연계한 지역 교통네트워크 재구축
 - 국제공항과의 연결로 국제교통 네트워크의 경쟁력 확보
 - 일본 내 기술과 경험을 통해 교통인프라 서비스 해외 진출
 - 터널, 교량 등 보강을 통해 대형재해와 노후화 대비
 - 저탄소화 및 에너지 절약을 통한 환경대책 추진
- 도시철도 주요구간 중 평균 혼잡률을 '15년 150% 이하, 개별노선의 경우 180% 이하로 개선
 - 기존노선 복복선화, 평면건널목 입체화, 신호 보안시설 개량 및 운행차량의 증편 등으로 혼잡완화
 - 상호직통연결 운행 노선 확대, 추월선로설치 등으로 이용시간 단축
- 신칸센 정비와 재래선의 고속화 추진으로 경쟁력 확보
 - 고속철도를 중심으로 한 철도교통망 정비 지속 추진
 - 15년까지 5대 도시권(도쿄, 나고야, 오사카, 삿포로, 후쿠오카)을 3시간대 연결
 - 일본 3대 도시(도쿄, 오사카, 나고야)를 연결하는 초고속 자기부상철도 계획중
- JR에서는 차량 모니터링과 상태기반유지보수(CBM)을 바탕으로 하는 스마트 유지보수를 진행 중에 있으며 5가지 요소로 구분하고 있음. 다양한 센서를 통한 차량 상태 모니터링, 모니터링 빅 데이터를 분석하고 열화모델을 개발하여 적용, 의사결정, 수리 및 평가 등으로 구분함.

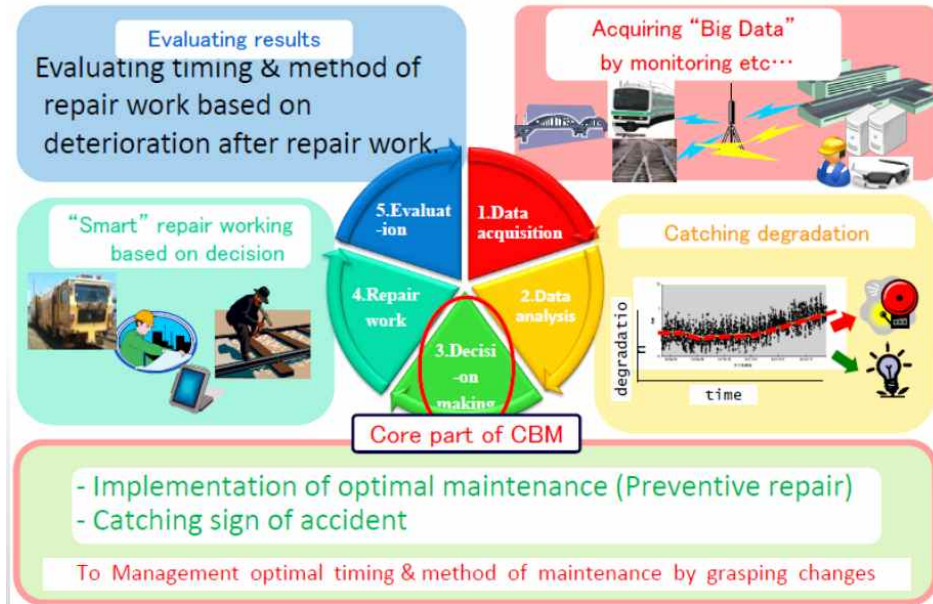


그림 2-1-3 일본의 상태기반유지보수에 기초한 스마트 유지보수

- 일본철도연구소(RTRI)에서는 2020년까지 연구개발 계획 설정('15-'20)
 - 연구개발 목표 : 안정성향상, 비용절감, 환경과의 조화, 편리성 증대
 - 유지보수효율성 증대를 위한 ICT 기술을 활용하는 과제 수행
 - 철도차량 상태 모니터링을 위한 분산형 자가시스템 개발
 - 구조물 변형 진단을 위한 이미지 처리 및 검사 기술

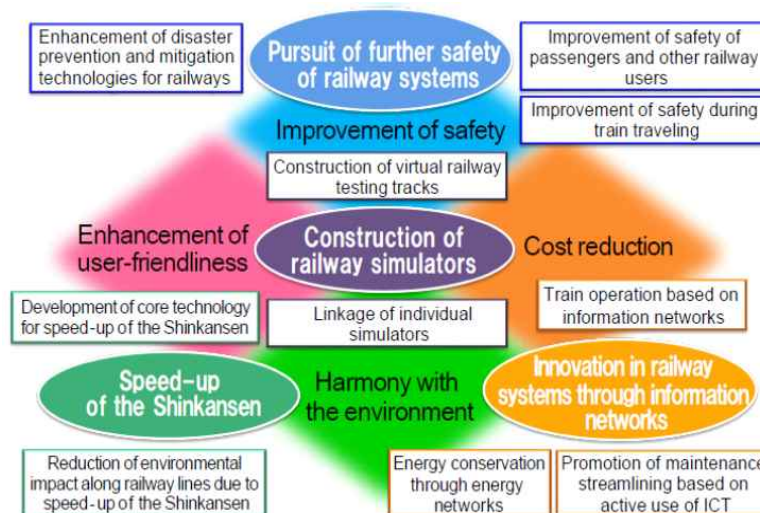


그림 2-1-4 일본철도연구소의 목표 및 비전

3. 국내외 정책동향 분석 시사점

- '16년 다보스 포럼에서 「4차 산업혁명의 이해」라는 주제로 새로운 시대의 개막을 공언, 이후 선진국들은 앞 다투어 4차 산업혁명에 매진
 - (선진국 동향) 미국, 독일은 민간 참여로 일본, 중국은 정부차원에서 추진

표 2-1-2 국가별 4차 산업혁명 정책 현황 비교

구분	미국	독일	일본	중국
정부 정책	·NNMI 네트워크 ·NITRD ·브레인이니셔티브	·하이테크전략 2020 ·인더스트리4.0	·일본재흥전략2015 ·과학기술 이노베이션 종합전략 2015 ·로봇 신전략	·중국 제조2025 ·인터넷플러스
대응 방향	·민간 중심 대응전략을 적극적으로 지원	·국가 차원의 아젠다 제시와 함께 민관의 공동대응	·정부 아젠다 중심의 대응전략수립	·정부 중심의 강력한 정책추진

- 정부도 '2017년 경제정책방향' 및 '지능정보사회 중장기 종합대책'에서 4차 산업혁명 대응 방안을 논의하고 구체적인 추진 방안을 마련 중

표 2-1-3 주요 부처별 4차 산업혁명 대응 현황

구분	기획재정부	국토교통부	미래창조과학부
추진 내용	·전략위원회 신설 ·R&D 성과제고, 규제개선 등	·4차산업혁명 국토교통발전포럼운영 (국토교통 4차산업혁명 대응 전략)	·인공지능·차세대선도기술 개발 ·지능정보화기본법 마련

- 정부는 새로운 미래비전으로 4차 산업혁명 관련 공약 제시

표 2-1-4 4차 산업혁명 공약

주요내용	비고
대통령 직속 '4차산업혁명위원회' 신설해 Smart KOREA 구현	4차 산업혁명 플랫폼 구축
세계최초 초고속 사물인터넷망 구축	
공공 빅데이터센터 설립(정부와 지자체 소유 공공데이터 개방)	
자율주행가능한 인공지능 스마트 고속도로 구축	
인공지능(AI) 기술을 4차산업혁명의 핵심기반기술로 지원·육성	

- 철도안전 3.0시대 실현을 위한 철도안전 혁신대책 수립 ('15.8월)
 - (혁신대책) 철도안전의 근본적 체질을 개선하기 위한 '첨단 융·복합 혁신기술을 활용한 관리체계 개선' 대책 수립
 - (철도인프라) 철도시설 Life-Cycle별 안전관리 강화, 유지보수 첨단화·기계화
 - (스마트철도시스템) 철도안전기술 개발 국가 R&D 확대, 휴먼에러 예방 및 신뢰성 확보중심 첨단 안전체계 확충
 - (재난대응역량강화) 화재, 시설물 붕괴 등 재난 조기경보체계 개선
- 제3차 철도안전 종합계획 (국토부고시 제2016-394호, '16.6월)
 - (종합계획) 철도시설 안전관리체계의 전면적 개선을 위하여 2대 목표를 설정하고, 6대 분야의 40대 중점 추진과제를 선정
 - (재난대응역량강화) 첨단 과학기술 기반 철도 재난 대응 역량 강화
 - (철도안전산업 활성화) 안전산업 수요 창출, 민간의 안전투자 확대 유도, 제도개선을 통한 안전산업 선진화, 원천기술 개발 및 검증 인프라 확충, 철도안전 고도화를 위한 R&D 확대
- 제3차 철도안전종합계획 분석
 - 대형철도사고 발생 Zero화를 통하여 환경변화에 따른 대형철도사고 예방으로 국민의 신뢰를 확보함과 동시에 대형사고 범위를 확대하여 개선된 안전 확보 도모
 - 1억km당 열차사고 발생건수 5건 달성을 위하여 현재 선진국 수준인 열차사고건수를 유지·개선하고, 계획에 반영된 안전대책의 기대효과를 반영
 - 1억km당 사망자수 8.5명 이하 유지를 위하여 강화된 사상사고 예방대책의 기대효과를 반영하며, 정책수립에 활용을 위해 사망자 통계를 세분화하여 운영
- 국토교통 4차 산업혁명 대응 전략 마련 ('17.4월)
 - (추진전략) 국토교통 산업의 체질 개선 및 경쟁력을 강화하고 스마트하고 안전한 국토공간화 공공서비스 제공
 - 초연결, 초지능화, 무인화·자동화, 최적화의 4차 산업혁명 트렌드를 반영하여 '국토교통 분야 혁신을 통한 국민체감형 4차 산업혁명 선도'
 - (스마트국토조성) AI, 빅데이터를 활용한 교통 융복합 서비스, 공간정보 고도화
 - (공공인프라혁신) IoT 기반의 선제적 SOC관리, 교통 인프라 운영 효율 제고
 - (혁신기반구축) 핵심기술 확보(R&D), 국토교통 공공 빅데이터 활용 촉진 기반 조성
- 정부 정책과의 부합성
 - 문재인정부 국정과제(2017) : “국민이 안전할 권리, 국가가 책임”
 - 1) 20대 국정전략 “3. 국민 안전과 생명을 지키는 안심사회”
 - 2) 100대 국정과제 “[55] 안전사고 예방 및 재난 안전관리의 국가책임체제 구축” 과 “[56] 통합적 재난관리체계 구축 및 현장 즉시대응 역량 강화”

- 국토교통부 철도안전대책(2015), 제3차 철도안전종합계획(2016), 국토교통 4차 산업혁명 대응전략(2017), 등을 통하여 첨단 과학기술을 이용한 철도 재난대응역량 강화 도모
- 연구원 미션과의 연계성
 - 철도에 특화된 안전대응기술을 개발하여 철도운영자를 포함한 수요자 피해 방지 및 저감에 기여
 - 철도연에서 수행한 연구개발 완료 또는 진행과제의 고도화/실용화/사업화 기반을 마련하여 국가 경쟁력 제고에 이바지
 - 1) 중심의 신규 고용 창출
 - 2) 중소기업 중심의 신규 시장 확충
 - KR 철도산업정보센터(철도시설물 유지보수 이력관리시스템, BIM 발주시스템, 사고이력시스템 등)의 재난안전정보를 지속적으로 수집, 분석 및 관리하는 모듈 기반 기술의 확보 필요
- 시설물 안전 및 유지관리 기본계획(국토부)
 - 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획: 정책·제도 선진화, 연구개발 촉진, 우수인력 양성, 효율적인 정보체계 구축에 관한 5년 단위 국가계획(시특법 제3조)
 - 삶의 질 향상 및 행복한 사회의 전제 조건은 국민의 안전
 - 한국사회 15대 메가 트렌드(Mega-Trend) 중 하나가 ‘국민의 삶의 질이 증시되는 복지사회’와 ‘증대되는 안전 위험성으로부터 국민이 적극 보호되는 안전사회’
 - 국민 안전을 확보하기 위해 3S(Safe, Sustainable, Smart) 시설물로의 전환을 통한 종합적인 시설안전을 구현할 필요

용어설명(3S 시설물)

- * 안전한 시설물(Safe): 시설물 안전·사용성능이 향상되어 국민이 안심하고 편리하게 사용하는 시설물
- * 자연과 함께 하는 시설물(Sustainable): 안전 및 유지관리가 저탄소·친환경적으로 이루어지고 이상기후 등 자연재해에 적극 대응할 수 있는 시설물
- * 영리한 시설물(Smart): 구조물이 자체적으로 위험을 인식하는 시설물

표 2-1-5 시설안전 메가 트렌드별 이슈(2013)

구분	메가 트렌드	시설 안전 관련 이슈
정치	안전 위협성 증대	<ul style="list-style-type: none"> · 복지재원으로 인한 신규 SOC 건설 저조 · 노후화로 인한 안전관리 필요 시설물 및 사회적 불안감 증가 · 환경변화에 따른 시설안전관리체계 정비 · 시설안전 운영시스템 테러대응방안 강구
경제	국민의 삶을 중시하는 복지경제	<ul style="list-style-type: none"> · 높은 수준의 시설물 사용성능 요구 · 공공 시설물 유지관리 중요성 대비 투자 미흡 · 안전·사용성능, 유지관리 투자 효율성 확보를 위한 자산관리 활성화
환경	기후변화	<ul style="list-style-type: none"> · 이상기후 선제대응 시설안전 요구증대 (자연재해에 대한 시설물 평가기준 등) · 저탄소·친환경형 보수·보강재료 및 신공법 개발
기술	기술의 융·복합화	<ul style="list-style-type: none"> · 시설물의 장수명화 기술 개발 촉진 · 시설물 손상 및 자기치유 기술 부각 · 실시간 구조물 모니터링 기술 및 정보시스템 고도화 · 안전진단 및 유지관리 업무 접목 가속
사회	양극화	<ul style="list-style-type: none"> · 노후 소규모 시설물 및 민간 시설물의 안전 취약현상 심화 · 대형 안전진단전문기관, 유지관리업체 위주 시장/기술력 편중

- 「제3차 시설물 안전 및 유지관리 기본계획(2013~2017)」의 4대 전략중 하나는 “지능형 기술 촉진 및 효율화”임
- 또한, 중점 추진과제로는 “융·복합형 진단 및 유지관리 핵심기술 개발”과 “시설물 정보 고도화 및 활용 증진”이 있음
- 특히, 세부추진과제로는 “ICT 기반 시설물 첨단 진단기술 확보”와 “유지관리 분야 지능화 기술 도입 기반 마련” 등이 있음.
- 「제4차 시설물 안전 및 유지관리 기본계획」에도 첨단 IT기술 및 센싱을 통한 스마트한 시설물 유지관리체계 수립 계획 반영 예정

○ 시설안전이슈도 분야별로 첨단기술과 연계되어 발전할 것으로 예상

제2절 국내외 시장현황 및 전망

1. 국내 시장현황 및 전망

(1) 국내 철도 유지보수 시장

- 국내 철도차량 유지보수시장은 약 9.2억 유로(약 1조 1000억원)이며, 전동차 유지보수 시장이 약 46%를 차지하고 있음. 특히, 서울시 전동차 차량이 전동차 유지보수 시장의 70%를 차지하고 있음 (선로 연장 약 330 km, 연간 23억명 수송)

※출처: Rail vehicle maintenance global market trends in after-sales service, SCI 보고서(2012)

- 국내 전동차 유지보수 시장은 약 4.2억 유로 (약 5,000억원)이며, 이 중 경쟁비는 약 2.9억 유로(약 3,500억원)로 전체 전동차 유지보수 시장의 70%를 차지

※출처: Rail vehicle maintenance global market trends in after-sales service, SCI 보고서(2012)

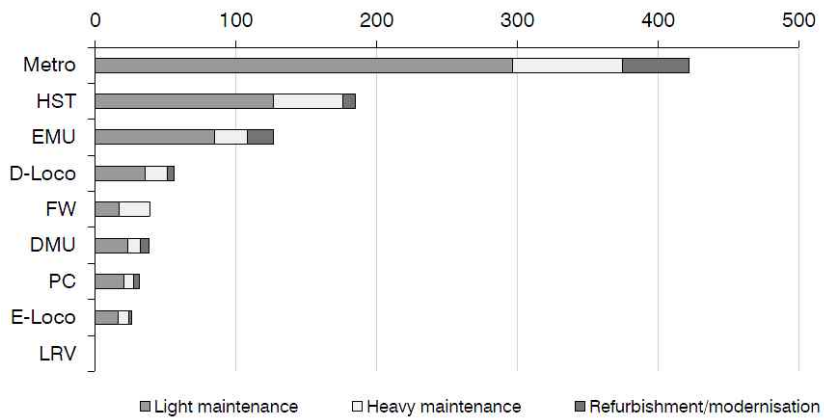


그림 2-2-1 대한민국 철도유지보수 시장규모(단위: 백만 유로)

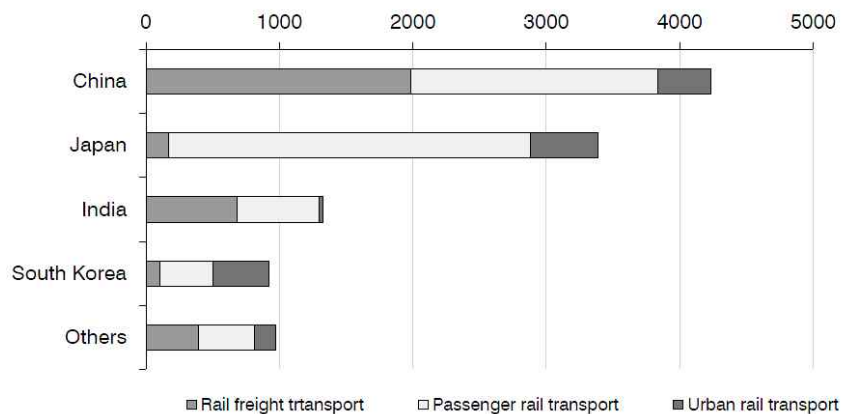


그림 2-2-2 아시아 철도유지보수시장규모(단위: 백만 유로)

2. 국외 시장현황 및 전망

가. 국외 철도시장

- 세계 철도시장은 2020년까지 2.3%의 성장이 예측되며, 유지보수 시장은 총 시장 규모 1,690억 유로의 53%를 차지함으로써 신차 시장의 규모를 초과함¹²⁾

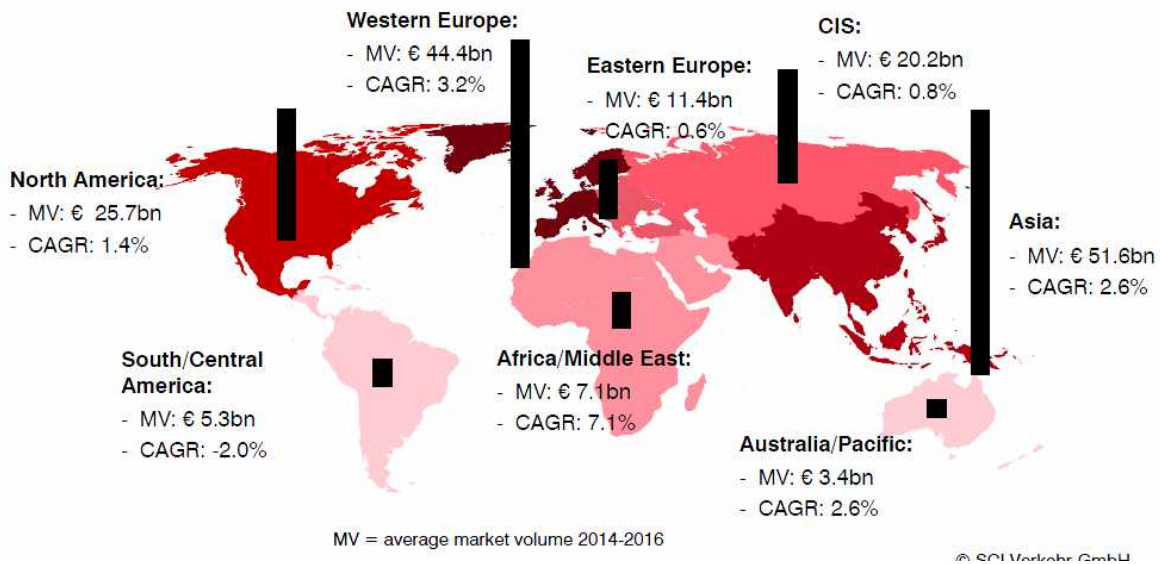


그림 2-2-3 세계철도시장 크기 및 2020년까지 예측 성장률

- 세계 시장을 주도하고 있는 상위 5개 나라는 중국, 미국, 러시아, 독일, 프랑스이며 전 세계 철도시장의 50%를 차지하고 있음

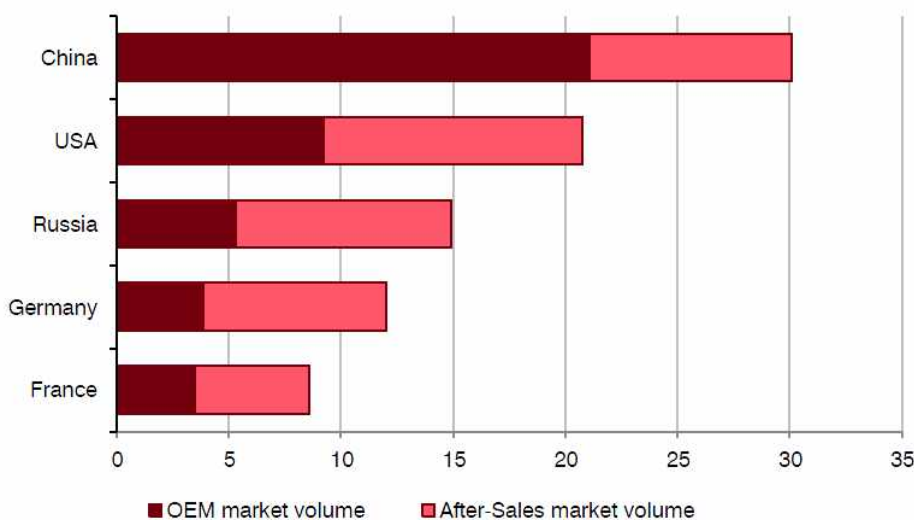


그림 2-2-4 세계 상위 5위 철도시장 주도국

12) SCI 보고서: Worldwide market for railway industries, 2016.9

나. 철도차량 유지보수 시장

- 철도차량 유지보수 등 차량 판매후서비스(After-Sales Services)에 대한 세계시장 규모는 2015년 기준으로 890억 유로 수준으로, 2020년까지 연 평균 3.2%씩 성장할 것으로 예측되며, 신차 시장의 규모를 초과하였음¹³⁾

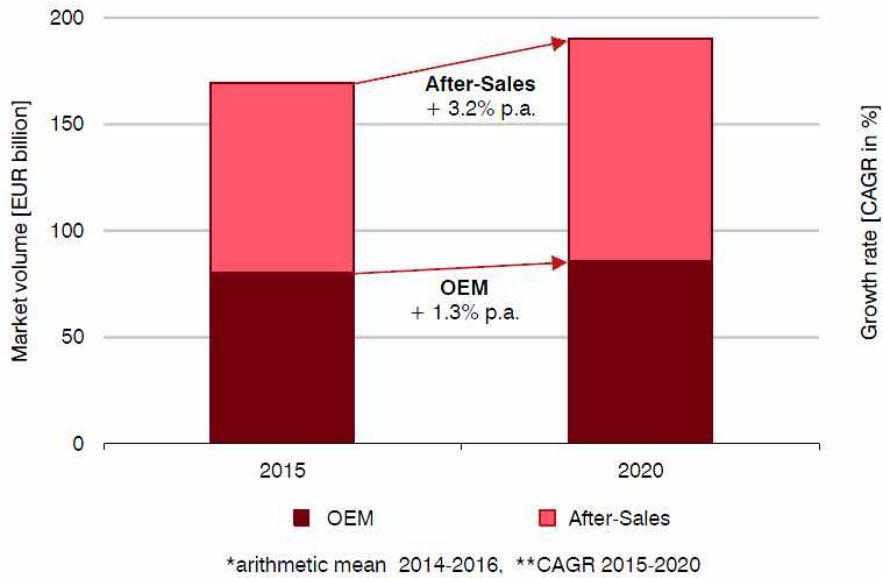


그림 2-2-5 세계 철도유지보수시장(2015년)

- 기관유형별로 살펴보면 철도운영기관이 소유하는 차량의 유지보수는 시장규모가 60~70%를 차지하고 있으나, 철도차량 제작사나 공급자를 통해 유지 보수하는 시장비율이 점차 증가하는 추세임.
- 수송유형별로 살펴보면 화물수송차량 유지보수가 거의 50%로 시장규모가 가장 높게 나타났지만, 고속철도(HSR), 도시철도, 경량전철 등 여객수송 차량의 유지 보수 시장비율이 크게 증가하는 추세임

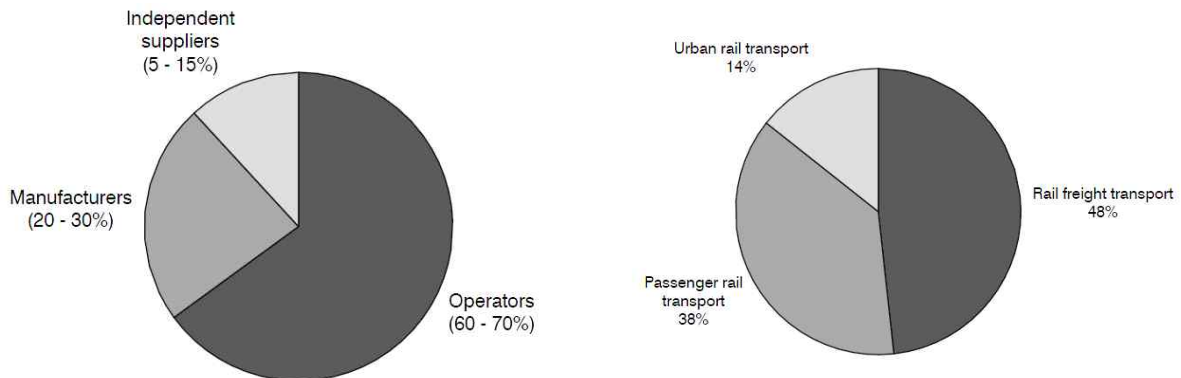


그림 2-2-6 유지보수시장 규모 및 수송수단별 규모(2013년)

13) SCI 보고서: Worldwide market for railway industries, 2016.9

- 국가별로 살펴보면 화물수송 비중이 높은 미국의 시장규모가 가장 크게 나타나고 있으며, 러시아, 중국 순임. 상위 10개국의 연평균 성장률이 5%인데 반하여, 중국의 경우 거의 연 10%의 높은 성장률을 나타내고 있음. 중국은 미국, 러시아에 비해 시장규모의 약 50%가 여객 및 도시철도 차량에 의해 형성되고 있으며, 고속철도 및 도시철도 차량의 경우 연 15% 이상의 성장률을 예상함. 일본은 약 95%가 고속철도 및 도시철도 차량으로 시장이 형성됨

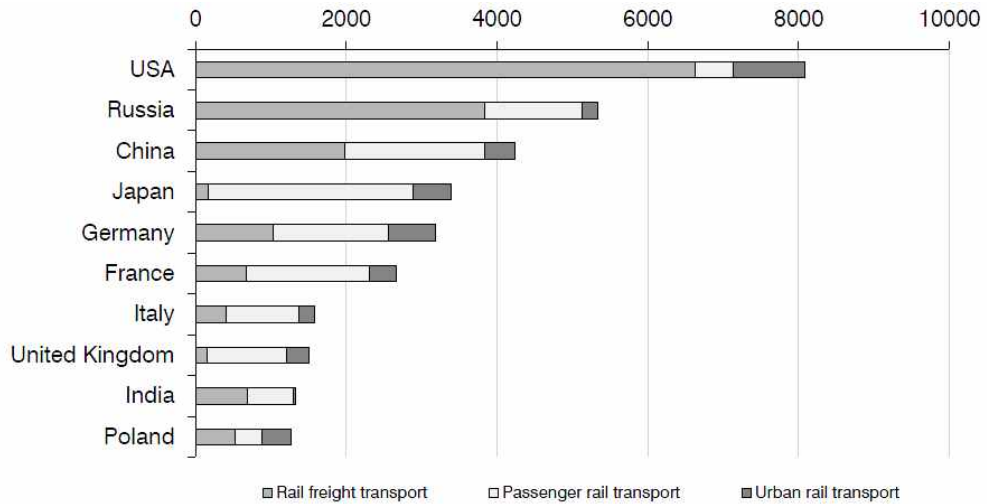


그림 2-2-7 세계 상위 10위 유지보수시장 크기(단위: 백만 유로)

- 철도차량 유형별로 살펴보면 고속철도차량의 성장률이 연 10%로 가장 높게 나타나고 있으며, 미국, 사우디아라비아, 모로코, 터키 등에서 새로운 고속철도 건설계획에 따라 연속적 성장이 예상됨. 또한 세계적으로 도시철도 차량의 업그레이드에 기인하여 연 5.3%의 높은 성장률을 나타내고 있음

표 2-2-1 차량분야 유지보수시장 규모(2013년)

World: After-Sales services			
Vehicle segment	Current market volume of After-Sales service p.a. (in EUR million)	Average market development 2013-2018 (in % p.a.)	Volatility of market development 2013-2018 (in % total)
E-Loco	5 000	+2.4	0.0
D-Loco	11 750	+2.1	0.1
HST	4 300	+10.0	0.8
EMU	6 100	+3.8	0.2
DMU	1 400	+3.2	0.2
PC	3 900	+2.1	0.5
FW	9 400	+2.9	0.1
LRV	2 900	+3.6	0.3
Metro	4 200	+5.3	0.1
Total	49 000	+3.7	0.1

- 유지보수 유형별로 살펴보면 차량 운영 중(running)의 경정비(light maintenance) 시장규모가 290억 유로(59%)로서 가장 많은 비중을 차지하고 있으며, 중정비(Heavy maintenance) 및 대수선(Refurbishment) 시장규모는 각각 160억 유로(32%)와 45억 유로(9%)로 나타나고 있음.
- 대륙별로는 서유럽(Western Europe)지역의 시장규모가 가장 크고, 두 번째가 아시아 시장임

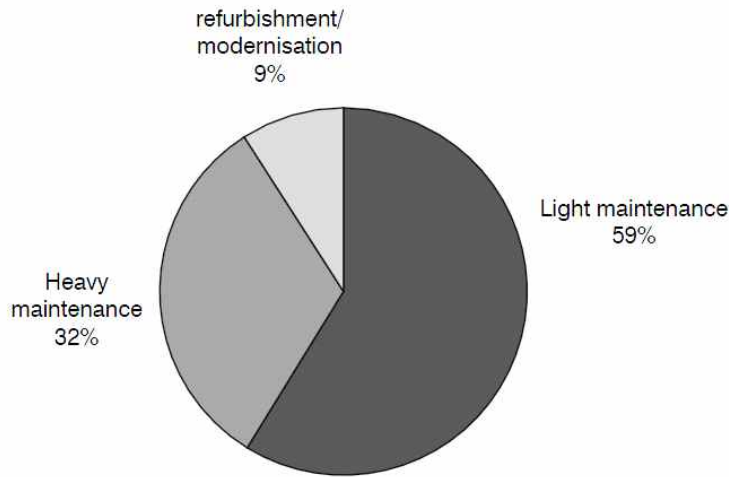


그림 2-2-8 유지보수시장 부문별 비율(2013년)

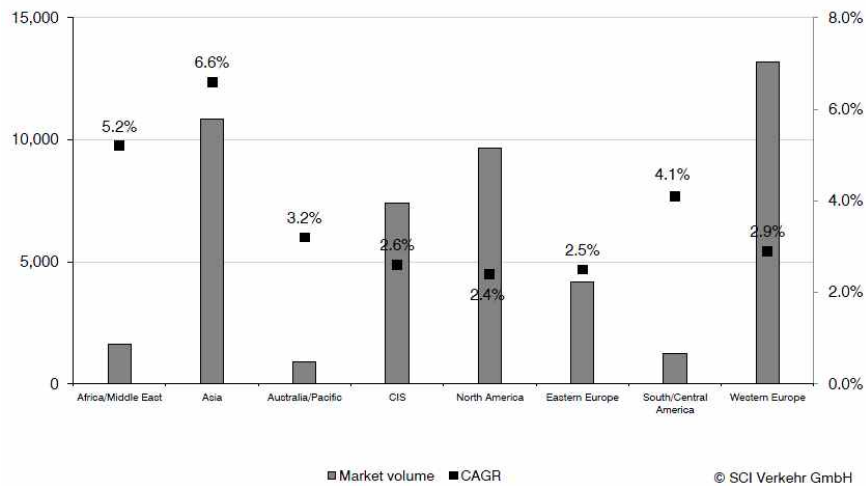
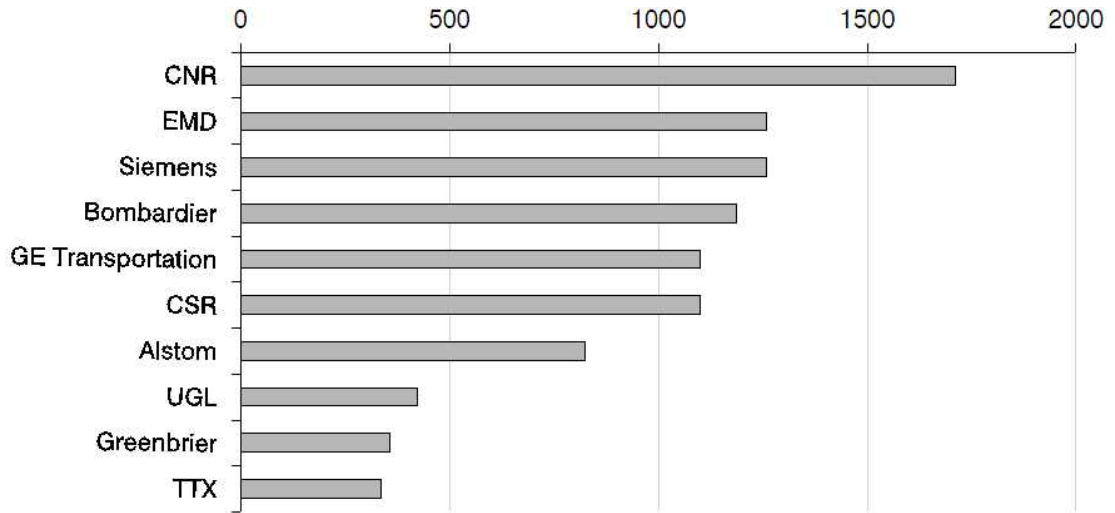


그림 2-2-9 유지보수시장 규모 및 연평균 성장률(2013-2018)

- 철도차량 유지보수 등 판매후서비스(After-Sales Services) 시장을 점유하는 주요 기업은 대부분 차량 제작사이며, 중국의 철도차량 제작회사인 CNR이 가장 큰 점유를 하고 있음. 중국의 CNR은 CSR과 함께 중정비 및 전면개편 업무를 하고 있음. EMD, Siemens, Bombardier, GE Transportation 그 뒤를 따르고 있음



¹ Financial years starting in 2012 were allocated to the year 2013

² Foreign currencies were converted using the average daily exchange rate of the reporting year

© SCI Verkehr GmbH

그림 2-2-10 세계 톱 10위 유지보수서비스 제공 기업 순위(2013년, 단위: 백만 유로)

3. 시장분석 결론 및 시사점

- 철도 유지보수 시장은 신규 차량 제작 시장과 유사한 규모로 매우 중요한 시장이며, 점차 증가하고 있음. 특히 제조사에 의한 유지보수시장이 매우 급속한 성장세를 보이고 있음
- 철도 유지보수 등 After-Sales Services에 대한 세계시장 규모는 경쟁비가 전체 시장의 59%, 중정비가 전체시장의 32%를 차지
- 결론적으로 세계 유지보수 시장은 신규 시스템시장에 비교할 만큼 큰 시장으로서 관련기술의 개발이 시급하고, 제조사에 의한 유지보수로의 전환이 이루어지고 있는 만큼 유지보수작업의 신뢰도를 높이고 비용절감을 위해서는 제작/설치 단계에서부터 이에 대한 고려가 필요함. 또한 자동화를 통하여 유지보수 비용의 상당부분을 차지하는 인건비를 절감할 필요가 있음
- 철도분야에서는 UIC(세계철도연맹)에서 수행
 - 안전관련 UIC 연구수행 현황 및 계획

pp71

UIC HIGH SPEED AND INTERCITY CIMMITEE

Project Leader Pierre-Etienne GAUIER – SYSTRA

WORKING GROUP
Representatives of different countries

위험목록	위험인자 # 1 강풍	위험인자 # 2 홍수	위험인자 # 3 지진	위험인자 # n	
- 최첨단 기술 - 잠재적 위험 - 기존 위험	- 잠재적 위험 - 현존 대책	- 잠재적 위험 - 현존 대책	- 잠재적 위험 - 현존 대책	- 잠재적 위험 - 현존 대책	<p>종합 및 제안</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 보고서(2012?) a “catalog of different risks with first assessment of impacts on Hs and intercity lines” ○ 세부 위험 심층 분석 of several risk 항목(완료) <ul style="list-style-type: none"> • Cross wind (achieved) • 지진 (in progress) • Earthquake ○ 적용 방법론ology used : <ul style="list-style-type: none"> • 해외 프로젝트 작 정보 공유 international knowledge • 기술 보고서 → SYSTRA • A technical report → SYSTRA

Report (2012?) a “catalog of different risks with first assessment of impacts on Hs and intercity lines”

of several risk 항목(완료)

- Cross wind (achieved)
- 지진 (in progress)
- Earthquake

technology used :

- 해외 프로젝트 작 정보 공유 international knowledge
- 기술 보고서 → SYSTRA
- A technical report → SYSTRA

- (Capacity for Rail by EU) 프로젝트 추진
 - 2030~2050을 향한 철도시스템 발전방향 정의 : 최적화/자동화/ 적응성/지속성/ 활용성 중심
 - [SP4] Advanced monitoring : 철도 구조물과 운영모니터링 정의
 - * 타당한 모니터링 전략 모색
 - * 첨단산업분야의 센서 사용
 - * 설계 솔루션으로서의 전형적 모니터링
 - * 기존 인프라구조물에 대한 신규 설치 방법
 - * 자가발전시스템 적용
 - * 운영과 운송 등 타분야에 대한 데이터 네트워크 구축
 - 차세대 철도 모니터링 및 검사를 위한 통합 솔루션 개발에 필요한 기술의 사양, 정의 및 평가 시행
 - * 범위 : 검지방범, 에너지 하비스팅, 통신, 프로세싱 및 데이터 통합
 - * 기대효과 : 저비용, 고성능, 지능형, 저전력
 - * 가까운 미래에 구현 가능한 기술 또는 타분야로부터 기술 도입(접목) : 완전히 새로운 접근방식 개발 제외
 - * 검사 및 모니터링 시스템에 대한 주요 요구사항 정의 : 필수 요구사항 및 실현 불가능사항 도출
 - * 철도 및 기타산업에 사용하는 기술 검토
 - * 저전력 에너지 시스템을 위한 적정 센싱기술과 프로세싱 선정
 - * 적합한 통신기술 선정
 - * 적절한 데이터 포맷 및 통신전략 정의
 - * 시범구축 사례 검토

기존 비교대상 측정 시스템 :

- 침목 가속도
- 레일-침목 상대 변위
- 레일과 침목-수직 변위
- 윤중
- 레일 직하 하중

기존 비교대상 모니터링 시스템

센서 유도계

이더넷 스위치

환풍기

실시간 제어, 데이터 기록 및 처리 시스템

특수형 전기공급장치

전원

전통방식 스트림 자지대

백업 데이터 디스크

센서 유도계

- 다중 레벨에 의한 기술분류

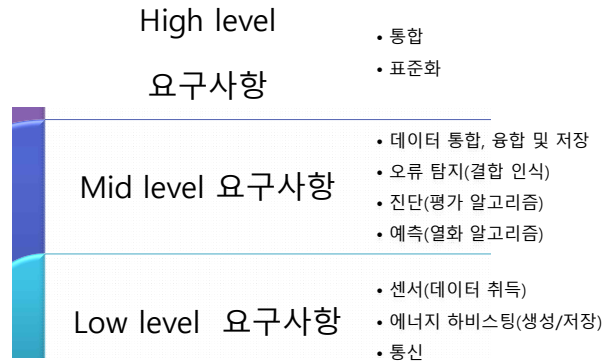


표 2-2-2 Low level 요구사항

센서	에너지 하비스팅	통신
<ol style="list-style-type: none"> 1. 자동화 데이터 수집 2. 초기 결함 검지 3. 이벤트 발생 위치 파악(localization) 4. 이벤트에 따른 취약개소 추출 5. 확장성 6. 환경 친화성 7. 회선 속도(linespeed)에서의 데이터 수집 8. 차별화된 측정모드 9. 전통적인 측정파라미터의 보고 10. 전통적인 결함 검지 방법 11. 전통적인 측정 결과 보고속도 12. 자가 진단 13. 장기 안정성 14. 장기 내구성 및 신뢰성 15. 검교정 16. 계측된 인프라 구조물 요소와 위치 정보와의 호환성 17. 궤도 유지보수와의 호환성 18. 구성요소 레벨에서의 높은 유용성 확보 19. 센서 노드의 높은 유용성 확보 20. 전자기장에 대한 저항성 21. 설치의 용이성 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 각기 다른 장소에 설치할 때의 적합성 2. 배터리 상태의 모니터링 및 보고 3. 자가 진단 4. 환경 친화성 5. 전자기장 저항성 6. 설치의 용이성 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 빠른 데이터 전송 2. 무선 통신 3. 무선 통신에 대한 표준화된 인터페이스 4. 산업용 이더넷 통신 인터페이스 5. 내부 통신에 대한 전통적인 메시지 포맷 6. 시간 동기화

표 2-2-3 Mid level 요구사항

데이터 통합, 융합 및 저장	오류탐지 (결함 인식)	진단 (평가 알고리즘)	예측 (열화 알고리즘)
<ol style="list-style-type: none"> 1. 데이터 집계 및 신호 분석 2. 시간 동기화 3. 공간 동기화(탑재된 센서만을 대상으로) 4. 데이터 보안 및 무결성화 5. 데이터 분석 속도 6. 빅데이터 분석기능 7. 클라우드 컴퓨팅 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 실시간 데이터 프로세싱 2. 시스템 레벨에서의 전통적인 결함검지 방법(규칙) 3. 데이터 분석을 위한 적정 방법 및 도구 4. 극단적 기계학습 (Extreme Learning Machine approach) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 이력데이터로의 즉각적인 접속 2. 진단에 결정론적 접근 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 궤도 열화에 대한 선진화된 모델링 2. 누적 궤도하중에 대한 즉각적 접속 3. 열화모델의 자동 조정(개선) 4. 결함 예측 5. 의사결정 지원시스템으로 확률론적 정보를 보고

제3절 국내의 기술 동향

1. 특허 동향

가. 무전원 무선 센싱기술

○ 분석기준

표 2-3-1 무전원 센싱기술-특허분석기준

구분	분석 기준			
특허검색 DB	Keywert			
검색국가	미국	유럽	일본	한국
	출원, 등록	출원, 등록	출원, 등록	출원, 등록
분석구간	1945.01.01.~2018.10.25			
검색범위	Text, Abstract			

○ 분석범위(기술별 검색 조합식 및 대상특허건수)

표 2-3-2 무전원 센싱기술-특허분석범위

기술구분	검색 조합식	대상 특허건수
A. 무전원 센싱기술	AA. 진동에너지 기반 무전원 센싱기술 (진동* vibrat*) AND (에너지* 전력* 전기* power* electric* energy* 하비스트* 하베스트* 하비스터* 하베스터* 수확* 수집* harvest* scavenger*) AND ((무선 무전원 무전력 wireless* radio* (no N/1 power)) N/1 (센서 센싱 감지 sens* detect*))	308 건
	AB. 유도전력 기반 무전원 센싱기술 (((electro* 전기*) N/1 (magnet* 마그넷* 자기*)) 전자기* electromagnet*) AND (에너지* 전력* 전기* power* electric* energy* 하비스트* 하베스트* 하비스터* 하베스터* 수확* 수집* harvest* scavenger*) AND ((무선 무전원 무전력 wireless* radio* (no N/1 power)) N/1 (센서 센싱 감지 sens* detect*))	513 건
	AC. 표면탄성파 기반 무전원 센싱기술 (표면탄성파 (표면 N/1 탄성) (surface N/1 acoustic) SAW) AND (에너지* 전력* 전기* power* electric* energy* 하비스트* 하베스트* 하비스터* 하베스터* 수확* 수집* harvest* scavenger*) AND ((무선 무전원 무전력 wireless* radio* (no N/1 power)) N/1 (센서 센싱 감지 sens* detect*))	87 건

○ 국가별/기술별 특허동향분석 (출원년도 및 국가별 특허출원 동향)

- 지능형 센싱기술 분야의 특허동향을 살펴보면, 현재까지 908건의 특허가 출원되고 있으며, 2000년대 초반부터 특허 출원이 급격히 증가되고 있음
- 국가별 출원현황을 살펴보면 미국이 49%(449건)로 최대 출원국이며, 한국(21%), 일본(19%), 유럽(11%)의 순서로 출원이 이루어지고 있음
- 미국은 최근까지 가장 높은 출원비중을 보였으며, 출원수도 증가추세로 나타나 여전히 이 분야의 선도국가로 보여짐
- 우리나라는 2,000년대 중반부터 특허의 출원이 지속적으로 상승추세인 것으로 보아 관련분야의 관심도가 높아지고 있음을 알 수 있음

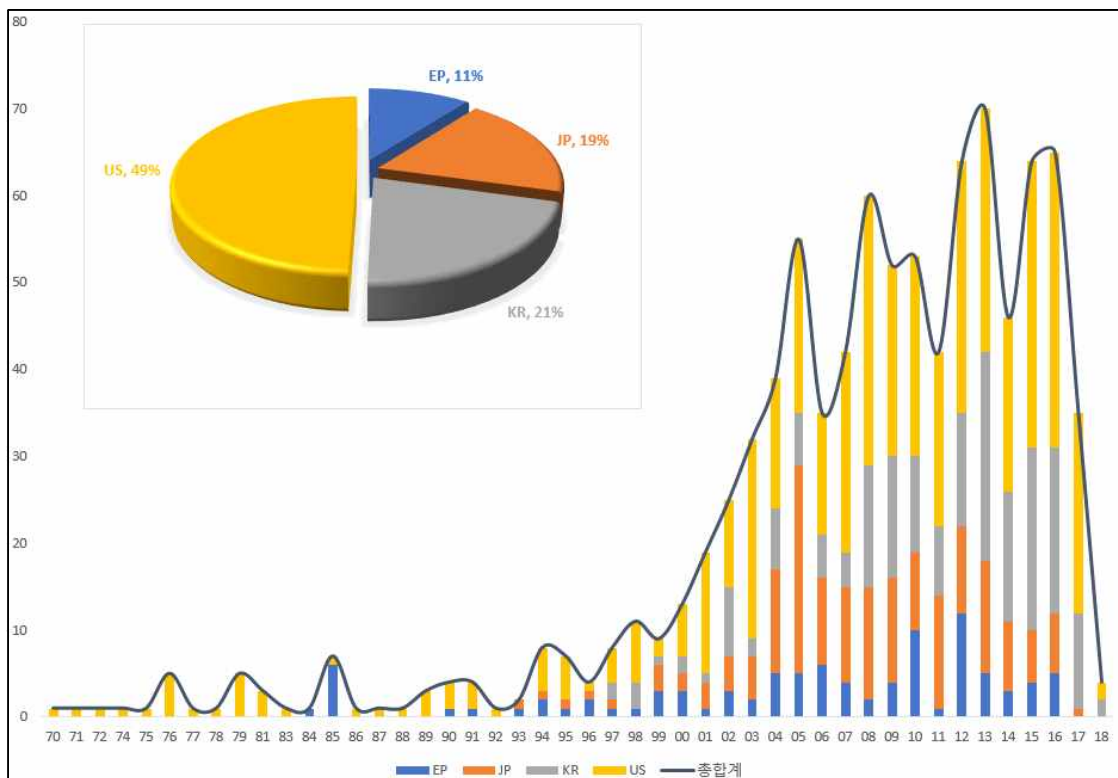


그림 2-3-1 지능형 센싱기술-특허 출원년도 및 국가별 출원추이

○ 세부기술별 특허출원 동향

- 유도전력 기반 무전원 센싱기술(AB기술)의 특허출원 비중이 56%로 가장 높으며, 다음으로는 진동에너지 기반 무전원 센싱기술(AA기술)이 많이 출원되고 있음
- 진동에너지 기반 무전원 센싱기술(AA기술)과 유도전력 기반 무전원 센싱기술(AB기술)은 꾸준히 특허 출원이 증가하고 있으나, 표면탄성과 기반 무전원 센싱기술(AC)은 아직 출원 증가세가 뚜렷하지 않아, 기술도입 초기 단계인 것으로 판단됨

- 주요 출원인의 연도별 특허출원을 보면 최다 출원인인 후지츠는 2000년 초반부터 현재까지 꾸준히 특허출원을 진행하고 있음

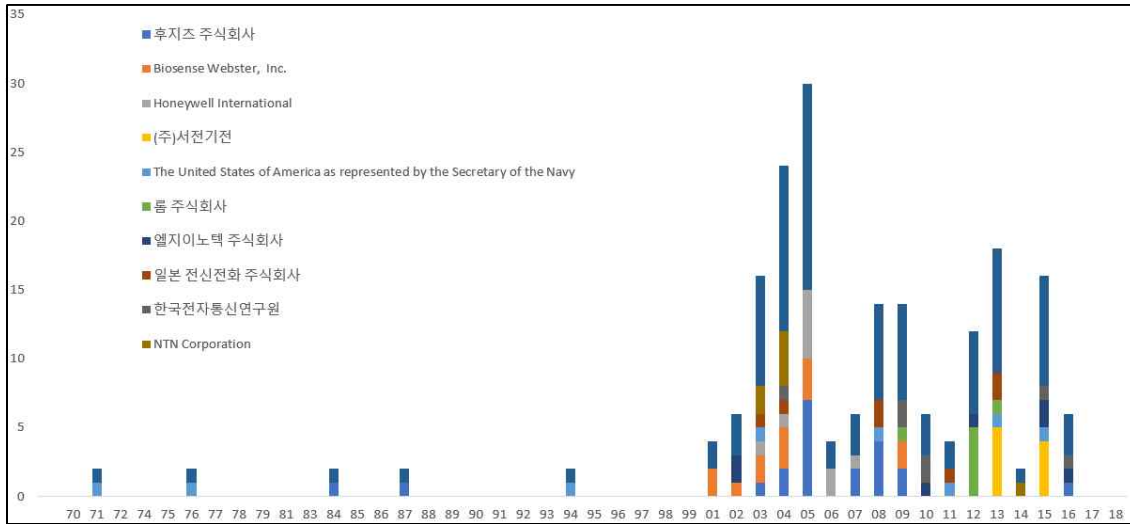


그림 2-3-4 연도별 주요 출원인 동향

○ 국가별 기술 분포

- 출원국가별 세부기술 특허분포를 살펴본 결과 유도전력 기반 무전원 센싱기술 (AB 기술)에 대해 집중도가 높게 나타나고 있음
- 해당 기술 분야에 대해서는 미국이 가장 기술 개발이 앞서 있는 상태로 판단되며, 한국의 경우 유도전력 기반 무전원 센싱기술(AB 기술)과 표면탄성과 기반 무전원 센싱기술(AC 기술)의 특허 확보가 상대적으로 더 필요한 상황인 것으로 판단됨

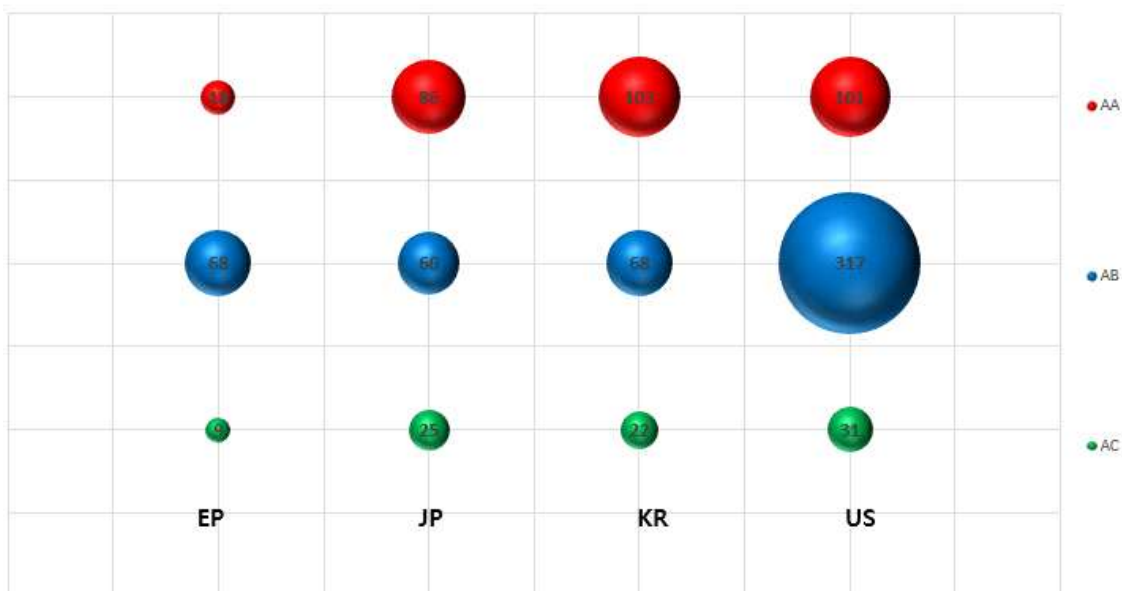


그림 2-3-5 기술별/국가별 기술 분포(버블형)

○ 국가별 특허분포 지수분석

- 시장확보지수 (PFS : Patent Family Size)는 특정 국가에서 상업적인 이익 또는 기술경쟁 관계에 있을 때 해외에 특허를 출원하므로, Family Patent 수가 많을 때 특허를 통한 시장성이 크다고 판단되어 이를 시장 확보력의 지표로 사용함
- 국가별 시장확보지수(PFS) = (∑ 해당국가 특허별 패밀리) / 해당국가 특허건수

○ (분석결과)

- 유럽의 시장확보지수(PFS)가 2.91로 가장 높게 나타났고, 유럽 다음으로 미국, 일본의 시장확보력이 높게 나타남
- 유럽은 출원건수는 작으나 다수 국가에 해외 출원을 진행한 상태임
- 한국의 경우 해외 특허 확보 비율이 가장 낮아 시장 확보력이 낮은 상태임

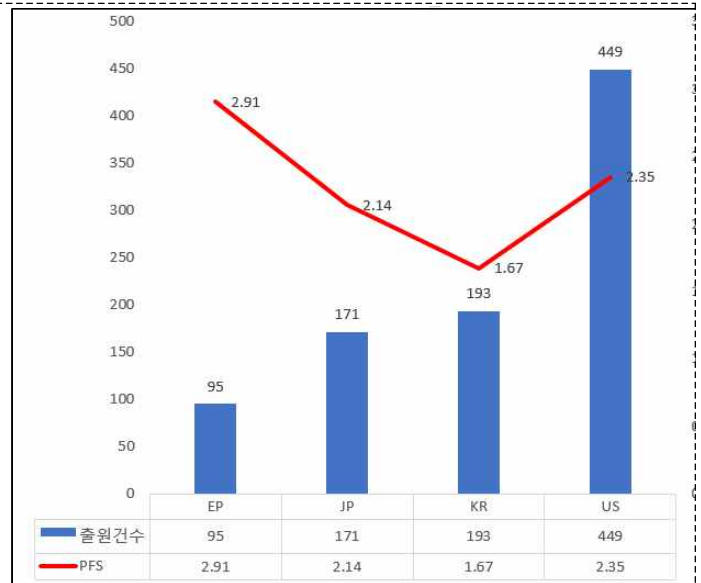


그림 2-3-6 국가별 출원건수 및 시장 확보 지수

- 인용도지수 (CPP : Cites Per Patent)는 특정 국가의 특허들이 이후 등록되는 특허들에 의해 인용되는 횟수가 많을수록 기술경쟁력이 높으므로, 인용도지수(CPP)가 클수록 원천특허/핵심특허를 많이 보유한 정도를 나타내는 지표로 사용함
- 국가별 인용도 지수(CPP) = (∑ 해당국가 특허별 피인용수) / 해당국가 특허건수

○ (분석결과)

- 미국의 인용도지수(CPP)가 9.26으로 가장 높게 나타났으며, 미국이 원천특허/핵심특허를 많이 보유한 것으로 판단할 수 있음
- 미국 다음으로 일본, 유럽, 한국이 대체로 유사한 것으로 나타났으며 미국이 다른 국가보다 상대적으로 월등히 인용도 지수가 높음

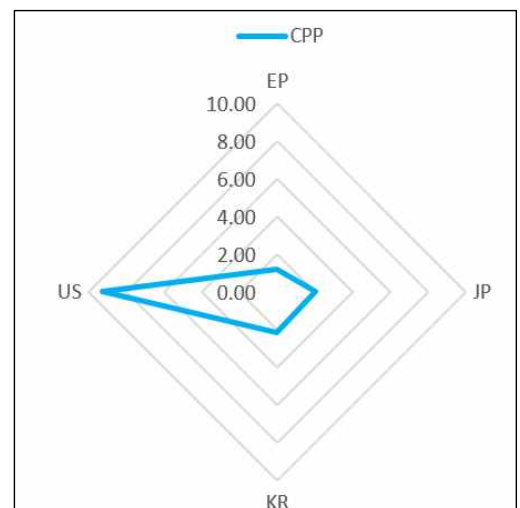


그림 2-3-7 국가별 인용도지수

- 영향력지수(PII : Patent Impact Index)는 특정 국가가 소유한 기술의 질적수준을 측정하는 지수이며, 기술력지수(TS : Technology Strength)는 특정 국가의 기술보유 양적수준(특허건수)과 영향력지수(질적수준)를 함께 나타냄
- 국가별 영향력 지수(PII) = 해당국가 특허 인용도지수 / 전체(모든국가) 특허 인용도지수
- 국가별 기술력 지수(TS) = 해당국가 특허건수 × 해당국가 영향력 지수

○ (분석결과)

- 미국의 영향력지수(PII)가 1.67로 가장 높게 나타나 질적수준에서 가장 경쟁력 있는 것으로 보임
- 양적 수준(특허건수)을 고려한 기술력지수(TS)에서도 미국이 749.8로 다른 나라에 비해 월등하게 높게 나타남
- 우리나라는 영향력지수, 기술력 지수 모두 낮은 수준으로, 향후 지속적인 기술 역량 강화가 필요함

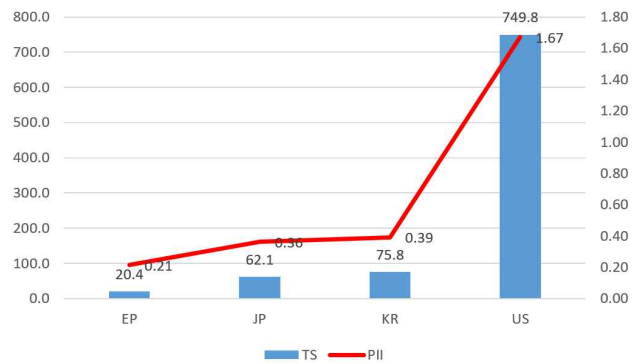


그림 2-3-8 국가별 영향력지수 및 기술력지수

나. 능동 유지보수기술

○ 분석기준

표 2-3-3 능동유지보수기술-특허분석기준

구 분	분석 기준				
특허검색 DB	Thomson Innovation				
검색국가	미국	유럽	일본	한국	중국
	출원, 등록	출원, 등록	출원, 등록	출원, 등록	출원, 등록
분석구간	1986.01.01 - 2016.2.20				
검색범위	Text, Abstract				

○ 분석범위(기술별 검색 조합식 및 대상특허건수)

표 2-3-4 능동유지보수기술-특허분석범위

기술구분	검색 조합식	대상 특허건수
C. 능동유지 보수기술	CA. 일상/월상 유지보수 스케줄링 기술(비용/시간) ALL=((railway or railroad or train or locomotive or railcar) and (schedul* or plan*) and (inspect* or mainten*) and reduct*)	69 건
	CB. 모바일기반 유지보수 지원 시스템 기술 ALL=((railway or railroad or train or locomotive or railcar) and mobil* and (mainten* or inspect*))	33건

○ 국가별/기술별 특허동향분석 (출원년도 및 국가별 특허출원 동향)

- 능동유지 보수기술분야의 특허동향을 살펴보면, 현재까지 102건의 특허가 출원되고 있으며, 2,010년부터 특허 출원이 급격히 증가되고 있음
- 국가별 출원현황을 보면 미국이 42%(43건)로 최대 출원국이며, 중국, 일본, 유럽, 한국의 순서로 출원이 이루어지고 있음
- 미국은 최근까지 가장 높은 출원비중을 보였으며, 출원수도 증가추세로 나타나 여전히 이 분야의 선도국가로 보여짐
- 중국은 2,000년대 후반 이후부터 출원활동을 꾸준히 증가시키고 있음

- 우리나라는 전체적으로 특허출원이 미미한 것으로 보아 기술력이 다른 국가들보다 낮은 것으로 볼 수 있음.

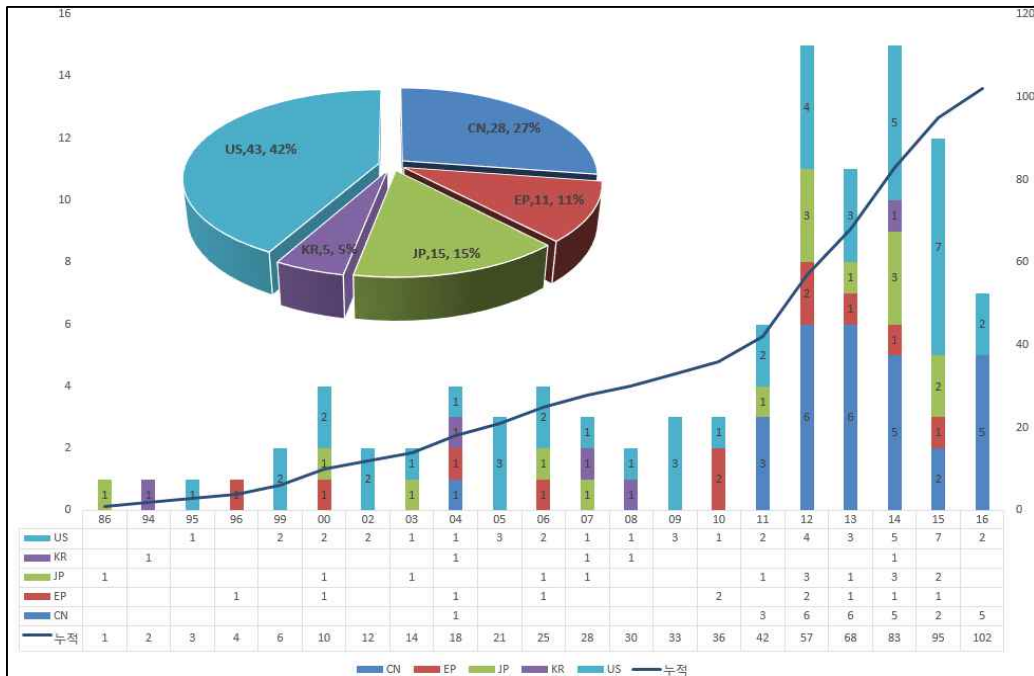


그림 2-3-9 능동유지보수기술-출원년도 및 국가별 출원추이

○ 세부기술별 특허출원 동향

- 일상/월상 유지보수 스케줄링 기술(CA기술)의 특허출원 비중이 가장 높으며 모바일기반 유지보수 지원 시스템기술(CB기술) 특허출원이 다소 부족한 것으로 보이고 있음

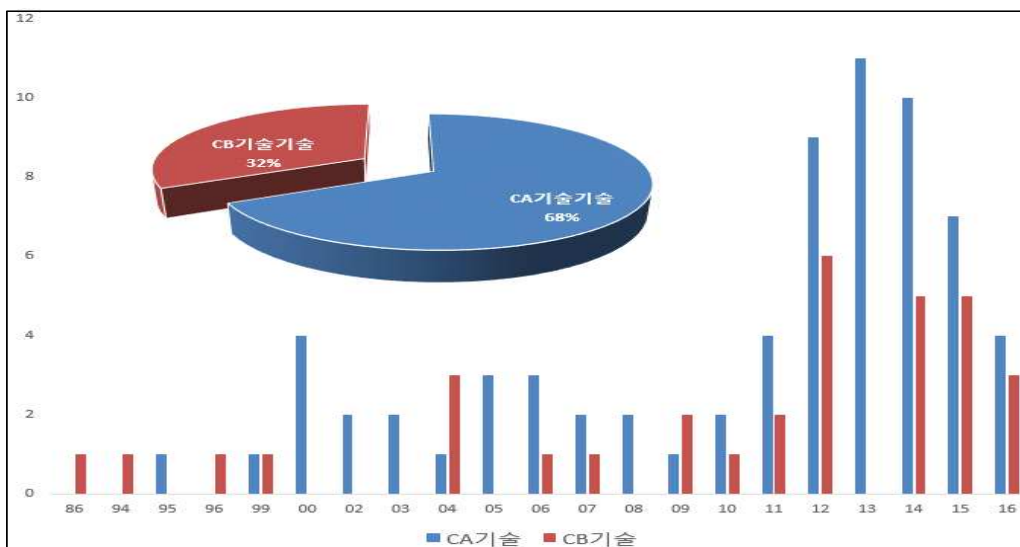


그림 2-3-10 능동유지보수기술-세부기술별 특허출원동향

○ 주요 출원인 분석

- 철도차량 검측진단 시스템 기술 분야 전반에 걸쳐 많은 특허를 출원한 상위 10개의 출원인을 분석한 결과, 일본의 HITACHI사와 미국의 GENERAL ELECTRIC사가 선두를 달리고 있으며, 대체적으로 일본의 특허출원의 점유율이 높음

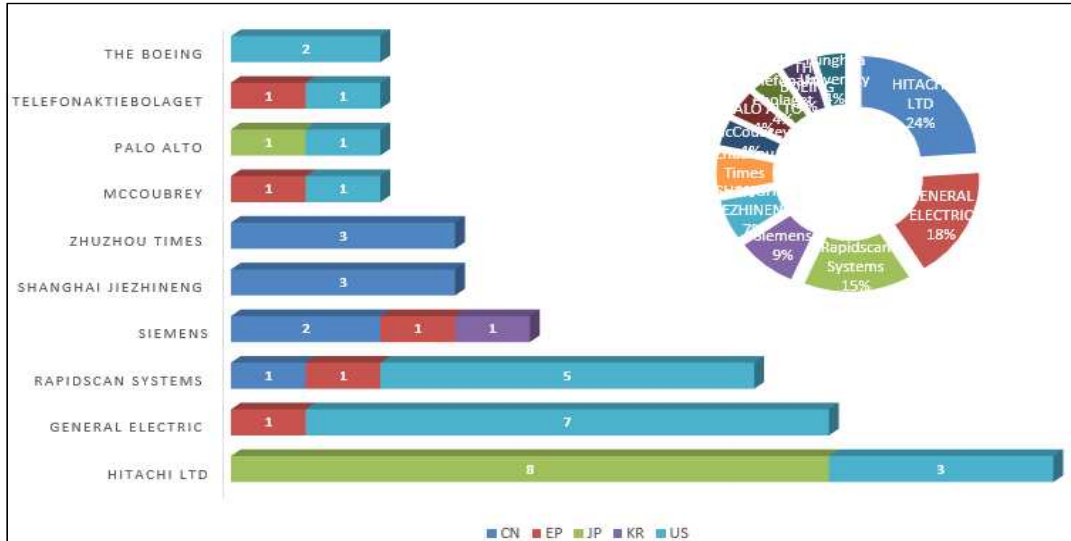


그림 2-3-11 능동유지보수기술-주요 출원인 동향

- 주요 출원인의 연도별 특허출원을 보면 최다 출원인인 HITACHI는 2010년 이후 특허 출원이 증가하였으며, GENERAL ELECTRIC의 특허출원은 2000년대 후반 이후로, 특허출원이 다소 잠잠하고 있음. 이와 반대로 Rapid Systems은 3위를 기록하고 있으나, 최근 특허출원이 지속적으로 이어져 있어, 2위로 상승할 것으로 예상됨

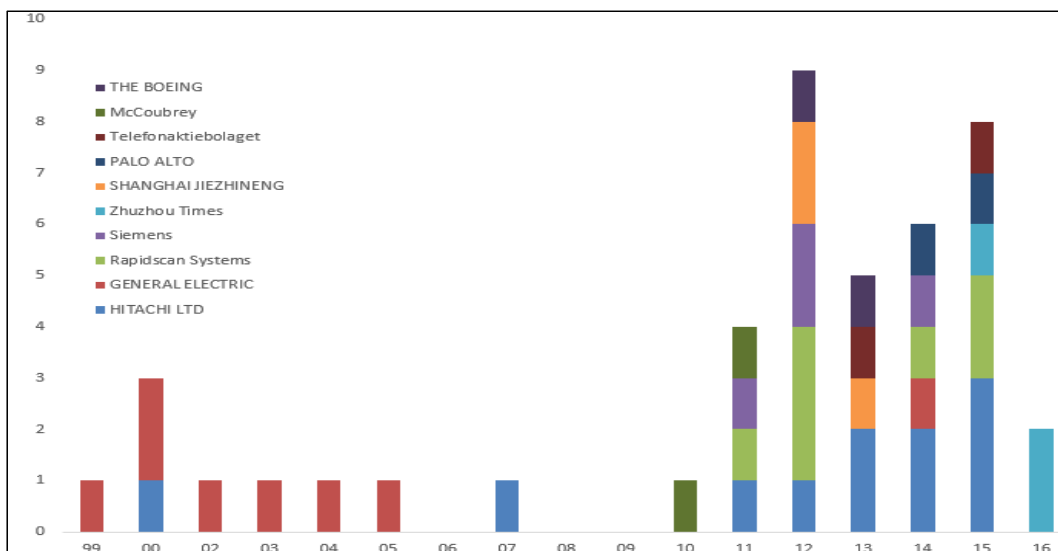


그림 2-3-12 능동유지보수기술-연도별 주요 출원인 동향

○ 국가별 기술 분포

- 출원국가별 세부기술 특허분포를 살펴본 결과 일상/월상 유지보수 스케줄링 기술 (CA기술)에 대한 집중도가 높게 나타나고 있음
- 출원은 일상/월상 유지보수 스케줄링 기술(CA기술)분야에서 가장 낮고 모바일기반 유지보수 지원시스템기술(CB)에서도 일본에 이어 낮은 출원율을 보이고 있음

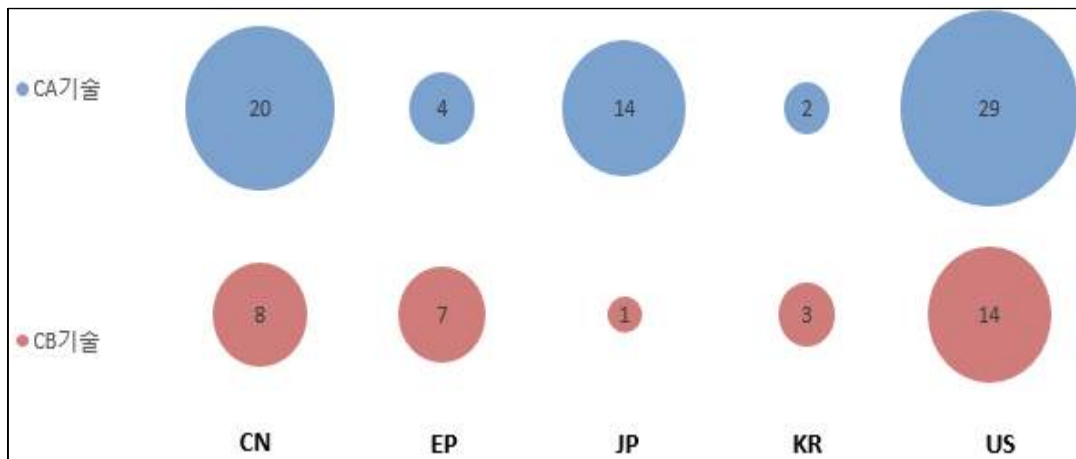


그림 2-3-13 능동유지보수기술-기술별/국가별 기술 분포(버블형)

○ 국가별 특허분포 지수분석

- 시장확보지수 (PFS : Patent Family Size)

○ (분석결과)

- 미국의 시장확보지수(PFS)가 6.6 으로 가장 높게 나타남
- 미국 다음으로는 유럽, 일본의 시장확보력이 높게 나타남
- 미국 경우 높은 건수에 비례해 시장 확보력이 매우 높게 나타나고 있음

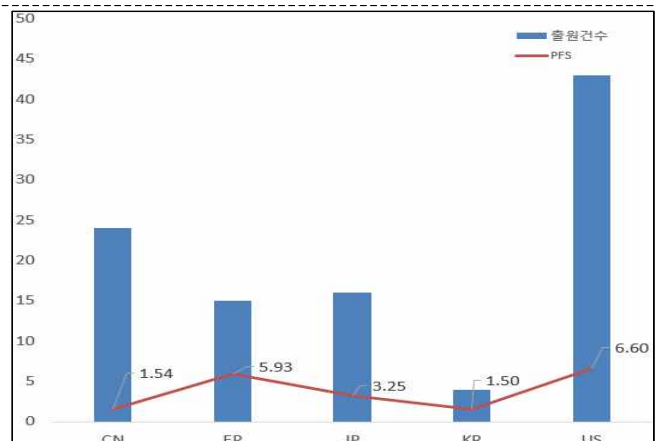


그림 2-3-14 능동유지보수기술-국가별 출원건수 및 시장 확보 지수

- 인용도지수 (CPP : Cites Per Patent)

○ (분석결과)

- 미국의 인용도지수(CPP)가 18.3로 가장 높게 나타남, 미국이 원천특허/핵심특허를 많이 보유한 것으로 판단할 수 있음
- 미국다음으로 일본, 유럽, 한국, 중국순으로 나타났으며 미국이 다른 네 국가보다 상대적으로 월등히 인용도 지수가 높다

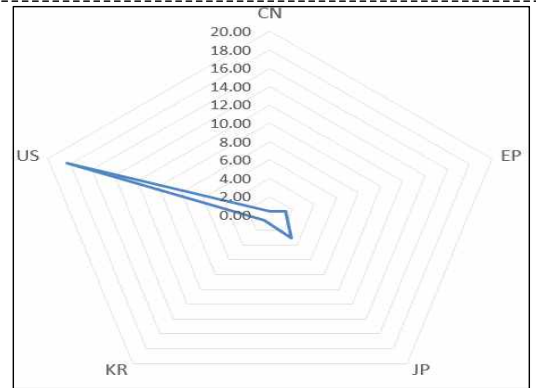


그림 2-3-15 능동유지보수기술-국가별 인용도지수

- 영향력지수(PII : Patent Impact Index) 및 기술력지수(TS : Technology Strength)

○ (분석결과)

- 미국의 영향력지수(PII)가 3.8로 가장 높게 나타나 어느 면에서나 가장 경쟁력 있는 것으로 보임
- 양적 수준(특허건수)을 고려한 기술력지수(TS)에서도 미국이 163.4로 다른 나라에 비해 월등하게 높게 나타남
- 우리나라는 영향력지수, 기술력 지수 모취하위 수준으로, 향후 지속적인 기술역량 강화가 필요함

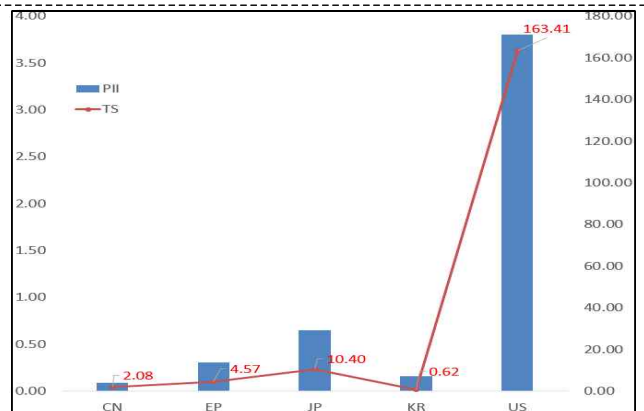


그림 2-3-16 능동유지보수기술-국가별 영향력지수 및 기술력지수

다. 자동 검측기술

○ 분석기준

표 2-3-5 이동식 자동검측기술-특허분석기준

구 분	분석 기준				
특허검색 DB	Thomson Innovation				
검색국가	미국	유럽	일본	한국	중국
	출원, 등록	출원, 등록	출원, 등록	출원, 등록	출원, 등록
분석구간	1959.01.01 - 2016.2.20				
검색범위	Text, Abstract				

○ 분석범위(기술별 검색 조합식 및 대상특허건수)

표 2-3-6 이동식 자동검측기술-특허분석범위

기술구분	검색 조합식	대상 특허건수
D. 이동식 자동검측기술	DA. 이동식 자동검측기술 ALL=((railway or railroad or train or locomotive or railcar or transit or tram or (railway adj vehicle) or (rolling adj stock)) and mainten* and (mobil* adj robot*))	701 건
	DB. 자동형상 및 치수측정기술 ALL=((railway or railroad or train or locomotive or railcar or transit or tram or (railway adj vehicle) or (rolling adj stock)) and mainten* and autom* and (dimensio* adj measure*))	556건

○ 국가별/기술별 특허동향분석 (출원년도 및 국가별 특허출원 동향)

- 지능형 센싱기술 분야의 특허동향을 살펴보면, 현재까지 1,805건의 특허가 출원되고 있으며, 90년대 후반부터 특허 출원이 급격히 증가되고 있음

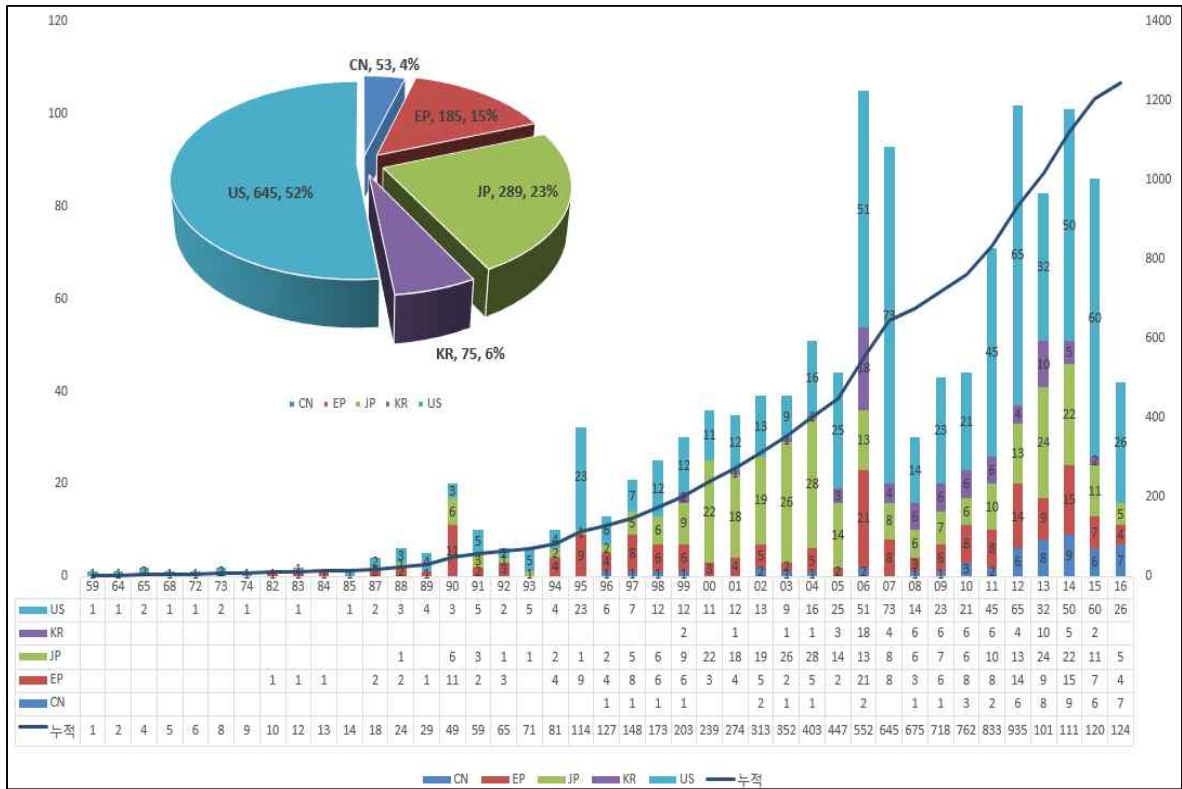


그림 2-3-17 이동식 자동검측기술-출원년도 및 국가별 출원추이

- 국가별 출원현황을 보면 미국이 52%(645건)로 최대 출원이며, 일본, 유럽, 한국, 중국의 순서로 출원이 이루어지고 있음
- 미국은 최근까지 가장 높은 출원비중을 보였으며, 출원수도 증가추세로 나타나 여전히 이 분야의 선도국가로 보여짐
- 일본은 2,000년대 중반이후부터 출원비중은 낮지만 출원활동은 꾸준히 증가하고 있음
- 우리나라는 2,000년대 후반부터 특허의 출원이 상승추세인 것으로 보아 관련분야의 관심도가 높음을 알 수 있음

○ 세부기술별 특허출원 동향

- 이동식 검측기술(DA기술)의 특허출원 비중이 가장 높으며 자동형상 및 측정기술(DB기술) 특허출원이 DA와 마찬가지로 증가하고 있음

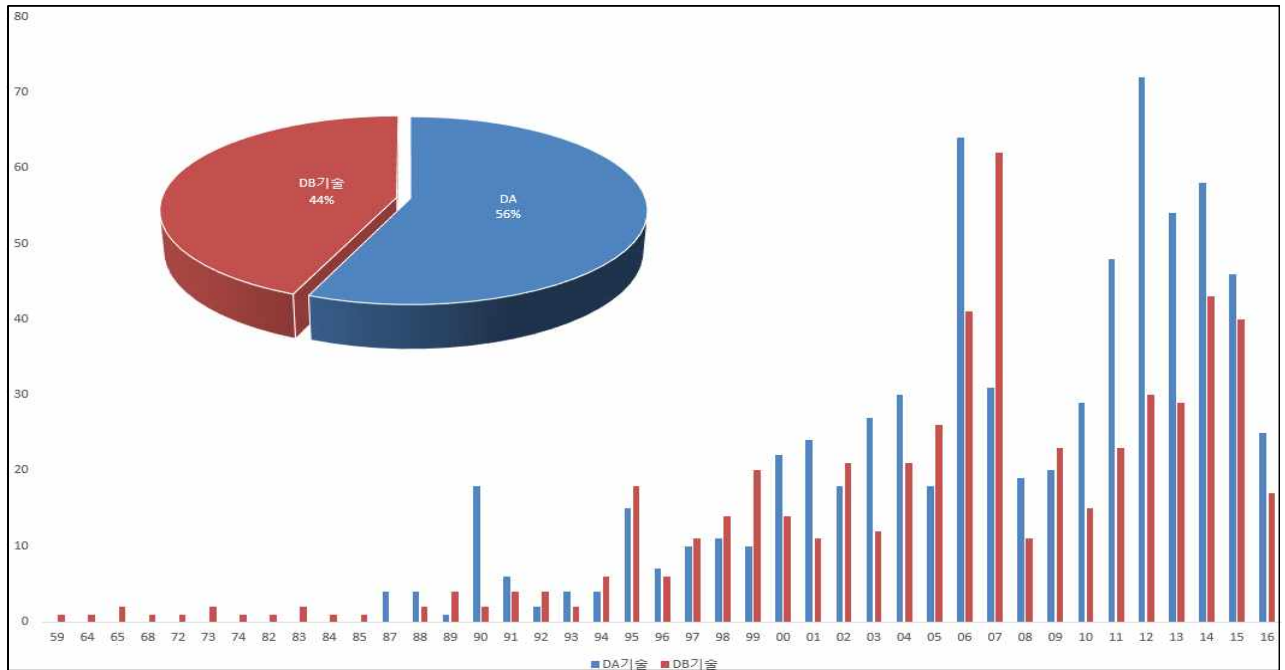


그림 2-3-18 이동식 자동검측기술-세부기술별 특허출원동향

○ 주요 출원인 분석

- 철도차량 검측진단 시스템 기술 분야 전반에 걸쳐 많은 특허를 출원한 상위 10개의 출원인을 분석한 결과, IROBOT사의 미국과 SONY사의 일본이 선두를 달리고 있으며, 대체적으로 미국의 특허출원 점유율이 매우 높음

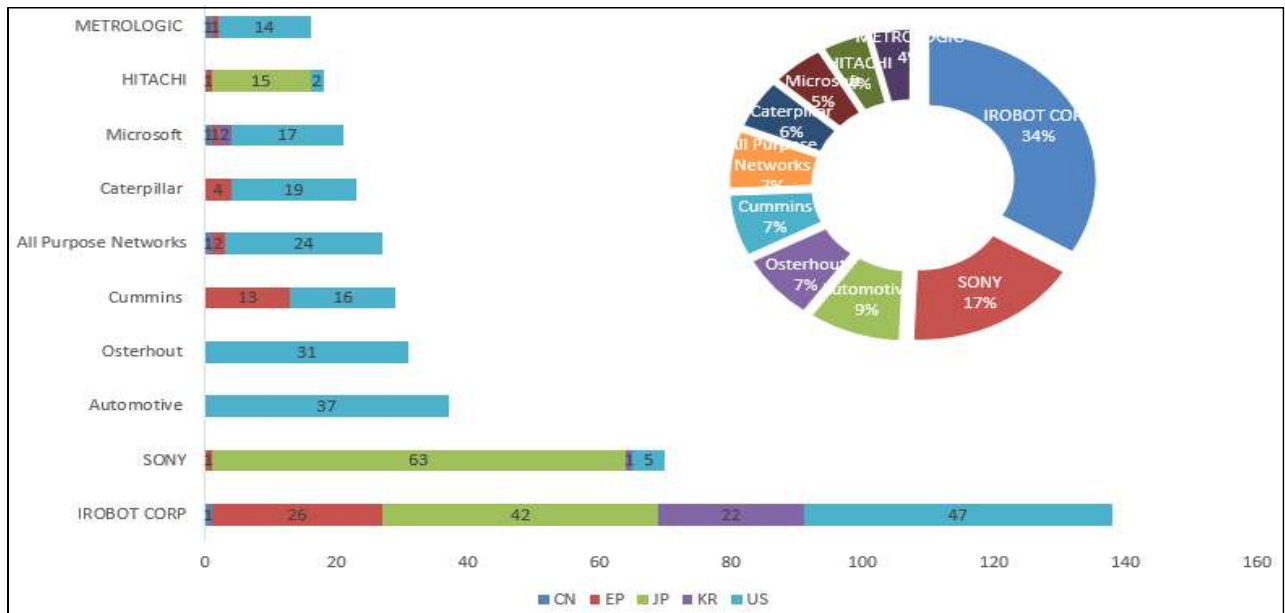


그림 2-3-19 이동식 자동검측기술-주요 출원인 동향

- 주요 출원인의 연도별 특허출원을 보면 최다 출원인인 IROBOT는 2015년 이후 출원이 다소 잠잠해졌으며, Microsoft 및 All Purpose Networks의 특허출원은 지속

적으로 진행되기는 하나, 아직 선두 주자인 IROBOT을 추월하지는 못하고 있음

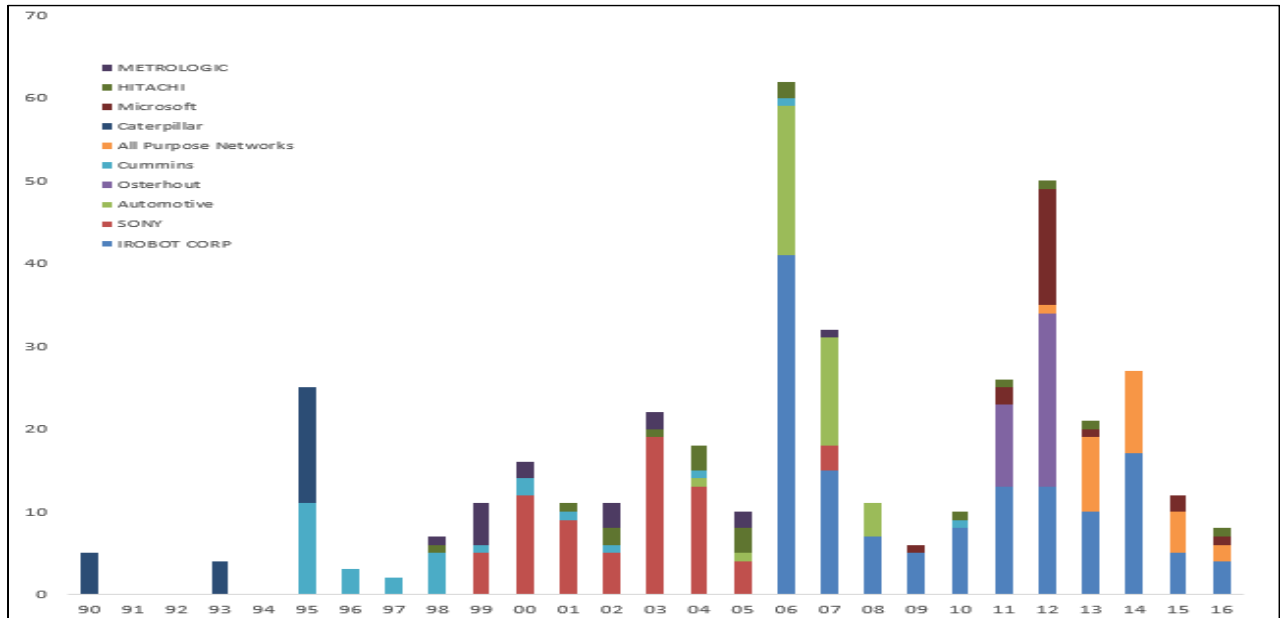


그림 2-3-20 이동식 자동검측기술-연도별 주요 출원인 동향

○ 국가별 기술 분포

- 세부기술에 대한 출원 국가별 특허분포를 살펴본 결과 이동식 검측기술(DA기술)에 대해 집중도가 높게 나타나고 있음
- 한국의 경우 자동형상 및 치수측정 기술(DB기술)분야에서 가장 낮고 이동식 검측기술(DA기술)분야도 중국에 이어 하위권으로 기술확보가 시급한 상황임을 알 수 있음

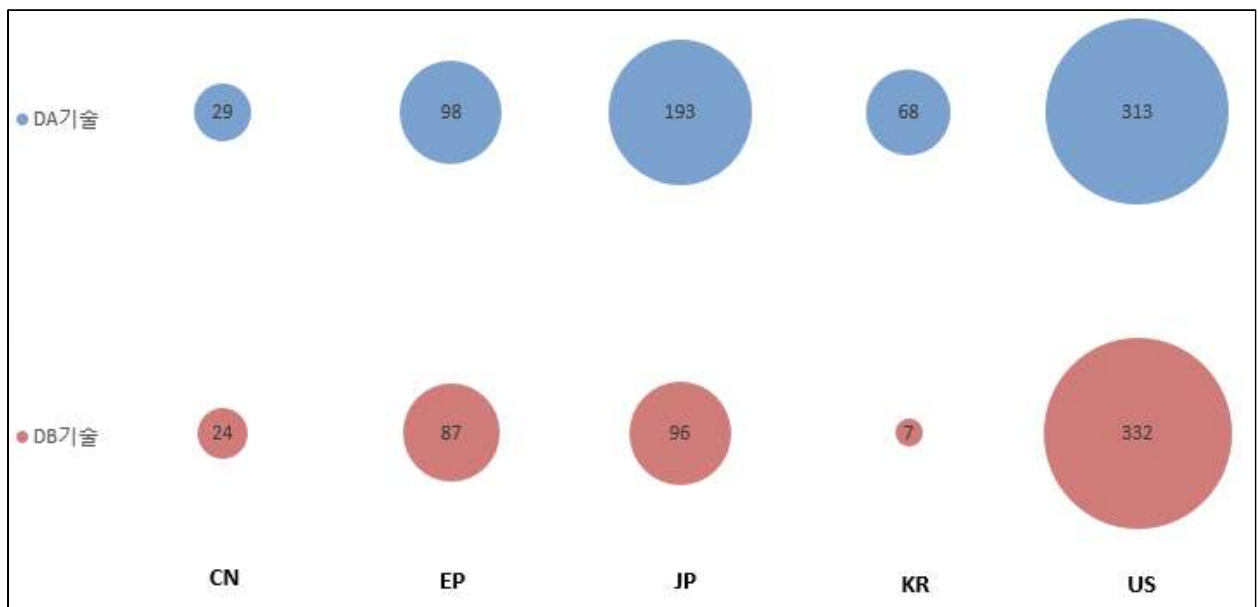


그림 2-3-21 이동식 자동검측기술-기술별/국가별 기술 분포(버블형)

○ 국가별 특허분포 지수분석

- 시장확보지수 (PFS : Patent Family Size)

○ (분석결과)

- 미국의 시장확보지수(PFS)가 17.4 으로 가장 높게 나타남
- 미국 다음으로는 유럽, 일본의 시장확보력이 높게 나타남
- 유럽 경우 낮은 건수에 비해 시장 확보력이 매우 높게 나타나고 있음

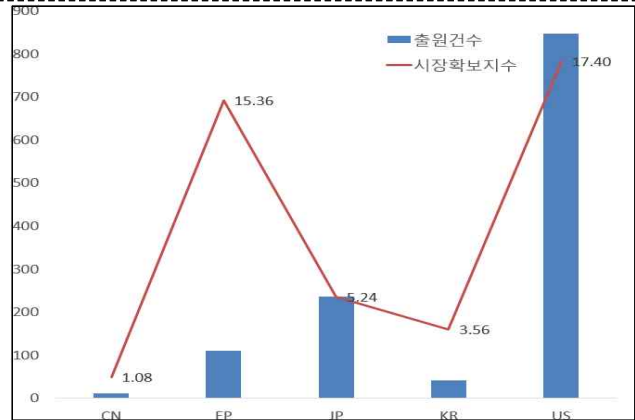


그림 2-3-22 이동식 자동검측기술-국가별 출원건수 및 시장 확보 지수

- 인용도지수 (CPP : Cites Per Patent)

○ (분석결과)

- 미국의 인용도지수(CPP)가 41로 가장 높게 나타남, 미국이 원천특허/핵심특허를 많이 보유한 것으로 판단할 수 있음
- 미국다음으로 유럽, 일본, 한국, 중국순으로 나타났으며 미국이 다른 네 국가보다 상대적으로 월등히 인용도 지수가 높다

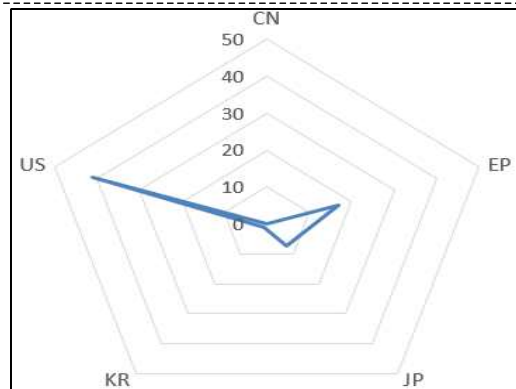


그림 2-3-23 이동식 자동검측기술-국가별 인용도지수

- 영향력지수(PII : Patent Impact Index) 및 기술력지수(TS : Technology Strength)

○ (분석결과)

- 미국의 영향력지수(PII)가 3.08로 가장 높게 나타나 질적수준에서 가장 경쟁력 있는 것으로 보임
- 양적 수준(특허건수)을 고려한 기술력지수(TS)에서도 미국이 2610.82로 다른 나라에 비해 월등하게 높게 나타남
- 우리나라는 영향력지수, 기술력 지수 모두 중국에 이어 최하위 수준으로, 향후 지속적인 기술역량 강화가 필요함

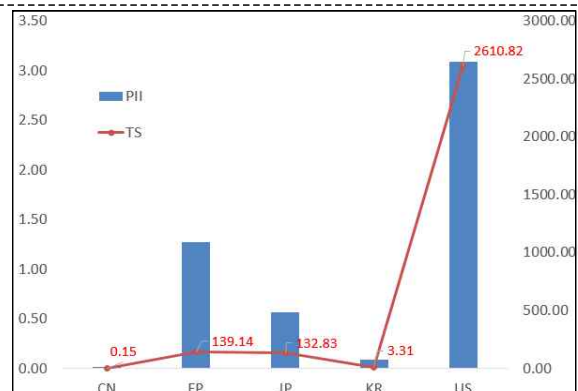


그림 2-3-24 이동식 자동검측기술 - 국가별 영향력지수 및 기술력지수

2. 연구개발 동향

가. 무전원 무선 센싱기술

- 무전원·무선 센싱을 위한 에너지 하베스팅(Energy harvesting) 기술은 유선 기반의 전원 시스템 및 배터리를 대체하기 위한 방안으로 연구개발이 이루어지고 있음. 에너지 하베스팅 기술은 적용 환경에서 버려지는 폐에너지를 가용 에너지로 전환하는 변환 효율의 한계로 범용적 적용이 어려웠으나, 무선 네트워크 기술이 가지는 장점과 센싱 시스템을 구성하는 각 소자의 기술발전에 의한 요구 소비전력의 감소는 에너지 하베스팅 연구개발에 강력한 동기가 되고 있음.



그림 2-3-25 에너지 하베스터를 이용한 무전원·무선 센싱 시스템 구성

- 에너지 하베스팅 기술을 이용한 무전원·무선 센싱 시스템은 일반적으로 적용 환경에서 전력을 발생시키는 하베스터, 전력관리, 축전장치(이차전지), 마이크로컨트롤러(MCU), 무선통신 회로, 센서로 구성됨. 적용 환경 및 측정하고자 하는 파라미터에 따라 에너지 하베스터 및 센서를 선택하게 되는데, 철도차량의 적용이 가능한 가용 에너지원 중에 전력선(Power line) 주위에서 발생하는 자기장(Magnetic field)을 이용한 에너지 하베스터 기술은 다른 에너지원(열, 진동 등)을 이용하는 에너지 하베스팅 기술과 비교하여 유지보수를 위한 모니터링 체계를 구성하는데 매우 간편한 장점이 있음.

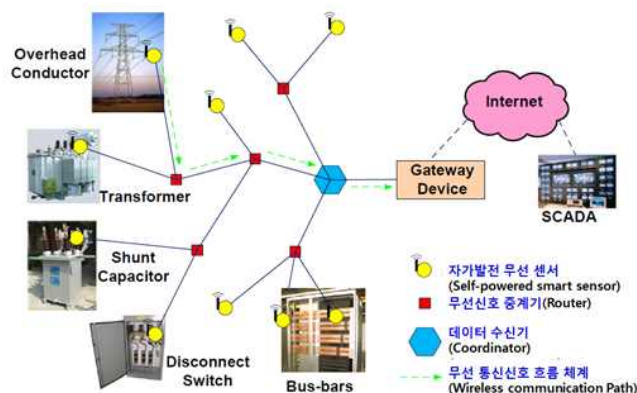


그림 2-3-26 전력선 자기장을 이용한 자가발전 무선센서 시스템

- 전력선(Power line) 주위에서 발생하는 자기장(Magnetic field)을 이용하는 에너지 하베스터(Power Line Energy Harvester, PLEH)는 일반적으로 투자율이 높은 자성체에 구리선을 감은 인덕터 코일을 포함하는 센서 노드를 전력선에 물려, 전력선의 자속 변화로 발생 되는 유도기전력을 사용함. 이와 같은 특성 때문에 열전, 압전, 진동, 태양 에너지를 이용하는 에너지 하베스터와 비교하여 설치 및 현장 적용이 용이하므로, 차량의 유지보수를 위한 모니터링 시스템 구성에 가장 적합하다고 볼 수 있음.

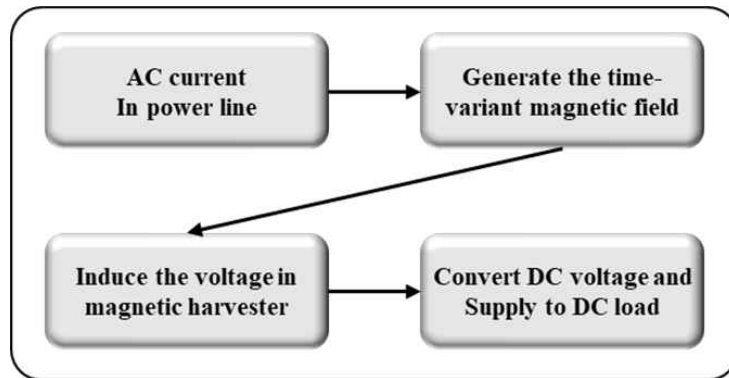


그림 2-3-27 전력선 이용 에너지 하베스팅 순서도

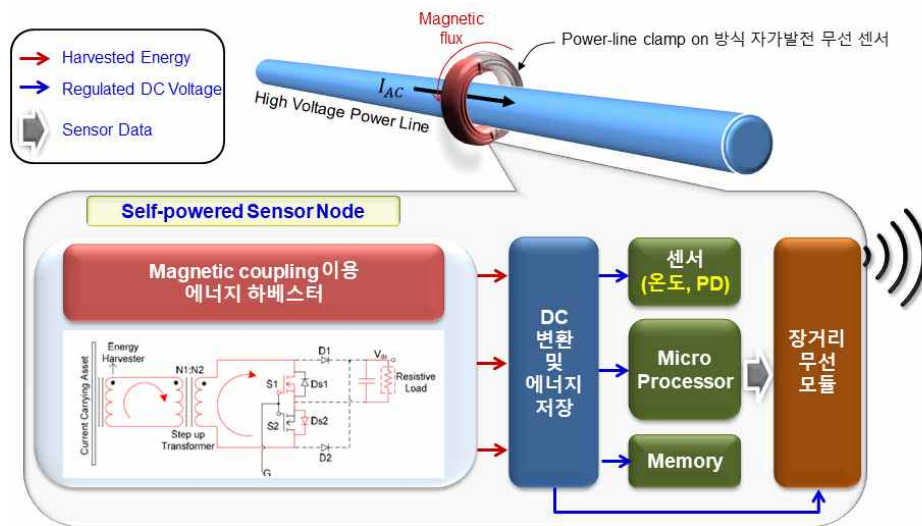


그림 2-3-28 전력선 자기장 이용 센서 노드의 예

- 전력선(Power line) 주위에서 발생하는 자기장(Magnetic field)을 이용하는 에너지 하베스팅 기술은 CT(Current Transformer), Rogowskii coil 형태의 전력선 clamp 방식 기술과 전력선 주위에 cylindrical coil을 놓는 방식의 기술, 전력선을 퍼멀로이 등을 이용해 감싸는 방식의 기술 등이 연구되고 있으며, 이를 이용한 에너지하베스터의 연구개발 역시 각종 산학연구소에서 이루어지고 있음.

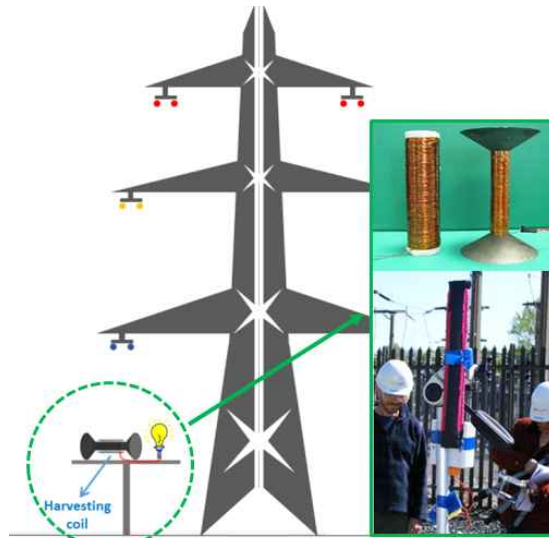


그림 2-3-29 송전탑 주변 거치형 에너지하베스터



그림 2-3-30 송전케이블 부착형 에너지하베스터

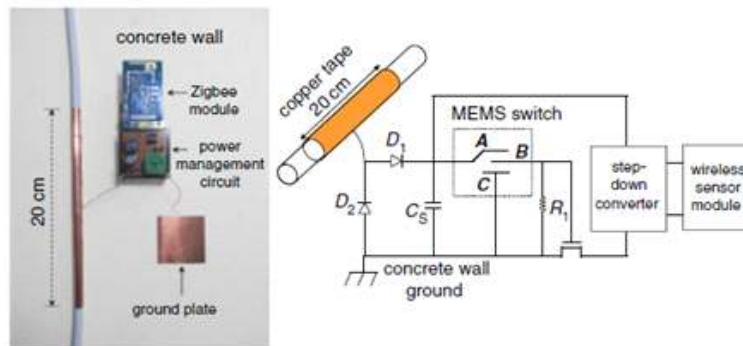


그림 2-3-31 저전압케이블(220V) 부착형 에너지하베스터

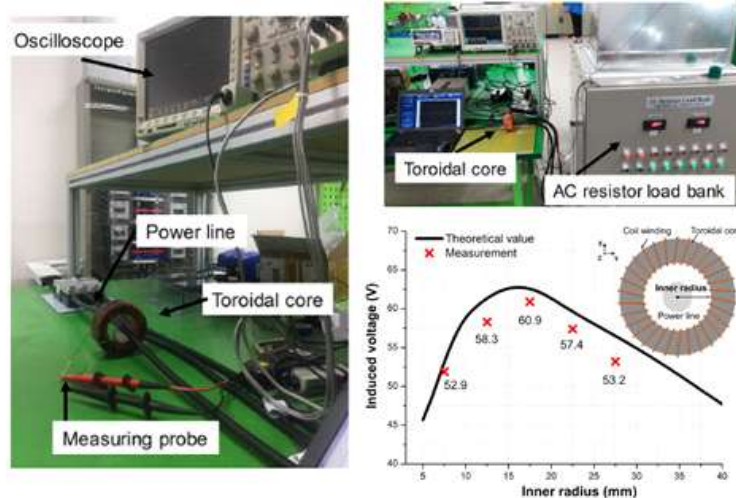


그림 2-3-32 전력선 clamp형 에너지하베스터

- 상기에서 언급한 전력선 자기장을 이용한 에너지하베스터의 경우, 상대적으로 설치가 용이하고 가용 에너지로의 변환 효율이 좋은 clamp형 방식의 기술을 이용한 에너지하베스터의 연구가 이루어져 있음.

표 2-3-7 전력선 에너지하베스터의 대표적 연구

명칭 (제작사/개발주체)	기능/성능 요약	실물 사진(개념도)
Power Line Sensor (Protura)	<ul style="list-style-type: none"> 측정 : 도선온도, 주변온도, 지면과의 거리 센서 데이터 전송 : 일반 무선 방식 작동전력 : 자기장 이용 CT로부터 자가발전 크기 : $\Phi 370(\text{mm})$, L1,200(mm), 34Kg 	
Power Donut (Usi, 美)	<ul style="list-style-type: none"> 측정 : 전류, 전압, 도선온도 센서 데이터 전송 : 핸드폰 무선(GSM) 방식 작동전력 : 도선주위 Magnetic flux를 이용한 자가발전 크기 : $\Phi 320(\text{mm})$, t140(mm), 10Kg 	
Outage Advisor (Cooper Power System)	<ul style="list-style-type: none"> 측정 : 전류(~1,000A) 작동전력 : Inductive power 이용 자가발전, 배터리 충전 Lifetime : 10~12(yrs) 크기 : 145(mm) x 93(mm) 	
Line Sentry, Load Sentry and PQ Sentry(Grid Sentry)	<ul style="list-style-type: none"> 측정 : 전류, 도선 온도, Power factor, Harmonics, 전력 무선 통신 : iDEN Cellular 작동전력 : Magnetic coupling 자가발전 크기 : 303(mm) x 139(mm), 1.45(kg) 	
VaultSense Wireless Current Sensor (Eaton)	<ul style="list-style-type: none"> 측정 : 전류(매 30초마다 측정), underground vault 2차 케이블에 Clamping함으로써 설치함 Zigbee 통신 사용 작동전력 : Inductive coupling을 이용한 자가발전 크기 : 57(mm)x98(mm) 	

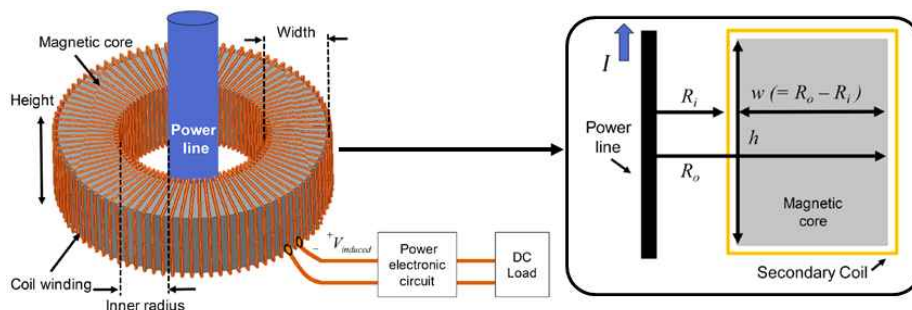


그림 2-3-33 일반적인 전력선 clamp형 에너지하베스터의 기본 컨셉

- 전력선 clamp형 에너지하베스터의 기본 컨셉은 [그림 2.52]과 같이 도넛 형태의 코어에 코일을 감은 형태이다. 전력선에 흐르는 전류에 의해 발생하는 자기장으로 에너지하베스터에 유도되는 전압은 아래 식과 같음.

$$V_i = N\mu_0\mu_r(R_i)hfI \ln\left(1 + \frac{w}{R_i}\right), \quad H = \frac{NI}{2\pi R_i}$$

표 2-3-8 List of symbol

N	Turns of the secondary coil
μ_0	Permeability of free space
μ_r	Relative permeability (Related to magnetic core material)
R_i	Inner radius of the toroidal core
R_o	Outer radius of the toroidal core
w	Width of the toroidal core
h	Height of the toroidal core
f	Frequency of the power line
I	Current of the power line
H	Magnetic field intensity
V_i	Induced voltage

Rogowskii 형태 에너지하베스터의 적용 전력선에서 발생하는 자기장으로 최대 에너지 변환 효율을 얻기 위해서 고려할 수 있는 파라미터는 아래와 같음.

- 2차 코일의 턴 수
- 코어 재료
- Rogowskii 형태 에너지하베스터의 치수

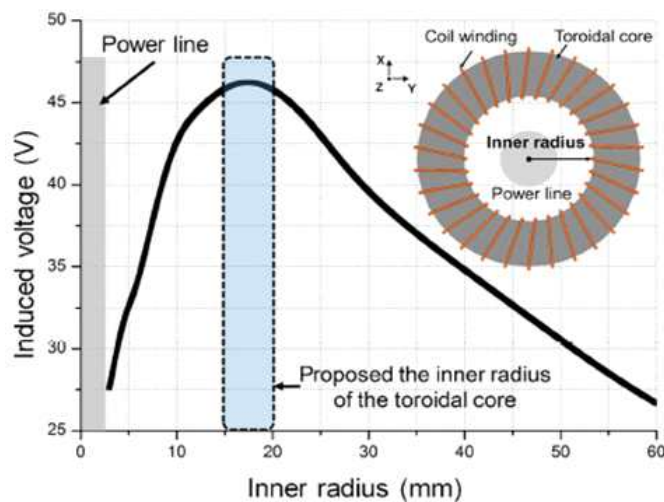


그림 2-3-34 전력선과의 거리에 따른 유도 전압

일반적으로 2차 코일의 턴 수 및 치수가 동일한 경우, 전력선과 에너지하베스터의 거리가 가까울수록 유도 전압이 높다는 착각을 할 수 있으나, 앞서 기술한 유도 전압 식 및 [그림 2.53]과 같이, 적절한 전력선과의 거리를 찾는 과정이 필요함.

- 전력선에 흐르는 전류가 낮은 경우, 앞서 기술한 Rogowskii 형태의 에너지하베스터를 제작하여 이론상 최대의 에너지 변환 효율을 갖도록 설계 후 현장에 적용하면 되지만, 전력선에 높은 값의 전류가 흐르는 경우(ex. 1kA), Rogowskii 형태로 설계시 과포화로 인한 온도 상승으로 화재의 위험이 있음. 따라서, 고전류가 흐르는 전력선에는 반원 형태의 두 개 코어가 air gap을 가지며 결합하는 구조[그림 2.54]로 설계해, 과포화를 방지하는 형태로 에너지하베스터를 제작하는 방식이 연구개발 되고 있음.

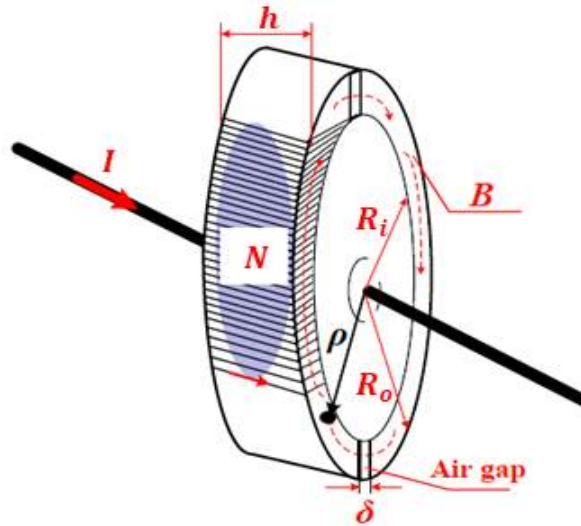


그림 2-3-35 air gap을 가지는 에너지하베스터 구조

- 독일의 EnOcean GmbH에서는 에너지 하베스터를 개발하여 센싱시스템으로 활용하고 있다. 이 시스템은 보통 빌딩 인프라구조에서 무선 광 스위치 안에 설치되어 스위치가 눌리지면 에너지를 수확하는 것으로써 전선을 새로 설치할 필요가 없이 꽂기만 하는 간단한 장치로서 매우 편리하게 활용되고 있으며, 건물 자동화, 스마트 홈, 외부환경 모니터링 등에 응용되어 사용되고 있음.



그림 2-3-36 EnOcean GmbH의 에너지 컨버터, EC0200, ECS300 및 ECT 310 무선 센싱 시스템

- Perpetuum은 영국의 Southeastern Railways에 열차용 무선 센서 시스템을 제공하고 있다. 이 무선 센서 시스템은 베어링 및 휠의 마모 특성을 모니터링하여 열차 유지 보수 시기를 결정하는 데 활용되고 있다. 센서 시스템에 의해 열차에서 수집된 진동 데이터는 소프트웨어 알고리즘으로 베어링 및 휠 마모의 신호를 무선으로 전송하는 방식임. Perpetuum의 Energy Harvester는 복잡한 전원 공급 장치 배선을 필요로 하지 않고 몇 분 안에 자체 전원 공급 유지 보수가 필요없는 무선 센서를 갖추고 있음.



그림 2-3-37 Perpetuum의 무선 센서 시스템

- 국내의 한전 전력연구원은 2017년 3월, 배전설비 관리를 위한 IoT용 무선센서에 외부와 연결된 전원선이나 전지 등을 사용하지 않고 전원을 공급할 수 있는 IoT 무선센서용 에너지 하베스팅 전원장치를 개발했다. 한전은 변압기 및 스위치 등 각종 배전 설비의 원격 관리를 위해 배전 가공선로, 전주 등에 IoT 무선 센서를 설치해 운영 중임. 전력연구원에서 개발한 IoT 무선센서용 에너지 하베스팅 전원장치는 배전용 전선에서 발생하는 전자계를 전력으로 변환하고 IoT 센서에 공급함으로써 IoT 센서의 전지를 제거하는 것은 물론, 충분한 전원 공급으로 무선통신 거리를 늘리고 센서의 기능을 확대한 기술임. 특히 변류기(Current Transformer)와 마찬가지로 배전용 전선에 흐르는 교류를 이용하고 IoT 무선센서에 필요한 전력을 생산하는 원리를 이용, 관통형 방식과 진동, 방수방진 설계를 적용해 배전용 전선에 직접 설치할 수 있는 장점이 있음.

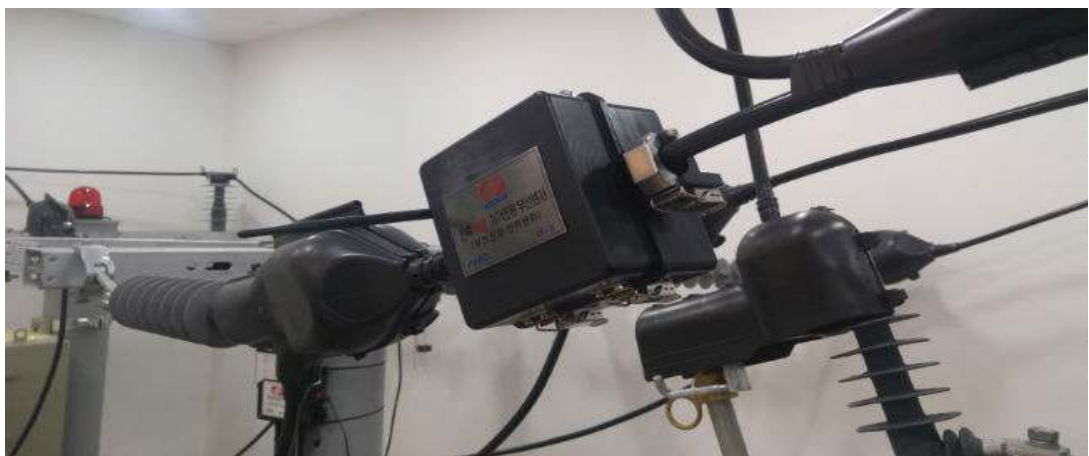


그림 2-3-38 한전 전력연구원에서 개발한 IoT 무선센서용 에너지 하베스팅 전원장치

- 스웨덴의 ReVibe Energy는 진동을 AC 전류로 변환하는 기술을 개발하고 있음. 리바이브는 자체 보유한 특허 기술을 활용해 진동을 에너지를 바꾸는 방법으로 전자 유도 방식을 사용하고 있음. 이러한 특허와 기술력으로 리바이브는 철도, 항공우주 및 건설, 광산 장비 분야에서 응용기술을 개발하고 있는데, 특히 독일 Deutsche Bahn (DB)과 함께 분기기에 장착되는 무선센서 개발관련 파일럿 연구를 진행하고 있음.



그림 2-3-39 리바이브 에너지의 진동을 AC 전류로 변환할 수 있는 센서

나. 능동 유지보수기술

- 기존선의 고속화 · 수송력 증강과 함께 유지 보수의 양 · 질 향상이 요구되고 있으며 앞에서 설명한 정기적 보수 체제 아래에서 사후 보전 방식에서 진일보한 예방 방식으로의 전환으로 지향하고 있음. 설비 · 부품의 열화 · 손상의 발생과 진전의 메커니즘을 해명하고, 수명 예측 · 정량화 및 열화 손상의 예방 · 억제 기술의 연구 개발이 진행되고 있으며 이에 따라보다 유연하고 적정한 검사 · 보수 시기의 설정 및 예방 · 억제 기술의 실용화가 추진되면서 차량운행의 가용성 증가. 유지보수의 최적화 방법에 대한 기술개발이 대두되고 있음

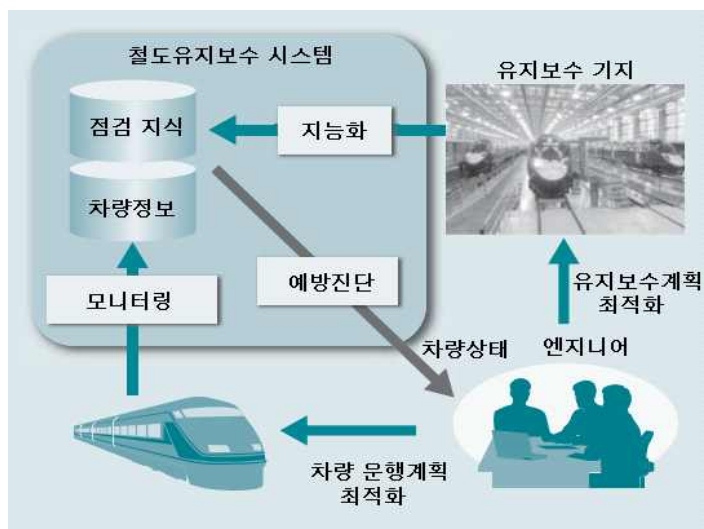


그림 2-3-40 차량유지보수 시스템

- 유지보수검사 시간 단축의 궁극적인 목표는 사용량이 적은 시간에만 검사를 수행할 수 있도록 검사 시간을 단축시켜 피크 타임에는 차량 점검이 불가능한 열차가 없도록 차량 가용성을 향상시키는 방안이 주요 포인트임
 - 1 단계 : 중복성을 제거하고 주기성을 확장하여 보다 정기적인 검사 계획을 수립, 장비 가용성이 즉시 개선(검사를 작은 실행 모듈로 구분)
 - 2 단계 : 오늘 수행되는 예정된 유지 보수를 생략하고 기회에 따라 계획되고 수행되는 모듈화된 유지 보수 수행(피크 일정 기간에 대한 검사 스케줄링)
- 이러한 유지보수의 주요 이점은 표준 검사 시간 단축, 유지 보수 정기주기 연장, 유지 보수 시설 안팎으로 열차 이동을 감소와 같은 방법으로 유지 관리 부담을 감소시키며 열차의 가용성 향상, 정비기지 가용성 향상 및 열차 안전성 유지에 기여함

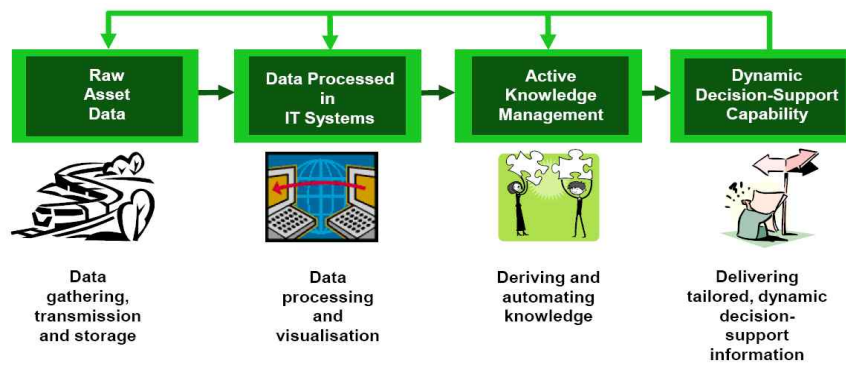


그림 2-3-41 차량유지보수 데이터와 유지보수 지원시스템의 처리 절차

- 차량유지보수에 있어 용량과 용량 또는 설비 확장에 어려움을 겪고 있는 많은 기관의 경우 IT를 융합한 기술 솔루션을 도입하여 경제성을 창출하고 있음
- 모듈화된 유지보수는 유지 보수 수요가 변동하는 것을 인식하고 장비 안정성, 비정상적인 활동, 기상 조건 및 직원 출석의 변화로 인해 상황에 유연하게 대응하여 방지하지 않고 검사에서 수행해야 할 모든 활동을 1인당 1~2 시간의 작은 블록으로 나누면 유지 보수 '블록' 훨씬 더 유연하게 스케줄링 할 수 있음

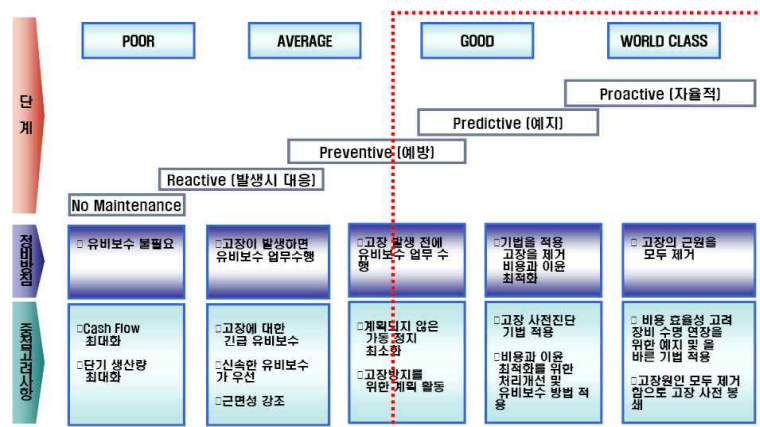


그림 2-3-42 유지보수의 단계적 방법과 고려사항

- IT의 활용 등에 의한 검사 · 진단 기술의 자동화 · 고정밀화 검사 · 진단 기술의 연구 개발 중 차량과 지상 설비의 필요 부분 정도의 향상 · 변위 발생 응력 및 진동 가속도, 이미지 등의 진단 · 평가 필요한 검사 데이터를 정확하게 얻기 위한 자동 측정 장치 또는 시스템 기술 개발하고 있으며 이러한 시스템에서 측정·축적된 데이터를 기지내 유지보수 계획 수립에 활용하기 위한 맵핑기술, 모듈화 기술 등의 분석기술이 있음
- 영업차량을 활용한 궤도와 전차선 설비의 저비용 검측 시스템의 실용화, IT 등의 신기술을 활용한 센싱 기술과 데이터 전송 기술을 채용한 모니터링 시스템 개발에 힘을 주 기율이고 있으며, 열화·손상이나 기능이상 유무를 진단하는 알고리즘 및 시스템 개발의 측면에서, 상시 미동 측정에 의한 차량 진단기술에 초점을 맞추고 있음



그림 2-3-43 IT센서 네트워크 기반 유지보수 결정 프로세스

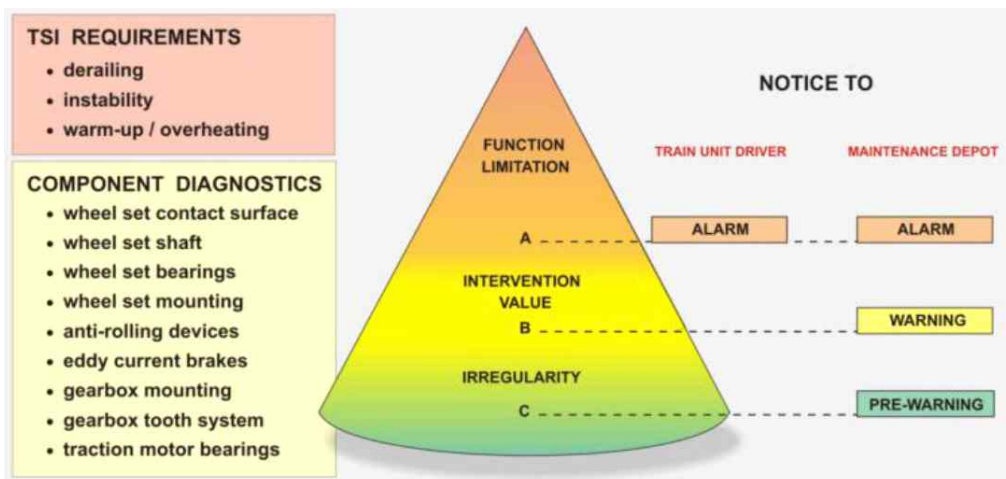


그림 2-3-44 차량 유지보수의 진단대상과 고장레벨

- IT 등 신기술을 활용한 센서 기술과 데이터 전송 시스템에 의한 종합적인 검사 · 진단 시스템의 구축도 유지 관리에 관한 연구 개발의 큰 흐름임. 시간이 지남에 따라 보수 수준이 악화되어가는 유지보수 작업을 효율적이고 경제적으로 실시해 나갈 계획 수립 기법을 확립하기 위한 알고리즘 및 시스템 개발 및 수명주기비용을 최소화하기 위한 유지보수 계획의 책정방법 개발이 연구 개발 대상이며 비용 산정 방법도 중요함
- 최근 빅데이터 분석기술과 AI기법의 활용 기술 발전과 함께 검사 · 진단 결과에 따른 효과적인 보수 교체 계획을 수립하기 위한 종합적인 유지보수 관리 시스템은 대상 작업의 확대, 비용계산, 정밀도 향상 등을 도모하면서 레벨업이 되고 있음. 차량은 수십 년 서서히 열화가 진행된다면 동시에 교체 · 보수 비용이 필요하기 때문에 수명주기 비용과 위험을 고려한 유지보수 수정 계획 수립이 유효함. 빠른 보수 보다 효율적으로 사용주기를 도모하는 정성적인 개념이 정착되고 있지만, 열화모델의 정확도 향상이 요구되고 있음

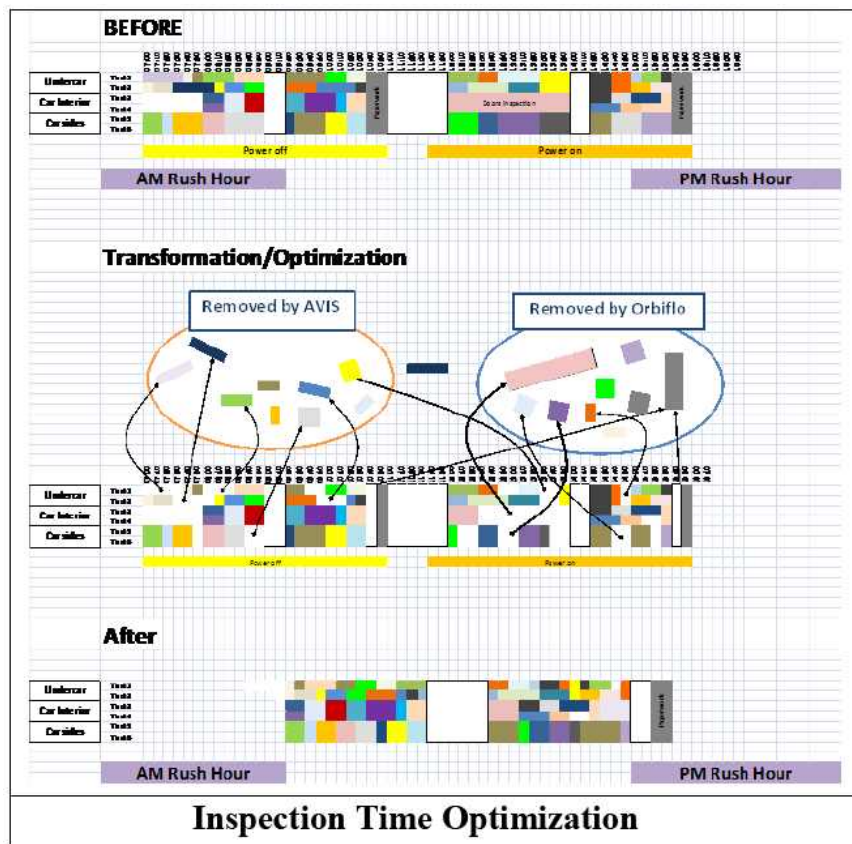


그림 2-3-45 차량 유지보수 시간 최적화와 모듈화

- 차량부품의 열화 · 손상 메커니즘의 해명과 검사 · 진단 데이터의 축적 · 분석이 모든 분야에서 정확한 수명 예측이 가능하며, 검사주기의 적정화 · 연신 및 보수 필요 여부의 적절한 판단에 따라 효율적으로 실시할 수 있는 유지보수 기법의 실현이 가능해지고 있음. IT의 신기술에 따라 센싱 · 모니터링 기술을 구사한 고

정밀 고효율 검사 장비 시스템과 진단 기술의 확립이 필요하며 라이프 사이클 비용이나 열화 손상에 따른 리스크를 고려한 유지 관리도 앞으로 나아갈 방향임. 여기에는 리스크의 정량화, 기준치와 등의 과제가 중요하며 시뮬레이션 프로그램 기술개발에 따른 새로운 검사 · 진단 기술이 같이 양립되어 발전할 수 있음. 예를 들어, 차량 측정 오차데이터를 이용한 차량 데이터 시뮬레이션을 통해 차량의 탈선 계수 등을 실제 차량에 의한 측정을 하지 않고 예측 보수 개소를 정확하게 선정할 수 있음. 검사 · 보수의 자동화 · 간소화 저출산 고령화와 3K 작업 기피 의한 유지 관리 종사자의 부족, 심지어는 베이비 붐 세대의 대량 퇴직에 따른 기술 계승은 큰 사회 현상이며, 21세기에 전반적으로 해결할 수 있는 전망이 부족한 것으로 보임. 검사에서 보수에 이르기 유지 보수 작업 전반에 걸쳐 철저한 자동화 · 절감화를 더욱 강력하게 추진해야 함.

- 고장 진단 및 예지기술의 방법으로는 실시간 모니터링이 되지 않는 경험기반방법을 제외하고 나면 데이터기반 방법과 모델기반 방법의 두 가지 방향이 존재함.
 - 데이터기반방법의 경우에는 물리적 모델을 만들기 어려운 대상에 대한 고장 진단 및 예지를 하고자 할 때 사용될 수 있으며 이 경우 신뢰할 수 있는 훈련 데이터 (training data)를 얻는 것이 중요하므로 유지보수 전략을 계획함에 있어 장비 초기 설치 후 최대한 많은 데이터를 취득하는 과정이 고려되어야 함.
 - 반면, 모델기반방법을 적용할 때에는 복합적인 전체 시스템으로 접근하기보다 단일 기계 장비 단위로 접근하여 물리적 모델의 매개변수 추정 및 매개변수 간 관계 확인(parameter estimation & correlation between parameters) 단계에서의 불확실성과 복잡도를 낮추는 것이 좋음

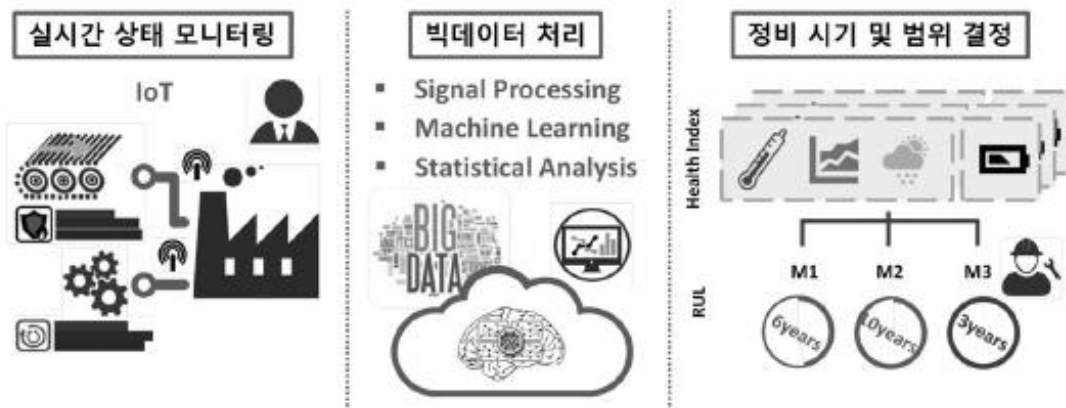


그림 2-3-46 모니터링 데이터기반 유지보수의 일반적인 프로세스

- 능동적인 차량유지보수 계획 수립은 다음과 같은 기능과 기술이 요구됨
 - 기기 대장 관리 차량 관리의 기본이되는 차량 장비의 대장을 관리하는 기능
 - 차량 번호 관리 모델 별 기본 정보 (뼈대) 관리

- 차량·장비 정보 관리 차량 부품 등 장비 인벤토리 정보 관리
 - 차량·장비 구성 관리 구성, 차량, 장비의 구성, 제공 정보의 관리
 - 차량 배치 구 소 관리 차량 별 보수 작업 구 소 관리
- 검사 계획·실적 관리 검사 계획 수립 지원 및 검사의 실시 결과를 관리하는 기능
 - 검사 계획 작성 지원 운용 기간, 주행 거리, 검사 자원의 관점에서 검사 계획 작성
 - 검사 지시 검사장에서 검사 계획의 출력과 메일 검사 문의
 - 검사 실적 정보 관리 검사의 실시시기, 검사 실시 자, 검사 결과의 관리
 - 검사 성적 표 출력 검사 종류별 검사 결과를 검사 성적표로 출력
 - 고장 관리 시스템 고장에서 복구까지와 이력 정보를 관리하는 기능
 - 고장 정보 관리 발생 일시, 복구 일시, 내용, 처리, 영향 등을 고장마다 관리
 - 고장 대책 관리 시스템 고장에서 복구까지의 상태 및 진행 관리
 - 고장 이력 관리 고장 이력의 축적 및 과거 정보 검색 및 추출
 - 소모품 관리 소모품 교체 기한 대체 이력 관리 기능
 - 소모품 재고 관리 소모품 입출고 정보를 통해 재고를 관리하고 안전 재고를 끼어 경우 경고 출력
 - 소모품 충당금 관리 입고 예정 충당을 관리하고 미래의 재고 수량 확인
 - 분석 기능 고장 정보 분석 결과를 출력하는 기능
 - 고장 분석 기능 고장 정보를 부위, 원인, 발생시기, 업체별로 분석

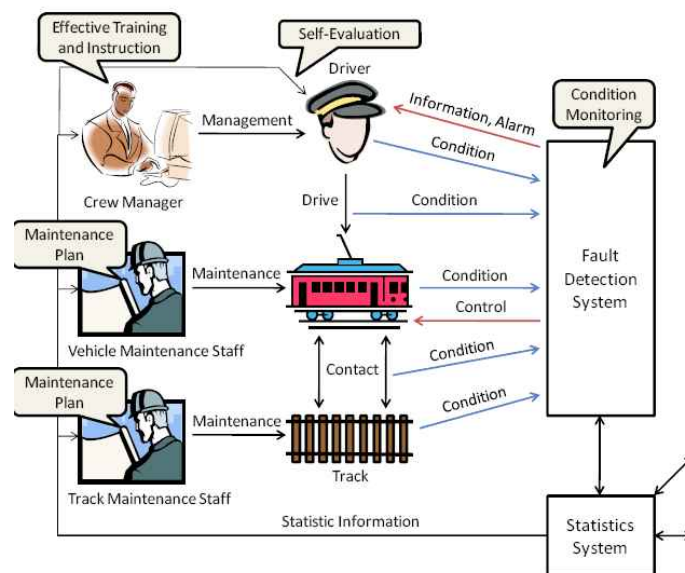


그림 2-3-47 스마트 기술을 이용한 차량유지보수 계획

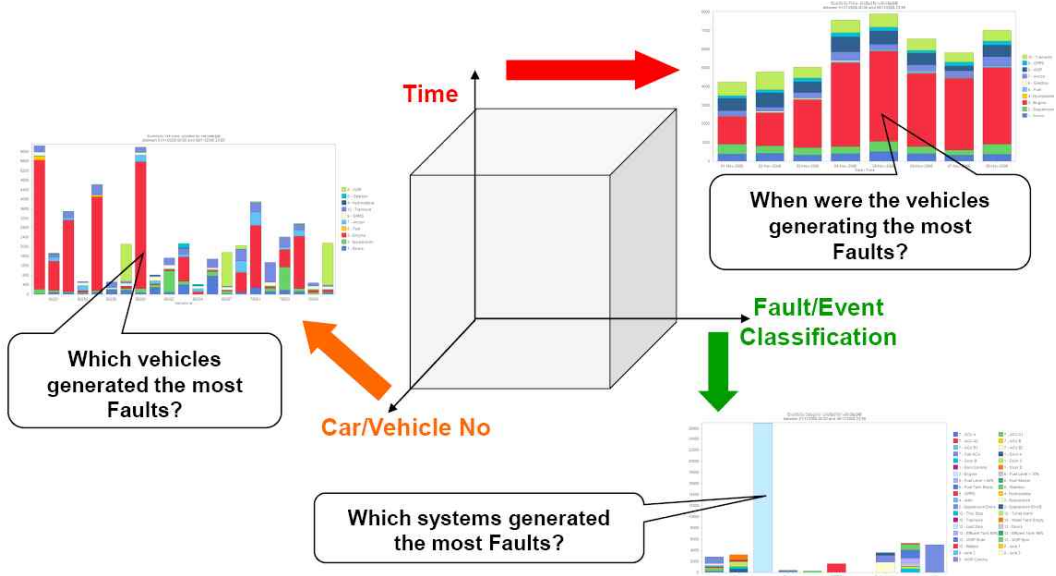


그림 2-3-48 빅데이터 분석을 이용한 차량 유지보수데이터의 처리방법

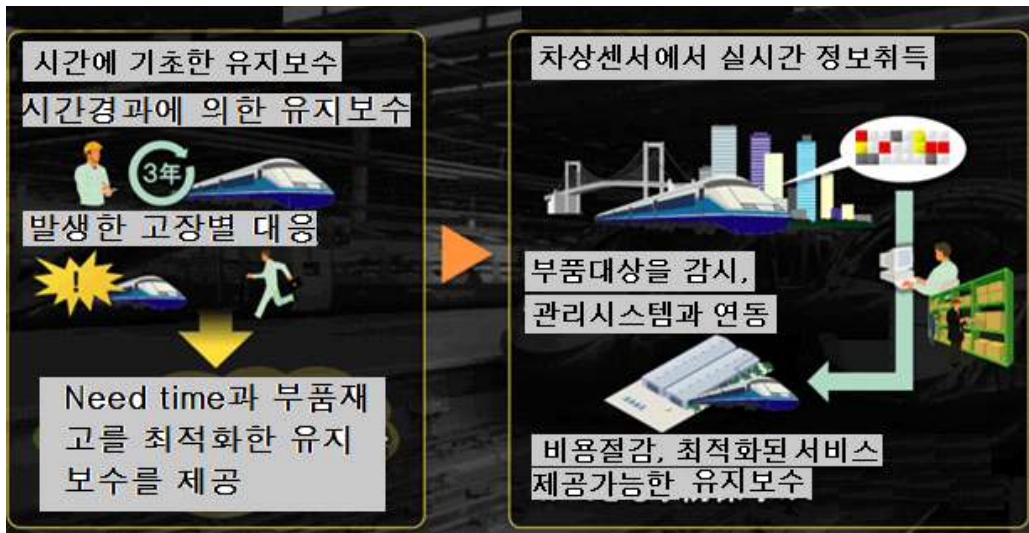


그림 2-3-49 차량 유지보수시스템의 변화

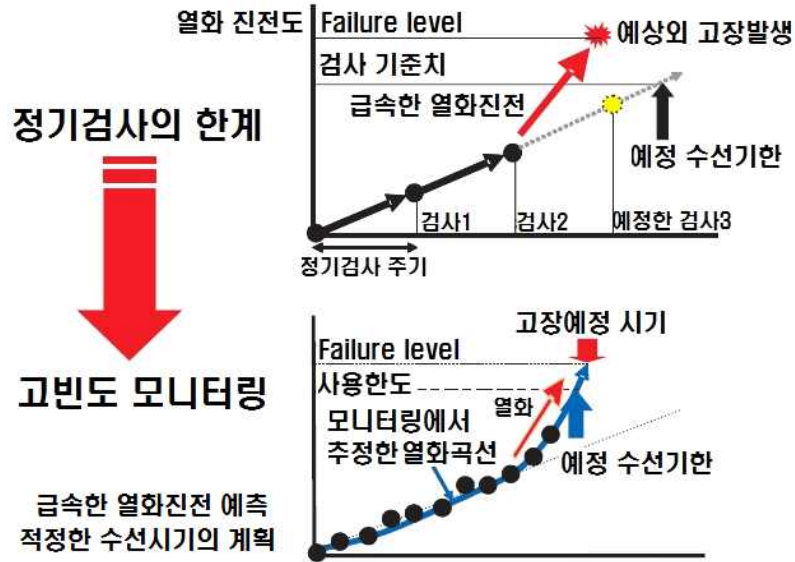


그림 2-3-50 차상 지상 센서에 의한 차량 유지보수 검사방법의 변천

- 일본 토카이도 정비기지내에서 차상 지상 데이터를 이용한 유지보수 계획을 수립하고 있으며 24시간 신칸센 운행차량의 데이터를 감시하는 차량유지보수 관리센터를 별도 운영하고 있음

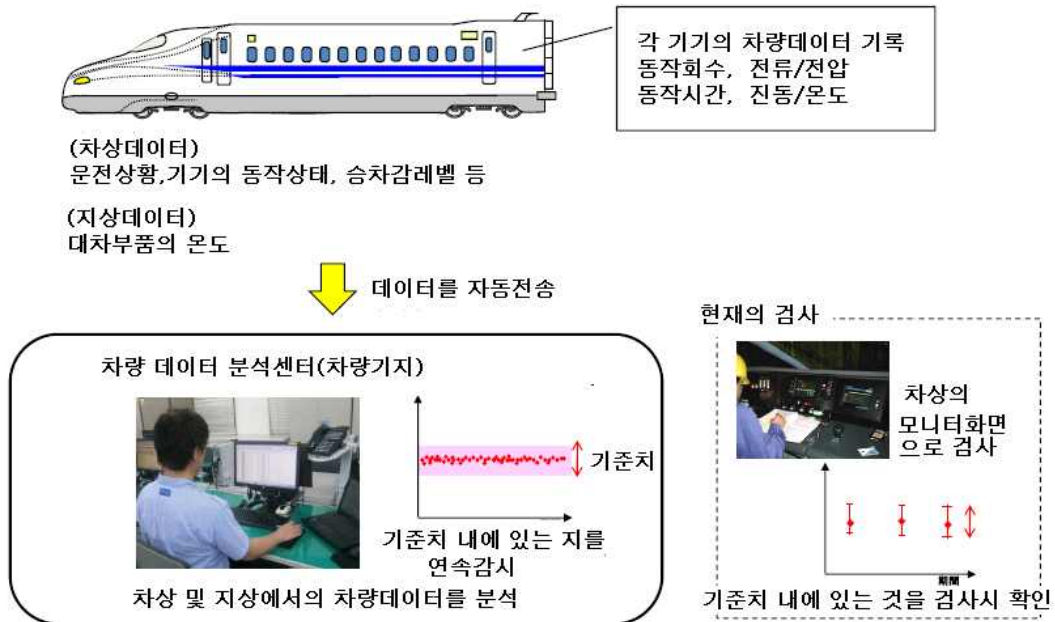


그림 2-3-51 일본(JR 토카이도) 고속차량의 유지보수 데이터 분석방법

- Bombardier에는 Oribita라는 차량 유지보수 데이터분석 및 계획수립 프로세스를 가지고 차량의 유지보수 스케줄링을 수행하고 있으며 영국에서는 유지보수 데이터 검측, 분석, 계획 수립, 부품관리 계획 등의 종합적인 유지보수 지원시스템을 운용하고 있음

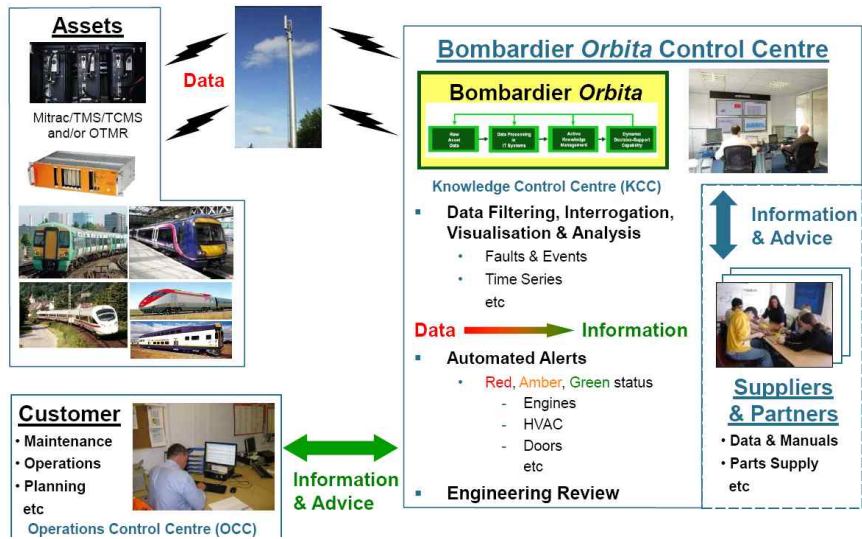


그림 2-3-52 차량 유지보수 프로세스(Orbita)

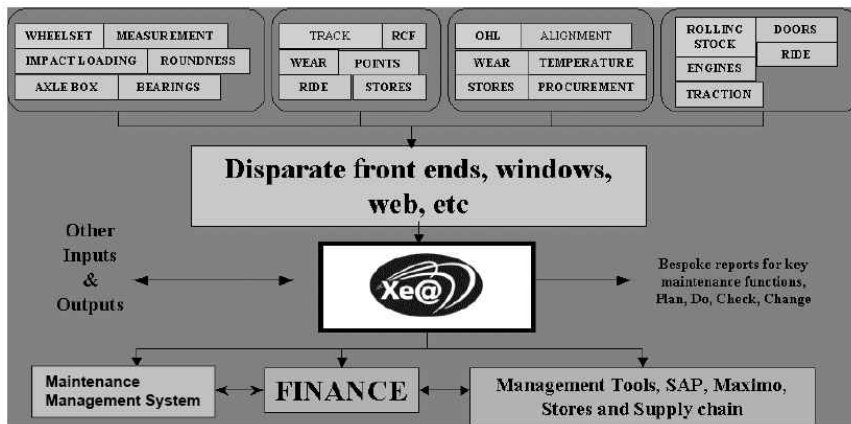


그림 2-3-53 차량 유지보수 프로세스(영국)

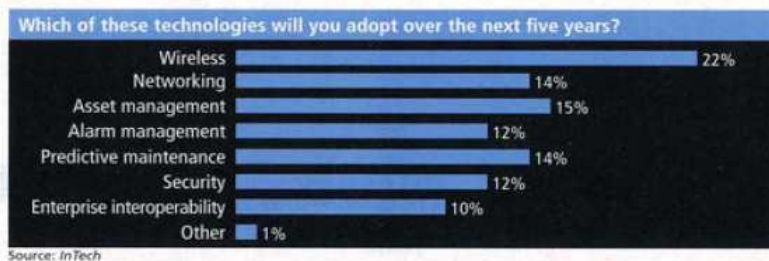
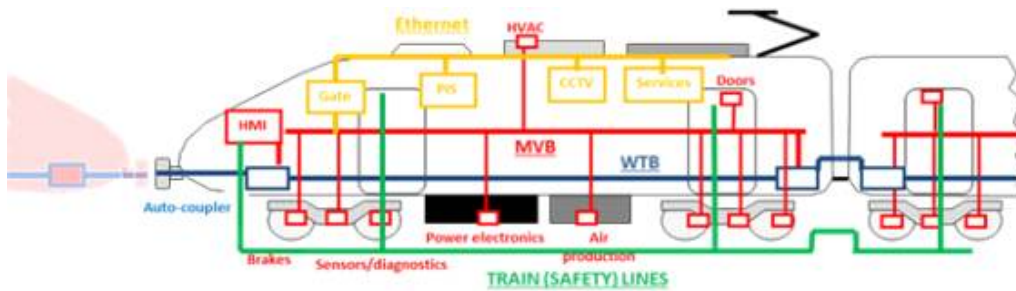


그림 2-3-54 향후 실시간 디바이스의 변화

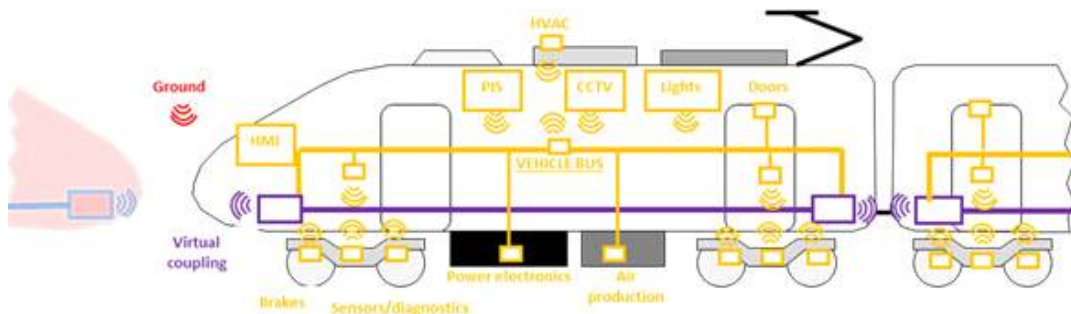
다. 자동 검측기술

○ 차세대 TCMS (Train Control and Monitoring System) 개발

- 유럽의 Shift2Rail 프로젝트에서는 차량의 안전과 신뢰성 수준을 높이기 위하여 차량과 구성품 사이의 무선 정보전달을 기본으로 하고 있는 차세대 TCMS 개발을 수행 중에 있음.



a) 현재의 TCMS



b) 차세대 TCMS

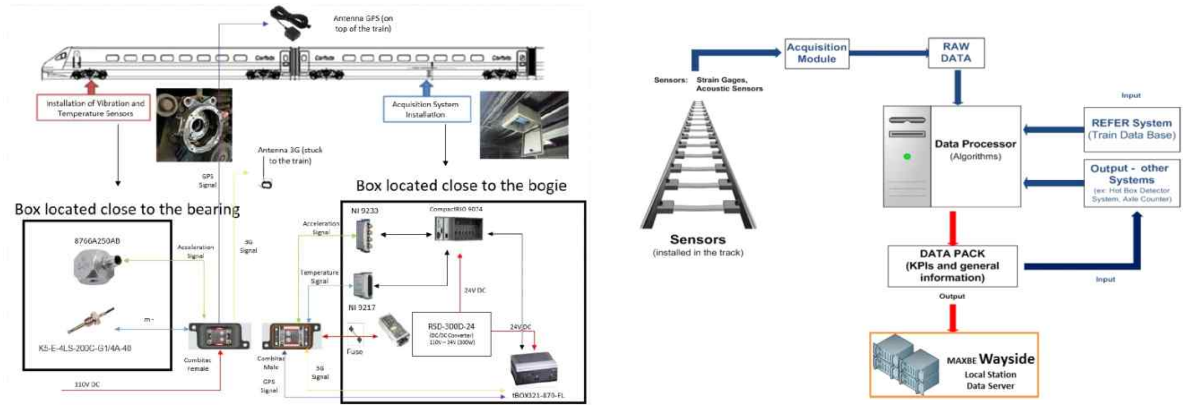
그림 2-3-55 현재 및 차세대 TCMS 아키텍처

- 현재의 유선 TCMS는 차량의 수많은 케이블과 커넥터와 차량간에 연결된 유선 연결기를 통한 불안정한 통신이 장애의 원인이 될 수 있기 때문에 무선 TCMS를 통하여 장애를 줄이고자 함. 또한, 차량 제어에 필요한 케이블의 무게를 1/2로 줄이고, 전자기기가 차지하는 공간의 25% 축소를 목표로 함
- Shift2Rail에서 제안한 차세대 TCMS의 비전은 차량과 차량간의 통신, 지상과 차량간의 통신은 Hybrid wireless 통신방식으로 수행하고, 차량내 서브시스템의 기능을 제어하는 프로세스 수를 감축하고, 안전을 위한 기능을 수행하는 아키텍처를 갖는 것을 목표로 함

○ 베어링 진단시스템 (Multi-parameter condition monitoring system) 개발

- 베어링 진단시스템에서는 지상과 차상의 모니터링 시스템에서 측정되는 다양한 신호를 이용하여 베어링의 상태를 평가함. 이때 지상과 차상의 데이터를 연계하는 알고리즘을 이용하여 데이터를 처리함.

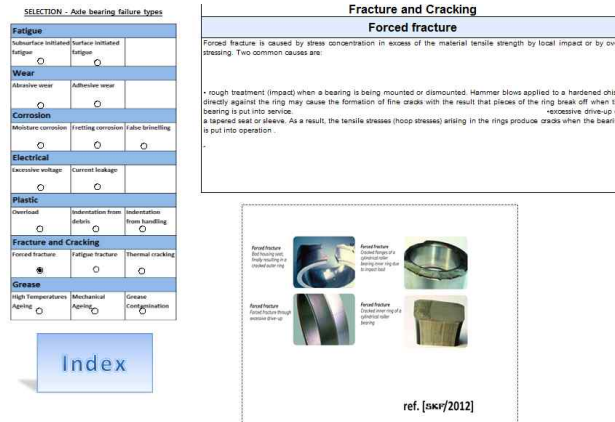
- 평가에 이용되는 신호는 진동, 온도, 음향(Acoustic)신호이며, 이 신호들을 종합하는 알고리즘을 이용하여 베어링의 상태를 평가함. 또한 이를 위하여 베어링의 열화모델을 개발하여 사용함.



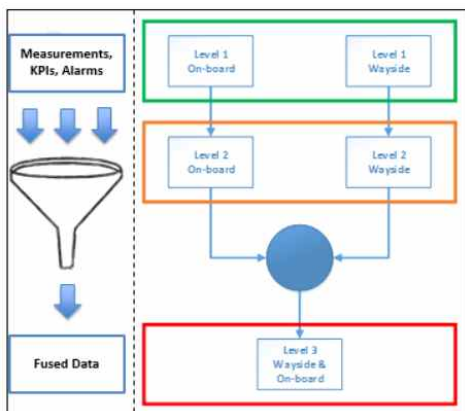
a) 차상 모니터링(온도, 진동)

b) 지상 모니터링 (음향, 스트레인)

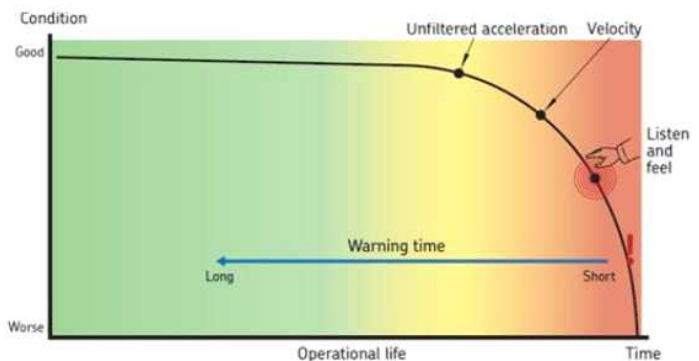
그림 2-3-56 베어링 진단시스템



a) 베어링 손상 모드



b) 데이터 혼합 알고리즘



c) 베어링 수명 모델

그림 2-3-57 베어링 진단을 위한 수명 모델 및 데이터 혼합 알고리즘

- 자기학습(Self-learning) 기술을 활용한 철도차량 자동검사 장치
 - 독일의 KleinTech에서는 Machine Vision, Infrared Vision, 3D 레이저 스캐너를 이용하여 화차 및 기관차의 주요부분을 자동으로 검사하는 시스템을 개발함.
 - 각각의 센서에서 검출된 데이터를 딥러닝 기술(Deep learning tech.)과 형상비교 기술(Pattern comparison tech.)을 이용하여 화차의 상태를 자동으로 검사함.



- 2. 딥러닝 및 형상비교기술을 이용한 화차 화물 상태 분석
- 5. 딥러닝 기술을 이용한 화차형태 인식
- 6. 딥러닝 및 형상비교기술을 이용한 화차 해치 위치 검지

그림 2-3-58 화차 및 기관차의 주요검사 부위

- 패턴인식기술을 이용한 목침목 컨디션 모니터링
 - 스웨덴에서는 목침목 상태를 검수원이 육안을 검사하고 있어서, 많은 시간이 소요되고 휴먼 에러가 발생함.
 - 검수원의 검사를 자동화하기 위하여 머신비전시스템을 이용하였고, 목침목 상태 검사를 위하여 형상인식기술(Pattern Recognition Tech.) 및 이미지 분석기술을 이용하였음.

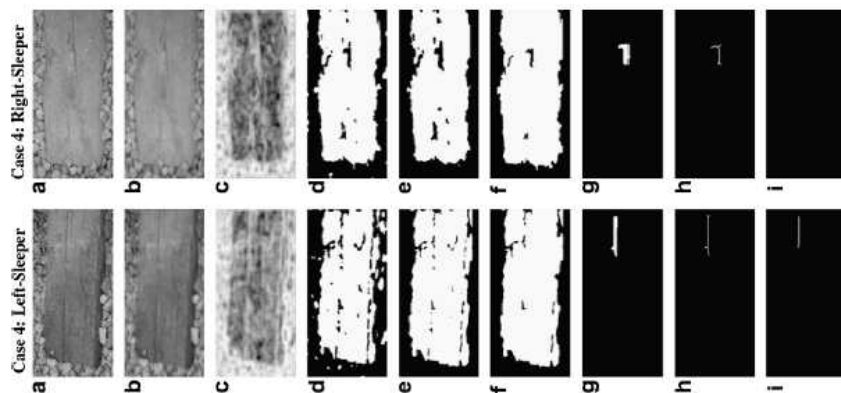


그림 2-3-59 목침목의 형상인식과 다양한 형태의 이미지 프로세싱 결과

- 차륜 파손 예측을 위한 데이터 마이닝 프레임워크 개발(Data Mining Framework)
 - 미국에서는 선로변검사장치(WDD, Wayside Defect Detectors)의 데이터를 통계적인 데이터 마이닝 기술을 이용하여 차륜의 파손을 효율적으로 예측함.
 - 독립적인 선로변 검사장치중에 하나로 차륜의 찰상 등의 손상을 감지하기 위한 WILD(Wheel Impact Load Detector)와 차륜의 프로파일을 측정하는 WPD(Wheel Profile Detector)의 데이터를 동시에 평가하기 위한 모델을 개발하여, 차륜손상을 정확히 감지하는 시스템 개발.

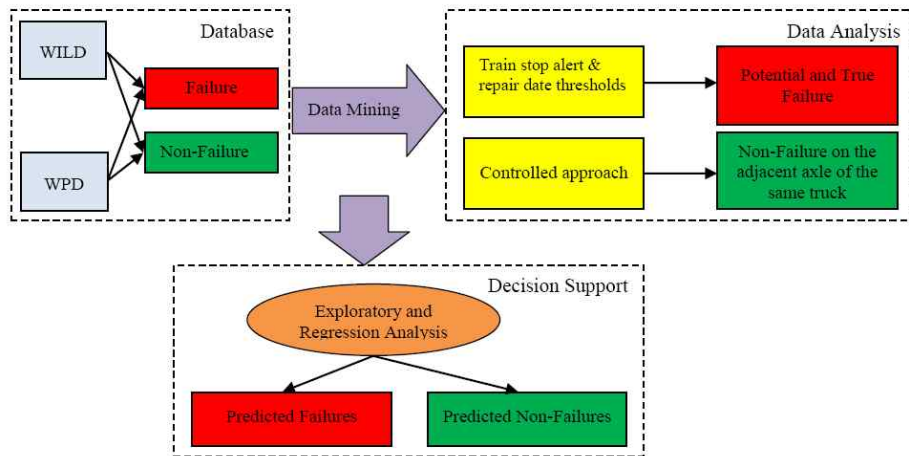


그림 2-3-60 차륜 파손 예측을 위한 데이터 마이닝 프레임 워크

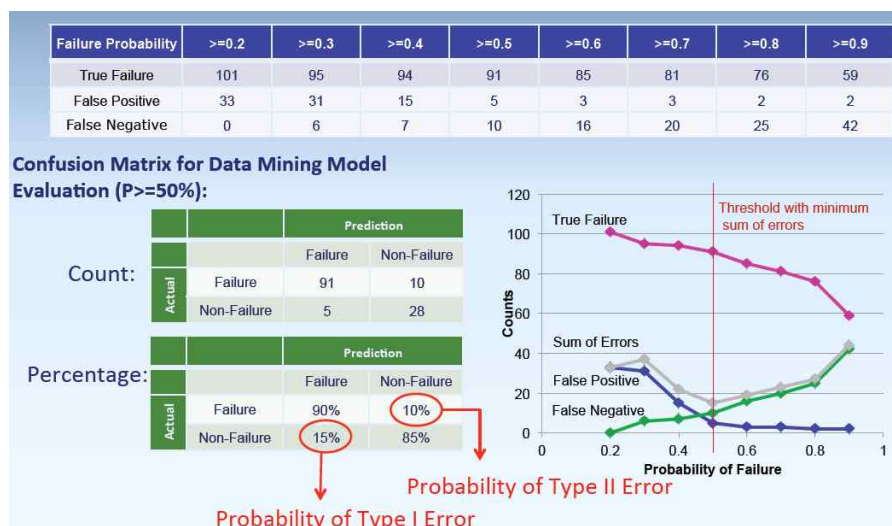


그림 2-3-61 회귀모델 적용 시 시험결과

- 빅데이터와 머신러닝 기술을 이용한 철도차량의 유지보수 효율화
 - 미국에서는 선로변에 다양한 손상검지장치(Wayside Mechanical Condition Detector)가 설치되어 있으며, 차량이 통과시에 미리 설정된 기준치를 초과하는지 여부를 판단함. 이때, 기준치를 초과하면 즉시 차량의 속도를 늦추거나, 멈추어야 하므로 오동작시에는 많은 손실이 발생함.
 - 국내에서는 선로변에 설치된 검지장치(HBD)의 오동작이 많이 발생하고 있으며,

이러한 오동작은 측정 에러 또는 검지장치의 환경적인 영향으로 인한 경우가 많음.

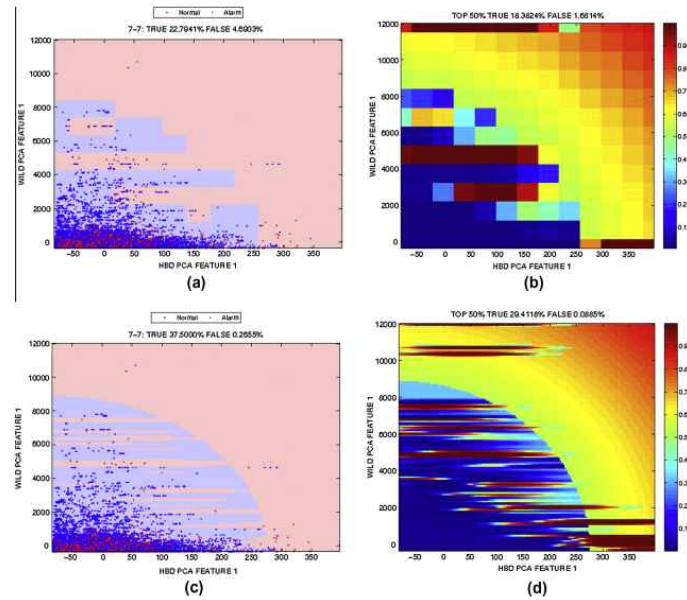


그림 2-3-62 WILD와 HBD의 데이터를 이용한 손상맵

- 차량의 상태를 판단할 때 하나의 측정 데이터를 이용하는 것보다 다양한 측정 데이터(온도, 스트레인, 비전, 열화상, 무게, 충격 등)와 유지보수 데이터, 손상데이터 등을 종합적으로 이용하면 상대적으로 보다 더 정확하게 차량의 상태를 예측할 수 있음.
- 이러한 빅 데이터를 이용하여 손상예측모델 및 기준치를 만들기 위해서는 머신러닝기술(Machine learning tech.), 상관분석(Correlation analysis), 시간대 분석(Time series analysis), 인과분석(Casual analysis) 등의 기술이 필요함.

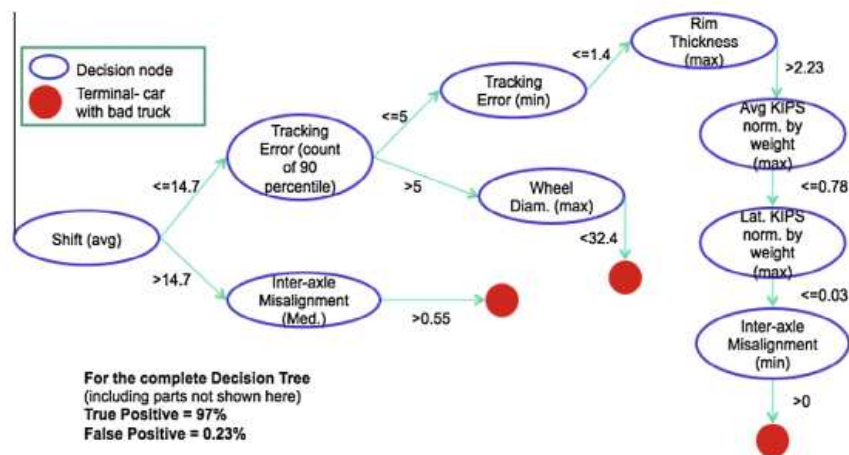


그림 2-3-63 차량의 상태 판단을 위한 결정 트리

제4절 SWOT 분석

- 내부 및 외부환경 요인을 명확히 분석하여 기술개발전략을 수립하기 위한 방향 제시를 목적으로 실시함
- SWOT 분석을 통한 전략의 도출은 비전 및 목표, 중점연구분야와 연계성이 확보되는 것이 필요하므로 대분류 수준의 SWOT 분석을 실시함
- 강점(Strength) 및 약점(Weakness) 요인 분석
 - 타 국가 및 조직과 비교하여 상대적으로 우수하거나 부족한 부분을 제시함
 - 강점 및 약점은 동향분석에서 기술/특허/논문/인프라 분석결과를 내/외부 요인으로 구분하고 내부요인을 강점과 약점으로 다시 구분하여 키워드를 작성하는 방법으로 구성함
 - SWOT 분석을 통한 전략의 도출은 비전 및 목표, 중점연구분야와 연계성이 확보되는 것이 필요하므로 강점 및 약점 요인은 기술분류체계에서 대분류 수준으로 작성하는 것이 필요함
- 기회(Opportunity) 및 위협(Threat) 요인 분석
 - 대외 환경변화로 인하여 새롭게 발생하는 기회요인 및 불안요인 등을 제시함
 - 기회 및 위협요인은 동향분석에서 기술/특허/논문/인프라 분석결과를 내/외부 요인으로 구분하고 외부요인을 기회와 위협요인으로 구분하여 정리함
 - 기회요인 및 위협요인은 국가별 기술의 융합추세, 해외 주요국 대비 정책적 장려정도, 국내외 기술수요 차이, 국가별 시장 성장의 차이, 해외 주요국의 기술개발 전략 등의 관점에서 정리될 수 있음
 - SWOT 분석을 통한 전략의 도출은 비전 및 목표, 중점연구분야와 연계성이 확보되는 것이 필요하므로 기회 및 위협 요인은 기술분류체계에서 대분류 수준(중점추진분야)으로 작성하는 것이 필요함
- 포지션별 전략수립
 - SO/WO/ST/WT의 포지션별 전략을 수립하여 주제를 개조식으로 요약 후, 아래 서식에 기입하고 각 전략별 세부내용을 설명함
 - 포지션별 전략은 기획 연구진의 브레인스토밍을 통하여 작성함

○ SWOT 분석 결과

내부 환경 분석	<p style="text-align: center;">【 강 점(S) 】</p> <ul style="list-style-type: none"> • ICT인프라 및 기술 역량이 뛰어난 전문인력 보유 • 실시간 안전사고 예방시스템 개발 연구기반 보유 • IT, 센싱기법 등 기술개발 잠재력 보유 • 재난관리 관련기술 개발 인프라 보유 • 부처간 융합행정체제 구축 	<p style="text-align: center;">【 약 점(W) 】</p> <ul style="list-style-type: none"> • 안전사고 예방 원천기술 미흡 • 안전사고 정책 대비 R&D 투자미비 • 국가기반시설 안전성 확보 및 관리를 위한 체계적 연구투자, 관리체계, 제도 미흡 • 부처별 안전사고 경감 시스템의 비효율적 운영 • 민간부문 투자 및 연구 활동 저조 • 부처간 정보교류 미흡 • 선진기술과의 기술격차 존재
	<p style="text-align: center;">【 기 회(O) 】</p> <ul style="list-style-type: none"> • 안전사고 예방분야 시장 확대 전망 • 안전사고 예방복구에 적극적으로 대처하기 위한 관리 기술 개발 필요성 증대 • 예방기술 구축의 사회적 관심 및 요구증대 • 안전사고 예방기술 분야의 R&D 투자 확대 • 안전사고 예방에 대한 사회적 관심이 높음 • 정부의지 강화 • 부처간 협업 분위기 조성 • 선진국 대비 국내 안전사고 예방 시장의 고성장 가능 	<p style="text-align: center;">【 위 협(T) 】</p> <ul style="list-style-type: none"> • 기술 발전 정체현상 발생 • 학제간 불균형 기술 발전 및 연구 교류 미흡 • 안전사고에 대한 정책적 일관성이 낮아질 수 있음 • 아전관리선진국은 이미 기술개발인프라가 구축되어 있어 향후 기술격차가 더욱 발생할 수 있음 • 안전관리 선진국은 각종 재해의 위험도 분석/평가 기술을 지속적으로 개발 • 안전관리 선진국은 장비 산업이 확산단계에 진입 • 관련 기업체의 기술수준 및 성장 미흡

SO 전략	<ul style="list-style-type: none"> • H/W, S/W 개발 및 해석이론 개발 등에 특화된 R&D 연구를 통한 국제 경쟁력 확보 • 기존 기술 인프라의 공동활용을 장려하기 위한 국가 인프라 네트워크 시스템 구축 • 연구 기관별 정보기술을 표준화하여 국가 차원의 안전사고 예측 시스템을 구축할 수 있는 범부처적 정책 마련 	WO 전략	<ul style="list-style-type: none"> • 부처간 정보교류 및 협업을 지원할 수 있는 기술분야 발굴에 주력 • 민간부문의 요구 기술을 반영한 R&D를 통해 민간 투자를 유도하고 기술 실용화의 질적인 향상을 높일 수 있는 선순환 구조의 사업 시행 • 선진기술 도입을 통한 원천 기술의 대안 기술을 확보하여 국내 안전사고 예방 시장 성장 주도 • 안전예방 기술 및 관리체계의 신뢰성 향상을 위한 중장기 계획 마련
ST 전략	<ul style="list-style-type: none"> • 선진국 기술을 벤치마킹하여 국내 환경에 적합한 확보기술 선정 • 기술우위 선진국과 협력 체제를 구축하여 기술향상 기간 단축 • 민간기업체와 전문인력의 역량성장을 유도 할 수 있는 단계별 연구계획 추진 	WT 전략	<ul style="list-style-type: none"> • 민간기업의 경쟁력 확보를 위한 기술 표준화 연구 • 안정적인 연구개발 예산 및 기술경쟁력 확보를 위한 중장기 기술개발 계획 수립 • 추격형 기술의 원천기술 확보와 부처별 통합 정보 • 관리 체계 기반을 확보하기 위한 한국형 안전관리 시스템 기술 개발

제5절 종합분석

○ 사회문화적(Social) 시사점

- 안전사고에 대한 반복적인 피해에 의해 국민적 관심이 높아짐에 따라 범부처 차원의 대책이 필요함
- 특히 SOC 피해는 국민의 안전과 밀접한 관련이 있으므로 피해예방을 위한 전주기적인 정책·기술 개발이 필요함
- 안전에 대한 정부의 정책 및 주요사업에 대한 국민의 신뢰는 점차 상승하고 있으나 여전히 ‘불안’을 많이 가지고 있음
- 국토 이용률 증가에 의한 산지 안전사고 위험이 증가함
- 방재 선진국은 재난 예방에 대한 사회적·경제적 효과를 고려함
- 예방단계의 중요성이 강조된 안전 패러다임의 전환으로 인한 선제대응에 대한 요구 증가

○ 기술적(Technological) 시사점

- 국가차원의 안전사고 관리기술에 대한 R&D 투자 지속적으로 증가 예상
- 미국, 일본 등 선진국의 경우 안전사고관리 기술 발전되어 성장 및 확산기에 이르렀으나, 국내의 경우 개발 및 도입기 수준으로 기술개발에 대한 R&D필요
- 한국의 경우, IT, 센싱기법 등 선진국 수준의 기술을 확보하고 있으며, 이를 활용하여 사고지역 조사기술, 실시간 모니터링 및 표출기술 개발 등을 단기에 개발할 수 있는 잠재력 보유
- 정부 출연연 및 공기업 연구소 간의 정보공유 등 네트워크가 미흡하여 시너지 기대 곤란
- 핵심기술에 대한 해외의존도가 높아 원천기술에 대한 기술개발이 필요한 것으로 검토됨
- 원천기술의 경우 선진국에 의존하고 있는 실정으로, 관련 기술의 국제 경쟁력 확보를 위한 원천기술 개발 필요
- 정부부처별 R&D수행 현황을 검토한 결과, 중복성이 존재하고, 연계성이 부족한 독립·생계형 R&D가 추진되고 있는 것으로 검토되었음
- 안전관리 기본법에 의거한 “안전관리 기술개발 종합계획”의 주요내용을 살펴보면, 연구의 중복성 배제 및 상호 연계성 강화를 위한 협의체가 구성되어 운영 중이며 현재까지는 부처별 R&D 방향성을 정립되지 않아 일부 중복성이 존재하거나 연계성이 부족한 독립·생계형 R&D가 추진되는 것으로 파악됨
- 안전사고를 선제 대응하기 위한 첨단 정보수집/분석/전달의 동시성 확보가 가능한 신개념 장비 개발을 위해서는 국토교통부가 관리하는 시설물을 대상으로 우선적인 원천·응용 기술개발이 진행되어야 함
- 안전사고 모니터링 및 평가기술 개발을 통한 사후 피해복구 위주의 소극적 자세에서 벗어나 사고예방 및 복구에 적극적으로 대처하기 위한 위험도 평가 및 관리기술의 개발 필요

요성 증대

- 이상기온 등으로 인한 안전사고 막대한 경제적 손실 및 인명피해가 해마다 증가하고 있어 사고를 미리 예측할 수 있는 모니터링 시스템과 재해로 인한 영향을 평가할 수 있는 기술의 개발 및 기술 표준화 필요성이 증가함에 따라 국가차원의 관심과 지원이 요구됨
- R&D 개발기술의 실용화 실적 미흡
- 성과검증 개발기술의 상용화 촉진을 위한 기술검증 및 인증체계가 미비하며 일부기술은 시장진입전에 사장됨
- 개발된 기술에 의한 비용절감 및 수입대체 등의 효과는 가시적으로 드러나나 산업화 지원 등 제도적 기반이 취약하여 기술료 실적이 미미한 것으로 판단됨
 - * 기술료징수현황: '07년 34억원 '08년 77억원 '09년 38억원
 - * 국토교통 창조경제 R&D 포털 다모아 - 토사재해 관련 기술료 징수현황 전무
- 국내 기술수준을 고려할 때 안전사고 관련 기술분야는 추격형이며 분야에 따라 차이가 존재
- 특히, 모니터링, 예측 기술의 경우 전 세계적 기술추세는 성장기에 접어들었고 기술 선도 국가의 경우 상당한 기술 축적이 이뤄져 성숙단계임
- 우리나라와 같은 후발국의 경우는 도입기에 있기 때문에 그 차이가 매우 큼
- 2000년대로 들어오면서 u-IT 기술이 급격하게 발전하여 안전사고예방을 위한 감시 분야에 적용하기 위한 연구가 활발히 진행되었으나 연구개발 투자가 산발적으로 이루어져 기술개발 및 축적이 원활히 이루어지지 않았음.
- 결론적으로 현재 모니터링 분야는 초기 단계에 머물러 있는 실정으로 연구개발을 위한 연구비 투자, 인프라 구축, 인력 양성 등의 인프라 확충이 우선되어야 할 필요가 있음
- 본 기획연구 RFP에서 제시한 '초단기 감지 기술'의 경우도 모니터링 응용기술 범주에 해당되며, 기술확보를 위해서는 기초연구에 대한 연구가 선행되어야 할 것으로 판단됨

○ 경제적(Economic) 시사점

- 안전사고로 인한 재산피해액과 복구비는 지속적으로 증가할 것으로 예상됨.
- 최근 10년간 안전사고에 의한 피해액과 복구비는 지속적으로 증가하였으며 피해비용 대비 복구비용은 2004년 기준 153%에 2009년에는 257%까지 증가하는 경향을 나타냄
- 우리나라의 전반적인 안전사고 복구비 : 예방비의 비율이 6:4으로 방재선진국인 일본(1:9)의 경우와 비교하여 안전예방에 관련된 시장규모는 향후 4배 이상 확대될 것으로 전망됨.
- 우리나라는 2100년에 연간 약 58조원(최소2조원에서 최대328조원)정도의 피해가 예상됨
- 안전사고로 인한 대규모 피해발생 및 피해지역에 대한 피해금액과 응급복구비가 이중으로 투입되는 등 매년 반복적으로 재해에 의한 예산 발생(소방방재청, 2006)
- 해저드맵 관련 공간정보, 원격탐사, U-City, 등 관련 시장 확대 전망
- 국내 공간정보산업 규모의 경우 2007년 1조 7천억원 규모로 4년간 연평균 44% 성장

- 국토교통부의 경우 주민행정참여 증가에 따른 과학정책대안 및 행정업무 신뢰도 제고 차원으로 2004년부터 3차원 공간정보구축 시범사업 추진, 2004년 0.87억원, 2005년 41.13억원, 2006년 이후 2,470억원 등으로 점차 투자 확대
 - 센서 및 네트워크 기술 시장이 지속적으로 증가하는 것으로 검토됨
 - 센싱, 모니터링 분야의 직접적인 산업규모는 추정하기가 어려우며, 특히 타 산업분야와의 연계성이 매우 높은 분야임
 - 미국 WTRS (West Technology Research Solutions, LLC)의 2011년 조사에 따르면, 무선센서 네트워크 시장은 현재 증가추세에 있으며, 2015년에는 적게는 10억 달러 많게는 40억 달러 이상으로 확대될 것이라고 전망하고 있음
 - 세계적으로 센서시장의 규모는 1995년 약 151억불에서 2005년 약 297억불로 6.95%의 CAGR¹⁴⁾을 나타내며 지속적으로 확대되는 추세(한국센서연구조합, 전자부품연구원, 2006)
 - 안전관리 관련 국가차원의 R&D예산 투자비율의 경우 1.1% 정도로 선진국 대비 미약한 수준으로 국가차원의 적극적인 R&D 투자 필요
- 정책적/법적(Political) 시사점
- 안전과 관련된 정책은 행정기관간의 업무영역이 일부 중복 또는 혼재되는 경향을 나타내고 관련 법 시행에 대한 근거 및 기준이 불분명함
 - 안전 패러다임의 변화로 재해·재난 관련 부처간 연계 및 공동대응에 대한 필요성 인식을 통해 부처별 협업에 대한 계획을 수립함.
 - 범부처 상위정책과 국토부 정책에 부합하는 안전 관리계획이 필요하고, 유지관리에 대한 정보체계 구축 및 타 시스템과의 연계가 여전히 미흡함
 - 부처간 융합행정의 경우 극히 일부 영역에 한해 진척이 되었으며 안전관리 전 주기에 걸친 협업을 위해서는 상당한 시간이 필요할 것으로 판단됨
 - 2012년 수립 예정인 “제2차 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획” 및 동 시행령에 서는 시행계획의 실효성을 강화할 수 있도록 관계부처의 역할 분담을 명확히 하고 연구개발사업 추진방향 설정의 필요성을 강조함
 - R&D 추진체계 전반을 관리할 수 있는 거버넌스 체계 미흡
 - 관련 법령이 부재하여 중장기 계획 및 R&D 구조조정 역할 등이 미흡
 - 재난 및 안전관리 기본법, 사방사업법 등 개별적 법적기반에 근거한 R&D 사업추진
 - 안전행정부, 국토교통부 및 산림청의 관리대상 범위의 상이함으로 인해 안전피해 경감 시스템이 효율적으로 구축되지 못하고 시너지효과를 얻지 못함
 - 부처별 특성에 의해 관리대상이 분리되어 운영되고 있으나 장비, 정보, 시스템 등 운영 전반에 필요한 기술은 공동 활용이 가능할 것으로 판단됨

14) 제품 등의 성장추이를 나타내는 지표 (Compound Annual Growth Rate : 연평균 복합성장률)

- 안전관리 선진국의 경우 법적근거를 마련하여 재해·재난 및 안전관리 체계 구축 및 계획을 수립하고 있으며, 국가전략을 통한 재해·재난에 대한 정책방향이 설정됨
- 미국의 경우 국가기본체계 보호를 위한 다양한 분야의 법령이 존재하며 통합적 안전관리 개념에 의한 재해·재난 및 안전관리체계를 구축하고 있음.
- 일본의 경우 안전대책 기본법이 최상위 법이며, 전분야에 걸친 안전대책을 위한 가장 중요한 기본법으로 위상을 가지고 있음
- 독일은 재해·재난 및 안전관리 조직체계와 기관별 기능을 분담하고 있음
- 안전관리에 대한 정책방향을 분명하게 제시하고 법적근거를 마련하여 지역간, 기관간의 협력 및 지원체계를 구축하는 것이 필요한 것으로 검토됨
- 일본, 미국, 영국 등 선진국에서는 안전 관련 법령 및 주요 정책에 따라 각종 재해에 대한 위험도 분석 및 평가기술을 지속적으로 개발하고 있음
- 미국, 일본 등 안전관리 선진국의 경우 기 투자한 안전관리 관련 R&D 결과를 활용 관련기술 및 장비 산업이 이미 확산단계에 진입
- 국가별 안전관련 계획은 개별적 재난·재해 및 안전관리계획들이 위계를 가지고 연계될 수 있도록 목표를 제시하고 있는 것으로 검토됨
- 선진 외국의 경우 예방 및 복구 대책이 국가차원에서 지속적으로 투자되고 있으나, 국내의 경우 재해 대형화에 대응하는 통합적·계획적 안전방재체계가 미흡한 실정으로 재해 및 안전에 대한 사전대응 및 피해저감에 대한 요구가 증대되며 선진국 수준의 R&D 투자 및 계획수립이 필요한 것으로 판단됨

제3장

연구개발과제 구성 및 추진전략

제1절 비전 및 목표

제2절 연구개발과제 구성

제3절 세부과제별 주요내용 및 추진전략

제4절 연구추진체계

제5절 기술/성과 로드맵

제6절 최종성과물 성능목표 및 활용방안

제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

제1절 비전 및 목표

【 정책 목표 】
자율구동 무전원무선 센서 기술을 이용한
“4차 산업혁명 기술 구현 지능형 철도시설 관리 및 안전 향상”

【 추진 방향 】
철도시설 안전향상 및 고수명화 / 지능형 첨단 철도시설관리 / 비용 및 효율 최적화

- | | |
|----------|--|
| 1 | <p>인력 점검 및 고장사후 대처에서 자동화 점검 체계로 전환</p> <ul style="list-style-type: none"> · 철도시설에서 접근 한계성, 점검 난이성 등 인력 점검 한계를 극복함에 의해 연속적인 시설물 상태정보 획득, 현행 점검·진단 제한조건 최소화/지능화 |
| 2 | <p>철도시설 상태 지능형 원격 점검체계 도입</p> <ul style="list-style-type: none"> · 원격점검체계를 도입하여 정기점검에서 연속점검으로 전환하여 지능형 이상 상태 조기검지에 의한 보수비용 저감 및 능동적인 사고 발생 사전 대응 |
| 3 | <p>철도시설물 유지보수이력관리시스템 정보공유 체계 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> · 철도시설 손상 예측, 적기 보수보강, 보수보강 의사결정 지원 : 상태·예측기반 유지관리(PHM)와 신뢰도기반 유지관리(RCM)를 위한 시설물 상태점검 정보의 실시간 제공 및 이력 관리, 데이터 마이닝을 통한 상태 분석 및 사전 예측 |
| 4 | <p>4차 산업혁명 기술 구현 효율성 높은 철도 시설 관리 및 안전 향상</p> <ul style="list-style-type: none"> · 철도시설관리자 및 운영기관을 포함하고, 이용객을 사고 및 재난으로부터 안전하게 보호하고, 철도시설의 효율성을 높이기 위한 4차 산업혁명 기술 구현 지능형 시설 관리 체계를 도입 |

제2절 연구개발과제 구성

- ‘철도 배전선로 무전원·무선 안전 감지 기술’은 철도시스템의 안전을 확보하기 위해 철도시설에 대한 무전원·무선 기술을 이용하여 실시간 상태 및 위험을 평가·예측하는 철도안전체계를 구축하여, 철도관리자·운영자가 활용하기 쉽고, 일반 국민이 안전한 철도를 구현하는 것을 목적으로 하며, 다음과 같은 세부 수행 기술로 구성

- 1) 철도 배전선로 무전원·무선 안전 감지 기술 개발 [배전선로 케이블, 접속함, 부스바 등 직결접속점]
 - 배전선로 케이블 전기에너지 기반 자가발전 전력 모듈 기술 개발
 - 상시 활선 발전전력 저장 및 관리 모듈 기술 개발
 - 배전선로 안전 감시 센서 모듈 기술 개발
 - 배전선로 고자기장·고전압 환경 저전력 무선통신 기술 개발
 - 배전선로 안전 감시 일체형 무전원·무선 통합 센서 노드 기술 개발
- 2) 무전원·무선 안전 감지 기술의 공간정보 기반 철도 배전선로 통합 안전 운영 기술 개발 및 실증
 - 철도 배전선로 무전원 무선 센서 네트워크 시스템 개발
 - 철도 배전선로 신뢰성, 안전성, 수명주기비용(LCC) 관리 체계개발
 - 철도 배전선로 대상 AI기반 지능형 통합 안전 모니터링 기술 개발 및 실증
 - 철도 배전선로 대상 지능형 통합 유지관리시스템 개발
 - 철도 배전선로 대상 지능형 통합 유지관리시스템 시범 운용 및 실증



제3절 세부과제별 주요내용 및 추진전략

주요 연구 내용	세부 연구 내용
<ul style="list-style-type: none"> ○철도 배전선로 주요 접속개소 실전력 환경 측정 및 평가 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 철도 배전선로 주요 접속개소 전력 환경 측정 및 평가 ▪ 철도 배전선로 주요 접속개소 PD측정 개소 선정 ▪ 철도 배전선로 운영/유지보수 현황 및 데이터 분석 ▪ 철도 배전선로 운영/유지보수 관련 국내외 법규 조사 및 분석
<ul style="list-style-type: none"> ○철도 배전선로 안전 감시 무전원·무선 센서 및 전력 공급장치 요소 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 최대 누설 자기 집속형 고용량 PGC (자가발전코어) 연구 ▪ 접속 개소 설치를 위한 분리형 코어 모듈 개발 ▪ AC-DC 변환 고효율화를 위한 부하저항 매칭 전력 관리 회로 연구 ▪ 전력선 부하 변동 대응을 위한 광대역 전력 변환 회로 개발
<ul style="list-style-type: none"> ○철도 배전선로 AI 기반 지능형 안전운영 및 유지관리 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 철도 배전선로 케이블 접속개소 안전 감시 센서 기능 및 사양 정의 ▪ 안전 감시 센서 모듈 설계 및 성능 시험 ▪ 배전선로 케이블 접속개소 상태 측정 및 분석 로직 연구 ▪ 배전선로 케이블 접속개소 열화모델 연구
<ul style="list-style-type: none"> ○철도 배전선로 AI 기반 지능형 안전운영 및 유지관리 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 배전선로 전력케이블 및 접속개소 신뢰성 및 유지보수 특성 분석 ▪ 배전선로 케이블 및 접속개소 머신러닝 상태진단 알고리즘 및 이상상태 판별 모델 연구 ▪ 배전선로 케이블 및 접속개소 상태기반 유지보수 최적화 모델 연구 ▪ 철도 배전선로 안전 및 유지보수 통합 관리 절차, 기준 및 방법 개발 ▪ AI 기반 배전시설물 안전 및 유지보수 통합 관리 시스템 (S/W) 아키텍처 설계 ▪ 철도 배전선로 센싱데이터 D/B 관리 설비 구축
<ul style="list-style-type: none"> ○고자기장·고전압 환경 철도안전 저전력 무선 통신 기술 및 네트워크 구성 연구 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 철도 배전선로 고자기장·고전압 환경 무선통신 기술 연구 ▪ 현장기반 철도안전 서비스를 위한 철도시설물 안전관리 시스템 네트워크 구성 전략 수립 ▪ 철도 배전선로 안전 서비스 통신 망 구성 기술 개발
<ul style="list-style-type: none"> ○철도 배전선로 주요 접속개소 PD 측정·분석 및 고장 및 유지보수 정보 입출력 체계 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 철도 배전선로 주요 접속개소 전력 환경 측정 및 평가 ▪ 철도 배전선로 주요 접속개소 PD측정 및 분석 ▪ 철도 배전선로 고장 및 유지보수 정보 입출력 체계 개발

주요 연구 내용	세부 연구 내용
<p>○철도 배전선로 안전 감시 무전원·무선 센서 노드 기술 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 철도 배전선로 접속개소 적용형 PGC (자가발전코어) 전력 모듈 성능 고도화 연구 ▪ PGC 전력 변환 및 관리 회로 고용량 집적화 연구 ▪ 철도 배전선로 적용을 위한 안전 감시 무전원·무선 센서 노드 구조 설계 ▪ 안전 감시 무전원·무선 센서 노드 성능 평가 ▪ 안전 감시 무전원·무선 센서 노드 성능평가 시스템 구축
<p>○ AI 기반 지능형 철도 배전선로 안전 및 유지보수 통합 관리 기술 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 철도 배전선로 신뢰성 및 유지보수 입력 정보 표준화 ▪ 철도 배전선로 DB (센싱데이터 등) 축적 및 분석 ▪ 철도 배전선로 케이블 및 접속개소 머신러닝 상태진단 모듈(S/W) 개발 ▪ 배전선로 케이블 및 접속개소 상태기반 유지보수 최적화 모듈(S/W) 개발 ▪ AI 기반 철도 배전선로 안전 및 유지보수 통합 관리 시스템(S/W) 설계
<p>○철도 배전선로 안전관리 상태 감시용 무선 통신 기술 및 네트워크 설계</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 철도안전 정보 연계용 무선 통신 모듈 설계 ▪ 철도 배전선로 안전 서비스 구간 정보 연계용 무선 통신 게이트웨이 설계 ▪ 철도 배전선로 환경 무선 네트워크 시뮬레이터 개발 ▪ 저전력 장거리 전송용 센서 데이터 프레임 정립
<p>○철도 배전선로 테스트 베드 구축 연구 및 안전 및 유지보수 통합 관리시스템 설계 타당성 검증</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 철도 배전선로 테스트 베드 구축 계획안 작성 ▪ 철도 배전선로 테스트 베드 선정 ▪ 배전시설물 안전 및 유지보수 통합 관리시스템 설계 타당성 검증 ▪ 철도 배전선로 안전 및 유지보수 통합 관리시스템 시험운영 체계 구축 ▪ 철도 배전선로 운영/유지보수 프로세스 개발
<p>○철도 배전선로 안전 감시 무전원·무선 센서 노드 성능 안정화 및 내구성 평가/검증</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 안전 감시 무전원·무선 센서 노드 강건 설계 및 시작품 제작 ▪ 안전 감시 무전원·무선 센서 노드 기능 블록 별 성능 검증 시험 ▪ 안전 감시 무전원·무선 센서 노드 interface 정합 성능 검증 시험

주요 연구 내용	세부 연구 내용
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 내구성 및 수명 테스트 ▪ 안전 감시 무전원· 무선 센서 노드 테스트 배드 적용성 시험
<ul style="list-style-type: none"> ○ AI 기반 지능형 철도 배전 선로 안전 및 유지보수 통합 관리 시스템 구축 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 배전선로 케이블 및 접속개소 머신러닝 상태진단 알고리즘 및 이상상태 판별 모델 및 S/W 검증 ▪ 배전선로 케이블 및 접속개소 상태기반유지관리 최적화 모델 및 S/W 검증 ▪ AI 기반 철도 배전선로 안전 및 유지관리 통합 관리 시스템(S/W) 구현 및 현장구축 ▪ 철도안전 정보 연계용 스마트 철도 배전선로 안전 네트워크 운영관리 기술개발 ▪ 효율적 무선통신 망 운영 모니터링 기술개발
<ul style="list-style-type: none"> ○ 철도 배전선로 공간정보 기반 무선 네트워크 토폴로지 및 안전관리 상태 감시용 무선 통신 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 철도안전 정보 연계용 무선 통신 모듈 개발 ▪ 철도 배전선로 안전 관리 서비스 구간 정보 연계를 위한 무선 통신 게이트웨이 개발 ▪ 무선 중계 센서망 및 광대역 중앙관리 유무선 통신망 연동 기술 개발
<ul style="list-style-type: none"> ○ 무전원· 무선 센서 노드 실용화 모델 현장 구축 및 안전 및 유지보수 통합 관리시스템 시험운영·사용자 검증 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 무전원· 무선 센서 노드 실용화 모델 현장 구축 ▪ 철도 배전선로 안전 및 유지보수 통합 관리시스템 시험운영 및 사용자 검증 ▪ 철도 배전선로 운영/유지보수 방안 도출 및 사용자 검증
<ul style="list-style-type: none"> ○ 철도 배전선로 공간정보 기반 무선 네트워크 토폴로지 구축 및 실증 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 고자기장·고전압 센서 노드용 무선통신 모듈 성능 개선 및 안정성 운영방안 ▪ 철도 배전선로 안전관리 서비스 지원용 무선 센서 노드 성능인증 시험 ▪ 철도 배전선로 안전관리 무선통신 서비스 실증 테스트베드 운영계획(안) 수립
<ul style="list-style-type: none"> ○ 철도 배전선로 안전 감시 무전원· 무선 센서 노드 평가/인증 연구 (환경성, EMI/EMC 등 전자파 평가 및 검증, 국내외 인증) 및 테스트베드 현장 실증 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 철도 배전선로 접속 개소 적용형 안전 감시 무전원· 무선 센서 노드성능 보완 ▪ 철도 배전선로 접속 개소 적용 안전 감시 무전원· 무선 센서 노드 시제품 제작 및 내환경성 평가 시험 수행 ▪ EMI/EMC 등 전자파 평가 및 검증, 국내외 인증 ▪ 안전 감시 센서 테스트 배드 적용 성능 검증 및 운영 ▪ 철도 배전선로 케이블 및 접속개소 머신러닝 상태진단 알고리즘 검증 및 보완
<ul style="list-style-type: none"> ○ AI 기반 지능형 철도 배전선로 안전 및 유지보수 통합 관리 기술 검증 및 현장 실증 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ AI 기반 철도 배전선로 안전 및 유지보수 통합 관리 시스템(S/W) 현장 실증 및 보완 ▪ AI 기반 지능형 철도 배전선로 안전 및 유지보수 통합 S/W 인증

제4절 연구추진체계

- 한국철도시설공단, 코레일 등 유관기관의 참여 및 시스템을 연계하여 기술개발 및 실용화에 적극적인 참여 방안 마련
 - 한국철도시설공단 철도산업정보센터, 코레일 KOVIS (철도시설물 유지보수 이력관리 시스템, BIM 발주시스템, 사고이력시스템 등) 연계 안전정보를 지속적으로 수집, 분석 및 관리하는 모듈 기반 기술로 확대
 - DB관리·운영 기술, 데이터 분석 알고리즘 등 모듈화 기술 연계
- 국제적 연구 선두그룹과의 공동연구 추진 : Fraunhofer, UIC, VVT, LORD, Ensco 등
- 각 분야별 국내외 전문가와 기술협력 구축 및 기술자문 등 개방형 연구 수행 예정
- 국내외 전문가와 연구 협력 (한국철도시설공단, 코레일, 한전 전력연구원, 서울대, KAIST, 연세대, 서강대, 성균관대, 한양대, 군산대, 미국 Maryland(UMBC) 대학, 미국 Virginia Tech 대학, 미국 North Eastern 대학, 러시아 BAUMAN 공대 등)
- 기술 개발 실용화를 위한 국내외 기술전문 기업과 협력 및 참여 도모
- 기타 미국 연방철도국, ASME, IEEE 전문가와 기술 협력
- 중소기업 참여로 국가시책 동참 : 국내시장 확보 및 해외시장 진출 도모
- 적극적인 기술이전 및 지적재산권 확보로 중소기업의 국제경쟁력 강화

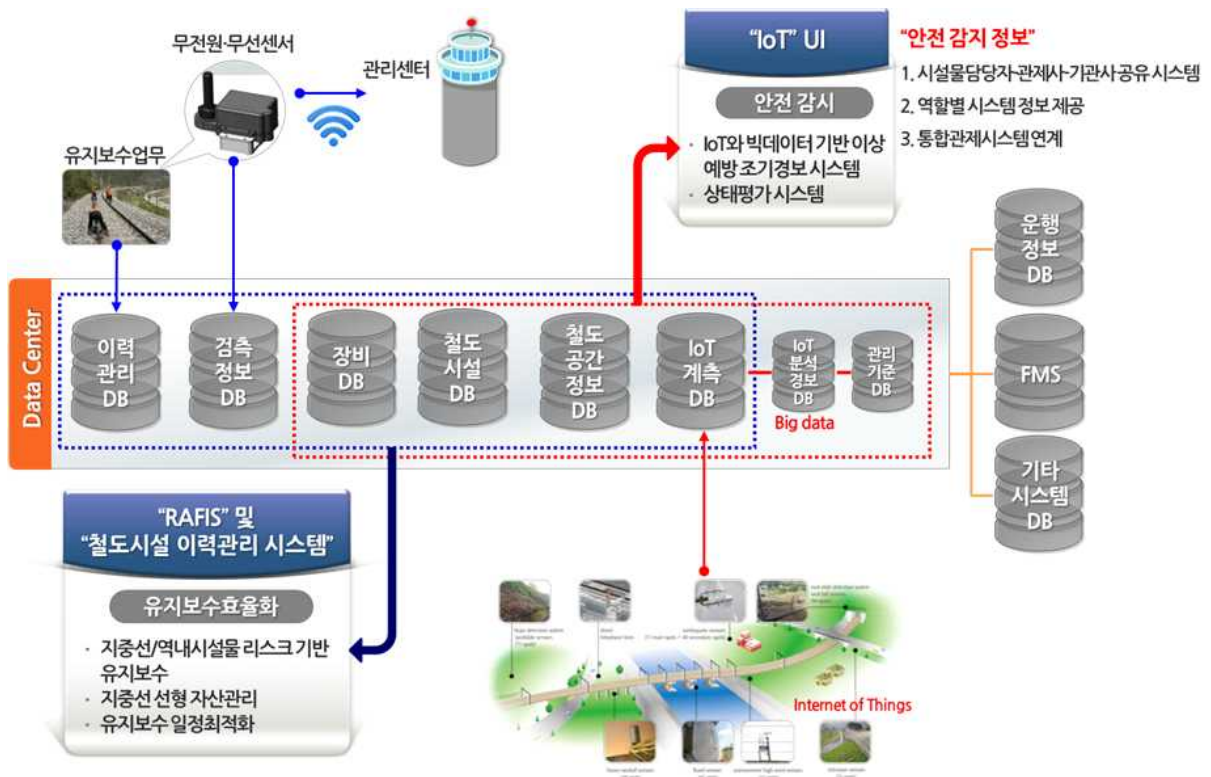
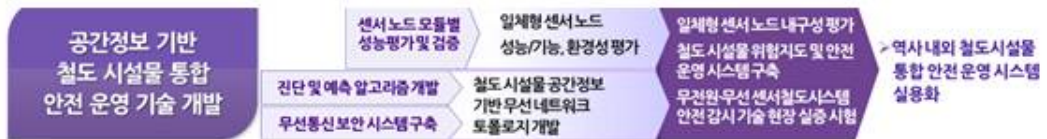


그림 3-4-1 철도 시설물 안전 관리시스템 : 이상 및 고장정보 관리, 유지보수 지원

제5절 기술/성과 로드맵



기술/성과 로드맵



제6절 최종성과물 성능목표 및 활용방안

구분	2019년 (1차년도)	2020년 (2차년도)	2021년 (3차년도)	최종 목표	도출 근거	평가(검증) 방법
철도 배전선로 무전원·무선 안전 감지 기술 개발 [철도 배전선로 접속함, 부스바 등 직결접속점]	철도 배전선로 무전원 무전원·무선 모듈 기술 개발 및 설계	철도 배전선로 무전원무전원 ·무선 모듈 제작 및 연동 시험	무전원·무선 모듈 철도 시설이력관리 시스템 연계 운영 기술 개발·검증	철도 배전선로 무전원무전원 ·무선 안전 감시 기술 개발	KR, KORAIL 철도 배전선로 무전원의 안전 감시 기능 없음	무전원·무선 안전 감시 시스템 철도 배전선로 무전원 테스트베드 설치 및 검증
	KR, KORAIL 철도 배전선로의 안전 감시 요구사항 반영 기술개발 및 설계 도출	KR, KORAIL 철도 배전선로 테스트베드 구축 및 감지 성능 및 무선 전송 검증	KR, KORAIL 철도시설이력 관리 시스템 연계 통합 운영 검증	무전원·무선 적용 KR, KORAIL 철도 배전선로의실 시간 상태 감시 및 노후화 고장 저감	전체 전력시설물 고장 및 유지보수의 80% 이상을 지중선 이상이 차지함 (철도시설공단, 코레일)	KR, KORAIL 철도 배전선로의 실시간 상태 감시 검증 시험
무전원·무선 안전 감시 기술의 공간정보 기반 철도 배전선로 통합 안전 운영 기술 개발	KR, KORAIL 안전 감시 운영 요구사항 반영 기술개발 및 설계	KR, KORAIL 안전 감시 운영 시스템 연계 모듈 제작 및 연동 시험	무전원·무선 모듈 안전 감시 운영 시스템 연계 운영 기술 개발·검증	무전원·무선 안전 감시 기술 적용 철도 시설물 통합 안전 운영 기술 개발	철도 배전선로 KR, KORAIL 현재 안전 감시 기능이 없음	KR, KORAIL 안전 감시 운영 시스템 연계 통합 안전 운영 기술 테스트베드 설치 및 검증
	KR, KORAIL 안전 감시 운영 요구사항 반영 기술개발 및 설계 도출	KR, KORAIL 안전 감시 운영 시스템 연계 테스트베드 구축 및 연동 검증	KR, KORAIL 철도시설이력 관리 시스템 연계 통합 안전 운영 검증	무전원·무선 적용 KR, KORAIL 시설물의 실시간 상태 감시 및 노후화 고장 저감	장애 및 서비스 불가 고장 지속 발생으로 철도 배전선로 대상 적용 필요성 대두	KR, KORAIL 안전 감시 운영 시스템 연계 통합 안전 운영 기술 검증 시험

○ 연차별 성과 및 평가지표

○ 활용방안

- 철도시설에 시범 구축하여 시스템의 실용화 및 철도시설공단 개량사업을 통한 조기 사업화 : 한국철도시설공단, 코레일 등 유관기관의 참여 및 시스템을 연계하여 기술개발 및 실용화에 적극적인 참여 활용계획 마련 : 한국철도시설공단 “배전선로 단일화 22.9kV 승압 개량화 사업(’24년 완료예정),” 코레일 “철도전기설비 고도화 실행계획” 등 기술 반영 등 구체적 실용화 방안 마련(’20년 케이블 자동화 감시 추진계획 기반영)
- 한국철도시설공단 철도산업정보센터, 코레일 KOVIS (철도시설물 유지보수 이력관리 시스템, 사고이력시스템 등) 연계 안전정보를 지속적으로 수집, 분석 및 관리하는 모듈 기반 기술로 확대
- 첨단기술과 연계된 철도시설 안전관리 기술을 통하여 국민이 안전한 사회를 구축
- 안전사고에 대한 철도시설물 및 이용자에 대한 조기경보 확대
- 국가 자산순위(선진국, 후진국 등)와 상관없이 적용 가능한 철도 시설 안전 대비기술 확보로 인명피해 저감
- 국제적 연구 선두그룹과의 협업을 통한 개발 기술의 해외진출
- 안전사고 발생시 신속한 대응이 가능해지고, 신속한 철도 인프라에 대한 통제와 해제 로 시설물 피해 및 인명 피해 경감
- 기존 철도시설에 대한 개량 수준의 안전성 확보: '17년 철도 4700억원 예산 투입한 전기설비의 경우 개량화 실적이 노후와 속도를 따라 가지 못하는 것으로 나타남 (철도시설공단, 인천일보, 「4,700억 투입했지만 철도시설 노후화는 '계속' 진행형」 2017.10.22.)
- 한편, 철도안전관리를 위하여 도입을 계획하고 있는 IoT 기반 지능형 철도시설관리체계 구축에서
- 재해 대비를 위하여 구축예정인 예산이 약 440억원이며, 철도시설 건전성 모니터링 시스템 구축에 소요될 예산이 약 1,500억원 수준
- 2019년 말경, 한국철도시설공단 승압 개량 사업에 시범 구축 적용을 통한 실용화 및 활용성 확대 예정(과업기간 3년 예상)
- IoT와 빅데이터, 인공지능, 4차 산업혁명 등이 최근 이슈와 함께 센서시장은 급속한 성장세에 있으며, 새롭게 개발된 센서의 활용도가 높아짐
- 2017년 기준으로 철도 및 전력분야의 이상감지 시스템 구축비용을 검토해 보면, 약 200억원/년의 시장이 예상

제4장

자원투입 계획

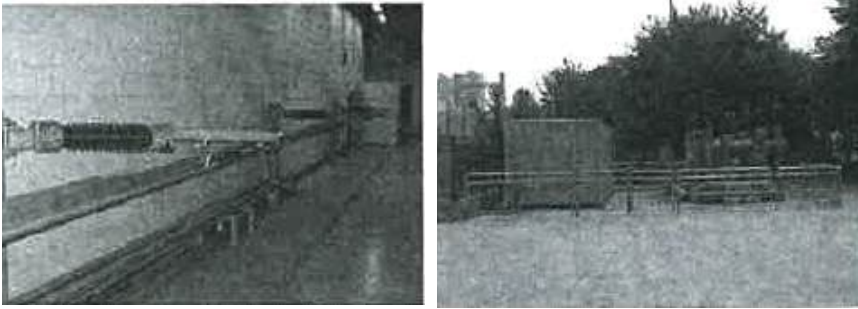
제1절 연구시설 및 장비 투입계획

제2절 인력 및 소요예산 투입계획

제4장 자원투입계획

제1절 연구시설 및 장비 투입계획

- 한국철도기술연구원, 한국철도시설공단, 한국철도공사 전철전력 및 시험(교육)설비 활용
 - 한국철도기술연구원 오송시험선, 한국철도시설공단, 한국철도공사 에서 사용하는 실제 설비 및 시험(교육)용으로 사용하는 전철전력 설비를 활용하여, 무전원·무선 센서 노드의 성능 검증 및 안전 감시 운영 테스트베드 활용
 - 한국철도시설공단, 한국철도공사의 변전설비 및 전차선로 설비 및 시험(교육)설비를 이용하여, 설계, 제작, 평가에 이르는 전 단계에서 현장 상황이 고려될 수 있도록 연구 진행

연구장비	활용방안
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 한국철도기술연구원, 한국철도시설공단, 한국철도공사 전철전력 설비 및 시험(교육)설비 테스트베드 구축 - 철도 배전선로 무전원·무선 안전 감시 시스템 적용 및 평가

제2절 인력 및 소요예산 투입계획

- 인력투입은 연차별로 산정하였으며, 2018년 학술연구용역 인건비 기준단가의 선임연구원 기준으로 50% 참여시 인력 인원수를 적용

표 4-2-1 년차별 인력투입계획

연구 내용	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	합계
○ 철도 배전선로 자가발전 모듈 기술 개발	10	10	10	10	40
○ 상시 활선 발전전력 저장 및 관리 모듈 기술 개발	8	8	8	8	32
○ 철도 배전선로 안전 감시 센서 모듈 기술 개발	7	7	7	7	28
○ 철도 배전선로 안전 감시 일체형 무전원 · 무선 통합 센서 노드 기술 개발	5	5	5	5	20
○ 저전력 무선통신 모듈 기술 개발	5	5	5	5	20
○ 철도 배전선로 안전 감시 일체형 무전원 · 무선 통합 센서 노드 기술 개발	7	7	7	7	28
○ 실용화 기반 무전원 · 무선 센서 노드 신뢰성 확보 연구	6	6	6	6	24
○ 철도 배전선로 무전원 · 무선 센서 네트워크 시스템 구축	8	8	8	8	32
○ 철도 배전선로 통합 안전 운영 기술 개발	7	7	7	7	28
전체인원					252

○ 투입되는 예산은 다음과 같이 산정

표 4-2-2 년차별 예산계획 [단위 : 백만원]

구분	주요 연구 내용	세부 연구 내용	비고
1차년도	○철도 배전선로 주요 접속개소 실전력 환경 측정 및 평가	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 철도 배전선로 주요 접속개소 전력 환경 측정 및 평가 ▪ 철도 배전선로 주요 접속개소 PD측정 개소 선정 ▪ 철도 배전선로 운영/유지보수 현황 및 데이터 분석 ▪ 철도 배전선로 운영/유지보수 관련 국내외 법규 조사 및 분석 	
	○철도 배전선로 안전 감시 무선 전원·무선 센서 및 전력 급장치 요소 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 최대 누설 자기 흡수형 고용량 PGC (자가발진코어) 연구 ▪ 접속 개소 설치를 위한 분리형 코어 모듈 개발 ▪ AC-DC 변환 고효율화를 위한 부하저항 매칭 전력 관리 회로 연구 ▪ 전력선 부하 변동 대응을 위한 광대역 전력 변환 회로 개발 	
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ 철도 배전선로 케이블 접속개소 안전 감시 센서 기능 및 사양 정의 ▪ 안전 감시 센서 모듈 설계 및 성능 시험 ▪ 배전선로 케이블 접속개소 상태 측정 및 분석 로직 연구 ▪ 배전선로 케이블 접속개소 열화모델 연구 	
	○철도 배전선로 AI 기반 지능형 안전운영 및 유지관리 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 배전선로 전력케이블 및 접속개소 신뢰성 및 유지보수 특성 분석 ▪ 배전선로 케이블 및 접속개소 머신러닝 상태 진단 알고리즘 및 이상상태 판별 모델 연구 ▪ 배전선로 케이블 및 접속개소 상태기반 유지보수 최적화 모델 연구 ▪ 철도 배전선로 안전 및 유지보수 통합 관리 절차, 기준 및 방법 개발 ▪ AI 기반 배전시설물 안전 및 유지보수 통합 관리 시스템(S/W) 아키텍처 설계 ▪ 철도 배전선로 센싱데이터 D/B 관리 설비 구축 	
	○고자기장·고전압 환경 철도안전 저전력 무선통신 기술 및 네트워크 구성 연구	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 철도 배전선로 고자기장·고전압 환경 무선통신 기술 연구 ▪ 현장기반 철도안전 서비스를 위한 철도시설물 안전관리 시스템 네트워크 구성 전략 수립 ▪ 철도 배전선로 안전 서비스 통신 망 구성 기술 개발 	
	연차 소요예산		4,200

구분	주요 연구 내용	세부 연구 내용	비고
2차년도	<ul style="list-style-type: none"> ○ 철도 배전선로 주요 접속개소 PD 측정·분석 및 고장 및 유지보수 정보 입출력 체계 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 철도 배전선로 주요 접속개소 전력 환경 측정 및 평가 ▪ 철도 배전선로 주요 접속개소 PD 측정 및 분석 ▪ 철도 배전선로 고장 및 유지보수 정보 입출력 체계 개발 	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 철도 배전선로 안전 감시 무전원·무선 센서 노드 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 철도 배전선로 접속개소 적용형 PGC (자가발전코어) 전력 모듈 성능 고도화 연구 ▪ PGC 전력 변환 및 관리 회로 고용량 집적화 연구 ▪ 철도 배전선로 적용을 위한 안전 감시 무전원·무선 센서 노드 구조 설계 ▪ 안전 감시 무전원·무선 센서 노드 성능 평가 ▪ 안전 감시 무전원·무선 센서 노드 성능평가 시스템 구축 	
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ 철도 배전선로 접속개소 안전 감시 무전원·무선 센서 노드 시스템 인터페이스 개발 ▪ 철도 배전선로 접속개소 안전 감시 무전원·무선 센서 노드 데이터 최적화 ▪ 철도 배전선로 열화모델 개발 ▪ 철도 배전선로 케이블 접속개소 머신러닝 상태진단 알고리즘 연구 	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ AI 기반 지능형 철도 배전선로 안전 및 유지보수 통합 관리 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 철도 배전선로 신뢰성 및 유지보수 입력 정보 표준화 ▪ 철도 배전선로 DB (센싱데이터 등) 축적 및 분석 ▪ 철도 배전선로 케이블 및 접속개소 머신러닝 상태진단 모듈(S/W) 개발 ▪ 배전선로 케이블 및 접속개소 상태기반 유지보수 최적화 모듈(S/W) 개발 ▪ AI 기반 철도 배전선로 안전 및 유지보수 통합 관리 시스템(S/W) 설계 	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 철도 배전선로 안전관리 상태 감시용 무선통신 기술 및 네트워크 설계 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 철도안전 정보 연계용 무선 통신 모듈 설계 ▪ 철도 배전선로 안전 서비스 구간 정보 연계용 무선 통신 게이트웨이 설계 ▪ 철도 배전선로 환경 무선 네트워크 시뮬레이터 개발 ▪ 저전력 장거리 전송용 센서 데이터 프레임 정립 	
	연차 소요예산		4,700

구분	주요 연구 내용	세부 연구 내용	비고
3차년도	○ 철도 배전선로 테스트 베드 구축 연구 및 안전 및 유지보수 통합 관리시스템 설계 타당성 검증	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 철도 배전선로 테스트 베드 구축 계획안 작성 ▪ 철도 배전선로 테스트 베드 선정 ▪ 배전시설물 안전 및 유지보수 통합 관리시스템 설계 타당성 검증 ▪ 철도 배전선로 안전 및 유지보수 통합 관리시스템 시험운영 체계 구축 ▪ 철도 배전선로 운영/유지보수 프로세스 개발 	
	○ 철도 배전선로 안전 감시 무전원·무선 센서 노드 성능 안정화 및 내구성 평가/검증	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 안전 감시 무전원·무선 센서 노드 강건 설계 및 시제품 제작 ▪ 안전 감시 무전원·무선 센서 노드 기능 블록 별 성능 검증 시험 ▪ 안전 감시 무전원·무선 센서 노드 interface 정합 성능 검증 시험 ▪ 내구성 및 수명 테스트 ▪ 안전 감시 무전원·무선 센서 노드 테스트 베드 적용성 시험 	
	○ AI 기반 지능형 철도 배전선로 안전 및 유지보수 통합 관리 시스템 구축	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 배전선로 케이블 및 접속개소 머신러닝 상태 진단 알고리즘 및 이상상태 판별 모델 및 S/W 검증 ▪ 배전선로 케이블 및 접속개소 상태기반유지 관리 최적화 모델 및 S/W 검증 ▪ AI 기반 철도 배전선로 안전 및 유지관리 통합 관리 시스템(S/W) 구현 및 현장구축 ▪ 철도안전 정보 연계용 스마트 철도 배전선로 안전 네트워크 운영관리 기술개발 ▪ 효율적 무선통신 망 운영 모니터링 기술개발 	
	○ 철도 배전선로 공간정보 기반 무선 네트워크 토폴로지 및 안전관리 상태 감시용 무선 통신 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 철도안전 정보 연계용 무선 통신 모듈 개발 ▪ 철도 배전선로 안전 관리 서비스 구간 정보 연계를 위한 무선 통신 게이트웨이 개발 ▪ 무선 중계 센서망 및 광대역 중앙관리 유무선 통신망 연동 기술 개발 	
	연차 소요예산		5,800
4차년도	○ 무전원·무선 센서 노드 실용화 모델 현장 구축 및 안전 및 유지보수 통합 관리시스템 시험운영·사용자 검증	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 무전원·무선 센서 노드 실용화 모델 현장 구축 ▪ 철도 배전선로 안전 및 유지보수 통합 관리시스템 시험운영 및 사용자 검증 ▪ 철도 배전선로 운영/유지보수 방안 도출 및 사용자 검증 	
	○ 철도 배전선로 공간정보 기반 무선 네트워크 토폴로지 구축 및 실증	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 고자기장·고전압 센서 노드용 무선통신 모듈 성능 개선 및 안정성 운영방안 ▪ 철도 배전선로 안전관리 서비스 지원용 무선 센서 노드 성능인증 시험 ▪ 철도 배전선로 안전관리 무선통신 서비스 실증 테스트베드 운영계획(안) 수립 	
	○ 철도 배전선로 안전 감시 무전원·무선 센서 노드 평가/인증 연구 (환경성, EMI/EMC 등 전자파 평가	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 철도 배전선로 접속 개소 적용형 안전 감시 무전원·무선 센서 노드 성능 보완 ▪ 철도 배전선로 접속 개소 적용 안전 감시 무전원·무선 센서 노드 시제품 제작 및 내환 	

구분	주요 연구 내용	세부 연구 내용	비고
	및 검증, 국내외 인증) 및 테스트베드 현장 실증	경성 평가 시험 수행 ▪ EMI/EMC 등 전자파 평가 및 검증, 국내외 인증 ▪ 안전 감시 센서 테스트 베드 적용 성능 검증 및 운영 ▪ 철도 배전선로 케이블 및 접속개소 머신러닝 상태진단 알고리즘 검증 및 보완	
	○ AI 기반 지능형 철도 배전선로 안전 및 유지보수 통합 관리 기술 검증 및 현장 실증	▪ AI 기반 철도 배전선로 안전 및 유지보수 통합 관리 시스템(S/W) 현장 실증 및 보완 ▪ AI 기반 지능형 철도 배전선로 안전 및 유지보수 통합 S/W 인증	
	연차 소요예산		4,000
총 합계			18,700

핵심항목	현재 수준(모습)	R&D 수행시 개선수준(모습)		향후 수준(모습)
		1차년수준	최종 목표수준	
	사업전	1차년도	2~4차년도(종료년도)	(종료이후)~
<p>철도 배전선로 무전원·무선 안전감지 기술개발 및 실증</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 현재 전체 전력시설물 장애 및 사고 80% 차지 ■ 철도 배전선로 고속선: 1237.2km, 일반선: 4851.16km 해당 ■ 기존기술 전구간에 저전압 전력선 및 통신선을 설치 필요, 기술적/경제적 적용 불가능 (노동집약적 육안 점검) ■ 육안 점검 2인1조로 약 5km 도보 순회 및 점검 ■ 적기 100% 전수 검사 불가능 ■ 비용, 인력 및 시간 소요 과다 및 비효율, 제한된 정보 제공 (조기 이상감지 효과 낮음) ■ 간헐적 점검으로 갑작스러운 파손 및 사고 징후의 발견 어려움 (실시간 감지·패턴 분석 필요) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 철도 배전시스템 무전원·무선 안전감지 기술 개발 	<p>(기술적/경제적 한계극복)</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 별도 전원 필요 없이 기존 설치 불가능한 곳에도 개조 없이 적용 가능한 철도시설 안전 감시 체계 구축 <p>(철도시설에 대한 신기술 개발 통한 안전 확보)</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 철도 전력배전시스템 무전원·무선 실시간 원격 안전감지 기술개발 및 실증 ■ 전력시설물 장애 30% 저감* * 기술개발 통한 국토부 국토교통 4차 산업혁명 대응전략: 철도 IoT 등 고도화에 의한 시설요인 장애 저감 목표치 달성 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 효율적인 IoT기반 철도 전력배전시스템 실시간 원격 감시 시스템 구축 ■ 이상 및 사고 발생 이전 대응 가능 ■ 국가 주요 시설인 철도 전력 인프라에 대한 안전성 향상 및 신뢰성 확보 (확장성 기술 구현) ■ 고속선, 간선철도 이외 전국 지하철도 등 도시철도까지 적용 확대 및 시스템 구축 가능
<p>공간정보 기반 철도 배전선로 지능형 안전감지 기술 통합관리</p>	<p>(기술 부재로)</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 철도 전력배전 시설 상태 및 유지보수 최적화, 이력관리 정보 및 체계 부재 ■ 전력배전 지능형 안전감지 및 유지보수 통합관리 기술 구축 한계 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 철도 배전시스템 안전감지 요소 기술 개발 	<p>(철도 전력배전시스템 대상 상태 및 유지보수 이력관리 체계 구축)</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 머신러닝 시 기반 통합 안전 관리 기술 개발 및 실증 ■ 매년 유지보수 비용 600억원 절감* * * * 코레일 전체 유지보수비용 약 6,000억원/년 10% 절감 목표 (코레일, 2015 기준, 인건비 포함) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 철도 시설물 운영 안전성 확보 및 안전사고 방지 ■ 전력배전시스템 지능형 안전 및 유지보수 통합관리 기술 ■ 철도시설물 대상 실시간 감지 원격 및 머신러닝 시 기반 안전 체계 구축

제5장

과제공모 방안

제1절 과제제안 요구서

제5장 과제공모 방안

제1절 과제제안 요구서

연구과제명	
1. 연구개발 목표	<p>○ ‘철도 배전선로 무전원·무선 안전 감지 기술’은 철도시스템의 안전을 확보하기 위해 철도시설에 대한 무전원·무선 기술을 이용하여 실시간 상태 및 위험을 평가·예측하는 철도안전체계를 구축하여, 철도관리자·운영자가 활용하기 쉽고, 일반 국민이 안전한 철도를 구현하는 것을 목적으로 하며, 다음과 같은 세부 수행 기술로 구성</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 철도 배전선로 무전원·무선 안전 감지 기술 개발 [배전선로 케이블, 접속함, 부스바 등 직결접속점] 2) 무전원·무선 안전 감지 기술의 공간정보 기반 철도 배전선로 통합 안전 운영 기술 개발 및 실증 <div data-bbox="459 1361 1398 1998" style="text-align: center;"> </div>

2. 연구개발 필요성 및 기술동향

- 연구개발의 필요성
 - 안전 철도 구현을 위한 기술개발 요구 증대
 - (철도 시설 노후화 심화) '16년 기준, 30년 이상 노후화된 주요 시설물이 약 42%이며, 국가 철도 시설개량 투자 소요 필요예산은 9조4,682억원으로 '16년까지 2조2,019억원 투자되어 철도시설 개량율이 23.3%(최근 5년간 연 평균 3,675억원 투자) 수준으로 매우 저조 (철도시설개량 종합계획(국토부, 2015.12월 보완분)).
 - '17년 기준 30년 이상 노후 시설물 약 39%
 - '17년 철도 4700억원 예산 투입한 전기설비의 경우 개량화 실적은 노후화 속도를 따라 가지 못하는 것으로 나타남 (한국철도시설공단, 인천일보, 「4,700억 투입했지만 철도시설 노후화는 '계속' 진행형」 2017.10.22.)
 - 전철전력 배전을 위한 지중 전력케이블은 고속선 및 일반선 전 선로에 설치되어 있으며, 노후화 등의 이유로 발생하는 철도 배전선로 장애 및 사고가 전체 전력설비 장애 및 사고의 80%이상으로 대다수를 차지함 (출처: 코레일, 한국철도시설공단, '13~'17년도)
 - 코레일 전철전력처, 한국철도시설공단 시설개량처 : 현재 철도시설 지중 전력케이블 등 배전선로 안전 감지를 위한 모듈이 포함되어 있지 않아, 조속한 개발 요구
 - 한국철도시설공단, 코레일 모두 제안된 “배전선로 무전원·무선 안전 감지 기술”개발 필요성 확인, 이에 따라 한국철도시설공단, 코레일 등 유관기관의 참여 및 시스템을 연계하여 기술개발 및 실용화에 적극적인 참여 활용계획 마련 : 한국철도시설공단 “지중 전력케이블 단일화 22.9kV 승압 개량화 사업('24년 완료예정).” 코레일 “철도전기설비 고도화 실행계획” 등 기술 반영 등 구체적 실용화 방안 마련('20년 케이블 자동화 감시 추진계획 기반영)
 - 철도 시설물에 대한 안전 확보를 위해서는 무엇보다 예방정비가 중요하나, 막대한 인력과 시간이 소요되며, 현재 적기에 100% 전수 검사 수행이 불가능한 상황
 - (육안점검과 인력기반의 현행 정기점검) 비용, 인력 및 시간 소요 과다, 장애에 대한 제한된 정보만 제공(정성적 평가)되며, 갑작스러운 파괴 징후의 발견 어려움
 - 육안점검 2인1조로 약 5km 도보 순회 및 점검
 - 인력기반으로 확인·보고되어 실시간 확인·공유가 어렵고, 장애조기경보체계가 미흡
 - 지중 전력케이블은 고속선로 1237.2 km, 일반선로 4851.16 km 에 해당하며, 전구간에 저전압 전력선 및 통신선을 설치해야 하는 유선 모니터링은 경제성 측면에서 현실적으로 구현 불가

- 한국철도시설공단은 ‘철도시설 이력관리 종합정보시스템 구축용역(2018~)’, ‘철도공간정보 구축 용역(2018~)’, ‘IoT 기반 지능형 철도시설관리체계(2018~)’, ‘코레일 유지보수 고도화(2018~)’

- 철도시설 이력관리 및 IoT 기반 체계 구축에서 **지중 전력케이블 등 철도 배전선로 안전 감지를 위한 모듈이 포함되어 있지 않아, 조속한 개발 요구**

- 무전원·무선 센서 노드는 센싱, 무선통신 등 센서 노드 동작에 필요한 전력을 주변 환경으로부터 획득하는 무전원 센서 노드로서, **별도 전원이 필요 없기 때문에 기존 설치 불가능한 곳에도 개조 없이 설치가 가능하며**, 반영구적인 사용으로 경제성이 높으며, 유지보수 효율성이 높음 (Easy installing, Fix & Forget)
- 철도 시설물에 무전원·무선 센서 노드를 설치하여 장애 및 화재 위험이 있는 설비의 실시간 상태 정보를 획득할 수 있으며, 이를 통해 철도 시스템 전체의 안전관리 및 효율적 유지보수를 위한 실시간 모니터링이 가능



- (노후시설 개량계획 지원) 개량사업이 진행된 시설의 상태를 평가할 명확한 방법이 없고, 후순위 개량사업 대상 시설물의 안전확보 및 평가방법 부재, 주기적 점검에 따른 연속적인 점검자료 부재

- 후순위 개량시설에 대한 철도유관기관의 불안감을 해소하고, 공학적으로 관리할 수 있는 방안 필요

- 개량시설의 성능저하모델(열화모델)이 없어, 차기 개량계획(예방 유지보수) 수립이 어려움

- 역사 내 핵심 시설물 중 승강기(E/V 1600대, E/S 2200대) 또한 이용객 편의 및 교통약자 역사 이용을 위한 주요 관리 시설물로서 가동 중단 및 안전사고 방비를 위해 상시 모니터링이 필요함.

- 역사 핵심 시설물 중 대형냉동기(1억 이상)는 한국철도공사 운영 61개 지하역사의 80% 이상에 2개 이상 배치되어 있으며, 지하공간 냉방을 위한 주요 관리 시설물로서 가동 중단 사고를 막기 위해 상시 모니터링이 필요

- 이러한 역사 핵심 시설물에 대한 모니터링 및 유지보수는 현재 인력과 간

- 이 포터블 장비에 전적으로 의존하며, 장애 및 서비스 불가 지속 발생
 - (첨단기술 접목 애로) IoT 등 ICT기술 융복합 적용이 적어, 실시간 원격 점검체계 구축을 통한 철도 시설물 점검에서의 활용도 미흡
 - (지능정보기술 활용 부족) 철도분야 지능정보기술 활용은 아직 초기 단계이나, 글로벌 추세 및 산업구조 개편 흐름 상 첨단기술 도입을 통한 철도 시설 관리의 경쟁력 확보가 불가피한 상황
- 정부 정책과의 부합성
- 문재인정부 국정과제(2017) : “국민이 안전할 권리, 국가가 책임”
 - 20대 국정전략 “3. 국민 안전과 생명을 지키는 안심사회”
 - 100대 국정과제 “[55] 안전사고 예방 및 재난 안전관리의 국가책임체제 구축”과 “[56] 통합적 재난관리체계 구축 및 현장 즉시대응 역량 강화”
 - 국토교통부 철도안전대책(2015), 제3차 철도안전종합계획(2016), 국토교통 4차 산업혁명 대응전략(2017), 등을 통하여 첨단 과학기술을 이용한 철도 안전대응역량강화 도모
 - 중점 추진과제로써 “빠르고 지능적인 철도”, “안전하고 편리한 철도”, “정확하고 경제적인 철도”로 구분하고 있음.
 - 무전원·무선 센싱 기술은 제4차 산업혁명으로 발전된 기술인 인공지능, 빅데이터 및 IoT 센서를 이용하여 유지보수를 효율화하기 위한 과제로써 ‘정확하고 경제적인 철도’에서 철도운영 및 유지관리 기술개발에 부합되고 있음
- 연구원 미션과의 연계성
- 철도안전/유지보수에 특화된 대응기술을 개발하여 철도운영자를 포함한 수요자 피해 방지 및 저감에 기여
 - 철도연 개발 기술의 고도화/실용화/사업화 기반을 마련하여 국가 경쟁력 제고에 이바지
 - 청년 중심의 4차 산업혁명 대응 신규 고용 창출
 - 중소기업 중심의 신규 시장 확충
 - KR 철도산업정보센터(철도시설물 유지보수 이력관리시스템, 사고이력시스템 등)의 안전, 유지보수정보를 지속적으로 수집, 분석 및 관리하는 모듈 기반 기술의 확보 필요
- 철도분야 첨단기술 접목
- 4차 산업혁명 관련 기술의 철도분야(실시간 원격 점검체계 구축을 통한 안전관리와 시설물 점검 등) 적용확대 필요
 - (첨단기술 접목 애로) IoT 등 ICT기술 융복합 적용이 적어, 실시간 원격 점검체계 구축을 통한 철도 시설물 점검에서의 활용도 미흡
 - (시설관리 고도화) 센싱, 기계화, 일체화, 자동화 등 첨단기술 도입을 통한 영속적이고 안정적인 철도안전 확보

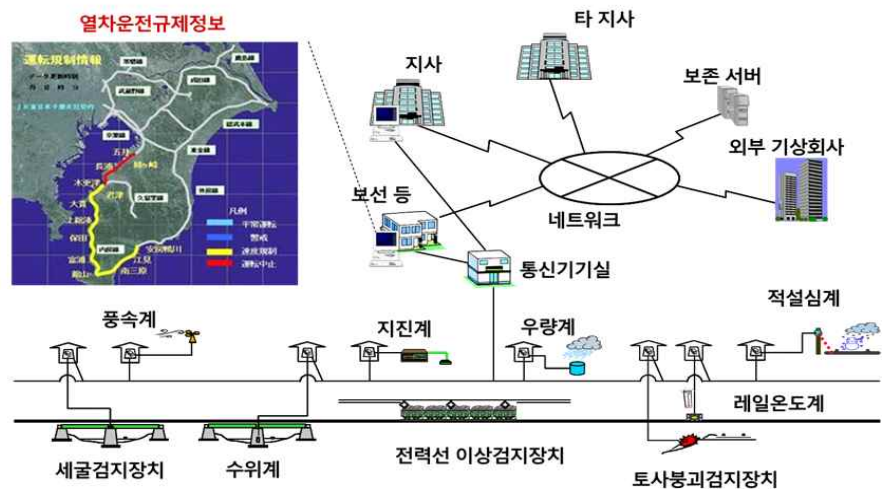
- IoT 기반의 표준화된 기술을 적용하여 센서, 디바이스, 네트워크, 플랫폼, 서비스 등 공동 통합운용 가능
- (IoT 기술 도입) ① 초기 구축비용이 비교적 적어, 폭넓은 지역 담당, ② 센서간 통신 기능, 표준 통신기술 등에 의하여 센서 디바이스, 서비스 플랫폼간 데이터 송수신 용이, ③ 통합운영체계 구축 용이
- (기존) 직렬형 정보관리체계에서 (변경) 병렬·순환형 정보관리체계로 전환되어, 정보 전달과 분석, 행동요령 등 정보운용체계가 서로 보완되면서 공유
- (지능정보기술 활용 부족) 철도분야 지능정보기술 활용은 아직 초기 단계이나, 글로벌 추세 및 산업구조 개편 흐름 상 첨단기술 도입을 통한 철도시설 관리의 경쟁력 확보가 불가피한 상황
- (철도교통) 국민생활 및 산업에 직접적인 영향을 미치는 서비스가 많아, 철도시설관리체계를 개편하여 기술개발 선도·시장 창출 등 성과의 조기 가시화 가능

□ 기술동향

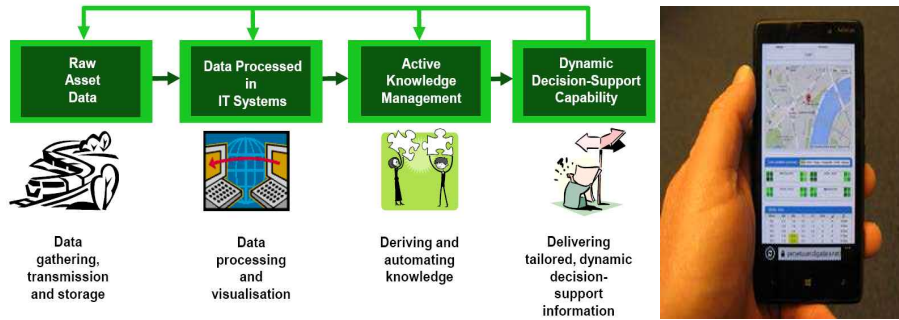
□ 국외동향

- (기술융합에 의한 한계 극복) 해외사례를 보면 기술융합으로 인력점검 한계를 극복하기 위해 장기투자를 기반으로 시설물 점검(유지보수) 및 안전 예방에 원격 점검 체계를 활용
 - 일본 ‘인프라 장수명화 기본계획 및 실행계획(국토교통성, 2013~)’: 인프라 유지관리비용 저감, 중대사고 최소화를 목표로 첨단 센싱기술에 의한 점검/모니터링/진단기술 확보(진행 중(’14~’20))
 - JR 동일본은 센서기반 철도방재 자동화 원격 점검 시행(전노선 대상 위험개소 중심 안전감지장치 279개 설치 및 운용)

Ⅰ JR 동일본 이상감지 시스템



- 유럽을 중심으로 철도시스템의 실시간 상태 감지를 바탕으로 위험도 (RISK)를 철도시설물로 확장 적용하는 연구가 최근 수행 : 특히 장애 원인으로부터 발생하는 고장모드와 이와 연계된 철도 피해의 위험도를 분석하여 철도피해를 최소화하고자 노력으로, IT를 융합한 기술 솔루션을 도입하여 경제성을 창출하고 있음

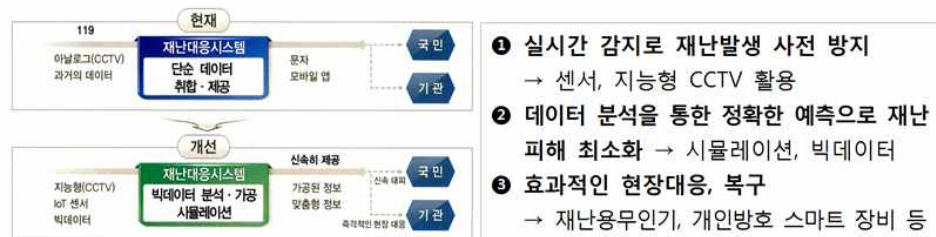


<철도시스템 실시간 상태 감지 바탕 유지보수 지원시스템의 처리 절차>

- (영. Network Rail의 Remote Condition Monitoring) 철도 시설물의 손상 예측, 적기 보수보강, 보수보강 의사결정을 위하여 약 12,000개 자산에 대한 모니터링 시행하여 153,000시간의 열차지연 저감(통상 8~12% 열차지연시간 저감, 2013년 기준 69억원 절감)

□ 국내동향

- 한국철도시설공단은 ‘철도시설 이력관리 종합정보시스템 구축용역(2018~)’, ‘IoT 기반 지능형 철도시설관리체계(2018~)’ 등으로 철도시설물 효율적 유지관리 도모
 - 철도시설 이력관리 및 IoT 기반 체계 구축에서 지중 전력케이블 등 전력계통 안전 감지를 위한 모듈이 포함되어 있지 않아, 조속한 개발 요구



- 국토교통부에서도 ‘스마트철도안전관리체계구축 기본계획(2012. 11)’, ‘노후화된 철도시설 안전 확보, 5년간 중장기 철도시설개 량투자계획(2018.1)’을 수립하여 대국민 서비스의 질적 향상 도모
- 한전 전력연구원에서 초고전압 전력선 상태 감지를 위한 IoT용 에너지 하비스팅 무선센서 시스템 필요성을 인지하고, 2017년부터 관련 기술 개발을 진행하고 있음.
- 한국철도기술연구원에서 융합연구사업 “철도시스템 무선 스마트 autonomous

센싱 기술 개발 (2012~2017) 연구 수행

- 철도 및 산업기기 진동 에너지를 이용한 자가발전 무선 센서 기술, 센싱데이터와 연동된 유지보수지원기술, 안전성 평가기술 등을 개발하여 철도 및 산업기기 안전성 확보를 위한 조기대응 핵심기술 확보

3. 연구개발 내용

- ‘철도 배전선로 무전원·무선 안전 감지 기술’은 철도시스템의 안전을 확보하기 위해 철도시설에 대한 무전원·무선 기술을 이용하여 실시간 상태 및 위험을 평가·예측하는 철도안전체계를 구축하여, 철도관리자·운영자가 활용하기 쉽고, 일반 국민이 안전한 철도를 구현하는 것을 목적으로 하며, 다음과 같은 세부 수행 기술로 구성
 - 1) 철도 배전선로 무전원·무선 안전 감시 기술 개발 [배전선로 케이블, 접속함, 부스바 등 직결접속점]
 - 2) 무전원·무선 안전 감시 기술의 공간정보 기반 철도 배전선로 통합 안전 운영 기술 개발 및 실증

구분	주요 연구 내용	세부 연구 내용	비고
1차 년도	○철도 배전선로 주요 접속개소 실전력 환경 측정 및 평가	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 철도 배전선로 주요 접속개소 전력 환경 측정 및 평가 ▪ 철도 배전선로 주요 접속개소 PD측정 개소 선정 ▪ 철도 배전선로 운영/유지보수 현황 및 데이터 분석 ▪ 철도 배전선로 운영/유지보수 관련 국내외 법규 조사 및 분석 	
	○철도 배전선로 안전 감시 무전원·무선 센서 및 전력 공급장치 요소 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 최대 누설 자기 흡수형 고용량 PGC (자가발전 코어) 연구 ▪ 접속 개소 설치를 위한 분리형 코어 모듈 개발 ▪ AC-DC 변환 고효율화를 위한 부하저항 매칭 전력 관리 회로 연구 ▪ 전력선 부하 변동 대응을 위한 광대역 전력 변환 회로 개발 	
	○철도 배전선로 AI 기반 지능형 안전운영 및	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 철도 배전선로 케이블 접속개소 안전 감시 센서 기능 및 사양 정의 ▪ 안전 감시 센서 모듈 설계 및 성능 시험 ▪ 배전선로 케이블 접속개소 상태 측정 및 분석 로직 연구 ▪ 배전선로 케이블 접속개소 열화모델 연구 	
	○철도 배전선로 AI 기반 지능형 안전운영 및	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 배전선로 전력케이블 및 접속개소 신뢰성 및 유지보수 특성 분석 ▪ 배전선로 케이블 및 접속개소 머신러닝 상태 	

구분	주요 연구 내용	세부 연구 내용	비고
	유지관리 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 진단 알고리즘 및 이상상태 판별 모델 연구 배전선로 케이블 및 접속개소 상태기반 유지보수 최적화 모델 연구 철도 배전선로 안전 및 유지보수 통합 관리 절차, 기준 및 방법 개발 AI 기반 배전시설물 안전 및 유지보수 통합 관리 시스템(S/W) 아키텍처 설계 철도 배전선로 센싱데이터 D/B 관리 설비 구축 	
	○고자기장·고전압 환경 철도안전 저전력 무선통신 기술 및 네트워크 구성 연구	<ul style="list-style-type: none"> 철도 배전선로 고자기장·고전압 환경 무선통신 기술 연구 현장기반 철도안전 서비스를 위한 철도시설물 안전관리 시스템 네트워크 구성 전략 수립 철도 배전선로 안전 서비스 통신 망 구성 기술 개발 	
	연차 소요예산		4,200
2차 년도	○철도 배전선로 주요 접속개소 PD 측정 분석 및 고장 및 유지보수 정보 입출력 체계 개발	<ul style="list-style-type: none"> 철도 배전선로 주요 접속개소 전력 환경 측정 및 평가 철도 배전선로 주요 접속개소 PD측정 및 분석 철도 배전선로 고장 및 유지보수 정보 입출력 체계 개발 	
	○철도 배전선로 안전 감시 무전원·무선 센서 노드 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 철도 배전선로 접속개소 적용형 PGC (자가발전코어) 전력 모듈 성능 고도화 연구 PGC 전력 변환 및 관리 회로 고용량 집적화 연구 철도 배전선로 적용을 위한 안전 감시 무전원·무선 센서 노드 구조 설계 안전 감시 무전원·무선 센서 노드 성능 평가 안전 감시 무전원·무선 센서 노드 성능평가 시스템 구축 	
		<ul style="list-style-type: none"> 철도 배전선로 접속개소 안전 감시 무전원·무선 센서 노드 시스템 인터페이스 개발 철도 배전선로 접속개소 안전 감시 무전원·무선 센서 노드 데이터 최적화 철도 배전선로 열화모델 개발 철도 배전선로 케이블 접속개소 머신러닝 상태진단 알고리즘 연구 	
	○ AI 기반 지능형 철도 배전선로 안전 및 유지보수 통합 관리 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 철도 배전선로 신뢰성 및 유지보수 입력 정보 표준화 철도 배전선로 DB (센싱데이터 등) 축적 및 분석 철도 배전선로 케이블 및 접속개소 머신러닝 	

구분	주요 연구 내용	세부 연구 내용	비고
3차 년도		<ul style="list-style-type: none"> 상태진단 모듈(S/W) 개발 배전선로 케이블 및 접속개소 상태기반 유지 보수 최적화 모듈(S/W) 개발 AI 기반 철도 배전선로 안전 및 유지보수 통합 관리 시스템(S/W) 설계 	
	○ 철도 배전선로 안전관리 상태 감시용 무선통신 기술 및 네트워크 설계	<ul style="list-style-type: none"> 철도안전 정보 연계용 무선 통신 모듈 설계 철도 배전선로 안전 서비스 구간 정보 연계용 무선 통신 게이트웨이 설계 철도 배전선로 환경 무선 네트워크 시뮬레이터 개발 저전력 장거리 전송용 센서 데이터 프레임 정립 	
	연차 소요예산		4,700
	○ 철도 배전선로 테스트 베드 구축 연구 및 안전 및 유지보수 통합 관리시스템 설계 타당성 검증	<ul style="list-style-type: none"> 철도 배전선로 테스트 베드 구축 계획안 작성 철도 배전선로 테스트 베드 선정 배전시설물 안전 및 유지보수 통합 관리시스템 설계 타당성 검증 철도 배전선로 안전 및 유지보수 통합 관리 시스템 시험운영 체계 구축 철도 배전선로 운영/유지보수 프로세스 개발 	
	○ 철도 배전선로 안전 감시 무전원·무선 센서 노드 성능 안정화 및 내구성 평가/검증	<ul style="list-style-type: none"> 안전 감시 무전원·무선 센서 노드 강건 설계 및 시작품 제작 안전 감시 무전원·무선 센서 노드 기능 블록 별 성능 검증 시험 안전 감시 무전원·무선 센서 노드 interface 정합 성능 검증 시험 내구성 및 수명 테스트 안전 감시 무전원·무선 센서 노드 테스트 베드 적용성 시험 	
○ AI 기반 지능형 철도 배전선로 안전 및 유지보수 통합 관리 시스템 구축	<ul style="list-style-type: none"> 배전선로 케이블 및 접속개소 머신러닝 상태진단 알고리즘 및 이상상태 판별 모델 및 S/W 검증 배전선로 케이블 및 접속개소 상태기반유지 관리 최적화 모델 및 S/W 검증 AI 기반 철도 배전선로 안전 및 유지관리 통합 관리 시스템(S/W) 구현 및 현장구축 철도안전 정보 연계용 스마트 철도 배전선로 안전 네트워크 운영관리 기술개발 효율적 무선통신 망 운영 모니터링 기술개발 		
○ 철도 배전선로 공간정보 기반 무선 네트워크 토폴로지 및 안전관리 상태 감시용 무선통신 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 철도안전 정보 연계용 무선 통신 모듈 개발 철도 배전선로 안전 관리 서비스 구간 정보 연계를 위한 무선 통신 게이트웨이 개발 무선 중계 센서망 및 광대역 중앙관리 유무선 통신망 연동 기술 개발 		
연차 소요예산		5,800	

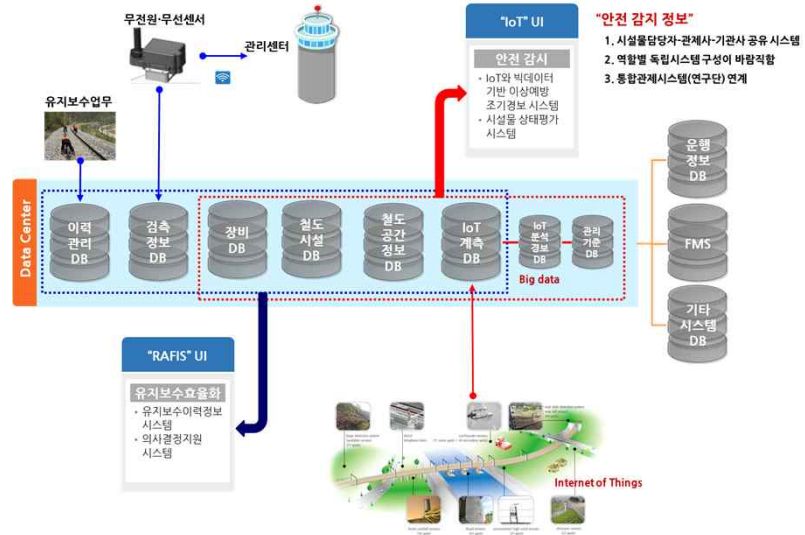
구분	주요 연구 내용	세부 연구 내용	비고
4차 년도	○ 무전원·무선 센서 노드 실용 화 모델 현장 구축 및 안전 및 유지보수 통 합 관리시스템 시험운영·사용 자 검증	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 무전원·무선 센서 노드 실용화 모델 현장 구축 ▪ 철도 배전선로 안전 및 유지보수 통합 관리 시스템 시험운영 및 사용자 검증 ▪ 철도 배전선로 운영/유지보수 방안 도출 및 사용자 검증 	
	○ 철도 배전선로 공간정보 기반 무선 네트워크 토폴로지 구축 및 실증	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 고자기장·고전압 센서 노드용 무선통신 모듈 성능 개선 및 안정성 운영방안 ▪ 철도 배전선로 안전관리 서비스 지원용 무선 센서 노드 성능인증 시험 ▪ 철도 배전선로 안전관리 무선통신 서비스 실증 테스트베드 운영계획(안) 수립 	
	○ 철도 배전선로 안전 감시 무전 원·무선 센서 노드 평가/인증 연구 (환경성, EMI/EMC 등 전자파 평가 및 검증, 국내외 인증) 및 테스 트베드 현장 실 증	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 철도 배전선로 접속 개소 적용형 안전 감시 무전원·무선 센서 노드 성능 보완 ▪ 철도 배전선로 접속 개소 적용 안전 감시 무전원·무선 센서 노드 시제품 제작 및 내환경성 평가 시험 수행 ▪ EMI/EMC 등 전자파 평가 및 검증, 국내외 인증 ▪ 안전 감시 센서 테스트 베드 적용 성능 검증 및 운영 ▪ 철도 배전선로 케이블 및 접속개소 머신러닝 상태진단 알고리즘 검증 및 보완 	
	○ AI 기반 지능 형 철도 배전선 로 안전 및 유 지보수 통합 관 리 기술 검증 및 현장 실증	<ul style="list-style-type: none"> ▪ AI 기반 철도 배전선로 안전 및 유지보수 통합 관리 시스템(S/W) 현장 실증 및 보완 ▪ AI 기반 지능형 철도 배전선로 안전 및 유지보수 통합 S/W 인증 	
	연차 소요예산		4,000
총 합계			18,700

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

- 한국철도시설공단, 코레일 모두 제안된 “철도 배전선로 케이블 전력계통 무전원·무선 안전감지 기술”개발 필요성 확인, 이에 따라 한국철도시설공단, 코레일 등 유관기관의 참여 및 시스템을 연계하여 기술개발 및 실용화에 적극적인 참여 활용계획 마련 : 한국철도시설공단 “지중 전력케이블 단일화 22.9kV 승압 개량화 사업” 반영 등 구체적 실용화 방안 마련
- 한국철도시설공단 철도산업정보센터, 코레일 KOVIS (철도시설물 유지보수 이력관리시스템, 사고이력시스템 등) 연계 안전정보를 지속적으로 수집, 분석 및 관리하는 모듈 기반 기술로 확대

▪ DB관리·운영 기술, 데이터 분석 알고리즘 등 모듈화 기술 연계



□ 추진체계

- 국제적 연구 선두그룹과의 공동연구 추진 : Fraunhofer, UIC, VVT, LORD, Ensco 등
- 각 분야별 국내외 전문가와 기술협력 구축 및 기술자문 등 개방형 연구 수행 예정
- 국내외 전문가와 연구 협력 (한국철도공사, 코레일, 한전 전력연구원, 서울대, KAIST, 연세대, 서강대, 성균관대, 한양대, 군산대, 미국 Maryland(UMBC) 대학, 미국 Virginia Tech 대학, 미국 North Eastern 대학, 러시아 BAUMAN 공대 등)
- 기타 미국 연방철도국, ASME, IEEE 전문가와 기술 협력
- 중소기업 참여로 국가시책 동참 : 국내시장 확보 및 해외시장 진출 도모
- 적극적인 기술이전 및 지적재산권 확보로 중소기업의 국제경쟁력 강화

5. 최종성과물

□ 주요 최종 성과물

구분	'21년	'22년	'23년	'24년
핵심성과 목표지표	철도 배전선로 무선원·무선 모듈 기술 개발 및 설계	철도 배전선로 케이블 접속개소 통합 무선원·무선 센서노드 및안전 감시 운영 시스템 시제개발	무선원·무선 안전 감시 철도 배전선로 통합 안전 운영 테스트베드 구축 및 실증시험	무선원·무선적용 철도 배전선로 실시간 상태 및 고장감시
	자가발전 모듈: 기반 시스템 구동 및 무선 데이터 전송 (테스트베드 1곳 이상)	배전선로 이상상태 센싱: 접속개소 결함검출 (PD 등 열화손상)	시스템 테스트베드 구축 및 실증시험 (테스트베드 1곳 이상)	KR, KORAIL 철도 배전선로 장애 저감 (30%)

*현재, 코레일, 한국철도시설공단 이상감지 설비에 [철도 배전선로 전력케이블 안전감시 모듈]이 없어, 연구 결과 반영 적극 추진 예정

6. 기대효과 및 파급효과

- 한국철도시설공단 철도산업정보센터, 코레일 KOVIS (철도시설물 유지보수 이력관리시스템, 사고이력시스템 등) 연계 안전정보를 지속적으로 수집, 분석 및 관리하는 모듈 기반 기술로 확대
- 첨단기술과 연계된 철도시설 안전관리 기술을 통하여 국민이 안전한 사회를 구축
- 국가 자산순위(선진국, 후진국 등)와 상관없이 적용 가능한 철도 시설 안전 대비기술 확보로 인명피해 저감
- 사고/재난 발생시 신속한 대응이 가능해지고, 신속한 철도 인프라에 대한 통제와 해제로 시설물 피해 및 인명 피해 경감
- 기존 철도시설에 대한 개량 수준의 안전성 확보: '17년 철도 4700억원 예산 투입한 전기설비의 경우 개량화 실적이 노후와 속도를 따라 가지 못하는 것으로 나타남 (철도시설공단, 인천일보, 「4,700억 투입했지만 철도시설 노후화는 '계속' 진행형」 2017.10.22.)
- 국민생활 및 산업에 직접 영향을 주는 서비스가 많아 시설관리체계에 IoT, AI를 활용한 첨단기술 도입으로 기술 개발 선도, 시장창출 등 성과 가시화 가능
- IoT와 빅데이터, 인공지능, 4차 산업혁명 등이 최근 이슈와 함께 센서시장은 급속한 성장세에 있으며, 새롭게 개발된 센서의 활용도가 높아짐
- 2017년 기준으로 철도 및 전력분야의 이상감지 시스템 구축비용을 검토해보면, 약 200억원/년의 시장이 예상

7. 연구개발기간 및 소요예산

- 총 연구기간 : 총4년
- 총 정부출연금: 187억원 이내
 - 1차년도 정부출연금: 42억원 이내

8. 기타

참고문헌

- [1] 출처 International Railway Journal. May 2009
- [2] ARTC, <http://www.artc.com.au/default.aspx?p=1>
- [3] BANNER Worldwide, <http://www.bannerengineering.com/en-US/>
- [4] WID Inc. <http://www.wid.ca/>
- [5] Lloyd's Resister, <http://www.lr.org/sectors/Rail/>
- [6] NTN_SNR, <http://www.nten-snr.com/group/fr/en-en/index.cfm>
- [7] 강민수, “개방형 IoT 플랫폼 기술 동향”, KEIT PD Issue Report, 2012.11
- [8] 고정길, 홍상기, 이병복, 김내수, “스마트 디바이스와 사물인터넷 (IoT) 융합 기술 동향”, ETRI Journal, 2013.
- [9] 국가 GIS 기본 계획, 국토교통부, 2010.
- [10] 김상암 외 (2015), 실시간 철도안전 통합 감시제어시스템 개발, 연차보고서, 한국철도기술연구원
- [11] 김선태, 정종수, 송준근, 김해용, “IoT 단말 플랫폼동향 및 생태계 구축”, ETRI Journal, 2014.
- [12] 김성윤, 김기영. “oneM2M 사물 인터넷 플랫폼 기술 동향”, 한국정보과학회 정보과학회지. 제 32권 제6호, pp 31-36, 6월 2014년
- [13] 김종민 (2014), 무선 센서 네트워크 기반 IoT를 위한 통신 기술, 방송통신기술, 37호, 한국방송통신전파진흥원
- [14] 박찬흠(2010) 무선센서망을 이용한 교량관리시스템, 한국통신학회, pp. 824~832.
- [15] 방연근 외 (2014), 일반철도시설 유지보수 활동의 표준화 개발 연구, 국토교통부
- [16] 소규모 취락시설 안전관리 시스템, 한국시설안전공단
- [17] 에이알텍 (2015), 실시간 철도안전 통합감시제어시스템 테스트베드 구축자료조사용 연구보고서, AR Tech.
- [18] 제4차 국가공간정보정책 기본계획, 국토교통부, 2010.
- [19] 제5차 국가공간정보정책 기본계획, 국토교통부, 2013.
- [20] 제1차 철도안전 종합계획, 국토교통부, 2006.
- [21] 제2차 철도안전 종합계획, 국토교통부, 2014.
- [22] 제3차 철도안전 종합계획, 국토교통부, 2016
- [23] 주대영, 김중기, “초연결시대 사물인터넷(IoT)의 창조적 융합 활성화 방안, KIET 산업연구원, 2014.
- [24] 표철식, 강호용, 김내수, 방효찬, “IoT(M2M) 기술동향 및 발전 전망”, 한국통신학회 정보와 통신, 2013.8.
- [25] 한국정보화진흥원, “IoT 공통플랫폼의 구축 및 활용 전략”, 2015.
- [26] 한국과학기술원 연구보고서, “스마트 사회기반시설 연구센터 1차년도 연구보고서”, 2003. 4.

- [27] Oriane GATIN, David SANZ, Benjamin L'HENORET, Piere-GAUTIER I, "Wireless Sensor Network opportunities for railway enviroment at SNCF", SNCF-KRRI meeting on WSN, 2010
- [28] FRA, "Self-Power Wireless Brake Health Monitor", Research Results, PR08-30
- [29] Amsted, <http://www.amstedrail.com/>
- [30] FRA, "Developed Wheel anf Axle Assembly Monitoring System to Improve Passenger Safety", Research Results, PR00-02
- [31] "InteGRail Project(FP6 012526)" IGR-I-IQM-024-09, Unife, 2008
- [32] 조래혁, 박채형, 이학선. "레일절손 감시시스템 개발", 대우엔지니어링 기술보, 제26권 1호, pp70~89
- [33] FRA, "Development of Rail Neutral Temperature Monitoring Device", Research Results, PR08-31
- [34] FRA, "Electrochemical Fatigue Sensor Demonstration on the Steel Bridge at the FAST", Research Results, PR08-12
- [35] Australian Transport Safety Bureau 탈선사고 보고서
- [36] Ireland RAIU 탈선사고 보고서
- [37] Roy Freeland, " Vibration Energy Harvesting" Perpetuum, Korea Rail Mar 2011
- [38] Callahan E. H., Wireless Sensor Networks, CRC Press, 2004
- [39] Joseph A. Paradiso, Thad Starner, "Energy Scavenging for Mobile and Wireless Electronics", IEEE CS, p18-27, 2005
- [40] E. M. Yeatman, "Advances in Power Sources for Wireless Sensor Nodes," Proceeding of International Workshop Wearable and Implantable Body Sensor Networks, pp20-21, 2004
- [41] Adnan Harb, "Energy Harvesting: State-of-the-art", Renewable Energy, v30, pp1-14. 2010
- [42] Sodano H A, Inman D J, Park G, "A review of power harvesting from vibration using piezoelectric materials" Shock Vib. Dig. v36, p197. 2004
- [43] Z. L. Wang, "Energy Harvesting for Self-Powered Nanosystem," Nano Res., v1, pp1. 2008
- [44] 유병곤, "MEMS 기술을 이용한 에너지 하베스팅 기술", 전자통신동향분석, 제23권, 제6호, pp48-58, 2008
- [45] Guan M J, Liao W H, "On the efficiencies of piezoelectric energy harvesting circuits towards storage device voltages", Smart Mater. Struct., v16 p498. 2007
- [46] 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
- [47] 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

- [48] 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
- [49] 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
- [50] Jennifer Yick, Biswanath Mukherjee, Dipak Ghosal, "Wireless Sensor network survey," *Computer Networks*, v52, pp2292-2330, 2008
- [51] Shashank Priya, Daniel J. Inman, *Energy Harvesting Technologies*, Springer. 2009
- [52] S. Roundy, V. Sundararajan, "Improving Power Output for Vibration-Based Energy Scavengers", *IEEE CS*, pp28-36, 2005
- [53] Goldschmidtboeing F and Woias P, "Characterization of different beam shapes for piezoelectric energy harvesting" *J. Micromech. Microeng.* 18 104013. 2008
- [54] 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
- [55] 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
- [56] 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
- [57] Qing-Ming Wang, L. Eric Cross, "Constitutive Equations of Symmetrical Triple Layer Piezoelectric Benders", *IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control*, v46, n6, 1999
- [58] S P Beeby, M J Tudor, N M White, "Energy harvesting vibration sources for microsystems applications," *Measurement Science and Technology*, 26 Oct., p175-195, 2006
- [59] S P Beeby, R N Torah, M H Tudor, P Glynn-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
- [60] Roundy S, Wright P, Pister K, "Micro electrostatic vibration to electricity converters", *Proc. IMECE 2002*, pp1-10. 2002
- [61] 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
- [62] A. Rodriguez, J. G. Vian, D. Astrain, A. Martinez, "Study of thermoelectric systems applied to electric power generation", *Energy Conversion and Management*, v50, pp1236-1243. 2009
- [63] 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
- [64] 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
- [65] M. Lossec, 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
- [66] 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
- [67] David Michael Rowe, CRC Handbook of Thermoelectrics, CRC, 1995
- [68] H. S. Lee, "Thermal Design: Heat Sinks, Thermoelectrics, Heat Pipes, Compact Heat Exchanger, and Solar Cells," John Wiley Inc. 2010
- [69] <http://www.customthermoelectric.com/History.html>
- [70] David Michael Rowe, Thermoelectrics Handbook : Macro to Nano structured Materials, CRC, 2006
- [71] G. Jeffrey Snyder, Eric S. Toberer, "Complex thermoelectric materials," Nature Publishing Group, Feb, v7, p105-114. 2008
- [72] Y. Meydbray, R. Singh, Ali Shakouri, "Thermoelectric Module Construction for Low Temperature Gradient Power Generation", IEEE International Conference on Thermoelectrics, pp348-251, 2005
- [73] Peter Harrop, "Energy harvesting WSN at SNCF France," J. Energy Harvesting, Article, 4 Jan. 2010
- [74] Perpetuum, <http://www.perpetuum.com/apps.asp>
- [75] Innovattech, <http://www.innovattech.co.il/slnRailways.aspx>.
- [76] 김식, "미래병사체계 기술개발 동향", 국방과학기술조사서, pp76-87, 2010
- [77] 김두현, "국방분야 녹색기술 선진국의 연구개발 동향", 국방과학논단, pp56-61, 2010
- [78] http://koreadefence.net/bbs_detail.php?bbs_num=9660&tb=photo&b_category=%C7%D8%B1%BA&id=&pg=76
- [79] 박창규, "특별기고-녹색성장과 국방", 국방과 기술, pp42-55, 2009
- [80] <http://www.energyharvestingjournal.com/articles/bionic-energy-harvester-to-reduce-soldiers-load-00001583.asp>
- [81] Nathan S. Shenck , Joseph Paradiso, "Energy Scavenging with Shoe Mounted Piezoelectrics," IEEE Micro, v21. 2001
- [82] 유인성, 홍희영, "Eco Step", 인천 국제 디자인 어워드 (IIDA 2009)
- [83] Duncan Graham-Rowe, "Wireless Power Harvesting for Cell Phones", Technology Review, 9 June, 2009
- [84] <http://www.energyharvestingjournal.com/glossary/membrane-keyboard-128.asp>
- [85] <http://www.energyharvestingjournal.com/articles/energy-harvesting-laptops-00002787.asp>

- [86] J. Paulo, 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
- [87] 정영훈, 조정호, 이영진, 백종후, "나노선 기반 압전 에너지 하베스팅 소재", 전기전자재료, 제23권, 제9호, p3-11, 2010
- [88] Shunfeng Cheng, Michael H. Azarian, Michael G. Pecht, "Sensor Systems for Prognostics and Health Management", Sensors, v10, pp5774-5797, 2010
- [89] Graham Martin, "Wireless Sensor solutions for Home and Building Automation - The Successful Standard Uses Energy Harvesting," Green Smart Wireless Encean, 10 Aug. 2007
- [90] http://wn.com/Energy_Generating_Dance_Floor
- [91] Soobum Lee, Byeng D Youn, "A design and experimental verification methodology for an energy harvester skin structure", Smart Material and Structure, v20, pp9, 2011
- [92] <http://www.ameslab.gov/news/news-releases/thermoelectric-conversion>
- [93] 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
- [94] G. Jeffrey Snyder, "Application of the compatibility factor to the design of segmented and cascaded thermoelectric generators," Applied Physics Letters, v84, n13, pp.2436-2438, 2004
- [95] 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
- [96] Anton S R, Sodano H A, "A review of power harvesting using piezoelectric materials (2003-2006)", Smart Mater. Struct., v16 p1. 2007
- [97] 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
- [98] Roundy, S. and Wright P.K., "A piezoelectric vibration based generator for wireless electronics," Smart Materials and Structures, v13, pp. 1131-1142. 2004
- [99] Jan G. Smits, Wai-Shing Choi, "The Constituent Equations of Piezoelectric Heterogeneous Bimorphs", IEEE Ultrasonics Symposium, pp1275-1278, 1990
- [100] 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
- [101] H. A. Sodano, G. Park, D. J. Inman, "Estimation of Electric Charge Output for Piezoelectric Energy Harvesting," Strain, v40, pp49-58, 2004
- [102] Poudeu, P. F. R., "High Thermoelectric Figure of Merit and Nanostructuring in Bulk p-type $N_{a_{1-x}}Pb_mSb_yTe_{m+2}$," Angew. Chem. Int. Edn 45, pp3835-3839. 2006

- [103] G. Jeffrey Snyder, Tristan S. Ursell, "Thermoelectric Efficiency and Compatibility," Physical Review Letters, v91, n14, 148301, 2003
- [104] Fredrik Gustafsson, Noclas Bergman, "Matlab for Engineeris Explained," Springer, 2005
- [105] Piezo systems product catalog. (cited 2011 22 March) Available from <http://www.piezo.com/catalog7C.pdf>
- [106] James, W. Stevens, "Optimal design of small ΔT thermoelectric generation systems," Energy Conversion and Management, v42, pp709-720, 2001
- [107] International Railway Journal, May 2009
- [108] 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
- [109] Yen Kheng Tan, Sanjib Kumar Panda,, "Review of Energy Harvesting Technologies for Sustainable wireless sensor network", Sustainable Wireless sensor networks, pp.15-43
- [110] 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
- [111] Cian,Terenece, Rafael,James,Bredan, Energy scavenging for long term deployable wireless sensor networks, Talanta, Vol. 75, pp.613-623. 2008
- [112] Anurag Kasyap, "Energy Harvesting Pwered Wireless Sensor Node and Asset Tracking Solutions in Random Vibration Environments", AdaptivEnergy White Paper,2009
- [113] Yen Kheng Tan, Sanjib Kumar Panda,, "Review of Energy Harvesting Technologies for Sustainable wireless sensor network", Sustainable Wireless sensor networks, pp.15-43
- [114] Cian,Terenece, Rafael,James,Bredan, Energy scavenging for long term deployable wireless sensor networks, Talanta, Vol. 75, pp.613-623. 2008
- [115] Ian McPherson, "Idustrial Wireless:Hope,help or hype?",The Industrial ethernet book, pp10-12. 2006
- [116] <http://bwrc.eecs.berkeley.edu/php/pubs/pubs.php>
- [117] SHAD Roundy, Paul Kenneth Wright, Jan M.Rabaey, Energy Scavenging for Wireless Sensor Networks, Kluwer, 2004
- [118] Oh, J. G., "SAW Based Passive Radio Sensors using Energy Gathering Method," Ph.D. Thesis, University of Sogang, pp. 25-29. 2005
- [119] Pitak Laoratanakul, Bonding agent selections for a laminated piezoelectric transformer aiming to improve power capability
- [120] T. Du, 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

- [121] Zhu Fuhui, Fu Yiming, Analysis of nonlinear dynamic response and delamination fatigue growth for delaminated piezoelectric lamincated beam plates, International Journal of Fatigue 30 (2008) 822 - 833

KRRI 연구 2018-027

제 목

발 행 인 나 희 승

발 행 일 2018년 10월 31일

발 행 처 한국철도기술연구원

우(16105) 경기도 의왕시 철도박물관로 176

전화 : (031)460-5000 팩스 : (031)460-5159

홈페이지 : <http://www.krri.re.kr>

ISBN :

본 보고서의 내용은 無斷轉載·譯載·複寫를 금함.