
전기분야 스마트 유지보수 마스터플랜 수립을 위한
국외출장 결과보고

2024.12.



시설본부 시설계획처

1

출장목적

- 現 유지보수 체계에서 데이터 상태기반(CBM) 유지보수 체계로 전환을 위한 “전기분야 스마트 유지보수 마스터플랜 수립용역*” 추진 중
 - 유지보수 제도(항목·주기), 조직(인력) 개선 및 IoT시스템 고도화 방안 도출
 - * (기간/수행사) '24. 8월~'25. 5월 / 삼일회계법인, 시스트라코리아(525백만원)(철도공사 주관)
 - ※ 철도공사·철도공단 공동감독자 지정으로 협업 진행
- 국외 철도 선진국의 유지보수 조직 현황 및 신기술 도입 실효성 등 조사 및 국내와 비교·분석하여, 국내 환경에 적용이 가능한 최적화된 유지보수 체계 개선 방안을 도출하기 위함
 - 첨단 검측차량, 운용기기 및 예측보수 시스템 현황 조사 및 국내 적용 검토
 - * 기존 IoT시스템 고도화 및 중장기 사업계획 수립 시 반영 검토
 - 효율적인 데이터 기반 유지보수 조직·인력 운영 방안 기초자료 조사

2

일 정

- (출장기간) 2024. 11. 17.(일) ~ 12. 1.(일) (13박 15일)
- (출장국가) 중국(하얼빈·베이징), 프랑스(파리·앙굴렘), 스페인(바르셀로나)
- (방문기관) 총 8개 기관
 - (중 국) CARS(철도과학연구원), Kejia社(검측설비제작), Dali社(변전보수설비제작)
 - (프랑스) SNCF(프랑스 국유철도), SYSTRA社(철도 엔지니어링), UIC(국제철도연맹), MESEA社(툴루즈~보르도 고속철도 유지보수)
 - (스페인) TMB(바르셀로나 광역교통)
- (출장인원) 시설본부 분야별 감독자 4명

| 소 속 | | 직 위 | 성 명 | 분 야 | 동행 출장자 |
|----------|-------|-----|-----|------|--|
| 시설 본부 | 시설계획처 | 과장 | 이권무 | 정보통신 | (철도공사) 전기본부 박진표 부장 등 분야별 담당자 5명 (수행사) · 삼일회계법인 담당자 2명 · 시스트라코리아 담당자 2명 |
| | | 과장 | 오천균 | 차량검측 | |
| | | 대리 | 최지원 | 신호제어 | |
| | 시설개량처 | 대리 | 윤성준 | 전철전력 | |

○ (세부일정)

| 일자 | 출발지 | 도착지 | 방문기관 | 업무 수행내용 | 비고 |
|-----------------------|----------------|----------------|----------------|---|----|
| 11.17(일) | 인천 | 하얼빈 (중국) | - | ○ 대한민국 인천 → 중국 하얼빈 * 인천(12:20) ⇒ 하얼빈(13:35) | |
| 11.18(월) | 하얼빈 (중국) | 북경 (중국) | Kejia | ○ Kejia社(검측설비 제작사) 방문 - 검측설비 종류 및 운영현황 조사 * 하얼빈(16:05) ⇒ 북경(18:10) 이동 | |
| 11.19(화) | 북경 (중국) | 북경 (중국) | CARS | ○ CARS(중국철도과학연구원) 방문 - 유지보수 체계, 검측 및 데이터 관리 분석 | |
| 11.20(수) | 북경 (중국) | 파리 (프랑스) | Dali | ○ Dali社(변전분야 보수설비 제작사) 회의 - 경영진 미팅 및 유지보수 기술 소개 * 북경(익일 21일, 01:25) ⇒ 파리(07:25) | |
| 11.21(목) | 파리 (프랑스) | 파리 (프랑스) | Systra | ○ (오전) 파리 공항 → 숙소 ○ (오후) Systra 방문 - 프랑스 철도 체계 및 담당 프로젝트 소개 | |
| 11.22(금) | 파리 (프랑스) | 파리 (프랑스) | UIC | ○ UIC(국제철도연맹) 방문 - 국가별 유지보수 현황 및 기술 설명 | |
| 11.23(토) ~11.24(일) | 파리 (프랑스) | 파리 (프랑스) | - | ○ (토) Systra 현장설비 견학 - RBC 현장설비 확인 및 국내 설비 비교 ○ (일) 파리 도시 철도망 구성 확인 - RER(광역급행철도), 트램 등 | |
| 11.25(월) | 파리 (프랑스) | 파리 (프랑스) | SNCF SYSTRA | ○ (오전) SNCF(프랑스 국유철도) 방문 - Smart station 소개 - 유지보수 예산 및 인력 현황 ○ (오후) Systra 회의 - 유지보수 체계 전환, 데이터 분석 | |
| 11.26(화) | 파리 (프랑스) | 앙굴렘 (프랑스) | MESEA | ○ (오전) 파리 → 앙굴렘 ○ (오후) MESEA(고속철도 유지보수 기지) 방문 - 유지보수 방식 소개 및 기지 견학 | |
| 11.27(수) | 파리 (프랑스) | 바르셀로나 (스페인) | - | ○ (오전) 앙굴렘 → 파리 * 앙굴렘(전일 26일, 23:30) ⇒ 파리(05:00) ○ (오후) 휴식 및 이동 * 파리(15:30) ⇒ 바르셀로나(17:10) | |
| 11.28(목) | 바르셀로나 (스페인) | 바르셀로나 (스페인) | TMB | ○ TMB(바르셀로나 광역교통) 본사 방문 - IoT 및 CBM 적용 현황 - 유지보수 조직 및 운영 현황 | |
| 11.29(금) | 바르셀로나 (스페인) | 바르셀로나 (스페인) | TMB | ○ TMB PCC(통합관제센터) 방문 - 관제 시스템, 분석 데이터 확인 | |
| 11.30(토) ~12.1(일) | 바르셀로나 (스페인) | 인천 | - | ○ 스페인 바르셀로나 → 대한민국 인천 * 바르셀로나(20:30) ⇒ 인천(16:50, +1day) | |

□ 기관별 주요 검토사항

| 국 가 | 기관명 | 기관설명 | 분 류 | 분 야 | 주요 검토사항 |
|-----|---------|---------------|----------|-----------------------|--|
| 중 국 | CARS | 철도 연구기관 | 일반 고속 | 전철전력 신호·통신 차량검측 | · 중국철도 디지털 유지보수 현황 및 연구 동향 · 자동검측 차량 운영 현황 · CR(중국 국유철도) 검측 데이터 분석 조직 운용 현황 및 계획 |
| | Kejia社 | 검측설비 제작 | 일반 고속 | 전철전력 신호·통신 차량검측 | · 디지털 유지보수 보유 기술 · 취급 제품 특징 및 서비스 |
| | Dali社 | 보수설비 제작 | 일반 고속 | 전철전력 (변전) | · 취급 제품 관련 유지보수 인력, 점검주기 등 관련 변동사항 |
| 프랑스 | SNCF | 프랑스 국유철도 | 일반 고속 | 전철전력 통신 | · 디지털 유지보수 적용 현황 (스마트 스테이션) · 스마트 스테이션 조직, 인력 및 점검 주기 현황, 향후 목표 |
| | MESEA社 | 고속철도 유지보수 | 고속 | 전철전력 신호·통신 차량검측 | · 고속철도 디지털 유지보수 현황 · 자동검측 차량 운영 현황 · 조직 운용 및 점검주기 현황 |
| | SYSTRA社 | 철도 엔지니어링 | 일반 고속 | 전철전력 신호·통신 차량검측 | · 디지털 유지보수 보유 기술 · 예측유지보수 기술개발 현황 · GPE(Grand Paris Express) 신규노선 자동화 프로젝트 |
| | UIC | 국제 철도연맹 | 일반 고속 | 전철전력 신호, 통신 | · 글로벌 철도 유지보수 동향 및 신기술 도입 현황 · 유럽 디지털 유지보수 지향점 및 프로젝트 진행 현황 |
| 스페인 | TMB | 바르셀로나 광역교통 | 도시 철도 | 전철전력 신호, 통신 | · 디지털 유지보수 현황 · 유지보수 조직 운용 현황 · 향후 디지털 고도화 계획 |

□ CARS (철도과학연구원, 중국)

- 중국철도과학연구원(CARS)은 1950년 설립된 중국 철도의 대표적인 종합 연구 기관으로, 철도 산업 다양한 분야의 전문성 보유
 - 2300개 이상의 연구 성과를 기록하였고, 철도 기술 개발, 장비 시험 및 인증, 기술 솔루션 제공 등을 담당하며 중국 철도 발전에 기여함
- (CR과의 관계) CARS는 연구 및 개발 기관으로서 기술적인 지원을 제공하며, CR은 이를 기반으로 철도 운영과 인프라 개선
 - 각 기관이 독립적인 역할을 유지하면서도 중국의 국가적 특성 때문에 정책 목표에 맞춰 상호 보완적인 역할 수행(고속철도, 신호 시스템, 안전 기술 분야 등)
- (스마트 유지보수 필요성) 중국은 현재 약 16만km(고속철도 4.5만km)에 달하는 방대한 철도망을 보유하고 있어, 대규모 철도망을 효율적으로 운영하기 위해 스마트 유지보수 시스템 구축 및 운용 중임
 - 현재는 CBM(Condition Based Maintenance, 상태기반 유지보수) 적용을 위한 연구 단계로 향후 실제 유지보수는 CR과 지방철로국에서 수행 예정



회의사진

- (전기분야 스마트 유지보수) 총 3단계로 구분하여 프로젝트 진행 중으로, 1단계(현장 IoT센서 설치), 2단계(데이터 축적) 완료 및 3단계(결함예측) 추진 중

<유지보수 시스템 수집 데이터 유형>

- ① 지상 검측 데이터, ② 차량 검측 데이터, ③ 과거 이력 및 시설물 대장
④ 설비 보수 기록, ⑤ 유지보수 수행 기록, ⑥ 기타 데이터(환경 등)

- (스마트 유지보수 시스템 주요 기능)

- 1) 통합 감시 및 모니터링 : 유지보수 시스템 장비의 작동상태 모니터링, 데이터 통합 알림 관리 및 다차원 그래프 방식 표시 가능
- 2) 설비 수명 관리 : 설비별 시리얼 넘버 부여, 고유 번호를 통해 설계·납품·고장·폐기 등 전 수명주기 이력 관리
- 3) 장비 상태 평가 : 검측 데이터, 설비 이력 정보 및 유지보수 정보를 결합하여 수명을 평가하고 각 장비 상태 평가(품질 및 고장 분석)
- 4) 지능형 의사결정 지원 : 지상-차량 자동검측 데이터 분석을 기반으로 다음 단계에서 어떤 결정을 내려야 하는지 안내
- 5) 생산-운영관리 : 신호통신 유지관리 계획수립 자동화 및 작업 결과 확인

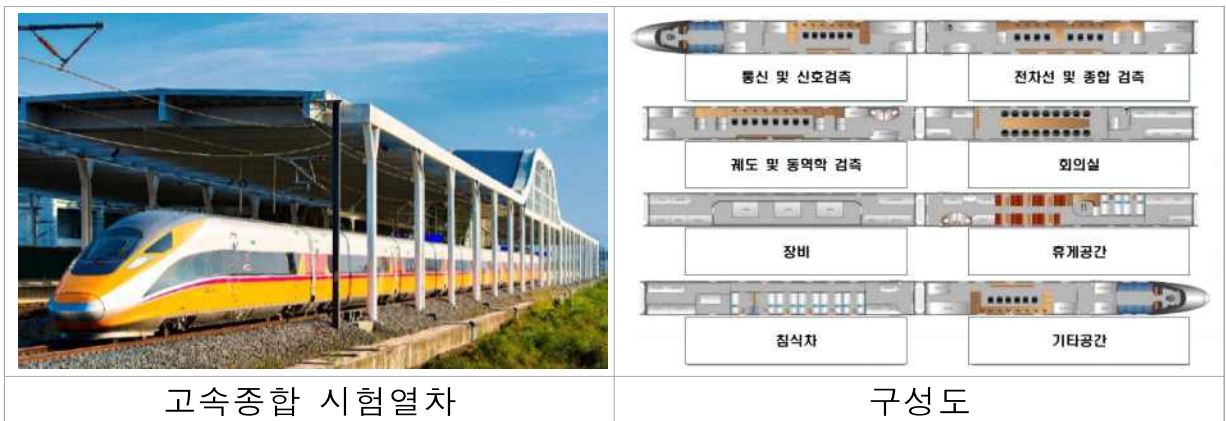
- (적용 현황) 現 시스템은 현장 설비 실시간 상태감시를 통한 유지보수 제안 단계로 시스템 자동분석 및 인력분석 병행 중이며, 데이터 분석을 통한 “예측 유지보수 알고리즘” 연구 진행 중



○ (검측차량 운영 현황)

- 고속종합 시험열차(250~400km/h) : 16대 보유, 고속선 월 2회 주기로 검측하며 계절(혹한·혹서기)에 따라 월 3회까지도 검측 시행

* (측정항목) 전차선·통신·신호·선로 상태·궤도 선형·진동가속도 등



- 종합검사차량(120~160km/h) : 21대 보유, 고속선 월 1회 주기로 검측

* (측정항목) 영상/이미지를 통한 외부 요소 확인, 국내 선로점검차 기능과 유사



- 일반선은 18개의 철로국마다 검측차 1대씩 운영 중(월 1회 검측)

○ (검측 조직 구축) 검측을 위한 전문 조직을 구축하여, 역할을 분담하고 효율적인 협업 체계를 통해 검측 업무 수행

- 검측센터 : 전체 검측계획을 수립하고, 관련 활동을 관리하는 역할
- 인프라연구소 : 검측 데이터 수집 및 철도 인프라의 상태에 대한 세부적인 분석 업무 수행

- (검측 데이터 분석 및 응용) 모든 검측 데이터는 기초시설 빅데이터 플랫폼(22년 구축)에 저장되며, 저장공간에는 동적 검측 데이터뿐만 아니라 시설 관리나 유지보수 관련 데이터도 포함하고 있음

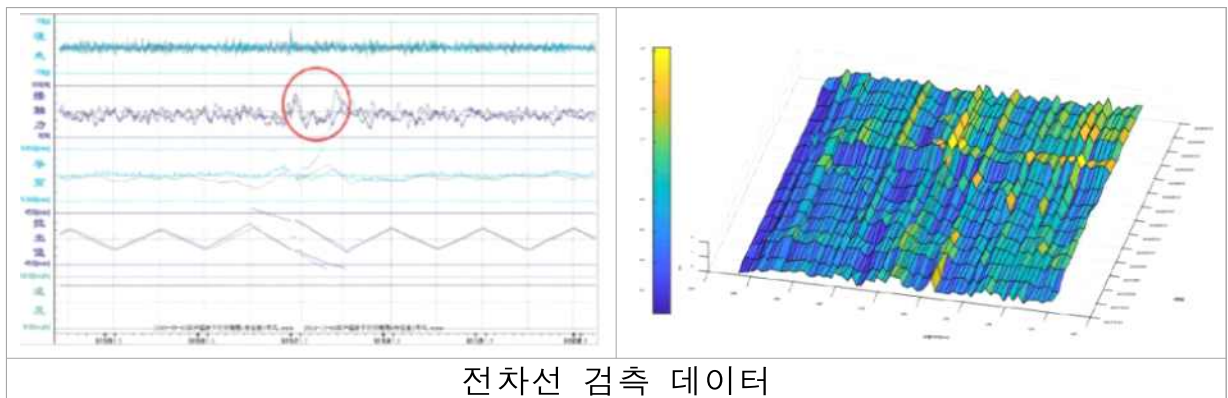
☞ 해당 데이터 기반으로 전 노선 대한 정보를 종합적으로 관리

- 문제 발생 시 플랫폼을 통해 CR 철로국에 알림을 전송하면 철로국 개별 공무단에서 유지보수를 시행하고 있으며, 향후 디지털화 도입에 따른 점검 주기 연장을 제안 준비 중임

<전기분야 주요 검측 데이터>

| (전철전력 분야) | (신호제어 분야) | (정보통신 분야) |
|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> · 전차선 장력, 높이 · 전차선 동적감시 (아크, 접촉강도 등) · 전력설비 전압, 전류 등 | <ul style="list-style-type: none"> · AF 궤도회로 레벨 · 발리스(ATP) 레벨 · 보상콘덴서(ATC) 이상유무 등 | <ul style="list-style-type: none"> · 통화품질(QOS) · 전계강도(RSRP) 등 * 중국철도 전체(일반, 고속) GSM-R(2.5G) 통신망 사용 |

☞ 분야별 자동검측 항목은 국내 실정과 유사함




- (향후계획) 디지털화 최종 목표는 「스마트 유지보수 시스템」 과 자동검측 데이터 분석 플랫폼 등 활용한 상태기반 유지보수(CBM) 및 “예측 유지보수” 체계 구축으로,

- 이에 따른 유지보수 인력 절감 효과 및 조직 운영 효율화 방안을 검토·제시할 계획임

* 현재까지 유지보수 디지털화에 따른 중국철도(CR) 인력감축 없음

□ KeJia社 (검측설비 제작사, 중국)

- 열차 고속 운행 시(350km/h), 실시간으로 이미지를 수집하고, 이를 기반으로 결함을 분석 및 감지하는 기술 보유
- 전차선·신호(선로전환기 포함) 분야 제품은 보유하고 있지 않으며, 주로 차량 상태에 대한 검측 시행(주요 간선, 베이징~상하이·광저우 등에 적용)



| 이미지 획득 영역 | 영상처리 분야 | 이미지 데이터 플랫폼 분야 |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|
| 배치된 광원 하인 소스 영상 조도 보정 기술 | 복합한 시나리오에서 이미지 전처리 기술 | 복합영상데이터 정제기술 |
| 인형 배열 스케일 정확도 제어 및 전후 신변상 있는 이미지 기술 | 복합한 역의 물류 추종 기술 | 열차 결함 이미지 데이터 세트 시뮬레이션, 출력 및 추적 기술 |
| 고속 타겟 구조물 3D 이미지 기술 | 영상정보 기반의 빠른 정합 기술 | |

| 영상인식 분야 | 기관차 신호장비 및 선상검사 분야 |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| 달라남 기반의 복잡한 시나리오에서 다중표적 실시간 탐지 기술 | 지능형 결함 식별 모델 배포 고성능 영지 실시간 컴퓨팅 기술로 |
| 머신러닝 기반의 정확한 열차모형 이미지 분류 기술 | 달라남 네트워크 구조 개선 및 모델 반복 최적화 기술 |
| 열차 구성요소 이미지 분류 기술 | 배우 영향적인 기관차 신호 호스트 설계 및 개발 기술 |
| | 기관차 신호 지능형 복조 기술 |
| | 선상의 기관차 신호 지능형 테스트 기술 |

업체소개 및 핵심기술 청취

- (지상 검측 설비) 화물차 이미지 캡처는 35%, 이미지 식별은 90%의 시장 점유율 보유하고 있으며, 중국 내 다수의 경쟁업체 존재
- 고속 주행 시에도 작동하는 이미지 수집 및 분석 시스템을 제공하며, 철도 운행의 안전성을 높이는 데 특화된 솔루션 제시



지상 검측 설비



대차 측면 촬영본(350km/h 주행)

- (유지보수 점검) 장비 납품 후, 보증기간 내 장비 유지보수는 Kejia社에서 하고, 보증기간 종료 시 운영 기관에서 시행
 - 장비에 장애가 발생하지 않더라도 정기적으로 검사를 실시하며, 보증기간 이후에도 유료 유지보수 서비스 제공
- (검측 인력 최적화) 인력으로 확인하는 5,000여장의 이미지를 200장으로 축소하여 80~90%의 인력감축이 가능하나,
 - CR(China Railway)의 목표치는 50% 수준으로 중국 18개 철로국의 차량식별 검측원 5,600명을 절반으로 축소



차량식별 검측원

- (고찰) 일부 검측·분석 분야에서 가능성을 보이지만, 해외시장 진출은 준비 단계에 있으며, 전기분야 검측 시스템 또한 미개발 상태로
 - Kejia社의 기술도입은 추가적인 개발 및 국제 시장 검증이 이루어진 이후 재검토 필요



장비 및 기술 확인

□ Dali社 (변전분야 유지보수설비 제작사, 중국)

- 지하철 및 전철(일반, 고속) 변전소 등에서 카메라와 센서를 통하여 설비의 측정값 또는 상태를 검측하는 스마트 로봇* 기술 보유
- * 변전소의 옥내·옥외 구성에 따라 활용이 가능한 실내 및 실외 로봇 보유
- 철도 스마트 로봇 및 유지보수와 열감지센서에 이용되는 열화상 반도체 칩이 주요 연구분야이며, 소수(2~3개)의 경쟁업체 존재



- (실내 검측 로봇) 레일을 통하여 이동, 고화질 카메라로 각 설비의 측정값 및 센서를 통한 온도상태 등 실시간 검측
- 로봇의 이동 및 충전을 위해 실내에 레일 구성이 필요하며, 주로 옥내 변전소와 역사 내 전기실 등에서 활용
- 전압·전류계, GIS(가스절연개폐기)의 SF6가스 압력 등 측정값 검측 및 변압기 등 설비의 발열과 부분방전 등 센서 감지

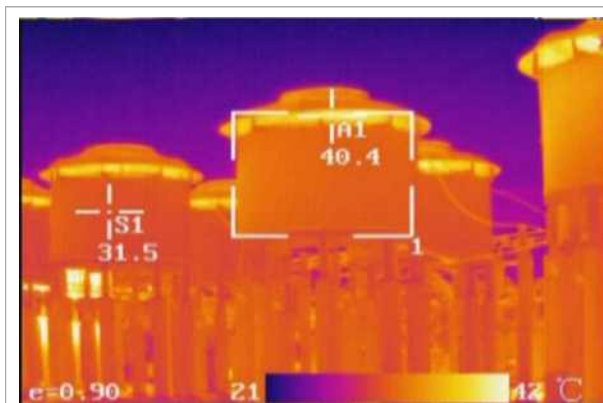


○ (실외 검측 로봇) 입력된 경로를 이동, 실내 검측 로봇과 같이 설비의 측정값 및 온도 등 상태를 실시간 검측

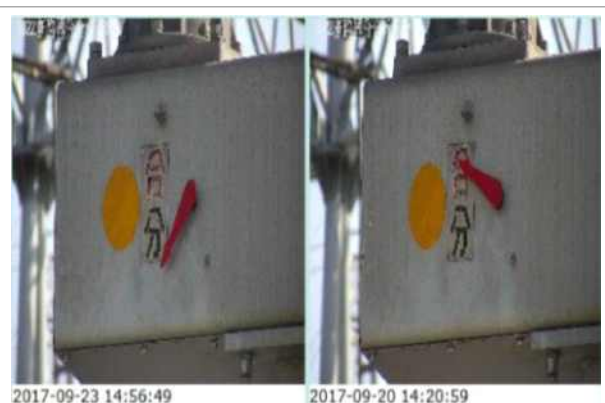
- 운영시간 외 별도의 충전시간*이 필요하며, 주로 옥외 변전소 또는 지하철 레일 터널 등 설비 및 환경(소음, 온도, 습도 등) 모니터링 활용

* 입력된 경로에 따라 점검(9H~10H) 후 충전설비로 스스로 이동하여 충전(4H)

- 실시간으로 설비의 계량기 측정값 검측 및 온도와 밸브 위치 식별



설비 온도 검측



밸브 개폐상태(시간별 위치변화) 식별

○ (원격스마트 모니터링 시스템) 검측 로봇의 제어와 검측 데이터의 실시간 모니터링 및 유지보수 작업자에게 정보 전송 등 운영

- 검측 로봇의 점검 경로·주기를 운영기관 목적에 따라 설정, 필요에 따라 수동 운전이 가능하며 실시간 검측 및 설비별 데이터 분석 등 제공



검측 시스템 인터페이스



실시간 3D 모니터링

- (활용방안 및 효과) 무인변전소 및 격오지에 위치한 변전소 등에 로봇 설치 및 운영을 통하여 현장 인력 및 예산 절감 효과 예상
 - 절감 비용 수준은 유지보수 기관별 조직 현황 및 점검 주기 등 실정에 따라 달라지며, 납품 기관에 대한 관련 세부 데이터 미보유(대부분 국유철도)
- (유지보수 점검) 장비 납품 후, 유지보수는 철도사업자가 직접 시행
 - * Dali社에서 장비 유지보수 지침서 및 표준매뉴얼 등 제공

| 220kV区域电流互感器全面巡视作业卡 | | | |
|---------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|
| 巡视时间: 2017-09-23 14:15:00 | 巡视日期: 2017-09-24 14:15:00 | 巡视地点: 220kV区域电流互感器 | 巡视人员: 2017-09-24 14:15:00 |
| 巡视内容: | 巡视项目: | 巡视结果: | 巡视备注: |
| 1. 巡视内容: 220kV区域电流互感器 | 2. 巡视项目: 220kV区域电流互感器 | 3. 巡视结果: 220kV区域电流互感器 | 4. 巡视备注: 220kV区域电流互感器 |
| 5. 巡视内容: 220kV区域电流互感器 | 6. 巡视项目: 220kV区域电流互感器 | 7. 巡视结果: 220kV区域电流互感器 | 8. 巡视备注: 220kV区域电流互感器 |
| 9. 巡视内容: 220kV区域电流互感器 | 10. 巡视项目: 220kV区域电流互感器 | 11. 巡视结果: 220kV区域电流互感器 | 12. 巡视备注: 220kV区域电流互感器 |
| 13. 巡视内容: 220kV区域电流互感器 | 14. 巡视项目: 220kV区域电流互感器 | 15. 巡视结果: 220kV区域电流互感器 | 16. 巡视备注: 220kV区域电流互感器 |
| 17. 巡视内容: 220kV区域电流互感器 | 18. 巡视项目: 220kV区域电流互感器 | 19. 巡视结果: 220kV区域电流互感器 | 20. 巡视备注: 220kV区域电流互感器 |
| 21. 巡视内容: 220kV区域电流互感器 | 22. 巡视项目: 220kV区域电流互感器 | 23. 巡视结果: 220kV区域电流互感器 | 24. 巡视备注: 220kV区域电流互感器 |
| 25. 巡视内容: 220kV区域电流互感器 | 26. 巡视项目: 220kV区域电流互感器 | 27. 巡视结果: 220kV区域电流互感器 | 28. 巡视备注: 220kV区域电流互感器 |
| 29. 巡视内容: 220kV区域电流互感器 | 30. 巡视项目: 220kV区域电流互感器 | 31. 巡视结果: 220kV区域电流互感器 | 32. 巡视备注: 220kV区域电流互感器 |
| 33. 巡视内容: 220kV区域电流互感器 | 34. 巡视项目: 220kV区域电流互感器 | 35. 巡视结果: 220kV区域电流互感器 | 36. 巡视备注: 220kV区域电流互感器 |
| 37. 巡视内容: 220kV区域电流互感器 | 38. 巡视项目: 220kV区域电流互感器 | 39. 巡视结果: 220kV区域电流互感器 | 40. 巡视备注: 220kV区域电流互感器 |
| 41. 巡视内容: 220kV区域电流互感器 | 42. 巡视项目: 220kV区域电流互感器 | 43. 巡视结果: 220kV区域电流互感器 | 44. 巡视备注: 220kV区域电流互感器 |
| 45. 巡视内容: 220kV区域电流互感器 | 46. 巡视项目: 220kV区域电流互感器 | 47. 巡视结果: 220kV区域电流互感器 | 48. 巡视备注: 220kV区域电流互感器 |
| 49. 巡视内容: 220kV区域电流互感器 | 50. 巡视项目: 220kV区域电流互感器 | 51. 巡视结果: 220kV区域电流互感器 | 52. 巡视备注: 220kV区域电流互感器 |
| 53. 巡视内容: 220kV区域电流互感器 | 54. 巡视项目: 220kV区域电流互感器 | 55. 巡视结果: 220kV区域电流互感器 | 56. 巡视备注: 220kV区域电流互感器 |
| 57. 巡视内容: 220kV区域电流互感器 | 58. 巡视项目: 220kV区域电流互感器 | 59. 巡视结果: 220kV区域电流互感器 | 60. 巡视备注: 220kV区域电流互感器 |
| 61. 巡视内容: 220kV区域电流互感器 | 62. 巡视项目: 220kV区域电流互感器 | 63. 巡视结果: 220kV区域电流互感器 | 64. 巡视备注: 220kV区域电流互感器 |
| 65. 巡视内容: 220kV区域电流互感器 | 66. 巡视项目: 220kV区域电流互感器 | 67. 巡视结果: 220kV区域电流互感器 | 68. 巡视备注: 220kV区域电流互感器 |
| 69. 巡视内容: 220kV区域电流互感器 | 70. 巡视项目: 220kV区域电流互感器 | 71. 巡视结果: 220kV区域电流互感器 | 72. 巡视备注: 220kV区域电流互感器 |
| 73. 巡视内容: 220kV区域电流互感器 | 74. 巡视项目: 220kV区域电流互感器 | 75. 巡视结果: 220kV区域电流互感器 | 76. 巡视备注: 220kV区域电流互感器 |
| 77. 巡视内容: 220kV区域电流互感器 | 78. 巡视项目: 220kV区域电流互感器 | 79. 巡视结果: 220kV区域电流互感器 | 80. 巡视备注: 220kV区域电流互感器 |
| 81. 巡视内容: 220kV区域电流互感器 | 82. 巡视项目: 220kV区域电流互感器 | 83. 巡视结果: 220kV区域电流互感器 | 84. 巡视备注: 220kV区域电流互感器 |
| 85. 巡视内容: 220kV区域电流互感器 | 86. 巡视项目: 220kV区域电流互感器 | 87. 巡视结果: 220kV区域电流互感器 | 88. 巡视备注: 220kV区域电流互感器 |
| 89. 巡视内容: 220kV区域电流互感器 | 90. 巡视项目: 220kV区域电流互感器 | 91. 巡视结果: 220kV区域电流互感器 | 92. 巡视备注: 220kV区域电流互感器 |
| 93. 巡视内容: 220kV区域电流互感器 | 94. 巡视项目: 220kV区域电流互感器 | 95. 巡视结果: 220kV区域电流互感器 | 96. 巡视备注: 220kV区域电流互感器 |
| 97. 巡视内容: 220kV区域电流互感器 | 98. 巡视项目: 220kV区域电流互感器 | 99. 巡视结果: 220kV区域电流互感器 | 100. 巡视备注: 220kV区域电流互感器 |

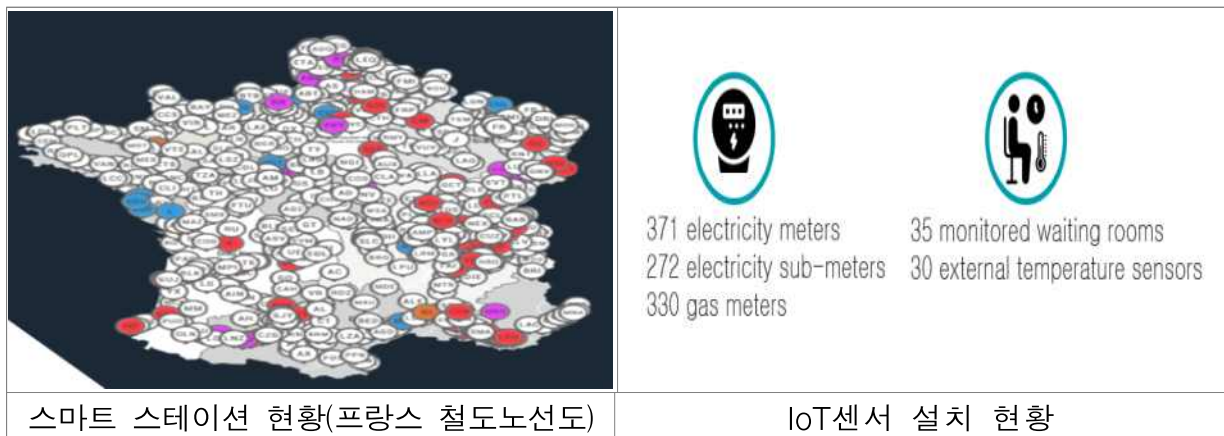
- (고찰) 점검 로봇을 통한 변전설비 유지관리로 현장인력 감축 및 인적오류 최소화 등 효율성 제고 예상되나,
 - Dali社의 기술도입은 설비 구매 및 유지관리 예산*과 국내 변전소 등에 로봇 레일 설치 가능 여부** 등 다각적 검토 필요
 - * 실내로봇 : 40만원(약 8천만원) / 실외로봇 : 80만원(약 1억6천만원, 시스템 별도)
 - ** 설비 유지보수·교체 시 공간 확보, 개량 시 매몰비용, 설비 전력 용량 등



회의 사진

□ SNCF (프랑스 국유철도)

- SNCF는 프랑스 국유철도 지주회사로서 Réseau(선로 및 기반시설 유지보수), Voyageurs(여객 운송), Gares&Connexions(승객역 운영 부문) 등 6개의 자회사 형태로 운영 및 유지보수 시행 중
 - 철도시설 유지보수 디지털화 일환으로 역사 내 “스마트 스테이션”을 구축하여 효율화 제고
- (스마트 스테이션) 프랑스 전체 약 5,000개 역사 중, 現 530개 역사에 구축하였으며, 약 700개 역사(철도 전체 traffic의 92%) 구축 목표로 진행 중



- IoT기술 중 디지털트윈* 기술을 적용하여 역사 내 시설물** 동작상태를 실시간 확인하여 상태기반 유지보수(CBM) 및 에너지 절감 등 유지관리 시행

* (디지털트윈) 실제 시설물과 동일한 3D-Model을 만들고, 현실 세계와 가상의 디지털 세계를 데이터 기반으로 연결; 현실과 가상이 서로 상호작용하는 시스템

** (적용 시설물) 전원공급 변압기·충전기, 전기기능실, 각종 계량기, E/V·E/S 등



- (유지보수 체계) 유지보수 디지털화에 따른 조직 및 인력 감축은 없었으나(보수총량 증가), 시설물 상태진단 등 유지보수 시간 감소(약 15%)
- (규 정) 안전에 직접적인 영향을 미치지 않는 설비 점검주기 개정은 SNCF 내부적으로 가능하여, 일부 설비에 대하여 기존 조정 중
 - * 안전에 직접적인 영향을 미치는 설비에 관한 사항은 EU(유럽연합) 승인 필요
- (조 직) 기존 유지보수 인력 업무조정, 재배치 및 현장 지원조직과 데이터 분석 전문조직을 신설하여 효율화 제고



- ※ 국가 조직이 총괄로써 하위 관할을 포괄하여 예산, 조직, 교육 및 기술지원 등 전체 프로젝트 모니터링 관리
 - * 현장 인력 외주화(E/S, Lift 등 시설분야 100%, 전기분야는 10-15%)
- (현업조직 이원화) 지역사업부와 현장으로 현업 담당 조직을 세분화 하고, 지역사업부 조직을 현장운영(PM)과 현장지원(Works Manager)으로 편성하여 현장 관리 체계화
- (관리감독자 운용) 지역사업부-현장 간 관리감독관(Regional Supervisor)을 배치하여, 현장 설비 상태 모니터링 및 현장 작업자 소통으로 효율화 제고
- (고찰) 국내 여건에 맞는 스마트 스테이션 구축방안 및 전담조직 실효성 분석 등 벤치마킹 검토

□ MESEA社 (툴루즈~보르도 고속선 유지보수, 프랑스)

- MESEA社는 파리-보르도 고속선 유지보수를 담당(17년~)하는 민간 철도 사업자로서, 고속철도 연장 302km를 200명 규모 직원으로 운영 중
 - (유지보수 업무 범위) 수익성 제고 및 분야별 소통 부재 해소를 위해 한 명의 담당자가 여러 분야 업무를 수행
 - (점점 주기) SNCF와 협의하여 점점 주기 조정은 가능하나, 안전에 직접적인 영향을 주는 설비의 점점 주기 조정은 EU(유럽연합) 승인을 받아야 하며, 현재까지 점점 주기 관련 변경 사항은 없음



회의 사진

- (디지털화 현황) 현장 설비 IoT센서 및 차량(장비) 검측 데이터를 저장 센터에 수집하고, 고장 등 이벤트 발생 시 유지보수자에게 알람을 발송하여 현장 유지보수 시행(자동검측 및 인력검측 병행)
 - 검측 데이터 축적을 위하여 현장 IoT센서 구축 확대 추진 중 및 상태기반 유지보수(CBM) 고도화 방안 연구 중



데이터 저장센터

관제 센터

○ (검측 현황) 다양한 장비로 분야별 검측(궤도·전차선·신호·통신) 시행

- DRING : 견인형 점검차량으로써, 트롤리에 검측모듈 및 LIDAR를 부착하여 궤도틀림·자갈도상 검측(검측속도 90km/h, 2주 1회 점검)



견인차량

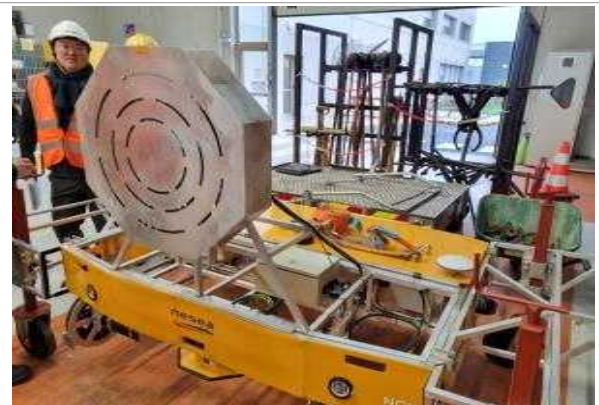


DRING

- BROOM : 정찰 차량, 매일 첫 열차 운행 전 정찰 시행(일 300km 운행) 하며 신호·통신 센서를 부착하여 궤도회로·발리스·GSM-R 등 검측
- LOUIS DRONE : 전차선 높이를 측정하는 센서를 부착한 장비로, 자동 또는 원격 조종으로 선로를 이동하며 검측



BROOM

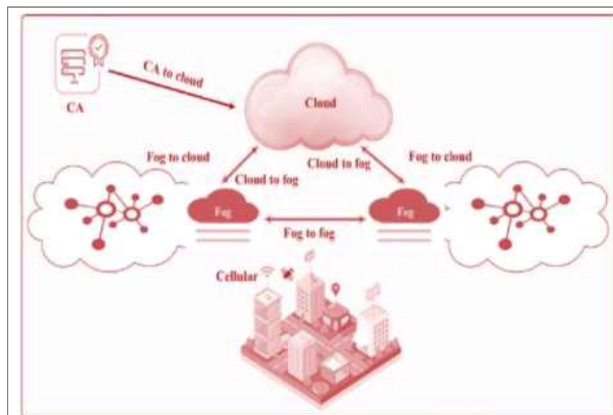


DRONE

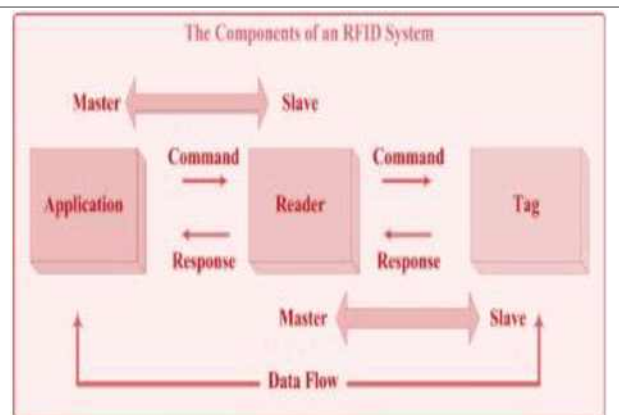
○ (고찰) 전기분야 유지보수 디지털화 수준은 국내와 비슷한 수준이며, 제도 관련 국내와 마찬가지로 유지보수 점검 주기를 단축시키는 것은 가능하나, 주기를 늘리는 것은 현실적으로 어려운 실정임

□ SYSTRA社 [철도엔지니어링, 프랑스]

- SYSTRA社は 철도분야 엔지니어링(설계, 유지보수 등) 업체로 주요 고객인 SNCF 및 RATP에 서비스 제공 중
- (디지털화 현황) 현장 IoT센서 및 자동검측 데이터 분석을 위해 데이터를 축적하는 단계로, 상태기반(CBM) 및 예측 유지보수(PDM)를 지향점으로 추진 중
- (IoT 기술 현황) Fog컴퓨팅(데이터 서버↔사용자 간 정보 교환) 기술로 지상 및 차상 검측 데이터를 서버에 취합하고, 유지보수자는 플랫폼(데이터센터)을 통해 해당 데이터에 접근하여 시설물 상태 확인 가능

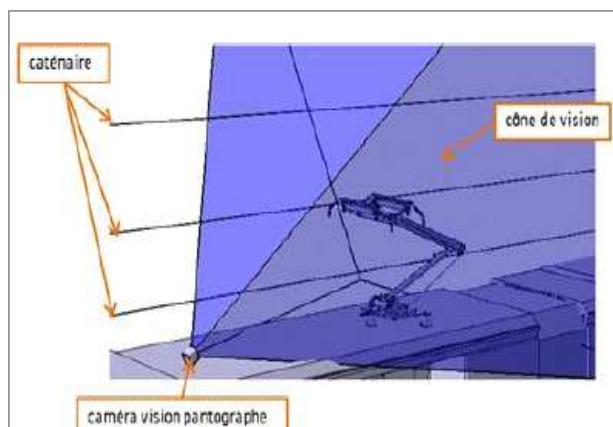


Fog컴퓨팅 기술

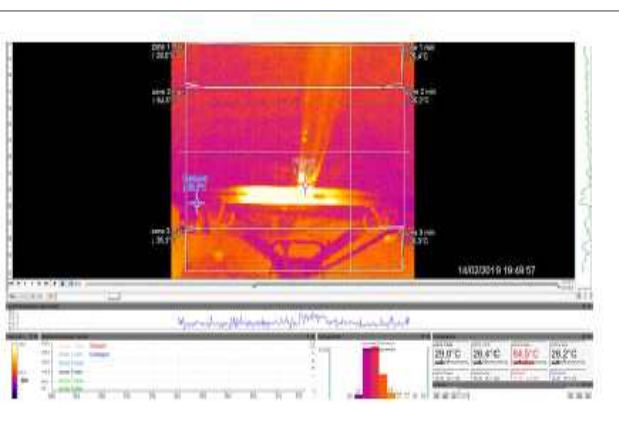


RFID 기술

- (자동검측 차량) GPE(Grand Paris Express) 노선에 영업차량을 개조하여 자동검측(전차선·통신 등)을 하고 있으며, RFID 태그를 통해 열차 위치 정보 확인이 가능함. 특히, 검측차 중 한 종은 완전 자동화 되어있음



전차선 촬영장비



전차선 촬영(열화상)

- (예측 유지보수) 예측 유지보수 도입을 위하여 검측 데이터 분석을 통한 결합 예측 알고리즘을 수립이 필요하며, 이를 위해 AI 검측 데이터 분석기술 연구 진행 중
- 여러 운영사 및 제조사*간 설비 정보 공유 등 소통 필요
 - * 제조사별 설비규격 등 일부가 상이하여 예측 알고리즘 구성 난이도 높음
- ☞ 데이터 분석을 통하여 예측 유지보수가 가능한 전기설비를 카테고리화 하여 분류 및 해당 설비에 예측보수를 우선 적용하는 것이 적정함
- (유지보수 인력 및 점검주기) 주요 고객은 SNCF 및 RATP에서는 유지보수 디지털화에 따른 현장 업무 감소로 기존 현장 인력을 타 업무 배치하였고(인력감축 없음),
- 향후 “데이터 분석센터” 신설 등 데이터처리 신규 전문인력 수요가 예상되며, 유지보수 점검주기 조정사항은 없음



회의 및 현장견학 사진

□ TMB (바르셀로나 광역교통, 스페인)

- 바르셀로나 지하철과 버스를 운영하는 광역교통 회사로, 지하철 8개 노선(125.4km)을 운영* 중이며 추후 3개 노선(자동, 38.8km) '30년 준공 예정

* (수동) 5개, (반자동) 1개, (자동, 무인) 2개 노선, 165개 역사 및 165대 열차 운영



TMB 본사 방문

- (디지털화 현황) 현장 IoT 센서 및 검측차량을 통한 설비상태(온도·진동·전압/전류 등) 실시간 검측 및 데이터 상태기반 유지보수(CBM) 추진 중
- 주요 신호설비(선로전환기, 궤도회로)에 대하여, 설비 상태 경고 기준점 설정 및 모니터링('17년 기준 253개)을 통한 자동 장애분석('09~)

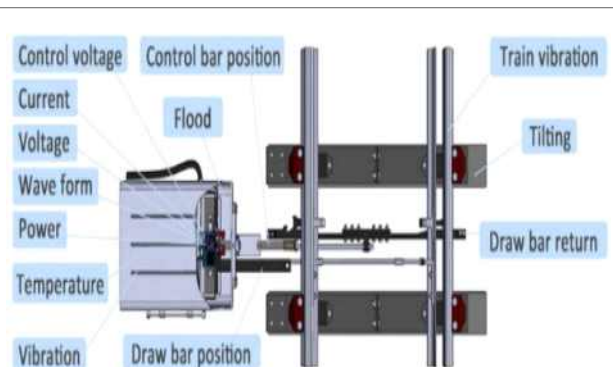
☞ MTBF* 2배 증가 및 1대당 유지보수 비용 2.4배 절감(800€→300€)

* (Mean Time Between Failure) 평균 무고장 시간

☞ 유지보수 인력의 궤도회로 직접 검측시간 감소(4H/1day)



검측 데이터



자동검측 항목(궤도회로)

- (유지보수 조직) 직접 유지보수를 시행하는 “유지보수팀”과 관제센터 등에서 검측데이터를 모니터링하는 “모니터링팀”으로 분할 구성
 - 분야별 신호(80명, 3조4교대), 전차선(1개노선 3명+외주), 선로(100명)로 구성, 사고 발생 시 30분 내(알림수신→현장투입) 투입 목표로 설정
 - 인력 검측 시간 감소에 따라, 기존 유지보수팀 일부 인력을 신규 노선 프로젝트 등 타 업무로 재배치 중
 - * 디지털화에 따라 기존 인력을 재배치하여 신규 채용 최소화
 - (교육 프로그램) 설비별 문제 발생 시, 효과적으로 대응하기 위해 VR 활용 및 운전 시뮬레이션 교육 등 다양한 시스템을 구축하여 전문인력을 직접 양성하는 기반 마련



VR 기반 유지보수 교육



운전 시뮬레이터

- (디지털화 향후계획) 모든 IoT 센서를 모니터링 시스템의 알림 및 데이터 체계에 통합 및 “예측 유지보수” 목표
 - 추가로 열차 위에 센서를 부착하여 전차선 장력 및 팬터그래프 간 아크(열화상) 검측 등 전차선 분야 IoT 설비 추가 도입 검토 중



통합관제센터(PCC) 방문

□ UIC (국제철도연맹)

- UIC(International Union of Railways)는 국제 철도사업자들을 중심으로 결성된 기구로써, 주요 유럽 철도기관 등 전 세계 218개 기관이 소속됨
- 국내 철도의 유지보수 현황을 소개하고, 디지털 유지보수 및 주요 IoT신기술 국제 동향 파악을 위한 회의 시행



회의 사진

- (유지보수 프로젝트) UIC에서 주관하여 고장·패턴 데이터 수집 및 분석을 통한 “결함예측 알고리즘” 도출을 위한 국가 단위 프로젝트 진행 중

【 UIC 프로젝트 주요 내용 】

(기 간) '24. 1. 1.~ '26. 12. 31. (36개월)

(참여기관) 유럽 주요 철도기관(7개)

- SNCF(프랑스), ADIF(스페인), Network Rail(영국), RFI(이탈리아), Infrabel(벨기에), SZCZ(폴란드), Trafikverket(스웨덴)

(목 적) IoT시스템을 기반으로 결함예측 유지보수체계 구축을 통한 유지보수 비용 절감, 안전·신뢰도 향상 등 효율화 전략 수립

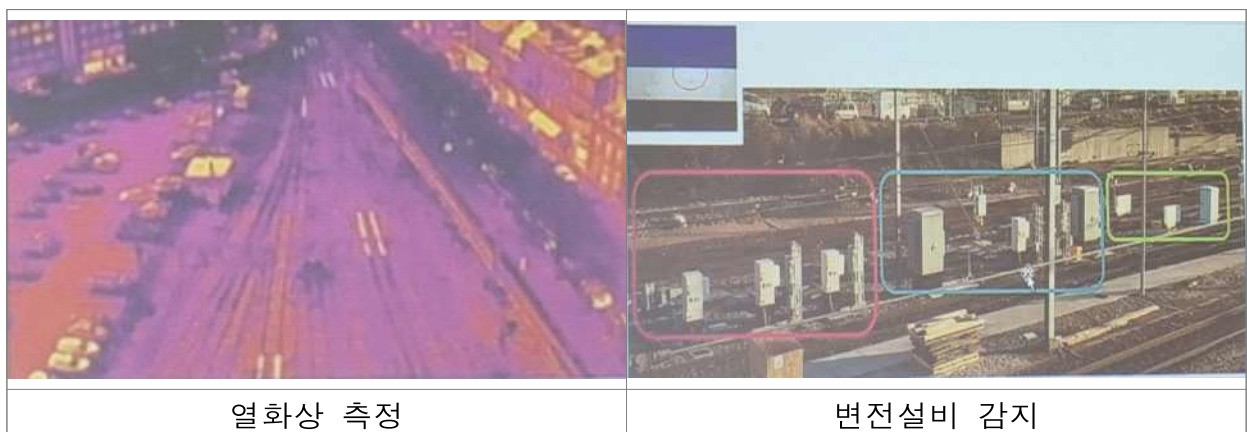
* Project Objectives and Scope

☞ 결함분석 알고리즘을 통한 예측 유지보수(3단계)

(Identification of types of warning signs leading to the faults/defects)

- (1단계) IoT시스템을 활용한 디지털유지보수 가이드라인 구축
- (2단계) 설비 고장결함 감지 및 패턴 분석을 통한 알고리즘 도출
- (3단계) 가이드라인·알고리즘 명문화 및 회원국 제공

- (유지보수 국제동향) 유럽 주요 철도사업자들은 상태기반 유지보수(CBM) 기반으로 예측 유지보수(PDM)를 궁극적 지향점으로 삼고 있으며,
 - 이를 위해 프랑스 및 핀란드 등 유럽 각지에서 국유 철도기관을 중심으로 국가 차원 유지보수 디지털화 프로젝트 진행 중
 - 프랑스(SNCF) : 예측 유지보수를 위한 고장·패턴 데이터 축적 단계로, 결합예측 알고리즘 도출을 위한 중·장기 계획 수립 단계
 - * case by case 분석을 위한 10~15년치 누적데이터 필요
 - 핀란드(VR) : 별도 Test-Track(60~70km) 구축하여 신호분야를 중점으로 디지털화 프로젝트 진행중으로, 데이터수집 초기 단계
 - (IoT신기술 국제동향) 유지보수 데이터처리 자동화 및 드론을 활용한 점검 효율화 방안을 주로 연구 중이며, 인프라 디지털화를 목적으로 함
 - (데이터처리 자동화) 열차위치정보(RFID) 현시 정확도 향상, 차상검측 카메라 이상감지 자동화 등 수집 데이터처리 자동화 방안 연구 중
 - (드론점검 효율화) Altametris(드론 전문 연구조직)와 함께 연구 진행중으로 전기분야는 주로 전철변전소 열화상 감지에 투입됨
- ※ 유럽 내 드론 점검 활성화를 위하여, 철도분야 진단항목*을 작성하여 제출(→EASA**) 및 비행규제 완화를 위해 관련 규정 개정 추진 중
- * SORA(Specific Operation Risk Assessment) : 운용 및 리스크평가서
- ** EASA(유럽항공안전청) : 무인비행체 관련 규정 관장



□ 시사점 (국가별 현황 및 국내 적용방안)

① (유지보수 디지털화) 데이터 상태기반 유지보수(CBM) 체계 구축

- (중 국) 자동검측 데이터 분석 시스템을 구축('22년~)하여 “상태기반 유지보수*” 추진 및 고도화(예측 유지보수 등) 방안 연구 중
 - * 실시간 설비상태 감시, 설비 생애주기 관리 및 의사결정 지원 등
- (유 럽) 대부분 현장설비 검측 데이터 수집 단계로, 데이터 신뢰성 확보 및 상태기반·예측 유지보수를 위한 “결함분석 알고리즘” 구축 프로젝트 진행 중

☞ 상태기반 유지보수(CBM) 체계 구축을 위해서는 신뢰성 확보를 위한 검측 데이터 축적이 필수적으로, 국내 현장 전기설비 IoT센서 구축 확대 반영(유지관리 중·장기계획) 검토 필요

※ 고장예측 불가능한 전기설비를 제외하고, 정량화가 가능한 설비*에 우선순위 부여 및 확대 적용

* 열차 운행회수와 직접 연관되는 설비(전차선로, 선로전환기 등)

☞ 분야별 검측 항목은 국내·외 유사한 수준이나, 해외에서는 예측 유지보수를 지향점으로 디지털화 추진 중으로, 국내에서도 데이터 분석시스템 구축 및 고도화 방안(중·장기계획) 수립 검토 필요

* 공단에서 시행 중인 “철도시설 유지관리 분석시스템(ISMP) 용역” 연계

☞ 국내·외 차량 검측 주기 등 국내 환경·조건과 상이하므로(해외 대비 한국이 긴 편), 추후 검측차량 도입 및 IoT 센서 구축과 연계하여 전기분야 검측 항목·주기 등 조정 검토 필요

② (조직·인력) 유지보수 조직·인력 효율화

- (중 국) 검측 데이터 처리·분석 조직을 신설하여 인력을 운용 중이며 유지보수 디지털화에 따른 인력감축 효율화 방안 제시 예정
- (유 럽) SNCF(프랑스) 및 TMB(스페인) 등 대부분 유럽철도는 기존 인력 타 업무 배치 및 업무 범위 재정비하여 감축 없이 효율화 제고

☞ 유지보수 디지털화*에 따른 조직·인력감축 효과는 미미할 것으로 예상되나, 현장 업무 감소로 인력 안전 확보 및 인적오류 감소 예상

* 데이터처리 증가에 따른 업무총량 동일

※ 검측 데이터 처리를 위한 “검측·분석 전담조직(분석센터 등)” 신설 검토 및 “신규 전문인력 양성” 등 효율화 방안 수립 검토 필요

③ (유지보수 제도) 점검 주기 개정

- (중 국) 유지보수 디지털화에 따른 점검 주기 연장을 검토 중이나, 현재까지는 점검 주기 관련 조정사항 없음
- (유 럽) 대부분 기관이 점검 주기 조정에 대해 보수적이며, SNCF(프랑스)는 안전에 직접적으로 영향을 미치지 않는 일부 설비에 대하여 점검 주기 연장 검토 중

* 수익성 제고, 비용 절감을 목표로 하는 MESEA(민간 유지보수 사업자)도 안전과 직결된 설비의 점검 주기 조정에는 어려움이 있음(유럽연합 승인 필요)

☞ 안전에 직결된 사항(주기 조정이 어려운 항목)과 점검 주기 조정이 가능한 항목을 구분하고, 각 항목에 대해 적절한 점검 주기 설정

※ 점검 주기 조정 가능한 항목에 대하여 소규모 조정을 추진하고, 그 효과를 지속 모니터링하여 점진적으로 확대, 적용 방안 검토

- '24. 1월 : 용역 중간보고회 시행
- '24. 5월 : 용역 결과보고회 및 준공
- '24. 6월~ : 전기분야 유지보수 고도화 계획 수립 추진(철도공사·공단)