IoT 시대의
철도차량 스마트유지보수 시스템



한국철도공사

차량기술혁신단

박 동 섭



1. What is IoT?

Wikipedia

Internet of Things n.

is the **inter-networking** of physical devices, vehicles (also referred to as "connected devices" and "smart devices"), buildings, and other items-embedded with **electronics, software, sensors, actuators, and network connectivity** that enable these objects to **collect and exchange data**.

Ref : Wikipedia (https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_things)

Gartner

Internet of Things n.

is **the network of physical objects** that contain embedded technology to communicate and sense or interact with **internal states or the external environment**.

Ref : Gartner IT Glossary

정의

사물 + 네트워크 + 데이터

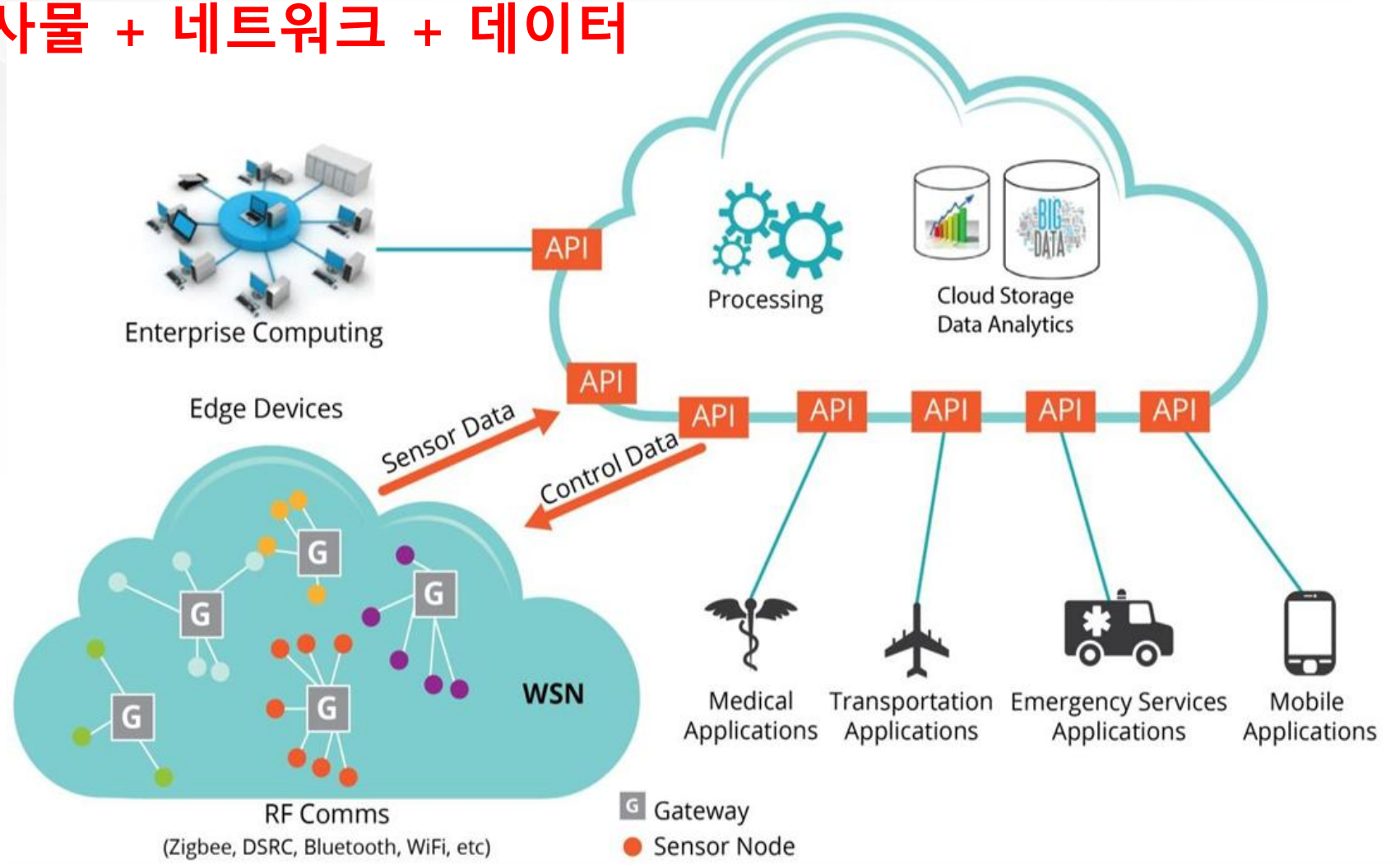


그림 참조 : CSA (Cloud Service Alliance) ('15.4)

2. SMART 철도 유지보수

과거로부터 현재까지 시간 기반의 유지보수체계 활용





<Bidulgi-Ho, 1984>





<Korea Train eXpress, 2005>

Corrective Maintenance → Timebased Maintenance → Time&Statistics Maintenance → Condition based Maintenance

기술의 발전과 함께 **철도차량**도 **첨단화** 되었지만,
유지보수는 현재까지도 **시간, 주기**에 기반한 **주기 유지보수 사용** 중

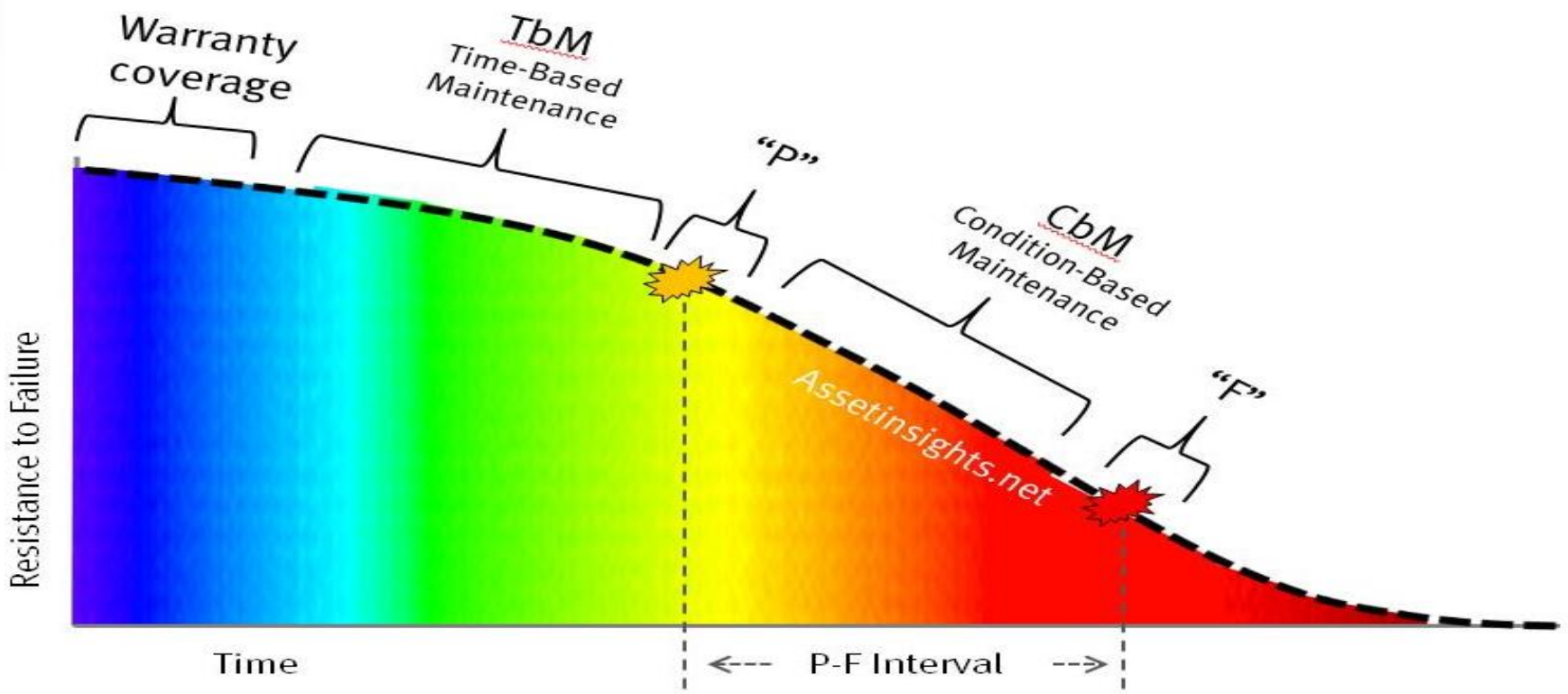
- 시간기반 유지보수는 적용이 편리하다는 장점이 있지만
  고장을 **원천적**으로 **예방**하기에 **한계**가 있음

철도차량 상태기반 유지보수 시스템 정의

상태기반 유지보수 시스템

(CBM, Condition Based Maintenance)

상태기반 유지보수 : **각종 센서**(Sensor)와 **IoT 기술**을 활용하여 열차 주요 장치를 **실시간 원격 감시**함으로써, 운행 중 이례사항을 **사전 예측**, 대비하고 **빅 데이터** (Big Data)를 분석하여 **정비주기**를 **최적화**하는 가장 선진화된 유지보수 방법

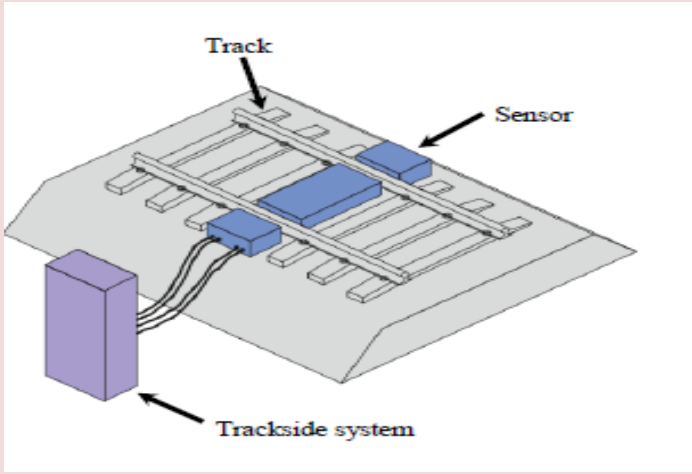


상태기반 유지보수 설비

● 철도차량 내 센서설비



● 궤도 주변 센서 설비

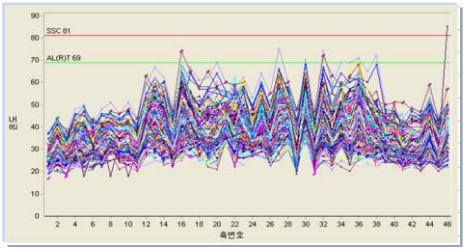




고속차량 기지



철도 관제센터

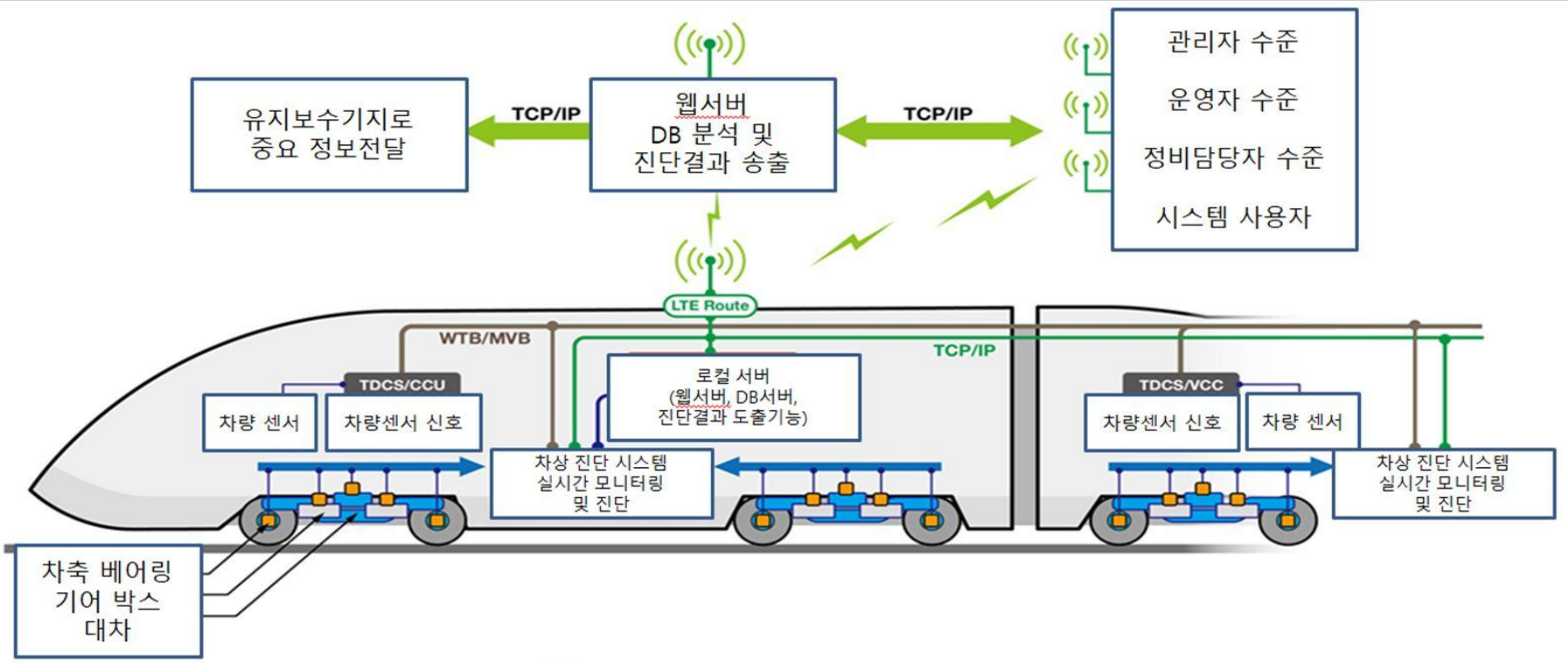


신뢰성 분석

유지보수 주기 설정

CBM(상태기반 유지보수) – 차상(車上)설치

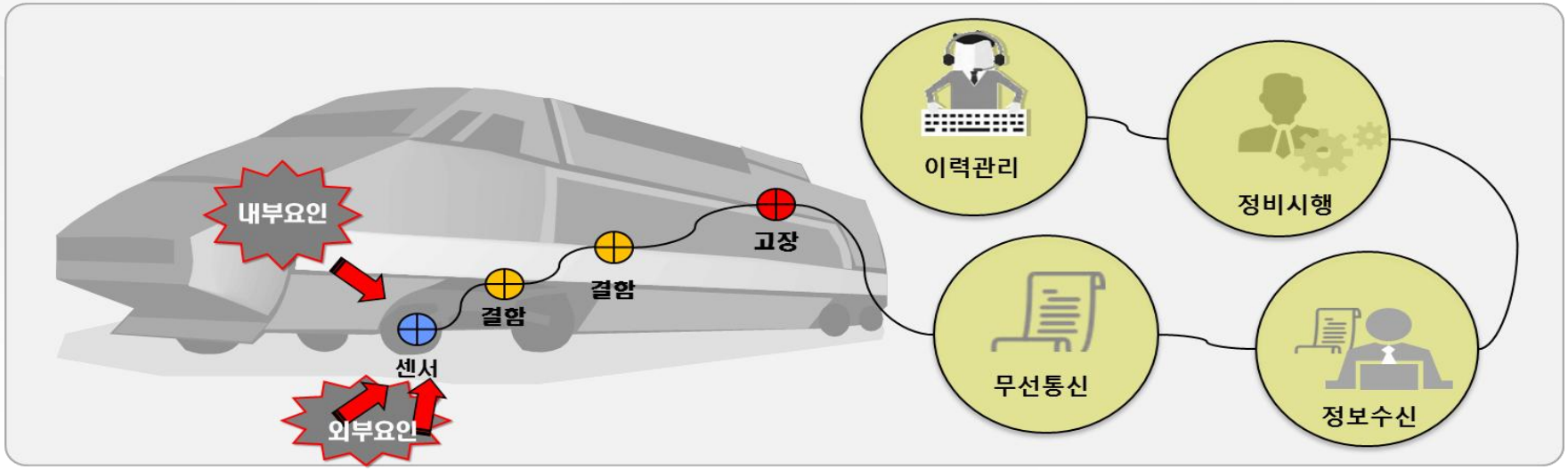
차상 CBM 방법은 열차의 주요장치(차축 베어링, 기어박스, 대차 등)에 직접 **센서**를 부착하고 **IoT를 활용**하여 실시간 상태 정보를 철도관제센터, 차량기지, 기관사 등과 공유하는 한편, **신뢰성분석시스템**(RCM)과 연계하여 **최적의 정비주기**를 **예측**



☑ 주요 부품 IoT 추가 구축을 위한 R&D

<차상장치>

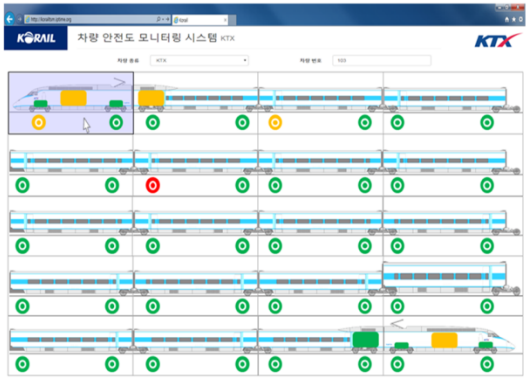
철도차량 상태기반 유지보수 Big Data 흐름



▪ 유지보수 Big Data 활용



☑ 전체 편성 모니터링



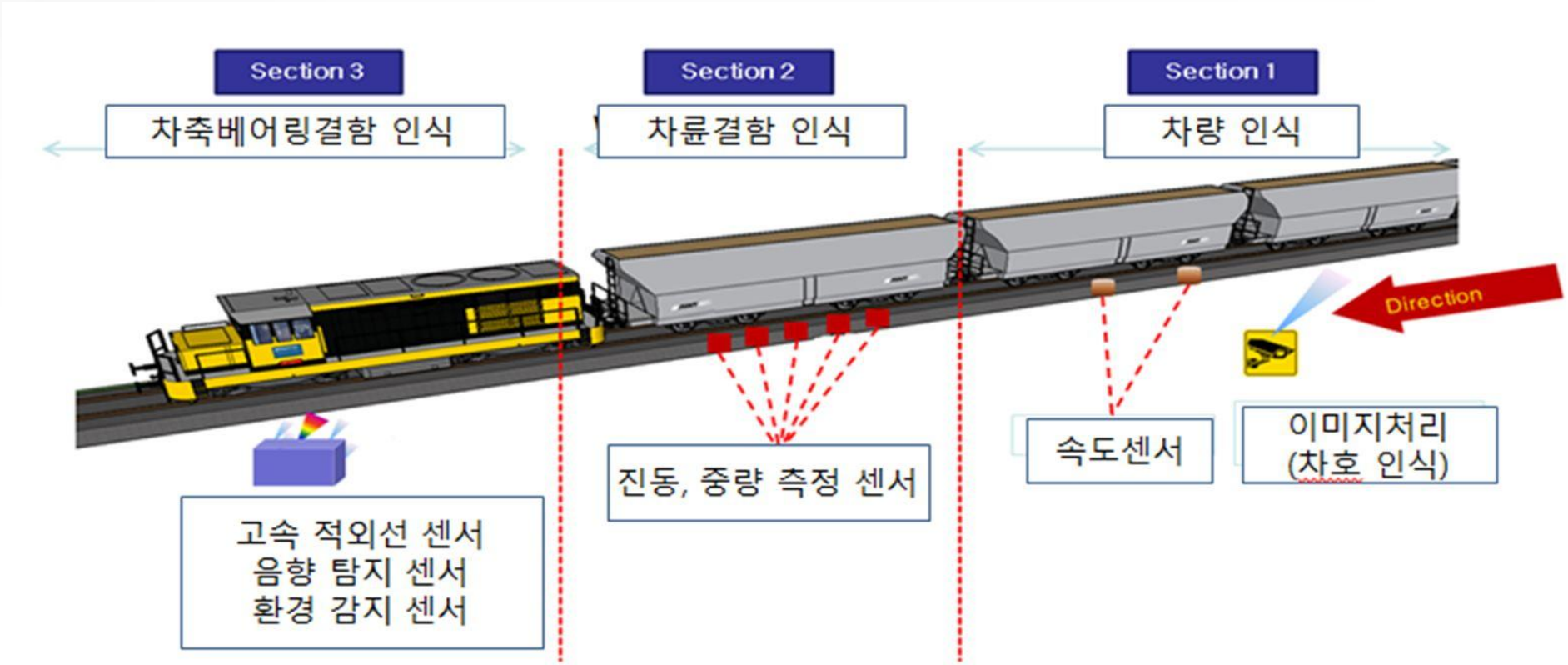
☑ 편성별 부품상태 모니터링



☑ 부품별 실시간 상태 및 센싱 이력

CBM(상태기반 유지보수) – 지상(地上)설치

지상 CBM 방법은 운행 선로 주요 지점에 고속촬영 및 열화상 카메라를 설치하고 운행 중인 열차 하부를 고속 촬영하여 주요 부품의 발열 상태, 이상여부 등을 실시간 감시, 점검하는 **스캐닝시스템** 구축



☑ 다중 물리량(적외선, 음향, 진동 등) 비교 기술 적용
고장 예지 기술 개발(R&D)

<지상장치>

3. IoT 적용 및 개발사례

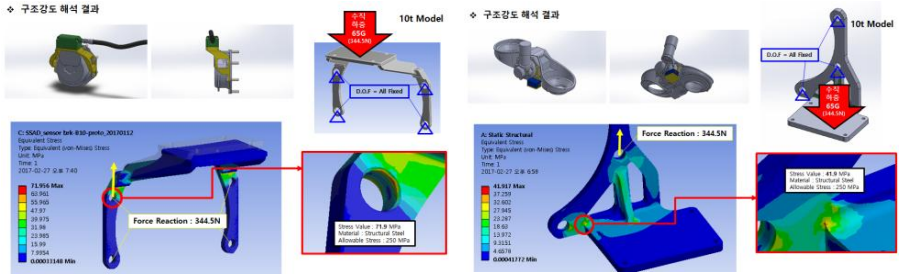
센서를 활용한 CBM(상태기반 유지보수)

◦ 차륜, 차축베어링 센서모듈 ◦

- 차륜, 차축베어링 결함검출 부품 제작




<장착위치 조사>



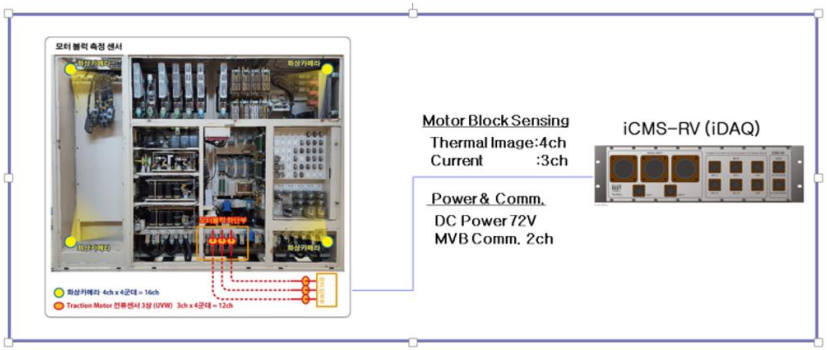
<주행 중 고장방지를 위한 구조해석 실시>



<현품제작 및 장착시험 실시>

◦ 모터블럭 센서모듈◦

- 모터블럭 결함검출 센서 장착 및 정션 박스 부품제작





<전류센서, 열화상 카메라 장착위치 및 iCMS 연결개념도>

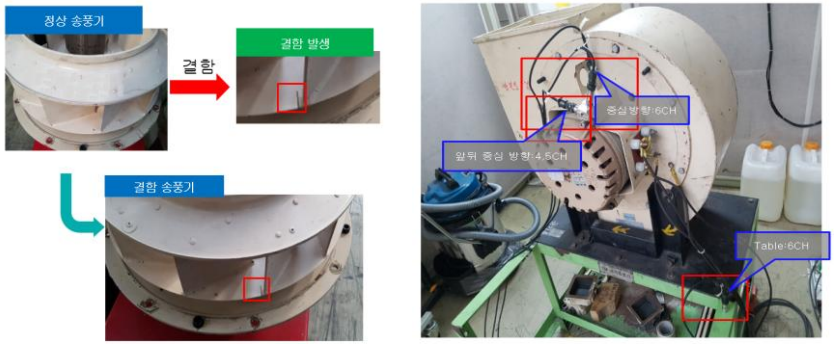


<현품제작 및 장착시험 실시>

센서를 활용한 CBM(상태기반 유지보수)

◦ TM 냉각송풍기 센서모듈◦

- 정상/비정상 송풍기 현장시험 실시



<결함검출 특성신호 파악을 위한 현장시험 실시>

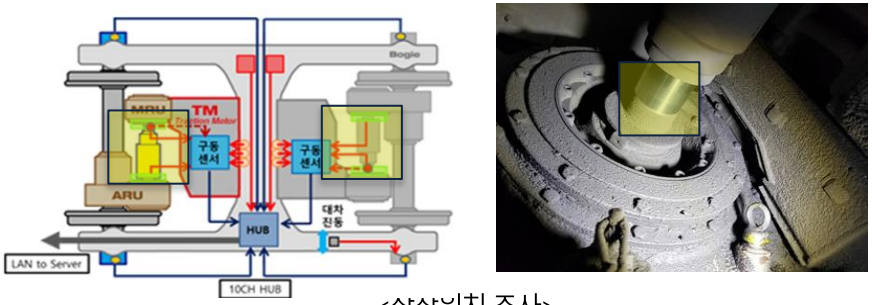
- 결함측정용 센서 브라켓 제작 및 현차 장착시험 실시



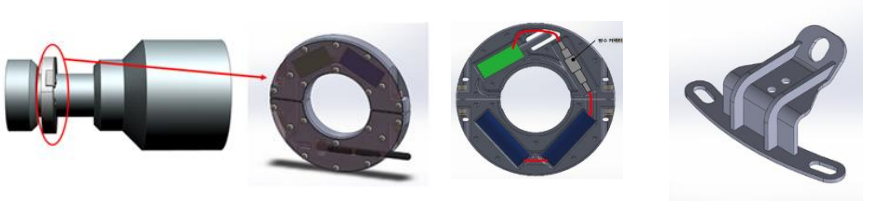
<최적 센서 장착위치 선정 및 브라켓 제작, 장착시험 실시>

◦ 트리포드 센서모듈◦

- 트리포드 결함검출 부품제작



<상삭위치 조사>



<형상설계 및 안전성 확보, 간섭방지를 위한 모델링 검증>

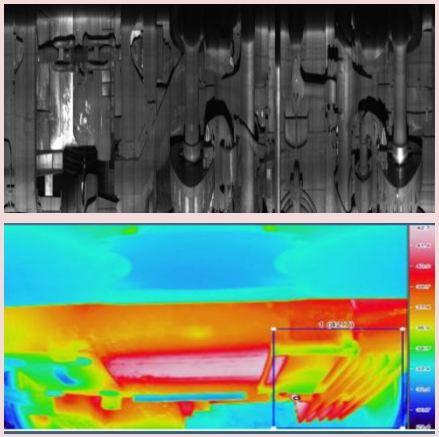


<현품제작 및 장착시험 실시>

스캐닝시스템

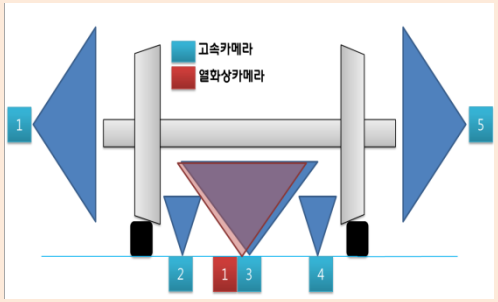
● 기능

철도차량 하부 이상 변형,
볼트 또는 너트 탈락,
이상 발열 등 모니터링



● 원리

고속카메라, 열화상 카메라로
철도차량 하부를 촬영한 후
패턴분석을 이용하여 원형차량과
비교를 통한 이상징후 판단



● 위치

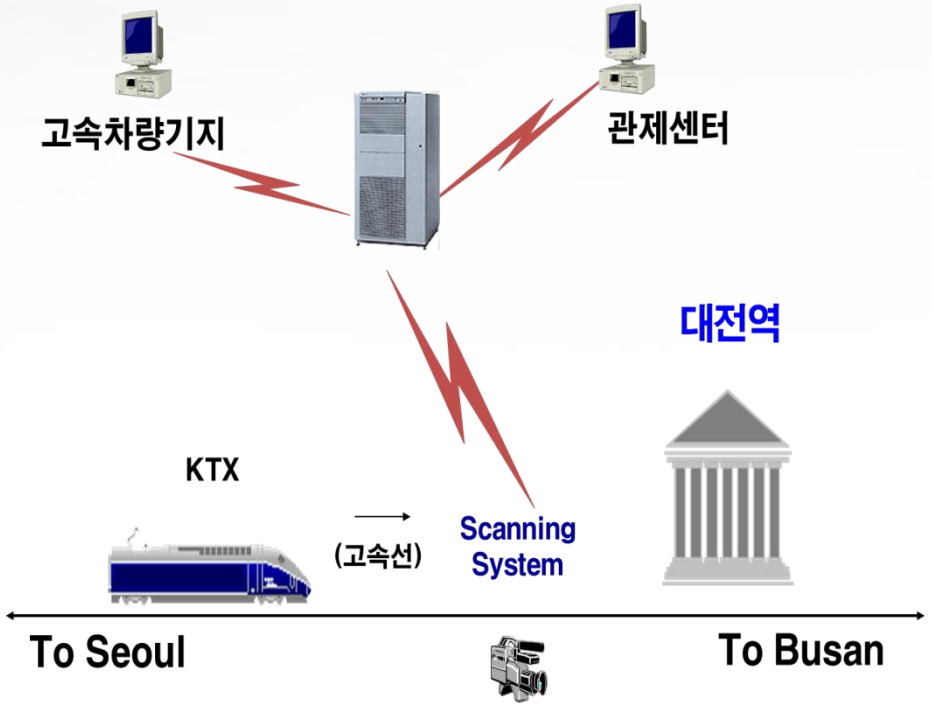
운행 노선 또는 차량기지 구내



스캐닝시스템

☑ 주행 중인 차량의 이상징후를 실시간 감시 (선로에 시스템 구축)

☑ 차량 기지의 정비시간 단축, 빅데이터 분석으로 유지보수 최적화

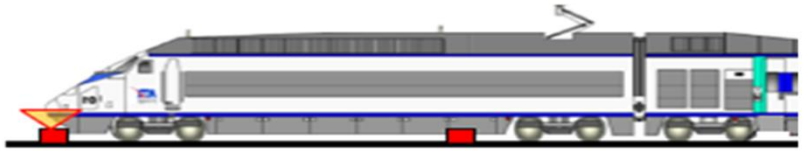


시스템 인터페이스

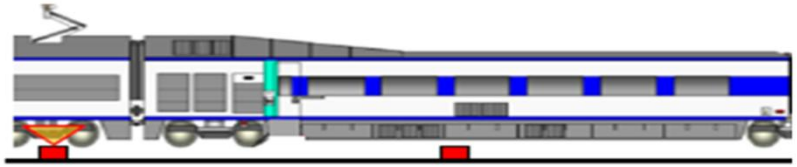
① Thermal Imagine Camera
② High Speed Image pattern Analysis



① 대기모드 > 진입차량 인지



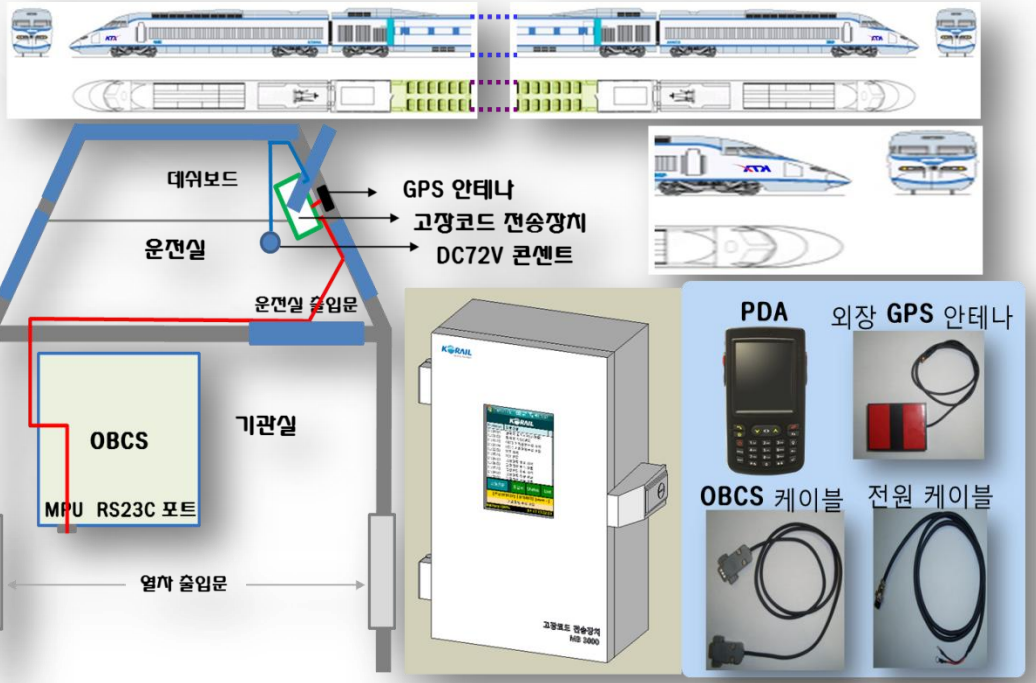
② 고속차량 하부 스캐닝 시행

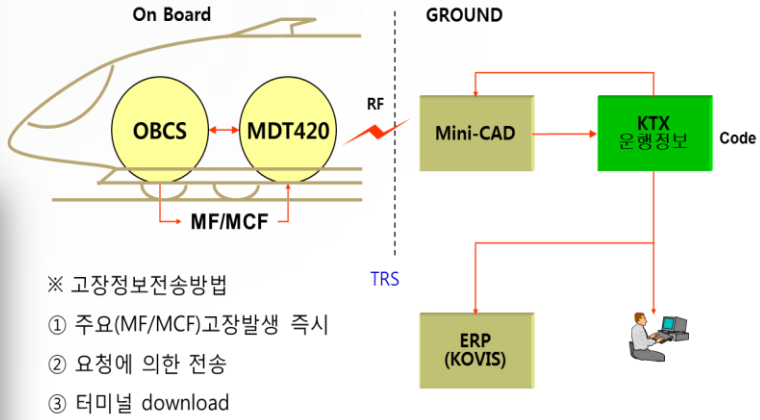


③ 하부 스캐닝 > 진출 후 대기 모드

FWTS(Fault code Wireless Transfer System, 고장코드무선전송시스템)

● 시스템 개요





차량기지 입고 전 고장코드 분석으로



무인화, 정비시간 단축, 원격화



RTD(Radio Transmission Device)

● 시스템 개요



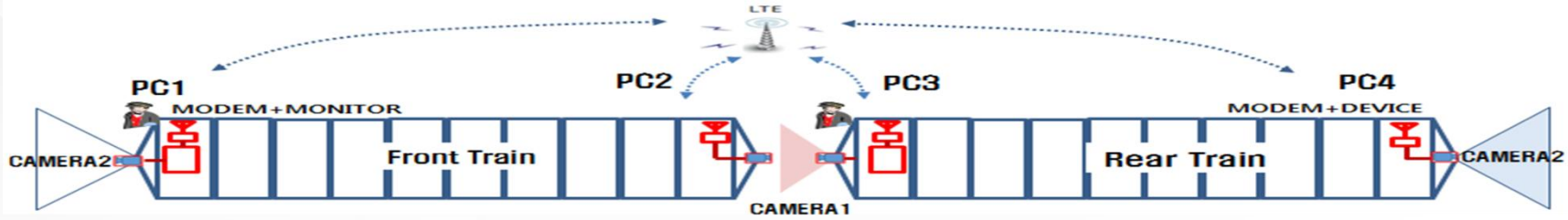
☑ 차량 센서 디바이스 → RTD → 무선통신망(CDMA) → 코레일 서버 → 정보 표출

● 정보활용 흐름



KTX-산천 중련 연결지원 시스템

- 지능형 카메라의 영상정보 및 경보를 활용, 운전자의 사각지대 해소









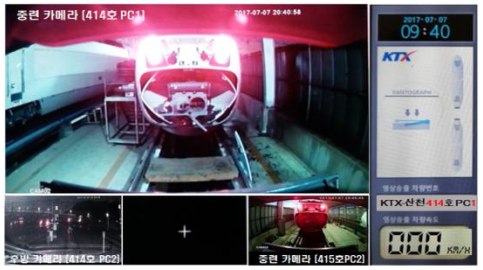




- LTE 통신으로 사용자 맞춤정보 제공(실시간 모니터링)



로컬관제실 모니터링



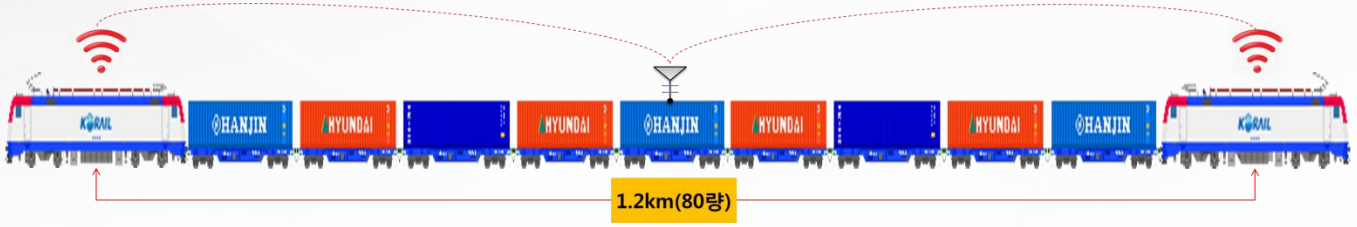
종합 모니터링

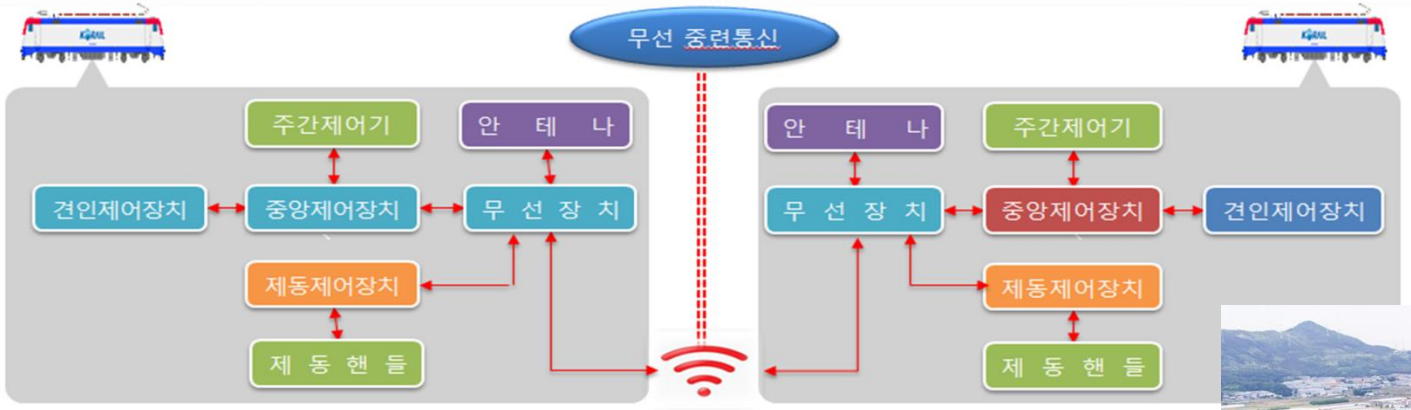


모바일 영상 전송

전기기관차 분산 중련 무선제어 기술개발

● **대용량 화물열차의 운용을 위한 전기기관차 분산 배치 운용 기술개발로**
화물 운송량의 극대화를 통한 열차운행 효율성 향상(화차 80량 연결 시운전)



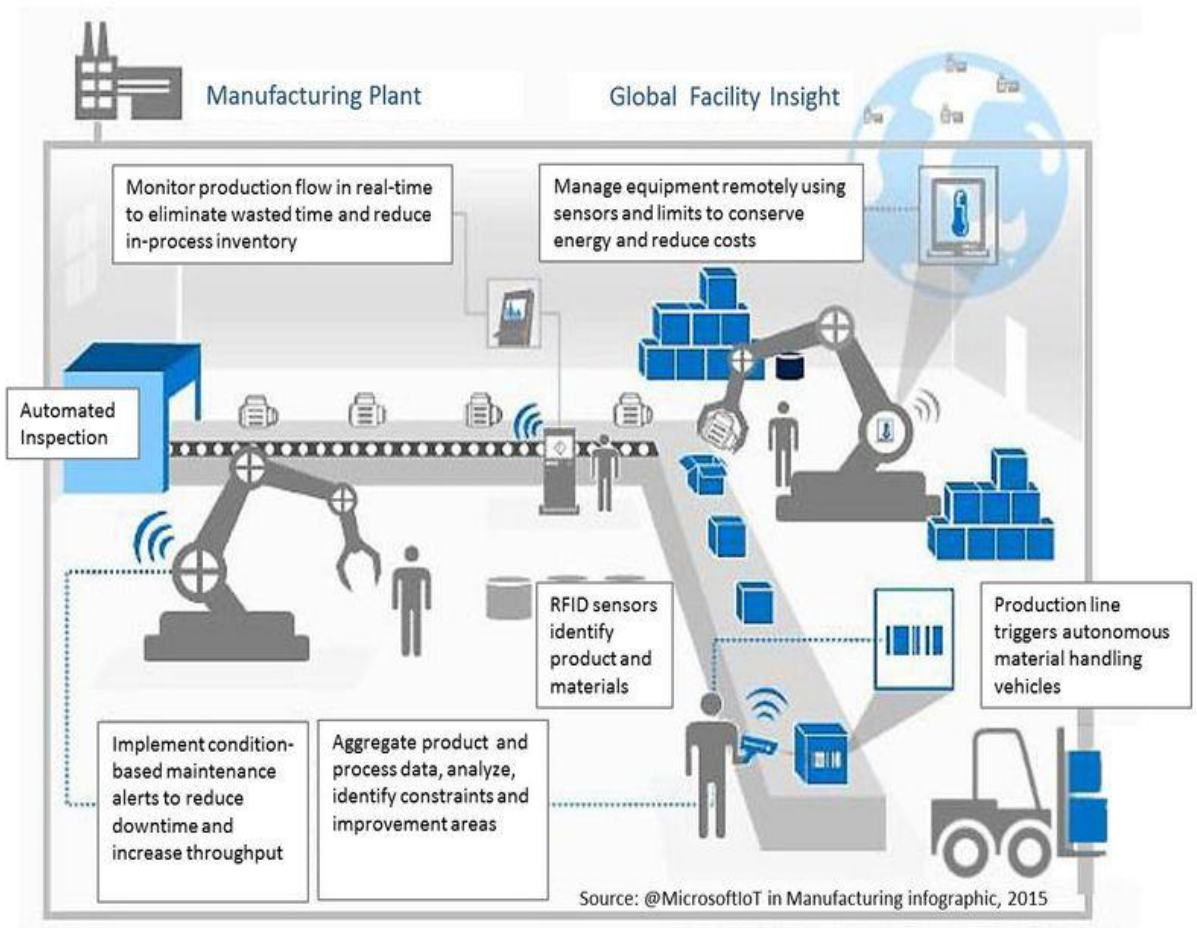




○ **(중련 제어 정보 전송방식 : wifi 적용)**

- **철도차량 및 철도운행 환경에서의 간섭에 의한 장애 극복**
  - 철도차량에 적합한 주파수 선정 → **2.4GHz/5GHz 적용**
  - 철도환경에 적합한 무선기술 적용 → **MIMO-OFDM 방식 적용**
- **철도차량간의 고 신뢰성, 안정성, 보안성 있는 데이터 송수신 기능**
  - 고 신뢰성, 안정성 데이터 전송 구현 → **주파수 및 전송경로 이중화**
  - 외부로부터의 해킹 방지 → **국정원 인증 암호화 모듈 탑재** 및 자체 프로토콜 사용

Smart Factory - 정의



<Smart Factory 개념도>

제조업의 생산 공장에서
기획 설계, 생산 공정,
유통 공급망 관리 등 제조 과정에
ICT를 적용하여 **생산성, 품질, 고객 만족도**를 향상시킨 공장

철도 접목

인력 집약적인 철도차량 정비공정을
생산성, 품질확보 기반의
차세대 철도차량 정비체계로 개선

Smart Factory - 시범구축

- 3D & 단순 업무의 로봇 등 자동화 대체





차체 도장

대차 또는 부품 블래스트

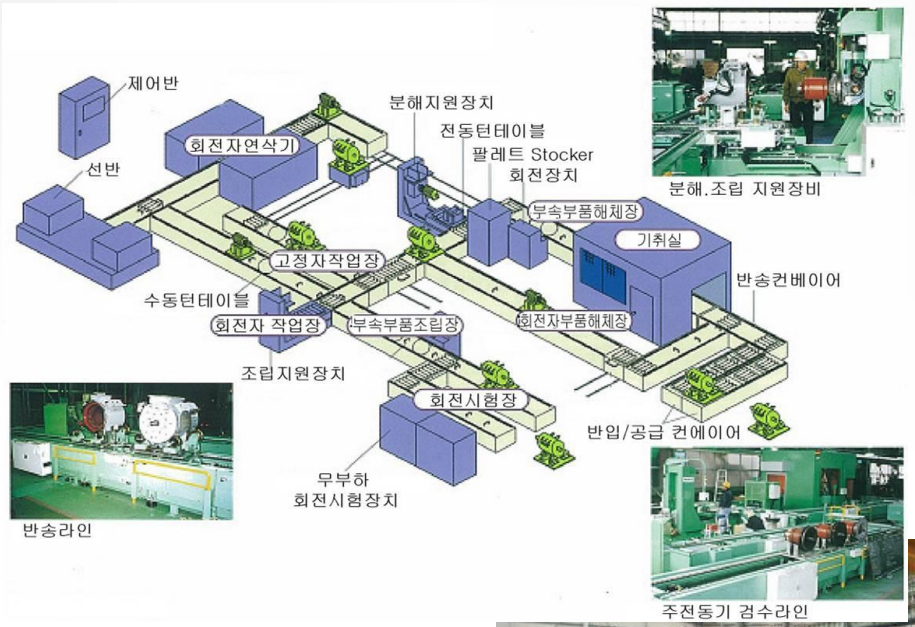
대차 또는 부품 세척

중량 부품 운반 등

… …

Smart Factory - 시범구축

● 작업장 LOSS 최적화 – Tact System



분해.조립 지원장비

반송라인

주전동기 검수라인



부품 작업장

견인전동기 작업장

베어링 작업장

트리포드 작업장

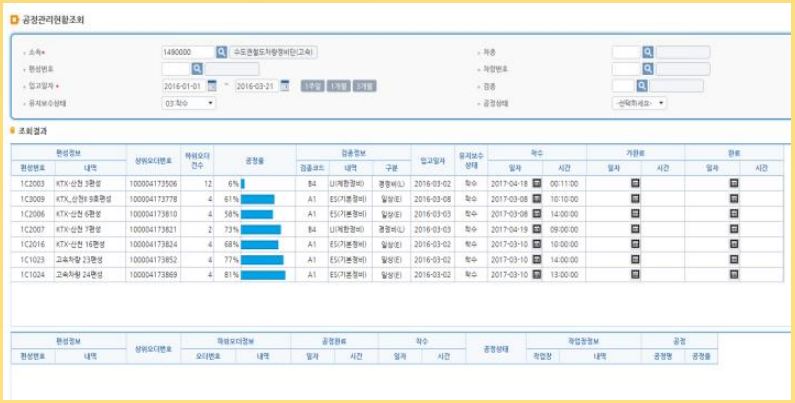
대차 윤축 작업장

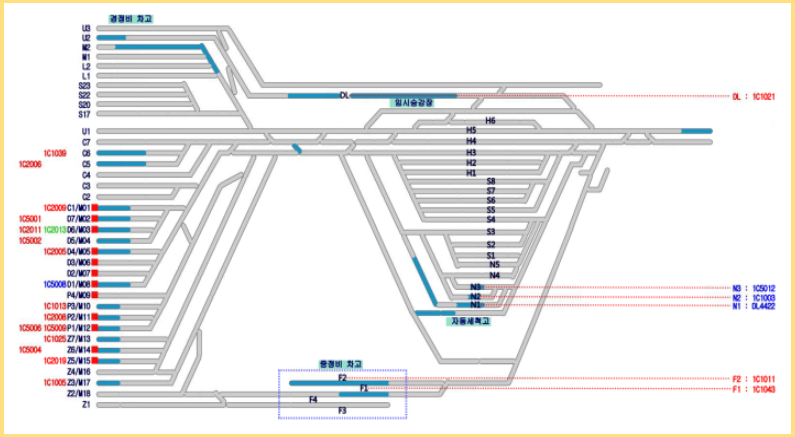
… …

Smart Factory - 시범구축

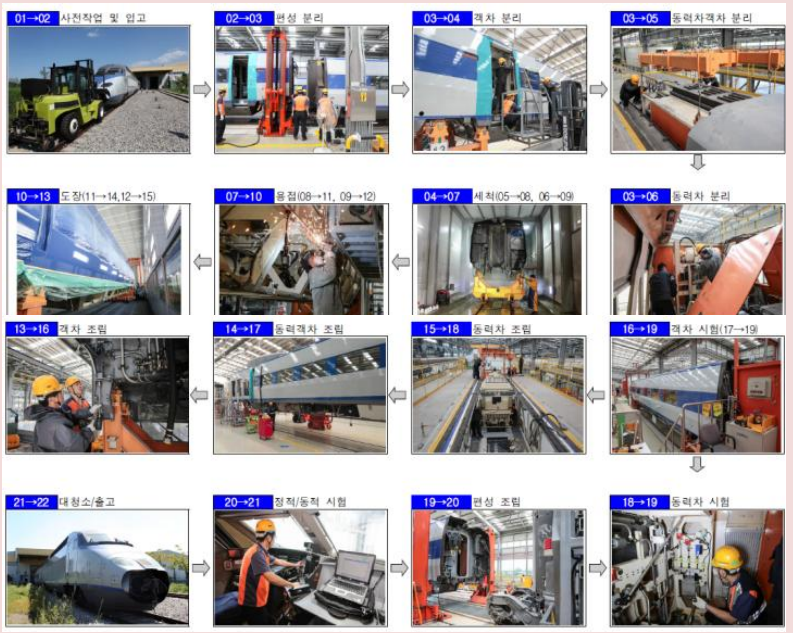
● 실시간 공정관리 시스템 구축

❖ Light Maintenance(경정비)





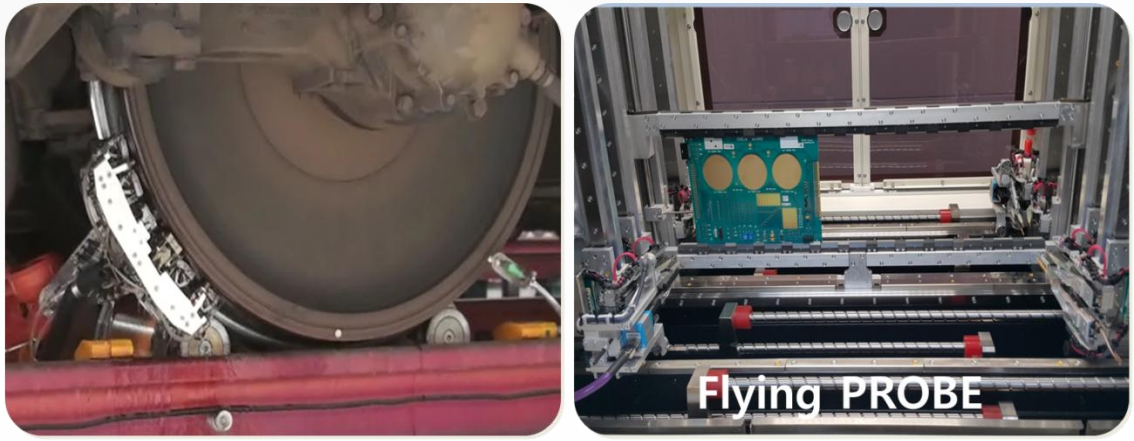
❖ Heavy Maintenance(중정비)



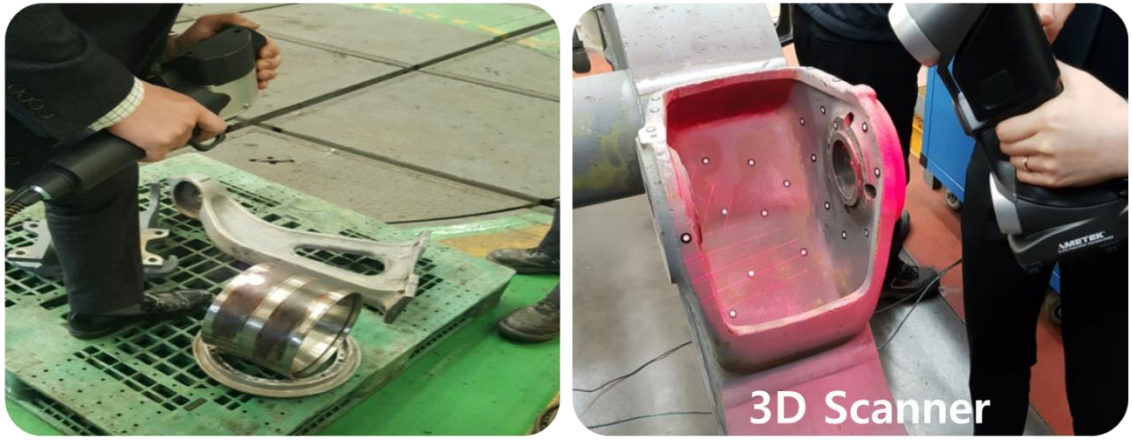


Smart Factory - 시범구축

- **첨단 시험설비 및 스마트 기술융합 확대**



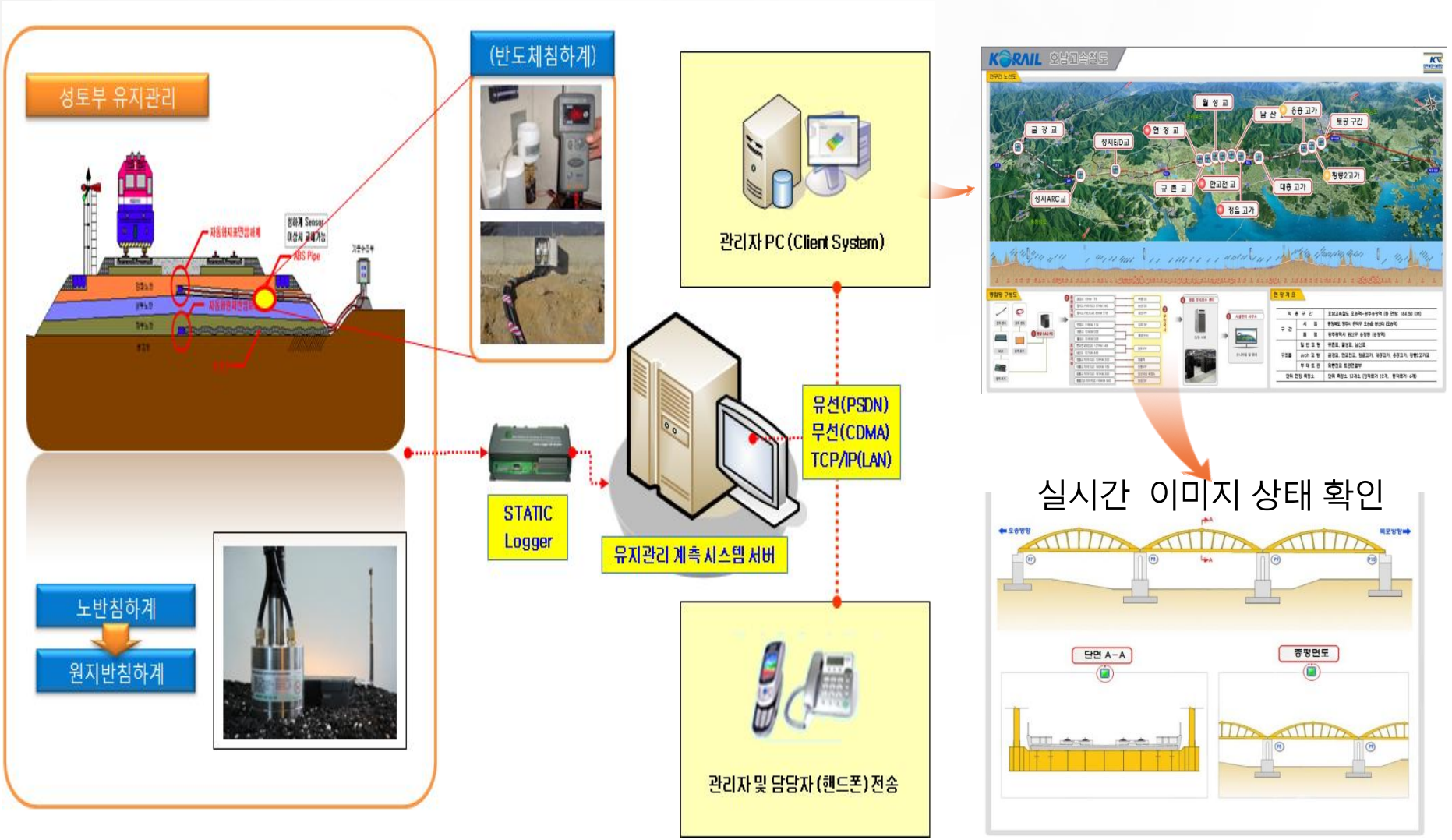
첨단 시험설비 확대



스마트 기술 융합 지속확대

IoT 기반 시설물 모니터링 시스템

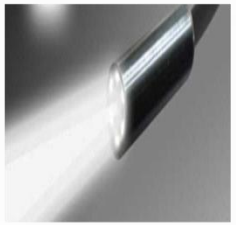
● 철도노반 구조물 계측 시스템



IoT 기반 시설물 모니터링 시스템

● 내시경 카메라 개발





조명



휴대성



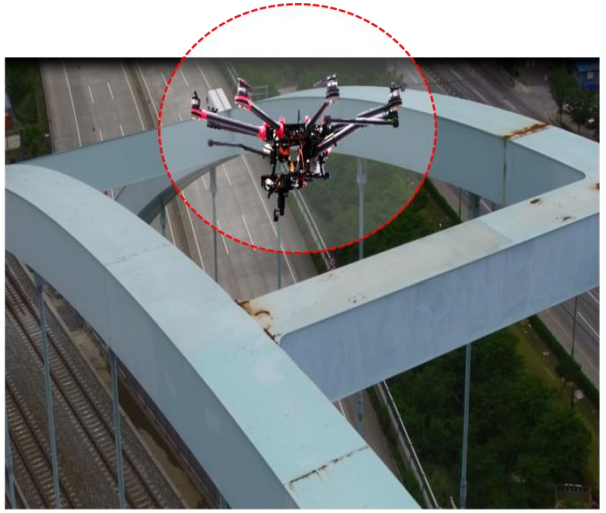
접근성

- ☑ 소구경 관로 등에 대한 정밀점검
- ☑ 해상도, 방수성, 자동보정 기능
- ☑ 태블릿 PC 등 스마트 기기 호환



● 드론 활용 구조물 점검

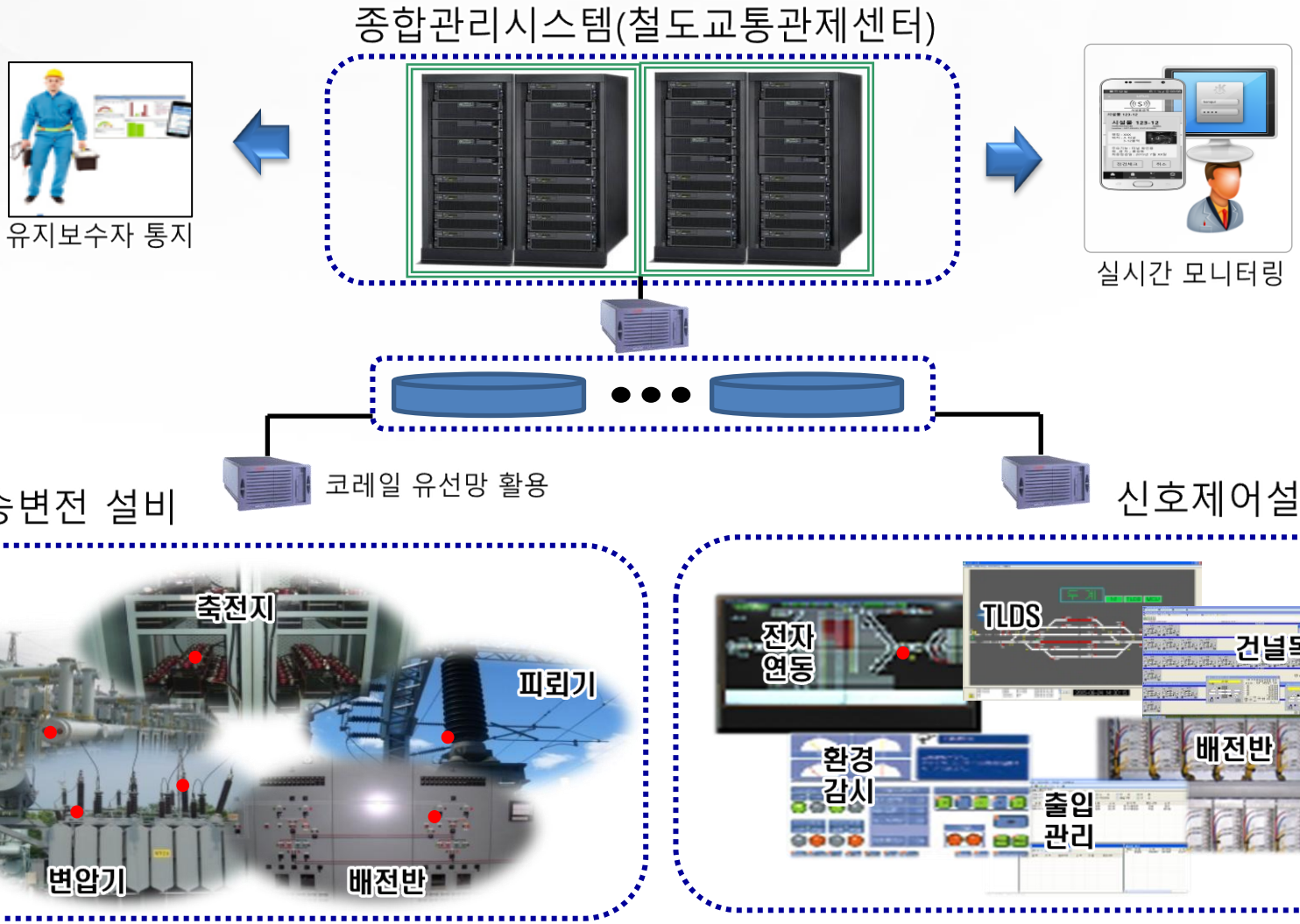




- ☑ 근접촬영으로 정밀점검
- ☑ 작업자 안전사고 예방
- ☑ 촬영정보 DB 구축

IoT 기반 시설물 모니터링 시스템

● 전기분야 원격감사시스템



4. 미래 철도 발전방향

ICT, Big Data 등을 조합한 유지보수 패러다임 전환



빅 데이터와 머신 러닝의 조합

차량분야 DB
- 운행시간
- 선구
- 차종
- 시스템
- 제작사
- 장애
- 예비품
- ...

RCM 데이터 / 유지보수기록 / 운행기록

시설분야 DB
- 시간
- 장치
- 선구
- 시스템
- 제작사
- 예비품
- ...

KTMSYS 데이터 / 유지보수기록 / 장애기록

전기분야 DB
- 시간
- 장치
- 선구
- 시스템
- 제작사
- 예비품
- ...

기술지원시스템 / 유지보수기록 / 각종원격감시시스템

무선망: LoRa, 4G LTE, Wi Fi, LTE-R

- LoRa: 넌바이털 저속데이터 (전압,전류,온도,유량 등)
- LTE: 바이털 고속데이터 (영상, 열차제어, 지진감시, HBD 등)
- Wi-Fi: 넌바이털 중속 데이터 (KTX 내/ 무인실 등 제한된 공간에서)
- LTE-R: 바이털 고속데이터 (2018년 원강선 적용 및 2025년까지 전국망 예정)

유선망(광통신/전용망)





(궤도회로) 송수신기 전압,전류

선로전환기 (모터전압,전류,제어 전압전류,전환력)



(변압기) 수분,수소,유온,온도,유량, 누유, 코일전류,피뢰기도수, 누설전류, 방전 등



(건널목원격감시) 정류기,축전기전압, 전류



(광전송설비) 광레벨값 비트오류율, 회선상태

Big Data 축적 및 활용

- 영업 : 고속, 일반, 수익, 고객, 비용, 승차율, 모바일 승차권
- 차량 : 열차, 운행속도, 부품, 정비기지, 작업자, 안전작업
- 시설 : 분기기, 이음매, 장비, 인력작업, 고속선, 기존선
- 전기 : 전차선, 조가선, 무선통신, 주파수, 신호, 전력





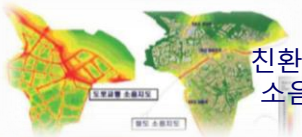
철도 미래 발전방향

4차 산업대비 철도 미래 발전방향

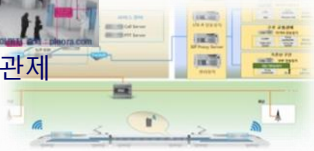
운행 안전성
철도안전, 보안기술


스마트 통합 보안


통합 스마트관제

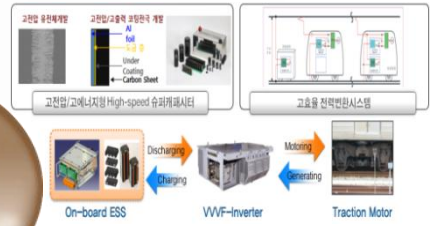

친환경 스마트 에너지
소음, 진동 통합관리


IoT, ICT기반 통합보안 기술


무선통신고도화


튜브운송 시스템

지속 가능성
고효율에너지, 친환경 기술

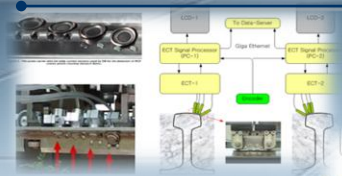


전동차 전기에너지 저장 기술


자율주행 제어


실시간 차량스캐닝

수송 효율성
대용량, 고밀도, 고속화 기술


상태진단기반 유지보수


빅데이터 기반 통합검측시스템 구축

승객 편의성
편의쾌적성 향상 기술


환승편의 향상


핵심부품 국산화

유니버셜 스마트역사 구축


로봇 서비스


증강현실

개인 맞춤형 종합정보 제공

LCC최적화 [경제성]
저비용, 고효율 철도 운영 기술

감사합니다