

철도차량 CBM 플랫폼 통합 및 관리조직 운영방안

2024. 04. 03.



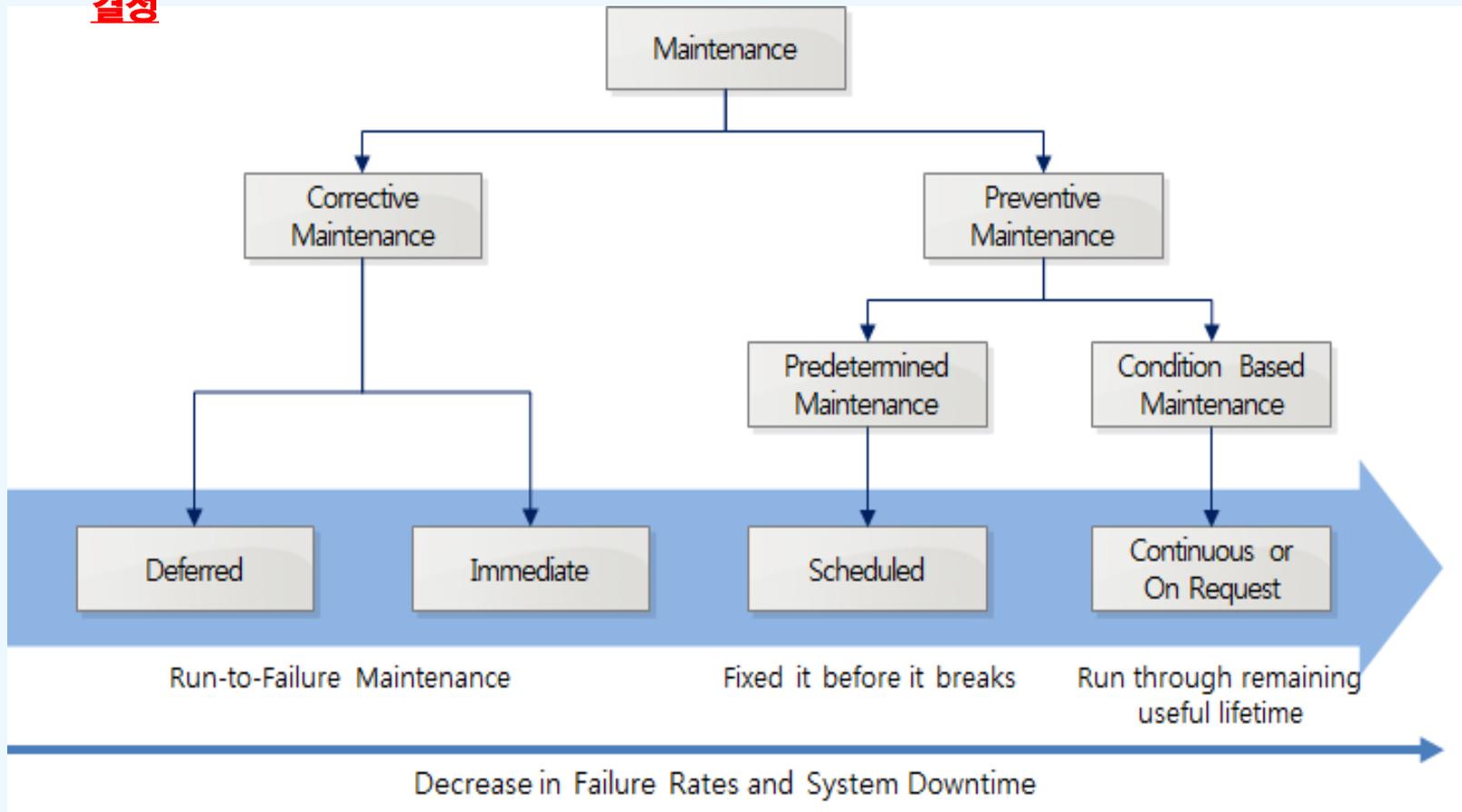
1. CBM(Condition Based Maintenance) ?
2. KORAIL의 차량상태진단시스템 ?
3. SNCF 운영사의 상태진단시스템 운영현황
4. CBM 개발 및 운영준비 추진경과
5. 사용자 중심의 CBM 플랫폼 통합관리 방안
6. 코레일형 CBM 관리조직 운영방안
7. 질의응답(Q & A)

1. CBM(Condition Based Maintenance) ?

▣ 철도차량 유지보수 구성 체계

- 고장이 발생했을 때 수리 : 일정기간 지연 후 수선, 또는 즉시 수선
- 정기적인 예방유지보수 : 일정 주기마다 정기적인 검사 또는 **상태기반 유지보수**
- 정기에방 정비는 **고장이 발생하기 이전에 부품교체**, 상태기반 정비는 **잔여수명을 감시 후 교환시점**

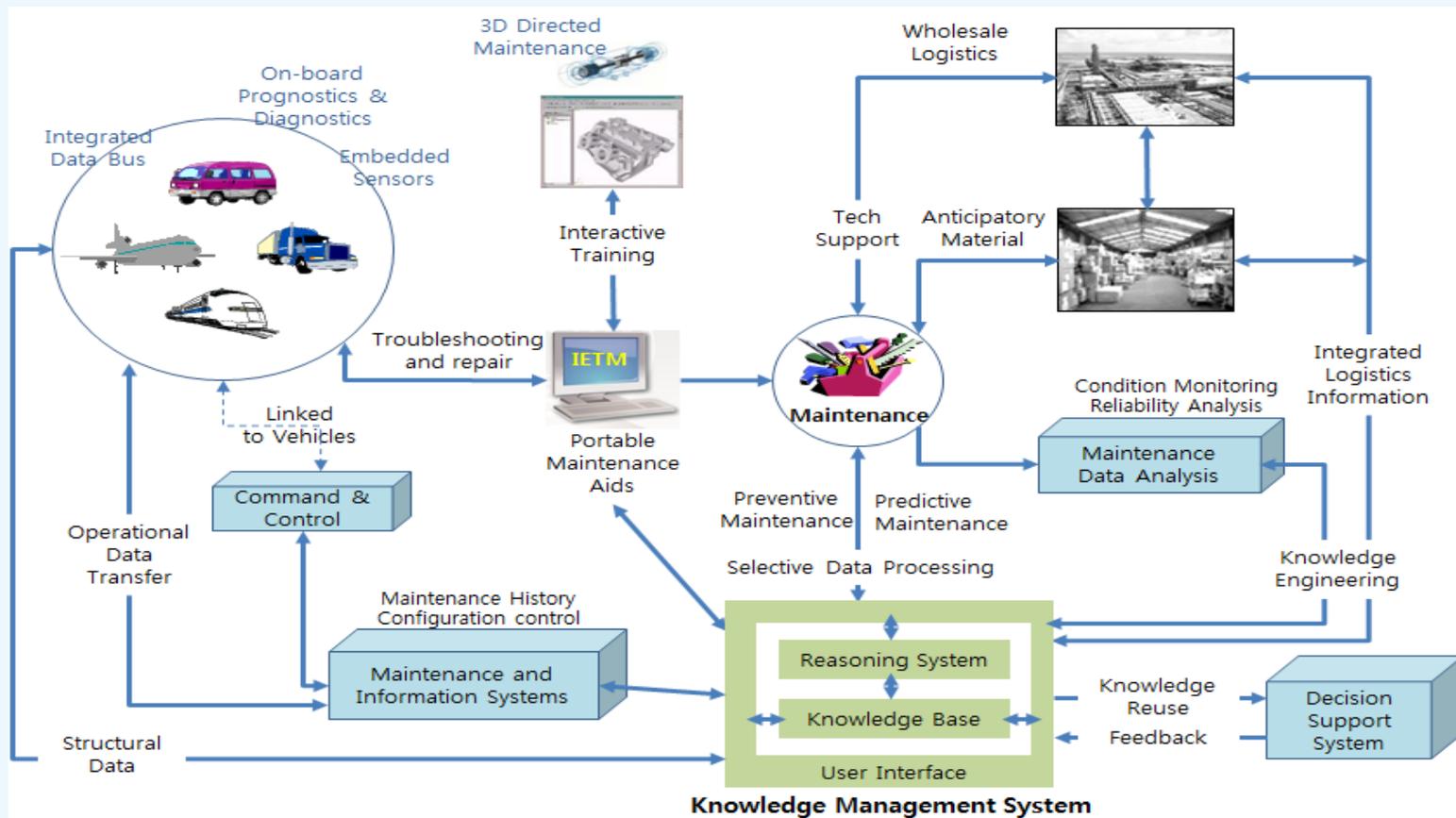
결정



1. CBM(Condition Based Maintenance) ?

■ 경험지식을 반영한 지식 통합형 CBM 구조

- 지식을 저장하고 접근하는 지식관리시스템
- 지능적 속성을 가진 지식베이스
- 현재 시스템의 상태를 평가하고 적절한 솔루션을 제안하는 추론 시스템

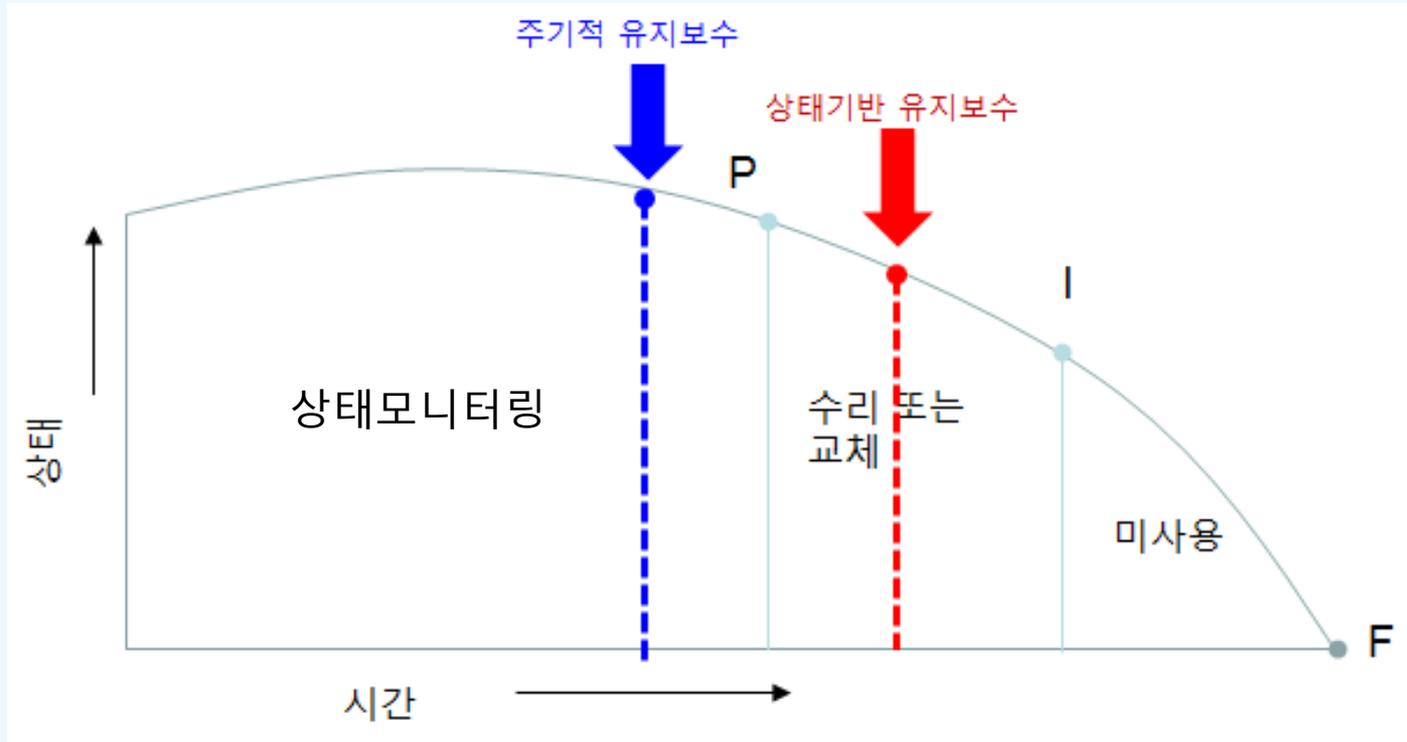


Knowledge integrated CBM+ architecture

1. CBM(Condition Based Maintenance) ?

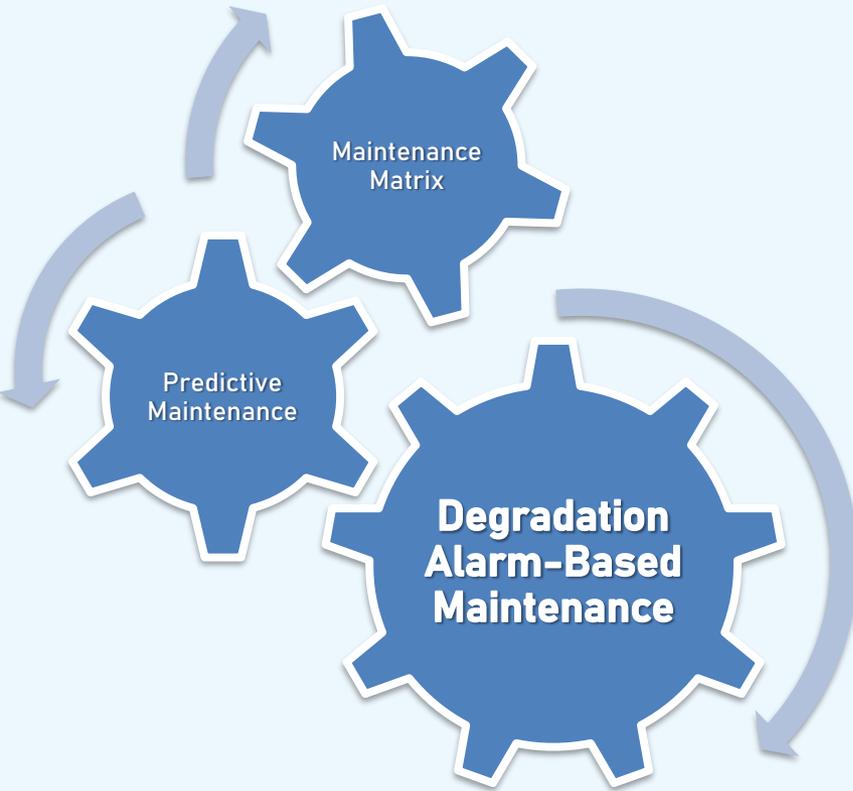
▣ 상태기반 유지보수(CBM) 구성

잠재적 파손 P (Potential Failure)
임박한 파손 I (Impending Failure)



- ☞ 철도차량의 장치 및 부품의 상태를 파악하여 부품의 수명을 예측하고 고장 전에 교환 및 수리를 하는 CBM은 철도차량의 안전성과 서비스 신뢰성, 가용성을 향상시키고 총 수명주기비용 절감

2. KORAIL의 차량상태진단시스템 ?



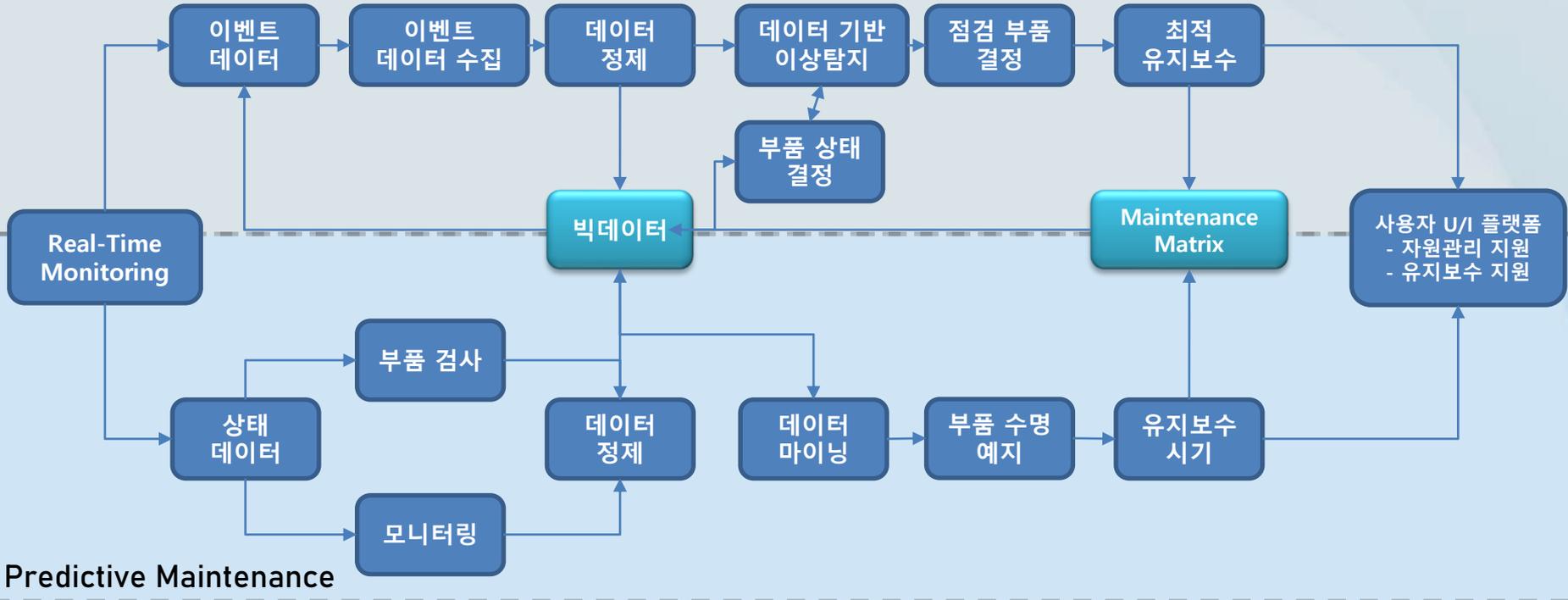
차량의 상태를 기반으로 유지보수를
진행하는

CBM 시스템의 도입과 운영

한국철도공사에 도입된 상태기반유지보수 시스템의 장기적 효율적 관리를 위해
부품의 상태 알림(Degradation Alarm-Based Maintenance),
부품의 상태 예지(Predictive Maintenance), 유지보수 행렬
[Maintenance Matrix]의
유기적 관리를 통한 운영시스템의 구축

2.1 KORAIL의 차량상태진단시스템 ?

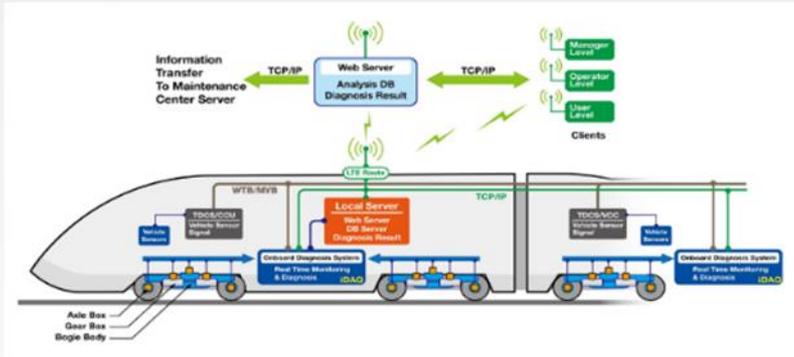
Degradation Alarm-Based Maintenance



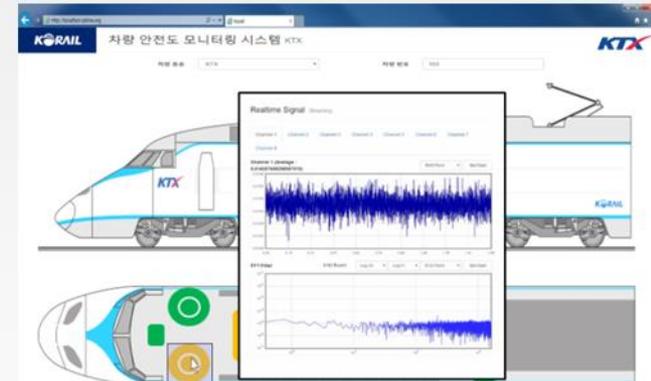
- Degradation Alarm-Based Maintenance : 이벤트 데이터(임계치 초과) 발생 시 데이터 기반 이상 탐지를 통해 최적화 된 점검 방법을 제시
- Predictive Maintenance : 차량의 상태데이터를 토대로 데이터 마이닝을 통하여 부품의 수명을 예지하여 최적화 된 유지보수 계획(유지보수 시기, 자재 수급 계획)
- Maintenance Matrix : 유지보수 정보의 수집을 통한 유지보수와 상태 변화의 상관관계 구조의 테이블 작성

2.2 고속철도차량의 차량상태진단시스템 구성

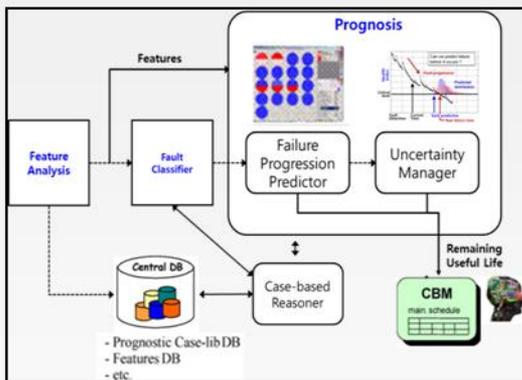
·차상 결함발생 조기검출 모듈·



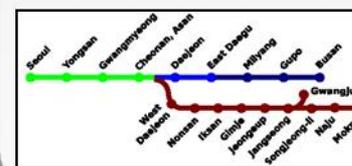
·센서모듈 관리 시스템·



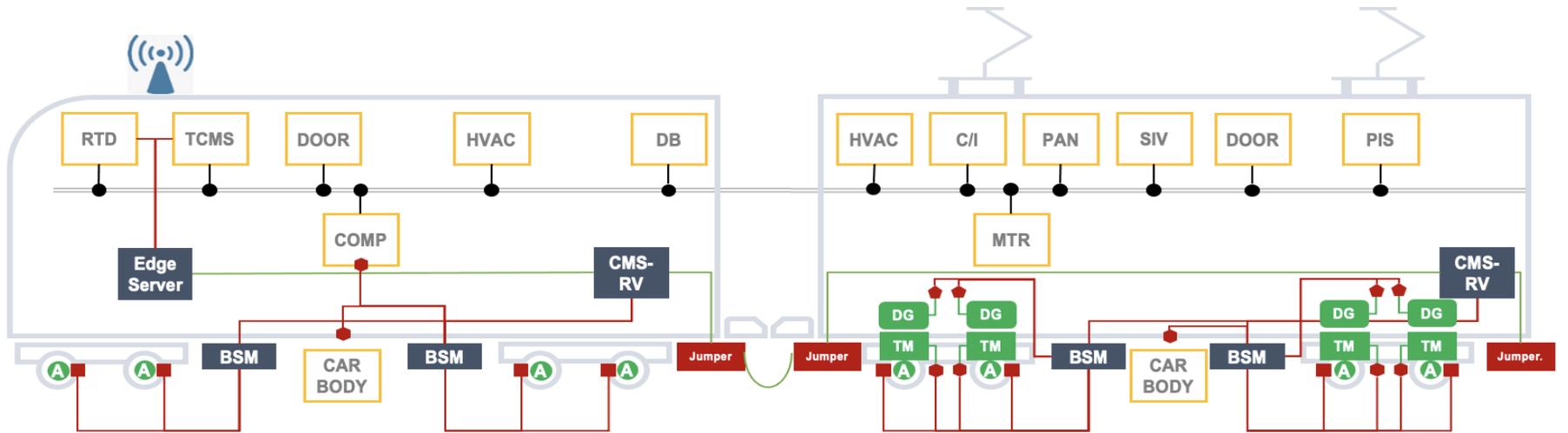
·유지보수 지원시스템·



·Testbed 운영 및 품질, 신뢰도 관리·



2.3 전동차량 상태진단 시스템 구성



구분	전동차량				일반차량		고속차량	
차종	448량 (1호선/과천 안산/분당/ 일산선)	490량 (1호선/일산선)	대구권18량, 74량 (과천 안산/ 분당선)	경춘/경의 중앙 24량	ITX-마음	디젤기관차 15량	EMU-260 84량	EMU-320 136량
도입시기	'21.12월	'23.4월	'23.12월 '24.10월	'25.4월	'23.9월	'26.10월	'25.10월	'28.3월
제작사	현대로템 (글로벌즈)	우진산전 (테마루)	현대로템 (글로벌즈)		다원시스 (다원일렉)	로만시스 (미정)	현대로템 (글로벌즈)	
적용대상	12개	12개	13개	13개	9개	4개	13개	
비고	영업운행	영업운행	차량제작	차량제작	영업운행	기본설계	상세설계	기본설계

3. SNCF 운영사의 상태진단시스템 운영현황

FLEET PERFORMANCE : 편성운용능력

To remain **competitive**, SNCF Mobility and especially Rolling Stock has to create technological ruptures to enhance its fleet performance : **(안전, Safety), (정시운행, Line Regularity) / (신뢰성, Reliability), (유지보수비, maintenance Costs), (열차와 시설물의 가용성, trains and facilities Availability).**

- A **technological rupture** is already in place on rolling stocks: (업계를 재편성할 만한 기술혁신) Franciliens, REGIOLIS and REGIO2N ; then RERNG, TGV2020: comfort, technical performances, on board computing and electronics, complexity...
- These connected trains, thanks to their network and data, offer **new levers** to optimise the maintenance, but as well to improve their performances and their operation conditions.
- For the older trains (RER Z2N, locomotives, Tram-train, Wagons, TGV), Rolling Stocks equip them in **IoT** to improve their connectivity.



- + Know the train state in real time(실시간 열차상태 인지)
- + Anticipate a failure(조기진단)
- + Supply dynamic dash boards on the trains performances(열차가동상태에서 다이나믹 대쉬보드 공급)
- + Suppress (automatise) some of the systematical preventive maintenance.(체계적 예방정비 제거(자동화))

3. SNCF 운영사의 상태진단시스템 운영현황



원격진단 및 예지 정비(정비 최적화 체인의 완성) TELEDIAGNOSTIC & PREDICTIVE MAINTENANCE A COMPLETE CHAIN FOR OPTIMIZED MAINTENANCE

CONSOLIDATE OUR FOUNDATIONS



DATA

capacité de télétransmission 4G



DATA STORAGE SERVER

데이터 저장 서버



DATA SCIENTIST ANALYSIS & ROLLING STOCK EXPERTS

(데이터분석가/차량전문가)

유지보수 시행의 심장은 데이터

- 편성의 정비, 중간관리자, 소속장의 변화관리 의지
- 유지보수 작업 전 데이터 확인 할 것
- 가용한 정보시스템의 정보를 참조

Outil de restitution des données

- 자료의 복원 틀

Processus en technicentre et STF

- 정비기지과 STF 프로세스



ADAPTED MAINTENANCE CENTER & PROCESSES

(정비프로세스 개선 시행)

TELEDIAGNOSTICS & CBM

CONNECTED TRAIN, IOT, DATA TRANSMISSION, TRACKSIDE BENCHES, "BIG DATA"

(열차 운행 데이터)

3. SNCF 운영사의 상태진단시스템 운영현황



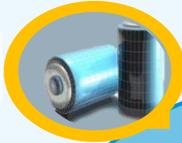
원격/예지정비 TELEDIAGNOSTIC & PREDICTIVE MAINTENANCE

사례 USE CASES

압축기 Compressor



배터리 Batteries



출입문 Doors



팬터그래프 Pantograph



승강문 스텝 Entrance St



냉난방(HVAC)



제동(Brakes)



화장실(Sanitarie facilities)



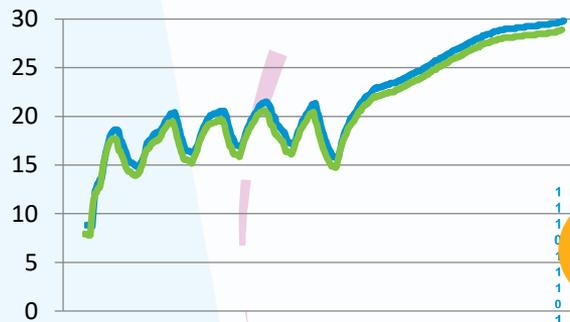
3. SNCF 운영사의 상태진단시스템 운영현황

원격/예지정비 TELEDIAGNOSTIC & PREDICTIVE MAINTENANCE

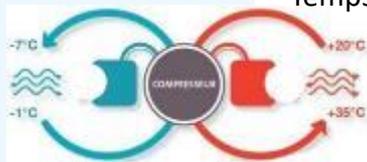
HEATING , VENTILATION and COOLING

- + 겨울과 여름이 오기 전에 각 기능상태 자동점검
- + 정비기지에서 필요한 장치 사전 교체
- + 정비시간 90% 감소 효과
- + 열차 승차감 개선
- + 모든 객실의 온도를 실시간으로 측정 관리

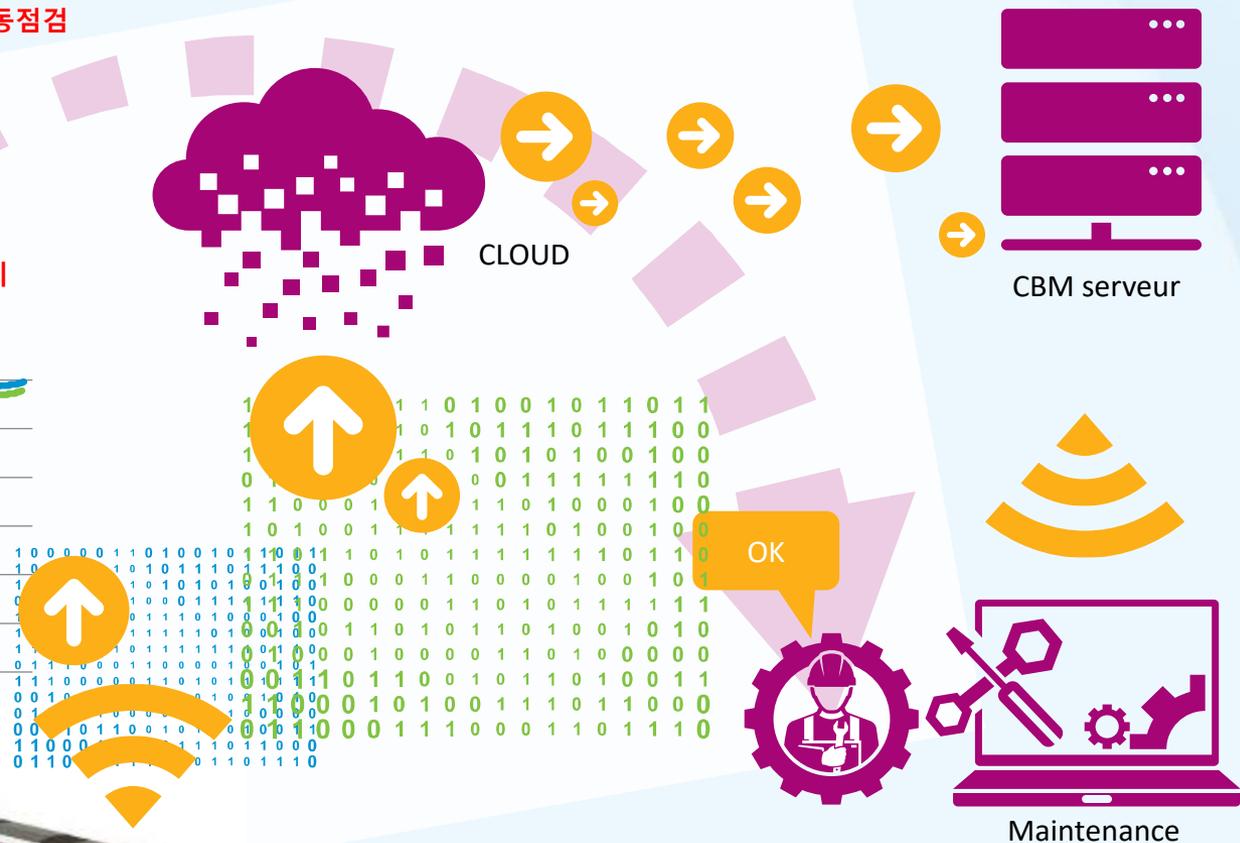
Temperature (°C)



Temps (CS)



HVAC



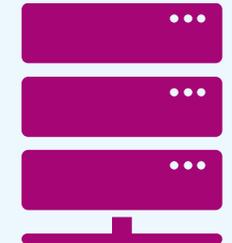
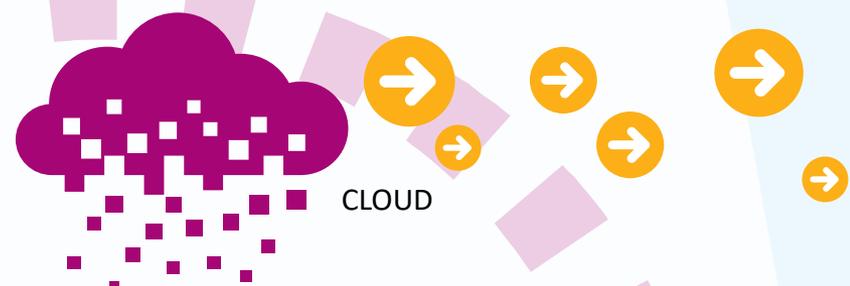
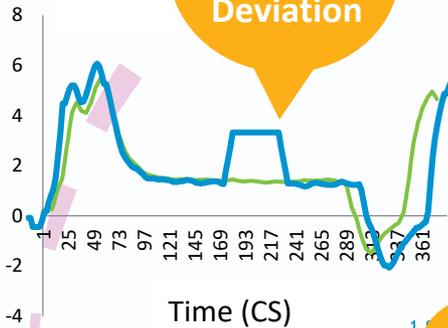
3. SNCF 운영사의 상태진단시스템 운영현황

원격/예지정비 TELEDIAGNOSTIC & PREDICTIVE MAINTENANCE

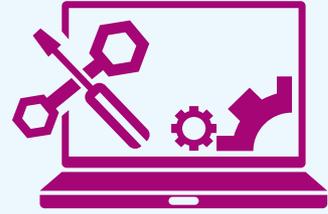
PASSENGER ACCESS

- + 데이터 추적성을 포함하여 예방정비 모듈의 자동 점검 프로세스
- + 정비소요시간 45% 감축, 정비기지 편성 유치시간 4,700 시간 감소 효과
- + 차량기지 정비인력 교대근무 8시간 2교대 감소 효과
- + 모든 승강문의 정확한 동작상태를 실시간으로 연속적 감시 가능

Current (A)



도어 조인트 문제해결
Problem with the door joint



Maintenance



3. SNCF 운영사의 상태진단시스템 운영현황

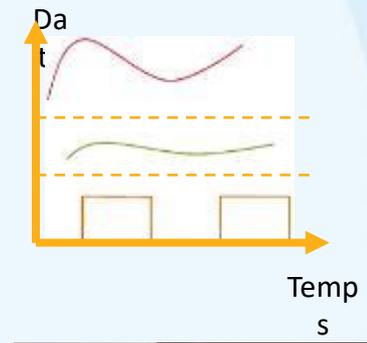
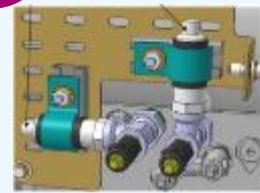
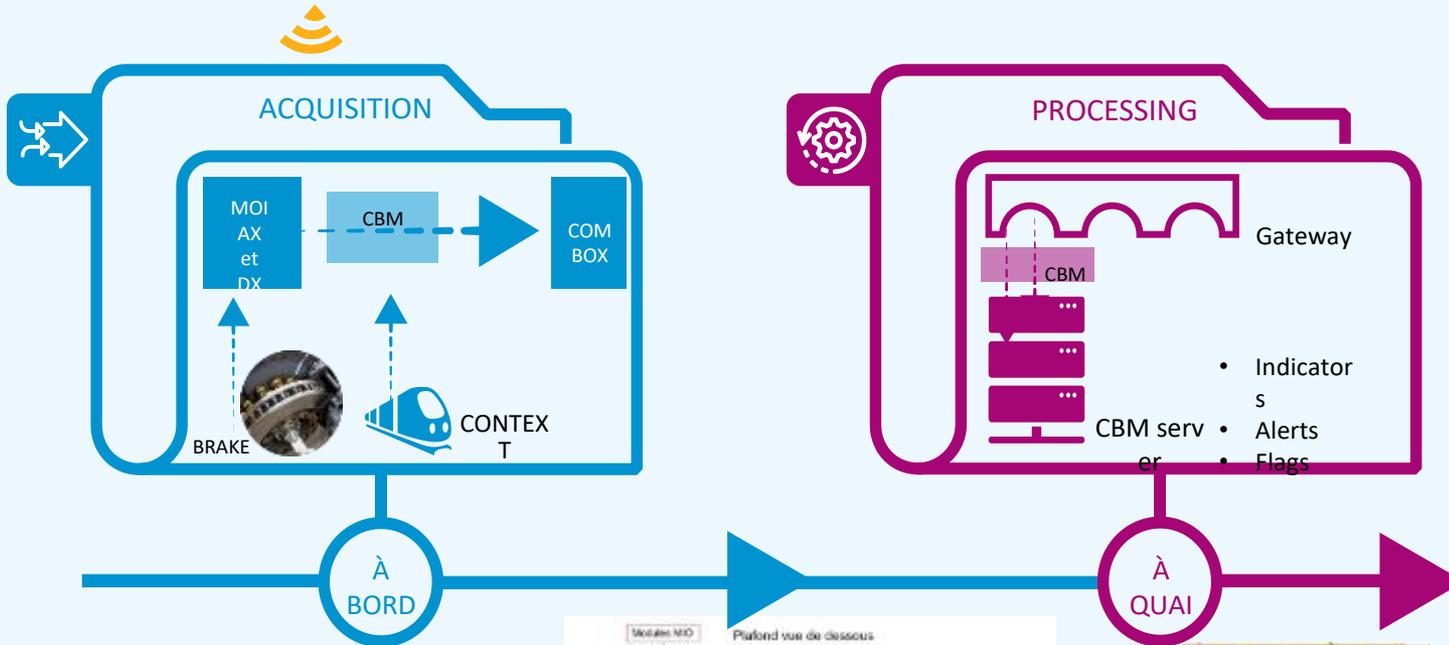
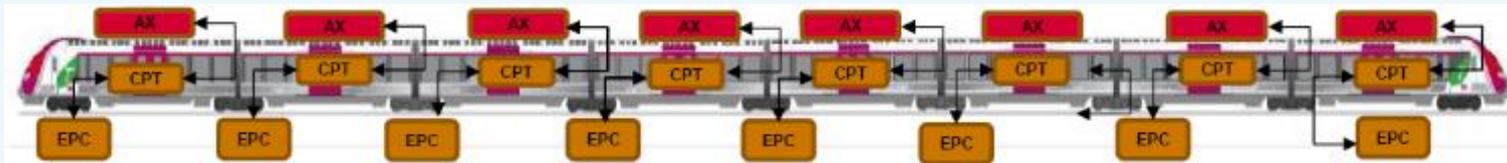
원격/예지정비 TELEDIAGNOSTIC & PREDICTIVE MAINTENANCE

PANTOGRAPH



3. SNCF 운영사의 상태진단시스템 운영현황

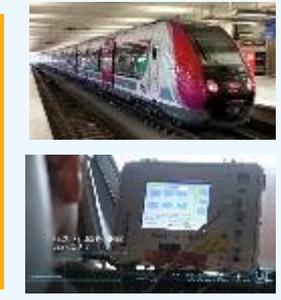
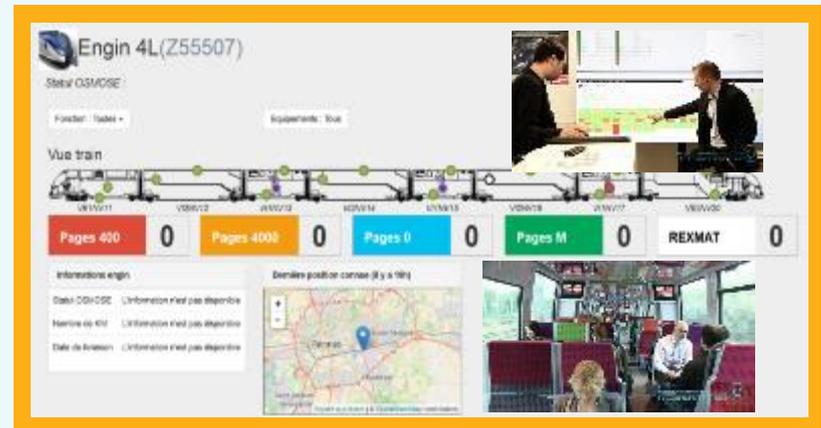
원격/예지정비 TELEDIAGNOSTIC & PREDICTIVE MAINTENANCE BRAKES



3. SNCF 운영사의 상태진단시스템 운영현황

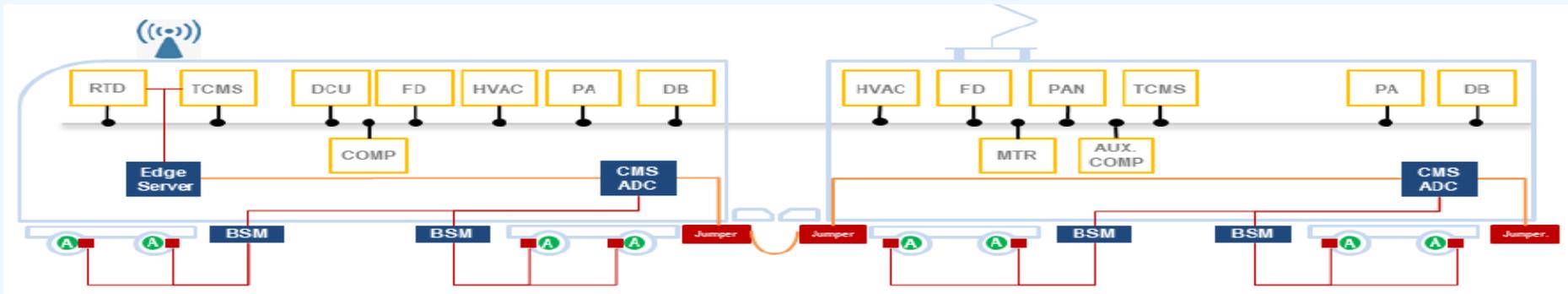


원격/예지정비 TELEDIAGNOSTIC & PREDICTIVE MAINTENANCE



▣ 차상 CBM 시스템 구성(전동차량 사례)

구분	수량 (10량 1편성)	주요기능
엣지서버 (Edge Server)	2	· CBM/TCMS 데이터 저장, RTD를 통해 지상으로 전송
상태정보수집장치 (CMS-RV)	10	· 차량 별 데이터 수집, 이더넷 스위치(독립망 구성)
대차정보수집장치 (BSM)	20	· 대차 CBM 데이터 수집, 아날로그-디지털 변환 등 (차축베어링, 견인전동기, 드라이빙 기어)
센서	-	· 장치 별 데이터(온도, 진동, 압력, 전류 등) 획득

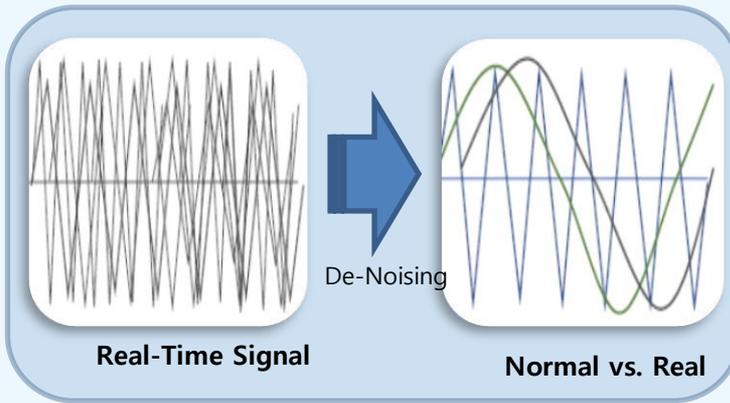


4. CBM 개발 및 운영준비 추진경과

▣ 차상 CBM 시스템 센서 정보 모니터링으로 데이터 기반의 이상 탐지



차축베어링 리테이너 파손 발생



- 물리적 특성 분석
- 고장데이터 분석
- 장치별 상관 관계

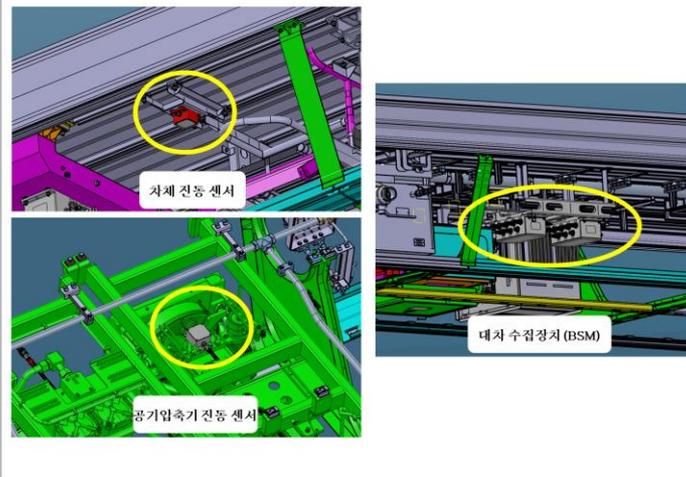


- 이상탐지 기준값 정립 방안
 - 초기 : 장치의 물리적 특성을 통한 이상탐지 기준 도출
 - 중기 : 고장 발생시의 데이터를 토대로 전조 증상의 확보 및 검지 기준 보완
 - 후기 : 전조 증상 데이터의 충분한 확보 후 데이터를 토대로 다른 장치와의 상관관계 확보하여 복합적 이상탐지 기준 보완
- * 물리적 특성, 장치별 상관관계에 대한 지식을 지닌 전문가 확보 시 보다 빠르게 신뢰성 있는 이상탐지 기준값 확보 가능
- 이상탐지 기준값은 CBM 데이터의 확보에 따라 분석 및 보완
 - * CBM시스템의 신뢰성 있는 활용을 위해서는 데이터의 꾸준한 분석과 보완 필요
- 이상탐지 기준값의 변경 시 통계분석을 통해 최적화된 값 산출 필요
- ※ 필수 인력
 - 철도차량 유지보수 전문가, 기계 전문가, 전기(전자) 전문가, 통계 분석 전문가

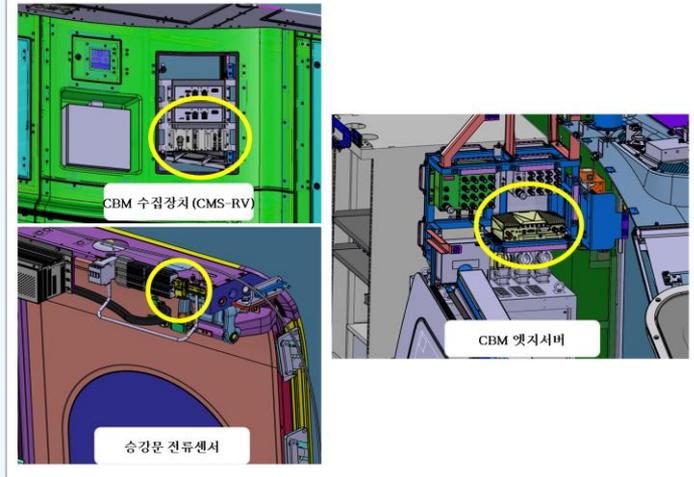
4. CBM 개발 및 운영준비 추진경과

▣ 차상 CBM 시스템 센서 설치

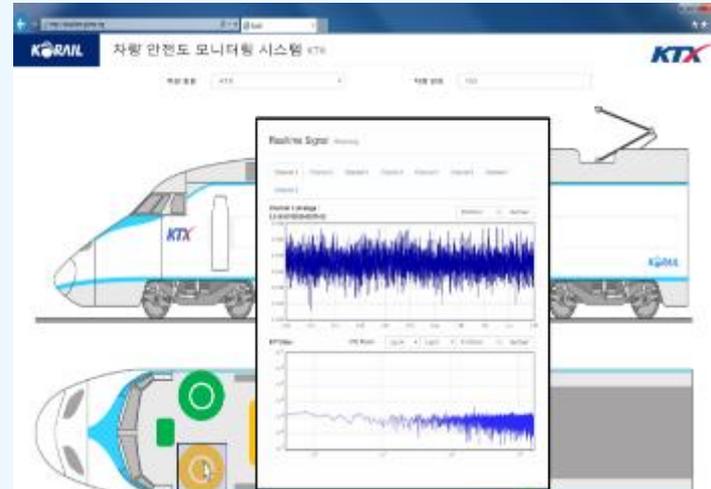
차량 설계
(언더프레임)



차량 설계
(실내)



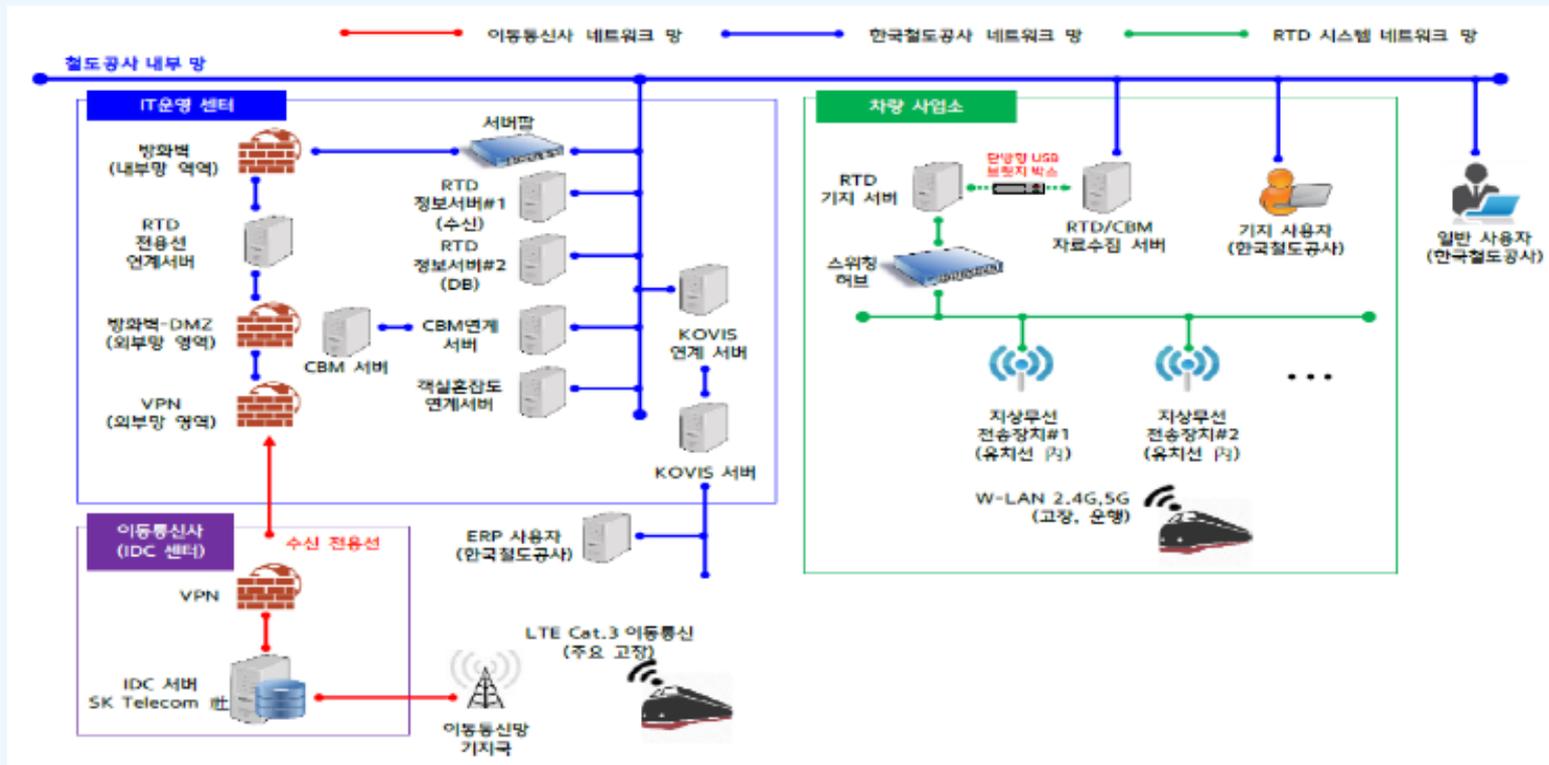
차량 설계
(대차)



4. CBM 개발 및 운영준비 추진경과

▣ 지상 CBM 시스템

구분	서버종류	주요기능
IT운영센터	데이터저장/연계서버	<ul style="list-style-type: none"> · 데이터 저장/분석/현시 (빅데이터 플랫폼 적용) · KOVIS 연계서버 구현(CBM 진단코드 연계)
차량사업소	기지/수집서버	<ul style="list-style-type: none"> · WIFI 망을 통한 데이터 획득 → IT운영센터 전달



4. CBM 개발 및 운영준비 추진경과

▣ 부품수명 예지를 통한 최적 유지보수 시기 예측

상태데이터

데이터 정제

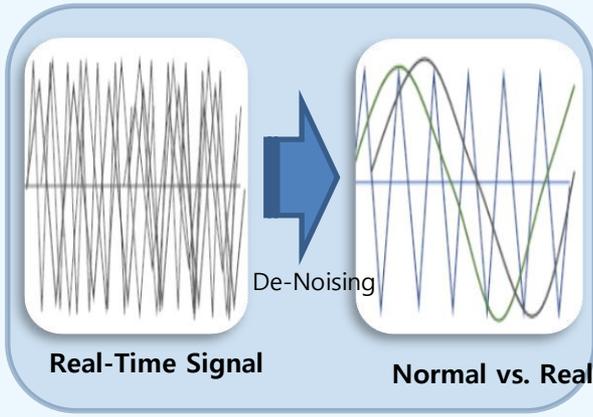
데이터 전송(빅데이터)

데이터 마이닝

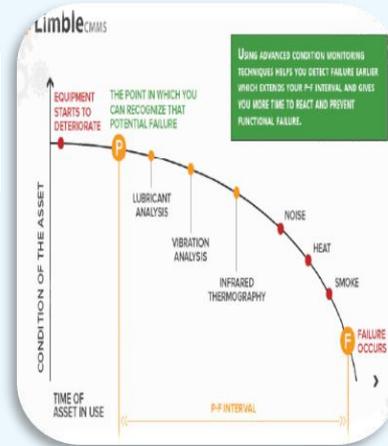
부품수명 예지

유지보수 시기

최적 유지보수



Physics-Based Model
Machine learning, Deep learning



상태 예지를 통한 유지보수(Predictive Maintenance) 시 예지를 위한 데이터마이닝이 필요하며 철도공사의 경우 제작사별 다른 데이터마이닝 알고리즘으로 개발되어 표준화 시킬 수 있는 방안이 필요

- * 데이터 마이닝 : 데이터 베이스 내에 어떤 방법에 의해 관심 있는 지식을 찾아내는 방법을 말하며, CBM은 부품수명 예지값을 얻기 위해 활용
- * 현대로템 : Physics-Based Model, 우진산전 : Machine learning, Deep learning
- 해결방안 : 도출된 각 사의 수명 예지 값을 활용하며 예지 값의 편차를 줄이기 위해 Maintenance Matrix 시스템을 신규 개발
 - * Maintenance Matrix : 도출된 양 사의 예지 값의 편차를 줄이기 위해 보정을 지원하는 테이블 구조, 장치의 물리적 특성이 다르지 않은 점에 착안
 - * 데이터 구조 전문가와 소프트웨어 전문가 양성 필요, 도출된 값에 대한 처리 및 보정을 위한 API 개발 필요
- 상태예지 시 외부 환경(계절적 요인)등에 따른 인자 추가 필요
- ※ 필수 인력 : 소프트웨어 전문가, 데이터 구조 전문가, 통계 전문가

5. 사용자 중심의 CBM 플랫폼 통합관리 방안



사용자 플랫폼(신규)

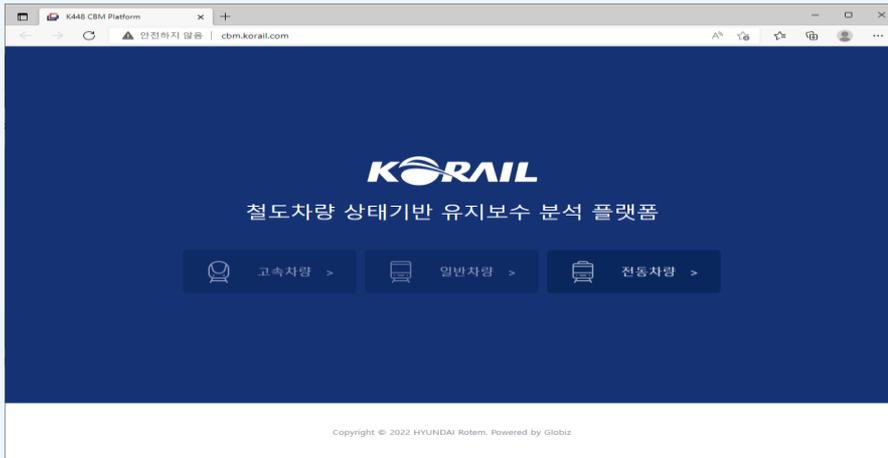
CBM U/I 플랫폼은 CBM을 통해 분석된 데이터를 토대로 사용자에게 최적화된 유지보수를 지원하는 기능을 함

- 사용자 편의성 개선 방안
 - 기존 제작사에서 납품한 플랫폼은 데이터 분석용 플랫폼으로 활용
 - 사용자에게 최적화된 플랫폼의 신규 개발
 - * 공사의 기존 ERP와의 연결을 위한 RFC(Remote Function Call), 제작사의 DB 접근을 위한 API(Application Programming Interface) 개발 진행
 - 사용자 플랫폼 기능
 - 차량 요약정보 출력, 유지보수 계획 출력, 자재관리 계획 출력, 차량점검 메일링 기능
 - * 공사 자체 메일링 API 기능 활용
- ※ 차량 유지보수 기록의 경우 KOVIS등록을 활용할지 플랫폼을 활용할지는 논의 필요

5. 사용자 중심의 CBM 플랫폼 통합관리 방안



통합 플랫폼



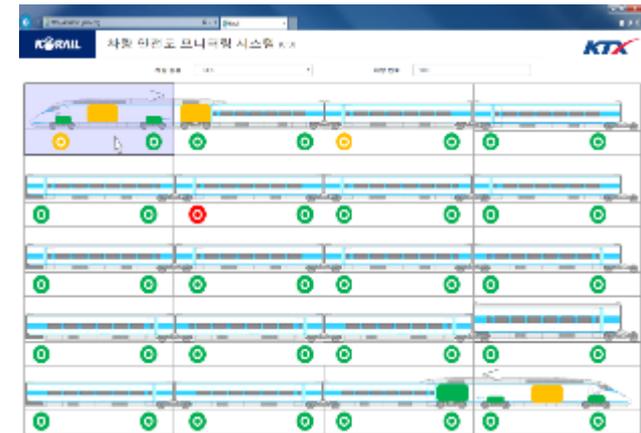
전체적인 편성의 상태를 한눈에 확인 가능



차량상태 종합 DISPLAY



<전체 편성 상태정보 현시 화면>

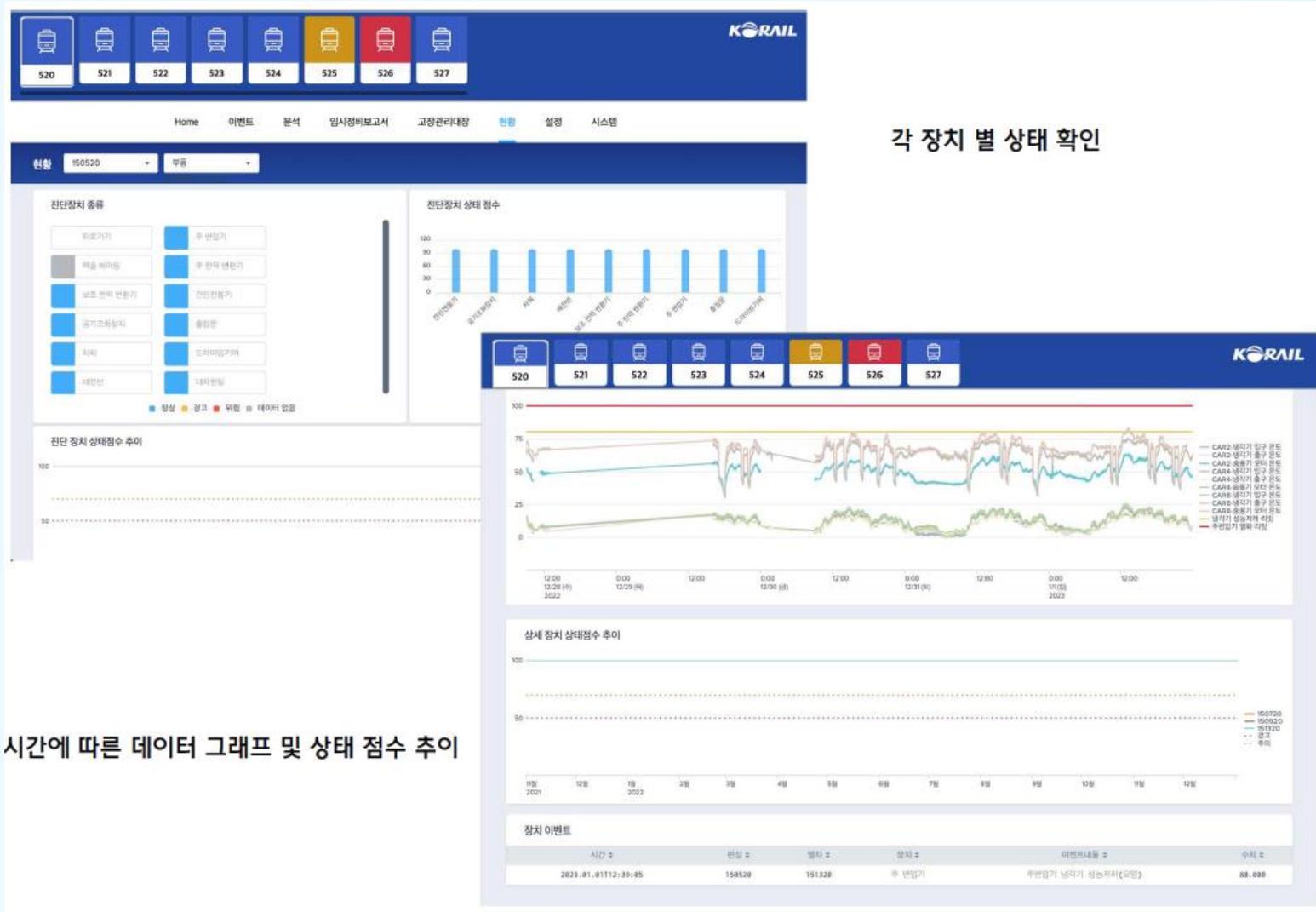


<편성별 상태정보 현시 화면>

5. 사용자 중심의 CBM 플랫폼 통합관리 방안



▣ 분석 프로그램 구현(현황)



시간에 따른 데이터 그래프 및 상태 점수 추이

각 장치 별 상태 확인

▣ 정비 정책의 변화

- ◆ **예방유지보수 및 고장수리체계 즉 TBM에서 상태진단유지보수(CBM)와 예지정비 체계로 전환 중**
 - **인력운영(목표): (현재) 예방정비 100% → CBM 분석인력(50%) + 예방정비(50%)**
- ◆ **(유지보수매뉴얼 혁신) 신조 고속차량 유지보수 매뉴얼의 CBM체계 전환**
 - **CBM도입으로 유지보수 상태분석 후 처방전 발행하듯 정비체계 변화**
- ◆ **(디지털 혁신) FWTS+RTD+CBM을 활용한 디지털 유지보수 체계**
 - (FWTS) KTX, 산천, 원강, SRT 등 고장코드 무선전송시스템 활용 실시간 차량상태 모니터링 및 분석
 - (RTD) EMU-260, 320 등의 차량상태 무선전송시스템을 활용하여 차량상태 실시간 모니터링 및 분석
 - (CBM) EMU-260, 320고속차량의 차량상태, 이상상태, 고장추이, 수명연장 등을 유지보수 비용 절감

6. 코레일형 CBM 관리조직 운영방안

▣ CBM 검증 프로세스

- ◆ (CBM 추진계획) 제작사 기준치 설정(인수단계) → 설정 기준치 정합성 검증 및 튜닝(하자기간) → 적정 기준치 제시 및 부품수명 주기 재설정, 유지보수 매뉴얼 반영(하자 완료전까지) → CBM 운영 및 분석(하자종료 후~)

구분	인수시점	하자보증 기간	하자보증 이후
Action	<ul style="list-style-type: none"> · 센서/데이터 정합성검증 · 시스템 안정화 	<ul style="list-style-type: none"> · 모델 학습(3Y), 검증(1Y) · 성능평가 결과 제시 · 유지보수 대체항목 도출 	<ul style="list-style-type: none"> · 모델 최적화(hyper Parameter) · 성능평가척도 최적화 · 유지보수 시기 결정
주관	제작사	공사, 제작사	공사
기간	-	4년	-

▣ 운영 준비(협조) 사항

- CBM 대상항목 선정기준 및 표준설정(차량기술센터)
- 주관부서(사업소) 담당자 지정, 인수시점 CBM 전문인력 양성(주관부서)

* 전문인력 : CBM 모델 최적화, 유지보수 결정, 공사 유지보수 체계 수립 등

6. 코레일형 CBM 관리조직 운영방안



▣ CBM 관리 및 운영방안

2024년	2025 ~ 2026년	2027년 ~
<ul style="list-style-type: none">◦ CBM T/F팀 구성 운영<ul style="list-style-type: none">- 중장기 CBM 구축 계획 수립- CBM 전문가 양성- CBM 시스템 확장성 확보<ul style="list-style-type: none">☑ 알고리즘 확보☑ KOVIS 등 연계 기능 확보☑ 관리기준 수립- CBM 시스템 구조 설계<ul style="list-style-type: none">☑ UI 플랫폼 기능 구현☑ 센서 유지보수기준 수립 ◦ CBM 플랫폼 구성관리<ul style="list-style-type: none">- 종별 데이터 정합성 검토 및 관리기준 결정- 실시간 운행상태모니터링	<ul style="list-style-type: none">◦ CBM 데이터 분석 프로그램◦ 신뢰성(정합성) 검증<ul style="list-style-type: none">- 알고리즘 수명 예측 검증- 데이터 임계점 검증- 하이퍼 파라미터 검증 ◦ 유지보수 활용성 검증<ul style="list-style-type: none">- 기존 TBM 방식과 비교- 단위부품 수명시험 ◦ CBM 시스템의 물리적/구조적 신뢰성 검증<ul style="list-style-type: none">- 법령, 사규, 관리 프로세스 등- 관리시스템(S/W, H/W)	<ul style="list-style-type: none">◦ 유지보수기준 제정◦ 유지보수 매뉴얼 제정◦ 사용자 교육◦ CBM 유지보수체계 전환<ul style="list-style-type: none">- 선도 차종(전동차) 노하우 바탕으로 타 차종 전환◦ 안정화<ul style="list-style-type: none">- 지속적 모니터링 통해 개선

▣ 운영 준비(협조) 사항

- ◆ 고속차량 CBM 정비체계 전환 대비 자체 교육 시행(정비단별)
 - ◆ 자문결과에 대한 CBM 추진 대책 및 유지보수매뉴얼 반영 검토(본사)
 - ◆ CBM 시스템 위탁교육 및 전문가 양성 추진(본사방침 수립예정)
 - ◆ CBM 정비체계 구축을 위한 담당자 회의 시행(매월)
 - 공사, 제작사 합동 CBM 정비체계 구축을 위한 TF회의 시행
- * CBM 플랫폼 구축, 유지보수매뉴얼 개선, 유지보수 데이터 정합성 확보 등

▣ CBM 관리 성공요건

- ◆ 시계열데이터(센싱)의 차상, 지상간 통신속도와 처리속도에 대한 **명확한 요구사항**이 정의되어 있어야 함
- ◆ 필드의 고장별 진단과 잔여수명 예측 알고리즘에 대한 지속가능한 업데이트 및 관리를 위해서는 **내/외부 전문가 그룹을 구성**하고 지금부터 **체계적인 교육을 시행**하여야 함
- ◆ 모든 장치에 CBM시스템을 구축하는 것은 현실적으로 불가능하므로 현재 구축중인 CBM시스템의 **센서의 신뢰성 확보, 데이터의 정합성을 확보하고 머신러닝, AI기능 등 스마트한 방법을 유지보수에 활용** 필요

경청해 주셔서 감사합니다.

