

# 스마트팩토리 시대 설비관리 추진전략

도전의 서막

## 2일차

스마트팩토리연구소  
정일영 소장



- 4차 산업혁명이란?
- 4차 산업혁명의 목적은?
- 창의란 무엇인가?
- 문제해결에서 가장 중요한 것은 문제의 본질 파악이다.
- 설비 고장의 근본적인 원인은 스트레스다.
- 전략 없는 예지보전은 버려라.
- 설비관리의 기본인 예방정비가 중요하다.



yesterday

# 지식답습

40~50년 된 대한민국 기업에서 우선적으로 버려야 할 한가지가 지식답습이다.  
이 또한 창의를 가로막고 있다.



# AICBM




# Smart Factory

스마트팩토리를

기술로 접근을 한다면,

어떤 기술부터 고민을 했어야 하는가?





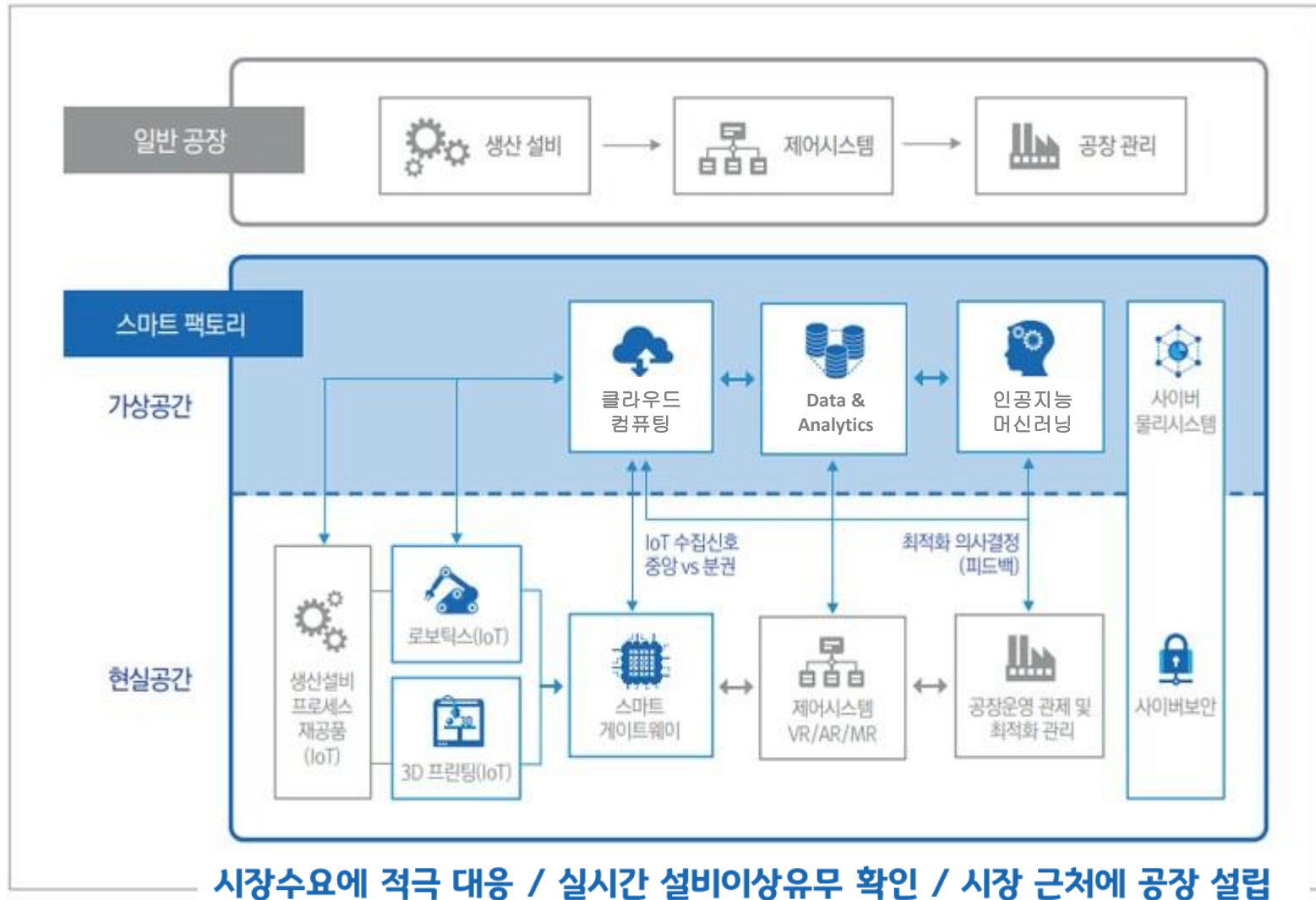
『로봇, 의료기기 등  
물리적인 실제의 시스템과  
사이버 공간의 소프트웨어 및  
주변 환경을 실시간으로  
통합하는 시스템』

- 정보통신정책연구원

**CPS**, Cyber Physical System (가상물리시스템)

# CPS, Cyber Physical System

## » 일반공장과 스마트팩토리 비교



A person wearing a dark hooded sweatshirt and a blue backpack is standing in a doorway at night. The person's face is obscured by the hood. The background shows a brightly lit interior space, possibly a hallway or a room, with warm yellow lights. The overall mood is mysterious and urban.

**ADIDAS**  
Speed Factory

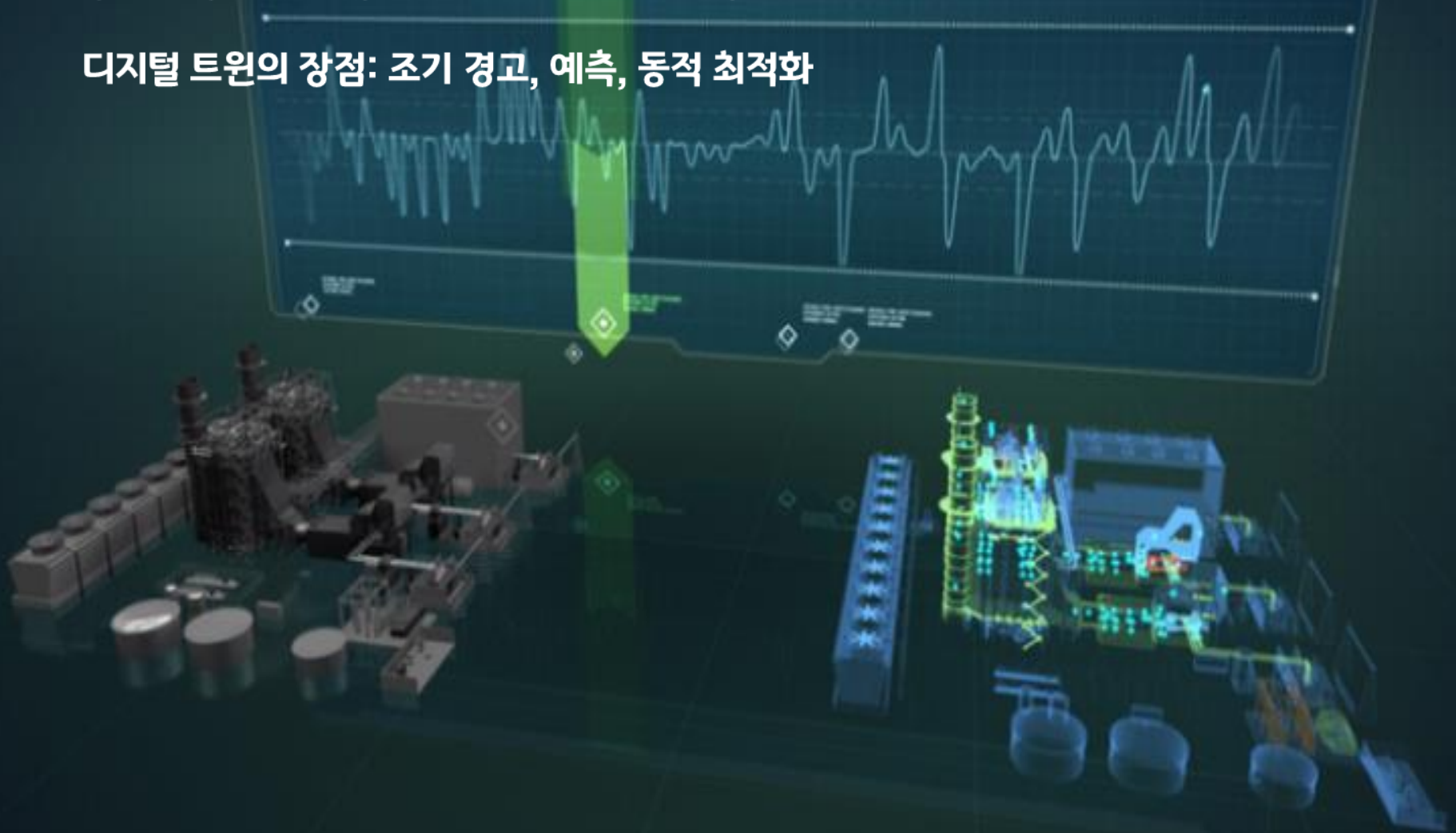




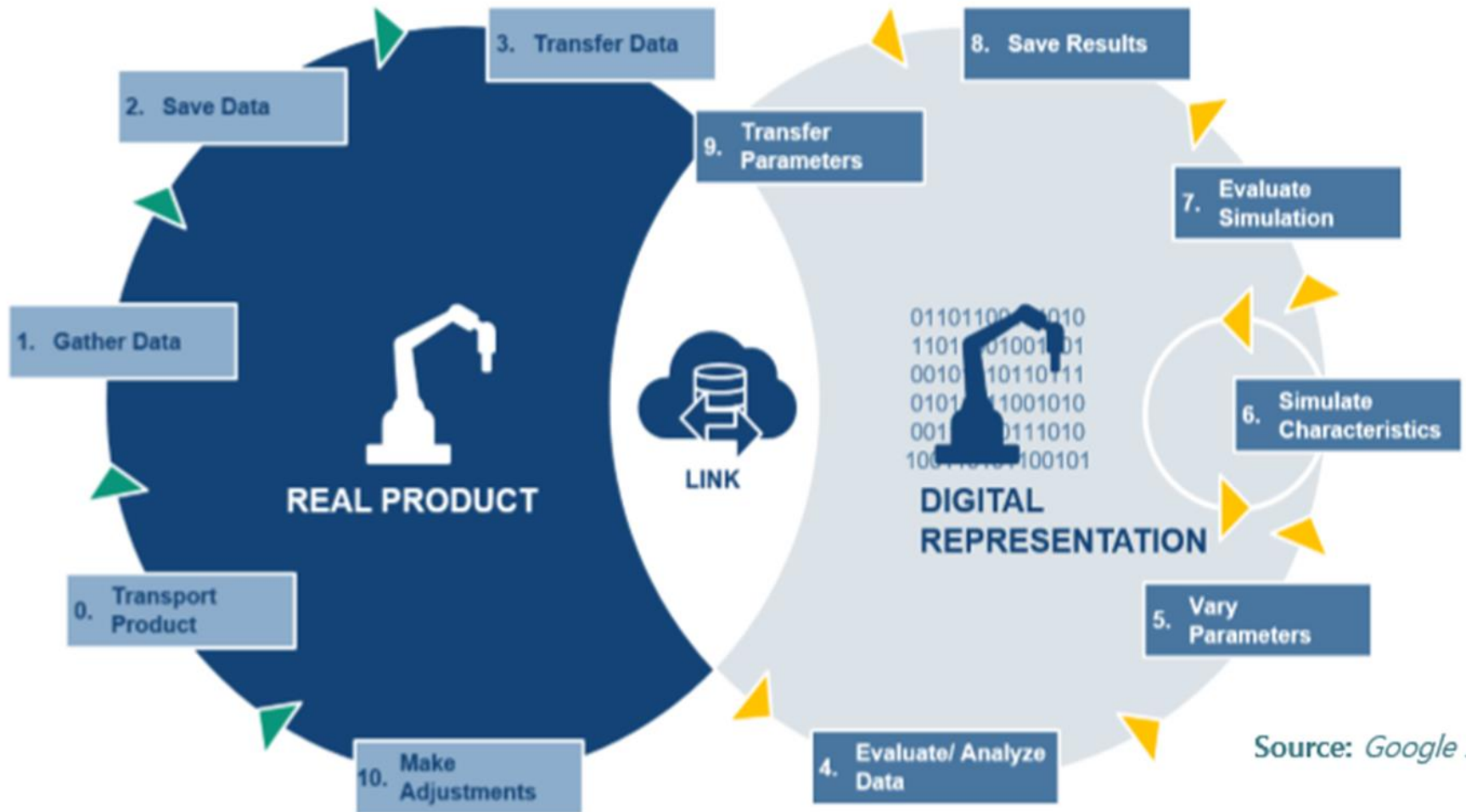
# 디지털 트윈 개요

디지털 트윈은 파이프나 터빈, 엔진 등 복잡한 장비, 생산 라인 같은 대규모 설비와 완전히 동일한 환경을 소프트웨어로 복제한 시뮬레이션 모델을 말합니다. 디지털 트윈은 물리적 생산 환경 안의 다양한 기기와 센서에서 발생하는 모든 데이터를 수집하고 분석합니다.

디지털 트윈의 장점: 조기 경고, 예측, 동적 최적화



# 디지털 트윈의 동작 개요



Source: Google Image



# Gartner Top 10 Strategic Technology Trends for 2018

**01 인공지능 강화 시스템 (AI Foundation)**

**02 지능형 앱 및 분석 (Intelligent Apps and Analytics)**

**03 지능형 사물 (Intelligent Things)**

**04 디지털 트윈 (Digital Twin)**

**05 클라우드에서 엣지로 (Cloud to the Edge)**

**06 대화형 플랫폼 (Conversation Platform)**

**07 몰입 경험 (Immersive Experience)**

**08 블록체인 (Blockchain)**

**09 이벤트 기반 모델 (Event Driven)**

**10 지속적이며 적응할 수 있는 리스크 및 신뢰 평가  
(CARTA) 접근법**



# Forbes Top 10 Digital Transformation Trends for 2019

**01 5G** 시대의 본격적인 개막

**02** 챗봇의 진화

**03** 클라우드의 연결 확대 (퍼블릭, 프라이빗, 하이브리드)

**04** 블록체인 기술의 이해와 발전

**05** 데이터, 애널리틱스, 머신러닝 그리고 인공지능

**06 GDPR**과 데이터 보안

**\*GDPR, General Data Protection Regulation**

**07** 증강현실의 본격적인 적용

**08** 엣지 컴퓨팅과 사물인터넷(IoT)

**09** 사용한 만큼 비용을 지불하는 IT서비스 방식의 발전

**10 CEO**의 결정이 중요 해진다.

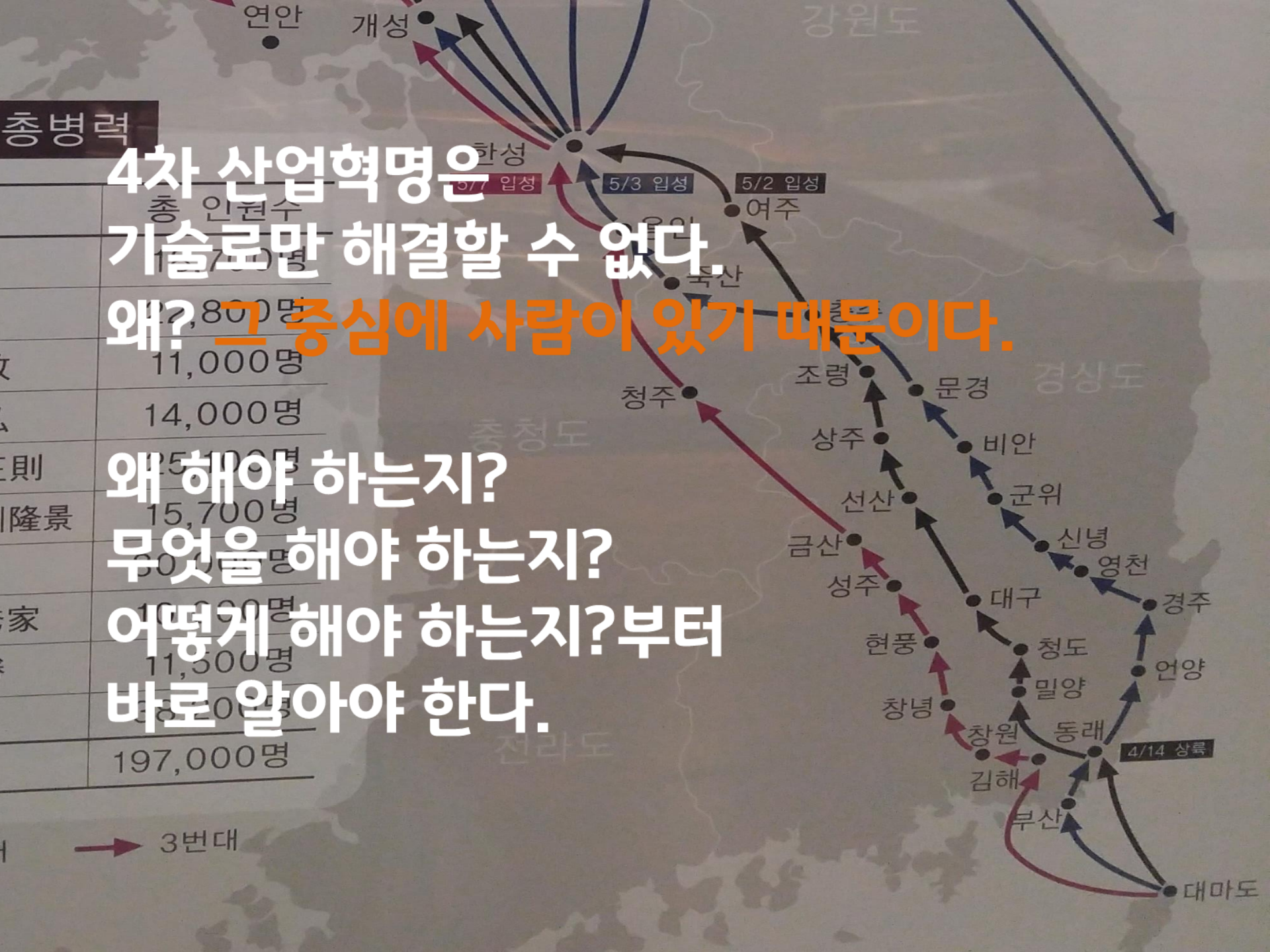
# 총병력

총 인원수	117,000명
	12,800명
	11,000명
	14,000명
	25,100명
	15,700명
	50,000명
	10,000명
	11,500명
	38,200명
	197,000명

4차 산업혁명은  
기술로만 해결할 수 없다.  
왜? **그 중심에 사람이 있기 때문이다.**

왜 해야 하는지?  
무엇을 해야 하는지?  
어떻게 해야 하는지?부터  
바로 알아야 한다.

→ 3번대



# 2010년 예지보전 기술 도입

SmartSignal  
Smart-CRM  
Empass-2000

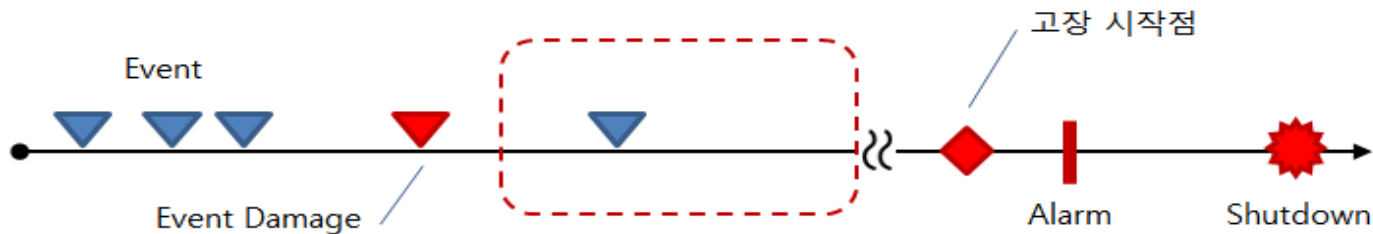


당신은,  
왜 예지보전을 검토했나요?  
그 대상은 얼마나 되나요?  
그 대상이 차지하는 비율은?  
공장 전체를 예지보전 할 수 있나요?



# 예지보전 기술 소개

## Predictive와 Prescriptive Maintenance의 기반



👉 하인리히의 법칙

**1:29:300**의 법칙을 따르는 보전 방식.

이 보전 방식은 **300**이라는 ‘징후’를 찾아내는 것이므로 당시의 설비 상태에 집착해서는 안 된다.



# 예지보전 기술 소개

## 전기해석 방식

 한화케미칼 적용 방식

**방식 1: MCSA** (Motor Current Signature Analysis)

 **방식 2: ESA** (Electrical Signature Analysis, AREVA 社)

- 전류/전압 스펙트럼 분석을 통해 기계적/전기적 결함 구분
- Empass-2000 Portable device 운영 중

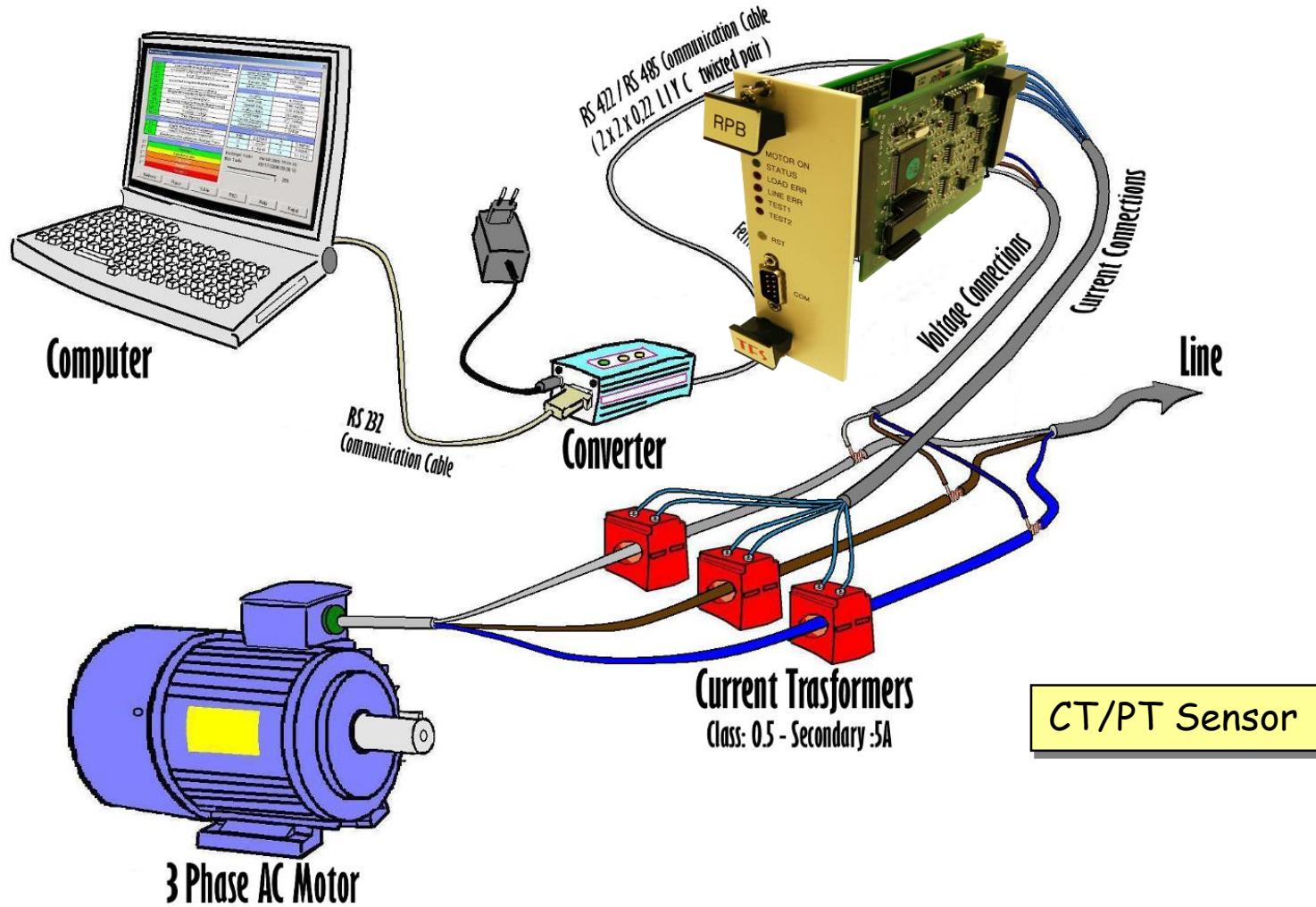
 **방식 3: Smart-RCM** (R-MCM, Artesis 社)

- 에너지밀도(PSD: Power Spectral Density)와 Neural Network을 통한 입력신호와 결함징후 들간의 모델링 & 통계기법을 통한 진단

☞ 관련 논문의 내용을 인용하면 **방식 3이 다른 방식보다 검출효율이 더 좋을 것으로 예상하나** 기술 발표가 가장 늦어 신뢰성면에서 한 수 아래이고 또한 Neural network에 대한 검증에 대한 의구심이 항상 남을 것이다. (2010년 입장)

**단점은 동기전동기와 직류전동기는 점검이 안 된다는 것과 활선작업이라는 것이 있다.**

# 참고: R-MCM



# 참고: R-MCM

## 기계적인 고장과 전기적인 고장을 동시에 감시

Diagnostic
✕

EQUIPMENT STATUS		ELECTRICAL VALUES	
OK	Loose Foundation / Components	OK	Power Factor 0.88
OK	Unbalance/Misalignment/Coupling/Bearing	OK	Active Power [kW] 81
OK	Belt / Trans. Element / Driven Equipment	OK	Reactive Power [kVar] 42
Examine	Bearing	OK	Vrms [V] 223
OK	Rotor	OK	Irms [A] 138
OK	Loose Windings / Stator / Short Circuit	OK	V Imbalance[%] 0.37
OK	Internal Electrical Fault	OK	I Imbalance[%] 0.35
OK	External Electrical Fault	Watch	Frequency [Hz] 50
OK	Other	WATCH ELECTRICAL VALUES	THD [%] 6.5
OK	Line Status	OK	3th Harmonic [%] 0.59
OK	Load Status	OK	5th Harmonic [%] 4.4
		OK	7th Harmonic [%] 3.5
		OK	9th Harmonic [%] 0.29
		OK	11th Harmonic [%] 0.27
		OK	13th Harmonic [%] 0.13

EXAMINE 1

There are developing mechanical and/or electrical fault(s) as shown below. Maintenance should be scheduled within three (3) months.

WATCH ELECTRICAL VALUES

Electrical values are outside of their expected range. They should be noted and watched to identify the cause

WORK REQUESTS

EXAMINE 1: There are developing mechanical and/or electrical fault(s) as shown below, Maintenance should be scheduled within three (3) months.

1. Bearing Problem, Bearing(s) should be checked,

WATCH ELECTRICAL VALUES: Electrical values are outside of their expected range. They should be noted and watched to identify the

EQUIPMENT INFORMATION		DATABASE (Last Five Hours)	
Equipment Name	Compressor	Start Date	01/06/2006 06:14:41
Equipment Type	Compressor	End Date	01/06/2006 11:14:41
Nominal Voltage [V]	230	Number of Data Points	192
Nominal Current [A]	200	DATABASE (Full)	
Rotation Spd. [rpm]	1480	Database Range	12/26/2005 - 01/06/2006
MCM Address	251	Number of Data Points	7227 (7227/7227)

Plot Report Clear Selection PSD  
Load Advanced Help Close

Auto  
 Step 144 Goto 7227 Go

기계적인  
고장감시

전기적인  
고장감시

설비 Alarm  
원인규명

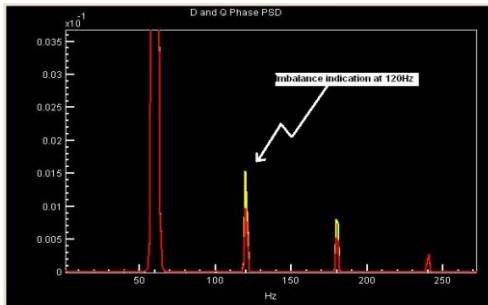
잔여수명  
예측

Report

# 참고: R-MCM

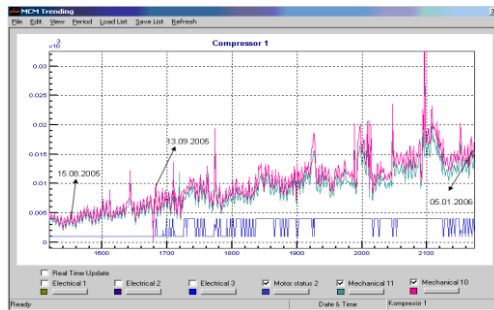
## 기계적 변수 (Mechanical Parameter)

Unbalance, Coupling, Misalignment, Bent Shaft, Looser Rotor, Eccentric Rotor, Loose Foundation, Oil Whirl, Belt/Transmission Element, Motor Bearing, Cavitation, Fan Unbalance, Gear Defects



## 전기적 변수 (Electrical Parameter)

Stator Insulation, Rotor Bar, Voltage Imbalance, Isolation Problem of Cabling, Motor Connector, Terminal Slackness, Defective Contractors.



# 2010년 한화케미칼 실패 원인

## Predictive와 Prescriptive Maintenance의 문제

✓ 왜 실패를 했을까?

1) 데이터가 적다. *현재 DCS 내 설비에 대한 데이터는 한계가 있음*

2) 투자비가 많이 든다. *IoT<sup>\*1</sup>를 위한 설비 및 시공비가 필요*

3) 고장 데이터가 없다. *비교할 Base가 없음*

☞ **2010년 한화케미칼의 예지보전 실패는 기술의 문제나 적용의 문제보다 사람에게 대한 문제가 가장 컸음.**

**현장에 대한 변화관리를 아마 99% 성공을 했을 것임.**

**현장에서 명확한 이해가 없었고, 왜 이 방향으로 가야 하는지에 대해 이해를 하지 못했음.**

\*1 IoT: Internet of Things, 사물인터넷으로 최근 IoE(Everything)로 진화하고 있음.

# 신뢰도를 높이기 위한 데이터는 지속적인 관리 필요

기존 센싱 데이터를 활용하여 시작!

Start with the data that are already there!

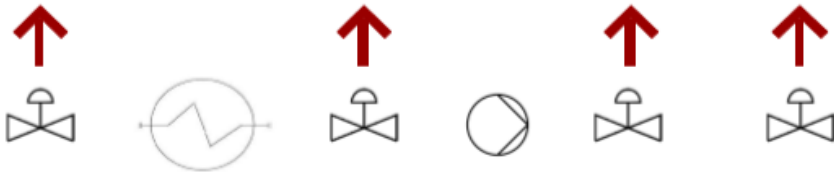


공정제어 데이터 **Process data**  
(temperature, level, flow, pressure, quality),  
설비상태 측정 데이터 **Equipment data**  
(current, vibration, bearings temperature, etc.)

Data Historian



DCS



중요

예지보전  
솔루션

Problem  
Solver



# 예지보전 접근 방법

1. 변화관리, 왜 해야 하는가? 교육
2. 적용 시점 검토, 전략 수립 시 포함
3. 적용 기술 선정, 대상과 인력 역량에 따라
4. 대상 선정과 IoT 준비, 투자비용에 따라 휴대용 확대
5. 고정형 진단과 휴대형 진단 구분, 대상과 인력 역량에 따라
6. 표준작업절차 작성, 생산과 공무 부서 협업
7. 기술 도입, R&R과 Workflow 확인
8. 실시간 CMMS와 연계, Alarm 발생 시 통지 발행
9. KPI(MTBF)와 PaM 연계, 신뢰도 향상



설비가 고장나는  
근본 원인은 무엇까요?

**스트레스**







**고장의 근본원인인  
스트레스를 제거하지 못한다면  
스트레스가 축적된 증거를  
찾는 것이 중요하다.**



# 2010년 예지보전 실패는 당연



## 2010년 3가지 예지보전 기술

**첫째: SmartSignal사 EPI\*Center**

**둘째: ARTESIS사 R-MCM**

에너지밀도(PSD: Power Spectral Density)와 Neural Network를 통한 입력신호와 결함징후들 간의 모델링 & 통계기법을 통한 진단

**셋째: AREVA사 Empass-2000**

전류/전압 스펙트럼 분석을 통해 기계적/전기적 결함 구분



2010년 예지보전 실패는 당연



도입 후 3년 만에

**실패**





# 왜

너무 몰랐다.

- ① 도입만 하면 되는지 알았다.
- ② 데이터가 많은 줄 알았다.
- ③ 회전기만 관리하면 끝난 줄 알았다.



# 2010년 예지보전 실패는 당연



**믿음이 무엇인가?**

(Source: Pixabay.com)



왜

## ① 도입만 하면 되는지 알았다

- **변화관리**

왜 필요한지에 대해 공감하지 못해 테스트를 하면서 신뢰가 떨어졌다. 심지어 현장 직원의 감소를 위해 하는 것이 아닌가 생각했다.

- **워크플로워**

R&R과 Workflow에 대한 생산부서와 공무부서 간 핑퐁이 발생했다.

- **하인리히 법칙과 신뢰**

1:29:300에서 징후 300을 잡아내는 것인데, 하드웨어적인 근거를 찾으려고만 했다.





왜

## ② 데이터가 많은 줄 알았다

- **대상에 대한 사전 조사**

모든 회전기가 대상인 것으로 생각했는데 모델링 방식(SmartSignal)은  
여수/울산 다 해서 30개가 안 되었다.  
고압 모터에 대한 진단을 하려고 하면 활선작업을 해야 하므로 MCC  
고정식이 필요했다.





왜

## ③ 회전기만 관리하면 끝난 줄 알았다

- 플랜트에서 Focus할 대상

Operating Error: 30% / Setting Error: 10%

Equipment: 20~30%

Leakage: 15%

- 예방보전 실행 문제

플랜트 내 설비는 얼마나 되고, 설비등급 A는 몇 %나 되나?

앞으로 10년간 역량 트렌드는?

예지보전 기술 적용과 도입 계획은? 진동, 전기해석법, 모델링방식 등







## 결론부터 이야기하면,

- **비전을 바꿔라.**

회사 비전을 바꾸지 않는다면 공장 비전만이라도 바꿔라.  
사례: 90% 자율공장

- **설비관리 전략을 수립하라.**

- **지능형 공장관리 솔루션을 검토하라.**



2010년 예지보전 실패는 당연



결론부터 이야기하면, **1**



**비전을 바꿔라.**

# 2010년 예지보전 실패는 당연



**두가지 질문을 드립니다.**

**여러분 조직에서는  
4차 산업혁명을 하고 계십니까?  
가장 중요한 변화관리를 하고 있습니까?** ..... ①

**혹시,  
회사의 비전, 공장의 비전 그리고 부서의 비전을  
새롭게 수립한 곳이 있습니까?** ..... ②

**아니라면, 여러분 회사는 4차 산업혁명이 아닌  
단순한 IT나 자동화 프로젝트를 하고 있는 것입니다.**





결론부터 이야기하면, **2**

공장의 비전 달성을 위한

**설비관리 전략을  
수립하라.**

두가지 질문을 드립니다.

첫번째 질문은, 여러분 플랜트에서는 **PM**을  
정직하게 하고 있습니까?

두번째 질문은, 플랜트에 **설비등급 A**가 몇 %나  
되는지 알고 있습니까?

**‘역량과 증설, 인력, 기술 등을 중장기적으로 검토한  
전략 수립에서 어느 시점에 예지보전 솔루션이 필요하다.’라고  
이야기해야 함**



결론부터 이야기하면, **3**

**지능형 공장관리  
솔루션을 검토하라.**



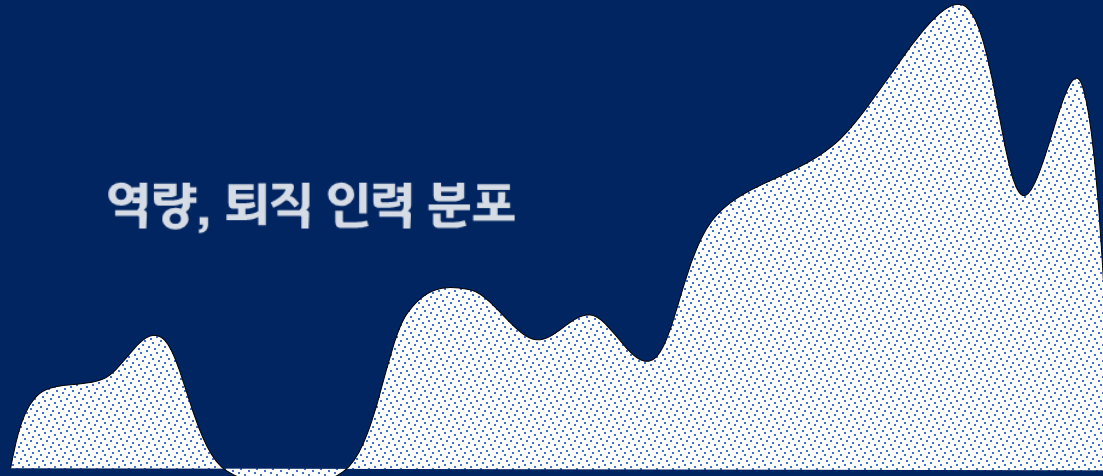
## 내 자신을 알아야 한다.



# 2010년 예지보전 실패는 당연



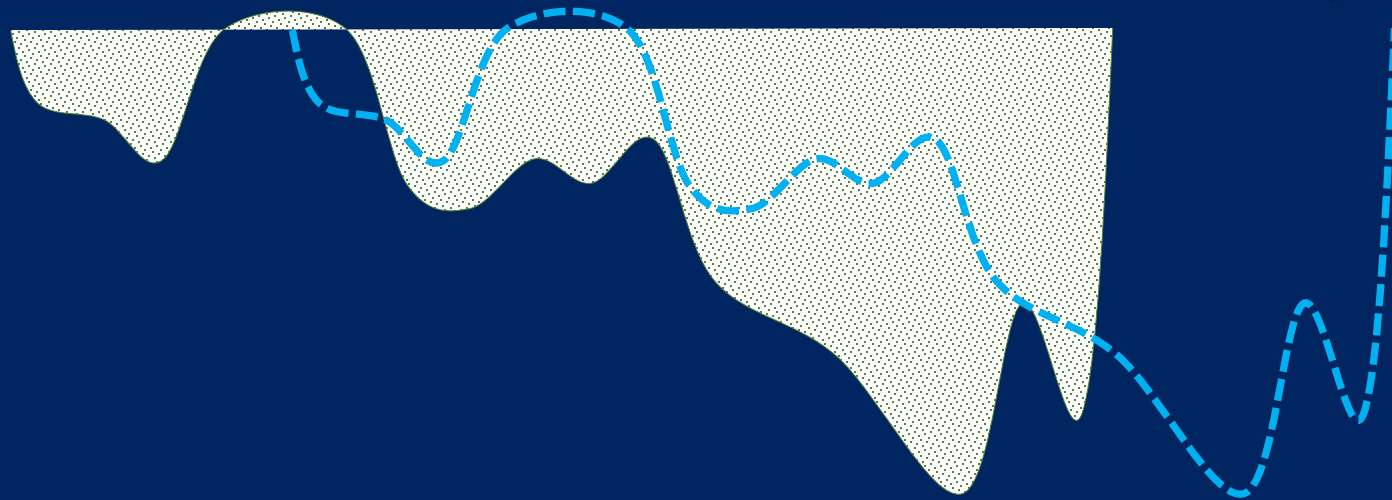
역량, 퇴직 인력 분포



2018

2030

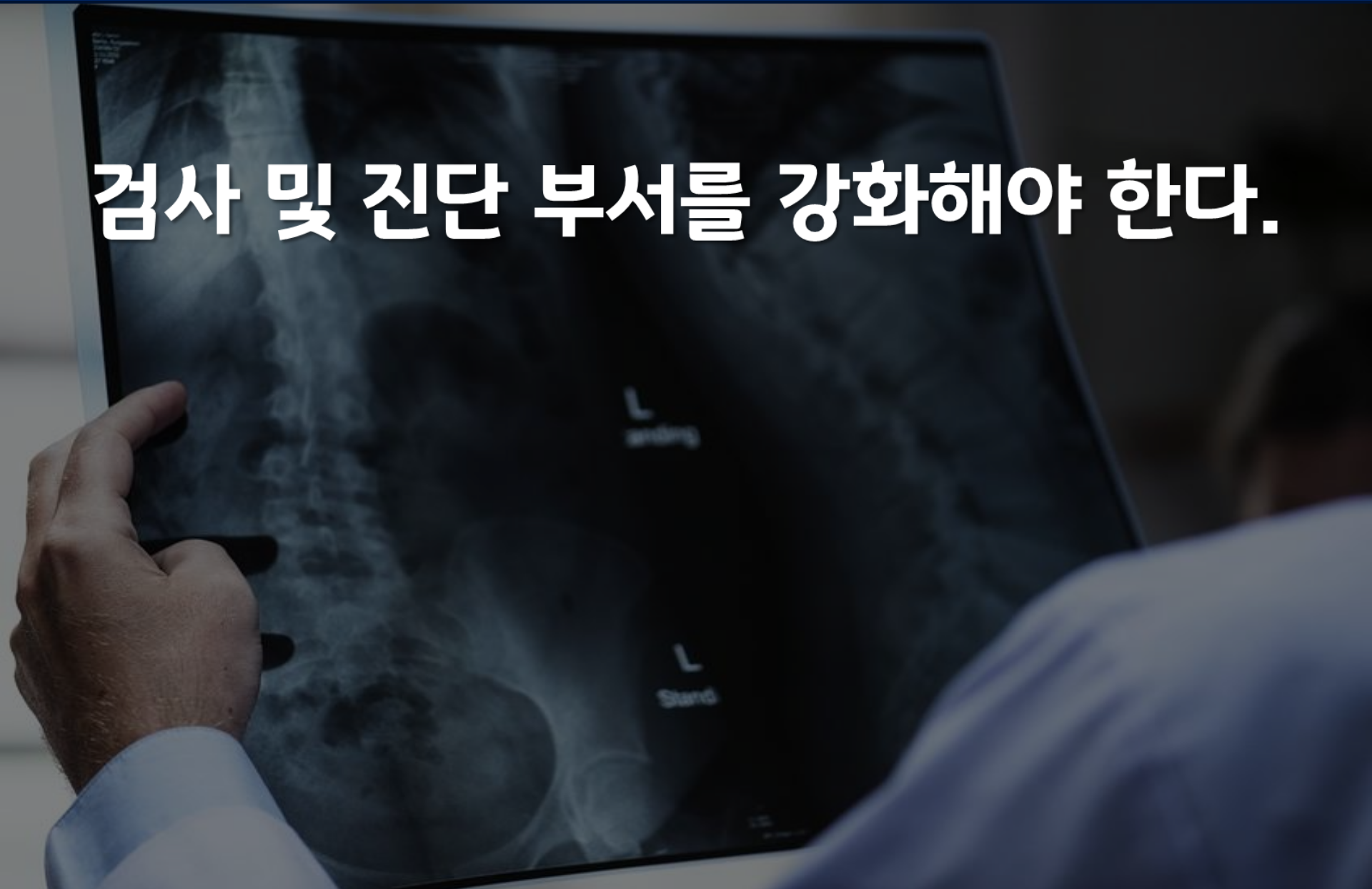
기술, 적용시점







**검사 및 진단 부서를 강화해야 한다.**





끝으로,

4

세상은,

창의적 문제해결 요구



# 2010년 예지보전 실패는 당연



**믿음과 관련된 다음 두가지는 기억하는 것이 아니라 실행해야 한다.**

- 비전 없는 스마트팩토리는 하지 마라.**
- 전략 없는 설비관리는 버려라.**



# CMMS 구축 프로젝트



# 국내 CMMS 이력

~ 1990

## Coding, IBM C/S version

- Work-order system, PM system

1990 ~ 1997

## Package, MLS (국내 Korea Maintenance 사 공급)

- Work-order system, PM system, History management, Tool management, Standard Statistics

1997 ~ 2005

## Package, MAXIMO & M.ware

- All Process for Maintenance

2005 ~

## In ERP, SAP PM & ORACLE MAXIMO

- All Process for Maintenance

# CMMS, 왜 구축해야 하나?

## 1994년 MLS를 왜 검토했나?

- 당시 한화케미칼에서는 작업지시서와 예방정비, 구매 프로세스가 연계된 시스템이 있었습니다.
- 현황 :
  - 첫째, 회계관리
  - 둘째, 사고 발생시 백업용
- 목적 :
  - 설비관리
- 결과 :
  - 설비관리보다 비용관리를 위한 시스템으로 운영
  - 설비에 작업과 보전, 자재, 인력이 연계되어야 하는데 작업지시서에 연결 되도록 구성
  - ex) 대표 Work-order 생성해서 연중 사용, PE\_MC\_0001

# CMMS, 왜 구축해야 하나?

## 2000년 M.ware를 왜 검토했나?

- 당시 한화케미칼에서는 ERP를 사용 중에 있었음. Oracle ERP로 내부 결정이 진행됨에 따라 SAP PM 모듈에 대응하는 3<sup>rd</sup> Party Solution을 찾고 있었음.
- MAXIMO가 있었는데 M.ware를 선택한 이유?  
MAXIMO는 Field를 추가할 수는 있었지만 프로세스를 바꿀 수는 없었음  
M.ware는 국내 개발 시스템으로 User에 입맛대로 개발이 가능했음
- 주요 추가 기능 :  
당 사 프로세스로 프로그래밍함, (한화케미칼은 다우 프로세스)  
데이터를 분석하는 기능을 다수 추가
- 결과 :  
MLS 이상의 활용은 없었음  
쓰레기 데이터가 축적됨  
ex) 다른 작업지시서 번호로 처리가 다수 발생

# CMMS, 왜 구축해야 하나?

## 2009년 SAP PM을 왜 검토했나?

- Oracle ERP version up을 검토 중에 SAP ERP로 결정
- 주요 추가 기능 :
  - 이력관리 화면 개발
  - 설비관리의 폭 확대:
    - ① Control Loop와 Sensor, Deviation 등도 관리항목으로 검토
    - ② 부식과 설비의 스트레스까지 검토
  - 설비 포털(AVEVA.net)과 연계
- 결과 :
  - 현장의 변화관리가 안되는 이상 설비관리의 발전은 더딤
  - 투자의 한계로 설비관리에 대한 중장기 전략이 없음



# CMMS가 왜 필요할까?

- 설비의 고장을 줄이고 있나?
- 문제가 되는 부품에 대한 대체가 하고있나?
- 고장에 대한 예측이 가능한가?
- 현장에 정비일지 보다 큰 역할을 하나?
- 표준작업관리가 가능한가?
- 같은 고장에 대해 인력이나 비용을 줄이고 있나?
- 공장 가동정지를 줄이고 있나?

## \* 공장 가동정지와 관계 :

- Operator의 운전 조작 실수에 대한 대응을 할 수 없을까?
- 배관이나 장치설비의 고장에 의한 가동정지와 회전기, 전기설비에 의한 가동정지 비율은 어떻게 되는가?

# CMM 구축 프로세스

## 프로젝트 착수 준비

RFP  
운영환경 점검  
프로젝트 인력 및 시설  
수행계획서 검토

\*PM 프로젝트 점검사항?

## 프로젝트 착수

Kick-off meeting  
프로젝트 인력 교육

\*kick-off meeting 시 반드시 해야 할 사항?

## 업무분석

업무조사  
업무분석  
코드자료 표준화  
기초자료 수집

• 기초자료란?

## 시스템 설계

업무 프로세스 설계  
시스템 설계  
DB Structure 설계

## 데이터베이스 구축

기준 데이터 등록  
코드 등록  
Migration

## 시스템 개발

프로그래밍  
커스터마이징  
단위 테스트  
매뉴얼 작성  
통합 테스트 준비

## 시스템 구현

통합 테스트  
시스템 설치  
시스템 교육  
시스템 운영

## 업무 분석 대상

- ① 설비관리의 상태(검교정/순환 설비)
- ② 보전자재(Spare Parts) 관리
- ③ 작업 관리
- ④ 예방정비 관리
- ⑤ 점검관리/유회 관리
- ⑥ 정기보수(프로젝트) 관리
- ⑦ 구매 청구/발주 관리
- ⑧ 외주공사 관리
- ⑨ 보전예산 관리
- ⑩ 공구 관리
- ⑪ 차량/중장비 관리
- ⑫ 주변 시스템과의 Interface 관계

# CMM 구축 프로세스

## 착수 준비 시 PM의 준비사항

- Kick-off meeting 시 참석자, 장소 및 발표 사항 검토
- 프로젝트 상세수행계획서 협의 및 검토
- 프로젝트 환경 준비: 사무실, 네트워크, 냉난방, 식수, PC, Software 구매

## Kick-off meeting 시 반드시 해야 할 사항

- RFP 항목과 제안서 확인
- 최종 결과에 대한 공감대 형성

## 업무분석 시 기초 조사

- 시스템 목적
- 생산 공정, 생산 방식 및 주 생산품
- 조직 구성원 및 보전 조직 현황 (조직 체계 및 구성)
- 현행 시스템 현황
  - . 도입 방법(패키지 또는 개발), 시기, 사용자 수, 시스템 범위, 시스템 환경(OS, 개발 Tool 등)
- 현행 시스템 문제점
- 현행 시스템 내 Migration 항목
- 현행 시스템에 추가해야 할 프로세스 및 기능 항목



**이야기해 봅시다.  
동영상과 같은 환경이 현 직장에 필요할까?**



## Q. Equipment number와 Item number의 차이는?

- **Equipment number**
  - 플랜트 한 위치에 있는 설비, 복수의 설비를 가질 수 있음
- **Item number**
  - 설비가 갖는 고유번호, Item number는 Unique함

**순환설비 관리 및 같은 사양의 설비 관리에  
사용될 수 있음**

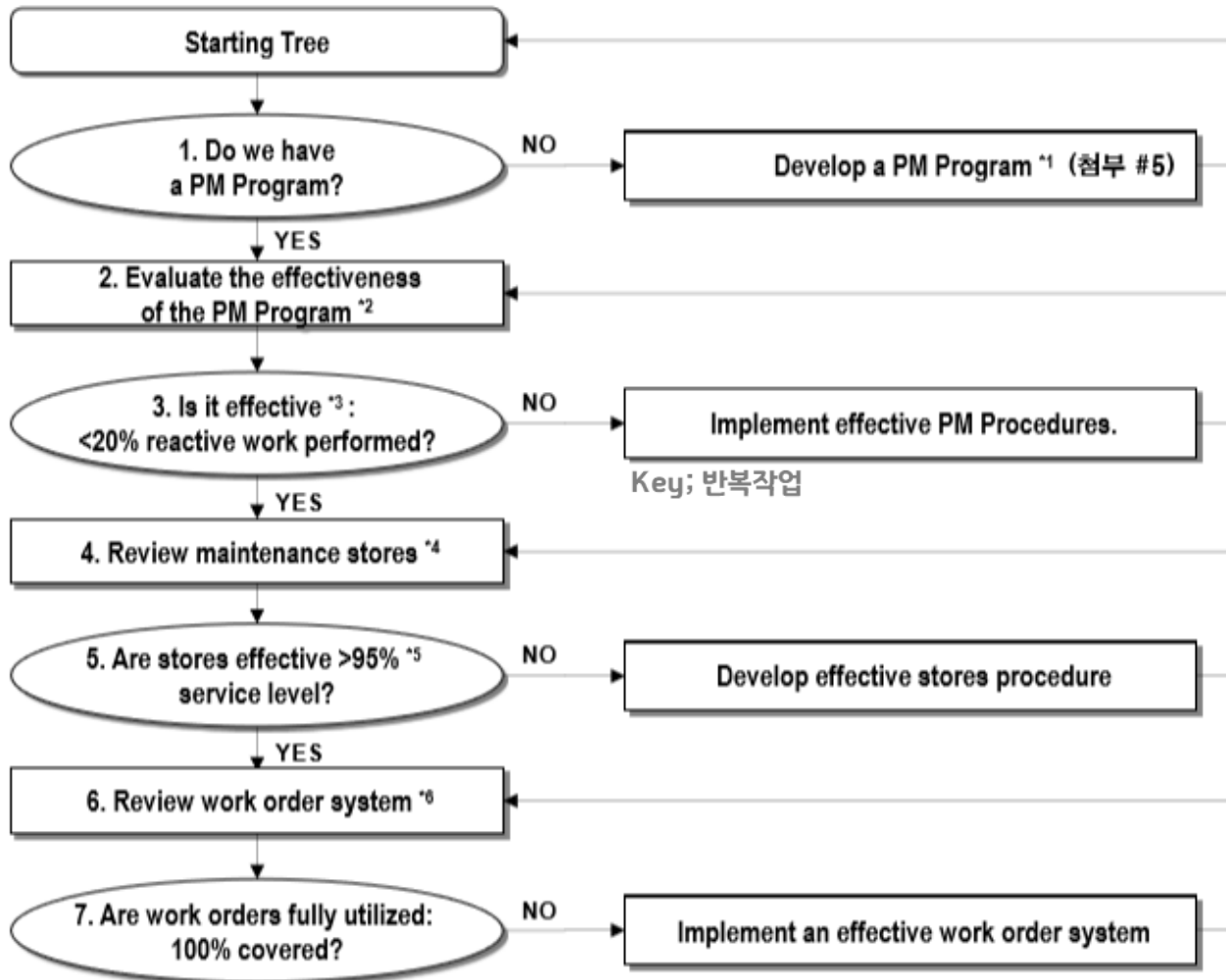


# Terry Wireman의 진단절차 엿보기



# Terry Wireman, Developing Performance Indicator for Managing Maintenance

## ■ Maintenance Management Implementation Decision Tree



\*1 Preventive Maintenance (PM) is the core of any strategy to improve the equipment maintenance process. All plant equipment, including special backup or redundant equipment, must be covered by a complete, cost effective preventive maintenance program.

\*2 The PM program should be evaluated to insure proper coverage of the critical equipment of the plant. The program should include a good cross section of inspections, adjustments, lubrication, and proactive replacements of worn components. The goal of the program is to insure there will be no unplanned equipment downtime.

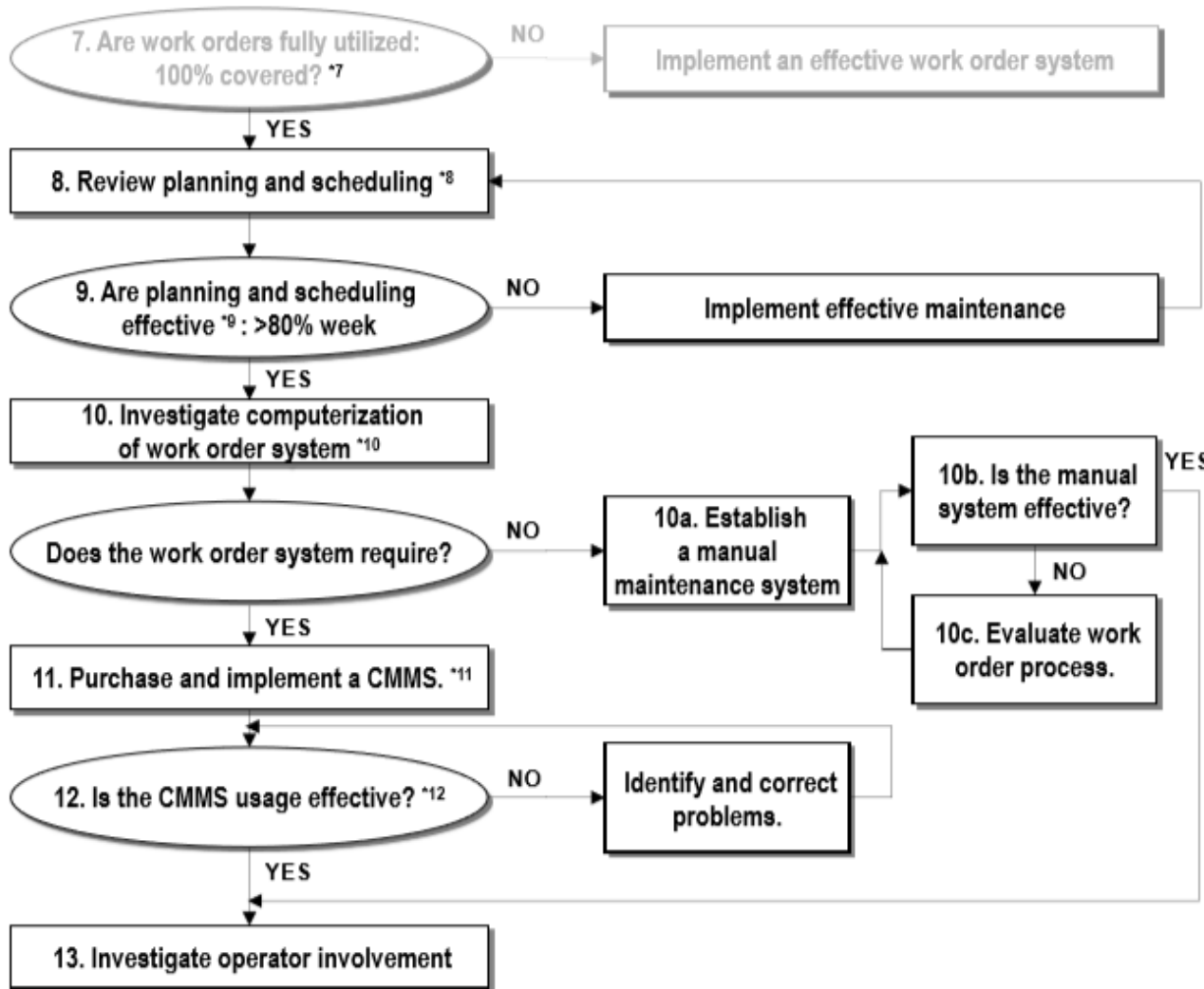
\*3 Is PM effective? (<20% reactive Work?), The effectiveness of the PM program is determined by the level of unplanned equipment maintenance that is performed. An effective PM program will reduce the amount of unplanned work to less than 20% of the total manpower expended for all equipment maintenance activities. If more time is being spent on unplanned activities, then a reevaluation of the PM program is required. It will be difficult to make progress in any of the other areas unless the PM program is effective enough for the equipment maintenance to meet the 80%/20% rule.

\*4 After the PM program is effective, the equipment spares, stores, and purchasing systems must be analyzed. The spares and stores should be organized, with all of the spare parts identified tagged, and stored in an identified location, with accurate on-hand and usage data. All data necessary to track the cost and usage of all spare parts must be complete and accurate.

\*5 The service level measures what percent of the time a part is in stock when it is requested. Spare parts must be on hand at least 95% of the time the stores and purchasing systems to support equipment maintenance activities.

\*6 The work order system is designed to track all equipment maintenance activities. All activities performed on equipment must be recorded to a work order by the responsible individual.

# Terry Wireman, Developing Performance Indicator for Managing Maintenance



\*7 This question should be answered by performing an evaluation of the equipment maintenance data. The evaluation may be as simple as answering the following questions:

How complete is the data?/How accurate is the data?/How timely is the data?/How usable is the data?

Complete data is necessary for performing any meaningful analysis of the equipment's historical and current condition. Accurate data is needed to correctly identify the root cause of any equipment problems. Timely data is needed to correct equipment problems before they cause equipment failures. Unless the work order system provides data that passes this evaluation, further progress is impossible.

\*8 The goal of planning and scheduling is to optimize any resources expended on equipment maintenance activities. Planning and scheduling pull together all of these activities (maintenance, operations, and engineering) and focus them on obtaining maximum (quality) results in minimum time.

\*9 An effective planning and scheduling program will insure maximum productivity of the employees performing any equipment maintenance activities. Delays, such as waiting or looking for parts, rental equipment, equipment to be shut down, drawings, or tools, will all be eliminated. If these delays are not eliminated through planning and scheduling, then it will be impossible to optimize equipment utilization.

\*10 If, however the number of pieces of equipment is relatively small and data tracking and analysis are not a burden, then it may be best keep the manual work order system.

\*11 CMMS implementation may taken from 3 months for smaller organizations to as long as 18 months for large organizations. Remember that CMMS is only a tool to be used in the improvement process; it is not the goal of the process. Losing sight of this fact can curtail the effectiveness of any organization's path to continuous improvement.

\*12 The correct CMMS should make the equipment data collection faster and easier. It should also make the analysis of the data faster and easier. (continued on next page)



# 설비관리 진단 항목





PERFORMANCE CHECK

Part No.36 - 100%

Part No.28 - 90%

Part No.41 - 55%

Part No.34 - 87%

Part No.53 - 31%



디지털 트윈은 새로운 접근?

Auto  
ma

**그런데**

**왜? 스마트팩토리 도출 과제에  
예지보전 솔루션이 꼭 들어가는지?  
자문을 해 봐야 한다.**

- 회전기 중 A등급은?**
- DCS 데이터로 관리하는 회전기 수는?**

# 스마트팩토리를 위한 설비관리 기본진단 절차

STEP 1. 정비 업무 분석

STEP 2. 정비 조직 분석

STEP 3. 설비등급 관리

STEP 4. 보전 방식별 부하

STEP 5. 현장 인력 구성 분석

STEP 6. 생산공정 안정화 및 최적화 정도

STEP 7. 인력 수준

STEP 8. 디지털화 수준



# 1. 정비 업무 분석

# 업무분석을 통해 확인할 사항

## 첫째, 프로세스 개선

- Non-Value와 Value activity를 줄여가는 것이 중요
- Manual activity가 전산화가 되어야 데이터를 활용할 수 있음

## 둘째, 부서의 업무 비율을 통해 업무 방향 설정

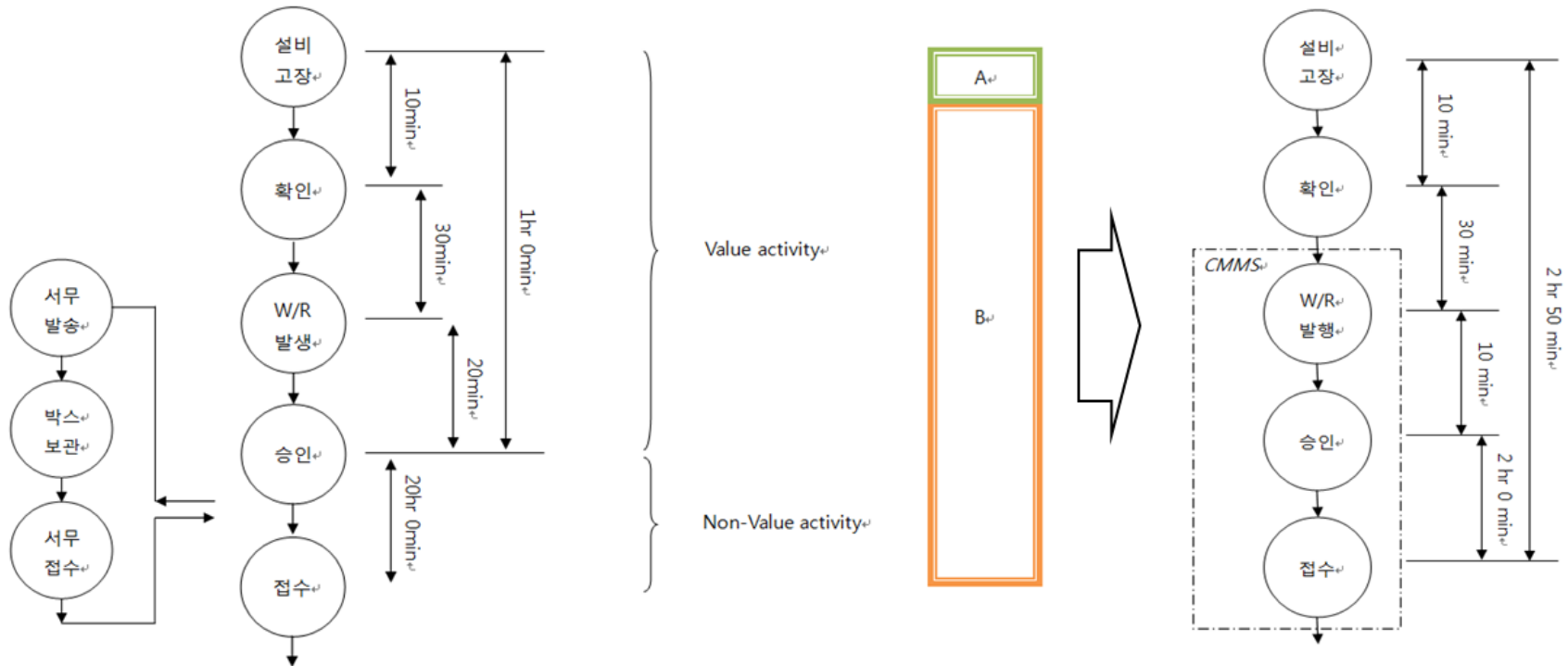
- 가장 많은 시간을 사용하는 것이 무엇인지? 공무부서의 정비활동의 비율이 어느 정도인지? 교육이나 예방정비의 비율은? 여러가지 현 상황을 확인할 수 있음
- 공무부서의 향후 방향성 결정에 중요한 정보가 됨



# 프로세스 개선

## PI(Process Innovation)

- Value activity vs non-Value activity



# 부서의 업무 비율 분석

	(단위:min./Daily)							
	정비부장	정비과장	정비대리	엔지니어	Leader	Worker	Contractor	
결재	40	20	10	10	0	0	0	80
자료(서류) 검토	40	60	60	120	20	0	0	300
기술 검토	50	20	60	90	30	0	0	250
현장 Patrol	120	60	60	30	0	0	0	270
회의(정기)	60	60	60	30	30	30	0	
회의(비정기)	120	30	30	60	30	30	0	570
정비기록관리	0	0	30	30	30	60	0	150
일상정비활동	0	0	30	30	180	180	0	420
예방정비	0	0	0	0	30	60	0	90
진단활동	0	0	30	0	30	30	0	90
검수	0	0	30	0	30	0	0	60
감리	0	0	0	30	30	0	0	60
Salvage	0	0	0	0	0	30	0	30
면담	10	10	30	0	0	0	0	50
교육(출장)	0	0	30	30	0	0	0	60
교육(사내)	20	0	0	0	0	0	0	20
기타	50	60	20	30	60	60	400	680
	510	320	480	490	500	480	400	

12.5%

6.1%

50.0%

56.3%

현재 우리는,  
진단보다 수리비율만 증가된 것은 아닌가?



## 2. 정비 조직 분석

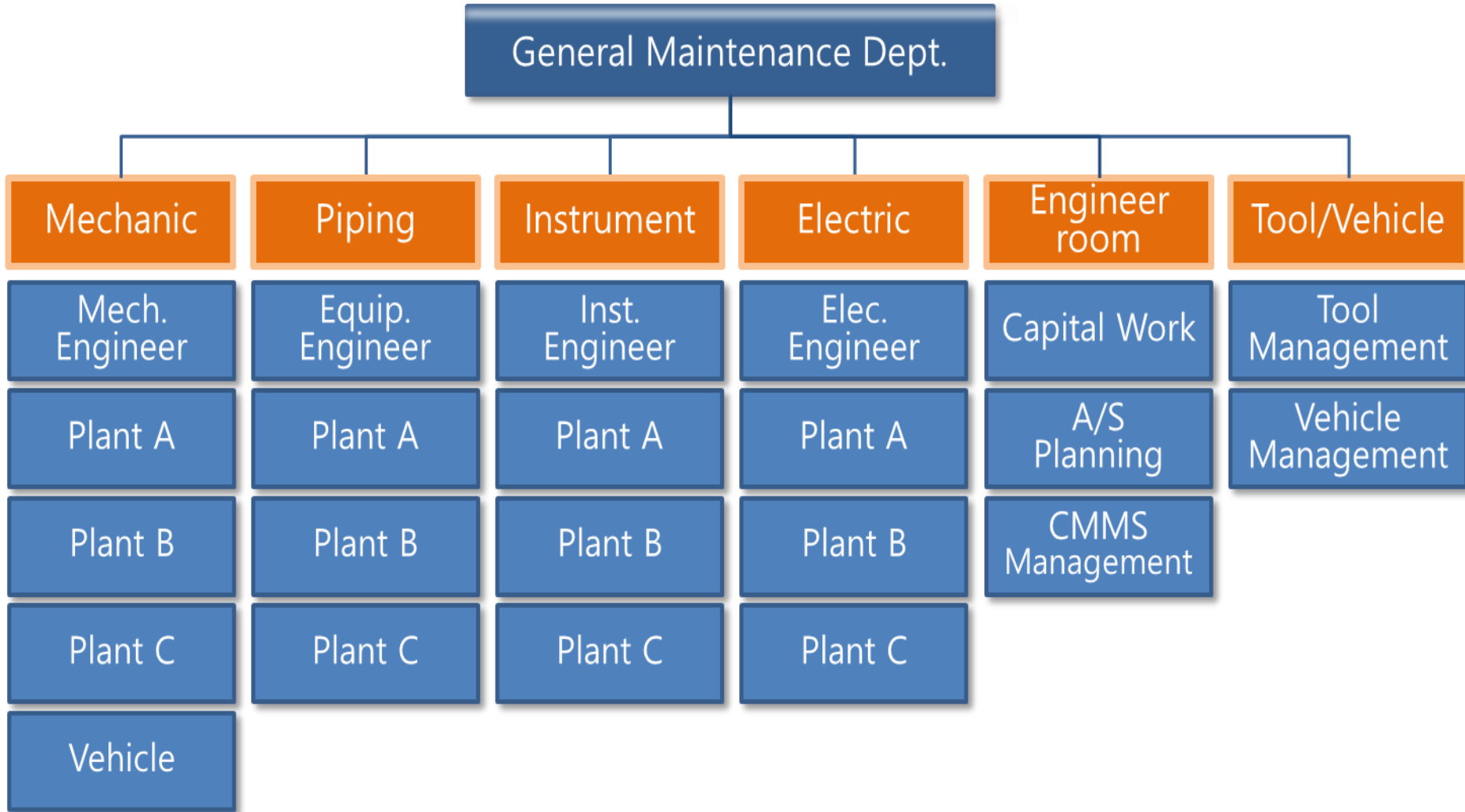
# 정비 조직과 협업의 효율?



## Control Valve 교체 작업 시

- 관계되는 작업계는?
- 작업 협조는 언제?
- 현 절차 시 문제점?

# 정비 조직 구성 (국내)



A close-up, dimly lit photograph of a person's hands writing on a white sheet of paper. The person is wearing a light-colored, long-sleeved shirt. The right hand holds a black pen, and the left hand rests on the paper. The background is dark and out of focus.

**4<sup>th</sup> Step**

**Back to the Basic**

기존의 없던 기술의 탄생으로 산업구조가 바뀐 것이 아니다

# 융합과 네트워크 플랫폼

## 가장 중요한 것은?

목적에 맞는 데이터는  
있는가? 그 수는?

# 데이터

신뢰도는 높은가?



# Design

증설할 때 기존 공장의 문제점이 반영이 되었는가?



# SOP

Standard Operating Procedure

(source: Pixabay.com)



# Alarm

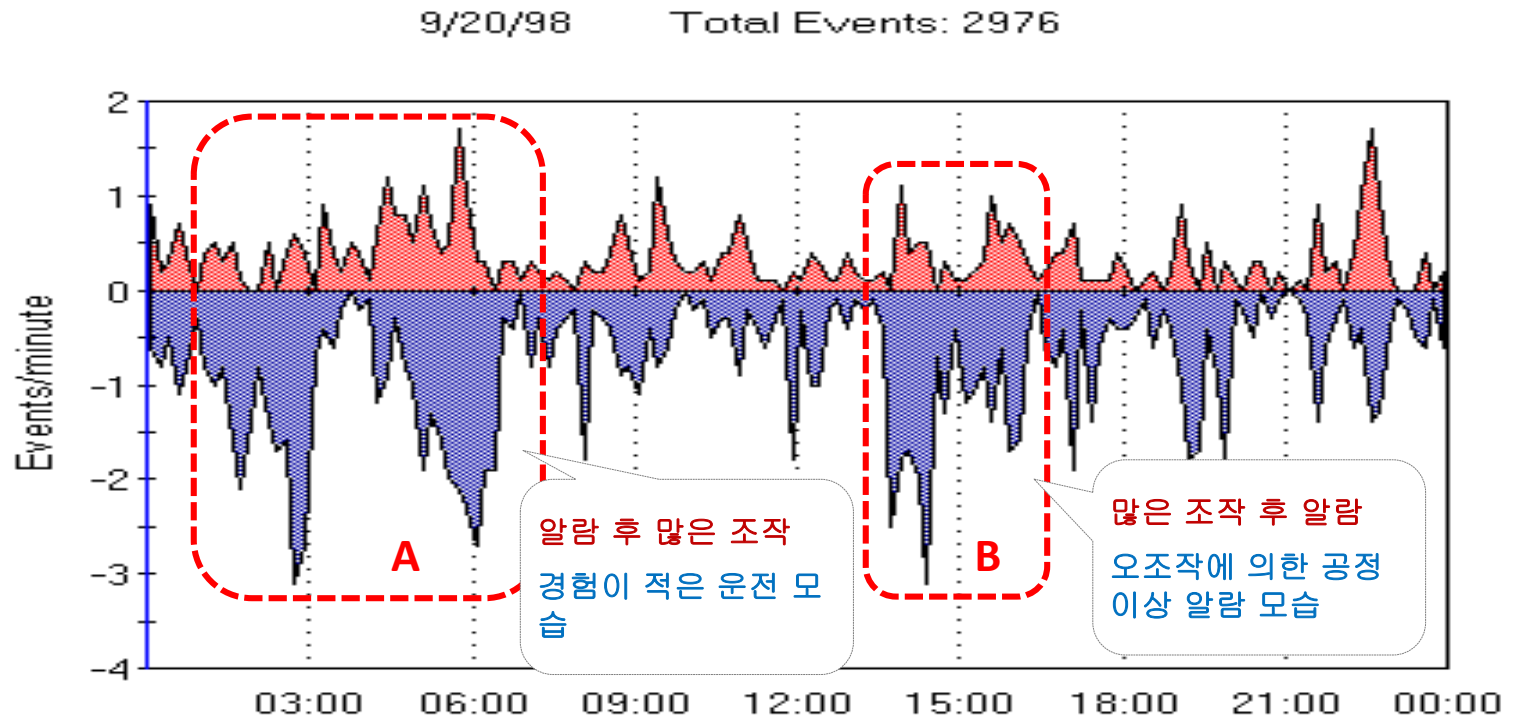
How do we manage the alarm?

(source: Pixabay.com)



# 생산 공정, ALARM ANALYSIS

Alarm은 어떤 기준에 맞게 관리되고 운전하고 있는가?



\*출처: Yokogawa ExaPlog

☞ 공정 운전에 따라 설비가 받는 스트레스가 다름

# 생산 공정, ALARM 표준, EEMUA 191

THE ENGINEERING EQUIPMENT AND MATERIALS USERS' ASSOCIATION

## Alarm Systems A Guide to Design, Management and Procurement

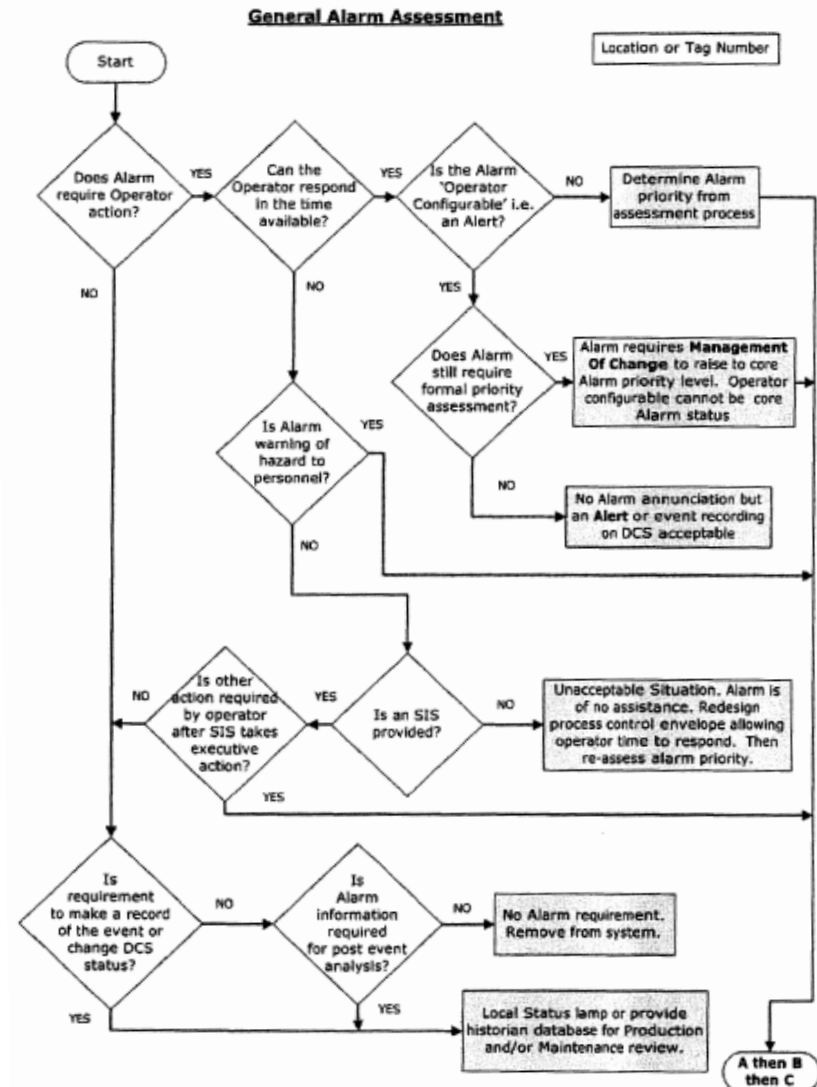
PUBLICATION No 191

Edition 2

Copyright © 2007 The Engineering Equipment and Materials Users' Association  
A company limited by guarantee. Registered in England. Company number 477838

ISBN 0 85931 155 4

Registered and Trading Address  
10-12 Lovat Lane London EC3R 8DN  
Telephone: +44 (0)20 7621 0011  
Fax: +44 (0)20 7621 0022  
E-mail: [sales@eemua.org](mailto:sales@eemua.org)  
Website: [www.eemua.org](http://www.eemua.org)



# 우리 설비와 장비의 Time Stamp는 일치 하나?

**DCS,**  
distributed control system

**PLC,**  
programmable logic controller

**Diagnosis Tool,**  
vibration & predictive maintenance device, heat,...

**Computer,**  
interface computer

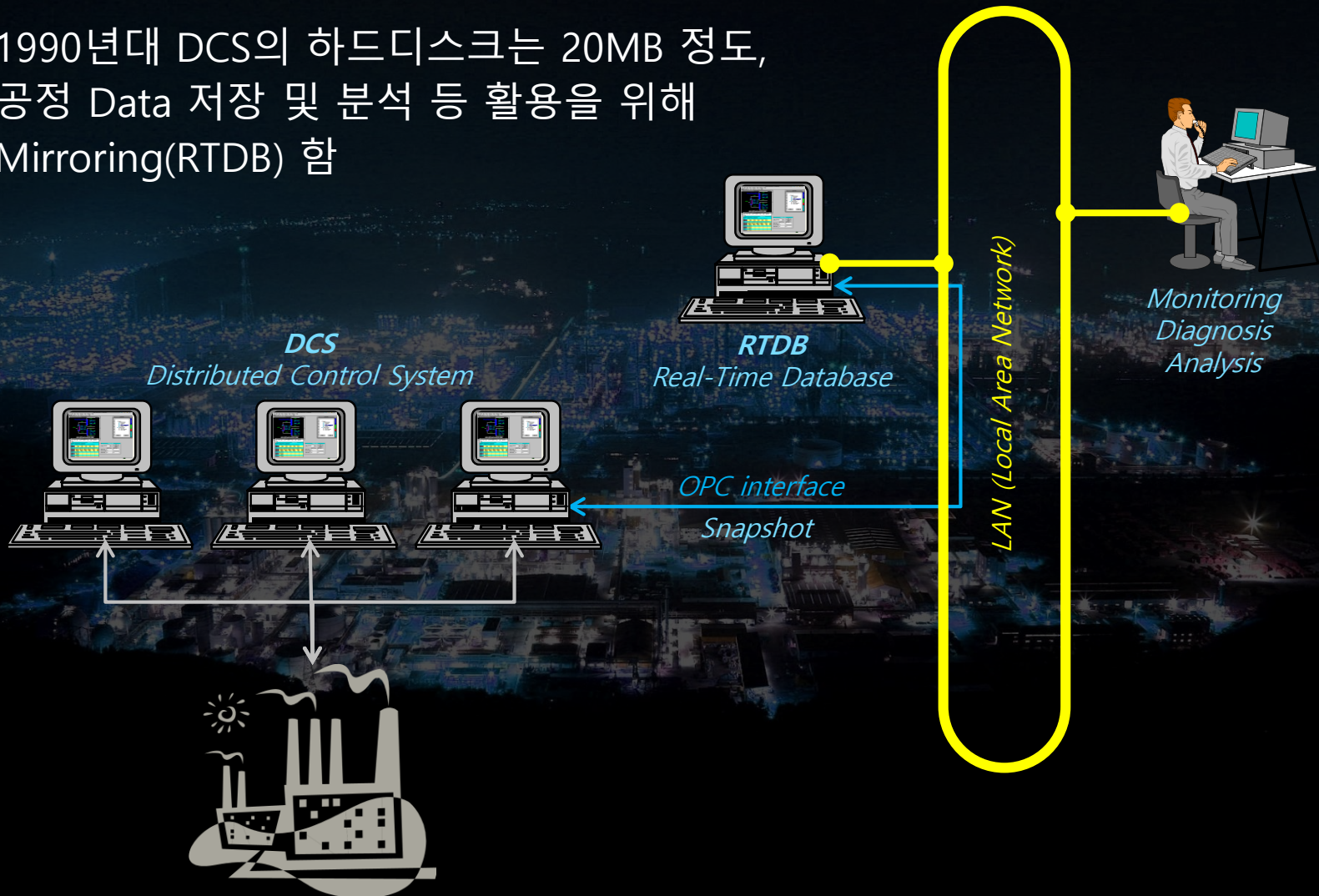
**Mobile Device**

**ERP/MES/OIS**



# RTDB란?

1990년대 DCS의 하드디스크는 20MB 정도,  
공정 Data 저장 및 분석 등 활용을 위해  
Mirroring(RTDB) 함



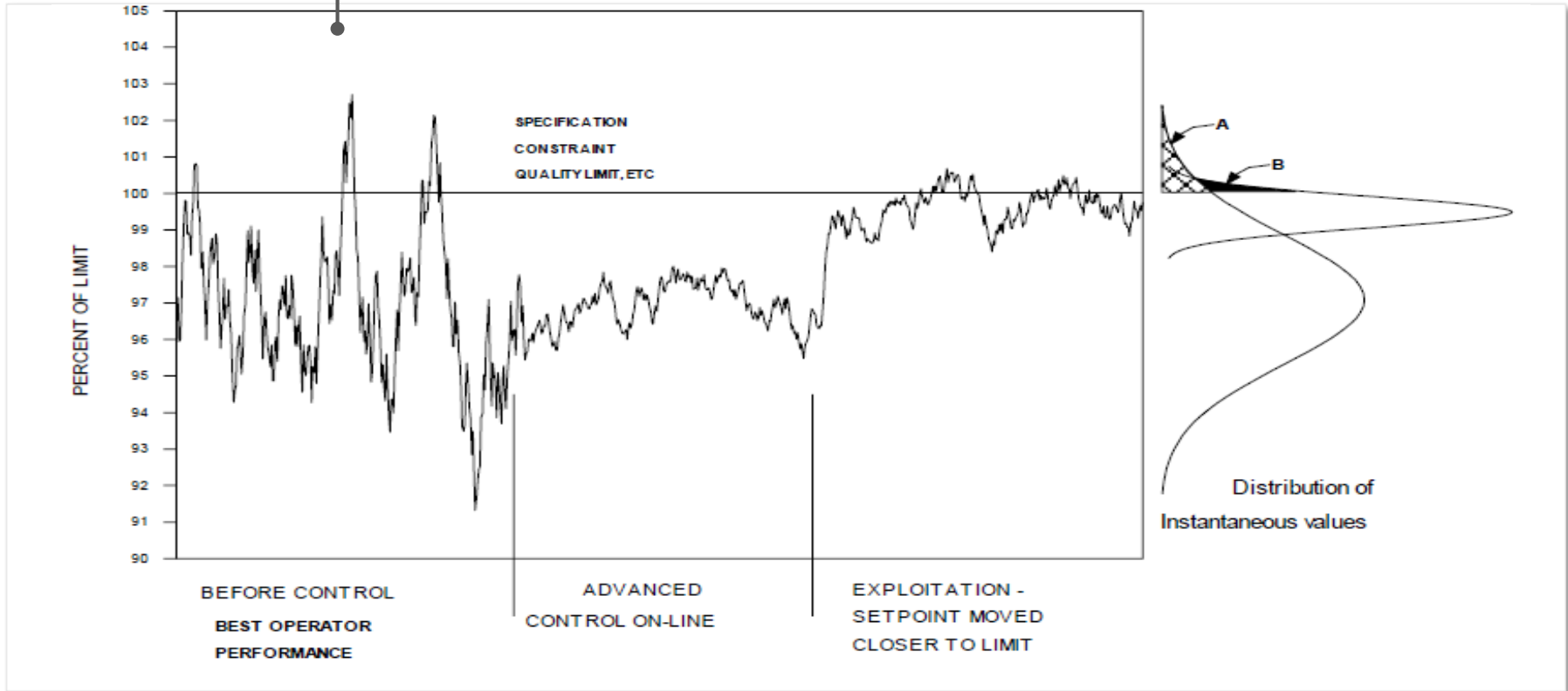
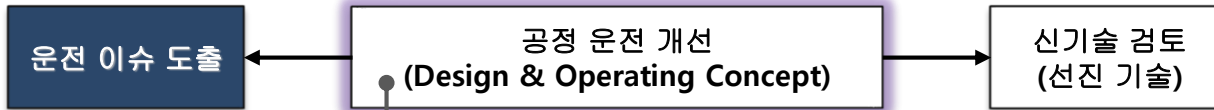
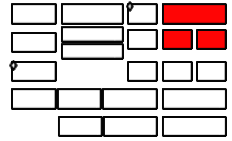


# Optimization

# 운전에서 개선점이 있는지?

## 『공정개선』 단계

※ APC(Advanced Process Control) 검토(계속)



# 공정관리와 설비관리 이해

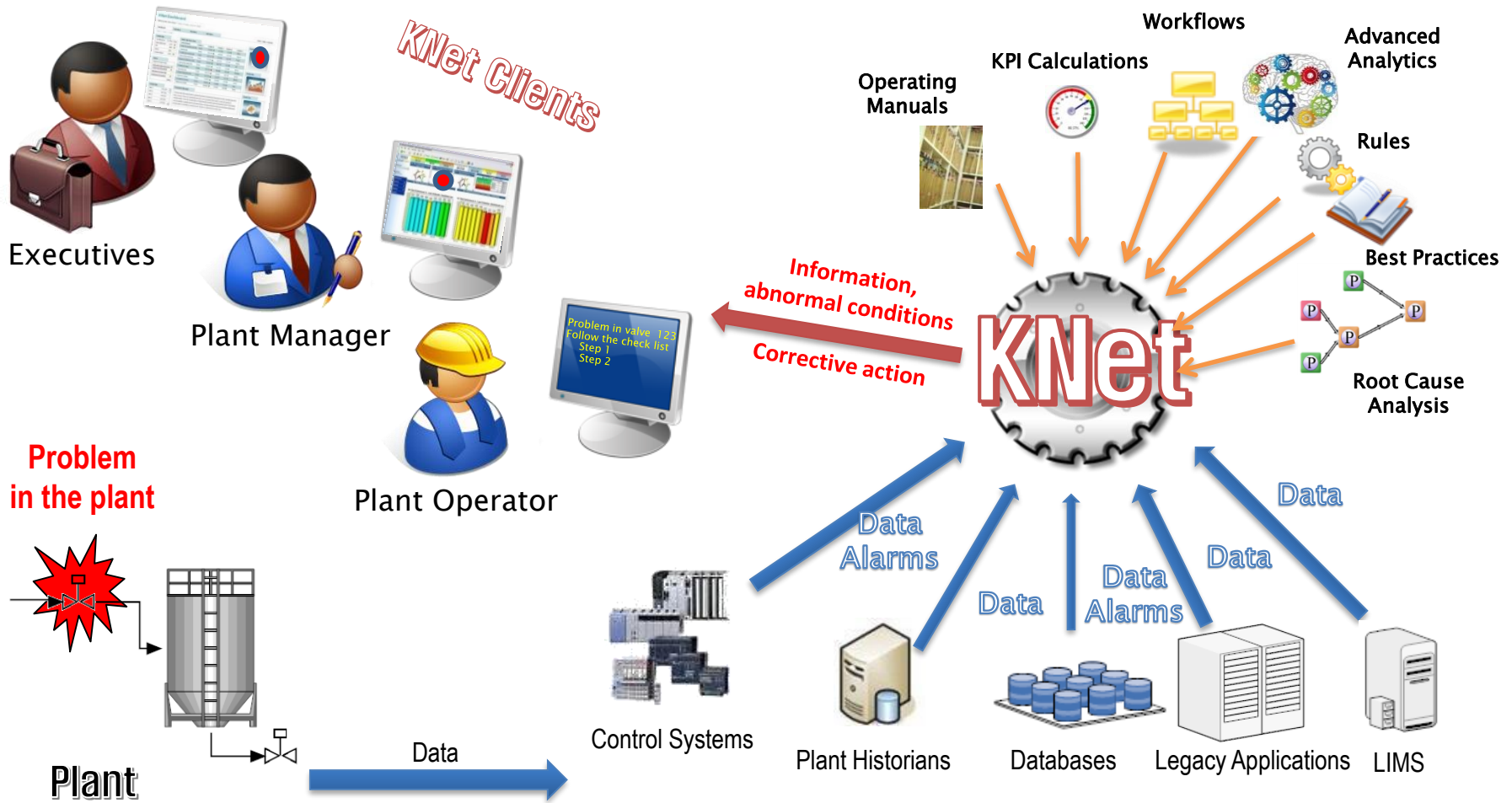


미래를 위해 검토되어야 할 당대 최고의 솔루션,

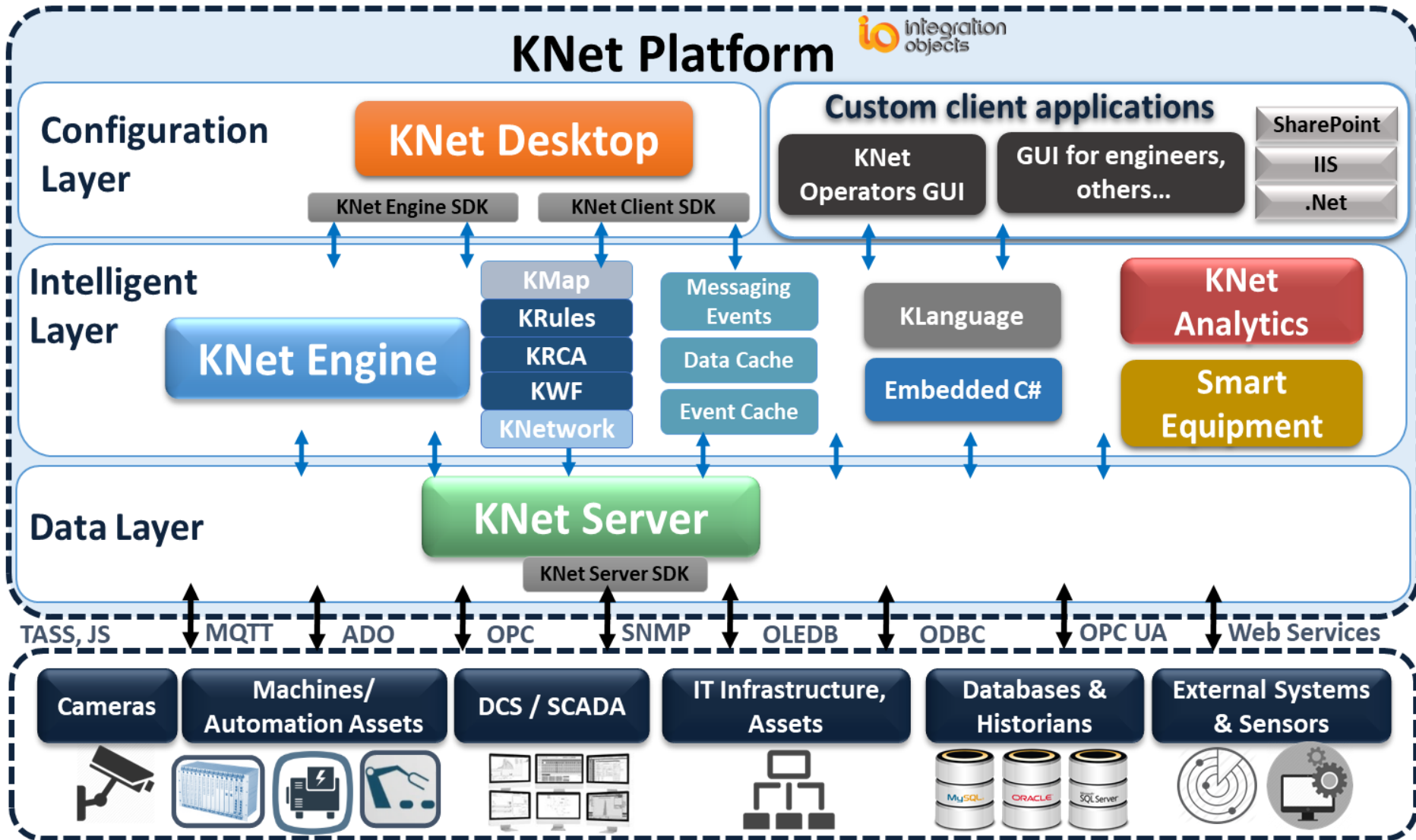
**K.net**



# 미래 현장 속의 통합 시스템 사례, K-net



# 미래 현장 속의 통합 시스템 사례, K-net

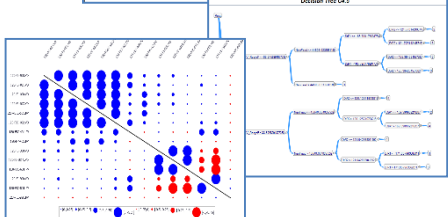
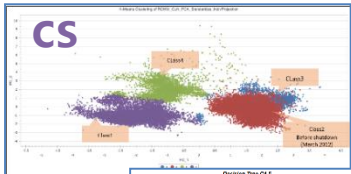


# 미래 현장 속의 통합 시스템 사례, K·net

1

KNet Analytics extracts the knowledge

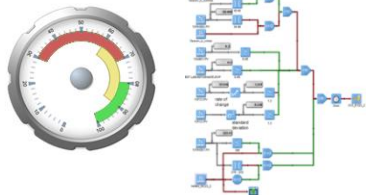
KNet Analyti



2

Knet의 이상상태 확인

KRules

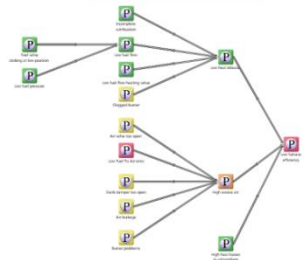


3

Event notification

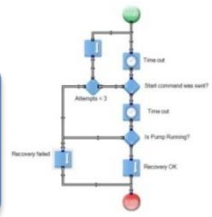
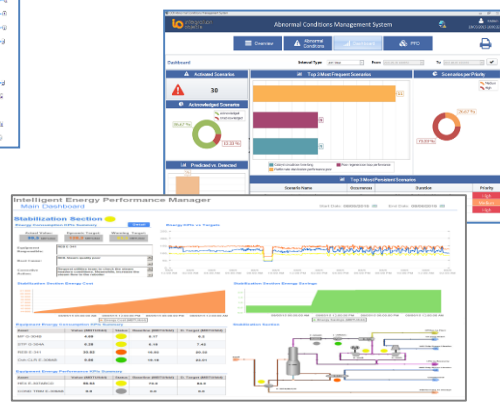
Automatic root cause analysis

KRCA



4

Guidance to fix the problem

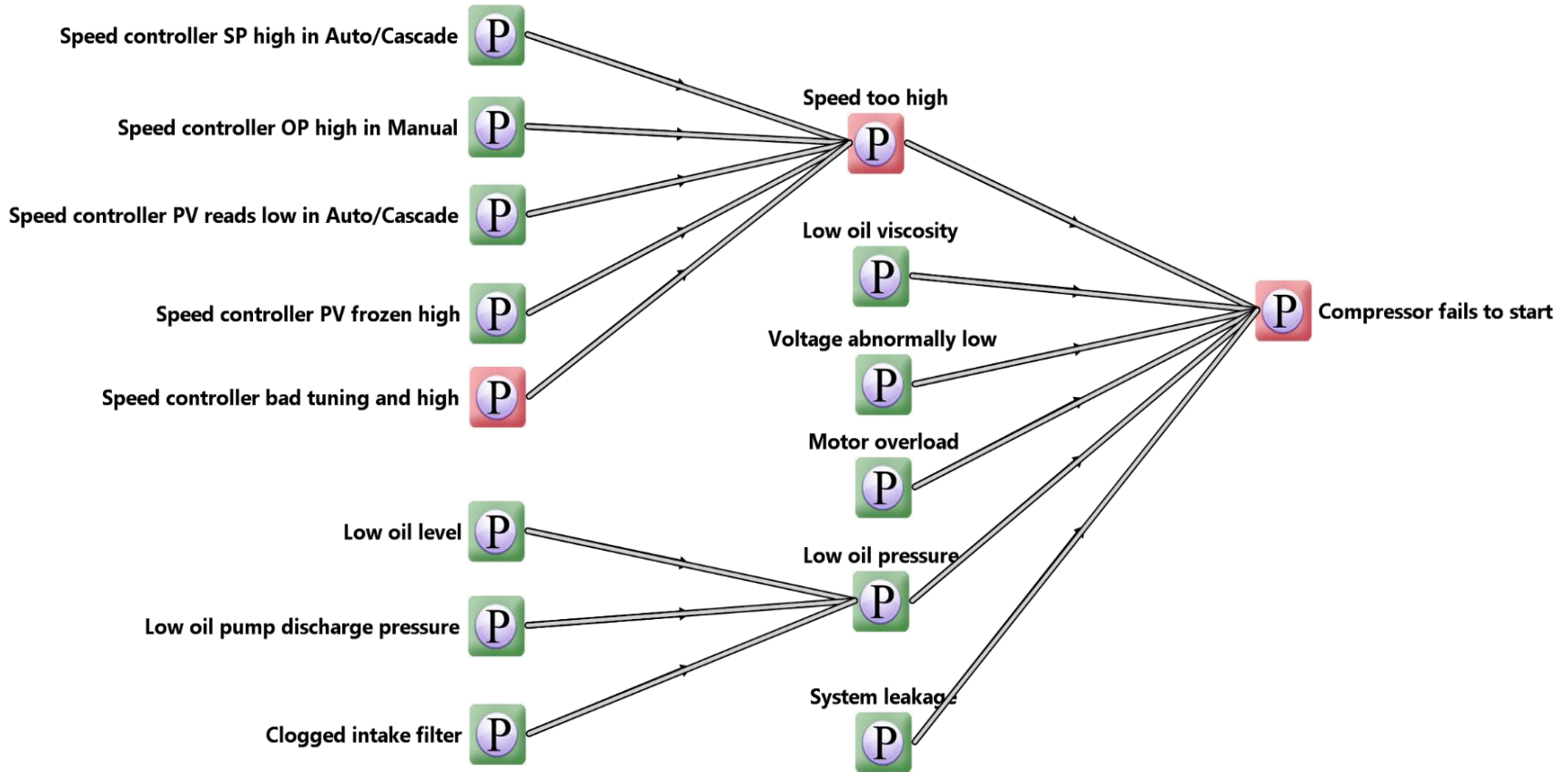


KWorkflow

\* 출처: APST(주), www.apstinc.com

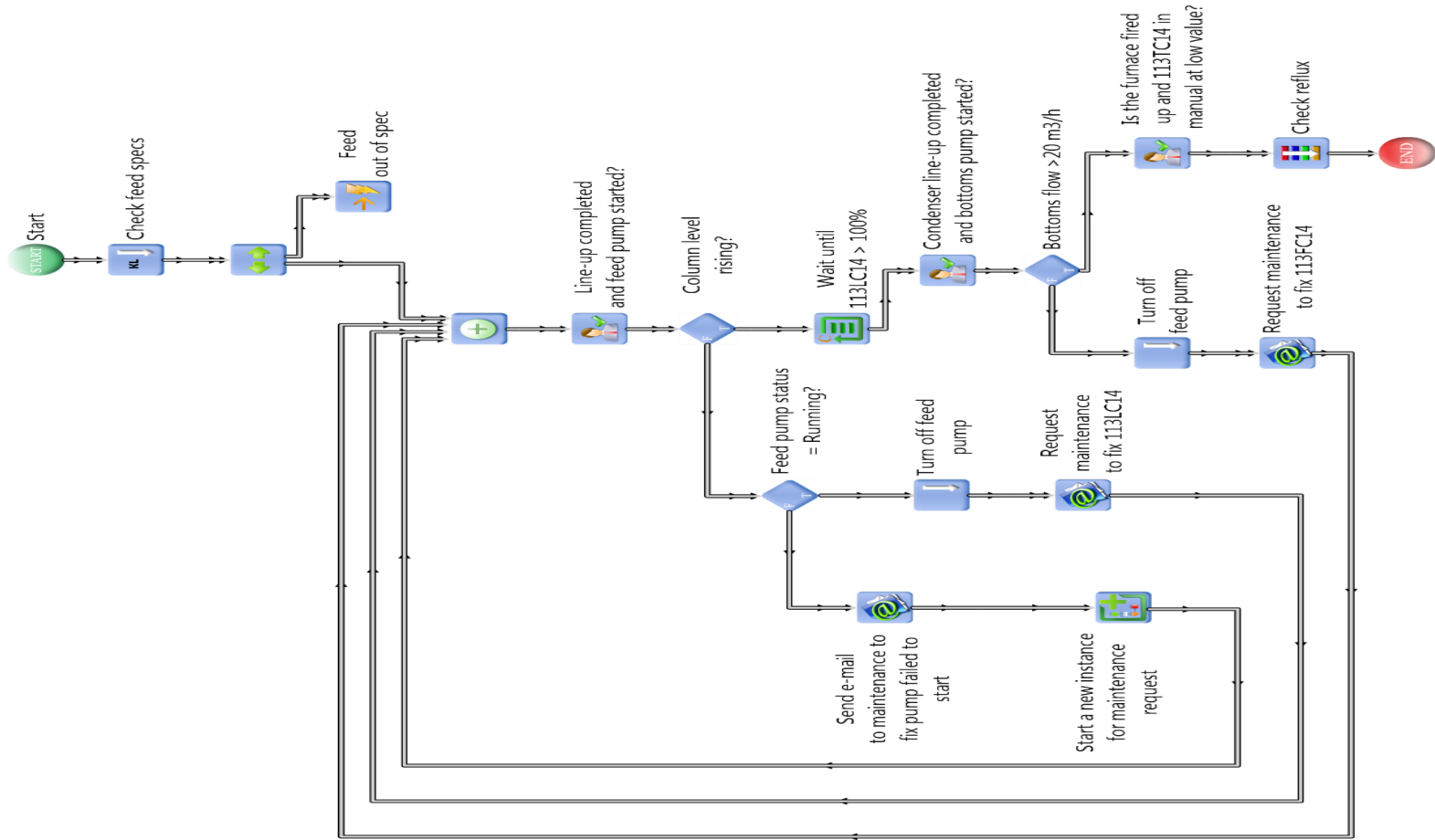
# 미래 현장 속의 통합 시스템 사례, K-net

## Example of Compressor Start-up – Root Cause Analysis



# 미래 현장 속의 통합 시스템 사례, K·net

## Workflow - Example of stabilizer Start-up



# Problem Solver 접근 방법

1. 대상 선정, Plant shutdown이 많은 공정부터
2. Rule 조사, 정비일지/ERP/현장 경력자 대상 조사
3. Rule 우선순위 및 확정, 단 지속적으로 추가 될 수 있음
4. RCA 조사, 확정된 각각의 Rule에 대한 RCA 조사
5. RCA Equation 정의, 센서 및 계산식으로 알고리즘 개발
6. RCA 확정, 실시간 테스트로 확인
7. Workflow 조사, 각각의 RCA별 작업 절차 조사
8. Workflow 확정, CMMS 표준작업절차 및 동영상 연계
9. Rule-RCA-Workflow 연계 및 공정 시스템에 연계

\* Problem solver는 K.net 알고리즘과 같은 시스템의 가칭입니다. 예지보전과 달리 실시간 관리가 필요한 만큼 데이터의 신뢰와 Scan cycle에 대한 검토도 되어야 합니다. DCS와 PLC, RTDB, 센서와 연계하기 전 데이터 신뢰도 검토되어야 합니다.

# KPI 관리



**KPI는  
기업에 따라 공장에 따라  
관리하는 항목이 다릅니다.  
왜 관리를 하는가 질문을 하면,  
대개 그 이유를 모르기도 합니다.**

**KPI는 두가지로 나누어서 관리를 하  
는 것이 좋습니다.**

**하나는 내부 관리용 KPI,  
다른 하나는 외부 비교용 KPI**

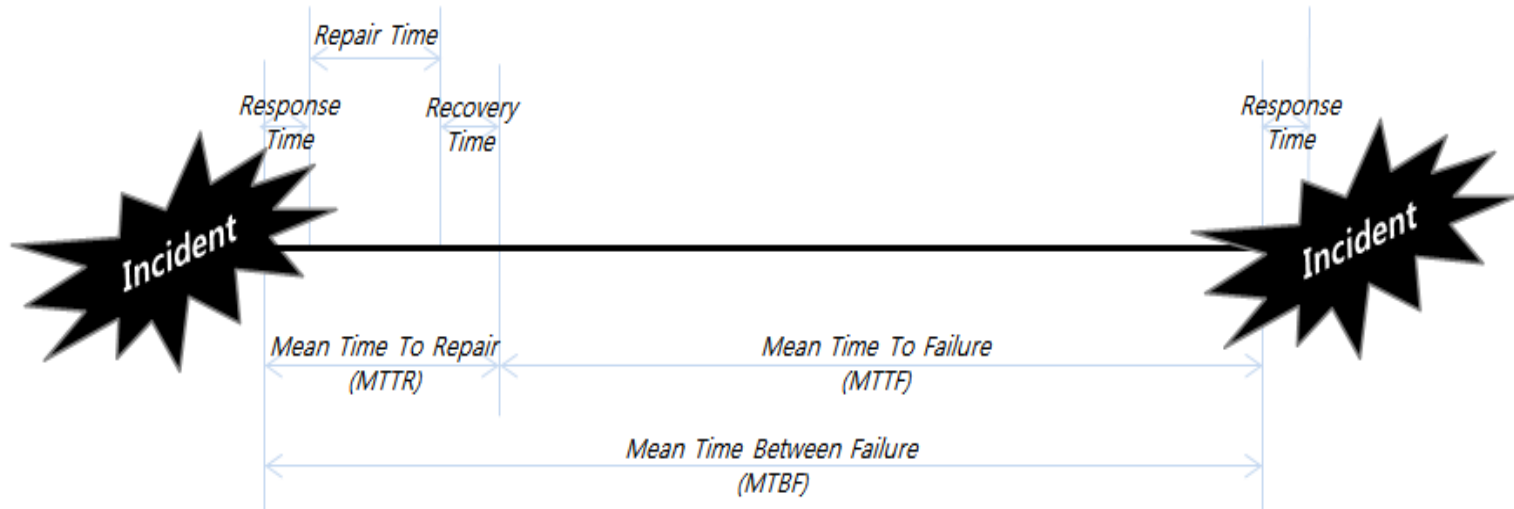




**Q. 설비관리 KPI 중 MTBF는 어떻게 활용하고 있나? 장치산업에서는 어떻게 활용해야 하나?**

# 설비관리 KPI

## MTTR과 MTBF



☞ **MTTR : 개별 설비에 적용 가능**

**MTBF : ?**

(Process나 Line 별로 패턴을 찾아 보는 것이 필요)

# 설비관리 KPI, 예방정비 관련

## - Overtime율

**Overtime 시간 ÷ 총 작업시간 × 100**

적절한 시간은 정비부서 총 시간의 5% 이하이다.

## - PM 이행률

**완료한 PM 건수 ÷ 계획된 PM 건수**

## - 긴급 작업률

**긴급작업 Man-hours ÷ 총 작업 Man-hours × 100**

Department, Area, Plant Level로 관리

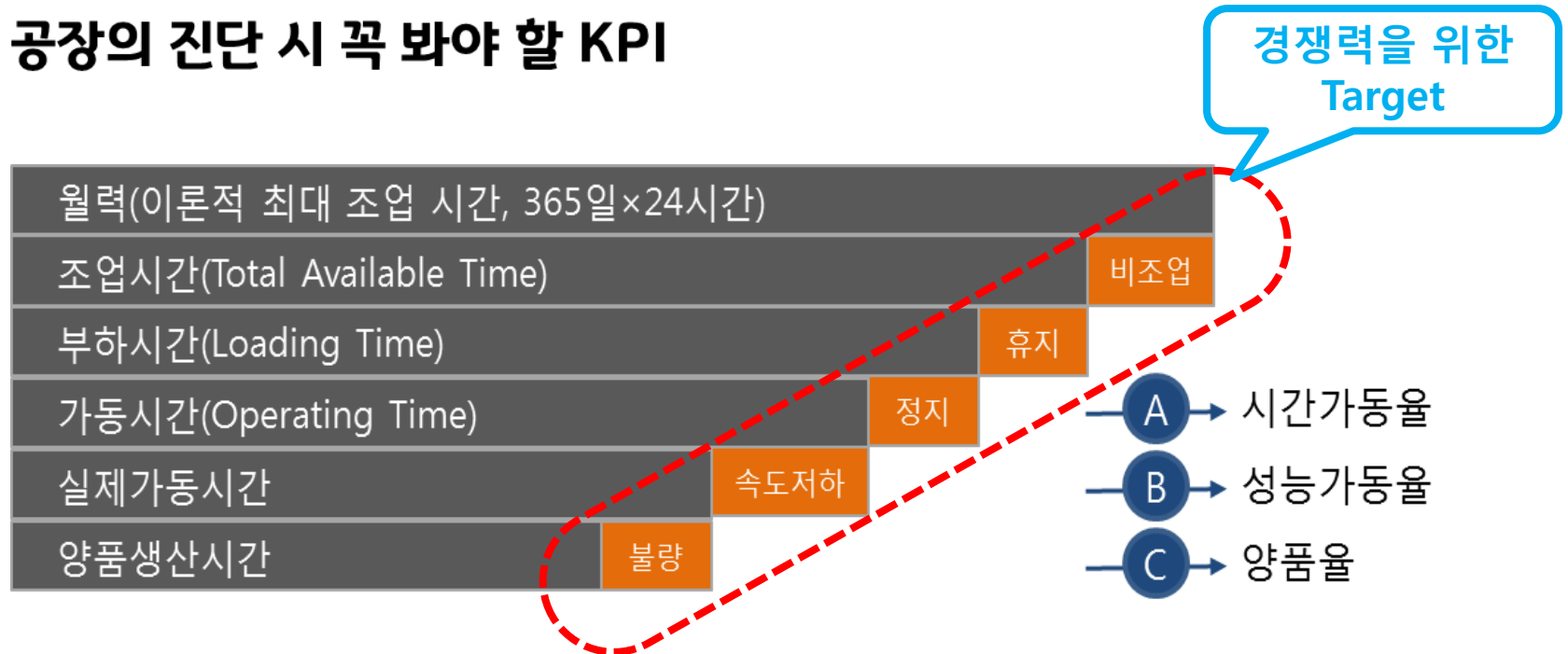
## - 설비종합효율

**시간가동율 90% × 성능가동율 95% × 양품율 99%**

85% 이상이면 양호하다.

# 설비종합효율, OEE

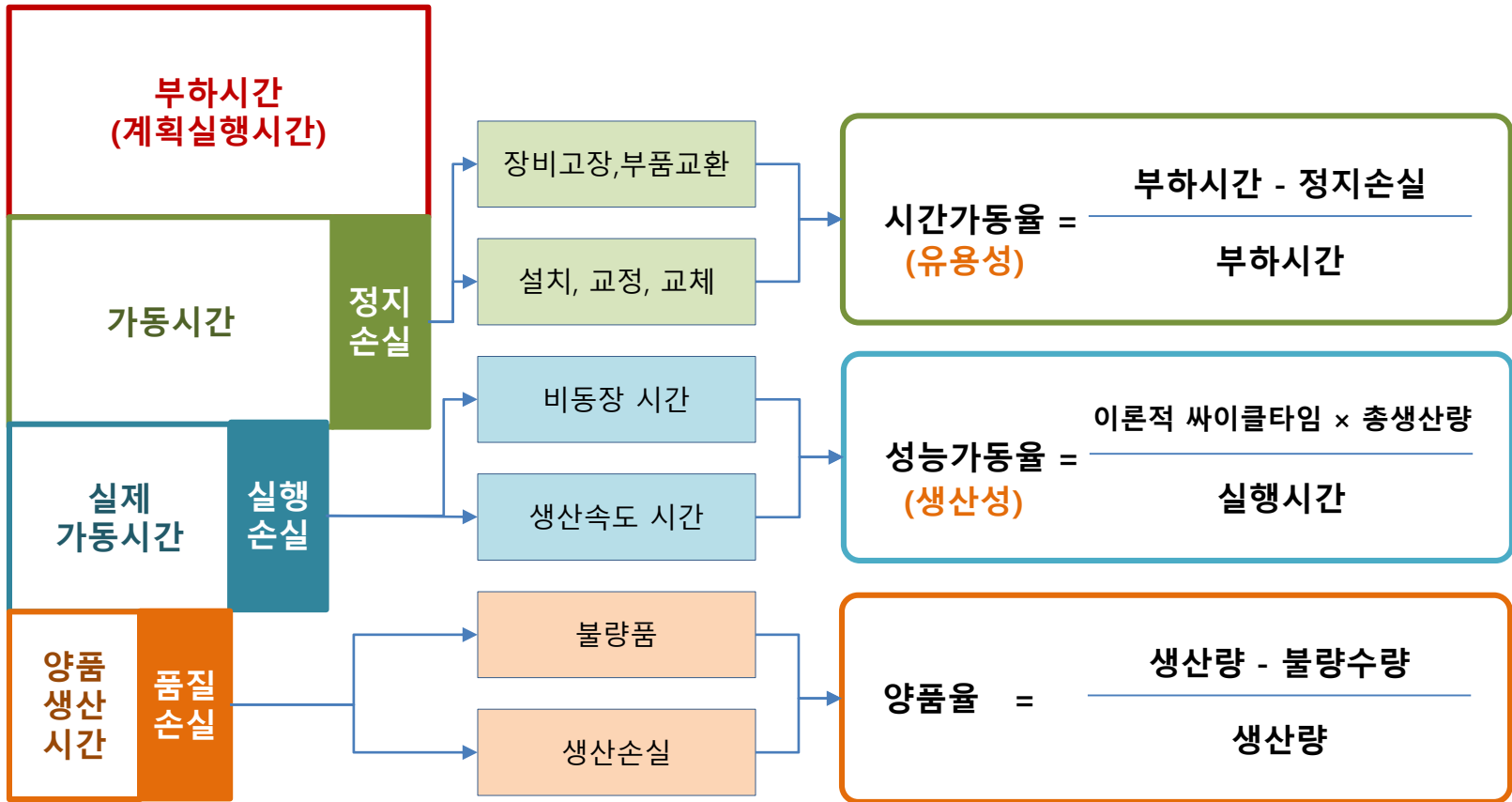
## 공장의 진단 시 꼭 봐야 할 KPI



$$\text{OEE} = \text{시간가동율(유용성)} \times \text{성능가동율(생산성)} \times \text{양품율}$$
$$= 85\% \sim 99\%$$

\*1 OEE: Overall Equipment Effectiveness

# 설비종합효율, OEE





**우리 공장에 설비관리는 어떻게 접근할까?**

**첫째, 先 전략 後 예지보전**

**둘째, 지능형 문제 대응 (K.net)**

**셋째, 임직원 역량 강화 (창의적 문제해결)**