

4차 산업혁명 시대의 Digital Twin과 활용 방안

Nov. 2018

Ph.D. Jinsang HWANG
(mars@partdb.com)

PartDB Co., Ltd.

Who I am (Jinsang HWANG)



- 학력: 공학박사 (KAIST 기계공학과, 학/석/박)
- LG전자(주) 선임연구원 (전)
- 대구대학교 겸임교수 (전)
- 서강대학교 겸임교수
- (주)부품디비 사장

• Research interests
CAx, PLM, IMS, knowledge engineering,
engineering collaboration, visualization and
engineering information models
(ISO STEP, Process Plants, PLIB, X3D).

- 논문: 국제저널 약20편, 국내저널 약60편
- 특허: 국제특허 3건, 국내특허 30건

- 2016.04. 방위사업청장 표창장
- 2016.03. 2016 대한민국 산업대상 IT솔루션대상
- 2015.10. 한국정보처리학회 우수논문상
; 실제로 상황재현을 위한 변동음질감 재현 시뮬레이터 개발
- 2013.01. 한국CAD/CAM학회 학술발표회 우수논문상
; 원자력발전소 형상관리를 위한 요건관리 방안 연구
- 2013.01. 한국CAD/CAM학회 기술상
- 2012.08. 한국CAD/CAM학회 하계학술대회 우수논문상
- 2010.01. 한국CAD/CAM학회 학술발표회 우수포스터논문상
; 오픈소스 그래픽스 엔진을 이용한 가상현실 타일디스플레이 시스템
- 2009.02. 한국CAD/CAM학회 우수논문상
; 협업 개발 내 설계 변경 정보의 공유 및 전파를 위한 중립 참조 모델
- 2008.07. 한국CAD/CAM학회 학술발표회
; 제품설계 협업 환경에서 골격 모델을 이용한 기업 지적 자산의 보안

PartDB Co., Ltd.

- 제조/국방/플랜트산업 전문 IT융합 기술기업: 국가 기간산업 분야 주요사업 수행
- 국내 CAD/PLM분야 전문가 주주들로 구성/창립

개요

대표자	황진상, Ph.D
설립연월	1999년 10월
소재지(본사)	대전 유성구 유성대로 1476-55
소재지(지사)	경남 김해시 대청로 210번길 20
홈페이지	http://www.partdb.com

사업분야

육군 방위산업

해군 방위산업

항공MRO

Eng.
IT&DB

CAD
& DEX

Eng.
VR

수력/화력/LNG

원전

조선/해양

신재생에너지

주요 제품

iSAS

통합정보관리솔루션
/ 형상관리 솔루션

iPLANT

스마트 플랜트
솔루션

iVR

가상 시뮬레이터 및
시뮬레이션 솔루션

iCMS

모니터링 및
감시제어 시스템

정보
관리

SAS, EDM,
Alkym

설계
정보

Gpure, Datakit,
VRdose

인증

ISO 9001 인증

이노비즈 인증

엔지니어링 사업자 등록

한국방산진흥회 회원

소기업확인서 보유

군 보안업체 인증

소프트웨어 사업자 등록

직접생산확인증명서 보유

FPAL 등록

기업부설연구소 등록

CONTENTS

1

CONCEPT : CPS & DIGITAL TWIN

2

CONCEPT : INDUSTRIE 4.0

3

DIGITAL TWIN : VIRTUAL MODEL

4

DIGITAL TWIN : DIGITAL MODEL & SMART PLANT

5

DIGITAL TWIN : DETERMINISTIC & STOCHASTIC

CONCEPT : CPS & DIGITAL TWIN

CPS Concept

- CPS = Cyber-Physical System
- 사용자와 네트워크로 결합되어 있으며 컴퓨터 기반 알고리즘으로 관제 및 제어되는 메카니즘.
물리적 컴포넌트와 소프트웨어 컴포넌트가 깊게 얽혀 있으나 각각 다른 시공간적 범위에서 운영됨으로 인한 별개의 거동을 가지고 있어서, 상황에 따라 다양한 방식으로 상호작용 실현.
- 임베디드 시스템이 진화된 성격으로, 독립적 장치가 아닌 물리적인 입출력으로 상호작용하는 요소들의 네트워크로 형성되는 시스템.
자율 주행, 심해 탐사, 항공 통제, 의료 모니터링, 로봇 수술, 공정제어, 스마트그리드 등.
- 제조 분야의 CPS = CPPS (Cyber-Physical Production System)
- 미래형 제조를 위한 CPS로서 Coupled-model이 제안됨. → Digital Twin

Digital Twin Concept

- 다양한 목적으로 사용될 수 있는 물리적 자산(Physical Twin)과 시스템 및 프로세스의 **디지털 복제본**(digital replica)을 의미.
이는 IoT 장치들이 수명주기 동안 어떻게 작동하고 운영되는지에 대한 내용들과 거동을 제공.
- 프로세스, 제품 또는 서비스의 가상 모델.
가상 세계와 물리적 세계를 결합하고 데이터 분석 및 시스템 모니터링을 통해 문제 발생을 사전 **방지**하며 신규 기회를 **개발**하고 시뮬레이션으로 미래를 **계획**.
- 다양한 산업 분야에서 물리적 자산, 시스템 및 제조 프로세스의 **운영 및 보전**을 최적화하기 위해 활용.
자산 또는 프로세스의 **전체 수명주기**를 다루고 관련 제품 및 서비스를 위한 기반을 형성하는 비즈니스 필수 요건. 복잡한 사전 **진단**과 **지능형 관리** 시스템으로 문제의 근본 **원인**을 분석 및 파악함.
- 물리적인 물체가 다른 기계나 사람들과 실제로 살며 상호 작용할 수 있는 **산업용 사물인터넷**을 형성하는 기술.



Application of Smart things: Digital Twin

GE Digital Wind Farm:

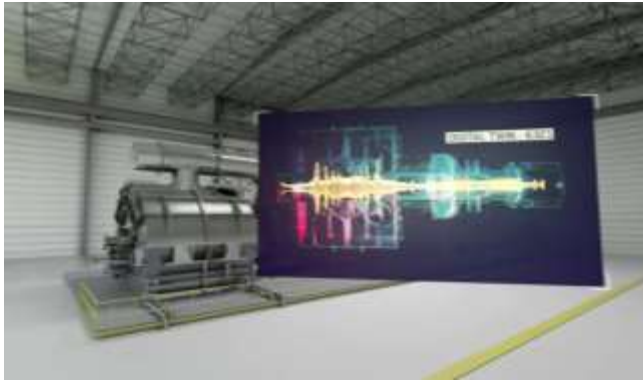


*Product design, manufacturing process planning and production.
(Feuer and Weissman, 2017)*



GE의 Digital Twin (Predix)

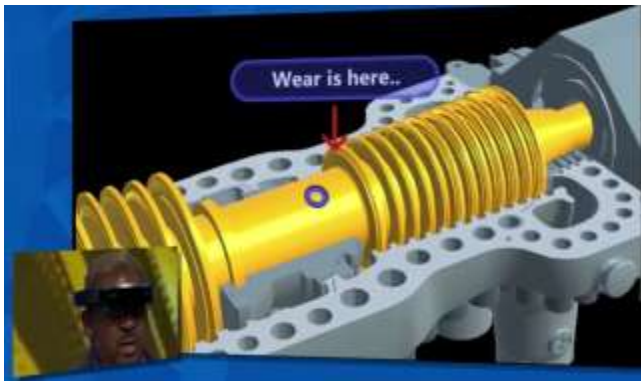
- Colin Parris(소프트웨어연구 부문 부사장)
 - 마인드+머신 2016 발표 자료



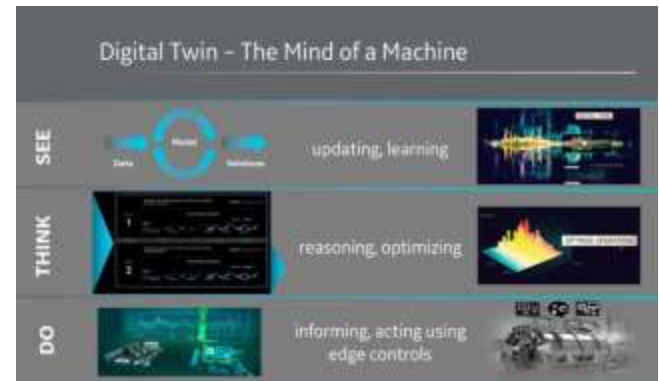
GE D11 Steam Turbine의 Digital Twin



Turbine 상태를 설명해주는 Digital Twin



VR 가상 현실을 이용한 Digital Twin 정보 조회



Digital Twin의 세 가지 기능

Digital Twin history

1960년대 NASA.

Paring technology로 운영 및 유지보수 업무를 원격 지원.

2002년경 Michael Grieves, the University of Michigan.

Digital Twin 용어 및 개념을 제안.

2015년경 GE, DNV, etc.

Digital Twin 개념을 풍력발전기, 해양플랜트 등의 플랜트에 적용 시도.

2017년 Gartner.

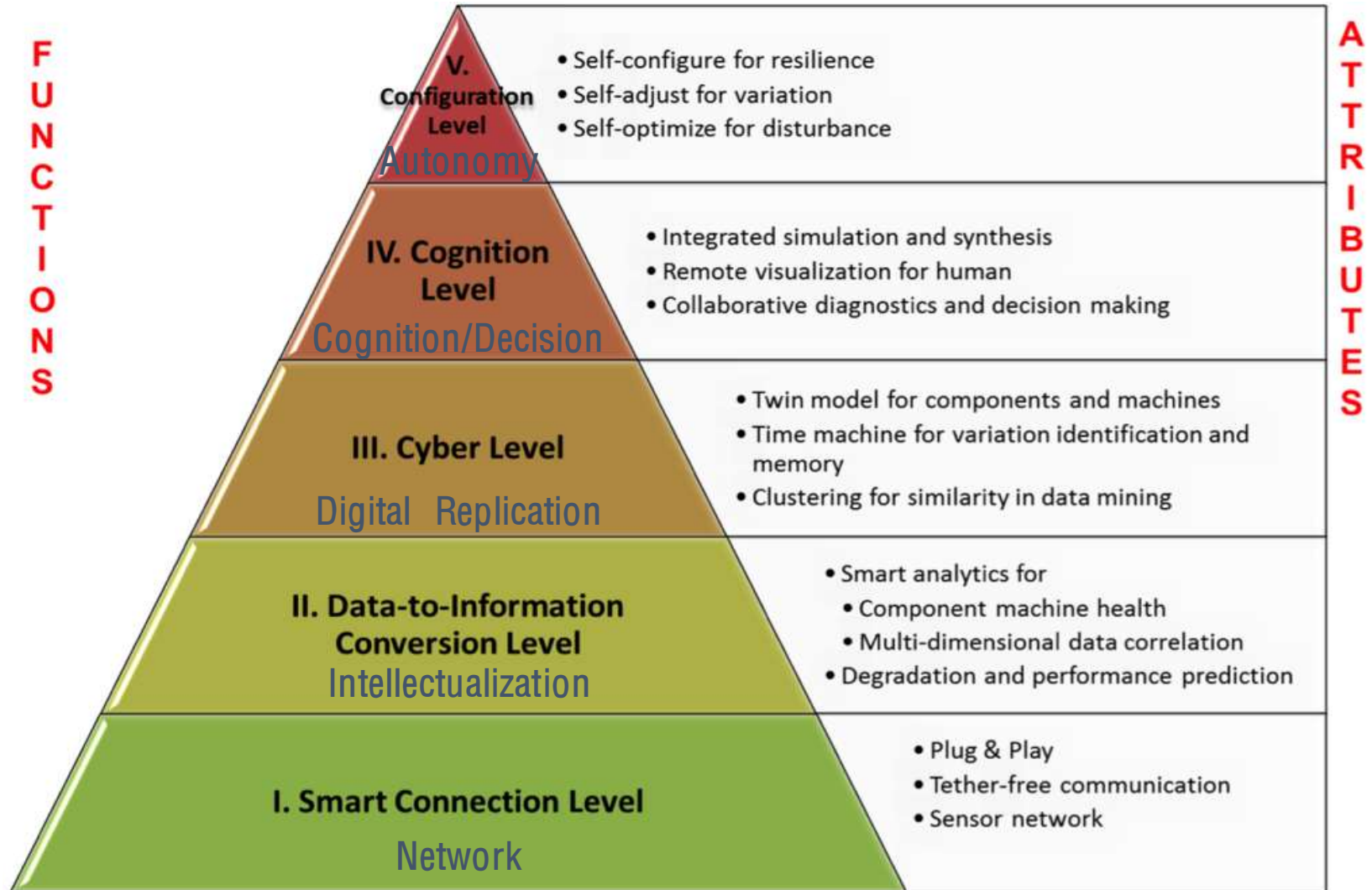
Digital Twin을 10대 전략기술 동향 중 하나로 선정.

2018년 IDC.

Digital Twin 적용 시 기업의 주요 프로세스 주기가 30% 절감할 것으로 예측.

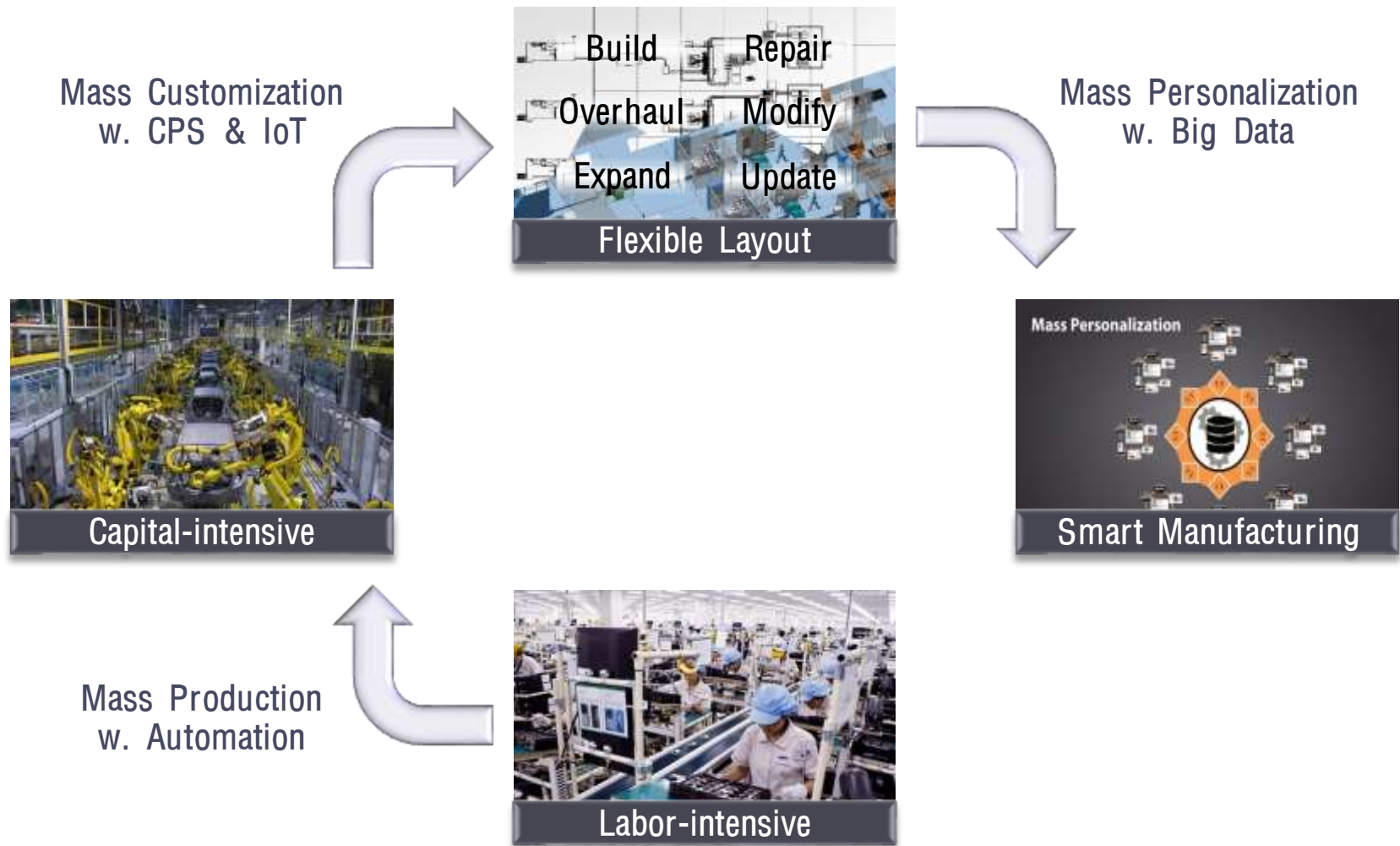
5C architecture

5C :: connection, conversion, cyber, cognition & configuration

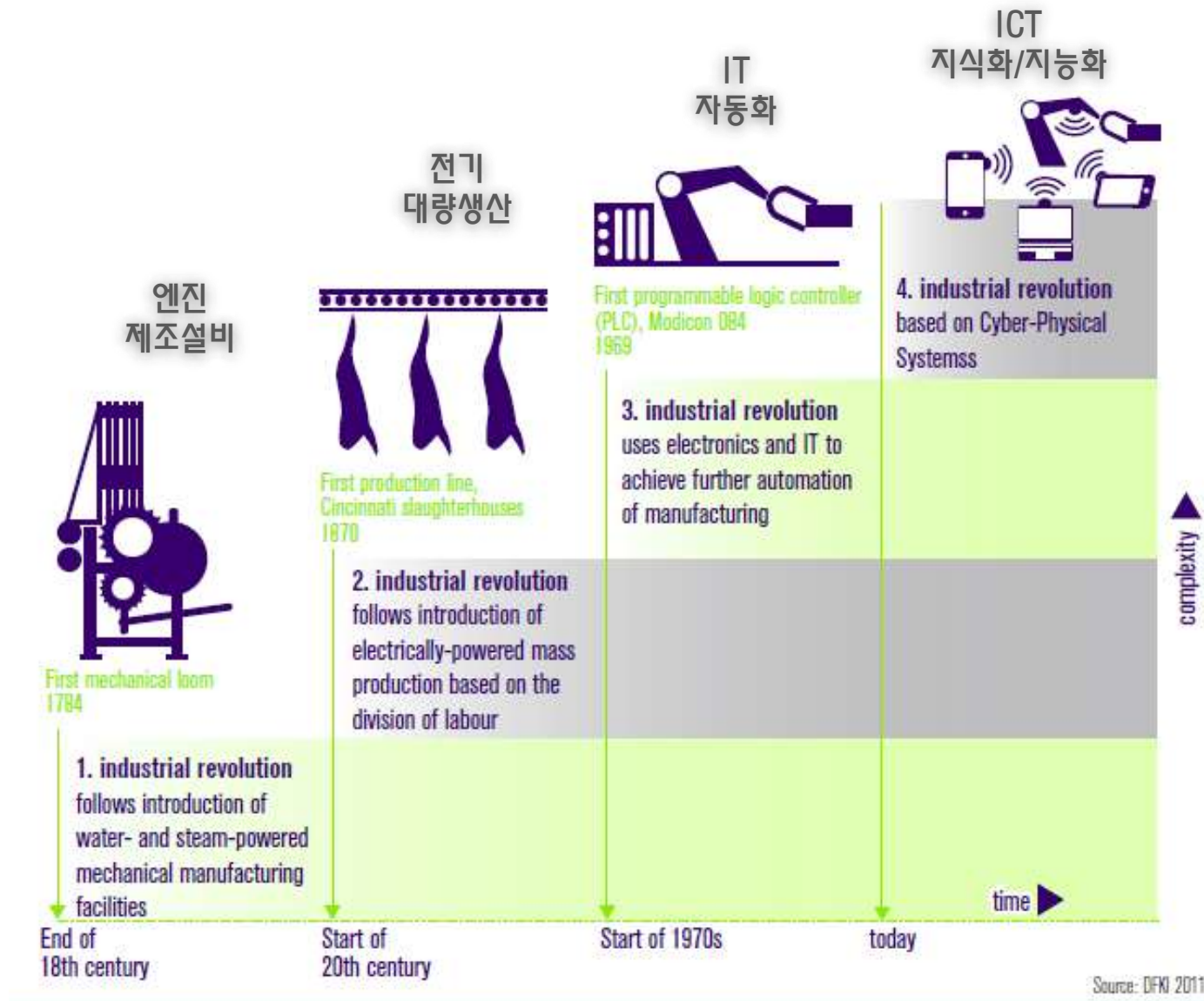


CONCEPT : INDUSTRIE 4.0

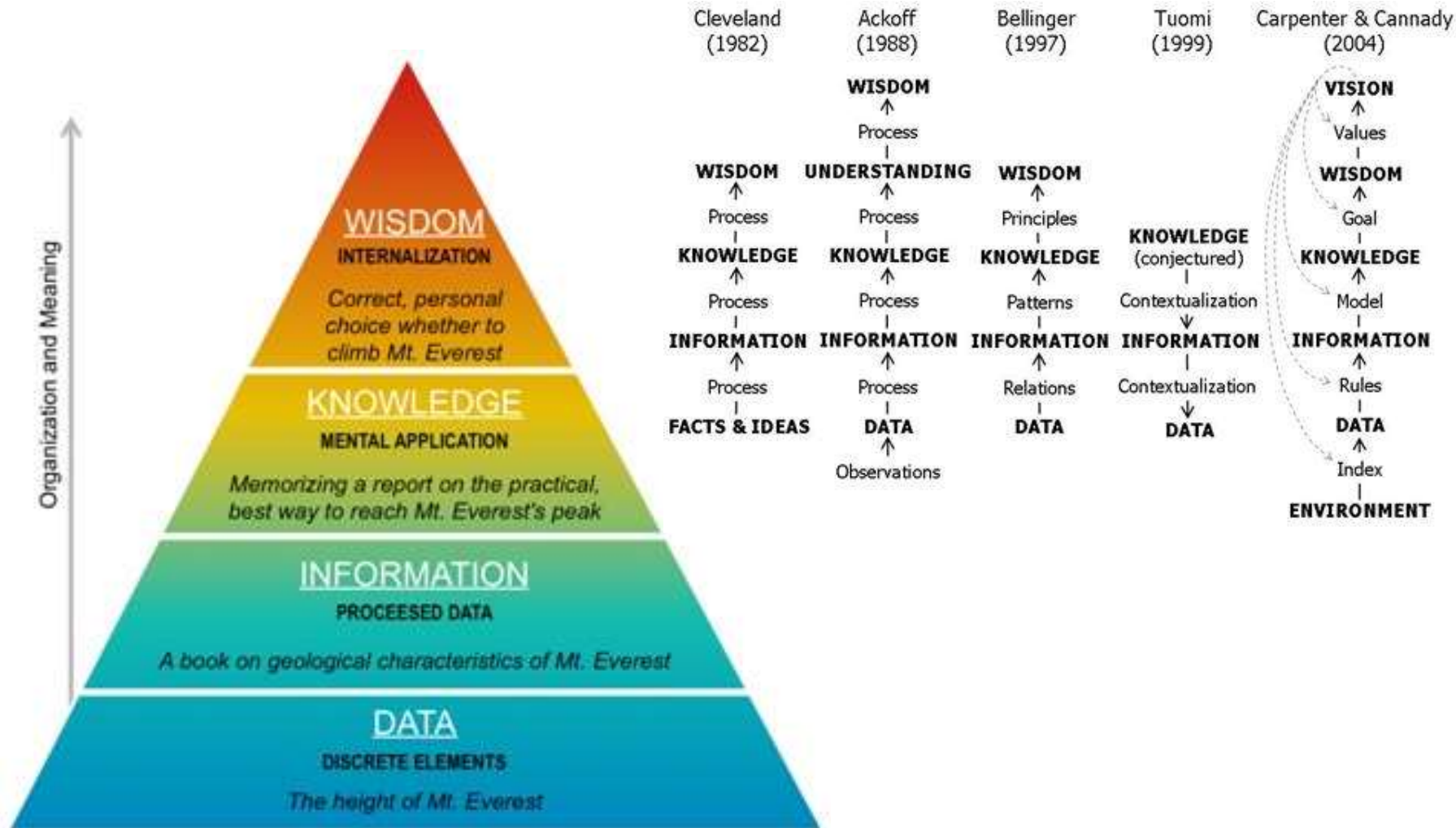
Motivation of future manufacturing



Industrie 4.0

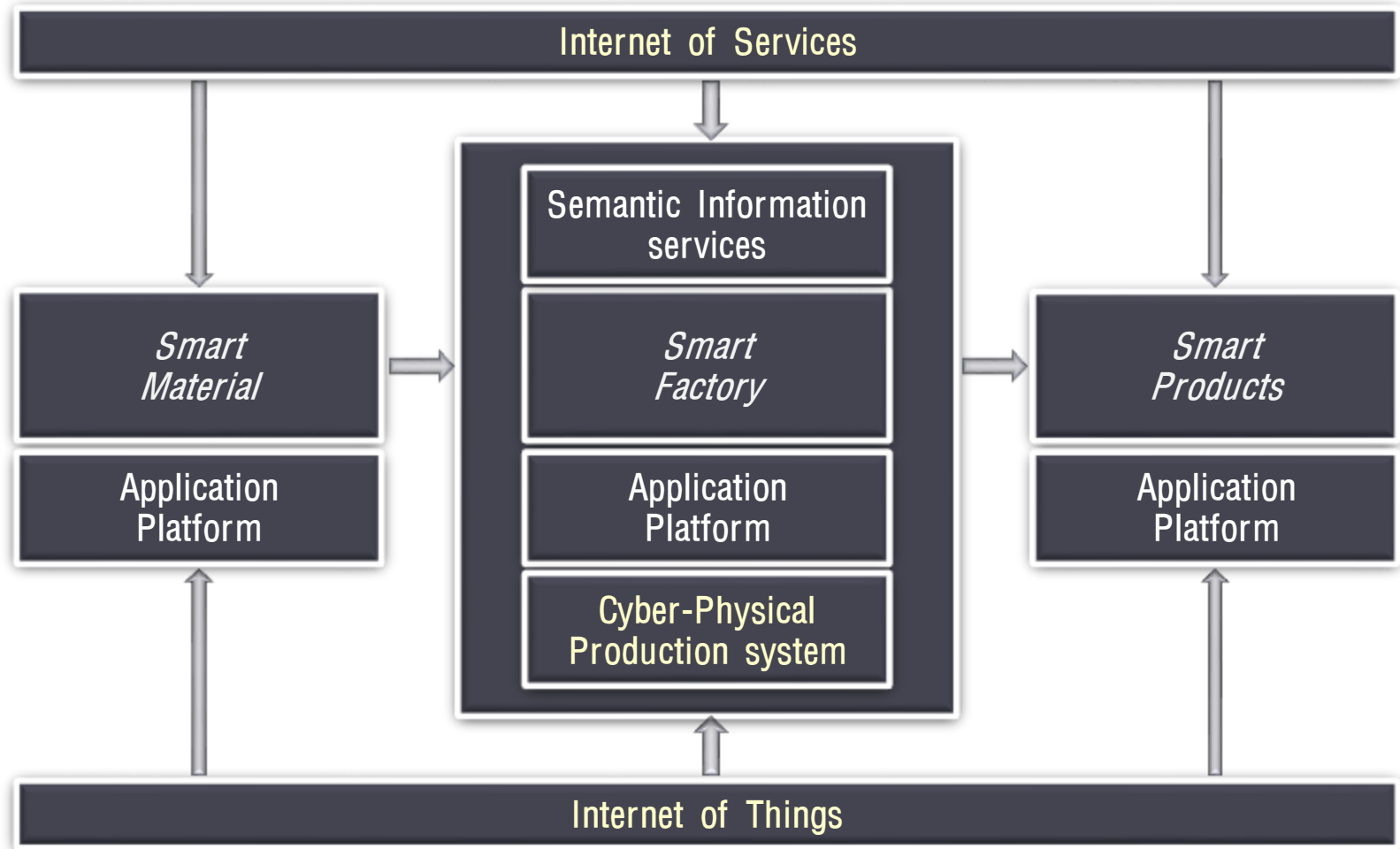


지식화(Intellectualization) ; The DIKW Pyramid

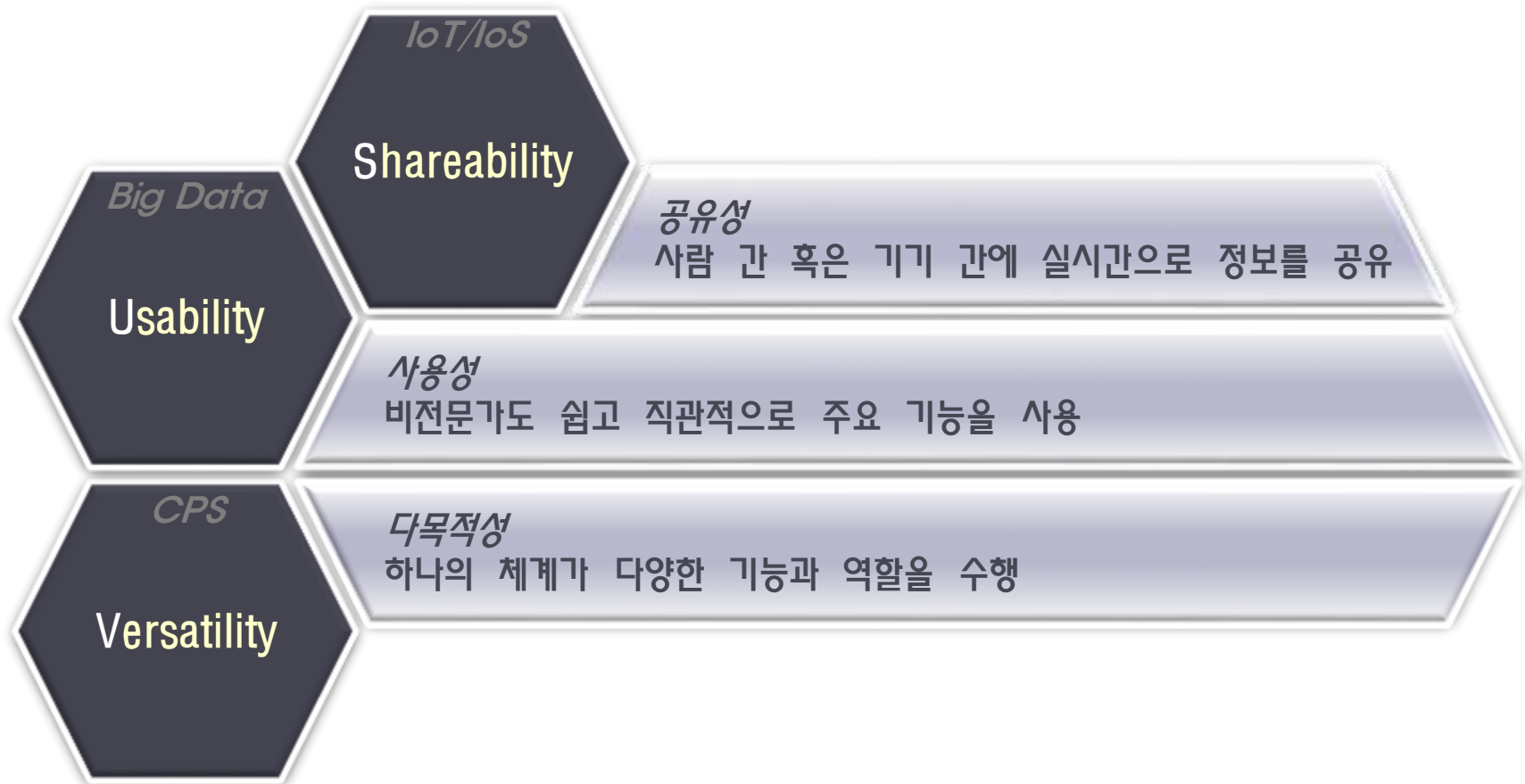


Smart Manufacturing

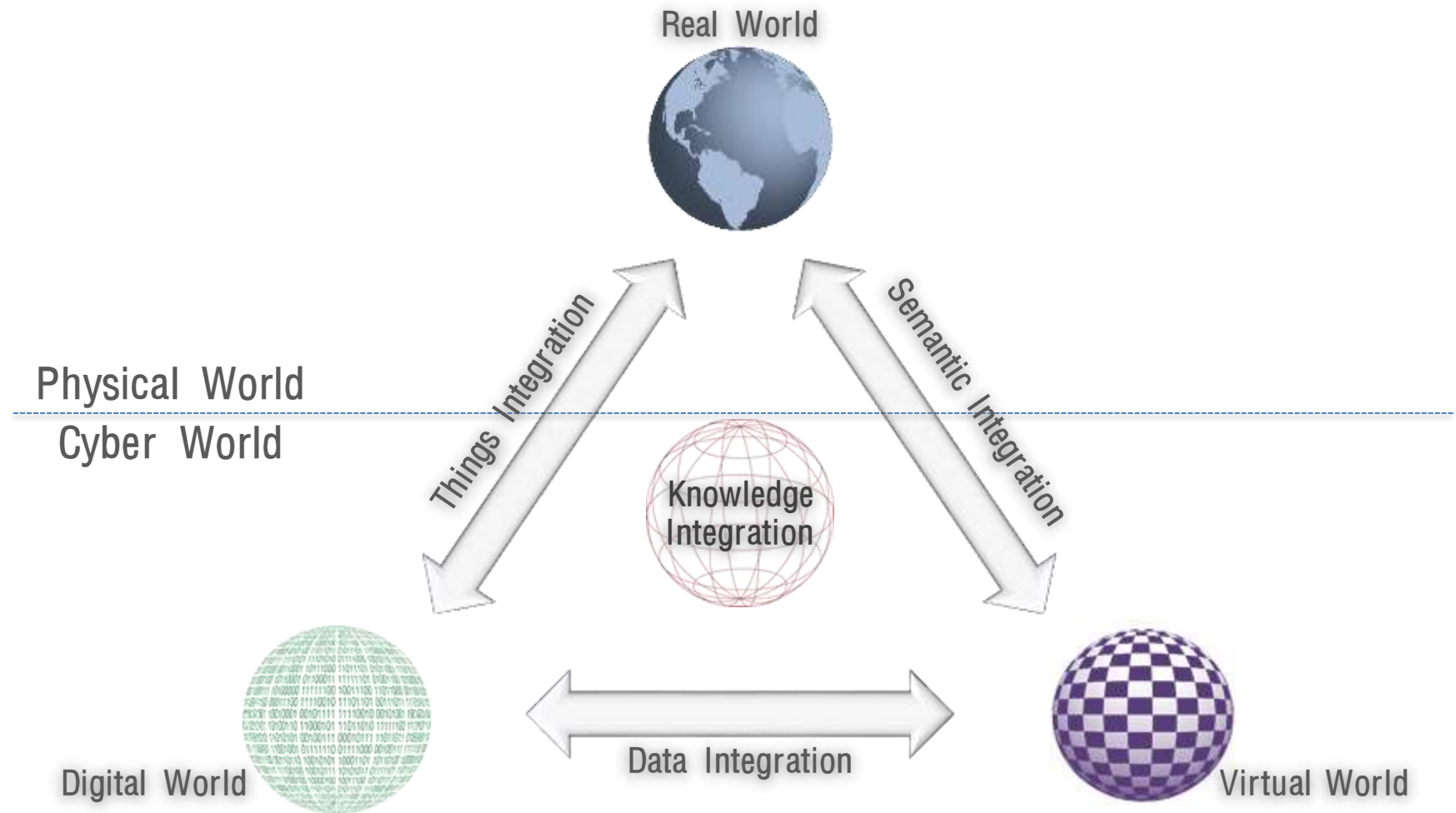
- 제품, 설비, 부품/소재, 자원, 서비스 등 생산과 관련된 모든 요소들이 상호 인지/대응 가능
- 핵심 요소 : CPS + IoT/loS + Big Data



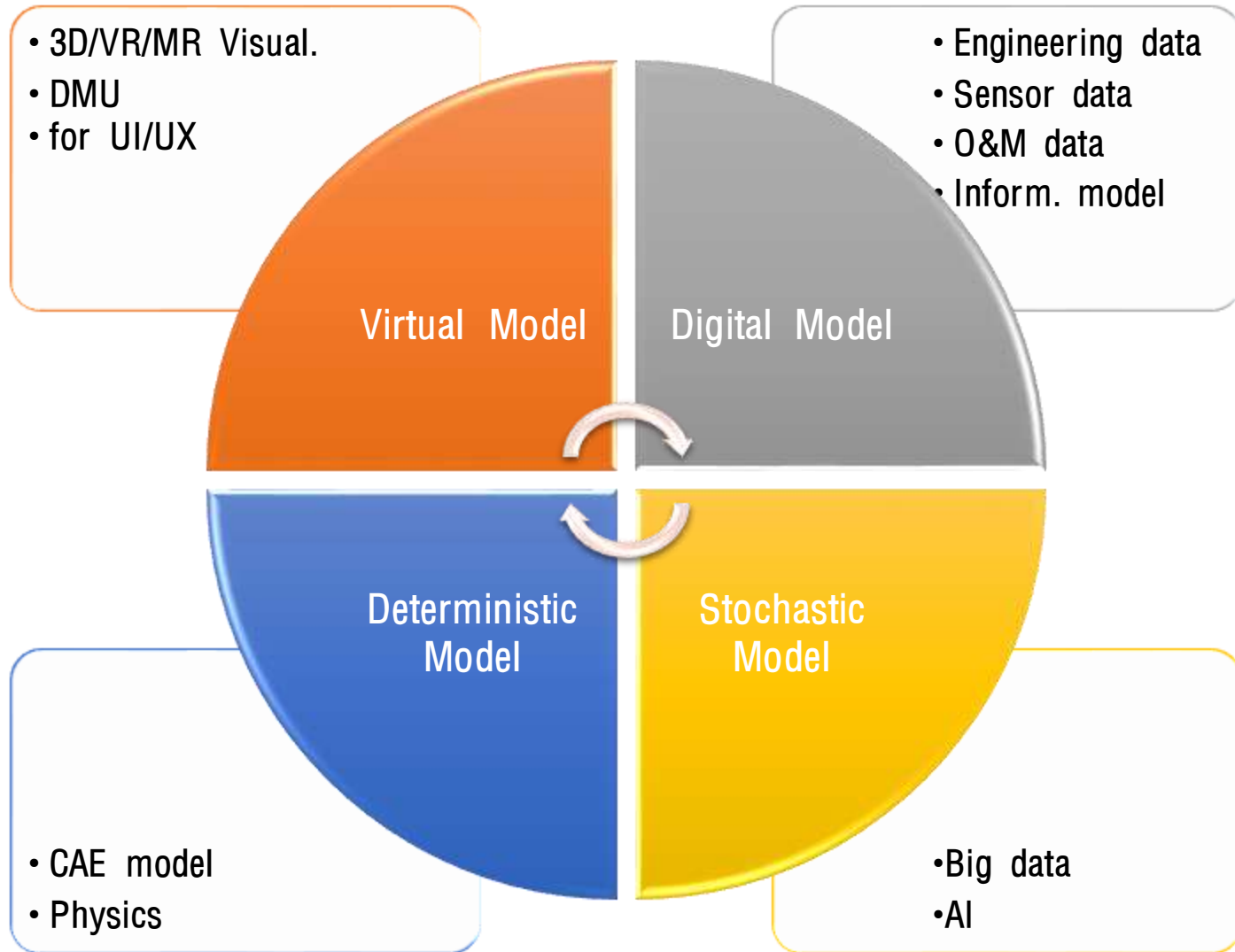
S.M.A.R.T?



Intellectualization with IoT



Digital Twin Model



Factory vs. Plant



제품 관점

배치공정 관점

유연성(Flexibility) 관점

설비 관점

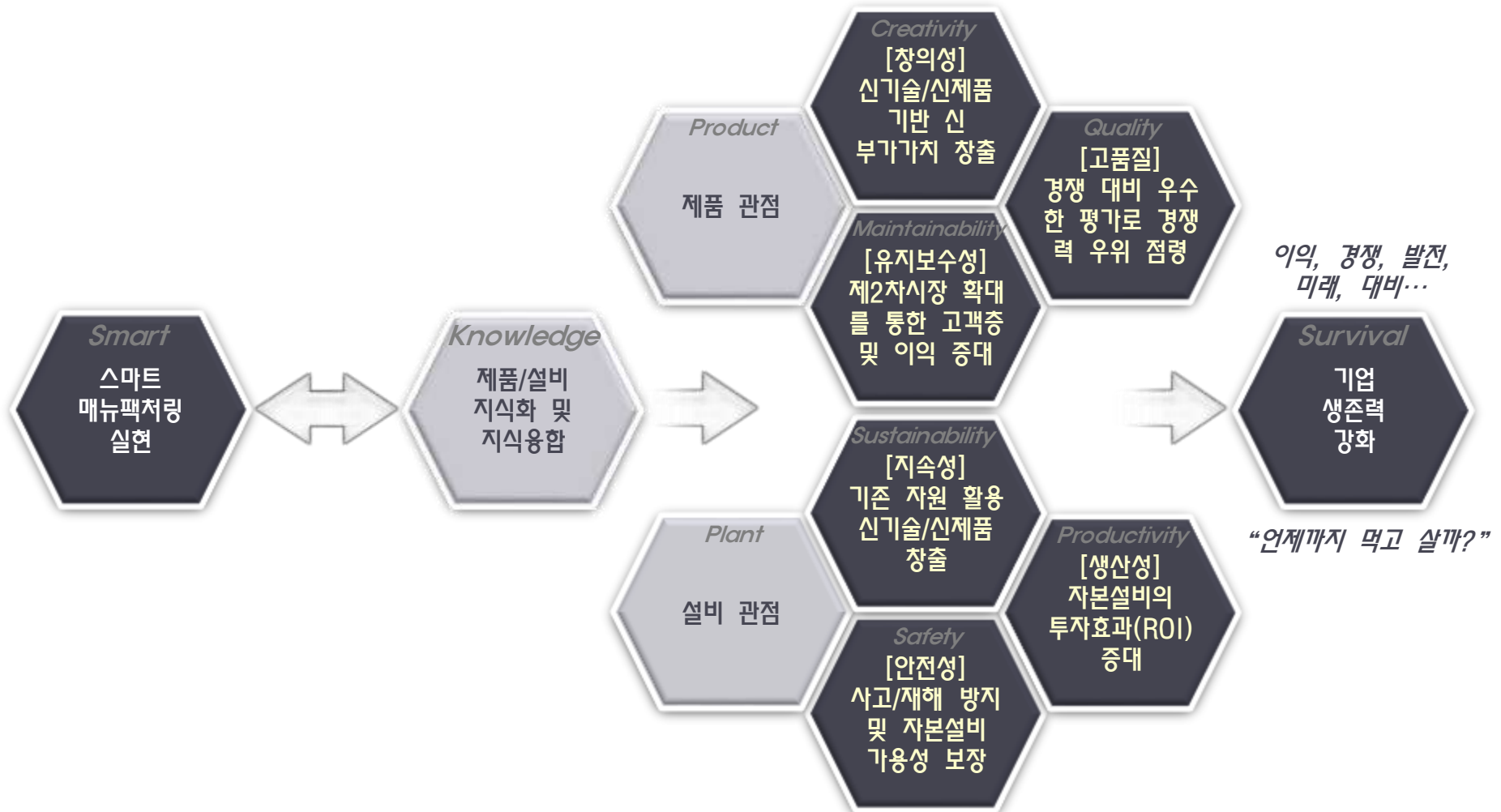
연속공정 관점

유지성(Maintenance) 관점



The Purpose of Industrie 4.0

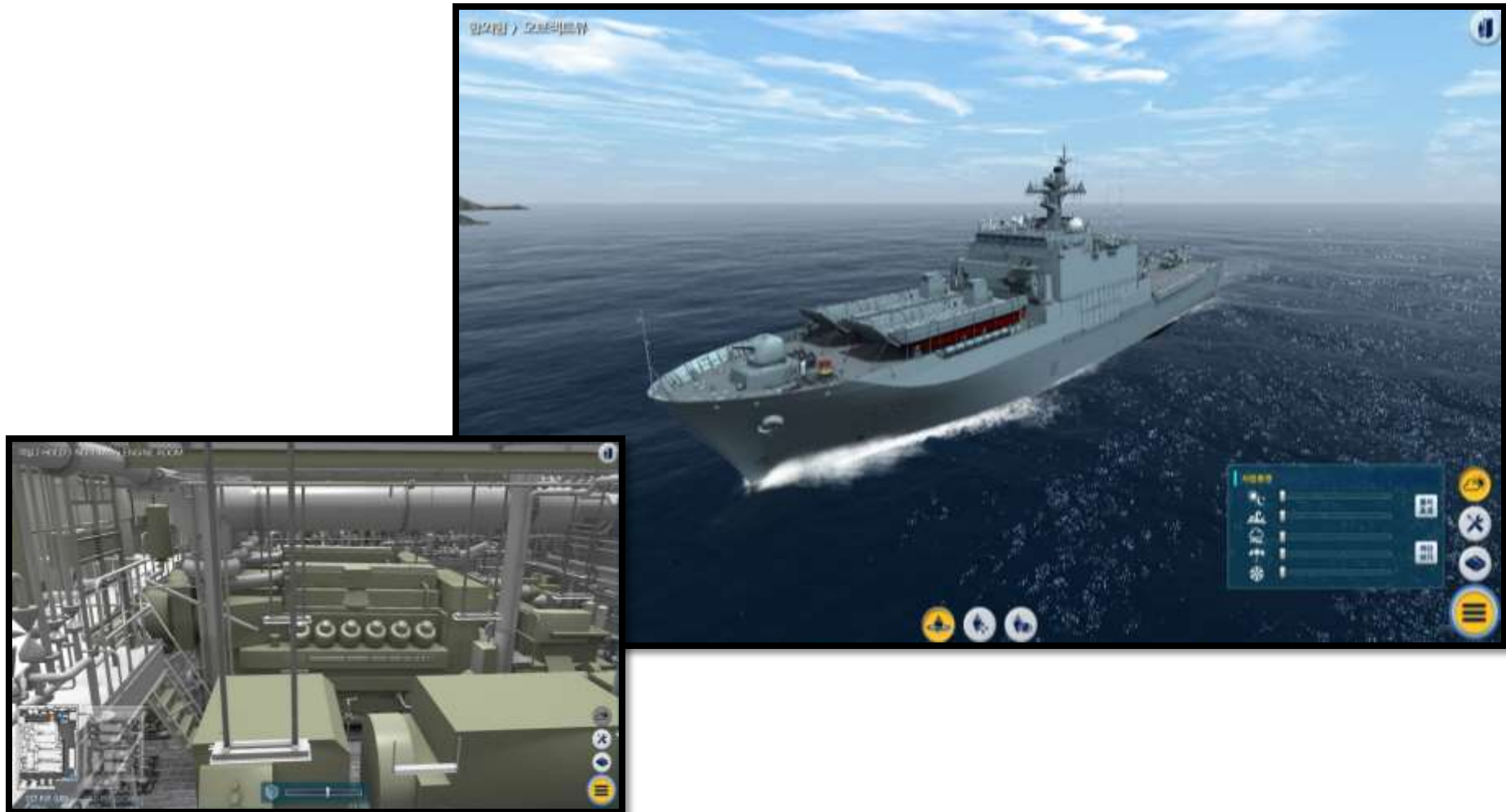
- Keywords : Industrie4.0, Smart Manufacturing, Smart Factory/Plant, Digital Twin
- 지속적인 신 부가가치 창출 및 한정적인 자원 재활용 극대화 → 기업 생존력 강화



DIGITAL TWIN : VIRTUAL MODEL

Design review

- 체계 설계 데이터 검증 및 개선을 위한 3차원 실시간 Interactive 가시화 환경 및 프로세스 구축
- 설계검토(Design Review) 시 설계 데이터 검증을 위한 기준 자료로 활용



Maintenance training

- 구현환경: 멀티채널 디스플레이
- 주요기술: 정비절차(분해/조립), 3D/VR 애니메이션, 특수공구 활용(햅틱 디바이스 기반)

사용자 운용 환경



공구 활용 장/탈착 훈련



잘못된 공구 선택 예



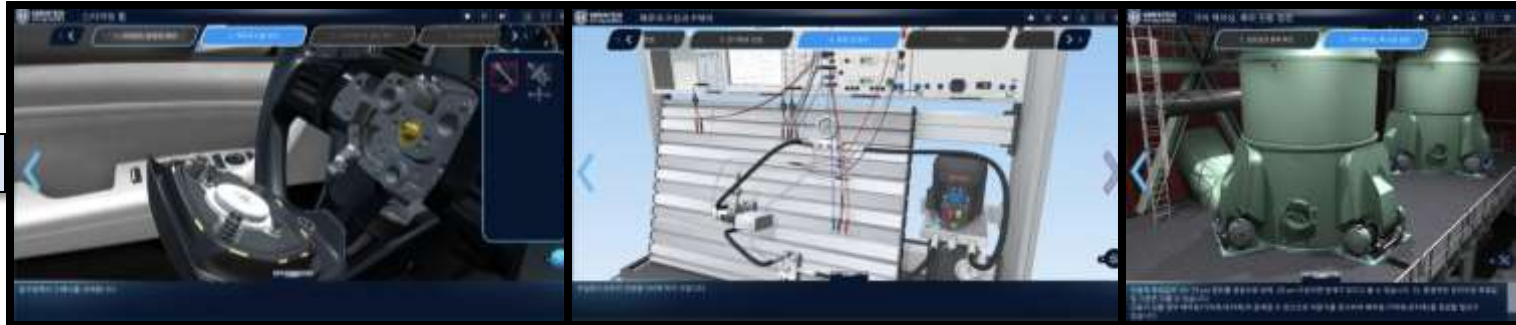
분해/조립 절차 모습



Maintenance training

- 구현환경: 멀티터치 디스플레이, 사용자 PC, HMD
- 주요기술: 콘텐츠 특성에 따른 Haptic Device 사용 및 제작

PC 환경



HMD 환경



멀티터치 디스플레이
모션인식 센서
온도 액추에이터
⋮



Operation simulation

- 구현환경: HMD
- 주요기술: PC 기반 시뮬레이션 환경 촉감제시장치, 몰입형 입/출력장치(햅틱 디바이스) 연결

시스템 구성



HMD Stereo 1인칭 View



촉감제시장치기반 훈련



HMD Stereo 3인칭 View



XR : VR/AR/MR



(1) AR정비지원, 기술자료제공, 원격협업, 홀로렌즈
*Elevator maintenance, thyssenkrupp, 독일



(2) MR정비지원, 마커리스펙체인식, 타블렛
*HCP disassembly process improved with AR, Tegeltija et al., 2016



(3) AR정비지원, 작업설명서/지시서, KIOSK, 타블렛
*MRO-AIR, CONNECTAR, 네덜란드



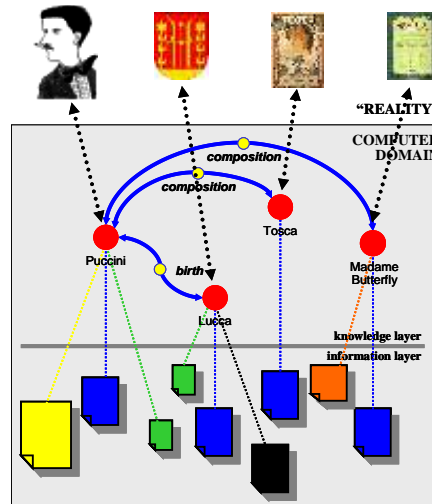
(4) VR정비교육, 복수참여, 인터랙션, 시나리오 기반
*VR Training, Interactive Lab, 러시아



DIGITAL TWIN : DIGITAL MODEL & SMART PLANT

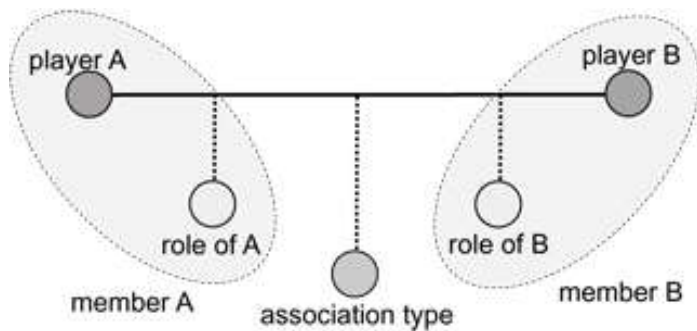
Concept map

- Showing the relationships among concepts
- The relationship: articulated in linking phrases, (e.g., "gives rise to", "results in", "is required by", or "contributes to ")
- **Spawn**
 - Mind map
 - UML
 - Topic map
 - Etc.

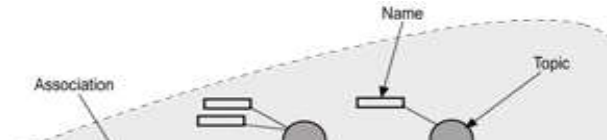


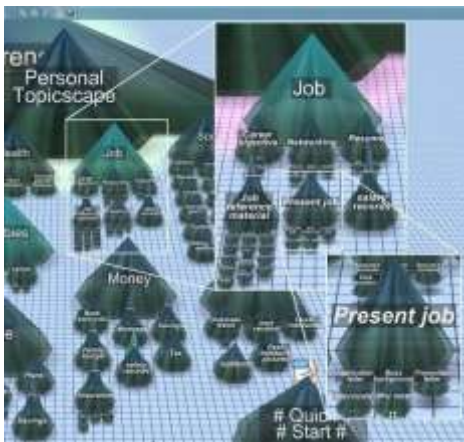
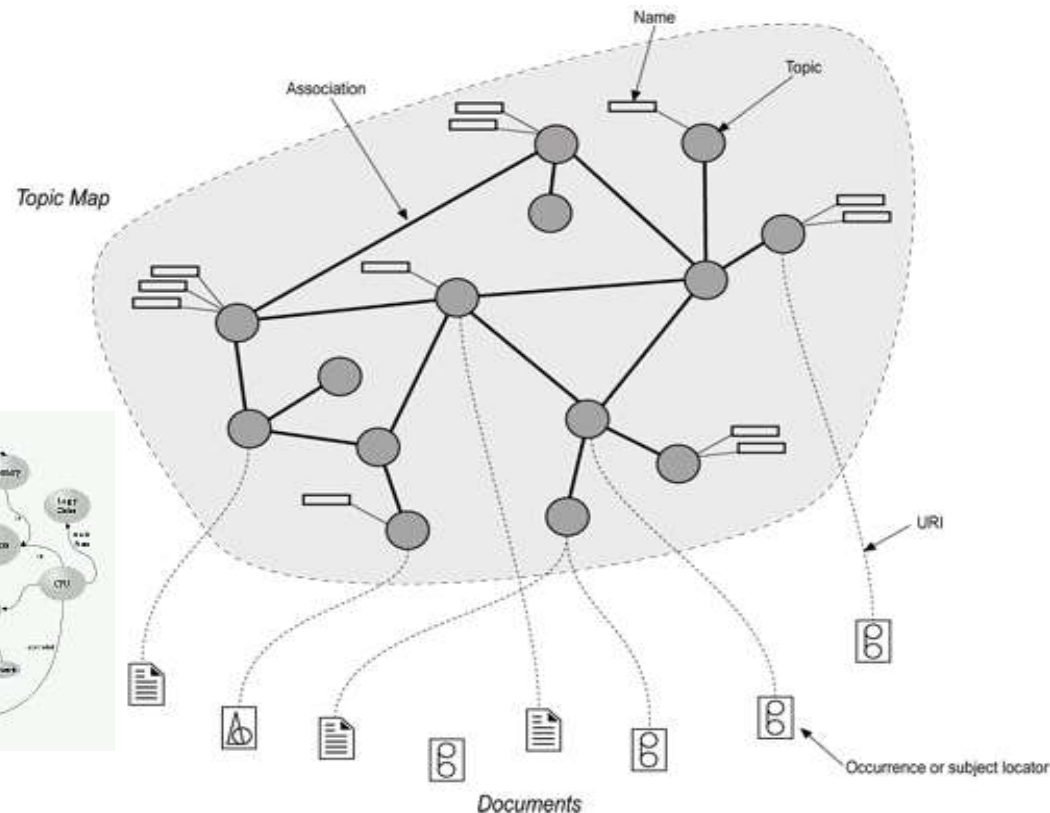
Level 1; the most general topics, the fewest nodes

Level 10: the most detail, many nodes

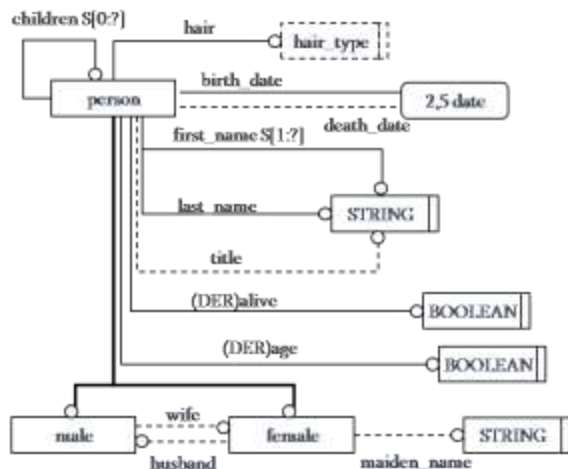


Topic map; ISO 13250 (ISO/IEC 13250:2003)

- **An ISO standard for the representation and interchange of knowledge, with an emphasis on the findability of information**
 - **Layers: Knowledge & Information**
 - **Constituents: Topic, Association & Occurrence**
 - **Semantic Web**
 - W3C: Ontology
 - ISO: Topic map
- 
- The diagram illustrates a Semantic Web structure. It features a light gray background with a dashed line. On the left, a stack of three horizontal rectangles is labeled 'Association' with an arrow. To the right, there are two circular nodes. The left node is labeled 'Name' with an arrow. The right node is labeled 'Topic' with an arrow. An arrow points from the 'Name' node to the 'Topic' node, representing an association.



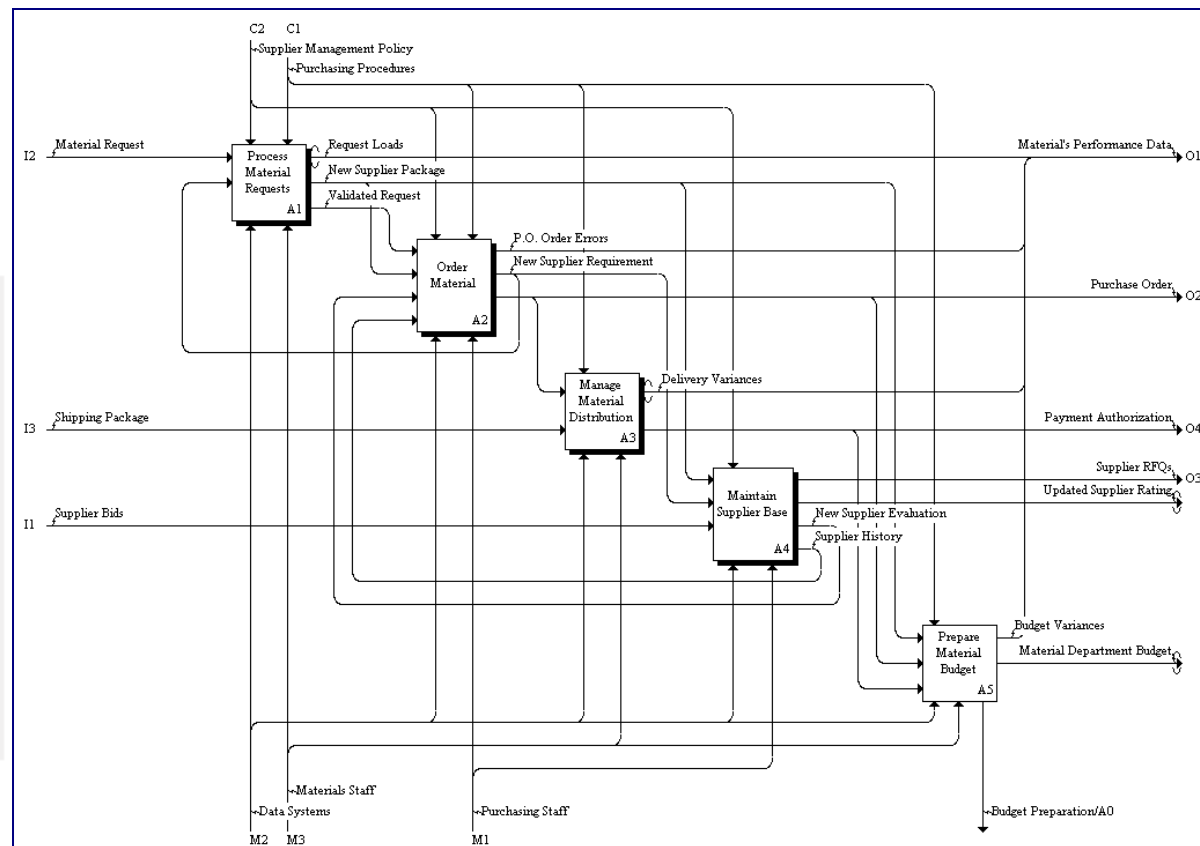
Information models for product/plant



전기기술 객체들

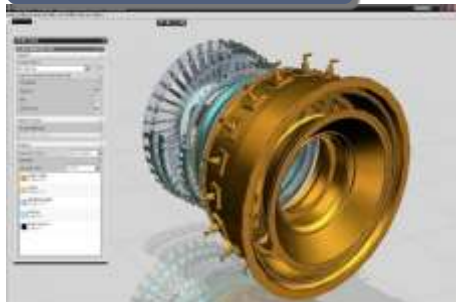
파일(F) 작업(A) 정보(I) 작성(C) 조회(Q) 윈도우(W) 옵션(O) 보기(B)

정보항목 식별자:	항번	미래설변여부
HELVO	---	---
하위 부품 (하위부품)		
2ELV-A0001	0010.00	No
2ELV-A0002	0020.00	No
하위 부품 (하위부품)		
2ELV-M20100	0010.00	No
하위 부품 (하위부품)		
2ELV-M30101	0010.00	No
2ELV-M30102	0020.00	No
2ELV-M30103	0030.00	No
2ELV-M30104	0040.00	No
2ELV-M30105	0050.00	No
2ELV-M30106	0060.00	No
2ELV-A90101	9010.00	No
2ELV-A91401	9020.00	No
2ELV-A90412	9030.00	No



Geometry Information model

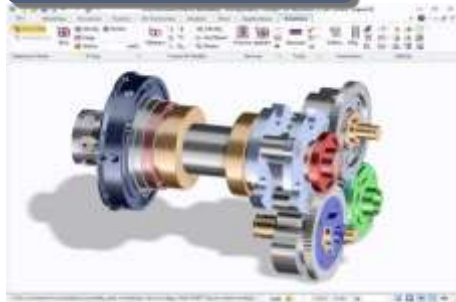
NX



AVEVA



CREO



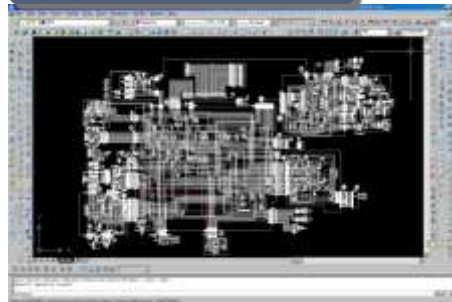
Intergraph



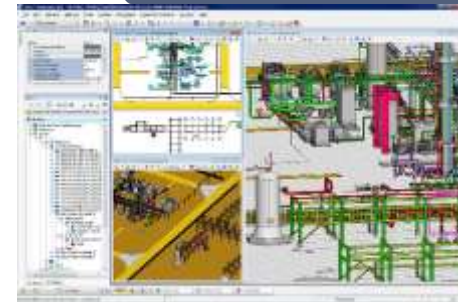
CATIA



AutoCAD



Bentley



Non-geometry information model

[illegible]

Classification

[illegible]

Partialization

Generalization

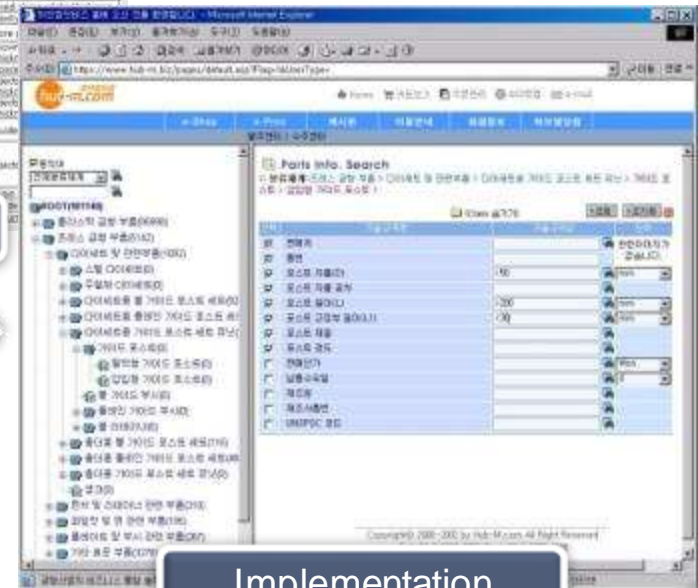
IS-A

Specialization

Aggregation

HAS-A

Partialization



Implementation

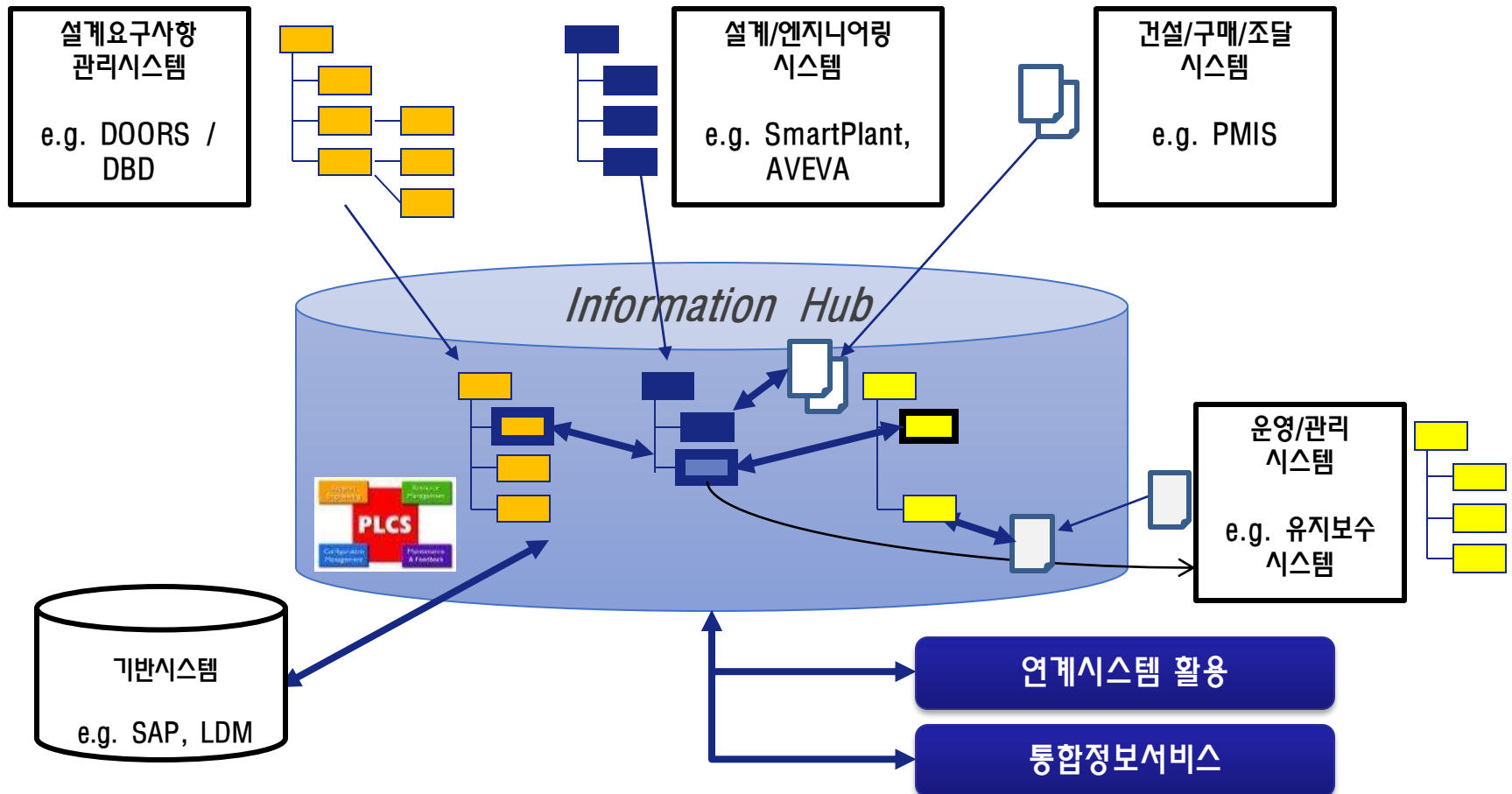
플랜트 생애주기 사례 (발전 분야)

- 방대하고 복잡한 시스템구성, 프로세스, 활동주체가 장기간에 걸쳐 존재.
- 독립적인 형태의 방대한 정보들이 유기적으로 변화하며 타 활동에 영향을 제공.



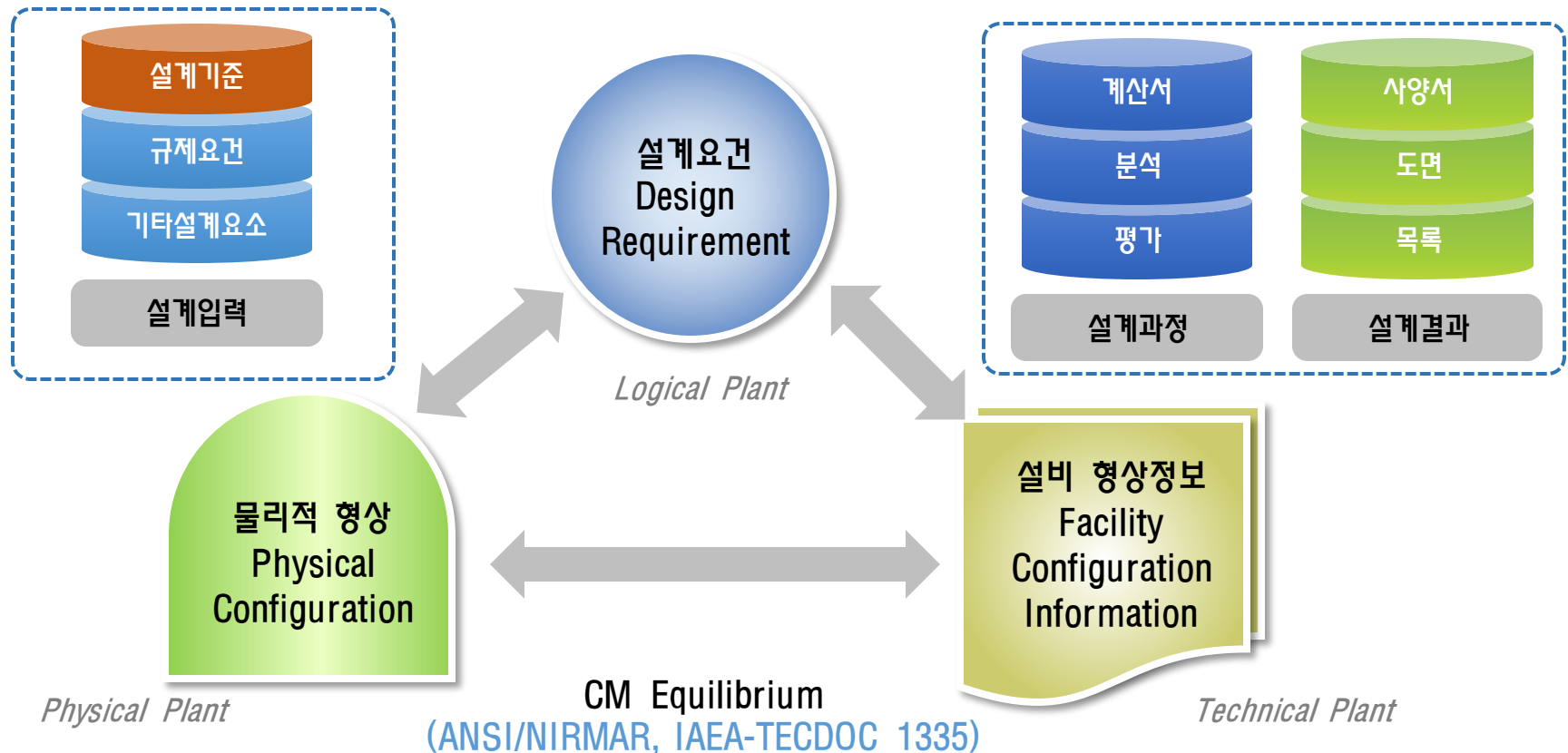
정보 통합 관리

- 원하는 곳에 원하는 정보를 제공하는 정보서비스체계
- 제품/설비를 중심으로 데이터 상호 연계 및 통합활용 환경 구축
- 기존 시스템 통합 및 신규 시스템 연계/통합을 위한 국제표준 기반 정보모델 적용



자산 형상관리

설계요건, 설비형상정보 및 물리적 형상들 간의 일치성을 유지하면서, 플랜트의 구조물, 계통 및 기기(SSC : structures, systems and components)들의 특성을 식별, 문서화 및 변경을 수행하기 위한 체계적인 접근방법. (플랜트 안전성과 신뢰성을 지속적으로 유지)



Smart Plant 효과

- 플랜트 기획 단계부터 EPC, 운영/보전, 연장/해체 단계를 모두 포함하여 품질관리 활동 수행.
- 레거시 시스템을 포함한 전체 플랜트 정보 통합 및 통합정보의 형상관리 지원.
- 플랜트 모니터링 및 제어를 넘어 지식기반 스마트플랜트 구축(플랜트 지식화)



DIGITAL TWIN : DETERMINISTIC & STOCHASTIC

진단 vs. 예지

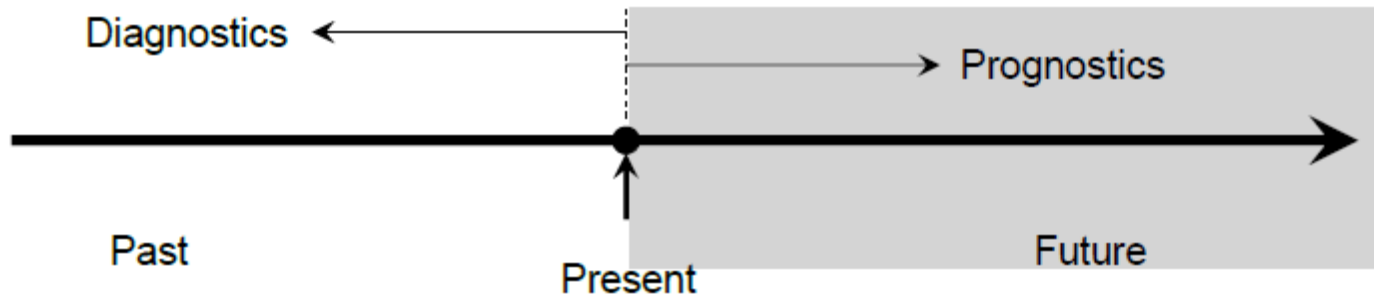


Fig. 1: Diagnostic vs prognostics.

Keywords

플랜트 생애주기 관리 (PLM)

플랜트의 전체 생애주기 동안 플랜트와 관련된 **정보 및 프로세스**를 관리하는 활동. 플랜트 **장비/설비**를 대상으로 **논리적, 물리적, 기술적** 플랜트들의 **통합 및 형상관리**를 보장함.

보전 (Maintenance)

설비의 **완전한 상태 또는 최적의 상태를 유지**하는 것으로, 장비 상태에 대한 전문가적 진단을 통해 수명을 판단하고 미리 보수하여, **의도치 않은 고장을 방지**함으로써 전체 시스템의 원활한 운영을 보장하는 활동

예방보전 (Preventive Mnt.)

설비의 고장이나 열화를 방지하기 위해 사전에 **정기적인 점검과 조기 수리**를 행하는 보전 방식

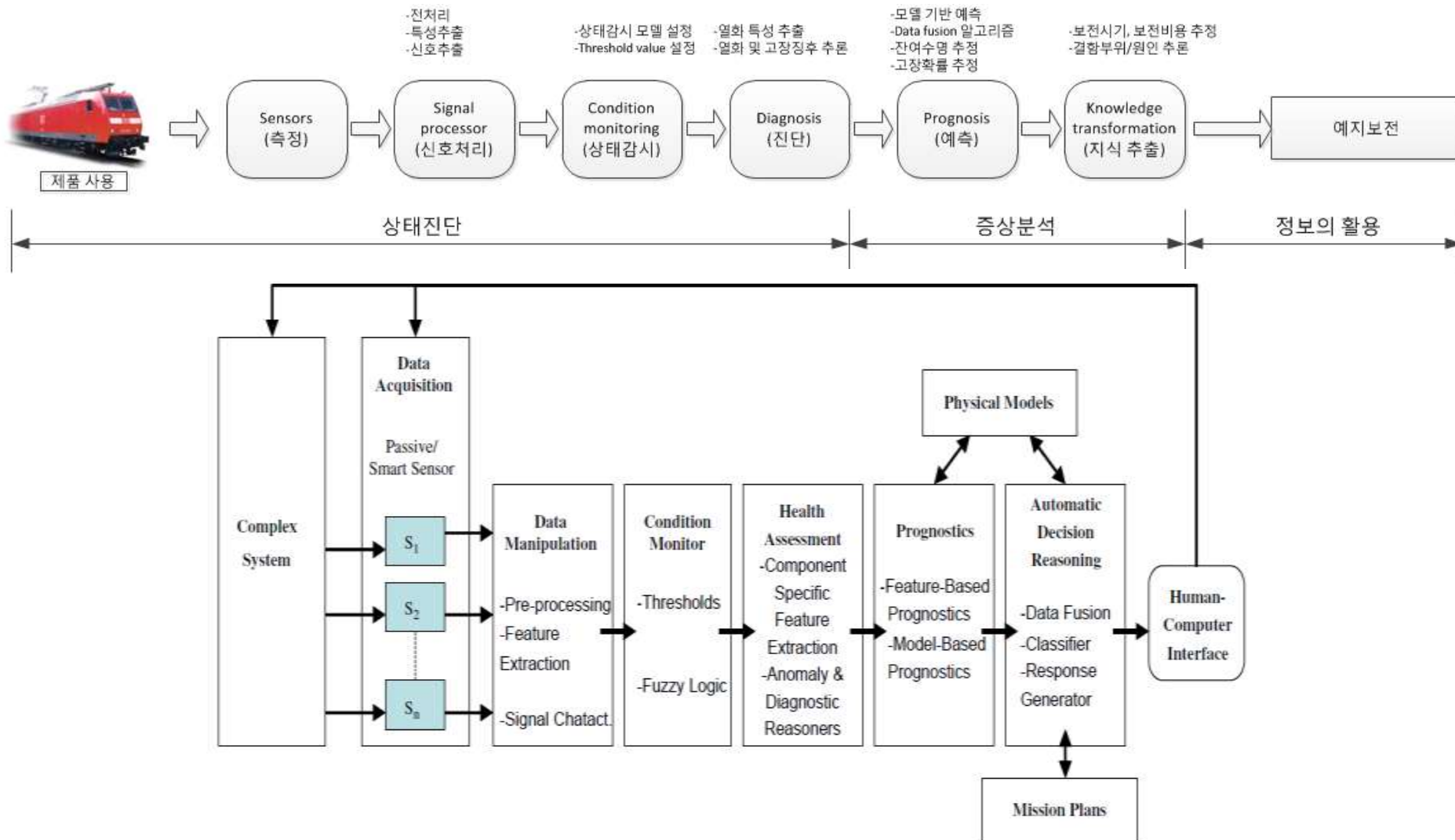
예측보전 (Predictive Mnt.)

설비의 **수명을 미리 파악하고 예측**하여 적절한 시점에 고장과 관계없이 유지보수함으로써, 고장을 미리 방지하는 보전 방식

예지보전 (PhM)

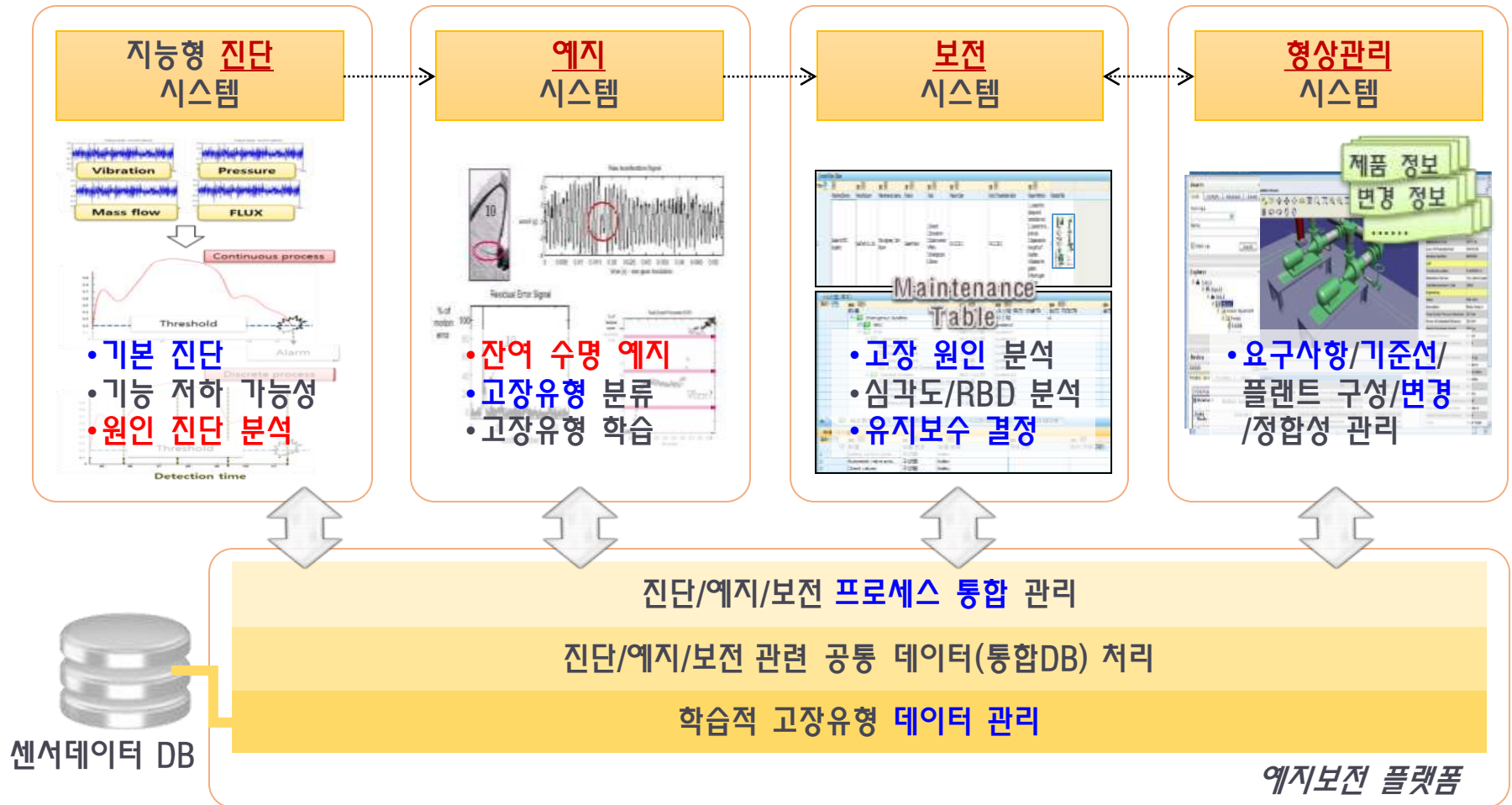
설비 특성 및 다양한 정보를 기반으로 해당 대상물의 **수명을 수학적으로 예지**하여 가장 효율적인 보전 활동을 도출하는 보전 방식
(Condition Based Mnt. -> **Prognostic** Mnt. -> PhM)

예지보전 절차



The usages of Deterministic/Stochastic models

- Deterministic model : 진단, 원인 분석, 고장유형 구축 등의 Diagnosis
- Stochastic model : 학습, 예지 등의 Prognosis



Artificial Intelligence



Artificial Narrow Intelligence (ANI): Machine intelligence that equals or exceeds human intelligence or efficiency **at a specific task**.



Artificial General Intelligence (AGI): A machine with the ability to **apply intelligence to any problem**, rather than just one specific problem (*human-level intelligence*).

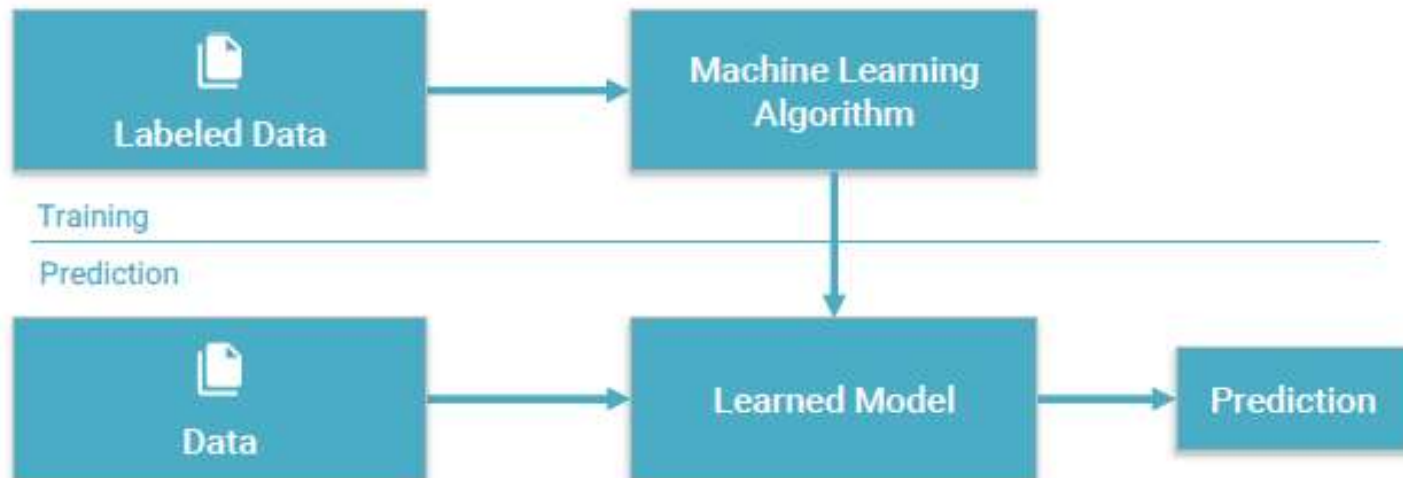


Artificial Superintelligence (ASI): An **intellect that is much smarter than the best human brains** in practically every field, including scientific creativity, general wisdom and social skills.

Machine Learning

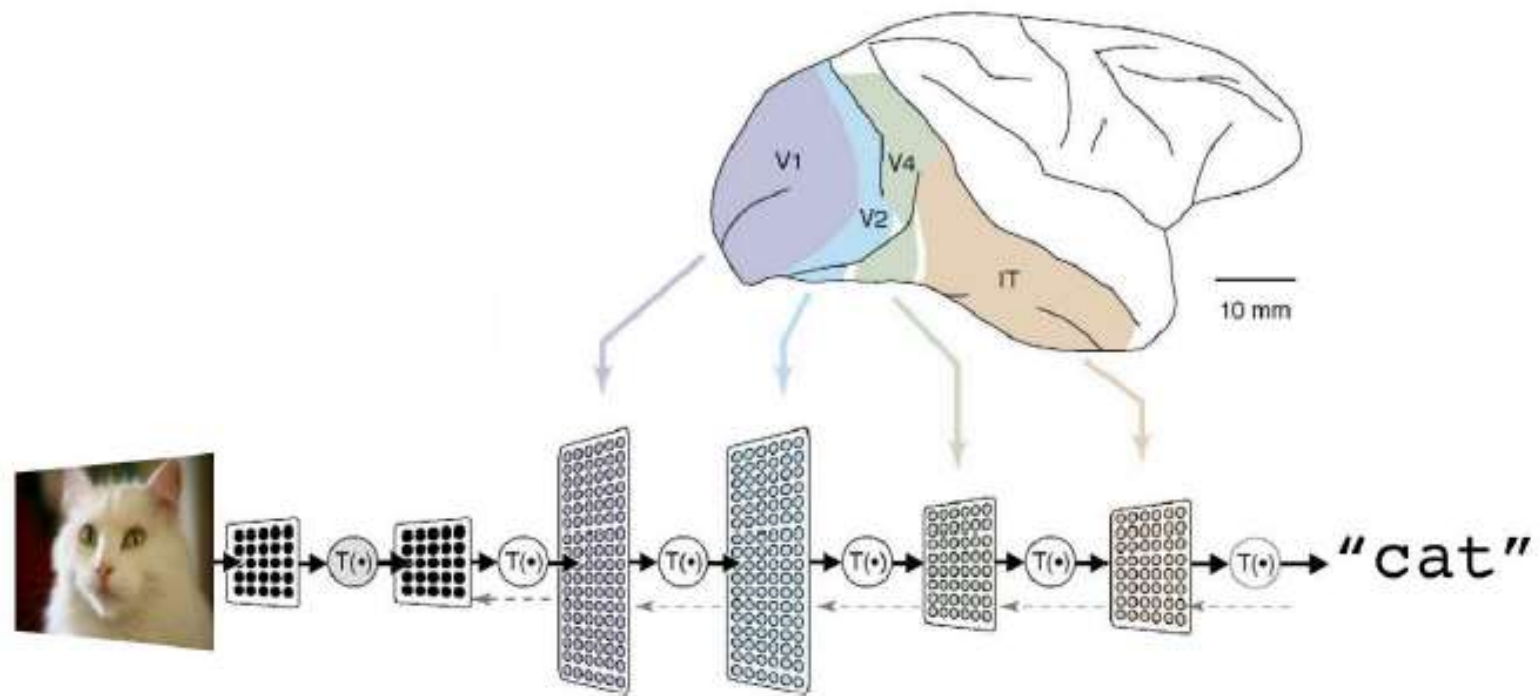


Machine Learning is a type of Artificial Intelligence that provides computers with the ability to **learn without being explicitly programmed**.



Provides **various techniques** that can learn from and make predictions on data

Deep Learning



A deep neural network consists of a **hierarchy of layers**, whereby each layer **transforms the input data** into more abstract representations (e.g. edge \rightarrow nose \rightarrow face). The output layer combines those features to make predictions.



THANK YOU

