

Digital Twin을 위한 Virtual Commissioning 기술

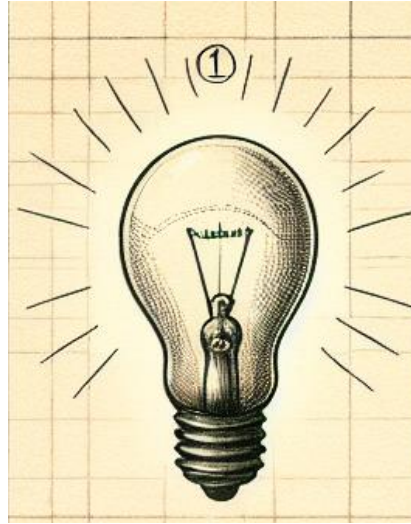
자동화CIC) 자동화솔루션연구소

2025. 03. 10

연구개발 활동

도대체 연구소에서는 어떻게 일을 할까?

(자동화 연구소는? 고객 연구소는?)



자동으로 전등 밝기를 조절하는 물건을 만들고 싶어~



아이디어



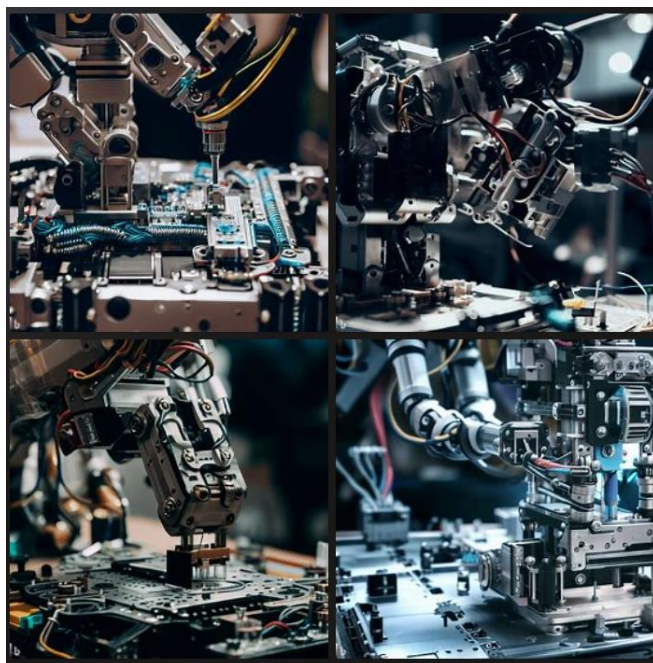
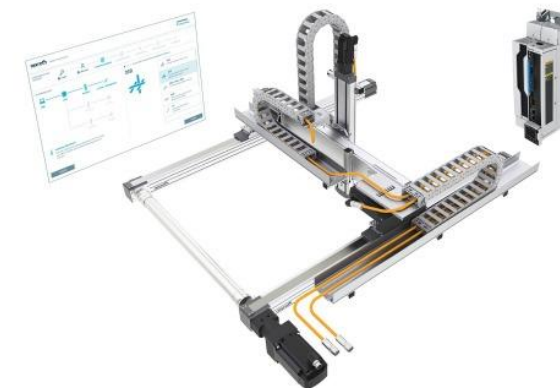
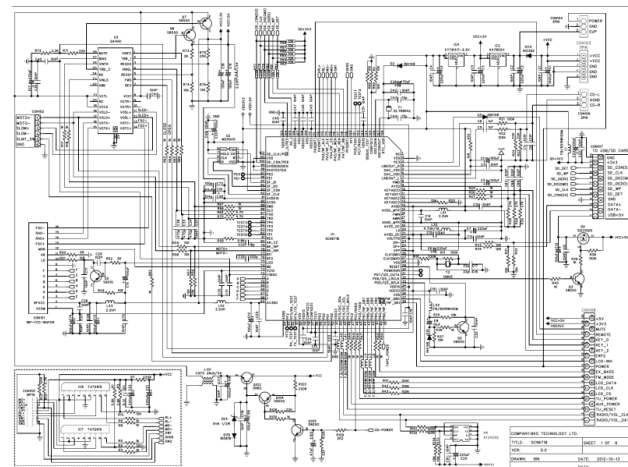
수학 계산 (Modeling)



Pilot 샘플, 실험, 개선



제품 완성



시험 샘플을 만들 수 있나???





이번에 자동화솔루션 연구소에서 자동차 완전 자율주행
소프트웨어를 개발했습니다. (비밀리에~)

잘 되는지 실험을 해야하는데...
여러분 아파트 주차장에서 실험을 해도 될까요?
(지원하실 분?)

Digital Twin

CREATING A DIGITAL REALITY

- Digital Twin은 실제 사물이나 시스템을 가상 공간에 동일하게 구현한 것을 의미
 - ISO 23247:
 - ✓제조 자동화 시스템에서 디지털 트윈은 실제 물리적 시스템의 가상 표현입니다.
 - ✓이 가상 표현은 물리적 시스템의 속성, 행동 및 성능을 모델링하고 시뮬레이션하는 데 사용됩니다.
 - 미국 국립표준기술연구소(NIST):
 - ✓디지털 트윈은 물리적 개체 또는 프로세스의 디지털 표현으로, 실제 개체 또는 프로세스의 동작을 모방하고 예측하는 데 사용됩니다.
 - 산업계 일반적인 정의:
 - ✓실제 자산, 프로세스 또는 시스템의 동적 가상 표현으로, 센서 데이터 및 기타 소스를 통해 실시간으로 업데이트됩니다.
 - ✓디지털 트윈은 시뮬레이션, 분석 및 예측을 통해 의사 결정을 지원하고 성능을 최적화하는 데 사용됩니다.
- Machinery Digital Twin은 광의의 Digital Twin 중에서 단위 기계장비에 대한 정밀한 디지털 모델을 구현하여, 기계 설비의 사전 설계, 개발 검증을 목적으로 한다.

•디지털 트윈의 핵심 요소

- 물리적 개체: 실제 사물, 시스템 또는 프로세스 (어디까지, 얼마나 세밀히 다룰 것인지)
- 가상 모델: 물리적 개체의 디지털 표현 (얼마나 정확하게 표현할 것인가)
- 데이터 연결: 물리적 개체와 가상 모델 간의 실시간 데이터 교환 (왜?)
- 분석 및 시뮬레이션: 데이터를 기반으로 성능을 예측하고 최적화 (그래서 어떤 일이 일어나는데?)

Case Study

Customer user story

석유화학 Digital Twin



Digital Twin 효과

- 실제 세계의 공간적 / 시간적 제약 없이 현황을 모두가 공유하고, 이슈원인을 정확히 분석하여 근본적으로 해결하며, 나아가 다양한 시뮬레이션을 통해 최선의 결과를 예측하여 실제 운영에 반영함

Speed

현장 확인 시간 단축,
개발기간 단축

Safety

현장 가동 사전검증,
현장 인원 최소화

Detail

내부 상태 확인,
관리 단위 정교화

Cost- Effectiveness

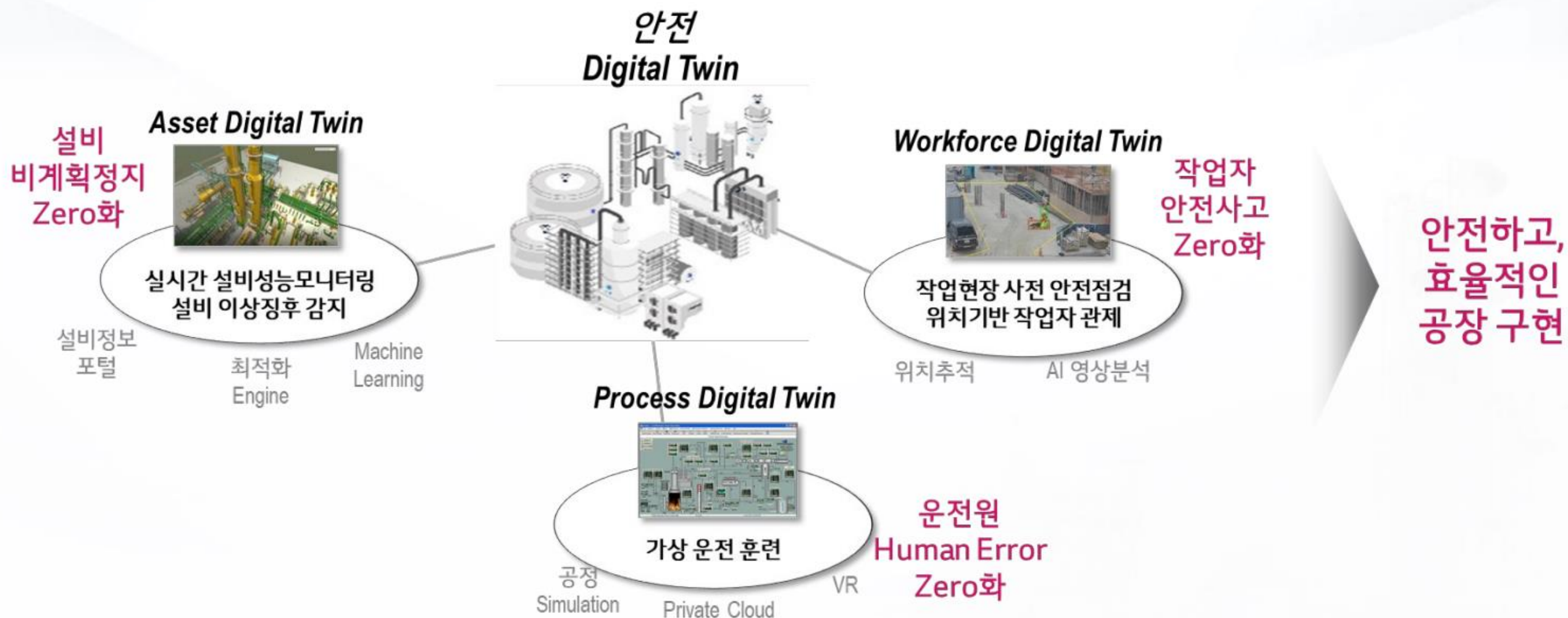
Pilot 운전 비용 절감,
ESD 예측을 통한 사전 정비

LGC 정의

□ Digital로 구현한 Virtual Smart Workplace (Plant/Factory, Lab)

“공장 및 연구소의 설비, 제품/원료, 작업의 상태를 디지털 정보와 형상으로 실시간 동기화하고,
최적화/지능화 모델을 통해 사전에 시뮬레이션하여 그 결과를 실제에 반영함으로써
안전하고 효율적인 운영이 가능한 버추얼 사업장”

Digital Twin 지향점(석유화학)



Refinery Wide On-premise Cloud OTS & Learning Management System

2023. 06 . 28
GS Caltex 박혜선 책임

01 도입 배경

02 구축 현황

03 차별화된 Benefit

04 향후 계획

▶ 교육관리 시스템(LMS) 도입 ▶

- : 동일 공정에 대하여 Multi-Training가능
- : 개인별 교육 이력 관리 가능(Single Sign On)
- : Workbook, Quiz, 훈련 평가 및 다양한 Trouble 상황 연출/조치 연습 가능

▶ 3D 기반의 OTS 도입 ▶

- : 3D 모델 ↔ 일반 OTS 간 연계로 현장 운전원의 공정 운전 역량 강화



제품/자산의 전체 수명 주기에 걸쳐 데이터를 통합하고 연결하는 Digital Thread 그리고, 이것을 가능하게 하는 AAS (Asset Administration Shell)

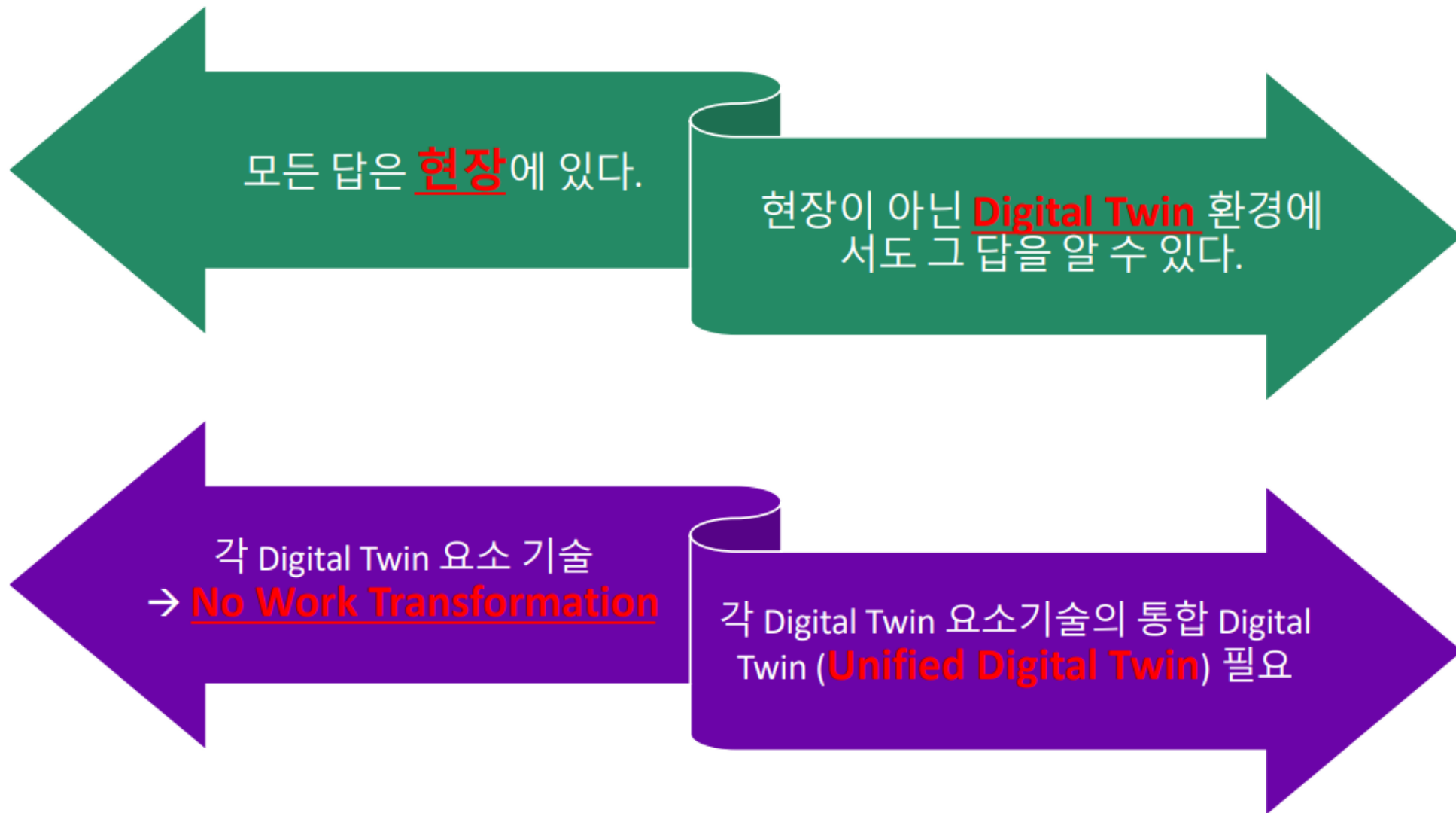
우리 연구소 연구전략팀에서 열심히 준비하고 있습니다!!!



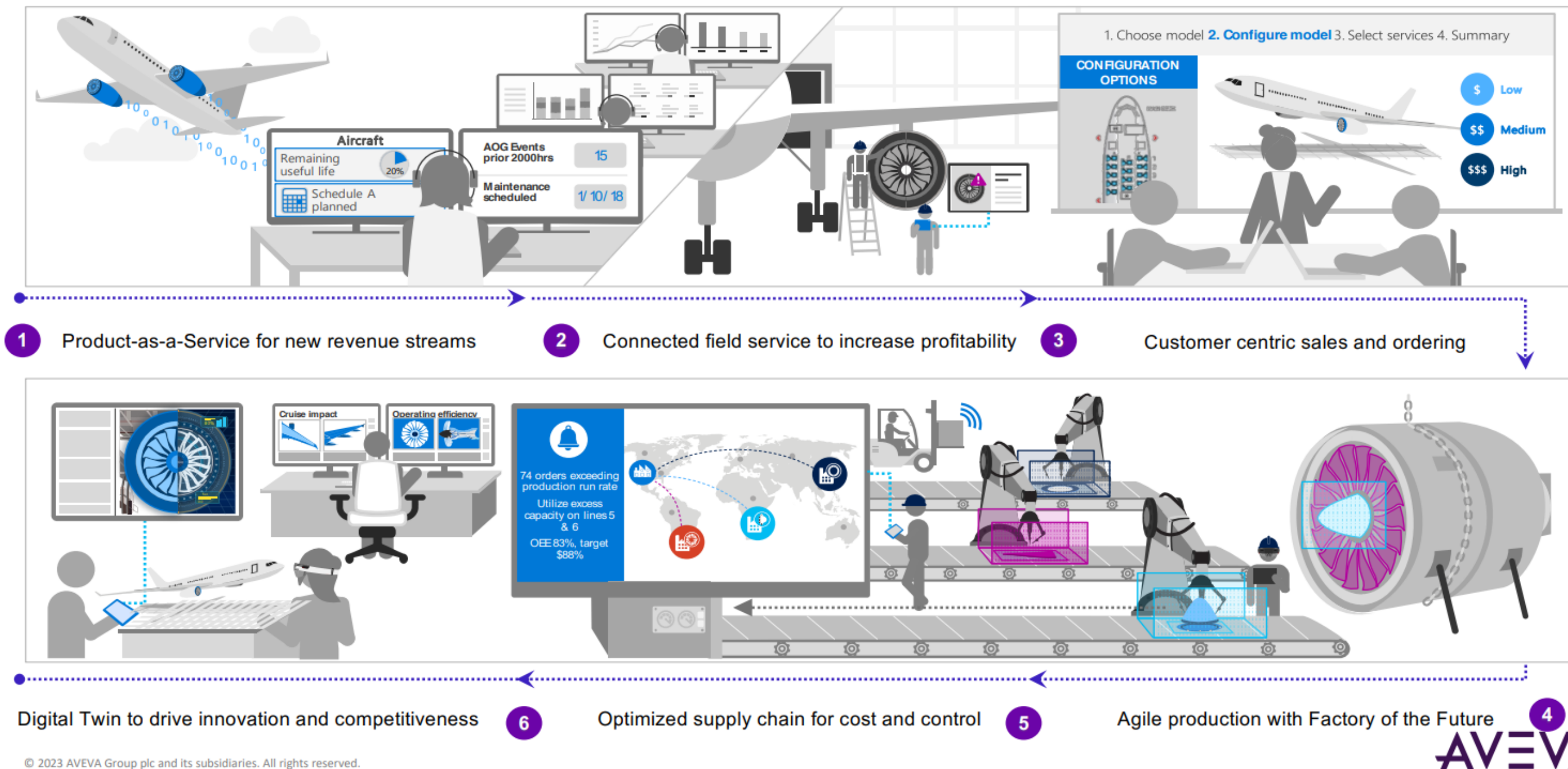
Digital Transformation through Digital Twin

Key Messages

Unified Digital Twin



The Modern Manufacturing



INDUSTRIAL SOLUTIONS – REFERENCE

COORDINATED FACILITY ENGINEERING AND PLANT LAYOUT



New factory for the processing of blood products

Customer requirements

- Implementation of a new plant (building and systems technology)
- Implementation of an innovative cooling technology

Solution

- **Planning of a production center for blood products**
- Customized degree of automation
- High design status through the use of simulation application
- Technology development and validation of a nitrogen-based cooling system

How the customer benefits

- Optimum efficiency, ergonomics and quality
- **Coordination of the interfaces between production, facilities and manufacturing equipment, with EDAG PS bearing the responsibility.**



Haema

Blood products

Leipzig
(Germany)

INDUSTRIAL SOLUTIONS – REFERENCE

DIGITALIZATION & NETWORKING IN PRODUCTION

Predictive maintenance in automotive production

Customer requirements

- Preparation and examination of the predictive maintenance business case in body manufacturing

Solution

- Extraction of hypotheses from fault analysis
- Preparation of the business case incl. value stream simulation
- Implementation of data connection to the cloud
- Programming and hypothesis verification
- Optimization of the hypotheses by means of machine learning
- Technologies: MS Azure, R, MS Power BI, Java Script, Cosmos DB
- Confirmation of potential through pilot operation
- Rollout

How the customer benefits

- **Increase in productivity and availability by predicting component failures in the production lines**



Automotive industry

Passenger car bodies

Germany

Virtual training with the digital twin of the product

Customer requirements:

Development of a location-independent virtual training course

Solution:

- Development of an immersive virtual reality solution including body tracking in Unity
- Implementation of all necessary work steps, lifting processes, handling devices, virtual tools and transport processes
- Data transfer of the digital twin and integration

Benefits for the customer:

- Testing and training of processes in virtual space without difficult cleanroom conditions
- Cost-efficient and location-independent pre-qualification of employees before entering the cleanroom for the first time
- Process reliability, quality improvement and reduction of errors in the assembly of highly sensitive devices in the assembly and handling process



Semiconductor

Assembly

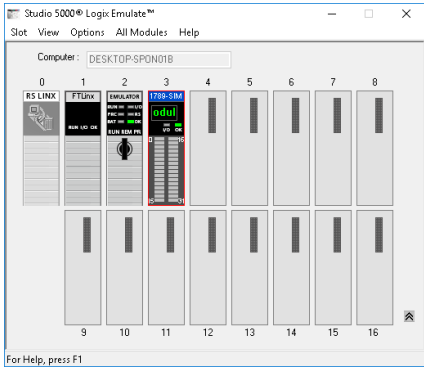
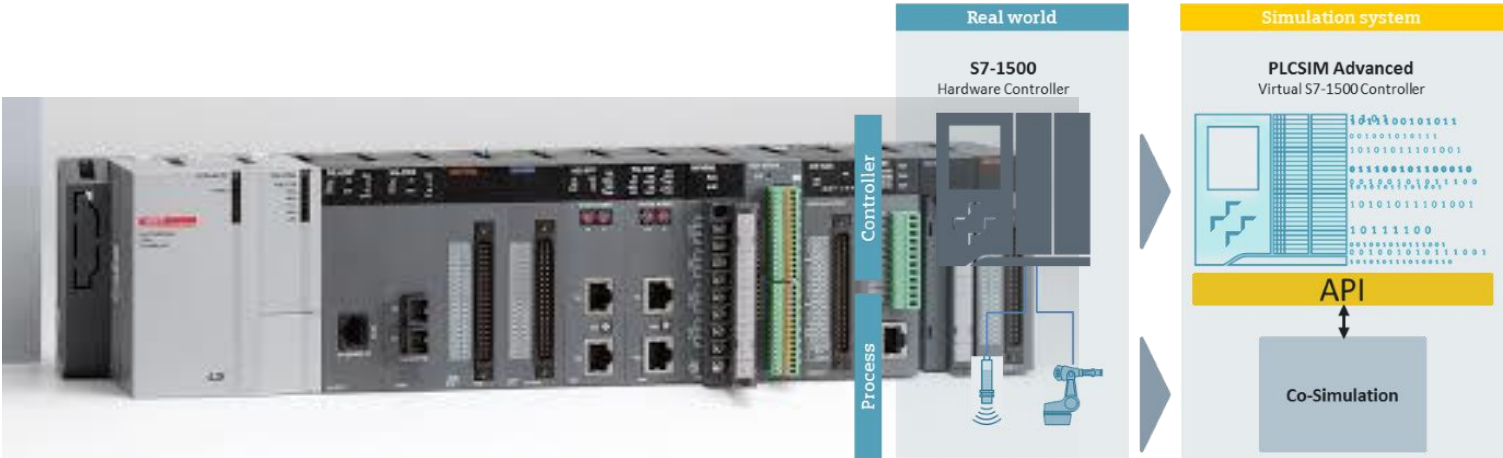
Baden-Württemberg

가상 시운전

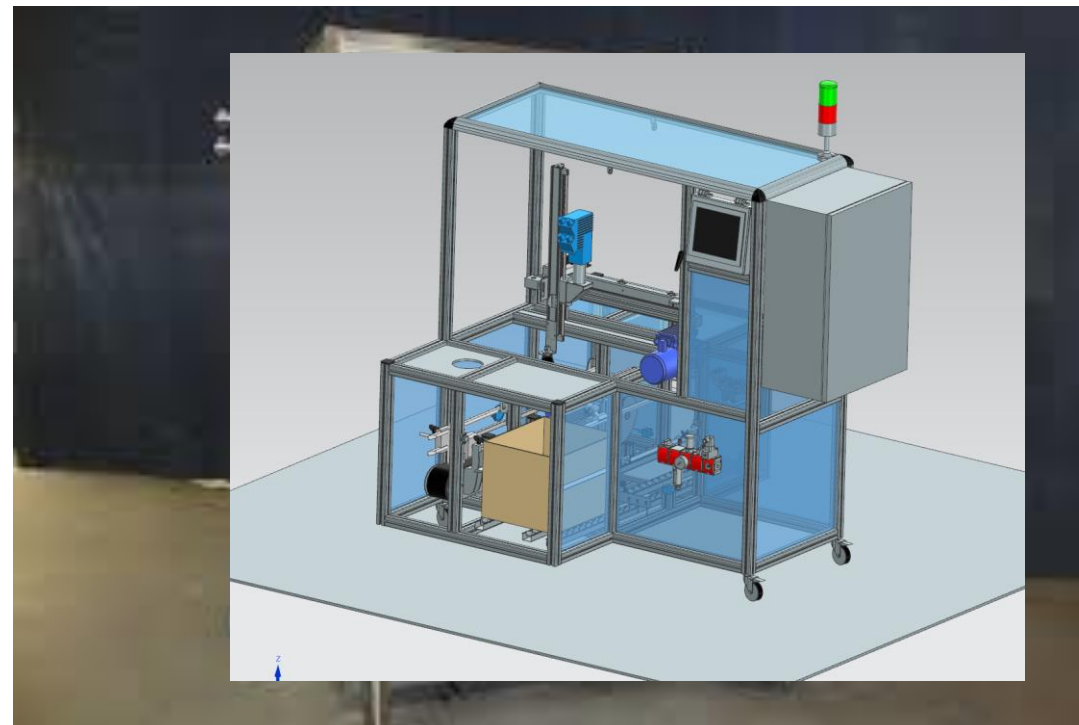
Virtual Commissioning & XG-SIM



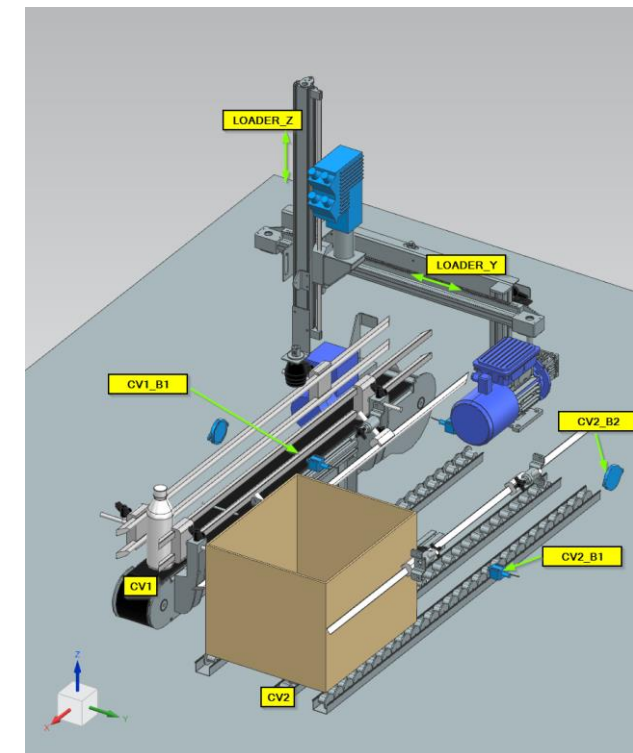
Digital Twin & Virtual Commissioning



3D CAD Model



Digital Twin Model



Data Mapping

Wire Harness



ISILOG.Connect.SSPFactory - 0.0.12.7970

File Options

SSP Information

Name: Pneumatic

Version: 1.0

2. Save SSP

FMU instances

Instance Name	Component Path
BoxMoveX	resources/Pneumatic.fmu
BoxMoveZ	resources/Pneumatic.fmu
StopBox	resources/Pneumatic.fmu

FMU parameters

Instance	Parameter	Parameter Type	Value
BoxMoveX	Bistable	Boolean	True
BoxMoveX	T_retract	Float32	1
BoxMoveX	T_extend	Float32	1
BoxMoveX	S_1_pos	Float32	0
BoxMoveX	S_2_pos	Float32	80
BoxMoveX	Position_retracted	Float32	0

1. Change the Value

Developer 3Dconnexion ISILOG.Connect Simit

Edit Robots Edit Tools Edit Paths Export Touch-Up RobotConnect

Actuator Export Mechatronic Components Sensor Interfaces

3. Open Interface

Signal Interfaces

Mirror signals to other signal interface

Action: None

Group ID: 0

☒ Signals available for actuator and sensor

☒ Default interface for actuator/sensor (automapped signals)

☒ Set input signals to default values

☐ Isochronous

FMU Configuration (ISILOG)

Simulation time (s): 86400.00

Step size (s): 0.0010

☐ Override step size

☐ Import fixed parameters

☒ Import tunable parameters

5. Select the .ssp with the new Parameter value and Import the Signals

FMUs

Select FMI component(s)...

Remove all FMI component(s)...

WARNING: Renaming a FMU instance or changing its path will cause an update, which will (re)create all affected objects. All data will be lost!

Selected FMU components:

Enable FMU logging Toggle FMU logging

Logger Instance Name

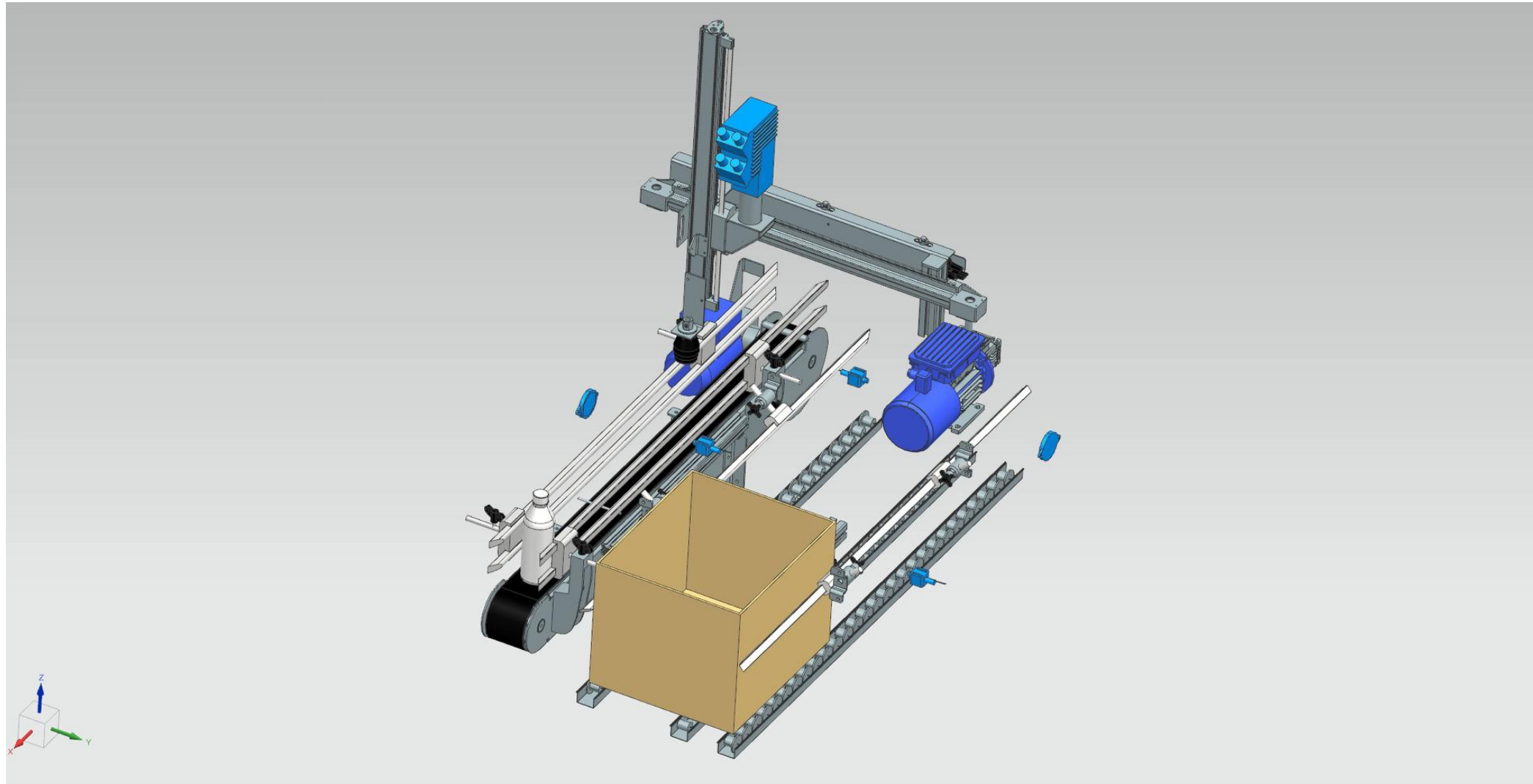
Off	Pneumatic	Pneumatic.ssp
On	Actuator_Vacuumbox	Actuator_Vacuumbox.fmu
On	Actuator_Vacumbottle	Actuator_Vacumbottle.fmu
On	Actuator_Conveyor	Actuator_Conveyor.fmu

4. Delete the actual .ssp

☒ Create/update FMU expression blocks

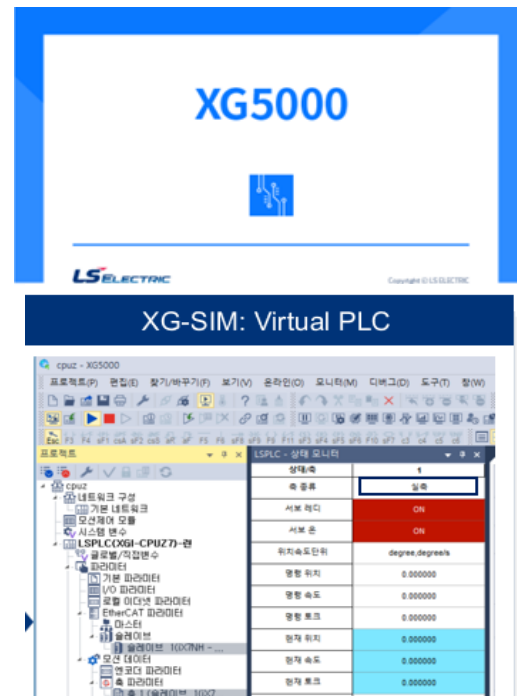
Import Signals

Your Digital Twin

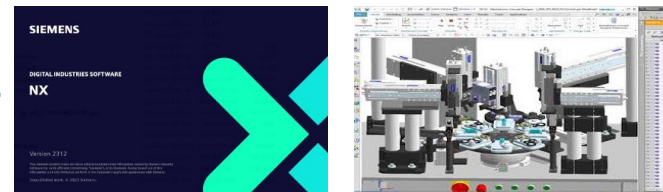


Inter-Connection with XG-SIM

- XG-SIM은 여러 종류의 Mechanical DT Simulator와 연동될 수 있으며, 그 범위를 점차 확대하는 것이 목표입니다.



Siemens - NX MCD



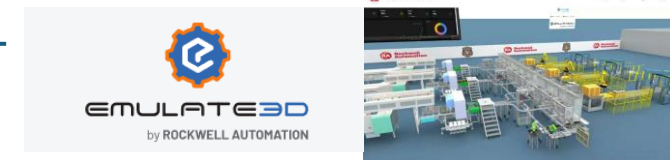
Visual Components



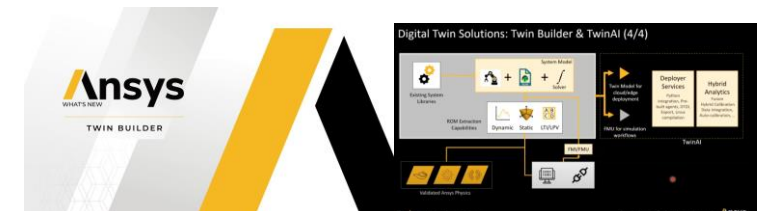
NVIDIA - Omniverse



Rockwell Automation - Emulate3D

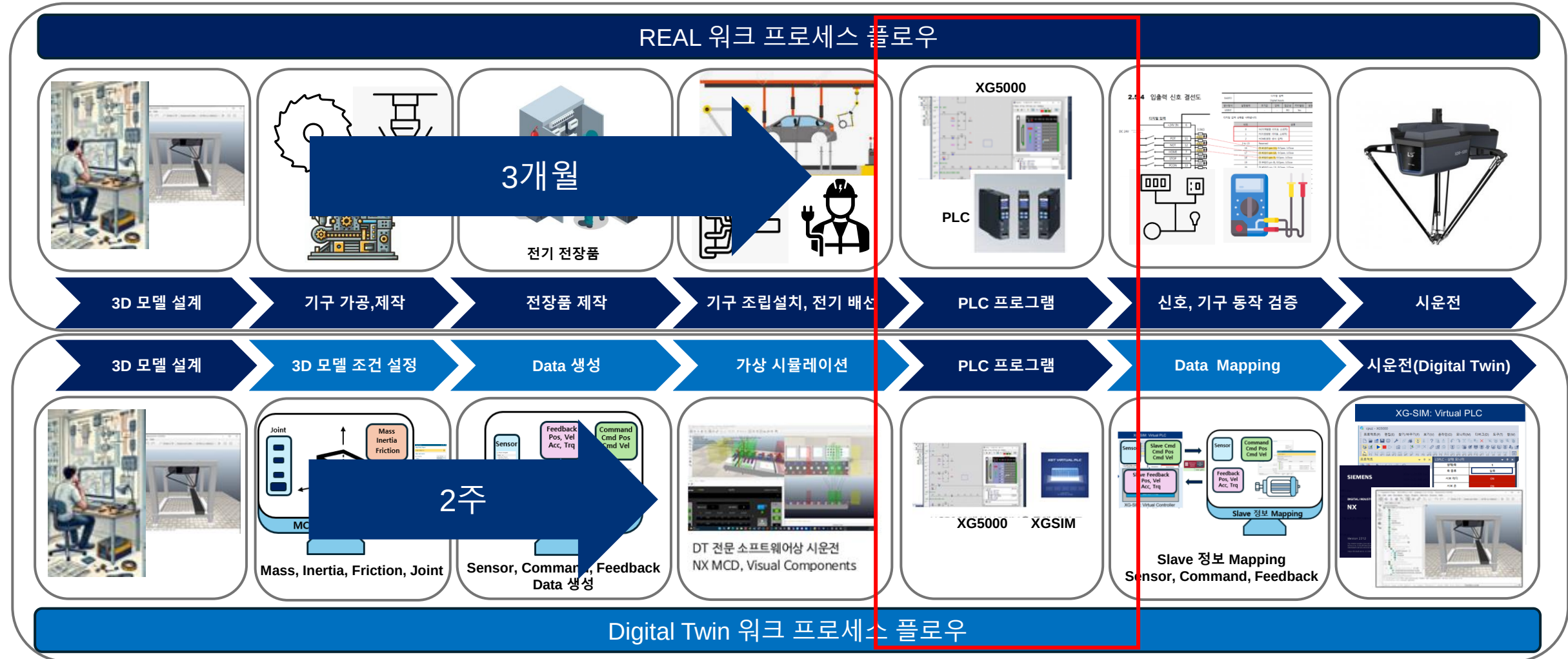


Ansys - Twin Builder



Digital Twin Workflow

- Machinery Digital Twin을 잘 운용할 수 있으면, 고질적인 개발 납기와 공기를 획기적으로 줄일 수 있습니다.



Case Study II

XG-SIM based DT Project

XDR

로봇 제어기 및 시스템 적용시 Digital Twin 기술을 활용한 개발 효율성 증대 사례

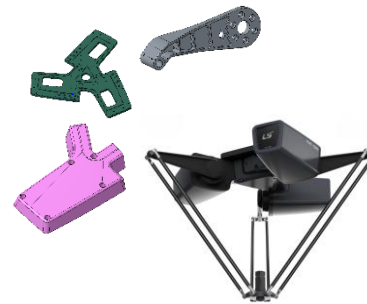
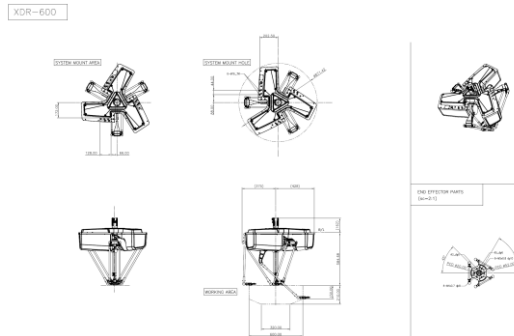
기계설계

부품제작, 조립

제어 프로그램

시운전

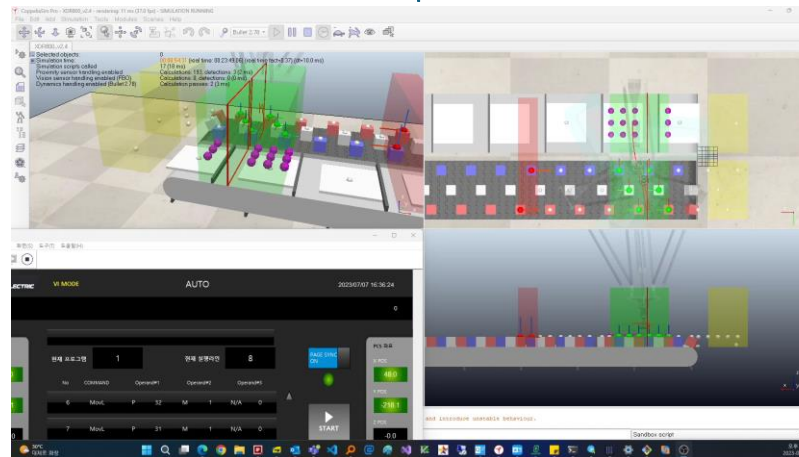
Traditional Approach



Re-Cycle (SW, HW)

Digital Twin Approach

- DT 모델을 통한 다양하고, 안전한 사전 시험
- 실제 장비에서 측정 불가능한 데이터 확보를 통한 검증



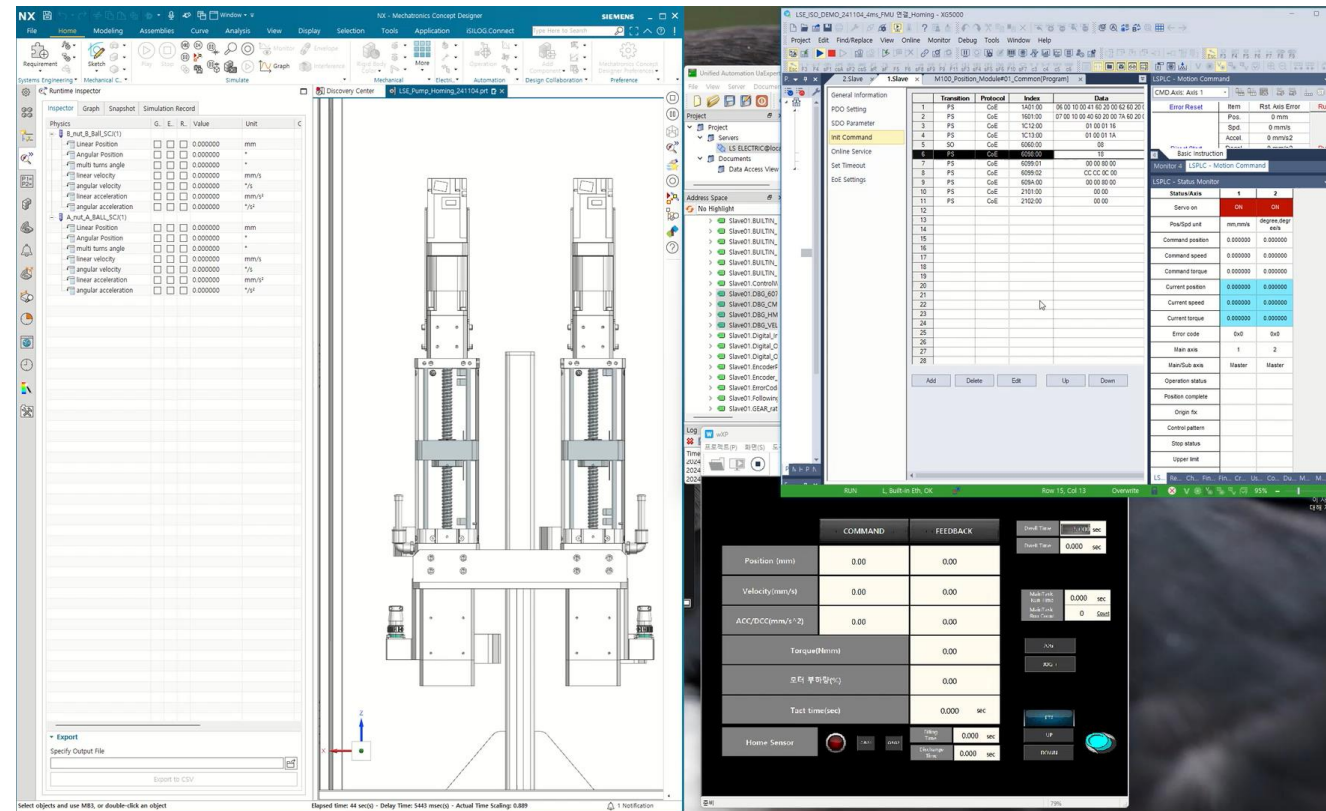
- 장비 퍼포먼스 예측
- 실 장비 없이, 소프트웨어 개선 후 Commissioning

** LS ELECTRIC XGT의 사용자는 XG-SIM 기반 엔지니어링을 위한 별도의 교육은 필요하지 않습니다. 기존 제품 시리즈의 사용법과 완전히 동일한 사용자 경험을 제공합니다

- 모션 CPU(XMC, CPUZ 및 XGF-XM32E) 대한 동일한 사용법
- WXP 기반 동일한 HMI 인터페이스
- XG-SIM은 백그라운드 서비스로 사용자가 인지할 필요없는 형태로 동작합니다.

Mechanical Simulation

- 3rd Party
- NX MCD, Visual Components, CoppeliaSim을 지원합니다. 고객 DT모델에 가장 적절한 소프트웨어를 사용할 수 있습니다.



XG5000

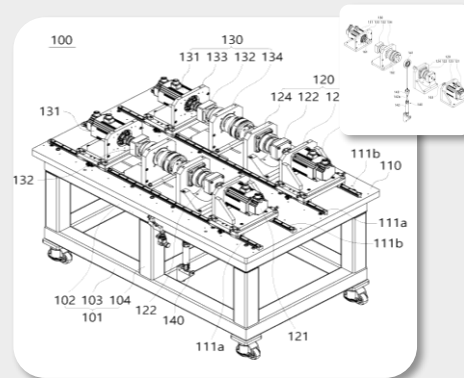
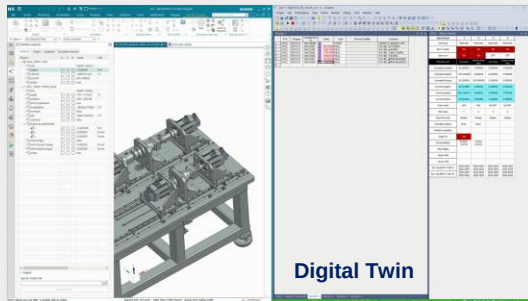
- XGT시리즈 개발 환경인 XG5000을 동일하게 사용
- 실물 XGT시리즈 프로그래밍 과정과 완전히 동일한 사용법

wXP

- HMI를 위한 wXP 동일 사용
- 실물 XGT시리즈 프로그래밍 과정과 완전히 동일한 사용법

DT 기반 감속기 신뢰성 평가 및 AI 모델 개발을 위한 DB 자동화(ETL) & AI HUB(Deploy) 구축

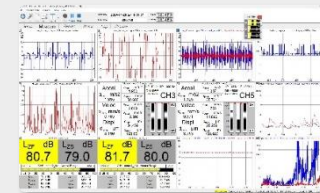
DT 기반 감속기 내구성능평가 장치개발



감속기 수명평가 데이터수집 자동화시스템 구축



수명평가 데이터(속도/가속도/토크/온도) 측정



데이터 전처리 후 수집, DB 자동화

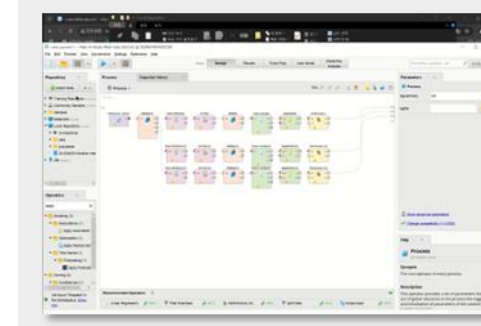
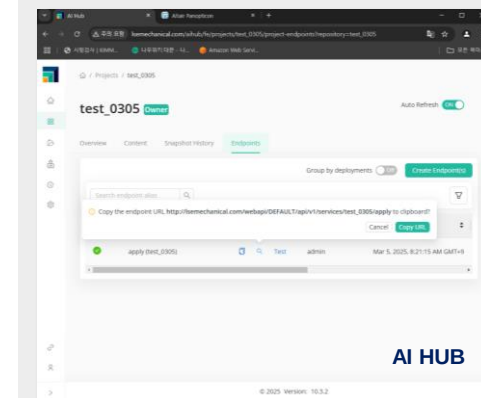
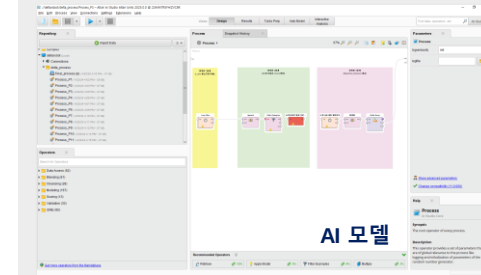
Life Test_Profile U2_TEST2_20241112-154145.txt
 Torsion Test U2_TEST2_1_20241112-154137.txt
 Torsion Test U2_TEST2_1_20241112-154136.txt
 Torsion Test U2_TEST2_1_20241112-154133.txt
 Life Test_Profile U1_TEST1_20241112-154130.txt
 Life Test_Profile U1_TEST1_20241112-154126.txt
 Life Test_Profile U1_TEST1_20241112-154124.txt
 Life Test_Profile U1_TEST1_20241112-153928.txt
 Life Test_Profile U2_TEST2_20241112-153932.txt
 Life Test_Profile U1_TEST1_20241023-092100.txt
 Life Test_Profile U1_TEST1_20241023-092100.txt
 Life Test_Profile U1_TEST1_20241023-092100.txt

Model : TEST1
 Tester : LSE
 Datetime : 20241112-154130

 Position : 0 ~ 800.0 mm
 Velocity : 2000.0 mm/s
 Acc/Deceleration : 7700.0 mm/s^2
 Jerk : 100000.0 mm/s^3
 Torque : 100.0 ~ -100.0 %

 time, velocity, InTqSENSOR, OutTqSENSOR
 0.00, 43.02, -0.03, -0.50
 0.02, 43.02, -0.03, -0.50
 0.07, 3005.30, -0.01, -0.50
 0.12, 3005.30, -0.01, -0.50
 0.16, 3005.30, -0.01, -0.50
 0.22, 3738.29, -0.03, -0.62
 0.26, 3738.29, -0.03, -0.62
 0.32, 3278.63, -0.04, -0.50
 0.36, 2445.25, -0.03, -0.50
 0.41, 1697.64, -0.02, -0.50
 0.43, 832.30, -0.02, -0.50

AI 모델 확보 및 AI HUB(Deploy)



Discovery Center 00_LSE_OHT_Fulltrack_rev6_250213.prt

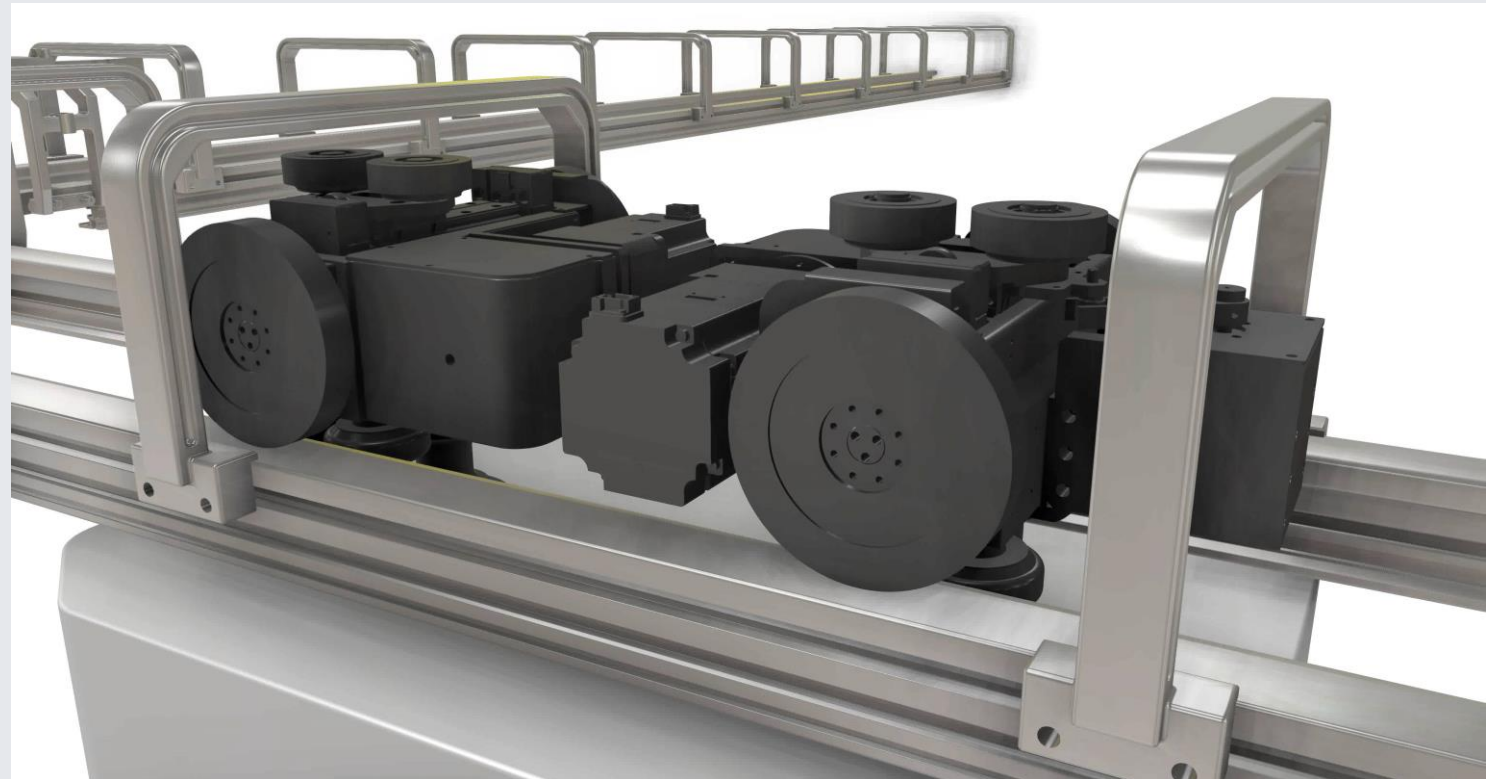
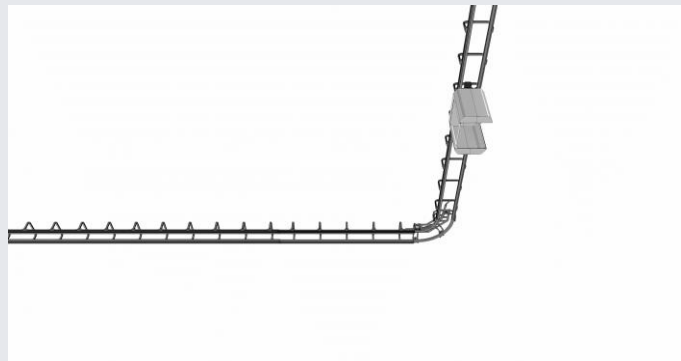
XG SIM과 MCD의 OHT 모델링 가상 시운전

Futuring

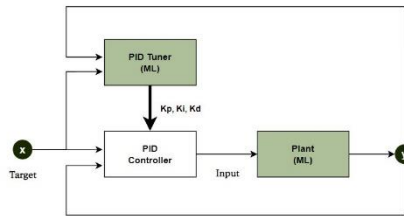
AI, SDF (Software Defined Factory) and more

반도체 공장용 OHT (China)

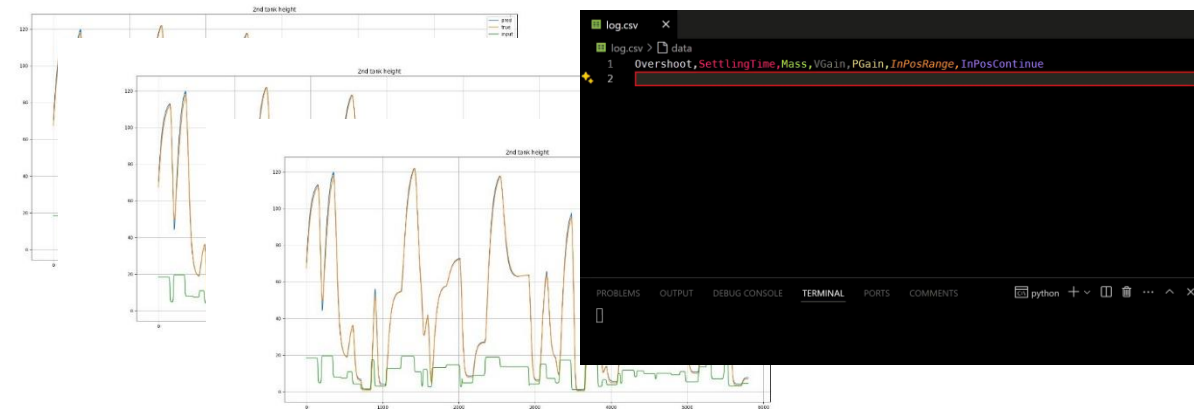
- 제어 프로그램 및 알고리즘 가상 모델 기반 개발
- 실제 설비를 대상으로 알고리즘 개발 적용이 불가능한 사이트에 DT 모델을 기반으로 알고리즘 개발 적용하여 실 성능 개선
- 해외 원격지에 위치하며, 보안 문제와 양산 수행중인 장비 특성상 digital twin 모델을 이용하지 않으면 실제 성능 개선 활동이 곤란한 대상 설비에 효과적인 적용이 가능함.



- 기술 중요도가 급격히 높아지는 AI 기술을 위해서는 다량의 데이터가 동반되어야 하지만, 산업 시스템 환경에서 이를 해결하는 것이 용이하지 않음.
- Digital Twin 에서는 진짜보다 더 진짜같은 데이터를 제공함으로써, 산업 AI 적용 범위를 획기적으로 확대할 수 있음.



수학 제어 알고리즘

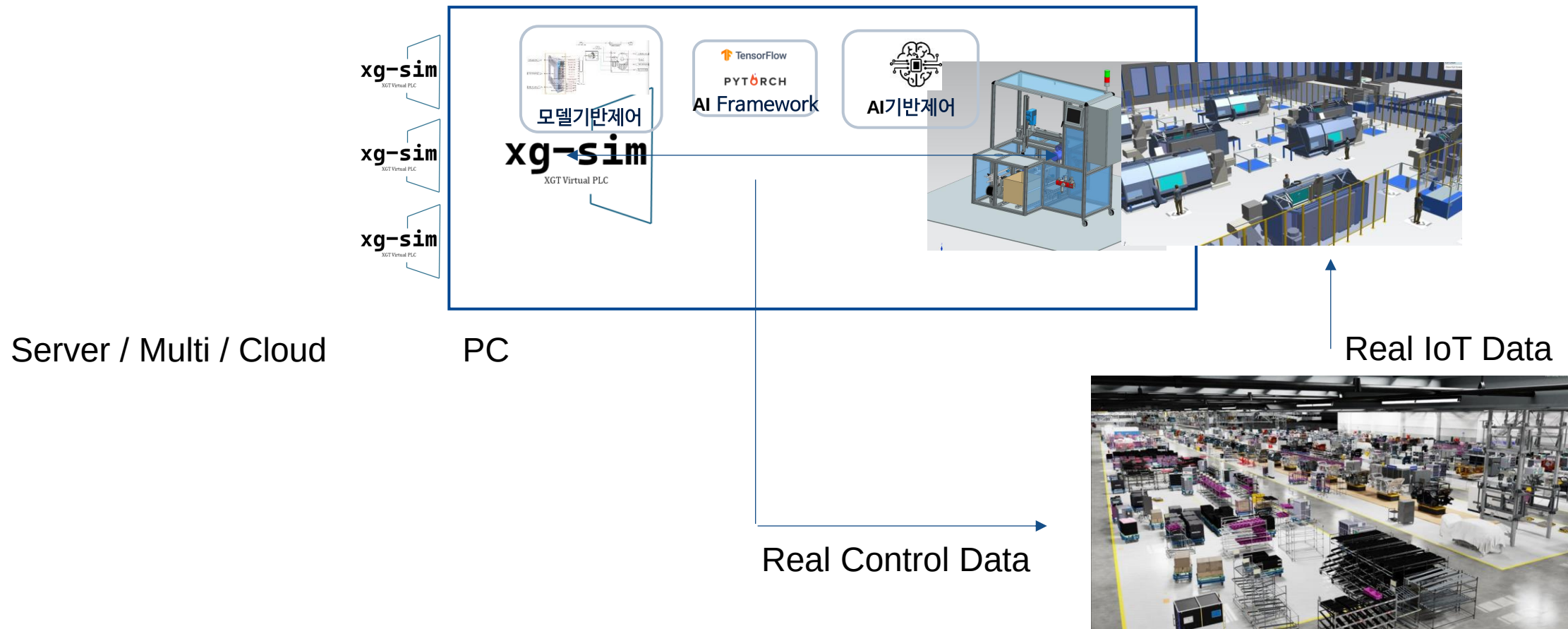


Digital Twin 모델상에서의 수십만 회의 실험을 통한 데이터 획득

OHT를 위한 ActiveBoost

- OHT AI 제어 기술 개발
- 자사 PLC 적용 분야인 반도체 공정용 OHT의 정밀 제어를 위한 ActiveBoost 알고리즘의 개발을 위한 다량 데이터 획득을 DT 모델에서 실험 진행
- 획득된 데이터 기반의 AI 기반 제어기를 실 제어기 제품에 적용하여, 기존 제어 특성을 획기적으로 향상시킴
- 본 사례를 기반으로, 자동튜닝, PID대체 기술, 온도제어, 사출제어 등 다양한 분야로의 확대 예정

- SDF(Software Defined Factory)는 인공지능(AI)과 같은 최신 IT 기술을 활용하여 공장의 모든 시스템을 소프트웨어로 통합하고 제어하는 차세대 스마트 공장입니다.
- 자동화 메이커 마다 정의하는 컨셉은 차이가 있으나, 자율공장을 향한 지향점은 유사함.



- SDF(Software Defined Factory)는 인공지능(AI)과 같은 최신 IT 기술을 활용하여 공장의 모든 시스템을 소프트웨어로 통합하고 제어하는 차세대 스마트 공장입니다.
- 자동화 메이커 마다 정의하는 컨셉은 차이가 있으나, 자율공장을 향한 지향점은 유사함.

- 유연성 및 민첩성

- 소프트웨어를 통해 생산 라인을 **신속하게 재구성하고 (Reconfigurable)** 변화하는 시장 요구에 유연하게 대응할 수 있습니다.
- 공장의 모든 시스템을 소프트웨어로 통합하여 운영자가 필요에 따라 설정을 쉽게 조정할 수 있습니다.

- 데이터 기반 운영

- 공장에서 발생하는 모든 데이터를 수집, 분석하여 생산 효율성을 극대화합니다.
- **데이터 기반의 의사 결정**을 통해 생산 과정의 최적화를 실현합니다.

- 지능형 자동화

- AI 기반의 데이터 분석 및 예측을 통해 생산성을 향상시키고 불량률을 감소시킵니다.
- 공장의 모든 시스템을 소프트웨어로 통합하여 **자율적인 운영 (Autonomous)**이 가능합니다.

- 비용 효율성

- 생산 과정의 자동화 및 최적화를 통해 운영 비용을 절감합니다.
- 유지 보수 및 관리 비용을 감소시키고 생산성을 향상시킵니다.

감사합니다

1. 본 발표 자료와 XG-SIM 적용 사례, 사용자 가이드 등의 관련자료는 Solution Square에 등록 예정입니다.
2. XG5000 with XG-SIM Trial Version도 사내한 기준으로 Solution Square를 통해 제공될 예정입니다.