

직교 좌표형 로봇 Digital Twin을 활용한 XG-SIM (Virtual PLC) 기반의 Virtual Commissioning 기술 검증

자동화CIC) 자동화솔루션연구소

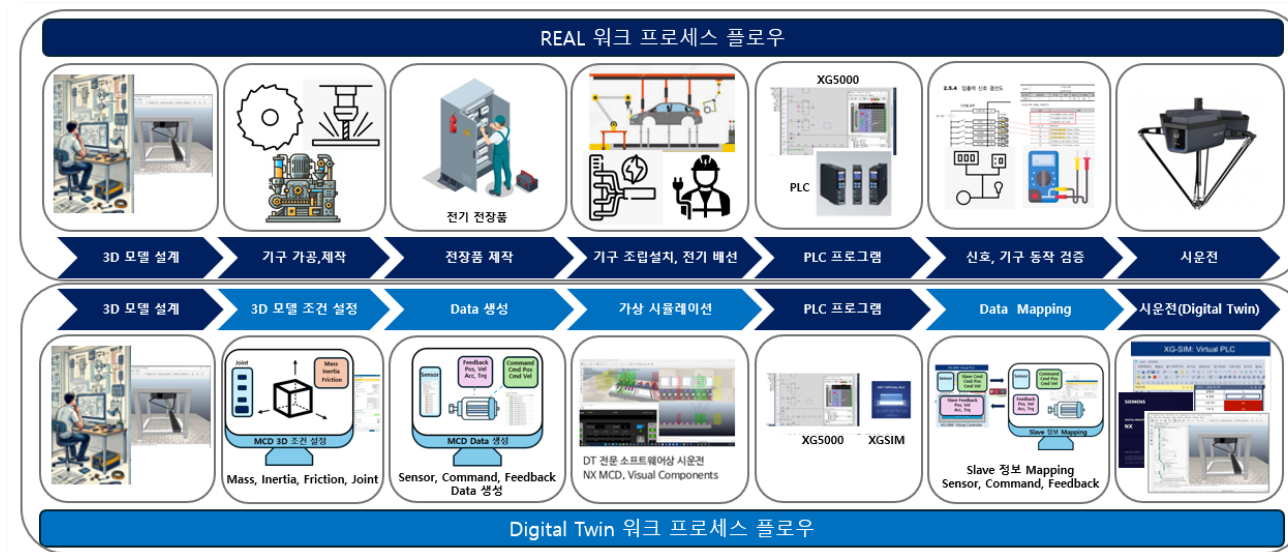
2025. 08

서론

- 본 연구를 통해, LS ELECTRIC의 가상 PLC인 XG-SIM을 활용하여 직교좌표형 로봇의 가상 시운전을 실행하고, 실제데이터와 가상 데이터 간의 일관성을 평가하여 그 실용성을 검증

배경 및 기술

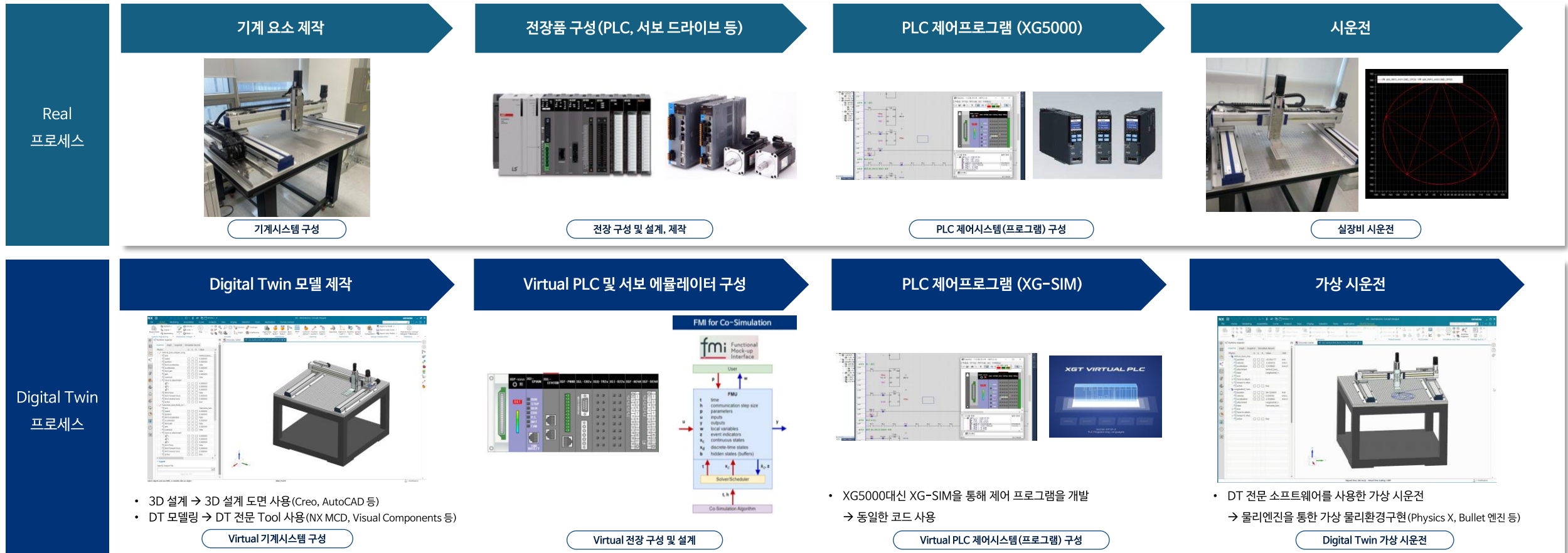
- 디지털 트윈 기술
: 물리적 객체나 시스템, 또는 그 과정의 가상 표현을 의미함. 디지털 트윈에서 특히 Virtual Commissioning 기술은 실시간 데이터와 시뮬레이션 및 다양한 모델링 기술을 활용 가능.
→ LS Virtual PLC(XG-SIM)의 Virtual Commissioning 기술을 활용해 실제 설비와 동일 수준 동작을 가상에서 구현 가능
- Isochronous Mode
: 시간 동기화 모드는 가상과 실제 환경 간의 데이터 통신에서 정확성과 동시성을 확보할 수 있도록 지원하여, Virtual Commissioning 과정에서 데이터 손실을 방지.



Digital Twin Workflow

시스템 구성

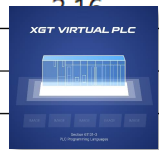
- NX MCD 내 디지털 트윈 모델과 EtherCAT 기반의 Servo Drive를 가상화 한 Servo Emulator(FMU)를 통해, 실제 로봇과 동일한 조건에서 데이터 수집 및 비교분석을 수행.
 - Servo Motor의 정확한 위치, 속도, 토크를 제어
 - PLC로부터 전달된 명령을 바탕으로 Servo Motor의 동작을 수행
 - 피드백 시스템을 통해 정확한 모션 보장 및 제어에 필요한 기능 수행



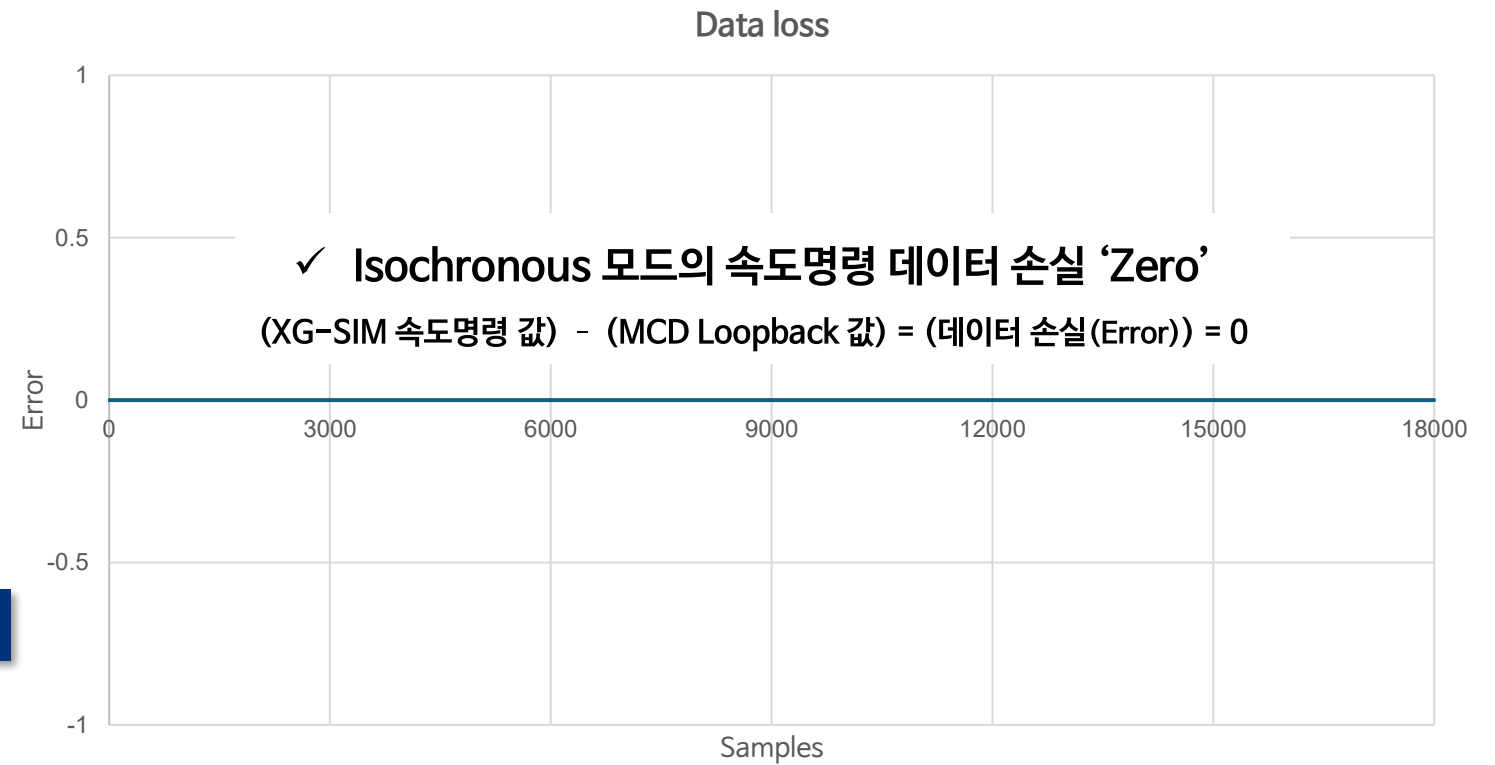
연구 결과 및 분석

- 실험 1: Isochronous 모드 검증(NX MCD & XG-SIM 간 Loopback Test)
→ Isochronous 모드에서 NX MCD와 XG-SIM 간 데이터 송수신 시, 데이터 손실 없는 것을 확인.(데이터 일관성)

Samples	XG-SIM 속도명령	MCD Loopback 결과	Data loss
0	1.64	1.64	0
1	1.68	1.68	0
2	1.72	1.72	0
3	1.8	1.8	0
4	1.84	1.84	0
5	1.88	1.88	0
6	1.92	1.92	0
7	1.96	1.96	0
8	2	2	0
9	2.04	2.04	0
10	2.08	2.08	0
11	2.12	2.12	0
12	2.16	2.16	0
13	2.2	2.2	0
14	2.24	2.24	0
15	2.28	2.28	0
16	2.2	2.2	0
17	2.6	2.6	0
18	2.4	2.4	0
19	2.44	2.44	0



"0" (Data Consistency)

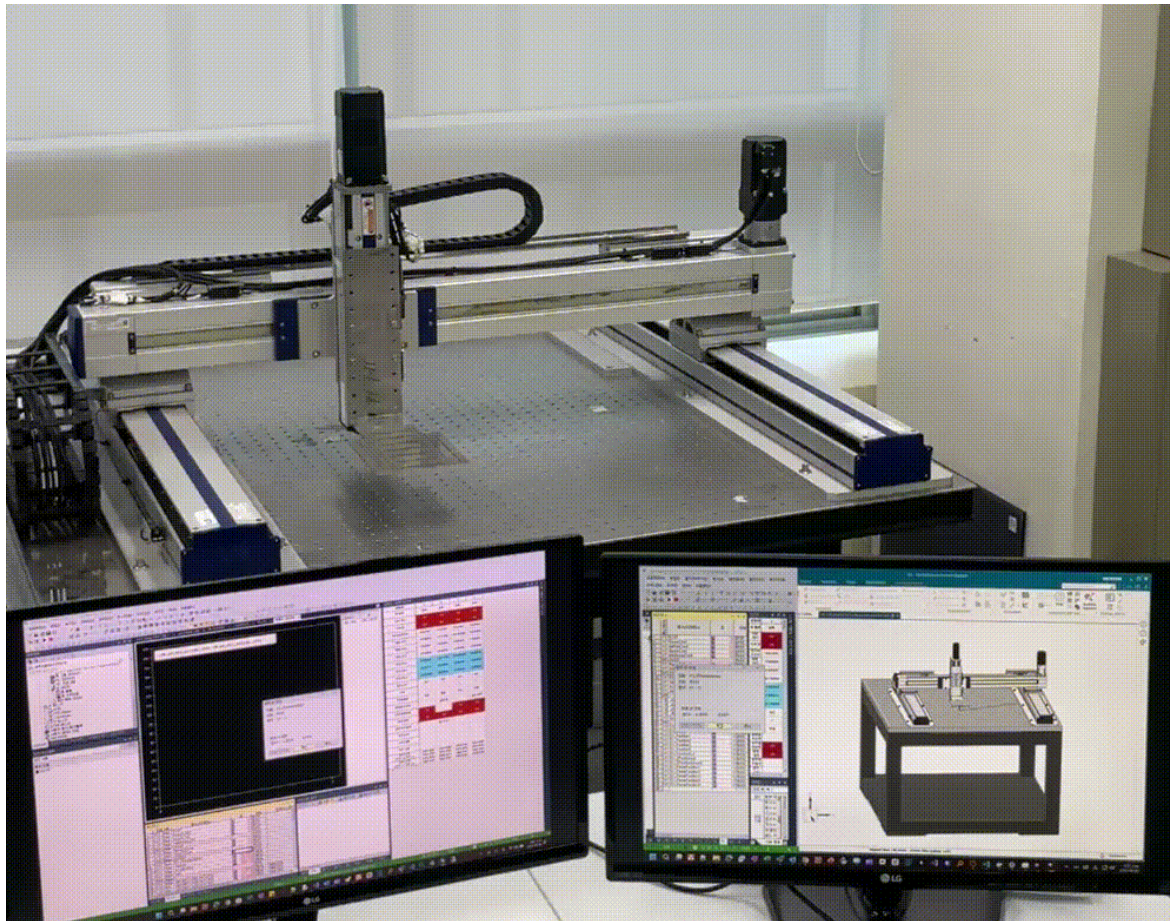


Loopback Test 결과 (Data 오차)

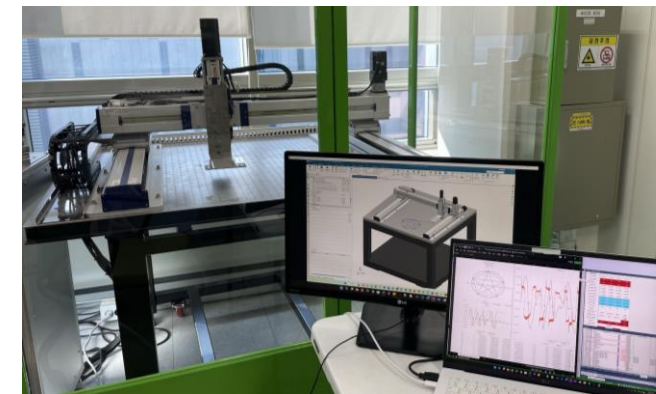
연구 결과 및 분석

• 실험 2 : XG-SIM 신뢰성 검증(실물 로봇 & 디지털 트윈모델 간 정합성 분석)

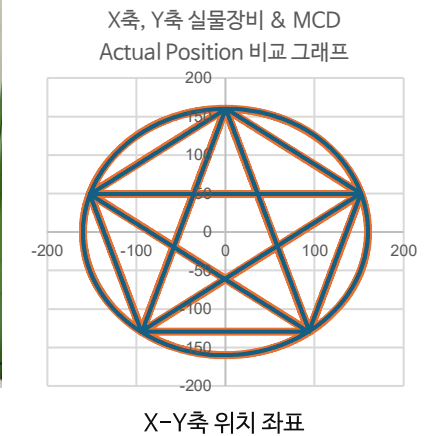
→ 로봇의 실제 동작과 가상 모델의 예측 동작을 시각적으로 실시간 확인, 축 별로 피드백 데이터에 대한 오차를 계산하여 디지털 트윈의 신뢰성을 검증.



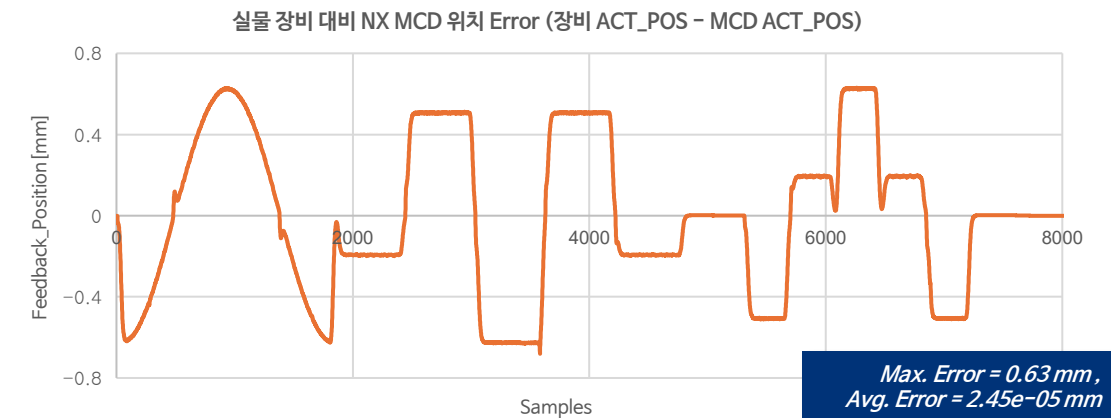
직교좌표형 로봇 Digital Twin 데모 영상



직교좌표형 로봇 실물-가상 Digital Twin



X-Y축 위치 좌표



실물장비 대비 NX MCD 위치 데이터 Error

연구 결과 및 분석

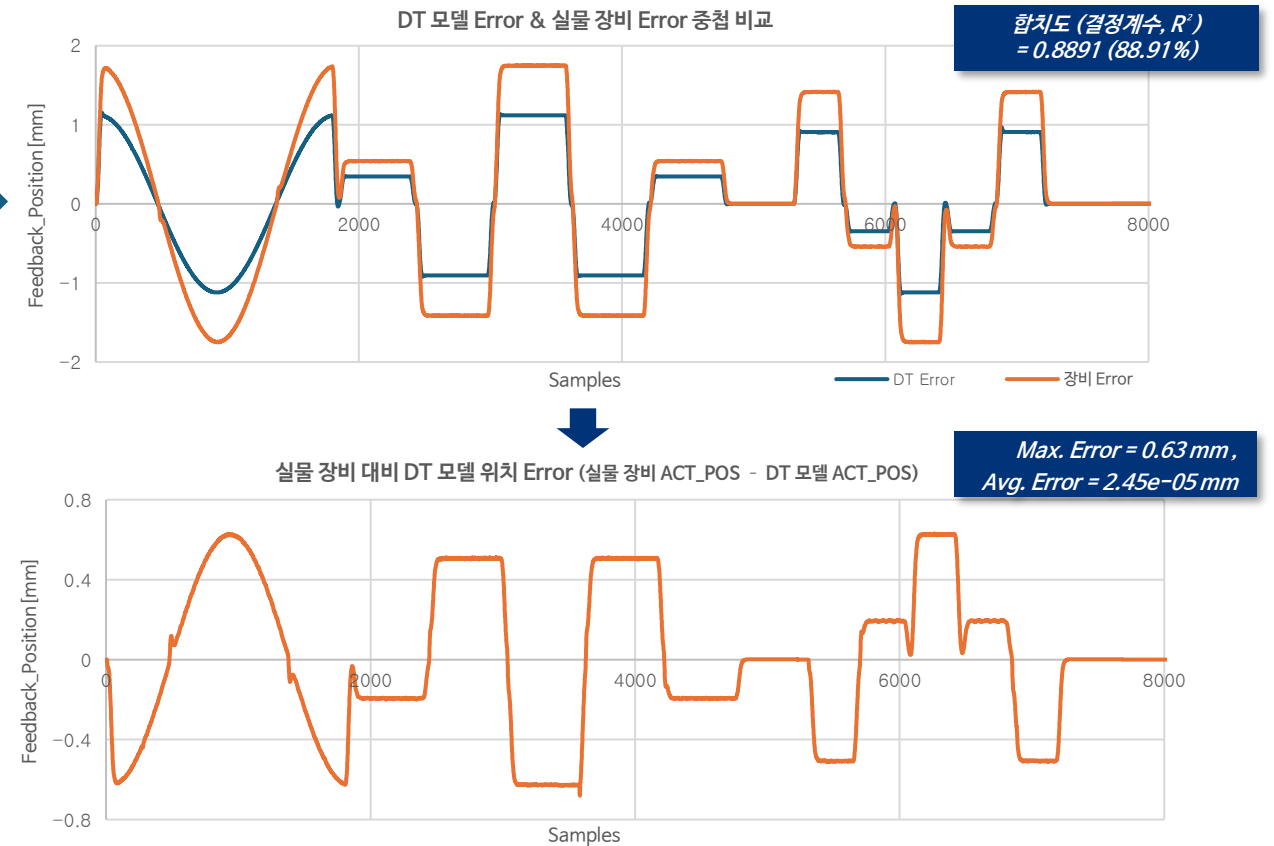
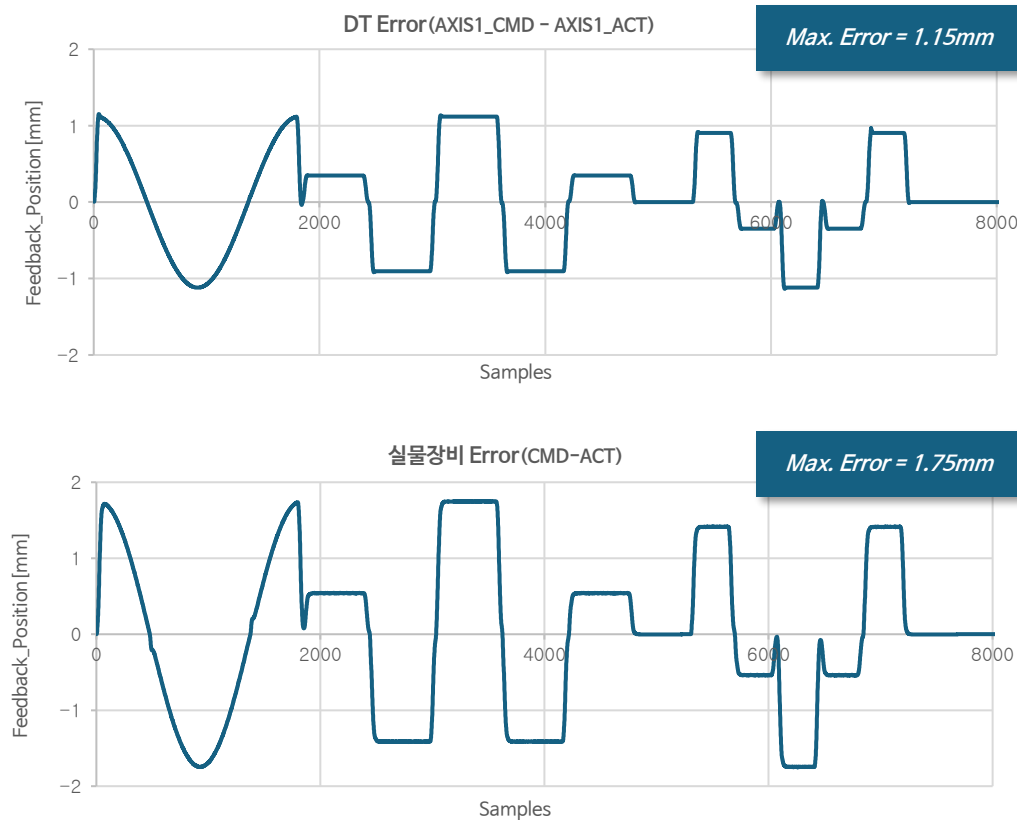
✓ 실험 상세 : 실물장비와 NX MCD의 물리엔진에 대한 Performance을 Virtual Commissioning 기술을 통해 실용성 여부를 확인하고자 함.

1) Reference가 되는 Command 데이터에 대한 Actual(Feedback) 데이터를 NX MCD 물리모델(DT모델)과 실제 로봇에서 수집하여 각각 Reference 대비 오차율을 산출.

→ DT 모델(NX MCD) : Max. Error = 1.15mm, 실물장비 : Max. Error = 1.75mm

2) 실물 직교로봇 데이터 대비 NX MCD Feedback 값을 비교하여 위치 오차율을 산출

→ 실물 장비 대비 DT 모델 오차 : Max. Error = 0.63 mm , Avg. Error = 2.45e-05 mm



결론

- 본 연구에서 LS ELECTRIC의 XG-SIM을 활용하여 직교좌표형 로봇의 가상 시운전에서 높은 데이터 일관성과 정밀도를 확인.
- XG-SIM을 활용한 Virtual Commissioning 기술을 활용한다면, 아래 세가지 항목들에 대한 활용 가능함.

(1) 장비 제작 전 가상 시운전을 통한 기구 간섭 확인

(2) 제어 시뮬레이션 및 프로그램 최적화

(3) 모터 용량 선정을 위한 가이드 제공(Servo Emulator 內 모터 선택)



참고문헌

- (1) C.G. Lee et al., 2014, "Survey on the virtual commissioning of manufacturing systems J. Comput. Des. Eng"
- (2) Jingxi Zhang et al., 2025, "Digital twin and the asset administration shell"
- (3) Jinjiang Wang et al., 2023, "Digital twin-driven virtual commissioning of machine tool"
- (4) M. Sc. Suthida Thongnuch, 2021, "An approach to generating high-fidelity models for the virtual commissioning of specialized production machines and cells using MCAD models"

감사합니다

Digital Twin을 위한 Virtual Commissioning 기술