

제조 메타버스를 위한 디지털 트윈 연결 관리 프레임워크

윤성진, 권진우, 김원태*

한국기술교육대학교 컴퓨터공학과 미래융합전공

hiysr0308@koreatech.ac.kr, qwedddww@koreatech.ac.kr, wtkim@koreatech.ac.kr

Digital twin connection management framework For industrial metaverse

Seongjin Yun, Jinwoo Kwon, Won-Tae Kim*

Future Convergence Engineering, Dept. of Computer Science & Engineering,
Korea University of Technology and Education

요 약

생산성 향상, 작업 효율 최적화, 안전 관리 등 다양한 메타버스 기반 응용 서비스를 통해 제조 산업 현장이 겪는 물리적 한계를 극복하기 위한 시도들이 이루어지고 있다. 제조 메타버스를 통한 생산성 향상 극대화를 위해서는 현실과 가상이 양방향으로 연결된 실-가상 융합형 메타버스의 형태로의 구현이 필요하다. 디지털 트윈은 물리 시스템과 양방향으로 연결되어 있어 고해상도 모니터링, 검증, 최적화 기능을 제공하여 제조 분야에서의 실-가상 융합형 메타버스를 구현하는 핵심 구성요소로 활용될 수 있다. 제조 메타버스를 포함한 미래 제조 환경에서 디지털 트윈을 효과적으로 활용하기 위해서는 디지털 트윈의 연결 구조를 관리할 수 있는 기술이 필요하다. 본 논문에서는 디지털 트윈의 연결 특징을 분석하여 제조 메타버스를 위한 디지털 트윈 연결 관리 프레임워크를 설계한다.

I. 서론

제조 현장의 물리적 한계를 극복하기 위해서 생산성 향상, 작업 효율 최적화, 안전 관리 등 다양한 영역에서 메타버스 활용이 이루어지고 있다. 메타버스 미래포럼에서는 메타버스를 디지털로 복제된 현실세계와 가상의 디지털 객체가 결합되어 현실에서 확장되는 경제·사회 활동이 가능한 디지털 플랫폼으로 정의한다. 최근 제조 분야에서는 메타버스를 통한 협업, 공정 시뮬레이션 등을 통하여 생산성 향상을 이루어내고 있다. 미래 제조 메타버스는 제조 현장에 존재하는 로봇, 작업자와 가상 세계의 객체들이 양방향으로 결합된 실-가상 융합형 메타버스 형태로 발전될 것으로 전망된다 [1].

디지털 트윈은 물리적 개체와 양방향으로 연결되어 모니터링, 상태 예측 및 최적화를 제공하는 가상 개체로 실-가상 융합형 메타버스 구현에서 중요한 역할을 수행할 것이다. 제조 설비, 공정, 작업자 및 생산 품목 등 제조 현장에 배치된 이종·다종의 대규모 개체에 대한 높은 충실도의 모델을 포함하고 있는 디지털 트윈을 활용하면 실제와 가까운 메타버스를 구축할 수 있다. 또한, 디지털 트윈은 메타버스에서의 상호작용을 실제에 전달할 수 있어 이를 통해 실시간 원격 협업, 최적 공정 제어 등의 메타버스 서비스를 현실과 밀접한 형태로 구현할 수 있다 [1].

대규모 물리 개체가 존재하는 제조 환경에서 디지털 트윈을 효과적으로 활용하기 위해서는 디지털 트윈 중심의 연결 구조 관리가 필요하다. 제조 설비들과 같이 각각의 디지털 트윈은 같은 공정을 공유하는 다른 설비 및 작업자, 생산 관리 시스템 등 다양한 개체들과 연결된다. 특히, 대규모 개인화를 지향하는 Industrial 5.0

에서는 공정의 지속적인 조정과 모바일 로봇을 활용한 설비 배치의 완전 유연화 등 다양한 변인들을 포함하여 생산 과정에서 지속적으로 변화하게 되어 디지털 트윈의 동적 연결 특성이 강화되어 연결 관리 기술이 더욱 중요할 것이다.

II. 본론

제조 메타버스를 위한 디지털 트윈 연결 관리 프레임워크 정의를 위해 제조 환경에서 디지털 트윈이 가질 수 있는 연결 유형에 대하여 분석한다. 그림 1은 디지털 트윈이 가질 수 있는 연결 유형 및 특징을 나타낸다.

제조 환경에서 디지털 트윈은 4가지 유형의 연결을 가질 수 있다. 우선, 디지털 트윈이 대응하는 물리 트윈과의 연결이 있다. 디지털 트윈과 물리 트윈 간의 연결은 1:1 연결로 이루어지며, 디지털 트윈이 생성되는 시점에 연결이 수립되면 거의 변동되지 않는다. 둘째로, 디지털 트윈이 예측, 분석 및 최적화를 할 수 있도록 지원하는 시뮬레이터, 인공지능, 시각화 등의 컴퓨팅 기능요소들과의 연결이 필요하다. 디지털 트윈이 갖는 고유의 기능이 변경되는 경우가 아니라면 연결 구조의 변동이 발생하지 않는다. MES(Manufacturing execution system), ERP (Enterprise resource planning)와 같은 제조 디지털 트윈 응용들과의 연결 또한 공정 변경이 빈번하게 이루어지더라도 낮은 재설정 빈도를 가질 것이다.

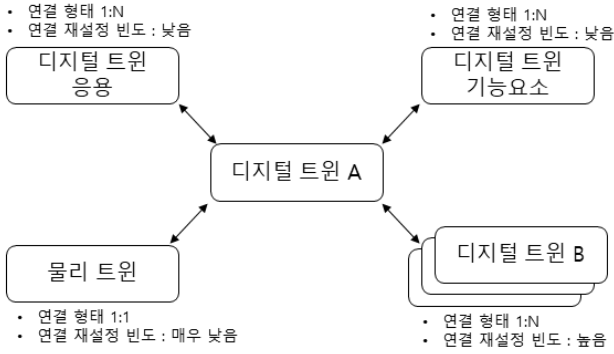


그림 1. 디지털 트윈 연결 유형

대규모 개인화를 위한 유연 생산 체계에서 설비 간 연결 구조는 높은 동적 특징을 가지게 된다. 이는 디지털 트윈 간 연결 구조 또한 더 높은 동적 특징을 가지게 만든다. 공정 재설정 등의 경우뿐만 아니라, 모바일 로봇이 활용되는 경우에는 각 물리 설비들이 이동함에 따라 연관된 작업자, 제품, 주변 설비들이 변화하기 때문에 디지털 트윈 공간에서는 지속해서 연결 재설정이 발생하게 된다.

| 사용자 구분 | 요구사항명세 |
|----------------|--|
| 디지털 트윈 개발자 | 디지털 트윈 개발자는 디지털 트윈 연결을 위한 연결 정보를 정의할 수 있어야 한다. |
| 디지털 트윈 개발자 | 디지털 트윈 개발자는 실행중인 디지털 트윈 인스턴스들의 연결 정보를 획득할 수 있어야 한다. |
| 디지털 트윈 서비스 개발자 | 디지털 트윈 서비스 개발자는 데이터 이름을 활용하여 해당 데이터를 발간/구독하고 있는 디지털 트윈 인스턴스를 검색할 수 있어야 한다. |
| 디지털 트윈 관리자 | 디지털 트윈 관리자는 실행중인 디지털 트윈 인스턴스의 연결 요구사항 정보(QoS)를 수정할 수 있어야 한다. |
| 디지털 트윈 관리자 | 디지털 트윈 관리자는 실행중인 디지털 트윈 인스턴스의 연결 상태 정보(연결 대상, 데이터 송수신 빈도 등)를 획득할 수 있어야 한다. |

그림 2. 디지털 트윈 연결 관리 프레임워크 요구사항

III. 제조 디지털 트윈 관리 프레임워크

제조 메타버스를 위한 디지털 트윈 연결 관리를 효과적으로 하기 위해서는 앞서 분석된 디지털 트윈 연결 특징을 반영하는 디지털 트윈 관리 프레임워크 설계가 필요하다. 그림 2는 제조 메타버스를 위한 디지털 트윈 관리 프레임워크의 핵심 요구사항을 나타낸다. 디지털 트윈 연결과 관련된 사용자를 디지털 트윈 개발자, 디지털 트윈 응용 개발자, 디지털 트윈 관리자로 구분 짓고 각각이 디지털 트윈을 활용하기 위한 요구사항을 도출하였다.

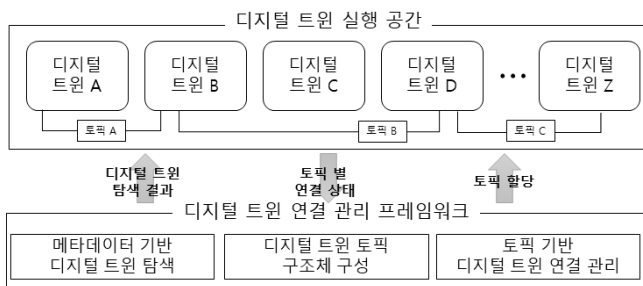


그림 3. 디지털 트윈 연결 관리 프레임워크 구조도

그림 3은 이러한 요구사항을 반영할 수 있는 디지털 트윈 연결 구조 및 관리 프레임워크의 구조를 나타낸다. 대규모 디지털 트윈

간 유연한 연결을 가능하게 하도록 디지털 트윈 간 연결은 토픽 기반 통신 미들웨어를 통하여 동작하도록 한다. 디지털 트윈이 발간/구독하고 있는 데이터 토픽 구조 및 데이터 명칭을 포함하는 메타데이터를 통하여 디지털 트윈을 손쉽게 탐색할 수 있도록 하고, 디지털 트윈 토픽 구조체를 연결 상황에 맞추어서 유연하게 구성할 수 있도록 한다. 토픽 기반 디지털 트윈 연결 관리 모듈을 통하여 사용자가 설정한 규칙 대로 디지털 트윈 연결을 설정할 수 있는 기능을 제공한다.

IV. 제조 디지털 트윈 관리 프레임워크

본 논문에서는 디지털 트윈 연결 특징 분석을 통하여 제조 메타버스를 위한 디지털 트윈 연결 관리프레임워크를 설계하였다. 향후 연구를 통하여 요구사항을 정교화하고 각 기능을 상세 설계하여 대규모 제조 메타버스에서도 효과적인 프레임워크를 구현하고자 한다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원(No.2022-0-00866, 대규모 확장성 및 고신뢰 분산 시뮬레이션을 지원하는 제조 디지털 트윈 프레임워크 기술 개발) 및 정보통신산업진흥원(NIPA-D0335-22-1022)의 지원으로 수행된 연구임

참 고 문 헌

- [1] J. Lee and P. Kundu, "Integrated Cyber-Physical System and Industrial Metaverse for Remote Manufacturing," *Manufacturing Letters*, vol. 34, pp. 12-15, 2022.