

# 디지털 트윈 기반 공장 물류 관리 시스템

이양구<sup>1</sup>, 정우근<sup>2</sup>, 임영재<sup>1</sup>, 윤대섭<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국전자통신연구원, <sup>2</sup>씨아이피시스템

yk\_lee@etri.re.kr, jwg0762@cip.co.kr, yjlim@etri.re.kr, eyetracker@etri.re.kr

## Digital twin-based factory logistics management system

Yangkoo Lee<sup>1</sup>, Wookeun Jeong<sup>2</sup>, Youngjae Lim<sup>1</sup>, Daesub Yoon<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Electronics & Telecommunication Research Institute, <sup>2</sup>CIP Systems

### 요 약

스마트 팩토리에서는 생산 현장에 배치된 다양한 물리 디바이스들이 상호 간에 인터랙션하면서 주어진 작업 프로세스를 수행하게 되며, 가상 환경에 구축된 디지털 트윈은 이러한 디바이스 간의 인터랙션을 반영하고, 물리-가상 디바이스 간 양방향 동기화를 통한 제어 및 피드백을 수행할 수 있어야 한다. 본 논문에서는 AMR 기반의 스마트 팩토리 물류 자동화 시나리오를 정의하고, 이를 디지털 트윈으로 구축하여 작업 현장을 실시간 모니터링하고, 가상 환경에서 디바이스 제어 및 인터랙션을 수행하는 디지털 트윈 기반 공장 물류 관리 시스템을 소개한다.

### I. 서 론

디지털 트윈은 물리적 객체나 환경을 디지털로 복제하여 가상 공간에 그대로 재현하여 현실세계를 실시간으로 모니터링하고 분석하는 기술이다[1]. 이러한 디지털 트윈은 4 차 산업혁명의 핵심 기술인 IoT, AR, VR, AI, 빅데이터 기술의 발전에 따라 제조, 교통, 물류, 도시, 재난, 에너지, 국방 등 다양한 산업분야에 적용되고 있다. 이 중에서 스마트 팩토리는 디지털 트윈 기술을 적용하는데 가장 적합한 분야로 알려져 있으며, 디지털 트윈을 통해 제품 설계부터 생산 라인 설계, 예지보전, 가상 교육에 이르기까지 생산 전 과정에 걸쳐 생산성 향상 및 비용절감의 효과를 기대할 수 있다.

스마트 팩토리의 경우, 생산 현장에 배치된 다양한 물리 디바이스들이 상호간에 인터랙션하면서 주어진 작업을 수행한다. 이 과정에서 디지털 트윈으로 구축된 가상의 디바이스들도 실제와 같은 인터랙션을 통해 운영되어야 하며, 물리-가상 디바이스 간 양방향 동기화를 통한 제어 및 피드백을 수행할 수 있어야 한다.

본 논문에서는 스마트 팩토리의 물류 자동화 공정에서 운영되는 AMR(Autonomous Mobile Robots) 간의 협업 시나리오를 정의하고, 이를 디지털 트윈으로 구축하여 작업 현장을 실시간 모니터링하고, 가상 환경에서 디바이스 제어 및 인터랙션을 수행하는 디지털 트윈 기반 공장 물류 관리 시스템을 소개한다.

### II. 스마트 팩토리 물류 시나리오

본 논문에서는 사전 연구를 통해 구축된 테스트베드 및 디지털 트윈 플랫폼을 활용하여 스마트 팩토리 물류 시나리오를 정의한다. 그림 1 은 공장 내에서 AMR 과 컨베이어 간에 협업을 수행하는 물류 테스트베드와 운영

시나리오를 나타낸다. 테스트베드는 AMR 2 대, 컨베이어 1 대, 충전 스테이션 1 대, IoT 센서 등으로 구성되어 있으며, 2 대의 AMR 들이 컨베이어를 중심으로 제품을 상(하)차하는 동작을 무한 반복한다. 이 과정에서 AMR 은 주변의 장애물을 회피하거나, 적재된 제품의 중량, 배터리 상태와 같은 이벤트를 감지하여 충전소나 제품 검사소로 이동하는 등의 동작을 수행한다[2].

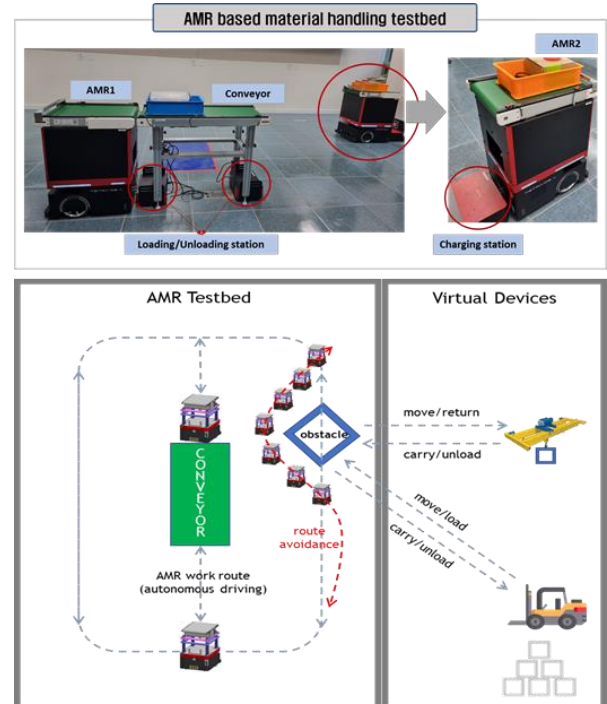


그림 1. 스마트 팩토리 물류 시나리오 개요

#### IV. 디지털 트윈 기반 공장 물류 관리 시스템

스마트 팩토리 물류 테스트베드는 웹 기반으로 구현된 공장 물류 관리 시스템에 연동되어 운영된다. 공장 물류 관리 시스템은 Unity 3D 엔진을 이용하여 시각화된 디지털 트윈을 통해 물리적 자산을 실시간 모니터링한다[3]. 또한, 물리 자산을 원격으로 제어하고, 작업 계획을 수립함으로써 현장에서 운영되는 디바이스의 작업 프로세스를 관리한다.

공장 물류 관리 시스템의 주요 기능은 작업 현장에 대한 모니터링, 운영 관리, 이벤트 관리 등으로 구성된다. 모니터링 기능은 물리적 자산과 동기화된 디지털 트윈을 실시간으로 모니터링하기 위한 3D 시각화 서비스를 제공한다. 그림 2 는 작업 현장을 디지털 트윈에 연동하여 실시간 모니터링하는 예시를 나타낸다. 운영자는 디지털 트윈을 활용하여 가상 환경에서 실제 현장을 모니터링하고 제어함으로써 보다 직관적인 UI/UX 기반의 인사이트를 확보할 수 있다.

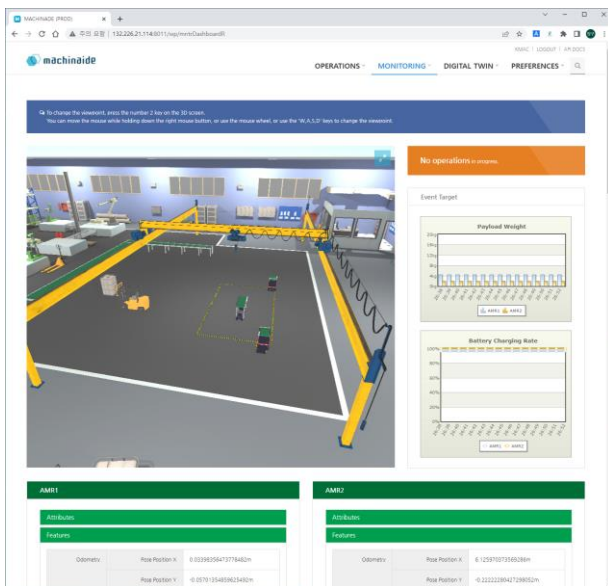


그림 2. 디지털 트윈 기반 공장 물류 관리 시스템

운영 관리 기능은 작업 현장에서 운영되는 디바이스의 디지털 트윈 모델을 등록 및 수정하는 기능을 제공한다. 또한, 디지털 트윈 객체의 시각화 여부를 결정하여 운영자가 원하는 디지털 트윈 객체들만 시각적으로 모니터링할 수 있도록 제어한다.

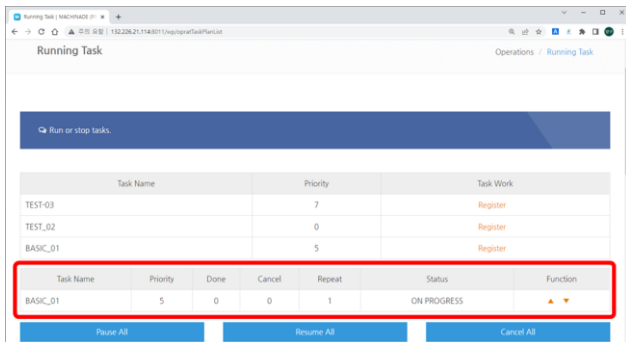


그림 3. 작업 계획 등록 및 모니터링 예시

작업 관리 기능은 디바이스들을 대상으로 작업 계획을 등록, 편집 및 삭제하는 기능을 제공한다. 그림 3 은 작업 계획 등록하고 작업 현황을 모니터링하는 예시를 나타낸다. 운영자는 디지털 트윈 시스템에 등록된 작업

계획에 따라 물리적 디바이스가 운영되도록 명령함으로써 디지털 트윈을 통해 실제 작업 현장을 제어할 수 있다.

운영자는 현장에서 주어진 작업이 수행되는 중에 위험 감지, 작업 오류, 배터리 부족, 적재 중량 초과 등과 같은 상황을 이벤트로 등록하여 모니터링할 수 있다. 그림 4 는 운영자가 등록한 이벤트가 처리되는 예시 화면을 나타낸다. 등록된 이벤트는 디지털 트윈과 연동되어 특정 조건에 해당하는 이벤트가 감지되면 해당 이벤트를 디지털 트윈에 연동하여 운영자가 능동적으로 디바이스를 제어할 수 있도록 한다.

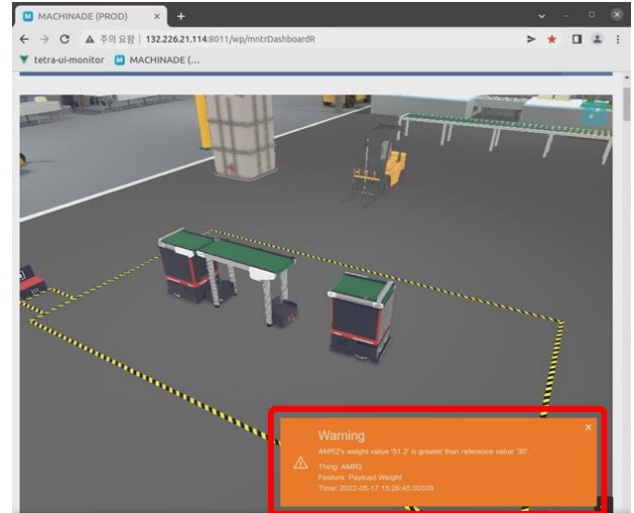


그림 4. 이벤트 감지 및 처리 예시

#### V. 결론

본 논문에서는 스마트 팩토리의 물류 프로세스를 대상으로 가상 환경에서 작업 현장을 실시간 모니터링하고, 디바이스 제어 및 인터랙션을 수행하는 디지털 트윈 기반 공장 물류 관리 시스템을 소개하였다. 본 시스템을 통해 운영자는 장소에 따른 제약없이 웹 환경에서 디지털 트윈에 접속하고, 가상 공간에서 실제 작업 현장을 모니터링 및 제어함으로써 보다 시각적이고 직관적인 UI/UX 기반 인사이트를 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

#### ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 "국제공동기술개발사업 (과제번호 P064100006-다중 디지털 트윈 상호운용성을 위한 지식 기반 제조 머신 분석 및 최적화 기술 개발)"의 지원을 받아 수행된 연구결과입니다.

#### 참 고 문 헌

- [1] Tao, F., Zhang, H., Liu, A., & Nee, A. Y.: Digital twin in industry: State-of-the-art. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 15(4), 2405-2415 (2018)
- [2] Lee, Y., Lee, S., Yoon, D.: Implementation of distributed smart factory platform based on edge computing and OPC UA: IECON 2019-45th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. Vol. 1. IEEE, 2019.
- [3] Unity, <http://www.unity3d.com>