

스마트 공장 교육을 위한 디지털 트윈 시스템 개발

권오성 (호서대학교 로봇공학과¹) 김승규 (호서대학교 로봇공학과²)
김민우 (호서대학교 로봇공학과³) 이지제 (호서대학교 로봇공학과⁴) 김동진 (호서대학교 로봇공학과⁵)

국문 요약

4차 산업혁명 시대의 제조업은 디지털 트랜스포메이션을 통한 스마트공장의 구현이며, 기존의 공장자동화 수준을 넘어선 차세대 디지털 신기술과 제조 기술이 접목된 소비자 중심의 지능화된 공장을 의미한다. 이러한 스마트공장을 성공적으로 정착시키기 위해서는 전문인력 양성이 필요하다. 그러나 인력 양성을 위한 교육은 실제 현장의 기계 설비나 전체적인 생산 공정을 갖추기가 어렵다. 따라서 실제 생산 현장의 물류 흐름과 공정을 시각화하고, 제어할 수 있는 시스템이 필요하다. 본 논문에서는 실제 현장의 물류 흐름을 물리시스템인물리 시스템인 소형 FMS로 구현하였고, 생산 공정은 디지털시스템으로 구현하였다. 물리시스템과물리 시스템과 디지털시스템의 실시간 동기화하여, 무인운반차 및 자재의 위치, 공정 상태를 모니터링하여 실제 제조 현장에서 물류의 흐름과 공정 과정을 볼 수 있다. 개발된 디지털 트윈 시스템은 스마트공장 인력양성을 위한 효과적인 교육 프로그램으로 활용이 가능하다프로그램으로 활용할 수 있다.

■ 중심어: 4차 산업혁명, 디지털 트윈, 스마트 공장, 유연생산 시스템유연생산시스템, 무인 운반차

I. 서론

4차 산업혁명을 이끄는 핵심 기술인 사물인터넷, 클라우드, 빅데이터, 모바일, 인공지능 등의 지능정보 기술은 신사업의 등장을 촉진뿐만 아니라 기존 주요 제조업의 생산·소비에서 혁명적 변화를 촉진할 것으로 예상된다(산업연구원, 2017). 우리나라는 국내 총생산에서 제조업이 차지하는 비중은 매우 높은 편이며 GDP 대비 제조업 비중이 26.78%이기 때문에 제조업은 4차 산업혁명에 대한 적극적인 대응과 지원책 마련을 통해 전반적인 제조업의 경쟁력 확보가 시급하다. 이런 제조업의 경쟁력 확보를 위한 해결책으로 대두되고 있는 것이 제조업의 디지털 트랜스포메이션(Digital Transformation)을 통한 스마트공장(Smart Factory)의 구현이다(신동윤,

** 본 연구는 2022년 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지자체-대학 협력기반 지역혁신 사업의 결과입니다. (2021RIS-004)

1)제1저자 : 호서대학교 로봇공학과 학부생, rnjsdhtjd24@naver.com

2)공동저자 : 호서대학교 로봇공학과 학부생, acw0707@naver.com

3)공동저자 : 호서대학교 로봇공학과 학부생, kiw0224@naver.com

4)공동저자 : 호서대학교 로봇공학과 학부생, 20172382@vision.hoseo.edu

5)교신저자 : 호서대학교 로봇공학과 교수, djkim@hoseo.edu

· 투고일: 2022-12-20 · 수정일: 2023-02-21 · 게재확정일: 2023-02-27

2019).

국내 제조 경쟁력 강화, 고강도 혁신을 위한 스마트 제조 역량 강화 정책의 주요 사업으로 ‘스마트공장 보급·확산’을 정부의 8대 혁신성장 사업으로 선정, ‘스마트공장 확산·고도화 전략’을 수립하고 중소기업 스마트공장 3만 개 구축을 목표로 선정하였다(김은희, 2020).

스마트공장의 중요성이 증대되고 있지만 현재의 스마트공장 전문인력을 양성하기 위한 교육 프로그램은 실제 생산 현장과는 많은 괴리감이 존재한다. 따라서 본 연구에서는 FMS(Flexible manufacturing system)와 디지털 가상공간과의 연계성을 통해 교육용 디지털 트윈 시스템을 개발하고자 한다.

현재의 스마트공장은 ICT 기술 덕분에 모든 설비나 장치가 통신으로 연결되어 있어, 전후 공정간 정보를 자유롭게 주고받을 수 있어, 유기적이고 통합적인 최적의 생산 환경을 구축할 수 있게 되었다(김영우, 2018). 스마트공장을 대표하는 가장 큰 시스템에는 FMS가 있으며 솔루션 기술에는 디지털 트윈(Digital Twin)이 있다. FMS는 공장자동화의 기반이 되는 기술이다. 유연생산시스템이라고 불리며 생산되는 제품의 종류와 수량의 변화에 쉽게 적응할 수 있도록 설계된 생산기술이다. FMS에는 생산 현장의 전반적인 부분과 부품 및 제품의 물류를 포함한다. 디지털 트윈은 디지털 기반의 신기술을 적용한 지능화된 공장인 스마트공장 가동에 필요한 핵심 솔루션 기술 중 하나로, 디지털 트윈 기술을 통해 실제 공정을 모니터링/제어할 수 있는 가상 공장 구축이 가능하다. 또한 디지털 트윈을 적용하여 설비의 이상 여부를 사전에 확인하여 정비하고 공정 내의 에너지 흐름을 분석하여 불필요한 부분을 제거하는 등 다양한 솔루션 개발이 가능하다(연구개발특구진흥재단, 2021).

스마트공장이 성공적으로 정착되기 위해서는 전문인력 양성 및 이를 위한 교육 프로그램이 필요하다. 현재 인력양성을 위한 교육 프로그램은 생산 현장과의 괴리가 있으며 실제 생산 공정의 실행 및 통제에 직접 관여하지 않으며 그렇다고 교육을 위해 실제 기계나 설비를 갖춘 생산 현장을 교육 현장에 구축하는 것은 불가능하다(김준우, 2017). 따라서 전문인력을 양성하기 위해서는 첫째 교육을 위한 실제 제조 현장과 유사한 교육용 기자재의 필요하며, 두 번째로 인력양성을 위한 교육 프로그램이 필요하다. 학생들이 직접 프로그램하여 FMS 내의 장비를 동작시키고, 장비와 컴퓨터를 연동시켜 시스템을 동작시키는 등의 교육 프로그램의 개발이 필요하다.

따라서 본 논문에서는 실제 생산 현장과 유사한 제조 공정 교육을 위한 소형 FMS를 물리 시스템으로 구현하고, 실제 물리 시스템의 상태 정보를 이용하여 디지털시스템에 실시간 동기화를 통해 모니터링한다. 그리고 디지털시스템에서 가상 시뮬레이션을 수행하고 결과를 도출한다. 시뮬레이션의 결과를 통해 물리 시스템의 상황을 실시간 모니터링과 분석 및 예측하여 물리 시스템을 제어 및 통제할 수 있으며 결과적으로 자체 상황이나 동작 상황에 맞추어 최적화돼 디지털시스템을 구축한다. 디지털시스템에서의 모델은 모니터 화면으로 시각화되어 보여지며 동시에 물리 시스템은 테이블 위에서 구동되어 소형 FMS가 구현한다. 소형 FMS에는 이·적재 스테이션, 물류 이송 로봇인 무인운반차를 포함하여 개발하고, 개발된 소형 FMS를 통해 제조 현장의 물류 흐름에 따른 생산 시스템을 이해하고, 활용할 수 있는 스마트공장 교육을 위한 디지털 트윈 시스템을 개발하고자 한다. 개발되는 시스템을 통해 스마트공장의 전문 인력 양성을 위한 교육용 시스템으로 활용할 수 있다. 또한 개발된 시스템은 스마트공장 전반적인 운용, 하드웨어 개발 및 프로그램 개발을 위한 교육 프로그램으로 활용할 수 있다.

II. 디지털 트윈

그림1은 디지털 트윈의 구조를 보여주고 있다. 디지털 트윈은 현실에 존재하는 사물, 시스템, 환경 등을 가상공간에 모사(Virtualization)하고 실물 객체와 시스템의 동적 운동 특성 및 결과 변화를 시뮬레이션할 수 있도록 하고, 시뮬레이션 결과에 따른 최적 상태를 실물 시스템에 적용하고, 실물 시스템의 변화가 가상 시스템으로 전달되도록 함으로써 끊임없는 순환 적응 및 최적화 체계를 구현하는 기술이다.



그림1. 디지털 트윈 구조(daliworks, 2022)

즉, 물리적인 물체 또는 시스템을 디지털로 표현한 것이다. 본질적으로 디지털 트윈이란 물리적 대상 또는 시스템에 대한 센서, 통신 데이터와 같은 실제 데이터를 입력으로 삼고, 해당 대상 또는 시스템이 이런 입력으로 인해 받는 영향을 예측 또는 시뮬레이션해 출력을 생성하는 컴퓨터 프로그램이다(daliworks, 2022). 물리 시스템에서 센서를 통해 실시간으로 객체들의 위치와 상태, 장비들의 상태에 대한 정보를 디지털시스템과 공유한다. 디지털시스템은 공유된 정보를 이용하여 객체의 위치와 장비의 상태를 실제 제조 현장과 동일한 위치와 상태에 있도록 실시간 동기화한다. 또한 디지털시스템은 동기화된 객체와 장비의 상태 정보를 이용하여 시뮬레이션을 진행한다(정규진, 박상철, 2021).

현재 디지털 트윈 기술은 우리 생활에 깊숙이 들어와 사용되고 있는 기술이다. 가장 대표적인 사례로 그림 2와 같은 스크린 골프 시뮬레이터이다. 실제의 골퍼가 물리 시스템에서 스윙하면, 이를 센서와 카메라를 통해 공의 방향, 스핀 및 상승각 등의 정보를 획득하여 디지털시스템인 가상의 공간으로 전송하여 스크린 영상으로 실제 골프장에서 게임을 하는 것과 같은 효과를 줄 수 있다(김익재, 2016 ; 윤평원, 2017).



그림2. 스크린 골프

또 다른 예로 그림 3과 같이 군사 훈련 중 낙하 훈련을 진행하는 시뮬레이터가 있다. 실제 하늘에서 낙하하는 장면을 3D로 구현하여 시각적인 데이터를 제공하고 물리적인 시스템과 연계하여 훈련을 할 수 있다. 물리적인 시스템에 실제 자기 몸을 연결하고, 가상의 공간에서 훈련함으로써 실제 훈련을 진행하기 전 모의 훈련을 통해 정확한 자세 숙지 및 안전사고 예방에 도움이 된다(최준성, 국광호, 2012 ; 윤평원, 2017).



그림3. 낙하 훈련 시뮬레이터

그림 2와 그림 3에서의 사례를 보면 디지털 트윈이라는 기술은 우리 생활 및 여러 분야로의 응용이 되고 있으며, 제조 현장에서도 응용되고 있다.

제조 현장에서 디지털 트윈은 실제 제조 현장의 배치를 반영하고, 설계 및 운영, 생산과 관련된 정보와 기능을 동기화하여 가동되는 가상의 공장이다. 디지털 트윈은 기존 가상 시뮬레이션 모델보다 진보된 개념으로 사전 정의된 구성 및 기능을 통해 신속한 모델링이 가능하고, ICT와의 융합을 통해 실제 현장과 디지털 트윈 모델 간의 데이터 교환이 가능하다(강정태 외, 2021). 제조 공정 설비에 부착된 센서를 통해 수집된 데이터는 가상 공정의 데이터로 사용한다. 물리적 시스템의 실시간 데이터를 활용하는 가상 시스템에서는 운영 효율성을 높이기 위한 다양한 실험이 진행됨과 동시에 가상의 데이터를 생산한다(윤성욱 외, 2020).

그림 4는 실제 산업용 디지털 트윈 구현사례이다. 주로 산업용 제조 분야에 적용하여 실제 공정을 모니터링 하는 가상 공장을 구축하여 이를 토대로 생산장비의 원격모니터링으로 장비의 고장을 예방하고, 에너지 발전시설의 운용관리 최적화, 물류의 현황관리, 도시 관리 등 다양한 분야에서 사용되고 있다. 실제 제조라인의 각종 설비 데이터가 디지털시스템에 표현되고 시뮬레이션을 통해 물리 시스템 설비를 운영함으로써 문제점을 예측할 수 있다. 또한 물리적이고 시각적인 실험도 가능하고 더 나아가 데이터 분석을 통해 현상을 해석하고 대안을 도출하는 것도 포함된다. 디지털시스템에서 예측된 문제점을 보완해 다시 현실 공정에 적용하게 되면 공정의 체계적인 계획 수립과 효율성이 극대화된다(SAMSUNG SDS, 2022).



(a) 디지털시스템

(b) 물리시스템물리 시스템

그림4. 실제 산업용 디지털 트윈 구현사례(NVIDIA, 2022)

Ⅲ. FMS와 디지털 시스템(가상 공간)

3.1 유연생산시스템 (FMS)

FMS는 다품종 소량 생산에 맞추어 운영되는 유연 생산 시스템을 말하며 생산 현장의 전반적인 생산부분과 부품 및 제품의 물류를 포함한다. FMS는 한 가지 이상의 부품을 효율적으로 생산할 수 있도록, 반 독립적인 작업장들과 자동 자재 이송 시스템을 컴퓨터에 의해 통합 제어하는 생산 시스템이다. FMS의 목적은 크게 유연성과 자동화된 대량 생산 시스템의 효율성을 동시에 추구한다. 현장에 설치 운용되고 있는 FMS들은 실제적인 절삭, 가공작업, 부품의 이동, 공구의 교환 등과 같은 다양한 공정들이 존재하며 대부분의 실시간 활동들이 컴퓨터에 의해 제어된다. 현장에서 자재들이 무인 운반차를 통해 이동하게 되는데 다양한 공정을 거치기 위해 지나가는 컨베이어를 본 논문에서 버퍼 즉, 스테이션이라 통칭한다. 위와 같은 시스템의 구성요소는 그림 5와 같이 여러 기능을 수행할 수 있는 모니터링 시스템, 무인 운반차, 스테이션과 이외의 공정이다.

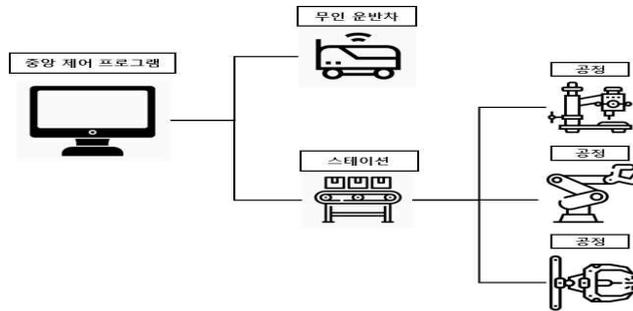


그림5. FMS 시스템 구성

3.2 소형 FMS 구현 ? 물리 시스템(현실 공간) 구현

본 논문에서 제안하는 디지털 트윈 교육을 위한 소형 FMS는 물리 시스템과 디지털 트윈 디지털 모델이 존재한다. 그림 6은 디지털 트윈 교육을 위한 소형 FMS의 물리 시스템 구성이다.

물리 시스템은 앞 절에서 설명한 유연생산시스템(FMS)의 구성요소인 무인 운반차 1대와 스테이션 3대, 그리고 모니터링 시스템(중앙 PC) 1대로 구성된다. 각각의 요소들은 실시간 발생·수집되는 센서, 통신 데이터를 이용하여 제어되어 구동한다. 크기는 1800(L)*1200(W) mm이며 테이블 위에서 구동된다.

PC는 무인 운반차와 스테이션에서 발생하는 센서, 통신 데이터를 Bluetooth 무선통신을 하여 수신받아 실시간 동기화 및 시뮬레이션을 진행한다. 수신된 데이터와 시뮬레이션을 토대로 물리 시스템을 제어 및 통제하며 디지털 모델을 모니터 화면에 출력한다.

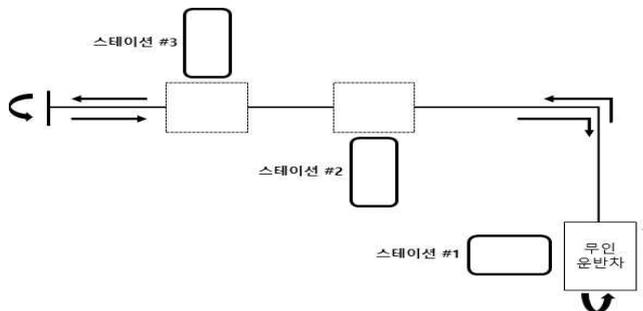


그림6. 물리시스템물리 시스템 구성도

3.2.1 무인 운반차

그림 7은 무인 운반차 블록도를 보여주고 있다. 무인 운반차의 경우 2개의 8bit MCU를 사용하여 I/O 포트의 부족함 및 단일 MCU를 사용하여 발생하는 작업부하를 분산하여 처리하였다. 2개의 MCU는 무인 운반차의 구동과 센서 데이터 획득을 각각 담당하며 서로 RS-485 통신으로 정보를 주고받는다. 또한 PC와 통신은 블루투스 통신을 사용한다.

무인 운반차의 유도방식은 안내선을 감지하여 주행하는 방식으로 광학식 가이드 식이다. 조향 방법은 구동 휠(Wheel)에 따라 분류하며 그 중 PWS(Power Wheel Steering)방식으로 2륜 속도차 방식이라고 하며 차체 중앙부에 2개의 바퀴로 구성되어 두 개의 바퀴와 속도 차이를 이용하여 조향을 한다. 그림 8은 실제 제작된 무인 운반차이며, <표 1>은 무인 운반차 사양이다.

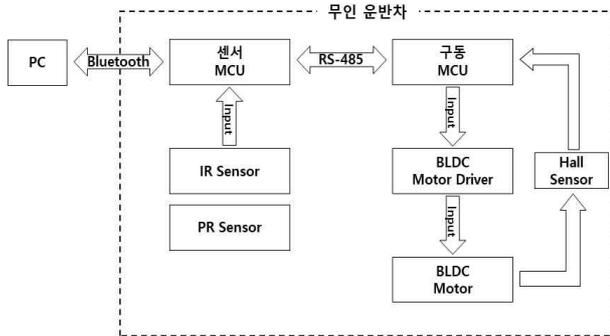


그림 8. 무인 운반차 블록도



그림7. 제작된 무인 운반차

<표1> 무인 운반차 사양

항목	내용
크기	340(L)*270(W)*150(H) mm
중량	7.56kg
전원	DC 24V
기능	<ul style="list-style-type: none"> 직선 주행, 곡선 주행, 턴 주행 가/감속 주행 Bluetooth 통신 및 RS-232/485 통신 자재 이·적재

3.2.2 스테이션

그림 9는 스테이션의 블록도를 보여주고 있다. 스테이션의 8bit MCU 1개를 단독으로 사용하였고, PC와의 통신은 블루투스를 사용하여 통신한다. 스테이션은 IR 센서로 무인 운반차와 자재 이·적재 작업을 위한 컨베이어 벨트와 이·적재 작업의 유무 감지 센서, 무인 운반차의 정지 정밀도를 높이기 위한 정지 센서로 구성된다. 그림 10은 실제 스테이션 모델이며 <표2>는 스테이션의 사양이다.

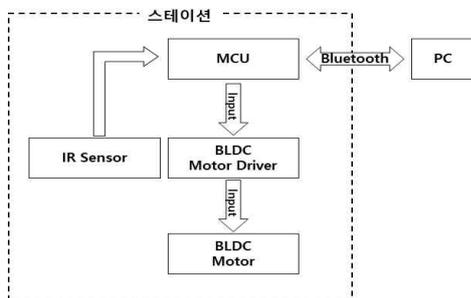


그림10. 스테이션 블록도



그림9. 제작된 스테이션

<표2> 스테이션 사양

항목	내용
크기	300(L)*184(W)*150(H) mm
중량	2.56kg
전원	DC 24V
기능	<ul style="list-style-type: none"> • 센싱을 통한 무인 운반차 정지 • Bluetooth 통신 • 자재 이·적재

3.3 디지털시스템(가상공간) 구현

디지털시스템은 Unity 환경에서 구축했으며 그림 11은 FMS의 디지털시스템으로 물리 시스템에서 수집되는 실시간 센서, 통신 데이터를 통합하고 동기화하여 구축한 디지털 트윈 기반 디지털시스템이다. 사이버 시스템은 세 가지 요소로 구성되어 있으며 각 구성요소에 대한 설명은 다음과 같다.

- 1) 3D 모델 : 물리 시스템 구성을 디지털시스템에서 3D 모델로 동일하게 구현
- 2) 작업장 레이아웃 : 물리 시스템은 제조 현장을 간략히 구성했기 때문에 무인 운반차, 이·적재 스테이션으로만 구성했지만 디지털시스템에서 제조 현장의 작업장까지 구현.
- 3) 통신 프로토콜 : 물리 시스템과 디지털시스템의 실시간 연동을 위해 통신 데이터가 필요하다. 자재를 운반하고 공정 상태 정보가 필요하기에 8bit 통신 프로토콜을 사용

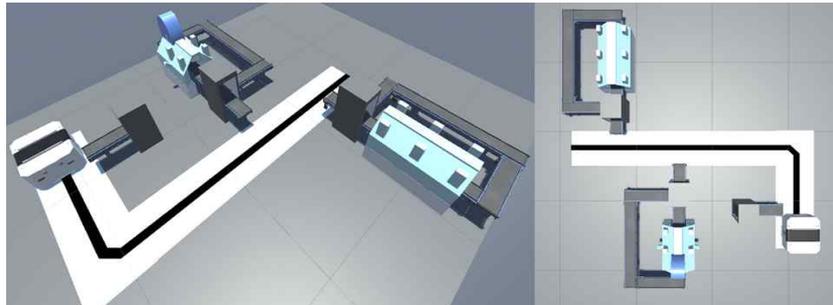


그림11. FMS의 디지털시스템

IV. 디지털 트윈 시스템 구현

구현된 소형 FMS(물리 시스템)을 운용할 때 획득하는 상태 정보는 블루투스 통신을 이용하여 디지털시스템으로 전송하고 이를 통해 가상공간 내에서 실제 운용되는 소형 FMS의 상태를 모니터링하고, 표현할 수 있다.

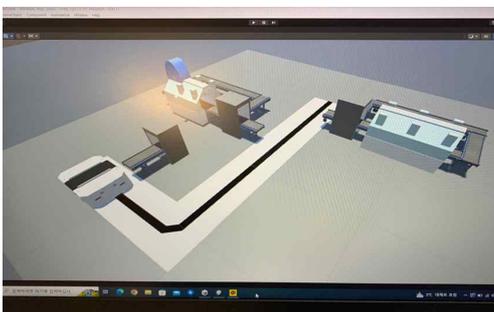


그림12. 디지털시스템



그림13. 물리시스템물리 시스템

그림 12는 FMS의 디지털시스템을 보여주고 있으며, 그림 13은 실제 구현된 소형 FMS의 물리 시스템을 보여주고 있다. 위의 두 시스템을 통해 디지털 트윈 환경을 구축하였고, 물리 시스템에서 발생한 데이터 패킷을 이용하여 디지털시스템이 실시간 동기화되어 동작한다. 디지털시스템을 통해 물류의 흐름과 자재 공정의 순서를 시각적으로 확인할 수 있다. 따라서 물류의 흐름, 자재의 공정에 초점을 두며 소형 FMS로 디지털 트윈을 교육이 가능하다.

본 논문에서는 실제 제조 현장에서 진행되는 공정을 예시로 하여 실제 물류의 흐름을 이해하고, 이를 제어할 수 있는 가상의 시뮬레이션을 구현하고, 이를 물리 시스템에 적용하였다. 실 제조 현장의 모든 설비를 물리 시스템에 적용하기 어려워 소형 FMS에서는 스테이션을 사용하여 스테이션이 각기 공정에 입고 및 출고하는 버퍼의 역할을 하게 하였고, 디지털시스템에서는 스테이션에 자재가 입고되면 각각의 작업을 할 수 있는 공정을 배치하였다. 구현한 공정은 그림 14와 그림 15에 보여주고 있는 것처럼 박스 포장 공정의 테이핑 및 라벨링을 하는 공정으로 디지털시스템을 구현하였다. 스테이션 #1은 자재 창고로 원자재 입고 및 제품을 창고로 출고하는 역할을 하며, 스테이션 #2는 박스 테이핑을 하는 공정으로 자재 입·출고를 하고, 스테이션 #3은 박스 라벨링을 하는 공정으로 입·출고를 하는 작업장을 물리 시스템으로 구현하였다.



그림14. 실제 Box Taping 공정
(JaePack.co, 2021)



그림15. 실제 Box Labeling 공정
(JaePack.co, 2021)

무인 운반차는 그림 16에서 나타난 적색 숫자의 순서로 이동하며 물건을 이송하고, 디지털시스템은 무인 운반차의 이동 상태를 모니터링하고 각 공정을 시뮬레이션한다.

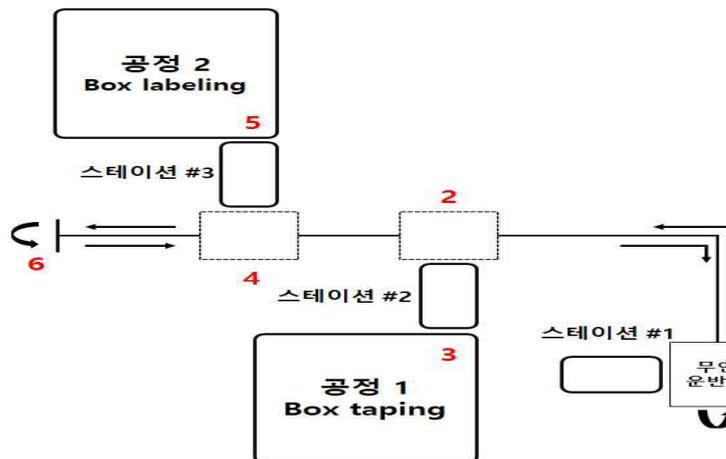


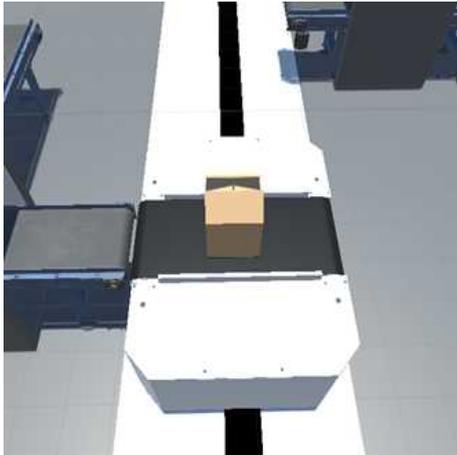
그림16. 무인 운반차 이동 순서

소형 FMS가 운용되는 공정의 순서는 표 3과 같다.

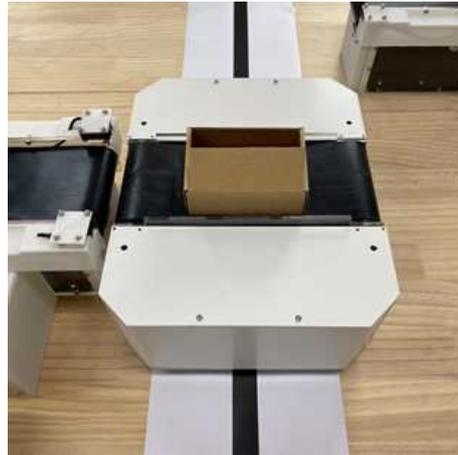
<표3> 소형 FMS 공정 순서

순서	무인운반차 위치	상 태
1	스테이션 #1	박스 적재
2	스테이션 #1에서 스테이션 #2 이동	
3	스테이션 #2	박스 이재
4		박스 테이핑 공정 시작
5		박스 테이핑 공정 완료
6		박스 적재
7		박스 이재
8	스테이션 #2에서 스테이션 #3 이동	
9	스테이션 #3	박스 라벨링 공정 시작
10		박스 라벨링 공정 완료
11		박스 적재
12	스테이션 #3에서 스테이션 #1 이동	
13	스테이션 #1	박스 이재

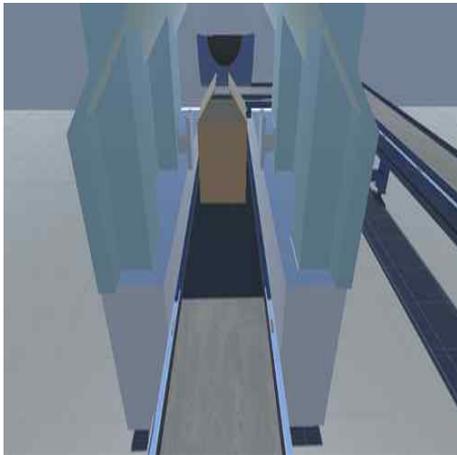
그림 17은 스테이션 #2에서의 소형 FMS의 물리 시스템 및 디지털시스템의 모습을 보여주고 있다.



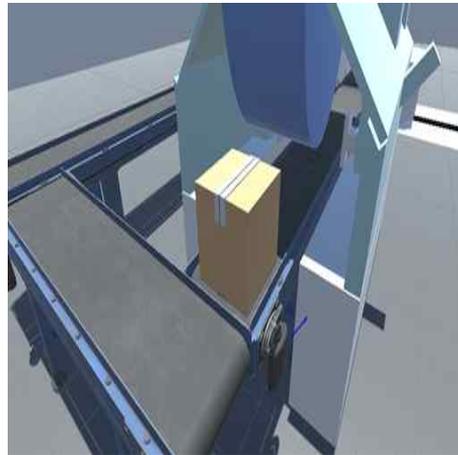
a) 무인 운반차 도착(디지털시스템)



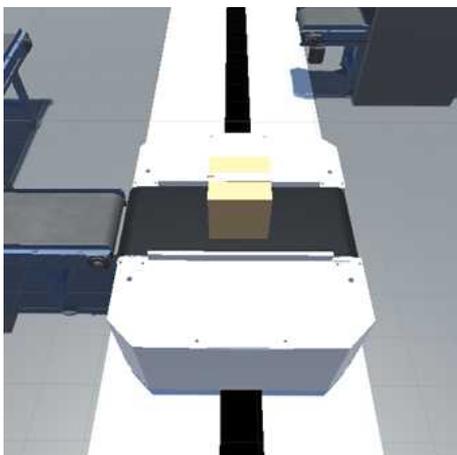
b) 무인 운반차 도착(물리 시스템)



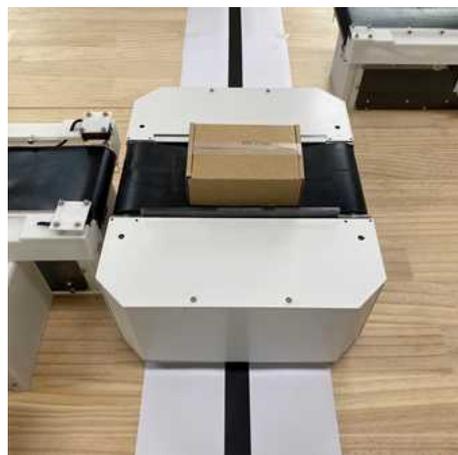
c) 박스 테이핑 전(디지털시스템)



d) 박스 테이핑 후(디지털시스템)



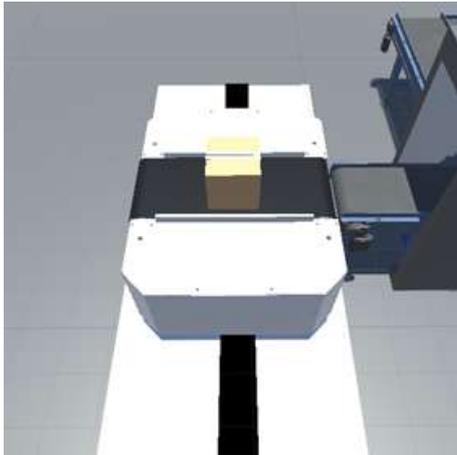
e) 무인 운반차 적재(디지털시스템)



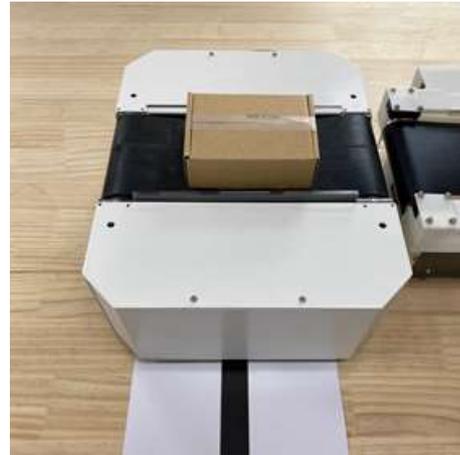
f) 무인운반차 적재(물리 시스템)

그림17. 스테이션 #2에서의 무인 운반차와 박스 테이핑 공정

<그림 18>은 스테이션 #3에서의 소형 FMS의 물리 시스템 및 디지털시스템에서의 모습을 보여주고 있다.



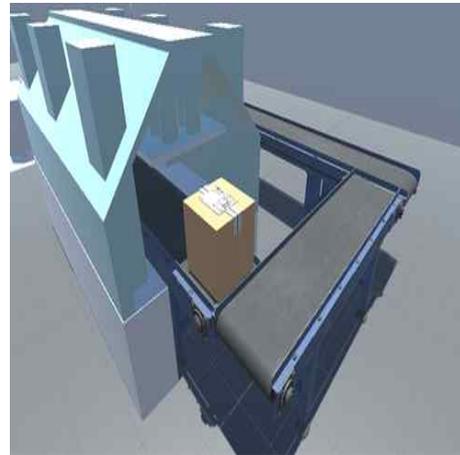
a) 무인 운반차 도착(디지털시스템)



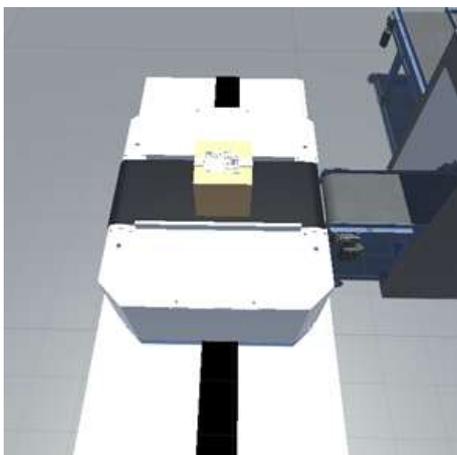
b) 무인 운반차 도착(물리 시스템)



c) 박스 라벨링 전(디지털시스템)



d) 박스 라벨링 후(디지털시스템)



e) 무인 운반차 적재(디지털시스템)



f) 무인운반차 적재(물리 시스템)

그림18. 스테이션 #3에서의 무인 운반차와 박스 라벨링 공정

그림 17과 그림 18은 가상의 디지털시스템에서의 작업 공정과 과 물리 시스템 FMS의 운용을 보여주고 있다. 본 논문에서는 두 개의 공정에 대해서만 보여주었지만, 실제 공장에서의 전 공정의 흐름 및 물류의 흐름은 직관적으로 보여줄 수 있다. 또한 교육이라는 관점에서 볼 때 현실 공간의 물리 시스템과 가상공간의 디지털시스템을 융합하여 실제 공장에서 이루어지는 공정을 눈으로 보고 이해할 수 있다.

본 논문에서 구현한 소형 FMS를 이용한 디지털 트윈은 스마트공장 분야를 공부하고 있는 많은 학생에게 실제 공장에서 이루어지고 있는 물류의 흐름과 공정을 이해하는 데 큰 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다. 또한 공정을 이해하는 데 그치지 않고, 무인 운반차, 스테이션 등의 FMS의 구성품들에 대한 설계, 프로그래밍 등에 대한 교육적 활용 가치는 매우 크다. 그러나 본 논문에서는 스테이션과 무인 운반차만을 구현하였다. 자동 창고 시스템까지 구현하였다면 FMS 시스템의 전반적인 부분에 대해 교육과 생산, 자재 관리 등의 전 분야를 시뮬레이션하고, 모니터링할 수 있었을 것이다.

V. 결 론

우리나라는 국내 총생산에서 제조업이 차지하는 비중이 매우 높은 편이며 4차 산업혁명에 대한 적극적인 대응과 지원책 마련을 통해 전반적인 제조업의 경쟁력 확보가 시급하다. 해결책으로 대두되고 있는 것이 제조업의 스마트공장의 구현이다. 스마트공장이 성공적으로 정착되기 위해서는 전문 인력 양성뿐만 아니라 교육 또한 필요하다. 현재 존재하고 있는 교육 프로그램의 문제점 중 실제 현장과의 괴리가 있으며 실제 생산 공정의 실행 및 통제에 직접적으로 관여하지 않는다. 그렇다고 교육을 위해 실제 기계나 설비를 갖춘 생산 현장을 구축하는 것은 불가능하다.

본 논문에서는 실제 현장에서의 물류 흐름과 간략화한 공정의 흐름을 가상의 환경에서의 모니터링을 통해 스마트공장 교육을 위한 디지털 트윈 시스템을 개발하였다. 물리 시스템으로 소형 FMS를 구현하기 위한 무인 운반차, 스테이션을 구현하였으며, 이를 바탕으로 박스 테이핑 및 라벨링 공정을 디지털시스템으로 구현하였다. 물리 시스템의 상태를 실시간으로 전달받아 디지털시스템에 표현하였으며, 물리 시스템에서 구현할 수 없는 테이핑 및 라벨링 공정은 디지털시스템에서 표현하였다. 물리 시스템과 디지털시스템을 융합하는 디지털 트윈의 구축으로 실제 제조 현장과 유사한 소형 FMS를 구축하였고 이를 통해 실제 공장의 공정 및 물류의 흐름을 직관적으로 볼 수 있었으며, 스마트공장 교육에 큰 도움을 줄 수 있다.

본 논문에서 개발된 디지털 트윈 시스템의 하드웨어로 무인운반차, 이·적재 스테이션을 개발하였다. 소형 MCU를 활용하여 기구부 설계, 회로개발 등을 수행하였고, 이를 통해 학생들의 하드웨어 개발 능력을 향상시킬 수 있었고, 소프트웨어 개발을 통해 디지털 트윈을 완성 시켰다. 스마트공장의 전문인력은 공장 운영만이 아니라 시스템을 개발하는 인력도 포함된다. 따라서 전자공학, 컴퓨터공학 등의 하드웨어 및 소프트웨어를 교육받는 학부생들을 대상으로 실제 현장과 유사한 시스템을 통해 하드웨어 개발과 소프트웨어 개발을 모두 접해볼 수 있으며, 이를 통해 스마트공장 전문인력으로 양성할 수 있다.

본 연구는 스마트공장의 전문 인력 양성을 위한 디지털 트윈 시스템을 개발하는 것으로 이를 통해 다음과 같은 교육적인 효과를 가질 수 있다.

- 1) 실제 현장과 유사한 교육 기자재(소형 FMS)의 개발로 제조 현장의 이해력 증대
- 2) 소형 FMS의 무인운반차 및 이·적재 스테이션을 직접 프로그래밍하며 컨베이어의 동작 및 물류의 흐름을 직관적으로 확인하며 교육 가능
- 3) 소형 FMS와 컴퓨터와의 인터페이스를 통한 현장 장비 모니터링 및 제어 능력 교육
- 4) 디지털 가상공간에서의 시뮬레이터 개발 교육

본 논문에서 개발한 디지털 트윈 시스템은 소형 FMS 시스템으로 무인운반차, 이·적재 스테이션을 개발하였다. 그러나 FMS의 전체 물류 시스템을 구성하기 위해서는 자동창고 시스템이 필요하다.

따라서 향후 자동창고 시스템을 포함한 전체 물류 시스템을 구축하여 자재, 생산관리 등의 전반적인 부분에 대한 흐름을 직관적으로 볼 수 있는 시스템으로 구현하여 스마트공장 교육에 사용하여 스마트공장 전문인력 양성이 이루어져야 할 것이다.

또한 시스템 개발만을 목적으로 하는 것이 아니라 교육적인 관점에서의 시스템 개발 및 프로그램을 전문적으로 교육 시킬 수 있는 프로그램을 개발이 필요하다.

REFERENCE

- 강정태, 김형선, 노상도(2021), 자동차 부품 생산라인을 위한 CPS 플랫폼과 디지털트윈 개발 및 적용, *한국 CDE학회*, 26(4), 285-298
- 김성태, 정병규(2022), 중소기업 CEO 의지 및 종업원 혁신 저항성이 스마트 팩토리 도입에 미치는 영향, *벤처 혁신연구학회*, 5(2), 111-141
- 김영우(2018), [4차 산업혁명과 직업의 미래] 7. 스마트팩토리의 현재와 미래, *IT dongA*, 9월 18일
- 김은희(2020), 독일 인더스트리 4.0 기업교육 모델의 국내 중소기업 스마트팩토리 교육 적용을 고찰, *한국경영 교육학회지*, 35(3), 91-112
- 김익재(2016), 가상현실 기술 동향, *방송과 미디어*, 21(2), 51-60
- 김정래(2020), 중소기업의 스마트 팩토리 도입 의도에 영향을 미치는 요인에 관한 연구 - 정부지원기대와 과업 기술적합도를 포함하여, *벤처혁신연구학회*, 3(2), 41-76
- 김준우(2017), 스마트팩토리 교육의 현재와 발전 방안, *한국콘텐츠학회지*, 15(2), 25-29
- 윤성욱, 정석재, 황성범(2020), Digital Twin 개념을 적용한 제조환경 시뮬레이션 모형 설계, *한국시뮬레이션학회*, 29(2), 11-20
- 신동윤(2019), 불확실성의 시대를 위한 제조업의 발전 방향 '스마트팩토리', *TECHWORLD ONLINE*, 3월 7일
- 연구개발특구진흥재단(2021), 유망시장 Issue Report: 디지털 트윈, 연구개발특구진흥재단
- 윤평원(2017), *스노우보드 게임 시뮬레이터에 관한 연구*(석사학위), 호서대학교 대학원, 대한민국
- 정규진, 박상철(2021), CPS 기반 실시간 시뮬레이션, *2021 한국생산제조학회 학술발표대회*, 140-140
- 최준성, 국광호(2012), LVC-G COTS SW 개발 기대격차 분석, *한국통신학회논문지*, 37(5), 365-375
- JaePack.co(2021), *제팩 택배 포장 자동화 솔루션(제한기, 테이핑기, 라벨러)*, JaePack.co
- 산업연구원(2017), *한국 제조업의 4차 산업혁명 대응 현황과 평가*, 산업연구원
- daliworks(2022), *디지털 트윈이란 : 정의, 규모와 종류, 기대효과*, daliworks
- Deloitte Insights(2017), *Industry 4.0 and the digital twin Manufacturing meets its match*, Deloitte Insights
- NVIDIA(2022), *산업용 메타버스를 위한 디지털 트윈 구축*, NVIDIA
- SAMSUNG SDS(2022), *디지털 트윈 트렌드 - 1. 디지털 트윈의 정의와 비즈니스 적용 방안*, SAMSUNG SDS

Development of Digital Twin System for Smart Factory Education

Kweon, Oh-seung¹⁾

Kim, Seung-gyu²⁾

Kim, In-woo³⁾

Lee, Ui-he⁴⁾

Kim, Dong-jin⁵⁾

Abstract

In the era of the 4th Industrial Revolution, manufacturing is the implementation of smart factories through digital transformation, and refers to consumer-centered intelligent factories that combine next-generation digital new technologies and manufacturing technologies beyond the existing factory automation level. In order to successfully settle such a smart factory, it is necessary to train professionals. However, education for smart factories is difficult to have actual field mechanical facilities or overall production processes. Therefore, there is a need for a system that can visualize and control the flow and process of logistics at the actual production site. In this paper, the logistics flow of the actual site was implemented as a small FMS, a physical system, and the production process was implemented as a digital system. In real-time synchronization of the physical system and the digital system, the location of AGV and materials, and the process state can be monitored to see the flow of logistics and process processes at the actual manufacturing site. The developed digital twin system can be used as an effective educational system for training manpower in smart factories.

Keyword: 4th Industrial Revolution, Digital Twin, Smart Factory, FMS, AGV

1)First author, Undergraduate student of Hoseo University, mjsdhtjd24@naver.com

2)Co-author, Undergraduate student of Hoseo University, acw0707@naver.com

3)Co-author, Undergraduate student of Hoseo University, kiw0224@naver.com

4)Co-author, Undergraduate student of Hoseo University, 20172392@vision.hoseo.edu

5)Corresponding Author, Professor of Hoseo University, djkim@hoseo.edu

제1 저자 소개

- 권오성(Kweon, Oh-seung)
- 호서대학교 로봇공학과 학부생
- <관심분야> : 마이크로프로세서 및 센서 응용, 제어 및 시스템

공동 저자 소개

- 김승규(Kim, Seung-gyu)
- 호서대학교 로봇공학과 학부생
- <관심분야> : 모터제어, 기구설계

- 김인우(Kim, In-woo)
- 호서대학교 로봇공학과 학부생
- <관심분야> : 마이크로프로세서 및 센서 응용, 제어 및 시스템

- 이의제(Lee, Ui-je)
- 호서대학교 로봇공학과 학부생
- <관심분야> : 마이크로프로세서 및 센서 응용, 제어 및 시스템

교신 저자 소개

- 김동진(Kim, Dong-jin)
- 호서대학교 로봇공학과 교수
- <관심분야> : 마이크로프로세서 및 센서 응용, 스마트팩토리