

# 스마트팩토리 기반 CPPS를 활용한 Digital Twin 플랫폼 개발

이현

한국폴리텍대학

## Development of Digital Twin platform using Smart Factory based CPPS

Hyun Lee

KOREAPOLYTECHNIC

E-mail : hlee81@kopo.ac.kr

### 요 약

본 논문에서는 ICT(Information Communication Technology) 기술을 이용하여 스마트팩토리 기반 CPPS(Cyber Physical Production System)를 활용한 Digital-Twin 플랫폼 개발과 관련된 연구를 제안한다. 본 연구를 통해 개발된 플랫폼은 선행 제조 공정 계획 단계부터 BOP(Bill of Process) 관리 기능을 포함하여 P3R(Product, Process, Plant, Resource)을 연계한 3D Model 시뮬레이션 기능을 수행한다. 또한 생산 공정, 설비, 레이아웃, 생산량 예측이 가능한 Digital Twin 플랫폼을 제안한다. 본 논문을 통해 제안된 플랫폼은 초기 계획 설계 단계에서부터 제조, 생산, 운영 및 유지보수 단계까지의 전체 스마트팩토리 제조 공정을 관리할 수 있는 특징을 제안하였다.

### ABSTRACT

In this paper, we propose a study related to the development of a Digital-Twin platform using a smart factory based CPPS (Cyber Physical Production System) using ICT (Information Communication Technology) technology. The platform developed through this study performs a 3D model simulation function in conjunction with P3R (Product, Process, Plant, Resource) including BOP (Bill of Process) management function from the preceding manufacturing process planning stage. In addition, we propose a digital twin platform that can predict production processes, equipment, layout, and production. The platform proposed through this paper proposes a feature that can manage the entire smart factory manufacturing process from the initial planning design stage to the manufacturing, production, operation, and maintenance stages.

### 키워드

CPPS, Smart Factory, Digital Twin, VR

### 1. 서 론

스마트 팩토리란 제품의 기획, 설계, 생산, 유통, 판매 등 전과정을 사이버물리시스템(CPS : Cyber Physical System), 사물인터넷(IoT : Internet of Thing), 로봇, 3D 프린팅, 빅데이터 등으로 통합하여 효율적으로 제품을 생산할 수 있는 지능형 공장을 얘기한다. 스마트 팩토리에서 핵심적인 요소라고 할 수 있는 애플리케이션 분야와 디바이스 분야가 정보통신기술(ICT : Infomation and Communication Technologies) 기술을 이용하여 제조업에 접목되고 있다. 스마트팩토리 부문의 인

재 양성에 있어서 핵심인 사이버 물리 생산 시스템 교육 플랫폼의 부재로 범용적이며 통합적인 CPPS(Cyber-Physical Production System) 교육 플랫폼 개발이 필요로 하다. 또한 CPPS는 스마트 제조 기술 요소(센서, IoT, Cloud, 빅데이터, Deep-learning, 머신비전, MES, SCADA, Digital Twin, VR, AR)들의 융복합 기술임으로 단위 기술에 대한 사이버 물리 시스템으로써 융복합 기술들을 통합 가능한 디지털 트윈 및 가상현실(VR : Virtuar Reality)을 활용한 기술들의 확보를 위한 연구가 필요하다.[1]

## II. 본론

BOP(Bill of Process)는 제조 정보의 집합체를 얘기하며 제조를 위한 구성요소 P3R들을 상호 연계하여 통합 관리되는 제조 정보의 집합체이다. 제조를 위한 구성 요소인 P3R(Product, Process, Plant, Resource)은 다음과 같이 구성이 된다.

- 1) 제품(Product) : 생산을 해야 할 대상(제품)
- 2) 자원(Resource) : 생산을 위해 필요한 자원 (설비, Tool, 로봇, 작업자 등)
- 3) 프로세스(Process) : 어떻게 제품을 생산할 것인가의 공정 오퍼레이션 방법
- 4) 공장(Plant) : 어느 공장에서 생산할 것인가의 Site(공장, 플랜트)

제조를 위한 구성요소(P3R)들을 상호 연계하여 통합 관리되는 제조 정보의 집합체로써 통합 관리 및 검토가 가능함으로써 생산기술 및 생산과 관련된 모든 제조 준비 업무를 수행할 수 있는 체계를 구축하는 것이 필요로 하다.

디지털 트윈(Digital Twin)은 제품, 생산 설비와 공장의 디지털에 기반한 사이버 세계와 실제 세계의 통합 시스템을 얘기한다. 실제 세계의 제품, 공정, 설비, 공장 등에 대한 3D 가상화를 통한 사이버 세계의 디지털 모델을 구축한 후, 사전 시뮬레이션을 통한 최적의 생산 계획 및 공정 설계를 수행한다. 이를 실제 생산에 적용하고 설비 고장 등 실제 현장의 변화를 각종 센서 등으로 인지하여 사이버 세계에 실시간으로 동기화 시킨다. 이에 따라 수집된 정보를 자율적으로 분석하고 의사 결정을 하여 최적의 솔루션을 제시 할 수 있다.

### III. CPPS를 활용한 Digital Twin 플랫폼

기존 CPPS 시스템은 공장 연속 운영, 유지 단 계만으로 국한된 기능을 수행하지만 본 논문에서 제안하는 개발 CPPS 플랫폼은 선행 제조 공정 계획 단계부터 BOP 관리 기능을 포함하여 P3R(Product, Process, Plant, Resource)을 연계한 3D Model 기반 공정 계획, 설계 및 공정 시뮬레이션 기능을 수행하며 생산 공정, 설비, 레이아웃, 생산량을 예측이 가능한 시스템으로써 초기 계획, 설계 단계부터 제조, 생산, 운영 및 유지보수 단계까지의 전체 제조 공정 라이프 싸이클을 관리 할 수 있는 차별적인 특징을 가지고 있다.

기존 CPPS 시스템은 디지털 트윈 구성을 위해서 별도의 3D Model을 외부에서 작성하여 디지털 트윈 구성을 하여 시스템 변경시에는 3D Model을 재작성하여 구성하는 관계로 일관성 있는 동작 속성에 오류가 생기는 단점이 있다. 본 논문에서 제안하는 CPPS 플랫폼에서는 새로 3D Model 기반

으로 초기 제조 프로세스 계획과 설계를 함으로써 3D 자원을 손쉽게 구축하여 BOP 연계된 3D 기반 디지털 트윈 및 VR 연계가 가능하여 일관되고 신뢰성 있는 CPPS 운영이 가능하도록 제안하였다.

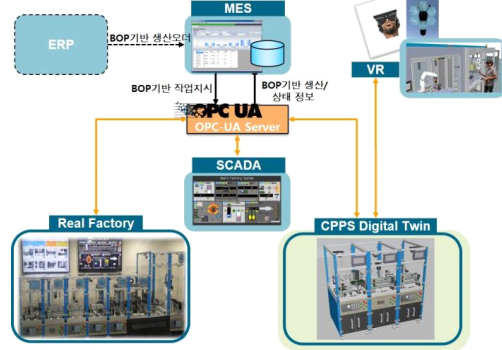


그림 1. 통합 CPPS 및 Digital Twin 플랫폼 구성

그림 1과 같이 본 논문에서는 Real Factory는 9 개의 공정으로 구성이 되어 있다. OPC UA Server를 기반으로 Real Factory와 CPPS 디지털 트윈 플랫폼을 구성하였으며 VR을 연계하여 시스템을 통합적으로 구성하였다. 스마트팩토리 시스템의 6개의 개별 요소별로 기술성을 검증하였다. 6개의 개별 요소는 다음과 같다.

- 1) BOP 기반 공정 계획 및 설계 시뮬레이션 시스템
- 2) BOP 기반 디지털 트윈
- 3) OPC-UA 통합
- 4) MES(제조 실행) 시스템
- 5) SCADA 시스템
- 6) VR(가상 현실) 연동

이에 따라 BOP 기반으로 공정 설계 계획 단계부터 시뮬레이션을 통한 시스템 대안을 제안하며 최적의 시스템 및 운영 방안을 확정할 수 있다. 또한 Real Factory의 실질적인 형상과 사물을 부분적으로 CPPS와 비교할 수 있으며 가상현실과 연계하여 설계자 및 사용자는 초기 설계와 운영에 대해 쉽게 접근이 가능하도록 구축하였다.

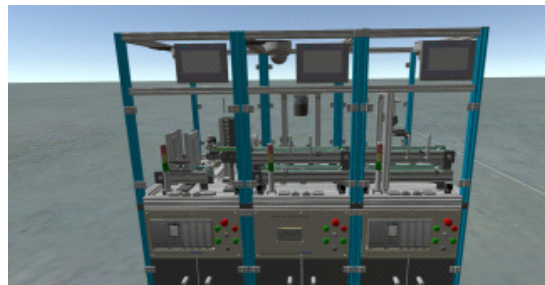


그림 2. Digital Twin과 VR 연계 구성

#### IV. 결 론

본 논문에서는 OPC UA Server를 기반으로 9개의 Real Factory로 구성되어 있는 실질적인 시스템을 이용하여 CPPS를 활용한 Digital Twin 및 VR을 연계하여 스마트팩토리 플랫폼을 구축하였으며 기술 확보 단계로 플랫폼의 각 개별요소의 기술 확보 검증 및 융복합시에 따른 유효성을 평가하였다. 따라서 스마트팩토리 시스템의 6개의 개별 요소의 기술성을 검증하였다. 또한 스마트팩토리 핵심 기술인 사이버물리 시스템의 차별화된 공정 설계 및 제조 프로세서를 통합한 CPPS 플랫폼 개발과 디지털트윈 VR을 연계하여 통합 개발을 하여 플랫폼을 구축하였다.

of Advanced Manufacturing Technology, volume 114, pages 185–203, 10 March 2021

#### Acknowledgement

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (2018R1D1A1B07043464).

#### References

- [1] Hyun Lee, “A Study on the Development of Smart Factory based Cyber Physical Production System Platform”, KOREAN INSTITUTE FOR PRACTICAL ENGINEERING EDUCATION, KOREATECH, Pages 262, 29 Nov 2019
- [2] Fei Tao, Qinglin Q, Lihui Wang, A.Y.C. Nee, “Digital Twins and Cyber - Physical Systems toward Smart Manufacturing and Industry 4.0: Correlation and Comparison”, Research Intelligent Manufacturing, Volume 5, Issue 4, Pages 653-661, August 2019
- [3] Benjamin Illmer, Michael Vielhabers, “Cyber-physical system and production characteristics-classification and visualization of relationships”, 53<sup>rd</sup> CIRP Conference on Manufacturing System 2020, Procedia CIRP 93, 186-191, 2020
- [4] Vincent Havard, Benoit Jeanne, Marc Lacomblez and David Baudry, “Digital twin and virtual reality: a co-simulation environment for design and assessment of industrial workstations”, PRODUCTION & MANUFACTURING RESEARCH, VOL. 7, NO. 1 Pages 472-489, 02 Sep 2019
- [5] Emre Yildiz, Charles Møller, & Arne Bilberg, “Demonstration and evaluation of a digital twin-based virtual factory”, The International Journal