

# UBS공정 데이터를 활용한 디지털트윈 모델 설계 및 구현

박선희<sup>1</sup>, 배종환<sup>2</sup>, 고호정<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>주식회사 유토비즈 부사장, <sup>2</sup>주식회사 유토비즈 사장, <sup>3</sup>한국폴리텍대학 정보통신시스템과 교수

## Digital Twin Model Design And Implementation Using UBS Process Data

Seon-Hui Park<sup>1</sup>, Jong-Hwan Bae<sup>2</sup>, Ho-Jeong Ko<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Vice President, Utobiz

<sup>2</sup>President, Utobiz

<sup>3</sup>Professor, Dept of Information and Communication System, Korea Polytechnics

**요약** 코로나19로 인하여 기존의 제조 시설에 많은 패러다임의 변화와 비대면 서비스의 확대가 전 세계적으로 가속화되고 있다. 대표적인 기술이 디지털 트윈기술이다. 이러한 디지털 트윈기술은 과거에 개념적으로만 존재하던 것이 최근 5G 기반의 네트워크가 구성되며 실현 가능해졌다. 이에 본 논문은 이러한 패러다임의 변화에 맞추어 USB 공정 일부를 실제 사물 객체와 가상현실 기반의 USB 공정과정을 표준 연동구조인 OPC UA 통신을 기반으로 디지털 트윈이 가능하도록 설계하고 구현하였으며, 이때, 가상세계에 실제 사물의 물리적 특성을 같이 반영하여 이를 실제 사물과 실시간으로 동기화한 시뮬레이션이 가능하도록 하였다. 향후 이는 다양한 산업 분야에 적용 가능하며, 의사결정을 위한 비용 절감 및 위험한 사고로부터 예방이 가능할 것으로 기대한다.

**주제어** : 사물인터넷, 스마트 팩토리, 디지털 트윈, 인터페이스, OPC-UA, ZONE MASTER

**Abstract** Due to COVID-19, many paradigm shifts in existing manufacturing facilities and the expansion of non-face-to-face services are accelerating worldwide. A representative technology is digital twin technology. Such digital twin technology, which existed only conceptually in the past, has recently become feasible with the construction of a 5G-based network. Accordingly, this paper designed and implemented a part of the USB process to enable digital twins based on OPC UA communication, which is a standard interlocking structure, between real object objects and virtual reality-based USB process in accordance with this paradigm change. By reflecting the physical characteristics of real objects together, it is possible to simulate real-time synchronization of these with real objects. In the future, this can be applied to various industrial fields, and it is expected that it will be possible to reduce costs for decision-making and prevent dangerous accidents.

**Key Words** : IoT, Smart Factory, Digital Twin, Interface

\*교신저자 : 고호정(hjko@kopo.ac.kr)

접수일 2022년 3월 24일 수정일 2022년 4월 29일 심사완료일 2022년 5월 4일

## 1. 서론

근래 들어, 제조업 혁신을 위해서 생산 전 과정에서의 지능화(Intelligence), 연결화(Connectivity), 가상화(Virtualization)를 통한 스마트 팩토리(Smart Factory)의 보급 및 확산이 널리 이루어지고 있다[1]. 이는 특히 코로나19로 인하여 비대면 서비스가 가속화되고 있으며, 이에 따라 자원 개발의 효율화와 안전성 제고를 위한 관련 응용기술들이 활발히 이루어지고 있기 때문이다[2]. 이러한 사회적 분위기와 맞물려 한국판 뉴딜10대 분야 중 하나로 디지털 트윈을 선정하였다. 디지털 트윈이란, 실제와 같은 가상 모델 기반의 시뮬레이션 제공을 통하여 현실의 최적화된 의사결정을 지원하고 이에 따라, 비용 절감 등을 얻을 수 있도록 하는 것으로 정확한 실제 현실의 환경을 제공하기 위해서는 무엇보다 중요한 것이 바로 시뮬레이션&동기화 기술이 필수적인 요소기술이다.

본 논문에서는 스마트 팩토리(Smart Factory) 디지털 트윈(Digital Twin) 구축을 위해서 ZMP플랫폼을 사용하여 다양한 산업용 센서(IoT/비 IoT)로부터 센서데이터를 획득하기 위한 표준 노드(Node)를 생성하고 그룹별/공정별 존(Zone)을 연동하여 상호호환적인 데이터 교환 기능을 제공함으로써 데이터의 안정성[3]을 확보하고 실제 이를 적용하여 디지털트윈 기반 Smart Factory Testbed시스템을 구현하였다. 이를 통해 향후 다양한 형태의 스마트팩토리의 디지털 트윈을 위한 효과적인 플랫폼의 기초를 마련하고자 한다.

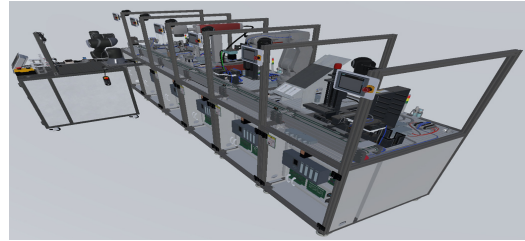
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 스마트 팩토리 디지털 트윈을 위한 개요 및 설계 내용을 기술하고 3절에서는 디지털 트윈 동작을 하기 위한 테스트베드를 구축하여 동작을 검증하였으며, 4절에서 결론을 도출하였다.

## 2. 시스템 개요 및 설계

### 2.1 개요

본 과제에서 설계하고 구현한 제조공정은 USB(Universal Serial Bus)공정 과정으로 공정을 진행하면서, 표준연동 구조인 OPC UA(Open Platform Communications Unified Architecture)에 연동을 통해 실제와 같은 가상 모델 기반의 시뮬레이션 제공하도록 하였다[4-13]. 또한, 입출력 데이터를 주기별/비 주기별로 실제와 같은 환경을 제공을 통해 정밀하게 예측할

수 있도록 시뮬레이션 기능 제공을 통해 효율적이고 생산적인 시스템[14-15]을 구축하였다[Fig. 1].



[Fig. 1] Smart Factory Testbed

또한, Smart Factory Testbed공정은 총 7개의 공정으로 이루어져 있으며 이에 따른 각 공정별 기능은 다음 <Table 1>과 같다.

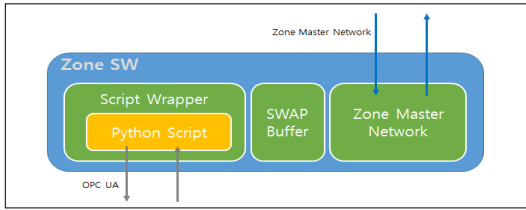
<Table 1> Smart Factory Testbed 7 Processing

Process name	Function
Feeding	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pallet input for transfer to the next process</li> <li>• Insert the box under the USB package</li> <li>• Place the box on the pallet</li> </ul>
USB Picking	<ul style="list-style-type: none"> <li>• USB supply to be packaged</li> <li>• Perform material, color, and height inspections and extract defects</li> <li>• Place the USB in the USB packaging box</li> </ul>
AddUSB Picking	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Select the USB to be packaged and place it in the USB packaging box.</li> <li>• USB Picking process and mutually exclusive</li> </ul>
Marking	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laser marking on the supplied USB</li> </ul>
Inspection	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perform vision inspection to see if laser marking on USB is normal and extract defects</li> </ul>
Assembly	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Assemble the top cover into the USB packaging box that has been marked and inspected.</li> </ul>
Storage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Load the USB-packed box into temporary storage.</li> <li>• Pallet recovery</li> </ul>

### 2.2 디지털 트윈 입출력 구조 설계

각 ZONE을 관리하는 SIM(Zone Master), 2D 화면을 통해 공정 상황 및 분석 자료를 전시하는 CTR(Control), VR 기술을 적용한 디지털트윈 모델을 통한 상황 전시를 할 수 있도록 구성하였다. 이때 PLC와 OPC UA를 이용한 데이터 통신과 Zone Master과 Ethernet통신을 수행하는 Zone SW는 [Fig. 2.]과 같다.

[Fig. 2.]에서 제시된 Zone Master SW 구성도를 토대로 <Table 2>과 같이 주요 기능을 나누어 구현하였다.



[Fig. 2] Zone Master SW Diagram

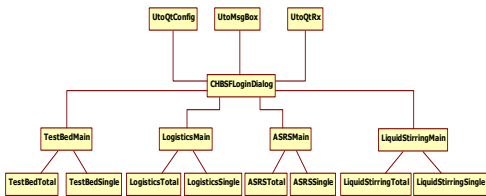
<Table 2> Zone Master SW Main Function

Name	Function
Zone Master Client	<ul style="list-style-type: none"> <li>Connecting to the Zone Master Network as a Client</li> <li>Transferring information from each zone to the engine, controller, and visualization software</li> <li>Receive controller control information and deliver it to the zone</li> </ul>
Swap Buffer	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conversion of communication data between Zone Master Network ↔ OPC UA</li> </ul>
Script Wrapper	<ul style="list-style-type: none"> <li>OPC UA communication using Free OPC UA</li> <li>OPC UA communication between PLC(S) ↔ Zone(C)</li> </ul>

### 3. 시스템 구현

#### 3.1 USB 디지털트윈 제어 및 모니터링 시스템

본 논문에서 디지털 트윈을 제어하고 감지를 하기 위해 2D 모니터링 시스템을 구성하였다. 제어/감지 모니터링 시스템은 크게 3개의 기능 창으로 분류되며, 메인화면, 전체 공정 화면, 각 공정별 화면으로 구성하였다. 해당 시스템의 클래스 다이어그램은 [Fig. 3]과 같다.



[Fig. 3] Class Diagram

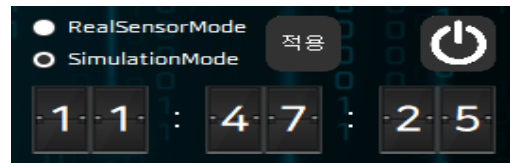
USB 공정 제어/감시를 위한 주화면 구성은 USB 공정 모니터링을 위한 모듈 선택 기능, 실 장비/시물레이션 모드(Mode) 적용을 위한 모드 선택 기능 및 모니터링 종료 기능을 위한 종료 기능을 구현하였다. USB 공정 모니터링을 위한 모듈 선택 기능은 [Fig. 4]와 같이 Feeding, USB Picking, Add USB Picking, Marking, Inspection, Assembly, Storage 공정 선택이 가능하도록 하였다.



[Fig. 4] USB Process Monitoring Module Selection Screen

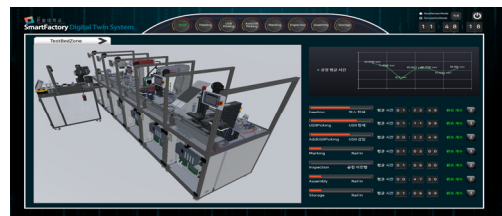
메인화면에서는 모듈을 [Fig. 4]와 같이 선택하여 창을 변경할 수 있다. 또한, 선택한 모듈에 따라 전체 공정 화면 또는 단일 공정 화면이 나타날 수 있도록 구성하였으며, 선택 시에는 사용자가 직관적으로 알아볼 수 있도록 메타포 기반의 UI를 통해 표현하였다.

실 장비/시물레이션 모드(Mode) 적용을 위한 모드 선택 기능 및 모니터링 종료 기능은 [Fig. 5]와 같이 모니터링 모드에 따라 구별하여 선택할 수 있도록 구성하였고, Real Sensor Mode 선택 시 OPC UA를 통해 PLC의 데이터를 실시간에 수신하고, Simulation Mode 선택 시 기존 저장된 로그 파일을 이용하여 PLC 데이터를 재생하도록 하였으며, 서버로부터 받아온 시간을 전시하고, 전원 버튼을 통해 종료할 수 있도록 구성하였다.



[Fig. 5] Real equipment/simulation mode selection screen

전체 공정 화면에서는 전체적인 공정의 이미지와 공정별 진행 상황, 공정별 공정 소요 평균 시간과 공정 완료된 제품의 개수를 표현하며, 소요 평균 시간의 경우 사용자가 해당 공정을 과정을 보며 효율적인 측면을 알 수 있도록 실제 공정에서 들어오면 값을 그래프로 구성하여 [Fig. 6]과 같이 직관적으로 구성하였다.



[Fig. 6] Full process screen

공정 평균시간 그래프는 각 공정 소요 작업 시간에 대한 평균시간을 [Fig. 7]과 같이 꺾은선 그래프를 통해 표시하도록 구성하였다.



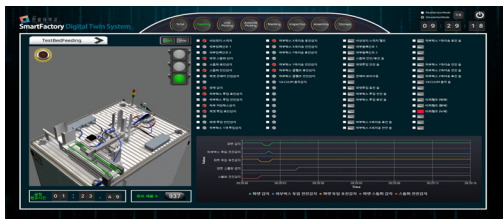
[Fig. 7] Process status display graph

또한, 공정별 공정 진행 상황을 각 진행 단계와 평균 시간, 그리고 완성된 완료 개수를 측정하여 사용자가 보기 쉽게 모니터링을 할 수 있도록 [Fig. 8]과 같이 구현하였다.



[Fig. 8] Display of process progress

단일 공정 화면에서는 [Fig. 9]과 같이 해당 공정의 이미지와 공정의 현재 공정의 각 센서 데이터의 On/Off 여부, 각 솔레노이드 데이터의 On/Off 여부, PLC 제어와 현재 PLC 상태 전시, 공정 소요 평균시간과 공정 완료된 제품의 개수를 표현하며, 선택한 센서 혹은 솔레노이드의 On/Off 추이가 시간에 따라 그려지는 그래프로 구성하였다.



[Fig. 9] Single process screen

PLC 제어 및 상태정보전시 기능은 선택한 공정의 PLC 상태를 전시해주며, 클릭 시 해당 내용을 PLC에 전송하여 PLC의 상태를 제어할 수 있도록 [Fig. 10]과 같

이 구성하였다.



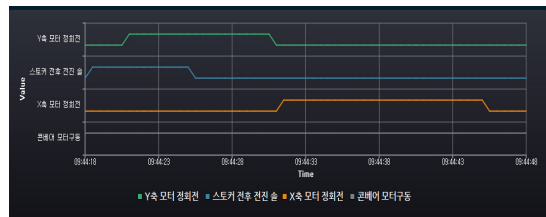
[Fig. 10] PLC control and status information

선택 공정 센서 및 솔레노이드 정보 전시기능은 선택한 공정의 센서와 솔레노이드 정보를 1:1 매칭하여 전시하기 위한 기능으로 좌측의 체크박스 선택을 통하여 그래프를 전시할 정보를 선택할 수 있도록 [Fig. 11]과 같이 구성하였다.



[Fig. 11] Sensor and solenoid information display

선택 정보 데이터 추이 그래프 전시 기능은 선택 공정 센서 및 솔레노이드 정보 전시기능에서 선택한 센서와 솔레노이드 정보의 변화를 측정하여 시간대별로 [Fig. 12]와 같이 실시간 그래프 전시하도록 구현하였다.

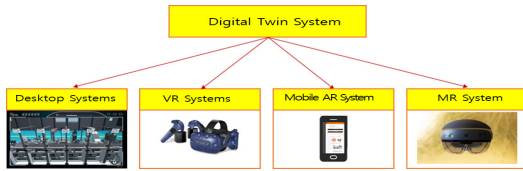


[Fig. 12] Selection Information Data Trend Graph

### 3.2 디지털 트윈 가시화 시스템

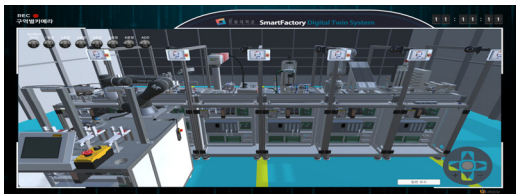
본 논문에서 제시하는 3차원 기반 디지털 트윈 가시화 시스템은 [Fig. 13]과 같이 3D 형태의 모델링 및 공정의 동작 과정을 뷰 포인트를 이동하며 보는 PC 시스템, 가상 공간에서 360°로 주변을 둘러보고 각 공정을 이동하며 볼 수 있는 VR 시스템, 마커 인식을 통하여 공정 진행

상황 및 데이터를 확인하는 AR/MR 시스템까지 크게 4가지로 구성하였다.



[Fig. 13] Selection Information Data Trend Graph

3D 형상 가시화 PC 시스템에서는 1공정부터 ADD 공정까지 선택하여 해당 공정을 볼 수 있는 기능으로 구성하였다. 또한 [Fig. 14]와 같이 마우스와 키보드를 조작하여 뷰를 360°로 제어 할 수 있으며 상부 이미지 우측 하단의 네비게이션 컨트롤바를 이용하여 정밀한 조작 또한 가능하게 구성하였다.



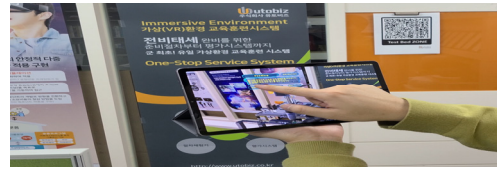
[Fig. 14] TestBed PC system consisting of PC

VR 형상 가시화 시스템은 가상 환경에서 HMD와 컨트롤러를 이용하여 공정을 확인할 수 있도록 구성되었다. 공정의 움직임을 원하는 위치와 각도에서 바라볼 수 있도록 컨트롤러를 이용하여 이동하는 기능 및 인터랙션 요소로 공정의 비상 정지 스위치를 제어할 수 있는 기능을 추가하여 [Fig. 15]와 같이 구성하였다.



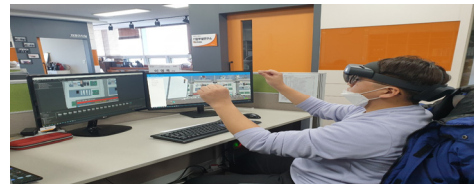
[Fig. 15] Interaction in VR environment

AR 형상 가시화 시스템은 [Fig. 16]과 같이 모바일과 태블릿에서 마커를 인식하여 TestBed 공정을 실 공정 위치와 유사하게 맵핑하여 생성하고 공정 진행 상황에 맞게 가상 공정의 움직임을 동작시키며 화면 터치를 통해 공정 설명 및 데이터 정보를 확인할 수 있도록 구성하였다.



[Fig. 16] AR mobile and tablet screens

MR 형상 가시화 시스템은 [Fig. 17]과 같이 홀로렌즈 2를 이용하여 가상의 3차원 TestBed공정을 선택하여 공정 진행 동작을 볼 수 있고 인터랙션 요소로 공정을 확대, 축소, 이동하는 기능과 공정의 설명을 손가락 터치를 이용하여 출력할 수 있는 시스템으로 구성하였다.



[Fig. 17] Interactions in the MR environment

#### 4. 결론

본 논문에서는 스마트팩토리 디지털트윈 시스템을 설계하고 구현하였다. 이에 대상 공정으로 USB공정을 설계하고 구현하였으며, 이를 통해 실제 객체와 가상객체가 서로 상호연동을 통하여 데이터를 교환하고 이를 시뮬레이션함으로써, 상호운용성 및 재사용성을 높여 비용 절감 효과를 높일 수 있음을 알 수 있었다. 향후 이러한 스마트팩토리 디지털트윈 시스템 운용을 일정 기간 테스트 후 AHP 기법을 통하여 실제 비용 절감 및 시뮬레이션을 통하여 위험성 예측 등을 통해 안정성 등이 보장되는지 분석할 필요가 있다.

#### REFERENCES

- [1] Seungyeop Oh, "Design and Implementation of OPC-UA Framework for PLC-based Industrial Control Applications" KIISE Transactions on Computing Practices, Vol.24, No.10, pp.513-526, Oct. 2018.
- [2] S.H Lee, "Applications and Prospects of Digital Twin Technology in Mineral and Energy Resource Engineering" J. Korean Soc. Miner. Energy Resour. Eng., Vol.56, No.5, pp.427-434, Oct. 2019.

- [3] S.H Park, J.H Bae, "A Design on The Zone Master Platform based on IIoT communication for Smart Factory Digital Twin" ,Journal of Internet of Things and Convergence, Vol.6, No.4, pp.81-87, Jun. 2020.
- [4] OPC Unified Architecture - Part 1: Overview and Concepts, IEC 62541-1, Oct. 2016.
- [5] "IEC 62541 OPC Unified Architecture Specification Part1: Overview and Concepts, ver 1.01", OPC Foundation, Feb, 2009
- [6] "IEC 62541 OPC Unified Architecture Specification Part2: Security Model, ver 1.01", OPC Foundation, Feb, 2009
- [7] "IEC 62541 OPC Unified Architecture Specification Part3: Address Space Model, ver 1.0", OPC Foundation, Feb, 2009
- [8] "IEC 62541 OPC Unified Architecture Specification Part4: Services, ver 1.0", OPC Foundation, Feb, 2009
- [9] "IEC 62541 OPC Unified Architecture Specification Part5: Information Model, ver 1.0", OPC Foundation, Feb, 2009
- [10] "IEC 62541 OPC Unified Architecture Specification Part6: Mappings, ver 1.0", OPC Foundation, Feb, 2009
- [11] T. Hannelius, M. Salmenpera, and S. Kuikka, "Roadmap to adopting OPC UA," Proc. of the 6th IEEE International Conference on Industrial Informatics(INDIN), pp.756-761, Jul. 2008.
- [12] M. H. Schwarz and J. Börcsök, "A survey on OPC and OPC-UA: About the standard, developments and investigations," Proc. of the XXIV International Symposium on Information, Communication and Automation Technologies (ICAT), pp.1-6, Oct. 2013.
- [13] J. Lange, F. Iwanitz, and T. J. Burke, OPC, 4<sup>th</sup> Ed., VDE VERLAG GMBH., Berlin, Germany. 2010.
- [14] D.W.Lee, K.M.Cho, "Analysis on Smart Factory in IIoT Environment", Journal of KIOTS, Vol.5, No.2, pp.1-5, 2019.
- [15] D. Soni, and A. Makwana, "A survey on MQTT: a protocol of internet of things(IIoT)", in Proceeding of the International Conference on Telecommunication, Power Analysis and Computing Techniques, Chennai: IN, 2017.

**박 선 희(Seon-Hui Park)**

[정회원]



- 2016년 2월 : 부산외국어대학교 일반대학원 ICT창의융합전공 (공학박사)
- 2017년 5월 ~ 현재 : 주식회사 유토비즈 부사장
- 2019년 3월 ~ 현재 : 한국폴리텍대학 아산캠퍼스 정보통신시스템과 겸임교수

<관심 분야>

사물인터넷, 디지털 트윈, M&S, AR/VR/MR

**배 중 환(Jong-Hwan Bae)**

[정회원]



- 2014년 7월 : 한남대학교 무기체계/M&S 학과 (공학석사)
- 2018년 2월 : 공주대학교 군사과학정보학과 (공학박사)
- 2017년 4월 ~ 현재 : 주식회사 유토비즈 대표이사

<관심 분야>

사물인터넷, 정보통신, 표준연동, M&S

**고 호 정(Ho-Jeong Ko)**

[종신회원]



- 1999년 2월 : 경희대학교 전파공학과 학사
- 2001년 2월 : 경희대학교 전파공학과 석사
- 2006년 2월 : 서울과기대 정보통신공학과 박사
- 기술사 (정보통신, 81회)

- 2003년 3월 ~ 2006년 10월 : SK텔레텍 전임연구원
- 2006년 11월 ~ 2010년 9월 : 금호아시아나 선임연구원
- 2010년 10월 ~ 2016년 7월 : 삼성SDS 수석연구원
- 2016년 8월 ~ 현재 : 한국폴리텍대학 정보통신시스템과 교수

<관심분야>

ICT융복합, 사물인터넷, 전파공학, 이동통신, RFIC, 스마트팩토리