

디지털 트윈을 활용한 지능형 온실 시스템 개발 연구

이수아*, 김병준*, 변성우*, 노동희*, 박근호*, 임태범*, 정성환*

*한국전자기술연구원

e-mail:{ssuyoi, jun0420, swbyun, dheeh.noh, root, tblim, shjeong}@keti.re.kr

A Study on the Development of the Intelligent Greenhouse System using Digital Twin

Sua Lee*, Byoungjun Kim*, Byun Sung-Woo*, Noh donghee*, Keunho Park*,

Teabeom Lim*, Sunghwan Jeong*

*Korea Electronics Technology Institute

요약

다양한 정보통신 기술의 발전으로 인해 농업에서는 ICT 기술을 활용한 다양한 연구가 진행되었지만, 급격한 기후 변화로 인해 생육하는 작물의 장소 및 환경으로 발생하는 다양한 문제에 대해 상황을 분석하고 예측하여 시스템에 적용 가능한 솔루션 확보가 필요하다. 본 연구에서는 실제 온실과 유사한 가상의 온실을 구축하고 시간과 공간의 제약 없이 실제 온실을 관리할 수 있는 디지털 트윈을 활용한 지능형 온실 시스템 개발 연구를 진행하였다.

1. 서론

농업은 인류가 가장 먼저 시작한 원시산업으로 여러 산업 중 가장 오랜 역사를 가지며 인류의 발달과 함께 성장하면서 첨단산업과 먼 1차 산업이자 사양산업으로 인식되었지만, 농업을 통해 식량 생산 및 확보, 안보를 굳건히 할 수 있는 미래 기간산업으로 농업의 중요성은 점차 커지고 있다[1].

다양한 정보통신 기술의 발전으로 인해 농업에서는 ICT(Information and Communication Technology) 활용에 따라 인공지능 기술기반 병충해 예찰 및 생육 상태 분석, 센서를 통한 온실 환경 제어를 기반으로 한 생육 환경 조성 등과 같이 다양한 연구를 통해 농업 분야를 미래 첨단산업으로 탈바꿈시키고 있다.

급격한 기후 변화로 인해 생육하는 작물의 장소 및 환경에 따라 병충해 발생, 환경(온도, 습도, 일조량, 일산화탄소) 제어 어려움, 그리고 생산 과정에서 발생하는 환경 문제 등과 같이 여러 방향의 다양한 문제에 대해 상황을 정확히 분석하고 예측하여 시스템에 적용 가능한 솔루션 확보가 필요하다.

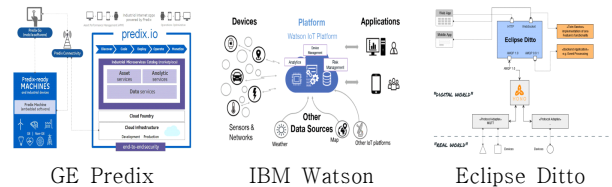
최근 디지털트윈은 다양한 분야에서 응용되고 있으며, 그 중 농업 분야에서는 축사의 내·외부로부터 수집한 데이터와 센싱을 통한 가축의 운영 및 생산에 관한 스마트 축사[2], 온실에 대해 수집한 데이터와 센싱을 통한 작물 관리 및 생산에 관한 스마트 팜[3]에 관한 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 실제 온실과 유사한 가상의 온실을 구축하고 시간과 공간

의 제약이 없이 실제 온실을 관리할 수 있도록 실시간 동기화에 관한 연구를 수행하였다.

2. 제안방법

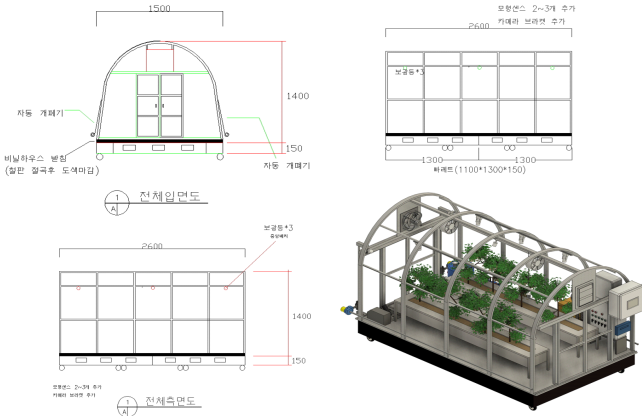
2.1 디지털트윈을 활용한 가상온실 및 시스템 설계

디지털트윈을 활용한 지능형 온실 시스템 설계를 위해서는 현실 세계에 존재하는 객체, 시스템, 환경 등을 S/W 시스템의 가상공간에 동일하게 시각화(Visualization)하고, 실물 객체와 시스템의 동적 운동 특성 및 결과 변화를 적용하여 시뮬레이션(Simulation)할 수 있도록 구성하기 위해 Ditto, Watson IoT, 그리고 Predix 등과 같이 다양한 산업군에 적용할 수 있는 디지털트윈 범용 플랫폼이 존재한다[4].



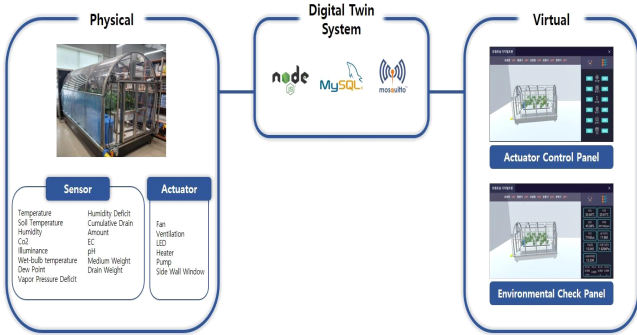
[그림 1] 다양한 디지털트윈 범용 플랫폼 예[1]

지능형 온실 시스템 설계를 위해 현실 세계와 가상공간의 실시간 동기화 및 온실 변화에 따른 동적인 3D 모델의 활용이 요구되어 본 연구에서는 데이터 수집 센서와 환경 제어 구동기가 설치된 소형온실에 대해 설계도와 3D 레이저 스캐너를 활용하여 온실을 스캐닝 후 Unity를 통해 가상의 온실 제작을 진행하였다.



[그림 2] 제작된 가상온실 구조

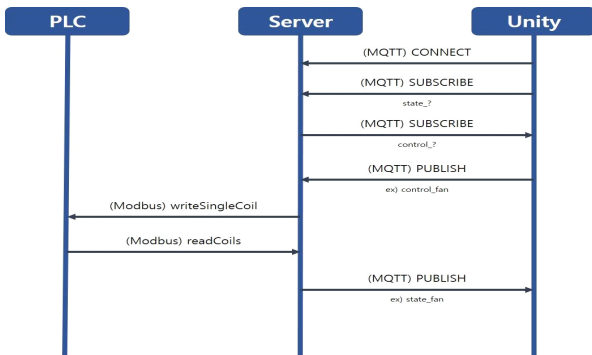
제작된 가상온실 구조를 기반으로 실시간 데이터 관리 및 분석, 예측을 수행하는 디지털트윈 시스템, 모니터링과 원격 제어가 가능한 가상의 디지털 환경으로 구분하여 그림 3과 같이 설계를 진행하였다.



[그림 3] 제안한 시스템 구조

2.2 지능형 온실 시스템 구현

지능형 온실 시스템 구현을 위해 온도, 습도 등을 비롯한 14개 항목을 수집할 수 있는 센서와 유동팬, 보광등 환경을 제어할 수 있는 구동기 6개를 PLC(Programmable Logic Controller)에 연결하여 원격 제어가 가능하도록 설정하고, 소형온실에서 취득된 데이터는 데이터 송수신 프로토콜을 통해 DB(Database) 저장 및 구동기와 연결된 PLC는 모드버스 프로토콜을 통해 서버와 통신할 수 있도록 구성하였다.



[그림 4] 실시간 동기화를 위한 데이터 송수신 과정

현실 세계와 가상공간의 실시간 동기화를 위한 데이터 송수신을 위해 다양한 프로토콜 가운데 MQTT(Message Queueing Telemetry Transport)와 WebSocket 중 다대다 (Many to Many) 전송과 전송에 실패한 메시지를 주기적 재전송, 작은 패킷 크기로 인해 오버헤드가 적고 저전력 환경 동작에 대한 이점을 가진 MQTT를 선정하여 진행하였으며, MQTT에 사용된 토픽(Topic)의 설계는 표1과 같다.

[표 1] MQTT 프로토콜 토픽

Topic	Explanation
contral_(actuator)	contral commands for actuator
state_(actuator)	state of actuator

본 연구에서 제안한 지능형 온실 시스템 구현에 대해 구동기가 정상 작동하였는지 검증하기 위해 보광등 제어 이벤트를 활성화 후 결과를 관찰하였다. 제작된 가상온실 구조와 실시간 데이터 송수신과정을 통해 보광등 제어 구동기의 상태 (state) 토픽을 구독(Subscribe)하고, 서버는 Unity에서 제시하는 제어 메시지가 담긴 제어(Control) 토픽을 구독하여 실시간 온실 시스템 제어를 수행하고, 서버는 센싱된 데이터를 일정 시간 간격으로 Get 요청을 통해 JSON 형식으로 전달받아 DB에 저장 후 사용자가 확인할 수 있도록 시각화하여 패널에 표시한다.

검증을 통해 보광등 제어 이벤트 활성화는 구동기 상태를 파악 및 서버에 전송 후 서버는 상태 토픽으로 구동기 상태를 받아드려 메시지를 Unity에 송신하여 제어 명령이 동작하는 것을 확인하였다.



[그림 3] 구동기 상태에 따른 가상 온실 상태 변경

3. 결론 및 향후 연구

본 연구에서는 스마트 팜 대상으로 디지털트윈을 활용한 실제 온실과 유사한 가상의 온실을 구축하고 시간과 공간의 제약이 없이 실제 온실을 관리할 수 있도록 실시간 동기화 및 제어에 관한 연구를 수행하였다. 향후 센서로부터 수집된 데이터를 기반으로 온실 내 환경, 상태 변화, 작물 생육 정보에 따른 환경 변화 분석, 온실 내 에너지와 비에너지 측면으로 분리한 데이터 분석과 온실 내 탄소 발생량 모델 개발에 활용할 예정이다.

ACKNOLOGEMENT

이 논문은 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2022-0-00597, 농축산시설 탄소 배출량 통합관리를 위한 디지털 트윈 플랫폼 기술개발)

참고문헌

- [1] 조성균, 김세한, “디지털 트윈 기반 스마트 축사-사례 연구”, 한국통신학회논문지, vol.45, no.8, pp.1472-1481, 2020.
- [2] 김철립, 김승청, “스마트 축사를 위한 디지털 트윈 기술에 대한 연구”, 한국전자공학회논문지, vol.59, no.9, pp.172-182, 2022.
- [3] 이해영, 한혜영, 이종표, “디지털 트윈을 활용한 IOT 재배 환경에 관한 연구”, 한국정보처리학회 2020년도 추계학술 발표대회, pp.208-211, 2020.
- [4] 김지형, 최원기, 송민환, 이상신, “IoT 플랫폼 기반 디지털 트윈 프로토타입 설계 및 구현”, 한국방송공학회 논문지, vol.26, no.4, pp.356-367, 2021.