도심형 스마트 팜 관리를 위한 Unity 기반 디지털 트윈 시스템 개발

차주호
청운대학교 공과대학 멀티미디어학과
e-mail:jhcha@chungwoon.ac.kr

Developing a Unity-based Digital Twin System for Managing Urban Smart Farms

Jooho Cha
Dept. of Multimedia Science, Chungwoon University

요 약

본 논문에서는 Unity 엔진을 활용하여 도심형 스마트 팜 관리를 위한 디지털 트윈 시스템을 설계하고 구현하는 과정을 탐구한다. 도심형 스마트 팜은 제한된 공간에서 고효율 농작물 재배를 가능하게 하는 도시 농업의 혁신적인 접근 방식이다. 본 연구는 Unity를 활용하여 실시간 데이터와 상호작용하는 도심형 스마트 팜을 위한 디지털 트윈을 구축하고자 한다. 이들 통해 실시간 데이터 분석과 가상 시뮬레이션을 가능하게 함으로써 스마트 팜의 농작물 생산성과 자원 효율성을 향상시킬 수 있다. 디지털 트윈은 물리적 객체나 시스템을 가상 환경에서 정밀하게 복제하는 기술로 스마트 팜을 디지털 트윈을 통해 가상의 복제본을 만들면 실시간 모니터링뿐만 아니라, 분석 및 예측 등이 가능하다. 따라서 사용자는 가상의 환경에서 보다 직관적으로 스마트팜 시스템을 이해하고 관리할 수 있다.

1. 서론

최근 급속한 기술 혁신의 중심에는 디지털 트윈 기술이 자리 잡고 있으며, 디지털 트윈 기술은 제조업에서부터 스마트 시티, 의료, 교통, 항만, 스마트 농업에 이르기까지 다양하게 적용될 수 있다. 디지털 트윈은 물리적 객체나 시스템을 가상 환경에서 정밀하게 복제함으로써 실시간 모니터링뿐만 아니라 분석과 예측이 가능하게 하는 기술이다. 이는 고도의 의사 결정 지원, 효율성 증대, 비용 절감 등을 가능하게 하여 다양한 산업 분야에서 혁신적인 변화를 주도하고 있다. 본 논문에서는 도심형 스마트 팜을 위한 Unity 기반 디지털 트윈 시스템을 개발하고자 한다. 이를 위해 도심형 스마트 팜의 현재 상황과 디지털 트윈 기술의 기본 개념을 소개하며, 디지털 트윈 시스템이 도심형 스마트 팜 관리에 어떻게 적용될 수 있는지 기술한다. 또한 도심형 스마트 팜의 디지털 트윈 시스템 개발이 직면하고 있는 도전 과제와 미래 연구 방향에 대해서도 알아본다.

2. 선행 연구

디지털 트윈을 활용한 스마트팜 시스템을 개발하기 위해 다양한 연구들이 진행되어 왔다. 이수아[1] 등은 급격한 기후 변화와 같은 다양한 환경적 문제에 대응하기 위해 디지털트윈 기술을 활용하여 실제 온실과 유사한 가상의 온실을 구축하고, 이를 통해 시간과 공간의 제약이 없이 온실을 관리할 수 있는 지능형 온실 시스템 개발에 관한 연구를 수행하였다. 그들의 연구는 다양한 센서와 구동기를 통해 온실 환경을 실시간으로 모니터링하고 제어할 수 있는 시스템을 설계하고 구현하였다. 이해영[2] 등은 디지털 트윈을 이용한 IoT 재배환경 구현을 위해 현실과 가상 세계의 구분 및 연동, 다양한 센서와 작동기를 통한 실시간 데이터 수집 및 분석, 사용자와의 상호작용을 강화하는 소프트웨어와 하드웨어 시스템을 개발하였다. 장준영[3] 등은 작물의 생육 정보와 환경 정보 그리고 이미지 데이터를 기반으로 기본적인 시각화 기술 및 디지털 트윈 모델을 개발하였다. 해당 디지털 트윈 모델은 작물에 관한 다양한 정보들이 변할 경우, 해당 데이터 변화에 맞춰 변화하는 디지털 트윈 모델을 제공하고, 다양한 시각화 기법들을 같이 제공해 시각화 효율을 높이는 방법을 연구하였다.

3. 시스템 설계

도심형 스마트팜을 위한 디지털 트윈 시스템 설계는 여러 복잡한 요소들을 통합하는 방식으로 접근해야 한다. 이를 위한 시스템 아키텍처는 실제 도심형 농장인 물리 세계, 센서와 엑추에이터를 통한 데이터 수집과 제어를 위한 운영 시스템, 그리고 실시간 데이터분석 및 예측 모델링 등을 수행할 디지털 트윈 플랫폼으로 구성될 수 있다. 본 논문의 도심형 스마트팜을 위한 디지털 트윈 시스템의 구조는 그림 1과 같다.

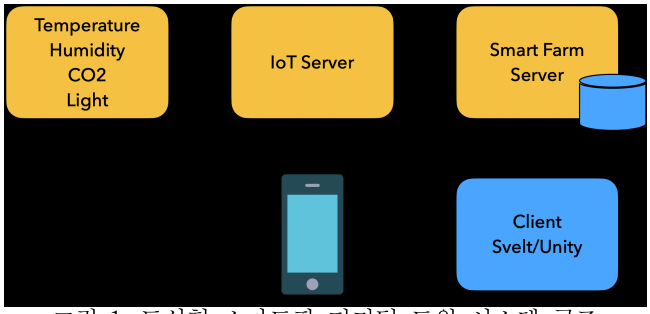

그림 1. 도심형 스마트팜 디지털 트윈 시스템 구조

본 논문에서는 라즈베리파이를 사용해 스마트팜에서 다양한 환경 데이터를 수집하여 IoT 서버를 통해 스마트팜 서버의 데이터베이스에 저장하고 이를 Svelt 및 Unity로 구현한 디지털 트윈 클라이언트를 통해 실시간 정보를 확인하고 설정을 효율적으로 변경할 수 있도록 한다.

4. 결론

본 논문에서는 Unity 엔진을 활용한 도심형 스마트 팜 관리를 위한 디지털 트윈 시스템의 설계 및 구현 과정을 탐구하였다. 본 연구에서 구축할 스마트 팜 시스템은 라즈베리파이를 이용해 환경 데이터를 수집하고, 이를 IoT 서버를 통해 스마트 팜 서버의 데이터베이스에 저장, Svelt 및 Unity로 구현된 디지털 트윈 클라이언트를 통해 실시간으로 정보를 확인하고 설정을 변경할 수 있는 구조를 갖는다. 이 연구는 디지털 트윈이 실시간 데이터 분석, 가상 시뮬레이션 등을 가능하게 하여 스마트 팜의 농작물 생산성과 자원 효율성을 향상시킬 수 있음을 보여준다. 물리적 농장을 가상 환경에서 정밀하게 복제함으로써, 실시간 모니터링, 분석 및 예측이 가능해지고, 이는 사용자가 가상 환경에서 스마트팜 시스템을 더 직관적으로 이해하고 관리할 수 있게 한다.

향후 연구에서는 더 많은 센서 데이터와 고급 분석 기법을 통합하여 보다 정밀한 모니터링과 예측이 가능한 시스템으로 발전시킬 필요가 있다. 또한, 실질적인 구현을 통해 사용자 인터페이스의 직관성 및 사용 편의성을 더욱 향상시키는 방향으로 시스템을 개선해 나가야 할 것이다.

참고문헌

[1] 이수아, 김병준, 변성우, 노동희, 박근호, 임태범, 정성환, “디지털트윈을 활용한 지능형 온실 시스템 개발 연구”, 2022년 산학기술학회 추계학술대회, 2022년 5월.

[2] 이해영, 한혜영, 이종표, “디지털 트윈을 활용한 IOT 재배 환경에 관한 연구”, 한국정보처리학회, 2020 온라인 추계 학술발표대회 논문집 제27권 제2호, 2020년 11월

[3] 장준영, 박구만, “디지털 트윈 기술을 이용한 스마트팜 프레임워크 시각화 기술 개발에 관한 연구”, 방송공학회논문지, 제28권, 제6호, pp. 811-820, 2023년 11월

[4] 고태환, 노석봉, 노둥희, 최주환, 임태범, “식물공장 적용 디지털 트윈 프레임워크 설계 연구”, 방송공학회논문지 제26권, 제4호, pp. 377-389, 2021년 7월.