

머신러닝 기반 스마트팜의 IoT 데이터 처리 모델

정윤수
목원대학교 정보통신융합공학부

IoT Data Processing Model of Smart Farm Based on Machine Learning

Yoon-Su Jeong

Department of information Communication Engineering, Mokwon University

요약 최근 농업 경쟁력 향상 및 비용 절감을 최소화하기 위해서 IoT 기술을 다양한 농장에 적용하는 스마트 팜 연구가 활발하게 진행되고 있다. 특히, IoT 장치를 통해 스마트 팜 주변의 환경정보 데이터를 원격 제어할 수 있는 방법들이 연구되고 있다. 본 논문에서는 스마트 팜에서 수집된 환경정보 데이터를 머신러닝 기반으로 실시간 모니터링하여 최적의 생육환경을 유지할 수 있는 모델을 제안한다. 제안 모델은 머신러닝 기술을 사용하기 때문에 풍부한 빅데이터 확보 방안을 통해 지속적인 데이터 수집이 가능하도록 다중 블록체인으로 환경 정보를 묶는다. 또한, 제안 모델은 수집된 환경 정보 데이터를 가중치와 상관관계 지수를 이용하여 우선 순위에 따라 선택(또는 바인딩)적으로 지정한다. 마지막으로, 제안 모델은 실시간으로 환경 정보를 처리할 수 있도록 환경 정보 처리 비용을 최소한으로 n-계층으로 확장할 수 있도록 한다.

주제어 : 스마트 팜, 머신러닝, 빅데이터, 생육 환경, 환경 정보

Abstract Recently, smart farm research that applies IoT technology to various farms is being actively conducted to improve agricultural cooling power and minimize cost reduction. In particular, methods for automatically and remotely controlling environmental information data around smart farms through IoT devices are being studied. This paper proposes a processing model that can maintain an optimal growth environment by monitoring environmental information data collected from smart farms in real time based on machine learning. Since the proposed model uses machine learning technology, environmental information is grouped into multiple blockchains to enable continuous data collection through rich big data securing measures. In addition, the proposed model selectively (or binding) the collected environmental information data according to priority using weights and correlation indices. Finally, the proposed model allows us to extend the cost of processing environmental information to n-layer to a minimum so that we can process environmental information in real time.

Key Words : Smart farms, Machine learning, Big data, Growing environment, Environmental information

*Corresponding Author : Yoon-Su Jeong(bukmunro@mokwon.ac.kr)

Received November 19, 2022

Revised December 5, 2022

Accepted December 20, 2022

Published December 28, 2022

1. 서론

농가에서는 농작물의 생산량과 효율성을 향상시키기 위해서 비닐하우스·유리온실·축사 등에 IoT 장치를 사용하였다. 그러나, 농작물의 생육 과정을 좀 더 개선시키기 위해서 IoT 장치에 머신러닝 기술을 적용한 스마트 팜 연구가 활발하게 진행되고 있다[1].

스마트 팜은 농가의 농작물 생산 증대와 인건비 감소를 목표로 정보통신기술(ICT)을 이용하여 농작물을 원격에서 자동으로 유지·관리 할 수 있는 농장을 의미한다.

해외에서는 1990년대부터 IoT 장치와 머신러닝 기술을 접목한 스마트 팜 연구가 진행되었지만, 우리나라에서는 최근 몇 년전부터 스마트 팜에 IoT 장치와 머신러닝을 적용하여 농작물의 생산성 향상 및 비용 절감을 추진하고 있다[2].

스마트 팜은 농작물을 수확하는 과정에서 여러 문제점이 존재한다[3-6]. 첫째, 스마트 팜은 농작물을 생산하는 기간동안 비, 눈, 우박 등 자연재해에서 센서가 불안정하게 동작하여 잘못된 데이터를 처리할 수 있다. 둘째, 농작물을 수확할 때 일일이 사람 손으로 농작물을 수확해야 하기 때문에 작은 규모인 가족단위보다는 대규모 시설에 스마트 팜이 적합하다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 스마트 팜은 저비용으로 초기 시설을 설치하도록 기초 시설 비용을 줄이고 센서 작동이 안정적으로 작동되어야 한다.

본 논문에서는 농작물의 생육 정보를 IoT 장치로 실시간으로 수집한 후 머신러닝 기반으로 실시간 모니터링 할 수 있는 모델을 제안한다. 제안 모델은 IoT 생육 정보를 입력받아 여러 개의 히든 레이어를 통해 풍부한 빅데이터 정보를 확보 할 수 있도록 머신러닝 기술을 사용한다. 머신러닝 기술을 제안 모델에 적용할 때 IoT 생육 정보는 다중 블록체인으로 묶어 처리하도록 한다. 또한, 제안 모델은 수집된 IoT 생육 정보에 가중치와 상관관계 지수를 적용하기 때문에 생육 정보의 우선 순위에 따라 선택(또는 바인딩)적으로 생육 정보를 지정할 수 있다. 그리고, 제안 모델은 실시간으로 환경 정보를 처리할 수 있도록 환경 정보 처리 비용을 최소한으로 n-계층으로 확장할 수 있도록 한다.

제안 모델의 목적은 다음과 같다. 첫째, 제안 모델은 IoT 생육 정보의 가중치 정보를 이동하여 IoT 생육 정보의 정확도를 향상시킨다. 둘째, 제안 모델은 IoT 생육

정보를 수집하는 과정에서 IoT 생육정보간 상관관계 지수를 구하여 상관관계 지수가 높은 정보를 블록체인으로 묶는다. 셋째, 블록체인으로 묶인 IoT 생육 정보는 n-계층 구조로 확장 가능하도록 구성한다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 스마트 팜 정의와 기존 관련 연구에 대해서 설명한다. 3장에서는 머신러닝 기반 스마트 팜의 IoT 생육 정보를 보장할 수 있는 처리 모델을 제안하고, 4장에서는 제안 모델의 실험환경을 구축하여 성능평가를 수행한다. 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련연구

2.1 스마트 팜

스마트 팜(Smart Farm)은 정보통신기술(ICT)을 비닐하우스·유리온실·축사 등에 작물이나 가축의 생육환경을 원격에서 자동으로 유지·관리 할 수 있는 농장을 의미한다[1].

스마트 팜은 IoT 기술과 머신러닝 기술을 사용하여 최적의 생육환경을 조성하기 때문에 농장에 투입되는 노동력·에너지·양분 등이 적게 사용되어 농산물의 생산성과 품질이 향상되는 특징이 있다[3,7].

현재까지 스마트 팜이 사용되는 분야는 스마트 온실, 스마트 과수원, 스마트 축사 등이 있다. 스마트 온실은 PC 또는 모바일을 통해 온실의 온·습도, CO₂ 등을 모니터링하고 창문 개폐, 영양 분 공급 등을 원격으로 자동 제어하여 농작물의 생육환경을 최적으로 유지 및 관리할 수 있다. 스마트 과수원은 PC 또는 모바일을 통해 온·습도, 기상상황 등을 모니터링하고 원격으로 병해충 관리가 가능하다. 스마트 축사는 PC 또는 모바일을 통해 온·습도, 축사 환경을 모니터링하고 사료 및 물 공급 시기와 양 등을 원격으로 제어가 가능하다[5].

2.2 기존 연구

Liakos et al. 은 농가의 생육정보를 수집·처리·분석하는 과정에서 기계학습을 활용하기 위해서 농가의 생육정보를 드론으로 처리하였다[8]. 이 방법은 농가의 생육정보 중 식물 정보, 질병 정보, 해충, 품질 정보 등을 기계학습에 적용하였으며, 기계학습으로 도출된 정보를 농가의 작물 수확량 예측에 재사용하였다.

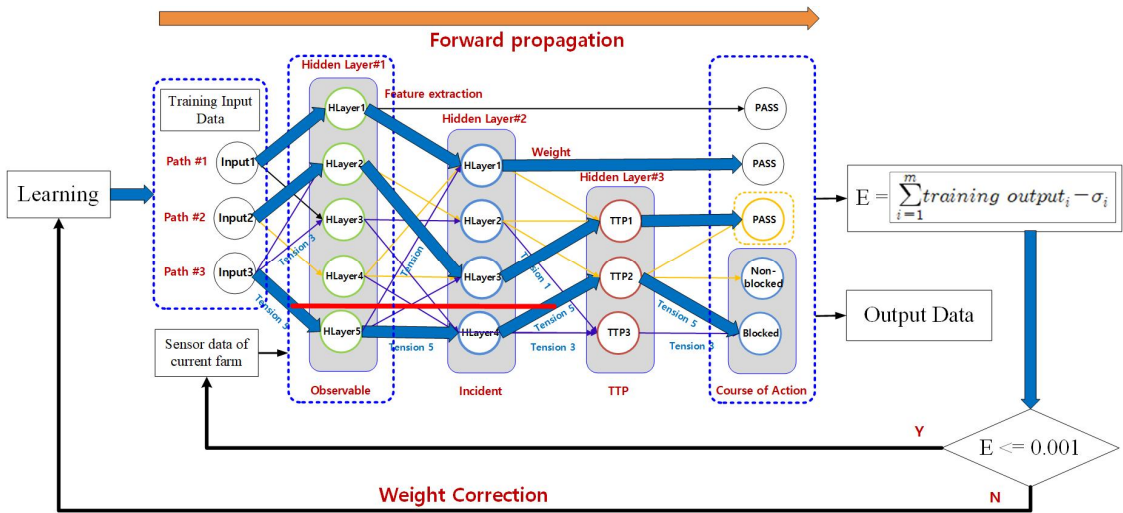


Fig. 1. Netral network of Proposal scheme based on Machine Learning

Ramos et al. 은 농가의 생육 정보 중 커피 열매의 무게를 예측하는 기법을 연구하였다[9]. 이 기법은 농가의 수확물을 마케팅에 활용할 수 있도록 노동력 낭비와 수확물 부패 등을 줄이는데 초점을 가진다.

Benjamin et al. 은 농가의 생육 정보를 기반으로 농작물의 특징들을 3D에 기반하여 RGBD 이미지로 추출하였다[11]. 이 기법은 농가의 생육 정보의 특징들을 추출하여 생육 과정에서 농작물의 키와 무게를 예측한 후 수확물과 비교 검증을 수행하였다.

Ballesteros et al. 은 농가의 생육 정보를 컴퓨터 비전과 딥 러닝 방법을 사용하였다[12]. 이 연구는 농가의 생육 정보를 단순화 시켜 RGBD 이미지로 추출하여 사용하였다.

3. 효율성 향상을 위한 머신러닝 기반 스마트 팜 모델

3.1 머신러닝 기반 스마트 팜 IoT 생육정보 처리

스마트 팜을 위한 머신러닝 기술 연구는 1990년대부터 시작하여 연구되고 있지만 스마트 팜은 머신러닝과 관련된 원천 기술 확보와 기술력 수준에 크게 영향을 받는다. 또한, 스마트 팜은 IoT 기술과 머신러닝 기술을 사용하여 농가에 투입되는 노동력·에너지·양분 등을 최소로 이용하여 농산물의 생산성과 품질을 향상시킨다. 제안 모델은 농가에 IoT 장치와 머신러닝 기술을 클라우드 환경에 사용되도록 수집된 농장 생육 정보를

분산적으로 처리·관리하도록 유·무선 환경을 사용한다. 제안 모델은 IoT 장치와 머신러닝 기술이 서로 융합하도록 최적의 농장 생육 정보를 처리한다.

제안 모델은 IoT 장치와 머신러닝 기술을 농가의 다양한 환경에서 활용하도록 실시간 요구사항들을 충족할 수 있도록 Fig.1 과 같은 처리 모델을 사용한다. Fig. 1처럼 제안 모델은 농가에서 수집 가능한 모든 정보를 수집하여 농가 환경을 최적화한다. Fig. 1에서 제안 모델은 머신러닝에 활용하도록 다양한 환경요인(조도, 토양의 영양제량, 스프링클러 작동, CO2 농도, 습도 등) 데이터와 농가 관리 데이터를 트레이닝 데이터 세트로 사용하여 모델을 학습시킨다. 제안 모델은 농가에서 사용하는 과거 환경 데이터(날씨, 토양 데이터 등)에 따라 새로운 농가 환경 데이터를 대체한다. 제안 모델은 머신러닝을 위해서 입력, 출력, 가중치, 학습률, 편향(bias) 등을 초기화한 후 히든레이어를 3개 사용한다.

3.2 IoT 생육 정보의 블록체인 연계

제안 모델은 IoT 생육 정보의 신뢰성과 확장성을 보장받도록 Fig. 2와 같은 블록체인 연계 방안을 적용한다. 제안 모델은 Fig. 2와 같은 블록체인을 사용함으로써 농가의 생육 정보의 신뢰성 뿐만 아니라 처리 비용을 최소화할 수 있다.

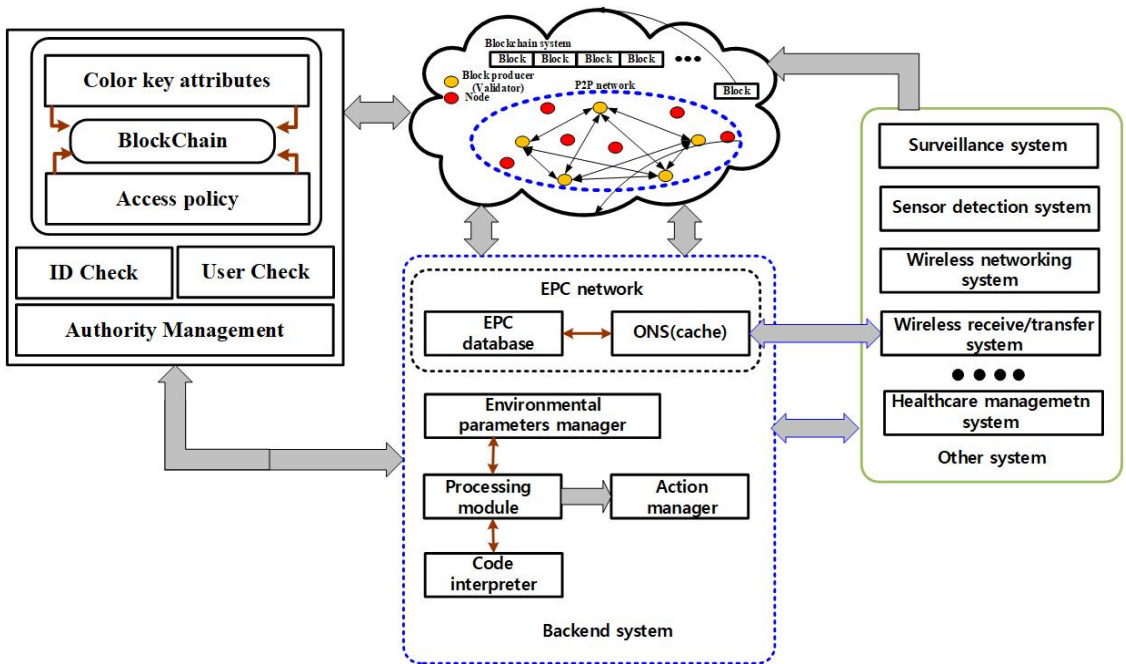


Fig. 2. blockchain process for IoT growing information management

제안 모델은 농가의 생육 정보를 식 (1)처럼 2개의 체인 정보를 생성하여 IoT 생육정보의 무결성을 체크한다.

$$I_n = \begin{cases} h(k_n | | x_{n-1}) \\ h(k_{n-1} | | y_n) \end{cases} \quad n = 0 \text{ or } 1 \quad (1)$$

여기서, k_n 은 IoT 생육 정보의 해쉬 값이고, x_n , y_n 은 IoT 생육 정보의 전과 후를 의미한다.

제안 모델은 농가의 생육 정보를 추출한 후 벡터화하여 효율성을 향상시킨다. 농가의 생육 정보 (x_1, x_2, \dots, x_n) 중 임의의 정보를 $R(0,1)^n$ 로부터 생성한다. 제안 모델은 식(2)와 같은 편향(bias)과 식 (3)의 학습율을 적용하여 머신러닝에 활용되는 IoT 생육 정보의 활용 가능성을 계산한다.

$$b_i \cong \sum_{i=1, j=1}^m c_i x_i \quad (2)$$

$$e = b_i - \left(\sum_{i=1, j=1}^m c_i x_i \right) \quad (3)$$

3.3 중요관리점(CPP) 처리 과정

제안 모델은 농가의 생육 정보를 최적화하기 위해서 Fig. 3과 같은 스마트 HACCP의 처리 과정을 수행한다. 제안 모델은 농가의 생육 정보를 오픈 API 방식으로 표준모델과 연계하기 때문에 농가의 IoT 생육 정보와 관련된 관리가 가능하다. 제안 모델은 Fig. 3과 같은 처리 과정을 통해서 농가의 생육 정보의 선별 정보를 먼저 선출한 후 실시간 모니터링, 기록 및 산출이 가능하도록 관리한다.

제안 모델은 농산물 생산 관리, 입고/출하, 분석/통계 등으로 농가의 IoT 생육정보를 머신러닝 기반으로 처리한다. 이 같은 처리 과정을 통해 제안 모델은 농가의 농산물 생산질 및 경쟁력이 확보 가능하다. 제안 모델은 스마트 HACCP을 이용하여 농가의 IoT 생육 정보를 실시간으로 모니터링하기 때문에 중요관리점(CCP) 점검표를 실시간으로 전산화하여 한계 이탈 사항이 발생 시 경고 시스템으로 즉각 대응 가능하다.

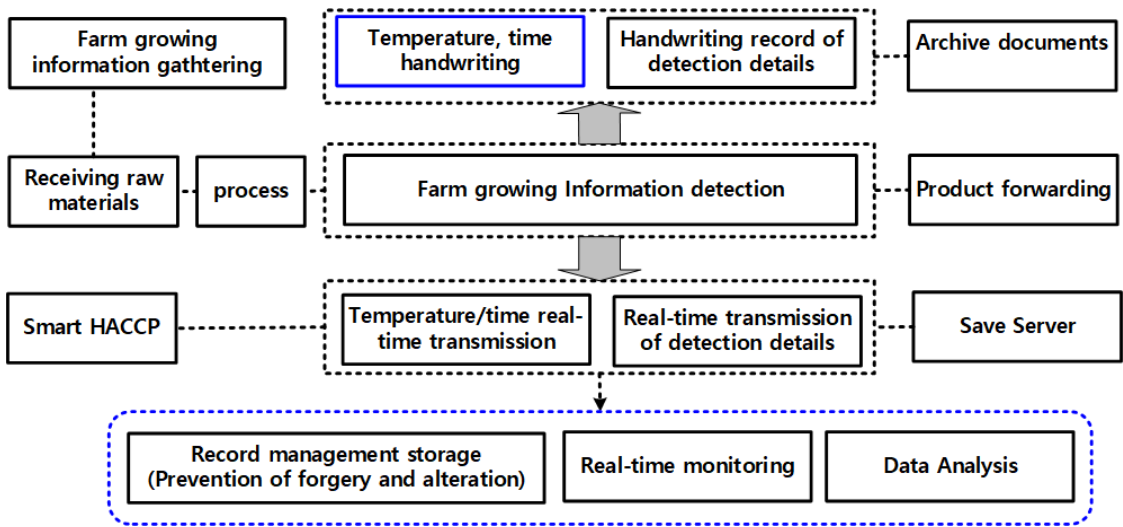


Fig. 3. Smart HACCP of proposed model

4. 평가

4.1 환경 설정

제안 모델은 스마트 팜을 운영하고 있는 농가를 대상으로 기존 IoT 장치만을 사용하는 농가에 머신러닝 기술이 적용 가능한 대상으로 하였다. IoT 장치는 5개와 머신러닝 서버 1대를 구성되도록 물리적 환경을 구축하였다. 각 IoT 장치의 최대 정보 크기는 1MB로 설정하였으며, 송·수신이 실시간으로 이루어진 상황에서 농가의 생육 정보를 수집 및 분석하였다.

4.2 IoT 생육 정보 정확도

제안 모델은 IoT 장치로부터 수집된 농가의 생육 정보를 서버로 전달하는 과정에서 여러 요인(날씨, 온도, 습도 등)에 의해 IoT 생육 정보의 정확성이 달라질 수 있다. 제안 모델의 정확도는 IoT 장치만을 사용하는 경우와 IoT 장치와 머신러닝을 융합한 경우로 나누어 농가의 IoT 생육 정보를 분석한 결과, IoT 장치와 머신러닝을 융합한 경우가 IoT 장치만 사용하는 경우보다 정확도가 평균 8.4% 향상되었다. IoT 장치로부터 수집된 농가의 IoT 생육 정보를 블록 체인으로 머신러닝함으로써 농가의 IoT 생육 정보에 가중치를 부여하기 때문에 농가의 생육 정보간 동기화가 가능하기 때문에 농가의 IoT 생육정보에 대한 오류율을 최소화 할 수 있었다.

4.3 IoT 생육 정보의 가중치 처리시간

제안 모델은 IoT 장치와 머신러닝 서버간 농가의 IoT 생육 정보 전달 경로를 최단으로 라우팅되도록 구성하였다. 제안 모델은 IoT 생육 정보의 가중치 처리시간을 평가한 결과, 전체 IoT 생육 정보를 n개의 그룹으로 그룹핑한 후IoT 생육 정보의 가중치 값에 따라 IoT 생육 정보를 연계 처리한 경우가 그렇지 않은 경우보다 평균 11.7% 빠른 처리 시간을 얻었다. 이 같은 결과는 IoT 생육 정보를 라우트 경로에 따라 일정하게 비용이 소비되도록 IoT 생육 정보를 추출·처리하였기 때문이다.

4.3 IoT 생육 정보 처리에 따른 오버헤드

제안 모델은 IoT 생육 정보를 다수의 IoT 장치로부터 수집·처리할 때, IoT 생육 정보의 가중치를 계층적으로 그룹 처리한 후 IoT 생육 정보의 유사 정보를 분석/통계 전에 처리하였기 때문에 평균 13.3% 낮은 오버헤드 결과를 얻었다. 이 같은 결과는 IoT 생육 정보를 n개의 그룹으로 그룹핑하도록 블록체인 한 후 추가적인 동작없이 IoT 생육 정보를 처리하지 않았기 때문에 나타난 결과이다.

5. 결론

최근 스마트 팜에 머신러닝을 활용한 농작물 관리 방안이 다양하게 연구되고 있다. 스마트 팜은 농작물 생산량 증대와 노동력 감소를 목적으로 원격에서 자동

으로 농작물을 관리한다. 본 논문에서는 농작물의 생육 정보를 머신러닝에 적용하여 농작물을 실시간으로 모니터링 할 수 있는 모델을 제안하였다. 제안 모델은 IoT 생육 정보를 여러 개의 히든 레이어를 통해 풍부한 빅데이터 정보를 확보하는데 목적이 있다. 또한, 제안 모델은 IoT 생육 정보를 다중 블록체인으로 묶어 처리하기 때문에 IoT 생육 정보에 대한 가중치와 상관관계 지수를 통해 선택(또는 바인딩)적으로 지정할 수 있다. 그리고, 제안 모델은 실시간으로 IoT 생육 정보를 최소 비용으로 처리할 수 있도록 n-계층으로 확장 가능하도록 블록체인화 한다. 성능 평가, 제안 모델은 IoT 장치와 머신러닝을 융합한 경우가 IoT 장치만 사용하는 경우보다 정확도가 평균 8.4% 향상되었고, 전체 IoT 생육 정보를 n개의 그룹으로 그룹핑한 후 IoT 생육 정보의 가중치 값에 따라 IoT 생육 정보를 연계 처리한 경우가 그렇지 않은 경우보다 평균 11.7% 빠른 처리 시간을 얻었다. 마지막으로, IoT 생육 정보를 다수의 IoT 장치로부터 수집·처리할 때, IoT 생육 정보의 가중치를 계층적으로 그룹 처리한 후 IoT 생육 정보의 유사 정보를 분석/통계 전에 처리하였기 때문에 평균 13.3% 낮은 오버헤드 결과를 얻었다. 향후 연구에서는 기존 연구 결과를 기반으로 다양한 스마트 팜에 농작물 생육 정보 활용 방법을 연구할 계획이다.

REFERENCES

- [1] Alves, R. G. et al.(2020). A digital twin for smart farming. *2019 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)*(pp. 1-4). IEEE.
- [2] Jans-Singh, M., Leeming, K., Choudhary, R., & Girolami, M. (2020). Digital twin of an urban-integrated hydroponic farm. *Data-Centric Engineering, 1*, 1-26.
DOI : 10.1017/dce.2020.21
- [3] Ghandar, A., Ahmed, A., Zulfiqar, S., Hua, Z., Hanai, M., & Theodoropoulos, G. (2021). A Decision Support System for Urban Agriculture Using Digital Twin: A Case Study With Aquaponics. *IEEE Access, 9*, 35691-35708.
DOI : 10.1109/ACCESS.2021.3061722
- [4] Mitchell, D. et al. (2021). Symbiotic System of Systems Design for Safe and Resilient Autonomous Robotics in Offshore Wind Farms. *IEEE Access, 9*, 141421-141452.
DOI : 10.1109/ACCESS.2021.3117727

- [5] Niu, G., & Masabni, J. (2018). Plant production in controlled environments. *Horticulturae, 4*(4), 28.
- [6] Orsini, F., Kahane, R., Nono-Womdim, R., & Gianquinto, G. (2013). Urban agriculture in the developing world: a review. *Agronomy for sustainable development, 33*(4), 695-720.
DOI : 10.1007/s13593-013-0143-z
- [7] Chen, B. et al. (2018). Global land-water nexus: Agricultural land and freshwater use embodied in worldwide supply chains. *Science of the Total Environment, 613*, 931-943.
DOI : 10.1016/j.scitotenv.2017.09.138
- [8] Liakos, K. G., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S., & Bochtis, D. (2018). Machine learning in agriculture: A review. *Sensors, 18*(8), 2674.
- [9] Ramos, P. J., Prieto, F. A., Montoya, E. C., & Oliveros, C. E. (2017). Automatic fruit count on coffee branches using computer vision. *Computers and Electronics in Agriculture, 137*, 9-22.
- [10] Franchetti, B., Ntouskos, V., Giuliani, P., Herman, T., Barnes, L., & Pirri, F. (2019). Vision based modeling of plants phenotyping in vertical farming under artificial lighting. *Sensors, 19*(20), 4378.
- [11] Ballesteros, R., Ortega, J. F., Hernandez, D., & Moreno, M. A. (2018). Onion biomass monitoring using UAV-based RGB imaging. *Precision agriculture, 19*(5), 840-857.

정 윤 수(Yoon-Su Jeong)

[정회원]



- 1998년 2월 : 대학교 전자계산학과 학사
- 2000년 2월 : 충북대학교 전자계산학과 석사
- 2008년 2월 : 충북대학교 전자계산학과 박사
- 2012년 3월 ~ 현재 : 목원대학교 정보통신공학과 조교수
- 관심분야 : 유·무선 통신 보안, 정보보호, 바이오인포매틱, 헬스케어, 빅 데이터, 클라우드 컴퓨팅
- E-Mail : bukmunro@mokwon.ac.kr