

지속가능한 농업 환경을 위한 블록체인과 AI 기반 빅 데이터 처리 기법

정윤수

목원대학교 게임소프트웨어공학과 교수

Blockchain and AI-based big data processing techniques for sustainable agricultural environments

Yoon-Su Jeong

Professor, Department of Game Software Engineering, Mokwon University

요약 최근 ICT분야가 다양한 환경에서 사용되면서 지속가능한 농업 환경에서는 ICT 기술들을 활용하여 농작물 별 병충해 분석, 농작물 수확시 로봇 사용, 빅 데이터로 인한 예측 등이 가능해졌다. 그러나, 지속 가능한 농업 환경에서는 자원의 고갈, 농업 인구 감소, 빈곤 증가, 환경 파괴 등을 해결하기 위한 노력이 꾸준히 요구되고 있다. 본 연구에서는 지속 가능한 농업 환경 기반의 농작물의 생산 비용 감소 및 효율성을 증가하기 위한 인공지능 기반 빅 데이터 처리 기법을 제안한다. 제안 기법은 AI를 결합한 농작물의 빅 데이터를 처리함으로써 데이터의 보안성과 신뢰성을 강화하고, 더 나은 의사 결정과 비즈니스 가치 추출이 가능하다. 이는 다양한 산업과 분야에서 혁신적인 변화를 이끌어내고, 데이터 중심의 비즈니스 모델의 발전을 촉진할 수 있다. 실험과정에서 제안 기법은 다량의 데이터가 생성되나, 일일이 정답을 태깅하기 힘든 농장 현장에서, 소량의 데이터에 대해서만 정확한 정답을 부여하고, 정답이 부여되지 않은 다량의 데이터와 함께 학습하여, 다량의 정답 데이터로 학습했을 때와 유사한 성능(오차율:0.05 이내)이 나타났다.

주제어 : ICT, 지속가능한 농업, 인공지능, 빅데이터, 생산 비용, 효율성

Abstract Recently, as the ICT field has been used in various environments, it has become possible to analyze pests by crops, use robots when harvesting crops, and predict by big data by utilizing ICT technologies in a sustainable agricultural environment. However, in a sustainable agricultural environment, efforts to solve resource depletion, agricultural population decline, poverty increase, and environmental destruction are constantly being demanded. This paper proposes an artificial intelligence-based big data processing analysis method to reduce the production cost and increase the efficiency of crops based on a sustainable agricultural environment. The proposed technique strengthens the security and reliability of data by processing big data of crops combined with AI, and enables better decision-making and business value extraction. It can lead to innovative changes in various industries and fields and promote the development of data-oriented business models. During the experiment, the proposed technique gave an accurate answer to only a small amount of data, and at a farm site where it is difficult to tag the correct answer one by one, the performance similar to that of learning with a large amount of correct answer data (with an error rate within 0.05) was found.

Key Words : ICT, Sustainable Agriculture, Artificial Intelligence, Big Data, Production Cost, Efficiency

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

Received May 11, 2024

Revised June 3, 2024

Accepted June 20, 2024

Published June 30, 2024

1. 서론

4차 산업혁명 기술 발전은 일상 생활에서 노동력과 시간을 줄임으로써 효율성과 생산성을 향상시켰다. 농업 분야에서도 인공지능, 빅데이터 등 4차 산업혁명 기술들이 활용되면서 생산성을 높이고, 지속 가능한 농업을 실현하고 있다. 지속가능 발전(Sustainable Development), 즉 지속 가능성은 미래세대를 위한 기반을 저해하지 않는 범위 내에서 현세대 요구를 충족하는 발전을 의미한다[1].

지속 가능성은 농업에서도 중요성이 강조되고 있다. 그 이유는 현대 농업은 기후변화, 환경파괴, 농촌소멸, 식량위기 등 여러 가지 문제들을 직면하고 있기 때문이다[2, 3]. 특히, 농업은 높은 노동 강도, 부족한 인력, 기후변화로 예상치 못한 농작물 피해 등 많은 어려움을 겪고 있다. 이 문제들을 해결하기 위해서 정부에서는 스마트 농업 기술을 위해서 10대 핵심 추진과제를 선정해 농업 분야를 선도하고 있다.

현대 사회에서 대용량 및 다양한 형태의 농업 데이터가 생산되고 수집되는 환경에서 데이터를 보다 지능적으로 이해하고 활용하여 다양한 산업과 분야에서 혁신적인 변화를 이끌어낼 수 있어 인공지능 기술이 필요하다. 특히, 수작업으로는 처리하기 힘든 대용량 데이터를 빠르게 처리하고 분석함으로써 생산성을 높일 수 있고, 기계 학습 알고리즘을 사용하여 농업 데이터를 분류하고 클러스터링하거나, 예측 모델을 구축하여 향후 농업 생산을 예측할 수 있다. 또한, 농업 데이터의 복잡한 패턴을 이해하고 예측할 수 있으며, 이를 통해 정확한 결과를 제공할 수 있다.

최근 스마트 팜 분야에 적용되고 있는 사물인터넷

(Internet of Things, IoT)은 지속가능한 농업 분야의 중요한 구성 요소가 되고 있다[4, 5]. 전통적 농업은 수확한 농작물과 그와 관련된 모든 다른 물류의 처리, 운송, 마케팅에 필요한 시간과 노력이 필요하다. 스마트 농업의 기술은 이러한 문제를 해결하고 완화하는 방법을 제시하며 농업 사업을 수행하는 향상된 방법을 제공하고 있다. 그러나, 온실가스의 방출은 환경뿐만 아니라 식물, 동물, 사람을 포함한 모든 생물체에 영향을 미치기 때문에 생물체에게 더 유리한 환경을 조성할 필요가 있다.

S. Wolfert et al. 은 실생활에서 IoT 지속 가능성을 평가하고 모니터링하는 단계적 방법을 제안하였다[6]. 이 방법은 전략적 지속 가능성 목표를 달성하는 주요 IoT 이니셔티브의 다른 이해 관계자들이 이러한 도구를 사용할 수 있다. 이 연구 결과는 IoT가 지속 가능성을 향상시키지만, 외부 변수에 의해 영향을 받는다.

E. Alreshidi 은 SSA 연구 개발을 검토하고 스마트하고 지속 가능한 농업 플랫폼을 위한 IoT/AI 아키텍처를 제안하였다[7]. 이 아키텍처는 Farmapp(병해충 및 질병 모니터링), Growlink(무선 자동화, 데이터 수집, 최적화 및 모니터링 제공), GreenIQ(휴 자동화 시스템에 대한 연결, 관개 제어, 물 절약), Farm Logs, Cropio 등 스마트 농업 개발을 위해 구현되고 있는 다양한 도구를 강조하면서 현장의 기존 작업에 대한 철저한 검토를 제공하였다.

본 논문에서는 지속 가능한 농업 환경에서 농작물의 생산 비용을 감소시키고 효율성을 증대시키기 위한 빅데이터 처리 기법을 제안한다. 제안 기법은 농작물의 대량 데이터 뿐만 아니라 소량의 데이터에 대해서도 정확하게 처리할 수 있도록 한다.

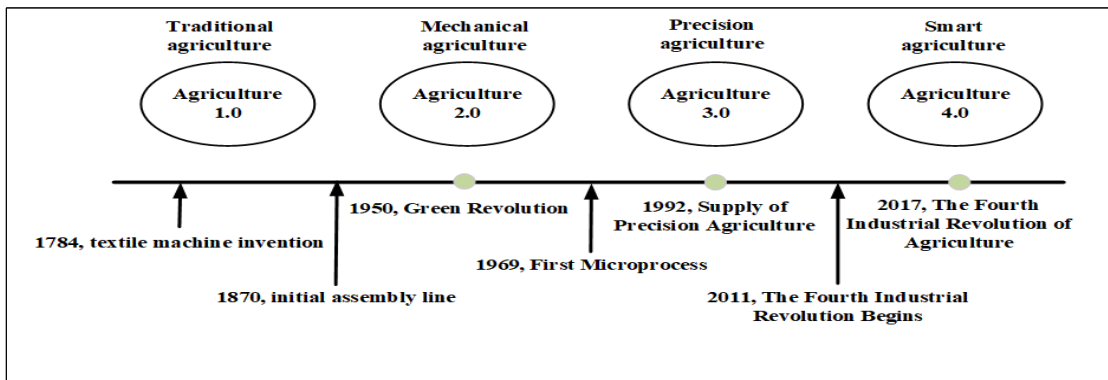


Fig. 1. The technological advancement of agriculture

일반적으로 농작물은 트랜잭션의 타임스탬프된 정보를 트랜잭션의 시간 순서를 사용하여 체인을 구성하기 위해 링크된 데이터 블록에 저장한다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 지속가능한 농업 및 기존 연구에 관해서 설명한다. 3장에서는 인공지능 기반 빅 데이터 처리 기술을 제안하고, 4장에서는 제안 기법의 성능평가를 수행한다. 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

2 관련연구

2.1 지속가능한 농업

지속가능한 농업(Sustainable agriculture)은 지속가능한 농업은 환경을 보호하고 천연 자원을 지원하고 확장하며 재생 불가능한 자원을 최대한 활용하는 방식으로 농업을 하는 것을 의미한다[1]. 현재 농업은 기후 변화, 고령화, 환경파괴, 농촌소멸, 식량위기, 에너지 효율 등 여러 문제에 직면해 있다. 유엔식량농업기구(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)에 따르면 2050년까지 세계 인구가 거의 100억명에 달할 것이며, 농업은 삶의 지속과 사회 경제적 발전을 위한 핵심 분야가 될 것이라고 강조했다[5].

Fig. 1 처럼 농업의 기술발전은 농업 1.0에서 농업 4.0까지 크게 4단계로 구분된다. 농업 1.0은 농업 활동을 수행하기 위해 많은 노동력이 요구되었고 반면에 생산량은 매우 저조하였다. 농업 2.0은 수작업이 감소하고 생산성이 증가한 시기로 인건비를 줄이고 생산성을 높이기 위해 수확, 제초, 관개, 파종 및 종자 준비를 위한 여러 농업 기계 및 도구가 도입되었다. 농업 3.0은 컴퓨터 및 전자 공학의 발전 덕분에 농작물 예측, 작물 추천, 가변 비율 적용, 수확량 모니터링 등의 기술 등이 적용되어 작물 생산성 측면에서 많은 성장을 가져왔다. 농업 4.0은 블록체인, 군집 지능, 빅데이터, AI, IoT, 사이버 물리 시스템, 로봇 공학 및 자율 시스템, 클라우드 에지 컴퓨팅 등 다양한 기술과 함께 현대적인 농장 관리로 전체 생태계의 발전으로 이어지고 있다.

2.2 이전 연구

A. A. Jagadale 은 IoT와 AI가 농업을 어떻게 변화시켰는지에 대해서 기술하고 있다[8]. 이 연구는 강수량, 온도, 습도, 비료 요구량, 물 소비량 등을 포함한 기상 조건 예측을 단순화하였다.

H. C. Punjabi et al. 은 온-필드 정보를 얻기 위한 목적으로 간단한 온도 감지 애플리케이션을 제안하였다 [9]. 이 기법은 휴대폰에서 필드 데이터를 전송하는 이미 설치된 GSM+ARDUINO 시스템에 미리 프로그램된 형식의 메시지를 전송하면 된다.

M. A. Uddin et al. 은 무선 센서 네트워크(WSN)에서 정보를 획득하는 어려움을 극복하기 위해 무인 항공기(UAV)를 사용하여 선택된 노드를 통해 특정 지역의 데이터를 수집하는 방법을 제안하였다[10]. 이 방법은 시뮬레이션 및 개념 증명 장치를 통해 이 시스템이 실시간 현장 데이터를 수집하는 데 성공하여 영양 결핍, 곤충 감염 또는 질병을 제때에 잘 감지하여 작물을 절약할 수 있는 시의적절한 치료법을 제공한다.

M. Alam et al. 은 식량 부족에는 여러 가지 원인이 있으며, 이를 해결하기 위해서는 농업의 발전이 필요하다고 주장하고 있다[11]. 특히, ICT 및 기타 최첨단 기술은 지속 가능한 개발 목표(SDGs)를 가속화할 것으로 예상하고 있다.

M. Dhanaraju et al. 은 IoT 농업의 무선 센서 응용 프로그램에 사용되는 방법과 장비, 전통 농업에 기술을 통합할 때 예측되는 문제를 조사했다[12].

M. S. Farooq et al. IoT 디바이스의 다양한 구성 요소의 포괄적인 목록과 함께 기본 네트워크 아키텍처 및 프로토콜을 제안하였다[13].

3. 클라우드 환경의 지속가능한 농업의 최적화 기법

3.1 지속가능한 농업의 처리 프로세스

지속 가능한 농업의 주요 목표는 농업 생산성과 지속 가능성을 높이는 것이다. 지속 가능한 농업을 위한 블록체인 기반 웨어러블, IoT 및 모니터링 기술은 농부들에게 관련 데이터에 액세스할 수 있다. 이러한 솔루션은 펌웨어, AI 및 위성 이미지에 의존한다. 농부들은 기술 기반 농업 관행의 통합을 통해 수익을 늘리고 비용을 절감하며 수확량을 늘려 삶의 질을 향상시킬 수 있다. 작물 재배에서 공급망 관리, 건강, 수확 및 작물 물주기 추적에 이르기까지 기술적으로 많은 관심을 받은 이러한 문제를 해결하기 위해 스마트 농업이 필요하다.

Fig. 2는 농작물 빅데이터를 활용하여 농업 생산에 영향을 미치는 다양한 요소에 대한 정보를 제공함으로써 농업 종사자와 관련 부문이 일상적인 농업에서 교육된 의사 결정을 내린다.

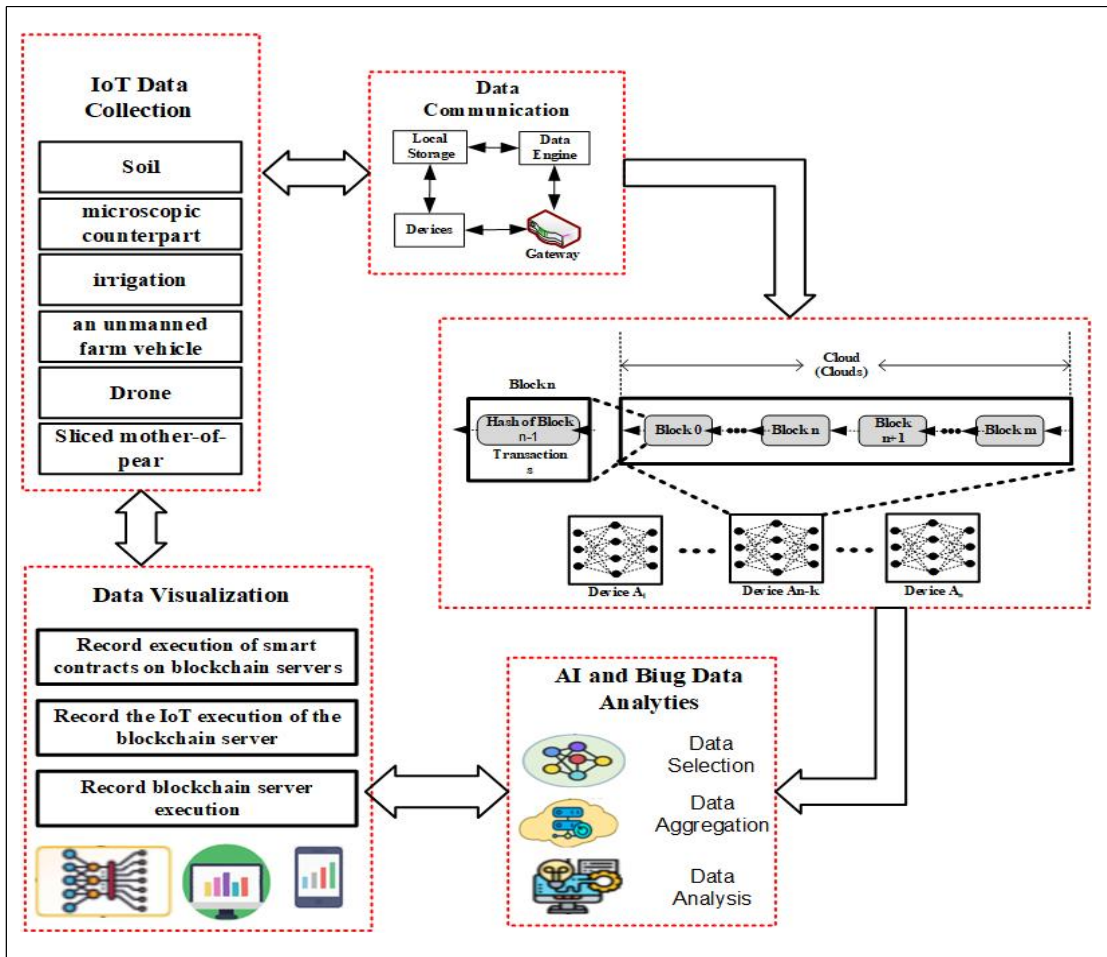


Fig. 2. Proposal scheme based on Blockchain

특히 농작물 빅데이터는 상품 수요, 시장 가격 및 새로운 농업 기술에 대한 최신 정보를 제공한다. 최근 농업 시스템의 생산성은 블록체인과 다른 IoT 기술을 활용하여 향상되고 있다. 농식품 공급망 관리는 블록체인 기술을 활용하여 모든 작업의 신뢰성, 보안, 투명성 및 불변성과 같은 유용한 특성을 구축하고 있다.

또한 블록체인은 IoT 보안 및 신뢰성과 관련된 여러 문제를 해결하는 데 사용된다. IoT는 농업 생산과 공급망의 모든 단계에서 데이터 수집을 쉽게 한다. 따라서 가공, 마케팅, 물류 및 농업 운영에서 수집된 정보도 빅데이터 분석에 사용할 수 있습니다. 정보 기반 농업은 소비자 및 농업 행동의 주요 변화를 가져오고 있다. 또한 빅 데이터를 사용하면 폐기물, 식량 손실, 공급망 관리 및 식품 안전과 같은 여러 문제를 해결할 수 있다.

3.2 블록체인 기반 농산물 빅데이터 생성

블록체인 기반 공급망은 네트워크 구성원이 일련의 특정 관행과 유·무형의 자원을 동적으로 할당하여 함께 가치를 창출하는 가치 창출 플랫폼이다. 전략적 차원에서 보면, 핵심 요소는 가치 창출 및 블록체인 네트워크 내의 가치 분배가 포함된다. 가치 창출은 지속 가능성 목표를 수익 및 비용 모델과 핵심 비즈니스 프로세스 식별에 가져오는 데 중요하다. 예를 들어, 농업 원자재 생산 과정에서 온도, 날씨, 토지 및 가축의 건강 상태를 포함한 모든 데이터를 IoT 기술로 수집하여 인적 오류와 재료 폐기물을 줄여야 한다. 이 데이터를 수집하면 지속 가능한 생산을 달성하기 위해 더 나은 운영 의사 결정을 내릴 수 있다.

모든 참가자의 공정한 가치 분배에 대한 인식은 블

록체인 가치 플랫폼의 유연성을 유지하고 배양하는 데 필수적이다. 데이터 관리를 위해서는 데이터 계획의 지침에 따라 서로 다른 엔터프라이즈 시스템을 어떻게 통합할 것인지가 주요 과제이다. 더욱이 더 나은 지속 가능한 성과를 달성하기 위해 분산 합의를 위한 알고리즘 채택은 또 다른 중요한 문제이며 일반적으로 서로 다른 사례에 따라 달라진다.

농산물의 블록체인 연계 과정은 Table 1과 같다. Table 1은 농산물의 빅데이터를 블록체인으로 묶어 해시 체인으로 연결함으로써 새로운 농산물의 빅데이터를 연속적으로 생성하여 서로 공유한다. 이 과정을 통해 서로다른 블록들을 서로 로컬로 블록체인으로 구성하기 때문에 농산물의 빅데이터 블록을 효율적으로 관리할 수 있다.

Table 1. Crop Big Data Hash Processing

Input: Crop Big Data
Output: linking concatenate for Crop Big Data
Begin
if(transaction is valid), then
if (Block_hash != prev_Block_Hash) then
return false;
else
add offset to each block to create new
block linking information
update weight and linking information
end if
End

3.3 농작물 해시 블록의 검증 알고리즘

Table 2와 같은 해시 블록 검증 알고리즘은 블록 검증 및 해시 블록 업데이트 단계를 포함하는 해시 기법을 사용한다. 모든 트랜잭션에는 블록의 해시 값을 사용하여 계산한다. 블록체인 기술의 공통적인 특징인 해싱을 활용하여 새로운 트랜잭션을 시작하고 날짜를 지정한 후 최종적으로 이전 블록의 트랜잭션에 대한 참조를 포함한다.

블록체인에 새로운 거래 블록이 추가될 때마다, 그리고 유효하고 관련된 원장 버전을 보장하는 계약이 갱신될 때마다 일방향 해싱 방식을 사용하여 거래를 수정하거나 되돌리는 것은 점점 더 어려워진다. 또한, 블록체인을 변경하면 계산 능력에 대한 막대한 투자가 필요하다. 따라서 해싱은 네트워크의 블록체인에 대한 암호화 무결성을 보장하는 데 사용된다.

Table 2. Hash block Verification

Input: Transaction value for cron block
Output: hash verification of cron block
Begin
if(transaction is valid), then
if (block_hash != prev_Block_Hash) then
return false;
else
Update BlockiHash;
end if
end if
End

4. 평가

제안 기법은 농작물 데이터를 소규모 블록체인으로 묶어 처리하며 농작물 블록 연계의 검증 정확도를 평가한 결과 Table 3과 같다.

Table 3. Performance Evaluation

Number of block	30	60	90	120
Processing Delay(ms)	37.14	61.88	72.53	80.32
Hash Rate(Mhash/s)	15.01	13.52	11.24	9.89
Throughput(Mbps)	1267	1082	974	836

Table 3을 통해 농산물 블록의 증가로 인하여 지연 시간이 점차적으로 증가하는 것을 알 수 있다. 네트워크 내 인접 블록들의 경로 추정이 쉽고 더 빠른 데이터 교환을 위해 라우팅 테이블을 업데이트하기 전 인접 블록들을 공유한다. 농작물 블록들의 처리량은 블록체인 기반 암호화를 통합하여 근사화하였다.

5. 결론

최근 지속가능한 농업이 최신 기술들과 함께 다양한 분야에서 사용되고 있다. 그러나 최신 기술들을 지속가능한 농업에 적용하면서 농작물의 효율적인 관리가 요구되고 있다. 본 연구에서는 지속 가능한 농업 환경 기반의 농작물의 생산 비용 감소 및 효율성을 증가하기 위한 인공지능 기반 빅 데이터 처리 기법을 제안하였다. 제안 기법은 작물 빅데이터의 상품 수요, 시장 가격 및 새로운 농업 기술에 대한 생산성은 블록체인과 다른 IoT 기술을 활용한다. 농산물의 빅데이터를 블록체인으로 묶어 해시 체인으로 연결함으로써 새로운 농산물의 빅데이터를 연속적으로 생성하여 서로 공유한다. 이

과정을 통해 서로다른 블록들을 서로 로컬로 블록체인으로 구성하기 때문에 농산물의 빅데이터 블록을 효율적으로 관리할 수 있다. 또한, 제안 기법은 AI와 융합하여 데이터 보안 강화, 투명하고 신뢰할 수 있는 데이터 분석, 더 나은 의사 결정, 정확성과 신뢰성, 자동화와 효율성, 복잡한 데이터 처리 등이 가능하다. 향후 연구에서는 기존 연구 결과를 기반으로 다양한 환경에 적용하여 연구를 지속해서 수행할 계획이다.

REFERENCES

- [1] J Wu, L. Ping, X. Ge, Y. Wang & J. Fu. (2010). [1] Wu, J., Ping, L., Ge, X., Wang, Y. and Fu, J. (2010). Cloud storage as the infrastructure of cloud computing. *Proceedings of the 2010 International Conference on Intelligent Computing and Cognitive Informatics (ICICCI)*, 380-383.
DOI : 10.1109/ICICCI.2010.119
- [2] Roux, J., Escriba, C., Fourniols, J. and Soto-Romero, G. (2019). A new bi-frequency soil smart sensing moisture and salinity for connected sustainable agriculture. *Journal of Sensor Technology*, 9(4), 35-43.
DOI : 10.4236/jst.2019.93004
- [3] Nóbrega, L., Gonçalves, P., Pedreiras, P. and Pereira, J. (2019). An IoT-based solution for intelligent farming. *Sensors*, 19(3), 1-24.
DOI : 10.3390/s19030603
- [4] Gai, K., Qiu, M., Zhao, H., Tao, L. and Zong, Z. (2016). Dynamic energy-aware cloudlet-based mobile cloud computing model for green computing. *Journal of Network and Computer Applications*, 59, 46-54.
DOI : 10.1016/j.jnca.2015.05.016
- [5] Lakhwani, K., Gianey, H., Agarwal, N. and Gupta, S. (2018). Development of IoT for smart agriculture a review. *Emerging Trends in Expert Applications and Security*, 425-432.
DOI : 10.1007/978-981-13-2285-3_50
- [6] Wolfert, S. and Isakhanyan, G. (2022). Sustainable agriculture by the Internet of Things—A practitioner’s approach to monitor sustainability progress. *Computers and Electronics in Agriculture*, 200(107226),
DOI : 10.1016/j.compag.2022.107226.
- [7] Alreshidi, E. (2019). Smart sustainable agriculture (SSA) solution underpinned by Internet of Things (IoT) and artificial intelligence (AI). *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 10(5), 93-102.
DOI : 10.14569/IJACSA.2019.0100513
- [8] Jagadale, A. A. (2022). Role of IoT and AI in agriculture technology. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology (IJARSCT)*, 2(2), 257-268.
DOI : 10.48175/568
- [9] Punjabi, H. C., Agarwal, S., Khithani, V., Muddaliar, V. and Vasmatkar, M. (2017). Smart farming using IoT. *International Journal of Electronics and Communication Engineering and Technology (IJECET)*, 8(1), 58-66.
- [10] Uddin, M. A., Mansour, A., Jeune, D. L., Ayaz, M. and Aggoune, E.-H.-M. (2018). UAV-assisted dynamic clustering of wireless sensor networks for crop health monitoring. *Sensors*, 18(2), 555, 1-24,
DOI : 10.3390/s18020555
- [11] Alam, M. and Khan, I. (2020). IoT and AI for smart and sustainable agriculture. *International Conference on Computational Techniques and Intelligent Machines*, 1-1.
- [12] Dhanaraju, M., Chenniappan, P., Ramalingam, K., Pazhanivelan, S. and Kaliaperumal, R. (2022). Smart farming: Internet of Things (IoT)-based sustainable agriculture. *Agriculture*, 12(10), 1745.
DOI : 10.3390/agriculture12101745.
- [13] Farooq, M. S., Riaz, S., Abid, A., Abid, K. and Naeem, M. A. (2019). A survey on the role of IoT in agriculture for the implementation of smart farming. *IEEE Access*, 7, 156237-156271.
DOI : 10.1109/ACCESS.2019.2949703

정 윤 수(Yoon-Su Jeong)

[정회원]



- 1998년 2월 : 대학교 전자계산학과 (공학사)
- 2000년 2월 : 충북대학교 전자계산학과(이학석사)
- 2008년 2월 : 충북대학교 전자계산학과 박사(이학박사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 목원대학교 게임소프트웨어공학과 부교수
- 관심분야 : 유·무선 통신 보안, 정보보호, 바이오인포매틱, 헬스케어, 빅 데이터, 클라우드 컴퓨팅
- E-Mail : bukmunro@mokwon.ac.kr