

## Design of Smart Farm Growth Information Management Model Based on Autonomous Sensors

Yoon-Su Jeong\*

\*Professor, Dept. of Game Software Engineering, Mokwon University, Daejeon, Korea

### [Abstract]

Smart farms are steadily increasing in research to minimize labor, energy, and quantity put into crops as IoT technology and artificial intelligence technology are combined. However, research on efficiently managing crop growth information in smart farms has been insufficient to date. In this paper, we propose a management technique that can efficiently monitor crop growth information by applying autonomous sensors to smart farms. The proposed technique focuses on collecting crop growth information through autonomous sensors and then recycling the growth information to crop cultivation. In particular, the proposed technique allocates crop growth information to one slot and then weights each crop to perform load balancing, minimizing interference between crop growth information. In addition, when processing crop growth information in four stages (sensing detection stage, sensing transmission stage, application processing stage, data management stage, etc.), the proposed technique computerizes important crop management points in real time, so an immediate warning system works outside of the management criteria. As a result of the performance evaluation, the accuracy of the autonomous sensor was improved by 22.9% on average compared to the existing technique, and the efficiency was improved by 16.4% on average compared to the existing technique.

▶ **Key words:** Autonomous Sensors, Smart Farms, Growth Information, IoT, Automated Remote Management, Optimization

### [요 약]

스마트 팜은 IoT 기술과 인공지능 기술이 접목되면서 농작물에 투입되는 노동력·에너지·양분 등을 최소화하는 연구가 꾸준히 증가하고 있는 상황이다. 그러나, 스마트 팜에서 농작물의 생육 정보를 효율적으로 관리하는 연구는 현재까지 미진한 상태이다. 본 논문에서는 스마트 팜에 자율 센서를 적용하여 농작물의 생육 정보를 효율적으로 모니터링할 수 있는 관리 기법을 제안한다. 제안 기법은 농작물의 생육 정보를 자율 센서를 통해 수집한 후 생육 정보를 농작물 재배에 재활용하는데 초점을 갖는다. 특히, 제안 기법은 농작물의 생육 정보를 한 슬롯으로 할당한 후 로드밸런싱을 수행하도록 농작물별로 가중치를 부여하며, 농작물의 생육 정보 간의 간섭을 서로 최소화한다. 또한, 제안 기법은 농작물의 생육 정보를 4단계 (센싱 탐지 단계, 센싱 전송 단계, 애플리케이션 처리 단계, 데이터 관리 단계 등)로 처리할 때, 농작물의 중요 관리점을 실시간으로 전산화하기 때문에 관리 기준 이외의 경우에는 즉각적인 경고 시스템이 동작한다. 성능평가 결과, 자율 센서의 정확도는 기존 기법보다 평균 22.9%의 향상된 결과를 얻었으며, 효율성은 기존 기법보다 평균 16.4% 향상된 결과를 얻었다.

▶ **주제어:** 자율 센서, 스마트 팜, 생육 정보, IoT, 자동 원격 관리, 최적화

- First Author: Yoon-Su Jeong, Corresponding Author: Yoon-Su Jeong
- Yoon-Su Jeong (bukmunro@mokwon.ac.kr), Dept. of Game Software Engineering, Mokwon University
- Received: 2023. 03. 13, Revised: 2023. 04. 21, Accepted: 2023. 04. 21.

## I. Introduction

최근 4차 산업 기술이 일상에 보편화되면서 IoT 기술과 인공지능 기술이 스마트 팜에 다 양하게 사용되고 있다 [1-3]. 특히, 스마트 팜에 사용되는 자율 센서는 pH 센서, 온도 센서, 토양 수분 센서 등이 주로 사용되며, 자율 센서를 사용하는 스마트 팜은 농작물의 생육 정보를 수집하기 위해서 아두이노, 자율 IoT(Internet of Things), 머신러닝 등이 사용된다.

스마트 팜은 기존 농장에서 문제시되는 노동력·에너지·양분 등을 개선하여 농작물의 생산성과 품질을 향상시킨다. 스마트 팜은 스마트 온실, 스마트 과수원, 스마트 축사 등에서 자동·원격 관리를 통해 운영되기 때문에 노동·에너지 등의 투입 요소가 최적화되어 농업 경쟁력을 높일 수 있다.

Ahmed et al. 은 Arduino와 esp8266-Wi-Fi 모듈을 사용하여 IoT 기반의 제어 시스템을 제안하였다[4]. 이 시스템은 IoT 센서(수분 센서 및 온도 센서 등)를 통해 수집된 데이터를 효과적으로 모니터링하는 것에 초점을 가지고 있다. 특히, 수집된 IoT 데이터는 클라우드를 통해 데이터를 저장하기 때문에 자동 관개 시스템을 이용하는 농가에 활용할 수 있다[5].

Supriya et al. 은 ESP32 MCU 모듈 및 센서를 이용하여 토양 수분을 조절할 수 있도록 Android 애플리케이션을 이용한다[6]. 이 시스템은 센서에서 측정되는 판독 값에 따라 다양한 조건이 사용된다.

Sushanth et al. 은 WiFi/3G/4G 통신 기술을 이용한 GSM 모듈을 사용한 시스템을 제안하였다[7]. 이 시스템은 동물 움직임을 모니터링하여 농업 관개 설정을 손쉽게 하였다.

Pratyush Reddy et al. 은 기계 학습 알고리즘을 사용하여 스마트 관개 시스템을 제안하였다[8]. 이 시스템은 배치된 센서 중 온도, 습도 및 수분 센서 정보를 지도 학습으로 처리하는 점이 특징이다.

본 논문에서는 스마트 팜에서 재배하는 농작물의 생육 요인들(온도, 습도, 일조량 등)을 자율 센서로 효율적으로 모니터링할 수 있는 관리 기법을 제안한다. 제안 기법은 농작물의 관리 효율성을 높이는데 초점을 가지며, 농작물의 생육 정보를 한 슬롯으로 할당하여 자율 센서 간 수집된 정보를 로드밸런싱 한다. 이를 위해서 제안 기법에서는 수집된 농작물의 생육 정보를 농작물별로 가중치를 부여함으로써 농작물의 생육 정보 간에 간섭을 서로 최소화한다. 또한, 제안 기법은 농작물의 생육 정보를 4단계(센싱

감지 단계, 센싱 전송 단계, 애플리케이션 처리 단계, 데이터 관리 단계 등)로 구분하여 데이터를 수집할 때, 실시간으로 중요 관리점을 전산화하기 때문에 관리 기준에 대해서 이탈 사항이 발행하면 즉각적인 경고 시스템으로 즉각 대응할 수 있다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 스마트 팜의 기존 연구 결과들에 관해서 설명한다. 3장에서는 자율 센서 기반의 농작물 생육 정보관리 기법을 제안하고, 4장에서는 성능 평가를 수행한다. 마지막으로 5장은 결론을 맺는다.

## II. Related Works

스마트 팜을 구축하기 위해서 농업에 필요한 농작물의 생육 요인들(온도, 습도, 일조량 등)을 활용하는 연구가 현재까지 많이 이루어지고 있다[9, 10]. 특히, 스마트 팜에서는 농업뿐만 아니라 질병 예방과 관련해서 인공지능 기술을 다양하게 사용되고 있다[11-15]. Ahmed et al. 은 Arduino와 esp8266-Wi-Fi 모듈을 사용하여 IoT 기반의 제어 시스템을 제안하였다[4]. 이 시스템은 IoT 센서(수분 센서 및 온도 센서 등)를 통해 수집된 데이터를 효과적으로 모니터링하는 하는 것에 초점을 가지고 있다. 특히, 수집된 IoT 데이터는 클라우드를 통해 데이터를 저장하기 때문에 자동 관개 시스템을 이용하는 농가에 활용할 수 있다[5]. Gurao et al. 은 농사를 짓는 농가의 토양 수분을 Android 애플리케이션을 이용하여 손쉽게 획득하는 시스템을 제안하였다[6]. 이 시스템은 토양 수분 정보를 ESP32 MCU 모듈 및 센서를 기반으로 획득하기 때문에 측정된 센서 값에 따라 물 펌핑 모터가 동작한다. 또한, 이 시스템은 SPDT 릴레이를 포함하기 때문에 센서가 측정하는 판독 값에 따라 다양한 조건이 사용된다. Sushanth et al. 은 농경지의 농작물에 피해를 주는 동물들의 움직임을 모니터링하기 위한 시스템을 제안하였다[7]. 이 시스템은 동물 움직임을 모니터링하기 위해서 WiFi/3G/4G 통신 기술을 이용한 GSM 모듈을 사용하고 있다. GSM 모듈은 지속적인 인터넷 연결이 가능하므로 농업 관개와 관련된 설정 정보를 휴대전화로 손쉽게 변경할 수 있다. Pratyush Reddy et al. 은 기계 학습 알고리즘을 사용하여 스마트 관개 시스템을 제안하였다[8]. 이 시스템은 농작물의 물 요구량을 추정할 수 있도록 마이크로프로세서로 데이터를 전송한 후 배치된 센서 중 온도, 습도 및 수분 센서 정보를 지도 학습으로 처리한다.

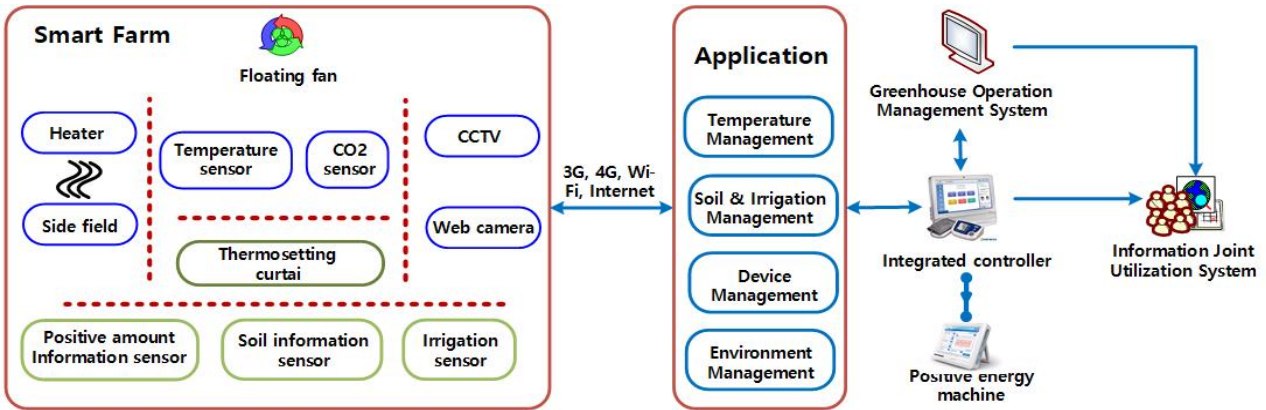


Fig. 1. Farm Processing Architecture

### III. Crop Growth Information Management Based on Autonomous Sensors

#### 1. Crop Growth Information Processing Structure

제안 기법은 스마트 팜에서 생육 되는 농작물의 다양한 생육 요인(온도, 습도, 일조량 등)을 데이터로 처리 관리할 수 있다. 제안 기법은 센싱 탐지 단계, 센싱 전송 단계, 애플리케이션 처리 단계, 데이터 관리 단계 등 4가지 단계로 구성된다. 센싱 감지 단계는 농작물 생육을 담당하는 센서 장치로부터 데이터를 수집한다. 전송 단계는 3G, 4G LTE, 인터넷, 블루투스, RFID, 지그비 등의 기술을 이용하여 센싱 감지 단계에서 데이터 관리 단계로 정보를 전송한다. 데이터 관리 단계는 정보를 분석, 처리 및 저장한다. 애플리케이션 단계는 데이터 관리 단계로부터 정보를 상속받아 커뮤니티 개발, 온도, 습도, 태양광 등 농작물 생육과 같은 환경 작업을 실행한다.

제안 기법은 Fig. 1처럼 원격에서 자동으로 농작물의 생육 정보를 모니터링 함으로써 농작물 관리를 단순화시켰다. Fig. 1에서 제안 기법은 농작물 관리의 효율성을 높이는 데 초점을 가지며, 농작물 관리에서 데이터 접근 방식은 경로 최적화 방식을 사용한다. 제안 기법은 자율 센서를 통해 농작물 관리 정보를 할당된 시간 슬롯 및 최적의 경로 계획 전략을 기반으로 자율적으로 수집한다.

Fig. 1에서 스마트 팜은 온도, CO2, 습도 센서 등을 통해 스마트 팜 내의 온도, CO2 그리고 습도의 변화와 그에 따른 반응을 관찰하여 측정된 센싱값을 온실통합제어기에 전달하는 역할을 수행한다. CCTV와 Web Camera는 스마트 팜 내 환경 및 토양 정보를 실시간 모니터링하여 재배 작물에 대한 최적 생장 조건을 점검하는 역할을 수행한다. 양의 정보 센서, 토양 정보 센서, 관개 센서는 농작물

의 토양 정보를 데이터베이스화하고 제어하여, 작물 생육의 실시간 상태 변화를 분석하는 역할을 수행한다. 애플리케이션은 스마트 팜의 작물 생육 정보를 유·무선 통신을 통해 통합 제어기로 전달하기 위한 관리와 스마트 팜에 구축된 장비들을 관리하는 역할을 수행한다. 통합 제어기는 스마트 팜내 구성된 센서와 수집 정보들을 통합 관리하는 역할을 수행한다. 온실 통합 제어기는 인터넷을 기반으로 웹 브라우저를 이용하여 서버에 연결하고 네트워크를 기반으로 관리하기 때문에 관리가 용이하고, 수집된 농작물의 데이터를 사전 수집 (전)처리한 후 통합 관리하는 역할을 수행한다. 스마트 팜 운영 관리 시스템은 스마트 팜에서 수집한 데이터를 기반으로 고수익을 기대할 수 있는 농작물의 종류 및 토지나 온도 조건 등 적정한 농작물 생산 방법에 대한 정보를 제공하는 역할을 수행한다. 양의 에너지 기계는 스마트 팜 전기, 온도 등을 제어를 담당하는 역할을 한다. 정보 공동 활용 시스템은 스마트 팜 내 구성된 장비 및 농작물 관련 정보 등을 통합 관리하는 역할을 수행한다.

자율 센서를 이용한 제안 기법은 농작물의 생육 정보를 연계 처리하기 위해서 자율 센서 간 수집된 정보를 로드밸런싱하여 유지한다. 이때, 제안 기법은 수집된 농작물의 생육 정보를 농작물별로 가중치를 부여하는데 그 이유는 농작물의 생육 정보 간에 간섭을 서로 최소화하기 위해서이다.

#### 2. Crop Growth Information Processing Structure

제안 기법에서 자율 센서를 이용한 하드웨어 구성은 Fig. 2와 같다. Fig. 2처럼 하드웨어 구성은 마이크로 컨트롤러, 아두이노 메가, 카메라 및 센서, 모터 등을 포함한다. 마이크로 컨트롤러는 Arm Cortex M3 칩을 사용하여 농작물의 생육 정보와 관련된 모드 정보를 수집한다. 아두

이노 메가는 농작물 생육 정보를 최적화하기 위해서 모터와 센서들을 제어한다. Pi 카메라는 농작물의 움직임과 환경 변화 등을 포착하기 위해 사용된다. 센서들은 자율 센서와 농작물 간 거리 및 자연환경 요인(온도, 습도 등)을 감지한다.

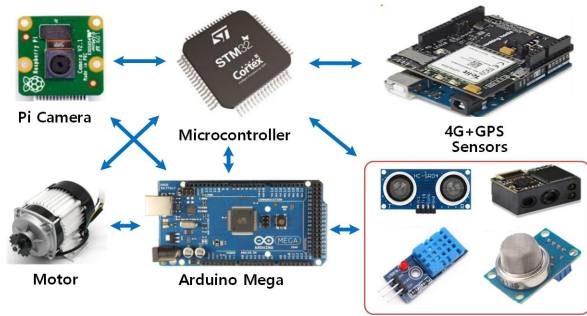


Fig. 2. Hardware Components

### 3. Autonomous sensor management algorithm

제안 기법에서는 스마트 팜을 효율적으로 관리하기 위해서 자율 센서를 사용한다. 이때, 자율 센서를 통해 생산 관리뿐만 아니라 상품 관리 프로세스를 Table 1과 같은 알고리즘을 통해 수행한다. 제안 기법은 스마트팜에서 생산되는 농작물의 생육 정보관리, 생산, 재고 등을 시간과 공간 제약 없이 처리함으로써 스마트 팜의 경쟁력을 확보할 수 있다. 또한, 제안 기법은 자율 센서 모니터링을 통해 실시간으로 중요 관리점을 전산화하기 때문에 관리 기준 이탈 사항이 발행할 때마다 경고 시스템으로 즉각 대응할 수 있다.

Table 1. Autonomous IoT sensor management algorithm

Input : Select sensor ID and track number
Output : Check IoT sensor process
1: Input sensor ID and track number
2: Check sensor ID and track number
3: While check sensor ID do
4: if sensor ID is true then
5: track number i go to sensor ID by process routing;
6: else
7: track number I go back to station;
8: end
9: end

스마트 팜에서 농작물의 생육 정보를 자율 센서를 통해 원활하게 수집 관리하기 위해서 Table 2와 같은 알고리즘이 사용된다. Table 2처럼 제안 기법은 농작물의 생육 정보의 수집뿐만 아니라 생육 정보 수집 트랙 과정 중에 발생할 수 있는 장애물 방지, 행동 선택, 모션 계획 등을 고

려한다. 제안 기법은 농작물 생육 정보 수집 트랙에서 3가지 동작을 수행한다. 첫째, 자율 센서에 부착된 카메라를 통해 생육 정보 수집 준비하고, 둘째, CNN을 훈련할 수 있는 머신러닝 모델을 구축하고, 셋째, 훈련된 모델을 트랙에 적용한다.

Table 2. Track process algorithm of autonomous IoT sensor

Input : Check gathering sensor data
Output : Find sensor location adopt to sensor data in CNNs
1: Check gathering sensor data
2: While check sensor data do
3: check and location sensor ID j or station;
4: If autonomous sensor track i is on then
5: sensor track i go to sensor ID j or station by routing optimization;
6: While location sensor ID j or station do
7: autonomous sensor algorithm based on CNNs;
8: end
9: end
10: end

### 4. Autonomous sensor-based critical management point linkage management

제안 기법은 스마트 팜에서 재배하는 다양한 농작물의 생육 과정을 Fig. 3과 같이 블록체인 구조로 중요 관리점을 연계 처리한다. Fig. 3처럼 블록체인은 블록 헤더, 타임스탬프, 난수, 그룹 No. 시드(seed) 등으로 구성하며, 각 블록체인의 데이터는 자율 센서에서 수집된 중요 정보로 해시값을 생성한다. 제안 기법은 농작물의 생육 환경정보를 블록체인 기반으로 처리함으로써 시간과 공간 제약 없이 농작물의 중요 관리점을 연계 관리할 수 있으므로 경고 시스템 없이 즉각 대응할 수 있다. 또한, 제안 기법은 농작물의 생육 정보를 정확한 시간과 절차에 따라 자동으로 데이터를 측정하고, 기록한 후, 중요 관리점에 따라 모니터링이 가능하다.

## IV. Research Results

### 1. Experimental environment

제안 기법은 Fig. 4와 Table 3 같은 환경을 통해 스마트 팜에서 재배되는 작물들의 생육 정보를 일정시간 간격으로 자율센서를 통해 수집하고 클라우드 환경에 있는 서버로 전달한다. 서버는 자율 센서로부터 전달된 정보를 모니터링하거나 분석하여 재사용할 수 있도록 피드백 정보를 반영할 수 있도록 한다.

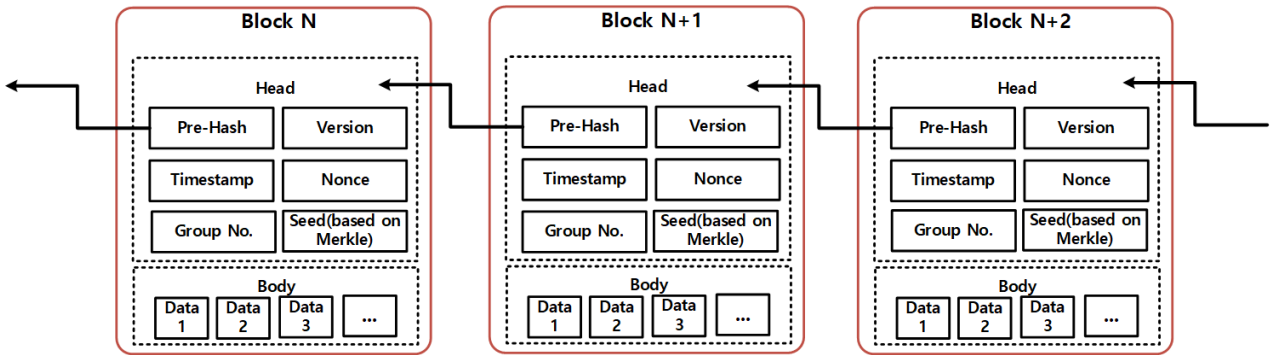


Fig. 3. The Structure of the Linked Blockchain

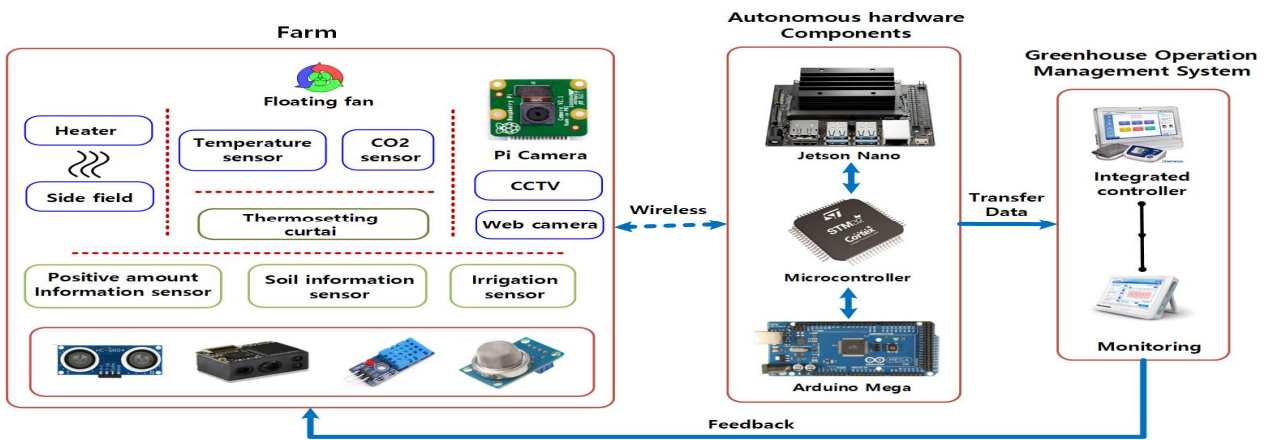


Fig. 4. Experiment Environment

Table 3. Environment Setup

Parameter	Value
The transmit/receive power of the sensors	0.01W / 0.05W
The network coverage radius	500m
The pathloss exponent	3
The available bandwidth for Server/IIoT	10MHz / 5MHz
The power of noise	-174dBm/Hz
Subnet storage capacity	1 TB
Input data size	3kbits/s
Delay threshold	5s
Link capacity	5 Gbps
Poisson lambda	80%
Data generation span	10/30/60 min
Max access count	25
The unit price of energy	0.12 Token/J

성능 평가의 네트워크 범위는 IIoT 장치의 송·수신 범위를 고려하여 500m로 설정하며 IIoT의 송·수신 파워는 0.01W/0.05W로 설정한다. 서버와 IIoT 장치의 대역폭은 10MHz/5MHz로 설정하고, 잡음 파워는 -174dBm/Hz로 설정한다. 서브넷 저장 수용량은 1Tb로 설정하고 포아송 람다는 80%로 설정한다. 그 이외의 환경설정은 Table 3 과 같다.

## 2. Performance Evaluation

### 2.1 Accuracy of Autonomous Sensors

Table 4은 농장에서 재배하는 농작물의 생육 정보를 자율 센서 이용 유·무 및 생육 정보 처리 크기에 따른 생육 정보의 수집 결과에 대한 정확도를 평가한 결과이다. 정확도 분석에 사용된 시간은 2개월이다. Table 4처럼 자율 센서의 정확도는 농작물의 생육 정보를 일정 시간 동안 해시 체인으로 묶어 정확도를 평가하였기 때문에 기존 기법보다 평균 22.9%의 향상된 결과를 얻었다. 이 같은 결과는 농작물의 생육 정보를 연계 처리하면서 자율 센서에서 수집한 생육 정보를 로드밸런싱을 유지하도록 농작물별로 가중치를 부여하였기 때문이다. 또한, 제안 기법은 기존 기법보다 농작물의 생육 정보 간 간섭을 서로 최소화한다.

### 2.2 Efficiency of Autonomous Sensors

Table 5는 농장에서 재배하는 농작물의 생육 정보를 게이트웨이를 통해 서버에서 재활용 가능한 정보를 평가한 결과이다. Table 5처럼 제안 기법은 기존 기법보다 농작물의 생육 정보의 효율성이 평균 16.4% 향상된 결과를 얻었다. 이 같은 결과는 서버에서 농작물의 정보를 손쉽게 수집 및 처리할 수 있도록 농작물의 생육 정보 간 간섭을

Table 4. Accuracy of autonomous sensor

Units : %

Accuracy using threshold probability(0.3)		Hashing based	Quantization based	Proposed scheme
Not using autonomous sensor	Bits = 8	71.354	78.627	80.123
	Bits = 16	72.857	79.698	82.214
	Bits = 32	74.031	81.367	85.326
Using autonomous sensor	Bits = 8	77.951	80.062	84.865
	Bits = 16	79.032	82.781	86.245
	Bits = 32	80.479	83.179	87.369

Table 5. Efficiency using autonomous sensor

Units : %

Efficiency using threshold probability(0.3)		Hashing based	Quantization based	Proposed scheme
Not using autonomous sensor	Bits = 8	67.549	72.409	76.342
	Bits = 16	71.302	76.473	79.604
	Bits = 32	75.738	78.762	82.047
Using autonomous sensor	Bits = 8	70.317	75.036	79.645
	Bits = 16	75.982	81.608	82.701
	Bits = 32	79.087	83.647	85.079

Table 6. Process time of autonomous sensor

Units : ms

Accuracy using threshold probability(0.3)		Hashing based	Quantization based	Proposed scheme
Not using autonomous sensor	Bits = 8	0.6087	0.6841	0.7014
	Bits = 16	0.6424	0.7254	0.7705
	Bits = 32	0.6998	0.7963	0.8214
Using autonomous sensor	Bits = 8	0.5847	0.6438	0.6965
	Bits = 16	0.6321	0.6906	0.7304
	Bits = 32	0.6517	0.7147	0.7632

Table 7. Productivity versus capital, quality improvement, energy savings, increased convenience, income assessment

Units : %

	Increase productivity	Quality improvement	Energy savings	Increased convenience	Uncrease in income
Facilities Crops	19.905	24.427	16.217	20.036	29.307
Facilities Horticulture	18.758	21.004	12.025	26.305	26.354
Facility flower	20.306	16.214	15.209	31.251	20.214
Average	19.6563	20.5483	14.4836	25.864	25.2916

최소화할 수 있도록 수집 결과를 쌍대비교 행렬을 통해 결과값을 전체 농작물 생육 정보 수만큼 계층화하였기 때문이다. 또한, 제안 기법은 자율 센서 모니터링을 통해 실시간으로 중요 관리점을 n×n 행렬로 정의된 관계 성분으로 나타낸 후 관리 기준 이탈 사항이 발행할 때마다 경고 시스템이 즉각 대응할 수 있도록 설계하였기 때문에 효율성이 기존 기법보다 향상된 결과를 얻을 수 있다.

1시간 간격으로 자율 센서가 생육 정보를 수집한 시간을 의미한다. Table 6처럼 제안 기법은 기존 기법보다 평균 13.2% 단축된 결과를 얻었다. 이 같은 결과는 자율 센서를 통해 농작물의 생육 정보를 실시간으로 서버에서 처리 및 저장하여 분석하기 때문에 생육 정보 간에 연계 처리된 트랜잭션의 누적 사용을 일정 크기로 블록 관리하기 때문이다.

**2.3 Processing time for autonomous sensors**

Table 6는 농장에서 수집된 생육 정보를 다중으로 계층화하였을 때, 서버에서 생육 정보의 처리시간을 기존 기법과 비교 평가한 결과이다. 여기서, 처리시간은 2개월 동안

**2.4 Productivity and income relative to capital**

Table 7은 스마트 팜에 투입된 자본 대비 생산성, 품질 향상, 에너지 절감, 편의성 증대, 소득 등의 항목을 시설작물, 시설원예, 시설화훼 대상으로 평가한 결과이다. Table



7의 결과처럼 스마트 팜 도입 전보다 농가에 투입된 자본 대비 품질, 편의성 및 소득이 크게 향상되었다. 농가는 스마트팜 구축 전보다 평가 항목(생산성, 품질향상, 에너지 절감, 편의성 증대, 소득 등)이 모두 향상되었지만 농가는 스마트팜 구축 비용에 대한 부담을 크게 느끼고 있었다. 그 이유는 스마트팜 구축 비용 중 정부지원금(국고와 지방비)을 국가에서 지원 받지만 자부담 비중이 매년 증가하고 있어 이를 해결해야 할 방안이 필요하다.

## V. Conclusions

스마트 팜은 IoT 기술과 인공지능 기술이 융합되면서 농업 경쟁력이 향상되고 있다. 특히, 스마트 팜은 자율 센서를 통해 농작물의 생육 정보를 손쉽게 수집하고 있다. 스마트 팜은 자동·원격 관리를 통해 운영되기 때문에 농장에 투입되는 노동·에너지 등을 최소화하여 농업 경쟁력을 높일 수 있는 다양한 연구가 제시되었다. 본 논문에서는 스마트 팜의 농작물에 자율 센서를 적용하여 농작물을 효율적으로 모니터링할 수 있는 관리 기법을 제안하였다. 제안 기법은 농작물의 관리 효율성을 향상시킬 뿐만 아니라 관리 비용을 최소화하는 데 목적이 있다. 제안 기법은 농작물의 생육 정보를 하나의 슬롯으로 할당하여 수집 정보 간 로드밸런싱을 유지함으로써 농작물의 관리 비용을 낮추었다. 제안 기법은 농작물의 생육 정보를 농작물 별로 가중치를 부여하여 농작물의 생육 정보를 4단계(센싱 탐지 단계, 센싱 전송 단계, 애플리케이션 처리 단계, 데이터 관리 단계 등)로 전산처리함으로써 농작물의 생육 정보 간에 간섭을 서로 최소화하였다. 성능 평가 결과, 자율 센서의 정확도는 일정 시간 동안 해시 체인으로 생육 정보를 묶어 처리하였기 때문에 기존 기법보다 평균 22.9%의 향상된 결과를 얻었다. 생육 정보를 쌍대비교 행렬을 이용하여 농작물 생육 정보 수만큼 계층화하였기 때문에 효율성이 기존 기법보다 평균 16.4% 향상된 결과를 얻었다. 마지막으로 중요 관리점을  $n \times n$  행렬의 관계 성분으로 나타낸 후 관리 기준 이탈에 따라 경고 시스템이 즉각 대응할 수 있으므로 기존 기법보다 평균 13.2% 단축 시간을 얻었다. 향후 연구에서는 연구 결과를 기반으로 다양한 스마트 팜의 농작물에 적용할 계획이다.

## REFERENCES

- [1] A. P. John, S. N. Anand, S. Verma, S. Shukla, A. Chalil and S. K. N, "IoT Based System to Enhance Agricultural Practices," Proceedings of the 2021 Second International Conference on Electronics and Sustainable Communication Systems (ICESC), pp. 845-850, 2021.
- [2] L. Akhila, B. S. Megha, M. Santhoshlal Nikhila, B. Sreelakshmi, P. Vykha, C. Anu and K. N. Sreehari, "IoT-enabled Geriatric Health Monitoring System," Proceedings of the 2021 Second International Conference on Electronics and Sustainable Communication Systems (ICESC), pp. 803-810, 2021
- [3] K. M. Sakthiprasad and R. K. Megalingam, "A Survey on Machine Learning in Agriculture - background work for an unmanned coconut tree harvester," Proceedings of the 2019 Third International Conference on Inventive Systems and Control (ICISC), pp. 433-437, 2019.
- [4] E. M. E. Ahmed, K. H. B. Abdalla and I. k. Eltahir, "Farm Automation based on IoT," Proceedings of the 2018 International Conference on Computer, Control, Electrical, and Electronics Engineering (ICCCEE), pp. 1-4, 2018.
- [5] P. Srivastava, M. Bajaj and A. S. Rana, "Overview of ESP8266 Wi-Fi module based Smart Irrigation System using IOT," Proceedings of the 2018 Fourth International Conference on Advances in Electrical, Electronics, Information, Communication and Bio-Informatics (AEEICB), pp. 1-5, 2018.
- [6] M. V. Gurao and U. B. Vaidya, "IOT based Smart Irrigation System," International Journal of Engineering Research & Technology, Vol. 11, No. 11, pp. 1-5, Novemver 2022. DOI: 10.17577/IJERTV11IS110063
- [7] G. Sushanth and S. Sujatha, "IOT Based Smart Agriculture System," Proceedings of the 2018 International Conference on Wireless Communications, Signal Processing and Networking (WiSPNET), pp. 1-4, 2018.
- [8] K. S. Pratyush Reddy, Y. M. Roopa, K. Rajeev L.N. and N. S. Nandan, "IoT based Smart Agriculture using Machine Learning," Proceedings of the 2020 Second International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA), pp. 130-134, 2020.
- [9] C. V. Giriraja and T. K. Ramesh, "Weather Condition Based Automatic Irrigation System," Proceedings of the 2020 2nd PhD Colloquium on Ethically Driven Innovation and Technology for Society (PhDEDITS), pp. 1-2, 2020.
- [10] V. S. Rama Krishna Sighakolli, B. Siddineni, T. J. Satyanarayana and R. Nanditha, "Emergency Locket for Women using Blynk and IFTTT based on the Internet of Things," Proceedings of the 2021 12th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies (ICCNT), pp. 1-6, 2021.
- [11] D. Savchuk and A. Doroshenko, "Investigation of machine

- learning classification methods effectiveness,” Proceedings of the 2021 IEEE 16th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), pp. 33-37, 2021.
- [12] D. V. K, Dr. T. K. Ramesh and A. Shashikanth, “A Machine Learning based Ensemble Approach for Predictive Analysis of Healthcare Data,” Proceedings of the 2020 2nd PhD Colloquium on Ethically Driven Innovation and Technology for Society (PhD EDITS), pp. 1-2, 2020.
- [13] A. Yaganteeswarudu, “Multi Disease Prediction Model by using Machine Learning and Flask API,” Proceedings of the 2020 5th International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES), pp. 1242-1246, 2020.
- [14] J. N. Reddy, K. Vinod and A. S. Remya Ajai, “Analysis of Classification Algorithms for Plant Leaf Disease Detection,” Proceedings of the 2019 IEEE International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies (ICECCT), pp. 1-6, 2019.
- [15] S. Akshay and T. K. Ramesh, “Efficient Machine Learning Algorithm for Smart Irrigation,” Proceedings of the 2020 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP), pp. 867-870, 2020.

## Authors



Yoon-Su Jeong was born in Cheong-Ju, Korea in 1975. He received the B.S. degree in the department of computer science, Cheongju National University in February 1998. He received the M.S. degree and Ph.D

in the department of computer science, Chungbuk National University in February 2000 and 2008. He is currently working professor in the department of Information and Communication Convergence Engineering, Mokwon University. His research interests also include cryptography, network security, information security, healthcare service, bioinformatic, cloud service, wire/wireless communication security, Privacy, Big data.