

# 정밀농업을 위한 환경요소 분석

이병주\*, 김정식\*\*, 곽윤식\*\*\*

## Analysis of Environmental Factors for Precision Agriculture

Byungju Lee\*, Jungsik Kim\*\*, and Yoonsik Kwak\*\*\*

2022년 한국교통대학교 지원을 받아 수행하였음

### 요 약

본 논문은 4차 산업혁명과 더불어 발전되고 있는 정밀농업에 관련한 것으로 IoT 정보처리 기술을 바탕으로 농작물의 생육 환경요소 정보의 특성과 다양한 정밀농업 기술의 발전 동향에 대해서 조사, 분석하였다. 농산업의 생산성, 상품성, 경쟁력 확보를 목표로 정밀농업에서 작물의 생육환경 요소를 대기환경 요소와 토지환경 요소 그리고 생체정보 요소로 구분하여 조사, 분석하였으며 이를 바탕으로 하는 응용 기술에 대한 조사 및 분석을 수행하였다. 더불어 대기환경 요소 5종(온도, 습도, 조도, 강우량, GPS)에 관한 관제 시스템 실험 연구를 통하여 정밀농업과 관련된 생육환경, 데이터 기반 유의미 정보(농작물의 생육환경을 위한 최적화 인자)의 활용 가능성을 확인할 수 있었다.

### Abstract

It is about with the precision agriculture which has been developing with by the 4th industry revolution. Based on the ICT information processing technology in this paper, we reviewed and analyzed the precision agriculture technology's development trends and features of the plant's growth environmental factors. In the precision agriculture to get the productivity, merchandising and competitiveness, reviewed and analyzed the plant's growth environmental elements classified into atmosphere, soil, and bio environmental elements. Also, based on this, research and analysis of applied technologies were performed. In addition, it was possible to confirm the functionality related to precision agriculture through experimental study on the monitoring system(temperature, humidity, illuminance, rainfall, GPS).

### Keywords

precision agriculture, IoT, environment factors, sensors, smart farm

\* (주)보아스에스이 대표이사

- ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9667-3351>

\*\* 한국교통대학교 산업공학과 교수

- ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8031-6934>

\*\*\* 한국교통대학교 컴퓨터공학과 교수(교신저자)

- ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7407-207X>

· Received: Dec. 05, 2022, Revised: Jan. 02, 2023, Accepted: Jan. 05, 2023

· Corresponding Author: Yoonsik Kwak

Korea National University of Transportation

Tel.: +82-43-841-5345, Email: [yskwak@ut.ac.kr](mailto:yskwak@ut.ac.kr)

## 1. 서 론

국내·외적으로 4차 산업혁명의 발전과 더불어 많은 산업 분야에서 기술 발전 및 기술개발 전략의 변화가 감지되고 있다. “축매 효과”라는 4차 산업혁명의 특성과 더불어 농산업 분야에서도 ICT 정보처리기술, 인공지능기술, 빅 데이터 처리기술의 융합과정이 진행됨으로서 21세기 농업 분야의 현안과제로 대두되고 있는 많은 글로벌 문제(고령화, 인구감소, 기후 온난화) 및 국가의 당면과제를 해결할 수 있는 전략적 정책으로 활용되기도 하였다[1]-[4].

고령화 문제, 전 세계적으로 21세기 접어들면서 당면과제가 되는 것이 인구의 고령화 문제이다. 특히 OECD 국가의 경우 고령화 속도가 매우 급진적으로 진행되어 농촌 인구에서 노령인구의 비중이 상대적으로 커지는 추세에 있으며 우리나라는 이 항목에서 세계 최고의 수준인 것으로 발표되고 있다. 이 같은 현상은 농산업 분야에서의 생산성 문제를 발생시키는 가장 결정적인 요인으로 작용하고 있다.

인구감소 문제, 현대 사회의 인구학적 문제로 가장 심각하게 대두되고 있는 것이 출산율의 저하 문제이다. 현재 농촌지역의 인구는 급격히 감소하고 있으며 이는 도시화에 따른 인구의 도시 집중화 현상 및 저출산에 기인하고 있는 것으로 판단된다. 이 같은 문제는 농촌지역의 생산 기반인 토지의 휴경화 문제 등 농경제 기반을 근본적으로 위축시키는 요인이 되고 있다.

기후 온난화 문제, 지구 온난화는 농산업에 결정적 피해요인(재난요인)으로 작용하고 있다. 또한 그 영향은 전 세계적으로 많은 문제를 발생시키고 있다. 농업은 기본적으로 자연환경에 기반하여 운용되는 산업으로 자연환경(온도, 강수량, 바람 등)의 급격한 변화는 큰 어려움을 발생시킬 수 있어 재난 수준의 자연 환경변화에 대응한 기술의 확보가 절실하게 요구되는 상태이다.

지금까지 서술한 문제점을 해결하기 위한 전략으로 각 나라에서는 정밀농업에 대한 투자를 아끼지 않고 있다. 또한 경제적, 기술적 지원을 국가 성장 동력을 위한 모멘텀으로 활용하는 국가가 확대되는 추세이다. 이 같은 추세는 농산업 경쟁력이 국가경쟁력 척도로 인용되고 있으며 국가 간 분쟁 이슈가

되고 있다.

정밀 농업기술이란? 농산업 기술에 ICT 정보 처리기술을 융합하여 농업의 생산성, 상품성, 경쟁력을 확보하는 것을 목표로 하는 융합기술을 말한다. 여기서 ICT 정보처리 기술에는 컴퓨터, 통신, 데이터처리 그리고 센서 기술 등 다양한 기술이 포함된다. 더불어 이 같은 정밀농업-스마트 팜-기술의 발전은 다양하게 분류되는데 일반적으로 적용기술 및 응용분야를 기반으로 1, 2, 3세대 기술 단계로 구별한다[3]. 이는 적용 기술 및 활용 단계를 바탕으로 분류하는 방법으로 으로 요약할 수 있다.

	Items	Contents
1'G	Tech.	• Internet & network
	App.	• Auto & remote control • Environmental factors & devices control on facility horticulture
2'G	Tech.	• Complex environmental control • Analysis for bigdata • Decision-making system
	App.	• Growth control
3'G	Tech.	• Renewable energy & optimal control technology • Robot & intelligent/autonomous mechanization
	App.	• Autonomous agricultural machinery

본 논문에서는 2~3세대의 농업기술 발전 단계로 평가 되는 농산업 관련 연구에 대한 조사범위로 농산물의 생육환경과 관련된 환경요소(대기환경 요소와 토지환경 요소)에 대한 기술을 조사, 분석하였으며 더불어 농식물의 생체 정보 요소(바이오 정보 요소)에 대한 연구자료도 범위에 포함했다.

또한 이를 바탕으로 대기환경 요소에 관한 정보의 센싱 및 분석을 위한 관제 시스템의 구현 실험으로 5종의 대기 환경요소에 대한 시스템 구축(센싱 시스템 설계, DB 설계, 관제 시나리오 등) 및 실험 결과, 농기술에 ICT 기술의 융합을 기반으로 하여 생산성, 경제성, 상품성을 확보할 수 있다는 가능성을 확인할 수 있었다.

## II. 관련 연구

본 장에서는 정밀 농업기술의 핵심 요소라 할 수 있는 농작물의 생육환경 요소인 환경요소(대기 및 토지) 및 농작물의 생체정보와 관련한 기술 및 그 응용 사례에 대해서 기술 자료를 조사, 분석하였다.

### 2.1 환경요소

농작물의 생육 환경요소에 관한 연구는 오래전부터 다양한 형식으로 진행되어 왔다. 일반적으로 식물의 생육에 영향을 미치는 생육환경 요소는 대기 환경(Atmospheric environment) 및 토양환경(Soil environment) 요소로 분류되며 이를 요약한 것이 표 1이다. 또한 이를 바탕으로 생육환경 요소에 대한 모니터링 및 제어 그리고 서비스 플랫폼 구현 등 다양한 목적으로 연구가 진행되는 추세이다.

표 1. 환경요소  
Table 1. Environmental factors

Classification	Factors
Atmospheric factors	Temperature
	Humidity
	Illumiance
	Rainfall
	Wind direction & speed
	Insolation
	Gas
Soil factors	Temperature
	Soil-humidity
	Acidity
	Nitrogen
	Phosphorus
	Potassium

먼저 환경요소의 관제 및 제어에 관한 연구와 관련하여 Aneur, Kia, Zhang[5]-[7] 경우, 정밀농업 시스템에서 관제 시스템 및 제어시스템에 중점을 두고 작물의 최적화된 생육환경조성, 지능적 관계시스템 구현, 작물생육의 실시간 상태 분석이라는 연구 목적을 달성할 수 있도록 하였다. 해당 연구의 환경

요소로 온도, 습도, 산도, 가스 등을 설정하고 이를 센싱, 최적화 제어를 위한 알고리즘 중심으로 연구가 진행되었다.

또한 Seo & Park, Lee, Kang[8]-[10]의 경우, 실시간 모니터링 및 제어시스템 구현을 목적으로 환경요소로 기상정보, 토양정보, 생체정보에 대한 데이터를 센싱, 활용하였으며 실시간 제어 중심의 연구가 진행되었다.

Kang, Yoo, Kim[10]-[12]의 경우, 정밀농업 관련 시스템의 서비스 플랫폼 구현을 중점 목적으로 하는 연구가 진행되었다. 특히 최적의 생장 환경 알고리즘, 센서 기반의 센싱 데이터와 기상요소를 결합한 분석을 목적으로 ICT 서비스 플랫폼 기술에 중점을 두고 연구가 진행되었다.

### 2.2 생체요소

정밀농업 분야에서 농식물과 관련한 생체정보 요소로 수액흐름(Sap flow) 정보, 형태(Shape)정보, 색(Color)정보, 크기(Size)정보, 길이(Length)정보 등 많은 생체정보 요소에 대해서 광범위하게 연구되어 왔다. [13]-[16] 이를 요약한 것이 표 2이다.

표 2. 생체정보 요소  
Table 2. Bio information factors

Classification	Factors
Bio information	Sapflow
	Shape
	Size
	Length
	Volume

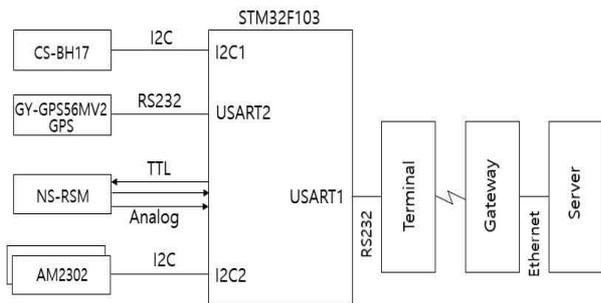
Kim[13]-[15]의 경우, 농작물의 생체정보로 수액흐름정보(Sapflow information)를 추출하고 이를 바탕으로 식물의 생육상태를 판정하여 관수에 대한 최적화 제어 알고리즘에 관해서 연구하였다. 또한 Kim[16]의 경우, 농식물에 대한 생체정보로 형태, 크기, 길이, 체적 등의 정보를 추출하고 이를 바탕으로 식물의 생육상태를 판정하는 생육환경의 최적 제어 알고리즘에 관해서 연구하였다.

최근의 연구 동향으로 환경요소와 생체정보 요소를 융합하여 환경요소의 최적제어를 통하여 식물의 생육환경의 최적화(농식물의 생체정보 요소를 바탕으로 판단)를 달성하는 방향으로 연구가 진행되고 있는 것으로 판단된다. 또한 심층 학습(Deep learning) 기술에 바탕을 둔, 빅 데이터 처리기술을 활용하여 최적제어를 위한 유의미한 자료를 도출하는 전략이 적극적으로 활용되는 추세로 판단된다.

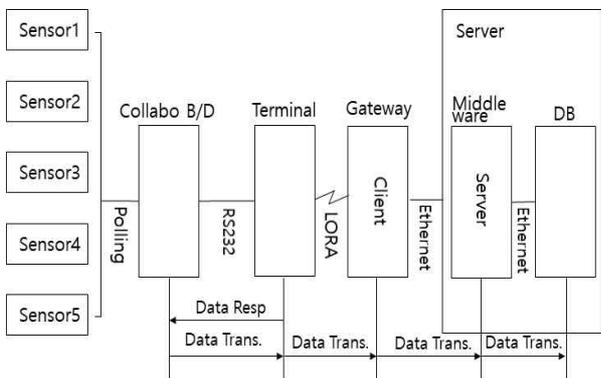
### III. 시스템 및 센싱 데이터

본 정밀농업 기술 사례로 대기환경 요소(표 1)에 대한 센싱 및 관제 시스템에 대한 시스템 구성, 관제 시나리오, 센싱 데이터 형식(DB) 등에 대해서 시스템 구현 및 테스트 베드[4]를 운영하였다.

시스템의 구성 요소를 나타낸 것이 그림 1(a),(b)이다. 또한 구현 시스템에서 센서 데이터의 모니터링 시나리오를 나타낸 것이 그림 2이다[4].



(a) 시스템 구조  
(a) System architecture



(b) 시스템 블럭다이어그램  
(b) System block diagram

그림 1. 시스템 구성도

Fig. 1. System(Monitoring) configuration

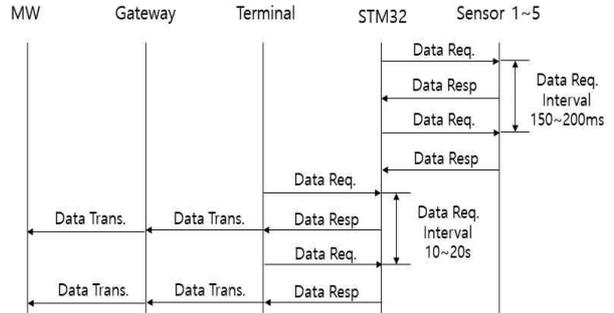


그림 2. 모니터링 시나리오  
Fig. 2. Monitoring scenario

여기서는 MW, 게이트웨어, 터미널, CPU(STM32), 센서 5종 간의 “센서값 송신”(Data Trans.), “센서값 요청”(Data Req.) “센서값 응답”(Data Resp.) 관련한 모니터링 시나리오를 나타낸 것으로 특히 센서 간의 데이터 획득과정에서의 폴링방식을 기반으로 여러 종의 환경요소 데이터를 획득할 수 있었다.

서버 시스템(관제 및 분석 시스템)의 중요성은 DB 설계 및 원시 데이터를 기반으로 유의미한 정보처리 알고리즘으로 결정된다.

본 실험 연구에서는 앞서 서술한 것과 같이 5종류의 센서를 통하여 대기환경 요소 정보를 획득하였다. 여기서 요소 인자의 데이터 형식은 적용 센서의 사양과 밀접한 관계가 존재하므로 이를 나타낸 것이 그림 3(a)이다. 5종의 센서 사양을 적용하여 DB 형식을 실수형 및 정수형의 데이터 형식으로 DB를 설계, 구축하였다.

또한 관제 시스템 전체의 데이터 형식을 나타낸 것이 그림 3(b)이다.

### 3.1 결과 고찰

현장 시험 결과, 획득한 센싱 데이터 샘플과 이를 DB로 구축한 시스템을 나타낸 것이 그림 4이다. 본 시스템의 경우, 다수의 센서를 폴링 방식을 적용하여 스케줄링을 시행하였으며 센서 노드로부터 데이터의 요청 및 송수신을 위한 시간 지연 과정이 필요한 것으로 확인하였으며 이 같은 과정은 센서의 AP가 되는 프로세서와 터미널 간에도 발생하는 것으로 확인할 수 있었다. 수 백개 이상의 센서 설치 시, 이 같은 문제를 반드시 고려하여 AP 설치 전략을 세워야 할 것으로 판단된다.

Factors	Module	Data format
Temp. & Humid.	AM2302	Flot
Illumiance	CS-BH1721	Int
Rainfall	NS-RSM v7.0	Int
GPS	NEO-6M	Flot

(a) 5요소에 대한 데이터형식  
(a) Data format for 5 factors

Device id										Length	Device type	Networ depth
Byte	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Data	0x80	0xAF	0x30	0x30	0x30	0x30	0x30	0x31	0x76	0x03	0x01	

Meter type	FW Version				Sensor ID				GPS 날짜			
	ID				Year				Month			
Byte	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Data	0x06	0x123456			0x12345678				0x1234			0x00

GPS 날짜	GPS 시간				GPS 경도				GPS 위도			
	Day	Hour	Minute	second	NS				WS			
Byte	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
Data	0x28	0x00	0x10	0x00	0x12345678				0x12345678			

GPS 위도	NPK sensor				illumination sensor		Humidity & Temperature sensor				
	WS	N	P	K	illumination		Humidity			Temperature	
Byte	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
Data		0x00	0x00	0x00	0x1234		0x12345678				

Humidity & Temperature sensor	Rain sensor			Reserved										
	Temperature			Rain ADC		Rain on/off								
Byte	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54			
Data	0x12345678			0x1234		0x00		0x00	0x00	0x00	0x00			

Reserved											
Byte	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
Data	0x00										

(b) 시스템에 대한 데이터 형식  
(b) Data format for the system  
그림 3. 환경요소 및 시스템 데이터형식

Fig. 3. Format of environmental factors & system data

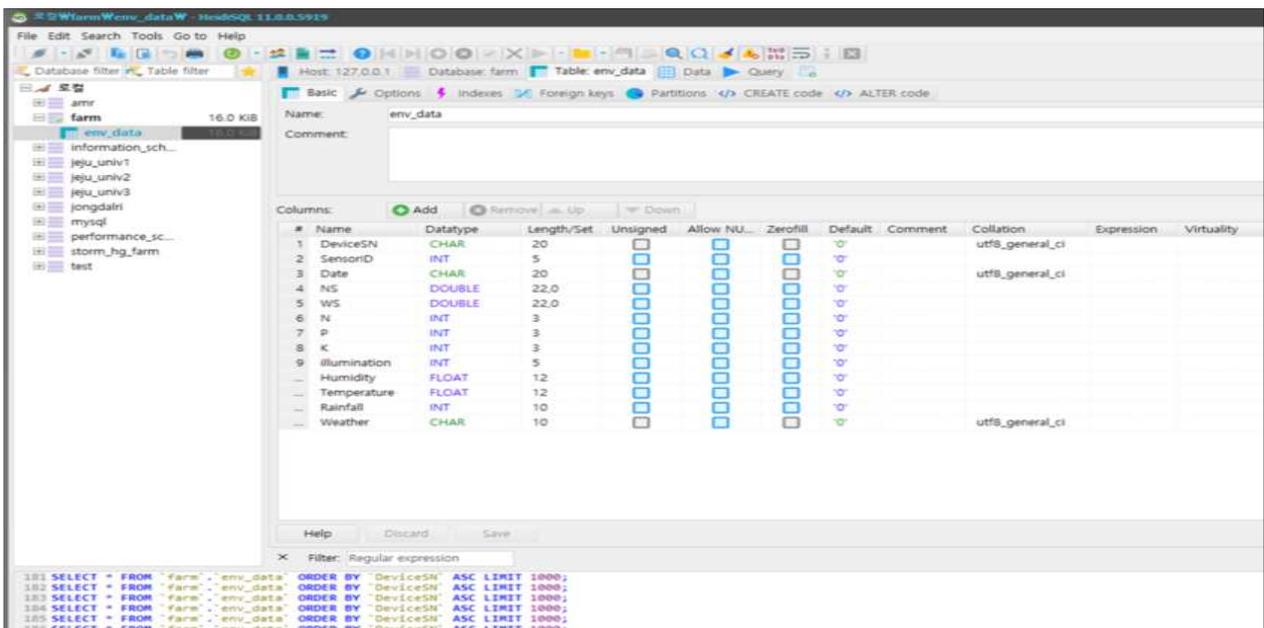


그림 4. 구현 DB 테이블  
Fig. 4. Implemented DB table

<센싱 데이터>

• Send data : A5 5A 3F 00 11 35 30 35 37 35 31  
30 66 66 22 42 9A 99 A1 41 00 3D 44 5C C2 A7  
EB 83 C3 89 F2 7C 44 00 00 00 00 00 00 00  
00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00  
87 36 02 00 F3 D0

또한 구축한 DB의 빅 데이터는 다양한 인공지능 기술을 활용하는 분석과정을 통하여 유의미한 정보를 도출하기 위한 원래 데이터로 활용 가능성이 매우 큰 것으로 판단된다([4]에서는 농산물의 상품성 판정을 위한 척도(당도)를 추출함). 특히 3세대 스마트 팜 시대의 도래에 따라 최적화 에너지 및 제어 기술의 활용에 중점을 두고 연구가 진행되는 것으로 확인하였다.

#### IV. 결 론

본 논문은 4차 산업혁명과 더불어 국가의 정책적 지원 및 경쟁력 강화 정책이 집중되고 있는 농산업을 위한 것으로 정밀농업(스마트 팜)과 관련한 기술 발전 및 연구 동향에 대해서 자료조사 및 분석을 수행하였다. 또한 정밀 농업기술에서 활발하게 활용되고 있는 대기환경 요소(온도, 습도, 강수량, 조도, GPS)와 관련된 관제 시스템 실험 연구과정을 수행하였다.

실험 결과, 대기환경 요소 관련 DB 설계 및 관제 시스템을 구축하여 농산업을 적용하였고 ICT 기술의 융합과정에서 고려해야 할 다양한 문제점-센싱 데이터의 분석기술의 필요성, 인공지능기술 등을 확인할 수 있었다. 또한 정밀농업 기술의 발전 및 연구 방향으로 환경요소와 생체요소의 결합을 통한 원천 데이터의 확보 및 인공지능기술을 바탕으로 하는 분석, 최적 제어 기술에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있는 것으로 확인할 수 있었다.

#### References

[1] B. Lee and Y. Kwak, "Design and Implementation of the data collector of sensor tags", Journal of

KIIT, Vol. 12, No. 4, pp. 89-95, Dec. 2014. <http://doi.org/10.14801/kiitr.2014.12.4.89>.

[2] J. K. Lee and Y. Kwak, "Design and Implementation of the Protocols of Data Collectors in Sensor Networks", Journal of KIIT, Vol. 12, No. 5, pp. 55-60, 2014.

[3] J. S. Lee, "Direction of research and development for improving international competitiveness of horticultural Facilities", Korean Society for Horticultural Science - HORTICULTURE ABSTRACTS, pp 56-57, 2020.

[4] B. Lee and Y. Kwak, "Implementation of the Smart IoT System for Analysis of Environmental Factors for Open-Field Agriculture", Journal of KIIT, Vol. 20, No. 2, pp. 63-69, Feb. 2022. <http://doi.org/10.14801/kiitr.2022.20.2.63>.

[5] S. Ameer, M. Laghrouche, and A. Adane, "Monitoring a greenhouse using a microcontroller-based meteorological data acquisition system", Renewable energy, Vol. 24, No. 1, pp. 19-30, Sep. 2001. [https://doi.org/10.1016/S0960-1481\(00\)00181-6](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(00)00181-6).

[6] P. J. Kia, A. T. Far, M. Omid, R. Alimardani, and L. Naderloo, "Intelligent control based fuzzy logic for automation of greenhouse irrigation system and evaluation in relation to convolution systems", World applied sciences journal, Vol. 6, No. 1, pp. 16-23, 2009.

[7] W. Zhang, G. Kantor, and S. Singh., "Integrated wireless sensor/actuator networks in an agricultural applications", 2nd ACM International conference on embedded networked sensor system, pp. 317, Nov. 2004. <https://doi.org/10.1145/1031495.10315>.

[8] J. H. Seo and H. B. Park, "Real time remote greenhouse monitoring and control using Labview", Journal of the Korea institute of information and communication engineering, Vol. 7, No. 4, pp. 779-787, Aug. 2003.

[9] E. J. Lee, K. I. Lee, H. S. Kim, and B. S. Kang, "Development of agriculture environment monitoring system using integrated sensor module",

The Korea contents association, Vol. 10, No. 2, pp. 64-71, Feb. 2010. <https://doi.org/10.5392/JKCA.2010.10.2.063>.

pp. 745-750, May 2013. <https://doi.org/10.13067/JKIECS.2013.8.5.745>.

- [10] M. S. Kang, J. S. Seo, K. R. Park, Y. G. Kim, C. B. Sim, and C. S. Shin, "A greenhouse monitoring system for optimal growth environment", Journal of Korea society for internet information, Vol. 8, No. 1, pp. 285-290, 2007.
- [11] N. H. Yoo, G. J. Song, S. Y. Yang, C. S. Son, J. W. Koh, and W. J. Kim, "Design and implementation of the management system of cultivation and tracking for agricultural productions using USN", Journal of communications of the Korea information science society, Vol. 15, No. 9, pp. 661-674, Sep. 2009.
- [12] K. O. Kim, K. W. Park, J. C. Kim, M. S. Jang, and E. K. Kim, "Establishment of web-based remote monitoring system for greenhouse environment", Journal of the Korea institute of electronic communication science, Vol. 6, No. 1, pp. 77-83, Feb. 2011. <https://doi.org/10.13067/JKIECS.2011.6.1.077>.
- [13] B. Kim, "Design and Implementation of Low-Cost Thermal-RGB Camera for Remote Monitoring Crop", Global Journal of Engineering Sciences, Vol. 8, No. 5, pp. 1-3, Nov. 2021.
- [14] B. Kim, "A Robust Irrigation System with a Flow Sensor", Intl journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, Vol. 10, No. 5, pp. 1-3, 2021. <http://dx.doi.org/10.35940/ijitee.D8550.0210421>.
- [15] B. Kim, "Design and Implementation of an Autonomous Irrigation System using an Open-Source Internet of Things Platform", Intl journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, Vol. 10, No. 1, Nov. 2020.
- [16] K. O. Kim and E. K. Kim, "Cycle-Cycle plant Growth automatic control monitoring system using smart devices", Journal of the Korea Institute of electronic communication Sciences, Vol. 8, No. 5,

## 저자소개

### 이 병 주 (Byungju Lee)



2004년 8월 : 충북대학교(공학석사)  
2006년 6월 : 삼성전자  
2009년 10월 : 충북대학교  
산학협력단  
2010년 9월 ~ 현재 :  
(주)보아스에스이 대표이사  
관심분야 : 모니터링시스템

### 김 정 식 (Jungsik Kim)



1986년 8월 : 숭실대학교(공학석사)  
1997년 8월 : 아주대학교(공학박사)  
1991년 5월 ~ 현재 :  
한국교통대학교 산업경영공학과  
교수  
관심분야 : 기술경영, 설비신뢰성

### 곽 윤 식 (Yoonsik Kwak)



1986년 9월 : 경희대학교(공학석사)  
1994년 3월 : 경희대학교(공학박사)  
1991년 5월 ~ 현재 :  
한국교통대학교 컴퓨터공학과  
교수  
관심분야 : 센서네트워크, 인터넷  
통신