

사물인터넷을 이용한 지능형 노지 농작물 관리 시스템 개발

염성관¹, 홍성광², 고완기^{3*}

¹원광대학교 정보통신공학과, ²영주 E&I, ³제주한라대학교 정보기술건축학부

The Smart Outdoor Cultivation System using Internet of Things

Sungkwan Youm¹, SungKwang Hong², Wan-Ki Koh^{3*}

¹Department of Information and Communication Engineering, Wonkwang University

²YoungJoo E&I Limited

³School of Information Technology and Architecture Cheju Halla University

요 약 농업 인구의 감소와 노령화로 인하여 온실 재배 중심의 스마트 팜에 대한 연구가 활발하게 진행 중이나 채소와 같은 작물의 경우 노지 재배가 70%를 차지한다. 이에 노지 농작물 재배의 자동화, 무인화 및 지능화를 통해 생산성을 향상시키고 토양 오염을 방지할 필요가 있다. 본 논문은 사물인터넷을 이용한 노지 농작물 재배 시스템 구축 사례를 설명하고 노지 작물 재배 시스템에서의 환경 변수를 정의하였다. 다양한 센서를 통해서 토양의 온도, 함수율, 전기전도도, 산성도를 측정하여 LoRa 통신 모듈을 이용하여 서버로 정보를 전달하고, 서버는 이 데이터를 바탕으로 시비량 및 관수량을 제어한다. 노지 농작물 재배에 적합한 통신 방식인 LoRa 기술을 이용하여 넓은 노지를 관리하고 생산량 및 판매실적까지 관리하는 시스템을 개발하였다.

주제어 : 사물인터넷, 노지 작물, 센서, LPWAN, LoRa

Abstract Research on smart farms centering on greenhouse cultivation is actively under way due to the decrease in agriculture population and aging, but in the case of vegetables such as vegetables, outdoor cultivation is 70%. Therefore, there is a need to improve productivity and prevent soil contamination by automating, cultivating, and intelligentizing the outdoor cultivation of agriculture crops. In this paper, we show the case of establishing a outdoor production system using the Internet of things and define the environmental variables in the outdoor production system. By measuring soil temperature, water content, electrical conductivity and acidity through sensors, LoRa communication module transmits the information to the outdoor production system. The outdoor production system controls the amount of fertilizer and the volume of water based on this sensor data. We have developed a system that manages a wide range of crops using LoRa technology, which is a suitable communication method for cultivating crops, and manages production volume and sales performance.

Key Words : IoT, Outdoor Cultivation, Sensor, LPWAN, LoRa

1. 서론

국내뿐만 아니라 전세계적으로 농업 인구 감소와 고

령화로 인하여 농업 생산성 저하되고 있다. 이를 극복하기 위해 농업에 ICT 기술을 적용한 스마트팜을 적극적으로 개발하고 운영하려고 하고 있다. 우리나라에서 농업

*This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Science and ICT(2018R1D1A1B07050277)

*Corresponding Author : Wan-Ki Koh(kwk@chu.ac.kr)

Received May 31, 2018

Revised July 12, 2018

Accepted July 20, 2018

Published July 28, 2018

생산성 향상을 위해 스마트팜과 관련 기술을 표준화 하고 제품을 개발하여 한국형 스마트팜을 수출하려고 하고 있다[1-4].

온실 재배의 경우 많은 연구가 진행되고 있으며 그중 클라우드와 접목한 온실 재배에 관한 연구가 진행되었고 이 연구에서는 통합 데이터, 생육 환경모델, 구동기 제어 모델, 스마트 온실 관리, 지식 기반 전문가 시스템 및 농가 대시보드 모듈을 통해 통합 데이터 저장 및 분석을 위한 인프라를 설계하고 생육환경과 생산성 그리고 액츄에이터 제어를 정량화하는 기능에 관한 연구가 진행되었다 [5-7].

하지만 우리나라는 채소류의 경우 노지재배가 시설재배와 노지재배를 포함하는 총 생산량(톤)의 70%를 차지하고 있다[8]. 농가 작물 생산량이 차지하는 비중이 큰 과수원에(감귤, 사과, 배,복숭아), 엽채류(배추, 양배추), 조미채소(양파, 마늘) 등이 노지재배에 의존하고 있다.

지구온난화에 따른 태풍이나 한파와 같은 이상 기후 발생 빈도가 심화되고 있다. 이러한 환경에서 발작물의 생육 관리에 필요한 정보 등을 실시간 수집하여 적시에 제공하는 것이 중요함에도 개발 진행 중인 기술은 시설재배 작물에 집중하고 있는 실정이다. 노지 작물 재배에 있어서 기후변화에 따른 토양, 수분, 온도 관리가 매우 중요하다. 대부분의 스마트 팜 사업의 시설원에 중심의 솔루션 개발 사업으로 추진되고 있다[9-11].

제안하는 노지 작물 재배 시스템을 통해서 노지 작물 재배의 최적 환경조건 유지와 제어를 통해 농가의 생산원가 절감과 작물의 생산성 및 품질을 향상시키고자 한다. 노지 작물의 성장 생육에 중요한 요소인 토양, 수분, 온도를 실시간 측정할 수 있는 센서와 측정된 데이터를 실시간 수집하기 위한 통신기술을 통해서, 수집된 데이터를 기반으로 빅데이터 분석을 통해 작물의 종류에 따른 시비량 처방, 토지 개량제 살포, 관수를 자동제어하기 위한 플랫폼을 개발하여 정밀농업 및 과학영농을 실현하고 농업경쟁력 강화를 통해 농업 현장의 혁신과 관련 산업의 발전으로 이어질 수 있도록 질적 고도화를 추구할 필요성이 있다[12-13].

노지 작물 환경에 필요한 요소들을 최적으로 관리함으로써 고품질의 작물 생산이 가능하고 경험에 의한 농법을 개선함으로써 투입 자원(재료비, 노동력)을 최소화하여 생산 경비 절감을 통한 경쟁력 확보 적정 시비량으로 토양오염 방지 등을 통한 친환경농업 기반 구축할 수

있다.

본 논문은 2장에서 구축한 노지 농작물 재배를 위한 지능형 관리 시스템에 대해서 소개하고 시스템에서 사용된 센서와 액츄에이터에 대해서 알아본다. 그리고 3장에서 시스템을 통한 센서 측정값과 관수와 같은 재배 구동 결과를 보여주고 검토한 후 마지막 장에서 결론을 맺는다.

2. 재배 관리 시스템 구성도

2.1 통신 및 시스템 구성

제안하는 노지 농작물 지능형 관리 시스템은 입력부, 처리부, 출력부로 구분되어 있다. Fig. 1은 노지 농작물 재배 시스템 구성도를 나타내고 있다. 여기서 입력부는 각종 센서로부터 노지의 수분함수율, 지온, 전기전도도, 산성도와 같은 데이터를 수집하여 서버로 전달한다. 센서 데이터를 수신한 서버에서는 대기온도, 강수량을 고려하여 시비량 및 관수량을 설정하고 노지에 관수 및 비료를 시비하는데 사용된다. 이때 실제 관수량을 측정하기 위해 관수 미터링으로 부터 데이터를 수집하여 서버에 데이터를 기록한다. 이를 제어하기 위해 서버에 각 작물에 대한 시비정보, 최적 지온, 최적 수분함수율과 같은 기초 정보를 입력한 후 해당 농작물에 맞도록 관리하도록 하였다.

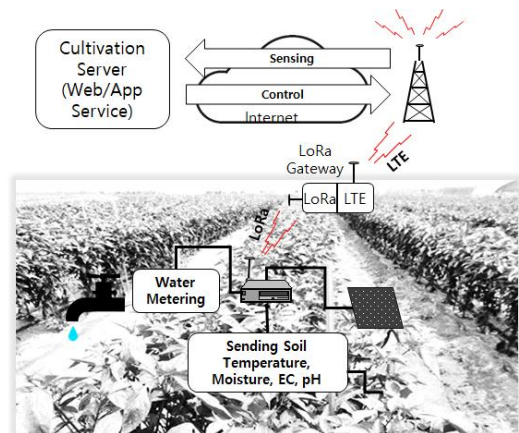


Fig. 1. Outdoor Cultivation Management System

일반적으로 넓은 토지를 관리해야 하는 노지 농작물 재배의 경우 원거리를 지원하는 저전력 광대역 무선 통신 방식(Low Power Wide Area Network, LPWAN)이

적합하다. 데이터 전달 범위가 짧은 Bluetooth나 LAN으로는 노지 작물을 재배할 때 필요한 원거리의 센서 데이터를 수집하거나 구동부를 제어할 수 없다. 저대역 원거리 무선 통신 방식으로 최근 LoRa를 비롯해 여러 가지 통신 방식이 제안되었다. Table 1은 여러 가지 원거리 무선 통신 방식을 나타내고 있다. 본 논문의 노지 농작물 재배 시스템에서는 무선 통신 방식으로 LoRa를 사용하고 있다[14-15]. LoRa는 가격이 저렴하고 접근성이 용이하여 구축이 용이하다. 뿐만 아니라 LoRa의 주파수 대역은 비 면허 대역을 사용하고 있어 장치 전파 인증 절차가 간편하고 구축이 용이하다.

Table 1. IoT LPWAN Standard

	LoRa	SigFox	LTE-M	LTE-NB-IoT
Band	920MHz	920MHz	800MHz, 1.8GHz	In-band, Guard-Band
Standard	LoRa Appliance	ETSI	3GPP	3GPP
Stage	Completed	Completed	Rel.12	Rel.12
Speed	5.4kbps	1kbps	Cat.0:DL/UL 1/1Mbps Cat.1:DL/UL 10/5Mbps	kbps
Commercialization	Commercialized	Commercialized	Cat1 Service	Rel 13

LoRa에서는 여러 가지 통신 방식 중에 디바이스의 DL 수신 가능 시간에 따라 Class A/B/C 타입으로 구분하여 노지 재배에서는 UL 위주의 서비스를 사용하므로 Class A 타입을 사용하고 있다. Class A의 경우 디바이스는 UL 송신 후 정해진 시간(1초) 간격으로 2번 DL 신호를 감지한다. 반면의 Class B의 경우 디바이스는 정해진 주기(최대 128초)에 동기화하여 DL이 가능하다. 노지 농작물 재배 시스템에서는 짧은 주기로 지면의 온도, 습도, 산성도, 전기 전도도를 측정하고 반면에 관수 및 시비를 긴 주기로 제어해야 하기 때문에 상향식 서비스가 이루어져야 하는 Class A가 적합하다[16,17].

노지에서 측정된 센서로부터 데이터를 수집하여 전달하기 위해 LoRa 게이트웨이를 설치하였다. 그림 2에서 보는 바와 같이 태양광으로 동작 하며 옥외 제어함은 각종 센서로부터 데이터를 수집하여 수분 함수율, 지온, 산

성도, 전기전도도, 미터링 센서를 통해서 센서의 정보를 취득해서 관리한다. 옥외제어함은 독립적인 전원을 공급하기 위해 태양광을 이용하여 전력을 공급한다. 태양광 발전 용량은 20W이며 축전지의 용량은 27Ah이다. 그리고 이 제어함을 통해서 관수를 하고 관수량을 계측한다.



Fig. 2. Outdoor Gateway Control Unit

구축된 재배 관리 시스템에서 디바이스를 등록하고 등록된 디바이스로 부터 측정한 토양 정보는 보여준다. 서버는 Fig. 3에서 보는 바와 같이 디바이스를 등록하고 관리하는 절차를 수행한다. 먼저 사용자가 디바이스 등록을 요청하면 해당 디바이스의 상태를 확인하여 데이터베이스에 쓰고 사용자에게 응답한다.

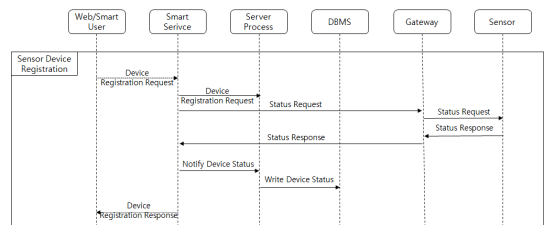


Fig. 3. Sensor Device Registration Procedure

서버는 Fig. 4와 같은 방법으로 센서 정보를 사용자에게 보여준다. 사용자가 조회를 요청했을 때 데이터베이스의 정보를 읽어서 보여준다. 여기서 센서는 주기적으로 서버에 측정된 결과를 업데이트한다.

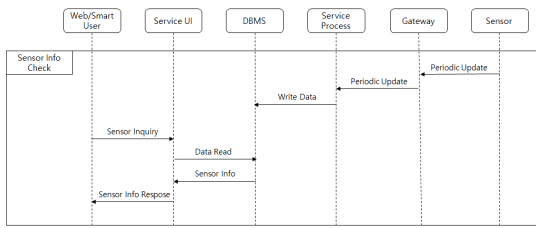


Fig. 4. Environment Variables Inquiry

2.2 토양성분 수집 장치

각종 수분 함수율, 지온, 산성도, EC, 미터링 센서를 통해서 토양 정보를 취득해서 관리한다. Fig. 5에서는 토양 정보를 측정하는 센서를 보여준다. 이렇게 측정된 데이터를 활용하며 작황량 및 학습 데이터를 바탕으로 관수 및 시비량을 제어하도록 하는데 있다.

작물별 토양의 최적 함수율을 유지하기 위해서 토양의 수분을 Fig. 5(a)를 이용하며 지속적으로 측정해야 한다. 토양의 수분은 0 ~ 100%의 측정 범위로 계측된다. 이때 측정되는 오차는 ± 3%이며 측정 알고리즘은 FDR(Frequency Domain Reflectometer)이다. 강수에 따라 토양의 함수율을 측정해서 관수 장치를 제어하여 건기에 적절한 수분을 공급해야 한다. 함수율이 높은 경우 배수가 이루어지도록 알려주는 알람을 발생 시킬 수도 있다.

그림 5. (c)를 이용하여 토양의 산성도를 측정하며 산성화 정도에 따라 적절한 석회 비료를 시비하고자 한다. 토양은 여러 가지 이유로 해서 산성화가 진행된다. 과도한 화학 비료를 사용하거나 산성비로 인하여 토양의 산성화가 진행된다. 농작물의 특성에 따라 적절한 산성도가 유지되어야 하나 산성화된 토양에서는 생육이 정상적으로 이루어지지 않는다. 산성도 측정은 전극의 전위차를 이용하여 측정한다. 일반적인 측정 범위는 -2.0 ~ 14.0 이며 정확도는 ± 0.2 이다. 하지만 가변성이 높아 세심히 측정하지 않으면 정확하지 않은 값을 측정할 수 있다. 본 연구에서는 측정하고자 하는 토양의 시료를 취득하여 전극 세척하여 반복적으로 측정하여야 하였다. 범용적으로 사용되는 산성도 측정기를 이용하여 토양에서 측정하여 서버에 수동으로 기록하고 있다.

전기전도도는 Fig. 5(d)를 이용하여 측정하며 영양 염류의 함량인 염류집적 정도를 나타내는 기준치이다. 전기전도도는 질소 비료 시비량을 조절하는 값으로 활용된다. 전기전도도 값이 커질수록 작물의 수확 손실량이 증

가하는 특징을 나타낸다. 작물에 따라 적정 전기전도도가 있으며 질소 비료 시비를 통해 전기전도도 있다. 0.7이하가 상급의 토양으로 구분되고 있다. 전기전도도(EC)는 0 ~ 10 dS/m의 측정범위를 가지고 있으며 오차범위는 ±0.1dS/m이다. 측정 방법은 임피던스 측정 기술을 이용해서 측정한다.

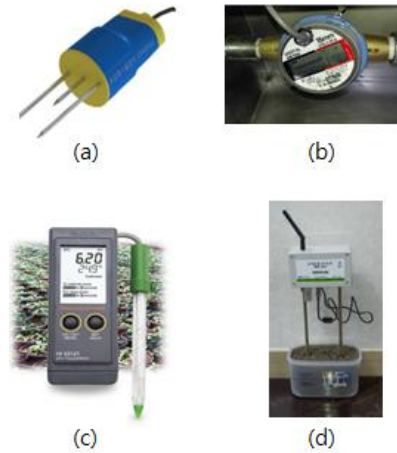


Fig. 5. Sensors on Soil

토양에 실질적으로 공급되는 수분을 측정하기 위해 관수량은 Fig. 5(b)로 측정된다. 함수율을 측정하여 토양에 수분이 부족한 경우 관수 장치를 가동하여 토양에 물을 공급하고 측정해야 실제로 공급된 수분의 양을 산출할 수 있다. 함수율을 측정하여 수분을 공급하므로 과도하게 소비되는 물의 양을 줄일 수 있고 이는 물 부족 국가에서는 필요한 기능이다.

대기의 온도 및 습도는 직접적인 작황을 위한 변수는 아니지만 생산량을 예측할 수 있는 시스템으로 활용될 수 있어 측정을 하고 있다. 온도 및 습도는 생산하고자 하는 품종에 따라 작황에 미치는 영향이 다르므로 온습도에 의한 작황의 영향을 분석하여 기계학습과 같은 방법을 통해서 작황을 예상할 수 있다.

서버에서는 센서로 부터 토양정보 데이터를 수집하고 이 데이터를 바탕으로 관수 및 시비량을 제어 할 뿐 아니라 작업이력, 생산이력, 판매실적 까지 관리한다. 이를 위해 기존 작물의 화학적 특성을 데이터베이스로 구성한다. 작물별 비료사용처방 기준과 토양 및 식물체 분석법으로부터 작물별 시비량을 참고하여 데이터베이스를 구성하였다. Fig. 6는 딸기 품종의 석회, 질소, 인산, 칼리의 시비량 공식을 나타내고 있다. 여기서 x, y, A는 전기전도

도, 시비량, 농지면적(m²)를 각각 나타낸다.

id	farmid	name	fert	formula	reg_date
1	1	말기	석회	$y=3*(6.5-f)*20/10$	2018-01-26 15:17:18
2	1	말기	질소	$y=(18.715-4.707*x)*A/1000$	2018-01-26 14:24:15
3	1	말기	인산	$y=(30.899-0.050*x)*A/1000$	2018-01-26 14:24:17
4	1	말기	칼리	$y=(24.908-43.813*x)*A/1000$	2018-01-26 14:24:18

Fig. 6. Fertilizer Formula

토양이 산성화 되어 있는 경우 석회 소요량을 간이 계산하여 시비량을 결정한다. 토양산도가 6.5이상이면 대부분의 발작물재배에 적당한 것으로 알려져 있다. 따라서 토양은 개량목표를 pH 6.5로 조절하기 위하여 소요되는 석회비료를 사용한다. 토양산도(pH)만을 알고 있을 때의 석회소요량은 다음 공식에 의해 계산할 수가 있다. 석회 소요량, LR 은

$$LR = A \times (X - Y) \times D / 10$$

이다. 여기서 A, X, Y, D 는 각각 pH 1.0 높이는 데 필요한 석회량, 개량목표로 하는 산성도, 현재 토양의 산성도, 개량목표로 하는 깊이층의 깊이이다.

3. 재배관리 시스템의 토양 검정 결과 분석

Fig. 7는 센터로부터 취득한 데이터와 관수 정보를 아래와 같이 확인할 수 있다. 사물인터넷 통신으로부터 대기의 온도, 습도, 노지의 온도, 함수율, 전기전도도의 데이터를 취득한 그림을 나타낸다. 현재 값을 실시간으로 확인할 수 있으며 이 데이터는 시비량을 계산하는데 사용되는 값이다. 그리고 수분 센서를 통해서 측정된 값을 바탕으로 Fig. 8에서는 실제 관수 제어를 통해서 공급된 물의 양을 나타낸다.

type	comm	port	sensor	control	current_value	reg_date
센서	SNV11	N2	Temperature	(NULL)	11.4375	2018-01-26 15:06:46
센서	SNV11	N2	Humidity	(NULL)	44.3848	2018-01-26 15:06:46
센서	SNV11	N2	SoilTemperature	(NULL)	10.1	2018-01-26 15:00:46
센서	SNV11	N2	SoilMoisture	(NULL)	5.2	2018-01-26 15:06:46
센서	SNV11	N2	SoIEC	(NULL)	0.33	2018-01-26 15:06:46
제어	WTR21	W1	WATER	(NULL)	1	2018-01-18 16:28:32
센서	SMT1	WTR21	MITTER	(NULL)	0.599	2018-01-18 17:46:19

Fig. 7. Results of Inquiry on Soil Sensors

연간 생산량을 측정하여 관리하고 측정된 센서 데이터를 기반으로 차년도 생산량 예측이 필요하다. 본 연구에서는 데이터를 수집 중으로 현재는 생산량과 매출을 기준으로 최적화할 예정이다.

hid	assetid	value	water	reg_date
3	06	1	0.392	2018-01-18 16:29:28
4	06	1	0.392	2018-01-18 16:29:29
5	06	1	0.392	2018-01-18 16:29:30

Fig. 8. Result of Metering Waters

5. 결론

본 논문은 사물인터넷을 이용한 노지 농작물 재배 시스템 구축 사례를 설명하고 관련 변수를 정의하였다. LoRa 기술을 이용하여 넓은 노지를 관리하고 이를 서버에서 데이터를 취득하여 생산량까지 관리하는 시스템을 개발하였다. 장기간 수집을 통해서 최적화된 데이터를 찾는 추가로 병행 되어야 할 것으로 판단한다. 본 연구를 통해서 노지 농작물 재배에 필요한 센서 데이터 수집하고 파라미터를 설정하였으나 산성도 측정 센서의 경우 수동으로 측정하여 기록하였다. 이는 산성도 측정 센서의 오차율이 높고 수분의 영향에 따라 민감도가 높아 불가피하게 수동으로 측정하여 기록하였다. 현재까지 장비로는 자동으로 측정할 수 있는 장치가 없어 통계적 기법을 이용하여 측정할 수 있는 장치 개발이 필요하다.

REFERENCES

- [1] K. A. Kim, Y. M. Jeong & D. Y. Park. (2016). The Implementation of Farm Management System based on IoT. *Proceeding of 2016 Korea Information and Communications Society (KICS) Winter Conference, Jan* (pp. 366-367). Jeongseon : KICS.
- [2] Y. C. Yurl, H. M. Young, K. S. Gak & P. J. Young. (2017). Smart Farm Technology Development and Standardization Trend, *Proceeding of 2017 Korea Information and Communications Society (KICS) Fall Conference* (pp. 311-312). Jeongseon : KICS.
- [3] M. Lee, H. Lee, G. Han, D. Lee & G. Kim. (2017). Standardizations for ICT Components and Systems for Korean Smartfarm, *Proceeding of 2017 Korea Information and Communications Society (KICS) Fall Conference*, (pp 88-89). Jeongseon : KICS.
- [4] J. T. Kim & J. S. Han. (2017) Agricultural Management Innovation through the Adoption of Internet of Things : Case of Smart Farm, *Journal of Digital Convergence*, 15(3), 65-75.
- [5] J. Baek, J. Heo, H. Kim, Y. Hong & J. Lee. (2018)

- Research-platform Design for the Korean Smart Greenhouse Based on Cloud Computing, *Protected Horticulture and Plant Factory*, 27(1), 27-33.
- [6] J. W. Lee, J. H. Lee & H. Yoe. (2014). Agriculture ICT Convergence Technology trend and direction of improvement. *Journal of The Korean Institute of Communication Sciences*, 31(5), 54-60.
- [7] S. Oh. (2017), A Design of Intelligent Information System for Greenhouse Cultivation, *Journal of Digital Convergence*, 15(2), 183-190.
- [8] W. K. Jung. (2006). Understanding of Soil acidity and Management of Acid Volume, *Soil & Fertilizer*, 25(3), 29-35.
- [9] B. Lee. P. Jung. W. Lee & K. Eom. (2015). Changes in Air Temperature and Surface Temperature of Crop Leaf and Soil. *Journal of Climate Change Research*, 6(3), 209-221.
- [10] M. Lee & H. Yeo. (2016). Design of ICT based Protected Horticulture for Recovering Natural Disaster. *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*. 6(10), 373-382.
- [11] Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, (2017) 2017 Status of Greenhouse of Vegetable Plant and Production of Vegetable. Sejong.
- [12] H. Choi. D. Noh. J. Lee & D. Kim. (2015) Design and Implementation of Private LoRa(Long Range) Remote Control System for Smart Farm. *Proceeding of 2017 Korea Information and Communications Society (KICS) Fall Conference*, (pp 266-267). Jeongseon Jeju: KICS.
- [13] S. Kim & H. Yoe. (2015), Design of Greenhouse Environment data consulting system Using Bigdata *Proceeding of 2015 Korea Information and Communications Society (KICS) Summer Conference* (pp. 77-78). Jeju : KICS.
- [14] A. Latiff, R. S. Yusof. A. Rahim. Sayuti, M. Yusof & Baharudin. (2017). A training monitoring system for cyclist based on wireless sensor networks. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 6(1), 80 - 87.
- [15] H. Jawad, R. Nordin. S. Gharghan. A. Jawad & M Ismail. (2017). Energy-Efficient Wireless Sensor Networks for Precision Agriculture: A Review. *Sensors*, 17(8), 1781.
- [16] LoRa Alliance. (2016 July). LoRaWAN Specification.
- [17] A. Augustin. J. Yi, T. Clausen & W. M. Townsley. (2016). A Study of LoRa: Long Range & Low Power Networks for the Internet of Things. *Sensors*, 16(9), 1466.

염 성 관(Youm, Sung Kwan)

[정회원]



- 2001년 2월 : 고려대학교 전자공학과 (공학석사)
- 2006년 2월 : 고려대학교 전자공학과(공학박사)
- 2006년 3월 ~ 2015년 2월 : 삼성 전자 책임연구원
- 2015년 3월 ~ 2018년 2월 : 제주한라대학교 조교수
- 2018년 3월 ~ 현재 : 원광대학교 부교수
- 관심분야 : 사물인터넷, 빅데이터, 컴퓨터 통신, 인공지능
- E-Mail : skyoum@gmail.com

홍 성 광(Hong, Sung Kwang)

[정회원]



- 1989년 8월 : 한국방송통신대학 (법학석사)
- 2015년 2월 : 서울사이버대학교 (사회복지학사)
- 2017년 8월 : 서울사이버대학교 휴먼사이버대학원(사회복지석사)
- 2013년 5월 ~ 현재 : (주)영주이앤아이
- 관심분야 : 스마트팜,스마트미터링,U-헬스
- E-Mail : hsk1004h@naver.com

고 완 기(Koh, Wan Ki)

[정회원]



- 1994년 8월 : 조선대학교 전자계산학과(이학석사)
- 2004년 2월 : 제주대학교 경영학과(박사수료)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 제주한라대학교 방송영상학과 부교수
- 관심분야 : 멀티미디어, 데이터베이스, 소프트웨어공학
- E-Mail : kwk@chu.ac.kr