

도심형 에너지 자립 스마트팜 서비스 모델 설계 및 구축

김관형*

Design and Construction of Urban-type Energy Self-Supporting Smart-Farm Service Model

Gwan-Hyung Kim*

*Assistant Professor, Department of Computer Engineering, Dongmyong University, Busan, 48520 Korea

요 약

현대의 농업은 자원위주의 농업에서 과학기술 위주의 농업으로 변하고 있다. 과학기술이 융합된 농업은 새로운 신성장 동력으로 인식하고 있으며, 지능적인 스마트팜을 구축하기 위하여 정부 및 지방자치단체, 연구소, 산업계가 협력하여 스마트팜에 필요한 각종 장치를 개발하여 보급하고 있다. 최근에는 클라우드 플랫폼을 구축하여 보다 지능적인 농업환경을 구축하는 연구가 진행되고 있다. 본 논문에서는 도시의 건물 옥상을 활용하여 여가시간의 활용과 농업활동을 체험할 수 있는 도심형 에너지 자립 스마트팜 구축방안을 제시한다. 또한, IT 기술을 활용하여 스마트팜의 다양한 데이터를 원격지 서버에서 데이터를 관리하고 스마트팜 내부 환경을 제어할 수 있는 HMI 모듈을 개발하여 자동 또는 반자동으로 스마트팜을 관리하도록 한다. 서비스 모델은 모바일 기반으로 스마트팜의 내부 환경을 관리할 수 있는 모델을 제시한다.

ABSTRACT

Modern agriculture is changing from resource-oriented agriculture to technology-oriented agriculture. Agriculture, which combines science and technology, is recognized as a new growth engine, and governments, local governments, research institutes, and industry are working together to develop and disseminate various devices necessary for smart farms to build intelligent smart farms. Recently, research is being conducted to build a more intelligent agricultural environment by building a cloud platform. In this paper, we propose a plan to build an urban energy - independent smart farm that can utilize leisure time and agricultural activities by utilizing the rooftop of a city. Also, by using IT technology, various data of smart farm can be managed on remote server, and HMI module for controlling internal environment of smart farm can be developed to manage smart farm automatically or semi-automatically. The service model suggests a model that can manage the internal environment of the smart farm based on mobile.

키워드 : 스마트팜, 제어판넬, 클라우드, 모바일, 서비스

Key word : Smart-Farm, HMI, Cloud, Mobile, Service

Received 6 August 2019, Revised 22 August 2019, Accepted 30 August 2019

* Corresponding Author Gwan-Hyung Kim(E-mail:taichiboy1@gmail.com, Tel:+82-51-629-1182)

Assistant Professor, Department of Computer Engineering, Dongmyong University, Busan, 48520 Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2019.23.10.1305>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

우리나라의 농업환경은 매우 열악하며 WTO, FTA로 인하여 농업시장의 개방으로 전 세계의 농작물과 경쟁해야 하는 어려움에 처해있다. 최근에는 20~40대까지의 젊은 인력이 도시로 몰리게 되어 젊은 인력이 급격히 감소하고 있으며 농촌에는 노인들만 남게 되어 고령화가 빠르게 진행되고 있다. 이러한 농업환경을 개선하기 위해 기술력을 바탕으로 하는 스마트팜(smart farm)에 대한 관심이 높아지고 있다.

스마트팜이란 농업 분야에 있어서 비닐하우스나 기타 축사 환경을 ICT(Information and Communications Technology) 기술을 접목하여 자동으로 작물을 관리하거나 가축의 생육환경을 적절하게 유지하도록 관리할 수 있는 스마트한 관리시스템을 말한다. 국내에서는 1990년대에 들어 식물공장이 논의되면서 본격적으로 연구가 시작되었으며, 초기에는 농림수산부가 첨단기술 농업의 일환으로 '유리온실 지원 사업'을 시작으로 양약 재배 기술과 환경제어 기술 및 자동화 기술 등이 융합되면서 스마트팜에 대한 응용기술이 발전하게 되었다. 이후 LED 기술이 발전과 식물 생육에 알맞은 파장대를 연구하여 수경재배에 응용하여 작물 생산에 적용되기 시작하였다. 정부에서도 스마트팜 산업의 육성을 위하여 관련 법규를 선진화해 가고 있으며 각종 지원 사업을 통하여 수경재배 및 작물 재배에 대한 원천기술 확보에 주력하고 있다. 2009년 1월 저탄소 녹색성장을 위한 녹색기술 종합대책과 개발전략을 발표하면서 '27대 중점 녹색기술 분야'를 선정하였고, 2010년 12월 농촌진흥청 국립농업과학원의 '미래형 식물공장 시스템'을 저탄소 녹색성장을 선도할 녹색기술로 선정되었다 [1-5].

해외에서는 1950년대 유럽에서부터 시작되어 지금은 일본에서 가장 활발하게 진행되고 있으며, 선진국의 농업은 노지재배, 시설재배, 수경재배, 스마트한 식물공장의 순으로 발전하고 있다. 선진국의 경우 지역특화작물을 미래농업과 융합한 신 비즈니스 전략으로 추진하고 있으며, 최근에는 경험에만 의존하던 특화작물의 생산을 IT 기술과 새로운 신기술을 바탕으로 식물공장에서 생산하는 스마트한 첨단 농업으로 발전하고 있다.

초기 스마트팜의 운영은 경제성 저하로 인하여 잠시 중단되었다가 IT 기술의 발전으로 미국, 일본, 네덜란

드, 벨기에, 중동 등에서 작물의 안정적인 생산과 친환경이라는 중요성이 대두되어 신 성장 동력 산업으로 재추진되고 있다. 최근 스마트팜의 기술 동향은 클라우드 기반으로 급속하게 발전하고 있으며, 스마트팜에서 생성되는 다양한 정보를 ICT 기반의 인터넷을 통하여 공유되고 관리되어 사용자에게 필요한 정보를 클라우드 기반으로 필요한 정보를 제공할 수 있다[6-8].

최근에는 생활 수준이 향상되면서 여가와 휴식을 즐기는 공간으로써 소규모 도시 텃밭(city farm) 조성이 확대되고 있으며, 뉴욕의 옥상 텃밭과 캐나다 몬트리올의 도시 텃밭이 조성되어 운영되고 있다. 국내의 경우에는 지방자치단체, 민간단체를 중심으로 도심형 텃밭을 보급하는 등 도시농업이 점차 증가 추세에 있다. 도심형 스마트팜의 주요한 특성은 소비자와 인접해 있다는 장점과 도시에 있는 사람이 도시농업의 주체로서 산업적 개념으로 접근할 수 있으며, 추가 효과로 체험이나 학습, 상호교류 활동에 참여하는 개념으로 도시 공동체 생활농업으로 발전하고 있다[9-12].

본 논문에서는 도심형 에너지 자립 스마트팜 구축을 위하여 도심 내 공공건물 또는 개인주택 옥상에 설치하여 운영할 수 있는 에너지 자립형 스마트팜 서비스 모델을 제시한다. 도심형 스마트팜의 구성은 환경정보에 해당하는 조도, 토양, 온습도 센서를 통하여 환경정보를 측정하고, 환경조절 장치에 해당하는 수분공급, 환풍기 등을 제어하고 CCTV와 조명을 관리 할 수 있는 HMI (Human Machine Interface) 플랫폼과 모바일 기반의 원격 감시시스템 및 에너지 자립을 위한 태양광발전시스템을 모니터링하고 관리할 수 있는 서비스 모델을 구축하여 실현 가능성을 제시한다[13-15].

II. 도심형 에너지 자립 스마트팜 구성

본 논문에서 제시하는 도심형 에너지 자립 스마트팜의 구성은 그림 1과 같다. 스마트팜의 구성요소는 센서 모듈, 구동모듈, 제어모듈, 통신모듈, 데이터 관리모듈 등으로 구성되며 각 구성요소를 바탕으로 HMI 플랫폼을 통하여 수동제어, 자동제어, 원격제어가 가능하도록 시스템을 구성하였다. 스마트팜의 장치관리는 스마트팜 내부에 설치된 조도, 토양, 온습도 센서와 조명, 수분공급기, 환풍기 구동에 대한 액추에이터에 대한 이상 유

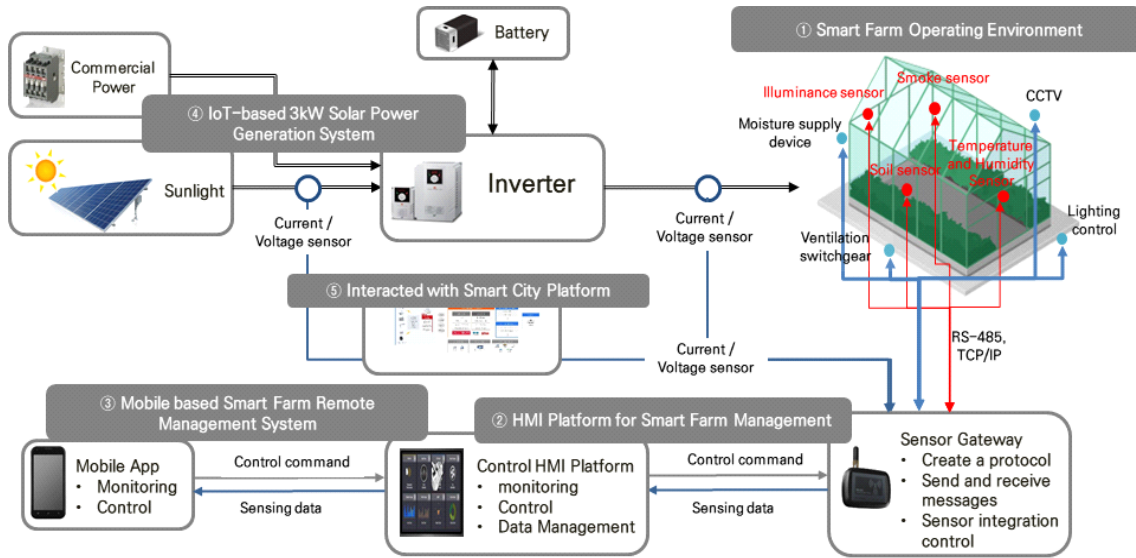


Fig. 1 Urban energy independent smart farm system composition diagram

무를 관리하도록 구성하였다. 제어용 MCU는 32bit CPU인 Cortex-M3를 이용하여 설계하였다. 제어모듈과 HMI와의 통신은 RS-485를 이용하였다. 1개의 HMI 모듈은 비닐하우스 내부를 4부분으로 나누어 관리하며, 토양수분 센서 데이터는 I2C 통신으로 전송하고, CO2 센서 데이터는 RS-232로 전송한다. 온습도 센서 데이터는 제어모듈의 ADC(Analog-to-Digital Converter)를 이용하여 계측한다.

스마트팜의 데이터관리는 사용자에게 필요한 정보를 제공하고 관리할 수 있도록 데이터를 DB화하여 스마트팜의 모든 상태정보를 등록, 수정, 삭제할 수 있도록 구성하였으며, HMI 모듈에서 데이터를 1차로 관리하고, 2차로 원격지 서버에 TCP/IP 기반으로 데이터를 전송하여 원격지 서버에서 관리하도록 하였다. HMI 및 모바일 기반의 모니터링 시스템은 센서모듈, 구동모듈, 제어모듈, 통신모듈 및 데이터 관리모듈을 통하여 스마트팜의 모든 정보를 모니터링하고 관리한다[16-19].

CCD 카메라는 총 8대로 구성하며 2개는 원격제어와 줌이 가능한 모듈로 구성하고, 6개는 고정형으로 구성하여 일정 시간마다 작물의 성장 과정을 촬영하여 HMI 및 원격지 서버에서 관리하도록 구성하였다. HMI 기반의 스마트팜 제어는 사용자가 설정한 환경 변수값과 계측된 환경변수 값을 비교하여 보정이 이루어지도록 스마트팜 내부 환경을 제어한다. 제어모드는 자동 또는 반

자동으로 제어될 수 있도록 구성하였다. 제어 알고리즘의 구현은 HMI 모듈에서 이루어지도록 구현하였다.

도심형 에너지 자립을 위하여 태양광 패널 12개를 직렬로 6개를 2조를 병렬로 연결하여 3kW급 태양광발전 시스템을 구축하였다.

이러한 시스템의 구성은 크게 5가지로 구성되며 “스마트팜 운용환경”, “스마트팜 관리용 HMI 플랫폼”, “모바일 기반의 스마트팜 원격 관리시스템”, “IoT 기반의 3kW급 태양광 발전시스템”, “스마트시티 플랫폼과 상호연동” 등으로 구성하였으며 그림 1에서 제시하였다.

III. 도심형 에너지 자립 스마트팜 설계

스마트팜의 환경요인에 대한 정보는 온습도(ADC), 조도(ADC), 토양수분(I2C), CO2(RS-232) 정보를 수집하도록 설계하였으며, 제어모듈의 입출력 구성은 필요한 모든 센서를 다 연결할 수 있도록 설계하였다.

스마트팜의 환경제어를 위한 제어요소는 수분공급을 위한 워터펌프 제어, 환기를 위한 환풍기 제어, 조명 관리를 위한 조명제어는 SSR(Solid-State Relay)을 이용하여 AC220을 제어하도록 설계하였다. 이러한 인터페이스 구성은 그림 2와 같다.

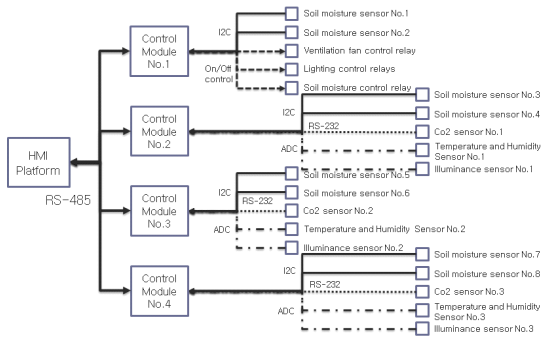


Fig. 2 Signal flow diagram for the HMI platform and control module

그림 3은 스마트팜 내부의 센서모듈의 배치와 제어 모듈의 담당 영역을 제시하였다. 제어모듈 1은 워터펌프의 제어와 조명제어 및 환풍기 제어는 SSR을 통하여 제어하며, 제어모듈 2, 3, 4는 각각의 센서모듈을 나누어 계측하고 획득된 데이터는 RS-485 기반을 HMI 플랫폼으로 전송하도록 설계하였다[20].

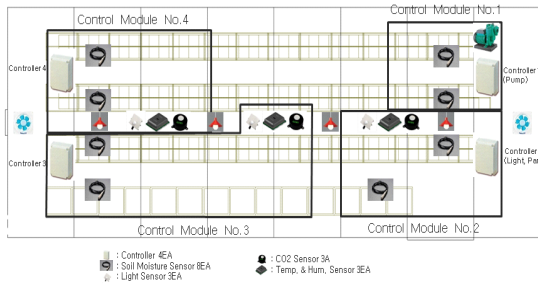


Fig. 3 Sensor and control network configuration

그림 4는 CCD 카메라의 배치도와 관찰영역에 대한 구상도를 제시하였으며 CCD 카메라의 조작은 HMI 플랫폼을 통하여 이루어지도록 설계하였다.

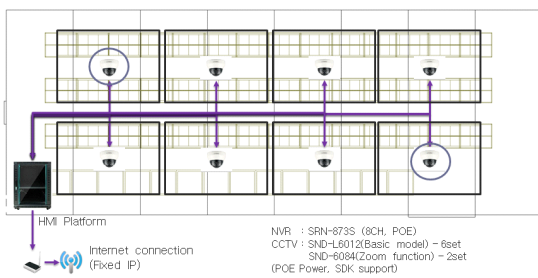


Fig. 4 Configuration of CCD camera and TCP/IP network

IV. 도심형 에너지 자립 스마트팜 구축

4.1. 운영환경 구축

도심형 에너지 자립 스마트팜의 구축은 도시농업을 목적으로 건물의 옥상에 비닐하우스 1동을 설치하여 스마트팜 구성에 필요한 장치 및 시설을 그림 5와 같이 구축하였다.

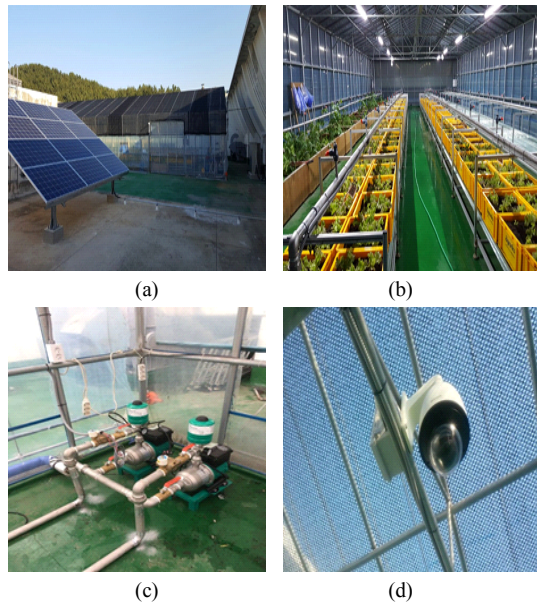


Fig. 5 Solar panel and rooftop smart farm interior configuration. (a) Solar panel (b) Inside of a smart farm (c) Water supply device (d) CCD camera

4.2. 관리용 HMI 플랫폼 구축

HMI 모듈은 산업용 PC에서 C# 기반으로 구축하였으며 스마트팜의 환경정보와 태양광 발전시스템을 관리한다. 알람기능은 환경 센서와 태양광 발전시스템의 안전한 범위를 벗어났을 때 경보를 사용자에게 알려도록 구현하였다. CCD 카메라의 제어 및 영상캡처 기능을 수행하고 영상 데이터관리는 사용자별로 데이터를 관리한다. 스마트팜 이력, 센서 이력, 발전장치 이력 등을 1차로 HMI 내부에서 DB화하여 관리하고 2차로 외부 서버로 데이터를 전송하여 관리한다. 이러한 기능을 수행하는 HMI 디스플레이 화면을 그림 6과 같다.

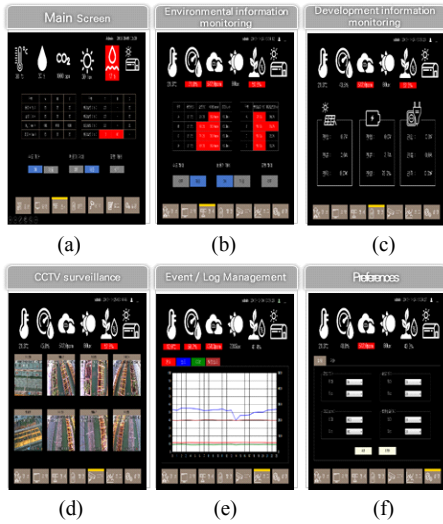


Fig. 6 HMI configuration screen.
 (a) Main screen (b) Environmental information monitoring
 (c) Development information monitoring (d) CCTV surveillance
 (e) Event/Log management (f) Preferences

4.3. 모바일 원격감지 시스템

스마트팜 모바일 웹앱에서 제공하는 서비스는 관리자 모드와 사용자 모드로 나누어 로그인된다. 관리자 메인메뉴는 상태 모니터링, 센서 기록 조회, 촬영기록 조회와 CCTV 모니터링으로 구성되며, 사용자 모드는 CCTV 대신 농장일지로 구성된다.

스마트팜 상태 모니터링은 스마트팜 내부에 설치된 센서의 값을 표시하고 제어모듈의 상태정보를 표시하며 자동제어 상태를 표시하도록 구현하였다. 환경정보는 온도, 습도, 조도, CO₂, 토양습도, 강우, 태양광발전, 배터리 잔량, 공급전력 등을 실시간으로 서비스하도록 구현하였다. CCTV는 스마트팜 내부에 설치하여 실시간 영상을 제공하도록 구현하였으며, 제어가 가능한 카메라 2대는 제어버튼을 생성하여 원격제어가 가능하도록 구현하였다. CCTV 서비스와 농장일지 서비스는 원하는 날짜/시간 정보를 통하여 촬영된 작물 이미지를 조회할 수 있도록 구현하였다. 센서 기록 조회 서비스는 DB에 저장된 센서 정보를 날짜 또는 시간별로 조회할 수 있도록 구현하였으며 해당 날짜에 측정된 정보를 1시간 간격으로 평균을 산출하여 모바일 화면에 그래프로 표시되도록 구현하였다. 이러한 모바일 기반의 모니터링 화면을 그림 7에 제시하였다.



Fig. 7 Mobile-based remote detection system execution.
 (a) Smart Farm access main screen (b) Login screen
 (c) Mobile service main screen (d) Status monitoring configuration screen (e) Data display screen (f) Data inquiry screen (g) CCTV/Image inquiry screen (h) CCTV/Image data inquiry screen (i) CCTV control screen

4.4. 3kW급 태양광 발전시스템

3kW급 태양광 발전시스템을 구축하기 위하여 태양광 패널 9개와 충전용 배터리 4개를 두어 생산된 전기를 충전하며 인버터를 통하여 생산된 전기를 활용하도록 구축하였다. 구축된 시스템은 그림 8과 같다.

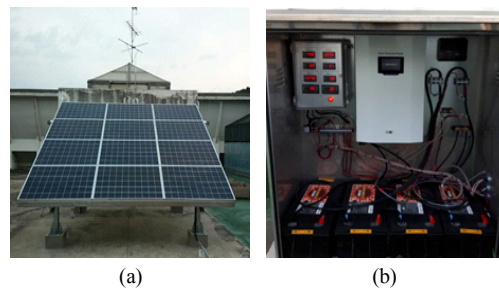


Fig. 8 Mobile-based remote detection system execution.
 (a) Solar panel (b) Inverter and Battery accumulator

V. 결 론

본 논문에서 도심형 에너지 자립 스마트팜을 도시의 여유 공간인 건물 옥상에 비닐하우스 1동을 구축하여 도심에서도 작물에 대한 생산 활동을 할 수 있음을 증명하였으며, 스마트팜 구축에 필요한 제어시스템은 충분한 실험을 거쳐 활용 가능성을 검증하였으며, 고가의 외산 스마트팜 제품을 대신할 수 있음을 확인하였다. 재배 작물의 특성에 따라 원격에서 재배환경을 파악하고 원하는 재배환경으로 조절할 수 있음을 증명하였으며, 작물의 성장 과정에 대한 환경 데이터와 작물 이미지를 확보하고 관리할 수 있어 작물 재배에 대한 다양한 데이터를 확보할 수 있음을 확인하였다. 향후 연구과제는 구현된 도심형 스마트팜 시스템을 충분히 수정 보완하여 수경재배 시스템 구축에 적용하고자 한다.

REFERENCES

- [1] O. Chiochan, A. Saokaew, and E. Boonchieng, "IoT for Smart Farm: A Case Study of the Lingzhi Mushroom Farm at Maejo University," *14th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE)*, pp. 1-6, 2017.
- [2] H. Yoe, "Smart Farming: ICT based Agriculture: Keynote Address," *18th IEEE/ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing (SNPD)*, pp. 3, 2017.
- [3] A. Grogan, "Smart Farming," *Engineering & Technology*, vol. 7, no. 6, pp. 38-40, 2012.
- [4] M. J. O'Grady, and G. M. P. O'Hare, "Modelling the Smart Farm," *Information Processing in Agriculture*, 2017.
- [5] K. R. S. R. Raju, and G. H. K. Varma, "Knowledge based Real Time Monitoring System for Aquaculture using IoT," *IEEE 7th International Advance Computing Conference (IACC)*, pp. 318 - 321, 2017.
- [6] K. I. Sung, B. Y. Kim, H. G. Kim, M. H. Han, and K. H. Pack, "Analyzing and countermeasure for smart livestock farming based on ICT," *A Study on the Policy of Convergence*, pp. 2-14, Jan. 2016.
- [7] K. S. Kwon, "Research and Development of Livestock Farm Using ICT Integration Technology," *Korean Journal of Agriculture: Power and resources*, no. 59, vol. 2, pp. 38-45, May. 2017.
- [8] J. Y. Park, and M. Y. Heo, "Trends in International Standardization of Smart Agriculture," *The Journal of The Korean Institute of Communication Sciences*, vol. 34, no. 1, pp. 70-75, Jan. 2017.
- [9] H. S. Gu, J. H. Min, and J. Y. Park, "Survey of ICT-Agriculture Convergence," *Electronic Communication Trend Analysis*, vol. 30, no. 2, pp. 49-58, 2015.
- [10] H. D. Park, "Cloud-based smart farm system construction and service demonstration," *ezfarm*, Jan. 2018.
- [11] G. V. Satyanarayana, and S.D. Mazaruddin, "Wireless Sensor Based Remote Monitoring System for Agriculture Using ZigBee and GPS," *Conference on Advances in Communications and Control System 2013*.
- [12] R. K. Kodali, V. Jain, and S. Karagwal, "IoT based smart greenhouse," *IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference*, pp. 1-6, 2016.
- [13] C. K. Harnett, "Open source hardware for instrumentation and measurement," *IEEE Instrumentation & Measurement Magazine*, vol. 14, no. 3, pp. 34 - 38, Jun. 2011.
- [14] C. Geiger, B. Kleinnjohann, C. Reimann, and D. Stichling, "Mobile AR4ALL," *IEEE and ACM International Symposium on Augmented Reality 2001*, pp.181-182, 2001.
- [15] J. H. Lee, "IPv6 Address Configuration for Privacy Protection in the IoT," *Journal of Security Engineering*, vol.12, no.3, pp. 239-246, 2015.
- [16] J. H. Lee, "A Literature Review on Security for Internet of Things in Korea based on IoT S-P-N-D-Se Ecosystem Model," *Journal of Security Engineering*, vol. 12, no. 4, 2015.
- [17] L. Li, "Visit 'plant factory,'" *Farm Produce Market Weekly*, 2009(45), pp. 41-43, 2009.
- [18] J. G. Jeong, Do it! Android App Programming, easys publishing, 2012 (in Korean).
- [19] PLNetworks corp, "PLM100 Hardware Datasheet V1.0," [Internet]. Available: <http://plnetworks.co.kr>, 2016.02.
- [20] Texas Instruments, "RS-422 and RS-485 Standards Overview and System Configurations," 2002.



김관형(Gwan-Hyung Kim)

2000년 동명대학교 컴퓨터공학과 전임강사
2011년~현재 동명대학교 컴퓨터공학과 조교수
※ 관심분야 : 인공지능, 임베디드시스템 설계, 제어공학