한국정보전자통신기술학회논문지(jkiiect)'18-12, Vol.11 No.6
논문 18-11-06-764 http://dx.doi.org/10.17661/jkiiect.2018.11.6.764

작물 근권부 생장 환경 Data 수집 시스템 설계에 관한 연구

이 기 영*, 정 진 형*, 김 수 환*, 임 창 목**, 이 상 식*

A Study on the Design of Data Collection System for Growing Environment of Crops

Ki-Young Lee, Jin-Hyoung Jeong, Su-Hwan Kim, Chang-Mok Lim**, Sang-Sik Lee*

요 약 요즘 국내·외 농업 환경은 농업 인구의 고령화, 귀농 인구의 증가, 급격한 기후 변화, 농식품 유통 구조의 다양화, 수자원의 고갈 및 한정된 경작지 등 다양한 변화 속에 놓여 있다. 최근 농업을 둘러싼 다양한 환경 변화에 대응하기 위해 재배 전반의 작업이력인 작물 생육정보, 생육환경 및 농작업 일지 등과 같은 사항들을 쉽게 기록, 저장 및 관리하여 작물 생산량과 작업 효율을 높이기 위한 스마트 온실 실용화에 대한 관심이 증가하고 있다. 본 논문은 작물의 근권부에서 측정할 수 있는 생장환경 데이터인 온도, 습도, 일사량. CO2 농도 등과 같은 생육에 필요한 상황정보를 수집하고 수집된 데이터를 모니터링 할 수 있는 시스템을 제안한다. 생장 작물의 근권 측정부에서 측정된 데이터와 센서로 측정된 생장환경 데이터인 온도, 습도, 일사량 등의 데이터를 취합하여 400MHz의 무선 통신 게이트웨이에 전송하는 시스템을 개발하였다. 전송된 데이터를 Cloud 기반으로 근권 환경 데이터를 모니터링 및 데이터를 시각화 할 수 있는 통합 SW 개발을 진행하였다. 데이터의 시각화를 위한 그래프 형식과 데이터 형식으로 모니터링을 할 수 있도록 하였다. 기존 스마트팜은 농장내의 데이터만을 이용하여 작물 및 시설관리를 하고, 본 연구는 전국의 농장의 날씨 및 생장환경을 수집 및 분석하여 가장 효율적인 생장환경을 제시한다.

Abstract Domestic and foreign agricultural environments nowadays are undergoing various changes such as aging of agricultural population, increase of earned population, rapid climate change, diversification of agricultural product distribution structure, depletion of water resources and limited cultivation area. In order to respond to various environmental changes in recent agriculture, practical use of Smart Greenhouse to easily record, store and manage crop production information such as crop growing information, growth environment and agriculture work log, Interest is growing. In this paper, we propose a system that collects the situation information necessary for growth such as temperature, humidity, solar radiation, CO2 concentration, and monitor the collected data, which can be measured in the rhizosphere of the crop. We have developed a system that collects data such as temperature, humidity, radiation, and growth environment data, which are measured by data obtained from the rhizosphere measuring section of a growing crop and measured by a sensor, and transmitted to a wireless communication gateway of 400 MHz. We developed the integrated SW that can monitor the rhythm environment data and visualize the data by using cloud based data. We can monitor by graph format and data format for visualization of data. The existing smart farm managed crops and facilities using only the data within the farm, and this study suggested the most efficient growth environment by collecting and analyzing the weather and growth environment of the farms nationwide.

Key Words : Cloud system, Crop data, Monitoring, Smart farms, Wireless communications, Agricultural environments

This research was carried out through the training of local new industry manpower.(2016H1D5A1909417) & This research was conducted through the advanced production technology development project of the Agency for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries Technology Planning and Evaluation.(116059033HD020)

*Corresponding Author : Department of Bio-medical, Catholic Kwandong University (lsskyj@cku.ac.kr)
**IREIS Inc.

Received December 11, 2018 Revised December 13, 2018 Accepted December 22 2018

1. 서론

국내외 농업 환경은 농업 인구의 고령화, 귀농 인구의 증가, 급격한 기후 변화, 농식품 유통 구조의 다양화, 수자원의 고갈 및 한정된 경작지 등 다양한 변화 속에 놓여 있다[1]. 최근 농업을 둘러싼 다양한 환경 변화에 대응하기 위해 재배 전반의 작업이력인 작물 생육정보, 생육환경 및 농작업 일지 등과 같은 사항들을 쉽게 기록, 저장 및 관리하여 작물 생산량과 작업 효율을 높이기 위한 스마트 온실 실용화에 대한 관심이 증가하고 있다[2].

2013년 기준 농림업 총생산액 가운데 우리나라의 시설원예는 약 12%의 비중을 차지하고 있다, 이러한 산업 비중에 비해 전체 시설원예 온실 중 현대화된 온실의 비중은 10,500h정도로 약 20%에 불과하다. 또한 시설의 대형화를 통하여 산업의 생산성을 높여 왔으나 고령화에 따른 노동력 감소와 농한기 등의 문제는 농산업 성장의 저해요인으로서 작용하고 있다. 따라서 농업선진국으로 알려진 네덜란드와 재배작물의 생산성을 비교하였을 때, 표 1에 나타난 것과 같이 우리나라 작물 생산성 지수는 네덜란드에 비해 평균적으로 60%에 미치지 못한다[3]. 따라서 농촌 노동력의 지속적 감소, 농업 생산성 저하 등의 문제를 해결하기 위한 방안으로 전통적인 농업 방식을 탈피한 새로운 패러다임의 전환이 필요하다[4],[5].

표 1. 한국과 네덜란드 간의 작물 생산성 지수.
Table 1. Index of crop productivity between Korea and Netherlands.

Nations	Index of productivity per 1,000 square meters		
	Tomato	Paprika	Rose
Korea	26 ton	19 ton	124 ton
Netherlands	49 ton	30 ton	302 ton

작물을 재배하면서 식물에 영양을 주기 위하여 또는 토양의 화학적 변화를 유발할 목적으로 공급하는 비료는 그 조성에 따라 산성, 중성 및 알칼리성으로 반응이 달라진다. 이러한 반응은 비료를 물에 용해시켰을 때 나타나는 화학적 반응과 시비한 비료가 근권부에서 용해된 후 반응을 일으키고 식물이 흡수한 양·음이온의 종류와 양이 달라져 토양산도가 변화되는 생리학적 반응으로 구분할 수 있다[6].

주요 농업선진국 가운데 네덜란드는 척박한 토양과 부족한 농업 노동력 등을 극복하기 위하여 자동화 온실 등의 첨단 농업기술을 개발하였으며, 이스라엘은 제한된 경지면적과 농업용수의 부족 등을 극복하기 위하여 시설채소, 화훼, 과수 등에 첨단 IT 기술을 개발 및 접목하여 작물의 생산 경쟁력을 확보하였다[5]. 또한 일본의 경우에도 노령화로 인한 부족한 노동력을 대체하기 위하여 편리성과 농업인의 수익향상 등에 초점을 맞춘 기술개발과 적용이 추진되고 있으며 환경관리, 생산비용 절감, 농작물의 품질향상 및 작업 효율 향상 등의 실질적인 효과를 위해 IT 융합 기술의 활용을 적극적으로 추진하고 있다. 즉, 농촌공동체가 직면하고 있는 부족한 노동력과 시설 내 환경조절 등과 같은 문제를 해결하기 위한 방법으로 첨단기술(IT, ICT, IoT 등)의 현장 적용이 관심을 받고 있다. 첨단 정보기술을 현장에 적용함으로써 농장 관리인은 상당한 작물생장관련 데이터를 획득할 수 있게 되고, 이는 농장 관리인의 환경 제어에 대한 불확실성을 최소화 할 수 있도록 할 뿐만 아니라 자동제어 시스템화를 통한 노동력을 감축할 수 있다[7],[8]. 이에 정부는 정책적으로 ICT 기반 시설원예의 첨단화로 농작물의 생산성을 높이고 에너지 절감형 스마트 온실의 보급 확대를 계획 하고자 한다. 그러나 현재까지 농업 분야에 있어서 일부시설원예 분야를 제외하고는 모니터링 및 제어의 다양성 및 연계성은 매우 부족한 실정이다. 이에 자동화된 시설원예를 활용하여 농작물 생육 및 온실 내부 환경 모니터링을 통한 진단과 다양한 모니터링 및 제어를 위한 복합형 알고리즘을 활용한 농업생산의 전주기적 과정의 지능적 시스템화를 위한 현장 중심형 사물인터넷 기반 스마트팜 융합 서비스 시스템의 개발이 필요하다.

그림 1은 Cloud 서버를 중심으로 농가를 모니터링 및 관리하고 게이트웨이를 통하여 농가에서 양액관리 및 근권부에서 데이터를 수집하여 이를 농가와의 양방향 통신을 하는 시스템 구성도이다.

따라서 본 연구에서는 작물의 근권부 생장환경 데이터를 유선이 아닌 무선으로 데이터를 전달하고 전달된 데이터를 농업인의 스마트 폰으로 모니터링 할 수

있는 스마트 팜 융합 서비스 시스템의 개발을 목적으로 하고자 한다[5],[9].

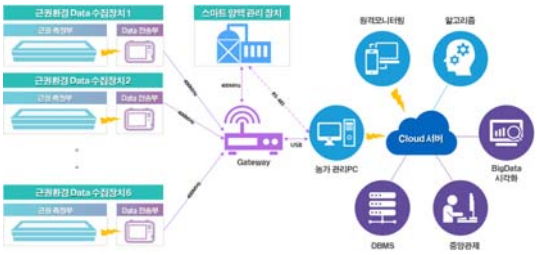


그림 1. 생장환경 Data 수집 시스템 구성도
Fig. 1. Growth environment Data collection system diagram

이에 본 논문에서는 재료 및 방법으로 근권 측정부의 설계 및 생장환경 데이터를 전송하는 전송부 개발에 관하여 기술하고, 농가와 양방향 통신을 할 수 있는 게이트웨이 개발과 모니터링 SW 구성에 대하여 기술하였다. 결론으로 근권 측정부의 시스템 구성과 모니터링 SW의 UI 구성과 모니터링 시스템의 대하여 기술하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 근권 측정부 설계

생장 작물의 근권 측정부에서 측정된 데이터와 센서로 측정된 생장환경 데이터인 온도, 습도, 일사량 데이터를 취합하여 400MHz의 무선 통신 게이트웨이에 전송하는 시스템을 개발하였다. 이는 현장에 적용하였을 때 측정기의 자체 높이로 인해 발생할 수 있는 문제점을 해결하기 위함이다. 높이가 너무 높을 경우 일반 작물과 환경 조건이 상이하여 표준점의 역할을 할 수 없는 문제점을 초래한다. 무선 통신으로 생장환경 측정 위치를 자유롭게 하여 정확한 생장환경 표준점을 잡을 수 있도록 하였다.

표 2. 근권 측정부 측정 항목 및 주요 사항
Table 2. Environment of Crops metrics and key points

항목	사양
디스플레이	FND 디스플레이 배지무게, EC, pH, 배지온도데이터 표시
배지무게	로드셀 : 0 ~ 40.00Kg, 오차율 ±0.03Kg
급액량/배액량	급액 및 배액 버킷 카운트 : 5V 펄스 방식
배액 EC	K=1.0, 0 ~ 20.00mS/cm, 오차율 ±3%
배액 pH	0 ~ 14.00 pH, 오차율 ±3%
배지 온도	PT-1000, 3m Cable, -20 ~ 80℃, 오차율 ±0.5℃
통신	RF400Mhz(MJ447RTX) / Baud 4800bps / Size 38 bytes
사이즈	PCB 사이즈 : 125mm x 125mm 기구 측정장치에 실장
전원	+12V/2A 아답터 사용

2.2 근권 데이터 전송부 개발

근권 데이터 전송부는 생장환경 데이터인 온도, 습도, 일사량을 측정하여 RF 400MHz 무선 통신을 하는 시스템을 개발하였다. 무선으로 데이터 전송 시 안정적인 데이터 전송을 위해 전송부를 전체 시스템에서 분리하여 개발한 것이 기존 시스템과의 차별점이라 할 수 있다. 근권 측정부 장비 스펙은 표 3과 같다.

표 3. 근권 데이터 전송부 생장환경 측정 항목 및 주요 사항
Table 3. Growing Environment of Crops metrics and key points

항목	사양
디스플레이	FND 디스플레이 온도, 습도, 일사량데이터 상태 표시
생장환경 데이터	온도 : -20 ~ 80℃, 오차율 ±0.4℃ 습도 : 0 ~ 100%, 오차율 ±3% 일사량 측정 : 0 ~ 1000 Wm2 5m cable. SP-215(Apogee Instrument Inc)
통신	RF400Mhz(MJ447RTX) / Baud 4800bps / Size 38 bytes
케이스	파인박스 155mm X 155mm X 90mm, 생활방수
전원	+12V/2A 아답터 사용

2.3 게이트웨이 개발

근권 환경 데이터 수집 장치에서 무선으로 전송되는 데이터를 수집하여 농가관리 pc에 전달이 되고, 농가관리 pc에서 양액기 제어를 위한 명령을 스마트 양액관리 장치에 전달하는 시스템을 개발하였다. 6개의 근권 환경 데이터를 수집할 수 있고, PC와는 USB통신을 진행하고 스마트 양액 관리 장치와는 400MHz 무선통신으로 양방향 통신을 진행할 수 있도록 설계 하였다.[10],[11]

표 4. 게이트웨이 주요 사양
Table 4. Gateway Specifications

항목	사양
디스플레이	통신상태 표시 LED 10EA
통신	RF400Mhz(MJ447RTX) / Baud 4800bps / Size 38 bytes PC 인터페이스 : USB A Port 1EA Half Duplex
케이스	150 x 80 x 30mm, 철판가공 및 도장
전원	+12V/2A 아답터 사용

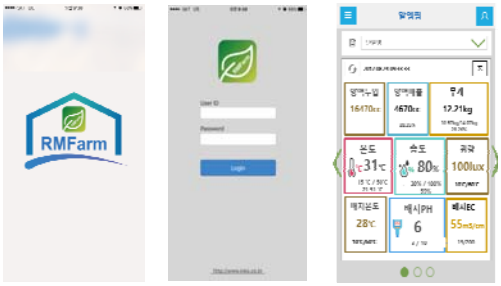
2.4 근권환경 모니터링 SW 개발

환경 모니터링 및 제어는 농업 종사자로 하여금 센서 기반의 환경 변수 측정을 통하여 작물생장에 적합한 환경 판단 기준을 마련하였다. 측정된 데이터를 바탕으로 관수 또는 환기 등과 같은 제어 시스템의 조절을 통하여 작업자의 편의성 및 재배 작물의 질을 향상시켰으며 이와 관련된 연구가 꾸준하게 수행되고 있다.

Cloud 기반으로 근권 환경 데이터를 모니터링 및 데이터를 시각화 할 수 있는 통합 SW 개발을 진행 하였다. 데이터를 시각화하기 위하여 그래프 형식과 데이터 형식으로 모니터링을 할 수 있도록 하였으며. 온도, 습도, 일사량 등의 데이터는 일일, 주간, 월별로 데이터를 확인할 수 있다[12],[13].

그림 2. 메인 및 농장정보 편집 화면
Fig. 2. Main and farm information edit screen

그림 2는 농업 종사자가 관리 시스템에 접속하여 농가의 정보를 입력하는 UI 화면이다.



[인트로] [로그인] [메인화면_측정 데이터]

그림 3. 모바일 앱 화면
Fig. 3. Mobile app screen

그림 3은 농업 종사자가 모바일 앱을 통하여 농가의

측정 데이터를 확인하고 관리하는 앱 화면이다.

3. 결과 및 고찰

기존 스마트팜은 농장에 설치되어 있는 장치들을 활용하여 장치의 상태 및 운영 정보를 수집하고 환경제어 알고리즘을 통해 작물 및 시설관리를 지원하였다.[14]

본 논문에서 연구한 작물 근권부 생장 환경 Data 수집 시스템 설계는 농장에 설치된 장비를 통한 데이터 수집뿐만 아니라 전국에 있는 농장의 날씨 및 생장환경을 수집 및 분석하여 가장 효율적인 생장환경을 제시하여 작물의 근권부를 관리한다.

작물의 근권부에서의 생장환경 데이터는 불균일하게 발생하는 환경적 특성에 따라 무선 통신을 통한 실시간 환경 특성 모니터링뿐 만 아니라 효율적인 제어 조절을 위한 시스템을 개발하였다.

3.1 근권측정부

작물 근권부의 생장환경 변수(온도, 습도, 일사량, PH 등)의 측정을 자체 센서로 측정을 하였다. 근권 측정부 회로를 기구 내부에 실장 하여 설치 및 관리를 용이하게 하기 위하여 시스템을 설계 하였다. 근권부 측정 기구 도면은 아래 그림 4와 같다.

그림 4. 측정부 기구 도면
Fig. 4. Measuring mechanism drawing

근권 측정부에서 측정된 생장환경 데이터를 취합하여 400MHz 무선 통신으로 게이트웨이에 전송하는 데이터 전송부 블록도는 아래 그림 5와 같다.

RF400MHz(MJ447RTX), Baud 4800bps 의 전달 속도를 갖는다.

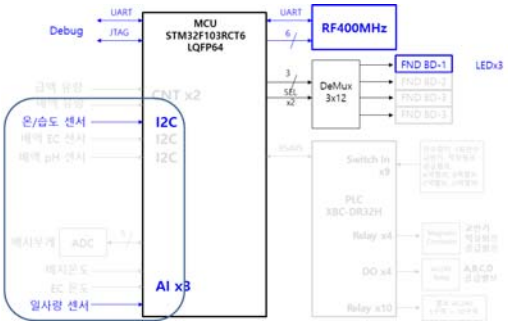


그림 5. 전송부 블록도
Flg. 5. Transmission block diagram

3.2 근권환경 모니터링

수집된 데이터는 센서로부터 수집되는 정형 데이터이다. 특정시간 및 이벤트 등에 따라 수집이 되고 있다. 수집된 데이터는 데이터의 특성에 따라 분류되어 데이터베이스에 저장이 되고, 온도, 습도, 일사량, PH 등의 데이터는 모바일이나 웹으로 모니터링 할 수 있도록 하였다.

그림 6. 통계-일일 그래프 표시
Fig 6. Statistics - daily graph

그림 6은 농가의 일일 측정 데이터를 통계하여 그래프로 표시한 UI 화면이다.

농장 내부가 아닌 외부에서 모바일, 웹을 통해 근권 환경 데이터를 모니터링 할 수 있는 소프트웨어를 개발하였으며 Android와 IOS버전에서도 모두 구동 할 수 있도록 설계를 진행하였다. 모바일 앱 메뉴에는 온도, 습도, 일사량, 급액, 배액, 무게, EC/PH 등의 최대값과 최소값의 데이터를 설정할 수 있으며, 최신 정보와 이전의 정보를 동시에 확인할 수 있도록 구성하였다. 데이터를 일일, 주간, 월별로 확인이 가능하도록 시스템을 설계하였다.

[장비정보] [통계데이터] [사용자정보]

그림 7. 실제 구동 화면
Fig. 7. Actual driving screen

그림 8. 각 데이터 차트 및 실제 데이터 리스트
Fig. 8. Each data chart and actual data list

그림 7은 농업 종사자가 입력한 농가 정보를 토대로 근권 측정부의 장비 정보 및 통계 데이터를 수집하고

사용자의 정보를 모니터링하는 실제 구동 화면이고, 그림 8은 각 데이터 차트 및 실제 수집한 데이터 리스트를 나타낸 시스템 UI이다.

4. 결론

본 연구에서는 작물의 근권부 생장환경 데이터를 유선이 아닌 무선으로 데이터를 전달하고 전달 된 데이터를 농업인의 스마트 폰으로 모니터링 할 수 있는 스마트 팜 융합 서비스 시스템의 설계 및 개발을 목적으로 하였다.

작물 근권부의 생장환경 변수(온도, 습도, 일사량, PH 등)의 측정을 자체 센서로 측정을 하였다 근권 측정부 회로를 기구 내부에 실장 하여 설치 및 관리를 용이하게 설계를 진행하였다. 근권 측정부에서 측정된 생장환경 데이터를 취합하여 RF400MHz (MJ447 RTX), Baud 4800bps 의 전달 속도로 통신 할 수 있는 송수신 회로를 설계하였다. 수집된 데이터는 데이터의 특성에 따라 분류되어 데이터베이스에 저장이 되고, 온도, 습도, 일사량, PH등의 데이터는 모바일이나 웹으로 모니터링 할 수 있는 시스템을 개발하였다.

이는 국내의 제한적인 스마트 온실 작물 생육모델 및 환경 모델에 관한 연구의 인프라를 구축하는 계기가 될 수 있다. 또한 본 연구와 더불어 통합 데이터, 생육 환경모델, 구동기 제어 모델, 스마트 온실 관리, 지식 기반 전문가 시스템 및 농가 대시보드 모듈을 통해 통합적 데이터 저장 및 분석의 클라우드 기반 서비스 플랫폼의 연구를 수행 중에 있다.

본 연구를 계기로 작물 생육환경, 생산성 및 액추에이터 제어와 같은 다양한 요인들 간의 관계를 정량화하는 기능을 제공하며, 연구자는 빅 데이터, 기계 학습 및 인공지능을 활용하여 작물 생육 및 생장 환경 모델을 분석할 수 있다.

REFERENCES

[1] Guerrini, F. 2015. The future of agriculture? smart farming. Forbes, http://www.forbes.com/sites/federicoguerrini/2015/18/the-future-of-agriculture-smart-farming/#5708f01a337c.

[2] Research-platform Design for the Korean Smart Greenhouse Based on Cloud Computing, Jeong-Hyun Baek, Jeong-Wook Heo, Hyun-Hwan Kim, Youngsin Hong, and Jae-Su Lee, Protected Horticulture and Plant Factory, Vol. 27, No. 1:27-33, January (2018)

[3] Gartner. 2017. Artificial intelligence, machine learning, and smart things promise an intelligent future. www.gartner.com/smarterwithgartner/gartners-top-10-technologytrends-2017/.

[4] Kapnias, D., P. Ilias. 2016. Automated classification of land cover for the needs of CAP using Sentinel data. 22nd CPA/IACS conference, 24-25 Nov. 2016, Lisbon(Portugal).

[5] Analysis of Research Trend and Core Technologies Based on ICT to Materialize Smart-farm, Uk-hyeon Yeo, In-bok Lee*, Kyeong-seok Kwon, Taehwan Ha, Se-jun Park, Rack-woo Kim, and Sang-yeon Lee, Protected Horticulture and Plant Factory, Vol. 25, No. 1:30-41, March (2016)

[6] Lim, S.W. 2005. Fertilizers. Ilsinsa, Seoul, Korea.,

[7] Hameed, I., E. I. El-Madbouly, and M. I. Abdo. 2017. Reconfigurable adaptive fuzzy fault-hiding control for greenhouse climate control system. International Journal of Automation and Control, 11(2):164-187.

[8] Blackmore, S., 2000. Developing the principles of precision farming. In ICETS 2000: Proceedings of the ICETS 2000 (China Agricultural University, Beijing, China). p. 11-13.

[9] IRS Global Research. 2016. IoT-based smart agriculture and smart farm market forecasts and core technology development trends. http://www.irsglobal.com/.

[10] Baek, J.H., and H.L. Lee. 2014. Design and implementation of crop-environmental control cloud systems based on growth patterns. The Korean Institute of Information Scientists and

Engineers, Database Society Journal, 30(2):57-66 (in Korean).
[11] Li, G., W. Zhang, and Y. Zhang. 2014. A design of the IOT gateway for agricultural greenhouse. Sensors & Transducers, 172(6):75.
[12] Atole. A., A. Asmar, A. Biradar, N. Kothawade, S. Sarod and R. G. Khope. 2017. IoT based smart farming system International Journal of Emerging Technologies and Innovative Research(www.jetir.org), April 2017, 4(4):29-31.
[13] Lee, J.S., Y.G. Hong, G.H. Kim, D.H. Lee, S.R. Han, and D.H. Im. 2016. A study on development of cloud system for the smart greenhouse automatic control. The Korean Institute of Communications and Information Sciences, 19 Nov. 2016 Fall Conference. 61:559-560 (in Korean).
[14] Lee Se-yong, 2016, "Cloud-based smart farm technology," The Journal of The Korean Institute of Communication Sciences, Vol. 34, No. 1, pp. 51~57.
[15] Yo-Hoon Hong, Seung-June Song, Kwang-Mun Jang, Jungkyu Rho, 'Smart Factory Platform based on Multi-Touch and Image Recognition Technologies', The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication VOL. 18 No. 1, 2018

저자약력

이 기 영(Ki Young Lee) [종신회원]

1987-1988년 한국전자통신연구소 연구원
1992년 명지대학교 박사
2003-2004년 미주리주립대학교환교수
2011년 성균관대학교 박사
1993년-현재 가톨릭관동대학교 의료공학과 교수

〈관심분야〉 의용전자, 생체 신호처리, 기계 요소학, 디지털 신호처리

정 진 형(Jin-Hyoung Jeong) [정회원]

- 2012년 2월 : 가톨릭관동대학교 의료공학과 졸업 (학사)
- 2014년 2월 : 가톨릭관동대학교 일반대학원 졸업 (공학석사)
- 현재: 가톨릭관동대학교 일반대학원 의료공학과 박사과정

〈관심분야〉 의용메카트로닉스, 디지털 신호처리, 영상처리,

김 수 환(Su-Hwan Kim) [정회원]

- 2018년 2월 : 가톨릭관동대학교 의료공학과 졸업 (학사)
- 현재: 가톨릭관동대학교 일반대학원 의료공학과 석사과정

〈관심분야〉 의용메카트로닉스, 디지털 신호처리, 영상처리,

임 창 목(Chang-Mok Lim) [일반회원]

- 1993-1999년 서울산업대학교
- 1998~2006년 한빛아이티
- 2006-2008년 리버트론
- 2008-2009년 대영유비텍
- 2009-2010년 ㈜맥스포
- 2010-현재 ㈜이레아이에스 대표이사

〈관심분야〉 스마트팜, IoT, 자동화시스템

이 상 식(Sang-Sik Lee) [종신회원]

- 1993-2000년 LG전선(주)
- 1996-2000년 성균관대학교 박사
- 2001-2004년 (주)미도테크
- 2004-2010년 성균관대학교 연구교수
- 2011-현재 가톨릭관동대학교 의료공학과 교수

〈관심분야〉 의용메카트로닉스, u-Health, 생체역학, 의용전기전자