

무선 통신 기반 스마트 농장 온습도 제어 방법론에 대한 연구

박세현* · 오성현* · 이상민* · 맹준석* · 고윤석**

A Study on the Temperature and Humidity Control Methodology of Smart Farm ased on Wireless Communication Network

Se-Hyeon Park* · Seong-Hyun Oh* · Sang-Min Lee* · Jun-Seok Maeng* · Yun-Seok Ko**

요 약

본 논문에서는 스마트 농장의 경제성과 생산성을 제고하기 위한 스마트 농장을 위한 온습도 제어 알고리즘을 제안하였다. 스마트 농장의 기본 조건을 분석하고, 이를 기반으로 무선통신을 기반으로 하는 스마트 농장내의 센서 및 제어대상간 정보교환 시스템을 설계하였으며, 스마트 농장내의 온도, 습도 그리고 토양습도가 식물 성장에 적합하게 설정된 기준 값을 추종하도록 온습도 제어 알고리즘을 개발하였다. 제안된 설계 방법론 및 제어 알고리즘의 유효성을 검증하기 위해서 2.4GHz 무선통신 기반 소규모 스마트 농장의 프로토타입을 제작하였으며, 온습도 실험을 통해서 그들의 유효성을 확인하였다.

ABSTRACT

In this paper, a temperature and humidity algorithm was proposed to enhance the economic efficiency and productivity of smart farm. The basic conditions of smart farms were analyzed, and the information exchange system between sensors and control objects in smart farms based on wireless communication was designed. Based on this, a temperature and humidity control algorithm was developed so that temperature, humidity and soil humidity within smart farm can be followed in predefined values for plant growth. To verify the validity of the proposed design methodology and control algorithm, a prototype of small scale smart farm based on 2.4GHz wireless communication were built and their validity was confirmed through repeated temperature and humidity test.

키워드

Smart Farm, Internet of Things, Multiple Wireless Sensor Network, Wireless Communication
스마트 농장, 사물 인터넷, 다중 무선 센서 네트워크, 무선 통신

1. 서론

자유무역협정이 미국과 유럽연합으로 확대되는 등

시장개방의 가속화와 함께 산업구조의 고도화 추세에 따라 농업의 국가 경제적 비중과 위상의 저하, 농가인구와 소득의 감소, 작은 영농규모로 인하여 수입 농산

* 남서울대학교 전자공학과(dhjswm0249@naver.com, jhoon92@nate.com, hosung200@naver.com, youjung4455@naver.com)

** 교신저자 : 남서울대학교 전자공학과

• 접수일 : 2018. 06. 25
• 수정완료일 : 2018. 07. 20
• 게재확정일 : 2018. 08. 15

• Received : Jun. 25, 2018, Revised : Jul. 20, 2018, Accepted : Aug. 15, 2018

• Corresponding Author : Yun-Seok Ko

Dept. of Electronic Engineering, Namseoul University,

Email : ysko@nsu.ac.kr

물과의 가격경쟁에 심각한 어려움을 겪고 있어, 이를 해결하고 농업 선진국으로의 도약을 위하여 새로운 대안으로서 스마트 농장이 큰 관심을 받고 있다[1-3].

우리나라에서도 스마트 농장의 중요성을 인식하고 2013년부터 보급에 힘쓰고 있으며 2015년 전체 시설 원예 농가의 1.7%, 과수 농가의 0.2%, 축산 농가의 0.5%가 스마트 농장으로 전환되어 운영되고 있다[4]. 특히, 농업분야에서 국가 경쟁력 확보를 위해 국가적으로 스마트 농장의 보급 확대에 힘쓰고 있으며 동시에 스마트 농장 시스템의 개발을 위해 노력하고 있다. 일반적으로, 스마트 농장의 핵심 기술은 생산성 향상, 품질향상을 도모하기 위해 농장내의 재배환경을 작물에 적합하도록 실시간으로 제어하는 기술이다 [5-7]. 지금까지, 이 문제를 해결하기 위한 수개의 스마트 농장 설계 및 제어기술이 제안되었는데[8-13], 최근에는 스마트 농장의 건설과 유지관리 비용을 줄이기 위해 사물인터넷 기술을 적용하고자 하는 노력들이 새롭게 추진되고 있다.

따라서 본 논문에서는 이러한 기술 수요에 근거하여 건설비용, 유지관리 비용 그리고 인건비의 절감을 통한 생산성 향상을 기할 수 있는 무선통신을 이용한 스마트농장 온습도 제어 방법론을 제안한다. 또한 제안된 제어 방법론의 유효성을 검증하기 위해서 스마트 농장의 프로토타입을 설계, 제작하고 실험적 검증을 통해서 그 유효성을 확인한다.

II. 스마트 농장 시스템

2.1 스마트 농장 시스템 구성

스마트농장이란 사물인터넷 기술을 기반으로 시설의 온도, 습도, 일조량, 이산화탄소량 및 토양을 자동으로 측정 및 분석하고, 이 결과에 따라 필요한 제어를 수행하고 작물에 필요한 영양소를 공급한다. 또한 스마트폰과 같은 모바일 기기를 통해 작물 재배 환경을 원격으로 관리 가능도록 지원하는 것이다[14-15]. 그림 1은 스마트 농장의 구성을 보인다.

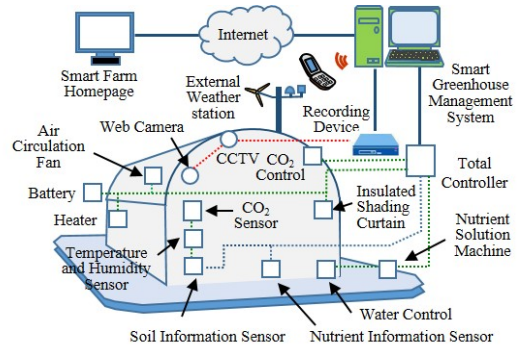


그림 1. 스마트 농장 시스템 구성
Fig. 1 Configuration of the smart farm system

2.2 무선 제어 시스템 설계

본 연구에서 제안하는 무선통신을 이용한 스마트 농장의 온습도 제어 방법론은 그림 2와 같다.

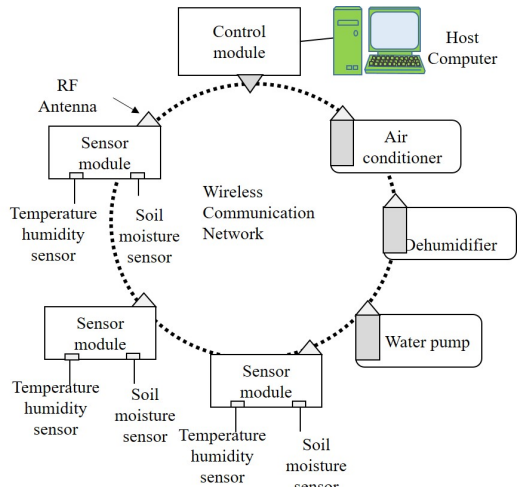


그림 2. 무선통신 기반 제어 방법론
Fig. 2 Control methodology based on wireless communication

스마트 농장 제어 시스템은 호스트 컴퓨터, 제어모듈, 센서모듈 그리고 제어대상으로 구성되며 이들 구성요소들은 정보교환을 위해 무선통신으로 연결된다. 제어모듈은 무선통신을 이용하여 일정 시간마다 센서모듈들에 대기의 온도와 습도 및 토양습도 데이터를 요청하고, 각 센서 모듈들로부터 대응하는 데이터가

수신되면 수집된 정보를 바탕으로 농장내의 온도, 습도 그리고 토양습도를 적정하게 유지하기 위해 냉방기, 제습기, 환풍기 그리고 수증 펌프 등과 같은 제어 대상을 제어하도록 설계한다.

2.3 제어동작 알고리즘

그림 3은 온습도 제어를 위한 순서도를 보인다. 마스터인 제어모듈은 농장 내의 온습도 센서모듈에 순차적으로 온습도 데이터 요청명령을 전송한다. 센서모듈들은 대기모드에서 제어모듈로부터 데이터 요청 명령을 수신하면 측정된 온도를 무선통신 모듈을 통해 제어모듈로 송신한다.

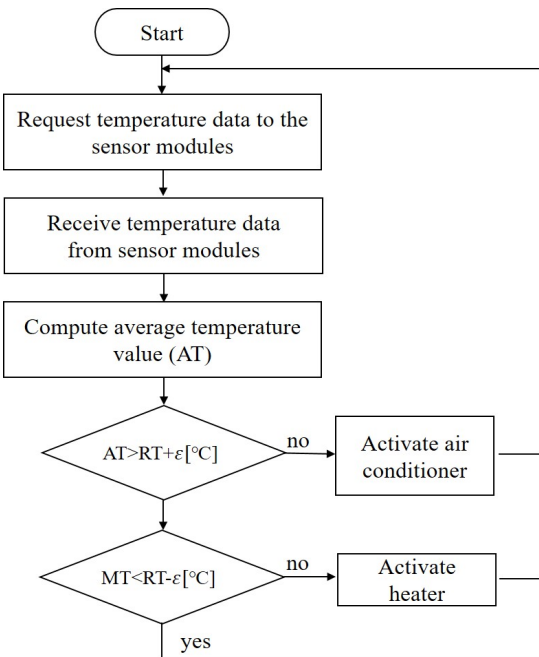


그림 3. 온도제어 처리 순서도
Fig. 3 Temperature control processing flowchart

제어모듈은 순차적으로 모든 온습도 센서모듈들로부터 온도 데이터를 수집한 후, 수집된 온도 데이터들로부터 식 (1) 과 같이 평균온도 AT를 계산한다. 식 (1)에서 n은 온습도 센서 모듈의 수, T_i 는 i번째 온습도 센서 모듈로부터 수집된 온도 데이터를 표시한다. 다음 실내온도를 적정온도에서 유지하기 위한 제어전략을 수행한다.

$$AT = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i \quad (1)$$

만약, 계산된 평균온도 AT가 기준온도 RT를 기준으로 $\pm \epsilon [^\circ\text{C}]$ 만큼 벗어나면 릴레이 모듈을 동작시켜 냉방기를 ON/OFF 함으로서 실내온도를 적정한 범위 내에서 유지하도록 한다. 여기서 ϵ 는 온도의 허용오차를 표시한다.

그림 4는 대기 습도제어 알고리즘을 보이는데 온도 제어 알고리즘과 거의 유사하다. 먼저 마스터 제어모듈은 대기습도 센서모듈에 순차적으로 데이터를 요청한 후 대기한다. 이때 대기모드에 있는 센서모듈들은 마스터 모듈의 데이터 요청명령에 대응하여 대응하는 습도 측정 데이터를 무선통신을 이용하여 마스터 제어모듈에 전송한다.

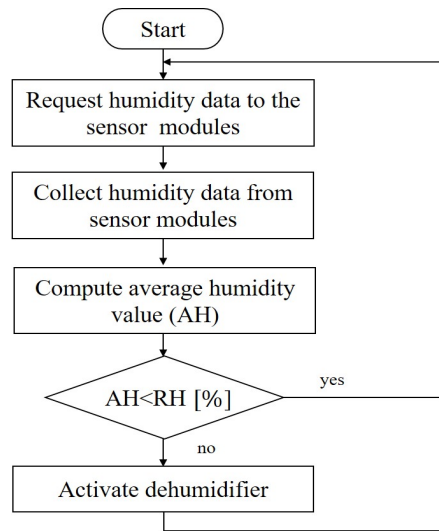


그림 4. 습도센서 처리 순서도
Fig. 4 Humidity control processing flowchart

마스터 제어모듈은 이들 수집되는 습도 데이터로부터 식 (2)와 같이 평균습도 AH를 계산한다. 식 (2)에서 H_i 는 i번째 센서 모듈로부터 수집되는 습도 데이터를 표시한다.

$$AH = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n H_i \quad (2)$$

다음 AH가 기준 습도 RH보다 높으면 제습기를 ON하여 습도를 적절한 값으로 제어한다.

III. 실험 및 고찰

본 논문에서는 제안된 방법론의 유효성을 보이기 위해서 제어모듈과 센서모듈로서 아두이노를 선택하였고 재배식물로는 샤프란을 선택하였다. 샤프란의 대기 적정온도는 5°C에서 15°C이기 때문에 기준온도 RT로서 12°C로 하였고 허용오차 ϵ 은 1°C로 설정하였다. 또한 기준습도 RH는 30%로 하였다.

3.1 시작품 제작

그림 5는 제작된 스마트 농장의 배치도이다. 비닐 하우스 외부에는 아두이노, 전원, 릴레이모듈을 배치하였고 내부에는 냉방기, 제습기, 환기팬을 배치하였다. 무선송수신모듈과 온습도센서는 하우스 꼭지단에 배치하였고 토양습도센서는 화분 속에 삽입하였다.

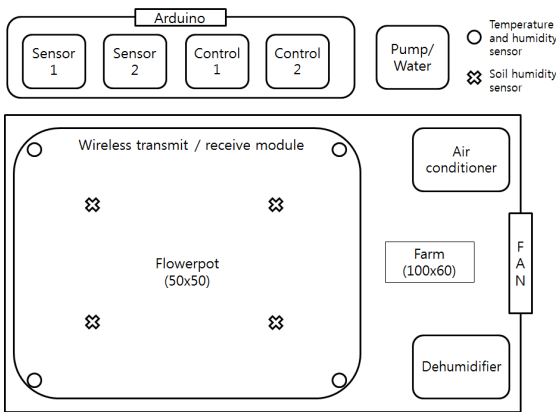


그림 5. 스마트 농장 배치도
Fig. 5 Smart farm layout

표 1은 스마트 농장 시작품의 규격을 보인다.

표 1. 스마트 농장 시작품 규격
Table 1. Specifications of the prototype

Object	Specifications
Firm Size	100x80x60cm
Module	Temp. & humidity sensor(DHT22) Soil moisture sensor(AS0239)
Wireless transmit/receive module	nRF24L01 Operating voltage: 1.9~3.6V IOPort operating voltage: 0~3.3/5V Transmission speed: +7dB Reception sensitivity: -90dB Transmission range: 250m Module size: 15x29mm
Temperature and humidity sensor (28x13mm)	Temp. Sensor Measuring Range: 0~50°C Error Range: ±2°C Accuracy: ±2 Resolution: 1°C
	Humi. sensor Measuring Range: 20~90%RH Error Range: ±5%RH Accuracy: ±5%RH
Soil Moisture Sensor	Operating voltage: 3.3~5V Size : 60x20mm

3.2 토양습도 센서 실험

토양습도 센서는 0~1023까지의 전압 값으로 센서 값을 전송한다. 그래서 전송받은 값을 %단위로 변경하였고 습도 값이 제대로 측정되는 것을 확인하였다. 또한 물속에서 측정 했을 때 측정된 값이 100%인 측정되는 것을 확인하였고 마른 토양에 물을 주었을 때 0~100%사이의 값이 측정 되는 것을 확인하였다.

3.3 온습도 센서 실험

온습도 센서의 온도 값은 섭씨 단위로 측정하였고 습도 값은 백분위로 측정하였다. 구조물 내부에서 온도센서의 동작을 실험하기 위해서 냉방기와 환풍기를 동작하였을 때 센서들의 시간에 따른 온도변화의 평균값을 측정하였다. 습도 센서의 동작을 확인하기 위해 제습기와 환풍기를 동작 하였을 때의 동작 시간에 따른 센서들의 평균값의 변화를 측정하였다.

1) 온도 제어 실험

먼저, 냉방기능의 성능실험을 하기 위해 스마트농장 내부의 온도를 높인 후 냉방기를 동작시켜 성능

시험을 하였다. 냉방기를 사용하여 일정한 간격으로 온도를 측정할 결과 3분 동안 평균 0.5℃씩 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

2) 습도센서 실험

제습기능의 성능시험을 하기 위해 농장 내부의 습도를 높인 후 제습기를 이용한 경우와 환풍기를 이용한 경우와 제습기와 환풍기를 모두 사용한 경우를 실험하였다. 그림 6은 제습기만 사용하여 대기 중 습도를 각각 59%, 60%, 61%에서 5회씩 측정할 결과 약 5~7%씩 일정하게 감소한다는 것을 확인할 수 있다. 하지만 제습기 자체에서의 발열 때문에 내부 온도가 올라가는 것이 확인되었다. 하지만 제습기 자체에서의 발열 때문에 내부 온도가 올라가는 것이 확인되었다. 그림 6에서 세로축은 습도를 나타낸다.

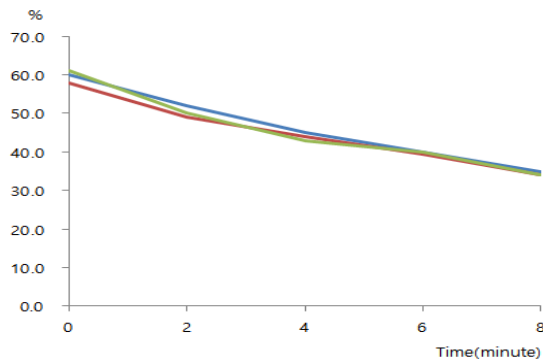


그림 6. 제습기 단독 제어 시험
Fig. 6 Dehumidifier single control test

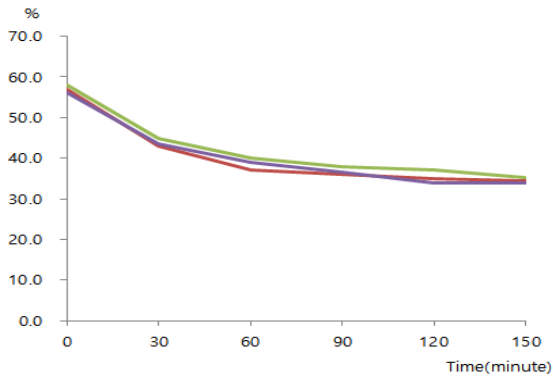


그림 7. 환풍기 단독 제어 시험
Fig. 7 Fan single control test

그림 7은 환풍기만 사용하여 대기 중 습도를 56%, 57% 58%에서 5회씩 측정할 결과 실험 시작 후 1분간 20%정도 빠르게 감소하며 일정 습도 이하에서 1%씩 느리게 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 환풍기는 농장 외부의 습도에 크게 영향을 받는다는 것이 확인되었다. 그림 7에서 세로축은 습도를 나타낸다.

그림 8에서 제습기와 환풍기 사용 시 대기 중 습도를 59%, 60%, 61%에서 5회씩 측정할 결과 환풍기만 사용했을 때 보다 분당 1~2%씩 더 감소하는 것이 확인되었다. 그림 8에서 세로축은 습도를 나타낸다.

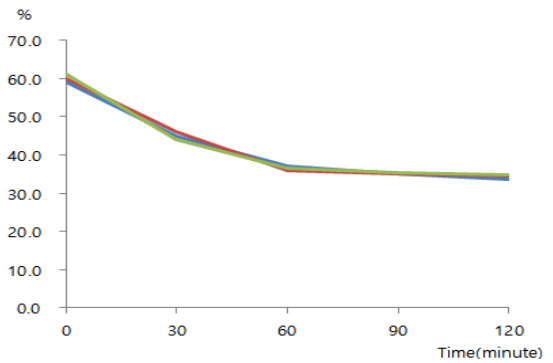


그림 8. 환풍기 및 제습기 제어 시험
Fig. 8 Ventilator and dehumidifier control test

IV. 결 론

본 논문에서는 무선통신 네트워크를 이용한 스마트 농장 온습도 알고리즘을 제안하였다. 그리고 하나의 스마트 농장의 프로토타입을 실험 제작하였는데, 아두이노 기반의 주제어장치, 다중개의 데이터 수집 센서 모듈 그리고 냉난방장치, 환기팬 등 제어 대상들로 구성하였다. 특히 주제어장치와 센서모듈 그리고 제어 대상 간에는 데이터 정보수집 및 제어를 위해 2.4GHz 무선통신 시스템을 설계, 실현하였다. 제안된 알고리즘의 유효성을 확인하기 위해 샤프란을 실험 작물로 채택하였고 실험을 통해서 온실 환경이 재배작물에 적합한 온도 15도 내외, 습도 40%내외로 유지되는 것을 확인함으로써 제안된 무선통신기반 온습도 제어 방법론이 스마트 농장에 적용될 수 있는 가능성을 보였다. 향후 장거리통신 모듈을 사용하여 통신거리를

늘린다면 스마트농장에서 더욱 효율적으로 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

References

- [1] S. Jeong and H. Kang, "Smart Farm for Intelligent Farming Management Technological Development," *Water For Future*, vol. 47, no. 2, Feb. 2014, pp. 76-79.
- [2] J. Ahn, "Smart Farm based on Internet of Things Changing Life for Rural," *Korea Research Institute for Human Settlements*, Research Report, vol. 5, 2015, pp. 19-26.
- [3] S. Jung, C. Sim, S. No, W. So, and J. Kang, "Design and Implementation of Produce Farming Field-Oriented Smart Pest Information Retrieval System based on Mobile for u-Farm," *J. of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, vol. 10, no. 10, Oct. 2015, pp. 1145-1156.
- [4] Y. Kim, J. Park, and Y. Park, "Smart Farm Status and Success Factor Analysis," In *Proc. Korea Rural Economic Institute*, Report M141, Naju, Korea, Jun. 2016, pp. 19-24.
- [5] M. O'Grady and G. MPare, "Modelling the Smart Farm," *Information Processing in Agriculture*, vol. 4, 2017, pp. 179-187.
- [6] S. Lee, "Cloud_Based Smart Farm Technology," *Korea Electronics Institute*, Daejeon, Korea, 2017, pp. 50-54.
- [7] S. L. Wolters, T. Balafoutis, S. Fountas, and van Evert, "Smart Farm based on Internet of Things Changing Life for Rural," *SmartAKIS(Agriculture Knowledge Information System)*, Jan. 2016.
- [8] W. Yeo, I. Lee, K. Kwon, T. Ha, S. Park, S. Kim, and S. Lee, "Analysis of Research Trend and Core Technologies Based on ICT to Materialize Smart-farm," *Department of Rural Systems Engineering Seoul National University*, vol. 25, no. 1, Mar. 2016, pp. 30-31.
- [9] S. Romeo, "Enabling Smart Farming through the Internet of Things Current Status and Trends," *Sensing Technologies for Effective Land Management Workshop*, Bangor University, North Wales, UK, Jun. 2016.
- [10] S. Wilde, "The Future of Technology in Agriculture," In *Proc. STT Netherlands Study Centre for Technology Trends*, no. 81, The Hague, Netherlands, 2016.
- [11] G. Seong, W. Kim, Y. Kim, and W. Yang, "Pi Logger : Low-cost Greenhouse Image and environmental data collection System for Invigorating Smart Farm Propagation," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 11, Nov. 2016, pp. 1121-1128.
- [12] N. Yoo, "Development Smart Farm System for Minimizing Carbon Emissions," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 12, Dec. 2016, pp. 1231-1236.
- [13] E. Kim, "Smart Environment Control System for Greenhouse," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 5, Oct. 2017, pp. 907-914.
- [14] M. Dlercq, A. Vats, and A. Biel, "Agriculture 4.0: The Future of Farming Technology," *World Government Summit Report*, Dubai, United Arab, Feb. 2018.
- [15] D. Pivoto, P. Daquil, E. Talamini, C. Finocchio, V. Cort, and G. Vores, "Scientific Development of Smart Farming Technologies and their Application in Brazil," *Information Processing in Agriculture*, vol. 5, no. 1, Mar. 2018, pp. 21-32.

저자 소개



박세현(Se-Hyeon Park)

2010년 3월~ 남서울대학교 전자공학과 4학년 재학 중

※ 주 관심분야 : 스마트 농장, 전기자동차, 플렉시블 디스플레이



이상민(Sang-Min Lee)

2013년 3월~ 남서울대학교 전자공학과 4학년 재학 중

※ 주 관심분야 : 스마트 농장, 전기자동차, 플렉시블 디스플레이



오성현(Sung-Hyun Oh)

2013년 3월~ 남서울대학교 전자공학과 4학년 재학 중

※ 주 관심분야 : 스마트 농장, 전기자동차, 플렉시블 디스플레이



맹준석(Jun-Seok Maeng)

2013년 3월~ 남서울대학교 전자공학과 4학년 재학 중

※ 주 관심분야 : 스마트 농장, 전기자동차, 플렉시블 디스플레이



고윤석(Yun-Seok Ko)

1984년 2월 광운대 공대 전기공학과 졸업(공학사).

1986년 2월 광운대 대학원 전기공학과 졸업(석사).

1996년 2월 광운대 대학원 전기공학과 졸업(공학박사).

1986년~1996년 한국전기연구소 선임연구원.

1996년~1997년 포스코 경영연구소 연구위원.

1997년~현재 남서울대학교 전자공학과 교수.

2012년~2013년 University of Utah 방문교수

※ 주 관심분야 : 전력시스템 자동화, 배전자동화, 스마트그리드, 주택자동화, 인공지능, 로봇제어

