

노지 농업의 환경 요소 분석을 위한 스마트 IoT 시스템 구현에 관한 연구

이병주*, 곽윤식**

Implementation of the Smart IoT System for Analysis of Environmental Factors for Open-Field Agriculture

Byungju Lee*, Yoonsik Kwak**

2021년 한국교통대학교 지원을 받아 수행하였음.

요 약

본 논문은 농업의 발전 동향에 따라 연구, 활용되고 있는 정밀농업에 관련한 것이다. 정밀농업이란 작물의 생육환경 요소에 관한 정보의 획득과 이를 바탕으로 한 최적화된 생육환경의 조성을 통하여 농작물의 생산성, 경제성, 상품성을 확보하는 데 목적을 둔다. 이를 위하여 본 논문에서는 환경요인 정보의 획득을 위한 다양한 센서(온도, 습도, 토양 성분, 기후 등)를 활용하고, 실시간의 자료통합을 위한 미들웨어 및 관계시스템으로 구성되는 스마트 IoT 시스템 구현하였다. 제안 스마트 IoT시스템을 이용하여 환경요소(대기환경 및 토양환경 요소) 획득, 데이터 기반 유용정보(최적제어를 위한 인자)생성 등을 달성하였다. 또한 노지 농산업(생산성, 품질, 노동력 절약 등) 기술의 향상을 기대할 수 있었다.

Abstract

This paper is about for the precision agriculture according to the development trends of agriculture. In case of the precision agriculture, it is the goal to collect the information about growth environment factors for crops and get the productivity, economics and merchandising based on optimized growth environment. In order to these goal we design and implement the smart IoT analysis system that consist of various sensors related with the information about environmental factors(temperature, humidity, weather condition etc-atmosphere and soil) and then can acquire the environmental factors(atmosphere and soil) and useful information(factors for optimizing control). Also the quality of agricultural industry technology could be expected to improve through additional research.

Keywords

precision agriculture, IoT, environment factors, vineyards, smart system

* (주)보아스에스이 대표이사
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9667-3351>
** 한국교통대학교 컴퓨터공학과 교수(교신저자)
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7407-207X>

· Received: Nov. 15, 2021, Revised: Nov. 30, 2021, 2021, Accepted: Dec. 03, 2021
· Corresponding Author: Yoonsik Kwak
Korea National University of Transportation
Tel.: +82-43-841-5345, Email: yskwak@ut.ac.kr

I. 서 론

국내 농산업 현황에 있어서 농산업에 참여하는 인구는 2019년 기준으로 4.3%(2005년 기준 7.1%), 경지 규모 측면의 경우, 경작지가 없는 농가가 0.9%, 0.5ha 미만의 농가가 47.5%, 0.5ha~1.0ha인 농가가 22.5%를 차지하고 있다. 또한 전체 국토를 기준으로 경지면적은 15.7%를 차지하고 있다[1].

국내·외적으로 농산업에 대한 정책적, 경제적 지원은 국가의 산업경쟁력 확보라는 전략적 정책 수단으로 다양한 형태로 시행되고 있으며 더불어 정밀농업에 관한 연구도 농업, 컴퓨터, 통신, ICT 등 여러 분야에서 그리고 노지농업, 시설농업, 원예농업 등을 대상으로 매우 활발하게 수행, 발전되어 왔다[2][3].

우리나라의 경우, 산업화 발전 동향에 따라 농림축산부의 통계 연보[1]에서도 나타난 것과 같이 농산업에 참여하는 인구는 지속적으로 감소하는 추세에 있으며 이 같은 추세는 경제 및 산업화 발전 동향과 더불어 계속될 것으로 예측되고 있다. 이는 농산업 부문에 투입되는 기존 인구의 고령화 및 노동력의 급격한 감소 문제를 야기하고 있다. 또한 경지면적의 측면에서는 소작 중심의 농업구조를 가지고 있으며 이는 국가정책의 한계성을 갖는 것으로 국가적인 농업산업의 규모 경제 정책의 한계성을 의미한다고 하겠다.

농산업의 전 주기 구성은 생산단계, 유통단계, 소비단계라는 3단계로 분류된다. 이 같은 3단계 구조를 중심으로 정책적 그리고 산업적 지원정책 및 학문적 연구가 분류하는 것이 일반적이다. 특히 국내·외적으로 유통 및 소비단계에 대한 정책적 지원 및 연구는 매우 활발하여 많은 연구성과 및 농산업 분야에 활용되고 있는 추세이다[4]-[11].

또한 1단계인 생산단계의 경우, 농작물의 생육환경요소에 대한 연구도 다양한 학문 분야에서 활발하게 진행되고 있다[7]-[12]. 생산단계에 대한 연구는 시설 농업과 노지 농업으로 대상이 분류할 수 있는데 우리나라의 경우, 2013년도 기준[3]으로 전체 농산업에서 시설 농업이 차지하는 비중은 약 12%를 점유하고 있으며 이에 대한 지원이 집중되고 있는 상태이다. 이 같은 추세에 따라 시설 농업

에 대한 정보화, 과학화, 현대화, 규모화 정책 및 연구가 매우 활발하게 진행되어 왔으며 그 성과도 얻어지고 있다. 여기에 반하여 상대적으로 노지 농업에 있어서는 그 활동성(연구 및 지원정책)이 매우 미약한 상황으로 연구 및 정책적 지원 필요성이 높다고 할 수 있다.

정밀농업이란 작물의 생육환경 요소에 관한 정보의 획득과 이를 바탕으로 한 최적화된 생육환경 조성을 통하여 농작물의 생산성, 경제성, 상품성을 확보하는 데 목적을 둔다. 또한 시설 농업을 대상으로 하는 이 같은 정밀 농업에 대한 연구는 매우 활발하게 진행되고 있으며 많은 성과도 얻고 있다 [9]-[11]

본 논문은 상대적으로 정책적 지원 및 연구가 부족한 노지 농업을 대상으로 한다. 농산업 대부분을 점유하고 있는 노지 농업을 대상으로 정밀농업 기술의 활용을 위한 스마트 IoT 시스템의 설계 및 구현에 관한 것이다.

노지의 특성 자료로 환경정보를 획득하기 위해서 환경정보를 토지환경과 대기환경으로 구분하였으며 각각의 환경정보에 있어서는 기본적인 특성 정보(토지 특성-온도, 습도, 산성도, 질소 등, 대기 특성-온도, 습도, 조도, 강우량, 풍향)을 설정하였다.

또한 노지의 환경정보를 획득하기 위한 실시간 스마트 IoT 시스템(센서, 미들웨어, 서버)을 설계 및 구현하였다.

II. 연구 내용

본 장에서는 제안하는 스마트 IoT 시스템 관련 노지의 생육환경(토지환경 및 대기환경)요소, 센서, 시스템 구성 부문으로 나누어 서술하였다.

2.1 환경 요소

정밀농업에 있어서 노지의 농작물의 생육환경 요소는 다양하게 연구되어 왔다[12]. 생육환경에 관련한 요소는 대기환경(Atmosphere environment) 및 토양환경(Soil environment)으로 분류되며 다양한 영향 요소가 존재한다.

본 논문에서는 생육 환경요소로 대기환경 및 토양환경에 대한 요소를 설정하였으며 이를 요약한 것이 표 1이다

표 1. 환경 요소
Table 1. Environmental factors

Classification	Factors
Atomsphere factors	Temperature
	Humidity
	Illuminance
	Rainfall
	Wind direction
Soil factors	Temperature
	Soil-humidity
	Acidity
	Nitrogen
	Phosphorus
	Potassium

표 1에 나타난 것과 같이 대기환경 요소로 온도, 습도, 조도, 강우량, 풍향으로 설정하였으며 토양환경 요소에 대해서는 온도, 습도, 산도, 질소, 인, 칼륨으로 설정하였다. 이 설정은 특정 작물을 적용한 것이 아니고 일반적인 농산물을 대상으로 한 것이다[12][13].

2.2 시스템 설계

표 1에 설정된 환경 요소에 대해서 실시간 측정을 위한 스마트 IoT 시스템의 구성도를 나타낸 것이 그림 1이다.

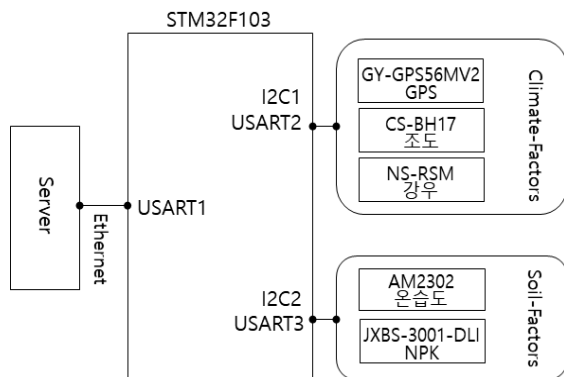


그림 1. 스마트 IoT 시스템
Fig. 1. Smart IoT system

제안 시스템의 구성도에서 제시된 것과 같이 제안 시스템은 프로세서부, 센서부, 게이트웨이부, 서버로 설계·구현하였다.

2.2.1 프로세서부

스마트 IoT 시스템의 핵심 부분인 마이크로프로세서는 서버, 게이트웨이, 센서 등의 인터페이스 및 통신을 제어하는 기능을 수행하는 부분으로 ARM 계열의 STM32F103 마이크로프로세서를 선택하였다. 기본적으로 본 프로세서의 시리얼 통신 포트인 I2C, USART 및 I/O포트를 이용하여 센서 및 터미널 인터페이스를 구현하였으며 I/O포트를 이용하여 강우 센서에 대한 인터페이스를 구현하였다.

또한 서버와의 통신방식으로 이더넷을 기반으로 구현, 센싱 데이터 등의 통신을 수행하도록 설계하였다.

2.2.2 센서부

센서부는 대기환경 및 토양환경 요소와 관련된 정보를 획득하기 위한 센서로 구성되어 있다.

먼저 대기환경 요소(온도, 습도, 조도, 강우량, 풍향)의 획득을 위한 센서부를 아래와 같이 설계·구현하였다.

온·습도 모듈 AM2302의 경우, 습도에 대해서는 센싱 범위 0~99.9% 온도에 대해서는 -40~80℃의 해상도를 갖는 모듈을 선택하였으며 메인 프로세서와의 통신방식은 I2C 방식으로 설계하였다. 그림 2는 모듈에 대한 회로도에 나타난 것으로 마이크로프로세서와는 I2C(2)에 연결시켰다.

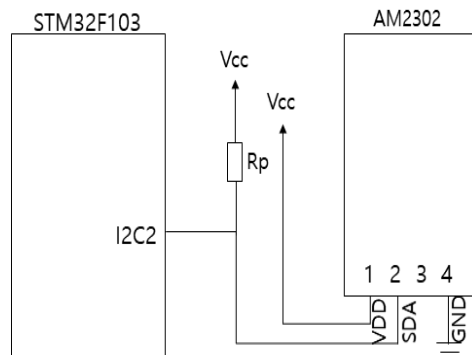


그림 2. 온·습도센서
Fig. 2. Sensor of temp·humidify

토양 특성으로 설정된 질소, 인, 칼륨을 측정하는 토양특성 센서 모듈로 JXBS-3001-DLI NPK를 사용하였다. 동작 온도는 0℃~55℃, NP 파라미터로 범위는 1~1999mg/kg(mg/L), 해상도는 1mg/kg(mg/L), 정확도는 ±2%FS이다. 마이크로프로세서와는 RS485 (Modbus-RTU 프로토콜)을 적용하였다(그림 3).

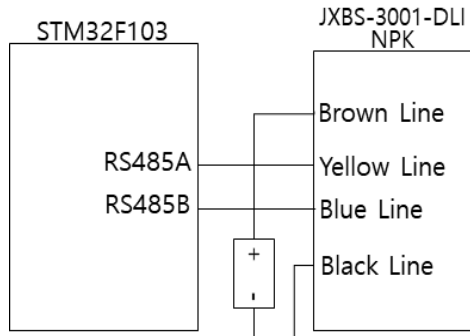


그림 3. 토양특성 센서
Fig. 3. Sensor of soil's property

조도센서 모듈 BH1721FVC, 광센서를 장착한 것으로 센싱범위(1~65528lx)를 적용하였다. 또한 메인 프로세서와는 I2C(1) 통신방식을 적용하도록 설계하였다(그림 4).

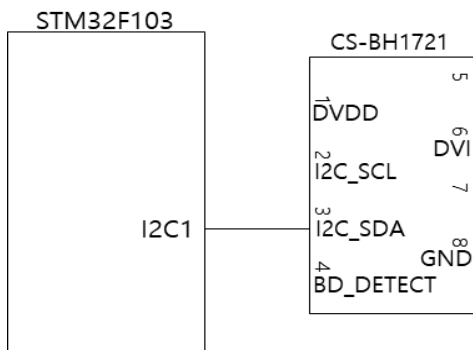


그림 4. 조도 센서
Fig. 4. Sensor of illuminance

빗물 감지 센서 모듈 NS-RSM Ver7.0, 구성은 센서부 PCB와 감지회로(컨트롤러)로 구성되어 있으며 디지털(TTL레벨) 및 아날로그 신호 형태의 출력이 가능하다. 메인 프로세서와는 I/O 포트를 사용하도록 설계하였다. 또한 감도는 감지 회로에 제공되는 감도 조절 볼륨을 사용하였다(그림 5).

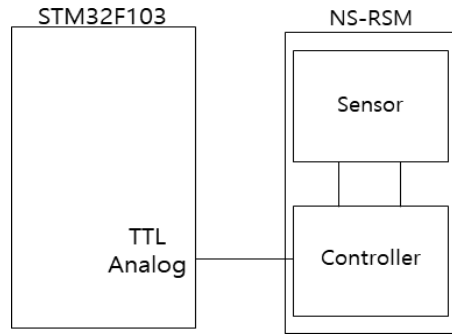


그림 5. 빗물 감지 센서
Fig. 5. Sensor of rainfall

2.2.3 서버, 게이트웨이부

그림 6에 나타낸 것과 같이 서버의 구성은 메인 프로세서, 터미널, 게이트웨이, 서버로 구성되며 시리얼 통신 및 이더넷을 적용하도록 설계하였다.

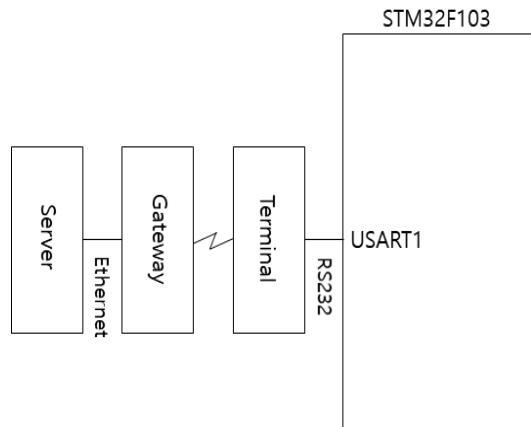


그림 6. 서버 구성
Fig. 6. Sever configuration

III. 구현 및 실험

본 논문에서 설계 및 구현한 스마트 IoT 시스템과 이를 통하여 획득한 자료 분석에 관해서 서술한다.

3.1 시스템 구현

그림 7은 게이트웨이, 터미널, CPU, 센서 간의 모니터링 시나리오를 나타낸 것이다. 구성요소 간의 신호 요청 및 전송 관계를 나타낸 것이다.

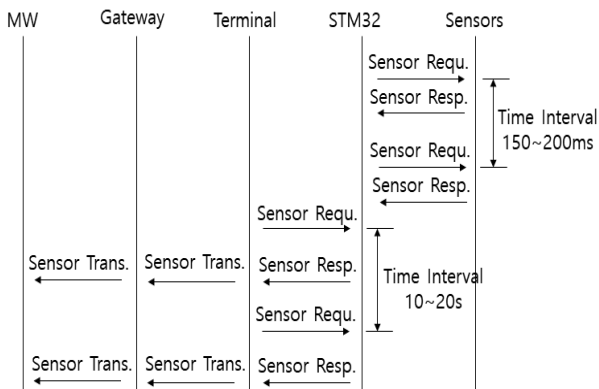


그림 7. 모니터링 시나리오
Fig. 7. Monitoring scenario

현장에 설치된 스마트 I/O 시스템을 통하여 로라 망을 이용하여 얻은 획득 데이터의 표본을 보여주고 있는 것이 그림 9이다.



그림 8. 시스템 구현
Fig. 8. System implementation

그림 8은 앞서 설계한 구성요소를 이용하여 스마트 I/O 시스템을 구현한 것이다. 그림에서 제시된 것과 같이 생육환경 요소 및 대기환경 요소 특성을 측정하기 위한 시스템을 완성하였다.

3.2 자료 획득 및 분석

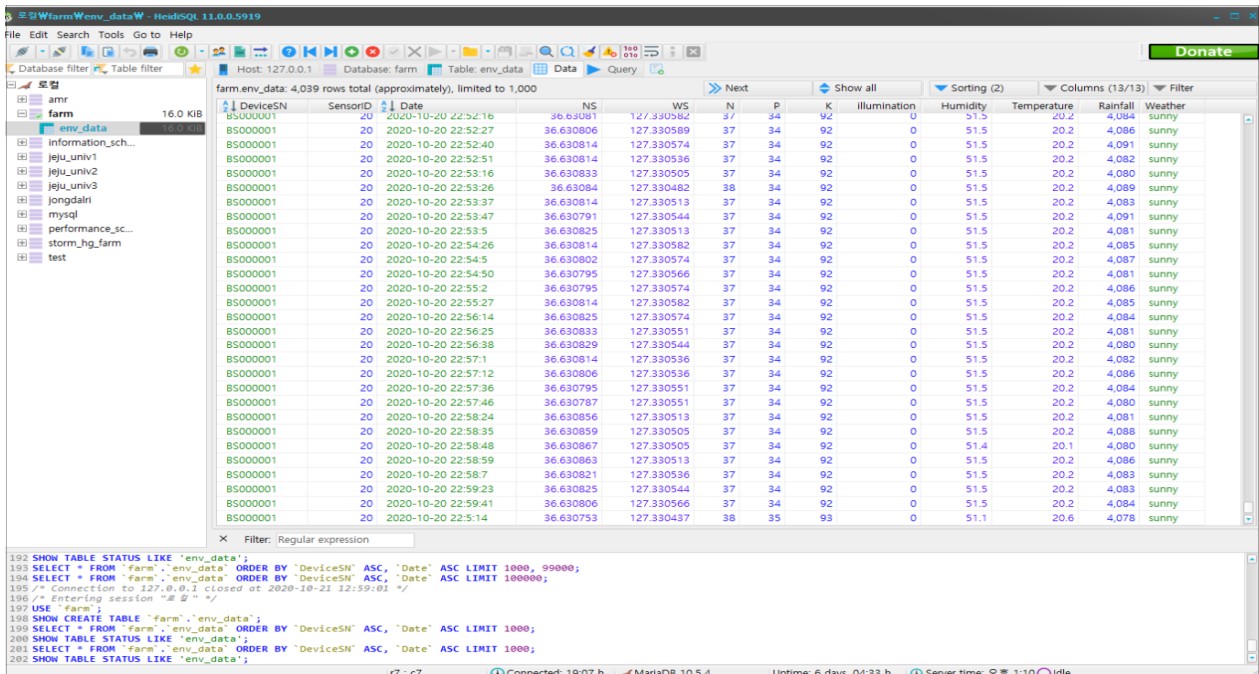


그림 9. 획득 자료
Fig. 9. Obtained data

DeviceSN(Device Serial No.), Sensor ID에 대해서 Date(측정일, 2020-10-20), NS(위도, 36.6308), WS(경도, 127.3305), N(질소, 37mg/kg), P(인, 34mg/kg), K(칼륨, 92mg/kg), Illumination(조도, 0-밝음), Humidity(습도, 51.5%), Temperature(온도, 20.2℃), Rainfall(빗물, 4,082-맑음), 측정 주기 : 1분 이내 최소 1회 이상 DB(database) 저장 자료를 나타낸 것이다.

IV. 결론

본 논문은 정밀농업 관련 스마트 IoT 시스템 구현에 관한 것으로 노지 농업에 활용할 수 있는 정밀농업을 위한 생육환경 요소로 대기환경 요소인 온도, 습도, 풍향, 조도를 설정하였으며 토양특성 요소인 온도, 습도, 질소, 인, 칼륨을 설정하였고 이와 관련된 데이터를 실시간으로 획득할 수 있는 센싱 시스템을 STM32F103를 기반으로 구현할 수 있었다.

제안 스마트 IoT시스템을 이용하여 환경요소(대기환경 및 토양환경 요소) 획득, 데이터 기반 유용정보(최적제어를 위한 인자)생성 등을 목표를 달성하였다. 또한 이를 바탕으로 노지 농산업(생산성, 품질, 노동력 절약 등) 기술의 향상 및 농업 경쟁력 확보가 가능할 것으로 기대된다.

References

- [1] Ministry of Agriculture, Food and Rural AFFAIRS Republic of Korea, "Agriculture, Food and Rural Affairs Statistics Yearbook", 2020.
- [2] Jung Sup Lee, "Direction of research and development for improving international competitiveness of horticulture facilities", <http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE10486467>. [accessed: Nov. 04, 2020]
- [3] Uk-hyeon Yeon, In-bok Lee, Kyeong-seok Kwon, Tae-hwan Ha, Se-jun Park, Rack-woo Kim, and Sang-yeon Lee, "Analysis of Research Trend and Core Technologies Based on ICT to Materialize Smart-farm", Protected Horticulture and Plant Factory, Vol. 25, No. pp. 30-41, Mar. 2016. <http://dx.doi.org/10.12791/KSBEC.2016.25.1.30>.
- [4] Dongmin Seo, Mi-Nyeong Hwang, Byungju Lee, and Donggook Seong, "Design of Clean Agricultural Product Distribution Management Tracking Platform based on IoT·blockchain·AI", ICC 2020 Conference, pp. 369-370, 2020.
- [5] Joonyoung Lee, ShinHo Kim, SeaBom Lee, HyeonJin Choi, and JaiJin Jung, "A Study on the Necessity and Consyruction Plan of the Internet of Things Platform for Smart Agriculture", Journal of Korea Multimedia Society, Vol. 17, No. 11, pp. 1313-1324, Nov. 2014. <http://dx.doi.org/10.9717/kmms.2014.17.11.1313>.
- [6] Anurag D, Siuli Roy, and Somprakash Bandyopadhyay, "Agro-Sense:Precision Aggiculture using Sensor-based Wireless Mesh Networks", First ITU-T Kaleidoscope Academic Conference, 2008.
- [7] Jongyun Kim, "Efficient irrigation pretice for crops grown in soil using soil mositure sensors", <http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE10486467>. [accessed: Nov. 04, 2020]
- [8] P. Javadi Kia, A. Tabatabaee Far, M. Omid, R. Alimardani, and L. Naderloo, "Intelligent Control Based Fuzzy Logic for Automation of Greenhouse Irrigation System and Evaluation in Relation to Conventional Systems", World Applied Sciences Journal, Vol. 6, No. 1, pp. 16-23, Jan. 2009.
- [9] Byungju Lee and Yoonsik Kwak, "Design and Implementation of the data collector of sensor tags", Journal of KIIT, Vol 12, No. 4, pp. 55-60, Apr. 2014. <http://dx.doi.org/10.14801/kiitr.2014.12.4.89>.
- [10] Jaekwan Lee and Yoonsik Kwak, "Design and Implementation of the Protocols of Data Collectors in Sensor Networks", Journal of KIIT, Vol 12, No. 5, pp. 55-60, May 2014. <http://dx.doi.org/10.14801/kiitr.2014.12.5.73>.
- [11] Seokil Song and Yoonsik Kwak, "An Empirical Study on Agricultural Product Distribution Technology by Means of ICT Convergence", JAITC. Vol. 4, No. 1, pp. 45-53, Jul. 2014. <http://dx.doi.org/10.14801/JAITC.2014.4.1.45>.
- [12] Richard G. ALLEN, Luis S. PEREIRA, Dirk

RAES, and Martin SMITH, "FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56-Crop Evapotranspiration".

- [13] Jin-Young Kim, Isaac Sim, and Sung-Hoon Yoon, "Artificial Intelligence-based Classification Scheme to improve Time Series Data Accuracy of IoT Sensors", Journal of IIBC, Vol. 21, No. 4, pp. 57-62, Aug. 2021. <http://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2021.21.4.57>.

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 등

곽 윤 식 (Yoonsik Kwak)



1984년 6월 : 경희대학교 공학사
1994년 3월 : 경희대학교 공학박사
1991년 5월 ~ 현재 : 한국교통
대학교 컴퓨터공학과 교수
관심분야 : 센서네트워크, 인터넷
통신 등