

LPWA기반의 임산물 생육환경 수집 및 빅데이터 분석 시스템 개발

김유빈* · 오연재** · 김응곤***†

Development of LPWA-Based Farming Environment Data Collection System and Big Data Analysis System

Yu-Bin Kim* · Yeon-Jae Oh** · Eung-Kon Kim***†

요약

최근 스마트 팜의 연구가 활발해지면서 시설하우스와 같은 실내 환경 제어는 높은 수준에 이르렀다. 그러나 노지에서 재배가 이루어지는 임업 분야에 ICT기술의 활용은 아직 미비한 실정이다. 본 논문에서는 ICT 기술을 적용한 LPWA 기반의 임산물 생육환경 수집 및 빅데이터 분석 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 oneM2M 아키텍처를 기반으로 구성하였으며 소규모 태양광 발전과 LPWA기술을 이용하여 노지에서 환경 데이터를 수집하여 서버에 전송한다. 전송된 데이터는 서버에서 빅 데이터로 구축되며 이를 활용해 임산물의 생산량과 품질을 예측한다. 제안된 시스템은 신재생 에너지와 스마트 팜의 융합을 통해 저비용, 고품질의 임산물 생산에 기여할 것으로 기대된다. 또한 노지에서 이루어지는 농작물의 성장 환경 모니터링과 oneM2M 아키텍처를 활용하는 타 산업 분야에 응용될 수 있다.

ABSTRACT

Recently, as research on smart farms has been actively conducted, indoor environment control, such as a green house, has reached a high level. However, In the field of forestry where cultivation is carried out in outdoor, the use of ICT is still insufficient. In this paper, we propose LPWA-based forest growth environment collection and big data analysis system using ICT technology. The proposed system collects and transmits the field cultivation environment data to the server using small solar power generation and LPWA technology based on the oneM2M architecture. The transmitted data is constructed as big data on the server and utilizes it to predict the production and quality of forest products. The proposed system is expected to contribute to the production of low-cost, high-quality crops through the fusion of renewable energy and smart farms. In addition, it can be applied to other industrial fields that utilize the oneM2M architecture and monitoring the growth environment of agricultural crops in the field.

키워드

Big Data, Forest Products, Low-Power Wide Area, oneM2M, Outdoor Cultivation
빅데이터, 임산물, 저전력 장거리 통신, oneM2M, 노지 재배

* 엘시스 (ceobin@elsys.kr)

** 순천대학교(oksug10@naver.com)

***† 교신저자 : 순천대학교 컴퓨터학과

• 접수일 : 2020. 07. 08

• 수정완료일 : 2020. 07. 27

• 게재확정일 : 2020. 08. 15

• Received : Jul. 08, 2020, Revised : Jul. 27, 2020, Accepted : Aug. 15, 2020

• Corresponding Author : Eung-Kon Kim

Dept. of Computer Engineering, Suncheon National University.

Email : kek@suncheon.ac.kr

I. 서론

시설원에 중심으로 연구되어온 스마트농업이 최근 노지스마트 농업으로 그 영역을 확장하고 있다. 농촌 진흥청을 중심으로 스마트 관개 시스템을 실용화하기 위한 연구를 추진하고 농업 현장에서 활용할 수 있도록 관개기술 구현에 집중해 왔지만 관수장치와 통신 장치를 설치·유지관리 하는 서비스를 제공하는 체계가 정비되어 있지 않고 관수장치 구동을 위한 전기설비가 설치되어 있지 않아 노지 스마트팜 기술적용의 한계가 존재한다[1-3].

통신, 전기등 인프라 시설이 준비되어 있지 않은 노지환경에서의 스마트팜 기술 구현을 위해서는 상전원이 지원되는 지역과 상전원이 지원되지 않은 지역에 따라 적용 가능한 ICT 기술을 구분하여 서비스 모델을 제시할 필요가 있다.

본 논문에서는 ICT 기술을 적용한 LPWA 기반의 임산물 생육환경 수집 및 빅데이터 분석 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 대기 환경 데이터와 토양환경 데이터를 수집하는 센서 노드와 노지에서 상시전원이 공급되지 않는 특성을 고려한 자가발전 시스템, LPWA기반의 센싱 네트워크, 그리고 빅데이터 서버로 구성된다. 특히 oneM2M 아키텍처를 기반으로 설계함으로써 이기종의 다양한 센서 데이터를 처리할 수 있다. 수집된 데이터는 서버로 전송되어 빅데이터로 구축되며 이를 분석해 임산물의 생산량과 품질을 예측 결과를 제공한다.

제안된 시스템은 신재생 에너지와 스마트 팜의 융합을 통해 저비용, 고품질의 임산물 생산에 기여할 것으로 기대되며 노지에서 이루어지는 농작물의 성장환경 모니터링과 oneM2M 아키텍처를 활용하는 타 산업 분야에 응용될 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 저전력 장거리 통신기술과 oneM2M 아키텍처에 대해 기술하고 3장에서는 제안하는 LPWA 기반의 임산물 생육환경 수집 및 빅데이터 분석 시스템을 기술한다. 4장에서는 제안된 시스템의 구현 결과를 제시하고 5장에서 결론을 맺는다.

II. 관련연구

2.1 저전력 장거리 통신기술(LPWA)

LPWA은 기존의 이동통신네트워크 망을 활용하는 면허 주파수 대역 기술과 비면허 주파수 대역 기술 구분되며, 저전력 사물인터넷 통신을 위해 사용되고 있다[4][5].

특히, 비면허 대역 기술은 일반적으로 유럽의 경우는 868MHz 대역, 미국의 경우는 915MHz 대역을 활용 중인 것으로 알려져 있으며, 현재 활용 가능한 서비스로는 SIGFOX 사의 SigFox와 LoRa Alliance에서 제공하는 LoRaWAN[6](Long Range Wide Area Network)이 있으며, 기존의 전송표준인 ZigBee, Wi-Fi, Bluetooth와 달리 사물인터넷 서비스에 적합하게 발전되고 있다.

표 1. LPWA 기술 비교
Table 1. Comparison of LPWA technology

	SIGFOX	LoRa	LTE-M	5G
Outdoor range	<13km	<11km	<15km	<15km
Bandwidth (MHz)	Unlicensed 900	Unlicensed 900	Licensed 700-900	Licensed 700-900
Data rate	<100bps	<10kbps	<150kbps	<1Mbps
Availability	2015	2015	2016	2020
Skill	-	SKT	SKT KT LGU	SKT KT LGU

저전력 장거리 통신 서비스는 안정적인 커버리지 확보를 위해 일반적으로 1GHz 이하 대역을 활용하고 있으며, 1GHz 이하 저대역의 경우 고대역의 주파수에 비해 회절성이 높아 장애물이 많은 생활·산업 환경에서 서비스 제공이 용이하며, 상대적으로 고대역에 비해 커버리지가 넓어 사물인터넷 망의 구축비용을 절감할 수 있는 장점이 있다.

2.2 oneM2M 아키텍처

융합기술인 사물인터넷은 세계에서 다양한 분야로 연구가 활발히 이루어지고 있다. 이에 따라 사물인터넷의 국제 표준인 oneM2M 시스템을 다양한 곳에 사용하고 있다[6-12]. 부산시는 oneM2M 기반 오픈 플랫폼을 구현함으로써 산업과 대학 유관 스마트시티

에코시스템을 지원하고 있다[13].

oneM2M은 2012년 7월에 설립되어, 현재는 세계의 저명한 표준 개발 단체들(SDO) 중 8곳을 이루고 있다. 이는 전파산업회(ARIB, 일본), ATIS(미국), CCSA(중국), ETSI(유럽), TTA(미국), TDSI(인도), TTA(한국), TTC(일본)가 있다. 에너지, 교통 국방 공공서비스 등 산업별로 쓰던 플랫폼을 통합형 서비스 지원 플랫폼으로 개발하기 위해 발족된 사실상 표준화 단체이다.

oneM2M의 사양은 스마트 시티, 스마트 그리드, 커넥티드 카, 홈 오토메이션, 치안, 건강과 같은 다양한 애플리케이션과 서비스를 지원하는 프레임워크를 제공한다. 기존 IoT 서비스는 스마트홈앱은 홈 플랫폼, 스마트 카 앱은 카 플랫폼, 헬스케어 앱 플랫폼은 헬스플랫폼, 스마트 그리드앱은 그리드 플랫폼의 형태를 가지고 있어야 한다. 그런데 oneM2M 기본 애플리케이션은 하나의 서비스 플랫폼을 활용하여 다양한 앱을 사용한다. 그림 1과 같이 oneM2M은 스마트 홈, 스마트 카, 스마트 헬스케어 등 다양한 사물인터넷 응용 서비스를 지원할 수 있는 공통 플랫폼(Common Services Platform)을 정의하는 것이 주된 역할이다.

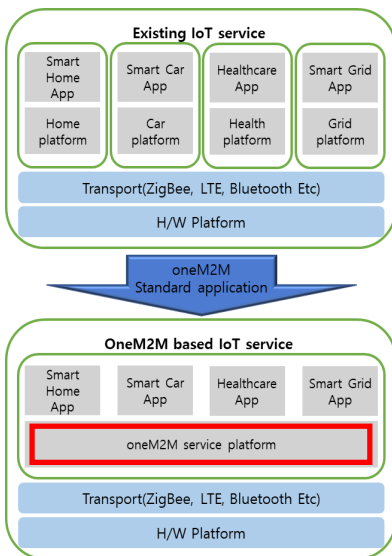


그림 1. oneM2M 플랫폼
Fig. 1 Diagram of oneM2M platform

III. 임산물 생육환경 수집 및 빅 데이터 분석 시스템 설계

3.1 임산물 생육 환경 수집 노드

재배지 환경 데이터 수집을 위해 농업 및 노지에서 작동 가능한 센서 노드를 설계하였다. 센싱 항목들은 온도, 습도, 풍향, 풍속, 일사량, 강우량의 기상 데이터와 토양 온도, 토양 습도, EC(Electrical Conductivity)의 토양 환경 데이터로 크게 나누며 수집된 데이터는 게이트웨이로 전송한다. 그림 2는 센서 노드의 하드웨어 설계도를 나타내며 표 2는 대기환경 센서와 토양 환경 센서의 사양이다.

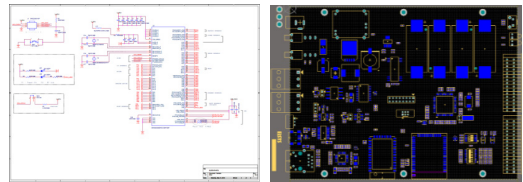


그림 2. 센서노드 하드웨어 설계도
Fig. 2 Hardware diagram of sensor node

표 2. 센서 사양
Table 2. Sensor Specifications

		Specifications
Air Env.	Wind Speed	· Measure range: 1 ~ 54 m/s · Precision: 1 m/s or 5%
	Wind Direction	· Measure range: 0 ~ 360 ° · Precision: 7 °
	Temp.	· Measure range: -40 ~ 65 °C · Precision: 0.5 °C
	Humidity	· Measure range: 0 ~ 100 % · Precision: 3% RH
	Rainfall Volume	· Measure range: 0 ~ 9999 mm · Precision: 4%
	Radiation	· Measure range 0 ~ 1800 W/m ² · Precision: 5 %
Soil Env.	Humidity	· Measure range: 0 ~ 99.9% · Precision: 1%
	Soil Temp.	· Measure range: 0 ~ 60 °C · Precision: 0.5%
	EC	· Measure range: 0 ~ 6.0 dS/m · Precision: 0.1 dS/m

재배지의 환경은 실내가 아닌 실외이므로 방진, 방습을 지원하는 장거리 저전력 통신 모듈을 설계하였다. LoRa 무선통신을 지원하는 SX1276 칩에 STM32 MCU를 연결하여 저전력 장거리 통신이 가능토록 설계하였다. LPWA 통신모듈의 하드웨어 블록 구성도는 그림 3과 같다.

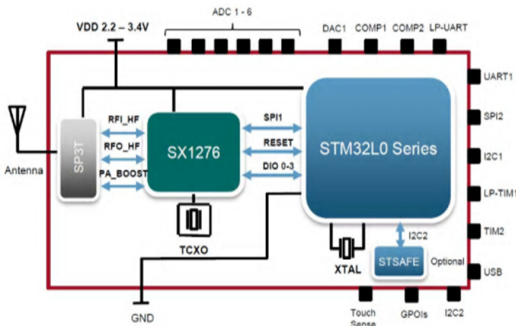
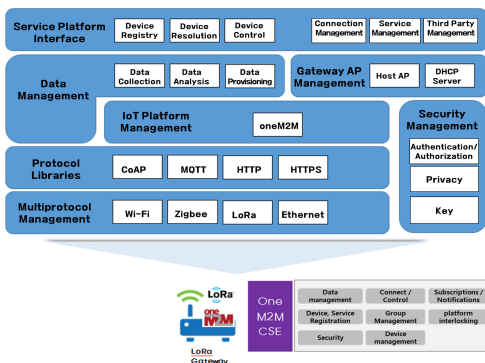


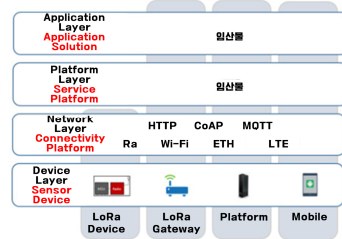
그림 3. LPWA 통신모듈 블록 구성도
Fig. 3 Block diagram of LPWA communication module

3.2 oneM2M 기반의 게이트웨이

센서노드가 수집한 데이터는 LPWA 통신모듈을 통해 게이트웨이로 전송되며 전송된 데이터를 처리하여 서버로 전송하는 역할을 수행하는 oneM2M 기반의 게이트웨이를 설계하였다. 설계된 oneM2M 기반 게이트웨이 플랫폼의 구조와 소프트웨어 레이어는 그림 4과 같다.



(a) oneM2M 기반 게이트웨이 플랫폼 구조
(a) Platform struct of oneM2M based gateway



(b) oneM2M 기반 게이트웨이 소프트웨어 레이어
(b) Software layers of oneM2M based gateway
그림 4. oneM2M기반 게이트웨이 구조 및 레이어
Fig. 4. Structure and layers of oneM2M based gateway

데이터 수집을 위한 센싱 노드와 게이트웨이의 전원공급 문제를 해결하기 위하여 2가지 방법을 활용하였다. 첫째 상시 전원 공급되는 재배지의 경우 국내 통신사를 이용한 LTE 방식의 데이터 수집 장치를 구축하여 토양 및 기상환경 데이터 수집을 데이터 수집기를 통하여 수집한다. 둘째 상시 전원이 공급되지 않은 지역은 전원공급 문제를 해결하기 위해 소형 태양광 발전을 통해 전기를 생산하여 센싱 노드와 게이트웨이의 전원으로 활용되도록 하며 전력 소모를 줄이기 위해 LoRa 통신 기반 센싱 네트워크 시스템을 구축한다.

3.3 데이터 분석 시스템

oneM2M 기반의 게이트웨이에서 전송되는 여러 종류의 센싱 데이터를 안정적으로 처리할 수 있는 데이터 분석 시스템을 설계하였다. 설계된 데이터 분석 시스템의 구성도는 그림 5와 같다.

환경정보 수집 표준 인터페이스를 통해 게이트웨이로부터 전송된 데이터를 받으며 외부 기상데이터 어댑터와 지상/토양 환경 정보 어댑터를 통해 수신한 데이터를 파싱하고 올바른 데이터인지를 확인한다.

어댑터를 거친 데이터는 저장소에 빅데이터로 구축되며 환경정보 질의 처리기를 통해 사용자의 질의를 처리하여 분석된 정보들을 제공한다.

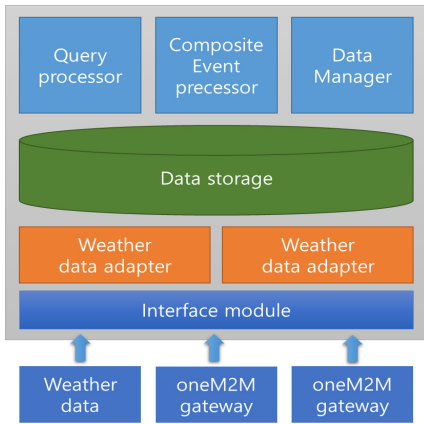


그림 5. 데이터 분석 시스템 구성도
Fig. 5 Structure diagram of data analysis system

IV. 구현 결과

제한한 LPWA 기반의 재배지 생육환경 데이터 수집 시스템의 성능은 평가하기 위해 토종 다래 재배지를 선정하여 LoRa기반의 미세기상 및 토양환경 데이터 수집을 위한 센싱 네트워크를 구축하였다. 토종 다래 재배지에 대한 다양한 미세기상 및 토양환경 데이터 수집을 위해 재배지 내 특성을 반영하여 햇빛의 양이 많이 드는 양지와 보통인 곳, 그리고 음지를 선정하여 과수원내에서 환경인자와 품질간의 상관관계를 비교할 수 있도록 데이터 수집 장치를 그림 6과 같이 설치하였다. 설치된 데이터 수집 장치는 온도, 습도, 풍향/풍속, 강우량, 일사량, 지온, 지습, EC 데이터를 수집한다.



그림 6. 센서 노드 설치
Fig. 6 Sensor node installation

센서 노드들은 대기 환경 데이터와 토양 환경데이터를 수집하여 oneM2M 기반 게이트웨이로 전송한다. 재배지에 설치된 게이트웨이는 방진, 방수를 지원하며 그림 7와 같이 구현하였다.

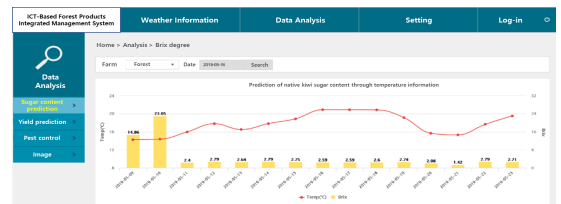


그림 7. oneM2M기반 게이트웨이
Fig. 7 oneM2M based gateway

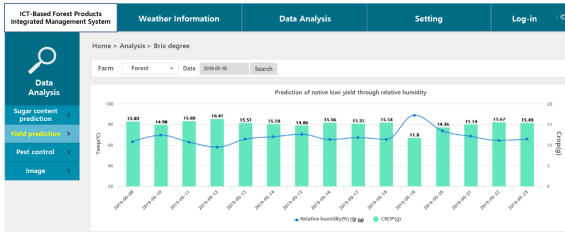
상시 전원의 사용 유무에 따라 두 종류의 센서 노드 및 oneM2M 기반의 게이트웨이를 구현하였다. 먼저 상시 전원이 없는 지역에서는 데이터 수집을 위해 태양광 모듈과 배터리를 결합한 자가발전 장치를 추가하여 전원 문제를 해결하였다. 또한 이동통신사의 기지국을 활용할 수 없기 때문에 데이터 수집장치로부터 데이터를 전송할 수 있는 LPWA 통신네트워크 등의 기술을 사용하였다. 그리고 상시 전원의 사용이 가능한 지역에서는 전력문제가 발생하지 않으므로 LTE망을 활용한 무선 네트워크를 활용하여 데이터를 수집하였다.

LoRa기반의 센싱 네트워크에서 LoS 테스트 결과 2Km까지는 데이터 전달 신뢰성 및 속도가 양호한 수치를 나타냈으며 3Km 거리에서는 데이터 전달 속도가 느려지지만 IoT기반 센서 장치에서 내보내는 소량의 데이터 수집이 가능하였다.

저장된 데이터를 활용하여 임산물의 수확량 및 품질 예측 시스템을 구현하였다. 시스템이 설치된 재배지는 다래 농장으로 수집된 데이터를 이용해 다래 수확량과 당도 예측을 수행하였다. 그림 8은 분석된 다래 수확량과 당도 예측 결과이다.



(a) 다래 당도 예측 결과
(a) Prediction of kiwi sugar content



(b) 아래 생산량 예측 결과

(b) Prediction of kiwi output

그림 8. 아래 당도 및 수확량 예측 결과

Fig. 8 Prediction of kiwi sugar content and output

IV. 결론

본 논문에서는 임산물의 생육 환경 수집 및 빅데이터 분석 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 자가발전을 하는 환경 데이터 수집 노드와 LPWA 기반 통신모듈, 그리고 빅 데이터 서버로 구성된다. 먼저 대기 환경 수집을 위해 풍속, 풍향, 온도, 습도, 강수량, 일사량 센서와 토양 환경 수집을 위해 지온, 지습, EC 센서를 탑재한 센서 노드를 설계하여 개발하였다. 상시전원이 공급되지 않는 특성을 고려하여 자가발전 시스템을 도입한 LoRa기반의 LPWA 센싱 네트워크를 구축하여 임업 재배지 현장에 설치하고 게이트웨이를 통해 서버로 데이터가 전송됨을 확인하였다. 특히 oneM2M 아키텍처 기반의 게이트웨이를 구축해 이기종의 다양한 센싱 데이터 처리할 수 있도록 하였다. 또한 임산물의 수확량과 품질 예측을 위한 빅 데이터 분석 알고리즘을 제안하였으며 아래 작물을 대상으로 테스트한 결과를 제시하였다.

제안된 시스템은 임산물의 재배 생산성 향상에 기여할 것으로 기대되며 타 농업작물의 생장 환경 모니터링 산업 분야에 응용할 수 있다.

감사의 글

본 논문은 2019년도 정부(산업통상자원부)에서 한국에너지기술평가원의 에너지지원사업의 지원으로 수행되었음.

(20194210100230, 농작물 대상 재생에너지 융합시스템 개발 및 실증)

References

- [1] S. B. Weon, "Analysis of the development prospects for forestry industry in the Russian Federation and Korean-Russian forestry cooperation : with a focus on Khabarovsk Krai." *Korean J. of Siberian studies*, vol. 23, no. 2, 2019, pp. 199-222.
- [2] S. K. Youm, S. K. Hong, and W. K. Koh, "The Smart Outdoor Cultivation System using Internet of Things," *J. of the Korea Convergence Society*, vol. 9, no. 7, 2018, pp. 63-68.
- [3] J. Y. Joo and J. C. Oh, "Development of Lora wireless network based water supply control system for bare ground agriculture," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 13, no. 6, 2018, pp. 1373-1378.
- [4] W. Cho, "LoRa for LPWA Network: Overview and its Performance Enhancement Technologies," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 14, no. 2, 2019, pp. 283-288.
- [5] S. K. Lee, "Design and Application of LoRa-based Network Protocol in IoT Networks," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 14, no. 6, 2019, pp. 1089-1096.
- [6] A. J. Wixted, K. Peter, L. Hadi, T. Alan, A. Ali, and S. Niall, "Evaluation of LoRa and LoRaWAN for wireless sensor networks," In *2016 IEEE SENSORS*, Orlando, FL, USA, 2016, pp. 1-3.
- [7] S. M. Jeong, S. Y. Kim, and S. L. In, "Design and Implementation of Smart City Data Marketplace based on oneM2M Standard IoT Platform," *J. of Internet Computing and Services*, vol. 20, no. 6, 2019, pp. 157-166.
- [8] M. S. Lee, G. W. Kim, G. W. Bark, and G. S. Jeng, "Web-based Integrated Management System Using oneM2M Platform in IoT Environment." *J Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, vol. 45, no. 10, 2018,

pp. 1104-1110.

- [9] H. C. Kim, "A Study on The Real-Time Data Collection/Analysis/Processing Intelligent IoT," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 14, no. 02, 2019, pp. 317-322.
- [10] Y. D. Lee, "Implementation of Data Monitoring and Acquisition System for Real-time Rotating Machinery based on oneM2M," *The Korea Institute of Convergence Signal Processing*, vol. 20, no. 12, 2019, pp. 57-6.
- [11] M. S. Lee, G. W. Kim, J. W. Park, and K. S. chung, "Web-based Integrated Management System Using oneM2M Platform in IoT Environment," *J Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, vol. 45, no. 10, 2018, pp. 1104-1110.
- [12] S. S. Kim, M. S. Jun, and D. H. Choi, "Chameleon Hash-Based Mutual Authentication Protocol for Secure Communications in OneM2M Environments," *The J. of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol. 40, no. 10, 2015, pp. 1958-1968.
- [13] S. Y. Lee and H. J. Yoon, "A Study on Smart Eco-city and Ubiquitous Administrative Spatial Informatization : In terms of Water Pollution and Disaster Prevention of Busan Ecodeltacity," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 9, 2016, pp. 827-840.

저자 소개

김유빈 (Yu-Bin Kim)



1996년 8월 : 순천대학교 고분자공학과(공학사)

2005년 8월 : 순천대학교 컴퓨터과과(이학석사)

2009년 8월 : 순천대학교 컴퓨터과과(박사과정 수료)

※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 그래픽스, 에너지 IoT, 스마트팜 ICT

오연재 (Yeon-Jae Oh)



2007년 8월 : 한국방송통신대학교 컴퓨터과학과 (이학사)

2009년 8월 : 순천대학교 컴퓨터과과 (이학석사)

2014년 2월 ~ : 순천대학교 컴퓨터과과 박사

※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 그래픽스, HCI, 스마트팜 ICT, 증강현실

김응곤 (Eung-Kon Kim)



1980년 2월 : 조선대학교 공학사

1986년 2월 : 한양대학교 공학석사

1992년 2월 : 조선대학교 공학박사

1993년 3월 ~ 현재 : 순천대학교 컴퓨터과과 교수

※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 그래픽스, 멀티미디어, HCI

