

제진형 배전반의 진동 및 환경 데이터수집을 위한 IoT 시스템 구현

이병영¹, 이영동^{1*}

¹창신대학교 컴퓨터소프트웨어공학과

Implementation of IoT System for Wireless Acquisition of Vibration and Environmental Data in Distributing Board

Byeong-Yeong Lee¹, Young-Dong Lee^{1*}

¹Dept. of Computer Software Engineering, Changshin University

요약 수배전반의 경우 지면 또는 건물의 바닥 면에 바로 설치되며 지진과 같은 진동이나 외부 충격 발생 시 수배전반의 내부 전력기기, 배선 그리고 보호계전기 등의 전기부품 손상, 오동작 발생 가능성이 커지게 된다. 이러한 이유로 최근 내진형 수배전반의 필요성이 대두되고 있으며, 제진기능을 갖는 수배전반의 연구 개발 및 제품 출시가 이루어지고 있다. 본 논문에서는 제진형 배전반의 진동, 온도, 습도 등을 측정할 수 있는 제진형 배전반의 진동 및 환경 데이터수집을 위한 IoT 시스템을 구현하였다. 제진형 배전반에 진동이 발생하였을 때 진동 정도 및 온습도 데이터를 측정하고 신뢰성 있는 메시징 전송을 위한 MQTT 프로토콜을 사용하였고, 모니터링과 데이터 저장은 Node-RED를 통해 MySQL DB에 데이터를 저장하고, 시각화를 진행하였다. 제진형 배전반에 IoT 기기를 부착하여 테스트를 진행 하였으며, 데이터를 실시간으로 수집하고 Node-RED의 대시보드 UI에서 진동 및 환경 데이터의 변화를 모니터링 하였다.

• **주제어** : 제진형, 배전반, MQTT, Node-RED, 사물인터넷(IoT)

Abstract The distributing board is directly installed on the ground or the bottom surface of the building, and when vibrations such as earthquakes or external shocks occur, the possibility of damage or malfunction of electric components such as internal power devices, wiring, and protection relays increases. Recently, the need for a seismic type distributing board is increasing, and research and development of a distributing board having a vibration damping function and product launch are being conducted. In this paper, an IoT-based data collection device system capable of measuring vibration and environmental data of distributing board was designed and implemented. When vibration occurred on the distributing board, data was stored and visualized in the MySQL DB through Node-RED for monitoring and data storage using the MQTT protocol for reliable messaging transmission. The test was conducted by attaching the IoT device of the distributing board, and data was collected in real-time and monitored through Node-RED.

• **Key Words** : Vibration control, distributing board, MQTT, Node-RED, Internet of Things

Received 05 December 2021, Revised 29 December 2021, Accepted 30 December 2021

* **Corresponding Author** Young-Dong Lee, Dept. of Computer Software Engineering, Changshin University, 262, Paryong-ro Changwon-si, Korea. E-mail: ydlee@cs.ac.kr

I. 서론

사물인터넷(Internet of Things, IoT)이란 사람, 사물, 데이터 등 모든 것이 인터넷으로 연결되어, 정보가 생성·수집·공유·활용되는 기술이며, 모든 것을 인터넷으로 연결하기 위해 각종 사물에 통신(IEEE) 기능을 내장하고 센서를 통해 생성한 정보를 다양한 플랫폼에 공유하고 활용하는 기술·서비스를 의미한다[1-2]. 표준화 기관이나 기업에 따라 M2M(Machine to Machine), MTC(Machine-Type Communication)등으로 표현하고 있으며, 세계 주요국들이 IoT라는 공통된 용어를 주로 사용하고 있다. 사물인터넷에서의 사물 정보는 사물의 상태나 사물 주변의 상황 정보를 나타내며, 사물의 상태정보는 스위치 온·오프 상태, 위치 등을 의미한다. 또한, 사물 주변의 환경정보는 온도, 습도 등 주변 환경정보 등을 말한다.

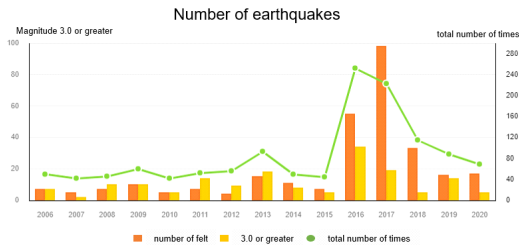


Fig. 1. Earthquake Status for 15 Years

지난 15년간 기상청에서 분석한 국내 지진 발생 현황에 따르면, 2000년대 초의 경우에는 뚜렷한 증가세는 보이지 않았으나, 최근 2016년 지진 및 2017년 포항지진과 여진으로 인해 발생 횟수가 증가하였음을 그림 1을 통해 알 수 있다[3]. 큰 지진이 산업 현장에서 발생하면 배전반과 같은 시설의 내진 설계가 되어있지 않는다면 전기적, 기계적, 화재 등 2차 사고로 이어질 수 있으며 이를 예방하기 위해서는 배전반 등의 중요 시설에 내진 보강이 필요하다.

수배전반의 경우 지면 또는 건물의 바닥 면에 바로 설치되며 지각 변동에 의한 외부진동이나 충격 발생 시 수배전반의 내부 전력기기, 배선 그리고 보호계전기 등의 전기부품 손상, 오동작 발생 가능성이 커지게 된다. 2016년 이후 사회 다양한 분야에서 내진, 면진의 중요성이 부각되고 있으며, 특히 수배전반의 경우 내진 설계의 요구가 급증하는 추세이다. 특히 수배전반

은 국가기간산업에 해당하여 지진과 같은 진동 충격으로 인한 문제 발생 시 매우 심각한 상황을 초래하게 된다. 또한, 기존 비 내진형 수배전반에 적용이 쉬운 제진기능을 갖는 수배전반의 필요성이 급증할 것으로 예상함에 따라 선제 대응을 위한 제진기능을 갖는 수배전반의 기술 개발이 필요한 실정이다.

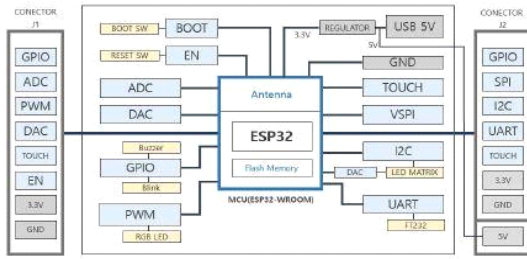
본 논문에서는 제진 기능을 갖는 수배전반의 기술 개발을 위해 배전반의 진동, 온도, 습도 등을 측정할 수 있는 데이터 수집장치 시스템을 설계, 구현하였다. 수집된 데이터는 Wi-Fi가 내장된 ESPRESSIF사의 ESP-32WROOM을 사용하여 MQTT 프로토콜을 통해 Node-RED로 전송 후 MySQL DB에 저장하도록 하였다. Node-RED의 대시보드를 이용하여 각종 센서의 값의 모니터링이 가능하도록 시스템을 구현하고 테스트 및 실험을 진행하였다.

II. 관련 연구

2.1 IoT 디바이스 모듈

IoT 디바이스 모듈은 센서, 디바이스, 통신, 플랫폼, 서비스 등 IoT 핵심 기술요소를 한 번에 적용할 수 있다. ESPRESSIF사의 ESP32-WROOM[4] 모델을 적용하였고, ESP32-WROOM는 소형 IoT 기기에 탑재하기 위한 무선통신 컨트롤러 장치로 Wi-Fi와 Bluetooth가 통합된 SoC 모듈이며 IoT용 오픈 소스 펌웨어와 프로토타입의 개발 키트를 의미한다. 이 개발 보드에 적용된 Wi-Fi 모듈은 IEEE802.11b/g/n을 지원하고, Bluetooth 4.2와 BLE를 지원한다. 또한, 그림 2와 같이 다양한 주변 장치 인터페이스를 지원하고 PWM 모듈, SRAM 모듈, GPIO(general-purpose input/output) 36pin, DAC 2 x 8bit를 지원하고, ADC 12bit 모듈, SPI, I2C 및 UART 등 다양한 직렬통신을 지원한다. 다양한 개발 IDE와 언어가 적용 가능하며 대표적으로 아두이노 보드용 IDE(Integrated Development Environment)를 사용하여 다양한 오픈소스 및 라이브러리를 활용하여 개발할 수 있다.

본 연구에서 사용한 IoT 디바이스는 다양한 장치 인터페이스를 지원하고 센서 연결이 자유롭고 Wi-Fi, BLE 등 통신 모듈이 탑재된 그림 3과 같은 Kepler-ESP A(Hybus사)를 사용하였다.



(a) Kepler-ESP A Block Diagram



(b) Kepler-ESP A board

Fig. 2. Kepler-ESP A Block Diagram and Kepler-ESP A

2.2 Node-Red

Node-Red는 IBM의 Emerging Technology Services 팀이 개발한 흐름 기반의 시각 프로그래밍 도구 (flow-based programming tool)이며, 네트워크 기반의 플로우 프로그래밍을 이용하여 사물 통신 프로토콜 구현과 다양한 정보를 모니터링할 수 있는 인포그래픽 환경을 제공한다[5-6]. 브라우저 기반 플로우 편집기를 제공하므로 자바스크립트 함수를 개발하는데 사용할 수 있으며 애플리케이션의 요소들은 재사용을 위해 저장하거나 공유할 수 있다. 그림 3과 같이 Node-Red 프로그래밍 구조는 노드, 플로우 에디터, 배포 등 3가지가 있다. 노드는 입력 노드, 출력 노드, 활용 노드 등이 있으며, 이를 플로우 에디터 창에서 각 노드를 링크하여 시스템을 구현한다. 노드들로 시스템을 완성했을 때, 최종적으로 배포를 통해 프로그램을 적용한다. 이로 인해 노드라고 불리는 블록을 이용하여 네트워크 응용 프로그램의 동작 구조를 쉽게 설계할 수 있다.

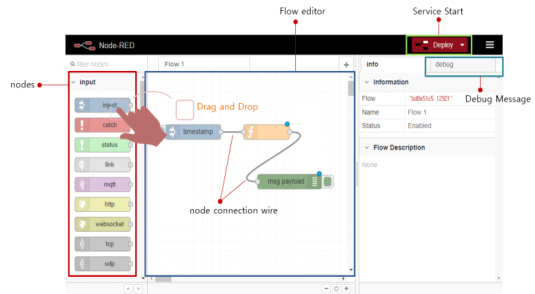


Fig. 3. Programming screen of Node-RED

Node-RED의 기능 중 하나인 대시보드는 다양한 GUI 환경을 제공하며 그림 4와 같이 설계된 플로우를 대시보드용 화면으로 구성할 수 있다. 다양한 템플릿을 적용하여 GUI 화면을 설계할 수 있으며, 설계한 대시보드 GUI 화면은 지정된 IP를 통해 어디서든 접속하여 모니터링 및 장치를 제어할 수 있다.

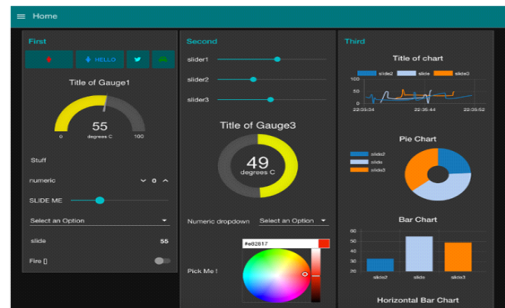


Fig. 4. Node-Red Dashboard

2.3 MQTT

MQTT는 ISO 표준 발행/구독 기반의 메시징 프로토콜이며 경량의 메시지를 교환한다[7-8]. 메시징 프로토콜의 MQTT는 HTTP, HTTPS 방식과 달리 가벼운 메시징 프로토콜로 IoT에서 현재 많이 사용되고 있으며, 네트워크 대역폭이 제한되는 사물인터넷(IoT) 같은 환경에서 사용되는 특징이 있다. 또한, MQTT는 발행/구독의 메시징 신뢰성을 위한 QoS(Quality of Service) 레벨을 제공하며, 이는 반드시 전달되어야 하는 중요 메시지에 대한 전달을 보장한다. MQTT의 시스템 구조는 발행/구독 방식의 메시지 큐로 그림 5와 같이 데이터를 송신하고 수신하기 위해 Publisher, Subscriber, Topic, Broker로 구성된다. 일반적으로 Publisher가 Topic을 발행하면 Broker가 이를 증가하고, Subscriber

는 Broker를 받아들이고 Topic을 구독하며, Publisher와 Subscriber가 직접 메시지를 주고받지 않기 때문에 비동기 방식이다. MQTT 프로토콜의 메시지 교환은 Publish와 Subscribe 토픽을 기준으로 작동하며, Topic은 슬래시(/)를 사용하여 계층적 구조를 구분하는데, 주제를 파일 시스템 형식으로 나눌 수 있어서 효율적인 관리가 가능하다.

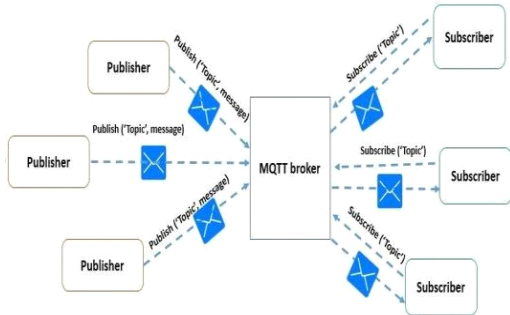


Fig. 5. MQTT Publish/Subscribe operations

2.4 내진 설계

내진 설계는 지진에 대하여 구조물을 안전하고 사용성에 문제가 없도록 안전하고 사용성에 문제가 없도록 설계하는 방법론이다. 설계의 종류로는 그림 6과 같이 내진공법, 면진 공법, 제진공법 등이 있다[9].

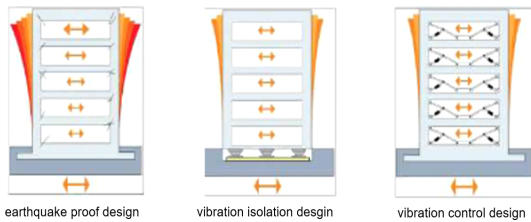


Fig. 6. Earthquake-Resistant Building

내진 방식은 지진력을 구조물의 내력으로 감당하고 구조부재 자체 지진력을 견디며, 면진 방식은 면진 장치를 이용하여 진동을 건물에 전달하지 않도록 하고 면진층에 따라서 장주기화 시켜 건물 상부 흔들림을 감소시킨다. 제진 방식은 제진 장치를 이용하여 지진 에너지를 흡수하여 흔들림의 억제하며 댐퍼와 같은 제진장치로 에너지를 흡수하며 건물 자체의 흔들림을 감소한다[10].

III. IoT 기반 제진형 배전반 시스템

본 논문에서 제안하는 제진형 배전반의 진동 및 환경 데이터수집을 위한 IoT 시스템은 표 1과 같이 개발 환경을 구축하여 시스템을 구현하였다.

Table 1. Development environment

Development Environment	Software or Device
Kepler-ESP Processor	Xtensa® single-/dual-core 32-bit LX6 microprocessor, up to 600 MIPS
MQTT Broker	Node-RED, HIVEMQ
IoT Sensor	DHT11, MPU6050
DB Server	MySQL
O.S	Window 10

본 논문에서 제안하는 제진형 배전반의 진동 및 환경 데이터수집을 위한 IoT 시스템은 그림 7과 같이 배전반의 진동 정도와 온습도를 측정하기 위해 DHT11 센서와 MPU6050 센서를 사용하였다.

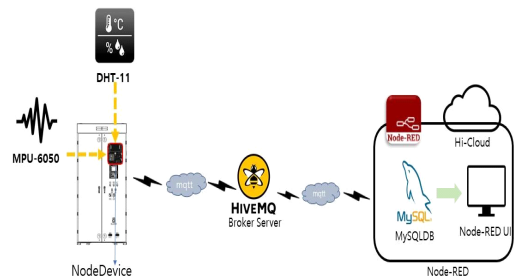


Fig. 7. System architecture

측정한 데이터는 MQTT 프로토콜을 통해 Publisher인 IoT디바이스는 Topic을 Publish하여 Broker가 이를 중계하여 Subscriber인 Node-RED는 Topic을 Subscribe를 한다. Node-RED의 플로우 프로그래밍을 통해 MQTT로 수신한 데이터를 Topic으로 구분하여 전처리 한뒤 MySQL DB로 각각의 센서 데이터를 저장한다. 저장된 데이터와 실시간으로 받아들이는 데이터를

Node-RED 대시보드에서 모니터링을 진행하였다.

그림 7과 같이 IoT 시스템 H/W 플랫폼인 Kepler-ESP는 ESPRESSIF사의 ESP32-WROOM가 탑재되어 사물인터넷에 최적화된 통신 환경을 제공한다. 주요 사양으로는 32bit Dual-Core 프로세스를 적용하고 통신 모듈 기반 SoC(System on Chip) H/W 설계로 Wi-Fi(802.11b/g/n), Bluetooth, BLE 등 여러 멀티페어링과 빠른 데이터전송을 제공한다. 본 연구에서 제안하는 IoT 시스템 동작 실험을 진행하기 위한 센서로는 DHT11 센서와 MPU6050 센서를 활용하며, DHT11 센서의 습도 측정범위는 20~90% RH 습도의 오차범위는 $\pm 5\%$ RH이며, 온도의 측정범위는 0~50 ° C 온도의 오차범위는 $\pm 2\%$ ° C이다.

MPU-6050 센서는 가속도와 자이로를 측정하는 센서로 I2C 통신방식으로 동작되며, 가속도 측정범위 +/- 250, 500, 1000, 2000(degree/sec)이고 자이로 측정범위는 +/- 2g, +/- 4g, +/- 8g, +/- 16g이며 갱신주기는 4~8,000Hz이다.

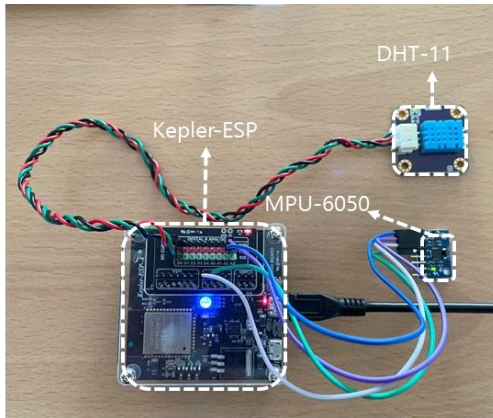


Fig. 8. Kepler-ESP H/W

수집한 센서 데이터는 MQTT 프로토콜을 통해 메시지를 송수신하며, 그림 9는 IoT 기기의 일부 소스 코드이며 각각의 센서값의 Topic을 지정하여 문자열 JSON으로 구성하였으며, Publish 하여 MQTT프로토콜을 사용하여 메시지를 보낸다. 각각의 이름을 지정하여 Node-RED에서 구분하게 구성하였다.

```
String dat = ("{"+String(humi)+"":String(humidity)+
    ","+String(temp)+"":String(temperature)+
    ","+String(anglex)+"":String(angleGx)+
    ","+String(angley)+"":String(angleGy)+
    ","+String(anglez)+"":String(angleGz)+"}");
    //outTopic = broker/device(Topic, dat.c_str()) == value
    client.publish(outTopic, dat.c_str());
```

Fig. 9. Publish source code of Device

그림 10은 MQTT의 메시징 프로토콜의 전체 구성을 나타내며 Node-Device에서 수집한 데이터를 Publish 하여 Topic과 data를 Broker로 보낸 뒤 Broker에서 토픽을 구독하고 있는 Subscribe에게 데이터를 송신하였으며, MQTT 프로토콜을 이용하여 안정적인 연결을 구현하였다.

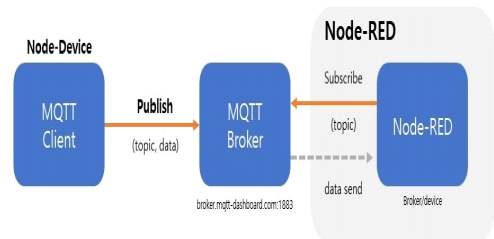


Fig. 10. MQTT to Node-RED

그림 11은 Node-RED의 노드와 링크를 구성한 플로우 구조를 나타내며, MQTT Broker에서 Subscribe 하는 Topic을 받아 각각의 데이터에 따라 나누어 실시간으로 표현하고 받아들인 데이터를 MySQL DB로 저장하며, 저장된 MySQL DB의 데이터를 조회할 수 있는 구조로 구성하였다. 브로커(Broker)를 통해 받은 각각의 토픽(Topic)에 실시간 데이터값들과 MySQL DB에 저장된 값들을 도식화하여 사용자가 쉽게 알 수 있도록 GUI 환경을 구성하였다. 또한, IoT 시스템의 연결을 확인하기 위해 온/오프라인으로 상태를 그림 12와 같이 구현하였다.

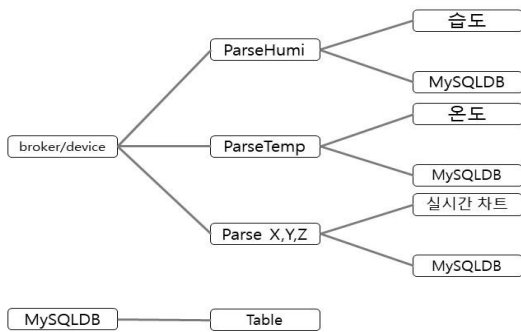


Fig. 11. Node-RED Flow

제진형 배전반에서의 진동과 환경을 측정하기 위해 IoT 디바이스에 적용하여 진행하였다. 진동 정도를 측정하기 위해 배전반에 시나리오를 주어 실험을 진행하였다. 이를 통해 제진형 배전반의 진동과 환경 데이터를 실시간으로 측정된 데이터를 MQTT로 전송하여 그림 12와 같이 정상적으로 데이터를 모니터링할 수 있었다.



Fig. 12. Node-RED UI

IV. 결론

본 논문에서는 제진형 배전반에서의 진동 및 환경 데이터 수집을 위한 IoT 시스템을 설계하고 구현하였다. 신뢰성 기반 메시지 전달이 필요함에 따라 MQTT 프로토콜을 적용하였으며, 데이터 저장과 모니터링을 위해 Node-RED를 통해 시스템을 구현하였다. 또한, 측정된 진동데이터와 온습도 데이터를 실시간으로 확인하고 배전반에 설치하여 구동 테스트를 진행하였다. 이러한 시스템은 실시간으로 데이터 수집 및 모니터링이 필요한 화재 예방, 산업용 IoT, 지진 취약 시스템에 적용하여 유용하게 응용될 것이라 기대된다. 향후 연

구로 센서값에 필터를 적용하여 데이터의 정확성을 높이며, 머신러닝 기반의 이상 진동 및 환경 데이터 수집을 통해 데이터분석을 진행할 것이다.

ACKNOWLEDGMENTS

이 논문은 2021학년도 창신대학교 교내 연구비에 의해 연구되었음(창신-2021-036)

REFERENCES

- [1] J. H. Kim, J. S. Yoon, S. C. Choi, and M. W. Ryu, "The trend and development direction of IoT platform development," The Journal of The Korean Institute of Communication Sciences, vol. 30, no. 8, pp.29-39, 2013.
- [2] Y. D. Lee, "Distributing Board Monitoring System based on Internet of Things," Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, vol. 20, no. 1 pp.200-206, 2016.
- [3] J. S. Kim, "Annual Report 2017," Korea Meteorological Administration, 2017.
- [4] A. Maier, A. Sharp and Y. Vagapov, "Comparative analysis and practical implementation of the ESP32 microcontroller module for the internet of things," in Proc. 2017 Internet Technologies and Applications, 2017, pp. 143-148.
- [5] S. C. Oh, T. H. Kim, and Y. G. Kim, "Implementation of factory monitoring system using MQTT and Node-RED," The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, vol. 18, no. 4, pp. 211-218, Aug. 2018.
- [6] S. Chanthakit and C. Rattanapoka, "MQTT Based Air Quality Monitoring System using Node MCU and Node-RED," in Proc. ICT-ISPC, 2018, pp. 1-5.
- [7] U. Kim and J. Choi, "Implementation of IoT Home System based on MQTT," The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, vol. 20, no. 1, pp. 231-237, Feb. 2020.
- [8] B. Mishra and A. Kertesz, "The Use of MQTT in M2M and IoT Systems:A Survey," IEEE Access, vol. 8, 2020, pp. 201071-201086.

- [9] J. K. Kim, "Seismic Isolation and Control of Building Structure," Review of Architecture and Building Science, vol. 48 no. 8, pp.85-89, 2004.
- [10] Y. M. Kim, "[Words and Architecture] Earthquake Proof, Vibration Control and Vibration Isolation Design of Structures," Review of Architecture and Building Science, vol. 63, no. 12, pp.75-75, 2019.

저자소개

이병영 (Byeong-Yeong Lee)



2017년 3월 ~현재 : 창신대학교
컴퓨터소프트웨어공학과 재학

이영동 (Young-Dong Lee)



2004년 2월 동서대학교
정보통신공학과(공학사)
2006년 2월 동서대학교
컴퓨터네트워크학과(공학석사)
2009년 2월 동서대학교
유비쿼터스IT학과(공학박사)

2010년 12월 핀란드 University of Oulu 전기정보공학과(공학박사)

2012년 3월~현재 창신대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 부교수

관심분야 : IoT, 무선센서네트워크, 임베디드시스템