

클라우드 기반의 생산설비 데이터 수집 및 분석 시스템 개발

이영동

창신대학교 스마트융합공학부 컴퓨터공학전공

Development of Cloud based Data Collection and Analysis for Manufacturing

Young-Dong Lee

Division of Smart Convergence Engineering, Changshin University

요 약 4차산업혁명은 사회 전반에 걸쳐 디지털 혁신으로의 전환을 가속화하고 있으며, 제조업에서는 스마트공장을 비롯해 4차산업혁명 기반 제조업 혁신을 위한 노력이 이어지고 있다. 제조업에서의 4차산업혁명 기술의 접목은 AI, 빅데이터, IoT, 클라우드, 로봇 등을 활용해 기존 자동화에서 업그레이드된 생산설비 데이터 수집 및 분석시스템 구축과 제품 불량 원인 파악 및 불량률을 최소화하기 위한 기술개발이 요구된다. 본 논문에서는 생산설비 현장에서의 전력, 환경, 설비 상태 데이터를 IoT 디바이스를 통해 수집하고, 수집한 데이터를 클라우드 컴퓨팅 환경에서 실시간으로 수치화하여 나타내고 위젯을 활용하여 MQTT기반 실시간 인포그래픽 형태로 표시할 수 있는 시스템을 구현하였다. IoT 디바이스로부터 전송된 실시간 센서 데이터를 Rest API 방식으로 클라우드 서버에 저장하고, 대시보드에서 데이터를 원격에서도 모니터링이 가능함은 물론 시간별, 일자별로 분석이 가능하였다.

• 주제어 : 제조업 혁신, 사물인터넷, 클라우드, 수집 및 분석, 원격 모니터링

Abstract The 4th industrial revolution is accelerating the transition to digital innovation in various aspects of our daily lives, and efforts for manufacturing innovation are continuing in the manufacturing industry, such as smart factories. The 4th industrial revolution technology in manufacturing can be used based on AI, big data, IoT, cloud, and robots. Through this, it is required to develop a technology to establish a production facility data collection and analysis system that has evolved from the existing automation and to find the cause of defects and minimize the defect rate. In this paper, we implemented a system that collects power, environment, and status data from production facility sites through IoT devices, quantifies them in real-time in a cloud computing environment, and displays them in the form of MQTT-based real-time infographics using widgets. The real-time sensor data transmitted from the IoT device is stored to the cloud server through a Rest API method. In addition, the administrator could remotely monitor the data on the dashboard and analyze it hourly and daily.

• Key Words : Smart Manufacturing, Internet of Things, cloud, Data collection and analysis, Remote monitoring

Received 23 November 2022, Revised 08 December 2022, Accepted 13 December 2022

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

I. 서론

스마트폰, 정보통신기술의 발달과 4차산업혁명이라는 키워드가 대두되면서 사회 전반에 걸쳐 디지털 혁신으로의 전환이 가속화되고 있다. 단순 인간의 노동력 기반으로 수행되던 것에서 벗어나 센서, 빅데이터, 인공지능 등을 적용해 과거에 비해 작업을 정확하고 신뢰성 있게 처리할 수 있는 데이터 수집 및 데이터 분석 기술을 필요로 하고 있다[1].

한국의 GDP 성장률은 저성장 기조를 보이고 있으며, 이는 그동안 GDP 기여에 큰 부분을 차지하던 제조업의 성장률 저하가 가장 큰 이유로 나타나고 있다. 전국 대비 경남의 실질 성장률을 비교해 보면 2007년부터 2009년까지는 전국 평균을 상회하는 성장률을 보였지만, 2011년을 기점으로 전국 평균을 밀돌고 있으며, 2013년 이후로는 저조한 성장률을 보이고 있다. 우리나라에서 제조업은 전체 GDP에서 25.7%로 주요국에 비해 높은 비중을 차지하고 있으나[2], 제조 기반 기업들은 납품 단가 인하, 인건비 상승, 생산 인력 구인난 등의 문제로 국내 소재 기업들이 해외로 진출하거나 폐업에 이르고 있는 것이 현실이다. 전자제품 제조 공정의 경우 최근에는 국내업체들끼리의 치열한 경쟁 때문에 해외 업체 대비 경쟁력을 확보하고자 노력하고 있으나 PCBA 제조업체에서 원가절감을 최우선으로 하고 있기에 값싼 중국산이 들어오고 있으며 비중이 높아지고 있다. 또한, 지속적인 단가 인하 압력과 인건비 상승 등 기업이 성장할 수 있는 한계에 이르고 있다. 이러한 구조적, 환경적인 어려움을 극복하고 제조 기반 기업 도시를 살려 지역 경제를 활성화하고자 인천, 창원, 구미 등을 포함한 기존 제조 중심 기반 산업이 주력이었던 도시들이 4차산업혁명 기술들을 접목한 ‘스마트제조혁신’, ‘스마트 산업혁신도시’ 등으로 탈바꿈하고 있다. 지자체서 비전 선포를 하고 스마트공장을 비롯해 4차산업혁명 기반 제조업 혁신에 기술 개발 연구에 대한 노력이 이어지고 있다. 스마트제조혁신이란 국내 현실에 적합한 다양한 형태의 스마트공장 도입 및 고도화 지원을 통한 중소·중견기업의 제조혁신 지원을 목적으로 하고 있으며, 제조 강국인 독일에서 제시한 Industry 4.0[3]을 기반으로 스마트 팩토리를 확대하고자 하는 것이 핵심이다. 이를 위해 공장 단독의 자동화 및 데이터 수집을 위한 기술개발이 이루어지고 있으나, 공급사슬 내 모든 업체들의 정보를

수집·분석하여 최적화를 구현하기에는 어려움이 존재한다. 본 논문에서는 기존 기업에서 사용하고 있는 시스템들과 상호연동을 고려하여 IoT 기반 센서 디바이스에서 전력, 환경, 설비 진동 상태 데이터를 실시간으로 수집하고, 수집한 데이터를 클라우드 컴퓨팅 환경에서 수치화하여 나타내고 위젯 형태로 출력하는 시스템을 제안한다.

II. 생산설비 데이터 수집 및 분석 시스템

2.1 데이터 수집 및 분석 기술

제조업에서의 4차산업혁명 기술의 접목은 AI, 빅데이터, IoT, 클라우드, 로봇 등을 활용해 기존 자동화에서 업그레이드된 생산설비 데이터 수집 및 분석시스템 구축과 제품 불량 원인 파악 및 불량률을 최소화하는데 활용되고 있다[4-5]. 센서를 통해 데이터를 수집하고 머신러닝을 예측 분야에 적용함으로써 설비의 고장 시점, 생산 품질 최적 상태를 예측하는 것이다. 이를 위해서 고려해야 할 사항들은 제조데이터 수집, 제품 불량품 분석, 제조공정 데이터 공동 모델 발굴 및 확산 등의 노력이 필요하다.

첫째, 제조데이터 수집은 공장 내 공정 환경 및 설비 조건 등의 데이터를 다양한 센서(전압, 전류, 온도, 습도 등)와 네트워크 통신 기술을 활용하여 수집하고, 공정 환경과 설비에 센서를 부착하기 위한 방법, 위치, 개수 등의 데이터 수집에 필요한 사항을 점검하여 신뢰성 높은 데이터를 수집하는 것을 의미한다. 둘째, 제조 데이터 분석은 기업별 공장에서 수집된 데이터를 분석 알고리즘을 적용하여 데이터를 분석하고 유의미한 결론을 도출할 수 있는 분석 기술을 의미한다. 전자부품 제조산업의 경우 기술의 발전으로 자동화가 이루어지고 있지만, 영세한 중소기업들은 비용적인 문제와 다양한 크기의 전자부품으로 인해 현재 작업자에 의존한 작업 공정이 대부분이다. 또한, 현재 대부분의 기업에서는 불량 발생 시 체계적인 접근보다는 현장 근로자의 시행착오를 반복하는 형태로 문제를 해결하고 있으며, 문제 해결 시 수기 관리로 인한 데이터 관리의 한계로 현장의 경험과 노하우에 의존하고 있는 실정이다. 전자부품의 기능불량은 전자제품이 작동하기 위한 다양한 크기의 반도체 부품 또는 작은 형태의 커넥터 부품들이 손상되어 정상적인 작동 기능을 상실

한 불량 유형으로써, 외관상 차이가 없거나 작은 차이로 인해 작업자의 육안으로 확인할 수 있는 한계가 있다. 이를 해결하기 위해서는 제조데이터를 수집할 수 있는 IoT 디바이스를 개발하고 불량 원인을 찾아서 해결할 수 있다. 또한, 제조 시 발생하는 설비의 제조데이터를 수집하여 제품 품질에 영향을 끼치는 요인 및 인자를 파악하고 수집된 제조데이터의 패턴으로 분석 알고리즘을 적용해 실시간으로 모니터링하여 기준값을 벗어날 경우 알려주어 불량을 사전에 방지하는 기술 개발도 필요하다. 셋째, 제조공정 데이터 공동 모델 발굴은 기업별 제조데이터를 수집, 축적 및 분석하여 개별기업의 특성에 따라 생산성 향상 목표에 공동으로 활용 가능한 공유 모델 발굴하는 것을 말한다. 공장 단독의 자동화 및 데이터 수집을 넘어서 공급사슬 내 모든 업체의 정보를 수집·분석하여 최적화를 구현하고 생산성 향상, 생산환경 안정성 제고, 개인 맞춤형 제품 등 다품종 복합생산이 가능한 유연한 생산체계 구축이 중요한 요소이다.

2.2 시스템 구성

그림 1은 생산설비 데이터 수집 및 분석 시스템의 전체 시스템 구조를 나타낸다. 센서(온도, 습도, CO2, TVOC, current, 3-Axis), 액추에이터(릴레이, 모터, LED), IoT 디바이스, 클라우드 서버로 구성되어 IoT 기반 센서 디바이스에서 전력, 환경, 설비 진동 상태 정보를 가상 클라우드컴퓨팅 환경에서 실시간 수집하고 데이터를 웹에서 출력할 수 있게 된다.

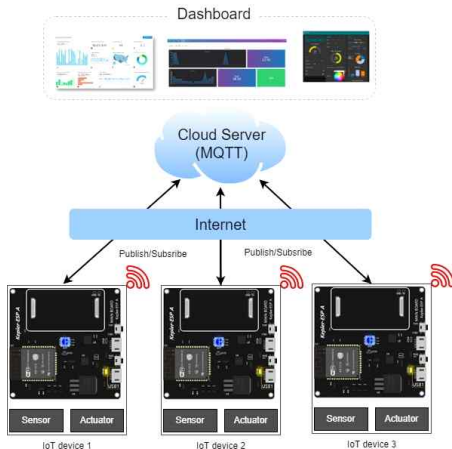


Fig. 1. System architecture for manufacturing

그림 2는 생산설비 데이터 수집을 위한 IoT 디바이스의 블록 다이어그램을 나타낸다. IoT 디바이스는 다양한 센서, 디바이스, 통신, 플랫폼, 서비스 등 IoT 핵심 기술 요소를 단일 보드로 구성한다. 근거리 무선통신을 위한 와이파이(2.4GHz, 802.11 b/g/n)와 블루투스 v4.2 BR/EDR와 BLE로 멀티패어링과 데이터 전송을 제공한다. 확장 인터페이스를 통해 MEMS 기반 초소형 IoT 센서 모듈의 연동이 가능하며, 다양한 신호 인터페이스(GPIO, PWM, I2C, SPI, ADC)를 통해 하이브리드 IoT통신 모듈 기반 SoC 하드웨어 설계를 기반으로 한다. IoT 디바이스는 사물인터넷 기반 경량화 프로토콜(MQTT)[6] 지원을 위한 라이브러리 및 서버 구축을 통해 하이브리드 기반의 SaaS의 클라우드 서비스와 연계한 IoT 플랫폼으로 실시간 데이터 수집 및 분석 가능하다.

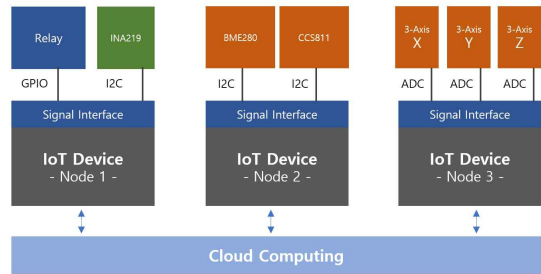


Fig. 2. Block diagram of IoT device

III. 시스템 구현

3.1 IoT 디바이스

IoT 디바이스는 표 1과 같이 생산설비에서의 환경 센서, 전력 센서, 설비 진동 상태 측정을 위한 다양한 센서들을 온보드 및 외부 확장 보드로 연결 가능하다 [7]. 생산설비 데이터로 측정 가능한 센서들을 본 연구에서 IoT 디바이스에 장착하도록 설계하였으며, 센서는 GPIO, I2C, ADC 방식으로 신호 인터페이스를 통해 각각의 노드와 연결하였다.

MEMS 기반 온습도 센서(BME280, Bosch Sensortec, Germany)를 통해 신뢰도 높은 실내 온도, 습도, 압력 값 측정이 가능하며, 전류측정 및 전기 스위치(계전기) 역할을 위한 확장 모듈과 3축 가속도(x, y, z)센서 연동을 통한 생산설비에서의 진동 상태 측정이 가능하다.

전류측정센서(INA219, Texas Instruments, USA)는 DC 전류를 mA 단위로 높은 정확도로 측정할 수 있는 센서이다. 전류는 물론 전압측정도 가능하며 이를 통해 전력도 산출 가능하다. 최대 측정전류는 3.2A이며 전압은 0~26V까지 측정가능하다. (구동 전압 기준 5V로 공급)

Table 1. IoT sensor type

Type	Part number	Description
Environmental	BME280	Temperature, Humidity, Pressure
	CCS811	CO2, TVOC
Power	ds2y-s-dc3V	Relay
	INA219	Current, Voltage
Status	MMA7361	3-axis accelerometer

온습도 센서는 I2C 통신을 이용하며 측정된 온도, 습도, 압력 데이터를 주고받는 SDA(R_I2C_SDA)와 송수신 타이밍 동기화를 위한 클럭 SCL(R_I2C_SCL)이 존재한다. I2C 통신은 하나의 마스터와 하나 이상의 슬레이브 간의 통신을 가능하게 하는 통신 프로토콜로써 각 슬레이브는 고유의 주소를 가지고 있으며 온습도 센서에서 사용되는 I2C 주소 값은 0x77(*1110111)로 지정되어 있다.

그림 3은 온습도 센서 모듈의 I2C를 통해 데이터를 읽기 위한 주소값을 나타낸다. I2C Slave 주소 값은 SDO 핀에 의해 결정되는데 Low인 경우 0x76, High인 경우 0x77 값을 가지게 된다. I2C로 Read 하기 위해서는 Slave 주소(7bit+W) + 레지스터 어드레스(1Byte) + Slave 어드레스(7bit+R) + 데이터(1Byte)로 Single 또는 Multi Byte Read 통신 방식을 사용한다.

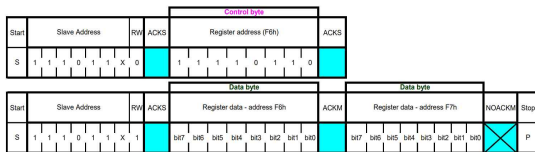


Fig. 3. BME280 I2C Read address

생산설비 데이터 수집 및 분석 시스템은 그림 4와 같이 센서, 통신 모듈을 갖춘 3개의 노드로 구현하였

다. 각각의 노드들은 통신 기능으로는 와이파이 모듈을 통해 웹으로 접속할 수 있으며, 네트워크 연결 여부는 Green LED와 Red LED로써 정상, 비정상 연결 여부를 표시하도록 하였다. 노드 1, 3은 전류측정, 노드 2는 환경 센서, GPS 위도/경도 값을 측정하게 된다.

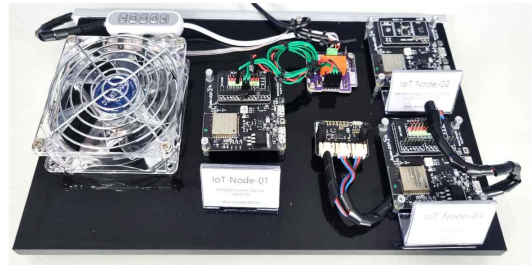


Fig. 4. Implementation of IoT devices

3.2 클라우드 서버

본 논문에서는 클라우드 기반의 생산설비 데이터 수집 및 분석 시스템 개발을 위해 오픈 클라우드 플랫폼(Hi-Cloud, Hybus Co., Ltd)를 활용하여 MQTT 클라이언트 데이터 입출력, 디바이스 관리, 대시보드를 구현하였다. Hi-Cloud는 IoT 디바이스를 통해 수집된 데이터를 가상화 공간을 통해 실시간 웹 기반 환경을 제공하는 개발도구이다. 다양한 오픈 하드웨어를 중심으로 네트워크 환경이 포함된 모든 장치를 별도의 권한 없이 접근이 가능하도록 오픈 API를 제공하며 다양한 통신프로토콜을 운영하기 위한 경량 프로토콜을 설계하여 데이터 원격 분석 및 상태 파악을 위한 대시보드를 제공한다.

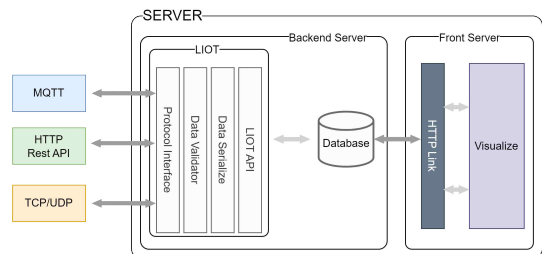


Fig. 5. Cloud based IoT system with MQTT

클라우드 서버에서는 IoT 디바이스로부터 전송되어 오는 센서 데이터를 MQTT, HTTP, TCP, UDP와 같은 다중 프로토콜을 지원하며, 클라우드에서 표현되는 가

상의 디바이스를 실제 디바이스와 연동하여 상호작용할 수 있다. 특히 HTTP 통신에서 자원에 대한 클라우드 서비스 요청을 리소스와 메소드로 표현하여 특정 형태로 전달하는 Rest(Representational State Transfer) API를 기반으로 동작된다.

그림 6은 대시보드에서 제공하는 기본 기능을 활용하여 실제 IoT 디바이스와 연결하기 위한 가상 이름을 갖는 가상 디바이스 생성과 컴포넌트를 구현한 화면을 보여준다. IoT 디바이스의 센서 데이터 수집을 위해 IoT 디바이스 3개에 대한 가상 디바이스를 생성하였고, 각 디바이스별로 컴포넌트를 생성하여 각 센서를 연결하였다. 생성된 컴포넌트는 MQTT 프로토콜을 통해 데이터를 발행하고 구독할 수 있으며, 발행과 구독은 Broker에 대한 클라이언트로 동작하며 각 센서의 토픽을 기준으로 작동하게 된다. 토픽에 대한 정보는 메시지 버스에서 디바이스별로 등록된 센서 토픽 정보를 기반으로 메시지를 구독/발행하도록 동작된다. 각 토픽에 대한 정보는 스마트 대시보드를 통하여 IoT 디바이스 데이터의 흐름을 실시간으로 모니터링하고, 실시간으로 수집된 데이터를 통계하기 위하여 CSV, JSON 와 같은 데이터 내보내기 할 수 있다. 화면에서는 클라우드 서버 상태, 디바이스 이름, 설명, 고유번호, 컴포넌트 수, 생성일자가 표시되며, 노드 1에 연결된 전류 측정 센서를 통해 수집된 센서 데이터를 파라미터별로 수치화하여 실시간으로 확인할 수 있다. 노드 1은 전류 측정을 위해 그림 6과 같이 5개의 컴포넌트를 생성하였으며 API 키, 디바이스의 상태 정보를 나타내는 디바이스 Key를 표시하였으며, 컴포넌트별로 이름과 타입에 따라 발행한 토픽 값을 출력하였다.

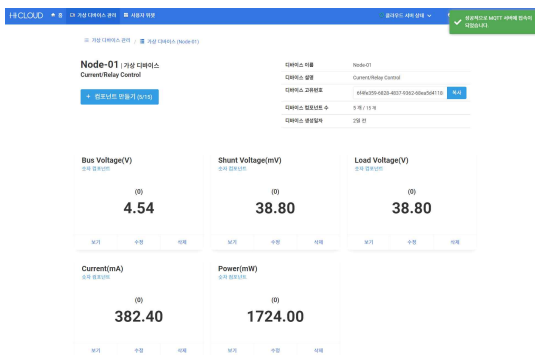


Fig. 6. Cloud dashboard for IoT device monitored via MQTT

그림 7은 생산설비 데이터 수집 및 분석 시스템의 통합 관제 모니터링을 하는 화면으로 연결된 노드의 센서 데이터 결과를 수치화하여 나타내었고, 다양한 위젯을 활용하여 MQTT 기반 실시간 인포그래픽 형태로 실시간으로 업데이트 되게 된다. 각 센서별로 실시간 데이터 출력뿐만 아니라 누적된 데이터를 시간별, 일별, 주별, 월별로 구분하여 그래프가 표시된다. 그래프를 클릭하면 해당 시점에 해당하는 센서 결과값을 확인할 수 있다. 추가적으로 GSP 센서를 통해 해당 설비의 위도, 경도값을 토대로 위치가 표시된다.

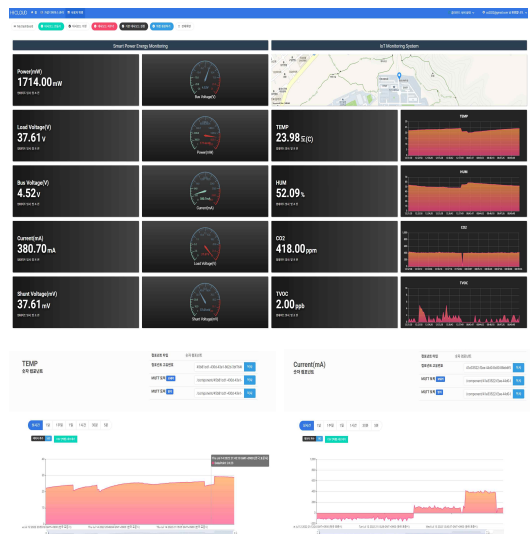


Fig. 7. Data analysis and visualization for IoT devices

IV. 결론

본 논문에서는 생산설비 현장에서의 전력, 환경, 설비 진동 상태 데이터를 IoT 디바이스를 통해 수집하고, 수집한 데이터를 클라우드 컴퓨팅 환경에서 실시간으로 수치화하여 나타내고 위젯을 활용하여 MQTT 기반 실시간 인포그래픽 형태로 표시할 수 있는 시스템을 구현하였다. 구현한 시스템은 클라우드 기반으로 IoT 디바이스로부터 전송되어 오는 실시간 센서 데이터를 Rest API 방식으로 클라우드 서버에 저장하고 대시보드를 통해 측정 센서 데이터를 파라미터별로 수치화하여 데이터를 원격에서도 모니터링이 가능한 물론 시간별, 일자별로 분석이 가능하였다. 이를 통해 생산설비 현장에서의 제조데이터 수집, 분석, 제조공정에

서의 각 요소별 장비의 파손, 제품 불량 발생 분석 및 판단, 원격 관리를 통한 제조 환경 개선에 도움이 될 것으로 기대한다.

ACKNOWLEDGMENTS

이 논문은 2022학년도 창신대학교 교내연구비에 의해 연구되었음(창신-2022-036)

REFERENCES

- [1] K. I. Kim, J. H. Park, and K. H. Song, "Aggregate Productivity Growth and Firm Dynamics in Korean Manufacturing 2007-2017," *International Economic Journal*, vol. 35, no. 3, pp. 289-313, 2021.
- [2] K. H. Song, "Productivity growth and industrial dynamics of the Korean manufacturing industry," *KIPF BRIEF*, vol. 307, pp. 36-55, 2022.
- [3] FINANCE, A. T. C. C., "Industry 4.0 Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies," *Finance, Audit Tax Consulting Corporate: Zurich, Swiss*, pp. 1-12, 2015.
- [4] H. S. Hwang and Y. W. Seo, "A Development of Real-time Energy Usage Data Collection and Analysis System based on the IoT," *Journal of Korea Multimedia Society*, vol. 22, no. 3, pp. 366-373, 2019.
- [5] D. H. Hu, W. C. Jeong and K. C. Im, "The Study on CNC Facility Predictive Maintenance System Based on Manufacturing Data," *Journal of the Society of Convergence Knowledge Transactions*, vol. 9, no. 4, 2021.
- [6] B. Mishra and A. Kertesz, "The Use of MQTT in M2M and IoT Systems:A Survey," *IEEE Access*, vol. 8, 2020, pp. 201071-201086.
- [7] B. Y. Lee and Y. D. Lee, "Implementation of IoT System for Wireless Acquisition of Vibration and Environmental Data in Distributing Board," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 22, no. 4, pp.199-205, 2021.

저자소개

이 영 동 (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
스마트융합공학부
컴퓨터공학전공 부교수
관심분야 : IoT,
무선센서네트워크,
임베디드시스템