

<https://doi.org/10.7236/IIBC.2018.18.6.83>

IIBC 2018-6-10

LoRa망을 이용한 MQTT기반의 공장 환경 관리 시스템

Factory environmental management system based on MQTT using LoRa

고재욱*, 김혜정*, 이보경**

Jae-wook Ko*, Hye-Jeong Kim*, Bo-Kyung Lee**

요약 LoRa(Long Range)는 장거리, 저 전력 통신 기술이다. 근거리 무선 통신 기술보다 통신 범위가 넓어 다수의 AP를 설치하지 않고도 통신할 수 있으며, 초기 인프라 구축비용을 줄일 수 있다. MQTT(Message, Queuing, Telemetry, Transport) 프로토콜 또한 저 전력, 경량 프로토콜로 LoRa와 함께 사용 시 모듈의 지속성을 증가시키고, 유지보수 비용을 줄일 수 있다. 본 논문에서는 이러한 LoRa와 MQTT를 활용해 공장 안의 다양한 환경 정보를 취합하는 시스템을 개발하였다. 먼 거리에 위치한 작업장들의 환경 센서 데이터를 관리 시스템에서 모니터링 할 수 있고, 각 작업장에 있는 설비들을 제어할 수 있다. 또한, 성능 실험을 통해 LoRa와 MQTT 활용이 장거리, 전력소모 측면에서 효과적임을 확인했다.

Abstract LoRa (Long Range) is a long-distance, low-power communication technology. Broader range of communication than NFC technology allows communication without having to install multiple APs and reduces the cost of initial infrastructure deployment. MQTT (Message, Queuing, Telemetry, Transport) protocol is also low power and lightweight protocols. It can increase module persistence and reduce maintenance costs when used with LoRa. In this paper, we developed a system for compiling various environmental information in a factory using LoRa and MQTT. Environmental sensor data from long distances can be monitored by the management system and the facilities in each workshop can be controlled. Performance tests have also shown that the use of LoRa and MQTT is effective in terms of long-distance and power consumption.

Key Words : LoRa, MQTT, LPWAN, WSN, IoT

1. 서 론

IoT(Internet of Things)는 각종 사물에 센서와 통신 기능을 내장하여 연결하는 기술을 의미한다.[1] 그러나 보편적인 무선 통신 기술인 Wi-Fi는 AP가 존재하는 곳에서만 접속할 수 있으며 접속범위 또한 AP 근방으로 제한되어있다. 블루투스(Bluetooth)의 경우에도 근거리 접

속만 가능하며 기기 간 통신 시 안정성이 떨어진다는 한계점이 있다. 거리상의 제약으로 연결 가능한 단말 노드 수가 제한적인 이러한 통신기술로는 넓은 지역에 다수의 단말노드가 분포되어 있을 때, 안정적인 송수신을 보장하기 어렵다.

LPWAN(Low Power Wide Area Network)은 저 전력의 장거리 무선 네트워크 기술이다. 대역폭은 작지만 넓

*정희원, 한국산업기술대학교, 컴퓨터공학부 (교신저자)
접수일자: 2018년 10월 4일, 수정완료: 2018년 11월 14일
게재확정일자: 2018년 12월 7일

Received: 4 October, 2018 / Revised: 14 November, 2018 /
Accepted: 7 December, 2018

*Corresponding Author: bklee@kpu.ac.kr

Dept. of Computer Engineering Korea Polytechnic University,
Korea

은 적용 범위로, 근거리 네트워크가 가지고 있는 거리상의 제약을 효과적으로 해결하는 네트워크 기술이다. MQTT는 경량의 메시지 전달 프로토콜이다. 저 전력이면서 작은 크기의 패킷으로 송수신하기 때문에 M2M (Machine to Machine)이나 IoT 분야에서의 활용도가 높은 통신 기술로 주목받고 있다.

본 논문은 LoRa망을 이용한 MQTT 기반의 공장 환경 관리 시스템을 구현하는 것을 목적으로 한다. 센서 데이터는 크기가 작고 데이터를 지속적으로 송신해야 하는 특징을 가지고 있다. 또 센서의 수가 언제든지 늘어날 수 있으므로 확장성 있는 네트워크 기술이 필요하다. 따라서 센서 데이터를 수집하고 활용하는 시스템에 LoRa와 MQTT 기술을 적용하면, 거리상의 제약을 줄이면서 센서의 전력 소모율을 효과적으로 줄일 수 있다.

II장에서는 주요 기술인 LoRa와 MQTT에 대해서 설명하고, III장에서는 해당 기술을 적용하여 구현한 ‘공장 환경관리 시스템’을 소개한다. IV장에서는 본 논문에서 제안된 방식과 기존 방식과의 비교 결과를 제시하고, 마지막 V장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

1. LoRa (Long Range)

LoRa는 Long Range의 약자로 스타 토폴로지 기반의 Aloha 프로토콜 방식을 사용하는 무선통신 기술이다.[2] 그림 1은 LoRa와 다른 네트워크들의 차이점을 나타내고 있다. LoRa가 포함된 LPWAN(low power wide area network)은 전송률은 낮지만, Short Range Network나 Cellular Network와 비교했을 때 저 전력이고 통신 범위 (Coverage)에서의 장점이 있다. 이러한 특징 때문에 IoT 환경에서 많이 활용된다.

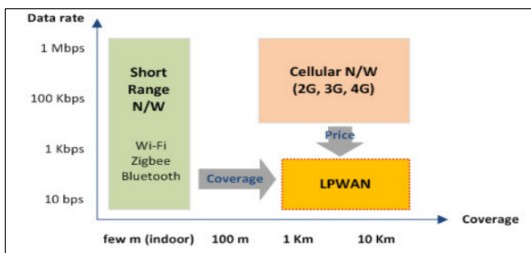


그림 1. 통신망 비교
Fig. 1. Communication network comparison

대표적인 LPWAN 기술로는 LoRa, NB-IOT, Sigfox 가 있다. 표 1은 LPWAN 기술들과 일반적으로 통신에 쓰이는 Wi-Fi, 3G 와의 전류 소모량을 비교한 것이다.

표 1. 네트워크별 전류 소모량

Table 1. Power consumption by each network.

| SigFox (RC1682 -SIG) | LoRa (sx1272) | 3G(u-blox SARA U270) | Wi-Fi (Cypress BCM43362) |
|----------------------|---------------|----------------------|--------------------------|
| 58mA | 35mA | 460mA | 320mA |

기존의 환경관리 시스템에서는 Wi-Fi 기반의 무선통신 환경을 구축하지만 LoRa를 활용한 시스템을 구축하면 단일 홉으로 멀리 있는 기지국에 통신할 수 있기 때문에, 초기 인프라 구축비용을 절감할 수 있다. 또한, 저 전력 통신으로 인해 센서 모듈의 지속성 증가로 유지보수 비용도 절감할 수 있다. 같은 LPWAN 기술인 NB-IOT 와 비교했을 때 LoRa는 비 면허대역을 사용하기 때문에 통신망 사용에 대한 사용료를 지급하지 않아도 된다.[3] LoRa는 나라와 제조업체에 따라 주파수 대역이 다른데, 국내에서는 920.9MHz부터 923.3MHz까지의 주파수대역을 사용하고 있다. 국내에서는 2016년에 SK Telecom에서 자체적인 LoRa망을 구축하여 관련 사업을 진행하고 있다.[4]

2. MQTT(Message, Queuing, Telemetry, Transport)

MQTT는 경량의 패킷을 사용하고 Publish/Subscribe (Pub/Sub) 방식을 사용하는 통신 프로토콜이다. 발행자가 데이터를 브로커(Broker)에 발행(Publish)하면 사전에 구독(Subscribe)한 구독자에게 데이터가 전송되는 이벤트 방식으로 동작한다. 처음엔 원격제어, 원격 측정을 위한 통신 프로토콜로 개발되었으나 최근에는 IoT 제품들의 통신 프로토콜로 쓰이고 있다. 데이터엔 이름(Topic)을 붙여 함께 전송하는데 패킷 크기를 최소화해 전력 소모를 줄인다는 장점이 있다.[5] 이러한 장점을 바탕으로 MQTT에 대한 연구가 많이 진행되고 있고 최근 여러 분야에서 활발하게 사용되고 있다.[6][7][8][9] 그림 2는 MQTT의 통신 방법을 나타내고 있다.

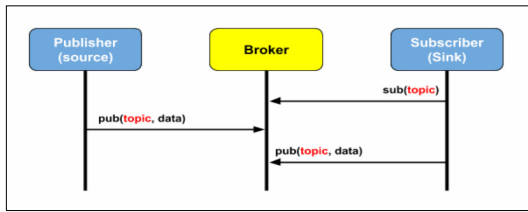


그림 2. MQTT의 통신 방법
 Fig. 2. MQTT Communication Method

III. 공장 환경관리 시스템

본 논문에서는 LoRa망을 이용한 MQTT 기반의 ‘공장 환경 관리 시스템’을 구축하였다. 기존의 공장 네트워크는 물리적인 LAN 선으로 인프라를 구성하는데, 이는 유지보수 시 가용성이 떨어지는 불편함을 초래한다. 무선 네트워크인 Wi-Fi 통신 또한 범위에 따라 추가적인 AP 설치가 필요하다. 이러한 한계점을 극복하기 위해 넓게 분산되어있는 작업장들은 LoRa로 통신하고, 관리 시스템과 게이트웨이 간의 양방향 통신은 MQTT로 구현한 시스템을 구축하였다.

1. 시스템 구성도

구성요소로는 환경관리 보드, 게이트웨이, 네트워크 서버, 관리 시스템이 있다. 연동 모듈로는 Libelium, AWS(Amazon Web Service)사에서 제공하는 API를 사용했다. 그림 3은 시스템 구성도이다.

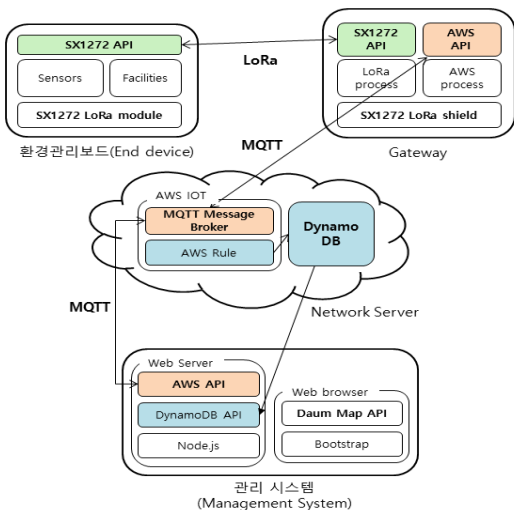


그림 3. 시스템 구성도
 Fig. 3. System configuration

환경관리 보드(End device)는 작업장의 센서(온습도, 가스, LPG) 상태와 설비(Light, Buzzer, Fan) 상태를 게이트웨이에 실시간으로 전송하는 기능을 수행한다. 동시에 게이트웨이가 보내는 설비 제어 명령과 센서 임계값 메시지를 수신한다.

게이트웨이는 양방향 송수신이 가능하도록 수신 패킷을 구분분석(Parsing)하는 작업을 수행한다. LoRa 통신으로 수신한 패킷을 MQTT 형태로 파싱하여 네트워크 서버에 발행한다. 동시에 관리 시스템이 송신하는 MQTT 메시지를 파싱하여 환경 관리 보드에 전송한다.

네트워크 서버는 클라우드 기반으로, 사전에 토픽(topic)을 구독한 구독자들에게 해당하는 발행 메시지를 전송해주는 역할을 한다. 동시에 연동된 데이터베이스에 중요도가 높은 설비 상태 데이터들을 실시간으로 저장한다.

관리 시스템은 웹 기반으로, 작업장별 환경 모니터링, 자동 설비 제어(센서 임계값 설정)와 수동 설비 제어 기능을 제공한다. 주요기능인 모니터링, 설비제어 수행 흐름도는 그림 4와 같다.

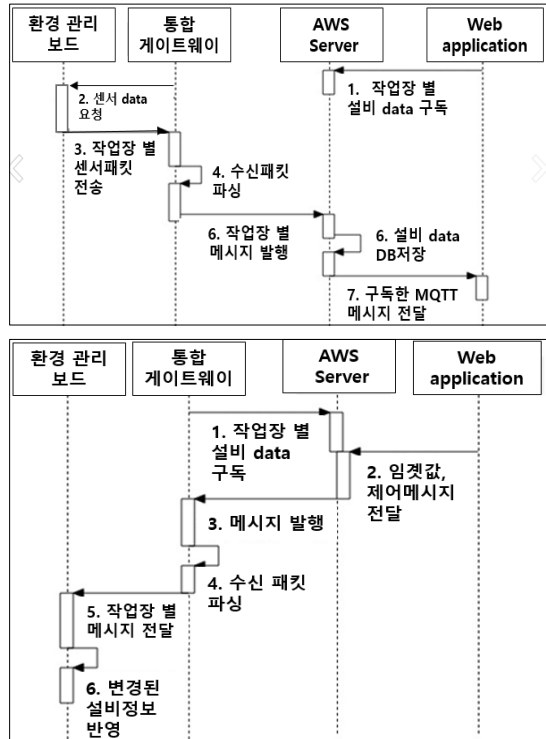


그림 4. 모니터링(위), 설비제어(아래) 흐름도
 Fig. 4. Monitoring(up), Facility control(down) flowchart

2. 시스템 구현 및 기능

가. 환경관리 보드(End device)

ATMEGA 1281 MCU가 내장되어있는 Libelium 사의 Waspnote보드에 LoRa 통신을 위한 SX1272 모듈을 부착하였다. 작업장 환경 측정을 위한 센서(온·습도, 이산화탄소, LPG)와 설비(Fan, Light, Buzzer)를 부착하여 환경관리 보드를 구성했다. 설비는 센서값에 따라 자동으로 제어되거나 관리자가 수동으로 제어할 수 있다. 자동 제어 시 환풍기(Fan)는 온습도 센서와 Co2 센서에 따라 동작하고 버저(Buzzer)는 LPG 센서에 따라 동작한다. 설비전력은 Power Supply로 공급하고 센서와 보드 전력은 USB port로 공급한다. 로라 모듈(SX1272) 초기화는 대역폭이 125인 '1'로, 전력은 'MAX'로 설정하여 장거리 송수신에 적합하도록 설정하였다. IDE는 WaspnoteIDE를 사용하여 C언어로 개발하였다.[10]

| Mode | BW | CR | SF | Sensitivity (dB) | Transmission time (ms) for a 100-byte packet sent | Transmission time (ms) for a 100-byte packet sent and ACK received | Comments |
|------|-----|-----|----|------------------|---|--|---------------------------|
| 1 | 125 | 4/5 | 12 | -134 | 4245 | 5781 | max range, slow data rate |

그림 5. 설정한 SX1272 전송 모드

Fig. 5. SX1272 transmission mode

게이트웨이에서 패킷 전송 요청을 보내면, 환경관리 보드는 센서/설비 패킷을 게이트웨이로 1초에 한 번씩 게이트웨이로 전송한다. 환경관리 보드가 다수일 경우에는 작업장 번호로 구분했다. 해당 패킷 구성은 그림 6과 같다.

| Temp, Humidity | Co2 | LPG | Fan | Buzzer | Light | |
|----------------|-----|------|-------|--------|-------|----|
| 0 | 1-6 | 7-10 | 11-14 | 15 | 16 | 17 |

Workspace Number

그림 6. 센서/설비 패킷 구조

Fig. 6. Send Packet from End device to Gateway

게이트웨이가 센서 별 임계값을 전송할 경우에는, 해당 센서의 임계값이 변경된다. 센서값이 설정한 임계값에 도달하거나 높게 측정되면 설비가 자동으로 'ON' 된다. 반대로 임계값 보다 낮을 시에는 설비를 'OFF' 하여 자동으로 설비가 제어되도록 한다. 이렇게 변경된 설비 상태는 게이트웨이로 송신하는 센서/설비 패킷에 바로 반영된다.

나. 게이트웨이

Linux 기반의 라즈베리파이 위에 LoRa Shield를 꽂고 통신 모듈인 SX1272를 부착하여 게이트웨이를 구성한다.

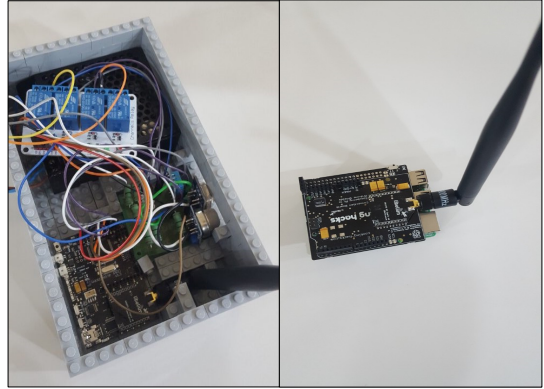


그림 7. 환경관리 보드(좌)와 게이트웨이(우)

Fig. 7. Environmental management board(left) and gateway(right)

멀티프로세스 기법을 사용해 총 3개의 프로세스로 구현했다. 첫 번째 프로세스는 작업장마다 설치된 환경 보드에 패킷 요청 메시지를 보내고, 수신한 센서 패킷을 구문분석(Parsing)하는 작업을 수행한다. 두 번째 프로세스는 파싱한 데이터를 MQTT 형식으로 변환하여 네트워크 서버에 발행하는 작업을 수행한다. 메시지 Topic은 'data/작업장 번호/센서 이름'으로 구성하고, 세 번째 프로세스는 관리 시스템이 보내는 설비제어, 임계값 메시지를 구독한다. JSON 형태로 구성된 메시지의 data 부분을 파싱하여 LoRa 네트워크를 통해 환경관리 보드로 전송한다.[11]

다. 네트워크 서버

네트워크 서버는 AWS(Amazon Web Service)의 AWS IOT와 DynamoDB 서비스를 사용하여 구축했다. AWS IOT는 MQTT 메시지들을 중개하는 브로커(Broker) 역할을 한다. AWS IOT에 등록된 사물은 게이트웨이와 관리 시스템으로, 게이트웨이는 관리 시스템이 발행하는 임계값과 설비제어 메시지를 구독한다. 마찬가지로 관리 시스템은 게이트웨이가 발행하는 센서/설비 패킷을 구독한다. 중요도가 높은 설비상태 데이터들은 No-SQL 기반 데이터베이스인 DynamoDB에 MQTT topic과 data 부분을 함께 저장했다.

라. 관리 시스템

Node.js 기반의 관리 시스템은 3가지 메뉴로 구성되어 있다. 작업장별 센서 데이터들을 시각화하여 제공하는 ‘Monitoring’ 메뉴, 센서 별 임계값을 설정해 설비를 자동으로 제어하는 ‘Auto’ 메뉴, 설비를 수동으로 제어하는 ‘Control’ 메뉴가 있다.

작업장별 센서 정보들은 네트워크 서버에 구독하여 제공받았다. 마찬가지로 임계값 설정, 설비 수동제어 버튼을 클릭하면 네트워크 서버로 해당 메시지를 발행(Publish)한다. 설비가 제어됐는지의 여부도 제공하는데, DynamoDB에서 Topic과 Data를 가져와 구현하였다. 그림 8은 관리 시스템의 웹페이지 화면이다.

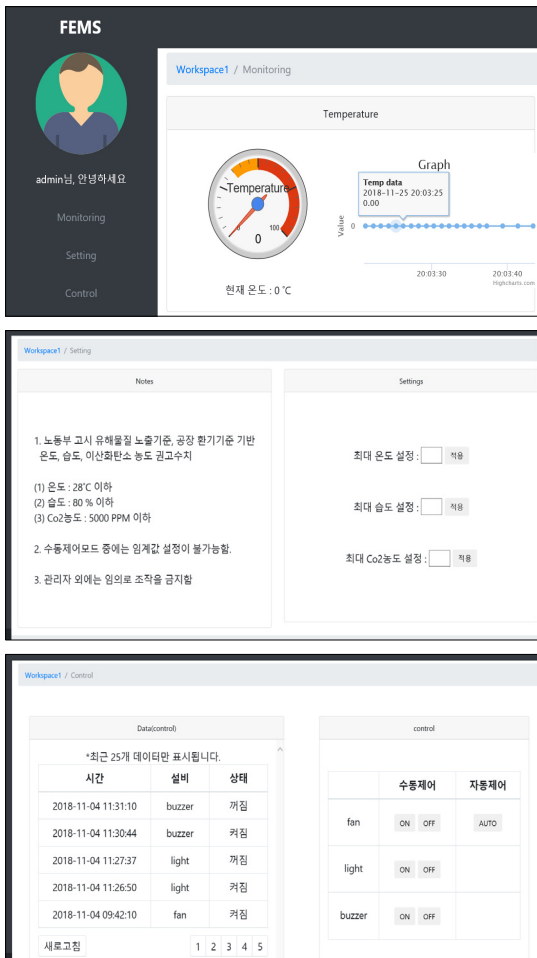


그림8. 관리자 웹페이지 (임계값 설정, 설비제어, 모니터링)
 Fig. 8. Administrator web page (setting critical value, facility control, monitoring)

IV. 성능분석

본 연구에서 구현한 LoRa망을 이용한 공장 환경관리 시스템과 기존의 Wi-Fi 망을 이용한 시스템과의 성능분석을 시행하였다.

1. 전력 소모 성능 실험

싱글 보드 컴퓨터인 라즈베리파이 2개를 사용하여, 구현한 시스템과 같은 18Byte의 char 배열을 송수신하는 방식으로 실험을 진행했다. LoRa 통신 시에는 라즈베리파이에서 LoRa Shield를 장착하였고, Wi-Fi는 라즈베리파이에 내장되어있는 Wi-Fi 모듈을 활용하였다. 전력 측정은 네트워크 소비전력을 측정할 수 있는 Wattman을 사용하여 패킷 전송 시 소모되는 전력을 기록하였다. 표 2를 보면 각 50번의 송신에서 측정되는 전력량(W)의 평균값과 대기 상태의 전력량을 알 수 있다. 패킷 전송마다 LoRa는 약 2.768W, Wi-Fi는 2.84W 정도를 소모한다. 따라서 시스템의 통신 횟수가 늘어날수록 LoRa가 Wi-Fi에 비해 유리하다.

표 2. 측정된 전력소모량

Table 2. Power consumption by measurement.

| | 대기 상태 | LoRa | Wi-Fi |
|--------|-------|-------|-------|
| 전력량(W) | 2.693 | 2.768 | 2.84 |

또한, MQTT클라이언트와 서버는 keep-alive 메시지를 지속해서 교환하면서 연결 상태를 유지한다. 서버가 클라이언트의 구독 정보를 가지고 있어, 초기 연결이 이루어지면 추가적인 연결 없이도 송수신할 수 있다. 반면 HTTP는 연결이 닫히면 새로운 연결 요청을 해야 하고 이때 긴 폴딩이 발생한다. 따라서 적은 양을 지속해서 송수신해야 하는 우리 시스템의 경우, 전력 소모 측면에서 MQTT가 유리하다.[12]

2. 거리 성능 실험

LoRa 통신 환경을 구축하기 위하여 환경 관리 보드에 통신 모듈(SX1272)을 각각 부착했다. 송수신 패킷은 18 byte의 char 배열로, 구현한 시스템과 같게 구성했다. 거리마다 각각 100회의 전송시간 동안의 전송 성공률, RSSI(Received Signal Strength Indicator), SNR(Signal to Noise Ratio)값을 가시거리와 비 가시거리에서 측정했다.[13] RSSI는 잡음이 포함된 무선 신호 세기이고, SNR

은 신호 대비 잡음비이다. 두 수치 모두 높을수록 통신 품질이 좋은 것을 의미한다.

가시거리의 측정 시 두 모듈 사이에 물리적인 방해가 없는 상태를 의미하고 비 가시거리의 두 모듈 사이에 방해요소가 존재하는 도심 환경을 의미한다. 그림 9과 표 3은 LoRa를 사용한 가시거리에서의 측정 위치와 결과를 보여준다. 가시거리에서의 성능분석은 그림 9에 나와 있는 0m 지점에 모듈 1개를 놓고, 거리를 점차 늘려나가는 방식으로 진행했다. 두 모듈 사이의 물리적인 방해를 최대한 줄이기 위해 맑은 날씨의 가시거리가 확보된 지점에서 성능측정을 진행했다.



그림 9. 가시거리에서의 LoRa 측정 위치
Fig. 9. LoRa measurement positions at visible range

표 3. 가시거리에서의 LoRa 측정 결과
Table 3. LoRa measurement results at visible range

| 거리 | 성공률(%) | RSSI 평균 (dBm) | SNR 평균 (db) |
|--------|--------|---------------|-------------|
| 500m | 100 | -101.09 | 2.75 |
| 1km | 96 | -109.49 | -5.46 |
| 1.25km | 88 | -109.27 | -8.39 |
| 1.5km | 25 | -102.39 | -19.15 |
| 1.75km | 20 | -108.36 | -19.64 |
| 2km | 0 | -83.38 | - |

표 3을 보면 성공률은 낮지만 1.75km 지점까지 통신이 가능한 것을 확인했다. 또한 RSSI 값을 보면 일정하게 증가하지는 않지만 500m 지점과 1.75km 지점을 비교했을 때, 값이 소폭 감소한 것을 볼 수 있고, SNR 값은 거리가 멀어질수록 값이 감소하는 것을 볼 수 있다. 거리에 따라 통신 품질이 안 좋아지고, 이에 따라 성공률이 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

그림 10과 표 4는 비 가시거리에서의 측정 위치와 결과를 보여준다. 비 가시거리에서의 성능분석을 진행하기

위해 그림 10에 나와 있는 0m 지점에 모듈 1개를 놓고, 거리를 점차 벌려나 가는 방식으로 성능측정을 진행했다. 두 모듈 사이의 가시거리가 확보되지 않아야 하므로 0m 지점에 있는 모듈을 건물 내에 위치시키고 성능측정을 진행했다.



그림 10. 비 가시거리에서의 LoRa 측정 위치
Fig. 10. LoRa measurement positions at non-visible range

표 4. 비 가시거리에서의 LoRa 측정 결과
Table 4. LoRa measurement results at non-visible range

| | 성공률(%) | RSSI 평균 (dBm) | SNR 평균 (db) |
|------|--------|---------------|-------------|
| 300m | 70 | -113.35 | -18.36 |
| 400m | 63 | -113.55 | -19.14 |
| 500m | 0 | -114.19 | - |

표 4를 보면 400m 지점까지 통신이 가능한 것으로 보인다. 또한 300m 지점과 400m 지점을 비교했을 때, RSSI 값과 SNR 값이 감소한 것을 볼 수 있다. 비 가시거리도 가시거리와 마찬가지로 거리에 따라 통신 품질이 안 좋아지고, 이에 따라 성공률이 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 그림 11은 표 3과 표 4의 성공률 값을 그래프로 나타낸 것이다.

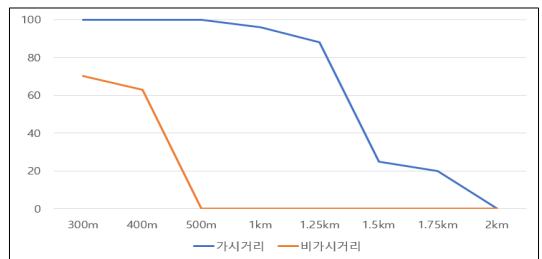


그림 11. 거리에 따른 성공률
Fig. 11. Success rate by distance

그림 11에서 보았을 때, 두 모듈 사이의 방해요소 유무가 LoRa 통신에 큰 영향을 미치는 것을 확인했다. 따라서 LoRa 통신환경을 구축할 때 방해요인이 많은 도심보다는 도시 외곽 지역 환경이 통신에 있어서 효율적일 것으로 보인다.

다음으로 Wi-Fi 환경에서의 통신 범위를 확인하기 위해 IEEE(국제전기전자기술자협회)에서 정한 표준인 'IEEE 802.11'을 참조하였다.

| 규격 | 주파수(GHz) | 대역폭(MHz) | 속도(Mb/s) | 최대 거리 (m) (실내/실외) |
|----------|----------|--------------|----------|----------------------|
| 802.11a | 3.7 / 5 | 20 | 6~54 | 35/120 |
| 802.11b | 2.4 | 20 | 1~11 | 35/140 |
| 802.11g | 2.4 | 20 | 6~54 | 38/140 |
| 802.11n | 2.4 / 5 | 20/40 | 7.2~150 | 70/250 |
| 802.11ac | 5 | 20/40/80/160 | 최대 866 | 35/- |
| 802.11ad | 60 | 2.160 | 최대 6.912 | 60/100 |

그림 12. IEEE 802.11 표준
 Fig. 12. IEEE 802.11 standard

그림 12를 보면, 현재 많이 사용하고 있는 Wi-Fi 규격은 802.11.n인데 그림 11에 나와 있는 규격 중에는 가장 넓은 통신 범위를 보유하고 있다.[14] 802.11.n의 통신 범위를 보면 실내에서 70m, 실외에서 250m라고 규정되어 있는데, Wi-Fi 환경도 두 모듈 사이의 방해요소 유무가 통신에 영향을 미치는 것으로 보인다.

LoRa를 이용한 시스템의 성능분석 결과와 비교해 보면, LoRa는 성공률이 70% 이상인 지점이 가시거리에서 1.25km이고 비 가시거리에서 300m이다. 반면에 Wi-Fi 통신 범위 표준을 보면 802.11.n에서 실외 250m, 실내 70m 통신이 가능하다고 명시하고 있다. 따라서 LoRa만을 이용한 시스템이 Wi-Fi 기반의 시스템보다 통신 범위가 넓다는 것을 확인했다. 특히 두 통신 모듈 사이에 방해요소가 적은 환경에서 시스템을 구축한다면 Wi-Fi 보다 LoRa가 더 큰 이점을 얻을 수 있을 것으로 보인다.

V. 결론

본 논문에서는 저 전력 장거리 네트워크인 LoRa망과 IoT 경량 프로토콜인 MQTT를 활용한 공장 환경관리 시스템을 개발하였다. 기존의 공장 네트워크는 물리적인 LAN 선으로 인프라를 구성하는데, 이는 유지보수 시 가

용성이 떨어지는 불편함을 초래한다. 무선네트워크인 Wi-Fi 통신 또한 범위에 따라 추가적인 AP 설치가 필요하다. 따라서 넓게 분산되어있는 작업장들의 환경정보를 LoRa 통신으로 취합하여 거리상의 제약을 극복하려 했다. 또, 센서 데이터는 크기가 작고 데이터를 지속해서 송신해야 하는 특징을 가지고 있다. 따라서 게이트웨이와 관리시스템 간의 양방향 통신을 MQTT로 구현하여 센서의 전력 소모를 줄이도록 했다. 실험을 통해 기존 통신인 Wi-Fi보다 LoRa가 전력소모량이 적다는 것을 확인했다. 또 가시거리에선 230m, 비 가시거리에선 1km 차이로 LoRa를 사용했을 때 장거리 통신으로 확장될 수 있음을 확인했다.

향후에는 장거리 저 전력이라는 LoRa 통신의 장점을 활용하여, 이동하는 물체에 LoRa 모듈과 GPS(Global Positioning System) 센서를 부착한 위치정보 연계 서비스를 개발할 것이다. 또한, IoT 통신은 하드웨어 자원, 통신방식 등이 상이한 사물들이 연결되는 구조이다. 이로 인해 통신 과정에서 데이터 변조 및 유출, 게이트웨이 해킹공격 등이 발생할 수 있다. 따라서 향후 연구과제로 IoT와 연계된 시스템에 DTLS(Datagram Transport Layer Security) 보안 프로토콜을 적용하여 시스템의 안전성을 높일 수 있는 시스템을 구현하고자 한다.

References

- [1] Wikipedia. "IOT". Accessed September 27, 2018. <https://en.wikipedia.org/wiki/IOT>
- [2] Lina Yi, Garam Lee, Howon Kim, "A Study on the LoRa systems", Summit of Korea Telecommunication Society Summer Conference, pp. 217-218, 2017. 6.
- [3] Deuknyeong Ko, "Low Power Wide Area Technology Trend for Internet of Small things", OSIA S&TR Journal, Vol.29 No.3, pp.8-13, Sep 2016.
- [4] "Introduction SK Telecom's Internet of Things Network", <https://www.sk Insight.com/77384>
- [5] Wikipedia, "MQTT", Accessed September 27, 2018. <https://en.wikipedia.org/wiki/MQTT>
- [6] In-Hwan Jung, "A Real Time Location Based IoT Messaging System using MQTT", The Journal of

The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC) Vol. 18, No. 4, pp.27-36, Aug. 31, 2018.

DOI: <https://doi.org/10.7236/IIBC.2018.18.4.27>

[7] Se-Chun Oh, Tae-Hyung Kim, Young-Gon Kim, "Implementation of factory monitoring system using MQTT and Node-RED", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC) Vol. 18, No. 4, pp.211-218, Aug. 31, 2018.

DOI: <https://doi.org/10.7236/IIBC.2018.18.4.211>

[8] Sang-hyun Kim, Dong-hwi Kim, Hyeung-seok Oh, Hyun-sig Jeon, Hyun-ju Park, "The Data Collection Solution Based on MQTT for Stable IoT Platforms" Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering Vol. 20, No. 4 : 728~738 Apr.2016

[9] HanNal. "Facebook Makes Messenger a Platform", Accessed September 27, 2018.

<http://slownews.kr/39053>

[10] Libelium(2016), "Waspnote LoRa 868MHz 915Mhz SX1272 Networking Guide"

<http://www.libelium.com/development/waspnote/documentation/waspnote-lora-868mhz-915mhz-sx1272-networking-guide/>

[11] Oh Jinsu, Song Changgi, "Transmission performance of improvements in mobile applications via XML and JSON data translation," Proceeding of Communications of the Korean Institute of Information Scientists and Engineer.

[12] Nicholas, Stephen. "Power Profiling: HTTPS Long Polling vs. MQTT with SSL, on Android." (2012).

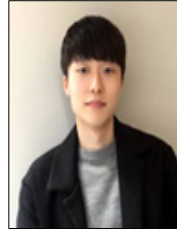
[13] Junyeong Lim, Jaemin Lee, Donghyun Kim, Jongdeok Kim "Performance Analysis of LoRa (Long Range) according to the Distances in Indoor and Outdoor Spaces", Journal of KIISE, Vol. 44, No. 7, pp. 733-741, 2017. 7.

DOI: <https://doi.org/10.5626/JOK.2017.44.7.733>

[14] Wikipedia, "IEEE 802.11", Accessed September 27, 2018. https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11

저자 소개

고 재 욱(준회원)



• 2013년 3월 ~ 현재 : 한국산업기술대학교 컴퓨터공학부 학부생
<주 관심분야> : 사물인터넷, 웹서버 기술, 컴퓨터 네트워크

김 혜 정(준회원)



• 2015년 3월 ~ 현재 : 한국산업기술대학교 컴퓨터공학부 학부생
<주 관심분야> : 클라우드 컴퓨팅, 사물인터넷, 머신러닝, 서버 가상화

이 보 경(정회원)



• 1987년 2월 : 고려대학교 수학과 (이학사)
• 1995년 12월 : University of Birmingham Department of Computer Science
• 2000년 8월 : 고려대학교 컴퓨터학과 (이학박사)

• 2003년 3월 ~ 2005년 2월 : Telecom Paris PostDoc

• 1987년 1월 ~ 1998년 9월 : 테이콤 연구소

• 2001년 3월 ~ 현재 : 한국산업기술대학교 컴퓨터공학부 교수
<주 관심분야> : 사물인터넷, 모바일, 홈 네트워크 시스템, LoRa, 보안

※ 본 논문은 한국연구재단 이공학개인지초연구지원사업(NRF-R1D1A1B07048416)의 연구 결과로 수행되었음 (교신저자 이보경)