JKIICE Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering

한국정보통신학회논문지 Vol. 23, No. 8: 996~1003, Aug. 2019

지중 시설물 관리를 위한 스마트 맨홀 디바이스

김종덕[1*] · 한승헌[2] · 김영길[3]

Smart Manhole Device for Underground Facility Management

Jong-Duk Kim[1*] · Seung-Heon Han[2] · Yong-Kil Kim[3]

[1*]Graduate Student, Department of Bio Medical Engineering, Ajou University, Suwon 16499, Korea
[2]Visiting Professor, Department of Electrical Engineering, Myongji College, Seoul 03656, Korea
[3]Associate Professor, Department of Electronic Engineering, Ajou University, Suwon 16499, Korea

요 약

지상의 각종 시설물들의 지중화가 이루어지며 상수도 및 오수의 악취, 전봇대 쓰러짐, 전자파 영향 및 선로작업에 의한 단선 등의 문제들은 줄어들었다. 그러나, 맨홀 뚜껑 개방에 의한 추락, 가연성 가스 폭발, 인체 유해 가스 및 산소 농도 부족에 질식, 고압선 발열에 의한 화재 및 맨홀 침수 등 새로운 문제점들이 발생하고 있다. 또한, 이러한 문제들이 시민 사회의 피해를 주고 공공안전에 불안요소로 작용하고 있다. 이에 본 논문을 통해 맨홀 내・외부의 안정적인 통신환경을 확보하고, 맨홀 내 시설물을 관리하기 위한 다양한 디바이스들과의 무선 통신이 가능한 스마트 맨홀 디바이스에 중점을 두어 연구를 진행하고 향후 지중 시설물 관리의 방향성을 제시하고 공공 안전에 기여 하고자 한다.

ABSTRACT

The undergrounding of diverse ground facilities has led to a decrease in issues, such as foul smell of water supply systems and wastewater, a fall of telephone poles, electromagnetic waves and breaking of wires caused by a railway work. On the other hand, there are new issues, including a fall accident, explosion affected by flammable gas, a choking accident by harmful gas and a lack of oxygen concentration, a fire coming from high-tension wire heating and flooding in the manhole. Besides, these issues damage the civil society and are an anxiety to public safety. Therefore, this paper is focused on a smart manhole device for stable communication environments inside and outside the manhole and wireless communication with various devices for managing facilities in the manhole, and aims to make a contribution to public safety by suggesting a direction of future underground facility management.

키워드 : BLE, LoRa, 지중 시설물, 저전력, 스마트 맨홀

Key word : BLE, LoRa, Underground Facilities, Low Energy, Smart Manhole

Received 6 June 2019, **Revised** 19 June 2019, **Accepted** 21 July 2019

*** Corresponding Author** Jong-Duk Kim(E-mail:jdkimkey@gmail.com, Tel:+82-31-219-2378)
Graduate Student, 337 Woncheon Hall, Department of Bio Medical Engineering, Ajou University, Suwon 16499, Korea

Open Access http://doi.org/10.6109/jkiice.2019.23.8.996 print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

ⓒThis is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/li-censes/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright Ⓒ The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

Ⅰ. 서 론

지상의 각종 기반 시설물의 지중화로 상수도 및 오수의 악취, 전봇대 쓰러짐, 전자파 영향 및 선로 단설 등의 문제는 줄어들고 있으나, 지중화로 인한 새로운 문제점들이 발생하고 있다. 지중화에 따른 맨홀 뚜껑 개방에 의한 추락사고, 가연성 가스에 의한 맨홀 폭발사고, 인체 유해 가스 및 산소 농도 부족에 의한 맨홀 내 작업자들의 질식사고, 고압선 발열에 의한 화재, 지반 침하 및 맨홀 침수 등 새로운 문제점들이 발생하고 있다. 실제로 국내외 적으로 다양한 사고 사례들이 보고되고 있으며, 국내의 경우 2017년 경기도 화성의 도로위의 맨홀 작업자의 저산소증에 의한 질식사, 2018년 서울 아현동의 통신맨홀 화재로 인한 통신 불능에 따른 시민생활 피해, 일산 백석역의 난방용 열수송관 터짐으로 인한 사망, 부상 및 지역 일대의 난방수 공급중단 및 최근 2019년 5월 대전 맨홀 작업자의 일산화탄소 중독에 의한 질식사고가 발생하였고, 중국의 경우 2019년 2월 매탄가스에 의한 폭발 사고가 발생하는 등 지중화에 의한 문제점들은 인적자원 및 물질적자원의 심각한 피해를 동반한다.[1-4] 이러한 상황에서 지중화 시설물들의 관리가 잘 되고 있는지에 대해 점검을 해볼 필요성이 있으며, 맨홀 내 통신환경을 고려하여 위험 상황을 지속적인 모니터링하고, 관리하여 사고를 예방할 필요성이 있다.

이에 본 논문에서는 맨홀 내 지중 시설물을 모니터링하고 원격관리가 가능한 단말을 설계하고 구현하여 이를 통해 공공 안전에 기여하고자 한다. 이를 위해 BLE 및 LoRa 통신을 활용하여 통신의 안정성을 확보하고 맨홀 내 시설물을 관리하기 위한 다양한 디바이스들과 무선 통신이 가능하도록 하는데 중점을 두어 연구를 진행한다.

Ⅱ. Bluetooth Low Energy

Bluetooth Low Energy는 저전력 무선통신을 위한 Bluetooth SIG에 의해 재정된 기술이다. BLE는 Bluetooth Smart라고 하며, Classic을 지원하는 BLE의 경우 Bluetooth Smart Ready라고 한다. BLE는 저전력, 저용량의 데이터를 보내는데 효율적이며, IoT 디바이스들에 사용이 적합한 구조적 특징을 가지고 있다. BLE는 서비스로 Advertising과 Scanning으로 분류하고, Central과 Peripheral 장치로 나눈다. Peripheral 장치는GAP에 장치의 특성을 Peripheral로 정의하고, GATT의 Service Profile을 정의한다. Service Profile은 Service, Characteristic과 Attribute를 활용한다. Central은 GAP에 장치 특성을 Central로 정의하고, Peripheral의 조건에 맞게 Advertising Packet을 스캔하고, 필요에 따라 연결을 요청한다. 연결을 위해 Periphral장치의 Mac Address, 접속하고자 하는 서비스 UUID 및 데이터 정의 등을 알고 있어야 한다.[5]

그림 1은 BLE 장치의 GATT 구조이다.

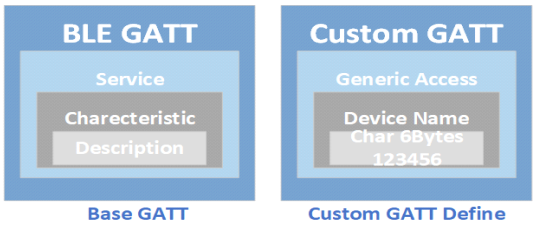

Fig. 1 BLE GATT Structure

2.1. Frequency Hopping

BLE는 2402Mhz부터 2480Mhz까지 사용한다. 이는 WiFi 주파수 대역이며, 주파수 간섭을 피하기 위해 Hopping 기술을 사용한다. 또한, 3개의 Advertising 전용 채널을 두고, Advertising 채널도 Hopping을 한다. Central 장치에서도 3개의 채널을 스캔하여야 주변의 모든 Peripheral 장치를 스캔 할 수 있다.[6] 그림 2은 BLE Frequency Hopping이다.[7]

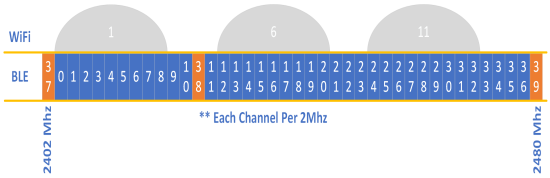

Fig. 2 BLE Frequency Hopping

2.2. BLE Peripheral

BLE Peripheral장치는 Advertising 과 GATT 서버역할을 담당한다. Advertising을 통해 장치가 원하는 데이터를 Broadcasting 할 수 있으며, GATT 서버 역할을 통해 Client의 접속요청을 처리하고, 데이터 상호교환이 가능하다. BLE Advertising의 최대 Packet 크기는 Payload 6Bytes와 가변 데이터 31Bytes이며, Scan Request에 의

해 최대 62Bytes의 가변 데이터를 Broadcasting 할 수 있다. 또한, Advertising만을 할 수 있는 장치를 비콘 이라고 한다. BLE 비콘은 GATT 서버 역할을 제외한 것이며, Apple의 iBeacon, Radius Networks의 AltBeacon과 Google의 URIBeacon등이 있다. 각각의 비콘 마다 별도의 포맷을 가지고 있고, BLE Advertising을 활용하는 것은 동일하다. BLE Advertising을 위해 비콘 형식을 따라야 할 이유는 없으며, 필요에 의해 Advertising Format을 변경하여 사용 가능하다.[6-8]

그림 3은 BLE Advertising Packet Format이다.[7]

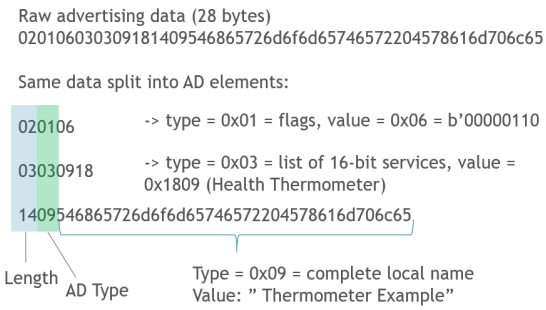

Fig. 3 BLE Advertising Format

2.3. BLE Central

BLE Central 장치는 Peripheral장치의 Advertising Packet을 스캔하고, GATT Client 역할을 수행하며 필요에 의해 Peripheral장치에 연결 요청을 할 수 있으며, Advertising의 3개 채널을 스캔한다. 상호 연결은 Central 장치로부터 시작하는데, Advertising Packet을 수신 받은 후 Scan Request를 통해 추가 데이터를 요구하거나, 연결하고자 하는 MAC Address를 가진 Peripheral 장치가 있을 경우, 서비스 UUID를 통해 연결요청을 한다.[6-8]

그림 4는 BLE Central Scan 모드이다.

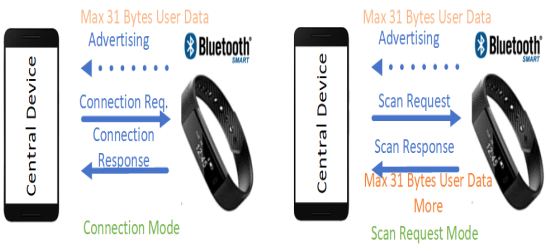

Fig. 4 BLE Central Scan Mode

Ⅲ. LoRaWAN

LoRa는 저전력 장거리 통신을 하기 위해 LoRa Alliance가 발표한 표준이다. OSI 계층을 가지고 있으며, Start-of Starts 토플로지를 가지고 있다. 현재는 oneM2M 통신 중 하나로 사용이 증가 추세에 있다. 그림 5는 LoRaWAN 네트워크 토플로지이다.

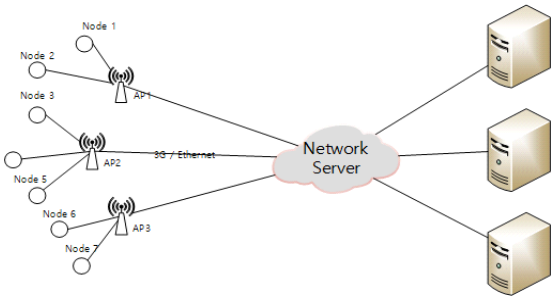

Fig. 5 LoRaWan Topology

3.1. LoRa Classes

LoRaWan은 통신방식이 기본적으로 ALOHA 프로토콜을 사용한다. ALOHA는 데이터가 동시에 송수신되는 구조가 아닌 송신 후 일정 시간동안 수신을 받는 구조이다. LoRaWan은 Class A, B, C를 정의하고 ALOHA를 기반으로 일부 변경하여 필드 어플리케이션의 구조에 맞도록 사용자 선택을 제공한다. Class A는 ALOHA 방식만을 사용하고, 디바이스가 Up-Link 전송 후 2회에 걸쳐 Down-Link를 수신하는 구조이다. 다시말해 LoRa는 Up-Link 전 TX채널과 RX채널을 모두 꺼두었다가, Up-Link시 TX 채널을 켜고, TX 후 일정 시간 동안만 RX1채널을 켜고, Down-Link를 대기하며, RX1에서 받지 못할 경우, RX2 채널을 켜고, Down-Link를 통해 데이터를 수신 받는다. Class B는 Class A가 Up-Link 위주이고, Up-Link 없이 Down-Link를 할 수 없는 구조를 회피하기 위해 별도의 Down Link Slot을 추가하여 정해진 시간에 비콘과 같은 동작을 수행하도록 하며, Up-Link 동작과 별개로 Down-Link를 수행 할 수 있는 구조를 가지고 있다. Class C는 Class A와 B에 반해 통신 지연시간을 최소화하고, 대량 데이터 전송 및 제어에 유리한 Class이다. Class C는 Up-Link 시간을 제외하고, 항상 Down-Link를 대기한다. 이를 위해 RX2와 RX1을 순차적으로 오픈한 후 RX2를 다음 Up-Link까지 오픈 대기

한다. [9-12] LoRa는 AMI 계열의 Up- Link 우선 디바이스인 초전전력 디바이스 구성부터 원격제어 및 액츄에이터 등 데이터 통신량이 많은 디바이스까지 선택적으로 사용 가능한 Class를 분류하고 있다. 다만 Class B와 Class C는 Class A에 비해 데이터 수신이 유리한 반면 배터리 소모는 증가하게 된다.

그림 6은 Class별 데이터 통신이다.

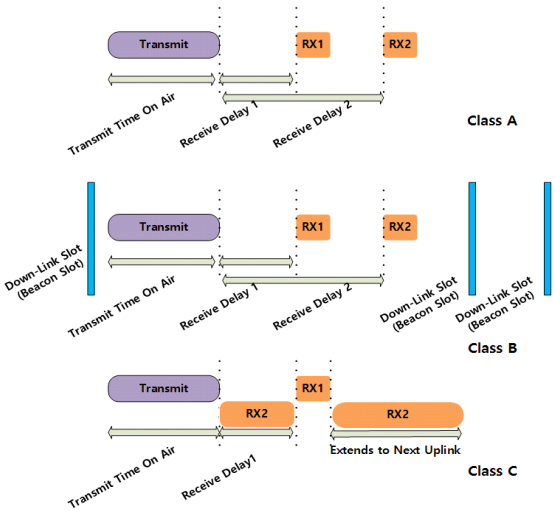

Fig. 6 Data Communication of LoRa Classes

3.2. SKT LoRa 특징

SKT는 전국 Public LoRa망을 구축하고, 경쟁사 대비 저렴한 요금으로 IoT에 사용 적합한 통신망 서비스를 제공하고 있다. 본래 LoRa는 디바이스에서 Up-Link를 위해 Unconfirmed Up과 Confirmed Up을 지원한다. Unconfirmed Up은 LoRa 디바이스에서 Ack를 받을 필요 없이, TX만 하면 되는 것이고, Confirmed Up은 LoRa Device가 Ack를 필수적으로 받아야 하는 것이다. 다시 말해, Confirmed Up과 Unconfirmed Up의 차이는 서버에서 데이터를 받았는지 받지 않았는지에 대한 확인 유무에 있다. SKT LoRa 망은 IoT환경을 위해 구축된 Public 망으로 모든 디바이스에 대해 데이터 유실을 방지하고자 디바이스의 Up-Link는 Confirmed Up으로 사용하여야 하며, 서버에서 Down-Link는 Ack에 대하여 Unconfirmed Down, 제어 명령은 Confirmed Down을 사용한다. 또한, LoRa 디바이스의 Up-Link가 정상적으로 보내어지지 않을 경우, 최대 8회의 재전송을 진행하며, 8회 재전송에도 정상적으로 Up-Link를 보내지 못했을 경우, 해당 Up-Link에 한하여 유효하지 않은 것으로 판단하고 폐기한다.[13]

그림 7은 SKT LoRa 통신 서비스이다.

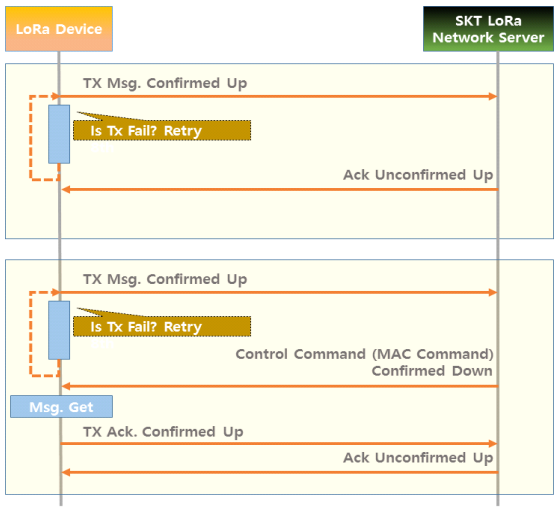

Fig. 7 SKT LoRa Communication Service

Ⅳ. 스마트 맨홀 디바이스 설계

스마트 맨홀 디바이스는 서론의 언급과 같이 지중 시설물 관리를 위하기 위한 목적으로 통신 가능한 맨홀을 통해 위험 상황을 모니터링하고 관리하는 것이다. 이를 위해 맨홀 내부 통신은 BLE의 Central 모드와 Peripheral 모드를 사용하였고, 외부망 통신을 위해 LoRa를 사용하였다.

그림 8은 스마트 맨홀 시스템 구성도이다.

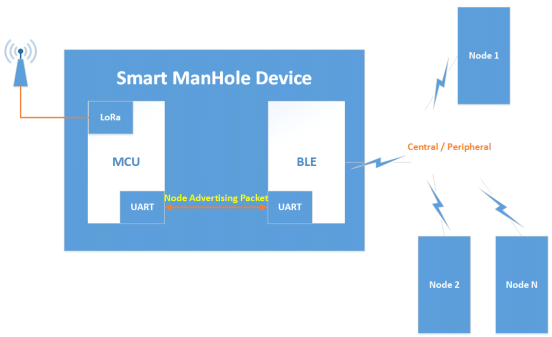

Fig. 8 Smart Manhole System Organization

4.1. 스마트 맨홀 디바이스 서비스 시나리오

Central 모드를 통해 지중 시설물을 관리하는 센서 디바이스들의 Advertising 데이터를 수집하고, 이를 주기 보고에 사용한다. Peripheral 모드를 통해 센서 디바이스들의 위험 상황을 위한 긴급 메시지를 처리한다.[14-15]

그림 9는 스마트 맨홀 디바이스 서비스 시나리오이다.

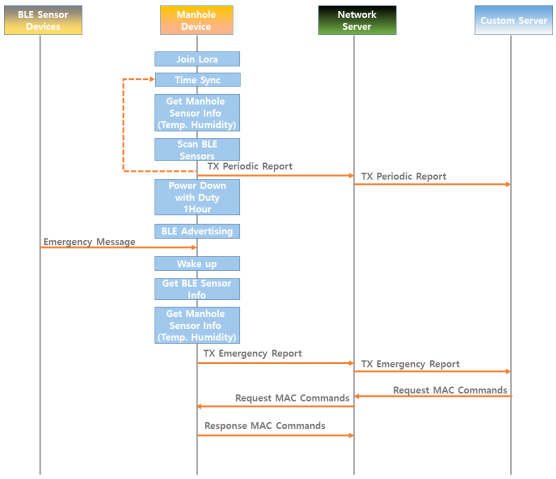

Fig. 9 Smart Manhole Service Scenario

4.2. 스마트 맨홀 디바이스 하드웨어

하드웨어 플랫폼 설계는 사용 특성상 저전력을 기반에 두고 설계하였다. 맨홀의 Main 펌웨어를 구동하는 MCU, BLE 전용 칩과 LoRa 모듈, 온습도 센서, 배터리 ADC로 구성하였다. Main MCU와 BLE를 별도로 분리한 이유는 대부분의 BLE 칩셋들이 외부 인터페이스의 여유가 없기 때문이다. 해당 플랫폼에서 외부 통신을 위해 LoRa 모듈을 사용한 것은 LoRa 모듈은 Sleep 모드를 지원하고 여타 LPWA 통신 대비 저전력의 우수성을 가지고 있기 때문이다.

그림 10은 스마트 맨홀 디바이스의 하드웨어 구성이다.

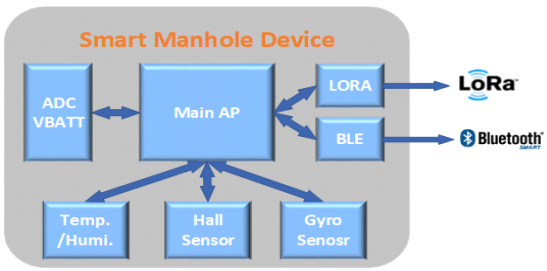

Fig. 10 Smart Manhole Device Organization

4.3. 스마트 맨홀 디바이스 펌웨어

펌웨어는 Main과 BLE를 분리하여 설계하였다. Main MCU는 부팅 후 서비스 시나리오와 같이 동작하도록 설계하였다. BLE를 Function 형태로 호출하여 제어할 수 있도록 하였고, BLE의 Central 모드에서 무한 스캔을 방지하고자 타이머를 두어 일정 시간동안만 스캔하도록 하였다. 또한 BLE와 MCU는 상호 Wake-up할 수 있도록 하였다.

디바이스는 부팅 후 LoRa 통신망에 접속하고, 시간 동기화를 진행한다. 이후 맨홀 디바이스의 자체 센서인 온도, 습도 정보를 수집하고, BLE Central 모드를 통해 지중 시설물을 관리하는 센서 디바이스들의 데이터를 수집한다. 이후 LoRa 망을 통해 데이터를 사용자 서버로 전달하고, 저전력을 위해 Sleep 주기를 설정하고 Sleep 모드로 진입한다. Sleep 모드에서는 맨홀의 BLE를 Peripheral 모드 설정하고, Advertising을 시작한다. 지중 시설물 관리 센서 디바이스들은 긴급 메시지가 발생할 경우, 맨홀의 Advertising 메시지를 통해 연결하고, 맨홀은 Wake-up하여 긴급 메시지를 처리한다. 이후 Sleep 주기를 설정하고 Sleep 모드에 진입한다. [14-16]

그림 11은 스마트 맨홀 디바이스의 펌웨어 순서도이다.

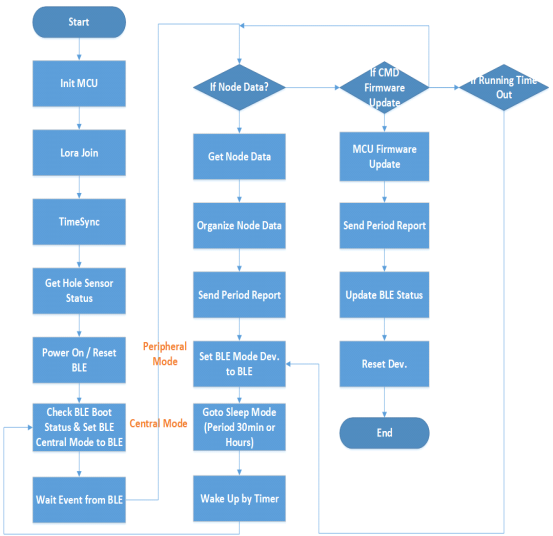

Fig. 11 Smart Manhole Device Firmware Flow

Ⅴ. 구현 및 실험

5.1. 구현한 스마트 맨홀

스마트 맨홀 디바이스의 구현은 설계를 바탕으로 구현하였다. LoRa 통신을 위해 별도의 원형 안테나를 제작하였다. 또한 스마트 맨홀 디바이스 설치를 위해 맨홀 덮개를 신규 제작하였다.

그림 12는 구현된 스마트맨홀 디바이스 이다.

Fig. 12 Smart Manhole Device

그림 13은 스마트 맨홀 덮개 이다.

Fig. 13 Smart Manhole Cover

5.2. 스마트 맨홀 배터리 성능 측정

4.3에서 언급한 바와 같이 스마트 맨홀은 Sleep 모드를 지원한다. 맨홀의 잦은 배터리 교체가 발생할 경우, 맨홀 운용성이 저하되기 때문에 필수적으로 구현되어야 하며, 최소 2년 이상의 사용을 보장하여야 한다. 사용성 보장 기준은 이벤트 없이 정기적인 주기 보고를 기준으로 한다. 정기 보고의 기준은 최소 1시간~ 최대 4시간까지 변경이 가능하다. 배터리 성능을 측정하기 위해 3.6V 19,000mAh 배터리를 사용하였고, 안정적인 가용성을 위해 70%인 13,300mAh를 기준으로 하였다.

스마트 맨홀의 배터리 성능을 측정하기 위해 스마트 맨홀 디바이스의 모듈별 동작 시간과 소모전류 하기 표 1과 같이 정리 하였다. 표 1을 통해 알 수 있듯이, 정기적인 주기보고 동작을 수행할 경우 8,760회의 동작이 발생하고, 연간 4116.47mAh를 소비한다.

표 1은 스마트 맨홀 디바이스의 배터리 소모량이다.

Table. 1 Smart Manhole Device Battery Consumption

Function	Pulse	Duration	Interval	Freqeuncy	Consumption
	mA	Sec	Sec	Time/Yr.	mAh/Yr.
Sleep	0.05	3586	3600	8760	436.30
Main Run	90	10	3600	8760	2190.00
BLE Run	30	2	3600	8760	146.00
TX	170	2.5	3600	8760	1034.17
RX	98	1.3	3600	8760	310.01
Total Consumption / Year					4116.47

위의 표를 통해 알 수 있듯이 스마트 맨홀 디바이스의 연간 4116.47mAh를 소비량을 보여준다. 13,300mAh, 1시간 정기보고를 기준으로 한다면 대략 3.2년의 사용성을 가질 수 있다. 또한, 하기 표2와 같이 Sleep주기가 변경됨에 따라 배터리 사용성은 최대 12.9년까지 증가함을 알 수 있다.

표 2는 Sleep 주기별 배터리 소모량이다.

Table. 2 Battery Consumption with Sleep Period

Function	Consumption /mAh			
	1Hour	2Hour	3Hour	4Hour
Sleep	436.30	218.15	145.43	109.07
Run	2190.00	1095.00	730.00	547.50
BLE Run	146.00	73.00	48.67	36.50
TX	1034.17	517.08	344.72	258.54
RX	310.01	155.00	103.34	77.50
Total Consumption	4116.47	2058.24	1372.16	1029.12

5.3. 실험

실험을 통해 맨홀 내 온습도 및 개방 등 위험 상황을

관제를 통해 검증하였다. 현재 부산과 경기도 일부 지역에 POC를 진행 중이다. 실험을 통해 관제 설치된 맨홀 디바이스의 상태를 모니터링 할 수 있었고, 주기보고와 위험 상황 이벤트 보고가 정상적으로 업데이트 되는 것을 관제 웹을 통해 확일 할 수 있었다. 관제 웹은 지역별 현황, 장애발생 통계와 장애 발생 시 알람을 보여준다.

그림 14는 스마트 맨홀 관제 웹이다.

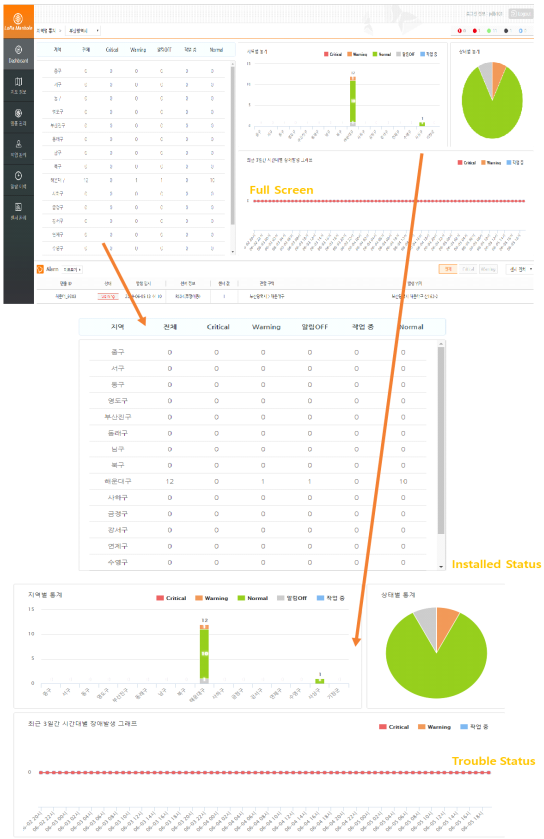

Fig. 14 Smart Manhole Monitoring Web

Ⅵ. 결 론

본 논문은 맨홀을 중심으로 지하 지중시설물을 관리하여 지중화로 인해 발생하는 위험 상황을 사전에 인지하고 대처함으로서 공공 안전에 기여 하고자 하였다. 구현을 위해 지중시설물에 대한 사전 연구가 필요하였다. 구현과 실험을 통해 BLE와 LoRa를 활용해 지중 시설물 관제가 가능한 것을 알게 되었다. 현재 일부지역에 POC (Proof Of Concept) 가 진행 중인데, 향후 POC를 확대하여 문제점과 추가 필요사항을 찾아 개선하여 상용으로 확대하고, 공공안전에 기여할 수 있는 시스템으로 발전시켜야 하겠다.

REFERENCES

[1] Law Issue. An Efficient way to Manage Underground Facilities base on IoT [Internet]. Available : http://www.lawissue.co.kr/view.php?ud=CL261311348613992c130dbe_12

[2] YTN and YTN PLUS. Suffocation of Operating Employee in Manhole [Internet]. Available : https://www.ytn.co.kr/_ln/0103_201708042214552384

[3] KBS. An Accident of Suffocation of Manhole Operating Employee in DaeJeon [Internet]. Available : https://d.kbs.co.kr/wendi/disasternews/view.do?ncd=4209844

[4] SBS. An Explosion Accident in Fireworks Down A Manhole [Internet]. Available : https://news.sbs.co.kr/news/endPage.do?news_id=N1005127004

[5] Bluetooth SIG “Specification of the Bluetooth® System”, #5209 Lake Washington Blvd NE Suite 350 Kirkland, WA 98033 USA, Dec. 2016.

[6] Texas Instruments “Bluetooth® low energy Beacons Application Report,” Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265, Oct. 2016.

[7] J. Decuir Standards Archtect, CSR Techonology Councilor, “Bluetooth 4.0: Low Energy”, Bluetooth Architecture Review Board IEEE Region 6 Northwest Area Chair, May. 2014.

[8] SiliconLabs. KBA_BT_0201: Bluetooth Advertising Data Basics[Internet]. [Available] : https://www.silabs.com/community/wireless/bluetooth/knowledge-base.entry.html/2017/02/10/bluetooth_advertisin-hGsf

[9] J.H. Shin, J.Y. Lim, D.H. Kim and J.D. Kim, “Link Performance Analysis of LoRa for Real-time Information Gathering in Maritime Conditions,” Journal of KIISE, vol. 45, no. 3, pp. 303-310, Mar. 2018.

[10] J.M. Kwak and S.R. Lee, “Buoy-launched Terminal Equipment and Ship-launched Gateway Equipment Based on LoRa for Identification of Fishing Gear,” *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 22, no. 5, pp 779-786, May 2018.

[11] J.J. Shin, S.B. Eun, S.S So and B.H. Kim, “Design and Implementation of LoRa-based Emergency Exit Guide System,” *Journal of the Korea Institute of Information and*

Communication Engineering, vol. 22, no. 4, pp 569-574, Apr. 2018.

[12] LoRa Alliance Technical Marketing Workgroup 1.0, "A technical overview of LoRa® and LoRaWAN", 2400 Camino Ramon, #375, San Ramon, CA 94583, 2016.

[13] U.J. Jung SK Telecom Network Device Tech Lab, "LoRa Device Common Requirement",65 Uljiro Jung-gu Seoul, 2018.

[14] S.Y. Heo, S.Y. Lee and W.J. Lee, "Design and Implementation of Multi-Access BLE/Wi-Fi Gateway using Arduino," *Journal of Knowledge Information Technology and Systems*, Vol. 11, No. 6, pp. 703-712, Dec. 2016.

[15] B.S. Jang, S.J. Lee and H.Y. Kwak, "A Study of Attendance Management System using Beacon and BLE Advertisement Function," *Journal of The Korea Society of Computer and Information*, Vol. 23, no. 8, pp 67-73, Aug. 2018.

[16] Y.W. Lee and S.H. Oh, "Wireless Digital Water Meter with Low Power Consumption for Automatic Meter Reading," *The journal of the Korea Institute of Maritime Information & Communication Sciences*, Vol. 12, no. 5, pp 963-970, Apr. 2008.

김종덕(Jong-Duk Kim)

2004년 배재대학교 컴퓨터공학과 학사
2006년 아주대학교 전자공학과 석사
2017년 8월 ~ 아주대학교 의용공학과 박사과정
2018년 5월 ~ 네이블커뮤니케이션즈 IoT 솔루션 개발팀
※ 관심분야 : 임베디드 시스템, 의료기기, UWB 센서, 위험상황 감지 시스템, LPWA, Bluetooth Low Energy

한승헌(Seung-Heon Han)

2002년 숭실대학교 전기공학과 학사
2005년 아주대학교 의용공학과 석사
2008년 아주대학교 의용공학과 박사
2009 ~ 명지전문대학 전기과 초빙교수
※ 관심분야 : 진단 의료기기, 임베디드 시스템, 전기전자회로

김영길(Young-Kil Kim)

1978년 고려대학교 전자공학과 학사
1980년 한국과학기술원 석사
1984년 ENST(프랑스)박사
1984 ~ 현재 아주대학교 전자공학과 교수
※ 관심분야 : 임베디드 시스템, 초음파 의료기기, Mobile 의료정보 시스템, RFID Platform