

# LoRa 무선네트워크 기반 부산도시철도 재난대피 시스템 적용에 관한 연구

이무현\* · 박희철\*\* · 김남호\*

\*부경대학교 공과대학 제어계측공학과

\*\*부산교통공사 R&D 센터

## A Study on Disaster Evacuation System in Busan Urban Transit using LoRa Wireless Network

Moo-Hyun Lee\* · Hee-Chul Park\*\* · Nam-Ho Kim\*

\*Dept. of Control and Instrumentation Eng. Pukyong National University

\*\*R&D Center, Busan Transportation Corporation

E-mail : nhk@pknu.ac.kr

### 요 약

사물인터넷(IoT) 서비스는 원거리 지역에 무인상태 운영, 오랜 배터리 수명, 저비용 인프라 구축, 쌍방향 플랫폼 서비스 제공이 가능해야 한다. 부산도시철도는 음성 송·수신 인프라를 제외하고는 유선 기반으로 이루어져 있고 사물인터넷(IoT) 서비스를 위해서는 신규 인프라 구축이 필요하다. 사물인터넷 기반 중 표준 통신 방식인 LoRa(Long Range) 무선네트워크를 적용하기 위해 부산도시철도 환경 분석 후 재난대피 시스템 구축을 제안하고자 한다.

### ABSTRACT

Internet of things(IoT) services should be available to provide unattended operation in a remote area, long battery life, low-cost infrastructure, two-way communication platform. Urban transit in Busan is made up of the wire-based infrastructure except for voice infrastructure of transmit/receive and new data infrastructure is required for Internet of things(IoT) services. Urban transit environments in Busan were analyzed in order to apply LoRa Wireless Network(the standard communication way of IoT) and proposes a building after a Disaster Evacuation System.

### 키워드

LoRa, 무선네트워크, 도시철도, 재난대피

### 1. 서 론

최근 칩체 경향을 보이고 있는 ICT 산업의 미래 성장 동력으로 IoT 산업이 급부상하고 있다. IoT 서비스는 수많은 센서 및 단말기로부터 데이터를 수집, 통합 및 분배하는 역할이 중요하게 부각되고 있으며 점차 다양화, 복잡화, 고도화되고 있다. 이를 위해서는 보안 및 운영 효율성이 높으며 병목 현상이 발생하지 않는 사물인터넷 전용 네트워크 구축이 필요하다[1-2].

현재 모든 무선네트워크(3G/4G/LTE, 블루투

스, Wi-Fi, ZigBee, NFC, RFID, 이더넷, 위성 등)는 사물인터넷 인프라로 활용 가능하지만 통신네트워크 구축비용, 중장거리 데이터 송·수신 거리, 저전력 등 고려해야 될 사항이 많이 존재한다. 수도·전기·가스 등의 원격검침기 또는 주차 위치 확인 서비스 같이 소량의 센서 데이터 통신을 위해 LTE와 같이 거대한 통신망을 쓸 필요가 없다. 부산도시철도 지하 터널 구간은 1호선 32.5km, 2호선 46km, 3호선 18.3km, 4호선 12.7km로 유선네트워크 구축 시 많은 비용이 투입되고 소량의 데이터 통신을 위해서는 비효율적이다[3-4].

유선통신네트워크 구축비용 절감을 위해서는 무선통신네트워크가 타당하며 중장거리 데이터 송수신, 저전력 무선통신이 가능해야한다. 사물인터넷 무선통신 기술로써 표준으로 자리를 잡아가고 있는 LoRa 무선네트워크를 부산도시철도에 적용하기 위하여 역사, 전동차, 터널 환경을 분석하고 시스템 구축 적용 방안을 제안하고자 한다.

## II. 부산도시철도 무선 환경 측정 · 분석

부산도시철도 통신네트워크는 무선과 유선통신으로 나뉘며, 무선통신은 VHF와 TRS, 유선통신은 전송설비, 이더넷, 실선방식으로 구분된다.

부산도시철도 1호선(1985년)과 2호선(1999년)은 VHF 방식, 3호선(2005년)은 TRS 방식으로 무선통신네트워크 설계 시 사물인터넷 서비스를 위한 준비가 되어있지 않다.

부산도시철도에 LoRa 무선네트워크(917MHz ~ 923.5MHz) 인프라 구축 시 역사 내 주파수 혼신, 전동차 속도에 따라 데이터 송수신 상태에 대하여 측정·분석하였다.

### 2.1 역사 내 무선주파수 환경 측정

부산도시철도 역사 내 전체 주파수 대역 측정 결과는 표 1과 같으며 열차무선설비(통신), 화상무선설비(통신), TWC(신호), PSD(설비)에서 사용하고 900MHz 대역 주파수는 이동통신사에서 사용하고 있음을 확인하였다.

Table 1. Frequency status of Busan Transportation Corporation

Equipment	Line 1	Line 2	Line 3	Line 4
Train radio	146-176MHz	146-176MHz	800MHz	800MHz
Image Transfer	-	-	5.8 GHz	18.6~19.2 GHz
TWC	40.15KHz	2.4GHz	1708KHz	1708KHz
PSD	424MHz	424MHz	-	-

Table 2. 900MHz Frequency analysis of Line 2

Station	Frequency (Day/Night)	Frequency (Day/Night) Communication Equipment
Seomyeon	984.7 / 921.2	942.67 / 943.77
Jangsan	966.0 / 925.0	914.90 / 956.56
Jangsan recurrence	940.0 / 966.7	957.11 / 925.90
Yangsan	950.7 / 958.0	951.61 / 954.22
Yangsan recurrence	951.2 / 951.0	950.79 / 951.06

이동통신 주파수와 혼신을 확인하기 위하여 900MHz 대역을 기준으로 주간, 야간 측정 결과는 표 2와 같다.

### 2.2 전동차 속도와 LoRa 데이터 송수신 측정

운행 중 전동차 속도에 따라 LoRa 무선네트워크 사용 가능 여부를 확인하기위해 그림 1과 같은 위치에서 측정하였다.

부산도시철도 2호선 호포역~중산역(상·하행) 구간은 3,489m로 개활지이며 직선, 곡선 구간이 존재한다.

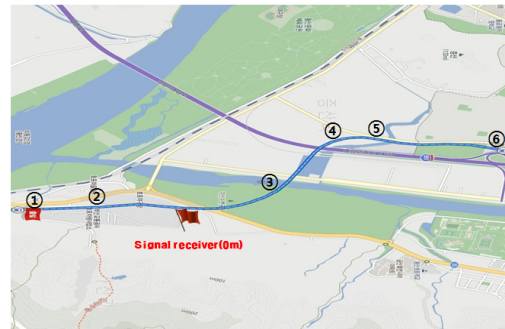


Fig. 1. Hopo ~ Jeungsan measurement position

운행 전동차 내부에 송신기를 설치하고 수신 위치는 호포역에서 953m 떨어진 지점에서 데이터 송수신을 측정하였으며 표 3의 결과가 도출되었다.

Table 3. Measurement results of Data

No	Transmit position	Velocity [km/h]	Link	Transmission reception
①	Hopo station (953m)	0	close	error
②	BTC academy (436m)	60	connect	normality
③	First curve (641m)	80	connect	instantaneous error
④	Second curve (1.2km)	60	connect	normality
⑤	Straight section (1,3km)	60	close	error
⑥	Jeungsan station	0	close	error

### 2.3 영향성 분석

이동통신에서 사용하고 있는 900MHz 주파수 대역에서는 LoRa (917MHz~923MHz) 사용 주파수와 혼신이 없으며 안정적으로 운영이 가능함을

확인하였다.

또한 수신위치(0m)를 기준으로 전동차가 BTC 아카데미 진입 시(약 436m)에 Link 되었다.

수신위치(0m) ~ BTC 아카데미 구간 사이에는 전차선, 모타카동 등 데이터 송·수신에 방해되는 요소가 다수 존재하였으며 이는 중계기(Gateway)로 해결하였으며 2차 곡선구간(1.2Km)까지는 통신연결이 양호하였음을 확인하였다.

상기와 같이 영향성 분석을 통하여 주행 중 전동차, 역사 및 터널에 LoRa 무선네트워크 적용 시 쌍방향 플랫폼 구성에 영향을 미치는 요소가 없음을 실증을 통하여 검증하였다.

### 2.4 제안하는 부산도시철도 IoT 기반 전용 시스템

부산도시철도 터널 구간에 LoRa 무선네트워크 Gateway를 그림 2와 같이 구축함으로써 전동차 주행 중 양방향 데이터 송·수신을 통하여 비상정차 시 승객 대피 안내, 유해물질 데이터관리, 이상상황 감지 알림, 터널 구간 온도 습도 등 재난 발생 시 안내 서비스 제공이 가능할 것이다.

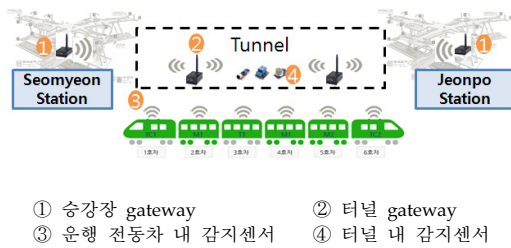


Fig. 2. Tunnel of Busan Transportation Corporation

또한 각 역사에 기 구축된 유선통신(이더넷) 네트워크와 연동하기 위하여 그림 3과 같이 구축한다면 운행 중 전동차, 역사, 터널 구간 내 모든 상황을 종합관제실(Control Tower)에서 감사가 가능하므로 안전한 도시철도 구현이 가능할 것이라고 사료된다.

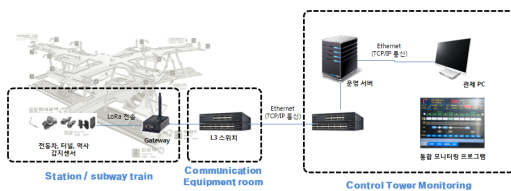


Fig. 3. Disaster Evacuation of IoT System in Busan Urban transit

### III. 결 론

본 논문에서는 LPWAN(저전력 장거리 통신)

기반 사물인터넷 서비스 구현을 위하여 LoRa 무선네트워크 기술이 부산도시철도 적용 가능성에 대하여 실증 및 검토하였다.

향후 그림2, 3과 같이 IoT기반 재난안전 비상대피 시스템을 구축하고 운행 중 전동차, 터널, 역사 부분 상호 연동 알고리즘을 개발·적용하여 전체 시스템에 대하여 검증하고자 한다.

### ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by the Brain Busan 21 Project in 2016.

### 참고문헌

- [1] 류대현, “오픈 소스 하드웨어 기반의 IoT 게이트웨이 개발”, 한국전자통신학회, 제13권 제1호, p1065-1070, 2015년
- [2] 차동호, 이승준, “사물인터넷(IoT)과 주파수 자원”, 한국콘텐츠학회, 제13권 제1호, pp36-42, 2015년
- [3] 유영격, 이영석, “중장거리 LoRa 무선망 기술 기반 스마트 IoT 디바이스 및 응용 솔루션 설계 및 구현”, 한국통신학회, 4A-4, 2015년
- [4] 허성태, 최승호, “도시철도에서 사물인터넷(IoT)의 활용에 관한 연구”, 한국철도학회, p1333-1340, 2015년