

<https://doi.org/10.7236/IIBC.2019.19.1.15>

IIBC 2019-1-3

# LoRa 기술 및 각 국가별 LoRa 활용사례 분석

## LoRa Technology Analysis and LoRa Use Case Analysis By Country

마성훈<sup>1</sup>, 김병서<sup>2\*</sup>

Sung-Hoon Mah<sup>1</sup>, Byung-Seo Kim<sup>2\*</sup>

**요약** 사물인터넷이 발전으로 초소형 통신장치를 설치한 의류, 스포츠 장비, 웨어러블 디바이스 등을 활용한 다양한 장거리를 요하는 서비스의 개발로 인하여 기존에 IoT를 위하여 대표적으로 활용되던 Wi-Fi와 Zigbee와 같은 근거리 네트워크에서의 거리의 한계가 느껴지면서 장거리 통신 기술인 LPWAN에 대한 연구가 진행이 되었다. 본 논문에서는 LPWAN 기술중 비 대역망 기술인 LoRa 기술의 세부부분들에 대하여 소개하고, 국내와 국외에서 활용되고 있는 다양한 활용사례를 조사 및 분석하여 LoRa를 사용하는 실내 및 근거리 게이트웨이를 통한 통신방식에서 장거리 통신방식으로 연구가 진행이 되고 있는 것을 확인 할 수 있었다.

**Abstract** Due to evolving IoT technologies, the various application services using clothing, sport equipment, and wearable devices equipped with extream small communication devices have been actively developed. On the other hands, since these serveices requires long distance communications, Long Distance wireless communication technology LPWAN Research has been proceeded due to limitation of the commuication distance of Wi-Fi and Zigbee which were considered as representative technologies for IoT. Iin this paper, we introduces LoRa technology in detail, which is a non-band network technology among LPWAN technologies, and investigates the use cases of domestic as well as international countries.

**Key Words** : LoRa, LoRaWAN, LPWAN

### 1. 연구 배경 및 목적

#### 1. 연구 배경

기존에 IoT 서비스는 스마트 홈, 의학 장비와 같은 가전제품 또는 장비 위주로 개발이 진행이 되어왔다. 하지만 사물인터넷이 발전하면서 의류, 스포츠 등 다양한 분

야에 소형 통신 장치를 활용한 서비스들이 개발되어 오고 있고 이러한 서비스들이 다소 장거리의 통신 환경을 요구함에 따라 그동안 비 면허 통신기반의 대표적인 통신 기술로 활용되어왔던 Wi-Fi나 Bluetooth와 같은 근거리 통신방식의 사용에 한계가 느껴졌다. 장거리 무선통신 기술의 대표격인 면허대역 기반의 2G, 3G, 4G와 같은

\*종신회원, 홍익대학교 소프트웨어융합학과  
접수일자 2018년 11월 13일, 수정완료 2019년 1월 3일  
게재확정일자 2019년 2월 8일

Received: 13 November, 2018 / Revised: 3 January, 2019 /

Accepted: 8 February, 2019

\*\*Corresponding Author: jsnbs@hongik.ac.kr

Dept. of Software and Communication Eng., Hongik University,  
Korea

셀룰러 통신 방식은 장거리 통신은 물론 전송량이 많고, 고속의 통신이 가능하다는 장점이 있으나, 초소형의 크기가 가능해야하고 적은 전력소모, 그리고 비용이 저렴해야하는 IoT를 위한 통신 장비들의 특성과는 적합하지 않다.<sup>[1]</sup> 따라서 이러한 IoT 통신 장비의 요구사항들을 만족하면서 장거리 통신이 가능한 대안 기술로써 저 전력 장거리 통신 기술인 Low- Power Wireless Area Network (LPWAN)에 대한 연구를 활발히 진행하게 되었다.<sup>[2]</sup> LPWAN는 10년 이상 통신이 가능하도록 배터리가 설계되어야 하며, 10Km 이상의 거리에서도 안정적으로 통신이 되어야 하고, 저비용 구매단가라는 요구사항을 만족해야한다. 또한 LoRa의 Gateway는 IoT의 여러 단말기들이 하나의 Gateway에 접속을 해야 하기에 다중접속 기능을 갖추고 있어야 한다.<sup>[3]</sup> 특히 LPWAN 기술 중 비 면허 대역 무선통신 방식인 Long Range (LoRa)기술이 개발되어 현재 이를 활용한 다양한 서비스 적용 사례들이 보고되어오고 있다. 본 논문에서는 이러한 차세대 IoT 서비스를 위한 통신 방식으로 각광받고 있는 LoRa 기술에 대하여 자세히 기술하고 국내외 각국의 활용사례들에 대하여 조사 분석한다.

## II. LoRa의 특징

### 1. LoRa 란?

구분	LoRa	Sigfox	LTE-M	LTE NB-IoT
주파수 대역	비 면허대역 (920MHz)	비 면허대역 (920MHz)	면허 대역 (800MHz, 1.8GHz, ...)	면허 대역 (B1-band, Guard-band)
표준화 단체	LoRa Alliance	ETSI	3GPP	3GPP
표준화 단계	표준 완료	표준 완료	Category 0/1: 표준 완료 Category M1: 표준화 진행 중 (Rel.13)	표준 진행 중 (Rel.13)
Max. Data Rate	5.4kbps	1kbps	Cat.1: DL/UL 10/5Mbps Cat.0: DL/UL 1kbps Cat.M1: DL/UL 0.2~1Mbps	수백kbps
상용화	상용화 (SK Telecom, Orange 등 글로벌 사업자 다수)	상용화	Cat.1: VZW, SKT 등 서비스	17년 상반기 예정

그림 1 LPWAN 기술 분석<sup>[4]</sup>

Fig. 1. LPWAN Technology Analysis

LPWAN기술 중 우리가 연구할 무선기술은 1GHZ 이하의 비 면허 대역에서 동작하는 기술인 LoRa 이다. 위에 그림은 다른 LPWAN 기술을 비교해놓은 것이다. 다른 NB-IoT나, 셀룰러 통신 등 다양한 무선기술 또한 같은 대역을 사용하지만 그 대역은 면허 대역이라 사용 시, 추가 요금이 발생하게 된다.<sup>[4]</sup> 하지만 비 면허 대역을 사용함으로써 누구나 등록만 하면 무료로 사용이 가능해진다. 500 MHz~ 1GHZ 대역은 다른 주파수에 비해 서로 간섭력이 낮아 무선 파장 및 효율적 측면에서 좋기 때문에

원거리 통신을 위해서는 최적의 대역이다.

### 2. LoRaWAN Network Architecture

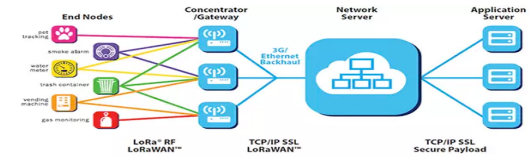


그림 2. LoRa 네트워크 구조<sup>[5]</sup>

Fig. 2. LoRa Network Architecture

LoRa에 네트워크 통신 구조는 위에 그림 2와 같다. End device에 해당하는 센서들은 센서 데이터를 수집하고, 센서 데이터를 Gateway로 전송을 한다. Gateway에서는 센서 데이터를 수집하여 데이터를 Network Server로 전송한다. Application Server는 데이터 수정 및 변환 작업이 있는 경우 Network Server에 있는 데이터에 접근하여 데이터를 수집 분석하는 구조로 통신은 진행된다. End Device는 1개 또는 다수의 장치가 될 수 있으며 모든 End device는 단일 홉 무선 통신을 진행하여 가장 가까운 단일 Gateway와 통신한다. Concentrator 또는 Gateway에서는 Bridge작업을 함으로써 End Device와 Server간의 양방향 데이터를 전달하는 역할을 한다. Network Server는 보안 TCP/IP 연결(유선 또는 무선)을 통하여 중복메시지를 제거하면서 Gateway에 연결하고, End Device 메시지에 응답해야하기 위하여 Device에 가장 가까운 Gateway를 결정한다. 또한 적응형 데이터 전송률 방식(ADR)을 통하여 End Device 데이터 전송률을 관리하고 네트워크 용량을 최대화 하여 End Device에 전력 수명을 연장하는 작업을 한다. Application Server에서는 End Device로부터 수집된 데이터를 수집 또는 분석하여 End Device에 동작을 결정하여 전송한다.<sup>[3]</sup>

### 3. Battery Lifetime

경쟁 관계에 있는 여러 프로토콜들은 개별 End Device가 다른 End Device의 정보를 수신하고, 재전송하는 Mesh 프로토콜을 사용한다. 이러한 접근 방식을 사용하면 네트워크의 범위와 셀 크기가 증가한다는 장점이 있지만, 추가된 오버헤드에 의해서 네트워크 용량을 감소시키며, 메시지를 확인하기 위해서 항상 네트워크를 확인해야 하므로 상당한 전력을 소비하고, 개별 Device들의 배터리 수명을 단축시킨다.

하지만 LoRa 네트워크의 Device는 비동기식방식을 사용함으로써 네트워크를 지속적으로 확인을 하지 않아, 이벤트 주도형이든 스케줄링이든 데이터를 보낼 준비가 되면 통신을 시작하기 때문에 다른 무선 기술과는 다르게 배터리 수명이 길다.<sup>[3]</sup>

#### 4. Device Classes

LoRa Device는 LoRa Network에서 통신을 하기 위해서 3가지의 Class로 분류하여 통신방식을 정한다<sup>[3]</sup>.

##### 가. A Class

첫 번째로 A Class 통신방식은 LoRa Device와 LoRa Gateway 사이에서 LoRa Device가 Gateway에게 메시지를 전송을 수행한 이후, 잠시 동안 두 번에 걸쳐 메시지 수신에 허용되는 받는 방식이다. LoRa Device는 송신을 하기 전에는 송신과 수신 모두 동작을 하지 않고 있다가 송신이 진행이 되면, 그 순간에 잠시 동안 두 번에 수신 윈도우를 허용할 기회를 제공 한다. 즉 A Class를 사용하게 되면 수신을 하기 위해서는 송신이 진행이 되어야 한다. 그렇기 때문에 송신 위주의 서비스에 주로 사용되며, 상시전원을 사용하지 않고 배터리로 운영하는 경우에 사용되기 때문에 Class 중 가장 적은 전력을 사용한다.

##### 나. B Class

A Class가 송신을 위주로 하는 Class라면 B Class는 A Class의 단점을 보완하여 A Class 기능을 제공할 뿐만 아니라 예정된 시간에 수신이 가능하게끔 만들어진 Class이다. A Class에 비해 낮은 지연시간을 가지는 점이 장점이며, B Class는 예정된 시간에 수신 윈도우에 수신을 할 수 있는 상태가 되면서, 메시지가 수신될 경우 해당 시간에 데이터를 수신 할 수 있다.

##### 다. C Class

C Class는 수신 가능 상태를 유지하기 위해서 다른 Class에 비해 최소 지연시간을 가지지만, 송신하는 시간을 제외하고는 수신을 대기 하는 상태가 지속되므로, 가장 많은 전력을 소비한다. C Class를 사용하기 위해서는 기존에 배터리로 동작이 되는 상황이 아닌, 충분한 전력이 필요한 상황에서 사용되어야 한다. 거의 모든 순간 수신 상태를 유지하기 때문에 LoRa를 이용한 스마트 플러그, 원격 제어 및 Actuator 구현에 주로 사용이 되는

Class이다.

#### 5. Security

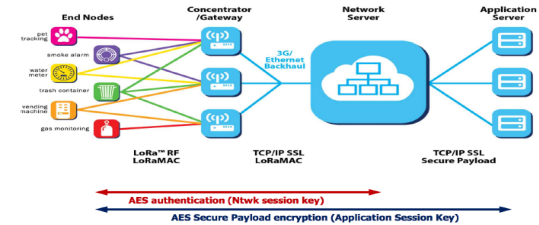


그림 3. LoRa 보안 인증 절차 방식<sup>[3]</sup>

Fig. 3. LoRa Security authentication procedure method

LoRaWAN은 비 면허 주파수 대역을 사용하게 되면서, 전파 인증만 통과 된다면 누구나 무료로 망을 구축, 사용할 수 있다 장점이 있지만, 반대로 누구나 접근이 가능하다는 단점이 있다. 따라서 LoRaWAN에 안전한 사용을 위해서는 보안 인증절차를 진행해 주어야 한다.

LoRaWAN은 위에 그림 3 처럼 보안 방식에 따라 보안 인증절차를 진행한다. 보안 인증절차로는 개인화 활성화 방식인 ABP와 무선 활성화 방식인 OTAA 두 가지의 방식으로 보안 인증 절차를 진행하게 된다. Network Server까지 Network Session Key (NwkSKey)를 사용하여 암호화를 진행 하고, Application Server까지는 Application Session Key (AppSKey)를 사용하여 암호화를 진행한다.<sup>[3]</sup>

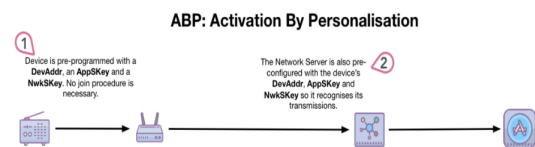


그림 4. ABP 보안방식<sup>[3]</sup>

Fig. 4. ABP Security Procedure

첫 번째 보안 방식인 ABP(Activation By Personalisation)는 네트워크에서 LoRa 장치를 활성화하는 가장 간단한 방법이다. ABP를 사용하려면 End Device가 Network Server와 사전에 동의하고 Network Server가 제공하는 다양한 DevAddr에 대하여 미리 사전 준비가 되어있어야 한다. 기기가 켜지면 바로 데이터를 보낼 준비가 되었으므로, Join 과정을 시작한다.

먼저 ABP Join 과정은 그림 4와 같이 DevAddr,

AppSKey, NwkSKey를 사용하여 Device에 미리 프로그래밍 정보를 프로그래밍 하게 되어 따로따로 조인 절차를 필요로 하지 않는다. 또한 네트워크 서버는 전송을 인식할 수 있도록 전송 전에 DevAddr, AppSKey, NwkSKey를 이용하여 구성한다. 처음 연결이 이루어지면, 그 후 부터는 추가로 가입할 필요가 없고, 장치 정보를 이미 알고 있으므로, 바로 통신이 가능해진다. 사전에 미리 장치가 네트워크에 등록이 되기 때문에 특별한 Join 과정이 필요 없지만, 장치가 다른 사용자에게 정보가 전달이 될 경우, 다른 사용자가 키를 가지게 된다. 또한 추가 또는 만료 상황 시 Key를 수정하기 위해서는 다시 프로그래밍을 해야 한다는 단점이 있다.<sup>[3]</sup>

OTAA(Over The Air Activation)은 좀 더 복잡하지만 범위 내에서 모든 장치에 장치를 연결할 수 있으며, 실제 데이터를 보내기 전에 ABP와 마찬가지로 데이터를 보내기 전에 각 장치에 대한 NwkSKey, DevAddr, AppSKey를 알고 있어야한다. 이 정보를 안전한 방법으로 검색하려면 장치에 사전 제공되는 추가적인 Appkey가 필요하다.<sup>[3]</sup>

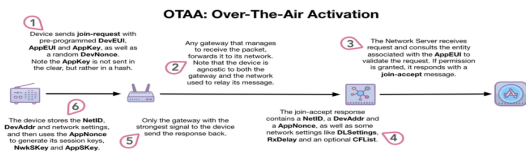


그림 5 OTAA 보안 방식<sup>[3]</sup>

Fig. 5. OTAA Security Procedure

OTAA 과정으로는 그림 5와 같이 Device는 Gateway로 서버에 연결을 요청하는 Join\_Request 메시지를 전송합니다. 요청에는 사전에 프로그래밍 된 DevEUI, AppEUI 및 AppKey와 임의의 DevNonce를 추가하여 요청을 보낸다. 메시지를 수신한 Gateway는 네트워크 서버로 패킷을 전송한다. 네트워크 서버는 Join\_Request를 수신하고 AppKey, AppNonce, NetID 및 DevNonce를 기반으로 AppSKey 및 NwkSKey를 계산한다. 연결의 유효성이 맞으면 연결에 대한 Join\_Accept 메시지를 전송하는데 이 메시지에 NetID, DevAddr 및 AppNonce, DLSettings, RXDelay, CFList와 같은 네트워크 설정이 포함되어 전송한다. 메시지 전송은 Device에 가장 강한 신호가 있는 Gateway에게만 전송한다. Device는 NetID와 DevAddr 및 네트워크 설정을 저장한 후, AppNonce

를 사용하여 세션키인 NwkSKey 및 AppSKey를 생성한다. 장치가 네트워크로 변경이 되어도, 다시 프로그래밍할 필요없이 서버에 대한 정보를 가지고 있으므로, 다시 Join이 가능하지만, 이러한 기능을 지원할 수 있도록 장치가 이러한 기능을 지원을 해주어야 한다.<sup>[3]</sup>

## 6. Modulations

LoRa는 CSS(Chirp Spread Spectrum) 변조 방식을 사용하며, 제한된 Channel Bandwidth에서 낮은 데이터 전송률 대신 신호 송수신 거리를 확보한다.<sup>[6]</sup> Chirp Spread Spectrum 변조방식은 시간이 지남에 따라 선형적으로 주파수가 증가/감소하는 Chirp 펄스로 주파수를 변조, 광대역에 걸쳐 정보를 인코딩 한다. 보내고자 하는 원래 신호에 확산코드를 곱하면 신호의 에너지는 낮고 넓게 퍼지며, 노이즈는 확산되지 않은 채로 수신이 된다. 수신기는 원래 신호로부터의 복원을 위해서 다시 역 확산 코드를 곱하게 되며, 노이즈에 확산되는 효과가 발생하여 수신기로부터 무시됨에 따라 Coding Gain이 발생한다. 또한 직교하는 확산 대역 코드를 사용하여 동시에 여러 단말이 통신할 수 있는 측면에 이점이 있다.<sup>[3]</sup>

표 1. LoRa를 활용한 국내 사례

Table 1. Domestic cases using LoRa table.

단계	사례
본체	<ul style="list-style-type: none"> <li>LoRa망을활용하여 차체 어드레스의실종을대비한실종어르신안심귀가 서비스사행               <ul style="list-style-type: none"> <li>→ LoRa 망을 이용한 위치 추적기 (per 100개를 활용하여 차체 어드레스 위치를 실시간 확인)</li> <li>→ Gps는 크기가 작고, 휴대가 간편함</li> </ul> </li> </ul>
외치	<ul style="list-style-type: none"> <li>LoRa망을활용하여 관제기초수급대상자인 독거노인과과부노인 502명에게 사의안전돌봄이 서비스제공               <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 기존을 급원전서비스 뿐만아니라 외부에서 위치, 이동 경로 등 활동정보및 약 복용시간 알림 서비스를제공</li> </ul> </li> </ul>
동구	<ul style="list-style-type: none"> <li>LoRa망을활용한 CCTV 기반 CCTV 설치               <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 도시공원 50개의방범용 CCTV를 설치하고, 온도센서를부착하여 자동으로 폭염 경보 알림시스템사행</li> </ul> </li> </ul>
구로구	<ul style="list-style-type: none"> <li>LoRa망을활용하여 홀몸 어르신 안심서비스제공               <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 고독사를 예방하기위하여집 벽면에안심 단말기부착</li> <li>→ 구청, 관할담당자가 집안 온도, 습도, 조도와같은환경정보 및 동작 여부 실시간 모니터링 서비스를제공</li> </ul> </li> </ul>
대지	<ul style="list-style-type: none"> <li>수도 검침 서비스를위하여 '상수도스마트물관리 추진체계' 운영               <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 검침원 방문에 따른 불편함을 해소하고 누수를 원격으로 감지</li> </ul> </li> <li>LoRa망을활용한자녀및 반려동물의 위치를 확인 가능한 '키로' 서비스 제공</li> <li>LoRa망을활용한실시간 차량정보를 차주에게 알려주는 '스마트독' 제품 서비스제공</li> </ul>
SKT&S	<ul style="list-style-type: none"> <li>SK Telecom과협력하여 서울, 부산과 같은87개의 도시에 LoRa 망을 활용한자동차가스계량기 설치               <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 원격으로 가스 점검을하루로 시간 절약</li> <li>→ 가스누출될 경우자동으로 차단</li> <li>→ 9년 이상사용한배터리 구동으로 사용 가능</li> </ul> </li> </ul>
HighTech	<ul style="list-style-type: none"> <li>자방지자체와협력하여 끄의 문화 유적지에LoRa 망기반센서 설치               <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 배터리 구동으로안화제위험 감소</li> <li>→ 자연적으로인하여오랜시간 사용이가능</li> <li>→ 자연재해 및 노화로부타의손상을 원격에서 파악하여즉각적인 대처를 시행</li> </ul> </li> </ul>

## 2. 국외 사례

## 1. 국내 사례

표 1에서 정리한 거와 같이 시 관계자 및 기업에서 LoRa망을 이용하여 서비스를 진행하고 있다. 그 중 오산시, 동두천시, 구로구와 같은 곳은 자체 LoRa망을 사용하여 구축하였으며, 대구시, 부천시와 같은 곳은 국내 모바일 통신사인 SK Telecom과 협업 하여 서비스를 진행하였다.<sup>[7]</sup>

또한 문화유산 보호 전문단체인 High Tech는 지방자치단체 4곳과 협업 하여 문화재 보호를 위하여 LoRa망을 사용하였다.<sup>[8]</sup>

표 2. LoRa를 활용한 유럽 사례

Table 2. Europe cases using LoRa table.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 음악범용으로 압스태그드 음원기 수를 저해당장사는 시스템필요 → 컴퍼모와Smartlog.KPN이합쳐서LoRa 망을이용하여실시간저신시스템사</li> <li>• 압스태그드주변정보수취율을실시간으로차별화하고정확도높은수취률제어</li> <li>• 두번째 도메네시LoRa 망을이용한차세대스마트홈과자동차</li> <li>• 두번째로 도메네시LoRa 망을이용하여보안및방화벽에응답도및가속도감강조대행한다</li> <li>• 스마트기갑인MibackofLoRa 망을이용하여자전지나물기개발</li> <li>→ 도메네시제조의자전지 대역및 주파수에제한없이사용가능하다</li> </ul>
발견	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 발파계는공명현상(Problems)의LoRa 네트워크를사용해서소프트미팅형 시스템서평</li> <li>→ 가스검출기에LoRa 계층을부하여정확하게사양오류측정</li> </ul>
독일	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 유럽전국에서뿐만아니라LoRa 망을이용한난이도에도모바일시스템구현</li> <li>• 함부르크외곽에올린지역에서LoRa 네트워크를구축하여대형교를주최 스마티피타 대교노출점성 시스템구축</li> <li>• 함부르크항에서LoRa 망을이용하여, 도로 차량에서 화물선의다리를놓아기차부터는작업있는데만도, 로터링</li> </ul>
프랑스	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 프랑스북쪽에서LoRa 망을이용하여네트워크 서비스사평</li> <li>→ Orange 기업과연결하여발달시켜예제를 소프트웨어발급 공급망 하우스트분배서비스사평</li> <li>• Orange 기업이연결하여AIO 그로스로드에서LoRa 망을이용한IoT 서비스사평</li> <li>→ 시설관리자와소모품구매를운영에서통합하여쉬운사양이</li> <li>→ 메릴의망을파라미터정글금지 및온도센서를통하여온도 제철 작업으로고객 만족도향상</li> <li>• Domusji 그룹LoRa 망을이용하여도시 차량을통해 차량용알고리즘과 물리노출하는 것을지원</li> </ul>
영국	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 비베르스와 곤잘레스 Sarda의연구에서LoRa 망을이용한기동성 관련 시스템도입</li> <li>→ 해군도, 로터링을통하여보조정밀 원천로ON/OFF 제어</li> </ul>
에스토니아	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reikoh는 에스토니아의 열린방송 관련 LoRa 망을이용한원격결제 기동성 오로서아트선착장 구축</li> <li>→ 에스토니아의 조맹을LoRa 망을이용하여재무관리개선</li> <li>→ 방금구경 및열거임부, 노터링을 통해 불꽃유해소바라는 예제지정할</li> <li>→ 군단활동감각하고 경고문란하는서비스사평</li> </ul>
스페인	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 잔트르즈엘 사에서LoRa 망을이용한소프트파라진노출구현</li> <li>→ SPANET 주지사생기활용하여 무류추진에서LoRa 망을고급화한 전송</li> <li>→ 교통흐름이러한(제타)를 바탕으로비행기 관련 서비스예제적용</li> </ul>
체코	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 세크(팔레트)는 RVE GASTVNET과ScotLink와 협력하여LoRa 망을이용한차량 기반 서비스구축</li> <li>→ 시너데이터를 수신했던LoRa 망을이용하여기차정류장내로통신</li> <li>• Radio Kommunikation은LoRa 망을이용하여 프로세싱에 소프트웨어 개발</li> <li>→ 현재 살핀 생터 대터링기성으로전송하고, 소위 센서 값을읽을수모터링</li> <li>→ 비스타와칼레를 사용하여먼들2024년 2월말까지연결관련을보장</li> </ul>
루마니아	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Basinet은Brasov에서LoRa 망을이용한 시스템기동성 제어 서비스구축</li> <li>→ 기동성을원인으로ON/OFF 하는 작업및 오프라인검토</li> <li>→ 하위 기간에약500MHz 기동성을 얻은 한 할수있음</li> </ul>
크로아티아	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AdinNet은아드라 지역 전체에서LoRa 망을이용하여 기업 생산 현장의 수전 및발전기자원을 원격으로모터링함</li> </ul>
아일랜드	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Part of Cork 의컨테이너 도터링 개념에서불법 파파라진LoRa 망을사용하여구현</li> <li>→ 컨테이너기개머버 밀폐로만안전하출은으로 모터링함</li> <li>→ 20년 이전 배터리지속도와하는 서비스</li> </ul>
불가리아	<ul style="list-style-type: none"> <li>• WVACom는 불가리아수도 Sofia에서LoRa 망을이용한스마트도로 프로젝트시행</li> <li>→ 달성에배터리수질간행버 불소비용을 모으려</li> <li>→ 스위치 주파수를 도입하여가장가장무류로구축 공복력</li> <li>→ 간비용을절감하기 위해 소프트웨어로모니터링</li> </ul>
스코틀랜드	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Smith는 LoRa 망을워낙작업했다LoRa Gallocation 서비스를사평</li> <li>→ GPS보다 저렴한장치</li> <li>→ 지휘관자의행동 추적및도시전역(스캐핑) 워낙작업에 사용</li> </ul>
핀란드	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empowrity는LoRa 망 기반으로서학박및연구 센터를 분석하고 사람이없는언론공간에서는대행사</li> <li>• Enviro-LoRa 망을이용하여기후물류환경분석사평</li> <li>→ 데이터처리용을 사서 처리 경우 비용</li> <li>→ 도로를 주차하여주차권</li> </ul>
스웨덴	<ul style="list-style-type: none"> <li>• FAS(CASA)는 카스텐(Castor) 지적에서LoRa 망을이용한 물출장기 설치</li> <li>→ 기존에 있는 시스템의 확장기능부착으로 300MHz의센터 사용</li> </ul>
영국	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Connetch에서는 헬리콥터 시에서LoRa 망을이용하여소프트주파제적용</li> <li>→ 도시정확도30km를줄이고정확도는온라인과같음</li> <li>→ 서비스를 통하여2021년 말부터비용을 줄임</li> <li>→ LoRa 망을이용하여 소프트웨어 플랫폼 및데이터 처리 속도에사용활용</li> </ul>

### 가. Europe

LoRa Alliance는 유럽에 있는 모든 LoRa 장치는 3개의 기본 채널로 구현되어야 하며 LoRa Gateway가 지속적으로 응답을 하도록 구현을 해야 한다고 말하고 있다. 현재 LoRa Alliance는 LoRa Gateway가 일반적으로 8개의 채널을 사용하고, 863 - 870 대역에서 서로 다른 고유한 데이터 속도와 대역폭을 가진다.

표 2에서 정리 한거와 같이 유럽에서 가장 활발하게 LoRa를 사용하고 있으며, 현재 많은 국가에서 LoRa를 적용한 서비스가 시행중이다.<sup>[7]</sup>

표 3. LoRa를 활용한 북미 사례

Table 3. North America cases using LoRa table.

미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Machinio는 샌프란시스코 베이지역에 우편으로 클라우드로 연결을 위하여 <b>LoRAWAN IoT</b> 서비스 시행</li> <li>• 센서 및 영상 측정, 위치추정, 수도계량할 설치하고 해충 방제 서비스 시행</li> <li>• Sonet은 해미 전직의 수도 사용량을 측정하기 위하여 <b>LoRa</b> 망을 이용한 서비스 사용</li> <li>• Neptune는 무인탐을 사용하여 수도 사용량을 측정</li> <li>• Seneca과 Kerlink는 라스베가스에서 <b>LoRa</b> 망을 설치하여 유지서비스 이행</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GPS가 아닌 <b>LoRa</b>를 이용한 라스베가스 서비스 사용</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 단순 위치 서비스뿐만 아니라 다른 다양한 센서와 통합</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CarBand는 사파고강에서 치매로 인한 환자의 위치 및 부상을 줄이기 위하여 <b>LoRa</b> 망을 이용한 헬스케어 서비스 사용</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 실내 및 실외에서 위치 추적, 간호사 호출 버튼 및 불발매판 관리</li> <li>• 건물 모니터링 기술로 바뀌어가고, 배터리 라이프 사이클 향상됨</li> <li>• 고밀도 센서 개발하는 회사인 <b>NIH</b>는 캘리포니아주 산티아고에서 <b>LoRa</b> 망을 이용한 스마트 주차장 서비스 사용</li> <li>• 교통의 정확한 실시간 감지 및 도로 온도로부터 주차장비 제공</li> <li>• 차량 혼잡 및 탄소 배출량 줄임</li> </ul>
캐나다	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Hydro</b>에서는 <b>LoRa</b> 망을 이용하여 에너지, 위험물, 케임브릿지에서 수도 무인망 설치</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Electra</b>에서는 모니팅을 위한 코스트-효과적인 스마트 건강증진에서 장거리</li> </ul>

#### 4. North America

북아메리카에서는 LoRaWAN이 902~928 MHz 주파수 대역에서 동작한다. 유럽 주파수 대역과는 달리 북아메리카 대역은 업 링크 및 다운 링크 채널을 각각 다르게 사용한다. 표 3에서 정리한 것과 같이 북아메리카에 사례 중 미국과 캐나다의 사례를 정리하였다.<sup>[7]</sup>

표 4. LoRa를 활용한 아시아 사례

Table 4. Asia cases using LoRa table.

중국	<p>• Suntront Technology 회사는 정자우시에서 LoRa 망을 이용한 스마트 미터링 서비스 시행</p> <p>• 자사의 수도 계량기에 센서를 부착하여 수도 계량 가스 및 수도 출력을 시행</p> <p>• 데이터 값을 통하여 사용 주제를 확인하고, 원격으로 모니터링</p>
	<p>• 간사이에서 Telephone Service 회사는 Telegraph에서 스마트 집합역에서 LoRa 망을 이용한 스마트 미터링 서비스 시행</p> <p>• 네트워크 및 장비에 모니터링하여 실시간으로 환경변화에 따른 적정 조정</p> <p>• KDDI는 IoT에서 스마트 집합역 활용하여 기존 통신 등장적 인원을 줄여주는 서비스 시행</p>
일본	<p>• NTT는 스마트 집합역 통신망의 등장에 의해 효율적으로 파악이 가능</p> <p>• 후지산에서 센서데이터의 전송 및 관리</p> <p>• KDDI는 기호전력 연구센서데이터 집합역에서 LoRa 망을 활용한 저전압방 위치정보 서비스 시행</p>
	<p>• NTT는 모바일 센서를 부착하여 효율적으로 계절적특성 추구</p>
인도	<p>• KameSphero는 인도의 장미드루프에서 LoRa 망을 이용한 스마트 도시 시행</p> <p>• 전기 및 수도를 모니터링하고, 스마트 가로등, 주차, 쓰레기통 관리와 같은 작업 시행</p>

다. Asia

표 4에서 정리한 거와 같이 국내를 제외한 아시아 국가 중 중국과 일본 인도에 사례를 정리하였다. 개발 도산국은 현재 LoRa 망을 구축 중에 있어 표에는 나타내지 않았다.<sup>[7]</sup>

## 라. 정리

국내 사례를 보면 시 자체 LoRa망을 설치하였을 때는 위치추적기능과 모니터링 기능으로 사용이 되었으며, SKT 망을 사용한 사례를 보면 주로 미터링 작업을 하는 것으로 보인다. 해외사례를 보면 기업과 협력하여 미터링 작업과 모니터링 하는 작업이 주를 이루었으며, 상황에 따른 알람 서비스를 같이 진행함으로써 LoRa를 전 세계적으로 사용 하는 것을 확인하였다.

## IV. 결론

과거에는 주로 Wi-Fi 나 Bluetooth와 같은 무선기술 들은 소형 가전에 쓰일 수 있으며, 에너지 소모가 적어 연구가 진행되어왔다. 하지만 사물인터넷(IoT)이 발전하면서 웨어러블 장비 및 스포츠 분야에 접목하는 일이 생기면서 장거리 통신이 필수가 되었다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 장거리 저 전력 통신 방식인 LPWAN이 연구가 진행되었으며, 그중에서도 비 면허 대역 통신으로 비용이 저렴한 LoRa와 같은 기술이 연구가 진행되고 있다. 이 보고서에서는 LoRa/LoRaWAN 무선통신 기술을 정리하고, LoRa/LoRaWAN 무선통신을 기반으로 한 IoT 디바이스와 애플리케이션의 사례에 대하여 조사를 진행하면서 무선통신 기술 동향을 확인하였으며, LoRa를 이용한 사물인터넷 사례가 다양하게 진행되면서 실내 및 근거리 게이트웨이를 통한 통신방식에서 장거리 통신 방식으로 연구가 진행이 되고 있는 것을 확인 할 수 있었다.

## References

- [1] ETRI, "LPWA IoT Network Technology Trends", 2017
- [2] <https://spri.kr/>
- [3] LoRa Alliance, "A technical overview of LoRa and LoRaWAN™", 2015
- [4] SK telecom, "Working-level conference of IoT-LPWA", 2016
- [5] Nable Communications, Inc. "Low Power Wide Area Technology for IoT", 2016
- [6] Sung-Hoon Han, Tae-Wan Choi, Dae-Hyun

Ryu, Seung-Jung Shin, "Error Compensation Algorithm of CSS-Based Real-Time Location Awareness Systems", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, Vol. 11, No. 2, 2011, pp. 119-126

[7] <https://www.semtech.com/>

[8] <https://www.zdnet.com/>

## 저자 소개

### 마 성 훈(정회원)



- 2017년 : 홍익대학교 컴퓨터정보통신 공학과(공학사)
- 2017년 ~ 현재 : 홍익대학교 전자전 산공학과 석사과정
- 관심분야 : IT기술, IoT, WLAN, etc.
- E-mail : agkns0110@naver.com

### 김 병 서(평생회원)



- 1998년 : 인하대학교 전기공학과 공 학사
- 2001년 : University of Florida, Dept. Electrical and Computer Engineering M.S.
- 2004년 : University of Florida, Dept. of Electrical and Computer Engineering Ph.D.
- 2007년 ~ 현재 : 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과 교수
- 관심분야 : 유무선 네트워크, 전송통신, CDN/CCN, IT융합, etc.
- E-mail : jsnbs@hongik.ac.kr