

# 오픈 소스 (Open Source)를 활용한 교내 (PNU)

## LoRaWAN 네트워크 망 구축 및 운용



부산대학교 전기컴퓨터공학부 정보컴퓨터공학전공

School of Electrical and Computer Engineering, Computer Engineering Major

Pusan National University

지도교수 : 김종덕

팀 명 : PBO

인 원 : 201624481 박윤형  
201624491 변기수  
201624517 오세영

# 목차

1. 과제 목표	3
2. 요구 사항	4
3. 제약사항 및 대책	5
4. 제안된 시스템	
4.1. 시스템 구성	6
4.2. 사용 기술 및 개발 환경	7
5. 역할 분담	10
6. 개발 일정	11

## 1. 과제 목표

### 1.1 배경

차량의 수는 증가하는 반면 대학 내의 주차 공간은 늘리지 못하는데, 이로 인해 차량으로 교내로 통근 또는 방문하는 경우 이용하고자 하는 건물 근처에서 주차공간을 확보하지 못할 수 있다. 이런 상황에서 어느 주차장에 빈 공간이 있는지 알 수 없어 비어 있는 주차장을 찾아 대학 내를 헤맬 수밖에 없다. 이런 문제를 해결하기 위해 부산대 내 비어 있는 실외 주차장을 찾아주는 서비스를 개발하고자 한다.

### 1.2 해결방안

구분	LoRa	NB-IoT	Sigfox	LTE-M
전파도달거리	~10km	~15km	~12km	~11km
주파수대역	비면허	면허	비면허	면허
통신속도	~10kbps	~150kbps	~100kbps	~10Mbps
표준화	비표준	3GPP Ret.13	비표준	3GPP Ret.12
배터리 수명	10년	10년	10년	10년

표1. 무선 통신 기술들의 특징

문제를 해결하기 위해 가장 필요한 기술은 넓은 부산대 내의 주차장을 연결할 수 있는 광대역 네트워크를 구축하는 것이다. 위의 표는 현재 상용되는 무선기술들을 비교한 표이다. 우리는 그 중 저전력 장거리 기술인 LoRa를 활용하는 LoRaWAN을 사용하여 광대역 작업현장에 데이터 수집 네트워크를 설계하고자 한다. 다양한 무선기술들 중 LoRa를 선택한 이유는 다음과 같다. 우선 LoRaWAN은 NB-IoT보다 적은 전력을 소비한다. 장치의 배터리는 최대 15년 동안 사용할 수 있다. 둘째 Sigfox는 작은 영역을 커버하지만, 낮은 데이터 전송 장치를 위해 특별히 설계되었다. 주요 이점 중 하나는 IoT 장치에 대해 완전히 다른 네트워크를 제공한다는 것이다. LoRa는 커버리지 영역 간의 균형을 유지할 수 있다. CSS로 인한 데이터 속도 및 전력 사용량 (처프 확산 스펙트럼) 조정이 가능하다. 완전히 분리된 네트워크를 제공하면서 비인가 무선 스펙트럼에서 작동한다. 셋째 LTE-M은 LoRa에 비해 배터리 수명에 관해서는 뒤쳐진다. LTE-M은 구조 또한 복잡하여 출시하기도 어려워, 빠른 배포 프로젝트에 적합하지 않다.

반대로, LoRaWAN은 배포하기 쉽다. 또한 더 나은 배터리 수명을 가지며 IoT 장치

에 기본으로 설계되었다는 것이다. 종합하자면 LoRa 및 LoRaWAN은 장거리 기능을 가졌으며 저전력이 필요하므로 연결된 IoT장치의 배터리 수명이 길며 대역폭이 낮기 때문에 실용적인 IoT배포에 적합하다. 또한 낮은 연결 비용으로 인해 경제적이다. 타 기술들에 비해 설정이 쉬워 배포 속도도 빠르다.

## 2. 요구 사항

### 2.1 주차장 내 주차공간 모니터링

- 주차공간의 사용여부를 판단 : 주차 공간의 사용 여부를 판단하기 위해 센서를 사용해서 데이터를 측정할 필요가 있다. 측정할 데이터는 센서와 주차공간내의 장애물사이의 거리가 된다.
- 센서의 데이터를 LoRa모듈을 통해 네트워크로 전송 : 측정된 데이터를 네트워크의 DB에 저장하기 위해 먼저 서버로 전송할 필요가 있다. 센서에서 측정된 값을 포함한 주차공간에 대한 정보를 LoRa 모듈을 통해 LoRaWAN으로 보내게 된다.

### 2.2 LoRaWAN 구축

- 교내에 LoRa 단말 설치 : 교내에 존재하는 주차공간 중 모여 있는 주차공간에 하나의 LoRa단말을 설치한다. 너무 많은 주차공간이 한 곳에 모여 있는 경우에는 LoRa가 보낼 수 있는 data의 크기를 고려하여 몇 개의 구간으로 나누어 설치를 계획하고 있다.
- ChirpStack을 이용해 LoRaWan 네트워크 구축 : 각 LoRa 모듈을 연동시켜 LoRaWAN을 구축하기 위해 open source 소프트웨어인 ChirpStack을 사용해 광역 통신망을 구현한다.

### 2.3 서비스 제공

- LoRaWAN의 데이터를 수신하기 위한 WEB서버 구축 : LoRaWAN과 통신해 각 주차장에 대한 정보를 수신하기 위한 WEB서버를 Node.js로 구축한다. 수신된 정보는 데이터베이스에 저장된다.

- 주차공간의 위치와 사용여부 저장을 위한 데이터베이스 구축 : 주차장에 대한 정보를 사용자에게 실시간으로 제공하기 위해 정보를 데이터베이스에 저장할 필요가 있다. 데이터베이스는 MySQL로 구현한다.
- 안드로이드 앱을 통한 서비스 제공 : 사용자가 비어 있는 주차공간을 쉽게 찾을 수 있게 주차장에 대한 정보를 시각화해 화면에 띄우는 앱을 구현한다.

### 3. 제약사항 및 대책

IoT를 구현할 수 있는 기술의 종류는 다양하다. 각 기술마다의 장/단점은 명확히 존재하며, 우리는 제공하고자 하는 서비스를 고려하여 기술을 선택해야 한다. 우리 조는 이번 과제를 수행하기 위해 LoRaWAN을 사용하기로 했지만, 분명 다른 기술에서 LoRaWAN이 제공하는 서비스보다 더 뛰어난 점이 있을 것이다.

#### 1. WiFi, LTE-M, 5G에 비해 데이터 속도가 매우 느리다.

WiFi나 LTE-M, 그리고 5G등의 기술은 빠르게 많은 데이터들을 처리하고 전송할 수 있다. 그에 비해 LoRaWAN의 데이터 전송 속도는 확산 계수(spreading factor)와 채널 대역폭에 따라 0.3kbps~50kbps 사이로 결정되는데 이는 앞서 말한 기술들보다 상대적으로 매우 제한되어 있다. 이렇듯 제한적인 전송속도로 사진이나 동영상 같은 대용량의 데이터를 전송하는 것엔 무리가 있으나, 주차장의 위치와 주차 칸의 차량유무 같은 데이터를 숫자로 표현하여 전송한다면 낮은 전송 속도여도 원활하게 통신할 수 있다.

#### 2. 이미 구축된 네트워크 망을 사용할 수 없다.

LTE-M이나 5G같은 셀룰러 네트워크는 이미 국내에 운용하고 있다. 이들은 전국적으로 네트워크가 잘 구축되어 있기 때문에 서비스들을 이용하려면 사용자가 단순히 상품에 가입을 하고 비용을 지불하면 된다. 그러나 LoRaWAN은 사용하기 위해 먼저 네트워크를 직접 구축해야만 한다. 도심에서 약 2km의 작동 범위를 가지기 때문에 부산대학교내에 설치한다고 했을 때 gateway를 하나만 설치한다면 교내 어디서든 통신이 가능할 것이다. 만약 주변 건물이 너무 많거나 멀어서 통신이 원활하지 않을 경우 중간에 중계기를 설치하여 해결할 수 있다.

### 3. 그 외 주파수 간섭 문제.

한편 주변에서 LoRaWAN과 같은 비면허대역을 동시에 수많은 소자들이 사용한다면 소자들 사이에서 간섭 문제가 생길 수 있다. 간섭문제 뿐 아니라 다수의 소자들이 동시에 연결을 요청하면 지연이 발생할 것이고, 이런 지연이 누적되면 전체적인 전송률 또한 떨어질 것이다. 이를 해결하기 위해 예를 들어 센서들이 매 시 정각마다 데이터를 보낸다고 하면, 주기에 무작위로 몇 초 또는 몇 분의 시간을 더하거나 빼 동시에 데이터를 전송하는 것을 막을 수 있다. 그럼에도 혼잡으로 인해 데이터 전송이 실패할 경우를 대비해 백오프 방식을 구현해 일정 시간이 지난 후 데이터를 재 전송하도록 하여 해결할 수 있다.

## 4. 제안된 시스템

### 4.1. 시스템 구성

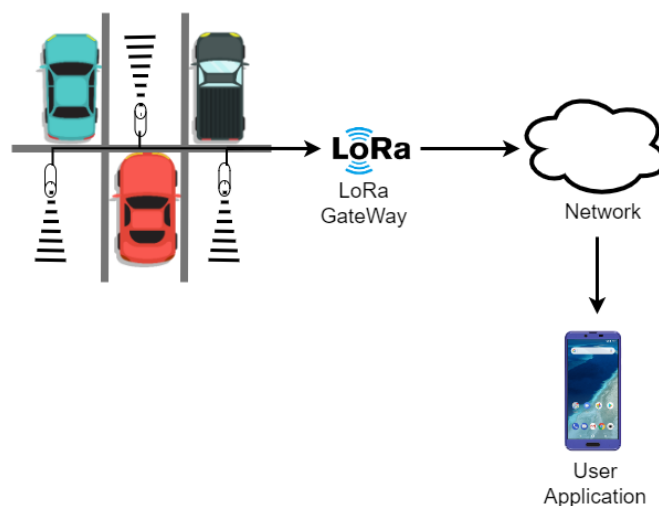


그림1. 전체 시스템 구조

제안된 시스템의 구성은 그림1과 같다. 먼저 초음파 센서로 주차 칸에 차량이 있는지 측정한다. 그 후 주차 자리 정보를 LoRa 모듈을 통해 LoRaWAN 네트워크로 보낸다. 네트워크로 보내진 정보를 기반으로 유저 어플리케이션에서 전체 주차 자리 중 빈 자리에 대한 정보를 제공한다.

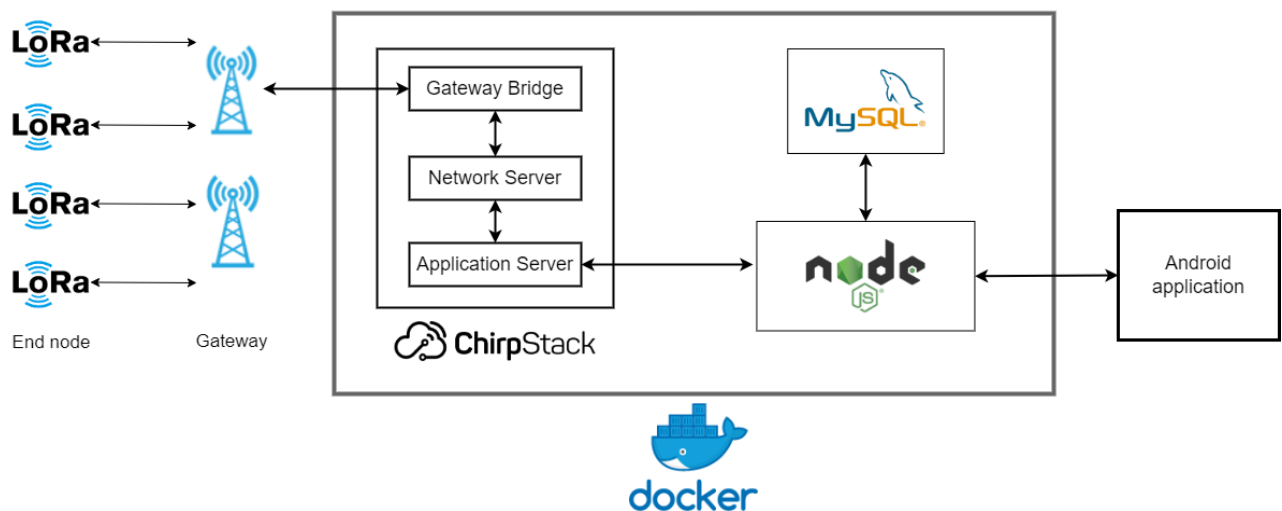


그림2. 네트워크 구조

그림2는 네트워크에 대한 구성도이다. 각 LoRa 모듈은 LoRa Gateway를 통해 서버에 연결되어 LoRaWAN 네트워크를 이룬다. 이때, 서버는 open source인 ChirpStack으로 구현한다. ChirpStack은 Network Server와 Application Server로 이루어져 있으며, Network Server는 LoRaWAN 네트워크를 구축하기 위해 사용되고 Application Server는 LoRaWAN 네트워크와 외부 서비스 간의 통신을 위해 사용된다. Node.js로는 웹서버를 구현하여 Application Server에서 받아들이는 정보를 웹서버와 연동된 BD에 저장하고 저장된 데이터를 바탕으로 최종적으로 서비스를 제공한다.

## 4.3. 사용 기술 및 개발 환경

### 4.1.1. LoRa

LoRa는 LoRa Alliance에서 개발한 통신 기술로서, 저전력 상태에서의 광역 양방향 통신을 가능하게 해준다. LoRa는 라이선스가 필요 없는 무선 주파수 스펙트럼에서 작동한다. 또한 중앙 주파수가 있는 협대역 파형을 사용하여 데이터를 전송해 간섭에 강력하다는 장점이 있다. 각각의 LoRa 모듈은 ALOHA 프로토콜을 기반으로 한 동기화 방식으로 통신한다.

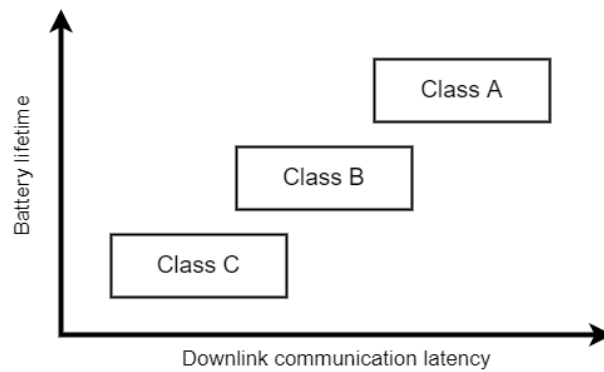


그림3. LoRa 단말의 클래스

그림3은 LoRa 단말의 클래스 간의 배터리수명과 레이턴시를 나타낸 그래프이다. 각각의 차이는 통신방식의 차이 때문에 생긴다. Class A는 단말에서 데이터 송신 후 짧은 두번의 시간동안 데이터 수신이 가능하고, Class B는 단말에서 데이터 송신 후 정해 놓은 시간동안 데이터 수신이 가능하며, Class C는 항상 데이터 송수신이 가능하다. 이 차이에 의해서 배터리의 수명이 크게 차이가 나며 우리의 제안된 시스템에서는 end device로 데이터를 보낼 필요가 없기 때문에 배터리 수명이 긴 Class A를 선택해 시스템 구현에 사용할 것이다.

#### 4.1.2. ChirpStack

ChirpStack은 LoRa 모듈을 이용해 LoRaWAN 네트워크를 구축하기 위한 오픈 소스 소프트웨어다. ChirpStack은 모든 구성요소에 MIT라이센스에 따라 라이선스가 부여되어 상업적으로 목적으로도 사용할 수 있다. ChirpStack의 구조는 다음과 같다.

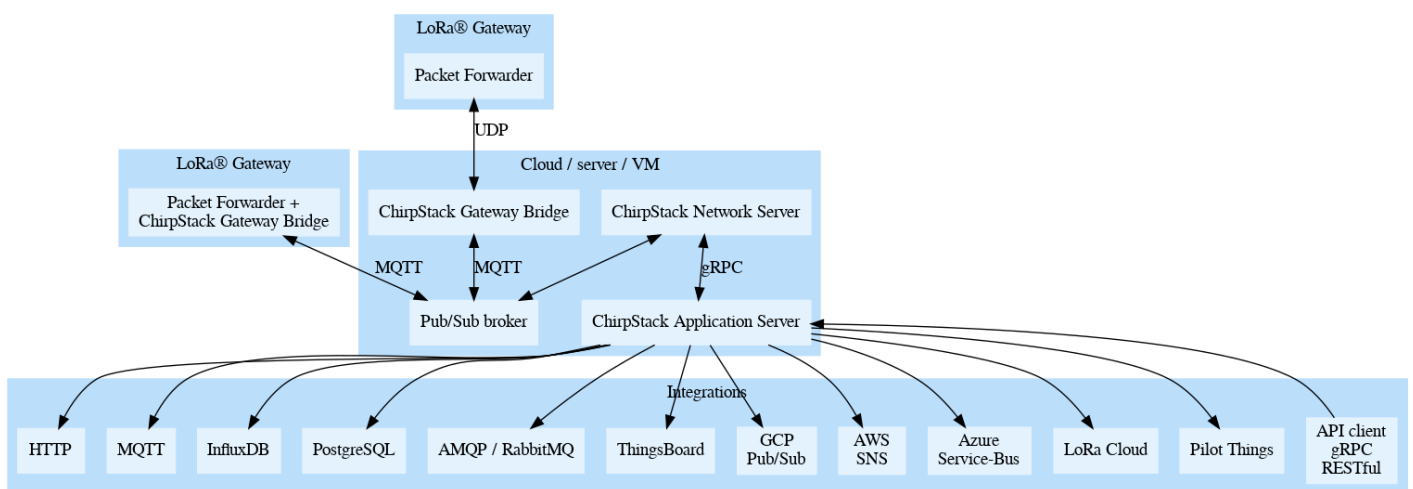


그림4. ChirpStack architecture



그림4에서 보이는 ChirpStack의 구조에서 사용자가 LoRaWAN을 구축하기 위해 구현해야 하는 부분은 Gateway Bridge, Network Server, Application Server이며 각각의 기능은 아래와 같다.

- ChirpStack Gateway Bridge: LoRaWAN 게이트웨이와의 통신 처리
- ChirpStack Network Server : LoRaWAN 네트워크 서버 구현
- ChirpStack Application Server: LoRaWAN 네트워크와 외부 서비스 연결

#### 4.1.3. HC-SR04 (초음파 센서)

주차 공간에 차량이 있는지 판단하기 위해 거리센서를 사용하고자 한다. 비교적 가격이 저렴한 적외선 센서와 초음파 센서 중 선택을 해야 했다. 다음의 표는 두 센서의 특징을 비교한 표이다.

	적외선 센서	초음파 센서
측정 방식	적외선	초음파
측정 거리	20 ~ 150cm	2 ~ 400cm
소비 전류	20 ~ 33mA	15mA

표2. 적외선 센서, 초음파 센서 비교

표2에 따르면 적외선 센서의 측정거리는 최대 1.5m인 반면 초음파센서는 4m까지 측정이 가능하다. 대한민국 법적 주차 공간의 길이는 6m인데 소형차량 또는 이륜차를 주차공간 앞쪽에 주차하는 경우 2 ~ 3m의 공간이 생기기 때문에 적외선 센서로는 측정이 불가능하다고 판단된다. 또한 센서를 야외에서 사용할 경우 적외선 센서에 태양광에 의해 측정 오류가 날 수 있기 때문에 제안된 시스템에는 초음파 센서가 가장 이상적이라고 판단했다.

#### 4.1.4. Node.js

Node.js는 비동기 주도 JavaScript 런타임으로 확장성 있는 네트워크 애플리케이션을 만들 수 있다. http 서버 라이브러리를 내장하고 있기 때문에 아파치 등의 소프트웨어 없이 웹 서버를 구축할 수 있다. 우리는 node.js를 통해 손쉽게 웹서버를 구축해 ChirpStack의 애플리케이션 서버로부터 주차공간 정보에 대한 데이터를 받아 DB에 저장하고 DB에 저장된 데이터를 바탕으로 주차 공간에 대한 정보를 가시화한 페이지를 사용자에게 제공할 계획이다.

#### 4.1.5. MySQL

MySQL은 SQL기반의 관계형 데이터베이스 관리 시스템이다. 저장할 데이터로는 주차장의 위치, 주차장 내에서의 주차공간의 위치, 주차공간의 사용여부이다. 주차공간의 위치에 대한 정보는 데이터를 저장할 때의 값으로 고정되며 주차공간 사용여부는 Node.js의 웹서버로부터 받은 값에 따라 달라진다.

#### 4.1.6. Docker

Docker는 소프트웨어를 컨테이너 단위로 패키징하여 관리하는 오픈 소스프로젝트이다. 하나의 서버에서 여러 컨테이너를 실행할 수 있으며 각각의 컨테이너는 독립적으로 실행된다. 또한 컨테이너 실행에 필요한 파일과 설정을 이미지 파일로 저장할 수 있다.

#### 4.1.7. Android Studio

Android studio는 안드로이드 애플리케이션 개발을 위한 통합 개발 환경이다. 본 프로젝트에서 LoRaWAN 네트워크의 데이터를 시각화한 안드로이드 애플리케이션 제작에 사용된다.

### 5. 역할 분담

이름	역할
공통	Docker를 통한 개발환경 구축
박윤형	LoRa 모듈 및 임베디드 보드 설치 Web server 구축 및 DB 연동
변기수	DB설계 Application 구현
오세영	LoRa 모듈 및 임베디드 보드 설치 Chirp Stack으로 LoRaWAN 구축

## 6. 개발일정

5월		6월					7월				8월				9월				
3주	4주	1주	2주	3주	4주	5주	1주	2주	3주	4주	1주	2주	3주	4주	1주	2주	3주	4주	5주
Docker 설치																			
	LoRaWAN서버 구축																		
		Web server 구축																	
					임베디드 보드 및 센서 설치 및 테스트														
									중간 보고서 작성										
										DB 설계									
											안드로이드 어플리 케이션 개발								
														안정성 및 성 능 평가					
															오류 수정 및 문제점 파악				
															최종 보고서 작성 및 발표 준비				