



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

碩士學位論文

이더넷 음영지역에 활용 가능한
스마트 도어락에 관한 연구

濟州大學校 大學院

메카트로닉스 工學科

康 亨 圭

2018 年 2 月

이더넷 음영지역에 활용 가능한 스마트 도어락에 관한 연구

指導教授 康 喆 雄

康 亨 圭

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함

2017 年 12 月

康亨圭의 工學 碩士學位 論文을 認淮함

審査委員長

김홍진



委 員

김영진



委 員

강현우



濟州大學校 大學院

2017 年 12 月



A Smart Door Lock System for Shadow Area of Wired Networks

Hyung-Kyu Kang
(Supervised by professor Chul-Ung Kang)

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for
the degree of master of Mechatronics Engineering

2017. 12.

This thesis has been examined and approved.

Jong-Hwan Lim

Thesis Committee Chair, Jong-Hwan Lim

Prof. of Jeju National University

Yungcheol Byun

Thesis Committee member, Yung-Cheol Byun

Prof. of Jeju National University

Chulung Kang

Thesis Director, Chul-Ung Kang

Prof. of Jeju National University

.....
Date

Department of Mechatronics Engineering

GRADUATE SCHOOL

JEJU NATIONAL UNIVERSITY

목 차

제 1 장 서론	1
1. 연구 배경 및 필요성	1
2. 연구 내용과 방법	2
제 2 장 관련 연구 기술 및 동향	4
1. 연구 적용 기술	4
2. 기존 스마트 도어락 시스템 연구	7
3. 기존 스마트 도어락 시스템 비교	9
제 3 장 스마트 도어락 시스템 설계	11
1. 전체 시스템 구성 설계	11
2. 도어락 시스템 설계	13
3. 도어락 서버 시스템 데이터베이스 설계	14
4. 도어락 서버 시스템 설계	17
5. LoRa 시스템 동작 구성	28
제 4 장 스마트 도어락 시스템 구현 및 실험	32
1. 스마트 도어락 시스템 구현	32
2. BLE Beacon 인식률 실험 및 결과	38
3. 전체 도어락 시스템 플로우차트	42
제 5 장 결과	44
결론	44
참고문헌	45

LIST OF TABLES

Table 1 Comparison of short range wireless technologies	6
Table 2 Comparison of Smart door lock system	9
Table 3 Access record DB table	15
Table 4 Door registration DB table	15
Table 5 Portable beacon registration DB table	16
Table 6 Smartphone user registration DB table	16
Table 7 LoRa application resource API	28
Table 8 LoRa application resource API <latest>	29
Table 9 LoRa application resource API Type <mgmtCmd>	30
Table 10 LoRa application attribute resource API <mgmtCmd>	30
Table 11 Recognition time with single beacon	38
Table 12 Recognition time with sparsely distributed beacons	39
Table 13 Recognition time with densely distributed beacons	40

LIST OF FIGURES

Fig. 1 LoRa network structure	5
Fig. 2 LoRa data processing	5
Fig. 3 Examples of iBeacon	7
Fig. 4 Characteristics of LPWA	10
Fig. 5 Configuration of smart phone key system	11
Fig. 6 Configuration of beacon key system	12
Fig. 7 Bluetooth 4.0 module BoT-CLE110D (Left) Wisol LoRa EVB2LOM102A Development Kit (Right)	13
Fig. 8 A core class diagram of the system	17
Fig. 9 BeaconUserActionGroup class	18
Fig. 10 BeaconUserActionGroup Sequence diagram	19
Fig. 11 UserDataActionGroup class	20
Fig. 12 UserDataActionGroup Sequence diagram	21
Fig. 13 DoorBeaconActionGroup class	22
Fig. 14 DoorBeaconActionGroup Sequence diagram	23
Fig. 15 AccessUserActionGroup class	24
Fig. 16 AccessUserActionGroup Sequence diagram	25
Fig. 17 LoRaActionGroup class	26
Fig. 18 LoRaActionGroup Sequence diagram	27
Fig. 19 External device of smart door lock system	33
Fig. 20 Internal device of smart door lock system	33
Fig. 21 Smart phone application of smart door lock	34
Fig. 22 Login web page	35
Fig. 23 Information web page	36
Fig. 24 Registration web page	36
Fig. 25 Delete web page	37
Fig. 26 Access record web page	37
Fig. 27 Recognition time with single beacon	38
Fig. 28 Recognition time with sparsely distributed beacons	39

Fig. 29 Recognition time with densely distributed beacons	40
Fig. 30 Average of recognition time per experiment	41
Fig. 31 Average of RSSI per experiment	41
Fig. 32 Flowchart for door-lock system	43

ABSTRACT

Nowadays, a lot of researches and development of technologies have been done to implement practical smart home systems. Also, with the spread of smart phones and tablet PCs, products utilizing those devices have been applied in our real life in various way.

An access control system using mobile devices is considered as one of the main components for smart home implementation. The smart door lock system consists of the door system that collects user information and controls door locking and unlocking of the door and the Access Authentication Management Server(AAM Server) that authenticates users and records access information. It is performed using LoRa network to communicate between the door system and AAM Server.

The Door system uses BLE Beacon and Bluetooth module to collect user information, and Arduino, an open source hardware is used to control locking and unlocking of the door and LoRa modules. The Smart Door Lock system is designed to enable wireless communication even if it is not an Ethernet service area using the LoRa module. Authentication for access is performed by comparing the DB data and the received user's information in the server. Therefore, the user can access the door lock simply by accessing the door with the smart phone, if the user is registered in the server. In addition, the facility can be more effectively managed as the administrator manages visitors through the server.

제 1 장 서론

1. 연구 배경 및 필요성

휴대가 간편한 스마트폰, 스마트워치, 태블릿 PC와 같은 스마트 디바이스의 보급이 확대되면서 이를 활용한 사물인터넷 제품들이 실생활에 다양하게 적용되고 있다. 사물인터넷은 사물이 사물 간에 데이터를 주고받기 위하여 Wi-Fi, 블루투스, Zig-bee 등의 통신기술이 사용되고 있다. 스마트 디바이스와 사물인터넷이 결합된 대표적인 서비스로 스마트 홈 시스템을 들 수 있다. 스마트 홈 시스템은 도어락을 비롯하여 냉장고, 세탁기, 에어컨 등의 대표가전들이 동일한 네트워크 환경에서 사물의 상태 표시, 사물의 운전이력 기록, 사용자의 조작에 대한 반응 등 사물에 대한 모든 정보를 서로 공유하고 있다.

스마트 홈 시스템을 구성하고 있는 사물 중 도어락을 살펴보면 RFID 태그, Wi-Fi, 블루투스 장치를 이용한 스마트 도어락에 대한 연구 개발이 활발히 진행되고 있으며, 락키트론(Lockitron)[1], 키보(Kevo)[2], 어거스트(August)[3]는 상용화된 스마트 도어락 제품이다. 락키트론은 블루투스 4.0 기술을 통해 스마트폰 사용자가 접근하였을 때 사용자를 인식하여 문을 열어주는 기능을 탑재하고 있고, 도어락의 상태를 스마트폰으로 보내는 알림기능도 가지고 있다. 키보는 자동 도어락의 키패드와 같은 패드를 사용자가 터치하였을 때 출입권한을 가지고 있는 스마트폰 또는 자동 도어락의 보조키와 같은 태그를 주변에서 검색하였을 때 자동으로 도어락의 잠금장치를 해제한다. 키보 또한 스마트폰 알림 기능을 가지고 있다. 어거스트는 키보 제품처럼 전용 패널을 가지고 있으며 특정 시간, 날짜 등의 사용자에게 정보를 관리자가 설정하면, 사용자 정보가 일치할 경우 도어락의 잠금장치를 해제할 수 있는 권한을 준다. 제품으로 상용화 된 락키트론, 키보, 어거스트의 공통점은 이더넷 기반의 무선 인터넷인 Wi-Fi를 사용하고 있어 이더넷 네트워크 인프라와 Wi-Fi 장치가 설치되어 있지 않은 네트워크 환경에서는 사용할 수 없다.

스마트 도어락은 활용적인 측면에서, 에어비엔비와 같은 무인 숙박시설, 입출입 기록 관리가 필요한 자동물류창고, 이더넷 네트워크 인프라를 갖추기 어려운 지역에 농산물 저장창고에 적용하는 것이 가장 유용하다고 할 수 있다. 무인 숙박시설과 자동물류창고인 경우 이더넷 네트워크 인프라를 사용하는 스마트 도어락 시스템이 적용 가능하나, 농산물 저장창고인 경우 이더넷 네트워크 인프라를 구축하는 측면에서 이더넷 네트워크 인프라를 사용하는 스마트 도어락 시스템을 적용하기 곤란하다. 이더넷 네트워크 인프라를 사용하지 않고 스마트 도어락 시스템을 구축하는 경우 셀룰러와 같은 이동 통신망을 이용하는 방법을 생각해 볼 수 있으나 이동 통신망을 사용하는 비용적인 측면 때문에 사용자에게 큰 부담이 된다.

본 논문에서는 사물인터넷 시스템의 데이터 통신에 특화된 이동통신기술인 LoRa(Long Range를 이하 LoRa라고 칭함)를 활용하여 위와 같은 문제를 해결하고자 한다.

2. 연구 내용과 방법

본 논문에서는 IoT 지원 장치로 주목받고 있는 저전력 장거리 무선 통신기술인 LoRa를 활용하여 이더넷 기반의 유·무선 통신을 사용할 수 없는 이더넷 음영지역에서도 스마트 도어락을 사용할 수 있는 시스템을 개발하는 것을 목적으로 하고 있다. LoRa는 저전력, 저가 단말기, 낮은 구축 비용, 안정적인 커버리지의 조건을 충족하는 기술인 LPWAN에 포함되는 기술이다.

본 연구에서 개발한 스마트 도어락 시스템은 LoRa 모듈을 사용하여 출입인증 관리 서버와 데이터 통신을 한다. LoRa 모듈을 사용하는 스마트 도어락 시스템은 이더넷 음영지역에서도 LoRa 기지국과 연결만 된다면 무선으로 데이터 통신이 가능하다. 스마트 도어락 시스템은 사용자 정보 및 출입기록 관리를 위한 출입인증관리 서버, 사용자 도어락 디바이스(스마트폰 혹은 비콘을 탑재한 디바이스), 자동 도어락으로 구성되어 있다. 자동 도어락의 잠금 해제 방법은 스마트폰을 사용하는 경우와 전용 비콘 디바이스를 사용하는 경우를 디바이스의 특성 때문에 달리하고 있다.

스마트폰을 이용하는 경우 자동 도어락에 탑재하고 있는 비콘 모듈에서 발신하고 있는 정보를 스마트폰에서 수신하여 그 정보를 우선 출입인증관리 서버에 전송한다. 출입인증관리 서버는 스마트폰으로부터 전송된 정보가 출입인증관리 서버에 사전에 등록된 정보와 일치할 경우 LoRa 통신망을 통해 자동 도어락의 잠금장치를 해제한다. 전용 비콘 디바이스를 이용하는 경우는 비콘 정보를 자동 도어락에서 수신하여 LoRa 통신망을 통해 출입인증관리 서버에 전송한다. 스마트폰과 도어락, 전용 비콘 디바이스와 도어락 사이의 데이터는 Bluetooth 통신을 이용하고 있다.

본 논문은 총 5장으로 이루어져 있으며, 2장에서는 스마트 도어락 시스템을 개발하기 위해 적용된 기술을 서술하고, 기존에 개발된 스마트 도어락 시스템들과 비교하였다. 3장에서는 본 스마트 도어락 시스템의 구성 및 설계에 대하여 서술하였으며, 4장에서는 구현된 시스템과 비콘의 신호에 대한 접근제어 실험 방법과 결과를 서술하였고, 시스템의 전체적인 흐름을 플로우차트를 통해 서술하였으며, 5장에서 결론을 기술하였다.

제 2 장 관련 연구 기술 및 동향

본 장의 1절에서는 본 연구의 적용된 기술들에 대해 소개하고, 2절에서는 기존의 스마트 도어락 시스템에 대한 연구를 조사하고 분석하였다. 3절에서는 조사된 연구들과 제안된 시스템과 본 연구를 비교하여 차별점을 도출하였다.

1. 연구 적용 기술

본 연구는 저전력 장거리 무선 기술인 LoRa 통신을 활용하여 인터넷 서비스가 구축되어 있지 않은 농촌 지역에서 작동 가능한 스마트 도어락 시스템을 개발하여 LoRa 통신을 활용한 스마트 디바이스 활용 알고리즘을 개발하는데 있다. 이를 개발하기 위해 적용한 기술은 다음과 같다.

1) LoRa

세계 전역의 통신사업자들 사이에서 LoRaWAN 인기가 빠르게 상승하고 있다. 2016년 말까지 LoRa IoT 프로토콜은 개인 및 공용 네트워크를 포함해서 50개국에서 구현되었다. 최근 추세로 보아 업계 전문가들은 50억 이상의 IoT 지원 장치 중 약 61 %가 2021 년 LoRa 기술로 동작할 것으로 전망했다. LoRa 기술의 가장 큰 장점 중 하나는 도시 및 농촌을 비롯한 모든 유형의 환경에서 끊임 없이 원활하게 사용할 수 있다는 점이다. 실제로 농촌/준도시 지역에서는 LoRa 네트워크의 커버리지가 15 - 18 Km에 달하며 도시에서도 10 Km가 넘는다. 결과적으로 단지 몇 개의 LoRa 기지국 설치만으로도 도시 전체를 커버할 수 있어 '스마트 도시' 조성이 용이해진다. 현재 한국에서는 SK 텔레콤에서 전국에 LoRa 통신이 가능하도록 기지국을 설치할 한 상태로 전국에서 통신이 가능한 상태이다.

LoRa는 저전력, 저가 단말기, 낮은 구축 비용, 안정적인 커버리지의 조건을 충족하는 기술인 LPWAN에 포함되는 기술이다. LoRa의 성능에 관한 연구들로

는 LOS(Line of sight), N-LOS(Non-Line of sight)를 구분하지 않고 장거리, 단거리에서 LoRa 통신 실험[4]과 패킷의 길이, 거리에 따른 LoRa 통신 실험이 진행되었었다[5]. 이 성능 분석을 바탕으로 실·내외 LoRa 통신 성능을 분석한 연구[6]가 있었고 전반적인 성능은 격실에 존재함에도 불구하고 높은 수치를 보였으며, 성능은 허용 감도 내에서 거리가 멀어질수록 주변 환경의 영향이 크게 작용한다고 한다.

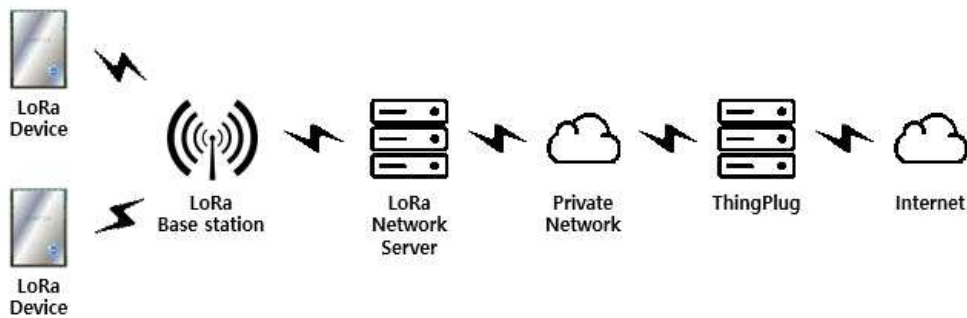


Fig. 1 LoRa network structure

LoRa 네트워크는 Fig. 1처럼 ThingPlug, LoRa 네트워크, LoRa 기지국, LoRa 모듈로 구성되어있다. LoRa 모듈과 LoRa 기지국은 LoRa통신을 사용하며 그 이후로는 유, 무선으로 LTE/3G 통신을 통해 LoRa 네트워크 서버, Private Network를 통해 ThingPlug에 데이터가 머물게 된다[7]-[8].

ThingPlug 내 데이터는 사용자 지정에 따라 데이터 유지시간이 있으며 default값으로 48시간으로 정해져있다. 유지 시간이 지나면 자동적으로 데이터가 사라지기 때문에 어플리케이션 관리자는 데이터를 사용하거나 데이터베이스에 저장하고자 하면 Internet을 통해 ThingPlug로 접속하여 자신의 데이터 저장 공간에 저장해야한다.

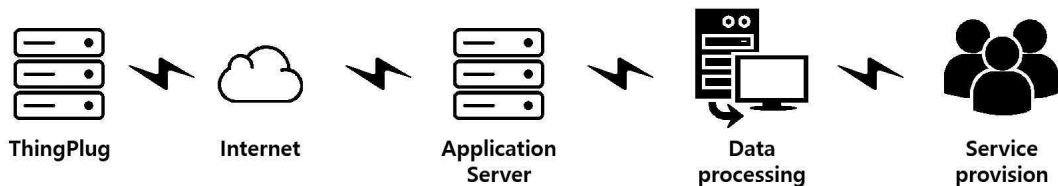


Fig. 2 LoRa data processing

Fig. 2에서처럼 LoRa 모듈을 통하여 저장된 데이터를 ThingPlug에 접속하여 서비스 제공자의 서버로 데이터를 저장한다. 이 후 서비스 제공자는 데이터를 서비스에 따라 데이터를 가공하고 가공된 데이터를 사용하여 서비스를 제공하는 형태이다.

2) BLE Beacon

Fig. 3는 BLE 기술이 적용된 iBeacon이다. BLE(Bluetooth Low Energy)는 Bluetooth 4.0 에서부터 소개된 핵심 기술이며, 이 기술의 제일 큰 특징은 바로 저전력이다. 이것은 3.0에 비해 최대 90%정도 적은 전력량을 사용하며, 스마트폰에 BLE를 항상 켜고 다녀도 배터리 소모를 거의 느낄 수 없을 정도이다. 비콘은 소량의 패킷 전송으로 동작이 가능하고 두기기를 연결시키는 페어링이 불필요하며 저전력으로 통신하기 때문에, 다른 근거리 무선통신 기술에 비해 저비용으로 위치를 인식할 수 있다.

Table 1 Comparison of short range wireless technologies

Type	BLE Beacon	QR code	NFC
Scope	Max 50m	Code scan	20cm 이하
Tagging	Contactless	Code scan	Contact
Base	Bluetooth 4.0	Barcode	RFID
Power	2 years coin battery	-	-
Feature	Creates a signal with a specific ID value around the perimeter	Need to direct QR code directly to smartphone	NFC tag requires contact via smartphone or recognition device

Table 1은 BLE Beacon과 비교되는 근거리 통신 기술인 QR code, NFC와 비교한 표이다. BLE Beacon은 다른 무선 기술에 비해 신호 발생 범위가 넓고 직접적인 접촉이나 행동이 필요하지 않다. 또한 저전력 통신으로 인해 코인 전지 하나로 최대 2년 정도의 사용이 가능하다[9].



Fig. 3 Examples of iBeacon

본 시스템에서는 BLE Beacon을 사용자가 도어에 접근하였을 때 접근에 대해 인식하거나, 휴대용 비콘으로 사용하며, 특별한 행동을 취하지 않아도 사용자 정보를 서버로 판단하기 위해 사용한다.

2. 기존 스마트 도어락 시스템 연구

기존에 연구되었던 스마트 도어락 시스템 종류와 동작 방식을 파악하고 특징을 조사하였다.

1) 스마트 도어록 시스템을 위한 IoT 기반의 실시간 제어

라즈베리파이와 도어록을 연결하고 초음파 센서와 인체열감지 센서 그리고 카메라를 이용하여 문 앞에 서있을 경우 스마트폰 어플리케이션으로 푸시 알림이 전송된다. 그리고 가정 내의 Wi-Fi를 연결하여 서버로 데이터 값을 업로드한다. 또한 스마트폰 어플리케이션을 통해 도어록을 제어할 수 있으며, 연결된 카메라를 통해 실시간 영상을 볼 수 있다[10].

2) 사물인터넷을 이용한 디지털 도어락

NFC와 블루투스를 활용하던 스마트 도어락 시스템의 단점을 보완하고자 아두이노로 제작된 도어락에서 발생하는 BLE 신호를 스마트폰 어플리케이션으로

BLE 스캔 과정을 통해 블루투스 MAC Address와 일치할 경우 설정해둔 비밀번호를 도어락으로 GATT 통신으로 전송하여 도어락이 열리게되는 시스템이다. 특징으로 스마트폰을 어플리케이션을 활용하여 사용자간의 열쇠를 공유할 수 있고, 도어락에 설치된 센서를 통해 이상 발생 시 사용자에게 알림이 되는 기능 등이 있다[11].

3) NFC와 스마트폰 앱을 활용한 디지털 도어락

아두이노에 RFID/NFC 기능을 추가하여 휴대폰 내부에 내장되어있는 NFC 고유번호를 이용하는 시스템이다. 기존의 도어락에서 키패드가 존재하는 것 대신 휴대폰의 NFC번호를 인식하는 방식이다. NFC의 고유번호가 인식되면 APP이 실행되며 이때 모바일 보안 모듈이 실행되어 데이터를 암호화시켜 비밀번호의 노출을 방지한다. 단점으로는 NFC 기능이 없는 아이폰은 사용 할 수 없다는 점이 있다[12].

4) 얼굴 인식을 이용한 디지털 도어락 시스템

이 시스템은 사용자가 도어락 비밀번호를 누르면 도어락에 설치된 카메라로 이미지를 촬영하고 촬영된 이미지를 서버로 전송하여 PCA 알고리즘을 통해 얼굴 사진을 추출한다. 추출된 파일을 서버에 저장하여 데이터베이스화 시켜 PCA 알고리즘을 이용하여 두 사진을 비교하여 일치하였을 때 Wi-Fi로 연결되어 있는 도어락으로 신호를 보내 문을 열도록 되어있다. 이미지를 판단하는데 있어 보안성이 높지만 주변 환경에 따라 정확한 추출이 어려울 수 있다[13].

3. 기존 스마트 도어락 시스템 비교

1절에서 서술한 연구들은 다양한 인증 방식과 통신 방법을 활용하여 스마트 도어락 시스템을 제어 하는 것을 확인하였다. 다음 Table 2는 본 연구에서 제안 하는 도어락 시스템과 1절에서 서술한 연구들을 비교한 표이다.

Table 2 Comparison of Smart door lock system

	Paper	2.1	2.2	2.3	2.4
Usage platform	Arduino Android	Raspberry Pi Android	Arduino Android	Arduino Android	Arduino
Tagging	Contactless	Contactless	Contactless	Contact	Contact
Control	Automatic	Manual	Automatic	Manual	Manual
Method of recognition	BLE Beacon	Human body detect sensor, Ultrasonic sensor Camera	BLE Beacon	NFC	Keypad Face recognition
Method of communications	LoRa	Wi-Fi	Wi-Fi LTE	NFC	Wi-Fi
Feature	No router required Cheap	Needs router	Needs router Expensive	Needs NFC	Needs router Keypad input

Table 2에서 2.3.과 2.4는 직접 도어락 외부 장치에 스마트폰을 접촉 시키거나 키패드에 비밀번호를 입력해야한다. 그리고 2.1과 2.2 그리고 2.4는 스마트폰을 직접 조작하여 문을 개폐하기 위한 과정을 거쳐야 한다. 또한 2.3을 제외한 기존 연구 방식들은 통신을 하기위해 Wi-Fi, LTE 또는 NFC를 이용하여 서버와 통신

이 이루어지게 된다. 이러한 방식은 가정용 주택이나 인터넷 서비스가 원활한 지역에서는 아주 적합하다.

하지만 본 연구는 인터넷 서비스가 힘든 농촌 지역에서 스마트 디바이스를 사용하기 위함에 있다. 본 연구에서는 BLE Beacon을 활용하여 도어락에 특별한 접촉없이 접근하는 것만으로 사용자를 인식하고, LoRa 통신을 사용하여 인터넷 서비스가 불가능한 지역에서도, Wi-Fi나 LTE 데이터를 사용하지 않고 편리하게 문을 열 수 있다. 그리고 LoRa는 단말기와 BLE Beacon을 사용함으로써 전력을 최소화 할 수 있다. Fig. 4는 LPWA의 특징으로 저렴한 통신료로 약 10km 정도의 장거리 통신이 가능하다. LoRa 모듈은 현재 와이솔, 솔루엠, 이도링크, 무라타 전자, 디바이스디자인에서 LoRa 전용 모듈을 개발하고 있으며, 본 연구에서는 와이솔의 LoRa 전용 모듈인 LOM102A 모듈이 탑재 되어있는 EVB2LOM102A 개발 키트를 사용한다.

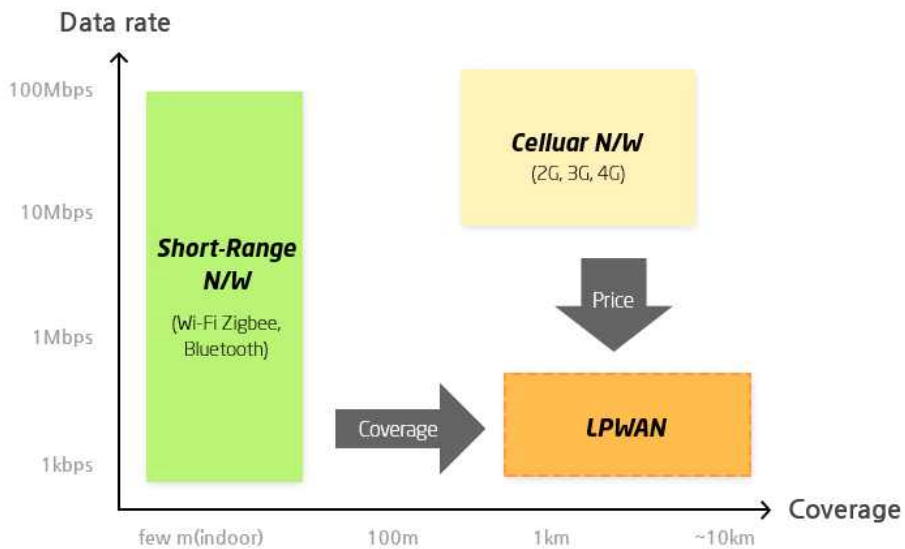


Fig. 4 Characteristics of LPWA [8]

제 3 장 스마트 도어락 시스템 설계

본 장의 1절에서는 도어락 시스템의 전체적인 설계를 설명하고, 2, 3절에서 도어락, 서버, 시스템의 각 부분에 대한 설계를 설명하였다. 4절에서는 조사된 연구들과 제안된 시스템과 본 연구를 비교하여 차별점을 도출하였다.

1. 전체 시스템 구성 설계

본 논문에서는 스마트 도어락 시스템을 프로토타입으로 개발하였다. 먼저 도어락 시스템은 오픈소스 하드웨어인 아두이노를 사용하였다. 그리고 인터넷 서비스가 원활하지 않은 농촌 지역에서도 사용이 가능하도록 LoRa 통신망을 활용하였다. 또한 사용자가 직접적으로 제어하는 절차를 없애고자 BLE Beacon을 사용하여 사용자의 접근을 인식할 수 있도록 설계하였다.

특징으로 도어락 시스템에서 사용자를 인증하지 않고, 인증 절차를 도어락 서버 시스템인 출입인증관리 서버에 할당하여 관리자가 출입인증관리 서버에 출입자 정보를 미리 등록을 해놓았을 때, 출입자는 처음에 관리자가 알려주는 도어락 코드를

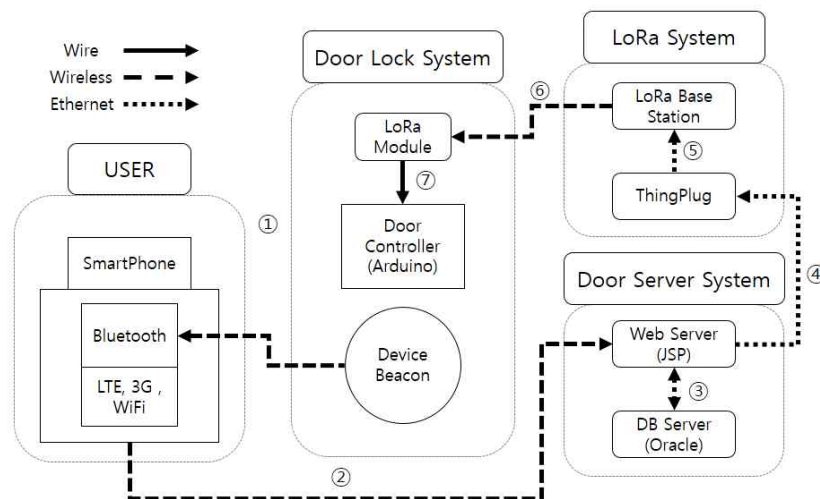


Fig. 5 Configuration of smart phone key system

스마트폰 앱에 입력 후에 특별한 등록 절차 없이 출입이 가능하게 된다.

본 연구는 BLE Beacon을 이용하여 두 가지의 출입방식을 가지고 있다. 첫 번째로 Fig. 5는 스마트폰으로 출입할 때 시스템의 흐름이다. 도어락 외부 장치에 있는 BLE Beacon이 출입자의 스마트폰이 도어락을 인식할 수 있도록 신호를 발생시키며 대기하고 있으며, 출입권한을 가지고 있는 스마트폰 사용자가 도어락 주변에 접근하였을 때, 앱에서 BLE Beacon의 정보를 수신하고, 일정 RSSI 신호 값 범위 안으로 조건이 성립하면 출입인증관리 서버로 처음에 등록된 도어락 코드와 사용자 정보, 수신된 Beacon 데이터를 전송하게 된다. 그리고 전송된 데이터와 서버 DB에 등록되어 있는 데이터와 비교하여 출입자를 인증한다. 인증이 완료되면 LoRa 전용 네트워크 서버인 ThingPlug로 도어락 개폐 명령을 전송하여 도어락이 동작할 수 있도록 설계 되어있다.

두 번째로 Fig. 6은 휴대용 비콘으로 출입할 때 시스템의 흐름이다. 휴대용 비콘의 경우 스마트폰을 사용하기 힘들거나, 불편한 사용자가 사용하는 특별한 경우이기 때문에 관리자가 서버에 미리 등록한 지정된 휴대용 비콘을 소지해야한다. 휴대용 비콘을 소지한 출입자가 접근하였을 때는 도어락 내부의 Bluetooth 4.0 모듈이 휴대용 비콘의 신호를 감지하고 휴대용 비콘의 수신된 정보를 LoRa 전용 네트워크 서버인 ThingPlug로 전송한다. 서버에서는 ThingPlug로 전송된 데이터가 있다면 전

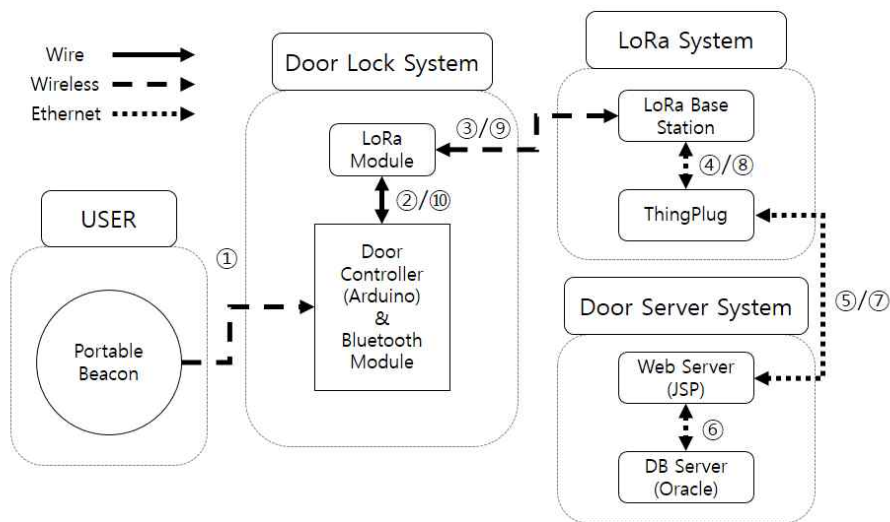


Fig. 6 Configuration of beacon key system

송된 데이터를 서버 DB 데이터와 비교하여 출입자를 판단하고, 이후 역순서로 도어락 개폐 명령을 전송하여 도어락이 동작할 수 있도록 설계 되어있다.

2. 도어락 시스템 설계

도어락 시스템은 오픈소스 하드웨어인 아두이노로 개발되었다. 아두이노는 8bit 단일 칩 플래시 메모리를 사용한 Atmel AVR을 기반으로 개발된 보드이며, 본 연구에 사용된 아두이노 종류는 아두이노 메가이다. 그리고 메가 보드 프로토 타이핑 쉴드를 탑재하여 회로를 구성하였다.

프로토 타이핑 쉴드에 구성된 회로는 도어락을 제어하기 위한 저전압에서 사용가능한 LB1630 모터 드라이버로 모터를 제어하였다. 그리고 도어가 열려있는지 닫혀있는지를 감지하기 위한 리미트 스위치로 구성되어 있다.

Fig. 7는 휴대용 비콘을 인식하고 출입인증관리 서버와 통신하기 위한 모듈로 Bluetooth 4.0 모듈인 BoT-CLE110D 모듈(좌)과 와이슬에서 개발한 LoRa 전용 모듈이 탑재된 EVB2LOM102A LoRa 통신 개발 보드(우)를 사용하였다.

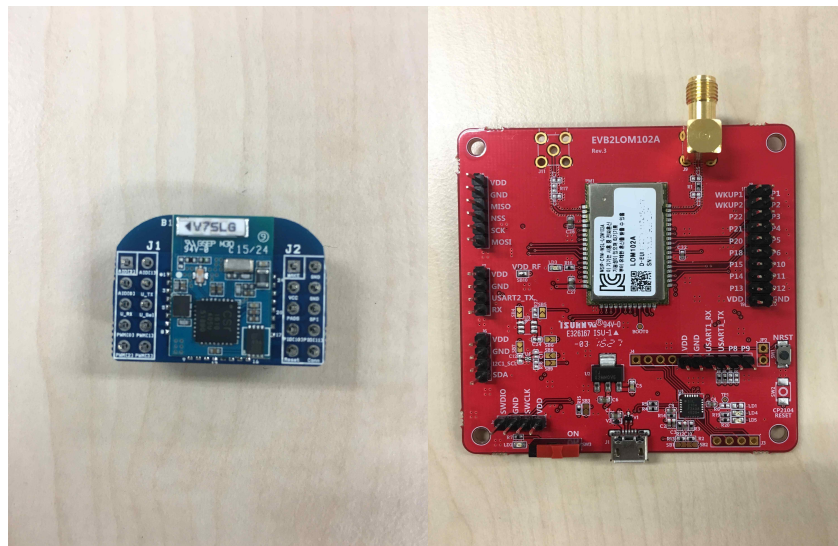


Fig. 7 Bluetooth 4.0 module BoT-CLE110D (Left)
Wisol LoRa EVB2LOM102A Development Kit (Right)

Bluetooth 4.0 모듈은 주변의 블루투스 장치를 인식하여 휴대용 비콘의 Mac Address와 RSSI 값 정보를 수신한다. 모듈을 통하여 수신된 정보를 LoRa 통신 모듈을 통해 출입인증관리 서버로 전송하도록 설계되어 있다.

LoRa는 소물인터넷(Internet of Small Things) 기술로 저전력 광대역 네트워크(LPWAN, Low Power Wide Area Network)에 적용되는 기술이며, 저렴한 통신료로 인터넷 서비스가 난해한 지역에서도 기지국과 약 10km의 장거리 통신이 가능한 기술이다.

도어락 외부 장치에 BLE Beacon이 내장되어 있다. BLE Beacon은 전송속도를 높이는데 집중한 Bluetooth 3.0와 달리 4.0버전부터 전력 소비를 최소화 하는 BLE 기술이 적용되어 (페어링 관련 내용 적기) 있다. 이러한 기술을 사용함으로써 Beacon의 배터리를 교체하는 주기가 1~2년 정도로 굉장히 길어지게 된다.

3. 도어락 서버 시스템 데이터베이스 설계

도어락 서버 시스템은 출입인증관리 서버로 칭하고 있으며, 출입자, 도어락의 정보, 출입 기록을 축적하고 출입자를 인증 하기위해 존재하는 시스템이다. 출입인증관리 서버는 JSP로 제작된 웹 서버이다. JSP는 HTML내에 Java코드를 삽입하여 웹 서버에서 동적으로 웹페이지를 생성할 수 있는 언어이다. Java EE 스펙 중 일부로 웹 어플리케이션 서버에서 동작한다. 같은 부류에 속하는 것으로 PHP가 있지만. PHP와 비교했을때 JSP는 실행속도가 빠르고, 안정적이며, 유지보수가 쉽다는 장점이 있다. 그리고 연구에서 DB는 Oracle DB 종류 중 무료로 사용가능한, Oracle database 11g express edition을 사용하였다. 다음으로 데이터 베이스와 서버 클래스 다이어그램을 표현하고 이에 대해서 서술한다.

1) 데이터 베이스 설계

Table 3은 ACCESS_RECORDS DB 테이블로써 출입자가 출입하였을 때 출입자의 이름(NAME), 출입한 도어의 이름(DOOR_NAME), 출입 시간(TIME)으로 구성되어 있으며, 각각의 데이터는 출입자를 인증하기 위해 전송된 데이터와 비교가 완료된 후에 DB의 데이터를 각각 가져와 저장한다.

Table 3 Access record DB table

Column	Data type	Null	Description
NAME	VARCHAR2(20)	NO	출입자 이름
DOOR_NAME	VARCHAR2(20)	NO	도어 이름(장소)
TIME	DATE	NO	출입 시간

Table 4는 DOOR_BEACON DB 테이블로써 도어락이 설치되어 있는 장소 이름(DOOR_NAME), 도어락 외부 장치에 탑재되어 있는 BLE Beacon의 Mac Address(MAC_ADDRESS), 그리고 도어락을 출입인증 관리 서버에 등록했을 때 시간(REGISTRATION_TIME)이 있다. MAC_ADDRESS는 스마트폰으로 출입할 때 스마트폰 앱에서 출입이 가능한 도어인지를 판단하며, 출입이 가능한 도어일 경우 앱에서 서버로 정보를 전송하게 된다.

Table 4 Door registration DB table

Column	Data type	Null	Description
DOOR_NAME	VARCHAR2(20)	NO	도어 이름(장소)
MAC_ADDRESS	VARCHAR2(20)	NO	도어락 비콘 맥주소
REGISTRATION_TIME	DATE	NO	등록 시간

Table 5는 USER_BEACON DB 테이블로써 휴대용 비콘을 가지고 도어락을 개폐할 때 사용되는 정보들을 가지고 있다. 휴대용 비콘을 사용하는 출입자의 이름(NAME)과 휴대용 비콘의 Mac Address(MAC_ADDRESS) 그리고 휴대용 비콘이 등록된 시간(REGISTRATION_TIME)으로 구성되어 있다. 휴대용 비콘을 사용하는 경우 MAC_ADDRESS의 값을 가지고 사용자를 판단한다.

Table 5 Portable Beacon Registration DB Table

Column	Data type	Null	Description
NAME	VARCHAR2(20)	NO	출입자 이름
MAC_ADDRESS	VARCHAR2(20)	NO	휴대용 비콘 맥주소
REGISTRATION_TIME	DATE	NO	등록 시간

Table 6은 USER_SMART DB 테이블로써 스마트폰을 가지고 도어락을 개폐할 때 사용되는 정보를 가지고 있다. 출입자 이름(NAME)과 스마트폰 앱에 등록하는 등록번호(REGISTRAION_NUM), 그리고 출입자의 스마트폰 정보를 등록한 시간(REGISTRATION_TIME)으로 구성되어 있다. REGISTRATION_NUM은 스마트폰 앱에 등록되는 번호와 DB에 있는 번호와 동일하며 등록된 출입자를 판단하는데 사용되도록 설계되어있다.

Table 6 Smartphone user registration DB table

Column	Data type	Null	Description
NAME	VARCHAR2(20)	NO	출입자 이름
REGISTRATION_NUM	VARCHAR2(10)	NO	스마트폰 등록 번호
REGISTRATION_TIME	DATE	NO	등록 시간

4. 도어락 서버 시스템 설계

이번 절에서는 도어락 서버 시스템의 클래스 다이어그램을 패키지별로 각각 설계하고 서술한다. 서버 시스템의 각 클래스의 다이어그램은 기본적으로 Fig. 8 과 같이 구성되어 있다.

MainServlet 클래스는 서버로 접근하는 동작을 받아들여 총 5가지의 ActionGroup 클래스인 BeaconUserActionGroup, UserDataActionGroup, DoorBeaconActionGroup, AccessUserActionGroup, LoRaActionGroup으로 객체를 생성하여 명령을 파라미터로 전달한다. 전달된 파라미터에 따라 ActionGroup에서 정해진 Action 클래스인 ListAction, RegiAction, DeleteAction, LoRaAction으로 분류되어 전달되도록 설계되어 있다. 각각의 Action 클래스는 UserDao 클래스를 통해서 데이터베이스로 접근하고 데이터를 가공한다. 이후 명령에 따라 스마트폰, 도어락으로 정해진 역할을 수행한다. 이후 절에서 각각의 ActionGroup 클래스의 기능을 서술한다.

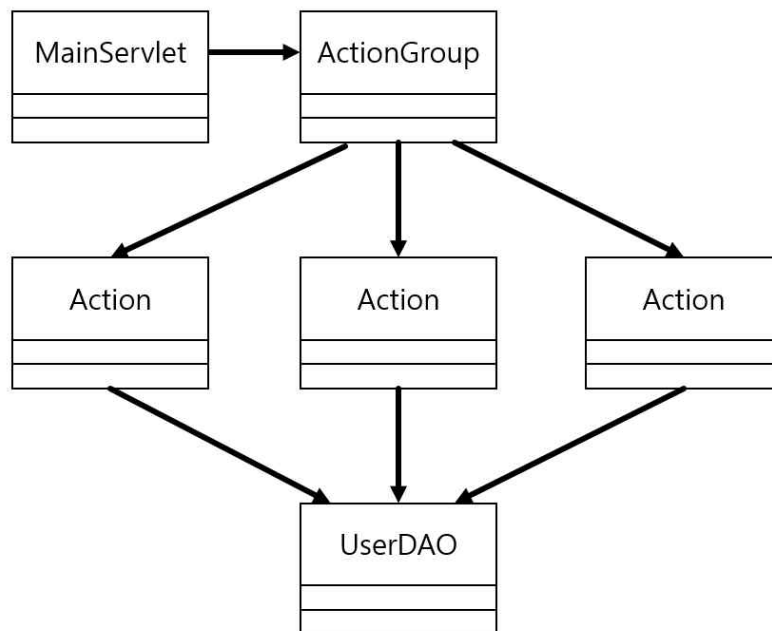


Fig. 8 A core class diagram of the system

1) 휴대용 비콘 사용자 관리 클래스 다이어그램(BeaconUserActionGroup)

Fig. 9은 휴대용 비콘을 사용하는 출입자와 관련된 BeaconUserActionGroup 클래스의 다이어그램이고, Fig. 10은 스텁스 다이어그램이다. 도어락 서버 관리자가 관리자 웹페이지에서 수행하고자 하는 메뉴를 선택하면, MainServlet을 호출하며, MainServlet은 선택 메뉴에 해당하는 Action 파라미터를 BeaconUserActionGroup 클래스의 생성자로 파라미터를 보내준다. BeaconUserActionGroup 클래스에서는 MainServlet에서 넘어온 파라미터에 해당하는 Action 클래스를 수행하게 된다.

Action 클래스는 3가지로 구성되어 있다. ListAction 클래스에서 beaconUserListPage

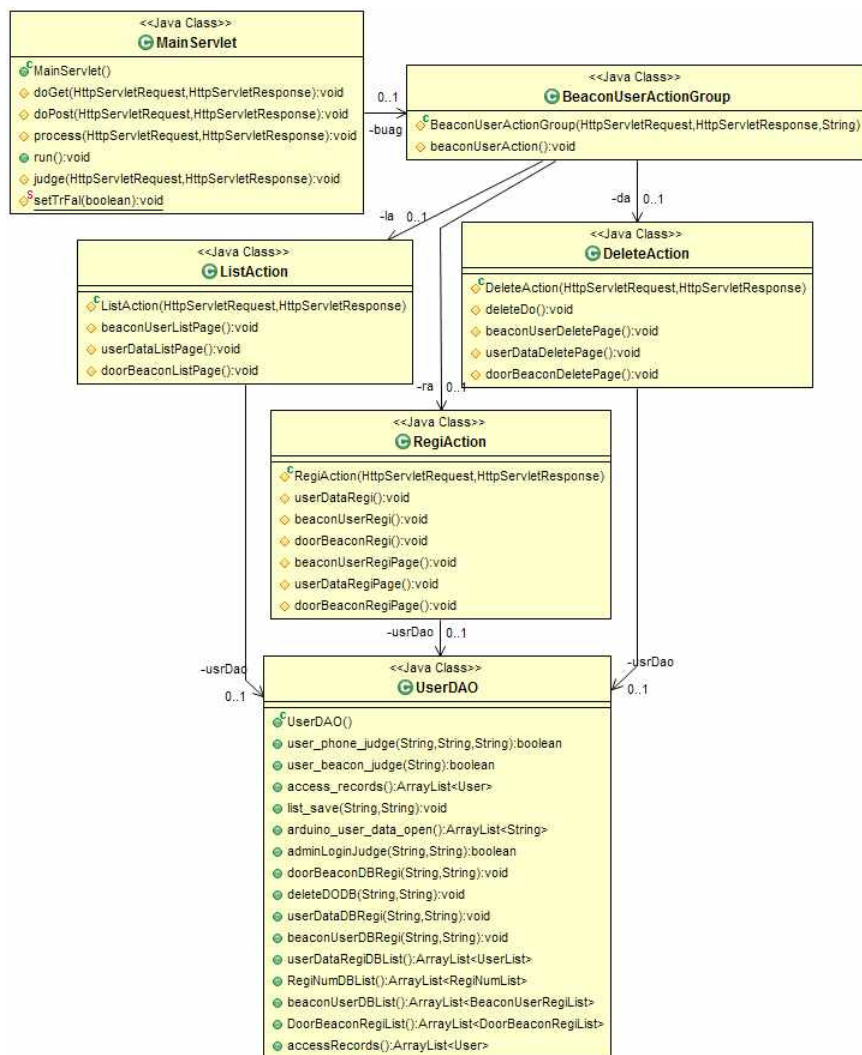


Fig. 9 BeaconUserActionGroup class

함수를 호출하며 관리자가 등록되어 있는 휴대용 비콘 출입자를 확인하기 위한 메소드로 UserDao 클래스를 통해 DB로 접근하여 USER_BEACON 테이블의 정보를 조회하여 웹 페이지에 띄워주게 된다. RegiAction 클래스에서는 beaconUserRegiPage 함수를 호출하여 사용자 이름, 휴대용 비콘의 Mac address를 입력할 수 있는 웹페이지를 띄우고, beaconUserRegi 함수를 호출하여 서버에 출입자를 등록하는 함수로 관리자 웹페이지를 통해 입력한 출입자 이름과 휴대용 비콘 정보, 등록된 시간을 UserDao 클래스를 통해 DB에 등록하게 된다. DeleteAction 클래스에서는 등록된 휴대용 비콘 사용자를 삭제하기 위한 웹페이지를 띄우는 beaconUserDeletePage 함수를 호출하고, 등록된 사용자를 삭제 시 DeleteDo 함수를 호출하며 UserDao 클래스로 DB에 접근하고 해당 행의 정보를 삭제한다.

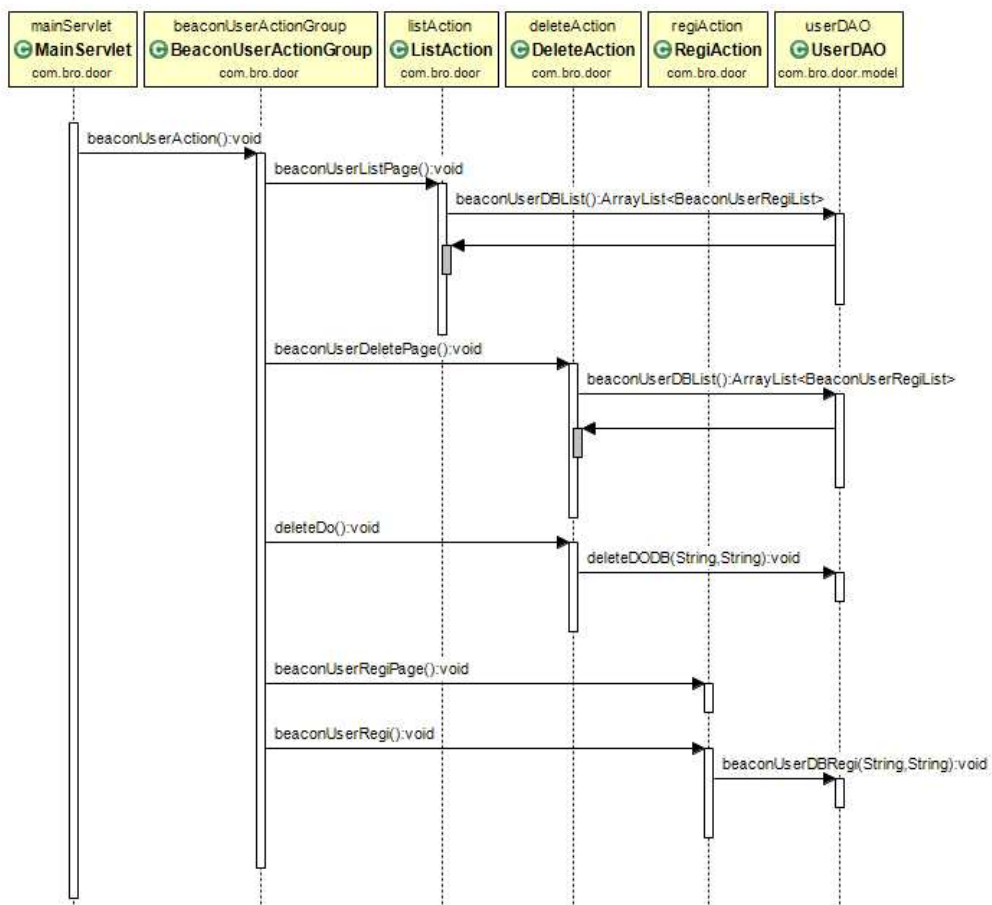


Fig. 10 BeaconUserActionGroup sequence diagram

2) 스마트폰 사용자 관리 클래스 다이어그램(UserDataActionGroup)

Fig. 11는 스마트폰 출입자를 관리하기 위한 UserDataActionGroup 클래스의 다이어그램이고, Fig. 12는 시퀀스 다이어그램이다. 도어락 서버 관리자가 관리자 웹페이지에서 수행하고자 하는 메뉴를 선택하면, 휴대용 비콘 관리 클래스와 동일하게 MainServlet을 호출하며, Action 파라미터를 UserDataActionGroup 클래스로 보내주게 된다. 마찬가지로 UserDataActionGroup 클래스에서 파라미터에 따른 Action 클래스를 호출한다.

Action 클래스 중 ListAction 클래스에서는 userDataListPage 함수를 호출하며

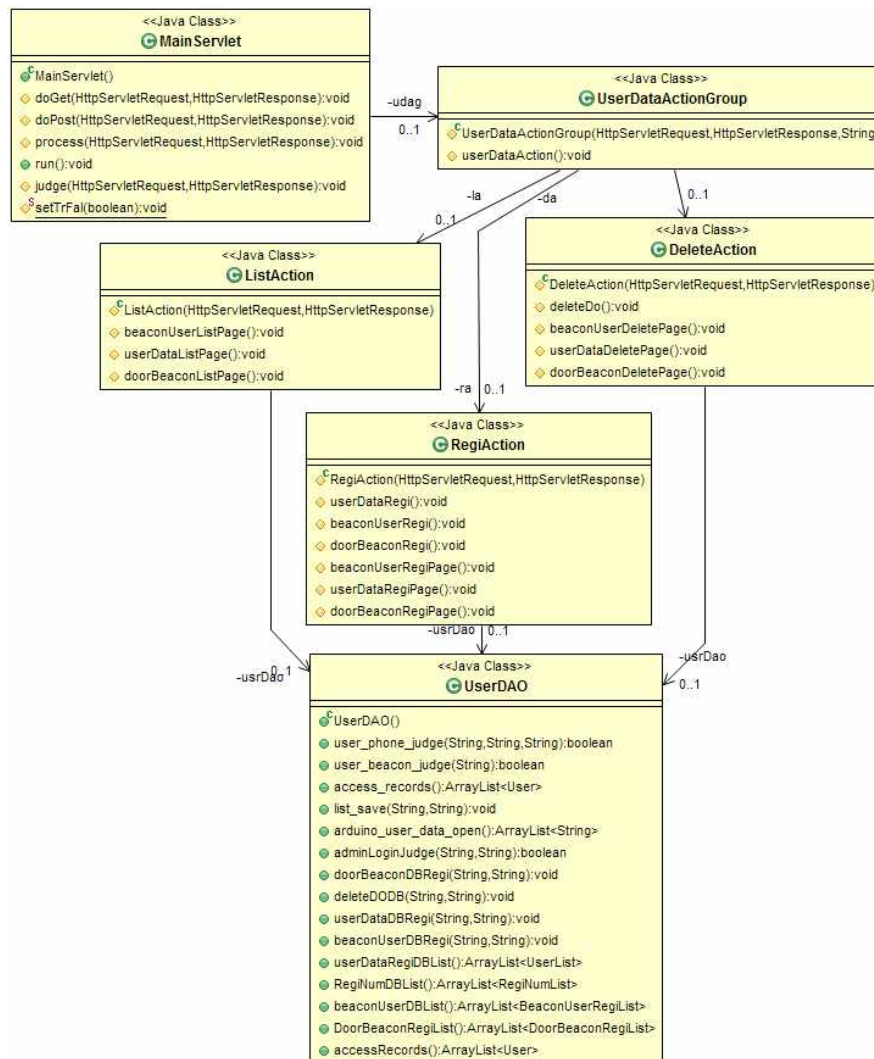


Fig. 11 UserDataActionGroup class

UserDAO 클래스를 통해 DB로 접근하여 스마트폰으로 출입하는 사용자의 정보인 USER_DATA 테이블의 정보를 조회하여 웹페이지를 띄운다. 다음으로 RegiAction 클래스에서는 UserDataRegiPage 함수를 호출하여 스마트폰 사용자 이름, 등록 번호를 입력할 수 있는 웹페이지를 띄운다. 입력 후에 UserDataRegi 함수를 호출하며 서버에 입력된 사용자 이름과 등록 번호, 등록 시간을 UserDAO 클래스를 통해 DB에 등록한다. 여기서 등록 번호를 추가한 이유는 스마트폰 앱의 경우 스토어에 올라가게 되면 누구나 쉽게 다운받을 수 있기 때문에 도어락 외부 장치에 있는 비콘의 Mac address가 유출 되었을 때를 대비하여 서버에 등록된 사용자인지를 판단하기 위한 번호이다. DeleteAction 클래스에서는 다른 관리 Action 클래스와 마찬가지로 등록된 스마트폰 사용자를 삭제하기 위한 웹페이지를 띄우는 userDataDeletePage 함수를 호출한다. 삭제 데이터를 삭제하는 과정은 다른 관리 Action 클래스와 동일하다.

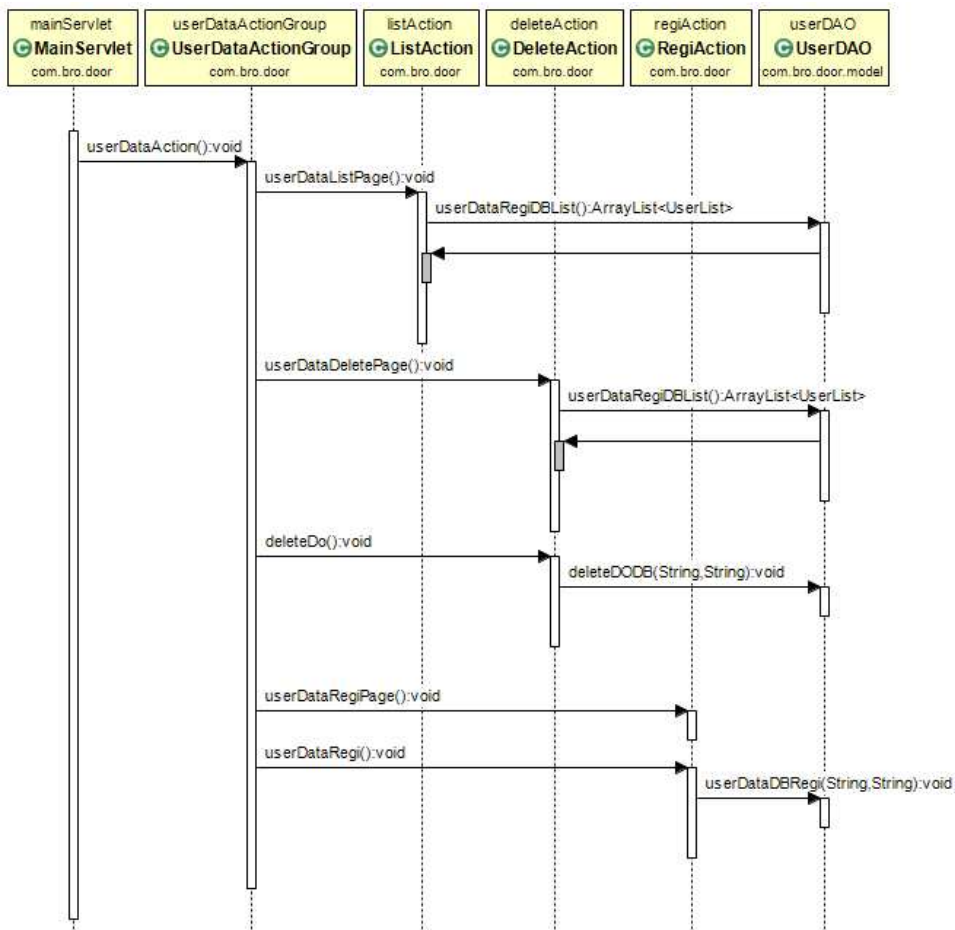


Fig. 12 UserDataActionGroup sequence diagram

3) 도어 비콘 관리 클래스 다이어그램(DoorBeaconActionGroup)

Fig. 13는 도어 외부 장치에 설치된 도어 비콘을 관리하기 위한 클래스인 DoorBeaconActionGroup 클래스 다이어그램이고, Fig. 14는 시퀀스 다이어그램이다. 서버 관리자가 웹페이지에서 도어 비콘 관리 메뉴를 선택하면 관리 클래스와 동일하게 MainServlet을 호출하며, Action 파라미터를 DoorBeaconActionGroup 클래스로 보내준다. 그리고 Action 파라미터에 따라 DoorBeaconActionGroup 클래스에서 Action 클래스를 호출한다.

Action 클래스 중에서 ListAction 클래스는 doorBeaconListPage 함수를 호출하며 UserDao 클래스를 통해 DB로 접근한다. DB에서 등록된 도어 비콘 정보

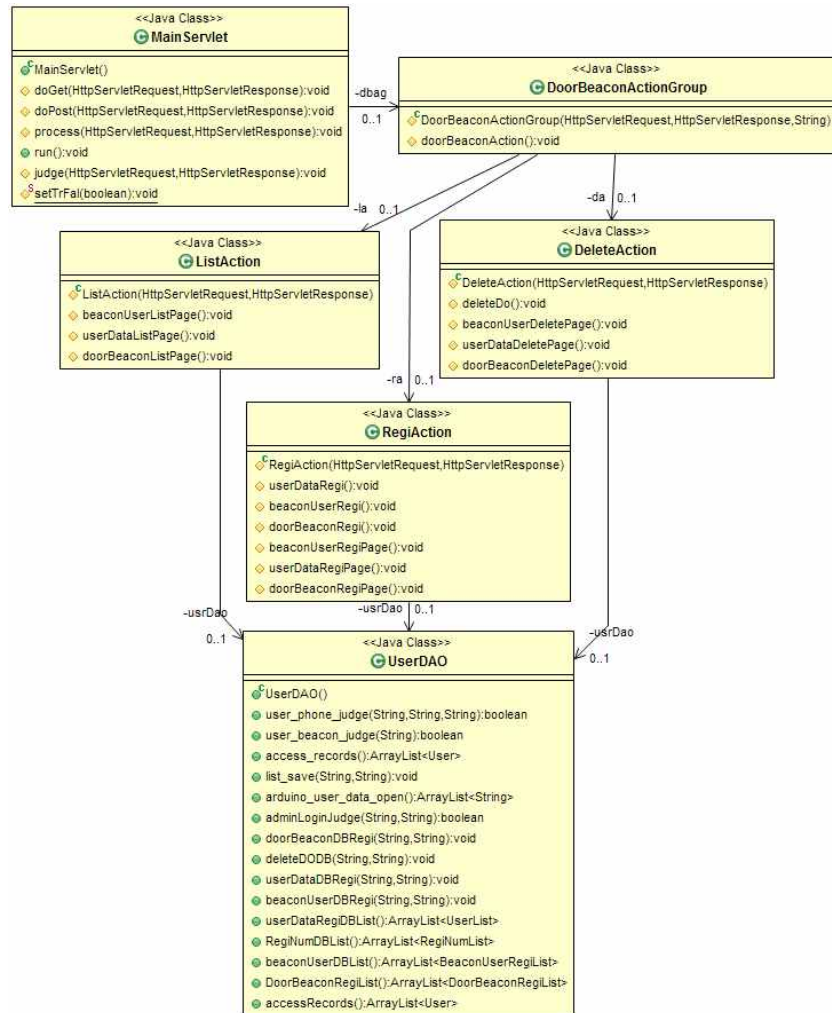


Fig. 13 DoorBeaconActionGroup class

인 DOOR_BEACON 테이블의 정보를 조회하여 웹페이지를 띄운다. RegiAction 클래스에서는 doorBeaconRegiPage 함수를 호출하여 사용자가 도어 비콘의 정보를 입력 할 수 있는 웹페이지를 띄운다, 등록 시에는 doorBeaconRegi 함수가 호출되어 UserDao 클래스를 통해, 입력된 도어 이름과 도어 비콘의 Mac address 그리고 등록된 시간을 DB에 등록한다. DeleteAction 클래스에서는 다른 관리 클래스와 동일하다.

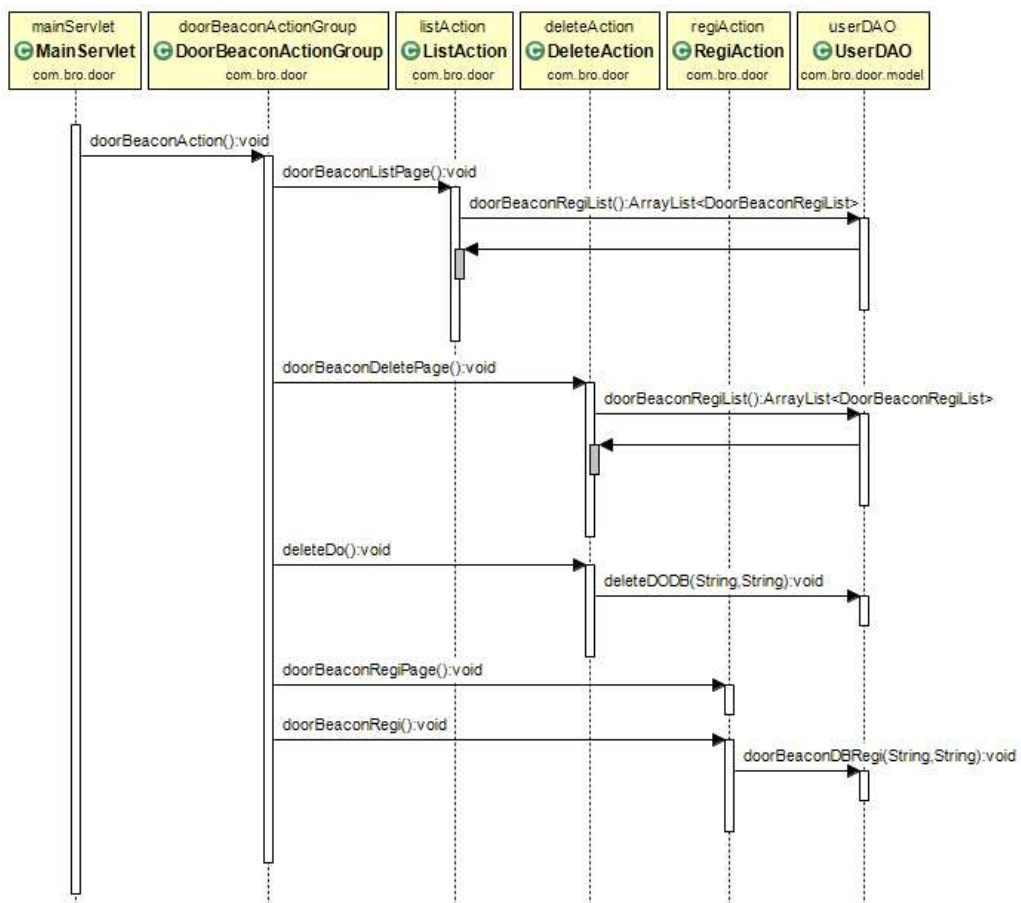


Fig. 14 DoorBeaconActionGroup sequence diagram

4) 도어 출입자 클래스 다이어그램(AccessUserActionGroup)

Fig. 15은 AccessUserActionGroup 클래스 다이어그램이고, Fig. 16은 시퀀스 다이어그램으로써 스마트폰을 이용하여 도어에 출입할 때 호출되는 클래스이다. 출입자가 스마트폰을 이용하여 출입하는 경우 MainServlet에서 AccessUserActionGroup 클래스로 Action 파라미터를 보내준다.

AccessUserActionGroup 클래스에서는 Action 파라미터 값에 따라 스마트폰에서 사용하는 메뉴를 구분하여 AccessAction 클래스를 호출한다. AccessAction 클래스에서는 doorBeacon 함수를 호출하여 먼저 출입자가 출입 가능한 도어인지 확인하기 위해 UserDAO를 통해 DB로 접근하여 DOOR_BEACON 테이블을 조회하고 스마트폰에서 얻어온 데이터와 비교한다. 데이터 비교 후 접근 가능한 도어 인 경우, USER_DATA 테이블 데이터와 스마트폰 등록 번호를 확인하여 출입 가능 여부를 AccessUserActionGroup 클래스로 반환하게 된다. 반환된 값에 따라 LoRaAction 클래스를 호출하여, ThingPlug로 도어락 개폐 명령을 전송하

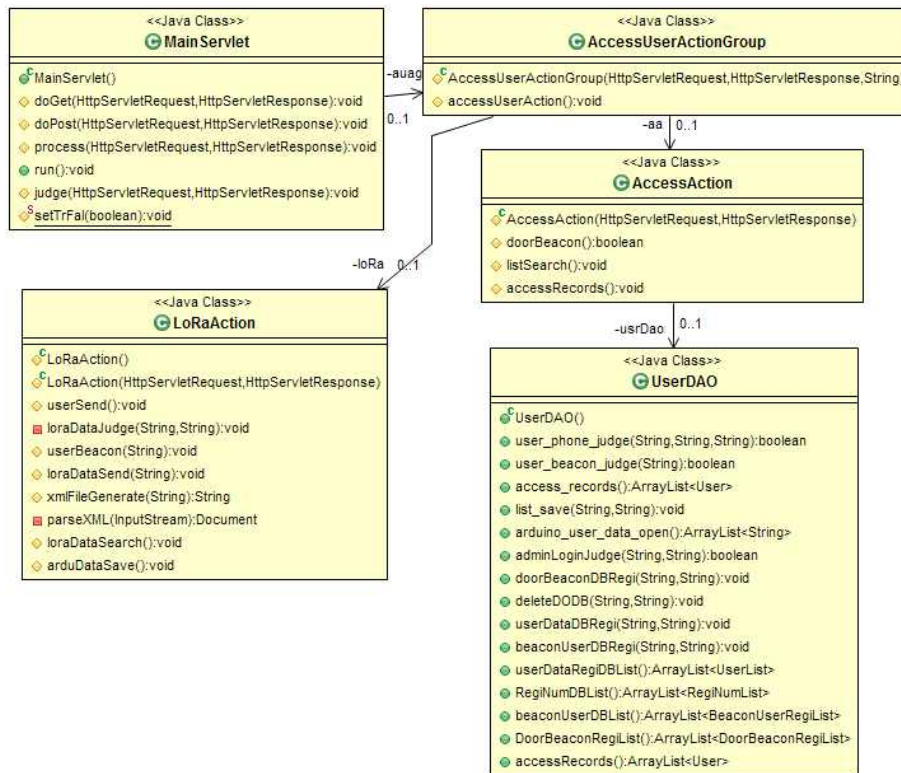


Fig. 15 AccessUserActionGroup class

게 된다. 다음으로 스마트폰에서 출입 기록을 확인 메뉴를 선택하였을 때 AccessActoin 클래스에서 listSearch 함수를 호출한다. listSearch 함수는 UserDAO 클래스를 통해 DB로 접근하여 ACCESS_RECORDS 테이블을 조회하고 조회된 정보를 dataXmlList.jsp로 값을 보내 xml 형태로 데이터를 알려주게 된다. accessRecords 함수는 관리자 웹페이지에서 출입 기록 메뉴를 선택한 경우 listSearch 함수와 동일하게 DB 데이터를 조회하고 accessRecordPage.jsp로 출입 기록 정보가 담긴 웹 페이지를 띄운다.

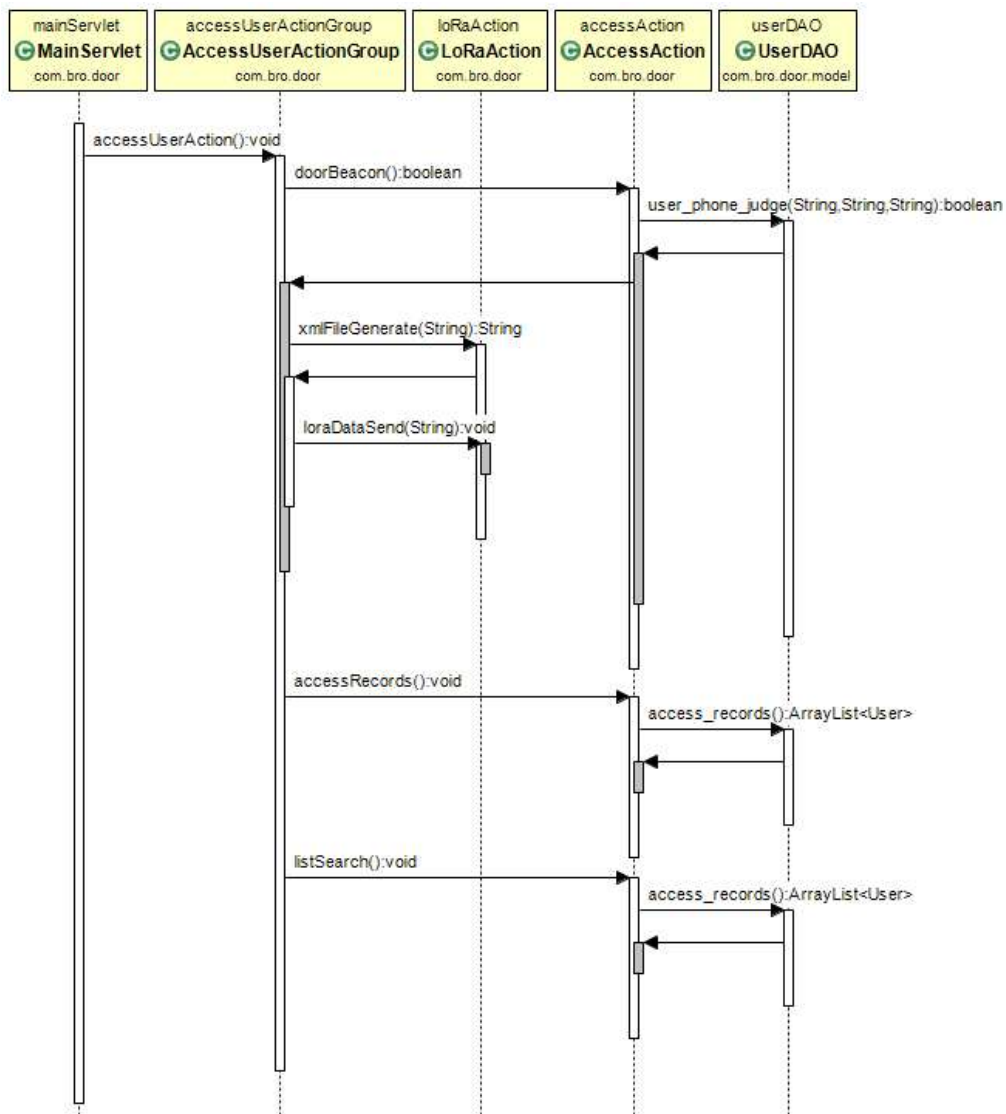


Fig. 16 AccessUserActionGroup sequence diagram

5) LoRa 클래스 다이어그램(LoRaActionGroup)

Fig. 17는 LoRaActionGroup 클래스 다이어그램이고, Fig. 18은 시퀀스 다이어그램으로써 서버가 도어락에 설치되어 있는 LoRa 모듈과 통신하기 위해 사용되는 클래스이다. LoRa 모듈과 통신하려는 경우 MainServlet에서 LoRaActionGroup 클래스로 Action 파라미터를 보내준다.

LoRaActionGroup 클래스에서 LoRaAction 클래스는 기본적으로 LoRa와 통신을 하기위한 몇 가지 함수를 정의하였다. ThingPlug에 데이터가 들어오는 것을 확인하기 위해 LoRaAction 클래스에서 loRaDataSearch 함수를 Thread를 사용하여 새로운 데이터의 여부를 확인하고, 새로운 데이터가 생겼을 때 loRaDataJudge 함수를 호출하여 데이터의 유효성을 파악한다. 그리고 loRaDataSend 함수를 호출하여 서버에서 도어락으로 데이터를 전송하게 되는데, 여기서 xmlFileGenerate 함수를 호출하여 LoRa 통신을 하는데 필요한 xml 데이터를 생성하고 loRaDataSend 함수를 호출할 때 파라미터로 넘겨주게 된다. 여기서 loRaDataSearch 함수로부터

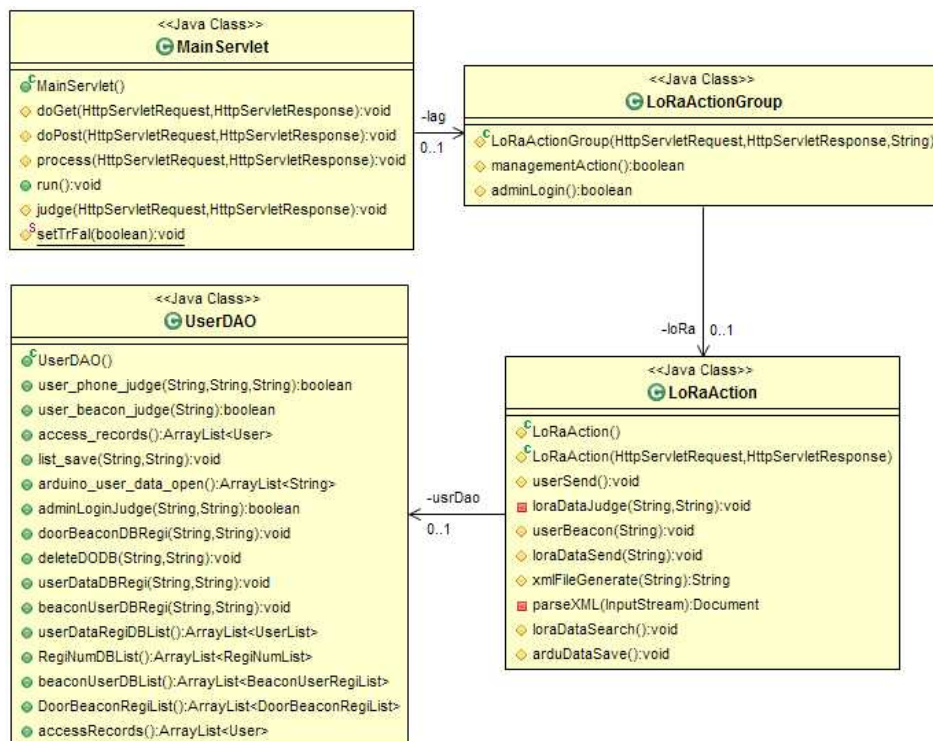


Fig. 17 LoRaActionGroup class

연계되는 데이터를 정해진 프로토콜에 따라 userSend 함수, userBeacon 함수가 호출된다. userSend 함수는 도어락이 처음 실행 될 때 서버에 등록된 휴대용 비콘 정보를 요청할 때의 경우이며, UserDao 클래스를 통하여 DB로 접근하여 USER_BEACON 테이블 정보를 xml 파일에 입력하여 도어락으로 전송하게 된다. userBeacon 함수는 휴대용 비콘 사용자가 도어락에 접근하였을 때의 경우이며, userSend 함수와 동일하게 USER_BEACON을 조회한 뒤에 도어락으로부터 받은 데이터와 비교하여 출입 가능 여부에 따라 xml 파일에 출입 가능 여부를 입력하여 도어락을 개폐한다.

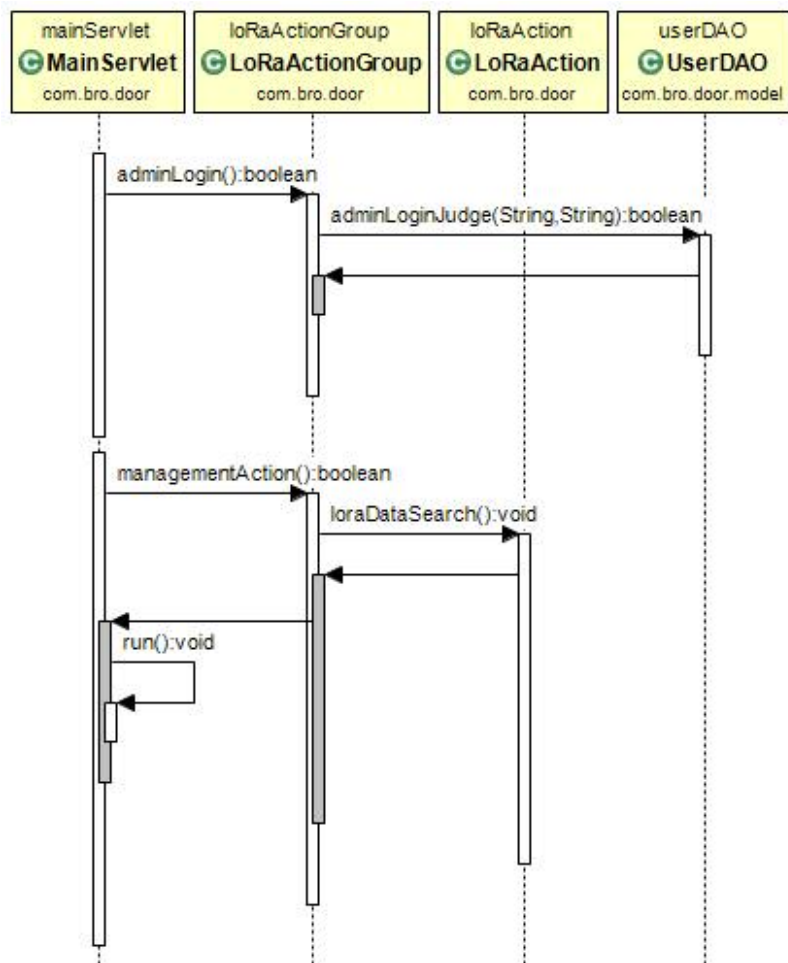


Fig. 18 LoRaActionGroup sequence diagram

5. LoRa 시스템 동작 구성

이번 절에서는 도어락 서버에서 사용되는 LoRa 시스템 통신 방식에 대해서 서술한다. 먼저 LoRa는 ThingPlug를 거쳐서 데이터를 주고받기 때문에 ThingPlug API를 사용하게 된다. 본 연구에서는 ThingPlug API Version 1.6으로 제작하였다.

ThingPlug API는 MQTT와 HTTP 기반으로 두 가지 방식을 가지고 있다. MQTT는 지연 및 손실이 심한 네트워크 환경에서 검침기, 센서 등 작은 기기들의 신뢰성 있는 메시지 전달을 위해서 개발된 메시지 프로토콜이다. HTTP는 웹 상에서 클라이언트와 서버 간 정보를 주고받을 수 있는 어플리케이션 계층 프로토콜이다. 본 연구는 웹을 위해 많이 사용되는 HTTP 기반으로 제작하였다[14].

Table 7 LoRa application resource API

No	Resource API	Explanation
1	<node>	Resource API for storing physical information of LoRa device
2	<remoteCSE>	Resource API for storing logical information of LoRa device
3	<container>	A repository Resource API that stores periodic reports of LoRa devices
4	<contentInstance>	Resource API where actual periodic reporting information is stored
5	<mgmtCmd>	LoRa Device Control Resource API
6	<execInstance>	Resource API where LoRa device control result is saved
7	<subscription>	Resource API for setting change of LoRa device information to be notified

Table 7은 LoRa 어플리케이션 개발을 위해서 제공되는 Resource API이다. 본 연구에서는 LoRa 모듈이 설치되어 있는 도어락을 제어하기 위해 <mgmtCmd> Resource API와 LoRa 모듈을 통해 전송된 최근 데이터를 확인하기 위한 <contentInstance> Resource API를 사용한다. 다음 관에서 <mgmtCmd>와 <contentInstance> Resource API 특성에 대해 서술한다.

1) <latest> - Retrieve

<latest> Resource는 Virtual Resource로 LoRa 모듈의 주기보고로 저장된 값 중에서 가장 최신에 저장된 값을 호출하는 API이다. API의 속성은 Table 8과 같다. 추가적으로 속성 중 <con> 속성에 주기 보고 데이터가 Hexa string(소문자) 형태로 인코딩 되어서 전달된다. <et> 속성의 데이터 보관 시간은 처음 LoRa를 개통할 때 정의하게 되는데 default 값으로 172800으로 정해져 있으며 48시간을 의미한다.

Table 8 LoRa application resource API <latest>

Property		Explanation	Essential
Short	Long		
cnf	Content Information	Specify the type of data	O
con	content	Actual periodic reporting data (Hexa string)	O
et	Expiration Time	Time to keep data	O
ct	Content Time	Time the period reporting data arrived	O
cr	Creator	The identifier of the sender that stores the data in that store	O
cs	Content Size	Content Size	O

2) <mgmtCmd> - Resource Update (제어 실행)

<mgmtCmd> Resource Update는 명시된 Resource에 Update 동작을 수행함으로써 LoRa 모듈 제어 명령어가 LoRa Network 서버를 통해 LoRa 모듈로 전달됩니다. LoRa 서비스에서 사용하는 Resource API는 Table 9이다.

Table 9 LoRa application resource API Type <mgmtCmd>

Resource API Type	Control Explanation
mgmtCmd-[LTID]_DevReset	Device reset
mgmtCmd-[LTID]_extDevMgmt	Defined by customer server and device manufacturer according to service

Resource API는 DevReset과 extDevMgmt 두 가지 타입이 있다. 여기서 extDevMgmt를 이용하여 서버에서 LoRa 모듈로 데이터 값을 전송하게 되며, 다음 Table 10에서 속성을 정리하였다.

Table 10 LoRa application attribute resource API <mgmtCmd>

Property		Explanation	Essential						
Short	Long								
cmt	Command Type	Control type of device	X						
exe	Execute Enable	Execution status of device control	O						
ext	Execute Target	The resource identifier of the <node> resource including the physical device information is input to identify the target device on which the device control is executed.	X						
extra	Execute Request Argument	Contains the arguments needed to control the device (Hexa string)	X						
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Resource API</th> <th>Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DevReset</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>extDevMgmt</td> <td>Separate</td> </tr> </tbody> </table>		Resource API	Value	DevReset	N/A	extDevMgmt	Separate
		Resource API		Value					
DevReset	N/A								
extDevMgmt	Separate								
ppt	Property	Additional property information	X						

다음 속성 중에서 <extra>는 장치를 제어 하기위해 필요한 Argument를 포함한다. Argument의 값은 Hexa string이며 소문자로 정의하여야하며, DevReset의 경우 따로 정의할 필요가 없다.

위에서 정의한 Resource API는 정해진 전송 형태로 xml 파일 형태로 전송되거나 수신을 한다. 이에 맞춰 3장 3절 5관에서 LoRaAction 클래스를 설계할 때 xmlFileGenerate 함수를 호출하게 되면 전송을 하기 위한 xml 파일의 형태로 데이터가 작성하도록 설계하였다.

전송을 하는 과정에서는 작성된 xml 데이터를 loRaDataSend 함수의 파라미터로 보내주며 호출하게 된다. loRaDataSend 함수에는 정해진 LoRa 모듈로 전송될 수 있도록 디바이스의 정보인 LTID와 DEV_EUI, APP_EUI, ukey (LoRa 모듈 사용자 인증키)를 입력하여 ThingPlug로 전송한다. 그리고 <mgmtCmd> Resource API 중 extDevMgmt를 사용하며 extra 속성 태그를 통해 전송하고자 하는 데이터를 입력하여 전송하면, Hexa string(소문자) 형태로 전송하게 된다.

수신하는 과정에서는 xml 형태로 전송되기 때문에 xml을 파싱할 수 있도록 loRaDataSearch 함수를 호출하여 정해놓은 프로토콜에 따라 기능을 수행 할 수 있도록 구성하였다. loRaDataSearch 함수는 LoRa 모듈에서 전송된 가장 최근의 데이터를 읽어 들이며, xml 형태의 데이터에서 con 속성 태그에서 전송된 정보를 얻을 수 있으며, 데이터는 전송과 마찬가지로 Hexa string 형태로 받아들인다. 그리고 ct 속성 태그에 있는 데이터의 전송 시간을 비교하여 이미 사용되었던 데이터인지 판단하게 된다. 여기서 수신하는 데이터는 Private Network에 저장되어 있는 데이터로써 ThingPlug를 거쳐야만 데이터를 조회 할 수 있다.

제 4 장 스마트 도어락 시스템 구현 및 실험

본 장의 1절에서는 도어락 시스템 구현에 대해 설명하고, 2절에서 도어락 관리자 페이지 구현에 대해 설명한다. 3절에서는 구현되어진 스마트 도어락 시스템에서 사용하게될 BLE Beacon의 인식률 실험 과정과 결과에 대해 서술하고, 4절에서 도어락 전체 시스템에 대해 플로우차트로 정리하여 시스템을 설명한다.

1. 스마트 도어락 시스템 구현

1) 도어락 장치 구현

Fig. 19에 좌측은 외부 장치를 도어락에 설치했을 때 모습이고, 우측은 외부 장치 조립 전 모습이다. 장치 내부에는 휴대용 비콘을 인식하기 위한 안테나와 스마트폰 앱이 인식할 수 있는 도어 비콘이 내장되어 있으며, 내부 전원이 소진되었을 때 외부 보조 전원을 넣을 수 있는 9v 건전지 케이블이 내장 되어있다. 여기서 안테나와 도어 비콘을 외부 장치에 내장 시킨 이유는 문으로 인한 장애물로 인해 신호의 세기가 많이 약해질뿐더러 현재 우리가 사용하는 문 재질의 종류가 다양하기 때문에 재질에 따른 신호가 많은 차이를 보이기 때문에 외부 장치에 내장 시켜 통신을 원활하게 하는 목적이 있다.

그리고 외부 장치에 물리적으로 도어락 장치를 개폐하는 보조키 장치가 없다. 혹여나 물리적으로 외부 장치를 망가트리더라도 내부 도어락에 전원만 공급되고 있다면, 휴대용 비콘을 사용하여 개폐가 가능하다.

Fig. 20는 도어락 내부 장치의 모습이다. 내부 장치는 오픈소드 하드웨어인 아두이노를 이용하여 제작하였다. 아두이노는 Atmel사의 8비트 AVR ATmega 마이크로컨트롤러를 탑재한 소형 보드이다. 보드 종류에 따라 마이크로 컨트롤러의 사양이 다르고 성능 또한 다르다. 아두이노가 오늘날 가장 널리 사용되는 피지컬 컴퓨팅 플랫폼이 된 이유는 이 제품이 100% 오픈소스 하드웨어라는 점이다[15]. 본 시스템

에서 주로 도어 동작을 위한 제어와 블루투스, LoRa 통신을 제어한다.

이더넷 음영지역에서 무선 통신이 가능하도록 LoRa 모듈을 사용하고 그리고 블루투스 장치를 활용해 구현하였다. 그 외에 기능으로 문 안쪽에서는 기존 도어락과 동일하게 버튼을 누르거나 손잡이 레버를 이용해 수동으로 도어를 개폐할 수 있다.

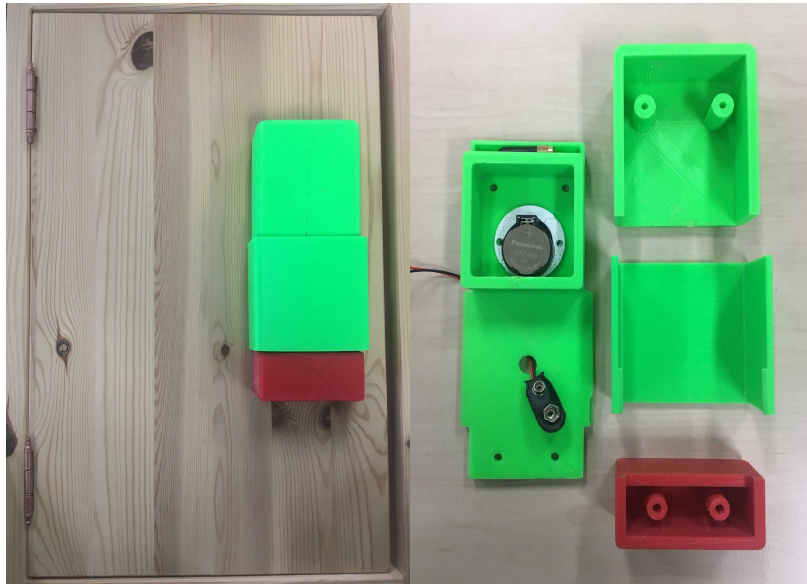


Fig. 19 External device of smart door lock system

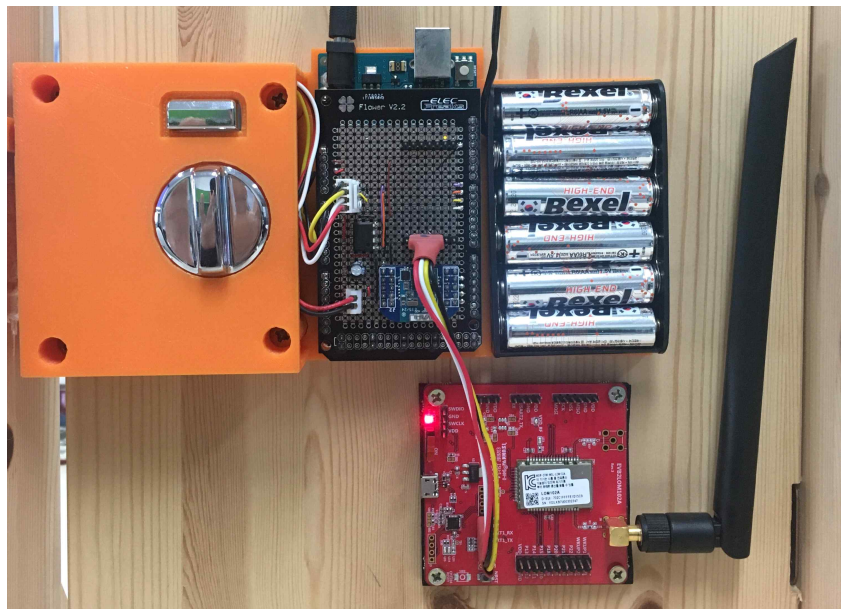


Fig. 20 Internal device of smart door lock system

2) 도어락 사용자 스마트폰 어플리케이션

도어락 사용자는 스마트폰 앱을 사용해서 도어락을 개폐한다. Fig. 21는 도어락 스마트폰 앱의 메인화면, 환경설정 화면이다. 메인화면에서 메뉴로 출입 기록과 환경설정 부분이 있다.

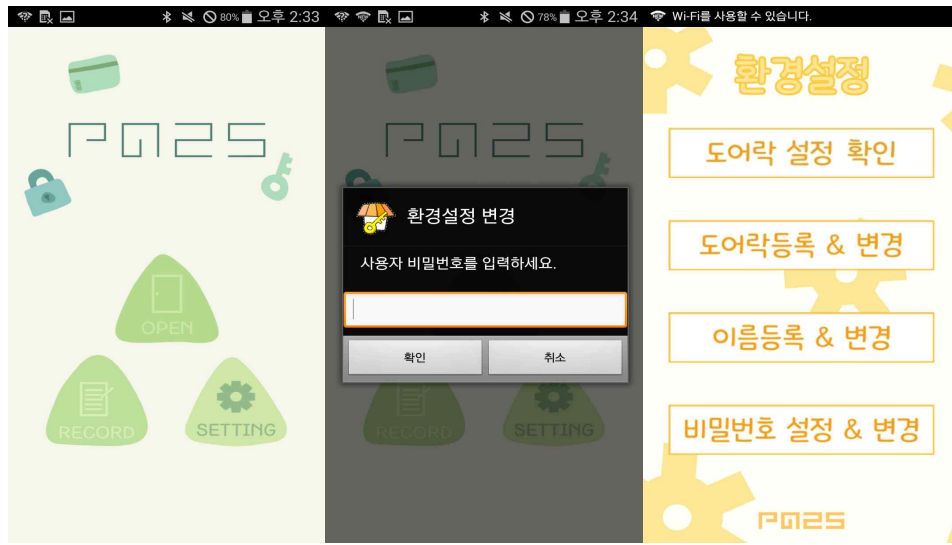


Fig. 21 Smart phone application of smart door lock

도어락 앱을 사용하는 과정은 실행되는 상태에서 도어 비콘 근처로 가게 되었을 때 도어 개폐를 위한 도어락 앱 비밀번호를 입력하는 다이얼로그가 띄워진다. 비밀번호를 입력하게 되면 출입인증관리 서버로 도어 비콘 정보와 스마트폰 정보를 전송하게 된다. 환경설정으로 접근하는 경우 도어락 앱 비밀번호를 입력해야하며 환경 설정에는 도어락 설정을 확인하는 메뉴와, 도어락, 이름, 비밀번호를 변경하는 메뉴가 있다.

도어락 설정 확인 메뉴는 도어락의 설정된 정보를 확인하는 메뉴로써 도어 비콘 Mac address, 등록 번호, 사용자 이름을 확인 할 수 있다. 그 외의 메뉴로 도어 비콘과, 등록 번호를 설정하는 도어락 등록 메뉴, 스마트폰 사용자 이름을 변경하는 메뉴 그리고 도어락 앱 비밀번호 변경 메뉴가 있다.

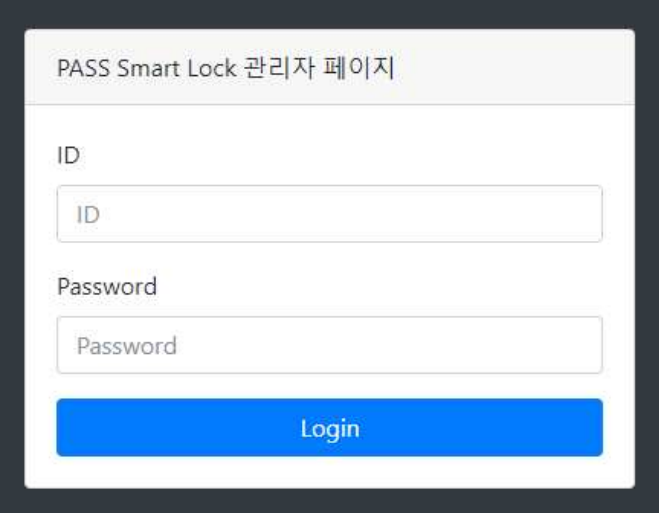
3) 도어락 관리자 페이지 구현

스마트 도어락은 관리자가 쉽게 관리를 할 수 있도록 관리자 페이지를 JSP와 부트스트랩을 이용하여 구현하였다. JSP(Java Server Pages)는 HTML내에 Java코드를 삽입하여 웹 서버에서 동적으로 웹페이지를 생성할 수 있는 언어이다. Java EE 스펙 중 일부로 웹 어플리케이션 서버에서 동작한다.같은 부류에 속하는 것으로 PHP가 있지만. PHP와 비교했을때 JSP는 실행속도가 빠르고, 안정적이며, 유지보수가 쉽다는 장점이 있다.

부트스트랩(Bootstrap)은 트위터에서 사용하는 각종 레이아웃, 버튼, 입력창 등의 디자인을 CSS와 JavaScript로 만들어 놓은 것이다. 웹 디자이너나 개발자 사이에서는 웹 디자인의 혁명이라고 불릴 정도로 폭발적인 반응을 얻은 프레임워크이다. 거기다 오픈소스이기 때문에 이를 활용하여 쉽게 반응형 웹 디자인을 적용할 수 있다.

본 시스템에서는 사용자의 정보를 관리하고, 판단하기 위한 서버로 사용된다.

도어락 관리자 페이지로 처음 접속하게 되면, Fig. 22처럼 로그인 화면이 출력되게 된다. 관리자 페이지를 통해서 출입자의 정보를 조회하거나 삭제가 모두 가능하기 때문에 특정 관리자만에게만 관리자 권한을 갖게 된다.



The image shows a web browser window displaying the login page for the PASS Smart Lock system. The page has a light gray header with the text 'PASS Smart Lock 관리자 페이지'. Below the header, there are two input fields: one labeled 'ID' and another labeled 'Password'. Both fields have placeholder text 'ID' and 'Password' respectively. At the bottom of the form is a prominent blue button with the text 'Login' in white.

Fig. 22 Login web page

Fig. 23은 사용자들의 정보를 확인하는 관리자 페이지 화면이다. 정보를 확인하는 페이지는 스마트폰 사용자와 비콘 사용자 메뉴 그리고 도어 메뉴가 있다. 각각 메뉴에 맞는 정보를 확인할 수 있으며, 스마트폰 정보는 스마트폰 사용자 이름, 등록번호를 비콘 정보는 휴대용 비콘 사용자 이름, 휴대용 비콘 Mac_address를 그리고 도어 정보는 도어 장소 이름, 도어 비콘 Mac address 정보를 가지고 있으며, 공통적으로 등록시간 정보를 가지고 있다.



Fig. 23 Information web page

Fig. 24은 사용자들의 정보를 등록하는 관리자 페이지 화면이다. 등록 페이지도 정보 조회 페이지와 마찬가지로 각각 메뉴에 맞는 정보를 등록할 수 있으며, 각 메뉴에서 등록 정보 또한 동일하다. 등록 시간의 경우 자동적으로 입력이 되도록 설정되어 있다.

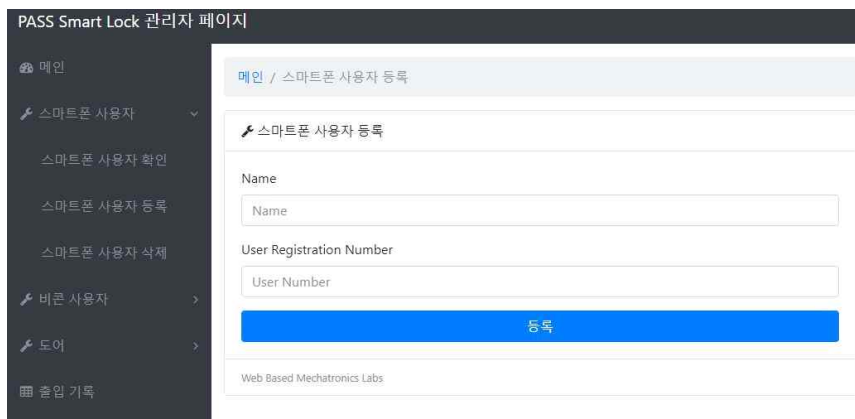


Fig. 24 Registration web page

Fig. 25은 사용자들의 정보를 삭제하는 관리자 페이지 화면이다. 정보 조회 페이지와 동일하게 메뉴를 보여주며, 삭제 버튼이 추가되어 있다. 삭제 버튼을 누르게 되면 서버 DB에서 데이터를 삭제하게 된다.



Fig. 25 Delete web page

Fig. 26는 출입 기록을 보여주는 페이지로써 스마트폰이나 휴대용 비콘을 이용하여 출입한 정보를 보여준다. 출입 기록 정보는 이름, 출입한 도어 이름, 출입 시간으로 구성되어 있다. 여기서 스마트폰 사용자의 경우 앱을 통해서 출입 기록을 확인하는 것이 가능하다.



Fig. 26 Access record web page

3. BLE Beacon 인식률 실험 및 결과

이번 절에서는 도어락에 출입을 하기 위해 사용하는 비콘의 인식률에 대해서 실험하는 과정과 결과를 서술한다. 실험은 단일, 혹은 다수의 비콘 중에 특정 비콘의 신호를 받는데 걸리는 시간을 측정하고, 비콘 인식시 신호세기를 측정하였고, 주변에 비콘이 1개만 존재할 때와 다수의 비콘이 존재할 때로 측정하였다. 그리고 데이터를 정리할 때 0 ~ 1500ms는 1초, 1501 ~ 2500은 2초, 2501 ~ 3500은 3초, 3501 ~ 4500은 4초, 4501 이상일 때 5초로 데이터를 종합하였다. 거리는 0.5, 1.0, 1.5, 2.0m로 4가지의 거리에서 측정하였다. 데이터의 측정 횟수는 각각 1000회씩 측정하였다.

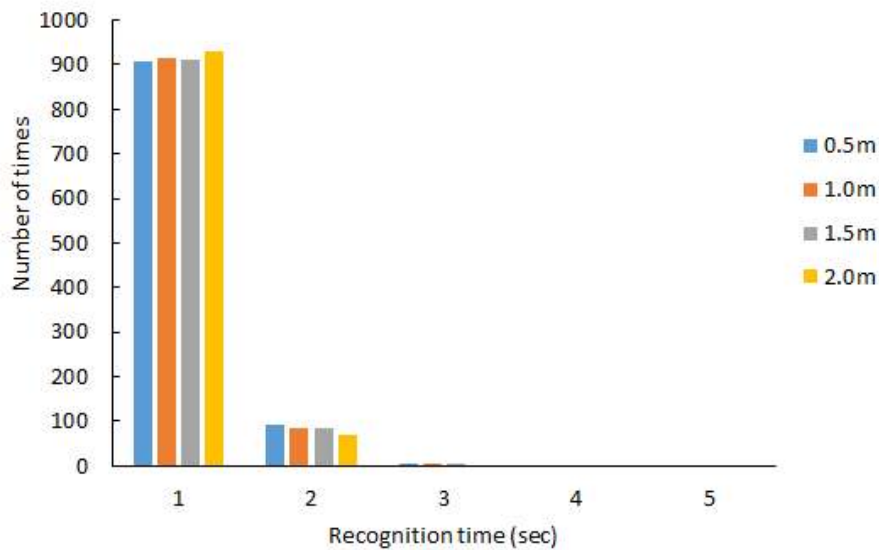


Fig. 27 Recognition time with single beacon

Table 11 Recognition time with single beacon

Time (s)	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m
1	907	914	910	930
2	92	84	86	70
3	1	2	4	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0

먼저 Fig. 27은 블루투스 인식 장치가 1개의 비콘과 마주할 때의 상황일 때의 인식 시간에 대한 테스트이다. Table 11에서는 1초에 대부분의 데이터가 밀집되어 있으며, 약 10%가 2초 데이터로 측정되었으며, 3, 4, 5초 부근에는 측정 데이터가 거의 없었다. Fig. 28와 Fig. 29은 다수의 비콘을 기준으로 측정했을 때 데이터이다. 다수의 비콘의 경우 0.5 ~ 2.0m 범위에 분산된 경우와 특정 비콘에 밀집된 경우 두 가지로 측정하였다.

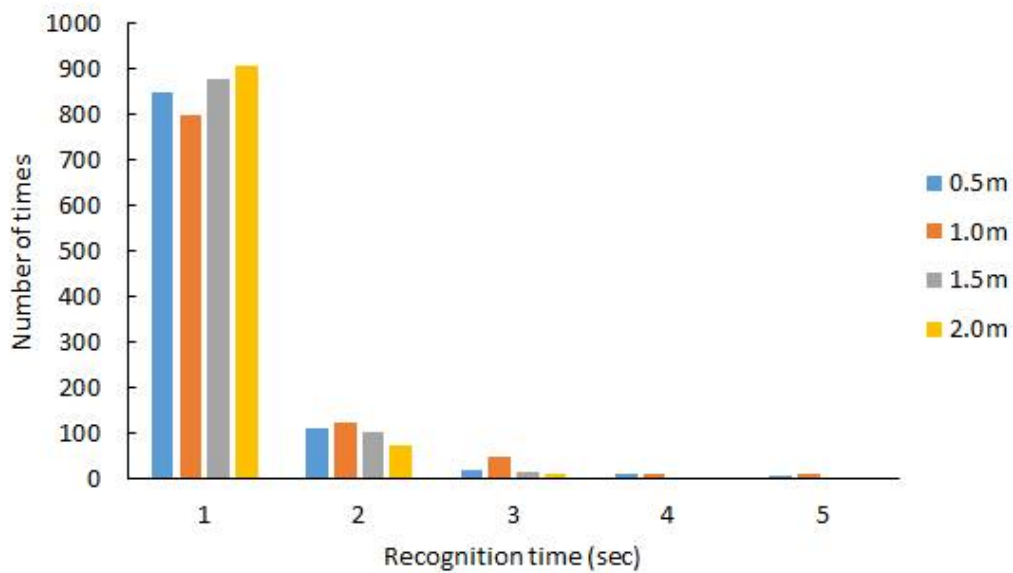


Fig. 28 Recognition time with sparsely distributed beacons

Table 12 Recognition time with sparsely distributed beacons

Time (초)	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m
1	847	799	877	908
2	113	124	103	75
3	21	51	17	14
4	11	14	2	1
5	8	12	1	2

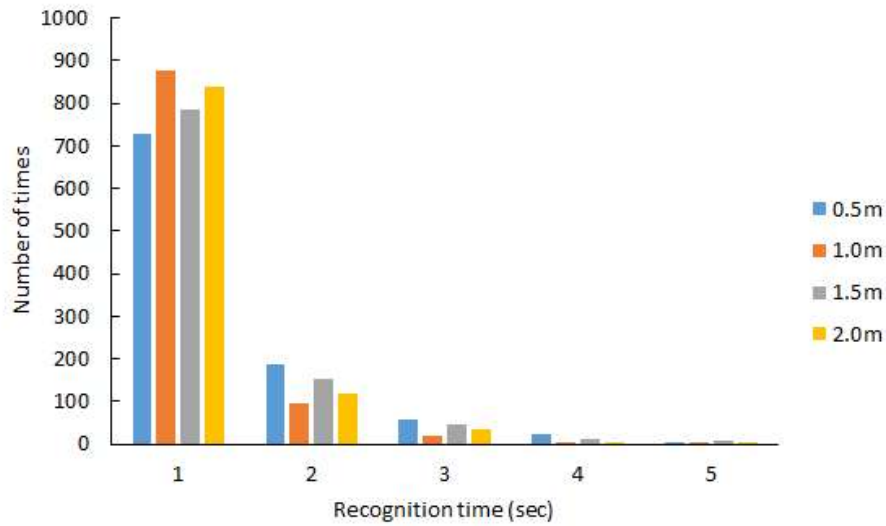


Fig. 29 Recognition time with densely distributed beacons

Table 13 Recognition time with densely distributed beacons

Time (초)	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m
1	729	877	783	839
2	186	97	152	118
3	59	18	46	36
4	24	4	12	5
5	2	4	7	2

Fig. 28는 분산된 다수 비콘에 대한 테스트이고, Fig. 29은 특정 비콘 주위에 밀집된 다수 비콘에 대한 테스트이다. 다수의 비콘에 대한 테스트의 경우 단일 비콘인 경우보다 인식 시간에 대한 차이가 있었다. 분산된 비콘 데이터와 밀집된 비콘 데이터의 경우 큰 차이가 없었지만, 단일 비콘 데이터에 비해 인식 시간이 오래 걸리는 현상이 일어났으며, 2 ~ 5초 사이에 데이터가 약 15 ~ 20% 정도였다. 여기서 알 수 있는 점은 단일 비콘에 비해 다수의 비콘이 존재함으로써 노이즈가 발생하고, 특정 비콘을 식별하는데 있어 인식 시간에 차이가 발생한다. 하지만 그 차이는 약 10% 정도로 보이고 있다. 추가적으로 Fig. 30는 각 실험 별로 거리에 따른 인식 시간의 평균을 그래프로 나타낸 것이다. 거리가 멀어진다고

인식 시간이 늘어나는 현상은 없었으며, 반대로 거리가 멀어졌지만, 인식 시간 짧아지는 경우가 있었다. 이를 통해서 거리에 따라 인식 시간에 대한 차이는 크게 없다는 점을 알 수 있다. 그리고, 다수의 비콘을 측정하였을 때는 단일 비콘보다 인식 시간이 평균적으로 높아졌다는 점을 알 수 있다.

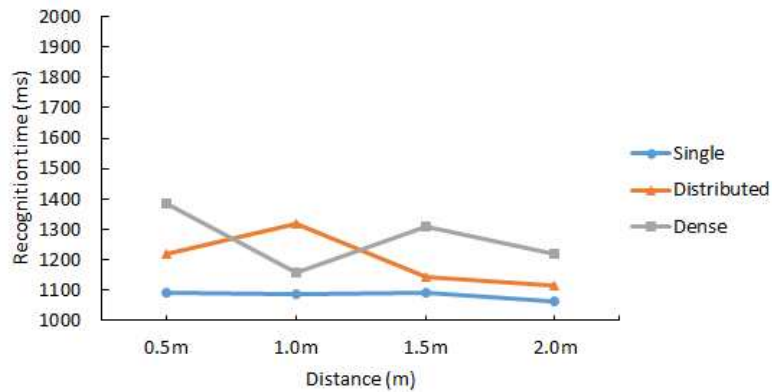


Fig. 30 Average of recognition time per experiment

다음 Fig. 31는 각 실험에서 거리에 따른 RSSI를 측정한 것의 평균을 그래프로 나타낸 것이다. RSSI는 값이 작아질수록 신호 세기가 약해짐을 뜻하며, 비콘의 신호 세기는 약 -95 ~ -10 정도의 값을 갖는다. 3가지 실험의 평균 RSSI의 그래프는 거리가 멀어질수록 RSSI의 값이 작아졌고, 3가지 실험 모두 비슷한 추세를 갖는다. 이 결과로 약 -65 ~ -10 RSSI 값을 갖게 되면 약 0 ~ 2.0m의 거리에 출입자가 접근한 것을 판단할 수 있다.

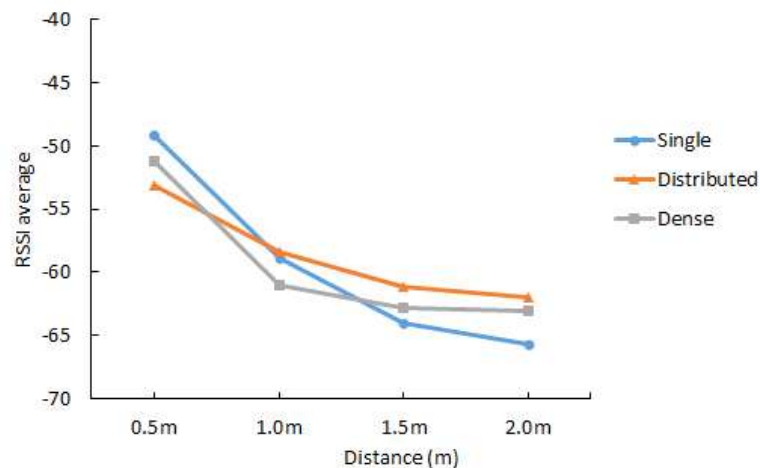


Fig. 31 Average of RSSI per experiment

4. 도어락 시스템 플로우차트

Fig. 32는 스마트폰과 휴대용 비콘을 이용하여 도어를 출입하게 될 때 플로우차트이다. 먼저 스마트폰 앱을 실행하면 주변 도어 비콘을 스캔하기 시작한다. 도어락 외부 장치에 내장된 도어 비콘이 인식되었을 때 해당 도어 비콘의 RSSI 값이 $-65 \sim -10$ 의 값을 가질 때 출입 인증 관리 서버로 도어 비콘 Mac address와 스마트폰에 등록된 정보를 같이 전송한다. 여기서 RSSI 값은 사용자가 문 앞에 어느 정도 접근한 상태여야 하기 때문이며, 3절에서 BLE Beacon의 인식률 실험을 통하여 얻은 수치이다. 이때의 사용자의 거리는 약 $0 \sim 1m$ 정도이며, 범위 안에 들어왔을 때 출입 인증 관리 서버로 User Data를 전송한다.

휴대용 비콘을 이용하는 경우 도어락 내부에 탑재된 블루투스 모듈이 주변 비콘을 스캔하고 있으며, 휴대용 비콘을 가지고 도어락에 접근하였을 때 스마트폰과 마찬가지로 RSSI 값이 허용범위로 들어오기 전까지는 계속해서 스캔 과정을 반복한다. 비콘 RSSI 값이 허용범위 안에 들어왔을 때 휴대용 비콘의 데이터를 도어락이 수신하게 된다. 여기서 스마트폰을 사용했을 때는 스마트폰이 출입 인증 관리 서버와 직접 통신하지만, 휴대용 비콘을 이용하는 경우 사용자 데이터를 비콘이 직접 서버와 통신할 수 없기 때문에 도어락의 탑재된 LoRa 모듈을 통해 데이터를 전송한다.

User Data는 앱을 처음 실행 하였을 때 등록하는 데이터이고, 이 데이터는 관리자로부터 등록번호를 부여 받아야 한다. 스마트폰 앱에 등록된 정보와 도어 비콘 정보를 출입 인증 관리 서버에서 전송하였을 때 서버에서 사용자를 판단한다.

전송된 도어 비콘과 User Data를 서버 DB에 있는 데이터와 비교하여 도어락이 어떤 사용자에게 의해 개폐 되는지를 판단하게 된다. 이후 사용자가 일치한다면 출입 인증 관리 서버에서는 ThingPlug로 도어락의 잠금 해제 명령을 전송하고, ThingPlug로 전달된 명령은 LoRa 모듈을 통하여 명령이 수신되며, 도어락의 마이크로 컨트롤러인 아두이노를 통해 잠금 해제가 이루어진다. 사용자 데이터는 서버 DB에 출입 기록으로 저장하게 되고 저장된 출입 기록은 스마트폰 앱을 통해 실시간으로 확인이 가능하다.

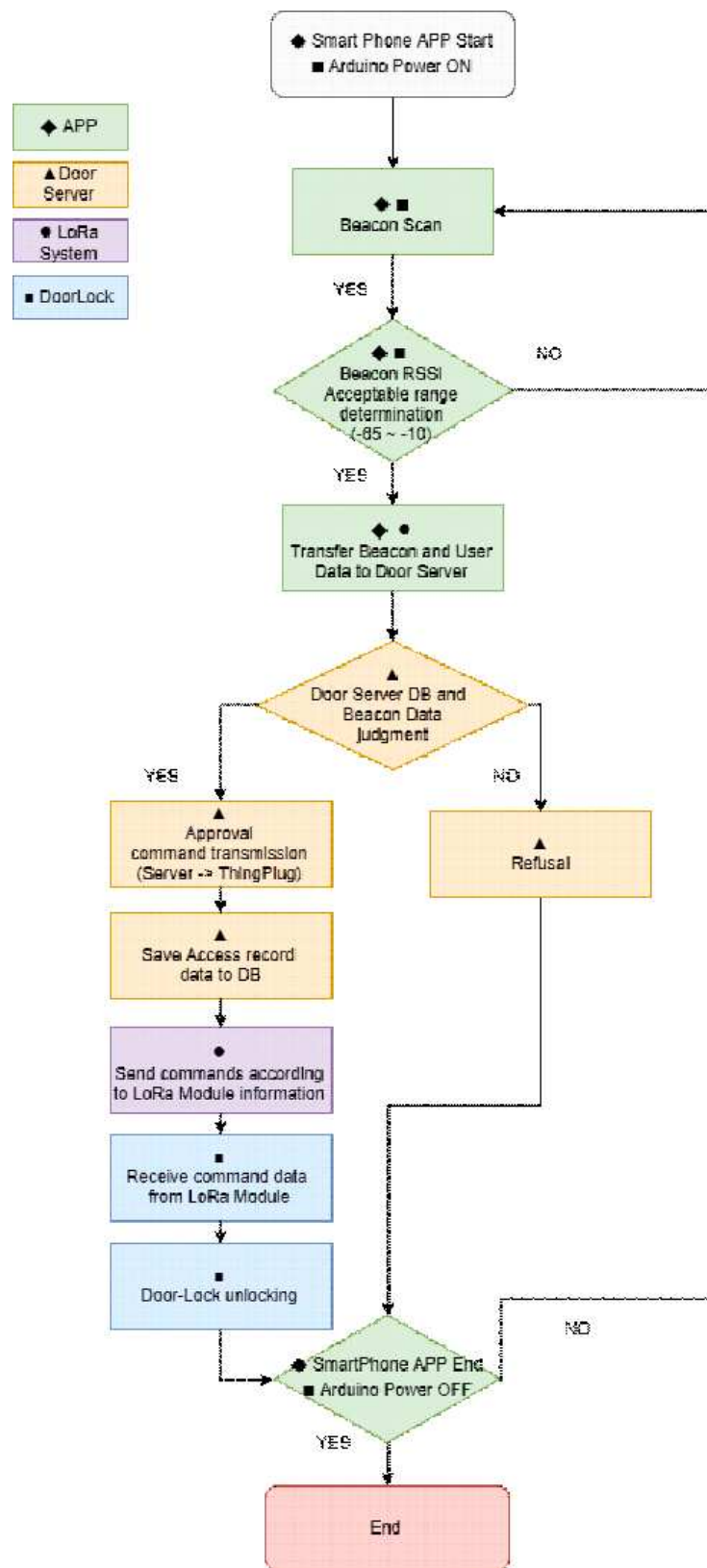


Fig. 32 Flowchart for door-lock system

제 5 장 결론

사물 인터넷이 빠르게 발전하면서, 다양한 사물 인터넷 기물이 생기고, 그로 인해 주변 상황에 따라 기기들이 사람의 편의성을 높여주고 있다.

본 논문에서는 이더넷 음영지역에 활용 가능한 스마트 도어락에 관한 연구를 제안하였다. 도어 시스템은 통신 프로토콜과 도어락의 ON/OFF를 제어하기 위해 아두이노를 사용하여 개발하였다. 도어 시스템의 무선 통신을 위해 LoRa 통신망을 활용하여 따로 공유기나 인터넷을 설치할 필요 없이 전국에서 통신이 가능하다.

도어 서버 시스템은 출입 인증, 사용자 출입 기록을 관리하기 위해 LoRa와 연결된 도어 서버 시스템을 개발하였다. 도어 서버 시스템을 통하여 출입 권한을 부여하거나, 앱을 통하여 출입 기록을 확인 할 수 있다.

유저 디바이스는 사용자의 접근을 판단하고 인증하기 위한 수단으로써 Bluetooth 4.0 기술을 가진 BLE Beacon을 활용하여 휴대용 비콘을 개발하였고, 모바일 플랫폼으로 안드로이드 OS를 사용하여 앱을 개발하였다. BLE Beacon을 활용한 이유는 Bluetooth 4.0버전부터 전력 소비를 최소화 하는 BLE 기술이 적용되어 저전력으로 오랫동안 사용이 가능하다. 또한 사용자가 이 공간에 있다는 것을 판별하기에 가장 적절하다 판단되어 BLE Beacon을 사용하였다. BLE Beacon을 활용함으로써 사용자가 직접 도어에 접촉 하거나 특별한 행동을 하지 않아도 도어락에 접근한 것을 판단 할 수 있다. 하지만 추가적으로 개발해야할 점으로 도어 시스템에 대한 저전력 회로 구성이 필요하다는 점과, 데이터베이스 암호화에 대해 연구가 필요할 것으로 보인다. 몇 가지 문제점을 해결한다면 본 연구는 이더넷 음영지역에서도 스마트 도어락을 사용할 수 있으며, 도어락만이 아닌 사물인터넷 제품을 다양한 장소에서 장치를 효과적으로 사용이 가능할 것이다.

참고 문헌

- [1] <https://lockitron.com>
- [2] <http://livehome.me/230>
- [3] <http://august.com>
- [4] Juha Petajarvi, Konstantin Mikhaylov, Antti Roivainen, Tuomo Hanninen(2015), "On the Coverage of LPWANs: Range Evaluation and Channel Attenuation Model for Lora technology," 14th ITST, pp.55-59
- [5] Mohamed Aref, Axel Sikora (2014), "Free Space Range Measurements with Semtech LoRa Technology," 2nd IEEE International Symposium on Wireless Systems within the Conferences on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems, pp. 19-23.
- [6] 임준영 외 3인 "실내·외 공간에서 거리에 따른 LoRa(Long Range) 성능 분석" 정보과학회 논문지. 2017, 제44권 제7호, 733-741
- [7] <https://netmanias.com/ko/?m=view&id=blog&no=12512>
- [8] "SK IoT-LoRa_Biz&Tech_conference", 2016
- [9] 허성무. 비콘과 오픈소스 하드웨어를 활용한 IoT 미아 찾기 시스템 개발. 석사학위논문, 한밭대학교 정보통신전문대학원 컴퓨터공학과, 2016
- [10] 이성원, 유제훈, 심귀보. 스마트 도어록 시스템을 위한 IoT 기반의 실시간 스트리밍 및 원격 제어. 한국지능시스템학회 논문지. 2015, 제25권 제6호, 565-570
- [11] 서대규, 고한신, 노용덕. 사물인터넷을 이용한 디지털 도어락, DDiT의 설계 및 구현. 한국정보과학회 컴퓨팅의 실제 논문집. 2015, 제21권 제3호, 215-222
- [12] 주홍은, 박재홍, 이창훈, 강동욱, 정재훈. NFC와 앱을 이용한 디지털 도어락. 한국기계가공학회 춘추계학술대회 논문집. 2015, 제4호, 191-191
- [13] 임지민, 김찬, 차원석, 한태문, 허규원, 송산근, 이상준. 얼굴 인식을 통한 신뢰성 있는 디지털 도어록 제어 시스템. 전기전자학회 논문지. 2013, 제17권

제4호, 499-504

[14] ThingPlug_API_Document_v1_61.pdf

[15] 정창용. 오픈소스 기반의 신제품디자인에 대한 연구 : 아두이노와 DIY용 전자부품을 이용한 스마트램프 디자인. 석사학위논문 홍익대학교 디자인콘텐츠대학원. 제품운송 디자인전공, 2015