



저전력 장거리 무선 기술을 이용한 스마트 도어락 시스템

강형규*, 변영철**, 강철웅***

A Smart Door Lock System Using Low-Power Long-Range Wireless Technology

Hyung-Kyu Kang*, Yung-Cheol Byun**, and Chul-Ung Kang***

이 논문은 2017년도 제주대학교 교원성과지원사업에 의하여 연구되었음

요 약

최근 스마트 홈 구현을 위한 많은 연구와 기술 개발이 이루어졌다. 또한 스마트 폰과 태블릿 PC의 보급으로 이를 다양한 방법으로 활용하여 실생활에 응용되고 있다. 모바일 기기를 이용한 접근 제어 시스템은 스마트 홈 구현을 위한 주요 요소 중 하나로 인식된다. 본 논문에서는 LoRa(Long Range) 무선 기술을 이용한 스마트 도어락 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 사용자 정보를 수집하고 도어 잠금 해제를 제어하는 도어 시스템, 사용자를 인증하고 사용자의 접근 정보를 기록하는 AAM(Access Authentication Management) 서버로 구성된다. 도어 시스템과 서버 사이의 통신은 LoRa 네트워크 환경 하에 이루어진다. 사용자에게 대한 정보가 서버에 등록되어 있지만 하면 스마트 기기를 이용하여 편리하게 출입문을 액세스할 수 있다.

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. In this paper, we propose a smart door lock system using LoRa (Long Range) wireless technologies. The proposed system consists of a door system that collects user information and controls door locking, and an AAM (Access Authentication Management) server that authenticates a user and records access information for the user. Authentication for access is performed by comparing acquired user's information and DB in the server. Therefore, a user can conveniently access a door with his/her smart phone as long as the user is registered in a server.

Keywords

access control, LoRa, IoT, arduino, beacon, door lock

* 제주대학교 메카트로닉스전공

- ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0418-5052>

** 제주대학교 컴퓨터공학과

- ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1107-9941>

*** 제주대학교 메카트로닉스전공 (교신저자)

- ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6297-7920>

· Received: Oct. 17, 2017, Revised: Jan. 22, 2018, Accepted: Jan. 25, 2018

· Corresponding Author: Chul-Ung Kang

Dept. of Mechatronics Engineering, 102, Jejudaehak-ro, Jeju-si, Jeju-do, Republic of Korea

Tel.: +82-64-754-3714, Email: cukang1116@gmail.com

1. 서 론

1.1 연구 배경 및 필요성

IoT 시대에 스마트 홈 구현을 위한 다양한 연구와 기술개발이 눈부시다. 또한 휴대가 간편한 스마트폰과 태블릿 PC가 보급 확대되면서 스마트 디바이스를 활용한 제품들이 실생활에서 다양하게 적용되고 있다. 스마트홈에 모바일 기기를 이용한 출입관리 시스템은 스마트 홈 구현에 있어서 중요한 요소 중 하나이다. 보안과 편리성 때문에 출입문 개폐장치에 스마트 디바이스를 이용하여 NFC나[1] QR 코드를 사용하는 사례들과 블루투스 4.0기술을 활용한 사례를 많이 찾아볼 수 있다.

첫 번째 사례로 락키트론(Lockitron)이라는 제품은 스마트폰을 사용하여 문을 열 수 있으며[2], 블루투스 4.0기술을 통해 스마트폰 사용자가 접근 하였을 때 문을 열어주는 기능도 탑재하고 있다. 또한 와이파이를 통한 스마트폰 알람 기능을 가지고 있다. 두 번째로 키보(Kevo)라는 제품에서는 사용자 인식을 위한 보조키 형태의 외부 장치가 설치 되어 있다[3]. 이 보조키를 터치하였을 때 주변의 출입권한을 가지고 있는 스마트폰 또는 태그를 검색하여 사용자를 인식한다. 세 번째로 어거스트(August)라는 기업에서는 키보 제품처럼 보조키 형태가 외부로 나와 있으며 무선 통신을 위해 기본적으로 블루투스와 와이파이 기능을 사용한다[4]. 특정 시간, 날짜 등을 관리자가 설정하여 사용자가 열 수 있는 권한을 줄 수도 있다.

제품화된 연구 사례 외에 몇 가지 연구 사례가 있다. 첫 번째로 얼굴 인식을 이용한 디지털 도어락 시스템으로 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 와이파이로 연결되어 있는 도어락으로 신호를 보내 문을 열도록 되어있다. 이미지를 판단하는데 있어 보안성이 높지만 주변 환경에 따라 정확한 추출이 어려울 수 있다[5]. 두 번째로 스마트 도어락 시스템을 위한

IoT 기반의 실시간 제어에 관한 연구로 라즈베리파이와 도어락을 연결하고 초음파 센서와 인체열감지 센서 그리고 카메라를 이용하여 문 앞에 서있을 경우 스마트폰 어플리케이션으로 푸시 알람이 전송된다. 그리고 가정 내의 와이파이를 연결하여 서버로 데이터 값을 업로드한다. 또한 스마트폰 어플리케이션을 통해 도어락을 제어할 수 있으며, 연결된 카메라를 통해 실시간 영상을 볼 수 있다[6].

이 사례들의 공통점으로 무선 통신을 위한 와이파이를 사용한다는 점이다. 와이파이를 사용하면서 공유기가 설치되어 있지 않을 경우 무선 인터넷 기능을 사용할 수 없고, 이더넷 서비스가 지원하고 있지 않은 장소에는 이더넷 인프라에 대한 문제를 해결해야한다. 본 논문에서는 사물인터넷 시스템의 데이터 통신에 특화된 이동통신기술인 LoRa(Long Range)를 활용하여 위와 같은 문제를 해결하고자 한다.

1.2 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 장치를 사용하기에 무리가 없는지 판단하기 위해 LoRa를 활용한 스마트 도어락 시스템을 구현하여 이를 검증하는데 목적을 둔다.

LoRa는 저전력, 저가 단말기, 낮은 구축 비용, 안정적인 커버리지의 조건을 충족하는 기술인 LPWAN에 포함되는 기술이다. LoRa의 성능에 관한 연구들은 LOS(Line of sight), N-LOS(Non-Line of sight)를 구분하지 않고 장거리, 단거리에서 LoRa 통신 실험 [7]과 패킷의 길이, 거리에 따른 LoRa 통신 실험이 진행되었다[8]. 이 성능 분석을 바탕으로 실·내외 LoRa 통신 성능을 분석한 연구[9]가 있었고 전반적인 성능은 격실에 존재함에도 불구하고 높은 수치를 보였으며, 성능은 허용 감도 내에서 거리가 멀어질수록 주변 환경의 영향이 크게 작용한다고 한다.

본 연구에서 개발한 스마트 도어락 시스템은 LoRa 모듈을 사용하여 출입인증관리 서버와 데이터 통신을 한다. LoRa 모듈을 사용하는 스마트 도어락 시스템은 이더넷 음영지역에서도 LoRa 기지국과 연

결만 된다면 무선으로 데이터 통신이 가능하다. 스마트 도어락 시스템은 사용자 정보 및 출입기록 관리를 위한 출입인증관리 서버, 사용자 도어락 디바이스(스마트폰 혹은 비콘을 탑재한 디바이스), 도어락으로 구성되어 있다. 도어락의 잠금해제 방법은 스마트폰을 사용하는 경우와 휴대용 비콘을 사용하는 경우를 디바이스의 특성 때문에 달리하고 있다. 스마트폰을 이용하는 경우 도어락에 탑재하고 있는 비콘에서 발신하는 정보를 스마트폰에서 수신하여 그 정보를 우선 출입인증관리 서버에 전송한다. 출입인증관리 서버는 스마트폰으로부터 전송된 정보가 출입인증관리 서버에 사전에 등록된 정보와 일치할 경우 LoRa 통신망을 통해 도어락의 잠금장치를 해제한다. 휴대용 비콘을 이용하는 경우는 비콘 정보를 도어락에서 수신하여 LoRa 통신망을 통해 출입인증관리 서버에 전송한다. 스마트폰과 도어락, 휴대용 비콘과 도어락 사이의 데이터는 블루투스 통신을 이용하고 있다. 본 논문은 총 4장으로 구성되어 있으며, 2장에서는 전체적인 시스템의 구조를 설명하였고, 3장에서 시스템을 구현하고 비콘을 활용하는 접근 제어 실험을 서술하였으며, 4장에서 결론을 서술하였다.

II. 제안하는 스마트 도어락 시스템

본 논문에서는 스마트 도어락 시스템을 개발하며 오픈소스 하드웨어인 아두이노(Arduino)를 사용하였다. 이더넷 서비스가 지원되지 않은 지역에서도 사용이 가능하도록 LoRa 통신망을 활용하였다. 또한 사용자가 도어락을 직접적으로 제어하는 절차를 없애고자 BLE 비콘을 사용하였다.

특정도로 도어락에서 사용자를 인증하지 않고, 인증 과정을 출입 인증 관리 서버에 할당하여 관리자가 출입 인증 관리 서버 관리자 웹페이지 등록 메뉴를 통해 출입자 정보 입력하면 사용자에게 도어락 코드를 전송하고, 코드 입력 후에는 특별한 등록 절차 없이 도어 출입이 가능하게 된다. 또한 인증 과정이 출입 인증 관리 서버에서 진행되므로 관리자가 출입자 정보를 삭제하면 자동적으로 출입에 제한이 된다. 그리고 이 시스템은 도어락을 개폐하

기 위한 수단으로 두 가지가 있다.

첫 번째는 스마트폰을 이용하는 방식(그림 1)으로 스마트폰 앱을 사용하여 도어락의 정보를 읽고, 출입자 정보와 도어락의 정보를 출입 인증 관리 서버와 전송하여 서버의 데이터베이스 데이터와 비교 후 도어락의 개폐가 진행된다.

두 번째로 휴대용 비콘을 활용한 방식(그림 2)이었다. 휴대용 비콘 방식은 스마트폰을 사용하기 힘든 장애인, 노인, 어린이와 혹은 방문자를 위해 개발하였다. 휴대용 비콘의 경우 특별한 경우이기 때문에 지정된 휴대용 비콘을 소지해야하며, 이 경우에도 출입 인증 관리 서버에서 데이터베이스 데이터와 비교를 하여 도어락의 개폐가 진행되는 것은 동일하다.

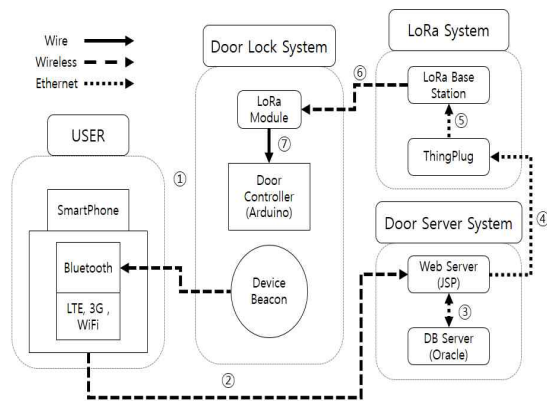


그림 1. 스마트 폰 키 시스템 구성도
Fig. 1. Diagram of a smart phone key system

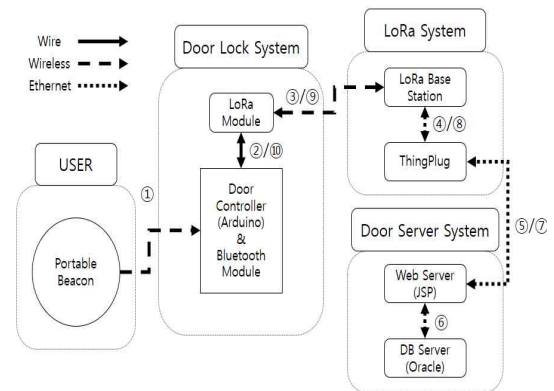


그림 2. 비콘 키 시스템 구성도
Fig. 2. Diagram for a beacon key system

III. 스마트 도어락 시스템 구현 및 실험

3.1 도어 시스템

도어 시스템(그림 3)은 오픈소스 하드웨어인 아두이노로 개발되었다. 오픈소스 하드웨어이기 때문에 프로토타입을 개발하는데 있어 시간을 줄일 수 있었으며, 다양한 아두이노 보드와 쉘드가 존재하기 때문에 하드웨어를 구성하는데 이점이 있어 아두이노로 개발을 하였다[10]-[12].

프로토타입 쉘드에 구성된 회로는 도어락을 제어하기 위한 모터 드라이버 IC칩으로 모터를 제어하였다. 도어의 열림과 닫힘을 감지하기 위한 감지용 스위치로 구성되어 있다. 통신을 하기 위한 모듈로 블루투스 모듈과 LoRa 통신 모듈이 탑재되어 있다. 블루투스 모듈은 주변의 휴대용 비콘을 인식하여, 비콘의 Mac Address와 RSSI(Received Signal Strength Indicator) 값 정보를 수신한다[13]. 블루투스 모듈을 통하여 수신된 정보를 LoRa 통신 모듈을 통해 출입 인증 관리 서버로 전송하도록 설계되어 있다. LoRa는 사물인터넷(IoT, Internet of Things) 기술로 저전력 광대역 네트워크(LPWAN, Low Power Wide Area Network)에 적용되는 기술이다[14].

도어락 전면 장치에 BLE 비콘이 내장되어 있다. BLE 비콘은 전송속도를 높이는데 집중한 블루투스 3.0과 달리 4.0버전부터 전력 소비를 최소화 하는 BLE 기술이 적용되어 있다. 이러한 기술을 사용함으로써 비콘의 배터리를 교체하는 주기가 1~2년 정도로 굉장히 길어지게 된다[15]. BLE 비콘은 출입자가 도어락을 인식할 수 있도록 신호를 발생시키며 대기하고 있다. 출입권한을 가지고 있는 스마트폰 사용자가 도어락 주변에 접근하였을 때, 앱에서 BLE 비콘의 정보를 수신하고, 일정 RSSI 신호 값 범위 안으로 조건이 성립하면 출입 인증 관리 서버로 처음에 등록된 도어락 코드와 사용자 정보, 수신된 비콘 데이터를 전송하게 된다. 그리고 비콘 데이터를 수신하는데 있어 전면에 장치가 되어있기 때문에 내부에서는 신호를 받는다 하여도 비콘의 신호 세기가 약하게 들어오게 되면서, 외부에서 사용자가 문 앞에 대기 중인지 판단이 가능하다.

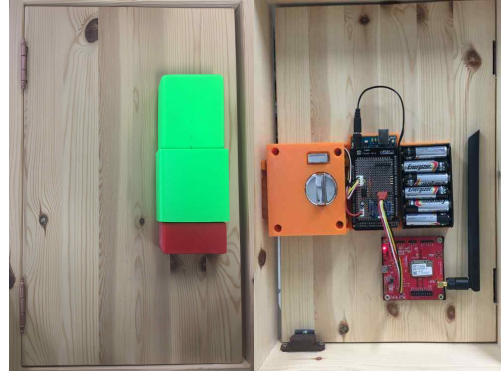


그림 3. 제안하는 스마트 도어락 시스템
Fig. 3. Proposed smart door lock system

```

LoRa Connection Check...
RX1CH Open: freq 922100000, SF 12, BW 0, TO 25, RXC 0
OnRadioRxDone: MType: FRAME_TYPE_JOIN_ACCEPT / Ver: 0
OnRadioRxDone: ADR: OFF, ADDRACKReq 0, ACK 0, Fpending 0, FoptsLen 0, Fcnt 0, P 32
Join is completed
LoRa Connection Check Complete
Server Data Request...

RX2CH Open: freq 921900000, SF 12, BW 0, TO 25, RXC 1
PreRX1CH Open: freq 922300000, SF 12, BW 0, TO 25, RXC 0
SEND : Freq: 923300000 DR: 0 PWR: 0
DataReport : addrrequest
RX2CH Open: freq 921900000, SF 12, BW 0, TO 25, RXC 1
RX1CH Open: freq 923300000, SF 12, BW 0, TO 25, RXC 0
    
```

그림 4. LoRa 연결 로그 데이터
Fig. 4. Log data of the LoRa connection

도어락 시스템이 부팅이 되었을 때 그림 4는 LoRa 통신망을 통해 서버로 인식할 수 있는 비콘의 정보를 요청하는 과정의 로그 정보이다.

다음 로그에서 'RX1CH Open'과 'OnRadioRxDone'은 로라 디바이스와 기지국이 통신하는 정보를 보여주며, 'Join is completed'는 기지국과 연결이 성공하였을 때 뜨는 로그 메시지이다. 그리고 'DataReport'는 전송하는 데이터를 나타낸다. 여기서 LoRa 통신망을 통해 전송되는 데이터는 대용량의 데이터는 힘들기 때문에 소량의 데이터로 통신한다.

3.2 도어 서버 시스템

도어 서버 시스템은 사용자의 인증과 데이터를 축적하기 위해 존재하는 시스템이다. 출입 인증 관리 서버는 JSP로 제작된 오픈 소스 웹 서버(Apache HTTP Server)를 사용하였으며, 데이터베이스의 경우 오라클(Oracle) 데이터베이스를 사용하였다.

스마트폰에서 출입 인증 관리 서버로 도어락 정보와 사용자 정보가 전송이 되었을 때 전송된 정보를 바탕으로 출입 인증 관리 서버에서 데이터베이스 데이터와 비교하여 출입 권한이 있는 사용자인지 판단하게 된다. 여기서 출입 권한이 있을 경우엔 LoRa 시스템에서 ThingPlug를 통하여 다시 도어 시스템으로 잠금 해제 명령을 전달하고 이와 동시에 출입자의 정보를 데이터베이스에 저장하여 스마트폰으로 실시간 확인이 가능하다.

또한 사용자 인증을 서버에서 인증하기 때문에 관리자의 경우 출입자의 정보를 알고 있을 때 그림 5와 같은 관리자 웹페이지를 통해 미리 등록하여 출입자의 불편함을 줄일 수 있다. 관리자 웹페이지에는 스마트폰, 휴대용 비콘, 도어락을 각각 등록할 수 있는 페이지가 있다.

또한 사용자 인증을 서버에서 인증하기 때문에 관리자의 경우 출입자의 정보를 을 각각 등록할 수 있는 페이지가 있다.알고 있을 때 그림 5와 같은 관리자 웹페이지를 통해 미리 등록하여 출입자의 불편함을 줄일 수 있다. 관리자 웹페이지에는 스마트폰, 휴대용 비콘, 도어락

3.3 도어 개체 플로우차트

그림 6은 스마트폰 앱과 휴대용 비콘을 이용하여 도어락을 출입하게 될 때 플로우차트를 그린 것이다.

먼저 스마트폰 앱의 경우 앱을 실행하면 주변 비콘 스캔을 시작한다. 비콘을 스캔하면서 도어락에 내장된 BLE 비콘이 인식되었을 때 해당 BLE 비콘의 RSSI 값이 -65~-10의 값을 가질 때 출입 인증 관리 서버로 데이터를 전송하게 하였다. 휴대용 비콘의 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. 여기서 RSSI 값이 -65~-10인 이유는 사용자가 문 앞에 접근한 상태여야 하기 때문에 테스트를 통하여 얻은 RSSI 값이다. 이때의 사용자의 거리는 약 0.5 ~ 1m 정도이며, 범위 안에 들어왔을 때 출입 인증 관리 서버로 비콘 및 사용자 데이터를 서버로 전송하게 된다.

사용자 데이터는 앱을 처음 실행 하였을 때 등록하는 데이터이고, 이 데이터는 출입 인증 관리 서버로부터 등록코드를 부여 받아야 한다. 이 몇 가지 코드와 정보들이 출입 인증 관리 서버에서 사용자를 판단하고 데이터베이스에 저장되는 데이터이다.

전송된 비콘과 사용자 데이터를 오라클 데이터베이스에 있는 데이터와 비교하여 도어락이 어떤 사용자에게 의해 개폐 되는지를 판단하게 된다. 이후 사용자가 일치한다면 출입 인증 관리 서버에서는 ThingPlug로 도어락의 잠금 해제 명령을 전달하고, 사용자 데이터를 데이터베이스에 출입 기록으로 저장하게 된다. 저장된 출입 기록은 스마트폰 앱을 통해 실시간으로 확인이 가능하다.

ThingPlug로 전달된 명령은 LoRa 모듈을 통하여 명령이 수신되고, 도어락의 마이크로 컨트롤러인 아두이노를 통해 잠금 해제가 이루어진다.

3.4 사용 환경에 따른 비콘 인식 실험

이 실험은 비콘을 인식하는데 도어의 접근하였을 때 제어를 하기위해 필요한 적절한 신호세기의 기준 값을 찾고, 인식 시간을 측정하여 비콘 인식의 신뢰성을 확보하기 위한 것이다. 즉 그림 6에서 기준이 되는 RSSI 값은 아래 실험에서 얻어진 결과를 바탕으로 결정하였다. 실험은 비콘을 각각 0.5m, 1m, 1.5m, 2.0m 거리에서 1000회씩 측정한 RSSI의 평균 그래프이며 실험은 3가지 조건에서 실험을 하였다.

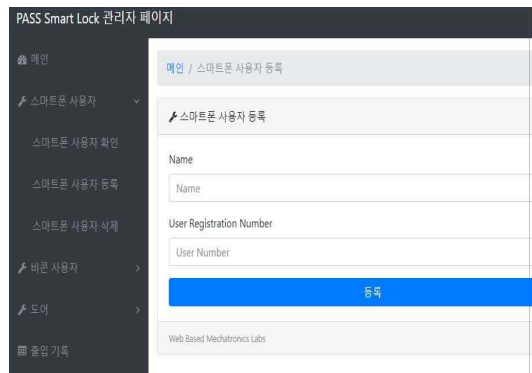


그림 5. 관리자 웹페이지
Fig. 5. Admin web page

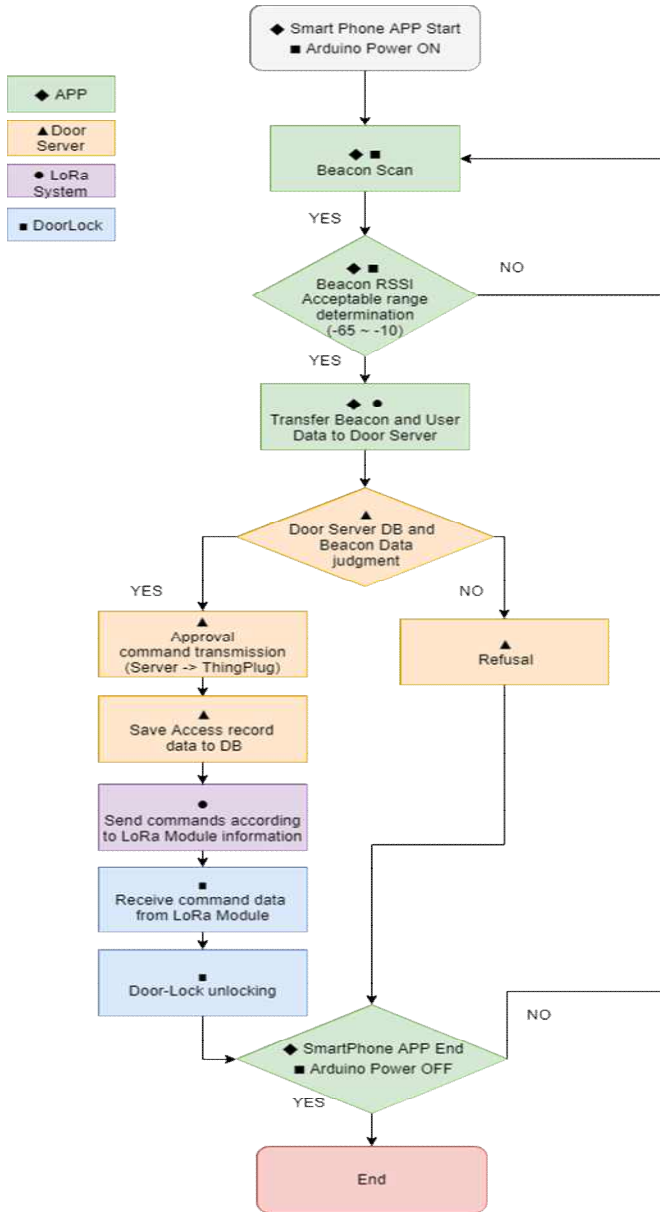


그림 6. 도어 개폐 플로우차트
Fig. 6. Flowchart for unlocking a door

첫 번째로 노이즈가 최대한 없는 환경에서 비콘을 단일로 배치한 상태에서 각 거리별로 측정하였다. 두 번째는 노이즈를 발생시키기 위해 다른 종류의 비콘 10개를 0 ~ 2m까지 분산 시켜 배치를 한 상태에서 각 거리별로 특정한 비콘을 인식하게 하였다. 세 번째는 두 번째와 마찬가지로 다른 종류의 비콘을 10개를 사용하였고, 특정한 비콘 주위에 비

콘을 밀집시켜 배치하여 실험하였다.

그림 7은 각 실험 결과의 RSSI의 평균치를 그래프로 나타낸 것이다. 각 거리에 따라 RSSI의 값이 줄어드는 현상은 당연한 현상이었지만, 하나의 비콘을 단일로 측정했을 때와 주변 노이즈 환경을 구성하였을 때와의 차이가 거의 없었다.

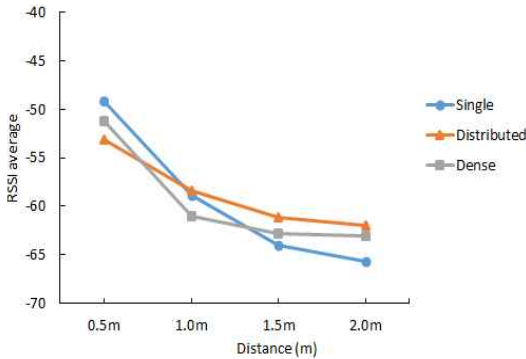


그림 7. 거리에 따른 비콘 RSSI 그래프
Fig. 7. Beacon RSSI graph with distance

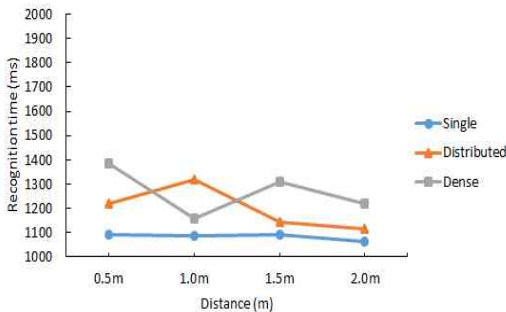


그림 8. 거리에 따른 비콘 응답 시간 그래프
Fig. 8. Beacon response time graph with distance

그림 8은 각 실험 결과의 평균을 나타낸 것이다. 그래프에서 보았을 때 거리에 따른 응답 시간을 큰 변화가 없었다. 실험 2, 3 방법과 같이 인위적으로 노이즈 환경을 만들었을 때 응답시간이 실험 1 방법에서보다 길어졌으나 최대 응답시간이 1500ms 이내로 접근제어 방식을 통해 도어락을 개폐하는데 문제가 없음을 확인하였다.

IV. 결 론

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

본 논문에서는 BLE 비콘과 LoRa를 활용한 스마트 도어락 시스템을 제안하였다. 도어 시스템의 무선 통신을 위해 이더넷 기반의 통신을 대체하여 LoRa 통신망을 활용하였다. 이를 통해 이더넷 음영 지역에서도 무선 통신이 가능하다.

본 연구는 LoRa를 활용하여 주로 농촌과 같은 이더넷 음영지역의 무인 시설에서 스마트 제품을 사용하기에 무리가 없는지 검증하기 위해 스마트 도어락 시스템을 활용하였다.

그 결과 대용량 데이터를 전송하는 경우가 아닌 소량의 데이터로 기기를 제어할 수 있는 경우엔 기존 이더넷 통신과 유사하게 사용이 가능하며, 스마트 도어락 시스템의 경우 도어락과 스마트폰만 있으면 어느 곳이든 설치가 가능하기 때문에 다양한 장소에서 장치를 효과적으로 사용이 가능할 것이다.

References

- [1] Dong-Hyun Kim and Chae-Hoon Ban, "The Design and Implementation of a Door-Lock System using a smart phone on Near Field Communication environments", Korea institute of electronic communication science, Journal of KIECS, Vol. 10, No. 11, pp. 1217-1223, 11, 2015
- [2] <https://lockitron.com/> [Accessed: Sep. 08. 2017]
- [3] <http://livehome.me/230> [Accessed: Sep. 08 2017]
- [4] <http://august.com/> [Accessed: Sep. 08. 2017]
- [5] Jimin Lim, Chan Kim, Wonsuk Cha, Taemoon Han, Guewon Huh, Sanggeun Song, and Sangjun Lee, "Reliable Digital Door Lock Control System using Face Recognition", Institute of Korea electrical and electronics engineers, Journal of IEEE Korea Council, Vol. 17, No. 4, pp. 499-504, 12, 2013.
- [6] Sung-Won Lee, Je-Hun Yu. and Kwee-Bo Sim, "Real-time Streaming and Remote Control for the Smart Door-Lock System based on Internet of Things", Korean institute of intelligent systems, Journal of KIIS, Vol. 25, No. 6, pp. 565-570, 12, 2015.
- [7] Juha Petajajarvi, Konstantin Mikhaylov, Antti Roivainen, and Tuomo Hanninen, "On the Coverage of LPWANs: Range Evaluation and Channel Attenuation Model for Lora technology", 14th ITST, pp. 55-59, 12, 2015.

[8] Mohamed Aref and Axel Sikora, "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, Journal of KIISE, pp. 19-23, 11, 2014.

[9] Junyeong Lim, Jaemin Lee, Donghyun Kim, and Jongdeok Kim, "Performance Analysis of LoRa(Long Range) according to the Distances in Indoor and Outdoor Spaces", Korean institute of information scientists and engineers, Journal of KIISE, Vol. 44, No. 7, pp. 733-741, 7, 2017.

[10] Se-Hoon Lee, Byeong-Gi Lee, Soon-Chan Lee, and Deung-Hoon Lee, "Design of Context-awareness Smart Digital DoorLock based on Open Source Hardware", Korea society of computer information, Summer academic conference, Vol. 22, No. 2, pp. 5-8, 7, 2014.

[11] Dae Gyu Seo, Han Shin Ko, and Yong Deok Noh, "Design and Implementation of Digital Door Lock by IoT", Korean institute of information scientists and engineers, Transactions on Computing Practices, Vol. 21, No. 3, pp. 215-222, 1, 2015.

[12] <https://www.arduino.cc/> [Accessed: Sep. 08. 2017]

[13] Jun-Tae Park, Jin-Min Seo, and Dong-Woo Lee, "Wireless doorlock system with advanced security option", Korean Institute of Information Technology, Summer academic conference, Vol. 2015, No. 6, pp. 317-319, 6, 2015.

[14] <https://lora.skitiot.com/api/common/file/download?fileId=00EH6H24OM4G0618148B>, 2016. [Accessed: Sep. 08. 2017]

[15] Heo Sung Moo, "Development of IoT Searching System for lost Children by utilizing Beacons and Open Source Hardware", Hanbat national university Graduate School of Information and Communications Computer Engineering 8, pp. 1-40, 5, 2016.

저자소개

강 형 규 (Hyung-Kyu Kang)



2016년 : 제주대학교
 메카트로닉스공학과 공학사
 2016년 ~ 현재 : 제주대학교
 메카트로닉스공학과 석사과정
 관심분야 : 메카트로닉스, 임베디드
 소프트웨어, 사물인터넷(IoT)

변 영 철 (Yung-Cheol Byun)



1995년 : 연세대학교 컴퓨터과학과
 석사
 2001년 : 연세대학교 컴퓨터공학과
 박사
 2002년 ~ 현재 : 제주대학교
 컴퓨터공학과 교수
 관심분야 : 패턴인식, 지능형
 시스템, 유비쿼터스 컴퓨팅, 머신러닝

강 철 응 (Chul-Ung Kang)



1996년 : 나가사키대학 (공학석사)
 2001년 : 나가사키대학 (공학박사)
 2001년 ~ 현재 : 제주대학교
 메카트로닉스공학전공 교수
 관심분야 : 메카트로닉스,
 전기전자공학, 의공학