



LoRa 모듈을 이용한 GPS기반 무선 분실 방지 시스템 구현

고준혁·한동균·이세라·박하연·김동희

강원대학교 전기전자공학부 전자통신공학전공

Implementation of GPS-based Wireless Loss Prevention System using the LoRa Module

Jun-Hyeok Ko · Dong-Kyun Han · Se-Ra Lee · Ha-Yeon Park · Dong-Hoi Kim

Department of Electronic Communication Engineering, Kangwon national University, Chuncheon, Korea

[요 약]

블루투스 통신을 이용한 분실 방지기는 짧은 통신거리를 가지기 때문에 일정한 거리를 벗어나면 분실물의 위치를 알 수 없다는 단점을 가지고 있다. 기존 분실 방지기의 단점을 극복하기 위하여 본 논문에서는 상대적으로 긴 통신거리를 가지는 LoRa 통신과 위치 추적을 위한 통신료가 필요 없는 GPS 기반 무선 분실 방지 시스템을 제안한다. 제안하는 분실 방지기는 원격 제어 애플리케이션을 스마트폰에서 실행하여 Lora 통신을 이용해 분실 방지기의 장거리 GPS 좌표 정보를 구글 지도상에서 확인할 수 있는 시스템이다. 구현된 제안시스템의 성능 평가를 위해 개활지, 실내, 실내-실외에서 데이터 송수신 실험을 진행하였고 실험 결과는 제안된 시스템이 장거리에서도 성능이 우수함을 확인하였다.

[Abstract]

As the loss prevention system using bluetooth has a short communication range, it has a problem which its location is not known if it is strayed out of a certain distance. To overcome shortcoming of such an existing loss prevention system, this paper proposes a GPS-based wireless loss prevention system without communication fee using the LoRa Communication with a long distance. The proposed system performs a remote control application on the smart-phone and then is able to get a long-distance GPS coordinates about the location of the loss prevention system on the google map. For performance evaluation of the implemented proposed system, the experiments for transmitting and receiving data are done in open terrain, indoor and outdoor areas and the experiment results identified the superiority of the proposed system in the long-distance.

색인어 : 로라, 분실방지, GPS, 원격 제어 애플리케이션, 블루투스

Key word : LoRa, Loss Prevention, GPS, Remote Control Application, Bluetooth

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2017.18.4.761>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 10 July 2017; Revised 18 July 2017

Accepted 28 July 2017

*Corresponding Author; Dong-Hoi Kim

Tel: +82-033-250-6349

E-mail: donghk@kangwon.ac.kr

I. 서론

누구나 한 번쯤은 소지품을 잃어버린 경험이 있을 것이다. 실외에서는 물론이고 심지어는 집 안에서 리모콘, 열쇠고리, 휴대폰 등을 잃어버리는 경우도 존재한다. 이와 같은 분실물 발생 문제를 해결하기 위해 ‘분실 방지’ 혹은 ‘위치 추적’ 시스템을 탑재한 단말기가 시중에 판매되고 있다. 시중 대부분의 분실 방지기는 블루투스 통신을 이용하여, 통신거리가 10m 내외인 블루투스 연결이 끊기면 알림을 주는 방식을 사용한다. 하지만 10m 반경 밖의 모든 공간이 분실물의 존재 가능성이 있으므로, 분실 방지기의 위치를 찾아내는 것은 매우 어려우며, 이는 분실 방지기의 역할을 수행하는데 걸림돌이 된다[1][2].

이러한 블루투스 기반 분실 방지기의 단점 개선을 위한 제품들 또한 출시되고 있는데, SK텔레콤에서 출시된 GPS 기반의 분실 방지기 ‘키코’를 예로 들 수 있다. 키코는 GPS 좌표를 사용자에게 전달하기 위해 자사의 통신망을 이용한다. 넓은 커버리지를 사용할 수 있다는 장점이 있지만 통신망 이용을 위해 기기 값과는 별도로 불가피하게 통신비가 요구된다[3].

위 두 가지의 제품의 단점들을 보완하기 위해 본 논문에서는 Short-Range Network인 Wi-Fi나 Bluetooth보다 통신 범위가 넓고 Cellular Network보다 가격이 저렴한 LoRa 통신을 이용하는 1대1 통신 기반의 분실 방지 시스템을 제안한다. 사용하는 LoRa 모듈은 기기 간 최대 무선 통신거리가 약 1km이고, 별도의 통신비가 필요하지 않다는 장점을 가진다. 제안하는 분실 방지 시스템은 LoRa 모듈 간의 무선 통신으로 GPS 좌표를 사용자에게 전달한다. 전달받은 GPS 좌표를 스마트폰 애플리케이션으로 구글맵에 입력하여 GPS 송신 장치의 위치 파악을 위한 정보를 제공한다. 또한 RSSI와 SNR 등의 값을 제공하여 데이터의 신뢰성을 높이고자 한다.

본 논문의 II장에서는 기존에 시중에 출시된 분실 방지기를 설명하고, III장에서는 LoRa 통신과 GPS 기반의 새롭게 제안하는 분실 방지기를 소개하며, IV장에서는 본 논문에서 제안된 방식과 기존 방식의 성능 분석 결과를 제시하고, 마지막 V장에서 결론을 맺는다.

II. 기존의 분실 방지기

2-1 기존 블루투스 기반 분실 방지기

그림 2는 블루투스 기반 분실 방지기의 동작 방식이다. 블루투스는 Master와 Slave로 역할을 나누어 동작하는데, 통상적으로 Inquiry(검색)와 Page(연결 요청)를 하는 쪽을 Master라고 정의하고, Inquiry Scan(검색 대기) 및 Page Scan(연결 대기)를 하는 쪽을 Slave라고 한다. Master가 주변의 Slave를 찾으면, Slave는 그에 응답하여 자신의 정보를 Master에 보내고, Slave의 정보가 Master와 일치하면 상호 연결이 이루어져 데이터 전송이 가능해진다. 분실 방지기에서는 스마트폰이 Master의 역할을

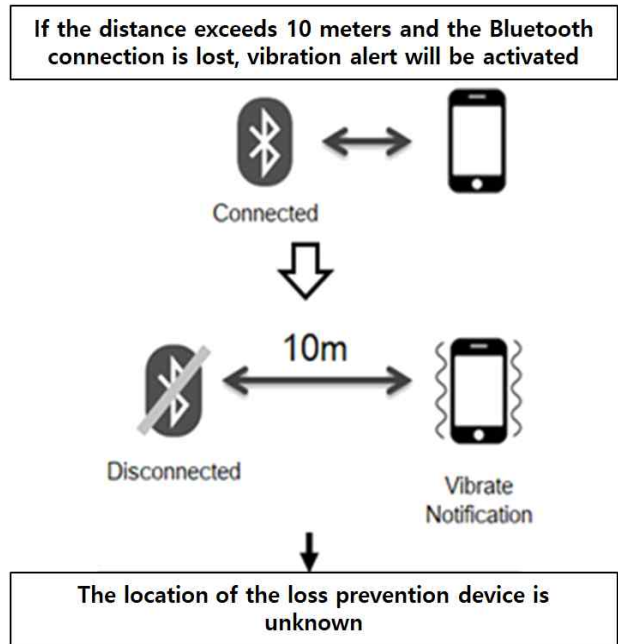


그림 1. 블루투스 통신을 이용한 분실 방지기와 문제점
 Fig. 1. Loss prevention using bluetooth and its problem

하고 분실 방지 단말이 Slaver 역할을 한다. 그림 2 하단과 같이 사용자의 스마트폰과 분실 방지기 사이의 거리가 멀어져 페어링이 끊기면, 진동으로 알림을 주는 방식이다. 통신거리가 약 10m인 블루투스 통신을 이용하는 방식은 단지 10m이상의 거리로 물건이 이탈했음을 알려 줄 수 있을 뿐 10m밖의 거리에 어느 곳에 위치해 있는지 찾는 데에는 도움을 주지 못한다.

2-2 기존 LoRa 기반 분실 방지기

기존 블루투스 기반 분실 방지기의 단점을 개선하기 위해 SK텔레콤은 GPS 기반 안심 지킴이 ‘키코’를 출시하였다. 키코는 SK텔레콤의 IoT 전용 LoRa 네트워크를 사용하는 무선기기로서 키코 애플리케이션을 사용하여 스마트폰과 연동하여 사용하는 분실 방지 시스템이다. 자사의 망을 사용하여 넓은 커버리지에서 위치 추적이 가능하다는 장점이 있다. 하지만 기기 값과 별도로 통신비를 요구한다. 키코 이외에도 SK텔레콤의 LoRa 네트워크를 빌려 사용하는 스파코사의 Gper이 존재하며 키코와 같이 GPS기반 위치추적 서비스를 제공하고, 별도의 요금을 청구한다[4].

III. 제안하는 LoRa통신을 이용한 GPS기반 분실 방지기

3-1 LoRa 통신의 소개

LoRa는 Long Range의 약자로 LoRa 통신의 가장 두드러지는 특이인 긴 통신거리를 표현한다. 통신 구조는 스타 토폴로

지 기반의 Aloha 프로토콜 방식을 채택하고 전파 도달 거리는 최대 20km이고, 통신 속도는 0.3kbps에서 50kbps 사이이다. 속도와 전송 시간 등을 고려하여 주로 2km의 범위를 사용한다. 또 다른 특징으로는 Low Energy, 다중 센서 기능, 암호화를 들 수 있으며 안전한 양방향 통신과 이동성을 제공한다[5]. LoRa는 LTE-M, LTE NB-IoT와 비교하여 비면허 대역에서 운영이 가능하고 표준화가 완료되었다[6].

그림 2는 LoRa와 Short-Range Network, Cellular Network와의 차이점을 보여준다. LoRa는 Short-Range Network보다 데이터 전송률은 낮지만, 통신거리가 길고, Cellular Network보다 데이터 전송률은 낮지만, 통신거리가 비슷하고, 가격이 저렴하다. 이는 LoRa 통신이 저전력 장거리 전송에 유리하여 IoT 산업에 적합한 방식이라고 볼 수 있다[7].

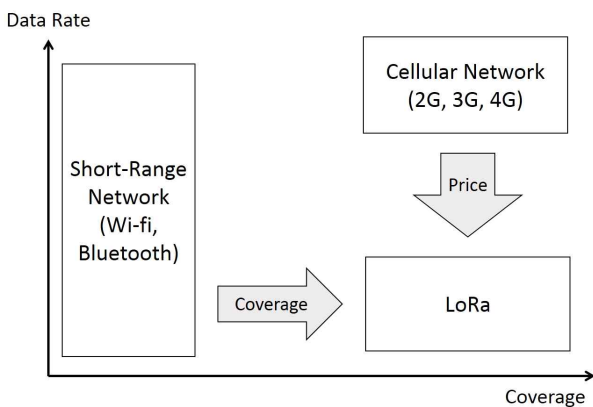


그림 2. LoRa와 다른 네트워크의 차이점
Fig. 2. Differences between LoRa and other networks

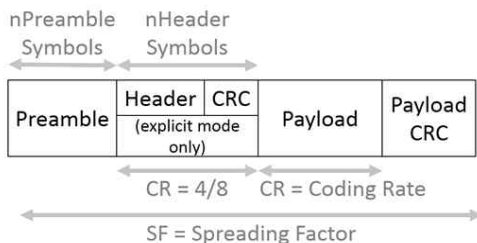


그림 3. LoRa 패킷 구조
Fig. 3. LoRa packet structure

LoRa의 패킷 구조는 그림 3과 같이 Preamble, Header, Payload로 구성되어 있다. 이는 방대한 데이터 전송량이 요구되지 않고, 저전력으로 장거리 통신이 필요한 사물인터넷에 유용하게 사용되며, 분실 방지에 적합한 통신 방식이 될 것이다 [8]. Preamble은 수신 데이터 흐름과 수신기를 동기화 하는데 사용된다. 기본적으로 패킷은 12 Symbol로 구성되지만 가변적이다. 수신기는 주기적으로 재시작하는 Preamble 검출 프로세

스를 수행하는데 이 때문에 송신기와 수신기의 Preamble의 길이는 동일하게 구성되어야 한다.

Header는 Explicit Mode와 Implicit Mode로 나뉘는데 Explicit Mode는 Payload의 길이, 오류 정정률, Payload CRC의 존재여부와 같은 Payload에 대한 정보를 제공한다. Implicit Mode에서는 Header가 패킷에서 제거되는데 Payload의 길이, 오류 정정률 및 Payload CRC의 존재 여부는 송수신부 양쪽에 수동으로 구성되어야 한다. Payload는 실제 데이터가 포함된 가변 길이의 필드이고 선택적으로 Payload CRC가 추가 될 수 있다. Spreading Factor는 비트 개수 관점에서 원래의 데이터 비트가 몇 개의 비트 열로 확산되는지에 대한 확산률이다. Coding Rate는 수식 1과 같이 부호화 시, 실제 정보 비트가 어느 정도 포함될 수 있는지를 나타낸다[9][10].

$$Coding Rate = (\text{실제 정보비트길이}) \div (\text{부호화된부호어길이}) \quad (1)$$

3-2 LoRa 통신을 이용한 GPS 기반 분실 방지기 구현

기존 블루투스 기반 분실 방지기의 위치를 찾을 수 없다는 문제점을 보완하기 위해 본 논문에서는 2개의 LoRa 통신 모듈을 이용하여 GPS 값을 교환하는 분실 방지기 시스템을 제안한다. 그림 4는 제안하는 분실 방지 시스템의 시퀀스 다이어그램이다. 분실 방지 단말인 GPS 수신부가 GPS 수신모듈을 통해 GPS 좌표 값을 받고, LoRa 통신모듈을 이용해 블루투스 통신부에 GPS 좌표 값을 전달한다. 통신부와 사용자 스마트폰 간의 블루투스 연결이 되어 있으면 통신부는 사용자에게 GPS 좌표를 전달한다. 전달받은 GPS 좌표는 사용자의 스마트폰에서 구글맵을 통해 분실 방지기의 위치를 나타내는 데에 사용한다.

그림 5는 그림 4의 시퀀스 다이어그램을 바탕으로 그린 구조도이다. GPS 수신부 Arduino 보드위에 LoRa 통신 모듈과 GPS 수신 모듈을 연결해 사용한다. 통신부는 GPS 값을 전달받기 위한 LoRa 통신 모듈과 다시 스마트폰에 그 값을 중계하기 위한 블루투스 모듈로 구성 되어 있다. 사용자는 안드로이드 스마트폰을 통해 애플리케이션을 사용할 수 있다.

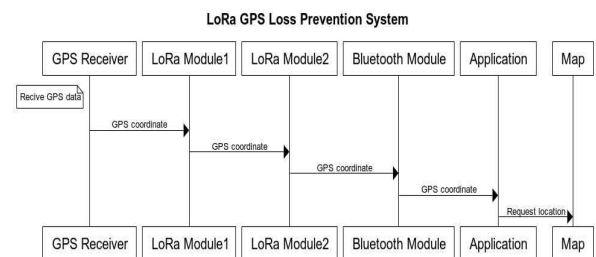


그림 4. 제안하는 분실 방지기의 시퀀스 다이어그램
Fig. 4. Sequence diagram of proposed loss prevention system

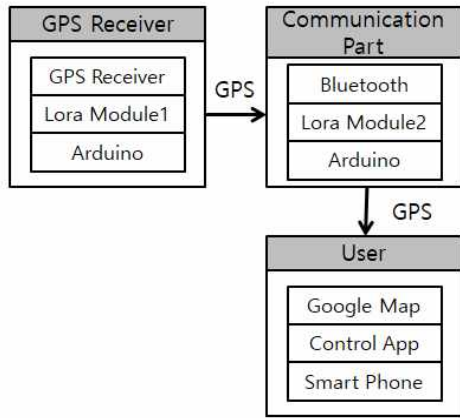


그림 5. 제안하는 분실 방지기의 구조도
 Fig. 5. structure chart of proposed loss prevention system

IV. 구현결과 및 실험

4-1 하드웨어 구현

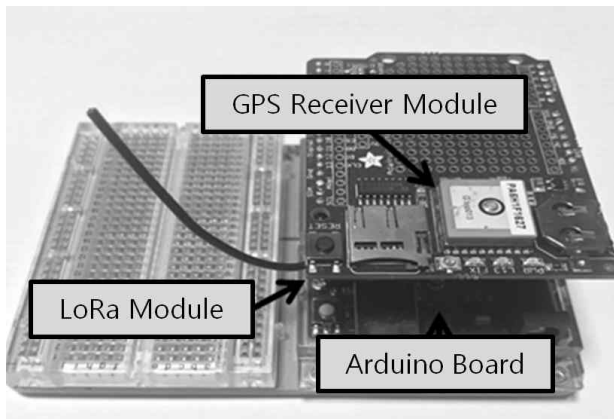


그림 6. 제안하는 분실 방지기의 GPS 수신부
 Fig. 6. Proposed loss prevention GPS receiver

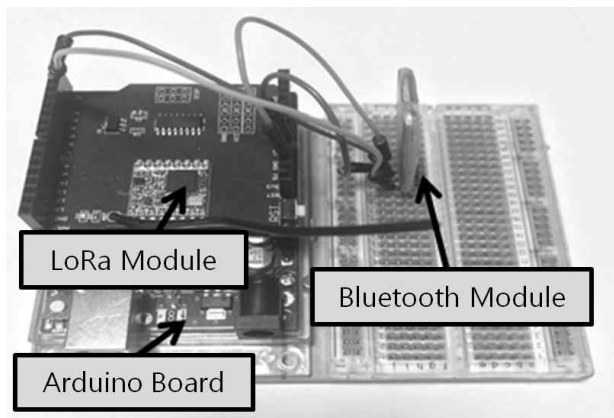


그림 7. 제안하는 분실 방지기의 통신부
 Fig. 7. Proposed loss prevention communication part

그림 6,7은 제안하는 분실 방지기의 하드웨어이다. GPS 수신부는 Arduino 보드, LoRa 모듈, GPS 수신기로 이루어져있으며, 통신부는 Arduino 보드, LoRa 모듈, 블루투스 모듈로 이루어져있다. 각각의 모듈 제어를 위한 마이크로프로세서로 Arduino를 사용한다. 하드웨어단에서는 GPS수신과 LoRa모듈 간의 정보 교환이 주를 이룬다. 사전에 설정한 시간 간격(본 논문에서는 실험을 위해 5초 간격으로 GPS 값을 수신했다.)마다 GPS 정보를 수신하면 수신부에서 데이터를 파싱하여 위도, 경도 값을 추출하여 LoRa 모듈을 통해 통신부로 전달한다. 통신부에서 위도, 경도 값을 수신하면 다시 블루투스 통신을 통해 스마트폰으로 값을 전달한다. 그림 8은 위의 과정을 순서도로 나타낸 것이다.

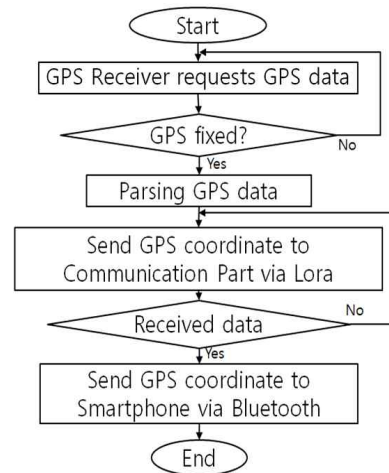


그림 8. 제안하는 분실 방지기의 하드웨어 순서도
 Fig. 8. Flowchart of proposed loss prevention system

4-2 애플리케이션 구현

그림 9 는 제안하는 분실 방지기의 원격 제어 애플리케이션을 스마트폰에서 실행한 화면이다. 애플리케이션은 MIT App Inventor2로 개발하였으며, Designer Editor로 디스플레이 되어질 화면을 디자인하고, Block Editor로 Designer Editor에서 디자인한 컴포넌트 요소들이 동작하도록 구현하였다.[11] Disconnected와 Connected로 현재 블루투스 페어링 상태를 나타내며, ‘Disconnected’ 버튼을 누르면 그림 우상단의 블루투스 통신을 위해 페어링이 가능한 장치들의 목록에서 연결하고자 하는 기기를 선택하여 페어링 한다. 목록에서 블루투스 통신 모듈 ‘HC-06’을 확인 할 수 있다. 페어링이 된 후 통신부에서 GPS 좌표를 성공적으로 받아오면 Received coordinate 하단에 위도, 경도가 나타난다. ‘지도보기’ 버튼을 누르면 구글맵으로 화면이 전환되어 해당 GPS 좌표의 Marker가 구글맵 상에 표시된다.

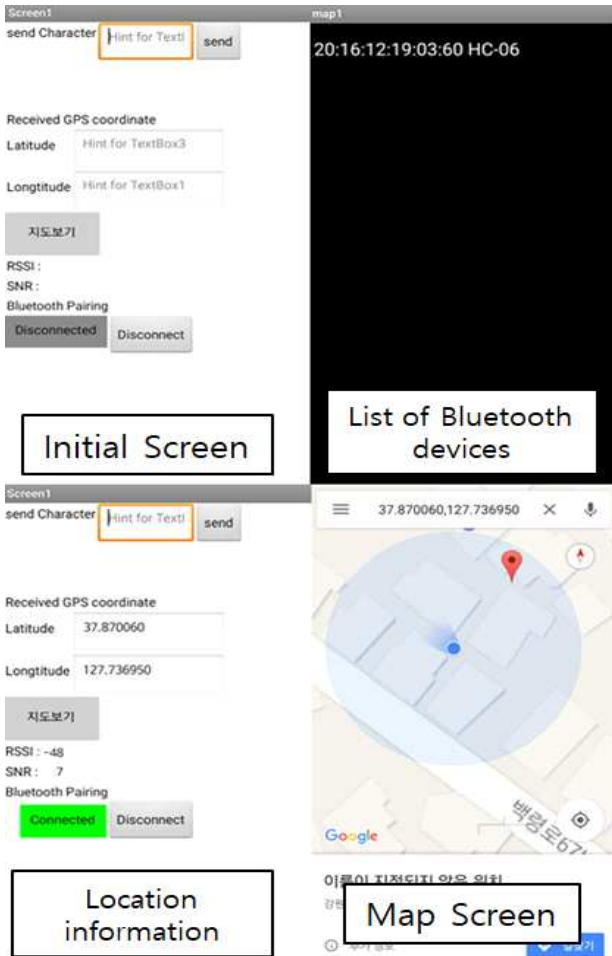


그림 9. 분실 방지기 원격 제어 애플리케이션
 Fig. 9. Loss prevention remote control application

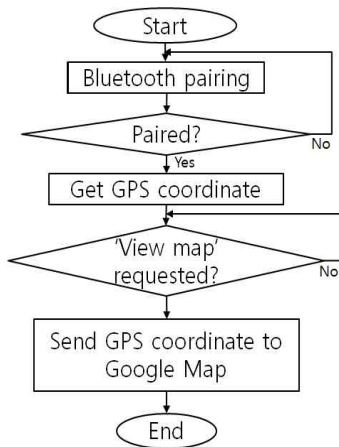


그림 10. 제안하는 분실 방지기의 애플리케이션 순서도
 Fig. 10. Flowchart of proposed loss prevention application

그림 10은 본 논문에서 제안하는 분실 방지기의 애플리케이션 부분의 순서도이다.

4-3 성능평가

표 1. 성능 평가를 위한 case 구분

Table. 1. Cases for performance evaluation

Option	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
Band Width (kHz)	125	500	31.25	125
Coding Rate	4/5	4/5	4/8	4/8
Spreading Factor (chips/symbol)	128	128	512	4096
bps	5468.75	21875	274.66	183.11
Payload Length	8	8	8	8
Transmit Power	20	20	20	20
CRC	Yes	Yes	Yes	Yes

본 논문에서는 제안하는 분실 방지기의 통신 성능을 평가하기 위해 다음 3 가지의 시나리오에서 실험을 진행하였다. 시나리오 1은 개활지(400m 트랙의 운동장), 시나리오 2는 실내(건물의 옥상과 다른 층), 시나리오 3은 실내-실외(건물 내부와 외부)이다. 통신 모듈 제조사의 LoRa 모뎀 계산기 툴의 권장 범위에 하에 통신거리와 속도, GPS 송신에 요구되는 전송 속도에 따라 표 1과 같이 Case 1, Case 2, Case 3, Case 4로 구분하여 각각 실험을 진행하였다. 성능 평가를 위한 지표로 RSSI와 SNR을 측정하였다.

$$RSSI = 10 \times \log \frac{P_{RX}}{P_{Ref}}, [RSSI] = dBm \quad (2)$$

$$SNR = 10 \log \left[\frac{v_s^2(rms)}{v_n^2(rms)} \right] = 20 \log \left[\frac{v_s(rms)}{v_n(rms)} \right] \quad dB \quad (3)$$

RSSI(Received Signal Strength Indicator)는 수식 2와 같이 계산되며, 확인할 수 있는 수신 전파 신호의 세기이며 단위는 dBm으로 나타낸다. 수식 3으로 계산되는 SNR은 신호 대 잡음 비로, 잡음의 영향을 나타낸 척도이다. 정보가 실린 신호 레벨이 잡음 레벨에 비해 얼마나 높은 전력레벨을 가지는 지에 대한 정도이다. 단위는 dB로 나타낸다[12]. 그림 11은 LoRa Modem Calculator이다. Spreading Factor와 Coding Rate는 3-1의 그림 3에서 설명한 것과 같고, Bandwidth는 신호가 차지하는 주파수의 범위(폭)이며, 정보를 실을 수 있는 능력에 비례하다. 표1의 값을 입력하면 예상 통신 속도인 Equivalent Bit Rate 값을 얻게 된다.

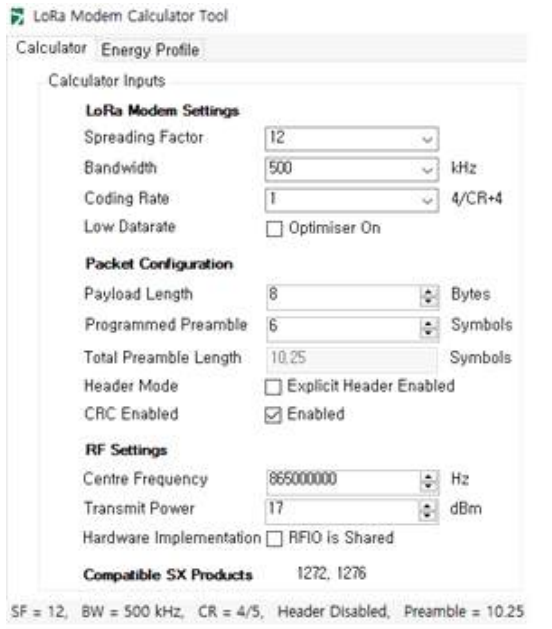


그림 11. LoRa 모뎀 계산기 설정 부분
 Fig. 11. LoRa modem calculator setting part

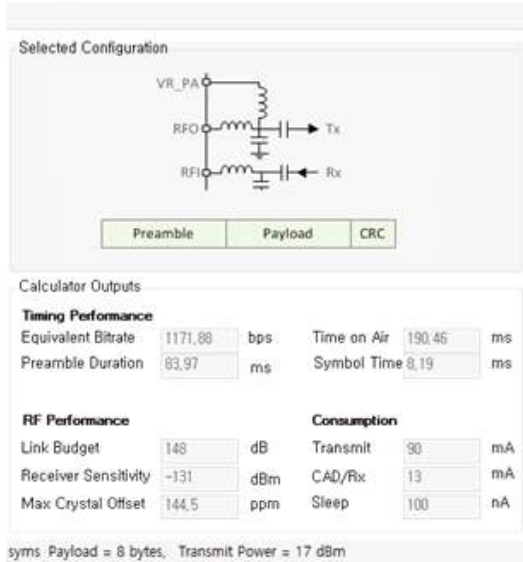


그림 12. LoRa 모뎀 계산기 시뮬레이션 부분
 Fig. 12. LoRa modem calculator simulation part

그림 13와 표 2는 시나리오 1에 대한 실험 결과이다. 4 가지의 Case에서 GPS 수신부와 통신부 사이의 거리가 멀어질수록 RSSI 값이 감소했으며, Case 3의 경우 최대 통신거리가 가장 길었다.

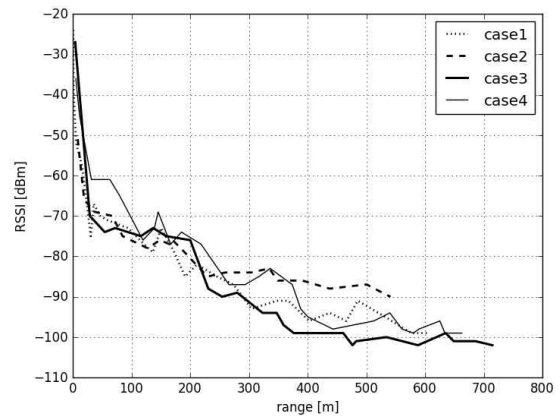


그림 13. 시나리오 1 거리-RSSI 비교
 Fig. 13. Scenario 1 distance-RSSI comparison

표 2. 시나리오 1의 case별 성능 비교
 Table. 2. Scenario 1 performance comparison by case

Category	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
Maximum communication distance(m)	610	550	720	660
RSSI	-88	-100	-110	-100

그림 14와 그림 15은 시나리오 2에 대한 실험 결과이다. GPS 수신기를 옥상(6)층에 올려둔 상태에서 한 층씩 내려가면서 실험을 진행하였다. 그림에서 0층은 실외의 환경을 의미한다. 실험은 각층마다 10회씩 측정하였고 그림은 각 case에서의 평균 값을 의미한다. 4가지의 Case에서 GPS 수신부와 통신부 사이의 거리가 멀어질수록 RSSI 값과 SNR 값이 감소하였다. 다만 통신부가 실외에 있을 경우 통신 장애물이 없어, 같은 높이의 실내에 통신부가 있을 경우보다 훨씬 높은 SNR 값을 얻을 수 있었다. Case 간의 RSSI 차이는 큰 특징을 보이지 못했으나, SNR의 경우 상대적으로 Case 1과 Case 3에서 높은 값을 보였다. Case 4의 경우 10회 측정 중 3회만 성공적으로 수신이 되었다. 개활지에서 보여준 장거리 성능에 비해 실내 통신 성능이 부족한 면을 가졌다.

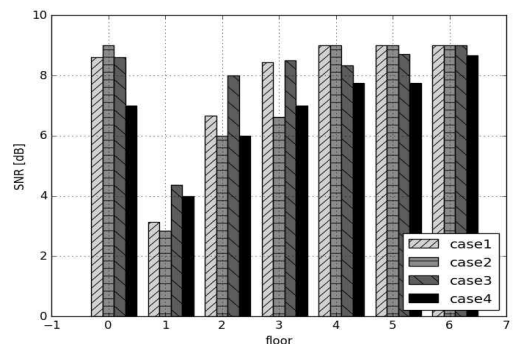


그림 14. 시나리오 2 층간 SNR 비교
 Fig. 14. Scenario 2 SNR comparison by floor

V. 결 론

기존의 분실 방지기는 블루투스를 사용하여 10m 내외의 통신범위를 가지며, 해당 범위를 벗어날 경우 분실방지기의 위치를 찾기란 어려운 일이다. 이러한 단점을 극복하기 위해서 본 논문에서는 LoRa 통신을 이용해 GPS 좌표를 전달하는 분실 방지 시스템을 제안하고, 구현하였다. 본 논문에서 제안하는 분실 방지 시스템은 최대 통신거리 720m로 기존의 블루투스를 이용한 분실 방지기보다 긴 통신거리를 가진다. 하지만 통신사가 망과 같이 넓은 커버리지를 확보하지는 못한다는 한계가 존재한다. 그러나 별도의 통신비를 지불하지 않고도 도보로 이동하는 수준의 환경에서 구글 맵과 GPS 좌표로 보다 정확한 위치를 파악할 수 있다. 또한 저전력 통신으로 잦은 배터리의 충전이 필요가 없다는 장점을 가진다. 향후에는 애플리케이션을 이용해 사용자의 스마트 폰에서 GPS 수신부에서 소리나 불빛 알람을 제어하도록 한다면, 사용자가 분실 방지기를 찾을 때 더 용이할 것이다. 또한 지오펜싱 기술을 통해 설정 범위를 벗어났을 경우의 알림을 줄 수 있고, 여러 개의 통신부를 두어 상호 통신을 한다면 통신거리를 몇 배로 늘릴 수도 있을 것이다.

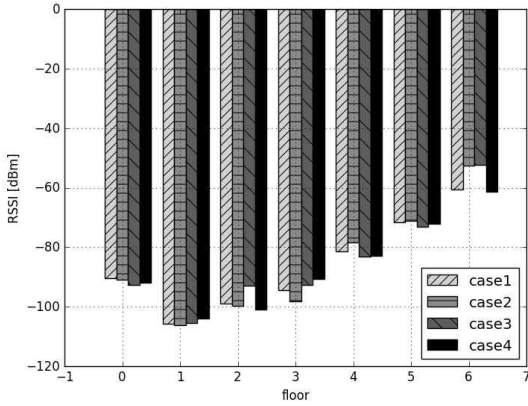


그림 15. 시나리오 2 층간 RSSI 비교
 Fig. 15. Scenario 2 RSSI comparison by floor

그림 16과 표 3은 시나리오 3에 대한 실험 결과이다. 4 가지의 Case에서 GPS 수신부와 통신부 사이의 거리가 멀어질수록 장애물도 많아져, RSSI 값이 감소할 때의 감소폭 또한 시나리오 1에 비해 큰 것을 확인하였다. 시나리오 3에서는 Case 3의 통신거리가 가장 길었다. 위의 3가지 시나리오에 대한 4 가지의 Case를 비교하였을 때, 본 논문에서는 제안한 분실 방지 시스템이 Case 2와 같은 빠른 통신 속도를 요구하지 않으므로 통신거리가 가장 길고 통신성능이 준수한 Case 3을 채택하였다.

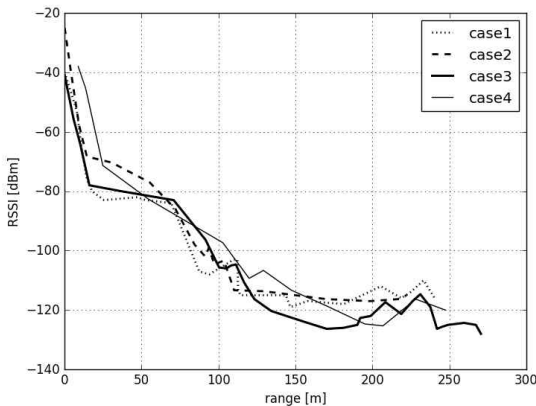


그림 16. 시나리오 3 거리-RSSI 비교
 Fig. 16. Scenario 3 distance-RSSI comparison

표 3. 시나리오 3의 case별 성능 비교

Table. 3. Scenario 3 performance comparison by case

Category	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
Maximum communication distance(m)	240	220	280	250
RSSI	-118	-115	-128	-102

참고문헌

- [1] Soo-Hyeon Lim, Ki-Hoon Kim, Hyung-Seok Kim, Dong-Jin Yoo, Seong-Hyeok Kang, SangJin Kim, Young-Jin Goh, "Loss-Prevention System Using Bluetooth Communication", *The Korean Institute of Electrical Engineers Conference Proceedings*, Gwangju, pp. 103-104, 2016-11.
- [2] Jae-seong Noh, Seong-chan Son "Performance Analysis of Short Range High Speed Wireless Data Communication System" *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 7, No.3, pp. 139-145, Sep 2006.
- [3] Our family's peace of mind KEYCO GPS location reminder [Internet]. Available: <http://mykeyco.com>
- [4] Gper collects position via GPS [Internet]. Available: http://www.gper.me/ko/index.php#section_usecase
- [5] Tae-Jun.Park, "LPWA IoT Network Technology Trends" *Electronics and Telecommunications Trends*, Vol. 32, No.1, pp. 46-53, Feb 2017.
- [6] Deuknyeong Ko, "Low Power Wide Area Technology Trend for Internet of Small things", *OSIA S&TR Journal*, Vol.29, No.3, pp.8-13, Sep 2016.
- [7] Low Throughput Devices which are Ultra Low Coast and Low Power Consumption [Internet]. Available: <https://loro.sktiot.com/introduction/technology/main.do>
- [8] HOPERF ELECTRONIC, RFM95/96/97/98(W) - Low Power Long Range Transceiver Module, HOPERF ELECTRONIC: China, pp. 26.
- [9] Glossary of ICT. Coding rate [Internet]. Available:

http://www.ktword.co.kr/abbr_view.php?m_temp1=3202&m_search=coding+rate

- [10] Jun-Yeong Lim, Jae-Min Lee, Dong-Hyun Kim, Jong-Deok Kim, "Performance Analysis of LoRa(Long Range) according to the Distance in indoor and outdoor space", *Korea Information Science Society 2016 Winter Conference, Pyeongchang*, pp.933-935, Dec 2016.
- [11] David Wolber, Hal Abelson, Ellen Spertus, Liz Looney, "App Inventor 2", *Hanbitacademy*, pp.98-151, 2015.
- [12] Glossary of ICT. SNR Signal Noise Ratio [Internet]. Available:http://www.ktword.co.kr/abbr_view.php?m_temp1=1214&m_search=snr

박하연(Ha-Yeon Park)



2014년 ~ 현재: 강원대학교 IT대학 전기 전자공학부 전자통신학과 재학

※관심분야: 이동통신 및 무선 네트워크 등

김동희(Dong-Hoi Kim)



2005년 : 고려대학교 전파공학과 (공학박사)

1989년 1월 ~ 1997년 1월 : 삼성전자 전임연구원
2000년 8월 ~ 2005년 8월 : 한국전자통신연구원 선임연구원
2006년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 IT대학 전기전자공학부 전자통신학과 교수
※관심분야: 이동통신 및 무선 네트워크 등

고준혁(Jun-Hyeok ko)



2014년 ~ 현재: 강원대학교 IT대학 전기 전자공학부 전자통신학과 재학

※관심분야: 무선네트워크 및 사물인터넷(IoT) 등

한동균(Dong-Kyun Han)



2014년 ~ 현재: 강원대학교 IT대학 전기 전자공학부 전자통신학과 재학

※관심분야: 뇌-기계인터페이스(BMI) 및 인공지능 등

이세라(Se-Ra Lee)



2014년 ~ 현재: 강원대학교 IT대학 전기전자공학부 전자통신학과 재학

※관심분야: 무선 이동통신 및 로봇 등