

LoRa 기반의 치매환자를 위한 안전관리시스템

정재호, 김홍준, 최민철, 이보경*

한국산업기술대학교

{vhok74, tkdlqm2, tmxk4197} @kpu.ac.kr, bklee@kpu.ac.kr*

LoRa-based Safety Management System for Alzheimer's Patient

Jaeho Jung, Hongjoon Kim, Mincheol Choi, Bo Kyung Lee*

KOREA POLYTECHNIC UNIVERSITY

요 약

치매노인 실종문제를 해결하기 위해 최근 사물인터넷 기반의 배회감지기 제품들이 많이 나오고 있지만 기존 제품들은 8시간마다 충전이 필요하고 이동통신망을 사용하기 때문에 통신비를 지불해야한다. 본 논문에서는 저전력 장거리 무선통신 기술인 LoRa 통신을 이용하여 자체적인 시스템을 구축하고 기존 제품들의 단점들을 보완하는 안전관리시스템을 제안한다. 치매노인에게서 전송되는 위치정보를 스마트폰의 구글지도를 통해 실시간으로 확인할 수 있을 뿐만 아니라 심박수와 운동량 측정 기능을 통해 건강을 주기적으로 점검할 수 있는 기능을 추가하였다. 해당 시스템은 GPS 센서, 심박 센서 그리고 가속도 센서를 이용해 부가적인 정보를 제공하도록 구현하다. 또한 본 논문에서 구현한 시스템을 이용하여 LoRa 망이 지원하는 데이터 커버리지를 측정하여 기존의 망 보다 넓은 커버리지를 지원하는 것을 분석하였다.

1. 서론

지난해 치매환자의 수가 70만명을 넘어선 것으로 추정된다. 고령화 시대로 접어들면서 노인들의 수는 점차 증가하고 노인 10명 중 1명이 치매환자로 12분당 1명씩 발생한다. 매년 100여건 이상의 치매 노인 실종 신고가 접수되고 실종 신고가 들어오면 많은 경찰인력이 투입되어 수색에 나선다.[1] 빠르면 한시간 이내로 발견되지만, 실종 후 일주일의 수색 끝에 발견이 되는 경우도 있고, 끝내 숨진 채로 발견되는 안타까운 경우도 많다. 이러한 문제를 해결하기 위해 치매노인 실종시에 신속하게 위치를 파악할 수 있는 IoT 기반 배회감지시스템이 개발되고 있다. 시중에 나와있는 배회감지기 제품들은 대부분 이동통신망을 이용하여 치매노인의 위치 정보를 송수신 하기 때문에 넓은 커버리지를 가진다는 장점이 있다. 하지만 통신망 이용에 대한 이용요금이 발생하고 8시간마다 충전해야 한다는 불편함이 있으며, 자신이 치매라는 것을 인정하기 싫어 해당 배회감지기 제품을 착용하는 것을 거부하는 사람들도 있다. 따라서 전국 치매 환자 24만명 가운데 배회감지기 이용자는 3천6백명 정도로 1.3%에 불과하다.[2]

본 논문에서는 이러한 단점을 개선하기 위해 저전력으로 장시간 사용이 가능하고 장거리 통신이 가능한 LoRa 기반 배회감지 기능을 갖는 안전관리시스템을 제안한다. 해당 시스템은 LoRa 모듈 간의 무선통신 거리가 약 1.2km이고, 기존 이동통신사망을 사용하지 않고 자체적인 시스템을 사용하기 때문에 통신비가 들지 않

는다. 본 시스템은 위치 정보뿐 만 아니라 심박수 측정 기능을 통해 환자의 상태를 주기적으로 확인 가능하고 일정 기간동안 움직인 횟수를 통해 운동량을 측정하여 환자의 건강 상태를 관리할 수 있다. 보호자는 이러한 정보들을 스마트폰으로 전달받아 실시간으로 치매환자의 상황을 알 수 있다. 2장에서는 기존 배회 감지시스템에 대하여 설명하고 3장에서는 본 논문에서 제안한 치매환자를 위한 안전관리시스템에 대한 소개와 제안한 시스템을 활용하여 데이터의 커버리지를 측정하고 분석한다. 마지막 4장에서는 결론 및 향후 연구 방향을 제시한다.

2. 관련 연구

2.1 기존 배회감지시스템

17년 8월부터 경찰청은 SK 하이닉스와 배회감지기 무상보급 업무협약을 맺고, 상습 실종 치매노인 1 만명에게 무상보급을 시작하였다. 그림 1 은 SK 하이닉스에서 개발한 배회감지기 제품이다.



그림 1. SK 하이닉스의 배회감지기 제품

정부는 이를 통해 실종노인에 대한 정부의 적극적 지원을 확대했으며 배회감지기 도입으로 인한 치매노인 발견에 소요되는 시간이 크게 단축되었다.[3]

하지만 이러한 긍정적인 결과와는 반대로 배회감지기 보급률과 이용률은 매우 저조한 상황이다. 무상보급은 노인장기요양보험 등급을 받은 환자에게만 대여의 우선권이 주어지고 그렇지 못한 사람들에게는 이용에 대한 비용이 들게 된다. 또한 대여를 받기 위해서는 지원의뢰서, 배회감지기 계약서 사본, 통장계좌 사본 등의 첨부서류를 메일로 등록하여 신청해야 한다. 배회감지기 지원 기간은 1년으로 기기 대여비와 통신비가 지원되며 1년 후 부터는 기기 값과 통신비를 지불해야 한다. 만약 지원기간 동안 기기를 분실할 시 약 20만원의 분실비용을 내야 한다.[4]

정부의 무상보급 제품 이외에도 LoRa망을 사용하는 배회감지기 제품도 많이 개발되고 있다. SPACOSA사의 Gper, AT-패킷 등이 있다. 이 제품들은 기존 단순 구매비용과 통신비 이용요금만 지불하면 사용 가능하다. 무상 보급되는 제품들과는 달리 복잡한 사용절차가 없어 편리하다는 장점이 있다. 하지만 10만원 상당의 기기 값과 장시간 사용을 위해 보조배터리를 별도로 구매할 경우 30만원이 넘어가는 비용이 발생한다. 또한 기기 값과 별도로 매달 SK의 LoRa 통신망 사용에 대한 비용을 지불해야 한다.[5]

2.2 LoRa(Long Range)[6]

LoRa는 다양한 특징을 가지는 새로운 무선통신 기술이다. 저전력으로 장시간 사용이 가능하며 개발자 가이드에 따르면 10km이상 장거리 통신이 가능하다고 한다. 또한 다중 센서 기능을 가짐으로써, 노드에 여러 개의 센서를 부착해 사용이 가능하다.

최근 모든 사물을 인터넷에 연동시켜 사물들 간에 데이터를 전송하는 사물인터넷 기술이 다양한 분야에 적용되고 있다. 배회감지기도 그러한 사물인터넷 기반의 서비스 중 하나로 기존 블루투스나 지그비 같은 무선통신기술보다 통신범위가 넓고 장시간 경량 데이터를 전송할 수 있는 저전력의 장거리 무선통신 기술인 LoRa를 사용하면 더 나은 성능을 제공할 수 있다.

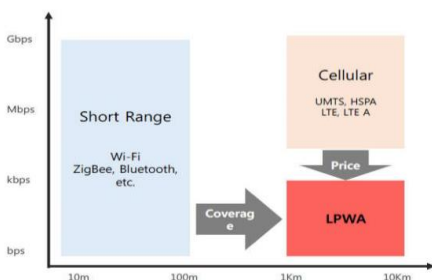


그림 2. LoRa 통신 특징

그림 2는 각 무선통신별 특징을 보여준다. 짧은 통신거리를 가지고 있는 와이파이, 지그비, 블루투스는 데이터 전송률이 큰 대신 짧은 커버리지를 가지고 있다. 셀룰러 통신은 높은 커버리지와 데이터 전송률을 보유하지만 이동통신망을 사용하는 것이기 때문에 높은 통신비가 발생한다. 이에 반해 LoRa 통신은 높은 커버리지와 저전력이라는 특징이 있기 때문에 위치 값이나, 센서 값 같은 경량데이터를 사용함에 있어 IoT에 최적화된 기술이다.

3. 구현시스템

3.1 시스템 구성도

본 논문에서 구현한 치매환자를 위한 안전관리시스템은 센서들로 구성된 감지시스템과 게이트웨이, 네트워크 서버 및 웹 서버로 구성된다. 치매환자로부터 수신되는 정보들이 게이트웨이와 네트워크 서버를 거쳐 웹 서버로 전송되고 최종적으로 클라이언트는 스마트폰으로 해당 정보를 확인할 수 있다. 감지시스템에는 심박 센서와 가속도 센서, GPS모듈이 동작되고 있으며 치매환자의 위치 값과 함께 현재 환자의 심박수와 활동량이 LoRa 통신을 통해 게이트웨이를 거쳐 네트워크 서버로 전송된다. 네트워크 서버에서는 게이트웨이로부터 전송되는 모든 데이터들을 관리하고 최종적으로 웹 서버를 통해 클라이언트의 스마트폰에 치매환자의 정보를 전송한다.

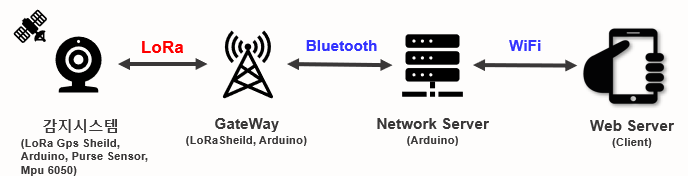


그림 3. 통합 시스템 구성

3.2 세부 기능

안전관리시스템은 감지시스템, 게이트웨이, 네트워크 서버, 클라이언트로 구성되며 구성 요소 별 세부 기능은 다음과 같다. 치매노인에 부착된 감지시스템에는 총 3가지의 센서 모듈이 필요하다. 우선 LoRa Shield에 부착된 GPS 모듈을 사용하여 위치 값을 수신 받는다. 심박 센서에는 가운데 LED에서 밝은 녹색의 빛이 나오며 바로 아래 반사되는 빛을 감지하는 센서가 있다. 심장박동시 혈류가 증가하게 되면 반사되는 빛의 양이 줄어든다는 점을 이용하여 심박수를 측정한다. 또한 MPU 6050 가속도 센서를 이용하여 운동량을 측정할 수 있다. 해당 센서는 6축 가속도/자이로 센서라고 불리며 가속도 3축, 자이로 2축, 온도 1축을 구성한다. 가속도 축과 자이로 축을 이용하여 센서의 흔들림 변화를 측정한다.

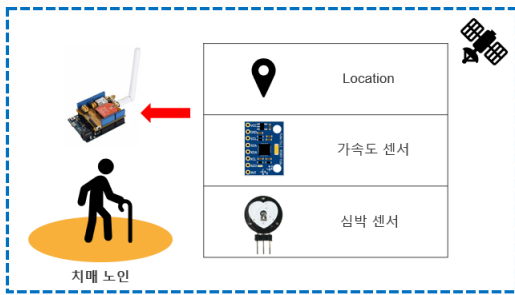


그림 4. 감지시스템 부착 센서

최종적으로 3가지의 기능(위치 값, 심박수, 흔들림 변화량)이 치매환자로부터 측정되면 해당 데이터는 LoRa 통신을 통해 게이트웨이로 전달된다. 게이트웨이는 LoRa Shield로 구성되어 있으며 감지시스템에서 전송되는 데이터를 수신 받는다. 위치 값(위도, 경도)값은 그대로 네트워크 서버로 전송을 한다. 심박수는 클라이언트 단에서의 오버헤드를 줄이기 위해 1분 동안 측정되는 심박수의 평균치를 계산하여 네트워크 서버로 전송한다. 마지막으로 가속도의 변화량인 AcX , AcY , AcZ 의 값을 절대치로 합산하여 그 값이 800이상 출력될 경우 움직임이 한번 발생하였다고 판단하였고, 그 즉시 네트워크 서버로 활동량을 전송한다. 네트워크 서버는 여러 게이트웨이로부터 수신 받은 데이터를 최종적으로 종합하여 웹 서버를 통해 클라이언트에게 위치 값과 계산된 평균 심박수, 마지막으로 활동량을 송신한다. 클라이언트는 수신 받은 데이터를 스마트폰으로 확인하여 환자의 정보를 확인한다. 그림 5는 안전관리시스템의 시스템 제어 흐름도를 나타낸다.

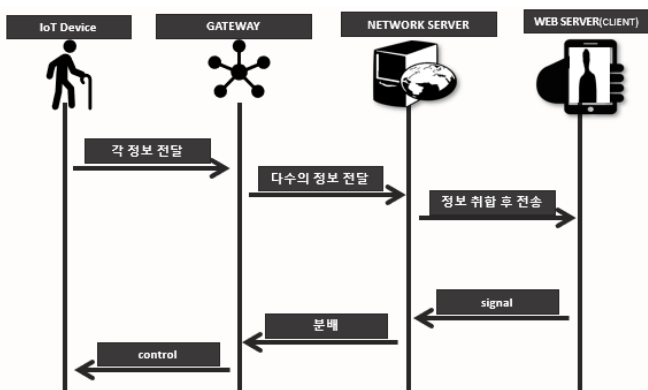


그림 5. 시스템 제어흐름도

클라이언트는 전달받은 위도와 경도 값을 이용하여 구글 맵을 통해 사용자의 위치를 실시간으로 확인할 수 있다. 만약 이동할 수 있는 안전 반경을 정하여 환자의 위치 값이 해당 반경을 벗어 날 경우 위험 알리를 통하여 빠른 사고 예방이 가능하다. 또한 1분 동안의 평균 심박수가 계속 수신되어, 심정지와 같은 사고를 예방할

수 있다. 또한 하루 목표치의 활동량을 설정하여 운동량에 대한 관리가 가능하다. 또한 네트워크 서버에서 종합된 정보가 웹 서버로 전송된다. 이에 따라 관리자는 스마트폰으로 환자의 정보를 확인한다. 관리자는 안전반경을 정해 놓고 환자의 위치 값이 해당 안전반경을 벗어날 경우 위험 알림이 울리도록 설정하였다.

3.3 시스템 구현

본 논문에서 구현한 안전관리시스템의 세부 구현 내용 및 모듈은 다음과 같다. 감지시스템은 각 모듈을 제어할 수 있는 Arduino uno r3에 LoRa 통신 및 GPS 수신을 할 수 있는 Dragino 사의 LoRa / GPS Shield 를 부착하였으며, 노인의 심장 박동수를 측정할 수 있는 심장 펄스 센서와 활동량을 측정할 수 있는 가속도 센서(MPU 6050)를 부착하여 그림 6과 같이 구성하였다. LoRa 통신과 GPS 수신을 위해 LMIC 와 TinyGPS 라이브러리를 사용하였으며, IDE 는 arduino-1.8.5를 사용하여 C 언어로 개발하였다. 게이트웨이는 각 모듈을 제어할 수 있는 Arduino uno r3에 LoRa 통신을 위한 Dragino 사의 LoRa Shield 를 부착하였으며, 네트워크 서버와 블루투스 통신을 위해 블루투스 모듈(HC-06)을 부착하여 그림 6과 같이 구성하였다. LoRa 통신을 위해 LMIC 라이브러리를 사용하였으며 arduino-1.8.5 개발환경을 이용하여 구현하였다. 네트워크 서버는 Arduino uno r3에 블루투스 모듈(HC-06)을 부착하여 그림 7과 같이 구성하였다.



그림 6. 게이트웨이(좌) 및 감지시스템(우)



그림 7. Network Server

클라이언트는 Apache Tomcat을 이용하여 웹 서버를 구현하였으며 IP주소를 통해 8080포트를 허용하여 모바일 웹에서 확인할 수 있도록 하였다. IDE는 Eclipse를 사용하여 Java언어로 개발하였다. 웹 애플리케이션에서는 위치확인, 운동량, 심박수 탭을 만들어 각각의 기능을 확인할 수 있게 구현하였다. 위치확인 탭에서는 실제 최대 측정되는 거리를 구글 맵을 통해 확인한 결과이다. 운동량은 움직인 활동량을 측정한 결과이며 1분 동안의 평균 심박수를 확인할 수 있다. 또한 나이별 평균 분당

심박수를 통한 건강 상태를 지속적으로 주시할 수 있게 하였다. 그림 8은 클라이언트의 스마트폰에서 동작되는 웹 애플리케이션 화면이다.

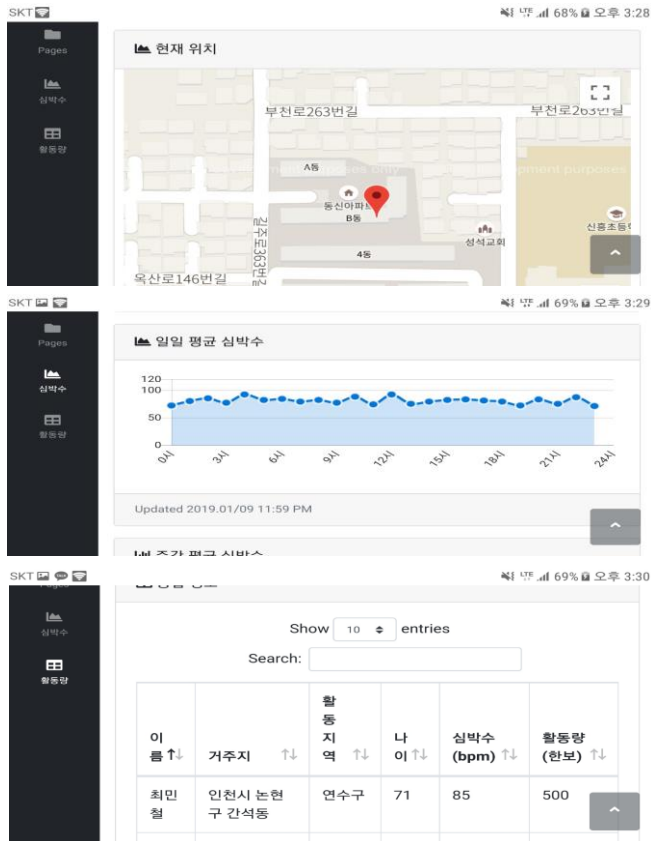


그림 8. 안전관리시스템 관리자 화면

3.4 LoRa 커버리지 측정

본 논문에서 제안하는 안전관리시스템에 적용된 장거리 통신 기술인 LoRa통신이 장거리에서 데이터 송수신이 가능한지 확인하기 위하여 거리에 따른 커버리지를 측정하였다. 성능 테스트에 사용된 LoRa모듈은 868 MHz의 주파수 대역을 사용하며 최대 300 kbps의 데이터 전송률과 20dBm의 출력세기를 가진다.[7]

거리에 따른 LoRa모듈간의 데이터 송수신을 확인하기 위하여 게이트웨이 위치를 부천에 있는 부인초등학교로 선정하였으며 부인초등학교로부터 상동호수공원까지 이동하며 LoRa/GPS 수신 모듈의 데이터 송신 값을 확인하였다. 그 결과 게이트웨이에서 최대 1200m까지의 거리에서 데이터 송신이 가능하였으며 그 이상은 더 이상 송신이 이루어지지 않았다. 또한 GPS수신부와 게이트웨이 사이가 건물로 막혀 있으면 데이터 송신이 원활하지 못했다.

표1. 무선 통신 기술의 성능 비교[8-11]

	Wi-Fi(IEEE802.11n)	Zigbee	Bluetooth 5	LoRa
주파수(GHz)	2.4 / 5	0.868 / 0.915 / 2.4	2.4	0.434 / 0.868 / 0.915
속도(Mbps)	7.2 ~ 150	0.02 ~ 0.25	1 ~ 24	~ 0.01
전송거리(m)	70 ~ 250	30 ~ 100	40 ~ 400	10000 ~
전력소모(mW)	300	50	50	10 ~ 25
운영시간 (2000mAh AA기준)	연속사용 2-4시간 대기 50시간	60시간 30일	60시간 30일	120시간 10년~20년
모듈 가격	\$5-\$12	\$6-\$12	\$6-\$12	\$3

표1은 무선통신기술인 Wi-Fi, Zigbee, Bluetooth, LoRa의 성능을 비교한 것을 나타낸다. Wi-Fi는 현재 많이 사용하고 있는 IEEE802.11규격 중 802.11n이며 Bluetooth는 최신 버전이자 2017년부터 상용화되기 시작한 Bluetooth 5를 선택하여 비교하였다. LoRa는 다른 무선통신기술보다 데이터 전송속도는 낮지만 최대 10km이상 전송 가능하다. 또한 Wi-Fi, Zigbee, Bluetooth에 비해 소비전력이 현저히 낮기 때문에 장시간 사용이 가능하고 가격부담이 없다. 따라서 이러한 점을 종합적으로 고려했을 때, LoRa 통신기술이 본 시스템에 가장 적합하였다.

4. 결론

기존의 배회감지기 제품은 보급을 받기 위한 절차가 까다로운 점과 이동통신망을 사용함으로써 넓은 커버리지를 갖는다는 장점이 있지만 그에 따른 별도의 통신비 부담이 존재한다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 자체적으로 구현한 시스템을 이용하여 통신비 요금 부담을 해결하고 저전력 장거리 통신인 LoRa를 사용하여 배터리 전력 소모를 줄여 먼 거리에서도 노인의 위치와 건강 상태를 확인할 수 있도록 구현하였다[12].

본 논문에서 제안하는 노인 안전관리시스템을 통하여 기존의 배회감지기의 저조한 보급률과 이용률 개선 및 현재 대두되고 있는 치매노인 실종 상황을 IoT기술을 통하여 예방할 수 있는 효과를 기대할 수 있다. 그러나 본 논문에서 제안한 시스템은 IoT환경에 적합한 응용, 전송 계층의 프로토콜이 아닌 기존의 웹 환경에서 지원되는 프로토콜을 사용하기 때문에 성능이 떨어질 수 있다. 또한 IoT 환경에서 송수신 데이터의 손실 및 위, 변조의 가능성이 있기 때문에 보안 프로토콜을 적용할 필요가 있다. 따라서 IoT 환경에 적합한 프로토콜을 이용하고 데이터의 안전성을 보장하기 위한 보안 프로토콜을 적용한 안전관리시스템을 개발하는 것을 향후 연구 과제로 제안한다.

5. 참고문헌

- [1] http://news.chosun.com/site/data/html_dir/2018/02/17/2018021700093.html
- [2] <http://mn.kbs.co.kr/news/view.do?ncd=3447353>
- [3] <http://m.police.go.kr/m/bbs/view.do?nttlId=20602&bbsId=B0000011&menuNo=2600252&delCode=0>

- [4]http://www.alzza.or.kr/bbs/board.php?bo_table=61&wr_id=11
- [5]<http://www.gper.me/ko/>
- [6]최광호, 진성배, 이충완, 이민선, “LoRa를 이용한 무선 통신의 성능 측정 연구”, 한국정보과학회 2018 한국컴퓨터종합학술대회 논문집, 1869p-1871p 2018.6
- [7]http://wiki.dragino.com/index.php?title=Lora/GPS_Shield
- [8]http://www.dysystem.net/kor/bbs/board.php?bo_table=200300
- [9]https://www.cisco.com/web/KR/events/CiscoConnect/2015/downloads/en/Day1_en2_km_01.pdf
- [10]<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779579626799/Zigbee-sintese.pdf>
- [11] <https://namu.wiki/w/블루투스>
- [12]이리나, 이가람, 김호원, “LoRa 기술 분석”, 2017 한국통신학회 하계종합학술발표회 논문집, 217p-218p, 2017.6

본 논문은 한국연구재단 이공학개인지초연구지원사업 (NRF-R1D1A1B07048416)의 연구 결과로 수행되었음