

치매환자 실종방지를 위한 대중교통 기반 위치관리 플랫폼 개발

염세혁 · 손선영 · 구정식 · 이왕훈[†]

Development of a Public Transport-Based Location Management Platform for Preventing Missing Persons with Dementia

Se-Hyuk Yeom, Sunyoung Son, Jungsik Koo, and Wanghoon Lee[†]

Abstract

As we become an aging society, the number of dementia patients increases every year (an estimated 10% of the elderly, equating to 1.27 million in 30 years). In addition, 17,000 cases of missing people with disabilities and dementia are reported annually, indicating that more than one person per hour goes missing. More than 50% of those who are lost suffer injuries (some of which are fatal) within 24 hours after going missing. This is why measures are urgently required to ensure safety of the elderly. The core function of the disappearance prevention system proposed by this research group is to identify and respond early to deviations of dementia patients from their homes or facilities by identifying the location of the occurrence of disappearance, so that real-time notifications occur when they leave the protected area. In addition, multiple receivers and public transportation integrated terminals share information when a patient leaves and uses public transportation to ensure their safe return. Most existing beacon-based positioning service models have fixed signal transmitters and are serviced in the form of transport receivers, but the proposed service model has users wearing the BLE beacon and receivers fixed.

Keywords: Beacon, Public Transportation, LBS, Dementia Patients, Bluetooth Low Energy

1. 서 론

고령화사회로 접어들수록 치매환자도 해마다 증가 추세(2030년 노인의 10%인 127만명 예상)이며, 치매 환자 1인당 요구되는 연간 경제적 비용은 1,800만원으로 보건복지부 조사에 의하면 관리비용은 10년 마다 2배씩 증가하고 있다. 또한, 장애인, 치매환자의 실종 발생 건수는 연간 17,000건 이는 매 시간당 1명 이상이 실종이 되고 있음을 의미한다[1]. 치매 실종의 경우 실종 후 24시간이 골든타임으로 24시간 경과한 실종의 50% 이상이 사망 등의 피해로 이어지므로 특히 고령자의 질병관리, 안전확보에 대한 대책이 절실히 필요하다. 이미 출시된 실종방지 제품들은 미야방지를 위한 제품이 거의 대다수를 차지하고 있

으나, 항시 소지하여야 하고 실내나 지하 등 상황에 따라서는 위치 정보를 확인할 수 없는 경우가 발생하여 활성화 되지 못하고 있다. 또한, 치매환자 배회감지기도 일부 출시된 제품이 있으나 감지기를 소지하지 않는 치매환자들의 행동특성을 반영하지 못하는 치명적인 단점으로 인해 실효성이 낮다.

최근 몇 년 동안 블루투스 위치 서비스 시장이 크게 성장하였다. 2021년 글로벌 실내 위치 측위 및 내비게이션 시장 가치는 78억 달러 수준으로 2016년 대비 70억 3천만 달러 증가하였으며, 전세계 BLE(Bluetooth Low Energy) 기반 비콘 출하량은 연평균 90.96 %씩 증가하며, 특히 소매 부문에서 BLE 기반 비콘 출하량을 주도하였다[2].

예를 들어 전세계 박물관과 리테일 매장들은 블루투스 관심 지점 정보 솔루션을 활용해 방문자의 경험을 강화한다. 수백만 명의 사람들이 블루투스 사물 추적 솔루션을 통해 분실물과 소지품을 찾는다. 블루투스 실내 위치 추적 시스템(Indoor Positioning Systems; IPS)은 혼잡한 공항과 쇼핑물에 적용되어 여행자 및 쇼핑객에게 길을 안내한다[3].

이에 본 연구그룹에서 제한하는 실종방지 시스템의 핵심 기능은 블루투스 비콘 위치 서비스를 기반으로 이탈감지 및 실종시 위치 확인하여 배회특성을 가진 치매환자의 실종을 방지하려면, 가정이나 시설에서 빠져 나온 초기 단계에서 파악하고 대

구미전자정보기술원(Gumi Electronics & Information Technology Research Institute)17, Cheomdangieop1-ro, Bongsan-ri, Sandong-myeon, Gumi-si, Gyeongsangbuk-do, Korea.

[†]Corresponding author: whlee@geri.re.kr

(Received : Nov. 8, 2019, Accepted : Nov. 22, 2019)

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.

응하는 것이 매우 중요하므로, 전용 단말기가 실내에서 벗어나면 실시간으로 경보와 알림 발생한다.

또한, 실종 발생 시 탐색 모드를 사용, 다수 수신기와 대중교통 통합 단말기가 정보를 공유하여 실종자의 위치를 확인하고 보호자에게 알리게 된다.

기존 비콘 기술을 활용한 서비스 모델은 대부분 정보를 담은 비콘이 고정되어있고 수신기가 이동하여 발신기 정보를 수신하는 형태로 서비스가 되고 있으나[4-9], 제안한 시스템은 발신기를 착용하고 수신기가 고정되어 있는 서비스 모델이며, 실종 발생 시 다수의 대중교통 단말기를 활용하여 위치 추적하여 치매환자의 안전한 귀가를 유도한다. 또한, 저전력 블루투스 기술을 기반으로 하여 배터리 문제 보완하였으며, 스마트워치 형태의 제품으로 소형화 및 스티그마 방지효과를 가진다. 또한, 대중교통 등 일부 송신기 착용자 외 다량의 블루투스 단말기가 위치할 수 있는 상황을 고려하여 다수의 블루투스 신호가 발생하는 수신환경에서의 원활한 작동이 가능한 시스템을 제작하였다. 비콘 신호 수신거리는 실종자 위치의 반대편 차선에서 운행하는 차량도 감지할 수 있는 거리를 고려하여 50미터 이상 송수신이 가능하도록 수신기의 안테나 성능을 개선한 시스템을 제안하였다[10].

본 치매환자 배회방지 시스템을 통해 치매환자 실종시 수색, 위치확인, 사후 병원진료 등으로 발생하는 비용을 감소할 수 있으며, 치매환자의 부양 부담 경감은 경제적활동을 활성화 하여 거시적 관점에서 국가 경제 활성화에도 기여가 가능할 것으로 기대한다.

2. 실험

치매환자 배회방지 시스템은 사용자가 착용하는 스마트밴드형 비콘과 대중교통에 장착하여 사용자의 비콘 신호를 수신하는 대중교통단말 수신기 그리고 복지시설 주변의 주요 배회 가능지역인 버스승강장, 교차로, 지하철역사 등에 배치되는 고정형 수신기로 구성되어있다.

스마트밴드형 송신기는 마이크로 컨트롤러, 크리스털 발진기, IC칩, 저항(집저항), 커패시터, 전원부 등과 BT BLE 4.0 모듈로 구성되며, 시중의 코인형 건전지인 CR-2032 3V@220mA Coin Battery로부터 전원 공급한다. BT BLE 4.0 모듈의 내부 메인 MCU는 Bluetooth low energy mode를 지원하는 ARM Cortex-M0 32bit processor와 2.4GHz Transceiver 가 내장된 Nordic 사의 nRF51822 chip 을 사용하였다.

치매환자를 위한 제품이므로 스티그마를 방지하기 위하여 기존의 스마트워치와 유사한 형태의 시계타입의 스마트밴드형 송신기를 제작하였다. 그림 1은 스마트워치형 원형의 송신기 보드 회로도 와 제작된 사진이다.

비콘 수신기는 마이크로 컨트롤러, 크리스털 발진기, IC칩, 칩 저항, 커패시터, 전원부 등과 등과 BT BLE 4.0 모듈, WIFI 모

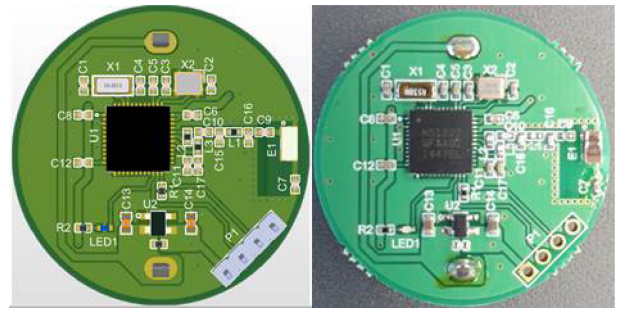


Fig. 1. Beacon signal transmitter schematic.

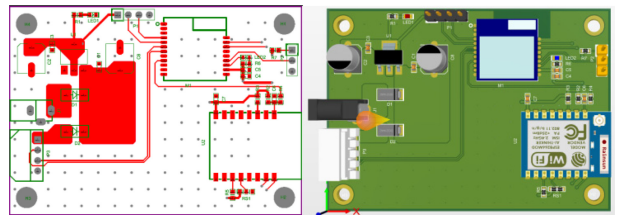


Fig. 2. Beacon signal receiver schematic.



Fig. 3. A prototype of beacon LBS. (a) Beacon transmitter; (b) Receiver.

듈 등으로 구성되어있다. 블루투스 모듈은 수신된 Beacon 신호를 Uart를 통해 WIFI 모듈로 전달하고 WIFI 모듈을 제어한다. WIFI 모듈은 32bit RISC CPU 인 ESP8266 Core Processor 가 내장 되어 있으며 IEEE802.11 b/g/n을 지원한다. BT 모듈에서 전달된 Beacon신호를 TCP/IP를 이용하여 Beacon 서버로 전달하는 역할을 수행한다. 설치지역의 특성을 고려하여 WIFI 모듈을 LTE 모듈로 대체한 수신기 또한 제작하였다.

그림 3은 비콘 위치 서비스 제품화를 위한 비콘 밴드와 고정형 송신기 시제품이다. 스티그마 방지를 위하여 시중에 판매되는 스마트밴드의 형태로 제작하였으며, 치매환자가 임의로 탈착할 수 없도록 보호자의 도움을 받아야만 탈착할 수 있는 형태의 밴드를 구현하였다. 또한, 알려지등의 장시간 착용시 발생하는 문제들을 방지하기 위하여 우레탄 소재의 상용화된 재질의 밴드를 사용하였으며, 사용자의 편의성과 제품내구성 향상을 위하여 방수 패키징 처리를 하였다. 고정형 수신기는 실외에 설치되어야 함으로 디자인과 내구성을 고려하여 제작하였다.

3. 결과 및 고찰

비콘 신호의 최대 수신거리와 거리별 수신감도 경향성 파악을 위해서 비콘과 수신기간 거리 증가에 따른 RSSI 값의 변화를 테스트 하였다. 건물내 직선 복도에서 줄자로 거리를 표시하고 SOFTCREAM사의 비콘스캐너 앱을 활용하여 RSSI 값을 측정하였다. 비콘의 거리를 5 m 간격으로 증가시키면서 RSSI 값을 측정하였으며 55 m 이상에서는 감지되지 않았다. 측정된 RSSI 값은 거리의 증가에 따라 비교적 선형적으로 약해짐을 확인할 수 있었다. 아래 그림 3에서 일부 데이터가 선형적이지 못한 이유는 블루투스 주파수에 영향을 미치는 외부요인인 흡수, 간섭, 다중경로 전파, 회절 등의 현상 때문으로 추정된다.

위치관리 플랫폼은 치매환자의 관리지역 무단이탈시 빠른 복구를 위한 시스템이므로 관리지역인근에 고정형 수신기를 설치하고 관리지역에서 운행하는 대중교통에 수신단말기를 설치하여 배회중인 치매환자의 위치를 정확하게 측정한다. 예를 들어 관리지역 인근의 도로를 치매환자가 배회하고 있을 경우 수신기가 설치되어 있는 정류장의 위치 및 수신기의 수신거리에 따라 넓은 도로의 반대편까지 위치측정 범위를 포함하게 된다. 이는 대중교통 단말기에 임베디드된 수신기 또한 수신거리가 넓을수록 위치추적 범위가 넓어짐을 의미한다.

우선, 수신기의 최대 측정거리 테스트를 통하여 수신범위를 산정하고 위치관리 시스템을 수신범위에 따라 설치할 수 있도록

측정가능거리 데이터를 확보하고자 한다.

고정형 수신기 및 대중교통 수신단말기의 비콘 수신기의 최대 측정거리 성능을 테스트하기 위하여 공인 시험인증기관인 대구기계부품연구원 (DMI)에서 시험평가를 진행하였다. 고정형 수신기를 설치하고 송신기를 장착한 연구원이 직선방향으로 이동하면서 위치관리 플랫폼 웹에 송신기의 신호가 수신되는 것을 확인하는 방식으로 비콘신호의 수신거리를 측정하였다.

위치 서비스를 원활히 수행하기 위해서는 수신거리를 50 m 이상으로 확보하여 위치확인 범위를 넓히는 시스템의 업그레이드가 필요하다. 선행 테스트 결과를 바탕으로 비콘 송신기의 송신거리는 목표대비 충분하나 수신기 디바이스의 수신거리가 부족한 것으로 판단하여 수신기의 안테나 성능을 높일 수 있는 실험을 진행하였다.

기존 수신기의 BT 모듈 및 WIFI 모듈에 외장안테나를 추가 장착하여 수신거리를 테스트하였다. BT 모듈의 경우 IPEX 단자가 없어서 모듈에 있는 안테나 연결 Pad에 연장 케이블 연결 후 최종적으로 5dbi 다이폴 안테나를 추가 장착하였다. WIFI 모듈은 IPEX 단자에 연장 케이블을 연결하고 5dbi 다이폴 안테나를 추가 장착하였다. 또한 수신기의 수신 거리를 개선하기 위해서 통신 출력 레벨을 기본 설정(0)에서 가장 높은 4로 설정하였다. 아래의 그림과 같이 래퍼런스인 기존 수신기와 안테나를 추가 장착한 수신기의 수신감도를 측정하고 송신기의 거리를 점차 증가 시키면서 테스트를 진행하였다. 그 결과 안테나 추가 장착과 송신 출력값을 높임에 따라 기존 수신기 대비 수신 신호가 향상됨을 확인하였으며, 50 m 직선거리까지 수신거리가 개선된 결과를 확보하였다.

위치관리 시스템은 노약자 관리시설, 대중교통 정류장, 지하철 등 다양한 블루투스 디바이스들에 노출되어있는 환경에서 사용될 예정이다. 물론 관리서버에 송신기를 등록하여 등록된 송신기 정보만 웹페이지상에 나타나지만 다양한 블루투스 신호는 모두 수신기에 수신되게 된다. 그러므로 수신기의 동시측정기수를 측정하여 여러대의 블루투스 디바이스에 노출된 환경에서 작동 안정성을 테스트 하였다. 16대의 비콘 송신기와 비콘 수신기 1대, 그리고 위치관리시스템을 확인할 수 있는 보조장비로써 태블릿 PC(SM-T800)을 사용하였다. 실험결과는 아래의 그림 4와 같이 16대의 송신기 신호가 모두 위치관리시스템 웹에 나타

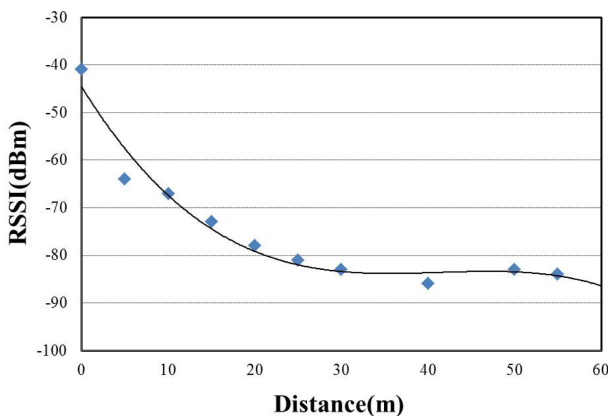


Fig. 4. Variation in Beacon RSSI value due to distance.

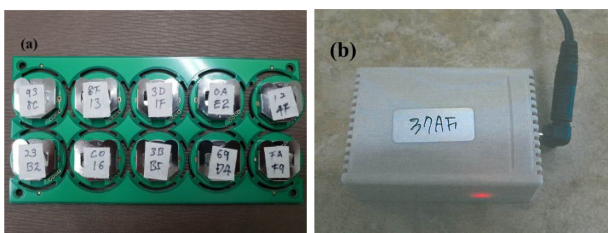


Fig. 5. Beacon signal transmission and reception test. (a) Beacon signal transmitter; (b) Beacon signal receiver.



Fig. 6. Beacon signal transmission distance improvement test. (a) A reference receiver & Receiver with additional antenna; (b) A web page of location management platform.



Fig. 7. Signal reception stability test of the beacon receiver. (a) A web page of location management platform; (b) Beacon signal transmitter.

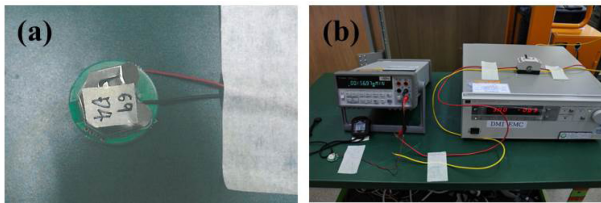


Fig. 8. Beacon signal transmitter battery power consumption test. (a) Beacon signal transmitter; (b) Configuration of the battery test system.

남으로써 정상적으로 작동함을 공인시험을 통해 확인할 수 있었다. 다음은 사용자의 장기간 위치관리 서비스 사용성의 편의를 위한 배터리 사용시간 테스트를 진행하였다. 제한한 위치관리 서비스용 비콘 송신기는 사용자가 배터리의 충전이나 교체 없이 6개월 이상의 사용시간 확보를 목표로 개발을 진행하였다. 이에 배터리 사용시간 테스트를 위하여 비콘 송신기의 1시간 동안의 평균 전류를 통해 소비전력을 측정하고 사용시간을 고려하여 일반적인 코인배터리 사용시 작동가능시간을 분석하였다. 공인 시험결과 1시간 평균 소비전력은 170.43 μ W 이며, 1시간 평균 전류는 56.81 μ A 로 확인되었다. 이는 시중에 판매되는 리튬 CR2082 건전지의 용량이 720 mW 임을 감안한다면 테스트한 송신기의 6개월 배터리소모량인 736 mW 와 근접하여, 제안한 비콘 송신기의 배터리교환 주기가 약 6개월 정도임을 추정할 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 블루투스 비콘 기반의 송수신 시스템을 제작하여 치매환자가 보호시설이나 관리지역 이탈시 조기 귀가를 지원할 수 있는 대중교통 연계형 위치 서비스 플랫폼을 개발하였다. 기존의 실내에서 지속적인 모니터링 환경에서의 이탈을 감

지하는 비콘 위치 서비스 방식과 달리 본 연구에서는 관리지역을 이탈할때에만 추적 알람을 실시함으로써 보호자의 환자관리 편의성을 높이고 플랫폼 서버의 과부하를 방지하며 실종시 위치추적 서비스의 효율성을 높일 수 있었다. 송수신 시스템의 신뢰성을 확보하기 위하여 비콘 신호 수신거리 확보, 다수의 블루투스 디바이스 환경에서 안정적인 수신, 실종시 방전문제 및 사용 편의성을 위한 배터리 지속 시간 등을 인증시험을 통해 검증하였다.

수신기의 비콘 신호 수신거리를 높이기 위하여 BT 모듈 및 WIFI 모듈에 안테나를 추가 장착하여 수신거리를 50 m 확보하였으며, 16대의 블루투스 송신기를 현대의 수신기로 동시 수신하여 실종신호 수신 안정성을 확보하였다. 또한 송신기의 배터리 소모량 측정을 통해 약 6개월 동안 배터리교체 없이 장기 사용이 가능함을 확인하였다. 마지막으로 포항시 지자체에 협조를 얻어 실증지역을 선정, 다수의 고정형 비콘을 설치하고 비콘 수신단말기를 장착한 버스와 웨어러블 비콘 송신기를 활용하여 실증시험을 진행하였다. 그 결과 안정적인 비콘 위치 서비스가 가능함을 확인하였다.

현재 여러 지자체와 구나 시 단위의 행정구역별 지역을 지정하여 치매환자 실종방지 비콘 위치 서비스의 상용화에 대한 협의 중에 있으며, 복지시설 관계자와 요양병원 등 관련 전문가들과 다양한 형태의 서비스를 구현하기 위해 아이디어를 추가 개발하고 있다. 또한, 기존 비콘 위치 서비스 송신기에 맥박, 체온 등의 생체신호 측정기능을 추가하여 요양원 등에서 일정시간마다 의무적으로 환자의 생체신호를 측정해야 하는 돌봄부담 감소 제품을 개발 중이다. 제안된 시스템은 사물 추적 솔루션, 관심지점(PoI) 정보 솔루션, 사물추적 솔루션, 드론장착을 통한 위험지역 수색 시스템 등 다양한 수요에 기술적 융복합을 통해 연계 시스템을 지속적으로 개발하여 공공복지 및 국민돌봄부담 감소에 기여하고자 한다.

감사의 글

본 연구는 보건복지부의 재원으로 한국보건산업진흥원의 보건 의료기술연구개발사업 지원에 의하여 이루어진 것임. (과제고유번호 : HI18C0955)

REFERENCES

[1] <https://www.nid.or.kr/> (retrieved on Sep. 8, 2012).
 [2] *Business Ware*, Technavio, 2017.
 [3] <https://www.bluetooth.com/> (retrieved on May, 2012).
 [4] F. Morgado, P. Martins, and F. Caldeira, “Beacons positioning detection, a novel approach”, *Procedia Comput. Sci.*, Vol. 151, pp. 23-30, 2019.
 [5] F. Orujov, R. Maskeliūnas, R. Damaševičius, W. Wei, and Ye Li, “Feature model for the specification of industrial

- indoor location-based services”, *Procedia Manuf.*, Vol. 24, pp. 141-146, 2018.
- [6] R. Pandeewari and B. G. Jeyaprakash, “Smartphone based intelligent indoor positioning using fuzzy logic”, *Future Gener. Comput. Syst.*, Vol. 89, pp. 335-348, 2018.
- [7] S. Kim, S. Park, M. Sun, and J. Lee, “A Study of Smart Beacon-based Meeting, Incentive Trip, Convention, Exhibition and Event (MICE) Services Using Big Data”, *Procedia Comput. Sci.*, Vol. 91, pp. 761-768, 2016.
- [8] J. Liu and H. Yang, “Three dimensional attitude measurement of the beacon based on a single PSD”, *Optik*, Vol. 144, pp. 348-356, 2017.
- [9] C. Lo, L. Hsu, and Y. Tseng, “Adaptive radio maps for pattern-matching localization via inter-beacon co-calibration”, *Pervasive Mob. Comput.*, Vol. 8, pp. 282-291, 2012.
- [10] K. Okabe, W. Lee, Y. Harada, and M. Ishida, “Silicon based on-chip antenna using an LC resonator for near-field RF systems”, *Solid-State Electronics*, Vol. 67, pp. 100-104, 2012.