

듀얼 비콘의 거리측정을 활용한 스마트 유모차용 도난방지 기법[☆]

Theft Prevention Technology for Smart Stroller using Distance Measurement of Dual Beacon

정 명 범^{1*}

Myoungbeom Chung

요 약

본 논문에서 우리는 스마트 유모차를 위한 비콘과 스마트 기기 기반 도난 방지 기술을 제안한다. 스마트 유모차는 두 개의 블루투스 기기를 내장한다. 하나의 블루투스는 데이터 상호 교환을 위한 것이며, 또 다른 블루투스는 거리 측정을 위한 비콘으로 사용한다. 즉, 스마트 기기는 데이터 상호 교환 기능으로 근력 보조 레벨 설정, 유모차 수동 잠금과 유모차 정보 제공 등에 사용하며, 비콘 기능을 이용하여 스마트 기기와 유모차의 주기적인 거리를 측정하여 거리가 멀어지는 경우 도난 방지 기능이 동작하게 한다. 우리는 도난 방지 기능의 성능을 높이기 위해 향상된 비콘 거리 측정 기술을 이용한 거리 측정 알고리즘과 도난 방지 알고리즘을 적용하였다. 제안 방법의 효용성을 확인하기 위해 스마트 기기 애플리케이션을 개발하고 스마트 유모차를 제작하여 2가지 거리 측정 실험과 하나의 도난 방지 실험을 하였으며, 그 결과 91.3%의 도난 방지 정확성을 나타냈다. 따라서 제안한 도난 방지 기술은 스마트 유모차에 보다 유용한 기술이 될 것이다.

☞ 주제어 : 스마트 유모차, 스마트 기기, 도난 방지, 블루투스, 비콘, 거리 측정

ABSTRACT

In this paper, we propose a theft prevention technology based on beacon and smart device for smart stroller. The smart stroller has two Bluetooth devices. One is for data transmission and the other is for distance measurement as beacon. Thus, smart device uses a Bluetooth for strength level setting, manual locking and data transmission of smart stroller. Furthermore, smart device can do automatic locking of smart stroller using Bluetooth beacon when the stroller go further away from smart device. At this time, we apply a distance measurement algorithm and theft prevention algorithm with improved beacon distance measurement technique. To show usefulness of the proposed technology, we make a smart stroller and developed a smart device application. We did two distance measurement experiments and a theft prevention experiment with the proposed technology and the result shows 91.3% accuracy for theft prevention. Therefore, the proposed technology would be more usefulness technology for smart stroller.

☞ keyword : Smart stroller, Smart device, Theft prevention, Bluetooth, Beacon, Distance measurement

1. 서 론

최근 블루투스 4.0 기반 비콘(Beacon) 기능을 이용한 다양한 정보 제공 서비스 기술들이 활용되고 있다. 2013년 애플의 아이비콘(iBeacon)을 통해 알려진 비콘 기술은 크게 두 가지 장점을 가지고 있다[1]. 첫째는 실내의 세부

적인 위치까지 파악하지 못하는 와이파이(Wi-Fi)나 GPS(Global Positioning System)과 달리 비콘 기술은 최소 5cm 사이의 거리까지 구별할 수 있는 장점이 있으며, 둘째는 운용거리가 최대 10cm 안팎에 불과한 근거리 무선 통신(NFC: Near Field Communication)에 비해 최대 작용 범위가 70m에 달하는 장점이 있다. 즉, 이러한 장점을 이용하여 비콘 보급 초기에는 LA 다저스의 다저 스타디움(Dodger Stadium)과 샌디에고의 펫코 파크(Petco Park) 두 개의 메이저리그 야구장에 각 65개의 비콘을 설치하여 사용자들에게 쿠폰이나 좌석 위치를 파악하는 서비스를 제공하였다[2]. 그리고 국내에서도 사용자의 위치에 따라 근처 매장의 할인 소식, 쿠폰 등 유용한 정보를 손쉽게 확인하고 사용할 수 있는 SK 플래닛의 시럽(Syrup), 압 컴퍼

¹ Division of Faidea, Sungkyul University, Anyang-si, 14097, Korea.

* Corresponding author (nzine@sungkyul.ac.kr)

[Received 21 July 2020, Reviewed 5 August 2020(R2 7 September 2020), Accepted 11 September 2020]

☆ 이 논문은 한국연구재단 기본연구 프로그램(NRF-2019R1H1A1079104, NRF-2020R1F1A1048133)과 한국산업단지공단(RSU19005) 지원에 의하여 연구되었음.

니의 압(YAP)등이 비콘을 활용한 서비스를 시작하였으며[3], 수 많은 대학교의 출결 확인 시스템으로도 최근 비콘을 활용하고 있다[4]. 실내 위치 추적 기술에도 Estimote BLE(Bluetooth Low Energy)를 활용하고, 3각 측량 알고리즘을 이용하여 사용자의 실시간 움직임과 실내에서의 위치를 추적하는 연구들이 이루어지고 있으며[5], 해군 함정에서의 실내 인력들의 위치를 한눈에 파악할 수 있는 시스템에도 적용하는 시스템이 제안되기도 하였다[6].

그리고 제안 방법과 유사 기술로써 미아 방지용 팔찌로 서비스 되고 있는 My Buddy tag, Lineable 등이 비콘 기능을 활용하여 2014년부터 서비스 되고 있다[7]. 미아 방지용 팔찌는 스스로 걸어 다닐 수 있는 아이들을 아이 보호에 큰 목적이 있으며, 아이가 약 20m 거리 이상을 벗어나는 경우에 스마트 기기로서 알림을 주게 된다. 그러나 이와 같은 기술은 보다 어린 아이들을 태워 이동하는 유모차에는 아직 적용되지 않고 있으며, 유모차와 함께 아이를 유괴할 경우 아이의 팔찌만 풀어두고 유모차를 끌고 가는 경우 아이를 보호하지 못하는 문제점이 발생할 수 있다. 뿐만 아니라 부모의 스마트 기기와 아이의 팔찌간 거리가 멀어지면 경고음을 통해 알려주는 것 외에 다른 기능이 없기 때문에 실용적이지 못하다는 문제점이 있다.

따라서 본 연구에서는 미아 방지용 팔찌가 아닌 유모차에 비콘을 활용한 도난 방지 기술을 제안한다. 제안 유모차는 사용자의 미는 힘을 보조할 수 있는 근력 보조 모터가 있으며, 이 모터는 거리가 멀어짐에 따라 유모차 도난을 방지하기 위해 스마트 기기와의 페어링을 통해 능동/수동으로 유모차 바퀴를 정지할 수 있다. 그리고 유모차는 두 개의 블루투스를 내장하여 하나는 스마트 기기와의 데이터 상호 교환(근력 보조 레벨 설정, 유모차 수동 잠금, 유모차 배터리 정보와 이동 거리 등)에 사용하며, 다른 하나는 스마트 기기와 유모차 간의 거리를 주기적으로 측정하기 위한 비콘으로 사용하여 거리가 멀어질 경우 도난 방지 알림과 동시에 유모차 모터를 자동으로 정지 시키는 역할을 한다. 이때 거리 측정은 비콘에 RSSI(Received Signal Strength Intensity) 신호의 수신강도를 활용하여[8], 근접(Immediateness), 가까움(Nearness), 멀리 떨어짐(Farness) 3개로 구분하여 도난 방지를 위한 거리 측정에 사용하며, 칼만 필터(Kalman Filtering)를 사용한 도난 방지 측정 알고리즘을 적용하여 유모차와 사용자의 거리에 따른 자동 정지 기술의 정확도를 높인다. 또한 제안한 도난 방지 기술은 유모차와 통신하는 스마트 기기에서 거리를 측정하고, 도난 방지 알고리즘을 적용하며, 다양한 정보를 제공해야 하므로 우리는 이를 위한 스

마트 기기 기반 애플리케이션을 개발하였다. 개발한 애플리케이션은 유모차 도난 방지 외에도 유모차의 근력 보조 레벨을 설정할 수 있으며, 사용자가 수동으로 유모차의 모터를 잠금/해제 할 수 있다. 우리는 제안 기술의 거리 측정 알고리즘과 도난 방지 기술의 성능을 확인하기 위해 제작한 유모차와 개발한 애플리케이션을 이용한 2가지 방식의 거리 측정 실험과 하나의 도난 방지 잠금 실험을 진행하였다. 그리고 실험 결과는 거리 측정 실험에서 91.7%, 도난 방지 잠금 실험에서 91.3%의 정확성을 나타냄으로 제안한 도난 방지 기술이 효과적인 것을 확인하였다. 즉, 제안한 유모차와 스마트 기기 기반 도난 방지 애플리케이션은 기존의 일반 유모차와 차별된 근력 보조 기능, 도난 방지 기능 등을 지닌 스마트한 유모차가 될 것이며, 이와 같은 도난 방지 기술은 공항 카트, 소풍이나 집을 나르기 위한 개인용 카트 등에 적용할 수 있는 뛰어난 기술이 될 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2 장에서는 데이터 상호 교환과 비콘에 사용되는 블루투스 4.0 및 비콘을 활용한 기존 연구들을 설명하며, 제 3 장에서는 제안 유모차의 자동 도난 방지 알고리즘과 이를 위한 스마트 기기 기반 애플리케이션을 설명한다. 제 4 장에서는 제안한 유모차와 애플리케이션을 이용한 거리 측정, 도난 방지 알고리즘의 성능 확인을 위한 실험과 그 결과를 보이며, 제 5 장에서는 결론과 향후 연구 방향을 제시한다.

2. 관련 연구

본 장에서는 비콘으로 사용되는 블루투스 4.0에 관하여 설명하며, 비콘을 사용한 최근의 아이들 실내 위치 추적, 미아 방지 연구, 사물 분실 방지 등에 관하여 설명한다.

블루투스는 1994년 에릭슨의 무선통신 네트워크 연구소에서 처음 시작되어, 1999년 블루투스 1.0B, 2003년 블루투스 1.2, 2004년 2.0+EDR(Secure Data Rate), 2007년 2.1+EDR, 2009년 3.0+HS(High Speed) 순으로 발표되고 사용되었다. 그리고 2010년 초저전력 응용 기술인 Wibee 기술을 블루투스 규격으로 흡수하면서 Low Energy 기술이 탑재된 블루투스 4.0을 발표하였다[9]. 블루투스 4.0의 BLE 기술은 전력 소모의 효율성과 사용자 접근성을 높인 무선통신 기술이며, 사용자의 위치를 파악하여 정보를 제공하는 마케팅에 가장 적합한 특성을 지니고 있다. 또한 전력 소비량이 1.5~2mW이기 때문에 동전 모양의 초소형 배터리로 수년간 사용할 수 있을 정도이며, 표준화가 잘

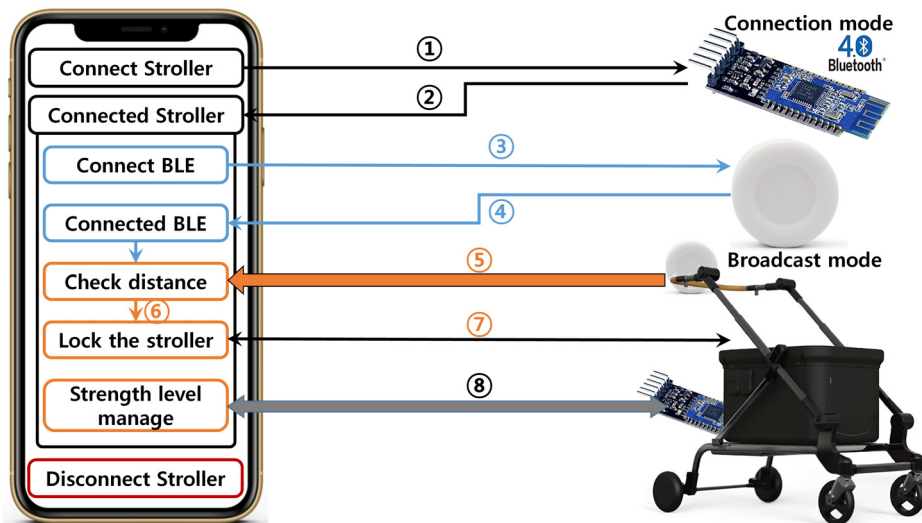
되어 있어 안드로이드와 iOS 등 스마트 기기의 OS에 관계 없이 사용이 가능한 장점이 있다. 그리고 2016년 6월 블루투스 5.0이 공개되어 2017년 초 정식 출시를 하였으며, 이는 최대 속도와 최대 거리를 사용자가 직접 선택할 수 있는 장점이 있으며, 기존 블루투스 비교 시 사용범위 4배, 속도 2배, 데이터 브로드캐스트 용량 8배가 향상 되었다.

최근에 비콘을 사용한 유아, 어린이 실내 위치 추적으로는 백유진의 유아 위치관리 실시간 알림 서비스 연구가 있다[10]. 이 연구에서는 비콘을 주변으로 신호를 전송하는 브로드캐스트(BroadCast mode) 방식으로 아이용 디바이스에 이를 사용하며, 아이를 돌보는 인솔 교사에게는 스마트 기기를 통해 아이들의 현재 위치를 파악할 수 있게 하였다. 실험을 위해 제작한 비콘은 0.5m 정도의 낮은 오차 범위와 30m내 근거리에서 매우 높은 정확도를 나타냈다. Taileb은 이와 비슷한 방법으로 GPS와 블루투스를 함께 사용하여 실내 및 실외의 아이들 추적 시스템을 제안하였다[11]. 스마트 기기가 주변 비콘 신호를 찾는 경우 아이들이 범위 내에 있는 것으로 판단하며, 신호를 찾지 못하는 경우 GPS/GSM(Global System for Mobile Communications)를 사용하여 지도에 그 위치를 표시하게 하였다. 장희승은 스마트 기기를 이용하여 아동, 치매노인 및 장애인들이 소지하고 있는 비콘 정보를 이용하여 이들 사이의 거릴르 측정하고 일정 거리를 넘어서는 경

우 사용자에게 경고 정보를 통지하는 분실 방지 및 회수 시스템을 제안하였다[12]. 스마트 기기와 비콘 간의 거리 측정은 RSSI를 사용하였으며, 정확한 거리 계산을 위해 RSSI 값에 칼만 필터를 적용하여 더 정확한 거리정보로 변형하였다[13].

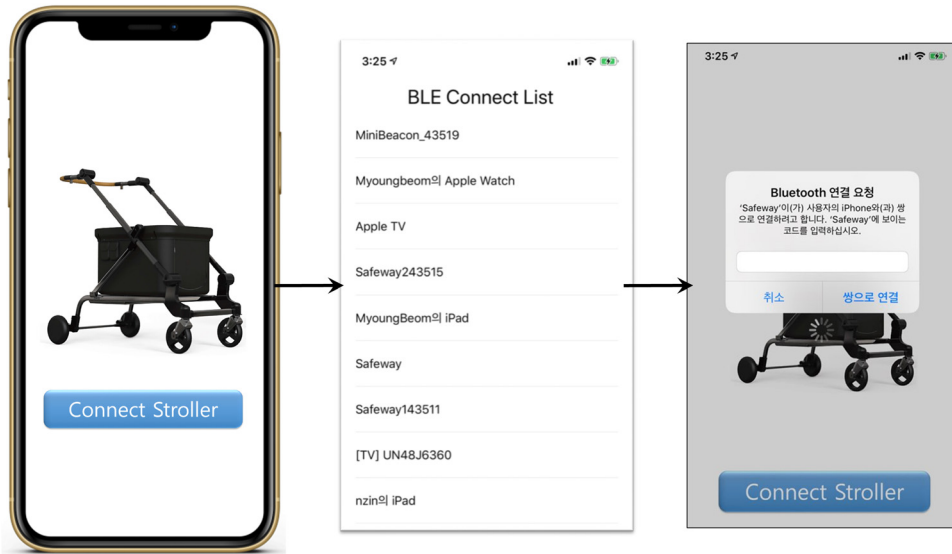
3. 스마트 유모차를 위한 도난 방지 기술

본 장에서는 유모차에 브러시 없는 직류모터(BLDCM: Brushless DC Motor)를 사용하고 2개의 블루투스를 설치하여 스마트 기기와 비콘을 활용한 도난 방지 기술을 설명한다. 기존 도난 방지 기술들은 대부분 스마트 기기와 비콘 하나만을 사용하여 그들간의 거리를 측정하며, 이에 따라 사용자에게 거리가 멀어졌다는 것을 알려주기만 하는 방식을 취하고 있다. 그러나 제안 방법은 거리 측정을 위한 비콘 외에 유모차의 모터를 제어할 수 있는 블루투스 통신을 위한 비콘을 함께 사용하여, 직류모터의 구동은 마이크로프로세서와 6개의 FET(Field effect transistor)를 이용하여 구동하며, 이 모터는 블루투스로 연결된 스마트 기기의 데이터 전송에 의해 수동/자동 잠금으로 유모차가 움직이지 않도록 할 수 있다. 우리가 제안하는 스마트 유모차를 위한 비콘과 스마트 기기 기반 도난 방지



(그림 1) 스마트 유모차를 위한 비콘과 스마트 기기 기반 도난 방지 기술의 흐름

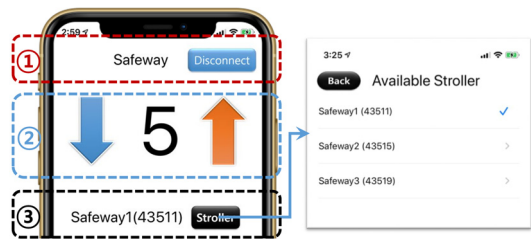
(Figure 1) The flow of the theft prevention technology based on Beacon and Smart device for smart stroller



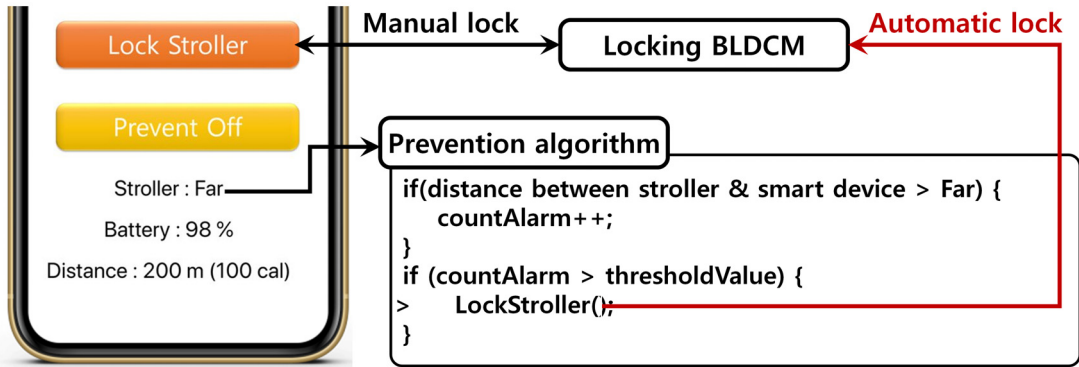
(그림 2) 스마트 기기와 커넥션 모드 블루투스 간의 페어링 흐름
(Figure 2) The flow of pairing between smart device and connection mode Bluetooth

기술의 전체적인 구성은 (그림 1)과 같다. (그림 1)에서 스마트 기기 사용자는 유모차와 통신을 위해 커넥션 모드의 블루투스와 페어링을 시도하여 연결한다(①, ②). 연결이 된 스마트 기기는 브로드캐스트 모드의 블루투스를 선택할 수 있으며, 그 밖에 유모차와의 거리 정보, 유모차 수동 잠금/해지, 근력 보조 레벨 등을 설정할 수 있다. 도난 방지 기능을 설정하기 위해 브로드캐스트 모드의 블루투스와 연결을 시도하며(③), 연결된 후(④) 제안 애플리케이션은 거리 간격에 지속적으로 계산한다(⑤). 이때 설정한 간격 이상으로 유모차가 수차례 떨어지는 경우(⑥), 스마트 기기는 커넥션 모드 블루투스에 자동 잠금을 명령하여 도난을 방지하게 된다(⑦). 그 밖에도 사용자의 편의를 위한 근력 보조 레벨 설정, 사용자의 이동거리, 유모차의 배터리 정보 등을 커넥션 모드의 블루투스를 통해 정보 교환하고(⑧), 유모차 사용을 마치는 경우 유모차와의 블루투스 통신을 끊는다. 우리는 (그림 1)에서의 커넥션 모드 블루투스와 페어링을 (그림 2)와 같이 개발하였다. (그림 2)에서는 유모차 사진과 유모차의 블루투스 이름만 있으며, 사용자가 그 버튼을 터치했을 때 연결 가능한 블루투스 리스트를 보여준다. 그리고 해당 유모차의 블루투스 이름을 선택하면 블루투스 페어링 메시지가 나오며 설정된 페어링 비밀번호를 입력하고 연결을 완료한다. 스마트 기기가 유모차의 커넥

션 모드 블루투스와 연결이 되면 (그림 3), (그림 4)와 같은 화면이 나타난다. (그림 3)은 연결된 블루투스와의 연결 해지 하는 버튼(①), 유모차의 근력 보조 레벨을 설정하고 통신하는 버튼(②), 그리고 현재 연결되어 있는 유모차의 브로드캐스트 모드 블루투스 이름을 나타내고, 이를 설정할 수 있는 버튼(③)을 배치하였다. 그리고 사용자가 Stroller 버튼을 터치하면 주변의 브로드캐스트 모드 블루투스 목록을 보여주며, 사용자는 이들 중 해당 블루투스를 선택할 수 있다.



(그림 3) 제안 애플리케이션의 스크린 샷 일부분
(Figure 3) A part screen shot of the proposed application



(그림 4) 스마트 유모차의 도난 방지를 위한 제안 애플리케이션의 스크린 샷

(Figure 4) The other part screen shot of the proposed application for theft prevention of smart stroller

(그림 4)는 유모차 수동 잠금/해제 버튼(①), 도난 방지 기능 On/Off 버튼(②), 그리고 스마트 기기와 유모차 간의 현재 거리, 유모차의 배터리 상태, 사용자가 유모차와 이동한 거리 정보를 나타내는 것(③)으로 구성되어 있다. 사용자는 수동 잠금/해제 버튼을 이용해 유모차를 수동으로 정지시켜 놓을 수 있으며, 도난 방지 기능 버튼이 On으로 활성화 되어 있는 경우 (그림 4)의 방지 알고리즘(Prevention algorithm)이 실행된다. 도난 방지 알고리즘에서 유모차와 스마트 기기의 거리가 일정 회수(threshold value) 이상 멀리 떨어짐(Far)을 나타내면, 스마트 기기는 자동 잠금(Automatic lock) 기능을 수행하여 유모차의 직류모터를 멈추고 유모차가 더 이상 이동할 수 없게 한다. 그리고 (그림 3)과 (그림 4)에서 유모차와 스마트 기기 간의 데이터 통신을 위한 프로토콜은 표 1과 같다. 표 1에서와 같이 스마트 기기에서 유모차로 전송하는 데이터는 1 ~ 9 범위의 숫자(Integer)를 전송하는 것과 y 또는 n 문자(character)를 전송하는 두 가지 경우가 있다. 1 ~ 9 범위의 숫자 전송은 사용자가 유모차로 근력 보조 레벨 값을 설정하는 것이며, y / n 문자 전송은 수동 모터 잠금 / 해제 명령을 전달하는 것이다. 그리고 7_y_99_785는 유모차에서 스마트 기기에 데이터를 한번에 전송하는 정보이다. 데이터의 구분은 언더바(_)로 나누며, 첫 번째 한 자리 숫자는 유모차에 설정된 근력 보조 레벨 값, 두 번째 문자 y는 유모차의 잠금 설정 여부, 세 번째 두 자리 숫자는 유모차의 배터리 값, 마지막 숫자는 유모차의 이동 거리를 나타낸다. 즉, 7_y_99_785는 근력보조레벨 7, 유모차 잠금 (y), 배터리 값 99%, 유모차 이동 거리 785m를 의미하고 이 값은 스마트 기기의 애플리케이션을 통해 사용자에게 나타내게 된다.

(표 1) 스마트 기기와 유모차 간의 데이터 프로토콜 정의
(Table 1) Transmission protocol definition between smart device and smart stroller

값 (Value)	설 명 (Description)
1 ~ 9	Smart device → Stroller
	스마트 기기에서 유모차에 근력 보조 값 설정
y / n	Smart device → Stroller
	스마트 기기로부터 유모차의 수동 잠금 (y) / 잠금 해제(n) 설정
7_y_99_785	Stroller → Smart device
	유모차에 적용된 다양한 값을 스마트 기기에 표시하기 위한 전달 값

위의 데이터는 커넥션 모드로 연결된 블루투스를 통해 사용자가 특정 값을 설정할 때 주기적으로 정보를 전송하는 반면, 유모차에 내장된 브로드캐스트 모드의 블루투스는 초기 설정된 간격에 따라 지속적으로 RSSI 신호를 전송하고 스마트 기기의 애플리케이션은 (그림 5)의 슈도 코드에 따라 자동 도난 방지 알고리즘을 수행한다. (그림 5)에서 스마트 기기에 유모차의 브로드캐스트 모드 블루투스가 설정되면, countAlarm 값은 0으로 초기화 되며, thresholdValue 값은 k로 설정된다. 그리고 스마트 기기의 애플리케이션은 도난 방지 측정을 위해 RSSI 값을 수집하고 칼만 필터를 적용하며, 그 거리 측정 값을 (그림 4)의 ③에 근접, 가까움, 멀리 떨어짐 3개의 값 중 하나로 구분하여 distance 변수에 입력하고 showDistance()로 애플리케이션 화면에 그 값을 표시한다. distance 값이 근접, 가까움일 때는 countAlarm를 0으로 재설정하며, 멀리 떨어진 경우는 countAlarm 값을 증가 시킨다. 그리고

countAlarm 값이 설정한 thresholdValue 이상 되는 경우 LockStroller()로 커넥션 모드 블루투스에 자동 잠금 신호를 전달하며, 동시에 PreventionAlarm()으로 사용자에게 경고음, 로컬 알람을 하여 유모차 도난 시도가 있음을 경고한다.

```

countAlarm ← 0;
thresholdValue ← k;
While(receive RSSIi) Do
    KalmanFiltering(RSSIi);
    distance ← division(RSSIi);
    showDistance();
    If (distance <= Near) Then
        countAlarm ← 0;
    Else
        countAlarm++;
    END If
    If (countAlarm > thresholdValue)
        LockStroller();
        PreventionAlarm();
    END If
    Sleep(500);
END WHILE
    
```

(그림 5) 스마트 유모차의 도난 방지를 위한 슈도 코드
(Figure 5) The pseudo code for the theft prevention of smart stroller

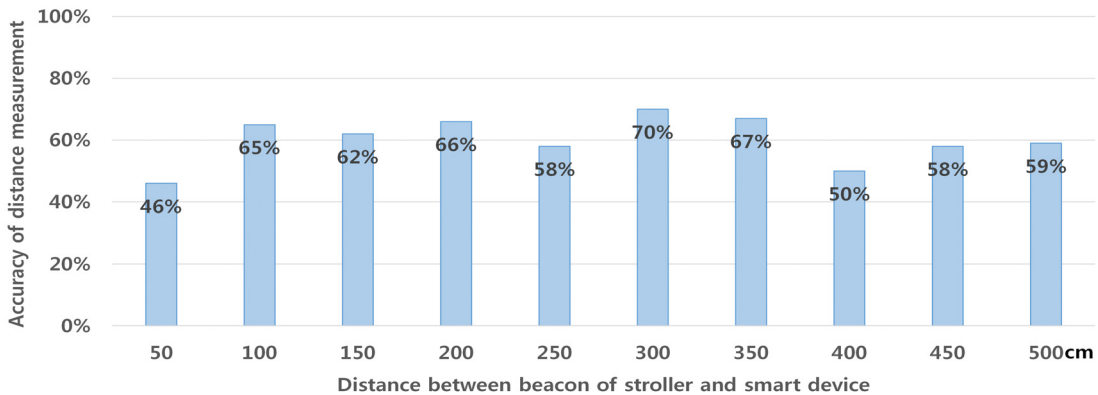
이용한 거리 측정, 칼만 필터를 적용한 3개로 구분한 거리 측정 정확도, 그리고 자동 도난 방지 알고리즘의 성능 확인을 위한 실험과 그 결과를 설명한다. 실험에 사용된 유모차의 커넥션 모드 블루투스는 HM-10, 브로드캐스트 모드 블루투스는 Beacon i4, 마이크로 프로세서는 STM32F765를 사용하며, 스마트 기기는 iPhone11pro를 사용하였다. 제어 및 유모차 정보 제공을 위한 커넥션 모드 블루투스와 스마트 기기간의 페어링, 근력 보조 설정을 위한 통신, 유모차 수동 잠금/해지, 배터리 값, 이동거리 등은 5m 이내 반경에서 총 100회 테스트 중 오류 없이 100% 모두 정확히 전송되는 것을 확인하였다.

비콘을 이용한 유모차와 애플리케이션을 이용한 거리 측정은 Beacon i4에서 제공하는 SDK를 그대로 사용하여 50cm ~ 500cm까지 50cm 간격으로 100회씩 거리를 측정하였으며, -20cm ~ +20cm 이내에 오차 범위를 설정하여 정확도를 측정하였다. 즉, 50cm 거리에 비콘이 위치하더라도 30cm ~ 70cm를 표시하는 경우 오차 범위 내에 있기 때문에 거리 측정에 성공한 것으로 측정하였다. (그림 6)은 거리 간격에 따른 유모차와 스마트 기기 간의 거리 측정 정확도 결과이다. 50cm ~ 500cm 거리에서 대부분 70% 이하의 측정 정확도를 나타냈으며, 그 정확도의 평균은 60.1%이다. 즉, 사용자에게 실제 측정된 유모차와 스마트 기기 간의 거리를 보여주기에는 39.9%의 부정확한 값을

4. 실험과 분석

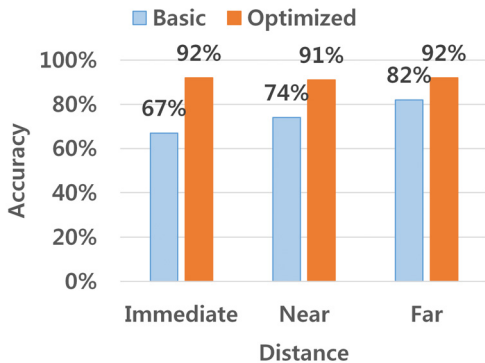
본 장에서는 비콘을 이용한 유모차와 애플리케이션을

보여줄 수 있기 때문에 이 값을 그대로 쓰는 데는 무리가 있다. 따라서 우리는 이 값을 근접, 가까움, 멀리 떨어짐 3개의 값으로만 표현하게 하였으며, 이 구분은 -65 이상



(그림 6) 비콘과 스마트 기기의 거리에 따라 실제 측정된 거리의 정확도
(Figure 6) The accuracy result of distance measurement using beacon and smart device according to distance

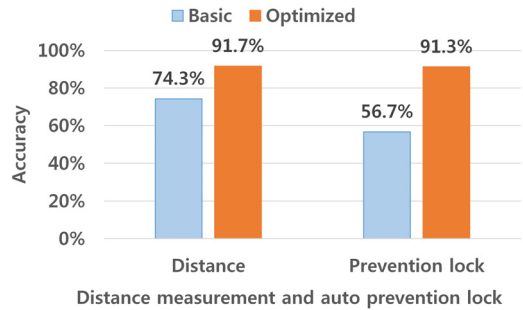
을 근접, -75 이상을 가까움, 그 외의 값을 멀리 떨어짐으로 구분하였다. Fig. 7은 기본 제공되는 SDK만을 이용하여 3개의 거리 값으로 구분한 것과 칼만 필터를 적용하여 거리 측정 정확도를 높인(Optimized) 후 3개로 구분한 측정 결과를 나타낸 것이다. 칼만 필터는 측정된 잡음을 포함하는 데이터로부터 동적인 시스템의 상태변수를 최적으로 추정하기 위한 최소 오차 공분산을 반복적으로 실행하여 최적 상태 추정과정을 확장하여 비선형적인 모델도 적용가능하며 상태 변수에 적절한 파라미터를 사용할 때 최고의 성능을 발휘한다[14]. (그림 7)에서 Basic은 SDK에서 제공하는 값 그대로를 사용하였기 때문에 근접에서 67%, 가까움에서 74%, 멀리 떨어짐에서 82% 정확도를 나타내며, 전체 정확도 평균은 74.3%이다. 이에 비해 칼만 필터를 적용한 최적화된 거리 측정의 경우 근접에서 92%, 가까움에서 91%, 멀리 떨어짐에서 92%의 정확도를 나타내며, 전체 정확도 평균은 91.7%로 거리 측정 정확도가 17%이상 향상되는 것을 확인할 수 있다.



(그림 7) 기본 SDK와 칼만 필터를 사용한 거리 측정 결과 (Figure 7) The accuracy result of distance measurement using default SDK and Kalman Filtering(Optimized)

다음으로 우리는 거리 측정 실험과 함께 유모차 도난 방지 알고리즘을 적용한 실험을 진행하였다. 이때 도난 방지 알림을 위한 countAlarm은 (그림 5)에서와 같이 멀리 떨어짐 시에 증가하도록 하였고, thresholdValue는 5회로 설정하였다. 도난 방지 실험은 근접 위치, 가까움 위치에 있던 유모차를 5초 이내 멀리 떨어짐 위치로 이동시키고, 이동 시킨 후 다시 5초 이내 도난 방지 알고리즘에 의해 자동으로 유모차 모터 잠금을 하는지를 총 300회 측정

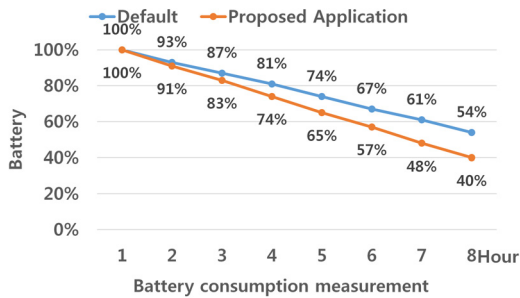
하였다. (그림 8)은 기본 SDK와 최적화를 적용한 거리 측정 실험의 정확도 평균과 도난 방지 알림 실험의 자동 모터 잠금 실행 평균을 나타낸 것이다.



(그림 8) 거리 측정 결과와 자동 모터 잠금 알고리즘의 실행 결과 (Figure 8) The accuracy result of distance measurement and auto prevention lock algorithm

(그림 8)에서 Distance는 (그림 7) 실험에서의 근접, 가까움, 멀리 떨어짐 거리 측정 정확도 평균을 비교한 그래프이며, Prevention lock은 기본 SDK를 이용한 도난 방지 알고리즘 적용과 최적화를 적용한 도난 방지 알고리즘 적용에 의한 자동 도난 방지 동작 정확도 평균이다. 기본 SDK를 이용한 자동 도난 방지는 56.7%의 정확도를 나타내는 반면 최적화를 적용한 자동 도난 방지는 91.3%의 높은 성공률을 나타내었다.

그리고 마지막 실험으로 거리 측정 및 도난 방지를 위해 사용되는 스마트 기기의 소비 전력 측정을 진행하였다. 이는 (그림 4)에서 지속적인 비콘 신호를 찾아 분석함에 따라 스마트 기기의 배터리 소모가 실생활에 비해 어떠한 차이가 있는지를 비교하기 위함이다. 이때 유모차에 내장되는 거리 측정을 위한 비콘은 BLE 기술을 사용하기 때문에 최초 내장 배터리 사용 시 최소 1년 이상을 유지할 수 있다. 실험은 8시간 동안 제안 애플리케이션을 실행하여 유모차 도난 방지 기능을 작동 한 것과 어떠한 애플리케이션도 실행시키지 않고 동일 시간을 놓아 둔 것으로 측정을 하였다. 아래 (그림 9)는 배터리 측정 비교 실험 결과를 나타낸 것이다.



(그림 9) 제안 애플리케이션 사용에 따른 배터리 소비량 측정 결과

(Figure 9) Battery consumption measurement result according to using of the proposed application

Default는 iPhone11pro를 실험 시작 전 100% 완충 하고 화면을 켜 놓은 상태에서 다른 애플리케이션을 일체 실행하지 않고, 그대로 둔 경우 배터리 소모량을 측정한 것이다. Proposed Application은 Default와 동일한 환경에서 제안 애플리케이션 만을 실행해 두고, 유모차와의 거리 측정 결과를 지속적으로 나타나게 하였다. 그 결과 8시간 동안 Default에서는 46%의 배터리 소모를 나타냈으며, 제안 애플리케이션 실행의 경우 60% 배터리 소모를 나타냈다. 즉, 제안 애플리케이션을 지속적으로 사용하는 경우 14%의 배터리 소모를 더 하는 것을 확인 할 수 있다.

5. 결론 및 향후 과제

본 연구에서는 블루투스 두 개를 사용하여 하나의 블루투스는 유모차의 다양한 정보 제공 및 제어에 사용하며, 다른 하나의 블루투스는 비콘을 활용한 도난 방지 기술을 제안하였다. 기존 거리 측정된 정보만을 나타내지 않고, 근접, 가까움, 멀리 떨어짐 3개의 거리로 구분하여 거리 측정의 정확도를 높이기 위해 칼만 필터를 사용하였으며, 유모차와 스마트 기기의 거리가 멀어짐에 따라 도난 방지 알고리즘이 동작하여 자동으로 유모차의 움직임을 멈추게 하는 스마트 유모차를 제안하였다. 기본 제공되는 비콘 거리 측정용 SDK와 칼만 필터를 적용한 최적화 거리 측정 실험 결과 제안 방법이 보다 우수함을 보였으며, 50cm ~ 500cm 구분보다 근접, 가까움, 멀리 떨어짐 3개의 구분이 보다 정확성을 높일 수 있는 것을 확인하였다. 그리고 이 구분 값을 이용한 유모차 도난 방지 알

고리즘이 우수한 성능을 발휘 할 수 있는 것을 실험을 통해 확인하였다. 따라서 본 연구에서 제안한 도난 방지 기술은 스마트 유모차에 보다 유용하고 반드시 필요한 기술이 될 것이다.

추후 연구로는 제안 애플리케이션과 자동 도난 방지 알고리즘을 유모차 뿐 아니라 공항 카트에 이를 수정하여 적용할 것이다. 공항 카트에서는 거리에 다른 도난 방지 기술 뿐 아니라 카트 사용자가 짐을 실어 둔 후 그 무게 값이 변경됨에 따라 경고를 할 수 있는 또 다른 도난 방지 기술이 필요하기 때문이다. 즉, 본 연구에서 제안한 모든 방법을 적용하며, 도난 방지를 위한 추가 기능을 연구하여 확장된 스마트 카트에 활용 될 수 있도록 할 것이다. 그리고 본 연구에서 사용한 블루투스 비콘 모듈과 스마트 기기의 거리 측정 알고리즘을 세분화하여, 보다 정확한 거리 측정 가능 알고리즘을 개발할 것이며 이를 통해 전송 거리를 확장할 수 있도록 할 것이다.

참고문헌(Reference)

[1] N. Newman, "Apple iBeacon technology briefing," *Journal of Direct, Data and Digital Marketing Practice*, Vol. 15, No. 3, pp. 222-225, 2014. <http://dx.doi.org/10.1057/ddmp.2014.7>

[2] MLB completes iBeacon installations at Dodger Stadium and Petco Park, <https://gigaom.com/2014/02/14/mlb-completes-ibeacon-installations-at-dodger-stadium-and-petco-park/>

[3] L. JungAe, and C. JeanHun, "Study on smart order app UX from brand communication perspective," *Advanced Science Letters*, Vol. 22, No. 11, pp. 3684-3687, 2016.

[4] S. Noguchi, M. Niibori, E. Zhou, and M. Kamada, "Student attendance management system with Bluetooth low energy beacon and android devices," *Proceeding of the 18th International Conference on Network-Based Information Systems*, pp. 710-713, 2015. <http://dx.doi.org/10.1109/NBIS.2015.109>

[5] W. Song, H. Lee, S. Lee, M. Choi, and M. Hong, "Implementation of Android application for indoor positioning system with Estimote BLE beacons," *Journal of Internet Technology*, Vol. 19, No. 3, pp. 871-878, 2018.

[6] J. H. Kim, and J. Y. Kim, "Indoor positioning system

- for naval ship personnel using beacon," Journal of the Korea Society of Computer and Information, Vol. 24, No. 11, pp. 135-142, 2019.
<http://dx.doi.org/10.9708/jksci.2019.24.11.135>
- [7] A. Gabriela, "Global positioning system: Parental view on efficacy of GPS tracking devices for children's movement," Diss. Florida Gulf Coast University, pp. 68, 2016.
- [8] Y. S. Kim, and B. Jang, "Analysis of Bluetooth indoor localization technologies and experiment of correlation between RSSI and distance," Journal of the Korea Society of Computer and Information, Vol. 21, No. 10, pp. 55-62, 2016.
<http://dx.doi.org/10.9708/jksci.2016.21.10.055>
- [9] Y. J. Jang, " [WPAN] Bluetooth v4.0 - low energy (Low Energy) technology trends", TTA Publications ICT Standard Weekly, 2011.
- [10] Y. J. Baek, H. S. Lee, and J. C. Oh, "Real-time alert service for infant location management using beacon technology," Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol. 15, No. 1, pp. 205-210, 2020.
<http://dx.doi.org/10.13067/JKIECS.2020.15.1.205>
- [11] M. Taileb, W. Wajdi, H. Hamdi, G. Al-Garni, S. Al-Shehri, and M. Al-Marwani, "Children tracking system in indoor and outdoor places," Proceeding of International Conference on Distributed, Ambient, and Pervasive Interactions, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 9189, pp. 547-553, 2015.
http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-20804-6_50
- [12] H. S. Jang, G. W. Kim, G. M. Ryu, S. H. Ham, N. Wang, and C. S. Jung, "Lost prevention and recovery system using Bluetooth low energy beacon," Proceeding of 2017 Conference on Korea Institute of Information Scientists and Engineers, pp. 1773-1774, 2017.
- [13] M. B. Rhudy, R. A. Salguero, and K. Holappa, "A kalman filtering tutorial for undergraduate students," International Journal of Computer Science & Engineering Survey, Vol. 8, No. 1, pp. 1-9, 2017.
<http://dx.doi.org/10.5121/ijcses.2017.8101>
- [14] M. H. Tak, and Y. H. Joo, "Location error revision using extended kalman filter," InforMation and Control Symposium, pp. 237-238, 2009.

● 저 자 소 개 ●



정 명 범(Myoungbeom Chung)

2004년 숭실대학교 미디어학부(공학사)
 2006년 숭실대학교 대학원 미디어학과(공학석사)
 2010년 숭실대학교 대학원 미디어학과(공학박사)
 2012년 성균관대학교 정보통신전자공학부 연구교수
 2015년 현재 성결대학교 파이테이아학부 조교수

관심분야 : 신호처리, 저작권 보호, 모바일 컴퓨팅, 스마트 애플리케이션 개발, 콘텐츠 추천 시스템

E-mail : nzine@sungkyul.ac.kr