

BLE 비콘을 활용한 통학차량 승하차 인식 시스템

고하나[○], 이솔비, 이상우, 권정혁, 김의직^{*}
한림대학교 소프트웨어융합대학
^{*}ejkim32@hallym.ac.kr

School Bus Getting On/Off Recognition System Using BLE Beacon

Hana Go[○], Sol-Bee Lee, Sang-Woo Lee, Jung-Hyok Kwon, Eui-Jik Kim^{*}
School of Software, Hallym University

요 약

본 논문에서는 BLE 비콘을 활용한 통학차량 승하차 인식 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 통학차량 영역, 웹 서버 영역, 사용자 영역으로 구성된다. 통학차량 영역에서는 통학차량 탑승자가 BLE 비콘 태그를 소지하고, 소지한 BLE 비콘의 정보가 자동으로 웹 서버 영역으로 전달된다. 웹 서버 영역에서는 탑승자의 BLE 비콘 정보가 저장되고, 탑승자의 승차 및 하차 여부를 판단한다. 마지막으로 사용자 영역에서는 웹 서버 영역에서 판단한 탑승자의 승하차 여부를 보호자에게 전달한다. 제안하는 시스템의 실효성을 입증하기 위해 라즈베리 파이를 이용한 실험적 구현이 수행되었다. 구현결과는 제안하는 시스템이 효율적으로 탑승자의 승하차 여부를 판단할 수 있음을 보여준다.

1. 서 론

최근 통학차량에 어린이가 방치되어 폭염에 사망하는 등의 안전사고가 빈번히 발생하고 있다. 어린이 차량 방치 사고에 대한 지속적인 이슈 발생으로 ‘슬리핑 차일드 체크 장치’가 의무적으로 도입되고 있다. ‘슬리핑 차일드 체크’ 시스템에는 통학차량 맨 뒷좌석의 확인 벨을 눌러야 차량 내외부 경광등이 꺼지는 ‘벨 방식’과 운전자의 스마트폰을 차량 내 근거리 무선통신장치(Near Field Communication, NFC) 단말기에 태그하면 경보음이 해제되는 ‘NFC 방식’이 있다. 하지만 벨 방식과 NFC 방식을 이용한 방법은 보호자가 직접 통학버스 내부를 살펴본 후 특정 행동을 수행해야 하는 방법으로, 사람의 인지능력에 의존하기 때문에 여전히 보호자의 부주의로 인한 사고 발생 가능성이 남아있다.

이러한 문제를 해결하고 사용자 무자각으로 높은 수준의 서비스를 제공하기 위해서 Bluetooth Low Energy (BLE) 비콘(Beacon) 기술의 사용을 고려해 볼 수 있다. BLE 비콘은 주기적으로 주변에 위치한 기기에게 자신의 데이터를 송신할 수 있으며, 배터리를 최대 1년 이상 사용할 수 있다. 또한 최대 통신거리가 약 50m로 상대적으로 긴 편이고 실내에서는 정교한 위치 파악이 가능하다는 장점이 있다 [1, 2].

본 논문에서는 BLE 비콘을 활용한 통학차량 승하차 인식 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 통학차량 영역, 웹 서버 영역, 사용자 영역으로 구성된다. 통학차량 영역에서는 BLE 비콘이 주기적으로 전송하는 고유정보가 비콘 수신기(Beacon Receiver)로 수집되어 무선 링크를 통해서 웹 서버에게 전달된다. 웹 서버 영역에서는 수집된 BLE 비콘의 고유정보가 저장되고, 저장된 고유정보를 분석하여 통학차량 내 어린이의 승하차 여부를 판단한다. 사용자 영역에서는 웹 서버 영역에서 제공하는 어린이의 통학차량 승하차 여부를 사용자 인터페이스(User Interface, UI)를 통해서 사용자에게 제공한다.

2. 통학차량 승하차 판단 시스템

그림 1은 통학차량 영역, 웹 서버 영역, 사용자 영역으로 구성된 BLE 비콘을 활용한 통학차량 승하차 인식 시스템 구조를 보여준다.



그림 1. BLE 비콘 활용 통학차량 승하차 인식 시스템 구성

통학차량 영역은 BLE 비콘과 비콘 수신기로 구성된다. BLE 비콘은 iBeacon 데이터 구조에 따라서 주기적으로 Universally unique identifier (UUID), Major, Minor, TxPower의 정보를 포함하는 비콘 신호를 송출한다. UUID는 BLE 비콘이 사용된 서비스의 고유번호이다. Major와 Minor는 각각 서비스 안에서 BLE 비콘의 그룹 고유번호와 개별 고유번호를 의미한다. TxPower는 비콘이 송출하는 출력정보를 의미한다. 비콘 수신기는 비콘 신호를 수신하고, 비콘 신호의 정보와 그 정보를 통해 계산한 비콘의 거리 예측값을 웹 서버로 전송한다. BLE 비콘과 통학차량 간의 거리 예측값은 수식 1에 의해 계산되며, 비콘 신호의 TxPower와 RSSI 값이 사용된다.

$$f(rssi, TXP) = \begin{cases} (rssi/TXP)^{10} & , rssi/TXP < 1 \\ 0.89976 \times (rssi/TXP)^{7.7095} + 0.111, & rssi/TXP \geq 1 \end{cases}$$

수식 1. TxPower와 RSSI 값을 이용한 거리 계산

웹 서버 영역은 데이터베이스와 서비스 S/W로 구성된다. 데이터베이스는 비콘 수신기로부터 수신된 비콘 정보와 사용자 영역으로부터 수신된 사용자의 정보를 맵핑시켜 저장한다. 서비스 S/W는 수집된 정보를 이용하여 승하차 판단을 수행하고, 판단 결과에 따른 BLE 비콘의 승하차 여부를 데이터베이스에 저장한다. 구체적인 서비스 S/W의 승하차 판단은 다음과 같이

진행된다. 먼저, 서비스 S/W는 각 BLE 비콘 별로 쓰레드를 생성하여 데이터베이스에서 각 BLE 비콘에 해당하는 데이터를 조회한다. 이후, 각 BLE 비콘으로부터 최근 1분 동안 수신된 비콘 데이터의 개수가 10개 미만이면 하차로 판단하고 10개 이상이면 평균 거리 예측값을 계산한다. 평균 예측값 계산 이후 예측값이 정해진 승차 기준값보다 적으면 승차 상태라고 판단하고, 하차 기준 값보다 크면 하차 상태라고 판단 한다. 이렇게 승차 기준값과 하차 기준값을 각각 설정하여 승하차 판단을 보류 구간을 설정함으로써 불안정한 RSSI 값으로 인해 발생하는 하차 판단 오류를 줄일 수 있다. 승차 기준값, 하차 기준값은 실험을 통해서 정해졌으며 4장에 구체적으로 서술되었다. 승하차 판단 이후 서비스 S/W는 BLE 비콘의 상태가 ‘승차→하차’ 또는 ‘하차→승차’로 변경될 때 사용자 영역의 UI로 Push 알림을 전송한다.

사용자 영역은 UI로 구성된다. UI는 사용자에게 회원가입, 로그인, BLE 비콘의 승하차 실시간 모니터링 및 승하차 정보 조회 기능을 제공한다. 사용자가 회원가입 시, 입력한 정보는 사용자가 모니터링 할 BLE 비콘이 맵핑되어서 데이터베이스에 저장된다.

3. 구현 및 실험

제안하는 시스템의 실효성 검증을 위해 통학버스 영역, 서버 영역, 사용자 영역의 구성요소를 구현하였다. 통학버스 영역의 BLE 비콘과 비콘 수신기는 각각 Raspberry Pi Zero W와 Raspberry Pi 3B를 사용하여 구현되었다. 웹 서버 영역의 데이터베이스는 MySQL과 Apache HTTP Server를 사용하여 구현되었고, 서비스 S/W는 Java와 PHP를 사용하여 구현되었다. 사용자 영역의 UI는 그림 2와 같이 안드로이드 어플리케이션으로 개발되었다.

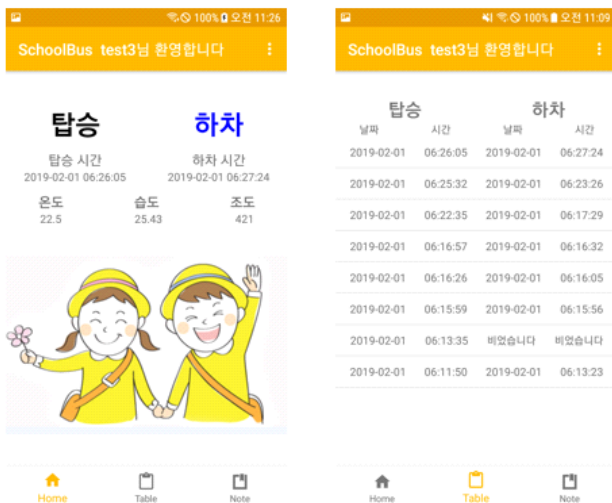


그림 2. 안드로이드 어플리케이션 사용자 인터페이스

추가적으로 적합한 승차 기준값과 하차 기준값을 선택하기 위한 실험이 수행되었다. 그림 3은 실험에서 고려하는 중형 승합차의 승하차 판단 범위를 보여준다. 중형 승합차의 승차 범위는 1.8m 이하이다. 따라서 실험은 BLE 비콘이 1.8m 이내로

들어올 때 정확하게 승차 상태로 판단하는 승차값 기준과 하차값 기준을 찾는 것을 목표로 하였다. 실험은 구체적으로 BLE 비콘과 비콘 수신기 간의 거리를 1.8m, 2m, 3m, 4m, 5m로 변화시켜 가며 1시간 동안 각 BLE 비콘의 RSSI 값을 수집하여 진행되었다.

표 1은 수집된 결과를 검토한 결과로서 승차 기준값과 하차 기준값에 따른 승차 및 하차 정확도를 보여준다. 승차 기준값을 1.8m로 설정한 경우, 승차 비율이 97.9%로 가장 높게 나타났다. 하차 기준값을 5m로 설정한 경우, 하차 비율은 95.3%로 나타났다. 따라서 BLE 비콘 평균 거리 예측값이 1.8 ~ 5m 사이에 있을 경우 승하차 판단을 보류하도록 승차 기준값과 하차 기준값을 각각 1.8m와 5m로 설정하는 것이 가장 높은 승하차 판단율을 보였다.



그림 3. 중형 승합차의 승하차 판단 범위

표 1. 승하차 비율

설정거리	1.8m	2m	3m	4m	5m	6m
승차비율	97.9%	-	-	-	-	-
하차비율	-	26.4%	57.3%	72.3%	95.3%	97.8%

4. 결론

본 논문에서는 BLE 비콘을 활용한 통학차량 승하차 인식 시스템을 제안하고 구현했다. 제안하는 시스템은 효율적으로 탑승자의 승하차 여부를 자동으로 판단하고 보호자에게 전달할 수 있었다. 또한 제안하는 시스템에서 사용된 BLE 비콘 센서 태그 기술은 학교, 병원, 놀이공원과 같은 아이의 방문이 잦은 공공장소로 서비스의 범위가 확장될 수 있을 것으로 기대된다.

Acknowledgement

이 논문은 과학기술정보통신부의 재원으로 연구개발특구진흥재단-기술이전사업화 사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2019-GJ-RD-0073 / 위치 기반 기술을 이용한 어린이 안전 통합 솔루션 기술 개발).

참고 문헌

- [1] Newman. Nic., "Apple iBeacon technology briefing." in *Journal of Direct , Data and Digital Marketing Practice*, vol.15, 2014
- [2] P. Martin, et al., "An iBeacon primer for indoor localization: demo abstract." in *proceedings of the 1st ACM Conference on Embedded Systems for Energy-Efficient Buildings*, 2014.