

# BLE(Bluetooth Low Energy) 비콘을 이용한 중소규모 자산 관리 시스템

민건희<sup>o</sup>, 박강규, 유덕현, 이 강  
한동대학교 전산전자공학부  
e-mail : [20900253@handong.edu](mailto:20900253@handong.edu)

## Asset Management System Based on BLE Beacon for Small-and-Medium Sized Business

Geon-hee Min<sup>o</sup>, Kang-kyu Park, Deok-hyun Yoo, Kang Yi  
Dept. of Computer Science and Electrical Engineering, Handong Global University

### 요 약

기존의 자산관리 시스템으로 대규모 자산을 관리함에 있어 효율적인 RFID나 바코드 등을 이용한 방식들이 있으나 설치과정과 시스템 구성이 복잡하고 비용이 비싸 대중적으로 이용되지 못하고 있다. 본 논문에서는 Bluetooth Low Energy(BLE) 비콘을 이용하여 일상적으로 사용하는 모바일 단말과 웹 등을 이용하여 자산을 관리할 수 있는 경제적인 자산관리 시스템을 제안한다. 나아가, BLE 비콘의 신호 세기에 따른 측정 가능 거리를 분석하여 비콘의 활용에 대한 구체적인 수치를 제시하였고 경제적 측면에서 기존 시스템과 차별화하였음을 보였다.

### 1. 서론

RFID 기술을 이용한 자산관리시스템은 RFID 태그, 이 태그의 정보를 읽을 수 있는 RFID 스캐너 그리고 RFID 스캐너로 전달받은 정보를 저장하고 가공하는 미들웨어로 구성된다. 이 자산관리시스템은 관리하고자 하는 자산에 RFID 태그를 부착하고 RFID 스캐너를 통해 태그의 정보를 수집하여 이를 미들웨어로 전달하는 방식으로 동작한다.

RFID를 이용한 자산관리시스템은 사용자가 자산의 정보와 이동 유무를 자산과 같은 공간 안에 있지 않더라도 파악할 수 있도록 하는 기술이다. RFID를 이용한 자산관리시스템은 현재 사용자가 일일이 접근하기 어렵고 정확한 수량 파악이 힘든 큰 규모의 물류창고 등에 사용되고 있다.

그러나 RFID를 이용한 자산관리시스템은 대규모 자산관리에 매우 효율적인 시스템이지만 초기 투자비용이 크게 발생하기 때문에 중소 규모의 사업체에서는 도입이 어려우며 소규모의 자산관리를 필요로 하는 곳에는 적합하지 못하다는 단점이 있다.

본 논문에서는 위와 같이 RFID 자산관리시스템이 도입되기 어려운 곳에서도 효율적인 자산관리가 이루어질 수 있도록 Bluetooth Low Energy(이하 BLE)를 이용한 자산관리를 제안한다. BLE란 Bluetooth 4.0 이상을 지칭하며 낮은 전력 소비량과 별도의 페어링 과정이 필요하지 않다는 특징을 가진다. BLE를 이용한 자산관리 시스템은 관리하고자 하는 자산에 BLE 신호를 주기적으로 송출하는 비콘을 부착하여 이 신호를 통해 자산을 식별하며 자산의 위치와 이동 유무를 파악한다.

BLE를 이용한 자산관리시스템은 사용자의 초기 투자비용을 크게 절감시킬 수 있으며 나아가 효율적인 자산관리시스템의 도입으로 발생하는 비용절감 효과를

통해 경제적 효용 또한 창출할 수 있을 것으로 기대된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 BLE 비콘을 이용한 자산관리시스템의 도입으로 인해 예상되는 비용 절감 효과를 분석한다. 3 장에서는 BLE 비콘을 이용한 자산 관리 시스템의 개요와 프로토콜을 설명한다. 4 장에서는 실제 시스템 구현을 바탕으로 한 실험결과를 소개한다. 마지막으로 5 장에서는 본 논문의 목적과 의의 그리고 향후 연구할 주제에 대해 기술한다.

### 2. BLE 비콘을 이용한 자산관리시스템의 예상되는 비용 절감 효과

RFID를 이용한 자산관리시스템의 초기 설치 비용 (RC)는 RFID 태그의 개수를 n(개), RFID 태그의 비용을 t(원), RFID 프린터, RFID 미들웨어, RFID 리더기, RFID 안테나 등의 장비의 비용의 총합을 i(원), 서버 구매 비용을 s(원)이라고 할 때, (식 1)과 같이 나타낼 수 있다.

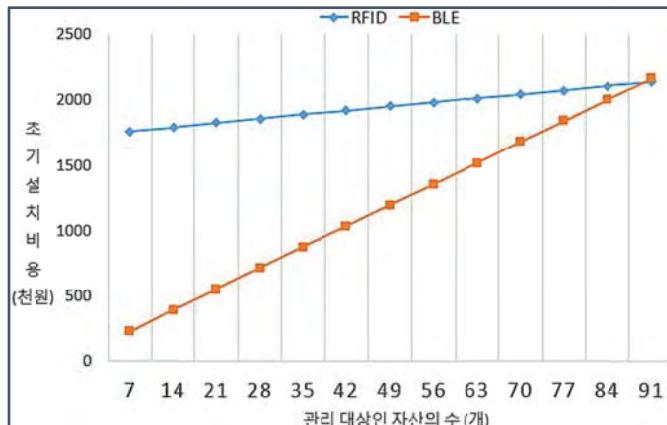
$$RC = n \times t + i + s \quad (\text{식 } 1)$$

이와 비교하여 BLE 비콘을 이용한 자산관리 시스템의 초기 설치 비용 (BC)는 비콘의 수를 n(개), 비콘 하나의 가격을 b(원), 수신기의 가격을 r(원), 서버 구매 비용을 s(원)이라 하였을 때, (식 2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$BC = n \times b + r + s \quad (\text{식 } 2)$$

여기에서 t, b, i, r은 상수로써, t는 4,500 원, b는 23,000 원, i는 RFID 프린터 200,000 원, RFID 미들웨어 300,000 원, RFID 고정 리더기 300,000 원, RFID 휴대 리더기 800,000 원, RFID 안테나 130,000 원을 합한 1,730,000 원이다. r은 라즈베리파이의 가격인 70,000 원이다. 이때 자산 하나에 부착된 RFID 태그 혹은 BLE

비콘의 수는 1 개로 가정하고 두 시스템 모두 동일한 서버를 이용한다고 가정하여 서버 운영 비용인 \$를 제거하면 두 시스템의 초기 설치 비용을 비교한 결과는 (그림 1)과 같다.



(그림 1) BLE 비콘과 RFID 자산관리시스템 초기 설치 비용 비교

(그림 1)의 가로축은 관리하고자 하는 자산의 수이고 세로축은 BLE 비콘의 수가 증가함에 따라 변화하는 (식 1)과 (식 2)의 값을 나타내고 있다. 비콘과 RFID 태그의 수가 91 개를 넘어서기 전까지 BLE 비콘을 이용한 시스템의 초기 설치 비용이 상대적으로 저렴하다는 것을 알 수 있다.

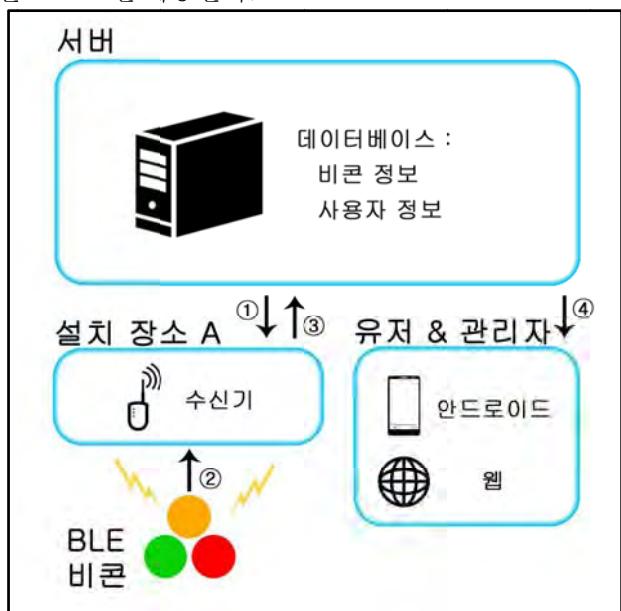
위 결과는 RFID 태그와 BLE 비콘을 대량 구매할 경우 발생할 수 있는 구매 가격의 하락을 고려하지 않은 것이다. 또한 BLE 비콘의 가격은 현재 시장에서 판매되고 있는 일반적인 BLE 비콘의 낱개의 가격을 어렵잖은 것이다. BLE 비콘을 대량으로 구매하거나 생산할 수 있게 된다면 BLE 비콘 가격의 하락으로 인해 예상 결과보다 더 많은 BLE 비콘을 사용할 수 있어 더 많은 비용 절감 효과를 기대할 수 있다.

### 3. BLE 비콘을 이용한 자산관리시스템의 구조와 원리

#### 3.1 시스템 개요

BLE 비콘(이하 BLE 비콘)을 이용한 자산관리 시스템의 개요는 (그림 2)와 같다. 자산이 위치한 장소에 리시버(수신기)가 위치해 있고, 각각의 자산에는 해당 자산의 정보를 담고 있는 BLE 비콘이 부착되어 있다. 수신기는 데이터베이스로부터 해당 수신기의 위치에서 확인할 비콘 목록을 받아와 이를 수신되고 있는 비콘 목록과 비교하여 특정 비콘을 추려내고 그에 대한 상태 정보를 파악한다. 파악된 상태 정보를 리시버가 데이터베이스에 업로드하여 비콘 정보를 업데이트하고, 서버에서는 리시버가 업로드한 비콘 정보를 확인하여 업데이트 시간과 배터리 잔량 등의 기준을 통해 비콘의 현재 상태를 결정한다. 비콘의 상태에 문제가 발생하였을 경우 서버에서는 GCM 서버를 통하여 모바일 단말에 경고 메시지를 보낸다. 모바일 단말에는 데이터베이스의 정보를 확인 및 정리하여주는 어플리케이션이 설치되어 있어 사용자에게 비콘의 상태와 정보를 알린다. 웹 또한 사용자에게 비콘의 상태와 정보를 알리며 추가적으로

모바일 단말 어플리케이션 설치를 위한 APK 파일 등의 다운로드 또한 제공한다.



(그림 2) 시스템 개요도

#### 3.2 시스템 구성

##### 3.2.1 리시버(Receiver)

리시버는 자산에 부착된 BLE 신호를 전달받고 이를 서버에 전송하는 역할을 담당한다. 리시버는 현재 주변에 있는 BLE 비콘을 스캔하여 BLE 비콘의 목록을 만든 후 이 중 데이터베이스에 등록되어 있는 BLE 비콘을 추려내어 해당 BLE 비콘의 정보를 데이터베이스에 업데이트한다. 리시버가 업데이트하는 정보는 리시버가 BLE 비콘의 정보를 업데이트한 시각과 배터리의 잔여량이다.

##### 3.2.2 서버

서버는 데이터베이스에 저장된 BLE 비콘 정보의 업데이트 시각을 실시간으로 분석하여 사용자가 허용한 업데이트 지연 시간 이상의 지연이 발생하면 해당 BLE 비콘의 상태를 'Out of service'로 변경한다.

서버는 웹 서비스를 제공하고 자산에 부착된 BLE 비콘에 대한 정보와 사용자 정보 등을 저장하기 위한 데이터베이스를 제공하는 역할을 담당한다. 웹 서버는 웹 페이지 동작을 위한 환경을 제공해주고 데이터베이스 서버는 전체 시스템에 필요한 모든 정보들을 저장하고 관리한다. 또한 부가적으로 서버는 유저에게 편의성을 제공하기 위해 안드로이드 어플리케이션을 내려 받을 수 있도록 파일을 공유해주는 파일 서버의 역할을 수행한다.

##### 3.2.3 모바일 단말

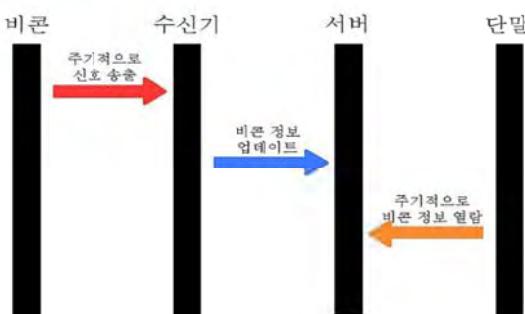
모바일 단말은 BLE 비콘의 상태 및 기타 정보를 사용자에게 빠르게 제공하여주는 역할을 한다. 모바일 단말은 GCM 서버로부터 푸시 메시지를 받아 비콘의 상태가 변화되었음을 사용자에게 알리고 어플리케이션 실행 이후 로그인 과정을 거쳐 사용자를 확인하고 데이터베이스로부터 해당 사용자의 소유의 비콘들의 정보를 획득하여 상태의 우선도에 따라 정리하여 표시한다. 모바일 단말이 표시하여 주는 주요 정보는

현재 상태, 사용장소, 배터리 잔량 등이다.

### 3.3 시스템 동작 프로토콜

#### 3.3.1 자산이 안전할 때

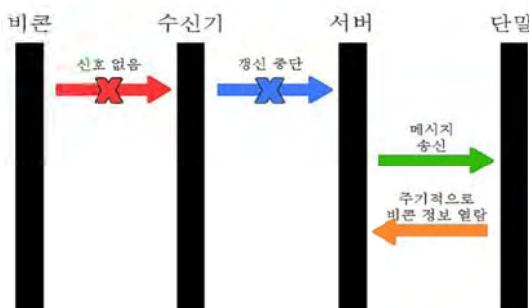
자산에 1:1로 부착된 BLE 비콘은 주기적으로 현재 비콘의 상태에 대한 신호를 송출한다. 리시버는 관리하려는 자산이 위치한 공간 안에서 BLE 비콘에서 송출하는 주기적 신호를 감지하여 곧바로 해당 BLE 비콘의 ID를 판단하여 BLE 비콘들의 정보를 저장하고 있는 DB 서버에 접속하여 개별 BLE 비콘에 대한 정보를 업데이트 한다. 단말은 서버에서 주기적으로 BLE 비콘의 정보를 열람하여 사용자에게 BLE 비콘의 상태를 보여주어 각 BLE 비콘에 연결된 자산의 이동유무를 확인하여 자산을 관리한다. (그림 3)은 BLE 비콘이 부착된 자산이 안전한 범위 안에 있을 때 시스템의 동작 방식을 나타낸 것이다.



(그림 3) 자산이 안전할 때 Flow Chart

#### 3.3.2 자산이 안전하지 않을 때

관리 대상 자산이 관리자 모르게 임의대로 자산의 관리 공간 범위 밖으로 벗어날 경우, 자산에 부착된 BLE 비콘이 주기적으로 송출하는 신호를 리시버가 수신하지 못하게 된다. 따라서 리시버는 해당 자산에 부착된 BLE 비콘에 대한 정보를 서버에 업데이트하지 않게 된다. 서버는 실시간으로 관리 대상 BLE 비콘들의 정보가 업데이트 되고 있는지를 모니터링하고 있다가 일정 시간 동안 업데이트 되지 않을 경우, BLE 비콘의 상태 정보에 이상 상태에 대한 정보를 업데이트하고 모바일 단말에 이상 상태에 대한 푸시 메시지를 전송한다. 단말은 주기적으로 서버에서 BLE 비콘 상태를 열람하고 있다가 이상 상태에 대한 정보를 인식하면 곧바로 경고 알람을 표시하여 사용자가 알 수 있도록 한다. (그림 4)는 BLE 비콘이 부착된 자산이 안전 범위를 벗어났을 때 시스템의 동작 방식을 나타낸 것이다.



(그림 4) 자산이 안전하지 않을 때 Flow Chart

## 4. 시스템 구현 및 동작 실험 결과

### 4.1 시스템 구현 결과

시스템 구현에 사용된 BLE 비콘은 RECO사에서 제작된 RECO 비콘 3개이다. (그림 5)는 시스템 구현에 사용한 실제 RECO 비콘이다.



(그림 5) RECO 비콘

(그림 6)은 리시버의 구현된 리시버의 실제 모습이다. 리시버는 라즈비안을 설치한 라즈베리파이 2에 NEXT사에서 판매하는 204BT 블루투스 동글을 연결하여 구현했다. 네트워크에 연결하기 위해 LAN 케이블을 라즈베리파이에 연결했다.



(그림 6) 리시버: 라즈베리파이 2, 블루투스 동글

리시버에서 작동되는 소프트웨어는 Python으로 구현되었다. 이 소프트웨어에서 사용한 라이브러리는 블루투스 개발 관련 C API를 제공하는 ‘Bluez’을 Python으로 포장한 Bluepy이며 BLE 비콘 스캔을 위해 ‘hciconfig’와 ‘hcitool’ 프로그램을 내부적으로 사용한다.

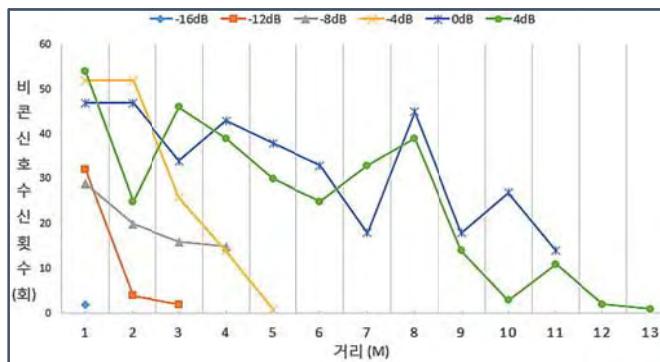
데이터베이스와 서버는 Ubuntu 14.04LTS가 설치된 데스크탑에 MySQL5.6과 Apache2.0를 설치하여 구현되었다.

모바일 단말은 안드로이드 4.3에서 동작하는 스마트폰 어플리케이션으로 구현되었다. 어플리케이션은 윈도우 7에 안드로이드 스튜디오를 설치한 개발 환경에서 구현되었다. (그림 7)은 실제 안드로이드 스마트폰에서 해당 어플리케이션이 구동된 화면이다.



(그림 7) 모바일 App 사용자 인터페이스 예

**4.2 TX power 변화에 따른 BLE 비콘 신호 수신 결과**  
 실험에 사용된 BLE 비콘은 RECO 사에서 제작된 것을 사용했고, BLE 비콘의 신호 송신 주기는 318.75ms로 설정했다. 비콘의 신호는 NEXT사에서 제작된 204BT 블루투스 동글을 연결한 Ubuntu 14.04LTS에서 ‘hcitool’ 프로그램을 사용하여 수신했다. 실험은 수신기와 BLE 비콘 사이에 장애물이 없는 개방된 공간에서 실시했다.



(그림 8) 거리에 따른 Tx power 별 신호 수신 횟수

(그림 8)은 거리 변화에 따른 Tx Power 별 BLE 비콘 신호를 횟수를 측정한 결과이다. X축은 거리를 나타내고 Y축은 수신 횟수를 나타낸다. 수신 시간은 10 초이며 거리 단위는 미터이다.

실험은 Tx Power를 고정시킨 상태에서 가까운 거리에서 먼거리로 BLE 비콘을 1 미터씩 이동시킬 때, 각 지점마다 수신기에서 10 초 동안 수신되는 BLE 비콘 신호 수신 횟수를 측정했다. BLE 비콘이 수신이 되지 않는 지점에 도달하면 Tx Power를 변경하여 같은 과정을 반복했다.

실험 결과 BLE 비콘과 수신기 사이의 거리가 멀어질수록 수신 횟수가 불규칙하게 진동하며 감소하는 경향을 보이다가 일정 거리 이상에서는 수신이 전혀 되지 않았다. 그리고 수신 가능 범위는 Tx Power가 BLE 비콘에서 설정할 수 있는 최대값인 4dB일 때, BLE 비콘과 수신기 사이의 직선 거리로 13 미터였다. 수신기를 중심으로 BLE 비콘 신호 수신 가능 면적을 계산하면 반지름을 13 미터로 하는 원이므로 약 530.93 미터제곱이다.

실험 결과를 통해 BLE 비콘의 Tx Power 세기를 조절을 통해 사용자가 자산을 관리할 범위를 설정할 수 있음을 알 수 있다.

## 5. 결론

본 논문의 목적은 상용화된 RFID 기술을 기반으로 한 자산 관리 시스템이 대규모 사업에 적합하게 설계되었기 때문에 초기 설치 비용이 막대하여 중소규모 사업체에서는 도입하기 힘들다는 한계를 극복하고 쉽고 간편한 자산 관리가 가능하도록 하기 위하여 BLE 비콘 기술을 자산 관리 시스템에 도입한 솔루션을 제안하는

것이다.

향후 연구 과제는 RSSI 값을 이용한 세밀한 거리 측정 기능 구현을 통해 사용자의 자산 관리 범위 설정의 폭을 넓히고 거리 변화에 따른 단계적 상황 판단 기능을 구현하는 것이다.

## 참고문헌

- [1] RFID Active 태그를 활용한 실시간 자산관리 및 보안관리 시스템, 및 방법, 출원 번호 10-2013-0046810
- [2] 한상훈, 민장근, RFID를 이용한 특수 자산 관리 시스템 개발, 한국콘텐츠학회논문지, 제 11 권, 제 6 호, p.33-41, 2011
- [3] 서동민, 여명호, 조용준, 박준호, 한지영, 유재수, RFID 기반의 웹 통합자산관리 시스템 설계 및 구현, 한국콘텐츠학회논문지, 제 8 권, 제 10 호, p.27-36, 2008
- [4] 이선현, 김민홍, RFID를 이용한 자산관리시스템 모델 연구, 컴퓨터산업교육학회논문지, 제 5 원 제 8 호, p.801-810, 2004
- [5] <https://www.bluetooth.org/ko-kr/specification/adopted-specifications>, 2015.09.21
- [6] 정원업, 정은섭, 정윤희, 이진형, 이강, "Bluetooth Low Energy 기반의 비콘을 이용한 출석확인 시스템 설계 최적화", "Design Optimization of Attendance Check System using BLE-based Beacon", 2015 년 한국정보처리학회 춘계학술발표대회, 숙명여자대학교, Apr. 24-25, 2015.