TUNNEL & UNDERGROUND SPACE Vol. 26, No. 3, 2016, pp. 143-153
http://dx.doi.org/10.7474/TUS.2016.26.3.143
ISSN: 1225-1275(Print)
ISSN: 2287-1748(Online)

블루투스 비콘 기술의 광업 및 건설 분야 활용을 위한 특징과 적용사례 분석

정지후, 백지은, 최요순*

Analysis of Features and Applications of Bluetooth Beacon Technology for Utilization in the Mining and Construction Industries

Jihoo Jung, Jieun Baek, Yosoon Choi*

Abstract This study analyzed the features and various applications of Bluetooth beacon technology for utilization in the mining and construction industries. Through a literature survey, the concept and version-specific features of Bluetooth were reviewed, and representative types of the Bluetooth beacon-based service and its real-world applications in other fields were analyzed. Although a few previous studies that used the Bluetooth Classic (the old version of Bluetooth technology) in the mining industry have been reported, no mine site could be found where the Bluetooth beacon technology was utilized. In the construction industry, this study could find a site where the Bluetooth beacon technology was used to improve the haulage works of construction raw materials. Since the Bluetooth beacon technology has low power consumption and is easy to integrate with smartphones, it will be effectively utilized to improve the productivity and safety in the mining and construction industries.

Key words Bluetooth beacon, Mining industry, Construction industry, Location-based service

초 록 본 연구에서는 블루투스 비콘 기술의 광업 및 건설 분야 활용을 위해 기술의 특징과 다양한 활용사례를 조사하고, 분석하였다. 문헌 조사를 통해 블루투스 기술의 개념과 버전별 특징을 정리하였고, 블루투스 비콘 기반 서비스의 대표적인 유형과 타 분야에서의 실제 활용사례를 분석하였다. 광업 분야에서는 구버전인 블루투스 클래식 기술을 활용한 기존의 연구사례는 있으나 블루투스 비콘 기술을 활용한 사례는 발견할 수 없었다. 건설 분야에서는 최근에 블루투스 비콘 기술을 활용하여 현장의 원자재 운반 작업을 개선한 사례를 발견할 수 있었다. 블루투스 비콘 기술은 전력 소비량이 작고 스마트폰과 연동이 용이한 장점이 있으므로 기술 개발을 통해 광업 및 건설 분야에 도입할 경우 현장의 생산성과 안전성 개선을 위해 유용하게 활용할 수 있을 것이라 판단된다.

핵심어 블루투스 비콘, 광업, 건설업, 위치기반 서비스

1. 서 론

블루투스(Bluetooth)는 휴대용 디바이스 간의 양방향 통신을 유선 연결 없이 구현하기 위해 개발된 근거리 무선통신 기술이다. 블루투스 클래식(Bluetooth Classic)이라 불리는 블루투스 초기 버전의 기술은 2001년부터 주로 헤드셋이나 키보드와 같은 장치들을 무선으로 연결하기 위한 용도로 사용되었다. 2010년에는 블루투스 4.0 버전인 Bluetooth Low Energy(BLE) 기술이 발표되었고, 최근에는 BLE 기술을 기반으로 하는 블루투스 비콘(beacon) 제품들이 다수 출시되어 다양한 산업분야에서 실내 위치측위, 주변 환경변화 감지, 위치기반 서비스 등의 목적으로 활용되고 있다(Yim and Keum, 2015).

Received: Jan. 27, 2016
Revised: Mar. 17, 2016
Accepted: Mar. 17, 2016
***Corresponding Author:** Yosoon Choi
Tel) +82516296562, Fax) +82516296553
E-Mail) energy@pknu.ac.kr; yspower7@gmail.com
Dept. of Energy Resources Engineering, Pukyong National University, Busan, Korea

블루투스 비콘은 위치정보를 포함한 블루투스 신호를 주기적으로 송신하는 장치이다(Kim, 2014). 블루투스 비콘을 활용하면 응용 시스템 개발을 통해 사용자에게 다양한 서비스를 제공할 수 있다. 예를 들어, 병원이나 전시장에서는 블루투스 비콘을 이용하여 고객에게 실내 위치안내 서비스를 제공할 수 있으며, 백화점이나 편의점에서는 자동결제 등의 서비스를 제공할 수 있다. 또한, 사용자가 스마트폰을 통해 블루투스 비콘 설치지점의 온도, 습도 등의 정보를 원격에서 확인할 수 있으므로 비닐하우스나 식품저장 창고와 같은 곳에서도 유용하게 활용될 수 있다.

블루투스 비콘을 활용하여 개발할 수 있는 응용 시스템의 형태는 매우 다양하다. 광업 및 건설 분야에서도 블루투스 비콘 기술을 효과적으로 활용한다면 작업 현장의 생산성과 안전성 개선을 위한 다양한 응용 시스템 개발이 가능할 것이라 판단된다. 그러나 현재까지 광업 및 건설 분야에서의 블루투스 비콘 기술 활용도는 타 분야에 비해 매우 낮은 수준이다. 광업 및 건설 분야에서 블루투스 비콘 기술을 효과적으로 활용하기 위해서는 먼저 블루투스 비콘 기술의 특징을 이해하고, 타 분야의 실제 활용사례를 유형별로 구분하여 벤치마킹(benchmarking)할 필요가 있다. 또한, 광업 및 건설 분야에서 블루투스 기술을 도입하기 위해 수행되었던 기존의 연구사례들을 분석해볼 필요가 있다.

본 연구의 목적은 향후 광업 및 건설 분야에서 활용될 수 있는 블루투스 비콘 기반의 응용 시스템 개발을 위한 기초적인 연구로서 블루투스 기술의 특징과 다양한 활용사례를 조사하고, 분석하는 것이다. 문헌 연구를 통해 블루투스 기술의 개념과 버전별 특징에 대해 조사하였고, 블루투스 비콘 기반의 서비스 유형과 국내 타 분야에서의 실제 활용사례에 대해 분석하였다. 또한, 광업 및 건설 분야에서 블루투스 비콘 기술을 도입하기 위해 시도되고 있는 기존의 연구사례들을 분석하여 논문에 제시하였다.

2. 블루투스 기술의 특징

블루투스 기술은 휴대용 장치 간의 양방향 통신을 유선 연결 없이 구현하기 위한 근거리 무선통신 기술, 표준, 제품을 총칭하는 용어이다(Kang, 2015). 1998년 블루투스 최초 버전이 개발된 이후 전송 속도 증대, 전력소비 감소 등과 같은 기술적 발전이 이루어졌다. 기술발전과 함께 버전이 갱신되면서 블루투스 기술의 개념 자체가 달라졌다고 할 수 있을 만큼 큰 진보를 이룬 시점이 있는데, 그 시점은 2010년 6월로서 이때 블루투스 4.0버전인 BLE 기술이 발표되었다. BLE 기술부터는 블루투스를 사물인터넷에 활용하기 위한 설계가 이루어졌으며, 이전 버전에 비해 소비전력을 최대 90% 가까이 절감한 결과 코인 배터리 하나로 수년간 블루투스 장비를 운영할 수 있게 되었다(Jung, 2015). 최근에는 BLE 기술을 기반으로 하는 비콘 장치들이 실내 위치측위, 주변 환경변화 감지, 광고, 자동결제 등의 목적으로 활용되고 있다.

2.1 블루투스 기술의 버전별 특징

2001년 채택된 블루투스 기술의 1.1버전은 Basic Rate (BR) 표준이라고 불리며, 주로 무선 헤드셋, 무선 키보드 등 간단한 기기의 연결에 이용되었다. 블루투스 기술의 1.2버전에서는 근거리 주파수 간섭 문제를 해결하고, 전송신호의 품질을 개선하였다. 블루투스 기술의 2.0버전은 Enhanced Data Rate(EDR) 표준을 따르며, 초창기 1Mbps였던 데이터의 전송속도가 기존에 비해 3배가량 빨라졌다. 블루투스 기술의 3.0버전은 High Speed (HS) 규격을 따르며 데이터의 전송속도가 최대 24Mbps까지 빨라졌다. 그 결과 블루투스를 이용해 기기 간 무선으로 대용량 파일을 주고받을 수 있게 되었다. 또한, 블루투스 3.0 버전에는 PC를 모바일 기기와 동기화할 수 있는 기능이 추가되었다.

2010년 채택된 블루투스 기술의 4.0버전에서는 소비전력이 이전 버전에 비해 최대 90%가량 줄어들었고, 그 결과 기술의 활용가능 분야가 대폭 확대되었다(Ryu, 2015). 블루투스 4.0버전 기술을 기준으로 하여 이전 버전의 기술들을 블루투스 클래식이라고 분류하며, 이후 버전의 기술들을 BLE라고 분류한다. Table 1은 블루투스 클래식 기술과 BLE 기술의 제원과 주요 특징을 비교한 것이다.

2.2 BLE와 블루투스 비콘 기술의 특징

2.2.1 Bluetooth Low Energy(BLE)

2010년 6월 채택된 블루투스 4.0버전인 BLE는 저전력 무선 통신을 목표로 하는 기술이다. BLE 기술을 적용한 기기는 크게 두 가지 유형으로 분류할 수 있다. 싱글모드로 BLE만을 지원하여 주로 센서 역할을 하는 기기를 블루투스 스마트(Bluetooth Smart)라 하며, 듀얼모드로 블루투스 클래식과 BLE를 모두 지원하여 주로 허브(hub) 역할을 하는 기기를 블루투스 스마트 레디(Bluetooth Smart Ready)라고 한다(Fig. 1). 블루투스 스마트 기기는 주변 온도나 인체 혈당 농도 등의 정보를 수집하여 블루투스 스마트 레디 기기로 신호를 전송

Table 1. Comparison of the Bluetooth Classic and Bluetooth Low Energy (BLE) technologies (modified from Jang (2011))

Item	Bluetooth Classic	Bluetooth Low Energy
Number of radio frequency channels	79	40
Data transmission speed	1-3 Mbps	1 Mbps
Range	<10 m	<80 m
Voice support	Yes	No
Data transmission time	100 ms	<6 ms
Power consumption	<30 mA	<15 mA

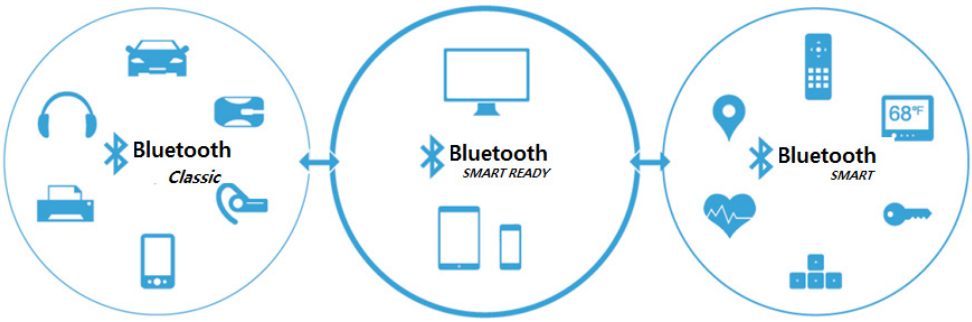


Fig. 1. Classification of the Bluetooth technologies (Bluetooth Classic, Bluetooth Smart and Bluetooth Smart Ready)

하는 센서 역할을 담당한다. 반면, 블루투스 스마트 레디 기기는 다수의 블루투스 스마트 기기들로부터 수집된 정보를 가공하여 다른 기기로 전송하는 허브 역할을 담당한다(NIA, 2014).

BLE 기술의 프로파일에는 아래와 같은 4가지 역할이 정의되어 있다. 프로파일이란 특정한 활용사례에 대해서 BLE를 탑재한 기기가 어떻게 동작할 것인지 정의한 것이다(Yim and Keum, 2015).

① Broadcaster: 전송만을 담당하는 애플리케이션에 최적화된 것으로 소규모 데이터를 처리할 수 있다.

② Observer: 데이터를 수신만 하는 애플리케이션에 최적화된 것으로 broadcaster와 짝을 이루어 사용한다.

③ Peripheral: 하나의 연결을 지원하는 복잡하지 않은 통신 애플리케이션에 최적화되어 있으며, central 역할을 하는 장치와 연결 설정을 통해 데이터 교환이 가능하다.

④ Central: 복수 개의 연결을 지원하고 다수의 peripheral 역할을 하는 장치들을 수용하는 일종의 마스터 역할을 한다.

Central 역할을 하는 장치는 주로 PC나 스마트폰이다. 소량의 데이터를 주기적으로 송신해야 하는 peripheral이나 broadcaster와 역할을 하는 장치 중 대표적인 것이 블루투스 비콘이다.

2.2.2 블루투스 비콘

비콘의 사전적 의미는 지리적 위치를 표시하기 위한 수단이다. 봉화나 등대가 비콘의 일종이라 할 수 있다. 블루투스 비콘은 위치정보를 포함한 블루투스 신호를 주기적으로 전송하는 BLE 기반의 장치를 뜻한다. 비콘 제품 중에는 블루투스 이외에 초음파, Wi-Fi, 가시광선 등의 신호를 이용하는 것도 있으나, BLE 기반의 비콘 제품이 주류를 이루는 이유는 다른 송신원에 비해 소비전력이 매우 작기 때문이다(Kim et al., 2014). 최근에 개발된 블루투스 비콘의 경우 일반 건전지로도 수년 동안 작동시킬 수 있으며, 사용자 스마트폰의 배터리 소모량 또한 매우 작다. 블루투스 비콘 제품의 대표적인 표준으로는 2013년 애플이 발표한 iBeacon과 2015년 구글에서 발표한 Eddystone이 있다.

블루투스 비콘은 주기적으로 사용자 정보(ID)와 수신된 신호의 세기(received signal strength indication, RSSI) 값을 블루투스 신호로 송신한다. 스마트폰 사용자가 신호 도달영역 내로 진입하면 스마트폰 앱에서 블루투스 비콘의 신호를 수신하여 클라우드 서버로 사용자 정보를 전달하며, 클라우드 서버에서는 개별 사용자 정보를 인식한 뒤 관련된 적절한 서비스 정보를 사용자의 스마트

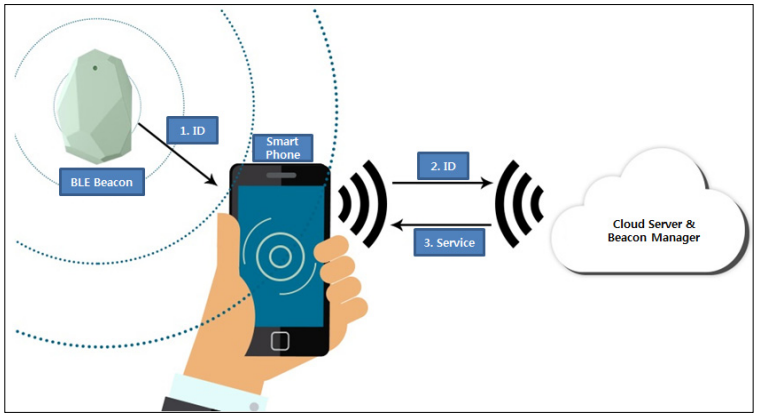


Fig. 2. Conceptual view of the Bluetooth beacon-based systems (image source: http://blog.lgcns.com/565)

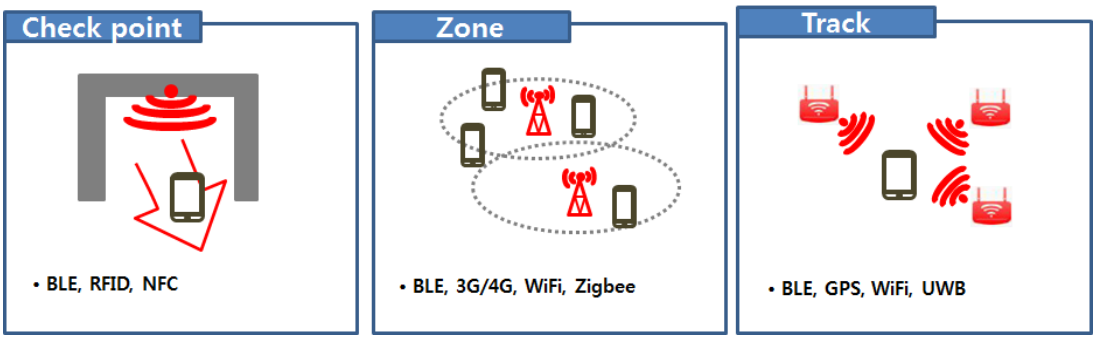


Fig. 3. Three types of indoor positioning methods using the Bluetooth beacons

폰 앱으로 송신하여 블루투스 비콘 기반의 서비스가 이루어지게 된다(Fig. 2).

3. 블루투스 비콘 기반 서비스의 대표적인 유형

3.1 실내 위치측위 서비스

위치측위시스템으로 대표되는 기술에는 global positioning system(GPS)가 있으나 위성에서 송신되는 GPS 신호는 건물의 벽을 통과하지 못하기 때문에 실내 위치측위시스템으로 활용하기 어려운 한계가 있다. 이러한 한계를 극복하기 위해 최근에는 블루투스 비콘 기술을 실내 위치측위를 위해 활용하고 있다(Ha et al., 2015). 블루투스 비콘을 이용한 위치측위 방법에는 체크포인트법(check point), 구역법(zone), 추적법(track) 등이 있다(Fig. 3).

- 체크포인트법: 스마트폰 사용자가 블루투스 비콘이 설치된 지역을 지나갈 때 통과 정보를 기록하는 방식이다. 무선식별시스템(radio frequency identification, RFID) 태그가 RFID 수신기의 전파도달 영역을 통과할 때 위치정보를 기록하는 방식과 동일하다.
- 구역법: 거리에 따라 달라지는 블루투스 비콘의 RSSI를 이용하는 방법이다. 설치된 블루투스 비콘과 가까이 위치한 스마트폰 사용자는 강한 신호를 수신하며, 먼 곳에 위치한 스마트폰 사용자는 상대적으로 약한 신호를 수신하게 된다. 이 수신 신호의 세기 차이를 이용하여 위치를 측위하는 방법이 구역법이며, BLE를 기반으로 하는 대부분의 블루투스 비콘들은 이 방법을 채택하고 있다.
- 추적법: 여러 대의 블루투스 비콘이 실내에 배치되어 있을 때, 스마트폰 사용자가 3대 이상의 비콘으로부터 ID와 RSSI 정보를 수신해 사용자의 현재 위치를 삼각측량법 또는 지문법(finger printing) 등을 이용하여 계산하는 방법이다.

3.2 실시간 모니터링 서비스

다양한 센서가 탑재되어 있는 블루투스 비콘을 활용하면 비콘이 설치된 지점의 온도, 습도, 가속도 등의 정

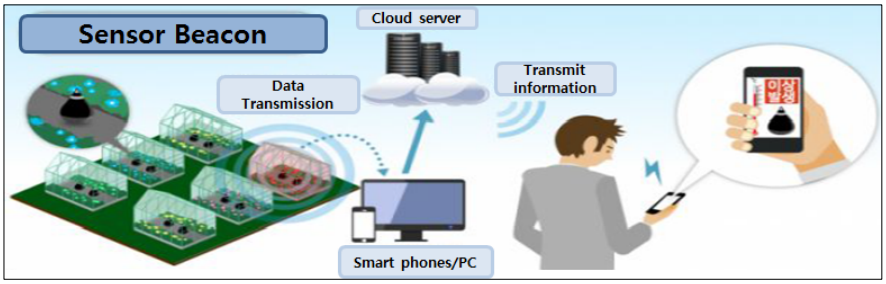


Fig. 4. Conceptual view of the real-time monitoring service using the Bluetooth beacons (image source: http://blog.naver.com/firstgeenie/220035220376)

보를 실시간으로 모니터링하여 주변에 위치한 PC나 스마트폰으로 데이터를 전송할 수 있다. 전송된 데이터는 클라우드 서버에 저장되고, 사용자는 스마트폰이나 PC를 통해 클라우드 서버에 접속하여 원격지에서도 데이터를 실시간으로 확인할 수 있다(Fig. 4).

온습도 센서를 이용한 블루투스 비콘의 실시간 모니터링 서비스는 비닐하우스, 식품저장창고 등과 같이 온도나 습도의 변화 파악이 중요한 곳에서 유용하게 활용될 수 있다. 또한, 가속도센서가 탑재된 비콘은 사물의 움직임을 모니터링하여 실시간으로 데이터를 전송할 수 있으므로 행사장이나 박물관에서 전시물의 훼손 및 도난 방지, 항만에서의 물류시스템 개선 등을 위해 활용될 수 있다.

3.3 위치기반 알림 서비스

위치기반 알림 서비스는 스마트폰을 소지한 사용자가 블루투스 비콘의 신호 전파범위 내에 진입하면 스마트폰 앱을 통해 유용한 정보를 수신 할 수 있는 서비스이며, 그 활용방법이 매우 다양하다. 블루투스 비콘은 스마트폰 사용자가 별도의 행동을 취하지 않더라도 자동으로 사용자의 위치를 파악할 수 있으므로, 위치기반 맞춤형 서비스 정보를 사용자에게 실시간으로 제공할 수 있다.

대표적인 위치기반 알림 서비스로는 광고나 쿠폰 발행 등의 판촉서비스가 있다. 스마트폰 앱을 설치한 고객이 오프라인 매장을 방문하면 고객의 위치를 파악하여 맞춤형 할인쿠폰이나 신제품 정보 등을 제공하는 것이다. 그 외에도 박물관이나 전시회에서는 스마트폰 앱을 설치한 관람객이 블루투스 비콘에 접근하면 전시물에 대한 상세한 설명이나 안내 메시지를 제공하는 서비스가 가능하며, 은행에서는 스마트폰 앱을 설치한 고객이 방문할 경우 블루투스 비콘을 이용하여 고객을 인지하고 입력된 사전 정보를 바탕으로 빠르고 정확한 상담 서비스를 제공할 수도 있다(NIA, 2014).

4. 블루투스 비콘 기술의 국내 타 분야 실제 활용사례 분석

4.1 현대백화점의 블루투스 비콘 기반 서비스

현대백화점 무역센터점에서는 블루투스 비콘 기반의 서비스를 통해 백화점을 방문한 고객(스마트폰 앱을 설치한 고객)에게 환영 메시지와 할인행사 정보 등을 제공하고 있다. 백화점 입구 근처에 배치된 비콘의 신호를 고객의 스마트폰이 수신하면 설치된 앱을 통해 환영 메시지를 전송받게 되며, 고객의 위치를 기반으로 근접한 매장의 상품 세일정보나 할인 쿠폰을 전송받을 수 있다(Fig. 5).

과거에는 고객이 매장 안에 들어가서 물리적으로 게시되어 있는 프로모션 정보만 얻을 수 있었지만, 블루투스 비콘 기술을 도입함으로써 고객의 위치에 따른 맞춤 정보를 스마트폰을 통해 제공할 수 있게 되었다. 또한, 스마트폰 앱 설치 고객의 쇼핑 동선과 관심 상품을 파악한 후 수집된 정보를 온라인 쇼핑몰로 연계하여 오프라인 구매를 망설였던 상품을 할인된 가격으로 고객에게 추천할 수도 있게 되었다. 이와 같이 백화점에서 블루투스 비콘 기술을 활용할 경우 온라인과 오프라인이 연계되는 Online2Offline(O2O) 서비스의 구현이 가능하다.

4.2 부산대학교병원의 블루투스 비콘 기반 서비스

부산대학교병원에서는 블루투스 비콘 기술을 활용하여 고객들에게 자동진료 접수, 실내 이동경로 안내, 치매 환자 위치파악 등의 서비스를 제공하고 있다(Kim, 2015a). 스마트폰 앱을 통해 미리 진료예약을 마친 환자가 병원에 내원하면 원무과를 거치지 않아도 자동으로 접수가 완료된다. 병원에 설치된 블루투스 비콘의

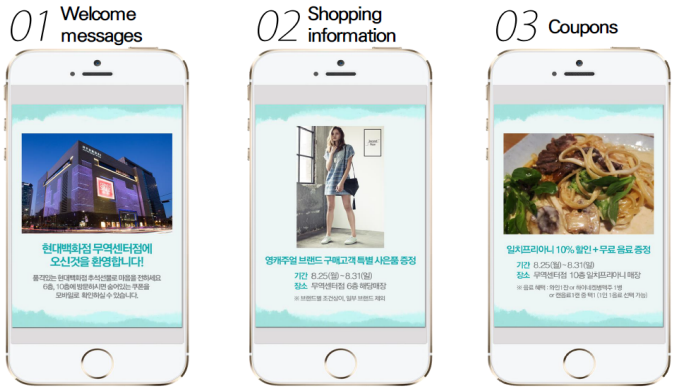
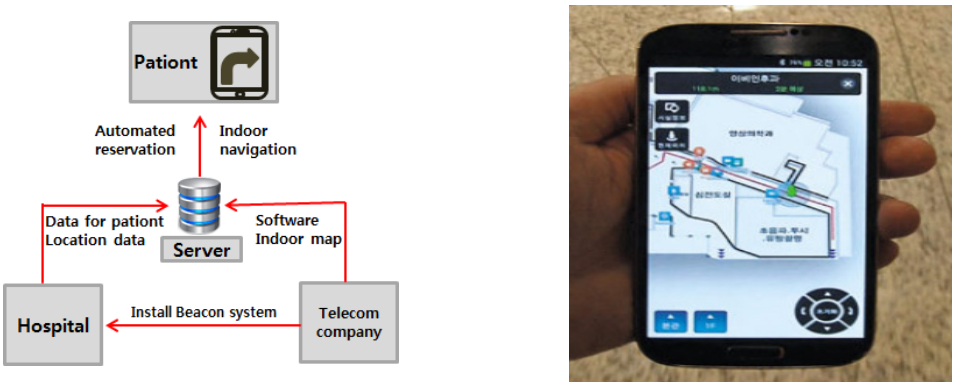


Fig. 5. Example of a Bluetooth beacon-based service in a department store (image source: http://blog.naver.com/perples)



(a) (b)

Fig. 6. Example of a Bluetooth beacon-based service in a hospital. (a) Conceptual view of the system architecture. (b) Bluetooth beacon-based indoor navigation service using smartphones (image source: http://www.kt.com/pr/news_01_view.jsp?newsidx=11473)

신호를 고객의 스마트폰이 수신하면, 스마트폰 앱에서 진료예약 정보를 병원의 서버로 전송하여 자동 접수가 이루어지게 되는 것이다. 또한, 스마트폰 앱을 설치한 고객은 자신의 진료 순서가 되면 스마트폰을 통해 알림 메시지를 전송받을 수 있으며, 진료실까지 이동하는 경로를 스마트폰 앱을 통해 안내받을 수 있다(Fig. 6).

4.3 광운대학교의 블루투스 비콘 기반 자동출결시스템

광운대학교에서는 블루투스 비콘 기술을 활용한 자동출결관리시스템을 운영하고 있다. 학생들이 블루투스 비콘이 설치된 강의실에 들어가면 스마트폰에 설치되어 있는 앱이 자동으로 출석 여부를 출결관리시스템 서버에 보고한다. 서버에서는 학생들의 출결 및 위치정보를 데이터베이스화하여 관리하며, 이를 활용하면 보다 정확한 학사행정 처리가 가능하다. 담당교수는 출석 체크를 할 필요가 없어 시간을 절약할 수 있으며, 대리 출석으로 인해 붉어지는 문제들도 일부 해결할 수 있다. 또한, 학생들의 위치 정보를 파악할 수 있기 때문에 위치에 따른 맞춤형 정보를 학생들에게 제공할 수 있게 되었다. 광운대학교에서는 추후 학생들의 의견을 반영해 학교 전체에서 블루투스 비콘 기반 서비스를 제공받을 수 있도록 시스템을 확대할 계획이다(Kim, 2015c).

4.4 문화재청의 블루투스 비콘 기반 관광안내 서비스

문화재청은 블루투스 비콘을 활용하여 관광객들에게 안내 서비스를 제공하고 있다. 경주 불국사를 찾는 국내외 관람객들은 스마트폰 애플리케이션을 통해 이동경로에 따른 현장 맞춤형 안내 서비스를 제공받을 수

있다. 불국사 내 주요 문화재에는 블루투스 비콘이 설치되어 있어 관람객이 접근하면 문화재 정보를 사용자에게 자동으로 전송한다. 문화재 정보는 사진, 동영상, 3차원 입체영상 등 80여 건의 불국사 관련 콘텐츠로 구성되어 있으며, 외국어 안내 및 장애인용 수화 동영상도 제공한다. 관람객들은 블루투스 비콘 기반의 서비스를 통해 별도의 안내 책자나 해설사 없이도 불국사의 문화재 정보를 쉽고 생동감 있게 전달받을 수 있다(Eun, 2015).

5. 광업 및 건설 분야에서의 블루투스 기술 활용사례 분석

5.1 블루투스 기반 지하광산용 가스농도 모니터링 시스템

Wu 등(2014)은 블루투스 기반의 지하광산용 가스농도 모니터링 시스템의 알고리즘을 Fig. 7과 같이 설계하였다. 이 시스템은 크게 가스농도 데이터를 수집, 처리, 전송하는 프런트엔드(front-end) 모듈, 프런트엔드에서 전송하는 신호를 수신하거나 모니터링센터에서 보내는 명령 신호를 프런트엔드로 전달하는 트랜스시버(transceiver) 모듈, 트랜스시버에서 송신한 신호를 수신하거나 명령 신호를 트랜스시버나 프런트엔드로 전송하는 역할을 하는 모니터링 센터(monitoring center) 모듈로 구성되며 지하광산에서 수집된 데이터는 controller area network(CAN) bus 통신 기법을 통해 모니터링 센터 모듈이 설치된 지상의 관리실로 전송된다.

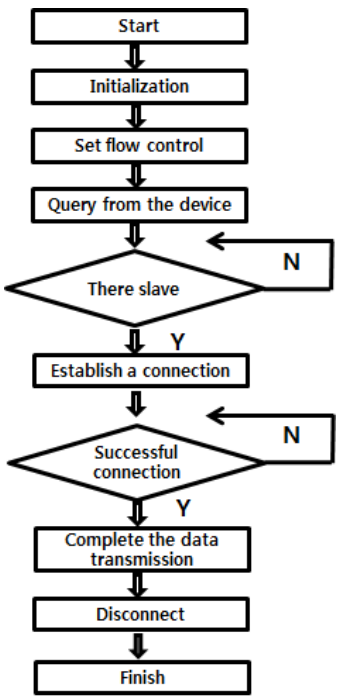


Fig. 7. Algorithm of a Bluetooth-based gas monitoring system in an underground coal mine (after Wu et al., 2014)

지하광산에 이와 같은 가스농도 모니터링 시스템을 구축하면 갱내의 가스농도 변화를 실시간으로 감지할 수 있고, 무선 통신을 통해 측정 데이터를 전송하여 지상 관리실에서 가스농도의 변화를 확인할 수 있다. 가스농도가 기준치 이상으로 올라가는 경우 갱내에 설치된 사이렌을 울려 작업자들을 신속히 대피시킬 수도 있는 장점을 가진다. 그러나 이 시스템에는 블루투스 클래식 기술이 사용되어 데이터의 무선 전송 거리가 10m 이내로 매우 짧다는 한계가 있다. 따라서 시스템 구축을 위해서는 갱도 내에 수많은 트랜스시버 모듈을 설치해야만 하는 단점이 있다.

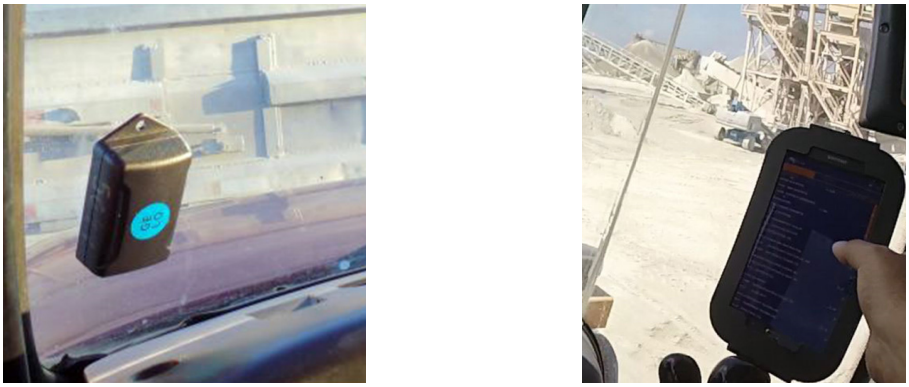
5.2 RFID/Wi-Fi/블루투스 기반 지하광산용 위치추척 시스템

Randinovic과 Kim(2008)은 미국 Oklahoma주에 위치한 Pollyanna 지하광산에 갱내 위치추적 시스템을 설치하기 위하여, 실내 위치추적에 사용될 수 있는 세 가지 무선통신 기술(RFID, Wi-Fi, 블루투스)의 장단점을 분석하였다. 그 결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 리더기에서 전파되는 무선 신호를 이용하여 태그를 인식하는 RFID 시스템은 비교적 좁은 지역에서 실내 위치추적 용도로 사용하기에 최적의 기술이다. 지하광산의 한정된 지점에서만 위치추적이 필요한 경우 RFID 기술을 활용하면 경제적인 비용으로 시스템을 구축할 수 있다. 그러나 RFID 시스템은 리더기와 태그 간의 양방향 통신이 불가능하기 때문에 서로 정보를 교환할 수 없다는 단점이 있다.

둘째, 지하광산의 위치추적을 위해 Wi-Fi 기술을 활용하면 PC, 노트북, 스마트폰 등 다양한 장치 간의 통신을 할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 Wi-Fi 태그는 RFID 태그보다 가격이 비싸기 때문에 전체적인 시스템 구축비용이 증가하게 되는 단점이 있다. 또한, 장치가 Wi-Fi access point(AP)와 거리가 가까우면 데이터의 무선 전송속도가 빠르지만, 거리가 멀어지면 전파 감쇄 현상에 의해 데이터의 무선 전송속도가 급격하게 느려지게 된다. 이를 보완하기 위해 좁은 지역 내에 여러 개의 AP를 설치하는 경우도 있으나, 이 경우에도 전파간섭 현상이 심하게 나타나는 단점이 있다.

셋째, 블루투스는 Wi-Fi와는 다르게 주파수 호핑 방



(a) (b)

Fig. 8. The Bluetooth beacon-based system for raw material management in a construction site. (a) Bluetooth beacon mounted on a dump truck. (b) Smartphone. (image source: http://www.industrysolutions.co.kr)

법으로 다양한 채널의 전파를 전송할 수 있다. 따라서 전파간섭이 현상이 심하게 나타나는 지역에서 효과적으로 활용할 수 있다. 그러나 블루투스 클래식 기술은 무선 신호의 도달거리가 짧기 때문에, 장치가 신호가 도달하는 범위를 벗어날 경우 정확한 위치추적이 불가능하다. 즉, 블루투스 클래식 기술은 짧은 전파 도달거리의 한계로 인해 지하광산에서 위치추척 시스템을 구현하기 위한 기술로는 부적합하다.

5.3 블루투스 비콘 기반 건설용 원자재관리 시스템

미국 플로리다 주의 Palm Beach Aggregates(PBA)는 건설용 원자재를 공급하는 회사이다. PBA는 시멘트, 모래, 골재 등 20여 가지의 건설용 원자재를 취급하며 하루 평균 약 2만 톤의 원자재를 덤프트럭을 이용하여 운반한다. 이곳에서 운반되는 원자재들은 플로리다 교통국의 엄격한 인증 절차를 거쳐야 한다. 트럭에 한번 적재한 원자재를 다른 트럭에 옮길 경우 교통국의 규정에 따라 건설현장에 납품할 수 없게 되며, 트럭이 적재용량을 초과한 경우에는 반드시 폐기장으로 다시 돌아가 원자재를 하역해야 한다. 폐기장에 내려진 원자재는 규정에 따라 버려지게 되므로 트럭 적재/운반 과정에서 발생하는 오류는 금전적 손실로 이어진다. 과거에 PBA는 별도의 자동화 시스템을 운영하지 않았기 때문에 트럭에 적재한 건설용 원자재가 용량이 미달되거나 초과되는 경우가 빈번하게 발생하였다.

PBA에서는 건설용 원자재 선적과정에서 오류를 줄이고 작업 효율성을 개선하기 위해 2015년 2월 블루투스 비콘 기반의 원자재관리 시스템을 도입하였다(Kim, 2015b). 그 결과 작업 관리자와 운전자들이 얼마만큼의 자재를 어디에서 적재해야 하는지 등의 정보를 실시간으로 공유할 수 있게 되었다. PBA에서 블루투스 비콘 기반 시스템을 도입한 후 원자재의 선적과정은 다음과 같은 절차로 진행되었다. 먼저 트럭이 작업장 입구에 도착하면 운전자는 트럭의 하중을 측정한다. 이때, 각 트럭에 설치된 블루투스 비콘(Fig. 8a)은 트럭을 파견한 회사명과 트럭 고유번호, 차량의 중량, 트럭에 적재할 수 있는 원자재의 종류 등의 정보를 서버로 전송한다. 작업 관리자는 서버에 접속하여 트럭에서 전송된 정보를 확인 뒤, 전용 앱을 통해 빈 트럭의 무게와 적재장소 및 운반순서 등의 정보를 입력한다. 이 정보는 클라우드 서버를 통해 트럭에 탑재된 스마트폰으로 전송된다(Fig. 8b). 작업 관리자로부터 적재장소 및 선적순서 등의 정보를 수신한 운전자는 정해진 장소로 이동하게 되며, 각 작업장에 설치된 비콘 중계기는 트럭에서 전송되는 비콘 신호의 강도를 분석해 트럭의 위치를 파악하고 트럭에 작업명령 메시지를 전송한다. 마지막으로 원자재 선적이 완료되면 적재상태의 트럭 하중을 측정하여 그 결과를 서버로 전송한다.

PBA는 블루투스 비콘 기반의 시스템 도입 후 트럭 1회 운행 당 약 15분가량의 작업시간을 단축할 수 있었고, 원자재 선적 과정에서 발생했던 오류가 크게 감소하였다. 작업 관리자와 운전자들이 이미 스마트폰이나 태블릿 PC를 사용하고 있었기 때문에 블루투스 비콘 시스템과의 통합과정이 간단하였고, 시스템 설치비용도 최소화시킬 수 있었다. 트럭의 전면 유리에 부착된 블루투스 비콘은 분진과 습기에 견딜 수 있도록 설계되었고,

코인배터리 하나로 약 2-3년간 작동하며, 인식거리가 45-70m 가량 되어 현장에서 충분히 활용이 가능했다.

5.4 블루투스 비콘 기반 건설 현장의 재해재난 대응 및 현장관리 시스템

Song 등(2015)은 건설 현장에 적용 가능한 블루투스 비콘 기반 재해재난 대응 및 현장관리 시스템의 구축 방안을 제시하였다. 기존에 많은 연구자들이 Global Navigation Satellite System(GNSS), Ubiquitous Sensor Network (USN) 등의 기술을 이용하여 건설 현장의 작업자 위치 추적을 위한 방법을 개발하였으나, 이러한 방법들은 실내 또는 지하 건설현장에서의 위치추적의 어려움과 고비용, 고전력 장치의 사용에 따른 문제점으로 인해 현장에 도입되기 어려운 한계가 있었다. 이러한 한계를 극복하기 위한 방법으로 타 기술들보다 비교적 저비용이며, 소비전력이 적은 블루투스 비콘 기반의 시스템을 제안한 것이다.

제안된 시스템은 크게 하드웨어 부분과 소프트웨어 부분으로 구분된다. 하드웨어는 블루투스 비콘, 사고감지 단말기, 비콘 중계기, 정보 송수신을 위한 3G 기반 게이트웨이, 위험지역 내 경보알림 장치로 구성된다. 시스템 소프트웨어인 관제시스템의 경우 건설 현장 내 작업자의 위치 및 사고 감지 정보를 수집하고 분석하기 위한 기능들로 구성된다.

Song 등(2015)은 블루투스 비콘 기반 시스템 도입을 통해 건설 현장에서 작업자의 위치 및 안전사고 등에 대한 실시간 정보공유가 가능하며, 궁극적으로 신속한 재해재난 대응 및 현장관리가 가능할 것으로 예상하였다. 그러나 현재까지는 시스템에 대한 개념 설계가 이루어졌으며, 시스템의 구현 및 현장 적용은 이루어지지 않았다.

6. 결 론

향후 광업 및 건설 분야에서 활용될 수 있는 블루투스 비콘 기반의 응용 시스템 개발을 위한 기초적인 연구로서 본 논문에서는 블루투스 비콘 기술의 특징과 다양한 활용사례를 정리하고 분석하였다. 블루투스 기술은 1998년 최초의 버전이 발표된 이후 지속적으로 갱신되어 현재에는 BLE 기술로 발전하였다. 최근에는 애플의 iBeacon, 구글의 Eddystone 등과 같이 BLE 기술을 기반으로 하는 비콘 장치들이 상용화되어 다양한 스마트폰 앱과 함께 블루투스 비콘 기반의 서비스가 이루어지고 있다. 블루투스 비콘 기반의 서비스는 크게 3가지 유형(실내 위치측위 서비스, 실시간 모니터링 서비스, 위치기반 알림 서비스)으로 구분할 수 있으며, 각 서비스 유형별로 고유한 특징이 있다. 국내 타 분야에서 블루투스 비콘 기술이 실제 적용된 사례를 조사한 결과 현대백화점에서는 블루투스 비콘 기반 서비스를 통해 고객에게 할인쿠폰 등 다양한 정보를 제공하고 있었고, 부산대학교병원에서는 자동 진료접수, 실내 내비게이션, 환자 위치파악 등의 용도로 블루투스 비콘 기술을 활용하고 있었다. 또한, 광운대학교의 자동출결관리시스템과 문화재청의 맞춤형 안내 서비스도 블루투스 비콘 기반의 기술이 활용된 서비스 사례임을 확인할 수 있었다.

광업 및 건설 분야에서 블루투스 기술을 도입하기 위해 시도되었던 기존의 연구사례를 조사한 결과, 광업 분야에서는 지하광산에서 소규모 데이터를 전송하기 위해 블루투스 클래식 기술을 활용하는 방안을 검토한 해외의 연구사례를 찾아볼 수 있었다. 그러나 구버전인 블루투스 클래식 기술은 RFID나 Wi-Fi 기술에 비해 전파 도달거리가 짧고, 데이터 전송 속도가 느리다는 단점이 있어 실제 광산 현장에는 적용되지 않았다. 실제 광산 현장에서는 블루투스 클래식 기술보다는 RFID나 Wi-Fi 기술이 상대적으로 더 많이 활용되고 있었다. 블루투스 클래식 기술의 단점을 극복할 수 있는 블루투스 비콘 등과 같은 BLE 기술이 광업 분야에 적용된 사례는 현재까지 발견할 수 없었다. 건설 분야에서는 건설자재 운송과정에서 오류를 줄이고, 작업 효율성을 향상시키기 위해 블루투스 비콘 시스템을 활용한 사례를 해외 현장에서 발견할 수 있었다. 건설 현장의 안전 및 작업관리를 위해 블루투스 비콘을 활용하는 방안에 대한 연구가 국내에서도 최근 들어 시작되고 있으나, 현재까지 현장 적용 사례는 발견할 수 없었다.

블루투스 기술의 4.0버전인 BLE 기반의 블루투스 비콘은 전파 도달거리가 최고 50-70 m에 달하며, 소비전력을 기존의 기술에 비해 최대 90% 절감할 수 있다. 따라서 기존의 블루투스 클래식 기술이 가진 단점을 상당부분 해결할 수 있으며, 이미 대중화된 스마트폰과 연동이 용이한 장점이 있으므로 광업 및 건설 분야에 도입할 경우 다양한 목적으로 활용될 수 있을 것이라 기대된다. 향후 광업 및 건설 분야의 작업 효율성 개선과 안전성 증대를 위한 블루투스 비콘 기반 응용 시스템 개발이 필요하며, 현장에서 블루투스 비콘 기술을 효과적으로 활용할 수 있는 방법에 관한 연구가 지속적으로 수행되어야 할 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 2015년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연

구재단 이공학 개인기초연구지원사업(2015R1D1A1A01061290)의 지원을 받아 수행되었다. 또한, 일부저자는 산업통상자원부 2단계 자원개발특성화대학사업 산학협력연구단(연구과제: 광물자원 탐사·개발)의 지원을 받았다. 이에 감사한다.

References

1. Eun, Y,S., 2015, Bulguksa temple in my hand, Asia news agency, http://www.anewsa.com/detail.php?number=811232&thread=07r02 (accessed on 26 Jan 2016).
2. Ha, T.Y., Jo, S.W., Park, J.H., Shin, S.J and Chung, J,M., 2015, Analysis of BLE Beacon Device's Industrial Trend and Possible Problem, Proceedings of Korean Society for Internet Information, Gangneung, Korea, May 1-2, pp. 199-200.
3. Jang, Y.J., 2011, Trends of Bluetooth Low Energy Technology, Telecommunications Technology Association, http://www.tta.or.kr/data/weekly_view.jsp?news_id=3345 (accessed on 2 Mar 2016).
4. Jung, Y.H., 2015, Latest IT Technology Trend, Central Radio Management Office, http://webzine.crms.go.kr/57/pdf_down/trands.pdf (accessed on 26 Jan 2016).
5. Kang, I.Y., 2015, Bluetooth, IT donga, http://it.donga.com/22106/ (accessed on 26 Jan 2016).
6. Kim, C.H., 2014, BLE based Data Communication Technology, DaTaNet, http://www.datanet.co.kr/news/articleView.html?idxno=78060 (accessed on 26 Jan 2016).
7. Kim, D.Y., Kim, S.H. and Jin, S.H., 2014, The Reaserch on iBeacon technology trend and issue, Proceedings of Korea Computer Congress 2014, Pusan, Korea, Jun 25-27, pp. 390-392.
8. Kim, J.Y., 2015a, Bluetooth beacon-based service in a hospital, The Kukmin Daily, http://news.kmib.co.kr/article/view.asp?arcid=0009299769&code=61121111&cp=nv (accessed on 26 Jan 2016).
9. Kim, J.Y., 2015b, The improvement of work efficiency by using Bluetooth beacon, Industry solution, http://www.industrysolutions.co.kr/?s=%EB%B8%94%EB%A3%A8%ED%88%AC%EC%8A%A4+%EB%B9%84%EC%BD%98 (accessed on 1 Mar 2016).
10. Kim, M.H., 2015c, Bluetooth Beacon-based Automated Attendance Management System, Etnews, http://www.etnews.com/20150408000085 (accessed on 26 Jan 2016).
11. NIA, 2014, IT & Future Strategy Report, National Information Society Agency, http://www.nia.or.kr/bbs/board_view.asp?BoardID=20140806131454789 4&id=14622&Order=020102&search_target=&keyword=&Flag=020000 (accessed on 26 Jan 2016).
12. Radinovic, G. and Kim, K., 2008, Feasibility Study of RFID/Wi-Fi/Bluetooth Wireless Tracking System for Underground Mine Mapping-Oklahoma, Proceedings of Incorporating Geospatial Technologies into SMCRA Business Processes, Atlanta, USA, March 25-27, pp. 1-34.
13. Ryu, D.H., 2015, Development of BLE Sensor Module based on Open Source for IoT Applications, The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences, Vol. 10, No. 3, 419-424.
14. Song, J.H., Jang, Y.G. and Jeon, H.S., 2015, Construction Method of Disaster Prevention/Prediction and Site Management System on Construction Site, Proceedings of Korea Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography, Changwon, Korea, April 23-24, pp. 325-327.
15. Yim, J.C. and Keum C.S., 2015, Technology Trends on Proximity Services, Electronics and Telecommunications Trends, Vol. 30, No. 1, 123-132.
16. Wu, Y., Feng, G. and Meng, Z., 2014, The Study on Coal Mine Using the Bluetooth Wireless Transmission, IEEE Proceedings of Electronics, Computer and Applications, Ottawa, Canada, May 8-9, pp. 1016-1018.

정 지 후

2014년 부산대학교 자연과학대학 지질학과 이학사

Tel: 051-629-6550
E-mail: haksu8874@gmail.com
현재 부경대학교 환경해양대학 에너지자원공학과 석사과정

최 요 순

2004년 서울대학교 공과대학 지구환경시스템공학부 공학사
2009년 서울대학교 대학원 에너지시스템공학부 공학박사
2010년 미국 펜실베니아 주립 대학교 에너지자원공학과 Post-Doc

Tel: 051-629-6562
E-mail: energy@pknu.ac.kr
현재 부경대학교 환경해양대학 에너지자원공학과 부교수

백 지 은

2016년 부경대학교 환경해양대학 에너지자원공학과 공학사

Tel: 051-629-6550
E-mail: bje0511@gmail.com
현재 부경대학교 환경해양대학 에너지자원공학과 석사과정