Journal of The Korea Society of Computer and Information
Vol. 23 No. 12, pp. 145-151, December 2018
www.ksci.re.kr
https://doi.org/10.9708/jksci.2018.23.12.145

Design and Implementation of Road Construction Risk Management System based on LPWA and Bluetooth Beacon

Seung-Soo Lee*, Yun-cheol Kim*, Sung-Hyun Jee**

Abstract

While commercialization of IoT technologies in the safety management sector is being promoted in terms of industrial safety of large indoor businesses, implementing a system for risk management of small outdoor work sites with frequent site movements is not actively implemented. In this paper, we propose an efficient dynamic workload balancing strategy which combined low-power, wide-bandwidth (LPWA) communication and low-power Bluetooth (BLE) communication technologies to support customized risk management alarm systems for each individual (driver/operator/manager). This study was designed to enable long-term low-power collection and transmission of traffic information in outdoor environment, as well as to implement an integrated real-time safety management system that notifies a whole field worker who does not carry a separate smart device in advance. Performance assessments of the system, including risk alerts to drivers and workers via Bluetooth communication, the speed at which critical text messages are received, and the operation of warning/lighting lamps are all well suited to field application.

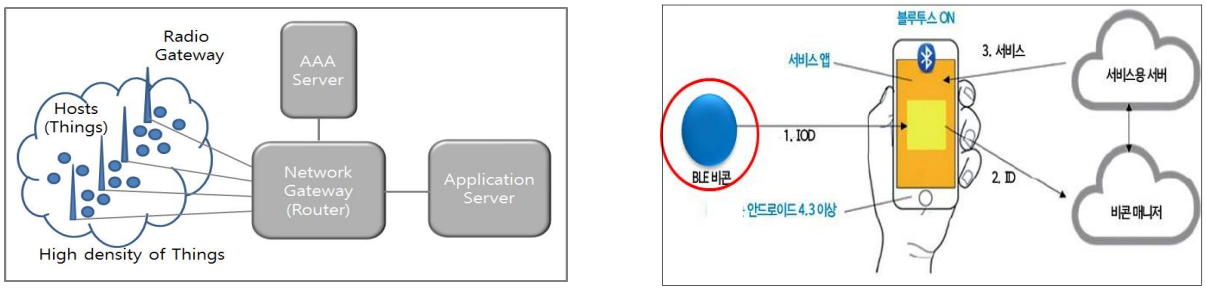
▸Keyword: LPWA, Bluetooth Beacon, Road Construction Risk Management, IoT safety sign

I. Introduction

최근 스마트 기기와 사물인터넷(IoT) 기술의 발전으로 인터넷으로 연결된 생활 속 기기들이 각자 알아서 커뮤니케이션하면서 인간의 삶을 편리하도록 스마트한 서비스를 지원하고 있다. 특히 IoT 기술의 적용범위가 헬스케어, 위치기반, 지리정보, 위성정보 서비스 등 편리성 제공에서 벗어나 외부 환경에서 활동중인 개인에게 발생 가능한 위험을 사전에 알리는 서비스 분야로 확대되고 있다. 이와 같은 안전관리에 대한 사회적 관심과 위험관리 자동화를 위해서는 최근 급속히 발전하는 휴대단말기, USN(RFID, Bluetooth, Zigbee), 다양한 센서, 클라우드 서버 등 ICT기술을 활용한 장기적이고 체계적인 산업안전 관리 기반 기술 구축과 지속적인 연구가 필요한 실정이다[1~8].

현재까지 대표적인 IoT적용 산업안전 연구사례로는 블루투스 비콘 기술을 이용하여 건설현장에서 작업자의 위치 및 안전사고 등에 대한 실시간 정보공유를 지원하는 재해재난 대응시스템의 설계 등이 있다[2, 3, 4, 5]. 또한 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 현장관리시스템을 제안하였다[5]. 그러나 현재까지의 연구는 블루투스 비콘을 이용하여 운전자나 작업자의 스마트폰과 연계하여 위험정보를 작업자의 스마트폰과 서버에 전달하는 구조로 개발되어서, 스마트폰이 없는 경우 작업자에게 위험정보를 전달하는데 한계가 있다. 이외에도 기존에 많은 연구자들이 Global Navigation Satellite System(GNSS), Ubiquitous Sensor Network (USN) 등의 기술을 이용하여 건설현장의 작업자 위치 추적을 위한 방법을 개발하였으나, 이 방법도 실내 또는 지하 건설현장에서의 위치추적의 어려움과

• First Author: Seung-Soo Lee, Corresponding Author: Sung-Hyun Jee
*Seung-Soo Lee (ryang@uanbtech.com), U&B Tech
*Yun-Cheol Kim (yckim@uanbtech.com), U&B Tech
**Sung-Hyun Jee (sunny6205@baewha.ac.kr), Dept. of Information Security, Baewha women's University
• Received: 2018. 10. 29, Revised: 2018. 11. 07, Accepted: 2018. 11. 07.



(a) LPWA Network Architecture (b) Bluetooth Beacon communication

Fig. 1. Low Power Wide Area Communication Network based on IoT

고비용, 고전력 장치의 사용에 따른 전력운영의 문제점으로 인해 다양한 작업현장에 도입되기 어려움이 있다[6, 7].

본 논문에서는 장소이동이 빈번한 다수 소규모 실외작업 현장이 처한 작업환경의 특수성을 지원하기 위하여 IoT기반 도로공사현장 위험관리시스템을 설계 및 구현하였다. 본 연구의 의의는 실외 작업환경에 놓여있는 다양한 개인(운전자/작업자/관리자)에게 맞춤형 위험관리 지원체계 제공에 있다.

II. Preliminaries

본 단원에서는 사물인터넷의 핵심기술 조사를 통하여 장소이동이 빈번한 소규모 실외 도로공사현장 위험정보를 저전력으로 안전하게 관리하며 작업자에게도 즉시 알릴 수 있는 IoT기반 저전력-광역 통신기술의 특징을 분석한다.

1. LPWA: Low-Power Wide-Area Technology

WiFi나 LTE와 같은 모바일 통신기술은 고속/대용량 통신을 안정적으로 서비스할 수 있다는 장점으로 스마트 기기에 적용되는 연구 및 상용화가 활발히 진행되고 있으나, 전원이 공급되지 않는 야외 지역에서 베터리 자원에 의존하는 통신에는 적용하기 어렵다. 이에 따라서, 배터리 소모특성에 최적화되어 보다 넓은 영역에 대한 통신서비스인 저전력-광역(LPWA: Low Power Wide Area) 통신기술과 센서 네트워크에 대한 연구와 표준화가 활발히 진행되고 있다[6, 7]. 현재까지 Sigfox, LoRaWAN 등 비표준의 비면허대역 중심의 기술을 중심으로 개발 및 확산이 진행되고 있으며, 최근에는 MTC디바이스를 위한 LTE-M과, LPWA 응용에 최적화된 NB-IoT의 규격화 완료로 면허대역에서의 다양한 LPWA 네트워크 서비스를 제공한다. LoRaWAN, NB-IOT, Sigfox 등 LPWA 네트워크 기술은 그림 1(a)와 같은 아키텍처(architecture)를 구성하여 LPWA 네트워크 구성요소 간 통신서비스를 진행하고 있다[7].

2. BLE(Bluetooth Low Energy)

2010년 채택된 블루투스 4.0버전인 BLE(Bluetooth Low Energy)는 저전력 무선 통신을 목표로 하는 기술이다. 블루투스 비콘은 위치정보를 포함한 블루투스 신호를 주기적으로 전송하는 BLE 기반의 장치를 뜻한다. 비콘제품 중에는 블루투스 이외에 초음파, Wi-Fi, 가시광선 등의 신호를 이용하는 것도 있으나, BLE 기반의 비콘제품이 주류를 이루는 이유는 다른 송신원에 비해 소비전력이 매우 작기 때문이다. 블루투스 비콘은 주기적으로 사용자 정보(ID)와 수신된 신호의 세기값을 블루투스 신호로 송신한다. 스마트폰 사용자가 신호 도달영역 내로 진입하면 스마트폰 앱에서 블루투스비콘의 신호를 수신하여 클라우드 서버로 사용자 정보를 전달하며, 클라우드 서버에서는 개별 사용자 정보를 인식한 뒤 적절한 서비스 정보를 사용자의 스마트폰 앱으로 송신하여 블루투스 비콘 기반의 서비스가 이루어지게 된다. 다양한 센서가 탑재되어 있는 블루투스 비콘을 활용하면 비콘이 설치된 지점의 온도, 가속도 정보를 실시간으로 모니터링하여 주변의 PC나 스마트폰으로 데이터를 전송할 수 있다. 전송된 데이터는 클라우드서버에 저장되고, 사용자는 스마트폰이나 PC를 통해 클라우드 서버에 접속하여 원격지에서도 데이터를 실시간으로 확인할 수 있다. 저전력 블루투스 통신기술은 백화점 내부 쿠폰발송, 상점의 상품정보 제공, 전시관내 전시물 안내와 위치정보 제공 등 다양하게 활용되고 있다[3, 4, 5].

3. Survey Results

지금까지 조사한 저전력-광역 통신기술을 비교 분석한 결과, 통신기술 별 특징을 확인하였다. 저전력-광역(LPWA) 통신기술은 넓은 지역(5km이내)에 분산된 기기들 간의 저전력 모바일통신에 효과적이므로 도로공사현장 주변의 장비들 간의 통신에 적용하여 작업자들에게 위험정보를 알리기에 적절한 통신기술임을 확인하였다. 이러한 장점을 지닌 반면에 대량의 정보를 신속히 전달하기에는 전송속도 측면에서 단점을 지닌다. 이에 반해, 저전력 블루투스(BLE) 기술은 비콘을 활용하여 스마트폰 소유자에게 저전력으로 실시간내 위험정보 제공에는 효율적이지만 정보를 제공받기 위해서는 사용자가 스마트폰을 늘 휴대해야 한다는 한계점도 재확인하였다[8~11]. 그러므로 지금까지 조사한 저전력-광역 통신기술이 지닌 장점(낮은 전력소모와 설치비용)과 통신기술별 특징을 효과적으로 연계 활용하는 연구가 필요하다. 특히, 작업환경(예: 도로공사현장) 특성에 적합하도록 저전력 통신기술을 연계 활용한 융합형 네트워크 설계와 다양한 구현 시도도 일부 진행되고 있다[12, 13].

본 연구는 장소이동이 빈번한 소규모 실외작업현장(예: 도로공사현장)로 연구범위를 정하였다. 본 논문은 이와 같이 전원공급이 되지 않는 실외환경에서 장시간 저전력으로 교통정보 수집과 전송과 더불어 스마트기기를 휴대하지 않은 현장작업자 대상으로 사전에 위험을 알릴 수 있는 통합적인 실시간 안전관리체계의 구현에 집중하고자 한다.

III. System Design

1. Basic concept

도로공사현장에 놓여있는 사람과 주요시설을 안전하게 관리하기 위해서는 1) 작업환경의 특수성, 2) 위험물과 위험알림대상, 3) 위험관리에 대한 이해가 필요하다. 첫째, 도로공사현장은 안정적인 전원 공급이 어려운 실외환경, 빈번한 장소이동, 다수의 분산된 공사현장, 다양한 공사기간(단기, 장기) 및 예기치 못하는 위험물(달리는 차) 등의 특징을 지니고 있다. 둘째, 위험물은 현장작업자 관점에서는 공사현장으로 진입하는 달리는 차인 반면, 운전자에게는 예상치 못하게 만나는 도로공사현장이다. 따라서 위험물 정보를 알아야 할 위험알림대상은 크게 운전자, 현장작업자 및 관리자이다. 3) 서비스범위는 도로공사현장의 위험상황을 사전에 탐지하여 개인(운전자, 현장작업자, 관리자)에게 위험정보 통지(문자, 경고음, 경광등)로 제한한다. 이때 관리자(본부상황실)는 공사현장에서 생산되는 데이터 수집 및 분석을 통하여 차량속도, 위험알림 등 정보를 생성하고 실시간 공사현장에 대한 통합 모니터링을 수행해야 하는 특징을 지닌다.

본 연구에서 제안한 도로공사현장 위험관리시나리오는 그림 2와 같다. ① 공사현장 전방에 설치하는 안전표지판에 별도 통신장비(비콘, 센서, LPWA)를 설치하여 차량이 공사현장으로 근접시 정보(차량속도, 근접정보 등)를 실시간 수집한다. ② 만약 차량이 공사현장 위험구간까지 근접할 경우, 운전자와 작업자에게 즉시 위험문자를 전송한다. ③ 동시에 작업장 내부 경광등과 경고스피커를 통하여 위험경고음을 발생시켜 작업자가 현장에서 대피할 수 있도록 한다.

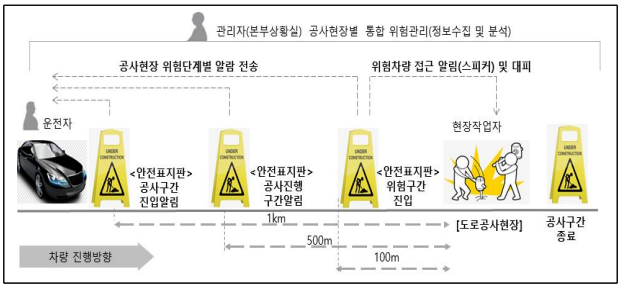


Fig. 2. Risk Management of Road Construction Sites

2. System design and implementaion

본 논문은 운전 중에 예기치 못하게 직면하는 도로공사현장의 위험에 노출된 개인에게 효과적인 방법으로 위험상황을 자동으로 알릴 수 있도록 IoT기반 도로공사현장 위험관리시스템을 제안한다. 제안한 시스템은 도로공사현장의 환경적 특수성을 고려하여 LPWA와 BLE 기술을 융합한 저전력-광역 무선네트워크 통신망을 구성한다. LPWA통신은 센서(sensor)를 통해 수집된 현장 위험정보를 주변 기기를 이용하여 스마트 기기가 없는 작업자에게 알릴 수 있도록 한다. 도로공사현장 전면에 설치된 비콘을 이용하는 저전력 블루투스(BLE) 기술은 스마트폰을 보유한 운전자 및 작업자의 앱과 클라우드 서버를 연계하여 현장에서 발생하는 위험정보 및 다양한 상황정보를 운전자와 작업자에게 실시간 전송하도록 구성한다. 도로공사현장 안전관리시스템 구성도는 그림 3과 같다. 제안시스템은 그림 2의 위험관리시나리오의 구성요소와 시스템의 기능 간의 매칭을 통하여"안전표지판⇒IoT안전표지판", "위험정보 수집 및 알림(스피커)⇒게이트웨이/스마트폰/서버", "관리자(본부상황실)⇒서버와 빅데이터분석모듈"로 세분화하여 구성하였다. 이때 화살표는 제안시스템의 구성요소 간 통신흐름도이다.

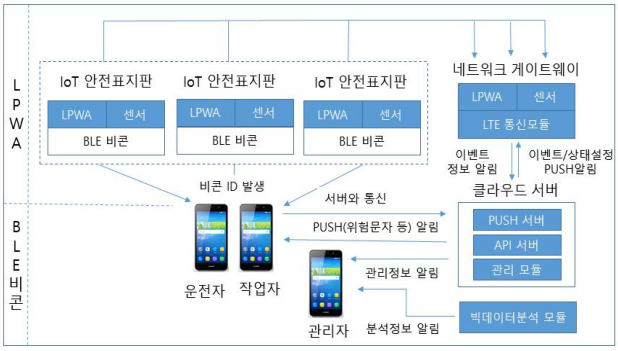


Fig. 3. System Configuration

2.1 System Configuration

본 연구에서는 도로공사현장 현장작업자들에게 위험정보(경고음, 경광등)를 실시간 전송할 수 있도록 IoT안전표지판과 네트워크 게이트웨이 간 통신연계 기능을 개발하였다. IoT안전표지판과 연계한 통신망의 주요 기능은 그림 4와 같다.

· **IoT안전표지판**: IoT안전표지판은 주변정보 수집센서, 거리측정에 필요한 라이더센서, 센서정보 전송을 위한 LPWA통신모듈, BLE 통신을 위한 비콘 등으로 구성된다. 공사현장 전방 주요 구간별로 설치되는 IoT안전표지판은 라이더센서에서 측정한 거리정보를 LPWA 통신모듈을 이용하여 다음 안전표지판에 전달하는 역할을 수행한다. 동시에 안전표지판의 비콘을 이용하여 운전자에게 공사현장 위치정보를 운전자 앱에 전송한다. IoT안전표지판 구성도는 그림 4(a)와 같다.

· **네트워크게이트웨이(network gateway)**: 공사현장 직전에 위치한 IoT안전표지판D의 이벤트처리기에서 전송한 위험신호를 수신하여 경고알람(경광등, 경고스피커)을 발생시킨다. 네트워크 게이트웨이는 또한 수신정보를 클라우드서버에게 동시에

전송하여 안전관리 지원정보로 제공한다. 네트워크 게이트웨이 구성도는 그림 4(b)와 같다.

· **클라우드 서버**: 클라우드 서버는 운전자와 작업자에 정보를 전달하는 푸시서버, 비콘 정보와 센서정보 전달받아 저장할 수 있는 데이터 수집 모듈, 관리자가 IoT안전표지판의 설정값을 설정할 수 있도록 하는 설정모듈과 전체 시스템을 확인하고 통합 관리할 수 있는 관리 모듈, 수집된 데이터를 분석하고 시각화할 수 있는 통계분석 모듈로 구성한다.

· **운전자용 앱**: IoT안전표지판의 비콘을 인식하고 서버에 비콘 정보를 전달한다. 서버는 비콘 정보와 차량의 속도, 센서와의 거리를 바탕으로 운전자에게 맞춤형 메시지를 전달하여 차선변경, 저속주행 등의 안전 운전을 유도하도록 설계하였다. 그림 5는 운전자/작업자용 앱의 서비스흐름도이다.

· **작업자용 앱**: 작업자의 위치를 서버에 전송하고, 위험 구간에 차량이 접근할 경우 작업자에게 해당 정보를 PUSH 메시지를 이용하여 안전구역으로 대피할 수 있도록 구성하였다.

· **관리자용 앱**: 지역별 공사현장정보, IoT안전표지판 정보, 알림정보 등을 바로 확인할 수 있으며, 차량이 위험구간에 접근할 경우 관리자에게 위험정보를 푸시메시지로 전달한다.

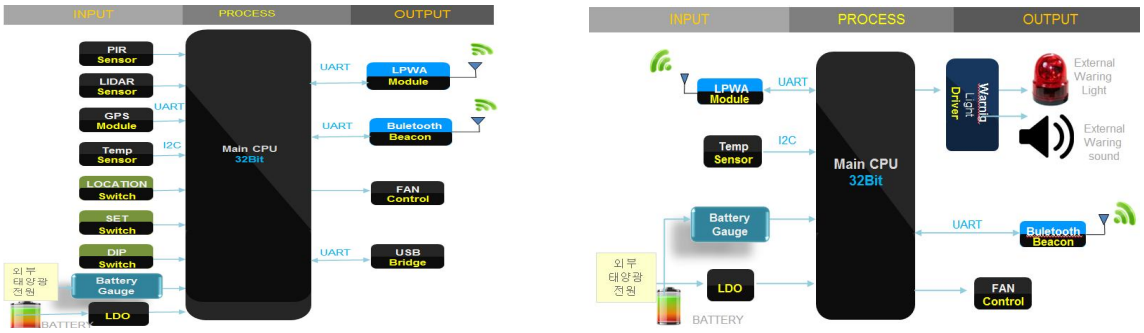
2.2 System operaion design

제안시스템의 동작흐름도는 그림 4(c)와 같다. 먼저, 공사현장 전방에 위치하는 IoT안전표지판의 라이더센서가 차량을 감지하면 거리를 측정한다. 만약 차량이 위험구간에 접근한 경우 동시에 네트워크 게이트웨이는 IoT안전표지판의 LPWA모듈간 통신을 통하여 위험정보를 전달받는다. 네트워크 게이트웨이는 공사장 내에 설치되어 있는 경고모듈(경광등, 경고스피커)을 이용하여 작업자들에게 위험정보를 전달한다. 또한 네트워크 게이트웨이는 센서로부터 수집된 각종 센서 정보를 클라우드 서버에 전송하여 저장하도록 구성한다. 관리자는 클라우드서버에 수집된 정보를 이용하여 빅데이터 분석에 활용하여 통행량, 시간대별 차량흐름 등의 통계 및 차트를 확인할 수 있어 안전 공사시간을 결정하는 자료로 활용할 수 있도록 설계하였다.

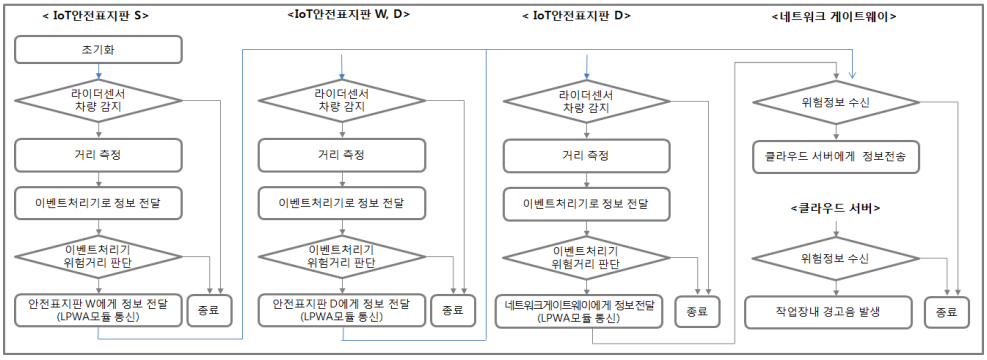
동시에 IoT안전표지판에 설치된 비콘의 BLE기술을 통하여 운전자에게 공사현장 위치정보를 운전자 앱에 전송한다. 즉, 운전자는 클라우드서버와 스마트폰 간 통신으로 공사현장 위치정보와 위험경고를 받는 반면, 클라우드서버는 차량 속도, 시간대별 통행량, 위험정보 알람통계 등 정보를 생성한다. 이때 IoT안전표지판에는 GPS정보를 바탕으로 자동으로 서버에 위치를 설정할 수 있다. 또한 서버모듈의 경우 플랫폼으로 확장성을 고려하여 REST기반의 Open API로 구성하여, IoT센서 모듈, 스마트폰 어플리케이션, 웨어러블 장치들을 유연하게 연결할 수 있도록 설계하였다.

2.3 System implementation

클라우드서버는 다양한 디바이스에서 정보를 활용할 수 있도록 웹으로 서버 API를 구축한다. 서버 API는 다양한 디바이스에서 쉽게 접근할 수 있고 범용으로 사용 가능하며, 이미 많은 검증이 이루어져 있는 RESTful API를 사용한다. REST방식의 경우 Open API를 제공하기 용이하며, 멀티플랫폼 지원 및 연동이 편리하다. XML, JSON, RSS등 다양한 형태의 데이터 타입을 지원할 수 있다.



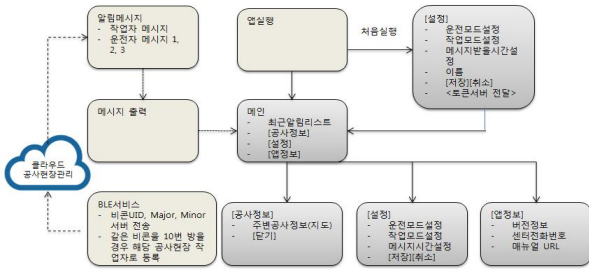
(a) IoT안전표지판 구성도 (b) 네트워크게이트웨이 구성도



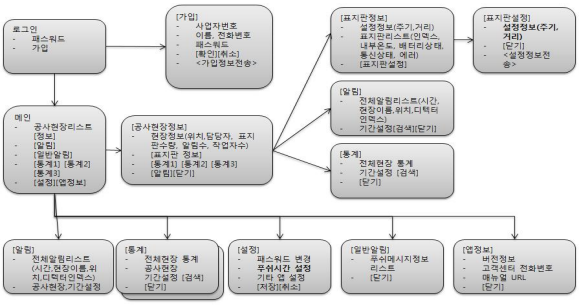
(c) LPWA Communication Flow on IoT Safety Sign

Fig. 4. IoT safety sign and Network gateway

특히 데이터 전달에는 가장 많이 사용하는 JSON방식을 사용하여 데이터의 구성을 쉽게 확인하고 확장할 수 있도록 하였다. 알림정보 등은 안드로이드의 경우 FCM서버와 연동하여 공사현장의 사용자들과 관리자에게 전달할 수 있도록 한다. 데이터베이스는 MySQL을 사용하여 공사장의 알림이나 공사현장 정보, 사용자 등을 저장할 수 있도록 한다. 그림 6의 서버프로그램의 통합 안전관리 화면은 공사현장별로 수집된 센서정보와 운전자와 작업자에서 전송된 비콘알림 목록을 보여준다.



(a) Driver/Worker App



(b) Administrator App

Fig. 5. Service flow chart of Mobile app

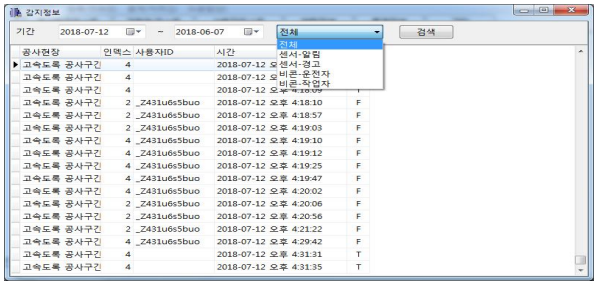


Fig. 6. Integrated safety management screen

IV. Performance Evaluation

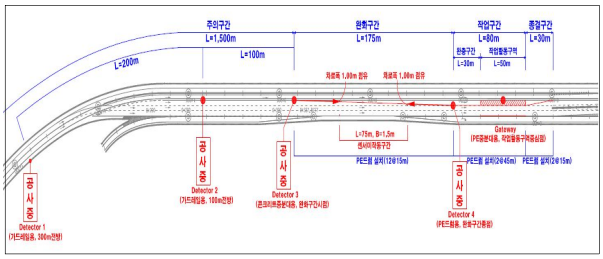
1.Test environment configuration

본 연구에서는 그림 7과 같은 통합테스트 환경을 구현하여 제안한 시스템의 성능을 평가하였다. 성능평가의 목적은 제안 시스템이 위험관리 시나리오에 따라서 예기치 않은 위기 상황에서 사전에 위험정보를 정확히 알리는 지를 확인하는 것이다.

성능평가를 위한 배치도에 의해서, 그림 7에서와 같이 4대의 IoT안전표지판과 공사장 내부에 경광등과 스피커를 내장한 네트워크 게이트웨이를 설치하였다. IoT안전표지판은 공사시작점 500m, 300m, 175m, 30m전방에 IoT안전표지판을 설치한다. 실험을 위하여 총 4대의 IoT안전표지판과 1대의 게이트웨이를 페어링한 후 설치를 완료하고 안전표지판과 게이트웨이가 LPWA를 통해 통신이 제대로 이루어지는지 IoT안전표지판 연동 테스트를 통해 확인한다. 또한 IoT안전표지판, 스마트폰앱, 서버 등 시스템 전체가 유기적으로 작동하는지 확인하는 전체 시스템 연동 테스트를 진행한다. 차량내부에 운전자용 앱을 설치하고 위험 구간에 도달했을 경우 공사장 내부의 네트워크게이트웨이에 설치된 경광등과 경고음(스피커의 알람음)이 정확히 작동하는 지도 확인한다.

(a) Safety sign installation

(b) warning sound/light and experimental track



(c) Performance Evaluation Track Layout

Fig. 7. Prototype Layout for Integrated Testing

본 성능평가 방법은 자동차가 트랙을 100바퀴 연속 운행하며 모바일 통신네트워크 운영이 실시간 정상적으로 동작하는지를 확인한다. 이를 위한 평가기준은 <표 1>과 같이 크게 두 가지, 1) 작업자와 운전자의 스마트폰으로의 알림, 2) 차량이 작업공간으로 진입하기 직전 경광등과 경고음(스피커)가 즉시 동작여부로 나누어진다. 즉, 실험용 트랙에서 안전표지판 통과시 작업자앱과 운전자앱으로 알림메시지가 정확히 전달되는지 확인 여부와 위험상황이 발생할 경우, 네트워크게이트웨이에 설치된 경광등과 경고음이 정확히 발생하는지를 확인하였다.

Table 1. Evaluation index and measurement method

평가요소	측정방법
차량접근신호 전달률	차량이 접근할 때 서버에 저장되는 접근기록 및 스마트폰 기록여부 확인
위험문자발송 수신률	서버가 작업자/운전자에게 문자를 발송할 때 문자의 수신여부 확인
경고음/경광등 동작률	차량이 위험구간 진입하는 시점에 동시(1초 이내) 경고스피커/경광등 동작 여부

2. Test result and analysis

자동차가 트랙을 연속 운행하며 성능을 평가한 결과, '블루투스 통신을 통한 운전자/작업자 전달 접근신호'와 '위험문자 발송수신률'은 트랙 운행횟수에 상관없이 차량접근 전에 모두 정확하게 전달될 뿐 아니라 클라우드 서버에도 전달되어 저장되는 것을 확인하였다. 그림 8은 트랙 운행횟수가 50회, 70회, 100회 일 때의 '블루투스 통신을 통한 차량접근신호전달률'과 '위험문자 발송수신률' 측정결과로 트랙 운행횟수와 상관없이 대상자에게 정확히 전달됨을 확인하였다.

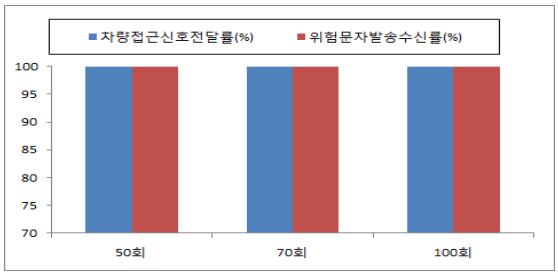


Fig. 8. Anaysis of Beacon Communications

LPWA 통신을 이용한'경고음/경광등 동작률'을 측정한 결과, LPWA 통신과정에서 지연이 발생함을 확인하였다. 제안시스템은 모든 안전표지판의 정보를 네트워크 게이트웨이에서 처리하도록 구현되었는데 이러한 원인은 안전표지판 사이의 통신량이 증가함에 따라 통신지연이 발생하였다. LPWA 통신모듈의 경우 저전력 통신을 위해 전송속도를 9600bps로 제한하고 있는데 제안시스템은 통신량의 증가는 패킷손실이나 통신지연의 발생원인이 되었다. 이러한 문제 발생에 따라 패킷 발생량이 최소화 되도록 안전표지판 D와 게이트웨이 사이의 통신을 최소한으로 줄이고 통신 패킷량도 줄일 수 있도록 <표 2>와 같이 안전표지판에서 게이트웨이로 전송하는 데이터포맷을 최적화하였다.

Table 2. Optimized Packet Size for LPWA Communication

①상태전송

STX	LEN	CMD	ID	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	CRC

D1: 안전표지판 위치(S,W,D) D2: Lidar감지 D3: Lidar감지거리
D4: 배터리량 D5: 온도 D6: 에러코드 D7: GPS데이터(8byte)

②감지정보전송

STX	LEN	CMD	ID	D1	D2	CRC

D1: Lidar감지 D2: Lidar감지거리

안전표지판과 게이트웨이 간 데이터 전송은 감지정보전송과 상태전송으로 구성되며, 차량을 감지한 경우 감지정보 전송을 수행하고 주기적으로 상태전송이 이루어진다. 상태전송의 경우 전송주기를 길게 하고 일정기간 감지정보가 없을 경우에 한하여 상태정보를 전송하도록 하여 패킷이 소실 또는 지연되지 않도록 하였다. 이를 통해 LPWA의 낮은 전송속도에서도 데이터 유실없이 전송이 가능하도록 프로토콜을 변경하여, 스마트폰 앱 연동 테스트 때와 마찬가지로 안전표지판에 근접할 때 안전유도 메시지가 정확히 도달하는 것을 확인하였다.

또한, 트랙 운행횟수와 관계없이 위험구간 진입 시 공사장 내부에 설치된 경광등이 정확히 작동하고 스피커에서 경고음이 발생하는 것을 확인하였다.

V. Conclusions

본 논문에서는 장소이동이 빈번한 다수의 소규모 실외작업 현장에서의 안전한 위험관리를 위한 IoT기반 도로공사현장 위험관리시스템을 설계 및 구현하였다. 본 연구의 의의는 실외 작업환경에 있는 개인(운전자/작업자/관리자)별 맞춤형 위험관리 알람체계를 지원하기 위하여 LPWA와 BLE 비콘기술을 융합한 모바일 네트워크 설계 및 구현에 있다.

현재까지 위험관리시스템 연구는 비콘 기술을 활용하여 내부적인 위험요소를 관리하고 이를 모니터링하여 작업자에게 경고를 보내 회피할 수 있는 것에 집중되어 있다. 본 연구의 차별점은 외부적 위험요소를 확인하고 모니터링하며, 위험요소에 대해 관리자와 작업자에 알려주어 위험에 대비하도록 한다. 이와 함께 운전자에게도 공사정보와 같은 위험요인을 알려주어 대비하도록 하였다. 또한 기존연구가 하드웨어 구현에 중점을 두고 있는 반면, 본 시스템은 IoT안전표지판, 클라우드서버, 운전자, 작업자들이 상호 작용할 수 있는 소프트웨어에 중점을 두고 개발하였다. 본 논문에서 제안한 시스템의 성능평가 결과도 『블루투스통신을 통한 차량접근신호전달률』, 『위험문자발송수신률』, 『경고음/경광등 동작률』 측정지표 결과도 100%로 측정되어서 현장적용에 가능함을 확인하였다. 또한, LPWA의 낮은 전송속도의 단점을 개선코자 데이터 유실 없이 전송이 가능한 최적화된 데이터포맷을 제안하여 LPWA통신에서 발생되는 시간 지연의 문제점도 개선하였다.

향후 연구로는 도로공사현장의 범위를 고속도로로 확대하여 차량속도와 차량의 급격한 증가에 따른 LPWA 전송속도 영향 및 위험정보 전달 간 상호 연관관계 및 실외환경에서의 위험관리 예방에 필요한 빅데이터 분석체계 수립을 추진하고자 한다.

REFERENCES

[1] Chang-Pyo Yoon, Chi-Gon Hwang, "Efficient indoor positioning systems for indoor location-based service provider," The Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, Vol. 19, No. 6. pp. 1368~1373 Jun. 2015.

[2] Sang-Won Choi, "Development and Its Characterization of a worker's Safety Activity Detection Apparatus Using Smart Phone," Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 30, No. 3, pp. 20-25, Jun. 2015.

[3] Kim, Yun Cheol, "Design and Implementation of the Beacon-based Safety Management System for Construction Industries", Advanced Science Letters, Vol. 23, No 10, pp. 9808-9811(4), Oct. 2017.

[4] Jihoo Jung, Jieun Baek, Yosoon Choi, "Analysis of Features and Applications of Bluetooth Beacon Technology for Utilization in the Mining and Construction Industries," TUNNEL & UNDERGROUND SPACE Vol. 26, No. 3, pp. 143-153, http:// dx.doi.org/ 10.7474/TUS.2016.26.3.143, 2016.

[5] Song, J.H., Jang, Y.G. and Jeon, H.S., "Construction Method of Disaster Prevention /Prediction and Site Management System on Construction Site", Proceedings of Korea Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography, pp.325-327. Apr. 2015.

[6] Mingyuan Zhang, Tianzhuo Cao and Xuefeng Zhao, "Applying Sensor-Based Technology to Improve Construction Safety Management," The Journal of Sensors, Sensors doi: 10.3390/ s17081841, https://www.mdpi.com/journal/sensors, Aug. 2017.

[7] Tae-Jun Park, Kae-Sun Lee "LPWA IoT Network Technology tends," Electronics and Telecommunications Research Institute, 2017.

[8] Jung Yoon Ham, Dong Min Jang, Gyoung Bae Kim, Soon Jo Lee, Jung Hyun Cho*, Je O Song, "Astudy onworking space safety management services using bluetooth low energy beacon," The Conference of The korean institute of communications and Information Sciences, P366~P367. 2017.

[9] Ki-Young Lee, Myeong-Gu Lee, Myung-Jae Lim, "Design and Implemetation of Accident Prevention System for Second-Class Citizens based on Bluetooth and NFCs", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, VOl. 13, No. 6, Dec. 2013

[10] Hyun Nam-gung, Il-Kwon Lim, Jae-Kwang Lee, "Location estimation method of positioning System Utilizing the iBeacon," The Journal of the Korean Institute of informmation and Communication Engineering, Vol. 19, No. 4. pp. 925~932 Apr. 2015.

[11] Dong Min Jang, Jung Yoon Ham, Gyoung Bae Kim, Soon Jo Lee, Jung Hyun Cho, Je O Song, "Indoor location based services for the visually impaired and the hearing impaired using bluetooth low energy beacon," The 2017 Conference of The korean institute of communications and Information Sciences, pp.362~363 Dec. 2017.

[12] Seungsoo Lee, Jeong-Min Han, Yun-Cheol Kim "Design of Safety Management System Using Smart Safety Signs," The 2018 Conference of The korean institute of communications and Information Sciences, p. 1508 - 1509. Jun. 2018.

[13] Kim, Yun Cheol; Yu, Sung Won,; Kim, Bum Jin, "Design and Implementation of the Beacon-Based Safety Management System for Construction Industries,", Advanced Science Letters, Volume 23, Number 10, pp. 9808-9811(4). Oct. 2017,

Authors

Seung-Soo Lee received the B.S and , M.S. degrees in Department of Computer Science from Chungbuk National University, Korea, in 1994 and 2000, respectively Since 2010 he has been working for U&BTech Co.He is interested in network security, IoT platform, smart factory, and others.

Yun-Cheol Kim received the B.S degrees in Department of Computer Engineering from Korea Polytechnic University, Korea, in 2010 and the M.S. degrees in Department of IT Convergence from Korea Polytechnic University, Korea, in 2012. Since 2008 he has been working for U&BTech Co. He is interested in network security, IoT platform, and smart factory.

Sung-Hyun Jee received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in Computer Science from Chungbuk National University, Korea, in 1993, 1995 and 2000, respectively She also completed post-doctoral course at University of Missouri in USA for 2001-2003. Dr. Jee joined the faculty of the Department of Smart IT at Baewha women's University, Seoul, Korea, in 2014. She is currently a Professor in the Department of Information Security, Baewha women's University. She is interested in IoT Integration, internet and mobile computing, and IOT security.