

논문 2017-54-3-6

지그비 통신을 이용한 건설 현장 안전 관리 시스템

(Construction Site Safety Management System Using ZigBee Communication)

이 창 호*, 김 강 희*, 김 지 원*, 최 상 방**

(ChangHo Lee, KangHee Kim, JiWon Kim, and SangBang Choi[©])

요 약

최근 대규모 또는 소규모 건설 현장을 살펴보면 추락, 충돌 등의 사고가 빈번하게 발생한다. 이러한 사고는 인명 피해뿐만 아니라 경제적으로 크나큰 손실을 가져온다. 대규모 건설 현장의 경우 안전 관리 시스템을 사용하여 산업 재해를 줄이고 있지만, 소규모 건설 현장의 경우 호환성 및 설치 비용 등의 문제로 사용하지 못하고 있다. 소규모 건설 현장의 경우 보호 장비만 착용해도 산업 재해를 줄 일 수 있다. 이에 본 논문에서는 소규모 건설 현장뿐만 아니라 대규모 건설 현장에서도 사용 할 수 있는 안전 관리 시스템을 제안한다. 안전 관리 시스템은 스마트 모듈, 중계기 및 게이트웨이, 모니터링 시스템으로 구분된다. 스마트 모듈은 안전모에 탈·부착이 가능하며, 사용자의 현재 상태를 중계기 및 게이트웨이를 통해 모니터링 시스템으로 전송한다. 중계기는 스마트 모듈로부터 받은 데이터를 게이트웨이로 재전송하며, 게이트웨이는 중계기로부터 받은 데이터를 모니터링 시스템으로 전송한다. 모니터링 시스템은 스마트 모듈로부터 온도, 고도, 조도, 이미지 데이터를 전송받아 실시간으로 관리자에게 사용자의 상태를 알려준다. 관리자는 모니터링 시스템을 통해 실시간으로 사용자의 상태 파악 및 위급 상황 발생 시 신속하게 조치 할 수 있다.

Abstract

Recently, looking at construction sites with either large or small scale, accidents like collision, fall, etc. occur often. These accidents lead to not only damage of human lives but also serious economic loss. In case of large scale constructions sites, safety management systems are used to reduce industrial accidents. However in construction sites with small scale, those systems cannot be applied due to problems such as lack of compatability and high installation expense. In this case, just by putting on safety gears can also reduce industrial accidents. Therefore, in this paper, a safety management systems that can be used at both large and small scale construction sites is proposed. This safety management system consists of a smart module, a repeater and a gateway, and a monitoring system. The smart module, which is detachable, is attached to a safety helmet. This module transfers the current status of the user to the monitoring system through the repeater and the gateway. The repeater transfers the data received from the smart module to the gateway, and the gateway sends the data from the repeater to the monitoring system. The monitoring system shows the user status to the safety supervisor by displaying the data - temperature, height, intensity of illumination, images - received from the smart module. The safety supervisor can monitor the user status in real-time and take immediate action in case of emergency through this monitoring system.

Keywords: smart helmet, safety(crash) helmet, wireless(radio) communication

* 학생회원, ** 평생회원, 인하대학교 전자공학과
(Dept. of Electronic Engineering, Inha University)

[©] Corresponding Author(E-mail : sangbang@inha.ac.kr)

※ 이 논문은 2010년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구
재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(2010-0020163)

Received ; September 1, 2016 Revised ; February 6, 2017

Accepted ; February 10, 2017

I. 서 론

최근 대규모 또는 소규모 건설 현장을 살펴보면 복잡
화, 다양화로 인한 보호 장비 착용 등의 인력 관리가 제
대로 되지 않아 산업 재해가 빈번하게 발생하고 있다.
건설 현장의 산업 재해를 살펴보면 추락, 전도, 충돌 등

이 있으며, 산업 재해는 개인적인 손실뿐만 아니라 경제적으로 큰 손실을 발생시킨다. 고용노동부에서 2014년 발표한 산업 재해 현황분석 자료를 살펴보면, 건설 사업장수는 329,061개이며, 전체 근로자는 3,249,687명 중 재해자수는 22,935명으로 집계되었다. 사고 유형을 살펴보면 추락 7,908명, 넘어짐 3,385명, 깔림·뒤집힘 761명, 부딪힘 2,045명, 물체에 맞는 경우 3,002명, 건물 붕괴 308명, 끼임 1,960명, 절단·베임·찢림 2,218명, 화재·폭발·파열 162명, 교통사고 233명, 무리한 동작 558명, 기타 395명으로 조사되었다.

건설 현장의 공사 규모별 사업장수 및 재해자수를 살펴보면 다음과 같다. 5인 미만 사업장수 240,561개 중 재해자는 8,139명이며, 5~9인 사업장수 38,849개 중 재해자수는 4,432명이며, 10~29인 사업장수는 32,536개 중 재해자수는 5,019명이다. 소규모 건설 현장이 전체 사업장의 94% 이상을 차지하며, 재해자수는 78% 이상을 차지한다. 이는 대규모의 건설 현장보다는 소규모의 건설 현장에서 재해 사고가 많이 발생하는 것을 알 수 있다^[1].

대규모 건설 현장은 자체적으로 산업 재해를 줄이기 위해 인력 관리 시스템을 개발하여 사용하고 있지만 호환성 및 설치 비용 등의 이유로 소규모 건설 현장에서는 사용하지 못하는 단점이 있다^[2]. 이러한 이유로 대규모 건설 현장에 비해 상대적으로 인력 관리가 취약한 소규모 건설 현장에서 산업 재해가 많이 발생한다. 소규모 건설 현장의 경우 안전모 등의 보호구만 제대로 착용해도 부딪힘 또는 물체에 맞는 경우 등의 산업 재해를 줄일 수 있다. 이에 본 논문에서는 안전모에 탈·부착이 가능한 스마트 모듈 및 모니터링 시스템을 개발하여 소규모 건설 현장 뿐만 아니라, 대규모 건설 현장에서도 사용할 수 있는 산업 현장 안전 관리 시스템을 제안한다.

산업 현장 안전 관리 시스템 스마트 모듈, 중계기 및 게이트웨이, 모니터링 시스템으로 구성된다. 스마트 모듈은 안전모에 부착하여 사용자의 현재 상태를 주기적으로 중계기 및 게이트웨이를 통해 모니터링 시스템으로 전송한다. 스마트 모듈에는 사용자의 응급 상황 및 이미지 데이터 전송을 위한 스위치가 있으며, 사용자 주변 환경 값을 전송하기 위한 고도, 온도, 조도, 관성 센서가 부착되어 있다. 중계기는 스마트 모듈로부터 받은 데이터를 게이트웨이로 재전송하며, 게이트웨이는 중계기로부터 받은 데이터를 모니터링 시스템으로 전송한다. 모니터링 시스템은 스마트 모듈로부터 받은 데이터를 현시함으로써 관리자는 근로자의 현재 상태를 파악하여 적절한 조치를 취할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. I 장에서는 산업 현장 사고 사례를 살펴보고, II 장에서는 시스템 개요 및 지그비(ZigBee) 통신에 대하여 설명한다. III 장에서는 스마트 모듈, 중계기 및 게이트웨이, 모니터링 시스템 등의 산업현장 안전관리 시스템 구성에 대하여 설명하며, IV 장에서는 실험 환경 및 실험 결과를 기술하고, V 장의 결론으로 본 논문을 마무리한다.

II. 관련 연구

2.1 산업현장 안전 관리 시스템의 개요

산업현장 안전 관리 시스템은 작업장의 사용자 상태를 파악하기 위한 시스템으로 지그비(ZigBee)^[3~4] 통신을 사용하여 사용자의 상태 파악을 위한 시스템이다. 시스템 구성은 안전모에 탈·부착이 가능한 스마트 모듈, 중계기 및 게이트웨이, 모니터링 시스템으로 구성되며,



그림 1. 스마트 헬멧 통신 네트워크 구성도

Fig. 1. Smart helmet communication network configuration.

시스템의 구성은 그림 1과 같다. 스마트 모듈이 부착된 안전모를 착용한 사용자는 안전 관리 시스템에서 하나의 엔드디바이스(EndDevice)가 되며, UART (Universal asynchronous receiver/transmitter)를 이용하여 센서 데이터 및 이미지 데이터를 수집한다. 그리고 센서 데이터 및 이미지 데이터 등을 지그비 통신을 통하여 중계기로 전송한다. 중계기는 스마트 모듈로부터 지그비 통신을 통하여 수집된 정보를 전송받아, 지그비 통신을 통하여 게이트웨이로 재전송한다. 게이트웨이는 지그비 통신을 통해 중계기로부터 받은 데이터를 UART 통신을 통해 모니터링 시스템으로 전송한다. 모니터링 시스템은 UART 통신을 통해 게이트웨이로부터 데이터를 전송받아 고도, 온도, 조도, 응급 상황 및 이미지 데이터를 현시한다.

2.2. 지그비

지그비는 IEEE 802.15.4 표준을 기반으로 저전력, 저가격, 사용의 용이성을 가진 근거리 무선센서 네트워크의 대표적인 무선 통신 국제 표준 스펙이다. 지그비는 전력소모가 적고 칩 가격이 저렴하여 홈네트워크, 빌딩 등의 근거리 통신 시장과 산업용 기기 모니터링을 위한

시스템에 적합하다. 지그비 네트워크를 구성하는 디바이스는 코디네이터(Coordinator), 라우터(Router)와 엔드 디바이스의 세 가지 타입으로 구분한다^[5~6]. 코디네이터 및 라우터는 네트워크를 형성하거나 다중 홉 데이터 전송을 위한 라우터 기능을 가지며 네트워크 계층에서 설정되는 네트워크 환경 설정을 기반으로 네트워크에 참여하는 노드들에게 주소를 할당하거나 최적의 경로를 설정하기 위한 경로 탐색 과정에 참여하는 디바이스를 말한다. 반면, 엔드 디바이스는 라우팅 기능이 없으므로 경로 탐색을 못하고 부모 노드와의 통신만 가능하다.

지그비 표준에서의 라우팅 알고리즘은 IEEE 802.15.4 MAC이 beacon-enable 상태일 경우 트리 라우팅 기법을 이용하고, non-beacon 상태일 경우에는 메쉬 라우팅 기법을 사용한다^[7]. 지그비 트리 라우팅 네트워크는 부모-자식 관계를 통해 트리 구조로 구성되고, 코디네이터가 가장 먼저 상위 부모 노드로 지정된 후, 코디네이터에서 가까운 노드부터 순서대로 주소를 할당받는다. 코디네이터와 라우터는 네트워크에 참여하기 위해 자신에게 접속을 요청한 디바이스에게 16bit 주소를 할당하며 총 65536개의 노드에 주소를 할당 할 수 있다. 이 주소는 네트워크 내에서 라우팅 통신을 위한 각 디바이스의 주소가 되며, 각 주소는 모두 다른 값을 갖는다. 코디네이터나 라우터는 자신의 네트워크 깊이에 따라 자식 노드에게 주소 할당 가능한 주소범위를 갖는다.

III. 산업현장 안전관리 시스템 구성

3.1 안전모 장착용 스마트 모듈

안전모 장착용 스마트 모듈의 구성은 아래 그림 2와 같이, I/O 모듈, 카메라 모듈, 센서 모듈, 중앙 처리 모듈로 구성된다. 중앙 처리 모듈은 I/O 데이터 처리부, 카메라 데이터 처리부, 센서 데이터 처리부 및 지그비 통신 처리부로 나뉜다.

I/O 데이터 처리부는 외부 인터페이스를 통해 I/O 모듈로부터 전원 상태, 턱끈 착용 유·무, 이미지 촬영 요청, 수동 응급 상황 등의 데이터를 전송받아 처리한 후 카메라 데이터 처리부 또는 지그비 통신 처리부로 전송한다. 카메라 데이터 처리부는 I/O 데이터 처리부로부터 이미지 촬영 요청 데이터를 전송받은 후 카메라 모듈과 UART를 통해 이미지 데이터를 처리 한 후 지그비 통신 처리부로 전송한다. 센서 데이터 처리부는 센서 모듈로부터 UART를 통해 온도, 고도, 조도, 자동

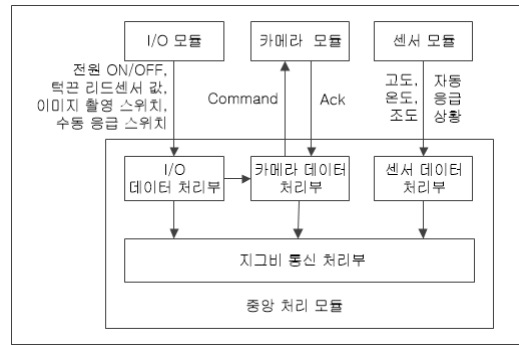


그림 2. 스마트 모듈 구성도
Fig. 2. Smart module block diagram.

응급 상황 데이터를 전송받아 처리 한 후 지그비 통신 처리부로 전송한다. 지그비 통신 처리부에서는 수집된 데이터를 무선 통신을 통해 중계기로 전송한다.

3.2 I/O 모듈

I/O 모듈은 그림 3과 같이 전원 스위치, 배터리 충전 단자, 안전모 턱끈 착용 유·무를 확인하기 위한 리드 센서, 이미지 촬영 스위치, 수동 응급 스위치로 구성된다.

전원 스위치는 스마트 모듈의 전원을 제어하기 위해 사용되며, 배터리 충전 단자는 스마트 모듈에 전원을 공급하는 배터리 충전을 위해 사용한다. 턱끈 리드 센서는 안전모에 부착된 턱끈 착용 유·무를 확인하기 위해 사용한다. 수동 응급 스위치는 사용자가 수동으로 응급 상황 발생 상황을 전송하기 위해 사용하며, 이미지 촬영 스위치는 사용자의 주변 환경 이미지를 전송하기 위해 I/O 데이터 처리부로 이미지 촬영 명령어를 전송한다.

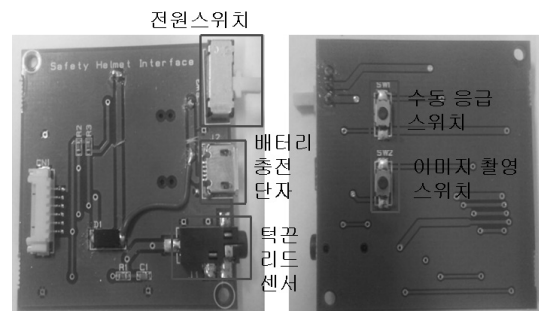


그림 3. I/O 모듈 구성
Fig. 3. I/O module configuration.

3.3 카메라 모듈

카메라 모듈은 주변 환경 이미지를 촬영하여 중앙처리 모듈로 전송하기 위해 사용되며, Vimicro사의 VC0706 Digital Video 프로세서를 이용하여 개발하였다. 카메라 모듈은 중앙 처리 모듈과 그림 4와 같이 UART 통신을

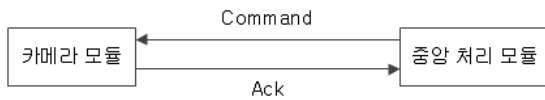


그림 4. 스마트 모듈 구성도
Fig. 4. Smart module block diagram.

통해 데이터를 주고받는다. 중앙 처리 모듈의 카메라 데이터 처리부에서 Command를 카메라 모듈로 전송하면, 카메라 모듈은 Command의 따른 Ack를 중앙 처리 모듈의 카메라 데이터 처리부로 전송한다. 카메라 모듈을 제어하기 위한 명령어 셋은 표 1과 같다. 명령어 셋의 Command에는 이미지 크기 설정을 위한 크기 설정, 변경된 값을 적용하기 위한 리셋, 이미지 압축률 설정을 위한 압축률 설정, 이미지 데이터를 저장하기 위한 캐쉬 클리어, 이미지 데이터 촬영을 위한 이미지 촬영, 촬영된 이미지 데이터 길이를 계산하기 위한 길이 계산, 촬영된 이미지 데이터를 읽어오기 위한 데이터 리드 명령어로 구성된다. 크기 설정 명령어는 56 00 31 05 04 01 00 19 SS를 사용하며, SS의 값에 따라 이미지의 크기를 설정 할 수 있다. SS의 값은 22, 11, 00 세 가지 값 중 하나를 가지며, SS의 값에 따라 이미지의 크기를 160 X 120, 320 X 240, 640 X 480 셋 중 하나를 선택하여 사용할 수 있다. 크기 설정이 완료되며, 카메라 모듈에서 카메라 데이터 처리부로 76 00 31 00 00의 Ack 값을 전송한다. 카메라 데이터 처리부에서 Ack를 전송 받은 후 변경된 크기 설정 적용을 위해 리셋 명령어 56 00 26 00의 값을 카메라 모듈로 전송한다. 카메라 모듈은 리셋이 완료된 후 76 00 26 00의 Ack 값을 카메라 데이터 처리부로 전송한다. 카메라 데이터 처리부에서 Ack를 전송 받은 후 이미지 압축

표 1. 명령어 셋
Table1. Instruction set.

구분	Command	Ack
크기 설정	56 00 31 05 04 01 00 19 SS	76 00 31 00 00
리셋	56 00 26 00	76 00 26 00
압축률 설정	56 00 31 05 01 01 12 04 CC	76 00 31 00 00
캐쉬 클리어	56 00 36 01 02	76 00 36 00 00
이미지 촬영	56 00 36 01 00	76 00 36 00 00
길이 계산	56 00 34 01 00	76 00 34 00 04 00 00 XX YY
데이터 리드	56 00 32 0C 00 0A 00 00 BB BB 00 00 LL LL	76 00 32 00 00 FF D8...FF D9

를 설정을 위해 56 00 31 05 01 01 12 04 CC의 값을 카메라 모듈로 전송하며, CC의 값은 00~FF까지 사용할 수 있다. 카메라 모듈의 압축률 설정이 완 Ack 값을 전송한다. 카메라 데이터 처리부에서 Ack를 전송받은 후 이미지 데이터 저장을 위해 캐쉬 클리어 56 00 36 01 00의 값을 카메라 모듈로 전송한다. 카메라 모듈의 캐쉬를 클리어한 후, 카메라 데이터 처리부로 76 00 36 00 00의 Ack 값을 전송한다. 카메라 데이터 처리부에서 Ack를 전송 받은 후 이미지 촬영을 위해 56 00 36 01 00의 값을 카메라 모듈로 전송한다. 카메라 모듈에서 이미지 촬영을 완료한 후, 카메라 데이터 처리부로 76 00 36 00 00의 Ack 값을 전송한다. 카메라 데이터 처리부에서 Ack를 전송 받은 후 촬영 된 이미지의 데이터 길이를 구하기 위해 56 00 34 01 00의 값을 카메라 모듈로 전송되며, 카메라 데이터 처리부로 76 00 31 00 00의 값을 전송한다. 카메라 모듈에서는 76 00 34 00 04 00 00 XX YY의 Ack 값을 카메라 데이터 처리부로 전송한다. 카메라 데이터 처리부는 Ack 값의 XX YY의 값을 이용하여 이미지 데이터의 길이를 계산한다. XX는 이미지 데이터의 MSB(Most Significant Byte)를 나타내며, YY는 이미지 데이터의 LSB(Least Significant Bit)를 나타낸다. 카메라 데이터 처리부에서 카메라 모듈의 캐쉬에 저장된 이미지를 읽어오기 위해 56 00 32 0C 00 0A 00 00 BB BB 00 00 LL LL의 값을 카메라 모듈로 전송한다. BB BB는 시작 주소 값을 나타내며, LL LL은 리드하는 데이터의 길이가 된다. 시작 주소와 데이터 길이를 이용하여 한번에 완전한 이미지를 읽어오는 경우 시작 주소는 00 00이 되고, 읽는 데이터의 길이는 XX YY가 된다. 데이터 리드 값중 데이터의 시작은 FF D8로 시작하고 FF D9로 끝난다. 이미지 데이터를 여러 번 나눠 리드할 경우 첫 번째 시작 주소는 00 00이 되고, 데이터 리드 길이는 LL LL 값을 이용한다. 다음 시작 주소 값은 데이터를 리드한 LL LL 값 만큼 증가하며, 데이터는 LL LL 값 만큼 리드한다.

3.4 센서 모듈

센서 모듈은 사용자의 움직임 또는 주변 환경 값을 관측하기 위한 관성 센서, 고도 센서, 온도 센서, 조도 센서 및 센서 데이터 처리를 위한 32bit ARM-based Cortex-M3인 STM32L152로 그림 5와 같이 구성된다.

관성 센서는 InvenSense Inc.의 MPU-9250을 이용하여 사용자의 움직임을 관측하기 위한 센서로 3축(X, Y, Z축) 자이로스코프, 3축 가속도, 3축 자력 측정이 가능한 9축센서로 16Bit ADC(Analog-Digital Converter]

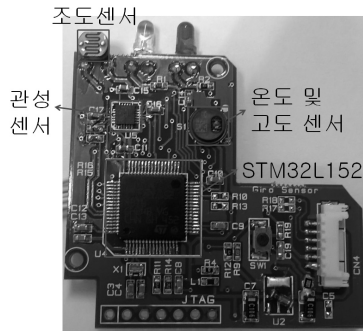


그림 5. 센서 모듈
Fig. 5. Sensor module.

출력을 통해 데이터가 출력이 되며, 센서 모듈과는 I2C (Inter Integrated Circuit) 통신을 통해 데이터를 처리한다. 사용자 주변 환경 값을 위한 고도 센서 및 온도 센서는 VTI Tech.사의 SCP1000을 사용하여 개발하였다. SCP1000은 30-120KPa의 대기압을 측정할 수 있는 정밀 압력 센서가 내장되어 있어, 센티미터(cm) 단위의 고도에 대한 압력을 측정할 수 있다. 또한 내장된 온도 데이터를 같이 사용하여 사용자 주변 환경의 온도 값도 표현이 가능하다. 센서 모듈과는 SPI(Single Point Injection) 통신을 통해 데이터를 처리한다. 아래 식 (1)은 고도 값을 구하는 식이다. 여기서 p_0 는 해수면에서 측정된 기압을 나타내며, p 는 기압 센서를 통해 측정된 값을 나타낸다^[8]. 마지막으로 사용자 주변의 밝기를 측정하기 위한 조도 센서는 GL5537을 사용하였다.

그림 6의 센서 데이터의 포맷은 데이터의 시작과 끝을 구분하기 위한 제어 코드 STX(Start of Text : 0x3C)와 ETX(End of Text : 0x3E)를 사용한다. Emer는 자동 응급 상황 값을 나타내며, Temp는 온도 값, Alti는 고도 값, Inten은 조도 값을 나타낸다. 센서 모듈 동작은 그림 7과 같다. 센서 모듈은 1초에 한 번씩 주기적으로 관성, 온도, 고도, 조도 센서로부터 값을 수신하여 버퍼에 저장한다. 사용자의 움직임을 통해 사고 발생 여부를 파악하기 위하여 버퍼에 저장된 관성 센서 값과 기존의 버퍼에 저장된 관성 센서 값을 비교하여

$$\text{고도} = 44330 \times \left(1 - \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{1}{5.255}}\right) \quad (1)$$



그림 6. 센서 데이터 포맷
Fig. 6. Sensor data format.

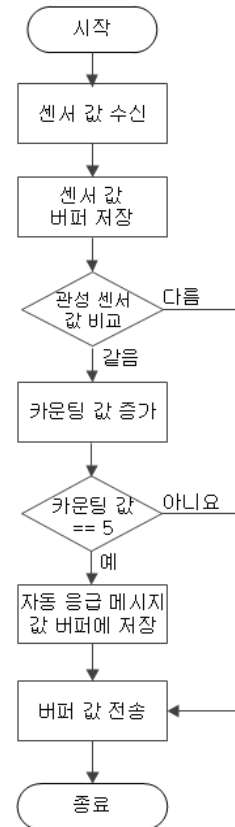


그림 7. 센서 데이터 처리 과정
Fig. 7. Sensor data processing.

같으며 카운팅 값을 증가시킨다. 만약 카운팅 값이 5와 같으면, 자동 응급 메시지 값을 버퍼에 저장한 후 중앙 처리 모듈로 전송하며, 그렇지 않으면 기존의 버퍼 값을 중앙 처리 모듈로 전송한다.

3.5 중앙 처리 모듈

중앙 처리 모듈은 무선 통신을 위해 IEEE 802.15.4 표준을 지원하는 CC2531 지그비 칩을 사용하여 그림 8과 같이 개발하였다.

지그비 통신을 통해 무선으로 데이터 처리하기 위해서는 무선 통신 구간에서 데이터 처리를 위한 프로토콜이 필요하다. 기본적인 무선 통신 프로토콜은 MRFI (Minimal RF Interface) Frame Format을 사용하며, MRFI 프로토콜은 Len, Seq, Pan ID, Src Addr, Dst Addr, APP Payload, FCS로 구성되며, 그림 9와 같다.

Len은 Seq부터 FCS까지의 정보 길이를 나타내며, Seq는 데이터 전송 순서를 구분하기 위하여 0x00~0xFF까지 순환된 값으로 사용한다. Pan ID는 통신 채널을 통해 네트워크 구성을 위해 사용하며, Src Addr는 데이터를 보내는 스마트 모듈의 주소 값을 나타내며, Dst Addr는 데이터를 받는 중계기의 주소를 나타낸다.

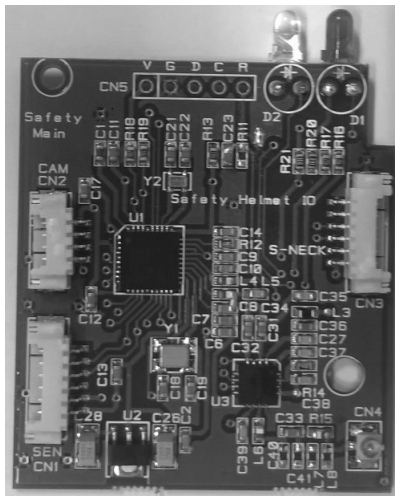


그림 8. 중앙 처리 모듈
Fig. 8. Central processing module.



그림 9. 무선 통신 프로토콜
Fig. 9. Wireless communication protocol.

APP Payload는 가변 길이를 가지며 이미지 데이터와 센서 데이터 전송을 위해 사용한다. 마지막으로 FCS는 프레임 검사 순서를 나타낸다. 가변 길이를 가지는 APP Payload 영역은 그림 10의 이미지 데이터 전송을 위한 페이로드와, 그림 11의 센서 데이터 전송을 위한 페이로드로 구분된다.

그림 10의 Len은 ID부터 Body까지의 데이터의 총 길이를 나타내며, Cmd는 이미지 데이터 처리부 제어를 위해 사용하며, Cmd에 사용되는 명령어는 표 2와 같다. Seq는 이미지 데이터를 보내는 순서를 나타내며, DataLen은 전송되는 이미지 데이터의 총 길이를 나타낸다. Body는 전송되는 이미지 데이터의 크기를 나타낸다.

그림 11의 Len은 Cmd부터 RID까지의 데이터 총 길이를 나타내며, Cmd는 센서 처리부 제어를 위해 사용하며, Cmd에 사용되는 명령어는 표 3과 같다. RSSI는 신호의 세기를 나타내며, STATE는 헬멧 턱끈 착용 유·무 값과 자동 또는 수동 응급 상황 값을 나타낸다. 자동 응급 상황은 센서 데이터 처리부로 받은 값을 참

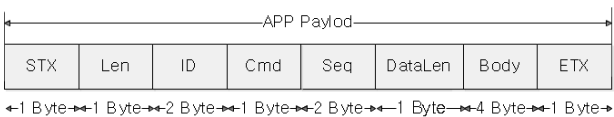


그림 10. 이미지 데이터 전송을 위한 페이로드
Fig. 10. Payload for image data transmission.

표 2. 이미지 모듈 제어 명령어
table 2. Image control module commands.

명령어	설명
0x02	영상 정보 데이터 전송 시작을 나타내는 값
0x03	영상 정보 전송 중을 나타내는 값
0x04	영상 정보 종료를 나타내는 값

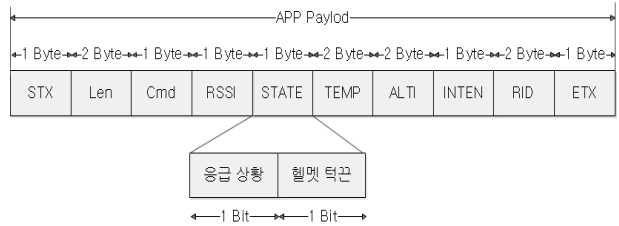


그림 11. 센서 데이터 전송을 위한 페이로드
Fig. 11. Payload for sensor data transmission.

표 3. 센서 모듈 제어 명령어
table 3. Sensor module control commands.

명령어	설명
0x00	스위치 값의 의한 응급 상황 발생 정보 값
0x01	스마트 모듈의 센서 데이터 정보 전송 값

조하며, 수동 응급 상황은 비상 스위치가 눌렸을 경우를 나타낸다. TEMP는 온도 값, Alti는 고도 값, INTEN은 조도 값을 나타내며, RID는 중계기의 ID를 나타낸다.

그림 12는 통신 처리부의 동작 과정을 나타낸다. 초기 동작은 스위치 상태에 따라 이미지 데이터 또는 센서 데이터를 처리한다. 스위치 신호가 들어오기 전까지는 주기적으로 센서 데이터 처리부로부터 온도, 고도, 조도, 자동 응급 상황 메시지를 받아 버퍼에 저장한다. 데이터를 버퍼에 저장한 후 I/O 데이터 처리부의 리드 센서로부터 턱끈 착용 유·무 값을 받아 버퍼에 저장한다. 최종적으로 버퍼에 저장된 값을 무선 페이로드에 저장한 후 중계기로 전송한다. 주기적으로 온도, 고도, 조도, 자동 응급 상황 및 턱끈 착용 유·무 값을 받아 처리하여 중계기로 전송하며, 비상 스위치 또는 이미지 촬영 스위치 신호가 들어오면 선택된 스위치 값에 따라 동작한다. 비상 스위치 값이 선택되면, 수동 비상 상황 메시지를 버퍼에 저장한 후 위에서와 같이 센서 데이터 처리부와 리드 센서로부터 값을 받아 버퍼에 저장한다. 버퍼에 저장된 값을 무선 페이로드를 이용하여 중계기로 전송한다. 이미지 촬영 스위치 값이 선택되면, 이미지 촬영이 초기 동작일 경우는 인지 아닌지를 판단한다. 초기 이미지 촬영은 이미지 크기 설정을 한 후 변경

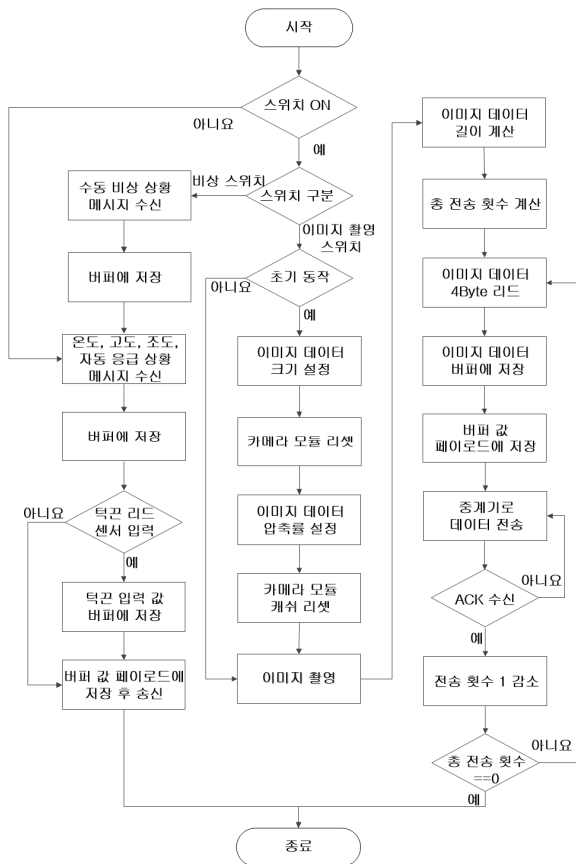


그림 12. 통신 처리부 동작 알고리즘
Fig. 12. Communication processing operation algorithm.

된 설정 값 적용을 위해 이미지 데이터 처리부를 리셋한다. 이미지 데이터 전송을 위해 압축률 설정 및 저장을 위한 캐쉬를 리셋한다. 이미지를 촬영한 후 캐쉬에 저장한다. 캐쉬에 저장된 이미지의 리드하기 위하여 길이를 계산한 후 4Byte씩 나눠 총 전송횟수를 계산한다. 이미지를 4Byte씩 리드하여 버퍼에 저장한 후 무선 프로토콜을 이용하여 중계기로 전송한다. 중계기로부터 ACK 데이터를 수신한다. JPEG는 데이터 손실이 발생하며, 이미지 손실이 발생하기 때문에 ACK 데이터를 수신하지 못하면 버퍼에 있는 데이터를 재전송한다. ACK 수신 후 총 전송횟수를 1씩 감소시켜 0이 될 때까지 전송한다.

3.6 중계기 및 게이트웨이

중계기 및 게이트웨이는 산업현장 안전관리 시스템에서 스마트 모듈과 모니터링 시스템의 데이터를 중계하기 위한 모듈로 동일한 하드웨어로 그림 13과 같다.

중계기는 스마트 모듈로부터 이미지 또는 센서 데이터를 수신 받아 후 데이터 손실 방지를 위해 스마트 모듈로 ACK 데이터를 전송한 후, 모니터링 시스템으로

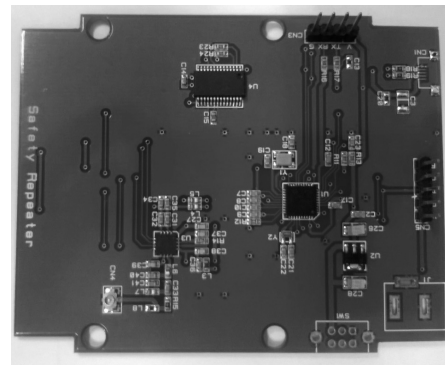


그림 13. 게이트웨이 모듈
Fig. 13. Gateway module.

데이터 전송을 위해 게이트웨이로 데이터를 송신한다. 게이트웨이는 중계기로부터 데이터를 수신한 후 ACK 메시지를 중계기로 전송한다. 게이트웨이는 UART 통신을 통해 수신받은 이미지 또는 센서 데이터를 모니터링 시스템으로 전송한다.

3.7 모니터링 시스템

모니터링 시스템은 안전모에 부착된 스마트 모듈로부터 수신한 신호 세기 정보, 작업 환경 정보, 안전 정보 정보 등을 수신하여 테이블에 정보를 표시하여 원격 관리가 용이하도록 함으로써 안전한 작업 환경을 제공한다. 모니터링 시스템은 SCB(Serial Communicational Block), DDB(Data Display Block), SWB(Safety Warning Block), NSB(Node Setting Block), NCB(Node Control Block)의 5 가지 주 기능으로 구성되며, 그림 14와 같이 5개의 기능 블록으로 구성된다.

SCB는 시리얼 통신을 통한 정보 교환을 지원하기 위한 블록으로, 게이트웨이와 통신을 하기 위한 시리얼 포트 설정 및 포트 열기·닫기 기능을 수행하며, 내·외부 메시지들을 유형에 따라 분류하고 목적지에 맞게 내·외부에 전송하는 기능을 수행한다. DDB는 외부로부터 수신한 정보를 UI(User Interface)에 표시하기 위한 블록으로, 스마트 모듈이 전송하는 정보를 한 눈에 파악할 수 있도록 하는 UI 기능을 제공한다. SWB는 외부로부터 수신한 정보에 안전 정보 상황이 포함되어 있을 시 경보 발생을 알리기 위한 블록으로, 안정 정보 상황을 시각적으로 알리는 기능을 수행한다. NSB는 중계기 및 스마트 모듈에 대한 정보를 설정하기 위한 블록으로, ID, 사용자 이름, 작업 분류 등을 설정하는 기능을 수행한다. 마지막으로 NCB은 스마트 모듈을 제어하기 위한 블록으로, 명령어를 이용하여 스마트 모듈에 장착된 센서들의 측정 값 요청, 영상 정보 전송 요청, 영상 정보

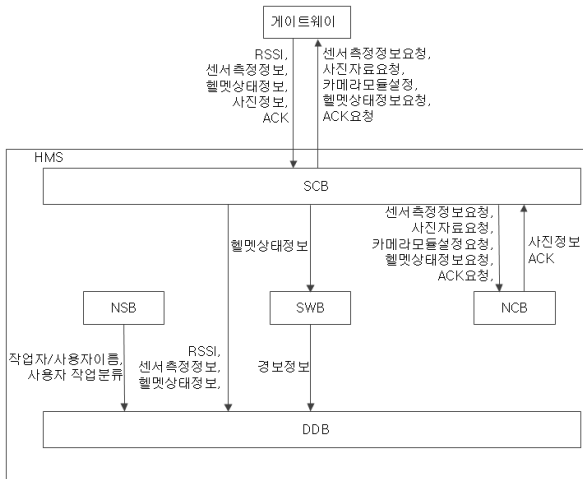


그림 14. 모니터링 시스템 구성도
Fig. 14. Monitoring System Configuration.

처리부 설정 값 변경 등의 기능을 수행한다. 그림 15는 모니터링 시스템의 초기 화면이다.

모니터링 시스템은 외부로부터 전송된 다양한 유형의 데이터를 표시하고, 데이터에 대한 안전 경보를 검출함으로써 작업 환경에 있어서의 안전성을 제공하기 위한 주요 기능은 다음과 같다. 첫째 시리얼 통신 설정 및 데이터 처리, 둘째 데이터 표시, 셋째 안전 경고 표시, 넷째 노드 설정, 다섯째 노드 제어 등이 있다.

시리얼 통신 설정 및 데이터 처리 기능은 시리얼 포트 연결을 위해 Baud rate, Data bits, Stop bits, Parity bits, 포트 번호를 설정한다. 시리얼 통신을 통해 게이트웨이로부터 수신된 메시지를 유형에 따라 분류한다. 그림 16은 시리얼 통신을 위해 설정 값 입력 화면이다.

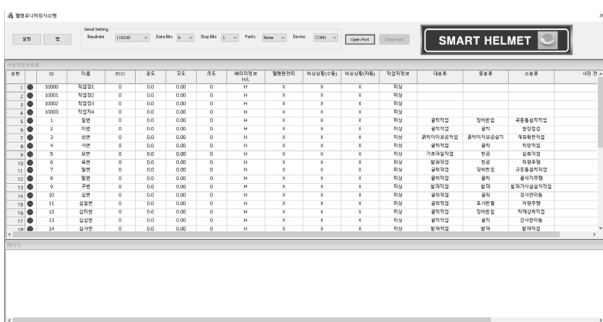


그림 15. 모니터링 시스템 초기 화면
Fig. 15. Initial screen of monitoring system.



그림 16. 시리얼 통신 설정
Fig. 16. Serial communication settings.

데이터 표시 기능은 수신된 데이터를 테이블에 표시하는 기능으로 수신된 메시지의 노드 ID를 비교하여 ID가 일치하면, 해당 사용자 정보를 업데이트한다. 안전 경고 처리 기능은 외부 데이터에 안전 경고 관련 정보가 포함되어 있는 경우 관리자에게 시각적으로 알려주는 기능이다. 노드 설정 기능은 사용자의 작업장 및 사용자 정보를 관리하는 기능이다. 스마트 모듈의 사용자 추가, 삭제, 이름, 해당 작업을 수정하는 기능을 제공한다.

IV. 실험 환경 및 테스트

4.1 실험 환경

실험 환경은 그림 17과 같이 스마트 모듈, 중계기 및 게이트웨이, 모니터링 시스템으로 구성하며, 스마트 모듈에서 센서 데이터, 이미지 데이터, 응급 상황 발생 데이터를 중계기 및 게이트웨이를 통하여 모니터링 시스템으로 전송한다.



그림 17. 실험 환경 구성
Fig. 17. Test environment configuration.

4.2 온도, 고도, 조도 및 턱끈 리드 센서 측정

스마트 모듈을 안전모에 부착하여 턱끈 착용 유·무를 통해 안전모 착용 여부를 판단할 수 있으며, 스마트 모듈을 통해 사용자의 주변 환경 상태 값을 통해 사용자의 안전 상태를 점검 할 수 있다. 모니터링 시스템은 스마트 모듈을 통해 온도, 고도, 조도 및 턱끈 착용 유·무 데이터를 전송받아 현시함으로써 관리자가 사용자의 상태를 정확하게 관리할 수 있도록 한다. 고도의 근사 값을 구하기 위해서는 해수면의 높이를 설정하기 위하여 그림 18과 같이 설정 버튼을 클릭 한 후 기압 설정 팝업 창에 기압 값을 입력한다. 기압 값 설정이 끝나면 포트를 설정 한 후 연결 버튼을 클릭하여 스마트 모듈로부터 아래 그림 19와 같이 데이터를 수신 받는다.

모니터링 시스템의 첫 번째 아이콘은 스마트 모듈의 연결 상태를 나타낸다. 초기 상태는 빨간색으로 표시되

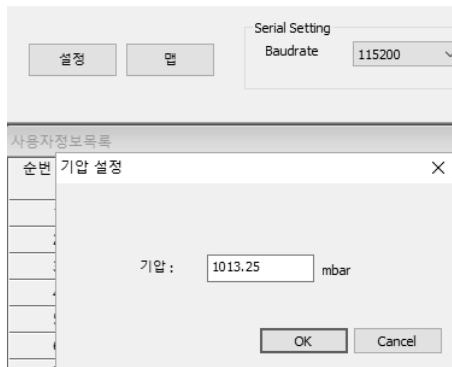


그림 18. 기압 값 설정
Fig. 18. Pressure value setting screen.

순번	ID	이름	RSSI	온도	고도	조도
1	10000	작업장1	0	0.0	0.00	0
2	10001	작업장2	0	0.0	0.00	0
3	10002	작업장3	0	0.0	0.00	0
4	10003	작업장4	0	0.0	0.00	0
5	1	일번	0	0.0	0.00	0
6	2	이번	0	0.0	0.00	0
7	3	삼번	-58	28.6	85.69	341

그림 19. 센서 데이터 수신 화면
Fig. 19. Sensor data received screen.

며, 스마트 모듈로부터 데이터를 수신받으며, 초록색으로 표시된다. ID는 스마트 모듈의 노드 ID를 나타내며, RSSI(Received signal strength indication)는 스마트 모듈과 중계기의 수신 신호 세기를 나타낸다. 온도, 고도, 조도는 스마트 모듈로부터 받은 데이터를 현시한다. 온도는 작업 환경의 변화에 의해 주변 온도가 급격하게 변할 때 응급 상황을 인지 할 수 있도록 사용하였다.

고도는 식 (1)을 이용하여 설정한 기압 값에 따라 근사치로 나타내며, 추락 등의 사고 발생 시 고도 값의 변화를 통해 사고 발생 여부를 판단 할 수 있다.

조도 값은 사용자의 작업 환경의 밝기를 측정하기 위하여 사용하였으며, 산업 안전 기준에 따라 일정한 lux 이상을 유지해야 한다. 정밀 작업의 경우 300lux 이상을 유지해야 하며, 전기기계·기구 작업 시 작업 환경은 150lux 이상을 유지해야 한다. 마지막으로 항만하역작업은 75lux 이상을 유지해야한다. 아래 그림 20은 200lux 이하일 때를 나타내며 회색으로 표시한다. 작업 환경의 최소 값인 75lux 이하가 되면 아래 그림 21과 같이 검은색으로 표시된다.

사용자의 안전도 착용 여부는 리드 센서를 통해 안전 띠 착용 여부로 판단 할 수 있다. 그림 22는 헬멧 안전 띠 미 착용 시를 나타내며, 그림 23은 헬멧 안전 띠 착용 시를 나타낸다.

순번	ID	이름	RSSI	온도	고도	조도
1	10000	작업장1	0	0.0	0.00	0
2	10001	작업장2	0	0.0	0.00	0
3	10002	작업장3	0	0.0	0.00	0
4	10003	작업장4	0	0.0	0.00	0
5	1	일번	0	0.0	0.00	0
6	2	이번	0	0.0	0.00	0
7	3	삼번	-76	24.4	43.80	164

그림 20. 조도 값이 200lux 이하
Fig. 20. Value of illumination intensity(less or equal to 200 lux).

순번	ID	이름	RSSI	온도	고도	조도
1	10000	작업장1	0	0.0	0.00	0
2	10001	작업장2	0	0.0	0.00	0
3	10002	작업장3	0	0.0	0.00	0
4	10003	작업장4	0	0.0	0.00	0
5	1	일번	0	0.0	0.00	0
6	2	이번	0	0.0	0.00	0
7	3	삼번	-64	28.8	85.69	46

그림 21. 조도 값이 75lux 이하
Fig. 21. Value of illumination intensity(less or equal to 75 lux).

순번	ID	이름	RSSI	온도	고도	조도	배터리정보 H/L	헬멧안전띠
1	10000	작업장1	0	0.0	0.00	0	H	X
2	10001	작업장2	0	0.0	0.00	0	H	X
3	10002	작업장3	0	0.0	0.00	0	H	X
4	10003	작업장4	0	0.0	0.00	0	H	X
5	1	일번	0	0.0	0.00	0	H	X
6	2	이번	0	0.0	0.00	0	H	X
7	3	삼번	-68	25.9	43.80	150	H	X

그림 22. 헬멧 안전띠 미 착용
Fig. 22. Helmet of not wearing safety strap.

순번	ID	이름	RSSI	온도	고도	조도	배터리정보 H/L	헬멧안전띠
1	10000	작업장1	0	0.0	0.00	0	H	X
2	10001	작업장2	0	0.0	0.00	0	H	X
3	10002	작업장3	0	0.0	0.00	0	H	X
4	10003	작업장4	0	0.0	0.00	0	H	X
5	1	일번	0	0.0	0.00	0	H	X
6	2	이번	0	0.0	0.00	0	H	X
7	3	삼번	-64	29.0	94.09	341	H	O

그림 23. 헬멧 안전띠 착용
Fig. 23. Helmet Safety strap wearing.

4.3 스마트 모듈 응급 상황 측정

응급 상황 메시지는 수동 또는 자동 메시지 전송으로 구분한다. 수동 응급 상황 발생은 비상 상황 스위치를 통해 스마트 모듈에서 모니터링 시스템으로 전송하며, 아래 그림 24는 수동으로 전송된 응급 상황을 나타낸다. 자동 응급 메시지는 5초 이상 사용자의 움직임이 없을 때 관성 센서의 값을 통해 스마트 모듈에서 모니터링 시스템으로 전송하며, 아래 그림 25와 같다. 관리자는 모니터링 시스템을 통해 사용자의 응급 상황을 자동 또는 수동으로 파악 할 수 있다.



그림 24. 수동 응급 상황 팝업 창
Fig. 24. Manual emergency pop-up window.

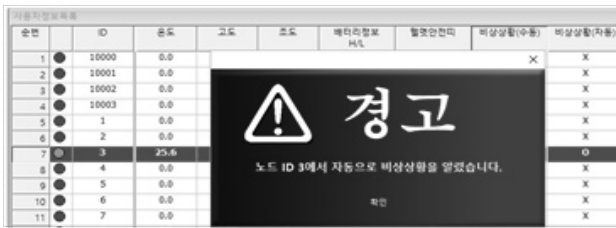


그림 25. 자동 응급 상황 팝업 창
Fig. 25. Automatic emergency pop-up window.

4.4 스마트 모듈 이미지 데이터 측정

이미지 데이터는 사고 발생 시 사용자의 현재 위치 파악을 위해 사용되며, 사고 발생 시 이미지 데이터는 비상 스위치를 통해 수동으로 전송된다. 그림 26, 27은 이미지 데이터 전송 여부 나타내며, 스마트 모듈에서 이미지 데이터를 전송하기 시작하면 모니터링 시스템에 전송 중이라는 메시지를 출력한다. 이미지 데이터 전송이 완료되면, 전송 완료 메시지를 출력한다. 관리자는 전송 완료 메시지가 출력 된 후 해당 ID를 더블 클릭하

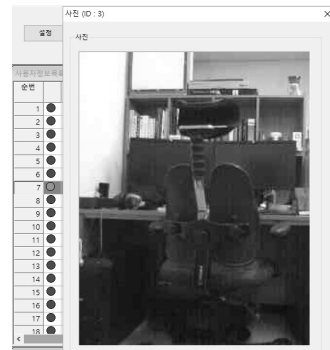


그림 28. 촬영된 이미지 데이터
Fig. 28. The photographed image data.

면 그림 28과 같이 스마트 모듈로부터 전송된 이미지를 볼 수 있다.

4.5 안전 관리 시스템 성능 분석

안전 관리 시스템의 성능 분석을 위해 아래 그림 29과 같이 9층 높이의 건물 복도 끝에 실제 게이트웨이를 설치한 후 50m의 거리를 두고 스마트헬멧을 착용한 사용자가 건물 밖으로 추락했을 경우를 예상하여 가상 모의 실험을 하였다. 시스템의 온도, 조도, 고도, 응답속도, 성공률 및 위치 추적 등의 시스템 성능 분석을 위해 실제 데이터를 500회 반복 수행하여 시스템의 성능 분석을 하였다.

순번	ID	이름	RSSI	온도	고도	조도	배터리정보 H/L	헬멧안전띠	비상상황(수동)	비상상황(자동)	사진 전송
1	10000	작업장1	0	0.0	0.00	0	H	X	X	X	
2	10001	작업장2	0	0.0	0.00	0	H	X	X	X	
3	10002	작업장3	0	0.0	0.00	0	H	X	X	X	
4	10003	작업지4	0	0.0	0.00	0	H	X	X	X	
5	1	일번	0	0.0	0.00	0	H	X	X	X	
6	2	이번	0	0.0	0.00	0	H	X	X	X	
7	3	삼번	-64	29.0	94.09	327	H	X	X	X	사진 전송 중

그림 26. 이미지 데이터 전송 중
Fig. 26. Transmission of image data.

순번	ID	이름	RSSI	온도	고도	조도	배터리정보 H/L	헬멧안전띠	비상상황(수동)	비상상황(자동)	사진 전송
1	10000	작업장1	0	0.0	0.00	0	H	X	X	X	
2	10001	작업장2	0	0.0	0.00	0	H	X	X	X	
3	10002	작업장3	0	0.0	0.00	0	H	X	X	X	
4	10003	작업지4	0	0.0	0.00	0	H	X	X	X	
5	1	일번	0	0.0	0.00	0	H	X	X	X	
6	2	이번	0	0.0	0.00	0	H	X	X	X	
7	3	삼번	-59	29.0	94.09	314	H	X	X	X	사진 전송 완료

그림 27. 이미지 데이터 전송 완료
Fig. 27. Transmission completion of image data.



그림 29. 가상 모의 실험
Fig. 29. virtual simulation.

그림 30은 사고 발생 전 실제 9층 높이의 실내에서 측정한 온도, 고도, 조도의 데이터 값을 나타내며, 그림 31은 9층 높이에서 6층 높이의 건물 밖으로 추락하였을 경우의 온도, 고도, 조도의 데이터 값을 나타낸다. 추락 전·후의 온도, 고도, 조도의 정확도는 다음과 같다. 온도는 실제 온도계와 약 0.1도의 차이를 보이며, 조도는 조도 측정 어플리케이션과 비교하였을 경우 100Lux 정도의 차이를 보였으며, 마지막으로 고도는 실제 건물의 한 층의 높이가 2.7미터이며, 이때 9층의 높이는 24.3m, 6층 건물의 높이는 16.2m이다. 사고 발생 전은 실제 건물의 높이와 측정된 데이터 값을 비교할 경우 0.77m의 차이를 보였으며, 추락 후의 실제 건물의 높이와 데이터 값을 비교할 경우 0.52m의 차이를 보였다. 온도와 조도의 경우 실제 값과 차이를 보이는 이유는 센서를 보호하기 투명한 커버를 씌웠기 때문에 발생하였고, 고도는 해면 기압의 오차로 인해 발생하였다.

마지막으로 데이터의 응답 속도는 표 4와 같으며, 데이터 성공율은 표 5와 같다.

표 4. 데이터 평균 응답 속도

table 4. IData average response rate.

시도 횟수	사고 발생 전 평균 응답속도(ms)	사고 발생 후 평균 응답속도(ms)
500	16	23.5

표 4에서 사고 발생 전 평균 응답속도는 장애물이 없는 50m의 거리에서 평균 16ms이며, 사고 발생 후 건물 밖에서의 데이터 평균 응답 속도는 23.5ms가 측정되었다. 사고 발생 전·후의 평균 응답 속도의 차이는 사고 발생 시 게이트웨이로부터의 스마트헬멧이 멀어짐과 동시에 벽등의 장애물로 인해 7.5ms 정도의 차이를 보였다.

표 5에서 데이터 평균 성공율은 사고 발생 전 장애물이 없는 경우는 데이터 손실이 발생하지 않았으며, 사고 발생 후 건물 밖에서의 데이터 손실은 총 3회 발생하였다. 데이터 손실이 발생한 이유는 게이트웨이와 스마트헬멧 사이에 벽등의 장애물로 인해 발생하였으며, 평균 성공율은 99.4%를 보였다.

표 5. 데이터 평균 손실율

table 5. Data average loss rate.

시도 횟수	사고 발생 전 성공율(%)	사고 발생 후 성공율(%)
500	100	99.4

사용자정보목록											
순번		ID	이름	RSSI	온도	고도	조도	배터리정보 H/L	헬멧안전띠	비상상황(수동)	비상상황(자동)
1	●	10000	작업장1	0	0.0	0.00	0	H	X	X	X
2	●	10001	작업장2	0	0.0	0.00	0	H	X	X	X
3	●	10002	작업장3	0	0.0	0.00	0	H	X	X	X
4	●	10003	작업지4	0	0.0	0.00	0	H	X	X	X
5	●	1	일번	0	0.0	0.00	0	H	X	X	X
6	●	2	이번	0	0.0	0.00	0	H	X	X	X
7	●	3	삼번	-61	24.7	23.53	614	H	X	X	X

그림 30. 사고 발생 전 데이터 측정
Fig. 30. Measuring data before accident.

사용자정보목록											
순번		ID	이름	RSSI	온도	고도	조도	배터리정보 H/L	헬멧안전띠	비상상황(수동)	비상상황(자동)
1	●	10000	작업장1	0	0.0	0.00	0	H	X	X	X
2	●	10001	작업장2	0	0.0	0.00	0	H	X	X	X
3	●	10002	작업장3	0	0.0	0.00	0	H	X	X	X
4	●	10003	작업지4	0	0.0	0.00	0	H	X	X	X
5	●	1	일번	0	0.0	0.00	0	H	X	X	X
6	●	2	이번	0	0.0	0.00	0	H	X	X	X
7	●	3	삼번	-97	20.4	15.68	1200	H	X	X	X

그림 31. 사고 발생 후 데이터 측정
Fig. 31. Measuring data after an accident.

V. 결 론

건설 현장의 사고 사례를 살펴보면, 보호 장비 착용 등의 인력 관리가 제대로 되지 않아 빈번하게 사고가 발생한다. 사고 유형을 살펴보면 추락, 진도, 충돌 등의 있으며, 이러한 사고로 인해 인명 피해뿐 아니라 많은 경제적 손실도 가져온다. 안전모 등의 보호 장비만 착용해도 가벼운 충돌 또는 부딪힘 등의 사고를 줄일 수 있다.

본 논문에서는 안전모에 착용한 스마트 모듈 및 모니터링 시스템을 통하여 인력 관리 및 사고 발생 시 신속한 조치를 취할 수 있는 시스템을 제안하였다. 스마트 모듈은 안전모에 부착하여, 센서 및 카메라를 이용하여 사용자의 위치 상태 및 자동 또는 수동 등의 응급 상황 상태 정보를 모니터링 시스템으로 전송한다. 모니터링 시스템은 스마트 모듈로부터 사용자의 상태 정보를 주기적으로 수신하여 현시하며, 응급 상황 발생 시 팝업 창을 통하여 관리자에게 사고 발생 유·무를 알려준다. 관리자는 모니터링 시스템의 팝업 창을 통해 응급 상황을 판단할 수 있으며, 응급 상황 발생 시 사용자 상태 정보 값을 이용하여 신속한 응급 조치를 취할 수 있다.

제안한 스마트 모듈 및 모니터링 시스템은 소규모 건설 현장에서 설치 비용 등의 문제로 인해 인력 관리가 제대로 되지 못한 부분을 저 비용으로 해결 할 수 있으며, 작업장의 근로 환경에 따라 센서 교체를 통해 다양한 건설 현장에서 사용이 가능하다.

마지막으로 시스템 성능 분석을 위해 게이트웨이와 스마트헬멧을 실제 장소에 설치하여 온도, 고도, 조도, 응답속도, 성공률 및 위치 추적 등의 시스템 성능 분석을 하였다.

REFERENCES

- [1] Ministry of Employment and Labor 2015 Second Construction Employment Forum, July 2015
- [2] M. H. Kim, J. W. Oh and S. Kun, "The basic study of Manpower Management System on Construction Field," Architectural Institute of Korea, 32(2), 591-592
- [3] IEEE 802.15 WPAN TG4, www.ieee802.org/15/pub/TG4.html
- [4] ZigBee Wireless Sensor Applications for Health, Wellness and Fitness, Zigbee Alliance, March 2009. (<http://www.zigbee.org>)
- [5] ZigBee Alliance: "ZigBee RF4CE Specification", Version 1.00, March 2009
- [6] Zigbee specification, <http://www.zigbee.org>.
- [7] Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Network(WPANs). IEEE Std 802.15.4, 2006.
- [8] http://www.kma.go.kr/weather/observation/aws_table_popup.jsp

저 자 소 개



이 창 호(학생회원)
2008년 청주대학교 전자공학과 학사 졸업.
2010년 인하대학교 전자공학과 석사 졸업.
2010년~현재 인하대학교 전자공학과 박사과정.

<주관심분야: 병렬 및 분산 처리 시스템, 컴퓨터 구조, Faulttolerant computing>



김 강 희(학생회원)
2011년 인하대학교 전자공학과 학사 졸업.
2013년 인하대학교 전자공학과 석사 졸업.
2013년~현재 인하대학교 전자공학과 박사과정.

<주관심분야: 컴퓨터 네트워크, 무선 센서 네트워크, SoC>



김 지 원(학생회원)
2007년 건양대학교 전자정보공학과 학사 졸업.
2009년 인하대학교 전자공학과 석사 졸업.
2010년~현재 인하대학교 전자공학과 박사과정.

<주관심분야: 센서 네트워크, 멀티미디어 통신, 무선 통신, 컴퓨터 네트워크>



최 상 방(평생회원)
1981년 한양대학교 전자공학과 학사 졸업.
1981년~1986년 LG 정보통신(주).
1988년 University of washinton 석사 졸업.

1990년 University of washinton 박사 졸업.
1991년~현재 인하대학교 전자공학과 교수
<주관심분야: 컴퓨터 구조, 컴퓨터 네트워크, 무선 통신, 병렬 및 분산 처리 시스템>