

# 지능형 스마트 안전장구(안전모) 개발에 관한 연구

송지민<sup>1</sup>, 임도경<sup>2</sup>, 김현  
<sup>1</sup>한양대학교 기계공학부  
<sup>2</sup>한양대학교 미래자동차공학과  
 sgm58134@gmail.com, dg10301030@gmail.com

## A Study on Intelligent Safety Helmet Development

Ji-Min Song<sup>1</sup>, Do-Gyeong Lim<sup>2</sup>, Hyum Kim  
<sup>1</sup>Dept. of Mechanical Engineering, Han-yang University  
<sup>2</sup>Dept. of Automotive Engineering, Han-yang University

### 요 약

본 연구는 ‘지능형 스마트 안전모 개발’에 관한 것으로, IoT 기술을 기반으로 공사현장에서 발생하는 각종 사고를 방지하기 위한 스마트 안전모를 개발하고, 기존 안전모에 존재하는 한계를 극복하는 것을 목표로 한다. 이를 위해 IoT 기술인 비콘, 블루투스를 활용하여 작업자 주변 환경을 실시간으로 판단하고 작업자를 주변 위험요소로부터 보호한다. 각종 생체센서를 활용하여 작업자의 안전모 착용 여부와 건강상태에 대해서 실시간으로 송수신한다. 또한 LoRaWAN의 P2P LR Communication을 이용하여 공사현장의 특성인 통신음영지대를 제거하여 서비스를 안정적으로 제공할 수 있다 .

### 1. 서론

최근 공사 현장에서 각종 안전사고가 빈번히 발생하고 있고, 이러한 문제를 방지하기 위한 안전 보호용품 시장에 관한 관심 또한 날로 커지고 있다. 특히 사고와 관련해 전방 부주의로 일어나는 사고 보다는 측면 및 후방에서의 장애물을 인지하지 못해 발생하는 사고가 60%나 된다고 한다. 우리는 이러한 현상의 감소에 일조하기 위해 안전에 필수인 안전모에 스마트 센서를 장착해 전, 측, 후방을 사전에 감지하고 이를 사용자에게 알릴 수 있는 스마트 안전모에 관한 내용을 다루고 있다. 따라서 본 연구팀에서는 IoT 기기들을 활용하여 각종 안전사고를 방지하고, 작업자를 각종 주변 위험인자로부터 보호하는 방법에 대해 모색한다. 또한 이를 합리적으로 해결할 수 있는 다양한 서비스를 개발하고자 한다. 각종 사고를 방지하고 예방하는 것을 뛰어넘어, 작업자에서 중앙 관제 기기 간 통신이 원활히 연결되어 개발 서비스가 정상적으로 작동할 수 있도록 하는 장거리 통신 서비스 방안을 모색한다.

### 2. 관련 연구

#### 1) LoRa통신

LoRa는 저전력 및 장거리 작동을 위해 설계된 ISM 대역 무선 기술이다. LoRa의 장점은 장거리 통신을 가능하게 한다는 것이다. 단일 게이트웨이를 설치함으로써 도시 전체 또는 최대로 수십 km의 지역을 커버 할 수 있다.[1]

LoRaWAN은 LoRa에서 정의된 광역 네트워크 프로토콜이다. 그림1은 LoRaWAN 네트워크의 구성도이다. End Nodes는 각종 디바이스와 센서를 의미하고, 주변의 LoRaWAN gateway를 이용해 통신한다. P2P LR Communication은 End Node 간의 연결을 의미한다. 이를 LoRaWan과 함께 이용할 경우 통신 범위가 gateway 없이 확장될 수 있다.

#### 2) 비콘(Beacon)

비콘(Beacon)은 저전력 블루투스를 활용해 특정 ID 값을 신호로 전송하는 무선 기술이다. 반경 50~70m 정도 범위 내에서 사용할 수 있으며 블루투스 시스템을 활용하기 때문에 저전력으로 사용 가능하다. 비콘 단말기는 저전력 블루투스를 이용해 주기적으로 주변에 신호를 보내게 되는데, 이때 비콘이 발신하는 신호 도달 거리 내로 들어오게 되면 단

말기가 특정 ID 값을 내보내게 된다. GPS와 달리 실내로 들어서도 위치 파악이 가능하고 저렴한 가격으로 사물인터넷 IOT 인프라 구축에 적합한 무선통신기술로 각광받고 있다[2][3].

### 3. 본론

#### 3.1 P2P LR Communication을 통한 통신음영지대 제거

개별 작업자들에게 장착되는 스마트 안전모는 중앙 관리 장치와 실시간으로 데이터를 송수신해야 하고, 공사 현장의 특징상 필연적으로 존재하는 통신음영지역을 극복해야 하기 위해 P2P LR Communication을 활용한다.

LoRa를 활용하여 데이터를 전송하기 위해 아두이노 우노를 기반으로, 전송코드와 수신 코드를 각각 작성하여 아두이노 간 데이터를 송수신한다. End Node에 해당하는 LoRa모듈, 아두이노, 작동 센서 연결 부분을 Gateway 없이 또 다른 End Node에 해당하는 LoRa모듈을 Gateway로 활용하여 송신한 데이터를 중앙서버에 해당하는 아두이노에서 출력한다. 결과적으로 개별 작업자의 안전모에 부착된 LoRa 모듈이 측정된 센서값을 다른 작업자의 안전모에 부착된 LoRa모듈을 거쳐, 중앙서버와 원활하게 데이터를 송수신 가능하게 한다[4].

#### 3.2 비콘 센서를 통한 위험인자 감지

공사 현장에서 작업자 주변 사고 위험 인자를 감지하고 작업자에게 경고를 알리는 서비스를 구현하였다. 위험 인자 위치 파악을 위해 비콘 센서를 활용한다.

각 위험지역(개구부, 난간, 중장비 등)에 설치된 비콘의 정보 중 가까이 있는 비콘의 정보를 수신하는 비콘 스캐너 기능을 구현하고자 비콘과의 거리를 판단하는 RSSI를 활용한다. BLE 통신을 이용하여 비콘과 안전모에 부착된 ESP32 통신으로 작업자와 위험 인자 거리 판단으로 지정 거리 안에 들어오는 경우 경고 음성이 울리도록 구현하였다.

노이즈 문제로 인해 주어진 거리가 아닌 경우에도 알림이 울리는 상황을 방지하기 위해 비콘 3개 사용하였다. 3개의 신호를 평균값 내어 비콘과 안전모 착용자 사이의 거리를 판단하여 오차를 줄였다.

그리고 칼만필터 적용을 통해 노이즈 제거를 통해 다음과 같이 균일한 측정이 가능하게 하였다. 본 연

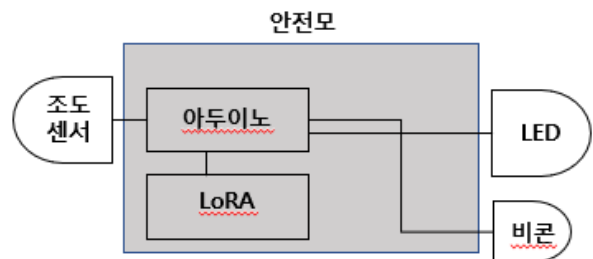
구는 칼만필터 알고리즘을 이용해 비콘 간 거리 측정의 오차를 줄여 정확도를 높이고자 하였다. (그림 1)은 기존의 비콘을 이용해 측정한 것과 칼만필터를 통해 측정한 결과를 보여주고 있다. 5m~6m 사이에 비콘을 고정하고 측정하였을 때 비콘의 전파 노이즈로 인해 오차가 2~5cm까지 발생하였다. 또한 이는 6m 이상으로 증가할수록 오차 범위도 커져갔다. 이는 향후 비콘 간의 거리를 측정해 위험 지역을 감지하고 사용자에게 알리는 데 있어 잘못된 신호를 통한 사용자의 혼란을 야기할 수 있어서 이를 상쇄하는 방법이 필요하였다. 우리 연구팀은 이러한 문제를 칼만필터를 이용해 해결할 수 있었다. 1차 측정 결과를 바탕으로 측정된 값을 최종적으로 칼만필터 알고리즘을 통해 오차를 줄일 수 있게 된 것이다.



(그림 1) 칼만필터를 이용한 비콘간 거리 측정 결과

#### 3.3 IOT 센서를 통한 스마트 안전모 기능 구현

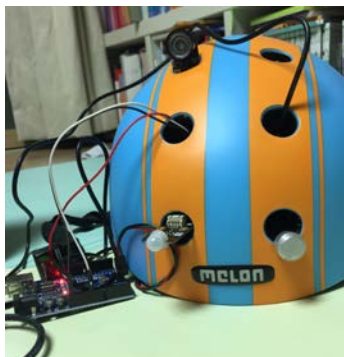
우리는 조도 센서와 LED를 부착하여 작업자가 어두운 곳에 들어서면 손을 사용하여 작동시키지 않아도 자동으로 안전모에서 빛을 밝히는 서비스를 구현하였다. 이외에도 압력센서와 초음파 센서, 온도센서를 안전모에 부착하여 작업자가 안전모 착용 여부를 실시간으로 중앙 관리자가 파악할 수 있도록 한다. 심박 센서, 충격 센서, 가속도센서를 사용해 작업자의 건강 상태를 파악하고 추락사고에 대해 빠르게 대처할 수 있다.



(그림 2) 스마트 안전모 구조도

센서 목록	용도	장착보드
LoRa-E5	P2P LR Communication (Lora 통신)	Arduino Uno 아두이노 나노 호환보드 FT232RL
ESP32	BLE 통신	Arduino Uno
SM-1205C	경고음	Arduino Uno
CdS Cel	빛 감지	Arduino Uno
압력센서 FSR	안전모 착용 여부 확인	Arduino Uno
초음파 거리센서 모듈 HC-SR04	안전모 착용 여부 확인	Arduino Uno
LM35DZ	안전모 착용 여부 확인	Arduino Uno
SZH-HWS001	작업자 심박수 측정	Arduino Uno
SW-18010P	충격 감지	Arduino Uno
MPU-6050	추락 감지	Arduino Uno

(표 1) List of Sensors



(그림3) 스마트 안전모 프로토타입

#### 4. 결론

다양한 IOT 센서를 활용해 기능을 자동화함으로써 작업자의 편의를 향상하고, 공사 현장의 여러 위험 인자로부터 작업자에게 알리고 보호한다. 또한 제작 서비스가 어디서든 작동하도록 장거리 통신을 구현함으로써 안정적인 작동 서비스를 제공할 수 있다.

##### 4.1 기대효과

- (1) 현장에서의 위험 상황 알림 및 예방 기능으로 건설근로자 및 작업자의 안전사고를 예방할 수 있다.
- (2) 사고 시 정확한 위치 확인과 대응으로 신속한 구조작업을 시행할 수 있게 되고, 현장별 안전사고

사전점검과 조치 강화로 공정 내 준공을 제고 및 예산 절감에 효과를 줄 수 있다.

(3) 통신음영지역 제거로 서비스가 원활하게 작동해 예상치 못한 위치에서도 작업자를 구조할 수 있다.

(4) 시중 제품들에 비해 저렴한 가격으로 합리적이고 효율적으로 공사 현장 안전 장구 서비스를 사용할 수 있고 이를 통해 스마트 안전 장구에 대한 접근성을 높이고 이용을 촉진할 수 있다.

#### 4.2 활용

(1) 현재 공사 현장에서 끼임, 추락 등의 사고가 빈번히 발생하고 있지만 작업자의 안전 장구 착용, 작업자의 상태 확인 시스템이 자동화되어 있지 않고, 자동화하더라도 공사 현장의 특성상 스마트 안전 장구의 연결이 불안정하다는 문제점이 존재한다. 공사 현장에서 피해 상황 파악, 사고 예방을 위해 스마트 안전모의 작업자 안전모 착용 여부 확인, 위험 인자 감지, 장거리 통신 기능이 활용될 것이다.

(2) 공사 현장 내 사고 데이터를 확보할 수 있으며 데이터 분석으로 공사 현장 내 피해 현황 파악할 수 있다.

(3) 공사 현장 외의 통신 음영 지역에서도 장거리 통신이 가능한 새로운 기술로 활용할 수 있다.

※ 본 프로젝트는 과학기술정보통신부 정보통신창의인재양성사업의 지원을 통해 수행한 ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다.

#### 참고문헌

[1] 강경우, 이은규, "실내 게이트웨이 설치 환경에서 P2P 기반의 LoRa 통신 성능 측정 실험에 관한 연구", 추계학술발표대회 논문집, 제24권, 제2호, 1254p, 2017

[2]허영록, 윤장희 "선형 칼만 필터를 적용한 초음파 센서 위치 추출 시스템의 오차 저감 기법", 조명.전기설비학회 논문지 제27권 제5호, 2013.

[3]오수훈, 김태식 "칼만필터를 이용한 무인기의 표적위치 추정 정확도 개선" 항공우주기술 제6권 1호, 2007

[4] 안성우, "아두이노를 이용한 스마트 LED 자전거 헬멧의 설계 및 구현", 한국정보통신학회 논문지 제20권 제6호, 2016.