

# 건설 현장 작업자의 안전 향상을 위한 LoRa 기반 IoT 모니터링 시스템

최현진, 김나현, 박혜지, 김동민\*

순천향대학교

zn9852@sch.ac.kr, dusqhf12@sch.ac.kr, pgj0908@sch.ac.kr, \*dmk@sch.ac.kr

## A LoRa-based IoT Monitoring System for Enhancing the Safety of Construction Site Workers

Hyun Jin Choi, Na Hyun Kim, Hye Ji Park and Dong Min Kim\*

Soonchunhyang University

### 요약

건설 현장에서 발생하는 사망 사고 중 가장 높은 비율을 차지하는 낙상 사고에 대한 신속한 대응을 통해 사망 사고를 줄이기 위한 방안이 필요하다. 본 논문에서는 건설 현장에서 작업자의 안전을 강화하기 위해 낙상 사고를 감지하고 작업자의 현재 구역을 파악하는 모니터링 시스템을 제안한다. 이는 안전조끼와 웹 인터페이스로 구성되며, 안전조끼에는 자이로 센서를 부착하여 낙상 여부를 판단하고, 블루투스 비콘을 활용하여 작업자의 위치를 파악한다. 건설 현장 작업자들이 착용한 안전조끼에서 발생한 데이터들은 LoRa 기술을 통해 관제센터로 전송되며 관제센터에서는 웹 인터페이스를 통해 구현된 IoT 모니터링 시스템을 통해 건설 현장을 모니터링한다. 제안하는 LoRa 기반 IoT 모니터링 시스템을 통해 낙상 사고 실시간 모니터링이 가능함을 확인하였다. 이 기술을 발전시켜 건설 현장 작업자들의 안전 향상에 이바지하기를 기대한다.

### I. 서론

최근 건설 업계는 끊임없는 기술 혁신과 발전을 통해 대규모 프로젝트를 더욱 효율적이고 신속하게 수행할 수 있게 되었다.[1] 그러나 이러한 발전에도 불구하고, 건설 현장의 안전 문제는 여전히 심각한 사회적 과제로 남아 있다. 고용노동부 2022년 재해조사에 따르면 건축, 구조물 및 표면에서의 낙상 사고가 전체 사망사고의 61.0%를 차지하고 있으며, 이는 운반 및 인양 설비, 그리고 건설 설비와 기계 관련 사고에 비해 월등히 높은 비율이다.[2] 이에 본 논문은 작업자의 낙상여부와 위치정보를 파악할 수 있는 모니터링 시스템을 통한 작업자의 안전 강화 방안에 대해 연구하고자 한다. 건설 현장에서 발생하는 낙상 사고를 감지할 수 있는 안전조끼를 설계 및 제작하고, 작업자의 구역을 파악하여 시각적으로 표시할 수 있는 웹 인터페이스를 제작하고자 한다.

### II. 본론

건설 현장 작업자 안전 관리 시스템 구성은 그림 1과 같다. 작업자의 조끼에 부착된 라즈베리파이가 자이로 센서 MPU 6050의 값을 받아 낙상 여부를 감지한다. 이때 낙상 여부는 가속도 벡터의 크기를 계산한 충격량과 x, y, z축에 설정한 임계값을 사용하여 판단한다. 이를 통해 파악된 낙상 정보 '0' 또는 '1'과 해당 라즈베리파이의 식별번호를 LoRa 통신을 사용하여 서버용 라즈베리파이로 전송한다. LoRa 통신을 위하여 RYLR998 모듈을 사용하였다. 건설 현장에는 통신인프라가 갖추어져 있지 않은 경우가 많기 때문에 자체적으로 통신 인프라를 구축하여 장거리 통신을 할 수 있는 LoRa 기술을 활용하였다. 데이터 전송 속도를 높이기 위해 바이트 형식으로 데이터를 전송하여 패킷의 크기를 줄였다. 모니터링 시스템은 REST API 통신 방식을 사용하여 해당 값을 서버에서 가져와 정제하여 대시보드 화면에 표기한다. 실시간성을 보장하기 위해 작업자의 낙상 여부 및 구역 정보를 3초에 한 번씩 가져와 업데이트되도록 구현하였다.

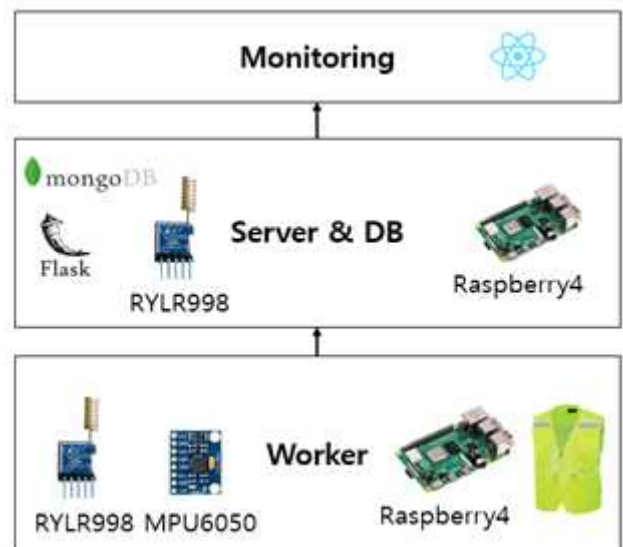


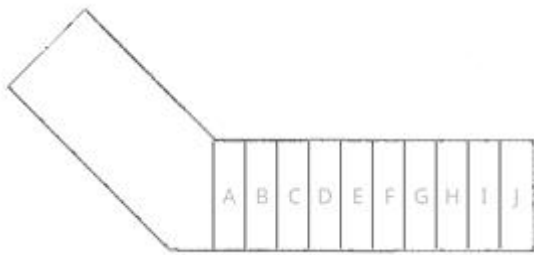
그림1. 전체시스템구성

현재 작업 중인 작업자의 구역을 파악하기 위해 블루투스 비콘 기술을 활용하였다. 비콘의 구성은 그림 2와 같다. 메인 보드는 라즈베리파이 피코 WH를 사용하였으며, 블루투스 모듈 HM-10을 연결하여 구현하였다. 비콘은 전원이 공급되는 즉시 추가적인 페어링 과정 없이도 활성화되어, 주기적으로 신호를 송출한다. 전원 공급은 AA 건전지를 사용하였다. 다른 기기가 이 비콘을 인식하면 비콘과 기기 간의 수신 신호 강도(RSSI) 값을 측정할 수 있다. RSSI는 값이 클수록 수신 신호가 더 강하여 해당 비콘과 가장 근접하다는 것을 의미한다.



그림2.비콘구성

이러한 비콘의 원리를 이용하여 건설 현장을 5M 단위로 나눈 구역에 비콘을 설치하였다. 그림 3(a)는 작업 현장을 A~J 구역으로 나눈 도면이고, 그림 3(b)는 실제로 각 구역마다 비콘을 설치한 모습이다. 작업자의 현재 위치에서 인식되는 비콘 중 RSSI 값이 가장 큰 값을 가지는 비콘의 구역을 LoRa를 통해 1초 간격으로 서버에 전송한다.



(a)도면



(b)비콘을각구역에설치한모습

그림3.작업구역인식을위한블루투스비콘설치

그림 4는 데이터베이스에 저장된 낙상 여부 및 구역 값을 가져와 작업자 안전 관리 모니터링 시스템을 구현한 모습이다. 작업자가 현재 위치한 구역은 맵의 아이콘으로 표시하도록 하였고, 낙상이 발생할 시에는 경고 팝업 창과 함께 낙상 사고가 발생한 구역에 빨간색 테두리로 표현되도록 하였다. 각 작업자의 정보는 대시보드 상단에 배치했으며, 낙상 사고가 발생하였을 때 어떤 작업자에게서 낙상 사고가 감지되었는지 쉽게 파악할 수 있도록 낙상 여부 항목을 별도로 추가하였다.

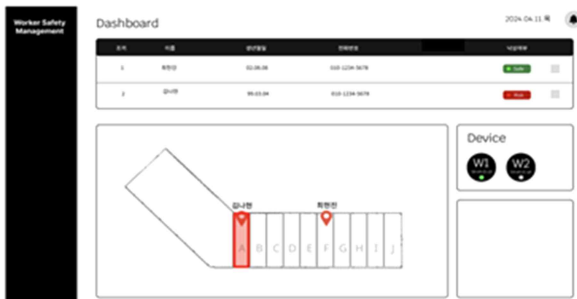


그림4.모니터링시스템

안전조끼에 부착된 자이로센서(MPU6050)를 일정 높이에서 떨어뜨리는 방식을 활용하여 그림 5와 같이 낙상 상황을 시뮬레이션하였다. 이후 총 11가지 시나리오를 통해 다양한 자세와 움직임에 대한 테스트를 실시한 결과, 앉거나 몸을 숙이는 등의 일반적인 움직임에 해당하는 경우엔 낙상으로 판단되지 않는 것을 확인하였다. 블루투스 비콘을 5M 간격으로 동일한 높이에 설치해 조작성 환경 내에서 작업자의 현재 위치 정보를 실시간으로 파악하였다. 이렇게 수집된 정보는 LoRa 통신을 통해 서버로 전송되고, 서버는 이 정보를 바탕으로 웹페이지를 3초마다 업데이트하였다. 웹페이지에서는 낙상 사고 발생 유무와 해당 안전조끼의 위치정보가 정확히 표시되었고, 이를 통해 실시간 모니터링이 가능함을 확인하였다.

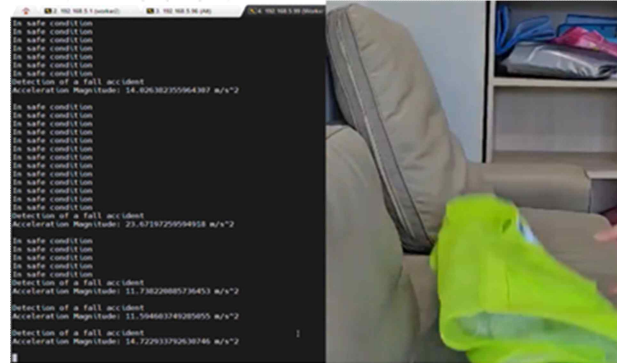


그림 5. 낙상 감지 실험

### III. 결론

본 논문에서는 건설 현장에서 자이로 센서를 통해 작업자의 낙상 여부를 판단하고, 비콘을 활용하여 작업 중인 구역을 파악하고 관리자가 이를 실시간으로 모니터링 할 수 있도록 하는 시스템을 제안하였다. 작업자의 안전조끼에서 센서와 비콘을 통해 수집 및 판단한 정보를 LoRa 통신을 통해 서버로 전송하고, 이 정보를 웹페이지에 주기적으로 업데이트한다. 향후 센서를 기반으로 한 낙상 감지의 정확도를 향상시킬 수 있는 방안을 모색하고, 확장성을 고려하여 작업 현장의 규모가 커지거나 작업자의 수가 많은 환경에서도 안정적으로 작동할 수 있도록 개선해 나갈 예정이다.

### ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 2024년 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구 결과로 수행되었음(2021-0-01399).

### 참 고 문 헌

[1] W. W. S. Chung, S. Tariq, S. R. Mohandes, T. Zayed, "IoT-based application for construction site safety monitoring," International Journal of Construction Management, 23(1), pp. 58-74, 2023.  
 [2] 고용노동부, "2022년 산업재해 현황 부가통계: 재해조사 대상 사망사고 발생 현황", 2023.