

## 실시간 안전관리 모니터링 시스템에 대한 연구

이상목\*

\*한국폴리텍대학 전기과

e-mail:smlee85@kopo.ac.kr

### A Study on the Real-Time Safety Management Monitoring System

Sang-Mok Lee\*

\*Dept. of Electrical Engineering, Korea Polytechnics

#### 요 약

국내의 산업재해에 따른 문제점이 커지고 있는 상황에서 중대재해를 예방하기 위해 많은 기술을 통해 노력하고 있다. 특히 위험구역에 대한 관리를 위해 많은 기술이 연구 개발이 이루어지고 있다. 하지만 대부분 기술들은 영상을 통해 위험구역을 관리하고 있어 영상 사각지대에 대해서는 관리에 어려움이 있다. 따라서 본 논문에서는 사각지대까지 관리가 가능한 실시간 안전 관리 모니터링 시스템에 대해서 제안한다.

## 1. 서론

국내 중대재해 처벌 등에 관한 법률이 강화됨에 따라 산업 안전에 대한 관심이 커지고 있다. 따라서 산업안전 예방을 위한 많은 기술들이 연구되어지고 있다. 특히 위험구역에 대한 연구가 많이 진행되고 있으며, 영상을 이용하여 실시간 위험구역을 관리하고 있다. 하지만 영상을 이용한 방법은 사각지대에 대한 관리가 필요하다.

본 논문에서는 영상처리와 스마트 안전고리를 이용하여 기존의 문제점인 사각지대 까지 관리를 할 수 있는 위험구역 관리 시스템에 대해서 제안한다.

## 2. 실시간 안전관리 모니터링

### 2.1 스마트 안전고리 모듈 개발

작업자의 안전고리 체결과 위치를 확인하는 장치 개발이 필요하다. 기존에는 안전고리 체결 상태를 레이저를 반사하는 방식으로 측정기를 통해 안전고리의 체결을 확인한다. 하지만 고리를 체결하는 부위에 마찰 등으로 장치의 파손 및 결함이 발생한다. 따라서 라인 레이저를 반사시켜 인식하여 접촉이 없는 부분에 장치를 설치하는 것을 개발한다.

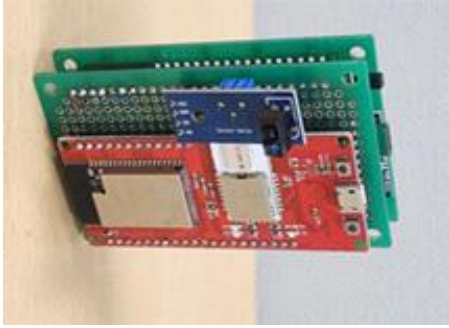
디바이스가 초광대역(UWB, Ultra Wide Band) 앵커의 태그 기능을 하고 이를 통해 작업자의 위치와 상태 관리 및 위험 구역 출입을 관리 할 수 있다. 또한, 장치에 장착된 카메라를 통해 현장을 실시간 모니터링이 가능하다.



[그림 1] Safety Hook Device

시스템 개발을 위한 초광대역(UWB, Ultra Wide Band) 모듈은 범용으로 가장 널리 사용 되어 지고 있는 ESP32 UWB Sensor를 사용하여 디바이스를 제작 하였다. 세부적 사양은 아래와 같다.

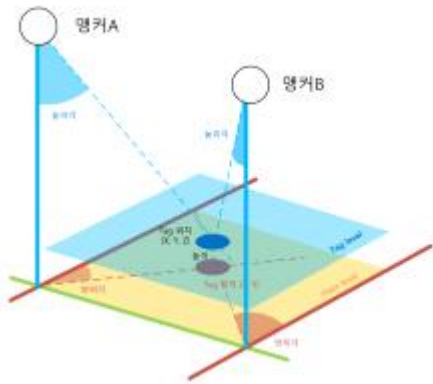
- Decawave DW1000 for precision tracking
- ESP32 for fast & powerful applications
- Support Wifi, Bluetooth
- Arduino compatible& demos



[그림 2] A device that was actually developed

## 2.2 위치 결정 알고리즘

위치를 파악하기 위한 알고리즘은 초광대역(UWB)을 이용하여 도래각(AOA, Angle of Arrival)방식으로 위치 인식 알고리즘을 개발한다.



[그림 3] Example of a Location Using AOA

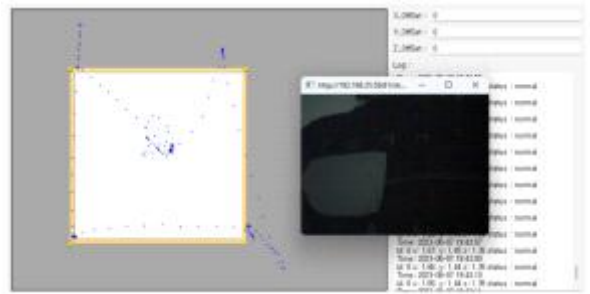
## 2.3 모니터링 GUI 개발

개발한 디바이스의 위치 확인을 위해 모니터링 GUI를 개발한다. [그림 4]와 같이 실제 위치와 장비에서 측정된 위치의 오차 확인 및 알고리즘을 수정하여 위치 정보를 실시간 확인할 수 있는 GUI를 개발 한다.



[그림 4] GUI for real-time monitoring

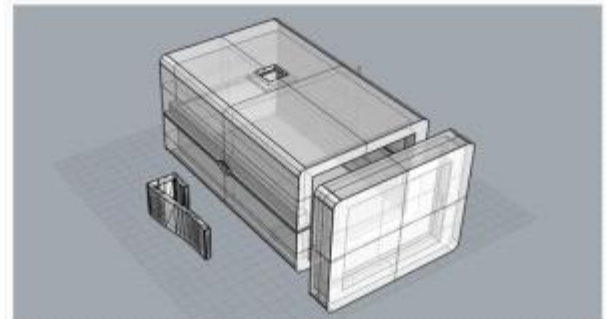
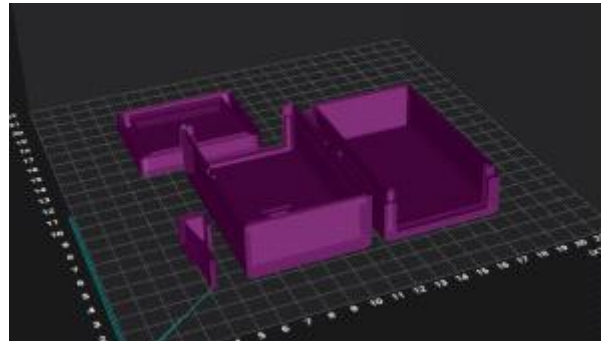
이동 경로는 점으로 표시하고 고도는 고저 차이를 적색과 녹색으로 표현하여 사용자 편리하게 구현한다.



[그림 5] 이동경로와 고도차이

## 2.4 디바이스 외형 및 앵커 제작

디바이스 외형과 앵커의 외형 제작은 FDM(Fused Deposition Modeling) 방식의 3D 프린터를 사용하여 목업 제작 한다.



[그림 5] 디바이스 외형 디자인



[그림 6] 앵커 목업

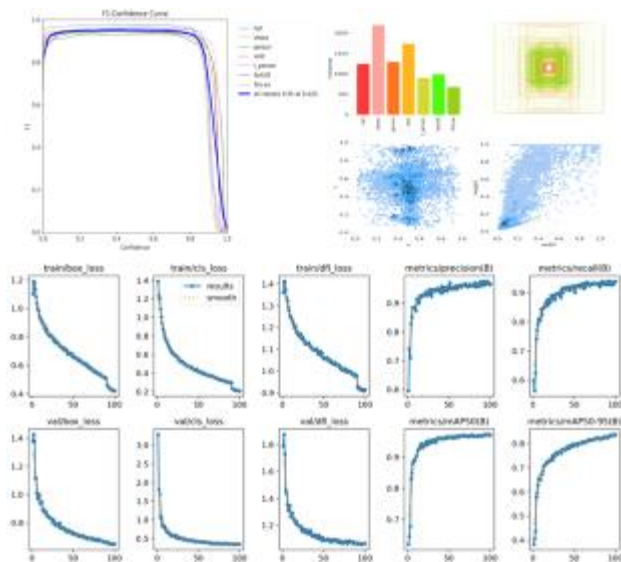
## 2.5 영상을 이용한 모니터링 시스템

작업 환경을 모니터링할 수 있는 시스템을 개발 하기 위해서는 카메라를 통해 영상으로 인식될 객체의 정확성을 높였다. 수집된 데이터는 YOLOv5를 이용하여 데이터 학습을 진행하여 객체검출을 한다.



[그림 7] 데이터 학습 및 객체검출

학습된 모델의 성능 평가는 [그림 8]과 같으며, F1 Score가 0.95로 매우 우수하며, 클래스별 인스턴스 수는 Shoes, Person, Hat 순으로 데이터가 많으며, Fire-ex, Forklife는 상대적으로 적은 수치이다. 이는 데이터 불균형이 존재하므로 소수 클래스의 성능에 주의해야한다. 바운딩 박스 분포를 보면 특정 영역에 데이터가 집중되고 있음을 보여 준다.



[그림 8] 학습모델 평가

Loss 그래프에서는 오버피팅 없이 잘 수렴함을 확인할 수 있다. 정밀도는 0.95 이상으로 높은 정밀도를 보여주고 있으며, Recall은 약 0.9 수준으로 안정적이다. mAP50은 약 0.98 이상으로 매우 우수하다.

따라서, F1, mAP 등 주요 지표에서 높은 성능을 보여주고 있으며 학습 및 검증 loss 모두 안정적인 값을 보여주고 있다. 또한 과적합(Overfitting)도 없다. 하지만 일부 클래스의 데이터가 적어 불균형이 있어 데이터 증강이 필요하다.

## 3. 결론 및 향후 연구 방향

국내에 산업안전에 대한 중요성이 높아짐에 따라 관련 연구도 많이 하고 있다. 본 논문에서는 특히 위험지역에 대한 안전한 관리를 위해 실시간 안전관리 모니터링 시스템에 대해서 개발 내용을 제안하였다. 스마트 모듈 디바이스와 영상을 이용하여 데이터를 YOLOv5를 이용하여 학습하여 현장에서 쉽게 모니터링이 가능하도록 하였다. 하지만, 학습데이터 부족으로 더 많은 데이터 구축이 필요하며, 향후에는 일반 영상의 부족함을 열화상 카메라를 머지시켜 정확도를 높이는 연구가 필요하다.

### 참고문헌

- [1] 이상목, 김태우, “실시간 모니터링이 가능한 스마트 안전 고리 개발 연구”, 한국정보통신학회 종합학술대회 논문집, 제 27권 1호, pp. 461-463, 1월, 2023년.
- [2] 이상목, “열화상 기반 객체검출 시스템에 관한 연구”, 2023 대한전자공학회 하계학술대회 논문집, pp. 1360-1361, 6월, 2023년.