

AI를 활용한 건설현장 안전지원 시스템

한태인¹, 김종학², 이성규³, 이승환⁴
^{1,2,3} 한국공학대학교 전자공학전공 학부생
⁴ 이성주식회사 부설연구소 GPR 사업부

hti111@tukorea.ac.kr, lottejh0721@naver.com, dltjdrb1234@daum.net, shlee@isung.com

AI-based Construction Site Safety Assistance System

Tae-In Han¹, Jong-Hak Kim², Sung-Gyu Lee³, Seung-Hwan Lee⁴
^{1,2,3} Dept. of Electric Engineering, Tech University of Korea
⁴ Department of GPR in Isung

요약

본 시스템은 객체인식용 인공지능을 사용하여 건설현장의 현장 안전 관리자의 업무를 지원하는 목적으로 연구되었다. CCTV를 통해 제공된 화면으로 노동자의 안전 장비 및 건설 기기에 대한 객체 인식을 행하는 AI와 안전이 확보되지 않은 구역의 출입을 제한하는 센서로 구성된다. 그 결과, 안전 장비 착용 미흡, 건설 기기 출입을 파악하여 그에 따른 조치를 통해 사고 예방을 지원한다.

1. 서론

고용노동부 통계에 따르면 2024년 1분기 산업재해 사고사망자 현황이 전년 동기 10명(12건)이 증가된 138명(136건)이 발생하였다[1]. 또한 중대재해처벌법이 강화되며 산업 현장에서는 사망사고 및 인건비 절감 문제가 대두되며 이를 AI를 통해 해결하고자 하는 연구가 진행되고 있다. 이 흐름에 발맞춰 AI를 통해 현장 노동자의 안전 관리를 지원하는 시스템 개발을 목적으로 연구를 진행하였다.

2. 시스템 동작

시스템이 시작된 후 센서를 통해 출입을 감지해 제한 구역의 출입을 제한한다. 이후 AI를 통해 근로자의 안전 장비 상태를 점검한 후 안전 관리자의 허가를 통해 제한 구역에 출입할 수 있도록 한다. 미흡한 부분이 확인된 경우 출입을 제한하며 근로자가 다시 안전 장비를 확인하도록 한다. 근로자의 미흡 상태는 App으로 알림을 보내고 CCTV를 통해 실시간 확인한다.

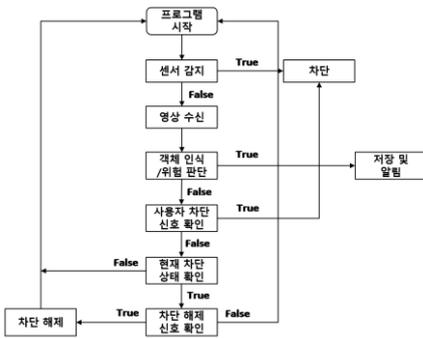


그림 1. 시스템 동작 다이어그램

3. AI 학습

3.1 학습 데이터 셋

객체 인식 AI는 YOLOv8을 사용하고 데이터셋을 구축하여 학습시키는 방식으로 진행하였다. 총 10,000장의 사진 데이터로 학습하였으며, 데이터셋의 라벨은 총 8개 구성되었으며 현장 근로자, 안전 장비 관련 5가지, 건설 기기 관련 2가지로 라벨링하였다.

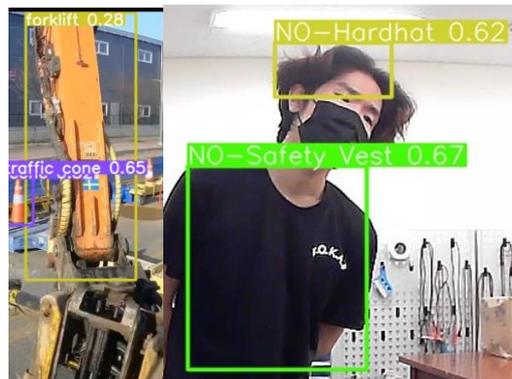


그림 2. YOLOv8 검출 화면

3.2 학습 및 성능 평가

학습을 위해 조정된 하이퍼 파라미터는 이미지 크기를 640, 에포크 수는 50으로 조정하여 학습을 진행하였다. 정밀도와 재현율의 관계를 나타내는 성능평가 지표 중 하나인 P-R Curve는 그림 3의 그래프를 나타내며 mAP (Mean average precision)는 0.891의 수치를 나타내었다[2].

학습의 결과, 근로자 판단 및 근로자의 착용 장비인 청력 보호 기구와 헬멧, 안전 조끼 착용 여부 판단에 있어 만족할 만한 성능을 보였다.

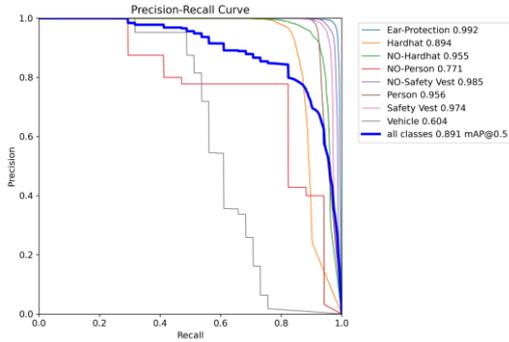


그림 3. P-R Curve

4. AI 동작

CCTV 화면 데이터를 수신해 YOLOv8 을 통해 실시간으로 객체인식을 진행한다. 건설 장비가 감지된 경우 연동된 App 에 알림을 보내고 상황에 따라 관리자가 조치한다. 근로자의 안전 장비 미착이 감지된 경우 동일하게 App 에 알림을 보내지만, 출입을 제한하는 시스템이 추가된다. 이후 관리자가 해당 근무자에게 장비 착용을 알린다. 알림 서버는 Node.js 를 통해 구성하였다. AI 가 특정 상황을 검출한 경우 Firebase Realtime Database 에 해당하는 문구를 보내게 되며 이를 서버에서 감지해 변경된 경우 App 에 알림을 보내도록 프로그래밍하였다.

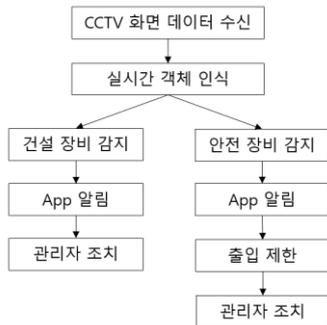


그림 4. AI 동작 다이어그램

5. App 구성

AI 를 보조하고, 출입 시스템의 수동 제어가 가능한 App 을 구성한다. 로그인, 회원가입, 메인, CCTV, AI 검출 화면 확인, 긴급 신고, 출입 시스템 제어가 가능하다. 최초 화면은 로그인 화면으로 회원가입을 통해 다양한 사용자가 이용 가능하도록 구현하였다. Firebase 서버를 통해 ID 및 패스워드를 보관하였다. AI 검출 화면은 Firebase Storage 시스템을 이용해 실시간으로 검출화면을 저장하고, App 으로 불러올 수 있도록 구현했다. AI 에서 알림을 받아오는 방식은 Node.js 에서 App 의 토큰을 통해 보내는 방식을 채용했다[3].

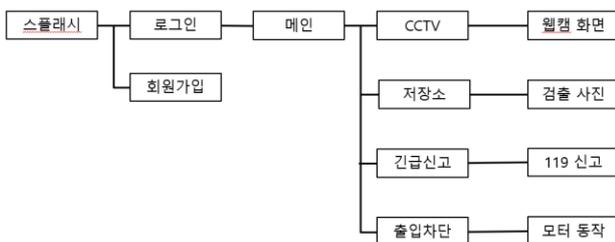


그림 5. App 동작 다이어그램

6. 출입 시스템 구성 요소

출입 시스템을 구현하기 위해 PCB 를 설계해 센서가 동작하는 환경을 구축하였다. 12V 배터리를 사용하며 12V 를 5V 로 강압하는 회로를 구성하여 센서의 정격 전압인 5V 가 인가되도록 설계하였다[4][5].

CCTV 는 카메라를 Raspberry Pi 5 와 연결하여 실시간 영상 스트리밍이 가능하도록 하였다.

Arduino 는 Raspberry Pi 와 연결하여 센서 검출 데이터를 보내며 PCB 에 부착된 GPIO 핀 헤더를 통해 데이터가 수신되도록 하였다. 레이저 센서를 통해 빛을 발산하여 조도 센서가 이를 감지하여 모터 제어를 통해 출입을 차단한다.

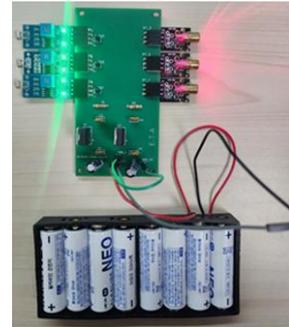


그림 6. 시스템 구동

7. 결론

본 연구에서는 객체인식용 인공지능을 사용하여 건설 현장의 현장 안전 관리자의 업무를 지원하는 시스템 개발을 목적으로, 기존의 객체인식용 AI 를 활용하여 데이터셋을 구축하고, App 및 PCB 를 설계하여 연계된 동작을 수행하는 시스템을 구현하였다.

AI 의 성능 평가에 있어 그림 2, 그림 3 에 보인 바와 같이 건설 기기 판단에 상대적으로 낮은 성능을 보였다. 이를 보완하기 위해 향후, 데이터셋의 보충 및 하이퍼 파라미터 수정 등의 개선을 통해 정확도를 향상시킬 예정이다.

참고문헌

- [1] 고용노동부, 2024 년 1 분기 산업재해 현황 부가통계 (재해조사 대상 사망사고 발생 현황), 2024
- [2] YOLOv8, <https://docs.ultralytics.com/ko/guides/yolo-performance-metrics/>
- [3] Firebase, <https://firebase.google.com/docs/cloud-messaging/send-message?hl=ko>
- [4] 김민성 외, “COB 패키지 설계를 위한 PCB 배선기판의 열특성 분석”, 대한전기학회, 대한전기학회 제 40 회 하계학술대회, pp. 1,609 - 1,610, 2009.
- [5] 박현수 외, “저전력 통신 MCU 를 활용한 Sub-GHz 대역 분전반용 화재감지기 개발”, 한국통신학회, 한국통신학회 하계종합학술발표회 논문집, pp. 1,134 - 1,135, 2019

사사문구

※ 본 논문은 과학기술정보통신부 대학디지털교육역량강화 사업의 지원을 통해 수행한 ICT 멘토링 프로젝트 결과물입니다.