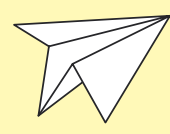


# 라즈베리파이와 컴퓨터비전을 이용한 작업자 보호 장치



**지도교수** 남형식 교수 **팀명** Raspberry Ai

**팀원** (정보디스플레이학과) 강현상, 김현수



## 프로젝트 개요

### 1) 선정 배경

최근 몇 년간 산업 재해와 졸음운전으로 인한 사고가 빈번하게 발생하고 있다. 특히, 공장, 물류센터 등에서는 작업자의 피로와 집중력 저하로 인해 사고 위험이 높다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 실시간으로 작업자의 상태를 감지하고 작업자와 안전 관리자에게 경고를 보내며 비상시 IoT로 연결된 기계를 비상 정지하는 시스템을 고안하였다.

### 2) 필요성

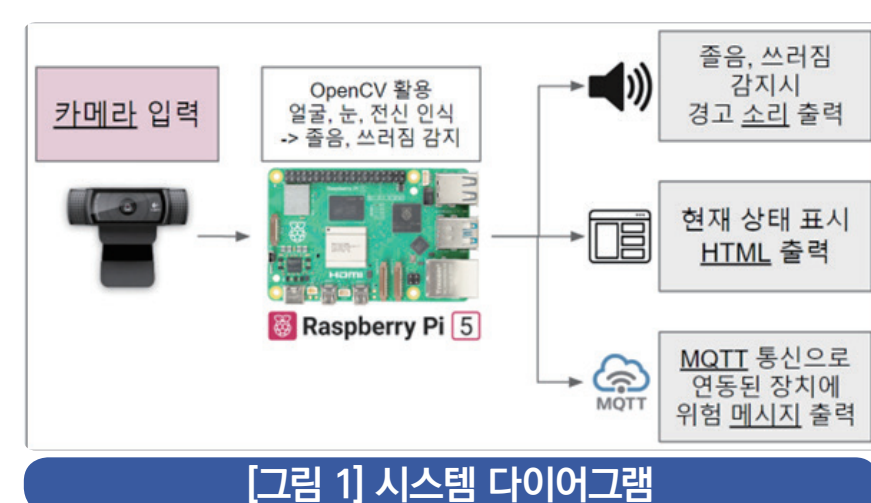
- 산업 재해 예방 및 졸음운전 방지:** 작업자 또는 운전자의 상태를 실시간으로 모니터링하여 졸음이나 쓰러짐 등의 이상 상황을 즉각적으로 감지하고 경고함으로써 사고를 예방할 수 있다.
- 범용성:** 기존의 졸음 방지 시스템은 주로 자동차에 국한되어 있다. 본 프로젝트는 다양한 산업 현장에서 적용할 수 있도록 범용성을 확대하여 다양한 작업 환경에서의 사고를 예방하고자 한다.

### 3) 주요 기능

- 졸음 감지:** 컴퓨터 비전 기술을 활용하여 작업자의 얼굴과 눈 개수를 파악하고 졸음 여부를 판단한다.
- 쓰러짐 감지:** 작업자의 자세를 감지하여 쓰러짐 여부를 판단한다.
- 경고 시스템:** 졸음이나 쓰러짐 발생 시 소리를 통해 작업자에게 알려주고, HTML 기반 웹 페이지를 통해 안전 관리자에게도 알려준다.
- 실시간 모니터링:** HTML 기반 웹 페이지를 통해 작업자의 현재 상태를 확인할 수 있다.

## 프로젝트 수행방법 및 결과

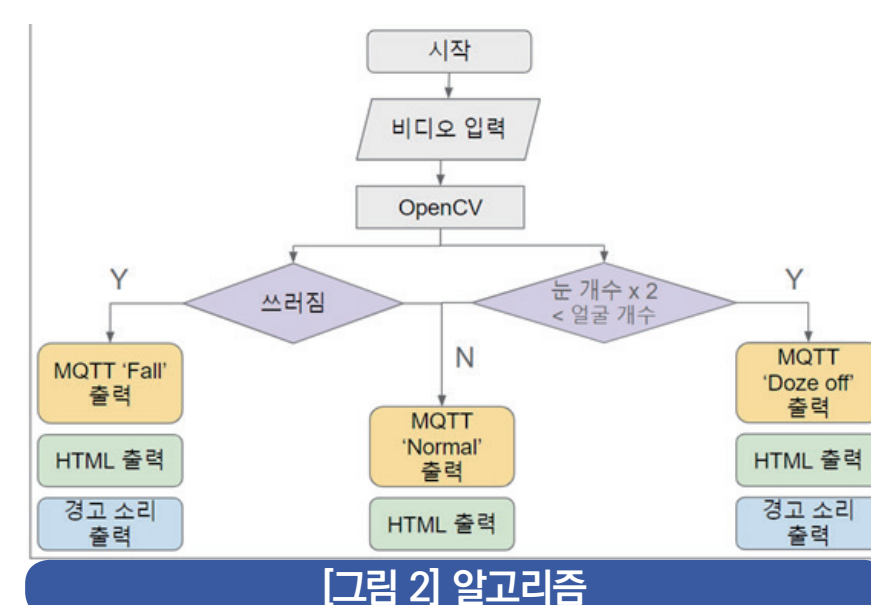
### 1) 시스템 개요



[그림 1] 시스템 다이어그램

카메라를 통해 비디오를 입력받고, 라즈베리파이에서 OpenCV를 통해 작업자의 상태를 파악하여 정상 상황과 졸음 및 쓰러짐 같은 위험 상황을 구분한다. 이를 소리, HTML, MQTT 통신을 활용하여 상황을 작업자, 안전 관리자, IoT로 연결된 기계에 전송한다.

### 2) 알고리즘



[그림 2] 알고리즘

### 3) 카메라를 통한 작업자 상태 파악

라즈베리파이에서 연결된 카메라를 통해 비디오를 입력 받고, OpenCV 기반의 시스템을 사용하여 작업자의 상태를 정상, 졸음, 쓰러짐으로 구분한다.

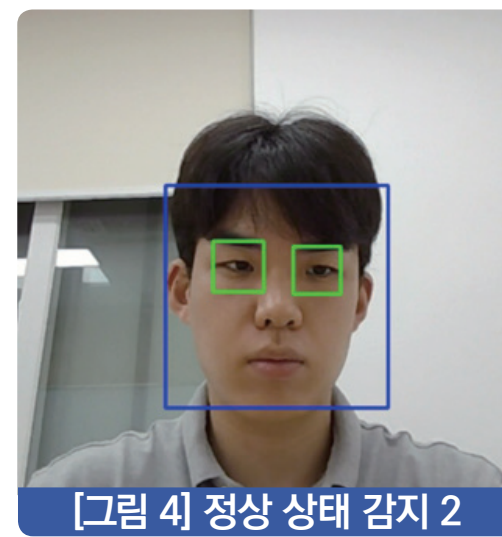
OpenCV를 활용한 신체 검출			
검출 부위	Haar Cascade 분류기	사각형 색	비고
전신(정상)	haarcascade_fullbody.xml	하늘색	
전신(쓰러짐)	haarcascade_fullbody.xml	빨간색	90°, 270° 회전된 영상 입력
얼굴	haarcascade_frontalface_default.xml	파란색	
눈	haarcascade_eye.xml	초록색	



### ① 정상 상태 (전신 인식, 눈 개수 인식, 얼굴 개수 인식)



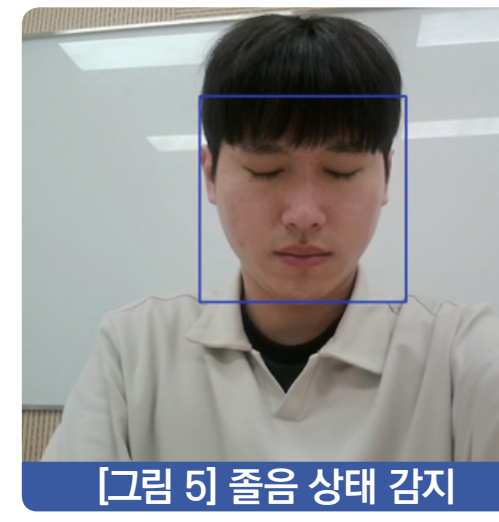
[그림 3] 정상 상태 감지 1



[그림 4] 정상 상태 감지 2

'전신(정상)'이 인식되고,  
'눈 개수 = 얼굴 개수 x 2'이기에  
정상 상태이다.

### ② 졸음 상태 (눈 개수 인식, 얼굴 개수 인식)



[그림 5] 졸음 상태 감지

'눈 개수 < 얼굴 개수 x 2' 이기에 졸음 상태로 인식한다.

### ③ 쓰러짐 상태 (넘어져 있는 전신 인식)

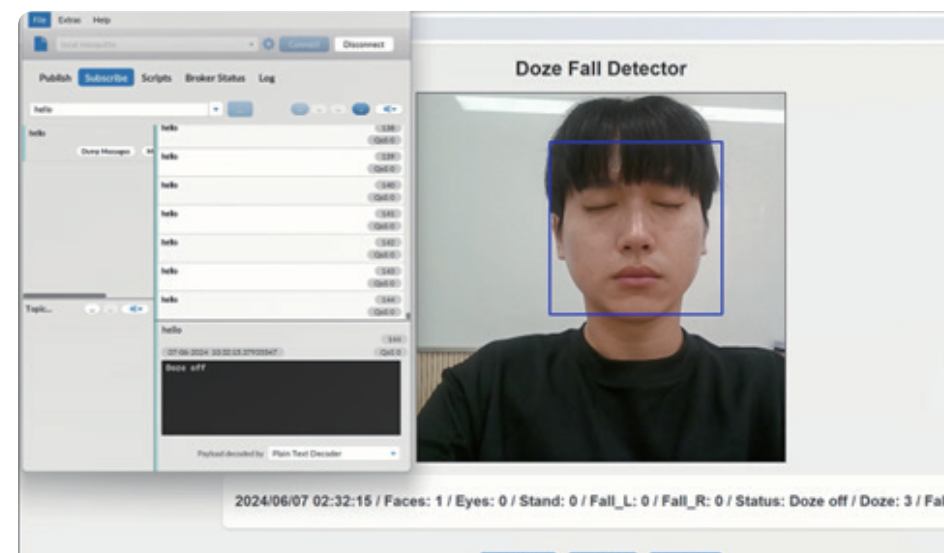


[그림 6] 쓰러짐 상태 감지

'전신(쓰러짐)'이 인식되었기에 쓰러짐 상태로 인식한다.

### ④ 작업자 보호를 위한 출력

작업자의 이상 상태를 감지했을 경우, 라즈베리파이에서 3가지의 출력을 통해 작업자에게 위험을 경고하고, 안전 관리자에게 작업자의 상태를 알려주며, IoT를 통해 연결된 기계에서 이상 여부를 알려준다.



[그림 7] 작업자 상태 확인 Web page 및 MQTT 통신(좌측 상단)

#### ① 출력 1: 스피커를 통한 음성 알림 (작업자 위험 경고)

작업자의 졸음이 감지된 상황이라면 '눈을 뜨세요'라는 음성이 작업자에게 출력된다. 만약 작업자의 쓰러짐이 감지되었다면, '사람 쓰러졌어요, 도와주세요'라는 음성이 작업자가 존재하는 환경 혹은 MQTT를 통해 MQTT 통신이 연결되어 있는 장소에 출력된다. 이를 통해 졸고 있는 작업자에게는 경고를, 쓰러진 작업자에게 도움을 주는 출력을 구현하였다.

#### ② 출력 2: HTML 기반 웹 페이지에서 상태 확인 (안전 관리자 확인용)

라즈베리파이와 HTML을 활용하여 웹 페이지를 생성한다. 해당 웹 페이지에서 실시간 Streaming 되는 영상을 확인할 수 있으며 졸음 감지 횟수, 쓰러짐 감지 횟수를 확인할 수 있다. 또한 횟수 초기화 버튼도 존재하여 정확한 횟수 파악이 가능하다. 또한, 웹 페이지 상에서도 라즈베리파이의 쓰러짐 및 졸음 인식 표시를 확인할 수 있어, 작업자의 이상 상태를 작업자와 멀리 떨어져 있는 곳에서도 안전 관리자가 웹 페이지를 통해 이상 현상을 파악하여 빠르게 신고 조치를 진행하여 사고를 사전에 예방할 수 있다.

#### ③ 출력 3: MQTT 통신 (IoT 통신 용)

라즈베리파이를 MQTT 통신 Broker로 사용하여 MQTT 통신이 시스템을 구축한다. 이를 통해 IoT에 연결된 기계에게 작업자의 상태를 전송할 수 있다. 작업자의 상태가 정상 상태라면 'Normal', 졸음이 감지되었다면 'Doze off', 쓰러짐을 감지하였다면 'Fall'이라는 Message가 MQTT 통신을 통해 Publish 된다. 이러한 Message를 IoT로 연결된 기계가 수신하고 작업자 이상 발생 시 기계를 멈출 수 있다.

입력, 처리, 출력(스피커, HTML, MQTT) 시스템을 하나의 라즈베리파이에서 모두 구현할 수 있는 'Integrated System'과 출력(스피커)만 따로 분리하여 2개의 라즈베리파이 혹은 1개의 라즈베리파이와 1개의 PC를 통해 구현할 수 있는 'Split System' 총 2가지 버전으로 시스템을 제작하였다. Integrated System의 경우, 1개의 라즈베리파이를 사용하기에 저렴하지만 카메라, 라즈베리파이, 스피커를 물리적으로 멀리 떨어져 두기 어렵다는 문제점이 있다. 따라서 원거리에서 MQTT 통신을 통해 졸음 또는 쓰러짐 Message를 수신하고 스피커로 음성을 출력하는 Split System을 추가로 제작하였다.

## 기대효과 및 활용방안

### 1) 기대효과

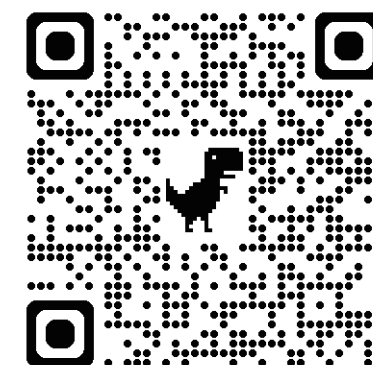
졸음이나 쓰러짐으로 인한 사고를 예방할 수 있으며 쓰러진 작업자를 빠르게 조치할 수 있다. 이를 통해 안전한 작업 환경 및 운전 환경을 조성할 수 있다.

### 2) 활용 방안

- 공장, 물류센터 등 다양한 산업 현장에서 작업자 보호 장치로 사용할 수 있으며, 프레스기, 컨베이어 벨트 등의 기계와 IoT로 연동하여 비상 정지할 수 있다.
- 자동차에 서드파티 형태의 제품으로 장착하여 졸음을 인식하고, 소리와 진동, 빛 등 다양한 형태로 운전자의 졸음을 막을 수 있다.

## 결론 및 제언

다양한 환경에서 사용할 수 있는 '라즈베리파이와 컴퓨터비전을 이용한 작업자 보호 장치'를 제작하여 작업자의 안전과 안전 관리자의 업무 강도를 줄일 수 있을 것으로 예상된다. 현재는 Haar Cascade 객체 분류기를 활용하여 졸음과 쓰러짐을 인식하는데, Haar Cascade는 픽셀 값들의 밝기 차이를 계산하여 이미지 내의 특정 구간이 해당 패턴과 일치하는지 검사하는 방식이기에 가끔 오동작 하는 경우가 발생한다. 따라서 다음 버전은 Customized한 딥러닝 모델을 제작하여 컴퓨터 비전의 정확도와 신뢰도를 높이고자 한다. 업데이트를 통해 기존 장비에서도 새로운 기능을 사용할 수 있고, 다양한 IoT 장비와 함께 사용할 수 있으며 비용이 매우 저렴하기에 사용처와 발전 가능성은 무궁무진할 것으로 예상된다.



소개 및 시연 영상

