

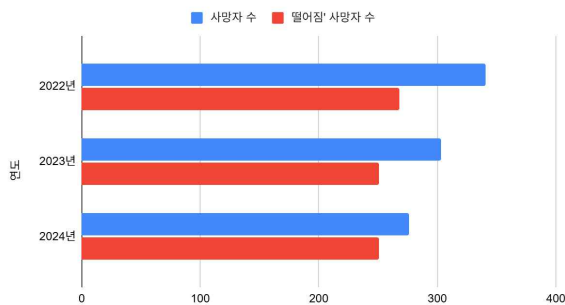
IoT 기반의 스마트 추락 감지 시스템

IoT와 임베디드 소프트웨어
영남대학교/컴퓨터공학과
22311947 김서현
22321599 김소현
22311987 박세은
22210731 오세은

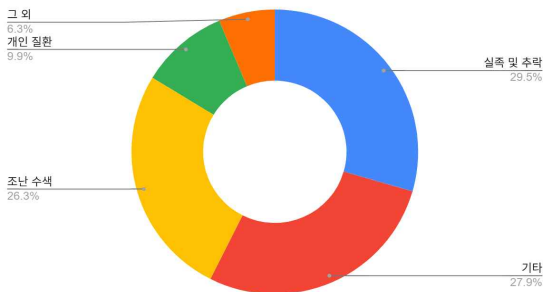
I. 서론

사고는 언제 어디서나 예상하지 못하는 순간에 발생한다. 특히 사고가 근로자의 안전과 연관되어 있을 때 그 심각성은 더더욱 커진다. 우리는 종종 안전 장비 미비로 인한 근로자의 사망 소식을 접하곤 한다.

건설업 산업 재해 사망자 수 및 원인



산업 사고의 원인



정부가 매년 발표하는 산업재해 사망자 통계에 따르면, 2022년 한 해 동안 건설업에서만 328건의 사고로 341명의 근로자가 목숨을 잃었다. 이 중 가장 많은 사망 원인은 ‘떨어짐’ 즉, 추락이었으며 추락사로 인한 사망자는 2022년에 268명, 2023년과 2024년에는 각각 251명으로 집계되었다.¹⁾

추락 사고의 경우는 앞서 말한 건설업 뿐만 아니라 우리의 일상에서도 빈번하게 발생하고 있다. 소방청의 통계 자료에 따르면 2021년부터 3년간 전국 산업 사고 구조 건수는 총 3만 3236건에 달했다. 사고 원인은 실족 및 추락, 길 잃음, 개인 질환, 야생 식물 섭취 등 다양했으나 2023년 사고 1만 807건만을 놓고 보면 실족 및 추락이 3186건으로 사

고 원인 중 가장 높은 비율을 차지했다.²⁾

해당 통계 자료들을 통해 알 수 있듯이, 추락 사고는 우리의 생활과 밀접한 관련이 있다. 건설업 및 산업 현장에서 떨어짐으로 인한 사고는 전체 사망 사고의 가장 큰 부분을 차지하고 있다. 이러한 자료들은 추락이 발생할 수 있는 여러 현장에서 사고의 빈도가 매우 잦으며 그 심각성이 매우 높다는 것을 알려준다. 이러한 통계는 사고 예방의 중요성을 다시 한번 생각하게 함과 동시에, 사고 발생 직후의 신속한 대응이

얼마나 중요한지에 대한 고민도 함께 제기하게 만든다.

추락 사고로 인한 인명 피해를 줄이고 싶다는 아이디어가 추락 방지를 위한 스마트 안전 장비를 개발하자는 결심으로 바뀐 계기는 수업 시간에 배운 여러 센서 덕분이었다. 라즈베리파이로 가속도 센서, 초음파 센서, 카메라 같은 모듈을 함께 활용한다면 사람이 추락하는 순간을 인식하여 자동으로 바닥에 안전 매트를 펼치는 스마트 안전 장비를 만들 수 있을 것 같았다. 더 나아가 블루투스 모듈을 이용한 통신 기능을 추가한다면 사고 발생 시 즉시 관리자에게 구조 요청을 보내는 것 또한 가능할 것이라 예상했다.

따라서 본 프로젝트에서는 라즈베리파이와 다양한 센서를 활용하여 추락 사고를 감지하고 신속한 대응을 지원할 수 있는 ‘스마트 추락 감지 시스템’을 구현하고자 한다. 초음파 센서와 가속도 센서, 카메라 모듈을 통해 추락 상황을 실시간으로 감지한다. 만약 사고가 발생했다면 바닥에 설치된 에어백을 터트린 뒤, 사이렌을 울리고 관제실에 즉각적으로 알림을 전송한다.

보고서 내에는 프로젝트에 사용되는 센서에 대한 설명과 동작 원리, 상세한 구현 계획 등이 포함될 예정이며, 최종적으로는 프로젝트에서 구현하고자 하는 스마트 추락 감지 시스템에 대한 구체적인 평가를 내릴 것이다.

II. 프로젝트 개요

본 프로젝트에서는 ‘스마트 추락 감지 시스템’을 개발하고자 한다. 이 시스템은 사용자가 착용하는 센서와 작업 현장에 설치되는 여러 센서를 통해 작업자의 추락을 감지하며, 추락이 감지되면 바닥에 설치된 에어백이 작동하여 추락 사고를 방지한다. 동시에 현장 내 스피커가 경고음을 울리고, 원격 관제실에 추락 상황을 알리는 기능을 갖춘다. 시스템은 다음과 같은 방식으로 동작한다.

- 사용자는 신체에 부착한 가속도 센서를 통해 비정상적인 가속도 변화를 감지하여 추락을 인식한다.
- 작업 현장 중앙에 설치된 카메라가 추락하는 사용자의 모습을 촬영하거나, 바닥에 설치된 초음파 센서가 사용자의 접근을 감지한다.
- 가속도 센서의 측정값이 사전에 설정한 기준값을 넘고 카메라 또는 초음파 센서가 추락 상황을 인식할 경우, 이를 종합하여 ‘추락 발생’으로 판단한다.
- 이때 바닥의 에어백이 즉시 팽창하여 사용자를 보호하고, 현장 스피커가 경고음을 내며 현장에서 떨어진 곳에 위치한 원격 관제실로 추락 정보를 전송한다.

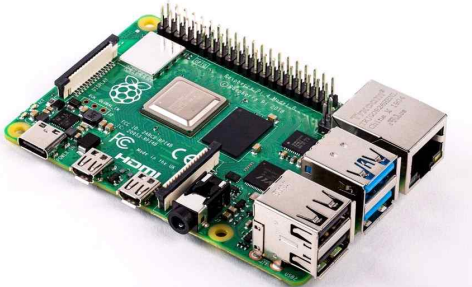
스마트 추락 관리 시스템은 기존의 고정형 추락 방지 시설과는 달리, 설치와 철거가 매우 간편하다는 점에서 큰 차별성을 가지고 있다. 기존 시설들은 대부분 공사와 같은 복잡한 절차를 필요로 하며 현장 상황에 따라 설치가 제한적이고, 작업 완료 후에는 철거하는 데 시간과 비용을 많이 소요하게 된다.

반면 본 프로젝트의 스마트 추락 감지 시스템은 휴대성과 이동성이 뛰어나 작업 현장에 빠르게 설치할 수 있으며 작업이 끝난 뒤에도 별도의 대규모 공사 없이 간단히 철거 및 재설치가 가능하다. 특히 아파트 외벽 청소, 고층 건물 유지 보수, 교량 점검 등과 같이 기존 안전 구조물 설치가 현실적으로 어렵거나³⁾ 비용 부담이 큰 작업 환경에서 더욱 유용하게 활용될 수 있다.

이 시스템은 작업자의 신체에 부착하는 센서와 현장에 설치된 센서들이 실시간으로 협력하여 추락 위험을 감지하고 즉각 대처함으로써 기존 물리적 안전장치가 제공하지 못하는 능동적인 안전 관리가 가능하다.

Ⅲ. 프로젝트 사전 조사

1. 라즈베리파이



본 프로젝트에서 라즈베리파이는 각 센서들이 측정한 측정값을 받아 추락 여부를 판단하고 추락을 감지할 시 액츄에이터를 실행한다. 또한 MQTT 프로토콜을 통해 관제실 서버로 추락 여부를 전송하기 위한 서버의 역할을 겸임한다.

라즈베리파이는 초소형 컴퓨터로 일반 컴퓨터에 비해 성능이 떨어지지만 지원하는 기능은 거의 동일하다. 컴퓨터와 마찬가지로 RAM, CPU가 장착되어 있으며 USB 포트, HDMI 입력과 랜선 포트 등이 존재한다. 일반적으로 라즈베리파이는 리눅스 기반 라즈비안 os를 SD카드에 저장하여 운영체제를 구동한다.

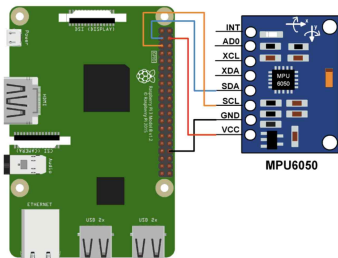
라즈베리파이의 하드웨어 구성은 다음과 같다. 우선 보드의 중앙에 컴퓨터 칩이 존재한다. 이 칩에 ARM 코어 프로세서, GPU, 각종 인터페이스 등 다양한 기능이 내장되어 있다. 외에도 여러 I/O 장치들을 연결할 수 있는 USB 포트, 인터넷을 연결하기 위한 이더넷 포트, 모니터를 연결하기 위한 HDMI 포트가 존재한다.

또한 라즈베리파이 보드의 전원은 USB-microB 타입을 이용하여 공급받게 되며 일반 컴퓨터의 하드디스크와 같은 역할을 하는 SD 카드를 끼우는 슬롯이 있다. 마지막으로 여러 GPIO핀들을 통해 LED, 센서, 스위치 등 전자 부품을 연결할 수 있다.

2. 사용 부품 및 통신 기술

가. 센서

① 가속도 센서



가속도 센서는 작업자의 몸에 부착되어 작업자의 움직임과 속도 변화를 감지한다. 갑작스럽게 가속도의 측정량이 증가해 기준치를 넘는다면 시스템은 이 정보를 통해 사용자의 추락을 인지한다.

또한 떨어지고 있다는 것을 인지할 가속도의 기준치는 스마트 추락 감지 시스템을 설치할 건물 외벽의 높이로부터 결정된다.

라즈베리파이의 가속도 센서로는 주로 MPU6050 센서 모듈이 사용된다. 이 센서 모듈은 통합 6축 모션 추적 장치이다. 가속도계를 사용하면 x, y 및 z의 3축에 따라 가속도 및/또는 중력장을 알 수 있다. x 및 y 축은 모듈에 표시되고 z 축은 모듈 평

면에 수직이다. 모듈이 고정되어 있고 테이블 위에 평평할 때 아래쪽으로 작용하는 중력으로 인해 z축을 따라 1g의 가속도가 측정된다.

사용자 몸에 착용되는 가속도 센서는 라즈베리파이와 직접 물리적으로 연결할 수 없으므로, 별도의 마이크로컨트롤러와 전원이 필요하다. 이를 위해 가속도 센서에는 아두이노 나노 호환 보드, 블루투스 모듈, 그리고 외부 전원을 함께 장착한다. 아두이노 나노 호환 보드는 가속도 센서로부터 주기적으로 데이터를 수집하고, 블루투스 기능을 통해 수집된 측정값을 라즈베리파이로 무선 전송한다.

② 초음파 센서



초음파 센서는 라즈베리파이와 연결한 뒤 작업 현장의 바닥에 설치되어 사용자의 추락을 감지한다. 라즈베리파이와 물리적으로 연결된 선을 통해 주기적으로 자신이 측정한 데이터를 라즈베리파이에게 전송한다.

초음파 센서는 소리 파동이 전달되는 시간을 이용하여 물리적인 거리를 측정하는 센서이다. 초음파 발생기와 수신기로 이루어져 있다. 초음파 발생기에서는 소리 파동이 생성되고, 수신기에서는 반사된 파동을 감지하여 해당 시간을 측정한다. 거리와 소리 파동이 전파되는 속도를 이용하여 센서와 물체 사이의 거리를 계산할 수 있다. 초음파 센서는 3개의 단자를 가진다. 2개의 단자는 5V 전원과 그라운드이며 나머지 한 단자는 신호이다. 신호 단자는 초음파를 발생시키는 트리거(Trigger), 그리고 초음파 신호를 수신하는 에코(Echo)를 제어하는 것에 사용한다.

③ 카메라



카메라는 작업 장소와 지면의 가운데, 건물 외벽 등에 설치되어 떨어지는 물체를 감지한다. 이때 카메라가 설치되는 장소는 되도록 추락하는 사람 외에 다른 것이 지나다니지 않을 위치로 지정한다.

USB를 통하여 라즈베리파이에게 카메라를 연결한 후에, 라즈베리파이에게 전원을 인가하여 부팅한다. 카메라를 이용하기 위해서 시스템상 카메라 기능 사용을 설정해야 하는데 `raspi-config` 명령을 통해 카메라 사용을 Enable로 바꿔준다. 사진을 캡처하기 위해서는 `fswebcam` 패키지를 설치하고 `fswebcam` 명령어를 사용하면 사진을 찍을 수 있다.

나. 액츄에이터(Actuator)

액츄에이터로는 능동 부저와 에어백이 사용된다. 능동 부저는 라즈베리파이에 물리적으로 연결되어 있으며, 실제 환경에서 경고음을 내는 역할을 한다. 에어백은 사고 상황이 발생 시 즉각적으로 팽창해 사용자를 보호하는 역할을 한다. 즉, 사용자의 추락이 감지되면 라즈베리파이는 능동 부저를 작동시켜 경고음을 발생하고 동시에 에어백을 터트려 사용자의 안전을 책임진다.

다. 커넥션(Connection)

① 블루투스

블루투스는 근거리 무선 통신 기술로, 저전력 소비와 안정적인 데이터 전송을 특징으로 한다. 특히 사용자가 착용하는 웨어러블 기기나 센서와 같은 리소스가 제한된 디바이스 간에 효과적인 무선 연결 수단으로 널리 활용된다. 블루투스는 비교적 짧은 거리에서 빠르고 안정적으로 데이터를 전송할 수 있어, 작업 환경 내에서 센서와 중앙 처리 장치 간의 실시간 통신에 적합하다.

본 프로젝트에서는 사용자의 몸에 착용되는 가속도 센서가 라즈베리파이와 직접 물리적으로 연결될 수 없기 때문에 아두이노 나노 호환 보드와 블루투스 모듈, 외부 전원을 함께 장착한다. 아두이노 나노 보드는 가속도 센서로부터 주기적으로 데이터를 수집하고 블루투스 통신을 통해 수집된 센서 데이터를 라즈베리파이로 무선 전송한다.

블루투스 통신은 센서와 중앙 제어기 간의 물리적 제약을 극복하고 무선으로 안정적인 데이터 전달을 가능하게 하여 가속도 센서와 라즈베리파이 사이의 연결을 돕는다.

② MQTT

MQTT는 M2M를 기반으로 하는 IoT 개방형 프로토콜이다. 스마트 센서와 웨어러블, 기타 IoT 디바이스는 기본적으로 리소스의 제약이 있는 네트워크를 통해 제한된 대역폭으로 데이터를 전송하고 수신한다. 이러한 사물 인터넷 디바이스는 MQTT를 데이터 전송에 사용하는 경우가 많은데, 구현이 간단하고 IoT의 데이터를 효과적으로 전달할 수 있기 때문이다. MQTT는 디바이스에서 클라우드로 클라우드에서 디바이스로의 메시지 교환을 지원한다.

MQTT는 간결한 구조와 작은 메시지 헤더 크기로 네트워크 자원을 효율적으로 사용할 수 있다. 또한, 퍼블리셔-서브스크라이버(Publisher-Subscriber) 모델을 사용하여, 클라이언트는 관심 있는 토픽(Topic)을 구독(Subscribe)하고, 다른 클라이언트가 해당 토픽으로 메시지를 발행(Publish)하면 이를 수신한다.

이를 통해 유연하고 효율적인 메시지 전송이 가능하게 한다. 접속성 및 끊김 처리에 우수해 클라이언트는 서버에 지속적으로 연결되어 있을 필요가 없으며 연결이 끊어졌을 때에도 재접속을 처리할 수 있다는 장점 역시 존재한다.

구현하고자 하는 스마트 추락 감지 시스템은 사용자의 추락 여부를 감지하기 위해 가속도 센서, 초음파 센서, 카메라 등을 활용하며, 이들 센서로부터 수집한 데이터를 라즈베리파이가 처리한다. 사용자가 착용한 장비에는 가속도 센서가 있고, 작업 환경에는 초음파 센서와 카메라가 설치되어 있어 각각 사용자의 속도, 지면과의 거리, 낙하 여부를 측정한다.

추락이 감지되면 라즈베리파이는 MQTT를 통해 경고 메시지를 발행하며, 이 메시지는 관제실에서 MQTT 브로커를 통해 실시간으로 구독한다. 관제실은 추락 메시지를 수신하는 즉시 알림을 띄우거나 대응 절차를 시작할 수 있다.

IV. 프로젝트 실행 계획

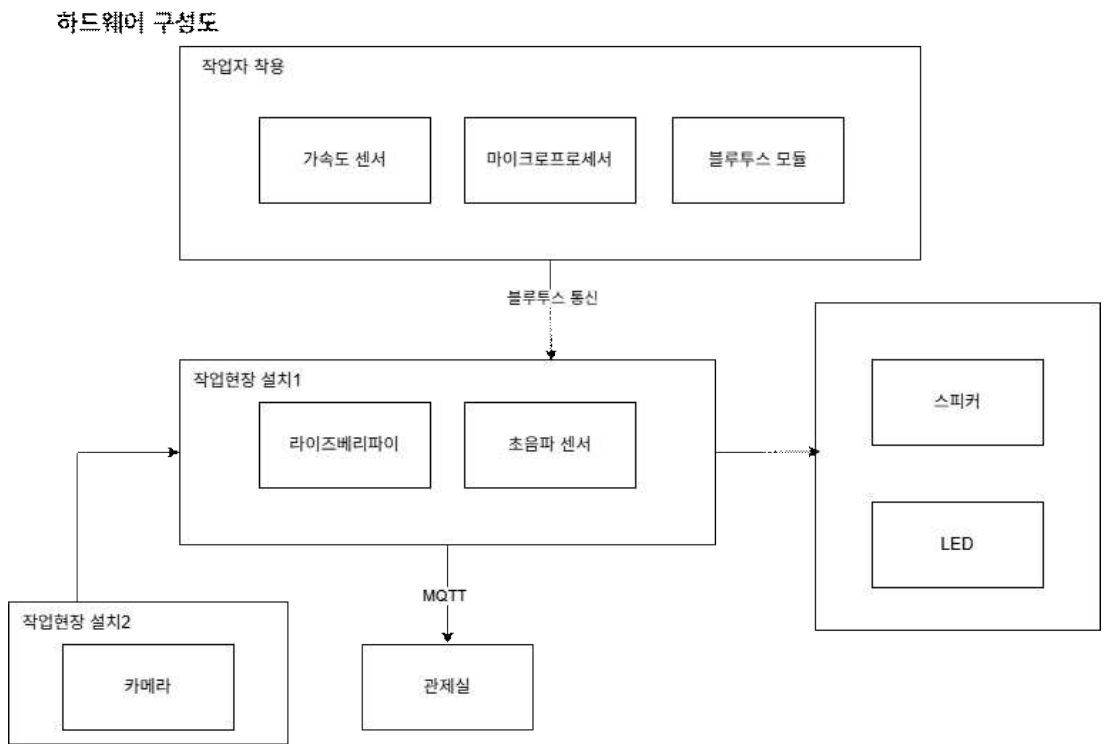
1. 조원 구성

스마트 안전 장비 프로젝트는 4명의 조원이 역할의 분담해 진행하며 각 조원의 역할은 아래와 같다.

팀원	역할
김서현	조장. 보고서의 전반적인 작성과 프로젝트의 일정 관리를 담당한다.
김소현	프로젝트 진행 계획을 수립하고 다이어그램 작성을 담당한다.
박세은	프로젝트의 서론, 결론부를 작성하고 발표를 담당한다.
오세은	프로젝트에서 사용될 라즈베리파이와 각 소자의 기능 및 역할을 조사하고 정리한다.

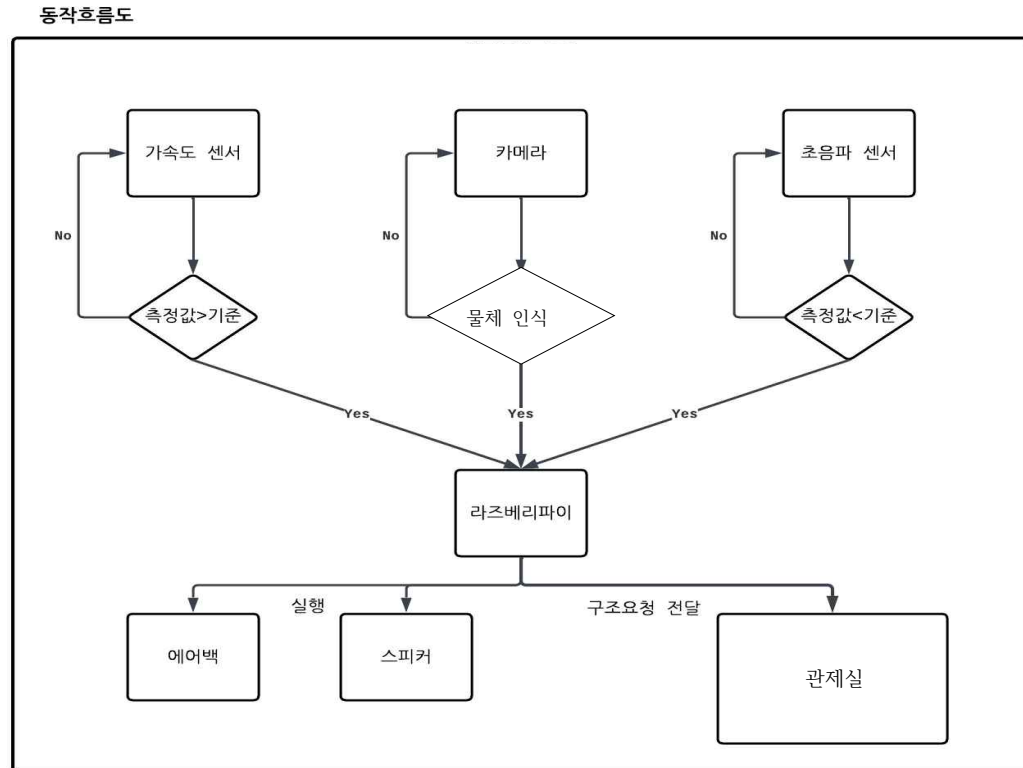
2. 구현 계획

아래는 스마트 추락 감지 시스템의 전체적인 작동 단계를 표현한 하드웨어 구성도이다.



가속도 센서, 카메라, 초음파 센서는 각각 주기적으로 자신이 측정한 데이터를 라즈베리파이로 전송한다. 이때 가속도 센서는 사용자의 몸에 부착되어 있어 라즈베리파이와 직접 유선 연결이 불가능하므로 블루투스 통신을 통해 데이터를 무선으로 전

달한다. 반면, 카메라와 초음파 센서는 고정형으로 설치되어 있어 물리적인 선을 이용해 라즈베리파이와 연결된다. 이때 초음파 센서는 비교적 라즈베리파이와 가까운 곳에 설치되며 카메라는 그보다는 조금 더 떨어진 곳에 설치된다.



시스템은 가속도 센서의 측정값이 사전에 설정된 기준값을 초과했을 때, 이를 잠재적인 추락 상황으로 판단하고 추가적인 확인 절차를 진행한다. 라즈베리파이는 해당 시점에서 카메라와 초음파 센서의 값을 확인하여, 카메라가 낙하하는 물체를 인식했거나 초음파 센서가 측정한 지면과의 거리가 기준값보다 작을 경우, 사용자가 실제로 추락 중인 것으로 최종 판단한다.

추락 상황으로 판단되면, 라즈베리파이는 즉시 에어백을 팽창시키고, 능동 부저(스피커)를 작동시켜 현장 주변에 긴급 상황을 알린다. 동시에 MQTT 통신을 통해 현장에서 떨어진 관제실로 추락 경고 메시지를 발송한다. 관제실은 MQTT 브로커를 통해 해당 메시지를 실시간으로 수신하고, 이를 기반으로 119에 신고하거나 현장 관리자에게 알리는 등의 적절한 후속 조치를 취할 수 있다.

V. 기대효과

본 프로젝트에서 계획한 ‘스마트 추락 감지 시스템’의 성능을 검토하고자 특정 상황을 가정한 시뮬레이션 형태로 효과를 예측해 보기로 하였다. 이를 통해 시스템이 실제로 다양한 환경에서 어떻게 활용될 수 있을지 가능성을 검토하고, 예상되는 문제점 및 개선점을 미리 파악하고자 한다.

1. 가정 상황

본 파트에서는 총 세 가지 상황을 가정하여, 시스템이 얼마나 빠르고 정확하게 반응할 수 있는지 확인하는 가상 시나리오를 설계하였다.

- 상황 A : 건설 현장 외벽 작업 중 추락
 - 작업자가 외벽 5m 높이에서 실수로 발을 헛디뎈 추락하는 상황을 가정한다.
 - 착용한 가속도 센서에서 급격한 가속도 변화 감지
 - 라즈베리파이는 즉시 초음파 센서와 카메라 값을 확인하여 실제 추락 상황인지 추가 판별
 - 에어백 팽창 및 경고음 발생, 관제실로 긴급 알림 전송

기존의 상황이었다면 비용 및 시간 등의 이유로 안전로프와 같이 비교적 가벼운 안전장치만이 설치되어 있었을 가능성이 크다. 이런 상황에서 설치 및 철거가 자유로운 스마트 추락 감지 시스템을 사용한다면 저렴한 비용과 빠른 설치로도 기존의 안전장치 이상의 효과를 낼 수 있을 것이다.

- 상황 B : 야간 무인 작업장 추락 사고
 - 야간 시간대 작업 현장에 남아 있던 근로자가 실족하는 상황
 - 인근에 다른 작업자나 관리자 부재
 - 가속도 센서와 초음파 센서의 협업으로 낙하 감지 및 에어백 작동
 - 즉각적으로 관제실과 119 신고 시스템에 긴급 메시지 발송

기존 상황이었다면 야간 시간대에 일어난 사고이기에 빠른 사고 대처가 어려웠을 가능성이 크다. 작업 현장의 경우 필요하지 않다면 사람의 왕래가 거의 없을 뿐만 아니라 야간 상황에 작업자가 남아 있는 상황을 예상하지 못했을 수도 있다.

이런 상황에서 무인으로 작동되는 스마트 추락 감지 시스템을 사용한다면 사고 발생 직후에도 시간이 지연되는 일 없이 빠른 구조 요청이 가능해질 것이다.

2. 기대 효과

이러한 상황 시뮬레이션을 통해 시스템의 기대효과는 다음과 같다.

우선 신속한 사고 대응이 가능하다. 가속도 센서, 초음파 센서, 카메라의 다중 센서 협업을 통해 약 1~2초 이내에 추락 상황을 인지하고 즉각적으로 대응할 수 있다. 특히 야간이나 인적이 드문 상황에서도 시스템이 자동으로 작동하여 관제실로 긴급 알람을 전송함으로써 골든타임을 확보할 수 있다는 점에서 큰 강점을 가진다.

또한 현장 환경 적응력이 뛰어나다. 이동형 구조로 설계되어 있어 설치 장소에 제약이 없으며, 건설 현장, 고층 작업장, 산악 지역 등 다양한 장소에서 쉽게 설치하고 운용할 수 있다. 실시간 통신 기술인 MQTT와 블루투스를 활용하여 물리적 거리나 배선 문제 없이 센서와 관제 시스템 간의 안정적인 데이터 통신이 가능하며, 현장 상황에 따라 유연하게 대응할 수 있다.

마지막으로, 비용 효율성과 안전성 측면에서도 장점이 있다. 기존의 고정형 추락 방지 설비에 비해 설치와 철거가 간편하며, 공사나 대규모 설비가 필요하지 않아 비용 부담이 적다. 또한, 에어백 팽창 방식을 활용해 사고 발생 시 충격을 완화할 수 있어 기존의 물리적 방지 장치와 병행해 사용할 경우, 더욱 효과적인 안전 확보가 가능할 것으로 기대된다.

VI. 추후 개선안

본 프로젝트에서 구현한 스마트 추락 감지 시스템은 현재 가속도 센서, 초음파 센서, 카메라, 에어백, MQTT 통신 기반의 기본적인 프로토타입 형태로 개발되었다. 그러나 향후 추가적인 기능을 더해 시스템의 완성도를 높이고, 다양한 현장에 보다 실용적으로 적용할 수 있도록 몇 가지 개선안을 생각해볼 수 있다.

우선 GPS 기능을 연동하여 사용자의 정확한 위치 정보를 실시간으로 관제실에 전송하는 기능을 추가할 수 있을 것이다. 이를 통해 사고 발생 지점을 빠르게 파악할 수 있어, 관제실이나 구조 인력이 현장 접근 및 구조 활동을 더욱 신속하게 진행할 수 있다.

특히 넓은 야외 현장이나 산악 지역에서는 단순히 추락 여부만 인지하는 것에 그치지 않고 사용자의 위치 좌표를 확보하는 것이 매우 중요하기 때문에, 스마트 추락 감지 시스템을 다른 영역들에 적용시키기 위해서도 해당 기능이 필요하게 될 것이다.

또한 설치된 USB 카메라를 이용하여 작업 현장의 실시간 영상을 관제실에서 모니터링할 수 있도록 시스템을 확장하고자 한다. 현재는 카메라가 낙하하는 물체의 존재 유무만 확인하는 데 활용되지만 추후에는 카메라의 영상을 스트리밍 형태로 전송하여 관제 인력이 현장의 위험 요소를 실시간으로 확인하고, 상황 발생 시 즉각적인 대응 판단을 내릴 수 있도록 할 계획이다.

이를 통해 스마트 추락 감지 시스템이 현장 작업자의 안전 관리뿐 아니라 전반적인 작업 현장의 위험 요소까지 통합적으로 관리할 수 있을 것으로 기대된다.

더불어 추락 사고 발생 시 관제실로만 알림을 전송하는 기존의 방식에서 나아가, 자동으로 119 구조대에 신고가 접수되도록 연계하는 기능을 추가하면 좋을 것이다. MQTT 메시지를 관제실뿐 아니라 소방서나 구조기관의 응급신고 시스템과 연동해, 인적이 드문 야간이나 무인 현장에서도 시스템이 자동으로 신고를 접수하여 골든타임을 확보할 수 있도록 도울 수 있다. 이는 기존 인명 사고의 사각지대를 효과적으로 보완하는 중요한 기능이 될 것으로 보인다.

이러한 기능들을 개선할 수 있다면 다양한 분야에서 해당 시스템을 응용할 수 있을 것이다. 대표적으로 고층 건물 외벽 청소를 수행하는 작업 인력이나 외벽의 페인트칠을 위한 작업 인력에게 보급하여, 고공 작업 중 발생할 수 있는 추락 사고에 대비하는 데 활용할 수 있다.

외벽 청소 작업과 외벽 페인트 작업은 기존의 건물에 안전 로프등을 설치하는 형태로 안전 작업이 이루어진다. 때문에 건설 현장에 비해 오히려 안전장치가 부족해질 수 있을 것이다. 거기에 더해 외벽 작업은 건설 작업과 달리 실제 현장에서 일을 하는 작업자의 수가 많지 않아 사고 발생 시 신고가 늦거나 구조가 지연되는 경우가 많다. 이때 실시간 감지 및 대응이 가능한 추락 방지 시스템을 사용한다면 보다 더 안전한 작업이 가능할 것이다.

또한 고층 건물의 작업 외에도 절벽이나 낙석이 있는 산악 지역, 국립공원, 계곡

인근 등 사고 위험이 높은 지역에도 해당 시스템을 보급하여 등산객이나 탐방객의 낙상 사고를 예방하고 사고 발생 시 신속한 대응이 가능하도록 활용할 수 있을 것이다. 특히 앞서 언급했던 GPS 기능을 실제로 구현한다면 구조 작업에 있어 큰 도움이 될 것이다. 구조대는 수집된 GPS 정보를 바탕으로 빠르게 사고 지점으로 접근할 수 있어, 산악사고의 치명률을 크게 낮출 수 있을 것으로 기대된다.

이외에도 건물 옥상, 교량 유지 보수, 항만 크레인 작업, 풍력발전기 점검 등 고위험 산업 현장이나 작업 환경에 시스템을 맞춤형으로 적용할 수 있어, 향후 다양한 산업 분야로의 확장이 충분히 가능할 것으로 예상된다.

VII. 결론

본 프로젝트는 산업 현장과 일상생활 속에서 빈번하게 발생하는 추락 사고의 심각성을 인식하고, 이를 예방하거나 사고 발생 직후 신속하게 대응할 수 있는 방법을 고민하는 과정에서 출발하였다.

추락 사고는 건설업과 같은 산업 현장뿐 아니라 등산이나 고층 작업 등 다양한 환경에서 추락 사고는 꾸준히 발생하고 있으며, 그 피해 역시 매우 크다. 이에 우리는 라즈베리파이와 가속도 센서, 초음파 센서, 카메라를 활용하여 추락 상황을 실시간으로 감지하고 에어백 전개와 경고음 발생, 관제실과의 통신을 통해 즉각적인 대응이 가능하도록 하는 ‘스마트 추락 감지 시스템’을 설계하고 구현하였다.

스마트 추락 감지 시스템은 프로젝트 설계 과정에서 단순히 기술적인 구현뿐 아니라 실제 현장에 적용했을 때의 현실적인 사용 편의성과 유지 관리의 효율성도 함께 고려되었다. 본 시스템은 가속도 센서, 초음파 센서, 카메라, 라즈베리파이, 에어백, 부저 등 모두 휴대성과 이동성을 갖춘 가벼운 장비들로 구성되어 있다. 때문에 가장 큰 특징 중 하나는 설치와 철거가 간편하고 휴대성이 뛰어나며, 기존의 고정형 안전장치가 갖지 못한 유연성과 실시간성을 제공한다는 점이다.

기존의 고정형 안전 시설물들은 현장 상황에 따라 설치가 어렵거나 설치 및 유지 관리에 많은 비용과 시간이 소요되는 경우가 많았다. 하지만 이 시스템은 설치가 쉬운 소형 센서와 무선 통신을 활용하여 빠른 설치와 철거가 가능하며, 현장 여건에 맞게 자유롭게 구성할 수 있어 기존의 부실한 안전 환경을 효과적으로 보완할 수 있다.

이러한 유연성 덕분에 한정된 예산이나 작업 여건에서도 현장 맞춤형 안전 시스템의 구축이 가능하고, 이 부분에서 기존의 물리적 안전장치들과의 차별성을 가지게 된다.

또한 실시간으로 센서의 값을 수집하고 분석하여 사고를 감지하고 즉각적으로 대응하는 능동적인 시스템으로서, 단순히 사고를 인지하는 것을 넘어 사고 발생 직후 골든타임을 확보하고 피해를 최소화할 수 있다는 점에서 큰 의의를 지닌다.

특히 장비가 24시간 자동으로 작동하기 때문에 야간이나 무인 현장, 인적이 드문 산악 지역에서도 사고를 감지하고 알림을 전송할 수 있어 안전 사각지대를 줄이는 데에 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

향후 가능하다면 GPS 위치 전송 기능, 현장 실시간 영상 송출, 119 긴급 신고 자동화와 같은 기능을 추가하여 시스템의 완성도를 높일 수 있다. 이를 통해 산업 현장 외에도 다양한 고위험 작업 및 생활환경으로 적용 범위를 넓힐 수 있을 것이다. 예를 들어 고층 아파트의 외벽 청소나 페인트 작업, 풍력발전기 점검, 송전탑 유지보수, 교량 하부 점검 등의 고공 작업에서뿐만 아니라 낙석 위험 지역, 절벽 인근 탐방로, 산악 탐방객 안전 관리, 스키장 사고 예방 등 일반 시민의 안전을 지켜야 하는 다양한 장소와 환경에도 응용될 수 있을 것이다. 이처럼 해당 프로젝트의 스마트 추락 감지 시스템은 단일 기능의 안전장비에 머무르지 않고 실시간 모니터링과 데이터 기반 안

전 대응 체계로 발전할 수 있는 가능성을 가지고 있다.

무엇보다 이렇게 구상된 프로젝트의 스마트 추락 감지 시스템이 산업 현장과 일상 생활 등 해당 시스템을 필요로 하는 곳에 적절히 사용되어, 많은 사람들의 안전을 지키고 누군가의 생명을 보호하는 것에 도움이 된다면 기쁠 것이다.

참고 자료

- 1) "작년 소규모 건설 현장, 사망자 83명… 중대재해법 적용에도 6명 늘어." 조선비즈, 2025년 3월 11일
https://biz.chosun.com/topics/topics_social/2025/03/11/DAXEJZNOTFG77D6KKEKNA5RMAA/
- 2) “산악사고 25% 가을에 집중…실족·추락 사고 원인 1위.” 뉴스1, 2025년 2월 29일,
www.news1.kr/society/general-society/5559938
- 3) 한겨레21. (2025년 4월 10일)
https://h21.hani.co.kr/arti/society/society_general/57111.html