

## 종합설계 프로젝트 수행보고서

프로젝트명	스마트 가로등
팀명	Check
문서제목	수행계획서( ) 중간보고서( ) 최종결과보고서( O )

2021.11.15

팀원 : 최한영 (팀장)  
김채원  
한종훈

지도교수 : 최진구 교수(인)

## 문서 수정 내역

작성일	대표작성자	버전(Revision)	수정내용	
2020.12.23	최한영(팀장)	1.0	수행계획서	최초작성
2021.03.08	최한영(팀장)	2.0	1차 수행보고서	설계서추가
2021.05.08	최한영(팀장)	3.0	2차 수행보고서	Prototype 추가
2021.11.10	최한영(팀장)	4.0	최종결과보고서	시험결과 수정

## 문서 구성

진행단계	프로젝트 계획서 발표	중간발표1 (2월)	중간발표2 (4월)	학기말발표 (6월)	최종발표 (10월)
기본양식	계획서 양식	계획서 양식	계획서 양식	계획서 양식	계획서 양식
포함되는 내용	I . 서론 (1~6)	I . 서론 (1~6)	I . 서론 (1~6)	I . 서론 (1~6)	전부
	II . 본론 (1~3)	II . 본론 (1~4)	II . 본론 (1~5)	II . 본론 (1~7)	
	참고자료	참고자료	참고자료	참고자료	

이 문서는 한국산업기술대학교 컴퓨터공학부의  
 “종합설계” 교과목에서 프로젝트 “스마트 가로등” 을 수행하는  
 팀원(팀명: Check)들이 작성한 것으로 사용하기 위해서는  
 팀원들의 허락이 필요합니다.

# 목 차

## I. 서론

1. 작품선정 배경 및 필요성 .....	1
2. 기존 연구/기술동향 분석 .....	2
3. 연구 목표 .....	4
4. 팀 역할 분담 .....	4
5. 연구 일정 .....	5
6. 개발 환경 .....	6

## II. 본론

1. 연구 내용 .....	7
2. 문제점 및 해결방안 .....	9
3. 시험시나리오 .....	10
4. 상세 설계 .....	11
5. Prototype 구현 .....	14
6. 시험/ 테스트 결과 .....	
7. Coding & DEMO .....	

## III. 결론

1. 연구 결과 .....	
2. 작품제작 소요재료 목록 .....	

참고자료 .....	17
------------	----

# I. 서론

## 1. 작품선정 배경 및 필요성

### 가. 프로젝트명

(국문) 범죄 예방 환경 조성을 위한 스마트 가로등

(영문) Smart Street LED Lamps For Crime Prevention

### 나. 프로젝트 설명

어느 공상과학 영화에서는 경찰의 관제 센터에서 빅데이터와 인공지능 분석을 통해서 범죄가 일어날 장소와 시간을 예측하여 그 시간, 그 장소에 경찰을 보내 사건을 예방하고는 한다. 비교적 오래된 공상과학 영화이지만 이상적인 안전사회를 꿈꾸는 정부가 시스템을 구축하고 이 조직의 활약을 그린 영화이다. 그런데 이제 많은 기술들이 현실화되어 똑같지는 않지만 비슷한 시스템 구현이 가능하게 되었다.

사람들은 어두운 골목길을 걸어가다 누군가와 마주치거나 누군가가 따라오는 느낌을 받으면 이유 없는 불안과 두려움을 느끼게 된다. 그러나 누군가가 지켜준다는 사회적 인식이나 느낌이 있으면 우리는 그런 상황에서도 안심하고 야간 보행을 할 수 있다. 도시가 농촌에 비해 살기 좋은 것으로 인식되는 이유는 밤길이 환하기 때문이다. 사실 도시는 시골보다 공기가 깨끗하지도 않고 물가도 비싸다. 그러나 여러 가지 인프라가 잘 갖춰져 있기 때문에 사람들은 도시를 더 살기 좋은 곳으로 인식한다. 도시의 임대료가 높고 시골의 임대료가 낮은 이유는 수요가 많고 공급이 모자라다는 증거이다.

현대 도시의 범죄 및 범죄 불안감은 급증하는 추세이고 도시 주거단지의 후미진 골목을 중심으로 야간에 발생하는 범죄는 심각하다. 전반적으로 도시의 야간 범죄 안전 환경 조성이 시급하게 필요한 시점이다. 이에 최근 우리나라에서는 주거단지 내에 야간에 범죄 예방을 위한 환경설계에 대하여 점차 관심이 높아지고 있다. 이미 미국에서는 1960년대부터 조명에 대한 환경설계가 본격적으로 시작되었고, 1980년대 들어서서는 영국과 일본 등에서도 관계 법령을 재정비하는 등 인간의 생활공간 환경설계에 대한 정책적, 학문적 중요성이 부각 되고 있다. 이러한 상황 속에서 삶이 터전이 되는 공간에 우선 적으로 고려되어야 할 사항 중 하나는 그 구성원 등이 안전하게 자신의 삶을 영위할 수 있는 공간환경 조성이다. 도시에 있어서 위험이 발생하거나 사고가 날 염려가 없는 상태인 안전의 확보는 시민들의 삶의 질을 높이는데 가장 기본적인 요소의 하나로, 안전을 지키기 위해서는 최대

한 범죄를 사전에 예방할 수 있는 환경을 조성하는 것이 선행되어야 할 것이다.

본 프로젝트는 사람들은 인적이 드물고 어두운 곳에서도 안심하고 통행할 수 있는 기술이 가능할 것이라는 가정에서 시작하였다. 여기에는 딥러닝과 아두이노를 사용한 IoT 기술을 이용해 가로등이 주변 밝기와 물체를 감지하여 LED의 밝기를 자동으로 조절할 수 있으며, 인공지능 기반 딥러닝 알고리즘을 통해 카메라를 통해 스트리밍되는 영상을 스스로 학습하여 보행자의 위험 상황을 자동으로 인식할 수 있는 스마트 가로등을 설계하고 구현하는 것을 목표로 한다.

이를 위해 첫째, 스마트 가로등의 조명은 PIR센서와 연동하여 능동적으로 밝기 제어 기능을 수행하게 되어 외부 환경이나 사물의 움직임에 따라서 밝기를 스마트하게 제어하며 도시 경관과 안전을 유지하면서도 에너지를 절감할 수 있다.

본 연구가 구현하고자 하는 스마트 가로등은 조명의 밝기를 상황에 따라 자동으로 조절함과 동시에 가로등에 장착된 CCTV화면의 스트리밍되는 영상 정보를 딥러닝의 다층신경망이 구현된 서버에 실시간으로 전송하여 사람이 넘어져 정지해 있는 상황이 발생한 경우 비상상황으로 인식하여 보고하게 된다. 그 후 관제센터는 범죄 상황이 일어난 장소를 실시간으로 볼 수 있게함으로써 범죄예방/사고 예방 등에 탁월한 효과를 주며 사회 안전망 실현을 위해 이바지할 수 있도록 고안하였다.

#### 다. 프로젝트 선정이유 및 필요성

다세대 밀집 지역 중 지주형 가로등을 설치할 수 없고, 빛 공해 등 주민 불편으로 인해 방치되었던 어둡고 좁은 골목길의 심야 보행 환경을 개선해 생활 속 안전 사각 지대를 해소하는 노력이 요구되고 있으며, 법무부가 2015년 실시한 설문조사에서 범죄 불안감을 많이 느끼는 장소를 묻는 질문에 응답자의 55.2%가 ‘어둡고 후미진 골목’을 꼽았다. 2017년 통계청 조사에 따르면 국민 10명 중의 4명은 ‘밤 거리를 거닐 때 두려운 곳이 있다’라고 답하였고 여성으로 그 범위를 좁히면 절반 이상인 52.2%가 야간 보행에 두려움을 느끼고 있는 것으로 나타났다. 이들 중의 31.7%는 밤거리가 무서운 이유로 ‘가로등이 없어서’라고 답했다.

경찰청 통계에 따르면 전체 범죄는 밤 9시부터 자정까지 가장 많이 발생한다고 한다. 전체 일몰 시간인 밤 9시부터 오전 6시까지로 범위를 넓히면 범죄 발생 비율은 28.3%까지 증가했다. 강력범죄 같은 경우 이 시간대에 전체의 40.4%나 발생하는 것으로 나타났다.

이는 이 시간대에 야간 조명 개선만으로도 범죄 예방이 가능하다고 한다. 실제로 조명 개선을 진행한 지역에서 발생하던 범죄 빈도가 감소하고 지역 중심지에서 주로 발생하던 범죄들이 지역 가장자리로 자리를 옮긴 현상도 볼 수 있었다.

이에 보행자의 안전을 고려하면서도 범죄를 예방할 수 있는 방법으로 IoT와 인

공지능 기술을 활용할 수 있을 것이라는 생각으로 본 프로젝트를 계획하고 실행하게 되었다.

## 2. 기존 연구/기술동향

### 가. 기존 연구

독일의 스타트업 회사에서 제작한 스마트 가로등의 경우 레이더를 이용해 물체의 접근을 탐지하고 이를 이용해 조명을 조절한다. 어두운 날엔 조명을 더 밝게 조절하고 또, 전기차 충전용 충전 모듈을 장착하여 전기차 충전소 역할을 한다.

이에 우리 팀은 전기차 보급률이 낮은 한국의 상황에 맞게 전기차 충전 모듈 대신 지역광고를 할 수있는 광고판과 범죄예방을 위한 CCTV를 추가하여 스마트 가로등 시스템을 구축하는 것이 좋다고 판단하였다.

국내기업 (주)이에스브이가 베트남 달랏시에 스마트 유기발광다이오드(LED) 가로등 89개를 설치하며 스마트시티 시범사업에 본격적으로 나선다고 28일 밝혔다. 이번에 설치된 스마트 LED 가로등은 독창적인 특허기술로 만든 방열엔진과 듀얼밴드 Wi-Fi AP, 포토센서, IP 카메라 등을 통합시킨 제품이다. 조도 감지 센서를 통해 한낮이라도 어두우면 등이 켜지고 밤이라도 환하면 등이 꺼지는 실용적 기술을 도입했다. 타이머로 등이 꺼지는 기존 가로등과 차별화된다. 아울러 가로등 주변에서 와이파이가 가능하며 별도 회선을 설치해야 하는 일반 폐쇄회로(CCTV)와 달리 인터넷 IP 카메라를 사용해 방법 관제의 효율도 높였다.

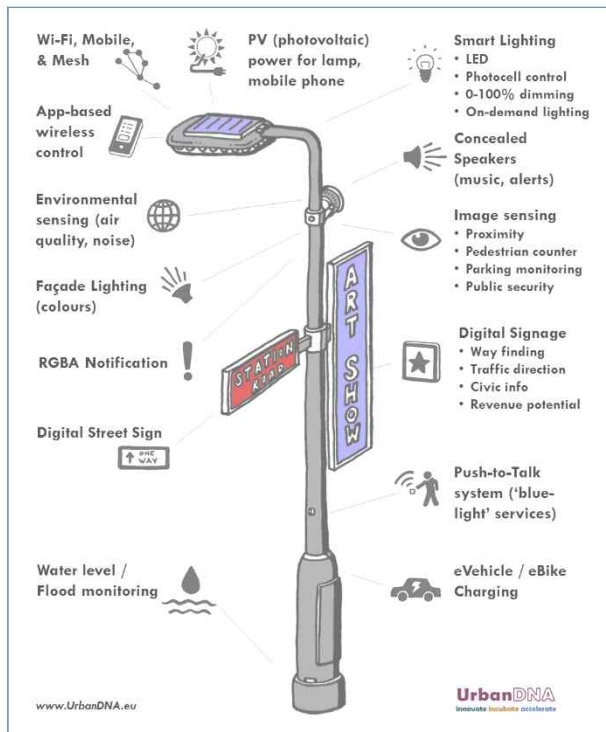
### 나. 기술동향

#### 1. 국외

스마트 가로등의 제어장치 및 통합 기술을 갖춘 업체로는 에셜론, 필립스, 오슬람, GE가 기술력을 인정 받고 있다. 에셜론은 자사의 네트워크 기술을 강점으로 삼아 파리, 베이징, 오슬로 등 세계 여러 도시 및 대학에서 스마트 가로등 시스템을 구축한 사례가 있고 또한 미국의 GE는 멀티 센싱 기능을 갖춘 스마트 노드를 탑재한 지능형 옥외조명 등기구를 개발하여 미래 지향형 도로조명 기술을 개발하고 가로등에 부착된 센서를 이용하여 교통 순환 정보, 주차 공간 정보, 공기의 질이나 날씨 정보 등을 수집하고 시민에게 공유하며 빅데이터나 인공지능 기술을 적용하여 스마트 시티 내의 플랫폼역할을 수행할 수 있는 더 발전된 미래지향형 도로조명 기술을 개발중에 있다.

유럽 연합에는 유럽 전역의 4500만~6500만 개로 추정되는 25년 이상 된 노후한 가로등을 스마트 LED 가로등인 'Humble Lamppost'로 교체할 연구개발을 진행중이다. 노후한 가로등을 해당 제품으로 교체하여 50%~70%의 에너지 비용을 절약할 것

으로 예상하며 이는 EU 전체에서 약 20억 유로에 달할 것으로 보인다. 우선적인 목표는 1000만 개의 노후 가로등을 교체하여 에너지 절약과 주변 주민을 위한 조명 통제를 제공하는 것이다. 더하여 해당 제품에 디지털 도로 안내판, 수위 감지(홍수 모니터링), 유동인구 측정 카운터, 전기차 충전장치, 비상응답 장치 등의 스마트 시티 구현에 도움이 될 부가 기능을 추가하여 개발중에 있다.



< 그림 1 > 유럽연합에서 추진중인 스마트 가로등

## 2. 국내

에펠은 관제 시스템, 스마트 디바이스, 게이트웨이. 근거리 및 원거리 무선 통신망 등으로 구성되며 스마트 센서는 도플러를 내장하여 5~8m높이에 스마트 가로등을 설치하여 도로구간의 차량과 차량 이동 방향, 속도, 통행량을 실시간으로 감지하고 측정한다. 최근 근거리 무선 통신망을 이중화하는 기술 개발을 완료하고 테스트 중에 있다고 한다. 이에 스마트 가로등 개발 기술력과 운영 경험을 바탕으로 한 ‘스마트 폴’ 제품도 시장에 공급할 계획이다.

한국의 IoT스타트업 기업인 아이엘커누스에서는 ‘이노세이버’라는 에너지 절약 시스템을 이용하여 스마트 가로등을 설치하고 있다. 이노세이버에 적용된 PIR 디지털 센서는 좁은 통로 및 특정 공간에서의 물체 또는 인체의 Count 데이터와 그 방향성을 이용하여 In/Out에 대한 Count 누계를 정산할 수 있다. 이 기술을 바탕으로 해당

업체는 인체와 차량의 동작을 감지하여 전기에너지를 절감하는 무선자동절전시스템을 구축하였다. 이 시스템을 이용하여 실제로 졸음쉼터, 공중화장실에 절전시스템을 설치 중이다.

### 3. 연구 목표

#### 가. 연구목표

본 프로젝트에서는 스마트 가로등을 이용하여 어두운 골목길에서 마음놓고 다닐 수 있는 안전한 환경을 조성하는 것을 목표로 한다.

#### 나. 수행과정 및 방법

본 연구목적을 달성시키고자 제한된 기간을 일정 구간별로 나눠 아래의 활동을 진행한다.

- 사물인터넷 장비인 아두이노를 이용한 가로등 조명의 제어와 CCTV를 통한 영상 인식, 딥러닝에 대한 자발적인 학습
- 정기적인 팀 회의를 통한 팀원 간의 지식 공유 및 진행방안 협의
- 지도교수님 면담을 통한 연구주제에 대한 피드백 획득 및 반영
- GIT 허브 협업 도구를 이용하여 팀원 간의 협업

#### 다. 연구 결과물 형태

- 아두이노와 웹캠을 이용한 범죄상황 인식 시스템
- 아두이노의 PIR 센서를 이용한 알람 시스템
- 윈도우 기반의 스마트 가로등 관제 시스템

### 4. 역할 분담 및 팀 소개

#### 가. 팀명 : Check

#### 나. 팀원 구성

소속	성명	역할
컴퓨터공학전공	최한영	팀 회의 주관, 딥러닝 자료 수집, 알고리즘 구현
소프트웨어전공	김채원	아두이노 조명 밝기 제어 구현, 딥러닝 자료 수집, 알고리즘 구현
소프트웨어전공	한종훈	웹 UI 구현, 딥러닝 자료 수집, 알고리즘 구현



## 5. 연구 일정 및 일정별 산출물

항목	월	12월	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	산출물
	상세내용	월										월	
계획서작성	프로젝트계획서												프로젝트계획서 계획서발표자료
요구사항분석	요구사항분석												
설계	설계(상세설계) (중간발표)												중간보고서 설계사양서
구현	모듈구현 (중간발표)												중간보고서 구현소스코드
	구현 및 시험												
시험	통합 구현 (1학기 최종발표)												중간보고서 구현소스코드 데모버전
개선	성능개선												데모버전
데모	최종발표준비												최종발표/데모 최종보고서
보고서작성	최종보고서 /논문작성												포스터, 논문

다. 설계 :

- 시스템 전체 구조 설계 : 스마트가로등의 전체적인 시스템 구조 설계하며 개발하려는 소프트웨어의 아키텍처를 설계
- 시스템 상세 구조 설계 : 각 모듈의 세부 내용을 설계하며 모듈의 결합도와 응집력을 고려해 세부 내용을 설계

라. 구현 : 코딩시 가능한 표준 코딩 스타일을 지켜 코딩을 실시

- 아두이노 PIR센서를 이용해 LED 조명 조도 조절 모듈 개발
- CCTV 연동 웹 관제 시스템 구현
- 

마. 테스트 :

- 단위 테스트
- 통합 테스트
- 시스템 테스트
- 품질 테스트

바. 보완 및 보고서 작성 :

- 테스트를 통해 찾은 문제점 및 오류를 수정, 보완

## 6. 개발환경

### 가. 개발환경

- 운영체제 : Windows 10
- 개발 언어 : Python, C, HTML& javascript
- 사용하는 IDE : Pycharm, Visual Studio

### 나. 예상재료비

품목	개수	총 금액
평가 웹캠	1	45,000
아두이노 보드 전원 공급 어댑터	1	12,500
아두이노 우노용 USB-B 케이블	1	3,300
아두이노 우노 Uno R3	1	9,900
아두이노 브레드보드용 점퍼 케이블	1	4,500
아두이노 브레드보드	1	2,200
아두이노 적외선 PIR 인체감지 모션센서	1	1,200
합계		78,600

## Ⅱ. 본 론

### 1. 연구 내용

#### 가. 기존연구 및 제품 관련 기술조사·분석

##### 1) 기존연구

##### -인피니언과 eluminocity

도시화가 계속됨에 따라 2050년에는 인류의 70%가 도시에 거주할 것으로 전망되는 가운데 이러한 인구학적인 변화는 도시의 인프라에 영향을 더욱 미치게 될 것이며 더 보안적이고 지능적인 에너지 효율이 높은 솔루션이 필요로 할 것이다. 인피니언과 eluminocity는 이러한 요구를 충족할 수 있는 지능형 가로등을 개발했다. 이 지능형 가로등은 LED를 사용하여 에너지를 절약한다. 또한 전기차용 충전기를 통합하면 공기의 질 개선에도 기여할 수 있으며 주거 지역에 충전 인프라를 손쉽게 구축할 수 있다. 그럼으로써 전기차 보급에도 기여할 수 있게 된다. 그리고 지능형 가로등은 주차 공간 검출 센서를 탑재할 수 있어서 비어있어 사용 가능한 주차 공간에 대한 정보를 클라우드에 제공해 지능적인 교통 관리 시스템을 위한 토대를 마련할 수 있다. 지능형 가로등은 날씨가 나쁘거나 자동차와 같은 물체가 접근하면 밝기를 높일 수 있는 레이더 센서를 통합해 환경 조건에 따라서 조절할 수 있도록 구성할 수 있다. 이렇게 되면 도로 사용자들의 편의성을 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라 안전성도 향상시킬 수 있다. 마지막으로 지능형 가로등은 환경을 분석하기 위한 센서들도 추가적으로 탑재할 수가 있다. 가스 센서를 통합하면 공기의 품질을 측정하고 정해진 한계를 넘으면 클라우드 접속을 통해 통제 센터로 보고할 수 있고 오디오 패턴을 검출할 수 있는 마이크로폰을 탑재하면 자동차 사고가 발생했을 경우 가까운 경찰서로 자동으로 알려줄 수 있다.

##### 2) 기존 국내외 스마트 가로등 시장 동향

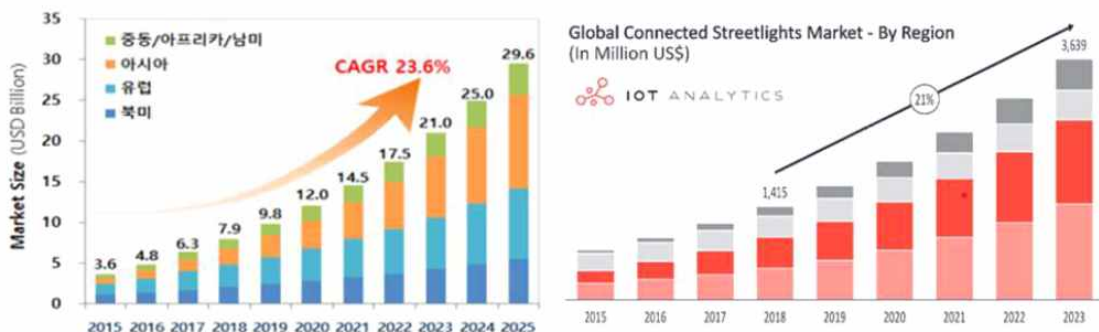


그림 7. 스마트 조명 시장 추이

< 그림 2 > 스마트 조명 시장 추이

스마트 세계 조명 시장은 17년도 63억 달러에서 연평균 23.6% 성장하여 23년에 210억 달러로 성장할 것으로 전망되고 도시 해결 및 스마트 시티의 활성화에 따라서 시장 규모또한 확대 될 것으로 예상된다

구분	'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23	CAGR
국내시장	700	870	1,080	1,700	3,630	7,010	13,440	27.4

국내 시장 규모는 17년 700억 원에서 연평균 27.4% 성장하여 23년에 1조 3,440억 원 규모로 성장할 것으로 전망되며 스마트 시티 확산 과 LED 조명 시장과 함께 급격하게 증가한다.

#### 나. 작품 특징

- 1) 주변의 밝기 및 움직임을 감지하여 조도 조절하기 때문에 따로 조절해줄 필요가 없다.
- 2) 범죄 상황을 자동으로 인식할 수 있어 범죄 상황 발생 시에 빠른 대응을 할 수 있다.
- 3) 웹을 통하여 실시간으로 상황을 볼 수 있으며 범죄 상황을 알리는 문구를 통하여 빠르게 인식할 수 있다.
- 4) 폭력행위나 쓰러진 상황 판단 시에 스피커로 경고음을 출력함으로써 범죄 상황에 대해 주변에 알릴 수 있다.

#### 다. 기대효과

스마트 시티의 구성요소인 스마트 가로등을 직접 구현해 봄으로써 인적 드문 골목에 설치하여 범죄 예방 발생 시에 신속한 대처를 할 수 있고 인간의 노동력으로 감시하는데 한계가 있던 관제 시스템을 강화하여 사회 안전망 실현이 가능해진다. 후에 더 나아가 각종 센서를 부착하여 날씨와 공기의 질 체크 등 환경 정보를 수집, 활용하여 다양한 시민 서비스를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

## 2. 문제점 및 해결방안

### 가. 문제 인식

- 1) 인적이 드문 골목에 설치하다보니 작동에 문제가 발생했을 경우 위치나 상황을 직접 확인하고 관리하는 데 어려움이 있다.
- 2) 가로등이 야외에 설치되어있으므로 센서에 비, 눈 등의 누수현상으로 인한 오작동이 있을 수 있다.
- 3) 스마트 가로등 설치장소에 대한 지역 주민과 자치단체의 이해관계 충돌이 있을 수 있다.
- 4) 스마트 기기를 부착할 경우 도난 사고의 위험이있다.

### 나. 문제 정의

- 1) 고장이 난 경우 관리를 어떻게 할 것인가?
- 2) 센서의 누수현상을 어떻게 막을 것인가?
- 3) 설치 장소 선정은 어떻게 결정할 것인가?
- 4) 도난 문제를 어떻게 해결할 것인가

### 다. 현실적 제한 조건

- 1) 설치하고 일정기간 지난 후 유지 보수 필요한 시점이 지나면 인적인 관리비용 발생해 그대로 방치되는 경우가 발생할 수 있다.
- 2) 지속적인 유지 보수가 제한적이기 때문에 제품 설치시에 충분한 누수 예방이 필요하다.
- 3) 주민의 요구가 다양하기 때문에 모든 요구를 만족시켜줄 수는 없으므로 가로등 설치가 급한곳부터 설치가 필요하다.
- 4) 인적이 드문 곳이라 부착된 스마트 기기를 떼어가도 바로 알아채기 어렵다.

### 라. 해결방안

- 1) 스마트가로등 수리센터를 만들어서 고장을 확인한 사람이 신고를 할 수 있도록 한다.
- 2) 센서 설치시 벌어진 틈새를 실리콘을 이용해 빈틈없이 막아준다.
- 3) 통계를 내어 범죄율이 높은 장소, 가로등이 존재하지 않는곳에 우선적으로 설치하고 청원게시판 등을 통해 지역주민의 의견을 참고하여 추가설치 지역을 정한다.
- 4) 쉽게 분리되지 않도록 디자인을 고안한다.

### 3. 시험 시나리오

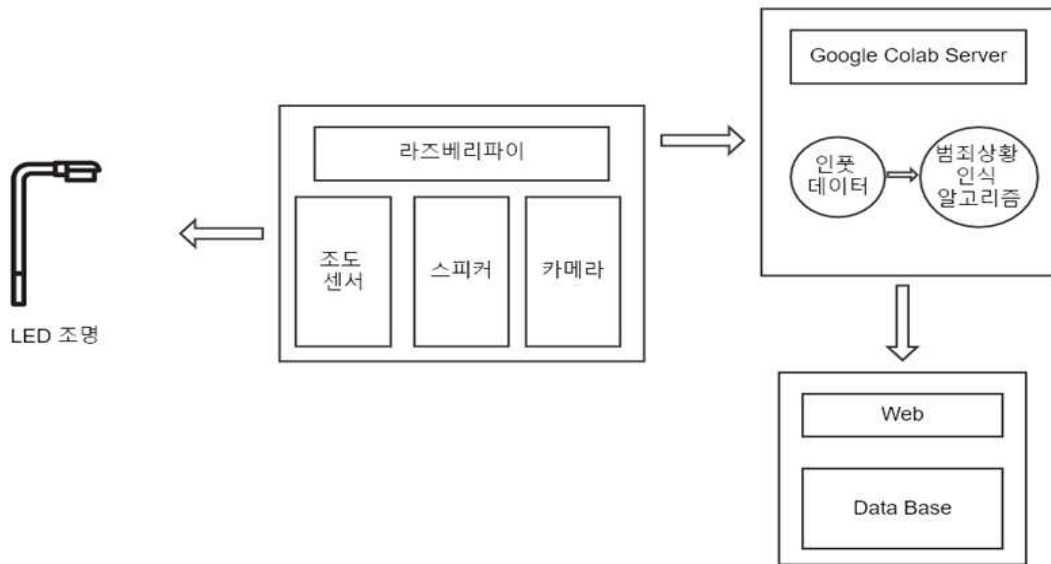
#### 가. 시스템 수행 시나리오

-시스템의 동작 방식은 먼저 좁은 골목길에서 보행자가 인식이 되면 아두이노의 PIR 센서가 사람을 인식하여 조명을 밝힌다. 그 후 5초의 시간이 흐르면 자동으로 LED가 꺼진다. 본 연구에서는 범죄 상황의 정의를 사람이 쓰러진 순간으로 정의를 하였고 가로등 밑을 지나가는 순간 범죄 상황이 발생하여 사람이 쓰러짐을 인식하게 되면 관제 센터에서는 실시간으로 경고문과 함께 상황을 볼 수 있다.



< 그림 3 > 시스템 수행 시나리오

## 나. 시스템 구성도

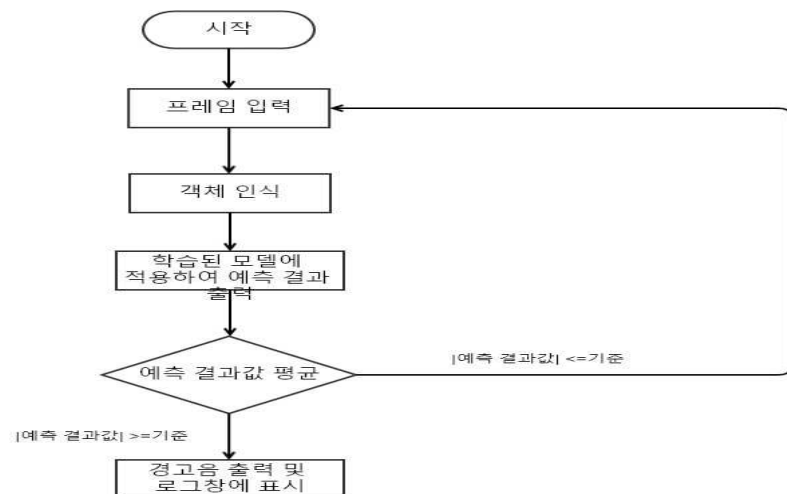


< 그림 4 > 시스템 구성도

## 4. 상세 설계

### 가. 범죄 상황 인지 플로우 차트

- 사람이 쓰러진 경우



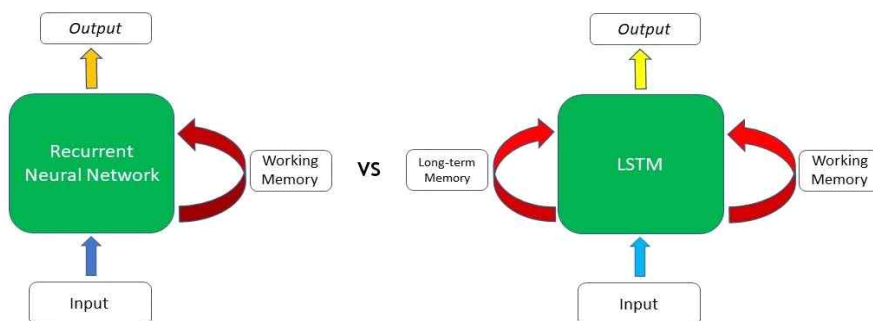
< 그림 5 > 사람이 쓰러진 경우의 플로우 차트

## 나. SW 상세설계

### 1) 쓰러짐 판단 모듈

- 본 연구에선 위에서 정의한 분류 문제를 해결하기 위해 가장 높은 확률로 행동을 분류할 수 있는 모델을 구성하고자 하였다. 이러한 이미지 데이터의 문제를 해결하기 위해 LSTM 알고리즘을 활용하였다.

전통적인 CNN의 기본적인 구조를 확장한 RNN은 컨볼루션 레이어 (convolution Layer)와 풀링 레이어 (pooling Layer), 풀리 커넥티드 레이어 (Fully-Connected Layer)로 구성 되어 있다. 각각 레이어의 역할은 다음과 같다. 컨볼루션 레이어와 풀링 레이어는 입력된 이미지 데이터에서 특징을 추출하는 레이어고, 풀리 커넥티드 레이어는 추출된 특징들을 이용하여 분류를 하는 레이어다. 특징 추출 단계에 속한 컨볼루션 레이어는 정의된 커널사이즈의 필터를 cross-correlation 연산을 입력 이미지에 적용해서 이미지의 특징들을 추출하고, 풀링 레이어는 입력 이미지의 크기를 절반으로 줄여줌과 동시에 강한 특징 값을 추출한다. 이러한 역할을 가진 컨볼루션과 풀링 레이어들이 반복된 형태로 네트워크는 구성 되어있는데, 입력 이미지는 레이어를 거치면서 컨볼루션과 풀링 연산이 적용되며 강한 특징들로 구성된 특징 맵 (feature Map)을 뽑아낸다. 각각의 특징맵의 사이즈는 전 단계의 레이어에서 적용된 커널사이즈에 따라 결정된다. 분류 단계에 속한 풀리 커넥티드 레이어는 MLP라고 불리우며, 각각 레이어에 속한 노드들은 서로 서로 연결 되어 있으며, 가장 많은 파라미터와 연산량을 가지고 있다. 이러한 형태로 구성되는 RNN은 마지막 레이어부터 초기 레이어까지 역전파(back propagation)하며 학습률에 따라 오차를 줄여주기 위해 각 레이어의 파라미터를 학습시킨다.



< 그림 6 > RNN과 LSTM 비교



반면 LSTM 모델은 RNN이 학습의 기억을 전통적인 백프로퍼게이션 방식을 사용하여 활동 기억 영역이 RAM에 머무는 반면, LSTM은 인간의 기억체계와 비슷하게 설계된 모델로 장단기 메모리 영역을 하나 더 준비한다. 그래서 활동 메모리 영역과 장단기 메모리영역을 구분하여 자주 사용하는 학습데이터를 ROM이나 HDD에 저장하게 된다. 이는 LSTM은 피드백 연결을 컴퓨터의 ROM이나 HDD에 저장하기 때문에 단일 데이터 포인트(예: 이미지)뿐만 아니라 전체 데이터 시퀀스(예: 음성 또는 비디오)도 처리할 수 있다. 그래서 LSTM은 비분할, 연결된 필기 인식, 음성 인식 및 네트워크 트래픽 또는 IDS(침입 탐지 시스템)의 이상 탐지와 같은 작업에 적용할 수 있다. 일반적인 LSTM 단위는 셀, 입력 게이트, 출력 게이트 및 망각 게이트로 구성된다. 그리하여 세포는 임의의 시간 간격 동안 값을 기억하고 세 개의 게이트는 세포 안팎으로 정보의 흐름을 조절한다.LSTM 네트워크는 시계열의 중요한 이벤트 사이에 알 수 없는 지속 시간의 지연이 있을 수 있으므로 시계열 데이터를 기반으로 분류, 처리 및 예측하는 데 적합하다.

## 2) 프레임 입력 모듈

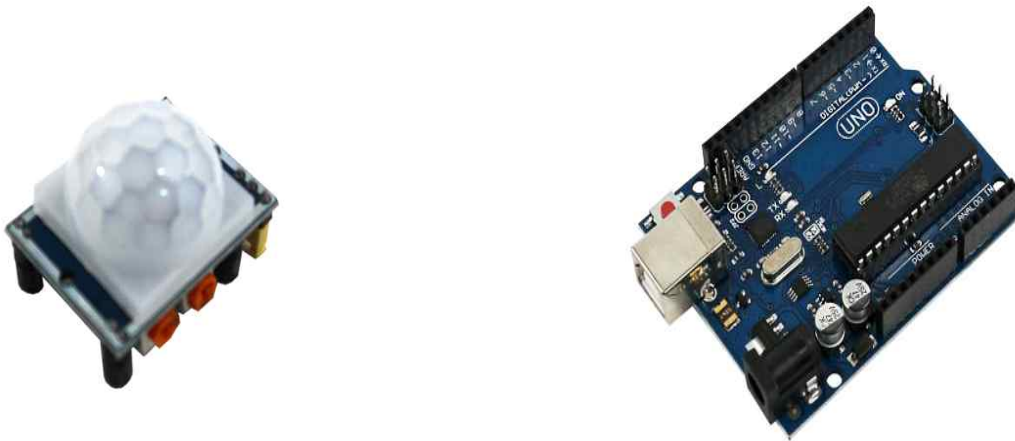
-웹캠과 프로그램 간의 실시간 연동 모듈로서 높이 1440px 너비 2560px/ 초당 20 프레임을 인코딩한다. 이를 다시 프레임 별로 나누는 작업을 거쳐 각 프레임을 분석하고 다시 디코딩 작업을 거쳐 영상으로 변환한다. 이를 위해 python을 이용하여 코딩하였다.

## 3) 경고문구 출력 모듈

- 보행자가 아무 상황에 처해있지 않고 정상적으로 지나가는 경우에는 결과 부분에 Nomal 출력
- 쓰러진 상태가 판단 되면 상단 창 결과 부분에 경고 문구 FALL Warning 출력

## 5) 아두이노 모듈

- 아두이노 PIR 센서를 활용하여 보행자 인식 후 밝기 조절하는 역할 수행
- 밝아진 후 5초 뒤 다시 조명을 자동으로 끄

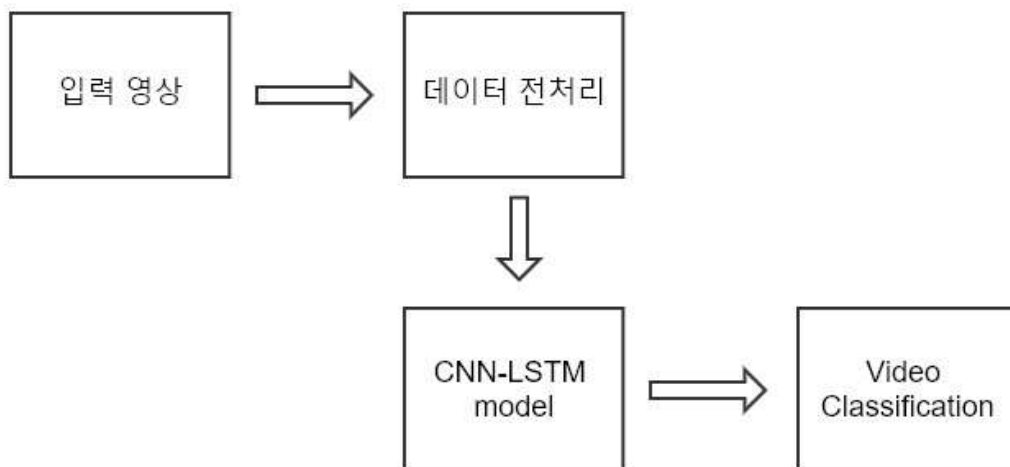


< 그림 7 > PIR 적외선 인체 감지 센서와 아두이노 우노

## 5. Prototype 구현

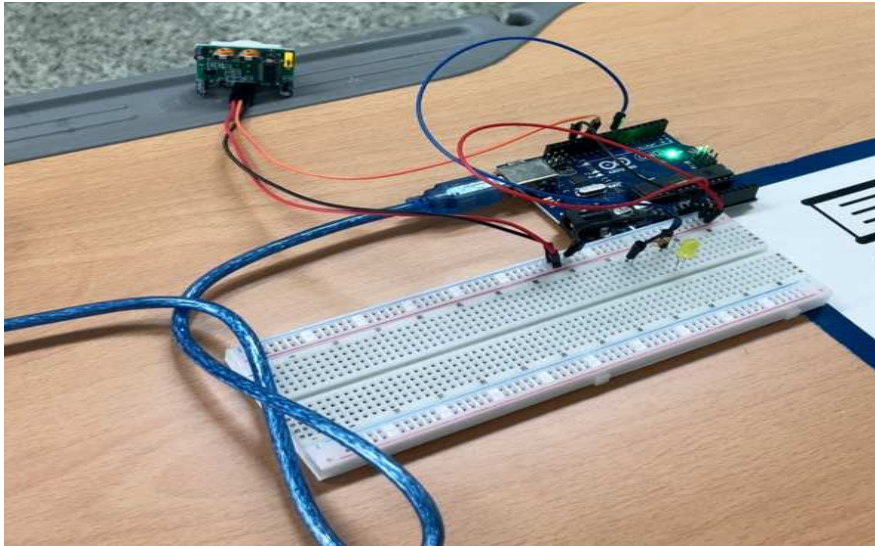
### 가. Main Function

- 본 프로젝트에서 가장 중요한 Main Function은 범죄 상황을 인식하여 객체의 쓰러짐 판별 및 알림 시스템이다. 700개 이상의 영상 데이터를 알고리즘을 통해 학습한다.



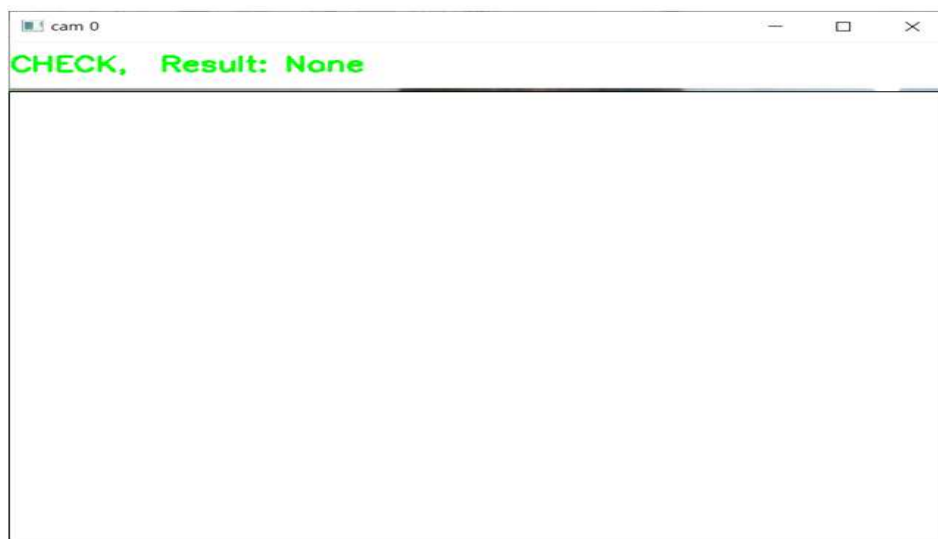
1) 하드웨어

- 아두이노 우노에 PIR 센서를 연결하여 조명 제어를 한다.



2) 실시간 스트리밍 창

- 상단에 팀 명, 결과 텍스트가 나타나 있어 실시간으로 상황을 확인할 수 있다.



## 6. 시험/테스트 결과

- 본 연구에서는 전이학습을 이용해 CNN을 통한 학습을 진행하였으며, 특정 영상에 대해 사람이 넘어서서 정지해있는 것과 같은 상황 발생 여부를 판별을 할 수 있는 방법을 제안하였다. 전이학습을 할 때에 사전 학습된 다양한 구조의 CNN 모델을 비교 실험하였고, 최종적으로 71%의 정확도를 얻어 최고의 성능을 보여준 데이터를 사용하였다.
- 사전 학습된 각 모델별 batch 사이즈 레이어 구조, epoch 수 등 설정한 초기 값에 따라 결과가 다르게 나타났고 각 모델별로 가장 좋은 결과 값을 얻기 위해 최적 값을 찾아 학습을 진행한 3가지 모델은 60~70%이상의 정확도를 보여 주었다. 아직 데이터가 부족하여, 높은 성능을 보이진 못하지만 추후에 더 많은 종류의 데이터를 가지고 학습이 진행된다면 이전 연구보다 향상된 정확도와 세밀한 판별이 가능할 것이다.

## 7. Coding & DEMO

### 1) 코드 및 하드웨어 구성 사진

-넘어짐 감지 모듈 코드는 다음과 같다. 파이썬 IDE를 이용하여 종속성을 불러들이고 OpenCV와 Pytorch를 이용하여 동영상을 처리하는 코드를 작성하였다. USB 캠으로부터 입력된 동영상을 인코딩하여 프레임단위로 나누고 이를 처리하여 넘어짐을 감지하였다. 넘어짐 감지는 팔다리의 위치와 몸의 각도들을 판단 기준으로 하였다.

-전체적으로 LSTM 모델은 RNN의 모델에 피드백 부분이 추가되기 때문에 히든 레이어는 RNN으로 구성하였다.

-LSMT 판별 모델

```
class LSTMModel(nn.Module):
    def __init__(self, input_dim=5, h_RNN_layers=2, h_RNN=256, drop_p=0.2, num_classes=1):
        super(LSTMModel, self).__init__()
        self.input_dim = input_dim
        self.h_RNN_layers = h_RNN_layers # RNN hidden layers
        self.h_RNN = h_RNN # RNN hidden nodes
        self.drop_p = drop_p
        if h_RNN_layers < 2:
            drop_p = 0
        self.num_classes = num_classes
        self.LSTM = nn.LSTM(
            input_size=self.input_dim,
            hidden_size=self.h_RNN,
            num_layers=h_RNN_layers,
            dropout=drop_p,
            batch_first=True, # input & output will has batch size as 1s dimension. e.g. (batch, time_step, input_size)
        )
        self.fc1 = nn.Linear(self.h_RNN, self.num_classes)
```

-웹캠으로부터 영상을 가져와서 판별된 결과를 영상과 합쳐서 윈도우로 보냄

```
if args[0].num_cams == 1:
    num_matched, new_num, idxs_unmatched = match_ip(ip_sets[0], kp_frames[0], lstm_sets[0], num_matched, max_length_mat)
    valid_idxs, prediction = get_all_features(ip_sets[0], lstm_sets[0], model)
    dict_frames[0]["tagged_df"]["text"] += f" Result: {activity_dict[prediction+5]}"
    img, output_videos[0] = show_tracked_img(dict_frames[0], ip_sets[0], num_matched, output_videos[0], args[0])
    # print(img1.shape)
    cv2.imshow(window_names[0], img)

elif args[0].num_cams == 2:
    num_matched, new_num, idxs_unmatched1 = match_ip(ip_sets[0], kp_frames[0], lstm_sets[0], num_matched, max_length_mat)
    assert(new_num == len(ip_sets[0]))
    for i in sorted(idxs_unmatched1, reverse=True):
        elem = ip_sets[1][i]
        ip_sets[1].pop(i)
        ip_sets[1].append(elem)
        elem_lstm = lstm_sets[1][i]
        lstm_sets[1].pop(i)
        lstm_sets[1].append(elem_lstm)
    num_matched, new_num, idxs_unmatched2 = match_ip(ip_sets[1], kp_frames[1], lstm_sets[1], num_matched, max_length_mat)
```

- 객체 인식한 후에 사각형으로 바운딩 박스를 생성하여 팔, 다리, 몸통의 위치 확인

```
def get_bb(self, kp_set, score=None):
    bb_list = []
    for i in range(kp_set.shape[0]):
        x = kp_set[i, :15, 0]
        y = kp_set[i, :15, 1]
        v = kp_set[i, :15, 2]
        assert np.any(v > 0)
        if not np.any(v > 0):
            return None

        x1, x2 = np.min(x[v > 0]), np.max(x[v > 0])
        y1, y2 = np.min(y[v > 0]), np.max(y[v > 0])
        if x2 - x1 < 5.0/self.width_height[0]:
            x1 -= 2.0/self.width_height[0]
            x2 += 2.0/self.width_height[0]
        if y2 - y1 < 5.0/self.width_height[1]:
            y1 -= 2.0/self.width_height[1]
            y2 += 2.0/self.width_height[1]

        bb_list.append(((x1, y1), (x2, y2)))
```

- 카메라를 구동하고 윈도우로 실시간 화면 실행시킴

```
def begin(self):
    print('Starting...')
    e = mp.Event()
    queues = [mp.Queue() for _ in range(self.args.num_cams)]
    counter1 = mp.Value('i', 0)
    counter2 = mp.Value('i', 0)
    argss = [copy.deepcopy(self.args) for _ in range(self.args.num_cams)]
    if self.args.num_cams == 1:
        if self.args.video is None:
            argss[0].video = 0
        process1 = mp.Process(target=extract_keypoints_parallel,
                               args=(queues[0], argss[0], counter1, counter2, self.consecutive_frames, e))
        process1.start()
        if self.args.coco_points:
            process1.join()
        else:
            process2 = mp.Process(target=alg2_sequential, args=(queues, argss,
                                                                self.consecutive_frames, e))
            process2.start()
            process1.join()
    elif self.args.num_cams == 2:
        if self.args.video is None:
            argss[0].video = 0
            argss[1].video = 1
        else:
            try:
```

- 아두이노의 인체 감지 센서를 이용하여 LED 자동 조절

-인체감지센서에서 사람을 감지하여 센서값을 받아 ifIsHuman이 HIGH이면 LED에 불을 켜고 5초간 기다리고 ifIsHuman이 HIGH가 아니면 LED 불을 끄

```
int PIR_pin = 12;  // 인체감지센서를 12번핀에 연결

int LED_pin = 8;   // LED를 8번핀에 연결

void setup() {

    pinMode(PIR_pin, INPUT);    // 아두이노의 12번핀을 입력으로 사용
    pinMode(LED_pin, OUTPUT);   // 아두이노의 8번핀을 출력으로 사용
}

void loop() {

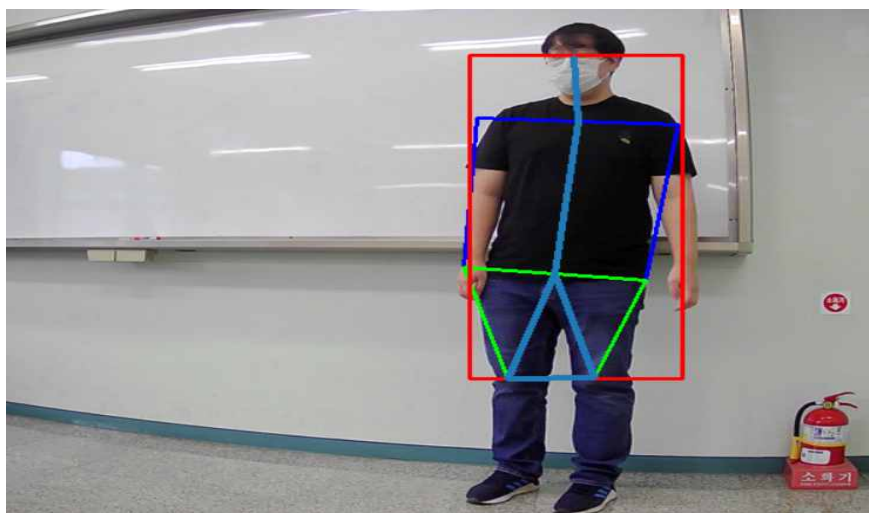
    int ifIsHuman = digitalRead(PIR_pin);  // 인체감지센서의 센서값을 ifIsHuman 변수에 저장
    if(ifIsHuman == HIGH){                  // 센서값이 HIGH이면(인체가 감지되면)
        digitalWrite(LED_pin, HIGH);       // LED에 불을 켜
        delay(5000);                       // 이후 5초간 기다림
    } else {                               // 센서값이 HIGH가 아니면
        digitalWrite(LED_pin, LOW);        // LED에 불을 끄
    }
}
```

## 2) DEMO

- 실제 넘어지는 영상에 학습 모델을 적용 시킨 것으로 넘어진 상황을 잘 인식하는 것을 볼 수 있다.



- 웹캠을 통해 실제 사람에게 학습된 모델을 적용시킨 것으로 팔, 다리가 구분 지어져 있음을 볼 수 있다.

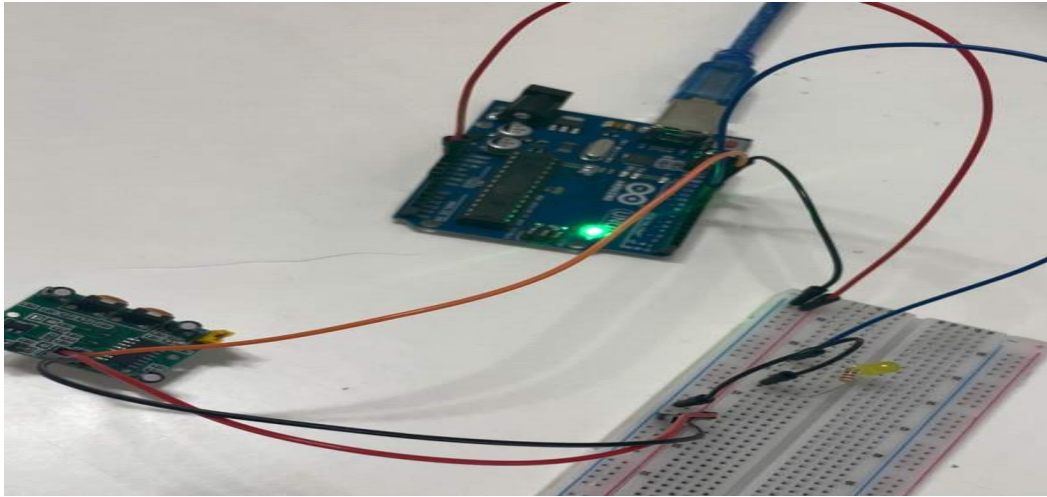




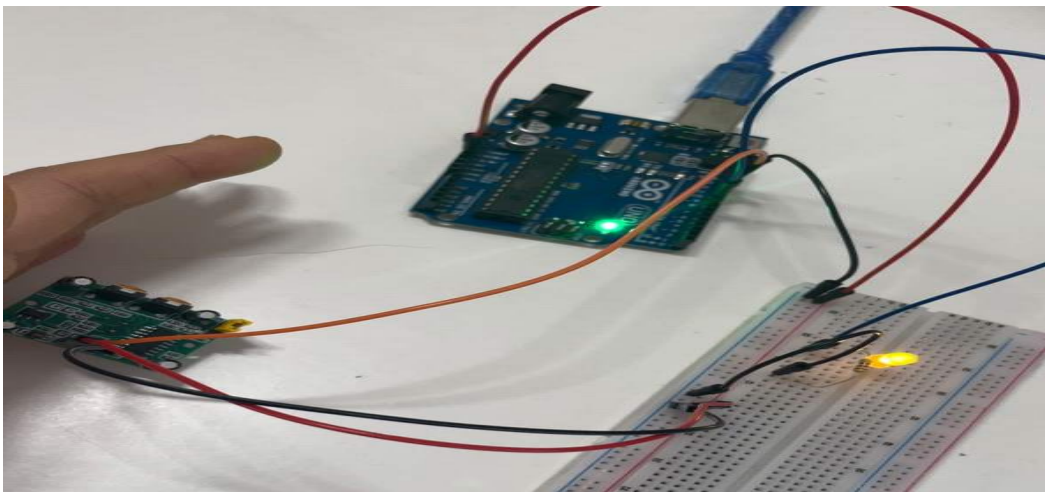
### Ⅲ. 결론

#### 1. 연구 결과

##### 1) 가로등 조명 테스트



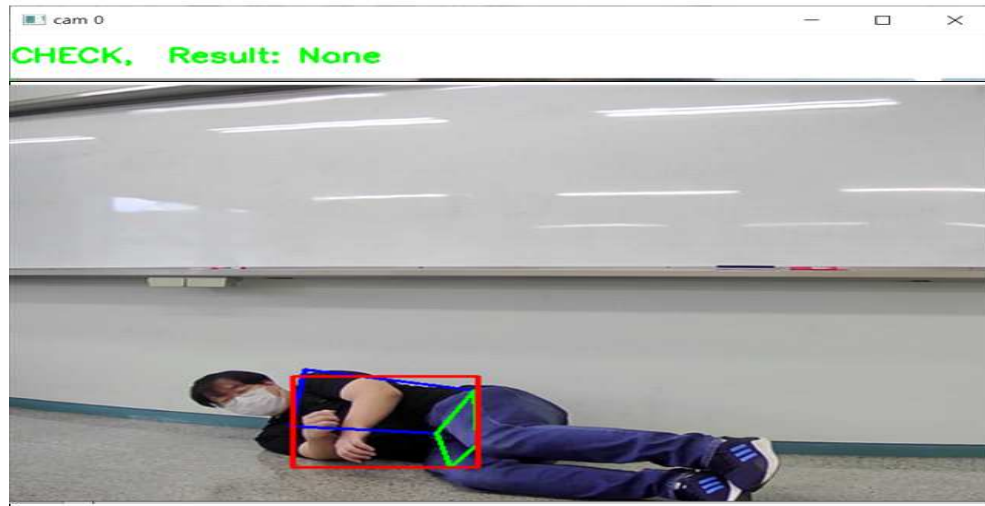
-사람이 인식이 되지 않아 LED 등이 켜지지 않는다.



-사람이 인식된 후 LED 등이 켜지고 5초 뒤에 LED 등이 꺼진다.

## 2) 영상 인식 테스트

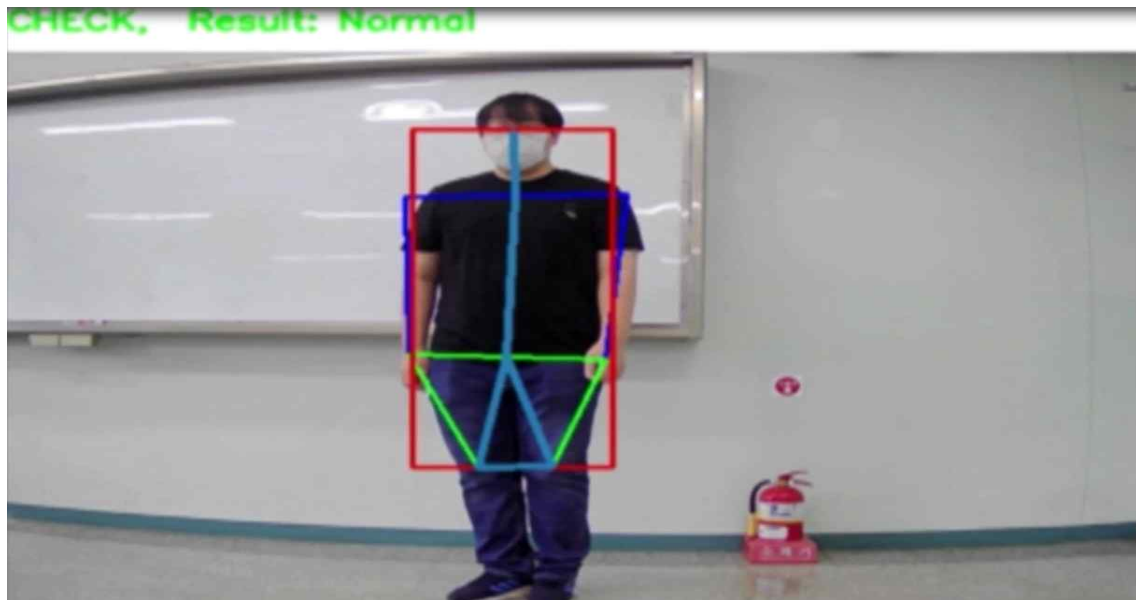
- 실시간 웹캠 화면에서 범죄상황을 인식하는 모습은 다음 그림과 같다.



-본 실험의 인식률은 검출횟수/ 실험횟수로 결정된다. 실험 결과 인식률은 70%로 관측되었고 그 결과는 다음의 표와 같다.

실험 회차	실험 결과	비고
1	검출 O	
2	검출 X	
3	검출 O	
4	검출 O	
5	검출 O	
6	검출 O	
7	검출 X	
8	검출 X	
9	검출 O	
10	검출 O	

-범죄상황이 아닌 경우(쓰러지지 않은 경우)에는 결과 텍스트가 Normal로 이상이 없는 것으로 뜨는 것을 볼 수 있다.





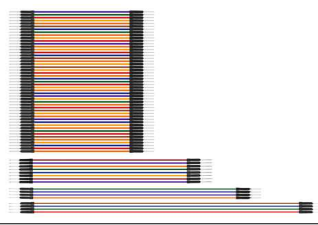

-범죄상황 발생 후 사람이 쓰러짐을 인식한 후의 화면으로 결과 텍스트가 FALL Warning으로 바뀐 것을 볼 수 있다.



### 3) 최종 결론

- 스마트 시티의 구성요소인 스마트 가로등을 직접 구현해 봄으로써 다양한 자세를 학습시킬 수도 있었지만 사람이 쓰러진 상황에 대해서만 판단을 하고자 하였다. 단순히 쓰러져 있는 상황에 대해서만 판단을 하기 때문에 자세한 상황에 대해서는 판단하지 못한다는 단점이 있다. 후에 단순히 사람 객체 하나가 아닌 여러 객체를 동시에 인지하고 더 다양한 상황에 대해 인지를 할 수 있게 된다면 더욱 더 강화된 스마트 가로등이 될 것으로 보인다. 또한 더 많은 종류의 데이터를 가지고 학습이 진행된다면 이전 연구보다 더 향상된 정확도와 세밀한 판별이 가능해질 것이고 더 나아가 각종 센서를 부착하여 날씨와 공기질 체크등 환경 정보를 수집, 활용하여 다양한 시민 서비스를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

## 2. 작품제작 소요재료 목록

이름	사진	비고
아두이노 우노용 USB B 케이블		
아두이노 우노 Uno R3		
브레드보드용 점퍼케이블		
LED		

아두이노 브레드보드		
아두이노 적외선 PIR 센서		
웹캠 PCWEB200A		400만 화소 1440p(QHD) 2560*1440

## 참고자료

- [1] 더세비콘매거진 <https://semiconmagazine.modoo.at/>
- [2] Smart Lighting Market, Marketsand Markets 2018, Global LED Lighting Market, Market Research Future
- [3] Humble Lamppost (출처:<https://eu-smartcities.eu/initiatives/78/description>)
- [4]경찰청 통계(2017), 범죄 시간대별 통계
- [5]법무부(2015), 설문조사
- [6]박정숙·장영호(2015), 지역사회 범죄예방을 위한 야간조명 개선에 관한 연구한국디자인문화학회 제21권 제2호.p. 261-273.
- [7]<https://github.com/quanhua92/human-pose-estimation-opencv>