

**프로젝트 명 : Adaboost Training 기법을 활용한 얼굴인식  
알고리즘 개발**



**인공지능응용학과**

## 1) 프로젝트 필요성

- 집이란 예로부터 사람이 생활하는 주거 공간에서 외부로부터의 위협에 대비하기 위해 벽을 세우고 지붕을 올려 만든 건물을 뜻한다.
- 집으로 들어가기 위해서는 문을 통과해야 하는데 현재 대부분의 가정집의 문에는 비밀번호형태의 도어락 시스템의 잠금 장치를 사용하고 있다. 옛날 열쇠 방식보다 더 안전하다고 느껴지는 도어락을 사용하고 있지만 매년 주거 침입 범죄는 증가하고 방법은 더 영리해지고 있다.
- 이러한 도어락 형태의 잠금장치는 비밀 번호를 설정하고 문을 열 때마다 비밀번호를 입력하는 형식으로써 집으로 진입할 때마다 비밀번호 노출이라는 가장 큰 위험이 따라 다닌다. 이러한 위험을 조금이나마 방지하고자 비밀번호 형태의 도어락이 아닌 라즈베리파이의 카메라 센서를 이용한 이미지프로세싱으로 얼굴인식을 통한 도어락을 개발할 계획이다.

### 최근 3년 간 '주거침입성범죄' 1000건 육박...매일 1건 꼴

소병훈 의원 "강력범죄 가능성 높아 대책 필요"

(서울=뉴스1) 민선희 기자 | 2018-10-09 20:15 송고

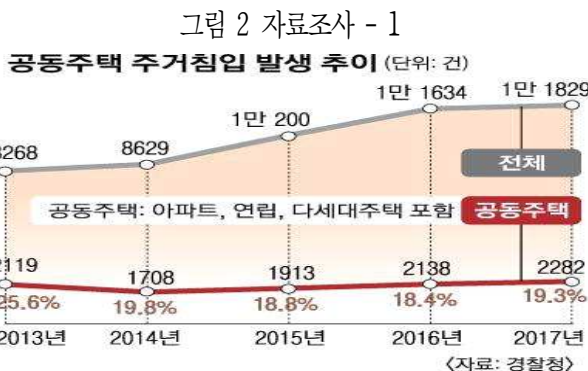


그림 4 자료조사 - 3

### [단독] '훔쳐 보고, 몰래 열고'...허술한 '도어락 관리'가 범죄 부른다

송고시간 | 2016-05-24 07:06

f t v ... | 음 + -

몰래카메라 설치, 비번 훔쳐보거나 마스터 비번으로 쉽게 열어  
전문가 "사용자가 주기적으로 비번을 변경하는 등 주의해야"

그림 3 자료조사 - 2



그림 5 자료조사 - 4

## 2) 동작순서도

- (1) 라즈베리파이 카메라 센서에 거주자 이미지를 저장한다.
- (2) 이미지 프로세싱을 통해 거주자 이미지를 학습한다.
- (3) 현관문에 카메라 센서를 부착한다.
- (4) 현관문 출입 시 카메라 센서를 이용해 방문자와 거주자의 이미지를 비교한다.
- (5) 이미지 프로세싱을 통해 거주자와 일치할시 LED에 녹색 점등 및 모터를 작동시킨다.
- (6) 거주자와 불일치 시 LED에 빨간색 점등 및 부저센서를 작동 한다.

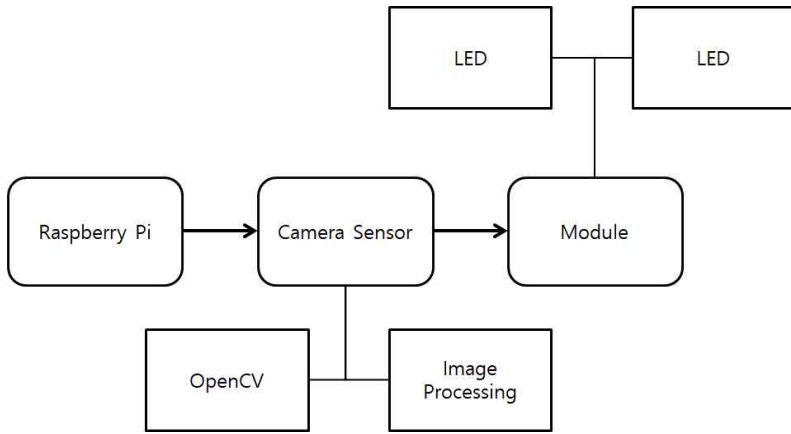


그림 6 동작 순서도

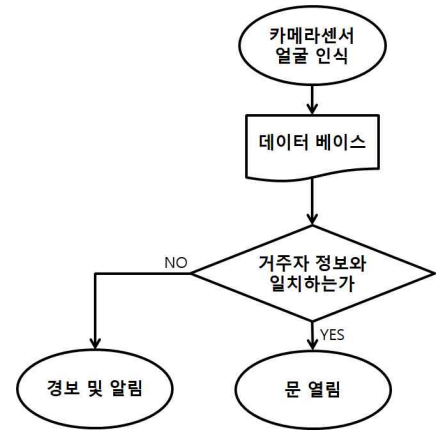





그림 7 흐름도

### 3) 준비 부품

센서모듈	센서명	역할
	라즈베리파이	센서값을 받아들이고 동작을 수행할 수 있도록 함
	카메라 센서	이미지 프로세싱을 위한 영상처리
	Servo 모터	처리되는 값에 따라 모터를 움직여 문이 열리는 것을 표현
	발광 소자 LED	처리되는 값에 따라 신호를 빛으로 출력함
	피에조 부저	처리되는 값에 따라 신호를 소리로 출력함
	SD카드	리눅스 OS를 설치 및 라즈베리파이 작동을 위함

#### 4) 핀 맵

센서모듈	순번	역할	연결 핀 번호
	1	접지	Ground
	2	MIPI 데이터 통신	CAMI_DN0
	3	MIPI 데이터 터미널 역할 (0)	CAMI_DP0
	4	접지	Ground
	5	MIPI 데이터 통신	CAMI_DN1
	6	MIPI 데이터 터미널 역할 (1)	CAMI_DP1
	7	접지	Ground
	8	MIPI 데이터 통신 클럭	CAMI_CN
	9	MIPI 데이터 통신 클럭	CAMI_CP
	10	접지	Ground
	11	카메라 사용 인에이블	CAM_GPIO
	12	카메라 클럭	CAM_CLK
	13	I2C 통신	SCL0
	14	I2C 통신	SDA0
	15	전원공급	3.3v
	1	접지	Ground
	2	데이터 핀	GPIO4
	3	전원공급	5v
	1	접지	Ground
	2	데이터 핀	GPIO4
	3	전원공급	5v

## 5) 시나리오 구현 방법

### 1. 거주자 이미지 저장

- 라즈베리파이에서의 이미지 프로세싱을 이용한 학습을 하기 위해 거주자의 이미지를 저장한다. 이 때 거주자의 사진은 여러 상황, 여러 각도에서 저장 할수록 카메라가 더 쉽게 인식한다.

### 2. 거주자 사진을 통한 이미지 프로세싱

- 라즈베리 파이에서 저장된 거주자의 이미지를 가지고, 이미지 프로세싱을 통해 거주자의 이미지를 학습시킨다. 이미지를 저장할 때 id를 부여하고 얼굴, 눈, 입 등을 인식하여 정확도를 높인다.

### 3. 현관문 카메라 센서 부착 및 실시간 이미지 프로세싱

- 현관문에 카메라 센서를 부착하여 방문자의 얼굴을 실시간으로 감지 및 거주자와 비교한다.

### 4. 실시간 이미지 프로세싱을 통한 방문자와 거주자 비교 및 알림

- 이미지 프로세싱을 통해 방문자와 거주자의 정보를 비교한 뒤 정보가 일치할 시 LED 에 녹색 불을 점등하고 Servo모터를 가동시켜 문을 열어준다. 반대로 정보가 일치하지 않는다면 LED에 빨간색 불을 점등하고 부저를 통해 알림을 준다.

### 5. 배치 예상도

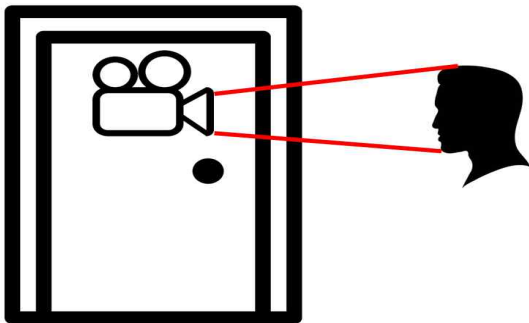


그림 7 카메라가 사용자를 인식

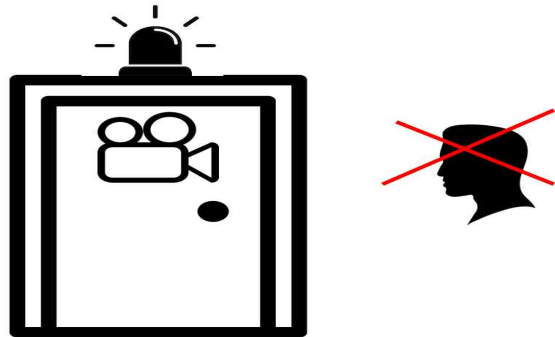


그림 8 거주자 정보와 불일치 시

## 6) 실험결과

### ■ 라즈베리파이

- 라즈베리파이란 영국의 라즈베리 파이 재단이 기초 컴퓨터 과학의 교육을 위해 개발한 싱글 보드형 컴퓨터이다. 즉, 마이크로 프로세서, 메모리, 입출력 연결단자 등을 하나의 회로로 구성한 초소형 컴퓨터라고 할 수 있다.

- ① 작은 크기로서 독자적으로 동작이 가능한 소형 컴퓨터이다.
- ② 다양한 운영체제를 지원이 한다.
- ③ HDMI를 탑재하여 강력한 그래픽 기능을 가지고 있다.

- ④ PC 주변 기기를 활용할 수 있다.
- ⑤ GPIO를 지원하여 USB 기반의 별도 추가 장비 없이 각종 센서 및 소자들을 OS 내부에 탑재된 C와 파이언어로 작성된 프로그램을 통해 완벽한 제어가 가능하다.
- ⑥ 가격이 저렴하다.

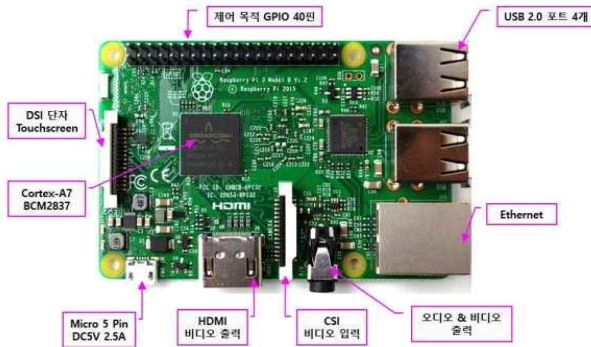


그림 9 Raspberry pi3 Model B 앞면

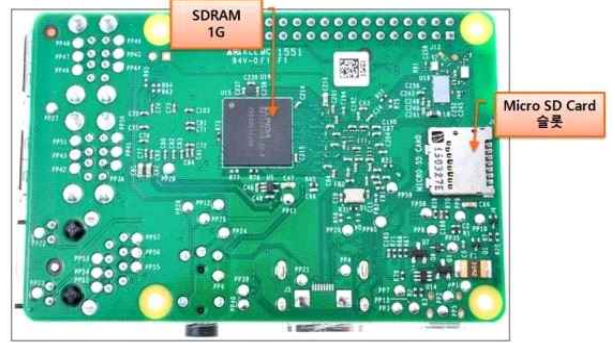


그림 10 Raspberry pi3 Model B 뒷면

## ■ GPIO

- Raspberry Pi 3 model B에는 40개의 핀이 있고 각 핀마다 고유의 기능이 정해져 있다. 하지만, 기본적으로 모든 핀은 디지털 신호(데이터)를 입력 또는 출력 할 수 있는 기능을 가지고 있다. 이때 40개의 핀은 개발자의 의도에 따라서 핀을 사용할 수 있다는 의미로 다목적 용도의 GPIO (범용입출력) 이라고 한다.
- Raspberry Pi에서 GPIO 기반 센서 제어 프로그래밍을 하기 위해서는 라이브러리가 필요하다. 본 과제에서는 파이썬 기반 RPi.GPIO 라이브러리 모듈을 사용했다.

## ■ LED 제어

- Light Emitting Diode의 약자로 갈륨(Ga), 인(P), 비소(As) 재료로 만든 발광 다이오드 소자다. 다이오드는 두 극으로 된 물체로 양극, 음극을 모두 가진 장치를 말하며 앞서 말한 재료에 전류를 가하면 빛을 발하게 된다.



그림 11 RGB - LED

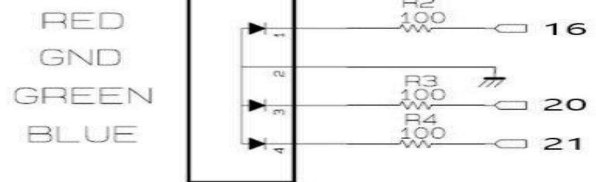


그림 12 LED PIN MAP

- 실험결과 : 본 과제에서는 Raspberry Pi의 카메라 센서를 통한 사용자 얼굴인식으로 거주자와 정보가 일치할 시 초록색불, 불일치 시 빨간색 불을 점등해야하기 위해 RGB - LED를 사용했다.
- 오실로스코프를 이용하여 LED 색에 따른 전압의 흐름에 대해서 관측했다. 각 색깔별로 다른 전압이 흐를 것이라

는 예상과 달리 어느 색이든 같은 전압의 흐름을 관측할 수 있었다.

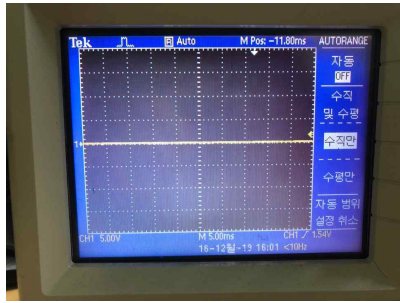


그림 13 LED가 꺼져있을 때

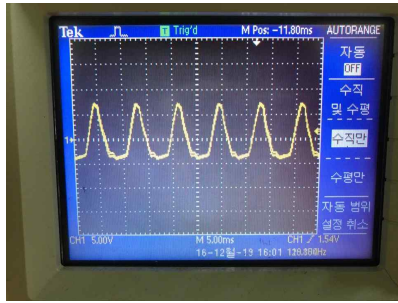


그림 14 녹색불 일 때

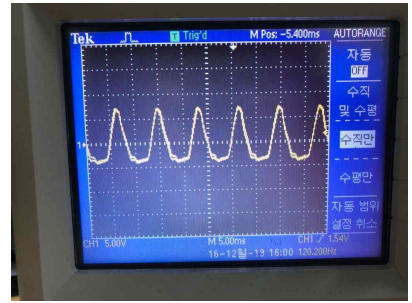


그림 15 빨간불 일 때

### ■ Servo모터 제어

- Servo 모터는 자체적으로 속도를 조절 할 수 있고, 속도를 정밀하게 통제할 수 있는 모터시스템으로 내부에 컨트롤러를 이용하여 어느 정도 회전했는지 센싱하고 입력 받은 값만큼 회전 시켜주는 기능을 가지고 있다.



그림 16 Servo 모터

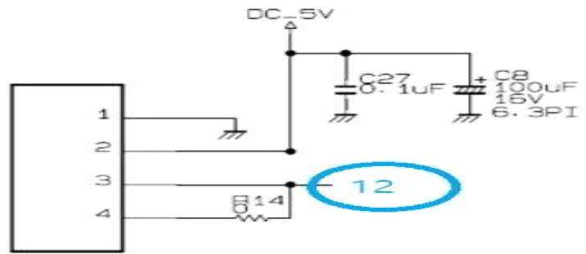


그림 17 Servo 모터 PIN MAP

- 실험 결과 : 본 과제에서는 Raspberry Pi 의 카메라 센서를 통한 사용자 얼굴인식으로 거주자와 정보가 일치 시모터를 작동시켜주기 위해서 Servo 모터를 사용했다.

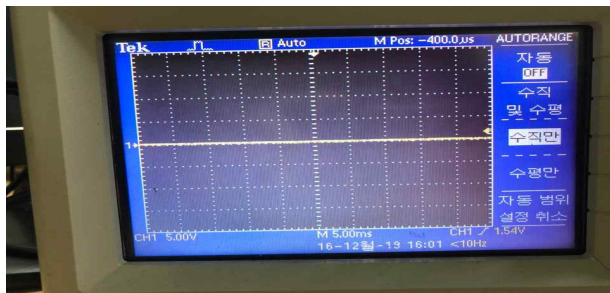


그림 18 모터 정지 상태

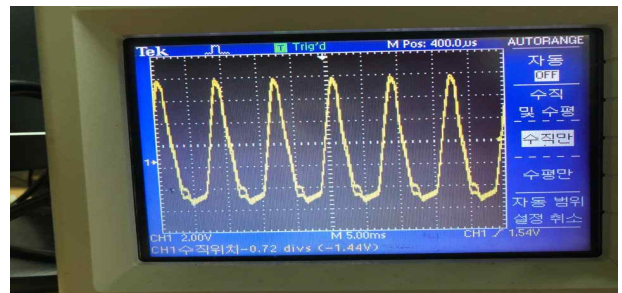


그림 19 모터 작동 상태

### ■ open CV

- Open CV란 Open Source Computer Vision 의 약자로 인텔에서 만든 영상처리 라이브러리이다. 기초 영상 처리에 서부터 고급 수준의 영상처리까지 상당한 양의 알고리즘들이 함수로 구현되어 있다. 또한, C++, C, Python 및 JAVA와 같은 다양한 인터페이스를 지원하며 Windows, Linux, Mac OS, iOS 및 Android 같은 다양한 OS를 지원한다.

## ■ Pi 카메라

- 본 과제에서는 기본적으로 영상처리를 하기 위해 Pi 카메라를 사용 했다. Pi 카메라는 총 15핀으로 구성되어있고 고화질 비디오 및 스틸 사진을 찍을 수 있다.
- CSI 커넥터는 리본 케이블 형태의 카메라 모듈과 연결되어서 I2C통신으로 데이터를 송수신 한다.



그림 20 Pi 카메라

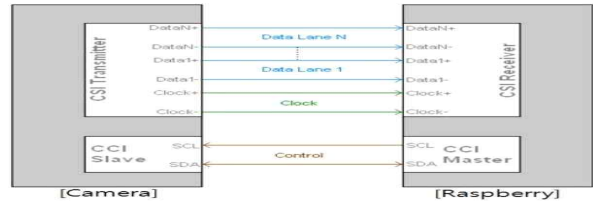


그림 21 연결 구조

## ■ 얼굴인식

- 본 과제에서 Raspberry Pi 의 Pi 카메라를 사용해 이미지 프로세싱을 사용했다. 이미지 프로세싱을 하기 위해 먼저 'Haar Cascade'를 사용했다. 이미지 프로세싱으로는 얼굴인식, 눈 인식, 웃는 입(smile)인식 등 다양한 부위 인식이 있었다.
- 이미지 프로세싱을 하기 위해서는 먼저 이미지 데이터부터 저장한다. 본 과제에서는 먼저 사진을 사용자의 ID를 먼저 입력받는다. ID를 입력 받으면 영상에서 사람의 얼굴을 인식 한 뒤 변수 count에 따라서 정해진 숫자만큼 얼굴 부분을 캡처한 이미지를 'dataset'에 저장한다.

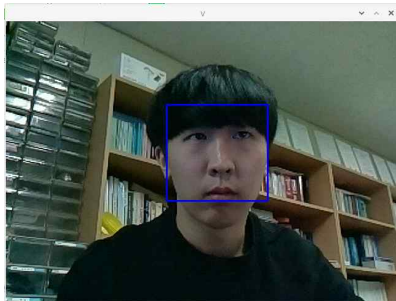


그림 22 얼굴인식

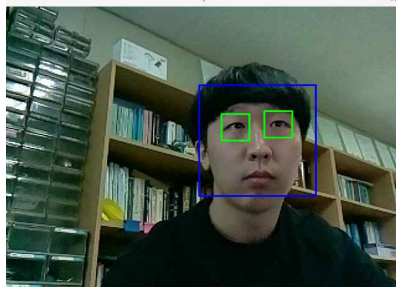


그림 23 얼굴 + 눈 인식

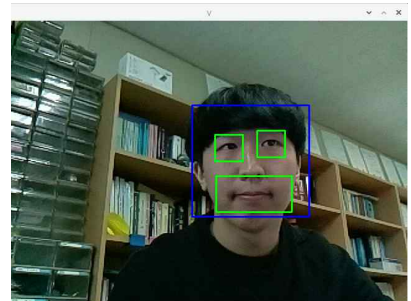


그림 24 얼굴 + 눈 + 입 인식

- 저장된 학습 데이터를 기반으로 Open CV를 사용하여 영상에서 실시간으로 사람의 얼굴을 인식하게 한 뒤, 인식된 얼굴과 trainer.yml 파일에 추출된 각 사용자의 특징과 일치하는지 확인시켜준다.



그림 25 실시간 얼굴인식



그림 26 실시간 얼굴인식 - 2

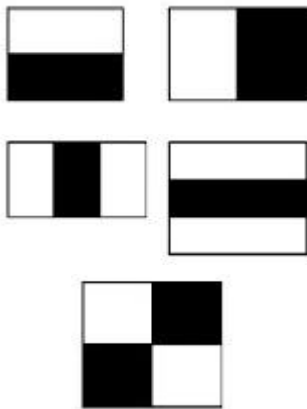


## ■ Haar Cascade

- Haar Cascade는 머신 러닝 기반의 오브젝트 검출 알고리즘이다. 직사각형 영역으로 구성되는 특징을 사용하기 때문에 픽셀을 직접 사용할 때보다 동작 속도가 빠르다. 찾으려는 오브젝트가 포함된 이미지와 오브젝트가 없는 이미지를 사용하여 Haar Cascade를 학습 시킨다. 그리고 나서 분류기를 사용하여 오브젝트를 검출한다. 알고리즘은 총 4단계로 진행된다.

1) Haar Cascade Selection (하르 특징 선택) : 이미지에서 Haar Features를 계산하는 단계이다. 모든 가능한 크기의 커널을 가지고 이미지 전체를 스캔하여 Haar Features를 계산한다.

- 이미지를 스캔하면서 위치를 이동시키는 인접한 직사각형들의 영역 내에 있는 픽셀의 합의 차이를 이용한다. 사각 영역 내부의 픽셀들을 빨리 더하기 위해서 적분 이미지를 사용한다.



a) 두 사각 영역 내부에 있는 픽셀들의 합하여 검색영역의 합에서 흰색영역의 합을 빼서 구한 것이다.

b) 중앙에 있는 검은색 사각 영역 내부의 픽셀 합에서 바깥에 있는 두 개의 흰색 사각 영역 내부의 픽셀 합을 빼 것이다.

c) 대각선에 위치한 영역간의 차이를 구한 것이다,

2) Integral Images (적분 이미지)

- Haar Features를 계산하려면 검은색 사각형과 흰색 사각형 아래에 있는 픽셀의 합을 구해야하는데 픽셀의 합을 빠르게 구하기 위해 적분 이미지를 사용한다.
- 기존 이미지에서 영역을 지정하여 내부의 값을 구할 때 적분 이미지에서 대응하는 영역 4곳의 픽셀 값을 사용하여 영역의 합을 계산할 수 있다.
- 적분 이미지에서 대응하는 영역의 오른쪽 아래 픽셀 값의 값에서 위쪽 픽셀과 아래쪽 픽셀 값을 빼주고 대각선 방향에 있는 픽셀을 더해준다.

1	2	2	4	1
3	4	1	5	2
2	3	3	2	4
4	1	5	4	6
6	3	2	1	3

$$4+1+5+3+3+2+1+5+4=28$$

그림 27 Integral Images 예시 - 1

0	0	0	0	0	0
0	1	3	5	9	10
0	4	10	13	22	25
0	6	15	21	32	39
0	10	20	31	46	59
0	16	29	42	58	74

$$46-10-9+1=28$$

그림 28 Integral Images 예시 - 2

0	0	0	0	0	0
0	1	3	5	9	10
0	4	10	13	22	25
0	6	15	21	32	39
0	10	20	31	46	59
0	16	29	42	58	74

$$31-10-0+0 = 21$$

그림 29 Integral Images 예시 - 3

### 3) Adaboost Training

- 앞서 설명한 알고리즘이 진행되면 160000 개 이상의 특징이 검출되는데 얼굴 검출을 하는데 도움이 되는 의미 있는 특징을 골라 내야한다. 이 때 처리 성능을 향상시키기 위해서 Adaboost를 사용한다.



a) 코와 뺨보다 눈 부분이 더 어둡다는 특징을 사용

b) 중앙에 있는 코보다 양쪽에 있는 눈 부분이 더 어둡다는 특징을 사용.

### ■ 최종 결과물

- 앞서 설명한 센서 및 이미지 프로세싱 기술을 모두 이용하여 최종 결과물을 제작해 보았다. 먼저 사용자의 이미지를 저장한 뒤 스스로 학습을 시키고 다시 카메라 센서를 통해 실시간으로 사용자의 얼굴과 학습된 이미지 데이터와 비교하면서 일치하는 비율을 따로 저장해두었다. 저장된 비율로 사용자와 학습된 이미지 데이터가 어느 정도 일치한다면 녹색불 LED가 점등되고, Servo모터가 작동한다. 반대로 일치하지 않는다면 LED에 빨간불이 들어오도록 설정했다.



그림 30 사용자 일치 시 녹색 LED

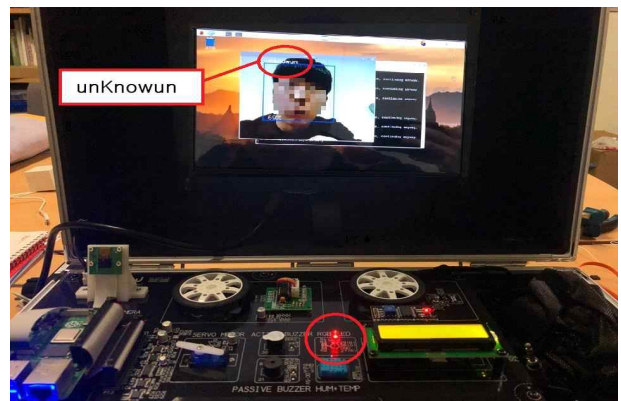


그림 31 사용자 불일치 시 빨간 LED

- 본 과제에서 만든 ‘라즈베리파이 이미지 프로세싱을 통한 얼굴인식 잠금장치’를 통하여 기존의 비밀번호 형식 도어락 보다 더 안전한 잠금장치를 개발할 수 있고, 그로인한 범죄 또한 예방할 것이다. 이러한 이미지 프로세싱 기술을 공항의 입국심사 혹은 범죄자를 추적하는 CCTV 등에 활용할 수 있을 것이다.