

얼굴인식을 이용한 출석체크 시스템 연구

이형주* · 박용욱**

A Study of Attendance Check System using Face Recognition

Hyeong-Ju Lee* · Yong-Wook Park**

요 약

현대 사회의 급속한 발전으로 무인 처리 시스템이 사회적으로 대두됨에 따라 OpenCV를 이용하여 영상이나 이미지를 자동으로 분석 및 처리하여 의미 있는 결과물을 도출해내고 사회가 요구하는 역량을 기르기 위해서 라즈베리 파이 4를 이용한 얼굴인식 출결 관리 시스템에 대한 필요성이 대두되었다. 라즈베리 파이 4를 기반으로 Python3를 사용하여 소프트웨어를 설계하고, 오픈소스인 OpenCV, Haar cascade와 Kakao API, 구글 드라이브 등의 기술들을 사용하여 얼굴등록, 얼굴인식을 통한 손쉬운 출석 체크로 Kakao API를 통해 실시간으로 사용자와 통신할 수 있고 출석 확인 및 수정을 편리하게 할 수 있는 얼굴인식 출결관리 시스템을 연구하였다.

ABSTRACT

As unmanned processing systems emerged socially due to the rapid development of modern society, a face recognition attendance management system using Raspberry Pi 4 was studied and conceived to automatically analyze and process images and produce meaningful results using OpenCV. Based on Raspberry Pi 4, the software is designed with Python 3 and consists of technologies such as OpenCV, Haarcascade, Kakao API, and Google Drive, which are open sources, and can communicate with users in real time through Kakao API for face registration and face recognition.

키워드

Raspberry Pi 4, Python 3, OpenCV, Face Recognition, Attendance System
라즈베리 파이 4, 파이썬 3, OpenCV, 얼굴 인식, 출결 시스템

1. 서 론

우리 사회는 4차 산업혁명이라는 거대한 변화를 맞이하고 있다. 빅데이터, 인공지능, 생체인식, VR 및 AR, 자율주행 등 기존에 존재하지 않았던 기술이 생

활을 매우 빠르게 변화시키고 있으며 최근 하드웨어와 앞서 말한 소프트웨어와의 융합기술이 발달함에 따라 우리의 삶은 더욱 편리해지고 있으며 계산력의 향상과 딥러닝의 발전으로 인해 해당 기술들의 관련 산업이 급격히 발달하여 현재 사회 전 영역에 영향을 미치고

* 남서울대학교 전자공학과(thensdhxir@naver.com)

** 교신저자 : 남서울대학교 전자공학과

· 접수 일 : 2022. 09. 25

· 수정완료일 : 2022. 11. 03

· 게재확정일 : 2022. 12. 17

· Received : Sep. 25, 2022, Revised : Nov. 03, 2022, Accepted : Dec. 17, 2022

· Corresponding Author : Yong-Wook Park

Dept. of Electronic engineering, Namseoul University,

Email : pyw@nsu.ac.kr

있다[1-3]. 비대면 원격 디지털 환경으로 급변하면서 더욱 구체적인 비대면 환경에 관한 연구 개발들도 활발해지고 있으며 얼굴인식 기술이 급속도로 발전되고 있다[4, 5]. 이처럼 본 논문에서는 실생활에 실시간 얼굴인식 기술을 활용하여 수업 시간의 일정 부분을 차지하며 번거로운 작업인 출석 부르는 과정을 최대한 줄이고자 얼굴 데이터를 입력시킨 프로그램이 교실을 출입하는 학생들의 얼굴을 인식하여 출결을 관리하고 자동으로 알림, 문서화하여 사용자가 언제 어디서든 자신의 출결 상태를 확인할 수 있고 실시간으로 수정이 가능할 수 있는 얼굴인식 출석 관리 시스템을 Python 3을 사용하여 오픈소스인 Open-CV와 Haar cascade 라이브러리를 이용하여 얼굴인식 출석 관리 시스템을 설계하였고, 특성을 연구하였다.

II. 시스템 구성

그림 1은 본 논문에서 구현하고자 하는 얼굴인식 출결관리 시스템의 구조도이다. 얼굴인식 시스템 설계를 위해서 하드웨어로 데이터 연산과 저장을 위한 소형 컴퓨터로 라즈베리 파이 4를 적용하였으며, 얼굴을 추출하고 카메라와 결과를 표시해주기 위하여 LCD 디스플레이를 출력기로 사용하였다. 소프트웨어로는 라즈베리 파이 전용 OS를 이용하여 시스템을 구축 환경을 만들어주었으며 개발 언어로는 Python 3을 사용하였고 오픈소스인 OpenCV와 Haar cascade의 라이브러리를 이용하여 프로그램을 설계하였다.

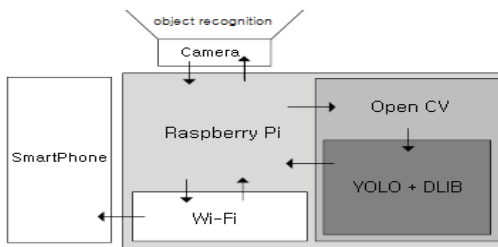


그림 1. 얼굴인식 출결관리 시스템 구조도
Fig. 1 Structural diagram of face recognition attendance management system

실시간으로 출결을 확인할 수 있도록 핸드폰과 통신할 수 있는 Wi-Fi를 설정해주었으며 시스템 내에

서 Kakao Developers에서 제공하는 Rest API와 구글 드라이브를 이용하여 카메라를 통해 사용자를 인식하고 분석한 결과를 핸드폰으로 전송하게 하였다. OpenCV는 Open Source Computer Vision의 약자로 컴퓨터가 사람의 눈처럼 인식할 수 있도록 카메라를 제어하여 실시간 이미지/영상 처리에 중점을 둔 오픈소스 라이브러리이며 이미지 편집을 통해 화면에 보이는 영상이 컴퓨터가 인식하기에 우리 눈과 최대한 가깝게 구현하기 위해 입력 영상의 잡음제거, 특정 영역을 분할, 강조 혹은 크기를 조정하여 이미지를 후처리하는 기술이다[6-8].

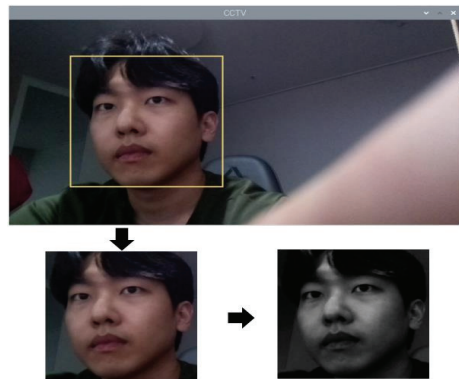


그림 2. 데이터 리사이즈와 흑백 컨버팅
Fig. 2 Data resize and black-and-white converting

라즈베리 파이의 CPU의 데이터 처리 능력을 고려하여 빠른 데이터 처리 속도와 데이터 압축을 위해 그림 2와 같이 OpenCV의 라이브러리를 이용하여 촬영된 사진을 Haar cascade 검출기로 얼굴 부분만 추출하여 (200 x 200) 사이즈로 축소한 후 흑백으로 변환하여 저장하였다. 또한, Haar cascade는 머신 러닝 기반의 오브젝트 검출 알고리즘으로 Haar cascade는 검출 목적인 물체가 포함된 이미지와 포함되지 않은 이미지를 가지고 Haar Cascade Classifier를 반복 학습하는 알고리즘으로 작동한다. 첫 번째로 이미지 전체를 스캔하여 Haar Feature 값을 계산하는 것으로 그림 3과 같이 Haar Feature의 값은 흰·검은색 사각형의 위치, 크기를 정한 후 각 영역의 픽셀값을 추출하여 계산한다. 검은색 사각형은 255에서 픽셀값을 뺀 값을, 흰색 사각형에서는 합하여 계산한다.

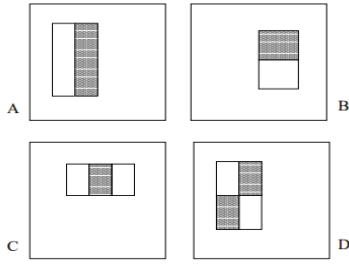


그림 3. 여러 가지의 Haar Feature
Fig. 3 Various of Haar Feature

윈도 크기가 24x24일 때, A, B 특징은 각 34,200개, C 특징은 26,000개, D 특징은 20,736개가 사용되어 116,736가지 일반 특징 마스크를 사용할 수 있다.

두 번째는 Integral Images(적분 이미지)로 Haar Feature를 계산하려면 흰·검은색 사각형의 아래에 있는 픽셀들의 합을 구해야 하는데 이때 픽셀의 합 계산을 빠르게 하기 위해 적분 이미지를 사용한다. Integral Images를 활용하면 4번의 계산만으로 구할 수 있어 처리시간을 단축할 수 있다. 적분 이미지를 구하는 식은 식 (1)과 같다[9-11].

$$ii(x,y) = \sum_{x'=0}^{x-1} \sum_{y'=0}^{y-1} i(x',y') \quad (1)$$

식 (1)에서 $ii(x,y)$ 는 적분 이미지에서의 x,y 좌표의 값이고 $i(x,y)$ 는 원래의 이미지에서의 x,y 의 밝기 값이다. 따라서 $ii(x,y)$ 값은 원래 이미지 (0,0)에서 임의의 (x,y) 좌표까지의 사각형 내의 밝기값의 합이다. 그림 4는 식 (1)을 이용하여 가로, 세로가 5인 임의의 이미지에서 적분 이미지를 구한 예이다.

1	3	5	6	9
3	4	7	7	2
0	5	4	5	6
8	9	1	5	1
3	5	4	2	2

1	4	9	15	24
4	11	23	36	47
4	16	32	50	67
12	33	50	73	91
15	41	62	87	107

Original Image Integral Image

그림 4. 적분 이미지 변환
Fig. 4 Transformation of integral image

그림 5에서 적분 이미지를 이용하여 임의의 D 영역의 값을 구하려면 적분 이미지로 변환한 4번 좌표와 1번 좌표의 값을 더하고 2번과 3번 좌표의 값을 빼주면 된다.

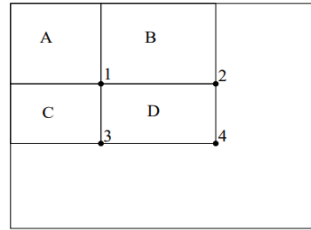


그림 5. 적분 이미지 예시
Fig. 5 Example of Integral image

세 번째는 Adaboost Training으로 Adaboost는 부스트 알고리즘 중 하나로 앞서 선택한 Haar Feature와 적분 이미지를 활용하여 적은 데이터로도 학습이 가능하며 얼굴 검출하는 데에 도움이 되는 의미 있는 특징을 골라내는 분류기 기본 기술이다. 그림 6에서 가로 방향 특징은 코와 뺨보다는 눈이 어둡다는 특징을, 세로 방향에서는 코보다 눈이 어둡다는 특성을 이용하여 의미 있는 특징을 찾아 값을 내놓는다. 이미지 분류를 위한 훈련으로 많은 특징 중 의미 있는 특징만을 골라내야 한다. 이를 위해 낮은 분류 성능을 보이는 약한 분류기들을 순차적으로 배열하여 강한 분류기를 만드는데 에러율이 낮은 특징을 하나 선택하고 데이터 가중치를 고려하여 에러율을 구하고 이렇게 구한 에러율을 고려하여 그 특징의 가중치를 조정한다.

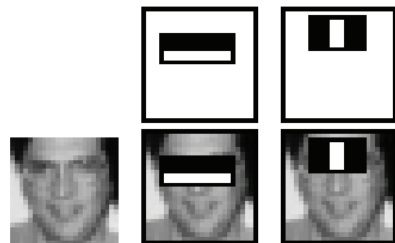


그림 6. Adaboost 특징 추출
Fig. 6 Adaboost of feature extraction

잘못 분류된 데이터의 가중치를 올리고 잘 분류된 데이터의 가중치는 감소시킨다. 앞선 특징이 잘 구분하지 못했던 데이터를 현재의 특징이 잘 구분한다면 앞의 특징보다 더 좋은 성능을 가졌다고 할 수 있어 중요도를 높인다. 이 과정을 반복하면 결과적으로 강한 분류기는 가중치가 높은 약한 분류기부터 배워낸 약한 분류기의 합으로 구성된다. 얼굴이 포함된 이미지와 그렇지 않은 이미지로 충분한 훈련을 거친 강한 분류기는 에러가 0에 근접한다. 본 논문에서는 haar cascade 라이브러리에서 기본적으로 주어진 얼굴 데이터 학습이 이미 완료된 haar cascade_frontal_catface.xml 분류기 파일을 이용하여 얼굴을 검출하고 분류하였다.

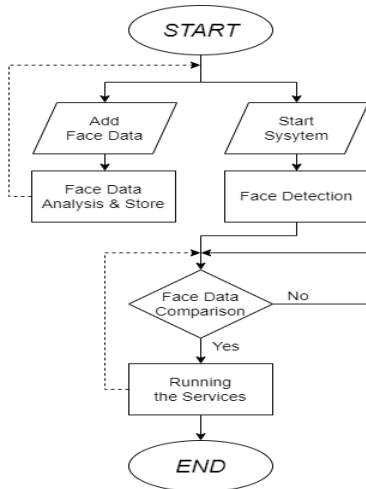


그림 7. 시스템 알고리즘
Fig. 7 System algorithm

해당 시스템의 동작으로는 그림 7과 같이 크게 2가지로 얼굴인식 데이터 분석 및 학습과 출결 시스템 시작으로 구분한다. 첫 번째 기능으로 얼굴을 인식하여 데이터를 분석하고 저장시키는 기능이다. 학번과 이름으로 되어있는 ID를 입력하고 회원등록을 누르게 되면 카메라가 열려 현재 보이는 이미지 중에서 얼굴 부분의 데이터만을 총 30장 수집하여 저장하고 라즈베리 파이의 저장소 안에 해당 ID로 된 폴더를 생성하여 저장한다. 저장된 데이터는 얼굴을 비교하는 과정의 정확도 분석에 사용되게 된다. 두 번째 기능은

출결 시스템을 작동시키는 기능으로 카메라가 항상 열려있고 카메라에 얼굴이 인식되면 얼굴을 추출하여 DB에 저장이 되어있는 얼굴 데이터와 비교를 하여 DB에 없는 얼굴이라면 다시 얼굴을 인식하는 단계로 돌아가고 기존의 데이터와 최소 임계값(75%) 이상의 정확도를 보인다면 해당 학번과 이름에 해당하는 ID로 서비스를 실행시킨다.

본 논문에서 얼굴을 인식하기 위해 카메라 제어를 위한 OpenCV의 라이브러리와 이미 학습이 완료된 Haar cascade의 얼굴 분류기 파일을 이용하여 얼굴을 분류해냈다. 본 연구에서는 시스템을 실행할 때에 얼굴이 인식되면 출석을 확인할 수 있도록 동시에 2가지 서비스가 실행되도록 설계되었다. 첫 번째 서비스로 Kakao Developers로 메시지를 전송해주는 애플리케이션을 제작하여 그림 8과 같이 사용자에게 출석 확인 메시지를 전송할 수 있도록 하였다.

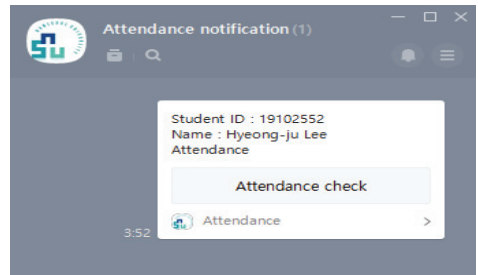


그림 8. 출석 확인 메시지 전송
Fig. 8 Send message of attendance

두 번째 서비스로는 라즈베리 파이와 구글 드라이브를 연동시켜 그림 9와 같이 실시간으로 출석 시간을 작성해주며 카카오톡으로 전송된 그림 9의 URL로 이동하여 확인할 수 있는 전자 출석부이다.

	A	B	C	D
1	Student ID	Name	Time	<div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; text-align: center;"> Clear </div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; text-align: center; margin-top: 5px;"> Save </div>
2	19102552	Hyeong-ju Lee	2022. 9. 8 15:52:21	
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

그림 9. 출석 확인 및 수정
Fig. 9 Check and correct of attendance

허가받은 사람만 셀을 수정 및 저장을 할 수 있으며 학생들은 읽기만 가능하게 하였다.

III. 실험 및 고찰

본 논문에서는 그림 2의 구조도를 이용하여 하드웨어와 소프트웨어를 설계하였다. 카메라가 얼굴 높이에 올 수 있도록 170cm 정도 높이의 거치대를 사용하였으며 7인치 LCD 디스플레이를 이용하여 카메라로 입력되는 영상을 디스플레이에 출력하였다. 그림 10은 Haar cascade의 얼굴 분류기와 OpenCV를 이용한 후처리로 입력되는 영상을 ID에 따라 분류한 결과이다.



그림 10. 후처리 된 얼굴 데이터
Fig. 10 Post-processed face data

그림 10과 같이 후처리 된 얼굴 데이터를 사용하여 표 1은 액세서리를 착용하지 않은 사용자의 얼굴 데이터를 이용해 액세서리를 착용하지 않은 경우(None)와 액세서리(Glasses, Hat, Mask)를 착용했을 경우에 따른 정확도를 측정 한 값이다.

표 1. 카메라와의 거리에 따른 정확도
Table 1. Accuracy with distance from camera

	Accessory			
	None	Glasses	Hat	Mask
Accuracy [%]	75~85	75~80	70~80	0~60

조명은 모두 같은 조건에 카메라와의 거리 50cm에서 얼굴만 추출하여 리사이즈(200x200)된 표본을 수집하였다. 실험 결과로는 액세서리(안경, 모자)에 따른 큰 차이를 보이진 않았지만, 마스크를 쓸 경우 정확도가 상당히 떨어지는 결과를 확인할 수 있었다.

표 2는 카메라와 사용자 사이의 거리에 따른 정확도를 측정 한 값이다. 조명은 모두 같은 조건에 카메라와의 거리 50cm에서 얼굴만 추출하여 리사이즈(200x200)된 표본을 수집하였다. 실험 결과로는 거리에 따라 정확도에 상당한 차이를 보였지만, 카메라와의 거리는 약 50cm에서 최적의 정확도를 구현할 수 있었다.

표 2. 카메라와의 거리에 따른 정확도
Table 2. Accuracy with distance from camera

	Distance to Camera		
	50cm	1M	2M
Accuracy [%]	75~85	30~45	0

IV. 결론

본 논문에서는 OpenCV의 Haar cascade의 머신러닝 기반의 오브젝트 검출 알고리즘을 이용해서 출입하는 사람들의 얼굴을 자동으로 검출하고 대조하는 프로그램을 설계하여 손쉬운 출결이 가능한 출결관리 시스템을 구현하였다. 추가적인 기능으로 Kakao API와 구글 드라이브를 연동하여 출결을 실시간으로 확인하고 관리할 수 있게 하였다. 얼굴 인식을 위한 최적의 조건을 찾기 위해 실험을 진행하였고, 거리에 따른 실험은 카메라와의 거리가 50cm 정도의 거리에서 인식이 가장 높았다. 기존의 출석 확인 방법보다 편리하고 적용성 높은 것을 확인할 수 있었다. 그러나 측면 얼굴 데이터, 마스크와 같이 얼굴의 일부분을 가리는 경우 얼굴을 제대로 인식할 수 없어 정확도가 떨어지기 때문에 얼굴이 전부 인식할 수 있게 해야 인식이 상승할 것으로 판단된다. 따라서, 향후 성능 개선을 위한 보완 연구를 수행할 계획이다.

References

- [1] S. Lee, "OpenCV-based Object Tracking System," *Asia-pacific J. of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, vol. 6, no. 5, 2016, pp. 30-36.
- [2] S. Baek, M. Kim, Y. Kim, Y. Im, and Y. Hwang, "A Study on Portable Green-algae Remover Device based on Arduino and OpenCV using Do sensor and Raspberry Pi Camera," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 17, no. 4, 2022, pp. 679-686.
- [3] D. Kim and S. Kim, "A Study on Risk Situation Recognition Using OpenCV," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 16, no. 2, 2021, pp. 211-218.
- [4] Z. Lin and C. Kim, "Development of Smart Mirror System based on the Raspberry Pi," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 16, no. 2, 2021, pp. 379-384.
- [5] B. Park, E. Jin, B. Lee, and S. Lee, "Establishment of electronic attendance using PCA face recognition," *J. of Convergence Signal Processing Society*, vol. 19, no. 4, 2018, pp. 175-181.
- [6] D. Lee, S. Lee, H. Han, and G. Chae, "Improved Skin Color Extraction Based on Flood Fill for Face Detection," *J. of the Korea Convergence Society*, vol. 10, no. 6, 2019, pp. 8-14.
- [7] K. Kwon and H. Lee, "Gate Management System by Face Recognition using Smart Phone," *J. of the Korea Society of Computer and Information*, vol. 16, no. 11, 2011, pp. 10-15.
- [8] K. Kim and H. Choi, "Object Detection using Fuzzy Adaboost," *J. of the Korea Contents Association*, vol. 16, no. 5, 2016, pp. 105-111.
- [9] J. Oh, "Improved Facial Component Detection Using Variable Parameter and Verification," *J. of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 24, no. 3, 2020, pp. 379-385.
- [10] D. Lee and K. Park, "A study on Use of a Spreadsheet," *J. of the Korea Knowledge Management Association*, vol. 13, no. 2, 2012, pp. 38-44.

- [11] H. Moon and B. Sung, "Performance Analysis of Face Recognition by Distance according to Image Normalization and Face Recognition Algorithm," *J. of the Korea Institute of Information Security, & Cryptology*, vol. 23, no. 4, 2013, pp. 738-743.

저자 소개



이형주(Hyeong-Ju Lee)

2019년 3월~ 남서울대학교 전자공학과 4학년 재학 중
※ 관심분야 : 프로그래밍



박용욱(Yong-Wook Park)

1989년 2월 연세대학교 전기공학과 졸업(공학사)
1991년 8월 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사)
1999년 2월 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박사)
2000년 9월 ~ 현재 : 남서울대학교 전자공학과 교수
※ 관심분야 : RF 디바이스, 안테나, 센서