

기계학습을 활용한 얼굴 인식 및 체온 측정 출입관리 시스템

김진하* · 김응곤**

Face Recognition and Temperature Measurement Access Control System using Machine Learning

Jin-Ha Kim* · Eung-Kon Kim**

요 약

현재 코로나 19 확산 방지를 위해 건물 출입 시 체온을 측정하고 있다. 본 논문에서는 출입자의 얼굴 학습 데이터를 토대로 실시간 얼굴 인식을 통해 출입 인증을 하고자 한다. 얼굴 인식률을 증가시키기 위해 학습 이미지의 수를 자동으로 라벨링 되도록 설계하였다. 또한 정확한 온도 측정을 위해 얼굴 영역에서 이마 영역을 관심 영역으로 지정하였다. 향후에는 출입자의 체온, 출입시간, 정보 등을 저장하는 DB를 구축할 계획이다.

ABSTRACT

In order to prevent the spread of COVID 19, the body temperature is measured when entering the building. In this paper, we try to certify the entry of the building through real-time face recognition based on the face learning data of visitors. The number of learning images are designed to be automatically labeled to increase facial recognition. Also, it designates the forehead region from the face region as the region of interest for accurate temperature measurements. In the future, we plan to establish a database that stores the temperature, access time, and information of visitors.

키워드

COVID-19, Face Recognition, Machine Learning, Thermometer
코로나 19, 얼굴 인식, 기계 학습, 체온 측정기

1. 서 론

코로나 19(COVID-19)는 사회적 거리두기를 통해 전염을 차단하고 있지만 전염속도가 빠르게 증가함에 따라 세계보건기구(WHO)는 3월 11일에 대유행(Pandemic)을 선언하였다[1].

코로나 19 확산 방지를 위해 음성인식 출입관리 시스

템[2], 시맨틱 진단 및 추적 시스템[3] 등과 같이 많은 연구가 진행 되고 있다. 코로나 19의 주요 징후 및 증상으로는 고열(37.5°C) 또는 마른기침 등으로 나타난다. 각 건물 출입구에는 코로나 19 확산 방지를 위해 체온을 측정하는 것을 쉽게 발견할 수 있다. 현재는 체온 측정자의 2차 감염 방지와 사용자의 편의를 위해 열화상 카메라를 활용한 비대면 체온 측정기가 등장하고 있으나

* 순천대학교 컴퓨터공학과(jinha1914@naver.com)

** 교신저자 : 순천대학교 컴퓨터공학과

· 접수 일 : 2020. 12. 04

· 수정완료일 : 2021. 01. 10

· 게재확정일 : 2021. 02. 17

· Received : Dec. 22, 2020, Revised : Jan. 10, 2021, Accepted : Feb. 17, 2021

· Corresponding Author : Eung-Kon Kim

Dept. of Computer Engineering, Suncheon National University.

Email : kek@snu.ac.kr

고가의 장비로 비치를 하지 못하는 곳이 많다.

출입자 인증 방식으로는 방명록 수기 작성과 QR코드 인증 방식이 있다. QR코드 인증 방식은 따로 장비를 두고 운용해야 하고, QR코드 인증 방식에 익숙하지 않은 사람이나 휴대폰을 사용할 수 없는 환경에서는 제대로 시행할 수 없다는 단점을 가지고 있다. 수기 작성 방식은 정상 체온으로 인증을 받았지만 감염 증세가 바로 나타나지 않기 때문에 수기 작성 시 펜을 여러 사람들이 함께 사용하는 것은 위험하다[4-5].

본 논문에서는 출입자가 명확한 환경에서는 기계학습 기술인 Haarcascade를 활용한 얼굴 인식 체온계를 제안한다. 해당 기술을 활용하여 실시간으로 얼굴을 캡처하고 사용자의 얼굴을 판단하여 정보를 저장한다. 얼굴 인식률을 증가시키기 위해서는 사용자의 많은 데이터셋(Dataset)이 필요한데 LBPH(Local Binary Pattern Histogram)기술을 응용하여 얼굴 데이터 수집 및 학습 방법을 반복하는 알고리즘을 구현 하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 얼굴 인식 기술, 열화상 카메라, 현재 사용되고 있는 비대면 체온 측정기에 대해 소개하고 3장에서는 얼굴 인식과 열화상 카메라를 구현한다. 4장에서는 구현한 기술에 대해 성능 테스트를 진행하고 5장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

2.1 얼굴 인식 기술

얼굴 인식 알고리즘은 지난 수십 년간 인식성능 향상을 위해 연구되어왔다[5]. 대표적인 알고리즘은 OpenCV(Open Computer Vision)에서 제공하는 Haar 특징(Haar feature)[6]과 HOG(Histogram of Oriented Gradients)[7] 등이 있다.

HOG 알고리즘은 SVM(Support Vector Machine)과 함께 사용하게 되는데 두 그룹으로 나뉜 학습 데이터를 받아서 두 그룹의 영역을 나누는 선을 찾는 방법이다.

Cascade Classifier는 개발자가 직접 머신러닝 학습 알고리즘을 사용하지 않고도 객체를 검출할 수 있도록 OpenCV에서 제공하는 대표적인 상위 레벨 API이다. Haarcascade는 얼굴 검출을 목적으로 만들어져 가장 좋은 인식률을 보이고 있다.

얼굴을 검출하고 그 얼굴이 누구인지 알아내는 방

법은 인식하고자 하는 사람의 얼굴 사진을 최대한 많이 수집하고 얼굴의 주요 부위를 위주로 분석해 학습 모델을 만든다. 그 후 인식하고자 하는 얼굴을 학습한 모델로 예측해서 누구의 얼굴인지 분류 하면 된다.

LBPH는 공간적 관계를 유지하면서 지역적 특징을 추출한다. 얼굴 이미지를 3x3 픽셀 크기의 셀로 나누고 셀 중심의 픽셀과 이웃하는 8방향의 픽셀을 비교해서 중심 픽셀의 값이 이웃 픽셀 값보다 크면 0 아니면 1로 표시하는 8자리 이진수를 만든다.

2.2 열화상 카메라

열화상 카메라는 적외선을 이용하여 비접촉으로 온도를 측정하는 방식으로 물체 표면에서 발생하는 적외선을 열화상 이미지로 나타내는 원리이다.

열화상 카메라는 물체의 접촉이 없어도 가능하고 움직이는 물체의 경우에도 가능하다. 열화상 카메라는 관심 영역(Region Of Interest, ROI)를 설정해 얼굴에서 원하는 온도 값을 측정 할 수 있다[8].

컴퓨터 비전(Computer Vision)과 딥 러닝(Deep Learning)이 발전함으로써 열화상 카메라는 화재 검출, 농산물 모니터링 시스템, 드론 등에 사용 되고 있다[9].

2.3 기존 비대면 체온 측정기

그림1과 같이 현재 사용되고 있는 체온 측정기는 50cm 내외의 거리에서도 무인 체온 측정이 가능하며, 오차범위는 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 이내로 꽤 정확하다. 해당 방식은 얼굴 인식을 하지만 단순히 얼굴에서의 온도 값과 마스크 착용여부만 나타내기 때문에 방명록을 수기로 작성하여야 한다.



그림 1. 기존 얼굴 인식 비대면 체온 측정기
Fig. 1 Existing contact-free thermometer

기존 비대면 체온 측정기는 그림 1에서 보이 듯 얼굴 형태의 모양에서 이마부분의 빨간 점을 통해 체온을 체크를 하는데 빨간 점이 얼굴이 아닌 다른 부분(머리카락 등)을 인식하여도 정상 체온으로 나타나 문제가 발생 할 수 있다.

III. 얼굴 인식기반 출입관리 시스템

3.1 시스템 개요

본 논문에서 제안하는 시스템은 그림 2와 같이 라즈베리파이를 통해 동작 하도록 설계하였다. 라즈베리파이 카메라는 출입자의 얼굴을 판단하고 열화상 카메라는 출입자의 체온을 측정한다.

얼굴 인식을 통한 출입자의 판별은 출입자의 얼굴 학습을 토대로 이루어진다. 체온 측정은 FLIR사의 Lepton2.5를 사용하였다.

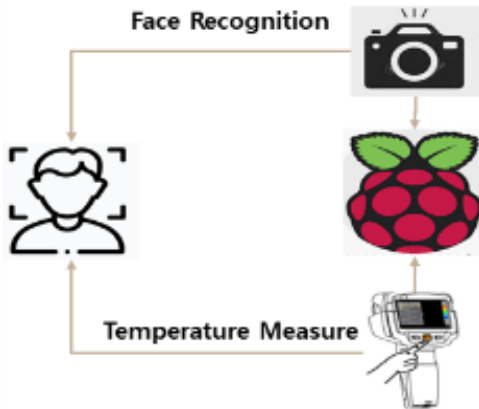


그림 2. 제안하는 얼굴 인식 체온 측정기
Fig. 2 Proposed face recognition thermometer

3.2 실시간 얼굴 인식 구현

실시간으로 얼굴을 인식하기 위해서는 출입자의 데이터셋이 필요하다. 데이터셋을 만들기 위해서는 얼굴을 먼저 검출하여야 한다. 얼굴을 검출하기 위해서 Haarcascade의 OpenAPI 알고리즘을 사용 하였다. 그림 3은 얼굴을 관심 영역(ROI)로 표시한 모습이다.

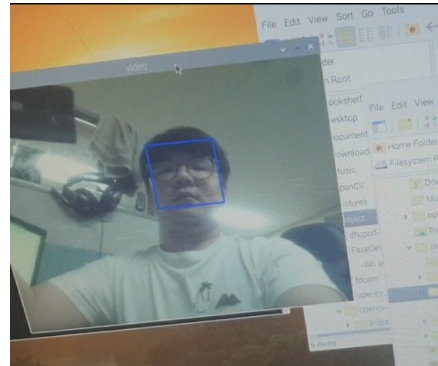


그림 3. Haarcascade를 활용한 얼굴 검출
Fig. 3 Haarcascade face detector

얼굴 부분만 검출 하였다면 데이터셋으로 사용할 사진의 개수를 지정하고 얼굴 영역만 오려내 적당한 픽셀로 축소해 저장한다.

그런 다음 LBPHFaceRecognizer 모델을 사용해 저장된 사진을 학습하고 실시간으로 입력되는 영상과 비교하여 출입자의 얼굴을 판단한다. 이와 같은 알고리즘은 그림 4와 같으며 출입자가 방문할 때마다 출입자의 얼굴을 자동으로 이미지를 저장하도록 설계 하였다. 기존 알고리즘에 비해 동일 인물에 대한 인식률이 높아지는 장점이 있다.

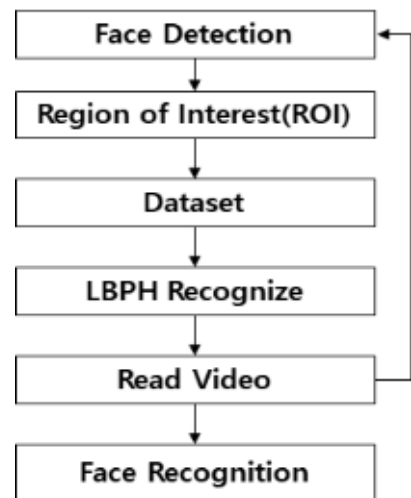


그림 4. 얼굴 인식을 위한 데이터셋 수집 방법
Fig. 4 Collection dataset for face recognition

3.3 열화상 카메라

본 논문에서는 체온 측정을 위해 Lepton2.5를 사용하였다. 이미지 해상도는 80x60 픽셀이고 I2C 및 SPI 카메라 인터페이스를 제공한다.

정확한 온도 측정을 위해 딥 러닝 방법을 기반으로 새 모델을 훈련 하였다. 라즈베리파이와 같은 환경에서는 경량화 된 네트워크가 필요한데 이때 사용한 네트워크는 MobileNetV2이다[10].

MobileNet-SSD(Single Shot Multibox Detector)는 그림 5와 같다.

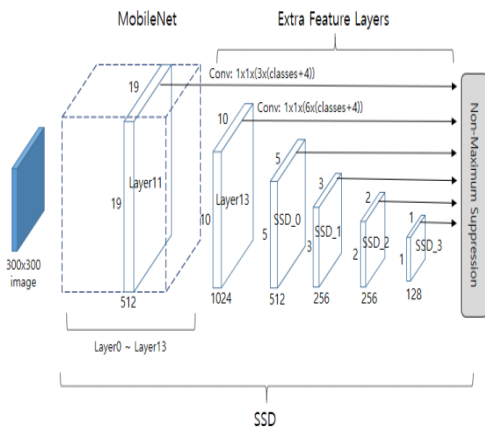


그림 5. MobileNet-SSD 구조
Fig. 5 Structure of MobileNet-SSD

온도 측정을 위해서는 80x60픽셀(약 4,800개)에 대해서 필요한 부분만 정확히 추출해야 한다. 얼굴 인식 기술을 활용하여 얼굴에서 관심 영역(ROI)을 지정한 식 (1)과 같이 이마 영역을 추출한다.

$$ROI = Rect(ROI_x, ROI_y, ROI_w, ROI_h)$$

$$ROI_x = Face_x + 2 \times \frac{Face_w}{6}$$

$$ROI_y = Face_y + 2 \times \frac{Face_h}{9}$$

$$ROI_w = 2 \times \frac{Face_w}{6}$$

$$ROI_h = \frac{Face_h}{9}$$

그림 6과 같이 x, y는 관심 영역(ROI)에서 좌표를 나타내고 w, h는 관심 영역(ROI)의 너비와 높이이다. 해당 좌표를 구했다면 FLIR사의 색상별 온도 값을 기준으로 온도를 추출하면 된다.

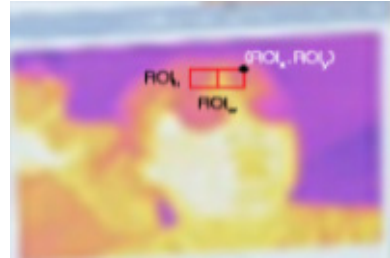


그림 6. 체온 측정을 위한 관심 영역 설정
Fig. 6 Set ROI for temperature measurement

IV. 구현 및 성능 테스트

제안하는 비대면 시스템은 그림 7과같이 방명록을 수기 및 QR코드로 인증하는 방식에서 얼굴 인식 인증 방식으로 구현하였다.

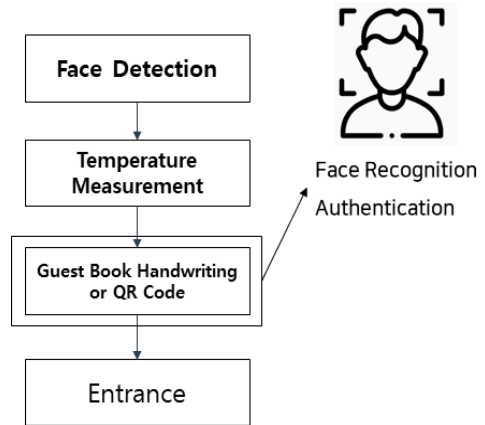


그림 7. 얼굴 인식 인증을 통한 출입 과정
Fig. 7 Entrance process through face recognition certification

제안하는 시스템은 출입이 허가된 사람만 출입 가능하도록 설계하였기에 사용자 등록이 필요하다.

최초의 사용자 등록을 위해서 그림 8과 같이 30장을 저장하도록 하였다. 얼굴 인식을 위한 데이터 수집 및 훈련 시간은 약 3분 소요됐다. 그림 9와 같이 등록된 사용자의 얼굴 인식 시간은 1.4초로 측정 되었으며 등록되지 않은 사용자라면 Unknown으로 표기하도록 구현 하였다.

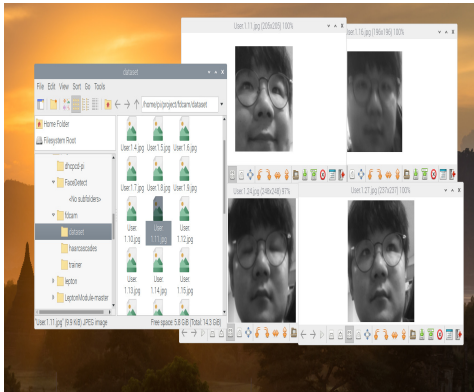


그림 8. 얼굴 인식을 위한 이미지 30장
Fig. 8 Images for face recognition

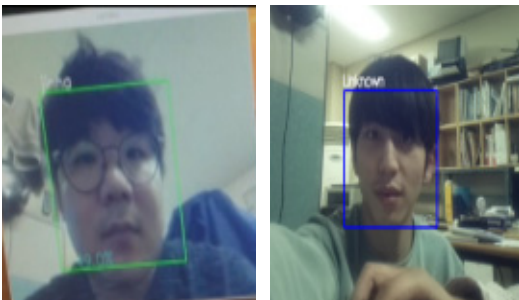


그림 9. 등록된 사람과 등록되지 않은 사람
Fig. 9 Registered and unregistered persons

얼굴 인식을 통한 사용자 인증 방식은 등록된 사용자가 맞는지에 대한 정확도가 중요하다. 따라서 다음과 같은 방법으로 테스트를 진행하였다.

표 1과 표 2는 얼굴 영상에서 사람 수는 10, 20, 30명으로 진행하였고, 학습된 데이터셋의 수는 사람 당 30장, 50장 두 그룹으로 진행하였다. 1.4초마다 인식된 얼굴의 개수를 파악하여 인식률을 확인하였다.

표 1. 데이터셋이 30장일 때 사람 수에 따른 인식률
Table 1. Recognition rate by number of people when a dataset is 30

People	Dataset per Person	Correct Recognition / Total	Accuracy
10	30	420 / 500	84%
20	30	400 / 500	80%
30	30	365 / 500	73%

표 2. 데이터셋이 50장일 때 사람 수에 따른 인식률
Table 2. Recognition rate by number of people when a dataset is 50

People	Dataset per Person	Correct Recognition / Total	Accuracy
10	50	445 / 500	89%
20	50	435 / 500	87%
30	50	425 / 500	85%

사람의 수가 증가 할수록 인식률이 떨어 졌으나, 사람 1명당 더 많은 데이터셋을 가지면 인식률이 73%에서 85%로 높아지는 것을 확인하였다. 이 결과를 토대로 등록된 출입자가 방문 할 때마다 자동으로 하루 1장씩 학습 이미지의 수를 증가시켜 인식률을 향상 시켰다.

체온 측정은 그림 10과 같이 체온 측정 또한 각 사람, 30명을 하루 3회 30일 동안 온도를 측정하고 식품의약품안전처에서 인증 받은 체온계와 체온 비교를 했을 때 오차율은 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 로 나타나 기존 비대면 체온 측정기보다 더 작은 오차율을 보였다.



그림 10. 온도 측정 결과 화면
Fig. 10 Temperature measurement results screen

V. 결론

본 논문에서는 사무실, 학교 등과 같이 출입자가 명확한 환경에서 수기 및 QR코드 인증 방식이 아닌 얼굴 인식 인증 방식을 제안하였다. 학습된 데이터셋 개수가 30장일 때보다 50장일 때 인식률이 12% 증가하였고, 얼굴에서 관심 영역(ROI)을 이마로 설정하는 방식은 기존보다 정확한 온도를 측정할 수 있었다. 또한 출입자는 일상적인 출입 과정만으로도 인증할 수 있어 기존 출입 시스템과 차별성을 보였다.

향후 출입자의 체온, 출입시간 등 다양한 정보를 기록 하는 서버 및 데이터베이스를 구축하고자 한다. 또한 마스크 착용 여부도 중요하기 때문에 얼굴 인식 기술을 활용하여 마스크 착용 여부도 함께 확인할 계획이다.

References

[1] M. Lee, "Fragmentary thoughts about code of conduct and risk communication to prevent and control COVID-19 in Korea, 2020," *Korean J. Health Educ Promot*, vol. 37, no. 1, 2020, pp. 103-107.

[2] H. Mun and K. Han, "Design for Access Control System based on Voice Recognition for Infectious Disease Prevention," *J. of the Korea Convergence Society*, vol. 39, no.7, 2016, pp. 19-24.

[3] Y. Lee, "A Semantic Diagnosis and Tracking System to Prevent the Spread of COVID-19," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 15, no.3, 2020, pp. 611-616.

[4] S. Hwang, K. Kim, and K. Kim, "An Authentication Mechanism based on QR Code in Gate Control System," *Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences*, Jeju-do, Korea, 2015, pp. 664-645.

[5] Y. Kim, S. Park, and D. Kim, "Research on Robust Face Recognition against Lighting Variation Using CNN," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 2, 2017, pp. 325-330.

[6] P. Viola and M. Jones, "Rapid Object Detection

Using a Boosted Cascade of Simple Features," *Proceeding of IEEE Computer Society Conference On Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. 1, 2001, pp. 511-518.

[7] S. Kim, "Design of Efficient Gradient Orientation Bin and Weight Calculation Circuit for HOG Feature Calculation," *J. of The Institute of Electronics and Information Engineers*, vol. 51, no. 11, 2015, pp. 66-72.

[8] I. Cho and S. Yeom, "Long Distance Face Detection with Region of Interest Extraction," *J. of Korea Institute of Intelligent Systems*, vol. 28, no. 3, 2018, pp. 281-286.

[9] G. Son and J. Park, "A Study of Kernel Characteristics of CNN Deep Learning for Effective Fire Detection Based on Video," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 13, no. 6, 2018, pp. 1257-1262.

[10] M. Sandler, A. Howard, M. Zhu, A. Zhmoginov and L. Chieh "MobileNetV2: Inverted Residuals and Linear Bottlenecks," *The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2018, pp. 4510-4520. arXiv:1801.04381.

저자 소개



김진하(Jin-Ha Kim)

2015년 3월 ~ 현재 순천대학교 컴퓨터공학과 재학

※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 그래픽스



김응곤(Eung-Kon Kim)

1980년 2월 : 조선대학교 공학사
1986년 2월 : 한양대학교 공학석사
1992년 2월 : 조선대학교 공학박사

1993년 3월 ~ 현재 : 순천대학교 컴퓨터공학과 교수
※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 그래픽스, 멀티미디어, HCI