

딥러닝 얼굴인식 기술을 활용한 방문자 출입관리 시스템 설계와 구현

허석렬¹, 김강민², 이완직^{1*}

¹부산대학교 IT응용공학과 교수, ²부산대학교 IT응용공학과 학생

Design and Implementation of Visitor Access Control System using Deep learning Face Recognition

Seok-Yeol Heo¹, Kang Min Kim², Wan-Jik Lee^{1*}

¹Professor, Dept. of IT Engineering & Application, Pusan National University

²Student, Dept. of IT Engineering & Application, Pusan National University

요약 1,2인 가구가 꾸준히 늘어나고 있는 추세에 비어 있는 시간대에 집을 방문하는 외부인이 누구인지 확인하고 싶은 요구가 증가하고 있다. 얼굴인식 기술은 많은 연구를 통해 여러 가지 모델이 제안되었는데 OpenCV의 Harr Cascade와 Dlib의 Hog가 대표적인 오픈소스 모델이다. 두 모델은 사용 환경에 따른 장단점을 가지고 있는데, 본 연구에서 초점을 둔 실내 현관 앞과 제한된 거리에서는 Dlib의 Hog가 강점을 가진다. 본 논문에서는 딥러닝 오픈 소스인 Dlib에 기반을 둔 얼굴인식 방문자 출입관리 시스템을 설계하고 구현하였다. 전체 시스템은 프론트 모듈과 서버모듈, 모바일모듈로 구성되며 세부적으로는 얼굴등록, 얼굴인식, 실시간 방문자 확인 및 원격제어, 동영상 저장 기능을 포함한다. 인터넷에서 공개된 사진을 이용하여 거리임계 값의 변화에 따른 정밀도, 특이도, 정확도를 구하고 선행연구 결과와 비교하였다. 실험 결과 구현된 시스템이 정상적으로 동작하는 것을 확인 하였으며 Dlib에서 보고한 것과 비슷한 결과를 보이는 것을 확인 하였다.

주제어 : 얼굴인식, 딥러닝, 출입관리, 오픈소스, 설계 및 구현.

Abstract As the trend of steadily increasing the number of single or double household, there is a growing demand to see who is the outsider visiting the home during the free time. Various models of face recognition technology have been proposed through many studies, and Harr Cascade of OpenCV and Hog of Dlib are representative open source models. Among the two modes, Dlib's Hog has strengths in front of the indoor and at a limited distance, which is the focus of this study. In this paper, a face recognition visitor access system based on Dlib was designed and implemented. The whole system consists of a front module, a server module, and a mobile module, and in detail, it includes face registration, face recognition, real-time visitor verification and remote control, and video storage functions. The Precision, Specificity, and Accuracy according to the change of the distance threshold value were calculated using the error matrix with the photos published on the Internet, and compared with the results of previous studies. As a result of the experiment, it was confirmed that the implemented system was operating normally, and the result was confirmed to be similar to that reported by Dlib.

Key Words : Face recognition, Deep learning, Access control, OpenCV, Dlib, Design and Implementation.

*This work was supported by a 2-Year Research Grant of Pusan National University.

*Corresponding Author : Wan-Jik Lee(wjlee@pusan.ac.kr)

Received January 19, 2021

Accepted February 20, 2021

Revised February 1, 2021

Published February 28, 2021

1. 서론

코로나 19가 지속적으로 확산됨에 따라 사회 전반적으로 비대면/비접촉을 요구하는 수요가 급격하게 증가되었다. 이런 환경 변화로 택배와 배달 수요가 폭발적으로 증가함에 따라 외부인이 우리 집을 방문하는 횟수가 대폭 증가되었다. 또한 1,2인 세대가 꾸준히 늘어나고 있는 상황에서 비어 있는 시간대에 집을 방문하는 외부인이 누구인지 확인하고 싶어 하는 보안 수요도 꾸준히 증가하고 있다[1,2].

이런 이유로 많은 사람들이 CCTV 기능이 포함된 다양한 형태의 보안장치를 설치하기도 한다. 그런데 이런 보안 장치를 설치한 경우 대부분 처음에는 관심을 가지고 자주 CCTV에 접속하여 저장 영상을 확인하지만 시간이 지날수록 그 빈도가 뜸해지면서 활용도가 떨어지는 경향이 있다. 이런 상태로 시간이 지나갈 경우 설치된 보안 시스템의 예방 기능은 점점 약해지고 보안 시스템은 일상적인 기록 시스템으로 바뀌고 만다.

일반적으로 주거 침입 범죄의 경우, 범죄자가 자신에게 친숙한 장소를 선택하고 미리 대상공간을 여러 번 탐방하거나 조사하는 유형이 많다. 일례로 스토킹 범죄의 경우, 가택의 도어락 비밀번호를 알아내기 위해 해당공간을 여러 번 방문하거나 피해자가 집에 있을 경우에도 문앞을 서성거리는 사례가 많다[3,4]. 이런 경우에 범죄자가 다녀간 흔적을 집주인이 사전에 인지할 수 있다면 범죄예방에 상당히 도움을 줄 수 있다.

현재 가장 많이 사용되고 있는 출입문 도어락 시스템은 비밀번호를 사용하거나 지문 인식을 추가한 방식이다. 이들 중에서 비밀번호를 사용하는 방식은 쉽게 비밀번호가 유출될 수 있는 단점이 있으며, 지문 인식은 등록과정이 비교적 복잡하고, 온/습도 등의 외부 요인이 인식률에 영향을 많이 준다는 단점이 있다.

기존출입관리 시스템은 위와 같은 단점 외에도 비인가자가 출입을 시도한 흔적을 확인할 수 없는 문제점이 있다. 이런 문제점은 얼굴인식을 활용한 출입관리 시스템을 구성함으로써 해결할 수 있다. 사전에 등록된 인가자에 대해서는 얼굴인식을 이용해 출입을 허가하고 비인가자에 대해서는 출입을 시도하거나 다녀간 흔적을 영상으로 저장한 후 실시간 또는 나중에 확인할 수 있도록 함으로써 사용자의 접근성과 편의성을 높이고 보안성도 높일 수 있다.

얼굴인식 기술은 많은 연구를 통해 여러 가지 모델이 제안되었는데 OpenCV의 Harr Cascade와 DNN, Dlib

의 HoG와 CNN이 대표적인 오픈소스 모델이다. 이들은 각각 장단점을 가지고 있는데 정확도는 DNN, Hog 모델이 우수하고 속도는 Harr과 Hog가 강점을 보인다. CNN은 폐색영역에 강하나 CPU 환경에서는 속도가 느리고 Harr은 간단하지만 폐색영역에 취약점을 가지고 있다. 따라서 얼굴 인식 시스템이 운영되는 환경을 분석하여 적절한 모델을 선택하는 것이 중요하다.

본 연구에서 초점을 둔 환경은 실내 현관 앞이라는 공간과 제한된 거리라는 특성을 가진다. 실내 현관 앞은 조명이 약해서 그늘이 많이 질 수 있기 때문에 폐색영역에 강한 알고리즘이 필요하고 비교적 가깝고 일정한 거리에서 얼굴 인식을 할 수 있기 때문에 얼굴크기 요인이 낮은 알고리즘이 적합하다. 이런 환경적인 특성을 고려하여 본 논문에서는 Dlib Hog 얼굴인식 기술을 활용하여 낯선 방문자에 대해 능동적으로 대응하는 출입 관리 보안 시스템을 개발하였다.

본 논문에서 구현한 시스템은 비인가자에 대한 얼굴인식과 영상저장 및 알람 기능이 가장 중요하기 때문에 속도와 인식률 요소 중에서 인식률에 초점을 맞추어 시스템을 설계하고 구현하였다.

본 논문에서 구현한 시스템은 크게 프론트엔드(Front-end), 전송, 백엔드(Back-end)와 모바일 모듈로 구성된다. 프론트엔드 모듈은 카메라가 장착된 임베디드 시스템 형태로 구현되어 얼굴 인식에 필요한 영상을 획득하여 전송하고, 영상 처리 결과를 출력하는 기능을 수행한다. 백엔드 모듈은 영상처리 프로그램과 데이터 서버로 구성되는데, 프론트 엔드 모듈로부터 수신한 얼굴 데이터의 특징점을 추출하여 DB 형태로 저장하고, 얼굴 데이터를 인식하고 분석하는 기능을 수행한다. 얼굴 인식 데이터의 특징점 추출과 분석은 오픈 소스인 Dlib를 이용하였으며, 얼굴 인식 및 분석 결과를 DB 형태로 저장함으로써 향후 데이터 검색과 처리 효율을 높이도록 하였다. 백엔드 모듈에서 얼굴인식 데이터를 처리한 결과는 프론트엔드 모듈로 전송되어 도어락 개폐 기능을 수행하게 된다. 그리고 모바일 모듈은 프론트엔드 모듈의 처리결과나 낯선 방문자 발생을 실시간으로 사용자에게 통보하고 방문자들의 목록과 영상을 확인하는 기능을 포함한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 본 논문에서 구현한 얼굴인식 출입관리 시스템과 관련된 기술과 연구를 소개하고 3장에서는 시스템 구현을 위해 각 모듈별로 필요한 기능을 설명한다. 그리고 4장에서는 구현된 시스템에 대한 성능평가와 관련된 내용을 기술하고 마지막 5장에서는 결론과 향후 계획을 설명한다.

2. 관련기술 및 연구

얼굴 인식을 위해 많이 사용되는 오픈소스 라이브러리는 OpenCV와 Dlib가 있다. OpenCV(Open Source Computer Vision)는 컴퓨터 비전 및 기계 학습 소프트웨어 라이브러리로 컴퓨터 학습, 컴퓨터 비전, 알고리즘, 수학 연산, 비디오 캡처, 이미지 처리 등과 같은 목적을 위해 개발되었다. OpenCV에서 얼굴 인식 알고리즘으로 가장 대표적인 것은 Haar Cascade 알고리즘이다. Harr Cascade는 머신 러닝 기반의 오브젝트 검출 알고리즘으로 이미지나 영상을 픽셀이 아닌 직사각형 영역으로 나누어 영상 처리를 하기 때문에 픽셀을 이용한 얼굴 인식 방법보다 동작 속도가 빠르다[5,6].

본 논문에서 활용한 Dlib는 실제 문제를 해결하기 위한 복잡한 소프트웨어를 만들 때 사용할 수 있는 기계 학습 알고리즘과 도구를 포함하는 최신 C++ 툴킷이다. Dlib에는 딥러닝을 포함한 다양한 머신 러닝 알고리즘 기능을 포함하고 있으며, 얼굴 인식에 쓰이는 대표적인 알고리즘은 face pose estimation 알고리즘이다. Dlib에서 얼굴 인식 알고리즘은 Face Tracking과 68개의 특징 점 추출 기능을 가진다.

OpenCV Harr 알고리즘과 Dlib 딥러닝을 이용한 얼굴인식에 대한 성능비교는 비교적 많이 연구되었다. 일반적으로 OpenCV는 인식속도와 비교적 작은 사이즈 또는 가변 사이즈에서 더 좋은 성능을 보여주고 Dlib 딥러닝은 인식률과 사이즈가 일정크기 이상이고 고정 사이즈에서 더 좋은 성능을 보여준다고 알려져 있다[7-9].

따라서 본 논문과 같이 제한된 공간에서 보안을 요구하는 환경은 빠른 속도보다는 높은 정확도가 요구되기 때문에 OpenCV의 Haar 알고리즘 보다 Dlib가 더 적합하다. Dlib의 HoG 기법을 이용하면 Haar 알고리즘을 사용하는 것 보다 속도는 느리지만 더 높은 정확도를 보일 수 있다.

Sang-Young Park 등[10]은 OpenCV 기반의 디지털 도어락 시스템을 설계하고 구현하였다. Se-Yeol Rhyou 등[11]은 딥러닝 기술의 하나인 ResNet을 이용하여 얼굴을 캡처하지 않고 실시간으로 적용 가능한 얼굴인식 기반 출입관리시스템을 개발하였는데, 빠른 응답 속도를 보여주지만 제한된 환경에서만 높은 인식률을 보이는 한계가 있다. Bu-Yeol Park 등[12]은 스마트폰과 라즈베리파이를 이용하여 얼굴인식을 활용한 전자출결 환경 플랫폼을 제안하였다. Kisu Ok 등[13]은 서로 다른 얼굴 인식 모델을 사용하는 Open API 서비스의 인식 결

과를 조합하여 얼굴인식을 수행하는 앙상블기법을 제안하였다. 이 기법은 높은 인식률을 나타내지만 여러 기법을 적용하는 오버헤드가 있다. Jin-suk Bang[14]은 서버구축 없이 라즈베리 시스템만으로 동작하는 가볍게 사용할 수 있는 경량급 얼굴인식 출결관리시스템을 개발하였다.

3. 출입관리 시스템 설계 및 구현

본 논문에서 구현한 방문자 출입관리 시스템은 Fig. 1과 같이 방문자를 인식하여 영상을 획득하고 서버로 전송하는 프론트엔드 모듈과 수신된 영상으로부터 영상처리를 하고 결과를 서버에 저장하는 백엔드 모듈, 그리고 영상 처리 결과나 침입자 발생여부를 사용자에게 통보하거나 방문자 목록과 방문자들의 영상을 확인하는 모바일 모듈로 구성된다. 본 논문의 시스템 구현에 사용된 하드웨어와 도구들은 아래와 같다.

- 하드웨어: Nvidia Jetson-nano, Raspberry4(camera)
- Tool: Pycharm, AppInventor2, MySQL,
- 언어: Python 3.6
- OS: Ubuntu 18.08, linux4Tegra

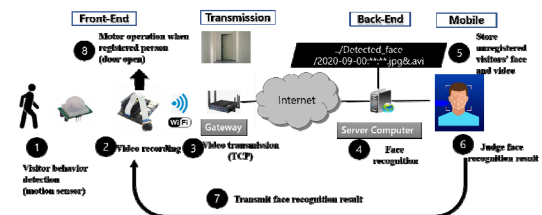


Fig. 1. System Architecture of Face Recognition System using Deep learning.

프론트 모듈에서는 영상 처리 및 데이터 전송, 결과 출력 등을 담당한다. 프론트 모듈에는 보다 빠른 영상처리를 위해서 GPU를 탑재한 Nvidia Jetson-nano 4G를 사용하였으며 방문자를 탐지하기 위해 모션 센서를 탑재하였다. 프론트 모듈은 영상 데이터를 백엔드 모듈로 전달하기 위해 데이터를 스트링 형태로 변환하고 TCP를 사용하였다.

백엔드 모듈은 영상처리 프로그램과 데이터 서버로 구성되는데, 메인 모듈은 프론트 모듈로부터 수신한 얼굴 데이터의 특징 점을 추출한 뒤, MySQL-DB로 저장하고, 얼굴 데이터를 인식하고 분석하는 기능을 수행한다. 얼굴

인식 데이터 특징 점 추출과 분석은 오픈 소스를 기반으로 진행하며, 얼굴 인식 및 분석 결과를 DB 형태로 저장함으로써 향후 데이터 검색과 처리의 효율을 높이도록 한다. 메인 모듈에서 처리 결과는 프론트 모듈에 통보되어 도어락 개폐 기능을 수행하게 된다.

메인모듈에서 동작하는 얼굴인식 모델은 Dlib의 HOG Face Detector를 사용하였다. HOG 모델은 68개의 특징점을 추출하고 Affine 변환을 한 뒤 모든 얼굴에 존재하는 128개의 특정 포인터를 찾는 face landmark estimation을 사용하여 얼굴인식을 수행한다. HOG 모델은 CPU 환경에서 가장 빠른 속도를 보여주고, 상당한 폐색영역에도 높은 인식률을 보이지만 정상적인 동작을 위해 최소 크기 80×80 을 요구하는 단점을 가지고 있다. 하지만 서론에서 제시한 것과 같이 얼굴인식 대상자가 현관 앞 복도와 같은 제한된 공간 내에 있는 환경이라면 최소 크기에 대한 제약은 상대적으로 낮다고 판단하였다.

마지막으로 모바일 모듈은 메인 모듈의 처리 결과나 침입자 발생여부를 사용자에게 통보하거나 방문자 목록과 방문자들의 영상을 확인하는 기능을 포함한다. 사용자는 침입자 발생여부와 방문자의 영상을 모바일 앱을 이용해 실시간으로 확인할 수 있다. 또한 모바일 모듈과 프론트 모듈과 연동을 하여 원격으로 도어락 개폐를 수행할 수 있는 기능을 포함한다.

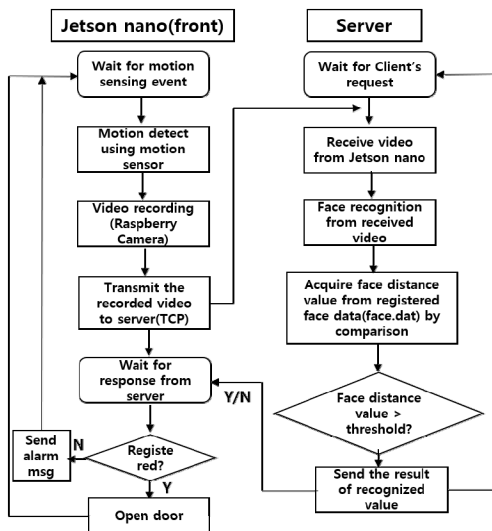


Fig. 2. Flowchart of Jetson nano and Server for face recognition.

구현한 시스템의 주요한 기능은 1)경비 및 문 개폐 기능 2)얼굴 등록 기능 3)원격 문 제어 기능 4) 실시간

CCTV 기능 5)다녀간 사람 기능 6)앱 사진 등록 기능 등 6가지이다.

Fig. 2의 흐름도는 Jetson nano와 서버에서 감시모드로 동작하는 과정을 나타낸 것이다.

Table 1. Main Function of System

Main Function	Detailed function description
Guard and open/close	Video recording, face recognition, door lock remote control when a visitor is detected.
Face Registration	Save face image to DB using mobile.
Remote door control	Remote door lock open when mobile button is triggered.
Realtime CCTV	CCTV video check on mobile in real time.
Visitor verification	Save and view the captured photos when visitor is recognized.
Photo registration	Register the photos stored on mobile to the system.

Table 1의 기능 중에서 얼굴 등록 절차는 아래 Fig. 3과 같다. 얼굴 등록 기능은 모바일 모듈로부터 시작된다. 모바일 모듈에서 얼굴등록 버튼을 누르면 프론트 모듈과 메인 모듈에서 각각 연관된 프로그램이 시작된다. 프론트 모듈에서는 모바일 앱에서 촬영한 영상에서 얼굴 영상을 추출한 뒤 메인 모듈로 전송하고, 메인 모듈에서는 프론트 모듈이 전송한 얼굴영상을 가지고 얼굴 인식을 수행한다. 메인 모듈에서 인식한 얼굴 데이터는 DB와 파일에 저장하고 추후 얼굴 인식에 이용한다.

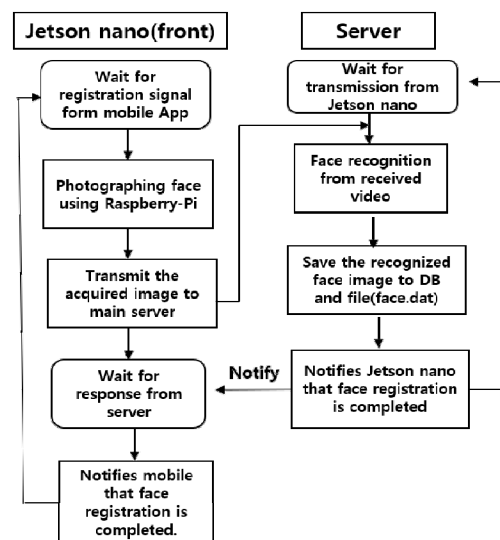


Fig. 3. The Registration Process of Recognized Face.

모바일 앱에서 얼굴영상을 촬영할 때 다양한 각도에서 4번을 촬영하여 등록하게 하였다. 모바일에서 촬영하는 횟수는 별도의 기준이 없으나 횟수가 너무 적으면 인식률이 낮아지고 너무 많으면 등록시간이 길어지는 불편함이 있다.

원격 문 제어 기능은 프론트 모듈과 모바일 모듈 사이의 통신으로 이루어지며, 모바일 모듈의 버튼 트리거를 통해 원격으로 도어락을 열 수 있다. 실시간 CCTV 기능은 모바일 모듈과 프론트 모듈 사이에서 동작하며, 모바일 모듈의 버튼 트리거를 통해 원격으로 실시간 영상을 확인 할 수 있다. CCTV 기능은 웹페이지에 실시간 영상 데이터를 스트리밍 하기 때문에 웹과 앱에서 모두 동작이 가능하다.

다녀간 사람 기능은 얼굴이 인식되었을 때 캡처한 사진을 jpg 파일로 저장하고, 이를 사용자가 즉시 또는 나중에 확인하고 낯선 사람 여부를 확인할 수 있도록 하였다. 저장한 jpg 파일은 웹 페이지에서 접근이 가능하기 때문에 사용자는 모바일 모듈 버튼을 통해 해당 웹페이지에서 누가 몇 시 몇 분에 방문하였는지 확인할 수 있다.

앱 사진 등록 기능은 모바일 기기의 갤러리에 저장되어 있는 본인 사진을 원격으로 시스템에 등록시키기 위한 기능이다. 방식은 먼저 웹에 사진을 올리고, 올린 사진을 메인 모듈에서 인식한 뒤 얼굴 등록하는 과정을 거친다.

4. 제안시스템 평가 및 비교 분석

구현된 시스템의 정상적인 동작을 확인하기 위하여 1) 새로운 사람의 얼굴을 등록하고 2)등록된 사람과 등록되지 않은 사람에 대해 인식과정을 확인하고 3)사용자의 요구에 따른 원격제어가 정상적으로 동작하는지를 실험적으로 테스트 하였다. 아래 Fig. 4는 새로운 사람에 대한 얼굴을 등록하는 과정을 보여준다.

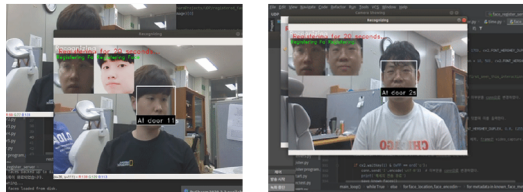


Fig. 4. Face Recognition and Registration.

프론트 모듈에서는 모션 센서를 통해 방문자를 감지하면 영상 촬영이 시작된다. 프론트 모듈은 촬영된 영상을

인터넷을 통해 메인 모듈 서버로 전송한다. 메인 모듈 서버에서는 수신된 영상에서 얼굴 영상을 추출하고 이 영상을 DB에 저장된 영상과 비교하는 인식과정을 수행한다.

Fig. 5는 등록된 사람에 대한 얼굴인식 결과와 등록되지 않은 사람에 대한 얼굴 인식 결과를 서버에서 출력한 화면을 보여주고 있다. 서버에서 얼굴 인식 결과가 등록된 사람이면 도어락이 열리게 되고 등록되지 않은 사람으로 판단되면 사용자의 모바일로 경고 메시지를 전달한다. 등록되지 않은 사람에 대해서는 사용자가 실시간으로 확인한 뒤 필요에 따라 원격으로 도어락을 열 수 있다.



Fig. 5. Face Recognition of Registered/Unregistered person

다음으로 구현된 시스템의 성능을 측정하기 위하여 특징 점에 대한 거리 임계값을 바꾸어 가며 실험적인 테스트를 실시하였다. 먼저 출입 허가자를 등록하기 위하여 실험 사용 목적에 대한 사전 동의를 구한 10명에 대하여 Fig. 4의 과정을 통해 얼굴등록을 하였다. 이와 별도로 인터넷 검색을 통해 쉽게 찾을 수 있는 100장의 임의의 사진을 이용하여 50명의 사진은 출입 허가자로 등록하고 나머지 50명의 사진은 비허가자에 대한 데이터 셋으로 사용하였다[15]. 모바일 등록자에 대한 실험측정은 2020년 9월~ 11월에 걸쳐 실시하였으며 인터넷 등록자에 대한 실험측정은 AI가 만든 초상권 없는 얼굴 이미지를 사용하여 실시하였다.

사전실험을 통하여 모바일로 등록된 얼굴과 인터넷에서 구한 얼굴에 대한 인식률이 큰 차이가 없는 것을 확인하였지만 모바일의 데이터 셋 크기가 너무 작다고 판단하여 성능실험은 인터넷에서 구한 100명의 사진으로 실시하였다. 성능실험은 100명의 사진을 임의로 50명씩 인가자와 비인가자로 나눈 뒤 4회에 걸쳐 시행하였다.

성능측정은 오차행렬을 이용하여 거리임계 값의 변화에 따른 정밀도(Precision), 특이도(Specificity), 정확도(Accuracy)를 구하고 본 연구와 비교적 유사한 환경인 [13]의 결과와 비교하였다.

성능측정에 사용된 분류의 성능 평가 지표는 Table.

2에 나타내었다. 이를 이용한 정밀도와 특이도, 정확도는 Equation (1)과 같이 계산할 수 있다.

Table 2. Classification evaluation metrics.

	Meaning	Contents
TN	True Negative	Non-permit a person with non-permission
FN	False Negative	Permit a person with non-permission
TP	True Positive	Permit a person with permission
FP	False Positive	Non-permit a person with permission

$$\begin{aligned} \text{Precision} &= \frac{TP}{(TP+FP)} \\ \text{Specificity} &= \frac{TN}{(FN+TN)} \\ \text{Accuracy} &= \frac{(TP+TN)}{(TP+FP+FN+TN)} \end{aligned} \quad (1)$$

정밀도는 이미 등록된 사람을 등록된 사람으로 인식하는 성능이고 특이도는 출입 비인가자를 비 등록자로 인식하는 성능이며 정확도는 등록된 사람이 등록된 사람으로 인식되고 등록되지 않은 사람은 등록되지 않는 사람으로 인식하는 성능이다.

Table 3. Performance of Face Recognition Services.

d-threshold	Precision(%)	Specificity(%)	Accuracy(%)
0.45	19.3	19.5	19.4
0.5	52	48	50
0.55	84	82	83
0.6	96.5	94	95.2
0.65	96.5	94.5	95.5

Table 3은 실험결과를 보여주는데, 거리임계 값이 0.45 이하가 되면 정확도, 특이도, 정밀도 모두 20%를 밑돌았고 0.5일 때는 50% 정도의 결과 값을 보였다. 임계값을 0.55로 높였을 때에는 같은 얼굴일 경우에 방향을 다르게 바꾸어도 인식되는 경우가 많았다. 거리 임계값을 0.6 이상으로 설정할 경우에는 세 가지 측정 값 모두 95% 정도의 높은 인식률을 보여 주었으며, Dlib에서 보고한 것과 비슷한 결과임을 확인하였다.

위 실험결과를 비교적 본 연구와 유사한 형태를 가진 [13]의 결과와 정밀도, 특이도, 정확도에 대해서 정량적으로 비교하였다. Table 3의 실험 결과 중에서 거리 임계값이 0.6일 때의 값과 비교한 결과를 아래 Table 4에 나타내었다.

Table 4. Comparison with related Work.

Related Work	Precision (%)	Specificity (%)	Accuracy (%)
Proposed(d=0.6)	96.5	94	95.5
Ok, et. al.[13]	95.6	99.4	97.5

Table 4를 보면 정밀도에서는 큰 차이를 보이지 않지만 특이도와 정확도는 [13]이 더 우수한 것으로 나타난다. [13]은 단일 모델이 아닌 여러 개의 인식 모델을 조합한 앙상블 기법을 사용함으로써 더 좋은 결과 값을 보여준다. 만일 성능 요소 중 인식 시간에 대한 구체적인 결과 값이 제시된다면 다중 모델과 인식 시간에 대한 비교 연구가 가능할 것으로 판단된다.

5. 결론 및 향후 과제

최근 급속하게 발전하는 AI 기술은 얼굴인식 기술 발전을 이끌고 있다. 과거 기계학습을 이용하던 얼굴인식 기술은 딥러닝을 통해 수많은 얼굴 정보를 익히도록 함으로써 얼굴인식 능력을 획기적으로 향상시키고 있다. 이런 얼굴인식 기술의 대표적인 응용분야는 출입관리 분야이다. 코로나19로 인해 택배와 배달 수요가 폭발적으로 늘어남에 따라 외부인이 우리 집을 방문하는 횟수가 대폭 증가되었다. 이로 인해 비어 있는 시간대에 집을 방문하는 외부인이 누구인지 확인하고 싶어 하는 보안 수요도 꾸준히 늘고 있다. 본 논문에서는 오픈 소스에 기반을 둔 얼굴인식 기술을 활용하여 낯선 방문자에 대해 능동적으로 대응하는 출입 관리 보안 시스템을 개발하였다. 구현된 시스템은 프론트 모듈과 서버모듈, 모바일 모듈로 구성된다. 세부적으로는 얼굴등록, 얼굴인식, 실시간 방문자 확인 및 원격제어, 동영상 저장 기능을 포함하고 있다.

인터넷에서 공개된 사진을 이용하여 거리임계 값의 변화에 따른 정밀도, 특이도, 정확도를 구하고 선행연구 결과와 비교하였다. 실험 결과 구현된 시스템이 정상적으로 동작하는 것을 확인 하였으며 Dlib에서 보고한 것과 비슷한 결과를 보이는 것을 확인 하였다.

본 논문에서 구현된 시스템을 클라우드 환경 플랫폼으로 확장한다면 실생활에서 훨씬 많은 활용도를 기대할 수 있을 것이다.

REFERENCES

- [1] Kang, Ji-Hyon.(2019). Fear of Crime among One-person Households. *Korean Crime Victimization Survey*, 15(4), 22-54.
DOI: 10.25023/kapsa.15.4.2019.02.23
- [2] Kim, Jong Yun.(2019). G. D. Hong & H. K. Kim. (2016). A Study on the Effect of Different Types of Housing on the Burglary and the Preventive Effect of Crime Prevention. *The Journal of Police Science*, 19(4), 111-131.
DOI:10.22816/polsci.2019.19.4.005.
- [3] Hwang Ji-Tae. (2004). A Study on Target Selection of Burglars, Robbers and Thieves. *Korean Institute of Criminology*, 17-247.
UCI(KEPA): I410-ECN-0101-2012-364-003835478
- [4] Kang Yong gil and Cho Jun Taek. (2010). The research for Burglary Prevention Measures through Criminal Behavior Analysis. *The Journal of Police Science*, 10(1), 185-212.
UCI(KEPA): I410-ECN-0101-2017-360-001374598
- [5] OpenCV Library. (2020). <https://github.com/opencv/opencv>.
- [6] Dlib C++ Library. (2020). OpenCV Library. (2020). <http://dlib.net/>.
- [7] Vikas Gupta. (2018). Face Detection-OpenCV, Dlib and Deep Learning(C++/Python). <https://learnopencv.com/face-detection-opencv-dlib-and-deep-learning-c-python/>.
- [8] Martin Krasser. (2018). Deep face recognition with Keras, Dlib and OpenCV. <http://krasserm.github.io/2018/02/07/deep-face-recognition/>.
- [9] Alvin Prayuda. (2018). Performance Showdown of Publicly Available Face Detection Model. <https://medium.com/nodeflux/performance-showdown-of-publicly-available-face-detection-model-7c725747094a>
- [10] Sang-Young Park, Hwa-Young Kang, Kang-Hee Lee. (2019). Design and Implementation of an OpenCV-based Digital Doorlock. *Proceedings of the Korean Society of Computer Information Conference* 27(2), 321-324.
- [11] Se-Yeol Rhyou, Hye-Jin Kim and Kyung-Ae Cha. (2019). Development of Access Management System based on Face Recognition using ResNet. *Journal of Korea Multimedia Society*, 22(8), 823-831.
DOI:10.9717/kmms.2019.22.8.823
- [12] Bu-Yeol Park, Eun-Jeong Jin, Boon-Giin Lee, Su-Min Lee. (2018). Establishment of electronic attendance using PCA recognition. *Journal of the Institute of Convergence Signal Processing*, 19(4), 174-179.
- [13] Kisu OK, Dongwoo Kwon, Hyeonwoo Kim, Donghyeok An, Hongtaek Ju. (2017). Development of a Visitor Recognition System Using Open APIs for Face Recognition. *KIPS Transactions on Computer and Communication Systems*. 6(4), 169-178.
- [14] Jin-Suk Bang. (2020). Face recognition attendance management system through Raspberry Pi. *KIICE 2020*. 24(1), 373-375.
UCI(KEPA) : I410-ECN-0101-2020-004-000906492.
- [15] Icons8 Blog. (2020). Generated Photos:100,000 Free AI Generated Faces for Your Designs.
<https://icons8.com/articles/ai-generated-faces/>.

허 석 렬(Seok-Yeol Heo)

[정회원]



- 1986년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
- 1991년 2월 : 경북대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
- 2008년 2월 : 경북대학교 컴퓨터공학과(공학박사)
- 1992년 3월 ~ 2005년 2월 : 밀양대학교 컴퓨터공학부 교수
- 2006년 3월 ~ 현재 : 부산대학교 IT응용공학과 교수
- 2012년 9월 ~ 2013년 8월 : Univ. of Texas at Dallas 방문교수
- 관심분야 : IoT, 딥러닝, 빅데이터
- E-Mail : syheo@pusan.ac.kr

김 강 민(Kang Min Kim)

[학생회원]



- 2015년 3월 ~ 현재 : 부산대학교 IT응용공학과 학부과정
- 2021년 2월 : 부산대학교 IT응용공학과 졸업예정
- 관심분야 : 딥러닝, IoT, 빅데이터
- E-Mail : fireant9999@naver.com

이 완 직(Wan-Jik Lee)

[정회원]



- 1992년 2월 : 경북대학교 통계학과(이학사)
- 1994년 2월 : 경북대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
- 2007년 2월 : 경북대학교 컴퓨터공학과(공학박사)
- 1997년 3월 ~ 2005년 2월 : 밀양대학교 정보통신공학부 교수
- 2006년 3월 ~ 현재 : 부산대학교 IT응용공학과 교수
- 관심분야 : IoT통신기술, 네트워크 프로토콜 구현, 네트워크 보안
- E-Mail : wjlee@pusan.ac.kr