

젯슨 나노 기반의 OpenCV 및 딥러닝을 사용한 스마트 도어 구현

천 상 훈[°], 최 지 훈^{*}, 김 예 진^{*}, 강 성 관^{**}

Smart Door Implementation Using Jetson Nano-Based OpenCV and Deep Learning

Sang-hun Chun[°], Ji-hoon Choi^{*}, Ye-jin Kim^{*}, Sung-kwan Kang^{**}

요 약

본 논문은 젯슨 나노(Jetson Nano)에 기반하여 얼굴 인식을 사용한 스마트 도어를 구현한다. 기존의 디지털 도어락은 비밀번호를 사용하여 잠금 및 해제한다. 최근 1인 가구의 증가 등 보안 문제가 증가함에 따라 스마트 시티 구현 등 홈 보안을 위한 새로운 기술을 사용할 필요성이 대두되고 있다. 얼굴 인식 기반 홈 보안 시스템은 최근 딥러닝 기술의 발전으로 효과적인 접근 방식이 되었다. 젯슨 나노는 소형 인공지능 컴퓨터로 스마트 도어 개발을 위해 효율성이 큰 지능형 임베디드 시스템이다. 제안된 스마트 도어는 이러한 최신 기술들을 사용하여 얼굴을 인식하고 도어를 제어하는 점에서 안전과 보안을 제공할 수 있다. 제안된 스마트 도어는 홈 보안을 제공하기 위해 두 가지 주요 기술을 사용한다. 하나는 OpenCV 기반 딥러닝 기술을 사용하여 얼굴을 인식하는 것이고 다른 하나는 젯슨 나노의 GPIO 인터페이스를 통해 직접 도어락을 제어하는 것이다. 얼굴 인식 시스템과 도어락을 연결하여 제어함으로써 홈 보안을 제공할 수 있다. 실험 결과 제안된 시스템은 카메라 영상으로부터 실제 얼굴을 인식하여 도어를 효과적으로 제어할 수 있음을 보였다.

키워드 : 스마트 도어, 얼굴 인식, 딥러닝, 보안, 오픈씨브이

Key Words : Smart Door, Facial Recognition, Deep Learning, Security, OpenCV

ABSTRACT

This paper implements a smart door using face recognition based on Jetson Nano. Existing digital door locks are locked and unlocked using a password. As security issues such as the recent increase in single-person households increase, the need to use new technologies for home security, such as implementing a smart city, is emerging. Face recognition-based home security systems have become an effective approach due to the recent development of deep learning technology. Jetson Nano is a small artificial intelligence computer that is an intelligent embedded system with great utility for smart door development. The proposed smart door can provide safety and security that it recognizes faces and controls the door using these latest technologies. The proposed smart door uses two main technologies to provide home security. One is to recognize faces

[°] First Author and Corresponding Author : Incheon Jaeneung University Department of Information Communication, wintari@naver.com, 부교수, 중신회원

^{*} Incheon Jaeneung University Department of Information Communication, ads2080@naver.com, 학생, kimyj17572@naver.com, 학생

^{**} Inha University Department of Computer and Information Engineering, kskk1111@empas.com, 박사

논문번호 : 202010-252-D-RN, Received October 8, 2020; Revised November 19, 2020; Accepted November 19, 2020

using OpenCV-based deep learning technology, and the other is to directly control the door lock through Jetson Nano's GPIO interface. In the proposed system, home security can be provided by connecting and controlling the face recognition system and the door lock. The experimental results show that the proposed system can effectively control the door by recognizing a real face from a camera image.

I. 서 론

최근 스마트 홈 시스템을 위해 얼굴 인식 기술이 널리 사용되고 있다. 또한, 안전성과 보안 문제가 증가함에 따라 디지털 도어락, 고급 화상 대화 장치 및 무선 홈 보안 네트워크 등 보안 관련 스마트 도어 시스템이 지속적으로 연구되고 있다. OpenCV를 활용하여 얼굴을 인식하는 도어 시스템에 대한 연구가 수행되었고^[1], 클라우드 및 사물인터넷(IoT) 기술을 활용하여 홈 안전망을 구축하는 실시간 스마트 도어 시스템도 제시되었다^[2]. 실시간으로 가정과 사무실에서 안전과 보안을 제공하기 위해 제안된 많은 스마트 시스템이 있다. 얼굴 및 음성 인식과 위치 감지 기술이 제시되었고^[3,4], 얼굴 인식 알고리즘을 위한 평가 방법과^[5] 얼굴 인식 기법도^[6] 제시되어 있다.

제안된 스마트 도어는 소형 인공지능 컴퓨터인 젯슨 나노를 기반으로 얼굴을 인식하여 도어를 제어한다. 젯슨 나노에 장착한 CSI(Camera Serial Interface) 카메라로 영상을 촬영하고 얼굴을 검출하여 훈련용 타깃 이미지를 구축한다. 수집된 이미지로 딥러닝 인공지능 모델을 훈련하며, 훈련된 모델로 카메라에 입력되는 새 영상에 대해 타깃 얼굴과 일치하는지 예측을 수행한다. 얼굴과 일치하면 도어락을 일정 기간 열림 상태로 유지하며 일치하지 않으면 잠금 상태로 유지한다.

제안된 스마트 도어 시스템은 스스로 얼굴을 인식하여 도어를 제어함으로써 독립형 홈 보안 기능을 제공한다. 카메라를 통해 방문자의 얼굴을 촬영하고, 젯슨 나노에 설치한 딥러닝 기술을 통해 얼굴을 인식하며, 낯선 방문객의 침입을 방지 할 수 있다. 1인 가구의 경우 집주인 얼굴만 인식하면 되기 때문에 실용적으로 활용될 수 있다. 얼굴 인식, 사물인터넷, 클라우드 등 복잡한 기술들을 혼용한 스마트 도어 시스템에 비해 카메라, 딥러닝 기술 탑재 임베디드 시스템, 디지털 도어락으로 구현이 가능하다.

제안된 스마트 도어의 목표는 다음과 같다.

- 범용 CSI 카메라를 사용하여 효과적인 영상 수집
- 딥러닝 기술이 탑재된 젯슨 나노 하드웨어와

OpenCV 소프트웨어를 사용하여 신속하게 스마트 도어 시스템을 구현

- 기존 디지털 도어락을 젯슨 나노의 GPIO 포트를 통해 연결하여 제어

본문의 구성은 다음과 같다. II. 본문에서 제안된 스마트 도어 시스템의 개요를 설명한다. 하드웨어 구성과 소프트웨어 흐름도를 상세하게 설명한다. 제안된 스마트 도어의 구현 과정도 설명한다. 얼굴 데이터 수집, 딥러닝 모델의 훈련 과정, 학습된 딥러닝 모델을 통한 예측을 설명한다. III. 실험에서 타깃 이미지 수집 과정 및 수집 표본, 얼굴 예측 신뢰도에 따른 도어락 잠금 해제 결과, 도어락 잠금 결과를 설명한다. 마지막으로 IV. 결론에서 제안된 스마트 도어 시스템의 결론을 맺고 추후 연구 사항을 설명한다.

II. 본 론

2.1 제안된 스마트 도어 개요

최근 사물인터넷(IoT) 장치와 보안 문제에 관심이 국내외적으로 빠르게 증가하고 있다. 특히 1인 가구의 급증에 따라 스마트 도어에 대한 관심이 급증하고 있다. 제안된 스마트 도어의 주요 특징은 다음과 같다.

- 딥러닝 모델 훈련 데이터로 100장의 실사 영상 사용
- 신속한 얼굴 인식을 위해 검증된 딥러닝 모델 사용
- 기존 디지털 도어락을 연결하여 제어

2.2 제안된 스마트 도어 시스템의 특징

제안된 스마트 도어는 홈 보안 문제를 실제 환경에 적용하기 위해 실제 영상과 기존 디지털 도어락으로 시스템을 구현하였다. 또한, 독립형 스마트 도어 시스템을 제공하기 위해 소형 인공지능 컴퓨터인 엔비디아(Nvidia)의 젯슨 나노(Jetson Nano)를 기반으로 개발하였으며 다음과 같은 하드웨어 및 소프트웨어 기술을 활용하였다.

- 실제 사람 얼굴을 촬영하고 딥러닝 모델의 훈련 데이터를 수집하기 위해 범용 CSI 카메라를 사용
- 독립형 스마트 도어 시스템에서 신속하게 영상

데이터를 훈련하기 위해 4 개의 GPU(Graphic Processing Unit)를 탑재한 소형 인공지능 컴퓨터인 젯슨 나노를 사용

- 일반 가정에서 사용하는 기존 디지털 도어락 사용
- 실시간 영상 처리를 위해 인텔에서 오픈 소스 기반으로 개발한 OpenCV 라이브러리 사용
- 빠른 검출 속도를 갖는 딥러닝 기반의 얼굴 검출을 위해 Harr Cascade 알고리즘을 사용
- 특징에 기반한 신속한 처리를 위해 얼굴 인식기로 OpenCV의 LBPH(Local Binary Patterns Histograms) 알고리즘을 사용
- 젯슨 나노와 디지털 도어락을 연결하기 위해 젯슨 나노의 GPIO 포트 사용

그림 1.은 제안된 시스템의 전체 구성도를 나타낸다. 딥러닝 라이브러리가 탑재된 젯슨 나노 임베디드 시스템에 MIPI(Mobile Industry Processor Interface)를 통해 CSI 카메라를 연결하고 도어락은 GPIO(General Purpose Input Output) 인터페이스를 통해 연결한다.

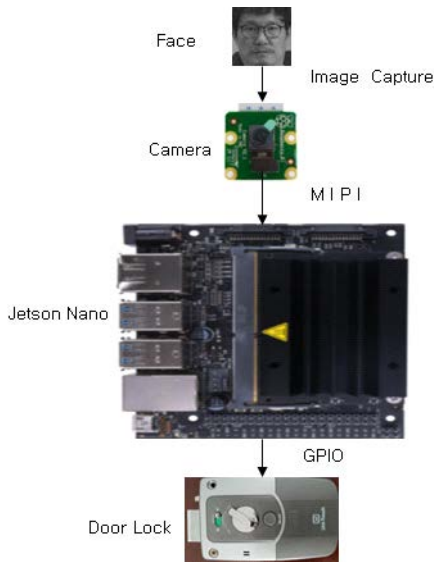


그림 1. 전체 시스템의 구성도
Fig. 1. Diagram of the whole system.

2.3 시스템 개발 환경

제안된 시스템은 젯슨 나노, 카메라, 디지털 도어락 등의 하드웨어와 운영 체제, OpenCV, 딥러닝 모델 등의 소프트웨어를 기반으로 개발 환경을 구축한다. 젯슨 나노는 4 개의 GPU, 카메라 인터페이스, 확장 헤더 등 딥러닝 어플리케이션 개발을 위한 하드웨어 기

반을 지원한다. OpenCV는 카메라로부터 학습 영상을 취득하고, 취득한 영상으로 딥러닝 모델을 훈련 후 새로운 영상에 대해 예측을 수행하는 소프트웨어 알고리즘을 지원한다.

2.3.1 하드웨어 환경 구축

젯슨 나노는 엔비디아의 소형 인공지능 컴퓨터로 다양한 주변 장치와의 연결을 위한 인터페이스를 제공한다. 컴퓨터 운영 체제 저장을 위한 SD 카드 슬롯, 주변 장치와의 인터페이스를 위한 40 핀 확장 헤더, 5V 전원 입력 및 데이터 용 마이크로 USB 포트, 유선 인터넷 연결을 위한 기가비트 이더넷 포트, 모니터 출력을 위한 HDMI 포트, 카메라 연결을 위한 MIPI CSI 카메라 커넥트 등의 인터페이스를 갖는다⁷⁾.

젯슨 나노는 기본적으로 메인 보드만 제공되며 카메라 등의 주변 장치는 별도로 준비해야 한다. 따라서 젯슨 나노를 이용하여 얼굴을 인식하여 디지털 도어를 제어하는 AI 어플리케이션을 개발하기 위해 카메라, SD 카드, USB 키보드 및 마우스, 모니터, 5V 전원 공급 장치 등의 하드웨어 부품을 추가로 준비한다. 표 1.은 제안된 시스템의 개발을 위해 준비한 주요 하드웨어 부품의 목록을 나타낸다.

IMX219 카메라는 1/4 인치 크기의 8MP 해상도를 지원하며 MIPI 인터페이스를 제공하는 CSI-2 방식의

표 1. 주요 부품의 목록
Table 1. List of main parts.

Part Name	Specification	Function
NVIDIA Jetson Nano Developer Kit	microSD card slot, 40-pin expansion header, Micro-USB port, Gigabit Ethernet port, USB 3.0 ports, HDMI output port, DC Barrel jack, MIPI CSI camera connectors	Small AI Computer
IMX219 -8MP Camera	Optical Size: 1/4 ", Resolution: 3280x2464, Pixel Size: 1.12um x 1.12um, CSI-2 Data Output: 2-lane mode, Data Format: Raw Bayer 10bit	Image Capture
HDMI Cable	1.8M	Monitor Connector
microSD Card	64GB	Main Storage
Power Adapter	5V 4A	Power Supply
Door Lock	General Digital Door Lock	Door Control

이미지 센서이다. 라즈베리파이(Raspberry pi V2)의 카메라 모듈에 채택되었고 젯슨 나노에서도 기본적으로 지원되고 있다. HDMI 케이블은 젯슨 나노의 HDMI 출력 포트와 컴퓨터 모니터의 HDMI 입력 포트를 연결하여 젯슨 나노의 출력을 컴퓨터 모니터 화면에서 확인할 수 있도록 한다. 전원 어댑터는 젯슨 나노가 얼굴 인식을 위해 GPU 프로세서를 구동하는 경우 2.5 암페어 이상의 충분한 전류를 필요로 하기 때문에 4 암페어의 전류가 공급되는 5V 전원을 사용한다. 마이크로에스디(microSD) 카드는 엔비디아의 젯팩(NVIDIA JetPack) 이미지 파일과 훈련용 얼굴 이미지 등을 저장하기에 충분하도록 64GB 크기 이상을 사용한다. 젯팩 이미지 파일은 젯슨 나노의 운영 체제 이미지 파일과 OpenCV 라이브러리 등을 포함하고 있고 우분투 리눅스 운영체제에서 인공지능 어플리케이션 구축을 위한 통합 개발 환경을 지원한다. 일반적인 디지털 도어락을 사용하며 현관문 내부 도어락의 스위치를 젯슨 나노의 GPIO 포트를 통해 전자적으로 열고 닫히도록 제어한다.

2.3.2 소프트웨어 환경 구축

소프트웨어 환경 구축의 첫 단계로 젯슨 나노에 젯팩 이미지 파일을 설치한다. 젯슨 나노는 엔비디아의 소형 인공지능 컴퓨터로 하드웨어만 제공된다. 젯슨 나노의 구동 프로그램인 젯팩 이미지 파일은 개발자가 엔비디아 홈페이지에서 다운로드하여 설치한다⁸⁾. 그림 2.는 젯팩을 설치하는 과정을 나타낸다. 젯팩 이미지 파일을 다운로드하고 SD 카드를 포맷하는 과정, 다운로드 받은 이미지를 SD 카드에 기록하는 과정, 주변 장치를 연결하고 젯슨 나노를 부팅하는 과정의 순서로 진행된다.

젯슨 나노는 SD 카드를 부팅 장치 및 주 저장 장치로 사용한다. 그림 2.의 설정 과정에서 엔비디아의 홈페이지에 접속하여 젯팩(우분투 리눅스 운영 체제 이미지가 기록되어 있음)이 담겨있는 SD 카드 이미지를

다운로드한다. 기록 과정에서 다운받은 이미지 파일을 SD 카드에 쓰기 위해 SD 메모리 카드 포맷터를 사용하여 SD 카드를 포맷한다. 포맷 후 에처(Etcher) 프로그램을 이용하여 다운로드 받은 이미지 파일을 SD 카드에 쓴다. 다음으로 SD 카드를 젯슨 나노 모듈의 SD 카드 슬롯에 삽입한다. 마지막으로 부팅 과정에서 젯슨 나노에 키보드, 마우스, 모니터, 카메라, 이더넷 케이블, 전원 어댑터를 연결하고 전원을 켜서 젯슨 나노를 부팅한다. 젯슨 나노가 시작되면 사용자 이름, 암호를 생성하고 로그인하여 부팅 과정을 완료한다.

소프트웨어 환경 구축의 다음 단계로 젯슨 나노에 OpenCV를 설치한다⁹⁾. 본 논문은 젯슨 나노를 사용하여 얼굴 인식 관련 딥러닝 어플리케이션을 개발하기 위해 OpenCV를 사용한다. OpenCV 패키지 설치 과정의 첫 단계에서 컴파일에 필요한 파이썬 패키지, 넘파이 패키지, 이미지 및 비디오 파일 처리 패키지, 비디오 스트리밍을 위한 지스트리머(GStreamer) 패키지를 설치한다. 다음 단계에서 OpenCV 소스 코드와 컨트리뷰션 모듈을 다운로드하고 압축을 푼다. 빌드(build) 디렉토리를 생성하고 컴파일 옵션을 설정한다. 마지막으로 OpenCV 컴파일 과정에서 젯슨 나노의 코어 개수를 확인하고 스왑 메모리를 늘려준다. 전체 코어를 동시에 사용하여 컴파일하면 시간을 절약할 수 있으나 메모리 부족 등 과부하로 인해 시스템이 중단되는 현상이 발생할 수 있다. 따라서 전체 코어 중에서 일부만 사용하여 컴파일을 진행한다.

본 논문은 우분투 리눅스 18.04 버전에서 파이썬 3.6.9와 OpenCV 4.2.0을 기반으로 얼굴 인식 스마트 도어 시스템을 개발한다. 이를 위해 소프트웨어 환경 구축의 마지막 단계로 얼굴 검출과 얼굴 인식을 위해 OpenCV 기반 파이썬 프로그램으로 작성된 딥러닝 얼굴 인식 모델을 다운로드하여 설치한다¹⁰⁾. 설치한 딥러닝 기반 얼굴 인식 프로그램을 사용하여¹¹⁾ 얼굴 인식 모델을 훈련하고 얼굴을 예측한다. 또한, 도어락 제어를 위해 딥러닝 기반 얼굴 인식 프로그램에 GPIO 설정 부분을 추가한다. 그림 3.은 젯슨 나노를 사용한 스마트 도어 제어 프로그램의 흐름도를 나타낸다.

스마트 도어 제어 프로그램의 첫 번째 GPIO 설정 단계에서 젯슨 나노와 디지털 도어락을 연결하고 제어하기 위해 GPIO 인터페이스의 확장핀을 설정한다. 먼저 확장핀에 신호를 출력하기 위해 파이썬의 라즈베리파이 GPIO 패키지(RPi.GPIO)를 임포트한다. 다음으로 확장핀의 번호 참조방식(GPIO.BCM)을 설정하고 사용할 핀 번호를 선택한다. 핀을 출력 모드로 지정하고 초기 상태를 도어 잠김(GPIO.HIGH)로 설

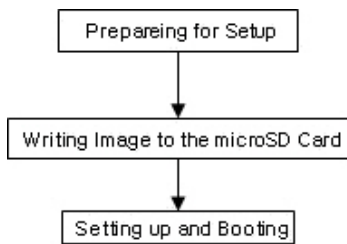


그림 2. 젯슨 나노의 첫 번째 부팅 과정
Fig. 2. Jetson Nano's first booting process

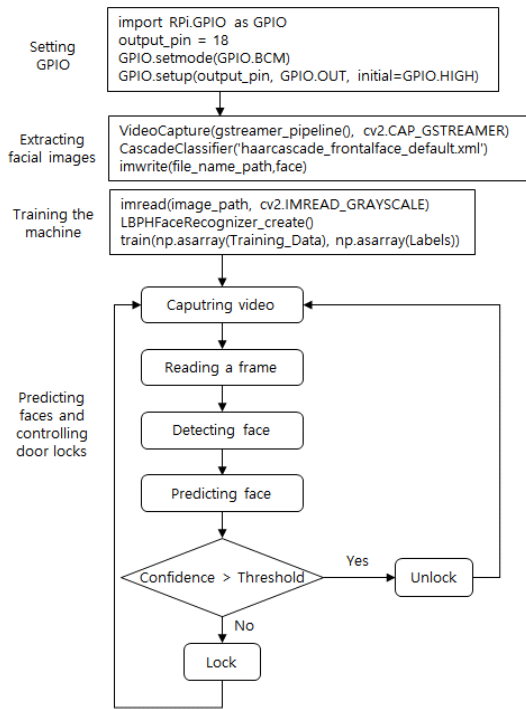


그림 3. 스마트 도어 제어 흐름도
Fig. 3. Flow chart of controlling smart door

정한다.

얼굴을 인식하기 위한 딥러닝 모델 훈련은 2 개의 단계로 수행한다. 첫 번째 단계에서 훈련에 사용할 얼굴 이미지를 수집한다¹²⁾. 먼저 지스트리머(GStreamer)를 사용하여 젯슨 나노에 연결된 CSI 카메라로부터 영상을 캡처한다. 다음으로 캡처한 영상의 이미지 프레임 한 장에 하르 캐스케이드(Haar Cascade) 분류기를 적용하여 얼굴을 분류하고 저장한다. 이 과정을 반복하여 훈련용 타깃 얼굴 이미지를 수집한다. 지스트리머는 파이썬 기반의 멀티미디어 프레임워크로 오디오 및 비디오 재생, 스트리밍 및 편집 등 다양한 미디어를 관리할 수 있는 기능을 제공한다¹³⁾. 지스트리머를 사용하여 캡처 영상의 해상도, 화면 디스플레이 해상도, 프레임 속도, 영상 출력 모드를 설정한다¹⁴⁾. 하르 캐스케이드 분류기는 OpenCV가 제공하는 딥러닝 기반의 객체(object) 검출 알고리즘으로 카메라 영상에서 얼굴을 분류한다¹⁵⁾. 특징(feature)을 기반으로 비디오 또는 이미지에서 객체를 검출하며 직사각형 영역의 특징을 사용하기 때문에 픽셀을 사용할 때 보다 동작 속도가 빠르다. 본 논문에서 제안한 스마트 도어락은 독립적으로 운용되며 카메라 영상을 실시간으로 처리해야 하는 특성상 속도

가 중요하기 때문에 하르 캐스케이드 분류기가 효과적이다. 딥러닝 모델 훈련의 두 번째 단계에서 훈련용 얼굴 이미지를 읽어서 얼굴 인식 모델을 훈련시킨다¹⁶⁾. 얼굴 인식 모델은 OpenCV의 LBPH(Local Binary Patterns Histograms) 알고리즘을 사용한다¹⁷⁾. LBPH 기법은 훈련용 얼굴 이미지로부터 특성을 추출하고 알려지지 않은 새로운 얼굴 이미지가 제공되면 마찬가지로 특성을 분석한다. 얼굴 인식은 새로운 얼굴 이미지의 특성과 훈련용 얼굴 이미지의 특성을 비교하고 신뢰도를 측정하여 수행된다.

스마트 도어락 제어 프로그램의 마지막 단계로 얼굴 예측 및 도어락 제어를 수행한다. 예측 신뢰도(confidence)와 임계값을 비교하여 임계값(threshold) 이상이면 도어락을 열고 기준값 미만이면 닫는다. 그림 4.는 젯슨 나노 기반의 제안된 스마트 도어락 시스템의 구현을 나타낸다.

젯슨 나노는 GPIO 인터페이스를 통해 디지털 도어락을 제어한다¹⁸⁾. 카메라 영상으로부터 실시간으로 캡처한 이미지를 한 장 읽어서 얼굴을 검출하고 예측하여 도어의 개폐를 제어한다. 젯슨 나노의 GPIO 인터페이스와 도어락은 D 래치를 통해 연결한다. 도어락 스위치의 양단을 D 래치를 통해 전자적으로 연결 또는 단절하는 방식으로 도어를 개폐한다.

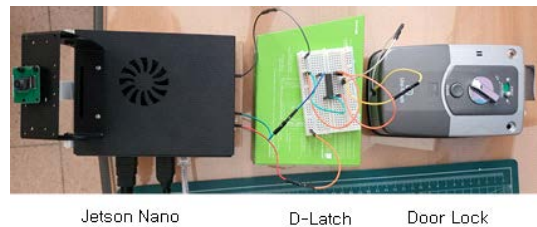


그림 4. 젯슨 나노를 사용한 도어락 제어
Fig. 4. Controlling the door lock with Jetson Nano

III. 실험

실험은 도어락 제어 시스템의 하드웨어와 소프트웨어를 구현하여 진행하였다. 시스템의 하드웨어는 그림 4.와 같이 젯슨 나노에 CSI 카메라를 장착하고 디지털 도어락을 연결하여 구현하였다. 시스템의 소프트웨어는 그림 2.와 그림 3.과 같이 우분투 리눅스 18.04 버전에서 파이썬 3.6.9와 OpenCV 4.2.0을 기반으로 얼굴 인식 스마트 도어 프로그램을 통해 구현하였다.

그림 5.는 훈련용 얼굴 이미지를 수집하는 과정과 수집된 표본을 나타낸다. 도어락의 잠금 해제에 사용

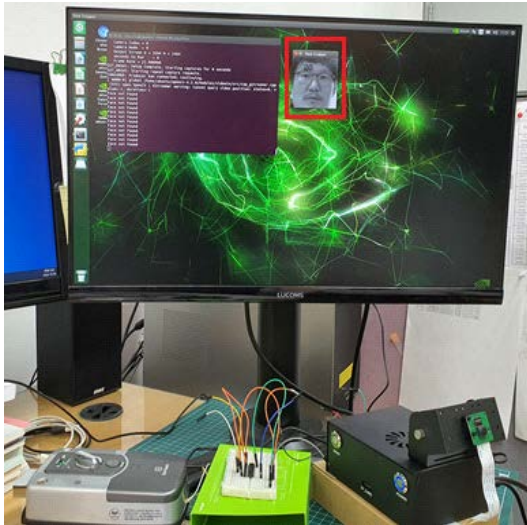


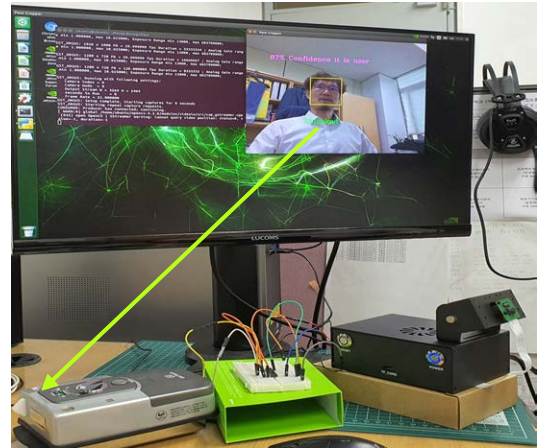
그림 5. 훈련용 얼굴 이미지의 수집 과정과 수집된 표본
Fig. 5. Collection process and collected samples of training face images

할 훈련용 타깃 얼굴 이미지를 100장 수집한다. 먼저 카메라 영상에서 프레임 한 장을 읽고 흑백 이미지로 변환한다. 변환된 이미지에 하르 캐스케이드 얼굴 분류기를 적용하여 사각형의 얼굴 영역을 검출한다.

검출된 영역만큼의 얼굴 크기를 프레임으로부터 잘라낸다. 잘라낸 얼굴 영역을 200 x 200 크기로 표준화하고 흑백 이미지로 변환시켜 저장한다. 이 과정을 100번 반복하여 훈련용 타깃 이미지 100장을 수집한다.

그림 6.은 도어락의 잠금 해제 결과를 나타낸다. 카메라에 잡힌 얼굴을 인식하고 신뢰도에 근거하여 도어락의 잠금을 해제하였다. 인식된 새로운 얼굴이 타깃 얼굴 이미지와 신뢰도에서 일정값 이상으로 가까워진 경우 도어락의 잠금이 성공적으로 해제됨을 보인다.

카메라 영상으로부터 새로운 얼굴을 검출하여 훈련된 AI 모델로 예측을 수행한다. 예측 결과의 신뢰도를 계산하여 설정한 임계값과 비교한다. 신뢰도가 임계값보다 크면 젯슨 나노의 GPIO 인터페이스를 통해 잠금 해제 신호를 출력하고 도어락의 잠금을 해제한다. 일정 시간 동안 도어락의 해제 상태를 유지하기 위해 시간 지연을 둔다. 그림 6.의 (a), (b) 결과로부터 신뢰



(a) Confidence 87%



(b) Confidence 89%

그림 6. 도어락의 잠금을 해제한 결과
Fig. 6. The result of unlocking the door lock

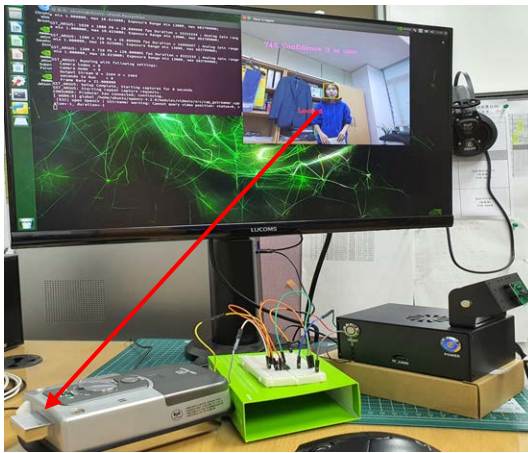
도가 87%, 89%인 경우 도어락의 잠금이 성공적으로 해제됨을 알 수 있다.

그림 7.은 도어락의 잠금 결과를 나타낸다. 인식된 새로운 얼굴이 타깃 얼굴 이미지와 신뢰도에서 일정값 미만으로 떨어진 경우 도어락의 잠금이 유지되는 결과를 나타낸다.

그림 7.의 (a)는 인쇄물의 얼굴 이미지를 테스트한 결과이고 (b)는 실제 인물의 얼굴을 테스트한 결과이다. 그림 7.의 (a), (b) 결과로부터 신뢰도가 73%, 74%인 경우 도어락이 성공적으로 잠금 상태를 유지함을 알 수 있다.



(a) Confidence 73%



(b) Confidence 74%

그림 7. 도어락을 잠금한 결과
Fig. 7. The result of locking the door lock

IV. 결 론

본 논문은 젯슨 나노를 기반으로 OpenCV 및 딥러닝을 사용한 스마트 도어를 제안하였다. CSI 카메라, 젯슨 나노, 디지털 도어락으로 하드웨어를 구현하였다. 우분투 리눅스, OpenCV, 하르 캐스케이드 얼굴 분류기, LBPH 얼굴 인식 알고리즘, GPIO 인터페이스 제어 프로그램으로 소프트웨어를 구현하여 디지털 도어락 잠금을 제어하였다. 실험 결과 구현한 도어락 시스템은 인체물 및 실제 인물의 얼굴을 인식하여 잠금 및 해제가 가능함을 확인하였다.

본 논문은 젯슨 나노에 도어락을 직접 연결하고 특징에 기반한 얼굴 검출 알고리즘과 얼굴 인식을 사용하여 시스템을 구현하고 실험을 진행하였다. 사용된 알고리즘의 얼굴 인식 신뢰도는 80% 후반의 한계를 보였으나 얼굴 인식을 위한 임계값을 82%로 설정한

경우 남성 간의 얼굴도 잘 구별할 수 있음을 확인할 수 있었다. 향후 젯슨 나노에 블루투스를 장착하여 도어락을 무선으로 제어하고, 이동통신 모듈을 장착하여 모바일 앱을 통해 원격제어할 수 있는 지능형 IoT 시스템으로의 확장 연구가 필요하다.

References

- [1] H. Ahn, Y.-H. Yoon, and Y.-M. Lee, "The implementation of face aware door lock system using OPENCV library," *Summer Annu. Conf. IEIE*, pp. 940-942, 2018.
- [2] B. Sarp and T. Karalar, "Real time smart door system for home security," *IJSRISE*, vol. 1, no. 2, Dec. 2015.
- [3] C.-L. Chang and H.-Y. Tsai, "The design of video door phone and control system for home secure applications," *IEEE Int. Conf. Innovative Mob. and Internet Serv. in Ubiquit. Comput.*, vol. 5, pp. 1-5, 2011.
- [4] K.-T. Song and J.-L. Chen, "Sound direction recognition using a condenser microphone array," *IEEE Int. Symp. Computational Intell. in Robotics and Automation*, vol. 3, p. 1445, Istanbul Turkey, Jul. 2003.
- [5] P. J. Phillips, H. Moon, P. J. Rauss, and S. A. Rizvi, "The FERET evaluation methodology for face recognition algorithms," *IEEE Trans. PAMI*, vol. 22, pp. 1090-1104, 2000.
- [6] R. Ramadan and R. Abdel-kader, "Face recognition using particle swarm optimization-based selected features," *Int. J. Sign. Process., Image Process. and Pattern Recog.*, vol. 1, no. 2, pp. 51-65, 2009.
- [7] *Jetson Nano Developer Kit*, Retrieved Aug. 05, 2020, from <https://developer.nvidia.com/embedded/jetson-nano-developer-kit>.
- [8] *How to Install JetPack*, Retrieved Aug. 10, 2020, from <https://docs.nvidia.com/jetson/jetpack/install-jetpack/index.html>.
- [9] *Install OpenCV and build CUDA on Jetson Nano board ubuntu 18.04*, Retrieved Aug. 21, 2020, from <https://95mkr.tistory.com/entry/OPENCV1>.
- [10] *python tutorials*, Retrieved Aug. 25, 2020,

from <https://www.pytutorials.com/>.

- [11] *Facial Recognition with Open-Cv Python*, Retrieved Aug. 27, 2020, from <https://github.com/codeingschool/>.
- [12] *Facial Recognition*, Retrieved Aug. 28, 2020, from https://github.com/codeingschool/Facial-Recognition/blob/master/Facial_Recognition_Part1.py.
- [13] *GStreamer: open source multimedia framework*, Retrieved Aug. 28, 2020, from <https://gstreamer.freedesktop.org/>.
- [14] *CSI-Camera*, Retrieved Sep. 02, 2020, from https://github.com/JetsonHacksNano/CSI-Camera/blob/master/simple_camera.py.
- [15] P. Viola and M. Jones, *Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features*, Retrieved Sep. 04, 2020, from <https://www.cs.cmu.edu/~efros/courses/LBMV07/Papers/viola-cvpr-01.pdf>.
- [16] *Facial Recognition*, Retrieved Sep. 07, 2020, from https://github.com/codeingschool/Facial-Recognition/blob/master/Facial_Recognition_Part2.py.
- [17] C. Shan and T. Gritti, *Learning Discriminative LBP-Histogram Bins for Facial Expression Recognition*, Retrieved Sep. 07, 2020, from <https://pdfs.semanticscholar.org/4353/d0dc4f450743e9eddd2aeedee4d01a1be78b.pdf>.
- [18] *Learn how to use the GPIO pins on a Jetson Nano developer kit and how to interface them to different components!*, Retrieved Sep. 10, 2020, from <https://maker.pro/nvidia-jetson/tutorial/how-to-use-gpio-pins-on-jetson-nano-developer-kit>.

천 상 훈 (Sang-hun Chun)



1990년 2월 : 인하대학교 전자공학과 졸업
 1992년 2월 : KAIST 전기및전자공학과 석사
 2000년 2월 : 인하대학교 전자공학과 박사
 2000년 3월~현재 : 인천재능대학교 정보통신과 교수

<관심분야> 전자공학, 통신공학, 지능형 사물인터넷

최 지 훈 (Ji-hoon Choi)



2017년 2월 : 인천 인제고등학교 졸업
 2017년 3월~현재 : 인천재능대학교 정보통신과
 <관심분야> 정보통신, 지능형 사물인터넷

김 예 진 (Ye-jin Kim)



2019년 2월 : 인천 중앙여자상업고등학교 졸업
 2019년 3월~현재 : 인천재능대학교 정보통신과
 <관심분야> 정보통신, 지능형 사물인터넷

강 성 관 (Sung-kwan Kang)



2001년 2월 : 인하대학교 컴퓨터공학부 졸업
 2005년 8월 : 인하대학교 정보통신공학과 석사
 2006년 9월 : 인하대학교 컴퓨터정보공학부 박사
 <관심분야> 컴퓨터 비전, HCI