

얼굴 및 음성 인식을 이용한 원격제어 스마트 도어락 시스템

김태호, 박민우, 임형신, 최현호

국립한경대학교

thkim960828@gmail.com, mwPack97@gamil.com, hslim960505@gamil.com, hhchoi@hknu.ac.kr

Remote-Controlled Smart Door Lock System using Face and Voice Recognitions

Kim Tae Ho, Park Min Woo, Lim Hyeong Sin, Choi Hyun-Ho

Hankyung National Univ.

요 약

본 논문에서는 미사용중인 스마트폰과 아두이노를 활용하여 얼굴과 음성인식 기능을 갖춘 원격제어 도어락 개발 과정을 소개한다. 서버용 스마트폰은 블루투스를 통하여 아두이노와 연결되며 와이파이를 통하여 원격의 클라이언트용 스마트폰과 연결된다. 아두이노는 스마트폰을 움직이고 도어락을 개폐시킬 수 있는 세 개의 서보 모터를 제어한다. 클라이언트와 서버 스마트폰 간에는 TCP/UDP 소켓 통신을 통해 신호, 영상, 음성을 주고받으면서 스마트폰의 상하좌우 카메라 위치를 조절할 수 있다. 서버 스마트폰은 얼굴과 음성인식의 기능을 갖추고 있어 먼저 등록된 얼굴로 인증을 수행하여 통과되면 음성인식을 통하여 추가적인 인증을 수행한다. 두 단계의 인식과정이 모두 성공되는 경우에만 도어락이 개방되며, 실패하면 클라이언트 스마트폰에 침입자 경고 PUSH 알림을 전송한다. 제안하는 스마트 도어락 시스템은 사용되지 않는 스마트폰과 아두이노를 활용하여 저비용으로 구현 가능하며, 머신러닝을 통한 얼굴/음성 인식 기능 추가하여 강화된 보안성을 제공한다.

I. 서 론

요즈음 도어락과 관련된 범죄율이 증가하고 있지만 최신 방식의 도어락을 구입하기에는 경제적인 부담이 존재한다. 집집마다 사용하지 않는 중고 스마트폰이 있는 것을 고려하여 기존 도어락과 미사용중인 스마트폰을 아두이노로 연결하고 머신러닝을 이용한 인식기능을 추가하여 저렴하면서도 보안 기능이 강화된 스마트 도어락 시스템을 개발한다.

개발한 도어락 시스템은 원격의 사용자 스마트폰을 통하여 양방향 화상통화를 수행하면서, 도어락에 연결된 서버 스마트폰의 카메라 방향을 조종하여 얼굴을 확인하고 도어락의 잠금을 해제할 수 있다. 또한 서버 스마트폰은 등록된 사용자의 얼굴을 인식하여 침입자를 구분할 수 있으며, 얼굴 인식 후 추가적인 음성인식 과정을 통하여 등록된 암호를 말할 경우에만 도어락의 잠금을 해지한다. 두 단계의 인식과정 중 하나라도 만족시키지 못할 경우에는 클라이언트 스마트폰으로 경고 메시지를 즉시 전송한다.

본 논문에서는 이러한 기능을 수행하는 스마트 도어락 시스템의 구성 및 개발 과정을 소개하고, 기능별 동작 및 결과를 보여준다.

II. 시스템 구성

그림 1은 개발한 스마트 도어락 시스템의 구성도 및 동작 절차를 보여준다. 서버용 스마트폰과 클라이언트용 스마트폰은 WiFi를 통한 소켓 통신을 수행한다. 또한 서버용 스마트폰은 아두이노와 블루투스로 연결된다. 아두이노에는 스마트폰의 상하좌우 이동 및 도어락을 개폐시키는 세 개의 서보모터가 연결되어 있다. 아울러 서버 스마트폰에는 Tensorflow Lite로 개발된 얼굴 및 음성 인식 기능이 탑재되어 있다.

서버와 클라이언트 스마트폰 어플은 Android Studio 3.3 환경에서 Java 소켓 및 안드로이드 프로그래밍을 통하여 개발되었으며 [1], 아두이노의 개발 환경은 1.8.10이며 C 코드로 작성되었다 [2].

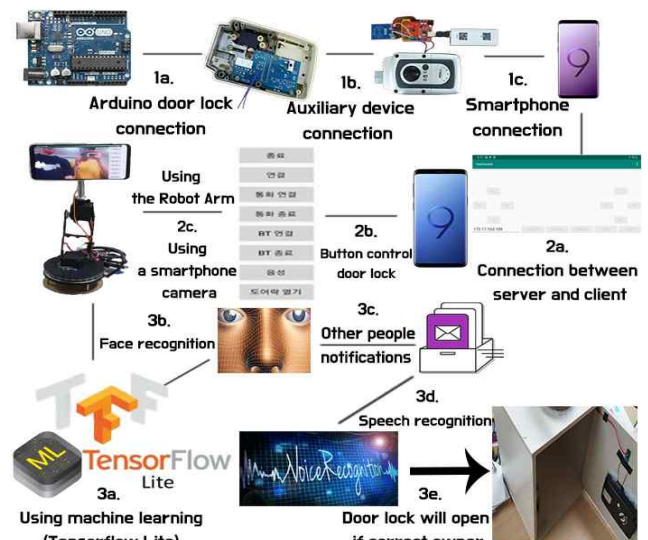


그림 1. 스마트 도어락 시스템의 구성도 및 동작 절차

III. 동작 시나리오

개발한 도어락 시스템은 크게 1) 영상/음성 통신 기능, 2) 얼굴/음성 인식 기능, 3) 원격제어 기능을 수행한다.

1. 영상 및 음성통신

서버와 클라이언트가 연결되는 즉시 TCP 소켓이 열리면서 서버 화면이 클라이언트에 전송된다. 음성 통신의 경우 서버에서 SendThread를 통해 통화 요청을 보내면 클라이언트에서 ReceiveThread를 통해 메시지 박스를 띄운다. 방무자가 메시지 박스의 수락 버튼을 누르면 서버-클라이언트 간에 UDPSendThread와 UDPReceiveThread가 실행되어 UDP 소켓이 열리면서 음성통화가 가능하게 된다.

2. 얼굴 및 음성 인식과 PUSH 알림

얼굴 인식 기능은 모바일용 딥러닝 프레임워크인 Tensorflow Lite를 기반으로 제작되며, 그림 2는 사용한 합

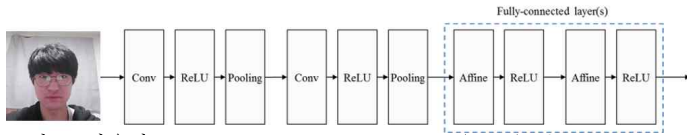


그림 2. 사용한 convolutional neural network (CNN) 구조

성곱 신경망(CNN)을 보여준다 [3]. 등록된 사용자 사진 300 장을 10,000번의 학습을 통해 도어락의 사용자를 등록 시켜 주었다. 이미지 전처리를 위해 다음과 같은 합성곱 방식을 사용하였다.

$$G_{ij} = (F * X)(i, j) = \sum_{m=0}^{F_H-1} \sum_{n=0}^{F_W-1} F_{m,n} X_{(i-m), (j-n)} \quad (1)$$

사용한 행렬로 표현된 이미지의 i 번째 행, j 번째 열의 픽셀인 G_{ij} 는 원본 이미지 X 와 필터 F 의 합성곱으로 계산된다. F_H 와 F_W 는 각각 필터의 높이와 너비이다. 위의 식을 사용한 컨볼루션 후, 0보다 작은 값이 나온 경우 0을 반환하고, 0보다 큰 값이 나온 경우 그 값을 그대로 반환하는 ReLU, 생성된 행렬을 작은 행렬로 샘플링하는 pooling 과정을 반복적으로 사용하여 인식의 정확도를 높일 수 있다.

얼굴인식 과정에서 서버 화면에서 등록된 사용자의 얼굴이 5초 동안 일치하면 음성 인식을 시작한다. 음성 인식에서는 미리 코딩해놓은 단어를 사용자가 말하면 text-to-speech가 발생하며 이후에 두 번째로 코딩해놓은 단어를 말하면 도어락의 문이 열리게 된다. 위의 이중 인증 과정이 실패하거나 배터리가 부족시에 서버는 클라이언트에 침입자 발생 및 배터리 부족을 알리는 PUSH 메시지를 전송한다.

3. 버튼을 통한 원격제어

클라이언트에서 모터를 제어하기 위해 만든 각각의 버튼을 클릭하면 클라이언트의 SendThread를 통해 서버로 지정된 고유값을 송신하는 이벤트가 발생한다. 대기 중이던 서버는 ReceiveThread를 통해 클라이언트가 보낸 신호 값을 수신하게 되고 핸들러를 이용해 받아온 데이터값을 ConnectedBluetoothThread를 이용해 블루투스 통신을 통해 아두이노로 보내주게 된다. 이때 서버는 Bluetooth 통신을 이용해 아두이노와 연결된 상태이다. 이러한 방법으로 도어락은 물론 서버 스마트폰의 카메라를 움직일 수 있는 모터들을 제어한다.

IV. 동작 결과

그림 3은 개발한 스마트 도어락의 서버 스마트폰이 연결된 서치대의 모습(a)과 사용한 임시 도어락의 외관(b), 서버 어플의 GUI(c)와 클라이언트 어플 GUI(d)를 보여준다 [4]. 서버 거치대는 아두이노와 서버모터 및 블루투스 모듈을 포함하고 있다. 거치대는 상하좌우로 이동하여 서버쪽에서 보고자 하는 화면을 조정할 수 있다. 서버와 클라이언트 어플에는 다양한 제어 버튼이 존재하여 서로간에 영상/음성 통화 및 원격 제어가 가능하다. 서버의 카메라는 전면 카메라를 사용하였으며, 클라이언트의 버튼은 투명도를 주어서 모니터링에 대한 불편을 줄였다.

그림 4은 서버와 클라이언트 스마트폰 간에 발생하는 실시간 영상통화 화면과 침입자가 발생했을 때 클라이언트에서 PUSH 알림을 받는 화면을 보여준다. 끊임 없는 영상/음성 통화가 가능함을 확인하였고, 이중의 얼굴 및 음성 인식에 실패하였을 경우 PUSH 알림이 수신됨을 확인하였다.

그림 5는 서버용 스마트폰에 등록된 3명의 사용자의 얼굴이 나타났을 때의 화면이다. 5초 이상 등록된 사용자의 얼굴이 나타나면 인증에 성공하고 음성 인식이 시작된다. 이 경우 인식률은 순서대로 99.61, 99.22, 95.70%이며, 평균 인식성공률은 95% 이상이 됨을 확인하였다.

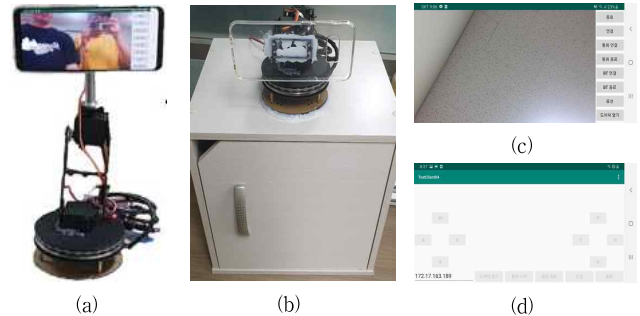


그림 3. (a) 서버 스마트폰과 거치대의 모습, (b) 도어락 외관, (c) 서버 어플 GUI, (d) 클라이언트 어플 GUI



그림 4. (a) 영상 통화 화면, (b) 침입자 알림 화면



그림 5. 등록된 사용자의 얼굴인식 성능

V. 결 론

개발한 스마트 도어락 시스템은 사용자의 얼굴과 음성을 인식하여 도어락이 잠금 해제되고 침입자인 경우 외부의 클라이언트에게 이를 알려주는 기본 동작을 원활히 수행하였다. 또한 영상/음성 통화 및 원격제어를 통해 외부에서도 집안의 상황을 실시간으로 확인하고 도어락을 제어할 수 있었다. 본 논문에서 소개한 스마트 도어락 시스템은 기존 도어락에 중고 스마트폰과 아두이노를 결합하여 저비용으로 개발 가능하며, 간단한 머신러닝 기반의 인식 기능과 결합하여 강화된 보안성과 편의성을 제공한다. 향후 HW/SW 개선 및 성능 최적화를 통하여 상용화를 추진할 계획이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 성과는 2019년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2019R1A2C4070466).

참 고 문 헌

- [1] M. J. Donahoo, "TCP/IP 소켓 프로그래밍 자바버전," 사이텍미디어, 2002.
- [2] 조도현, "스마트폰 블루투스 이더넷 WiFi 그리고 아두이노," 북두출판사, 2016.
- [3] A. Singh and R. Bhadani, "Mobile Deep Learning with TensorFlow Lite, ML Kit and Flutter," Packt(GCO Science), 2020
- [4] 김태호, 박민우, 임형신, "Smart Lock System," 2020 (<https://youtu.be/Ot8IByshajo>).