

얼굴 인식을 통한 신뢰성 있는 디지털 도어록 제어 시스템

Reliable Digital Door Lock Control System using Face Recognition

임 지 민*, 김 찬*, 차 원 석*, 한 태 문*, 허 규 원*, 송 상 근*, 이 상 준**

Jimin Lim*, Chan Kim*, Wonsuk Cha*, Taemoon Han*, Guewon Huh*,
Sanggeun Song* Sangjun Lee**

Abstract

Automation is being progressed rapidly in various fields with the advancement of IT technology. Home automation is a typical application and is being used in a variety of ways now. Most of digital door lock systems simply support to open and close a door using the methods of password and a particular magnetic key. In this paper, we propose a intelligent digital door lock system using face recognition technology. Our proposed system can control the locking device opening and closing from a remote location after confirming the identification of the visitor via a smart device, and support the reliable and secure control of door systems.

요 약

IT 기술 발전과 함께 다양한 분야에서 자동화가 진행되고 있다. 홈오토메이션 또한 현재 다양한 형태로 적용되고 있다. 현재 이용 중인 디지털 도어록 시스템은 단순히 비밀번호 입력 및 마그네틱 전자키 방식을 통한 잠금장치의 개폐만을 지원하고 있다. 본 논문에서는 홈오토메이션과 디지털 도어록 시스템 안전성 확보를 위한 지능화된 얼굴인식기술을 활용한 도어록 시스템을 제안한다. 제안 시스템은 원격지에서 방문자의 신원을 확인한 후 이를 바탕으로 잠금장치의 개폐를 조정할 수 있으며, 이를 통해 안전한 출입 통제 관리가 가능하도록 지원해준다.

Key words : home automation, door lock, face recognition, image processing, control system

* School of Computer Science and Engineering,
Soongsil University

★ Corresponding author

sangjun@ssu.ac.kr, 02-820-0672

※ Acknowledgment

This research was supported by MSIP (Ministry of Science, ICT&Future Planning), Korea, under the ITRC (Information Technology Research Center) support program (NIPA-2013-H0301-13-1012) supervised by the NIPA (National IT Industry Promotion Agency)

Manuscript received Nov. 13, 2013; revised Nov. 29, 2013 ; accepted Nov. 29, 2013

1. 서론

IT 기술의 급격한 발전과 더불어 홈오토메이션 또한 지속적인 발전을 이루고 있다. 현재 홈오토메이션은 그린IT에 맞추어 에너지 효율을 높이기 위해 외출시에 최소한의 에너지로 집을 유지하고 밖에서도 가스 및 전기, 창문 디지털 도어록 제어 등의 기능을 제공하고 있다. 국내 디지털 도어록 시장 규모는 2011년 1,285억 원에서 5년 후 2016년에는 1,664억 원 규모로 연평균 5.3% 성장할 것으로 기대되고 있다[1]. 기존 디지털 도어록 시스템은 방문자의 신원에 관계 없이 단순히 비밀번호 입력만을 통하여 잠금장치의

개폐를 지원해왔기에 보안상 부족한 점이 있었다. 그러므로 본 논문에서는 홈오토메이션과 디지털 도어록 시스템 안전성 확보를 위한 지능화된 스마트폰 기반 얼굴인식 도어록 시스템을 제안한다. 제안 시스템은 자동차와 같은 경우 자동차 문의 열림 및 운전자의 인식을 통한 시동 장치 가동 등의 영역에서 활용이 가능하다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 관련 연구에 대해 살펴보고, 3절에서 제안 시스템의 내용을 설명한다. 4절에서는 제안한 시스템을 평가하며 마지막으로 5절에서 본 연구의 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

1. 디지털 도어록

도어록(Door Lock)이란 문을 닫은 뒤 열리지 않도록 잠가주는 역할을 하는 기계장치이다. 최근 이런 기계장치에 급속도로 발전하고 있는 IT 기술을 접목한 디지털 도어록(Digital Door Lock)이 등장하였다. 기존 기계식 도어록과 달리 별도의 열쇠관리가 필요하지 않으며, 자동 잠금 기술과 같은 기능을 통해 소비자들이 쉽게 사용할 수 있는 편리함을 제공하고 있는 것이 특징이다.

초기 디지털 도어록은 마그네틱 전자키 방식과 비밀번호 입력방식이 주로 사용되었으나, 최근에는 RFID 카드 접촉방식 및 지문인식과 같은 기술이 적용된 도어록이 사용되고 있다.

2. PCA 알고리즘

PCA(Principal Component Analysis)는 패턴인식, 통계학, 신호처리 분야 등에서 많이 쓰이는 패턴 분류 방법으로, 고차원의 입력 데이터를 분산을 고려한 선택적인 몇 개의 축으로 투영시켜서 저차원의 데이터로 줄이는 방법이다[2][3].

PCA는 데이터를 한 개의 축으로 사상시켰을 때 그 분산이 가장 커지는 축이 첫 번째 좌표축으로 오고, 두 번째로 커지는 축이 두 번째 순으로 차례로 놓이도록 새로운 좌표계로 데이터를 선형 변환한다. 이와 같이 각각의 축에 데이터의 "가장 중요한" 성분을 위치시킴으로써 축소 표현된 입력 데이터는 PCA에 의해 같은 축에 미리 투영되어 있던 학습 데이터들과 각각 유사도 측정 후 입력 데이터와의 유사도가 가장 높은 학습 데이터가 인식 결과로 선택한다[4].

3. 아두이노

아두이노(Arduino)는 오픈소스를 기반 한 단일 보드 마이크로 컨트롤러이며 AVR(Automatic Voltage Regulator)를 기반으로 [그림 1]과 같이 구성되어 있

으며 소프트웨어 개발을 위한 통합개발환경(IDE)을 제공한다.



Fig. 1. Arduino UNO
그림 1. 아두이노 우노

기존의 AVR 프로그래밍이 컴파일된 펌웨어를 ISP 장치를 통해 업로드를 해야 하는 불편함이 있었으나, 아두이노는 USB를 통한 업로드가 가능한 특징이 있다. 다른 모듈 대비 상대적으로 저렴하며, 마이크로 컨트롤러를 쉽게 작동시킬 수 있으며, Windows, Linux 및 OS/X와 같은 여러 OS 플랫폼을 지원하는 장점이 있다[5].

아두이노는 다수의 스위치 혹은 센서로 부터 수치를 받아 전자모터나 LED와 같은 외부장치를 제어함으로써 주변 환경과 상호작용이 가능한 제품을 제작할 수 있다.

4. WiFly Shield

WiFly 실드[6]는 아두이노와 연결을 통하여 무선네트워크를 가능하게 하는 아두이노의 애드온 실드 중 하나이다. WiFly 실드는 아두이노의 digital pin 10-13번을 사용하며, SPI(Serial to Peripheral

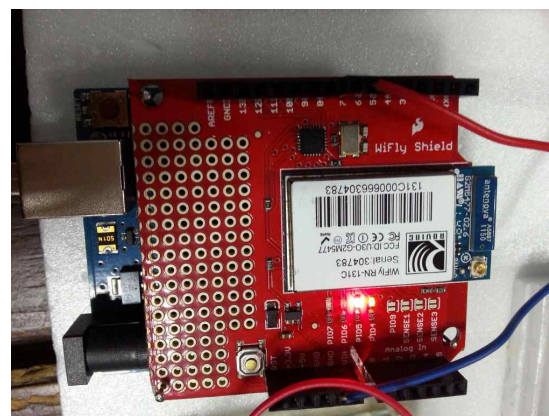


Fig. 2. WiFly Shield
그림 2. WiFly 실드

Interface) 통신을 한다.

[그림 2]는 아두이노와 결합된 WiFly 실드를 보여준다. WiFly 실드는 Wi-Fi 무선 네트워크를 통하여 신호를 전달하며, 통신 시 LED가 점등됨으로서 현재 통신 중임을 개발자에게 알려준다.

WiFly 실드의 Wi-Fi 암호화 방식은 WEP(Wired Equivalent Privacy Key) 128bit 방식만을 사용함으로 연결하기 위해 무선 네트워크의 암호화 방식 설정을 WEP 128bit 방식으로 변경해야한다.

4. DC 모터

DC 모터의 동작 원리는 자기장 속에서 전류가 흐르면 전류가 흐르는 도선은 힘을 받아 움직인다는 원리를 이용하여 작동한다.

디지털 도어록에서의 전원공급을 받은 DC 모터를 아두이노가 관리하며 잠금장치의 개폐를 제어한다.



Fig. 3. DC Motor
그림 3. DC 모터

[그림 3]은 도어록 시스템에서 사용될 초소형 DC 모터를 보여준다. 이 모터를 이용하여 디지털 도어록 장치에서 비밀번호를 해제하면 모터가 작동하여 잠금장치를 해제토록 한다. 역으로 잠금 시에도 사용된다.

III. 제안 시스템

본 논문에서는 스마트 폰을 이용한 홈오토메이션 및 디지털 도어록 제어시스템을 구현하기 위해 개발 머신은 Windows 기반 PC와 Android 2.3 Platform 기반의 스마트 폰을 이용하였으며 개발 서버는 Linux 환경에서 구축하였다.

1. 디지털 도어록 시스템 구성

외부에서 디지털 도어록의 비밀번호를 누르는 경우, 방문자의 영상 정보를 이동 단말로 보내 잠금장치 개폐를 제어할 수 있도록 [그림 4]와 같이 디지털

도어록 시스템을 구성하였다.

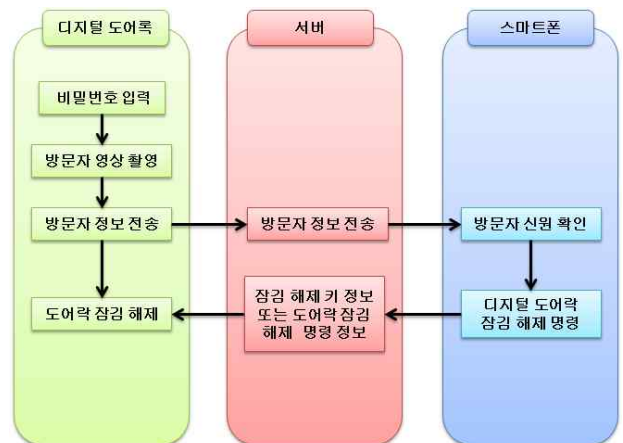


Fig. 4. Digital Door Lock System Diagram
그림 4. 디지털 도어록 시스템 구성도

방문자가 디지털 도어록 키 입력부를 조작하여 비밀번호와 같은 특정 정보를 입력하게 되는 경우, 디지털 도어록 제어시스템은 방문자의 사진을 카메라를 통해 촬영하게 되고 무선네트워크를 통해 얼굴 및 키 정보를 가지고 있는 서버에 전송한다. 도어록 서버는 촬영된 영상과 함께 방문자 신원에 대해 사전에 등록된 스마트폰으로 전송을 하도록 하고 원 사용자로 하여금 어떤 방문자가 왔는지 확인하도록 한다. 사용자는 스마트폰으로 방문자를 위해 잠금장치를 해제시킬 것인지, 혹은 침입자인 경우 원격으로 신고하여 방범 상태를 보다 강화할 것인지 결정하도록 하여 보안 상태를 강화할 수 있도록 한다.

2. PCA 알고리즘 기능 특화



Fig. 5. Extraction of the facial images by using PCA algorithm
그림 5. PCA 알고리즘을 이용한 얼굴 사진 추출

PCA 알고리즘은 얼굴 전체를 비교하는 국부적인 방식을 사용하기에 각 사진의 전체 부분으로 비교 시 결과가 일정하지 않고 인식률이 떨어지는 단점을 가지고 있다. 그러므로 이미지의 얼굴만 추출하는 기술, 일정한 밝기와 대비 차를 조절하는 함수를 모듈화 하여 적용하였고, [그림 5]와 같이 카메라에서 찍은 사진에서 얼굴을 검출한 후, 해당 부분만 추출하고 이미지 파일을 서버에 저장하여 데이터베이스화 하였다. 마지막으로 PCA 알고리즘을 이용하여 두 사진을 비교한다. 비교 시 일치한다면 서버는 아두이노에게 신호를 보내서 DC 모터를 작동시킨다.

IV. 성능평가

본 논문에서 제안하는 지능형 디지털 도어락 시스템은 경량 컨트롤러를 통해 보다 효율적으로 잠금장치를 제어할 수 하도록 기획되었다.

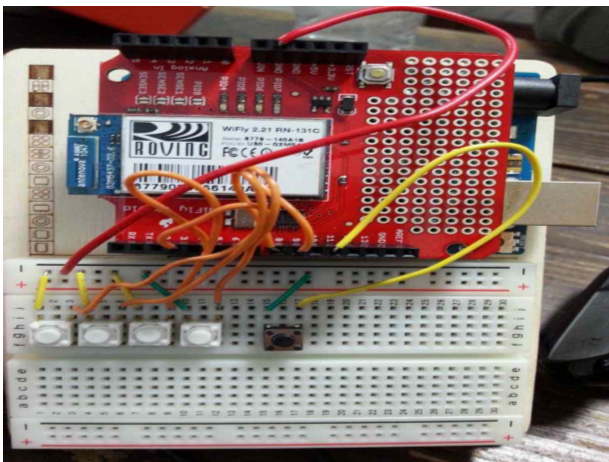


Fig. 6. Virtual Digital Door Lock
그림 6. 가상 디지털 도어락

실제 구현을 위하여 [그림 6]과 같이 디지털 도어락의 비밀번호를 누르는 장치를 아두이노를 이용하여 가상 장치로 만들어 실험하였다. 이 장치는 사용자가 4개의 버튼으로 처음에 입력한 번호가 비밀번호로 서버에 저장되며 다음부터는 비밀번호를 누르고 얼굴인식을 통해 que 값이 바뀌는 형식으로 구현되었다.

이 과정에서 디지털 도어락 시스템은 내장된 카메라를 이용하여 [그림 5]에서 나타난 바와 같이 촬영된 사진에서 특화된 PCA 알고리즘을 이용, 얼굴 사진을 추출 후 서버에 데이터베이스화 하게 된다. 방문자가 만약 비밀번호를 입력하게 되면 장치는 촬영한 정보를 [그림 7]과 같이 스마트폰으로 전송한

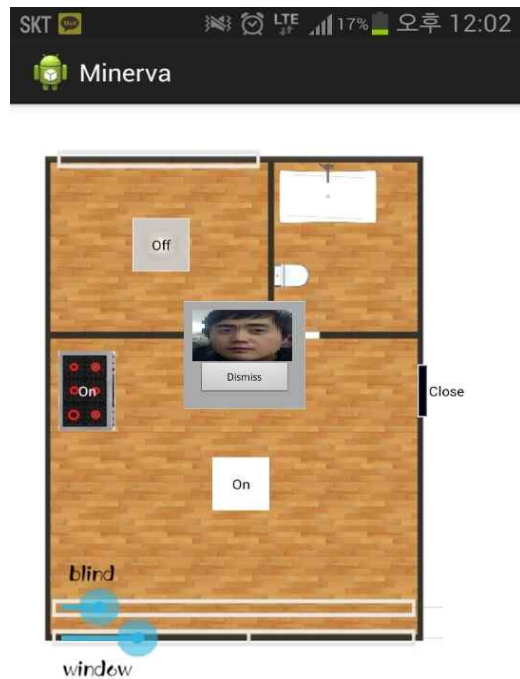


Fig. 7. Smartphone Popup window Inserted a visitor's picture
그림 7. 방문자 사진이 삽입된 스마트폰 팝업창

다. [그림 8]과 같이 해당 방문자의 사진과 기존 데이터베이스와 대조작업을 수행하여 동일인으로 판정되면 잠금장치를 해제할 수 있도록 한다. 만약 특정 시간이 경과하게 된다면 자동으로 잠금장치를 제어하여 잠글 수 있도록 한다.

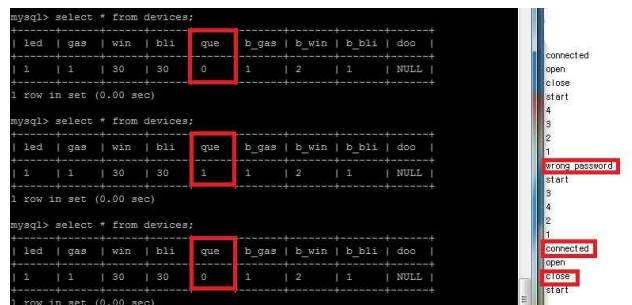


Fig. 8. the start of face recognition when checking the door lock password
그림 8. 도어락 비밀번호 확인 시 얼굴인식의 시작여부

V. 결론

본 논문에서는 지능형 디지털 도어락 시스템은 경량 컴퓨팅 컨트롤러를 통해 보다 효율적으로 잠금장치를 제어하는 시스템을 제안하였다. ICT(Information & Communication Technology) 산업에 발맞춰 얼굴

인식을 통한 신뢰성 있는 디지털 도어록 제어 시스템은 디지털 도어록 시스템에 카메라를 설치하여 촬영한 이미지를 스마트폰에 전송하는 방식을 통하여 원격지에서 방문자의 신원을 확인한 후 이를 바탕으로 잠금장치를 조정할 수 있다. 이를 통해 보다 안전한 출입 통제 관리가 가능 할 수 있을 것으로 기대한다. 또한 자동차와 같은 경우 자동차 문의 열림 및 운전자의 인식을 통한 시동 장치 가동 등의 응용에 사용이 가능하다.

References

- [1] Digital Door Lock-Plans for Market Enlargement of Small and medium Business, Digital Valley News, Sept. 12, 2013
<http://m.dvnnews.com/articleView.html?idxno=10140&menu=1>
- [2] M. Turk and A. Pentland, "Eigenfaces for recognition", J. Cognitive Neuroscience, vol. 3, no. 1, pp. 71-86, 1991.
- [3] Ju-Seung Lee, Young-Hwan Han, Seung-Hong Hong, "Face Detection using PCA-LDA and Color Information", Journal of IKEEE, vol.6, no.1, pp.72-79, 2002
- [4] Hye-Kyoung Jang, Sun-Moon Oh, Dae-Seong Kang, "The Embodiment of the Real-Time Face Recognition System Using PCA-based LDA Mixture Algorithm", Journal of IEEK, vol.41, no.4, pp.473-478, 2004
- [5] Embedded Opensource - Arduino,
<http://wiki.vctec.co.kr/opensource/arduino>
- [6] WiFly Shield,
<https://www.sparkfun.com/products/9954>

BIOGRAPHY

Jimin Lim (Student Member)



Present: BS course in Computer Science Engineering, Soongsil University
 <Research interests> Mobile network, Web programming

Chan Kim (Student Member)



Present: BS course in Computer Science Engineering, Soongsil University
 <Research interests> Mobile network, Software Engineering

Wonsuk Cha (Student Member)



Present: BS course in Computer Science Engineering, Soongsil University
 <Research interests> Database, Mobile programming

Taemoon Han (Student Member)



Present: BS course in Computer Science Engineering, Soongsil University
 <Research interests> Embedded System, Real Time O.S

Guewon Huh (Student Member)



Present: BS course in Computer Science Engineering, Soongsil University
 <Research interests> Embedded System, Real Time O.S

Sanggeun Song (Student Member)

1996 : BS degree in Computer Engineering, Namseoul University.

Present: Master course in Computer Science Engineering, Soongsil University

<Research interests> Parallel

Programming,

Distributed Computing, Cloud Computing, GPGPU

Sangjun Lee (Member)

1996 : BS degree in Computer Engineering, Seoul National University.

1998 : MS degree in Computer Engineering, Seoul National University.

2004 : PhD degree in Electrical Engineering and Computer Science, Seoul National University.

2005~Now : Associate Professor in School of Computer Science and Engineering, Soongsil University

<Research interests> Databases, Information Retrieval, System Software, Mobile System, Security