

# 생체인식 기반 스마트 도어락 시스템

## Biometrics Based Smart Doorlock System

김창수<sup>1</sup>, 전성우<sup>2</sup>, 정회경<sup>3\*</sup>

Chang-Su Kim<sup>1</sup>, Sung-Woo Jeon<sup>2</sup>, Hoe-Kyung Jung<sup>3\*</sup>

### 요약

최근 IoT(Internet of Things) 기술은 다양한 산업분야에서 응용되고 있다. 또한 생체인식 기술(Biometric recognition technology)과 IoT기술을 융합하고 ICT (Information and Communications Technologies) 분야의 핵심 기술로 스마트 홈 산업 연구가 활발히 진행되고 있다. 기존의 도어락들은 신체적 특징인 지문인식, 홍채인식, 안면인식을 이용하는 것을 볼 수가 있다. 또한 제품의 유한성과 취약한 보안성으로 인해 범죄에 노출되며 열쇠를 갖고 다녀야하는 불편함이 존재한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 도어락들의 요구사항이 다양해짐에 따라 스마트 도어락에 대한 선호도가 증가하고 있다. 본 논문에서 제안하는 시스템은 범죄에 노출되지 않고 보안성을 향상시키기 위해 객체인식과 안면인식을 기반으로 개발된 도어락 시스템을 제안하며 해당 시스템을 활용할 경우 기존의 안면 인식 기능과 객체 인식 기능을 활용할 때 발생할 수 있는 인식률의 오차범위를 낮출 수 있을 것으로 사료된다.

핵심어 : 객체인식, 스마트 도어락, 안면인식, CSI 카메라

### Abstract

Recently, IoT technology has been applied in a variety of industries. In addition, the biometric recognition technology(Biometric recognition technology) and the IoT technology will be integrated and research into smart home industries is actively carried out as core technologies in ICT(Information and Communications Technologies) fields. Existing door locks can be seen using the physical characteristics of fingerprint recognition, iris recognition, and facial recognition. In addition, the limitedness and weak security of the product expose the crime and the inconvenience of carrying keys. To address these problems, the preference for smart door locks is increasing as the requirements of the door locks vary. The system proposed in this paper proposes a door lock system developed based on object and facial recognition to improve security without being exposed to crime, and it is believed that the use of the system will reduce the error margin of recognition rate that may occur when utilizing existing facial and object recognition functions.

Keyword : Object recognition, Smart door lock, Face recognition, CSI-camera

1 Department Computer Engineering, PaiChai University, Daejeon, Korea [Professor]

e-mail: ddoja@pcu.ac.kr

2 Department Computer Engineering, PaiChai University, Daejeon, Korea [Graduate Student]

e-mail: itq0319@naver.com

3 Department Computer Engineering, PaiChai University, Daejeon, Korea [Professor]

e-mail: hkjung@pcu.ac.kr (Corresponding author)

Received(May 13, 2020), Review Result(1st: May 29, 2020), Accepted(June 8, 2020), Published(June 30, 2020)



© 2020 The Authors. Published by NCISS.  
This is an open access article licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.  
To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

## 1. 서론

IoT 기술은 산업분야에서 다양하게 응용되며 ICT 분야의 핵심 기술로 이용되고 있다. 또한 생체 인식 기술과 IoT 기술이 융합한 스마트 홈 기술이 등장하였고 그 중에서도 도어락에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다 [1-3]. 스마트 홈 중에서도 도어락들에 대한 연구가 진행 중이다. 기존 도어락들은 열쇠와 카드키를 사용하는 경우 주거 침입이나 절도에 대해 취약점이 있었고 이로 인하여 보안성이 떨어지게 되며 열쇠를 지니고 다녀야하는 불편함이 있다. 기존 도어락 제품들의 유한성과 취약한 보안성으로 인해 범죄에 노출될 수 있는 문제점이 있었다 [4][5].

이러한 문제점을 해결하기 위해 열쇠를 사용하던 사용자들은 디지털 도어락들로 교체하게 되고 보안에 대한 사용자들의 요구사항이 다양해짐에 따라 디지털 도어락과 스마트 도어락에 대한 사용률과 선호도가 증가하고 있다. 하지만 이 디지털 도어락은 손으로 비밀번호를 기기에 입력해야 하며 잔 지문을 남기게 된다. 또한 NFC(Near Field Communication) 기능이 있어 기기를 등록하여 사용하게 되는데 등록되지 않은 기기도 쉽게 문을 열 수 있는 문제점과 사용자의 환경에 따라 인식률의 오차범위가 발생한다.

기존 스마트 도어락 시스템들에서 활용되는 객체인식 기술과 안면인식 기술은 카메라 렌즈 안에 있는 모든 사물과 사람을 인식하려고 한다. 이로 인하여 실제 기기에 등록된 사용자가 아닌 경우에도 인식을 하고 모든 사람들이 문을 열 수 있는 경우가 발생하며 이는 개인정보 보호법에 위반되고 보안에도 취약한 문제점이 될 수 있다 [6-8].

이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서 제안하는 시스템은 범죄에 노출되지 않고 보안성을 향상시키기 위해 안면인식 기술과 객체인식 기술을 기반으로 개발된 도어락 시스템을 제안한다.

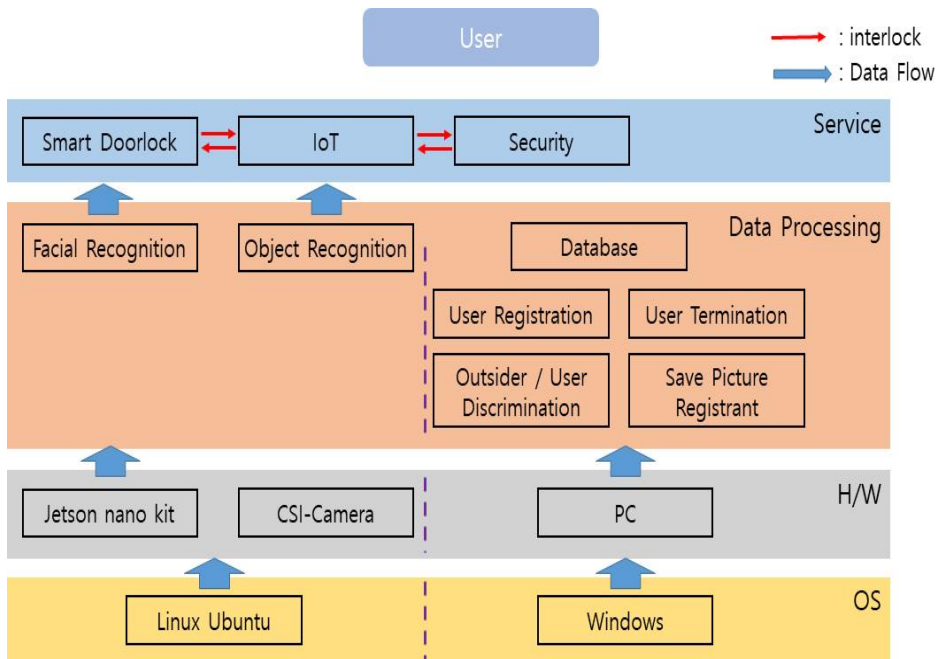
## 2. 스마트 도어락 시스템 설계

### 2.1 시스템 구성도

본 논문에서 제안하는 스마트 도어락 시스템은 기존 도어락 시스템 보다 높은 정확도와 보안성을 사용자에게 제공하기 위해 임베디드 기기인 Jetson Nano Developer Kit를 사용하여 객체인식 기술과 안면인식 기술을 기반으로 사람이나 사물을 인식한다. [그림 1]은 제안하는 시스템의 구조도를 나타낸다.

시스템을 구축하기 위해 Jetson Nano Developer Kit와 서버 PC OS는 Linux Ubuntu와 Windows를 활용하였다. Linux는 CSI 카메라를 구축하기 위해 사용한 OS이며 서버 PC는 이미지 저장을 위한

데이터베이스 구축을 위해 Windows를 사용하였다.



[그림 1] 제안 시스템의 구조

[Fig. 1] Diagram of the Proposed System

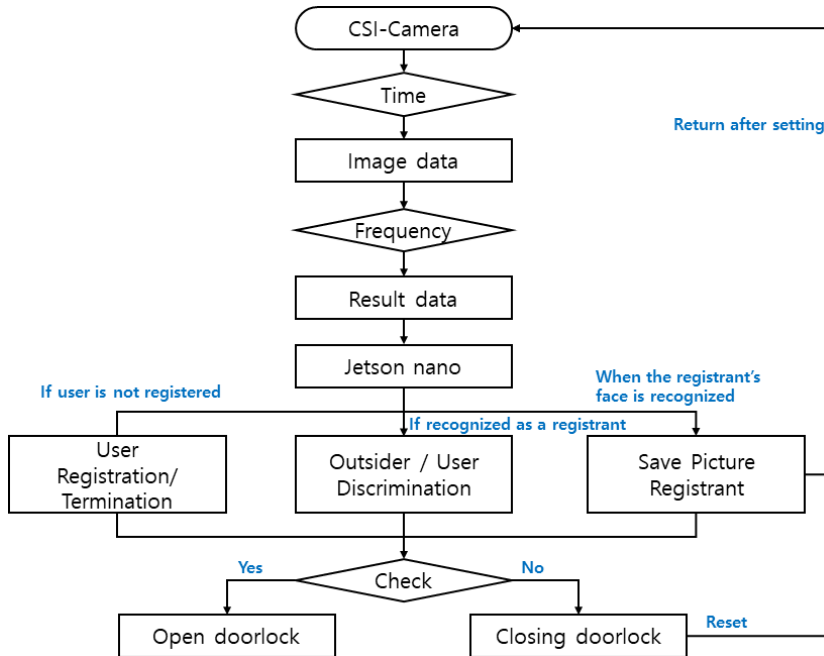
Jetson Nano Developer Kit에서 Linux Ubuntu를 사용하여 CSI 카메라와 연결시키고 이미지 데이터를 통하여 객체인식 기술과 안면인식 기술을 수행하고 이 작업을 통하여 스마트 도어락, IoT, 보안성에 대한 서비스를 갖게 된다. 또한 Windows OS에서는 데이터 처리과정을 나타내며 사용자 등록, 사용자 해지, 등록된 사용자와 등록되지 않은 사용자의 판별, 등록자는 사진 저장 기능을 수행하도록 하며 데이터 처리 구성을 나타낸다.

객체인식 기술과 안면인식 기술을 기반으로 사람이나 사물을 인식하며 데이터베이스는 사용자 정보와 사진을 등록 및 제거가 가능하고 등록된 사용자와 등록되지 않은 사용자를 판별하는 기능을 수행하도록 한다. IoT 환경에 연동하여 향상된 보안을 사용자가 제공 받는다. 또한 사용자가 임계치가 설정된 안면인식 기술을 수행할 경우 기존의 모델보다 정확성이 높게 나타내며 안면인식 기술이 작동하지 않을 시 CCTV와 같은 역할로 외부상황에서 사물을 인식한다.

본 논문에서 제안하는 스마트 도어락 시스템은 임베디드 기기와 서버 PC로 시스템을 구축하며 기존의 도어락들에 비해 향상된 편리성과 보안성을 사용자에게 제공한다. 이를 위한 얼굴 데이터 처리는 객체인식 기술과 안면인식 기술을 기반으로 한다.

## 2.2 스마트 도어락 시스템 흐름도

제안하는 스마트 도어락의 시스템은 Jetson nano Developer kit에 CSI 카메라를 연결하여 사용된다. [그림 2]는 데이터 처리과정을 나타낸다.



[그림 2] 데이터 처리과정

[Fig. 2] Data Processing Process

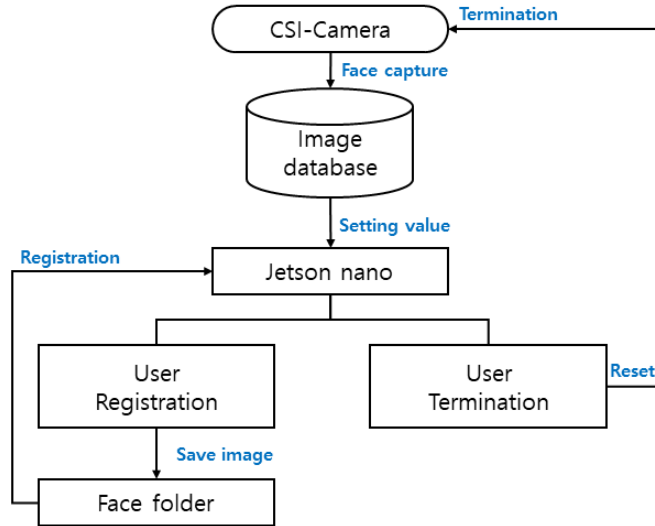
제안하는 스마트 도어락 시스템은 Jetson nano Developer kit에 CSI 카메라를 연결하여 사용된다. CSI 카메라 렌즈를 응시할 경우 할 수 있는 행동으로는 사용자 등록 및 해지, 등록된 사용자, 등록되지 않은 사용자인지 판별을 하고 등록이 된 사용자일 경우는 문이 열리는 행동을 하게 되며 등록되지 않는 사용자는 문이 열리지 않고 처음의 과정으로 돌아가게 된다.

### 2.2.1 사용자 등록과 사용자 해지

카메라에서 이미지 데이터를 받게 되면 Jetson nano Developer kit에서는 등록과 해지 방안을 처리할 수 있다. 사용자가 CSI 카메라 응시할 경우 실시간으로 촬영할 때 해당 사용자를 인식하고 캡처하여 이미지 데이터로 받아 Jetson Nano Developer Kit로 전달된다.

이 과정에서 사용자 등록을 할 경우에는 캡처 받은 사진이 사용자가 임의로 만든 faces 폴더에 저장되면서 사용자 정보를 등록하며 등록과정을 거치면 등록자가 된다. Jetson Nano Developer Kit

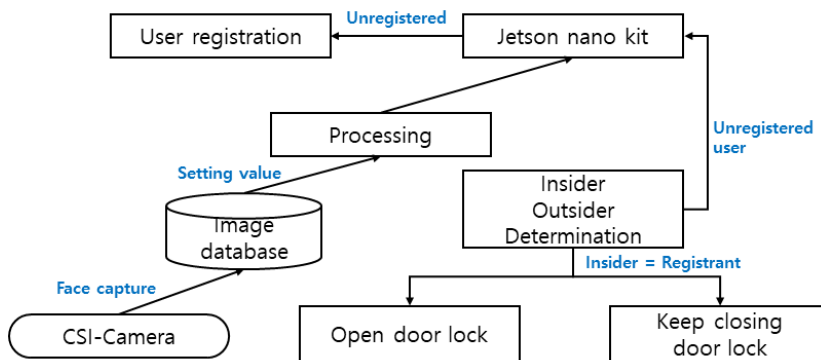
에서 확인 후 도어락이 열리고 아니면 닫히고 나서 그 상태를 유지 하게 한다. 사용자 해지 경우는 등록된 정보와 저장되어 있던 사진을 삭제를 하게 되며 해지는 리셋을 시킨다. 또한 다시 등록을 할 경우에는 얼굴인식부터 다시 해야 한다. [그림 3]은 Jetson nano Developer kit에서 처리과정을 나타낸다.



[그림 3] Jetson nano Developer kit 처리과정  
[Fig. 3] Process in Jetson nano Developer Kit

### 2.2.2 사용자 판별

카메라에서 캡처한 이미지를 Jetson nano Developer kit에서 전처리 과정을 진행한다. [그림 4]는 도어락이 열리기 전 등록된 사용자인지 아닌지를 판별을 나타낸다.



[그림 4] 사용자 식별 과정  
[Fig. 4] User Identification Process

CSI 카메라에서 캡처되어 등록과정을 거친 저장된 이미지 데이터들은 이미지 데이터베이스 안에 수집되었을 경우 등록된 사용자가 다음 방문 시 문이 열려야하므로 전처리 과정으로 등록된 사용자인지 등록되지 않은 사용자 인지 판별한다.

등록된 사용자인지 등록되지 않은 사용자 인지 판별 후 등록된 사용자라면 다음 과정인 문을 열거나 문을 닫은 상태를 유지 할 수 있는 과정으로 진행된다. 판별과정에서 등록되지 않은 사용자 판별이 된다면 미등록 사용자로 인식하여 Jetson Nano Developer Kit로 반환되며 등록되지 않았으므로 사용자 등록과정을 거쳐야 하며 사용자 등록을 요구한다.

### 3. 시스템 구현

Jetson Nano Developer Kit와 CSI 카메라를 사용하여 기기를 구성하였다. 카메라에서 실시간 영상을 송출하면서 발생한 데이터는 Jetson Nano Developer Kit에 전달한다.

#### 3.1 안면인식 기능 구현

제안하는 스마트 도어락 시스템의 안면인식 기술은 등록된 사용자가 카메라를 2초 이상 응시할 경우 사용자의 얼굴을 캡처를 해서 저장하며 저장된 사진으로 학습된 이미지로 만들며 안면인식 기술을 사용한다. [그림 5]는 카메라에서 캡처된 이미지 데이터를 나타낸다.



[그림 5] 캡처된 이미지 데이터

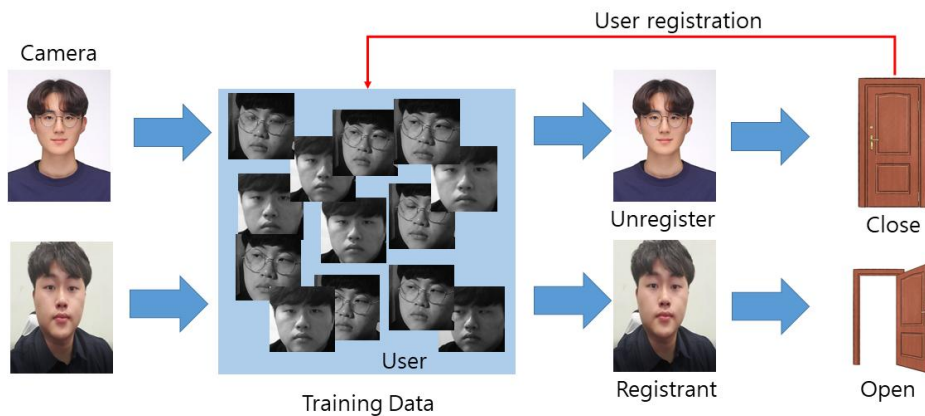
[Fig. 5] Captured Image Data

도어락 인식과정 중 사용자와 또다른 사용자가 있을 시 사전훈련이 되어있지 않은 등록되지 않은 사용자는 도어락을 실행시킬 경우는 unknown으로 화면 출력 되며 등록과정을 거쳐야 한다. 해당 코드의 기능은 감지된 각 얼굴을 반복하여 과거에 보았던 사람인지 또는 새로운 사용자인지를 결정한다.

### 3.1.1 이미지 데이터기반 등록자 판별과정 구현

프로그램에서 새로운 얼굴을 감지할 때 마다 알려진 얼굴 데이터베이스에 추가하는 함수를 호출하여 먼저 얼굴을 나타내는 얼굴 인코딩을 목록에 저장한다.

이미지 데이터기반 등록 사용자 판별 과정은 등록된 사용자로 판별 할 경우에 첫 등록으로 기기에 저장되어 있는 사진에서 등록자와 일치하는 얼굴을 찾아 등록된 사용자로 판별하고 이에 대한 결과를 송출해 주며 반대로 등록이 되어있지 않은 경우에는 기기의 저장목록에서 찾지 못하여 외부자로 결과를 송출한다. [그림 6]은 등록된 사용자와 등록되지 않은 사용자의 판별 과정을 나타낸다.



[그림 6] 사용자의 판별 과정

[Fig. 6] User Discrimination Process

### 3.2 객체인식 기능 구현

안면인식이 실행되지 않을 경우 스마트 도어락 시스템은 CCTV형식으로 작동된다. 그러나, 불특정 데이터를 인식할 때마다 데이터베이스에 저장된다면 해당 데이터들이 계속 적재되면서 과부하가 발생할 수 있다. 또한 특정 인물이 지나가다 카메라에 인식되어 생성된 이미지 데이터는 개인정보 보호법에 위배될 수 있어 이에 대한 처리를 수행한다.

## 4. 실험

객체인식 기능은 영상에서 다수의 객체 검출을 하고 식별하는 서비스이다. 카메라에서 실시간 영상을 송출하면서 발생한 데이터는 Jetson Nano Developer Kit에 전달되고 영상에 송출되는 객체를

인식하여 각 모델마다 정확도를 분석한다.

RetinaNet, GoogleNet, YOLOv3 모델들과 제안한 시스템 각각에 대해 리모컨과 키보드 마우스 스마트폰을 사용하여 인식과정을 진행하였을 때 정확도를 분석하여 [표 1]에 나타내었다.

[표 1] 모델별 정확도 분석

[Table 1] Accuracy Analysis for Models

	remote control	keyboard	mouse	smart phone
RetinaNet	31.31	41.33	47.97	33.80
GoogleNet	61.97	41.39	55.96	45.20
YOLOv3	69.21	71.80	72.32	62.26
proposed system	88.95	80.36	77.29	62.33

각각의 모델을 같은 품목으로 인식을 수행 한 결과 데이터는 리모콘에 대해 RetinaNet은 31.31%의 정확도를 나타내 며 GoogleNet은 61.97%, YOLOv3는 69.21%, 제안 시스템은 88.95%로 기존의 객체인식 모델들에 비해 높은 정확도로 객체인식 기능을 통해 판별한 것으로 볼 수 있다. 다른 키보드, 마우스, 스마트폰과 같은 경우에도 높은 정확도로 객체인식을 수행된 결과를 확인하였다.

## 5. 결론

최근 IoT 기반 스마트 홈 분야에서 사용되고 있는 IoT 기술은 다양한 산업분야에서 응용되고 있다. 기존에 사용되고 있는 대부분의 도어락은 금속열쇠를 사용하는데, 이러한 도어락들은 시스템의 수명이 짧고 범외에도 노출되고 있다. 열쇠를 가지고 다녀야하는 도어락들은 불편함과 떨어지는 보안성, 낮은 정확도로 인해 기존의 도어락을 활용하는 스마트 홈 시스템들의 문제점을 해결하기 위해 생체인식 기술을 활용하는 도어락들이 연구되고 있다. 생체인식 기술들 중에서도 신체적인 특징과 행동적인 특징으로 분류 되는데 가장 높은 수준의 보안성과 정확도를 보이는 생체인식 기술은 신체적 특징으로 객체인식과 안면인식이다. 객체인식 기능과 안면인식 기능을 기반으로 카메라를 활용하는 스마트 홈 시스템들은 렌즈 범위 내에 있는 모든 사람과 사물을 인식하는 구조적인 특징이 있다. 이로 인해 실제 사용자가 아닌 경우에도 인식이 되어버리는 경우가 발생하여 개인 정보 보호법에 위반되는 문제점이 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 생체인식기술인 객체인식 기능과 안면인식 기능 기반 스마트 도어락 시스템을 제안하였다. 객체인식과 안면인식에 대한 임계치를 설정하였다. 사용자 등록과 해지라는 동작과 시스템 출력의 시각화를 구현하였고 안면인식의 오차범위를 낮추어 기존 도어락 시스템들에 비해 향상된 정확도를 보였다. 제안하는 시스템을 활용할 경우 시스템의 높

아진 정확도, 증대된 편의성 등을 제공받을 수 있을 것으로 사료된다.

## References

- [1] L. W. Santoso, R. N. Lim, K. Trisnajaya, "Smart Home System Using Internet of Things", Journal of information and communication convergence engineering, vol. 16, no. 1, March 2018, pp. 60-65, doi: 10.6109/jicce.2018.16.1.60.
- [2] D. J. Jeong, J. Y. Kim, S. J. Bae, H. K. Jung, "Distributed IoT Sensor based Laboratory Safety Management System", Journal of the Korea Institute of information and communication engineering, vol. 23, no. 1, January 2019, pp. 90-96, doi: 10.6109/jkiice.2019.23.1.90.
- [3] K. H. An, H. D. Kwon, Y. B. Kwon, H. J. Seo, "Security Implementation using Flexible Keypad", Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, vol. 23, no. 5, May 2019, pp. 613-621, doi: 10.6109/jkiice.2019.23.5.613.
- [4] S. A. Jaishetty, R. Patil, "IoT sensor network based approach for agricultural field monitoring and control", International Journal of Research in Engineering and Technology, vol. 5, iss. 6, June 2016, pp. 45-48, doi: 10.15623/ijret.2016.0506009.
- [5] S. H. Lee, J. H. Kim, D. Y. Shin, D. J. Shin, "Mobile-based Big Data Processing and Monitoring Technology in IoT Environment", The Journal of the Institute of Internet Broadcasting and Communication, vol. 18, no. 6, December 2018, pp. 1-9, doi: 10.7236/JIIBC.2018.18.6.1.
- [6] H. M. Kang, S. H. Park, K. A. Cha, "Smart Door Lock System Design for Housing Crime Prevention", Fall Conference of The Korea Information Processing Society, November 3-4, 2017, Seoul, Korea, pp. 1148-1151, doi: 10.3745/PKIPS.y2017m11a.1148.
- [7] M. Pavelić, Z. Lončarić, M. Vuković, M. Kušek, "Internet of Things Cyber Security: Smart Door Lock System", 2018 International Conference on Smart Systems and Technologies, October 10-12, 2018, Osijek, Croatia, pp. 227-232, doi: 10.1109/SST.2018.8564647.
- [8] H. J. Hwang, K. Y. Kim, I. K. Ha, "A Digital Door Lock System Using Time-Synchronous One Time Password", Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, vol. 21, no. 5, May 2017, pp. 1027-1034, doi: 10.6109/jkiice.2017.21.5.1027.