

## 스마트폰과 아두이노를 이용한 원격제어 객체인식 이동형 홈 CCTV 개발

### Development of Remote-Controlled Object-Recognizing Mobile Home CCTV Using Smartphone and Arduino

Dong-Ju Kim<sup>1</sup> · Chae-Won Lim<sup>1</sup> · Hyun-Ho Choi<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Ungraduate Student, Department of Electrical and Electronic Control Engineering, Hankyong National University, Anseong, 17579 Korea

<sup>2</sup>Professor, School of ICT, Robotics & Mechanical Engineering, Hankyong National University, Anseong, 17579 Korea

#### ABSTRACT

This paper introduces the development process of mobile home CCTV that enables remote control and object recognition using unused smartphones and Arduino. Clients can control motors connected to Arduino through button, enable bidirectional voice communication between client-server and receive video from the server in real time. The server sends a PUSH notification to the client when its battery is low. When the server recognizes the charger, the client's remote control allows the server to dock to the charger and charge it. It was confirmed that video and voice delivery between client and server works well without any problems, and that object recognition works smoothly.

**Keywords** : Mobile home CCTV, Remote-Control, Object-Recognizing, Server-Client Communication

## I. 서 론

최근 스마트폰의 교체 주기가 짧아짐에 따라 집 안에 남겨지는 구형 스마트폰이 늘어나고 있다. 이와 같은 상황을 고려하여 스마트폰 공기계를 활용하는 다양한 방법이 제시되고 있다 [1]. 예를 들어 차량용 블랙박스, 간단한 네비게이션, CCTV 등으로 활용될 수 있다. 본 논문에서는 스마트폰과 아두이노를 활용하여 기존의 고정형 홈 CCTV 의 문제점을 개선하고 저비용으로 구현할 수 있는 가정용 홈 CCTV의 개발 과정을 소개한다.

본 논문에서는 먼저 개발한 이동형 홈 CCTV 시스템의 구성도를 제시하고 서버와 클라이언트 간의 통신 구조 및 방식에 대해서 설명한다. 개발 시스템은 서버와 클라이언트용 스마트폰 2대와 아두이노 우노, DC 모터 6개, 서보 모터 1개, 블루투스 모듈로 구성된다. 서버와 클라이언트는 서로 인터넷으로 연결 되어 제어정보, 음성, 영상 통신을 가능하게 한다. 다음으로, 구현한 이동형 홈 CCTV 시스템의 각 기능별 동작 시나리오 및 순서도를 제시한다. 서버와 클라이언트가 연결에 성공하게 되면 서버는 클라이언트로 영상을 송신하고, 클라이언트는 수신한 영상을 보면서 원격으로 버튼 제어를 통해 모터와 음성 전달을 제어할 수 있다. 또한, 서버의 배터리 부족 시에 클라이언트로 PUSH 알림을 전송하여 서버의 배터리 충전을 유도한다. 아울러, 클라이언트에서 원격 모니터링을 통해 서버가 충전기를 인식하게 되면 그것에 도킹하여 충전하도록 한다. 마지막으로, 구현한 이동형 홈 CCTV 시스템의 기능별 동작 결과를 보여줌으로써 제시한 서비스 시나리오의 원활한 동작을 확인한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 구현한 이동형 홈 CCTV 시스템의 전체 구성을 보여주고, III장에서는 동작시나리오에 따른 구현 방법을 상세히 기술한다. IV장에서는 시나리오별 동작 결과를 확인하고 V장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

Received 12 August 2020, Revised 18 August 2020, Accepted 20 October 2020

\* Corresponding Author Hyun-Ho Choi(E-mail: hhchoi@hknu.ac.kr, Tel:+82-31-670-5297)

Professor, School of ICT, Robotics & Mechanical Engineering, Hankyong National University, Anseong, 17579 Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2020.24.11.1546>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

## II. 시스템 구성도

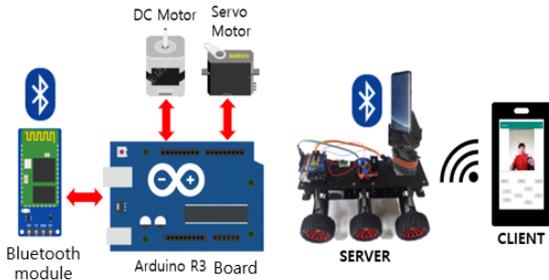


Fig. 1 System Configuration.

그림 1은 원격제어 객체인식 이동형 홈 CCTV의 시스템 구성도를 보여준다. 클라이언트 용 스마트폰과 서버 용 스마트폰은 인터넷 연결을 통하여 소켓 통신을 한다. 서버 스마트폰은 진후좌우로 움직여주는 DC 모터와 상하로 움직여주는 서보 모터가 연결되어 있으며, 아두이노와 블루투스를 통해 서로 연결된다.

서버용 스마트폰은 카메라의 역할을 해주게 되고, 클라이언트는 서버에서 오는 영상을 실시간으로 모니터링을 하며 원격제어를 할 수 있다. 서버와 아두이노는 블루투스로 연결되어 클라이언트에서 버튼의 신호를 서버가 받아 모터 동작을 위한 신호를 아두이노에 전달한다. 이를 실행하기 위해서 아두이노의 블루투스 모듈과 서버용 스마트폰이 서로 페어링이 되어야 하며, 페어링이 되면 핸들러를 통하여 송수신 데이터들이 메인 스크린에서 동작할 수 있게 된다. 아두이노에는 상하로 90도 정도 움직일 수 있는 서보 모터가 연결되어 있고, 다방면으로 움직일 수 있게 하는 DC 모터가 연결되어 있다. 이와 같은 방식으로 클라이언트용 스마트폰에서 버튼 제어로 아두이노로 신호를 보내줄 수 있다.

개발에 사용한 안드로이드 어플리케이션 프로그램의 개발 환경은 Android Studio 3.5.2이며, JAVA 코드로 작성하였다 [2]. 또한 아두이노의 개발 환경은 Arduino 1.8.10이며 C 코드로 작성하였다 [3].

## III. 동작 시나리오

개발한 원격제어 객체 인식 홈 CCTV는 크게 다음과 같은 3가지 동작을 수행한다.

### 3.1. 원격 조종 및 음성 전달

그림 2는 원격 조종 및 음성 전달 과정의 순서도를 보여준다. 클라이언트에는 서버의 직진, 후진, 좌우 회전에 해당하는 버튼, 서보모터의 상하에 해당하는 버튼이 있어 클릭하면 클라이언트의 송신 스크린에서 서버로 버튼 고유의 신호 값을 송신한다. 서버는 아두이노로 값을 전달하고, 아두이노는 해당하는 값에 따라 모터를 동작시킨다. 또한, UDP 통신을 이용해 클라이언트에서 음성 통화 버튼을 클릭할 시 클라이언트와 서버의 마이크를 열어 양방향 음성 전달이 가능하다.

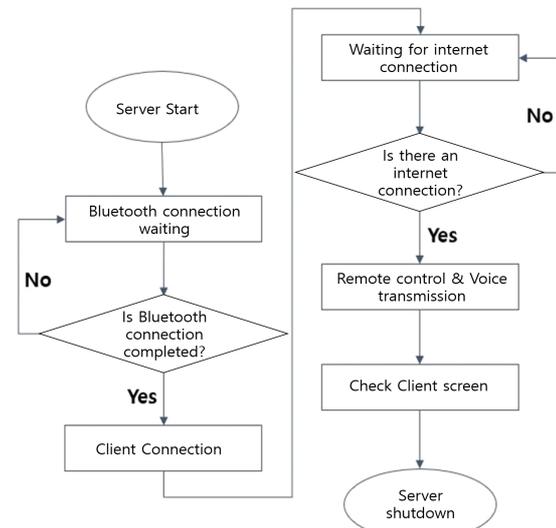


Fig. 2 Flow chart for remote control and voice transmission.

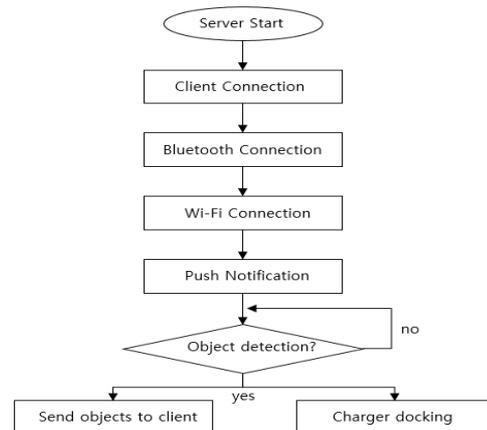


Fig. 3 Flow chart for face recognition

### 3.2. 등록된 얼굴 인식

그림 3은 등록된 얼굴 인식 과정의 순서도를 보여준다. 서버는 영상을 실시간으로 촬영하며 머신러닝 학습을 통하여 등록된 사용자의 얼굴을 감지할 수 있다. 안드로이드 스튜디오에서 지정한 감지율 보다 높을 시에 객체를 인식할 수 있으며, 인식되었을 때는 프레임과 함께 라벨이 생성된다. 또한, 사용자를 인식했을 시에는 얼굴을 더 가까이서 확인하거나 통화를 쉽게 할 수 있도록 아두이노로 직진 모터 동작 신호를 전송한다. 아두이노는 이 신호를 기반으로 모터를 일정 시간 동안 동작시켜 차체를 움직인다. 이 기능으로 클라이언트는 인식된 얼굴을 자세히 확인 가능해 홈 CCTV의 활용도를 높일 수 있다.

### 3.3. 객체 인식

머신러닝 객체 인식은 합성곱 신경망(Convolutional Neural Network; CNN)을 기반으로 만들어진다 [4]. 각 필터별로 이미지의 특성을 추출한 후, 추출된 정보를 취합하여 결과 값을 예측한다. 다음 수식과 같이 행렬로 표현된 필터링된 이미지의  $i$ 번째 행,  $j$ 번째 열의 픽셀인  $G_{ij}$ 는 원본 이미지  $X$ 와 필터  $F$ 의 합성곱으로 계산되어진다.

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

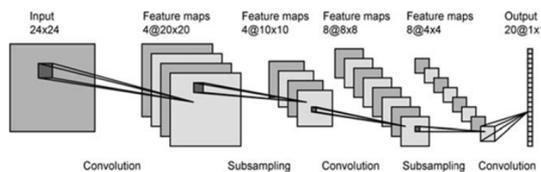


Fig. 4 Convolutional Neural Network structure used for training.

그림 4는 머신러닝 학습 과정에서 사용된 CNN의 구조를 보여준다. 먼저 입력된 데이터로부터 Convolution (Filter)을 통해 feature map을 추출한다. 이후 1개의 feature map당 1개의 sub-sampling 연산을 수행하면서 local feature가 추출된다. 이와 같이 반복적인 convolution과 subsampling 과정을 수행하여 이미지의 대표적인 특징만을 도출한다. 즉, convolution과 pooling 과정을 반복적으로 수행함으로써 불변하는 특징을 찾고, 그 특징을 fully-connected 신경망의 입력으로 사용

하여 이미지 분류의 정확도를 높일 수 있다 [5].

이러한 CNN 이론을 기반으로 다음과 같은 개발과정을 통하여 원하는 객체인식 기능을 구현하였다 [6].

- ① Tensorflow 1.14.0 버전의 가상환경 설정
- ② 인식해야 할 객체 각 300개의 사진을 수집 후 필터별로 이미지의 특성을 추출하여 라벨링 작업 수행
- ③ 라벨링 작업이 완료된 데이터를 이용하여 image loss가 2% 미만으로 감소할 때까지 훈련을 수행 (그림 5와 같이 약 5000번의 훈련 과정을 통해 오차율이 0으로 수렴하는 것을 확인)
- ④ 오차율이 적정 수준까지 떨어져 훈련을 마치고 객체 감지 분류기를 포함하는 pb 파일을 생성
- ⑤ Android Studio에 훈련된 객체 인식 기능을 탑재하기 위하여 훈련 과정에서 생성된 tensorboard에서 입력과 출력값을 찾아 pb 파일을 tflite 파일로 변환

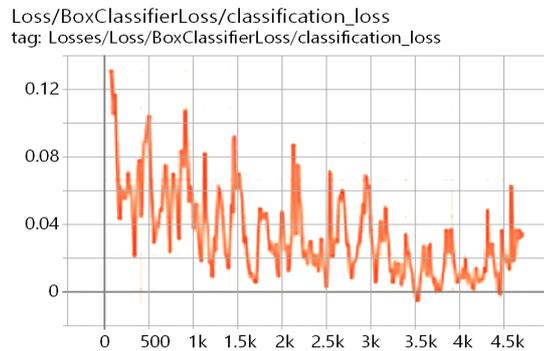


Fig. 5 Performance of image loss.

## IV. 동작 결과

그림 6은 구현한 이동형 홈 CCTV의 클라이언트 스마트폰 앱의 GUI 및 하드웨어 외관을 보여준다. 하드웨어 외관을 보면 차체의 움직임을 위한 6개의 DC 모터, 1개의 서보모터와 연결된 아두이노, 그리고 서버와 클라이언트 역할을 하는 2대의 스마트폰을 확인할 수 있다. 시나리오별 상세 동작은 [7]의 영상을 통해 확인할 수 있다.

그림 7은 객체를 인식하였을 때에 클라이언트와 서버의 GUI 모습을 보여준다. 서버 GUI는 감지 영상에 대해 머신러닝 학습을 통한 인식률과 라벨이 포함된 객체 인식 결과를 보여준다. 서버 스마트폰에서는 실시간 영

상과 분석 결과를 TCP 통신을 이용하여 클라이언트로 송신한다. 이를 확인한 클라이언트는 GUI에 존재하는 상하좌우, 직진, 후진 버튼을 통해 차체의 움직임을 조종하여 사용자가 원하는 방향을 촬영할 수 있다. 아울러, 통화 시작 버튼을 사용시 클라이언트와 서버의 마이크가 열려 양방향 음성 전달이 가능하다. 마지막으로 서버에서 학습된 얼굴과 충전기를 인식할 경우, 서버는 이에 대한 결과 값을 클라이언트로 전송하고, 클라이언트는 이를 확인한 후 CCTV의 기능을 수행하기 위해 사람의 얼굴 근접 확인 및 배터리 부족 시 자동 충전 기능을 수행하게 된다.

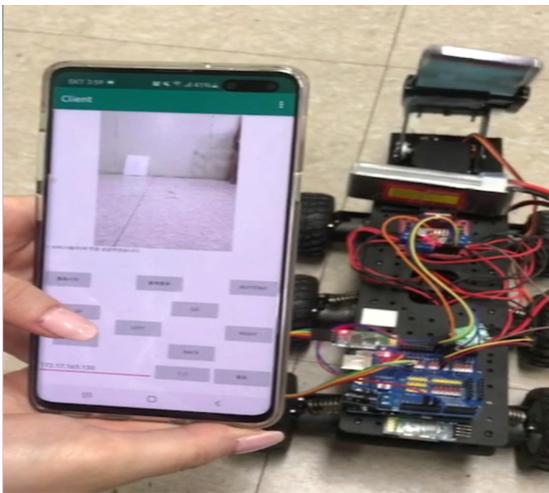


Fig. 6 Implemented mobile home CCTV.

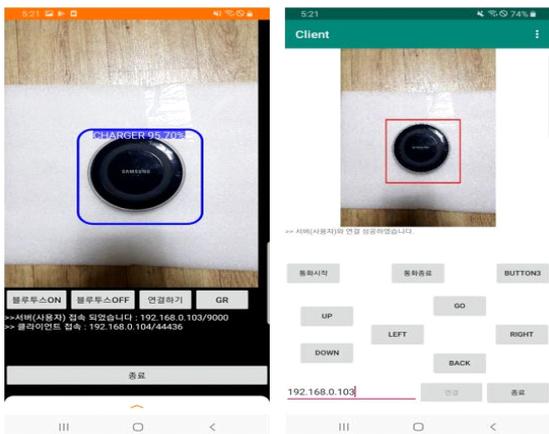


Fig. 7 Demonstration of object recognition for recharge.

## V. 결 론

본 논문에서는 스마트폰과 아두이노를 활용하여 기존의 고정형 홈 CCTV의 문제점을 개선하고 저비용으로 구현할 수 있는 가정용 홈 CCTV의 개발 과정을 소개하였다. 구현한 이동형 홈 CCTV는 클라이언트 사용자의 원격제어에 따라 좌우, 정면, 후면으로 움직이며 집안 내부의 상황을 확인할 수 있었다. 이와 같은 기능은 스마트폰과 아두이노를 활용하여 저비용으로 구현 가능하여 가정용 이동형 홈 CCTV로 유용하게 사용할 수 있을 것으로 기대한다. 추후에는 구현된 얼굴 및 사물 인식 기능에서 인식률을 보다 높이기 위하여 잡음이 가미된 다양한 이미지를 이용하고 새로운 CNN 구조를 적용할 예정이다.

## ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. 2019R1A2C4070466).

## REFERENCES

- [1] 12 Uses for Your Old Smartphone. [Internet]. Available: <https://www.pcmag.com/news/11-uses-for-your-old-smartphone/>.
- [2] M. J. Donahoo, *TCP/IP socket programming Java version*, SciTech Media, 2002.
- [3] D.-H. Cho, *Smartphone, Bluetooth, Ethernet, WiFi, and Arduino*, Bogdoo Publisher, 2016.
- [4] S. Lawrence, C. L. Giles, A. C. Tsoi, and A. D. Back, "Face recognition: A convolutional neural-network approach," *IEEE Transactions on Neural Networks*, vol. 8, no. 1, pp. 98-113, Jan. 1997.
- [5] N. Buduma, *Fundamentals of Deep Learning*, O'Reilly Media, 2017.
- [6] A. Singh and R. Bhadani, *Mobile Deep Learning with TensorFlow Lite, ML Kit and Flutter*, Packt(GCO Science), 2020
- [7] Smart Appbot video demonstration link. [Internet]. Available: [https://youtu.be/jbGygU\\_3E5Y](https://youtu.be/jbGygU_3E5Y)