

# 딥러닝 기반 상황 맞춤형 홈 오토메이션 시스템

박민지<sup>1,\*</sup> · 노윤수<sup>2,\*\*</sup> · 조성준<sup>3</sup>

<sup>1</sup>경기북과학고등학교 · <sup>2</sup>인천진산과학고등학교 · <sup>3</sup>부산진고등학교

## Deep Learning-based Environment-aware Home Automation System

Min-ji Park<sup>1,\*</sup> · Yunsu Noh<sup>2,\*\*</sup> · Seong-jun Jo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Gyeongbuk Science High School · <sup>2</sup>Incheon Jinsan Science High School · <sup>3</sup>Pusanjin High School

E-mail : gbsmj0312@gmail.com / 02.yunsu.noh@gmail.com / vprjtkmt00@gmail.com

### 요 약

본 연구에서는 딥러닝을 통해 스스로 사용자의 행동 습관 데이터를 학습하고, 상황에 맞춰 실내 환경을 조성할 수 있는 시스템을 구성하였다. 정보 수집 시스템은 데이터 수집 서버와 각종 센서 노드로 구성되며, 모은 데이터에 따라 환경을 조성한다. 사진 분석은 Google Inception v3를, 행동 유추는 직접 설계한 2차 DNN을 사용했다. 모의 데이터로 DNN 학습을 진행한 결과 98.4%의 정확도로 충분히 상황 유추가 가능함을 입증할 수 있었다.

### ABSTRACT

In this study, we built the data collection system to learn user's habit data by deep learning and to create an indoor environment according to the situation. The system consists of a data collection server and several sensor nodes, which creates the environment according to the data collected. We used Google Inception v3 network to analyze the photographs and hand-designed second DNN (Deep Neural Network) to infer behaviors. As a result of the DNN learning, we gained 98.4% of Testing Accuracy. Through this results, we were able to prove that DNN is capable of extrapolating the situation.

### 키워드

Deep-Learning, IoT, Home Automation, Creating a Customized Environment, Deep Neural Network

## I. 서 론

IoT(Internet Of Things) 서비스에 대한 관심은 해가 갈수록 높아지고 있다. 이에 따라 많은 관련 연구와 제품들이 쏟아져 나오고 있으며, 시장 규모 역시 2020년에는 약 17조원으로 연평균 38.5% 성장할 것으로 예상된다.[1] 이러한 IoT 기술을 HA(Home Automation) 분야에 접목시키려는 시도 뿐 아니라, 관련 아두이노 오픈 소스 프로젝트 또한 다수 존재한다.

그러나 이러한 선행 연구들은 사용자가 수동으로 어플리케이션 등을 이용하여 원하는 동작, 혹은 규칙(Routine)을 직접 설정해야 하는 것들이 대부분이며 이는 사용자의 불편함을 초래한다. 이러한 문제

점을 해결하기 위해 본 연구에서는 딥러닝(Deep Learning) 기술을 활용하여 사용자의 행동 데이터를 학습하고, 사용자의 간섭 없이도 자동으로 상황에 맞는 실내 환경을 조성할 수 있는 시스템을 구성하였다.

## II. 이론적 배경

### 2.1. Google Inception v3

Google Inception v3는 ImageNet의 Large Visual Recognition Challenge에서 2012년 데이터를 사용하여 훈련한 CNN(Convolutional Neural Network) 모델이다.[2] 직접 특징을 추출하여 학습하기에 수동으로 특징을 추출할 필요가 없고, 인식 수준이 높으며 재학습하여 사용할 수 있다는 장점이 있다.

\* corresponding author

\*\* speaker

Inception-v3은 모델의 성능을 비교할 때 쓰는 오답의 빈도를 측정하는 top-5 error rate에서 3.46%를 받았는데, 이는 사람-오답률 5.1%-보다 높은 수치였다. 새로 CNN을 만드는 것은 매우 복잡하고 많은 시간이 드는 일이므로 시간을 단축시키기 위해 Google Inception v3을 가져와서 본 연구에 맞게 수정하여 적용하였다.

## 2.2. HA(Home Automation)

홈 오토메이션(HA)은 편리하고 쾌적한 생활을 위해 집안의 조명, 온도, 냉난방, 보안 및 가전제품을 자동화 하는 시스템을 의미한다. 보통 HA 기술은 스마트폰에 센서를 연결하여 스마트폰으로 직접 가전 기기를 조작하거나 각 센서들이 독립적으로 작동하는데 그치지만, 본 연구에서는 서버에 빛, 온도, 출입을 탐지하는 센서를 연결시켜 정보를 종합하여 덤러닝을 통해 자동화시킨다.

## 2.3. Node.js를 이용한 서버의 구현

Node.js는 비동기 이벤트 방식의 소프트웨어 플랫폼으로, 본 연구에서는 아무리 많은 일을 요청 받아도 순차적으로 일을 수행하는 비동기 방식을 이용하였다. 서버에 연결되는 센서 노드 수를 늘려도 전체적인 성능 저하가 없기 때문에 빠르게 일을 수행할 수 있도록 노드 수를 늘려 구현하였다.

## 2.4. ESP8266

홈 오토메이션 시스템에서 필수인 기기와 서버 간의 무선 통신 구성을 위해 ESP8266을 사용하였다. 이는 기본적으로 Serial 통신을 하며, 5V logic을 사용하는 아두이노와 달리 3.3V의 logic을 사용하므로 TTL Converter 및 적절한 저항을 이용하여 연결하였다. 아두이노는 시리얼 포트를 통해 ESP8266과 정보를 주고받고, ESP8266은 넘겨받은 정보를 Wi-Fi를 통해 서버로 전송한다.

## 2.5. 릴레이

릴레이는 코일에 전류를 흘려보내면 자석이 되는 성질을 이용한 부품으로, 스위치 역할을 하는 데 사용할 수 있다. 본 연구에서는 장치에 연결된 멀티탭의 전원을 제어하기 위해 멀티탭과 릴레이를 연결시켜 사용하였다.

# III. 연구 내용 및 방법

## 3.1. 연구 방법

정보 수집 시스템을 제작해 직접 데이터를 수집했다. 최종적으로 모아진 데이터를 컴퓨터에 학습시켜, 사용자가 집에 들어와 특정한 습관에 따른 행

동을 취할 경우 필요하다고 예상된 제어를 자동으로 실행하도록 하였다. 사용자가 원하는 행동을 유추하기 위해 본 연구에서는 두 가지 서로 다른 Neural Network를 사용하였다. 영상을 통해 상황을 학습하는 과정에서는 Google Inception V3를 활용하였으며, 상황과 각종 데이터를 통해 최종적으로 사용자가 원하는 행동을 유추하기 위해서는 Tensorflow를 이용해 직접 설계한 2차 DNN (Deep Neural Network)를 사용하였다.

Google Inception V3 망이 사용자의 상황을 유추할 수 있게 동일한 상황에서의 수십 장의 사진을 찍어 학습 데이터를 수집하였다. 또한 현재 상태(밝기, 온도, 직전 수행 동작 등)에 따라 수행해야 할 작업에 대해 학습시키고자 정보 수집 시스템을 이용, 데이터를 일정 기간 동안 수집하도록 하였으며 이 데이터들을 2차 DNN에서 학습시켰다. 학습 과정에서 실험적으로 Learning rate, batch 크기, 레이어 수, 뉴런 수 등의 Hyperparameter를 조절해가며 여러 차례의 수정을 거쳐 최적의 적응률을 가진 2차 DNN를 만들어냈다.

## 3.2. 정보 수집 시스템의 구현

정보 수집 시스템은 데이터 수집 서버와 센서 노드 두 가지 요소로 구성된다.

데이터 수집 서버는 라즈베리 파이를 이용하여 제작되었으며, Node.js 기반의 REST API 서버를 제작하여 센서 노드와의 인터페이스를 구현하였다. 또, 라즈베리 파이에 부착된 Pi camera로 사진을 연속적으로 촬영해 사용자의 행동을 분석할 수 있도록 하였다. 라즈베리 파이는 내부에서 Inception V3 네트워크를 통해 영상을 판별하고, 학습된 데이터를 2차 뉴럴 네트워크에 입력한 후 결과값을 추론한다.

센서 노드들은 조도, 적외선 센서 값, 전원 on/off 여부 등을 수집하여 Arduino 내부에서 처리 및 가공한다. 그 후 ESP8266 모듈이 가공한 정보와 사용자가 취하는 행동을 Wi-Fi를 통해 데이터 수집 서버로 전송한다. 본 연구에서는 Arduino IDE를 통해 ESP8266의 펌웨어를 수정하여 Serial 통신을 했다.

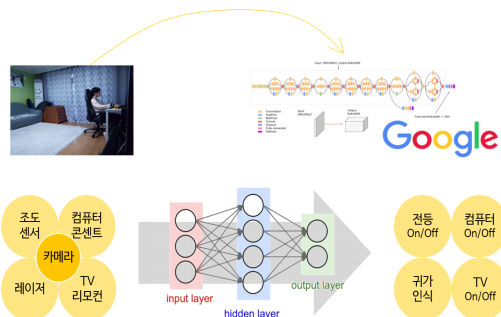


그림 1, 2. 정보 수집 시스템 구성도

### 3.3. 사용자 행동패턴에 따른 뉴럴 네트워크의 작업 수행

조사[3]에 따르면 2015년 사람들이 생각하는 집의 의미는 91.4%(중복응답)가 휴식을 위한 공간인 것으로 나타났으며, 집에서 주로 하는 활동은 TV 보기가 78.6%(중복응답), 인터넷 정보 검색하기가 63.5%를 차지했다. 따라서 집에 들어오면 다수의 사람들이 하는 전등 켜기, 사람들이 주로 사용하는 TV, 컴퓨터를 작동하는 행동을 자동화 했다. 밝기를 측정하는 조도 센서의 값, 현재 온도, 사람이 현재 들어왔는지의 여부, 직전에 수행한 동작, 딥러닝 된 Google Inception V3가 사진을 보고 판단하였을 때 사용자가 컴퓨터 의자에 앉아있을 확률, 침대에 앉아있을 확률, 누워있을 확률, 아무 것도 하지 않고 있을 확률 총 8개의 값이 서버로 입력된다.

사용자는 정보 수집 시스템을 집에 설치한 상태에서, 집에 들어오면 자신의 습관에 따른 행동을 하게 된다. 미리 설치한 적외선 센서, 조도 센서는 각각 받은 신호 데이터를 서버에 전송하고, 서버(라즈베리 파이)는 Pi camera와 Google Inception V3로 무슨 상황인지 분석한다. 그러면 뉴럴 네트워크는 수집된 데이터들을 바탕으로 사용자의 행동 패턴에 따른 작업을 자동 수행하게 된다.

### 3.4. 센서 노드 제작 과정

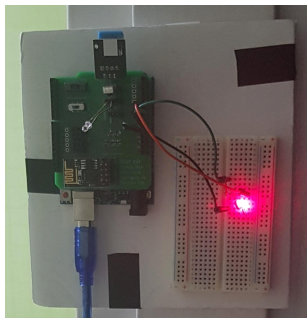


그림 3. 제작된 센서 노드의 모습

센서 노드들은 각각의 Arduino Uno에 자체 제작한 PCB 기판을 연결, ESP8266 모듈과 각종 센서들을 부착하여 완성하였다. 조도, 적외선 센서 값, 전력 공급 여부 등 모든 센서 노드에서 수집한 정보를 2차 NN에 넣어 결과 값을 도출하고, 그에 따라서 전등의 경우 서보 모터를, TV의 경우 적외선 센서를 이용해 기기를 작동하거나 정지시킨다. 이때 사진은 CNN을 통해 상황 정보로 바뀐다.

하드웨어의 상층부와 하층부에 각각 조도 센서를 사용하여 두 개의 데이터를 수집했다. 레이저 송신부에서 쏜 레이저가 사람이 지나가면서 끊길 경우 하층부에 있는 레이저 수신부의 조도 센서가 변화

한 조도 값을 서버로 보내 사람이 지나갔는지 여부를 확인한다. 상층부의 조도 감지기에서 조도 값을 측정해 라즈베리 파이로 보내면 기준치를 넘었는지 측정해 현재 전등의 on/off 상태를 저장한다.

그리고 멀티탭을 개조해 두 개의 선 중 한 쪽을 릴레이와 연결해 on/off 여부를 전송하도록 했다.

또 자동으로 TV를 켜는 시스템을 구현하기 위해 적외선 센서를 이용하였다. 적외선 센서는 수/발광기가 동시에 있어서 사용자가 리모컨으로 신호를 보내면 수광기가 그 신호를 받아들여 HEX코드로 읽어내고, 라즈베리 파이는 HEX코드 값을 수신해 읽고 저장한다.

### 3.5. 실험 수행

#### 3.5.1. 1차 뉴럴 네트워크 실험(테스트)

짐벌을 이용하여 Galaxy Note FE(SM-N935K)를 방이 한눈에 보이는 위치에 고정, 커튼을 쳐 빛의 영향을 차단하고 TV를 볼 때나 PC를 켤 때와 같은 특정 상황에 있는 사용자의 사진을 수집 장 촬영하였다. 이후 사진을 분류하여 Google Inception V3에 학습시키고, 이 모델이 잘 학습되었는지 확인하기 위하여 추가적으로 각각의 상황에 맞는 사진을 촬영하였다. 이 테스트용 사진을 넣어줬을 때, 높은 확률로 어떠한 상황인지를 잘 맞췄다.

#### 3.5.2. 데이터 수집 과정

사진 데이터의 수집을 위해 라즈베리 파이를 삼각대에 장착, Pi Camera를 방 전체가 잘 보이는 곳에 위치시킨 후 고정하였다. 경우에 맞는 사진 데이터들을 수집, 분류하여 Google Inception V3에 학습시키고 1차 실험과 마찬가지로 테스트용 사진을 촬영하였다. Google Inception V3는 테스트용 사진을 입력받아 올바르게 상황을 맞추는 결과를 보여주었다.

#### 3.5.3. 2차 뉴럴 네트워크 성능 검증

현재 상태에 따른 수행 작업의 선택을 결정한 모의 사용자 습관 데이터를 약 100,000개 생성하여 뉴럴 네트워크에 넣어주었다. 이 모의 데이터 내의 사용자는 특별한 특성을 갖고 있다. 집에 들어왔을 때 어두운 경우 전등을 먼저 켜고, PC 앞에 앉으면 PC를 사용하며, 침대에 앉으면 TV를 시청하고, 누우면 전등이 꺼지는 것을 바란다.

이러한 사용자의 모의 데이터를 뉴럴 네트워크에 넣고 Learning Rate, Num Steps, Batch Size, Hidden layer의 수, 뉴런 층의 개수를 조절하여 결과를 확인하였다. 총 10,000 steps에 걸친 학습 결과 Training Accuracy(학습된 데이터들로 맞출 확률)가 97.4%, Testing Accuracy(새로운 데이터를 받아 맞

출 확률)가 98.4%의 확률로 적절한 작업 수행이 가능하다는 것을 알 수 있었다.

#### IV. 결론 및 제언

IoT(사물인터넷) 시스템에 대한 많은 관심은 해가 갈수록 늘어가고 있지만, 완전한 자동 통제 시스템이 아닌 앱을 통한 직접 조작이 대부분을 차지하고 있다. 이와 다르게 본 연구에서는 시스템이 자체적으로 환경을 통제할 수 있게 하였다. 사용자의 환경을 학습하기 위하여 일정 기간 동안 정보 수집 시스템을 가동한다. 정보 수집 시스템은 라즈베리 파이와 이에 연결된 Pi Camera, 집안 곳곳에 설치되는 센서 노드들, 각종 전자 기기가 연결된 멀티탭에 설치되는 릴레이 회로들을 포함한다. 데이터 수집을 마치면 이를 사전에 구성한 2차 DNN에 입력하여 데이터와 행동 간의 연결 관계를 확인, 수많은 데이터 중 반복적으로 확인되는 데이터들의 패턴을 갖고 학습하여 사용자의 습관에 맞춰진 환경을 제공한다.

거동이 불편한 사용자의 생활 패턴을 학습하여 일상생활을 자동화시킨다면 보다 편리한 생활환경 조성에 도움이 될 것으로 예상된다. 비록 본 연구에서는 조도, IR, 상황정보 값만을 활용하였지만, 추후 AirKorea API 등을 활용하여 실시간으로 미세먼지 값을 받아서 환기를 하도록 하는 등의 기능을 구현할 수 있을 것이다. 또한 정보 수집 시스템이 일정 시간 이상 작동한 것이 확인되었을 경우 데이터 수집을 자동으로 중지하고, 서버가 그간 데이터베이스화 한 데이터들을 2차 DNN에 집어넣어서 심층학습을 하게 되는 과정을 사람의 손을 거치지 않고 자동으로 수행하도록 한다면 더욱 높은 수준의 홈 오토메이션 시스템을 구현할 수 있을 것으로 예상된다.

#### References

- [1] Park, U. (2016, July 12). "Korean IoT market, 17 trillion won in 2020... Annual average growth forecast of 38%". Yonhapnews. Retrieved from <https://www.yna.co.kr/view/AKR20160712109300002>
- [2] C. Szegedy, V. Vanhoucke, S. Ioffe, J. Shlens, and Z. Wojna. Rethinking the Inception Architecture for Computer Vision(CVPR), In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Las Vegas: pages 2818 - 2826, 2016.
- [3] TrendMonitor, "The meaning of 'home' growing in tired daily life and vague anxiety." [Internet] Available : <https://trendmonitor.co.kr/tmweb/trend/allTrend/detail.do?bIdx=1322&code=0404&trendType=CKOREA>