

# 시선 방향 추정 알고리즘을 이용한 다중 사물 제어 시스템의 구현

유혜미<sup>1</sup>, 이주영<sup>2</sup>, 전수림<sup>3</sup>, 나정은<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 연세대학교 생활과학대학 생활디자인학과

<sup>2</sup> 연세대학교 음악대학 관현악과

<sup>3</sup> 연세대학교 상경대학 경제학부

<sup>4</sup> 연세대학교 학부대학

realhyhm@yonsei.ac.kr, jooyoungsuga@yonsei.ac.kr, soolim520@gmail.com, jenah@yonsei.ac.kr

## Implementation of Multi-device Remote Control System using Gaze Estimation Algorithm

Hyemi Yu<sup>1</sup>, Jooyoung Lee<sup>2</sup>, Surim Jeon<sup>3</sup>, JeongEun Nah<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Dept. of Human Environment and Design, Yonsei University

<sup>2</sup> Dept. of Music, Yonsei University

<sup>3</sup> Dept. of Economics, Yonsei University

<sup>4</sup> University College, Yonsei University

### 요 약

제어할 사물을 선택하기 위해 여러 단계를 거쳐야 하는 기존 ‘스마트 홈’의 단점을 보완하고자 본 논문에서는 사용자의 시선 방향을 추정하여 사용자가 바라보는 방향에 있는 사물을 제어할 수 있는 시스템을 제안한다. 일반 RGB 카메라를 통해 Pose Estimation으로 추출한 Landmark들의 좌표 값을 이용하여 시선 방향을 추정하는 알고리즘을 구현하였으며, 이는 근적외선 카메라와 Gaze Tracking 모델링을 통해 이루어지던 기존의 시선 추적 기술에 비해 가벼운 데이터를 산출하고 사용자와 센서 간의 위치 제약이 적으며 별도의 장비를 필요로 하지 않는다. 해당 알고리즘으로 산출한 시선 추적의 정확도가 실제 주거환경에서 사용하기에 실용성이 있음을 실험을 통해 입증하였으며, 최종적으로 이 알고리즘을 적용하여 적외선 기기와 Google Home 제품에 사용할 수 있는 시선 방향 사물 제어 시스템을 구현하였다.

### 1. 서론

인공지능과 IoT(사물 인터넷) 등의 첨단 지능 정보 기술을 주거환경에 적용하는 것을 일컫는 ‘스마트 홈’의 세계 시장 규모는 2015년도 510억 달러에서 2020년 860억 달러로 성장하였으며, 2021년에 1천 23억 달러를 기록하며 급격한 성장이 예견되고 있다.[1] 그러나 기존의 스마트 홈 서비스는 직관적이지 않은 사물 연결 방법과 제어 기능의 복잡성과 같은 한계가 있다. 특히 디지털 정보격차를 겪는 세대의 사용자들이 변화하는 주거 환경에 적응하는 데에 많은 어려움을 겪게 되었다.[2]

본 논문은 디지털 주거 환경으로의 변화에서 소외된 세대의 적응을 돕기 위해 사용자의 시선 방향을 추정하여 사용자가 바라보는 방향에 있는 사물을 제어할 수 있게 하는 시스템을 제안한다. 해당 시스템의 핵심 기능인 시선 방향 추정 알고리즘의 설계 및

검증 결과와 알고리즘을 적용한 다중 사물 컨트롤러를 본문에서 다루고자 한다.

### 2. 선행 연구 및 기존 시장 분석

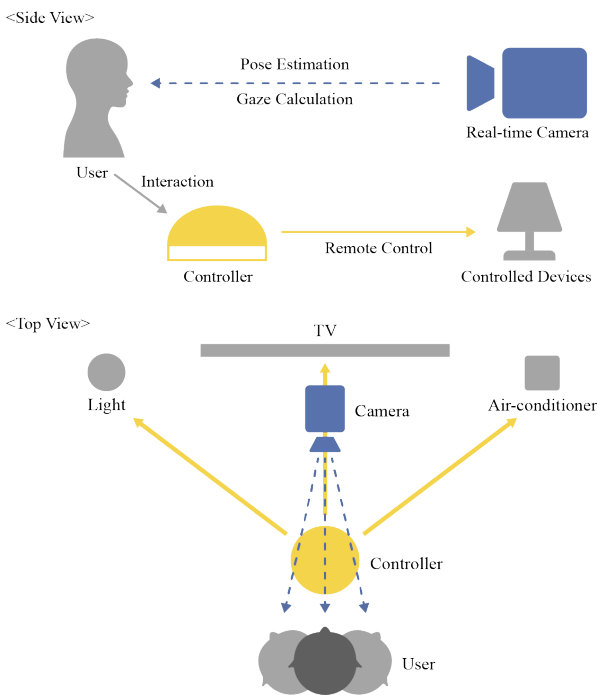
시선 방향 추적은 기존에는 주로 근적외선을 사용하는 아이트래커와 Gaze Tracking 모델링을 통해 이루어졌다. 아이트래커는 사용자가 바라보는 방식을 보다 정확하게 인식할 수 있도록 고안된 장치이며, 근적외선 카메라를 이용하여 동공의 위치와 반사광의 각도를 추출하는 방법이 주로 사용된다. 또한 시선 추적 센서와 사용자와의 거리에 따라 원격 시스템과 헤드 마운트 시스템이 사용되고 있다.

그러나, 아이트래커의 센서는 눈 정면에 설치되어야 하고 사용자와 센서 간 거리의 세밀한 변동에도 오차가 많이 발생한다.[3] 또한 정확한 시선 값을 얻기 위해서는 눈과의 거리를 가깝게 유지할 수 있는

안경 형태의 근적외선 트래커를 이용해야 하는데, 시선 추적 분야에서 가장 널리 사용되고 있는 Tobbi의 안경형 아이트래커는 시장가격이 만 달러 이상으로, 일반 사용자들이 구매하여 사용하기 어렵다.[4] 본 논문에서는 사용자들이 센서와의 거리에 구매 받지 않으면서도 합리적인 가격대에 사용할 수 있는 가시광선 카메라를 활용한 시선 방향 추정 알고리즘을 개발했다.

### 3. 시선 방향 추정 기반 전자기기 제어 시스템 설계

사용자가 제어하고 싶은 사물을 바라보며 컨트롤러의 ‘사물 선택 버튼’을 누르면 아래의 (그림 1)과 같이 사용자의 정면 방향에 설치된 카메라가 사용자의 Pose에서 특징점(landmark)을 추출하고, landmark 좌표값들의 후처리를 통해 해당 사물이 제어 대상으로 설정된다. 이후 사용자가 컨트롤러의 인터페이스와 인터랙션하면 컨트롤러가 Google Assistant 또는 적외선 통신을 통해 사물을 제어한다.

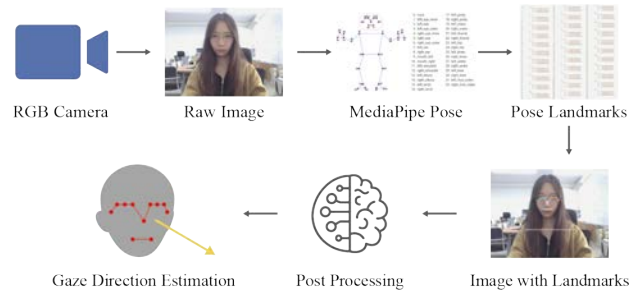


(그림 1) 시선 추정 기반 다중 사물 제어 시스템 개념도

#### 3.1. Pose Estimation을 활용한 시선 방향 추정

아래의 (그림 2)는 시선 방향을 추정하는 과정으로, 사용자의 정면에 설치된 가시광선 카메라에서 사용자의 얼굴이 포함된 상반신의 모습을 실시간으로 입력 받고, MediaPipe의 Pose Estimation 라이브러리를 사용하여 Pose Landmark를 추출한다. 컨트롤러에 좌표값들이 들어오면, 그 순간의 얼굴 landmark들의 좌표값을 미리 구현한 머신러닝 모델의 피쳐에 맞게 계산하여 시선을 예측하고, 그 시선 방향에 있는 기기를 제어 대상으로 선택한다.

본 시스템은 제어할 사물의 위치가 각기 다른 다양한 상황에서 사용자가 원하는 대로 알고리즘이 수행될 수 있도록 모델을 학습시키는 WebApp을 제공한다. WebApp은 휴대전화로도 쉽게 사용할 수 있고 컴퓨터로도 접속할 수 있는 웹 페이지이며 React로 개발했다. Backend는 초기에 serverless로 구현해 AWS Lambda에 배포하였으나 모델 라이브러리 용량이 과도하여 최종적으로는 heroku에 배포했다.



(그림 2) 시선 방향 추정 파이프라인

#### 3.2. IoT 기술을 접목한 다중 기기 컨트롤러

원격 제어 컨트롤러는 Google Home 환경을 이용하여 스마트 홈 기기를 직접 등록하고 개발할 수 있는 Google action으로 등록 및 배포하였고, 다른 사물을 조작할 수 있는 Google Assistant Action을 가진다. Google Home에 등록된 기기가 근처에 있으면 스마트폰의 Google Home Application에서 기기를 등록할 수 있고, 초기에 컨트롤러를 어플에 등록해 놓으면, 컨트롤러로 Home에 등록된 다른 사물들을 조작할 수 있다. 이 때 컨트롤러 내부에서는 조작 시에 Google Assistant Action에 미리 정해둔 텍스트로 인풋을 넣는 연산이 수행된다. 컨트롤러에 IR-transmitter를 내장하여, Google Home에 연결된 IoT 기기뿐만 아니라 적외선 통신을 통해 적외선 리모컨으로 동작하는 일반 TV나 에어컨 등의 가전제품도 제어 가능하다.

컨트롤러의 인풋 인터랙션은 상, 하, 좌, 우 방향으로 인터페이스를 쓰다듬는 방식으로 이루어지며, 이를 통해 밝기 조절, 온도 조절, 음량 조절, 채널 변경 등 보편적인 수직 수평 인터랙션에 대응되는 제어 기능을 수행한다. 컨트롤러는 아두이노의 조이스틱 모듈에 반구 모양의 케이스를 씌워 제작했다.

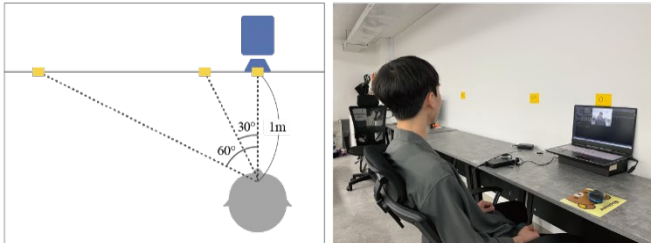
### 4. 시선 방향 추정 모델 학습 및 검증

시선 방향을 추정하는 머신러닝 모델을 구현하기 위해 데이터를 수집하고 모델을 학습시킨 후 검증하였다.

#### 4.1. 실험 설계 및 데이터 수집

(그림 3)처럼 9명의 피험자를 각각 카메라에서 1m 떨어진 거리에 배치하고, 시야각이 0도, 30도, 60도인 곳에 노란색 표식을 붙여, 피험자가 각 표식을 바

라볼 때 탐지되는 모든 Pose Landmark 의 좌표 값 raw data 를 저장했다. 총 5 번의 세션으로 나누어 각 세션마다 모니터에 3 개의 각도를 랜덤으로 제시했고, 한 피험자 당 15 개의 시선 데이터, 총 135 개의 데이터를 수집했다. 이 데이터를 Train: Validation: Test 의 비율을 6: 2: 2 로 하여 학습 및 검증에 사용하였고, 전처리 단계에서 정규화하는 과정을 거쳤다.



(그림 3) 실험용 카메라와 표식의 배치

#### 4.2. 실험 및 결과

수집한 데이터에서 아래의 <표 1>과 같은 6 가지 피처를 추출하였다. 표에서의 ‘컬럼 이름’에 기재된 숫자는 MediaPipe 의 Pose Estimation 의 기본 좌표 인덱스를 기준으로 각 피처와 관련하여 사용된 랜드마크를 의미한다.

<표 1> 모델 학습에 사용한 6 개의 피처

번호	컬럼 이름	설명
Column_0	0_2_dist_x	왼쪽 눈과 코 사이의 수평 거리
Column_1	0_5_dist_x	오른쪽 눈과 코 사이의 수평 거리
Column_2	0_2_5_diff_x	Column1 에서 Column0 을 뺀 값
Column_3	1_4_dist_x	오른쪽 눈 안쪽과 왼쪽 눈 안쪽 사이의 수평 거리
Column_4	0_9_10_diff_x	오른쪽 입꼬리와 왼쪽 입꼬리 사이의 수평 거리에서 코의 x 좌표를 뺀 값
Column_5	0_9_10_ratio_x	오른쪽 입꼬리와 왼쪽 입꼬리 사이의 수평 거리와 코의 x 좌표의 비

양상블 계열의 단일 모델 중 아래의 <표 2>와 같이 XGBoost, LightGBM, CatBoost 를 사용하였고, 하이퍼파라미터 튜닝 후 가장 높은 성능을 달성한 LightGBM 모델을 채택했다.

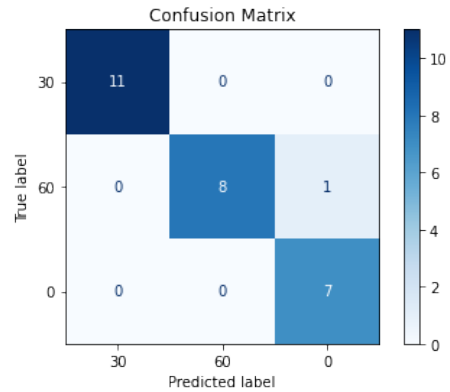
<표 2> 학습에 사용한 모델과 최고 정확도

모델명	정확도(%)
XGBoost	92.6
LightGBM	96.3
CatBoost	92.6

채택한 LightGBM 으로 평가한 각 피처의 중요도를 보았을 때 Column\_3 인 안쪽 눈 사이의 거리가 판단에 가장 많은 영향을 주었음을 알 수 있었다. 실제로 고개를 돌릴 때 안쪽 눈 사이의 거리에 일관적으로 많은 변화가 있으므로 직관과 부합함을 알 수 있다.

Validation data 에 대해 Confusion Matrix 를 산출한 결과는 (그림 4)와 같이 나타났다. WebApp 으로 학습시키는 Pipeline 에서의 데이터는 약 300 개로 실험에 사용

한 데이터의 개수보다 더 많기 때문에, 실제 사용 상황에서도 실효성 있는 결과가 산출될 것이다.



(그림 4) Confusion Matrix

#### 5. 결론

본 논문에서는 누구나 스마트 홈 기술을 쉽게 사용할 수 있도록, 별도의 장비 없이 시선 방향을 추정하여 사용자가 바라보는 방향에 있는 사물을 원격으로 제어할 수 있는 시스템을 구현하였다. 이를 위해 Pose Estimation 데이터를 기반으로 시선 방향을 추정하는 머신러닝 모델을 설계했고 실험을 통해 그 정확도를 검증하였다. 이와 같은 알고리즘을 적용한 시선 방향 사물 제어 시스템은 Google Home 제품과 적외선 기기와 호환되도록 구현하였으며, 직관적인 상, 하, 좌, 우 인터랙션을 통해 사물을 원격으로 조작할 수 있다.

시선 방향 사물 제어 시스템은, 디지털 환경에서 소외되었던 세대를 위한 스마트홈 서비스 구축의 시발점이 될 수 있을 것으로 기대된다. 향후 디지털 정보격차를 겪는 세대에게 본 시스템의 인풋 인터랙션의 직관성을 검증하고, 시선 방향 추정 알고리즘의 정확도를 높이는 연구를 수행할 것이다.

본 논문은 과학기술정보통신부  
정보통신망의인재양성사업의 지원을 통해 수행한  
ICT 멘토링 프로젝트 결과물입니다

#### 참고문헌

- [1] 2021 국가지능정보화백서, 한국지능정보사회진흥원, 192-193, 2021.
- [2] S. Lee and K. Cho, “A Study on the Reality of IoT Device and Service Information Gap in the Era of Digital Transformation,” Journal of The Korea Internet of Things Society, vol. 7, no. 1, pp. 79–89, Mar. 2021.
- [3] 조성현, “시선 추적 기술의 소개”, 전자공학회지, 45(8), 23-32, 2018.
- [4] Seth Colaner, “Tobii Pro Glasses 2: Eye Tracking Research In The Field”, tom’sHARDWARE, 2018, <https://www.tomshardware.com/news/tobii-pro-glasses-2-eye-tracking,33575.html>.