

붙임1	과학중점학교 학생 과제연구 결과 보고서(양식)
------------	----------------------------------

팀 이름	brainS			학교명	세마고등학교
연구주제	신체 변화와 인공지능을 활용한 신빙성 있는 거짓말 탐지기 제작하기			연구분야	공학
지도교사	김소연	휴대전화	010-2839-6130	전자메일	Ajapotato@korea.kr
참여학생	권순웅(1학년), 김현재(1학년), 윤승현(1학년), 이승희(1학년)				

연구 요약
<p>본 연구는 거짓말을 할 때와 안 할 때의 신체 변화가 존재한다는 가설을 세우고 인공지능을 활용하여 거짓말을 판별할 수 있는 거짓말 탐지기 소프트웨어를 제작하였습니다. 먼저 거짓말을 할 때와 안 할 때의 상황에서의 표정과 심장 박동수 등의 신체 변화 데이터를 수집하고 난 뒤, 각 데이터의 특징을 잘 반영할 수 있도록 설계한 인공지능 모델을 바탕으로 지도학습 훈련을 진행하였습니다. 훈련을 진행한 후, 훈련 시킨 모델을 저희 반 친구들을 대상으로 간단한 질의응답으로 테스트해보고 신빙성을 평가했습니다. 테스트 결과 얼굴 표정과 심박수로 거짓말을 탐지하기에는 거짓말을 할 때 개개인의 특징이 모두 다르게 나타나서 이를 인공지능으로 훈련해 일반화시키기에는 신빙성의 문제가 있다는 사실을 알게 되었습니다.</p>

2022. 11. 4

세마고등학교장

신체 변화와 인공지능을 활용한 거짓말탐지기 제작

1. 개요

□ 연구목적

- 연구 동기 및 목적
 - 시중에 파는 장난감 거짓말 탐지기에 손가락을 대고 말하면서 거짓말을 했는지 안 했는지를 판별해주는 것을 보면서 세마고 학생들(약 30명)을 기준으로 설문조사를 한 결과 ‘장난감 거짓말 탐지기의 신빙성이 있다고 생각한다’라는 물음에 70%가 신빙성이 없다고 투표했습니다. 인공지능 기술을 활용하여 장난감 거짓말 탐지기보다 신뢰성 있는 거짓말 탐지기를 제작하여 진정한 거짓말 탐지기를 제작하고자 하였습니다.
 - 거짓말을 할 때면 얼굴이 붉어지거나 표정이 변하거나 심장 박동이 빨라지고는 합니다. 이에 기인하여 표정의 변화와 심장 박동과 같은 신체 변화를 인공지능을 통해 분석하여서 신빙성 있는 결과를 도출해 낼 수 있는 거짓말 탐지기를 제작하기 위해서 이 연구를 진행하게 되었습니다.

□ 연구내용

- 연구 과정
 - 거짓말 탐지기에 대한 대중들의 인식을 설문조사로 알아봅니다.
 - 뇌파 측정 기기를 활용하여 집중력의 정도를 테스트해봅니다.
 - 거짓말 탐지기 소프트웨어를 제작합니다.
 - 거짓말 탐지기 테스트 참여자를 모집하고 거짓말을 하는 상황과 아닌 상황에서의 신체 변화 데이터(얼굴 표정, 심박수)를 수집하고 분석합니다.
 - 수집한 데이터를 전처리한 후 거짓말을 하는지 안 하는지를 지도학습으로 다양한 인공지능 모델을 훈련 시킵니다.
 - 다양한 훈련된 인공지능 모델의 정확도와 손실 값을 바탕으로 최적의 모델을 선택합니다.
 - 저희 반 친구들을 대상으로 테스트해보고 간단한 질의응답으로 신빙성을 평가해봅니다.

□ 이론적 배경 및 선행 연구

- 선행 연구
 - 「거짓말탐지기 검사의 작동원리에 대한 이해」라는 논문을 탐구해본 결과 윤리적인 관점으로 보았을 때 들킬 두려움과 탐지의 두려움으로 인해서 긴장하

게 되고, 그로 인해 교감신경이 작용한다고 합니다. 그 후 호흡, 손에 땀이 나는 것, 혈압 등 체내 반응이 일어나게 되고 그것을 탐지기가 탐지하게 되는 것입니다. 이것이 작용할 수 있는 조건은 산만하지 않고 소음이 없으며 사람들의 출입이 없는 곳에서 이루어져야 한다고 하고 피실험자가 “예” 또는 “아니오”와 같은 단순 대답을 하여야 더 효과가 좋아진다고 합니다. 이 논문을 바탕으로 피실험자의 신체 변화 데이터를 수집할 때의 환경을 어떻게 설정해야 하는지와 거짓말을 할 때 교감신경이 작용하여 일어나는 다양한 신체 변화를 분석하는 인공지능을 제작하여 거짓말 탐지기를 제작할 수 있겠다고 생각하게 되었습니다.

□ 연구주제의 선정

○ 연구 주제 탐색 과정 및 선정 과정

- 저희는 디비피아나 네이버 블로그처럼 거짓말 탐지기를 제작한 여러 사례를 보면서 어떻게 제작하였고 어떤 원리를 사용했는지 탐구하였습니다.

우선 거짓말 탐지기가 가능한지부터 탐구하였습니다. 14년 전 쓰인 「뇌지문을 이용한 거짓말 탐지」 논문에서 거짓말 탐지 절차에서 가장 중요한 것은 거짓말이라는 추상적 개념을 우리가 조작할 수 있는 자극 형태로 구체화하고 자극에 대한 생리적 변화를 정의하는 것이라고 소개하고 있습니다. 저희는 이 부분에서 인공지능이라는 새로운 기술을 활용한다면 인간이 직접 나누기 힘들었던 신체 변화의 규칙성을 인공지능이라면 확률적으로 접근할 수 있다고 생각했습니다.

다음으로는 실제 만들어진 거짓말 탐지기가 있는지를 탐구하였고 7년 전에 아두이노와 심박수 측정 센서를 이용한 거짓말 탐지기를 제작하는 선행 연구가 있었다는 것을 알게 되었습니다. 이 연구는 다양한 신체 변화 중에서 심박수에 초점을 맞춘 연구입니다. 저희 연구는 이 연구를 보완하여 다양한 신체 변화를 추가하고 인공지능을 활용해서 거짓말을 이분법적인 판단이 아닌 확률적인 부분으로 판별하기로 하였습니다.

- 거짓말 탐지기는 사실 풀기 어려운 문제일지도 모릅니다. 거짓말이라는 추상적인 개념은 인간도 잘 판단하지 못합니다. 추상적이라는 점으로 인하여 정답이 없다는 문제가 있을 수도 있습니다. 하지만 최근 인공지능이 풀어낸 문제를 보면 정말 놀랍습니다. 인간이 해결하지 못했던 난제를 해결하고 인간이 상상하지 못했던 수를 찾거나 인간이 상상하지 못한 그림들을 그려내고 있습니다. 이런 배경 속에서 저희는 인간도 잘 판별하기 어려울지 몰라도 인공지능이라는 기술을 활용한다면 추상적인 거짓말에 대한 의문에 대한 답을 도출할 수 있지 않을까라는 의문을 해결하기 위해서 이 연구를 진행하게 되었습니다.

□ 연구 방법

○ 연구 실험 준비 및 방법

1. 거짓말을 할 때의 신체 변화 데이터 수집

- 실험 준비

1) 실험(연구)재료

데이터를 수집할 컴퓨터, 웹캠, 심장박동 센서, 아두이노 메가 보드

- 실험 방법

1) 변인 통제

- ① 조작변인: 피실험자가 거짓말을 할 것 같은 질문을 합니다.
- ② 종속변인: 피실험자의 얼굴 표정과 심장 박동수가 변할 것입니다.
- ③ 통제변인: 피실험자는 모두 같은 곳에서 실험을 진행합니다.

2) 환경 설정

「거짓말탐지기 검사의 작동원리에 대한 이해」라는 선행 연구를 따라서 피실험자가 거짓말을 할 때 교감신경이 더 잘 작용할 수 있는 환경을 만들고자 하였습니다. 결과적으로 산만하지 않고 소음이 없는 환경을 설정하고 단순 대답을 할 수 있는 질문을 준비했습니다.

2. 거짓말 탐지기 인공지능 모델 제작 및 훈련

- 실험 준비

1) 실험(연구)재료

훈련 시킬 컴퓨터, 수집한 이미지 데이터와 심장 박동 데이터, 인공지능 모델

- 실험 방법

1) 변인 통제

- ① 조작변인: 인공지능의 신경망 구조를 다르게 합니다.
- ② 종속변인: 인공지능이 거짓말을 판별하는 정확도가 모두 차이가 있을 것입니다.
- ③ 통제변인: 동일한 데이터 사용합니다.

○ 전문가 자문

- 인공지능 설계 후 훈련을 진행하면서 인공지능이 잘 훈련되지 않고 있다는 사실을 알게 되었습니다. 제가 분석한 문제는 데이터 전처리 중에 사용하는

FaceMesh의 정규화된 값, 깊은 신경망으로 인한 기울기 소실 문제, 인공 신경망의 설계 오류 등입니다. 이 분야에 대한 전문 지식을 가지고 계신 여러 Computer Vision 교수님에게 이메일로 이러한 문제에 대해서 문의했지만 교수님들께서 대답을 해주시지 않았습니다.

□ 연구 활동 및 과정

○ 가설 설정

거짓말을 할 때 교감신경의 작용으로 일어나는 표정 변화와 심장 박동수의 변화를 인공지능을 다양한 데이터로 지도학습 시켜서 거짓말을 판별하는 것이 가능할 것입니다.

○ 실험 과정 및 활동

1. 거짓말을 할 때의 신체 변화 데이터 수집

① 실험자는 피실험자에게 질문할 일상적인 질문과 민감한 질문을 미리 준비합니다.

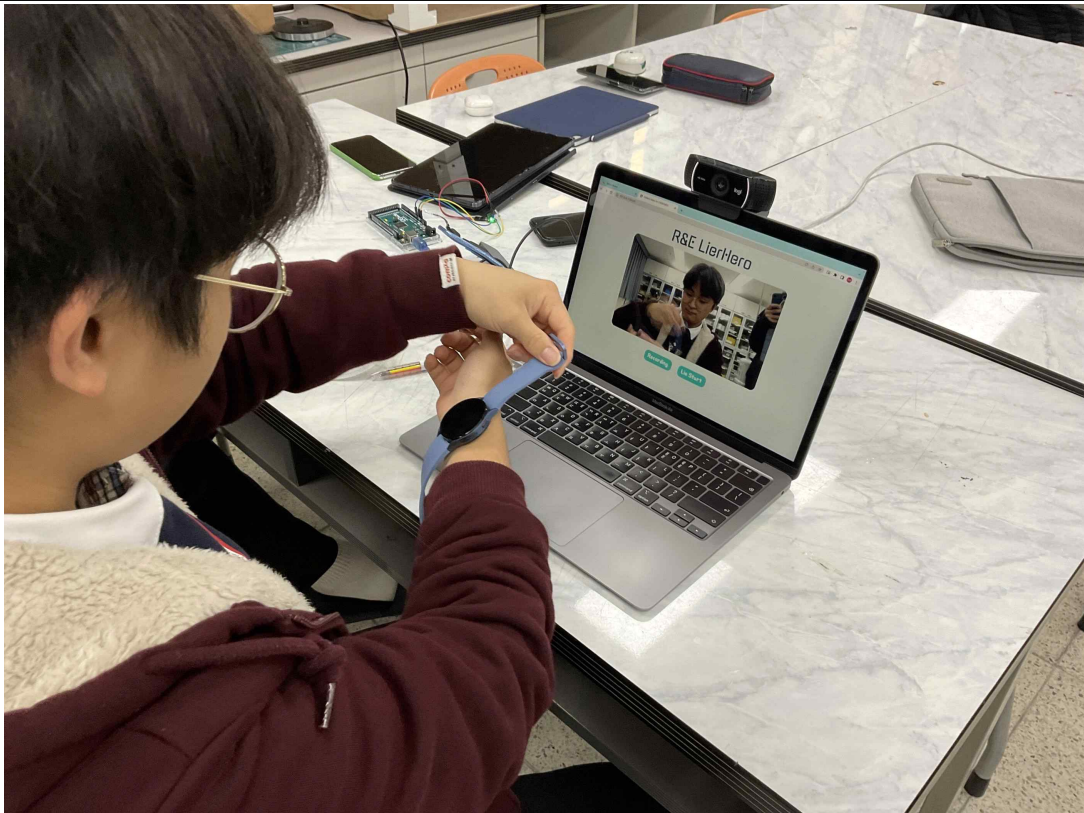
② 피실험자는 실험에 임하기 전에 센서를 착용하고 초기 심장 박동수를 측정합니다.

③ 피실험자는 실험실에 들어와서 실험자가 질문하는 다양한 질문에 대해서 응답한다.

④ 피실험자가 질문에 응답할 때의 얼굴 영상과 심장 박동수를 기록합니다.

⑤ 수집한 데이터를 표 형태로 정리합니다.

⑥ 수집한 표정 이미지 데이터를 Mediapipe의 FaceMesh로 전처리합니다.



[사진1 : 데이터 수집 소프트웨어 테스트 모습]



[사진2 : 피실험자 데이터 수집 과정]

E3028			
A \hookrightarrow 이미지파일링크			
B \hookrightarrow 심박수			
C \hookrightarrow 거짓말			
D			
3014	./dataset/lie/1667563695.jpg	91	1 \Rightarrow O
3015	./dataset/lie/1667563695.jpg	85	1 \Rightarrow X
3016	./dataset/lie/1667563695.jpg	93	1
3017	./dataset/lie/1667563695.jpg	97	1
3018	./dataset/lie/1667563695.jpg	101	1
3019	./dataset/lie/1667563696.jpg	105	1
3020	./dataset/lie/1667563696.jpg	96	1
3021	./dataset/lie/1667563696.jpg	97	1
3022	./dataset/lie/1667563696.jpg	95	1
3023	./dataset/lie/1667563696.jpg	87	1
3024	./dataset/lie/1667563697.jpg	70	1
3025			
3026			

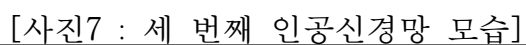
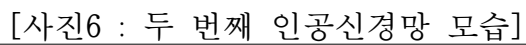
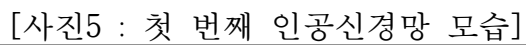
[사진3 : 수집한 데이터를 정리한 CSV파일 모습]



[사진4 : 수집된 얼굴 이미지 데이터 예시]

2. 거짓말 탐지기 인공지능 모델 제작 및 훈련

- ① 여러 인공지능 모델을 설계한 뒤 소프트웨어를 제작합니다.
- ② 수집한 신체 변화 데이터를 전처리합니다.
- ③ 다양한 인공지능 신경망을 훈련해봅니다.
- ④ 훈련한 여러 인공지능 신경망의 성능을 분석합니다.



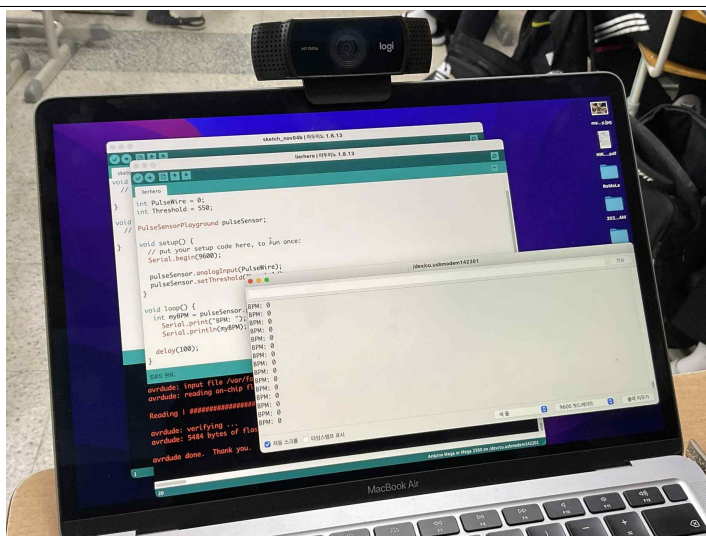
○ 연구비 사용 내역

Grove GSR 피부 전류 센서 저항 측정 디지털 전도도 핑거팁 그 모듈 FZ3294	1	46200
아두이노 심박수 맥박 센서 모듈 / Pulse sensor	1	7040
정품 아두이노 메가 2560 R3보드 Arduino A000067	1	55,900
정품 라즈베리파이 피코 PICO 핀헤더 납땜 확장보드	1	8600
무선 뇌파측정기 집중력 브레인 트레이닝 mindlink eeg 헤드셋 마인드 컨트롤	1	88,600
로지텍 프로 HD 1080p 스트림 웹캠	1	101,740

○ 시행착오 극복

- 신체 변화 데이터 수집 중의 문제

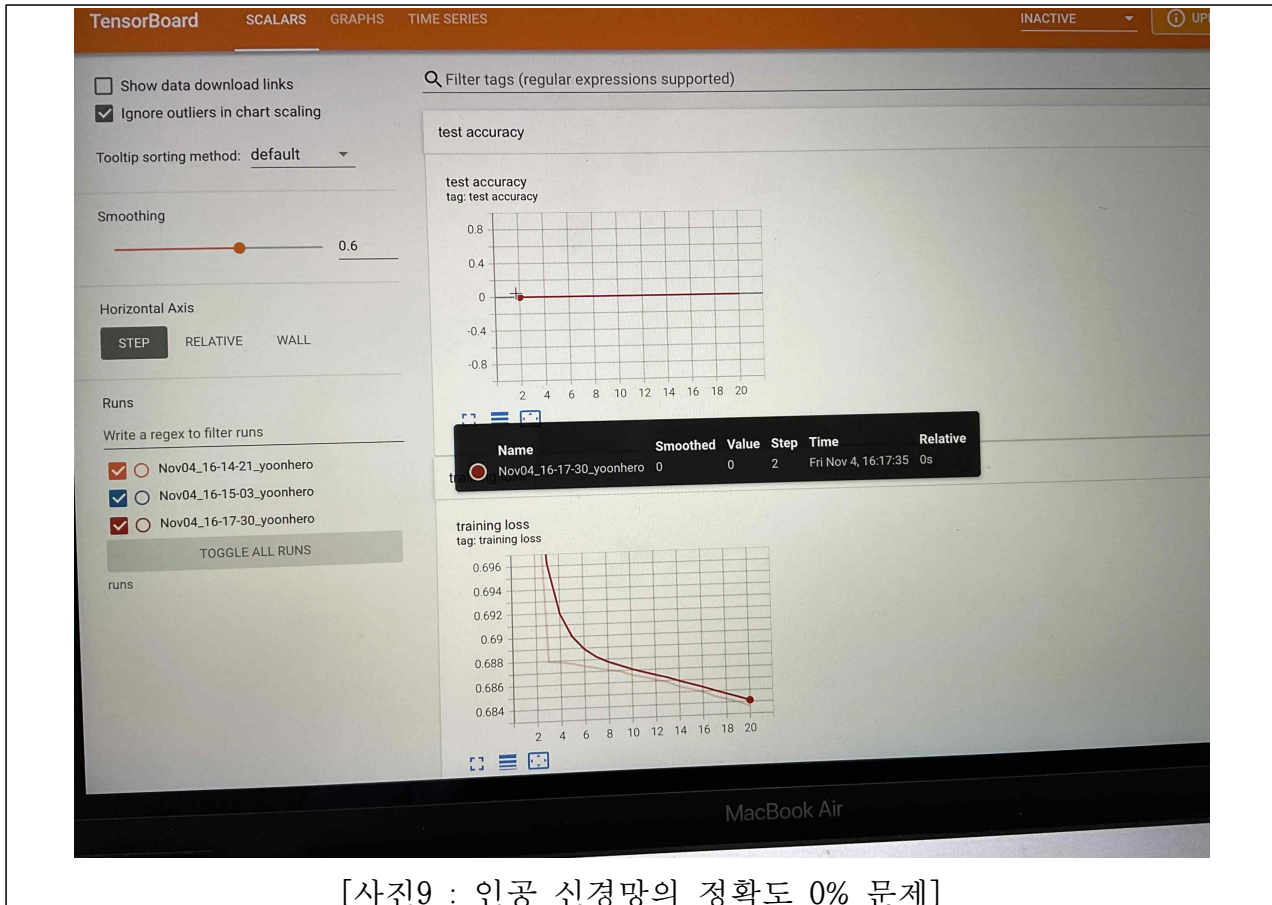
거짓말이라는 새로운 문제에 대해서 연구하기 때문에 저희가 직접 데이터를 수집해야 하는 문제가 있었습니다. 저희는 직접 데이터 수집 소프트웨어를 제작하였고 쉽게 데이터를 수집할 수 있도록 하였습니다. 하지만 데이터 수집을 위해 구매한 심장 박동 센서를 사용하던 중 문제가 있다는 사실을 알게 되었습니다. 심장 박동 센서를 납땜하던 중 보드에 가해진 열로 인해서 기판이 망가지게 되었고 심장 박동 센서는 사용하기가 어렵게 되었습니다. 그래서 저희는 스마트워치를 사용하여 심장 박동을 측정하여서 데이터 세트를 구축했습니다.



[사진8 : 심장 박동 센서 고장]

- 인공지능 신경망 설계

저희는 인공지능 신경망을 직접 설계해본 경험이 없고 처음 시도해본 분야였습니다. 인공신경망을 설계한 뒤 인공지능을 학습시켜보니, 인공지능을 학습시켜도 학습이 되지 않는 문제가 발생했습니다. 저희는 이 문제가 인공지능을 훈련할 때 유명한 “기울기 소실” 문제라고 가정했습니다. 기울기 소실 문제를 해결하기 위해서 Batch Normalization Layer와 Dropout Layer를 신경망에 적용하였고 신경망의 복잡도를 줄였습니다. 그 결과 인공 신경망의 정확도는 조금씩 향상되어 저희의 가설이 옳다는 것을 알 수 있었습니다.



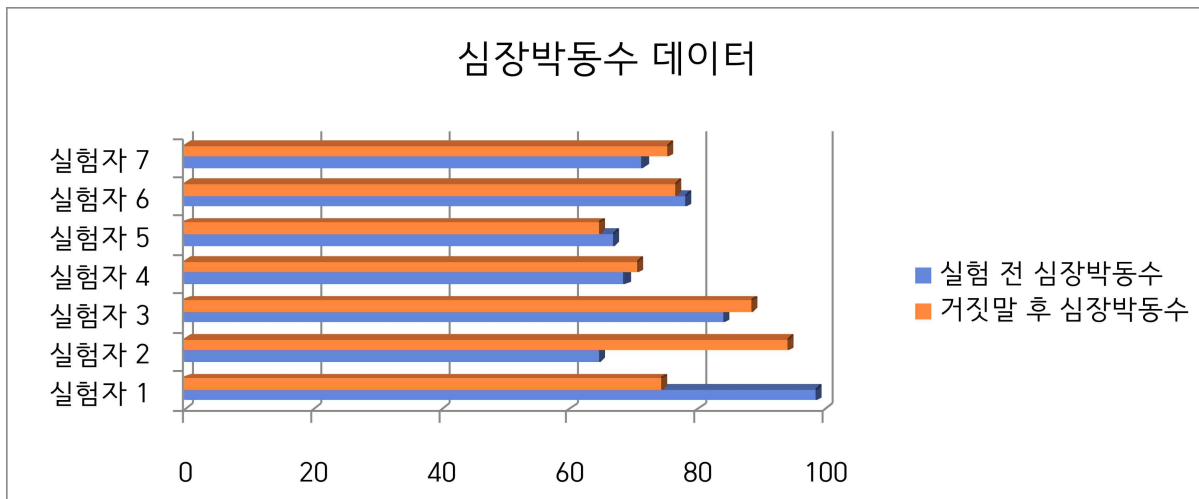
[사진9 : 인공 신경망의 정확도 0% 문제]

3. 연구 결과 및 시사점

□ 연구 결과

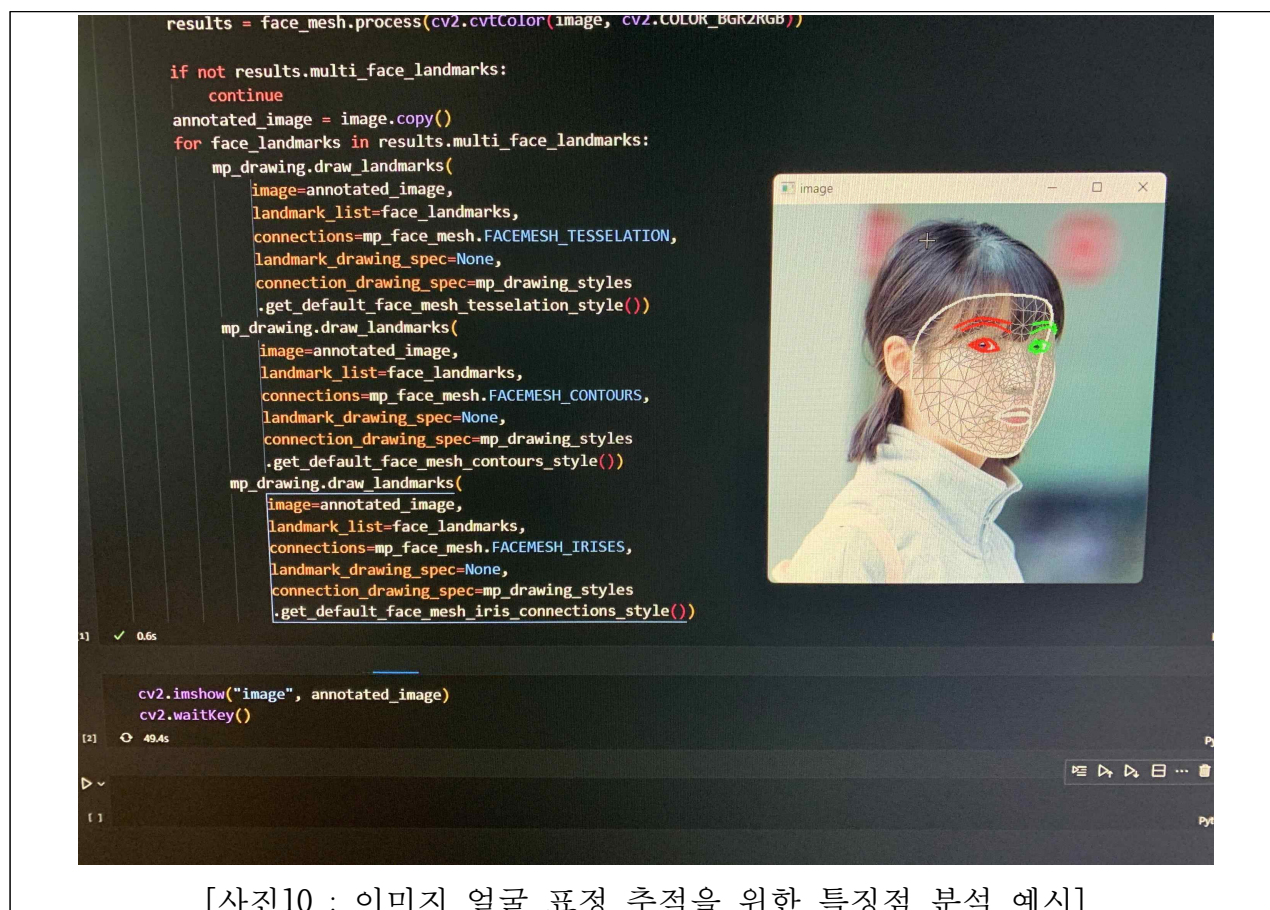
1. 거짓말을 할 때의 신체 변화 데이터 수집

거짓말 탐지기 테스트를 모집한 결과 7명의 피실험자분이 참여해주셨습니다.



[표1 : 실험 전, 후 심장박동수]

거짓말 탐지기 7명의 피실험자에게 실험을 진행한 결과 총 3,024장의 얼굴 이미지 데이터와 심장박동 데이터를 수집할 수 있었습니다. 표1은 5회씩 측정 한 심장 박동 수 값의 평균값을 나타냅니다. 결과적으로 거짓말을 한다고 무조건 심장박동수가 증가하는 것이 아니라 개개인의 차이가 있다는 것을 알게 되었습니다.



[사진10 : 이미지 얼굴 표정 추적을 위한 특징점 분석 예시]

거짓말 탐지기 7명의 실험자에게서 수집한 약 3,000장 정도의 사진을 컴퓨터에게 입력할 수 있는 형태로 변환하기 위해서 MediaPipe의 FaceMesh 모델을 활용해 전처리한 결과 이미지에 대한 표정 데이터 세트를 만들 수 있었습니다.

2. 거짓말 탐지기 인공지능 모델 제작 및 훈련

인공지능은 파이썬의 Pytorch로 제작하였습니다. 각각의 모델은 전처리된 표정 데이터와 센서값을 입력해서 거짓말이 참인지 아닌지 판별하도록 설계했습니다.

1) 첫 번째 인공신경망 모델

```
class LierDetectModel_v1(nn.Module):
    def __init__(self):
        super().__init__()

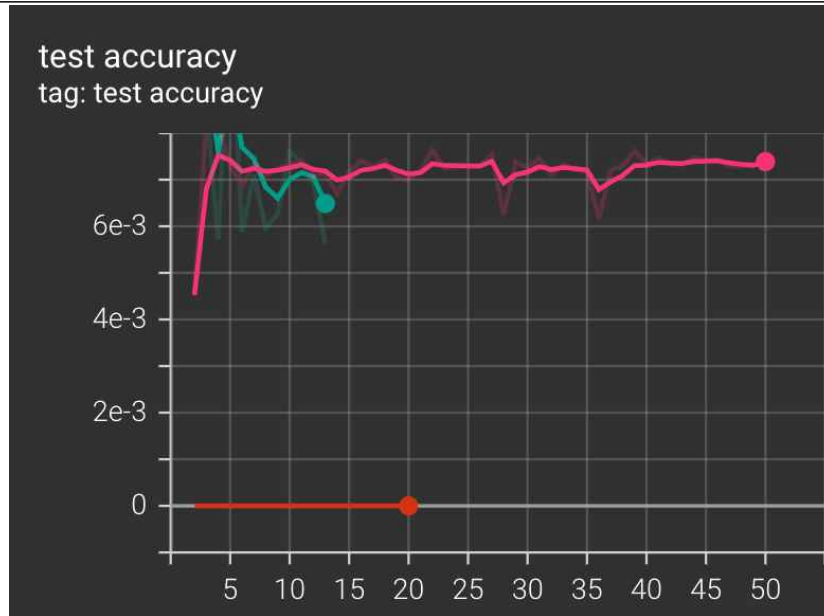
        self.image_features_ = nn.Sequential(
            nn.Linear(478*3, 400),
            nn.LeakyReLU(),
            nn.Linear(400, 400),
            nn.LeakyReLU(),
            nn.Linear(400, 200),
            nn.LeakyReLU(),
            nn.Linear(200, 100),
            nn.LeakyReLU(),
            nn.Linear(100, 50),
            nn.LeakyReLU(),
            nn.Linear(50, 10),
        )
        self.numeric_features_ = nn.Sequential(
            nn.Linear(10,5),
            nn.ReLU(),
            nn.Linear(5, 5),
        )
        self.combined_featuers_ = nn.Sequential(
            nn.Linear(15, 1),
            nn.Sigmoid()
        )

    def forward(self, x1, x2):
        x1 = torch.flatten(x1, start_dim=1)
        x1 = self.image_features_(x1)
        x2 = self.numeric_features_(x2)
        x = torch.cat((x1, x2), 1)
        x = self.combined_featuers_(x)

        return x
```

[표2 : 첫 번째 모델 소스코드]

첫 번째 모델은 간단하게 첫 번째 인공 신경망에서는 전처리 된 (1, 478*3) 크기 행렬의 표정 데이터를 처리하여 (1, 10) 크기의 행렬을 반환하고 두 번째 인공신경망에서는 10개의 센서 값을 입력하고 (1, 5) 크기의 행렬을 반환하도록 하였습니다. 마지막으로 두 행렬을 합치고 마지막 인공 신경망에 넣으면 Linear 층과 시그모이드 함수를 통해서 0에서 1 사이의 값을 반환하고 0.5보다 크면 거짓말 아니면 거짓말이 아닌 모델입니다.



[사진11 : 훈련 결과 첫 번째 인공 신경망의 정확도 추이]



[사진12 : 훈련 결과 첫 번째 인공 신경망의 손실 추이]

첫 번째 모델을 약 3,000장의 사진으로 학습 여러 번 진행한 결과는 다음 사진과 같습니다. 저희의 예상과는 다르게 손실은 꾸준히 줄었지만, 정확도가 0.5~0.8%를 넘지 않았습니다.

2) 두 번째 인공신경망 모델

```
class LierDetectModelWithCNN(nn.Module):
    def __init__(self):
        super().__init__()

        self.image_features_ = nn.Sequential(
            nn.Conv1d(in_channels=3, out_channels=16, kernel_size=6, stride=2, padding=0),
            nn.Conv1d(in_channels=16, out_channels=32, kernel_size=6, stride=2, padding=0),
            nn.Conv1d(in_channels=32, out_channels=64, kernel_size=6, stride=2, padding=0),
            nn.Conv1d(in_channels=64, out_channels=128, kernel_size=6, stride=2, padding=0)
        )
        self.dropout = nn.Dropout(0.5)
        self.image_linear = nn.Sequential(
            nn.Linear(128*26, 128),
            nn.ReLU(),
            nn.Linear(128, 10),
            nn.ReLU(),
        )
        self.numeric_features_ = nn.Sequential(
            nn.Linear(10,5),
            nn.ReLU(),
            nn.Linear(5, 5),
            nn.ReLU(),
        )
        self.combined_featuers_ = nn.Sequential(
            nn.Linear(15, 1),
            nn.Sigmoid()
        )
    def forward(self, x1, x2):
        out1 = self.image_features_(x1)
        out1 = torch.flatten(out1, 1)
        out1 = self.dropout(out1)
        out1 = self.image_linear(out1)
        out2 = self.numeric_features_(x2)
        x = torch.cat((out1, out2), 1)
        out = self.combined_featuers_(x)
        return out
```

[표3 : 두 번째 모델 소스코드]

두 번째 모델은 첫 번째 모델을 보완하여 만들었습니다. 첫 번째 모델은 전처리 된 이미지의 [x, y, z] 좌표의 특성을 반영하지 않고 그냥 하나의 행렬로 보고 Linear 층으로 입력해서 정확도가 낮다고 판단했습니다. 그래서 저희는 컨볼루션 네트워크를 활용하여 이 점을 개선하고자 하였습니다. 이 모델을 훈련한

결과 이 모델도 전 모델과 같이 정확도가 거의 개선되지 않고 미미한 정확도의 차이만을 보였습니다.

3) 세 번째 인공신경망 모델

세 번째 모델은 두 번째 모델에서도 해결하지 못했던 문제를 해결하고자 하였습니다. 저희는 이 문제가 바로 기울기 소실 때문이라고 가정하고 훈련 시 Batch Normalization과 Dropout과 신경망 구조의 단순화를 통해서 기울기 소실 문제를 해결하고자 하였습니다. 하지만 훈련 결과 이 모델도 초반에는 점진적인 정확도 향상을 보였지만 학습을 진행하면 할수록 점점 정확도가 하락하였고 결과 0%에 수렴하는 결과를 보였습니다.


```

class LierDetectModel_v3(nn.Module):
    def __init__(self):
        super().__init__()
        self.image_features_ = nn.Sequential(
            nn.BatchNorm1d(478*3),
            nn.Linear(478*3, 400),
            nn.ReLU(),
            nn.Dropout(0.3),
            nn.Linear(400, 100),
            nn.ReLU(),
            nn.BatchNorm1d(100),
            nn.Dropout(0.3),
            nn.Linear(100, 50),
            nn.ReLU(),
            nn.BatchNorm1d(50),
            nn.Dropout(0.3),
            nn.Linear(50, 10),
        )
        self.numeric_features_ = nn.Sequential(
            nn.BatchNorm1d(10),
            nn.Linear(10,5),
            nn.ReLU(),
            nn.BatchNorm1d(5),
            nn.Dropout(0.3),
            nn.Linear(5, 5),
        )
        self.combined_featuers_ = nn.Sequential(
            nn.Linear(15, 1),
            nn.Sigmoid()
        )

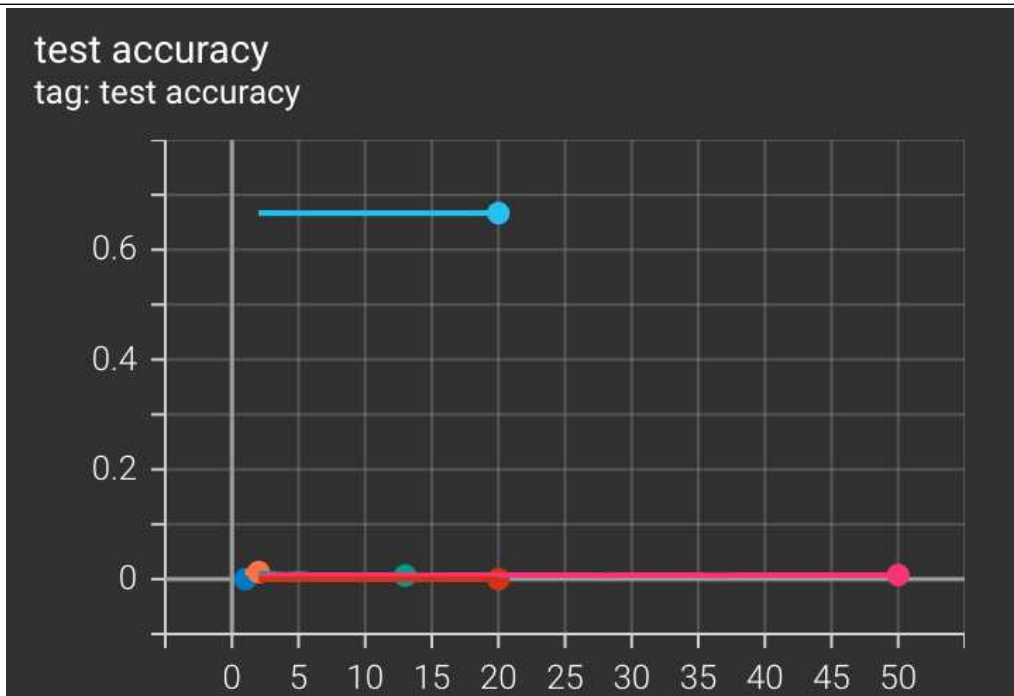
    def forward(self, x1, x2):
        x1 = torch.flatten(x1, start_dim=1)
        x1 = self.image_features_(x1)
        x2 = self.numeric_features_(x2)

        x = torch.cat((x1, x2), 1)
        x = self.combined_featuers_(x)

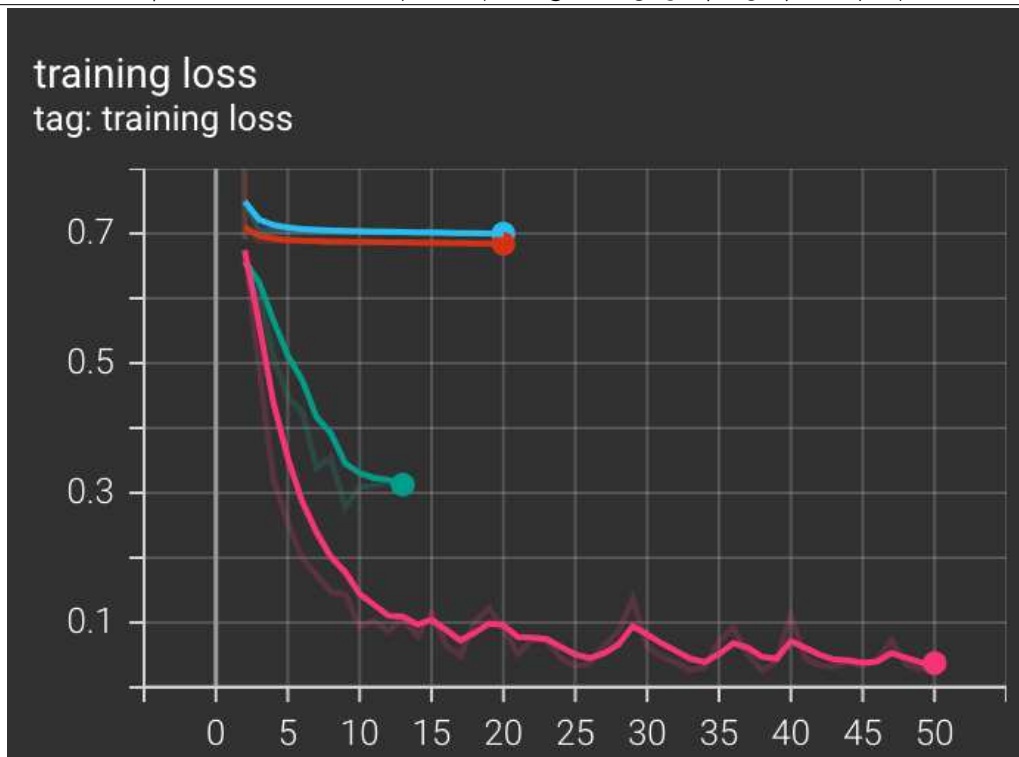
        return x

```

[표3 : 세 번째 모델 소스코드]



[사진13 : 훈련 결과 전체 인공 신경망의 정확도 추이]



[사진14 : 훈련 결과 전체 인공 신경망의 손실 추이]

□ 시사점

○ 결론

본 연구는 추상적인 거짓말을 인공지능 기술을 통해서 정형화하고 거짓말의 규칙을 찾아내고자 하였습니다. 실험 결론은 거짓말을 할 때 개개인의 특성은 모

두 다르고 이를 정형화하기는 어렵다는 것입니다. 심장 박동수와 같은 측정된 값을 보더라도 거짓말을 하고 난 뒤 심장 박동수가 오히려 내려가는 사람도 있고 올라가는 사람도 있었습니다. 다음으로 표정의 변화도 모두 다르다는 것입니다. 거짓말이 익숙하면 얼굴의 미동이 없을 수도 있고 개인마다 거짓말을 할 때 표정이 바뀌는 모습도 모두 달랐습니다. 인공지능의 다층 퍼셉트론이 이런 비선형적인 문제를 해결할 수 있다고 하지만 두 관계 자체의 상관관계가 보이지 않기에 심장 박동 수와 표정의 변화로 거짓말을 탐지하기는 어렵다는 결론에 이르게 되었습니다.

○ 연구 활동을 통해 얻은 교훈

저희는 본 연구를 통해서 많은 점을 깨닫고 배울 수 있었습니다. 우선 자신의 도메인에 맞는 인공지능 모델을 훈련 시키기 위해서 어떻게 데이터를 수집해야 하는지를 알게 되었습니다. 데이터를 수집하는 소프트웨어를 직접 제작하여 자신이 설정한 데이터 형식에 따라서 데이터를 수집하고 처리하고 저장하는 방법을 배울 수 있었습니다. 다음으로 인공지능 모델을 어떻게 하면 개선할 수 있을지를 배울 수 있었습니다. 인공지능의 성능과 직결되는 이 문제를 위해서 여러 신경망을 테스트해보고 실험해보면서 어떻게 해야지 좀 더 나은 결과를 얻을 수 있는지에 대한 노하우를 얻을 수 있었습니다. 다음으로 인공지능은 만능이 아니라는 점입니다. 사실 이 연구 전까지는 인공지능으로 모든 것을 해결할 수 있고 무엇이든 할 수 있을 줄 알았습니다. 하지만 실상은 인공지능의 놀라운 성과는 많은 연구자들의 끊임없는 연구와 실험 그리고 개선 노력이 조화를 이루어서 가능하다는 것을 깨닫게 되었습니다. 모델을 잘 설계하고 질 좋은 데이터를 인공지능에 제공해야지 우리가 원하는 결과를 얻을 수 있다는 사실을 새삼 깨닫게 되는 좋은 경험이었습니다. 마지막으로 궁금증을 가진 후 이를 어떻게 해결해 나가야 하는지에 대한 문제 해결 능력을 기를 수 있었습니다. 오래전부터 궁금했던 거짓말 탐지기라는 의문에 대해서 가설을 설정하고 이를 해결해 나가기 위해 여러 소프트웨어를 만들고 실험하고 결과를 분석하는 이런 일련의 과정들을 해나가면서 문제 해결 능력을 기를 수 있던 정말 귀중한 시간이었다고 생각합니다.

4. 홍보 및 사후 활용

□ 사후 계획

- 본 연구를 보완하기 위해서 추후 더 다양한 신체 변화를 바탕으로 거짓말 탐지기를 제작하여 업그레이드하려고 합니다. 표정, 심박수뿐만 아니라 체온, 심전도, 땀, 다리 떨림 등등의 더 많은 데이터를 수집한 뒤 상관관계를 분석한 뒤, 적합한 인공지능 모델을 설계하여 신빙성 있는 거짓말 탐지기를 제작해보고자 합니다.

5. 참고문헌

- 가. 고제원. (2008). 뇌지문을 이용한 거짓말 탐지. 법학연구, 290, 353-373.
- 나. 박동민, 김경태, 이기호, 황기현. (2015). 아두이노를 이용한 거짓말 탐지기 개발에 관한 연구. 대한전자공학회 학술대회, (), 1600-1601.
- 다. 천대영. (2002). 거짓말탐지기검사의 작동원리에 대한 이해. 경찰학연구, (2), 152-181.
- 라. <https://www.youtube.com/watch?v=N9i9XZF5tIo> 전기적 피부 반사 센서를 활용한 거짓말 탐지기 제작
- 마. <http://bitly.ws/wh6W> 거짓말 탐지기 제작 사례
- 바. <https://bit.ly/3uymNXT> 뇌파 측정기 제작 사례
- 사. <https://wikidocs.net/61271> 기울기 소실 문제 해결