

캡스톤 디자인 최종 보고서

등 분석을 통한 홈 트레이닝 자세 분석 서비스

김병주, 박준형, 조성규

목차

1. 개요

- 개발동기
- 필요성
- 차별성&특징

2. 세부내용

- SW 아키텍처
- 사용 프레임 워크 및 라이브러리
- 등 굽음 측정 과정
- 체크리스트 설정 근거
- 피드백 방식
- 전체 시스템 동작 과정
- 피드백 반영 타임라인
- 역할 분담

3. 기대효과

- 서비스 기대효과
- 발전 방향
- 기술적 Contribution

4. 결과물

- 프로젝트 코드
- 스크린샷

1. 개요

개발 동기

최근 헬스케어 시장 확대, 헬스 대중화로 운동 관련 서비스는 충분한 타당성과 메리트를 가지고 있습니다. 특히, 코로나로 인한 홈트(홈 트레이닝) 활성화가 많이 이루어졌지만 자세를 잘 모르는 사람이 많고, 제대로 피드백 해주는 앱 서비스는 전무합니다. 정확하지 않은 자세로 하는 운동은 운동효과를 반감시키며, 오히려 관절 건강에 큰 악영향을 줄 수 있습니다. 또한 많은 운동에서 척추와 등의 역할이 중요하지만 이를 간과하는 사람들이 많습니다. 이러한 문제점을 해결하기 위해, 사용자들에게 실시간으로 영상을 받아, 등에 초점을 맞추어 운동 자세를 분석해주는 서비스를 주제로 선정하였습니다.

필요성

한 논문에 따르면, 스쿼트 할 때 척추와 등의 굴곡(flexion)은 허리 디스크의 위험성을 증가시킨다고 나옵니다¹. 또한 실생활에서도 허리 디스크나 허리 통증 등으로 고생하시는 분들을 쉽게 볼 수 있습니다. 척추는 우리 몸을 지탱하는 큰 관절이기 때문에 척추 중립 즉, 올바른 등 상태를 유지한 채로 운동을 해야 합니다.

차별성 & 특징

기존의 서비스는 횡수 카운팅에 그치거나, 부정확한 피드백을 줍니다. 가장 중요한 차이점은, 기존의 서비스 중 등의 굽음을 측정해주는 서비스는 없다는 것입니다. 우리의 서비스는 운동 시 측면

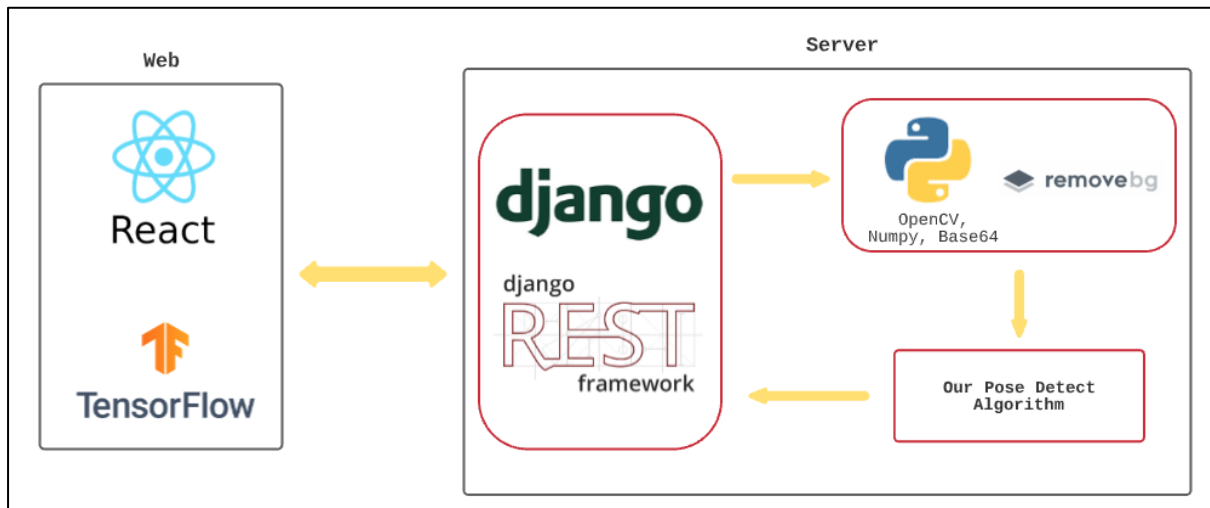
¹ G. Myer, A. Kushner et al., "The back squat: A proposed assessment of functional deficits and technical factors that limit performance", *Strength and Conditioning Journal*. 36(6), December 2014., p.13

사진에 대한 분석을 통해 등의 굽음을 판단해 낼 수 있습니다. 등뿐만 아니라 관절 좌표를 이용해 운동 시 만족시켜야 할 체크리스트를 만들어 다양한 신체 부위의 자세 역시 측정하여 피드백 해줍니다.

즉, 우리의 서비스는 “운동” 도메인에서 일어나는 핵심 문제와 이를 해결하기 위한 “기술”이 적절하게 섞인 강점을 가지고 있습니다.

2. 세부내용

SW 아키텍처



사용 프레임 워크 및 라이브러리

TensorFlow Posenet (Pose-Estimation)

실시간 영상 또는 이미지에서 주요 신체 관절의 위치를 예측 해주는 머신 러닝 모델입니다. 저희 프로젝트에서는 React 프레임워크를 사용하여 웹을 통해 실시간 영상을 받아 관절 좌표를 추출하여 서버로 보낸 후, 분석 알고리즘에 적용하기 때문에, JS 언어 기반 Posenet 을 사용하였습니다.

OpenCV, Numpy

사용자로부터 받은 실시간 이미지를 다루기 위한 라이브러리입니다. 이미지를 자르고, 확대, 변환하는 과정과, 이미지를 RGB 배열로 바꾸어 경계선을 분석하는 과정을 담당하는 라이브러리로서 사용하였습니다.

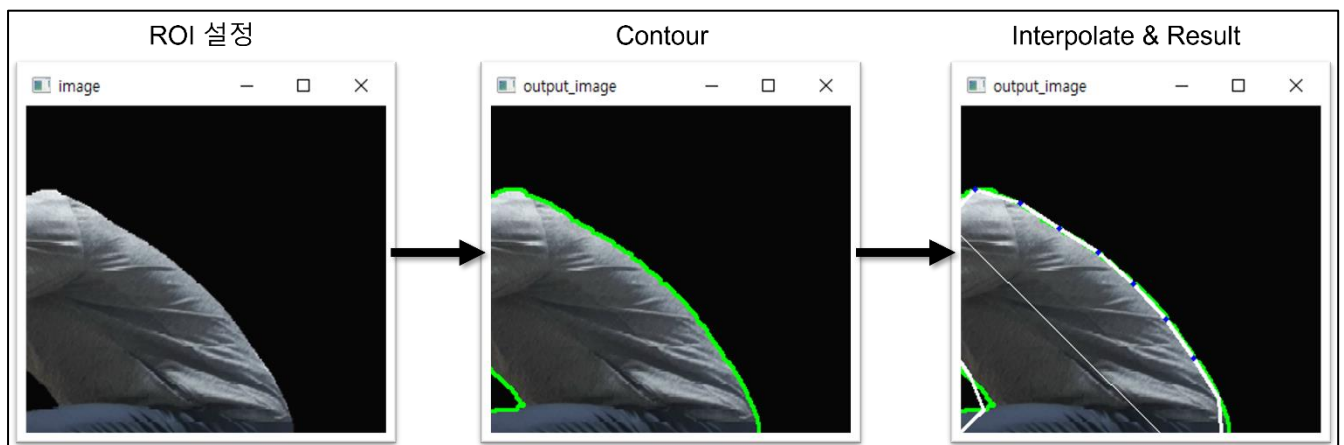
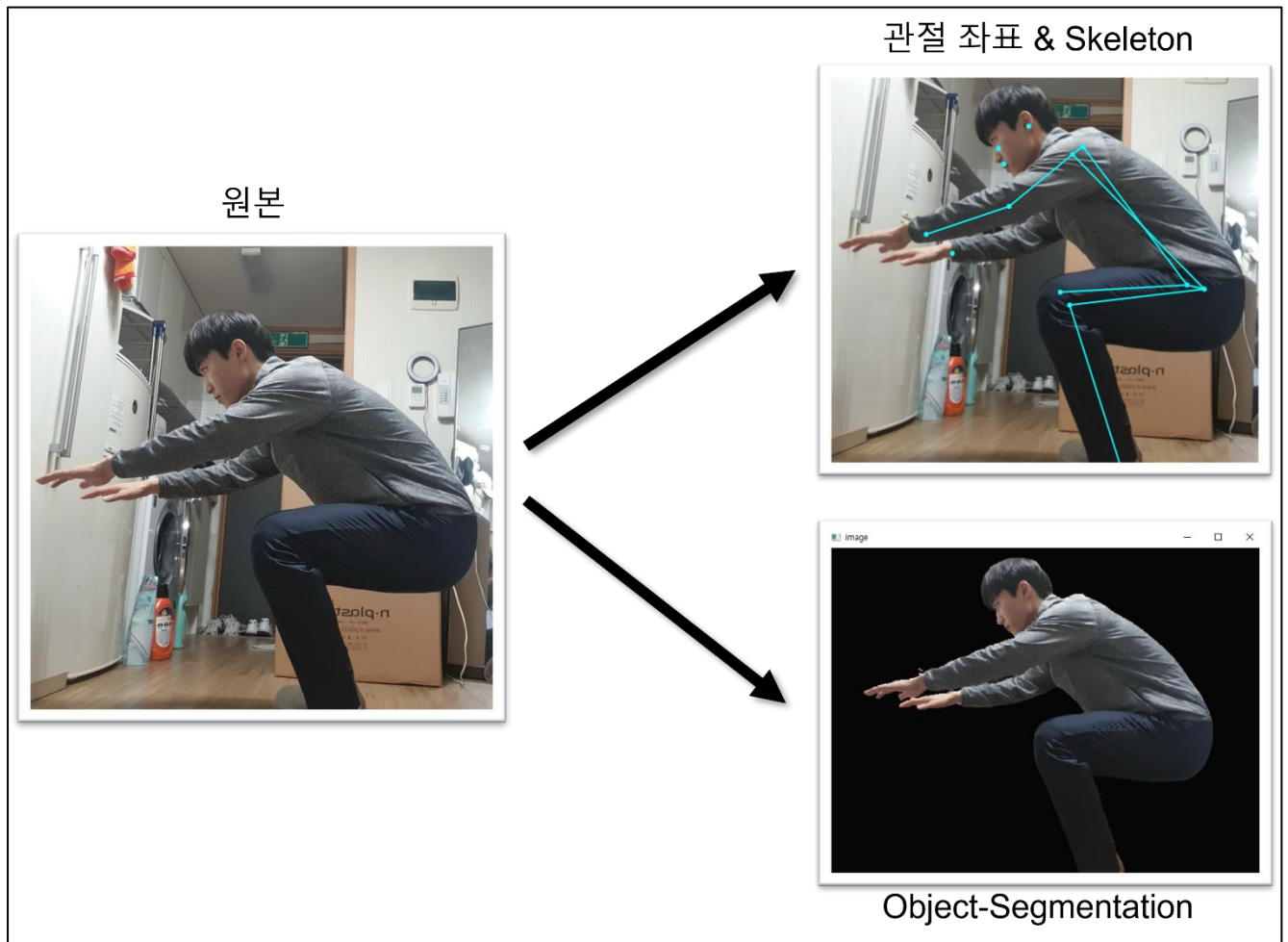
RemoveBg (Object-Segmentation)

운동 자세 이미지의 배경을 제거하고 인물만을 남기기 위한 라이브러리입니다. 인물만 남은 이미지와 관절 위치를 복합적으로 사용하여 자세 판단을 수행하기 때문에 사용하였습니다.

Base64

웹(React)과 서버(Django) 사이에서, 이미지를 효율적으로 전달하기 위해 바이트 코드로 인코딩, 디코딩하여 보내주는 역할을 담당하는 라이브러리로서 사용하였습니다.

등 굽음 측정 과정



1. 관절 좌표 추출

원본의 동영상에서 Pose Estimation 을 통해서 각 관절들의 포인트를 얻어냅니다. 이를 통해 Skeleton 을 그릴 수 있고, 추후 이미지처리 및 자세 분석에 활용합니다. 이때, 관절 포인트 정보

만으로는 사진과 같이 어깨와 골반이 일직선으로 연결되므로, 등의 굽음 여부는 확인하기 어렵습니다.

2. Object-segmentation 활용

원본 동영상에서 캡처 된 운동 사진에서 뒷 배경은 등 분석에 방해가 되므로, 인물만을 남기도록 해야 합니다. 이를 위해 Object-segmentation 기술을 활용하였습니다.

3. 관심영역(ROI) 설정

1 번 과정에서 얻은 관절 포인트 중에서 어깨와 골반의 포인트를 이용해, 2 번 과정에서 얻어낸 사진을 슬라이스하여 ROI 를 설정합니다.

4. 윤곽선(Contour) 그리기

배경이 제거되고 원하는 객체만 남은 이미지 이기 때문에 OpenCV 를 통해 Contour 를 쉽게 그릴 수 있습니다.(사진에서의 초록색 선)

5. Contour Interpolate

앞서 만들어진 Contour 는 완벽한 곡선이 아니고 부분적으로 구불구불합니다. 이를 바로 사용하면 어느 지점에서의 기울기 값이 이상하게 튀기 때문에 Contour 를 Interpolate 시킵니다. Interpolate 된 Contour 는 사진에서 흰색 선으로 나타나 있고, 어깨와 골반을 잇는 직선을 활용해 ROI 를 재구성하여, 등을 나타내는 포인트(파란색 점)를 알 수 있습니다. 최종적으로 등 부분에서 구간마다의 기울기를 알 수 있고, 등의 굽음 여부를 판단할 수 있습니다.

체크리스트 설정 근거

1. 상체가 너무 앞으로 나오지 않았는지
2. 고개가 너무 쳐지지 않았는지
3. 가동범위는 적절한지
4. 무릎이 과도하게 튀어나오지 않았는지
5. 무게중심이 발의 중심(미드풋)에 있는지
6. 등이 굽지 않았는지

우리는 올바른 운동 자세를 위해 이렇게 6 가지 체크리스트 항목을 설정하였습니다. 이에 대한 근거는 『스쿼트 바이블(아론 호식 박사, 케빈 손타나 박사, 트레비스 네프 지음)』, 『강경원의 백 투 베이직(강경원 지음)』 이 두 가지 책을 주로 참고하였습니다. 일반인들이 자주 실수하고, 스쿼트 할 때의 중요한 포인트 들을 중심으로 조사하였습니다.

1 번과 4 번 항목에서의 상체가 앞으로 나오는 자세와 무릎이 과도하게 튀어나오는 자세 모두 무릎에 많은 부하가 걸려 위험한 자세입니다.² 5 번 항목 역시 무게 중심이 발의 중심에 있지 않다면 불안정한 자세가 되기 때문에 설정하였습니다.³ 고개가 만약 쳐진다면 목관절에 무리가 가기 때문에 2 번 항목을 설정하였습니다. 그리고 모든 웨이트 트레이닝에서는 가동 범위가 적당하지 않으면 근육에 자극이 가지 않기 때문에 3 번 항목을 설정했습니다. 6 번 항목이 가장 중요한 체크리스트 입니다. 앞서 필요성에서도 언급했듯이 등이 굽은 상태로 스쿼트를 하면, 허리 디스크의 위험성이 증가합니다.⁴ 관절은 한번 다치면 복구가 되지 않기 때문에, 운동 시에 등을 적절한 상태로 유지하는 것은 절대적으로 중요합니다.

² 강경원, 『강경원의 백 투 베이직』, 세미콜론, p.172

³ 아론 호식 박사, 케빈 손타나 박사, 트레비스 네프, 『스쿼트 바이블』, 대성의학사, 2021, p.23

⁴ G. Myer, A. Kushner et al., "The back squat: A proposed assessment of functional deficits and technical factors that limit performance", *Strength and Conditioning Journal*. 36(6), December 2014., p.13

바닥 자세 bottom position

최대 깊이까지 앉고 나면, 안정적이고 균형이 잘 잡혀 있다는 느낌이 들어야 한다. 몸무게는 발의 앞뒤를 따라 균일하게 나뉘어 있어야 한다. 이때 몸의 무게중심을 따라 가상의 수직선을 그리면, 이 선은 발 가운데(미드풋)를 지난다.

Figure 1 스쿼트 바이블 23p

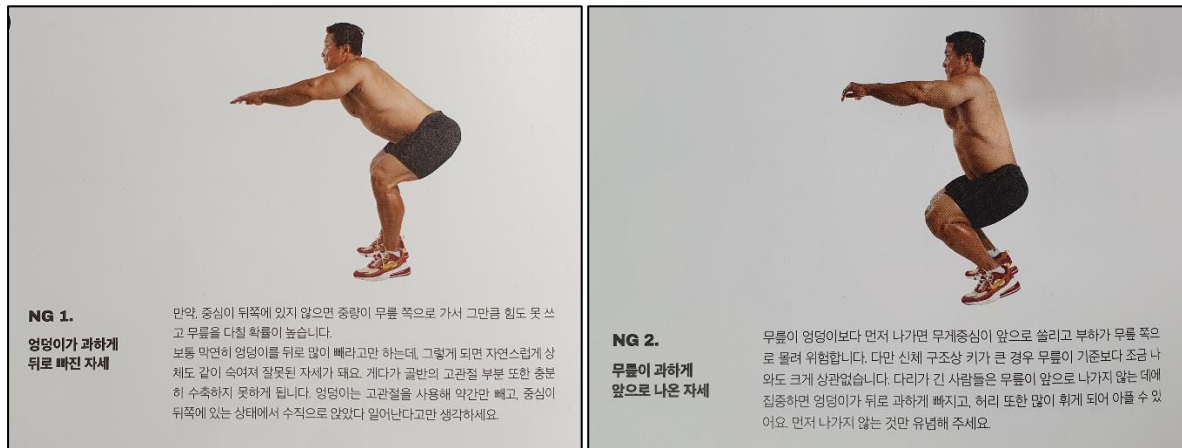


Figure 2 강경원의 백 투 베이직 172p

피드백 방식

매 운동 회차마다 체크리스트를 확인하며, 통과한 체크리스트 개수에 따라 실시간으로 PERFECT/GOOD/ BAD 세 가지 문구 중 하나를 사용자에게 피드백 해줍니다. 한 세트의 운동을 종료하면, 각 회차 별 미흡했던 체크 리스트에 대해 상세한 피드백을 진행합니다. 실시간 피드백과 운동후의 자세한 피드백을 나눔으로써, 실시간 운동시에는 전체적인 자세의 정확도를 알려주고, 운동 후에는 체크리스트 확인과 등 분석을 포함한 자세한 피드백을 알려줍니다. 이러한 방식을 통해 사용성과 실용성을 모두 높일 수 있습니다.

전체 시스템 동작 과정

-프론트에서의 동작

우선 프론트에서 '올바른 카메라 세팅으로', '스쿼트 했음'을 감지하기 위해 아래와 같은 함수를 만들었습니다.

- isCameraSetted: 카메라 세팅이 완료 되면 True 를 리턴하는 함수
- returnSqautState: 각 스쿼트 앉았을 때, 동작이 진행중일 때, 선 상태일 때 각각 "squat", "ongoing", "stand" 를 리턴 하는 함수

카메라 세팅이 완료 되면 운동 시작! → 스쿼트 상태가 squat 이 되었을 시 stand 를 갔다가 와야 카운팅을 할 수 있도록 한다. (만약 squat -> ongoing -> squat 일 경우에는 반쯤 일어섰다가 다시 앉은 것임으로 카운트 하지 않는다.) → API 를 호출해 squat 상태의 관절좌표와 이미지를 백엔드로 전송

-백엔드에서의 동작

또한 백엔드에서는 isUpperbodyNotTooForward, isFaceForward 등 각 체크리스트에 대해 True/False 를 반환하는 총 6 개의 자세 피드백 함수 feedback.py 에 구현 하였습니다.

프론트에서 받은 관절좌표와 이미지를 장고의 Motion 모델(DB)에 저장(Motion 모델의 필드에는 스쿼트 회차, 스쿼트 앉은 사진, 등 분석 사진, 관절좌표, 만족한 체크리스트 항목 등이 존재) → 관절좌표를 이용해 체크리스트 만족 여부를 검사하고, 관절좌표와 이미지를 이용해 등에 대한 자세한 분석 진행 → 최종 결과를 Motion 모델에 저장하고, 프론트에서 결과 분석 페이지를 요청하면 해당 DB 에 있는 내용들을 보여줌.

피드백 반영 타임라인

아래는 교수님 및 멘토님과 했던 프로젝트에 대한 피드백 타임라인 입니다.

1 차 피드백

- 피드백 내용
 - 사용자의 사용성을 고려하여 기술적인 솔루션을 설계해야 한다.
 - 기존 서비스 대비, 불편한 부분에 집중하여 flow 를 개선하는 것이 좋아 보인다.
- 해결
 - 카메라 세팅과 관련하여, 사용자 입장에서 번거롭지 않게, 서비스 내부에서 사용자의 위치를 인식하고 메시지를 통해 가이드 하는 방안 설정하였습니다.

2 차 & 3 차 피드백

- 피드백 내용
 - 등이 굽는 것 이외에도 다양한 안 좋은 자세(=추가적인 Work)들이 있음. 풍부한 Work 를 위해 기본조사가 많이 이루어져야 한다.
 - 왜 사용자에게 이런 피드백이 필요한지 구체성을 높여야 한다.
 - Scoring 을 어떤 기준으로 할 것인지 근거가 부족하고 기준이 애매하다.
 - 각 자세 지표를 선정한 근거가 있었으면 좋겠다.
- 해결
 - Scoring 방식에서, 체크리스트 방식을 도입하여 측정 결과값에 대한 객관성을 높였습니다.
 - “스쿼트 바이블”, “강경원의 Back to Basic“ 과 같은 자료를 참고하여 중요하다고 판단되는 6 가지 항목을 기준으로 체크리스트 항목을 선정하였습니다.

4 차 피드백

- 피드백 내용

- 스켈레톤이 실시간에서 늦게 찍히는 문제를 개선해야 한다.
- 등의 굽음을 측정하여 피드백 하는 것이 강점인데 해당부분이 제대로 어필되지 않는다.

- 해결

- 프론트 안에서 계산 가능 한 부분들은 프론트 내부에서 처리함으로써, 과도하게 호출되는 API 를 줄여서 스켈레톤의 속도 향상에 기여했습니다.
- 결과 피드백 화면에서 등 분석이 완료된 사진과 등의 구간별 포인트를 사용자에게 보여주어, 등 분석이 이루어지고 있음을 사용자에게 시각적으로 보여주어 신뢰도를 높였습니다.

역할 분담

김병주: 프론트엔드, 백엔드, REST API 구현, 피드백 알고리즘 구현

박준형: 프론트엔드, 백엔드, OpenCV 이미지 처리

조성규: 프론트엔드, 백엔드, 웹 UI 구성

3. 기대효과

서비스 기대효과

- **본인의 운동 기록을 통한 성장:** 운동 자세를 피드백 받고 기록함으로써 본인의 성장하는 모습을 직접 지켜볼 수 있습니다
- **피드백을 통한 동기부여:** 자세 피드백을 통해 운동에 대한 동기부여를 얻고, 더욱 건강한 삶을 누릴 수 있습니다.
- **타 운동으로의 확장성:** 관절 좌표와 배경 제거를 결합한 기술을 등 뿐만 아니라 다른 신체 부위에 적용하여 움직임을 분석할 수 있으므로, 타 운동으로의 확장 가능성이 높습니다.

발전 방향

굽어진 등에는 다양한 케이스가 있습니다. 이에 대한 다량의 라벨링된 운동 자세 데이터가 있다면 더 정확한 측정 모델을 만들 수 있습니다.(등이 굽은 원인까지 더 자세하게 파악 가능) 이를 통해 서비스를 더욱 발전 시킨다면, 헬스케어 시장 확대에 인한 비즈니스적 가치와 더불어 사람들의 건강을 지켜준다는 공익적인 가치 모두 잡을 수 있습니다.

기술적 Contribution

Pose-Estimation 만으로는 등의 굽음을 측정할 수 없고, Object-Segmentation 만으로는 등이 어디 있는지는 알 수 없습니다. 이 두가지를 결합해 사용함으로써 '특정 부위'에서의 '자세'가 중요한 웨이트 트레이닝의 영역에서 유용하게 사용할 수 있습니다.

또한, 이 Object-Segmentation 과 OpenCV 이미지 처리에서의 Contour Interpolate 를 이용하면, 곡률의 계산이 필요한 다른 도메인(건축 등)에서도 유용하게 쓰일 수 있을 것으로 기대합니다.

4. 결과물

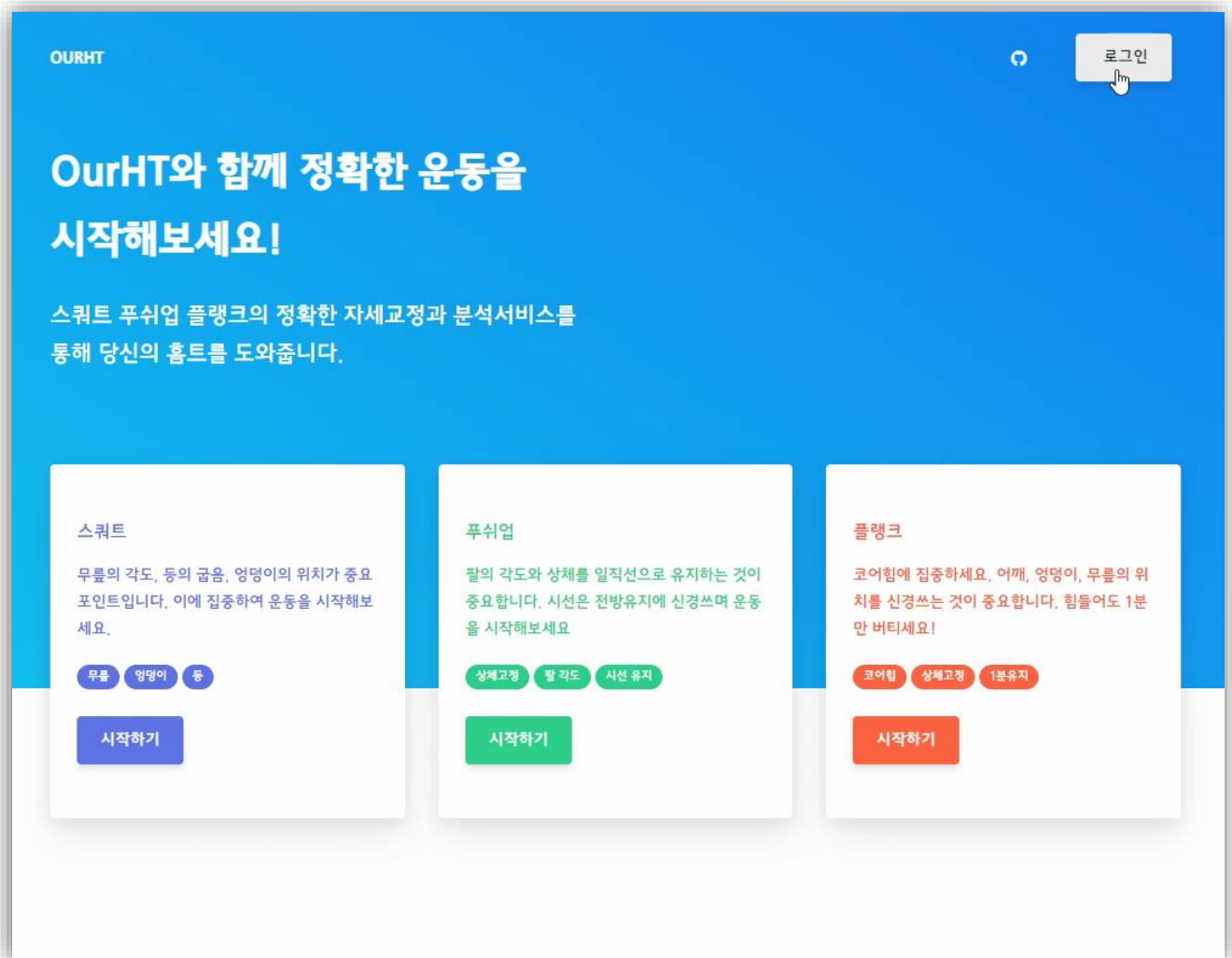
프로젝트 코드

Github 주소: <https://github.com/OurHomeTrainer>

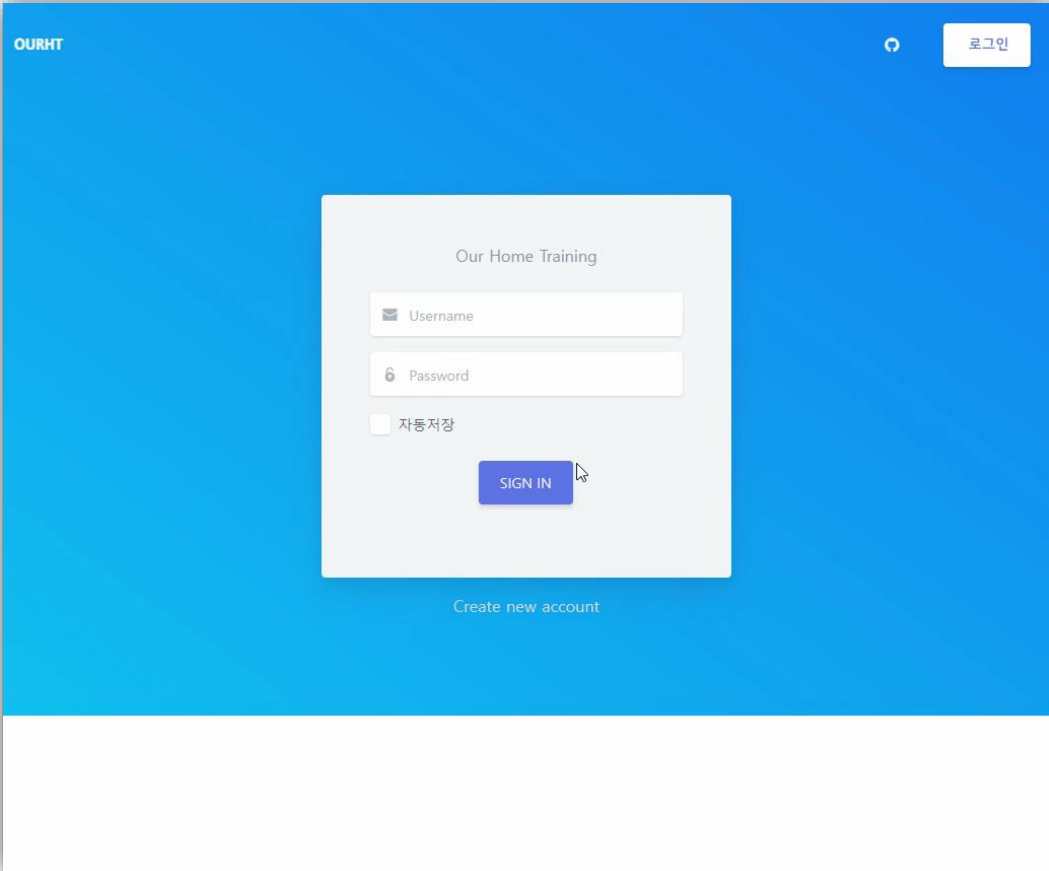
※ 자세한 실행 및 사용 방법은 매뉴얼 참조

스크린샷

-메인화면



-로그인



The image shows a login interface for 'Our Home Training'. The background is a solid blue color. In the top-left corner, the text 'OURHT' is displayed. In the top-right corner, there is a small circular icon and a white button with the Korean text '로그인' (Login). Centered on the page is a light gray rectangular box containing the login form. Inside this box, the title 'Our Home Training' is at the top. Below it are two input fields: the first is labeled 'Username' with an envelope icon, and the second is labeled 'Password' with a lock icon. Below these fields is a checkbox labeled '자동저장' (Auto-save). At the bottom of the box is a purple button with the text 'SIGN IN'. Below the gray box, the text 'Create new account' is visible. The bottom of the page is a white footer area.

OURHT

로그인

Our Home Training

Username

Password

☐ 자동저장

SIGN IN

Create new account

-회원가입

The image shows a web page with a dark blue background. In the top left corner, the text "OURHT" is displayed. In the top right corner, there is a small circular icon and a white button labeled "로그인" (Login). Centered on the page is a white "Sign Up" form. The form contains two input fields: "Username" with a user icon and "Password" with a lock icon. Below these fields is a checkbox labeled "I agree with the Privacy Policy". At the bottom of the form is a blue button labeled "CREATE ACCOUNT". A white horizontal bar spans the bottom of the page.

OURHT

로그인

Sign Up

Username

Password

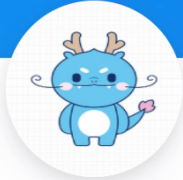
☐ I agree with the Privacy Policy

CREATE ACCOUNT

-내 정보 페이지

OURHT

홈으로로그아웃



사용자 정보 수정

조성글
이름

24
나이

180
신장

77
체중

TodayBackNext

December 2021

MonthWeekDayAgenda

Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday
28	29	30	01	02	03	04
05	06	07	08	09	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25

-내 정보 수정

OURHT

내정보로그아웃

입력하지 않은 항목이 있습니다, 추가해주세요.

내 정보를 수정하세요

✦ 24

✦ 180

✦ Weight I



수정한 정보 저장하기

-운동 시작 전 주의사항: 카메라 세팅, 사람 자세

OURHT

내정보로그아웃

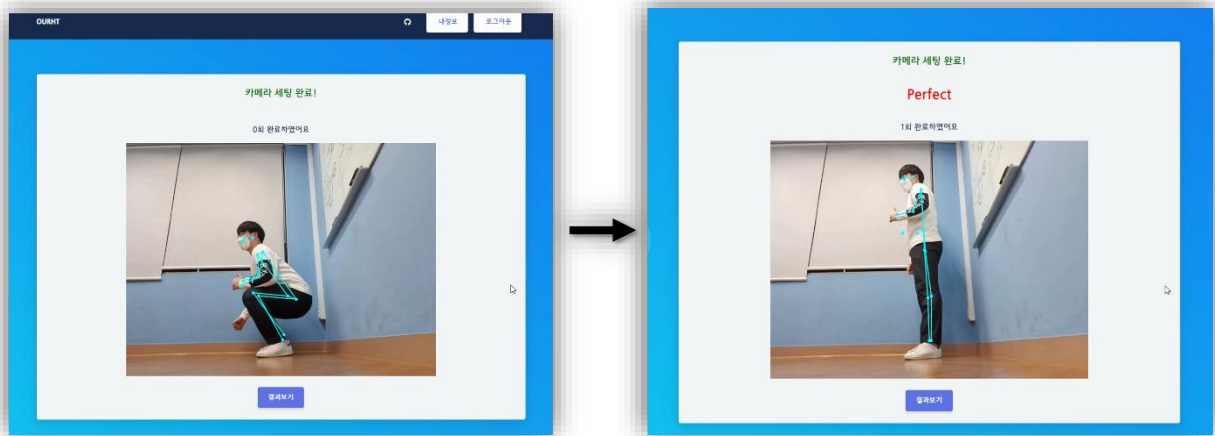
시작 전 주의사항



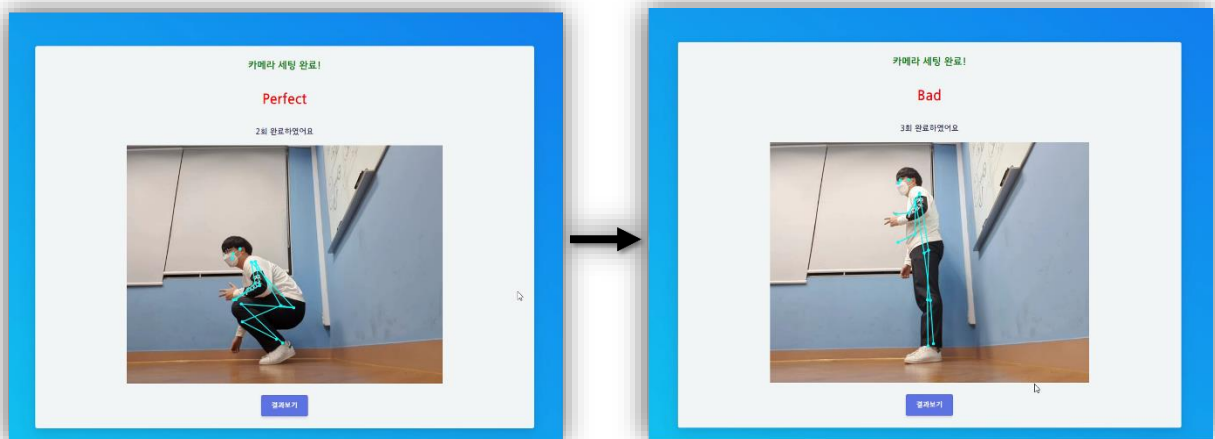
OurHT는 측면 운동 자세를 통해 관절 분석과 등의 곡률을 계산하여 정확한 자세 판단을 진행합니다.
위와 같이 측면을 향하고 발목이 보이도록 위치해주세요

시작하기

-실시간 피드백(Perfect)



-실시간 피드백(Bad)



-자세한 피드백


OURHT

내정보

로그아웃


분석 결과

총 3회의 운동을 수행하였습니다!




1 회차

Perfect!



2 회차

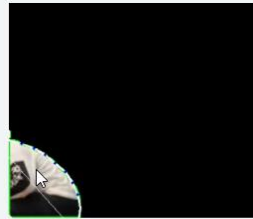
Perfect!



3 회차

Bad :(

3 회차 세부 피드백



Feedback

시선은 자연스럽게 전방을 주시해주세요

고관절을 사용해서 깊게 앉아주세요

무릎이 너무 앞으로 튀어나와있어요!

무게 중심이 앞으로 쏠리면 무릎에 너무 많은 부하가 집중돼요. 엉덩이쪽으로 무게중심을 이동해주세요

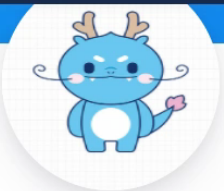
가슴을 펴서 등을 곧게 만들어 주세요

-운동 기록 확인(캘린더, 캘린더 차트)

OURHT

홈으로

로그아웃



사용자 정보 수정

조성글

이름

24

나이

180

신장

77

체중

Today

Back

Next

December 2021

Month

Week

Day

Agenda

Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday
28	29	30	01	02	03 스쿼트 3회	04
05	06	07	08	09	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	01

Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday
28	29	30	01	02	03 스쿼트 3회	04
05	06	07	08	09	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	01

Squat of Year!



CAL
이름

입력 필요!
나이

입력 필요!
신장

입력 필요!
체중

Today	Back	Next	December 2021				Month	Week	Day	Agenda
Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday				
28	29	30	01	02	03	04				
05 스쿼트 3회	06 스쿼트 3회	07 스쿼트 5회	08	09	10 스쿼트 5회	11 스쿼트 4회				
12	13	14 스쿼트 4회	15 스쿼트 4회	16 스쿼트 5회	17	18				
19	20	21	22	23	24	25				
26	27 스쿼트 4회	28 스쿼트 4회	29	30	31	01				

Squat of Year!

