

[붙임4]

캡스톤 디자인 II 최종결과 보고서

프로젝트 제목(국문): 초보 클라이머를 위한 자세 추정 기반 분석 플랫폼

프로젝트 제목(영문): Posture Estimation-Based Analysis Platform for Beginner Climbers

프로젝트 팀(원): 학번: 20201047 이름: 구남석

지도교수: 장한얼

1. 중간보고서의 검토결과 심사위원의 '수정 및 개선 의견'과 그러한 검토의견을 반영하여 개선한 부분을 명시하시오.

- 검토 의견

촬영된 영상을 업로드하는 구조에서는 앱 개발보다는 웹 기반 접근이 보다 실용적일 수 있음. 앱 개발에 필요한 리소스와 개발 시간이 과도하며, 완성도 측면에서 웹 개발이 적합함.

- 개선 사항

기존 앱 개발 계획을 웹 기반으로 전환하였음.

사용자가 직관적으로 기능을 이용할 수 있도록 웹 UI/UX를 설계하고 구축함.

Gradio 오픈 소스 패키지를 활용하여, 영상 업로드, 분석, 결과 확인까지 한 화면에서 수행할 수 있도록 기능을 통합함.

2. 기능, 성능 및 품질 요구사항을 충족하기 위해 본 개발 프로젝트에서 적용한 주요 알고리즘, 설계방법 등을 기술하시오.

초보 클라이언트의 자세 안정성을 평가하고 시각적으로 분석 결과를 제공하는 웹 기반 영상 분석 도구 개발을 목표로 하였다. 이를 위해 다음과 같은 주요 알고리즘과 설계 방법을 적용하였다.

1) 웹 기반 인터페이스 설계

- Gradio 오픈 소스를 활용하여 영상 업로드, 분석, 결과 확인까지 한 화면에서 수행 가능하도록 구현.
- 사용자가 별도의 설치 과정 없이 웹 브라우저를 통해 직관적 사용 가능.

2) 영상 전처리 및 회전 보정

- FFprobe를 통해 입력 영상의 메타데이터에서 회전 정보를 추출하고, FFmpeg를 이용하여 자동으로 영상 회전 보정 수행.

3) Pose Estimation 기반 자세 분석

- Mediapipe Pose 모듈을 활용하여 각 프레임에서 신체 관절 좌표를 추출.
- 양팔 팔꿈치 각도 계산을 통해 안정 여부 판단: 팔꿈치 각도가 95° 이상일 경우 안정, 미만일 경우 불안정으로 분류.

4) 무게중심(COM) 계산 및 안정성 평가

- 인체를 주요 세그먼트로 나누고 각 세그먼트의 질량 비율을 고려하여 전체 COM을 계산.
- 특정 기준점(기저면) 내 COM 위치 여부를 검사하여 안정 상태와 불안정 상태를 색상으로 시각화 (녹색: 안정, 빨강: 불안정).

5) 성능 최적화 설계

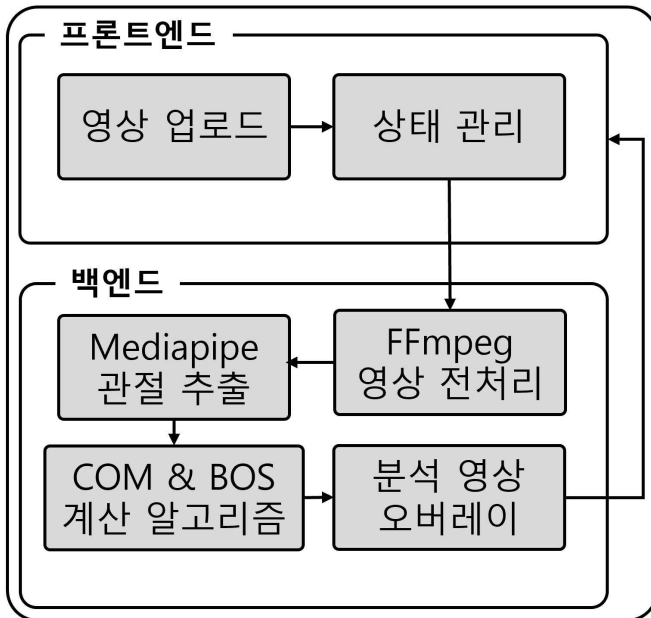
- 2프레임마다 Mediapipe를 실행하여 연산량을 줄이고, 이전 프레임 결과를 재사용하여 실시간 처리 성능 개선.
- OpenCV를 이용한 영상 처리와 COM 시각화 과정 최적화로 분석 속도 향상.

6) 품질 및 안정성 확보

- 잘못된 입력 영상이나 회전 정보가 없는 경우에도 오류 없이 처리되도록 예외 처리 적용.

3. 요구사항 정의서에 명시된 기능 및 품질 요구사항에 대하여 최종 완료된 결과를 기술하시오.

1) 시스템 아키텍처



2) 기능별 상세 요구사항

- 영상 업로드: 사용자가 웹 UI를 통해 클라이밍 영상을 업로드 하도록 구현하였다.
- 관절 좌표 추출: Mediapipe Pose Estimation을 사용하여 팔, 어깨, 손목 등 주요 관절 좌표를 추출하였다.
- 관절 각도 계산: 벡터 연산으로 팔꿈치, 어깨, 손목 각도를 계산하였다.
- COM 계산: 신체 세그먼트별 질량 비율을 적용하여 전체 무게 중심을 계산하였다.
- BOS 계산: 삼지점 기반 기저면 내 COM 유지 여부를 평가하였다.
- 상태 평가: 관절 각도와 COM/BOS를 기반으로 Stable/Unstable 상태를 판단하였다.
- 영상 시각화: OpenCV를 활용하여 프레임별 관절, COM, BOS, 상태 정보를 시각화하고 최종 분석 영상을 생성하였다.
- 결과 제공: 분석 완료된 영상은 웹 UI를 통해 사용자에게 제공된다.

3) 설계 모델(클래스 및 모듈 설명)

- app.py : Gradio 웹 UI를 제공하며, 영상 업로드 및 분석 요청을 처리.
- analysis.py : 영상 분석 핵심 모듈로, 관절 좌표 추출, 각도 계산, COM/BOS 계산, 상태 평가 및 영상 시각화를 수행.
- compute_segment_com() : 개별 신체 세그먼트 중심 좌표 계산
- compute_total_com() : 전체 무게 중심(COM) 계산
- calculate_angle() : 팔꿈치, 어깨, 손목 각도 계산
- Mediapipe Pose : 관절 좌표 추출
- OpenCV 시각화 : 프레임별 관절, COM/BOS, 상태 표시

4. 구현하지 못한 기능 요구사항이 있다면 그 이유와 해결방안을 기술하시오,

최초 요구사항	구현 여부(미구현, 수정, 삭제 등)	이유(일정부족, 프로젝트 관리미비, 팀원변동, 기술적 문제 등)
동시 처리 용량	미구현	기술적 문제
데이터 보관 및 파기 정책	삭제	프로젝트 변경에 따라 DB 사용하지 않음
개인정보 보호 및 법규 준수 제약	미구현	기술적 문제

5. 요구사항을 충족시키지 못한 성능, 품질 요구사항이 있다면 그 이유와 해결방안을 기술하시오.

분류(성능, 속도 등) 및 최초 요구사항	충족 여부(현재 측정결과 제시)	이유(일정부족, 프로젝트 관리미비, 팀원변동, 기술적 문제 등)
사용성	분석 결과까지 3분 내외	분석 정확도와 사용성 간의 trade-off 발생으로 인한 기술적 문제

6. 최종 완성된 프로젝트 결과물(소프트웨어, 하드웨어 등)을 설치하여 사용하기 위한 사용자 매뉴얼을 작성하시오.

(개발자: 서버 동작 확인)

- 1) 사용자는 주소에 접속한다.
- 2) 웹 페이지 설명을 읽는다.(삼지점 자세를 알고 있다는 가정하에)
- 3) 녹화된 영상을 웹에 업로드한다.
- 4) 분석된 영상을 서버로부터 받는다.
- 5) 자세를 점검한다.

7. 캡스톤디자인 결과의 활용방안

- 1) 사회적 파급효과
 - 클라이밍 입문자나 동호인들이 자신의 자세를 객관적으로 평가하고 안전하게 운동할 수 있는 환경을 제공함으로써 부상 예방에 기여.
 - 교육기관, 체육 동아리, 클라이밍 센터 등에서 교육용 도구로 활용 가능.
 - 누구나 접근 가능한 웹 기반 도구를 통해, 기존 전문가 중심의 코칭에서 발생할 수 있는 정보 격차 해소.
- 2) 기술적 파급효과
 - Mediapipe와 OpenCV를 활용한 영상 기반 자세 추정 및 COM 분석 기술을 실제 환경에 적용 가능성을 입증.
 - 향후 딥러닝 기반 자세 교정 추천 시스템, 운동 기록 관리, AR/VR 클라이밍 교육 등으로 확장 가능.
- 3) 경제적 파급효과
 - 클라이밍 센터 및 스포츠 교육 기관에서 웹 기반 분석 서비스를 상용화하면 신규 비즈니스

모델 창출 가능.

4) 기대효과

- 입문자의 클라이밍 학습 효율 향상과 부상 예방.
- 스포츠 종목에서 데이터 기반 평가 및 피드백 제공 가능.
- 기술적 확장성을 확보하여, 향후 스마트 체육, 헬스케어 등 다양한 분야로의 응용 가능성 확보.