

피트니스 자세 교정을 위한 MediaPipe 기반 운동 분석 서비스 아키텍처

김규원*, 이주환*, 최보훈*, 홍성민*, 유철중**, 김순태**

MediaPipe-based Motion Analysis Service Architecture For Correcting Fitness Posture

Gyu-Won Kim*, Ju-Hwan Lee*, Bo-Hun Choi*, Sung-Min Hong*, Cheol-Jung Yoo**,
and Sun-Tae Kim**

요 약

PT(Personal Training)를 받는 사람을 제외하고, 피트니스를 처음 접하는 대부분의 사람들은 운동 루틴, 운동 자세에 대해 무지하기 마련이다. 이러한 어려움은 피트니스 초심자로 하여금 피트니스에 대한 진입장벽을 극복하기 힘들게 만든다. 이를 개선하기 위해 웹 캠을 활용하여 사용자의 운동 자세를 분석해주고, 분석을 통해 얻은 운동 횟수에 대한 정보를 토대로 사용자에게 운동 일지를 자동으로 작성해준다. 또한 사용자의 신체 정보를 바탕으로 사용자에게 적절한 운동 루틴을 추천해줌으로써 피트니스에 대한 진입장벽을 낮출 수 있는 피트니스 어플리케이션 서비스 아키텍처를 제안한다. 이를 통해 초심자는 더욱 쉽게 헬스에 입문할 수 있고 일지 자동 작성으로 인한 운동 외적인 부분에서의 편의성을 경험할 수 있을 것이다.

Abstract

Except for people who are receiving personal training (PT), most people who are new to fitness are bound to be ignorant of their exercise routines and exercise posture. These make it difficult for fitness beginners to overcome barriers to entry into fitness. To improve this, a webcam is used to analyze the user's exercise posture, and an exercise diary is automatically written to the user based on information on the number of exercises obtained through analysis. This paper also proposes a fitness application service architecture that can lower entry barriers to fitness by recommending appropriate exercise routines to users based on the user's body information. Through this, beginners can perform fitness more easily and have an experience on convenience in their exercise based on recording exercise diary automatically.

Key words

Exercise Routine, Exercise Posture, Fitness, Analysis, Webcam, Exercise Diary

* 전북대학교 소프트웨어공학과, rlarbdnjs0630@gmail.com, leejh0469@naver.com, slawkd2002@gmail.com, hjgf0624@gmail.com,

** 전북대학교 소프트웨어공학과, cjyoo@jbnu.ac.kr (유철중), stkim@jbnu.ac.kr (김순태)

I. 서 론

현대 사람들은 다양한 요인들로 인하여 운동의 필요성을 느끼고 있고, 피트니스에 대한 관심도가 증가하고 있다[1]. 이에 따라서 피트니스 유입자들 또한 많아지고 있는 추세이다. 2000년대 이후 피트니스 시장은 이러한 근거를 바탕으로 꾸준히 성장하고 있으며[2] 피트니스 이용자들에게 제공하는 다양한 스마트 피트니스 서비스가 출시되고 있다 [3]. 관련 서비스로는 ‘GymMate’, ‘Planfit’, ‘Draxfit’ 등이 있다.

‘GymMate’는 운동 자세 분석에 초점을 둔 어플리케이션 서비스이다. 사용자는 본인의 운동 자세 분석을 위해 스마트폰을 삼각대에 부착하고 사용자의 신체 부위가 잘 보이는 곳에 설치한다. 그 다음 수행할 운동을 선택하고 시작하게 되면 어플리케이션에서 사용자의 자세를 인식해 자세가 올바르지 않다면 Bad문구를, 올바르게 Good 문구를 띄워 줌으로써 사용자에게 피드백을 전달한다. ‘Planfit’은 사용자에게 운동 구력 정보, 운동 목적, 신체 데이터(키, 몸무게, 생년월일) 등을 입력 받아 적절한 운동 루틴을 추천해주는 어플리케이션 서비스이다. ‘Draxfit’은 Drax에서 자체적으로 생산한 운동기구를 보유한 헬스장에서만 사용할 수 있는 서비스로, Draxfit에 등록된 헬스장은 현재 국내에 18군데뿐이다.

본 논문에서는 위에서 언급한 대표적인 피트니스 서비스들을 분석하여 이들의 장점을 아우르며 단점은 보완하는 하나의 피트니스 어플리케이션 서비스 아키텍처를 제안한다.

II. 초점 형상 복원을 위한 인공지능망

2.1 배경지식

2.1.1 MediaPipe

MediaPipe는 Google에서 제공하는 AI 프레임워크로, 비디오형식 데이터를 이용한 다양한 비전 AI 기능을 파이프라인 형태로 손쉽게 사용할 수 있다. 인체를 대상으로 하는 Detect(인식)에 대해서 Face

Detection, Pose, Object Detection, Motion-Tracking 등 다양한 형태의 기능과 모델을 제공하는 프레임워크이다. 그 중 포즈 추정(Pose Estimation)이라는 라이브러리는 인체의 주요 관절포인트를 식별하고 이를 연결하여 인체의 동작을 추정한다. 이러한 추정 결과를 활용하면 운동 관련 서비스를 제공할 때 주요한 역할을 하게 될 것이다.

2.1.2 Inbody

Inbody는 1996년에 설립된 대한민국의 의료기기 기업으로, 신체 성분 분석을 하는 인바디 기계가 유명하다. 인바디 기계로 체성분을 측정하게 되면 체중, 부위 별 근육량, 체지방량 등을 확인할 수 있다. 본 논문에서 제안한 서비스 아키텍처에서는 사용자의 운동 루틴을 추천하기 위한 사용자 신체 정보 수집에 Inbody 데이터를 활용한다.

2.2 관련 연구

MediaPipe 프레임워크를 이용해 자세를 분석하는 연구로는 임베디드 환경을 위한 MediaPipe 기반 행동 인식, OpenCV와 MediaPipe를 이용한 실시간 자세 교정, MediaPipe 기반 운동자세 교정시스템의 기능개선 연구가 있다. 구체적인 연구의 예시는 다음과 같다.

1. 사용자의 운동자세의 교정 기능에서 한단계 업그레이드 하여 데이터 관리 기능을 추가하여 시간대별로 사용자의 바른 자세와 틀린 자세의 비율을 판단 할 수 있는 운동자세 교정 시스템을 구현하였다[4].

2. OpenCV와 MediaPipe를 활용하여 실시간 영상의 운동 자세(스쿼트, 팔굽혀펴기)를 추정해 운동 자세교정 내용과 운동횟수를 안내하는 프로그램을 제안한다[5].

3. 임베디드 환경에서 구동이 가능한 인공지능 기반 행동 인식 기술을 제안한다[6].

추가적으로 MediaPipe 프레임워크를 사용하지 않았지만 자세를 분석해주고 교정해 주는 데에 초점

을 둔 서비스에 관한 연구로는 인공지능 기반 피트니스 자세교정을 위한 연구 개발, 인공지능 자세 분류 모델을 이용한 웹 기반 모바일 애플리케이션 형태의 디지털 피트니스 서비스가 있다. 이 연구에 대한 구체적인 예시는 다음과 같다.

1. Keypoint-RCNN을 활용하여 인공지능 CNN 모델과 LSTM 모델이 결합한 LRCN (Long-term Recurrent Convolutional Networks) 모델로 자세 추정을 학습하고, 카메라를 사용한 실시간으로 이용자의 운동 자세를 판단하고 정확한 운동 자세를 유도하여 운동할 수 있도록 시스템을 구축한다[7].

2. 인공지능 기반의 자세 추정(Pose Estimation) 오픈 소스 라이브러리를 이용하여 실시간으로 사용자의 자세를 추정하고, 이를 바탕으로 운동 횟수 파악 및 자세 교정을 수행하는 모델을 개발한다[8].

기존 연구들은 자세를 분석하는 운동의 종류가 모두 맨몸 운동에 해당한다. 따라서 기구를 사용해야 하는 헬스장에서의 활용도는 전무하다. 본 논문은 이에 차별점을 두어 헬스장에서의 운동 기구마다 각각 웹 캠을 설치한 다음 사용자의 운동 자세를 분석해주고, 분석 내용을 토대로 자동으로 일지를 작성해준다. 또한 사용자의 신체 정보를 바탕으로 사용자에게 적절한 운동 루틴을 추천해줌으로써 피트니스에 대한 진입장벽을 낮출 수 있는 피트니스 애플리케이션 서비스 아키텍처를 제안한다.

III. 시스템 설계

3.1 시스템 아키텍처

본 논문에서 제안하는 시스템 설계도는 그림 1과 같다. 사용자는 크로스 플랫폼 애플리케이션을 통해 시스템에 접근해 운동 루틴 추천을 받거나, 운동 자세를 분석하는 등의 다양한 기능을 수행한다. 웹서버 상에서는 라즈베리 파이에서 녹화한 영상을 OpenCV와 MediaPipe 영상분석 라이브러리를 통해 영상 데이터를 가공하고, 웹서버 상의 데이터베이스에 저장함으로써 데이터를 관리한다. 또한 사용자

애플리케이션에서의 인증 정보에 따라 해당 데이터베이스에 접근 가능하도록 함으로써 다중 보안을 적용하였다.

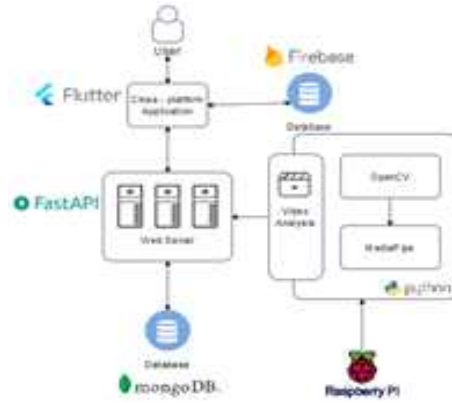


그림 1. 시스템 아키텍처
Fig. 1. System Architecture

3.2 서비스 목업

논문에서 제안한 서비스는 사용자의 애플리케이션을 통해 제공하는 것으로 설계하였다. 운동 일지, 운동 루틴 추천을 위한 사용자 신체 정보 입력, 운동 분석 영상에 대한 목업은 다음과 같다.



그림 2, 3. 운동 일지 목업, 운동 분석 영상 목업
Fig 2, 3. Exercise Diary Mockup, Exercise Analysis Video Mockup

그림 2은 운동 분석 정보에서 나온 데이터를 통해 자동으로 작성해준 운동 일지를 사용자가 확인하게 될 운동 일지 목업이다. 달력에서 빨간색으로 표시된 부분은 사용자가 해당 일자에 운동을 진행해 운동 정보가 있을 때를 나타낸다. 빨간색으로 표시된 날짜를 선택하게 되면 그 날 진행한 운동의 이름, 횟수, 세트 수를 확인할 수 있으며, 해당 운동 선택 시 그림 3과 같이 운동을 분석한 영상을 확인할 수 있다.

그림 4. 사용자 신체 정보 입력 목업
Fig 4. Enter User's Body Information Mockup

그림 4은 사용자에게 적합한 운동 루틴을 추천하기 위해 사용자의 신체 정보를 입력받는 서비스 목업이다. 운동 루틴을 추천하기 위해 필요한 키, 몸무게, 골격근량, 체지방량, 부위별 근육량을 입력 받아 사용자의 운동 수행 능력을 예측하고 이에 따른 적합한 운동 루틴을 추천해주게 된다. Inbody 정보에 대한 사본을 가지고 있는 사용자는 ‘사진으로 입력’ 버튼을 눌러 사본을 촬영하면 더욱 편리하게 신체 정보를 입력할 수 있다.

IV. 구 현

본 논문에서 제안한 서비스에서는 웹 캠을 통해 얻은 사용자의 운동 영상을 MediaPipe를 활용해 자세를 분석하게 되는데, 이는 사용자가 운동을 수행

할 때 팔꿈치나 어깨 등 관절이 굽어진 각도를 통해 분석하게 된다.

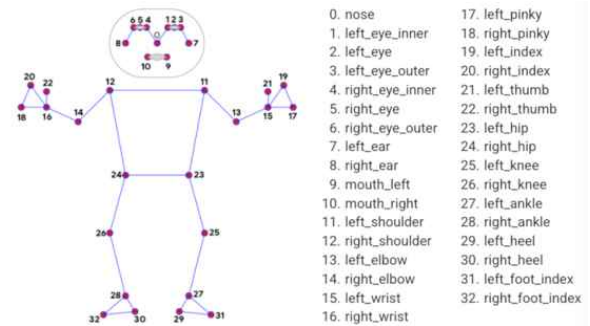


그림 5. MediaPipe Pose의 랜드마크
Fig. 5. Landmark Of MediaPipe-Pose

그림 5은 MediaPipe에서 제공하는 MediaPipe Pose의 랜드마크 모델이 예측하는 33개의 포즈 랜드마크 위치를 나타낸 것이다. 사용자의 어깨는 11, 12번, 팔꿈치는 13, 14번, 손목은 14, 15번 포즈 랜드마크를 이용한다.

사용자가 수행하는 운동에 따라 사용되는 관절이 달라지기 때문에 포즈 랜드마크를 각 운동마다 다르게 적용시켜 사용자의 운동 자세를 분석한다.

```
def calculate_angle(a, b, c):
    a = np.array(a) # First
    b = np.array(b) # Mid
    c = np.array(c) # End

    radians = np.arctan2(c[1] - b[1], c[0] - b[0]) - np.arctan2(a[1] - b[1], a[0] - b[0])
    angle = np.abs(radians * 180.0 / np.pi)

    if angle > 180.0:
        angle = 360 - angle

    return angle
```

그림 6. 관절 각도 계산 알고리즘
Fig. 6. Joint - Angle Calculation Algorithm

그림 6은 각 운동마다 다르게 적용한 포즈 랜드마크의 각도를 계산하는 알고리즘이다. 사용자가 이 두 운동을 수행한다고 예시를 들어보자. 이 두 켄을 분석하기 위해서는 사용자가 웹 캠을 향해 측면으로 서서 운동을 수행하여야 한다. 이 두 켄은 팔꿈치가 굽혀졌다가 펴지는 방식으로 진행되는데, 자세 분석을 하기 위해서는 팔꿈치의 각도를 구해야 한다. 위의 알고리즘에서 변수 a, b, c에 각각 어깨, 팔꿈치, 손목 포즈 랜드마크가 대입되고,

$\text{np.arctan2}()$ 함수를 사용하여 점 c와 점 b, 그리고 점 a와 점 b 사이의 각도를 구한다. 이를 빼 주면 두 선분 사이의 각도가 계산되는데, 이 값은 라디안으로 나타나므로 $180/\text{np.pi}$ 를 곱하여 각도를 도 단위로 변환한다.

```
# Curl counter logic
if angle > 160:
    stage = "down"
if angle < 90 and stage == 'down':
    stage = "up"
    counter += 1
print(counter)
```

그림 7. 쉘 운동 전용 개수 카운트 알고리즘
Fig. 7. Counting Algorithm For Curl Motion

그림 7는 그림 6에서 구한 각도를 통해 사용자의 쉘 운동 횟수를 카운트해줄 수 있는 로직을 담은 알고리즘이다. 사용자의 팔꿈치 각도가 160도가 넘어가면 down 상태, 90도 밑으로 내려가면 up 상태가 된다. 사용자의 팔꿈치가 90도 밑으로 내려갔을 때 down상태였다는 것은 사용자가 쉘 운동을 1회 수행했다는 의미이기 때문에 횟수를 하나 증가시켜준다.

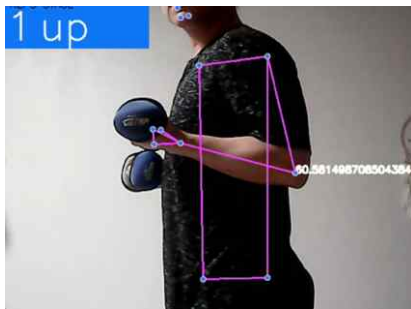


그림 8. MediaPipe를 적용한 이두 쉘 운동(UP)
Fig. 8. Biceps Curl Exercise With MediaPipe (UP)



그림 9. MediaPipe를 적용한 이두 쉘 운동(DOWN)
Fig. 9. Biceps Curl Exercise With MediaPipe (DOWN)
그림 8, 그림 9은 그림 3, 그림 4의 알고리즘을

적용시켜 실제로 이두 쉘 운동을 수행한 것이다.

그림 8는 사용자의 팔꿈치 각도가 90도 밑으로 내려갔을 때 up 상태가 되며 운동 횟수가 하나 증가함을 보여준다. 또한 그림 9는 사용자의 팔꿈치 각도가 160도 위로 올라갔을 때 down 상태가 되는 것을 보여준다.

이처럼 MediaPipe를 이용해 사용자의 운동 자세를 분석해주는 알고리즘에 운동 횟수를 카운트하는 알고리즘을 적용시켜 운동 자세 분석 및 운동 횟수 카운트 기능을 구현하였다. 피트니스 초심자를 위한 운동 자세 분석 뿐만 아니라 운동 횟수를 카운트해줌으로써 운동일지 자동 작성에 대한 가능성 또한 제시하였다.

해당 어플리케이션의 개발에는 AndroidStudio의 Flutter 프레임워크를 사용하였고 영상 정보를 저장하는 데이터베이스에는 MongoDB를, 어플리케이션 데이터베이스에는 Firebase Auth를 활용해 유저 정보와 웹서버 데이터베이스에 접근한다. 서버 관련 개발 언어는 Python을 사용하였고, 웹서버 프레임워크로는 FastAPI를 채택하였다. 영상 처리와 분석은 OpenCV와 MediaPipe를 사용하였다.

V. 결 론

본 논문에서는 기존 피트니스 서비스들의 장점을 통합하고 단점을 보완하는 피트니스 어플리케이션 서비스를 제안하였다. 해당 서비스는 운동 기구에 웹 캠을 직접 설치하여 “GymMate”의 삼각대를 설치해야 하는 번거로움을 해결하였으며, MediaPipe를 이용한 자세 분석 및 교정 기능을 제공하였다. 또한 사용자의 신체 정보를 기반으로 하는 “Planfit”의 주 기능인 운동 루틴 추천 기능을 포함하였다. 마지막으로, “Draxfit” 서비스에서 요구되는 Drax사 전용 운동 기구를 사용하지 않고도 이용할 수 있는 웹 캠 설치 방식은 초기 비용과 서비스의 확장성 측면에서 더욱 유리하다.

자세 분석 및 교정 기능과 운동 루틴 추천 기능은 피트니스 초심자들에게 피트니스에 대한 진입장벽을 낮추는 데 도움을 줄 수 있으며, 자세 분석으로부터 고안된 운동 일지 작성 기능은 초심자 뿐

아니라 숙련자들에게도 유용할 것이다.

해당 서비스의 구현이 완료된다면, 실제 피트니스 사용자들에게 시범 적용할 것이다. 이를 통해 사용자들의 피드백을 수집하고 서비스의 성능과 사용자 경험을 평가할 것이다. 이러한 데이터가 축적된다면 향후에는 피트니스 전문가, 운동 기구 제조업체 등과의 협력 관계를 구축하여 해당 서비스의 기능과 서비스를 보다 발전시킬 계획이다. 이를 통해 전문적인 운동 노하우와 피트니스 관련 지원을 다양하게 받아 사용자들에게 풍부한 운동 경험을 제공할 수 있을 것이다.

이러한 방향성을 통해 해당 어플리케이션을 효과적인 피트니스 어플리케이션 서비스로 발전시키고, 사용자들의 운동 경험과 품질을 향상시킬 것이다.

비스 구현”, 2022 대한전자공학회 추계학술대회 논문집, p. 422, 2022. <http://dx.doi.org/10.14801/jkiit.2022.20.1.199>

참 고 문 헌

- [1] <https://www.apple-economy.com/news/articleView.html?idxno=59669>
- [2] <https://www.statista.com/statistics/236123/us-fitness-center--health-club-memberships/>
- [3] <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/fitness-app-market>
- [4] 이철민, 이동명, “MediaPipe 기반 운동자세 교정 시스템의 기능개선 연구”, 2022 한국통신학회 동계종합학술발표회, pp. 438-439, 2022
- [5] Yejin Kwon, Dongho Kim, “Real-Time Workout Posture Correction using OpenCV and MediaPipe”, Journal of KIIT, Vol. 20, No. 1, pp. 199-208, Jan. 2022. pISSN 1598-8619, eISSN 2093-7571
- [6] 김태현, 김명섭, 박세호, “임베디드 환경을 위한 MediaPipe 기반 행동 인식”, 2022 한국통신학회 추계종합학술발표회, p. 587, 2022.
- [7] 신희준, 강태구, “인공지능 기반의 피트니스 자세교정을 위한 연구 개발”, 2022 대한전기학회 산업전기응용부회 추계학술대회 논문집, p. 232, 2022.
- [8] 조민수, 권준우, 김두열, 이재하, 임정상, 박병준, “인공지능 자세 분류 모델을 이용한 웹 기반 모바일 어플리케이션 형태의 디지털 피트니스 서