

행동감지를 이용한 운동자세 교정 시스템 설계 및 구현

이철민*, 이동명*

*동명대학교 컴퓨터공학과

captaink7428@gmail.com, *dmlee@tu.ac.kr

Design and Implementation of Exercise Posture Correction System using Behavior Detection

Cheol Min Lee*, Dong Myung Lee*

*Dept. of Computer Engineering, Tongmyong Univ.

요약

본 논문은 헬스 트레이너 없이도 사용자가 바른 자세로 운동할 수 있게 도움을 주는 행동감지를 이용한 운동자세 교정 시스템을 설계하고 구현하였다. 제안 시스템은 관절 좌표 추정 단계, 자세 판단 단계, 운동자세 교정 단계로 구성된다. 실험공간은 카메라의 영상에 머리부터 무릎까지 나오는 $2.5m \times 2.0m$ 로 설정하였다. 푸시업은 총 120회 실시되었고 푸시업 인식 정확도는 틀린 자세의 경우는 모두 100%, 바른 자세의 경우는 평균 95%로 측정되었다. 차후 제안한 시스템을 보완한 후 사용 범위를 확장해서 다른 운동의 자세 교정 시스템도 개발해 볼 예정이다.

I. 서론

최근 코로나의 단계적인 변이 바이러스 확산으로 사회적 거리 두기 상황이 계속 악화되고 있는 실정이다. 이러한 영향으로, 헬스장을 다니던 사람들도 집에서 운동하는 홈트레이닝 문화가 매우 빨리 정착되고 있다. 보통 개인적인 취향에 따라 운동을 하면 건강에 도움은 되겠지만 효과적인 운동에 의한 신체단련은 어렵다. 왜냐하면 바른 자세로 운동을 하지 않으면 근육이나 관절을 손상시킬 수 있기 때문에 헬스 트레이너의 도움이 필요하다.

본 논문은 최근 이러한 코로나 상황에서 특히 실내에서 헬스 트레이너 없이도 사용자가 바른 자세로 운동할 수 있도록 도움을 줄 수 있는 행동감지를 이용한 운동자세 교정 시스템을 설계하고 구현하였다.

II. 관련연구

본 논문에서 제안하는 시스템에 관련된 유사연구로 두가지를 소개하면 다음과 같다.

1. 실시간 공간매핑을 이용한 객체 이동경로 추적

[1]은 오픈포즈 기반에서 실시간 공간 매핑을 이용하여 객체의 이동경로를 추적하는 연구이다. 이 연구에서 제안하는 알고리즘은 사용자 추적 단계, 실시간 공간 매핑 단계, 이동경로 추정단계로 구성된다. 사용자 추적 단계는 Human Pose Estimation 기술의 오픈포즈를 이용하여 사용자의 관절 좌표 정보를 획득하고 양쪽의 발목 좌표의 중심점을 사용자의 위치 정보로 지정한다. 실시간 공간 매핑 단계에서는 공간의 추정 영역을 지정하고 Matrix 변환을 적용한 후 사용자 객체 정보와 매칭한다. 그리고 마지막 단계인 이동경로 추적 단계에서는 사용자의 위치 정보를 추출하고 저장하고 사용자의 이동경로를 획득한다.

2. 기계 학습을 사용한 실시간 자국어 수화 인식

[2]는 MediaPipe 및 기계 학습을 사용한 실시간 자국어 수화 인식 연구이다. 이 연구에서 제안하는 알고리즘은 MediaPipe의 Hand Pose Estimation 라이브러리와 다양한 머신러닝 모델을 이용하여 수화를 학습하고 인식한다. 사용한 머신러닝 모델은 DeepCNN, CNN (Convolutional

Neural Networks), KNN (k-Nearest Neighbors), Random Forest, ANN (Artificial Neural Network), SVM 등인데, SVM (Support Vector Machines)에서 99%대, 평균적으로 CNN에서 97%, KNN과 Neural Network을 결합한 모델은 96%, DeepCNN에서 94%의 정확도를 가짐을 확인하였다.

III. 시스템 설계

1. 설계 고려사항

사용자의 신체를 표현하고 키포인트 (Key Point) 좌표를 추출하기 위해서 MediaPipe라이브러리를 설치한다. 그리고 좌푯값을 계산하기 위해 numpy를 설치한다. 카메라에 가려진 신체 키포인트 좌표는 오류에 원인이 될 수 있으므로 촬영에 방해요소가 적은 원판을 기준으로 시스템을 설계하였다.

2. 운동 자세교정 시스템의 구성

제안 시스템은 그림 1과 같이 3단계로 구성된다. 1단계는 사람의 자세를 시각적으로 확인할 수 있는 관절 좌표 추정 단계, 2단계는 푸시업 자세를 판단하는 자세 판단 단계. 그리고 3단계는 푸시업 자세가 정확한지를 판단하고 운동자세를 교정하는 운동자세 교정 단계이다.

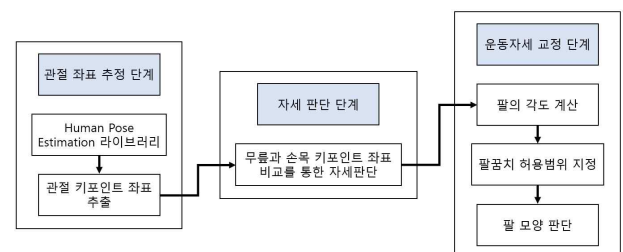


그림 1. 운동자세 교정 시스템의 단계 구성

3. 운동 자세교정 시스템 설계

관절 좌표 추정 단계에서는 HPE 라이브러리를 이용하여 사용자의 관절 키포인트 좌표를 추출한 후 이를 영상의 픽셀 좌표로 시각적 나타낸다. 푸

사업 자세 판단 단계에서는 추출한 무릎 좌표의 y 축 좌표의 값이 팔꿈치의 y 축 좌표의 값 보다 작으면 엎드림 또는 푸시업 자세로 판단한다.

운동자세 교정 단계에서 팔의 각도는 어깨, 팔꿈치 그리고 손목의 좌표를 이용하여 계산한다. 팔꿈치의 오차 허용범위 (L)는 손목의 x 좌표에 팔꿈치 오차범위 가중치 (W)를 통해 계산한다. W 는 식 (1)과 같이 팔꿈치 좌표(x_1, y_1)와 손목 좌표(x_2, y_2)간의 거리를 구한다. L 은 손목의 x 축을 기준으로 팔꿈치 오차범위 가중치 W 를 더한 값인 최대 허용범위와 x 축을 기준으로 W 를 뺀 값인 최소 허용범위를 합산한 값이다. L 은 사용자와 카메라의 거리에 따라 조정될 수 있다. 팔 모양 판단에서 팔의 각도가 일정 각도 이상으로 줄어들지 않으면 운동 횟수로 카운트하지 않는다.

육안으로 팔꿈치의 좌표 오차의 허용 범위의 설정은 팔꿈치 좌표와 손목의 좌표를 3으로 나눈 값으로 사용해야 하지만, 식 (2)와 같이 x_2 에서 소연산을 하기 위해 3에서 2를 나눈 값인 6을 적용하였다.

$$W = \frac{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}}{6} \quad (1)$$

$$L = (x_2 + W) + (x_2 - W) \quad (2)$$

IV. 실험 및 결과

1. 실험 환경

환경구축에 사용된 언어는 python 3.8버전이고 라이브러리는 anaconda를 이용해서 정리하였다. Human Pose Estimation 기술을 사용하기 위한 라이브러리는 MediaPipe를 사용했다. 실험에는 엔비디아 그래픽카드 지포스 지티엑스 1050ti가 탑재된 노트북을 사용하였고 Windows 10 환경에서 실험을 진행하였다. 실험공간은 카메라에 실험자의 신체가 머리부터 무릎까지 나오는 공간인 $2.5m \times 2.0m$ 으로 설정하였다.

2. 실험 및 결과

실험은 사람이 카메라 앞에서 푸시업을 하는 방식으로 진행되었다. 푸시업은 총 120회 실시되었고, 바른자세 푸시업을 카메라의 왼쪽, 중앙, 그리고 오른쪽 위치에서 각각 20회를, 틀린 푸시업 또한 동일한 위치에서 각각 20회 진행하였다. 사람과 카메라와의 거리 설정은 사용 카메라의 해상도에 따라 달라지지만 이번 실험에서 사람과 카메라간의 거리는 실험에 사용된 카메라의 해상도를 고려해서 대략 $2.5m$ 거리에서 설정하였다.

그림 2의 왼쪽은 올바르게 못한 푸시업 자세를 그리고 오른쪽은 바른 푸시업 자세 나타내는 것이다. 올바르게 못한 푸시업 자세의 경우 회당 횟수의 변화가 전혀 없었지만 바른 푸시업 자세의 경우는 회당 횟수가 증가함을 확인할 수 있었다.

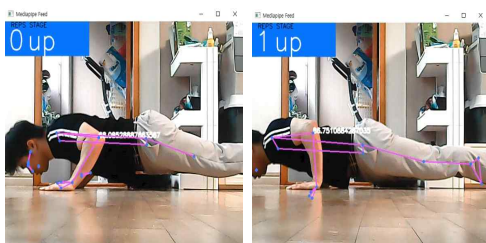
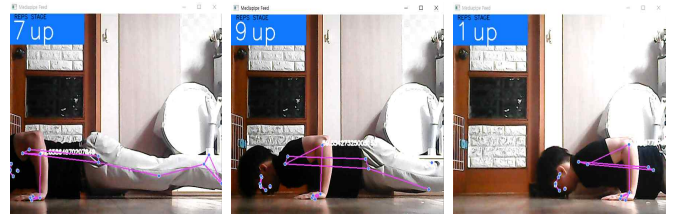


그림 2. 실험장면

실험은 그림 3과 같이 카메라의 왼쪽 (A), 중앙 (B), 오른쪽 (C) 위치에서 진행하였고, 바른 자세와 틀린 자세에 따른 푸시업 인식 정확도를 표 1에서 보는 바와 같이 측정 및 분석하였다. 바른 자세의 푸시업 인식 정확도는 A위치에서 90%, B위치에서 100%, 그리고 C위치에서 95%로 각각

인식되었다. 그리고 틀린 자세에서의 카운터 횟수는 A, B, C의 위치에서 모두 0개로 인식하였기 때문에 푸시업 인식 정확도는 100%로 인식 되었다. 그러나 바른 자세 푸시업에서 실험결과로 얻어진 인식률은 카메라에 붙은 볼록렌즈가 이미지의 왜곡을 유발하여 푸시업을 하는 팔의 각도나 무릎의 좌표를 부정확하게 인식하게 하는 요인으로 추측하고 있다.



왼측에서 촬영 (A) 중앙에서 촬영 (B) 오른쪽에서 촬영 (C)
그림 3. 사용자의 푸시업 위치

표 1. 푸시업 인식 정확도

자세 유형	사용자 위치	카운트횟수	푸시업 인식 정확도
바른 자세	A	18/20	90%
	B	20/20	100%
	C	19/20	95%
틀린 자세	A	0/20	100%
	B	0/20	100%
	C	0/20	100%

V. 결론

본 논문에서는 HPE의 MediaPipe 라이브러리를 이용하여 사용자의 푸시업 자세를 교정하는 시스템을 설계 및 구현하였다. 푸시업 자세판단 단계에서 팔의 모양을 판단하기 위한 각도 계산 알고리즘, 푸시업이 바른 자세인지 아닌지를 판단하는 팔꿈치 오차 허용범위 지정 알고리즘을 제안하였다. 그리고 운동자세 교정 단계에서 팔이 접혔다 펴졌음을 확인할 수 있는 팔 모양 판단 알고리즘을 제안하였다.

실험결과, 틀린 자세는 카운터가 되지 않았고, 바른 자세는 횟수마다 카운터가 되었음을 확인하였다. 푸시업을 하는 위치에 따라 이러한 현상이 발생한 이유는 카메라의 볼록렌즈로 인한 이미지 왜곡 현상이 푸시업을 하는 팔의 각도나 무릎의 좌표를 부정확하게 인식하게 하는 것으로 추측하고 있다. 이 문제점은 규명중에 있으며, 차후 제안한 시스템을 보완한 후 사용 범위를 확장해서 다른 운동의 자세 교정 시스템도 개발해 볼 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학 지원 사업의 연구결과로 수행되었음(2018001874004).

본 논문은 부산광역시 및 (재)부산인재평생교육진흥원의 BB21플러스 사업으로 지원된 연구임.

참 고 문 헌

- [1] 신승현, 김태완, 이동명, “오픈포즈 기반 실시간 공간 맵핑을 이용한 객체 이동경로 추적 알고리즘에 관한 연구,” 2020년도 한국통신학회 하계종합학술발표회 논문집 (ISSN: 2383-8302), vol. 72, 용평리조트 타워콘도, pp.1363-1364, 2020. 8. 12-14.
- [2] Arpita Halder and Akshit Tayade, “Real-time Vernacular Sign Language Recognition using MediaPipe and Machine Learning,” International Journal of Research Publication and Reviews (ISSN 2582-7421), Vol (2), Issue (5), pp.9-17, 2021.