

컴퓨터 비전을 활용한 배드민턴 스윙 자세 진단 서비스

유창현⁰ 박상근

경희대학교 소프트웨어융합학과

jakey1110@naver.com, sk.park@khu.ac.kr

Badminton Swing Posture Diagnosis Service Using Computer Vision

ChangHyun Yoo⁰ Sangkuen Park

Department of Software Convergence, Kyung Hee University

요 약

국내 배드민턴 인구는 2016년 기준 약 400만 명으로 정도로, 매우 많은 사람이 배드민턴을 체육 활동으로 즐기고 있다. 모든 체육 활동 종목이 그렇듯 기본자세를 지키는 것이 중요하다. 기본자세를 지키지 못할 경우 여러 관절에 부상을 일으키고, 실력을 발휘할 수 없게 된다. 따라서 본 논문에서는 배드민턴 스윙 영상으로부터 Pose Estimation을 활용하여 유사도 기반으로 배드민턴 스윙에 대해 진단하고, YOLOv8의 Object Detection 모델로부터 셔틀콕을 인식할 수 있는 모델을 구축하여 타구 순간, 타구 후와 같은 특정 순간에서의 Pose Estimation을 통해 배드민턴 스윙을 진단하는 웹서비스를 개발하였다.

1. 서 론

2016년 기준 국내 배드민턴 인구는 약 400만 명이다[1]. 배드민턴은 꾸준한 인기 종목이었다. 실내 스포츠이지만 실외에서도 즐길 수 있고, 배드민턴을 치기 위해서 라켓과 셔틀콕만 있다면 쉽게 배드민턴을 칠 수 있다.

하지만 모든 스포츠가 그렇듯이 기본자세는 중요하다. 배드민턴도 마찬가지이다. 잘못된 자세를 가진 채로 플레이할 경우 손목, 어깨, 팔꿈치 등 주요 관절에 부상을 입을 수 있고, 제 실력을 발휘할 수 없게 된다. 기본자세를 익히기 위해서 비용을 지불하고 레슨을 받을 수 있다. 하지만 레슨을 받기 위해서는 꽤 많은 비용을 지불해야 하고, 시간을 투자해야 한다.

골프의 경우 스크린 골프가 발달하여 있어 골퍼들의 스윙 데이터를 얻는 것이 비교적 쉽기 때문에 골프픽스, 골프존 AI 코치 등 다양한 스윙 진단 서비스가 이미 존재한다. 배드민턴의 경우 스윙 데이터가 골프의 스윙 데이터에 비해 확연히 적기 때문에 배드민턴 스윙만을 위한 진단 서비스는 찾아보기 힘들다. 따라서 본 논문에서는 컴퓨터 비전의 영역 중 하나인 Pose Estimation과 Object Detection을 활용하여 유사도에 기반한 스윙 자세 진단, 타구 순간 또는 타구 후와 같은 특정 순간에서의 관절 각도를 기반으로 스윙 자세 진단하는 웹서비스를 개발하였다.

2. 진단 항목 선정

배드민턴은 하이클리어, 드롭, 헤어핀 등 다양한 종류의 스윙이 있다. 본 논문에서는 배드민턴의 가장 기본적인 자세인 하이클리어를 진단할 스윙으로 정했다. 송주호(2003)[2]는 배드민턴 스윙의 이벤트(Event)와 국면(Phase)을 각각 3가지, 2가지로 구분했다. 각 이벤트는 E1, E2, E3이고, 제1 국면(E1 ~ E2)은 라켓을 머리 위쪽으로 올리는 동작을 취하면서 몸이 점프 준비를 하는 순간(E1)부터 라켓이 최대로 백스윙 된 순간(E2)까지로, 제2 국면(E2 ~ E3)은 라켓이 최대로 백스윙 된 순간(E2)부터 라켓과 셔틀콕이 임팩트 되는 순간(E3)으로 말하고 있다.

따라서 몸이 점프를 준비하는 순간(E1), 라켓이 최대로 백스윙 된 순간(E2), 라켓과 셔틀콕이 임팩트 되는 순간(E3), 라켓과 셔틀콕이 임팩트 된 후, 총 4가지의 이벤트에 대해 분석을 진행한다.

2.1 E1의 진단 항목

E1에서의 스윙 사진은 그림 1[3]과 같다. E1에서 중요한 것은 스윙 팔(오른팔)의 손목, 팔꿈치, 어깨의 삼각형 유지와 보조 팔(왼팔)을 셔틀콕을 가리키며 자연스럽게 올리는 것이다. 따라서 E1에서의 진단 항목은 위의 두 가지 항목으로 선정한다.



그림 1. E1에서의 스윙 상태

2.2 E2의 진단 항목

E2에서의 스윙 사진은 그림 2[3]와 같다. E2는 E1으로부터 라켓을 뒤로 쓰다듬듯이 백스윙하는 것이 가장 중요하다. 따라서 백스윙 자세가 올바르게 이루어지는 지를 진단 항목으로 선정한다.



그림 2. E2에서의 스윙 상태

2.3 E3의 진단 항목

E3에서의 스윙 사진은 그림 3[3]과 같다. 배드민턴에서 권장하는 타구 위치는 타구 자의 약간 앞이다. 또한 송주호(2003)[2]는 E3에서의 팔꿈치 평균 각도를 160.5도로 측정했다. 따라서 E3에서의 진단 항목은 타구 위치와 타구 시 팔꿈치 펴짐 여부로 선정한다.



그림 3. E3에서의 스윙 상태

2.4 라켓과 셔틀콕이 임팩트 된 후의 진단 항목

라켓과 셔틀콕이 임팩트 된 후의 스윙 사진은 그림 4[3]와 같다. 이때 중요한 것은 타구 후에도 팔꿈치 폼을 유지하고, E3 때와 달리 손목이 꺾여야 한다. 따라서 라켓과 셔틀콕이 임팩트 된 후의 진단 항목으로 팔꿈치 폼 여부, 손목 사용 여부를 선정하였다.



그림 4. 라켓과 셔틀콕이 임팩트 된 후의 스윙 상태

3. 유사도 기반 스윙 진단

본 논문에서는 E1을 나타내고 있는 그림 1[3], E2를 나타내고 있는 그림 2[3]에 대해서 동영상에서 가장 자세가 유사한 프레임을 찾았다. 동영상의 각 프레임에 대한 자세 추정을 위한 오픈소스로 Mediapipe를 사용했다.

유사도를 계산하기 위한 방법은 다음과 같다. 먼저 모든 Keypoint(관절)에 대한 좌표를 Nose를 중심으로 하는 벡터로 변환한 후, 아래와 같은 식으로 유사도를 구하였다.

$$similarity = \frac{\Pi(\vec{v} \cdot \vec{u})}{\Sigma d(\vec{v}, \vec{u}) + 1} \quad (v \text{는 입력}, u \text{는 정답})$$

즉, 유사도를 측정할 때, 내적 값의 곱을 벡터 사이의 거리의 합 + 1로 나눈 값을 유사도로 계산하였다. 이는 어떤 Keypoint에 대한 유사도를 측정할 때, 각도의 유사도와 거리의 유사도를 모두 측정하기 위함이다. 이때 유사도를 측정하고자 하는 Keypoint를 직접 설정할 수 있도록 함수를 구성하였다.

E1과 E2에 대해 유사한 프레임을 찾을 때, 찾고자 하는 더 알맞은 스윙 상태를 찾기 위해 E1의 경우 오른쪽 어깨보다 오른쪽 팔꿈치가 더 위에 있을 때 또는 오른쪽 팔꿈치가 오른쪽 손목보다 더 위에 있을 때는 유사도가 0이 되도록 처리하였고, E2의 경우 오른쪽 어깨가 오른쪽 팔꿈치보다 더 위에 있을 때 또는 오른쪽 손목이 코보다 더 오른쪽에 있을 때는 유사도가 0이 되도록 처리하였다. 아예 해당 자세가 불가능한 경우에는 유사도가 0이 되도록 처리함으로써

더 유사한 자세를 찾아낼 수 있었다.

4. 셔틀콕, 라켓 인식을 통한 특정 상황 자세 진단

본 논문에서는 E3를 나타내고 있는 그림 3[3], 셔틀콕이 임팩트 된 후를 나타내고 있는 그림 4[3]에 대한 자세를 추정하기 위해 임팩트 순간의 프레임을 찾아야 했다. 셔틀콕은 치기 전에는 속도가 매우 느리지만, 친 후에는 순간 속도가 매우 빠르다. 따라서 자연스럽게 중력에 의해 낙하하는 셔틀콕을 Object Detection 하는 모델을 훈련한다면, 셔틀콕을 치기 전과 친 후를 구별할 수 있을 것이다. 추가로 라켓 인식을 통해 추후 연구에 사용할 수 있을 것으로 생각하여 라켓에 대한 데이터도 수집하였다.

4.1 셔틀콕, 라켓 데이터 수집 및 전처리, 라벨링

자유낙하를 하는 셔틀콕을 인식하기 위해서는 자유 낙하를 하는 셔틀콕에 대한 더 많은 영상 데이터 세트가 필요했다. 따라서 이를 위해 자유낙하를 하는 셔틀콕 영상과 하이클리어 스윙 영상을 직접 수집하였다. 얻은 영상 데이터를 통해 자유 낙하하는 셔틀콕 사진과 라켓 사진 약 4,000장을 전처리했고, 자유 낙하하는 셔틀콕과 라켓을 Roboflow 사이트를 통해 라벨링 하였다.

4.3 셔틀콕, 라켓 인식 Object Detection 모델 훈련

라벨링 한 데이터를 Train, Test, Validation Set에 대하여 8:1:1로 분할하고, Google Colab에서 YOLOv8 모델로 훈련을 진행하였다. 첫 번째 훈련은 YOLOv81.pt 모델을 활용하여 진행했다. 훈련 모델에 대한 Validation 결과 Confusion Matrix는 아래 그림 5와 같다.

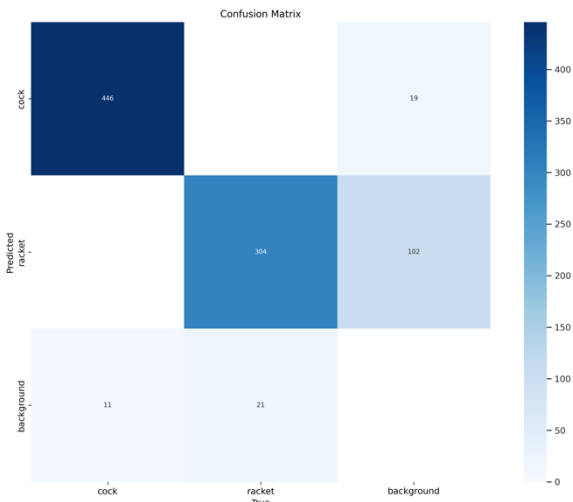


그림 5. 훈련 모델에 대한 Validation 결과

Validation 결과 라켓에 대한 예측 결과가 셔틀콕에 비해 그다지 좋진 않지만, 셔틀콕에 대해서는 매우

좋은 성능을 보임을 확인할 수 있다. 이후 배드민턴 스윙 진단 서비스 개발 과정에서 YOLOv81.pt 모델이 예측에 있어 너무 많은 시간이 소모되어 YOLOv8s.pt 모델을 활용하여 다시 훈련을 진행했고, YOLOv8s.pt 기반 모델 또한 셔틀콕과 라켓 예측에 있어 좋은 성능을 보여줬고, 더 빠른 예측이 가능했다.

4.4 타구 순간, 타구 후 프레임 선정 및 진단

영상에서 타구 순간을 파악하기 위해서 모든 영상의 프레임을 Object Detection 했고, 셔틀콕에 대한 예측 정확도가 0.6이 넘지 않을 경우 셔틀콕이 아니라고 판단했다. 셔틀콕이라고 판단되는 마지막 프레임을 타구 순간의 프레임으로 선정하였고, 그 프레임으로부터 8프레임 뒤의 프레임을 타구 후 프레임으로 선정하였다. 타구 시 프레임에서는 배드민턴 플레이어의 타구 위치가 머리 약간 앞에서 이루어지는진 오른쪽 엉덩이, 오른쪽 어깨, 오른쪽 팔꿈치가 이루는 각도를 활용하여 진단했고, 오른쪽 어깨, 오른쪽 팔꿈치, 오른쪽 손목이 이루는 각도를 활용하여 팔꿈치가 얼마나 펴져 있는지를 진단했다. 타구 후 프레임에서는 여전히 팔꿈치가 얼마나 펴져 있는지, 타구 시와 타구 후의 오른쪽 팔꿈치, 오른쪽 손목, 오른쪽 검지가 이루는 각도를 비교하여 손목을 사용했는지를 진단한다.

5. 배드민턴 스윙 진단 서비스

배드민턴 스윙 진단 서비스를 구축하기 위해 사용한 플랫폼은 웹이다. 그림 6은 해당 웹 애플리케이션의 구조이다. Vue.js를 활용하여 클라이언트를 구축하고, Flask 기반으로 Mediapipe와 학습된 YOLOv8 모델을 활용하여 서버를 구축하였다.

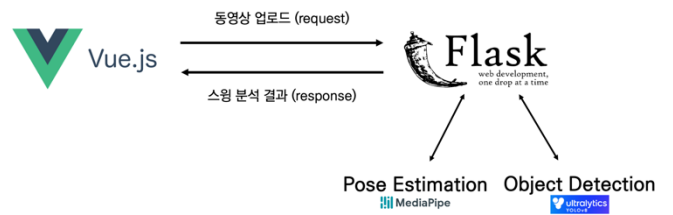


그림 6. 웹 애플리케이션 구조

사용자는 클라이언트를 통해 자신의 스윙 영상을 업로드하고, 서버에서는 Pose Estimation과 학습된 Object Detection 모델을 활용하여 스윙을 분석하고 분석한 결과를 클라이언트에게 제공한다.

6. 배드민턴 스윙 진단 결과

아래 그림 7은 어떤 배드민턴 스윙 영상에 대한 진단 결과이다. 각 항목에 대한 진단 결과를 ‘좋아요’, ‘아쉬워요’, ‘나빠요’로 나타내고, 그래프를

활용하여 시각화하고 있다.



그림 7. 배드민턴 스윙 진단 결과

그림 8은 각 진단 항목에 대해 ‘자세히 보기’ 를 클릭했을 때 나타나는 화면이다. 사용자의 스윙 프레임을 보여주고, 올바른 예시의 스윙 영상과 더 좋은 스윙으로 개선하기 위한 가이드라인을 제공함으로써 잘못된 사용자의 스윙을 바꾸도록 제안한다.

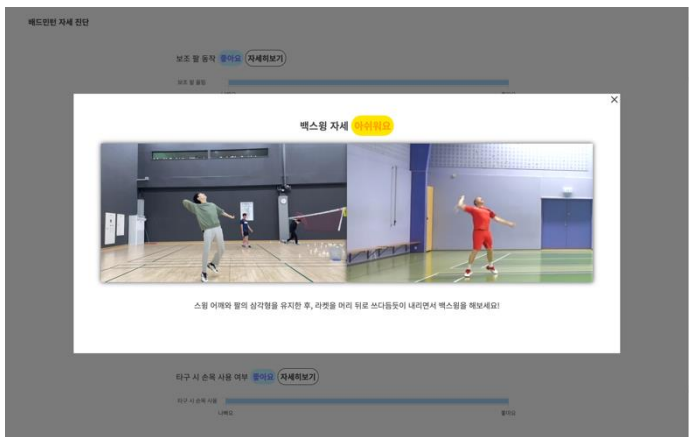


그림 8. 진단 항목에 대한 세부 진단

그림 9는 타구 위치에 대해 ‘자세히 보기’ 를 클릭했을 때 나타나는 화면이다. 셔틀콕 인식을 통해 사용자가 타구했다고 판단한 결과가 실제 타구 순간과 일치함을 확인할 수 있다. 또한 셔틀콕의 타구가 머리 앞이 아닌 머리와 같은 위치에서 발생하여 타구 위치 진단 결과가 ‘나빠요’ 로 나온 것을 확인할 수 있다.



7. 결론 및 제언

본 논문에서는 올바른 스윙 자세와의 유사도, 셔틀콕 Object Detection을 활용하여 특정 상황에서의 자세 분석을 통해 진단해주는 방법론을 제안했다. 올바른 자세 진단을 통해 사용자는 관절에 대한 부상을 줄일 수 있고, 더 좋은 실력으로 배드민턴을 즐길 수 있을 것으로 기대된다. 하지만 단순히 유사도만으로 스윙의 유사성을 측정하는 것 또한 한계가 있다. 따라서 단순 유사도만이 아닌 스윙 구간을 구분하는 모델을 구축하고, 빠르게 움직이는 동영상에 대해서 더 좋은 카메라 성능과 더 좋은 Pose Estimation이 이루어질 수 있다면 더 정확한 자세 진단이 가능할 것이다.

참고문헌

- [1] 심혜민, 2016년 2월 11일, https://portal.sports.or.kr/info/webzineView.do%3BSESSIONID_PORTALFRONT=jnkUvP4jJ81IBpTrmdjhNt iREmufs65WKG81w6t6rN97bcpWG1m8!-352173809?pageIndex=1&pageUnit=15&searchBookYear=&searchCategoryCd1=1301&searchCategoryCd2=&searchKeyword=&orderBy=H&boardSeq=HS
- [2] 송주호, 배드민턴 클리어와 드롭 동작에 대한 운동학적 분석, 한국운동역학회(2003), p.215~228
- [3] “👤 배드민턴 입문자용 A to Z 👤 "여러분은 전혀 스윙하고 있지 않아요" 국가대표가 알려주는 스윙의 Basic ! | 장기린의 배드민턴 | Badminton Lesson.” Youtube, uploaded by 장기린 GIRINY, 2022년 7월 14일, <https://youtu.be/NncMe2-IEIQ?si=rwMnfl2406YbVVFr>