



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0104009
(43) 공개일자 2025년07월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06V 40/20 (2022.01) A63B 102/32 (2015.01)
A63B 24/00 (2006.01) G06F 16/51 (2019.01)
G06T 7/62 (2017.01) G06V 10/30 (2022.01)
G06V 10/34 (2022.01) G06V 10/74 (2022.01)
G06V 20/40 (2022.01)

(52) CPC특허분류

G06V 40/23 (2022.01)
A63B 24/0006 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2023-0195947

(22) 출원일자 2023년12월29일

심사청구일자 2023년12월29일

(71) 출원인

인천대학교 산학협력단

인천광역시 연수구 갯벌로 27, 인천대학교 이노베이션센터(송도동)

템포디올 주식회사

경기도 성남시 분당구 대왕판교로645번길 12, 경기창조경제혁신센터 8층, 판교경기문화창조허브 알13호(삼평동)

(72) 발명자

황광일

인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)

최준혁

인천광역시 서구 봉오대로318번길 23, 203동 703호 (가정동, 하나아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인충정

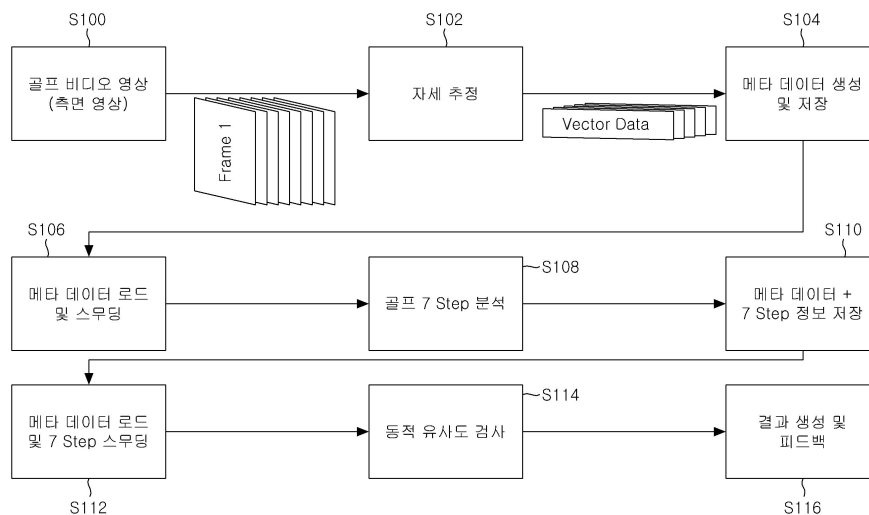
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 의한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법은, (A) 프로세서가, 자세 추정 모델에 기반하여 입력되는 각 영상의 프레임별 사용자의 관절의 키포인트값들을 포함하는 메타데이터를 생성하는 단계; (B) 상기 메타데이터에 기반하여, 사용자가 수행하는 운동 동작을 분석하여, 상기 운동 동작을 복수의 단계로 구분하는 단계; 및 (C) 상기 구분된 복수의 단계 중 인접한 두 단계들 사이의 구간 각각에서의 두 사용자 간의 동적 모션 유사도를 획득하는 단계를 포함할 수 있다.

대표도



(52) CPC특허분류

G06F 16/51 (2019.01)
G06T 7/62 (2017.01)
G06V 10/30 (2023.08)
G06V 10/34 (2023.08)
G06V 10/761 (2023.08)
G06V 20/41 (2022.01)
A63B 2024/0012 (2013.01)
A63B 2102/32 (2015.10)
G06V 2201/10 (2022.01)

(72) 발명자

이승수

인천광역시 남동구 청능대로718번길 7, 101동 602호 (논현동, 소래마을풍림아파트)

황영진

인천광역시 연수구 송도과학로 70, 1510호 (송도동, AT센터오피스텔)

이동준

인천광역시 계양구 황어로115번길 10, 11동1202호 (오류동, 신동아아파트)

김명진

경기도 화성시 동탄대로24길 102, 316동 302호 (영천동, 솔리움더테라스)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345370687
과제번호	LINC3.0-2023-68
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	3단계산학협력선도대학육성사업(LINC3.0)
연구과제명	3단계산학협력선도대학육성사업(LINC3.0)(동적 모션 비교분석 서비스를 위한 포터블 Back-end AI 프레임워크 개발)
기 여 율	1/1
과제수행기관명	인천대학교
연구기간	2023.03.01 ~ 2024.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

- (A) 프로세서가, 자세 추정 모델에 기반하여 입력되는 각 영상의 프레임별 사용자의 관절의 키포인트값들을 포함하는 메타데이터를 생성하는 단계;
- (B) 상기 메타데이터에 기반하여, 사용자가 수행하는 운동 동작을 분석하여, 상기 운동 동작을 복수의 단계로 구분하는 단계; 및
- (C) 상기 구분된 복수의 단계 중 인접한 두 단계들 사이의 구간 각각에서의 두 사용자 간의 동적 모션 유사도를 획득하는 단계를 포함하는, 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 운동 동작은 골프 스윙을 포함하는, 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 (B) 단계는,

상기 메타데이터에 기반하여, 골프 스윙을 어드레스, 테이크어웨이, 하프, 백스윙 탑, 임팩트, 팔로우 스루 및 피니쉬를 포함하는 7단계로 구분하는, 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

가로축을 프레임의 수라 하고, 세로축을 손목 관절의 X 좌표라 할 때, 상기 인접한 두 단계들 사이의 임의의 구간에서의 두 사용자 간의 동적 모션 유사도는,

상기 구간의 시작을 나타내는 제1 수직선, 상기 구간의 끝을 나타내는 제2 수직선, 상기 구간에서 두 사용자 중 제1 사용자의 손목 관절의 X 좌표들을 포함하는 제1 그래프 및 상기 구간에서 두 사용자 중 제2 사용자의 손목 관절의 X 좌표들을 포함하는 제2 그래프에 의해 둘러싸인 부분의 면적을 계산함으로써 획득되는, 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제1 수직선, 상기 제2 수직선, 상기 제1 그래프 및 상기 제2 그래프에 의해 둘러싸인 부분의 면적은 구분 구적법에 기반하여 계산되는, 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 (C) 단계 이전에,

상기 구분된 복수의 단계 중 인접한 두 단계들 사이의 구간에서 두 사용자 중 제1 사용자의 손목 관절의 X 좌표들 사이의 값들을 보관하고, 상기 구간에서 두 사용자 중 제2 사용자의 손목 관절의 X 좌표들 사이의 값들을 보관하는 단계를 더 포함하는, 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법.

청구항 7

제3항에 있어서,

상기 (C) 단계 이전에,

두 사용자의 어드레스 시점을 기준 시점에 정렬하여 통합하는 단계를 더 포함하는, 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 (B) 단계 이전에,

노이즈 또는 이상치 제거를 위하여 상기 메타데이터를 스무딩하는 단계를 더 포함하는, 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 (A) 단계는,

자세 추정 모델에 기반하여 입력되는 각 영상의 프레임별 사용자의 관절의 키포인트값들을 받아 JSON 형식으로 메타데이터를 생성하고, 상기 생성된 메타데이터를 영상과 함께 메모리에 저장하는 단계를 포함하는, 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 (B) 단계는,

상기 메타데이터에 기반하여, 사용자가 수행하는 운동 동작을 분석하여, 상기 운동 동작을 복수의 단계로 구분하며, 구분된 각 구간에 대한 이미지 및 상기 메타데이터를 메모리에 저장하는 단계를 포함하는, 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법.

청구항 11

프로세서; 및 메모리를 포함하는 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 장치로서,

상기 메모리는 상기 프로세서에 의해 수행될 때 상기 장치가 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법을 수행하기 위한 특정 동작을 구현하도록 구성된 명령어를 포함하고, 상기 특정 동작은,

자세 추정 모델에 기반하여 입력되는 각 영상의 프레임별 사용자의 관절의 키포인트값들을 포함하는 메타데이터를 생성하는 것;

상기 메타데이터에 기반하여, 사용자가 수행하는 운동 동작을 분석하여, 상기 운동 동작을 복수의 단계로 구분하는 것; 및

상기 구분된 복수의 단계 중 인접한 두 단계들 사이의 구간 각각에서의 두 사용자 간의 동적 모션 유사도를 획득하는 것을 포함하는, 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 장치.

청구항 12

컴퓨터에 제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 기재된 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법의 각 단계를 실행시키기 위하여 컴퓨터로 판독 가능한 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법 및 장치에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0002] 골프는 매년 수많은 사람이 즐기는 인기 있는 스포츠 중 하나이다. 그러나 골프를 플레이하는 것은 기술적인 요소와 균형, 자세와 같은 여러 가지 요소가 복합적으로 작용하여 성공적으로 플레이하기가 어렵다. 특히 골프 자세는 골프 기술의 핵심 중 하나이다.
- [0003] 이에 따라, 많은 사람은 자신의 골프 자세를 개선하고 싶어 한다. 하지만, 어떤 부분을 개선해야 할지 파악하기가 어려울 때가 많다. 이전의 대부분 사람은 보통 골프 교육을 받거나, 컨설턴트와 함께 스윙을 연습하며 자세를 개선하는 방법을 선택한다. 그러나 이러한 방법들은 비용과 시간이 많이 든다. 최근에는 미디어 매체를 통한 정보를 이용해 자세 개선을 시도한다. 그러나 이러한 방법들은 자신에게 맞지 않는 자세 개선일 수 있으며, 개선에 대한 즉각적인 피드백을 얻기 어렵다. 앞서 말한 문제를 해결하기 위해 자세 추정을 이용한 골프 자세를 분석하는 다양한 연구들이 진행되고 있다.
- [0004] 컴퓨팅 성능의 향상과 딥러닝의 개발로 이미지 기반의 자세 추정 기술이 발전하면서 모션 분석에 새로운 시야가 열렸다. 자세 추정 기술을 이용하여 이미지 내에서 사람의 자세를 분석하는 기술은 기존의 센서를 사용하는 방식보다 비용이 낮아지고, 이동성이 용이하며 사용하기 쉬워진다. 이에 따라 다양한 신체의 2D, 3D 데이터를 얻을 수 있게 되었고, 이러한 기술의 상용화로 자세 인식을 이용한 다양한 스포츠, 에이스쿼트와 같은 애플리케이션들이 등장했다. 이에 따라 2D, 3D 데이터를 이용하여 모션을 분석하고 비교하는 연구는 다양한 분야에 걸쳐서 발전하고 있다. 그리고, 이를 이용해 골프 스윙 인식 기술에 적용하는 사례도 늘어났다.
- [0005] 그러나 이러한 모션 분석 및 비교 연구는 골프 스윙에 적용될 때 실제 모션 분석 결과와 인간의 지각과는 일치하지 않는 한계가 있다.
- [0006] 한편, 스포츠와 과학의 결합은 현대 스포츠에서 중요한 역할을 담당하고 있다. 과학기술의 발전으로 스포츠 과학이라는 새로운 분야가 형성되어, 데이터를 기반으로 한 분석과 선수 또는 스포츠를 즐기는 개인의 체형과 특성에 맞는 개선이 가능해졌다. 특히, 골프는 스포츠와 과학이 결합하여 발전하는 분야 중 하나이다.
- [0007] 골프 스윙의 모션을 분석하는 연구는 센서를 사용하여 다양하게 진행되었다. 김명섭 등[1]은 IMU(관성 측정 장치)를 활용하여 기계 학습 모델에 골프 스윙을 다섯 가지 주요 단계로 분할하는 방법을 제안하였다. 김영진 등[2]은 두 개의 관성 밴드를 사용하여 골프 스윙 동작을 분석하는 방법을 제안하였다. 이 외에도 센서를 이용하여 모션 분석을 진행하고 자세를 조정하는 많은 연구가 있다.
- [0008] 또한, 자세 추정 모델이 발전함에 따라 이를 통한 모션 분석 연구는 다양하게 적용되고 연구되었다. 자세 추정 모델을 통해 얻은 데이터를 이용한 분석은 다양한 관점에서의 자세 비교 및 모션 유사도를 검사하는 방법을 제안한다.
- [0009] Stenum 등[3]은 오픈소스 비디오 기반 자세 추정 기술을 사용하여 인체 운동 분석 방법에 대해 제안했다. Aouaidjia 등[4]은 3차원 인간 관절 좌표를 사용하여 인간의 움직임을 양적으로 측정하는 방법을 제시하고, 이를 통해 움직임의 유사성을 비교하는 알고리즘을 제안했다. 이경오 등[5]은 3차원에서의 자세 예측은 어려운 문제이며, 기존 방법들의 수치적인 결과와 인간의 지각이 부적합하다는 문제를 제시하며 인간 지각에 적합한 Pose SIMilarity(PSIM)을 제안했다. 골프 스윙의 모션을 분석하는 연구에서도 이미지 기반 자세 추정 딥러닝을 이용하여 분석하는 방법을 제안하며 다양한 연구들이 진행되고 있다. 고경리 등[6]은 단일 카메라로 획득한 연속 이미지를 통해 골프 스윙의 3차원 정량 정보를 분석하여 주요 스윙 구간의 분류를 달성하는 기술을 제안했다.
- [0010] 시계열 데이터의 유사도 검사를 Dynamic Time Warping(DTW)을 이용해 데이터를 매칭하고 데이터 연속에서의 유사도 유사도를 이용해 동적 데이터에서의 유사도 비교를 진행하는 연구도 활발하게 이루어지고 있다. 임준석 등[7]은 비디오 스트림에서 추출한 키포인트에 대해 DTW를 사용해 인체 움직임 유사성을 정량화하는 방법을 제안했다.
- [0011] 하지만, 상기한 기존의 골프 스윙의 모션을 분석하는 연구는, 표 1과 같은 한계가 존재한다.

표 1

연구	특징	차이점/한계
김명섭 등[1]	IMU를 사용하여 골프 스윙을 기계 학습 모델에 적용	골프 스윙의 주요 단계만 분할
김영진 등[2]	골프 스윙 동작을 분석하기 위해 두 개의 관성 밴드를 사용	관성 밴드를 착용해야 함
Stenum 등[3]	오픈소스 비디오 기반 자세 추정 기술을 사용하여 인체 운동 분석	보행에 대해서만 오차 측정
Aouaidjia 등[4]	3차원 인간 관절 좌표를 사용하여 인간의 움직임을 양적으로 측정 및 유사성 비교 알고리즘 제안	Depth Camera가 필요
이경오 등[5]	3차원에서의 자세 예측을 위한 3차원 자세 추정 모델을 제안	LSTM 기반 모델을 사용하여 처리 속도가 느릴 수 있음.
고정리 등[6]	3차원 정량 정보를 분석하여 주요 스윙 구간을 분류	bi-LSTM 기반의 처리로 속도가 느릴 수 있음.
임준석 등[7]	DTW를 사용한 인체 움직임 유사성 정량화	연속적인 흐름을 파악하기 어려움

[0012]

[0013]

기존 스윙 분석들은 정적 모션 인식 기반 스윙 분석으로 진행하게 된다. 이러한 분석의 문제점은 크게 두 가지로 나타난다.

[0014]

특정한 순간의 자세에 따른 정적인 데이터 비교 방식은 전체적인 동작을 파악하기 어렵고, 세부적인 문제점을 파악하기도 어렵다. 기존의 방식은 구간 분석으로 나타난 특정한 순간에서 자세를 확인하고 그 자세에서의 문제점을 파악하는 방식으로 진행된다. 이러한 방식으로 구간 분석의 결과를 이용하여 정적인 프레임에서의 관절 값을 보고 결과를 비교하면 이전의 관절이 어디서 어떻게 움직였는지에 대한 정보를 반영하지 않게 된다.

[0015]

그리고, 사용자의 스윙을 비교한 비교 스윙의 기준이 모호하다는 점이다. 비교한 스윙이 무엇인지 알 수 없어 피드백을 통해 어느 관절을 얼마나 변화해야 할 지에 대한 구체적인 데이터를 알 수 없다. 이는 사용자의 개별적인 특징과 몸의 구조, 스윙의 목적에 따라 다양한 패턴이 나타날 수 있기 때문이고, 개인화된 피드백으로 제공되기 어렵다.

[0016]

이러한 문제점을 해결하기 위해서는 동적 모션 인식 기반 스윙 분석이 필요하다. 동적 모션 인식 기반 스윙 분석은 동영상에서 스윙 동작 전체를 분석하여 움직임의 흐름을 파악하고, 관절의 움직임이 어떻게 연결되어 있는지를 분석하여 사용자의 개별적인 특징과 몸의 구조, 스윙의 목적에 따라 다양한 패턴을 분석할 수 있다. 이러한 방식으로 분석된 데이터는 사용자에게 구체적인 피드백을 제공하고, 개선 방향을 제시할 수 있다.

[0017]

또한, 기존의 유사도 측정 알고리즘들은 대부분 정적인 데이터 비교를 기반으로 하여 동적인 움직임을 온전히 반영하지 못하는 한계가 있다. 그러나 이를 해결하기 위해 Dynamic Time Warping(DTW)을 이용한 매칭 결과를 토대로 매칭된 프레임에서 코사인 유사도를 평가하는 방식은 유사도 결과를 비교하기에 가장 이상적인 프레임 비교 방법이다. 하지만 이 방식은 이전 프레임과 다음 프레임의 데이터는 반영되지 않아 전체적인 동적 움직임을 온전히 반영하지 못한다.

[0018]

골프 스윙에서의 유사도는 스윙의 전체적인 흐름을 파악하고 유사도를 검사해야 스윙의 과정이 얼마나 유사한지를 알 수 있다. 앞서 언급한 한계로 인해, 새로운 동적 모션 유사도 알고리즘이 필요하다. 이러한 알고리즘은 동적인 데이터 비교를 기반으로 하여 전체적인 동작을 파악할 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0019] (특허문헌 0001) KR 10-2594938 B1

발명의 내용

해결하려는 과제

[0020] 본 발명은 '동적 모션 비교분석 서비스를 위한 포터블 Back-end AI 프레임워크 개발'의 연구결과로 고안된 것으로서 본 발명의 목적은 기존의 정적 모션 인식 기반 골프 스윙 분석 방법과는 차별화된 새로운 방법을 제안하여 골프 스윙의 동적인 모션을 기반으로 유사도를 측정함으로써, 골프 스윙의 개선을 위한 보다 효과적인 방법을 제시할 수 있는, 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0021] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 의한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법은,
- [0022] (A) 프로세서가, 자세 추정 모델에 기반하여 입력되는 각 영상의 프레임별 사용자의 관절의 키포인트값들을 포함하는 메타데이터를 생성하는 단계;
- [0023] (B) 상기 메타데이터에 기반하여, 사용자가 수행하는 운동 동작을 분석하여, 상기 운동 동작을 복수의 단계로 구분하는 단계; 및
- [0024] (C) 상기 구분된 복수의 단계 중 인접한 두 단계들 사이의 구간 각각에서의 두 사용자 간의 동적 모션 유사도를 획득하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0025] 본 발명의 일 실시예에 의한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법에 있어서, 상기 운동 동작은 골프 스윙을 포함할 수 있다.
- [0026] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법에 있어서, 상기 (B) 단계는,
- [0027] 상기 메타데이터에 기반하여, 골프 스윙을 어드레스, 테이크어웨이, 하프, 백스윙 탑, 임팩트, 팔로우 스루 및 피니쉬를 포함하는 7단계로 구분할 수 있다.
- [0028] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법에 있어서, 가로축을 프레임의 수라 하고, 세로축을 손목 관절의 X 좌표라 할 때, 상기 인접한 두 단계들 사이의 임의의 구간에서의 두 사용자 간의 동적 모션 유사도는,
- [0029] 상기 구간의 시작을 나타내는 제1 수직선, 상기 구간의 끝을 나타내는 제2 수직선, 상기 구간에서 두 사용자 중 제1 사용자의 손목 관절의 X 좌표들을 포함하는 제1 그래프 및 상기 구간에서 두 사용자 중 제2 사용자의 손목 관절의 X 좌표들을 포함하는 제2 그래프에 의해 둘러싸인 부분의 면적을 계산함으로써 획득될 수 있다.
- [0030] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법에 있어서, 상기 제1 수직선, 상기 제2 수직선, 상기 제1 그래프 및 상기 제2 그래프에 의해 둘러싸인 부분의 면적은 구분구적법에 기반하여 계산될 수 있다.
- [0031] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법은, 상기 (C) 단계 이전에, 상기 구분된 복수의 단계 중 인접한 두 단계들 사이의 구간에서 두 사용자 중 제1 사용자의 손목 관절의 X 좌표들 사이의 값들을 보간하고, 상기 구간에서 두 사용자 중 제2 사용자의 손목 관절의 X 좌표들 사이의 값들을 보간하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0032] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법은, 상기 (C) 단계 이전에, 두 사용자의 어드레스 시점을 기준 시점에 정렬하여 통합하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0033] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법은, 상기 (B) 단계 이전에, 노이즈 또는 이상치 제거를 위하여 상기 메타데이터를 스무딩하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0034] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법에 있어서, 상기 (A) 단계는,
- [0035] 자세 추정 모델에 기반하여 입력되는 각 영상의 프레임별 사용자의 관절의 키포인트값들을 받아 JSON 형식으로 메타데이터를 생성하고, 상기 생성된 메타데이터를 영상과 함께 메모리에 저장하는 단계를 포함할 수 있다.

- [0036] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법에 있어서, 상기 (B) 단계는,
- [0037] 상기 메타데이터에 기반하여, 사용자가 수행하는 운동 동작을 분석하여, 상기 운동 동작을 복수의 단계로 구분하며, 구분된 각 구간에 대한 이미지 및 상기 메타데이터를 메모리에 저장하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0038] 본 발명의 일 실시예에 의한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 장치는, 프로세서; 및 메모리를 포함하는 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 장치로서,
- [0039] 상기 메모리는 상기 프로세서에 의해 수행될 때 상기 장치가 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법을 수행하기 위한 특정 동작을 구현하도록 구성된 명령어를 포함하고, 상기 특정 동작은,
- [0040] 자세 추정 모델에 기반하여 입력되는 각 영상의 프레임별 사용자의 관절의 키포인트값들을 포함하는 메타데이터를 생성하는 것;
- [0041] 상기 메타데이터에 기반하여, 사용자가 수행하는 운동 동작을 분석하여, 상기 운동 동작을 복수의 단계로 구분하는 것; 및
- [0042] 상기 구분된 복수의 단계 중 인접한 두 단계들 사이의 구간 각각에서의 두 사용자 간의 동적 모션 유사도를 획득하는 것을 포함할 수 있다.
- [0043] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 컴퓨터에 상기한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법의 각 단계를 실행시키기 위하여 컴퓨터로 판독 가능한 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램을 제공할 수 있다.

발명의 효과

- [0044] 본 발명의 일 실시예에 의한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법 및 장치에 의하면, 골프 스윙 동작의 동적인 특성을 반영하기 위해 기존의 정적인 모션 인식 방법과는 달리, 데이터를 활용하여 동적 유사도를 측정할 수 있어, 골프 스윙 동작을 세분화하고, 각 구간에서의 모션 데이터를 수집하고 분석할 수 있으며, 골프 스윙의 모션 흐름과 움직임을 정확히 포착하여 개선 가능한 요소를 식별하는 데에 도움을 줄 수 있다.
- [0045] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법 및 장치에 의하면, 기존의 정적 모션 인식 기반 골프 스윙 분석 방법의 한계를 극복하고, 동적 모션 분석을 활용하여 개인의 골프 스윙을 정확히 분석하고 개선할 수 있음으로써, 골프를 즐기는 많은 사람들이 자신의 골프 스윙을 개선하는 데에 도움을 얻을 수 있다.
- [0046] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법 및 장치에 의하면, 스포츠 기술 연구 분야에 기여할 수 있으며, 동적 모션 데이터를 활용한 유사도 측정 방법의 발전에 도움을 줄 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0047] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법의 전체 처리 플로우를 도시한 도면.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 의한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법이 수행될 수 있는 컴퓨팅 장치를 도시한 도면.
- 도 3은 자세 추정 모델 테스트 결과를 도시한 도면.
- 도 4는 블레이크포즈(BlaxePose) 33 키포인트(Key Point)를 도시한 도면.
- 도 5는 골프 스윙 7단계 분석을 위한 데이터 결과를 도시한 도면.
- 도 6은 골프 스윙 7단계 분석 결과를 도시한 도면.
- 도 7은 임의의 한 구간에서 보간하기 전 데이터를 기반으로 구한 면적과 보간 후 데이터를 기반으로 구한 면적을 비교하기 위한 도면으로, (a)는 두 사용자의 데이터를 도시한 도면, (b)는 보간하기 전 데이터를 기반으로 구한 면적을 도시한 도면, (c)는 보간 후 데이터를 기반으로 구한 면적을 도시한 도면.
- 도 8은 서로 다른 선수의 스윙 손목 X 데이터를 도시한 도면.
- 도 9는 어드레스 시점 통합 전처리를 도시한 도면.
- 도 10은 어드레스 시점 정렬을 통한 비교를 도시한 도면으로, (a)는 같은 선수의 그래프, (b)는 서로 다른 선수

의 그래프.

도 11은 동적 모션 유사도 측정(DMSM)을 통해 구하게 되는 면적을 도시한 도면.

도 12는 데이터 시각화를 도시한 도면.

도 13은 본 발명의 일 실시예에 의한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법의 유사도 결과 영상 및 관련 그래프들을 도시한 도면으로, (a)는 아마추어 선수의 결과 영상, (b) 프로 선수의 결과 영상, (c) 두 사용자의 결과 그래프, (d)는 아마추어 선수의 백스윙 및 다운스윙 분석 결과, (e)는 프로 선수의 백스윙 및 다운스윙 분석 결과를 도시한 도면.

도 14는 기존 유사도(DTW + Cosine Similarity) 결과를 도시한 표.

도 15는 기존 유사도(DTW + Cosine Similarity) 결과를 도시한 그래프.

도 16은 본 발명의 일 실시예에 의한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법의 유사도 결과를 도시한 표.

도 17은 본 발명의 일 실시예에 의한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법의 유사도 결과를 도시한 그래프.

도 18은 본 발명의 일 실시예에 의한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법의 유사도 결과를 도시한 그래프로서, 척추 각 차이 정도를 도시한 그래프.

도 19는 DMSM을 이용한 실험 결과를 도시한 도면.

도 20은 아마추어 선수의 백스윙 및 다운스윙을 분석한 도면.

도 21은 프로 선수의 백스윙 및 다운스윙을 분석한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0048] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 명세서에 개시된 실시예들을 상세히 설명한다. 본 발명의 목적, 특정한 장점들 및 신규한 특징들은 첨부된 도면들과 연관되어지는 이하의 상세한 설명과 바람직한 실시예들로부터 더욱 명확해질 것이다.
- [0049] 이에 앞서 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 발명자가 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 개념을 적절하게 정의한 것으로 본 발명의 기술적 사상에 부합되는 의미와 개념으로 해석되어야 하며, 단지 실시예들을 설명하기 위한 것일 뿐, 본 발명을 제한하는 것으로 해석되지 않아야 한다.
- [0050] 구성요소들에 참조 부호를 부여함에 있어, 참조 부호에 관계없이 동일하거나 유사한 구성요소는 동일한 참조 부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 이하의 설명에서 사용되는 구성요소에 대한 접미사 "모듈" 및 "부"는 명세서 작성의 용이함을 고려하여 부여되거나 혼용되는 것으로서, 그 자체로 서로 구별되는 의미 또는 역할을 갖는 것은 아니며, 소프트웨어 또는 하드웨어 구성요소를 의미할 수 있다.
- [0051] 본 발명의 구성요소를 설명하는데 있어서, 단수 형태로 구성요소가 표현되는 경우 특별히 언급하지 않는 한 그 구성요소가 복수 형태도 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 또한, "제1", "제2", 등의 용어는, 하나의 구성요소를 다른 구성요소와 구별하기 위해 사용되는 것으로, 구성요소가 상기 용어들에 의해 제한되는 것은 아니다. 또한, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 연결되는 경우, 구성요소와 다른 구성요소 사이에 또 다른 구성요소가 연결될 수도 있다는 것을 의미한다.
- [0052] 또한, 본 명세서에 개시된 실시예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 명세서에 개시된 실시예의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 첨부된 도면은 본 명세서에 개시된 실시예를 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 명세서에 개시된 기술적 사상이 제한되지 않으며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0053] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 의한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법 및 장치에 대해 설명하기로 한다.
- [0054] 본 발명의 일 실시예에 의한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법 및 장치에서는 골프 스윙에서의 기존 유사도 검사의 문제점을 해결하기 위한 새로운 유사도 검사 방법을 제안한다. 골프 스윙 단계를 분석하여 각 스윙을 구간으로 구분하며, 구간별 동적 모션 유사도 검사 방법을 제시한다. 실제 실내 골프 연습장에서 촬영한 테

이터를 이용하여 실험을 진행하였고, 구간별 데이터를 구분구적법 기반으로 분석하여 각 스윙의 차이 정도를 비교하였다. 또한, 기존의 유사도 검사 결과와 비교 실험을 통해 제안한 유사도 검사 방법이 효과적으로 적용됨을 확인했다.

- [0055] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법의 전체 처리 플로우를 도시한 도면이고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 의한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법이 수행될 수 있는 컴퓨팅 장치(200)를 도시한 도면이다.
- [0056] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 의한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법이 수행될 수 있는 컴퓨팅 장치(200)는, 하드웨어, 소프트웨어, 또는 이들의 결합으로 이루어질 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 일 실시예에 의한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법이 수행될 수 있는 컴퓨팅 장치(200)는, 위와 같은 기능/단계/과정들을 수행하기 위한 적어도 하나의 프로세서를 포함하는 컴퓨터 또는 인터넷 상의 서버 형태로 구현될 수 있다.
- [0057] 본 발명의 일 실시예에 의한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법이 수행될 수 있는 컴퓨팅 장치(200)는, 버스(210)를 통해 연결되는 적어도 하나의 프로세서(202), 메모리(204), 입출력 인터페이스(208), 및 네트워크 통신 인터페이스(206)를 포함할 수 있다.
- [0058] 상기 메모리(204)는 상기 프로세서(202)에 의해 수행될 때 상기 컴퓨팅 장치(200)가 본 발명의 일 실시예에 의한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법을 수행하기 위한 특정 동작을 구현하도록 구성된 명령어를 포함하고, 상기 특정 동작은, 자세 추정 모델에 기반하여 입력되는 각 영상의 프레임별 사용자의 관절의 키포인트값들을 포함하는 메타데이터를 생성하는 것, 상기 메타데이터에 기반하여, 사용자가 수행하는 운동 동작을 분석하여, 상기 운동 동작을 복수의 단계로 구분하는 것, 및 상기 구분된 복수의 단계 중 인접한 단계들 사이의 구간 각각에서의 두 사용자 간의 동적 모션 유사도를 획득하는 것을 포함할 수 있다.
- [0059] 프로세서(202)는 메모리(204)에 저장된 명령어들에 대한 처리를 실행하는 반도체 장치일 수 있다. 메모리(204)는 다양한 종류의 휘발성 또는 불휘발성 저장 매체를 포함할 수 있다. 예를 들어, 메모리(204)는 ROM(Read Only Memory), RAM(Random Access Memory) 또는 자기 디스크 저장 장치와 플래시 메모리 장치와 같은 데이터 저장 장치 등을 포함할 수 있다. 또한, 메모리(204)는 프로세서(202)로부터 떨어져 위치하는 저장장치나, 인터넷 등의 통신 네트워크를 통하여 액세스되는 네트워크 부착형 저장장치 등을 더 포함할 수 있다.
- [0060] 또한, 네트워크 통신 인터페이스(206)는 스마트폰, 노트북 PC, 데스크탑 PC 등 사용자 단말에서의 유선 인터넷 통신이나 WiFi, WiBro 등 무선 인터넷 통신, WCDMA, LTE, 5G 등 이동통신을 지원하는 모뎀 등의 통신 모듈이나, 근거리 무선 통신 방식(예, 블루투스, 지그비, 와이파이 등)의 통신을 지원하는 모뎀 등의 통신모듈을 포함할 수 있다.
- [0061] 따라서, 본 명세서에 개시된 실시예들과 관련하여 설명된 방법 또는 알고리즘의 단계는 프로세서(202)에 의해 실행되는 하드웨어, 소프트웨어 모듈, 또는 그 2개의 결합으로 직접 구현될 수 있다. 소프트웨어 모듈은 RAM 메모리, 플래시 메모리, ROM 메모리, EPROM 메모리, EEPROM 메모리, 레지스터, 하드 디스크, 착탈형 디스크, CD-ROM과 같이 컴퓨터 등 장치로 판독 가능한 저장/기록 매체(즉, 메모리(204))에 상주할 수도 있다. 예시적인 메모리(204)는 프로세서(202)에 커플링되며, 그 프로세서(202)는 메모리(204)부터 정보(코드)를 판독할 수 있고 메모리(204)에 정보(코드)를 기입할 수 있다. 다른 방법으로, 메모리(204)는 프로세서(202)와 일체형일 수도 있다. 프로세서(202) 및 메모리(204)는 주문형 집적회로(ASIC) 내에 상주할 수도 있다. ASIC는 사용자 단말기 내에 상주할 수도 있다. 다른 방법으로, 프로세서(202) 및 메모리(204)는 사용자 단말기 내에 개별 컴포넌트로서 상주할 수도 있다.
- [0062] 메모리(204)는 프로세서(202)가 본 발명의 일 실시예에 의한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법의 각 단계를 수행하게 하는 명령어들을 저장하고, 입출력 인터페이스(208)는 입력 및 출력 기능을 제공하는 입출력 장치에 연결될 수 있으며, 네트워크 통신 인터페이스(206)는 네트워크에 연결된 기기들과 통신할 수 있는 기능을 제공할 수 있다.
- [0063] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 의한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법은, 크게 세 부분을 포함할 수 있다.
- [0064] 본 발명의 일 실시예에 의한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법은, 자세 추정 모델을 통해 나온 결과를 얻는 부분(S100, S102, S104)과, 이를 이용하여 골프 스윙의 7단계를 분석하는 부분(S106, S108, S110), 마지막으로 동적 유사도 검사를 시행하고 결과를 통해 피드백이 이루어지는 부분(S112, S114, S116)을 포함할 수 있

다.

- [0065] 도 1을 참조하면, S100 단계에서, 프로세서(202)는, 입출력 인터페이스(208) 또는 네트워크 통신 인터페이스(206)를 통해 입력되는 골프 비디오 영상(측면 영상)에 기반하여 복수의 영상 프레임을 획득할 수 있다.
- [0066] S102 단계에서, 자세 추정 모델에 기반하여 입력되는 각 영상의 프레임별 사용자의 관절의 키포인트값들을 포함하는 벡터 데이터를 생성하고, S104 단계에서 벡터 데이터에 기반하여 JSON 형식으로 메타데이터를 생성하고, 생성된 메타데이터를 영상과 함께 메모리(204)에 저장할 수 있다.
- [0067] S106 단계에서, 메타데이터를 로드하고, 노이즈 또는 이상치 제거를 위하여 메타데이터를 스무딩할 수 있다.
- [0068] S108 단계에서, 스무딩된 메타데이터에 기반하여, 사용자가 수행하는 운동 동작, 예를 들어 골프 스윙을 분석하여, 골프 스윙을 7단계의 스윙으로 구분할 수 있다.
- [0069] 그리고, S110 단계에서, 메타데이터, 7단계 정보 및 구분된 각 구간에 대한 이미지를 메모리(204)에 저장할 수 있다.
- [0070] S102단계에서 자세 추정 모델은 이미지 기반의 추정 모델로 골프 비디오 영상을 입력으로 받아 영상 내에서의 관절의 키포인트의 좌표를 반환할 수 있다. 자세 추정 모델의 결과에서 필요한 값을 벡터로 변환하여 메타데이터를 생성하고, S108 단계에서, 이 데이터에 기반하여 골프 스윙 7단계를 분류할 수 있다.
- [0071] 자세 추정 모델의 선정은 본 발명의 일 실시예에 의한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법이 실제 서비스에서 이용될 수 있도록 실제 골프 연습장의 하드웨어 구성 사양을 고려하여 구성하며, 골프 스윙 이후 사용자가 확인하기에 걸리는 시간을 고려하여 메타데이터의 생성을 빠르게 처리할 수 있는 모델을 이용할 수 있다.
- [0072] 본 하드웨어에 바로 적용하기 전 실험환경에서 각각의 모델을 실험하여 결과를 도출 후 가장 좋은 모델을 본 하드웨어에서 진행하여 프레임을 검출하였다. 실험환경은 표 2와 같다.

표 2

[0073]

운영체제	Ubuntu 20.04 LTS
개발환경	Python 3.8
하드웨어 장치	Laptop with CPU(i7-8750H), Memory (16GB) and GPU(GTX1060 6GB)
입력 영상	동영상 파일(MP4, 960 x 540, 30FPS)

[0074]

실험에서 사용할 모델은 Mediapipe[8] 프레임워크 BlazePose[9]와 Alphapose[10], YOLOv7의 자세 추정 모델[11]을 사용했다. 같은 영상을 각각의 모델에 입력하여 50초 간 초당 프레임을 확인하여 결과를 도출하였다. 각 모델은 도 3과 같이 나타났고, 수학적 1을 통해 실제 서비스에서 3-4초의 영상이 결과로 검출되는 평균 시간은 표 3에서 포함하고 있다.

수학적 1

[0075]

$$Processing\ time(s) = \frac{Length\ of\ Video\ (s) * Video\ Frame\ Rate\ (frame)}{Model's\ Frame\ rate\ Per\ Second\ (FPS)}$$

표 3

[0076]

모델	3초 영상	4초 영상
Blazepose[9]	2.424초	3.363초
Alphapose[10]	7.859초	10.479초
YOLOv7 pose[11]	54.644초	72.859초

[0077]

따라서, 세 모델 중 Mediapipe[8] 프레임워크 BlazePose[9]를 채택하여 메타 데이터를 생성하는 모델로 사용했

다. 도 4는 블레이즈포즈 모델(BlazePose Model)의 결과로 나오는 키포인트(Key Point)의 종류이다

- [0078] 골프 스윙 7단계 분석(S108 단계)에 대해 상세히 설명하기로 한다.
- [0079] 골프 스윙의 7단계는 전체 스윙을 구간으로 분석하였을 때 나눌 수 있는 최대의 구성으로 일반적으로 백스윙 구간, 다운스윙 구간, 릴리즈 구간으로 나뉜다.
- [0080] 도 5는 각 구간에서의 세부적인 단계를 나타내고 있다. 백스윙 구간은 세부적으로 어드레스, 테이크어웨이, 하프, 백스윙 탑이 있다. 다운스윙 구간은 세부적으로 임팩트로 구성할 수 있다. 릴리즈 구간은 팔로우 스루와 피니쉬로 구분할 수 있다.
- [0081] 각각의 7단계는 자세 추정 모델에 의한 측면 모션 인식 결과를 통해 찾을 수 있다. 이를 이용해 동적 구간 분석을 구간별로 분리할 수 있으며, 구간별 피드백에 활용할 수 있다. 골프 스윙 7단계 분석(S108 단계)의 결과를 도 6에 도시하였다.
- [0082] S112 단계에서, 메타데이터를 로드하고 모션 데이터를 포함하는 7단계 정보를 스무딩할 수 있다.
- [0083] 일반적인 카메라를 통한 영상 촬영에는 제공하는 프레임 레이트인 30FPS나 60FPS 정도의 데이터가 제공된다. 그러나 골프 스윙처럼 빠르게 지나가는 모션은 카메라에 전부 담기지 않으며, 간상에 의해 뚜렷하지 않은 사진으로 나타난다. 따라서, 모션 데이터를 보정하고 보간하여 자세한 데이터로 만들어야 한다.
- [0084] 본 데이터는 3초짜리 영상으로 총 90프레임의 데이터를 가지고 있기에 수치해석을 하기에 구간의 값이 부족하다. 따라서 보간법을 통한 데이터의 해상도를 높여 함수의 값을 더 정확하게 근사하여 크기를 구하는 방식으로 진행한다.
- [0085] 도 7은 임의의 한 구간에서 보간하기 전 데이터를 기반으로 구한 면적과 보간 후 데이터를 기반으로 구한 면적을 비교하기 위한 도면으로, (a)는 두 사용자의 데이터를 도시한 도면이고, (b)는 보간하기 전 데이터를 기반으로 구한 면적을 도시한 도면이며, (c)는 보간 후 데이터를 기반으로 구한 면적을 도시한 도면이다.
- [0086] 도 7을 참조하면, 보간하기 전 함수의 넓이를 구하는 것과 비교했을 때 넓이의 차이가 발생하는 것을 알 수 있다.
- [0087] 따라서 본 발명에서는, S114 단계의 동적 유사도 검사를 수행하기 이전에, S112 단계에서, S108 단계에서 구분된 7단계 중 인접한 두 단계들 사이의 구간에서 두 사용자 중 제1 사용자의 손목 관절의 X 좌표들 사이의 값들을 보간하고, 상기 구간에서 두 사용자 중 제2 사용자의 손목 관절의 X 좌표들 사이의 값들을 보간할 수 있다.
- [0088] S114 단계에서, 상기 구분된 7단계 중 인접한 두 단계들 사이의 구간 각각에서의 두 사용자 간의 동적 모션 유사도를 획득할 수 있다.
- [0089] S114 단계는 두 사용자 간의 동적 유사도를 검사하는 단계로서, 본 발명에서 제시하는 동작 유사도 검사는 구간별로 데이터를 세분화하여 데이터를 분석할 수 있다. 구간 내에서의 데이터를 비교할 때, 각 값의 차이를 구분구적법을 통해 차이를 측정할 수 있다. 이를 동적 모션 유사도 측정(Dynamic Motion Similarity Measurement: DMSM) 알고리즘으로 제안한다.
- [0090] 동적 모션 유사도 측정 알고리즘은 S108 단계에서 분리한 골프 스윙 7단계를 기준으로 스윙을 분리하고 분리된 구간에서 구분구적법을 통해 7단계 각각에서의 넓이를 구하고 이를 스윙의 차이로 제시할 수 있다. 이 방식으로 구해진 넓이는 이전에 스윙의 위치로 인해 발생한 차이를 모두 담고 있으므로 기존의 유사도 알고리즘과는 큰 차이를 갖는다.
- [0091] 도 8은 서로 다른 선수의 오른 손목의 스윙 X 좌표 데이터를 시작점을 일치시킨 후 골프 스윙 7단계 분석을 통해 구간을 나눈 결과를 나타낸 것이다.
- [0092] 본 발명에서 제안하는 동적 모션 유사도 측정은 프레임의 좌표로 비교를 진행하기 때문에 이전에 진행하던 데이터 벡터화 전처리는 필요하지 않다. 그러나 정확한 부분분석을 위해 추가적인 구간별 데이터 보간이 필요하며 어드레스를 시작하는 시점이 달라서 발생하는 면적의 차이를 해결하기 위해, S114 단계에서의 동적 유사도 검사 이전에, 두 사용자의 어드레스 시점을 기준 시점에 정렬하여 통합하여 스윙 템포까지 고려하는 전처리를 적용할 수 있다.
- [0093] 도 9는 어드레스 시점 통합 전처리를 도시한 도면이다.
- [0094] 도 10은 어드레스 시점 정렬을 통한 비교를 도시한 도면으로, (a)는 같은 선수의 그래프, (b)는 서로 다른 선수

의 그래프이다.

[0095] 도 10a에 도시된 바와 같이 어드레스를 통합하여 같은 선수의 데이터가 조금씩 어긋나 있는 그래프를 조절하여 더 정확한 스윙 비교를 할 수 있도록 하며, 도 10b에 도시된 바와 같이 서로 다른 선수의 경우 어드레스 시점을 통합하더라도 스윙 템포가 서로 달라 스윙 후반부는 다를 수 있도록 한다.

[0096] 골프 스윙에서 아마추어 선수와 프로 선수의 큰 차이로는 백스윙 시작점과 다운스윙의 위치 관계, 스윙에서의 허리 각도가 있다. 이러한 데이터의 차이를 구분하려면 순간의 값을 확인하는 것이 아닌 전체 데이터를 누적하며 비교해야 한다.

[0097] 수치해석에서의 구적법 방식에서 고안한 구간별 그래프의 넓이 비교 방식인 DMSM은 기존의 정적인 방식에 비해 데이터의 시작점을 맞춘 후 값을 비교하여 전체적인 데이터의 흐름을 누적하며 비교할 수 있다. 도 11을 참조하면, DMSM가 비교하는 넓이가 어떤 식으로 구분되어 있으며 크기에 대한 값을 이해할 수 있다.

[0098] 도 11에 도시된 바와 같이, 가로축을 프레임의 수(시간을 나타냄)라 하고, 세로축을 손목 관절의 X 좌표라 할 때, 상기 인접한 두 단계들 사이의 임의의 구간에서의 두 사용자 간의 동적 모션 유사도는, 상기 구간의 시작을 나타내는 제1 수직선(SD1), 상기 구간의 끝을 나타내는 제2 수직선(SD2), 상기 구간에서 두 사용자 중 제1 사용자의 손목 관절의 X 좌표들을 포함하는 제1 그래프(G1) 및 상기 구간에서 두 사용자 중 제2 사용자의 손목 관절의 X 좌표들을 포함하는 제2 그래프(G2)에 의해 둘러싸인 부분(A1)의 면적을 계산함으로써 획득될 수 있다.

[0099] 도 11b에서 주황색 구간 $[a, b]$ 를 n 개의 작은 구간으로 나누고, 각 작은 구간의 길이를 $h = \frac{b-a}{n}$ 이라 하면, i 번째 작은 구간 $[x_{i-1}, x_i]$ 에서의 구분구적법은 수학식 2와 같이 표현할 수 있다. 수학식 2에서 x_{i-1} 와 x_i 는 작은 구간의 양 끝점이며, $f(x_{i-1})$ 와 $f(x_i)$ 는 각 끝점에서의 함수값이다. 수학식 2를 토대로 근사적 적분값은 수학식 3과 같이 일반화할 수 있고, n 의 값이 증가할수록 더 정확한 적분이 가능하다.

수학식 2

$$\int_{x_{i-1}}^{x_i} f(x) dx \approx \frac{h}{2} (f(x_{i-1}) + f(x_i))$$

[0100]

수학식 3

$$\int_a^b f(x) dx \approx \frac{h}{2} [f(x_0) + 2f(x_1) + 2f(x_2) + \dots + 2f(x_{n-1}) + f(x_n)]$$

[0101]

[0102] 따라서, 골프 스윙 7단계를 통해 나온 기준 내에서 구간을 보간하여 n 값을 높여 더 정확한 적분을 진행할 수 있다.

[0103] S116 단계에서, 도 12 및 도 13에 도시된 바와 같이, 동적 유사도 검사 결과를 생성하고 사용자에게 피드백할 수 있다. 도 12는 데이터 시각화를 도시한 것이고, 도 13은 본 발명의 일 실시예에 의한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법의 유사도 결과 영상 및 관련 그래프들을 도시한 도면으로, (a)는 아마추어 선수의 결과 영상, (b) 프로 선수의 결과 영상, (c) 두 사용자의 결과 그래프, (d)는 아마추어 선수의 백스윙 및 다운스윙 분석 결과, (e)는 프로 선수의 백스윙 및 다운스윙 분석 결과를 도시한 도면이다.

[0105] 실험

[0106] 실험을 위해 표 4와 같은 환경을 구성하여 진행하였다. 실제 골프 연습장과 같은 시설에서 서비스 제공을 한다는 가정으로 동일한 머신으로 진행하며, Anaconda3를 이용하여 윈도우 기반 머신에서의 테스트를 진행하였다.

표 4

운영체제	Windows 10 Enterprise
개발환경	Anaconda3.6 Python 3.10
하드웨어 장치	CPU(i3-10100F), Memory (8GB) and GPU(GTX 1650)
입력 영상	동영상 파일(MP4, 960 x 540, 30FPS)
자세 추정 모델	Blazepose (Mediapipe)
처리 속도	33 FPS (3초 영상 : 2.63초 , 4초 영상 : 3.56초)

[0107]

[0108]

기존의 QED[12] 서비스를 통해 영상을 생성할 수 있으며, 다양한 테스트를 위해 같은 환경에서 미리 생성한 영상으로 대체하여 실험을 진행한다. 또한, 새로운 데이터를 추가하여 기존의 데이터와 비교가 가능하다.

[0109]

표 5에 표시된 바와 같이, 실험 데이터 세트는 실제 골프 연습장 QED[12] 시설에서 촬영한 영상으로 스윙 감지 알고리즘을 활용하여 측면 스윙 영상을 스윙 전 2초, 스윙 후 1초로 나누어 저장하도록 한다. 이렇게 저장된 데이터를 자세 추정 모델을 활용하여 골프 스윙 7단계를 분리하도록 한다. 이후 실험은 두 가지의 검사 방식에서의 검증을 진행한다.

표 5

선수 번호	성별	프로/아마추어	영상 개수	영상 길이
# 1	여	아마추어	6	3초 (90frame)
# 2	남	아마추어	5	3초 (90frame)
# 3	여	프로	4	3초 (90frame)
# 4	여	프로	5	3초 (90frame)
# 5	남	프로	4	3초 (90frame)
# 6	여	프로	5	3초 (90frame)
# 7	남	프로	2	3초 (90frame)
# 8	남	프로	4	3초 (90frame)

[0110]

[0111]

측면 데이터셋을 사용하는 이유는 시스템의 적용 가능성에 있다. 정 측면 데이터를 사용하여 검사를 진행하면 보다 정확한 결과를 얻을 수 있지만, 골프 연습장 외부의 환경으로의 가능성은 줄어들게 된다. 따라서 정면과 측면 중 하나의 영상으로 진행한다면 측면의 영상이 스윙의 흐름이나 각도 등 더 많은 데이터를 얻을 수 있으므로 측면 데이터셋을 사용한다.

[0112]

기존의 유사도 검사인 Dynamic Time Warping 기반 코사인 유사도 검사를 시행했을 때 결과와 나오는 값을 확인하여 분석하고 본 발명에서 제시한 동적 모션 유사도 측정 방법의 결과를 비교하여 DMSM의 방식의 효과를 입증한다.

[0114]

실험 결과

[0115]

동적 유사도 검사 성능평가

[0116]

본 절에서는 기존의 유사도 방식에서와 동적 유사도 검사에 대해 비교하여 성능을 평가한다. 기존의 유사도 방식에서의 데이터는 이전에서 다음 값으로 값의 변화를 담아야 하므로 이전 프레임에서 다음 프레임으로의 좌표 변화량을 벡터값으로 변환한 배열로 유사도 검사를 진행했다. 수학적 4는 코사인 유사도 검사를 하기 위한 벡터를 만든다.

수학식 4

$$\overrightarrow{v_n} = (x_n - x_{n-1}, y_n - y_{n-1})$$

[0117]

[0118]

같은 선수의 다른 영상을 검사했을 때의 결과와 서로 다른 선수의 영상을 검사했을 때의 결과를 도 14를 통해 알 수 있다. 도 14는 기존 유사도(DTW + Cosine Similarity) 결과를 도시한 표로서, 서로 같은 선수의 영상에서 구간별 나온 유사도 결과값과 서로 다른 선수의 영상에서 구간별 나온 유사도 결과값의 차이가 선수를 구분 짓기에 어려운 수치이며 일관성이 부족한 모습을 보인다.

[0119]

이는 기존의 유사도 방식에서 나타나는 문제로 DTW[13]로 매칭된 영상 프레임에서의 크기와 각 벡터의 모든 변화를 보는 것이 아닌 변화한 각도만을 확인하기 때문에, 이를 적용했을 때 매칭된 영상의 위치가 조금이라도 맞지 않는다면 유사도 부분에서 큰 감점이 일어나 같은 선수의 영상에서도 유사도가 높다는 결과가 나오지 않는 것이다.

[0120]

또한, 매칭된 프레임에서의 유사도 결과는 매칭된 프레임 순간만 확인하게 되므로 역시 기존 방식의 문제점을 해결했다고 볼 수 없다. 실험 결과를 통해 확인하면 이전 스윙 단계에서 발생한 문제점은 사라지고 각 프레임의 순간에서의 결과만 확인하고 나타난 결과임을 알 수 있다. 이는 스윙에서 중요한 임팩트를 진행하는 과정에서의 문제를 찾기 어렵다. 이는 나중에 유사도 결과 분석에서 추가로 설명한다.

[0121]

도 15는 기존 유사도 검사 실험 결과를 그래프로 표현한 것이다.

[0122]

도 16은 본 발명의 일 실시예에 의한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법의 유사도 결과를 도시한 표이다. 이 표의 유사도는 그래프의 차이를 구한 값이기 때문에 값이 작을수록 더 유사하다는 의미이다. 기존의 유사도 결과인 도 14와 비교하면, 같은 선수의 영상을 비교했을 때, 차이 정도가 다른 값에 비해 더 작게 나왔으며, 실제 영상과 비교해서 확인했을 때, 유사한 스윙에서 값이 더 적게 나왔다.

[0123]

도 17은 본 발명의 일 실시예에 의한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법의 유사도 결과를 도시한 그래프이고, 도 18은 본 발명의 일 실시예에 의한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법의 유사도 결과를 도시한 그래프로서 척추 각 차이 정도를 도시한 그래프이다.

[0124]

도 17의 왼쪽의 붉은 박스는 같은 선수의 결과를 보여주며, 오른쪽 푸른 박스는 프로 간의 스윙에서 서로의 스윙 진행이 거의 비슷한 것을 알 수 있다. 그러나 도 18에서의 척추 각의 차이를 보면 서로 다름을 알 수 있다.

[0125]

기존 유사도 검사 결과에서 나타난 이전 스윙 단계에서 발생한 문제점의 영향이 사라지는 문제는 실험 결과를 통해 볼 수 있다. 도 19에서 청록색은 백스윙이며 분홍색은 다운스윙을 의미한다. 스윙의 진행 방향을 보면 도 19a의 아마추어의 경우 백스윙의 위치가 다운스윙보다 높음을 확인할 수 있다. 반대로 도 19b의 프로의 경우 백스윙의 위치가 다운스윙보다 낮음을 알 수 있다. 이는 데이터 비교를 통해서도 확인할 수 있다.

[0126]

도 20과 도 21은 각각 아마추어와 프로 선수의 스윙을 분석한 것으로 백스윙과 다운스윙의 키포인트 y값이 같은 경우를 찾아 프레임을 매칭하여 같은 높이에 있을 때, 백스윙과 다운스윙이 각각 어디에 위치하게 되는지를 알 수 있는 그래프이다. 중앙 그래프에서 백스윙 탑을 기점으로 왼쪽에 매칭된 값이 오른쪽에 매칭된 값보다 작은 경우 백스윙의 위치가 다운스윙보다 낮다는 의미이며 올바른 스윙이라고 볼 수 있다. 이러한 데이터는 기존 유사도 검사 결과에서는 알기 어려운 문제이다. 하지만 DMSM의 경우 그래프의 넓이를 통한 비교를 진행하기 때문에 백스윙과 다운스윙의 위치도 반영되어 결과만을 통해 임팩트 구간에서 더 큰 차이가 존재한다는 것을 알 수 있다.

[0127]

도 20과 도 21에서 마지막 그래프는 데이터를 통한 실제 스윙 좌표를 임의로 나타낸 그래프로 붉은선이 백스윙, 파란선이 다운스윙으로 아마추어와 프로의 스윙이 나타내는 궤적이 각각 다른 것을 알 수 있다.

[0129]

유사도 검사 복잡도 성능평가

[0130]

기존 유사도 검사 방식은 평균 2.6초의 시간이 걸렸으며, DMSM의 경우 평균 2.8초가 걸렸다. 구간별 보간 진행과 구분구적법의 진행 시간이 평균 169밀리초로 기존의 유사도 검사 방식보다 시간이 오래 걸리지만 그만큼 더

정확한 결과를 얻는다.

[0131] 표 6에서 과정별 복잡도를 설명한다.

표 6

검사 방법	메타 데이터 생성	스무딩	골프 스윙 7단계 검사	전처리	유사도 검사	총 시간
DTW-Cos	2617 ms	5 ms	17 ms	0.8 ms	24 ms	2.6 s
DMSM				8 ms	169 ms	2.8 s

[0132]

[0133] 자세 추정 모델을 통한 메타데이터 생성, 골프 스윙 단계 분석을 위한 데이터 스무딩, 골프 스윙 7단계 검사, 유사도 검사를 위한 전처리 과정, 총시간으로 나타낸다. 메타 데이터 생성, 스무딩, 골프 스윙 7단계 검사의 경우 같은 방식으로 진행된다.

[0134] 복잡도의 경우 유사도 검사에서 크게 차이가 나는 것을 볼 수 있는데, 이는 구분구적법 유사도 검사를 정확히 하기 위한 데이터 보간의 결과로 인해 시간이 길어진다.

[0135] 본 발명에서는 골프 스윙 검사에서 기존의 유사도 검사 방식의 문제점을 제기하였다. 기존 방법은 정적인 비교를 기반으로 이전 데이터가 손실되어 정확한 결과를 얻지 못했다. 본 발명은 골프 스윙 검사에서 스윙 전체 흐름을 비교하여 유사도 검사를 진행하는 동적 모션 유사도 측정 방법을 제안한다. 이를 통해 효과적으로 과거의 데이터가 누적되어 유사도 검사에게 영향을 주어 검사한다. 실험을 통해 단순히 정적으로 검사를 시행했을 때 문제점을 지적하고 이를 개선하였다. 실험을 통해 제안한 구간별 구분구적법 방식을 사용하는 새로운 유사도 검사 방법이 효과적임을 보인다. 또한, 유사도 검사를 통한 결과로 가장 유사한 선수의 데이터를 찾는 확장 가능성을 제기한다.

[0136] 본 발명의 다른 측면에 따른 컴퓨터 프로그램은 앞서 살핀 본 발명의 일 실시예에 의한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법의 각 단계를 컴퓨터에서 실행시키기 위하여 컴퓨터로 읽을 수 있는 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램인 것을 특징으로 한다. 상기 컴퓨터 프로그램은 컴파일러에 의해 만들어지는 기계어 코드를 포함하는 컴퓨터 프로그램뿐만 아니라, 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함하는 컴퓨터 프로그램일 수도 있다. 이때, 상기 컴퓨터로서는 퍼스널 컴퓨터(PC)나 노트북 컴퓨터 등에 한정되지 아니하며, 서버, 스마트폰, 태블릿 PC, PDA, 휴대전화 등 중앙처리장치(CPU)를 구비하여 컴퓨터 프로그램을 실행할 수 있는 일체의 정보처리 장치를 포함할 수 있다.

[0137] 또한, 컴퓨터가 읽을 수 있는 매체는, 컴퓨터로 실행 가능한 프로그램을 계속 저장하거나, 실행 또는 다운로드를 위해 임시 저장하는 것일 수도 있다. 또한, 매체는 단일 또는 복수의 하드웨어가 결합된 형태의 다양한 기록수단 또는 저장수단일 수 있는데, 어떤 컴퓨터 시스템에 직접 접속되는 매체에 한정되지 않고, 네트워크 상에 분산 존재하는 것일 수도 있다. 따라서, 상기의 상세한 설명은 모든 면에서 제한적으로 해석되어서는 아니되고 예시적인 것으로 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 첨부된 청구항의 합리적 해석에 의해 결정되어야 하고, 본 발명의 등가적 범위 내에서의 모든 변경은 본 발명의 범위에 포함된다.

[0138] 본 명세서에서 설명된 위 실시예 및 도면들은 단지 예시적인 것일 뿐, 어떠한 방법으로도 본 발명의 범위를 한정하는 것은 아니다. 또한, 도면에 도시된 구성요소들 간의 선들의 연결 또는 연결 부재들은 기능적인 연결 및/또는 물리적 또는 회로적 연결들을 예시적으로 나타낸 것으로서, 실제장치에서는 대체 가능하거나 추가의 다양한 기능적인 연결, 물리적인 연결, 또는 회로 연결들로서 나타내어질 수 있다. 또한, "필수적인", "중요하게" 등과 같이 구체적인 언급이 없다면 본 발명의 적용을 위하여 반드시 필요한 구성요소가 아닐 수 있다.

[0139] 전술한 본 발명은, 프로그램이 기록된 매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 매체는, 컴퓨터로 실행 가능한 프로그램을 계속 저장하거나, 실행 또는 다운로드를 위해 임시 저장하는 것일 수도 있다. 또한, 매체는 단일 또는 복수의 하드웨어가 결합된 형태의 다양한 기록수단 또는 저장수단일 수 있는데, 어떤 컴퓨터 시스템에 직접 접속되는 매체에 한정되지 않고, 네트워크 상에 분산 존재하는 것일 수도 있다. 따라서, 상기의 상세한 설명은 모든 면에서 제한적으로 해석되어서는 아니되고 예시적인 것으로 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 첨부된 청구항의 합리적 해석에 의해 결정되어야 하고, 본 발명의 등가

적 범위 내에서의 모든 변경은 본 발명의 범위에 포함된다.

- [0140] 본 발명의 명세서(특히 특허청구범위에서)에서 "상기"의 용어 및 이와 유사한 지시 용어의 사용은 단수 및 복수 모두에 해당하는 것일 수 있다. 또한, 본 발명에서 범위(range)를 기재한 경우 상기 범위에 속하는 개별적인 값을 적용한 발명을 포함하는 것으로서(이에 반하는 기재가 없다면), 발명의 상세한 설명에 상기 범위를 구성하는 각 개별적인 값을 기재한 것과 같다. 또한 본 발명 중 방법 발명에서 제시하는 단계들은 반드시 그 선후의 순서에 대한 구속을 의도한 것이 아니며, 각 공정의 본질에 따라 반드시 어느 단계가 선행되어야 하는 것이 아닌 한 순서는 필요에 따라 적절히 변경될 수 있다. 본 발명에서 모든 예들 또는 예시적인 용어(예들 들어, 등등)의 사용은 단순히 본 발명을 상세히 설명하기 위한 것으로서 특허청구범위에 의해 한정되지 않는 이상 상기 예들 또는 예시적인 용어로 인해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다. 또한, 통상의 기술자는 다양한 수정, 조합 및 변경이 부가된 특허청구범위 또는 그 균등 범주 내에서 설계 조건 및 요소에 따라 구성될 수 있음을 이해할 수 있다.
- [0141] 참고문헌:
- [0142] [1] Kim, M., & Park, S. (2020). Golf swing segmentation from a single IMU using machine learning. *Sensors*, 20(16), 4466.
- [0143] [2] Kim, Y. J., Kim, K. D., Kim, S. H., Lee, S., & Lee, H. S. (2017). Golf swing analysis system with a dual band and motion analysis algorithm. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 63(3), 309-317.
- [0144] [3] Stenum, J., Rossi, C., & Roemmich, R. T. (2021). Two-dimensional video-based analysis of human gait using pose estimation. *PLoS computational biology*, 17(4), e1008935.
- [0145] [4] Aouaidjia, K., Sheng, B., Li, P., Kim, J., & Feng, D. D. (2019). Efficient body motion quantification and similarity evaluation using 3-D joints skeleton coordinates. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 51(5), 2774-2788.
- [0146] [5] Lee, K., Kim, W., & Lee, S. (2022). From Human Pose Similarity Metric to 3D Human Pose Estimator: Temporal Propagating LSTM Networks. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*.
- [0147] [6] Ko, K. R., & Pan, S. B. (2021). CNN and bi-LSTM based 3D golf swing analysis by frontal swing sequence images. *Multimedia Tools and Applications*, 80, 8957-8972.
- [0148] [7] Im, J. S., & Kim, J. H. (2020). A quantification method of human body motion similarity using dynamic time warping for keypoints extracted from video streams. *Journal of IKEEE*, 24(4), 1109-1116.
- [0149] [8] Google LLC. (n.d.). MediaPipe. Retrieved May 9, 2023, from <https://developers.google.com/mediapipe>
- [0150] [9] Bazarevsky, V., Grishchenko, I., Raveendran, K., Zhu, T., Zhang, F., & Grundmann, M. (2020). BlazePose: On-device real-time body pose tracking. *arXiv preprint arXiv:2006.10204*.
- [0151] [10] Fang, H. S., Li, J., Tang, H., Xu, C., Zhu, H., Xiu, Y., ... & Lu, C. (2022). Alphapose: Whole-body regional multi-person pose estimation and tracking in real-time. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*.
- [0152] [11] Ko, K. R., & Pan, S. B. (2015). Feature extraction and classification of posture for four-joint based human motion data analysis. *journal of the institute of electronics and information engineers*, 52(6), 117-125.
- [0153] [12] QED Golf. (n.d.). Home. Retrieved [April 27, 2023], from <https://qedgolf.com/>.
- [0154] [13] Senin, P., & Pavel, M. (2008). Dynamic time warping algorithm review. *Information and Computer Science Department University of Hawaii at Manoa Honolulu*, 40(855), 1-23.

부호의 설명

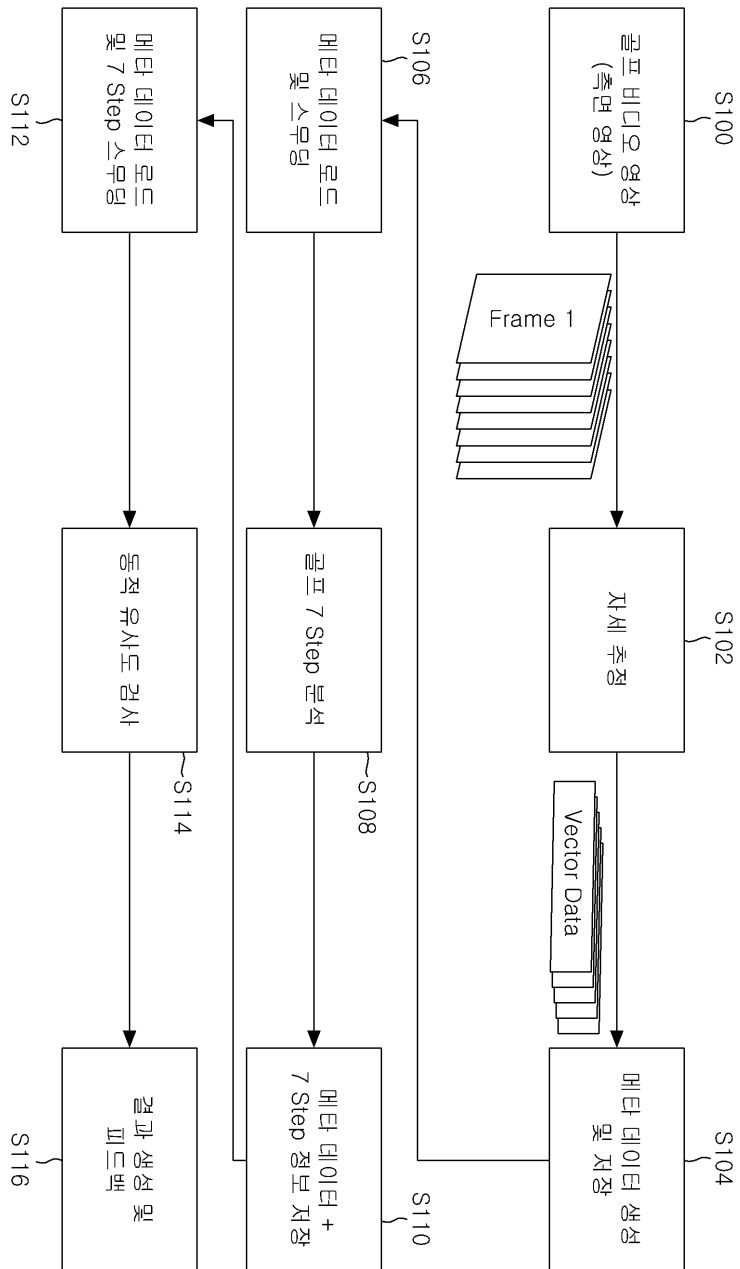
- [0155] 200 : 본 발명의 일 실시예에 의한 모션 비교를 위한 동적 유사도 측정 방법이 수행될 수 있는 컴퓨팅 장치
- 202 : 프로세서 204 : 메모리

206 : 네트워크 통신 인터페이스

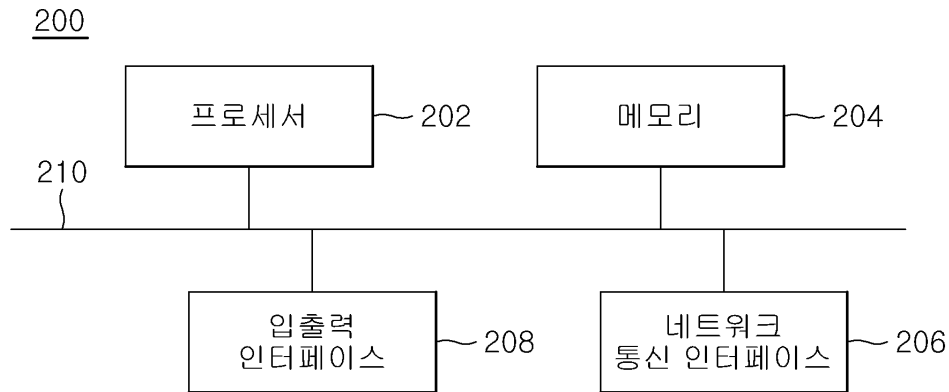
208 : 입출력 인터페이스 210 : 버스

도면

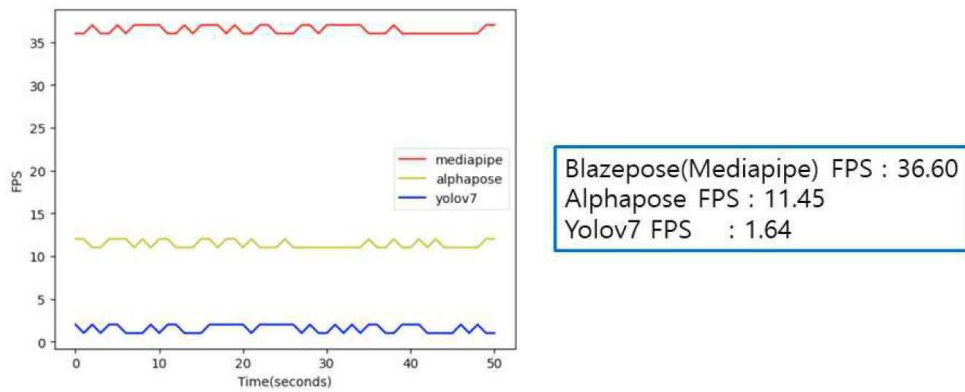
도면1



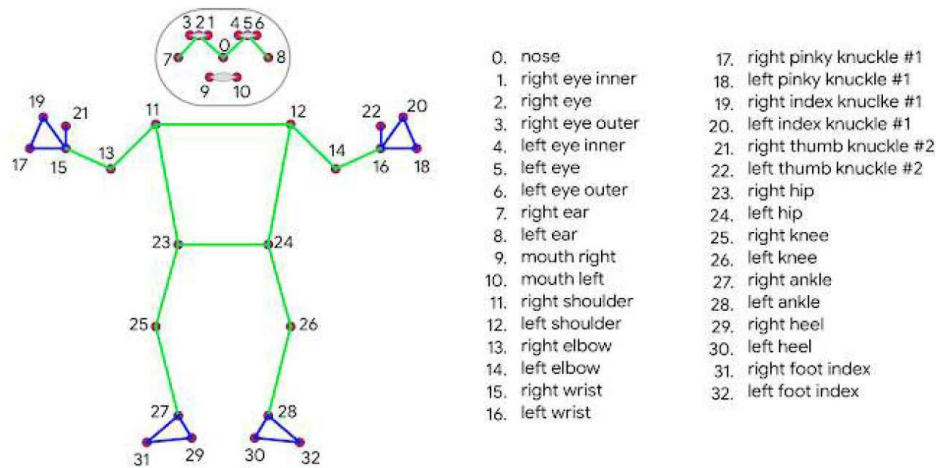
도면2



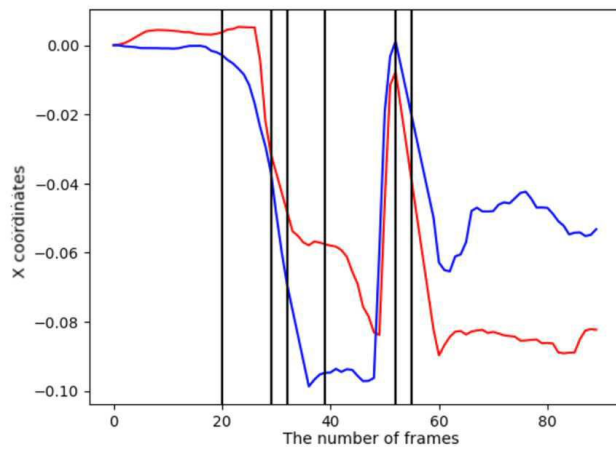
도면3



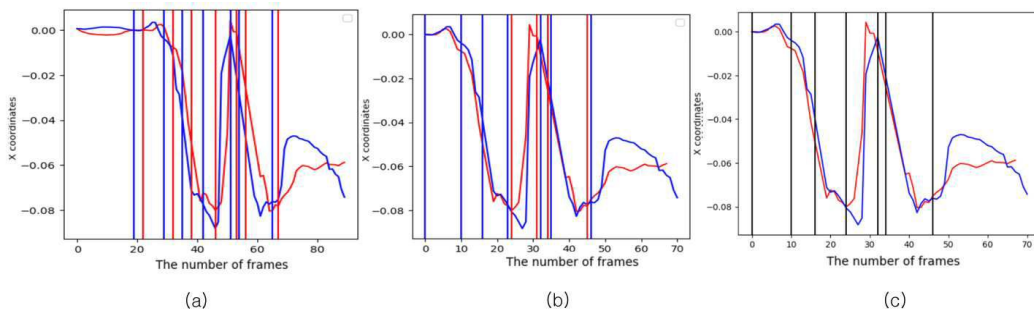
도면4



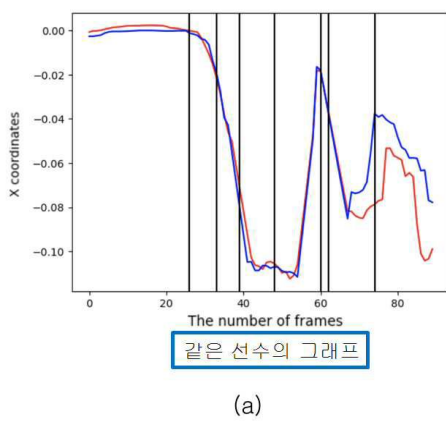
도면8



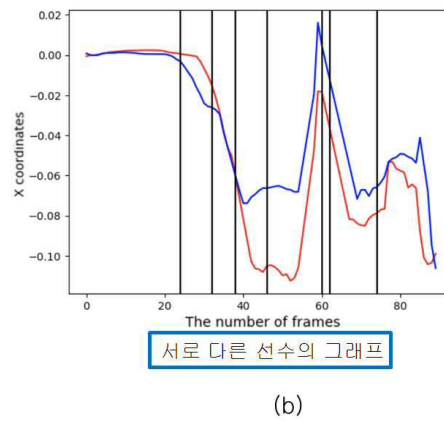
도면9



도면10

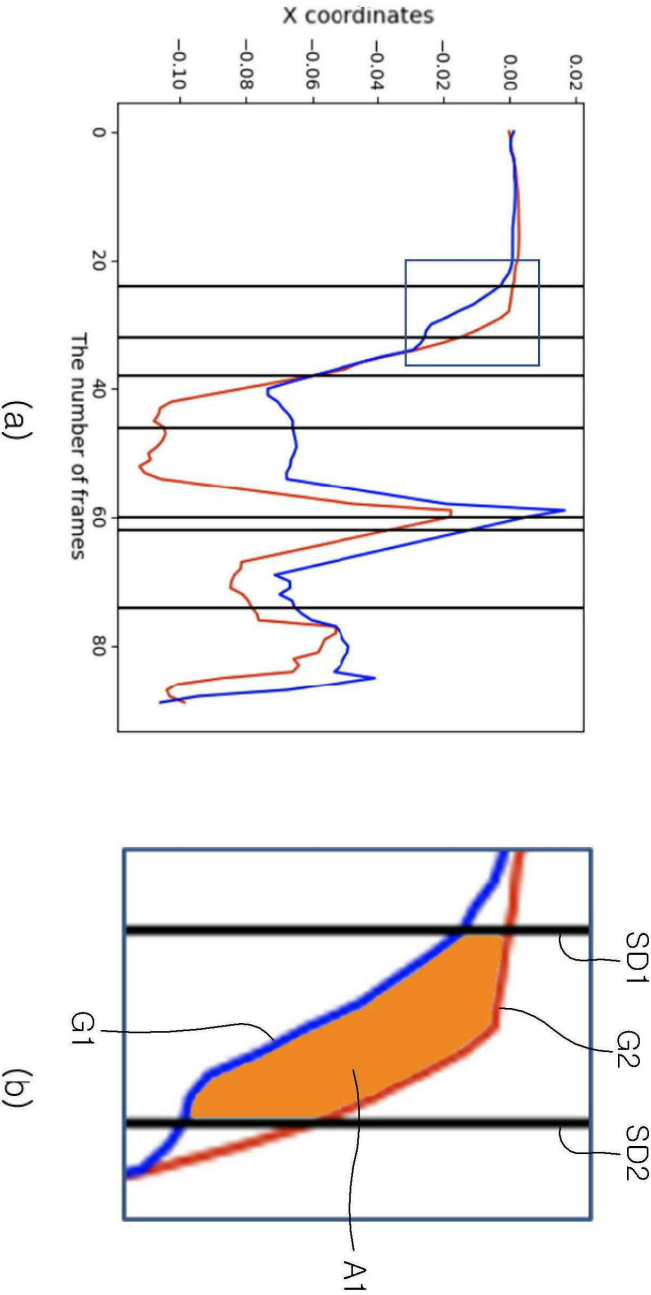


(a)



(b)

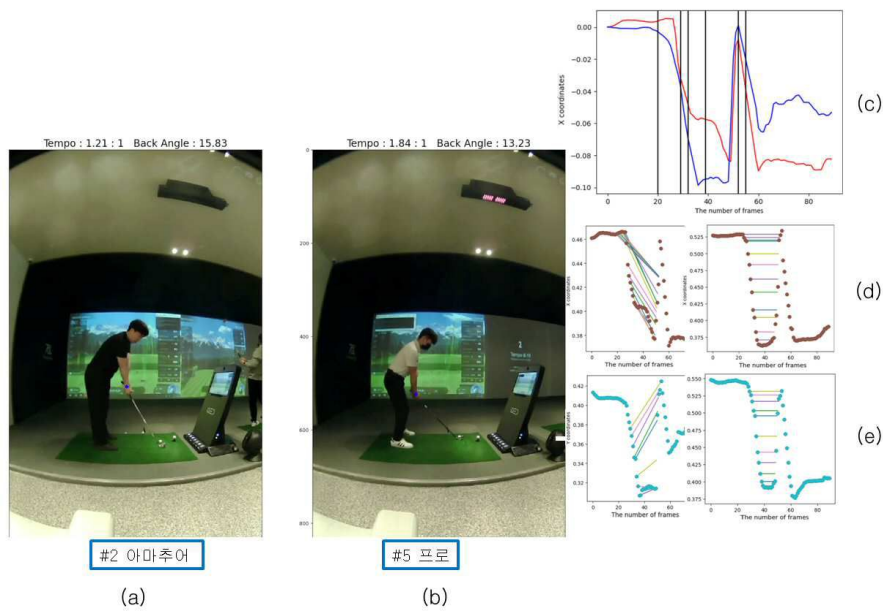
도면11



도면12



도면13

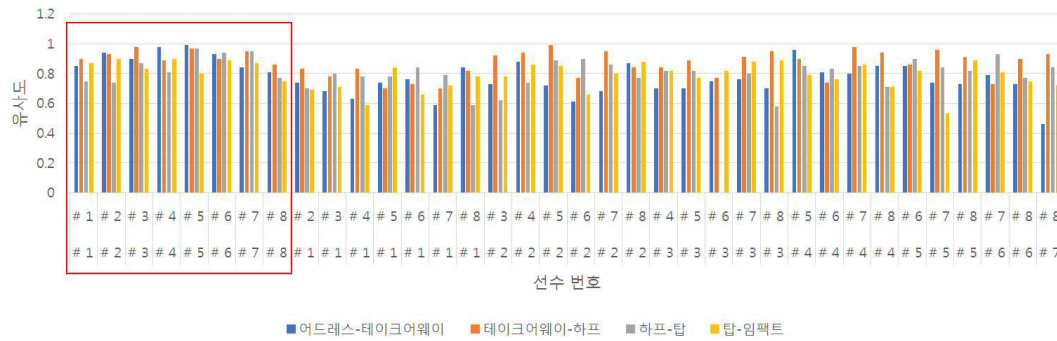


도면14

선수 번호	선수 번호	성별/성별	프로/아마추어	구간별 유사도			
# 1	# 1	여/여	아마/아마	0.85	0.90	0.75	0.87
# 2	# 2	남/남	아마/아마	0.94	0.93	0.74	0.90
# 3	# 3	여/여	프로/프로	0.90	0.98	0.87	0.83
# 4	# 4	여/여	프로/프로	0.98	0.89	0.81	0.90
# 5	# 5	남/남	프로/프로	0.99	0.97	0.97	0.80
# 6	# 6	여/여	프로/프로	0.93	0.90	0.94	0.89
# 7	# 7	남/남	프로/프로	0.84	0.95	0.95	0.87
# 8	# 8	남/남	프로/프로	0.81	0.86	0.77	0.75
# 1	# 2	여/남	아마/아마	0.74	0.83	0.70	0.89
# 1	# 3	여/여	아마추어/프로	0.88	0.78	0.80	0.71
# 1	# 4	여/여	아마추어/프로	0.83	0.83	0.78	0.59
# 1	# 5	여/남	아마추어/프로	0.74	0.70	0.78	0.84
# 1	# 6	여/여	아마추어/프로	0.76	0.73	0.84	0.66
# 1	# 7	여/남	아마추어/프로	0.59	0.70	0.79	0.72
# 1	# 8	여/남	아마추어/프로	0.84	0.82	0.59	0.78
# 2	# 3	남/여	아마추어/프로	0.73	0.92	0.62	0.78
# 2	# 4	남/여	아마추어/프로	0.88	0.94	0.74	0.86
# 2	# 5	남/남	아마추어/프로	0.72	0.99	0.89	0.85
# 2	# 6	남/여	아마추어/프로	0.61	0.77	0.90	0.66
# 2	# 7	남/남	아마추어/프로	0.68	0.95	0.86	0.80
# 2	# 8	남/남	아마추어/프로	0.87	0.84	0.77	0.88

선수 번호	선수 번호	성별/성별	프로/아마추어	구간별 유사도			
# 3	# 4	여/여	프로/프로	0.70	0.84	0.82	0.82
# 3	# 5	여/남	프로/프로	0.70	0.89	0.82	0.77
# 3	# 6	여/여	프로/프로	0.75	0.77	0.84	0.82
# 3	# 7	여/남	프로/프로	0.76	0.91	0.80	0.88
# 3	# 8	여/남	프로/프로	0.70	0.95	0.58	0.89
# 4	# 5	여/남	프로/프로	0.96	0.90	0.85	0.79
# 4	# 6	여/여	프로/프로	0.81	0.74	0.83	0.76
# 4	# 7	여/남	프로/프로	0.80	0.98	0.85	0.86
# 4	# 8	여/남	프로/프로	0.85	0.94	0.71	0.71
# 5	# 6	남/여	프로/프로	0.85	0.86	0.90	0.82
# 5	# 7	남/남	프로/프로	0.74	0.96	0.84	0.53
# 5	# 8	남/남	프로/프로	0.73	0.91	0.82	0.89
# 6	# 7	여/남	프로/프로	0.79	0.73	0.93	0.81
# 6	# 8	여/남	프로/프로	0.73	0.90	0.77	0.75
# 7	# 8	남/남	프로/프로	0.46	0.93	0.84	0.72

도면15

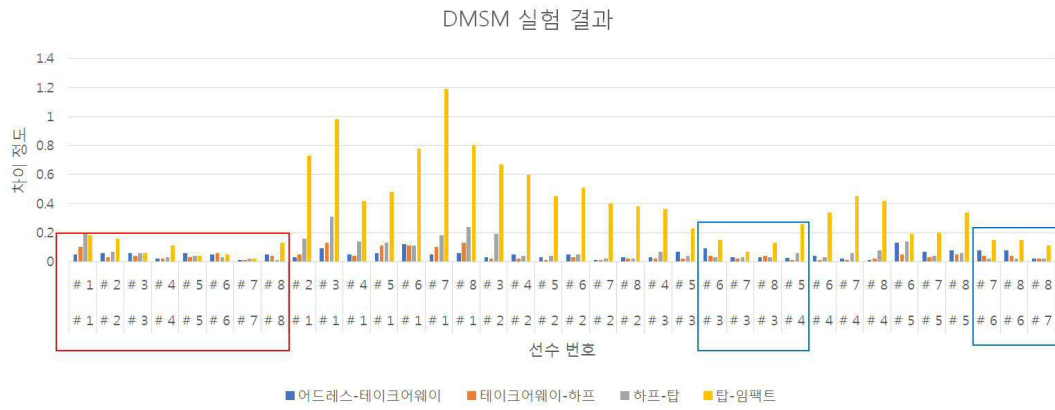


도면16

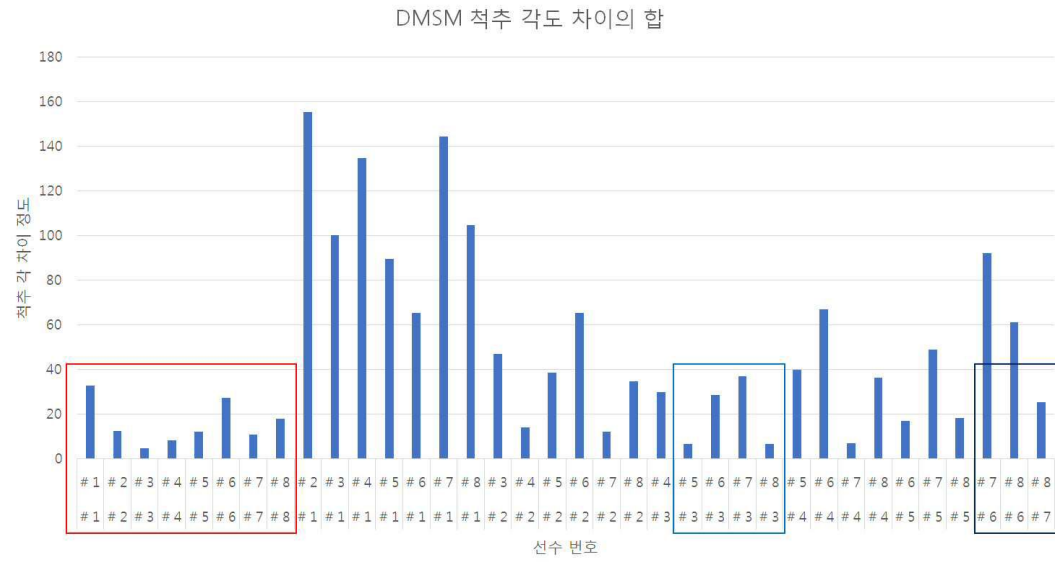
번호	번호	성별/성별	프로/아마추어	구간별 유사도				
# 1	# 1	여/여	아마추어/아마추어	0.05	0.10	0.19	0.18	32.9
# 2	# 2	남/남	아마추어/아마추어	0.06	0.03	0.07	0.16	12.6
# 3	# 3	여/여	프로/프로	0.06	0.04	0.06	0.06	4.8
# 4	# 4	여/여	프로/프로	0.02	0.02	0.03	0.11	8.2
# 5	# 5	남/남	프로/프로	0.06	0.03	0.04	0.04	12.0
# 6	# 6	여/여	프로/프로	0.05	0.06	0.03	0.05	27.2
# 7	# 7	남/남	프로/프로	0.01	0.01	0.02	0.02	11.0
# 8	# 8	남/남	프로/프로	0.05	0.04	0.01	0.13	18.0
# 1	# 2	여/남	아마추어/아마추어	0.03	0.05	0.16	0.73	155.3
# 1	# 3	여/여	아마추어/프로	0.09	0.13	0.31	0.98	100.0
# 1	# 4	여/여	아마추어/프로	0.05	0.04	0.14	0.42	134.5
# 1	# 5	여/남	아마추어/프로	0.06	0.11	0.13	0.48	89.5
# 1	# 6	여/여	아마추어/프로	0.12	0.11	0.11	0.78	65.2
# 1	# 7	여/남	아마추어/프로	0.05	0.10	0.18	1.19	144.4
# 1	# 8	여/남	아마추어/프로	0.06	0.13	0.24	0.80	104.5
# 2	# 3	남/여	아마추어/프로	0.03	0.02	0.19	0.67	47.0
# 2	# 4	남/여	아마추어/프로	0.05	0.02	0.04	0.60	14.2
# 2	# 5	남/남	아마추어/프로	0.03	0.01	0.04	0.45	38.4
# 2	# 6	남/여	아마추어/프로	0.05	0.03	0.05	0.51	65.2
# 2	# 7	남/남	아마추어/프로	0.01	0.01	0.02	0.40	12.1
# 2	# 8	남/남	아마추어/프로	0.03	0.02	0.02	0.38	34.8

번호	번호	성별/성별	프로/아마추어	구간별 유사도				
# 3	# 4	여/여	프로/프로	0.03	0.02	0.07	0.36	29.7
# 3	# 5	여/남	프로/프로	0.07	0.02	0.04	0.23	6.8
# 3	# 6	여/여	프로/프로	0.09	0.04	0.03	0.15	28.5
# 3	# 7	여/남	프로/프로	0.03	0.02	0.03	0.07	37.1
# 3	# 8	여/남	프로/프로	0.03	0.04	0.03	0.13	6.5
# 4	# 5	여/남	프로/프로	0.025	0.013	0.06	0.26	40.0
# 4	# 6	여/여	프로/프로	0.04	0.01	0.03	0.34	67.0
# 4	# 7	여/남	프로/프로	0.02	0.01	0.06	0.45	7.0
# 4	# 8	여/남	프로/프로	0.01	0.02	0.08	0.42	36.4
# 5	# 6	남/여	프로/프로	0.13	0.05	0.14	0.19	17.1
# 5	# 7	남/남	프로/프로	0.07	0.03	0.04	0.20	48.8
# 5	# 8	남/남	프로/프로	0.08	0.05	0.06	0.34	18.1
# 6	# 7	여/남	프로/프로	0.08	0.04	0.02	0.15	92.1
# 6	# 8	여/남	프로/프로	0.08	0.04	0.02	0.15	61.1
# 7	# 8	남/남	프로/프로	0.02	0.02	0.02	0.11	25.3

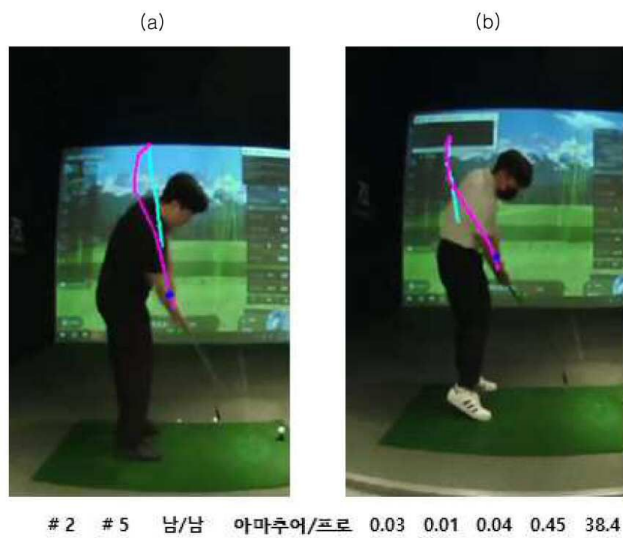
도면17



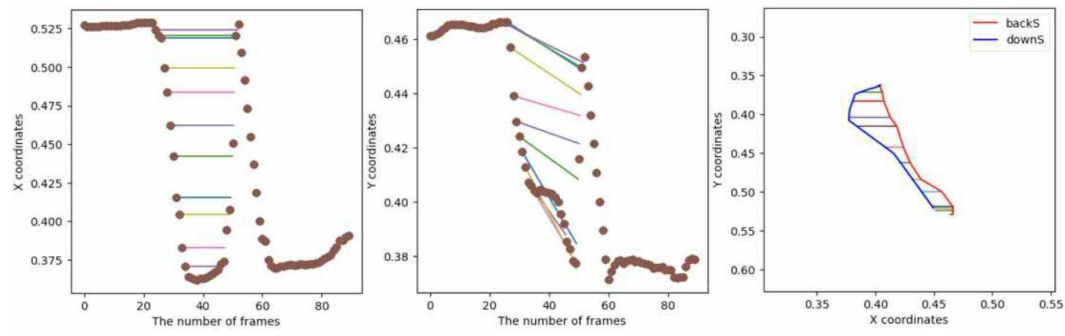
도면18



도면19



도면20



도면21

