

# A Movement Tracking Model for Non-Face-to-Face Exercise Contents

Daniel Chung<sup>†</sup> · Mingu Cho<sup>††</sup> · Ilju Ko<sup>†††</sup>

## ABSTRACT

Sports activities conducted by multiple people are difficult to proceed in a situation where a widespread epidemic such as COVID-19 is spreading, and this causes a lack of physical activity in modern people. This problem can be overcome by using online exercise contents, but it is difficult to check detailed postures such as during face-to-face exercise. In this study, we present a model that detects posture and tracks movement using IT system for better non-face-to-face exercise content management. The proposed motion tracking model defines a body model with reference to motion analysis methods widely used in physical education and defines posture and movement accordingly. Using the proposed model, it is possible to recognize and analyze movements used in exercise, know the number of specific movements in the exercise program, and detect whether or not the exercise program is performed. In order to verify the validity of the proposed model, we implemented motion tracking and exercise program tracking programs using Azure Kinect DK, a markerless motion capture device. If the proposed motion tracking model is improved and the performance of the motion capture system is improved, more detailed motion analysis is possible and the number of types of motions can be increased.

Keywords : Non-face-to-face Exercise, Azure Kinect, Motion Capturing, Motion Tracking

## 비대면 운동 콘텐츠를 위한 움직임 추적 모델

정 다니엘<sup>†</sup> · 조 민 구<sup>††</sup> · 고 일 주<sup>†††</sup>

## 요 약

여러 명이 모여서 진행되는 스포츠 활동은 코로나19와 같이 광범위하게 유행하는 전염병이 퍼지는 상황에서는 진행되기 어려우며, 이로 인해 현대인의 신체 활동 부족이 발생한다. 비대면으로 진행되는 운동 콘텐츠들을 이용하면 이런 문제점을 극복할 수 있지만, 대면 운동 시와 같은 세밀한 자세 확인이 어렵다. 본 연구에서는 보다 나은 비대면 운동 콘텐츠 운영을 위해서 IT 시스템에서 자세를 감지하고 움직임을 추적하는 모델을 제시한다. 제안하는 움직임 추적 모델은 체육학에서 널리 사용되는 움직임 분석 방법들을 참고하여 신체 모델을 정의하고 이에 따른 자세 및 움직임을 정의한다. 제안한 모델을 사용하면 운동에 쓰이는 움직임을 인식하고 분석할 수 있으며 운동 프로그램에서 특정 움직임의 횟수를 알 수 있고, 운동프로그램 수행 여부 감지도 가능하다. 제안한 모델의 유효성을 확인하기 위해 마커리스 모션 캡처 장비인 Azure Kinect DK를 사용하여 움직임 추적, 그리고 운동 프로그램 추적 프로그램을 구현하였다. 제안된 움직임 분석 모델을 개선하고 모션 캡처 시스템의 성능을 높인다면 보다 세밀한 움직임 분석이 가능하며, 적용할 수 있는 운동의 종류를 늘릴 수 있다.

키워드 : 비대면 운동, 애저 키넥트, 동작 인식, 동작 추적

## 1. 서 론

현대사회의 생활 패턴은 운동량이 감소하는 방향으로 진행되고 있으며, 이로 인한 운동 부족은 각종 질병의 원인이 된다. 이러한 운동 부족을 막기 위해 규칙적인 운동이 필요하다 [1,2]. 운동은 보통 체육관이나 야외에서 이루어지는데, 타인의 도움 없이 막무가내로 할 수 없으며, 운동 지식과 경험이

있어야 운동에 흥미를 가질 수 있고, 혼자서 스스로 행할 수 있는 능력을 가질 수 있다[3]. 이를 위해서 운동을 제대로 하고 있는지 여부를 알려주어야 하는데, 코치나 트레이너가 운동수행자에게 구두로 피드백하거나 직접 나서서 운동수행자의 자세를 교정해 주는 경우가 대부분이다[4].

특히 코로나19와 같은 팬데믹 상황에서 대면으로 여러 명이 모여서 운동하기 어려워짐으로 인하여 비대면으로 운동할 수 있는 방법이 필요했으며 이에 따라 홈 트레이닝 및 이와 관련된 피트니스 도구[5] 및 비대면 콘텐츠[6]를 널리 이용하게 되었다.

비대면 환경에서 피드백을 주는 방법에는 채팅, 이메일, SNS, 웹사이트 콘텐츠 등이 있다[6]. 하지만 비대면으로 운동 수행자의 모습을 바라보는 것은 대면으로 바라보는 것에

※ 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구결과로 수행되었음(2018-0-00209).

† 준 회 원 : 송실대학교 정보통신소재융합학과 석 · 박사통합과정

†† 비 회 원 : 송실대학교 글로벌미디어학부 학사과정

††† 중 심 회 원 : 송실대학교 글로벌미디어학부 교수

Manuscript Received : March 17, 2021

Accepted : April 11, 2021

\* Corresponding Author : Ilju Ko(andy@ssu.ac.kr)

비해 피드백이 불가능하거나 직접적으로 와 닿지 않다는 한계가 있다. 이에 대한 대안으로서 IT 기술을 이용해 운동 자세 또는 움직임을 자동으로 감지하고 이를 바탕으로 자세 교정에 사용하거나 운동 결과를 평가하려는 시도가 있어 왔다[7-9]. 그러나 이러한 시도들은 단순한 움직임에 대한 운동 능력 평가 기준을 가지거나[7,8] 움직임 종류 구분에 그쳐[9] 질 높은 피드백을 제공하기 위한 비대면 운동 콘텐츠를 구현하기에는 충분하지 않다.

따라서 제대로 된 피드백을 위해서는 기존의 운동 분야에서 어떻게 자세를 바라보고 분석하는지 알아볼 필요가 있다. 첫 번째로 스포츠 분야에서의 자세 분석 및 피드백 과정이 있는데, 녹화한 영상을 직접 보고 피드백을 주는 방식[10]에서 출발해서 정밀한 자세 분석을 위해 신체 주요 부위에 마커를 부착한 다음 마커들의 위치를 추적해서 그 위치를 기반으로 인체 모델을 만들어 이를 기반으로 신체의 모양을 형성하는 스켈레톤을 형성한 다음 스켈레톤의 움직임을 보고 피드백을 주는 방식[11,12]으로 발전한다. 이와 함께 부가적으로 근전도, 바닥의 압력, 족저 압력 등의 추가적 정보를 주는 센싱 장치들을 이용하여 시각적으로 얻기 어려운 보다 깊은 움직임 분석이 가능하기도 하다[12]. 두 번째로 일반인을 위한 운동 지도를 위한 자세 및 움직임 분석 방법론이 등장하였는데, 대표적인 것이 Carl Paoli의 free+style[13]이다. 여기에서는 신체 표현을 위해 몸의 형태를 먼저 정의하고, 이를 기반으로 움직임을 분석하려고 시도한다. 몸의 형태는 바라보는 관점에 따라서 전체적인 형태와 부분적인 형태로 나뉘며 움직임에 관여하는 역할에 따라 주 관절과 보조 관절로 나뉜다. 움직임 분석은 움직임 과정에 거치는 자세의 관점으로 하는 시작-전환-종료 방식, 힘을 가하는 방향 관점의 밀기-당기기 방식, 그리고 물리 법칙에 따른 움직임의 기전을 설명하는 관점의 이동-연결-흐름 방식이 있다. 하지만 체육학에서의 자세 분석 방법들은 피드백을 보다 편하게 줄 수 있는 수단을 제공할 뿐이며, 실제적인 피드백은 여전히 전문가에 의해 이루어진다는 한계점이 있다.

움직임을 단계별로 나누어 살펴보는 이유는 앞의 체육학의 경우뿐만 아니라 정확한 동작을 재현해야 하는 분야가 다양하기 때문이다. 움직임을 보고 따라하는 방식으로만 습득한다면 나중에 재현할 때 체험자의 감각에만 의존해서 동작을 기억해 내야하며 이 과정에서 왜곡이 발생하기 쉽다. 따라서 움직임을 재현하기 위해 움직임 과정에서 반드시 거쳐 가야 할 핵심 자세들을 정해주어 이들을 기준으로 단계 별로 기록해 두면 체험자가 기록을 보고 움직임을 재현하는 데 도움을 준다. 이렇게 움직임 과정을 단계별로 기록하는 대표적인 사례로는 애니메이션 생성 시 핵심 장면만 지정해 주는 키 프레임 애니메이션[14], 정확한 무용 동작의 재현을 위해 무용 동작을 기록한 라바노테이션[15]이 있다. 키 프레임 애니메이션의 경우 핵심 장면 사이를 운동역학적 원리를 적용해 중간의 부분 동작으로 자동으로 채워주며, 라바노테이션의 경우 무용 동작의 주요 장면을 몸의 부위들과 함께 모든 움직임을 기록할 수 있는 체계에 따라 기록한다. 따라서 본 연구에서는

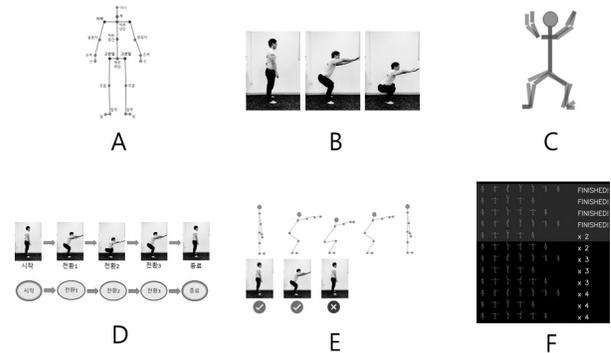


Fig. 1. The Overall Architecture of Movement Tracking Model  
 A. Posture Definition, B. Posture Extraction,  
 C. Posture Comparison, D. Movement Definition,  
 E. Movement Tracking, F. Exercise Program Tracking

운동 수행자가 비대면 환경에서 동작을 쉽게 따라할 수 있고 나중에 재현이 가능하도록 움직임을 단계 별로 나누어 추적하는 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구들을 살펴보고 3장에서는 제안하고자 하는 모델을 서술한다. 4장에서는 제안하는 모델을 이용하여 동작을 따라하는 콘텐츠를 구현한 내용을, 5장에서는 실험 환경 및 내용을 서술한다. 마지막으로 6장에서 결론을 맺는 것으로 마무리한다. Fig. 1은 본 논문에서 제시하는 움직임 추적 모델의 전체적인 구조를 보여준다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 자세 및 움직임 인식 연구 동향

지금까지 자세 및 움직임 인식은 손동작 인식[16], 일상 활동[17] 또는 체감형 게임 분야[18]에서 주로 이루어져 왔으며, 이들 연구에서는 움직임의 모양 혹은 시공간적 위치 등과 같은 추상적인 특징을 이용하였다. [16]에서는 웹 카메라 두 대로 3차원 위치를 계산하여 손동작을 인식하는데, 다양한 유사 동작 중 정의된 동작만을 검출해 내는 방법을 제안하였고, [17]에서는 기초적 신체 활동, 제스처, 행위, 상호 작용, 단체 활동, 이벤트 등의 활동 유형을 대상으로 스켈레톤 데이터를 생성하는 것으로 시작하여 동작을 탐지, 추적, 분류하기 까지 신체 활동 인식 동향에 대한 전반적인 내용을 소개하였으며, [18]에서는 컴퓨터와 키넥트를 이용하여 자신의 동작을 직접 확인할 수 있고 초당 20회의 높은 정확도로 동작을 비교하는 체감형 댄스 게임을 개발하였다.

자세 및 움직임 인식에 가장 많이 사용되는 표현 방법으로는 신체 주요 부위를 관절로, 관절 간의 연결을 뼈대로 나타내는 스켈레톤 데이터가 있는데, 마커 기반 모션 캡처 시스템과 적외선 구조화 또는 경로 시간 방식을 이용한 마커리스 기반 시스템, 그리고 RGB 혹은 위도 이미지 기반의 딥 러닝 기법을 이용하여 획득한다. 보다 정확하고 효율적인 자세 비교를 위해서 스켈레톤 데이터로부터 계산된 여러 가지 특징을

이용하는 정보 표현 양식을 사용하기도 하는데 이러한 정보 표현 양식에는 서로 다른 관절 간의 거리, 원점에서 관절까지의 거리, 특정 시간 동안 각 관절의 움직임 크기, 관절 간의 상대적 방향 배치, 모션 캡처 시스템에서 획득한 날 것의 관절의 위치 등이 있다[19].

### 2.2 체육학에서의 동작 분석 방법

체육학에서는 동작을 분석하기 위해서 영상 관리 프로그램을 사용[10] 하는 것에서 출발해서 신체 여러 부위에 가속도, 속도, 근전도 등의 센서 또는 반사마커를 부착하여 위치를 파악하는 방식[11,12] 으로 발전하였고, 최근에는 마커리스 방식으로 신체를 바라보는 방식이 사용되기 시작하였다. 지면 반력[11], 족저 압력[12] 등 바닥에 센서를 두는 방식도 사용되어 움직임 과정에서 더 많은 데이터를 제공하기도 한다. 이처럼 여러 가지 센서를 이용하여 운동 시 움직임 과정 전반적으로 데이터를 수집하여 정량화를 하지만, 상세적인 분석은 코치, 트레이너 등 전문가가 행하므로 체육학에서의 동작 분석은 대부분 반자동식으로 이루어지는 경향을 보인다.

보다 상세한 분석 방법들은 다음과 같다. 첫째, 전통적인 분석 방법은 영상을 촬영하여 경기 요인의 카테고리에 따라 분류 편집하는 프로그램을 이용해 눈대중으로 영상을 직접 보고 피드백을 주는 방법이다[10]. 둘째는 댄스 스포츠, 야구 등 특정 스포츠 분야에서 골반, 어깨 등 관심 있는 신체 부위에 위치, 각도 등 공간적 요소를 측정하는 센서를 부착하여 움직이는 과정에서 획득한 데이터로 동작 과정을 정량화해서 피드백을 주는 방법이 있다[20,21]. 셋째, 위와 유사하지만 근전도, 지면반력, 족저압력 등 비 공간적인 요소도 이용하여 정량화해서 피드백을 주는 방법이 있다[11]. 이외에도 속도, 각속도 등 시공간적인 요소를 이용한 정량화를 이용하거나 포수의 포구 동작, 바벨 스쿼트 등 복잡한 동작을 중간 단계 자세를 기준으로 하는 여러 개의 이벤트와 이벤트들 사이의 구간인 국면으로 나누어서 각각에 대하여 분석하는 접근들이 있다.

### 2.3 Carl Paoli의 free+style에서의 움직임 분석 방법

free+style[13]은 체육학에서의 움직임 분석 방법 중 일반인을 지도하기 위해 고안된 방식으로, 기존의 엘리트 선수를 위한 움직임 분석 방법들에 비해 직관적이고 이해하기 쉽다. free+style에서의 신체 표현 모델은 몸의 형태 정의 및 움직임 분석 모델로 나뉜다. 몸의 형태는 움직임에서 보이는 몸의 형태로 전체와 부분으로 나누어진다. 전체는 신체 전체적인 관점에서 본 모양이며, 부분은 특정 관절을 중심으로 본 모양을 의미한다. 세부적으로는 움직임의 방향이 다양한 어깨 및 골반 부위의 주 관절과, 움직임 방향이 제한적인 팔꿈치, 손목, 무릎, 발목의 보조 관절로 나뉜다.

움직임 분석은 시작-전환-종료, 밀기와 당기기, 이동-연결-흐름의 세 가지 방법이 있다. 시작-전환-종료 모델은 하나의 움직임을 시작 자세, 전환 자세, 종료 자세로 나누어서 분석하려는 모델이다. 움직임에 따라 전환 자세는 아예 없거나 2개 이상이 될 수 있다. 밀기와 당기기 모델은 신체의 중심으로부

터 힘의 작용 방향을 알아보기 위한 모델로, 신체의 중심으로 부터 멀어지는 방향으로 작용하는 힘을 밀기, 신체의 중심으로 가까워지는 방향으로 작용하는 힘을 당기기 로 정의한다. 이동-연결-흐름 모델은 물리 법칙에 근거해 움직임의 기전을 설명하기 위한 모델로, 중력과 무게중심, 기저면 사이의 관계에 집중함으로써 근골격계 내에서 매우 복잡한 상호작용으로 일어나는 움직임을 단순화시킬 수 있게 하여 움직임을 보다 쉽게 분석하도록 돕는다. 본 논문에서는 신체를 시각적으로 표현한 스켈레톤 정보를 이용한 움직임 분석에 초점을 맞추고 있으므로 시작-전환-종료 모델을 참고하여 움직임 분석을 하고자 한다.

## 3. 움직임 추적 모델

### 3.1 자세의 추출과 비교

자세는 사전적 의미로 어떤 동작이나 행동을 할 때의 몸의 모양을 의미하며[22], 모션 캡처 시스템의 관점에서는 스켈레톤으로 표현되는 몸의 모양이라고 할 수 있다. 스켈레톤은 신체 특정 부위를 가리키는 관절과 관절 사이를 잇는 뼈로 구성된다. 관절은 2차원 혹은 3차원 유클리드 공간 상의 좌표값으로 위치를 정하며, 뼈는 두 관절의 위치에 해당되는 점들을 연결하는 선으로 표현된다. Fig. 2는 자세를 표현하기 위한 2차원적(Fig. 2A) 혹은 3차원적(Fig. 2B) 표현 방식을 보여주고 있다. 실제 사람의 모습을 나타내려면 3차원 공간이 필요하지만, 일반적으로 스켈레톤 표현의 편의를 위해 2차원 공간 상에서 주요 신체 부위를 표시한다. 본 논문에서는 사람의 움직임을 감지해야 하므로 실제 사람의 모습을 표현하기 용이한 3차원 공간상의 스켈레톤으로 자세를 표현한다.

자세의 추출은 움직임 과정에서 순간적으로 나타나는 자세들 중에 움직임을 찾는 데 중요한 특징적인 자세들을 선별하는 작업이다. 움직임 추출의 기준은 다른 움직임과 구별되는 독특한 자세인지 여부와 움직임 과정에서 특정 관절이 이동하는 방향이 변하는지 여부이다. Fig. 3은 맨몸 스쿼트(air squat)에서 자세를 추출한 예이다. 시작 자세(Fig. 2A)와 종료 자세(Fig. 3E)는 모두 서 있는 자세로 몸이 가만히 있다가 움직이기 시작하거나 몸이 움직이다가 정지하는 특징을 가진다. Fig. 3B와 Fig. 3D는 맨몸 스쿼트임을 나타낼 수 있는 독특한 자세이며, Fig. 3C는 고관절이 아래로 향했다가 위로

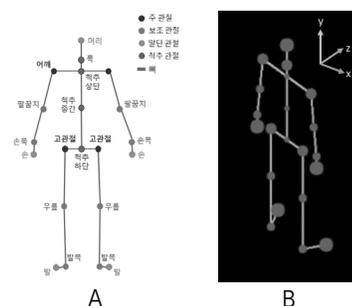


Fig. 2. The Skeletal Model Describing A Posture  
A. 2-dimensional model, B. 3-dimensional model

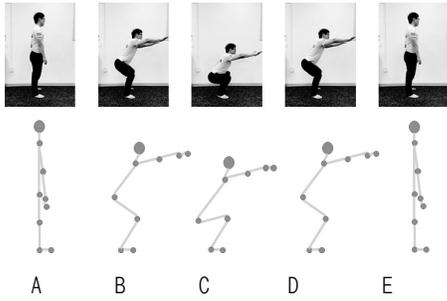


Fig. 3. The Extracted Postures of Air Squat

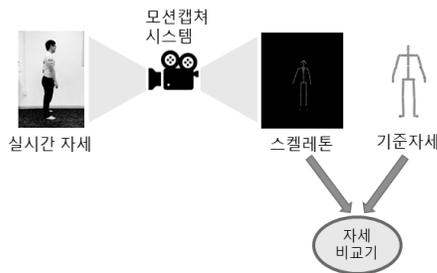


Fig. 4. The Posture Comparison Process

올라가기 직전의 방향 전환 순간의 자세이다.

자세의 비교는 기준 자세를 정의하고 이를 기반으로 실시간 자세와 위치 차이를 구함으로써 이루어진다. 여기서 기준 자세는 자세를 정의하기 위해 사전에 수집한 자세를 의미하며 실시간 자세는 모션 캡처 장비에 의해 실시간으로 수집한 자세를 의미한다. Fig. 4는 자세 비교 과정의 전반적인 흐름을 보여준다.

자세를 비교할 때에는 절대 위치의 영향을 받지 않도록 어느 한 관절을 원점으로 변환하여 다른 관절의 위치를 비교하게 된다. 이 때 원점은 일반적으로 몸의 무게중심과 가까운 골반 중심부로 한다. 그러나 관절의 위치는 몸의 회전각의 영향을 크게 받으므로 회전의 영향을 덜 받는 비교 방법이 필요하다. 그 중에 하나로 스켈레톤에 존재하는 관절들의 집합을 *joints*라고 할 때, 몸의 회전과 무관한 비교 척도로서 몸의 중심에서 각 관절 까지 상대적인 거리를 포함한 서로 다른 두 관절  $j_1, j_2 \in joints$ 까지의 거리가 있다. 이 때 모션 캡처 장비와 실시간 움직임 수행자 간의 거리의 영향을 없애기 위해서 실시간 자세에서의 몸의 중심에서 각 관절까지 상대적인 거리  $d_{real}(j_1, j_2)$ 를 기준 자세의 것과 비교 가능하도록 보정값  $d_{norm}(j_1, j_2)$ 를 구할 필요가 있다. 구하는 과정은 다음과 같다. 먼저 신체를 구성하는  $N_{bone}$  개의 뼈들의 집합 *bones*가 있을 때 기준 자세의 뼈 *bone*의 길이  $blen_{std}(bone)$ 의 평균을 실시간 자세의 뼈 *bone*의 길이  $blen_{real}(bone)$ 의 평균으로 나눈 값을 구한다. 그 다음 실시간 자세의 몸의 중심에서 각 관절까지 거리  $d_{real}(c, j)$ 에 곱한다. Equation (1)은 위 과정을 나타낸다. 이렇게 실시간 자세의 각 관절까지 상대적인 거리를 보정하였다면, 기준 자세의 것과의 차이  $d(j_1, j_2)$ 를 Equation (2)와 같이 구한다.

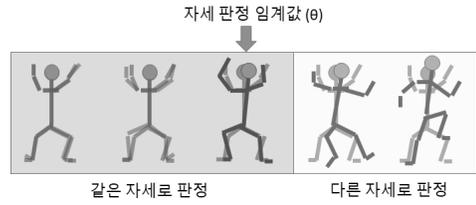


Fig. 5. An Example of Posture Comparison Results

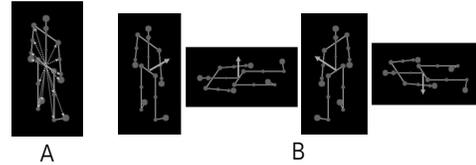


Fig. 6. The Metrics of Posture Comparison Method  
A. The relative distances between different two joints,  
B. The direction of front body

$$d_{norm}(j_1, j_2) = d_{real}(j_1, j_2) \frac{\left( \sum_{bone \in bones} blen_{std}(bone) \right) / N_{bones}}{\left( \sum_{bone \in bones} blen_{real}(bone) \right) / N_{bones}} \quad (1)$$

$$d(j_1, j_2) = |d_{std}(j_1, j_2) - d_{norm}(j_1, j_2)| \quad (2)$$

그 다음에는 같은 자세인지 판단하는 기준이 필요한데, 실시간 자세가 기준 자세와 완벽하게 일치할 수는 없으므로 어느 정도 허용 오차를 두고 같은 자세로 간주할 수 있도록 해야 하는데, 전체적인 평균 허용 오차를  $\theta$ , 각 관절  $j_1, j_2$  간의 거리 차이의 최대 허용 오차를  $\theta_{j_1, j_2}$  라고 하면 같은 자세로 간주할 수 있는 조건은 Equation (3)과 같다. 이런 방식으로 같은 자세인지 판단하는 예는 Fig. 5와 같다.

$$avg\left(\sum_{j_1 \neq j_2} d(j_1, j_2)\right) \leq \theta \wedge d(j_1, j_2) \leq \theta_{j_1, j_2} \quad (3)$$

where  $j_1, j_2 \in joints$

그리고 보다 정확한 몸의 위치를 표현하기 위해 몸통이 향하는 방향도 자세 비교에 사용된다. Fig. 6은 본 논문에서 사용하는 자세 비교 척도로서 서로 다른 관절 간의 거리와 몸통 앞부분이 향하는 방향을 보여준다. Fig. 6A는 몸의 중심에서 각 관절까지 거리를 나타내고 있으며, 이 때 몸의 중심 위치는 척추 하단과 골반이 만나는 중간 지점이다. Fig. 6B는 스켈레톤 모양은 같으나 몸통 앞부분이 향하는 방향이 다른 경우이다. 여기에서 알 수 있는 것은 몸통 앞부분이 향하는 방향만 달라도 다른 자세로 보인다는 것이다. 따라서 정확한 자세 인식을 위해서는 몸통 앞부분이 향하는 방향을 알아야 한다.

### 3.2 움직임의 인식과 추적

움직임은 자세가 시간이 지남에 따라 변하는 것으로 이를 인식하는 방법은 시점이 서로 다른 둘 이상의 자세를 비교하여 각 관절의 위치 변화를 알아내는 것이다. 자세 변화의 감지는 모션 캡처 도구에 의해 짧은 시간 간격으로 자세를 계속

수집하여 특정 시점의 직전 및 직후 자세와 서로 달라지는 것을 확인하는 것으로 이루어진다.

일상생활에서 움직임은 움직임 그 자체로 인식된다. 딱히 움직임을 나눌 필요가 없다. 그러나 움직임을 바라보는 범위를 운동 또는 스포츠로 한정한다면, 움직임을 단계적으로 나눌 필요가 있다. 본 연구에서는 움직임을 운동에서의 움직임으로 한정한다. 운동에서의 움직임은 특정 시점에 갖추어야 할 자세가 정해져 있다. 대부분의 운동에서의 움직임 과정에서 중요시하는 자세나 시점은 오랜 기간에 걸쳐 움직임의 효율성, 안전성을 추구하는 과정에서 자연스럽게 나온 것이다. 자세의 정확성을 판단하는 데는 자세로 취한 모양뿐만 아니라 자세를 갖춘 시점도 중요하다. 제대로 움직이는 지 판단하기 위해서는 위에서 설명한 자세 및 시점을 체크해 볼 필요가 있다. 자세를 판단하기 위한 시점들은 보통 여러 개 존재하며, 각 시점에 취한 자세를 바라보는 것은 움직임을 여러 순간에 취한 자세들로 쪼개서 보는 것이다. 이는 정확한 움직임을 추구하고, 운동 자세를 교정하기 위해 필요하다.

움직임을 인식하기 위해서는 기준이 되는 움직임이 먼저 정의되어야 한다. 기준 움직임을 정의하기 위해서는 움직임의 단계 별 분할 방침에 따라서 각 단계를 대표하는 자세가 먼저 정의되어야 한다. 분할하는 기준은 free+style의 시작-전환-종료 모델을 참조하여 각 단계별 자세를 정의한다. 기준 움직임이 정의되었으면 움직임 단계를 시작 자세부터 특정 움직임 단계의 자세를 차례대로 감지하여 올바른 움직임을 보이는지 판단하여야 하는데, 이것을 움직임 추적이라고 한다. Fig. 7은 맨몸 스쿼트 동작을 시점에 따라 취한 자세별로 추적하는 흐름을 나타낸다. 상단 사진은 실제로 사람이 취한 자세를 보여주며, 하단은 추적 과정을 간단한 다이어그램으로 나타낸 것이다. 맨몸 스쿼트의 움직임 단계는 총 다섯 단계로, 시작 단계와 종료 단계를 제외하면中间的 전환 단계가 3개가 있다. 전환1의 경우 전환2 동작으로 이행하기 위해 거쳐야 할 신체의 모양을, 전환3의 경우 전환2에서 종료 단계로 이행하기 위해 거쳐야 할 신체의 모양을 정의한 것이다. 그리고 전환2는 맨몸 스쿼트 동작의 중간 지점으로서 앉았다가 일어나기 직전의 시점을 나타낸다.

올바르게 움직임이 추적되려면 특정 기준 움직임의 시작 자세부터 종료 자세까지 순서대로 감지되어야 하는데, 만일 현재 단계에서 다음 단계 자세가 아닌 다른 자세를 감지하면 잘못된 움직임으로 판단한다. 잘못된 움직임으로 판단된 경우 해당 시점까지 추적한 움직임 단계들을 무효화하고 처음부터 움직임 검출을 시작한다. Fig. 8은 맨몸 스쿼트 동작 중 잘못된 움직임으로 판단된 경우의 예이다. 위쪽에 나타난 스켈레톤은 기준 자세의 단계 별 스켈레톤이며, 스켈레톤 밑의 다이어그램은 맨몸 스쿼트 추적의 흐름을 나타낸다. 아래쪽은 실제로 운동 수행자가 맨몸 스쿼트를 따라하는 모습을 보여준다. 운동 수행자의 맨몸 스쿼트 추적 과정을 보면 시작, 전환1 자세까지는 잘 따라하였으나 전환2 자세를 취하지 못하고 바로 일어났다. 전환2 자세를 취하지 못하고 다른 자세인 시작 및 종료 자세의 일어난 자세를 취함으로써 잘못된 움

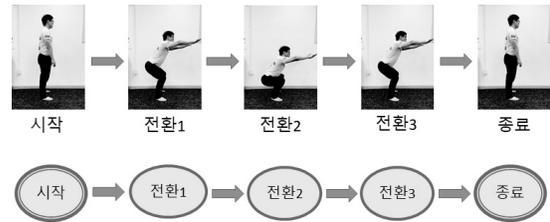


Fig. 7. The Movement Tracking Diagram for Air Squat

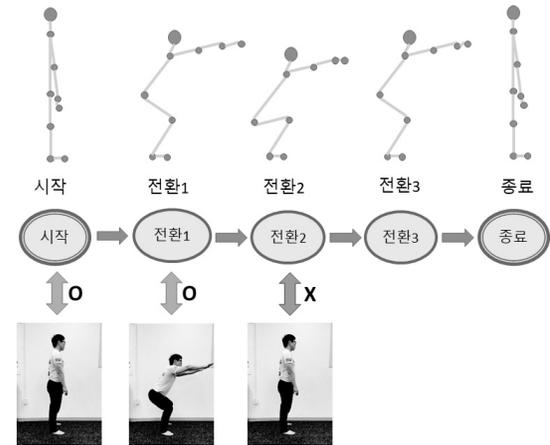


Fig. 8. An Example of Wrong Movement Detection

직임으로 판단된 것이다.

자세를 탐지하고 움직임을 추적할 수 있게 되면 이를 이용해서 일련의 운동 프로그램을 구성할 수 있다. 운동 프로그램이란 사전에 정의되어 있는 움직임들을 이용하여 특정 움직임을 몇 번 반복하는지 지정하는 패턴들을 모아놓은 것을 말한다. 이 때 움직임과 반복 횟수의 쌍을 세트라고 한다. 따라서 운동 프로그램에서는 실시간 움직임을 분석할 때 특정 세트에서 지정된 움직임만을 추적하면 된다. 운동 프로그램을 시작하기로 하면 첫 번째 세트의 움직임을 추적하기 시작하며, 해당 움직임에 대하여 지정된 횟수가 있으면 그 횟수를 반복하는지 검사한다. 만일 움직임을 행하다가 중간에 잘못된 움직임을 행하여 세트에서 지정된 움직임으로 인식되지 못한 경우 해당 세트에서 움직임을 수행하지 못한 것으로 간주하고 해당 세트에서 지정된 움직임의 시작 단계부터 다시 행하도록 유도하게 된다. 이런 방식으로 마지막 세트까지 마치게 되면 운동 프로그램이 종료된다. 이러한 일련의 과정을 운동 프로그램 추적이라고 한다.

## 4. 실험

### 4.1 실험 환경

제안한 모델이 어떻게 동작하는지 알아보기 위해서 움직임을 인식하는 프로그램을 제작하였다. 프로그램 구현은 Intel i7 7700 CPU, NVIDIA GTX 1080을 탑재한 PC에서 Windows 10 운영체제 기반의 Visual Studio 2017를 이용하였고, C++ 기반 콘솔 응용프로그램 형식으로 OpenCV 라이브러리를 이

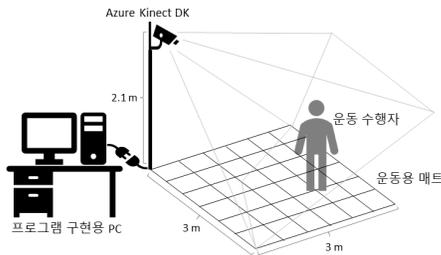


Fig. 9. The Experimental Environment

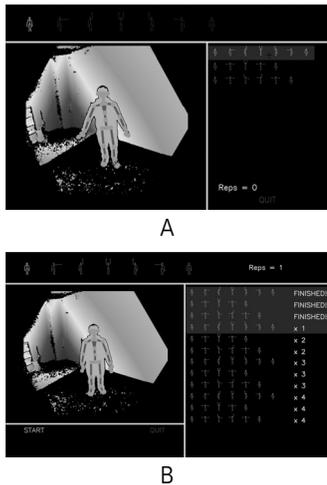


Fig. 10. The Experimental Applications  
A. Movement Tracker, B. Exercise Program Tracker

용하였으며 프로그램 작성 시 가정한 실험 공간 구성은 Fig. 9와 같다. 3 m x 3 m의 운동용 매트가 설치된 공간을 이용하였으며, 자세 탐지에 이용된 모션 캡처 시스템은 마커리스 기반의 Azure Kinect DK이다. 설치 높이는 2.1 m이고, 640 x 576 해상도의 뎀스 맵 이미지를 이용하였다. 뎀스 맵 카메라는 운동 수행자를 담을 수 있도록 위에서 비스듬히 내려보는 방향으로 흐린 선으로 표시한 범위의 시야를 가지고 있다.

4.2 구현 프로그램

본 연구에서 제시한 모델의 유효성을 검증하기 위해 작성된 프로그램은 움직임 추적기와 운동 프로그램 추적기이다. 움직임 추적기는 기존 움직임을 보고 운동 수행자가 따라 하는 형식으로 움직임을 추적하는 기능을 가지며, 운동 프로그램 추적기는 편집한 운동 프로그램을 운동 수행자가 따라 하는 형식으로 운동 프로그램 내의 움직임을 추적하고 각 움직임의 반복 횟수도 체크한다. Fig. 10은 주요 구현 프로그램의 실행 장면이다. 움직임 추적기의 전체적인 구성은 Fig. 10A와 같으며 상단은 움직임 추적 상황을 표시한다. 탐지되어야 할 움직임 단계 별 자세는 어둡게 표시되며, 특정 시점까지 인식한 움직임 단계의 자세는 밝게 표시된다. 우측 하단은 추적할 움직임들의 모음을 표시하고 있으며, 어떤 움직임을 추적할 것인지 선택할 수 있으며 현재 선택한 움직임은 어두운 색 막대로 표시된다. 좌측 하단은 운동 수행자의 모습을 스킴

레톤과 신체 영역을 표시하며, 우측 하단의 “Reps = 숫자”는 숫자만큼 선택한 움직임을 반복한 것을 표시한다. 배경은 뎀스 맵 이미지이다. Fig. 10B는 운동 프로그램 추적기의 전체적인 구성을 보여준다. 상단은 움직임 추적기와 마찬가지로 움직임 추적 상황을 나타내는데, 움직임의 반복 횟수는 움직임 단계 표시 영역 우측에 “Reps = 숫자” 형식으로 표시한다. 우측 하단은 특정 시점에서 운동 프로그램 추적 상황을 나타낸다. 어떤 움직임인지 단계 별로 나타내고 있고, 움직임 표시 그림 우측에는 몇 번 더 행해야 하는지는 “x 1”과 같이 숫자로 표기한다. 완료된 세트의 경우는 “x 숫자” 대신 “FINISHED!”를 표시한다. 현재 진행되는 세트나 완료된 세트의 경우 움직임 표시 영역 배경이 진하게 색칠된다.

5. 실험 결과

5.1 움직임 추적

움직임 추적기는 움직임을 표현하는 시작 자세로부터 종료 자세까지 단계를 확인할 수 있으며, 실제 움직임 상황에서 운동 수행자가 움직임을 어떻게 따라갔는지 움직임 단계 별로 감지한다. 실험 프로그램에서 감지할 움직임은 Fig. 11에 나와 있으며, 각 움직임 별로 시작 자세부터 종료 자세까지 단계 별로 나뉜다.

움직임 추적기는 움직임을 표현하는 시작 자세로부터 종료 자세까지 단계를 확인할 수 있으며, 실제 움직임 상황에서 운동 수행자가 움직임을 어떻게 따라갔는지 움직임 단계 별로 감지한다. 실험 프로그램에서 감지할 움직임은 Fig. 11에 나와 있으며, 각 움직임 별로 시작 자세부터 종료 자세까지 단계 별로 나뉜다.

Fig. 12는 Fig. 11A의 움직임에 대한 추적 결과를 보여준다. Fig. 12A는 시작 자세가 감지되기 전의 상태로 어떠한 자세를 취해도 시작 자세가 나오지 않으면 움직임 추적이 시작되지 않음을 알 수 있었다. Fig. 12B는 시작 자세에서 첫 번째 전환 자세에 이르기까지 운동 수행자가 움직임을 따라하는 경우를 보여주는데, 첫 번째 전환 자세를 취하기 전까지 어떻게 움직여도 시작 자세가 감지된 상태를 유지하였다. 그러나 다음 단계 자세를 취하지 못하고 움직임 단계에 사용된 다른 자세가 감지되어 버리면 Fig. 13과 같이 잘못된 자세로 판단하였다. 이렇게 움직임의 각 단계마다 Fig. 12B와 같은 과정을 거쳐 다음 단계 자세를 감지하면 움직임의 다음 단계

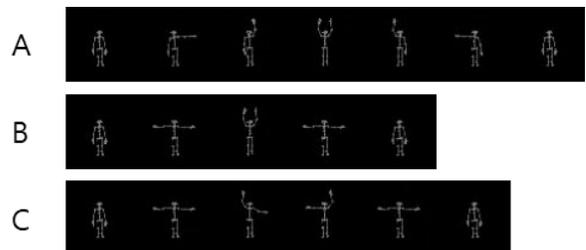


Fig. 11. Movements for the Movement Tracking Experiment

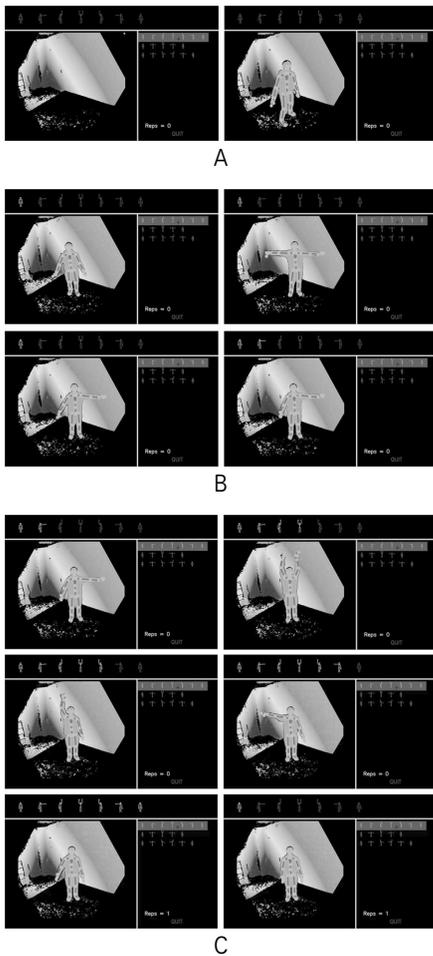


Fig. 12. The Movement Detection for Movement of Fig. 11A

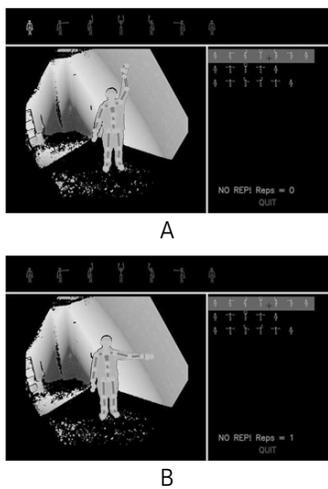


Fig. 13. Some Cases of Wrong Movement Detection for Movement of Fig. 11A

로 넘어간다. 이렇게 움직임 추적은 움직임의 종료 자세가 감지될 때까지 단계별로 반복되었고, 종료 자세가 감지된 경우 움직임 추적이 종료되었다. 움직임 추적이 종료되면 다시 움직임 추적을 시작하는데, 추적을 다시 시작하는 시점은 시작

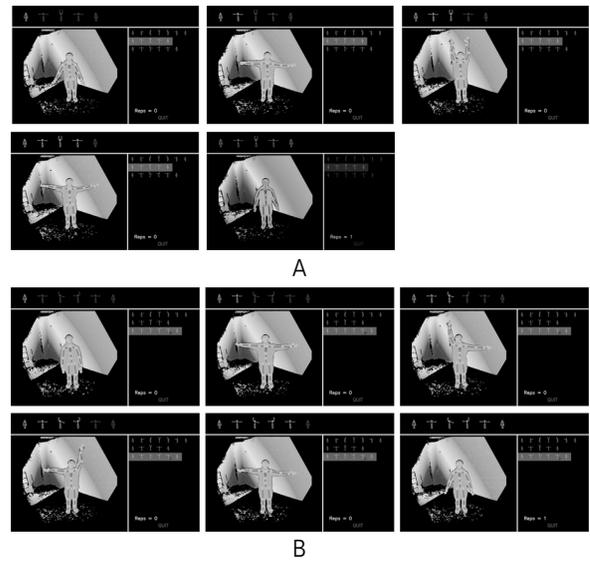


Fig. 14. The Overall Movement Detection Progress A. for Movement of Fig. 11B, B. for Movement of Fig. 11C

자세를 감지하면서부터이다. Fig. 12C는 위에서 설명한 일련의 과정을 보여준다.

운동 수행자가 움직임을 따라하다 보면, 간혹 잘못된 움직임을 취할 수 있는데, Fig. 13에 나타난 바와 같이 두 가지 경우가 발생되었다. 첫 번째는 Fig. 13A와 같은 경우로 움직임 단계에 사용된 자세를 취하였으나, 단계의 순서에 맞지 않는 경우이다. 운동 수행자가 취한 모습은 세 번째 단계의 자세이지만 다음 단계로 넘어가기 위해 감지되어야 하는 자세는 두 번째의 선 상태에서 오른쪽 손을 땅바닥과 평행하게 든 자세여야 한다. 두 번째는 이미 잘못된 움직임으로 판단된 경우 움직임을 다시 추적해야 하는 상황에서 시작 자세를 먼저 취하지 않고 다른 단계의 자세를 취한 경우이다. 이 경우 올바르게 움직임을 추적하려면 시작 자세인 선 자세를 우선 취하고 움직임을 시작하여야 하지만, Fig. 13B에서는 두 번째 단계의 자세인 서 있는 채로 오른팔을 든 자세를 취해버렸음을 알 수 있다.

위의 움직임 추적 결과는 Fig. 11A에 대한 것이지만, Fig. 11B와 Fig. 11C의 움직임에 대해서도 같은 방식으로 추적 가능함을 확인하였으며, 움직임의 각 단계에 대하여 추적된 결과는 Fig. 14에 나와 있다. Fig. 14A는 Fig. 11B의 움직임을, Fig. 14B는 Fig. 11C의 움직임을 각 단계별로 추적한 모습을 보여준다.

### 5.2 운동 프로그램 추적

운동 프로그램 추적기는 개별 움직임 추적은 움직임 추적기와 동일하지만, 운동 프로그램 내 각 세트별로 움직임과 횟수까지 추적하고 어느 세트까지 완료되었는지 진행 상황을 알려주며 마지막 세트가 끝나면 운동 프로그램이 종료되었음을 감지한다는 점이 다르다. Fig. 15는 실험에 사용한 운동 프로그램의 내용을 보여준다. 하나의 세트는 움직임과 횟수의 쌍으로 정의되며, Fig. 15에서는 각 열에 표시된 움직임과

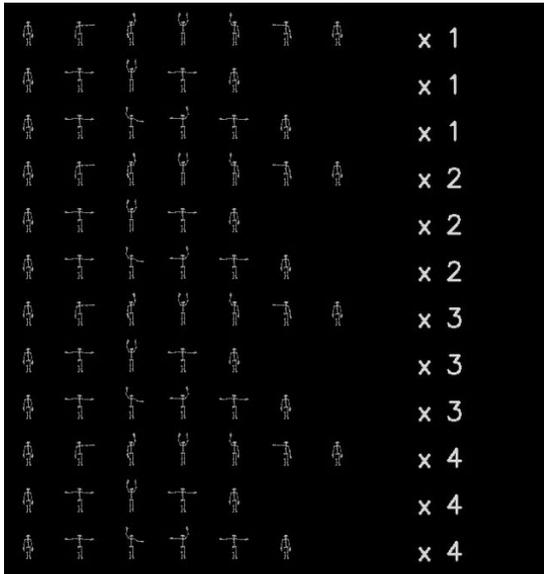


Fig. 15. The Exercise Program used in the Experiment

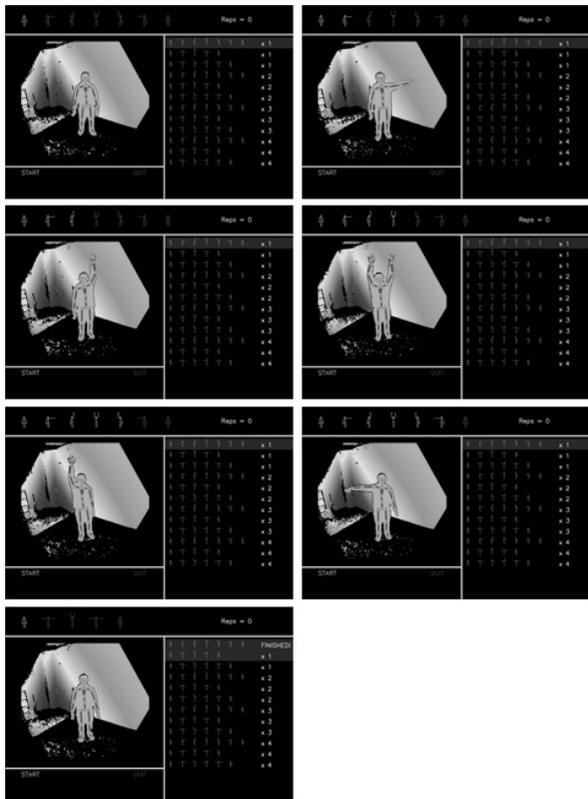


Fig. 16. The Movement Tracking Progress of the 1<sup>st</sup> Set of the Exercise Program

“x 횟수”에 대응된다. 운동 프로그램은 맨 위쪽에 표기된 세트부터 아래쪽으로 진행되며, 맨 아래쪽 세트가 끝나면 운동 프로그램이 종료된다.

운동 프로그램의 추적은 첫 번째 세트의 움직임의 추적이 시작됨으로써 이루어지며, 움직임의 추적 과정은 5.1절의 움직임 추적기와 비슷하지만, 차이점은 상단의 움직임 단계 표

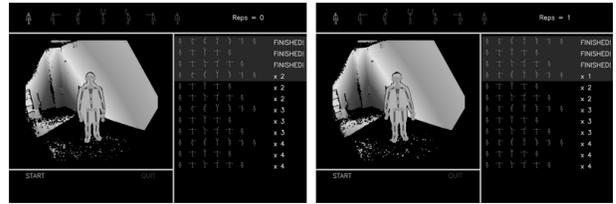


Fig. 17. A Set Tracking Case of Multiple Movement

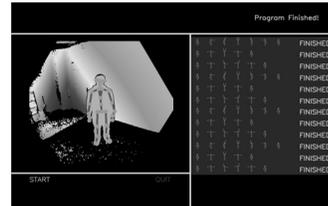


Fig. 18. The Screen Shot of Finishing Exercise Program

시 영역 오른쪽의 “Reps = 숫자” 형태의 횟수 계측 영역이다. Fig. 16은 Fig. 15의 운동 프로그램의 첫 번째 세트의 진행 상황을 움직임 단계 별로 보여주는데, 세트 내의 반복 횟수가 1회이므로 움직임 추적이 끝나면 바로 다음 세트로 넘어간다. 수행을 완료한 세트의 경우 해당 세트의 움직임 표시 영역 우측에 “FINISHED!”로 표기된다.

횟수 계측기가 의미 있게 사용되는 경우는 반복 횟수가 2회 이상인 움직임을 행하는 세트에서이며, Fig. 17에서 보여주고 있다. 좌측 화면은 세트가 시작된 경우의 모습이며, 우측의 운동 프로그램 현황 영역에서 진행되어야 할 세트의 움직임 영역 우측에 두 번 반복해야 함을 의미하는 “x 2”가 표시되어 있다. 우측 화면은 움직임을 1회 반복한 경우로 움직임 단계 표시 영역 우측의 횟수 계측 영역이 “Reps = 1”로 나타나고 있으며 운동 프로그램 현황 영역 우측에 남은 반복 횟수 “x 1”가 표기된다.

이렇게 운동 프로그램이 진행되면 결국 운동 프로그램이 종료되는데, 이러한 경우의 화면을 Fig. 18에서 보여준다. 이 경우 상단의 움직임 추적 현황 영역 우측에 “Program Finished!”가 표시되며, 더 이상 추적할 움직임이 없기 때문에 움직임 추적 현황 영역은 아무런 움직임도 표기되지 않은 채 비어있게 된다.

위에서 설명한 운동 프로그램 과정을 쭉 모아보면 Fig. 19와 같이 나타나며, 운동 프로그램 진행 과정 전반에 걸쳐 나타나는 운동 프로그램 추적 현황을 잘 보여준다.

## 6. 결 론

본 논문의 움직임 추적 모델은 체육학에서 널리 사용되는 움직임 분석 방법들을 살펴보고, 그 중에 일반인을 가르치기 위해 고안된 free+style의 자세 및 움직임 분석 모델을 참고하여 제안되었다. 제안된 모델은 움직임을 전체로 바라보고 한 덩어리로 인식하는 기존의 자세 및 움직임 탐지 기법들과 달리

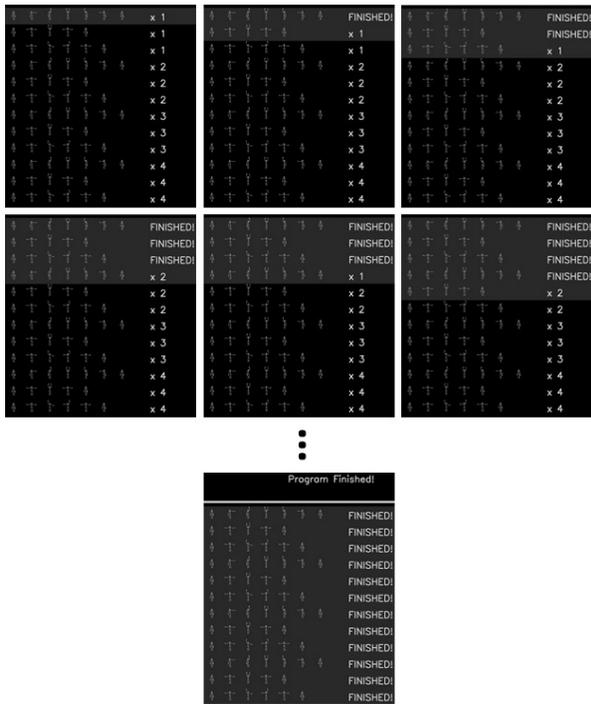


Fig. 19. The Overall Exercise Program Tracking Progress

움직임을 여러 단계로 나누고, 각 단계마다 취해야 할 자세를 정의함으로써 하나의 움직임에 대해 세밀하게 바라보고 분석할 수 있게 한다. 제안한 모델이 실제 상황에 잘 적용되는지 확인하기 위해 마커리스 모션 캡처 장비인 Azure Kinect DK를 이용한 움직임 추적 및 운동 프로그램 추적 프로그램을 제작하였다. 제작한 프로그램에서 주어진 대로 동작을 따라하게 한 결과 제안된 모델에서 의도한 대로 움직임을 추적하고, 운동 프로그램을 추적할 수 있음을 확인할 수 있었다.

현재 제안된 움직임 탐지 모델에서는 움직임 단계 사이의 전환 과정에서 잘못된 자세로의 전환이 아닌 한 어떻게 움직이건 큰 상관이 없는데, 이것은 보다 명확한 움직임 추적에 문제를 일으킨다. 움직임의 단계가 중요 자세들의 모임으로 정의되고 각 자세는 일련의 순서대로 감지되어야 하는데, 움직임 단계 사이에 자세 전환 시에 어떻게 움직여야 하는지, 얼마나 빨리 움직여야 하는 지에 대한 명확한 정의가 없다. 이를 개선하기 위하여 움직임 단계 자세 간에 어떻게 움직여야 하는지 알려주기 위하여 중요한 신체 부위의 움직임 궤적이나 움직임 속도 등을 반영한 표현 양식으로 압축하는 방법을 사용할 수 있다. 각 운동 수행자마다의 움직임 과정을 위에서 설명한 표현 양식으로 압축한 다음 기존 움직임에서의 표현 양식과 비교하여 올바르게 움직였는지 판단할 수 있다. 이러한 표현 양식 추가는 단순히 정확하게 움직였는가를 판단할 뿐만 아니라 움직임 과정에서 어떤 문제가 있는지 알려주는 단서가 될 수 있다. 이를 이용하면 움직임 단계 별 자세를 체크할 수 있을 뿐만 아니라 움직임 단계 사이의 움직임을 분석할 수 있으므로 비대면 운동 프로그램에서 보다 폭 넓은 피드백을 제공할 수 있다.

본 연구에서 제안한 모델에 대한 실제적인 적용을 위해서는 다음의 연구들이 필요하다. 우선 웹캠이나 스마트폰 카메라를 활용해 칼라 영상 기반의 딥 러닝 기술을 사용하여 자세를 검출하는 방법을 사용하여 비대면 운동 콘텐츠를 구현해 본다. 그 다음에는 움직임의 추적 과정에 사용하는 기준 자세의 정의 과정을 머신 러닝 혹은 딥 러닝을 사용하여 자동화하는 것이다. 마지막으로 움직임들 간의 상관관계를 정의하여 쉬운 동작부터 어려운 동작에 이르기까지 단계적으로 배울 수 있도록 안내하는 체계를 만들어 일반인이 비대면 방식으로 운동을 체계적으로 배울 수 있도록 하는 방법을 고안하는 것이다.

References

- [1] Duck Hee Seo, Kyung Shin Park, and Dong Keun Kim, "Design and Development of Virtual Reality Exergame using Smart mat and Camera Sensor," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol.20, No.12, pp.2297-2304, 2016.
- [2] Myung Hun Chae and In Bum Jung, "Analysis System for Dumbbell Curl Exercise based on Wireless Sensor Networks," *Journal of Korean Institute of Information Scientists and Engineers (KIISE): Computing Practices and Letters*, Vol.18, No.1, pp.19-30, 2012.
- [3] Knock Hwan Choi and Yun Chan Chung, "Development of a Fitness Device for Self-training," *Proceedings of HCI Korea 2018*, pp.193-196, 2018.
- [4] Yeonghyeon Byeon, Myungwon Lee, and Keunchang Kwak, "A Trend Analysis of Motion Capture Systems for Sports Motion Analysis," *The Journal of Korean Institute of Information Technology*, Vol.11, No.5, pp.191-201, 2013.
- [5] Seoyeon Park, Haeun Chae, and Juhyun Lee, "A Study on the Potential Demands Related to Home-training Characteristics," *Proceedings of KOSES 2018 Spring Conference*, pp.77-78.
- [6] Da Seul Joung, "Fitness exercise management and community service through interaction research among members and members of the group movement -Focus on mobile application design," Master's Thesis, Hongik University, 2020. 8.
- [7] Na-Hee Hwang, Yeonu Park, Su-Min Jo, and Ki Young Lee, "Development of Motion Ability Measurement System Using Motion Recognition Technology," *2020 Summer Conference of IEIE*, pp.2619-2620, 2020.
- [8] Taeyong Ha and Hoojin Lee, "Implementation of Application for Smart Healthcare Exercise Management Based on Artificial Intelligence," *Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers*, Vol.57, No.6, pp.44-51, 2020.

[9] Jae-Ho Jang, Jun-Hwan Jee, Du-Hwan Kim, Min-Gi Choi, and Tae-Jin Yun, "Development of exercise posture training system using deep learning for human posture recognition," *Proceedings of the Korean Society of Computer Information Conference*, Vol.28, No.2, pp.289-290, 2020.

[10] Soon-Ho Lee, "Development of an Analysis Program on Sport Competition," *Korean Journal of Sport Science*, Vol.18, No.4, pp.84-94, 2007.

[11] Sung Yong Kim, Jong Chul Park, Kyung Seok Byun, and Hee Young Baek, "Biomechanical Analysis of Throw Movement to Second Base in High School Elite Baseball Catchers," *Korean Journal of Sport Biomechanics*, Vol.30, No.2, pp.165-172, 2020.

[12] Jeong-Ki Lee, Bo-Seob Heo, Yong-Jae Kim, and Hyo-Taek Lee, "Sports Biomechanical Analysis before and after Applying Weight Belt during Squat Exercise," *Journal of Fisheries and Marines Sciences Education*, Vol.28, No.4, pp.893-902, 2016.

[13] Carl Paoli and Anthony Sherbondy, "free+style, maximize sport and life performance with four basic movements," Victory Belt Publishing, 2014.

[14] Mi-ohk Yoo and Kyoungju Park, "Comparison of the Character Movements from Key-frame and Motion Capture Animation," *The Journal of the Korea Contents Association*, Vol.8, No.9, pp.74-83, 2008.

[15] Sang-Mi Shin and Jae-Lee Kim, "Reading Body and Movement: Theory and Practice of the Laban Movement Analysis," Ewha Womens University Press, 2010.

[16] Seung-Eun Yang, "Gesture Spotting by Web-Camera in Arbitrary Two Positions and Fuzzy Garbage Mode," *KIPS Transactions on Software and Data Engineering*, Vol.1, No.2, pp.127-136, 2012.

[17] Djamila Romaiassa Beddiar, Brahim Nini, Mohammad Sabokrou, and Abdenour Hadid, "Vision-based human activity recognition: A survey," *Multimedia Tools and Applications*, Vol.79, pp.30509-30555, 2020.

[18] Hye-jeong Yun, Kwang-il Kim, Jeong-hun Lee, and Hae-Yeoun Lee, "Development of Experience Dance Game using Kinect Motion Capture," *KIPS Transactions on Software and Data Engineering*, Vol.3, No.1, pp.49-56, 2014.

[19] F. Han, B. Reily, W. Hoff, et al., "Space-time representation of people based on 3D skeletal data: A review," *Computer Vision and Image Understanding*, Vol.158, pp.85-105, 2017.

[20] Lee, Woojin and Kim, Young-Kwan, "Analysis of Coordination Patterns of Trunk and Pelvic Motions between Novices and Experts in Terms of Vector Coding Method in Cuban Rock Motion of Dance Sports," *Official Journal of Korean Society of Dance Science*, Vol.36, No.3, pp.73-86, 2019.

[21] Eui-Su Shin, "Kinetics Analysis of Goal Ball Turning Throw Motion," *Korean Journal of Sports Science*, Vol.29, No.5, pp.1151-1160, 2020.

[22] Wikitionary - 자세 [Internet], <https://ko.wiktionary.org/wiki/%EC%9E%90%EC%84%B8>



### 정다니엘

<https://orcid.org/0000-0002-2949-0889>

e-mail : danielc@soongsil.ac.kr

1999년 포항공과대학교 컴퓨터공학과  
(학사)

2001년 포항공과대학교 전자컴퓨터공학부  
(석사)

2015년 ~ 현 재 송실대학교 정보통신소재융합학과  
석·박사통합과정

관심분야 : 가상현실, 스크린스포츠, 스포츠IT



### 조민구

<https://orcid.org/0000-0001-9043-677X>

e-mail : whalsrnwkd@naver.com

2016년 초당고등학교 졸업

2016년 ~ 현 재 송실대학교

글로벌미디어학부 학사과정

관심분야 : 스포츠IT, 센싱 정보 처리



### 고일주

<https://orcid.org/0000-0002-2376-9264>

e-mail : andy@ssu.ac.kr

1992년 송실대학교 전산학과(공학사)

1994년 송실대학교 전산학과(공학석사)

1997년 송실대학교 전산학과(공학박사)

2003년 ~ 현 재 송실대학교

글로벌미디어학부 교수

관심분야 : 콘텐츠, 인공지능, 인간-로봇 인터페이스, 스포츠IT