

Development of Kinect-Based Pose Recognition Model for Exercise Game

Kyoung Shin Park[†]

ABSTRACT

Recently there has been growing popularity in exergame, such as Wii Sport or Xbox Fitness game, which enables users to get physical exercise while playing the games. In such experienced exercise games, the user's posture recognition is very important to find out exactly how much the users need to take their body posture as compared to the proper posture. This paper proposes a new exercise posture recognition model designed for the exercise game content for the elderly. The proposed model is based on extracting feature points of a skeleton model provided by the Kinect sensor to generate the feature vectors to recognize the user's exercise posture information. This paper describes the design and implementation of the exercise posture recognition model and demonstrates the feasibility of this proposed posture recognition model through a simple experiment. The experimental results showed 94.52% of average accordance rate for 12 exercise postures of 10 participants.

Keywords : Exergame, Kinect, Exercise Pose Recognition, User Experienced Interface

운동 게임을 위한 키넥트 센서 기반 운동 자세 인식 모델 개발

박 경 신[†]

요 약

최근 Wii Sport나 Xbox Fitness 등 실제와 똑같이 몸을 움직이도록 하는 기능성 운동 게임인 액서 게임이 인기를 끌고 있다. 그런데 이런 체감형 운동 게임에서는 사용자가 운동 자세를 얼마나 정확하게 취했는지 자세의 교정이 얼마나 필요한지를 알 수 있기 위하여 자세 인식이 크게 중요하다. 본 연구에서는 고령자를 대상으로 한 운동프로그램 콘텐츠에서 사용자의 자세 정보를 인식하기 위하여 키넥트 센서에서 제공하는 골격 모델의 특징점을 추출하여 각각의 특징벡터를 생성하여 만든 운동 자세 인식 모델 방법을 제안하였다. 본 논문에서는 제안하는 운동 자세 인식 모델의 설계 및 구현을 설명하였고, 간단한 실험을 통해서 제안된 운동 자세 인식 모델의 사용 가능성을 증명하였다. 실험결과 10명의 참여자들의 12가지 운동 자세에 대한 전체 평균은 94.52% 정도 일치율을 보였다.

키워드 : 운동게임, 키넥트, 운동 자세 인식, 체감형 인터페이스

1. 서 론

최근 인기를 끌고 있는 액서게임(Exergame)이란 운동(Exercise)와 게임(Game)의 합성어로 운동이 부족한 현대인들에게 재미와 건강을 동시에 주는 역할을 하고 있다. 센서 판을 밟으며 춤출 수 있는 게임기인 코나미사의 DDR(Dance

Dance Revolution)이 대중적인 인기를 얻은 최초의 액서 게임으로 알려져 있다. 2006년 닌텐도사가 위(Wii) 게임기와 전용 컨트롤러인 위 리모컨을 출시하며 위피트니스(Wii Fitness)나 위스포츠(Wii Sports) 게임 같은 체감형 운동 게임을 주도하였다. 위의 인기에 힘입어, 2010년 11월 마이크로소프트(Microsoft)사에서는 엑스박스(Xbox) 게임기에 키넥트(Kinect)센서를 출시하여, 사용자의 몸에 장치를 부착하지 않고도 자신의 움직임을 추적(Tracking)하여 게임을 즐길 수 있도록 하였다. 위나 키넥트 센서의 출시이후 모션 기반의 체감형 운동 기능성 게임 구현에 관심이 많아지고 있다[1].

가정용 운동게임이 대명사인 위스포츠(Wii Sports)는 일반인들이 친숙하게 테니스, 낚시, 골프 등 체감형 스포츠 계

※ 본 연구는 문화체육관광부 스포츠산업기술개발사업 지원과제(과제번호: s072015092015)에 의해 수행되었습니다. 관계부처에 감사드립니다. 또한, 실험에 참여해준 자원자들에게도 감사드립니다.

† 종신회원: 단국대학교 응용컴퓨터공학과 부교수
Manuscript Received: August 9, 2016
Accepted: August 29, 2016

* Corresponding Author: Kyoung Shin Park(kpark@dankook.ac.kr)

임을 경험할 수 있도록 하였다. 엑스박스 게임기용 나이키 키넥트 트레이닝(Nike Kinect Training) 게임은 하체 운동이 포함되고 체중이 이동해야 하는 운동들 위주로 구성되어 있어 운동량이 매우 많다. 키넥트 센서를 이용하여 사람의 온 몸의 움직임을 인식하므로, 닌텐도 위스포트보다 올바른 자세를 취해야만 하는 차이점이 있다. 이전 연구에서 사람들이 위를 사용하여 운동 게임을 했을 때 일반 게임보다 운동 효과가 40% 이상 높다는 연구 결과가 발표된 적이 있으며, 실제와 똑같이 몸을 움직이도록 하는 체감형 운동게임을 통하여 소모하는 에너지가 직접 걷기, 체조 운동하는 것만큼 높다고 하였다[2].

노인들은 신체가 노화됨에 따라 근력이 감소되면서 활동력 감소로 이어져 각종 질병에 걸리기 쉽다. 최근 한국 사회의 고령화에 따라 치매 등 노인들의 뇌질환으로 인한 경제적 비용이 증가되고 있으며, 이에 따라 고령자를 위한 다양한 가상현실 운동 프로그램 및 기능성 게임에 대한 연구가 진행되고 있다[3]. 최근 기존의 물리치료사나 운동 전문가의 주관에 의해 이루어지던 재활 치료를 보완 혹은 대체하기 위해 내추럴 사용자 인터페이스(Natural User Interface) 방식을 사용한 재활 운동 기능성 게임 개발이 관심을 끌고 있다.

본 연구에서는 고령자를 대상으로 한 기능성 운동 게임에서 사용자의 균형 및 자세 정보를 인식하기 위하여 키넥트 센서에서 제공하는 골격 모델의 특징 점을 추출하여 각각의 특징벡터를 생성하여 만든 운동 자세 인식 모델 방법을 제안한다. 2장에서는 운동 게임 연구와 제스처 동작 인식 관련 연구를 살펴본다. 다음으로 3장에서는 고령자를 위한 운동 프로그램 콘텐츠를 설명한다. 그리고 4장에서는 이 운동 프로그램에서 필요로 하는 운동 동작 자세 인식을 위해 설계한 키넥트 센서 기반의 운동 동작 인식 모델에 대한 특징 표현 및 구현을 설명한다. 5장에서는 이 동작 인식 모델을 사용한 자세 인식 실험을 진행한 결과 및 분석을 서술한다. 마지막으로 6장에서는 결론과 추후 연구 방향에 대해 설명한다.

2. 관련 연구

2.1 운동게임 연구

맞춤형 운동게임을 위한 레이싱 트랙과 피드백 시스템 개발 연구에서는 자전거를 개조한 전용 컨트롤러를 이용해 재미뿐만 아니라 유산소 운동까지도 보장하는 사용자에게 맞춤형 운동을 제공하는 게임을 개발하였다[4]. 또한 게임 화면의 트랙 경사도에 따라 실제 오르막길과 내리막길을 체감할 수 있는 페달 반력을 동적으로 제어하기에 사용자는 화면을 통해 자전거 운동과 게임을 동시에 수행하게 된다. 사람마다 다른 신체상황을 고려해 알맞은 운동 강도와 운동 시간을 제공하기 위해서 무선 심박측정기를 이용하여 게임에서 실시간으로 사용자의 심박수를 보여주고, 현재 심박수에 따라 사용자에게 경고 또는 위험 신호를 주며, 이를 통해 페달강도를 인위적으로 낮추거나 게임을 일시 중지시킬 수도 있다.

운동 게임을 위하여 신발형태의 인터페이스를 개발한 연구에서는 고령자나 손에 장애가 있는 사람들에게 게임의 접근성을 높여 장애인들의 재활 및 치료, 노인들에게 운동을 하도록 도와주었다[5]. “발을 굴러라” 기능성 액션 게임은 음악 리듬에 맞춰 발을 구르게 하여 노인의 하지근력 및 균형감 향상을 유도하고자 하였다. “탑쌓기” 게임은 발구르기를 하여 좌우로 움직이던 벽돌이 떨어져 탑을 쌓는 게임으로 정확한 타이밍에 발구르기를 하여야 탑이 쓰러지지 않고 난이도가 높을수록 벽돌의 움직임이 빨라져 탑쌓기가 어려워진다.

3차원 시각과 청각을 이용한 멀티모달 인터페이스를 사용하여 사용자가 전신을 움직여서 감도를 하도록 한 게임에서는 대형 스크린과 사운드를 통해 몰입감을 느끼며 사용자가 3차원 공간에서 자유롭게 움직이고 AI로 구현된 가상의 상대를 맞아 감도 게임을 즐길 수 있다[6]. 멀티뷰 카메라를 이용하여 사람의 신체와 검의 3차원 정보를 계산하고 무선 마이크를 통해 사람의 음성 신호를 획득해 가상검객이 사용자의 의도를 해석하고 멀티모달 인터페이스로부터 정보를 분석하여 지능적인 가상검객과 사용자가 대결하는 시스템이다. 가상 검객의 반응 즉 충돌 상황 및 가상검객의 구호가 시청각적으로 피드백이 되어 몰입감을 가지고 시합을 경험할 수 있다.

노인용 기능성 걷기 게임인 “팔도강산3” 개발 연구에서는 키넥트를 이용한 동작인식을 통해 시장보기 게임을 진행한다[7]. 사용자가 걸으면서 가게 앞에서 파는 음식이 등장할 때 왼 손 또는 오른 손으로 그 가게 앞에서 손을 들면 구입이 되어 장바구니에 들어오게 되는 게임이다. 시장을 다니며 주어진 임무에 맞는 음식을 기억하여 선택하면 점수를 얻는 게임으로, 사용자의 기억력 향상과 선택적 반응 능력을 향상시키는 것을 목표로 하였다.

2.2 제스처 및 동작인식 연구

키넥트를 이용한 체감형 동작 인식 댄스 게임 시스템 개발 연구에서는 사용자의 자연스러운 댄스 움직임 동작을 인식하고 해당 동작을 서버의 데이터베이스에 저장하여 사용자가 음악을 선택할 시 해당 데이터를 받아서 재생하는 방법을 사용하였다[8]. 이 연구에서는 사용자 동작 인식을 위하여 골격(Skeleton)의 (X, Y, Z) 좌표 값과 10개의 관절에 대해 각각 X-Y축, X-Z 축의 각도를 계산하여 총 20개 각도 데이터를 사용하여 일치율을 계산하여 게임 점수로 보여준다.

치매 예방을 위한 제스처 인식 기반 3차원 기능성 게임 개발 연구에서는 프라임센스(PrimeSense)사의 3차원 깊이(3D depth) 카메라와 OpenNI SDK를 이용하여 사용자의 관절 정보를 획득하였고 이 관절 위치 및 방향을 이용하여 관절의 움직임을 분석하여 사용자의 전신 제스처를 인식하였다[9]. 이 연구에서 동작인식 모듈은 15개의 관절의 위치와 방향 변화에 따라 (즉, 각 프레임마다 관절 사이의 거리를 측정하여) 21가지의 제스처(왼팔 앞으로, 왼팔 아래로, 왼팔

위로, 왼팔 뒤로, 왼팔 교차, 등등)를 인식한다. 이 제스처를 마우스 이동, 마우스 클릭, 게임 컨트롤 동작에 연결시켜 게임 진행에 사용하였다.

3D 콘텐츠 제어를 위한 키넥트 기반의 동작 인식 모델 연구에서는 키넥트 SDK를 이용하여 사람의 오른팔과 왼팔의 손목, 팔꿈치, 어깨 움직임의 거리를 계산하여 사람의 동작 모델을 구현하였다. 이 동작 모델 인식 알고리즘은 사람 골격의 연결 포인트 간 이동거리 값, 즉 (X, Y, Z) 값 변화량을 구하여 좌, 우, 상, 하, 확대, 축소, 선택 등의 7가지 동작 상태를 인식하였다[10].

키넥트 센서 기반 슈팅 게임을 위한 팔 제스처 인식 연구는 키넥트 센서로부터 획득된 관절 정보를 이용하여 2-계층 모델을 사용한 팔 제스처를 인식하는 방법을 소개하였다[11]. 제안한 2-계층 모델에서 계층 1은 HMM(Hidden Markov Model) 기반의 적응적 임계치 모델을 통하여 제스처와 비제스처를 분류하고, 계층 2는 이렇게 추출된 정보에 대해 CRF(Conditional Random Field)을 기반으로 특정 제스처 인식에 사용하였다. 이 연구에서는 키넥트의 골격(Skeleton)으로부터 어깨, 팔꿈치 및 손목의 위치 정보와 관련된 각도를 제스처의 특징으로 추출하고, 7개의 제스처(Shoot, Reload, Up, Down, Left, Right, Grab)를 정의하여 사용하였다.

3. 고령자 운동프로그램 콘텐츠

Fig. 1은 고령자를 위한 운동 게임 프로그램의 화면을 보여주고 있다. 이 콘텐츠는 고령자의 균형감각 증진 및 치매 예방을 목적으로 하는 기능성 게임으로 걷기 동작과 상하반신 운동 동작을 동시에 인식할 수 있는 시스템이다. 사용자의 걷기 동작을 정확히 인식하기 위하여 발판 센서를 사용하고, 키넥트를 이용하여 사용자의 운동 동작의 자세에 대한 팔 동작 및 발동작(좌, 우)를 판별한다. 이 시스템은 전문 트레이너 없이 다양한 난이도(초급, 중급, 고급)의 운동 프로그램을 진행하고 다음 동작에 대한 가이드를 줄 수 있는 게임이다.

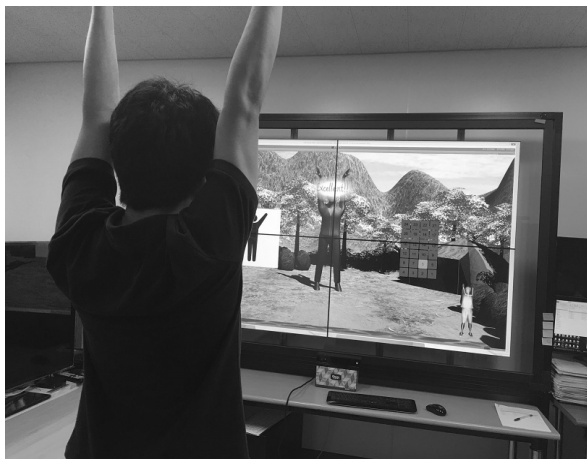


Fig. 1. Exercise Game Contents for the Elderly

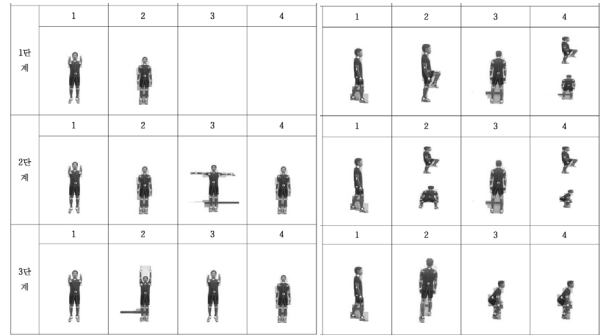


Fig. 2. Exercise Sequence for Dual Task Beginner Level

이 콘텐츠에 운동 동작 프로그램은 운동 전문가에 의해 개발되었으며, 각 운동 동작 정보를 XML 포맷으로 스크립트 데이터화하였다. 이 스크립트는 실제 사용자가 취한 운동 동작과 비교를 위한 운동 동작 자세 판별 분석에 사용된다. 초급 운동 동작 프로그램은 총 10 스텝을 이동하는 동안 만세, 양팔 벌리기, 차렷 자세를 반복해서 취한다.

중급 운동 동작 프로그램은 총 10 스텝을 이동하는 동안 양팔 벌리기, 무릎들기, 다리 옆으로 들기 등 좀 더 복잡한 운동 자세를 반복 수행한다. 고급 운동 동작 프로그램은 차렷, 양팔 벌리기, 만세, 런지, 스쿼트와 같은 다양한 운동 자세를 반복 수행한다. Fig. 2는 고령자를 위한 운동 프로그램 콘텐츠의 초급 단계의 동작 나열을 보여주고 있다.

4. 키넥트 기반 운동 동작 인식 모델

본 연구에서는 고령자 운동 프로그램 콘텐츠에서 필요로 하는 운동 동작 자세의 인식을 위하여 키넥트 기반의 전신 자세 인식 알고리즘을 개발하였다. 이 운동프로그램에서 제공하는 트레이너의 시범 동작마다 키넥트를 이용해서 실시간으로 입력받은 사용자의 움직임(즉, 골격 데이터)를 비교 분석해서 사용자가 제대로 동작을 따라하고 있는지를 판별하고 이에 대한 피드백을 적절하게 주어야 한다. 따라서 사용자가 시스템에서 요구하는 운동 동작을 정확하게 취하고 있는지를 정확하게 판별할 수 있도록 키넥트 기반의 운동 동작 인식 모델을 정의하였다.

4.1 키넥트 센서

마이크로소프트사에서 엑스박스(Xbox) 게임기 컨트롤러로 출시한 키넥트 센서는 색상(RGB) 카메라, 깊이(Depth) 센서(즉, IR 프로젝터와 카메라) 그리고 다수(Multi-array) 마이크로 구성되어 있다. RGB 카메라를 통해 2차원적으로 게임 플레이어를 인식하고 Depth 센서를 통해 게임 플레이어의 3차원 위치를 정확히 인식한다. 키넥트 센서는 게임기 기를 넘어 다양한 임베디드 기기에 적용될 수 있도록 Kinect for Windows라는 SDK 라이브러리가 제공되고 있다. Kinect SDK는 OpenNI SDK보다 전신 트래킹 인식이 용이하고 중간에 끊김 현상이 적어서 본 연구에서 제안하는

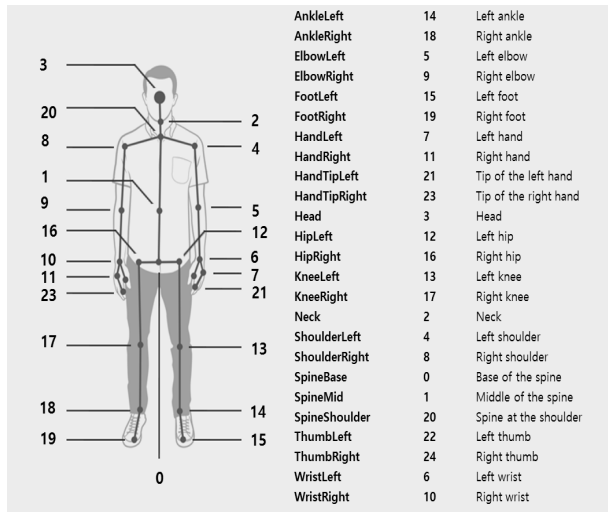


Fig. 3. Main Skeleton Joints of the Kinect 2.0

전신 운동 동작 인식 모델에 적합하다.

Fig. 3에 보이듯이 최근 출시된 키넥트 2.0은 손 끝, 엄지 손가락 및 어깨 중심의 새로운 관절을 포함하여 최대 6명의 사람을 동시에 추적하며 각 사람마다 25개의 골격 관절을 추적하는 기능을 제공하고 있다. 이전 버전보다 해부학적으로 더 정확한 위치와 아바타 구현이 가능하며, 운동, 건강, 교육 및 훈련, 게임 등 다양한 콘텐츠에 향상된 시나리오 기능 구현에 사용될 수 있다. 키넥트 2.0은 몸 중앙의 HEAD, SPINE_BASE, SPINE_SHOULDER와 팔의 SHOULDER, ELBOW, WRIST, HAND, 다리의 HIP, KNEE, ANKLE, FOOT 등 관절(Joint)의 위치를 찾아내어 사람 몸의 뼈대(Skeleton)를 인식한다.

4.2 운동 프로그램의 동작 특징 표현

운동 자세의 판별을 위해서는 사람의 자세에서 특징을 추출하고 이를 동작 인식 모델로 표현해주는 것이 필요하다. Fig. 4에 보이듯이, 본 연구에서는 키넥트 2.0에서 제공하는 신체 주요 관절 25개 중에서 사용자의 운동 자세 측정을 위하여 팔은 양쪽 손, 양쪽 팔꿈치, 양쪽 어깨 정보를 이용하였고, 다리는 양쪽 발목, 양쪽 무릎, 양쪽 엉덩이 정보, 즉 14개의 관절을 사용하였다. 신체의 골격에 공간적인 위치 정보(즉, X, Y, Z 값)는 이동이나 회전 변화에 민감하기 때문에 위치 정보로부터 벡터를 생성하여 각도를 계산하여 자세 판별에 사용한다.

각도 정보를 추출하기 위해, 왼쪽 어깨-오른쪽 어깨, 오른쪽 어깨-오른쪽 팔꿈치, 오른쪽 팔꿈치-오른쪽 손, 오른쪽 어깨-왼쪽 어깨, 왼쪽 어깨-왼쪽 팔꿈치, 왼쪽 팔꿈치-왼쪽 손, 오른쪽 골반-오른쪽 무릎, 오른쪽 무릎-오른쪽 발, 왼쪽 골반-왼쪽 무릎, 왼쪽 무릎-왼쪽 발의 벡터를 생성하고, 어깨, 팔꿈치, 무릎 등의 각도를 계산하여, 팔, 다리의 굽힘 정도를 구한다. 그리고 오른쪽 어깨-오른쪽 손, 왼쪽 어깨-왼쪽 손, 오른쪽 골반-오른쪽 발, 왼쪽 골반-왼쪽 발, 오른쪽 무릎-오른쪽 발, 왼쪽 무릎-왼쪽 발의 경우 정면(Front), 위

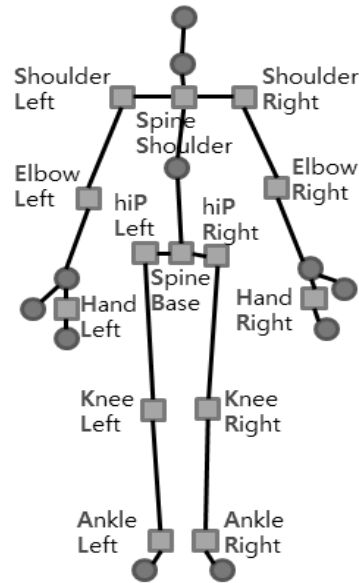


Fig. 4. Kinect-based Motion Posture Recognition Model

(Up), 아래(Down), 또는 45도 각도(Side) 벡터와의 각도를 계산하여, 팔, 다리가 어느 방향을 향하고 있는지 구한다. 각도 계산을 위하여 Equation (1)을 사용한다.

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{u}{\|u\|} \cdot \frac{v}{\|v\|}\right) \quad (1)$$

위 Equation (1)에서, θ 는 3차원 공간에서 두 벡터 u, v 간의 각(Angle)이며, u 와 v 는 인접한 관절 벡터(예를 들어, 어깨와 팔꿈치 간과 팔꿈치와 손 간)를 의미하거나 또는 관절 벡터와 정면/위아래 벡터를 의미한다.

이러한 방식으로 운동 자세(Pi)에 대한 몸통 및 왼쪽 팔, 오른쪽 팔, 왼쪽 다리, 오른쪽 다리 자세를 표현하는 각도와 양 손, 발, 무릎의 거리에 관한 특징을 사용하여 Equation (2)와 같이 표현하며, 각 요소에 대한 설명은 Table 1에 나타난다. 예를 들어, SSA는 척추의 직립 각도이며, SS(Spine Shoulder)와 SB(Spine Base) 벡터와 위(Up) 벡터 간의 각도이다. Table 1의 특징 표현에 사용한 기호(즉, SS, SB)는 Fig. 4에서 표시된 기호를 따른다.

$$P_i = \left[\begin{array}{l} \theta_{(SS-SB, UP)}, \\ \theta_{(EL-SL, HL-EL)}, \theta_{(ER-SR, HR-ER)}, \\ \theta_{(SL-SR, HL-SL)}, \theta_{(SR-SL, HR-SR)}, \\ \theta_{(HL-SL, UP)}, \theta_{(HR-SR, UP)}, \\ \theta_{(HL-SL, DOWN)}, \theta_{(HR-SR, DOWN)}, \\ \theta_{(SL-HL, FRONT)}, \theta_{(SR-HR, FRONT)}, \\ \theta_{(KL-PL, AL-KL)}, \theta_{(KR-PR, AR-KR)}, \\ \theta_{(AL-PL, DOWN)}, \theta_{(AR-PR, DOWN)}, \\ \theta_{(AL-PL, SIDE)}, \theta_{(AR-PR, SIDE)}, \\ \Delta_{(HL-HR)}, \Delta_{(AL-AR)} \end{array} \right] \quad (2)$$

Table 1. 19 Features for Exercise Posture Expression

Symbol	Feature	Description
SSA	$\theta_{(SS- SB, UP)}$	척추(Spine) 직립 각도
ELA	$\theta_{(EL- SL, HL- EL)}$	왼쪽 팔꿈치 각도
ERA	$\theta_{(ER- SR, HR- ER)}$	오른쪽 팔꿈치 각도
SLA	$\theta_{(SL- SR, HL- SL)}$	왼쪽 어깨 각도
SRA	$\theta_{(SR- SL, HR- SR)}$	오른쪽 어깨 각도
ULA	$\theta_{(HL- SL, UP)}$	왼팔 위쪽각도
URA	$\theta_{(HR- SR, UP)}$	오른팔 위쪽각도
DLA	$\theta_{(HL- SL, DOWN)}$	왼팔 아래쪽각도
DRA	$\theta_{(HR- SR, DOWN)}$	오른팔 아래쪽각도
FLA	$\theta_{(SL- HL, FRONT)}$	왼팔 앞쪽각도
FRA	$\theta_{(SR- HR, FRONT)}$	오른팔 앞쪽각도
KLA	$\theta_{(KL- PL, AL- KL)}$	왼쪽 무릎 각도
KRA	$\theta_{(KR- PR, AR- KR)}$	오른쪽 무릎 각도
LLA	$\theta_{(AL- PL, DOWN)}$	왼다리 아래쪽각도
LRA	$\theta_{(AR- PR, DOWN)}$	오른다리 아래쪽각도
TLA	$\theta_{(AR- PR, SIDE)}$	왼다리 45도 각도
TRA	$\theta_{(AR- PR, SIDE)}$	오른다리 45도 각도
HD	$\Delta_{(HL- HR)}$	왼쪽 오른쪽 손거리
AD	$\Delta_{(AL- AR)}$	왼쪽 오른쪽 발거리

4.3 동작 인식 기법

Fig. 5는 고려자를 위한 운동프로그램 콘텐츠에서 사용되는 12가지 운동 동작 자세를 보여준다. 그리고 Table 2는 각 운동 동작 자세별로 사용한 인식 특징 값을 보여준다. 운동 자세 인식을 위하여 각 자세마다 Table 2에서 보이는 총 19개의 특징 중에 일부인 n개의 특징을 사용한다. 예를 들어, 양팔 벌리기 자세(BOTH_SIDE_OUT)는 양쪽 어깨 각도(즉, SLA, SRA), 팔꿈치 각도(즉, ELA, ERA), 무릎 각도(즉, KLA, KRA)가 모두 평행하게 퍼진 상태인지 확인한다.

본 연구에서는 키넥트 센서로 인식된 실시간 사용자 운동 동작을 해당 운동 동작에 대해 저장된 스크립트로부터 Table 2에서 보이는 자세 인식 특징 값을 이용하여 비교 계산을 한다. 실시간 사용자 운동 동작 자세와 스크립트 데이터와의 각도 및 거리에 대하여 Equation (3)을 이용하여 일치율을 계산한다.

$$M = \sum_{i=0}^n \left(100 \cdot \left(\frac{70}{100} \right)^{\frac{(S_i - P_i)}{R_i}} \right) \quad (3)$$

S_i 는 운동 동작 스크립트에 정의된 기준 특징 값이고 P_i 는 실제 사용자의 운동 동작에 대한 특징 값이며 R_i 는 기준 특징의 범위 값이다. 실제 값(즉, 각도 또는 거리)을 기준과

Table 2. Feature Specifications used for 12 Exercise Posture Recognition

Exercise Posture	Specific Feature Points
BOTH_SIDE_DOWN	ELA, ERA, DLA, DRA, KLA, KRA, LLA, LRA
BOTH_SIDE_UP	ELA, ERA, ULA, URA, KLA, KRA
BOTH_SIDE_OUT	ELA, ERA, SLA, SRA, KLA, KRA
BOTH_SIDE_FRONT	ELA, ERA, FLA, FRA, KLA, KRA
RIGHT_HAND_UP	ERA, URA, DLA, KLA, KRA
LEFT_HAND_UP	ELA, ULA, DRA, KLA, KRA
RIGHT_KNEE_UP	DLA, DRA, KLA, KRA, LLA
LEFT_KNEE_UP	DLA, DRA, KLA, KRA, LRA
RIGHT_LEG_AB	KLA, KRA, LLA, TRA
LEFT_LEG_AB	KLA, KRA, LRA, TLA
BOTH_HAND_CLOSE	KLA, KRA, HD
SQUAT	KLA, KRA, SSA

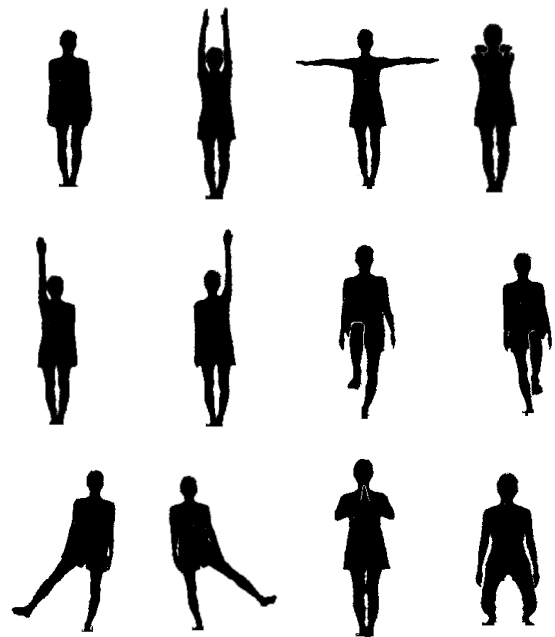


Fig. 5. 12 Kinds of Exercise Postures

범위 값으로 부터 100점에서 70점 사이로 지수 보간 값을 구하여, 한 자세에 대한 일치율을 계산한다. 각 운동 프로그램마다 운동 자세 스크립트 개수가 다르며, 전체 동작 자세 일치율에 대한 평균을 계산하여 최종 점수로 사용한다.

5. 실험 및 평가

5.1 실험 환경

본 연구에서 개발한 키넥트 기반의 운동 동작 자세 인식 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 하드웨어는 팬티엄 4 쿼드 코어 i5-3550 3.7 GHz CPU, 16 GB RAM, GeForce



Fig. 6. Snapshot of Kinect-based Pose Recognition Model Experiment: C# Kinect Terminal (Left), LEFT_KNEE_UP Pose (Right)

GTX 460 그래픽 카드, Windows 10 운영체제를 가진 컴퓨터와 키넥트 2.0 센서를 사용하여 실험하였다. 키넥트 기반의 운동 동작 자세인식 알고리즘은 C# 언어를 사용하여 일반 Window Forms 프로그램과 Unity 3D 게임 구현에 사용 가능하도록 모듈로 구현하였다. Fig. 6은 성능 평가 실험에서 사용한 LEFT_KNEE_UP 운동 자세를 인식하고 있는 C# Window Forms 프로그램을 보여주고 있다. 이 프로그램은 인식된 사용자의 운동 동작 자세에 대한 인식을 값을 터미널 화면에 출력한다.

5.2 성능 평가 및 분석

본 실험에서는 20대 4명, 40대 3명, 70대 3명이 실험에 참여하였다. Fig. 6에서 보이듯이, 실험 참여자들은 운동 프로그램 스크립트에서 요구하는 운동 자세 (총 12가지)를 취하였다. 그리고 같은 운동 동작 자세에 대해서 키넥트 센서로부터 2.65 미터 떨어진 곳에서부터 0.3 미터씩 앞으로 5번 위치 이동을 하면서 자세를 취하였다. 피험자는 실험 이전에 자세에 대한 훈련 없이 실험에 임하였으며, 피험자마다 5번씩 12가지 동일한 자세를 5번의 위치 이동을 하면서 반복하여 자세 일치율을 계산한 값을 저장하였다. 운동 자세는 BOTH_SIDE_DOWN에서부터 SQUAT 자세까지 일괄적으로 진행하였다.

Fig. 7은 10명의 사용자가 12가지 운동 자세를 5가지 거리별로 5번씩 동일한 자세를 취한 실험 결과 평균값을 보여준다. 실험 결과 20대나 40대의 경우 키넥트 센서로부터 사용자가 위치한 거리에 상관없이 매우 자연스럽게 효과적으로 운동 동작을 인식하였으며, 전체 자세 평균 98.12% (20대), 96.81% (40대) 일치율을 보였다. 특히 키넥트 센서가 인식되는 영역 내에서는 거리나 사용자의 키나 체형에 상관없이 운동 프로그램 스크립트에서 요하는 12가지 운동 자세를 비교적 정확히 인식하는 것으로 판단되었다. 그러나 옆으로 다리 들

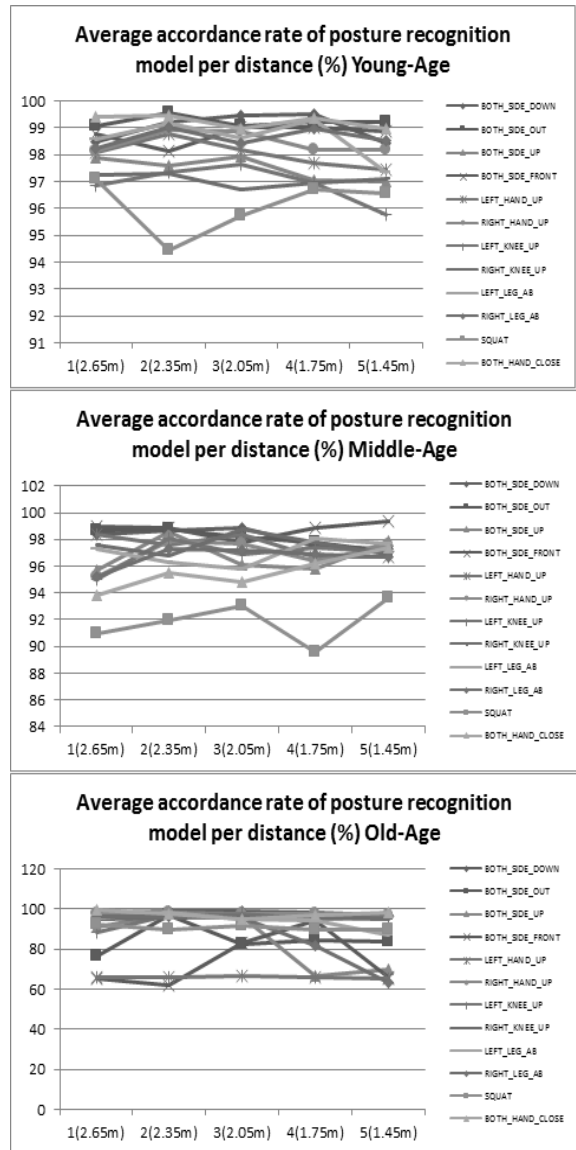


Fig. 7. Average Accordance Rate of Posture Recognition Model Per Distance (%) Young-Age (Top), Middle-Age (Middle), Old-Age (Bottom)

기 자세(즉, LEFT_LEG_AB 또는 RIGHT_LEG_AB)나 스쿼트(SQUAT) 자세의 경우, 다른 자세(즉, BOTH_SIDE_OUT 이나 BOTH_SIDE_FRONT 등 상체만 움직이는 자세)에 비하여 일치율이 다소 떨어지는 것으로 나타났다.

70대의 경우, 전체 평균은 88.64% 일치율을 보였다. 그런데 피험자의 건강 상태에 따라서 인식되지 않는 자세가 있었다. 예를 들어, 피험자 중 한 명은 왼팔 올리기 자세를 제대로 수행하기 어려웠고, 따라서 LEFT_HAND_UP은 인식되지 않았고 BOTH_SIDE_OUT이나 BOTH_SIDE_UP의 경우에도 인식이 안 되거나 또는 80%대로 인식률이 낮았다. 또한 이 실험을 통해서, 운동 자세 중 스쿼트, 옆으로 다리 들기 (즉, LEFT_LEG_AB 또는 RIGHT_LEG_AB)는 고령자들에게 어려운 운동 자세임을 확인하였다. 실험 진행 상 키

넥트 센서에서 먼 거리에서부터 가까운 거리로 이동하면서 동일한 자세를 반복하다보니, 어려운 자세일수록 가까운 거리의 일치율 점수가 낮게 나온 것을 확인할 수 있는데, 이는 거리에 따른 자세 인식 문제가 아닌 동일한 자세를 반복해서 나타난 피로감에 의한 것으로 보인다.

6. 결론 및 향후 연구

고령자를 위한 운동 프로그램 콘텐츠는 걷기와 함께 상체 팔동작을 동시에 실시하는 복수과제를 하면서 뇌의 활성화를 촉진시켜 인지향상을 도와주는 운동 프로그램이다. 본 연구에서는 이 콘텐츠에서 필요로 하는 사용자의 균형 및 자세 정보를 인식하기 위하여 키넥트 센서에서 제공하는 골격 모델의 특징 점을 추출하여 각각의 특징벡터를 생성하여 만든 운동 자세 인식 모델 방법을 설계하고 구현하였다. 또한 이 운동 동작 자세 인식 모델의 성능을 평가하기 위해 피험자 10명을 대상으로 한 실험을 진행하였다. 이 실험을 통하여 본 연구에서 개발한 운동 자세 인식 모델의 유용성을 보여주었다.

실험결과, 키넥트로 인식된 사용자의 자세와 운동 스크립트에서 정한 기준과 비교한 자세 일치율이 사용자의 체형이나 키넥트로부터의 거리에 상관없이 높게 나타났다. 고령자를 대상으로 하는 경우 고령자의 건강 상태에 따라서 인식 안되거나 일치율이 낮은 자세들이 있었으며, 또한 옆으로 다리 들기나 스쿼트 같은 운동 자세는 대부분 고령자들이 쉽게 따라 하기 어려운 자세임을 발견하였다. 현재 20대나 40대에게는 무리없이 잘 인식되는 자세인식 특징값을 좀 더 고령자에 맞도록 조정하거나 개인화된 특징값을 지정해서 사용할 수 있는 방법을 추가할 필요가 있다. 추후 더 많은 고령자를 대상으로 운동자세 인식 실험을 진행하여 고령자에 특화된 자세 인식의 문제점을 찾고 더욱 개선해 나갈 계획이다.

본 연구에서 제안한 키넥트 기반의 운동 동작 인식 모델은 인간 골격에 대한 특징 벡터를 생성하여 스크립트에 지정된 기준과 비교하는 방식으로 운동 자세를 정확하게 인식하고 자세 교정에 사용할 수 있는 가능성을 보여주었다. 현재 이 모델은 고령자 운동프로그램 콘텐츠에서 요하는 12가지 운동 자세 인식에 사용되었다. 향후에는 이를 확장하여 좀 더 세부적인 운동 동작(예를 들어, 런지 자세)과 다른 운동프로그램에서 필요로 하는 추가적인 운동 자세(예를 들어, 무릎 뒤로 꺾기 자세)에 대한 인식을 위하여, 키넥트 보정 작업 및 알고리즘 개선이 필요하다. 또한 인식 가능한 자세의 개수 증가에도 강인하도록 모델을 더욱 개선할 계획이다.

향후 연구에서는 치매예방 및 균형감각 증진을 위한 고령자 운동프로그램 콘텐츠를 발판센서와 함께 연동하여 걷기와 운동 자세를 동시에 할 수 있도록 개발할 계획이다. 또한 개인 스마트폰 및 서버를 이용하여 운동 프로그램 콘텐츠를 사용 후 본인의 운동 기록을 저장할 수 있도록 할 계획이다. 또한 이 콘텐츠를 사용하여 많은 수의 고령자들을 대상으로 실험을 진행하여 자세 인식의 문제점을 찾고 더욱 개선해

나갈 계획이다. 아울러 이 콘텐츠를 실제 게임으로 사용할 수 있도록 최적화, 사용자 인터페이스 향상, 효율적인 데이터 관리 수립 등의 보완이 필요하다. 이렇게 완성된 게임으로 상용화하여 복지관에 보급하는 것을 목표로 하고 있다.

References

- [1] Bum-Ro Lee, "A Development of Motion Detection Based Serious Game "ChoDeungGangHo" for Physical Training," *Journal of the Korea Society of Computer and Information*, Vol.20, No.11, pp.55-62, 2015.
- [2] Eui-Young Kim, Changhoon Park, and Daegun Kim, "A Study on Effectiveness and Preference of Tangible Fitness Game," *Journal of Korea Game Society*, Vol.12, No.1, pp.67-77, 2012.
- [3] Young Soog Chae, "A Serious Game Design and Prototype Development for Rehabilitation using Kinect Tools," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol.17, No.2, pp.248-256, 2014.
- [4] Daejun Kim and Changhoon Park, "Racing Track and Feedback for Adaptable Exercise Game," in *Proceedings of Korean Game Society*, pp.177-184, 2011.
- [5] Jin-ho Ahn, Sejun Park, Jungdo Kim, Kyung Sik Kim, and Changhoon Park, "A She-Type Game Controller for Exergames," *Journal of Korean Institute of Information Technology*, Vol.7, No.6, pp.159-165, 2009.
- [6] Jungwon Yoon, Sehwan Kim, Jeha Ruy, and Woontack Woo, "A Full Body Gumdo Game with an Intelligent Cyber Fencer using Multi-modal (3D Vision and Speech) Interface," *KIISE Transactions on Computing Practices*, Vol.9, No.4, pp.420-430, 2003.
- [7] KyungSik Kim, YoonJung Lee, and SeongSuk Oh, "Development of Analysis of a Walking Game 'Paldokangsan3' Using Kinect", *Journal of Korea Game Society*, Vol.14, No.1, pp.49-58, 2014.
- [8] 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.
- [9] Guan-Feng He, Jin-Woong Park, Sun-Kyung Kand, and Sung-Tae Jung, "Development of Gesture Recognition-Based 3D Serious Games," *Journal of Korea Game Society*, Vol.11, No.6, pp.103-114, 2011.
- [10] Han Suk Choi, "Kinect-based Motion Recognition Model for the 3D Contents Control," *Journal of the Korea Contents Association*, Vol.14, No.1, pp.24-29, 2014.
- [11] Sungyoung Cho, Hyeran Byun, Hee Kyung Lee, and Jihun Cha, "Arm Gesture Recognition for Shooting Games based on Kinect Sensor," *Journal of KIISE: Software and Applications*, Vol.39, No.10, pp.796-805, 2012.



박 경 신

e-mail : kpark@dankook.ac.kr

1991년 덕성여자대학교 수학과(학사)

1997년 일리노이대학교 전기전자
컴퓨터과학과(공학석사)

2003년 일리노이대학교 컴퓨터과학과
(공학박사)

2004년~2007년 한국정보통신대학교(현 한국과학기술원) 연구교수

2007년~2016년 단국대학교 멀티미디어공학 부교수

2016년~현 재 단국대학교 응용컴퓨터공학과 부교수

관심분야: 컴퓨터 그래픽스, 가상현실, HCI, 멀티미디어응용,
감성공학, 협업환경