

## 클라이머 자세인식을 위한 신체영역 기반 스켈레톤 보정

정다니엘, 고일주

송실대학교 정보통신·소재융합학과  
danielc@soongsil.ac.kr, andy@ssu.ac.kr

### Skeletal Joint Correction Method based on Body Area Information for Climber Posture Recognition

Daniel Chung, Ilju Ko

Department of ICMC Convergence Technology, Soongsil University

#### 요 약

최근 스크린 클라이밍용 콘텐츠로 클라이밍 학습 프로그램과 스크린 클라이밍 게임이 등장하였으며, 특히 스크린 클라이밍 게임에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서는 스크린 클라이밍 콘텐츠 구현의 핵심 기술인 자세 인식 성능의 개선을 위하여 등반자의 신체영역을 기반으로 하는 스켈레톤 보정 방법을 제안한다. 스켈레톤 보정 과정은 비정상적인 스켈레톤 정보를 걸러내는 스켈레톤 프레임 안정화와 신체 영역을 관절부위별로 나누어 각 관절부위의 중점을 보정위치로 하는 신체영역 기반 스켈레톤 수정 과정으로 이루어진다. 이렇게 보정한 스켈레톤 정보는 클라이밍 콘텐츠에서 등반자의 자세가 이상적인 자세와 얼마나 유사한지 판단하는 데 사용될 수 있다.

#### ABSTRACT

Recently, screen climbing contents such as sports climbing learning program and screen climbing games. Especially, there are many researches on screen climbing games. In this paper, we propose the skeleton correction method based on the body area of a climber to improve the posture recognition accuracy. The correction method consists of the modified skeletal frame normalization with abnormal skeleton joint filtering, the classification of body area into joint parts, and the final skeleton joint correction. The skeletal information obtained by the proposed method can be used to compare the climber's posture and the ideal climbing posture.

**Keywords** : Screen sports(스크린 스포츠), screen climbing(스크린 클라이밍), posture recognition(자세 인식), body area(신체 영역), skeleton correction(스켈레톤 보정), Kinect(키넥트)

Received: Sep. 11. 2017      Revised: Oct. 17. 2017

Accepted: Oct. 20. 2017

Corresponding Author: Ilju Ko (Soongsil University)

E-mail: andy@ssu.ac.kr

© The Korea Game Society. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ISSN: 1598-4540 / eISSN: 2287-8211

## 1. 서론

최근에 운동을 소재로 하여 각종 ICT 기술을 접목시킨 콘텐츠들이 쏟아지고 있으며, 운동수행자의 모습을 실시간으로 인식하는 자세인식 기능은 이러한 콘텐츠 구현에 핵심적인 요소이다. 대표적인 연구 분야로는 노인 대상 움직임 감지 및 낙상 방지[1], 보행분석을 위한 자세 측정[2], 유아용 신체활동 유도[3], 스크린 스포츠[4], 스마트 미러[5] 등이 있다. 스크린 클라이밍은 스크린 스포츠 콘텐츠 중의 하나로 인공암벽인 스크린에 구성된 콘텐츠와 클라이머 간의 상호작용에 의해 진행된다[6,7]. 지금까지 연구된 스크린 클라이밍 콘텐츠로는 스포츠 클라이밍 학습을 위한 3D 애니메이션[8] 과 스포츠 클라이밍에 대한 흥미를 높이기 위한 게임들이 있으며, 최근에는 게임 콘텐츠에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

이러한 운동 소재 콘텐츠에서 자세인식을 위한 도구로 Microsoft에서 출시한 키넥트(Kinect)를 사용한다. 키넥트는 원래 동작인식 게임에 활용하기 위해 만들어졌으나, 동작인식 기능을 구현하기에 가격대 성능비가 뛰어나 이를 이용해 신체 활동을 감지하는 여러 연구들이 있다. 이 연구들은 키넥트에서 기본적으로 제공하는 스켈레톤을 기반으로 운동수행자의 형태를 인식하며, 동작의 정확성 유무를 판단하므로 스켈레톤 정보의 정확도는 연구 성과를 좌우하는 중요한 요소가 된다. 특히 관절의 각도를 가지고 움직임을 평가하는 연구에서의 스켈레톤 정보의 신뢰성은 절대적이다.

그러나, 키넥트에서 기본적으로 제공하는 스켈레톤 정보는 다음의 한계를 가지고 있다. 키넥트의 스켈레톤은 깊이 센서에서 나타나는 관절부위의 형태를 기반으로 만들어지므로, 깊이 센서 정보에 나타나는 불안정성[9]으로 인해 스켈레톤 정보에 대한 신뢰성이 떨어진다. 관절부위가 벽이나 큰 사물에 근접하면 해당 부위는 벽이나 큰 사물의 일부로 간주하며, 스켈레톤의 해당부위 정보는 불안정해진다. 특히 암벽에 닿을 수 있는 손발부위는 바

닥이나 벽에 닿으면 골격이 심하게 왜곡될 수 있다[6]. 이 밖에 서로 다른 부위가 근접할 때도 스켈레톤 형태가 깨질 수 있으며, 다른 부위에 의해 가려지는 부위는 직접적으로 관측이 불가능하여 해당 부위 정보에 대한 신뢰성이 떨어진다.

따라서 위의 한계를 극복하기 위해 스켈레톤을 보정하는 여러 가지 방법들이 제안되었다. 동작 추적 대상이 되는 스포츠의 사전 지식을 이용하거나[10], 두 대 이상의 키넥트를 활용하거나, 초기화 과정을 거쳐 얻을 수 있는 뼈대 길이에 대한 정보를 이용할 수 있다[11]. 대상 스포츠를 한정하는 방법은 해당 스포츠가 아닌 영역에서는 사용하기 어렵고, 두 대 이상의 키넥트를 사용하는 데에는 추가 설치에 따른 비용 및 기기간의 영상에 대한 기하학적 보정(calibration)을 필요로 한다. 뼈대의 길이에 대한 정보를 알아내기 위해서는 처음에 T 자세를 해서 뼈대의 길이를 얻어와야 하므로 초기 설정이 필수이다.

위와 같은 기존 방법들의 한계를 극복하기 위해 다음의 방법을 제안한다. 키넥트에서 제공하는 정보를 바탕으로 스켈레톤 프레임 안정화 방법을 이용해 불안정성을 줄이며, 관절 위치를 원점으로 감지한 신체 영역 상의 한 점이 어느 관절에 가장 가까운지 판별해 신체영역을 스켈레톤 관절 위치를 기준으로 한 관절부위로 나눈다. 이렇게 나누어진 관절부위 상의 중점으로 스켈레톤 관절 위치를 보정한다.

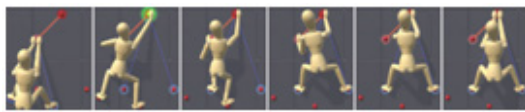
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구를 살펴보고, 3장에서는 신체영역 기반 클라이머 자세인식을, 4장에서는 실험 및 결과를 다루고, 5장에서 결론을 내린다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 스크린 클라이밍 콘텐츠

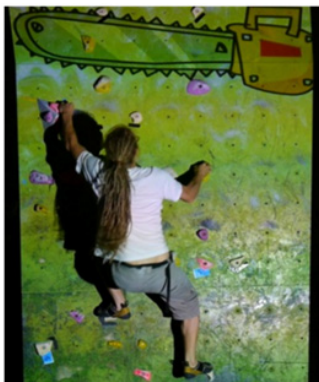
3D 클라이밍 캐릭터 애니메이션은 K. Cha에 의해 제안된 콘텐츠[8]로, 클라이밍의 동작과 움직임을 분석하여 스포츠 클라이밍 학습에 도움을 주고

자 제작되었다. 따라서 이상적인 동작을 얻기 위하여 전문 클라이밍 선수의 동작을 추적하였으며, 클라이밍 시의 움직임을 네 단계로 분류하였다. 앞에서 얻은 등반 자세 및 움직임 정보를 이용하여 [Fig. 1]과 같이 3D 캐릭터 애니메이션으로 구현하였다. 프로젝터를 이용하여 인공암벽에 투사되며, 사람들이 캐릭터가 취하는 자세 및 움직이는 경로를 보고 따라하도록 유도한다.



[Fig. 1] 3D Climbing Character Animation

스크린 클라이밍 게임에는 Raine Kajastila가 제안한 Animated Saw, Spark, Whack-a-bat, Climball[6,12]과 김정수가 제안한 고대동굴탐험[13]이 있다. Animated Saw[6]는 [Fig. 2]와 같이 클라이머가 미리 정의된 경로로 움직이는 체인톱을 피하는 게임이다. 체인톱은 인공암벽에 나타나고 미리 정의된 경로로 움직인다. 클라이머는 움직이는 체인톱을 피하여 등반한다. 만일 클라이머의 신체에 체인톱이 닿게 되면 게임이 종료된다. 체인톱은 움직임의 다양성을 위해 직선 운동 뿐만 아니라 회전 운동도 한다. 일정 시간동안 게임오버되지 않고 살아 남으면 게임 레벨을 더 높이기 위해 체인톱이 하나 더 등장한다.



[Fig. 2] Animated Saw

Spark[12]는 Animated Saw에서 한 단계 진보한 것으로, [Fig. 3]에서처럼 전기 라인을 피하는 게임이다. 클라이머는 인공 암벽에 나타난 전기 라인 안으로 들어가 플레이 버튼을 터치하여 게임을 시작한다. 전기 라인은 천천히 회전 이동하여 스톱 버튼이 있는 곳까지 이동한다. 이 때 클라이머는 전기 라인에 신체가 닿지 않게 조심스럽게 등반하여 이동한다. 도중에 전기 라인에 닿게 되면 게임이 종료되며, 닿은 신체 윤곽이 스크린에 표시된다. 전기 라인에 닿지 않고 계속 이동하여 스톱 버튼을 터치하면 클라이머는 안전하다. 게임이 종료되면 다음 스테이지로 이동하거나 재시도를 수행할 수 있다.



[Fig. 3] Spark

고대동굴탐험[13]은 [Fig. 4]와 같이 자연 속에 존재하는 동굴을 탐험하는 소재로 스크린 클라이밍에 맞게 구현된 게임이다. 클라이머가 화면에 나타난 시작 지점으로 등반하면 게임이 시작된다. 게임 시작과 함께 인공 암벽 중앙에서 종유석이 낙하 소리와 함께 다수 떨어진다. 게임 시작 지점 반대편에 목표 지점인 동굴 입구가 표시된다. 클라이머는 스테이지를 클리어하기 위해 동굴 입구 방향으로 등반하며 도중에 나타나는 장애물을 피하고 아이템의 도움을 받는다. 게임은 클라이머가 장애물에 부딪혔을 때와 오랫동안 움직이지 않을 때 종료된다. 스테이지는 총 6단계로 구성되며 위 과정

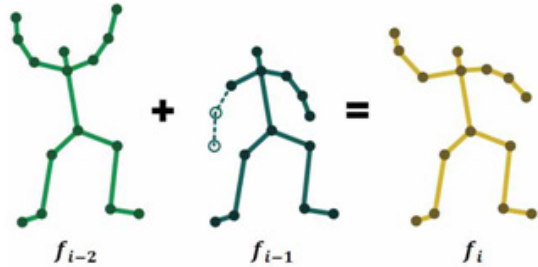
이 반복된다. 6번째 스테이지의 목표 지점인 보물 상자에 도달하게 되면 미션 성공으로 간주된다. 이 게임에서 등장하는 객체에는 장애물과 아이템이 있다. 장애물은 클라이머의 몸에 닿으면 게임이 종료 되는 것이며, 여기에는 종유석, 박쥐, 거미가 있다. 아이템은 클라이머의 몸에 닿으면 특정 효과가 나타나는 것으로, 시작지점, 목표지점, 손전등, 보물이 있다.



[Fig. 4] Ancient Cave Exploration

## 2.2 스켈레톤 보정 방법

스켈레톤 프레임 안정화 방법[10]은 [Fig. 5]와 같이 여러 프레임을 대상으로 신뢰성 높은 스켈레톤 조인트에 가중치를 높게 설정하여 해당 조인트가 더 보정에 기여할 수 있게 한다. 스켈레톤 정보의 신뢰성을 판단하는 기준은 키넥트에서 제공하는 추적 상태 값과 스켈레톤 프레임의 생성 시점이다. 추적 상태 값으로는 “tracked”, “inferred”, “not tracked”가 있는데, “tracked”는 비교적 정확하게 추적했음을, “inferred”는 해당 신체부위가 사물에 가깝게 붙어있거나 다른 신체부위 혹은 물체에 의해 가려진 경우 추정된 위치임을, “not tracked”는 추적에 실패했음을 의미한다. 스켈레톤 생성 시점은 현재 시점이 가장 신뢰성이 높고, 과거에 생성될수록 신뢰성이 낮다고 판단한다. 스켈레톤 추적 상태 값과 스켈레톤 프레임 생성 시점에 대한 가중치를 반영하여 최종 결과를 구하는 방법은 [Fig. 6]과 같다.



[Fig. 5] Conceptual Diagram of Skeletal Frame Normalization

$$LOC(\bar{j}, f_t) = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} [w(j, f_{t-i}) LOC(j, f_{t-i})]}{\sum_{i=0}^{n-1} w(j, f_{t-i})}$$

where

$$w(j, f_{t-i}) = w_0(j) e^{\alpha s(j, f_{t-i})} \text{ and}$$

$$s(j, f) \begin{cases} 1: \text{tracked} \\ \alpha: \text{inferred}, 0 \leq \alpha \leq 1 \\ 0: \text{not tracked} \end{cases}$$

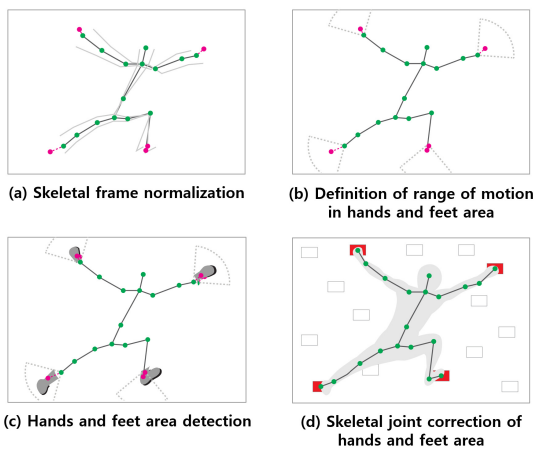
$\bar{j}$  is the corrected joint  $j$  by skeletal normalization  
 $f_t$  is the current depth map frame at time  $t$   
 $f_{t-i}$  is the  $i$ -th previous depth map frame at time  $t$   
 $LOC(j, f)$  is the location of  $j$  in the frame  $f$   
 $w_0(j)$  is the initial correction weight for  $j$   
 $w(j, f)$  is the correction weight for  $j$  in the frame  $f$   
 $s(j, f)$  is the tracked state of  $j$  in the frame  $f$   
 $\alpha$  is the weight reflecting the tracked state

[Fig. 6] Joint Location Calculation in Skeletal Frame Normalization

홀드 정보를 이용한 손발 스켈레톤 보정[10]은 손발 영역 정보와 홀드 정보를 이용한다. 검출된 손발 영역과 홀드 영역이 중첩 된다면 해당 홀드 위치를 손과 발의 위치로 인식하고, 홀드 영역과 중첩되지 않은 손발의 영역은 해당 영역의 중심점을 손과 발의 위치로 인식하여 보정한다. 구하는 과정은 [Fig. 7]에 있다.

두 대의 키넥트를 이용하여 실시간으로 스켈레톤을 추적하고 보정하는 방법은 Kwok-Yun Yeung[11]에 의해 제안되었다. 이 연구에서는 키넥트 한 대로는 스켈레톤 정보를 정확하게 얻기 어렵다고 지적하면서 두 대의 키넥트를 이용하여 초기 설정에서 얻은 스켈레톤의 관절 간 거리 정

보와, 각 키넥트에 대한 스켈레톤 내 관절 위치 정보의 신뢰도에 따른 가중치를 이용하는 방식으로 스켈레톤을 보다 안정된 형태로 추출하는 방식을 사용하였다. 하지만 키넥트에서 제공한 스켈레톤 정보만을 이용하여 보정하는 방식이어서 처음부터 스켈레톤 정보가 크게 왜곡된 상황에서는 정확도가 떨어지며, 추가 설치에 따른 비용 및 기기 간의 스켈레톤 좌표계를 맞추는 보정작업이 필요하다.

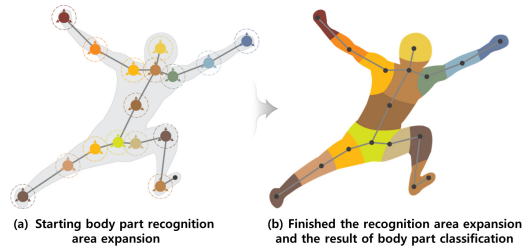


[Fig. 7] Skeletal Joint Correction in Hand-Foot Area

### 2.3 신체영역을 관절영역으로 분류

이 방법은 게임에 사용되는 신체 부위별 이벤트 발생에 필요한 신체 부위별 정보를 생성하는 것이다[14]. 각 신체 부위는 스켈레톤의 관절 별로 생성되므로 본 논문에서는 이를 관절영역으로 정의한다. 클라이머 신체 영역을 관절영역으로 구분하기 위해서 손발 보정된 스켈레톤 정보가 이용된다. 클라이머 신체 영역과 스켈레톤 정보를 같은 위치상에 두고, 스켈레톤 각 조인트 마다 인식 영역을 확장하여 클라이머 신체 영역을 [Fig. 8]과 같이 신체 부위별로 구분한다. 인식 영역은 [Fig. 8](a)와 같이 스켈레톤에서 신체 부위 별 조인트 지점에서 동시에 확장을 시작하며, 동일한 크기로 점차적으로 확장한다. 클라이머 영역의 모든 영역이 신체 부위별로 구분되면 [Fig. 8](b)와 같이 확장이 종

료된다. 스켈레톤 조인트가 영역을 벗어난 경우에도 인식 영역은 확장된다.



[Fig. 8] Classifying Body Area into Joint Part Recognition

## 3. 신체영역 기반 스켈레톤 보정

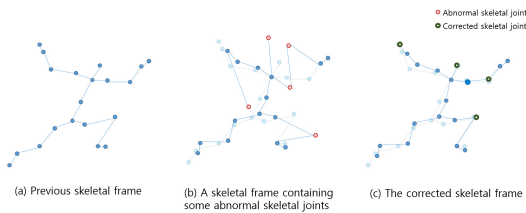
### 3.1 비정상적인 스켈레톤 관절 수정

신체영역을 [14]에서 제안한 방식으로 관절주변 영역별로 구분하기 위해서는 스켈레톤 정보의 신뢰성이 높아야 한다. 기존의 스켈레톤 프레임 안정화 방법으로 얻은 스켈레톤은 위의 추적 상태만을 이용하여 스켈레톤 정보의 신뢰성을 판단하기 때문에, 실제로 스켈레톤이 심하게 깨진 상황임에도 불구하고 스켈레톤 추적 상태가 “tracked”이기 때문에 신뢰성이 높다고 판단하여 스켈레톤을 잘못 보정하는 일이 생긴다. 따라서 본 논문에서는 이를 보완하기 위하여 추가적으로 비정상적인 스켈레톤 관절 위치를 수정하는 방법을 제안한다. 대부분의 경우 스켈레톤 정보가 안정되게 나오지만, 상황에 따라 심하게 찌그러지거나 꼬이는 경우가 발생한다. 이렇게 왜곡된 스켈레톤 정보를 얻게 되면, 2.2 절에서 서술한 스켈레톤 보정 방법을 사용해도 스켈레톤 정보에 대한 신뢰성이 떨어진다. 따라서 잘못된 스켈레톤 정보를 배제하고, 그 이전 시점에 획득하였던 올바른 스켈레톤 정보에 대한 가중치를 높이는 방식으로 잘못된 스켈레톤 정보가 반영될 확률이 최소화하도록 한다.

잘못된 스켈레톤 정보를 감지하는 기준은 프레

임 당 관절의 위치 변화이다. [16]에 의하면 암벽을 타는 속도가 가장 빠른 남성 스피드 클라이밍 선수들의 경우 15m 높이의 암벽을 오르는데 6초 정도 걸린다. 이는 평균 속도가 초속 2.5m를 약간 넘는 수준이다. 본 논문에서 제안한 방법을 구현하는 데 사용한 키넥트 기기에서는 스켈레톤 정보를 초당 30회 얻을 수 있으므로, 초속 2.5m의 이동 속도는 프레임 당 약 8.3cm 정도이다. 따라서 본 논문에서는 위의 등반 속도에 약간의 여유를 두어 프레임 간 특정 관절의 이동거리를 10cm(초속 3m 상당)로 설정한다.

비정상적인 스켈레톤 관절 수정 과정은 다음과 같다. 우선 직전 프레임과 비교해서 각 관절별로 이동거리를 구한다. 이 때 이동거리가 특정 한계치(프레임 당 10cm)를 넘기면 잘못된 것으로 판단하고 해당 관절의 추적상태를 “inferred”로 재정의한다. 그 이후에는 스켈레톤 프레임 안정화 알고리즘을 수행한다. [Fig. 9]은 비정상적인 관절이 수정되는 과정을 나타낸다.



[Fig. 9] Abnormal Skeletal Joint Correction

### 3.2 관절부위 별 중점 찾기

앞에서 분류한 관절부위 영역은 신체영역 기반 스켈레톤 보정에 사용된다. 각 관절부위를 대표하는 중점으로 보통 무게중심을 사용한다. 무게중심을 구하는 일반적인 방법으로 다각형의 무게중심 구하기 방법이 있지만 본 논문에서 제시한 관절부위에 대해서는 적합하지 않다. 왜냐하면 다각형의 무게중심 구하기 방법을 사용하기 위해 관절부위별로 외곽선 추출연산 후 다각형 근사화를 위한 추가 작업이 필요하며, 신체영역 주변 노이즈나 모

폴로지 연산에 의해 발생하는 신체영역 절단 현상으로 인해 특정 관절부위가 여러 개의 덩어리로 이루어질 가능성이 있기 때문이다. 따라서 관절영역을 동일한 크기를 가지는 픽셀 단위로 세분화하며, 이러한 경우에 사용하는 무게중심 공식은 [15]에 있다. 여기서 각 픽셀은 거대한 물체를 이루는 동일한 크기의 조각이며 각 조각의 밀도가 같으므로 조각 당 질량은 같다. 따라서 [Fig. 10]와 같이 모든 픽셀 위치에 대해 동일한 질량을 주고 픽셀 위치의 평균을 구하는 공식을 사용한다.

```

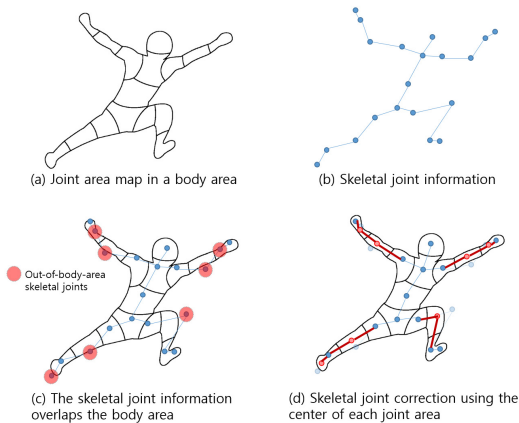
For a joint j in the Kinect skeleton joints
    Set centerPoint(j) as (0,0)
    For a pixel p in the jointPart(j)
        centerPoint(j) = centerPoint(j) + location(p)
    End for
    If count(jointPart(j)) > 0 then
        centerPoint(j) = centerPoint(j) / count(jointPart(j))
    End if
End for
    
```

[Fig. 10] Finding Center of Mass Location for Each Joint Area

### 3.3 관절부위를 이용한 스켈레톤 보정

2.2절에서 설명한 스켈레톤 프레임 안정화 방법으로 키넥트 스켈레톤 정보의 불안정성을 어느 정도 해소할 수 있지만, 클라이머 자세인식에는 충분치 않다. 이를 보완하고 보다 높은 신뢰도를 가지는 스켈레톤 정보를 얻기 위해 관절부위를 이용한 스켈레톤 보정 방법을 사용한다. 전체적인 과정은 [Fig. 11]에 있다. 특히 [Fig. 11](c)와 같이 신체영역과 대조해 보면 일부 관절위치가 신체영역에서 빠져나와 있음을 알 수 있다. 모든 관절부위는 신체영역의 일부이어야 정상이므로, 빠져나온 관절 위치를 신체영역 안에 있도록 수정할 필요가 있다. 이를 위해서 각 관절 위치를 수정할 때 기준이 되는 위치가 필요하며, 3.2절에서 구한 각 관절부위별로 구한 무게중심을 사용한다. 이렇게 되면 [Fig. 11](d)와 같이 어떤 관절이든지 신체 영역 내에 위

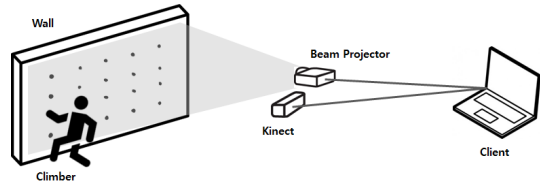
치하게 되어 스켈레톤이 깨지는 경우에도 그 정도를 완화시킬 수 있다. 만일 특정 관절에 연관된 관절부위가 없다면, 스켈레톤 프레임 안정화 단계에서 얻은 결과를 사용한다. 이렇게 보정된 스켈레톤 관절은 올바른 정보로 간주되며, 추적 상태를 “tracked”로 갱신한다.



[Fig. 11] Correction of Skeletal Information using Joint Area Center Points

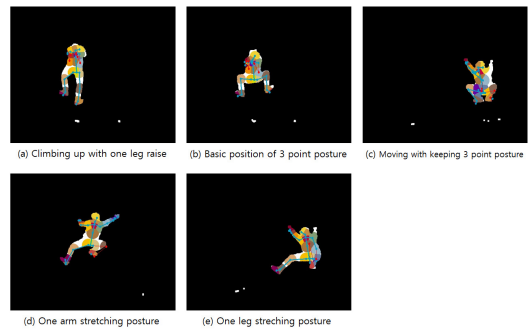
#### 4. 실험 및 분석

여기에서는 제안한 방법으로 비정상적인 스켈레톤 정보를 수정하고, 클라이머 신체 영역을 관절부위 별로 구분해 보고, 구분된 정보를 이용하여 스켈레톤을 보정하는 과정을 알아보는 실험을 진행하였다. 실험을 위한 환경은 [Fig. 12]와 같이 인공암벽, 빔 프로젝터, 키넥트, 클라이언트로 구성된다. 인공 암벽의 크기는 가로 4m, 세로 3m 이며, 빔 프로젝터는 인공 암벽에 콘텐츠를 출력하기 위해서 사용되며, 인공 암벽 전체에 영상이 투사되도록 설정하였다. 키넥트는 Kinect v2 for windows를 사용하였으며, 배치된 인공 암벽이 모두 촬영 가능하도록 정면에 배치하였다. 클라이언트에는 제안한 방법이 구현된 실험용 프로그램이 설치되었다.



[Fig. 12] Experimental Environment

본 논문에서 제안한 스켈레톤 보정 방법이 유효한지 알아보기 위해 다음과 같은 방법으로 실험을 진행하였다. 사전에 클라이머의 등반 실황을 녹화한 다음, 녹화한 파일에서 추출할 스켈레톤 프레임을 정한다. 추출하는 프레임 대상은 [Fig. 13]와 같이 클라이밍에서 발생하는 주요 동작으로, 한 발 들어 올라가는 장면([Fig. 13](a)), 삼지점 기본 자세([Fig. 13](b)), 삼지점 자세 이동 과정([Fig. 13](c)), 한 팔을 뻗는 장면([Fig. 13](d)), 한 발을 뻗는 장면([Fig. 13](e))이다. 이 자세들을 대상으로 본 논문에서 제안한 방법으로 보정한 스켈레톤 정보와 기존의 스켈레톤 정보와 비교하였다. 비교 대상은 키넥트에서 제공한 기본적인 스켈레톤 정보와 [14]에서 제안한 스켈레톤 프레임 안정화 및 손발 스켈레톤 보정을 적용한 스켈레톤 정보이다.



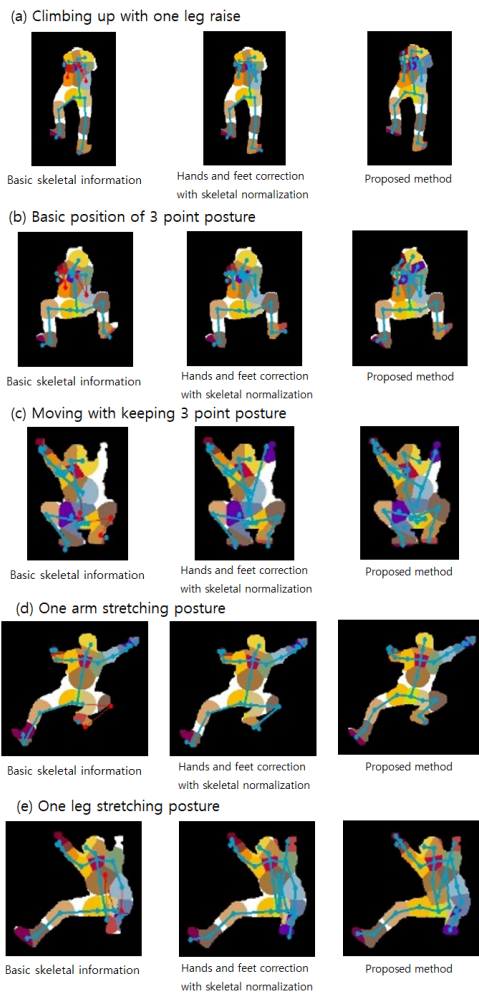
[Fig. 13] Selected Climbing Postures

실험 결과는 [Fig. 14]와 같다. 키넥트 제공 기본 정보를 살펴보면 [Fig. 14](c)의 경우처럼 스켈레톤이 일부가 찌그러지거나 [Fig. 14](d)의 경우처럼 스켈레톤 모양이 불안정한 경우가 발생하며, 전체적으로 일부 관절이 신체 영역 바깥으로 빠져나갔음을 알 수 있다. 스켈레톤 프레임 안정화와

손발 스켈레톤 보정 방법을 적용한 방법에서는 손발 부위가 닿은 홀드 영역으로 보정된 것 이외에는 키넥트 제공 기본 정보의 경우와 큰 차이가 없다. 제안한 방법은 모든 유형의 자세에 대하여 스켈레톤 관절이 신체 영역 안으로 들어가 있음을 확인할 수 있으며, 기존 방법에서 신체 영역 안에 위치하더라도 가장자리로 치우쳤던 스켈레톤 관절의 경우에도 신체영역 중심으로 수정되었음을 확인할 수 있다. 신체 영역과 스켈레톤 관절을 비교해 볼 때 제안한 방법이 기존의 방법들보다 더 유사한 형태로 스켈레톤을 구성함을 알 수 있다.

## 5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 스크린 클라이밍 콘텐츠에서 클라이머의 정확한 자세인식을 위하여 신체영역에 기반하여 스켈레톤을 보정하는 방법을 제안하였다. 이 방법은 인공 압벽이 있는 환경에서 배경 영상과 클라이머가 있는 전경 영상 간의 템스맵 차영상으로 구한 클라이머 신체영역 정보와 스켈레톤 정보를 함께 사용한다. 스켈레톤 정보는 키넥트에서 제공하는 정보를 그대로 사용하는 대신 비정상적인 스켈레톤 정보를 수정하는 개선된 프레임 안정화 방법과 손발 보정 과정을 거쳐 신뢰도를 높인 것을 사용한다. 위에서 구한 스켈레톤 관절들을 이용하여 관절부위 영역을 구하며, 스켈레톤을 각 관절부위 영역의 중점으로 보정한다. 이렇게 보정한 스켈레톤 정보는 등반자의 자세를 이전 연구들보다 정확하게 감지할 수 있다. 예를 들어서 3D 클라이밍 캐릭터 애니메이션 프로그램을 확장하여 등반자가 단순히 애니메이션을 보고 동작을 따라할 뿐만 아니라, 프로그램에서 등반자의 자세가 애니메이션에서 제시한 이상적인 자세와 얼마나 유사한지 판단하는 데 사용될 수 있다. 앞으로 스크린 클라이밍 콘텐츠를 제작할 때 이 논문에서 제안한 방법 이외에도, 심박[17] 또는 근전도 센서[18]를 부착하거나, 헬멧[19] 등의 장비를 활용하여 IoT 기술[20]을 접목시킬 수 있다. 이렇게 스크린 클라이밍 게임 콘텐츠를 구현한다면, 게임 구현의 다양성이 더욱 더 증가할 뿐만 아니라 게임을 즐기는 사용자로 하여금 재미와 게임에 대한 몰입을 더욱 증폭시켜줄 것이다.



[Fig. 14] Experimental Results

## ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by the Technology Innovation Program (10077328, Developing a platform for construction of physical sportainment space and production of



exercise service content) funded By the Ministry of Trade, Industry & Energy(MOTIE, Korea)

## REFERENCES

- [1] S. Yang, D. Kang, et al., "Evaluation of Balance Ability of the Elderly Using Kinect Sensor", The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers Vol. 66, No. 2, pp. 439-446, 2017
- [2] Ki Ho Song, Jong Hyen Seo, and Sung Teak Chung, "A Gait Analysis and Training Contents Based on Treadmill using Depth Camera", Korean Society For Computer Game, Vol. 28, No. 3, pp. 27-34, 2015
- [3] Euijeong Go, Seonghwan Na, et al., "A Full-body-experience Game for Child Safety Education using Kinect 3D Recognition Technology", Proc. of the 41th KIISE Winter Conference, pp. 1473-1475, 2014
- [4] MoonHyun Jung, and InBack Bang: "Present Condition of and Prospect for Domestic Golf Course Industry," Korean Journal of Golf Studies 2014, Vol.8, No.1, pp.47-55, 2014
- [5] SmartSpot, "Automatic Rep-counting Shoulder Fly Gym Tech", <https://www.youtube.com/watch?v=WtZOCQbuxGc>
- [6] R. Kajastila, and P. Hämäläinen, "Augmented Climbing: Interacting with Projected Graphics on a Climbing Wall", Proc. Extended Abstracts CHI. ACM, 2014
- [7] R. Kajastila, and P. Hämäläinen, "Motion games in real sports environments", Interactions, Vol.22, No.2, pp.44-47, 2015
- [8] K. Cha, E. Lee, et al., "Analysis of Climbing Postures and Movements in Sport Climbing for Realistic 3D Climbing Animations", 7th Asia-Pacific Congress on Sports Technology, APCST 2015, pp. 52-57, 2015
- [9] G. C. Lee, and J. Yoo, "Real-Time Virtual-View Image Synthesis Algorithm Using Kinect Camera", The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences, Vol. 38, No. 5, pp. 409-419, 2013
- [10] Daniel Chung, Jungsoo Kim, et al., "Sensing of Locations of Climbers' Hands and Feet during Screen-Climbing Games", International Journal of Smart Device and Appliance, Vol. 4, No. 2, pp. 35-42, 2016.
- [11] Kwok-Yun Yeung, Tsz-Ho Kwok, and Charlie C. L. Wang, "Improved Skeleton Tracking by Duplex Kinects: A Practical Approach for Real-Time Applications", Journal of Computing and Information Science in Engineering, Vol. 13, Issue 4, 2013
- [12] R. Kajastila, L. Holsti, and P. Hämäläinen, "The Augmented Climbing Wall: High-Exertion Proximity Interaction on a Wall-Sized Interactive Surface", Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, ACM, 2016
- [13] Jungsoo Kim, Daniel Chung, et al., "Ancient Cave Exploration: A Screen Climbing Game for Children", Journal of Korea Game Society, Vol.16, No.3, pp.117-126, 2016
- [14] Jungsoo Kim, Daniel Chung, and Ilju Ko, "Body-area and Skeleton Matching for Climber Motion Recognition", Proc. of the 2017 World Congress on Information Technology Applications and Services (WITC), February 14-16, 2017
- [15] [https://ko.wikipedia.org/wiki/질량\\_중심](https://ko.wikipedia.org/wiki/질량_중심)
- [16] [https://en.wikipedia.org/wiki/Speed\\_climbing](https://en.wikipedia.org/wiki/Speed_climbing)
- [17] A. P. James, "Heart rate monitoring using human speech spectral features", Human-centric Computing and Information Sciences (2015) 5:33, 2015
- [18] Kang-Soo Kim, Yong-Hee Han, et al., "Technical Development of Interactive Game Interface Using Multi-Channel EMG Signal", Journal of Korea Game Society, Vol.10, No.5, pp.65-73, 2010
- [19] Bokyung Sung, Sunhee Weon, et al., "AR-based Sportainment System by Two-way Interaction", Proc. of the 2017 World Congress on Information Technology Applications and Services (WITC), February 14-16, 2017
- [20] S. Maity, J. H. Park, "Powering IoT Devices: A Novel Design and Analysis Technique", Journal of Convergence Vol. 7, No. 2, 2016



정 다니엘(Chung, Daniel)

약 력 : 1999 포항공과대학교 컴퓨터공학과(공학사)  
2001 포항공과대학교 전자컴퓨터공학부(공학석사)  
2010-2014 코난테크놀로지(주) 선임연구원  
2015- 송실대학교 정보통신·소재융합학과 석박통합과정

관심분야 : 가상현실, 스크린스포츠, 스포츠IT

---



고일주(Ko, Il Ju)

약 력 : 1992 송실대학교 전산학과(공학사)  
1994 송실대학교 전산학과(공학석사)  
1997 송실대학교 전산학과(공학박사)  
2003-현재 송실대학교 글로벌 미디어학부 교수

관심분야 : 콘텐츠, 인공감정, 인간-로봇 인터페이스, 스포츠IT

---