



## The Development of Holography-based Ping Pong Game System using Hand Tracking Interaction

Gil-Rim Choi<sup>1</sup>, Seung-Jae Lee<sup>2</sup>, Hyun-Ju Kim<sup>\*3</sup>

<sup>1</sup>*Subdivision of Computer Engineering, KyungNam College of Information & Technology*

<sup>2</sup>*Epin Corporation*

<sup>3</sup>*Department of Computer Science & Engineering, GyeongNam National University of Science & Technology*

### ABSTRACT

Game services have thus far mostly provided images of 2D resources, but with users' requests increasing for more real-sense contents and advancement in technology development, games have been able to provide 3D resources. However, to configure an environment identical with reality, a certain area for actual experience is required, which in turn must require the securing of broad space, making the attempt uneconomical. It is suggested that, as an alternative, virtual reality and augmented reality technologies can deliver images identical with reality, but this can only resolve the visual and auditory senses of senses experienced by humans. This paper constructed a system designed to play holography technology-based games using Kinect. As a result, we have enabled an efficient creation of space by using hologram-based images with a depth value as contents. In addition, By incorporating the user's hand tracking technology into games, using Kinect, we have configured games in such a way that they can be played by recognizing the hand movements of the user without requiring the user to wear complex interaction equipment. Thus, it was confirmed that it is possible to develop experiential workout games in which the user can not only take interest but have workout effects at low cost.

© 2017 KKITS All rights reserved

**KEYWORDS** : Sensory game, Holography, Stereoscopic, Hand tracking, Interaction

**ARTICLE INFO**: Received 22 July 2017, Revised 7 August 2017, Accepted 11 August 2017.

\*Corresponding author is with the Department of Dongjin-ro, Jinju, Gyeongnam, 52725, KOREA.  
Computer Science & Engineering, GNTECH, 33 E-mail address: khj@gntech.ac.kr

## 1. 서론

게임 개발이 증가하면서 지금까지 서비스 되던 게임들은 평면상에서 단순한 2D 자원으로 구성된 영상을 제공하는 것이 대부분을 차지하였다. 그 후 더욱 실감나는 사용자의 요구와 기술의 발달은 3D로 구성된 자원을 제공하기에 이르렀다[1]. 최근 들어서는 현실감에 대한 관심과 요구가 더욱 높은 편이며, 그로인해 현실과 동일하게 체험할 수 있는 기술에 관심을 가지게 되었다[2][3]. 현실과 동일한 환경 구성을 위해서는 실제 체험을 위한 일정한 영역이 필요하며, 이로 인해 반드시 넓은 공간이 확보되어야 하는 문제는 시스템이 가지는 공간적 비효율성으로 인하여 경제적 손실과 직결되는 단점으로 지적되고 있다. 이러한 요구의 대안으로 가상현실, 증강현실 기술은 사용자에게 시각적으로 현실과 동일한 영상을 제공할 수 있는 가능성을 제시하고 있으나 이 또한 인간이 체감할 수 있는 몇 가지 감각 중에서 시각 및 청각의 문제를 해결하는 정도에 지나지 않는다.

완벽한 가상현실 게임이라면 영상이나 음악 등에만 국한되는 문제가 아니라 모든 감각이 현실과 동일하게 감지할 수 있어야 하며, 이는 게임 진행을 위한 제어 방법도 연구되어야 하는 새로운 문제를 제기하기에 이르렀고, 많은 대안들 중에서 마우스나 키보드를 대체하는 보조 장치를 활용하거나 웨어러블 장비를 착용한 채 게임을 진행하는 요구가 활발히 진행 중에 있으며, 특히 홀로그램을 활용한 체감형 가상게임에 대한 노력이 계속되고 있다[4][5].

본 논문에서는 홀로그래피를 기반으로 하는 평판게임 시스템(Ping Pong Game System, PPGS)을 제안한다. 제안한 시스템은 게임 콘텐츠를 홀로그램으로 생성하여 사용자로 하여금 현실과 유사한 거리감을 느낄 수 있는 영상을 제공하며, 또한 게

임 컨트롤을 위한 보조 장치 대신 신체의 동작 인식만으로 게임 진행이 가능하도록 설계 구현 하였다.

## 2. 관련연구

홀로그래피는 빛의 간섭과 회절을 이용하여 정보를 기록 재생하는 기술[6]로 1962년 Leith와 Upatnieks에 의하여 비광축 홀로그램 제작 방식을 발표하였고 이후 기술의 발전을 거듭하며 오늘에 이르렀다. 최근에는 기존의 전통적인 방식과 달리 하프미러 등의 재질에 의해 공간에 투영되는 플로팅 프로젝션 방식이 관심을 끌고 있다[7].

플로팅 프로젝션 홀로그램에서 사용하는 방식은 하프미러 또는 투영필름을 사용하는데, 좁은 공간에서는 하프미러를 넓은 공간 즉 공연장 같은 곳에는 투영필름을 사용한다.

키넥트는 다양한 방식으로 사용자 경험을 구현할 수 있는 장치로 별도의 컨트롤러 없이 신체만을 이용하여 다양한 콘텐츠를 경험 할 수 있도록 하는 기기이다. 키넥트는 IR센싱부에서 생성하는 3차원 영상을 받아서 스키텍톤 이미지를 생성하고, 생성된 스키텍톤 이미지를 추적하여 유효 명령을 분석한 다음 처리한다[8][9].

하지만 최근에는 키넥트의 다양한 활용을 위하여 스키텍톤 이미지 중에서 손영역을 정밀하게 추출하여 활용하는 다양한 기술과 콘텐츠와의 접목이 시도되고 있다[10][11][12].

체감형 게임은 기술발전과 더불어 다양하게 발달해 왔으며 특히 가상현실 증강현실 분야에서 많은 발전을 하고 있다. 또한 키넥트의 개발과 맞물려 키넥트를 활용한 체감형 게임의 개발이 교육이나 의료분야에서 다양하게 시도 되고 있다[13].

하지만 이들 대부분은 콘텐츠 표현을 위주로 발달해 왔고 콘텐츠를 생생하게 느낄 수 있는 홀로

그림 분야와의 접목은 초기 단계에 있다. 이에 본 연구에서는 홀로그래피 기반의 사실감으로 콘텐츠를 표현하며 인체에 착용하는 장비 없이 신체의 움직임으로써 운동효과를 얻을 수 있는 시스템 개발을 시도하고자 한다.

### 3. 제안한 PPGS의 설계

#### 3.1 핑퐁 게임 시스템 구성

사용자의 손을 인식하고 추적하는 방법은 다양하게 있으나[14][15], 본 논문의 핑퐁게임 시스템은 <그림 1>과 같이 사각의 박스 형태로 구성이 되는데, Z축을 중심으로 3차원 깊이 값을 가지며 작아지면 멀어지고, 커지면서 가까워지는 효과로 반복 이동하는 홀로그램 콘텐츠 영상을 내부에서 제공하게 된다. 이로써 사용자는 현실과 동일한 거리감을 체험할 수 있게 되고, 볼이 사용자 쪽으로 다가올 때 사용자는 손바닥을 이용하여 볼을 튕겨냄으로서 게임을 반복적으로 진행하게 된다.

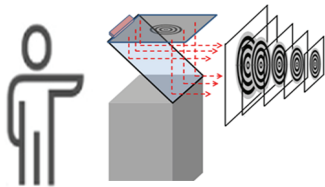


그림 1. 핑퐁게임 시스템 구성  
Figure 1. Ping Pong Game System Configuration

따라서 본 시스템의 구성은 크게 홀로그램 생성을 위한 방법과 사용자와의 상호작용을 인지하기 위한 방법으로 구성된다.

#### 3.2 홀로그램 콘텐츠 구성을 위한 방법

게임을 구성하는 기본적인 리소스는 3D 프로그래밍에 의해, 일반 모니터 상에서 Z축을 중심으로 한 깊이 값의 변화에 비례하여 리소스의 크기가 변화하도록 구성하였다. 평면으로 구성된 일반 모니터는 출력되는 영상이 3D 라고 하더라도, 3차원 깊이 값의 효과만을 표현하기 위해 영상이 가공되고, 광초점은 실제 3차원 상의 공간에 맺혀지지 않는다.

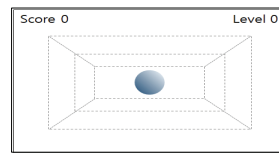


그림 2. 콘텐츠 구성을 위한 리소스  
Figure 2. Resources for configuring content

이에 착안하여 본 시스템에서는 <그림 2>와 같이 일반 모니터에서 출력되는 3D 영상을 실제 광초점이 맺힐 수 있게 시스템을 구성하는 사각 박스안에 하프미러 방식의 홀로그램 영상 생성 방법을 채용하여 제공함으로써 사용자는 시점이 실제로 변화하는 콘텐츠를 확인할 수 있게 되는 것이다.

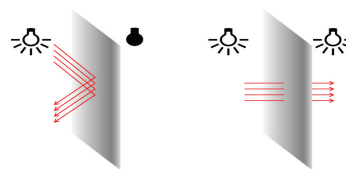


그림 3. 하프 미러의 구조  
Figure 3. Structure of Half Mirror

하프미러 방식의 홀로그램은 <그림 3>과 같이 포일을 중심으로 전면과 후면의 광량에 따라 빛을 투과하거나 반사시키는 포일을 이용함으로써 광원으로부터 출력된 영상 또한 일부를 반사시킴과 동시에 후면에서 투사된 빛을 투과시킴으로서 영상

이 배경과 섞이게 되는 효과를 표현하게 된다.

이때 모니터로부터 반사된 빛은 사용자 시점에서로부터 일정거리가 떨어진 공간의 영역에 형성되고 사용자는 실제 깊은 값을 시각적으로 확인할 수 있게 되는 것이다.

본 실험의 하프미러 방식을 채용한 홀로그램 생성 결과물의 예는 <그림 4>와 같이 아래의 영상 구현 모니터와 중간에 타원형의 하프미러가 위치하고 있다. 이때 모니터에서 동작하는 화면은 하프미러를 통해서 전후면의 다른 투과율로 인해 사용자에게 입체화된 영상으로 보이게 되는 것이다.



그림 4. 하프미러 홀로그램의 예  
Figure 4. The Sample of Half Mirror Hologram

### 3.3 손 인식 추적 알고리즘

사용자의 손을 인식하고 추적하는 방법은 다양하게 있으나[14][15], 본 시스템은 사용자의 손을 추적하여 게임 콘텐츠에서 인터랙션을 구성하기 위하여 박스로 구성된 시스템의 상부에 키넥트를 장착하여 사용자의 동작을 인지 할 수 있도록 구성하였다.

게임 진행시 <그림 6>의 (a)와 같이 키넥트는 사전에 지정된 공간상의 영역 영상을 획득한다.

칼라모델은 RGB, YCbCr, HSI 등의 다양한 컴포넌트를 활용하는 모델이 있으나, 일반적인 컴퓨터 모니터 상에서 색의 표현을 위하여 사용하는 RGB 칼라모델을 채용하였고, 각각의 컴포넌트는 8bit를 활용하므로 0~255까지의 값을 가지게 된다. 따라서

RGB컴포넌트를 모두 적용하면  $256^3$ 이므로, 16,771,216의 색이 표현되고, 이는 인간이 구분할 수 있는 모든 색의 표현이 가능하여 트루칼라라 일컫는다. 아래 <그림 5>는 RGB칼라 모델에 의한 색의 표현 방법 및 범위를 보여주며, 스킨 칼라에 해당하는 영역의 표현을 확인할 수 있다.

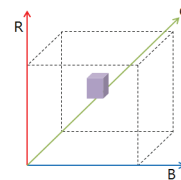


그림 5. RGB 칼라 모델  
Figure 5. RGB Color Model

키넥트에 의해 획득된 영상을 분석하여 스킨 칼라에 해당되는 픽셀의 좌표 값을 추출하고, RGB(Red Green Blue인 빛의 삼원색을 이용하여 색을 표현방식) 컴포넌트의 값을 결정하여 이진화 영상으로 변환한 그림이 <그림 6>의 (b)이다.

```

if          100 < R < 130
            and 80 < G < 110
            and 70 < B < 100
Then
            R=G=B=255
OtherWise
            R=G=B=0
    
```

현재 프레임 영상과 이전 프레임 영상간의 픽셀 차 값을 연산하고, 임계값 이상의 영역을 이진화된 영상으로 <그림 6>의(c)처럼 출력하여 변화된 움직임 영역을 확인하게 된다.

<그림 6>의 (d)처럼 스킨 칼라에 해당되는 픽셀 좌표의 총합과 이진화 된 영상에서 움직임 영역으로 확인된 두 영상이 겹쳐지는 픽셀 좌표 총합의

평균 영역을 사용자가 원하는 상호작용의 위치 값으로 정의하게 되는 것이다.

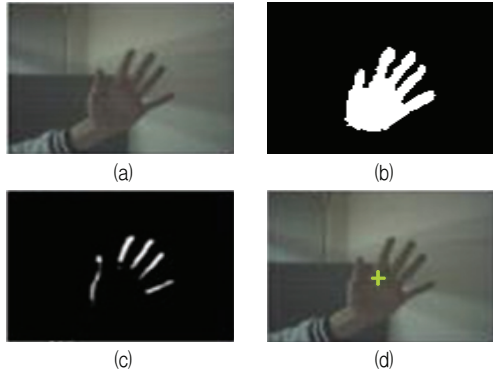


그림 6. 핸드 트래킹  
Figure 6. Hand Tracking

이 과정을 그림으로 그리면 <그림 7>과 같이 상호작용 하게 된다.

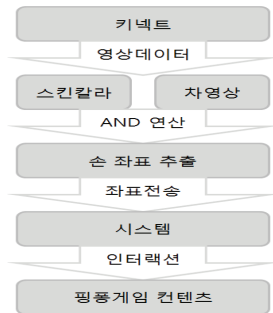


그림 7. 손 추적과 핑퐁 게임 시스템의 상호작용 과정  
Figure 7. Interaction Process of Hand Tracking and Ping Pong Game System

이와 같이 스킨칼라와 프레임간의 차영상을 통하여 획득된 움직임에 의해 확보된 사용자와의 상호작용 좌표가 추출되면(X,Y) 좌표 데이터는 시스템에 해당하는 운영체제로 전송이 되고, 시스템은 수신받은 해당 좌표 위치의 콘텐츠에 정의된 상호작용 명령을 수행하여 게임이 운영되도록 구성한다.

#### 4. 구현 및 실험결과

본 연구에서는 실험을 위하여 <그림 8>과 같이 하부에서 상부를 향하게 모니터를 설치하고, 모니터로부터 출력된 영상이 공간상에서 홀로그래피 표현될 수 있도록 경사각을 갖는 하프미러를 장착하였다. 외부의 직접적 광원은 홀로그래피 생성 시 방해요소로 작용될 수 있으므로 사용자의 관측이 가능한 정면을 제외한 모든 면은 케이스로 구성되어 이를 차단 할 수 있도록 구성하였다.

이때 사용자로 하여금 홀로그래피와 원 출력 모니터 영상의 혼동을 피하기 위하여 사용자의 관측이 가능한 높이를 고려하여 위치시킴으로서 하단의 모니터가 관측될 수 없도록 구성하는 것도 고려해야 할 요소 중 하나이다.

또한 구성된 케이스의 상부에 키넥트를 위치시켜 사용자의 손을 추적하고, 영상을 획득함으로써 정확한 상호작용을 연산하기 위하여 구성하였다.

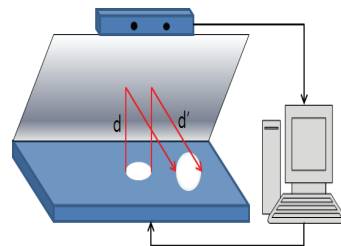


그림 8. 구현된 핑퐁 게임 시스템의 구성도  
Figure 8. The Structure of the Ping Pong Game System Implemented

키넥트는 Z값에 해당하는 일정 깊이별 구분이 가능한 내부함수를 제공하므로, 사전의 실험에 의하여 사용자가 손으로 상호작용을 수행하는 위치를 정의할 수 있으며, 정의된 Z값에 해당하는 움직임으로 인식하여 연산하게 되므로 기타 외부의 움직임으로 인한 오류를 사전에 방지 할 수 있도록 설계하였다.

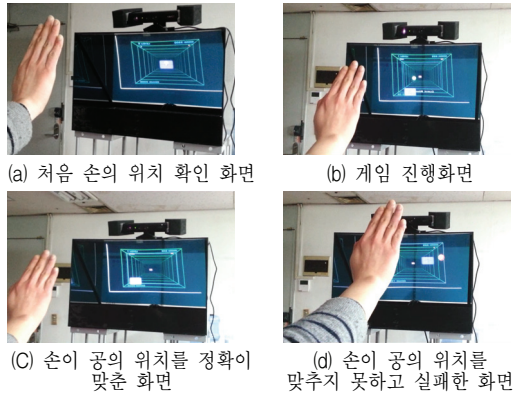


그림 9. 구현된 시스템의 실험 이미지  
Figure 9. Experimental Image of Implemented System

<그림 9>와 같이 본 실험을 통하여 사용자에게 제공하기 위하여 모니터 상에 구성된 3D 핑퐁게임 콘텐츠는 <그림 8>에서 보듯이 대각으로 구성된 하프미러를 중심으로 입사각에 해당하는 d 거리와 반사각에 해당하는 d'의 거리가 동일한 값을 가진다. 따라서, 단순히 모니터 상에서 3D z값의 깊이를 표현하기 위하여 생성된 콘텐츠는 하프미러의 반사에 의해 실제 공간상에 맺히는 영상의 초점이 각각의 깊이 값에 비례하여 다르게 표현되므로, 실제 공간에서 영상의 초점은 콘텐츠에서 표현된 깊이 값과 동일하게 공간상에 존재하게 되는 것을 확인할 수 있었다.

표 1. 실험 결과  
Table 1. Results of the Experiment

Input		Result		픽셀오차	
x	y	x	y	x 오차	y 오차
124	96	122	94	2	2
868	96	866	96	2	0
496	192	500	195	-4	-3
124	288	122	287	2	1
992	288	992	288	0	0
620	384	622	384	-2	0
248	480	247	480	1	0
1116	480	1115	480	1	0
744	576	742	574	2	2
372	672	373	673	-1	-1

사용자와 시스템과의 대결을 위하여 사용자 손에 의한 상호작용이 <표 1>과 같이 x좌표 표준편차 2.058, y좌표 표준편차 1.449로 정확하게 수행되었으며, 실험 결과에 의해 사용자의 손을 통한 인터랙션의 객관적 정확도를 확인할 수 있었다.

이상과 같이 기존의 핑퐁 게임은 게임을 위한 테이블의 공간이 필요하나 개발된 시스템은 그것보다 작은 공간 즉 사용자와 모니터 공간과 손을 뺀어서 움직일 수 있는 공간이면 충분하고, 기존의 체감형 게임을 위해서는 가상현실 증강현실 기반의 게임을 해야 하는데 이는 게임시스템 뿐만이 아니고 고가의 웨어러블 장비가 추가로 필요하지만 본 연구에서 개발된 시스템은 추가 장비가 필요 없이 자신의 손으로만 게임을 진행 할 수 있어서 저비용으로 게임을 즐길 수 있다.

### 5. 결론

본 논문에서 구현한 홀로그래피기반 핑퐁게임 시스템은 현실과 동일한 효과에 비해 매우 효율적 공간구성 외에도, 직접 체험할 수 있는 경험을 제공하고 있으며, 인간의 모든 감각을 가상현실이나 증강현실과 같이 체험을 위한 복잡한 장비를 착용하거나 이용하지 않아도 현실과 동일한 효과를 경험할 수 있는 가능성을 확인할 수 있었다.

향후 연구과제로는 시스템 간에 로컬로만 구성되어 단독으로 진행되는 게임방식을 탈피하기 위하여, 본 연구를 토대로 네트워크상에서 상호간에 대전이 가능한 온라인 게임으로의 확장과 손의 위치만으로 인터랙션이 수행되는 단순함을 넘어 손의 형태 변화에 따라 추가될 상호작용 방법도 앞으로 더욱 연구되어야 할 부분으로 남아있다. 또한 기존의 게임 구성을 위하여 새롭게 제작되는 고가의 콘텐츠 개발 비용이 없이, 현재의 게임 개발 방법만으로도 현실과 동일한 경제적인 체감형 게임

의 개발이 가능함을 확인하였고, 첨단 IT기술과 스포츠의 융합을 통하여 저 비용으로 새로운 모델의 신산업 창출이 가능할 것으로도 판단된다.

## References

- [1] J. K. Hwang, H. W. Kim, H. S. Myung, N. W. Kim, and B. G. Lee, *Development of experience based emotional contents through the physical interface*, Proceedings of Korea Multimedia Society, Vol. 5, pp. 172-175, 2009.
- [2] D. H. Shin, N. W. Kim, J. J. Lee, and E. S. Kim, *Plane-based computational integral imaging reconstruction method of three-dimesioinal images based of round-type mapping model*, Journal of Korea Institute of Information and Communication, Vol. 11, No. 5, pp. 991-996, 2007.
- [3] K. M. Lee, *Designing physical game interfaces using gestures*, Journal of The Korean Society for Computer Game, Vol. 3, pp. 134-144, 2011.
- [4] E. Y. Kim, C. H. Park, and D. G Kim, *A study on effectiveness and preference of tangible fitness game*, Journal of Korea Game Society, Vol. 12, No. 1, pp. 67-77, 2012.
- [5] K. W. Bae, and H. K. Park, *A study on the artificial intelligence space based on the hologram which looks like the human mind*, Archives of Design Research, Vol. 23, pp. 53-64, 2010.
- [6] S. C. Kwon, *Digital hologram making system using the depth information of an image*, Journal of Kwangwoon University, 2012.
- [7] Y. S. Choi, *Real-time projection hologram contents making based on depth keying*, Journal of Kwangwoon University, 2015.
- [8] J. G. Lim, *Remote image control by hand motion detection*, Journal of Dankook University, 2012.
- [9] D. Y. Lee, D. K. Shin, and D. I. Shin, *Hand region detection method for gesture recognition using kinect*, Proceedings of Korean Institute of communications and Information Sciences, Vol. 1, pp. 84-85, 2015.
- [10] C. U. Lee, and S. H. Park, *Hand tracking based projection mapping system and applications*, Journal of the Korea Computer Graphics Society, Vol. 22, pp. 1-9, 2016.
- [11] G. H. Jeon, and J. S. Um, *Interaction with virtual object using hand tracking in augmented reality*, Journal of Korea Multimedia Society, Vol. 11, pp. 523-526, 2008.
- [12] D. H. Kim and S. W. Kim, *Point cloud content in form of interactive holograms*, Journal of The Contents Association, Vol. 12, pp. 40-47, 2012.
- [13] Y. N. Kim, S. J. Kim, J. S. Lee, and E. S. Cho, *Sensible 3D virtual reality rehabilitation treatment system using kinect and unity3D*, Proceedings of The Institute of Electronics Engineers of Korea, Vol. 11, PP. 935-938, 2013.
- [14] N. S. Choi, S. J. Lee, N. W. Kim, J. J. Lee, and B. G. Lee, *System development for virtual pointing device*, Proceedings of International Conference on Korea Multimedia Society, pp. 414-417, 2006.
- [15] S. J. Lee, D. H. Shin, J. J. Lee, and B. G. Lee, *Virtual remote control system using 3D solid image*, Proceedings of Korea

Multimedia Society, Vol. 5, pp. 661-664, 2007.

## 손 인식 추적반응을 이용한 홀로그래피 기반 평판게임 시스템 개발

최길림<sup>1</sup>, 이승재<sup>2</sup>, 김현주<sup>3</sup>

<sup>1</sup>경남정보대학교 컴퓨터계열

<sup>2</sup>(주)에핀

<sup>3</sup>경남과학기술대학교 컴퓨터공학과

### 요 약

지금까지 서비스되던 게임들은 평면상에서 단순히 2D 리소스로 구성된 영상을 제공하는 것이 대부분이었으나, 더욱 실감나는 콘텐츠를 요구하는 사용자의 요구와 기술의 발달로 3D로 구성된 리소스를 제공하게 되었다. 또한 현실감에 대한 관심과 요구가 높아지면서 현실과 동일하게 체험할 수 있는 기술에 관심을 가지게 되었다. 하지만 현실과 동일한 환경을 구성하기 위해서는 실제 체험을 위한 일정한 영역이 필요하며, 이로 인해 반드시 넓은 공간이 확보되어야 하므로 비경제적이라 할 수 있다. 이를 위한 대안으로 가상현실, 증강현실 기술이 현실과 동일한 영상을 제공할 수 있는 가능성을 제시하고 있으나, 이는 인간이 체감할 수 있는 감각 중에서 시각 및 청각의 문제를 해결하는 정도이다. 본 연구에서 구현한 시스템은 키넥트를 이용한 사용자 핸드 트래킹 기술을 접목함으로써 복잡한 상호작용 장비를 착용하지 않고, 사용자의 손동작을 인식하여 게임이 진행될 수 있도록 구성하였다. 따라서 사용자는 게임에 의한 흥미뿐만이 아니라 낮은 비용으로 운동의 효과도 함께 체험할 수 있는 체감형 운동게임의 개발이 가능함을 확인하였다.

### 감사의 글

이 논문은 2016년도 경남과학기술대학교 대학회계 연구비 지원에 의하여 연구되었음.



**Gil Rim Choi** received the B.S., M.S., and Ph.D. degree in computer engineering from the DongA University in 1989, Pukyong National University in 1994 and, Busan University of Foreign Studies in 2005. Since 1996 she has been a associate professor in the Subdivision of Computer Engineering at KyungNam College of Information & Technology. Her research interest include Modeling, Programming.

*E-mail address:* grchoi@eagle.kit.ac.kr



**Seung Jae Lee** received the bachelor's degree in the Department of Computer Engineering from the Dongseo University in 2006. He received the MS degree in the Visual Contents from Dongseo University in 2008 respectively. Since 2012 he has been a developer team leader in Epin Corporation. His research interest include Computer Vision, Programming.

*E-mail address:* frog3147@gmail.com



**Hyun Ju Kim** received the B. S., M. S., and Ph. D. degrees in computer science from Gyeongsang Namtional University and Soongsil University, Korea in 1988, 1990, and 2000. respectively. Since 2002 he has been with Gyeongnam National University of Science and Technology, Korea, where he is currently an professor in the Department of Computer Science & Engineering. His research interest include Information Retrieval, XML and Mobile Programming.

*E-mail address:* khj@gntech.ac.kr