

## 증강현실과 제스처를 이용한 비전기반 탁구 게임

양종열<sup>0</sup>, 이상경, 경동욱, 정기철  
송실대학교, 미디어 학과, HCI Lab.  
(yjyhorse<sup>0</sup>, monask, kiki227, kcjung)<sup>0</sup>@ssu.ac.kr

## Gesture-based Table Tennis Game in AR Environment

Jongyeol Yang<sup>0</sup>, Sangkyung Lee, Dongwuk Kyoung, Keechul Jung  
HCI Lab., School of Media, College of Information Science, Soongsil University

### 요약

플레이어의 움직임에 직접 반영하는 체감형 게임은 키보드와 마우스를 사용하는 일반적인 컴퓨터 게임에서 느낄 수 없는 실감난 조작감과 몰입감을 제공한다. 우리는 플레이어에게 기존의 게임과 다른 재미를 주기 위해 사용자의 스윙이 반영되는 체감형 탁구게임을 제작했다. 이 때, 사용자가 휘두르는 실제 라켓을 가상 공간으로 옮겨서 가상 공간의 공을 칠 수 있게 하기 위해서는 실세계 탁구라켓의 공간 정보를 가상세계 공간에 맵핑 해야 한다. 한 대의 카메라를 사용하는 환경에서 오브젝트 추출이나 색깔 정보만으로는 체감형 탁구게임에서 요구하는 정확한 공간 정보를 얻을 수 없다. 그래서 Augmented Reality (AR) 기술을 게임 개발에 사용했다. 그리고 시스템이 플레이어의 간단한 제스처를 인식해서 게임에서 필요한 부과적인 입력처리를 가능하도록 했고, 빠르고 간단하게 사용자의 제스처를 인식하기 위해서 스캔라인 방식을 사용했다. 본 논문은 비전기반의 AR과 제스처 인식을 사용하는 실감형 탁구게임을 제안한다.

### Abstract

We present the computer table tennis game using player's swing motion. We need to transform a real world coordinate into a virtual world coordinate in order to hit the virtual ball. We can not get a correct 3-dimension position of racket in environment that using one camera or simple image processing. Therefore we use Augmented Reality (AR) concept to develop the game. This paper shows the AR table tennis game using gesture and method to develop the 3D interaction game that only using one camera without any motion detection device or stereo cameras. Also, we use a scan line method to recognize gesture for speedy processing. The game is developed using ARtoolkit and DirectX that is popular tool of SDK for game de-velopment.

Key Words : Augmented Reality (AR), 3D Computer Game, Gesture recognition

### 1. 서론

현재 컴퓨터 게임들의 발전 방향은 기존의 입력장치인 마우스, 키보드나 조이스틱에서 벗어나 새로운 인터페이스를

사용해서 실감형 게임을 개발하는데 중점을 두고 있다. 예를 들면 사용자의 움직임이나 손동작을 분석해서 게임의 입력 데이터로 사용하거나, 텐저블 인터페이스(tangible interface)를 사용하여 플레이어가 가상공간에서 주는 반응

을 직접 느끼게 한다. 또한 가상공간과의 상호작용을 위해 사용자의 동작을 가상공간에 정확히 반영시킬 수 있는 트래킹 장비[1]나 손장갑 형태로 제작된 센싱장비(glove sensing system) 개발도 활발하다. 기존의 입력장치인 마우스나 키보드의 사용 없이 실제 사용자의 동작이 가상공간에 상호작용하는 것은 플레이어에게 또 다른 재미를 줄 수 있으며, 자신의 움직임이 직접 게임에 반영되는 체감형 게임으로써 몰입감을 주게 된다. 또한 게임산업에 있어서는 기존의 입력 장치로 표현하지 못 했던 새로운 형태의 게임을 개발할 수 있는 계기가 된다.

기존의 입력장치를 사용하지 않는 시스템에서 없이 사용자의 움직임을 시스템에 반영하기 위해 주로 사용하는 장치는 카메라이다. 카메라를 이용한 시스템은 입력된 영상을 분석 및 사용자의 의도를 파악하여 반영하는 형태이다. 디지털 데스크환경[2]에서 사용자 손 동작을 입력 데이터로 사용하거나 게임에 실험적으로 적용한 연구 결과를 볼 수 있다. 사용자의 제스처를 분석해 실제 웨이크에 적용한 연구[3]와 특정 칼라 영역을 추적해서 평면적인 움직임으로 탁구를 치는 연구[4]가 있다. 또한 증강현실(Augmented Reality: AR)을 사용한 게임연구로는 실제 사람이 이동하면서 FPS게임을 즐길 수 있도록 만든 시스템[5]이 있으며, 가상의 공간에서 생성된 마작패를 가지고 마작게임을 하는 연구[6] 등이 있다(그림 1). 이와 같이 입력장치를 변화 시킴으로써 새로운 형태의 게임이 가능하다.



[그림 1] AR로 구현된 마작게임( Z. szalavari, E. Eckstein and M. Gervautz 1998, ©1998 ACM)

사용자의 움직임을 게임에 반영하는 형식의 상용화된 게임은 SONY사의 플레이스테이션의 "아이토이(eye-toy)"가

대표적이다. 이 게임 역시 카메라를 이용해서 사용자의 동작을 분석해 캠으로 들어온 영상 위에 가상의 물체를 그려서 사용자가 상호작용하는 방식이다.

위에서 언급한 AR을 사용하지 않거나 기타 트래킹 장비를 사용하지 않고 한 대의 카메라만을 이용한 시스템에서의 한계점은 사용자의 입력이 평면적으로 입력된다는 것이다. 3차원 공간상의 사용자 움직임을 카메라로 입력 받고 있지만 카메라가 하나 밖에 없는 상황에서는 정확한 3차원 정보를 추출하기 힘들다. 카메라의 CCD에 맺히는 영상을 바탕으로 분석하게 되므로  $x, y$  축 위치 정보만을 추출하게 된다.  $z$ 축 정보를 얻으려면 추출하고자 하는 오브젝트의 크기를 이용해서 추정하는 방법이 있으나 정확도가 떨어진 다. 또한 카메라 위치와 물체를 고정적으로 제한하여 추정할 수 있으나 장비들의 위치나 사용자의 움직임에 많은 제한을 두는 단점이 있고, 사전에 오브젝트의 크기가 정의 되어야 하므로 다양한 물체를 놓고 위치 정보를 분석하는 시스템을 제작하기 어렵다.

본 논문에서는 증강현실(Augmented Reality: AR)을 이용해서 기존의 비전기반 게임 시스템에서 문제점인 사용자의 동작이 평면적으로 시스템에 반영되는 한계점을 극복하고  $x, y, z$  축 정보를 게임에 적용하는 AR 탁구 시스템을 개발했다.

## 2. AR (Augmented Reality)

증강현실(augmented reality)이란 현실세계의 영상과 부가정보를 갖는 가상세계를 합쳐 하나의 영상으로 보여주는 가상현실의 하나이다. 가상환경에서 사용자의 몰입도를 증가시키고 사용자가 실제 환경을 볼 수 있게 하여 실세계 정보를 얻으면서 부가적으로 필요한 정보는 영상에 오버랩시켜 나타낸다. 즉 실시간, 실감형 시스템으로써 상호작용이 가능해진다. 콘텐츠 제작 부분인 게임, 애니메이션에서 이런 특징 때문에 증강현실을 많이 이용하고 있다. AR을 책에 적용해서 사용자는 책에서 글만 읽는 것이 아니라 가상 3D물체를 볼 수 있으며(그림 2, 제스처 인식과 함께 가상 공간에서 상호작용을 이용하여 기존에 있었던 애니메이션과 게임과의 차별성을 확보 하고 사용자가 더욱 실감 있게 즐길 수 있도록 제작하고 있다.



[그림 2] Magic Book 실행 모습. (HIT Lab. University of Washington)

또한 의료 수술과정을 시뮬레이션 할 수 있는 환경 구축 [8], 실 세계 물체에 부착된 마커를 통해 사용자에게 부과정보를 오버랩 시켜주는 환경구축이 등에서 AR의 응용 분야로 제안되었다. 이 밖에도 군사, 교육 분야에서도 증강현실을 사용해서 시스템의 효율성을 증가하고 사용자가 가상공간에서 느낄 수 있는 부자연스러움을 줄이고 시스템에 바로 적용 할 수 있도록 한다.

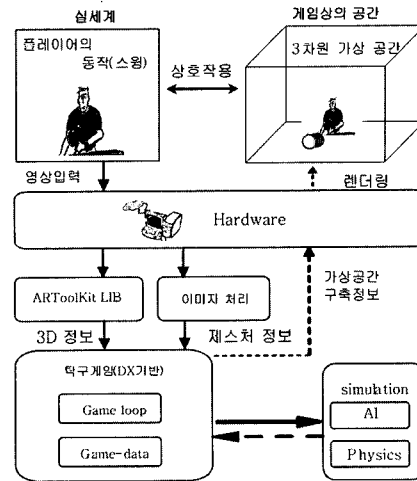
### 3. 시스템 구현

본 논문에서 구현한 AR 탁구는 플레이어가 라켓을 이용해서 가상공간의 탁구공을 치는 가상 탁구 게임이다. ARToolKit[10]을 사용해서 개발했고 추후 게임개발에 용이하도록 DirectX에서 사용 할 수 있도록 변형했다.

#### 3.1 시스템 개요

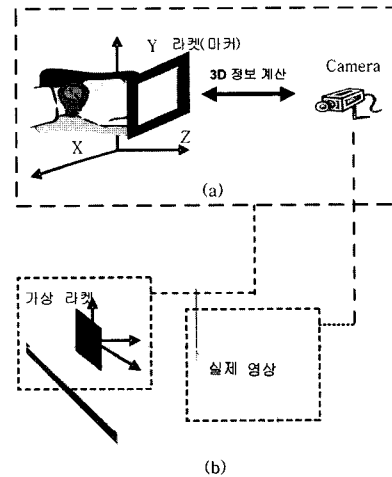
AR 탁구는 실감형 게임으로써 기존의 입력장치를 사용하지 않고 사용자가 들고 있는 라켓의 물리적인 정보를 이용해서 게임을 진행한다.

실세계의 사용자가 가상공간 안에 있는 탁구대에서 탁구공을 치는 상호작용이 게임의 주된 목적이며 입력 장치로는 웹 카메라를 사용한다. 시스템 처리 과정은 사용자의 라켓 정보를 추출하는 AR부분과 제스처 인식을 하기 위한 이미지 처리를 통해 게임 입력정보를 구성하고 DirectX로 만들어진 3D 탁구 게임에 사용한다. [그림 3]



[그림 3] 시스템 구성

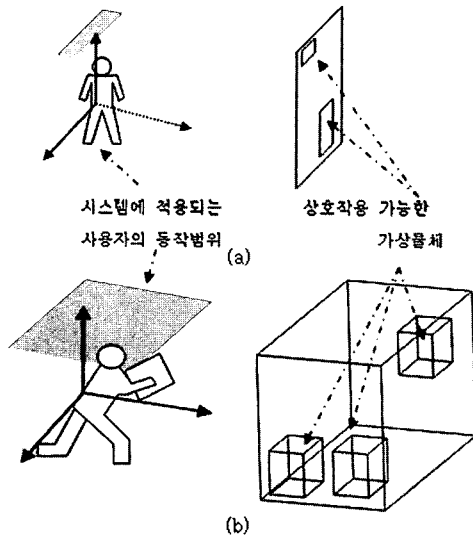
[그림 4]는 물리세계와 가상공간의 관계를 나타내고 있다. 사용자가 라켓을 들고 3차원 공간상에 이동을 하면 가상공간의 라켓 역시 실제 이동거리가 가상공간에 맞게 스케일된 거리만큼 이동하게 된다. 가상 탁구대 중앙에 실제 캠으로 들어오는 영상을 투명하게 투영한다.



[그림 4] 실 세계의 가상공간 관계:(a) 실제 물리세계 (b)AR탁구 게임의 가상 공간

기존의 카메라를 사용하는 실감형 게임과의 차이점은 시스템이 반영되는 사용자의 이동정보가 3차원 공간이란 점이다. 기존의 게임에서는 사용자의 Z축 거리(사용자로부터 캠을 향한 벡터)가 가상공간에서 반영되지 않는다. 그래서

가상공간 안에서 상호 작용하는 물체 또한 평면일 수 밖에 없지만 본 논문에서 사용한 방식은 사용자의 움직임 정보를 3차원으로 받아 들이기 때문에 가상공간 안에서 상호작용하는 물체가 3차원 이므로 탁구와 같은 스포츠 게임이 가능하다. [그림 5]은 평면적인 입력처리와 입체적인 입력처리의 차이점을 보여주주고 있다. 왼쪽의 육면체는 사용자의 활동범위를 나타내며 오른쪽 육면체는 구축된 가상공간을 나타낸다. 즉 일반적으로 카메라 한 대를 이용하게 되면 시스템에 입력되는 영상이 2차원 데이터형식이므로 시스템에 반영되는 사용자의 움직임 또한 2차원으로 제한된다. 구축된 가상공간 역시 평면적으로 구성되며 상호작용 가능한 물체들은 평면 위에 놓이게 된다.



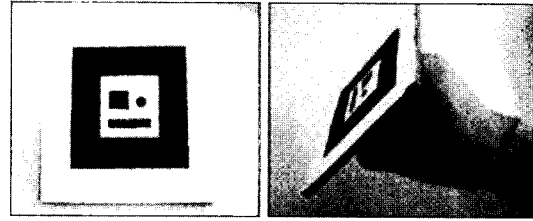
[그림 5] 평면적인 입력처리와 입체적인 입력처리의 차이점  
: (a)평면적인 상호작용 (b)AR탁구 시스템 안에서 입체적인 상호작용

[그림 2] 반영될 수 있는 사용자의 활동범위를 나타내며 오른쪽 육면체는 가상공간에 형성된 범위를 나타낸다. : (a) 평면적인 상호작용 (b)AR탁구 시스템 안에서 입체적인 상호작용

### 3.2 게임에서 AR 마커 적용

ARToolkit은 사전에 정의한 마커의 패턴을 분석해서 3차원 정보 (위치정보와 회전정보)를 얻는다. 이 정보를 바탕으로

실제 영상에 가상물체에 오버랩 시키는데 AR탁구에서는 게임 특성상 영상 위에 가상 물체를 오버랩 시키지 않고 탁구대 가운데 실제 영상을 띄우고 마커의 정보를 바탕으로 가상 탁구채를 가상공간에 위치시켜 상호작용하는 방식이다.



[그림 6] 탁구라켓 사진(등록된 마커)

[그림 6]는 게임에서 사용되는 라켓이며 부착된 마커를 보면 사각영역 안에 패턴이 있음을 알 수 있다. 마커를 인식하기 위해 먼저 영상을 이진화 시켜 사각형 겹 테두리를 찾은 뒤 그 안에 그려진 패턴을 분석함으로써 해당하는 가상의 물체를 렌더 한다.

### 3.3 스피인과 스매싱

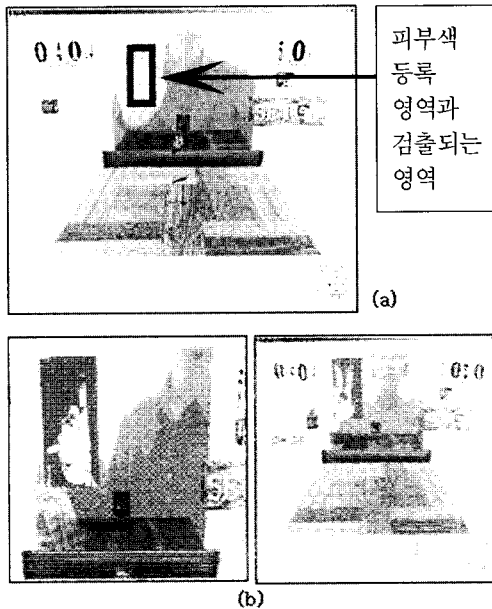
게임의 재미를 높이기 위해 공에 스피인을 넣거나 빠른 공을 만들 수 있는 보조 기술을 추가 했다. 보조 입력으로 왼손으로 제스처를 취하면 그 제스처에 대응되는 힘을 가상공이 라켓에 맞았을 때 공에 실어준다. 손 제스처를 인식하기 위해 먼저 피부색을 추출해야 한다. RGB칼라 공간을 YIQ칼라 공간으로 변환 한 뒤(식(1)) I요소와 Q요소의 평균과 표준 편차가 정규분포를 갖는다고 가정할 때 비교픽셀 값이  $\mu-3\sigma$ 에서  $\mu+3\sigma$ 까지 구간에 속하는가를 판별하여 피부색에 해당하는 화소를 획득한다. 평균과 거리는 마할라노비스 거리를 이용하여 측정한다. 결정함수의 값이 3이하인 경우에 입력 화소를 손 색상이라고 판정한다(식(2)).  $u_Q$ 와  $u_I$ 는 Q와 I 요소의 평균을 뜻하며  $f_I$ 와  $f_Q$ 는 영상에서 x,y 위치의 I와 Q 요소 값을 의미하고  $\sigma_Q^2$ 와  $\sigma_I^2$ 는 Q와 I 요소의 분산을 의미한다[12].

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.30 & 0.59 & 0.11 \\ 0.60 & -0.27 & -0.32 \\ 0.21 & 0.52 & 0.31 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

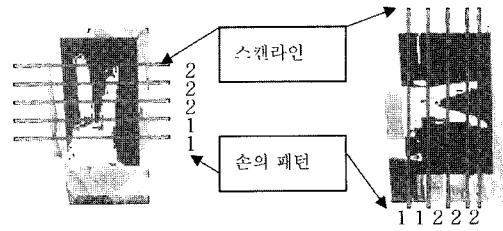
$$D(X) = \sqrt{[M - X]^T \Sigma^{-1} [M - X]} \quad (2)$$

$$M = \begin{bmatrix} u_i \\ v_i \end{bmatrix} \quad X = \begin{bmatrix} f_i(x, y) \\ f_q(x, y) \end{bmatrix} \quad \Sigma^{-1} = \begin{bmatrix} 1/\sigma_i^2 & 0 \\ 0 & 1/\sigma_q^2 \end{bmatrix}$$

게임 시작 전에 손을 추출 영역에 넣고 피부색을 등록한다 [그림7 (a)]. 그 후 지정된 영역에 손을 넣으면 등록된 피부색을 추출한다 [그림7 (b)]. 검출 영역 안에 하얀 부분이 손을 나타내며 피부색을 추출한 영역 안에서 스캔라인을 정하고 샘플링된 픽셀 값 들을 분석해 제스처를 인식한다. 정해진 라인에서 가로, 세로축으로 픽셀 검사를 하면서 피부영역을 지날 때 마다 그 개수를 체크해서 손 모양을 추측한다 [그림 8]. 손 제스처는 스캔라인에 따라 피부 영역 개수가 세어진 숫자들의 나열을 보고 구분된다. 위로 향한 손의 V자 모양의 패턴은 "2 2 2 1 1"과 같이 숫자 나열형태로 나타난다. 사전에 지정된 각 제스처의 숫자 열이 나타나면 시스템은 해당 제스처임을 인식한다. 사용자는 게임 중에 지정된 영역에 제스처를 취함으로써 공에 힘을 넣거나 스핀을 넣을 수 있다.

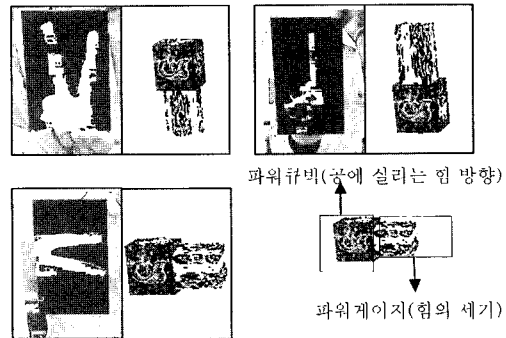


[그림 7] 피부색 추출 모습: (a)피부색 등록 (b)추출된 손 영역



[그림 8] 손 제스처 분석: y축과 x축으로 스캔에서 손의 패턴을 추출한다

게임 중에 플레이어가 취한 제스처에 해당하는 힘과 방향을 표시하기 위해 왼쪽 부분에 육면체(파워큐빅)로 표현했다. [그림 9]는 손의 제스처가 감지 되는 시간만큼 파워 게이지가 증가 하는 모습이다. 파워큐빅의 각 면은 공에 실릴 방향성을 나타낸다. 왼쪽 면에 기둥이 붙으면 왼쪽 방향으로 스핀을 넣게 된다. 육면체에 붙은 기둥의 길이는 공에 실리는 힘의 양을 나타낸다.

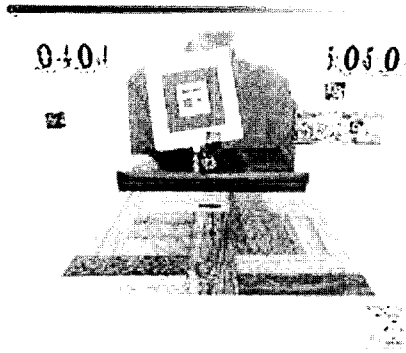


[그림 9] 손 제스처에 대응되는 힘과 방향을 막대바로 표현

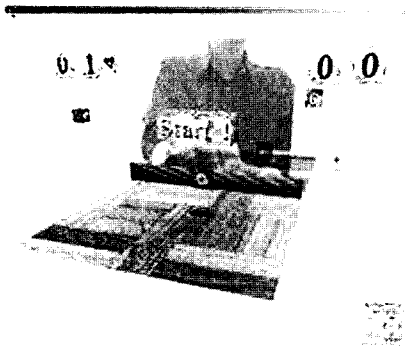
#### 4. 결론 및 향후 과제

실제 탁구라켓 스윙을 이용해서 게임을 진행하게 함으로써 게임플레이어에게 새로운 재미를 줄 수 있었으며 직관적인 디바이스를 가지는 시스템에 응용할 수 있을 것으로 기대한다. 하지만 실제 움직임이 과격한 게임에는 응용되기에는 부족함이 있으며 컴퓨터 비전 기반이므로 정확한 공간정보를 뽑기에는 영상의 전처리가 필요하고 환경에 영향을 받아 데이터의 정확도가 떨어진다는 단점이 있다. 향후 사용자가 휘두르는 탁구 체의 물리 정보를 더욱 자연스

럽게 가상 공간에 반영하기 위해 샘플링된 움직임 정보를 보간하거나 외삽법(extrapolation)을 이용해서 탁구 체의 경로와 근접한 곡선으로 근사화 해서 가상공간 안에서 부드러운 탁구 체의 이동을 가능하게 하고 가상 공과 정확한 충돌을 가능하도록 할 예정이다. 이와 같이 개선된 사용자의 움직임 보간법을 사용한다면 탁구 외에 다른 스포츠 게임에도 적용 가능 할 것으로 기대 된다. [그림 10], [그림 11]은 게임 실행화면이다.



[그림 10] 플레이 화면



[그림 11] 옆에서 본 플레이 화면

### 참고문헌

- [1] Welch, G., and E. Foxlin, "Motion Tracking: No Silver Bullet, but a Respectable Arsenal," IEEE Computer Graphics & Applications, special issue on "tracking" 22(6):24-38, 2002.
- [2] Wellner P., "The DigitalDesk Calculator: Tactile Manipulation on a Desktop Display," Proceedings of ACM Symposium on User Interface Software and Technology, 27-33, 1991.
- [3] H. Kang, C. Lee, K. Jung, "Recognition-based gesture spotting in video games," Pattern Recognition letters 25, pp. 1701-1714, 2004.
- [4] C. Woodward P. Honkamaa, J. Jappinen, E.-P. Pyokkimies., "CamBall - Augmented virtual table tennis with real rack-ets," Proc. ACE 2004, Singapore, 3-5, pp. 275-276, Jul, 2004.
- [5] B. Thomas, et al., "ARQuake: An Outdoor/Indoor Augmented Reality First Person Application," Proc. 4th Int'l Symp. Wearable Computers (ISWC 2000), pp. 139-146, 2000.
- [6] Z. szalavari, E. Eckstein and M. Gervautz, "Collaborative Gaming in Augmented Reality," Proceedings of ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, pp. 195-204, Nov, 1998
- [7] Billinghamurst, M., H. Kato, and I. Poupyrev, "The MagicBook- Moving Seamlessly between Reality and Virtuality," IEEE Computer Graphics & Application 21(3):6-8, 2001.
- [8] State, A., M. Livingston, G. Hirota, W. Garrett, M. Whitton, H. Fuchs, and E. Pisano, "Technologies for Augmented Reality Systems: Realizing Ultrasound-Guided Needle Biopsies," Proc. SIGGRAPH 96, ACM Press, 439-446, 1996.
- [9] Rekimoto, J., and K. Nagao, "The World through the Computer: Computer Augmented Interaction with Real World Environments," Proc. ACM Symposium on User Interface Software and Technology, ACM Press, 29-36, 1995.
- [10] <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>
- [11] D. M. Bourg, "Physics for game developers," O'REILLY, 2001.
- [12] 최형일, "제스처 인식을 이용한 휴먼 인터페이스," 대한전자공학회, 전자공학학회지 제26권 11호

- [13] RANDY CRANE, "A Simplified approach to Image processing," Prentice-Hall, 1997.
- [14] 이상경, 정기철, "증강현실과 제스처를 이용한 탁구 게임," 한국게임학회, 251-255, JUL. 2005.



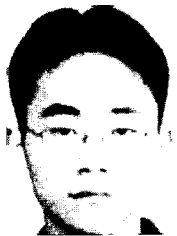
양종열

1993년 경북대학교 컴퓨터 공학과  
 1995년 경북대학교 대학원  
 1997년 포항공대 정보통신 연구소 위촉 연구원  
 2005년 ~ 현재 (주) 에이티솔루션 근무중  
 관심분야: 게임, AI, 영상처리



경동욱

2002년 동의대학교 산업공학과 졸업(학사)  
 2005년 부산대학교 컴퓨터공학과 졸업(석사)  
 2005년 ~ 현재 송실대학교 미디어학과 박사과정  
 관심분야: 인공지능, 게임 설계, 정보보호, 하드웨어 설계



이상경

2005년 송실대학교 미디어학부 (학사)  
 2006년 ~ 현재 송실대학교 대학원(석사과정)  
 관심분야: 컴퓨터 게임 프로그래밍, 컴퓨터 그래픽스, 컴퓨터 비전



정기철

1994년 경북대학교 컴퓨터 공학과(공학사)  
 1996년 경북대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학석사)  
 1999년 Intelligent User Interfaces group at DFKI(The German Research Center for Artificial Intelligence, GmbH), Germany, 방문연구원  
 2001년 PRIP Lab, Michigan State University Posdoc  
 2003년 ~ 현재 송실대학교 정보과학대학 미디어학부 교수  
 관심분야: HCI, 콘텐츠 공학, 인터랙티브 게임, 영상처리/컴퓨터 비전, 증강현실, 인공지능

논문투고일 - 2005년 8월 15일  
 심사완료일 - 2005년 9월 16일