

논문 2006-43CI-4-12

인체 동작 인식을 통한 PC 기반의 몰입 형 가상 환경 시스템

(PC based Immersive Virtual Environment(PIVE) System by
Recognizing Human Motion)

오 영 일*, 조 경 환**, 이 지 흥***

(Young-il Oh, Kyoung-hwan Jo, and Jihong Lee)

요 약

본 논문에서는 방대한 계산량으로 인해 슈퍼컴퓨터나 특수하게 제작된 컴퓨팅 시스템에서만 수행될 수 있었던 기존의 몰입 형 가상 환경(IVE) 시스템과는 달리 확장성과 호환성을 갖는 PC 기반의 몰입 형 가상 환경 시스템(PIVE)을 제안한다. 이러한 개인용 혹은 가정용 컴퓨터 기반의 어플리케이션은 두 가지 장점을 가진다. 첫 번째로 사용할 수 있는 리소스가 다양하다는 것이고, 두 번째로 사용자에게 친근한 인터페이스를 갖는다는 것이다. PC 기반의 몰입 형 가상 환경 시스템은 단순한 인터페이스와 호환성으로 일반 사용자가 IVE 시스템에 쉽고 편리하게 접근할 수 있게 해 준다. 또한 PC 기반의 몰입 형 가상 환경 시스템은 다양한 사용자로 하여금 많은 종류의 주제를 다룰 수 있게 하며, 기존의 복잡한 구조로 되어 있는 햅틱 장치를 PC기반으로 제작하여 PC와의 호환성을 높여 인터페이스를 보다 쉽게 구현할 수 있게 해준다. 또한 제안된 PC 기반의 몰입 형 가상 환경 시스템은 물리적인 현상들을 계산하고, 시각화하는 시간을 단축시키기 위해서 기하학적인 방법들이 적용함으로써 일반 보급형 PC에서도 구현이 용이하다. 본 논문에서 제안된 PC 기반의 몰입 형 가상 환경 시스템을 사용자가 실내 환경에서 데이터 글러브와 행동 인식 장치, HMD를 착용하고 움직이는 예제에 적용해 보았다.

Abstract

In this paper, we propose a PC based immersive virtual environment system with expandability and compatibility in contrary to existing immersive virtual environment(IVE) systems which have been implemented by supercomputer or special computing system. The application based on commercial personal compute may have two major advantage : one is variety of resources, the other is user-friendly interface. This system intends to offer easy contact to IVE system, realistic images, and convenience. Also, the system can handle various virtual reality at real-time and make it easier to interface existing complicated haptic device. Geometric techniques are adopted to calculate and visualize the physical phenomenon to speed up the computing time. The proposed implementation method of PC based immersive virtual environment system is implemented to the example in which user move around inside of and interact with virtual office environment wearing data glove, behavior recognition devices, and HMD.

Keywords : Virtual reality, Immersive virtual environment, HCI, Motion capture

I. 서 론

가상현실은 다양한 사람들에 의해 다양하게 정의되

고 있다. 하지만 공통적인 요소를 정리해 본다면 “컴퓨터 기술을 통해 인간의 오감을 자극하여 현실과 유사한 또 다른 현실을 창조하는 활동”이라고 할 수 있을 것이다. 즉 일정한 틀을 갖고 있는 것이 아니며, 모든 상상 가능한 환경 자체가 가상현실의 범위 안에 들어갈 것이다. 최근 가상 환경 시스템 구현에 대한 많은 연구^{[1]~[3]}가 진행되고 있을 뿐만 아니라, 컴퓨터 어플리케이션을 위한 사용자 인터페이스(HMD, 데이터 글러브, 타블렛,

* 정회원, (주)코스트아이티 기술연구소
(Cost IT Corporation Research Institute)

** 학생회원, *** 정회원, 충남대학교 메카트로닉스공학과
(Dept. of Mechatronics Engineering, Chungnam
National University)

접수일자: 2006년3월5일, 수정완료일: 2006년6월29일

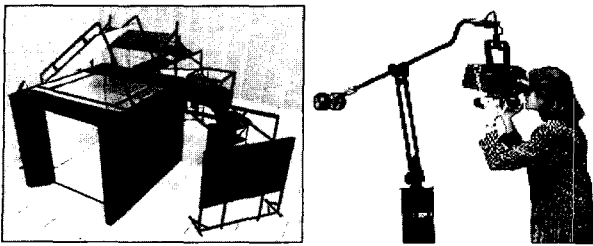


그림 1. 기존의 몰입 형 가상 환경(IVE) : (a) 가상현실 체험 시스템 Cave ; (b) Facespace사의 전 방위 양안 모니터

Fig. 1. Existing immersive virtual environment(IVE) : (a) Cave automatic virtual environment(CAVE) ; (b) Binocular Omni-Orientation Monitor (BOOM) from Facespace.

키보드, 마우스, 전자 펜, 터치 스크린 등)가 매우 다양화 되고 있는 추세이다.^[4] 마우스, 키보드, 모니터 등의 전통적인 사용자 인터페이스가 여전히 지배적으로 사용되고 있으나, 새로운 인터페이스를 위한 장치와 컴포넌트들의 개발은 빠르게 발전하고 있다. 특히 3차원 포인트 장치, 각종 트래커, HMD 장치, 3차원 음향 시스템, 햅틱 장치 등은 이미 보편화 되어가고 있는 추세이다.

가상현실 시스템에서의 사용자 인터페이스의 연구는 현재 인간과 컴퓨터 상호작용의 개발에 있어 높은 수준의 연구 결과를 선보이고 있다.^[4] 이와 같이 인간과 컴퓨터의 상호작용에 대한 연구가 활발한 이유는 인간의 몰입감과 사용자 인터페이스의 상호작용은 가상현실에서 필수적인 요소이기 때문이다. 다시 말해서 가상현실을 체험함에 있어서 사용자의 습관적인 인지능력과 반응 상태를 파악하여 시스템의 다양한 장치에 자연스럽게 적용하는 것을 통해서만 보다 높은 몰입감과 상호작용을 가능케 하기 때문이다. 이처럼 가상현실에서의 사용자 인터페이스는 아주 중요한 요소이다. 그러나 가상현실 체험을 위한 사용자 인터페이스, 즉 Immersive Display 장치, 햅틱 장치(그림 1) 그리고 각종 트래커 등은 워크스테이션용으로 개발이 많이 되어 있어 일반 가정용 컴퓨터(이하 PC)에 접목시키기는 매우 어려운 것이 현 실정이다. 다시 말해서 일반 사용자가 접할 수 있는 가상현실 체험에 대한 몰입감은 극히 제한적이라고 할 수 있다. 각 디바이스의 처리 및 상호작용과 가상현실에서의 여러 이벤트들을 처리하기에는 아직 PC의 성능이 부족하기 때문이다. 뿐만 아니라, PC기반의 사용자 인터페이스는 기존의 사용자 인터페이스(키보드, 마우스, 모니터)에 적용되어진 사용자로 인해 새로운 인터페이스 장치의 개발이 어려운 것이 현 실정이다. 하지만 PC 기반의 다양한 콘텐츠들은 많은 사용자와

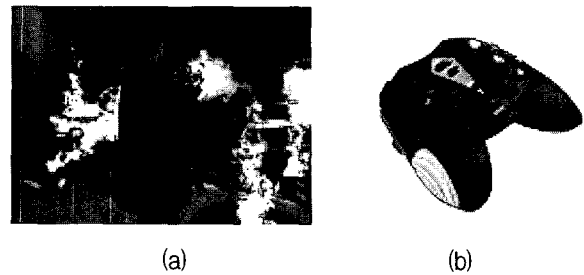


그림 2. 3차원 그래픽이 적용된 게임 : (a) PC기반의 3차원 그래픽 게임 ; (b) 게임을 즐기기 위한 보급형 사용자 인터페이스 (조이스틱)

Fig. 2. 3D Graphics Game : (a) PC based 3D graphic game ; (b) User interface.

개발자 층을 갖고 있다. 이로 인해 앞으로 무한한 발전 가능성이 있으며, 가상현실 체험 시스템을 구현함에 있어도 기존의 보급형 PC의 성능으로 인한 문제점을 해결한다면, PC기반의 다양한 콘텐츠들이 개발되고 활용될 수 있으리라 생각한다.

본 논문은 기존의 가상현실 개념에 인간과 가상현실 그리고 실제세계가 결합되면서 새로운 개념의 공간을 탄생시키고자 하는 연구이다. 인간과 기계가 가장 편리하고, 자연스럽게, 효율적으로 상호작용을 할 수 있도록 하는 HCI(Human Computer Interaction) 연구의 일환이기도 하다. 본 연구에서는 그림 2 (a)와 같이 개발이 활발히 진행되고 있는 3D 게임 그래픽 기술과 그림 1과 같은 사용자 인터페이스를 단순하면서 착/탈이 용이한 PC 기반의 가상현실 체험 시스템을 구축하는 방법을 제안한다.

II. 시스템 구성

본 논문의 전체 시스템의 구성은 그림 3과 같고, 크게 PC와 유저 인터페이스(입/출력 장치)로 이루어진다. PC와 각 인터페이스 장치는 각각의 독립된 프로세서를 통해 데이터의 선행 처리가 이루어지며, 이는 RS-232와 USB2.0통신을 이용하여 PC와 동기화가 된다. 각 센서에서 발생된 신호는 사람의 행동패턴의 형태에 맞게 설계된 저역 통과 필터를 통해 필터링 된 후, 양자화 과정을 거친 후 PC로 전송된다.

표 1은 본 시스템을 구성하고 있는 장치들의 기본 사양을 나타낸 것이다. 가상공간을 표현하기 위해 DirectX Interface 기반의 3D Graphic 기술을 이용하고, 이를 Graphic device를 통해 HMD(Head Mounted Display) 장치로 출력되게 구성한다. HMD 장치로는

I-glasses를 통해 입체 3차원 영상이 보이도록 하여 사용자에게 몰입 감을 높여준다.

행동 패턴을 인식하기 위해 3-Axis tilt sensor (KXM-52-L20)가 사용되며, 이 센서들을 사용자의 팔목, 팔꿈치 그리고 발목에 부착하여 다리의 움직임과 팔의 움직임을 추적하는 방식으로 구성한다. 또 3-Axis, 2-Axis acceleration sensor를 이용하여 각각 머리와 팔목의 움직임을 추적 한다. 마지막으로 Flexure sensor를 이용하여 손가락의 움직임을 알아낸다.

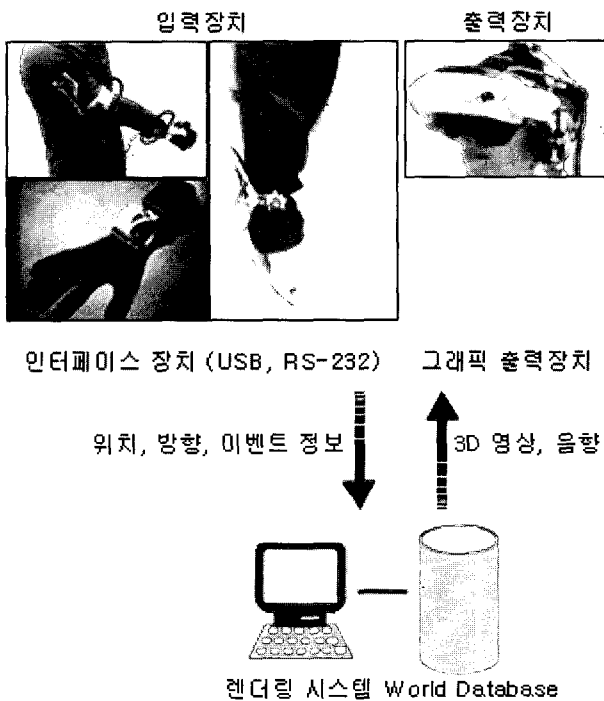


그림 3. 제안된 시스템의 전체 구조도
Fig. 3. Overall structure of proposed PIVE.

표 1. 제안된 시스템의 사양
Table 1. Specification of proposed PIVE.

CPU	Intel pentium4 processor ATmel ATmega 128
Memory	512MB
Graphic Device	NVIDIA GeForce FX 5700
Operating System	Windows 2003 DirectX9.0c.
Display Device	HMD 3D Stereo Monitor
User Interfaces	5DT Data Glove5 3-Axis Tilt Sensor 3-Axis Accelerate Sensor 2-Axis Tilt Sensor
Peripherals	Serial Port * 1 USB Ports * 2

1. 신호처리 과정

그림 4는 각 센서가 독립된 프로세서를 이용해서 데이터를 처리하는 과정을 나타낸 것이다. 이 과정에서 각 센서에서 전송된 데이터는 저역 통과 필터를 이용해

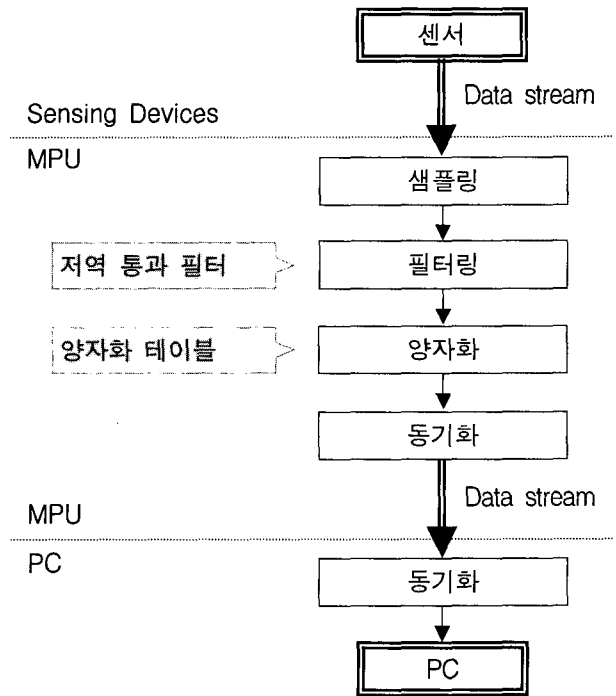


그림 4. 데이터 처리 과정
Fig. 4. Data processing flow.

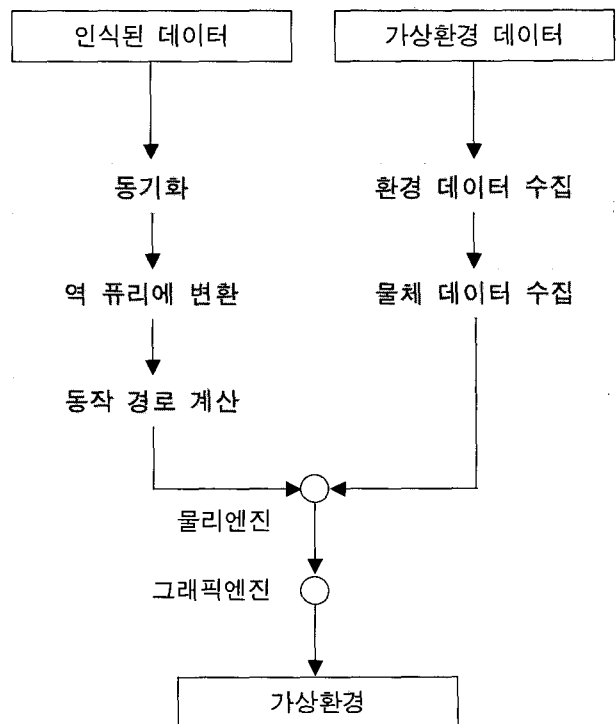


그림 5. 컴퓨터 그래픽 처리 과정
Fig. 5. processing of computer graphic.

서 필터링 되고, 양자화 과정이 이루어진다. 양자화 과정에는 신호의 anti-aliasing이 적용된다.

2. 영상처리 과정

제안된 시스템에서 영상처리 과정은 크게 영상 데이터 처리과정과 그래픽 처리 과정으로 나누어진다. 영상 데이터 처리 과정은 그래픽 처리 과정에 있어서 선 처리 과정으로 출력되는 그래픽에 실감영상을 구현하기 위한 그림자와 조명 이미지를 생성한다. 그래픽 처리 과정은 영상 데이터 처리 과정에서 얻어진 데이터와 가상현실 데이터베이스를 이용해 DirectX 3D Interface 기반으로 수행되며, 그림 5는 전반적인 영상 처리 과정과 데이터 처리 과정을 나타낸 것이다.

가. 애니메이션을 위한 동작 경로 계산 과정

각 센서로부터 획득된 데이터는 동기화 과정을 통해 데이터의 유효성을 판단하게 되며, 역 푸리에 변환 과정에서 anti-aliasing 적용된다. 이렇게 얻어진 신호 데이터를 이용하여 가상공간에서의 가상 캐릭터의 동작 경로를 계산한다.

나. 영상 데이터 처리

영상처리 과정에서 영상 데이터 처리 과정은 환경 그래픽 생성 과정이다. 가상공간에서의 명암 처리를 위한 이미지와 그림자 이미지를 가상 캐릭터의 위치에 따라 동적으로 생성한다. 이는 그래픽 처리 과정에서 환경 그래픽 이미지로 사용된다.

다. 그래픽 처리

영상처리 과정에서 그래픽 처리 과정은 환경 그래픽과 물체 그래픽 처리 과정으로 나누어진다. 환경 그래픽 처리 과정을 통해 가상공간의 조명에 따른 명암 데이터, 그림자 및 전체적인 그래픽 데이터를 수집하고 계산한다. 그리고 물체 그래픽 처리 과정을 통해 미리 처리된 환경 그래픽, 수집된 센서 데이터를 이용해 물리엔진을 통해 실질적인 가상공간에서의 여러 현상들을 표현한다. 처리된 데이터는 그래픽 엔진을 통해 렌더링 된다.

III. 사용자 인터페이스

1. 행동 패턴 인식

본 논문에서는 사용자의 오른쪽 팔과 다리의 움직임

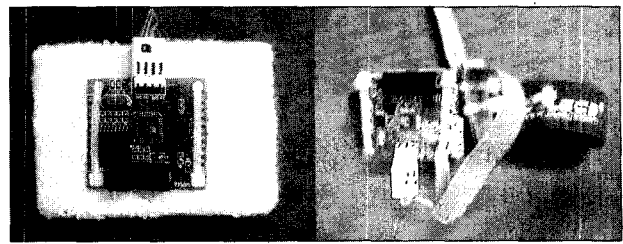


그림 6. 제작한 동작 인식 센서들 ; (a) 팔 부착 3축 가속도 센서 모듈 ; (b) 발 부착 가속도 3축 센서 모듈

Fig. 6. Designed sensors for motion recognition. ; (a) 3 axis acceleration sensor module for detecting arm motion. ; (b) 3 axis acceleration sensor module for detecting foot motion.

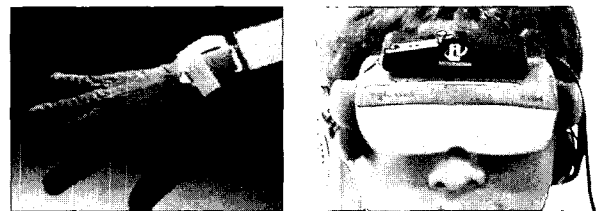


그림 7. 상용 동작 인식 센서들 ; (a) 데이터 글러브 ; (b) i-grasses와 3축 가속도 센서^[11]

Fig. 7. Commercialized sensors for motion recognition. ; (a) Data glove. ; (b) i-grasses and 3 axis-acceleration sensor^[11].

을 측정하기 위해서 3축 가속도 센서(KXM52-L20, Kionix Inc.)가 사용된다. 이 가속도 센서는 축전된 전하량의 차등 원리를 이용하여 작동한다. 이 센서에 가해진 가속도는 센서 내부 실리콘 구조물의 위치를 변화시키며, 이로 인해 축전된 전하량이 변하게 되며, 3축 기울기 센서는 그림 6의 (a)와 같이 팔과 다리의 움직임 측정된 데이터를 가상환경 시스템으로 전송하기 위해 MPU, 직렬통신모듈(MAX232)등을 포함한 모듈로 제작한다.

사용자의 오른쪽 손가락과 팔목의 움직임을 측정하기 위해서 데이터 글러브(5DT data glove)를 사용한다. 이 글러브는 5개의 Flexure sensor와 1개의 2축 기울기 센서를 이용해서 각각 손가락과 손목의 움직임을 파악한다. 그리고 사용자 머리의 움직임을 측정하기 위해서 3축 가속도 센서(InterTrax2, InterSense Inc.)를 HMD 장치인 i-grasses 상단에 부착시킨다.

가. 행동 패턴 인식의 최적화

행동 패턴 인식 시스템 중 팔의 움직임을 파악하기 위

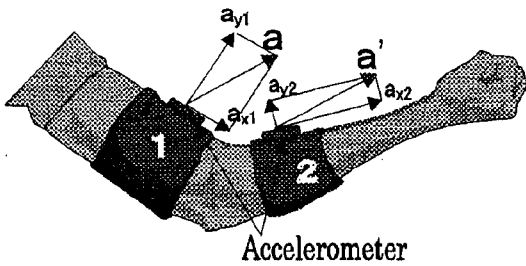


그림 8. 팔꿈치 움직임 측정을 위한 장비와 원리^[9]
Fig. 8. Principle and equipment to measure an elbow motion.^[9]

한 가속도 센서의 적용 방법을 제시한다.

(1) 위치 설정

그림 8은 팔꿈치와 같은 1축 관절 움직임을 측정하기 위한 방법을 나타낸 것이다. 가속도 센서는 팔꿈치 관절의 위와 아래에 각각 착용하고, 가능한 한 팔꿈치 관절축에 가깝도록 한다. 그리고 두 가속도센서들은 하나의 평면 위에 위치하도록 한다.

(2) 단순화

그림 8에서 팔꿈치의 움직임에 의해 운동 가속도가 발생하고, 발생된 운동 가속도에 의해서 가속도 센서 1에 가해지는 가속도 a 와 가속도 센서 2에 가해지는 가속도 a'의 관계는 다음과 같은 이유로 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다. ; 1) 팔꿈치 관절 주변의 회전 각도가 작으므로 가속도 센서 1에 가해지는 중력 가속도에 비해 운동 가속도는 매우 작은 값을 갖는다. 따라서 운동 가속도에 의해서 가속도 센서 1에 가해지는 원심력과 회전력은 0으로 간주될 수 있다. 2) 하나의 팔꿈치 관절과 팔의 두 부분이 포함된 이 시스템은 어깨라는 다른 중심에서 회전할 때 운동 가속도에 의한 원심력과 회전력은 두 센서에서 같은 크기를 갖는다. 가속도 a의 x축과 y축 방향 성분은 (a_{x1}, a_{y1})로 정의되고, 가속도 a'의 각 성분은 (a_{x2}, a_{y2})로 정의된다. 관절 각도는 θ로 정의된다. θ의 회전 행렬을 이용하면 (a_{x1}, a_{y1})와 (a_{x2}, a_{y2}) 사이의 관계는 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{pmatrix} a_{x1} \\ a_{y1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_{x2} \\ a_{y2} \end{pmatrix} \quad (1)$$

따라서 관절 각도는 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$\tan\theta = \frac{a_{x2}a_{y1} - a_{x1}a_{y2}}{a_{x1}a_{x2} - a_{y1}a_{y2}} \quad (2)$$

나. 행동 패턴에 따른 저역 통과 필터 설계

본 논문에서 각 신호의 양자화 과정을 이용하여 행동 패턴의 특성을 고려하는 방법을 제시한다. 제안된 시스템에서는 사용자의 시선을 머리의 움직임을 이용하여 파악한다. 일반적으로 머리의 움직임에 있어서 사용자의 시선이 즉각적으로 바뀌지 않는 점을 고려하여, 그림 9-(b)와 같이 높은 주파수 성분(충격이나 떨림에 의한 반응)을 제거해 화면의 변화를 최소화 하여 사용자에게 몰입감을 높여준다. 그리고 사용자의 손과 팔, 다리 등에서의 목적성 떨림 혹은 경련에 의해 발생하는 주파수 대역을 양자화 과정을 통해 제거하여 의도된 행동만을 추출하여 자연스러운 움직임을 표현한다. 본 시스템에서는 각각의 독립된 프로세서에 팔, 다리등과 같은 각각의 행

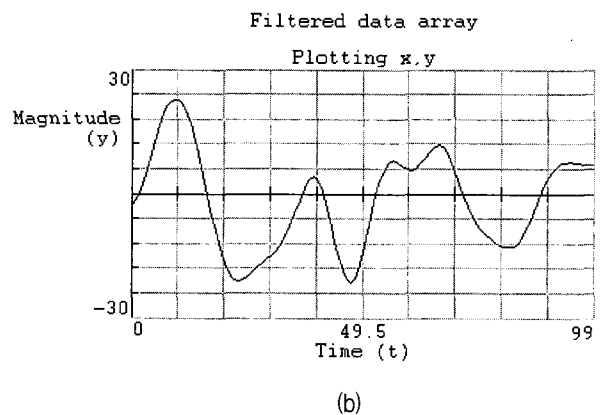
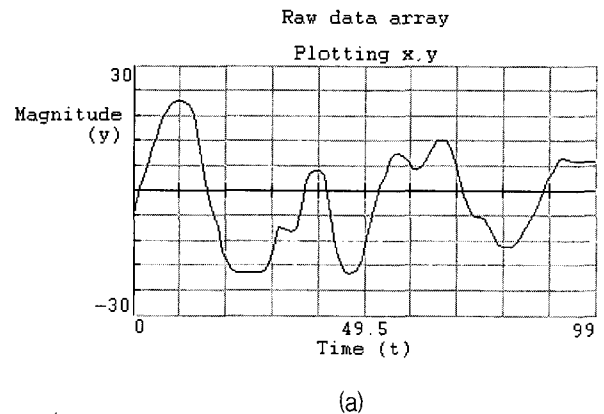


그림 9. 머리에 장착된 센서를 통해 얻어진 데이터 ; (a) 실제 센서에서 얻어진 데이터들 ; (b) 양자화된 데이터들

Fig. 9. Acquisited data through a head mounted sensor : (a) Real sensor data : (b) Quantized sensor.

동 유형에 맞게 설계되어진 저역 통과 필터를 이용하여 양자화 과정을 수행한다.

다. 동기화

제안된 시스템에서 사용된 센서, InterTrax2(머리에 위치)와 KXM52-L20(팔과, 다리에 위치)는 각각 2KHz, 1.5KHz의 응답속도를 제공한다. 따라서 본 시스템에서는 30FPS의 화면 전환률을 고려하여 64개의 데이터를 이용하여 처리함으로써 가상 캐릭터의 애니메이션과 사용자의 움직임에 대한 동기화가 이루어진다. 다시 말해서, 각각의 독립된 프로세서에서는 가속도 센서에서 얻어진 가속도 정보를 거리 정보로 변환하여 Queue(FIFO) 방식으로 총 64BYTE를 저장하여 처리한다. 양자화 과정은 저장된 데이터, 총 64개의 데이터를 이용하여 이루어지며, 그 결과를 Stack(LIFO) 방식으로 저장한다. 이는 매 번 데이터가 업데이트 될 때마다 수행되고, Stack의 첫 번째 BYTE의 값을 시스템(PC)으로 전송한다. 이 때 시스템은 해당 축에 대한 회전 거리 정보만을 이용하여 가상 캐릭터의 애니메이션과 동기화 시킨다.

IV. 가상공간

1. 실감 영상

본 논문에서는 실사(실제 촬영으로 얻어진 사진) 이미지를 이용함으로써 가상공간의 현실감을 높이고, IBL(Image Based Lighting) 기법을 이용하여 조명에 따른 명암과 그림자 효과를 표현하는 방법을 제시한다.

가. IBL 기법을 이용한 실감영상 구현

IBL(Image Based Lighting)기법은 현재 PC 기반의 3D 게임을 제작하는 데 많이 사용하는 방법이다. 이는 그래픽 영상에 좀 더 실감을 줄 수 있을 뿐만 아니라, 기존의 CPU에 의해 계산되어졌던 밝기 정보를 이미지로 생성함으로써 CPU의 처리 과정을 줄여주는 방법이다.

그림 10에서 (s, t)-plane으로 구성된 좌표계는 조명에 의한 명암/그림자 이미지, 즉 환경 매핑을 위해 미리 생성된 이미지로 가상공간 전체적인 조명 효과를 한 장의 이미지로 표현하는 좌표계이고, (u, v)-plane으로 구성된 좌표계는 가상 물체의 재질 이미지, 즉 가상공간에 위치해 있는 각 물체들의 재질을 표현하는 이미지 좌표계이다. 이 두 좌표계를 이용하여 선택된 이미지를 합성함으로써 빛의 반사 및 그림자 효과를 주어 실감영상과 입체감을 표현한다.

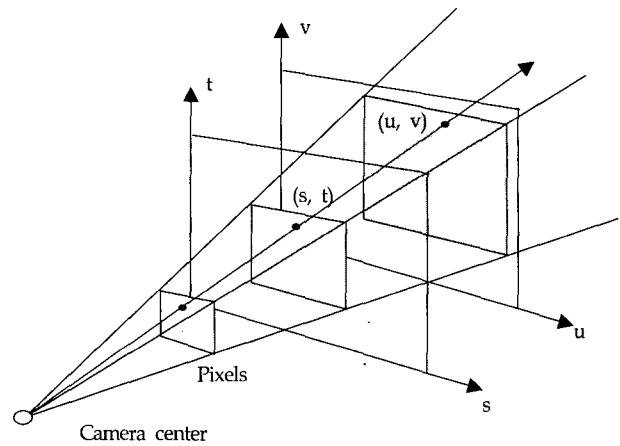


그림 10. 다중 텍스처를 이용한 매핑 기술
Fig. 10. Texture mapping technique using multi texture.

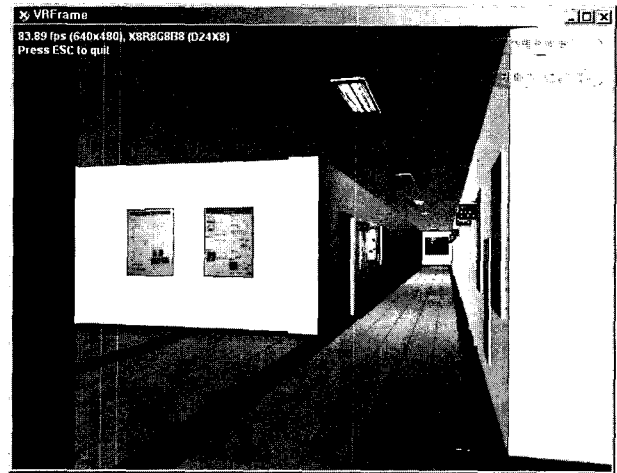


그림 11. 다중 텍스처를 이용한 매핑 예
Fig. 11. An example of texture mapping using multi texture.

$$u = \frac{N_x}{2} + 0.5 \tag{3}$$

$$v = \frac{N_y}{2} + 0.5 \tag{4}$$

수식 (3)과 (4)에서 u, v 값은 환경 맵핑을 위한 물체의 텍스처 좌표이고, N_x, N_y 는 카메라 공간에서의 정점의 normal 좌표의 x, y 성분이다. 그리고 각 성분에 0.5를 더하는 이유는 N_x, N_y 의 값의 최대가 1이고, u, v는 최대1까지 가질 수 있으며, 환경 맵을 2*2로 분할하여 구성했기 때문에 위 수식을 얻을 수 있다. 위의 간단한 수식으로 각 오브젝트의 조명 효과와 그림자 효과를 주어 실감 영상을 구현한다. 그리고 사용자의 움직임에 따라 u, v 값을 변경함으로써 위치에 따른 재질 및 그림자를 변화까지 가질 수 있으며, 환경 맵을 2*2로 분

할하여 구성했기 때문에 위 수식을 얻을 수 있다. 위의 간단한 수식으로 각 오브젝트의 조명 효과와 그림자 효과를 주어 실감 영상을 구현한다. 그리고 사용자의 움직임에 따라 u, v 값을 변경함으로써 위치에 따른 재질 및 그림자를 변화시켜 입체감과 현실감을 높여준다. 그림 11은 DirectX의 Multi-Texturing 기법을 이용하여 구현된 그림자와 반사 효과이다.

2. 물리엔진

가상현실에서 모델링된 여러 가지 물체들을 현실과 같이 표현하려면 일상에서 일어나는 현상들을 수학적으로 표현하는 방법을 제시한다.

가. 가상 물체 모델링

가상공간에 가상의 물체를 모델링 하는 방법은 여러 가지가 있지만, 물리법칙의 적용을 쉽게 하기 위해 파티클로 모델링 한다. 파티클이란 부피가 없고 질량만 있는 물체로서 외력에 대한 방정식을 바로 적용할 수 있는 가장 간단한 물체이다. 다시 말해서 가상공간에서 보여 지는 물체들의 실질적인 속성에 부피는 존재하지 않는다. 그림 12는 물체에 대한 물리적 현상을 계산하기 위한 속성을 정의 놓은 것으로, 제안된 시스템에서 직접 구현한 물리엔진의 속성들이다.

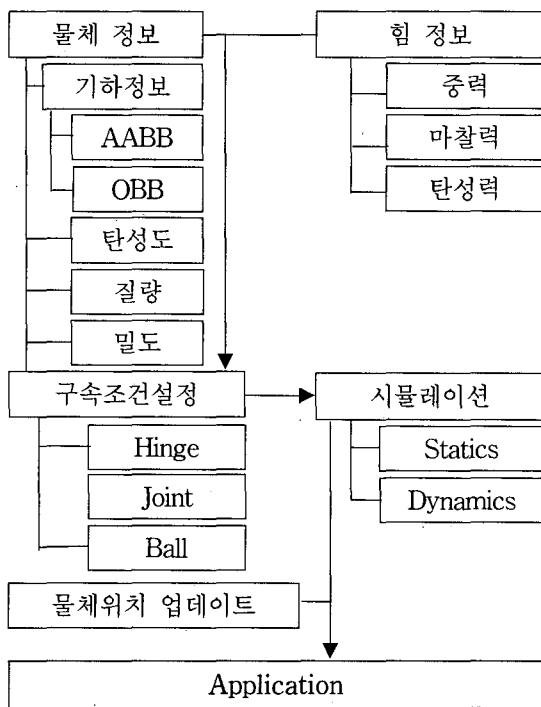


그림 12. 물리법칙을 위해 고려된 요소
Fig. 12. Elements for virtual physics in PIVE.

나. 충돌검사

가상공간에서는 CPU의 연산 속도의 한계에 의해서 정점 단위로 충돌 검사를 실시간으로 처리할 수 없다. 특히 PC기반에서의 연산 처리 속도는 현실감 있는 실시간 처리가 불가능하다. 그래서 본 논문에서는 OBB (Oriented Bounding Box), 즉 각 물체를 감쌀 수 있는 충돌 검사용 박스로 물체 간 충돌이 일어나는지 여부를 검사하는 방법을 이용한다. 그림 11은 OBB를 이용해 물체를 감싸는 형태를 나타낸다. 각각의 형태에

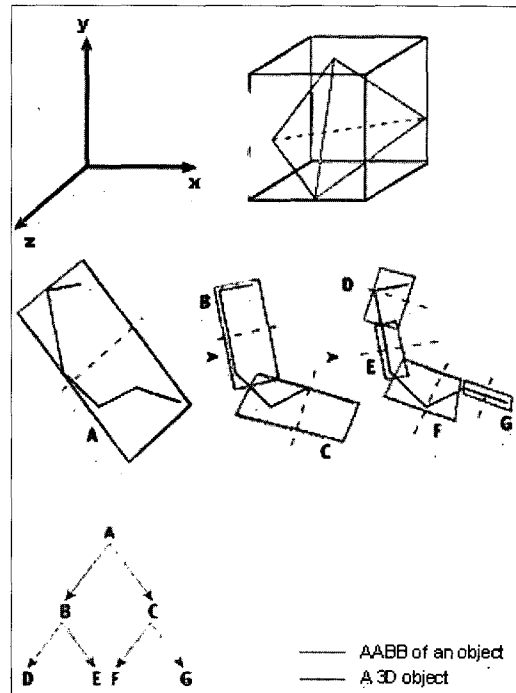


그림 13. 충돌 검사를 위한 가상 영역 설정 방법
Fig. 13. Setting boundary box for detecting collision.

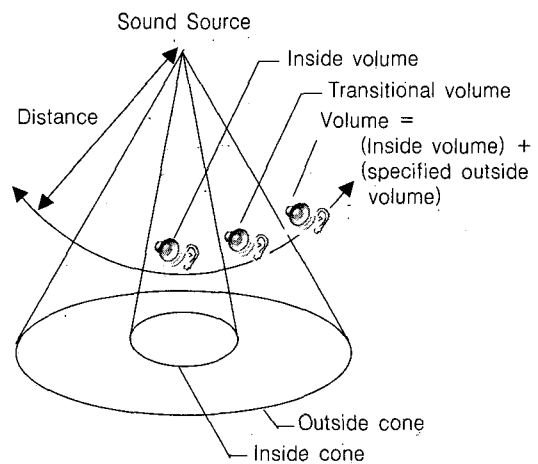


그림 14: 거리와 방향에 의한 음량의 상태
Fig. 14. Changes of sound volume by distance and direction.

따라 OBB를 형성한 다음, OBB Tree를 만들게 되는데 이는 계층적 충돌 검출 기법을 통해 전체적인 충돌 현상을 표현하기 위함이다.^{[7]~[8]}

3. 3차원 음향

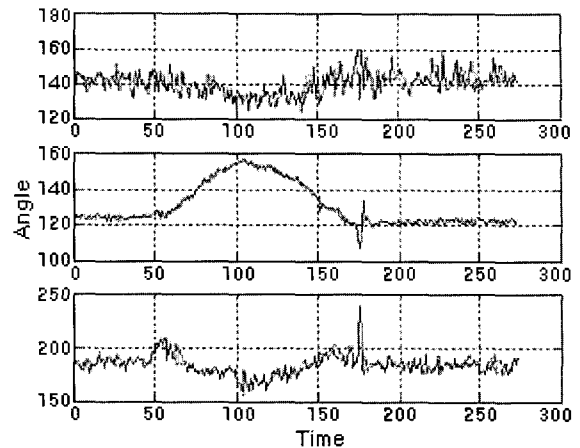
본 시스템에서는 사용자의 몰입감을 높여주기 위해 3차원 음향 기법을 사용한다. 기존의 스테레오 음향으로는 거리감과 공간감을 느낄 수 없어 스테레오 음향 기술에 거리와 방향성을 주어 3차원 입체 음향을 제공한다. 이 기법은 DirectX Sound Interface 기반에 구현되었으며, 그림 14는 본 시스템에서 구현한 3차원 음향의 기본적인 원리를 나타낸 것이다.

V. 시스템 실험 결과

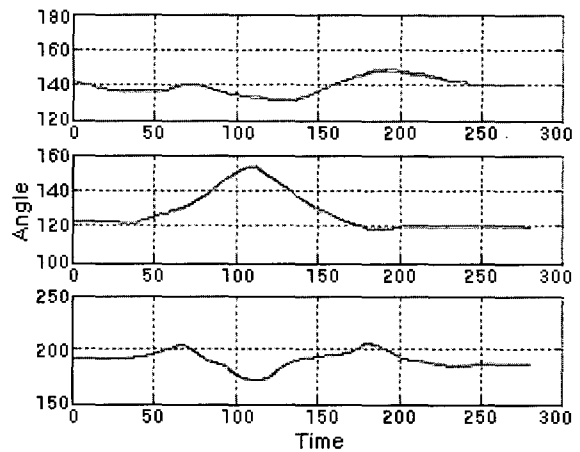
본 논문에서 제안된 시스템은 ATmega128을 이용하여 총 6개의 데이터 패킷을 관리하고, 해당 데이터 패킷을 PC로 전송한다. 팔의 두 개의 관절에서 전송되어 2개의 데이터(θ , α)와 다리의 움직임 데이터 2개로 총

6개의 데이터 패킷이 된다. 이들 각 데이터 패킷은 2byte의 크기를 갖으며, 6개의 데이터가 순서대로 PC로 보내지므로, 1 패킷 당 크기는 12byte가 된다. 만약 모든 관절의 데이터들이 변하는 것이 아니라, 오직 한 관절의 데이터만 변할 경우, 전송되는 데이터 1 패킷 당 10Byte의 불필요한 데이터가 PC로 보내게 된다. 좀더 효율적인 데이터 전송을 위해서는 불필요한 데이터의 양은 최소화하면서 실제 변화하는 움직임에 대한 데이터는 손실 없이 전송할 수 있는 방법이 고려되어야 한다. 그래서 본 시스템에서는 각 움직임의 특성에 맞는 필터링 과정과 양자화 과정 후 데이터 변화가 없다면 데이터를 전송하지 않는 방식을 이용하여 6개의 데이터 패킷을 통합 관리한다. 그림 15는 양자화 처리 과정을 통해 행동 패턴 예측의 결과를 나타낸 것이다. y축은 기울어진 각을 나타낸 것이며, x축은 데이터 개수를 나타낸 것이다. 그림 16은 사용자로 인해 가상환경 속에서의 물리적인 현상이 발생한 결과를 나타낸 것이다.

본 연구를 통해 제작된 시스템은 <http://roci.cnu.ac.kr>의 자료공유 게시판에서 동영상을 통해 확인할 수 있으며, 제안된 시스템에서 제작된 사용자 인터페이스를 통해 사용자의 실제 인터랙션이 그대로 재현됨을 알 수 있다. 그림 18은 직접 제작한 시스템을 이용하여 테스트하는 장면이다.



(a)



(b)

그림 15. 팔을 아래에서 위로 올렸을 때의 데이터의 변화 (a) 처리되지 않은 데이터, (b) 양자화 처리를 한 데이터

Fig. 15. Data transition for upward arm motion. (a) Raw data (b) Quantized data

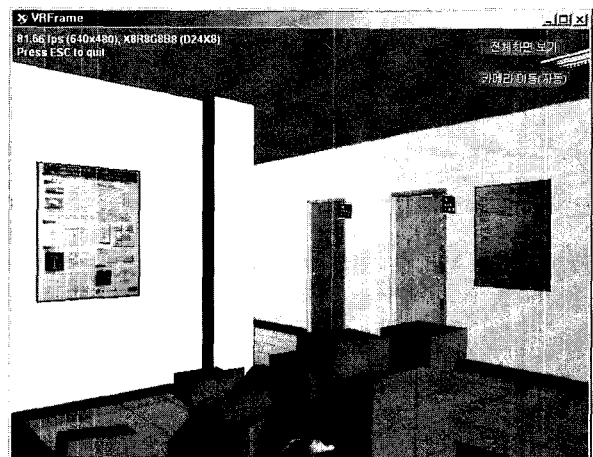


그림 16. 사용자와 객체의 상호작용(충돌)

Fig. 16. Interaction between operator and object (collision).

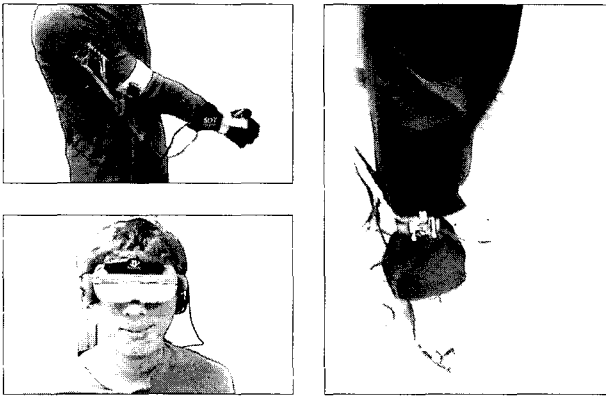


그림 17. 제작된 사용자 인터페이스
Fig. 17. Designed user interfaces.

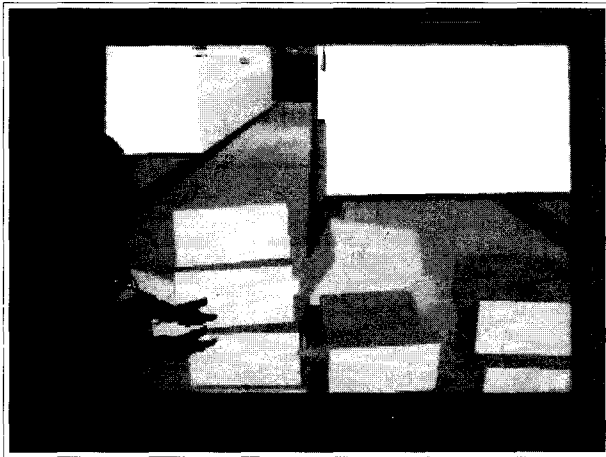


그림 18. 시연
Fig. 18. Demonstration of PIVE.

VI. 결 론

가상현실 체험 시스템은 행동 패턴 인식 방법과 시스템의 구성 요소에 따라 그 형태를 구분할 수 있다. 그 중에서 시스템의 대중화에 공헌을 하고 있는 것은 일반 개인용 컴퓨터에 적용한 가상현실 체험 시스템이다. 이 시스템의 특징은 몰입감과 현실감이 떨어지는 반면에 사용자층이 두텁다는 특징이 있다. 반면에 몰입형 가상현실 시스템의 경우 컴퓨터를 이용하여 만들어진 3차원 환경에 완전히 몰입되어 그 속에서 정의된 세계를 경험하고 상호 대화식으로 정보를 주고받는 하나의 완성된 시스템으로 개발되었다. 이는 가상현실 체험 시스템에서 이상적인 시스템이긴 하지만, 개인이 이용하기엔 경제적으로 고가의 장비를 구비해야하는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서 제안한 시스템은 개인용 컴퓨터를 이용한 가상현실 체험 시스템과 몰입형 가상현실 체험 시스템의 장점을 조합하여 3차원 환경에서의 몰입도를 높

이는 방법과, 저렴한 시스템 구축비용으로 사용자층을 넓힐 수 있다는 장점을 가지고 있다.

본 논문에서 제안한 시스템은 기존의 PC 기반의 가상 시뮬레이션 기술에서 벗어나 실생활과 유사한 인터 액션을 재현함으로써 사용자에게 실제적인 가상현실을 현실감 있게 체험할 수 있게 하였다. 장갑 형태의 센서, 밴드 형태의 센서를 이용함으로써 착용이 용이하게 하였으며, HMD 장치를 이용하여 사용자의 자세에 크게 영향을 받지 않게 하였다. 이는 기존의 몰입형 가상현실 체험 시스템의 사용자 인터페이스의 크기와 복잡성을 대폭적으로 축소한 것이며, 이로써 특정 부문에서의 기술이 아닌 다양한 분야에서 적극적인 활용이 가능할 것이라고 판단한다.

본 연구에서 사용한 3-Axis accelerator sensor (KXM52-L20, Kionix Inc.)는 저가이고 소형인 반면에 신호의 노이즈가 크게 발생하지만, 각 센서의 위치(손목, 팔, 어깨, 발목 등)에 따라 필터링/양자화 과정을 특성화 시켜 사용자의 움직임을 예측하는데 큰 문제가 없었다. 하지만, 미세한 움직임이나 천천히 움직이는 행동 상태에 대해서는 사용자와 가상 캐릭터의 움직임이 다소 차이가 있었다. 군사용이나 의학용과 같은 전문성을 요구하는 행동에는 사용하는 데 큰 무리가 있으리라 판단한다. 차후 고성능 센서 혹은 다수의 센서를 추가한다면 전문성이 요구되는 가상현실 시스템에 적용하는 데 큰 무리가 없으리라 판단한다.

차후 본 논문에서 제안된 시스템의 구성인 HMD 장치, Data Glove 장치 그리고 팔과 다리에서의 행동 패턴 인식을 위한 센서와 신호처리 모듈, 3D Sound 장치 등의 데이터 정보를 블루투스등 무선송수신 장치로 센서 및 사용자 인터페이스의 케이블을 제거하면 사용자에게 더욱 자연스러운 인터액션이 가능하게 몰입감을 높일 수 있을 것이라 판단한다.

참 고 문 헌

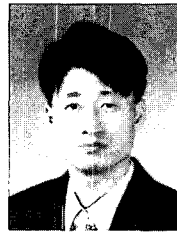
- [1] Eleanor Marshall and Sarah Nichols, "Interaction with a desktop virtual environment: a 2D view into a 3D world", *Virtualreality : the journal of the Virtual Reality Society*, v.8, no.1, pp.17-25, March 2004.
- [2] Norman Murray, Terrence Fernando, "A Virtual Environment for the Design and Simulated Construction of Prefabricated Buildings", *Virtualreality : the journal of the Virtual Reality*

- Society*, v.6, no.4, pp.244-256, June 2003.
- [3] Ahmed F. Waly and Walid Y. Thabet, A Virtual C, A Virtual Construction Environment for preconstruction planning, *Automation in construction*, v.12, no.2, pp.139-154, December 2002.
- [4] 이지홍, 하인수, "인체 동작 인식을 위한 가속도 센서의 신호 처리", *제어 자동화 시스템 논문지*, 제 5권, 제 8호, 961-968쪽, 1999년 11월
- [5] Tan, H. Z, Haptic Interface, *Communications of the ACM*, v.43, no.3, pp.40-44, March 2000.
- [6] Cristian Luciano, Pat Banerjee, "Realistic cross-platform haptic applications using freely-available libraries", Proceedings. 12th International Symposium, *Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems*, March 2004.
- [7] S. Gottshalk, M. C. Lin, D. Manocha, "OBBTree : A Hierarchical Structure for Rapid Interface Detection." <http://www.cs.unc.edu/~geom/OBB/OBBT.html>
- [8] 김병기 "Collision Detection", 3D Game Engine 기술 세미나 자료, <http://www.minpress.com/qna/files/kgb.pdf>
- [9] Kurata S, Makikawa M, Kobayashi H, "Joint motion monitoring by accelerometers set at both near sides around the joint", Engineering in Medicine and Biology Society, Proceedings of the 20th Annual International Conference of the IEEE, v.4, pp 1936 - 1939, October 1998.
- [10] Microsoft CO., LTD. "DirectX 9.0 Programmer's Reference", DirectX Documentation, March 2005.
- [11] VRS Technology, <http://www.vrstech.co.kr>

 저 자 소 개



오 영 일(정회원)
 2006년 충남대학교 메카트로닉스 공학과 학사 졸업.
 2006년~현재 (주) 코스트아이티 기술연구소 연구원.
 <주관심분야 : 컴퓨터 그래픽스, 영상 신호 처리>



이 지 홍(정회원)
 1983년 서울대학교 전자공학과 학사 졸업.
 1985년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사 졸업.
 1991년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사 졸업.
 1994년~현재 충남대학교 메카트로닉스공학과 정교수
 <주관심분야 : 로보틱스, HCI, 가상 현실, FSS>



조 경 환(학생회원)
 2006년 충남대학교 메카트로닉스 공학과 학사 졸업.
 2006년~현재 충남대학교 메카트로닉스공학과 석사 과정.
 <주관심분야 : 가상환경시스템, 임베디드 시스템, 영상 신호 처리>