

테이블 탑 디스플레이 기반 증강현실 구현을 위한 다중 감각 지원 인터페이스

정종문[†], 양형정^{**}, 김선희^{***}

요 약

테이블 탑 디스플레이를 이용하여 만든 응용프로그램은 손을 사용함으로써 사용자에게 직관적인 인터페이스를 제공한다. 따라서 사용자는 테이블 탑 디스플레이에서 보여 지는 가상화면에서 실제 물체를 조정하는 듯한 현실감을 느낄 수 있다. 그러나 대부분의 테이블 탑 디스플레이 응용 증강현실 시스템은 시각적인 감각만을 충족시킨다는 제한사항을 가진다. 본 논문에서는 보다 현실감 있는 증강현실을 제공하기 위해 가상 객체에 충돌이 발생할 경우 객체 컨트롤 장치가 진동하게 함으로써 촉각 부분도 지원하는 다중 감각 기반 인터페이스를 제안한다. 제안된 시스템은 에어하키 응용 구현을 통해 시각 및 청각적인 증강현실과 연동하여 가상환경의 충돌 정보를 무선통신으로 전송함으로써 촉각적인 증강현실을 반영함을 보인다. 본 연구에서는 시각지원과 함께 촉각지원을 추가함으로써 증강현실의 현실감을 증대시키고, 손 이외의 다른 장치를 사용하여 테이블 탑 디스플레이의 사용 환경을 확장시켜 보다 실감나는 인터페이스 환경을 제공한다.

Multi-modal Sense based Interface for Augmented Reality in Table Top Display

Jong Mun Jeong[†], Hyung Jeong Yang^{**}, Sun Hee Kim^{***}

ABSTRACT

Applications which are implemented on Table Top Display are controlled by hands, so that they support an intuitive interface to users. Users feel the real sense when they interact on the virtual scene in Table Top Display. However, most of conventional augmented reality applications on Table Top Display satisfy only visual sense. In this paper, we propose an interface that supports multi-modal sense in that tactile sense is utilized for augment reality by vibrating a physical control unit when it collides to virtual objects. Users can feel the collision in addition to visual scene. The proposed system facilitates tactile augmented reality through an air hockey game. A physical control unit vibrates when it receives virtual collision data over wireless communication. Since the use of tabletop display environment is extended with a tactile sense based physical unit other than hand, it provides a more intuitive interface.

Key words: Table Top Display(테이블 탑 디스플레이), Augmented Reality(증강현실), tactile sense(촉각)

1. 서 론

기존의 컴퓨터 환경은 주로 마우스와 키보드를

이용한 GUI를 기반으로 하고 있다. 이런 방식은 사용자가 GUI의 사용방법을 배워서 익숙해지기까지 많은 시간을 필요로 하며 직관성이 떨어진다. 이를

※ 교신저자(Corresponding Author) : 양형정, 주소 : 광주광역시 북구 용봉동 300(500-757), 전화 : 062)530-0332, FAX : 062)530-1759, E-mail : hjyang@chonnam.ac.kr
접수일 : 2009년 1월 12일, 완료일 : 2009년 3월 27일
[†] 준회원, 전남대학교 전자컴퓨터공학부 석사과정 (E-mail : amiris@nate.com)

^{**} 전남대학교 전자컴퓨터공학부 조교수
^{***} 전남대학교 전자컴퓨터공학부 박사과정 (E-mail : wkdal749@hanmail.net)
※ 본 연구는 문화관광부 및 한국문화콘텐츠진흥원의 문화콘텐츠기술연구소(CT)육성사업의 연구결과로 수행되었음.

보완하기 위해 최근에는 시각을 기반으로 사용자의 의도 및 행위를 인식하는 연구가 투명한 인터페이스를 제공하는 측면에서 널리 연구되어 왔으며, 이와 함께 직접적인 조작을 지원하는 연구가 활발히 진행되어 오고 있다. 그 중에서도 테이블 탑 디스플레이는 가장 직관적인 도구인 손을 사용하여 인간과 컴퓨터의 상호작용을 뛰어넘어 인간과 인간의 협동적 상호작용까지 구현할 수 있는 장점을 가지고 있다[1].

현재 테이블 탑 관련 기술들은 지도검색, 가상키보드 및 사진 편집, 간단한 게임과 같은 기본적 응용에서 벗어나 점차 고도화 되고 있다. 물리적 객체를 인간과 인간의 상호작용의 매개체로 활용하고 있으며 이를 이용한 증강현실의 구현으로 점차 그 범위가 확대 되고 있다[1]. 그러나 기존의 테이블 탑 디스플레이를 이용한 증강현실은 시각과 청각을 이용한 상호작용으로 증강현실에 대한 제한성을 가지고 있다.

본 논문에서는 시각과 청각으로 한정된 증강현실의 제한성을 해소하기 위해 테이블 탑 디스플레이의 객체 컨트롤 장치[2]에 무선통신 모듈과 진동 모듈을 부착하여 가상세계에서 일어나는 사건을 촉각으로 느낄 수 있는 촉각 기반 객체 컨트롤 장치를 포함하는 다중 감각 기반 인터페이스를 제안한다. 제안된 시스템은 물체의 충돌 시 발생하는 음향과 3D화면 및 테이블 탑 디스플레이용 객체 컨트롤 장치를 이용하여 시각과 청각적인 현실감을 부여하고, 촉각적인 현실감은 객체 컨트롤 장치에 부착되어있는 무선통신 모듈을 통해 수신 받은 정보에 따라 진동을 줌으로써 증강현실을 부가한다. 본 논문에서 사용된 가상공간은 에어하키 게임으로 객체 컨트롤 장치로 사용자 라켓의 위치를 컨트롤 할 수 있으며 라켓이 벽을 쳤을 경우 컨트롤 장치가 진동함으로써 충돌을 느낄 수 있도록 한다. 따라서 증강현실에 촉각을 추가함으로써 현실감을 증대시켜 흥미를 증가시킨다.

본 논문은 2장에서 관련 연구에 대해 알아보고, 3장에서 시각적 증강현실 구현을 위한 방법을 기술하였다. 4장에서는 촉각적 증강현실 구현을 위하여 제안한 촉각기반 객체 컨트롤 장치에 대하여 설명하고 있다. 5장은 위의 내용을 보일 수 있도록 구현한 소프트웨어에 대한 소개이다.

2. 관련연구

2.1 증강현실

증강현실은 가상세계와 실세계를 혼합하여 사용자에게 상호작용 환경을 제공함으로써 가상 정보가 현실감 있도록 느끼게 하는 기술이다. 증강현실을 사용하여 의사의 수술과정을 시각적으로 표현함으로써 실제 수술이 아닌 가상으로 수술을 연습할 수도 있으며[3], 마커를 사용하여 구조물 위치를 가상으로 배치해 미리 예상되는 모습을 볼 수도 있다[4].

테이블 탑 디스플레이 환경에서도 증강현실의 기술이 적용되고 있다. 테이블 탑 디스플레이 위에 마커를 출력하여 증강현실 보드게임을 구현하거나[5], 마커를 움직이거나 테이블 탑 디스플레이의 터치 정보를 이용하여 요리를 하는 증강현실 요리시스템[6] 등이 있다. 또한 테이블 탑 디스플레이 위에 물체를 올려놓아 그 물체와 프로그램 간의 상호작용을 통해 증강현실을 표현하려는 연구가 진행되고 있다. P. Dietz and D. Leigh는 테이블 탑 디스플레이에 표시되는 도미노와 실제 도미노가 서로 유기적으로 연결되어 도미노 현상을 만들어 낼 수 있는 시스템[7]을 개발하였고, 전남대학교 CT연구소에서는 테이블 탑 디스플레이가 위치를 인식하고 무선 통신이 가능한 디지털을 만들어 가상공간에서 디지털과 상호작용할 수 있는 시스템[8]을 개발하였다.

증강현실 시스템에 촉각이라는 감각을 추가하여 더욱 현실감을 느끼고 조작의 정확성을 높이는 연구가 많이 진행되고 있다. 촉각 상호작용이 가능한 전 시공간을 설치하여 관람객이 전시물을 보는 것뿐만 아니라 체험 할 수 있는 시스템이 개발되고[9], 가상의 게임 폰을 이용할 때 촉각을 사용자에게 제공함으로써 몰입감을 높일 수 있도록 한다[10]. 의료시술 시뮬레이션 증강현실 시스템에 햅틱 인터페이스를 결합하여 사용함으로써 시각으로만 연습하는 것보다 더 나은 환경의 연습공간이 마련되어 학습효과를 높일 수 있다[11].

KIST의 Smart Puck System[12]은 테이블 탑 디스플레이 상에서 디지털 정보를 쉽고 직관적으로 조작할 수 있는 물리적 도구이다. Smart Puck은 상부의 휠을 회전시켰을 때 회전의 느낌을 사용자가 받을 수 있도록 하였다. 하지만 이 촉감은 사용자가 휠을 회전하였을 경우 즉, 입력 시에만 발생하므로 가상공

간의 환경 변화와 상호작용에 따른 촉감을 표현하는 부분에는 부족하다.

위와 같이 테이블 탑 디스플레이에 적용된 증강현실은 대부분 시각 위주로 개발되었다. 하지만 가상의 정보가 시각외의 다른 감각을 자극하여 사람에게 전달된다면 증강현실은 더욱 강하게 느껴질 것이다. 따라서 본 논문에서는 시각뿐만 아니라 촉감을 동시에 느끼게 하여 더욱 현실감을 줄 수 있는 시스템을 제안한다.

2.2 테이블 탑 디스플레이

테이블 탑 디스플레이는 탁자 위에 컴퓨터의 화면을 출력하고 출력된 화면에 직접 손가락으로 터치하여 상호작용 할 수 있는 시스템이다. 테이블 탑 디스플레이에서 핵심적인 부분은 손가락의 터치를 인식하는 것이다. 터치 인식 방식은 정전용량 방식을 이용한 방식과 시각기반 방식으로 나눌 수 있다.

정전용량 방식은 터치표면에 Force-Sensitive-Register의 가변량, 또는 정전용량의 변화량을 측정하여 터치의 위치를 알아내는 방법이다. 이러한 방식을 사용한 시스템에는 Diamond Touch[13] 시스템과 Smart Skin[14] 시스템이 있다. 이러한 테이블 탑 디스플레이는 정확한 터치 위치와 얼마나 터치 되었는지를 정확히 알 수 있지만 해상도가 큰 디스플레이를 위해서는 많은 센서들이 필요하기 때문에 많은 제작비용을 필요로 한다.

시각기반 방식은 스크린 위의 터치를 카메라로 촬영하고 촬영된 영상을 분석하여 터치정보를 얻어낸다. 시각기반 방식의 테이블 탑 디스플레이에는 도쿄대학의 Sato가 제안한 Enhanced Desk[15], 소니의 Rekimoto가 제안한 Holowall[16], 뉴욕대의 Jefferson Han이 제안한 FTIR원리를 이용한 시스템[17], 도쿄대학의 Kakehi등이 제안한 Luminisight Table[18] 등이 있다. 이러한 시각기반의 테이블 탑 디스플레이는 저렴한 비용으로 높은 해상도의 디스플레이를 제작할 수 있지만 카메라만을 이용해야 하기 때문에 정확도와 인식률이 떨어진다.

본 논문에서 사용한 테이블 탑은 그림 1에서와 같이 시각기반 방식 중 FTIR(Frustrated Total Internal Reflection)원리를 이용하여 제작되었다[19]. 테이블 탑 디스플레이의 구조는 그림 2와 같다. 테이블 안쪽에는 프로젝터와 적외선 카메라가 설치

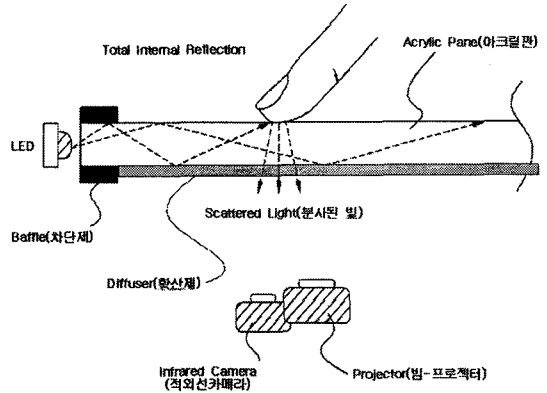


그림 1. FTIR원리를 이용한 테이블 탑 디스플레이

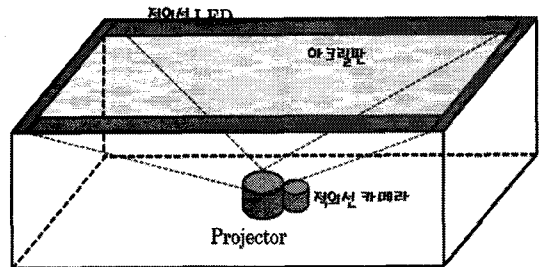


그림 2. 테이블 탑 디스플레이 구조

되어 있으며, 테이블 위는 특수 제작된 아크릴 판으로 제작되어 있다. 이 아크릴판 모서리에는 적외선 LED가 부착되어 있어 아크릴판에 적외선을 비추게 되면 아크릴판 내에서 전반사가 이루어진다. 아크릴판 위에 손가락을 대게 되면 아크릴판 내에서 전반사되던 적외선이 Frustrated 현상 때문에 수직으로 빛이 분산되어 나온다. 분산되어 나온 적외선을 적외선 카메라가 촬영하고 촬영된 영상을 분석하여 손가락의 위치를 검출한다. 이와 같은 원리로 기존 터치스크린과는 달리 여러 개의 터치정보를 분석하여 컴퓨터에 입력을 줄 수 있고, 손가락의 위치 변환 정보를 이용하여 마우스 클릭이나 휠의 움직임, 키보드의 특정 키 입력과 같은 여러 가지 이벤트 메시지를 생성할 수 있다.

FTIR원리를 이용한 테이블 탑 디스플레이의 장점은 후방투영방식을 사용하여 상부 투영 시 발생하는 그림자 문제를 해결 할 수 있으며, 높은 해상도의 시스템을 저렴하게 구현할 수 있다. 하지만 멀티-터치 시각 터치 포인트가 어떤 손가락에 의해 생성된 것인지의 구별이 불가능 하다.

3. 시각적 증강현실

본 논문에서는 화면에 표현되는 가상의 물체를 현실감 있게 느끼도록 하기 위해 3D 그래픽을 이용하여 화면을 구성한다. 테이블 탑 디스플레이는 스크린에 직접 손가락을 터치하여 화면을 움직일 수 있기 때문에 가상의 객체를 손으로 직접 컨트롤 할 수 있다. 실제와 같은 모습의 객체를 손으로 직접 컨트롤 할 수 있기 때문에 마우스나 키보드를 이용하여 컨트롤 하는 것 보다 더 현실감을 느낄 수 있다. 이러한 시각적인 증강현실을 위해 스크린 평면 위의 손가락 좌표와 일치하는 3D공간 객체의 위치 좌표를 찾아 손가락으로 객체를 선택할 수 있도록 하고, 가상공간에서 움직이는 객체가 실제와 같은 물리현상에 맞게 움직이도록 하기 위해 물리법칙을 적용한다.

3.1 가상공간의 객체 컨트롤

스크린의 평면에 표현되는 3D환경의 객체를 손가락으로 터치하여 컨트롤하기 위해서는 스크린 평면에 터치한 손가락의 위치 좌표와 3D환경에 보이는 객체와의 좌표를 일치시키는 과정이 필요하다. 즉, 그림 3의 원점은 카메라가 있는 위치이고 -z축 방향으로 바라보고 있다고 가정할 때, 첫 번째 사각형은 카메라에 의해 찍힐 수 있는 가장 가까운 거리의 화면이고 두 번째 사각형은 카메라에 의해 찍힐 수 있는 가장 먼 거리의 화면이다. 따라서 첫 번째와 두 번째 사각형 사이의 공간이 스크린을 통하여 보여지게 된다. 본 논문에서는 스크린 평면상에 보이는 객체를 선택하기 위해 손으로 터치하면 그 좌표와

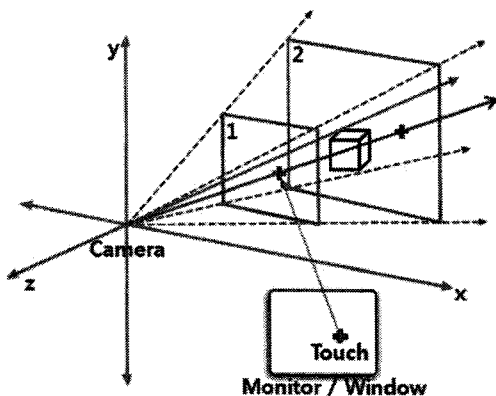


그림 3. 원근투상의 가시적인 부피

대응되는 카메라와 가장 가까운 사각형의 한 점과 카메라와 가장 먼 사각형의 한 점을 구한다. 이 때 두 점을 연결하는 직선과 만나는 객체가 바로 손으로 터치한 객체가 된다.

객체를 구하기 위해 두 점의 좌표를 각각 (x_1, y_1, z_1) , (x_2, y_2, z_2) 라고 하면 공간에서 두 점이 만드는 직선의 방정식은 다음의 수식(1)과 같다.

$$\begin{aligned} \vec{A} &= (x_1, y_1, z_1), \quad \vec{B} = (x_2, y_2, z_2) \\ (obj_x, obj_y, obj_z) &= \vec{A} + t(\vec{B} - \vec{A}) \\ (t \text{는 실수}) \end{aligned} \tag{1}$$

이 직선이 가상공간에 있는 테이블과 만나는 점을 구해야 한다면 테이블 면은 $y=0$ 인 평면에 있으므로 $obj_y=0$ 으로 하여 매개변수 t 를 구한다. t 를 이용하여 obj_x , obj_z 값을 구하여 손가락으로 선택한 가상공간의 위치를 찾을 수 있다. 또한 손가락으로 선택한 객체를 찾고자 한다면 위에서 찾은 직선의 방정식과 화면에 보이는 객체의 평면 방정식을 이용하여 t 의 값이 실수인지 확인하여 객체를 찾을 수 있다.

3.2 가상공간의 물리현상

가상공간의 객체 움직임을 현실과 같이 느끼도록 하기 위해서는 현실의 물리법칙을 적용하여 객체가 움직이도록 하여야 한다. 각 객체는 기본적으로 위치, 속도벡터, 질량 등의 물리량을 가지고 있다. 이 물리량들을 이용하여 물리법칙을 계산하고 객체들을 표현한다.

가상공간의 객체끼리의 충돌여부 판단은 그림 4와 같이 객체의 중심위치간의 거리를 계산하여 두 객체의 반지름의 합보다 작을 경우 두 객체가 충돌했다고 판단한다. 충돌했다면 충돌후의 속도벡터를 계산하여 객체에 대입하면 객체는 충돌 후의 위치로 이동한다.

객체는 자신의 속도벡터에 의해 다음위치로 이동하게 된다. 하지만 두 물체가 충돌하면 두 물체의 속

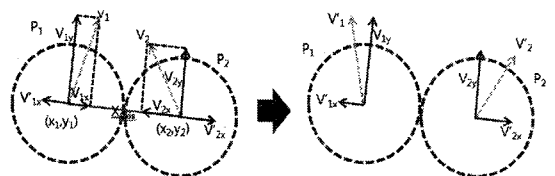


그림 4. 객체와 객체가 부딪친 경우

도에 의해 속도벡터의 값이 변하여 충돌전의 진행방향과 다른 방향으로 이동하게 된다. 충돌 후의 속도벡터를 계산하기 위해서는 먼저 객체의 중심을 연결하는 축의 단위 벡터를 수식(2)과 같이 구한다.

$$X_{Axis} = (x_2 - x_1, y_2 - y_1) / \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (2)$$

충돌하기 전의 속도벡터를 XAxis를 기준으로 분할한다. 객체의 중심을 이은 선을 x축이라고 하면 객체의 속도벡터 V_1 이 x축의 방향으로 어느 정도의 크기를 가지고 있는지 알기위해 내적을 이용해 수식(3)에서와 같이 구한다[20]. 크기를 구한 후 x축 단위 벡터를 곱하여 V_{1x} 벡터를 구한다. V_{1y} 는 V_1 과 V_{1x} 의 차이를 계산하여 구한다. 즉, $V_{1y} = V_1 - V_{1x}$ 이다.

$$\begin{aligned} V_{1x} &= X_{Axis} \times (X_{Axis} \cdot V_1), & V_{1y} &= V_1 - V_{1x} \\ V_{2x} &= -X_{Axis} \times (-X_{Axis} \cdot V_2), & V_{2y} &= V_2 - V_{2x} \end{aligned} \quad (3)$$

분할한 속도 벡터와 객체의 질량을 이용하여 충돌 후의 속도 벡터를 수식(4)과 같이 계산한다. 분할된 속도벡터 V_{1x} 와 V_{2x} 가 서로 충돌하였기 때문에 에너지 보존의 법칙과 운동량의 법칙에 의해서 수식(4)과 같이 계산된다[20]. 수식(4)에서 충돌계수는 물체의 종류에 따라 변화하는 계수로 0과 1사이의 값을 갖는다. 물체가 충돌 후 튕겨나가는 힘이 클수록 충돌계수는 1에 가깝다. V_{1y} 와 V_{2y} 는 외부로부터의 힘의 변화를 받지 않았기 때문에 충돌 후에도 속도는 같다. 따라서 객체의 충돌 후의 속도 벡터는 $V'_{1x} + V_{1y}$ 가 된다.

$$\begin{aligned} V'_{1x} &= \frac{((M_1 - e \times M_2) \times V_{1x}) + ((1 + e) \times M_2 \times V_{2x})}{M_1 + M_2} \\ V'_{2x} &= \frac{((M_2 - e \times M_1) \times V_{2x}) + ((1 + e) \times M_1 \times V_{1x})}{M_1 + M_2} \end{aligned} \quad (4)$$

$(e: \text{충돌계수}, M_1, M_2: P_1, P_2 \text{의 질량})$

$$V'_1 = V'_{1x} + V_{1y} \quad V'_2 = V'_{2x} + V_{2y}$$

4. 촉각 지원을 위한 객체 컨트롤 장치

본 논문에서는 가상공간의 객체를 실제계의 물체를 통해서 컨트롤 할 수 있고, 가상세계의 사건을 촉각으로 느낄 수 있도록 하는 촉각 기반 객체 컨트롤 장치를 제안한다. 객체 컨트롤 장치에는 적외선 LED가 부착되어 있어 적외선 빛으로 객체의 위치를 인식하고 지그비 무선 통신 모듈을 통하여 데이터를 주고 받아 객체 컨트롤 장치 내의 진동 모듈을 컨트롤 한다. 객체 컨트롤 장치와 테이블 탑 디스플레이 간의

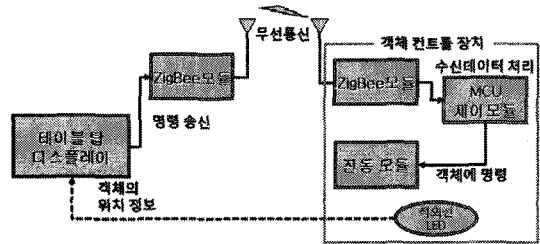


그림 5. 테이블 탑 디스플레이와 객체 컨트롤 장치 사이의 통신 흐름도

통신 흐름은 그림 5와 같다. 객체 컨트롤 장치의 적외선 LED를 사용하여 제어하고 있는 객체가 외부로부터 충격을 받으면 프로그램은 지그비 모듈을 통해 충격 데이터를 전송하고 객체 컨트롤 장치 내의 MCU 모듈이 진동모듈을 진동하도록 한다.

4.1 촉각기반 증강현실을 위한 모터제어

본 논문에서는 촉각 기반으로 객체를 컨트롤하기 위해 사용자가 컨트롤 하고 있는 객체가 충돌했을 경우 그 객체의 충돌량을 계산 한다. 그림 4에서 P_2 가 사용자가 컨트롤 하고 있는 객체라고 가정하면 P_1 이 P_2 에게 영향을 준 힘 벡터와 P_2 가 P_1 에게 영향을 준 힘 벡터와의 관계를 고려하여 P_2 가 받는 충격량이 계산된다. 수식(4)에서 V'_{2x} 의 크기는 P_2 의 충돌량을 의미하며 충돌량의 크기에 따라 진동의 크기를 n단계로 나눈다. 각각의 진동 크기는 객체컨트롤 장치에 전달되고 사용자는 각각의 충돌량에 따라 다른 진동을 전달 받는다.

그림 6의 애플리케이션 부분에서 충돌이 발생하면 충돌량의 크기를 계산하고 충돌량의 크기에 따라 전송되는 데이터의 종류를 달리 한다. 데이터는 시리얼 포트를 따라 지그비 모듈에 전송 되고, 지그비 모듈에서 무선으로 객체 컨트롤 장치에 있는 지그비 모듈에 전송한다. 객체 컨트롤 장치 내의 MCU는 전송받은 데이터를 분석하여 모터의 진동크기를 조절한다.

4.2 객체 컨트롤 장치

테이블 탑 디스플레이는 적외선 빛을 감지하여 인식하기 때문에 적외선 LED를 객체 컨트롤 장치에 부착하여 테이블 탑 디스플레이가 인식할 수 있도록 하고, 객체 컨트롤 장치의 표면에 마찰력이 작은 소재를 붙여 부드럽게 움직일 수 있도록 한다. 객체 컨

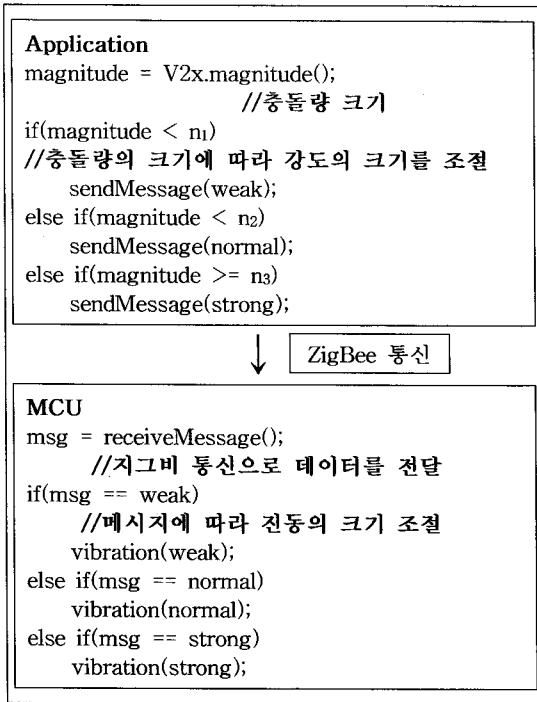


그림 6. 충돌량에 따른 모터제어

트를 장치를 만들기 위해서는 적합한 적외선 LED의 선택이 요구된다. 적외선 LED의 빛이 옆으로 많이 퍼질 경우 테이블 탑 디스플레이에서 넓은 영역을 비추게 되어 세밀한 부분의 선택이 어려울 수 있다. 따라서 LED의 빛이 옆으로 많이 퍼지지 않고 직진성이 강해야 한다. 본 논문에서는 적외선 LED중에서 EL-1KL3를 사용한다. EL-1KL3는 직진성이 강하기 때문에 객체 컨트롤 장치의 적외선 LED로 사용하기에 적합하다.

테이블 탑 디스플레이의 객체 컨트롤 장치는 그림 7과 같다. 하단의 적외선 LED의 빛을 이용하여 가상

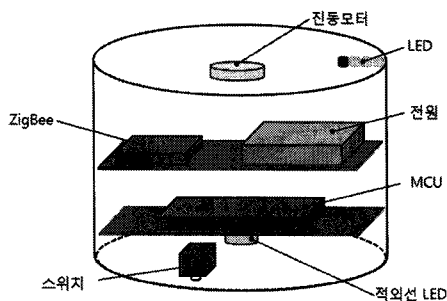


그림 7. 객체 컨트롤 장치 구성도

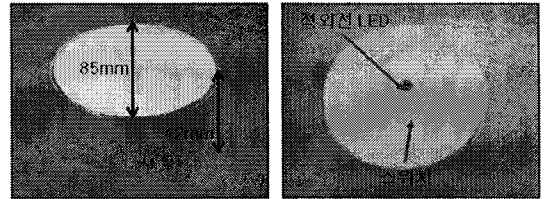


그림 8. 테이블 탑 디스플레이 객체 컨트롤 장치

객체의 위치를 컨트롤하고 지그비 통신 모듈을 통해 받은 데이터를 MCU에서 처리한다. 진동모터는 객체 컨트롤 장치 위에 부착하여 손에 진동이 잘 전달되도록 하며, LED를 연결하여 진동의 강도를 표시한다. 그림 8은 실제 제작된 객체 컨트롤 장치의 모습이다.

5. 응용 시스템 구현

본 논문에서는 테이블 탑상에서 시각과 촉각을 통한 증강현실을 에어하키 게임을 통해 보인다. 응용프로그램은 윈도우 운영체제에서 개발하였으며, OpenGL을 사용하여 3D객체를 렌더링 하고 glut를 사용하여 인터페이스를 개발하였다. 에어하키 게임은 그림 9와 같이 크게 테이블 탑 내의 가상 테이블과 테이블 탑 위의 객체 컨트롤 장치로 구성된다. 테이블 탑 내의 시스템은 터치정보 분석 모듈, 3D 그래픽 모듈, 3D 객체 선택 모듈, 무선 통신 모듈, 물리현상 구현 모듈과 게임 인터페이스로 구성된다. 테이블 탑 위의 객체 컨트롤 장치는 적외선 LED, 진동모듈, 무선 통신 모듈, 수신 데이터 분석 및 명령 모듈로 구성된다. 객체 컨트롤 장치의 위치 정보를 터치 정보 분석 모듈이 분석하여 충돌 정보를 무선 통신 모듈을 통해 전달하고, 충돌량에 따라 모터가 제어됨으로써 사용자는 진동을 느끼게 된다. 즉, 에어하키에서 사용자가 사용하는 라켓은 객체 컨트롤 장치를 사용하

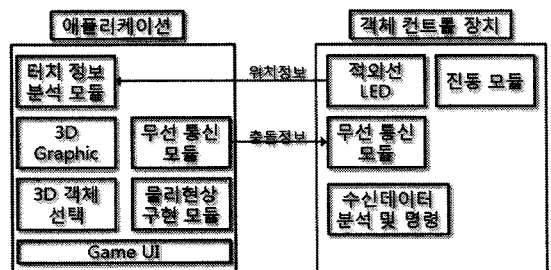


그림 9. 응용시스템 구성도

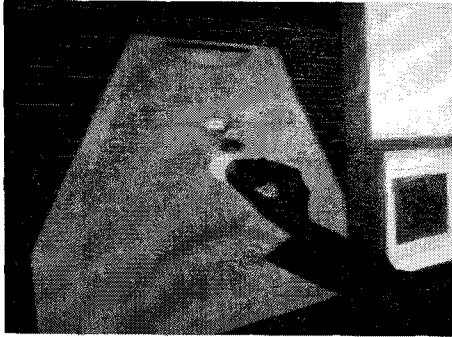


그림 10. 객체 컨트롤 장치를 이용한 플레이

여 컨트롤하고 라켓과 찍이 충돌하였을 때 객체 컨트롤 장치를 이용한 진동모터가 진동하여 그 충동을 느낄 수 있다. 따라서 본 논문에서 제안한 객체 컨트롤 장치를 사용하여 테이블 탑 디스플레이에 구현된 응용 프로그램을 실행 시 그림 10과 같이 시각적인 증강현실 뿐만 아니라 촉각적인 부분까지 지원한다.

6. 결 론

본 논문에서는 시각, 청각 위주의 증강현실 시스템에 촉각 중심 증강현실을 지원하는 테이블 탑 디스플레이 기반 다중 감각 지원 인터페이스를 제안하였다. 테이블 탑 평면상에서 객체의 물리현상을 벡터연산을 통해 구현하여 현실감을 느낄 수 있는 환경을 만들었으며, 테이블 탑 디스플레이가 인식할 수 있는 LED기반 객체 컨트롤 장치를 제작하여 입력이 부드럽고 자연스럽게 하였고, 진동모터와 무선통신 모듈을 사용하여 가상현실의 충동을 느낄 수 있도록 제작하였다.

표 1은 테이블 탑 디스플레이에서 증강현실을 구현한 다른 시스템들과 비교한 결과이다. 증강현실 요리 시스템은 마커와 요리도구를 사용하여 증강현실을 구현하였지만 촉각은 지원하지 않는다. 디지털 시스템과 도미노 시스템은 실제 물체와 화면과의 직접적인 상호작용을 통해 증강현실 효과를 보이지만 촉각은 지원하지 않는다. 스마트 찍 시스템은 촉각을 지원하지만 가상세계의 촉각정보가 아닌 사용자 입력에 따른 촉각지원이다. 제안된 시스템은 가상세계의 충동을 사용자가 직접 느낄 수 있도록 구현되었다.

본 논문에서 제안한 시스템은 다중 감각의 지원을 통해 실제와 같은 느낌을 증가시킬 수 있으며, 테이블

표 1. 다른 증강현실 지원 시스템과의 비교

시스템 \ 구분	실제 물체 사용	화면과 물체의 직접적인 상호작용	무선 통신	촉각 지원	가상 현실 촉각 피드백
증강현실 요리시스템[6]	O	X	X	X	X
디지털 팻[8]	O	O	O	X	X
도미노 시스템[7]	O	O	X	X	X
Smart Puck[12]	O	O	O	O	X
제안시스템	O	O	O	O	O

탑 디스플레이의 인터페이스를 자연스럽게 받아들일 수 있다. 또한 손 이외의 다른 장치를 사용함으로써 테이블 탑 디스플레이의 사용 환경을 확장한다.

참 고 문 헌

- [1] 김송국, 이철우, "협력적인 상호작용을 위한 테이블 탑 디스플레이 기술 동향," 한국콘텐츠학회 2006 추계 종합학술대회 논문집, 제4권, 제2호, pp. 616-621, 2006.
- [2] 오진식, 정종문, 김정식, 양형정, 이철우, "테이블 탑 디스플레이용 LED기반 객체 컨트롤 시스템," HCI 2008 학술대회 논문집, 제1권, pp. 224-229, 2008.
- [3] 장상현, 계보경, "증강현실(Augmented Reality) 콘텐츠의 교육적 적용," 한국콘텐츠학회지, 제5권, 제2호, pp. 79-85, 2007
- [4] 김송국, 이철우, "멀티터치를 위한 테이블-탑 디스플레이 기술 동향," 한국 콘텐츠 학회 논문지, 제7권, 제2호, pp. 84-91, 2007.
- [5] 김진국, 이종원, "증강현실 보드게임 프레임워크," 한국콘텐츠학회 종합학술대회 논문집, 제5권, 제2호(하), pp. 639-643, 2007.
- [6] 장한별, 김송국, 김장운, 이철우, "테이블 탑 디스플레이 기반 실감형 전자 요리 시스템," 한국콘텐츠학회 2007 춘계 종합학술대회 논문집, 제5권, 제1호, pp. 34-38, 2007.
- [7] Leitner, J., Haller, M., "Bridging the gap between real and virtual objects for tabletop games," *International Journal of Virtual*

Reality, Vol.5, No.1, pp. 1-10, 2006.

[8] 이철우, 박재완, 장한별, 문주필, 송대현, 조아라, “디지털 애완동물과 테이블 탑 디스플레이를 활용한 놀이 시스템,” *정보과학회지*, 제26권, 제3호, pp. 54-60, 2008.

[9] 유용희, 조윤혜, 최근석, 성미영, “햅틱 상호작용을 제공하는 가상 전시공간 개발,” *정보과학회 논문지: 컴퓨팅의 실제 및 레터*, 제13권, 제6호, pp. 630-632, 2007. 11.

[10] 하태진, 김영미, 류제하, 우운택, “증강현실 기반 제품 디자인의 몰입감 향상 기법,” *전자공학회 논문지*, 제44권, 제2호, pp. 37-46, 2007. 3.

[11] 임아영, 박주영, 최유주, 김명희, “햅틱 워크벤치 상에서의 가상객체 조작,” *한국정보과학회 2003년도 봄 학술발표논문집 제30권 제1호(B)*, pp. 630-632, 2003. 4.

[12] Laehyun Kim, Hyunchul Cho, Sehyung Park and Manchul Han, “A Tangible User Interface with Multimodal Feedback,” *LNCS*, Vol. 4552, pp. 94-103, 2007.

[13] P. Dietz and D. Leigh, “DiamondTouch: A Multi-User Touch Technology,” In *Proceedings of the 14th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 219-226, 2001.

[14] J. Rekimoto, “SmartSkin: An Infrastructure for Freehand Manipulation on Interactive Surfaces,” In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 113-120, 2002.

[15] K. Oka, Y. Sato, and H. Koike, “Real-Time Tracking of Multiple Fingertips and Gesture Recognition for Augmented Desk Interface Systems,” In *Proceedings of the Automatic Face and Gesture Recognition*, pp. 429-434, 2002.

[16] N. Matsushita and J. Rekimoto, “HoloWall: Designing a Finger, Hand, Body, and Object Sensitive Wall,” In *Proceedings of the 10th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 209-210, 1997.

[17] J. Y. Han, “Low-Cost Multi-Touch Sensing

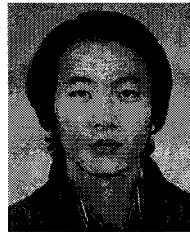
through Frustrated Total Internal Reflection,” In *Proceedings of the 18th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 15-118, 2005.

[18] Y. Takehi, M. Iida, T. Naemura, Y. Shirai, M. Matsushita, and T. Ohguro, “Lumisight Table: Interactive View-Dependent Tabletop Display,” In *Proceedings of IEEE Computer Graphics & Applications*, Vol. 25, No.1, pp. 48-53, 2005.

[19] Jangwoon Kim, Jaewan Park, HyungKwan Kim, Chilwoo Lee, “HCI(Human Computer Interaction) Using Multi-touch Tabletop Display,” *Communications, Computers and Signal Processing*, pp. 391-394, 2007

[20] <http://nehe.gamedev.net/>

정 종 문



2008년 2월 전남대학교 전자컴퓨터 정보통신 공학부 (공학사)
 2008년 3월~현재 전남대학교 전자컴퓨터공학부 석사과정

관심분야 : 멀티미디어, 데이터마이닝

양 형 정



1991년 전북대학교 전산통계학과 (학사)
 1993년 전북대학교 전산통계학과 (석사)
 1998년 전북대학교 전산통계학과 (박사)
 2003년~2005년 카네기멜런 대학교 연구원

2005년~2007년 전남대학교 전자컴퓨터공학부 전임강사
 2007년~현재 전남대학교 전자컴퓨터공학부 조교수
 관심분야 : e-Design, 데이터 마이닝, e-Learning
 관심분야 : 영상처리, 통신시스템, OCT, 웨이브릿응용, 검사자동화



김 선 희

2003년 한국교육개발원 졸업(학사)

2006년 동국대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학석사)

2006년 전남대학교 전산학과 재학중 (박사과정)

관심분야 : 데이터마이닝, 센서 마이닝, 스트림마이닝