

논문 2010-4-13

가상현실에서 Haptic 디바이스를 활용한 멀티터치 모델 구현에 관한 연구

A Study on the Implementation of Multi-touch model using a Haptic Device in Virtual Reality

강임철*, 김범석**, 허기택*, 고영혁***

Im-Chul Kang*, Beom-Seok Kim**, Gi-Taek Hur*, Young-Hyuk Ko***

요약 본 논문에서는 촉각 처리기술의 특징인 VR기술과 햅틱디바이스인 Omni를 이용하여 VR공간에서 멀티 터치 포인트에 어류객체의 촉감을 제시하는 모델을 제안하고 가능성을 실험하였다. 본 실험을 위하여 Matlab/Simulink와 Handshake사의 proSENSE Virtual Touch Toolbox을 프로그래밍 툴로 사용하였고, 3D로 모델링 된 물고기 객체들의 자연스런 움직임을 묘사하기 위해 x, y, z축 각각의 움직임을 표현하는데 필요한 함수들을 사용하였다. 이러한 움직임 들은 2명의 사용자가 각각 제어하는 멀티 포인트에 사실적인 물리 작용을 제공한다. 실험결과 3D 객체의 외형을 촉 감만으로 인지하는 것과 숨 쉬는 상태를 촉감으로 느낄 수 있게 하는 것이 잘 표현되었고, 두 개의 멀티 포인트를 활 용함으로써 VR공간에서의 다중참여를 통한 게임이나 콘텐츠 개발이 가능함을 확인할 수 있었다.

Abstract In this paper, we use VR technologies including touch processing technologies and haptic devices to offer touch of fish objects to users. The Omni, a kind of haptic device and made by Sensable Inc., is used to implement multi touch model in VR space. In addition, Matlab/Simulink and proSENSE Virtual Touch Toolbox of Handshake Inc., are used as programing tools. Functions needed to describe the movement of x, y, and z axis respectively are applied to delineate the natural movement of fish objects modeled with 3D. Such movements offer realistic physical interactions to two users controlling multi point respectively. In experiment, to perceive the appearance of 3D object by touch and to feel the respiration by touch are well conducted. We also verify that it is possible to develop games or contents through multi participation in VR Space by using multi point.

Key Words : Omni, Haptic, VRML, VR World, Multi Touch

1. 서론

촉각처리기술은 인간이 가진 신경학적인 촉감시스템의 이해를 기반으로 하며, 기존의 햅틱디바이스와 컴퓨터 그래픽스기술을 연결하는 중요한 기술이다. 3D 그래픽

픽스기술이 인간의 시각과 관련된 기술이라면 촉각처리 기술은 시각적으로 무엇을 묘사하는 것이 아닌 촉각적으로 대상을 묘사하는 기술이며 기존 VR기술과 연동되어 현실감을 증가시키는 중요한 기술이다.^[1,2]

따라서 햅틱 디바이스는 인간에게 자극을 전달하고, 인간의 운동정보를 감지하는 양방향성 구조를 기본적으로 채용하고 있으며, 활용도에 따라 후자의 운동정보 감지 장치가 없는 단방향의 햅틱 디스플레이(Haptic display) 형태로 제공되기도 한다. 햅틱 디바이스는 사용

*정회원, 동신대학교 디지털콘텐츠학과

**정회원, 동신대학교 디지털콘텐츠협동연구센터

***중신회원, 동신대학교 정보통신공학과

접수일자 2010.5.10, 수정일자 2010.7.10

게재확정일자 2010. 8.13

자에게 전달되는 촉감의 종류에 따라 질감형 햅틱 디바이스와 역감형 햅틱 디바이스로 나눌 수 있다.

역감형 햅틱 디바이스 분야에서 최고의 경쟁력을 가지고 있다고 알려진 미국의 센서블사(SensAble Technology, Inc.)는 1990년대 중반에 PHANTOM 시리즈를 개발하였다. 센서블사는 특허기반의 동력전달 메커니즘 채용을 통해 하드웨어의 관성력과 마찰력 등을 최소화 하였다.^[3]

햅틱 디바이스는 힘과 위치정보를 매개로 하는 입출력 장치로 로보틱스 기술을 바탕으로 사용자에게 원격지 또는 가상환경에 존재하는 객체의 물리적 특성을 역감을 통하여 느끼게 하는 장치를 의미한다. 햅틱 디바이스는 사용목적에 맞는 자유도, 작업공간, 그리고 요구되는 힘의 최대크기 및 대역폭 등을 고려하여 설계된다.^[4]

본 논문에서는 VR 공간에서 물고기 객체를 3차원으로 정교하게 모델링 하고 이 객체는 햅틱 렌더링에 의해서 외부 인터페이스와 상호작용 하게 하였다. VR공간에서 사용자와 프로그래밍 된 객체사이에 유연한 햅틱 작용을 위하여 촉감이 작용하도록 햅틱 이벤트를 발생시키고 햅틱 디바이스와 연동시켰으며, 두개의 햅틱 디바이스로 3차원 객체의 촉감을 제시할 수 있도록 하였다. 햅틱 디바이스는 센서블사의 Omni를 사용하였고, 프로그래밍 툴은 Matlab/Simulink를 이용하였다.

II. 본 론

1. 시스템 구성

일반적으로 가상환경과의 촉감상호작용 시스템은 그림 1과 같이 조작자, 햅틱디바이스, 제어기 그리고 가상 환경으로 이루어진다.

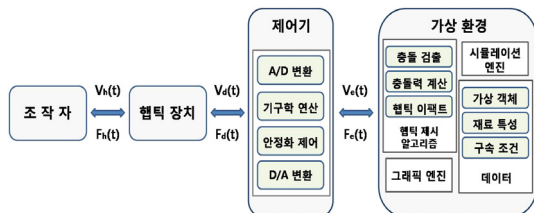


그림 1. 촉감시스템의 기본 구성
Fig. 1. Overview of the Haptic system

가상 환경의 구성은 여러 객체에 대해 촉감정보를 제공하기 위한 햅틱 제시 알고리즘과 시각정보를 제공하기

위한 그래픽 제시 알고리즘 및 청각정보를 생성하는 청각제시 알고리즘을 포함한다. 그리고 필요에 따라 동역학 및 유한 요소 해석 등을 담당하는 실시간 시뮬레이션 엔진을 포함하기도 한다. 제어기는 햅틱 디바이스를 구동하기 위한 함수들을 포함하며, 일반적으로 액추에이터와 엔드이펙트의 관계를 결정하는 기구학 연산 및 전체 촉감 상호작용 시스템의 안정성을 담보하고 성능을 최대화하기 위한 제어 알고리즘 등으로 구성된다.

2. Omni-Device

그림 2의 Omni는 기본적으로 3 by 1의 vector값을 출력으로 삼고 데카르트 좌표계를 기본으로 하는 뉴턴단위의 힘을 입력 받을 수 있다.^[3] 조작자가 조정한 컨트롤러의 각 속성값은 VR공간에 생성된 객체에 이동과 자세에 대한 제어값을 넘기며 Omni에서 들어오는 벡터값에 대하여 충돌값(Collision)을 발생시키는데, 이때 발생된 충돌값은 다시 Omni로 FeedBack 된다.

그림 3은 이러한 Omni의 속성을 나타내는 Matlab에서의 블럭이다.^[3,5]



그림 2. 센서블사의 Omni
Fig. 2. SensAble's Omni

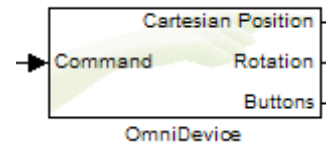


그림 3. Omni의 블럭
Fig. 3. Omni's Device block

Omni의 블럭속성에서 Command 입력은 디바이스에 힘의 명령을 주기 위해서 사용되고, Cartesian Position 출력은 디바이스의 Cartesian 위치정보를 주기위해 사용된다. 그리고 Rotation 출력은 기본 프레임에 대해서 디바이스 end-effector의 방향을 주기 위해서 사용하고,

Buttons는 디바이스의 버튼 상태를 출력으로 사용한다.

Matlab/Simulink를 이용한 Haptic 모델 설계는 단계적으로 그림 4처럼 하나의 Omni를 이용한 싱글 터치 시스템으로 구성하였다.^[5,6] Omni를 이용한 햅틱 모델은 입출력을 관장하는 디바이스 블록, VR공간을 구현하는 HVR(Haptic Virtual Reality)-World 그리고 가상환경으로의 객체 컨트롤을 위한 인터페이스 블록으로 구성되어 있다.

Omni 블록에서 객체의 초기화와 운동을 위한 파라미터는 표 1과 같이 정의하였다.

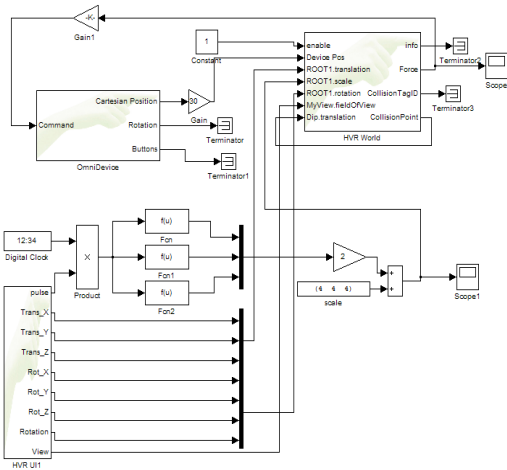


그림 4. 기본 햅틱 시스템
Fig. 4. Default Haptic Systems

표 1. Omni의 속성
Table 1. Block Property of Omni

구분	속성	Vector 값
제어 명령	Command	3by1 Vector 값 입력
	Cartesian Position	3by1 Vector 값 출력
	Rotation	4by1 Vector 값 출력
	Buttons	2by1 Vector 값 출력

3. HVR UI

HVR UI 블록은 객체가 동작하는 동안 파라미터를 변화시킬 수 있도록 UI를 산출하는데 활용한다.

HVR UI 블록 속성은 가상환경에서 객체의 이동과 회전 그리고 객체의 크기를 변화시킬 수 있도록 하는 필드를 출력하도록 그림 5와 같이 구성하였다.^[5]

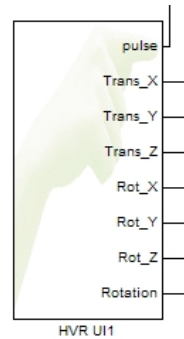


그림 5. HVR UI 블록
Fig. 5. HVR UI Block

따라서 VR공간에서의 객체 운동은 사용자가 조절할 수 있는 컨트롤러로 표 2와 같은 파라미터로 정의하였다.

HVR UI의 pulse는 객체의 크기가 변화할 수 있도록 샘플링 시간을 0.001로 설정하고, 최소치와 최대치의 범위를 [0 10], 초기값을 0.16로 설정하였다. 그리고 Tranx_X, Tranx_Y, Tranx_Z는 슬라이드 바를 활용하여 객체가 X, Y, Z축으로 이동할 수 있도록 최소치와 최대치의 범위를 [-5 5], 초기값을 0으로 설정하였다. 또한, Rot_X, Rot_Y, Rot_Z, Rotation도 슬라이드 바를 활용하여 객체가 X, Y, Z축으로 회전할 수 있도록 최소치와 최대치의 범위를 [-1 1], 초기값을 0으로 설정하였다.

표 2. HVR UI의 속성
Table 2. Property of HVR UI

구분	속성	정의
모션제어	Pulse	객체의 호홉수 조절
이동제어	Trans_X	X축으로 이동
	Trans_Y	Y축으로 이동
	Trans_Z	Z축으로 이동
자세제어	Rot_X	X축 회전값
	Rot_Y	Y축 회전값
	Rot_Z	Z축 회전값
	Rotation	회전각도

VR-Controller는 그림 6과 같이 VR공간과는 독립적인 창으로 실행되도록 작성하였다. 작성된 VR-Controller는 조작의 편의를 위해 그림 5와 연동하여 슬라이드 바를 조작하도록 하였고, 객체의 속성을 실시간으로 제어할 수 있도록 작성하였다.

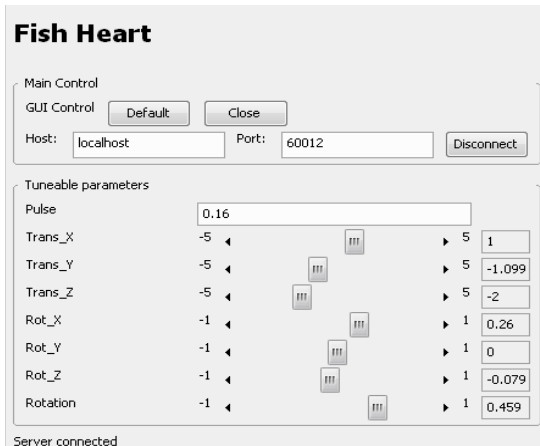


그림 6. VR-컨트롤러
Fig. 6. VR-Controller

4. HVR World

HVR World는 그래픽 렌더링과 햅틱디바이스, 그리고 Simulink 데이터를 활용해서 가상의 세계를 새롭게 한다. HVR World 블록은 사용자가 가상의 3D를 볼 수 있고, 햅틱디바이스에 의해서 촉감을 느낄 수 있도록 제공된다.

HVR-World의 블록속성은 그림 7과 같이 기본적으로 2개의 입력포트(enable, Device Pos)와 2개의 출력 포트(info, Force)로 표현되고, 추가적인 포트는 사용자 인터페이스로부터 추가하여 사용할 수 있다.^[5]

만약 0값을 가진 신호가 enable에 인가된다면 그래픽 렌더링과 햅틱디바이스는 각각 disable된다. 따라서 enable 포트에 1값을 연결하고 있다. Device Pos 입력포트는 햅틱 입력 디바이스의 3차원 위치값을 얻는데 활용한다. info 출력 포트는 디버깅 정보를 제공한다. Force 출력 포트는 블록에서 나타내고 있는 객체가 가지고 있는 햅틱 입력 디바이스의 상호작용의 힘을 출력으로 활용한다.

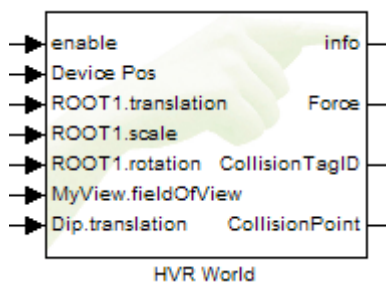


그림 7. HVR-World 블록
Fig. 7. HVR-World Block

사용자 인터페이스로부터 추가하여 사용한 출력 포트에서 Collision TagID 포트는 햅틱 입력 디바이스가 객체와 충돌하는 장면에서 객체를 확인한다. 햅틱 객체가 터치하는 것이 없다면 출력은 영의 값을 갖는다. CollisionPoint 포트는 햅틱디바이스 포인터가 객체에 충돌하여 침투하지 않도록 하기위해서 Dip.translation 입력 포트에 연결하여 사용한다.

그림 7의 ROOT1.translation 입력 포트는 그림 5의 출력포트 Tranx_X, Tranx_Y, Tranx_Z가 MUX를 통해서 가상 환경에서 객체를 X, Y, Z축으로 이동할 수 있도록 연결하였고, ROOT1.rotation 입력 포트는 그림 5의 출력포트 Rot_X, Rot_Y, Rot_Z, Rotation가 MUX를 통해서 가상 환경에서 객체를 X, Y, Z축으로 회전할 수 있도록 연결하였다. 또한, 그림 7의 ROOT1.scale 입력 포트는 그림 5의 출력포트 pulse가 가상 환경에서 객체를 X, Y, Z축으로 크기를 변화시킬 수 있도록 연결하였다.

따라서 활용된 HVR World는 6개의 입력포트(enable, Device Pos, ROOT1.translation, ROOT1.scale, ROOT1.rotation, Dip.translation)와 4개의 출력 포트(info, Force, Collision TagID, CollisionPoint)를 사용하여 구현하였고, 특히 출력 포트는 Force 포트와 CollisionPoint 포트를 활용하여 햅틱디바이스 포인터가 객체에 충돌하여 침투하지 않도록 함으로써 촉감을 갖도록 구현했다.

싱글 모델과 듀얼 모델의 차이점은 그림 4과 그림 8에서 비교되듯이 Omni 블록에서 두 개의 디바이스가 동작하도록 설정하고, Omni의 디바이스ID로 가상환경에서의 포인터를 구분할 수 있도록 HVR UI와 HVR World를 설정 하였다.^[5,6]

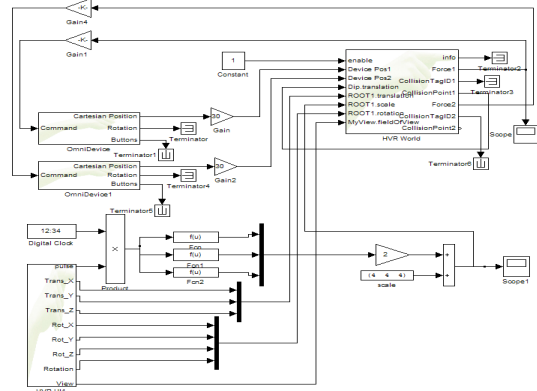


그림 8. 듀얼-햅틱 시스템 설계
Fig. 8. Design of Dual-Haptic Systems

5. 객체의 운동 표현

VR공간에 삽입될 물고기 객체는 VRML을 이용하여 작성하였다. 물고기는 X, Y, Z축을 가지며 물고기의 호흡을 보다 유연한 시각적인 호흡을 나타내기 위하여 Z축의 위상차를 이용하였다. 물고기 객체의 심박수를 표현하기 위하여 사용한 변환식은 식(1)과 같고, 객체가 X, Y, Z축의 크기 변화에 따라 시각적으로 호흡운동을 표현하였다.

$$f(t) = X \sin(\omega t) + Y \sin(\omega t) + Z \sin(\omega t) \quad (1)$$

여기서 $X = 0.001$

$Y = 0.001$

$Z = 0.3$

$t = 0.001$: sample time

$\omega = 2\pi f$

$f = 2.33\text{Hz}$

식(1)을 시스템에 적용하기 위해서 그림 9와 같이 블록을 설계하고 각각의 축에 대한 위상차를 조절할 수 있게 하였다.

그림 9의 블록도에서 Fcn, Fcn1, Fcn2 블록은 식(2)와 같이 표현된다.

$$F_{cn} = 0.001\sin(u(1)*2*3.14)$$

$$F_{cn1} = 0.001\sin(u(1)*2*3.14)$$

$$F_{cn3} = 0.3\sin(u(1)*2*3.14) \quad (2)$$

* 여기서 $u(1)$ 은 Digital Clock 블록의 샘플링 시간 0.001

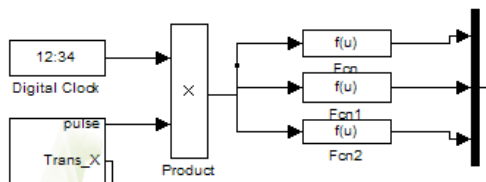


그림 9. VR의 객체에 대한 심박수 제어
Fig. 9. Heart rate control of VR objects

따라서 X, Y축의 움직임의 크기는 거의 없는데 반하여 Z축 크기의 변화에 따라서 물고기 객체운동의 크기가 유연하게 표현되어지도록 하였다. 구축된 VR공간에서 객체가 가지는 축의 방향은 그림 10과 같다.

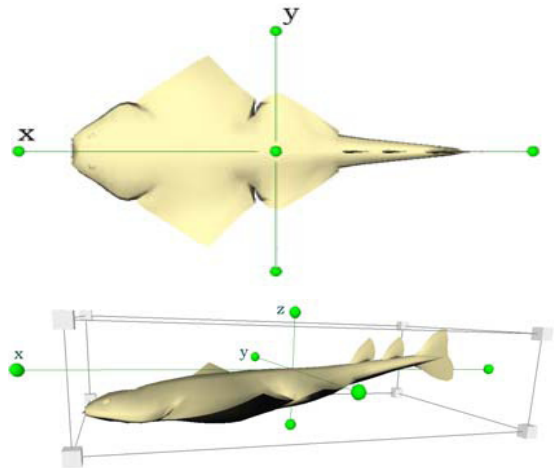


그림 10. VR공간의 물고기 객체의 3축 표현
Fig. 10. 3-axis of the Fish-object in the VR World



그림 11. 물고기 객체의 터치 포인트
Fig. 11. Touch-points of the Fish object

Omni와 물고기 객체는 조작자가 움직이는 포인터와 충돌을 통하여 햅틱값을 발생시킨다. 그림 11은 객체와 조작자의 터치 포인터를 캡처한 것이다.

Omni에서 출력된 데카르트 좌표계를 이용한 포인터의 포지션 값이 반영되는 VR공간속의 객체는 객체의 외형과 포인터의 마찰을 통하여 땀땀효과가 일어나도록 할 수 있었다. 이 효과가 조작자에게 실제로 물고기 객체를 만지거나 더듬는 듯한 느낌이 전달될 수 있게 하였다.

III. 실험 및 고찰

가상현실에서 Haptic 디바이스를 활용한 멀티터치 모델 구현에서 햅틱 디바이스는 센서블사의 Omni를 사용하였고, 프로그래밍 툴은 Matlab/Simulink의 Handshake prSENSE Virtual Touch Toolbox를 이용하였다.

싱글 터치 시스템은 VR공간에서 물고기 객체의 디자인된 외형에서 조작자와의 포인터 조작에 대응하는 반발력을 그래프로 확인하였다. 그림 12는 동작하고 있는 시

시스템에서의 물고기 객체에 대한 햅틱 과형을 실시간으로 캡처한 것이다. 조작자로 피드백되는 힘의 크기가 조작자가 움직이는 포인터의 위치와 누르는 힘의 크기에 따라서 달라지고 있음을 알 수 있었다. 이때 ㉠는 X축, ㉡는 Y축, ㉢는 Z축 힘의 크기이다.

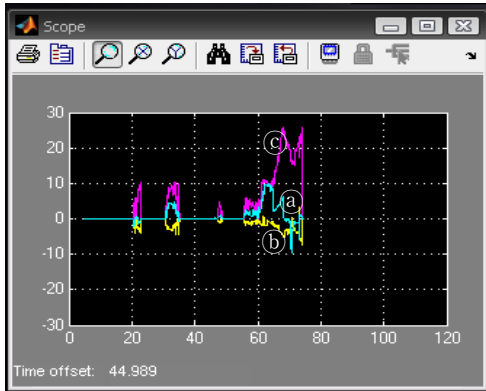


그림 12. 각각의 축에서의 서로 다른 힘의 크기
 (㉠ X축, ㉡ Y축, ㉢ Z축)
 Fig. 12. Different waveforms for each axis

작성된 싱글모델은 펜티엄4급 3GHz, 윈도우XP SP3로 실행하였고, VR플레이어는 FireFox3을 사용하였으며 그림13, 그림14와 같이 원활하게 동작하였다.

듀얼모델을 위하여 듀얼 터치 시스템은 그림 15와 같이 V-Ream Builder를 이용하여 HVR-World를 새로 모델링하고 듀얼 모델을 적용하였다. 작성된 듀얼 모델은 Core2Duo 2.1GHz, 윈도우XP SP3를 실행하였고 VRML은 FireFox3을 사용하였으며 그림 16과 같이 원활하게 동작하였다.

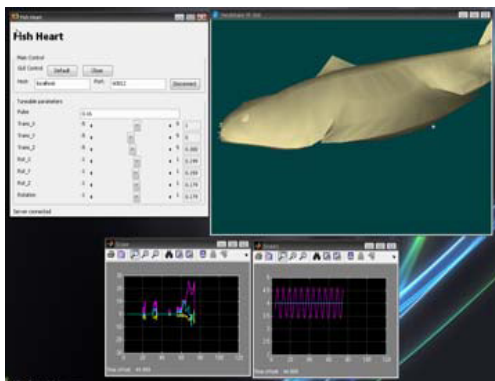


그림 13. 싱글-햅틱 모델 실행
 Fig. 13. Behavior of Single-Haptic Model



그림 14. Omni와의 연동
 Fig. 14. Operate with the Omni

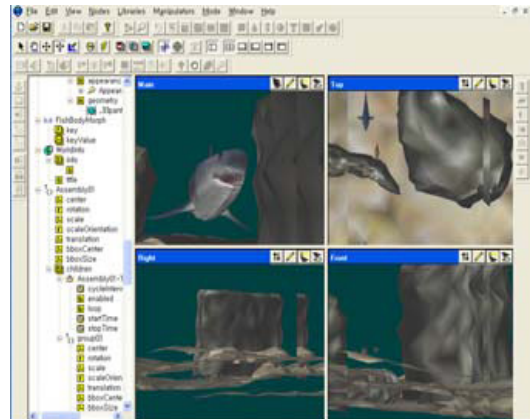


그림 15. HVR-World 모델링
 Fig. 15. HVR-World Modeling



그림 16. 듀얼-햅틱 모델 실행
 Fig. 16. Behavior of Dual-Haptic Model

IV. 결 론

햅틱디바이스와 컴퓨터 그래픽스 기술을 연결하는 중요한 기술인 촉각처리기술은 진일보한 햅틱디바이스들의 등장과 범용시스템의 고도화에 힘입어 점차 활용영역과 기능이 업그레이드되고 있다.

본 논문에서는 촉각 처리기술의 특징인 VR기술과 햅틱디바이스인 Omni를 이용하여 VR공간에서 객체 멀티포인터로 촉감을 제시하는 모델을 제안하고 가능성을 실험하였다.

실험에는 3D 객체의 외형을 촉감만으로 인지하는 것과 숨 쉬는 상태를 촉감으로 느낄 수 있게 하는 것이 잘 표현되었고, 두 개의 멀티 포인터를 활용함으로 VR공간에서의 다중참여를 통한 게임이나 콘텐츠개발이 가능함을 확인할 수 있었다. 아울러VRML이 가지는 범용성을 이용하면 웹기반의 콘텐츠도 손쉽게 개발가능하다는 것 또한 장점이라 할 수 있을 것이다.

이러한 맥락에서 인간에게 시각적인 효과와 촉각적인 효과를 이용한 정보 전달방법 중 어느 것이 더 효율적인가 하는 이분적인 접근이아니라 2가지가 상호 보완적인 요소기술로 발전하기 위한수단으로 햅틱기술은 향후 발전 가능성이 높다하겠다. 다만 햅틱 장비의 범용성이 본 논문에서와 같이 전용디바이스로 구현해야 하는 점이 범용성 확보에 장애가 되고 있으므로 Omni와 같은 전용장비를 대체할 수 있는 장비개발에 대하여 보다 많은 연구가 필요할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Toshio Asano et al., "Surveys of Exhibition Planners and Visitors about a Distributed Haptic Museum," in Proc. ACE 2005, pp. 246-249, 2005.
- [2] D. Gaw, D Morris., and K. Salisbury, "Haptically Annototated Movies: Reaching Out and Touching the Silver Screen," In Proc. int. Sysmp. Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems, pp. 287-288, Mar.2006

- [3] Sensable Technology, <http://www.sensable.com>.
- [4] 류제하, "촉감기술의 핵심요소기술 및 응용", 대한 기계학회, 기계저널 제47권, 제2호, 2007. 2, pp. 44 ~ 49
- [5] Handshake proSENSE Virtual Touch Toolbox, <http://www.handshakevr.com>.
- [6] US Patent-20060129719-System and Method for Ordering Haptic Effects

※ 본 연구는 문화관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 문화콘텐츠기술(CT)연구소 육성사업의 연구결과로 수행되었음.

저자 소개

강 임 철(정회원)



- 1991년 2월 : 전남대학교 전산통계학과(이학사)
- 1997년 2월 : 전남대학교 경영학과(경영학석사)
- 2005년 2월 : 전남대학교 전자상거래협동과정(경영학박사)
- 2010년 현재 : 동신대학교 문화콘텐츠기술(CT)연구소장

<주관심분야> : 전자상거래, 디지털콘텐츠, 3D 애니메이션, 가상현실

김 범 석(정회원)



- 2005년 : 동신대학교 정보통신공학과 공학사
- 2007년 : 동신대학교 정보통신공학과 공학석사
- 2010년 : 동신대학교 정보통신공학과 공학박사
- 2006년 : 디지털영상매체지역혁신센터 연구원

• 2010년 현재 : 디지털콘텐츠협동연구센터 선임연구원
<주관심분야> : USN/RFID 시스템 및 응용

허 기 택(정회원)



- 1984년 2월 : 전남대학교 계산통계학과 이학사
- 1986년 2월 : 전남대학교 계산통계학과 이학석사
- 1994년 2월 : 광운대학교 전자계산학과 이학박사
- 2010년 현재 동신대학교 디지털 콘텐츠학과 교수

<주관심분야> 영상처리, 유체역학, 디지털콘텐츠, 3D입체콘텐츠

고 영 혁(중신회원)



- 1981년 : 건국대학교 전자공학과 조교
- 1994년 : 리혼대학 전자공학과 Post-Doc
- 2004년 : 디지털 영상매체 기술혁신센터 소장
- 2010년 현재 : 동신대학교 정보통신공학과 교수

<주관심분야>: 소형 안테나, RF회로설계, RFID/USN, 지능형제어기술