

# VR공간에서 햅틱 디바이스를 활용한 유연성 있는 모델 기반 프로그래밍

## Flexible model based programming using a Haptic-device in VRspace

김범석, 고영혁  
 동신대학교 정보통신공학과

Kim Beom-seok, Ko Young-Hyuk  
 Dept. of Information & Communication Engineering  
 Dongshin Univ.

### 요약

본 논문에서는 물고기 객체의 형태를 VRML로 작성하고 이 객체의 형태와 움직임을 촉감을 통하여 사용자에게 제시하는 방법을 제안한다. 제안된 기법은 정교한 외형을 위하여 물고기 객체를 3차원으로 모델링 하였고 이 객체는 VRML로 구축된 VR에 존재한다. VR에서 사용자와 프로그래밍 되어진 객체사이에 유연한 햅틱 작용을 위하여 촉감이 작용하도록 햅틱 이벤트를 발생시키고 이를 햅틱 디바이스와 연동시켰다.

## 1. 서론

가상현실을 구현함에 있어 중요한 필수 요소 기술들은 시각과 청각을 이용한 기술들을 중심으로 연구되어 왔으나 최근 촉감과 역감을 통한 가상체험의 필요성이 크게 대두되고 있다. 또한 일반적인 컴퓨팅 환경이 고기능화 되면서 가상현실의 구현이 보다 용이해 졌으며 그에 따른 디지털 콘텐츠의 고품질화가 요구되고 있다. 콘텐츠 이용자에게 콘텐츠의 논리적 정보를 아날로그 신호로 정보를 사람에게 전달할 수 있는 촉감처리 기술 개발이 활발하게 이루어 지고 있다.

촉감처리기술은 인간이 가진 신경학적인 촉감시스템의 이해를 그 기반으로 하며, 기존의 햅틱디바이스와 컴퓨터 그래픽스 기술을 연결하는 중요한 기술이다. 3D 그래픽스기술이 인간의 시각과 관련된 기술이라면 촉감처리기술은 시각적으로 무엇을 묘사하는 것이 아닌 촉각적으로 대상을 묘사하는 기술이며 기존 VR기술과 연동되어 현실감을 증가시키는 중요한 기술이다.

역감제시장치는 힘과 위치정보를 매개로 하는 입출력 장치로 로봇틱스 기술을 바탕으로 사용자에게 원격지 또는 가상환경에 존재하는 객체의 물리적 특성을 역감을 통하여 느끼게 하는 장치를 의미한다. 이를 위하여 역감제시장치는 사용목적에 맞는 자유도, 작업공간, 그리고 요구되는 힘의 최대크기 및 대역폭등을 고려하여 설계되는데[1] 본 논문에서는 역감장치로는 센서블사의 Omni를 사용하였고 프로그래밍 툴은 Matlab을 이용하였다.

일반적으로 가상환경과의 촉감상호작용 시스템은 그림 1에서와 같이 조작자, 햅틱장치, 제어기 그리고 가상환경으로 이루어진다. 가상환경을 구성하는 여러 객체에 대해 촉감정보를

제공하기 위한 햅틱 제어 알고리즘과 시각정보를 제공하기 위한 그래픽 제어 알고리즘 및 청각정보를 생성하는 청각제시 알고리즘들을 포함한다. 그리고 필요에 따라 동역학 및 유한 요소 해석 등을 담당하는 실시간 시뮬레이션 엔진을 포함하기도 한다. 제어기는 햅틱장치를 구동하기 위한 함수들을 포함하며, 일반적으로 액추에이터와 엔드이펙트의 관계를 결정하는 기구학 연산 및 전체촉감 상호작용 시스템의 안정성을 담보하고 성능을 최대화하기 위한 제어 알고리즘 등이 해당된다.

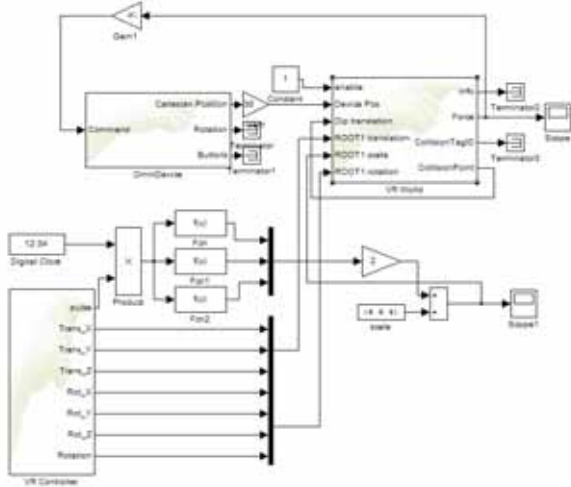


▶▶ 그림 1. 촉감시스템의 기본구성 [1]

## 2. 실험 방법

### 2.1 시스템 설계

유연성 있는 모델 기반 프로그래밍을 위하여 그림 2와같이 Omni-device, VR-world, VR-Controller를 설계하고 충돌의 검출과 햅틱의 크기를 검출하기 위하여 스크립트를 설치하였다.



▶▶ 그림 2. 시스템 설계

햅틱장치인 Omni-Device의 주요 제원은 표 1과 같다.

[표 1] Omni-Device 주요제원

Force feedback workspace	~6.4 W x 4.8 H x 2.8 D in > 160 W x 120 H x 70 D mm
Nominal position resolution	> 450 dpi ~ 0.055 mm
Maximum exertable force at nominal (orthogonal arms) position	0.75 lbf. (3.3 N)
Inertia (apparent mass at tip)	~0.101 lbm. (45 g)
Force feedback	x, y, z
Position sensing [Stylus gimbal]	x, y, z (digital encoders) [Pitch, roll, yaw (± 5% linearity potentiometers)]

Omni-Device는 기본적으로 3 by 1의 vector값을 출력으로 삼고 데카르트 좌표계를 기본으로 하는 뉴턴 단위의 힘을 입력받을 수 있다.

조작자가 조정한 컨트롤러의 각 속성 값은 VR에 생성된 객체에 이동과 자세에 대한 제어값을 넘기며 Omni-Device에서 들어오는 벡터값에 대하여 충돌값(Collision)을 발생시키는데, 이때 발생된 충돌값은 다시 Omni-Device로 FeedBack 된다.

그림 3은 이러한 Omni-Device를 설명한 것이다.



▶▶ 그림 3. Omni-Device의 속성

[표 2] 햅틱장치가 가지는 Control Spec

구분	속 성	정 의
제어 명령	Command	객체의 햅틱값 재입력
	Cartesian Position	3by1 Vector값 출력
	Rotation	회전제어
	Yaw, Pitch, Roll	자세제어
	Buttons	Spare

### 2.2 객체의 운동 표현

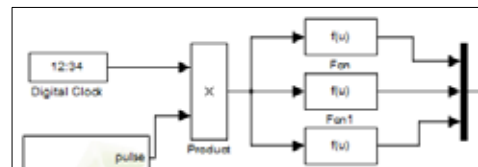
VR에 삽입될 물고기 객체는 VRML을 이용하여 작성하였다. 물고기는 x, y, z축을 가지며 물고기의 호흡을 보다 유연한 시각적인 호흡을 나타내기 위하여 Z축의 위상차를 이용하였다. 물고기 객체의 심박수를 표현하기 위하여 사용한 변환식은 수식 (1)과 같고 X, Y, Z 3축을 이용하기 위한 변환식은 수식 (2)와 같이 작성하였다.

$$\omega = \text{심박수}/60[s] = \text{주파수}[Hz] \quad (1)$$

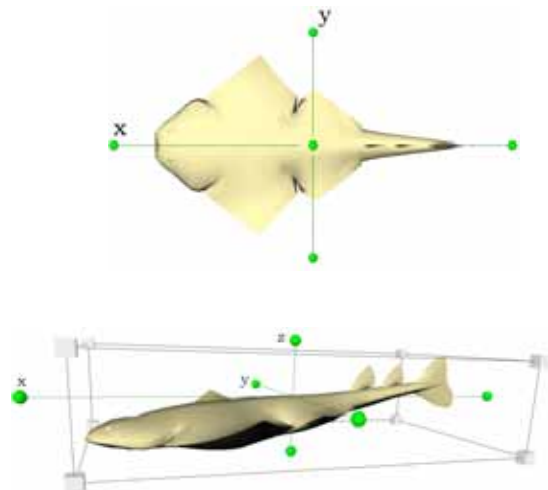
$$X \sin \omega t + Y \sin \omega t + Z \sin \omega t \quad (2)$$

$$\begin{aligned} X &= 0.001 \\ Y &= 0.001 \\ Z &= 0.3 \\ t &= 0.001 : \text{sample time} \\ \omega &= 2\pi f \\ f &= 2.33Hz \end{aligned}$$

수식 (2)를 시스템에 적용하기 위해서 그림 4와 같이 블록을 설계하고 각각의 축에 대한 위상차를 조절할 수 있게끔 하였다.



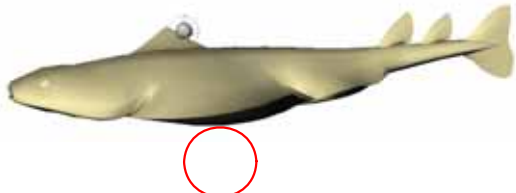
▶▶ 그림 4. VR의 객체에 대한 심박수를 조절을 위한 블록



▶▶ 그림 5. 물고기 객체의 3축 표현

따라서 X, Y 축의 움직임의 크기는 거의 없는데 반하여 Z축 크기의 변화에 따라서 물고기 객체 운동의 크기가 유연하게 표현되어지도록 하였다. 구축된 VR에서 객체가 가지는 축의 방향은 그림 5와 같다.

### 2.3 객체와의 상호작용



▶▶ 그림 6. 객체와 충돌 포인트

본문 2.1과 2.2에서 설명한 Omni-Device와 물고기 객체는 조작자가 움직이는 포인터와의 충돌을 통하여 햅틱값을 발생시킨다. 그림 6은 객체와 조작자의 포인터를 캡처한 것이다.

Omni-Device에서 출력된 데카르트 좌표계를 이용한 포인터의 포지션값이 반영되는 VR의 객체는 객체의 외형과 포인터의 마찰을 통하여 댐핑효과가 일어나도록 할 수 있었다. 이 효과가 조작자에게 실제로 물고기 객체를 만지거나 더듬는 듯한 느낌이 전달될 수 있게 하였다.

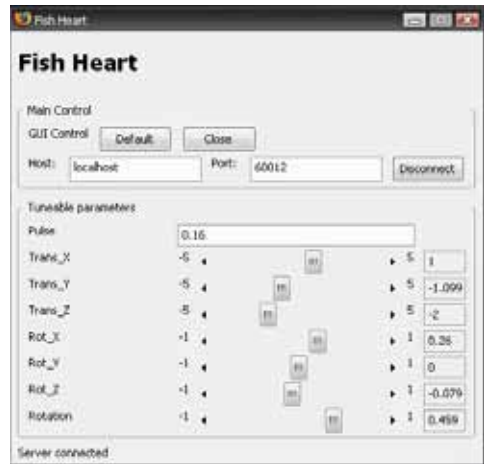
### 2.4 객체 컨트롤

VR에서의 객체의 운동을 사용자가 조절할 수 있는 컨트롤러는 VR과 다른 창으로 분리하였고 컨트롤러에 적용시킨 각 제어값에 대한 정의는 표 3과 같다.

[표 3] 파라미터에 대한 속성 정의

구분	속성	정의
모션제어	Pulse	객체의 호흡수 조절
이동제어	Trans_X	X축으로의 이동
	Trans_Y	Y축으로의 이동
	Trans_Z	Z축으로의 이동
자세제어	Rot_X	X축 회전값
	Rot_Y	Y축 회전값
	Rot_Z	Z축 회전값
	Rotation	회전각도

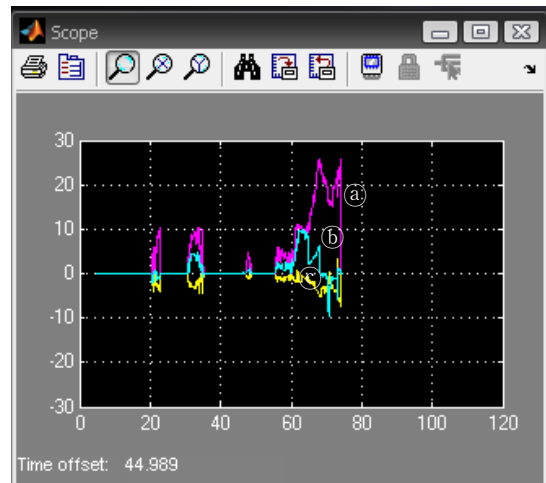
VR-Controller는 VR-World와는 독립적인 창으로 실행하는데 조작의 편의를 위한 슬라이드바를 사용하여 객체의 속성을 실시간으로 제어하도록 작성하였다. 작성된 VR-Controller는 그림 7과 같다.



▶▶ 그림 7. VR-Controller

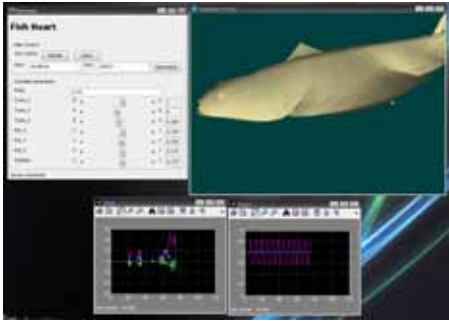
## 3. 실험 결과

VR에서의 물고기 객체는 디자인된 외형에서 조작자와의 포인터의 조작에 대응하는 반발력을 그래프로 확인하였다. 그림 8은 동작하고 있는 시스템에서의 물고기 객체에 대한 햅틱과형을 실시간으로 캡처한 것이다. 조작자로 피드백 되는 힘의 크기가 조작자가 움직이는 포인터의 위치와 누르는 힘의 크기에 따라서 달라지고 있음을 알 수 있었다. 이때 ㉠은 X축, ㉡는 Y축, ㉢는 Z축 힘의 크기이다.



▶▶ 그림 8. 각각의 축에서의 서로 다른 힘의 크기  
㉠ X축, ㉡ Y축, ㉢ Z축

작성된 프로그램은 Intel Pentium4 3GHz, 윈도우 XP SP2 실행하였으며 그림 9, 10과 같이 원활하게 동작하였다.



▶▶ 그림 9. 프로그램 실행



▶▶ 그림 10. Omni-Device와의 연동

#### 4. 결 론

햅틱 디바이스와 컴퓨터 그래픽스기술을 연결하는 중요한 기술인 촉각처리기술은 진일보한 햅틱 디바이스들의 등장과 범용시스템의 고도화에 힘입어 점차 활용영역과 기능이 업그레이드 되고 있다. 본 논문에서는 촉각처리기술의 특징인 VR 기술과 햅틱 디바이스를 이용하여 VR공간에서 객체를 유연하게 활동시키고 연동되는 모델을 제안하고 프로그래밍 하고 실험해 보았다. 실험에 사용된 VRML의 속성상 비주얼이 강조된 최여타 다른 저작물에 의해서 만들어진 객체나 콘텐츠에 비하여 시각적인 사실감은 최근의 다소 떨어졌으나 물고기 객체의 외형을 촉각만으로 인지하는 것과 숨 쉬는 상태는 촉각으로 느낄 수 있게 하는 것은 잘 표현되었다. 아울러 VRML이 가지는 범용성 또한 장점이라 할 수 있을 것이다. 이러한 맥락에서 인간에게 시각적인 효과와 촉각적인 효과를 이용한 정보 전달 방법중 어느것이 더 효율적인가하는 이분적인 접근이 아니라 2가지가 상호보완적인 요소기술로 발전시키는 것이 바람

직하다고 생각된다.

본 시스템의 향후 과제로는 햅틱장비의 범용성을 확보하기 위하여 다양한 노력이 필요한 만큼 전용장비인 Omni-Device를 대체할 수 있는 장비 개발에 대하여 연구 할 것이다.

#### ■ 참 고 문 헌 ■

- [1] 류제하 “촉각기술의 핵심요소기술 및 응용” 대한기계학회, 기계저널 제47권 제2호, 2007. 2, pp. 44 ~ 49
- [2] D. Gaw, D Morris., and K. Salisbury, "Haptically Annotated 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] US Patent-20060129719-System and Method for Ordering Haptic Effects

---

본 연구는 문화관광부 및 한국문화콘텐츠진흥원의 지역문화산업연구센터(CRC) 지원사업의 연구결과로 수행되었음.