

# 촉감 모델링 및 편집 툴 개발

## Development of a Haptic Modeling and Editing

서용원, Yongwon Seo\*, 이범찬, Beom-Chan Lee\*, 차중은, Jongeun Cha\*, 김종필, Jong-Phil Kim\*, 류제하, Jeha Ryu\*

\*광주과학기술원 정보기전공학부 기전공학과

**요약** 최근 들어 햅틱 분야는 디지털 콘텐츠를 만들 수 있게 촉감을 제공함으로써 의학, 교육, 군사, 엔터테인먼트, 방송 분야 등에서 널리 연구되고 있다. 그러나 햅틱 분야가 사용자에게 시청각 정보와 더불어 추가적인 촉감을 제공함으로써 보다 실감 있고 자연스러운 상호작용을 제공하는 등 여러 가지 장점을 가진 것에 비해 아직은 일반 사용자들에게 생소한 분야다. 그 이유 중 하나로 촉감 상호작용이 가능한 콘텐츠의 부재를 들 수 있다. 또한 최근에 가상환경(Virtual Environment, VR)에 관심이 증가 되고, 가상환경에 햅틱이라는 기술을 접목시키는 시도가 많이 일어나고 있어서, 촉감 모델링에 대한 욕구 또한 증대 되고 있다. 일반적으로 촉감 모델링은 Material properties 를 가지고 있는 그래픽 모델들로 구성이 된다. 그래픽 모델링은 일반적인 모델링툴 (MAYA, 3D MAX, 기타 등)으로 할 수 있다. 하지만 촉감 관련된 촉감 모델들은 콘텐츠를 제작한 이후에 일일이 수작업으로 넣어 주어야 한다. 그래픽 모델링에서는 사용자가 직접 눈으로 확인 하면서 작업을 이루어 지기 때문에 직관적으로 이루어질 수 있다. 이와 비슷하게 촉감 모델링은 직관적인 모델링을 하기 위해서 사용자가 직접 촉감을 느껴 보면서 진행이 되어야 한다. 또한 그래픽 모델링과 촉감 모델링이 동시에 진행이 되지 않기 때문에 촉감 콘텐츠를 만드는데 시간이 많이 걸리게 되고 직관적이지 못하는 단점이 있다. 더 나아가서 이런 촉감 모델링을 포함한 모델링 높은 생산성을 위해서 신속히 이루어져야 한다. 이런 이유들 때문에 촉감 모델링을 위한 새로운 인터페이스가 필요하다. 본 논문에서는 촉감 상호작용이 가능한 촉감 콘텐츠를 직관적으로 생성하고 조작할 수 있게 하는 촉감 모델러를 기술한다. 촉감 모델러에서 사용자는 3 자유도 촉감 장치를 사용하여 3 차원의 콘텐츠 (정적 이거나 동적이거나 Deformation 이 가능한 2D, 2.5D, 3D Scene)를 실시간으로 만져보면서 생성, 조작할 수 있는 촉감 사용자 인터페이스 (Haptic User Interface, HUI)를 통해서 콘텐츠의 표면 촉감 특성을 직관적으로 편집할 수 있다. 촉감 사용자 인터페이스는 마우스로 조작하는 기존의 2 차원 그래픽 사용자 인터페이스를 포함하여 3 차원으로 사용자 인터페이스도 추가되어 있고 그 형태는 촉감 장치로 조작할 수 있는 버튼, 라디오버튼, 슬라이더, 조이스틱의 구성요소로 이루어져있다. 사용자는 각각의 구성요소를 조작하여 콘텐츠의 표면 촉감 특성 값을 바꾸고 촉감 사용자 인터페이스의 한 부분을 만져 그 촉감을 실시간으로 느껴봄으로써 직관적으로 특성 값을 정할 수 있다. 또한, XML 기반의 파일포맷을 제공함으로써 생성된 콘텐츠를 저장할 수 있고 저장된 콘텐츠를 불러오거나 다른 콘텐츠에 추가할 수 있다. 이러한 시스템은 햅틱이라는 분야를 잘 모르는 사람들도 직관적으로 촉감 모델링을 하는데 큰 도움을 줄 수 있을 것이다.

**핵심어:** 햅틱, 촉감 모델링, 촉감 사용자 인터페이스 (HUI)

### 1. 서론

햅틱(haptic)이란 그리스어로 ‘만지는’이라는 뜻의 형용사 ‘haptesthai’에서 온 말이다. 컴퓨터 촉각기술이라고도 한다. 기존의 컴퓨터 기술은 인간과 컴퓨터가 정보를 주고 받는 데 시청각 정보가 주로 이용되었다. 그러나 사용자는 가상 현실을 통해 더욱 구체적이고 실감나는 정보를 원하게 되고, 이를 충족시키기 위해 개발된 것이 촉각과 힘까지 전달하는 햅틱 기술이다. 햅틱 기술은 크게 사람이 직접 손에 쥐거나 착용하는 햅틱 장치를 만드는 연구, 햅틱 렌더링 기술, 사람의 촉감 인지에 대한 연구,

그리고 햅틱 장치를 활용하는 애플리케이션 영역으로 구분된다. 초창기에는 주로 햅틱 장치 자체를 개발하는데 중점을 두었으나 최근 실감 있는 햅틱 렌더링 기술, 햅틱 모델링 기술 등, 햅틱 기술을 다양한 산업 분야로 응용하기 위한 노력들이 시도되고 있다.

햅틱 분야는 디지털 콘텐츠를 만들 수 있게 촉감을 제공함으로써, 의학 교육, 군사, 엔터테인먼트, 방송분야에 널리 연구 되고 있다 [1][2][3][4]. 햅틱 기술이 가장 효과적으로 쓰이고 있는 제품은 게임용 조이스틱과 시뮬레이터이다. 최근에는 마우스나 자동차에도 햅틱 기술이

쓰이고 있다. 로지텍의 아이필(iFeel) 마우스는 스크롤바나 아이콘 위에 놓으면 손에 느낌이 전달된다. BMW 자동차에 장착된 아이드라이브(iDrive)는 운전 중 위험하게 디스플레이를 보지 않아도 조작버튼의 진동 차이로 오디오 등 다양한 장치의 상태를 알 수 있다. 이미 의학 분야에서는 Reachin 社의 복강경 수술 훈련 소프트웨어와 같이 실제 할 때와 같은 힘을 느끼면서 수술 과정을 훈련할 수 있는 제품이 상용화 되어 있다 [5]. 그러나 햅틱 분야가 사용자에게 시청각 정보와 더불어 추가적인 촉감을 제공함으로써 보다 실감 있고 자연스러운 상호작용을 제공하는 장점을 가진 것에 비해 아직은 일반 사용자들에게 생소한 분야이다. 그 이유 중 하나로 촉감 상호 작용이 가능한 콘텐츠 부재를 들 수 있다. 일반적으로 촉감 모델링은 Material properties를 자기고 있는 그래픽 모델들로 구성이 된다. 그래픽 모델링은 일반적인 모델링툴(MAYA, 3D MAX, 기타 등)으로 할 수 있다. 하지만 촉감 관련된 촉감 모델들은 콘텐츠를 제작한 이후에 일일이 수작업으로 넣어 주어야 한다. 그래픽 모델링에서는 사용자가 직접 눈으로 확인 하면서 작업을 이루어 지기 때문에 직관적으로 이루어질 수 있다. 이와 비슷하게 촉감 모델링은 직관적인 모델링을 하기 위해서 사용자가 직접 촉감을 느껴 보면서 진행이 되어야 한다. 또한 그래픽 모델링과 촉감 모델링이 동시에 진행이 되지 않기 때문에 촉감 콘텐츠를 만드는데 시간이 많이 걸리게 되고 직관적이지 못하는 단점이 있다. 더 나아가서 이런 촉감 모델링을 포함한 모델링 높은 생산성을 위해서 신속히 이루어져야 한다. 이런 이유들 때문에 촉감 모델링을 위한 새로운 인터페이스가 필요하다.

기존의 시스템들을 살펴 보면, Sensible Technologies [6]에서 상용화한 FreeForm Concept과 ClayTools 에서는 3차원 촉감 장치를 사용하여 마우스 커서를 2차원으로 제어하고 Windows의 그래픽 사용자 인터페이스(GUI)를 그대로 사용하여 버튼을 누르거나 슬라이더를 움직이는 느낌을 제공한다. 그러나 이 응용 프로그램에서는 3차원 촉감장치로 3차원 가상 환경과 2차원 GUI를 조작해야 하기 때문에 자연스럽게 못한 인터페이스를 제공한다. Tom Anderson[7]은 특정한 응용프로그램에 사용할 수 있는 그래픽 촉감 사용자 인터페이스 (Graphical and Haptic User Interface: GHUI)를 손쉽게 생성하기 위한 프로그래밍 도구인 FGB (FLIGHT GHUI Builder)를 만들었다. GHUI는 Windows에서 사용되는 그래픽 사용자 인터페이스를 3 차원으로 만들어 사용자가 3 차원의 대화상자 안에 버튼, 슬라이더, 버튼 패널, 텍스트 등의 요소들의 응용프로그램에 맞게 배치하여 마우스가 아닌 3 차원 촉감장치로 조작할 수 있게 하였다. 이 프로그램은 이후에 Novint Technologies 社에서 e-Touch API로 상용 소프트웨어를 제작하는데 사용하고 있다. Reachin 社에서 개발한 Reachin API에서도 유사한 인터페이스를 사용하였다. 그러나 인터페이스는 단지 3 차원의 인터페이스를 제공하는 것으로써 가상 환경의 촉감 특성을 편집하는 인터페이스는 고려하지 않았다. 기존의 연구는 단순한 3차원의 CAD 툴에 불과 하다.

본 논문에서는 6개의 가상 카메라를 이용한 햅틱 렌더링알고리즘[5]을 기반으로 한 K-Touch™ API [6]를 이용하여 촉감 콘텐츠를 직관적으로 생성하고 조작하고, 촉

감 상호 작용이 가능한 촉감 모델러를 기술한다. 촉감 모델러에서 3 자유도 햅틱 장치를 사용하여 3 차원의 콘텐츠를 실시간으로 만져 보면서 생성, 조작할 수 있고 촉감 사용자 인터페이스를 통해서 콘텐츠의 표면 특성을 직관적으로 편집 할 수 있다. 또한 본 논문에서는 XML 기반의 파일 포맷을 제공함으로써 생성된 콘텐츠를 저장할 수 있고 저장된 콘텐츠를 불러 오거나 다른 콘텐츠에 추가할 수 있는등 확장 성을 증가 시켰다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2 장에서는 촉감 콘텐츠를 제작할 수 있는 햅틱 모델러의 그래픽 사용자 인터페이스 (Graphic User Interface, GUI)와 파일 포맷을 설명한다. 3 장에서는 사용자가 실시간으로 촉감을 느껴보면서 직관적으로 촉감 특성을 편집할 수 있는 촉감 사용자 인터페이스 (Haptic User Interface, HUI)를 소개하고 각각의 구성요소들에 대한 상세 설명한다. 마지막으로 4 장에는 결론 및 향후 연구계획을 기술하였다.

## 2. 그래픽 사용자 인터페이스(Graphic User Interface)

그래픽 사용자 인터페이스 (Graphic User Interface, GUI)란 사용자가 그래픽을 통해 컴퓨터와 정보를 교환하는 작업 환경을 말한다. 이제까지 사용자 인터페이스는 키보드를 통한 명령어로 작업을 수행시켰고, 화면에 문자로 표시하였다. 그래픽 사용자 인터페이스는 마우스 등을 이용하여 화면의 메뉴 중에서 하나를 선택하여 작업을 지시한다.

본 시스템은 일반적인 CAD Tool과 같이 3차원 화면(Scene)을 로딩, 편집 하고 저장할 수 있는 기능을 기본적으로 제공한다. 이것은 두 가지 햅틱적 측면의 역할이 있는데 한가지는 햅틱 장치로 화면을 직접 만져 볼 수 있게 하는 것이고 다른 하나는 3 차원 그리고 마우스 사용자를 위한 2 차원 인터페이스를 통해 편집 등의 기능을 제어 할 수 있다는 것이다.

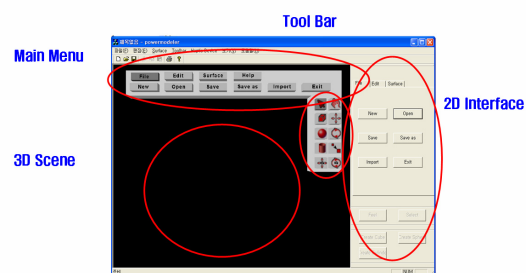


그림 1. Haptic Modeler

본 시스템은 그림 1 에서 보는 바와 같이 3D 인터페이스, 2D 인터페이스, 그리고 3차원 화면의 네 가지 부분으로 크게 나뉘어 진다. 3D 인터페이스는 작게 메인 메뉴와 툴 바로 나뉘어 지며 일반 마우스를 사용하는 사용자들 위하여 3D 인터페이스의 기능을 모두 갖춘 2D 인터페이스를 추가하였다. 그리고 두 가지의 제어 인터페이스가 제공되는데 첫 번째가 그림 1 에서와 같이 버튼 형식의

3차원 인터페이스이다. 메뉴와 툴 바는 화면의 가장 자리에 위치해 있으며, 인터페이스의 기능은 각각의 버튼으로 구성되어 있다. 이 3D 인터페이스도 사용자가 햅틱장비를 이용하여 직접 만져보거나 느껴볼 수 있고 버튼 동역학을 이용하여 실제 버튼의 느낌을 가질 수 있다. 그림의 버튼이 눌러 지게 되면 그에 해당하는 메시지가 발생하며, 버튼은 active 모드로 변환되고 강조하기 위해 색이 짙은 색으로 바뀐다. 두 번째 인터페이스 형식은 첫 번째의 인터페이스의 기능과 중복이 되나 화면의 위에 위치하며 메뉴를 내리는 전형적인 사용자 인터페이스를 제공하여 본 시스템을 처음 사용 사용하지만 다른 사용자 인터페이스에 익숙한 사용자들에게 친숙함을 줄 수 있다.

본 시스템은 데스크톱 컴퓨터에서 주로 사용되고 있는 선택 인터페이스 방법론을 사용하여 사용자로 하여금 좀더 친숙함을 주려고 노력하였다. 3차원 화면의 객체는 선택 되면 Bounding Box로 표시가 되며, parents 와 child 객체의 화면 구조(Scene hierarchy)도 제공하기 때문에 객체에 또 다른 객체를 child처럼 추가 할 수 있다.

## 2.1 메뉴 인터페이스

메인 메뉴는 File, Edit, Surface, Help의 4개 부 메뉴를 가지고 있다. 그 중 File 메뉴는 파일 저장으로부터 화면을 변환하는데 초점을 맞춘 6개의 세부 기능(New, Open, Save, Save As, Import, Exit)을 제공한다. [표 1]

표 1. File 메뉴의 세부 기능

메뉴	기능
New	현재의 Scene을 지우고 새로운 Scene을 만든다. 저장되지 않은 작업들은 없어진다.
Open	사용자가 지정한 파일을 현재 Scene에 불러 오게 되고, 기존의 Scene은 지워지게 되고 사용자가 불러온 Scene이 대체 된다. 저장되지 않은 작업들은 없어진다.
Save	사용자가 지정한 이름으로 현재 Scene을 저장한다.
Save As	현재 저장되어있는 3D Scene을 사용자가 지정한 다른 이름으로 저장한다.
Import	사용자가 지정한 파일을 현재 Scene으로 불러오며, *.obj (3D models)과 *.xml 이 가능하다. 이전에 불러온 Object가 있으면 이전 Object는 Parent가 되며 현재 불러온 Object는 Child가 된다.
Exit	프로그램을 종료하며 사용자가 저장하지 않은 작업들은 지워진다.

메인 메뉴의 Edit 메뉴에는 화면의 객체를 조작하기 위한 6가지의 기능(Copy, Cut, Paste, Delete, Copy M, paste M)을 제공한다. [표 2]

표 2. Edit 메뉴의 세부 기능

메뉴	기능
Copy	현재 선택된 객체와 객체의 Children까지 클립보드로 복사된다.
Cut	현재 선택된 객체와 객체의 Children을 포함하여 클립보드로 복사하고 그것들은 모두 화면에서 삭제한다.
Paste	선택된 클립 보드에 있는 객체를 그 객체의 Children까지 화면에 복사한다.
Delete	화면의 객체와 객체의 Children까지 삭제한다.
Copy M	선택된 객체의 Material Properties를 클립보드에 복사한다.
Paste M	선택된 클립 보드에 있는 객체 Material Properties를 클립보드에 붙여 넣는다.

## 2.2 툴 바 인터페이스

툴 바 메뉴 [그림 2]는 Select(선택), Feel(느낌), Create Cube(큐브 생성), Create Sphere(구 생성), Create Cylinder(실린더 생성), Translate(병진), Rotate(회전), Scale(크기), Translate Camera(병진 카메라), Rotate Camera(회전 카메라)등의 기능을 제공한다. [표 3]

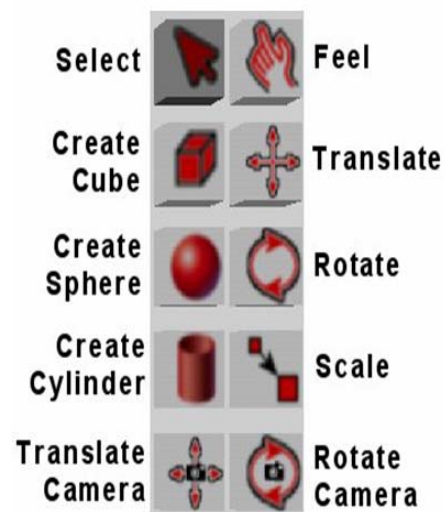


그림 2. 툴 바 인터페이스

표 3. 툴 바 메뉴의 세부 기능

메뉴	기능
Select	사용자가 커서를 표면에 움직이게 하고 만짐으로써 화면의 객체를 선택하게 하고, 객체가 선택되었을 때 Bounding Box가 표시된다. 그리고 이 Bounding Box는 모든 child 객체를 포함한다. 객체의 선택은 객체로부터 커서가 멀어질 때까지 유지된다.
Feel	현재 설정되어있는 다른 모드를 해제하고 사용자에게 햅틱적이고 수동적인 exploring을 하게 한다.
Create Cube	이 모드를 한 번 선택하고 사용자가 커서를 드래그 하면 큐브가 생성 된다. 만약 생성이 되는 순간에 다른 객체가 선택이 되어 있으면 생성된 큐브는 그 객체의 child가 된다. 큐브의 생성 후 모드가 여전히 실행되고 있기 때문에 모드를 해제 하지 않는 한 두 번째 큐브의 생성이 가능하다. 이때 만들어진 큐브는 이전 것의 child가 된다.
Create Sphere	큐브 생성과 비슷한 기능을 가지고 있으며 큐브 대신 구가 생성된다.
Create Cylinder	큐브 생성과 비슷한 기능을 가지고 있으며 큐브 대신 실린더가 생성된다.
Translate	사용자가 이 모드를 이용하여 객체를 이동 시킬 수 있게 한다. 이 모드가 초기화될 때 최근에 선택된 객체는 해제가 된다. 객체의 이동은 햅틱 장치를 움직임으로써 제어되고 객체의 child도 함께 이동한다.
Rotate	Translate와 기능과 유사한 방법으로 객체의 회전이 일어난다.
Scale	Translate와 기능과 유사한 방법으로 객체의 크기가 변한다.
Translate Camera	이 모드에서 객체는 선택되지 않는다. 커서를 내리거나 올리는 이벤트를 통해 활성화거나 비활성화 된다. 활성화 되었을 때 카메라의 위치는 햅틱 장치를 움직임으로써 제어가 되고, 카메라의 이동속도는 햅틱 장치의 현재 위치와 초기화된 위치 사이의 거리에 따라 달라진다.
Rotate Camera	Translate Camera와 기능과 유사한 방법으로 카메라 회전이 일어난다.

### 2.3 파일 포맷

햅틱 모델러의 포맷은 중요한 역할을 한다. 근본적인 햅틱 모델러의 개념은 파일명을 통해 로드 되고 저장되고, 이것은 3차원 화면의 복잡성을 단순한 인터페이스로 제공하는 것 같은 방식으로 접근한다. 또한 3차원 파일 포맷의 복잡 함 없이 3차원 객체의 물질 정보를 추가 할 수 있다. 햅틱 모델러의 파일 포맷은 XML 과 호환성이 있으며, 각각의 태그는 데이터 타입에 따라오는 구별자를 제시한다. 이런 XML 기반의 파일 포맷을 제공함으로써 한 파일이 모델의 정보뿐만 아니라 그 모델의 Material properties에 대한 정보도 가질 수 있다. 생성된 콘텐츠를 저장할 수 있고 저장된 콘텐츠를 불러오거나 다른 콘텐츠에 추가할 수 있다.

### 3. 촉감 사용자 인터페이스 (Haptic User Interface)

일반적으로 사용자 인터페이스 (User Interface)란 일반 사용자들이 컴퓨터 시스템 또는 프로그램에서 데이터 입력이나 동작을 제어하기 위하여 사용하는 명령어 또는 기법을 말한다. 사용자가 컴퓨터나 프로그램과 의사소통을 하고 쉽고 편리하게 사용할 수 있도록 하는 것이 목적이다. 윈도우에서는 동작의 목록을 아이콘이나 메뉴로 보여주고 사용자가 마우스로 작업이 수행되는 방식인 그래픽 사용자 인터페이스 (GUI)를 채택했다. 그림을 이용한 의사소통 방법을 제공하는 GUI 는 인간공학적으로 보다 만족스럽고, 사용자 편의를 더 강조한 인터페이스이다.

촉감 사용자 인터페이스 (Haptic User Interface, HUI) 는 햅틱을 통해 사용자와 컴퓨터간 인터페이스를 구현하는 것이다. 즉 햅틱을 이용하여 의사소통 방법을 제공하는 것이다. 햅틱 디바이스가 및 햅틱 렌더링 기술이 발달하게 되고, 가상 환경에 햅틱 기술이 추가됨에 따라 HUI 에 대한 관심 또한 증가하고 있다.

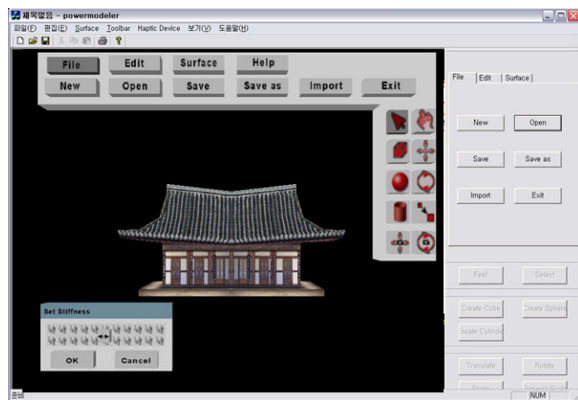


그림 3. 촉감 사용자 인터페이스 사용 예

본 시스템은 촉감 장치를 이용하여 미리 표면 성질을 느껴 보고 결정함으로써, 촉감 모델을 만드는데 편리하고

효과적이다. 물체 표면의 stiffness 와 friction을 조정 할 때는 햅틱 장치를 이용하여 3D 인터페이스[그림 3]의 슬라이더를 왼쪽 또는 오른쪽으로 움직임으로서 조정할 수 있으며, 마우스가 익숙한 사용자는 2D 인터페이스를 이용하여 편집을 할 수 있다. 슬라이더를 움직이면서 그 위치의 stiffness와 friction을 직접 느껴볼 수 있다. 이런 방법을 이용하여 기존의 촉감 모델링에서 실시간으로 사용자가 직접 느끼면서 모델링을 하지 못하는 단점을 극복하게 되었다. Haptic Texture는 미리 입력된 Haptic Texture 가 제공되고 슬라이더 바로 이용하여 사용자가 원하는 Haptic Texture를 선택하여 적용하고, 햅틱 장비로 그 결과를 느껴보고, 바로 수정할 수 있다. 따라서 사용자가 원하는 Haptic texture를 적용할 수 있다.

햅틱 모델러에서의 HUI 는 메뉴 메뉴중의 Surface 가 이에 해당한다. 기존의 상용화된 FreeForm® Concept™ 과 ClayTools™ 에서는 모델을 구현한 다음에 Surface 특성을 바꾸기 위하여 마우스나 키보드를 이용하였다. 이와 같은 방법은 단순히 시행 착오 방법을 거쳐서 모델의 적절한 표면 성질은 만드는데 사용되었다. 하지만, 본 논문의 촉감 모 사용자 인터페이스를 이용하여 미리 표면의 성질을 느껴 보고 결정함으로써, 촉감 모델을 만드는데 편리하고 효과적이며 직관적으로 편집할 수 있다. [표 4]에서와 같이 Surface 라는 메뉴에는 다시 3 가지의 항목이 있으며, 그 항목들은 각각 Stiffness, Friction, H-texture (Haptic Texture)등이 있다. HUI를 이용하여 선택한 모델의 표면 특성을 편집할 수 있다.

표 4. HUI 의 세부 기능

메뉴	기능
Stiffness	이 모드에서는 기존의 Stiffness 조정할 때 기존의 방법과는 달리 햅틱 장치를 이용하여 슬라이더를 왼쪽 또는 오른쪽으로 움직임으로서 조정할 수 있으며, 슬라이더를 움직이면서 그 위치의 Stiffness를 직접 느껴볼 수 있다. OK 버튼을 누르면 그때 슬라이더 위치의 Stiffness 값이 선택한 모델에 적용된다.
Friction	이 모드는 Stiffness와 유사한 방법으로 사용자가 실시간으로 Friction을 느껴보면서 편집할 수 있다.
Texture	이 모드는 사용자가 본 시스템에서 기본적으로 제공되는 Haptic Texture 중 에서 선택해서 선택한 Surface의 Haptic Texture를 변형할 수 있고, 즉시 햅틱 장비로 느껴볼 수 있다.

이와 같이 모델의 특성을 바꾸는 경우에는 햅틱 장치를 이용하여 직접 슬라이더를 움직여서 물체의 특성을 직접 느껴본 다음에, 모델에 적용함으로써 기존의 시스템처럼 시행착오를 겪지 않고, 시간을 단축하면서, 효과

적이고, 편리하고, 직관적으로 햅틱 모델링을 할 수 있다.

#### 4. 결론 및 향후 연구 계획

본 논문은 그래픽 모델링과 촉감 모델링을 동시에 작업 할 수 있는 촉감 모델러를 개발 하였다. 본 시스템에서 3자유도 촉감 장치를 사용하여 촉감 사용자 인터페이스(Haptic User Interface, HUI)를 사용함으로써 3차원의 콘텐츠의 Material Properties를 실시간으로 만져 보고, 느낌으로서 생성, 조작을 가능하게 하고, 촉감 특성을 직관적으로 편집할 수 있게 하였고, 이 모델러로 인하여 촉감 콘텐츠를 편리하고 효율적으로 제작할 수 있다. 또한 햅틱에 관한 전문적인 지식이 없는 사용자들도 쉽게 햅틱 모델링을 할 수 있다.

향후 연구 과제로서는 버튼과 슬라이더에 사용된 동역학과 최대 그래픽 렌더링을 지원케 할 수 있도록 개선해야 하고, 3차원 장면의 물체들의 위치에 대한 한계도 정의해야 한다. 또한 향후 촉감 획득에 관한 연구를 진행할 예정이다. 촉감 획득기능을 추가 하여 사용자가 원하는 촉감을 직접 측정하여 편집할 수 있는 기능을 추가 할 것이다 마지막으로 물체를 조작하는데 있어서 촉감 신호 또한 개발해야 한다.



그림 4. 시스템 구현

#### 감사의 글

본 연구는 광주과학기술원 차세대 PC 산업 지원에 의해 수행되었음.

#### 참고문헌

[1] Gagatay Basdogan, Chih-Hao Ho, and Mandayam A. Srinivasan, "Virtual Environments for Medical Training: Graphicaland Haptic Simulation of Laparoscopic Common Bible Duct Exploration", IEEE/ASME TRANSACTIONS ON

- [2] Lindeman, R.W., Sibert, J.L., Mendez-Mendez, E., Patil, S., Phifer, D., "Effectiveness of Directional Vibrotactile Cuing on a Building-Clearing Task", Proc. of ACM CHI 2005, Apr. 2-7, 2005, Portland, Oregon, USA, pp. 271-280.
- [3] K. Moustakas, G. Nikolakis, D. Tzovaras, "A Geometry Education Haptic VR Application Based on a New Virtual Hand Representation", Proceedings of the 2005 IEEE Conference 2005 on Virtual Reality, Pages: 245 - 248.
- [4] Wang, Q., Levesque, V., Pasquero, J., Hayward, V., A Haptic Memory Game using the STRESS2 Tactile Display, Proc. of CHI 2006, in press, Montreal, Canada, April 24-27, 2006.
- [5] Reachin Technologies AB, [www.reachin.se](http://www.reachin.se)
- [6] SensAble Technologies, Inc., [www.sensable.com](http://www.sensable.com)
- [7] T. Anderson, "FGB : A Graphical and Haptic User Interface For Creating Graphical, Haptic user Interfaces," Proc. Forth PHANToM Users Group Workshop, pp. 48-51, Massachusetts, USA, Oct. 9-12, 1999.
- [8] Jong-Phil Kim, Beom-Chan Lee, and Jeha Ryu, "Haptic Rendering with Six Virtual Cameras", HCI international 2005, pp. 467. 2005.
- [9] 이범찬, 김종필, 류제하, "역/촉감 제시 "K-Touch" 햅틱 API 개발", HCI/VR/CG/DESIGN 학회 학술대회, 2006.