

촉각 정보의 표현 모델 정의 및 데이터 포맷 설계

Definition of Representation Model and Design of Data Format for Haptic Interaction

이용희, Yong-Hee Lee, 경기옥, Ki-Uk Kyung, 박준석, Jun-Seok Park
한국전자통신연구원 차세대 PC 그룹 스마트인터페이스연구팀

요약 IT 기술이 급격하게 발달하면서 사용자와 컴퓨팅 환경 사이의 상호작용을 위한 인터페이스 연구가 활발히 진행 중이다. 현재 사용자는 시청각 위주의 인터페이스뿐만 아니라 다른 감각까지도 느낄 수 있는 환경을 요구하고 있다. 이에 발맞추어 인간의 오감을 충족시키기 위한 연구가 각 분야에서 이루어지고 있다. 가상 현실 속에서 사용자가 실세계에서 느낄 수 있는 감각을 똑같이 느낄 수 있는 환경을 제공하려 하고 있다. 그리고 멀티미디어 기술의 발달과 함께 오감에 관련된 정보를 융합하여 사용자에게 제공하려는 연구가 활발히 진행 중이다. 여기에서 각 감각 중에 촉각과 관련된 연구는 많이 진행되고 있으나 촉각 정보를 표현하기 위한 연구는 부족한 상황이다. 또한 촉각 정보를 표현하기 위한 데이터 포맷의 부족은 촉각 정보를 이용하는 어플리케이션 개발에 걸림돌이 되고 있다. 이에 본 논문에서는 촉각 정보를 이용하는 환경에서 사용자와의 인터페이스를 위해 사용할 수 있는 촉각 정보의 표현 모델을 정의하고 데이터 포맷을 설계한다.

핵심어: Haptic, XML

1. 서론

정보 통신 기술과 멀티미디어 기술의 눈부신 발달과 함께 컴퓨팅 서비스 환경에서는 인간의 오감을 자극하는 실감 서비스를 제공하려는 형태로 나아가고 있다. 사용자 역시 현재의 시각과 청각 위주의 서비스에서 다른 감각까지도 느낄 수 있는 서비스의 요구가 증가하고 있다. 이러한 서비스를 제공하기 위해서는 현재 많은 발전을 이루고 있는 시각과 청각 표현뿐만 아니라 촉각, 후각, 미각 정보를 표현할 수 있는 연구가 필요한 실정이다. 또한 실감 서비스 환경에서 네트워크를 통해 오감 정보를 전달하는 일은 매우 중요하다.

본 논문에서는 오감 정보 표현에 대한 연구를 위해 오감 중 촉각 정보 표현에 대해서 연구를 수행하였다. 컴퓨터 정보 기술의 발달은 기존의 시청각 정보가 주로 이용되는 환경에서 가상 현실을 통해 더욱 구체적이고 실감나는 환경을 제공하려 하고 있고, 이를 충족시키기 위해 촉각 기술이 대두되고 있다. 현재 촉각 기술의 발전을 위한 연구가 많이 이루어지고 있으며 촉각 정보 표현 방법에 대한 연구 또한 필요한 실정이다.

촉각 정보의 표현을 위해 XML을 사용하여 작성하였다. XML이 권장되는 이유는 각종 데이터나 문서 포맷에 대한 일관된 표준이라는 점이다. XML은 읽기 쉽고 이해하

기 쉬우며 자체의 우수한 확장성을 가지고 있다. 또한 플랫폼에 독립적인 특성을 가져 이기종 시스템들 사이의 정보 통합이나 교환이 가능하다. 이러한 이유로 XML은 많은 업계와 어플리케이션에서 광범위하게 사용하고 있다. XML을 기반으로 촉각 정보를 표현하려는 연구는 다른 곳에서도 진행되고 있다[1]. 또한 XML 인스턴스의 구조를 설명하기 위해 XML 스키마를 사용하였다. XML 스키마는 XML 문법에 따라 작성하므로 스키마 작성법을 배우기 위해 새로운 문법을 배울 필요가 없다. 또한 대부분의 일반적인 프로그래밍 언어에서 지원하는 기본 데이터 타입을 지원하며 사용자가 고유한 데이터 타입을 정의하는 것도 가능한 장점을 가지고 있다.

이를 바탕으로 논문에서는 촉각 정보의 표현 모델을 정의하고 그에 따른 데이터 포맷을 설계한다. 설계한 데이터 포맷의 구조를 정의하기 위하여 XML 스키마를 이용하여 작성하며 작성한 스키마를 따르는 XML 인스턴스 파일을 생성하는 방법으로 각 서비스를 위한 시스템을 구현할 수 있도록 한다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 촉각 기술에 대한 전반적인 내용을 소개하고 3장과 4장에서는 본 논문에서 제안한 촉각 정보 표현 모델 및 데이터 포맷에 대해 설명한다. 그리고 5장에서는 본 논문과 관련된 연구를 살펴보고 마지막으로 결론 및 향후 과제에 대해 기술한다.

2. 촉각 기술

촉각(햅틱, Haptic)이라는 단어는 그리스어로 ‘만지는’이라는 뜻의 형용사 ‘haptesthai’에서 온 단어이다. 사람의 촉각을 구체적으로 표현하는 단어로는 손가락과 팔 등의 근감각을 통해서 만지고 있는 환경을 느끼는 과정을 가리키는 ‘kinesthetic’과 피부의 직접적인 접촉을 통해 접촉 환경을 느끼는 과정을 가리키는 ‘tactile’이라는 단어가 있다[2]. 이전에는 촉각을 ‘kinesthetic’의 의미처럼 손을 사용하여 느껴지는 감각으로 사용하였으나 현재는 앞의 두 단어의 의미를 포함하여 모든 감각 기관을 사용하여 느껴지는 감각을 일컫는다.

촉각 기술은 사람이 느끼는 촉감의 종류에 따라 크게 ‘힘 피드백 인터페이스(Force Feedback Interface)’와 ‘질감형 인터페이스(Tactile Interface)’의 두 영역으로 나누어진다. 힘 피드백 인터페이스는 물리적인 힘과 연관된 기계적 인터페이스를 이용해 사용자에게 힘과 운동감을 느끼도록 하는 기술이다. 영화관이나 놀이동산에서 화면에 움직이는 대로 의자가 움직여 속도감과 충돌감을 관객에게 전달해 마치 관객이 실제 그 장면 속에 있는 것처럼 느끼게 하거나 게임기에서 조이스틱을 사용할 경우 조이스틱의 진동을 통해 화면 속의 상황을 실제 느끼게 하는 경우 등 우리 주변에 많이 이용되고 있음을 볼 수 있다.

그리고 질감형 인터페이스는 표면의 거칠기, 표면의 무늬 그리고 온감 등을 느끼도록 하는 기술이다. 의학 분야에서 해부학 실습을 할 때 가상의 환자를 두고 환부를 직접 시술해 볼 수 있도록 3차원 영상을 사용하여 실제로 피부 조직 등을 만지는 듯한 느낌을 사용자에게 전달하여 주는 환경을 예를 들 수 있다.

이러한 촉각 기술을 위해서는 요소 기술로 촉감 반영을 위한 촉각 장치와 촉감 재현, 즉 촉각 렌더링(Haptic Rendering)을 위한 기술이 필요하다. 촉각 장치에는 세부적으로 구동장치, 제어기, 센서 등의 세부기술로 나누어지며 촉각 렌더링은 가상환경과 사용자의 정보를 고려하여 서로의 상호작용을 위해 필요한 작업이 이루어지는 기술로 촉각 장치로 보내지거나 받는 힘 등을 계산하는 작업이 해당된다. 현재 이러한 촉각 기술을 응용하는 연구와 개발이 진행되어 오고 있으나 상호 호환을 위한 고려없이 이루어져 왔다. 이는 촉각 기술을 이용하려는 사용자에게 적잖은 부담이 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 최근 ISO(International Organization for Standardization)에서는 촉각 기술에 대한 표준화를 추진 중에 있다[3][4]. 표준화는 데이터의 생성 및 교환에 대한 표준을 제공하여 이기종 시스템간의 상호 운용성을 확보하기 위한 가장 이상적인 방법이다.

이러한 촉각 기술의 발전과 활발한 연구를 통하여 가까운 장래에는 촉각 장치도 컴퓨터와 함께 모니터, 스피커 그리고 키보드 등과 같이 기본적으로 제공되는 시대가 도래할 것으로 기대된다.

3. 촉각 정보 표현 모델

촉각 정보를 이용하여 사용자에게 서비스하는 환경을 고려하면 크게 세가지로 나누어 볼 수 있다. 첫 번째는 촉각 정보를 담고 있는 서버에서 클라이언트 즉, 사용자에게 모든 촉각 정보를 보내서 클라이언트 쪽에서 촉각 정보를 처리하고 사용자에게 서비스한다. 두 번째는 촉각 정보에 관련된 모든 정보를 서버에서 처리하여 클라이언트에게 그 정보를 보내주는 것이다. 이 경우 클라이언트에서는 촉각 정보와 관련된 작업을 수행하지 않는다. 마지막으로 클라이언트가 여러 개일 경우인데, 이 경우에는 사용자들이 같은 클라이언트를 사용하는 환경인지 아니면 다른 클라이언트를 사용하는 환경인지를 고려해야 한다.

본 논문에서는 우선적으로 고려해 볼 수 있는 환경인 서버를 기반으로 한 촉각 정보 이용 환경을 고려하여 촉각정보 표현 모델을 정의하였다(그림 1).

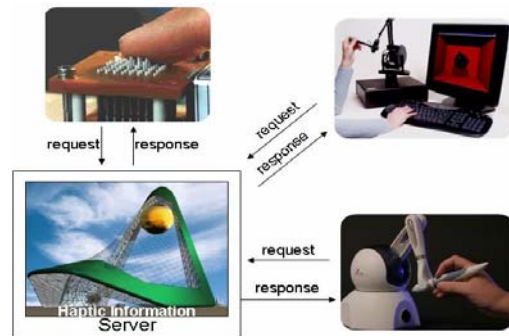


그림 1. 서버기반 촉각정보 이용 환경

그림 2는 그림 1에서 보여주고 있는 서버를 기반으로 하여 촉각 정보를 이용하는 환경에서 사용할 수 있도록 정의한 촉각 정보의 표현 모델을 나타낸다.

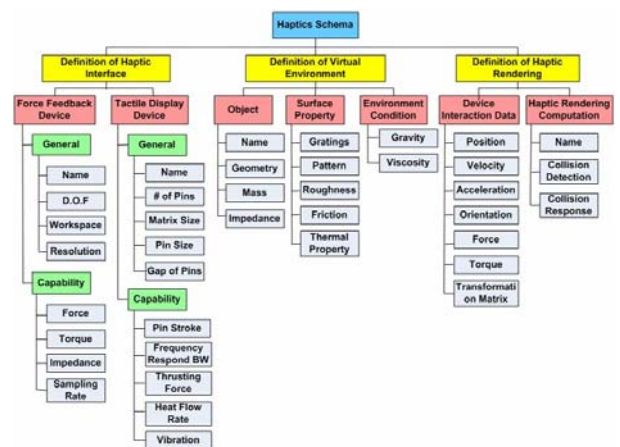


그림 2. 촉각정보 표현 모델

원활한 촉각 데이터 구조를 만들기 위해 그림 2와 같이 Haptic Interaction Schema는 Haptic Interface,

Virtual Environment, 그리고 Haptic Rendering이라는 세 개의 큰 영역으로 분류하여 정의한다. 첫 번째 영역은 Haptic Interface(Device)를 정의하는 영역으로, 여기에 해당하는 값들은 하드웨어의 일반적인 구조와 성능을 정의하여 서버에 알려주는 부분으로 사용자가 서버에 접속하기 전에 미리 정의되어야 하는 값들이다. 그림 2에서 보여지는 바와 같이 Haptic Interface는 힘과 관련된 성분을 물리적으로 재현하여 사용자에게 전달하는 Force Feedback Device와 촉각과 관련된 성분의 물리적 특성을 사용자의 피부를 통해 전달하는 것을 목적으로 하는 Tactile Display로 나눌 수 있다. 먼저 Force Feedback Device 부분은 Force Feedback Device의 각 요소들의 특성을 정의하는 부분이다. 데이터들은 실질적인 촉각 상호작용이 시작되기 전에 사용하는 하드웨어 장치의 특성을 정의하기 위하여 사용된다. Force Feedback Device는 세계에서 가장 대표적인 촉각 장치인 PHANTOM[5]처럼 관절구조를 이용해서 이루어져있으며, 물리적으로 힘과 토크를 재현한다. 세부 정보로 Force Feedback 장치를 정의하는 각 요소들이 어떤 값으로 정의되는지에 정보를 기술할 수 있도록 한다.

그리고 촉각 인터페이스의 또 다른 한 종류인 Tactile Display 부분은 Tactile Display Device의 각 요소들의 특성을 정의하는 부분이다. 데이터들은 실질적인 촉각 상호작용이 시작되기 전에 사용하는 하드웨어 장치의 특성을 정의하기 위하여 사용된다. 그림 2에서 도시한 바와 같이 pin-array와 같은 여러 개의 Tactor들로 구성되어 있는 것을 기반으로 하여 특성을 정의하였으며, 냉온감 및 진동을 재현하는 부분은 별도로 추가할 수 있는 부분이므로 선택 가능한 형태로 정의할 수 있다. Haptic Device가 Force Feedback Device와 Tactile Display Device가 결합된 형태의 모습이라고 할 경우에도 앞서 정의한 부분을 가지고 Haptic Device를 정의하는 것이 가능하다. 이렇게 정의된 값들은 서버로 전달되어 서버의 가상환경의 특성이 계산되어 실제 값으로 변환될 때 변환 행렬에 참조 값으로 사용되게 된다.

두 번째 영역은 사용자의 가상 환경에 대한 요구가 있을 경우 가상 환경 내에서 정의되는 값들에 관한 영역이다. 다시 말하면, 촉감을 느낄 수 있는 가상 환경을 정의하는 역할을 하는 것으로써, 가상 환경을 개발하거나 가상 환경 정보를 데이터로 전송할 때 규격에 관하여 정의한다. 이 값들은 가상 물체 및 환경의 물리적 특성을 촉각 인터페이스를 통하여 표현할 수 있도록 분류되었다. 가상의 물체는 그 자체로 모양과 질량 및 점탄성(굳기 및 물렁한 정도)을 가지며, 결이나 거칠기 등과 같은 표현 성질을 가질 수 있다. 또한 가상의 환경자체에 중력이 존재하거나 물속과 같은 유체속의 환경으로 표현될 수도 있다. 그림 2에서 정의한 Object 부분은 촉감을 느낄 수 있는 환경을 정의하는 정보 중에서 물체 자체의 특성을 정의하는 부분이다. 만질 수 있는 물체(object)의 형상과 물리적 특성을 정의 한다. 그리고 Surface Property 부분은

촉감을 느낄 수 있는 환경을 정의하는 정보 중에서 물체의 표면의 특성을 정의하는 부분이다. 만질 수 있는 물체(object)의 표면(surface) 특성을 정의 한다. 그리고 Environment Condition 부분은 촉감을 느낄 수 있는 환경을 정의하는 정보 중에서 체험 환경 자체에 존재하는 물리적 특성을 정의하는 부분이다. 중력이나 수중 환경 같은 환경 조건을 정의한다.

세 번째 영역은 촉각 렌더링(Haptic Rendering)을 위한 실질적인 값들을 정의하는 영역이다. 촉각 렌더링이란 가상의 환경에 접촉했을 때 사용자가 촉각 인터페이스를 통해 촉각적으로 체험할 수 있도록 상호작용 과정의 적절한 물리적 반응값을 계산하는 일련의 과정을 일컫는다. 따라서 이 영역은 촉각 상호작용을 위한 실질적인 Interaction Output인 Force나 Torque를 결정하는 부분에 관한 정의이다. Collision Detection을 통해 상호작용이 일어나고 있다고 판단되면 본 영역에서 정의한 물리적 특성을 활용하여 Collision Response를 출력하고 이 값들이 변환 행렬을 거쳐 촉각 인터페이스로 전달되게 된다. 하위 요소인 Device Interaction Data 부분은 그림 2에서 분류된 바와 같이 촉각 렌더링의 요소 중 실제로 Haptic Interface Device의 입출력 데이터를 정의한다. 그리고 Haptic Rendering Computation 부분은 그림 2에서 분류된 바와 같이 촉각 렌더링의 요소 중 서버 혹은 코럴 컴퓨터에서 계산되어 햅틱 인터페이스로 전달되어야 하는 데이터를 정의한다.

4. 촉각 정보 데이터 포맷

정의한 표현 모델을 바탕으로 공개된 기술 표준인 XML을 기반으로 데이터 포맷을 설계하였다. 그리고 데이터 포맷의 구조를 정의하기 위하여 XML 스키마를 이용하였다. 표준인 XML의 사용은 유지 보수의 노력과 비용을 최소화하는데 필수적이기 때문이다[6].

```

<!-- ##### VirtualEnvironmentType ##### -->
<xsd:complexType name="ObjectType">
  <xsd:sequence>
    <xsd:element name="Name" type="xsd:string"/>
    <xsd:element name="Geometry" type="ht:GeometryType"/>
    <xsd:element name="Mass" type="xsd:float" minOccurs="0"/>
    <xsd:element name="Impedance" type="ht:ImpedanceType"/>
  </xsd:sequence>
  <xsd:attribute name="CheckPrimitives" type="xsd:boolean" use="required"/>
</xsd:complexType>
<xsd:complexType name="GeometryType">
  <xsd:sequence>
    <xsd:element name="NodeData" type="ht:MatrixType"/>
  </xsd:sequence>
</xsd:complexType>
<xsd:complexType name="MatrixType">
  <xsd:sequence>
    <xsd:element name="File" type="xsd:string"/>
    <xsd:element name="RealValue" type="xsd:string"/>
  </xsd:sequence>
</xsd:complexType>
<xsd:complexType name="ImpedanceType">
  <xsd:sequence>
    <xsd:element name="StiffnessCoeff" type="xsd:float"/>
    <xsd:element name="DampingCoeff" type="xsd:float"/>
  </xsd:sequence>
</xsd:complexType>
<xsd:complexType name="SurfacePropertyType">
  <xsd:sequence>
    <xsd:element name="Gratings" type="ht:GratingsType" minOccurs="0"/>
    <xsd:element name="Pattern" type="ht:PatternType" minOccurs="0"/>
    <xsd:element name="Roughness" type="xsd:float" minOccurs="0"/>
    <xsd:element name="Friction" type="xsd:float" minOccurs="0"/>
    <xsd:element name="ThermalProperty" type="ht:ThermalPropertyType" minOccurs="0"/>
  </xsd:sequence>
</xsd:complexType>

```

그림 3. 촉각정보 데이터 포맷을 위한 스키마

그림 3은 설계한 데이터 포맷에 대한 XML 스키마의 일부분의 모습을 보여주고 있다. 세 개의 큰 영역 중 Virtual Environment 요소에 대해 설계한 내용이다. 그리고 그 하위 요소인 Name, Geometry, Mass, Impedance 라는 네 개의 요소를 가진다. 각 요소는 각각의 특성에 맞게 데이터 타입을 가지며 그 하위로 다른 요소를 가지는 경우도 있는 것을 볼 수 있다. 그리고 Surface Property 요소는 Gratings, Pattern, Roughness, Friction, Thermal Property 라는 요소들을 가지는 모습을 보여주고 있다.

위와 같이 그림 3은 앞의 3장에서 정의한 촉각 정보 표현 모델을 바탕으로 각각의 모델과 그 하위 요소들을 더 상세하게 표현한 데이터 포맷의 모습을 보여주고 있다. 세 개의 큰 영역을 바탕으로 하여 각각의 영역에서 필요한 세부적인 요소들을 가지게 하고 최종 단말 요소에 해당 데이터의 타입을 선언하여 가지고 있어야 하는 값을 특성을 알려준다. 또한 정의한 표현 모델의 구조 정보를 포함하여 각 하위 요소들의 실제 값의 데이터 타입과 부가적인 성격을 가진 요소인지 또는 반복적으로 나타날 수 있는 요소인지 등에 대한 상세한 정보를 가지도록 설계하였다.

이를 바탕으로 생성한 인스턴스 문서에서는 스키마의 구조 정보를 준수하여 문서를 작성하여야 한다. 그리고 스키마에 선언된 요소의 데이터 타입과 일치하도록 하여 유효성있는 인스턴스 문서를 생성해야 한다. 이렇게 생성한 문서는 다른 환경에서도 상호 호환성을 가져 언제 어디서나 쉽게 접근이 가능하게 되기 때문이다. 즉, 이렇게 설계된 촉각 데이터의 스키마를 바탕으로 인스턴스 파일을 생성하여 촉각 상호작용이 가능한 환경을 제공할 수 있게 된다. 그림 1에서 서버와 클라이언트 사이에서 이루어지는 정보 교환은 제안한 XML 스키마를 따르는 인스턴스 파일을 통해 이루어지며 서버와 클라이언트 자신의 정보 또한 설계한 데이터 포맷에 맞추어 작성하여 가지고 있다.

설계한 데이터 포맷에 맞추어 작성한 촉각 정보에 대한 내용은 어느 환경에서든지 사용이 가능하여 촉각 정보를 이용하려는 어플리케이션이나 환경 구축에 폭넓게 사용할 수 있다.

5. 관련 연구

촉각 정보를 표현하기 위한 노력으로 많은 연구가 진행되고 있으나 아직 기초 단계 수준에 머물러 있는 실정이다. 다양한 관점에서 촉각 정보를 표현하려 하고 있으며 그 내용 모델 또한 서로 다른 방향으로 진행되고 있다. 앞으로 이러한 문제점은 해결되리라 보여지며 또한 이러한 기초 연구를 바탕으로 합리적이고 실용성 있는 모습으로 발전하리라 기대되고 있다. 본 절에서는 논문에서 제시하는 관점과는 차이점이 있지만 표현 방법에 있어

XML을 사용한다는 유사점을 가진 연구[1]에 대해 살펴보고자 한다.

참고문헌 [1]의 연구에서 고려한 환경은 네트워크화된 가상환경에서 촉각 상호작용이 이루어지는 환경이다. 여기서 말하고 있는 시나리오는 촉각 장치들이 가상의 오브젝트들과 상호작용에 사용된다면 그들의 공간 및 힘 정보는 사용자들 사이에 촉감을 공유하기 위해 네트워크를 통해 전달되어야 한다는 것이다. 이러한 시나리오는 C-HAVE (Collaborative Haptic-Audio-Visual Environment) (그림 4)[7]라 불려진다. C-HAVE 시나리오에서 네트워크의 latency와 jitter는 인터페이스를 불안정하게 하며 현실감을 떨어뜨리는 문제가 있다 [9][10][11]. 이러한 문제를 해결하기 위해 사용되는 보상 알고리즘들은 어플리케이션의 성공에 중요한 역할을 한다[7][8]. 이러한 것이 해결되면 요즘 비디오나 오디오 클립을 다운로드하여 실행시키는 것처럼 언젠가는 촉각 지원 가능한 클립을 다운로드하여 실제 느낌을 재현할 수도 있다. 예를 들면, 온라인 미술관에서 미술품 또는 홈쇼핑에서 제공되는 물품의 실제 느낌을 네트워크를 통해 느낄 수 있게 된다.

이를 위해서는 우선적으로 여러 다른 종류의 촉각 장치 사이에 상호 호환성을 가지고 촉각 모델을 기술할 수 있는 포맷이 필요하다. 표준 모델링이 존재하면 이를 기반으로 안정적인 촉각 플레이어를 개발할 수 있다. 그래서 관련 연구에서는 촉각 정보를 표현하기 위한 새로운 접근방법을 제안하였다. 이것은 XML 기반이며 일반적인 촉각 어플리케이션의 표현을 위한 모델들과 스키마를 제공한다.



그림 4. Collaborative Haptic-Audio-Visual Environments

기본적으로 관련 연구에서 제안하는 표현 모델은 촉각 어플리케이션을 위한 기능적 모델을 제공하며 하드웨어와 소프트웨어의 상세한 설명은 하지 않았다. 고려 사항은 대상 플랫폼에 독립적인 파라미터들을 기술할 수 있는 모델이어야 하며 모델 인스턴스는 촉각 시뮬레이션 프레임워크를 설정하는데 사용될 수 있어야 한다는 점이다. 이에 따라 General, Haptic Interface, Haptic Rendering, Graphic Rendering API, Meta Metadata, Rights라는 여섯 개의 카테고리를 정의하였다. General 카테고리에서는 시스템 레벨에서의 어플리케이션을 기술하였고, Haptic

Interface에서는 촉각 인터페이스에 대한 모든 특징 정보를 분류하였고, Haptic Rendering에서는 촉각 환경 안에서 측정할 수 있는 기술적인 데이터를 분류하였고, Graphic Rendering API에서는 그래픽과 관련된 모든 정보를 분류하였고, Meta Metadata에서는 촉각 환경보다는 메타데이터 인스턴스 자체의 정보를 분류하였고, 그리고 Rights에서는 촉각 시스템을 위한 사용에 관한 지적 재산권 및 조건을 기술하였다.

관련 연구는 촉각 어플리케이션들과 그들이 연합된 환경의 많은 양상들을 명확하게 하는 새로운 접근방법을 제안하였다. 제안한 모델에서는 설명한 카테고리들과 그들과 관련된 파라미터들을 제공하였고 촉각 장치와 가상 현실 사이에 분명한 선을 그었다. 이는 본 논문과 매우 유사성을 가지고 있으며 또한 참고 논문으로 사용하였다. 그러나 본 논문에서는 보다 명확하고 실용적인 측면을 고려하여 촉각 표현 모델을 정의하고 포맷을 설계하였다. 이를 바탕으로 현재 상황에서의 촉각 환경에서 바로 적용하여 사용 가능하도록 정의 및 설계 작업이 이루어졌다.

6. 결론

본 논문에서는 촉각 정보의 표현 모델을 정의하고 그를 바탕으로 촉각 데이터의 포맷을 설계하였다. 연구 결과는 촉각 정보를 이용하는 어플리케이션이나 그와 관련된 환경에서 유용하게 사용할 수 있다. 명확한 데이터 구조를 정의해 놓음으로써 다른 환경에서 사용하던 데이터를 가져와 현재 환경에 그대로 이용하더라도 문제없이 그 의미를 파악하여 사용할 수 있다. 또한 XML 기반으로 작성하여 사용자가 쉽게 이해하고 사용할 수 있다는 점은 매우 매력적이다.

향후 본 연구를 바탕으로 촉각 정보를 사용하는 모든 환경을 고려한 촉각 정보 표현 모델을 정의하고 그에 따른 데이터의 포맷을 설계하는 작업을 진행할 것이다. 연구 결과는 서버기반의 촉각정보 이용 환경을 고려하였지만 다른 촉각 인터페이스 이루어지는 환경에서도 큰 구조의 변환 없이 동일한 모델 정의가 이루어지리라 예상한다. 그림 5는 본 연구 및 향후 연구에서 고려할 촉각 인터페이스 환경을 나타낸다.

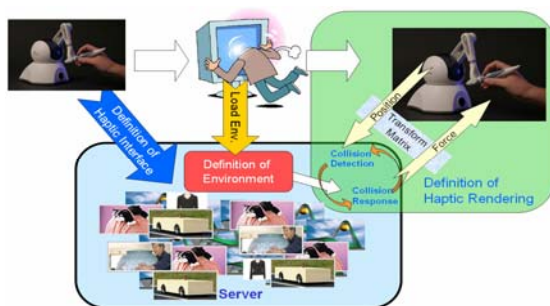


그림 5. 촉각을 이용한 상호작용 흐름도

그림 5에서 볼 수 있듯 사용자는 맨 먼저 접속을 한 후 촉각 인터페이스에 관하여 정의를 하면 관련 정보가 서버로 전달이 된다. 사용자가 체험하고자 하는 환경 혹은 물체에 대한 요구가 있으면 서버에서는 사용자의 정의에 의해서 혹은 이미 저장되어있는 정보에 의해 체험 환경의 물리적 특성이 정의되게 된다. 다음 단계는 Interaction이 이루어지게 되는 단계로 Haptic Rendering 영역에 해당한다. 지속적으로 반복되는 루프 안에서 사용자가 움직이는 촉각 인터페이스의 위치나 각도정보가 적절한 좌표 및 스케일로 변환시켜주는 변환 행렬을 거쳐 Collision Detection과 Collision response가 반복되는 루프로 전달된다. Collision Response는 정의된 환경의 물리적 특성으로부터 계산되며, 적절하게 계산되는 출력 값은 힘 또는 토크 값으로써 변환 행렬을 거쳐 사용자가 직접 접촉하고 있는 촉각 인터페이스로 전달되어 물리적으로 표현되게 된다.

참고문헌

- [1] J. Zhou, X. Shen, I. Shakra, A. El Saddik and N. D. Georganas, "XML-based Representation of Haptic Information", Proceedings of the IEEE International Workshop on Haptic Audio Visual Environments and their Applications (HAVE2005), Ottawa, Ontario, Canada, Oct. 2005, pp. 116-120.
- [2] 경기육, 박준석, "햅틱스 기술 개발 동향 및 연구 전망", 전자통신동향분석, 2006, pp. 93-108.
- [3] Van Erp, J., Andrew, I. and Carter, J., "ISO's Work on Tactile and Haptic Interaction Guidelines", Proceedings of the Eurohaptics2006, Paris, France, July 2006.
- [4] International Organization for Standardization, <http://www.iso.org/>
- [5] W3CSchools, <http://www.w3schools.com/xml/default.asp>
- [6] SensAble Technologies, <http://www.sensable.com/>
- [7] X. Shen, J. Zhou, A. El Saddik and N. D. Georganas, "Architecture and Evaluation of Tele-Haptic Environments", Proceedings of the 8th IEEE International Symposium on Distributed Simulation and Real Time Applications (IEEE DS-RT 2004), Budapest, Hungary, Oct. 2004.
- [8] D. Wang, K. Tuer, M. Rossi, L. Ni and J. Shu, "The effect of time delays on tele-haptics", Proceedings of the IEEE International Workshop on Haptic Audio Visual Environments and their Applications (HAVE2003), Ottawa, Ontario, Canada, Sep. 2003, pp. 7-12.

- [9] K. hikichi, H. Morino, I. Arimoto, I. Fukuda, S. Matsumoto, M. Iijima, K. Sezaki and Y. Yasuda, "Architecture of Haptics Communication System for Adaptation to Network Environments", Proceedings of the IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME2001), Tokyo, Japan, Aug. 2001, pp. 744-747.
- [10] I. Fukuda and S. Matsumoto, "A Robust System for Haptic Collaboration over the Network", Touch in Virtual Environments Conference, California, LA, USA, Feb. 2001.
- [11] J. Hespanha, G. Sukhatme, M. McLaughlin, M. Akbrian, R. Garg and W. Zhu, "Heterogeneous haptic collaboration over the Internet", Proceedings of the 4th Phantom Users' Group Workshop (PUG2000), Aspen, CO, USA, 2000, pp. 9-13.