

제3회 정보통신표준화 우수논문집

최우수상

촉각 정보 메타데이터 표준 개발 및 국제 표준화 전략

Development of the Standard for Haptic Interaction Metadata
and Strategy for the International Standard

경기욱, 이준영, 이용희

한국전자통신연구원 차세대PC연구그룹

Ki-Uk Kyung, Jun-Young Lee, Yong-Hee Lee

POST-PC Research Group, ETRI

I. 서론

II. 정의

III. 촉각 상호작용 구성 요소

IV. 촉각 상호작용 메타데이터 규격

V. 햅틱 메타데이터 표준의 효과

VI. 국제 표준화 추진 전략

VII. 결 론

촉각 정보 메타데이터 표준 개발 및 국제 표준화 전략

Development of the Standard for Haptic Interaction Metadata and Strategy for the International Standard

정기욱, 이준영, 이용희 / 한국전자통신연구원 차세대PC연구그룹
Ki-Uk Kyung, Jun-Young Lee, Yong-Hee Lee / POST-PC Research Group, ETRI

| 요약 |

본 논문에서는 차세대 인터페이스로서 최근 들어 휴대폰 및 각종 단말기, 게임 등에서 적용되고 있는 촉각인터페이스를 정의하는 메타데이터에 관한 표준을 제안한다. 촉각 상호작용을 위해서는 햅틱 디바이스, 가상의 체험 환경, 햅틱 렌더링의 3가지 요소를 필요로 하는데, 촉각 정보를 발생시키는 알고리즘을 개발하였다 하더라도 햅틱 디바이스와 가상 환경에 따라 구현방법이 달라서 연구자가 개발한 환경에서만 촉각 정보를 체험할 수 있는 한계가 있다. 그러므로 본 논문에서는 촉각 상호 작용시에 필요한 정보를 통일된 규칙으로 정의하는 방법인 메타데이터를 제안함으로써 다양한 개발 환경에서도 일관되게 촉각정보를 제공하는 것을 가능케 하는 방법을 제안하였다.

또한 관련 표준안이 없는 국내 실정을 감안하여 관련 용어를 정의 하였으며, 촉각 상호 작용시에 필요한 데이터를 햅틱 디바이스, 가상 환경, 햅틱 렌더링의 3요소로 분류하여 각 내부속성 요소를 상세하게 정의하였다. 또한 분류된 규칙에 따라 XML Schema를 완성하여 촉각 상호작용 마크업 언어로서 HapticML을 제안하였으며, 개발된 표준안에 따라 촉각 체험환경을 구현함으로써 활용성을 검증하였다. 본 표준안은 ISO(국제표준화기구)의 촉각 상호작용 표준개발 워킹그룹을 통해 국제 표준안으로 추진되고 있다.

I. 서론

2006년 2월 경제 전문지 포브스(Forbes)는 다양한 전문가들의 분석을 바탕으로 인류의 미래의 삶을 바꿀 10가지(10 things that will change the way we live)를 선정하여 발표하였다[1]. 10가지는 차세대 메모리, 연료전지, 무선 인터넷, 100달러 노트북, 유전자치료, 음성패킷망(VoIP, Voice over Internet Protocol), 차세대 인터넷 등 대부분의 과학기술 내용이 현재에 이미 주목을 받고 있으면서 많은 사람들이 대부

분 공감할만한 내용이었다. 그러나 여기서 우리는 일반인들에게는 매우 생소한 기술 하나를 발견할 수 있는데 바로 ‘햅틱스(Haptics)’이다. 현재의 과학기술 동향을 파악하고 미래를 예측해 보는 MIT의 Technology Review 또한 21세기에 대부분의 미디어와 인터페이스에 ‘햅틱스’ 기술이 적용될 것이라고 예측한 바 있다[2].

햅틱스 기술은 사용자에게 촉각적으로 정보를 전달하는 기술로서 현대인의 일상생활에서 적용되기 시작하고 있는데, 미국의 햅틱스 전문 기업인 Immersion Corp. 등은 Microsoft,

Sony, BMW, 삼성전자, LG전자 등 세계적인 기업들과 협약을 맺고 휴대폰, 게임기 등 관련 시장을 개척해 나가고 있으며, 미국 일본 등 선진국을 중심으로 관련 지적재산권 확보를 위한 치열한 경쟁 또한 시작되었다[3]. 이처럼 우리의 일상생활 속으로 점점 다가오고 있는 기술이다. 그러나 현재의 햅틱스 기술은 대부분 연구적 단계로서 이루어지고 있으므로, 제한적인 범위 내에서 XML을 이용한 촉각 정보 표현을 시도한 선행연구가 있으나[13], 이 외에는 관련 기술에 관한 표준은 국내외적으로 찾아보기 어렵다.

햅틱스 기술은 하드웨어 기술과 소프트웨어 기술을 모두 필요로 하는데, 관련 표준이 없으므로 개발자들은 매번 저마다의 기준으로 관련 제품 및 시스템을 개발하고 있다. 또한 관련분야의 연구 역사가 길지 않아 국내는 물론 국제적으로 관련 ‘용어’조차 통일되지 않게 사용되고 있으므로 관련 표준의 필요성이 요구되고 있다.

특히 최근 ISO에서 햅틱스 기술의 중요성과 미래 성장 가능성을 인지하고, 촉각 상호작용 관련 워킹그룹을 발족하여 이에 대한 표준안 개발을 시작한 상황까지 감안하면[4], 우리나라의 표준화 선도를 위해 국내 기업 및 연구자들에 의한 관련 표준안의 개발이 시급하다고 할 수 있다.

촉각 상호작용을 위해서는 햅틱 디바이스, 가상의 체험 환경, 햅틱 렌더링의 3가지 요소를 필요로 하는데, 촉각 정보를 발생시키는 알고리즘을 개발하였다 하더라도 햅틱 디바이스와 가상 환경에 따라 구현방법이 달라서 연구자가 개발

한 환경에서만 촉각 정보를 체험할 수 있는 한계가 있다. 그러므로 본 논문에서는 촉각 상호작용시에 필요한 정보를 통일된 규칙으로 정의하는 방법인 메타데이터를 제안함으로써 다양한 개발 환경에서도 일관되게 촉각정보를 제공하는 것을 가능케 하는 방법을 제안한다. 아울러 제안한 표준안을 ISO를 통해 국제 표준안으로 추진하기 위한 활동 및 전략에 관하여 기술한다.

II. 정의

1. 표준의 목표 및 범위

본 표준은 촉각 상호작용이 이루어지는 환경에서 촉각 전달 장치, 촉각 정보를 포함한 가상 환경, 촉각 상호작용 데이터에 관한 메타 데이터 규격을 정의함으로써 ‘일관적이고 호환성 있는 촉각 상호작용’을 가능하게 하는 것을 목표로 한다.

촉각 상호작용 시스템을 구성하여 사용자와 촉각정보를 보내고 받는 과정에서 필요한 촉각 상호작용 데이터는 햅틱 디바이스를 정의하는 부분, 촉각 정보를 포함한 가상 환경을 정의하는 부분, 촉각 상호작용시에 햅틱 디바이스와 환경 사이에서 발생하는 데이터 및 계산법과 관련된 햅틱 렌더링을 정의하는 부분으로 구성된다. 2장에서는 본 표준에서 대상으로 하고 있는 촉각 상호작용 및 관련 용어에 관하여 정의한다. 3장에서는 본 표준에서 대상으로 하고 있는 촉각 상호작용의 구성과 주요 요소에 대해서 설명한다. 4장에서는 3장에서 설명한 주요 요소에

대하여 구체적으로 분류하여 촉각 상호작용 메타데이터 규격을 정의하고, 정의한 규격에 따라 XML을 이용하여 구성한 Schema를 설명한다. 5장에서는 4장에서 정의한 규격을 이용하여 촉각 상호작용 시스템을 구현하여 활용성을 검증하였으며, 아울러 관련 응용분야를 서술하였다. 6장에서는 ISO를 중심으로 진행중인 국제 표준화 진행현황을 설명하고, 본 표준안이 국제 표준으로 반영될 수 있는 전략을 기술한다.

2. 용어 정의

통일된 용어의 사용 및 본 표준안의 일관성 있는 구성을 위해 필요한 촉각 상호작용 시스템의 구성요소들을 다음과 같이 정의한다.

■ 촉각 상호작용(Haptic Interaction)

촉각 정보를 전달하는 역할을 하는 물리적 장치를 조작하여 사용자가 촉각 정보를 갖는 가상 혹은 실제 환경을 체험하는 동안 발생하는 사용자와 환경간의 입출력 및 입출력에 따른 촉각적인 반응을 포함하는 일련의 과정 및 상태. 대표적인 예로는 촉감을 느낄 수 있는 조이스틱이나 데이터 글러브 등을 이용하여 게임 등에서 가상의 물체와 상호작용하는 것을 들 수 있다.

■ 햅틱스(Haptics)

인간의 촉각과 관련된 학문 분야의 총칭. 크게 인간이 촉각을 느끼는 과정을 생리학(Physiology)적으로 연구하는 분야와, 프로그래밍된 규칙에 따라 동작하는 각종 장치나 기구를

이용 인간의 피부나 관절에 물리력을 전달함으로써 가상의 촉각적인 느낌을 재생하는 분야로 나뉜다[5]. 햅틱스는 우리말로 ‘촉각학’으로 표현할 수 있다.

■ 햅틱 디바이스(Haptic Device)

컴퓨터 또는 각종 기기를 사용중인 환경에서 사용자의 피부와 접촉하거나 혹은 사용자가 신체부위를 이용 조종하는 동안 사용자에게 가상의 촉각 정보를 전달하기 위한 물리적 장치. 일반적으로 힘피드백장치와 질감제시장치로 나뉜다. 햅틱 디바이스는 우리말로 ‘촉각장치’라는 용어로 대신할 수 있다.

■ 햅틱 인터페이스(Haptic Interface)

컴퓨터 등 각종 기기의 사용자에게 촉각 정보를 전달하기 위한 물리적 인터페이스 환경. 햅틱 인터페이스는 제어기, 가상의 환경, 촉각 표현 알고리즘, 햅틱 디바이스 등으로 구성되어 사용자가 촉각 상호작용을 체험할 수 있도록 제공되는 구조를 의미하나, 좁은 의미로는 ‘햅틱 디바이스’만을 일컫는 의미로 사용할 수 있다.

■ 햅틱 디스플레이(Haptic Display)

시각 디스플레이(Visual Display)의 의미처럼 촉각을 겹으로 나타낸다는 의미로서 촉각 상호작용 시스템을 이용하여 촉각을 재현하는 일련의 과정. 좁은 의미로는 하드웨어만으로 국한되어 ‘햅틱 디바이스’만을 일컫는다.

■ 힘피드백장치(Force Feedback Device)

힘을 출력하는 장치로서 사용자에게 근감각(Kinesthesia)과 관련된 느낌을 전달하는 것을 목적으로 하는 햅틱 디바이스. 물체의 질량이나 굳고 말랑말랑한 정도, 물체의 외형 등은 사람의 근육과 관절의 움직임에 의해 지각되는 현상이며, 이 과정은 물리적으로는 ‘힘’과 연관되어 있으므로, 위와 같은 촉각 정보를 전달하는 것을 목적으로 만들어진 햅틱 디바이스를 ‘힘피드백장치’라고 부른다. 힘피드백장치는 ‘역감장치’라는 용어로 대신할 수 있으며, 햅틱 디스플레이의 좁은 의미를 활용하여 영어로 ‘Force Feedback Display’로 표현할 수도 있다.

■ 질감제시장치(Tactile Display Device)

피부에 직접적으로 자극을 전달하여 접촉면의 특성을 전달하는 것을 목적으로 만들어진 햅틱 디바이스. 질감제시장치(Tactile Display Device)는 햅틱 디스플레이의 좁은 의미를 활용하여 영어로 ‘Tactile Display’로 표현할 수 있다.

■ 햅틱 렌더링(Haptic Rendering)

촉각상호작용 상황에서 가상의 물체와 햅틱 디바이스 사이에서 사용자에게 전달할 힘을 계산하고 출력하는 과정으로 가상 물체에 접촉했을 때의 반응이 적절히 촉각 정보로 출력될 수 있도록 하는 모델링 및 처리 방법을 포함함. 촉각 특성을 포함한 가상환경이 있을 때 적절한 햅틱 렌더링 기법은 촉각 상호작용의 사실성과 안

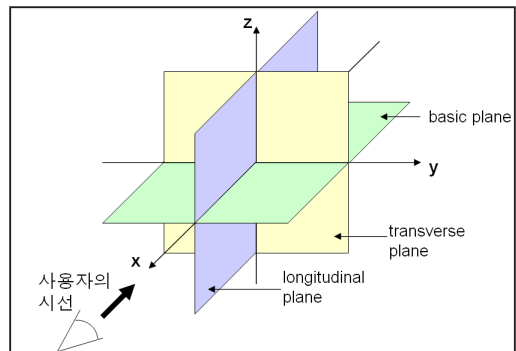
정성을 모두 높일 수 있게 한다.

■ 접촉자(Tactor)

접촉자는 햅틱 디바이스의 구성 요소 중 피부에 직접적으로 물리력을 가하는 부위를 가리키는 말이다. ‘tactor’는 라틴어로 ‘접촉자’라는 의미이며, 핀배열로 이루어진 질감제시장치의 경우 모든 자극원은 각각 접촉자(Tactor)가 된다.

3. 좌표계 정의

본 표준에서는 관찰자(Observer)의 정면에서 바라보았을 때 (그림 1)과 같은 기준 좌표계를 사용한다. 본 기준 좌표계는 ISO1503:2007 국제표준을 따른 데카르트 좌표계(Cartesian Coordinate)이다[11]. 데카르트 좌표계에서 x 축의 방향은 사용자의 시선을 향한 방향이다. 본 표준에서 데카르트좌표계는 z 축은 관찰자의 시선에서 수직방향으로 위쪽을 향하는 오른손 데카르트 좌표계(Right-handed Cartesian Coordinate System)를 채택한다.



(그림 1) 기준 좌표계

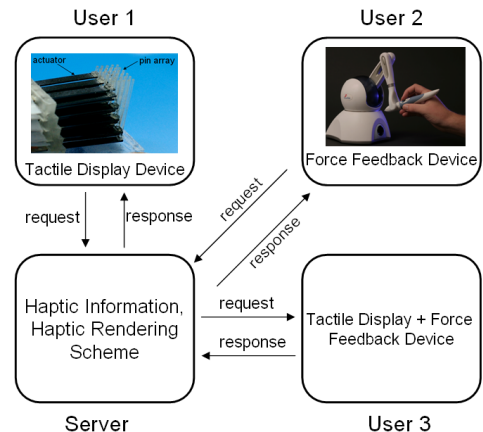
Ⅲ. 촉각 상호작용 구성 요소

1. 촉각 상호작용의 구성

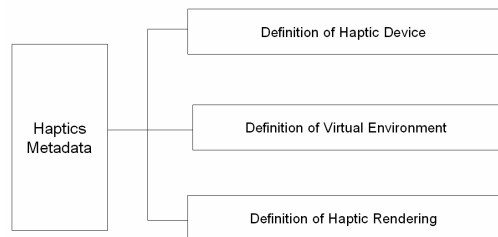
촉각 상호작용 환경은 (그림 2)에 도시한 바와 같이, 외형적으로 볼 때 햅틱 디바이스와 촉각 재현 정보를 포함하고 있는 서버로 이루어진다. 서버는 촉각 정보를 포함하는 가상환경 데이터가 저장되어있는 컴퓨터이며 사용자의 햅틱 디바이스의 조작에 전달되어온 데이터를 받아서 가상 환경과의 상호작용에 적합한 햅틱 렌더링 과정을 통해 햅틱 디바이스로 적절한 출력값을 보내는 역할을 한다. 이때 햅틱 디바이스는 통신망을 통하여 서버와 연결되거나 혹은 직접적으로 데이터 케이블을 이용하여 연결되어 있을 수 있다. 하나의 서버에 다수의 다양한 햅틱 디바이스가 연결될 수도 있으며, 여러 개가 동시에 연결될 경우에도 통신망을 통하여 연결될 수도 있으며 직접 데이터 케이블로 연결하는 것도 가능하다.

원활한 촉각 상호작용 데이터 구조를 만들기 위해 (그림 3)과 같이 촉각 상호작용 메타데이터는 크게 3개의 영역으로 분류되어 정의될 수 있다. 동일한 촉각 상호작용 환경이라 할지라도 햅틱 디바이스의 구조나 성능에 따라 출력데이터가 달라질 수 있으므로 디바이스의 특성이 통일된 규칙에 의하여 정의될 필요가 있다. 촉각 상호작용 체험이 가능한 가상환경도 통일된 규칙으로 정의할 수 있다. 이는 촉각 체험 환경을 개발하는 개발자가 가상의 그래픽 데이터와 함께 촉각 체험을 위한 물리적 특성을 포함한 가상환

경을 통일된 규칙으로 구성할 수 있게 한다. 이는 구성된 가상의 촉각 상호작용 환경의 호환성 보장하게 된다. 디바이스의 특성이 정의되고 촉각 체험 환경데이터가 구성되었다 하더라도, 사용자가 디바이스를 조작하는 동안 발생하는 이동하는 데이터를 처리하고 사용자의 조작에 적합한 촉각 출력이 계산되어야 한다. 본 표준에서는 햅틱 렌더링 과정 또한 통일된 방법으로 처리하는 메타 데이터 규칙을 정의한다.



(그림 2) 촉각 상호작용의 개념도

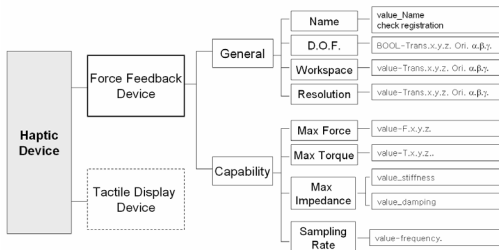


(그림 3) 촉각 상호작용 요소의 대분류

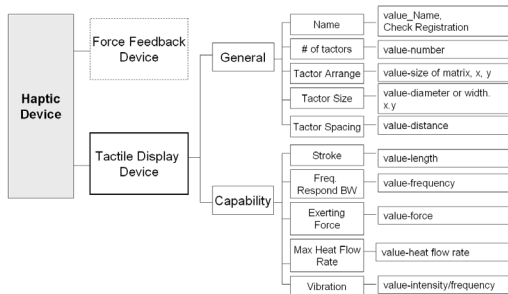
2. 햅틱 디바이스

촉각 상호작용 데이터의 첫 번째 요소는 햅

틱 디바이스를 정의하는 영역으로, 여기에 해당하는 값들은 하드웨어의 일반적인 구조와 성능을 정의하여 서버에 알려주는 부분으로 사용자가 서버에 접속하기 전에 미리 정의되어야 하는 값들이다. (그림 4)와 같이 ‘햅틱 디바이스’는 힘과 관련된 성분을 물리적으로 재현하여 사용자에게 전달하는 ‘힘피드백 장치’와 촉각과 관련된 성분의 물리적 특성을 사용자의 피부를 통해 전달하는 것을 목적으로 하는 ‘질감제시장치’로 나눌 수 있다. 힘피드백장치는 일반적으로 관절구조를 이용한 메커니즘으로 이루어져있으며, 물리적으로 힘과 토크를 재현한다. (그림 4)에서는 힘피드백장치를 정의하는 주요 요소들과 각 요소들이 어떤 값으로 정의되는지 표시하였다.



(그림 4) 힘피드백 장치 정의 요소

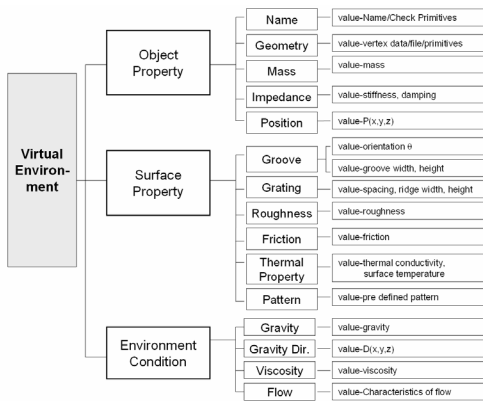


(그림 5) 질감제시장치 정의 요소

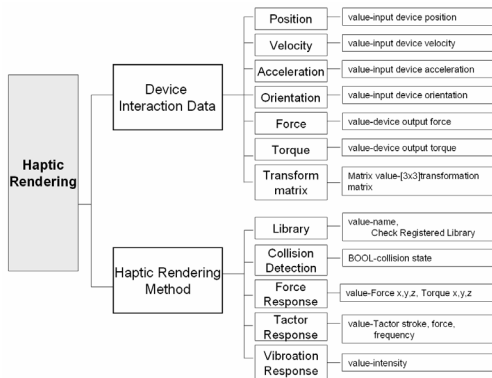
(그림 5)는 햅틱디바이스의 또 다른 한 종류인 질감제시장치의 정의에 관한 것이다. 질감제시장치(Tactile Display)는 (그림 5)에서 보여지는 것처럼 일반적으로 핀배열(Pin-array)를 기본으로 정의하였으며, 냉온감 및 진동을 재현하는 부분은 별도로 추가할 수 있으므로 option으로 정의된다. 이렇게 정의된 값들은 서버로 전달되어 서버의 가상환경의 특성이 계산되어 실제 값으로 변환될 때 변환 행렬에 참조 값으로 사용된다.

3. 가상환경

(그림 6)은 촉각 정보를 포함하는 가상 환경을 규정하기 위한 값들을 분류한 것이다. 이 값들은 가상 물체 및 환경의 물리적 특성을 햅틱 디바이스를 통해 표현할 수 있도록 분류되었다. (그림 6)에 도시된 바와 같이 가상의 물체는 그 자체로 모양과 질량 및 점탄성(점성과 탄성을 동시에 갖는 성질)을 가지며, 결이나 거칠기 등과 같은 표현 성질을 가질 수 있다. 물체의 형상이나 특성이 그래픽 라이브러리 등으로 정의될 수 있는 경우 primitive의 이름과 라이브러리명을 이용하여 가상 환경내의 물체를 정의할 수 있다. 또한 가상의 환경자체에 중력이 존재하거나 물속과 같은 유체 속의 환경으로 표현될 수도 있다. (그림 6)에 분류된 데이터는 4장에서 촉각 상호작용 메타데이터로 정의되어 일관되고 호환성 있는 촉각체험용 가상 환경을 모델링하는 방법을 제공하게 된다.



(그림 6) 촉각 상호작용을 위한 가상환경 정의

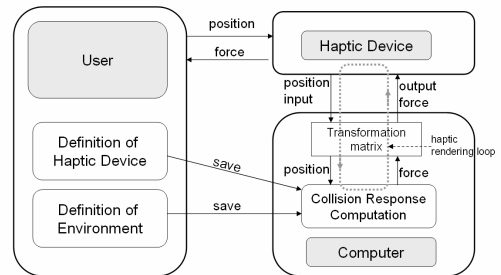


(그림 7) 촉각 상호작용을 위한 햅틱 렌더링 요소

4. 햅틱 렌더링

(그림 7)은 촉각 상호작용을 하는 동안 계산되어야 하는 실질적인 출력 값인 힘(Force)이나 토크(Torque)를 결정하는 부분에 관한 정의이다. 충돌감지(Collision Detection)을 통해 Interaction이 일어나고 있다고 판단되면 (그림 6)에서 정의된 물리적 특성을 활용하여 충돌 반응(Collision Response)을 출력하고 이 값들이 변환행렬(Transformation Matrix)를 거쳐 좌표 변환이나 스케일링이 일어나면서 햅틱 디바이스로 전달되게 된다. 또한 햅틱 렌더링 방법이 정의되어있는 라이브러리를 사용할 경우에는 직접 라이브러리를 입력할 수 있도록 메타데이터를 구성한다.

이므로 전달되게 된다. 또한 햅틱 렌더링 방법이 정의되어있는 라이브러리를 사용할 경우에는 직접 라이브러리를 입력할 수 있도록 메타데이터를 구성한다.



(그림 8) 촉각 상호작용 모델

5. 촉각 상호작용 모델

(그림 8)은 전체 촉각 상호작용 모델을 보여준다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 사용자는 맨 먼저 접속을 한 후 햅틱 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. 다음단계는 Interaction이 이루어지게 되는 단계로 햅틱 렌더링 영역에 해당한다. 지속적으로 반복되는 루프안에서 사용자가 움직이는 햅틱 인터페이스의 위치나 각도정보가 적절한 좌표 및 스케일로 변환시켜주는 변환행렬을 거쳐 Collision Detection과 Collision Response가 반복되는 루프로 전달된다. Collision Response는 정의된 환경의 물리적 특성으로부터 계산되며, 적절한

하게 계산되는 출력값은 힘 또는 토크 값으로서 변환행렬을 거쳐 사용자가 직접 접촉하고 있는 햅틱 디바이스로 전달되어 물리적으로 표현되게 된다.

IV. 촉각 상호작용 메타데이터 규격

1. 표준 규격의 개요

3장에서 정의한 구조를 바탕으로 <표 1>과 같이 Standard Templates들을 정의할 수 있으며, <표 2>에서는 Standard Template을 위한 데이터 형태(Data Type)를 정의한다.

<표 1> Standard Templates

Classification	ID	Name of Templates
Haptic Device	1	Force Feedback Device
	2	Tactile Display Device
Virtual Environment	11	Object Property
	12	Surface Property
	13	Environment Condition
Haptic Rendering	21	Device Interaction Data
	22	Haptic Rendering Computation

<표 2> Data Types in Metadata Templates

Data Type	Description
Integer	Integer
BOOL	TRUE/FALSE boolean value
Float	Float
String	A set of consecutive characters
File	Load a data file
Library	Load a library
Enumeration	References a defined enumerated data type defined in a template
TBD	To be determined

‘optional’로 표기하는 변수는 반드시 정의할 필요가 없는 변수로서, 별도의 정의가 없는 경

우 촉각 상호작용시에도 고려해야 할 변수로 다루지 않는다. 이외의 모든 변수는 정의되어야 하며 정의되지 않을 경우 default 값을 따른다.

2. 햅틱 디바이스

■ Template 1: Force Feedback Device Template

<표 3>은 (그림 4)에서 정의한 햅틱 디바이스에서 햅피드백장치의 각 요소들의 특성을 정의하는 부분이다. Template 1의 데이터들은 실질적인 Haptic Interaction이 시작되기 전에 사용하는 하드웨어 장치의 특성을 정의하기 위하여 사용된다.

<표 3> Force Feedback Device Template (ID = 1)

Select	속성 변수	정의	데이터 형태	단위	Note/Default
	TEMPLATE	Template ID	Integer (value=1)	—	—
	%Name	Name of Device	String	—	NULL
	%DOF	Degree of freedom	Enumeration: (BOOL) Tx Ty Tz Rx Ry Rz	—	—
	%Workspace	Handle workspace: translation distance, rotation angle	Enumeration: (float) Tx Ty Tz Rx Ry Rz	T: mm R: deg.	—
	%Resolution	Resolution of translational position and rotational angle	Enumeration: (float) Rp Ra	Rp: mm Ra: deg.	—
	%Force_max	Maximum continuous force	Float	N	5.0
	%Torque_max	Maximum continuous torque	Float	Nm	Optional
	%Impe_max	Maximum achievable impedance (stiffness and damping coefficients)	Enumeration: K B (float)	K: N/m B: Ns/m	Optional
	%SampleRate	The frequency of control loop update	Integer	Hz	Optional

속성 변수	설명
Name	사용하는 Force Feedback Device의 이름을 정의한다. 기존에 개발된 장치 정보를 가지고 있는 경우 장치의 이름만으로 햅틱 디바이스의 정의 요소가 자동으로 불러질 수 있게 한다.
DOF	사용하는 ForceFeedback Device의 자유도를 정의하는 변수로서, 모두 6개의 Boolean값을 받는다. x, y, z 축방향 움직임(Translational Motion)과 각축을 중심으로 하는 회전 움직임(Rotation motion)의 가능 여부를 나타낸다.

Workspace	사용하는 Force Feedback Device의 동작 범위를 정의하는 변수로서, 모두 6개의 float값을 받는다. x, y, z 축방향 움직임(Translation motion)과 각축을 중심으로 하는 회전 움직임(Rotational Motion)의 운동 범위(Range of Motion)를 나타낸다.
Resolution	사용하는 Force Feedback Device의 위치 및 각도 분해능을 정의하는 변수로서, 모두 2개의 float값을 받는다. 위치에 대한 분해능(Position Resolution), 각도에 대한 분해능(Angle Resolution)을 나타낸다.
Force_max	사용하는 Force Feedback Device가 연속적이며 안정적으로 발생시킬 수 있는 출력의 최대 힘값을 나타내는 변수이다. Device Definition 부분에 Force_max값을 정의하지 않았을 경우 ISO9241-920 7.3항에 의거 최대 값은 5.0으로 제한한다.
Torque_max	사용하는 Force Feedback Device가 연속적이며 안정적으로 발생시킬 수 있는 출력의 최대 토크값을 나타내는 변수이다.
Impe_max	사용하는 Force Feedback Device가 연속적이며 안정적으로 발생시킬 수 있는 최대 임피던스(Impedance)를 나타내는 변수로서 2개의 float값을 받는다. 최대 탄성계수(Maximum Stiffness/Spring Constant)와 최대 점성계수(Maximum Viscosity / Damping Coefficient)를 나타낸다.
SampleRate	사용하는 Force Feedback Device가 입력 신호를 받고 출력을 내보내는 제어 루프(Control Loop)의 반복 주파수를 나타내는 변수이다.

■ Template 2: Tactile Display Device Template

〈표 4〉는 햅틱디바이스 중에서 질감제시장치의 각 요소들의 특성을 정의하는 부분이다. Template 2의 데이터들은 실질적인 촉각 상호작용이 시작되기 전에 사용하는 하드웨어 장치의 특성을 정의하기 위하여 사용된다. 질감제시장치는 (그림 5)에 도시한 바와 같이 여러 개의 접촉자(Tactor)들로 구성되어있는 점을 기반으로 하여 특성을 정의하였다. 햅틱 디바이스가 힘피드백장치와 질감제시장치가 결합된 형태일 경우에도, Template 1과 Template2를 각각 따라서 햅틱디바이스를 정의하는 것이 가능하다

〈표 4〉 Tactile Display Device Template (ID = 2)

Select	속성 변수	정의	데이터 형태	단위	Note/Default
-	TEMPLATE	Template ID	Integer (value=2)	-	-
-	%Name	Name of Device	String	-	NULL
-	%Tactor_Amount	Number of tactors(pins)	Integer	-	-
-	%Tactor_Arrange	Arrangement of tactors in the form of matrix size (# of rows, # of columns)	Enumeration: x y (Integer)	-	-

-	%Tactor_Spacing	Distance between center to center of pins	Float	mm	-
Select Case - Selects Shape of Tactor			Select Case		
Case 0	%Tactor_Size	Diameter of circular cross-section of a tactor	Float	mm	-
Case 1	%Tactor_Size	Size of rectangular cross-section of a tactor, (width, height)	Enumeration: x y (Float)	mm	-
-	%Stroke	Maximum normal displacement of a tactor	Float	mm	-
-	%Freq_BW	Frequency bandwidth of response	Integer	Hz	optional
-	%Exerting_Force	A constant thrusting force of a tactor against the skin	Float	N	-
-	%Force_max	Maximum thrusting force of a tactor	Float	N	-
-	%Heatflow_max	Maximum heat flow rate of a tactile display (positive, negative)	Enumeration: QP QN (Float)	cal/sec	optional
Select Case - Selects Type of Vibrator			Select Case		
Case 0	%Vibration	Maximum vibrational amplitude and frequency of a tactor (amp, freq)	Enumeration: A F (Float)	A: mm F: Hz	optional
Case 1	%Vibration	Achievable Range of Vibration Intensity Levels (min:0, max:5)	Integer	-	optional

속성 변수	설명
%Name	사용하는 Tactile Display Device의 이름을 정의한다.
Tactor_Amount	Tactile display를 이루는 주요 요소인 피부 접촉부는 여러 개의 접촉자(Tactor)로 이루어진다. 이 Tactor는 피부에 직접 자극을 가하는 역할을 하는데 핀들을 통한 직접적인 물리적 변형 혹은 진동, 공압(air jet) 자극을 통한 변형 압력이나 흡입력, 정전기력 등 다양한 자극 방법이 사용될 수 있다. Tactor_amount는 이 Tactor들의 수량을 정의한다.
Tactor_Arrange	접촉자(Tactor)가 어떤 보드로 배열되는지는 행렬(Matrix) 형태로 표현하는 변수로서, 행렬의 행의수와 열의 수로 표현한다.
Tactor_Spacing	접촉자(Tactor)의 밀도를 결정하기 위한 변수로서, 접촉자(Tactor)의 중심과 이웃 자극자의 중심사이의 거리를 표시한다.
Tactor_Size	접촉자(Tactor)의 피부표면과 평행한 수평 단면의 모양에 따른 크기를 정의하기 위한 변수로서, 접촉자가 원형 핀이나 튜브등의 모양일 경우(Case 0)에는 단면의 "지름" 값을 이용하여 정의하며, 직사각형의 형태일 경우(Case 1)에는 직사각형의 가로축의 길이와 세로축의 길이를 이용하여 정의한다.
Stroke	Tactor가 수직 운동하면서 피부를 직접 자극하는 형태인 경우 수직방향으로 움직일 수 있는 최대 거리를 정의하는 변수이다.
Freq_BW	Tactor에서 발생하는 물리적 자극의 주파수 반응(Frequency Response)에 관한 것으로 낮은 주파수에서의 기대 값에 대해 성능이 약 70%이하로 떨어지게 되는 주파수 범위를 일컫는다.
Exerting_Force	Tactile Display의 Tactor가 피부등에 자극을 가할 때 Tactor 자체가 밀려나지 않고 지탱할 수 있는 최대 힘의 크기인 Exerting Force를 저장하는 변수이다. 이 값은 일부 구동기(Actuator) 혹은 자극 구조(mechanism)에서는 반드시 다루어져야 하는 값이다.

Force_max	Tactor가 피부에 자극을 가할 수 있는 힘의 최대크기를 정의하기 위한 변수이다. 이 값은 대부분의 경우 Exerting Force와 같은 값으로 제한되나, exerting force를 별도로 정의할 수 없는 경우의 구동기 환경 혹은 매커니즘의 경우 별도의 값으로 maximum thrusting force가 결정된다. 이 값은 공압을 통해서 빨아들이는 원리(suction)를 이용하는 tactile display의 경우에는 음수 값으로 정의될 수 있다.
Heatflow_max	Tactile Display가 냉온감을 생성하는 기능을 하는 경우 열전달률(Heat Flow Rate)을 정의하기 위한 변수이다. 일반적으로 흡열과 발열시의 각각의 경우에 따라 열전달 속도가 달라지게 되므로, 피부와의 접촉면을 기준으로 피부에 열을 전달하는 발열 전달률을 양의 값으로, 피부로부터 열을 앗아가는 흡열 전달률을 음의 값으로 정의한다.
Vibration	Tactor가 진동을 통해서 자극을 전달할 경우에 tactor가 발생시킬 수 있는 최대의 진동값을 정의하기 위한 변수이다. 진동의 주요 요소인 진폭과 주파수라는 두개의 변수에 의해서 결정되는데, tactor가 편의 모양일 경우에는 Stroke와 Freq_BW에 의해서 결정되겠지만, tactor의 구동기가 진동기(Vibrator)인 경우에는 구별 가능한 강도 단계 수로 정의(0~5단계)한다.

3. 가상환경

■ Template 11: Object Property Template

Template 11, Template 12, Template 13은 촉감을 느낄 수 있는 가상 환경을 정의하는 역할을 하는 것으로서, 가상 환경을 개발하거나 가상 환경 정보를 데이터로 전송할 때 규격에 관한 정의이다. Template 11은 (그림 6)에서 정의한 촉감을 느낄 수 있는 환경을 정의하는 정보 중에서 물체 자체의 특성을 정의하는 부분이다. <표 5>에 표시된 바와 같이 만질 수 있는 물체(Object)의 형상과 물리적 특성을 정의 한다.

<표 5> Object Property Template (ID = 11)

Select	속성 변수	정의	데이터 형태	단위	Note/Default
	TEMPLATE	Template ID	Integer (value=11)	—	—
Select Case – Selects Object Type			Select Case		
Case 0	%Name	Name of an object	String	—	NULL
Case 1	%Name	Name of a predefined object primitive and library	Enumeration : primitive library (string)	—	—
Select Case – Selects Geometry Data Type			Select Case		

Case 0	%Geometry	3D surface vertex data of an object {(x1,y1,z1), (x2,y2,z2), ...}	Enumeration : ax ay az bx by bz ... (float)	—	—
Case 1	%Geometry	3D surface vertex data file of an object	File, TBD	—	—
Case 2	%Geometry	Tagging code to define primitive	Predefined rule	—	—
—	%Mass	Mass of an object	Float	gram	optional
—	%Impedance	Viscoelastic property of an object (stiffness, damping coefficient)	Enumeration : K B (float)	K: N/m B: Ns/m	0 0
—	%Position	Reference position of an object in an environment coordinate	Enumeration : x y z (float)	—	0 0 0

속성 변수	설명
Name	체험 환경내의 하나의 물체(object)의 이름을 정의하는 부분이다. 만약 물체의 형상이 Open GL library등과 같이 이미 primitive의 형태로 정의가 되어있는 경우에는 primitive명과 library명을 정의하여 대체한다. 이 경우에는 아래의 geometry를 별도로 정의 하지 않으나 기존의 library 정의에 따른 scaling과 orientation을 고려하여야 한다.
Geometry	물체 표면의 기하학적 구조를 정의하는 변수로서, 물체(Object)의 3차원 데이터를 직접 입력하거나(CASE 0), 기존의 파일에 저장되어있는 내용을 읽어 들여서 3차원 데이터 전송 및 불러오는 일을 할 수 있게 한다(Case1). Case1의 경우 기존에 geometry를 이용하여 사용하고 있는 다양한 방식들을 수용할 수 있도록 변형하는 것을 고려할 수 있다. 혹은 OpenGL등의 library에 정의된 primitive를 이용하여 정의할 수 있다(Case 2).
Mass	하나의 물체의 질량을 정의하는 변수이다.
Impedance	가상의 물체의 기계적인 임피던스를 정의하는 변수로서, 임피던스의 주요 요소인 탄성계수(stiffness, spring constant)와 점성계수(viscosity, damping coefficient)로 이루어진다. 이 수치들은 물체의 표면에서부터 물체의 내부로 변형이 일어날 때 적용된다.
Position	체험 공간내에서 정의된 물체의 상대적 기준 위치를 결정하기 위한 변수이다. Position에 의하여 어느 위치에 물체가 위치하게 될지 결정하기 위해서 Position위치로 물체의 기준점(이동할 수 있도록 한다. 물체위치의 기준점은 물체(object)의 AABB(Axis Aligned Bounding Box) 중심 점으로 한다.

■ Template 12: Surface Property Template

Template 12는 (그림 6)에서 정의한 촉감을 느낄 수 있는 환경을 정의하는 정보 중에서 물체의 표면의 특성을 정의하는 부분이다. <표 6>에 표시된 바와 같이 만질 수 있는 물체(Object)의 표면(Surface) 특성을 정의 한다.

<표 6> Surface Property Template (ID = 12)

Select	속성 변수	정의	데이터 형태	단위	Note/Default
	TEMPLATE	Template ID	Integer (value=12)	—	—

-	%Groove	Surface groove's orientation, width and height	Enumeration : ori w h (float)	ori: degree(" ") w,h: mm	optional
-	%Grating	Surface gratings composed of spacing, ridge width and ridge height	Enumeration : d w h (float)	mm	optional
-	%Roughness	Roughness value or level based on psychophysical experiment	Float	-	optional
-	%Friction	Surface friction coefficient	Float	-	optional
-	%Thermal	Thermal conductivity(TC) and surface temperature(T) of an object	Enumeration: TC T (float)	TC: W/mK T: K	optional
-	%Pattern	Patterns on the surface	TBD	-	optional
-	%Area	The applying area of desired texture	TBD	-	optional

속성 변수	설명
Groove	그림자리그림자리물결 무늬와 같은 표면의 규칙적이고 미세한 결 무늬 (Groove)를 정의하기 위한 변수로서, 결이 균일한 방향과 간격으로 분포한다고 가정할 경우 결의 기울어진 방향(Orientation), 결의 폭(Groove Width) 및 결의 돌출높이(Groove Height)로 구성되어 정의된다.
Grating	그림자리그림자리물체의 표면의 격자(Grating) 무늬를 정의하기 위한 변수로서, 격자가 균일한 방향과 간격으로 분포한다고 가정할 경우 격자간의 간격(Spacing), 돌출부위의 폭(Ridge Width) 및 돌출부위의 높이(Ridge Height)로 구성되어 정의된다.
Roughness	표면 거칠기를 정의하는 변수이다. 물체 표면의 거칠기(Perceived Roughness)는 사람이 느끼는 오소이므로 물리적으로 정의된 거칠기와 동일한 수치일 수는 없다. 그러므로 정신 물리학적 연구에 근거하여 정의하여야만 하는데 2000 grit 사포 정도에서 느껴지는 거칠기를 1, 24 grit 사포 정도에서 느껴지는 거칠기를 7로 정의 한 후 정신 물리학적 실험결과를 통해 단계적으로 분류한다.
Friction	표면의 마찰계수(Friction Coefficient)는 정지 마찰계수(μ_s)와 운동 마찰계수(μ_k)가 존재한다. 정지 마찰계수는 최대 정지 마찰력(Static Friction Force)을 결정하는 요소이며, 운동 마찰계수는 표면위를 움직이는 동안의 운동 마찰력에 영향을 미친다. 본 규격에서는 운동마찰계수만을 정의하며 값의 범위는 0~1 사이이다. 운동 마찰력은 운동마찰계수와 수직항력(Normal Force)의 곱으로 계산된다.
Thermal	표면의 냉온감 특성에 관한 것으로 물체의 표면 온도와 열전도도(Thermal Conductivity)를 정의하는 변수이다. 같은 표면 온도인 경우 thermal conductivity의 차이는 열전달률 차이를 일으켜 물질의 차이를 느끼게 한다.
Pattern & Area	인위로 생성한 패턴이나 생성된 texture의 적용 영역에 관하여서도 고려하여야 한다. 이 부분에 대한 규격이 추가적으로 정의 되어야 한다.

■ Template 13: Environment Condition Template

Template 13은 (그림 6)에서 정의한 촉감을 느낄 수 있는 환경을 정의하는 정보 중에서 체험 환경 자체에 존재하는 물리적 특성을 정의하는 부분이다. <표 7>에 표시된 바와 같이 중력이나 수중 환경 같은 환경 조건을 정의한다.

<표 7> Environment Condition Template (ID=13)

Select	속성 변수	정의	데이터 형태	단위	Note/Default
	TEMPLATE	Template ID	Integer (value=13)	-	-
-	%Gravity	Gravity of an environment, g	Float	m/s ²	optional
-	%GravityDir	Direction of gravitational force	Enumeration : x y z (float)	-	optional
-	%Viscosity	Viscosity of an environment	Float	Ns/m	optional
-	%Flow	The velocity of air or water flow in an environment	TBD	-	optional

속성 변수	설명
Gravity	체험 환경이 중력이 작용하는 환경인 경우 중력 가속도(Gravity Acceleration)를 설정해주기 위한 변수이다. 질량이 있는 물체가 받는 중력의 크기는 물체의 질량과 중력가속도의 곱으로 표현된다.
GravityDir	체험 환경이 중력이 작용하는 환경인 경우 중력 가속도(Gravity Acceleration)의 방향을 설정해주기 위한 변수이다. 0~1범위를 갖는 3개의 x, y, z방향의 벡터로 표현된다. 중력의 방향은 중력 가속도의 방향과 일치한다.
Viscosity	체험 환경이 점성이 있는 액체내부의 환경일 경우 액체의 점성 계수(Viscosity)를 정의하기 위한 변수이다. 예를 들어 수중작업의 경우 환경을 이루고 있는 주요 물질인 물의 점성 특성을 고려하여야만 한다.
Flow	체험 환경이 바람이 불고 있거나 혹은 흐르고 있는 물속인 경우 등에서는 내부 유체의 흐름에 의해서 나타나는 현상이 Haptic Interaction Environment에 반영될 수 있다.

4. 햅틱 렌더링

■ Template 21: Device Interaction Data

햅틱 렌더링이란 가상의 환경에 접촉했을 때 사용자가 햅틱 인터페이스를 통해 촉각적으로 체험할 수 있도록 인터랙션 과정의 적절한 물리적 반응 값을 계산하는 일련의 과정을 일컫는다. Template 21은 (그림 7)에서 분류된 바와 같이 햅틱 렌더링의 요소 중 실제로 햅틱 인터페이스 디바이스의 입출력 데이터를 정의한다.

<표 8> Device Interaction Data Template (ID=21)

Select	속성 변수	정의	데이터 형태	단위	Note/Default
	TEMPLATE	Template ID	Integer (value=21)	-	-
-	%Position_in	Position information of device handle	Enumeration : x y z ... (float)	mm	0 0
-	%Velocity_in	Velocity information of device handle	Enumeration : vx vy vz (float)	m/sec	Optional

—	%Acceleration	Acceleration information of device handle	Enumeration : ax ay az (float)	mm/s	Optional
—	%Orientation	Orientation information of device handle	Enumeration : Ax Ay Az (float)	radian	Optional
	%Force_out	Output force at device handle	Enumeration : Fx Fy Fz (float)	N	0 0 0
	%Torque_out	Output torque at device handle	Enumeration : Tx Ty Tz (float)	Nm	Optional
	%Transformation	3x3 Transformation matrix for scaling and coordinate rotation	Enumeration : xx xy xz yx yy yz zx zy zz (float)	—	1 0 0 0 1 0 0 0 1

속성 변수	설명
Position_in	사용자가 햅틱 인터페이스를 조작하는 동안 햅틱 인터페이스의 손잡이(handle) 부분의 위치정보를 저장하는 변수이다. 이 값은 서버 혹은 컴퓨터에 구축되어있는 체험환경으로 전달되게 된다.
Velocity_in	사용자가 햅틱 인터페이스를 조작하는 동안 사용자가 햅틱 인터페이스의 손잡이(handle) 부분의 속도정보를 저장하는 변수이다. 이 값은 서버 혹은 컴퓨터에 구축되어있는 체험환경으로 전달되게 된다.
Acceleration	사용자가 햅틱 인터페이스를 조작하는 동안 사용자가 햅틱 인터페이스의 손잡이(handle) 부분의 가속도정보를 저장하는 변수이다. 이 값은 서버 혹은 컴퓨터에 구축되어있는 체험환경으로 전달되게 된다.
Orientation	사용자가 햅틱 인터페이스를 조작하는 동안 햅틱 인터페이스의 손잡이(handle) 부분의 각도정보를 저장하는 변수이다. 이 값은 서버 혹은 컴퓨터에 구축되어있는 체험환경으로 전달되게 된다.
Force_out	햅틱인터페이스의 손잡이 부분에서 발생하는 힘 값을 나타내는 변수이다. 이 값은 햅틱 렌더링 영역에서 계산된 Force_cal값이 Transformation matrix를 거쳐 적절하게 변환되어 물리적으로 표현되게 된다.
Torque_out	햅틱인터페이스의 손잡이 부분에서 발생하는 토크 값을 나타내는 변수이다. 이 값은 햅틱 렌더링 영역에서 계산된 Force_cal값이 Transformation matrix를 거쳐 적절하게 변환되어 물리적으로 표현되게 된다.
Transformation	실제 사용하는 물리적 장치인 햅틱인터페이스의 위치와 속도, 반력 등은 가상현실 공간에서는 값이 비례적으로 줄어들거나 커질 수 있으며, 좌표계 또한 적절하게 변환될 필요가 있다. 이 역할을 하는 것이 Transformation matrix T이다. 디바이스에서 체험환경으로 전달되는 경우 모든 변수는 T 행렬을 통해 변환되며, 체험환경에서 계산된 값은 T-1 을 거쳐 실제 디바이스로 전달되게 된다.

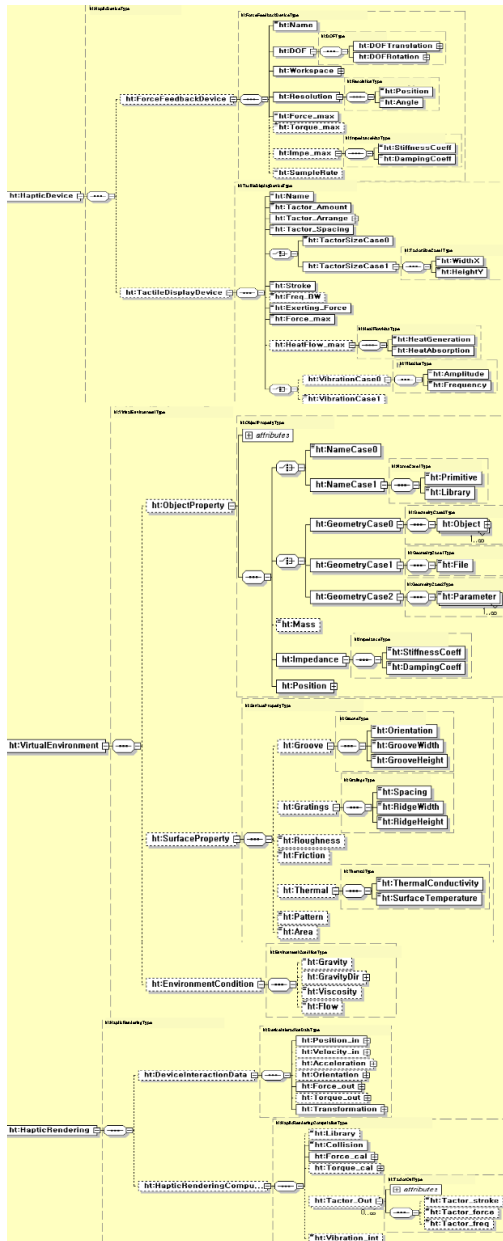
Tactor_Out (Tactor_stroke, Tactor_force, Tactor_freq)		Enumeration : (S1 F1 t1), (S2 F2 t2), (S3 F3 t1),... (float)		
%Tactor_stroke	Computed stroke of tactors, size of array is same as number of tactors	Float	mm	optional
%Tactor_force	Computed thrusting force of tactors	Float	N	optional
%Tactor_freq	Computed frequency of tactors	Float	Hz	optional
%Vibration_int	Achievable Range of Vibration Intensity Levels (min:0, max:5)	Integer	—	optional

속성 변수	설명
Library	체험 환경을 처리하는 부분 (서버 혹은 PC)에서 햅틱스 라이브러리를 입력 받는 변수이다. 기존에 상용화되어있는 library의 이름을 입력하여 처리할 수 있게 한다. 사용자가 임의로 이름을 정할 경우 특별한 library없이 직접 collision response를 계산하는 알고리즘을 코딩한다.
Collision	사용하고 있는 햅틱 인터페이스의 좌표를 받아서 움직이는 체험공간 속의 대리자가 물체와 부딪혔는지를 판단하는 역할을 하는 변수이다.
Force_cal	Collision response는 물체에 부딪힌 후에 각종 물리적 반응 성분을 계산하는 것으로 Force Feedback Device에는 force와 Torque를, Tactile Display에는 Tactor의 변화 값을 결정한다. Force_cal은 이중 물체와의 접촉후 발생하는 반발력, 마찰력, 중력, 저항력등 모든 관련힘을 고려한 대표 값이다.
Torque_cal	Collision response의 성분 중 하나로 Force Feedback Device에 전달해야 하는 Torque를 대표하는 변수이다.
Tactor_Out	개별 핀 마다 움직임 거리, 출력힘, 동작 주파수에 관한 값을 필요로 하므로, Tactor_Out을 통하여 개별 핀마다의 특성을 정의한다. 한번 정의될때마다Tactor_Stroke, Tactor_force, Tactor_freq를 순서대로 정의할 수 있다. Tactor_stroke, Tactor_force, Tactor_freq 값들은 optional로서 선택적으로 정의될 수 있다. Tactor의 숫자만큼 정의되어 나열되어야 하는데, 각 Tactor에 매겨지는 번호는 좌측상단의 Tactor에서 시작하여 같은 행내에서 오른쪽으로 번호를 부여하고, 한 행에 모두 번호를 부여하고 나면 행을 바꿔서 왼쪽에 있는 Tactor부터 번호를 부여한다. 동작을 원하는 Tactor의 ID 번호를 부여하여 개별 Tactor를 선택적으로 동작하게 할 수 있다. 활용예) <Tactor_Out ID = "1"> <Tactor_stroke> 1.0 </Tactor_stroke> <Tactor_force> 1.5 </Tactor_force> <Tactor_freq> 5 </Tactor_freq> </Tactor_Out> <Tactor_Out ID = "2"> <Tactor_stroke> 1.1 </Tactor_stroke> <Tactor_force> 0.0 </Tactor_force> <Tactor_freq> 0 </Tactor_freq> </Tactor_Out>
Tactor_stroke	계산되는 Collision response의 성분 중 하나로 핀과 같이 수직방향 운동이 가능한 요소로 이루어진 Tactile Display로 보내야 하는 개별 Tactor의 수직방향 변위 값이다.
Tactor_force	계산되는 Collision response의 성분 중 하나로 Tactile Display로 보내야 하는 개별 Tactor에서 발생시키는 힘의 값이다.
Tactor_freq	계산되는 Collision response의 성분 중 하나로 Tactile Display로 보내야 하는 개별 Tactor의 출력 주파수이다. 단, 이 값이 0일 경우 Tactor가 Tactor_stroke만큼 움직인 후에 제자리에 멈추는 static한 동작을 하도록 한다.
Vibration_int	Tactor의 구동기가 진동기(Vibrator)인 경우, 진동 강도 단계 수(단계 0~5)를 이용하여 물체의 진동 특성이나 표면의 거칠기 등을 표현한다.

■ Template 22: Haptic Rendering Method

〈표 9〉 Haptic Rendering Computation Template

Select	속성 변수	정의	데이터 형태	단위	Note/Default
	TEMPLATE	Template ID	Integer (value=22)	—	—
—	%Library	Name of haptics library	String	—	optional
—	%Collision	Judgment of collision detection	BOOL	—	FALSE
—	%Force_cal	Computed interacting force	Enumeration : Fx Fy Fz (float)	N	0 0 0
—	%Torque_cal	Computed interacting torque	Enumeration : Tx Ty Tz (float)	Nm	optional



(그림 9) 촉각 상호작용 메타데이터 HapticML 구조

햅틱 렌더링이란 가상의 환경에 접촉했을 때 사용자가 햅틱 인터페이스를 통해 촉각적으로

체험할 수 있도록 인터랙션 과정의 적절한 물리적 반응값을 계산하는 일련의 과정을 일컫는다. Template 22는 (그림 7)에서 분류된바와 같이 햅틱렌더링의 요소 중 서버 혹은 로컬 컴퓨터에서 계산되어 햅틱 인터페이스로 전달되어야 하는 데이터를 정의한다.

5. 촉각 상호작용 데이터 스키마

3장과 4장에서 설명한 촉각상호작용 메타데이터 규격을 기반으로 하여 XML(Extensible Markup Language)을 이용한 스키마를 작성하였다.(그림 9)

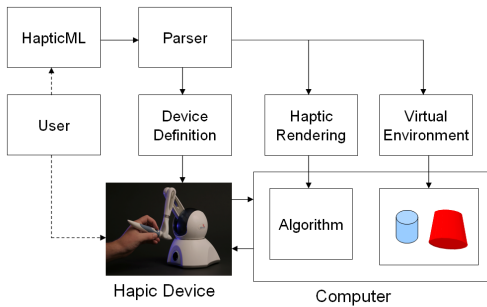
V. 햅틱 메타데이터 표준의 효과

1. 활용성 검증

본 논문에서 제안한 촉각상호작용 메타데이터의 활용성 검증을 위한 실험을 수행하였다. 개발된 HapticML을 활용하여 촉각 상호작용 체험을 하게되는 과정은 (그림 10)과 같다.

사용자는 먼저 HapticML을 이용하여 햅틱 디바이스, 햅틱렌더링, 가상환경을 정의한다. 이때 햅틱디바이스가 이미 알려진 장치라면 미리 정의된 파일만 공유하면 될 것이다. 가상환경 및 햅틱 렌더링 역시 다른 사람이 개발한 결과를 xml 파일의 형태로 쉽게 정의 및 공유할 수 있다. HapticML 파서는 입력된 xml 파일로부터 체험환경을 구축할 수 있도록 구문 분석을 통해 주요 변수들의 값을 결정짓는다. 사용자는 약속된 이름으로 임혀진 변수들을 처리하는 프

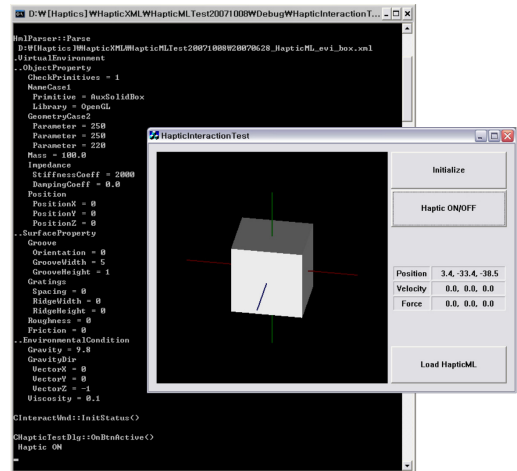
로그래밍과 컴퓨터에 햅틱디바이스를 연결시키는 것만으로 촉각 체험환경을 구축할 수 있게 된다. 이때 햅틱 디바이스와 컴퓨터의 형태는 그림과 같이 별도로 분리되어있는 큰 구조일 수도 있으나 모바일기기와 같이 일체형일 수도 있다.



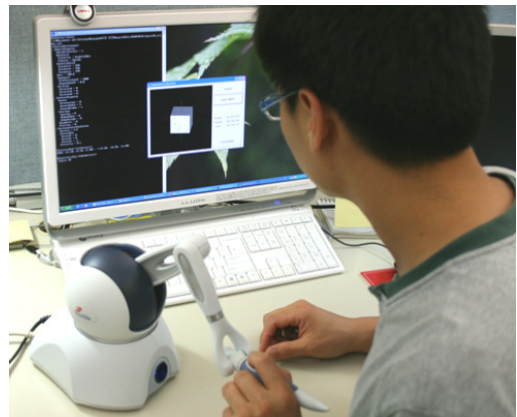
(그림 10) HapticML의 활용

(그림 11)은 HapticML을 이용하여 촉각체험환경을 구현할 사례를 보여준다. 콘솔창으로 보여지는 속성들은 각 템플릿으로 정의되는 HapticML을 구문 분석하여 얻어진 값들이며, 이를 통해 촉각체험환경을 구축하여 렌더링하고 있는 것을 보여준다. 본 구현에서는 SensAble사의 PHANToM omni를 햅틱디바이스로 사용하였으며, Device Definition용 xml과 가상환경을 정의하는 xml을 별도의 파일로 정의하였다. 촉각 상호작용 데이터를 정의하는 부분은 햅틱 디바이스의 Position을 입력하는 부분과 Force를 출력하는 부분만 처리하였다. 컴파일러는 Visual C++ 6.0을 사용하였으며, HapticML 구문 분석을 위한 파서는 오픈소스로 제공되는 Xerces C++ Parser를 기반으로 개발하였다[12]. 가상환경 속에서 정의되는 각

객체는 햅틱 렌더링에 중점을 두고 관련된 주요 변수들만을 정의하여 사용하였다. (그림12)의 사진은 HapticML을 이용하여 사용자가 촉각체험을 하고 있는 모습이다.



(그림 11) HapticML을 활용한 촉각체험환경 구현예



(그림 12) HapticML을 활용한 촉각체험 모습

본 활용성 검증 실험에서 사용자는 무리없이 촉각 체험을 할 수 있었으며, 본 개발을 통해 정의된 XML 파일들은 같은 장치를 이용하는 체험환경, 혹은 장치는 다르지만 체험환경은 같은

곳에 활용될 수 있는 장점이 있다.

〈표 10〉에서는 본 논문에서 제안하는 촉각상호작용 메타데이터를 이용하였을 경우에 얻어지는 효과에 관하여 정리하였다. 표준의 특성상 정량적인 비교는 어려우나 현재 연구 개발 방법과 비교하여 제안한 표준으로 인한 효과를 정리하였다. 촉각 상호작용 메타데이터는 일관적인 규칙을 지키는 개발을 가능하게 하므로 하드웨어, 소프트웨어, 알고리즘을 모두 다루어야 하는 촉각 체험환경을 다양한 사람이 다양한 환경에서 보다 용이하게 개발 할 수 있게 한다.

〈표 10〉 촉각 상호작용 메타데이터의 효과

	기존	HapticML
Device 연결	새로운 장치 연결할 때마다 장치 속성 프로그래밍	장치정의 파일을 공유함으로써 해결
Device 호환성	특성이 다른 장치들을 동시 사용 시 특성을 고려한 coding이 매우 복잡함	장치정의 파일만 읽음으로 해결
복합형 디바이스	복잡한 코딩을 요구	부분별 특성을 고려한 파일 정의 가능
체험 환경	타인이 코딩한 프로그래밍 환경에서만 동작	프로그래밍 환경에 관계없이 동작
체험 프로그램	개발시 사용된 장치 및 개발환경에서만 사용가능	개발 환경 및 장치에 관계없이 공유가능
개발용 소스파일	분석하여 공유하는 것이 어려움	핵심부분만 공유하는 것이 가능

2. 응용 분야

본 연구에서 제안한 촉각 상호작용 메타데이터는 햅틱스 기술을 활용하는 다양한 분야에 적용될 수 있다. 특히 관련 분야가 성장할수록 제안한 메타데이터와 같은 규칙을 필연적으로 요구하게 될 것이다.

■ 차세대 컴퓨터용 HCI 인터페이스

현재 시장에서는 이미 노트북이 소형화되어 이동형컴퓨터의 개념이 등장하고 있다. 또

한 PDA와 휴대폰의 경계선은 허물어져가고 있으며 개인휴대기기의 기능은 컴퓨터에 못지않게 발전되어 가고 있다. 또한 전원과 배선기술, FPCB(Flexible PCB), 소형칩설계 기술 등은 입는 컴퓨터(Wearable PC)의 시대가 도래 할 것임을 예고하고 있다. 이러한 차세대 컴퓨터에 햅틱스 기술은 촉각 피드백을 통한 명령어 확인 및 제어, 각종 실감 게임, 내비게이션, 각종 메시징 및 의사 전달, 시각장애인을 위한 모바일기기 등에 적용되어 갈 것이다. 특히 최근과 같이 버튼의 수가 줄어들고 터치스크린으로 대체되는 추세에서는 화면상에서의 실제 버튼을 누르는 듯한 촉각적 느낌이 터치스크린의 활용성을 크게 증대시켜줄 것이다.

그러나 차세대 컴퓨터에서 구현되는 촉각적 느낌의 표현 프로그래밍 방법이 컴퓨터마다 다르고 회사마다 다르다면 제품의 개발자는 큰 어려움을 겪고 말 것이다. 본 연구에서 제안하는 촉각 상호작용 메타데이터는 실제 프로세서 동작을 위한 코드는 다르다 할지라도 촉각을 모델링하는 코드는 동일하게 함으로서 개발자의 결과를 다양한 모델에 쉽게 적용할 수 있게 할 것이다.

■ 체험형 시뮬레이터(Interactive Simulator)

햅틱스 기술의 탄생과 함께 연구자들이 가장 관심을 많이 가진 분야는 단연 체험형 시뮬레이터였다. 촉감을 느낄 수 있는 게임, 반력을 느낄 수 있는 자동차나 비행기 시뮬레이터, 가상의 환자를 수술하거나 촉진(Palpation)해보는 의료

용 시뮬레이터, 각종 물리적 특성을 임의로 변경할 수 있는 환자용 재활훈련기기 등에 햅틱스 기술을 적용하려는 연구가 지속되어왔다.

그러나 체험형 시뮬레이터의 실감있는 모델링 알고리즘을 개발하였다 하더라도 다른 개발 환경이나 체험 환경에서는 동작할 수 없다면, 또는 하드웨어를 약간만 변경하여도 그때마다 직접 코딩을 해야 한다면 상용화되고 널리 보급되는 데는 상당한 장애요소가 아닐 수 없다. 그러나 본 논문에서 제안하는 표준을 사용한다면 제품의 보다 간편한 유지보수를 가능하게 함으로써 시장 형성을 돕고, 손쉽게 다양한 제품을 개발하는 데 크게 기여하게 될 것이다.

■ 네트워크기반 상호작용

햅틱스 기술이 본격화되면 시각/청각만을 느끼던 전달 정보의 개념이 크게 변화될 것이다. 특히 촉감의 전달은 원거리 환경 혹은 가상 환경의 사실성을 크게 증대시킬 수 있으므로 네트워크기반의 환경에서 영향력을 발휘하게 될 것이다. 눈으로만 보던 온라인 쇼핑물은 물건을 만져보고 살 수 있는 시대가 될 것이며, 실제 유물을 만져볼 수 있는 온라인 박물관도 체험할 수 있을 것이다. 또한 문자를 기반으로 하는 메신저 환경은 서로 약속을 하고 어깨를 두드리는 등 촉감을 통한 감정의 전달까지 가능한 상호작용형 메신저를 제공하게 될 것이다.

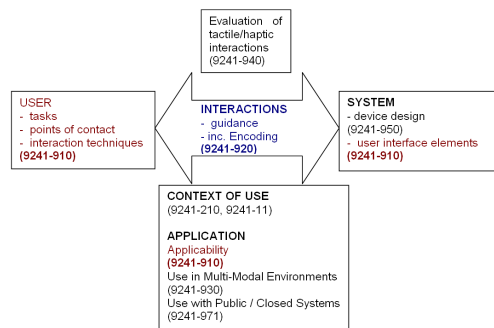
그러나 원격지 사용자들이 모두 같은 햅틱 디바이스나 같은 체험 시스템을 공유하고 있다고 단정할 수 없으므로, 촉각 상호작용 메타데이터

와 같은 표준은 사용자들이 서로 다른 장치나 시스템을 가지고도 일관성 있는 촉각 체험이 가능하도록 할 것이다.

Ⅶ. 국제 표준화 추진 전략

1. ISO의 국제 표준화 동향

2005년 10월 영국, 네덜란드, 스웨덴, 일본, 호주, 독일 등 6개국은 촉각 상호작용 표준화를 위해 국제표준화기구(ISO) 산하의 ‘TC159/SC4/WG9 Haptic and Tactile Interaction’을 발족시켰다[4]. 해당 워킹 그룹은 (그림 13)과 같이 촉각 상호작용 전반을 다루는 ISO 9241-900 시리즈를 개발하는 것을 목표로 하고 있으며, 현재는 10개국 이상이 참여중이다.



(그림 13) ISO/TC159/SC4/WG9 표준 개발 계획

(그림 13)에서 설명된 바와 같이 9241-910은 촉각 상호작용의 주요 요소 및 Framework을, 9241-920은 촉각 상호작용시에 지켜져야 하는 기본 가이드라인을, 9241-930은 촉각 및 다른 감각이 동시에 개입하는 환경에 관한 표준

을, 9241-940은 촉각 상호작용 시스템의 평가 방법을, 9241-950은 햅틱디바이스의 디자인가이드를, 9241-971은 실제 공공생활에서 사용되는 촉각 체험 시스템을 다루는 표준안이다. 그리고 현재 9241-920 문서에 관한 기본 작업이 완료되었으며, 9241-910은 초안이 개발 중에 있다. 본 표준안 들은 기존에 정의 되어있는 각종 입력수단에 관한 표준 ISO 9241-400[8], 멀티미디어의 정의에 관한 표준 ISO 14915-2[9], 다양한 감각을 이용하는 접근성(Accessibility)에 관한 ISO TS 16071을 참조로 하되[10], 기존 표준에서 다루지 않는 촉각 상호작용의 영역을 중심으로 개발된다.

한국은 2006년 10월 3차 회의에 처음으로 참여하였으며, 2007년부터는 본 논문의 주저자가 한국대표자격으로 ISO/TC159/SC4 및 ISO/TC159/SC4/WG9의 정식 멤버로 활동하고 있다.

■ ISO 9241-920

본 문서는 촉각 상호작용을 체험할 수 있는 시스템을 개발할 때 필요한 참조문서이다[6]. 사람의 촉각적 능력을 배려하고 안전을 확보하기 위한 주요 수치 및 유의 사항을 정의 하고 있다. 본 문서는 2007년 10월 현재 DIS¹⁾ 단계에 있다.

■ ISO 9241-910

본 문서는 2007년에 NWIP로 제출된 문서로서 현재 WD단계에 있다[7]. 9241-910은 향후 다루어질 모든 표준안에 관한 Framework로서 관련된 모든 용어를 정의하고, 향후 다루어질 모든 분야에 관하여 필요성과 개발 방향을 정의한다. 그러므로 본 표준안은 가장 기본이 되는 표준안이 될 것이며, 2007년 9월말에 개최된 5차 회의에서 각국의 의견 조율을 통해 최소한의 방향을 협의하였다. 그리고 본 표준안의 구체적인 내용을 작성할 편집위원(Editor)을 선정하였는데 본 논문의 주저자가 영국, 독일 대표와 함께 공동 편집위원으로 선정되었다.

2. 국제 표준화 전략

(그림 13)에 도시한바와 같이 ISO/TC159/SC4/ WG9 워킹그룹의 9241-900 시리즈 표준안 개발은 매우 장기적인 계획이며, 현재는 주요 골격을 완성해 가는 단계에 있다. 그러나 본 논문에서 제안하는 표준안은 촉각 상호작용의 주요 요소를 정의할 뿐 아니라, 실질적인 촉각 상호작용 데이터의 구체적인 포맷을 결정하고 메타데이터화하여 촉각 체험환경에 적용코자 하는 것이므로 장기적인 노력을 필요로 한다. 그러므로 본 논문에서 제안한 방법을 ISO를 통해 국제 표준화 하기 위하여 (그림 14)와 같은 전략을 세울 수 있다.

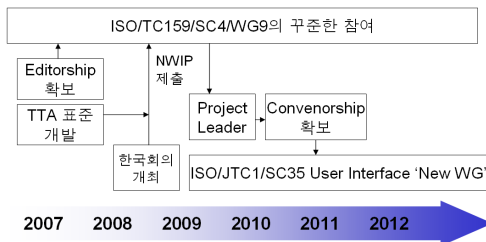
우선 현재 ISO에서 Editorship을 확보한 것

1) ISO 표준안은 일반적으로 다음과 같은 5 단계를 거쳐서 국제 표준이 된다. NWIP(New Work Item Proposal) → WD(Working Draft) → CD(Committee Draft) → DIS(Draft International Standard) → FDIS(Final Draft International Standard)

을 최대한 적극적으로 활용하여 본 논문의 2장과 3장에서 다루고 있는 ‘정의’와 ‘분류’를 ISO 9241-910에 적극 반영할 수 있으며, 실제로 제 5차 회의에서 일부 반영되었으며 현재 문서 작업에도 반영 중에 있다.

그리고 본 논문 전체에서 다루는 촉각 상호작용 메타데이터는 한국정보통신기술협회(TTA) 산하 PG415를 통하여 국내 단체표준화한다. 그리고 국내 표준을 국제 표준화 할 수 있는 방법으로 접근한다.

2007년 WG9의 제 5차 회의에서 얻은 새로운 성과는 2009년 제8차 회의를 한국에서 개최하기로 한 것이다. 2009년 즈음이면 ISO 9241-910 문서가 마무리 단계에 들어가고 계획되어있는 구체적인 기술 표준을 개발하기 시작하게 될 것이다. 본 논문의 저자와 한국의 연구진들은 한국의 회의에 맞춰서 촉각상호작용메타데이터 개발에 관한 NWIP(New Work Item Proposal)를 제출할 수 있을 것이다. 그리고 한국에서 Project Leader가 되어 표준안 개발을 주도적으로 할 수 있는 계기를 만들 수 있다.



(그림 14) ISO 국제 표준화 전략

아울러 TC 159는 인간공학의 측면에서의 접근이 주인데 반해, 촉각 상호작용은 사용자 인터페이스 관점에서 접근될 가능성이 높다는 점을 연두에 두고, 사용자 인터페이스 관련 표준에 관한 분야인 ISO/JTC1/SC35 산하에 새로운 워킹 그룹을 만드는 방법으로 접근할 수도 있다. 특히 본 논문의 촉각상호작용메타데이터는 TC159 보다 JTC1에서 다루어지는 것이 더 적절하다고 판단되므로, 한국에서 제출하게될 NWIP를 ISO/JTC1/SC35에서 다룰 수 있도록 노력할 수 있다. 특히 TC159/SC4와 JTC1/SC35는 상호 공동 작업이 많이 이루어지므로 본 저자와 국내 연구진의 노력에 따라 새로운 워킹 그룹을 만들어 Convenorship을 획득하는 전략을 추진할 수도 있다. 이렇게 될 경우 본 논문의 결과 뿐 아니라 국내 기업과 연구진의 표준이 용이하게 반영될 수 있는 기틀을 마련하게 될 것이다.

VII. 결 론

본 논문에서는 촉각 상호작용 시스템의 구성요소를 체계적으로 분류하고, 일관성있는 촉각 상호작용 시스템의 구성을 위한 촉각 상호작용 메타데이터를 제안하였다.

촉각 상호작용 기술에 관하여 국내외 표준안이 마련되어있지 않고 개념도 혼돈되게 쓰이고 있는 실정을 감안하여 관련 표준 용어를 명확하게 정의하였으며, 촉각 상호작용이 디바이스, 가상환경, 햅틱렌더링으로 구분되는 특징을 갖

는 점에서 착안하여 이를 요소별로 분류하였다. 그리고 사용자들이 다른 햅틱디바이스, 다른 개발 도구를 가지고도 기존에 개발한 촉각 시스템을 지속적으로 체험할 수 있도록 촉각 상호작용 메타데이터를 정의하였다.

정의된 촉각 상호작용 메타데이터는 XML을 이용하여 Schema로 표현되었으며, 촉각 체험 환경을 실제로 개발하여 관련 메타데이터를 활용한 결과 기능적으로 기존의 촉각 체험환경과 동일하게 동작함을 확인하였다. 그리고 메타데이터를 활용함으로 인해 얻게 될 예상 효과를 분석하였다.

본 표준안은 현재 차세대 PC 표준화 포럼을 거쳐 TTA 표준안으로 상정되어 수정 및 승인 절차를 밟고 있으며, 본 표준안의 일부는 ISO/WD 9241-910에 반영되었다. 그리고 본 논문의 주저자는 관련 국제표준을 개발하고 있는 ISO/TC159/SC4/WG9에 소속되어 편집위원으로 활동함으로써 9241-910 표준에 본 논문의 표준안 내용을 지속적으로 반영해 갈 것이며, 아울러 2009년에 한국에서 개최될 회의에 대비 한국의 입지 확보를 위해 새로운 Proposal을 제출할 계획이다.

Acknowledgment

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 IT신성장동력핵심기술개발사업[2006-S-032, 퍼스널 Life Log 기반 지능형 서비스 기술개발]의 일환으로 수행되었습니다.

» 참고문헌

- [1] Forbes, 10 Things That Will nge The Way We Live, http://www.forbes.com/2006/02/16/cx_cd_0217_featslide_print.html
- [2] Montfort, N., From PlayStation to PC, Technology Review, MIT, Vol. 105, pp.68-73, 2002.
- [3] 햅틱 인터페이스 특허 동향, 정보통신기술 정책 및 산업 주간기술동향, Vol. 1218, pp.51-56, 2005.
- [4] Van Erp, J., Andrew, I. and Carter, J., "ISO' s Work on Tactile and Haptic Interaction Guidelines," Eurohaptic2006, 2006.
- [5] Srinivasan, M.A. and Basdogan, C., "Haptics in virtual environments: taxonomy, research status and challenges," Comp. Graphics, Vol.21, pp.393-404, 2001.
- [6] ISO DIS 9241-920, Ergonomics of human-system interaction - Guidance on tactile and haptic interactions, ISO, 2007.
- [7] ISO WD 9241-910, Ergonomics of human-system interaction - Part 910: Framework for tactile and haptic interaction, ISO, 2007.
- [8] ISO CD 9241-400, Ergonomics of human-system interaction - Physical input devices - Part 400: Guiding principles, introduction and general design requirements, ISO, 2005.
- [9] ISO 14915-2, Software ergonomics for multimedia user interfaces - Part 2: Multimedia navigation and control, ISO, 2003.
- [10] ISO TS 16071, Ergonomics of human-

system interaction – Guidance on accessibility for human computer interfaces, ISO, 2002.

- [11] ISO 1503:2007, Geometrical orientation and directions of movements, ISO, 2007.
- [12] <http://xerces.apache.org/xerces-c/>
- [13] Zhou, J., Shen, X., Shakra, I., Saddik, A.E. and Georganas, N. D., "XML-based Representation of Haptic Information," In Proceedings of the fourth IEEE International Workshop on Haptic Virtual Environments and their Applications (HAVE2005), pp. 116 – 120, 2005.

>> 저자소개



경 기 욱(Ki-Uk Kyung)

· Email: kyungku@etri.re.kr
· Tel: +82-42-860-1703
· Fax: +82-42-860-5545

- 1999.2: KAIST 기계공학 학사
- 2001.2: KAIST 기계공학 석사
- 2004.3 ~ 2004.11: MIT, RLE, Visiting Student
- 2006.2: KAIST 기계공학 박사
- 2006.5 ~ 현재: 한국전자통신연구원 선임연구원
- 2007.4 ~ 현재: ISO/TC159/SC4 전문위원
- 주관심분야: 인간-컴퓨터/로봇 상호작용, 촉각학(Haptics), Multi-modal Interface, 인간공학



이 준 영(Jun-Young Lee)

· Email: dozob@etri.re.kr
· Tel: +82-42-860-6444
· Fax: +82-42-860-5545

- 2003.8: 강원대학교 컴퓨터(멀티미디어)공학 학사
- 2005.8: 강원대학교 통신멀티미디어공학 석사
- 2005.9 ~ 현재: 한국전자통신연구원 차세대PC 연구그룹 연구원
- 주관심분야: HCI, Haptics, Haptic and Audio Intraction



이 용 희(Yong-Hee Lee)

· Email: lyhcool@etri.re.kr
· Tel: +82-42-860-6783
· Fax: +82-42-860-5545

- 2002.2: 충남대학교 컴퓨터과학과 학사
- 2004.2: 충남대학교 컴퓨터과학과 석사
- 2004.3 ~ 현재: 한국전자통신연구원 차세대PC 연구그룹 연구원
- 주관심분야: XML Data Management, Intelligent User Interface, Human Computer Interaction