

컴퓨터게임과 시뮬레이션 시스템에서의 햅틱인터페이스 지원 방식 비교

손욱호, 배희정, 장병태
한국전자통신연구원, 가상현실연구부

Comparison of Haptic Interface Support between Computer Games and Simulation Systems

Wookho Son, Hee Jung Bae, Byungtae Jang
ETRI, Virtual Reality Department

요 약

근래 들어, 컴퓨터게임을 통한 엔터테인먼트 산업이 증대되고 있는 바, 사용자에게 몰입감 및 실재감을 향상시키기 위하여 체감효과를 사용하는 게임에 대한 관심이 고조되고 있다. 특히, 체감효과를 실현하기 위한 하나의 기술인 햅틱인터페이스가 컴퓨터 게임에서 시도되고 있으며, PC게임 분야에서는 어느 정도의 표준화가 이루어진 상태이다. 그 동안은, 가상현실 또는 시뮬레이션 환경에서의 촉각 인식을 위한 햅틱인터페이스에 대한 연구가 국내외 학계를 중심으로 많이 진행되고 왔으며, 최근에는 이러한 기술을 컴퓨터 게임 등의 엔터테인먼트 분야에 접목 시키려는 시도가 이루어지고 있다. 본 논문에서는, 컴퓨터 게임과 가상 시뮬레이션 시스템 상에서의 햅틱인터페이스 지원 방식의 상호 비교를 통해, 햅틱인터페이스 기술 개발의 동향을 파악하며 향후 기술 발전 전망을 살펴보고자 한다.

1. 서론

햅틱이라는 용어는 원래 <만지다>라는 의미의 그리스어 'haptesthai'에서 유래된 말로써, '촉각의' 또는 '촉각에 관한'이라는 사전적 의미를 지닌다. 일반적으로, 햅틱인터페이스는 호스트 컴퓨터에 연결된 햅틱 장치라는 하드웨어의 지원 하에, 가상 세계에서 물체를 접촉할 때의 촉감을 사용자에게 전달하는 새로운 형태의 인터페이스를 일컫는다.

그 동안은, 가상현실 환경에서의 몰입감 증대를 위해서 시각적 및 청각적 효과를 위한 기구 및 특수효과 기술들이 집중 개발되어 왔다. 이러한 두 감각이 만들어내는 몰입감이 전체의 90%

이상을 차지해 왔기 때문이다. 근래에는, 가상현실에서 사용자에게 대한 새로운 차원의 현실감과 몰입도를 더욱 높이기 위해, 역감 및 촉감을 통하여 가상 환경을 체감적으로 인지하고 느낄 수 있도록 하는 새로운 기술이 적용되고 있다. 이러한 목적으로 햅틱 인터페이스(Haptic Interface)가 이용되고 있는데, 인간과 컴퓨터 상호작용(HCI: Human Computer Interaction) 시스템에서 사람에게 시각과 청각이외의 제 3의 인터페이스가 되어 촉각 정보의 전달을 가능하게 하는 기술로, 1990년대 이후 로보틱스 분야의 연구실을 중심으로 세계적으로 활발히 연구되어오고 있다. 햅틱 정보의 전달은 볼 수 있는 공간 뿐만 아니라 만질 수 있는 공간(Tangible Space)을 제공함으로써 기존의 가상현실에 실재감을 증대 시킬

수 있게 할 수 있으며, 각종 게임과 의료용 시뮬레이터, 인터넷 쇼핑 등 적용되어 활용될 가능성이 높아지면서 촉각에 대한 연구가 국내·외에서 활발하게 이루어지고 있다.

햅틱인터페이스에 관한 연구는, 그 동안 국내·외 학계를 통해서 진행되어 왔으며, 대부분 가상 시뮬레이션 환경에서의 촉각 실현 연구에 집중되어 왔다.[1] 실제로, 의료분야 및 원전처리 등을 중심으로 가상현실 환경에서의 응용을 주류를 이루어왔다. 특히, 의학 분야에서의 촉각의 사용은 의사에게는 다양한 수술실습의 효과를 제공하여 실제 수술 시 정확성을 기할 수 있는 훈련 도구로서의 역할을 수행할 수 있게 하며[2], 원전 등과 같은 위험한 환경에서, 핵 폐기물 처리 등의 대리적인 간접 처리를 통해 인간이 지닌 한계성을 극복할 수 있게 해 준다.

근래에는, 엔터테인먼트 산업이 증대되고 가정용 PC 보급이 확대됨에 따라, 컴퓨터 게임이 일반인들에게도 손쉽게 접할 수 있는 엔터테인먼트 중 하나로 보급되고 있다. 이에, 보다 실감나는 몰입형 게임을 제공하기 위하여, 기존의 시각에 의존하는 3차원 그래픽 및 특수효과를 벗어나 게임 플레이어에게 체감적 효과를 통하여 현실감 및 몰입감을 부여하는 방법에 대한 관심이 고조되고 있다. 따라서, 햅틱인터페이스 기술이 최근에는, 컴퓨터 게임에서의 촉각(haptic) 또는 반력감(force-feedback)을 통하여 현실감을 전달하기 위한 방법의 일환으로 응용 개발되고 있다.

실제에 있어서, 가상 시뮬레이션 환경에 적용되는 햅틱인터페이스 기술은, 컴퓨터게임에 적용되는 햅틱인터페이스인 Force-Feedback 자원 방식과는 목적 및 개념에서 큰 차이점을 보이고 있다.

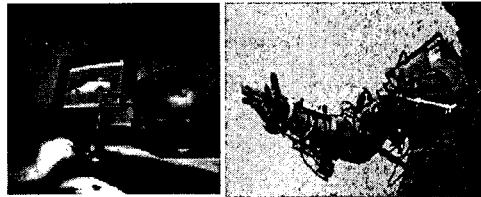
본 논문에서는, 크게 가상현실 시뮬레이션 시스템과 컴퓨터게임 등의 엔터테인먼트 분야에서의 햅틱인터페이스 지원 방식으로 구분되는 두 가지 기술 개발을 상호 비교함으로써, 현재의 햅틱인터페이스 기술 개발의 동향을 파악하고 또한 이를 바탕으로 향후 기술 발전 전망을 살펴보고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 시뮬레이션 환경 및 컴퓨터게임에서의 각 햅틱인터페이스 지원 방식을 2장에서 소개 하고, 3장에서는 이러한 두 가지의 햅틱인터페이스 지원 방식을 기술적으로 비교한다. 다음으로, 결론과 향후의 햅틱인터페이스 지원 기술의 발전 전망을 5장에서 제시한다.

2. 햅틱인터페이스 지원 기술

2.1 가상 시뮬레이션에서의 햅틱인터페이스 지원

일반적으로 햅틱인터페이스는 가상현실 또는 시뮬레이션 환경에서의 촉각 실현을 말하는 것으로, 촉각(햅틱) 기구는 일반적으로 미세한 반력감 즉 극초단의 진동효과(1kHz이상)로 나타낼 수 있는 촉각을 재현하는 햅틱 하드웨어 장치이며, 주로 손가락의 촉각을 시뮬레이션하는 장비가 일반적이다. 대표적인 햅틱 장치가 그림 1 (좌)에서 본인 PHANTOM 인데[1], 이 같이 강축을 느끼게 하는 미세한 진동을 생성해 내는 기구는 아직은 고가의 장비이며, 현재 가상현실에서 시각을 보조해 3차원 물체를 촉각으로 감지하기 위한 사용자 인터페이스의 하드웨어 매개체로 사용된다.



[그림 1] 햅틱 장치 (좌로부터: Sensable Technology 사의 PHANTOM, KIST의 햅틱마스터)

이러한 새로운 차원의 사용자 인터페이스는 가상현실 상에서 다른 물체에 가려진 물체를 더듬는 것에 사용하거나 촉안으로는 구분이 어려운 물체 표면의 속성(마찰성 및 탄성도) 등을 표현하는데 아주 유용하게 사용될 수 있다.[2][3] 그러므로, 햅틱에 의한 사용자 인터페이스는 시각장애자를 위한 응용 소프트웨어 개발에 큰 유용성을 가지고 있다. 이러한 의미에서의 햅틱인터페이스급, 그래픽 렌더링에 대응하는 표현으로 햅틱렌더링이라고 하기도 한다.

반력 (Force Feedback) 기구는, 촉각에 비하여 상대적으로 거친 감각을 일으키는 장치를 가리킨다. 어원에서 내포되듯 미세한 진동과는 다르게 사용자의 입력에 해당되는 일정부분이 확대 또는 축소 및 왜곡되어 피드백되어 나타나게 할 수 있는 장치이다 따라서, 그림 2 (우)에서 보인 견착식 역감기구 같은 경우는 인력의 중폭이 필요한 원격조정이나 장애자의 의료재활 기구로도 사용될 수 있다.[4]

지금까지는 주로, 가상 시뮬레이션 환경에서의 촉각의 구현을 위해 사용되고 있다. 예를 들면 가상 의료 수술 등을 통한 의학 훈련용 시뮬레이션에서, 중앙이나 피부 조직등에 대한 미세한 강축을 통한 수술기술 습득을 가능하게 함으로써 기술의 정확성과 성공률을 높이거나 기술 시간 및 비용 단축, 혹은 원격수술 등을 목

적으로 한다.[1]

2.2 컴퓨터게임에서의 햅틱인터페이스 지원

3차원 컴퓨터게임에서의 햅틱인터페이스는 PC 게임 및 아케이드 형태의 보급형으로 사용되기 위해서 연구용도의 고가의 장비보다는, 상대적으로 거친 역감을 제공하지만 촉각 효과 재현 방법이 훨씬 단순한 게임용의 특별한 반력기구 (Force-Feedback Device)가 이용되고 있다.

이를 응용한 Force-Feedback 게임컨트롤러는, 미국의 Immersion사에서 개발된 특별한 구조의 게임용 반력기구 (Force-Feedback Device)를 이용하여 반력효과의 재생을 통하여 촉감이 구현되는 방법이 거의 표준화 되어 통용되고 있다.^[10] 실제로, Immersion사와 Microsoft 사가 PC게임에서 햅틱인터페이스의 표준화된 스피크 마련을 위해 공동 작업을 하였으며, 이는 DirectX의 컴포넌트 중 DirectInput에 그대로 반영되어 있다. 즉, Immersion 스피크의 게임 컨트롤러는 모두 DirectX와 호환성이 있으며, 특히 기술로 상업화 된 이 기술은, 실제로는 Immersion사가 1997년에 같은 미국의 Cybernet사를 인수하면서 기 개발된 CyberImpact라는 기술을 계승 발전시킨 것이다. Immersion 호환의 게임용 햅틱 장치는, 현재 Microsoft 사, Logitech 사, Gravis사, Saitek사, ThrusterMaster 사 등 20여 개의 게임컨트롤러 제작 회사에서 상용화 시켜 보급하고 있다.

미국의 Immersion 사가 개발 하여 컴퓨터 게임에서 사용되는 표준화된 햅틱 인터페이스 장치는 그림3에서와 같은 구조를 가지며, 반력감을 생성할 수 있는 모듈과 PC와의 인터페이스를 이루는 부분으로 이루어져 있다.

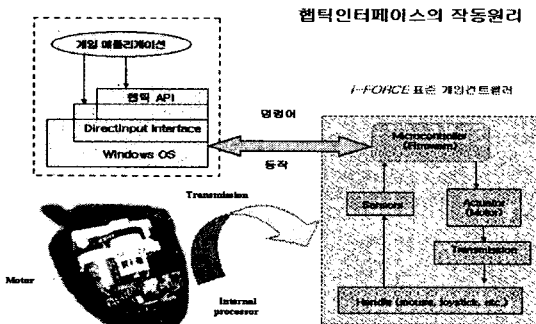


그림 3. PC용 햅틱 인터페이스 장치

이러한 구조를 지원하는 하드웨어 및 소프트웨어 구현 방법을 I-FORCE 기술이라고 부르기도 한다.

상기에서 제시된 반력 장치를 사용한 컴퓨터 게임에서의 햅틱 인터페이스 지원 방식은 반력효과 (Force-Feedback Effect)의 재생 (Playback) 방식에 의존하고 있다. 이는 Microsoft 사에서 제공하는 응용프로그램 개발 tool인DirectX 중, 사용자 입력장치를 지원하는 컴포넌트인 DirectInput COM에서 인터페이스 형태로 제공되는 기능이며, 기본적으로 반력감 효과를 온라인 및 오프라인 상으로 생성하여 반력게임기의 메모리에 저장한 후 재생하는 기능을 함수호출 방식으로 지원한다. DirectInput에서 제공되는 반력효과 생성 및 재생 과정에 대한 매커니즘은 DirectInput의 사용자 설명서에 잘 나타나 있다.[6]

게임에서의 실제감은 시각 청각 그리고 촉각 등의 사용자 인터페이스에 대한 실시간 처리가 보장되어야 가능하다. 특히, 게임 진행 중에 처리되는 촉각 효과는, 게임 진행상황에서 발생할 수 있는 다양한 충돌 상황에 적절하게 대응되도록 처리하는 것이 중요하다. 게임상에서 고려될 수 있는 충돌상황은 아래와 같은 경우를 들 수 있다.

- 자동차 경주에서 차량 간 및 벽면과의 충돌, 그리고 도로면의 굴곡에 따른 충격
- 격투기 게임에서의 주익 지르기 및 발차기의 타격에 따른 충격
- 사격 게임에서의 총기 발사 시의 진동 및 충격에 따른 충격 효과

이러한 충돌에 대한 반력효과를 게이머에게 실시간으로 전달하는데 있어서, 그림4에서 제시된 반력효과의 생성 및 재생과정은 현재 통용되고 있는 I-FORCE 반력장치의 구조를 고려한 최적의 방법이라고 할 수 있다.

실제로, 반력효과는, 효과 편집기 (Force-Feedback Effect Editor)를 이용하여 오프라인 상으로 생성 및 편집되어 라이브러리 형태로 저장된 후, 충돌 상황에 맞게 로딩 되어 재생되는 방식을 취하고 있다. 이 효과 편집기는 햅틱 인터페이스와는 독립된 소프트웨어 컴포넌트로 존재하여 게임 개발자가 여러가지 충돌상황을 고려한 단순 및 복합적인 반력 효과를 GUI 상에서 손쉽게 생성할 수 있게 하는 도구이다.

흔히, 오프라인 상으로 쉽게 생성할 수 있는 반력감 효과는 단순 형태 (primitive type)이다. 하지만, 복잡하고 다양한 충돌상황이 존재할 수 있다는 것을 고려하면 단순 형태의 반력효과가 재현할 수 있는 실제감은 한정되어 있다. 이러한 경우에, 효과 편집기

를 사용하여 단순 형태의 조합으로 이루어진 복합효과를 손쉽게 생성할 수 있다. 오프라인으로 작업 시에는 단순효과 및 복합효과에 대한 외부화일 형태로의 입출력이 가능하여, 기 생성된 효과 및 생성 중인 효과를 GUI 상에서 간단하게 parameter 조절을 통한 변화가 가능하다. 또한, 게임 응용프로그램에 직접 적용하기에 앞서, 이렇게 생성된 반력감 효과를 GUI 상에서의 시형 재생을 통한 점검, 재 생성 및 수정 과정을 반복하여 궁극적으로는 게임 응용이 요구하는 미묘한 반력감 효과를 생성할 수 있다.

3. 햅틱인터페이스 지원 기술의 비교

일반적으로 햅틱 인터페이스는, 햅틱 사이클 (실시간 충돌처리 + 실시간 force 생성 + 실시간 그래픽 update)에 따른 촉각 생성 방식을 택하고 있으며, 이것이 햅틱 처리 속도 (servo rate)를 결정하게 된다. 일반적으로, 햅틱 servo rate가 1000 Hz 이상은 되어야 햅틱 인터페이스가 안정적으로 작동한다고 볼 수 있다. 그러므로, 대부분은 이러한 처리 속도를 높이기 위해 고성능의 컴퓨터를 사용하고, 또한 물성 모델링에 따른 복잡한 계산을 피하기 위해 모델링의 단순화를 기하기도 한다. 이러한 햅틱 응용은 주로 촉각이 가미된 가상현실 의료 수술 시뮬레이션 같은 것에 많이 사용되며 기타 많은 응용성을 지니고 있다.

하지만, 컴퓨터 게임에서는 실시간 적으로 처리되는 것처럼 모사되어 게임 플레이어에게 전달하면 되어 일반 햅틱 인터페이스와는 다른 보급형의 단순 반력감 장치를 사용하는 관계로, 재생 (playback) 기능만 가능하도록 되어 있다. 따라서, 충돌점 (collision point)에 따른 실시간 반력 생성은 아니며, 충돌 상황 (collision situation)에 따른 상대적으로 거친 반력 처리이다. 이러한 총체적인 처리의 관계로, 복잡하고 다양한 햅틱 효과를 제한적인 의미에서나 게임 플레이어에게 전달할 수 있는 것이다.

게임과 일반 시뮬레이션 및 렌더링 환경에서의 햅틱인터페이스 지원 방식을 비교하면 아래의 표 1과 같이 나타낼 수 있다.[7][8][14]

표 1. 햅틱인터페이스 기술의 비교

일반적인 응용에서의 햅틱인터페이스	컴퓨터게임에서의 햅틱인터페이스
1 kHz에 가까운 햅틱 처리 속도에 의해 안정성 유지	반력 (Force Feedback) 효과의 오프라인 생성 후 단순 재생
미세한 촉각 생성을 위해 정밀	충돌상황에 따른 체감효과의 효율

한 충돌 정보 (collision point 및 collision normal) 및 충돌 처리 요구	적은 재생을 위해, 실시간 처리보다는 적절한 반력 효과 생성에 우선
미세한 진동의 실시간 생성	충돌 상황에 따른 거친 역감
시뮬레이션 환경 (가상의료 등)에 주로 이용	격투기 및 레이스 등의 액션 장르의 컴퓨터 게임에 적합

4. 결론

지금까지 가상현실 연구는 시각과 청각에 집중되어 왔으며, 촉각 분야에 대한 연구가 그 동안 상대적으로 취약했던 것이 사실이다. 하지만, 인간의 감각을 '속여서' 가상현실에서의 실제감을 재현하여 몰입감을 높여 보자는데 있어서는 다른 감각의 연구와 똑같은 연구 목표를 갖고 있다. 즉, 사람의 촉감마저 기계 및 소프트웨어적으로 완벽하게 구현해내는 것이 최종 목표이다.

무궁무진한 응용 분야를 지닌 촉각의 실현을 위한 햅틱 장비가 일반인에게 널리 보급되기에는 기술이나 가격 면에서 아직 초보적인 수준을 벗어나지 못하고 있는 것이 사실이다. 상대적으로 '거친 역감' 만으로도 충분한 효과를 발휘할 수 있는 컴퓨터게임 분야에서 상용화가 먼저 시작되고 것은, 현재 햅틱 인터페이스 기술 실현에 있어서의 이러한 어려움을 반증하고 있다.

게임 응용 면에서는 햅틱 장치가 현재의 탁상용 고정식에서 벗어나, 게임 사용자가 착용하는 (wearable) 형태로 발전하여 한층 게임 진행 중의 몰입감을 개선시킬 것이다. 이는 주로 격투 장르 게임에서 나타나는 다양한 액션에 대한 체감 효과를 신체의 일부에 직접 전달하기 위한 기구이다.

또한, 영화 및 뮤직 DVD의 오디오 출력 신호에 동기화 되어 체감적인 진동을 사용자에게 전달하는 형태의 햅틱 장치가 개발되어 있는데, 이러한 장치는 비디오 게임에 응용되어, 게임 진행 중의 상황에 적절한 몰입감을 체감적으로 전달하는 것에 응용할 수 있다.

그 외에, 촉각 기술이, 급격한 인터넷의 발전으로 인하여 상업적 응용성이 가장 높은 전자상거래 분야로의 응용이 시도되고 있는데, 정착되기에는 아직도 해결해야 할 문제가 많다. 상품에 대한 감촉을 효율적인 디지털 데이터의 형태로 표현하기 위한 기술이 필요하며, 게다가 네트워크를 통해 이런 데이터를 인터넷 사용자에게 실시간으로 전달하려면 현재의 시스템보다 속도가 최소한 몇 배는 빨라져야 한다는 기술적인 난점이 있다.

그럼에도 불구하고 피부감각과 역감이 효율적으로 결합돼 전달

될 수 있다면 시각이나 청각과는 다른 차원의 감각을 통하여 가상 현실 상에서의 몰입감을 부여할 수 있다.

[참고문헌]

- [1] Sensable Corp., <http://www.sensable.com>
- [2] Diego, C. Ruspini, Krasimir Kolarov and Oussama Khatib, "The Haptic Display of Complex Graphical Environments", In Proceedings of ACM SIGGRAPH 97, August 1997.
- [3] T.V. Thompson, D.E Johnson, and E.Cohen, "Direct Haptic Rendering of Sculptured Models", In Symposium on Interactive 3D Graphics, pp. 167-176, 1997.
- [8] De, S., and Srinivasan, M.A.: "Rapid rendering of tool-tissue interactions in surgical simulations: Thin walled membrane models", Proceedings of the 3rd PHANTOM User's Group, PUG 98, Cambridge, MA:MIT, 1998.
- [9] C. Giess, H. Evers, and Meinzer, H.P., "Haptic volume rendering in different scenarios of surgical planning", Proceedings of the 3rd PHANTOM User's Group, PUG 98, Cambridge, MA:MIT, 1998.
- [4] 한국과학기술연구원, <http://robot.kist.re.kr>.
- [5] Immersion Corp., <http://www.immersion.com>.
- [7] 마이크로소프트, "MSDN Library 사용자 설명서", 2002.