

상호작용 체감형 게임을 위한 체감 효과의 동기화 기법에 관한 연구

배희정^{*}, 변기중, 장병태
^{*}한국전자통신연구원 공간정보기술센터 실감GIS연구팀

A Study on the Haptic Effect Display for Interactive Haptic Game

Heejung Bae^{*}, Kijong Byun, Byungtae Jang
^{*}Tangible GIS, SIT Center, Electronics & Telecommunications Research Institute

요 약

체감 효과 (haptic effect)는 가상 환경에서의 실재감 부여를 위하여 중요시되고 있다. 반면, 가상 객체에 실제와 흡사하게 연동하는 기술은, 체감 효과의 모델링과 함께 렌더링 시간 등의 문제 때문에 사용의 한계를 가진다. 본 논문에서는, 실시간 체감 효과를 위하여 필수적인 가상 객체와의 동기화 기법에 대하여 다룬다. 이를 위하여, 가상 객체에 작용하는 동역학적 움직임을 체감 효과에 대응되도록 하는 알고리즘을 제안하고, 이를 실시간 충돌 처리와 연동함으로써 필요한 시간을 최소화 할 수 있음을 제시한다. 본 논문의 결과로는 캐릭터의 빈번한 제어에 대응되도록 체감 효과를 생성할 수 있음을 보이며, 안정적이면서 그럴 듯한 효과를 재현할 수 있음을 보인다.

1. 서론

컴퓨터 그래픽스와 가상현실 기술의 발달에 따라 컴퓨터 화면에서 실세계의 물체들을 실제와 흡사하게 표현할 수 있게 되었다. 최근에는 기존의 시각적 특수 효과를 벗어나 사용자에게 청각 효과나 체감 효과를 통한 실재감을 부여하는 방법에 대한 관심이 고조되고 있다[1].

화면에 표현되는 캐릭터의 경우에는, 3D 모델링이나 모션 캡처 기술 등을 이용하여 간단히 컴퓨터 화면 상에 재현이 가능하다. 또, 이들의 동작은 가상 환경에서 발생하는 사용자와의 상호 작용에도 실제와 흡사하게 실시간으로 재현할 수 있다[2]. 반면에, 때리거나 부딪히거나 움직이는 등에서 부여될 수 있는 체감 경우에는, 이들과는 다르게 새로운 기술을 필요로 한다. 즉, 캐릭터의 동작 효과는 사용자의 제어에 대

응되도록 표현되고, 상호 작용하는 상황을 실제와 흡사하게 체감할 수 있도록 지원되어야 한다. 캐릭터를 제어하는 입장에서는 실시간으로 이루어지는 캐릭터와의 교감이 가장 중요한 요소가 된다.

본 논문에서는 본 실험에서 사용하는 가상 체감 게임을 통하여, 가상 환경과의 상호 교감을 위한 가상 객체와의 동기화 기법을 주로 다룬다. 이러한 교감을 PC 상에서 재현하기 위해서는, 우선 체감의 효과를 실시간으로 생성하고 이를 가상 객체와의 렌더링을 위한 동기화 기술이 중요하다.

본 논문은 일반적인 PC 환경에서도 대화형으로 캐릭터의 체감을 재현하는 데에 목적을 둔다. 이를 위해서 동역학에 기초하여 단순화된 충돌 모델을 사용한다. 본 논문이 제시한 방법들은 단순 체감 게임에만 한정된 것이 아니라, 대화형의 실시간 체감 콘텐츠 환경에서 응용할 수 있다.

2. 전체 구성

본 논문의 가상 체감 게임을 위한 시스템은 펜티엄 급의 PC에서 DirectX 라이브러리를 이용하여 Visual C++ 언어로 구현하였다. 그림 1은 가상 체감 시스템의 전체 흐름도이다.

가상 체감 시스템은 그래픽 모듈과 체감 인터페이스 모듈로 구성되는데, 렌더링과 애니메이션 등으로 구성되는 그래픽 모듈에서의 사람이 직접적인 접촉이 없어도 느끼게 할 수 있는 체감 정보를 전달하는 것이 체감 인터페이스이다. 체감 인터페이스는 체감 장치를 통하여 사용자에게 모델링 되어 있는 가상의 물리적 특성을 실제와 똑같이 느끼게 하는 것을 목적으로 둔다.

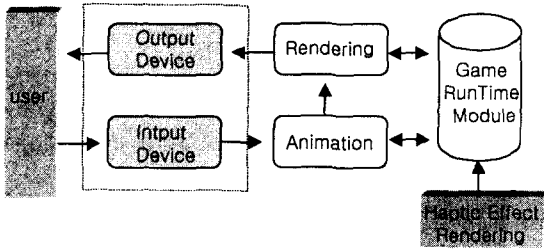


그림 1. 체감형 게임의 개념도

본 논문에서는 출력 장치 가운데 체감 장치에서 발생하는 효과 출력에 집중한다. 다루는 체감 효과는 12개의 진동 소자가 장착된 햅틱 자켓에서 렌더링되는 촉감이다.

현재 개발중인 햅틱 자켓은 한국과학기술원(KAIST)과 공동 개발 중이며 Imp임펄스형 역감 제시 액츄에이터(공압 방식)에 기반 한 것과 DC 전기모터를 사용한 진동형의 두 가지 종류로써, 다양한 게임 콘텐츠에서 나타나는 다양한 효과를 지원하기 위한 목적이며, 그림 2에서와 같다.

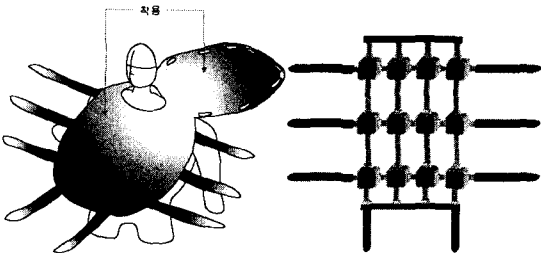


그림 2. 체감형 햅틱 자켓의 구성도

3. 가상 객체와 햅틱 렌더링과의 동기화

일반적인 햅틱 인터페이스 장치는 그림 3에서와 같은 구조를 가지는데, 촉감 및 반력감을 수행할 수 있는 햅

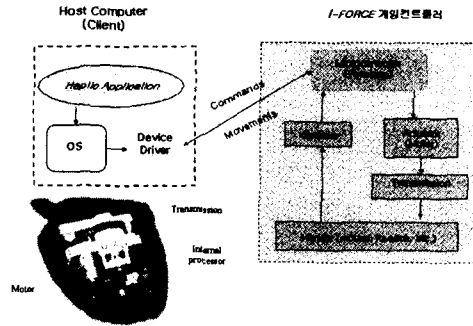


그림 3.

틱 렌더링 모듈과 PC와의 인터페이스를 이루는 부분으로 이루어진다. 햅틱 렌더링은 햅틱 인터페이스에서 가상의 객체와 물리적 장치사이에서 사실적인 힘(realistic force)을 느끼게 하는 데 필요한 일련의 계산적인 모든 과정을 가리킨다.

즉, PC 환경에서는 캐릭터와 가상 환경에서의 객체들과의 상호 작용을 감지한다. 입력 장치를 통하여 사용자 입력 정보를 감지한 뒤, 운동학과 동역학 등에 의해 풀린 캐릭터의 상태를 렌더링 및 노이즈 효과와 관련된 캐릭터의 이벤트 정보(event information)를 출력한다. 이벤트 정보는 사용자 입력에 의해 발생하는 사용자 입력 정보(user input information), 가상객체와 캐릭터와의 상호작용에 의해 발생하는 상호작용 정보(interaction information), 그리고 일정한 시간에 의해 발생하는 시간 정보(time information)가 있다. 이때, 출력되는 촉감 정보는 햅틱 자켓 등과 같은 물리적 장치에 의하여 사용자에게 전달된다. 이때 장치의 물리적 성질과 함께 가상 환경에서 발생하는 물리적 상황에 적용적으로 햅틱 자켓에서의 힘이 결정되어야 하며, 이것은 실제와 흡사하게 동시에 사용자에게 전달되어야 한다.

햅틱 렌더링을 위한 동기화 과정은, 객체와의 충돌 처리 시간에 매우 민감하다. 본 논문에서는, 동역학에 기반한 단순화된 충돌 모델을 사용하며, 객체와의 충돌 상황에 적절한 체감을 계산하기 위하여 객체의 운동 상태 및 마찰력 등을 고려한다.

충돌 처리는 충돌 대상 객체에 대해서 각각 계층적 bounding sphere, OBBtrees를 이용하여 구현되었다. 객체들간의 충돌이 일어나는지를 테스트한 후, 이들의 빠른 계산을 위해서 본 시스템에서는 bounding

volume에 대한 교차 검사를 한다. 즉, Obbs-Obbs, Obbs-Sphere, Sphere-Sphere 간의 검사를 통해 충돌이 일어나면 다음 단계에서 충돌 검사를 하고 그렇지 않으면 충돌이 일어나지 않았음을 알리고 검사를 종료한다. 충돌이 발생한 경우, 그 반응을 일으켜야 할 방향에 대한 결과값을 출력하고, 그렇지 않을 경우 앞으로 과정으로 돌아가 다른 객체들 간의 충돌 검사를 한다.

3.1 마찰을 고려하지 않은 모델(Friction-less Model)

충돌의 감지이후, 햅틱 렌더링 모듈에서 처리되어야 할 것은 이들에 대한 반작용으로 주어질 힘을 결정하는 것이다. 가상의 객체의 물리적 성질, 스프링, 질량, 댐퍼 등의 성분으로 모델링이 가능하며, 일반적으로 이들의 성질을 이용하여 처리한다. 전체 시스템의 내부 처리는 뉴턴의 동역학 법칙에 의하여 이루어지며, 작용하는 촉각 힘은 아래와 같이 구할 수 있다.

$$f = (p_c - p_t) \cdot k - v \cdot b$$

여기서, 접촉점에서 발생하는 힘 f 는 접촉점 p_c 와 충돌이 발생하는 위치인 p_t 지점을 나타낸다. 그리고, k 는 스프링 경직도를 나타내고, b 는 물체의 상대속도를 나타낸다. 스프링의 경직도는 물체의 물리적 속성에 따른 힘의 크기를 조절할 수 있으며, 상대속도는 힘의 발산을 방지할 수 있다.

이렇게 적용된 촉각 힘은 가상 물체의 딱딱한 정도나, 충격력 등을 느끼게 하는 데에 사용된다. 예를 들어 매우 딱딱한 물체를 느끼게 하려면 사람이 눌러도 거의 안 들어 갈 만큼 큰 힘을 내어 주어야 하므로, 시스템이 불안정해지는 현상을 쉽게 관찰할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 에너지를 소비할 수 있는 방법으로 가상의 모델에 임의의 damper를 다는 방법을 적용한다.

$$f = k_{wall} \Delta x + B \cdot \dot{x} \quad \text{for } \dot{x} < 0$$

$$f = k_{wall} \Delta x \quad \text{for } \dot{x} \geq 0$$

물체가 0의 위치에 있을 때 위의 식과 같은 방법으로 모델링하면 딱딱한 물체를 비교적 안정되게 구현할 수 있게 된다[4][5]. 그러나, 이 경우 damper로 인해 사람이 인위적인 점성을 느낄 수 밖에 없는 단점을 가지게 된다.

3.2 마찰을 고려한 모델 (Friction Model)

실제의 물체는 고유 특성상 마찰력을 가진다. 이러

한 물체의 마찰을 고려하지 않을 경우, 물체의 탄력적(elastic)이기 때문에, 외부의 다양한 제어에 대하여 근본적으로 불안정성을 포함한다. 특히, 적분에 의한 스프링의 근사 방법에서는, 늘어지는 속성으로 인하여 위치의 변화율이 매우 커지므로, 실제와 흡사하게 근사 시키는 것은 더욱 어렵다.

$$f_v = f_c * (1 + ((\| \dot{p}_c + \Delta t - p_t + \Delta t \|) * d$$

$$f_t = p_c + \Delta - p_c$$

$$f_v = -p_t + f_v$$

$$p_n = p_c + (f_t + f_v)$$

이를 해결하기 위하여, 스프링의 경직도(stiffness) k 를 증가시키거나 적분되는 시간의 간격 Δt 를 조정하여 처리할 수 있으나, 비현실적인 탄력 현상이 발생하거나 안정된 상태를 위한 처리 시간이 증가하는 단점을 가진다.

4. 실험 결과 및 향후 과제

본 논문에서는 제시된 햅틱 자켓을 통하여 햅틱 효과를 실시간에 디스플레이할 수 있음을 보인다. 제시된 햅틱 자켓은 진동 소자 12개를 사용하며, 본 시스템에서 제시하는 충돌 처리 방법에 의하여 위치가 결정된다. 이는 곧 충돌 상황에 맞도록 계산된 충격 힘에 대응되도록 햅틱 효과를 렌더링 하게 된다.

힘의 강도를 나타내는 ‘엔벨로프’는 공격기와 일정기 및 하강기 등으로 구분되어 조절될 수 있는데, 가상 객체의 움직임과 동역학적 상황에 맞도록 그 크기를 결정할 수 있도록 설계되었다. 이 처리 결과는 기존의 워크스테이션용인 PhanTom에서 가능하던 대화형 햅틱 효과를 일반적인 PC환경에서도 생성할 수 있는 데에 큰 의의가 있다.

[참고문헌]

[1] 이의택, "게임 시장의 성장과 전망," 한국정보과학회, Vol.17(12), pp. 39-42, 1999.
 [2] 이광희, 2000년도 국내게임개발 동향분석, 게임종합지원센터, 2000.
 [3] 한국전자통신연구원, 온라인 3차원 게임엔진: Dream3D 사용자 및 프로그래밍 설명서, 2002.
 [4] D.Baraff and A.Witkin. "Physics based modeling" SIGGRAPH'98, Vol.32, pp.43-52, 1998.
 [5] D.Bafaff, Dynamic simulation of non-penetrating rigid body simulation, PhD thesis, Cornell University, 1992.