

게임 물리 기술 동향

Game Physics Technology

융합 시대를 주도할 디지털콘텐츠 기술 특집

이기석 (K.S. Lee)	HD게임연구팀 선임연구원
이동춘 (D.C. Lee)	HD게임연구팀 선임연구원
김항기 (H.G. Kim)	HD게임연구팀 선임연구원
박상욱 (S.W. Park)	HD게임연구팀 연구원
박창준 (C.J. Park)	HD게임연구팀 팀장

목 차

-
- I. 개요
 - II. 캐릭터 애니메이션 기술
 - III. 변형체 시뮬레이션 기술
 - IV. Cloth & Hair 시뮬레이션 기술
 - V. 맺음말

* 본 논문은 정보통신부의 선도기반 기술과제인 “멀티코어 CPU 및 MPU 기반 크로스플랫폼 게임 기술 개발” 과제의 지원으로 작성되었음.

게임 물리 기술은 컴퓨터 그래픽스의 한 분야로서 오랫동안 연구되어 왔던 물리 기반 모델링(physically-based modeling) 분야의 다양한 연구 성과를 게임에 적용한 것이다. 게임 물리는 실제와 유사한 게임 환경을 구현하기 위한 필수적인 게임 요소 기술로서 그동안 연산의 복잡도에 따른 실시간성의 제약에 의해 게임에 부분적인 활용이 이루어져 왔으나 하드웨어의 성능향상과 더불어 그 중요성이 더욱 높아지고 있다. 본 논문에서는 게임 물리 기술들의 발전과 주요 기술들에 대해서 설명하고 현재 시장에서 많이 사용되는 상용 물리 엔진의 특징과 연구 동향을 통하여 앞으로의 발전 방향을 제시하고자 한다.

I. 개요

최근에 발표되는 신작 게임(Supreme Commander, Unreal Tournament 2007)들을 보면 실사와 같은 화려한 영상(그림 1) 참조)을 실시간으로 표현하여 마치 영화를 보고 있는 듯한 느낌을 줄 정도로 기술이 발전되었음을 알 수 있다[1],[2].

지금까지 게임 분야에 있어서 하드웨어의 성능 향상은 대부분 그래픽이나 서버 처리에 초점이 맞추어져 왔으나 이제는 게임들의 완성도를 평가하는 데 있어 사용자가 실제와 같이 느낄 수 있는 게임 플레이가 가능한가에 게임 기술의 중요성이 맞추어지고 있다. 이러한 측면에서 최근에 들어 가장 급속한 발전이 이루어지는 분야 중에 대표적인 것으로서 게임 물리 기술과 인공지능 기술을 들 수 있다. 게임 물리 기술은 게임 속 주변 환경의 변화에 따라 다양한 애니메이션 동작을 시뮬레이션을 통해 자동으로 생성해 주는 기술로써, 프로그래머는 게임 물리 기술을 사용하여 보다 적은 노력으로도 주변 환경과 반응하는 다양한 애니메이션 동작을 만들 수 있어 게임 속의 환경을 보다 더 실제 환경과 유사하게 만들 수 있다. 게임 물리 기술의 핵심인 물리 시뮬레이션 기술

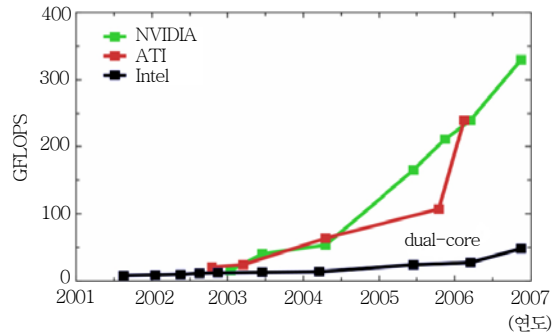


(a) Supreme Commander



(b) Unreal Tournament 2007

(그림 1) 물리 기술이 적용된 신작게임



(그림 2) 하드웨어 발전에 따른 연산 성능 추세

은 컴퓨터 그래픽스의 한 분야로써 오래 전부터 다양한 연구가 있어 왔으나 게임에 적용하기에는 막대한 연산처리가 요구되어 본격적으로 적용하기에는 무리가 있었다. 근래에 들어 하드웨어 기술의 발전으로 멀티코어 CPU, GPU, PPU 등의 병렬처리 수행이 가능한 프로세서가 일반 PC와 차세대 게임기에 탑재되어 가고 있으며 게임 개발자들은 이러한 하드웨어 파워를 더욱 사실적인 물리 시뮬레이션에 사용하기 위해 노력하고 있다. 하드웨어 발전에 따른 연산 성능 향상 추세(그림 2) 참조)를 보면 갈수록 점점 더 큰 폭의 향상이 있을 것으로 보이며 그 구조적인 강점에 의해 CPU보다는 GPU에서 더 큰 향상이 이루어질 것으로 예상된다[3].

이러한 하드웨어 환경에서 물리 시뮬레이션을 가속하기 위하여 현재까지 나와 있는 방법은 multi-core CPU상에서 SSE 등의 SIMD 기술을 적용하고 멀티 프로세싱 기법을 통해 수행하는 방법과 GPU상의 셰이더를 이용한 수행 방법, 그리고 물리가속 전용 칩을 이용하는 방법을 들 수 있다. <표 1>에 보인 것과 같이 각각의 방식에는 장단점이 있으나 어떠한 방법을 이용하느냐에 관계없이 게임 물리를 구현하기 위해서는 복잡한 수학적 지식과 더불어 효율적인 병렬 처리 알고리즘의 도입, 시뮬레이션 안정성 확보가 필요한데 반해 이를 습득하는 데 어려움이 많아 대부분의 게임 개발자들은 잘 구현된 상용 물리 엔진을 사용하고 있는 실정이다.

대부분의 상용 게임 엔진들은 내부에 물리 엔진을 포함하고 있으며 대표적인 물리 상용 엔진으로는

〈표 1〉 게임 물리 가속을 위한 방법의 비교

가속 방법	Multicore CPU	GPU	PPU
장점	저렴하며 개발이 비교적 쉽다.	연산 코어(shader)가 많아 처리가 빠르다.	다른 처리 유닛과 병렬 연산이 가능하며 빠르다.
단점	게임의 다른 로직에 간섭을 받을 수 있으며 다른 방법에 비해 코어 수가 작아 그다지 큰 이득을 보기 어렵다.	렌더링 처리에 간섭을 줄 수 있으며 복잡한 로직은 개발이 어렵다.	별도의 하드웨어를 장착하는 비용을 지불해야 한다.

Ageia사의 PhysX와 Havok사의 Havok Physics 등을 들 수 있다[4],[5]. Havok사에서는 GPU를 이용하여 효과 물리 성능 향상에 초점을 둔 HavokFX와 멀티 코어 기반의 물리 엔진 솔루션을 출시하였고, Ageia사에서는 PhysX 칩을 출시하여 물리 전용 칩을 이용한 성능향상에 초점을 두어 구현 방법이 있어 차이를 보이고 있다.

상용 물리 엔진에서도 대부분 지원하며 일반적으로 많이 사용되는 게임 물리 기술은 게임 개체간의 충돌이나 폭파에 의한 파편의 움직임 등을 표현하는 강체 시뮬레이션, FPS 게임에서 캐릭터가 죽을 때 주변 환경과 상호작용을 하면서 다양한 캐릭터 동작을 생성해 내는 ragdoll 애니메이션, 대전게임에서 캐릭터 옷자락의 움직임을 보여주는 cloth 시뮬레이션 등이 있다. 이 외에도 유체의 움직임을 나타내는 유체 시뮬레이션, 머리카락의 움직임을 사실적으로 묘사하는 hair 시뮬레이션, 인간의 피부 움직임을 근육 시뮬레이션으로 표현함으로써 보다 자연스런 피부의 움직임을 표현하는 근육 시뮬레이션 등 많은 물리 기술이 있으며 컴퓨팅 환경이 좋아짐에 따라 이러한 기술의 사용이 점차적으로 늘어나고 있는 추세이다. 본 논문에서는 게임 개발에 있어 활용도가 높은 캐릭터 애니메이션 기술과 변형체 시뮬레이션 기술 그리고, cloth & hair 시뮬레이션 기술에 대한 동향을 소개하고자 한다.

II. 캐릭터 애니메이션 기술

1. 개요

많은 게임에서 인간형 또는 동물형 캐릭터의 애니메이션이 사용되고 있다. 이러한 게임에서는 캐릭

터간의 상호작용 또는 캐릭터와 주변 환경과의 상호작용이 빈번히 일어난다.

최근 캐릭터의 움직임은 뼈대(bone)를 근간으로 하여 이 뼈대의 변환행렬(matrix)을 이용하여 정점(vertex)을 시간에 따라 변경하는 기술인 스킨닝(skinning) 방식을 많이 사용하고 있다.

이러한 뼈대의 변환행렬을 제어하는 방법은 크게 키프레임, 역운동학(IK), 물리 역학 방식(ragdoll) 등이 있고 피부의 세부적인 변형을 위하여 해부학적 근육 변형 방식을 사용하고 있다.

앞으로는 이러한 방식 중 하나만 사용하는 것이 아니라 이들 모두를 상황에 따라서 적절하게 사용하는 hybrid 캐릭터 애니메이션 기술이 사용될 것이다.

2. Ragdoll(형겉인형) 애니메이션

게임기술에서 ragdoll이라 함은 캐릭터의 사망 후 자유의지 없이 전적으로 물리 시뮬레이션에 의해 캐릭터가 움직이는 것(그림 3) 참조)을 말한다. 이는 중력 및 주변 환경을 죽기 직전 캐릭터의 동작을 시점으로 하여 시뮬레이션을 수행하는 것이다.

Ragdoll 기술을 사용하게 되면 캐릭터의 죽을 때의 모습이 상황에 따라서 다양하게 연출되고 눈에 보기에 거슬리지 않게 된다. 만약 ragdoll을 이용하



(그림 3) Ragdoll을 이용한 인디애나존스

지 않고 키프레임으로 동작시킨다면 캐릭터가 경사로 위에 떠 있거나 벽 속을 파고 들어가는 등 비사실적인 동작을 하는 경우가 많이 발생한다.

이러한 ragdoll 애니메이션은 제한(constraint)이 존재하는 관절(joint)로 연결된 강체(rigid body) 시뮬레이션을 근간으로 한다. 각 강체는 box, sphere, capsule 등 단순한 모양을 이용하며 실제 뼈대의 구성보다는 작은 개수의 강체를 이용하여 실시간 업데이트 시 계산량을 줄여 준다.

각 강체를 연결하는 관절은 다양한 제한을 가진다. 이들은 관절부분에서의 회전만 가능하며 회전도 제한을 가진다. 목, 어깨 같은 경우 구상관절(ball-and-socket joint)을 이용하여 비교적 자유로운 회전이 가능한 반면에 팔꿈치, 무릎 등은 경첩관절(hinge joint)을 이용하여 3가지 축 회전 중 1개 축 회전만 사용한다. 이러한 다양한 조건들을 강체 시뮬레이션을 이용하여 동작하도록 한다.

Havok, Tokamak, PhysX와 같은 상용 물리 엔진들은 이러한 ragdoll 시뮬레이션을 모두 지원하고 있으며 수십 개 이상의 ragdoll 캐릭터가 한꺼번에 실시간으로 동작 가능하며 다양한 형태의 뼈대 구조를 가질 수 있다.

특히, PhysX 엔진은 이러한 ragdoll 시뮬레이션을 하드웨어 칩을 이용해서 동작할 수 있는 SDK를 제공하고 있다. 이러한 ragdoll 기술은 Unreal Tournament 2007, Doom 3 등의 FPS 게임과 Oblivion과 같은 RPG 게임에 사용되었으며 앞으로 점점 확대 적용될 예정이다.

3. 역운동학 캐릭터 애니메이션

역운동학(inverse kinematics)은 캐릭터의 동작을 원하는 모양으로 바꾸고 싶을 때 그 모양으로 바뀌는 과정을 자연스럽게 하기 위해 사용한다.

예를 들어 캐릭터가 손을 들어 물컵을 잡아야 할 경우 물컵과의 거리와 높이 등을 고려하여 캐릭터의 손뿐만 아니라 팔 전체, 또는 몸 전체가 바라는 형태로 움직여야 물컵을 잡을 수 있다. 만약 키프레임으로 이러한 물컵을 잡는다면 캐릭터와 물컵의 상대



(그림 4) Motion Warping을 이용한 게임엔진

위치가 해당 키프레임을 제작할 때의 위치와 동일할 경우에만 제대로 동작하고 나머지의 경우에는 이상하게 보인다.

이러한 IK 역시 ragdoll과 같이 강체와 제한을 가지는 관절을 이용하여 시뮬레이션 한다. 다만 위의 ragdoll은 힘, 속도 등의 운동학(forward kinematics)을 이용하는 반면 IK는 원하는 현재 자세와 원하는 자세를 입력으로 받아서 시뮬레이션 한다.

IK는 영향 받는 관절의 개수에 따라서 계산의 복잡도가 변하며 관절의 수가 작을수록 몸의 일부만 움직이고 관절의 수가 클수록 영향 받는 부위가 넓어져 몸의 전체가 움직이게 된다.

이러한 IK는 계산량이 많아 실시간에 이와 비슷하게 동작하도록 하기 위하여 motion warping 기술을 사용하기도 한다. Motion warping은 그래픽스의 warping 기술을 모션에 적용한 것으로 경사면을 걷거나 몸을 옆으로 누는 등 전체적인 모양의 변형(그림 4) 참조)이 필요할 때 유용하다.

Crysis, Emotion FX, Natural Motion사의 euphoria 등과 같은 게임엔진은 이를 이용하여 게임을 제작할 수 있도록 지원하고 있다.

4. 해부학을 이용한 근육 변형 기술

캐릭터의 피부는 내부적으로 근육과 뼈대로 이루어져 있다. 이러한 해부학을 기반으로 하여 캐릭터의 피부를 변형하면 피부가 더욱 자연스럽게 보인다. 캐릭터가 움직일 때나 타격을 입을 경우 뼈대뿐만 아니라 내부 근육의 변형에 따라서 모양이 바뀌게 된다. 이러한 근육 변형을 적용하지 않을 경우 피

부가 딱딱한 나무토막처럼 보이거나 근육이 없이 움직이는 것처럼 보인다.

이러한 근육 기반 애니메이션은 근육을 먼저 변형(deform)한 후 이를 기반으로 영향 받는 피부를 움직여주게 되므로 계산량이 많아 실시간으로 동작하려면 많은 어려움이 따른다. 따라서 아주 정확한 근육 기반 애니메이션 기술이 필요하지 않을 경우 단순한 연체(soft body) 시뮬레이션과 뼈대 애니메이션을 결합하여 사용하기도 한다. 그러나 이러한 연체 시뮬레이션은 캐릭터를 마치 풍선이나 튜브처럼 보이게 움직이므로 비사실적으로 보이는 경우가 많다. 계산량을 줄이기 위하여 근육 모양을 타원체를 이용하고 피부 변형에 영향을 크게 주는 근육만을 이용하여 근육 개수를 실제 근육보다 작게 사용하여 시뮬레이션하며 앞으로 1:1 대전 게임 등에 많이 적용될 것으로 예상된다.

5. Hybrid Character Animation

Hybrid character animation이란 위에서 언급한 키프레임, ragdoll, IK, 근육변형기술 등이 결합되어 캐릭터를 움직이는 기술로써 상황에 따라서 이러한 기술 중 몇 개를 선택하여 시뮬레이션을 수행한다. 여기서 ragdoll 시뮬레이션은 단순히 죽었을 때뿐만 아니라 타격을 입을 때나 일순간 균형을 잃고 쓰러졌다가 다시 일어나는 등 다양한 상황에 물리 시뮬레이션을 적용하여 동작하게 된다[6],[7].

권투를 예로 들면 선수가 맞을 때에 맞은 위치와 힘, 방향에 따라서 근육변형기술을 이용해 근육이 일그러지며 근육이 일그러지는 한계에 다다르면 잔여 힘을 뼈대를 ragdoll 기술에 적용한다. 이렇게 함으로써 사실적인 타격감의 표현이 가능하다.

이러한 다양한 기술을 선택하기 위하여 인공지능 기술이 접목되며 상황에 따라서 적절한 기술을 섞어서 사용한다.

Euphoria의 dynamic motion synthesis, havok 등에서 이러한 기술의 일부를 사용할 수 있도록 해준다. Lucas Arts사의 인디애나 존스 PX, Star

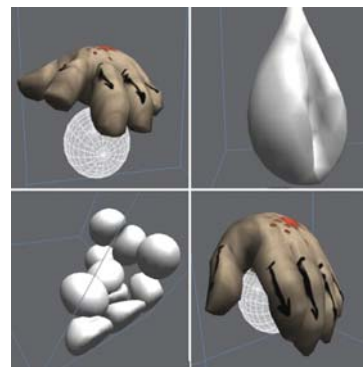
Wars-the force unleashed 등의 게임이 이를 적용하여 출시할 예정이다.

Ⅲ. 변형체 시뮬레이션 기술

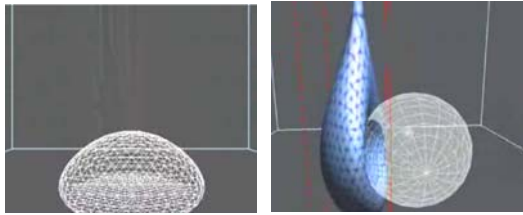
1. 개요

연체 물리 시뮬레이션(soft body physics simulation)이라고도 불리는 변형체 시뮬레이션은 형태가 변할 수 있는 젤리나 옷 등을 다루는 시뮬레이션 기법이다. 일반적으로 강체 물리에 비해 연산 부하가 많아 일찍이 게임에는 많이 도입되지 않았다. 그러나 최근 들어 플레이어에게 높은 수준의 상호작용을 제공하려는 시도가 게임에서 나타나고 있다. 펄럭이는 옷감이나 스키닝과 결합된 얼굴 애니메이션, 연체 시뮬레이션 같은 변형(deformation) 기법을 통하여 플레이어에게 사실적이며 몰입감을 주는 게임플레이를 할 수 있도록 하는 기술들이 지속적으로 연구 개발되고 있다. 최근에는 옷감 시뮬레이션과 같은 연체 역학도 게임 속에서 쉽게 찾아볼 수 있을 정도로 변형체 시뮬레이션((그림 5) 참조)은 게임 내에 현실감을 위한 주요 기제로 자리잡아 가고 있다 [8],[9].

변형체 시뮬레이션은 컴퓨터 그래픽 연구의 한 분야로써 지금까지 많은 연구가 이루어져 왔으며 이를 구현하는 방법은 여러 가지가 있는데 크게 두 가지 기본적인 모형으로 나눌 수 있다. 하나는 자유 형



(그림 5) 연체 모형 시뮬레이션



(그림 6) 가압식 연체 모형 시뮬레이션

식 변형(free form deformation)이라고 알려진 빠르고 간단한 기하 기반 모형이고, 또 다른 하나는 연체의 점탄성적(viscoelastic) 행동을 정확하게 재현할 수 있는 유한 체적법(finite volume method)을 이용한 물리 기반 모형이다. 기하 기반 모형을 구현하는 방법으로 구현이 쉽고 계산도 빠른 단순한 질량-용수철 모형이 사용되는데 사실감이 그리 뛰어나지 않으며 사실감 증대를 위해 용수철의 수를 늘린다고 해도 용수철 모형을 다루는 애니메이터들은 수많은 물리적 제약 때문에 그 모두를 제어하기 힘들어지기 때문이다. 물리 기반 유한 체적법의 경우 연체의 점탄성적 행동을 정확하게 재현할 수 있으나 실시간 구현이 불가능하여 메시에 둘러싸인 압축 가능한 유체의 모형에 추가적인 힘들을 도입하는 가압식 연체(pressurized soft body) 모형이 제안되었다. (그림 6)은 가압식 연체 모형을 적용한 시뮬레이션 결과이다[10],[11]. 실제 게임에서는 질량-용수철 모형에 가압식 연체 모형의 닫힌 메시와 압력 개념을 함께 고려하여 가압식 연체 모형이 구현되고 있다.

2. 게임 엔진에 적용된 변형체 시뮬레이션 기술

AGEIA사의 PhysX 엔진의 경우 SDK 2.7.0부터 Sample SoftBody라는 이름으로 가압식 연체 모형을 적용한 연체 시뮬레이션 테스트 샘플을 (그림 7)과 같이 제공하고 있다.

연체 시뮬레이션 테스트 샘플을 실행해 보면 single CPU에서 9개의 연체 충돌 처리 속도가 12 FPS 가량이며 연체의 수축 부분의 물체 대 물체 충



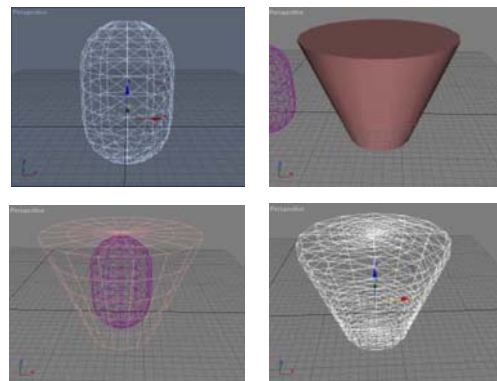
(그림 7) PhysX 엔진의 연체 시뮬레이션 예제

돌 및 반응 처리는 아직 미흡한 것을 알 수 있다.

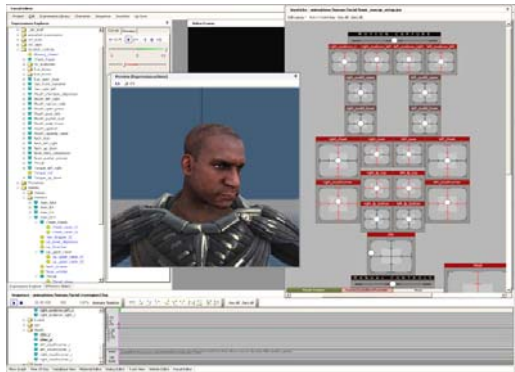
Havok 엔진의 경우에는 2002년 이전부터 고속 변형 기술(fast deformable technology)이란 모듈로 물리 엔진의 한 기능으로 제공해 왔으며 뿔뿔함과 처짐의 제어가 가능하고 사용자에게 의해 설정된 전향 장치(deflector) 기반의 효율적인 충돌 처리가 가능한 천(cloth), 연체(soft body), 끈(ropes), 식물(plant)에 대하여 질량 용수철 모형을 적용한 빠른 시뮬레이션을 제공한다. 또한 변형체를 강체나 또 다른 변형체에 덧붙이는 것(attachment)이 가능하며 max exporter를 제공한다[12].

(그림 8)은 Havok 엔진에서 제공하는 deflector와 이를 물체에 적용한 예를 보여주고 있다.

Unreal과 CryEngine 엔진의 경우에도 비슷한 변형체 시뮬레이션 모듈을 제공하고 있는데 unreal 3 게임 엔진의 경우 AGEIA의 PhysX 물리 엔진이



(그림 8) Havok 엔진의 Deflector 적용 예



(그림 9) CryEngine의 Facial Editor

포함되어 있으므로 변형체 시뮬레이션이 가능하며, CryEngine의 경우도 unreal 엔진과 비슷한 기능을 지원하고 있으며 Crysis 게임에 연체 물리 효과를 제공하고 있다(그림 9) 참조[13],[14].

변형체 시뮬레이션 기술이 게임에 적용된 사례는 게임 장르별로 다음과 같다. 콘솔 게임의 경우 XBOX, PS2에 적용된 BloodRayne 2, Rainbow Six 3, Fight Club 등이 있으며, XBOX360에 적용된 NBA 2006, Dead or Alive 4, Gears of War 등이 있다[15]. 또 XBOX360용 Lucas Arts에서 제작한 게임인 2006 Star Wars에는 Jaja 캐릭터에 변형체 시뮬레이션 기술이 적용되었다[16]. PhysX 엔진이 탑재되어 있는 WARHAMMER의 경우도 변형체 시뮬레이션 기술이 적용되어 콘솔 게임뿐만 아니라 MMORPG의 경우에도 사실감 있는 캐릭터 표현을 위해 변형체 시뮬레이션 기술이 사용되고 있다[17].

3. 변형체 시뮬레이션 기술적 이슈와 향후 연구 방향 예측

여기서 제시된 가압식 연체 모형은 기존 방법에 비해 시뮬레이션 결과가 더 안정적이며 계산 속도도 빠르다. 하지만 이는 아직 발전의 초기 단계에 있으며 개선해야 할 기술적 이슈에는 다음과 같은 것이 있다.

우선 물리 모형과 그래픽 표현을 분리하여 복잡한 형태의 시뮬레이션을 위해 기반이 되는 단순한

모형의 시뮬레이션 기술에 치중하여 개발하는 것이며 다음으로 물체 대 물체 충돌 검출 및 반응의 구현되어야 하는 과제가 있다. 또 물체의 메시에서 비선형적인 용수철의 응용과 테스트 기능 구현과 충돌을 포함한 실시간 가압식 연체 모형 시뮬레이션을 멀티코어 CPU 또는 GPU 상에서 계산되어야 하는 것도 필수적이다.

위와 같은 기술적 문제점들이 보완된다면 향후 특정한 기하학적 형태에 맞게 사실적으로 표현 가능한 가압식 연체 모형 시뮬레이션도 가능할 것이다.

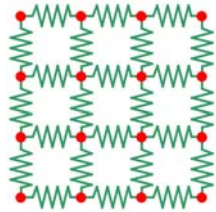
IV. Cloth & Hair 시뮬레이션 기술

1. 개요

캐릭터의 움직임은 사실적으로 표현하기 위한 요소 기술의 하나인 cloth와 hair 시뮬레이션은 시뮬레이션의 오버헤드로 인해 시뮬레이션의 자연스러움 보다는 게임의 실시간성을 초점을 두고 제한적인 환경에서 적용되어 왔다. 그러나 게임에서 캐릭터의 움직임을 사실적으로 표현하고자 하는 열망과 콘솔 게임기나 PC 성능의 향상에 따라 이들 시뮬레이션에 대한 비중은 점차 높아지고 있다. Cloth와 hair 시뮬레이션은 주로 질점-스프링(mass-spring) 형태로 cloth와 hair를 표현한 뒤 각 질점에 가해지는 내부의 스프링 힘과 외부의 사용자 힘 그리고 질점 사이 혹은 질점과 다른 객체와의 충격량에 기반하여 시뮬레이션을 함으로써 그 움직임을 표현하는 기술이다[18],[19]. 질점-스프링으로 표현되는 cloth, hair를 자연스럽게 표현하기 위해서는 많은 수의 질점과 스프링이 필요하게 되어 실시간성에 제약이 된다.

2. Cloth 시뮬레이션

Cloth 시뮬레이션이란 캐릭터에 입혀진 옷이나



(그림 10) 질점과 스프링

망토, 스카프 등 옷감의 움직임은 힘기반 시뮬레이션을 통해 사실적으로 생성해 내는 기술을 말한다. 바람이나 주변 환경과 인터랙션을 통한 옷감의 다양한 움직임을 생성함으로써 게임에 대한 몰입감 및 흥미도를 높일 수 있어 점차적으로 게임에서의 사용이 증가하고 있다.

Cloth 시뮬레이션은 (그림 10)과 같이 질점과 질점을 연결하는 스프링 형태로 cloth를 구성한다. 각 질점은 위치, 속도값을 가지고 스프링은 연결된 두 개의 질점에 대한 정보와 두 질점 사이의 안정적 상태에서의 거리 그리고 스프링 상수 등의 정보를 가진다. Cloth 시뮬레이션은 각각의 질점에 중력과 스프링 힘 그리고 외부에서 주어지는 힘(충돌시 충격량, 사용자 지정 힘)을 반영하여 질점의 위치 및 속도를 갱신함으로써 이루어진다[19],[20].

질점에 가해지는 힘을 바탕으로 질점의 새로운 힘을 구하는 방법에는 implicit 적분법과 explicit 적분법의 두 가지가 있으며[20],[21] <표 2>와 같은 특징을 가진다.

<표 2>에서 보면 복잡도 면에서 explicit 적분법이 우수함을 알 수 있으나 시뮬레이션시 시간 간격을 짧게 해야 한다는 단점이 있어 실제 전체 효율성 면에서 떨어진다. 실례로 현재의 상태를 바탕으로 1초 후의 결과를 원할 경우, implicit 방법의 경우 0.1초의 시간 간격으로 시뮬레이션을 하더라도 안정적

이라면 10번의 시뮬레이션을 거쳐 원하는 결과값을 구할 수 있으나 explicit의 경우 0.001초의 시간 간격으로 시뮬레이션을 거쳐야 안정적이라면 1000번의 시뮬레이션을 거쳐야 원하는 결과값을 알 수 있기 때문에 전체적으로 시뮬레이션의 성능이 떨어지게 된다. 일반적으로 시뮬레이션 하는 질점의 수가 증가되면 시뮬레이션의 시간 간격을 줄여야 안정성이 유지되나, explicit 적분을 사용할 경우 질점의 증가에 따른 시뮬레이션 시간 간격의 감소 정도가 급속히 짧아지기 때문에 질점의 수가 많아질수록 시뮬레이션의 속도를 급격히 떨어진다. 그렇지만 질점의 수가 적을 경우 explicit 적분법이 implicit 적분법에 비해 오히려 더 뛰어난 시뮬레이션 성능을 보인다.

일반적으로 게임에서는 초당 30프레임을 기준으로 렌더링이나 시뮬레이션을 수행하여 게이머에게 초당 30장의 이미지 영상을 제공하게 된다. 따라서 게임에서 사용되는 cloth 시뮬레이션은 실시간 처리를 위해 0.03초 간격으로 시뮬레이션을 수행해야 한다. 이 때문에 게임에서는 cloth를 표현하는 데 많은 수의 질점을 사용하기보다는 중요한 부분만을 적은 수의 질점으로 cloth로 표현하는 방법을 사용한다. 그렇지만 실시간이 중요치 않은 가상 패션쇼, CG 영화 등에 사용되는 cloth 시뮬레이션은 많은 수의 질점을 사용하여 cloth의 다양한 움직임 및 주름 등을 표현하여 옷감의 사실적인 움직임을 표현하고 있다.

(그림 11)의 좌측 그림은 Digital fashion ltd.사의 가상 패션쇼에서 사용하고 있는 cloth 시뮬레이션으로 수천 개 이상의 질점을 사용하고 있으며, 우측 그림은 게임에서 사용하는 cloth 시뮬레이션으로

<표 2> Implicit 적분법과 Explicit 적분법의 비교

	안정성	복잡도	시간 간격	전체 효율성
Explicit 적분	떨어짐	$O(n)$	극도로 짧음	나쁨
Implicit 적분	강화	$O(n^{1.5})$	큰 간격 사용가능	좋음



(a) 가상 패션쇼 (b) 게임 Cloth 시뮬레이션

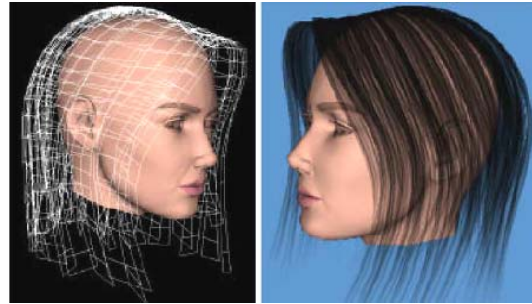
(그림 11) Cloth의 표현

캐릭터에 입혀진 전체 cloth에 대하여 시뮬레이션을 수행하지 않고 옷자락만을 시뮬레이션하는 방식을 사용하며 시뮬레이션 질점의 수를 줄여 실시간성을 높이고 있다.

3. Hair 시뮬레이션

Hair 시뮬레이션은 캐릭터의 머리카락 움직임을 힘기반의 시뮬레이션을 통해 사실적으로 표현하기 위한 기술이다. 보통 사람은 10만 가닥 이상의 머리카락을 가지고 있으며, 이것을 일일이 다 시뮬레이션하여 머리카락의 움직임을 표현하기란 불가능하다. 그래서 대부분의 hair 시뮬레이션에서는 머리카락을 몇 백 혹은 몇 천 개로 그룹핑하고 각 그룹을 대표하는 머리카락의 움직임을 실제로 시뮬레이션함으로써 사실적인 hair의 움직임을 표현한다.

Hair의 머리카락을 표현하는 방법에는 여러 가지가 있으나 대표적인 방법으로는 (그림 12)와 같이 머리카락을 여러 개의 세그먼트로 나누고 각 세그먼트간의 뒤틀림 정도를 극좌표계(polar coordinate)를 사용하여 표현하는 방법[22]과 (그림 13)과 같이 전체 머리 모양을 hair strip 형태로 표현하는 방법이 있다[18]. 극좌표계를 사용하는 방법은 먼저 머리카락의 한 가닥을 node 0, node 1, ..., node n으로 표현하고 각 노드를 잇는 선을 section 0, section 1, ..., section n-1로 표현한다. 그리고 각 section들을 극좌표계로 표현하고 인접한 section간의 극좌표계 값의 차이가 안정된 상태에서의 머리카락의 모습이며 시뮬레이션 도중 안정된 상태를 벗

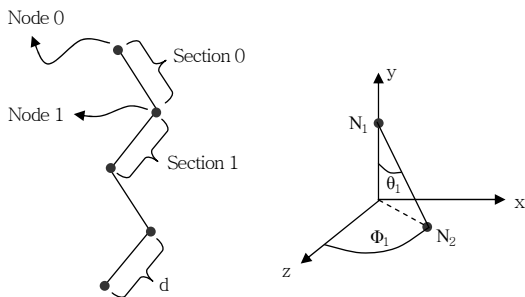


(그림 13) Hair Strip을 사용한 Hair 표현

어나게 되면 안정된 상태가 되도록 내부 힘을 가하는 방법을 사용한다.

(그림 13)은 hair strip을 사용하여 hair를 시뮬레이션하는 방법[18]으로 머리카락들을 여러 개의 천 조각으로 표현하는 방법을 사용한다.

Hair 시뮬레이션의 게임에서의 적용은 DOA, 철권 등의 대전 게임에서 주로 사용되어지고 있다. 초기 게임에서 사용된 hair 시뮬레이션은 머리카락을 하나로 땀아서 표현하여, 땀은 머리를 대표하는 하나의 머리카락만을 시뮬레이션하는 방법을 사용하였다. 그러나 점차적으로 컴퓨터 시스템의 성능이 좋아지고 새로운 콘솔게임기의 등장에 따라 물리 기능을 게임에서 확대하여 보다 게임의 완성도를 높이려는 시도가 많아지고 있다. 이에 따라 hair 시뮬레이션에 있어서 보다 자연스러운 그리고 제약조건이 없는 환경에서의 hair 시뮬레이션을 게임에서 표현하고자 하는 시도가 많아지고 있다. (그림 14)는 XBOX360의 DOA 게임으로서 기존 게임에서보다 캐릭터의 머리카락을 보다 사실적으로 표현하고 있으며 움직임 역시 사실적으로 시뮬레이션하고 있다.



(그림 12) 극좌표계를 사용한 머리카락 표현



(그림 14) XBOX360 DOA XTREME2

V. 맺음말

지금까지 게임 물리 기술의 개요와 주요 기술에 대하여 설명하였다. 최근의 게임 물리 기술의 개발 추세는 다양한 물리 기술의 지원도 있지만 그보다는 최신 하드웨어의 성능을 최대한 활용하여 보다 더 실제와 같은 게임을 만들 수 있게 하는 데 그 초점을 맞추고 있다.

현재 멀티코어 CPU, GPU, PPU의 3가지 하드웨어에 대해 특화된 형태의 물리 엔진이 서로 경쟁하고 있는 상태이며 어느 것이 앞으로 우위를 점할지는 아직 알 수 없다. 각 코어들의 장점을 활용한 복합적인 형태의 구현 방법도 이용될 수 있을 것으로 보여진다. 구현 방식을 떠나 이러한 변화는 근래에 들어서까지도 1인칭 슈팅게임 정도에만 활용이 되어 왔던 게임 물리 기술을 MMOG 등의 네트워크 기반 게임에도 적용이 가능하게 하였고 대부분의 게임에 이용되는 필수적인 게임 기반 기술로 자리잡게 하였다. 이렇듯 게임 제작에 있어서 물리 기술은 점점 더 많은 부분을 차지할 것으로 예상되며, 그에 따라 필요성도 더욱 중요시 될 것이다.

게임산업은 고부가가치의 높은 성장성을 지닌 매력적인 산업이기에 지속적인 발전과 시장 확대로 그 어느 때보다 경쟁이 치열하다. 이러한 상황에서 게임 물리를 극대화시킨 콘텐츠의 기획은 다른 게임과

의 차별화를 제공해 줄 수 있는 계기를 마련해 줄 것이다.

이러한 시대적 요구에 발맞추어 다양한 플랫폼에서 게임 물리를 효과적으로 구현하기 위한 병렬처리 기반의 게임 물리 기술에 대한 원천 기술 확보는 국내 게임산업의 경쟁력 강화를 위해 시급히 이루어져야 할 것이다.

약어 정리

CPU	Central Processing Unit
FPS	First Person Shooting
GPU	Graphics Processing Unit
IK	Inverse Kinematics
MMOG	Massively Multiplayer Online Game
PPU	Physics Processing Unit
SDK	Software Development Kit
SIMD	Single Instruction Multiple Data

참고 문헌

- [1] <http://www.supremecommander.com/>
- [2] <http://www.unrealtournament3.com/>
- [3] David Luebke, <http://www.gpgpu.org/sc2006/slides/01.luebke.Introduction.pdf>
- [4] <http://www.ageia.com/>
- [5] <http://www.havok.com/>
- [6] Petros Faloutsos, Michiel van de Panne, and Demetri Terzopoulos, "Composable Controllers for Physics-based Character Animation," *Proc. of SIGGRAPH 2001*, 2001, pp.251-260.
- [7] Victor B. Zordan, Anna Majkowska, Bill Chiu, and Matthew, "Fast Dynamic Response for Motion Capture Animation," *Proc. of SIGGRAPH 2005*, 2005, pp.697-701.
- [8] Game Programming Gems 4, Charles River Media Inc., 2004, pp.387-411.
- [9] Game Programming Gems 5, Charles River Media Inc., 2005, pp.517-533.
- [10] <http://panoramix.ift.uni.wroc.pl/~maq/eng/index.php>
- [11] <http://www.youtube.com/watch?v=Fe0vuBNHDK4&mode=related&search>

● 용어해설 ●

역운동학(Inverse Kinematics): 관절로 연결된 물체가 원하는 동작을 표현하도록 하기 위해 각 관절의 매개 변수를 결정하는 과정이다. 상위 관절의 움직임이 하위 관절에 영향을 미치는 전운동학(forward kinematics)의 반대로 하위 관절의 움직임에 따라 상위관절이 제한된 범위 내의 움직임을 자동적으로 계산하는 방법을 말한다.

유한체적법(Finite Volume Method): 메시의 변형을 물리 기반 시뮬레이션을 통해 사실적으로 표현하는 한 방법으로 메시지를 이루는 체적을 작은 체적들로 나눈 뒤 편미분 방정식의 해를 구해 작은 체적들의 움직임을 계산하고 이를 사용하여 전체 메시의 변형을 계산해 내는 방법을 말한다.

- [12] Havok Overview, Telekinesys Research Ltd., 2002, pp.3, 11-14.
- [13] http://www.gamesindustry.biz/content_page.php?aid=7243
- [14] <http://www.crytek.com/technology/index.php>
- [15] <http://www.megagames.com/news/html/console/rain-bowsix3onlyonxbox.shtml>
- [16] <http://features.teamxbox.com/xbox/1586/E3-2006-Star-Wars-Force-Powers-Tech-Demo-Impressions/p1/>
- [17] http://vnboards.ign.com/warhammer_online_general/b22997/93525939/p1/
- [18] C. Koh and Z. Huang, "Real-time Animation of Human Hair Modeled in Strips," in *Computer Animation and Simulation '00*, Sep. 2000, pp.101-112.
- [19] David Baraff and Andrew Witkin, "Large Steps in Cloth Simulation," *In Proc. of ACM SIGGRAPH 1998*, 1998, pp.43-54.
- [20] M. Desbrun, Peter Schröder, and Alan Barr, "Interactive Animation of Structured Deformable Objects," *In Proc. of Graphics Interface '99*, 1999.
- [21] Y.M. Kang and H.G. Cho, "Bilayered Approach for Efficient Animation of Cloth with Realistic Wrinkles," *In Proc. of Computer Animation 2002*, 2002, pp.203-211.
- [22] S. Hadap and N. Magnenat-Thalmann, "Modeling Dynamic Hair as a Continuum," *Computer Graphics Forum*, Vol.20, No.3, 2001, pp.329-338, *Proc. of Eurographics '01*, Vol.13, 1974, pp.1903-1905.