
음함수 모델 애니메이션 기술

윤재홍, 김은석, 허기택 (동신대학교)

차 례

1. 서론
 2. 음함수 곡면
 3. 애니메이션에서 음함수 곡면 모델의 사용
 4. 음함수 모델 애니메이션을 위한 고려사항
 5. 음함수 모델 애니메이션
 6. 결론
-

1. 서론

음함수 곡면은 물체 표면을 직접 정의하지 않고 영역 구분 함수를 통해 물체를 포함하는 공간상의 모든 점들의 관계를 정의함으로써 간접적으로 표현하는 방법이다. 음함수 곡면을 이용한 모델링은 함수나 수식을 이용하여 물체를 표현하기 때문에 표면의 위치를 찾기 위한 계산이 필요하지만, 몇 가지의 함수 정의만으로 복잡한 형태의 곡면을 직접 표현할 수 있으며 주어진 모델로부터 서로 다른 품질의 이미지를 제공할 수 있다는 장점을 갖는다.

음함수 곡면에 사용된 데이터는 물체의 표면 뿐 아니라 물체의 내부와 외부를 구별할 수 있으며 공간상에 주어진 점에 대한 값의 결정이 가능하여, 음함수 곡면을 사용한 알고리즘과 결과는 의학 및 과학 분야의 시각화에서도 유용하게 사용될 수 있다.

현재 CAD/CAM 응용 프로그램의 경우 매개 변수를 이용한 모델링 방법에 대한 연구/개발만

이 거듭되어 거의 모든 그래픽스 워크스테이션에 매개변수 곡면을 렌더링하기 위한 기본 엔진 (built-in engine)들을 탑재하고 있을 만큼 일반화된 반면, 음함수를 이용한 곡면 모델은 모델링의 보조적 역할로만 사용하여 특별한 응용분야에 한정시키고 있는 상황이다. 그러나 컴퓨터의 성능이 고도로 발달하여 계산능력에 큰 부담을 갖지 않게 되자, 음함수 곡면 모델링의 잠재능력을 인지하고 다양한 문제 해결에 적용시키기 위한 연구가 점점 활발해지고 있다.

본 논문에서는 음함수 모델링 기술의 응용을 위해, 음함수 캐릭터 모델을 이용한 애니메이션 기법들에 대해 소개하고자 한다. 음함수 곡면의 모델링 기법과 제어 방식의 특성들을 고려하여 애니메이션시 발생하는 고려사항과 문제점들을 고찰해보고, 지금까지 제안된 음함수 캐릭터 모델 애니메이션의 기법들과 모션캡처 데이터를 이용한 새로운 애니메이션 기법을 소개하고자 한다.

2. 음함수 곡면(Implicit Surfaces)

음함수 곡면은 3차원 공간상에서 $F: \mathcal{R}^3 \rightarrow \mathcal{R}$ 인 필드함수(Field Function) $F(x,y,z)$ 를 골격 요소로부터의 거리에 반비례하는 에너지 밀도 함수에 대한 실수 임계값(threshold value) T 에 의해 정의되어지는 곡면이다.

$$F(x,y,z) - T = 0$$

따라서 임계값 T 는 필드 함수 값이 T 가 되는 점 $P(x,y,z)$ 들의 집합인 등가곡면(isosurface)을 정의하게 된다. 임계값 T 가 작을수록 에너지 소스에서 등가곡면까지의 거리는 멀어지게 되므로 필드함수는 에너지 소스와 공간상의 한 점 사이의 거리 r 에 따른 함수 $F(r)$ 로 표현할 수 있다.

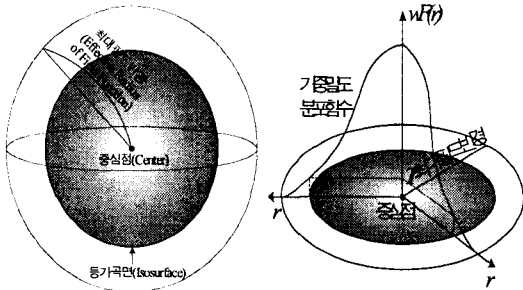


그림 4 음함수 프리미티브의 구조와 단면 밀도분포

음함수 곡면을 정의하기 위해 다양한 음함수가 사용될 수 있으나 계산비용을 고려하여 일반적으로 다항식(Polynomial equations)을 사용한다. 이 다항식은 물체의 형태에 따라 복잡도가 달라지며, 매우 복잡한 형태의 물체를 표현하기 위해서는 고차다항식이 필요하게 된다. 그러나 5차 이상의 고차다항식은 근의 공식이 존재하지 않아 근사해를 구하는 수치해석적인 방법을 이용하여 하므로 계산비용에 있어서 문제가 될 수 있다. 또한 빠르게 근사해를 구하는 방법을 사용하더라도

정확한 해를 얻기 위한 여러 고려사항들이 필요하므로 다루기 까다롭다. 따라서 고차 다항식의 문제점을 해결하면서 다양한 형태의 물체를 표현하기 위해, 다각형 메시의 삼각형이나 매개변수 곡면의 NURBS와 같이 음함수 곡면 모델에서도 단위적으로 사용가능한 간단한 프리미티브들이 정의될 수 있다.

표 1 음함수 프리미티브와 필드 함수의 형태

함수 종류	표현식	제안자/년도	Primitive
지수 함수	$f_i(r) = e^{-\pi r^2}$	Blinn /1982	Blobs
구간별 2차 다항식	$f_i(r) = \begin{cases} 1 - 3 \left(\frac{r}{R_i}\right)^2 & \text{if } (0 \leq r < \frac{R_i}{3}) \\ \frac{2}{3} \left(1 - \left(\frac{r}{R_i}\right)\right)^2 & \text{if } (\frac{R_i}{3} \leq r \leq R_i) \end{cases}$	Nishimura /1983	MetaBall
4차 다항식	$f_i(r) = \left(1 - \left(\frac{r}{R_i}\right)^2\right)^2$	Murakami /1987	MetaBall
6차 다항식	$f_i = -\frac{4}{9} \left(\frac{r}{R_i}\right)^6 + \frac{17}{9} \left(\frac{r}{R_i}\right)^4 - \frac{22}{9} \left(\frac{r}{R_i}\right)^2 + 1$	Wyvill /1986	Soft Object
6차 다항식	$f_i = \left(1 - \left(\frac{r}{R_i}\right)^2\right)^3$	Kim /1996	Metaball/Metacube

Blinn[6], Nishimura[7], Murakami[8], Wyvill[9], Kim[7] 등에 의해 프리미티브 특성을 고려한 다양한 필드 함수들이 개발되어 왔다. 1986년 Blinn에 의해 제안된 음함수 프리미티브인 blobby model은 원자의 전자구름이나, 분자의 물리적인 ball-and-stick 모델에 기초를 두고 있다. 따라서 자기장, 중력장 같은 에너지 장을 표현하는데 자연스러우며 지수함수의 간단한 함수로 정의되는 장점이 있다. 그러나 지수함수의

특성상 공간적으로 아주 먼 거리에 있는 점에서도 에너지 값이 0(zero)이 되지 않는 단점이 있다. 이러한 단점 때문에 지수함수를 근사하는 다항식을 필드함수로 갖는 요소들을 개발하려는 노력이 계속 되어 왔다.

Nishimura는 독자적으로 음함수 곡면 모델을 개발하여 메타볼이라 하였고, 지수함수를 두 개의 간단한 2차 다항식으로 근사하는 구간별 2차식을 필드함수로 사용하였다. 그러나 차수가 낮은 함수로 인해 지수함수를 근사하는 두개의 2차 함수가 만나는 부분에서의 계산상의 오차가 크다는 단점이 있다. Wyvill의 지수함수를 근사하는 다항식의 필드함수를 갖는 요소를 정의하고 이에 관한 디스플레이 함수를 개발하여 soft object라 불렀다.[1]

이러한 점 요소들은 점을 중심으로 하여 동일한 거리에 있는 위치들이 모두 같은 밀도 값을 가지므로 하나의 점 요소는 구형의 표면을 생성할 수 있다. 또한 이러한 점 요소들은 적당한 거리에 배치하게 되면 서로의 밀도 함수 값이 더해져(blending) 새로운 형태의 곡면을 형성할 수 있다.(그림2)

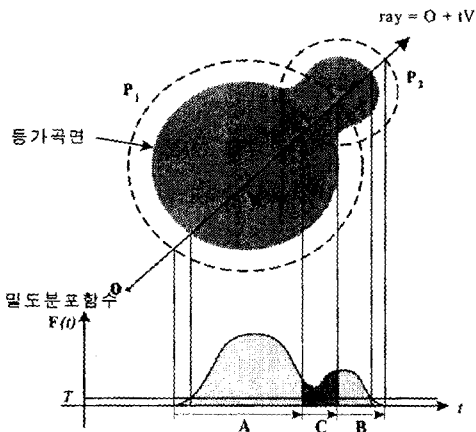


그림 5 블렌딩시 밀도분포함수의 구조

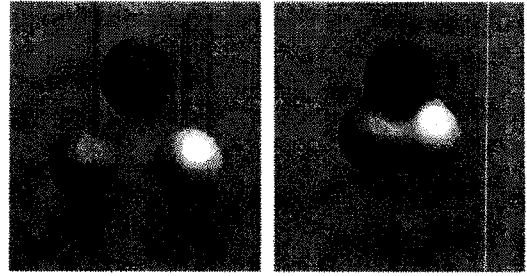


그림 6 음함수 프리미티브의 블렌딩

3. 애니메이션에서 음함수 곡면 모델의 사용

음함수 프리미티브들은 시간 변화에 따른 액체나 분절적인 오브젝트의 움직임뿐만 아니라 3D 만화 캐릭터와 인체 모델들과 같은 부정형 모양의 묘사에 매우 적합하다. 골격(Skeleton)에 기반한 음함수 프리미티브들은 애니메이션을 제어하기 위한 자체적인 방법을 제공하며, 특히 점요소를 기반으로 하는 점-골격(Point Skeletal) 프리미티브들은 분자(Particle) 집합들에 의해 구성된 오브젝트들의 표현에 사용될 수 있다. 모델을 구성하는 파라미터들은 분자들이 혼합 방법을 결정하고, 서로 다른 종류의 재질 특성을 갖는 것을 가능하게 한다. 애니메이션은 각 시간 단계의 모든 분자들의 파라미터들을 업데이트함으로써 간단히 얻어질 수 있다. 분자들의 움직임(motion)은 원하는 효과를 이루기 위한 다양한 방법으로 제어될 수 있다. 이러한 애니메이션 제어 기술들로는 Spline Interpolation, Particle System, Dynamic Simulation 등을 사용할 수 있다.

분절적인 오브젝트들은 골격 프리미티브들의 계층으로 구성되어질 수 있다. 음함수 표현은 이런 종류의 오브젝트의 움직임 제어와 형태 표현을 동시에 할 수 있으며, 부드러운 연속면들로 전

체 오브젝트를 형성하는 전역(global)의 혼합 성능을 보장한다. 프리미티브들의 블렌딩을 위한 추가적인 제어는 프리미티브들의 그룹을 형성함으로써 제공된다. 각 그룹의 블렌딩은 다른 그룹들과 구별되어 이루어지며, 애니메이션은 각 그룹들의 접합지점에 해당하는 조인트(joint)들의 파라미터들을 제어함으로써 생성된다. 또한 국부적(local)인 변형들은 프리미티브들에 대하여 적용되고 결정된다.

Dynamic simulation 기술은 물리적 기반의 애니메이션 영역에서 중요한 부분임에도 불구하고, 음함수 오브젝트를 이용한 기술적용은 아주 드물게 시도되고 있다. 음함수 오브젝트를 이용하여 공간상의 형태 분석과 오브젝트들의 역학을 계산하고, 볼륨(volumetric) 모델들을 연결하기 위한 변형 다항식 맵핑을 생성하기 위하여 주로 사용되고 있다.

Spring-mass 모델을 이용한 애니메이션에서의 음함수 오브젝트 역시 부분적인 변형 사상들을 결정하는데 사용되었다. 충돌 검출 및 회피 [11][12]를 위한 역학 시뮬레이션에서 음함수 모델은 충돌, 접촉, 반발력의 통합적 계산을 가능하게 해주는 방법으로 사용되고 있다.

하나의 모양에서 다른 모양으로의 변형(Metamorphosis)은 시간의 변화에 따른 애니메이션 문제로서 위상변화에 대해 쉬운 변형이 가능한 음함수 모델링에 적합하지만 전체 형태가 아닌 특정 형태의 변형의 경우는 시작 위치에서의 오브젝트 형태와 마지막 위치에서의 오브젝트 형태의 국부적 특징들 사이의 대응점을 찾는 것이 어렵기 때문에 많은 문제가 있다.

4. 음함수 모델 애니메이션을 위한 고려사항

Opalach and Maddock[11]은 음함수 곡면에 대한 애니메이션을 생성하는데 있어서 형태(appearance), 블렌딩(blending), 일관성(consistency)에 대한 근본적인 고려 사항을 제시했다.

애니메이션 동안 오브젝트의 형태는 알아볼 수 있게 유지되어야 하며, 키프레임들 사이의 동적 변화에 영향을 받지 않아야 한다. 이를 위해서는 오브젝트의 전체 구조를 형성하는 기본 골격을 바탕으로 하는 음함수 프리미티브의 정의가 필요하다. 특히 일관성 유지를 위해 골격들의 링크(link)와 접합점인 조인트(joint)의 특성에 따라 움직임을 제어할 수 있어야 한다. 빠른 움직임 제어를 위해 일관성 유지를 위한 제약사항에 추가적인 제한이 부과될 수도 있다.

블렌딩에 있어서의 고려사항은 애니메이션 동안 원치 않는 블렌딩(unwanted blending)을 회피하기 위한 것으로서, 주의를 기울이지 않은 블렌딩 방법이 사용된다면 요소 거리 안에 있는 모든 프리미티브들은 서로 혼합될 것이다. 예를 들면, 사람의 팔을 모델링한 경우 팔을 굽혔을 때 어깨부터 팔꿈치까지 이어지는 팔의 위쪽부분과 손목에서 팔꿈치에 이르는 아래부분은 팔꿈치 주위에서 블렌드되기 시작할 것이다.

지금까지 이러한 문제는 연결점인 조인트들에 대한 링크들의 블렌딩은 허용하지만 링크들 간의 블렌딩은 허용하지 않음으로써 해결하였다. 그러나 실제로 두 비블렌딩(non-blending)오브젝트의 위치가 겹치거나 접촉하는 경우 겹치는 영역에서 서로 뚫고 지나가는 것과 같은 형태를 보여 여전히 문제가 존재한다. 이것은 음함수 곡면에 대한 충돌 검출 영역에서 다룰 문제지만, 근육과

같은 대부분의 비압축성 오브젝트에 대한 블룸 보존의 개념을 고려하기 위해 중요한 사항이다.

Marie-Paule[13]은 원치 않는 블랜딩 문제를 해결하기 위해 골격의 link들에 대한 인접 그래프를 생성하고, 서로 인접한 link들의 프리미티브들만이 서로 블랜딩되는 것을 허락하였다. 예를 들어 팔은 어깨와 블랜딩되지만 다른 부분과는 블랜딩되지 않고, 손바닥은 손가락들과만 블랜딩될 것이다. 블랜딩 여부 판단을 위해 특정 위치에서 공간상의 다른 골격들까지의 인접 그래프에 따른 필드값의 기여도를 계산하고, 그 점에서 다른 골격과의 블랜딩의 가능성을 고려하여, 가장 높은 기여를 가지는 그룹을 제외한 다른 골격들의 기여는 무시함으로써 블랜딩 가능한 요소들을 결정한다. 가슴 앞에서 겹쳐진 팔 모양의 경우, 모두가 블랜딩 되어진다면 팔들은 캐릭터의 가슴에 서로 달라붙어져 모두 뒤엎혀 녹여진 비인간적인 외형을 만들게 될 것이다. 신체 부위의 인접 그래프에 따라 가슴은 팔꿈치 위쪽 부분의 팔과 인접되어 있고, 팔꿈치 아래쪽 팔은 팔꿈치의 위쪽 팔 부분과 손바닥과 연결되어 있을 것이며, 손바닥은 손가락들과 연결될 것이다. 따라서 그래프 상의 거리에 따른 필드 기여도를 계산하면 손가락이나 팔꿈치 아래쪽 팔 부분의 점들은 가슴 부분의 골격으로부터의 기여값이 매우 적을 것이므로 가슴부분과 아래팔 부분이 블랜딩되지 않을 것이다.

골격의 구성요소에 대해 필드값을 가중시키는 가중값(weight value)을 두는 것은 등가곡면의 위치를 다양하게 하기 위한 고려사항으로 들어간다. 등가곡면의 경우 거리에 따라 계산된 필드값을 사용하기 때문에, 팔 골격으로부터 계산된 팔의 표면은 가슴골격보다 팔의 골격에서 더 가깝고 더 강한 필드값을 가지고 있을 것이다. 특히

텍스처 매핑과 같은 표면에 따라 달라지는 특성이나 다른 표면 특성이 그 표면에 기반하여 할당되는 경우 정확한 표면 결정이 중요하다.

일관성은 여러 개의 음함수 프리미티브들로부터 생성된 오브젝트가 애니메이션 동안 분리되지 않고 하나의 형태를 유지하도록 하기 위해 고려되어야 하는 요소이다. 이것이 고려되지 않는다면, 음함수 프리미티브로 생성된 물체는 애니메이션 동안 일정한 조건을 만족하면서도 형태가 분리될 수 있다. 이러한 문제 해결을 위해, 골격을 형성하는 프리미티브들은 애니메이션 시작시 연결되어 있다면 계속 연결되어 있는 상태가 되도록 제약을 두어야 한다. 오브젝트 표면의 결합을 보전하기 위해 프리미티브들이 블랜딩된 표면의 끊김없이 얼마나 멀리 떨어질 수 있는지를 측정하는 요소를 이용할 수 있으며, 이를 이용하여 각각의 프리미티브가 얼마나 빠르고 유동적으로 변이할 수 있는지를 결정하는 탄성 변수에 대한 반응을 제약할 수 있다.

5. 음함수 모델 애니메이션 (Implicit Model Animation)

키프레임 기반의 전통적인 애니메이션 시스템들은 가상의 세계에서 상호작용하는 오브젝트들의 연속적인 모양 변화와 동작을 명세하기 위하여 애니메이터(Animator)에게 아주 특별한 지식과 직관력을 요구한다. 이러한 작업을 자동화하기 위하여 간단한 물리법칙을 기반으로 하는 모델이 제안되었다. 이 모델은 초기 상태에서 시간이 흐름에 따라 외적인 영향을 받아 동작과 변형을 생성하고, 자동적으로 충돌을 탐지하고 반응한다. 특히 이러한 모델들은 변형할 수 있는 오브젝트들의 애니메이션을 돕기 위하여 사용되며, 무생물의 동체들을 시뮬레이션하기 위하여 사용

되거나, 캐릭터 애니메이션을 위해 사용자 제어 구조와 결합하여 사용될 수 있다[4].

음함수 곡면의 애니메이션은 곡면이 3차원 공간상에서 스칼라 필드(scalar field)의 등가곡면(isosurface)으로 정의되고, 곡면의 애니메이션은 필드함수의 애니메이션으로 이뤄지기 때문에 복잡한 과정을 가진다[10]. 그러나 음함수 곡면은 컴퓨터 애니메이션 응용들에 있어서 매우 유용한 특징들을 제공한다. 매개변수 곡면(parametric surface)을 이용한 모델에서 매우 어려운 위상적인 변화들을 포함하는 큰 변형들의 애니메이션을 가능하게 하며, implicit한 표현들은 내부와 외부를 구별하는 in-out 함수들을 제공하기 때문에 충돌 검출을 가속화할 수 있다[4][6].

Wyvill과 Beier는 캐릭터 애니메이션에 대한 음함수 곡면의 유용성을 언급했으며, 캐릭터 애니메이션과 다각형이나 매개변수 곡면 모델로 생성하기 어려운 부분에 종종 요구되는 환경, 변형, 위상 변화와 같은 효과에 적합한 음함수 곡면의 능력을 강조했다. 또한 음함수 곡면은 애니메이션 동안 외형 유지, 원치 않는 블렌딩의 회피, 변형에서는 위상 변화가 필요하지만 오브젝트가 조각들로 나누어지는 것을 회피하기 위해 일정한 위상을 유지해야하는 응집성이 필요하다는 문제점도 언급했다.[8]

캐릭터 애니메이션에 음함수 곡면을 이용시 또 다른 이점은 등가곡면에 의해 정의된 음함수 스킨(skin)이다. 오브젝트를 구성함에 있어서 내부의 골격과 외부의 스킨(등가곡면)으로 자연적인 레이어 구조를 제공한다. 또한 프리미티브들의 계층적 기술에 의한 분절적 모양의 정의는 캐릭터를 덮는 스킨을 표현할 수 있으며, 스킨은 프리미티브들의 이동과 관계없이 항상 C1 연속성을

유지한다. 애니메이션 동안 스킨의 변형은 팔과 다리와 같은 가지(Limb)부분의 오브젝트들 간의 원치 않는 블렌딩이 발생할 수 있어 제어하기 어렵다. 이를 해결하기 위해 분절적인 구조에 대해 정의된 블렌딩 그래프가 요구되지만, 스킨의 변형에 따른 곡면의 불연속성을 피하기 위해서는 조심스럽게 선택되어야 한다[8].

분절적인 모양에서 스킨 표면(skin surface)의 다른 모델링 방법은 다각형 또는 매개변수 곡면[4]을 사용하는 것이다. 이러한 방법들은 스킨의 변형에 있어서 더 나은 제어를 제공하지만, 표면 연속성을 유지하기 위해 다각형이나 매개변수 곡면 패치의 정합이 요구된다. 반면 음함수 곡면은 표면 연속성이 자동적으로 이루어진다. Gascuel은 음함수로 정의된 강체(solids)를 애니메이트하기 위해 동적 시뮬레이션을 사용하였고, Wyvill은 바운싱 볼의 squash와 stretch를 생성하기 위해 space warping을 사용하였다. 또한 음함수 곡면의 애니메이션을 위해 분자 시스템의 물리적인 시뮬레이션을 사용할 수 있다.[8]

가상으로 생성하는 인간을 사실적으로 나타내는 것은 컴퓨터 그래픽에서 가장 어려운 것 중 하나이다. 음함수 곡면은 기초가 되는 프리미티브들 위에 형성된 면을 기반으로 만들어졌기 때문에, 뼈와 근육 위에 사람의 피부를 만드는 것에 대한 가능성을 고려하는 것은 당연하다. 사실상 가상의 사람 모델링과 애니메이션은 음함수 모델링에서 주요한 연구 중 하나이다.

Daniel Thalmann[14]은 사람의 애니메이션 작업에 메타볼(Metaball)을 사용한 JLD (Joint-Local Deformation) 방법을 제안하였다. Wilhelms[15]는 음함수 프리미티브로 타원체를 사용하여 동물 모델을 만들었다. 또한 동물 모델링을 위해 사용한 방법을 이용하여 인간에게도

적용할 수 있음을 보였다. 피부를 느슨하게 또는 팽팽히 맞추기 위하여 음함수 곡면 방정식의 조정이 필요하였다. 또한 동물의 뼈를 모델로 만들기 위해 평평하게 퍼지는 타원체를 사용했고, 근육을 위해 더 일반적인 형태로 만들었다. 움직임에 따라 근육의 모양 변화는 가능하나 일정한 볼륨은 그대로 남아있도록 하였다.

본 논문은 음함수 캐릭터 모델의 자연스러운 애니메이션을 빠르고 쉽게 생성하기 위한 방법의 하나로서 모델의 모션 데이터로 모션캡처 시스템의해 생성된 데이터를 사용하는 방법을 소개한다.

모션 캡처 시스템에서 제공하는 인체의 Kinematic Model Template을 분석하여 음함수 캐릭터 모델의 프리미티브 골격을 구성하고, 이를 이용하여 음함수 캐릭터 모델을 생성할 수 있다. 음함수 캐릭터 모델을 구성하는 프리미티브인 메타큐브는 골격의 신체 부위에 따라 적절한 파라미터 값을 갖도록 모션 캡처 Model Template을 이용하여 조절된다.

음함수로 만들어진 캐릭터의 애니메이션을 위해 모션 캡처 시스템에 의해 생성된 동작 데이터를 Body Builder를 이용하여 이동 및 회전 정보를 가진 Acclaim 데이터로 변환하고, 생성된 Acclaim 데이터로 프리미티브 골격에 맞게 모션을 생성하여 이를 렌더링함으로써 음함수 캐릭터 애니메이션의 프레임을 생성하였다.

이 방법은 기존의 라이브러리가 되어 있는 모션 데이터를 활용함으로써 다양한 애니메이션을 빠르고 쉽게 생성할 수 있고, 음함수 프리미티브를 이용함으로써 메쉬를 이용한 캐릭터 모델링에 비해 보다 적은양의 데이터로 캐릭터의 표현이 가능하다. 또한 수작업에 의해 인위적으로 모션을 생성한 기존 방법과 달리, 모션 캡처 데이터

를 이용함으로써 보다 자연스러운 음함수 모델 애니메이션 생성이 가능하다.[16]

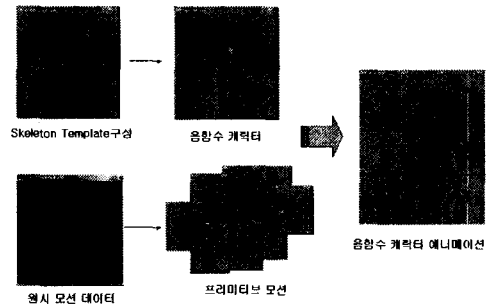


그림 7 모션 캡처 데이터를 이용한 음함수 모델 애니메이션

6. 결론

음함수 곡면은 연속적인 형태의 음함수를 이용하여 복잡한 물체의 표현을 표현할 수 있으며, 내부와 외부를 구분하는 계층적 특성을 가짐으로써 레이어 구조를 갖는 물리기반의 모델링에 적합한 모델링 기법이다. 또한 큰 위상적인 변화를 겪을 수 있는 오브젝트, 특히 애니메이션을 위한 캐릭터 모델의 자동 형태 생성에 아주 적합하며, 매개변수 값의 간단한 업데이트만으로도 애니메이션 생성 및 변형이 가능하므로 애니메이션에서 넓고 다양하게 사용될 수 있다. 특히 초기 단계의 프리미티브 종류 선택에서부터 최종 결과를 만들기 위해 어떤 전략에 따라 어떻게 사용할 것인지까지의 넓은 선택 범위는 특수한 목적을 위한 응용 설계 및 구현이 가능하다는 이점을 가지고 있다. 그러나 많은 부분이 연구과제로 남아 있으며 효율적으로 잘 사용하기 위해 극복해야하는 장애물도 많다.

향후 연구과제로 음함수 모델링을 위해 음함수 프리미티브의 직접적인 조작에 가능할 수 있도록 대화식 모델링에 대한 연구가 필요하며, 블렌딩

및 변형 제어부분에 있어서도 많은 연구가 필요하다. 특히 모든 응용에서의 가장 기본적인 요소인 실시간 렌더링을 위한 기술 개발이 시급한 문제로 남아 있다.

참고문헌

- [1] Nishita, T. and Nakamae, E., A Method for displaying Metaballs by using Bezier Clipping, Proc. Eurographics '94, Vol.13, No.3, pp.271-280, 1994
- [2] L. Velho, J. Gomes, L. H. Figueiredo, "Implicit Objects in Computer Graphics", Springer-Verlag New York, 2002.
- [3] R. L. Burden and J. D. Faires, "Numerical Analysis 6th ed.", Brooks/Cole, 1997.
- [4] Marie-Paule Cani-Gascuel, Mathieu Desbrun, "Animation of deformable models using implicit surfaces", IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 3(1):39-50, March 1997.
- [5] Beier, T., "Practical Uses for Implicit Surfaces in Animation", Siggraph 90 Course Notes No 23, "Modeling and Animating With Implicit Surfaces", pp 20.1-20.11
- [6] Agata Opalach, Marie-Paule Cani-Gascuel, "Local deformations for animation of implicit surfaces", In SCCG'97, Bratislava, Slovakia, 1997
- [7] E.S. Kim, G.T. Hur, J.J. Kim, Metacube: An Anisotropic Skeletal Element for Implicit Model, Proceedings of SCI2003, 2003.8, pp.173-178
- [8] Opalach, A. and S.C. Maddock, "High Level Control of Implicit Surfaces for Character Animation", Proc. 1st International Eurographics Workshop on Implicit Surfaces, April.1995, pp 223-232.
- [9] Wyvill, G. and McPheeters, C. and Wyvill, B., "Animating Soft Objects", The Visual Computer, Vol. 2, No 4, August 1986b, pp 235-242
- [10] Marie-Paule Cani, "Implicit Representations in Computer Animation: a Compared Study", Proceedings of Implicit Surface '99, Sep. 1999
- [11] Opalach, A. and S.C. Maddock (1993), "Implicit Surfaces: Appearance, Blending and Consistency", Proc. 4th Eurographics Workshop on Animation and Simulation, (Barcelona, 4-5 September, 1993), pp. 233-245.
- [12] Opalach, A. and S.C. Maddock (1995), "An Overview of Implicit Surfaces", in "Introduction to Modelling and Animation Using Implicit Surfaces", Course Notes No 3, Computer Graphics International, (Leeds, 25-30 June, 1995), pp. 1.1-1.13.
- [13] Marie-Paule Cani-Gascuel and Mathieu Desbrun, "Animation of Deformable Models Using Implicit Surfaces," IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 3(1), March, 1997.
- [14] Daniel Thalmann, personal communication, 1998.
- [15] Watt, Alan, and Watt, Mark, "Advanced Animation and Rendering Techniques", Addison-Wesley, 1992.
- [16] 윤재홍, 김은석, 허기택, "모션 캡처 데이터를 이용한 음향수 모델 애니메이션", 2004 ITRC Forum, 2004, pp. 234-247.

저자소개

● 윤재홍(Jae-Hong Youn)



1998년 2월: 동신대학교 컴퓨터학과
(이학사)

2001년 2월: 동신대학교 컴퓨터학과
(이학석사)

2001년~현재: 동신대학교 컴퓨터학과
(박사수료)

<관심분야> : 멀티미디어, 애니메이션, 콘텐츠

● 김은석(Eun-Seok Kim)



1995년 2월: 전남대학교 전산학과
(이학사)

1997년 2월: 전남대학교 전산통계학과
(이학석사)

2001년 2월: 전남대학교 전산통계학과
(이학박사)

2001년~2002년: 서울대학교 정보화

기술단 연구원

2002년~현재: 동신대학교 멀티미디어콘텐츠학과 전임강사

<관심분야> : 음함수 모델링, 애니메이션, 영상처리

● 허기택(Gi-Taek Hur)



1984년 2월: 전남대학교 계산통계학과
(이학사)

1986년 2월: 전남대학교 계산통계학과
(이학석사)

1994년 2월: 광운대학교 전자계산학과
(이학박사)

1989년~현재: 동신대학교 멀티미디어

콘텐츠학과 교수

<관심분야> : 멀티미디어, 영상처리, 얼굴 애니메이션