

음함수 프리미티브의 모핑을 이용한 3D 캐릭터 변형 방법

Deformation Method for the 3D Character Using Morphing of Implicit Primitive

윤재홍, 송용규, 김은석, 허기택
동신대학교

Youn Jae-Hong, Song Yong-Gyu, Kim Eun-Seok,
Hur Gi-Taek
DongShin Univ.

요약

본 논문은 음함수 프리미티브의 모핑을 이용한 3D 캐릭터의 변형을 효과적으로 표현할 수 있는 방법을 제안하고자 한다. 기존의 3D 변형 방법과 달리 음함수 프리미티브의 파라미터 값을 조정함으로써 캐릭터의 변형 과정을 간단하고 자연스럽게 표현할 수 있도록 한다. 각 캐릭터의 대응점은 캐릭터를 구성하는 프리미티브의 위치를 이용해 자동적으로 생성될 수 있도록 하고, 중간 프레임의 캐릭터에 대한 프리미티브의 중심점 좌표는 보간을 통하여 생성하도록 하였다. 제안된 캐릭터 변형 방법은 동식물의 성장과정 시뮬레이션에 효과적으로 활용될 수 있다.

Abstract

This paper uses the morphing of an implicit primitives to Deformation of a 3D Character. Unlike existing a 3D Deformation method, We try to propose the method to express efficiently a deformation step of the character through to modify a parameter value of an implicit primitives. The corresponding point of an each character can produce automatically uses the 3D coordinate about a center point of the primitive which organizes the character. A character coordinate among frames can produce medium through the between. A character deformation method to be proposed can be utilized efficiently for a growth step simulation of plants and animals.

I. 서론

컴퓨터 그래픽스 분야에서 사용되는 대부분의 3D 데이터는 모델링 생성 틀이나 사용자 수작업 등의 기하학적 모델링 과정을 통해 얻어진다. 이렇게 기하학적으로 표현된 장면의 렌더링 시간은 대상 장면의 복잡도, 장면을 구성하는 면의 수 등에 크게 영향을 받는다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 영상 기반 표현 기술이 활발히 제안되고 있다. 특히 물체에 대한 3D 정보 없이도 상호보간(Interpolation)을 통해 중간 영상을 생성하는 영상 모핑(morphing) 연구가 활발하게 진행되고 있다. 영상 모핑 기술은 2D 영상

에 기반한 이미지 모핑 기술을 이용하여 영상 사이의 중간 영상을 생성하고 있으며, 많은 연구 진행되고 있다. 이러한 모핑 기술은 3D에서도 영화나 애니메이션에 주로 많이 사용되고 있으며, 대부분 매개변수 곡면 모델링의 변형 방법들로 이루어져 있다. 음함수 프리미티브를 이용한 곡면 모델링은 필드함수의 계산에 의해 생성되기 때문에 장면 생성을 위한 많은 렌더링 시간이 요구되지만, 부정형 물체의 표현뿐만 아니라, 모핑과 같은 변형이 용이하고 고품질의 장면을 생성할 수 있다.

본 연구에서는 부정형 물체의 생성 및 변형이 용이

한 음함수 캐릭터 모델의 변형 방법을 제시하고, 이를 이용한 동식물들의 성장 과정 시뮬레이션을 자연스럽고 효과적으로 표현할 수 있는 방법을 제안하고자 한다.

본 논문은 서로 다른 3D 캐릭터에 대해 음함수 프리미티브를 이용한 효율적인 3D 변형 기법을 제안한다. 간단하고 빠른 애니메이션을 위해 음함수 프리미티브의 파라미터 값만을 계산하여 중간 프레임의 캐릭터를 생성할 수 있도록 하지만, 음함수 모델링시 고려되어야할 몇 가지 사항에 대해서는 고려하지 않는다.

II. 관련연구

1. 모핑(Morphing)

2개의 서로 다른 이미지나 3D 모델 사이의 변화하는 과정을 서서히 나타내는 것을 모핑(morphing)이라 한다. 3D 모핑은 마이클 잭슨의 뮤직 비디오 "Dangerous"와 영화 "터미네이터 2", 우리나라의 영화 "구미호", "은행나무 침대"등을 통해서 세상에 알려지기 시작했다. 모핑의 원리는 의외로 간단하다. 처음 프레임과 마지막 프레임을 지정해 주고 나머지는 컴퓨터가 생성하도록 한다. 이러한 과정을 인터폴레이션(Interpolation)이라 한다.

2. 음함수 곡면(Implicit Surface)

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 강도를 나타내는 에너지 밀도 함수로 하여 실수 임계값(Threshold Value) T 에 의해 정의 되는 곡면이다.

$$F(x, y, z) - T = 0 \tag{1}$$

따라서 임계값 T 는 필드 함수 값이 T 가 되는 점

$P(x, y, z)$ 들의 집합인 등가면(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[3].

2.1 Implicit Primitive

음함수 곡면을 정의하기 위해 다양한 음함수가 사용될 수 있으나 계산비용을 고려하여 일반적으로 다항식을 사용한다. 이 다항식은 물체의 형태에 따라 복잡도가 달라지며, 매우 복잡한 형태의 물체를 표현하기 위해서는 고차다항식이 필요하게 되지만, 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.

Blinn, Nishimura, Murakami, Wyvill, Kim[6] 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.

2.2 음함수 곡면 모델링

음함수 프리미티브들은 시간 변화에 따른 부정형 물체나 분절적인 오브젝트의 움직임뿐만 아니라, 3D 만화 캐릭터와 인체 모델들과 같은 부정형 모양의 묘사에 매우 적합하다. 음함수 프리미티브들은 애니메

이선 제어를 위해 골격요소에 기반을 둔 자체 제어 방법을 제공하며, 특히 점 요소로 이루어진 프리미티브들은 분자(Particle) 집합들에 의해 구성된 오브젝트들의 표현에 사용될 수 있다. 음함수 곡면의 애니메이션은 곡면이 3차원 공간상에서 스칼라 필드의 등가곡면으로 정의되고 곡면의 애니메이션은 필드함수의 애니메이션으로 이루어지기 때문에 복잡한 과정을 가진다[3]. 그러나 음함수 곡면은 컴퓨터 애니메이션 응용에 있어서 매우 유용한 특징들을 제공한다. 매개변수 곡면(Parametric Surfaces)을 이용한 모델에서는 매우 어려운 위상변화를 포함하는 큰 변형 애니메이션이 가능하게 하며, 음함수 곡면을 이용한 표현들은 내부와 외부를 구별하는 in-out 함수를 제공하기 때문에 충돌 검출을 가속화할 수 있다[6].

Wyvill과 Beier는 캐릭터 애니메이션과 다각형이나 매개변수 곡면으로 생성하기 어려운 환경, 변형, 위상변화와 같은 효과에 적합한 음함수 곡면의 능력을 강조함으로써 캐릭터 애니메이션에 대한 음함수 곡면의 유용성을 언급했다[5].

2.3 음함수 곡면을 이용한 캐릭터 애니메이션

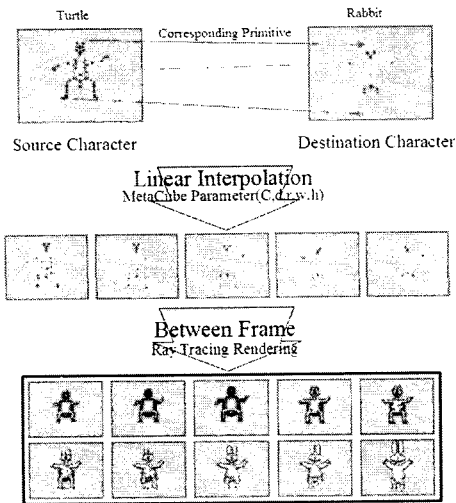
Opalach와 Maddock은 음함수 곡면에 대한 애니메이션을 생성하는데 있어서 형태(Appearance), 블렌딩(Blending), 일관성(Consistency)에 대한 근본적인 고려사항을 제시하였다. 애니메이션 동안 오브젝트의 형태는 알아볼 수 있게 유지되어야 하며, 키프레임들 사이의 동적 변화에 영향을 받지 않아야 한다. 또한 애니메이션 동안 원하지 않는 블렌딩(unwanted blending)을 피해야 하는데, 주의를 기울이지 않는 블렌딩 방법의 사용은 요소 거리 안에 있는 모든 프리미티브들을 혼합하게 된다. 골격요소에 대한 밀도값은 밀도 분포에 의한 필드값을 가중시키는 것으로서, 이러한 가중값을 두는 것은 등가곡면의 위치를 다양하게 하기 위해서 고려되는 요소이다. 일관성은 여러 개의 음함수 프리미티브들로부터 생성된 오브젝트가 애니메이션 동안 분리되지 않고 하나의

형태를 유지하도록 하기 위해 고려되는 요소이다.

대부분의 영상 모핑은 제어를 지정하는 과정의 대부분을 사용자의 수작업에 의존하기 때문에 작업 시간이 많이 소요될 뿐만 아니라 양질의 결과를 얻기 위해서는 숙련을 요하는 불편함이 있다. 본 논문은 소스 캐릭터와 목표 캐릭터에서 프리미티브의 3차원 위치 정보를 획득한 상태에서 사용자가 수동으로 최소한의 특징점 쌍만을 지정하면 이렇게 지정된 특징점 쌍을 기준 삼아 위치 점들의 분포에 따라 소스 캐릭터와 목표 캐릭터의 상호 대응되는 위치점들을 자동적으로 설정한 후, 프레임 수와 음함수 프리미티브의 파라미터 값들을 이용하여 3D 모핑을 수행함으로써 3D 캐릭터의 변형 방법을 제안한다. 제안된 방법에 따르면, 각 음함수 프리미티브의 특징에 따라 대응점을 쉽게 적용할 수 있고 설정 시간을 단축할 수 있을 뿐만 아니라 곡면의 비틀림 없이 자연스러운 모핑 결과를 획득할 수 있다는 이점이 있다.

III. 음함수 프리미티브를 이용한 3D 캐릭터 변형

본 연구에서는 3D 캐릭터를 만들기 위해 음함수 프리미티브인 메타큐브를 사용하였으며, 거북이에서 토끼로의 3D 캐릭터 변형 과정을 통해 시물레이션 하였다. 초기 캐릭터를 모델링하기 위해 거북이는 92개의 메타큐브를 사용하였으며, 토끼는 86개의 프리미티브를 사용하였다. 변형을 위한 캐릭터간의 대응점은 음함수 프리미티브인 메타큐브의 파라미터 값인 중심점 C를 공간적으로 유사한 위치에 있는 프리미티브와 매칭시켜 사상시켰으며, 캐릭터간의 프리미티브 수의 차이에 의한 대응되지 못한 프리미티브들은 파라미터 값을 0으로 주어 대응되지 못한 프리미티브의 주변에 자동적으로 생성되도록 하였다.



▶▶ 그림 1. 음함수 프리미티브를 이용한 캐릭터 변형 과정

음함수 프리미티브의 모핑을 이용한 캐릭터의 변형은 [그림 1]과 같은 과정을 통해 수행되었으며, 식(2)와 같이 프리미티브의 파라미터 값에 대해 선형 보간을 수행함으로써 간단히 중간 프레임에 대한 캐릭터의 파라미터 값들을 쉽게 얻을 수 있었다.

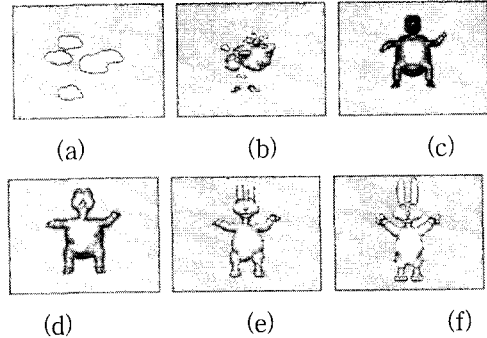
$C_{M(i)}$ 을 두 캐릭터간의 i 번째 프레임에 생성되는 캐릭터에 사용될 메타큐브의 중심점들이라고 할 때, C_S 는 원본 캐릭터에 대한 메타큐브의 중심점들을 나타내고, C_D 는 대상 캐릭터에 대한 메타큐브의 중심점들을 나타낸다.

$$C_{M(i)} = C_S + (C_D - C_S) / n * i, \quad (\text{단, } 2 \leq i \leq n-1) \quad (2)$$

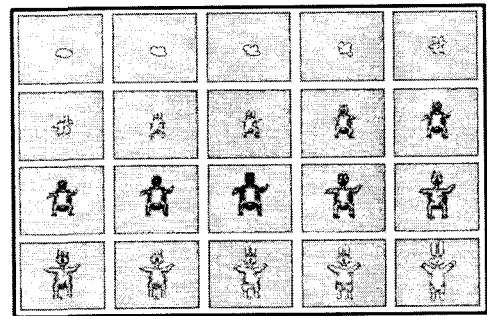
이때 n 은 생성할 전체 프레임의 수를 나타내며, i 는 생성될 프레임의 순서를 나타낸다.

중간프레임에 사용될 나머지 메타큐브의 파라미터 값들(d, r, w, h)도 동일한 방법으로 구할 수 있다.

IV. 실험 결과



▶▶ 그림 2. 음함수 프리미티브에 의해 생성된 캐릭터



▶▶ 그림 3. 음함수 프리미티브를 이용한 캐릭터 변형

[그림 2]는 음함수 프리미티브인 메타큐브를 이용해 구름과 거북이, 토끼를 모델링 한 결과이며, [그림 2 (a), (c), (f)]는 원본 캐릭터를 나타내고 [그림 2 (b), (d), (e)]는 중간 프레임에 의해 생성된 캐릭터를 나타낸다. [그림 3]은 부정형의 모양을 갖는 구름의 모양에서 거북이의 모양으로 다시 토끼의 모양으로 변하는 과정을 보여주고 있다.

V. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 음함수 곡면 모델링 방법을 이용해 캐릭터를 생성하고, 캐릭터의 자연스러운 변형 과정을 효과적으로 표현하기 위한 방법들을 실험을 통해 보였다. 기존의 매개변수 곡면을 이용한 방법 보다

간단하게 선형보간을 수행함으로써 중간 프레임에 대한 데이터 값을 얻을 수 있었고, 대응점들에 대한 복잡한 대응 절차 없이 공간적으로 유사한 위치에 있는 프리미티브들을 대응시킴으로써 간단하게 처리하였다.

앞으로는 캐릭터 뿐만 아니라 동식물의 성장과정을 위한 변형 방법 및 대응점의 실시간 제어를 위한 연구가 진행 되어야 할 것이다.

■ 참고 문헌 ■

- [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] J. Montagnat, H. Delingette, N. Ayache, "A review of deformable surfaces: topology, geometry and deformation," Image and Vision Computing 19, 2001, pp.1023-1040.
- [4] Blinn, J. F., "A Generalization of Algebraic Surface Drawing", ACM Transactions on Graphics, Vol.1, No.3, pp.235-256, July 1982.
- [5] G. Wyvill, G. MacPheeter, and B. Wyvill, "Data structure for soft objects," Visual Computer, Vol. 2, 1986, pp.227-234.
- [6] E. S. Kim, G. T. Hur, J. J. Kim, "Metacube: An Anisotropic Skeletal Element for Implicit Model," Proceedings of SCI 2003, pp.173-178, July 27-30, 2003.