

# 음함수 프리미티브를 이용한 얼굴모델링에 대한 연구

## A Study on Facial Modeling using Implicit Primitive

이현철, 송용규, 김은석, 허기택  
동신대학교 디지털콘텐츠학과

Lee Hyun-Cheol, Song Yong-Kyu, Kim Eun-Seok,  
Hur Gi-Taek

Dept. of Digital Contents, Dongshin  
University

### 요약

최근 컴퓨터 그래픽스 분야에서는 3차원 애니메이션에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 3차원 애니메이션에서 중요한 연구 분야 중 하나가 인간을 애니메이션 하는 것이다. 음함수 곡면 모델은 3D 캐릭터나 유체 등과 같은 복잡한 곡면으로 이루어진 객체들에 대한 3D 모델링이 용이하고 적은 양의 데이터로 다양한 형태의 곡면을 표현할 수 있다. 본 논문에서는 음함수 프리미티브를 이용한 얼굴 모델 생성 방법을 제안 한다.

### Abstract

Recently, in computer graphics, researches on 3D animations have been very active. One of the important research areas in 3D animation is animation of human being. Implicit surface model is convenient for modeling objects composed of complicated surface such as 3D characters and liquids. Moreover, it can represent various forms of surfaces using a relatively small amount of data. In this paper, we propose a method of facial model generation using Implicit Primitive.

## 1. 서론

인터넷상에서 3차원게임이나 가상현실 등의 발전으로 현실세계에 존재하는 물체들에 대한 3D 모델링이 연구되고 있다. 컴퓨터 그래픽스 분야에서는 3차원 모델링 및 애니메이션에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있고, 3차원 모델링 및 애니메이션에서 중요한 연구 분야 중 하나가 인간을 애니메이션 하는 것이다.

현재 많은 연구를 통해 인간의 모습과 흡사한 모델이 나오고 있으며, 게임, 영화, 광고등에 사용이 되면서 일반인들에게도 많은 관심을 불러일으키고 있다. 그러나 인체 자체가 복잡한 구조로 되어있기 때문에 실제로 인체를 모델링 한다는 것은 상당히 어려운 부분이며 모델링된 인체의 동작을 사실감 있게 움직인다는 것은 더욱 어려운 작업이다. 또한 얼굴의 색상

과 텍스처의 다양한 분포, 잔주름과 같은 섬세한 부분들, 외부적인 조건에 많이 영향을 받는 특징들로 인해서 아직도 많은 연구를 필요로 하는 분야이다.

음함수 곡면 모델은 3D 캐릭터나 유체 등과 같은 복잡한 곡면으로 이루어진 객체들에 대한 3D 모델링이 용이하고 적은 양의 데이터로 다양한 형태의 곡면을 표현할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 3차원 얼굴 모델을 생성하는 방법에 관한 연구로 음함수 프리미티브를 이용한 얼굴 모델 생성 방법을 제안 한다.

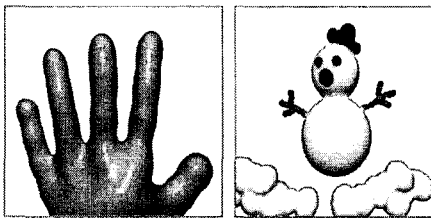
## 2. 관련 연구

음함수 곡면 모델링을 위한 프리미티브들은 사용되 는 필드함수에 따라 다른 이름으로 불리며, 각각에

따라 렌더링을 위한 곡면 위치를 찾는 방법들도 달리 하고 있다.

Blob은 1982년 Blinn이 분자 모델링을 위해 고안한 새로운 모델링 요소로서 필드함수로 지수함수를 사용하고, Blinn은 등가곡면 위치를 찾는 밀도분포함수의 근을 구하는 방법으로 가위치법과 Newton 방법을 이용하였다[3]. 1985년 Nishimura는 계산비용이 큰 지수함수 대신 구간별 2차 함수를 이용하는 프리미티브를 제안하고 이를 Metaball이라 불렀다.

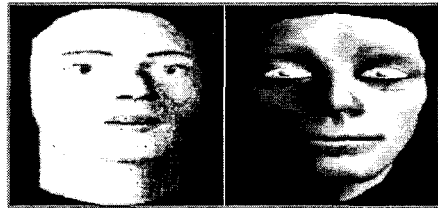
Wyvill은 1986년에 낮은 차수의 필드함수에 의한 모델링 질을 높이기 위해 필드함수로 6차 다항식을 사용한 소프트 오브젝트를 제안하였다[5]. Wyvill은 6차 다항식을 계산이 용이하도록 설계하였고, 등가곡면의 위치를 구하기 위해 Laguerre 방법을 이용하였다. 1996년 Kim은 2차 연결도를 갖는 곡면을 생성할 수 있는 6차 다항식을 필드함수로 갖는 Metaball을 제안하였고, Sturm Sequence 방법을 이용하여 등가곡면의 위치를 구하였다[6]. 다음 [그림 1]은 메타볼로 표현한 3D 모델이다.



▶▶ 그림 1. 메타볼로 표현한 모델

얼굴 정보에 대한 연구 분야는 얼굴검출, 얼굴인식, 얼굴 모델링 및 애니메이션 부분으로 구분 할 수 있다. 얼굴 검출에 관한 연구는 모든 얼굴과 관련된 연구의 가장 기본이 되는 분야이고, 생체 인식 기술과 같은 보안과 관련된 인증 시스템에 대한 증거로 얼굴 인식에 관한 연구도 활발히 진행되고 있는 반면 얼굴 모델링 및 애니메이션에 대한 연구는 하드웨어적인 발전과 더불어 비교적 최근에 와서 연구되어지고 있는 분야이다.

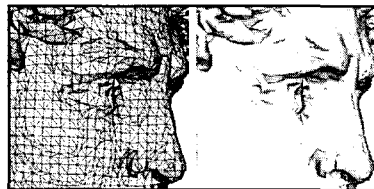
얼굴에 대한 최초의 얼굴애니메이션은 1970년 초 Frederic I. Parke로부터 시작하였다. Parke는 보간법(Interpolation)을 이용하여 간단한 얼굴 모델 및 얼굴 애니메이션을 생성 하였고, 얼굴 합성 및 얼굴 애니메이션을 체계적으로 접근하기 시작한 것은 1980년대 초 미국의 Parke, Lippman, Balder 등에 의해서 이었다. 그러나 단순한 그래픽 기술에만 의존하여 얼굴합성을 하였기 때문에 현실감이 떨어진 얼굴모델을 얻을 수밖에 없었다. 다음 [그림 2]는 Parke와 Waters가 생성한 기본 얼굴모델 이다.



▶▶ 그림 2. Parke와 Waters의 얼굴모델

Ekman은 얼굴에 대한 표정을 각각 기본적인 AU(Action Unit) 단위로 구분하여, 그 조합으로 표현한 FACS(Facial Action Coding System) 방법론을 제시하였고, 1987년 Waters는 얼굴변형을 안면 근육들의 움직임의 결과로 해석하여, 얼굴변형에 영향을 주는 표정근의 움직임으로 피부조직의 움직임을 설명하였다.

1995년에는 Terzopoulos와 Keith Waters가 물리적 성질에 기반 한 얼굴 모델링을 하였다[8]. 다음 [그림 3]은 가장 일반적인 형태의 구성 요소인 메쉬를 이용한 3D 얼굴모델이다.



▶▶ 그림 3. 메쉬 기반의 얼굴모델

### 3. 음함수 프리미티브

#### 3.1 음함수 곡면

음함수 곡면 모델은 적은 양의 데이터로 물체의 부드러운 표면을 잘 표현할 수 있기 때문에 복잡한 곡면 모델링에 널리 사용할 수 있고, 부드러운 형태의 변형이 가능하며 유체, 캐릭터 및 인체 등과 같은 것을 모델링하는데 유용하다.

음함수 곡면은 3차원 공간상에서  $F:R^3 \rightarrow R$ 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.

$$F(x, y, z) - T = 0 \quad (1)$$

따라서 임계값  $T$ 는 필드 함수 값이  $T$ 가 되는 점  $P(x,y,z)$ 들의 집합인 등가곡면을 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.

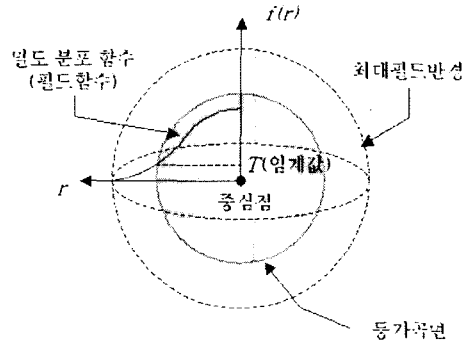
음함수 곡면을 정의하기 위해 다양한 음함수가 사용될 수 있으나 계산비용을 고려하여 일반적으로 다항식(Polynomial Equations)을 사용한다.

#### 3.1 음함수 프리미티브의 구조

음함수 프리미티브는 고정된 필드함수에 대해, 중심점의 위치, 중심점에서의 밀도 가중값, 그리고 필드함수가 영향을 미치는 최대 필드반경을 조정함으로써 다양한 등가곡면을 생성할 수 있다. 하나의 음함수 프리미티브로 모델링된 물체의 표면인 등가곡면  $Q$ 는 다음 식(2)와 같이 정의할 수 있다.

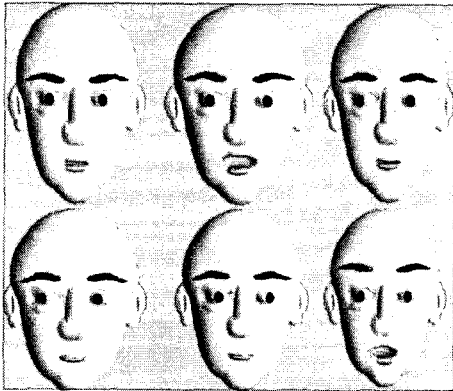
$$Q = \{(x, y, z) | wF(r) - T = 0\} \quad (2)$$

단,  $w$ 는 프리미티브의 중심점에서의 밀도 가중값을 나타내며,  $F(r)$ 은 음함수로 정의된 필드함수이다(0에서 1사이 값).  $F(r)$ 의  $r$ 은 중심점에서 공간상의 임의의 점까지의 거리를 의미하고,  $T$ 는 등가곡면을 정의하기 위해 선택한 임계값을 나타낸다. 다음 [그림 4]는 일반적인 점형태의 골격요소의 음함수 프리미티브구조를 나타낸 것이다.



▶▶ 그림 4. 음함수 프리미티브의 구조

음함수 곡면 모델링에 관한 연구들은 아직 초기단계에 머물고 있다. 이러한 연구 분야들이 활성화되기 위해서는 여러 응용 영역에서 효과적으로 사용할 수 있는 새로운 음함수 프리미티브의 개발과 음함수 프리미티브를 이용한 상호작용 모델링 시스템의 개발을 위한 실시간 렌더링 기법, 음함수 프리미티브 기반의 테스트베드 모델링 시스템 및 애니메이션 시스템의 요구사항 분석, 음함수 모델의 변형 기술, 볼륨 데이터와 같은 기존의 데이터들을 동일한 곡면을 생성하는 음함수 프리미티브로 재구성하는 기법 등에 대한 연구가 필요하다. 다음 [그림 5]는 본 논문에서 생성한 음함수 프리미티브 기반의 3D 얼굴모델이다.



▶▶ 그림 5. 음함수 프리미티브를 이용한 얼굴모델

#### 4. 결론

본 논문에서는 사용자에게 보다 친숙하고 자연스러운 사용자 인터페이스를 제공할 수 있는 음함수 프리미티브를 이용한 3차원 얼굴모델 생성기법을 제안하였다.

음함수 모델링은 물체의 공간적인 속성을 기술하기 위한 최적의 모델링 방법으로 매개변수 곡면 모델의 단점인 제어점에 의한 수식표현의 형태 규칙성에서 벗어나 다양한 형태의 모델링 및 변형이 가능하여 유체 및 기체 등 다양한 형태의 모델링에 유용하다는 장점을 갖는다. 따라서 메쉬 기반의 얼굴모델 보다는 자연스러운 3차원 얼굴모델을 생성할 수 있다.

향후 연구과제로는 음함수 프리미티브를 이용하여 실제감 있는 피부조직과 머리카락, 주름살을 구현함으로써, 단순한 얼굴표정변화 중심의 얼굴 애니메이션이 아니라 실시간 처리의 상호 대화 가능한 애니메이션을 웹에서 사용가능하게 제작하는 것이다.

#### ■ 참고 문헌 ■

- [1] L. Velho, J. Gomes, L. H. Figueiredo, *Implicit Objects in Computer Graphics*, Springer-Verlag New York, 2002.
- [2] R. L. Burden and J. D. Faires, *Numerical Analysis*

6th ed., Brooks/Cole, 1997.

- [3] J. F. Blinn, "A Generalization of algebraic surface drawing," *ACM Transaction on Graphics*, Vol.1, No.3, pp.235-256, July 1982.
- [4] T. Nishita and E. Nakamae, "A method for displaying metaballs by using Bezier clipping," *Proceedings of Eurographics '94*, pp.271-280, 1994.
- [5] G. Wyvill, G. MacPheeter, and B. Wyvill, "Data structure for soft objects," *Visual Computer*, Vol. 2, pp.227-234, 1986.
- [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.
- [7] S. Murakami and H. Ichihara, "On a 3D Display Method by Metaball Technique," *Journal of Electronics Communication*, Vol. J70-D, No.8, pp.1607-1615, 1987.
- [8] H.C. Lee, E. S. Kim, G. T. Hur "Generation of 3D facial expression using 2D facial image", *ICIS 2005*, pp.228-232, 2005.7