

얼굴 애니메이션을 위한 동적인 근육모델에 기반한 3차원 얼굴 모델링에 관한 연구

김형균* · 오무송**

A Study on 3D Face Modelling based on Dynamic Muscle Model for Face Animation

Hyeong-gyun Kim* · Moo-song Oh**

요 약

본 논문에서는 효율적인 얼굴 애니메이션을 구축하기 위하여 동적인 근육 모델을 기반으로 한 3차원 얼굴 모델링 기법을 제안하였다. 동적인 근육 모델을 기반으로 얼굴 근육을 256개의 점과 이 점들을 연결한 faceline으로 구성된 wireframe을 구축하고, wireframe을 이용한 표준 모델을 구성한 후 정면과 측면의 두 장의 2D 영상을 사용하여 텍스처 매핑을 실시하여 3차원 개인 얼굴 모델을 생성하였다. 정확한 매핑을 위하여 특징점들의 정면과 측면 부분을 이용했는데, 정면 이미지와 정면 특징점들의 2차원 좌표를 이용하여 텍스처 좌표를 가진 얼굴을 만든 다음, 측면 이미지와 측면 특징점들의 2차원 좌표를 이용하여 텍스처 좌표를 가진 얼굴을 구축하였다.

ABSTRACT

Based on dynamic muscle model to construct efficient face animation in this paper 3D face modelling techniques propose. Composed face muscle by faceline that connect 256 point and this point based on dynamic muscle model, and constructed wireframe because using this. After compose standard model who use wireframe, because using front side and side 2D picture, enforce texture mapping and created 3D individual face model. Used front side of characteristic points and side part for correct mapping, after make face that have texture coordinates using 2D coordinate of front side image and front side characteristic points, constructed face that have texture coordinates using 2D coordinate of side image and side characteristic points.

키워드

Dynamic muscle, 3D, Modelling, Animation

1. 서 론

얼굴 모델은 특정한 분야에서 적당한 정확성을 지닌 얼굴 형태와 기능을 흉내내는 수학적 추상화의 개념이다.

얼굴 모델링을 위한 컴퓨터를 이용한 연구는 1972년 Polygon으로 구성된 머리 모델을 만드는 것^[1]에서 시작하여 최근에는 얼굴 표면뿐만 아니라 머리와

목 부분 등을 포함한 다양한 조직과 특징들의 기하, 광도, 변형, 움직임 등을 고려한 얼굴 모델을 설계하고 있다^[2]. 컴퓨터로 조작 가능한 얼굴 모델들은 원격 교육, 3D 게임, 원격 화상회의, 원격 진료 등 여러 분야에서 활용되고 있다. 특히 원격 교육이나 원격 화상회의에서 참여자들의 모습을 서로에게 전달하는데 전체 영상을 전송하는 방법은 통신 속도의 문제 때문에 현실적으로 이용되기 어렵고, 얼굴의 움

*조선대학교 대학원 컴퓨터공학과

**조선대학교 전자정보공과대학 컴퓨터공학부

직임을 분석하여 분석된 결과를 파라미터에 의해 전달하고, 이미 가지고 있는 얼굴 모델에 적용하여 이를 보여주는 방법을 사용한다.

본 논문에서는 동적인 근육 모델을 기반으로 wireframe을 이용한 표준 모델을 구성한 후 정면과 측면의 두 장의 2차원 이미지를 사용하여 텍스처 매핑을 실시하여 3차원 개인 얼굴 모델을 생성하고자 한다. 이때 동적인 근육 모델을 기반으로 하여 각 근육에 주어질 힘의 크기를 조절함으로써 근육들에 의한 얼굴 메쉬의 다양한 표정을 얻고자 한다.

II. 얼굴 모델링

3차원 얼굴 모델링을 위하여 일반 모델과 특정 사람의 얼굴 영상을 정합하는 방법에는 두 가지가 있다. 하나는 특정 사람의 얼굴 영상을 일반 모델에 맞춰 변형시키고, 그 변형된 영상을 텍스처 매핑시키는 것이다. 또 하나는 일반 모델을 특정 사람에게 맞게 변형시킨 후에 텍스처를 입히는 것이다. 그러나 전자 경우에는 텍스처 영상도 왜곡될 뿐만 아니라 3차원 모델 자체가 변형되지 않기 때문에 원래 사람의 모습을 충실히 나타내기 어렵다. 또한 일반 모델이 모든 사람들의 얼굴에 적합할 수는 없으므로 모델 변형이 필요하다.

2차원 이미지들로부터 3차원 정보를 얻어내기 위한 컴퓨터 영상처리의 밑바탕이 되는 기술로서 영상 모핑(image morphing), 시각 모핑(view morphing) 등이 있다.

1. 영상 모핑

영상 모핑 기법은 하나의 영상으로부터 다른 영상으로의 영상의 내용을 변화시켜가는 것이다. 이런 의미에서 영상 모핑을 영상 변형이라고도 부른다. 모핑은 중간 영상들을 생성하기 위해 워핑(warping)과 두 영상들을 두 영역에 걸쳐 푸는 것을 결합한다[3]. 그리고, 모핑 중에 생성되는 중간 영상들은 두 영상들의 가중치가 합으로 결정된다. 두 영상을 각각 I_0 와 I_1 이라고 했을 때, 영상 모핑 중에 생성되는 중간 영상 I_s 는 식 1과 같다.

$$I_s = (1 - s) I_0 + s I_1 \text{-----}(1)$$

여기서 s 는 두 영상 I_0 와 I_1 중에서 I_0 에 가까운

정도를 나타내며 0부터 1 사이의 값을 갖는다.

2. 시각 모핑

영상 모핑은 두 개의 원 영상들 사이의 대응하는 점들을 선형적으로 인터폴레이션 시킨다^[3]. 이 때문에 원 영상들에 있는 물체의 방향 변화가 중간 영상들을 수축하게 만들기도 한다. 또, 영상들의 휘어짐 효과가 나타날 수 있다. 시각 모핑은 영상 모핑 방법이 시점의 변화와 다른 3차원 효과를 쉽게 합성할 수 있도록 한다. 이 기술은 여러 각도에서 본 한 물체 또는 한 장면을 담고 있는 영상들 사이를 모핑할 때, 실재감 있는 영상 변화를 보장하는 새 시각을 제공한다. 이 시각 모핑 기술을 이용하면 하나의 물체를 중앙에 놓아 두고 물체나 카메라를 물리적으로 이동시켜서 그 변화를 촬영한 효과를 낼 수 있다.

III. 동적인 근육모델

얼굴에 있는 근육들은 대부분 뼈와 피부사이 또는 피부와 피부 사이에 개재되어 있다. 이런 얼굴 근육들을 안면근이라 하는데, 20여종의 작은 피근(cutaneous muscle)으로 이루어 졌으며, 사람에게서는 특유한 표적을 짓게 하는 근이다. 그래서 안면근을 표정근이라고도 부른다. 그리고, 얼굴의 근육 중 일부는 하악골에 부착하여 운동을 하며 음식물을 씹는데 사용되는데, 이들을 저작근(mastication muscle)이 한다. 얼굴의 근육들은 안면근과 저작근, 이 두 근에 의해 크게 구별된다. 얼굴 피부와 피부 밑의 섬유 조직을 이동시켜서 얼굴의 표정을 생성하는 것은 이중 안면근이 담당한다^[4].

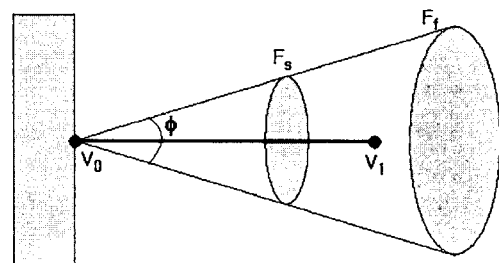


그림 1. 동적 근육 모델
Fig. 1 Dynamic muscle model

안면근들을 애니메이션에 사용하기 위해 근육들을 그림 1과 같은 콘(cone)형태로 모델링한다. 기본적으로 근육은 하나의 벡터량이다. 뼈에 붙어 있어서 움직일 수 없는 점 V_0 이 벡터의 시작점이 되고, 피부 조직 속에 파묻혀 있는 점 V_1 은 V_0 과 함께 벡터의 방향을 나타내게 된다. 뼈에 붙어 있는 기시 V_0 은 움직일 수 없고, 정지인 V_1 부근에서 근육이 가장 많이 움직일 수 있다. 이러한 움직임을 명시하기 위해 근육 조직의 움직임이 감소하기 시작하는 부분과 감소가 끝나는 부분을 정해야 한다. 이 부분들은 근육 벡터의 길이에 대한 상대적인 위치로 정해진다. 그림 1에서는 F_s 와 F_f 가 각각 감소의 시작 부분과 끝 부분을 나타낸다. 그리고 근육 영역에 안에 들어오는 피부조직을 지정하기 위해 콘 형태로 근육을 모델링 하였는데, 이 근육의 영향력이 미치는 범위가 각 θ 로 주어진다.

근육의 힘이 미치는 영역 안에 있는 피부 조직의 한 정점 P의 이동량은 근육의 시작점으로 부터의 거리에 의한 이동 요인 R, 근육 벡터와 이루는 각에 의한 이동 요인 A, 탄성 상수 K와 근육에 주어진 힘 F에 의해 결정된다.

$$dis(P) \propto g(F, K, A, R) \text{ -----(2)}$$

식 (2)에서 $dis(P)$ 는 하나의 근육 수축에 의한 점 P의 위치의 변화량을 나타낸다. 거리에 의한 이동 요인은 근육의 시작점과 피부의 한 점 사이의 거리에 의해 결정되는 것으로 근육 수축의 이 시작 부분과 끝 부분에서는 이동 요인이 거의 없으며 중간 부분에서 가장 많이 이동할 수 있는 잠재력을 가지고 있다.

근육 벡터의 길이를 L이라 하고 피부에 있는 한 점 P와 근육의 시작점 사이의 거리를 d라고 하면 거리에 의한 이동 요인 R은 식 (4)와 같다.

그림 2는 피부의 한 점에 대한 근육의 길이에 따른 R 값의 변화를 설명한다.

$$h(d) = \begin{cases} 1 & (d/L > Ff) \\ 1 - \frac{d/L}{F_s} & (0 \leq d/L \leq F_s) \\ \frac{d/L - F_s}{Ff - F_s} & (F_s \leq d/L \leq Ff) \end{cases} \text{ ----(3)}$$

$$R(d) = \cos(h(d) \times \frac{\pi}{2}) \text{ -----(4)}$$

식 (3)에서 F_s 와 F_f 는 각각 감소의 시작 값과 끝 값을 나타낸다.

각에 의한 이동 요인은 근육 벡터와 이루는 각이 작을수록 많이 움직일 수 있고, 근육이 미치는 영역의 각보다 작은 경우에만 움직인다. 그 각을 θ 라고 했을 때 각에 의한 이동 요인은 식 (4)와 같다. 여기서 θ 는 근육의 영향이 미치는 영역의 최대 각을 나타낸다.

$$A(\theta) = \cos(\frac{2\theta}{\phi} \times \frac{\pi}{2}) \text{ -----(5)}$$

거리에 의한 요인과 각에 의한 요인이 결정되면 미리 정의된 탄성 상수를 이용하여 주어진 힘에 의해 피부 조직 한 점의 변위를 식 (6)과 같이 결정하게 된다.

$$P' = P + \sum_{i=1}^n g_i(F, K, A, R) \text{ -----(6)}$$

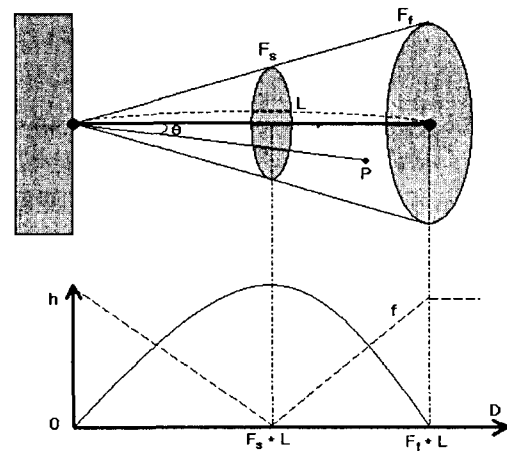


그림 2. 근육 모델에 의한 피부 조직의 이동
Fig. 2 Skin formation's transfer by muscle model

이렇게 하여 n 개의 근육에 의한 변위 벡터 값을 각각 계산하고, 변위 벡터들의 합과 피부 속의 점의 초기 위치를 더하여 점의 나중 위치가 결정된다.

IV. 동적인 근육모델에 기반한 3D 얼굴 모델링

1. 동적인 근육 모델 구축

표준 한국인 일반모델을 이용하여 얼굴 표정에서 많은 변화가 있는 부분과 거의 변화가 없는 부분을 단계별로 그룹화 하였다. 각 그룹은 얼굴의 특징점들을 포함하는 부분을 기준으로 표정이 잘 나타나는 부분(ex. 눈썹, 입)과 표정 변화가 거의 없는 부분(ex. 코, 측면)으로 나누었으며, 효율적인 합성 기법과 애니메이션 기법이 적용되도록 좌우 대칭을 이루도록 하였다. 표 1에서 얼굴의 표정 변화에 영향을 주는 18개의 근육군쌍을 정의하였다.

표 1. 얼굴의 표정 변화에 영향을 주는 근육
Table. 1 Muscle that influence in facial expression change

Muscle No.	Muscle Name
1	Left_Zygomatic_Major
2	Right_Zygomatic_Major
3	Left_Angular_Depressor
4	Right_Angular_Depressor
5	Left_Frontalis_Inner
6	Right_Frontalis_Inner
7	Left_Frontalis_Major
8	Right_Frontalis_Major
9	Left_Frontalis_Outer
10	Right_Frontalis_Outer
11	Left_Labi_Nasi
12	Right_Labi_Nasi
13	Left_Inner_Labi_Nasi
14	Right_Inner_Labi_Nasi
15	Left_Lateral_Corigator
16	Right_Lateral_Corigator
17	Left_Secondary_Frontalis
18	Right_Secondary_Frontalis

이러한 근육군을 바탕으로 하여 얼굴의 표정이 합성될 수 있도록 하였고, 18개 근육군쌍은 근육벡터의 시작과 끝, 영향 범위, 강도(intensity) 등의 정보를 포함하고 있어 얼굴의 표정을 위하여 근육의 움직임을 조합할 수 있도록 하였다.

2. Wireframe 구현

Wireframe은 256개의 점과 이 점을 연결한 faceline으로 이루어져 있다. 그림 4는 턱 부분의 wireframe을 보여주고 있다. 그림 4에서 사용된 숫자는 wireframe 구현 시 사용될 faceline의 순서(index)를 표시하는 것이다. 턱을 보자면, 20번부터 63번까지의 데이터가 쓰인 것을 알 수 있다. 이런 식으로 이마, 눈, 코, 볼, 입술, 코밑, 턱, 목 등의 좌표가 분석된다.



그림 3. 턱 부분의 wireframe
Fig. 3 Wireframe of jaws part

3. 텍스처 매핑(Texture Mapping)

텍스처 매핑이란 표현하고자 하는 이미지나 물체의 사실감을 높이기 위해 그 표면에 원하는 무늬나 색을 입히는 작업으로 주로 3차원 입체 의 표현에 많이 사용되고 있다^[5].

본 논문에서는 정확한 매핑을 위하여 특징점들의 정면과 측면 부분을 이용한다. 정면 이미지와 정면 특징점들의 2차원 좌표를 이용하여 Texture coordinates를 가진 얼굴을 만든 다음, 측면 이미지와 측면 특징점들의 2차원 좌표를 이용하여 Texture coordinates를 가진 얼굴을 만든다.

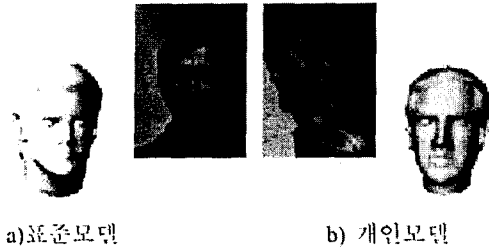


그림 4. 텍스처 매핑의 과정
Fig. 4 3D process of texture mapping

텍스처 추출과정은 다음과 같다.

첫째, Cylindrical mapping을 이용하여 3차원 좌표계와 2차원 texture space를 매핑한다.

둘째, 각 픽셀에 대하여 표면 상의 3차원 점을 계산한다.

셋째, 각 픽셀에 대하여 위치 (x_i, y_i) 와 색 $I(x_i, y_i)$ 을 계산한다.

넷째, 각 픽셀에 가중치 W_j 를 곱하여 텍스처 $T(u, v)$ 를 계산한다.

$$T(u, v) = \sum_{j=1}^n W_j(u, v) I_j(x_j, y_j)$$

여기서 $\sum_{j=1}^n W_j(u, v) = 1$

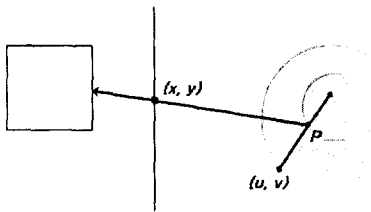
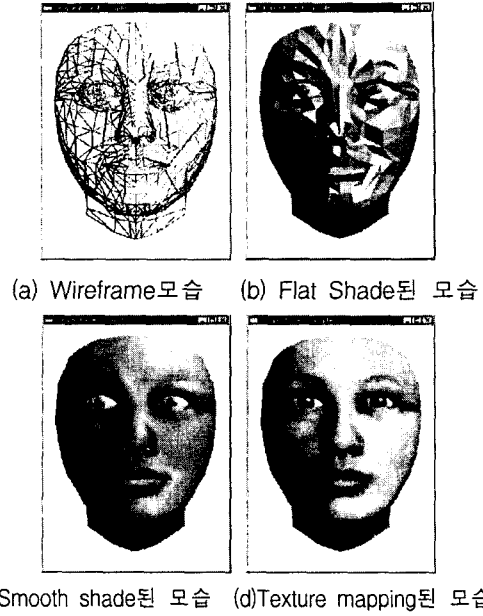


그림 5. 텍스처 추출
Fig. 5 Texture extraction

그림 6은 얼굴의 정면사진을 이용한 wire frame의 x, y 좌표의 모습을 실행한 화면이다.



(a) Wireframe모습 (b) Flat Shade된 모습
(c)Smooth shade된 모습 (d)Texture mapping된 모습
그림 6. 얼굴 모델링의 실행 화면
Fig. 6 Execution screen of face modelling

V. 결 론

본 논문에서는 효율적인 얼굴 애니메이션을 구축하기 위하여 동적인 근육 모델을 기반으로 한 3차원 얼굴 모델링을 기법을 제안하였다. 동적인 근육 모델을 기반으로 얼굴 근육을 256개의 점과 이 점을 연결한 faceline으로 구성된 wireframe을 구축하고, 정면과 측면의 두 장의 2D 영상을 사용하여 텍스처 매핑을 실시하여 3차원 개인 얼굴 모델을 생성하였다. 정확한 매핑을 위하여 특징점들의 정면과 측면 부분을 이용했는데, 정면 이미지와 정면 특징점들의 2차원 좌표를 이용하여 Texture coordinates를 가진 얼굴을 만든 다음, 측면 이미지와 측면 특징점들의 2차원 좌표를 이용하여 Texture coordinates를 가진 얼굴을 구축하였다.

향후에는 이러한 동적인 근육 모델을 기반으로 구성된 얼굴 모델을 이용하여 각 근육에 주어질 힘의 크기를 조절함으로써 근육들에 의한 얼굴 매쉬의 다양한 표정을 얻을 수 있는 애니메이션 시스템을 구축하고자 한다.

참고문헌

- [1] F.I.Parke "Computer generated animation of faces", Master's Thesis, University of Utah, SaltLake City,UT,June1972.UTEC-CSc-72-120.
- [2] Catherine P, Norman I.B, and Marie- Luce V, "Final Report to NSF of the Standards for Facial Aniamtion Workshop",Oct.1994.
- [3] Steven M. Seitz & Charles R. Dyer. "View Morphing", Proc SIGGRAPH 96. In Computer Graphics, 1996.
- [4] B.R. Landau, Essential Human Anatomy and Physiology, 2nd Edition Scott, Foresman and Company, 1980.
- [5] Y.Lee, D.Terzopoulos, and K.Waters," Realistic Modeling for Facial Animation", Proc.SIGGRAPH95. In Computer Graphics, pp. 55-62, 1995.

1999. 4~1999. 11 조선대학교 산업대학원장
※관심분야: 멀티미디어, 영상처리, 애니메이션

저자소개



김형균(Hyeong-Gyun Kim)

1998년 2월 조선대학교 산업대학원 전자계산전공 공학석사
2003년 2월 조선대학교 일반대학원 컴퓨터공학과 박사과정 수료

※관심분야: 멀티미디어, 영상처리, 애니메이션



오무송(Moo-Song Oh)

1968년 9월 조선대학교 전기공학부 공학석사
2001년 2월 전남대학교 전기공학과 공학박사
1988년~현재 조선대학교 컴퓨터

공학부 교수

1988. 3~1990. 1 조선대학교 컴퓨터공학과 학과장

1999. 1~1999. 4 조선대학교 컴퓨터공학부 학부장