

3차원 얼굴 표정 애니메이션을 위한 근육모델 기반의 모델링

이혜진⁰ 정현숙 이일병
연세대학교 컴퓨터과학과
{hjlee, hsch, yblee}@csai.yonsei.ac.kr

Modeling based on Muscle Model for Three-Dimensional Facial Expression Animation

Hye-Jin Lee⁰ Hyun-Sook Chung Yill-Byung Lee
Dept. of Computer Science, Yonsei University

요 약

얼굴 애니메이션은 개인을 쉽게 구분하고 의사소통을 효율적으로 할 수 있는 보조도구로써 최근 연구가 활발하다. 본 논문에서는 얼굴 표정생성을 위해서 실제얼굴의 피부조직 얼굴 근육 등 해부학적 구조에 기반한 근육 기반 모델 방법을 사용하여 현실감 있고 자연스러운 얼굴 애니메이션이 이루어지도록 한다. 또한 부드러운 얼굴모델을 구현하기 위하여 폴리곤 매쉬를 분할하고 얼굴 표정에 중요한 영향을 미치는 얼굴근육을 추가하여 다양하고 자연스러운 표정을 연출하는 방법을 제시하고자 한다. 제안된 방법을 water[3]의 모델에 적용해 봄으로써 더 실감 있는 얼굴 애니메이션에 접근할 수 있는 결과를 얻을 수 있었다. 이 결과는 가상화되거나 가상현실, 원격교육, 영화 등 많은 분야에서 활용될 수 있다.

1. 서론

얼굴모델의 애니메이션 작업은 크게 나누어 감정 표현, 즉 표정의 애니메이션과 대화 시 입술 모양의 변화 (lip synchronization)를 중심으로 하는 대화 애니메이션 부분으로 구분할 수 있다. 표정 애니메이션의 경우는 대부분 세계 보편적인 요소들로 이루어지는 반면 실시간 상호 대화하는 캐릭터 애니메이션의 경우는 언어에 따른 차이를 고려해야 한다. 그래서 얼굴표정의 변화는 의사소통에 있어서 중요한 영향을 미치는 요소 중 하나이다.

본 연구에서는 감정 표현을 위한 표정 애니메이션을 구현하고자 한다. 자연스러운 얼굴 애니메이션을 구현하는 기법으로 근육 기반 모델링 방법을 사용하고 얼굴피부의 자연스러운 모델링을 위해 많은 수의 폴리곤 매쉬를 구성해야 한다. 256개의 포인트로 이루어진 매쉬를 삼각분할(Triangle Subdivision)하여 매쉬 조밀도를 높였다. 다양한 표정을 연출하는 얼굴 애니메이션을 위해 얼굴 근육을 추가하고 몇가지 대표적인 표정연출을 구현한다.

이 논문의 구성은 1장에서는 연구목적을 기술하고, 2장에서는 최근 얼굴 애니메이션 기술을 소개하며, 3장에서는 폴리곤 삼각매쉬 분할과 얼굴모델에 적용한 선형모델을 설명한다. 4장에서는 근육모델에 따른 표정 연출을 보이고, 5장은 실험결과를 요약하고 6장은 결론을 맺는다.

2. 관련연구와 근육기반 모델링 기법

얼굴은 매우 유연하면서도 복잡한 구조를 갖는 3차원 형태로서 얼굴을 나타내는 3차원 모델은 크게 두 가지 방법으로 구성될 수 있다. 폴리곤 매쉬로 구성하는 것과 스피리럴 곡면을 이용하여 구성하는 방법이다. 우선 폴리곤 매쉬로 구성하는 방법은 가장 일반적이고 쉬운 방법이라고 할 수 있다. 얼굴 애니메이션의 관련 기술로는 크게 Interpolation과 Facial Parameterization Techniques과 Muscle based modeling 등으로 나누어 볼 수 있다.

1970년대에 Ekman[1]과 Friesen[1]이 얼굴에 대한 감정과 표정을 각각 기본적인 Action Unit단위로 구분하여 그 조합으로 표현한 Facial Action Coding System(FACS)[1] 방법론을 제시하였고 근육 기반 모델 방법은 Platt[2]과 Badler[2]에 의해 처음 제안되어 이후 90년대에 이르러서 Water[3]는 근육 기반 모델링 방법을 계속 발전시켰다. 이것은 안면 근육 자체나 이에 해당하는 움직임의 요소를 모두 모델화하고, 마치 안면 근육이 얼굴 피부에 영향을 미치듯이 근육 모델이 피부 모델에 미치는 변화를 프로그램하는 것이다. 그 밖에 키 프레임 애니메이션(Keyframe animation)기법과 직접 파라미터화(direct parameterization) 기법도 제시되었다.

본 논문에서 사용한 근육 기반 모델링 기법은 자연스

러운 얼굴 움직임을 표현하는데 적합하다고 알려져 있다. 근육모델은 골격, 연골조직, 근육, 신경, 혈관, 피부 등 사람의 머리 및 얼굴을 구성하고 있는 해부학적 요소를 모델링하여 얼굴의 표정 합성 및 애니메이션을 하는 것이다. 피부 조직을 모델링하는 기본 가정은 피부 사이에 연결된 근육을 스프링으로 구성하는 것이다. 얼굴의 표정 변화에 따른 근육의 움직임을 스프링의 수축과 이완으로 계산하여 보다 자연스러운 얼굴 애니메이션 결과를 얻을 수 있다. 본 연구에서 사용한 근육기반 모델은 Water[3]가 제안한 근육 모델에 메쉬를 subdivision하여 많은 메쉬를 표현하였고 얼굴근육을 자세하게 표현하여 섬세한 표정을 연출하도록 하였다. 본 논문에서는 계산량이 가장 적은 간단한 형태의 선형 근육 모델을 사용하였다.

3. 얼굴 와이어 프레임 모델링

3.1 Mesh subdivision

그림 1은 근육기반 모델링을 위한 와이어프레임 모델로써 그림 1의 (a)는 256개의 포인트로 이루어져 있어서 비교적 적은 메쉬로 얼굴 모델을 구성하였지만 그림 1의 (b)는 삼각분할을 통해 부드러운 얼굴 곡선을 획득하였다.

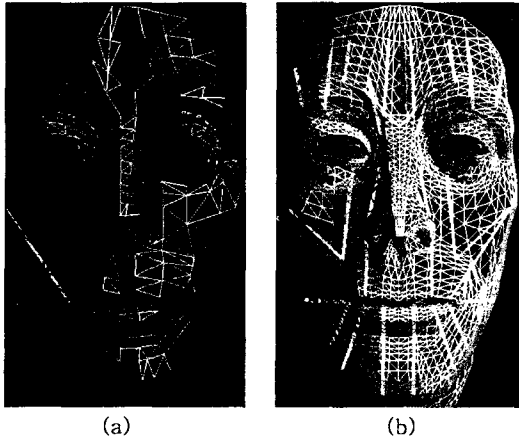


그림 1. (a) 256개의 포인트로 이루어진 와이어프레임 (b)삼각 메쉬를 1→4 subdivision하여 부드러운 모습

위에서 적용한 삼각메쉬분할[5]은 메쉬를 이루는 세 포인트를 기준으로 중심이 되는 포인트와 작은 삼각을 만든다. 삼각메쉬를 반복하여 분할하면 더욱 조밀한 모델을 만들 수 있다. 그림 2와 같은 방법으로 메쉬를 분할하였다.

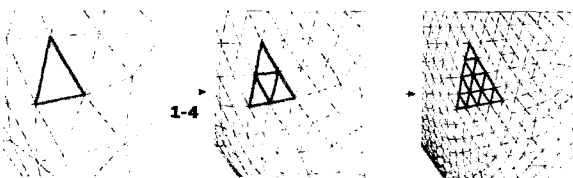


그림 2. 삼각 메쉬를 1→4로 분할

3.2 기본 근육 모델

얼굴은 많은 근육들로 구성되어 있고 각 근육은 근육섬유로 구성되어 있다. 얼굴의 근육은 선형근육(linear muscle), 괄약근(sphincter muscle), 판근육(sheet muscle) 등 크게 3가지로 분류할 수 있다. 선형근육은 전반적인 얼굴의 움직임에 대하여 작용하고, 괄약근은 눈 주변과 입 주변의 움직임 즉, 타원모양을 조여 주거나 느슨하게 하는 근육이고 판근육은 이마 부분과 같이 비교적 평평한 판으로 구성된 부위에 작용하는 근육이다. 본 논문은 계산량이 간단한 선형근육 모델을 사용하였다. Water가 제안한 근육 벡터 모델[4]중에서 선형근육모델은 그림 3과 같다.

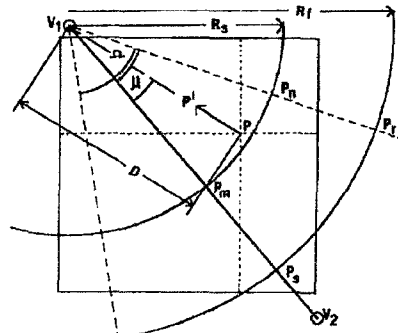


그림 3. 선형 근육 모델

v_1 과 v_2 는 2차원공간의 점이고 임의의 노드 p 의 변위를 계산하기 위해서는 메쉬상에 있는 새로운 변위점 p' 는 범위 $v_1 p, p_s$ 에서 벡터 p, v_1 를 따라서 v_1 방향으로 변위가 일어날 때 다음과 같이 식(1)로 표현할 수 있다.

$$p' = p + akr \frac{pv_1}{\|pv_1\|} \tag{1}$$

$a = \cos(a_2)$ 는 vector(v_1, v_2)와 (v_1, p)사이의 각도이고 r 은 방사형 변위 매개변수로서 식(2)와 같다.

$$r = \begin{cases} \cos\left(\frac{1-D}{R_n}\right); & \text{for } p \text{ inside sector } (v_1, p_n, p_m, p_1) \\ \cos\left(\frac{D-R_f}{R_f-R_s}\right); & \text{for } p \text{ inside sector } (p_n, p, p_s, p_m) \end{cases} \tag{2}$$

여기서 k 는 피부의 탄력성을 표현하는 상수(muscle spring constant/ $0 < k < 1$)이고, D 는 vector v_1 과 p 의 거리이다. R_s 는 fall off radius start 이고 R_f 는 fall off radius finish 이다.

3.3 추가된 근육에 따른 얼굴 움직임의 변화

표정과 관련된 기본 근육들을 정의하기 위하여 그림 4[3]를 참조하였으며 water[3]가 제안한 근육모델은 18개의 근육으로 구성되어 있다. 기존의 근육구성에 중요한

부위의 근육을 더 추가해 총 30개의 근육을 만들었다. 30개의 근육은 근육벡터의 시작(head)과 끝(tail), 영향범위(zone) 강도(intensity)등의 정보등을 포함하고 있어서 얼굴표정을 위하여 근육의 움직임을 조합할 수 있도록 하였다. 근육의 움직임에 따라 얼굴 메쉬가 변형되므로 자연스러운 피부의 움직임과 표정생성의 결과를 얻을 수 있다.

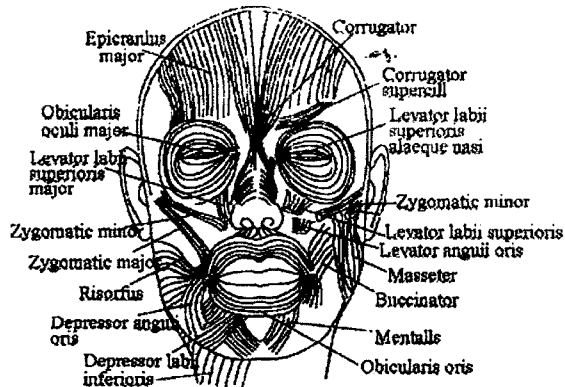


그림 4. 해부학적 정면 얼굴 근육

4. 근육 모델에 따른 표정 생성

근육 기반 모델은 표정에 중요한 영향을 미친다고 알려져 있는 눈, 입, 이마 주변의 근육들의 contraction을 조절하여 얼굴 표정을 생성하는 방법이다.

Water가 제안한 얼굴표정은 FACS[1]의 action units(AU)의 조합으로 움직임 단위를 정의하였다. FACS는 인간의 내적상태를 나타내는 얼굴 표정을 위하여 모두 44개의 기본 단위(AU)로 분류한 것인데, 정의된 AU들을 조합하여 표정들을 합성하여 하나의 새로운 표정을 만들어 낸다. 본 논문에서는 사용자가 직접 근육의 강도를 수정할 수 있도록 하여 다양한 표정을 연출할 수 있도록 하였다. 그림 5에서 감정표현에 따른 다양한 표정들을 볼 수 있다. 지면의 한계상 세가지 표정만 보여주었다. 그 밖에 분노, 걱정, 역겨움, 두려움, 기쁨 등을 연출할 수 있다.



(a) 웃는 표정 (b)슬픈 표정 (c)놀란 표정

그림 5. 근육 기반 모델의 다양한 얼굴 표정 연출

5. 실험 및 결과

본 연구는 펜티엄 IV 1.7Ghz, 256 RAM, 그래픽카드는 NVIDIA GeForce2 MX400 64MB를 갖춘 시스템에서 Windows 2000에 기반하여 OpenGL과 MS Visual C++ 6.0을 이용하여 구현하였다. 그래픽처리의 한계를 극복하기 위해 최대한 기본적인 그래픽 라이브러리와 BMP파일로 texture 처리를 하였고 삼각메쉬분할은 두번 반복정도로 제한하였다. 그림 5에서 총 30개의 근육의 움직임으로 감정표현을 위한 표정연출의 결과를 볼 수 있다.

6. 결론 및 향후 연구

본 논문은 더욱 자연스러운 표정 애니메이션을 제공하기 위한 연구를 하기 위해 메쉬의 삼각분할과 근육모델을 이용하여 얼굴의 감정표현을 실감 있게 연출하였다.

제시한 방법으로 다양하고 풍부한 얼굴 표정 애니메이션을 보여줄 수 있지만 얼굴근육으로 선형근육모델밖에 적용하지 않아서 실제와 같은 피부의 움직임까지 연출하기에는 부족하다. 앞으로의 연구방향은 근육모델에 있어서 선형근육모델을 제외한 팔각근모델과 판근육 모델에 대해서도 살펴보고 실제 얼굴모델에 적용하여 더욱 자연스러운 얼굴표정 애니메이션이 가능하도록 할 것이다. 또한 실제에 가까운 피부조직과 Wrinkle[6]을 구현하기 위하여 피부 모델 구조인 Micro Structure[5]와 Macro Structure[5]를 보여주는 등 실감 있는 얼굴 애니메이션에 더욱 접근할 수 있을 것이다.

7. 참고문헌

- [1] P.Ekman, W.V. Friesen, "Facial Action Coding System", Consulting Psychologists Press Inc., 577 College Avenue, Palo Alto, California 94306, 1978
- [2] S. M. Platt and N. Badler, "Animation Facial Expressions", Computer Graphics, Vol. 15, No. 3, pp245-252, 1981
- [3] F. I. Parke, Keith Waters, "Computer Facial Animation", A K Peters Wellesley, 1996
- [4] Keith Waters, "A Muscle Model for Animation Three-Dimensional Facial Expression", Computer Graphics, Vol. 21, No. 4, July, 1987
- [5] Y. Wu, P. Kalra, N. Magnenat-Thalmann, "Physically-based Wrinkle Simulation & Skin Rendering", Computer Animation Proc. 97, Geneva, Switzerland, pp67-79,1997
- [6] Won-Sook Lee, Yin Wu, Nadia Magnenat-Thalmann, "Cloning and Aging in a VR Family", Proc. IEEE VR'99 Houston, Texas, March. 13-17. 1999