

가상현실을 위한 해부학에 기반한 얼굴 애니메이션

김형균*^o 오무송* 고석만** 김장형***

*조선대학교 컴퓨터공학과 **제주산업정보대학 인터넷비즈니스과

***제주대학교 통신컴퓨터공학부

multikim87@hanmail.net

Anatomy-Based Face Animation for Virtual Reality

Hyeonggyun Kim*^o Moosong Oh* Seokman Go** Janghyung Kim***

*Dept. of Computer eng, Chosun Univ. **Jeju College of Technology

***Dept. of Communication & Computer Cheju National Univ.

요 약

본 논문에서는 가상현실 환경에서 인체 모델의 애니메이션을 위하여 얼굴의 표정 변화에 영향을 주는 해부학에 기반한 18개의 근육군쌍을 바탕으로 하여 얼굴 표정 애니메이션을 위한 근육의 움직임을 조합할 수 있도록 하였다. 개인의 이미지에 맞춰 메쉬를 변형하여 표준 모델을 만든 다음, 사실감을 높이기 위해 개인 얼굴의 정면과 측면 2 장의 이미지를 이용하여 메쉬에 매핑하였다. 얼굴의 표정 생성을 애니메이션 할 수 있는 원동력이 되는 근육 모델은 Waters의 근육 모델을 수정하여 사용하였다.

1. 서 론

가상환경을 위한 얼굴 모델들은 얼굴 표면뿐만 아니라 머리와 목 부분 등을 포함한 다양한 조직과 특징들의 기하, 광도, 변형, 움직임 등을 고려한다. 일반적으로 이런 모델들은 의미있는 얼굴 영상들을 생성하도록 설계되어 있다.[1] 컴퓨터를 이용한 얼굴 모델들은 다양한 분야에서 활용되고 있는데, 사람 얼굴의 물리적 특성과 해부학 정보를 담고 있는 모델은 의학을 공부하는 학생들에게 얼굴에 대한 교육을 하는데 사용된다. 오락 분야에서는 아바타를 통해 사람의 감정 이입을 이끌어 내는데 얼굴 표정을 애니메이션 하는 것이 이러한 분야에서 중요하다. 이러한 얼굴 애니메이션에 관한 연구는 많은 사람들에게 의해 진행되어 왔다. [2][3]

본 논문에서는 가상현실 환경에서 인체 모델의 애니메이션을 위하여, 우선 3차원 메쉬로 구성된 일반 모델을 특정 사람에게 정합하여 특정인의 3차원 얼굴 모델을 얻고자 했다. 그래서 얼굴의 특징을 반영한 일반모델을 만들고 이를 이용하여 특정인의 3차원 얼굴 모델을 얻을 수 있었다. 실제 얼굴의 근육 및 피부 조직 등 해부학적 구조에 기반한 표정 합성방법을 사용하여 현실감있고 자연스러운 얼굴 표정 애니메이션이 이루어질 수 있도록 하고자 한다.

2. 해부학에 기반한 얼굴 근육 모델

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 표정을 짓게 하는 근이다. 그래서 안면근을 표정근이라고도 부른다. 그리고, 얼굴의 근육 중 일부는 하악골에 부착하

여 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]

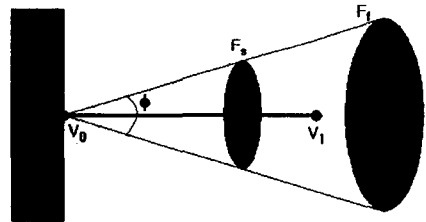


그림 1. 동적 근육 모델

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 ϕ 로 주어진다.

근육의 힘이 미치는 영역 안에 있는 피부 조직의 한 점 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.

$$dis(P) \propto g(F,K,A,R) \text{ -----(1)}$$

식 1에서 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 거리에 d라고 하면 거리에 의한 이동 요인 R은 식 2와 같다.

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

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

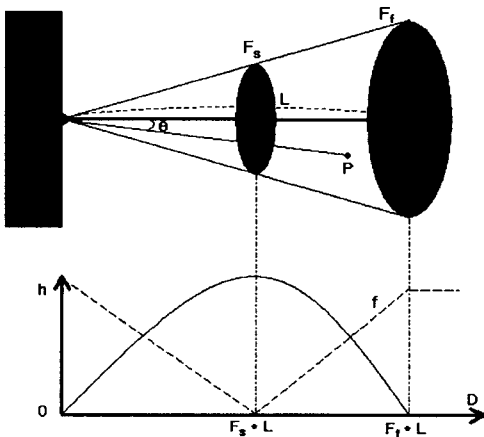


그림 2. 근육 모델에 의한 피부 조직의 이동

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

3. 해부학에 기반한 얼굴 애니메이션

얼굴 애니메이션을 하기 위해서는 피부 메쉬들이 움직일 수 있는 동력이 주어져야 한다. 이런 힘의 원천들이 Parke의 파라미터에 기반한 모델에서는 고려되지 않고 있으나, 사실적인 표정 연출을 위해서는 이런 힘에 의한 애니메이션이 필요하다. 이러한 고려에 사람 얼굴을 근

육과 피부 조직으로 나눈 해부학에 기초한 근육 모델이 나오게 되었다. 이러한 근육모델은 골격, 연골조직, 근육, 신경, 혈관, 피부 등 사람의 머리 및 얼굴을 구성하고 있는 해부학적 요소를 모델링하여 얼굴의 표정 합성 및 애니메이션을 하는 것이다.[4][5]

표 1에서 얼굴의 표정 변화에 영향을 주는 18개의 근육군쌍을 정의하였고 이것을 바탕으로 하여 얼굴의 표정이 합성될 수 있도록 하였다.

표 1. 얼굴 표정에 영향을 주는 근육

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

근육군의 위치는 그림 3에서 나타내고 있다. 18개 근육군쌍은 근육벡터의 시작과 끝, 영향 범위, 강도 등의 정보를 포함하고 있어 얼굴의 표정을 위하여 근육의 움직임을 조합할 수 있도록 하였다.

Wireframe은 256개의 점과 이 점을 연결한 faceline으로 이루어져 있다.

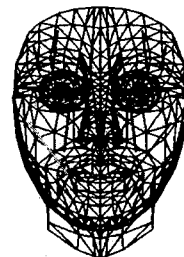


그림 3. 얼굴근육을 표현한 wireframe

개인의 이미지에 맞춰 메쉬를 변형하여 표준 모델을 만든 다음, 사실감을 높이기 위해 개인 얼굴의 이미지를 메쉬에 매핑한다. 정확한 매핑을 위하여 특징점들의 정면과 측면 부분을 이용한다.

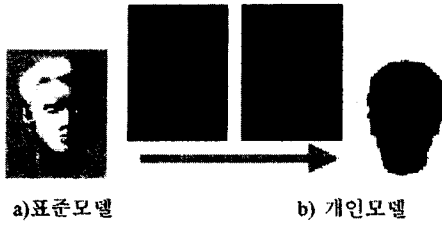


그림 4. Texture mapping의 과정

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.

텍스처 추측과정은 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 $I_j(x_j, y_j)$ 를 계산한다.

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

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

얼굴 표정이 생성되는 원동력이 근육의 수축에 있기 때문에 근육에 자극이 주어 졌을 때 근육이 수축하고 완화되는 것이 표정의 심화 정도에 직접적인 영향을 미친다. 그림 5는 각 근육과 근육의 움직임에 대한 강도를 조합하여 생성한 6가지 얼굴 표정에 대한 애니메이션 화면이다.

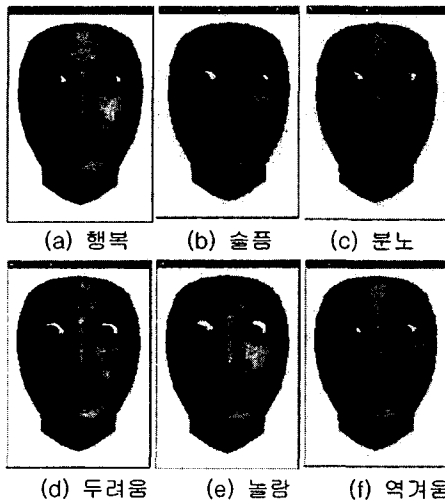


그림 5. 얼굴 표정 애니메이션

얼굴의 표정 생성을 애니메이션할 수 있는 원동력이 되는 근육 모델은 Waters의 근육 모델을 수정하여 사용하였다. Waters의 근육 모델은 근육 자체가 얼굴 피부에 특징적으로 설계되어 있어서 모델을 변형하는 경우 정확한 동작을 하지는 못했지만 이를 논리적 구조로 바꿈으로써 변형된 얼굴에 대해서도 같은 애니메이션을 할 수 있었다.

5. 결 론

본 논문에서는 가상현실을 위한 얼굴 애니메이션을 위해 실제 얼굴의 근육 및 피부 조직 등 해부학적 구조에 기반한 얼굴 표정 애니메이션을 생성하고자 했다.

일반 모델을 구축하기 위하여 얼굴의 표정 변화에 영향을 주는 18개의 근육군상을 바탕으로 하여 얼굴의 표정을 위한 근육의 움직임을 조합할 수 있도록 하였다. 개인의 이미지에 맞춰 메쉬를 변형하여 표준 모델을 만든 다음, 사실감을 높이기 위해 개인 얼굴의 정면과 측면 2 장의 이미지를 이용하여 메쉬에 매핑하였다. 얼굴의 표정 생성을 애니메이션할 수 있는 원동력이 되는 근육 모델은 Waters의 근육 모델을 수정하여 사용하였다. 이러한 방법을 사용하여 텍스처가 입혀진 변형된 얼굴을 생성하였으며 Ekman이 제안한 6가지 얼굴 표정을 애니메이션 하였다.

향후에는 보다 정확한 애니메이션을 위하여 얼굴근육들 사이에 서로 영향을 주는 힘에 대해서 연구하고자 한다.

【참고문헌】

- [1] Catherine P, Norman I.B, and Marie-Luce V, "Final Report to NSF of the Standards for Facial Animation Workshop", Oct. 1994.
- [2] F.I.Parke, "Parameterized models for facial animation", In IEEE Computer Graphics and Application, Vol.2, No.9, pp.61-68, Nov. 1982.
- [3] Y.Lee, D.Terzopoulos, and K.Waters, "Realistic Modeling for Facial Animation", Proc.SIGGRAPH95. In Computer Graphics, pp. 55-62, 1995.
- [4] COMPUTER ANIMATION : ALGORITHMS AND TECHNIQUES, <http://www.cis.ohio-state.edu/~parent/book/outline.html>
- [5] B.R. Landau, Essential Human Anatomy and Physiology, 2nd Edition Scott, Foresman and Company, 1980.