

## 3차원 얼굴 모델링을 이용한 표정합성

심연숙<sup>\*</sup> · 변혜란<sup>\*\*</sup> · 정찬섭<sup>\*\*\*</sup>

연세대학교 인지과학 협동과정, <sup>\*\*</sup>연세대학교 컴퓨터과학과, <sup>\*\*\*</sup>연세대학교 심리학과  
서울특별시 서대문구 신촌동 134 (우) 120-749  
E-mail : heea@psylab.yonsei.ac.kr

## Facial Expression Synthesis Using 3D Facial Modeling

Younsook Shim<sup>\*</sup>, Hyeran Byun<sup>\*\*</sup>, Chansup Chung<sup>\*\*\*</sup>

<sup>\*</sup>Graduate Program of Cognitive Sciences,

<sup>\*\*</sup>Department of Computer Science at Yonsei University

<sup>\*\*\*</sup>Department of Psychology at Yonsei University  
120-749, Shinchon Dong 134, Seodaemun Gu, Seoul, Korea

### 1. 서론

### 요약

사용자에게 친근감있는 인터페이스를 제공하기 위해 자연스러운 얼굴 애니메이션에 대한 연구가 활발히 진행 중이다.[5][6] 본 논문에서는 자연스러운 얼굴의 표정 합성을 위한 애니메이션 방법을 제안하였다. 특정한 사람을 모델로 한 얼굴 애니메이션을 위하여 우선 3차원 메쉬로 구성된 일반 모델(generic model)을 특정 사람에게 정합하여 특정인의 3차원 얼굴 모델을 얻을 수 있다. 본 논문에서는 한국인의 자연스러운 얼굴 표정합성을 위하여, 한국인의 표준얼굴에 관한 연구결과를 토대로 한국인 얼굴의 특징을 반영한 일반모델을 만들고 이를 이용하여 특정인의 3차원 얼굴 모델을 얻을 수 있도록 하였다. 실제 얼굴의 근육 및 피부 조직 등 해부학적 구조에 기반한 표정 합성방법을 사용하여 현실감있고 자연스러운 얼굴 애니메이션이 이루어질 수 있도록 하였다.

얼굴 영상의 분석 및 합성에 대한 연구는 컴퓨터 그래픽스 기법을 바탕으로 하여 최근 영화, 게임, 화상회의 및 가상현실 등 여러 분야에 걸쳐 활용되고 있다. 특히 얼굴 영상을 이용한 휴먼 인터페이스를 제공해 주기 위해서는 한 장의 얼굴 영상으로부터 3차원적으로 움직이며, 웃고, 울고, 말하는 모습이 자유자재로 합성 가능해야 한다. 인간간의 커뮤니케이션에 있어서 얼굴표정이 중요한 의사 전달 수단 중의 하나라는 점을 감안할 때, 이러한 합성 영상은 실제 사진과 같이 자연스럽게 현실감 있는 고품질이어야 한다.

얼굴 모델링 및 애니메이션에 관한 연구는 F. I. Parke[1]의 초기 연구를 시작으로 최근에 이르기까지 20 여년간에 걸쳐 지속되고 있는데, 얼굴을 3차원 메쉬 모델로 구성하여, 모델링된 메쉬들을 움직여 얼굴의 표정을 변화시키는 연구가 대부분이다. 이에 대한 연구로는 Parke의 초기 연구로 파라미터화된 모델 방법[3]과 인터플레이션 방법, 키프레임 방법, 퍼포먼스 기반 방법, 근육기반 모델 방법 등이 있다. 특히 해부학적 구조에 기반한 동적 근육 기반 모델(Dynamic muscle based model)[4]은 자연스러운 얼굴 움직임을 표현하는데 적합하다고 알려져 있

다. 본 논문은 얼굴 모델링 및 애니메이션에 대한 기존의 연구 방법과 이를 한국인 얼굴에 적용시킨 방법에 대하여 연구하였다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 II장에서는 기존에 이루어진 연구 방법에 대하여 다루고 있다. III장에서는 표준 한국인 얼굴에 대한 모델링 과정과 합성방법에 대하여 설명한다. 마지막으로 IV장에서는 논문의 내용을 정리하고, 앞으로의 연구방향을 제시하고 끝맺는다.

## II. 기존 연구

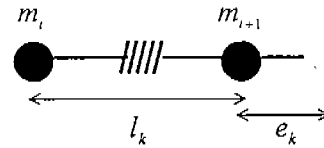
### 1. 동적 근육 모델[2][4]

동적 근육모델은 골격, 연골조직, 근육, 신경, 혈관, 피부 등 사람의 머리 및 얼굴을 구성하고 있는 해부학적 요소를 모델링하여 얼굴의 표정 합성 및 애니메이션을 하는 것이다. 사람의 얼굴은 표피, 진피, 피하조직과 근막 등으로 구성된 피부와 근육으로 주로 구성되는데, 피부와 근육은 사람의 얼굴 표정이나 움직임에 나타내는 물리적인 작용을 하는 것으로 알려져 있다. 이는 실제 인간의 얼굴 구조와 유사하도록 피부 조직 및 근육에 대한 모델을 구성함으로써 정확한 얼굴 표정을 합성할 수 있다. 실제로 얼굴은 많은 근육들로 구성되어 표정을 짓게 되고, 각 근육들은 많은 개개의 근육 섬유로 구성되어 있다.

얼굴에 나타나는 선형근육(linear muscle), 팔약근(sphincter muscle) 근육은 판근육(sheet muscle) 등 크게 3가지로 분류한다. 선형근육은

전반적인 얼굴의 움직임에 대하여 작용하는 근육이며, 팔약근은 타원 주변 즉, 눈 주변과 입 주변의 움직임을 작용하는 근육이다. 얼굴 표정에 있어서 눈 주변의 움직임이나 입 주변의 움직임은 다양한 표정의 변화를 가져오는 중요한 요소이기 때문에 특히 팔약근의 구성은 중요하다고 볼 수 있다.

피부 조직을 모델링하는 기본 가정은, 피부를 스프링으로 연결된 망(tension net) 구조로 구성하는 것이며, 망을 구성하는 각 노드 사이의 관계는 <그림 1>과 같다. 식 ①②는 동적인 노드/스프링 시스템에서의 움직임에 대한 식을 나타내고 있다.



<그림 1> 두 노드( $m_i, m_{i+1}$ )간 연결된 스프링 구조

$$m_i \frac{d^2 \bar{x}_i}{dt^2} + \gamma_i \frac{d \bar{x}_i}{dt} + \bar{g}_i = \bar{f}_i \quad (i = 1, \dots, N) \quad \text{식 ①}$$

$$\bar{g}_i(t) = \sum_{j \in N} \bar{s}_{jk} \quad \text{식 ②}$$

$\vec{g}_i(t)$  : 노드 i 에서의 전체 힘

$\vec{s}_k$  : 노드에 작용하는 스프링 힘

$$\vec{s}_k = \frac{c_k e_k}{\|\vec{r}_k\|} \vec{r}_k$$

$\|\vec{r}_k\|$  : 작용하는 스프링의 길이

$c_k$  : 경직도(stiffness) 계수

$e_k$  : 스프링의 변형 값

$\vec{f}_i$  : 노드 i 에 작용하는 그물 망 힘 (net force)

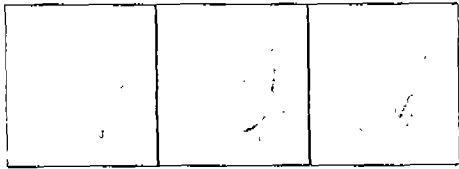
$\gamma_i$  : 속도와 관련된 진동 계수

## III. 3차원 얼굴 모델링

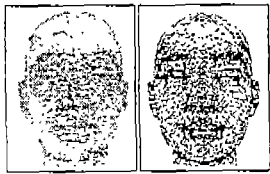
### 1. 표준 한국인 얼굴 모형

대부분의 얼굴 연구에 있어서 기본이 되는 일반 모델(generic model)은 임의로 모델링하거나 외국의 모델을 사용하고 있다. 본 논문에서는 자연스럽게 현실감있는 표정합성을 위하여 한국인의 얼굴 특성에 맞는 한국인 일반모델을 작성하였다. 표준 한국인 얼굴에 대한 자료는 서울 교대 조용진 박사님의 20여년에 걸친 연구 결과를 이용하여 남·여 표준 얼굴 형상을 만들었다. 표준 얼굴 형상을 사이버웨어 3D 컬러 디지털라이저 3030을 이용하여 얻은 데이터는 총 26만여 포인트로 이루어졌으며 그 결과는 <그림 2>와 같다. 3D 디지털라이저로 얻어진 총 26만여 포인트를 모두 이용하여 일반모델로 만든다

는 것은 실시간 처리를 위해 적합하지 않으므로 이를 최적화시켜 총 2167포인트의 4264개의 메쉬로 이루어진 일반 모델을 구성하였고, 그 결과는 <그림 3>과 같다.



<그림 2> 표준 한국인 얼굴 모형



<그림 3> 최적화된 일반 모델

## 2. 얼굴의 3차원 모델링

구성된 표준 한국인 일반모형을 이용하여 입력된 2차원 얼굴 영상에 대하여 몇 개의 특징점들을 중심으로 일반모형이 대상 인물에 정합되고 각 개인얼굴의 3차원 형상모형을 얻어낼 수 있다.

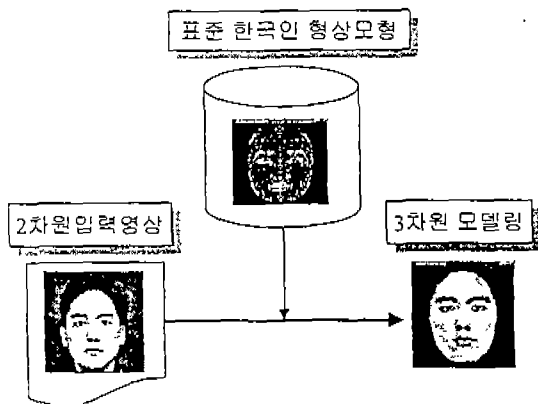


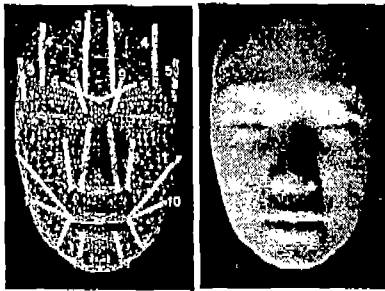
그림 4> 입력영상의 3차원 모델링

## IV. 얼굴의 표정합성

자연스러운 얼굴의 표정합성을 위하여 3차원 모델에 대하여 각 근육군에 대한 정의와 함께 얼굴 표정에서 많은 변화가 있는 부분과 거의 변화가 없는 부분을 단계별로 그룹화하였다. 표준 한국인 일반모형에 대하여 총 1358개의 포인트와 2620개의 메쉬를 갖는 얼굴의 마스크 부분을 34개의 그룹으로 나누었다. 각 그룹은 얼굴의 특징점들을 포함하는 부분을 기준을 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. 그리고 얼굴의 표정 변화에 영향을 주는 11개의 근육군쌍을 정의하였다.<표 1> 이러한 근육군을 바탕으로 하여 얼굴의 표정이 합성될 수 있도록 하였고, 표준 한국인 일반 모델에 대하여 정의내린 근육군의 위치는 <그림 5>에서 나타내고 있다. 11개 근육군쌍은 근육벡터의 시작과 끝, 영향 범위, 강도(intensity) 등의 정보를 포함하고 있어 얼굴의 표정을 위하여 근육의 움직임을 조합할 수 있도록 하였다.

Muscle No	Muscle Name
1	Zygomatic_Major
2	Angular_Depressor
3	Frontalis_Inner
4	Frontalis_Major
5	Frontalis_Outer
6	Labi_Nasi
7	Inner_Labi_Nasi
8	Lateral_Corigator
9	Secondary_Frontalis
10	Mouth_Side
11	Jaw_Down

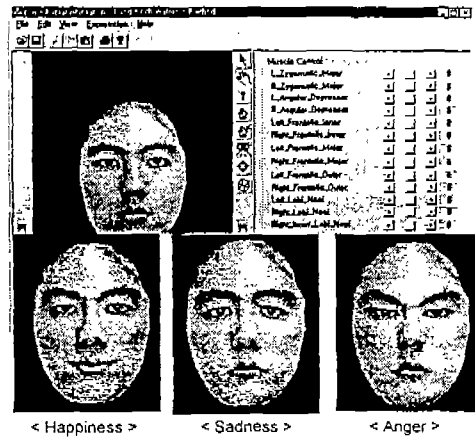
<표 1> 근육군 정의



<그림 5>

근육군 및 그룹화된 얼굴 모형

6가지 기본 표정에 대한 주요 근육의 움직임은 <표 2>와 같고, 각 근육과 근육의 움직임에 대한 강도를 조합하여 합성된 기쁨, 슬픔, 화남 의 3가지 표정은 <그림 6>과 같다.



<그림 6> 표정 합성의 예

#### IV. 결론

본 논문은 사용자에게 친근감있는 인터페이스를 제공하기 위한 연구로 얼굴의 표정 합성 및 애니메이션에 관한 연구를 하였다. 본 논문에서는 기존 연구들의 고찰과 함께 입력 영상에 대한 얼굴의 3차원 모델링과 이를 이용한 표정 합성 및 애니메이션을 구현하였다. 현재 개발된 대부분 얼굴 합성 및 애니메이션 시스템에서는 외국의 자료나 임의로 구성된 일반 모델(generic model)을 이용한다는 점을 보완하기 위하여 한국인의 얼굴 특징을 잘 반영할 수 있도록 서울교대 조용진 박사님의 한국인 표준 얼굴에 관한 연구 결과를 토대로 한국인 얼굴의 일반모델을 만들었다.

앞으로의 연구에서는 제한된 몇몇 얼굴 표정에 대한 합성 뿐 아니라 좀 더 섬세한 표정의 자연스러운 합성 및 애니메이션도 가능할 것이다. 아울러 합성된 다양한 표정과 애니메이션을 영화 및, 오락, 교육, 가상현실 등 여러 분야에 응용할 수 있을 것이다.

Expression	Muscle Name
Happiness	Zygomatic_Major Inner_Labi_Nasi
Sadness	Zygomatic_Major Angular_Depressor Lateral_Corrigator
Disgust	Angular_Depressor Frontalis_Inner Frontalis_Major Inner_Labi_Nasi
Anger	Angular_Depressor Frontalis_Inner Frontalis_Major
Surprise	Zygomatic_Major Frontalis_Inner Frontalis_Major
Fear	Zygomatic_Major Angular_Depressor Frontalis_Inner Frontalis_Major

<표 2> 6가지 표정에 대한 근육의 움직임

## 참고 문헌

- [1] F. I. Parke, "Computer generated animation of faces", ACM National Conference, pp451-457, ACM, 1972
- [2] F. I. Parke, Keith Waters, "Computer Facial Animation", A K Peters Wellesley, 1996
- [3] F. I. Parke, "A Parametric Model for Human Faces", PhD the University of Utah, Salt Lake City, UT, December 1974
- [4] Demetri Terzopoulos, Keith Waters, "Analysis and Synthesis of Facial Image Sequences Using Physical and Anatomical Model", IEEE Trans: on PAMI., vol.15, No.6, June, 1993[
- [5] T. Ishikawa, D. Terzopoulos, "Facial Image Reconstruction by Estimated Muscle Marameter", FG98
- [6] Yoshimitsu Aoki, Shuji Hashimoto, "Physical Facial Model Based on 3D-CT Data for Facial Image Analysis and Synthesis", FG98