

자연스러운 표정 합성을 위한 3차원 얼굴 모델링 및 합성 시스템

3D Facial Modeling and Synthesis System for Realistic Facial Expression

심연숙* 김선욱** 한재현*
(Youn-sook Shim) (Sun-wook Kim) (Jae-hyun Han)

변혜란** 정찬섭***
(Hye-ran Byun) (Chan-sup Chung)

요약 최근 사용자에게 친근감있는 인터페이스를 제공하기 위해 자연스러운 얼굴 애니메이션에 대한 연구가 활발히 진행 중이다. 얼굴은 인간의 신체부위 중 가장 쉽게 개개인을 구분할 수 있고, 감정과 정서 등의 내적 상태를 명백하게 이해할 수 있도록 해주는 중요한 의사소통의 수단으로 여겨지고 있다. 이러한 얼굴을 이용하여 인간과 컴퓨터간의 의사 전달에 있어서 효율적으로 인간의 감정을 인식하고 전달하여 대화할 수 있도록 하기 위해서 컴퓨터상의 얼굴은 인간과 유사하게 대화할 수 있고, 감정을 표현할 수 있도록 친숙하고 현실감이 있어야 한다.

본 논문에서는 자연스러운 얼굴의 합성을 위한 얼굴 모델링 및 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 기존 연구들과 다르게 표준 한국인 얼굴을 이용한 일반 모델을 생성하여, 입의의 얼굴에 대하여 좀 더 정확하고 자연스러운 3차원 모델이 이루어질 수 있도록 하였다. 그리고 얼굴 표정합성을 위하여, 실제 얼굴의 근육 및 피부 조직 등 해부학적 구조에 기반한 근육 기반 모델 방법을 사용하여 현실감 있고 자연스러운 얼굴 애니메이션이 이루어질 수 있도록 하였다. 이러한 얼굴 모델링 및 합성 기술은 화상 회의, 가상현실, 교육, 영화 등 여러 분야에서 활용될 수 있다.

주제어 인간과 컴퓨터 상호작용, 3차원 모델링, 애니메이션, 표정합성

Abstract Realistic facial animation research field which communicates with human and computer using face has increased recently. The human face is the part of the body we use to recognize individuals and the important communication channel that understand the inner states like emotion. To provide the intelligent interface, computer facial animation looks like human in talking and expressing himself. Facial modeling and animation research is focused on realistic facial animation recently.

In this article, we suggest the method of facial modeling and animation for realistic facial synthesis. We can make a 3D facial model for arbitrary face by using generic facial model. For more correct and real face, we make the Korean Generic Facial Model. We can also manipulate facial synthesis based on the physical characteristics of real facial muscle and

* 연세대학교 인지과학 협동과정
(Graduate Program of Cognitive Science)

** 연세대학교 컴퓨터과학과
(Department of Computer Science)

*** 연세대학교 심리학과
(Department of Psychology, Yonsei University)

연구세부분야 : 인공지능, 그래픽, HCI
주소 : 서울특별시 서대문구 신촌동 134 연세대학교
제3공학관 컴퓨터과학과 지능정보시스템 연구실
우편번호 : 120-749
전화/FAX : 361-2719/365-2579
E-mail : heea@csai.yonsei.ac.kr

skin. Many application will be developed such as teleconferencing, education, movies etc.

Keywords HCI(Human-Computer Interaction), 3D Modeling, Animation, Facial Expression Synthesis

1. 서론

얼굴은 인간의 신체부위 중 가장 쉽게 개개인을 구분할 수 있고, 감정과 정서 등의 내적 상태를 명백하게 이해할 수 있도록 해주는 중요한 의사소통의 수단으로 여겨지고 있다[1]. 이러한 얼굴에 대한 연구는 그래픽스, 지각심리, 인공지능, 임상/사회 심리 등 여러 학문 영역에서 다양한 목적으로 이루어지고 있는데, 특히 인간간의 의사 소통과 같이 인간과 컴퓨터간의 의사 전달에 있어서 효율적으로 인간의 감정을 인식하고 전달하여 대화할 수 있도록 하는 HCI(Human-Computer Interaction)에 대한 연구가 증가하고 있다. 기존에는 사람과 컴퓨터간의 의사 전달 수단으로 특정 입출력 장치를 사용하였지만, 최근에는 인간의 음성이나 얼굴 등을 이용하여 자연스럽고 지능적인 인터페이스를 구현하고자 하는 연구들이 진행되고 있다. 이러한 인터페이스들을 제공하기 위해 컴퓨터상의 얼굴은 인간과 유사하게 대화할 수 있고, 감정을 표현할 수 있도록 친숙하고 현실감이 있어야 한다. 얼굴 모델링과 애니메이션에 대한 기술은 컴퓨터 그래픽스 분야에서 오랫동안 연구되어오고 있는 분야 중 하나인데, 최근 하드웨어의 발달로 컴퓨터 기술이 향상됨에 따라 얼굴 애니메이션에 대한 연구는 보다 자연스럽게 현실감 있는 얼굴을 표현하는데 역점을 두고 있다[2].

본 논문은 얼굴 모델링 및 애니메이션에 대한 기존의 연구 방법의 고찰과 이를 응용한 한국인 표준 얼굴 모델링 및 애니메이션에 대하여 연구하였다. 얼굴 모델링 및 애니메이션에 관한 연구는 1970년대 초반의 F. I. Parke[3]의 연구를 시작으로 최근의 Irfan A. Essa[4]에 이르기까지 20여년간에 걸쳐 지속되고 있다. 얼굴 모델링 및 애니메이션에 대한 연구는 얼굴을 3차원 모델로 구성하여, 모델링된 형태에 따라 다양한 제어 기법을 사용하여 얼굴의 표정을 변화시키는 연구가 대부분이다. 국내에서 이루어지고 있는 얼굴 애니메이션 관련 연구들의 대부분은 웹 상에서 사용하고 있는 외국인 얼굴 모델이나, 임의로 제작된 얼굴 모델을 사용하고 있어 지각심리, 임상/사회심리 분야 등에서 얼굴 연구에 대한 타당성을 입증하는 도구로 사용하기 어렵다는 문제점이 있다. 이러한 문제를 해결

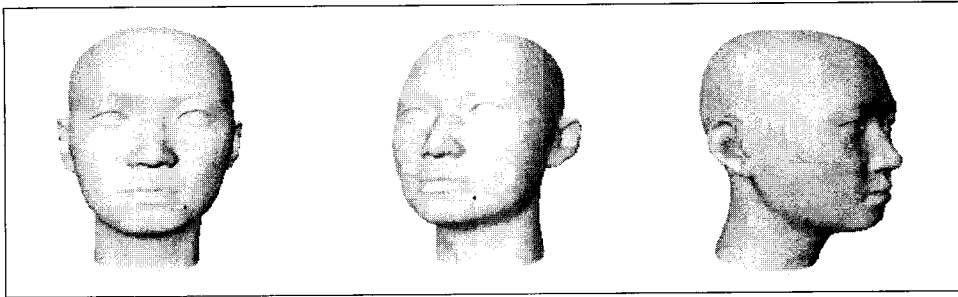
하기 위해 본 연구에서는 표준 한국인 얼굴로 입증한 만한 자료를 사용하여 표준 얼굴 모델로 사용하였다. 또한 얼굴 모델의 제작에 있어서 기존 방법들의 장점들을 수용한 방법으로 모델을 제작하였고, 향후 연구의 범용성을 위하여 통신 및 방송, 컴퓨터 분야에 공통적으로 사용할 수 있도록 국제 표준이 제정된 MPEG-4에 따라 모델링 결과를 정의하여 애니메이션 하였다. 이러한 얼굴 모델링 및 애니메이션 연구는 영화, 애니메이션, 몰핑, 컴퓨터 게임 및 통신 기술의 발전에 따른 원격교육, 화상회의, 가상현실 등 여러 분야에 걸쳐 응용될 수 있다.

2. 3차원 얼굴 모델링

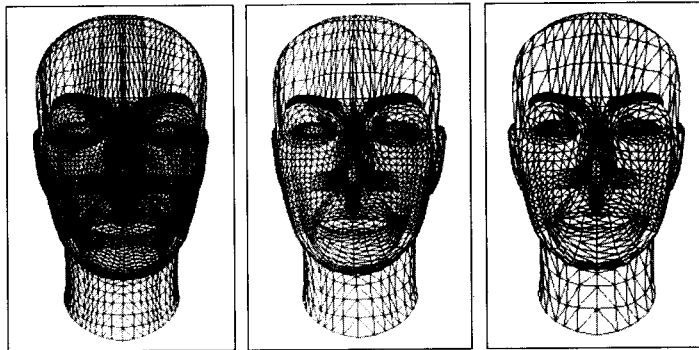
얼굴은 매우 유연하면서도 복잡한 구조를 갖는 3차원 형태라 할 수 있다[1]. 일반적으로 얼굴은 골격, 연골, 근육, 혈관, 피부(진피, 표피) 등의 조직들로 구성되어 있는데, 이 중 얼굴의 피부는 다양한 색상과 질감으로 표현될 뿐 아니라 주름을 포함하고 있어, 얼굴 피부 모델을 어떻게 모델링 하는가는 얼굴 애니메이션의 효과를 좌우하는 기본이 된다.

얼굴을 나타내는 3차원 모델은 크게 두 가지 방법으로 구성될 수 있는데, 폴리곤 매쉬로 구성하는 것과 스플라인 곡면을 이용하여 구성하는 방법이다. 우선 폴리곤 매쉬로 구성하는 방법은 가장 일반적이고 쉬운 방법이지만, 얼굴의 피부와 같이 유연하고 부드러운 표면을 나타내기 위해서는 많은 수의 폴리곤 메쉬를 구성해야 한다는 문제가 있다. 이러한 경우 애니메이션을 위하여 많은 수의 폴리곤 메쉬를 제어할 수 있어야 한다. 다음으로는 스플라인 곡면을 이용하는 방법인데 B-spline, Beta-spline, NURBS 등을 사용하여 3차원 모델을 나타낸다. 이러한 경우 얼굴의 미세한 움직임 효과적으로 표현할 수 있으며, 적은 수의 제어점으로 애니메이션이 가능하다는 장점이 있지만, 눈동자나 치아와 얼굴 요소들을 독립적으로 세밀하게 표현하기 어렵다는 단점이 있다. 최근에는 웨이블릿을 기반으로 하는 모델링 방법과 서브디비전(subdivision) 모델링 방법 등에 대한 연구도 이루어지고 있다.

얼굴의 3차원 모델을 생성하기 위한 방법으로는 여러 장치를 이용하여 얻은 데이터로 모델링 하는 방법과



(그림 1) 표준 한국인 얼굴 모형

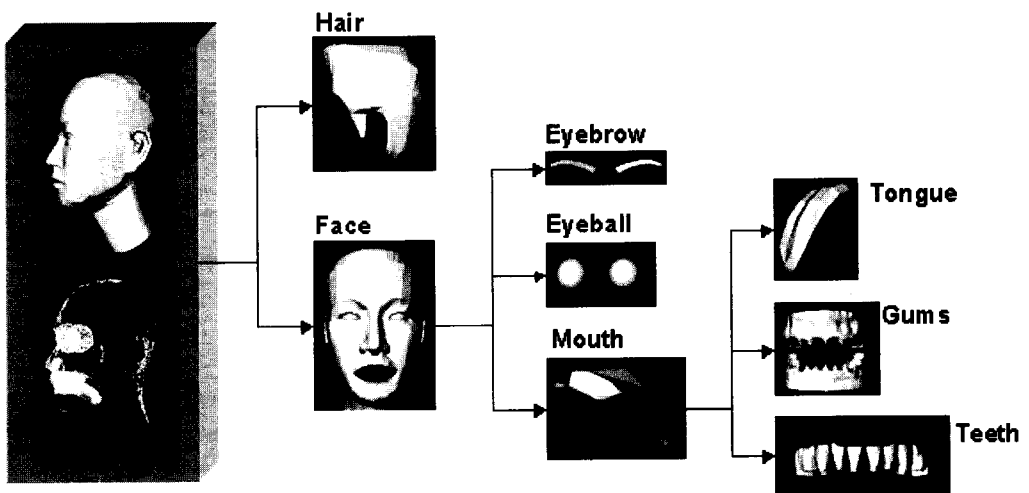


a) High

b) Mid

c) Low

(그림 2) 메쉬 조밀도에 따른 3단계 모델



(그림 3) 표준형상모형과 각 objects

객체 부위	Vertex 정보	객체 부위	Vertex 정보
face	1467 points	left_eye_brow	66 points
left_eye_ball	492 points	right_eye_brow	66 points
right_eye_ball	492 points	tongue & mouth	223 points
low_gums	1795 points	low_teeth	3831 points
up_gums	1763 points	up_teeth	3166 points

〈표 1〉 얼굴 구성요소 정보

수작업으로 직접 모델을 제작하는 방법이 있다. 장치를 이용하여 데이터를 얻는 경우는 실제 얼굴로부터 3차원 모델을 생성할 수 있는데, 3차원 디지털라이저를 이용하는 방법, 사진 기반 모델링 방법, 3차원 스캐너를 이용하는 방법 등이 있다. 이러한 방법들은 거의 실물과 정확한 모델을 얻을 수 있다는 장점이 있는 반면, 3차원 스캐너를 이용하는 경우 방대한 데이터 양 때문에 메쉬를 최적화해야만 애니메이션에 적합한 모델을 얻을 수 있게 된다. 또한 얼굴 표면에 대한 데이터를 다루기 때문에 눈동자나 치아와 같은 요소들에 대하여는 별도의 모델링 작업을 요하게 된다.

한편, 수작업으로 모델을 제작하는 방법은 PC를 기반으로 하는 3D-MAX 나 워크스테이션 기반의 SoftImage, Maya, LightWave 3D등과 같은 3차원 모델링 툴을 이용하여 임의의 얼굴 모델을 직접 제작하는 것을 의미하는데, 세밀한 얼굴 모델을 생성하기 위해서는 상당한 시간과 고도의 기술을 요하게 된다. 일반적으로는 실제 존재하는 얼굴의 모델링 보다는 영화나 게임의 캐릭터 제작에 많이 쓰이게 된다.

본 연구에서는 이러한 두가지 얼굴 모델링 방법을 절충하여, 3차원 스캐너 데이터를 바탕으로 3차원 모델링 툴을 이용하여 얼굴 모델을 제작하였다. 특히 국내에서의 기존 얼굴연구에 있어서 가장 큰 문제점은 얼굴 일반 모델(face generic model) 대부분이 임의로 모델링 되거나 외국의 모델을 사용한다는 것이다. 이를 보완하기 위하여 한국인의 얼굴 특성을 잘 반영하는 표준 한국인 얼굴 모형을 이용하여 한국인 일반 모델을 제작하였다. 표준 한국인 얼굴 모형에 대한 자료는 서울 교대 조용진 교수님의 20여년에 걸친 연구를 바탕으로 이루어졌으며, 그 결과로 한국인 표준 프로토타입이라 할 수 있는 남·여 표준 얼굴 형상을 얻을 수 있었다.

표준 한국인 얼굴 모형을 그대로 잘 반영하기 위하여 실물과 정확한 모델을 얻을 수 있는 3차원 스캐너 데이터를 이용하였다. 하지만 3차원 스캐너를 이용하여 얻어지는 데이터는 그 양이 방대하여 이를 그대로 이용하여 일반모델로 만든다는 것은 애니메이션의 실시간 처리를 위해 적합하지 않으므로 3차원 모델링 툴을 이용하여 데이터를 간략화하였다. 이러한 방법으로 표준 한국인 얼굴 모형의 윤곽 및 특징들을 잘 반영하면서도 애니메이션에 적합한 모델을 만들 수 있었다.

2.1 한국인 표준 얼굴 모델링

한국인 표준 얼굴 모델링을 위하여 우선 한국인 표준 얼굴 형상을 Cyberware 3D 쥘러 디지털라이저 3030을 이용하여 데이터를 얻었다. 이 때 얻은 데이터는 총 26만여 포인트로 이루어졌으며 그 결과는 (그림 1)과 같다. 3D 디지털라이저로 얻어진 총 26만여 포인트를 모두 이용하여 일반모델로 만든다는 것은 애니메이션의 실시간 처리를 위해 적합하지 않으므로 이를 다시 애니메이션에 적합한 모델로 구성하였다. 3차원 모델링 툴인 3D MAX를 이용하여 한국인 표준 얼굴에 대한 모델을 다시 제작하였다. 이때 표준형상모델은 응용 어플리케이션에 따라 각각 적용할 수 있도록 3단계의 모델로 구성하였다. 각 단계는 메쉬의 조밀도에 따라 High, Mid, Low 3단계로 나누었다 (그림 2). 그리고 각 단계의 모델은 표정 합성 및 애니메이션 작업을 고려하여 독립된 10개의 객체로 구성하였다 (그림 3). 각 객체들에 대한 vertex 정보는 〈표1〉과 같다.

2.2 임의의 얼굴의 3차원 모델링

한국인 표준 얼굴 모델을 이용하여 임의의 얼굴에

대한 3차원 모델을 구성할 수 있다. 입의 2차원 얼굴 영상에 대하여 3차원 모델로 구성하기 위해서는 기준이 되는 일반 모델이 필요한데, 본 연구에서는 이를 한국인 표준 얼굴 모델을 사용하였다. 2차원 영상만을 이용하여 3차원으로 모델링하기 위하여 3차원 z 값은 일반모델의 z 값을 이용하였는데, 이때 한국인 표준 얼굴 모델을 사용하여 기존 얼굴 연구에서 외국 모델을 사용하거나 임의로 제작된 모델을 사용하는 것보다 비교적 정확한 3차원 모델을 만들 수 있었다.

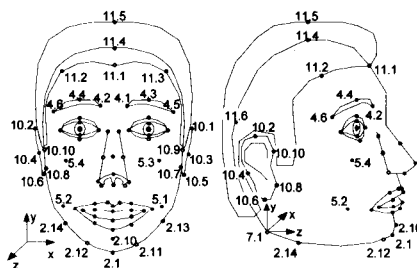
최근 영상, 비디오, 오디오 등의 디지털 신호처리 기술의 발달로 멀티미디어 통신의 서비스가 실용화에 대하여 한정된 전송 용량과 대용량의 영상 정보를 처리하기 위한 문제를 해결해야 하고, 이를 위해 효율적인 영상압축에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. MPEG(Moving Picture Experts Group)는 국제 표준화 기구(ISO)와 국제 전기 기술 위원회(IEC)가 정보 표현의 표준화를 위하여 구성한 공동위원회(JTC)산하의 그룹으로 영상과 음향의 압축 및 다중화에 관한 표준을 제정하여 왔다. MPEG-4에서는 자연영상 및 아바타(Avatar)등의 컴퓨터 그래픽, 오디오, 음성 등을 모두 다룰 수 있도록 제정되었으며, 이는 통신, 방송, 컴퓨터 등의 서비스 뿐 아니라 게임 및 가상현실 시스템 등에 응용할 수 있도록 하고 있다. 본 논문에서는 이러한 범용성을 위하여 MPEG-4에서 정의된 얼굴 객체에 대한 정보를 이용할 수 있도록 2.1 절에서 구성된 한국인 표준 형상모델을 그룹화하였다.

2.2.1 FDP(Facial Definition Parameter) 및 FAP(Facial Animation Parameter)의 정의

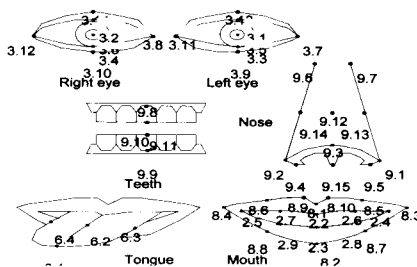
FDP는 총 84개의 파라미터로 구성되는데 얼굴의 형태를 나타내는 중요한 특징점들의 3차원 좌표값으로 정의된다. FDP는 눈, 눈썹, 코, 입, 턱, 뺨, 혀, 치아, 귀, 머리 그리고 얼굴의 회전 등을 나타내는 총 9개의 그룹으로 나누어 정의되고 있다. MPEG-4에서 정의한 FDP는 얼굴의 뒷모습이나 목부분에 대한 정보는 다루지 않고 (그림 4)와 같이 측면에 대한 정보까지만 다루고 있다. FDP에서 정의된 적은 수의 특징점 만으로는 자연스러운 얼굴을 구현할 수 없고, 보조 특징점들을 추가하거나 일반모델을 이용하여 얼굴을 구현하여야 한다. 또한 FDP에서는 정의되었지만, 잘 쓰이지 않는 치아에 대한 특징점 4개와 혀에

대한 특징점 4개 등은 일반적으로 생략되고 있다(8).

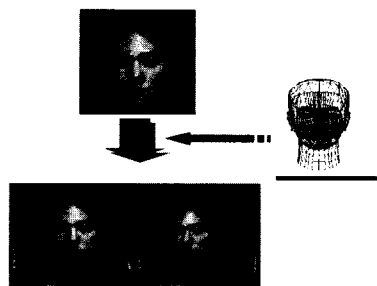
FAP는 얼굴 근육의 움직임과 관련하여 정의되어 자연스러운 표정 합성과 입술 동기화 등을 표현할 수 있도록 한다. FAP는 크게 상위 파라미터와 하위 파라미터로 구성되는데, 상위 파라미터는 표정을 정의하는 표정 파라미터와 음운의 발음에 따른 얼굴의 움직임을 정의하는 Viseme 파라미터로 구성된다. FAP는 이러한 2개의 상위 파라미터와 함께 FDP의 움직임에 따라 정의된 66개의 하위 파라미터를 포함하여 총 68개의 파라미터들로 구성되어 있다. (그림 4)에서 표시된 검은 점들은 FAP에 의해 움직이는 특징점들을 나타내고 있다(9).



(그림 4-1) MPEG-4에서 정의된 FDP



(그림 4-2) MPEG-4에서 정의된 FDP



(그림 5) 일반모델에 정의된 FDP 및 입의 얼굴의 3차원 모델링

2.2.2 3차원 모델링

2.2.1 절에서 정의된 FDP 및 FAP에 따라 한국인 표준 형상모델을 그룹화 하였다. 2.1절에서 구성한 일반모델에 FDP를 정의하고 이를 기준으로하여 임의의 얼굴 영상에 대하여 변형시키도록 하였다. FDP 및 FAP에서는 총 11개 그룹으로 정의하였지만, 본 논문에서는 얼굴의 목부분과 측면 및 뒷면까지 포함하여 구성하였으므로 이에 더하여 총 13개의 그룹으로 재구성하였다. 추가된 2개의 그룹을 제외하고는 모두 FDP 및 FAP의 정의에 따라 <표 2> 와 같이 일반 모델을 그룹화하였다.

임의로 입력된 2차원 얼굴영상은 위와같이 그룹화된 일반 모델의 정보를 이용하여 3차원으로 모델링하는데 이때 기준이 되는 점들은 FDP 및 FAP에서 정의한 특징점들을 이용하였다. 본 논문에서는 2.2.1절에서 언급한 총 84개의 FDP 특징점 중 입력된 정면의 영상에서 보이지 않는 10개의 점(혀에 대한 4개의 점, 치아에 대한 4개의 점, 측면에 대한 2개의 점)과 회전을 나타내는 그룹 (7,1) 점을 제외한 73개의 특징점으로 임의의 얼굴에 대한 3차원 아바타 얼굴을 생성하였다. 입력된 얼굴의 73개 특징점을 제어점으로 하여 일반모델을 변형하였다. 이때 일반적인 선형보간법을 이용하여 각 제어점에 따라 일반모델을 변형시켰다(10). (그림 5)는 3절에서 구성한 일반모델에 정의

된 FDP의 위치와 이를 이용하여 임의의 입력된 얼굴을 3차원으로 모델링 한 결과를 보여주고 있다.

3. 얼굴 애니메이션

얼굴 애니메이션 방법으로는 크게 인터플레이션 방법, 파라미터화된 모델 방법, 근육기반 모델 방법 등으로 나누어 볼 수 있다. 인터플레이션 방법은 얼굴 애니메이션 뿐 아니라 일반적인 애니메이션에 쓰이는 가장 보편적인 방법으로 움직임의 중요한 단계를 키프레임으로 설정하고 키프레임 사이를 자연스럽게 연결해주는 과정을 말한다. 이러한 인터플레이션 방법에는 가장 쉽고 간단한 방법인 선형 인터플레이션 방법과 애니메이션 속도가 일정하지 않을 경우 사용할 수 있는 스플라인 인터플레이션 방법이 있다.

파라미터화된 모델 방법은 Parke의 초기 연구 [2][5]로 움직임의 기본 원리는 인터플레이션 방법과 같지만, 얼굴 모델의 모든 점들을 인터플레이션 하는 방법과 달리 특정한 움직임을 이루는 점들을 묶어 하나의 파라미터로 제어하는 방법이다. 파라미터화된 모델 방법을 이용한 대표적인 연구는 P. Ekman 과 W. V. Friesen이 1978년 제안한 FACS(Facial Action Coding System)(7)라 하겠다. P. Ekman 등의 심리학자들은 얼굴 근육들의 긴장과 이완의 조합 결과로 나타나는 얼굴 표정에 대하여 어떤 근육들의 조합이 어떤 내적상태를 나타내는 표정과 연관이

Group No.	위치	Points
2 Group	jaw, chin, inner lowerlip, cornerlips, midlip	85 points
3 Group	eyeballs, pupils, eyelids	185 points
4 Group	eyebrow	56 points
5 Group	cheeks	270 points
6 Group	tongue	69 points
8 Group	outer lip positions	18 points
9 Group	nose	233 points
10 Group	ears	122 points
11 Group	head	87 points
12 Group	neck	338 points
13 Group	back head	38 points

<표 2>FDP 및 FAP 정의에 따른 그룹화

있는가에 대하여 연구하여 FACS를 제안하였다. FACS는 인간의 내적상태를 나타내는 얼굴 표정을 위하여 모두 44개의 기본 단위 (AU, Action Unit)로 분류하여, 하나의 얼굴 표정은 각 AU의 조합으로 나타내도록 하였고, 이러한 AU로써 움직임 단위를 정의했다는 점에서 파라미터화된 모델 방법이라 할 수 있다. 이러한 FACS는 얼굴 애니메이션과 관련된 최근의 연구에서까지 적용되고 있는데, 실제로 정의된 각 AU들과 이를 조합하여 표정을 합성하는 방법에는 여러 가지가 사용되고 있다. 일반적으로는 인터플레이션 방법을 이용하여 애니메이션이 이루어지게 하는데, H. Harashima 등(11)은 이러한 방법을 이용하여 표정 합성을 하였고, 더 나아가 Yong Dong L. 등(12)은 표정합성과 함께 입모양 합성도 하였다. 하지만 이러한 방법은 각 AU 들을 간단한 알고리즘으로 쉽게 나타낼 수 있지만, 합성을 하기 위하여 키프레임 인터플레이션 방법과 같은 작업이 필요하므로 많은 수작업과 시간이 필요하다는 단점이 있다.

해부학적 구조에 기반한 근육 기반 모델(Muscle based mode)은 자연스러운 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. 사람의 얼굴은 표피, 진피, 피하조직과 근막 등으로 구성된 피부와 근육으로 주로 구성되는데, 피부와 근육은 사람의 얼굴 표정이나 움직임을 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. 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. 이러한 근육 기반 모델(Muscle based mode) 방법은 Platt 과 Badler(13)에 의해 처음 제안되어 이후 Waters 등(6)에 의해 계속 발전되었으며, 얼굴 애니메이션에 있어서 비교적 자연스러운 표정을 쉽게 합성할 수 있는 방법으로 알려져 있다. 특히 최근에는 EMG 데이터를 이용하여 정밀하고 미세한 근육까지 표현할 수 있는 방법(14) 등이 연구되고 있다.

본 논문에서는 임의의 얼굴에 대하여 자연스러운 얼굴 합성을 위한 방법으로 기본적으로 근육기반 모델

을 사용하였다. 본 연구에서 사용한 근육기반 모델은 대부분 선형근육으로 이루어졌으며, 이는 Waters 등이 제안한 근육 모델보다 더 간단하게 구성하였다. Waters등은 256개의 포인트로 이루어진 비교적 적은 수의 메쉬로 얼굴 모델을 구성하였지만, 본 논문에서 사용하고 있는 한국인 일반모델은 얼굴의 마스크 부분에 대하여서만 총 1513개의 포인트로 이루어진 메쉬로 구성되어 있어, 애니메이션의 효율을 위하여 간단하게 구성하였다. 이와 함께 기본 근육으로 정의되지 않은 얼굴의 부분들에 대한 근육의 추가 및 삭제, 편집 등이 가능하도록 간단한 얼굴의 근육 편집기 틀을 구성하여 표정합성을 위한 임의의 사용자가 직접 애니메이션에 필요한 근육들을 정의할 수 있도록 하였다.

3.1 기본 근육 모델

얼굴은 많은 근육들로 구성되어 표정을 짓게 되고, 각 근육들은 많은 개개의 근육 섬유로 구성되어 있다. 얼굴의 근육은 선형근육(linear muscle), 괄약근(sphincter muscle), 판근육(sheet muscle) 등 크게 3가지로 분류할 수 있다. 선형근육은 전반적인 얼굴의 움직임에 대하여 작용하는 근육이며, 괄약근은 타원 주변 즉, 눈 주변과 입 주변의 움직임을 작용하는 근육이다. 판근육은 이마 부분과 같이 비교적 평평한 판으로 구성된 부위에 작용하는 근육이다. 이러한 근육들을 실제 얼굴 모델에 구현하기 위하여서는 처리 속도가 중요한데, 본 논문에서는 계산량이 가장 적은 간단한 형태의 선형 근육 모델을 사용하였다.

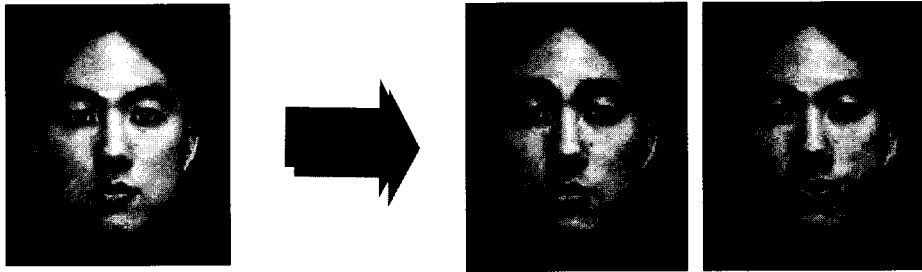
Waters가 제안한 근육 벡터 모델중 선형근육모델은 (그림 6) 과 같다. (그림 6) 에서의 임의의 노드 p 의 변위를 계산하기 위해서는, 메쉬상에 있는 새로운 변위점 p 는 범위 v_1, p, v_2 에서 벡터 p, v_1 를 따라서 v_1 방향으로 변위가 일어날 때 다음과 같은 식으로 표현될 수 있다.

$$p = p + akr \frac{pv_1}{\|pv_1\|} \quad (1)$$

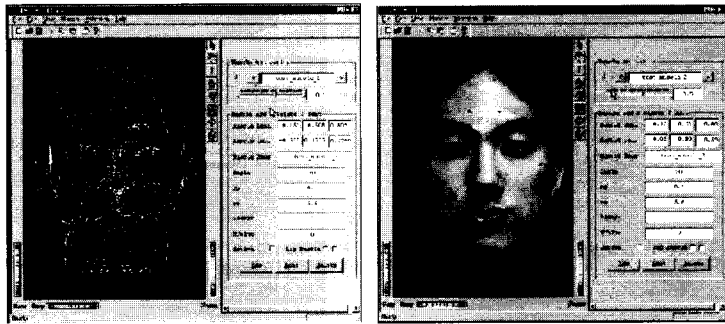
$a = \cos(a_2)$ 는 vector (v_1, v_2) 와 (v_1, p) 사이 각도이고, r 은 방사형 변위 매개변수로,

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

그리고 k 는 피부의 탄성력을 표현하는 상수이다.



(그림 9) 표정 합성의 예



(a)

(b)

(a) 근육편집

(b) 표정생성

(그림 10) 근육편집기

이용하여 측면, 뒷면의 자연스러운 합성 영상을 만들 수 있을 것이다. 또한 현재의 구성된 근육 기반 모델과 MPEG-4의 FAP파일에 기록된 얼굴 특징점의 움직임을 결합하여 MPEG-4 얼굴 애니메이션을 수행할 수 있을 것이다.

참고 문헌

- [1] F. I. Parke, Keith Waters, "Computer Facial Animation", A K Peters Wellesley, 1996
- [2] Catherine Pelachaud, Norman Badler and Marie-Luce Viaud, "Final Report to NSF of the Standards for Facial Animation Workshop", Technical Report of University of Pennsylvania, 1994
- [3] F. I. Parke, "Computer generated animation of faces", ACM National Conference, pp451-457, ACM, 1972
- [4] Irfan A. Essa, "Analysis, Interpretation, and Synthesis of Facial Expressions." Ph. D. Thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA. 1994.
- [5] F. I. Parke, "A Parametric Model for Human Faces", PhD thesis, University of Utah, Salt Lake City, UT, December 1974
- [6] 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
- [7] P. Ekman, W. V. Friesen, "Facial Action Coding System", Palo Alto, CA: Consulting Psychologist Press., 1978

- [8] Marc Escher, Igor Pandzic, Nadia Magenenat Thalmann, "Facial Deformation for MPEG-4", SIGGRAPH 1998
- [9] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/MPEG97 N1820, "SNHC Verification Model 5.0", July, 1997
- [10] K.Aizawa, H. Harashima and T.Satio, "Model-Based Analysis Synthesis Image Coding System for a Person's Face", Signal Proc. Image Com., Vol.1, No.2, pp139-152, 1989
- [11] K.Aizawa, H. Harashima and T.Satio, "Model-Based Analysis Synthesis Image Coding System for a Person's Face", Signal Process. Image Com., Vol.1, No.2, pp139-152, 1989
- [12] Yong Dong Lee, Chang Seok Choi, Kap Seok Choi, "Lip Shape Synthesis of the Korean Syllable for Human Interface", 한국통신학회 논문지 '94-4 Vol.19 No.4, pp614-623, 1994
- [13] S. M. Platt and N. Badler, "Animating Facial Expressions", Computer Graphics, Vol. 15, No. 3, pp245-252, 1981
- [14] T. Yotsukura, S. Morishima, "Muscle Based Face Synthesis Driven by EMG data", ATR Symposium on Face and Object Recognition, pp155-156, 1999