

# 가상현실에 적용을 위한 모델에 근거한 3차원 얼굴 모델링에 관한 연구

한 희 철, \*권 중 장

경성대학교 멀티미디어응용학과, \*경성대학교 전기전자컴퓨터공학부

전화 : 051-620-4784 / 핸드폰 : 018-362-1118

## Study of Model Based 3D Facial Modeling for Virtual Reality

Hee-Chul Han, \*Jung-Jang Kwon

Dept. of Multimedia Application, \*Computer Engineering, KyungSung University

E-mail : leonhan@simmani.com

### Abstract

In this paper, we present a model based 3d facial modeling method for virtual reality application using only one front of face photography.

We extract facial feature using facial photography and modify mesh of the basic 3D model by the facial feature. After this, We use texture mapping for more similarity.

By experiment, we know that the modeling technic is useful method for Movie, Virtual Reality Application, Game, Clothing Industry, 3D Video Conference.

### I. 서론

가상현실을 구현하기 위해서는 여러가지 환경이 갖추어져야 하는데 그 중 하나가 사물의 3차원적 표현이라고 할 수 있다. 이를 위해서는 필수적으로 3차원 그래픽 기술을 이용하여 사물 및 사람 등을 3차원적으로 모델링하는 과정이 필요하다.

현재의 컴퓨터를 이용한 모델링 방법에는 3차원 스케너를 이용하여 얻은 거리정보(range data)로부터 직접 3차원 모델을 추출하는 방법, 저작 소프트웨어를 이용하여 숙련된 그래픽 디자이너가 메쉬를 직접 제작하는 방법, 미리 인물의 데이터베이스를 구축 후 적합한 인물을 데이터베이스에서 선택하여 변형하는 통계적 방법, 그리고 2차원 영상에서 3차원 정보를 추출하는 방법 등이 있다[1].

게임이나 3차원 가상회의 등의 현재의 가상현실 어플리케이션들이 컴퓨터 시스템의 성능 등의 문제로 요구하는 모델의 질적 수준이 비교적 저수준임을 감안하여 보다 빠르고 낮은 비용이 소요되면서 전문가의 수작업이 필요 없는 자동화된 모델링을 할 수 있는 것에 중점을 두어 연구하였다.

본 논문에서 제안하는 얼굴 모델링 방법은 정면의 얼굴 영상만을 이용하여 3차원 얼굴 모델링을 수행하는

방법이다. 미리 교체 가능한 모델을 두고 이 모델을 파라미터 직선과 그룹합수를 이용 변형 그룹을 설정한 후 입력된 2차원 정면 영상에서 이미지 프로세싱을 이용하여 눈, 코, 입, 얼굴 외곽 등에 대한 특징점을 추출한다. 이를 3차원 모델의 변형 파라미터로 두어 파라미터에 기반한 얼굴 모델링을 수행하였다. 이후 높은 사실감을 위하여 입력된 2차원 영상을 텍스처 매핑하여 완성된 모델을 생성하였다.

### II. 관련 연구

본 논문에서는 얼굴 모델링 방법 중 2차원 영상의 특징을 이용하는 방법을 채택하였는데 이러한 방법은 입력된 영상에서 특징이 되는 점들을 가능한 많이 추출한 후 특징점들에 따라 변형하고 특징점이 아닌 점들은 특징점들의 일반 모델과의 변화량을 참고하여 변형시킨다.

현재의 시각처리 기술로는 2차원 영상 몇 개로부터 3차원 정보를 많이 얻어 낼 수가 없다. 따라서 특정한 모델을 대상으로 하지 않고 중성적 성질을 가진 일반 모델(generic model)을 사용한다. 그리고 3차원 정보를 많이 얻을 수 있는 각도의 영상들을 사용한다. 대부분의 기존 방법에서는 얼굴에 대한 정보를 가장 많이 얻을 수 있는 정면과 측면 영상을 사용한다.

Parke는 처음으로 컴퓨터를 이용한 얼굴 모델의 3차원 표정 생성 및 형태 변화 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템에서 몇 개의 파라미터를 정의하고 이를 사용해 얼굴의 필요한 요소를 변화시킴으로써 표정 변화 및 형태 변화를 제공하였다[2][3]. Wartes는 근육의 움직임과 유사한 움직임을 표현해주는 근육 벡터와 능적인 파라미터를 제안하였다. 이 모델에서는 실제 근육을 구현한 프로시저를 정의하기 보다는 근육의 움직임을 수식적으로 나타낸 함수를 사용하였다[4][5].

Guenter등은 얼굴 표정 애니메이션을 위한 연구에서 각기 다른 장소에서 촬영된 6개의 장면에 182 개의 다

른 색깔의 점을 찍어 이를 이용하여 카메라 파라미터와 3차원 정보를 구한 후 기본 3차원 얼굴 메쉬를 특징인에 맞추어 변형하는 방법을 제안하였다[6]. Wing Ho Leung은 MPEG4 video sequence에서 정면 영상의 특징점을 추출하여 3D 메쉬 모델을 특징점에 맞게 변형하였으며[7] Chung J.Kuo은 MPEG4 mono image sequence에서 facial model estimation을 이용하여 정면과 측면의 특징점을 추출하여 3차원 모델을 변형하여 구성하였다 [8].

하지만 기존의 이러한 연구들은 특징점 추출 후 3차원 모델링에 Fitting하는 과정 등에 수작업이 필요하거나 모델 변형시 Facial Animation에 더 중점을 두는 방식을 사용하였기에 개인의 특징이 잘 나타나는 모델링 결과는 도출되지 않았다.

### III. 파라미터에 기반한 얼굴 모델링

본 논문에서는 Parke에 의해 제안된 파라미터에 기반한 얼굴 표정 애니메이션 시스템에 쓰인 모델의 구조 변화 기법을 발전시켜 얼굴의 형태를 특징점 파라미터에 의해 변형하는 방법으로 3차원 모델링을 수행하였다.

본 논문에서 제안하는 모델링은 그림 1과 같은 단계를 거치게 된다. 먼저 기본 모델을 선택하고 그 기본 모델의 각 중요 특징 부위에 파라미터 직선을 설정한다. 이 파라미터 직선과 연결되어진 특징 그룹을 설정하여 모델에 독립적인 변형 영역을 설정한다. 영상이 입력되고 특징점이 추출되어지면 이 특징점들을 이용하여 원 특징 파라미터 직선을 이동시킨다. 이러한 파라미터 직선의 변화로 인하여 각 특징 그룹들이 입력 인물과 유사한 특징을 가진 형태로 변형이 된다. 마지막으로 사실감을 높이기 위하여 텍스처 매핑을 한다. 이렇게 입력영상의 특징점에 의해 메쉬를 직접 변형함으로써 입력영상의 눈, 코, 입, 얼굴 외곽의 특징이 반영되어 유사한 모델을 생성시킨다.



그림 1. 제안하는 모델링 순서

#### 3.1. 기본 모델

사용된 기본 모델은 그림 2와 같다. 본 모델은 1552개의 버텍스(vertex)와 2056개의 삼각형 메쉬로 이루어져 있다. 본 모델은 Metacreation사에서 인체 애니메이션을 위해 개발한 프로그램인 Poser3에서 제공되는 'boy' 모델을 3차원 모델링 소프트웨어인 FormZ를 사용하여 한국인과 유사하게 코의 높이를 낮추고 등갈게

형태를 변형하고 메쉬를 줄인 것이다.

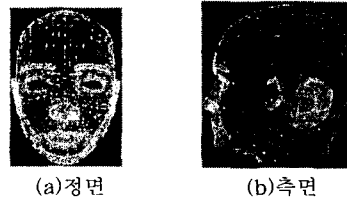


그림 2. 기본 얼굴 모델

#### 3.2. 특징 파라미터 설정

각 파라미터들은 그림 31과 같이 설정되어 있다. 각 파라미터들은 직선의 형태를 띄고 있으며 인근 버텍스에 모두 집합되게 하기 위하여 면 모양의 근육을 시플레이션하였다. 눈과 입은 그룹 함수를 타원방정식을 이용하였으며 파라미터 직선을 중앙에 위치했다. 코는 코의 크기를 결정짓기 용이하기 위해 사선 방향으로 파라미터 직선을 두었으며 얼굴의 외곽선은 모두 16개의 파라미터 직선을 이용하여 얼굴의 외곽을 둘러싸게 위치해 두었다. 이들 파라미터 직선들이 일종의 면 모양의 근육 역할을 한다.

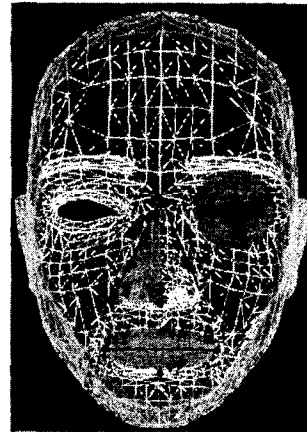


그림 3. 파라미터 직선 및 특징그룹 지정

#### 3.3. 특징 그룹 설정

본 논문의 적용을 위하여 기본 모델의 그룹을 설정해야 하는데 Parke는 이러한 특징 그룹을 미리 설정해 두는 방식을 채택하였다. 즉, 눈, 코, 입 등의 변형이 가능한 부분의 버텍스들을 미리 구조체에 넣어 사용하였다. 그렇기 때문에 모델에 독립적이지 못했다[2]. Waters는 특징 파라미터의 점들을 이용하여 미리 정해진 그룹 함수의 결과값들을 변형 그룹으로 설정하였다. 때문에 모델이 교체될 경우에도 파라미터만 위치시켜 두면 적용이 가능한 모델 독립적인 방법을 제안하였다[9]. 본 논문에서는 이러한 Water의 방식을 채택하여 모델에 독립적인 모델링을 수행하였다.

Waters는 얼굴이 특히 선모양의 근육이 많다는 것에 착안하여 선의 한쪽 끝을 뼈에, 또 한쪽 끝을 피부에 두는 모델을 제안하였는데 그림 4의 a와 같이 특징 파라미터의 점들을 이용하여 미리 정해진 그룹 함수의 결과값들을 변형 그룹으로 설정하였다[4].

본 논문에서는 그림 4의 b와 같이 면 모양의 근육을 기본으로 하는 그룹 함수에 의한 변형 그룹 설정을 제안한다. 선 모양의 근육처럼 양 끝점으로 인근 부위를 그룹으로 설정하는 형태가 아니라 직선 전체의 주위를

그림으로 설정하는 형태이다. Keith나 Waters의 경우처럼 얼굴 표정 애니메이션에는 선 모양의 근육 모델이 우수하나 모델 자체의 변형에 쓰이는 것에는 적인 근육의 이동 및 변형이 가해져야 하므로 면의 근육 모델을 사용하는 것이 효율적이다.



(a)선 모양의 근육 그룹 (b)면 모양의 근육 그룹  
그림 4. 근육의 모양

3.3.1. 눈, 입의 그룹 지정

눈과 입의 경우 그 영역이 타원과 유사한 영역을 가지고 있음을 알 수 있다. 이와 같은 사실을 이용해 각 영역의 타원방정식을 구해 그 영역 안에 존재하는 벡터들을 변형하였다.

먼저 기본 모델의 눈, 입의 상, 하, 좌, 우 끝점을 이용하여 타원 방정식을 생성한다. 눈, 입의 각 끝점을 그림 3과 같이 v1, v2, h1, h2 라고 했을 때 타원 방정식의 장축 T1은 v1의 y값과 v2의 y값의 거리이며, 단축 T2는 h1의 x값과 h2의 x값 사이의 거리로 구해지며 이를 이용한 타원 방정식은 다음과 같다.

$$\frac{x}{T_1} + \frac{y}{T_2} = <1$$

이렇게 구한 타원 방정식은 눈, 입의 중점을 원점으로 하는 타원 방정식이 된다. 입력값은 파라미터적선을 벗어나지 않는 조건이다.

3.3.2. 코 그룹 지정

코의 경우는 기본 모델의 코를 반으로 분리해서 그 반을 변형한 후 나머지 반을 같은 방식으로 변형하는 방법을 사용하였다. 그림 3은 한쪽 면만을 보이고 있는데 v1과 v2는 기본 모델의 코의 시작점과 콧방울 위치이고 v3는 v2와 코의 절반 면에 수직인 코의 중앙 끝점에 두었다. 이를 위해 v1과 v2를 잇는 파라미터적선을 두어 v1, v2가 이루게 되는 삼각형의 영역을 코의 그룹으로 지정하였다.

3.3.3. 얼굴 외곽의 그룹 지정

얼굴 외곽은 그림 3과 같이 얼굴의 외각을 둘러싸는 16개의 파라미터적선을 두고 이 직선으로부터 각각 원점을 향한 수직으로 일정 거리만큼 떨어져 있는 사각 영역들을 그룹으로 지정하였다. 이렇게 하여 얼굴의 외곽 그룹을 지정함으로써 사람의 인상을 특징짓는 가장 큰 요소인 얼굴 외곽선의 조작성을 용이하게 할 수 있다.

3.4. 특징점 추출

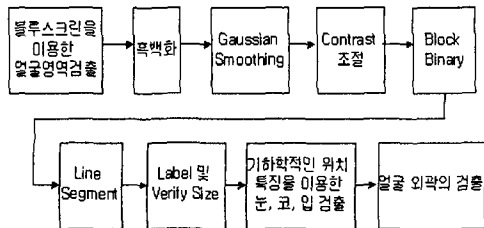


그림 5. 얼굴의 특징점 검출 순서  
일반 모델을 변형하여 원 얼굴영상과 유사하게 만들기 위해서는 얼굴영상의 특징을 추출하는 과정이 필요하다. 본 논문에서 검출하고자 하는 얼굴의 특징점들은 얼굴의 외곽선, 눈의 크기 및 위치, 코의 크기 및 위치, 입의 크기 및 위치이다. 본 논문에서는 그림 5와 같은 순서로 얼굴의 특징점 검출을 수행하였다.

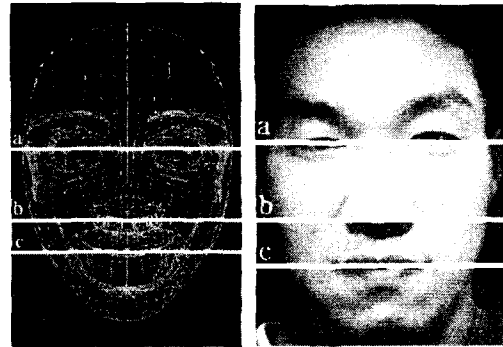
3.5. 파라미터 직선 이동에 의한 그룹 변형

특징점 추출이 되면 이 특징점에 의해 각 파라미터적선을 이동한다. 이러한 파라미터적선들을 이동시킴으로써 이 직선에 의해 채택된 각 그룹들을 자동으로 이동 및 확대, 축소를 하게 한다. 이 때 영역 안의 벡터들의 이동은 균등한 비율로 변형하게 하였다.

이러한 파라미터적선의 이동은 일정한 조건이 사용되는데 눈의 경우는 양 끝점이 모두 상하좌우로 움직일 수가 있는 반면에 코의 경우는 콧방울에 있는 점만 상하좌우로 이동이 가능하다. 또한 얼굴의 외곽 파라미터적선들은 한 파라미터적선의 이동이 다음 파라미터적선의 다른 점의 이동에 영향을 주게 되는 관계성을 띄고 있다.

3.6. 텍스처 매핑

특징점에 의한 모델 변형 후 높은 사실감을 위해 텍스처 매핑을 수행하였다. 단순한 텍스처 매핑의 경우 UV 좌표가 제대로 위치되어지지 않는 경우가 발생했기 때문에 그림 6과 같이 각 모델의 눈, 코, 입의 특징점과 원 입력영상의 추출된 특징점들의 UV 좌표를 보정 후 배치하여 이러한 오류를 수정하였다.



(a)변형된 3차원 모델 (b)추출된 얼굴 매핑 이미지  
그림 6. 텍스처 매핑

IV. 시스템의 구성 및 실험 결과

본 논문에서 제안한 알고리즘의 구현을 위해 사용한 입력 영상을 얻기 위하여 Samsung MPC-C10 USB Camera를 입력장치로 하였고 640\*480의 정면 정지 영상을 Camera로부터 80 cm 떨어진 거리 +-10cm의 오차를 두고 촬영하였다.

실험 환경으로는 PentiumIII 600Mhz, 128M RAM의 컴퓨터에서 Windows98 운영체제와 Visual C++6.0을 이용하여 특징점 추출 영상처리를 구현하였으며 3차원 Graphics처리를 위하여 Microsoft의 Direct3D 7.0을 사용하였다.

블루스크린을 사용하였으며 영상 입력시 사람이 영상의 중앙에 위치해야 한다는 조건과 머리카락이 눈을 가리지 않는다는 조건을 두었다.

100명의 성인남녀를 대상으로 실험하였으며 이 중 91명이 성공했다.

그림 7은 특징점 추출과정을 보여주고 있으며 8은 텍스처 매핑 후의 모델을 보여주고 있으며 그림 9는 실제 가상현실 어플리케이션에 적용시켜 본 예이다.



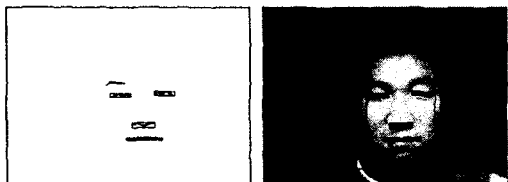
(a)블루스크린제거 (b)Gaussian Smoothing



(c)Constrast 조절 (d)Block Binary



(e)Line Segment (f)Label,Verify Size



(f)위치정보에 의한눈,코,입 추출(g) 외곽 추출  
그림7. 특징점 추출 과정



(a)원래의 입력영상 (b)정면



(c)측면 (d)윗면

그림8. 텍스처 매핑된 모델



그림 9. 가상현실에의 적용

### V. 결론 및 향후 과제

본 논문은 한 장의 정면의 얼굴 영상만을 사용하여 3차원 얼굴 모델을 자동으로 생성하는 방법을 제안하였다. 그룹함수에 의한 기본 모델의 면 모양의 이동 근육 그룹의 설정을 제안하였으며 정면의 입력 영상에서 특징점 추출 후 특징점에 의해 기본 모델의 매쉬를 변형하였다. 이 후 사실감을 높이기 위해 텍스처 매핑을 하였다.

이러한 방식은 낮은 비용, 동작의 자동화, 조작의 용이성, 저 수준의 모델이면서도 높은 유사성을 가진 모델의 생성을 특징으로 가지고 있다. 생성된 모델은 네트워크 환경에서의 3차원 화상회의, 게임상에서의 Avatar등의 특수한 환경에서는 충분히 적용이 가능함을 보였으며 이러한 어플리케이션 시스템은 게임 센터 등의 특수한 환경에 적용 가능한 것을 목적으로 두었다.

향후 한 장의 정면 영상만을 이용함으로 코 높이의 자동 보정 기능이 추가되고 Facial Animation이 추가된다면 좀 더 활용성 있는 모델링 방법이 될 것으로 여겨진다.

### 참고문헌

- [1] 정연규, "3차원 가상 물체 자동 생성 기술 및 시장 동향 논문 자료", ETRI 공지 기술, 1998
- [2] F.I.Parke, "Computer generated animation of faces", Master's Thesis, University of Utah, 1972
- [3] F.I.Parke, "A Parametric model for Human Faces", PhD dissertation, order number 75-8697, University of Utah, 1974
- [4] K.Waters, D.Terzopoulos, "A muscle model for animation three-dimensional facial expression", Proceedings of SIGGRAPH 87, pp.17-24, 1987
- [5] Terzopoulos, D. and K.Waters, "Analysis of facial images using physical and anatomical models", IEEE Proceedings of ICCV conference, Osaka :Japan, pp. 727-732, 1990
- [6] Brian Guenter, Cindy Grimm, Daniel Wood, "Making Faces", Siggraph 1998, pp55-67, 1998
- [7] Wing Ho Leung, Belle L. Tseng, Zon-Yin Shae, Ferdinand Hendriks, Tsuhan Chen "Realistic Video Avatar", IEEE Multimedia Computing and System pp631-634, 2000
- [8] Chung J, Kuo, Tsang G, Lin, "Facial Model Generation Through Mono Image Sequence", IEEE Multimedia Computing and System 2000, pp407-410, 2000