

메쉬 간략화를 이용한 3차원 얼굴모델링

3D Face Modeling Using Mesh Simplification

이현철

동신대학교 멀티미디어콘텐츠연구센터

허기택

동신대학교 멀티미디어콘텐츠학과

Hyun-Chul Lee (hclee@dsu.ac.kr)

Multimedia Contents Research Center, Dongshin University

Gi-Tak Hur (gthur@dsu.ac.kr)

Dept. of Multimedia Contents, Dongshin University

중심어 : 얼굴모델, 메쉬 간략화

Keyword : Face Model, Mesh Simplification

요약

Abstract

최근 컴퓨터 그래픽스 분야에서는 3차원 애니메이션에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 3차원 애니메이션에서 중요한 연구 분야 중 하나가 인간을 애니메이션 하는 것이다. 3차원 얼굴을 이용한 애니메이션 제작은 주로 애니메이터에 의해 수작업으로 해당 프레임별로 작업을 진행하므로 많은 노력과 시간, 해당 장비와 3D 소프트웨어를 필요로 했다. 본 논문에서는 정면 얼굴 이미지를 입력하여 쉽고 빠르게 특정 얼굴에 근접한 3D 얼굴모델을 생성하는 방법을 구현하였다. 이를 위해 3D 일반모델의 메쉬 데이터를 간략화 하는 기법에 대해서 제안한다.

Recently, in computer graphics, researches on 3D animations have been very active. One of the important research areas in 3D animation is animation of human being. The creation and animation of 3D facial models has depended on animators' manual work frame by frame. Thus, it needs many efforts and time as well as various hardwares and softwares. In this paper, we implements a way to generation 3D human face model easily and quickly just with the front face images. Then, we suggests a methodology for mesh data simplification of 3D generic model.

I. 서론

유비쿼터스 컴퓨팅(Ubiquitous Computing)은 수많은 지능형 컴퓨터들이 우리 일상생활 속으로 스며들어 밖으로 드러나 보이지 않고, 서로 유기적으로 연결되어 서로 협조함으로 써, 언제 어디서나 우리들을 알아보고, 우리에게 필요한 정보나 서비스를 맞춤형으로 즉시 제공하여, 우리의 삶의 질을 향상시키는 새로운 컴퓨팅 환경을 지향한다. 유비쿼터스 환경에서는 사람이 컴퓨터가 있는 것으로 이동하여 어떠한 목적을 달성하는 것이 아니고, 사람의 생활을 중심으로 여러 컴퓨터가 존재하여 사람이 크게 의식하지 않으면서 환경과 사람간의 상호작용을 통한 컴퓨팅이 이루어 져야 한다는 것이다. 그러한 컴퓨팅 환경에서의 인터페이스 및 운영체제는 당연히 사람이 중심이 될 것이다. 따라서 현재 컴퓨터의 사용법은 지속적인 개선이 필요하다.

하드웨어적으로 모니터, 키보드, 마우스를 이용한 인터페이스

스보다 사용자들의 대화 방식이나 생활 습관, 작업환경 등에 알맞은 사용자 인터페이스가 필요하다. 소프트웨어적으로 현재의 WIMP(Windows, Icon, Menu and Pointing Device) 기반의 GUI(Graphic User Interface)보다 좀더 인지적으로 연구된 상호작용 방법의 개발이 필요하다. 사람의 음성이나 동작, 글씨, 그림 등을 컴퓨터가 인식하고 인터페이스로 활용하는 것도 해결방안이 될 것이다.

이처럼 인간 중심의 친근감 있는 사용자 인터페이스를 제공하기 위하여 디지털 영상처리를 이용한 인체 모델링에 대한 연구의 요구가 증가하고 있다. 특히, 얼굴 애니메이션은 실시간으로 3차원 얼굴모델과 얼굴표정을 생성할 수 있을 정도까지 발전하였고, 가상현실, 게임, 화상회의, 영화, CF, MPEG-4 영상압축, 아바타(Avatar), 얼굴 인식 및 검출 시스템, 시각에 의한 정보 전달 시스템, 방송 정보 시스템, 인간과 컴퓨터 인터페이스 등 그 응용 분야가 다른 3차원 영상처리 분야와 비교할 수 없을 정도로 다양하여 더욱더 관심이 집중

접수번호 : #031101-001

*교신저자 : 이현철, e-mail : hclee@dsu.ac.kr

접수일자 : 2003년 11월 1일, 심사완료일 : 2003년 12월 8일

되고 있다[1].

최초의 얼굴애니메이션은 70년대 초 Frederic I. Parke로부터 시작 하였다[2]. 처음에 Parke는 매우 단순한 얼굴모델이 눈과 입을 열었다 닫았다하는 간단한 얼굴애니메이션을 보간법(Interpolation)에 의한 방법으로 만들어 냈다. 그 후 Platt, Waters등 여러 학자들이 연구를 시작 하면서 해부학적 근육 모델에 기반한 방법, 모델 독립적 얼굴표정 생성 시스템, 물리모델에 기반한 방법, 사진에 의한 방법 등 인간의 얼굴을 효과적으로 표현하기 위한 여러 가지 방법들이 연구 되었다 [3],[4]. 또 Ekman이 의해 얼굴에 대한 감정기반 얼굴표정을 기본적인 AU(Action Unit) 단위로 각각 구분하여 그 조합으로 표현한 FACS(Facial Action Coding System)을 제시하고 [4],[5], 1982년에는 파라미터화 된 3차원 얼굴모델을 제시하였다[5]. 1981년에 Platt와 Badler가 얼굴 부분의 움직임을 근육과 피부의 탄성에 기반하여 설명하였다. 그리고 1987년 Waters는 근육의 움직임으로 피부조직의 움직임을 설명하였다. 1995년에는 Demert Terzopoulos와 Keith Waters가 물리 기반에 기반 한 얼굴모델링을 하였다[5],[6].

얼굴애니메이션에서 사용되는 일반적인 3D 얼굴모델은 수 천, 수만 개의 메쉬로 구성되어 있다. 이런 메쉬 데이터를 다른 얼굴이미지와 정합하고, 실시간 렌더링 하기 위해서는 많은 시간이 소요되기 때문에 메쉬를 간략화(Simplification)하는 간략화 알고리즘이 사용된다. 간략화의 가장 큰 목적이 원래의 모델에 가장 근접하면서 더 적은 수의 메쉬로 구성된 모델을 자동적으로 생성하는데 목적이 있다. 메쉬 간략화 알고리즘은 접근방법에 따라 Vertex Decimation, Vertex Clustering, Edge Contraction으로 구분 할 수 있다. Vertex Decimation은 Vertex Classification과 재삼각화 기법을 이용하고[6], Vertex Clustering은 원 모델에 영역을 설정하고 일정하게 격자화 한 다음, 각 셀에 포함된 Vertex들을 대표하는 한 개의 Vertex로 대체하는 방법이다[7]. Edge Contraction은 반복적인 모서리를 축약하여 모델을 간략화 시키는 방법이다[7],[8]. 그러나 원래 모델을 간략화하면서도 기본모델의 특징을 유지하는 것은 어려운 일이다.

본 논문에서는 사람의 얼굴모델을 기하학적으로 정확한 이미지 구성 보다는, 어떤 얼굴이든지 한 장의 얼굴 이미지를 이용하여 쉽고 빠르게 실제 이미지에 근접한 3차원 얼굴 형상모델을 생성하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 얼굴 메쉬 데이터를 효율적으로 렌더링하고, 후처리 작업의 시간 절약, 자료구조와 메모리 관리의 효율성 및 메쉬를 최적화하고 편집을 용이하게 할 수 있도록, Vertex 제거와 통합을 통해 해

당 얼굴모델의 메쉬 간략화 및 최적화 하는 방법을 제안하였다. 본 논문에서 제안한 방법은 얼굴 구성요소별로 간략화 정도를 달리하여 얼굴모델의 형태, 크기 및 외적인 얼굴 형상 손실 없이 충실한 3D 얼굴모델을 생성할 수 있고, 얼굴모델 정합시간도 단축된다.

II. 메쉬 간략화를 이용한 3D 얼굴모델링

1. 3D 얼굴모델링 및 얼굴애니메이션 기술

얼굴모델링과 얼굴 애니메이션 기술은 크게 기하학적인 처리 분야와 이미지 처리 분야로 구분할 수 있다. 기하학적인 처리 분야는 키프레임, 보간법[9], 파라미터, 근육기반 모델링, 스프링 메쉬, 스플라인, FFD(Free From Deformation)등으로 표현되고, 이미지 처리 분야는 모핑, 텍스처, Fitting, 이미지 블렌딩, 주름 생성, Vasculer Expression등으로 표현된다 [5],[10],[11]. 이를 위해서 다면체 및 자유곡면 기반의 모델링과 얼굴표정이나 처리, 특히 얼굴모델을 모델링하기 위하여 얼굴 근육의 형태를 유지하는 뼈, 근육, 피부의 구조를 이해 하고, 표현하는 개체가 존재해야 자연스럽고, 사실에 가까운 얼굴을 생성 할 수 있다[12].

2. 얼굴모델링을 위한 3D 일반모델

2차원 이미지를 이용하여 특정한 사람의 얼굴을 만드는 방법은 몇 가지 공통점이 있다. 현재의 시각처리 기술로는 2차원 영상 몇 개로부터 3차원 정보를 많이 얻어 낼 수가 없다. 따라서 특정한 모델을 대상으로 하지 않고 일반인의 특징을 가지고 있는 가상의 일반모델(Generic Model)을 사용한다. 얼굴 영상을 3차원 얼굴의 2차원 화면상에 투영이라는 관점에서 볼 때, 얼굴 영상의 분석과 합성은 3차원 적으로 이루어져야한다. 2차원 얼굴 영상을 3차원적으로 분석과 합성을 하기 위해서는 영상 속의 얼굴에 대한 충실한 3차원 모델이 필요하다. 그래서 입력된 영상에서 특징이 되는 점들을 가능한 많이 추출한 후 특징점들에 따라 변형하고, 특징점이 아닌 점들은 특징점들의 일반모델과의 변화량을 참고하여 변형시킨다 [2],[13]. 그래서 특징점추출시 3차원 정보를 많이 얻을 수 있는 각도의 영상들을 사용한다. 대부분의 기존 시스템에서는 얼굴에 대한 정보를 가장 많이 얻을 수 있는 정면과 측면 얼굴이미지를 사용한다. 본 논문에서는 정면 얼굴이미지 한 장을 이용한다. 다음 그림 1은 본 논문에서 사용한 가상적인 3D 일반모델이다.

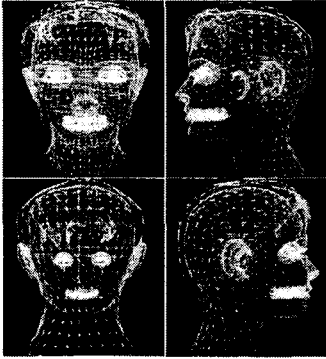


그림 1. 3D 일반모델

3. 메쉬간략화를 위한 얼굴 특징 영역 구분

생성된 3D 일반모델을 메쉬의 간략화를 위해서, 본 논문에서는 얼굴의 전체적인 형태, 크기, 위치 및 방향을 기준으로 얼굴의 특징을 이루는 얼굴 구성요소를 서로 다른 그룹의 영역으로 구분하고, 얼굴 영역별로 메쉬를 간략화 하였다. 이러한 얼굴 구성요소들은 대부분 얼굴 전체 및 각 구성요소들 간의 경계선상에 위치하고 있다. 사람의 얼굴에서 식별 가능한 특징 요소에는 그림 2처럼 머리 형태, 이마 크기 및 위치, 눈, 코, 입, 눈썹, 뺨, 얼굴 외곽선 등이 있다.

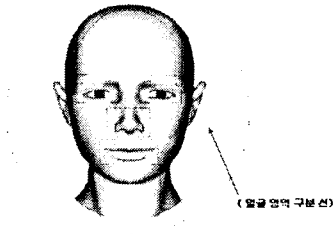


그림 2. 3D 일반모델

4. Vertex 제거와 통합을 이용한 얼굴 메쉬의 간략화

현재 개발된 대부분의 얼굴모델링 시스템들은 몇 백 개, 혹은 몇 천 개 이상의 점들로 구성된 얼굴 메쉬 모델을 사용한다[14]. 얼굴모델 상에 존재하는 해당 Vertex를 얼굴모델 생성 및 변형시, 제작자가 세세하게 지정하는 것은 복잡하고, 상당히 많은 작업시간, 정합시간, 렌더링 시간을 필요로 한다. 또한 복잡한 형태의 얼굴 메쉬는 대량의 저장 공간이 필요하고, 속도가 너무 느려서 실시간에 구현하기가 어렵다.

본 논문에서는 3D 일반모델을 얼굴 메쉬 상에서 최소한의

거리나 곡률의 기준에 통과되는 Vertex를 제거하고 같은 모양으로 화면에 보이는 메쉬 수를 최소화하여, Vertex 제거와 통합을 통한 3D 얼굴 메쉬 데이터의 간략화 및 최적화 하는 방법을 제안하였다. 본 논문에서 제안하는 얼굴모델의 메쉬 간략화의 기준은 다음과 같다.

첫째, 시각적인 충실도를 고려한다.

둘째, 후처리 작업의 시간 절약, 자료구조와 메모리 관리의 효율성 및 메쉬를 최적화하고 편집을 용이하게 할 수 있도록, 모델의 크기를 줄여야한다.

셋째, 3D 얼굴모델을 쉽고, 빠르게 생성할 수 있도록 정합 및 렌더링 시간을 단축하여야 한다.

다음 그림 3은 본 논문에서 제안하는 메쉬 간략화를 이용한 3D 얼굴모델링 사용자 인터페이스이다.

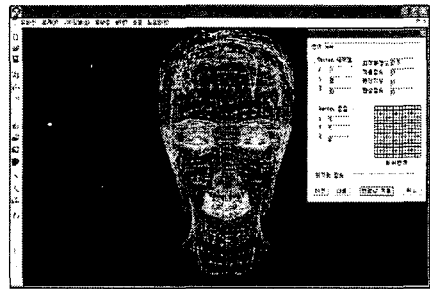


그림 3. 메쉬 간략화를 위한 사용자 인터페이스

얼굴모델 간략화 방법은 일반모델을 삼각형화 시킨 삼각형 메쉬의 모든 Vertex를 통합 혹은 제거 하고자 하는 메쉬의 후보 Vertex로 등록시킨 후 삼각형 메쉬의 형상을 해치지 않으면서 중요하지 않은 Vertex를 찾아내어 제거 및 통합 한다. 간략화를 하게 되면 하나의 모서리를 공유하는 두개의 삼각형 메쉬와 해당 모서리가 제거된다.

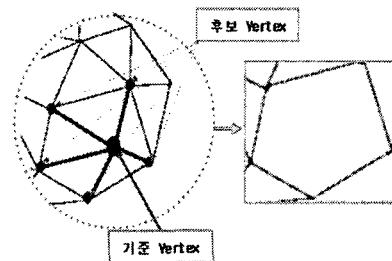


그림 4. Vertex 제거를 이용한 메쉬의 간략화

그림 4는 Vertex 제거를 통한 간략화된 메쉬를, 그림 5는 Vertex 통합을 이용한 메쉬의 간략화를 나타낸 것이다. Vertex 통합을 이용할 경우는 해당 모서리가 제거되고, 새 삼각화가 이루어진다.

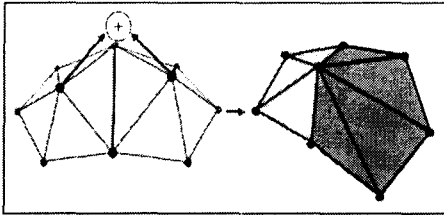


그림 5. Vertex 통합을 이용한 메쉬의 간략화

다음 그림 6은 인접한 메쉬를 통합함으로써 나타나는 단계별 간략화 과정을 나타낸 것이다.

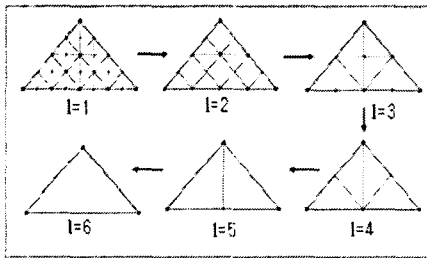


그림 6. 메쉬 통합을 이용한 단계적 간략화

얼굴의 구성 요소 중 이마와 같은 상대적으로 평평한 부분은 메쉬의 간략화 강도를 최대한도 하여도 초기 얼굴모델의 특징을 그대로 유지할 수가 있는 반면, 눈, 코, 입, 귀는 다른 부분에 비해 정밀하게 표현하지 않으면 왜곡이 발생하거나 얼굴 구성요소별 특징을 잘 표현할 수가 없다.

따라서 본 논문에서는 얼굴 구성요소에 따라 간략화 정도를 달리하여 메쉬 수를 조정하였다. 간략화 과정이 끝나면, 제거 및 통합되고 남은 Vertex를 일반모델의 형태와 구조에 맞게 삼각형 메쉬 위에 골고루 분포시킨 후, 해당 Vertex 위치나 모서리 길이를 재조정하여 얼굴 메쉬 데이터를 최적화하였다. 또 얼굴모델에 시각적인 만족을 줄 수 있도록 적절히 재 삼각화하고 해당 메쉬 데이터를 재조합하여 가상의 인 일반모델을 다시 제작 하므로 얼굴모델의 시각적인 충실도도 만족되었다.

정밀하게 얼굴형태를 표현하기 위해서는 얼굴의 메쉬 수를 최대화해 사용하나 기본 형태를 유지할 수 있을 정도의 메쉬 수로 최소화하여도 얼굴 형태가 크게 왜곡되지 않기 때문에 얼굴 형태의 고유성이 그대로 유지된다. 이렇게 간략화된 얼굴 모델의 장점은 메쉬 데이터의 효율적인 모델링 및 렌더링, 후처리 작업의 시간 절약과 자료구조와 메모리관리의 효율성, 메쉬 편집을 용이하게 할 수 있어 얼굴모델 정합, 실시간 렌더링, 얼굴 애니메이션 및 네트워크를 통한 전송 등에 효율적으로 사용될 수 있다. 그림 7은 메쉬 간략화의 전체적인 과정을 나타낸 것이다.

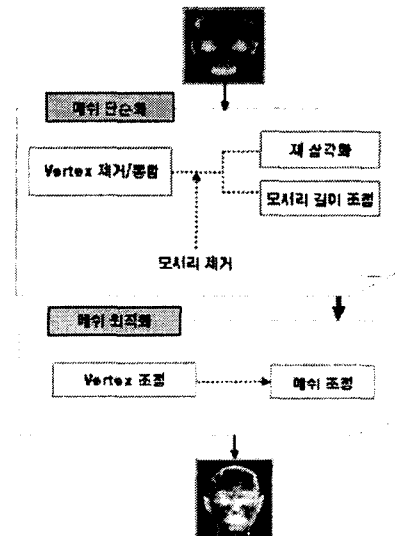


그림 7. 전체적인 간략화 과정

5. 3D 얼굴모델 생성

한 장의 정면 얼굴이미지를 이용하여 3차원 얼굴모델 제작 시, 정확한 깊이 정보를 알 수 없으므로 영상 보정 작업으로 3D 일반모델을 이용하고, 2차원 이미지와 일대일 매핑 처리하여 3D 얼굴모델을 완성한다[4]. 하나의 얼굴 이미지에 대해 일반모델을 합성시키려면 먼저 얼굴 영상을 습득할 당시의 시축에 수직인 평면에 일반모델을 프로젝션 시킨다. 그리고 얼굴 이미지와 프로젝션된 일반모델 사이의 매핑 관계를 정의하고, 일반모델을 2차원 상에서 합성 및 변형한다. 매핑 관계는 대응하는 특징점들에 의해 정의된다. 2차원에서 3차원 매핑은 2차원 정면 얼굴 이미지와 3차원 일반모델사이의 점들이 쉽게 대응되는 특징이 있는 Cylinder 매핑을 이용하였다. 이 방법은 얼굴 이미지의 수직벡터(Surface Normal)가 일

반모델과 만나는 점을 구한 뒤, 그 점의 텍스처 값을 해당 물체면의 텍스처 값으로 매핑하는 방법이다. 3차원 모델 상의 한 점 $P(x, y, z)$ 는 2차원 얼굴 맵 평면상의 (θ, y) 로 투영된다. 투영에 의해 생성된 영상에서 사람을 정면에서 바라보았을 때의 각도를 θ 로 정의한다. 그러면 점 P 가 실린더에 투영되었을 때의 각 θ 는 실린더의 중심의 x, z 좌표를 각각 x_c, z_c 라고 할 때, 식 (1)에 의해 구해진다. 이때 점 p 의 투영 후 y 좌표는 점 p 의 y 좌표와 동일하다.

$$\theta = \cos^{-1} \left(\frac{v \cdot w}{\|v\| \|w\|} \right) \quad (1)$$

여기서 $v=(x-x_c, z-z_c)$ 이고, w 는 기준이 되는 단위 벡터로 $w=(0, 1)$ 이 된다. $\|v\|$ 는 C 에서 P 까지의 거리이다. 그림 8은 간략화된 3D 일반모델과 정면 얼굴이미지의 합성을 나타낸 것이다.

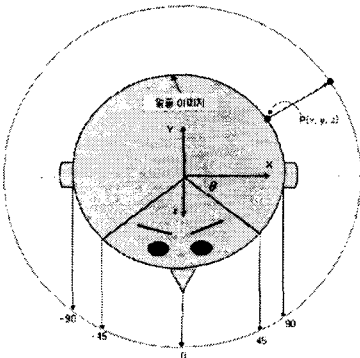


그림 8. 일반모델과 얼굴이미지 합성

다음 그림 9는 메쉬 간략화를 이용한 3D 얼굴모델의 전체적인 생성과정을 나타낸 것이다.

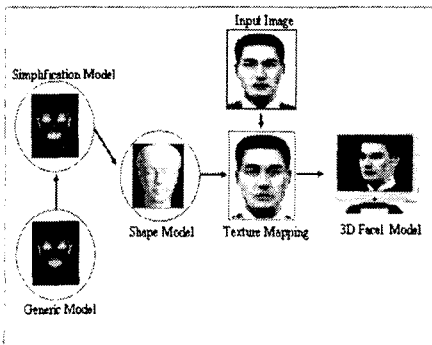


그림 9. 얼굴모델 생성과정

III. 실험 결과

본 논문에서 구현한 시스템의 실험환경은 Pentium 4 1.8GHz의 512MB 메모리의 PC에서 Visual C++를 이용하여 구현하였고, 정면 얼굴이미지는 실물, 영화, 비디오, 카메라 촬영, 이미지를 캡처하여 사용하였으며, 종립형 얼굴과 표정이 뚜렷한 얼굴을 1 : 1의 비율로 사용하였다. 모델 생성 및 합성에 활용될 수 있도록 적절한 자료크기와 함께 저장 용량 등을 고려하여, 512×512 픽셀(Pixel) 크기의 24비트 칼라 비트맵 파일로 구성하였다.

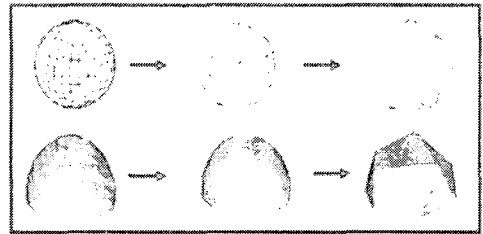


그림 10. 메쉬의 간략화(구)

본 논문에서 구현한 메쉬의 간략화 방법은 그림 10처럼 임의의 개수만큼 메쉬의 수를 간략화 할 수 있으나, 얼굴모델의 특성 상 간략화 정도가 심해지면 그림 11처럼 얼굴모델의 형태를 알아볼 수 없거나 얼굴 구성요소별로 왜곡될 수 있어, 최소한의 얼굴모델의 형태와 구조를 유지하는 정도로 메쉬 수를 조정하여 얼굴모델을 구성하였다.

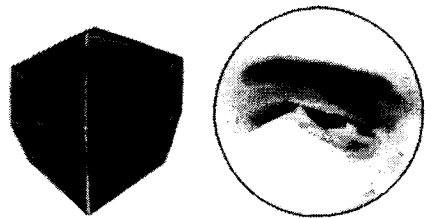


그림 11. 얼굴모델의 왜곡

그림 12, 그림 13은 얼굴 구성요소별로 간략화된 얼굴 메쉬모델을 나타낸 것이다. 눈, 코, 입은 간략화정도를 75%로, 이마부분처럼 평평한 부분은 98%까지 간략화정도를 유지하여도 얼굴모델의 왜곡은 발생하지 않았다.

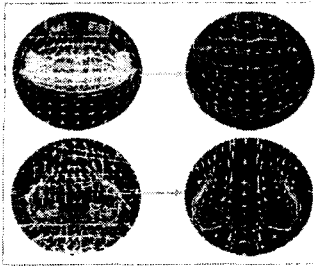


그림 12. 메쉬의 간략화(입, 코)

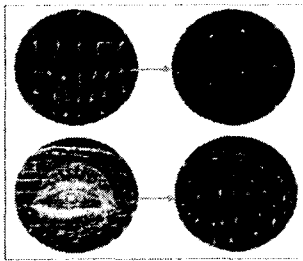


그림 13. 메쉬의 간략화(이마, 눈)

다음 그림 14는 입력된 정면 얼굴이미지와 최종적으로 생성된 간략화된 3D 얼굴 메쉬 데이터를 이용하여 생성한 3D 얼굴모델이다.

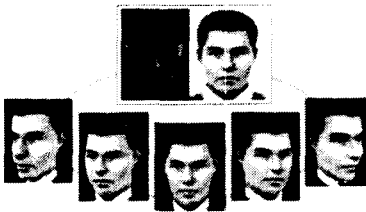


그림 14. 3D 얼굴모델

그리고 3D 일반모델을 변형하여 그림 15처럼 각각 생성된 얼굴모델에 대해서 Flat과 Smooth형태의 셰이딩 결과도 함께 제공한다.



그림 15. Flat과 Smooth

다음 그림 16은 일반모델, 중간모델, 간략화된 결과모델을 대표적인 얼굴 구성요소 중, 눈, 코, 입, 얼굴 전체에 대한 Vertex와 메쉬의 수를 나타낸 것이다. 간략화된 얼굴모델을 사용하면, 얼굴모델 생성 프로그램인 TTVS, B-Head 보다 적은 수의 제어점을 가지고 빠르게 특정 개인에 근접한 3차원 얼굴모델을 정합할 수 있다. 얼굴모델 정합의 제어점은 간략화된 얼굴 메쉬 데이터 상의 Vertex를 이용하여 정합하였다.

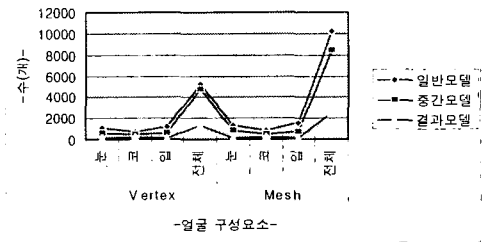


그림 16. 메쉬의 수

표 1. 정합시간

정합	원모델	제한한 방법	TTVS	BakeHead
눈	10.26	2.02	16.50	19.02
코	9.08	4.21	90.40	21.53
입	15.35	6.04	74.02	21.23
전체	125.59	43.5	180.10	72.36

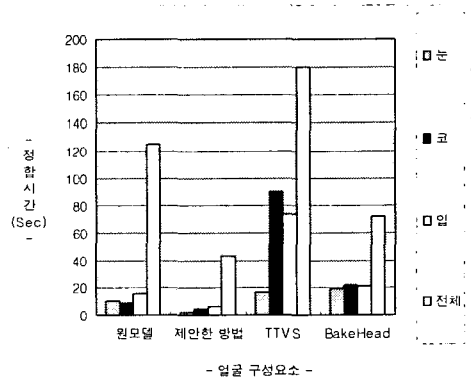


그림 17. 정합시간

표 1과 그림 17은 눈, 코, 입의 얼굴 구성요소별 일반모델과 간략화된 일반모델을 사용하여 최종적으로 3D 얼굴모델을

생성하는 정합시간을 나타낸 것이다. 간략화된 얼굴모델을 이용한 얼굴모델 정합은 원 일반모델보다 부분적인 차이는 있으나 전체적인 정합시간이 65% 속도가 향상되었다.

IV. 결론

본 논문에서는 얼굴 메쉬 데이터를 효율적으로 렌더링하고, 후처리 작업의 시간 절약, 자료구조와 메모리관리의 효율성 및 네트워크 전송 시 전송속도를 향상시키기 위해 Vertex 제거 및 통합을 통한 메쉬 간략화 기법을 제안하였다. 이 방법은 얼굴구성요소별 간략화 정도를 달리하여 얼굴모델의 크기, 거리 및 얼굴 형상의 시각적인 손실 없이 3D 얼굴모델을 생성할 수 있어 기하학적인 정확도를 유지할 수 있고, 원모델에 대한 시각적인 충실도도 만족하였다. 얼굴모델 메쉬 간략화를 통해 해당 Vertex가 줄어들어서 얼굴모델 정합 제어점도 줄어들어 상대적으로 얼굴모델 정합시간도 65% 단축할 수 있었다. 간략화된 일반모델을 이용하여 어떤 얼굴이든 한 장의 정면 얼굴이미지로 쉽고 빠르게 실제 이미지에 근접한 3D 얼굴모델을 생성할 수 있다. 그러나 메쉬의 모서리에 대한 길이정보 이외에 질감정보, 표면정보, Vertex 간의 연결정보 간의 관계를 고려하지 못하였다. 향후 연구과제로는 이들 연관관계를 고려하는 것이고, 실제 얼굴 및 각 부분의 근육의 움직임을 분석하고, 해부학적 구조에 기반한 표정합성 방법을 사용하여, 현실감 있고 자연스러운 얼굴 형상 모델을 제작하는 것이다. 또한 실제에 가까운 피부조직과 얼굴 주름을 구현하고, 대화 시 입술 모양도 변형하여 상호 가능한 감성 기반 얼굴애니메이션을 수행하여 무선 네트워크를 통해 전송하는 것이다.

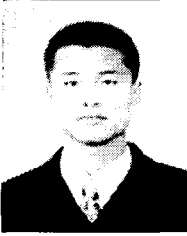
참 고 문 헌

[1] 김응순, 김영수, "3차원 캐릭터 애니메이션 기술 동향", 정보과학회지, 제17권 2호, 1999.
 [2] Frederic I. Parke, Keiths Waters, "Computer Facial Animation," A K Peters Wellesley, 1996.
 [3] P.Ekman, W.V. Friesen, "Facial Action Coding System," Consulting Psychologists Press Inc, 577 College Avenue, 1978.
 [4] Yuencheng Lee, Demetri Terzopoulos, Keith Waters,

"Realistic Modeling for Facial Animation," SIGGRAPH 95, pp. 55-62, 1995.
 [5] Frederic I. Parke, "Computer Generated Animation of Faces," MS thesis, Univ, of Utah, Salt Lake City, December 1974.
 [6] SCHROEDER W.J, ZARGE J.A., LORENSEN W. E., "Decimation of Triangle Meshes," Proc. ACM Computer Graphics, Vol. 26, No. 2, pp. 65-70. 1992.
 [7] ROSSIGNAC J., BORREL P., "Multi-Resolution 3D Approximations for Rendering Complex Scenes," Modeling in Computer Graphics: Methods and Applications, pp. 455-465. 1993.
 [8] Hoppe. H., "Progressive Mesh," in SIGGRAPH'96 Proceedings, 1996.
 [9] Shepard, D., "A Two-Dimensional Interpolation Function for Irregularly Spaced Data," Proc. National Conference, pp. 517-524, 1968.
 [10] Sobottka, K. Pitas, I., "Segmentation and tracking of faces in color images," Automatic Face and Gesture Recognition, 1996.
 [11] Thaddeus B, Shawn N, "Feature-based Image metamorphosis," Proceedings of SIGGRAPH, 1992.
 [12] 이혜진, "근육 모델 기반의 자연스러운 3차원 얼굴 표정 애니메이션", 한국정보추계학술발표논문집, 제9권 제1호, 2002.
 [13] Ebroul Izquierdo M. and Silko Kruse, "Image analysis for 3D modeling, rendering, and virtual view generation," Computer vision and Image understanding, Vol. 71, No. 2, 1998.
 [14] GUEZIEC A., "Surface Simplification with Variable Tolerance," In Second Annual Intl. Symp. On Medical Robotics and Computer Assisted Surgery, pp. 132-139, 1995.

이 현 철(Hyun-Chul Lee)

정회원



1996년 2월 : 동신대학교 전자계산학과
(이학사)

1998년 2월 : 동신대학교 컴퓨터학과
(이학석사)

2002년 2월 : 동신대학교 컴퓨터학과
(이학박사)

2000년 ~ 현재 : 멀티미디어컨텐츠 연구센터 연구원

<관심분야> : 멀티미디어, 정보통신, 3D 애니메이션

허 기 택(Gi-Tak Hur)

정회원



1986년 2월 : 전남대학교(이학사)

1994년 2월 : 광운대학교(이학박사)

1989년 ~ 현재 : 동신대학교 멀티미디어컨텐츠학과 교수
동신대학교 멀티미디어컨텐츠 연구센터 소장

<관심분야> : 멀티미디어, 멀티미디어네트워크, 음향수 모델링, 애니메이션