

2D 이미지를 이용한 3D 얼굴생성 모델 설계

윤재홍, 이현철, 허기택
 동신대학교 컴퓨터학과

e-mail:{jhyoun, gthur}@blue.dongshinu.ac.kr, hclee@tic.re.kr

3D Face Creation Model Design Using 2D Image

Jae-Hong Youn, Hyun-chul Lee, Gi-Tak Hur
 Dept. of Computer Science, Dongshin University

요약

전 세계적으로 3D 캐릭터는 애니메이션분야에서도 새로운 분야로 특화되고 있다. 특정한 응용 분야에 정확성을 지닌 얼굴 형태와 기능을 표현하는 수학적 추상화(Abstraction) 개념인 Face모델은 다른 분야 보다 훨씬 어렵고, 복잡하지만 그 특성상 사용자의 관심이 더욱 높아져 가고 있다. 본 논문에서는 한 장의 2D 이미지를 이용하여 실물과 유사한 3D 얼굴 생성 모델을 설계하고, 이를 이용하여 자연스러운 얼굴의 표정 생성을 위한 애니메이션 방법을 설계하였다.

1. 서론

컴퓨터그래픽의 급격한 기술 발달과 사용자층의 다양한 멀티미디어 정보에 대한 요구로 기존의 단순한 2차원 영상 정보는 점차 3차원 정보로 표현되어 가고 있다. 그러나 실제로 사용되고 있는 3차원 모델들은 여러 가지 모델링 툴들을 사용하고, 전체적으로 수작업에 의해 모델링 됨으로 상당한 노력과 시간 및 장비를 필요로 한다. 3D 캐릭터 애니메이션 기술 중 사람의 얼굴형태와 기능을 표현하는 얼굴 모델링 기술은 가상현실, 화상회의 등의 연구목적과 영화, 광고, 게임 등의 엔터테인먼트 사업 분야 등에서 많이 활용되고 있고, 하드웨어, 소프트웨어의 발달에 따라 실시간으로 3차원 얼굴모델을 움직일 수 있을 정도까지 되었다. 그러나 컴퓨터그래픽에 의한 3차원 모델을 제작할 때 가장 중요한 얼굴 처리를 어떻게 할 것인가가 가장 어려운 문제로 남아있다.[1][2]

본 논문에서는 한 장의 2D 이미지를 이용한 3D 얼굴 생성 모델을 설계한다. 가상 얼굴 영상에 Polygon Mesh를 통한 Cylindrical Mapping을 처리한 후, 얼굴 영상 합성 및 질감 교체기술을 적용하여 가상모델을 완성하고, 2D 이미지와 가상모델을 일대일 매핑 처리하여 얼굴모델을 생성한 후, 얼굴 표정 제어선을 조절하여 사용자에게 친근감 있고 다양한 얼굴표정을 생성, 영화나 광고의 캐릭터 애니메이션, 컴퓨터 게임, 비디오 원격 회의, 화상 전자 메일 등으로 활용할 수 있도록 설계한다.

2. 3차원 모델

2.1 3차원 모델 생성

일반적으로 3차원 모델을 생성하는 방법은 다음과 같다.

- 스테레오 카메라

인간이 사물의 깊이를 인식할 때 양안의 시각차를 이용하는 점을 고려하여 3차원 모델을 생성하는 방법이다.

- 거리 영상 정보

한 장의 입력 영상에서 밝기 정보나 기하학적 구조로부터 깊이를 추정하여 3차원 모델을 생성하는 방법이다.

- 3차원 레이저 디지털라이저

실제 물체의 3차원 정보를 레이저 장비로 얻고, 3차원 정보를 적당한 크기의 데이터로 감소시킨 후, 삼각화(Triangulation)의 방법으로 연결하여 모델을 생성한다.

[표 1]은 3차원 모델 생성 시, 입력이미지에 따른 3차원 모델생성방법 및 결과이다.

표 1 얼굴 생성 방법

Input	Equipment	Method	Result	Time
Pictures (unorganized)	Mono camera	Manual using user friendly designing software.	Detailed matching with human eyes	days/weeks
Pictures (organized)	Mono camera	Automatic methods using Feature detection and generic model modification	Rough matching	minutes
Range data (detailed shape, no animation structure)	Laser scanner/ Light stripper/ Stereoscopic camera + extra	Automatic methods using Feature detection and generic model modification and fine adaptation.	Detailed matching	minutes

2.2 얼굴 애니메이션

사람의 얼굴은 상호간의 대화에 있어 매우 중요한 의미를 갖는다. 상대방의 얼굴 표정으로부터 감정을 전달받고, 대화 내용의 이해에도 중요한 의미를 갖는다. 얼굴 애니메이션에 자연스러운 얼굴 표정을 도입하기 위해서는 많은 기술적 과제가 극복되어야 하며, 아직 세계적으로 완전한 얼굴 애니메이션을 구현하였다고 할 수 있을 정도의 결과는 얻어지지 않은 상태이다. 얼굴애니메이션에서의 얼굴 모델은 특정한 응용분야에 정확성을 지닌 얼굴 형태와 기능을 표현하는 수학적인 추상화 개념으로, 이를 위해서 얼굴 표정, 머리, 목 부분을 포함한 다양한 조직과 특징들의 기하(Geometry), 광도(Photometry), 변형(Deformation), 움직임(Motion)등을 고려하고, 좀더 섬세한 얼굴 표현을 위해서 원하는 대사 또는 감정과 동작에 따라서 변하는 입술 모양과 주름, 땀, 개인의 특성에 맞는 머리카락 등을 자동으로 생성하는 시스템의 설계와 구현이 목표이자 핵심기술 요소이다.

얼굴 애니메이션은 70년대 초 Ekman이 의해 얼굴에 대한 감정, 표정을 각각 기본적인 AU(Action Unit) 단위로 구분하여, 그 조합으로 표현한 FACS(Facial Action Coding System) 방법론이 제시되고, 1972년 Parke가 처음 인간의 얼굴에 대한 데이터를 얻는 방법과 이를 얼굴애니메이션으로 기술하였고, 1982년에 파라미터화 된 3차원 얼굴 모델을 제시하여 제작자가 몇 개의 파라미터를 입력하는 것으로 얼굴 표정을 합성 하였다. 1981년에 Platt와 Badler가 얼굴 위 부분의 움직임을 근육과 피부 속에 묻혀있는 근육을 보고, 근육에 의한 애니메이션을 수행, 얼굴 표정의 자연스러운 움직임을 생성하였다. 그리고 1987년 Waters는 근육의 움직임으로 피부조직의 움직임을 설명하여 실제 모습을 생성하였다. 1995년에는 Demerti Terzopoulos와 Keith Waters가 물리적인 성질에 기반 한 얼굴 모델링을 피부조직을 여러 층의 합성 조직으로 설명하여 탄성, 질량, 부피보존의 힘 등, 물리적인 성질을 얼굴에 반영하여 자연스럽게 사실에 가까운 얼굴 모델을 생성하였다. [3][4]

지금 까지 연구된 얼굴애니메이션의 얼굴모델 표현 방법은 다음과 같은 방법으로 분류할 수 있다.

- 웨이블릿 변환, 히스토그램변환
- 3차원 디지털타이저, 스테레오카메라 CCD(Charge coupled device)
- FACS(Facial Action Coding System) AU(Action Unit)
- 표준 한국인 모형, Canonical Facial Model
- Morphing(Image, View), Panoramic Stitching
- FFD(Free Form Deformation), DFFD, Interpretation
- 거리정보를 이용한 깊이 추정(2D -> 3D)
- FAP(Facial Animation Parameter), FIT

FDP(Facial Definition Parameter)

- Spline, B-Spline, NURBS, MetaBall, Voroni
- Wireframe , Mesh(3, 4, 5 point)
- Factorial Code 표현법
- PCA, Eigenfaces, Fisherfaces
- Open GL, VRML, Direct 3D
- Feature Extraction, Motion Capture
- Edge Detection에 의한 얼굴 추출방법
 - Sobel, Prewitt, Roberts, Laplacian
 - 명암정보, 피부색, 휴리스틱 평가함수
 - SUSAN불변모멘트, 센트럴모멘트

3 얼굴모델생성 시스템

3.1 시스템 요구사항

3차원 얼굴 모델 생성을 위해서는 기본적으로 인체 형상의 3차원적인 표현 및 얼굴 표정 및 대화 표현 기술, 얼굴 자세 및 동작 표현 기술 등의 요소 기술에 대한 개발과 이를 생성, 조작, 표현 할 수 있는 사용자 인터페이스 기술 등의 종합적인 개발이 필수적이다. 이를 위해서 다면체 및 자유곡면 기반의 모델링 도구와 얼굴표정이나 처리, Dynamic 애니메이션 도구, 스크립터 기반의 애니메이션 도구를 구성하는 통합적인 개발도구가 필요하다. 특히 얼굴 모델을 모델링하기 위하여 얼굴 근육의 형태를 유지하는 뼈, 근육, 피부의 구조를 이해하고, 표현하는 개체가 존재해야 자연스럽게, 사실에 가까운 얼굴을 생성 할 수 있다. 그리고 얼굴모델을 화면에 표시하기 위한 Texture, Viewing 방법이 있어야 한다. 사용자는 3차원 얼굴모델 개발 도구를 이용하여 응용 분야에 맞게 단일한 환경에 사용은 물론 안전하고 빠르게 표현하고자하는 얼굴을 개발 및 변형 할 수 있어야 하고, 다른 도구와의 신속한 변환 및 얼굴 모델의 재사용을 보장하여야한다. 또 자체 표준파일 포맷을 작성하고, 이를 바탕으로 자유로운 포맷 변환도 용이해야 한다. 또 효율적인 3차원 사용자 인터페이스 환경을 구축하여, 사용자가 도구를 익숙해지는 시간을 줄이고, 생산성의 극대화를 도모할 수 있게 하는 인터페이스 환경을 제공해야 한다.[5][6]

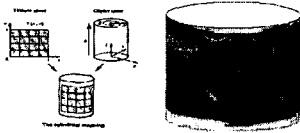
3.2 얼굴모델 구성

얼굴 모델 구성은 Vertex, Polygon(3, 4 Points)의 위치 및 크기에 대한 조절 간편함과 처리하는 속도, 알고리즘의 간편함으로 인해 Polygon Mesh를 갖는 모델을 일반적으로 이용한다. 움직임이 많은 부위나 정교한 부위, 굴곡이 많은 부위는 Subdivision을 이용한 작은 Polygon을 이용하여 자연스러운 형태가 이루어지도록 한다.

3.3 텍스처 매핑

컴퓨터그래픽기술로 생성되는 3차원 이미지의 경우, 기본적인 웨이딩만으로는 실감 있는 영상을 생성하기에 어려움이 있다. 3차원의 이미지를 현실의 이미지와 흡사하게 만드는 것이 실감 영상 기법이

다. 실감 영상을 위한 텍스처 매핑으로는 Flat Mapping, Cylindrical Mapping, Spherical Mapping 같은 방법이 있다.



[그림 1] Cylindrical Mapping

2D 이미지 한 장만으로 3차원 영상을 얻기 위해, Cylindrical Projection 및 Cylindrical Mapping 처리를 통해 가상모델을 생성한다. $P(X_p, Y_p)$ 는 가상모델 상의 한 점 $Q(x, y, z)$ 를 α 도의 각을 이루는 영상 평면에 프로젝트를 시켰을 때, 점 Q 의 프로젝트 평면 상에서의 좌표이고, (x_c, y_c, z_c) 는 3D 일반 모델의 중심좌표이다.[7][8]

$$\begin{pmatrix} x_p \\ z_p \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x - x_0 \\ z - z_0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_0 \\ z_0 \end{pmatrix}$$

$$y_p = y, \lambda = \tan^{-1}\left(\frac{X}{v}\right), \phi = \tan^{-1}\left(\frac{Z + e^2 b \sin^3 \theta}{p - e^2 a \cos^3 \theta}\right)$$

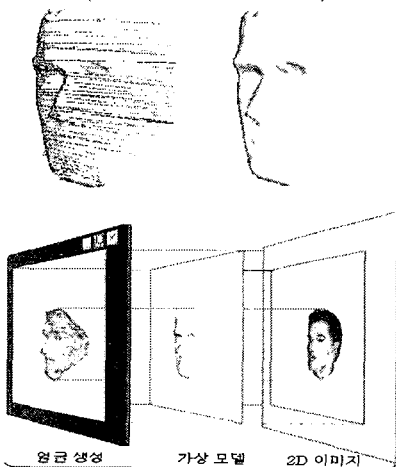
where

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{aZ}{bp}\right), p = \sqrt{X^2 + Y^2}, e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2},$$

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{b^2} \text{ and where}$$

X, Y, Z are the ray coordinates in 3 space given by $X = PX + VXt$ $Y = PY + VYt$ $Z = PZ + VZt$

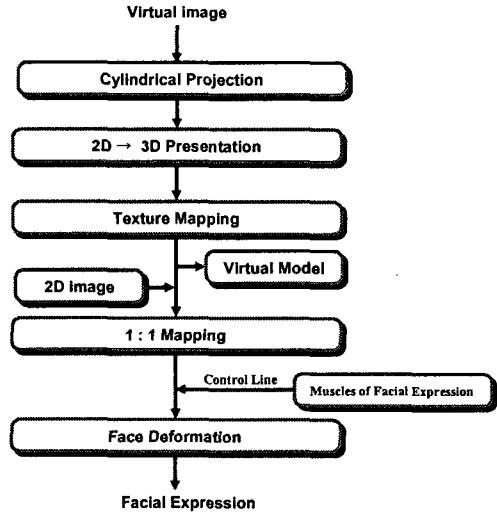
다음 [그림 2]는 Cylindrical Mapping을 적용하여 생성한 가상 모델과 2D 이미지와 매핑을 통해 얼굴 모델 생성하는 관계를 보여준다.



[그림 2] 가상모델과 2D이미지와 매핑

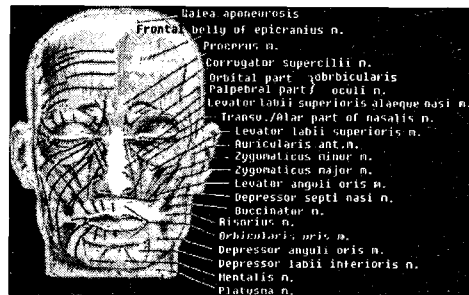
4. 얼굴 모델 생성 결과

본 논문에서는 2차원 정면 이미지를 이용한 3차원 얼굴 생성 시, 한 장의 2D 이미지를 입력으로 얼굴 표정을 자연스럽게 생성하기 위한 3차원 얼굴 생성 시스템을 설계하였다.

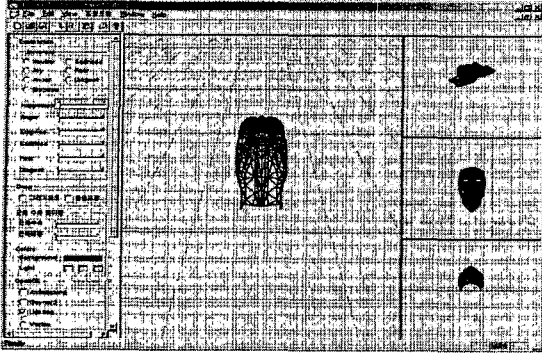


[그림 3] 시스템 구성도

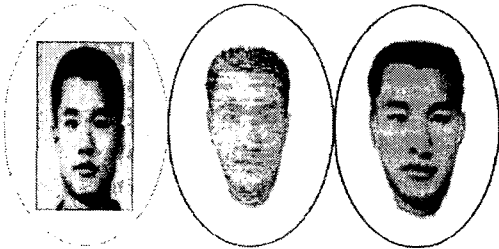
먼저 임의의 가상 얼굴 형상에 Cylindrical Projection으로 3차원 좌표로 변형한 후 Texture Mapping 처리하여 가상모델을 생성한다. 2D 이미지를 3D 얼굴 모델로 변환 시 정확한 깊이 정보를 알 수 없으므로 영상보정 작업으로 2D 이미지와 일대일 매핑 처리하여 얼굴모델을 완성한다, 생성된 얼굴모델에 대해서는 Water의 Facial Animation의 모델을 기본으로, 좀더 실감 있는 표정을 생성하기 위해 실제 얼굴의 해부학적 구조에 기반 한 얼굴 표정 근육 중 대표 값을 제어 선으로 선정하고, 개인에 따라 얼굴모습과 얼굴부위의 제어 선을 미세 조정, 가상모델에 정확히 정합하여 자연스러운 3차원 얼굴 애니메이션이 이루어질 수 있도록 한다.[9]



[그림 4] 얼굴 표정 근육



[그림 5] Water의 Facial Animation



(a) 입력이미지 (b) 와이어프레임 (c) 3차원 얼굴

[그림 5] 얼굴 모델 생성

5. 결론

본 논문에서는 2D 이미지를 이용하여 3차원 얼굴 생성 모델을 설계한다. 캐릭터 중 가장 중요한 부분인 얼굴영상에서 2D 이미지 한 장 만으로도 자연스러운 얼굴 모델을 생성 할 수 있도록 얼굴애니메이션 시스템을 설계하였다. 향후 연구과제로는 좀 더 실감나는 표정뿐만 아니라 주름, 땀, 머리카락등도 자연스럽게 표현 할 수 있고, 일반 사용자들이 웹에서 운영 가능하도록 하는 방법을 연구하는 것이다.

참고문헌

- [1] 남우원, 박종만, "CG 애니메이션 시장 동향", 정보과학회지, 제17권 2호, pp18-28, 1999.
- [2] 김용순, 김영수, "3차원 캐릭터 애니메이션 기술 동향", 정보과학회지, 제17권 2호, pp49-59, 1999.
- [3] 함상진, "얼굴특징점 추출 및 모델 생성에 관한 연구", 연세대학교 대학원 석사 학위논문, June 1998.
- [4] 한태우, "실감있는 얼굴표정애니메이션을 위한 3차원 얼굴모델링시스템", 한국과학기술원 석사학위논문, 1972
- [5] Yuencheng Lee, Demetri Terzopoulos, Keith Waters, "Realistic Modeling for Facial Animation", Computer Graphics, 1995
- [6] 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.

[7] Zachary Wartell, William Ribarsky, "Larry Hodges Efficient Ray Intersection with Global Terrain using Spheroidal Height-Augmented Quadtrees", 1998

[8] F. Pighin, J. Hecker, D. Lischinski, R. Szeliski D.Salesin, "Synthesizing Realistic Facial Expressions from Photographs", Computer Graphics, 1998

[9] <http://members.tripod.lycos.co.kr/Shiranami/>