

3D 얼굴 성형 제작 시스템 구현

조세홍*

요약

본 논문은 3D 그래픽 기술을 이용하여 성형 시술 전후의 입체 얼굴을 제작하여 얼굴 성형 시술자의 만족도를 높이는 응용프로그램 시스템에 관한 구현 및 연구이다. 사용자의 실물에 최대한 유사한 원형 3D 입체 얼굴을 Pre-Processing 과정 및 Face-Part-Making 과정으로 구분하여 각 과정에 필요한 기술들을 사용하여 구현하였다. 또한 각 얼굴 부위를 담당하는 변형 Controller를 구현하여 제작된 입체 얼굴의 변화를 볼 수 있는 성형 제작 시스템을 구현하였다. 본 논문에서 구현한 얼굴 성형 제작 시스템은 현재 성형외과 등에서 활용되고 있는 2D 시스템에 비하여 효율성과 정확성, 만족도 등에서 보다 좋은 결과를 보여주고 있다.

Design and Implementation of 3D Facial Aesthetic Surgery System

Sae-Hong Cho*

Abstract

This paper is a study and implementation of 3D facial aesthetic surgery system using 3D graphic technology. First, this system shows 3D shape of face which is close to the real face of human by using Pre-Processing and Face-Part-Making modules. Three-dimensional Facial Aesthetic Surgery System is also designed and implemented. Each controller controls the degree of changes for the corresponding part of face. The implemented 3D Facial Aesthetic Surgery System in this paper shows more accuracy, effectiveness and satisfaction in compare with 2D Facial Aesthetic Surgery System that is used in the hospital.

Keywords : 3D Facial Aesthetic Surgery System

1. 서론

문자 위주의 정적인 정보 전달에서 그래픽, 이미지, 동영상, Sound 등 동적인 정보 전달을 가능하게 하는 멀티미디어 기술의 발전은 산업 사회의 많은 분야에서 응용 가능성을 높이고 있다. 특히 3D 데이터와 정보를 처리, 표현, 전달하게 하여 주는 3D 그래픽 기술은 인간이 자연 상태에서 인식하고 있는 사람, 사물, 환경을 3차원으로 똑같이 나타냄으로써 많은 응용 기술을 가능하게 하고 있다.

특히 인간의 얼굴은 지문인식, 홍채 인식 등 생체정보를 멀티미디어 기술을 사용하여 비교, 분석되기 이전에 사람의 인식을 위한 중요 자료로 활용되어 왔다. 그리하여 예로부터 초상화를 그리는 등의 인간의 얼굴을 묘사하여 정확하게 그리는 일들을 하기 위하여 노력하였고 그 후에 많은 도구, 기술들이 개발, 발전되어 사용되어 왔다. 현대에는 컴퓨터와 함께 발전한 그래픽 기술을 이용하여 사람의 얼굴을 그려내기 시작하였다.

모니터에 표현되는 2D 기술은 사람의 얼굴이 3차원인 것에 비해 극히 제한적인 모습밖에 볼 수 없다는 것이 단점이다. 이 같은 단점을 없애고 좀 더 정확한 얼굴 묘사를 만들기 위해 많은 기술들이 연구 중이며 발전하고 있는 상태이다. 현재는 2D 그래픽 기술이 제공하지 못하는 제한적인 얼굴 묘사를 더욱 정확하게 표현할 수 있는 3D 디지털 그래픽 기술들이 발전하고 있는

※ 제일저자(First Author) : 조세홍

접수일자:2008년01월27일, 심사완료:2006년02월17일

* 한성대학교 멀티미디어공학과

chosh@hansung.ac.kr

■ 본 연구는 2006년도 한성대학교 교내연구비 지원 과제임

실정이다.

평면적인 얼굴을 그려내는 2D 시스템과는 다르게 3D 얼굴 제작 시스템은 무엇보다 입체적으로 사람의 얼굴을 제작할 수 있게 한다. 사용자는 만들려하는 인물의 형태를 간단히 입력한 후에 크기와 같은 변수의 수치를 적용하여 3D 형태 모델링 및 렌더링을 통하여 입체 얼굴 영상을 제작한다. 이렇게 제작된 입체 얼굴 영상은 얼굴 형태를 변형시키는데 문제가 없어 사람의 얼굴을 주대상으로 하는 산업 분야에 효과적으로 응용될 수 있다.

본 연구는 3D 디지털 그래픽 기술들을 이용하여 3D 얼굴 제작하는 기법을 개발하며 성형 얼굴 제작 시스템을 설계, 구현하는데 그 목표를 두고 있다. 3D 성형 얼굴 제작 시스템의 각 단계에서 필요한 기술들을 분석하여 효과적으로 원형 3D 얼굴을 제작하는 방법을 설계, 구현하였다. 구현된 원형 3D 얼굴과 얼굴의 주요 구성요소인 눈, 코, 귀, 입, 뺨, 턱, 이마 등 각각의 요소를 분리하여 각 요소에 적용되는 성형적 요인들을 분석하여 그 요소들의 수치를 계량화한 자료들을 바탕으로 성형 산업의 발전에 도움이 되는 3D 얼굴 성형 제작 시스템을 제안한다.

2. 원형 3D 얼굴 제작 Process

3D 얼굴 성형 제작 시스템을 구현하기 위하여 성형 기술을 원하는 사람의 원형 3D 얼굴을 최대한 실물에 가깝게 구현하는 것이 필수적인 요소이다. 원형 3D 얼굴 제작은 얼굴형 분석을 통한 Pre-Processing 과정, 분석된 얼굴형에 해당하는 소스의 제작, 제작된 소스들을 바탕으로 하는 Controller 제작의 단계로 이루어져 있다.

Pre-Processing 과정은 원형 3D 얼굴 제작을 위한 처음 단계이다. 한국인에 잘 나타나는 얼굴형을 분석하여 기본적인 소스를 제작하기 위한 기초적인 데이터를 수집한다. 분석에 의하면 한국인의 얼굴형을 다른 나라와 비교했을 때 대체로 미간 폭이 넓고 눈의 길이가 짧은 것이 특징이다. 또한 눈이 가늘고 굴곡이 없는 형태를 보여준다[1]. 한국인의 얼굴에서 나타나는 기본적인 형태를 바탕으로 전체적인 얼굴 윤곽, 길이, 폭 등을 정리, 분석하고 얼굴 구성 주요 부분인

얼굴의 전체 윤곽, 눈, 코, 입 등의 각 부분을 세세히 나누어 얼굴 조각을 나누어 제작한다. 기초적인 데이터를 수집하기 위하여 사실적(Realistic) 3D 얼굴 모델링 방법을 위하여 3D 스캐너를 통하여 스캔된 3D 데이터를 이용하는 방법, 3D 일반(Generic) 모델을 변형하는 방법, 3D 변형 가능(Morphable) 모델에 기반을 둔 방법, 3D 변형 가능 형상 모델에 기반을 둔 방법 등이 있다.

3D 스캐너를 이용하는 방법은 얼굴 표면에 샘플링 포인트를 설정하여 각 샘플링 포인트의 3D 좌표 값과 색상 값을 얻는다. 이것을 이용하여 해당 인물의 3D 얼굴 모델링이 가능하지만 값비싼 3D 스캐너 장비가 필요하다. 3D 스캐너 장비는 비용 부담이 크기 때문에 현실적으로 사용하기에는 알맞지 않다.

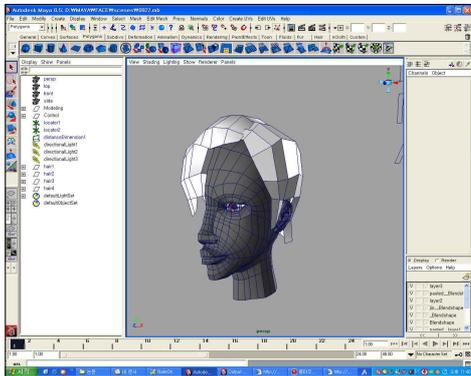
3D 일반(Generic) 모델을 변형하여 3D 얼굴 모델링을 하는 방법은 하나의 일반 모델을 얻은 후에, 2D 이미지들을 이용하여 얼굴 표면 각 포인트의 3D 좌표 값을 추출한다. 추출된 3D 좌표 값에 맞도록 3D 일반 모델을 변형시켜 해당 인물의 3D 얼굴 형상 모델을 얻고, 2D 이미지들로부터 텍스처를 얻어 해당 인물의 3D 형상 모델에 렌더링 하여 3D 얼굴 모델을 만든다. 이 방법은 비교적 빠르게 모델을 구성할 수 있다. 그러나 버텍스와 메쉬가 적기 때문에 정교한 얼굴 모델링이 불가능하다.

3D 변형가능 모델에 기반을 둔 3D 얼굴 모델링 방법에서는 우선 3D 스캐너를 이용하여 얻은 3D 스캔 얼굴데이터들로 데이터베이스를 구축한다. 이 데이터베이스를 통계적 처리하여 3D 얼굴 형상 모델과 얼굴 텍스처 모델로 이루어지는 3D 변형 가능 얼굴 모델을 얻는다. 3D 변형 가능 모델을 2D 얼굴 이미지에 정합이 되도록 조정하여 3D 얼굴 모델을 얻는다. 이 방법은 정교하고 사실적인 3D 얼굴 모델링을 할 수 있으나, 시간이 많이 걸린다.

3D 변형 가능 형상 모델 기반 3D 얼굴 모델링 방법은 먼저 변형이 가능한 형상 모델을 구축하고, 2D 이미지 시퀀스로부터 얼굴의 특징점들을 추출하여 3D 버텍스 좌표 값을 얻는다. 3D 변형 가능 형상 모델을 조정하여 2D 이미지 시퀀스로부터 얻은 3D 버텍스들에 잘 정합시켜 3D 형상 얼굴 모델을 얻는다. 그 후에 2D 얼굴

이미지 시퀀스들로부터 텍스처를 구하여 3D 형상 모델을 렌더링 함으로써, 최종적으로 3D 얼굴 모델을 완성한다[2].

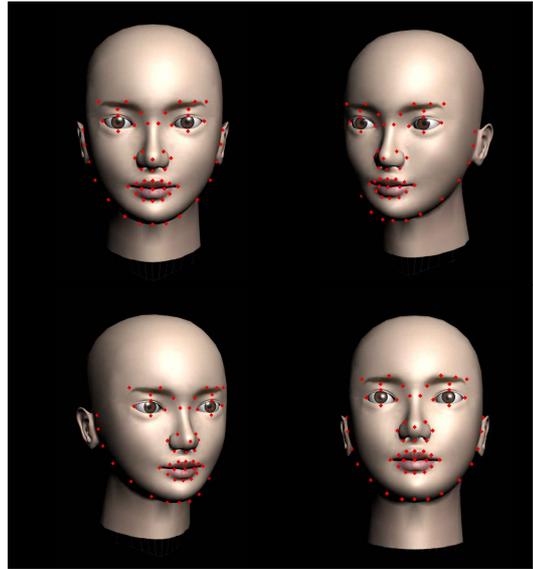
원형 3D 얼굴 제작을 위한 두 번째 Pre-Processing 과정은 3D 컴퓨터 그래픽 툴에 사용되는 소스 제작이다. 얼굴을 위한 윤곽과 눈, 코, 입 등 주요 구성 요소들을 위한 기본 테셀을 구현한다. 본 연구에서는 기본 테셀을 위한 소스를 3D 소프트웨어 Tool인 마야를 이용하여 제작하였다. 미리 준비한 얼굴 구성 요소 조각의 특징을 잡아 3D 프로그램 중 하나인 마야를 이용하여 실제와 닮은 3D 모델링 소스를 제작하였다. (그림 1)은 3D 그래픽 Tool인 마야를 이용하여 구현한 기초적인 얼굴 윤곽, 눈, 코, 귀, 입을 위한 기본적인 소스를 보여 주고 있다.



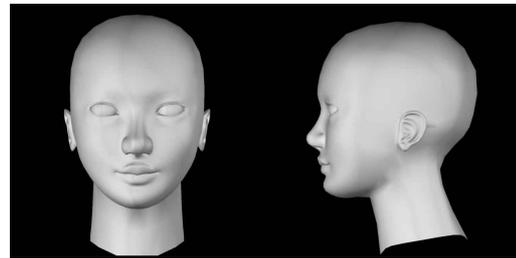
(그림 1) 소스 데이터를 이용한 원형 3D 얼굴

변형 가능 형상 모델을 얻고, 구축한 데이터를 각 부위별로 전체적인 형상을 유사하도록 정렬한다. 점진적 AAM(Active Appearance Model)을 이용하여 2D 이미지 시퀀스로부터 얼굴의 특징 점들을 추출하고 각 특징 점들 변형 가중치를 설정한 뒤에 3D 변형 가능 형상 모델과 유사하게 매칭 하여 인수분해(factorization) 기반 SfM(Structure from Motion) 방법을 이용하여 특징 점들의 3D 벡스 좌표 값을 구한다. 그리고 부위별로 구축된 3D 변형 가능 형상 모델이 구한 3D 벡스들에 잘 정합되도록 3D TPS(Thin Plate Spline) 및 최단거리 주변 탐색(Nearest Neighbor Search) 방법으로 각 부위의 3D 변형 가능 형상 모델을 조정하여 3D 형상

모델을 얻는다[2][3][4][5].

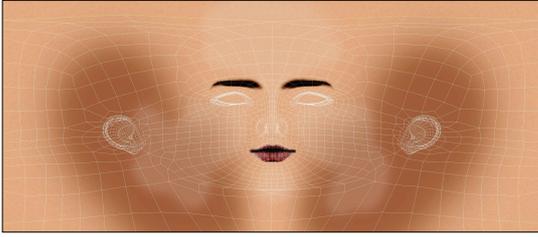


(그림 2) AAM에 의한 특징 점 추출 결과방법



(그림 3) 3D 변형 가능 형상 모델

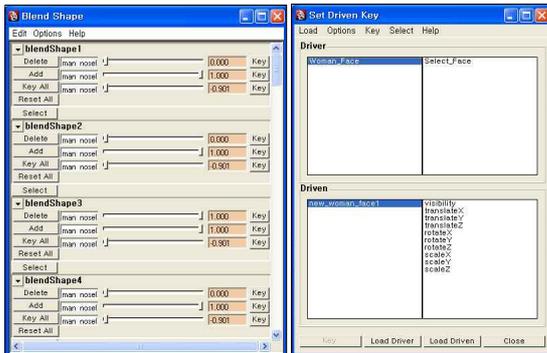
3D 모델링이 완성되면 모델링된 얼굴을 UV-맵으로 정리한 후 2D 그래픽 소프트웨어를 이용하여 Mapping 소스를 준비한다. 이 모든 소스들은 기본형 하나를 제작하여 시스템에 사용하기 보다는 좀 더 다양한 소스를 구현해야 사용자의 인터페이스가 쉬워지며 사용하기 용이하다. (그림 4)는 3D 모델링 된 얼굴에 덧붙여질 Mapping 소스의 예이다. Mapping 소스는 서로 다른 부위들의 특징점간 영향력을 조절한다. 그 후에 인수분해 기반 SfM으로 원통 좌표계의 텍스처를 생성한다. 구하여진 3D 형상 모델에 구하여진 원통 좌표계의 텍스처 맵을 렌더링 함으로써, 최종적으로 3D 얼굴 모델을 완성한다 [2][6][7].



(그림 4) 2D 그래픽을 이용한 Mapping 데이터

원형 3D 얼굴 제작 세 번째 Pre-Processing 과정에서 3D 컴퓨터 그래픽 툴을 이용하여 모델링된 소스들을 조절할 수 있는 Controller를 제작한다. 사용 시에 제작한 컨트롤러를 이용해 얼굴의 세세한 곳을 실물의 수치에 맞추어 묘사할 수 있게 한다.

얼굴의 주요 부분은 각각의 컨트롤러를 가지게 되며 컨트롤러는 크게 두 부분으로 나뉜다. 각 소스의 세부적인 조절에 사용되는 Blend Shape과 각 소스의 선택에 사용되는 Set Driven 이 있다. (그림 5)는 Blend Shape Window와 Set Driven Window 를 보여주고 있다.



(그림 5) Blend Shape와 Set Driven Window

3. 원형 3D 얼굴 제작

Pre-Processing 과정을 통하여 제작된 기본적인 얼굴 형태를 바탕으로 각 사용자의 독특한 얼굴 형태를 제작하는 구현 과정을 Face-Parts-Making이라 명명하였다. 이 과정은 1) 성별결정, 2) 얼굴 윤곽 선택, 3) 눈 모양 결정, 4) 코 모양 결정, 5) 입 모양 결정으로 이루어져 있다.

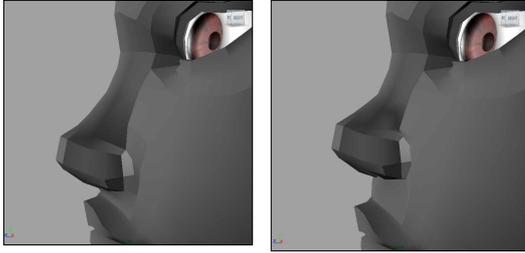
얼굴은 실시간 처리를 위해서 보통 다각형 표면으로 표현한다. 버텍스(vertex)로 구성된 삼각형 메쉬(triangular mesh)는 다각형 표면을 구성한다. 따라서 얼굴 모델링은 얼굴 버텍스의 3D 좌표 값을 결정하는 것이 우선적으로 수행되어야 한다. 얼굴 메쉬가 구축되면, 얼굴 모델 텍스처 맵을 생성하여 이를 이용하여 얼굴 모델을 렌더링 한다.

가장 기본적인 것은 성별을 구별하는 것이다. 남자와 여자의 얼굴은 기본적인 윤곽부터 다르고 똑같은 눈의 생김새라도 성별이 다를 때는 다른 눈처럼 인식이 된다. 컨트롤러의 첫 번째 메뉴에서 Sex의 숫자를 0으로 하면 여자, 1로 하면 남자의 소스를 사용할 수 있다.

성별이 구별되어 졌다면 얼굴 윤곽은 기본적으로 만들어진 소스 중에 사용자의 얼굴 특징에 가장 가까운 소스를 선택을 한다. 선택을 한 후에 정확한 수치로 얼굴의 크기를 조절하여 준다. 얼굴은 각 소스마다 1부터 번호가 정해져 있으며 컨트롤러의 Face_scaleX, Face_scaleY, Face_scaleZ로 각각 얼굴의 너비, 길이, 깊이 값을 조절할 수 있다.

사람이 가장 인식을 많이 하고 기억을 많이 하는 눈은 사용자와 비슷한 눈을 선택한 뒤에, 실제 자를 이용해 길이를 측정해 놓은 눈의 안쪽 길이, 바깥쪽 길이, 눈의 위와 아래 크기, 튀어나온 정도를 이용하여 조절하여 눈을 선택하여 준다. 눈은 각 소스마다 1부터 번호가 정해져 있으며 컨트롤러의 Eye_In 값은 눈의 안쪽의 폭, Eye_Out은 눈의 바깥쪽의 폭, Eye_Up은 위쪽 눈꺼풀의 크기, Eye_Down은 아래쪽 눈꺼풀의 크기, Eye_PositionZ는 눈의 튀어나온 정도를 실제 사람을 측정한 수치로 조절할 수 있다.

코 소스를 선택하여 사용자와 맞는 소스를 고르고 코의 특징인 넓이, 높이 길이를 눈과 마찬가지로 실제 길이를 측정한 값을 넣어주어 코의 모양새를 사용자와 일치하게끔 만든다. 코는 각 소스마다 1부터 번호가 정해져 있으며 컨트롤러의 Nose_Length 값은 코의 길이, Nose_Width는 코의 폭, Nose_Height는 코의 높이이며 각각 실제 사람을 측정한 수치로 조절할 수 있다(그림 6).



(그림 6) Nose_Length에 따른 원형얼굴의 변화

입부분도 눈과 코 같이 소스 선택 후 실제 길이 값을 가지고 입의 길이, 입술의 두께, 튀어나온 정도를 조절하여 입술을 만든다. 입은 각 소스마다 1부터 번호가 정해져 있으며 컨트롤러의 Lips_Length 값은 입술의 길이, Lips_Size는 입술의 크기, Lips_Height는 입술의 높이이며 Lowerlip는 아랫입술의 크기이며 각각 실제 사람을 측정한 수치로 조절할 수 있다. (그림 7)은 입술의 길이에 의한 변화 및 입술의 두께에 의한 변화를 보여 주고 있다.

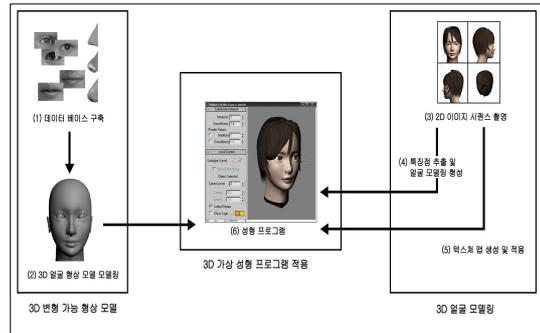


(그림 7) Lips_Length 및 Lips_Size 따른 원형얼굴의 변화

4. 3D 얼굴 성형 제작 시스템

3D 얼굴 성형 제작 시스템은 (그림 8)의 시스템 구현도에 나타나 있듯이 3D 변형 가능 형상 모델 제작, 3D 얼굴 모델링 제작, 3D 가상 성형

프로그램 적용 등 3 Module로 이루어진다. 3D 변형 가능 형상 모델 제작 및 3D 얼굴 모델링 제작 Module은 위의 section 2와 3에서 구현 및 설명을 하였고, 3D 가상 성형 프로그램 적용은 다음과 같은 과정으로 구현되었다. 구현된 3D 얼굴 성형 제작 시스템은 성형 전 자신의 얼굴에서 원하는 부분을 성형 전 후 프로그램을 이용하여 성형 후 모습을 예상할 수 있다. 자신의 얼굴에서 성형 후 모습을 직접 볼 수 있기 때문에 크기나 모양을 변경해 볼 수 있어 자신에게 맞는 성형방법을 결정할 수 있게 한다.

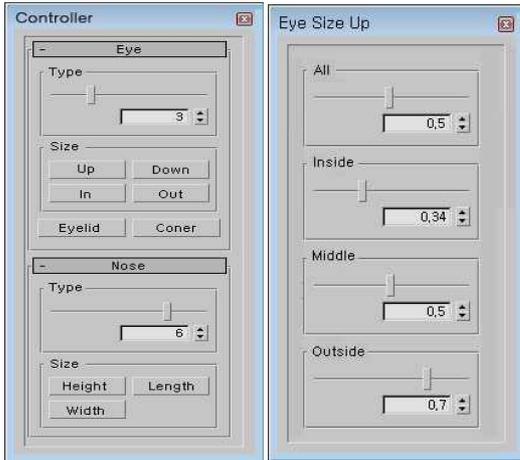


(그림 8) 3D 얼굴 성형 제작 시스템 구현도

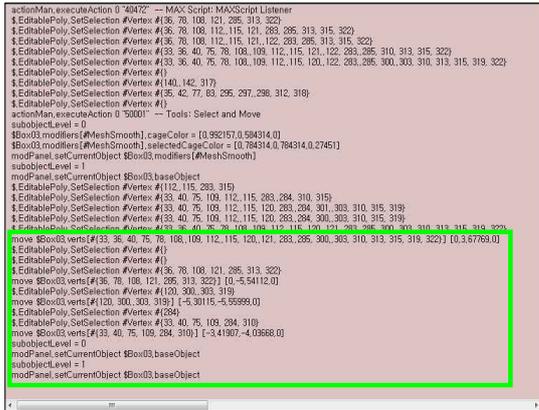
3D 얼굴 성형 제작 시스템은 얼굴의 주요 구성 요소인 눈, 코, 귀, 입, 뺨, 턱, 이마 등 각각의 요소를 분리하여 각 요소에 적용되는 성형적 요인들을 분석하여 그 요소들의 수치를 계량화하여 성형 전,후의 변화 상황을 볼 수 있도록 3D그래픽 시스템을 이용하여 이미지화하였다. 성형 전,후의 변화 상황은 각 요소들을 위한 Controller를 제작하여 Interface를 용이하게 하였다.

(그림 9)와 (그림 10)은 3D 얼굴 성형 제작 시스템의 눈과 코의 Controller 및 Source 코드를 보여주고 있다. 눈은 사용자의 얼굴인식 프로그램을 통해, 사용자 눈의 가장 가까운 수치 값을 측정한다. 측정한 수치 값을 통해 사용자가 원하는 눈과 코의 크기를 조절하여 준다. 특히, 눈 성형은 눈 안쪽을 가리는 피부를 제거하여 원래 눈이 가지고 있던 안쪽 부분을 보이게 함으로써 눈의 수평 길이를 길게 하여 눈매의 방향도 바꿔주고 눈을 더 크고 시원하게 해주는 앞트임 수술과, 쌍꺼풀 선을 정한 뒤 정한 선을

따라 절개를 한 후 눈꺼풀에 있는 여러 가지 조직, 즉 피부, 근육, 지방, 결합 조직 등을 적당량 절제하고 쌍꺼풀 선을 만들어주는 쌍꺼풀 수술이 많이 사용되어 지고 있다. 이러한 지식을 이용하여 사용자가 수술 부작용에 대한 걱정을 덜어줄 수 있도록 정확한 수치 값을 조절한다. 수치 값은 직접입력과 마우스 드래그를 통해 쉽게 조절할 수 있도록 단추키를 설정한다.



(그림 9) 3D 얼굴 성형 제작 시스템 Controller

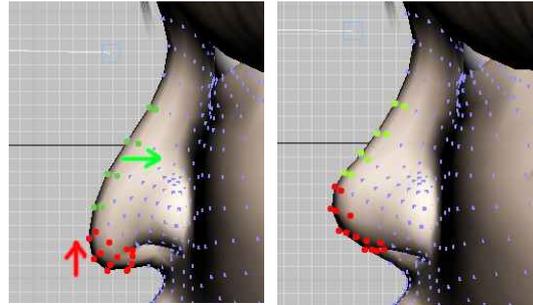


(그림 10) 3D 얼굴 성형 제작 시스템 Source Code

(그림 11) 및 (그림 12)는 3D 얼굴 성형 제작 시스템을 이용하여 구현한 눈과 코의 성형 수술 전, 후 이미지를 보여주고 있다.



(그림 11) 3D 얼굴 성형 제작 시스템: 눈 적용



(그림 12) 3D 얼굴 성형 제작 시스템: 코 적용

3D 얼굴 성형 제작 시스템은 (그림 11)과 (그림 12)에서 눈과 코를 위하여 구현한 것과 같이 얼굴의 다른 주요 구성 요소인 귀, 입, 뺨, 턱, 이마 등 각각의 요소를 분리하여 구현한 후 종합하여 최종적으로 완성할 수 있다, (그림 13)은 최종 완성된 성형 전,후의 전체적인 이미지를 보여주고 있다.



(그림 13) 3D 얼굴 성형 제작 시스템: 전체 얼굴

5. 결론 및 발전 방향

컴퓨터 하드웨어 및 소프트웨어의 발전은 산업계 전반에 많은 변화를 초래하였고, 특히 멀티미디어 기술은 이미지를 그래픽화 및 형상화하여 사용자들에게 실제적으로 묘사한 Object 및 환경을 제공하는데 지대한 공헌을 하였다. 최근 3D 그래픽 기술의 발전은 그러한 추세를 더욱 강화하고 있고, 산업의 응용 분야는 인터넷 쇼핑물, 몽타주 시스템, 게임 아바타 등에 적용되고

있는 등 더욱 다양해지고 있다.

게임 아바타는 요즘 게임에서는 빠질 수 없는 존재로 꼭 이용되어 왔다. 그러나 대부분의 아바타는 2D로 반짝거리는 효과 등만 준 평면 이미지이다. 이를 3D 제작 시스템으로 업그레이드하여 아바타를 3D로 제작하면 게임의 질적인 수준 향상에 기여할 것이다. 또한, 우리나라 온라인 게임은 최근 3D를 사용하고 있는 추세이다. 이 점을 이용하여 3D 얼굴 제작 시스템을 이용해 자신의 캐릭터에 자신의 얼굴을 적용하는 등의 활용이 가능하다.

인터넷 쇼핑몰이나 패션업계의 홈페이지에서 이 3D 얼굴 제작 시스템을 기반으로 몸 전체를 만드는 신체 시스템을 만들게 된다면 사용자가 자신의 신체 사이즈에 맞게 몸매를 만들어놓고, 여러 가지 옷들을 입혀보면서 자신에게 맞는 지 보고 코디를 한 후에 상품을 구입하게 된다. 인터넷 쇼핑몰 상에서 자신의 분신에게 입혀보고 구입한 물건이기 때문에 상품의 반품, 환불 요구를 줄이게 되고 인터넷 쇼핑몰이나 고객에게 큰 만족을 주게 된다.

본 연구는 3D 얼굴 제작 시스템은 실사와 거의 같은 이미지를 입체적으로 볼 수 있으며 변형이 용이하다는 장점을 이용하여 성형 제작 시스템을 설계, 구현하였다. 3D 얼굴 시스템의 큰 특징 중 하나인 세세한 부분도 묘사가 가능한 점을 이용하여 성형외과에서 고객들의 얼굴을 Before와 After로 나누어 제작하여 고객과 이야기하고 수정함으로써 정확한 모델을 제시하고 성형 병원과 고객에게 사진을 이용한 상담보다 보다 높은 만족감을 줄 것이라 생각된다.

참 고 문 헌

[1] 한국인의 얼굴형 분석, 이종호 국정 브리핑
 [2] 장용석, 정선태, 김부균, 조성원 "3D 변형가능 형상 모델 기반 3D 얼굴 모델링", 한국콘텐츠학회논문지, 2008.
 [3] 이원우, 우운택, "실감 3D 콘텐츠 제작을 위한 영상 기반 객체 모델링 연구 동향", 한국멀티미디어학회지, 10권 제3호, 2006.
 [4] 정선태, "점진적 AAM을 이용한 강인한 얼굴 윤곽 검출", 한국콘텐츠학회논문지, pp. 11~20, 2007(2).
 [5] A. Ansari and M. Abdel-Mottaleb, "3-D Face Modeli

ng Using Two Views and a Generic Face Model with Application to 3-D Face Recognition," IEEE Conf. on Advanced Video and Signal Based Surveillance, pp.203-222, 2003.

[6] 조한수, "분포 맵에 기반한 얼굴 영역 검출", 한국멀티미디어학회지, 9권 제1호, 2006.
 [7] Z. Zhang, Z. Liu, D. Adler, M. F. Cohen, E. Hanson, and Y. Shan, "Robust and Rapid Generation of Animated Faces from Video Images: A Model-Based Modeling Approach," International Journal of Computer Vision, Vol.58, No.2, pp.93-119, 2004(6).



조 세 홍

1983년 : 연세대학교 3년 수료
 1991년 : (미)캘리포니아 주립대학교 CS 졸업
 1996년 : (미) 에리조나주립대학교 (CSE, 석사)

1999년 : (미) 에리조나주립대학교 (CSE, 박사)
 1999년~2002년 : 대구대학교 공과대학 정보통신공학부
 2002년~현재 : 한성대학교 공과대학 멀티미디어공학부 교수
 관심분야 : 멀티미디어응용, 가상현실, 가상교육, 게임제작