

3D 가상 얼굴 성형 제작 시스템 설계 및 구현

이철웅*, 김일민**, 조세홍***

요약

본 논문은 3D 그래픽 기술을 활용하여 사용자의 실제 모습과 같은 3D 얼굴 모델을 구현하고, 구현된 얼굴 모델을 활용하여 성형 시술 전과 후를 가상으로 비교함으로써 성형수혜자의 만족도를 높이는 응용프로그램인 3D 가상 얼굴 성형 시스템에 대한 연구 및 구현이다. 사용자의 실물과 최대한 유사한 원형 3D 얼굴 모델링 제작을 위한 3D 모델링 기법과 피부를 표현하는 맵핑 기법, 그리고 데이터베이스 시스템을 사용한 얼굴 데이터의 저장 및 사용자 맞춤 가이드 시스템을 구현한다. 또한, 세부적인 미세 조정을 위한 변형 Controller를 구현하여 얼굴의 미세한 변화를 나타낼 수 있다. 본 논문에서 구현한 3D 얼굴 성형 시스템은 성형외과 등에서 사용되고 있는 이미지를 활용한 시스템에 비하여 정확성, 편리성, 만족도가 높은 결과를 보여주고 있다.

Designing and Implementing 3D Virtual Face Aesthetic Surgery System

Cheol-woong Lee*, Ilmin Kim**, Sae-Hong Cho***

Abstract

The purpose of this study is to implement 3D Face Model, which resembles a user, using 3D Graphic techniques. The implemented 3D Face model is used to further study and implement 3D Facial Aesthetic Surgery System, that can be used to increase the satisfaction rate of patient by comparing before and after facial aesthetic surgery. For designing and implementing 3D Facial Aesthetic Surgery System, 3D Modeling, Texture Mapping for skin, Database system for facial data are studied and implemented independently. The Detailed Adjustment System is, also, implemented for reflecting the minute description of face. The implemented 3D Facial Aesthetic Surgery System for this paper shows more accuracy, convenience, and satisfaction in compare with the existing system.

Keywords : 3D Facial Aesthetic Surgery System, Detailed Adjustment System, Skin Texture Mapping

1. 서론

영상 매체의 발달은 사람들의 내적인 개발뿐만 아니라 외적인 요소에도 관심을 가지는 계기가 되었다. 사람들의 외모에 대한 관심이 급증했

고 의료 기술의 발달로 치료적 측면에 아닌 미용 측면에서의 성형 수술이 발전하게 되었다. 사람들은 성형 수술을 통하여 외모에 대한 욕구를 해소 할 수 있게 되었다. 성형 수술의 활성화와 함께 실패 및 불만에 대한 사항들도 늘어나게 되었다. 이에 따라 수술의 실패와 단점을 보완할 수 있고 수술 후의 결과를 미리 예측 할 수 있는 성형 시스템에 대한 필요가 증가하고 있다. 컴퓨터의 발전, 특히 3D 그래픽 등 멀티미디어 기술의 발전은 "성형 수술 결과 예측이 가능한 성형 시스템의 개발"을 촉진할 수 있었다.

3D 가상 얼굴 성형 시스템에 대한 연구는 의사 개인의 주관적인 능력에 의존하는 방식에서 벗어나 객관적이고, 일정 수준 이상의 수술 성공

※ 제일저자(First Author) : 조세홍
접수일:2008년 11월 17일, 완료일:2008년 12월 02일
*** 한성대학교 멀티미디어공학과
chosh@hansung.ac.kr
** 한성대학교 컴퓨터공학과
* 한성대학교 디지털문화기술&콘텐츠학과
▣ 본 연구는 2007년도 한성대학교 교내연구비 지원 과제임

을 위한 필수요소로서 많은 연구가 이루어져 왔다. 다양한 매체를 활용한 국내·외에서 수행되고 있는 연구는 가상 웹 성형 시스템, 두경부 수술 전 후 실제 방사선 엑스레이 사진을 계측·분석하는 Cephalometry 프로그램, 가상성형을 위한 Vceph 프로그램, 온라인 3차원 가상성형 시스템 등의 많은 프로그램이 있고 그 중에서 실제 환자의 Soft Tissue Landmark 를 가지고 수술 전 후를 비교해 보는 프로그램은 Vceph 정도이다. 하지만 Vceph는 이차원 프로그램으로 이차원이 가지는 차원의 한계 문제가 있다. 나머지 가상 성형 시스템은 과학적인 DB의 추구보다는 엔터테인먼트적 성격이 강하다.

3D 얼굴 성형 시스템에서의 3D 얼굴 모델링 기법들은 2D 얼굴 변형 기법, 3D 얼굴모델링 기법, 3D 일반 모델을 변형한 3D 모델링 기법, 3D 변형가능 모델에 기반을 둔 모델링 기법 등이 있다[1]. 하지만 이런 기법들은 정확도 또는 사실성이 떨어지거나 다양한 각도에 따른 성형 결과 예측이 어려움으로 실제 성형과 많은 차이가 있다. 또한 데이터 처리 시 많은 시간을 요구하는 등의 문제점이 제기되고 있다.

본 연구는 이러한 문제점들에 대한 강력한 해결책으로서 성형 의학 정보를 바탕으로 하여 얼굴 성형을 위한 3D 개인 맞춤 성형 제작 시스템을 구현하고자 한다. 본 연구는 개인이 가지고 있는 얼굴의 특징들을 파악하여 실제와 같은 3D 얼굴을 생성하는 3D 얼굴 생성 시스템, 개인의 정보를 분석하여 이상적인 정보를 제공하는 개인 맞춤 시스템, 자신이 원하는 곳을 세부적으로 수정 및 변경할 수 있는 멀티미디어 애플리케이션 툴 시스템으로 구성된다. 수술 후 골의 이동에 대한 연부조직의 변화는 골 이동량의 60-80%에 해당함을 감안할 때 과학적인 의학용 최적화 데이터베이스 연구 과정을 거쳐 얼굴 성형 결과를 미리 정확하게 예측할 수 있는 시스템의 구현에 관한 연구이다.

국내 및 국외의 프로그램들은 임상적으로 다양한 한계점이 존재한다. 성형 수술로 실제 얻을 수 있는 결과는 제한적이며 바람직한 수술 결과를 얻기 위한 노력으로 환자 개개인마다 다른 이상적 목표를 세우는 것이 중요하며 이를 가능하게 하는 한 차원 업그레이드 된 프로그램 개발이 필요하다.

연구는 성형 의학에서 필요한 얼굴 모델링 기법의 연구를 통한 의학적 지식이 내포된 3D 얼굴 모델링 기술의 발전, 피부의 느낌 표현을 위한 Shader 및 Bump 기술의 연구를 통한 3D Mapping 기술의 발전, 개인 맞춤 얼굴 성형을 위한 데이터 분석 및 패턴 매칭 기술의 발전, 사용 편리성을 위한 UI 기술의 발전, 멀티미디어 Tools 및 Contents의 개발 연구 발전, 의학에 최적화 된 Database 기술의 발전과 같은 학문적 측면에서의 발전을 예상할 수 있다. 또한 성형에 대한 관심이 점점 높아져가므로 가상 성형 시스템의 이용도 증가를 통한 우수한 상품화 사업적 측면, 시스템의 유지보수 및 관련 기술 업종의 창출, 응용 기술의 발달에 따른 산업 활성화, 제품화에 따른 해외 수출 등의 산업적 측면에서도 중요한 연구이다. 또한 기반 기술의 발전과 협동 연구를 통한 학제간 연구의 활성화, 기술 인력의 양성, 상품화를 통한 산업 활동 등의 기대효과가 있을 것이다.

2. 성형 Database 시스템

2.1 얼굴형 정보 시스템

한국인 표준 얼굴형에 대한 자료 조사를 통하여 한국인 표준 얼굴형을 분석하고 이와 함께 사람들이 선호하는 얼굴 유형과 의학적으로 이상적인 얼굴 유형 등의 얼굴형 정보를 조사한다 <표 1>.

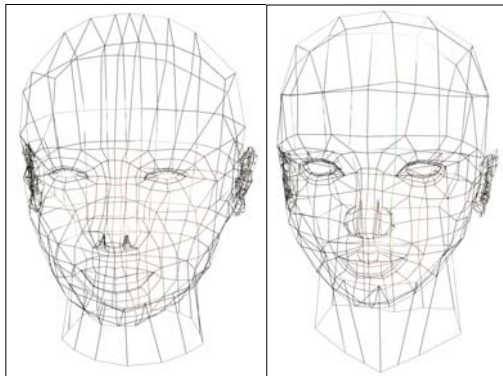
한국인 얼굴은 지역에 따라 약간의 차이는 있으나 기본적인 얼굴 형태의 특징은 대체로 미간이 폭이 넓고 눈의 길이가 짧은 것이 특징이다. 또한 눈이 가늘고 굴곡이 없는 형태를 보여준다 [2]. 얼굴의 중요한 지표가 되는 10개의 부분들을 계측한 자료를 통하여 한국인 표준 얼굴의 정보를 얻는다[3].

한국인 표준 얼굴 정보를 통하여 한국인 표준 얼굴형 모델링을 구축한다(그림 1). 이와 함께 한국인이 선호하는 얼굴 유형에 관한 자료를 조사하여 이를 바탕으로 한국인 선호 얼굴 모델링 데이터베이스를 구축한다.

<표 1> 한국인 기본 얼굴 평균과 표준편차

SD: 표준편차, 단위(mm)

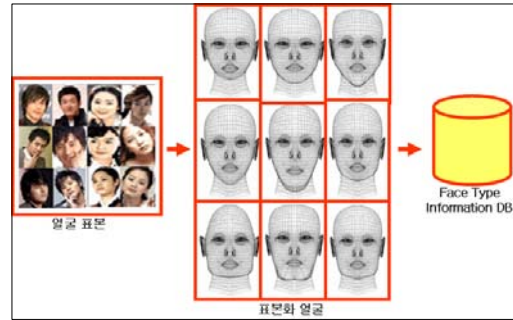
계측항목	성별	-1 SD	평균	SD	+1 SD
최대머리 높이(v-gn)	남	228.3	237.2	8.9	246.1
	여	217.4	225.0	7.6	232.6
최대머리 길이(g-op)	남	180.5	186.7	6.2	192.9
	여	171.9	177.5	5.6	183.1
뇌머리높이(v-g)	남	73.1	85.6	12.5	98.1
	여	70.3	81.0	10.7	91.7
미간점높이(g-gn)	남	142.4	151.6	9.2	160.8
	여	134.8	144.1	9.3	153.4
중간얼굴 높이(r-sn)	남	73.4	81.5	8.1	89.6
	여	70.1	78.0	7.9	85.9
아래얼굴 높이(sn-gn)	남	66.0	70.1	4.1	74.2
	여	62.1	66.1	4.0	70.1
위입술높이(누-sto)	남	22.4	24.7	2.3	27.0
	여	20.7	22.8	2.1	24.9
아래턱높이(sto-gn)	남	42.0	45.3	3.3	48.6
	여	40.3	43.3	3.0	46.3
귀길이(sa-sba)	남	63.4	68.0	4.6	72.6
	여	59.3	63.6	4.3	67.9
귀너비(pa-pra)	남	26.3	29.9	3.3	33.2
	여	25.9	29.0	3.1	32.1



(그림 1) 한국인 표준 얼굴형(남, 여)

한국인 선호 얼굴 모델링의 구축 시 한국인 표준 얼굴 모델링을 기반으로 한국인 선호 얼굴 자료를 적용하여 표준 얼굴 모델링의 변형 및 수정 작업을 거친다. 다양한 선호 얼굴 모델링 데이터베이스의 구축과 함께 이를 세부적으로 부분화하는 데이터베이스 기법이 필요하다. 얼굴 형에 따라 눈, 코, 입 등을 세부적으로 분류하여 하위 세부분류 데이터베이스도 구축한다. 데이터에 대한 분류 기준을 확실히 하여 효율적으로

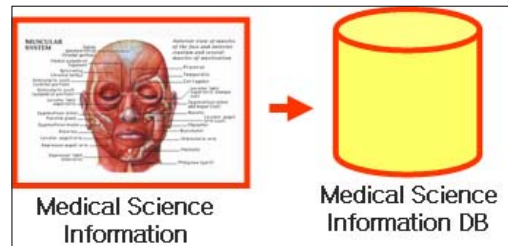
데이터베이스화 한다(그림 2).



(그림 2) 얼굴형 정보 데이터베이스

2.2 Medical Face Information 시스템

얼굴 역학적 구조 그리고 얼굴 부분의 근육 구성 등의 의학 자료를 데이터베이스로 구축하여 3D 얼굴 생성과 변형에서 근육과 얼굴 구조의 변화를 시스템에 반영할 수 있다(그림 3). 데이터베이스 구축을 통한 의학 정보와 멀티미디어 3D 그래픽 기술의 결합을 통한 보다 정확한 3D 얼굴 생성과 성형 후의 변화를 예측 할 수 있다.

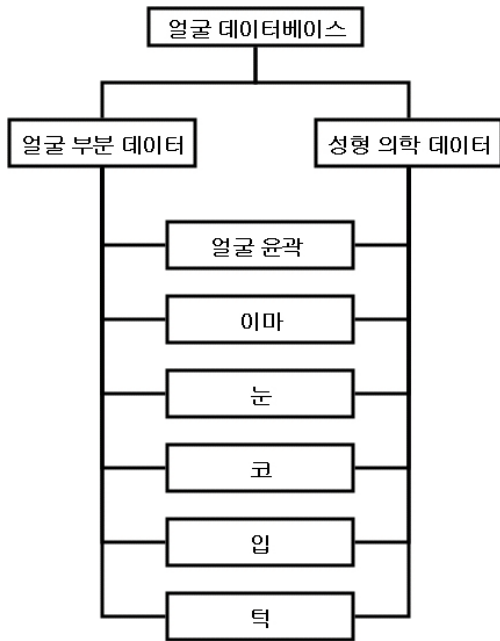


(그림 3) 성형 의학 정보 데이터베이스

한국인 선호 미인·미남 얼굴형 데이터를 통해 구축된 3D 얼굴 모델링 데이터와 성형 의학 정보 데이터를 얼굴 윤곽, 이마, 눈, 코, 입, 턱 등의 부분으로 분류하여 데이터베이스에 저장한다. 이렇게 분류된 데이터베이스는 3D 얼굴 모델링 기법에 얼굴 부분 데이터와 성형 의학 데이터가 3D 얼굴 모델링에 적용된다(그림 4).

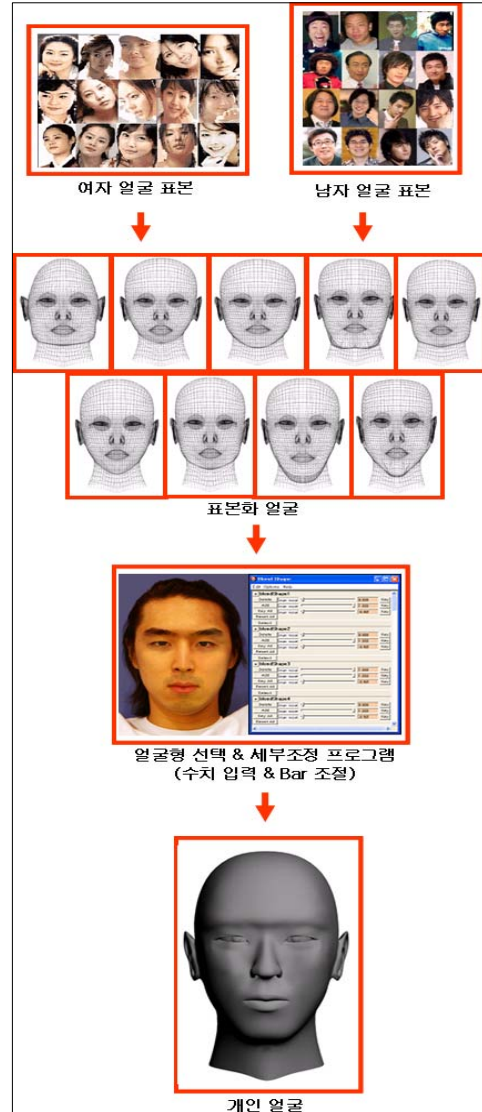
2.3 표준 얼굴형 기법

얼굴형 정보 데이터베이스 시스템을 통하여 수집된 한국 표준 얼굴 모델링 데이터를 토대로 일반(generic) 모델을 구축하고 이를 변형하여 다양한 얼굴형 데이터베이스를 구축하게 된다. 이렇게 구축된 얼굴형들을 토대로 이미지와 가장 흡사한 얼굴형을 생성하고 특징점 추출 및 변형을 통한 사실적인 3D 얼굴을 생성한다. 또한 세부 조절 프로그램을 통한 세부 조절도 가능하다.



(그림 4) 데이터베이스 분류도

일반(generic) 모델에서 사실적 3D 얼굴을 생성하기 위해서 사용되는 방법이 특징점 추출 및 변형 방법이다. 3D 한국인 표준 얼굴형을 기본 모델로서 사용하고 다양한 얼굴형 데이터를 얻기 위한 얼굴형을 모델링하기 위하여 2D 이미지에서의 특징점을 추출하여 특징점의 특징들을 일반 모델에 적용하여 일반 모델을 변형한다. 일반 모델의 변형방법으로 3D 변형 가능 얼굴 형상 모델 방법을 응용한다[4].



(그림 5) 표준 얼굴형 기법

n개의 버텍스들로 구성되는 3D 얼굴 형상 데이터의 수식은 다음과 같다[4].

$$S = (x_1y_1z_1, x_2y_2z_2, \dots, x_ny_nz_n)T$$

(여기서 $x_iy_iz_i$ 는 i번째 버텍스의 x, y, z 좌표를 나타낸다.)

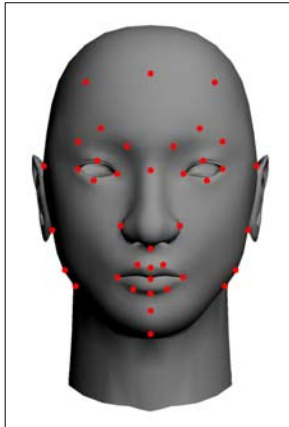
이제 m개의 일반 얼굴 모델 데이터에 대하여 PCA(Principal Component Analysis)하여, 평균 형상 벡터 S, 형상 주성분 모드 벡터 S_1, \dots, S_{m-1} 을 구하면, 임의의 3D 얼굴 형상

벡터 S에 대해 다음과 같이 3D 변형 가능 얼굴 형상 모델로 표현가능하다[4].

$$S = \bar{S} + \sum_{i=1}^{m-1} \alpha_i \beta_i$$

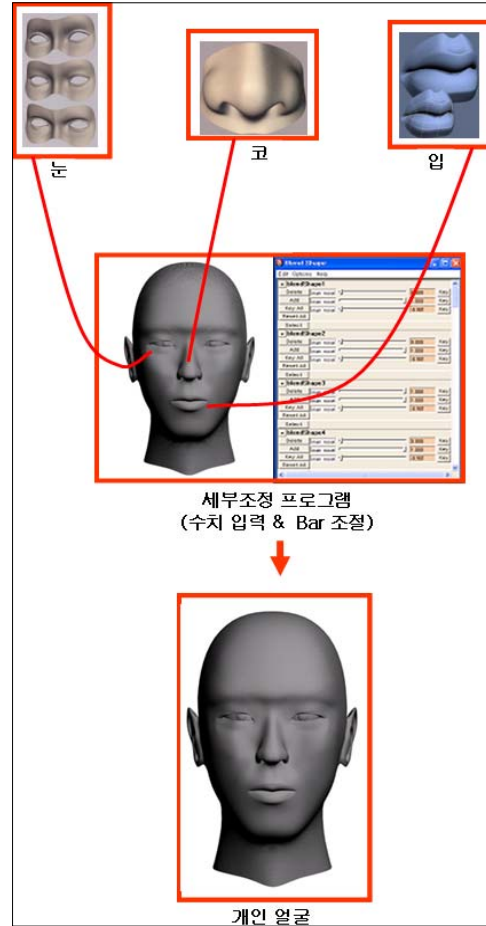
2.4 부분 결합 기법

얼굴형 정보 데이터베이스 시스템을 통하여 수집된 한국 표준 얼굴 모델링 데이터를 토대로 실제 모습과 같은 얼굴 부분 데이터를 데이터베이스를 활용하여 3D 얼굴 모델을 구성한다. 세부적으로 분류했던 코, 이마, 입, 눈, 얼굴 윤곽, 턱 등의 얼굴 부분 세부 자료들을 실제의 모습과 비교·분석하여 실제와 같은 얼굴 부분 데이터를 활용하여 얼굴을 구성하며 얼굴 성형 데이터를 적용하여 얼굴을 부드럽게 한다.



(그림 6) 40개의 얼굴 특징점

여기서 실제의 얼굴을 분석할 경우 이용하게 되는 특징점들은 MPEG-4 SNHC Adhoc Group에서 제안한 개개인의 얼굴의 특징점을 표현하는 43개의 얼굴 표현 변수(FDP)들 중 목 부분의 특징점을 제외한 40개의 얼굴 표현 변수를 활용한다(그림 6)[5].

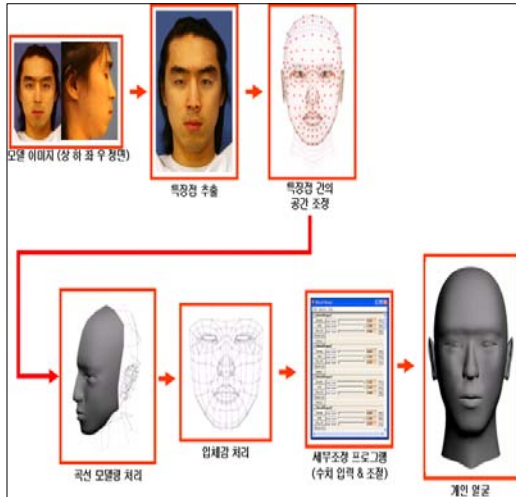


(그림 7) 부분 결합 기법

얼굴 부분의 데이터는 특징점을 중심으로 분석되며 특징점의 분석 데이터를 기본으로 하여 같은 얼굴 부분을 검색하게 된다. 각 부분들은 특징점을 중심으로 결합하게 되며 성형 의학 정보 데이터도 특징점을 중심으로 자연스러운 3D 얼굴 모델링을 위하여 각 얼굴 부분과의 정합 부분에 대한 처리가 잘 이루어지도록 적용된다. 또한 세부 조절 프로그램을 통하여 세부적인 수정 및 변경을 함으로써 보다 더 강력한 사실적인 3D 얼굴을 생성할 수 있고 특징들을 부각할 수 있다.

2.5 2D 이미지를 이용한 3D 얼굴 모델링

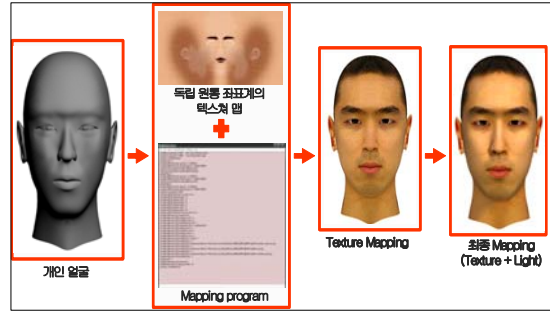
2D 이미지에서 3D 얼굴을 생성하는 방법으로 이미지의 얼굴 특징점 추출을 통하여 추출점 사이의 거리와 공간을 분석하여 특징점 간의 간격을 조절하고 생성한다. 특징점간의 간격과 공간 분석을 통하여 모델링을 하고 입체감을 조절하여 사실적인 3D 얼굴을 만든다. 생성된 얼굴은 세부 조절 프로그램을 사용하여 세부적인 수정과정을 거쳐 사실적인 3D 얼굴 모델을 생성한다. 이미지에서 특징점을 추출하는 방법에는 조명에 강하며 복잡한 얼굴 배경이나 자세에 따라 안정적으로 텍선의 특징점들을 추출할 수 있는 점진적 AAM(Active Appearance Model) 방법을 이용한다 [1][6][7].



(그림 8) 2D 이미지를 이용한 3D 모델링 기법

3. Face Mapping System

독립 원통형 좌표계 텍스처 맵 기술을 사용하여 3D로 모델링 된 얼굴의 표면에 알맞은 얼굴 스킨 이미지 데이터를 생성한다(그림 7). 이 생성된 이미지와 맵핑 프로그램을 통하여 모델링 얼굴 표면에 이미지가 맵핑이 된다. 프로그램이 세부조정을 통하여 모델링과 이미지의 미세조정을 하게 된다.

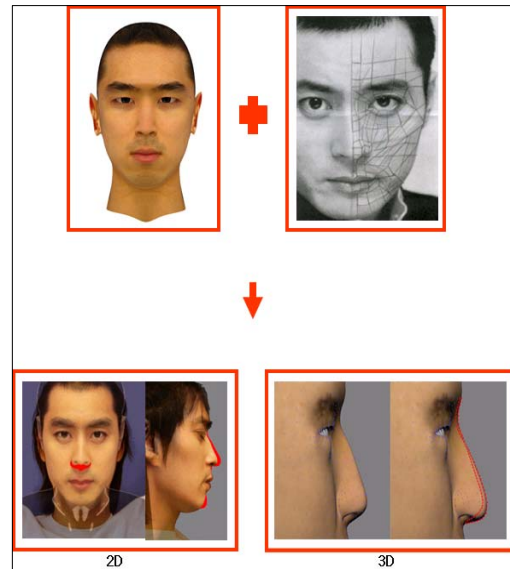


(그림 9) 얼굴 맵핑 시스템



(그림 10) 얼굴 맵핑 데이터

4. Customized Recommendation System



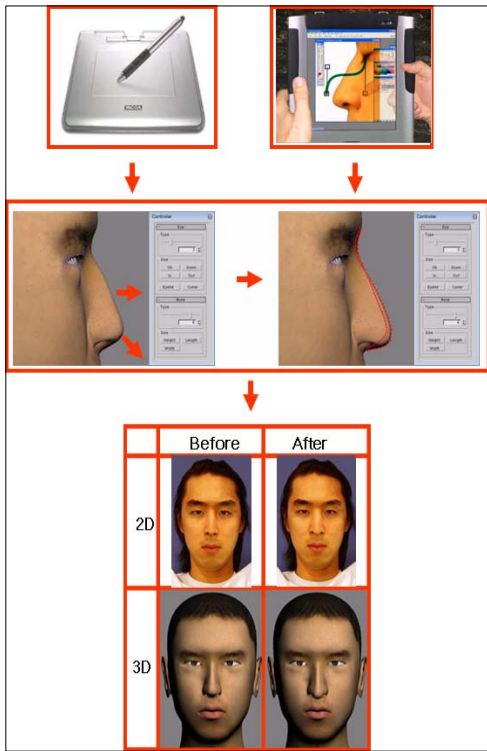
(그림 11) 개인 맞춤 시스템

얼굴형 정보 데이터베이스 시스템을 통하여 데이터베이스화 된 데이터를 활용하여 이상적인

얼굴형을 제시해주고 선호하는 얼굴형으로의 변형 시 의학 지식이 포함된 가이드라인을 제시해주는 시스템에 대한 연구이다. 개인에 따른 맞춤형 정보의 제시에 있어서도 얼굴형, 얼굴 부위별 등 다양한 방법이 있으며 이를 프로그램으로 구현하였다.

개인이 원하는 얼굴 부분을 데이터베이스 시스템의 데이터를 활용하여 3D 얼굴 모델에 적용하여 3D 얼굴 모델의 변화되는 모습을 확인할 수 있다. 또한 이미지의 변화도 확인할 수 있다. 원하는 부위에 원하는 형태의 얼굴 부분 모습을 적용하여 전과 후를 확인할 수 있게 한다.

5. Detailed Adjustment System



(그림 12) 미세 조정 시스템

쉬운 UI를 사용하여 모델링된 얼굴 형태를 미세 조정할 수 있는 시스템을 구현하였다. 3D 얼굴 모델링의 경우 근육의 움직임 및 얼굴 부위의 구성 등에 따라 미세한 조절만으로도 얼굴 전체가 영향을 받게 된다. 기존의 UI 인터페이스

의 활용은 미세한 조작에 불편함을 느낄 수 있으며 이를 개선하기 위한 방법을 구현하였다. 또한 세부조정 시스템을 추가하여 미세한 수치의 입력은 세부 조정 시스템의 수치 수정을 통하여 수정을 할 수 있다.

6. 결론 및 발전 방향

그래픽 기술 등 멀티미디어 기술의 발전은 보다 사실적이고 실제적인 환경을 구성하는데 많은 영향을 주었다. 또한, 컴퓨터 기술의 빠른 발전은 하드웨어의 성능에 의존하는 많은 작업들의 발전을 도왔다. 웹의 그래픽과 3D기술은 다양한 산업에 응용되며 보다 사실적인 모습을 표현하고 있다.

본 연구에서는 실제와 같은 3D 얼굴 모델을 구축하고 이를 활용하여 성형 후의 변화된 얼굴을 미리 확인할 수 있는 시스템을 설계, 구현하였다. 3D 성형 시스템은 3D 얼굴 생성 시스템, 맵핑 시스템, 개인 맞춤 시스템, 세부 조정 시스템으로 구성된다. 3D 얼굴 생성 시스템에는 사실적인 3D 얼굴 생성을 위한 4가지 방법을 제시하고 있다. 한국인 표준 얼굴 모델을 활용하여 특징점 추출을 통한 얼굴 변형 기법, 한국인 표준 얼굴 모델을 기반으로 얼굴 각 부분을 기반 얼굴 모델에 정합하여 새로운 얼굴을 생성하는 기법, 2D 이미지를 활용하여 3D 얼굴 모델을 구축하는 기법, 3D 스캐너를 활용하여 세부 부분을 조절하는 기법이 있다. 제안하는 시스템은 모델링의 구축이 쉽고 다양한 성형 부위 적용 및 빠른 결과 확인이 용이하다. 또한 세부적인 조정을 위한 시스템을 제공하여 얼굴이 가지고 있는 특징들을 세세하게 조절하고 변경할 수 있게 한다. 빠른 적용과 세세한 부분 수정을 통한 정확한 정보는 성형 후의 모습을 예측하는데 많은 도움이 되며 사용자에게 보다 높은 만족감을 줄 것이다.

참 고 문 헌

[1] 조세홍, "3D 얼굴 성형 제작 시스템 구현", 디지털 콘텐츠 학회, Vol. 9, pp.149-155, March 2008.

[2] 이종호, "한국인의 얼굴형 분석", 국정 브리핑

[3] 윤관현, "한국인 얼굴의 해부학적 분석에 관한 연구", 홍익대학교 미술대학원 회화전공 석사학위논문, Vol. 9, pp.149-155, March 2008.

[4] 장용석, 정선태, 김부균, 조성원, "3D 변형 가능형상 모델 기반 3D 얼굴 모델링", 한국 콘텐츠 학회, 2008

[5] 김종찬, 박경숙, 정선인, 허영남, 김응곤, "적은 수의 특징점을 이용한 얼굴 사진의 3차원 모델링 시스템", 한국정보과학회 봄 학술발표 논문집, Vol. 28, no.1, 2001.

[6] Ansari, A., Abdel-Mottaleb, M, "3-D Face Modeling 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.

[7] 정선태, "점진적 AAM을 이용한 강인한 얼굴 윤곽 검출", 한국 콘텐츠 학회 논문지, pp.11~20, 2007.

[8] 이혜정, 정석태, "임의의 얼굴 이미지를 이용한 3D 얼굴 모델 생성에 관한 연구", 한국컴퓨터정보학회논문지, 제12권, 2호, May, 2007.

[9] W. Zhao and R. Chellappa, "Face Processing: Advanced Modeling and Methods", Elsevier, 2005.

[10] Y. Hu, D. Jiang, S. Yan, L. Zhang, and H. zhang, "Automatic 3D reconstruction for face recognition", Proc. 6th IEEE Int'l Conf. on Automatic Face and Gesture Recognition, pp.843-848, 2004.

[11] T. F. Cootes, D. J. Edwards, and S. J. Taylor, "Active Appearance Models", IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell, Vol.23, No.6, pp.681-685, 2001(6).

[12] 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 pproach," International Journal of Computer Vision, Vol.58, No.2, pp.93-119, 2004(6).

이 철 용



2008년 : 한성대학교 멀티미디어학과 졸업
 2008년~현재 : 한성대학교 디지털문화기술콘텐츠학과 석사과정

관심분야 : 멀티미디어응용, 가상현실, 디지털콘텐츠

김 일 민



1984년 : 경북대학교 전자과 졸업
 1995년 : 아리조나 주립대학교 전산학 박사
 1985년~1987년 : 전자통신연구원 무선통신단 연구원

1996년~1997년 : 삼성 데이터 시스템 책임
 1997년~현재 : 한성대학교 컴퓨터 공학과 교수
 관심분야 : 자바 분산 처리, 인터넷, 멀티미디어 응용

조 세 홍



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

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