

컴퓨터그래픽스를 이용한 사실적인 3D 인물 일러스트레이션의 표현

Realistic 3-dimensional using computer graphics
Expression of Human illustrations

주저자 : 김훈 (Kim Hoon)
성신여자대학교 산업디자인과

“ 이 논문은 2004년도 성신여자대학교 학술연구조성비 지원에 의하여 연구되었음 ”
(This work was supported by the Sungshin Women's University Reserch Grant of 2004)

1. 서 론

2. 3d를 이용한 얼굴표현

2-1 피겨링 (figuring)

2-2 맵핑 (mapping)

2-3 렌더링(rendering)

3. 케이스 스터디

3-1 단계별 제작과정

3-2 설정 및 평가기준

4. 결 론

참고문헌

(要約)

사람의 얼굴은 정체성의 시각적 상징이다. 사람마다 각기 다른 얼굴 모습은 타인과 구별할 수 있도록 하는 중요한 역할을 하면서 개인의 정체성과 직결된다. 역사적으로 볼 때 얼굴에 대한 시대적 인식의 변화와 함께 표현매체와 커뮤니케이션매체가 다양해지고 발전함에 따라 얼굴을 표현하는 것에도 많은 변화가 있었다. 그러나 지금까지 얼굴에 대한 사람들의 관심과 주목이 컸던 적이 없었다. 기술적으로는 컴퓨터그래픽스의 등장으로 얼굴표현의 새로운 전기를 맞이하게 되었다. 특히 시각 이미지들이 디지털형태로 제작, 저장, 전송할 수 있게 되어 시간적, 공간적 제약이 없어지면서 시각이미지정보는 커뮤니케이션에서 그 비중이 전보다 더 커지고 있다. 그 중에서 디지털로 만들어진 얼굴 이미지는 그 활용도가 점차 확대되고 있다. 이에 따라 컴퓨터그래픽스를 이용한 얼굴의 3d (3-dimensional) 표현은 수년전부터 얼굴 각 부분의 형태와 텍스처 맵 등 각 요소들을 필요할 때 마치 퍼즐 조각처럼 조립해서 전문적인 기술이 없이도 손쉽게 표현할 수 있게 되었다. 본 연구에서는 3d 얼굴표현의 제작단계별 내용을 연구하고 그 결과를 바탕으로 케이스 스터디에서 시각화함으로써 3d 전문가가 아닌 일반 시각디자이너들이 3d 형태의 얼굴을 효과적으로 표현하는 방법을 연구한다.

(Abstract)

A human face figure is a visual symbol of identity. Each different face per person is a critical information differentiating each person from others and it directly relates to individual identity. When we look back human history, historical change of recognition for a face led to the change of expression and communication media and it in turn caused many changes in expressing a face. However, there has not been no time period when people pay attention to a face more than this time. Technically, the advent of computer graphics opened new turning point in expressing human face figure. Especially, a visual image which can be produced, saved, and transferred in digital has no limitation in time and space, and its importance in communication is getting higher and higher. Among those visual image information, a face image in digital is getting more applications. Therefore, 3d (3-dimensional) expression of a face using computer graphics can be easily produced without any professional techniques, just like assembling puzzle parts composed of the shape of each part and texture map, etc. This study presents a method with which a general visual designer can effectively express 3d type face by studying each producing step of 3d face expression and by visualizing case study based on the above-mentioned study result.

(Keyword)

Illustration, Human Figures , 3D Modeling

1. 서론

사람의 얼굴을 표현한다는 것은 인간에게는 본능적이고 원초적인 욕구라고 할 수 있다. 따라서 인간의 얼굴은 오래 전부터 회화나 조각 및 공예 등의 조형표현에 있어서 중요한 테마였다. 한편 사람의 얼굴을 표현한 초상에 대한 개념은 시대와 지역 및 문화의 차이에 따라 변화되어 왔다. 예전에는 주로 화가나 조각가가 얼굴을 주제로 표현하던 것이 18세기 사진술과 영화기술이 발명되면서 인간의 얼굴 표현이 전문적인 기술 없이도 기계를 이용해서 손쉽게 표현할 수 있게 되었다. 20세기에 들어서는 방송매체의 발전에 따른 얼굴의 시간적, 공간적인 제약이 사라지면서 얼굴의 형태는 상업화, 대중화 되었으며 현대에 들어서 컴퓨터그래픽스를 이용한 인물 표현으로 그 표현 범위가 더욱 넓어지고 있다. 특히 컴퓨터그래픽스를 바탕으로 한 새로운 시각미디어는 평면적인(2-dimensional) 표현을 넘어 입체적인(3-dimensional) 표현, 나아가 영상 표현까지 가능하게 되었다. 시각디자인의 일러스트레이션 분야에서는 컴퓨터그래픽스를 이용한 평면적인 표현에서는 이미 사진처럼 사실적인 표현이 가능해졌다. 그러나 얼굴의 3d 표현은 아직도 고사양의 하드웨어와 고가의 소프트웨어가 필요하며 이에 따른 조작, 표현 기술에 상당한 훈련과 전문성을 요구하고 있다. 그러나 최근 3d 인체모델링 전용 툴이 개발되면서 3d 인체 표현에서 기존에 수작업으로 만들어왔던 얼굴의 3d shape 제작방식 외에 이미 만들어진 기본적인 인물 모델 중에서 선택해서 형태의 일부분을 이용해 새로운 얼굴 형태의 shape 만들거나 사진 등을 이용한 광학적인 방법으로 손쉽게 3d 얼굴의 shape를 얻을 수 있게 되었다. 기본적인 얼굴의 shape 제작이 쉬어지면서 좀 더 섬세하고 감성적인 얼굴의 표현에 그 초점이 맞추어져야 할 필요가 있게 되었다. 특히 3d로 만들어진 얼굴이 영상표현으로 연결되면서 얼굴 표정의 섬세한 변화에 까지 표현이 가능하게 된 것이다. 이러한 기술적인 발전은 디지털로 만들어진 얼굴의 활용 범위가 대폭 확장될 수 있다는 것을 의미한다.

연구목적

시각정보디자인에서도 그동안 인간의 얼굴은 여러 장르에서 다양한 시각매체를 통해 폭넓게 활용되어왔다. 최근 디지털매체의 표현 비중이 높아지면서 시각정보디자인에서도 얼굴의 디지털 3d 표현이 디지털매체를 중심으로 조심씩 사용되기 시작하고 있다. 그러나 얼굴은 우리가 일상적으로 주변이나 여러 시각매체를 통해 밀접하게 접하는 것이기 때문에 그 표현 결과에 대해 매우 민감하고 감성적으로 반응한다. 따라서 표현된 얼굴이 약간만 부자연스러워도 부정적인 결과를 가져올 수 있다. 3d로 만들어진 얼굴표현이 마치 마네킹처럼 차갑고 인간미가 없다면 별 매력 없을 것이다. 이러한 점을 극복하기 위해서는 얼굴 shape의 정밀한 표현 뿐 아니라 얼굴의 피부감, 표정, 조명, 카메라 앵글 등의 설정 등의 부수적인 표현에 더욱 관심을 가져야한다. 본 연구는 기존의 컴퓨터그래픽스에서 전문가들이 Maya나 3ds Max와 같은 일반적인 3d tool을 이용해서 얼굴의 shape 표현과정을 재현하려는 것이 아니라 일반인들도 쉽게 접근할 수 있는 3d 인체전용 툴을 이용하여 기존에 만들어진 얼굴이나 모발, 의상 등의 3d shape들을 조합해서 손쉽게 인체표현을 할 수 있는 가능성을

케이스스터디를 통해 실증하려는 것이 본 연구의 주 목적이며 그 표현과정에서 얼굴 shape 제작 보다는 감성적인 요소인 피부질감을 만드는 스킨 맵의 제작에 중점을 두었다. 앞으로 시각디자이너들이 지금보다 훨씬 더 손쉽게 3d로 만들어진 얼굴 형태를 이용하여 시각정보디자인의 여러 분야에서 더 폭넓고 적극적으로 활용되었으면 하는 것이 본 연구자의 바람이다. 연구 동기는 다음과 같다.

- ① 컴퓨터그래픽을 이용한 얼굴의 3d 표현은 기존의 시각 표현매체에 비해 많은 시간과 노력 및 숙련된 전문성을 요구한다. 그러나 일단 기본형태가 만들어지면 얼굴 표현의 세부적인 조정이 가능하고 표현의 폭이 넓어질 수 있는 장점이 있다.
- ② 최근 3d 인체모델링 전용 툴이 개발되면서 손쉽게 얼굴의 shape를 만들 수 있게 되었다. 그 대신 얼굴 표현에서 감성적인 요소에 대한 비중이 높아져야 한다.
- ③ 3d 얼굴형태가 영상표현과 연결되면서 감성적인 표현의 중요성이 높아지며 이에 따라 기존 시각매체 및 영상매체에서의 활용도가 증가할 것으로 예상된다.
- ④ 시각정보디자인에서는 기존 사진매체를 이용한 사실적 묘사의 인물표현의 한계를 벗어나 인물표현에서 보다 다양하고 창조적인 표현 범위 확장의 가능할 것이다.

연구범위

어떤 시각표현매체를 사용하는 인간의 얼굴을 표현하는 과정에서는 얼굴에 대한 시대별 인식의 변화과정과 사회, 문화적 요인에 따른 얼굴에 대한 개념적인 측면과 얼굴 형태의 구조를 분석하고 얼굴의 표정 등의 실제적이고 시각적인 측면의 연구가 필요하다. 그러나 그 연구 범위가 너무 광범위해지기 때문에 본 연구에서는 컴퓨터그래픽스를 이용한 3d 얼굴 표현의 실제 제작과정을 중심으로 연구했다.

연구방법

얼굴의 3d 표현의 제작과정을 단계별로 구분하여 연구하고 그 결과를 토대로 케이스 스터디를 통한 최종적인 결과물을 제시한다. 본 연구의 케이스 스터디에서 figuring은 특정 모델을 촬영한 사진을 이용한 광학적인 방법을 사용했다. 여기에서 얻어진 모델의 얼굴 shape 데이터를 얼굴 전문프로그램인 'FaceGen'을 통해 수정, 세밀화 작업을 했다. 또한 3d 인체모델링 전용프로그램인 Poser6을 사용하여 모발과 같은 기존 데이터를 조합 완성했다. 본 연구에서는 각 제작 단계별로 여러 방식으로 표현하고 그 장단점을 분석했다. 본 연구의 케이스 스터디를 위해 여러 종류의 인체 모델링 전문프로그램들을 사용했으며 특히 'FaceGen'과 'Poser6'를 주로 사용했는데, 'FaceGen'은 얼굴 모델링이 광학적인 방법으로 가능하며 얼굴 3d shape의 morphing을 연령별, 성별, 인종별로 구분하여 파라미터 다이얼 형식으로 조절할 수 있는 전문적이고 섬세한 기능을 갖추고 있었다. 'Poser6'는 몇 안 되는 3d 인체전문 툴로서 '3ds Max'나 'Maya'와 같은 3d 토탈 솔루션 프로그램과 달리 인체표현에 세부적이고 섬세한 표현이 가능한 기능들이 있기 때문에 본 연구에서 목적과 부합되는 프로그램이라고 판단되었다. 본 연구에서는 이 외에도 'UVmapper' 등의 간단한 유틸리티들을 함께 사용했으며 스킨텍스처의 제작이나 렌더링 과정이 완료된 이미지는 'photoshop'에서 부분적으로 리터치 했다. 실제 케이스 스터디에서는 본 연구에 수록된 내

용 외에도 여러 가지 프로그램을 사용하여 그 결과를 비교해 보았다. 그러나 그 결과는 매우 세부적이고 전문적인 내용이기 때문에 본 연구에서는 제외했다.

2. 3D를 이용한 얼굴표현

초기 컴퓨터그래픽스를 이용한 얼굴의 3d표현에서 얼굴의 shape를 제작하는 모델링과정은 모델의 실물을 직접 이용하거나 입체형태의 얼굴 조상을 제작해서 디지털화하는 방식이 주로 사용되다가 3d 소프트웨어의 shape 제작기능이 발전하면서 사진자료들을 바탕으로 컴퓨터상에서 직접 shape를 만들었는데, 요즘은 레이저를 쏘아 손쉽게 인물의 3d 데이터를 얻을 수 있다. 이런 여러 방법을 통해 인물의 3d 데이터를 만드는 과정을 '모델링 과정'이라고 한다. 인물의 3d 캐릭터를 이용해서 애니메이션작업이 필요한 경우 캐릭터가 정확한 명령대로 움직일 수 있는 상태로 만드는 '캐릭터 셋업(character set up)' 작업을 거친다. 이것은 애니메이터가 일일이 모션을 지정해 주거나, 실제 사람처럼 뼈대를 넣고 그 위에 근육을 입히고 피부를 얹는 방식을 사용한다. 셋업이 완료되었으면 뼈대에 재질을 입히는 작업을 해야 한다. 옷이 나 머리카락의 질감이 나도록 캐릭터에 생명을 불어넣는 것이다. 이것을 '텍스처링(맵핑)'이라고 한다. 이렇게 맵핑이 완료되고 최종적인 '렌더링' 과정까지 끝나치면 사실적인 얼굴의 이미지가 만들어진다. 이 과정에서 3d를 이용한 얼굴표현은 이제까지 주로 얼굴 형태의 shape 제작에 비중을 두었다. 그러나 일단 완성된 shape의 표면을 구성하는 얼굴의 스킨 텍스처의 제작이나 나 얼굴의 표정 연출 및 카메라, 조명, 배경 등의 환경설정이 섬세하게 조정된 후 최종적으로 렌더링 및 리터치의 과정의 작업을 통하면 보다 사실감 있는 얼굴의 표현이 가능하다. 얼굴 형태의 shape 제작이 단순, 기술적인 과정이라고 할 때 스킨 텍스처의 제작이나 표정연출, 환경연출 등의 과정은 감성적인 표현과정이라 할 수 있다.

2-1 피겨링(figuring)

얼굴의 3d 조형과정은 기본적인 원형이 만들어지면 완성된 조형의 편집은 얼굴 shape의 형태 수정 및 형태를 정교하게 하는 morphing 과정과 표정 표현을 위한 인터랙티브한 조정을 의미하는 expression의 개념으로 구분해야 한다. 3d tool을 이용한 얼굴 shape 제작은 표현 기술적인 측면이 강하기 때문에 고도의 숙련된 기술과 제작에 있어 많은 노력을 필요로 한다. 특히 얼굴표현이 3d를 넘어 영상표현과 연결되면서 얼굴 shape 제작 보다 얼굴의 형태조정과 표정연출에 중점을 둔 조형작업이 요구되고 있다. 다양하고 섬세한 표정의 변화를 표현하기 위해서는 얼굴형태의 편집에서 인터랙티브한 기능과 섬세한 조정이 가능한 조형방식이 요구된다.

얼굴 shape의 조정

얼굴 shape 만드는 방법은 spline, polygon, nurbs 등 여러 방식이 있으며 3d tool로 직접 만드는 방식과 얼굴의 모형을 만들어 그리드를 입혀서 디지털화하는 방식, 사진이나 3d카메라 등을 이용한 광학적인 방식 등을 사용해서 보다 손쉽게 얼굴의 조형작업을 가능하게 하고 있다. 얼굴의 shape를 얻는 방법은 다음과 같다.

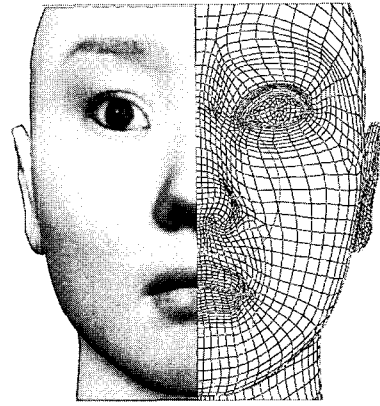


그림 1 FaceGen에서 만든 얼굴의 3d shape

- ①수작업 방식: 높은 숙련도와 제작시간이 많이 소요되며 제작하는 사람의 수준에 따라 자연스러운 느낌이 다소 결여될 수 있지만 별다른 장비와 경비가 필요하지 않고 수치 입력에 따른 정확성이 있으며 실제 하지 않는 가상의 인물이나 형태를 창조할 수 있다. 수작업방식에는 1)polygon 방식, 2)patch 방식, 3)nurbs 방식, 4)surface 방식 등이 있다. 기타 software에 따라 수작업방식에는 여러 가지 방식이 있다.
- ②모형제작방식: 비교적 사실적인 표현이 가능하며 모델제작이라는 과정에서 모델러의 숙련된 기술이 요구되고 3d 디지털화 장비가 필요하다.
- ③광학적인 방식: 실제 하는 형태만 표현이 가능하고 수학적 정확함이 떨어지며 사진촬영과정에 다소 기술적인 측면이 고려되어야 하거나 3d 카메라의 경우 고가의 장비가 필요하다. 이렇게 다양한 얼굴 shape 제작방식들은 각기 장단점이 있으며 표현 목적에 따라 적합한 제작방식을 사용해야 한다.

얼굴 shape의 조정 (morphing)

일단 완성된 얼굴 shape는 3d 프로그램에서 vertex를 조절하거나 수치입력방식을 통해 편집할 수 있다. 얼굴형태의 편집은 일반적인 오브제의 편집과는 달리 더 복잡한 양상을 띠게 된다. 즉 얼굴형태의 편집은 얼굴의 특징적인 형태를 편집하는 것과 얼굴의 표정변화에 따른 편집이 필요하다. 전자의 편집은 일반적인 오브제의 편집과 같지만 후자의 편집은 인터랙티브한 기능이 있어야 섬세한 표정과 영상표현에서 시시각각

- 1) polygon 방식: 전통적인 모델링 방식으로 vertex, edge, face를 수정해 가면서 작업을 하는 방식으로 섬세한 표현은 다소 어렵지만, 작업환경이 가벼워 real-time rendering game에서 주로 사용한다.
- 2) patch 방식: 삼각형이나 사각형의 천(patch)과 같은 면을 생성, 또는 weld를 이용, 점들을 이어가면서 완성해 가는 방식이다. 다소 작업용량이 많이 드나 유기적인 모델링을 하기에 수월하다.
- 3) nurbs 방식: 가장 부드러운 면을 나타내 주는 방식으로 CV(control vertex)를 조절해서 형태의 수정과 편집으로 면을 생성해서 작업을 한다. 곡면 표현이 쉽고 보기에는 간단하게 보이지만 수많은 mesh를 가지고 있기 때문에 display 속도가 느리고 시스템 사양도 좋아야 작업하기에 수월하다.
- 4) surface 방식: surface는 vertex 3~4개로 spline이 그려져야 면이 생성되는 것으로 mesh, patch와의 호환이 되고, 섬세한 표현이 가능하다.

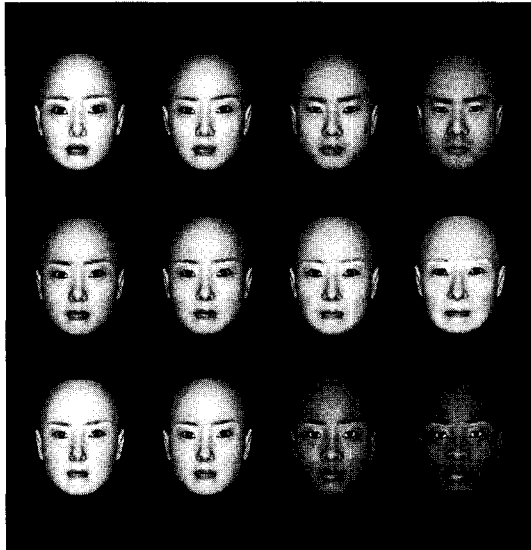


그림 2 FaceGen의 파라미터 다이얼을 이용한 morphing 사례
맨 윗줄- 성별조정, 중간줄- 연령조정, 아랫 줄- 인종조정

표정의 조정이 가능한 방식이 된다. 따라서 표정연출에 따른 얼굴 shape의 조정은 별도의 software적인 처리가 필요하며 수치입력과 파라미터 다이얼(parameter dial)방식의 realtime editing 방식으로 처리되어야 한다. 얼굴형태 편집의 파라미터 다이얼방식은 다음과 같은 기능이 요구된다.

- ① 얼굴형태의 특징을 결정하는 요소로서 최소한 인종별, 연령별, 성별 조정이 가능해야 한다.
- ② 형태요소로서 얼굴 전체 및 각 부위의 고저, 길이, 곡률, 비례, 다른 요소와의 위치 등을 조정할 수 있어야 한다.
- ③ 얼굴 외의 인체 전체를 표현할 경우 동작요소로서 인물 각 부위의 동작과 움직임을 조절할 수 있는 기능이 필요하다.

모발의 표현 (hairstyling)

모발은 전체 얼굴면적에서 모발이 차지하는 면적을 고려한다면 그 중요성이 얼굴 못지않게 중요하다. 모발은 머리가닥 한 올마다 독자적인 형태로 이루어졌지만 동시에 전체적으로 하나의 덩어리로 취급할 수 있다. 따라서 모발은 얼굴형태에 비해 형태의 유동성과 가변성이 높기 때문에 표현기술적인 측면에서는 매우 난이도가 높고 전문적인 기술을 요구한다. 특히 모발표현에서는 헤어스타일, 색상, 윤택도, 머릿결의 탄성 등에 따라 인물의 섬세한 감성적 표현이 가능하다. 3d를 통한 모발표현의 기술적인 부분은 그동안 여러 방법들이 있었지만 결국 핵심은 머리카락 하나씩을 개별화시켜 표현하느냐 그렇지 않으면 전체적인 덩어리로 처리하느냐가 관건이 된다. 따라서 모발 표현방식은 대략 다음의 3가지 방법으로 요약할 수 있다.

- ① 전체 shape로 처리: 모발 전체를 하나의 shape를 만들고 텍스처 맵으로 보완하는 방법이다. 특히 bump map을 함께 적용하면 효과적이다. 이 방식은 인물의 포즈변화에 따라 모발의 형태변형이 없기 때문에 매우 부자연스럽고 딱딱한 느낌이 든다. 그러나 경기장의 관객처럼 인물의 중요도가 떨어지는 경우 사용하는 low polygon타입의 인물표현에 적합하다.
- ② layer 방식의 처리: 헤어스타일에 따라 모발을 그룹화 시켜

서 처리하는 방법으로 transparency map이 필요하다. 중간 정도의 밀도를 가진 polygon으로 만들어진 얼굴에 적합하며 처리에 따라서는 상당히 사실적인 표현이 가능하고 자연스러운 느낌을 들게 한다. 이 방식은 모발을 몇 개의 커다란 덩어리로 처리하면서 모발 개별적인 느낌을 주기위해 트랜스 맵을 사용하면 상당히 정교한 머릿결의 이미지를 얻을 수 있다. 그렇지만 모발을 전체 shape로 처리하는 경우와 동일하게 인물의 동작변화에 따른 변형이 어렵고 영상표현으로 연결될 경우, 머리의 움직임이 마치 가발을 쓴 것처럼 부자연스럽다. 이런 점을 보완하기 위해 모발을 구성하는 덩어리별로 포핑 파라미터 기능을 추가하면 다소 자연스러운 느낌을 표현할 수 있다. 그러나 모발 텍스처와 특히 트랜스맵을 만드는 과정에 매우 섬세한 표현기술이 요구된다. (그림 3 참고)

③ 개별 머리카락의 처리: 모발의 머리카락 하나하나를 개별적으로 처리하는 방식이므로 모발 표현방식 중 가장 정교한 표현이지만 데이터양이 엄청나게 증가하게 되므로 제작시간과 렌더링 시간이 길어지고 높은 사양의 장비가 요구된다. 그러나 영상표현으로 연결될 경우 머리카락 개별형태에 gravity를 적용할 수 있기 때문에 사실적인 형태에 사실적인 움직임까지 줄 수 있다. 그러나 움직임이 거의 없는 모발부분을 ②의 레이어방식과 혼용하면 머리칼을 풍부하게 보이게 할 수 있고 데이터양도 많이 줄일 수 있다. 결론적으로 모발의 여러 가지 표현방식은 장단점이 있기 때문에 얼굴표현의 목적과 얼굴을 구성하는 폴리곤의 밀도 및 4d 표현과의 연결여부에 따라 결정해야 한다.

2-2 맵핑(mapping)

얼굴의 3d 제작과정이 완료된 shape는 사실감을 주기위해 얼굴의 피부색상과 재질감을 표현해야 한다. 인물 figure에 표면 텍스처 맵을 적용하는 과정은 인물의 사실적이고 감성적인 표현 결과를 얻기 위해서 매우 중요하고 섬세한 기술을 요구하는 과정이다. 일반적으로 3d로 표현된 shape에 표면 색상을 부여하는 방법은 대상 형태에 특정 색상을 지정하는 방법과 2d 이미지파일을 불러와서 씌우는 방식이 있다. 후자의 방식으로 사용하는 2d 이미지를 texture map이라 한다. texture map은 3d 페인팅 툴을 사용해서 화면상의 3d 형상에 직접 그리는 방식과 2d 페인팅 툴을 이용해서 그리거나 인물의 사진 이미지를 이용해서 만들 수 있다. 문제는 이렇게 만들어진 얼굴의 맵을 얼굴의 형태에 정확한 위치에 입혀야 하는데 건 축물이나 제품과 같은 인공적인 3d형태는 구조가 얼굴에 비해 단순하기 때문에 맵핑 과정에서 좌표를 조금씩 조정해서 맞출 수가 있지만 얼굴의 경우는 형태의 굴곡이 매우 불규칙하기 때문에 특정한 위치에 텍스처 맵을 정밀하게 적용하기가 매우 어렵다. 보통의 3d shape에 맵을 적용하는 맵핑 방식은 형태에 따라 몇 가지 효과적인 방식이 있지만 얼굴처럼 굴곡이 많고 불규칙한 형태는 UVmap 방식이 효과적이다. UVmap 방식을 사용한 텍스처 맵을 만들기 위해서는 먼저 그리드형태로 된 특정 얼굴형태의 템플릿가 만들어져야 한다. 템플릿가 만들어지면 그것을 이용해서 정확한 위치에 텍스처 맵을 만들어 적용하게 되고 그 좌표는 3d 데이터에 기록되는 방식을 사용하는 것이 obj형식의 3d modeling이다. 현재 'Poser', 'Rhino', 'Wavefront' 등 여러 3d 툴에서 이 형식

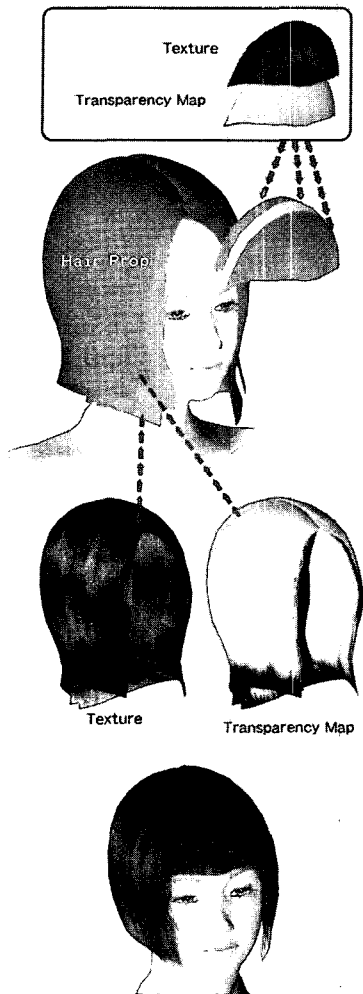


그림 3 레이어방식을 사용하여 모발을 만드는 과정 - skin map과 transparency map을 사용. (자료출처: www.kozaburo.co.jp)

을 지원하고 있다. 사실적이고 섬세한 얼굴의 피부 감을 표현하기 위해서는 UVmap 방식의 텍스처 맵을 만들어 씌우는 방법이 가장 정교하고 사실적인 결과를 얻을 수 있었다.

1) 맵핑소스

얼굴의 피부는 여러 가지 재질감을 가진 부분으로 구성되어 있다. 따라서 얼굴의 피부표현에는 여러 종류의 맵을 필요로 한다. 얼굴 맵의 종류를 정리하면 다음과 같다.

- ① skin map : 얼굴 전체적인 피부의 색상과 같은 기본적인 2d 텍스처를 표현.
- ② bump map : 얼굴의 표면 촉각적인 질감을 표현.
- ③ transparency map : 눈썹이나 속눈썹 등의 특정한 부분이 투명 처리되는 섬세한 표현.
- ④ reflection map : 눈의 동공, 홍채, 흰자위 및 치아의 광택의 사실적으로 표현.

특히 눈의 경우 위의 4가지 맵이 모두 적용되면 매우 자연스럽게 사실적인 표현이 가능해진다. 얼굴에서 부위별로 필요한 맵을 정리하면 다음과 같다.

	skin map	bump map	trans. map	reflect. map
얼굴	○	○	X	X

눈	○	○	○	○
입	○	○	X	X
모발	△	△	△	X

표 1 얼굴의 부위별 텍스처 맵의 종류와 사용여부

위의 표에서 대부분 부위는 두 가지 이상의 맵을 사용하지만 모발의 경우는 표현방법에 따라 skin map, bump map 또는 transparency map 등을 사용한다.

2) 맵핑방식

얼굴에서 맵핑방식은 3d 형태에 위에서 만들어진 여러 가지 텍스처 맵을 shape에 적용시키는 방법으로 일반적으로 shape의 형태 특성에 따라 box, planar, spherical, cylindrical 등의 여러 맵핑 방식을 사용하지만 얼굴의 경우 planar방식이나 cylindrical방식이 사진이미지를 효과적 이용할 수 있었다. 예를 들면 planar 방식은 제작이 용이하고 얼굴 뒷면의 표현이 가능하지만 렌더링되었을 때 측면 얼굴의 섬세한 피부감이 부족한 결점이 있었으며 cylindrical방식은 스킨 텍스처 제작에 다소 섬세한 작업을 요구하지만 얼굴 전체의 피부감 표현에 장점이 있었다. 단 머리 뒷부분의 표현이 자연스럽게 못한 것이 단점이지만 머리 뒤쪽은 모발로 덮여있기 때문에 cylindrical방식이 얼굴표현에서는 가장 장점이 있는 방식이었다.

2-3 렌더링(rendering)

앞에서 3d 얼굴표현의 제작과정 중에서 얼굴 shape 만드는 figurering과 모발을 표현하는 hairstyling과정 및 얼굴의 피부감을 표현하는 mapping과정에 대한 세부적인 사항을 알아보았다. 이제 얼굴표현에서 마지막 과정으로 3d형식의 표현을 2d 표현으로 transfer하는 과정으로 렌더링이 남아있다. 렌더링방식 역시 표현 기술적으로 다양한 렌더링 방식이 있으며 대표적인 렌더링 방식으로 5)스캔라인과 풍쉐이딩 (scanline & phong shading), 6)스캔라인, Z-버퍼 알고리즘 (scanline, Z-buffer algorithm), 7)raytracing, 8)radiosity & raytracing 등이

5) 스캔라인과 풍쉐이딩 (scanline & phong shading) : 스캔라인은 물체의 거의 모든 질감을 표현할 수 있으며 그림자도 만들 수 있다. 그러나 이 알고리즘은 phong shading과 같은 성질을 가지고 있으므로 굴절, 반사 등을 표현하지 못한다. 풍 쉐이딩은 오직 폴리곤만 렌더링할 수 있다는 단점이 있다.

6) 스캔라인, Z-버퍼 알고리즘 (scanline, Z-buffer algorithm) : 이 방식은 스크린상의 왼쪽 상단으로부터 주사선(rasterline)을 따라 아래로 내려가면서 이미지를 디스플레이하기 때문에 마치 스캐너가 위에서 아래로 스캐닝 하는 것을 연상시킨다. 이 방식은 폴리곤 수에 크게 구애받지 않고 렌더링 시간이 일정하게 유지되지만 렌더링의 질이 낮다. 또한 스캔라인 알고리즘이 메모리 소비가 적고 transparency와 쉐이딩을 표현하는데 비교적 유리한데 반해 Z-buffer알고리즘은 사용하기 쉽고 적용이 간편하여 폴리곤이 많더라도 빠르게 실행되는 장점이 있지만 메모리 소모가 많다는 점과 추가적인 코드 없이는 transparency를 표현할 수 없는 단점이 있으며 그림자의 생성에 시간이 오래 걸린다.

7) raytracing : 이 방식은 스캔라인과 레이트레이싱 모드의 조합이다. 레이트레이싱 모드는 스캔라인 모드가 사용될 수 없는 부분에만 적용된다. 즉 hard shadow, transparency, light refraction(빛의 굴절) 등이 계산되어야 할 부분에는 레이트레이싱이 적용된다.

8) radiosity & raytracing : 이 알고리즘은 지금까지 알려진 렌더링 알고리즘 중에서 가장 사실적인 이미지를 창조해낼 수 있는 것이지만 엄청난

있다. 표현의 목적에 따라 적합한 방식을 사용할 수 있도록 그 방식의 장단점을 이해할 필요가 있다.

렌더링 환경요소의 조정

렌더링방식의 기술적인 측면 외에도 광선과 카메라(시점) 기타 배경 등 오브제에 직접적으로 영향을 주는 환경요소의 조정은 얼굴의 감성적인 표현에서 매우 중요한 요소로 작용한다. 이 외에도 최종 렌더링 결과물의 저장형식 및 저장크기 등의 설정을 렌더링 이미지의 사용 목적에 적합하게 지정하는 점도 중요하다. 렌더링된 이미지는 최종적으로 포토샵과 같은 이미지프로세싱 전용 프로그램에서 화면 전체 또는 부분의 색조의 조정이나 형태의 세밀한 부분을 수정하기도 하고 필터 등을 사용하여 개성적인 다양한 표현을 하는 것도 얼굴표현의 감성적인 표현에서 중요한 요인이 된다. 그러나 본 연구에서는 조명과 카메라의 설정 및 기타 마무리 표현과정은 3d 표현과 직접적인 관계가 없으므로 평면상의 이미지를 리터치하는 이미지 프로세싱 과정은 생략한다.

3. 케이스스터디

face figuring, UV map, skin texture & rendering

figuring과정은 'Singular Inversions Inc.'에서 제작한 얼굴 피겨링 전용 프로그램인 'FaceGen version 3.0'을 사용했다. 모델의 정면, 측면사진을 촬영 후 사진을 이용한 광학적 방식으로 얼굴 shape를 자동으로 만들게 되며 이렇게 만들어진 얼굴의 shape는 연령별, 성별, 인종별 형태요소로 분류해서 파라미터 다이얼 방식으로 섬세하게 조정할 수 있다. 이 외에도 얼굴표현에서 감성적인 요소인 skin texture를 자동으로 생성하거나 표정표현 등의 기능을 갖추고 있지만 FaceGen을 이용해서 만들어지는 skin texture는 해상도가 많이 떨어져서 커다란 이미지를 만들기는 부적합하고 표정 표현의 경우 자연스런 표정의 조정은 그 기능이 부족했다. 그러나 기본 얼굴 shape를 다이얼방식으로 세부 조정하거나 간단한 마우스 드래그를 통해서 조정할 얼굴 shape를 다른 3D 프로그램에서 사용할 수 있는 데이터로 convert해서 export할 수 있다. 그러나 이 프로그램에서는 얼굴 피겨링 전용 툴의 한계로 인해 목의 형태나 모발표현이 불가능 한 것이 아쉬운 점이였다. skin texture의 제작은 먼저 UVmap 생성 전용 툴인 'UVMapper'를 이용해서 UVmap template를 만든 후 Photoshop에서 face template를 base layer로 삼아 각 부위의 얼굴 사진을 이어 붙여 skin texture를 제작했다. 마지막 제작 과정의 얼굴 shape에 skin texture의 mapping 및 rendering은 'Poser6'를 사용했다. 특히 본 연구의 케이스 스토디에 사용된

연산 작업을 요구한다. 레이트레이싱이 반사체와 반사광을 효과적으로 다루는데 반해서 radiosity는 확산체와 확산광(diffused reflection)을 효과적으로 표현한다. 예를 들어서 강한 빛을 받는 어떤 물체의 어두운 음영부의 에 백색 종이를 가까이 대면 어두운 음영부분은 백색 종이에서 반사되는 확산광의 영향을 받아서 밝아질 것이다. 바로 이와 같은 것이 확산광의 반사효과이다. 이것은 공간 속의 모든 물체가 상호 반사되는 빛을 고려하기 때문에 마치 광원으로 간주 되는 것과 같으며 이렇게 열방사의 원리에 기초한 알고리즘이다. 그리고 레이트레이싱 방식은 광선의 흐름을 역 추적하면서 물체상호간의 반사, 투명 및 굴절을 포착하고 강한 하이라이트와 선명한 그림자(hard shadow)를 생성시키기 때문에 옥외 공간의 묘사에 적합한 알고리즘이다.

모발은 'Kozaburo'의 short hair, body model은 는 'DAZ3D'의 상용모델인 'Victoria version3'을 사용했다. 최종 movie clip 제작에서 dancing 동작은 BVH data를 인물에 import한 것으로 모션캡처기법으로 만든 기존 dance data를 이용해서 'Poser6'에서 동영상을 만들었고 음향편집은 Sony의 'Sound forge', 영상편집은 Sony의 'Vegas 6.0'을 이용했다.

3-1 단계별 제작과정

① 모델 사진촬영 : 얼굴 3d shape 제작을 위해 특정모델의 정면사진과 측면사진을 촬영했다.(그림4 참고) 이 과정에서 특히 근접촬영이기 때문에 피사계심도 값을 깊게 해서 촬영해야 하며 표준렌즈 사용이 바람직하다. (얼굴형태 왜곡 방지) 또한 스트로보를 사용하면 사진의 깊이 차이가 분명하기 때문에 정확한 형태(특히 Z축의 형태)를 얻을 수 있었다. 모델의 시선은 정면으로 향하고 전방 90도 방향을 유지했다. 촬영 시 얼굴은 기초적인 makeup을 해서 잔주름 등을 제거하는 것이 좋으며 잔 머리카락이 촬영되지 않도록 신경을 써야한다. 머리는 여성의 경우 뒤로 묶어서 얼굴 전체가 잘 들어나게 해야 한다. 촬영은 3d shape를 광학적으로 얻기 위해 정면촬영과 측면촬영을 하며 나중에 얼굴의 skin texture를 만들기 위해 부위별 접사촬영을 하게 되는데 접사촬영은 얼굴 부위별로 눈, 코, 입, 귀, 이마, 모발 등을 촬영해 둔다. 특히 치아나 혀 구강내부 등도 가능한 촬영한다. 눈의 촬영은 흰자위가 보일 정도로 크게 눈을 뜬 사진과 평상시의 눈, 그리고 감은 눈을 촬영한다. 사진촬영은 400만 화소 이상의 디지털 카메라를 사용하면 아날로그 사진에 비해 선명도가 높고 작업과정이 단순해져서 효과적이다. 본 연구에서 사진 촬영은 Canon EOS 50 기종을 사용했다.

② photo fit : 촬영한 사진을 광학적인 방식으로 3d shape를 만들기 위해 프로그램이 요구하는 얼굴 부위의 특정 좌표를 적용할 얼굴 사진에 수작업으로 포인팅하는 과정(그림 4 참고). 일반적으로 정면과 측면사진에 포인팅을 하게 되며 촬영할 때 가능한 얼굴 각도를 수직으로 정확하게 촬영해야 한다. 이 과정에서는 얼굴 shape 뿐 아니라 자동으로 얼굴의 skin texture를 생성시켜주기도 하기 때문에 얼굴을 촬영한 사진을 포토샵 같은 이미지리터치 툴에서 부분적인 수정을 미리 해 두는 것이 좋다. 본 연구에서 사용한 광학적 방식은 'FaceGen'에서 제공하는 시스템을 이용하기 위해 사진에 포인팅한 후 온라인을 통해 전송하면 그것을 자동으로 3d data형식으로 만들어진 결과를 이메일 통해 받았다. 그 과정에서 시스템의 구성이나 방식은 본 연구와 직접적인 관련이 없으므로 상세한 내용은 생략한다.

③ 3d shape의 형태 수정 및 저장 : 사진을 이용해서 만들어진 기본 3d shape 데이터는 'FaceGen'에서만 지원되는 형식 (*.fg)이며 평면적인 사진을 이용해서 기계적으로 만들어진 것이기 때문에 실제 모델과는 약간의 차이가 있을 수 있다. 약 30명의 모델을 대상으로 작업해 본 결과 모델에 따라 유사성의 차이가 많았다. 그 이유는 FaceGen에서 미리 입력된 특정 모델이 서양인의 평균적인 얼굴의 데이터를 토대로 만든 기본 모델이기 때문에 동양적인 평면적인 얼굴 특성이 강한 모델의 경우, 특히 유사성이 많이 떨어졌다. 또한 일반적으로 사람들

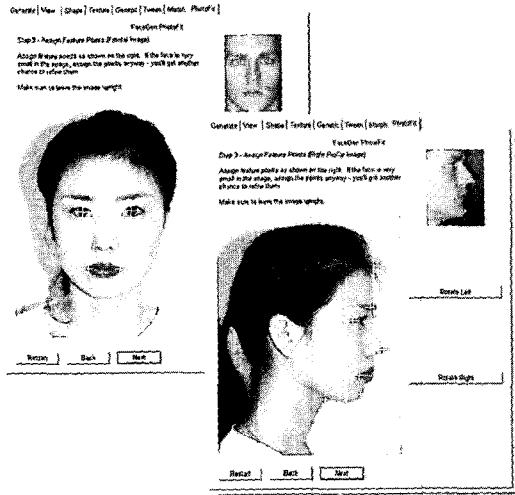


그림 4 케이스 스터디의 실제 모델사진을 FaceGen에서 photo fit하는 과정

의 좌우얼굴이 정확하게 대칭이 아니기 때문에 각각 한쪽 면의 얼굴을 합해서 만든 두개의 얼굴 간에 차이가 있는 것과 같은 결과가 나오게 된다. 따라서 양쪽의 얼굴의 비대칭처럼 심한 모델의 경우는 유사성이 많이 떨어졌다. 또 같은 인물이라도 촬영상태의 결과에 따른 오차가 있었다. 특히 사진 촬영 각도와 포인팅의 정확성이 큰 요인으로 작용했다. 이런 문제점들이 개선되어 앞으로 광학적 방식에 의한 3d face figuring은 더 좋은 결과를 얻을 수 있는 방식이 개발되기를 기대한다. 결과가 다소 만족스럽지 않을 경우 3d shape를 FaceGen에서 불러들인 후 실제 모델을 보고 수작업으로 세부적 형태를 수정해야 한다. 수정된 얼굴 형태는 다른 여러 3d 프로그램에서 사용할 수 있는 데이터 형식으로 convert해서 저장할 수 있다. 본 연구에서는 'Wavefront'와 'Poser' 등에서 지원하는 obj 형식의 데이터로 저장했다. 'FaceGen'의 경우 obj 형식으로 저장하게 되면 자동으로 생성된 얼굴의 skin texture도 같이 저장된다. 그러나 FaceGen에서 만들어진 얼굴의 텍스처 맵은 해상도와 질적인 수준이 만족스럽지 않았기 때문에 보다 정확한 skin texture를 얻기 위해서는 다음의 과정을 거쳐야 했다.

④ UV map template 만들기 : skin texture를 만들기 위해서는 먼저 shape의 정확한 형태와 위치를 알 수 있는 UV template를 얻어야 한다. 얼굴과 같이 표면의 변화가 심하고 규칙적이지 않은 형태는 여러 가지 맵 방식 중에서 UV map이 가장 효과적인 방식이다. 'UVmapper'라는 UV map 추출기, 또는 생성 전용 프로그램을 사용하면 특정 shape의 UV map template를 만들 수 있다. UV Map은 몇 가지 종류의 방식을 선택할 수 있는데 테스트 결과 planar 방식과 cylindrical 방식이 가장 결과가 좋았다. (그림 5, 6 참고) planar 방식은 사진 촬영한 것과 비슷한 map 방식으로 skin texture 제작이 쉽다는 장점이 있지만 얼굴의 측면 피코와 귀부위의 표현에서 좁은 면이 늘어나서 렌더링 결과물에서 표면이 밀리거나 섬세한 표현이 많이 떨어지는 것에 비해 cylindrical 방식은 얼굴 형상이 왜곡되어 skin texture 제작과정에서 여러 사진을 합성해야 하는 어려운 점이 있었다. skin texture의 크기는 최종 출

력크기와 용도에 따라 그 크기를 정해야 한다. 정교한 최종 출력물을 얻기 위해서는 template의 출력크기를 크게 할수록 섬세한 skin texture를 만들 수 있다. 이 과정에서 만들어진 UV map의 template를 저장하면서 좌표 값이 변경된 obj 데이터도 함께 저장했다.

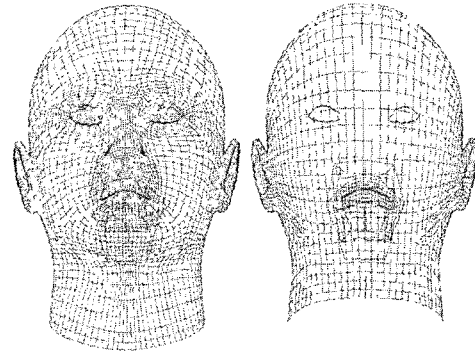


그림 5 UVMapper에서 생성한 planar template

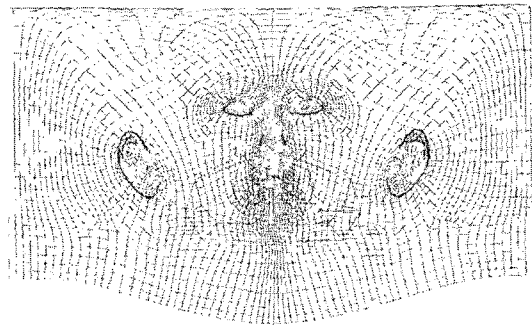


그림 6 UVMapper에서 생성한 cylindrical template

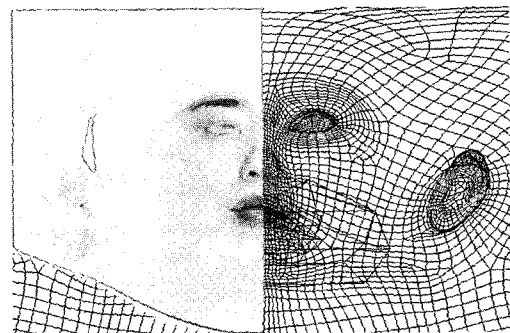


그림 7 cylindrical template를 이용한 skin texture,

⑤ template의 좌표 값을 확인하기 : Poser6를 실행해서 앞에서 저장한 얼굴 shape 데이터를 import한 후 shape grid 상태로 얼굴 정면, 측면, 사측면 등 여러 각도로 테스트 렌더링했다. (그림 8 참고) 이 과정은 나중에 스킨 맵을 만들어 얼굴에 적용했을 때 보다 정교한 수정, 보완을 위한 것이다.

⑥ skin texture 만들기 : photoshop에서 UVmap template를 불러서 base layer로 하고 그 위에 세 레이어를 생성시킨다

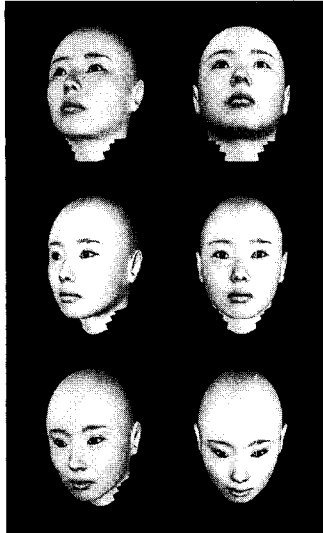


그림 8 Poser6에서 렌더링 테스트.

음 처음 인물 촬영과정에서 근접 촬영한 사진들을 이용해 얼굴 부위별로 정확한 위치에 몽타주해서 skin texture를 만든다. 이 때 얼굴 각 부위별 피부의 밝기 등을 기술적으로 정교하게 조정하는 작업이 필요하며 각 부위의 사진의 결합을 표시가 나지 않고 부드럽게 처리해야 한다. 완성된 skin texture는 나중에 수정작업이 가능할 수 있도록 모든 레이어가 별도로 저장되는 *.psd 형식의 파일과 모든 레이어가 한 개의 platten Image 만들어진 bmp나 jpg 형식으로 저장한다.

⑦ skin map texture 미세조정 : Poser6에서 얼굴 shape를 import한 후 materials 지정기능을 이용해서 앞에서 만들어진 skin texture를 적용해서 여러 각도와 조명을 적용해서 렌더링했으며. 이것을 참고해서 세부적으로 정밀하게 조정한 skin texture를 완성했다.

⑧ 최종 맵핑과 렌더링 : Poser6에서 오브제를 import한 후 수정 완성된 skin texture를 얼굴의 부위별로 적용해서 맵핑을 완료했다. 맵핑이 적용된 얼굴에 이미 만들어진 기성 모발 모델을 적용해서 모발 표현을 한 후 몸체와 의상을 입고 포즈를 만든 다음 배경이미지를 불러서 여러 각도와 조명 기타요소들을 연출을 해서 최종 렌더링을 완성했다. 렌더링은 Poser에서 인물의 배경, 조명, 카메라위치, 표정 등을 조정해서 최종 완성한 것이다. 그러나 렌더링은 반드시 Poser를 사용할 필요는 없다. Poser에서 셋팅 된 것을 3ds, lw, obj 등과 같은 여러 3d 형식의 데이터로 컨버터한 후 렌더링 전용 툴을 이용하면 더 우수한 수준의 최종 이미지를 만들 수 있다. 그러나 이 과정에서 3d 데이터의 완벽한 변환이 불가능하기 때문에 convert plug in을 이용하거나 기타 해당 과정에 대한 매뉴얼의 설명을 참고하면 된다. 이 후 셋팅 값이 저장되면 그것을 이용해서 손쉽게 여러 가지 용도로 이미지를 제작 할 수 있다.

3-2 평가기준

본 연구의 케이스 스터디에서 설정한 조건을 참고해서 결과물의 평가기준은 다음과 같이 요약할 수 있다.



그림 10 표정과 광선을 조정해서 감성을 표현한 렌더링

① 대상 모델과 닮아야한다 : 이것이 가능해야 얼굴표현의 정밀도에 관한 바로미터가 되는 동시에 일반인들의 얼굴표현에 대한 관심 중에서 높은 비중을 차지하는 얼굴형태의 기록 기능이 가능한 새로운 매체로서 가능성을 기대할 수 있다.

② 가변적인 조정이 가능해야한다 : 얼굴의 전체 또는 부분의 정밀한 조정이 가능한 방식의 표현은 얼굴의 표정을 즉각적으로 조정해서 감성적인 표현을 할 수 있게 하며 나아가 발생과 동조되는 영상표현을 가능하게 한다. 이것은 다양한 문화컨텐츠의 표현매체로 발전될 수 있으며 디지털기반의 여러 시각매체에서 활용도를 높일 수 있다.

③ 표현이 쉽고 다양해야한다 : 3d를 통한 오브제나 사람의 얼굴표현이 쉬워져야 대중화되고 활용도가 높아진다. 이를 위해서는 광학적인 방식의 shape제작, 스켈텍스처어와 맵핑 과정이 자동적인 처리, 가변적 조정이 가능한 전문 프로그램이 발전해야 하며 동시에 표현매체의 특성과 표현목적에 따라 정밀도와 표현방식이 다양해야 한다.

④ 형태표현 외적인 요소에 비중을 높여야한다 : 3d로 만들어진 오브제나 얼굴은 주변 환경과 밀접하게 관계하면서 섬세하고 미묘한 표현의 독창성을 더욱 높일 수 있다. 카메라의 앵글과 거리, 조명의 각도와 세기, 광원의 색상, 주위 배경과 의상, 메이크업, 헤어스타일, 연기, 행동과학, 등.. 이런 기존의 분야의 표현기술과 밀접하게 결합되면서 완성도와 활용성이 증가될 수 있을 것이다.

4. 결론

현재의 컴퓨터그래픽 표현기술과 하드웨어적인 발전은 3D로 사람의 얼굴을 형태적으로 정밀하고 마치 인물이 살아있는 듯하게 사실감 있는 표현에 이르기까지의 표현기술은 이미 오래전부터 가능하였으며 적절한 장비와 소프트웨어를 갖춘 숙달된 전문가로서는 이런 종류의 작업은 고난도의 기술이라고 말할 수도 없게 되었다. 따라서 이제는 고가의 고성능 특수 장비나 전문적인 기술이 없는 시각디자이너, 일러스트레이터, 인물화가와 같은 시각매체를 다루는 타 분야의 사람들도 마치 사진 촬영하듯이 손쉽게 사람의 얼굴을 디지털로 된 3d로 만

들고 활용할 수 있을 정도로 장비와 프로그램이 발전되고 있다. 본 연구의 목적은 시각디자인이나 일러스트레이터 등 비전문가들이 PC환경에서 기존의 대중적인 프로그램들은 사용하여 손쉽게 사람의 얼굴을 3d로 표현 가능한 과정을 제안하고 케이스 스터디를 통해 시각적으로 그 가능성과 표현능력을 확인하는 데 있으며 케이스 스터디 결과물에서 볼 수 있듯이 기존의 전문적인 기술로 표현된 결과와 큰 차이가 없으며 제작 시간과 표현 결과의 수준은 방식에 따른 한계점이 아니라 장비의 성능과 표현하는 사람들의 개별적인 능력의 차이에서 발생하는 것이다. 기존 첨단 장비와 고가의 프로그램을 사용하는 전문가의 입장에서 보면 본 연구내용이 표현 기술적으로 새로운 것이 없었지만 일반적인 PC베이스에서 대중적인 프로그램을 이용해서 기존의 방식과 다른 얼굴의 3d 표현 제작방식을 제안하고 그 방식을 사용해서 실제 작업의 결과를 케이스 스터디 형식으로 제시한 것이다. 구체적으로 말하면 얼굴의 figure shape와 skin texture제작 및 상용으로 제작되거나 또는 미리 타인에 의해 미리 만들어진 3d 데이터를 이용해서 그것을 마치 퍼즐처럼 끼워 맞추는 방식으로 조합하고 즉각적으로 형태를 조정하거나 수정할 수 있는 방법을 제시한 것이다. 따라서 케이스 스터디의 제작에 사용된 장비와 프로그램은 저가의 대중화된 범위에서 제한했다. 현재 개발된 프로그램과 PC 환경을 기준으로 비전문가가 얼굴을 3d로 표현하는 제작 과정의 제안 방법을 요약하면 다음과 같다.

- ① shape 제작과정은 optical 방식이나 기존의 인물모델을 변형 사용한다. 'FaceGen'에서 제공하는 피겨링 시스템이나 Poser 프로그램의 광학적인 피겨링 기능을 사용할 수 있다.
- ② skin map의 제작은 UV Map 방식이 적합하며 세부적으로 planar 방식과 cylindrical 방식이 효과적이다. UV Map을 얻는 tool은 손쉽게 구하고 사용할 수 있다.
- ③ mapping 과정과 얼굴표정 및 포즈적용 과정은 'poser'와 같은 얼굴 전용프로그램을 사용하면 메뉴방식으로 손쉽고 인터랙티브한 표현이 가능하다.
- ④ rendering은 사용자가 편리한 프로그램을 사용한다.
- ⑤ 기존에 만들어진 인체 및 의상 등의 3d데이터를 적절히 사용해서 작업시간과 노력을 줄일 수 있다. 특히 외국의 인터넷에는 관련 3d 데이터의 상용 마켓이 많이 있다.

본 연구의 결과를 통해 현재 개발된 대중적인 프로그램과 장비만으로도 얼마든지 사진적인 표현에 가까운 사실적인 3d 표현과 전용프로그램을 사용한 메뉴방식으로 얼굴 표정의 즉각적인 변화 및 영상적인 표현까지도 가능한 것을 실제 제작을 통해 확인할 수 있었다. 이제 사람의 얼굴을 3d 형태로 표현하는 것은 전문가의 표현기술적인 분야를 넘어 그래픽디자인, 일러스트레이션, 순수회화, 의학 분야, 언론, 방송그래픽 등 여러 다양한 시각표현매체에 종사하는 해당 전문가들에 의해 개별적인 목적에 맞게 손쉽게 표현할 수 있게 되어야 할 것이다. 특히 시각정보디자인에서는 각종 시각매체의 개별적인 표현과 결합되어 보다 창의적이고 감성적인 표현의 한 수단으로 자리 잡아야 할 것이다.

참고문헌

[단행본]

- 얼굴의 역사. 니콜라브릴, 강주연 역. 작가정신. 2001.7
- 지식의 최전선 . 김호기, 임경순, 최혜실 외 52 공저. 한길사. 2002
- Body Watching. Desmond Morris 이규범역 . 법양사. 1986
- Origins. 리차드리키, 로저 레윈 공저, 김광익 역. 학원사 학원신서 1. 1983.7
- The Artist's Complete Guide to Facial Expression. Gary Faigin. Watson Guptill Publications. NewYork
- The Visual Dictionary of the Human Body. Dorling Kindersley Co.,

[참고 사이트]

- <http://host1.bondware.com/~syydr/download.ez>
- <http://www.3dartisan.com/3dhome.asp>
- <http://www.3dfestival.com/>
- <http://www.cgarchitect.com/>
- <http://www.curiouslabs.com/>
- <http://www.daz3d.com/>
- <http://www.discreet.com/index-nf.html>
- http://www.dreammotion.co.kr/Dream/ch_con.html
- <http://www.maxon.net/>
- <http://www.rapidform.com/>
- <http://www.reiss-studio.com/index.php/cl>
- <http://www.renderosity.com/index.ez>
- <http://www.righthemisphere.com/>
- <http://www.royriggs.com/poser.html>
- <http://www.uke.uni-hamburg.de/institute>
- <http://www.viewpoint.com/>