

3 차원 얼굴 모델링과 예측 시스템

구본관 정철희 조선영* 이명원
 수원대학교 인터넷정보공학과, *KT
 bon1305@gmail.com, whiskerfe@hanmail.net, suny@kt.co.kr, mwlee@suwon.ac.kr

A Three-Dimensional Facial Modeling and Prediction System

Bon-Gwan Gu Cheol-Hui Jeong Sun-Young Cho* Myeong Won Lee
 Dept. of Internet Information Engineering, The U. of Suwon
 *KT

요 약

본 논문에서는 3차원 3D 얼굴 스캔 데이터와 사진 이미지를 이용하여 3D 얼굴 모델을 생성하고 향후의 얼굴을 예측하는 시스템 개발에 대해 기술한다. 본 시스템은 3차원 텍스처매핑, 얼굴 정의 파라미터 입력도구, 3차원 예측 알고리즘으로 구성되어 있다. 3차원 텍스처매핑 기능에서는 3D 스캐너로 획득한 얼굴 모델과 사진 이미지를 이용하여 특정 연령에서의 새로운 얼굴 모델을 생성한다. 텍스처매핑은 3D 스캐너로부터 획득한 메쉬 데이터에 정면과 좌우 측면의 세 방향의 사진 이미지를 이용하여 매핑하였다. 얼굴 정의 파라미터 입력도구는 3차원 텍스처매핑에 필요한 사용자 인터페이스 도구로서, 얼굴 모델의 정확한 재질값을 얼굴 사진으로부터 얻기 위하여 사진과 3D 얼굴 모델의 특징점을 일치시키는데 사용된다. 본 연구에서는 한 얼굴의 향후 연령대에서의 얼굴 모델을 구하기 위하여 100여개의 얼굴 스캔 데이터베이스를 이용한 통계적 분석에 의해 재질값을 예측 계산하여 해상도 높은 재질값을 가지는 모든 연령대의 3D 얼굴모델을 구성하였다.

Abstract

In this paper, we describe the development of a system for generating a 3-dimensional human face and predicting it's appearance as it ages over subsequent years using 3D scanned facial data and photo images. It is composed of 3-dimensional texture mapping functions, a facial definition parameter input tool, and 3-dimensional facial prediction algorithms. With the texture mapping functions, we can generate a new model of a given face at a specified age using a scanned facial model and photo images. The texture mapping is done using three photo images - a front and two side images of a face. The facial definition parameter input tool is a user interface necessary for texture mapping and used for matching facial feature points between photo images and a 3D scanned facial model in order to obtain material values in high resolution. We have calculated material values for future facial models and predicted future facial models in high resolution with a statistical analysis using 100 scanned facial models.

키워드: 3D얼굴 모델링, 3D 얼굴 애니메이션, 3D 얼굴 텍스처매핑, 얼굴 예측, 얼굴 정의 인자

Keywords: 3D facial modeling, 3D facial animation, 3D facial texture mapping, Facial prediction, Facial definition parameter

1. 서론

최근 3 차원 얼굴 표현을 위한 모델링과 렌더링에 관련된 연구가 많이 이루어졌으나 대부분 얼굴 표현을 위한 애니메이션과 모핑에 초점을 둔 것이 대부분이다[1][2][3][4]. 이러한 연구 중에는 여러 표정의 얼굴을 자동 생성하거나 3D 모델에 얼굴의 여러 움직임 생성에 초점을 둔 연구가 있고 실시간 응용을 위한 얼굴 애니메이션 엔진 개발과 MPEG-4 기반의 얼굴 애니메이션 플레이어를 포함하는 프레임워크에 관한 연구가 진행되었다. 최근에는 나이에 따른 얼굴의 변화에 대한 연구가 많이 이루어지고 있으며, 얼굴 모델의 합성과 얼굴 이미지 분석의 두 종류 연구 분야로 구분된다[5].

본 연구는 얼굴 나이에 따른 변화를 표현하는데 있어서 기존 연구에서 볼 수 있는 이미지 분석에 의한 얼굴 추측이 아니고, 3 차원 컴퓨터그래픽스 기술에 의해 얼굴의 나이에 따른 피부의 변화를 사실적으로 표현하고 이러한 얼굴의 변화를 3 차원 얼굴 모델에서 예측할 수 있는 시스템 개발을 목적으로 한다. 이와 유사한 연구로 나이에 따른 얼굴의 변화를 나타내는 모델링을 시도한 Hussein 의 연구는 머리카락의 변화나 주름의 생성을 표현하고 있으나 다른 피부에 있어서는 변화되는 모습을 나타내지 못하고 있다[6].

본 연구에서의 3D 얼굴 모델은 3D 스캐너로 취득한 3D 데이터와 사진 이미지를 이용하여 텍스처매핑된 3D 얼굴 모델을 생성하고, 이로부터 각 연령대의 얼굴 모델을 구한다. 3D 스캔 데이터는 지식경제부 기술표준원의 사이즈코리아 사업에서 측정된 한국인 인체치수 조사 데이터를 이용하였다. 사이즈코리아 얼굴 DB 는 얼굴의 3D 기하데이터 위주로 구성되어 있고 얼굴 표면의 재질은 누구인지 알아보기 못할 정도로 윤곽이 드러나지 않고 변질되어 있다. 본 연구를 위해서는 얼굴의 정확한 재질 속성을 얻는 것이 필요하므로 이를 위해 사진으로부터 텍스처매핑을 통하여 재구성하는 일이 우선적으로 필요하였다.

얼굴 텍스처매핑과 관련하여 본 연구와 유사한 연구로 사진 이미지로부터 3 차원 얼굴 텍스처 매핑을 생성하기 위한 그래픽 사용자 인터페이스 개발이 있다[7]. 이 연구는 세 장의 얼굴 사진 이미지로 3 차원 얼굴 모델의 텍스처매핑을 통해 MPEG-4 기반으로 얼굴의 재질 정보를 얻은 점은 유사하나 얼굴 특징점 입력을 수동적 방법을 사용한 점과 두 이미지 경계선에서의 해상도가 현저히 떨어진다 점이 다르다고 할 수 있다. 또한 사용자 정의의 텍스처 특징과 메쉬의 기하 데이터를 대응시키는 프로그램 및 삼각형이나 사각형 외의 비정규 면을 위한 텍스처매핑이 소개되었다[8][9]. 이외에도

텍스처의 지역적 그리고 전역적 구조를 유지하면서 최소한의 왜곡으로 임의 곡면에 텍스처 매핑하는 기술[10], 뷰에 의존하는 실시간 텍스처매핑[11] 등 다양한 기술이 소개되고 있다. 본 연구에서의 텍스처매핑은 얼굴의 기하 모델의 변형 없이 고화질의 사진이미지 그대로 얼굴을 재현시키는 방법을 고안하였다.

본 연구는 3D 얼굴 모델링 방법을 제시하고 이를 이용한 3D 얼굴 예측 알고리즘 방법을 정의한다. 3D 얼굴 모델링은 3D 스캔 데이터와 사진 이미지를 이용하여 특정인에 대한 한 연령대의 얼굴 모델을 재구성한 후에, 이 얼굴 모델을 기반으로 얼굴 DB 를 이용하여 모든 연령대의 얼굴을 예측하여 각 연령대의 3D 모델을 얻는다. 이렇게 하여 얻은 3D 모델을 이용하여 그 후 미래의 얼굴을 예측하는 알고리즘을 개발하였다. 본 연구에서 이와 같이 각 연령대 얼굴 모델을 구성한 이유는 한 사람의 모든 연령대의 3D 스캔데이터를 얻기가 어렵기 때문에, 통계적 텍스처 이미지 데이터를 이용하여 한 사람의 각 연령대의 텍스처 매핑된 3D 얼굴 모델을 얻은 것이다. 본 연구에서는 얼굴 기하모델 DB 와 사진 이미지를 이용하여 한 인물에 대한 20, 30, 40, 50 대 각 연령대의 3D 얼굴 모델을 예측하여 재구성한 후에, 이 얼굴 모델들을 이용하여 얼굴 재질에 대한 통계적 분석을 통하여 60 대 얼굴을 예측하여 생성하는 시스템을 개발하였다. 그림 1 은 본 연구의 전체 개요를 개략적으로 나타낸다. 본 논문은 3D 얼굴 텍스처매핑, 3D 얼굴 특징점 입력, 얼굴 예측 알고리즘을 중심으로 각 장에서 설명한다.

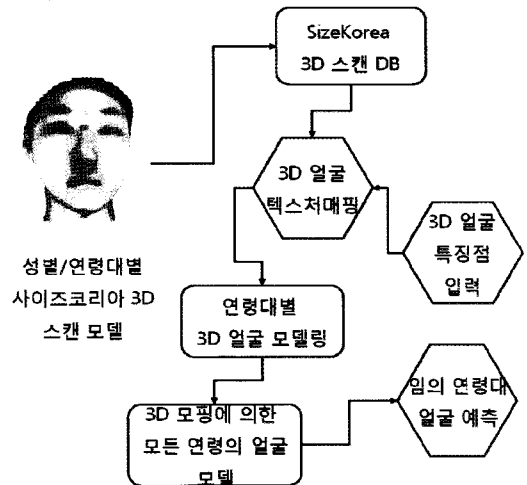


그림 1: 전체 시스템 개요

2.3D 얼굴 모델링과 텍스처매핑

3D 스캐너는 실제 인물이나 물건들의 사실적인 묘사가 가능하여 3 차원 기하 데이터를 정확하게 얻을 수 있다. 그러나, 아직까지는 사람이나 물체 표면의 속성을 나타내는 재질에 있어서는 사진과 같은 사실적 표현을 제공하는데 한계를 가진다. 본 연구에서 사용된 얼굴 스캔 데이터는 기술표준원의 사이즈코리아 사업을 통해 3D 스캐너에 의해 획득하여 보관된 데이터로서 얼굴의 재질이나 형태를 거의 분간할 수 없을 정도의 재질값을 가지고 있어서 3D 얼굴 모델을 분석하는데 필요한 사실적 재질값을 가지고 있지 않다. 본 절에서는 3D 스캔 모델의 정확한 얼굴 재질값 표현을 위해서 3D 스캔 데이터와 해당 얼굴의 사진 이미지를 이용하여 사진의 해상도를 가지는 3D 얼굴모델을 얻을 수 있는 텍스처매핑 방법을 기술한다. 얼굴 모델을 위한 해상도 높은 재질값은 정면과 좌우 측면의 3 장의 이미지를 이용하여 텍스처매핑을 통하여 획득하였다. 다음 각 절에서 텍스처매핑 방법을 소개한다.

2.1 3D 스캔 모델과 얼굴 사진 이미지

텍스처 매핑을 수행하기 위해서는 먼저 3D 스캔 데이터와 얼굴 이미지를 일치시켜야 한다. 이를 위해 정면 이미지는 양쪽 귀 끝과 이마 끝, 목선을 맞추어주고 좌우측 이미지는 코 끝과 귀 끝, 이마 끝, 목선을 맞추어 준다(그림 1). 3D 스캔 데이터와 얼굴 이미지를 일치시켜도 3D 스캔 데이터와 얼굴 이미지의 좌표치가 다르기 때문에 좌표를 맞추는 작업이 필요하다.

3D 스캔 데이터와 얼굴 이미지의 좌표를 정확하게 맞추기 위해서 3D 스캔 데이터와 얼굴 이미지의 좌표를 각각 0~1 좌표값의 범위로 조정하였다. 이 때 3D 스캔 데이터는 3 차원이고 얼굴 이미지는 2 차원이므로 얼굴의 정면 이미지와 3D 스캔 데이터의 좌표를 맞추기 위해 3D 스캔 데이터의 X, Y 좌표와 맞추고, 좌우측 이미지는 3D 스캔 데이터의 Z, Y 좌표와 맞추어 준다. 3D 스캔 데이터의 좌표를 0~1 사이값으로 맞추기 위해서는 3D 스캔 데이터의 모든 X, Y, Z 좌표 중에서 최소값과 최대값을 구한다. 3D 스캔 데이터 각각의 정점마다 X, Y, Z 좌표의 최소값을 빼주어 (0, 0, 0) 지점을 3D 스캔 데이터 모델을 그리는 시작점으로 만들고, 3D 스캔 데이터 각각의 정점들을 X, Y, Z 좌표의 최대값으로 나누어서 3D 스캔 데이터의 좌표가 0~1 사이의 좌표를 가지도록 하였다.

2.2 스캔 모델의 정점과 얼굴 이미지의 픽셀 대응

3D 스캔 데이터와 얼굴 이미지의 좌표를 0~1 사이값으로 맞추어도 3D 스캔 데이터의 정점 좌표와 얼굴 이미지의

픽셀 좌표가 정확하게 일치하지는 않는다. 따라서 3D 스캔 데이터의 각 정점을 사진 이미지의 픽셀과 대응시켜주는 일이 필요하다. 3D 스캔 데이터의 각 정점 좌표 위치와 얼굴 사진 이미지의 픽셀 좌표 위치가 대부분 동일하지 않으므로 3D 얼굴 스캔 데이터의 각 정점 좌표와 가장 가까운 거리에 있는 얼굴 이미지의 픽셀 좌표를 구해야 한다. 이 때 얼굴 스캔 모델의 한 점과 사진 이미지의 각 픽셀 간의 거리를 구하여 가장 가까운 픽셀을 선택하여 일치시킨다. 모델의 각 정점과 픽셀간의 거리는 다음의 식을 이용하여 구한다:

$$\text{Distance} = \text{fabs}(\sqrt{(\text{pow}(\text{fabs}(x2 - x1), 2) + \text{pow}(\text{fabs}(y2 - y1), 2)))} \quad (\text{식 } 1)$$

식 1 에서 스캔 모델의 하나의 정점은 $x1, y1$ 에 해당하고, 이 정점과의 거리를 구하기 위한 각 픽셀은 $x2, y2$ 에 해당한다. 이 식에서 3D 스캔 데이터의 각 정점에 대해 Distance 값이 가장 작은 얼굴 이미지의 픽셀을 구해 일치시킨다. 약 50,000 개의 3D 스캔 데이터의 각각의 정점에 대해 가장 거리가 가까운 얼굴 이미지의 픽셀 좌표를 일치시켜야 하므로 3D 스캔 데이터의 정점수보다 얼굴 이미지의 픽셀 수가 더 많아야 한다. 얼굴 이미지의 픽셀 수가 너무 많아질 경우 계산량의 증가로 프로그램 성능이 떨어질 수 있으므로 본 연구에서는 $300 * 300$ 크기의 얼굴 이미지를 사용해서 정면, 좌측, 우측 이미지가 각각 3D 스캔 데이터의 2 배 정도인 90,000 개의 픽셀을 갖도록 하였다. 3D 스캔 데이터의 정점과 얼굴 이미지의 픽셀을 다 일치시킨 뒤에는 3D 스캔 데이터의 정점의 색 정보에 얼굴 이미지 픽셀의 색 값을 적용시켜 준다. 다음은 이미지의 각 픽셀의 색 값을 정점의 색 값으로 하는 코드를 보여준다:

```
//Model_Vertex: 3D 스캔 데이터의 정점 정보
//BMP_Pixel: 얼굴 이미지의 픽셀 정보
Model_Vertex->Red = BMP_Pixel->Red;
Model_Vertex->Green = BMP_Pixel->Green;
Model_Vertex->Blue = BMP_Pixel->Blue;
```

2.3 3D 얼굴 스캔 데이터의 멀티 텍스처매핑

3D 스캔 데이터에 정면, 좌측 및 우측 이미지가 매핑될 영역을 구하기 위해서 MPEG-4 에서 정의하고 있는 FDP(Facial Definition Parameter) 특징점을 이용하였다(그림 2). FDP 란 실시간으로 아바타를 표현하고 여러 가지 다양한 움직임을 표현하기 위해 얼굴 객체에 한하여 중요한 점들을 특징점으로 정의한 것이다[12].

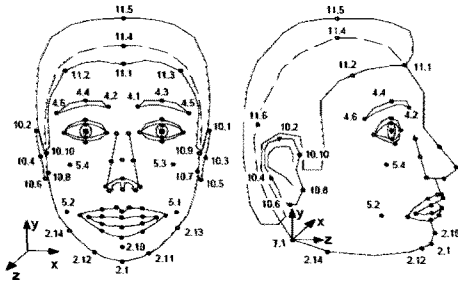


그림 2: MPEG-4 SNHC 에서 제안한 FDP 특징점

본 연구에서는 FDP의 점 4.5와 점 4.6의 X 좌표를 사용하여 점 4.5의 우측 부분은 얼굴 사진의 좌측 이미지, 점 4.5와 점 4.6 사이는 정면 이미지, 점 4.6의 좌측 부분은 얼굴 사진의 우측 이미지를 사용하여 멀티 텍스처 매핑을 실행하였다(그림 3). 이때 얼굴 모델 매핑에 사용한 두 이미지 연결 부분에서 경계선이 발생하게 되므로 이 경계선을 없애는 작업이 필요하게 된다. 즉, 얼굴 모델에 매핑시키는 얼굴 사진의 정면, 좌측, 우측 3장의 이미지가 서로 일치하는 부분에서 밝기나 색조, 채도 등이 최대한 동일하게 나오도록 얼굴 모델의 재질을 구성하여야 한다. 본 연구에서는 세 장의 이미지가 최대한 변화 없이 동일하게 나오게 하기 위해서 얼굴을 찍는 위치와 환경, 조명 값 등을 동일하게 하였다.

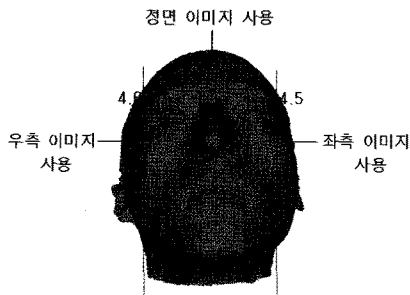


그림 3: 3D 스캔 데이터의 매핑 영역 분할

그러나 이와 같이 동일한 환경에서 사진을 찍었다라도 서로 다른 세 방향에서 사진을 찍기 때문에 조명의 위치나 방향으로 인해 사진 이미지 재질값에서 밝기나 채도, 색조 등에서 약간씩의 차이가 나게 된다. 따라서 멀티 텍스처 매핑된 3D 스캔 데이터는 이미지 앞, 좌, 우 경계 부분에서 재질값이 차이가 나게 된다. 본 연구에서는 멀티 텍스처 매핑으로 완성된 3차원 얼굴 모델의 좌, 우 경계 부근에서의 재질값 차이를

없애기 위해 얼굴 모델의 경계 부분의 구간 1에서 구간 2 사이의 영역을 좌우로 100 등분하여 재질값을 보간하였다(그림 4). 그림 5는 경계선에서의 재질값 보간을 통하여 얻은 멀티 텍스처 매핑 결과이다.



그림 4: 얼굴 모델의 텍스처 매핑시 이미지 경계선

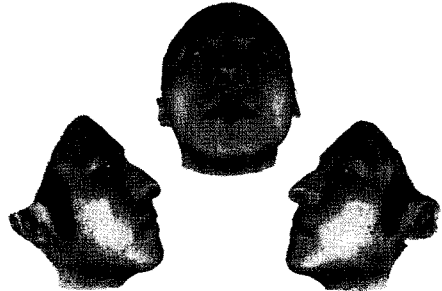


그림 5: 경계선 보간을 이용한 텍스처 매핑 결과

얼굴 변화를 예측하는데 필요한 연령대별 모든 얼굴 모델을 구하기 위해서는 한 인물의 실제 스캔 데이터를 얻기 위해 몇 십년에 걸친 많은 시간이 필요하다. 이러한 긴 시간 동안의 변화되는 3D 얼굴 모델 데이터를 현재 시점에서 구할 수는 없으므로, 본 논문에서의 얼굴 예측에 필요한 연령대별 3D 스캔 얼굴 모델을 위하여 20대 모델은 3D 스캔 데이터를 그대로 이용하고, 30대, 40대, 50대 연령대의 3D 모델은 20대 모델과 각 연령대별 다른 사람들의 얼굴 모델 DB를 이용하여 피부 재질을 예측하는 방법을 이용하였다. 20대를 제외한 나머지 연령대의 얼굴은 20대의 3차원 스캔 얼굴 데이터에 20대의 피부 재질과 가장 비슷한 나이대별 피부를 찾아서 사진을 이용한 텍스처 매핑을 통해 제작하였다. 이것은 피부의 색이 개인별로는 큰 차이가 있을 수 있으나, 각 개인에 있어서 나이에 따른 피부색의 변화는 크지 않을 것을 가정하였다.

이것은 주어진 모든 연령대의 100여개의 얼굴 이미지에서 20대 얼굴 모델에 대한 30, 40, 50대의 얼굴 재질을 구하는데 있어서 가장 근접한 얼굴 이미지의 재질을 선택해야 했으므로 눈과 입 주위는 연령에 따라 피부색의 변화가 큰 부분으로

예상되지만 얼굴 중에서 편평한 부분인 볼 중간 부분과 이마 중간 부분의 재질은 다른 부분에 비해서 변화가 적을 것을 예상하여 피부색 비교를 위해 이 부분들을 사용하였다. 그림 6에서 좌우측 얼굴에서 사각형으로 표시된 부분이 얼굴의 재질 값을 비교한 부분이다. 즉, 좌측은 20 대 얼굴 모델을 위한 이미지 재질인데, 이 얼굴의 40 대 얼굴 모델의 재질을 위하여 우측 얼굴 이미지의 재질을 선택하여 사용한 것을 의미한다. 이때 우측 얼굴 이미지는 100 여개 얼굴 데이터베이스에서 사각형 부분의 재질을 비교하여 선택된 이미지를 의미한다.

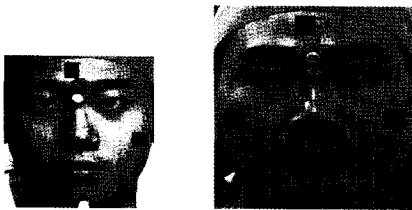


그림 6: 얼굴 이미지 재질값 비교 영역

3. 3D 얼굴 특징점 입력

얼굴 사진 이미지를 3D 얼굴 모델에 텍스처매핑 할 때는 얼굴 이미지의 특정위치와 3D 얼굴 모델의 대응하는 위치가 일치하여야 한다. 이를 수월하게 하기 위해서 본 연구에서는 얼굴 이미지의 특정 위치를 3D 얼굴 모델과 매핑시킬 수 있는 얼굴 특징 점 입력을 위한 사용자 인터페이스인 FDP (Facial Definition Parameter) 입력 도구를 개발하였다. FDP 입력도구는 3D 얼굴 모델의 특정 위치의 재질 값을 사진 이미지의 해당 위치의 재질값으로 매핑시키는데 이용된다. FDP 입력도구의 초기 실행 화면은 대부분의 3D 데이터 편집 툴에서 사용되는 화면과 유사하게 구성되었다. 사용자는 상위면, 정면, 측면 및 3 차원 화면의 네 종류 화면을 통해 모델을 이동하거나 회전시킬 수 있으며 하단부에 있는 상태 표시줄에는 현재 마우스 포인터가 위치하는 곳의 3 차원 좌표가 출력되므로 현재의 위치를 쉽게 파악할 수 있다(그림 7). 측면 관측의 경우에는 반대편을 볼 수 있는 메뉴를 추가하여 3 차원 데이터를 2 차원 평면 상에서 완벽하게 표현할 수 있도록 구성하였다(그림 8). 상위면, 정면, 측면 화면을 보며 사용자가 편한 위치에서 각 특징점을 위한 X, Y, Z 좌표를 선택한다. 이 때 먼저 측면 관측 상에서 Z 축을 고정시킨 후, 정면 관측 상에서 X 축과 Y 축을 선택한다. Z 축이 고정된 상태에서 정면 관측으로 마우스를 움직일 경우 X, Y 축에 따라서 화면상의 포인터 위치와 가장 가까운 실제 정점 좌표를

화면에 표시하여 이 점을 확인하면서 FDP의 정확한 위치를 선택할 수 있도록 사용자 인터페이스를 구성하였다. 그림 9는 FDP 입력 장면을 보여준다.

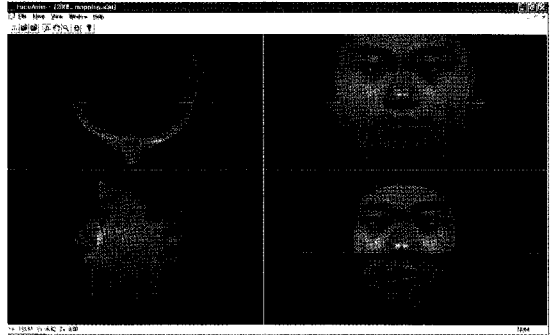


그림 7: FDP(Facial Definition Parameter) 입력도구

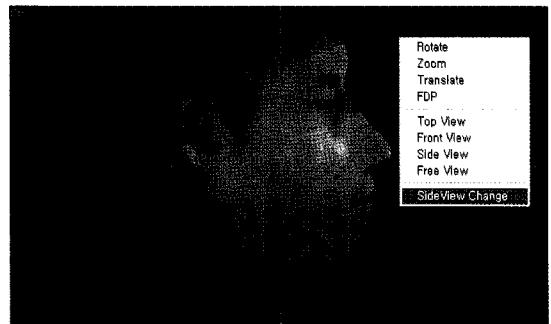


그림 8: 옆면 관측 화면

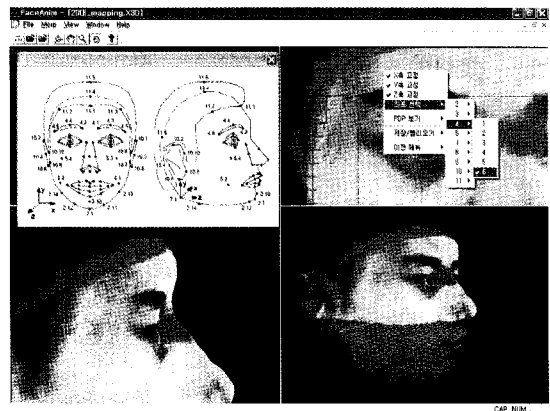


그림 9: FDP 입력 장면

4. 얼굴 예측 알고리즘

본 연구에서의 얼굴 예측을 위해서는 앞에서 설명한 멀티 텍스처매핑을 이용하여 얻어진 3 차원 얼굴 모델만으로는

예측을 할 수 있는 시험용 데이터가 충분하지가 않다. 기술표준원의 사이즈코리아(SizeKorea) 사업의 얼굴 DB도 한 사람에 대해 연령대별 스캔 데이터를 보관하고 있지는 않고 개인당 서로 다른 스캔 모델 데이터만을 보관하고 있다. 이것은 한 사람의 전체 연령대에 걸친 3D 스캔 데이터와 사진을 얻을 수가 없었기 때문이다. 이 문제를 해결하고 한 사람의 전 연령대의 얼굴 모델을 얻기 위하여 본 연구에서는 기술표준원 얼굴 DB에 있는 얼굴 스캔 데이터 중에서 각 연령대별로 100여명씩의 표본으로부터 피부색이 가장 유사한 사람의 사진 이미지를 구하고 이를 이용하여 멀티 텍스처매핑을 수행하였다.

본 연구의 내용은 앞에서 기술한 방법에 의해 각 연령대별로, 즉 20, 30, 40, 50대의 3차원 얼굴 모델의 전체 데이터를 구한 뒤에 이 데이터를 이용하여 60대의 얼굴 모습을 예측하는 것이다. 60대 얼굴 예측은 각 연령대의 재질값 변화를 통계적으로 분석하여 다음 값을 예측하는 방식으로 진행하였다. 각 연령대별 얼굴 모델로부터 최종 연령대의 얼굴 모델의 변화를 예측하기 위하여 20대에서 50대까지 연령대의 얼굴 재질 변화의 추이를 분류하여 60대 얼굴 재질의 변화된 모습을 얻도록 하였다. 20대, 30대, 40대, 50대 얼굴 모델의 각 51,239개 정점에서 동일한 위치의 재질값 변화 추이를 다음과 같이 형태별로 분류하였다:

- 가속 증가형 혹은 가속 감소형: 재질값의 변화가 계속하여 증가하거나 감소하는 형태, 이중에서 변화의 증가량이나 감소량이 시간의 흐름에 따라서 줄어가는 형태는 별도 처리 (그림 10) (그림 11)
- 증가 후 감소형 혹은 감소 후 증가형: 재질값의 변화의 추이가 한번 증가/감소 후에 계속하여 감소하거나 증가하는 형태 (그림 12)
- 지그재그형: 재질값의 변화가 들쭉날쭉 한 형태 (그림 13)

각 형태별로 분류된 얼굴 모델 데이터에서 최종 연령대의 예측에 필요한 재질의 변화는 다음과 같은 방법으로 선형 회기(Linear regression) 분석을 통하여 구한다[13][14]:

- 가속 증가형 혹은 가속 감소형의 경우에는 선형 회기(Linear Regression)의 최소 제곱 추정법(The Least Squares Estimation) 사용
- 증가량과 감소량이 점점 작아지는 경우에는 Quadratic Fitting을 사용
- 증가 후 감소형 혹은 감소 후 증가형의 경우에는 선형 회기의 최소 제곱 추정법(The Least Squares Estimation) 사용
- 지그재그형의 경우에는 재질의 평균 값(Average) 사용

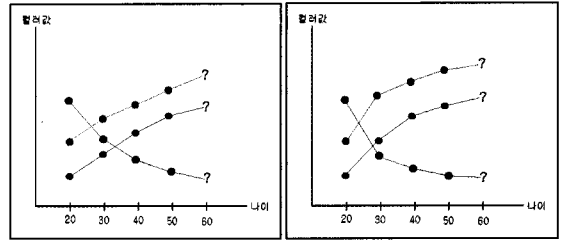


그림 10: 가속 증가형 혹은 가속 감소형

그림 11: Quadratic fitting을 쓰는 경우

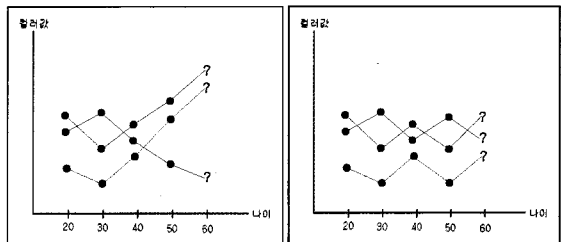


그림 12: 증가 후 감소형 혹은 감소 후 증가형

그림 13: 지그재그형

각 연령대별 재질값의 변화 추이에 따라 분류를 한 뒤에 각 경우에 해당하는 통계적 방법으로 60대의 얼굴 예측 데이터를 생성하였다. 즉, 20대의 3차원 얼굴 스캔 데이터의 총 51,239개 점에서 각각 예측된 재질값을 저장하여 최종 얼굴 데이터를 생성하게 된다(그림 14).

본 연구에서의 제한 사항은 동일 인물의 연령별 데이터가 부재한 상황이라서 20대 이후의 연령대의 기하 데이터의 변화는 고려하지 않고 재질 변화에 대한 추이만 고려했다는 점이다. 이와 같은 방법으로 해결한 이유는 인간의 성장이 20대에서 어느 정도 마무리가 된다는 가정하에서 얼굴 골격의 변화는 예측에 포함하지 않았다.

5. 결론

본 논문에서는 3D 스캔 데이터와 얼굴 사진을 이용하여 텍스처매핑을 이용하여 3D 얼굴 모델을 완성한 후에, 이 얼굴 모델의 다른 연령대의 얼굴 모델을 구하기 위하여 100여개의 3D 얼굴 스캔 데이터베이스를 이용하여 통계적 분석에 의하여 얼굴 재질을 예측하여 향후 연령대의 3D 얼굴 모델을 구하는 방법과 이 과정을 자동화한 시스템 개발에 대해 기술하였다. 사이즈코리아의 3D 얼굴 스캔 데이터베이스는 20대부터 50대까지 연령대의 스캔 데이터로 구성되어 있다. 그림 13에서 20대의 3차원 얼굴 모델은 스캔 데이터와 사진

이미지를 이용하여 텍스처매핑으로 완성시킨 결과이고, 30, 40, 50 대 얼굴 모델은 스캔 데이터베이스의 얼굴들 중에서 20 대 얼굴과 가장 근접한 얼굴의 재질값을 찾아서 각 연령대의 얼굴 모델을 렌더링한 결과를 보여준다. 60 대의 얼굴은 각 연령대의 얼굴 모델을 이용하여 통계적 예측 알고리즘을 통하여 예측한 결과이다.

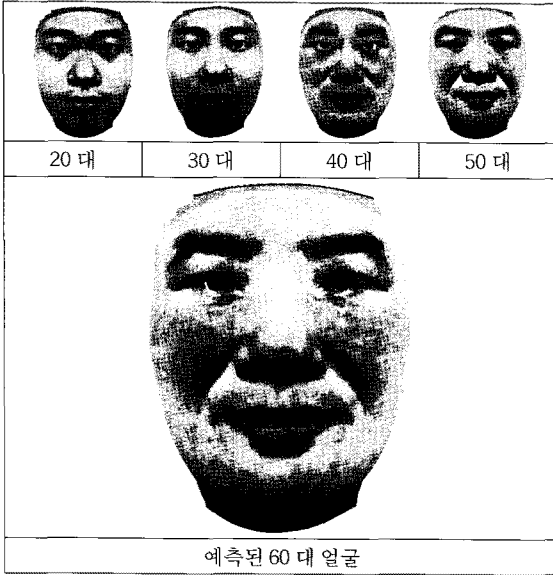


그림 14: 얼굴 예측 결과

본 연구에서는 20 대 얼굴의 기하 모델을 이용해서 30 대에서 50 대까지 각 연령대 얼굴 모델은 골격 변화가 없다는 가정하에서 예측 알고리즘을 구현했으나 추후 실제 동일인의 20 대에서 50 대의 얼굴 데이터를 얻을 수 있다면 피부의 변화뿐 아니라 골격 변화가 고려된 피부의 예측까지도 가능할 것이다. 본 연구의 결과는 의료 및 성형 분야를 포함하여 3 차원 얼굴의 변화된 모습을 필요로 하는 각종 산업 분야에서 활용이 가능하다.

참고 문헌

- [1] Yuencheng Lee, Demetry Terzopoulos and Keith Waters, "Realistic Modeling for Facial Animation", *ACM SIGGRAPH*, pp. 55-62, 2005.
- [2] The Duy Bui, Dirk Heylen, and Anton Nijholt, "Combination of facial movements on a 3D talking head", *Proceedings of CGI*, pp. *IEEE Computer Society*, 2004.
- [3] Gaspard Breton, Christian Bouville, and Danielle Pele, "FaceEngine A 3D Facial Animation Engine for Real Time Applications", *Proceedings of WEB3D'2001*, pp. 15-22, 2001.
- [4] Igor S. Pandzic, "Facial Animation Framework for the Web and Mobile Platforms", *Proceedings of Web3D*, pp. 27-34, 2002.
- [5] Yun Fu, Guodong Guo, and Thomas S. Huang, "Age Synthesis and Estimation via Faces: A Survey", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.32, No.11, 2010.
- [6] Hussein Karam Hussein, "Towards Realistic Facial Modeling and Re-Rendering of Human Skin Aging Animation", *Proceedings of the Shape Modeling International 2002 (SMI'02)*, pp. 205-212, 2002.
- [7] Silvina L. Ferradal and Juan C. Gomez, "A Graphical User Interface for Automatic Facial Texture Mapping Based on Orthogonal Photos", *11th International Multimedia Modelling Conference (MMM'05)*, pp. 271-276, January 2005.
- [8] Vladislav Kraevoy, Alla Sheffer and Craig Gotsman, "Matchmaker: constructing constrained texture maps", *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, pp. 29-36, July 2003.
- [9] Jin Jin Zheng and Jian J Zhang, "Texture Mapping on Irregular Topology Surface", *Sixth International Conference on Information Visualisation (IV'02)*, pp. 323, July 2002.
- [10] G. Zigelman, R. Kimmel and N. Kiryati, "Texture Mapping Using Surface Flattening via Multidimensional Scaling", *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, pp. 198-207, April 2002.
- [11] Damien Porquet, Jean-Michel Dischler and Djamchid Ghazanfarpour, "Real-time high-quality View-Dependent Texture Mapping using per-pixel visibility", *Proceedings of the 3rd international conference on Computer graphics and interactive techniques in Australasia and South East Asia (GRAPHITE '05)*, pp. 560-564, November 2005.
- [12] ISO/IEC IS 14496-2 Visual, 1999.
- [13] 김홍진, "단순회귀분석에서 최소제곱회귀 직선과 그 성질", *고시계 제 453 호 1994 년 11 월호*, pp. 394-395, 1994. 10.
- [14] Richard I. Shrager, "Quadratic programming for nonlinear regression", *Communications of the ACM Volume 15 Issue 1*, pp.41-45, 1972.

〈저자소개〉



- 구본관 (Bon Gwan Gu)**
- 2009년 수원대학교 인터넷정보공학 과 졸업 (학사)
 - 2009년-현재 (주)슈프리마 기업부설 연구소 연구원
 - 관심분야 : 3D, 임베디드시스템



- 정철희(Chul-Hee Jung)**
- 2009년 수원대학교 인터넷정보공학 과 졸업(학사)
 - 2009년-현재 Dodaam Systems Simulation Division Engineer
 - 관심분야 : 3D 입체 영상



- 조선영(Sun Young Cho)**
- 1991년 서강대학교 전자계산학과 졸업 (학사)
 - 1993년 서강대학교 대학원 전자계산 학과 졸업(석사)
 - 2004년 서울대학교 대학원 전기전자 공학부 (박사수료)
 - 1993년~현재 KT 중앙연구소 부장
 - 관심분야 : 컴퓨터그래픽스, HCI, 지능형 데이터처리 등



- 이명월 (Myeong Won Lee)**
- 1981년 서울대학교 학사
 - 1984년 서울대학교 대학원 계산통계학과 (전산전공) 석사
 - 1990년 The Univ. of Tokyo 대학원 정보과학과 박사
 - 1984년~1986년 (주)데이콤 연구소 연구원
 - 1990년~1993년 일본 Kubota Corporation 연구원, The Univ. of Tokyo 연구원
 - 1993년~1996년 (주)KT 멀티미디어연구소 선임연구원
 - 1996년~2002년 수원대학교 컴퓨터학과 전임강사, 조교수
 - 2002년~현재 수원대학교 인터넷정보공학 과 부교수
 - 관심분야: 그래픽스, 가상현실, 애니메이션, 웹3D