

3차원 얼굴 스캔 데이터를 이용한 얼굴 예측

구본관^o 정철희 이명원

수원대학교 인터넷정보공학과

bon1305@gmail.com, whiskerfe@hanmail.net, mwlee@suwon.ac.kr

Face Prediction Using 3D Facial Scan Data

Gu Bon-Gwan^o Jeong Cheol-Hui Myeong Won Lee

Dept. of Internet Information Engineering, The U. of Suwon

요 약

현재까지의 컴퓨터그래픽스 기술은 물체의 시각적 표현에만 집중되어 왔다고 할 수 있다. 그러나 컴퓨터그래픽스 기술의 발전으로 앞으로는 3차원 데이터가 단지 표현에만 그치지 않고 모든 분야에서의 물체 해석과 예측 시뮬레이션 정보처리에서 활용되어 갈 것이다. 본 논문에서는 3차원 얼굴 데이터를 이용하여 사람의 나이에 따른 얼굴의 변화를 시뮬레이션한 결과를 소개한다. 20대, 30대, 40대, 50대의 3차원 얼굴 데이터로부터 60대의 얼굴을 예측하는 방법을 소개한다. 동일한 인물의 20대부터 50대까지의 실제 얼굴 데이터를 얻는 것은 어려운 일이므로 본 연구에서는 20대의 얼굴데이터만을 가지고 50대까지의 얼굴을 추측하여 생성한 후에 60대의 얼굴을 예측하는 방법을 제공한다.

1. 서론

최근 수십 년에 걸친 컴퓨터그래픽스 기술 발전에 의해 물체의 3 차원 형상의 사실적 묘사가 가능하게 되어 많은 분야에서 물체의 시각적 표현에 있어서는 상당한 발전이 있어왔다. 이러한 컴퓨터그래픽스 기술은 단순한 시각적 표현뿐 아니라 앞으로는 많은 분야에서 물체의 물리적, 화학적 혹은 생물학적 해석으로 이용될 수 있는 3D 정보처리 기술로 발전되어 갈 것으로 전망한다. 본 연구도 이와 관련하여 3 차원 얼굴 표현을 떠나서 얼굴의 나이에 따라 변화되는 모습을 시뮬레이션하고 예측하는 방법을 제공하고자 한다.

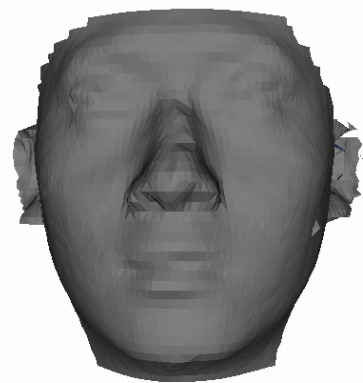
이와 관련한 기존 연구로는 얼굴 애니메이션이나 모핑에 초점을 둔 많은 연구가 있다[1][2][3][4]. 여기에는 여러 표정의 얼굴을 자동 생성하거나 3D 모델에 얼굴의 여러 움직임 생성에 초점을 둔 연구가 있고 실시간 응용을 위한 얼굴 애니메이션 엔진 개발과 MPEG-4 기반의 얼굴 애니메이션 플레이어에 포함하는 프레임워크에 관한 연구가 진행되었다. 이러한 얼굴 애니메이션 연구의 대부분이 얼굴 모델에 표정이나 움직임을 주려는 노력이 이루어졌다고 할 수 있다.

이상의 기존 연구와는 달리 본 연구에서는 3 차원 스캔 데이터로 구성된 한 연령대의 얼굴 모델을 이용하여 각 연령대의 얼굴을 예측한 후에, 각 연령대 얼굴 모델을 이용하여 그 후의 얼굴을 예측하는 알고리즘을 개발하였다. 이와 같이 각 연령대 얼굴 모델을 구성한 이유는 한 사람의 모든 연령대의 3D 스캔데이터를 얻기가 어렵기 때문이다.

2. 연령대별 3차원 얼굴 모델

2.1 20대의 3차원 얼굴 모델의 준비

얼굴 예측에 사용될 20대, 30대, 40대, 50대의 얼굴 데이터 중 20대의 얼굴 데이터는 3D스캐너로 스캔된 3차원 얼굴 데이터(그림 1)에 세 방향에서 찍은 사진이미지를 이용하여 텍스처매핑된 데이터를 사용한다(그림 2)[5].



(그림 1) 20대 얼굴의 3차원 스캔데이터 원본

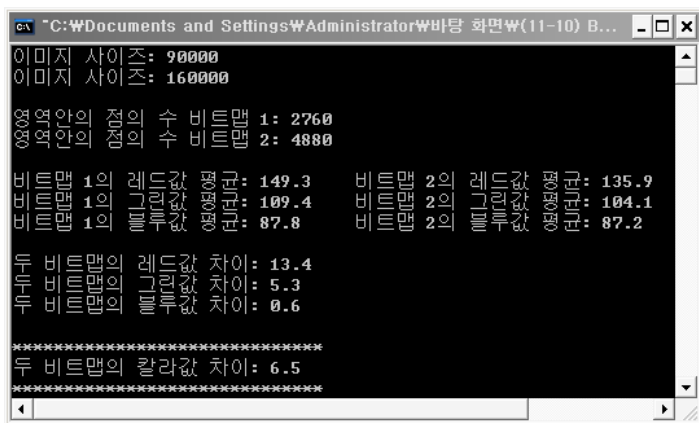
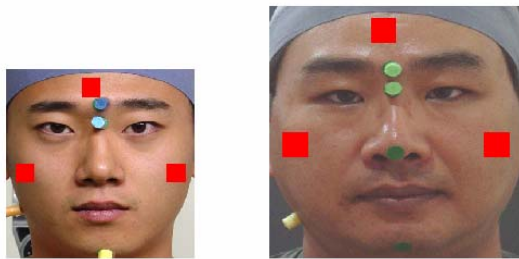
본 연구는 기술표준원의 국가표준, 제품안전관리, 인증 제도 선진화 기반구축을 위한 학술연구용역사업의 지원으로 수행되었음.



(그림 2) 텍스처 매핑 후의 20대 얼굴

2.2 각 연령대의 3차원 얼굴 모델 예측

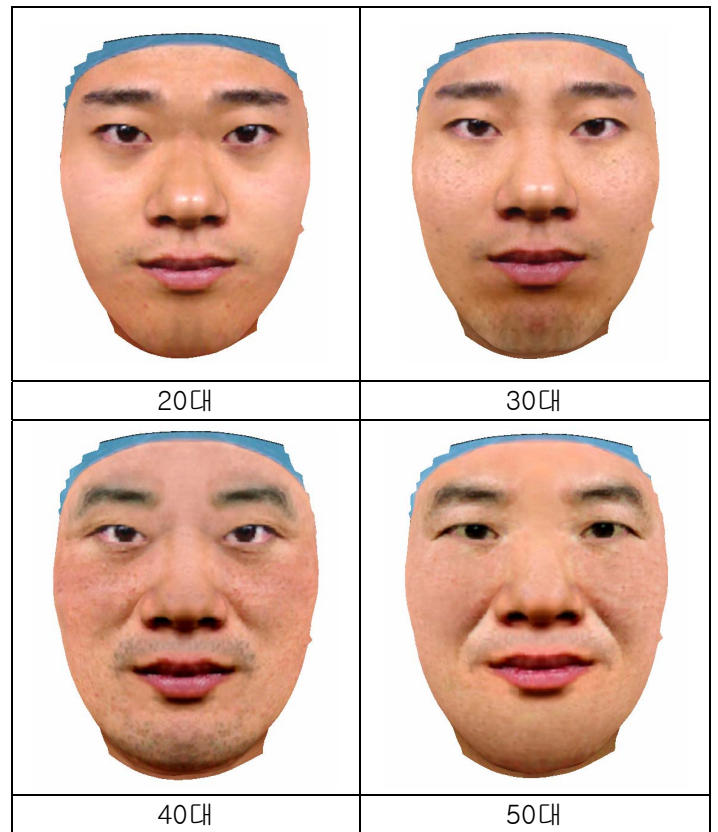
연령대별 얼굴 모델을 구하기 위해서 한 인물의 실제 데이터를 얻기 위해서는 몇 십년이라는 많은 시간이 필요하다. 따라서, 본 논문에서의 얼굴 예측에 필요한 연령대별 얼굴모델은 20대 모델은 앞에서와 같이 3D 스캔 데이터를 그대로 이용하고, 30대, 40대, 50대 연령대의 3D 모델은 20대 모델과 각 연령대별 다른 사람들의 얼굴모델을 이용하여 예측하는 방법을 고안하였다. 20대를 제외한 나머지 연령대의 얼굴은 20대의 3차원 스캔 얼굴 데이터에 20대의 피부 재질과 가장 비슷한 나이대별 피부를 찾아서 텍스처 매핑을 통해 제작하였다.



(그림 3) 두 얼굴 이미지의 컬러 값 비교

20대의 얼굴 이미지에 맞는 각 연령대의 피부를 찾기 위해서 각 연령대별로 100명 정도의 얼굴 이미지와 20대 얼굴 이미지의 컬러 값의 차이를 비교해서 그 차이가 가장 작은 사람의 피부를 선택하였다. 컬러 값의 차이를 비교하기 위해서 2개의 얼굴 이미지의 이마와 좌, 우측 볼에 사각 영역을 잡아 컬러 값의 평균을 구한 뒤 그 컬러 값의 차이를 구하였다(그림 3).

이와 같이 각 연령대별로 컬러 값의 차이가 가장 작은 피부를 찾은 뒤에 각 연령대의 얼굴 이미지를 생성하기 위해서는 20대의 3차원 얼굴 스캔 데이터에 얼굴 이미지를 맞추어야 하고 20대의 피부색과 컬러 값이 흡사해야 하기 때문에 20대 얼굴 이미지에 눈, 코, 입, 귀, 눈썹 등의 위치를 맞추어 각 연령대의 피부를 입혀주었다(그림 4).



(그림 4) 연령대별로 예측된 3차원 얼굴 모델

이상과 같이 각 연령대별 3차원 얼굴 모델 데이터를 구한 뒤에는 이 데이터를 이용하여 60대의 얼굴 모습을 예측하고자 하는 것이다. 각 연령대별 3차원 얼굴 데이터는 PLY 형식의 파일로 저장된다. 얼굴 모델의 3차원 벡터의 수는 총 51,239개이고, 각 벡터별 컬러 값은 Red, Green, Blue 값으로 나뉘어 저장된다. 얼굴 모델 데이터의 내용을 살펴보면 다음과 같이 구성되어 있다:

.....
 -47.165337 -84.000000 -25.172295 160 77 33 0
 -45.443146 -84.000000 -22.557556 161 81 35 0
 -43.762085 -84.000000 -19.893795 152 74 47 0
 -42.039886 -84.000000 -17.279060 155 72 40 0
 -40.276558 -84.000000 -14.713348 158 67 36 0

60대 얼굴 예측은 이러한 각 연령대의 컬러 값 변화를 통계적으로 분석하여 다음 값을 예측하는 방식으로 진행된다.

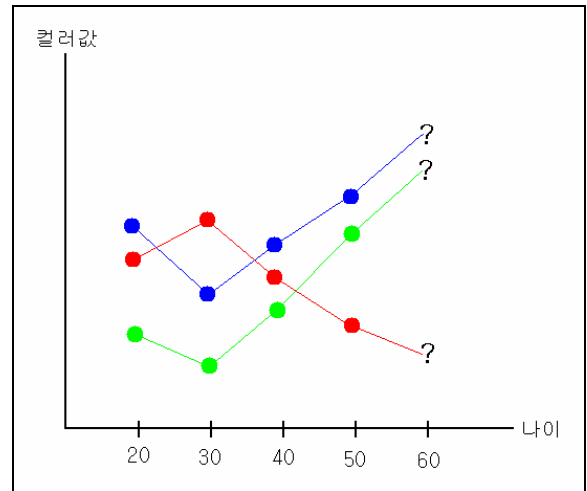
3. 얼굴 재질의 변화 추이 분류 및 예측 방법

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 버텍스에서 동일한 위치의 컬러 값 변화 추이를 다음과 같이 형태별로 분류하였다:

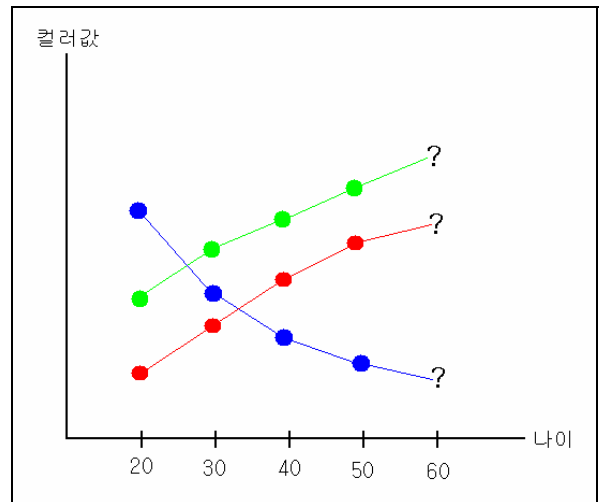
- 가속 증가형 혹은 가속 감소형: 컬러 값의 변화가 계속하여 증가하거나 감소하는 형태, 이 중에서 변화의 증가량이나 감소량이 시간의 흐름에 따라서 줄어가는 형태는 별도 처리 (그림 5)
- 증가 후 감소형 혹은 감소 후 증가형: 컬러 값의 변화의 추이가 한번 증가/감소 후에 계속하여 감소하거나 증가하는 형태 (그림 6)
- 지그재그형: 컬러 값의 변화가 들쭉날쭉 한 형태 (그림 7)

각 형태별로 분류된 얼굴 모델 데이터에서 최종 연령대의 예측에 필요한 재질의 변화는 다음의 방법으로 구한다:

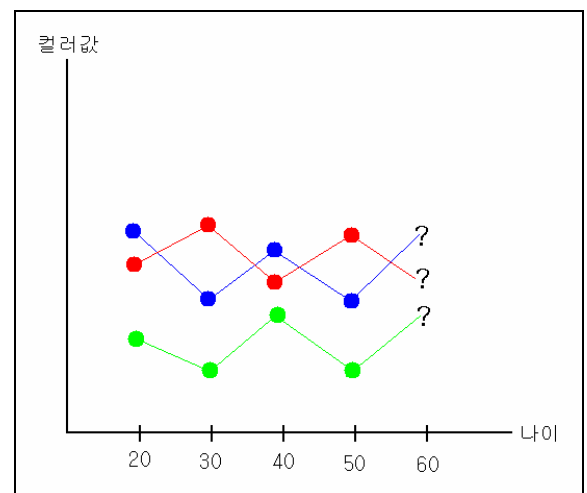
- 가속 증가형 혹은 가속 감소형
 - 선형 회기 (Linear Regression) - 최소 제곱 추정법 (The Least Squares Estimation) 사용
 - Quadratic Fitting (증가량과 감소량이 점점 작아지는 경우)
- 증가 후 감소형 혹은 감소 후 증가형
 - 선형 회기(Linear Regression) - 최소 제곱 추정법 (The Least Squares Estimation) 사용
- 지그재그형
 - 평균 값 (Average) 사용



(그림 5) 가속 증가형 혹은 가속 감소형



(그림 6) 증가 후 감소형 혹은 감소 후 증가형

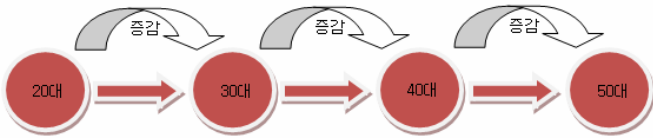


(그림 8) 지그재그형

4. 얼굴 재질의 변화 분석 및 예측

4.1 컬러 값 증감 형태 판별

연령이 증가함에 따라 각 위치에서 컬러 값이 어떻게 변화되어 가는지를 판별하여 형태별로 분류한다 (그림 8).



(그림 8) 연령대 별 컬러 값 변화 추이 판별

각 연령대에서 다음 연령대와 컬러 값 차이를 구하여 형태별로 분류한다.

- 가속 증가 - 컬러 값의 차이가 모두 양수일 때
- 가속 감소 - 컬러 값의 차이가 모두 음수일 때
- 증가 후 계속 감소 - 맨 처음 컬러 값의 차이는 양수이나 나머지 두 값이 음수일 때
- 감소 후 계속 증가 - 맨 처음 컬러 값의 차이는 음수이나 나머지 두 값이 양수일 때
- 지그재그 - 첫 번째와 세 번째의 차이가 양수이거나 음수이고 두 번째가 이와 반대일 때

각 증감 형태에 따라 다음의 통계 공식이 사용된다.

4.2 변화 형태별 통계 처리

4.1절에서 분류한 컬러 값의 변화 추이 형태에 따라 아래와 같이 얼굴 재질의 예측값을 구한다.

- 가속증가형 혹은 가속감소형과 증가후 감소형 혹은 감소후 증가형에는 단순 선형 회기 모형을 사용하여 다음의 식을 이용한다.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \epsilon_i \quad i = 1, \dots, n$$

β_0 는 절편계수(intercept coefficient)
 β_1 는 기울기계수(slope coefficient)
 ϵ_i 는 확률오차항(stochastic error term) 또는 확률교란항(stochastic disturbance)

위 식에서 얼굴 재질 변화를 위한 변수는 다음과 같이 할당한다:

- 독립 변수: 나이
- 종속 변수: 3차원 얼굴 데이터 각 점에서의 컬러 데이터

얼굴 재질의 변화에 대한 예측을 위해서 사용되는 단순 선형 회기 모형의 추정 방법은 최소 제곱법이 사용되며 해당식은 다음과 같이 정의된다[6].

모수 β_0 와 β_1 의 가능한 추정 값을 각각 $\hat{\beta}_0$ 와 $\hat{\beta}_1$ 으로 표시하면 추정된 직선인 표본 회기선은 다음과 같다.

$$\hat{y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_i, \quad i = 1, \dots, n$$

이 때 실제의 y_i 값과 예측된 \hat{y}_i 값의 차를 잔차라고 하며 다음과 같이 정의한다.

$$e_i = y_i - (\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_i) = y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_i$$

잔차들의 제곱의 합을 최소가 되도록 회기 계수를 추정하는 방법을 최소제곱법이라고 하며, 최소제곱 추정값과 최소제곱 회기직선의 식은 다음과 같이 구해진다.

$$\beta_0 = \hat{y} - \beta_1 \hat{x}, \quad \beta_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x})(y_i - \hat{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x})^2}$$

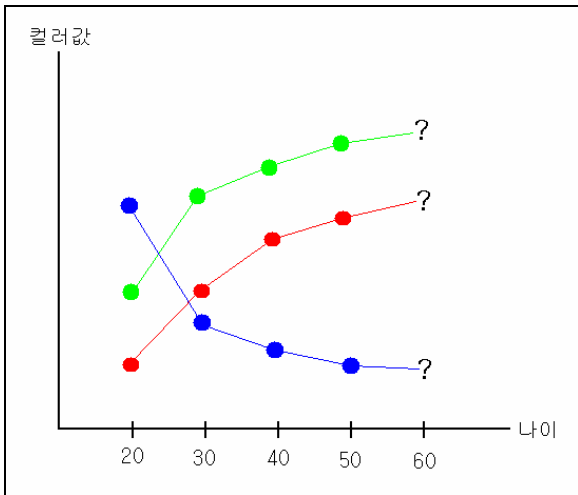
$$\hat{y} = \beta_0 + \beta_1 x = \hat{y} + \beta_1 (x - \hat{x})$$

위 식을 이용하여 가속증가형, 가속감소형, 증가후 감소형 및 감소후 증가형의 변화값을 가지는 얼굴 데이터의 다음 연령대의 얼굴 재질값을 계산한다.

- 가속증가형 혹은 가속감소형의 얼굴 재질값의 예측에는 다음의 Quadratic Fitting 을 사용한다 [7].

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \beta_2 x_i^2, \quad i = 1, \dots, n$$

(그림 9)는 Quadratic Fitting 을 쓰는 경우의 얼굴 데이터의 변화 형태를 보여준다. 즉, 다음 연령대로 갈수록 재질값의 변화의 폭이 점점 적어지는 경우를 말한다.



(그림 9) Quadratic Fitting 을 사용하는 경우

- 지그재그 형의 경우 각 연령대별 컬러값의 평균을 사용하여 60 대 얼굴의 재질값을 예측하며 다음의 식을 이용한다.

$$\frac{20\text{대의 컬러 값} + 30\text{대의 컬러 값} + 40\text{대의 컬러 값} + 50\text{대의 컬러 값}}{4}$$

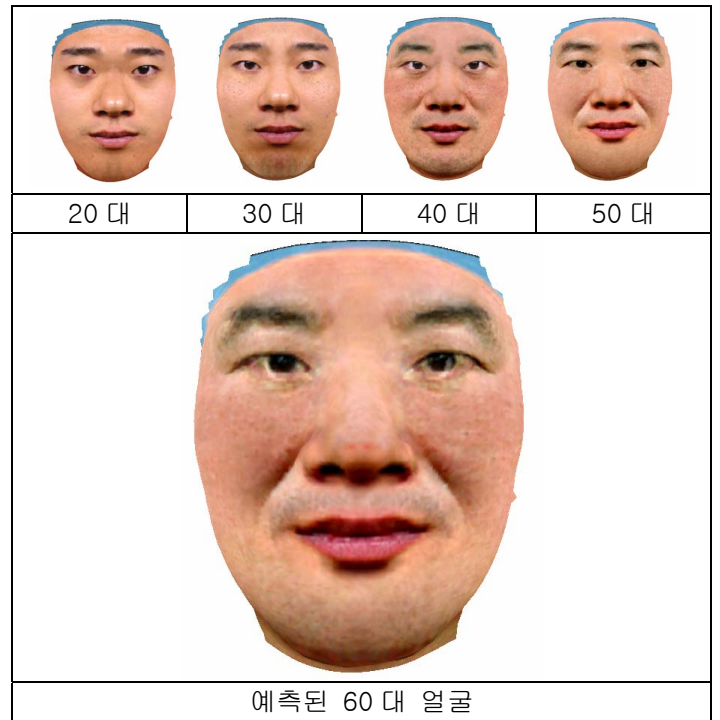
5. 얼굴 예측 결과

각 연령대별 컬러 값의 변화 추이에 따라 분류를 한 뒤에 각 경우에 해당하는 통계적 방법으로 60 대의 얼굴 예측 데이터를 생성하였다. 즉, 20 대의 3 차원 얼굴 스캔 데이터의 총 51,239 개 점에서 각각 예측된 컬러 값을 저장하여 최종 얼굴 데이터를 생성하게 된다. (그림 10)과 (그림 11)은 각각 최종 예측된 남녀 모델 얼굴의 모습을 보여준다.

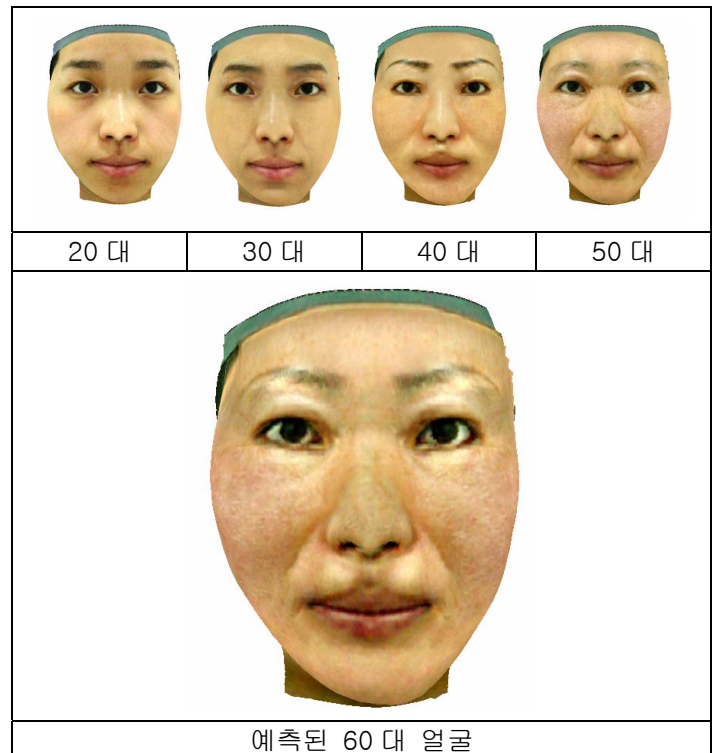
본 연구에서의 제한 사항은 동일 인물의 연령별 데이터가 부재한 상황이라서 20 대 이후의 연령대의 기하 데이터의 변화는 고려하지 않고 재질 변화에 대한 추이만 고려했다는 점이다. 이와 같은 방법으로 해결한 이유는 인간의 성장이 20 대에서 어느 정도 마무리가 된다는 가정하에서 얼굴 골격의 변화는 예측에 포함하지 않았다.

6. 결론

본 논문에서는 한 사람의 20 대의 3 차원 얼굴 스캔 데이터와 사진 이미지를 이용하여 20 대의 얼굴 모델을 완성시키고, 30, 40, 50 대 얼굴을 각각 예측한 뒤에, 각 연령대의 얼굴 모델을 이용하여 최종 연령대인 60 대의 얼굴을 예측하는 방법을 연구하였다.



(그림 10) 남자 모델의 얼굴 예측 결과



(그림 11) 여자 모델의 예측 얼굴

본 연구에서는 20 대 얼굴의 기하 모델을 이용해서 30 대에서 50 대까지 얼굴의 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.

참고문헌

- [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] 정철희, 조선영, 이명원 "3 차원 스캔 얼굴 모델의 텍스처매핑", 2007 년도 한국정보과학회 추계학술대회 논문집, 2007.11.
- [6] 김흥진, "단순회귀분석에서 최소제곱회귀직선과 그 성질", 고시계 제 453 호 1994 년 11 월호, pp. 394-395, 1994. 10.
- [7] Richard I. Shrager, "Quadratic programming for nonlinear regression", Communications of the ACM Volume 15 Issue 1, pp.41-45, 1972.
- [8] Brian Guenter, Cindy Grimm, Daniel Wood, Henrique Malvar, Fredrick Pighin, "Making faces", ACM SIGGRAPH 2005 Courses, Article No. 10, 2005.
- [9] Jörg Haber, Demetri Terzopoulos, "Facial modeling and animation", ACM SIGGRAPH 2004 Course Notes, No. 6, 2004.
- [10] 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.