

영상기반 3차원 얼굴 모델링

민경필⁰ 전준철¹ 박구락²
경기대학교 정보과학부⁰¹
공주대학교 영상정보공학부²
{ccabi⁰, jcchun¹}@kyonggi.ac.kr
grpark²@hanmail.net

Image-based 3D Face Modeling

Kyongpil Min⁰ Junchul Chun¹ Koorack Park²
Information Science Division, Kyonggi University⁰¹
College of Visual Image & Health, Kongju National University²

요약

현실감 있는 얼굴 모델을 생성하기 위한 방법은 70년대부터 계속되었지만, 얼굴 구조의 복잡성, 색상과 텍스처의 다양한 분포, 잔주름과 같은 미세한 부분을 표현하기 어렵다는 점들로 인해 아직까지도 계속 연구되어지고 있다. 본 논문은 기존의 하드웨어 의존적인 3차원 얼굴 모델을 생성 방법이 아닌 2차원 얼굴 영상만으로 얼굴 모델을 생성하는 방법을 제시한다. 연구 수행 단계는 크게 얼굴 영역 검출 과정과 얼굴 모델링 과정으로 나뉘어지며, 얼굴 영역 검출을 위해 정규화된 TS 색상값과 얼굴의 피부색에 대한 평균과 공분산을 이용한 마할라노비스 거리 측정법을 이용한다. 얼굴 모델링 과정에서는 2차원 영상으로부터 3차원 정보를 추출한 뒤 일반 얼굴 모델에 변형을 주어 모델을 생성한다. 보다 현실감 있는 모델을 생성하기 위해 텍스처 매핑 기법을 추가한다.

본 연구를 통해 생성되는 얼굴 모델은 아바타 생성, 화상회의, 인증 시스템과 같은 분야에 적용 가능하며, 입력 영상에 대한 제약점을 줄이고 또한 사람의 손이 거치지 않고 전체적으로 자동화되어 처리할 수 있는 시스템을 제안한다.

1. 서론

생체인식기술과 같은 인증시스템 분야와 애니메이션, 아바타 생성과 같은 응용분야에서 얼굴 정보에 대한 연구는 최근 30년간 활발히 진행되고 있지만 컴퓨터에 의해 입력 정보로부터 얼굴을 검출하고 정보를 추출한다는 것은 여전히 어려운 문제점으로 남아 있다. 얼굴 구조(face anatomy)의 복잡성, 색상과 텍스처의 다양한 분포, 잔주름과 같은 섬세한 부분들, 입력 데이터들이 외부적인 조건에 많이 영향을 받는 단점들은 컴퓨터 그래픽스 분야에서 해결해야할 문제들이다.

컴퓨터 그래픽스에서 얼굴에 관한 연구는 얼굴 검출과 검출된 얼굴로부터 얼굴 정보를 추출하여 인식이나 모델링에 대한 적용으로 나눌 수 있다. 특히, 현실감 있는 3차원 얼굴 모델을 생성하기 위해서는 얼굴, 눈, 코, 입, 눈썹, 코와 같은 특징 영역에 대한 길이와 너비 및 높이 정보와 같은 구조적인 정보를 모두 갖춰야지만 정확한 표현이 가능하다. 3차원 스캐너와 같은 장비는 이런 정보를 쉽게 얻을 수 있게 해주므로, 얼굴 모델을 생성하는 방법으로 많이 이용되고 있다. 하지만 워낙 고가의 장비이며, 너무 많은 데이터와 잘못된 데이터 및 경계선

을 손으로 직접 고쳐줘야 하는 점, 접합되는 지점으로 인한 영역의 손실과 같은 단점으로 인해 쉽게 사용할 수 있는 방법은 아니다.

본 논문은 특별한 장비없이 일반적인 2차원 영상으로부터 얼굴 영역을 검출한 후, 얼굴의 구조적 정보를 추출하여 3차원 얼굴 모델을 생성하는 방법에 관한 연구이며, 가능한 사용자의 간섭을 배제하고 거부감을 줄일 수 있는 방법을 제시하도록 한다. 얼굴 영상을 이용한 모델 생성에 관한 기존의 연구로는 직교 사진(orthogonal photograph)을 이용한 직교 모델링 방법으로 3차원 정보를 추출하기 위해 정면과 측면 영상을 이용하며, 얼굴에 직접 특징점을 그려서 이용하였으며, Pighin는 카메라의 촬영 각도에 상관없이 특징점에 대한 3차원 정보를 추출하는 방법을 제안하였으며, 이때 영상에 직접 특징점을 찍어서 이용하였다.[1]

다음의 2장에서는 빠른 수행 능력과 비교적 정확한 결과를 만들어내는 색상 모델(color model)을 이용하여 얼굴 영역을 검출한다. 정규화된 TS 색상 공간에서 임계값을 이용한 마할라노비스(mahalanobis) 거리 측정법을 이용하도록 한다. 3장에서는 검출된 얼굴 영역에서 특징점들을 추출한 후, 그 특징점에 맞게 3차원 얼굴 일반 모델(generic face model)을 변형시켜서 얼굴 모델을 생성한다. 보다 현실감 있는 모델 생성을 위해서 텍스처 매핑(texture mapping) 기법을 이용한다.

본 연구는 한국 과학재단 특장기초연구(과제번호 R01-2002-000-00010-0) 지원으로 수행되었음

2. 얼굴 영역 검출

얼굴 영역 검출에 이용되는 특징 기반 알고리즘 (feature-based approaches)은 영상 기반 알고리즘 (image-based approaches)에 비해 알고리즘이 간단하고, 입력 영상에 대한 제한점이 적고, 학습 과정과 같은 부분을 거치지 않기 때문에 빠른 수행 능력을 보인다.[2] 색상 공간을 이용하는 방법은 특징 기반 알고리즘 중에서 가장 많이 이용되지만, 얼굴과 유사한 영역을 검출하거나 조명에 영향을 받는 단점을 갖고 있다. 이러한 단점을 해결하기 위해서 제안 알고리즘에서는 정규화된 TSL 색상 모델(T: tint, S: saturation, L: luminance)과 가우지언 단일 모델(single gaussian model)을 이용해서 유사한 색상을 피부색으로 검출하는 오류를 없애준다.

색상 모델을 이용하여 입력 영상으로부터 얼굴 영역을 검출하기 위해서는 입력 영상의 특성에 맞는 색상 모델을 선택해야 한다. 그림 1은 얼굴 영역에 대한 색상 누적 분포도를 보여준다. 정규화한 TS 모델의 경우 다른 색상 모델에 비해 값들이 작은 영역에 분포되어 있고, 흑인을 제외한 백인과 황인의 피부색에 모두 적용 가능하므로 얼굴 검출에 필요한 색상 모델로 이용하도록 한다.[3]

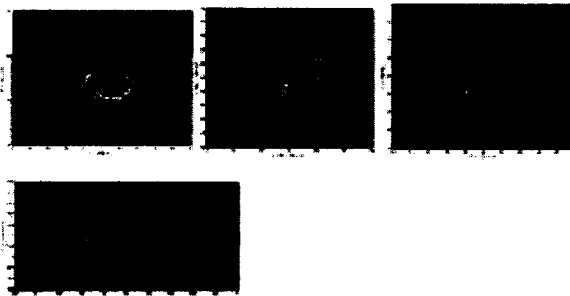


그림 1 피부 영역 누적 분포도

누적 분포도로부터 획득한 평균과 공분산을 이용하여 가우지언 단일 모델로부터 얻어진 확률밀도함수에 적용하여 정확한 얼굴 영역을 검출하도록 한다. 피부영역에 대한 입력 정보의 확률이 높을 경우 피부로 간주되어지며, 식 1의 $\lambda_s(i, j)$ 값이 적을 수록 확률이 높아지며 식 2를 통해 얼굴의 피부영역을 검출해낼 수 있으며, 결과는 그림 2와 같다.

$$p[X(i, j)/W_s] = (2\pi)^{-1} |C_s|^{-1/2} \exp\{-[\lambda_s(i, j)]^2/2\} \quad \text{식 1}$$

$$\lambda_s(i, j) = (1/\sigma S_s \sigma^2 T_s - T^2 S_s) (\sigma S_s (T - T_{avg})^2 + \sigma T_s (S - S_{avg})^2 + 2T_s S_s (S - S_{avg})(T - T_{avg})) \quad \text{식 2}$$

$$\sigma S_s = S_{cov} * S_{cov}, \quad \sigma T_s = T_{cov} * T_{cov}, \quad \sigma = \sqrt{\sigma S_s + \sigma T_s}$$



그림 2 얼굴 검출 결과

그림 2와 같이 검출된 얼굴 영역으로부터 얼굴의 구조적인 정보를 추출하기 위한 얼굴 분석과정을 통해서 얼굴의 특징점을 추출한다. 얼굴의 특징점은 얼굴에 대한 인체 측정학[4]을 기준으로 얼굴, 눈, 코, 입, 눈썹에 해당하는 27개의 점을 선택하며, 검출된 얼굴 영역에 대한 수평성분과 수직성분의 누적합을 이용해서 검출한다.

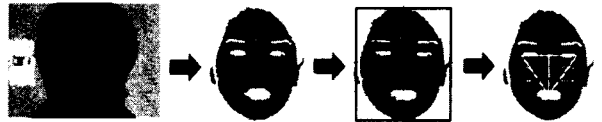
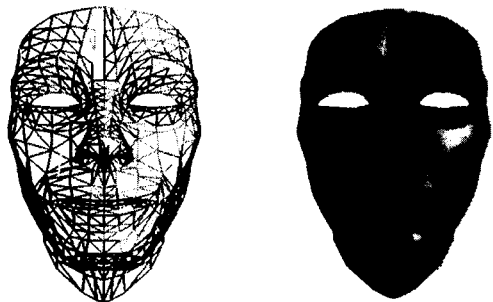


그림 3 얼굴 및 특징점 추출 과정

3. 얼굴 모델링

현실감 있는 얼굴 모델링을 위해서는 얼굴 영상의 분석을 통해서 특징점들의 위치와 같은 정보를 획득하고 이 값을 얼굴 모델에 합성해주어야 한다. 빠른 수행 능력을 보이기 위해 3차원 얼굴 모델을 생성하는 방법으로 일반적인 사람의 얼굴 구조 형태와 애니메이션에 필요한 근육정보를 포함하고 있는 일반 얼굴 모델(generic face model)(그림 4 (a))을 입력 영상의 특징점에 맞게 변형시키는 방법을 이용한다. 그러므로 이러한 연구는 2차원 데이터로부터 3차원 정보를 획득하는 과정과 3차원 일반 얼굴 모델을 변형 시키는 과정, 마지막으로 텍스처 매핑과 같은 렌더링 기법을 적용하는 과정으로 나누어질 수 있다.



(a) 메쉬구조의 얼굴 모델 (b) 셰이딩 처리한 결과
그림 4 일반 얼굴 모델

일반 얼굴 모델을 정합하고 변형시키는 방법으로, 산재 보간법(scattered data interpolation), 인체 측정학

기법(anthropometry techniques), 원통 좌표축으로의 투영(projections onto the cylindrical coordinates) 등이 주로 이용되고 있다.

특히, 산재 보간법의 경우는 radial basis 함수를 이용하는데, 이 함수의 특징은 사람의 얼굴과 같은 부드러운 hyper-surface에 대한 보간에 적합하다. 식 3은 radial basis 함수를 이용한 보간법으로서, 이미 선택된 점들인 m_i 를 기준으로 주변의 다른 점들인 $u_i = f(m_i)$ 를 계산한다. 또한 본 연구에서는 affine 변환을 기초로 하기 때문에 보간식은 식 4와 같이 수정된다.

$$f(m) = \sum_i c_i \phi(|m - m_i|) \quad \text{식 3}$$

$$f(m) = \sum_i c_i \phi(|m - m_i|) + Mm + t \quad \text{식 4}$$

식 4에서 M과 t는 affine 구성요소이고 $u_i = f(m_i)$ 와

$\sum_i c_i = 0$ 과 $\sum_i c_i m_i^T = 0$ 인 특징을 이용해서 위치를 찾아낸다.

얼굴 모델링의 최종단계인 렌더링 단계에서는 셰이딩(shading) 기법이나 텍스처 매핑(texture mapping)을 이용할 수 있다. 셰이딩은 각 표면의 특징과 조명에 따라 각 픽셀의 색상 값을 계산하므로 얼굴과 같은 섬세한 부분을 표현하기 어렵다. 일반적으로 모델의 표면을 보다 상세하고 현실감 있게 표현하기 위해서는 기하(점, 면)의 크기를 늘리는 방법을 이용하지만, 텍스처 영상을 3차원 좌표계의 모델 표면에 늘이거나 붙여넣는 방법을 이용해서 매핑시켜줌으로써 실제 모델의 변화 없이 현실감을 표현할 수 있다.

본 연구에서 사용되는 얼굴 모형은 단순한 평면, 구, 실린더와 같은 도형이 아니기 때문에 텍스처를 임의의 중간 표면에 사상시킨 후 그 값을 이용해서 환경 매핑(environment mapping)을 이용해서 얼굴 모델에 텍스처를 매핑하도록 한다. 얼굴 영상을 3차원 얼굴 모델로 매핑하기 위해서 자체 매핑 함수를 갖고 있으며, 얼굴 모델의 점들과 쉽게 대응 되는 특징이 있는 cylinder mapping을 이용하여 중간 표면으로의 매핑(S mapping)하여 텍스처 맵을 생성한다.(그림 5 (a)) 모델로부터 반사되는 관점과 중간 표면의 교점을 이용하는 환경 매핑을 이용하여 3차원 정보를 얼굴 모델에 매핑(O mapping)한다.(그림 5 (b)(c)(d))

4. 결론 및 향후 연구과제

본 논문은 2차원 얼굴 영상과 3차원 일반 얼굴 모델을 이용하여 개개인의 얼굴에 맞는 현실감 있는 모델을 생성하는데 있어서 얼굴 특징점 검출에서부터 모델링까지 사람의 간섭이 필요없는 자동화 처리가 가능한 알고리즘을 만드는데 목적이 있다. 정규화한 TS 모델과 가우지언 단일 모델을 이용하여 얼굴 영역 및 특징점들을 추출하였으며, 일반 얼굴 모델을 산재 보간법을 이용하여 특징점의 3차원 정보에 맞게 변형시킨 후 텍스처 매핑을 적

용하여 얼굴 모델을 획득한다.

향후 연구과제로는 색상 모델을 이용할 때 나타나는 피부색의 분포와 피부색과 유사한 색상의 분포가 겹쳐서 나타나는 경우 얼굴 이외의 영역을 함께 검출하는 단점으로 인한 입력 영상에 대한 제약 조건과 27개의 특징점만을 이용한 보간법으로 전체 얼굴 구조를 변형시키기 어렵다는 점들을 해결해야 한다.

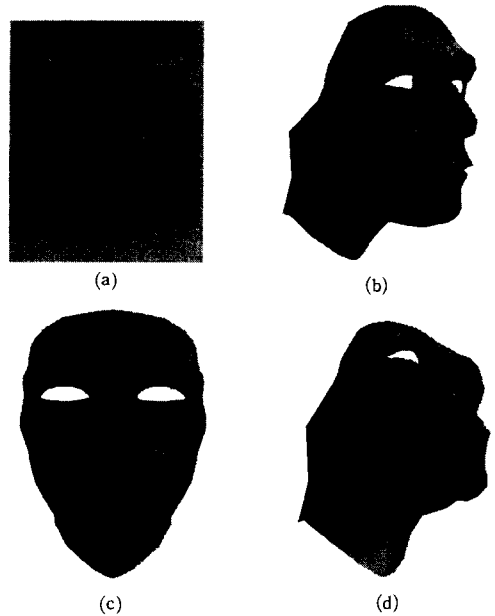


그림 5 텍스처 매핑한 결과

5. 참고 문헌

- [1] Frederic Pighin, Jamie Hecker, Dani Lischinski, Richard Szeliski, David H. Salesin, "Synthesizing Realistic Facial Expressions from Photographs", siggraph'98, 1998
- [2] Erik Hjelmas, Boon Kee Low, "Face Detection: A Survey", 2001
- [3] Jean-Christophe Terrillon, Mahdad N. Shirazi, Hideo Fukamachi and Shigeru Akamatsu, "Comparative performance of different skin chrominance models and chrominance spaces for the automatic detection of human faces in color images", in proceedings Fourth IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, 2000
- [4] S. Fang, R. Raghavan, J. T. Richtsmeier, "Volume Morphing Methods for landmark Based 3D Image Deformation", SPIE Int. Symp. on Medical Imaging, CA, 1996