

얼굴 영상 인식 및 3차원 얼굴 모델 구현 알고리즘

이 효 중, 이 지 항*
전북대학교 전자공학과, 공업기술연구소

Human Face Recognition and 3-D Human Face Modelling

Hyo Jong Lee, *Jee Hang Lee
Dept. of Electronics Engineering
Research Institute of Industrial Technology,
Chonbuk National University
E-mail : jhlee@sel.chonbuk.ac.kr

Abstract

Human face recognition and 3D human face reconstruction has been studied in this paper. To find the facial feature points, find edge from input image and analysis the accumulated histogram of edge information. This paper use a Generic Face Model to display the 3D human face model which was implement with OpenGL and generated with 500 polygons. For reality of 3D human face model, we propose Group matching mapping method between facial feature points and the one of Generic Face Model. The personalized 3D human face model which resembles real human face can be generated automatically in less than 5 seconds on Pentium PC.

I. 서론

사람의 얼굴은 표정이나 생김새를 통하여 개개인을 식별하고, 성별을 구분할 수 있도록 해주며, 현재의 심리 상태 등을 나타내주는 중요한 정보를 가지고 있기 때문에 인간 심리학 분야 등에서 상당히 오래 전부터 연구되어 왔다. 최근에는 하드웨어 기술의 발전과 소

프트웨어 기술이 눈부시게 발전함에 따라 영상처리, 컴퓨터 그래픽스, 패턴인식 등 수많은 분야에서 정지 영상이나 동영상으로부터 사람의 얼굴을 자동으로 인식하고, 구현하는 기술에 대하여 활발히 연구가 이루어지고 있다. 또한 영화나 게임 산업에서 가상 생명체를 선보이며 이를 이용하여 사람의 감정에 변화를 줄 수 있는 가능성을 보임으로써 인터넷 전반에서 활동할 수 있는 가상 생명체 혹은 캐릭터의 연구에 많은 관심을 보이게 되었다. 이를 계기로 화상회의, 전자우편, 화상채팅 등에 적용시킬 수 있는 실제와 유사한 3차원 얼굴 모델을 개발하기 위하여 많은 연구를 진행하고 있다.

본 논문은 한 장의 정지 영상을 입력으로 받아서 얼굴 특징점들의 위치를 추출하고, 일반 얼굴 모델과 추출된 특징점들을 맵핑함에 있어서 그룹화된 영역과 추출된 특징점간의 보간을 통하여 실제와 유사한 얼굴 모델을 적은 데이터로 구현할 수 있는 알고리즘을 제시한다. 인터넷의 전송속도가 제한되어 있는 관계로 네트워크 통신상에서 적용할 수 있는 3차원 개인 얼굴 모델은 빠른 전송을 위하여 적은 데이터량을 가져야 한다. 따라서 실제 사람 얼굴을 가장 잘 특징지을 수 있는 최소의 특징점들을 이용하여 실제와 유사하면서도 적은 데이터량을 가진 모델을 구현할 수 있도록 하였다.

실제와 유사한 모델을 구현하기 위하여 그룹 보간법

을 제안하였다. 추출된 특징점들을 일반 얼굴 모델 (Generic Face Model)에 맵핑하는 과정에서, 특징점과 대응하는 일반 얼굴 모델의 한 점만을 보간하여 모델에 적용시키면 많은 오차가 발생하기 때문에, 특징점 뿐만 아니라 그 주위의 점들을 그룹화 하여 일정한 척도로 보간한 후에 일반 얼굴 모델에 정합시킴으로써 그 오차를 최소화하도록 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 서론에 이어 II장에서는 경계선 정보와 누적 히스토그램을 이용하여 얼굴 영역 및 얼굴 요소 특징점들을 추출하는 방법에 대하여 설명하고, III장에서는 검출된 얼굴 요소 특징점을 일반 얼굴 모델에 정합 시키기 위한 맵핑 알고리즘에 대하여 논한다. 제시한 알고리즘을 구현하고 실험한 결과, 그리고 결론을 IV장에서 기술하였다.

II. 얼굴 영역 및 얼굴 요소 특징점 추출

본 장에서는 실제 칼라 얼굴 영상에서 얼굴 영역과 얼굴을 구성하고 있는 요소들의 특징점을 추출하는 방법에 대해서 설명한다. 입력 영상에 대한 경계선 정보와 누적 히스토그램의 분포를 이용하여 얼굴 영역을 추적한다. 검출된 얼굴 영역 정보로부터 마스크 연산을 통하여 얼굴 요소들만으로 구성된 영상을 획득하고, 획득한 영상에 대한 누적 히스토그램 분포 정보를 이용하여 특징점들을 추출한다. 전체적인 구성도를 그림 1에 나타내었다.

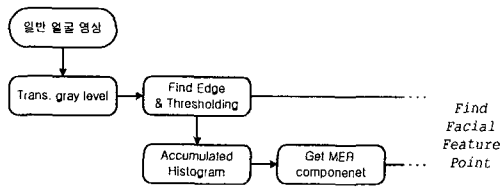


그림 1. 얼굴 영역 추적 알고리즘 구성도

2.1 얼굴 영역 추적 알고리즘

일반 얼굴 모델(Generic Face Model)을 변형시켜 실제와 유사한 3차원 얼굴 모델로 재구성하기 위해서 실제 얼굴 영상으로부터 일반 얼굴 모델에 적용시킬 얼굴 각각의 요소들에 대한 특징점들을 추출할 필요가 있다. 이러한 특징점들을 좀더 쉽게 추출하기 위해서 얼굴 영역을 먼저 예측하고자 한다.

얼굴 영역을 추적하기 위해서 경계선 정보를 이용한다. 경계선 정보는 영상에서 급격하게 변하는 색상 혹은 명도의 차이를 경계선을 이용하여 영역으로 구분해 주기 때문에 얼굴 영역과 배경을 각각의 영역에 따라 구분해주는 역할을 한다. Sobel 마스크를 이용하여 경계선 정보를 1차적으로 구했고, 경계선만을 부각시키

기 위하여 히스토그램 평활화를 통하여 얻을 수 있는 영상의 히스토그램 평균값을 문턱값으로 설정하여 경계선 정보를 thresholding 하였다.

획득한 영상을 토대로 수평/수직 누적 히스토그램의 분포를 구하였다. 누적 히스토그램의 관계식은 식 (1)과 같다.

$$H_x = \sum_{n=1}^Y P_{white} \quad (1)$$

$$H_y = \sum_{n=1}^X P_{white}$$

where

$$x = 1, \dots, \text{ImgWidth}$$

$$y = 1, \dots, \text{ImgHeight}$$

$$X = \text{ImgWidth}, Y = \text{ImgHeight}$$

수평/수직 누적 히스토그램은 얼굴 요소들의 경계선 분포 정보를 보여준다. 이 분포 정보를 이용하여 얼굴 영역을 추적할 수 있다.

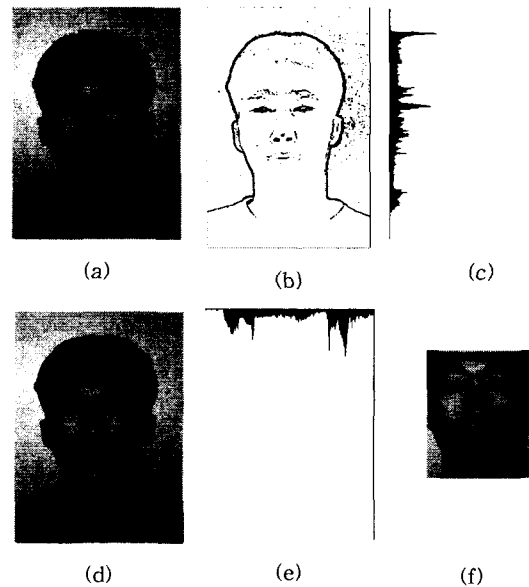


그림 2. 얼굴 영역 추적 과정

(a) 원영상 (b) 얼굴 윤곽선 정보 추출 영상

(c) 수평 누적 히스토그램 (d) gray-level 영상

(e) 수직 누적 히스토그램 (f) MER 마스크

연산 결과

결과를 이용하여 얼굴 요소 특징점을 구하기 위해 얼굴 영역을 배경으로부터 분리하고, 얼굴 요소들만으로 구성된 영상을 획득하고자 최소 인접 사각형(Minimum Enclosed Rectangle)을 구하고, 이를 이용하여 마스크 연산을 수행한다. 이를 위해 일반 얼굴 영상에서의 눈

썸 근방의 수평 누적 히스토그램 값과 턱 근방의 수평 누적 히스토그램 값을 토대로 상하 위치 좌표를 구하고 이를 이용하여 MER의 세로 길이를 구한다. 같은 방법으로 MER의 가로 길이를 구하여 MER을 완성한다. Gray 영상에 MER 크기의 마스크로 마스크 연산을 수행하여 얼굴 영역을 추적할 수 있다.

2.2 얼굴 요소 특징점 추출

개 개인의 특징을 가장 잘 표현할 수 있는 얼굴내의 특징점은 얼굴 인식 및 구현, 애니메이션에서 많이 연구되어 왔다. 그러나 대부분의 연구에서 제시하고 있는 얼굴의 특징점들은 연구의 의도와 목적에 따라 다른 위치의, 다른 개수의 특징점을 사용하였다. 본 논문에서는 MPEG-4 SNHC(Synthetic-Natural Hybrid Coding) Adhoc Group 에서 제안한 개 개인의 얼굴 모델 생성을 위하여 개 개인의 얼굴을 표현할 수 있는 43개의 표현변수를 참고로 하여 얼굴 요소 특징점을 선택하였다. 본 논문에서 정의하고 추출하고자 하는 점은 총 43개의 점중 2차원 입력 영상에서 정의가 가능한 31개의 점들을 추출하여 사용한다.

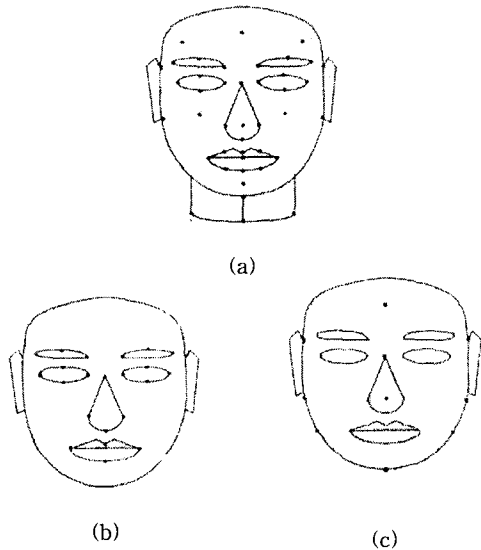


그림 3. (a) MPEG-4 SNHC 얼굴 표현변수 위치
 (b) 마스크 영상으로부터 추출가능한 특징점
 (c) 추출된 영상으로부터 추론이 가능한 특징점

총 31개의 얼굴 요소 특징점들 중, MER로 마스크 연산을 수행한 얼굴 영역 검출 영상에서 눈썹에 3×2, 눈에 4×2, 코에 3, 입에 4×2개의 총 21개 얼굴 요소 특징점들을 정의하고 추출할 수 있다. 그 외의 10개 얼굴 요소 특징점들은 얼굴 영역 추출을 위하여 획득

한 이진화된 경계선 검출 영상으로부터, 위의 21개 점들의 정보를 토대로 하여 정의하고 추출하였다.

얼굴내의 얼굴 요소 특징점들은 MER로 마스크 연산을 수행하여 획득한 결과 영상으로부터 추출해낸다. 먼저 얼굴 영역을 추적하여 MER을 구하고, 그로부터 MER내부에 있는 영상 정보만을 획득할 수 있도록 실험 영상의 그레이 영상과 마스크 연산을 수행하고, 히스토그램 분포를 분석해서 구한 명암도의 평균값으로 결과 영상을 thresholding하여 눈썹, 눈 및 코, 입만을 부각시킨다. 이 영상의 수평/수직 누적 히스토그램의 분포를 분석하여 눈썹, 눈, 코, 및 입의 특징점들을 구한다.

이렇게 구해진 21개의 특징점들의 좌표를 이용하여 나머지 10개의 얼굴 윤곽에 관련된 위치 좌표를 이진화된 경계선 검출 영상으로부터 추출해 낸다.

III. 3차원 일반 얼굴 모델 생성

3.1 일반 얼굴 모델

본 논문에서 사용하는 일반 얼굴 모델은 총 256개의 삼각형 폴리곤 꼭지점과 약 500여개의 폴리곤으로 이루어져 있고, 삼각형 폴리곤 꼭지점들간의 토폴로지를 구성해서 이에 따라 OpenGL로 구현한 일반 사람 얼굴의 형태를 지니고 있는 모델이다. 일반 얼굴 모델은 토폴로지에 따라 좌우대칭이며, 한쪽의 위치가 바뀌면 반대쪽도 정확하게 같이 위치가 변하는 대칭적 구현의 특징을 가지고 있다.

3.2 얼굴 요소 특징점에 대한 얼굴 모델 특징점 보간

2차원 입력 영상에서 추출한 특징점을 3차원 일반 얼굴 모델에 적용하는 과정은 다음과 같다. 먼저 입력 영상과 일반 얼굴 모델간의 척도를 조정하고, 그룹 보간법을 통하여 2차원 얼굴 요소 특징점에 대응하는 3차원 모델의 그룹화된 점을 보간하여 정합함으로써 3차원 일반 얼굴 모델을 구현한다.

입력 영상의 공간과 일반 얼굴 모델 공간의 척도는 MER을 획득하기 위한 얼굴 영역의 좌우/상하 좌표와 실제 모델의 좌우/상하 좌표를 비교하여 구할 수 있다.

본 논문에서는 얼굴 요소 특징점과 얼굴 모델간 보간 방법으로 그룹 보간법을 제안한다. 맵핑하는 과정에서 특징점만을 보간하는 점-대-점 방법을 사용하여 맵핑하지 않고, 일반 얼굴 모델의 특징점에 대해서 관련있는 점들을 그룹화하여 점-대-그룹 맵핑 방법을 제안하였다. 일반적으로 얼굴 모델은 여러개의 폴리곤으로 구성되어 있어서 한 점만을 이동시킨다해도 얼굴 모델의 특징을 변화시키지 못한다. 따라서 특징점을 이동시켰을 때, 그 점의 주위에서 점의 이동에 따라

같이 위치를 바꾸는 폴리간들을 점에 해당하는 하나의 구역으로 그룹화하여, 특징점을 이동하였을 때, 그 그룹을 이루는 점들도 일정한 가중치에 따라 이동하는 맵핑을 수행하였다. 그림 4 에 간단한 방법을 소개하였다.

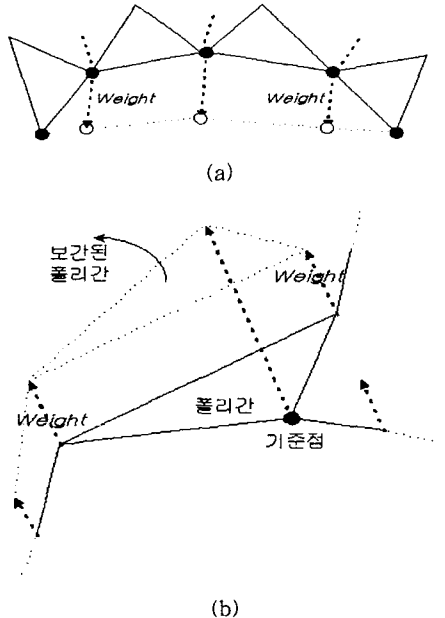


그림 4. 그룹 보간법의 예
 (a) 눈 그룹의 보간 예시
 (b) 일반 폴리간의 보간 예시

그룹은 크게 눈위꺼풀, 눈아래꺼풀, 눈썹, 광대뼈, 코, 윗입술, 아랫입술, 턱상단, 턱하단, 턱측면의 10개 그룹으로 나누었다. 대칭으로 구현되는 특징을 가지고 있으므로 좌측의 모델의 좌표만 보간하면 우측은 자동적으로 보간된 좌표에 따라 구현되었다.

IV. 결과 및 결론

본 논문에서 제안한 알고리즘을 구현하기 위해 사용한 2차원 칼라 일반 영상은 Kodak Digital Camera DC290 모델을 사용하여, 영상의 크기를 다르게 입력받았다. 특징점 추출 알고리즘은 Celeron 300MHz시스템, Windows NT 4.0 운영체제에서 MicroSoft VisualC++ 6.0으로 구현하였다. 모델을 구현하기 위해 C언어 기반의 OpenGL 환경을 이용하였다. 구현된 결과는 그림 5 에서 볼 수 있다.

본 논문에서는 MER 마스크를 이용하여 얼굴 요소 특징점 21개를 추출하였고, 추출된 특징점을 통하여 10개의 추론 가능한 특징점을 추출하여, 그룹 보간을 통한 3차원 일반 얼굴 모델을 생성하였다. 최소의 특

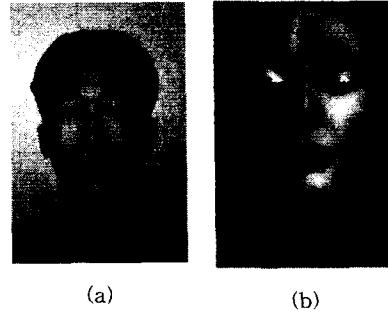


그림 5. 결과 영상
 (a) 원영상 (b) 텍스처 영상

징점을 통하여 데이터량을 줄일 수 있었으며, 그룹 보간을 통해서 기존의 연구보다 좀더 실제와 유사한 모델을 구현할 수 있었다. 그러나 안경을 착용하거나, 헤어 스타일이 다양한 얼굴에 대해서는 위의 것들을 잡음으로 인식하여 올바르게 구현이 되지 않았다. 또한 한 장의 영상에서 특징점들을 추출한 결과, 깊이 좌표에 따른 얼굴의 특징을 효과적으로 표현할 수 없었다. 향후 안경과 머리 인식, 그리고 깊이 좌표를 한 장의 영상에서 추출할 수 있는 분야의 연구가 요구된다.

참고문헌

- [1] F. Pighin, J. Hecker, D. Lischinski, R.Szeliski, D. H. Salesin. "Synthesizing Realistic Facial Expressions from Photographs". SIGGRAPH Conf. Proc., pp. 75-84, 1998.
- [2] 함상진, 김형곤. "3차원 개인 얼굴 모델 자동 생성". 전자공학회논문지, pp 104-114, 1999년 1월.
- [3] F.I.Parke and K.Waters. "Computer Facial Animation". A K Peters, Wellesley, Massachusetts, 1996.
- [4] 양애경, 최형일. "얼굴 특징 추출에 의한 아바타 제어 시스템". 정보과학회 논문지(B) 제 25권 제 9 호, pp.1410-1418, 1998년 9월.
- [5] F.Uigen. "A Step Toward Universal Facial Animation via Volume Morphing". In IEEE Int'l Workshop on Robot and Human Communication, pp.358-363, 1997.