
얼굴 표정 표현을 위한 얼굴 특징점 추출

오정수* · 김진태**

Facial Characteristic Point Extraction for Representation of Facial Expression

Jeong-Su Oh* · Jin-Tae Kim**

이 논문은 2002학년도 부경대학교발전기금재단의 지원에 의하여 연구되었음

요 약

본 논문은 얼굴 특징점 추출을 위한 알고리즘을 제안한다. 얼굴 특징점은 얼굴 애니메이션과 아바타 모방을 위한 표정 표현이나, 얼굴 표정 인식 등에서 중요한 자료이다. 얼굴 특징점 추출을 위한 기존 방법은 고가의 모션 캡처 장비나 표식을 사용하는 것으로 대상 인물에게 심리적 부담감이나 부자연스러움을 준다. 이에 반해 제안된 알고리즘은 카메라로 취득된 영상에서 영상 처리만으로 얼굴 특징점을 추출함으로써 기존 방법의 문제점을 해결한다. 또한 효율적인 특징점 추출을 위해 특징점 추출의 근원이 되는 기존 얼굴 구성요소 검출 알고리즘의 문제점을 분석하고 개선한다.

ABSTRACT

This paper proposes an algorithm for Facial Characteristic Point (FCP) extraction. The FCP plays an important role in expression representation for face animation, avatar mimic or facial expression recognition. Conventional algorithms extract the FCP with an expensive motion capture device or by using markers, which give an inconvenience or a psychological load to experimental person. However, the proposed algorithm solves the problems by using only image processing. For the efficient FCP extraction, we analyze and improve the conventional algorithms detecting facial components, which are basis of the FCP extraction.

키워드

얼굴 표정 표현, 얼굴 요소 검출, 얼굴 특징점 추출

1. 서론

의사전달 수단으로서 문자, 말과 더불어 사람의 손짓, 몸짓, 얼굴 표정 등도 중요한 역할을 하고 있다. 따라서 이들을 통하여 상대방의 의사를 인식하려는 연구가 진행되고 있다 [1, 2, 3]. 채팅 시 문장을 가상의 캐릭터가 읽어주거나 문장의 뜻이나 기호를 이해하여 그에 맞는 표정을 짓는다면 상대방에게 더욱 실감나게 의미를 전달할 수 있을 것이

다. 캐릭터를 이용하여 사람의 표정을 표현하려면 얼굴 영역 내에서 표정을 표현하는 요소들을 찾아내야 한다. 그러나 얼굴은 복잡하고, 보는 각도 및 조명 등에 따라 수시로 변하기 때문에 처리가 매우 까다롭다. 그래서 얼굴 특징점을 추출하는 기존 방법들은 많은 처리시간을 필요로 하고 별도의 하드웨어 장치를 사용한다[2]. 하드웨어 장치는 피실험자에게 부자유스러움과 심리적 부담을 주게 되고 미세한 부분의 변화를 검출할 수 없다. 이에 반해,

* 부경대학교 화상정보공학부,
접수일자 : 2004. 9. 2

**한서대학교 컴퓨터정보학과

본 논문에서 제안하는 얼굴 특징점 추출은 카메라로 입력된 영상에서 영상처리만으로 수행되어 피실험자에게 심리적인 부담을 주지 않을 뿐만 아니라 미세한 변화도 검출할 수 있다. 또한 제안된 알고리즘이 효율적으로 얼굴 특징점들을 추출하기 위해 기존 얼굴 구성요소 검출 알고리즘의 문제점을 분석하고 개선하고 있다.

제안된 알고리즘의 성능 평가를 위해 다양한 영상에서 얼굴 구성요소 검출과 얼굴 특징점 추출이 수행되었다. 실험 결과들은 제안된 알고리즘이 적절히 얼굴 구성요소들을 검출하고 그로 인해 유효한 얼굴 특징점을 추출하는 것을 보여준다.

II. 얼굴 구성요소 검출

얼굴 구성요소들은 표정을 표현하는데 많은 영향을 미치는 눈, 눈썹, 입으로 한정한다. 그림 1은 얼굴 구성요소를 검출하는 과정을 보여주고 있다.

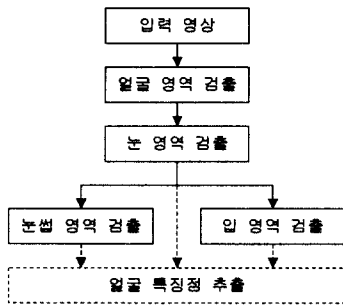


그림 1. 얼굴 구성요소 검출을 위한 블록도
Fig. 1 Block diagram for facial component detection

2.1 얼굴 영역 검출

얼굴 영역 검출은 얼굴 인식이나 표정 인식에서 얼굴의 특징점 추출을 위한 전처리 단계로 얼굴 형판 (template)을 이용하는 방법과 색상 정보를 이용하는 방법이 있다. 전자는 얼굴의 크기와 모양이 다양하기 때문에 그에 맞는 형판을 만들기가 매우 어려운 단점이 있다 [3, 4, 5]. 반면에 후자는 인종간 피부색의 차나 조명의 영향을 받을 수 있지만 색상 정보를 비교함으로써 간단히 얼굴 영역을 분리할 수 있다 [6, 7, 8]. 본 논문에서는 $YCbCr$ 색공간에서 색상 정보를 이용하여 얼굴 영역을 검출한다. 색상 정보를 가지고 있는 C_b 와 C_r 에는 명암 정보가 들어있지 않으므로 조명의 영향을 받지않아 피부색 범위를 효과적으로 찾아낼 수 있다. 얼굴 피부색을 나타내는 C_b 과 C_r 의 범위는 각각 [77~

127]과 [133~173]가 사용된다 [7]. 그림 2는 피부색을 이용해 얼굴 영역이 분리된 영상 $f_f(x, y)$ 을 보여주고 있다. 그러나 색상 정보를 이용하여 얼굴 영역을 검출할 경우에 금발이나 피부색과 유사한 색으로 염색한 머리카락도 얼굴 영역으로 검출된다. 머리카락 영역까지 얼굴 영역으로 검출되는 경우에는 눈이나 눈썹의 검출에 심각한 영향을 줄 수 있다.



(a) 입력 영상 (a) input image
(b) 얼굴 영역 (b) facial region

그림 2. 얼굴 영역 검출
Fig. 2 facial region detection

보완된 얼굴 영역 검출

본 논문에서는 머리카락 영역의 특징을 이용해 얼굴 영역 검출을 보완하고 있다. 머리카락 영역은 얼굴 영역에 비해 이웃 화소간 밝기 성분이 크게 변하는 특징을 갖고 있고, 이는 식 (1)과 같은 분산값 $V(x, y)$ 으로 표현할 수 있다. 이 값이 정해진 문턱치 이상이면 머리카락 영역으로 표시한다.

$$V(x, y) = \frac{1}{9} \sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 |Y(x, y) - Y(x+i, y+j)| \quad (1)$$

머리카락 영역 영상 $f_f(x, y)$ 은 머리카락 영역은 255이고 나머지는 0으로 표현된다. 머리카락의 영향을 받지 않는 실질적인 얼굴 영역 영상 $f_{RF}(x, y)$ 은 $f_f(x, y)$ 과 $f_H(x, y)$ 을 이용한 식 (2)의 논리적 관계식으로 얻을 수 있다.

$$f_{RF}(x, y) = f_f(x, y) \cap \overline{f_H(x, y)} \quad (2)$$

그림 3은 금발 머리카락을 갖는 영상에서 얼굴 영역 검출 결과를 보여주고 있다. (b)는 단순히 색상 정보만으로 검출된 얼굴 영역으로 머리카락 영역을 포함하고 있고, (c)는 식(1)에 의한 밝기 성분의 분산값으로 검출된 머리카락 영역을 보여주고 있고, (d)는 식 (2)을 이용해 검출된 얼굴 영역으로 많은 영역 중 가장 큰 영역만을 최종 얼굴 영역으로 선택한다.

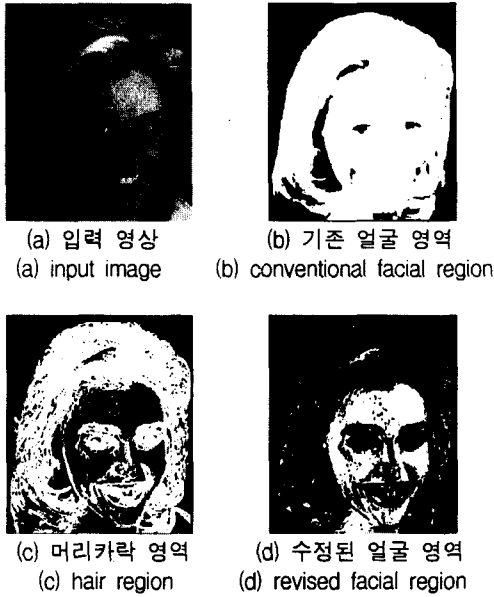


그림 3. 금발 얼굴 영상에서 얼굴 영역 검출
Fig. 3 facial region detection in a golden haired facial image

2.2 눈 영역 검출

눈 영역 검출은 검출된 얼굴 영역 내에서 형판 정합(template matching)을 이용해 눈의 후보 영역을 결정하고, 얼굴의 기하학적 정보를 이용해 후보 영역에서 눈 영역을 검출한다 [9]. 두 눈은 얼굴 영역의 상위 부분에 위치하고, 얼굴 영역의 중앙에 대해 좌우 대칭적으로 존재하며, 눈과 눈썹이 동시에 검출될 경우 눈은 눈썹 바로 밑에 위치한다. 그림 4는 검출된 얼굴 영역에서 형판 정합을 이용하여 (a)와 같은 눈 후보 영역들이 나타나고, 이들 중에서 기하학적인 정보를 이용하면 (b)와 같은 눈 영역을 검출한다. 그러나 기존의 눈 검출 기법들은 단순히 눈의 위치에 비중을 두고 있어 검출된 눈 영역은 표정을 표현하기 위한 눈 영역으로는 정확도가 부족하다.



그림 4. 눈 영역 검출
Fig. 4 eye region detection

보완된 눈 영역 검출

본 논문에서는 보다 정확한 눈 경계를 얻기 위해 기존 방법으로 얻어진 눈 영역에 보정을 가한다. 검출된 눈 영역의 상하와 좌우에 각각 영역 높이와 너비의 1/2만큼씩 늘려 새로운 눈 후보 영역으로 정한다. 검출된 눈 영역이 너무 작을 경우에 대비해 얼굴 영역의 너비는 입력 영상 너비의 최소 1/2이고, 눈의 최소 너비는 얼굴 영역의 너비의 1/5이고, 눈의 최소 높이는 눈 너비의 2/3이라고 가정한다. 그리고 눈 후보 영역 내에서 캐니 에지 연산자(canny edge operator)를 이용하여 에지를 검출하고, 검출된 에지에 그림 5와 같은 가중치를 갖는 형판 정합을 적용해 눈의 상하좌우의 경계를 보다 정확하게 찾는다. 그림에서 검은색 블록은 -1, 어두운 회색 블록은 1, 밝은 회색 블록은 2, 그리고 흰색 블록은 0의 값을 갖는다.

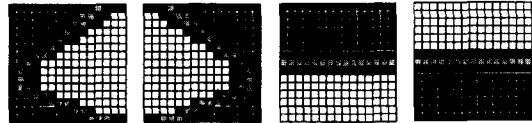


그림 5. 가중치 형판
Fig. 5 weighted template

그림 6은 보정하기 전과 후의 눈 영역 검출 결과를 보여주고 있다. (a)는 보정하기 전의 검출된 눈의 경계가 적절하지 못한 것을 보여 주고 있지만 (b)는 보정에 의해 보다 정확한 눈의 영역을 검출하는 것을 보여 주고 있다.



그림 6. 검출된 눈 영역의 보정
Fig. 6 revision of the detected eye region

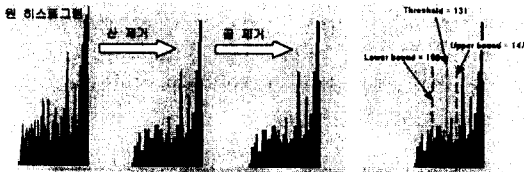
2.3 눈썹 영역 검출

눈썹 또한 얼굴 표정을 분석하는데 중요한 요소 중의 하나이다. 눈썹이 올라가면 환영이나 놀라움을 뜻하는 것처럼 눈썹은 사람의 감정이나 의사를 전달하는 전통적인 수단이다. 눈썹 검출은 먼저 눈썹이 존재할만한 영역, 즉 눈썹 후보 영역을 설정하고 그 후보 영역에서 눈썹이 주변 얼굴 영역보다 어둡다는 색상 정보를 이용하여 검출한다. 눈썹 후

보 영역은 검출된 눈 영역의 바로 위에 위치하고, 너비는 눈 영역의 좌우에 1/2 만큼씩 늘린 것이고, 높이는 너비의 1/2이다. 눈썹 후보 영역 내에서 눈썹 영역은 밝기 성분의 히스토그램에서 문턱치 기법 (threshold method)을 이용하여 검출한다. 일반적인 히스토그램은 하나의 빈 (bin)으로 형성된 많은 산 (peak)과 골 (valley)을 가지고 있어 문턱치 결정을 어렵게 만든다.

보완된 눈썹 영역 검출

본 논문에서는 문제의 산과 골들을 각각 전후 빈중 큰 값을 가지는 빈과 작은 값을 가지는 빈으로 대치한 변형된 히스토그램 기법을 사용한다. 검출될 눈썹 영역은 후보 영역의 전체 면적의 20%에서 50%를 차지한다고 가정하여 누적 히스토그램의 20%와 50%를 각각 나타내는 빈 사이에서 밝은 피부 영역과 어두운 눈썹 영역의 경계를 나타내는 최소값의 빈을 눈썹 영역을 선택하기 위한 문턱치로 결정한다. 그림 7은 문턱치 결정을 위해 변형되는 히스토그램과 거기서 문턱치를 결정하는 것을 보여주고 있다. 그림 8은 검출된 눈 영역을 보여주는 영상이다. 밝기 성분을 이용해 눈썹 영역을 검출할 때 영상에 따라 눈썹 후보 영역에 포함되는 바깥쪽의 어두운 얼굴 부분 또는 머리카락의 일부가 잘못 검출될 수 있으나 이때는 눈썹의 형태적인 정보를 이용해 해결한다.



(a) 히스토그램 변형 (b) 문턱치 결정
(a) histogram modification (b) threshold decision

그림 7. 변형된 히스토그램
Fig. 7 modified histogram



(a) 입력 영상 (b) 눈썹 영역
(a) input image (b) eyebrow region

그림 8. 눈썹 영역 검출
Fig. 8 eyebrow region detection

2.4 입 영역 검출

입 영역은 얼굴의 기하학적 정보에 대한 통계 자료를 이용하여 검출할 수 있다. 통계적 자료에 의하면 그림 9처럼 두 눈 그리고 눈과 입 사이의 거리의 비율은 평균적으로 1이고, 입 후보 영역은 식 (3)과 같이 결정된다. 얼굴이 기울어진 경우는 회전 변환을 이용한 후 식 (3)을 적용 시킨다 [9].

$$\begin{pmatrix} M_i, M_r \\ M_l, M_b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.965x_l + 0.035x_r, & 0.035x_l + 0.965x_r \\ 0.5(y_l + y_r) + 0.84(x_r - x_l), & 1.24(x_r - x_l) \end{pmatrix} \quad (3)$$

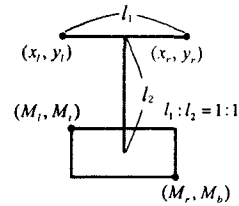


그림 9. 눈과 입의 기하학적인 구조
Fig. 9 Geometric structure of eyes and a mouth

보완된 입 영역 검출

입 영역도 입술의 많은 주름과 이빨에 의해 큰 분산값을 갖고 있어 입 후보 영역에서 식 (1)에 의한 밝기 성분의 분산값을 가지고 추출한다. 영상에 따라 큰 분산값을 갖는 입 주변의 주름들이 입 영역으로 검출될 수 있다 그러나 이들은 상하로 가늘고 긴 형태를 갖고 있어 수평으로 연속되는 화소수를 측정하여 문제를 해결할 수 있다. 그림 10은 입 후보 영역에서 분산값을 이용해 검출한 입 영역을 보여 주고 있다.



(a) 입력 영상 (b) 검출된 입 영역
(a) input image (b) detected mouth region

그림 10. 입 영역 검출
그림 10. mouth region detection

III. 얼굴 특징점 추출

얼굴 표정을 위한 특징점은 그림 13처럼 두 눈 영역에서 각각 8개씩 16개, 두 눈썹 영역에서 각각 5개씩 10개, 그리고 입 영역에서 8개, 총 34개가 사용된다. 이들의 x 좌표는 각 영역의 좌우 끝 지점과 각 영역의 좌측으로부터 1/4, 2/4, 3/4 지점으로 정한다. 눈과 입의 양 끝과 눈썹의 모든 y좌표

는 선택된 영역의 중간 위치를, 그 밖의 얼굴 특징점은 각 영역의 외곽 경계로 정한다.

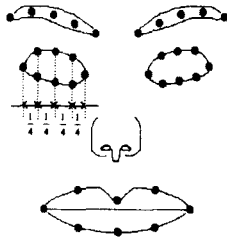


그림 11. 얼굴 특징점

Fig. 11 facial characteristic point(FCP)

앞에서 제한된 조건의 영상을 포함하고 있어 특징점 추출에 실패하고 있다 그러나 표정 표현을 목적으로 하는 경우 대상 영상을 다소 제한된 조건에서 생성할 수 있고 이런 영상에서는 제안된 알고리즘은 100%의 성공률을 보일 것이다.

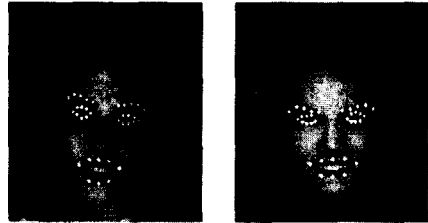


그림 12. 추출된 얼굴 특징점

그림 12. extracted FCP

IV. 실험 결과 분석

실험을 위한 영상은 정면 나안의얼굴을 포함하고 있는 영상으로 영상 내에 하나의 얼굴만 존재하고 있다. 그리고 해상도가 288x352이고, 화소당 24비트가 할당된 RGB 컬러 영상이다.

그림 12는 얼굴 구성요소 검출에서 제안된 알고리즘을 이용해 얼굴 특징점들을 적절하게 추출한 결과를 보여주고 있다. 150개의 영상을 대상으로 실험한 결과 122개의 영상에서 얼굴 특징점을 적절하게 추출하여 81.3%의 성공률을 보이고 있다. 얼굴 특징점 추출에 실패한 영상은 표 1과 같이 네 가지로 분류된다. 첫 번째는 배경의 영향이다. 얼굴 피부색과 유사한 배경이 얼굴 영역으로 검출되어 얼굴 구성요소를 검출하지 못하고, 얼굴 특징점도 추출하지 못했다. 두 번째는 머리카락의 영향이다. 긴 머리카락에 의해 눈이나 눈썹이 상당부분 가려져 눈 검출에 실패하여 이후 기하학적 정보에 의존하여 검출하는 눈썹과 입 영역을 적절하게 검출할 수 없어 얼굴 특징점도 추출할 수 없었다. 세 번째는 얼굴 자세의 영향이다. 대상 영상을 제한하였으나 실제 실험에 사용된 영상 데이터 베이스에 제한된 영상이 포함되었다. 제한된 영상은 얼굴의 기본적인 기하학적 정보에 위배되어 적절한 얼굴 구성요소는 물론 얼굴 특징점을 추출할 수 없었다. 네 번째는 피부색의 영향이다. 피부색이 지나치게 검은 흑인의 경우 얼굴 영역이 일반적인 피부색 영역을 벗어나 얼굴 영역을 검출하지 못해 얼굴 특징점을 추출할 수 없었다. 앞의 세 원인은 영상을 취득하는 과정에서 주의하면 해결할 수 있고, 마지막 원인은 인종에 따른 피부색 영역을 조정하여 해결할 수 있다.

실험 영상은 실험과 관계없이 생성된 영상들로

표 1. 얼굴 특징점의 추출에 실패한 영상의 분석
Table 1 classification of image failed in FCP extraction

구분	피부색 배경	눈/눈썹을 가리는 머리카락	회전된 얼굴	지나치게 검은피부의 흑인
영상의 수	13	5	3	7

V. 결론

본 논문은 얼굴 표정 표현이나 얼굴 인식 등을 위해 복잡하고 고가의 장비나 표식을 사용하지 않고 간단한 영상처리 기법을 이용하여 얼굴 특징점을 추출하는 시스템을 위한 알고리즘을 제안하였다. 이 알고리즘은 장비나 임의의 부자유스러운 장치를 사용하지 않으므로 피실험자에게 심리적인 부담을 주지 않는다. 제안된 알고리즘은 얼굴 표정 표현을 위한 주요 구성요소인 눈, 눈썹, 입을 검출하고 이들에게서 얼굴의 특징점들을 추출하고 있다. 얼굴 구성요소를 검출하기 위한 알고리즘은 기존 알고리즘이 갖는 문제를 분석하고 개선하였다. 개선된 얼굴 구성요소 검출 알고리즘은 다소 제한된 영상에서 얼굴 구성요소를 잘 검출할 수 있게 해주었고, 이로 인해 적절한 얼굴 특징점들을 추출할 수 있도록 해주었다.

향후 연구에서는 일반적으로 얻어지는 제한되지 않은 영상에서 얼굴 특징점들의 추출 성공율을 높이고, 추출된 얼굴 특징점들을 이용하여 가상 캐릭터가 표정을 표현하는 아바타 모방 시스템이 구현될 것이다.

참고문헌

- [1] R. Chellappa, C. H. Wilson, and S. Sirohey, "Human and Machine Recognition of Faces : A Survey, " Proc. of the IEEE, Vol. 83, No. 5, pp. 705-740, May 1995.
- [2] 한영환, 홍승홍, "연속 영상에서의 얼굴표정 및 제스처 인식," 의공학회지, 제20권, 제4호, pp.419-425, 1999년.
- [3] R. Brunelli and T. Poggio, "Face Recognition : Feature versus Templates, " IEEE Trans. on PAMI. Vol. 15, No. 10, Oct. 1993.
- [4] G. Chow and X. Li, "Towards a System for Automatic Facial Feature Detection," Pattern Recognition, Vol. 26, No. 12, pp. 1739-1775, Dec. 1993.
- [5] V. Govindaraju, S. N. Srihari, and D. B. Sher, "A Computational Model for Face Location", Proc. 3rd Int. Conf. on Computer Vision, pp. 718-721, 1990.
- [6] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital Image Processing, Addison Wesley, New York, 1992.
- [7] D. Chai and K. N. Ngan, "Face Segmentation Using Skin-color Map in Videophone Application," IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Tech, pp. 551-564, June 1999.
- [8] 유태웅, 오일석, "색채 분포 정보에 기반한 얼굴 영역 추출," 정보공학회논문지(B), 제24권, 제2호, pp. 180-192, 2월 1997년.
- [9] 윤호섭, 왕 민, 민병우, "눈 영역 추출에 의한 얼굴 기울기 교정," 전자공학회논문지, 제33권, B편 제 12호, pp. 71-83, 12월 1996년.

저자 소개

오정수(Jeong-Su Oh)



1990년 2월 중앙대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1992년 8월 중앙대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 1993년 7월~1997년 1월 신도리코 기술연구소

2001년 8월 중앙대학교 첨단영상대학원 영상공학과 졸업(공학박사)

2002년~현재 부경대학교 화상정보공학부

※관심 분야 : 영상 처리, 적외선 신호처리

김진태(Jin-Tae Kim)



1987년 2월 중앙대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1989년 2월 중앙대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1993년 8월 중앙대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1995년~현재 한서대학교 컴퓨터정보학과 부교수

※관심 분야 : 영상 처리, 얼굴 인식, 워터마킹