

색도 정보와 Top-hat 연산을 이용한 얼굴 특징점 검출

부희형, 이우주, 임옥현, 이배호
전남대학교 컴퓨터정보통신공학과
e-mail:bhh0106@hanmail.net

Facial-feature Detection using Chrominance Components and Top-hat Operation

Hee-Hyung Boo, Wu-Ju Lee, Ok-Hyun Lim, Bae-Ho Lee
Dept of Computer Engineering, Chonnam National University

요 약

임의 영상에서 얼굴 영역을 검출하고 얼굴 특징점 정보를 획득하는 기술은 얼굴 인식 및 표정 인식 시스템에서 중요한 역할을 한다. 본 논문은 색도 정보와 Top-hat 연산을 이용함으로써 얼굴의 유효 특징점을 효과적으로 검출할 수 있는 방법을 제안한다. 제안한 방법은 얼굴 영역 검출, 눈/눈썹 특징추출, 입술 특징추출의 세 과정으로 나뉜다. 얼굴 영역은 $YCbCr$ 을 이용하여 피부색 영역을 추출한 후 모폴로지 연산과 분할을 통해 획득하고, 눈/눈썹 특징점은 BWCD(Black & White Color Distribution) 변환과 Top-hat 연산을 이용하며, 입술 특징점은 눈/눈썹과의 지정학적 상관관계와 입술 색상분포를 이용하는 방법을 사용한다. 실험을 수행한 결과, 제안한 방법이 다양한 영상에 대해서도 효과적으로 얼굴의 유효 특징점을 검출할 수 있음을 확인하였다.

1. 서론

얼굴검출 작업은 얼굴인식 및 추적, 표정과 포즈 인식을 위한 전처리 기술로서, 얼굴의 존재 여부 판별 및 얼굴 특징점 정보 획득의 중요성은 점점 커져 가고 있으며, 그 동안 다양한 얼굴검출 방법들이 소개되어 왔다. 과거의 얼굴 검출 작업은 주로 gray scale 영상을 대상으로 진행되었지만 최근에는 컬러 영상을 대상으로 작업이 진행되고 있다. 얼굴 검출 방법을 크게 두 부류로 구분해 보면 (1) 특징-기반 방법(feature-based method)[1,2]과 (2) 분류-기반 방법(classification-based method)으로 나눌 수 있다 [3]. 특징-기반 방법은 서로 다른 얼굴 특징을 찾아낸 후 그들의 공간적 관계를 이용하여 얼굴 영역을 locating 시키는 방법이며, 분류-기반 방법은 주어진 영상에서 생성 가능한 모든 부분 영상을 얼굴 카테

고리와 얼굴이 아닌 카테고리로 분류해 냄으로써 전체적으로 얼굴 영역이 존재하는지를 검출하는 방법이다. 영상에서 다양한 크기를 가지는 얼굴들의 존재를 설명하기 위해 대부분의 방법들은 거친 해상도로부터 섬세한 수준에 이르는 다중 해상도 상에까지 유효하게 동작하고 있다.

본 논문은 특징기반 방법으로 접근하였고 제안한 방법은 색도정보에 의해 외부 조명의 영향에 효과적으로 대응하면서 피부색조 영역을 추출하고, 추출된 피부색조 영역에서 모폴로지 연산과 분할을 통해 덩어리가 진 큰 영역을 얼굴 후보 영역으로 선정하며, BWCD(Black & White Color Distribution) 변환과 Top-hat 연산을 이용하여 얼굴 특징점을 검출할 수 있는 단순하면서도 효과적인 특징점 검출 방법을 제안한다. 2장에서는 제안된 특징점 검출과정을 정리하고, 3장에서는 실험을 통해서 제안된 방법에 대한

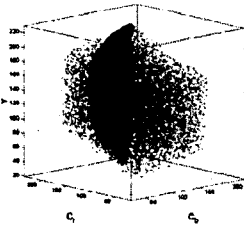
성능을 평가하며, 마지막으로 4장에서는 결론을 맺는다.

2. 얼굴 특징점 검출

본 논문이 제안한 얼굴 특징점 검출 방법은 YCbCr 컬러공간에서 피부색조 영역으로 분할된 작업영역을 대상으로 하며 이후의 모든 연산은 분할된 작업영역 내부에만 적용된다. 각각의 작업영역에서는 명암 정보를 이용하여 눈/눈썹 특징점을 검출하고, 지정학적 상관관계와 일반 얼굴 색상 분포를 이용하여 입술 특징점을 검출한다(그림 3).

2.1 얼굴 후보영역 검출

본 논문은 피부색조 영역을 판별해내기 위해 YCbCr 공간을 선택하였다(그림 1)[5,7]. YCbCr 컬러공간에서 Y는 휘도성분을, Cb와 Cr은 각각 파란색과 붉은색이 강조된 색도정보를 나타낸다. 즉 휘도와 색도 정보를 분리시킬 수 있고, 피부색조 영역을 압축시켜 준다는 점에서 얼굴검출 작업에 적합하다[3,6]. YCbCr 컬러공간은 ITU-601 표준으로 RGB 공간과의 변환은 식(1)과 같다.



(그림 1) The YCbCr color space(red dots represent skin color samples)

$$\begin{bmatrix} Y \\ C_b \\ C_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.169 & -0.331 & 0.500 \\ 0.500 & -0.419 & -0.081 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$F(0,0) = \begin{cases} 1 & \text{if } (100 \leq C_b \leq 140 \text{ and } 140 \leq C_r \leq 170) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

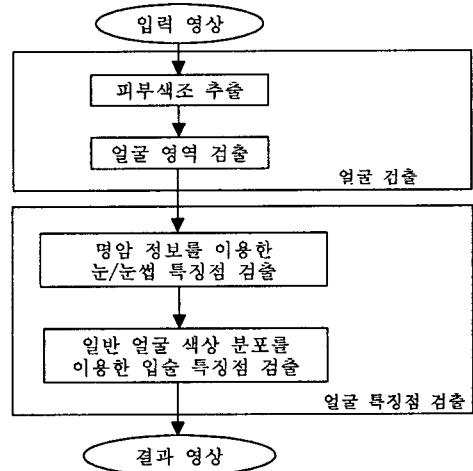
피부색조 영역의 분할은 Cb와 Cr을 대상으로 식(2)와 같이 수행한다. 여기서 F(0,0)는 피부색조의 결정된 이진영상이고, 컬러 표본은 SONY DFW-V500 모델 CCD 카메라와 AnyCam PC 카메라를 통하여 획득한 30명에 대한 45개의 영상에서 피부색조 화소

를 추출하여 통계량으로 정한다. 피부색조 영역으로 분할된 영상은 이진 모폴로지 연산을 통해 잡음제거와 경계를 부드럽게 처리하고(그림 2), 단선처리를 수행하여 좁은 영역을 구획한다[8]. 이 과정을 거친 영상은 레이블링 연산을 통해 얼굴 특징점 검출 알고리즘의 입력대상인 작업영역으로 분류되며 이후의 모든 연산은 개별 작업영역 내부에만 한정된다.



(그림 2) 얼굴 후보영역 검출

작업영역을 구하는 과정으로는 ① 영상 입력 ② 피부색조로 분할 ③ 잡음 제거 ④ 단선처리 ⑤ 작업영역 결정 단계로 구성되며, 최종적으로 분할되어진 부분 영역들이 작업영역으로 선택된다.

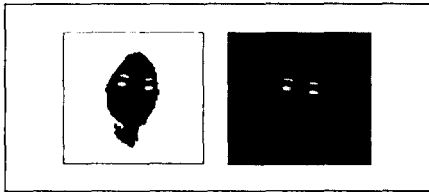


(그림 3) 전체 흐름도

2.2 눈 / 눈썹 영역 검출

본 논문은 눈/눈썹 특징점을 추출하기 위해 BWCD(Black & White Color Distribution) 변환과 Top-hat 연산을 이용한다. Top-hat 변환은 입력 영상에 형태 연산 중 closing 연산을 한 후 이 결과를 입력 영상에서 빼는 방법으로 영상 중에 명암 값이 급격히 변하는 valley 부분을 추출하는 방법이다.

<표 1>에서 G는 입력 영상, S는 형태소 연산자, H는 Top-hat 연산 후 결과 영상을 의미한다. Morphological closing 연산은 입력 영상을 Morphological Dilation 한 후 Morphological Erosion 하는 연산이고, Morphological Dilation은 경계선을 유지하면서 형태소 연산자의 크기에 상응하는 영역에 대해 확장하는 기능을 하며, Morphological Erosion은 경계선을 유지하면서 형태소 연산자의 크기에 상응하는 영역에 대해 축소시키는 연산이다. 이렇게 추출한 얼굴 영상 내의 valley 영역과 BWCD를 이용한 색상 변환 후의 영상에서 높은 명암 값을 갖는 공통 영역만을 추출하면 결과 영역이 눈과 눈썹 영역이 된다(그림 4).



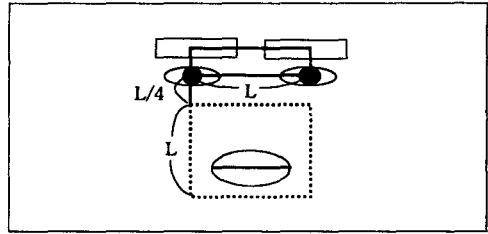
(그림 4) 눈/눈썹 특징점 검출

<표 1> Top-hat Operation

$H = G - (G \cdot S)$
$G \cdot S = (G \oplus S) \ominus S$
$H = G - (G \oplus S) \ominus S$
G : 입력영상, H : 연산결과 영상, S : 형태소 연산자
· : Morphological closing
⊕ : Morphological Dilation
⊖ : Morphological Erosion

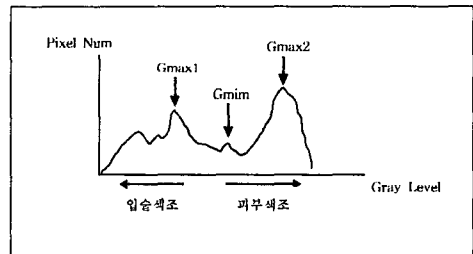
2.3 입술 특징점 검출

입술 영역은 눈과 눈썹 영역에 기반으로 한 얼굴 성분 요소들의 지정학적 위치 관계를 이용하여 입술 후보 영역을 추출한다. 얼굴 성분 요소들간의 지정학적 상관관계에 의한 입술 영역은 (그림 5)와 같다.



(그림 5) 얼굴 성분의 지정학적 상관관계 모델

입술 후보영역은 일반적으로 높은 명암 값을 갖는 피부 색조 영역과 피부색조에 비해 낮은 명암 값을 갖는 입술 색조 영역의 두 가지 분포로 나눌 수 있다. 따라서 입술 영역만의 색상분포 히스토그램을 그리면 (그림 6)과 같고, 여기서 두 개의 최고점 사이에 임계점을 잡아 이진화하여 명암 값이 작은 값을 가지는 영역만을 추출하면 입술 후보영역에서 원하는 입술 영역만을 추출할 수 있다.



(그림 6) 입술 영역의 색상분포 히스토그램

3. 실험 및 결과

본 실험은 얼굴 및 입술 영역의 획득 값의 정확도를 측정하기 위하여, 120개의 정면 얼굴을 가진 입력 영상을 대상으로 위의 방법을 적용시켜 보았다. 입력 영상은 각기 다른 사람의 영상이고, 영상의 획득 방법은 증명 사진의 스캐닝 데이터, 디지털 카메라를 통한 영상 그리고 인터넷상의 얼굴 영상 데이터를 이용한다<표 2>. 얼굴 특징점 추출의 오류를 측정하기 위한 방법으로는 68개의 45도 방향의 얼굴을 가진 입력 영상을 대상으로 실험하였다<표 3>.

<표 2> 실험 결과

실험영상	얼굴영역의 영상	유효 특징점추출	실패	성공률(%)
증명사진 스캐닝	42	41	1	97
디지털 카메라영상	46	43	3	93
인터넷영상	32	30	2	93

참고문헌

- [1] M. Grudin, "On Internal Representation in Face Recognition Systems," *Pattern Recognition*, vol. 33, pp. 1161-1177, 2000.
- [2] K.M. Lam and H. Yan, "An Analytic-to-Holistic Approach for Face Recognition Based on a Single Frontal View," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 20, no. 7, pp. 673-686, July 1998.
- [3] G. Wei and I.K. Sethi, "Face detection for image annotation", *Pattern Recognition Letters*, vol. 20, pp.1313-1321, 1999.
- [4] M. Park, C.W. Park and W.H. Kim, "Skin Color Extraction in Varying Backgrounds and Illumination Conditions", *ICCAS2001*, 2001.
- [5] R.-L. Hsu, M. Abdel-Mottaleb, and A.K. Jain, "Face Detection in Color Images", *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine intelligence*, vol. 24, no. 5, pp. 696-706, May. 2002.
- [6] D. Chai and K. N. Ngan, "Locating facial region of a head-and-shoulders color image," *IEEE Proc. Automatic Face and Gesture Recognition*, pp. 124-129, 1998.
- [7] M. Pak, C.W. Park and W.H. Kim, "Skin Color Extraction in Varying Backgrounds and Illumination Conditions", *ICCAS2001*, 2001.
- [8] 김영길, 한재혁, 안재형, "컬러 정지 영상에서 색상과 모양 정보를 이용한 얼굴 영역 검출", 멀티미디어학회 논문지, 제4권 제1호, pp.67-73, 2001.

<표 3> 45도 방향의 얼굴 실험 결과

실험영상	얼굴영역의 영상	유효 특징점추출	실패	성공률(%)
오른쪽 45도 방향	30	27	3	90
위쪽 45도 방향	38	36	2	94

실험 결과 제안한 방법은 영상의 초기값이나 조명, 복잡한 배경 등에 영향을 받지 않고 신속한 검출을 할 수 있었으며, 45도 방향의 얼굴 또한 비교적 정확한 얼굴 특징점을 검출할 수 있음을 확인하였다.

4. 결론 및 향후 연구

본 논문은 얼굴영역 및 특징영역 검출 방법으로 색도 정보와 Top-hat 연산을 이용한 방법을 제시하였다. 얼굴영역 및 특징 검출은 광도를 분리할 수 있는 YCbCr 색상모델을 이용하여 외부조명의 영향을 감소시켜 주었고, 검출된 얼굴 후보영역으로부터 정확한 특징영역을 추출하기 위해 명암도를 이용한 Top-hat 연산을 사용함으로써 눈/눈썹 특징 추출에서 94%의 검출율을 얻었으며, 입술 특징점 또한 지정학적 상관관계와 색상분포를 이용하여 거의 정확한 검출을 할 수 있었다. 실험 결과를 통해 제안한 방법이 외부 조명의 변화에 민감하지 않으면서 효과적으로 얼굴영역과 얼굴 특징점을 찾아낸다는 것을 확인할 수 있었으며, 향후 향상된 얼굴 특징점 검출 작업을 위해 알고리즘의 개선방안이 요구되고, 거시적으로는 균중영상으로부터의 얼굴 특징점 검출 및 검출된 정보를 이용한 얼굴 인식 분야로의 적용이 크게 요구된다.