

피부-색상 공간 테이블을 이용한 얼굴 검출

고 경철, 이 양원
군산대학교 컴퓨터학과

Face Detection using Skin-tone Color Space Table

Kyong-Cheol Go, Yang-Won Rhee
Dept. of Computer Science, KunSan Nat'l University

요 약

본 논문에서는 실험 영상으로부터 학습된 피부색상 정보를 이용하여 컬러 공간테이블을 생성한 후, 입력된 영상의 컬러와 공간정보를 학습된 피부색상 공간테이블로부터 비교, 분석하여 얼굴후보영역을 찾고자 하였다. 또한 추출된 후보영역의 레이블링 특징정보를 이용하여 지역적 특징을 찾아낸 후 얼굴 특징점의 위치에 따른 형태정보를 이용하여 신뢰할 수 있는 얼굴 영역을 검출하고자 하였다.

제안된 피부색상(Skin-tone) 공간테이블은 변환하기 쉽고 계산이 빠른 RGB컬러 공간에서 실험, 평가되었으며, 실시간으로 입력된 영상의 정규화된 색상 값을 유사성 정도에 따라 레이블링 하여 보다 빠른 얼굴 후보 영역의 검출과 검증을 할 수 있도록 하였다.

1. 서론

주어진 임의의 영상에서 얼굴을 찾아내는 얼굴검출 기술은 자동적인 얼굴인식 시스템의 기초연구 과제로서 HCI(Human Computer Interface) 및 감시 시스템, 내용기반 검색 시스템 등에서 폭 넓게 이용될 수 있는 잠재성을 가지고 있다. 그러나 사람의 얼굴은 위치나 방향, 표정, 또는 조명의 변화 등에 많은 변이성(variability)을 내포하고 있어 얼굴검출에 많은 어려움이 있으며, 이러한 문제점을 개선하고 효율적으로 얼굴을 검출할 수 있는 알고리즘에 대한 연구가 진행되고 있다[1].

얼굴 검출 기술을 크게 두 가지로 분류하여 나눌 수 있다. 하나는 지역적 특성(Local Feature)에 기반한 방법으로, 눈이나 코, 입과 같은 얼굴만이 가지는 고유 특징들의 존재여부와 구성관계 등에 의해 얼굴 여부를 판단하는 방법이며, 나머지 하나는 얼굴의 전체 형상(Template Feature)에 기반을 둔 방법으로 지역적 특성과 달리 얼굴의 부분정보가 아닌 전체적인 특징을 이용하여 찾는 방법이다.

얼굴의 지역적 특성을 이용하는 방법에는 사람들의 전형적인 얼굴 구성정보와 얼굴 특징 사이의 관계들을 이용한 지식기반(knowledge-based)방법[4][5]과 얼굴의 위치나 방향, 빛 등의 변화에 민감하지 않은 구

조적 특징을 이용하는 특징-기반(Feature-based)방법[6][7] 등으로 구분 할 수 있다.

전체 형상을 이용하는 방법은 전체 얼굴에 대한 특징이나 부분적인 특징을 나타내기 위하여 얼굴의 몇 가지 표준패턴을 미리 정의하여 사용하는 템플릿-매칭(Template-matching)방법[8]과 얼굴 외관의 대표적 인 변화성을 혼린이미지의 집합으로부터 학습하여 얼굴 외관의 대표적인 변화 정보를 이용하는 외관-기반(appearance-based)방법[9] 등이 있다.

특징기반 방법중 피부 색상 정보를 이용한 방법은 얼굴 검출의 첫 번째 단계로 사용될 수 있는 강력한 단서로서 컬러 분할시간이 빠르고, 컬러 공간의 밝기와 색상 공간을 분리하여 조명의 변화나, 바라보는 지점에 따른 얼굴 변화, 얼굴 크기, 명암에 의한 변환, 복잡한 배경 등에 상대적으로 강한 장점을 지닐 수 있도록 단점을 보완한 방법들이 제안되고 있다.[9].

본 논문에서는 입력된 영상으로부터 후보 영역을 검출하기 위하여 사전에 주어진 피부 색상 공간 테이블값을 이용하여 입력 영상의 픽셀 값을 레이블링 하였으며, 레이블링 된 영역으로부터 임계치 값을 적용하여 후보 영역을 설정하였다. 검출된 후보 영역은 다시 에지검출을 통하여 특징점을 추출하였으며, 추출된 특징점을 이용한 검증을 통하여 최종 후보 영역을 검

출하였다.

[그림 1]은 전체 시스템의 개요도를 나타내어 보았다.



[그림 1] 얼굴 검출시스템의 전체 개요도

2. 피부 색상 공간테이블 생성

컬러정보는 임의의 주어진 영상으로부터 객체를 추출하는데 사용될 수 있는 유용한 정보중의 하나이다. 특히 얼굴검출을 위한 피부 색상정보는 주어진 컬러 공간의 정규화와 명암도 값의 제거에 의해 신뢰할 만한 색상공간 추출을 유도할 수 있다.

본 논문에서는 변환하기 쉽고 계산이 빠른 RGB컬러 공간모델을 이용하여 실험을 실시하였다.

2.1. 컬러공간의 정규화(Image Normalization)

영상의 정규화는 조명의 변화에 의해 만들어진 컬러 값의 구성요소들로부터 서로 다른 구성요소들의 독립성을 유지하기 위해 실시한다[3].

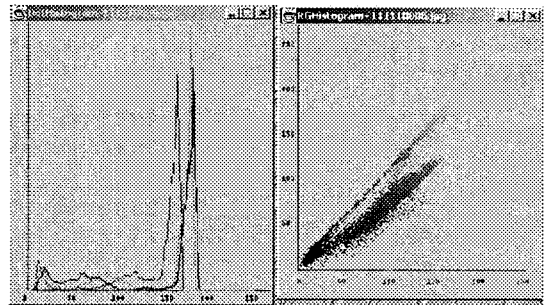
본 논문에서는 RGB의 명암 값을 제거하기 위한 방법으로 일반화된 정규화방법을 이용하였다.

$$r = \frac{R}{R + G + B}$$

$$g = \frac{G}{R + G + B} \quad (1)$$

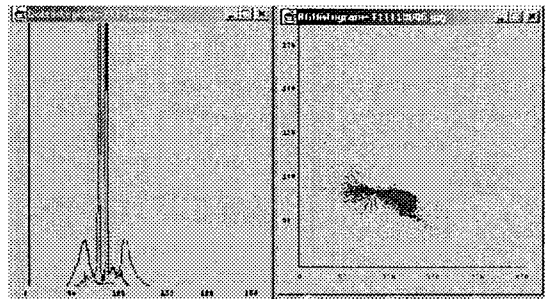
$$b = 1 - (r + g)$$

정규화된 RGB 색상 공간은 다시 영상 평활화를 통하여 균등한 분포를 가지는 색상공간 값으로 구성될 수 있다. [그림 2]는 원영상에 대한 컬러 공간정보를 이용하여 히스토그램과 색상분포를 보여주고 있다.



[그림 2] 원영상의 컬러 히스토그램과 분포

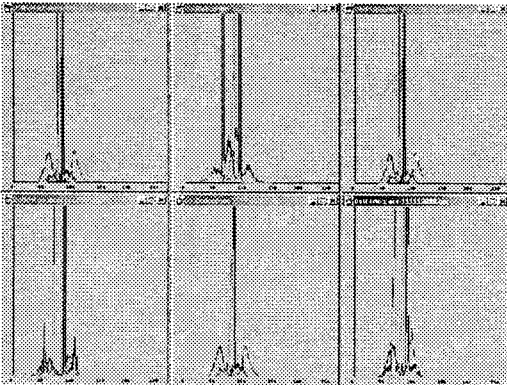
[그림 3]에서는 원영상을 정규화한 영상의 히스토그램과 명암도가 제거된 두 공간(r,g)에서의 색상분포를 보여주고 있다.



[그림 3] 정규화된 영상의 컬러 히스토그램과 분포

2.2. 피부 색상(skin-tone color) 공간의 분할

대부분의 얼굴검출 알고리즘은 색상을 분할하기 위한 방법으로 컬러 히스토그램을 사용한다. 본 논문에서도 균등화된 영상으로부터 컬러 값을 추출하기 위하여 컬러 히스토그램을 이용하였다. [그림 4]에서는 실험용으로 사용된 영상들중 6개의 정규화된 영상에 대한 컬러 히스토그램을 보여주고있다.



[그림 4] 정규화된 얼굴 영상의 컬러 히스토그램

2.3. 색상공간 테이블 생성

정규화된 영상들로부터 얻어지는 피부 색상은 일정한 거리를 두고서 하나의 그룹으로 구성되어지는 특징이 있다. 따라서 몇 개의 색상으로 분류된 픽셀값의 정규화된 2차 모멘트 값인 표준편차로부터 값의 분산 정도를 계산하여 그 구성에 따라 색상 값을 분류할 수 있다.

본 논문에서는 베이지 분류자(Bayes Classifier)에 의한 최대 유사값으로부터 생성된 색상컬러 공간 모델을 사용하였다. 컬러 공간으로 사용된 (r,g)공간은 실시간으로 주어진 영상으로부터 변환하기 쉽고 빠르게 계산하여 처리할 수 있기 때문에 선택되어졌다.

가우시안 혼합 모델(Gaussian mixture model)을 사용하여 클러스터의 조건가능성 모델을 다음과 같이 구성할 수 있다[2].

$$p(x|C_k) = \sum_{j=1}^M p(x|j)p(j) \quad (2)$$

x: 입력 영상, C_k : 샘플된 얼굴 피부 클러스터

$$p(x|j) = \frac{1}{(2\pi)^2 \left| \sum_j \frac{1}{j} \right|} \exp \left[-\frac{1}{2} (x - \mu_j)^T \sum_j^{-1} (x - \mu_j) \right] \quad (3)$$

p(x|j): 가우시안 분포, μ : 평균, Σ : 공분산 행렬

추출된 피부 색상공간 클러스터로부터 피부색상 공간 테이블을 작성한다. 테이블은 색상 공간의 유사 정도에 따라 다르게 레이블 되는데 이러한 레이블링 값은 입력되는 영상으로부터 얼굴의 유사성 정도를 판단하기 위한 자료로 사용되기도 하며, 추출된 영역으로부터 직접 얼굴의 특징정보를 찾기 위한 자료로 활용될 수 있다.

색상의 유사성 정도에 따라 피부 색상을 레이블하기 위한 테이블은 다음에 의하여 구성된다.

Label	컬러(r,g)값의 범위
1	$\arg \min p(C_{skin} x)$
2	$\arg \min p(C_{skin} x) + \alpha$
...	$\arg \min p(C_{skin} x) + \alpha \leq \sum_{l=1}^n Table_l \leq \arg \max p(C_{skin} x)$
n	$\arg \max p(C_{skin} x)$

[Table 1] 색상의 컬러 공간 값에 의한 테이블 생성

3. 색상 공간테이블을 이용한 얼굴 검출

입력된 영상으로부터 정규화 작업을 실시한 뒤 색상 공간 테이블 정보를 이용하여 유사성 정도에 따라 각 픽셀의 색상 공간을 레이블링 하였다. 잘못된 영역으로부터 후보영역을 분류하기 위하여 레이블링된 픽셀 정보를 카운트 하여 가장 작은 수의 픽셀 카운트 값(50*50 픽셀)을 가지는 영역과 가장 큰 수의 픽셀 카운트 값(영상크기의 3/4)을 갖는 영역은 제거하도록 하였다.

레이블된 값 픽셀 값으로부터 유사한 컬러 값에 의한 영역은 유사한 레이블링 값으로 그룹핑 된다. 따라서 레이블된 각 픽셀의 누적된 차이값이 임계값을 넘어가지 않을 때 우리는 이러한 영역을 후보 영역으로 간주하며, 또한 후보영역중에서 영역 안의 레이블링된 픽셀의 차이값이 임계값을 넘어가는 영역을 추출하여 얼굴의 지역적 특징점으로 구분한 후 얼굴의 형태 분석을 통한 사적지식 정보를 이용하여 확률에 기반한 얼굴 후보영역의 얼굴검출에 대한 신뢰성을 높이고자 하였다.

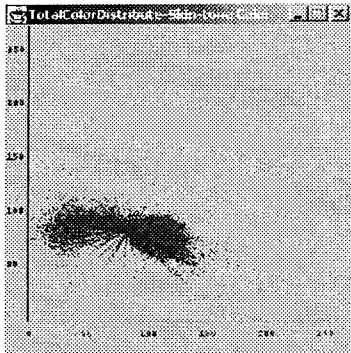
제안된 방법을 단계별로 나누면 다음과 같이 구성된다.

- (1) 입력 영상의 정규화(image normalization)
- (2) 피부 색상 테이블을 이용한 입력 영상의 픽셀 레이블링
- (3) 레이블링된 픽셀로부터 얼굴 후보 영역 검출
- (4) 검출된 후보영역으로부터 얼굴 특징점 추출
- (5) 추출된 특징점으로부터 얼굴 검증

4. 실험 및 평가

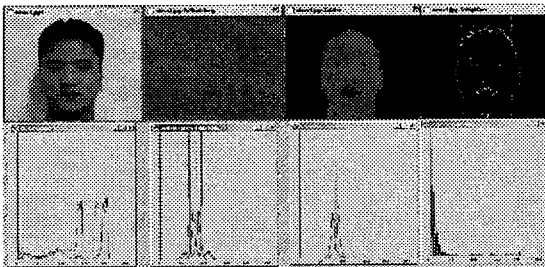
색상공간 테이블을 만들기 위한 실험 영상은 명암 사진과 자연광에 의해 노출된 자연 영상 등을 이용하였다. 이미지의 크기는 320*240의 픽셀크기로 정형화

하여 실험하였다. [그림 5]에서는 정규화된 실험영상들로부터 생성된 피부색상의 공간 분포를 나타낸다.



[그림 5] 피부색상 공간 분포도

[그림 6]에서는 입력된 영상의 정규화 및 테이블을 통한 색상 검출과 에지 검출을 나타내고 있다.



[그림 6] 입력영상의 정규화 및 피부색상. 에지 검출

5. 결론

본 논문에서는 얼굴 색상 테이블을 이용한 실시간 얼굴 검출 시스템을 제안하고자 하였다. 색상 정보에 의한 얼굴 검출은 빠르게 얼굴 후보 영역을 찾아낼 수 있는 강력한 단서로서 다양한 컬러 공간의 변화를 극복할 수 있는 정규화 작업과 색상 분포의 거리 값에 의해 쉽게 원하는 영역을 찾아낼 수 있다.

또한 제안된 컬러 공간 테이블을 이용하여 입력된 영상의 각 픽셀값을 레이블링 한 후, 레이블링 된 영역의 전체 특징정보와 지역적 특징정보를 분석하고 비교하여 얼굴 후보 영역에 대한 판단과 얼굴에 대한 검출을 실시 할 수 있는 장점도 지니고 있다.

그러나 본 논문에서 제안된 방법은 다양한 피부색을 가지는 여러 종족에 대한 실험을 실시 하지 않았으며, 또한 다양한 컬러공간에서의 색상 분포 정도를 비교 분석하지 못한 아쉬움이 있다. 영상의 정규화에 대한 보다 신뢰할 수 있는 알고리즘의 연구가 필요하며 그룹핑 된 얼굴 후보 영역의 영역 확장과 축소에

대한 새로운 접근방법도 필요할 것이라 생각된다.

또한 비디오 동영상에서 획득된 이미지로부터 얼굴을 검출 및 인식분야를 다룬 내용기반 비디오검색 시스템에 대한 연구도 많은 분야에서 필요할 것으로 생각된다.

[참고문헌]

- [1] Ming-Husan Yang, David Kriegman, and Narendra Ahuja, "Detecting Faces in Images: A Survey", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence(PAMI), vol. 24, no. 1, pp. 34-58, 2002.
- [2] R.Gross, J. Yang, A. Waibel, "Growing Gaussian Mixture Models for Pose Invariant Face Recognition", International Conference on Pattern Recognition - ICPR 2000, Barcelona, Spain, Sept. 2000.
- [3] J.M. Sanchez and X. Binefa, "Color Normalization for Appearance Based Recognition of Video Key-frames", Proc. Intel. Conf. on Pattern Recognition(ICPR'2000), vol.1, pp.815-818, Barcelona, Spain September 2000.
- [4] G. Yang and T. S. Huang, "Human face detection in complex background", Pattern Recognition 27(1):53-63, 1994.
- [5] C. Kotropoulos and I. Pitas. "Rule-based face detection in frontal views", In Proceedings of International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, volume 4, pages 2537-2540, 1997.
- [6] S. A. Sirohey, "Human face segmentation and identification", Technical Report CS-TR-3176, University of Maryland, 1993.
- [7] R.Anderson and F.A.P.Petitcolas, "On the Limits of Steganography," IEEE JSAC, Vol. 41, No.7, pp.474-481, 1998.
- [8] I. Craw, D. Tock, and A. Bennett. "Finding face features", In Proceedings of the Second European Conference on Computer Vision, pages 92, 1992.
- [9] K. K. Sung and T. Poggio. "Example-based learning for view-based human face detection", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 20(1): 39-51, 1998.