

칼라 정보를 이용한 얼굴 영역 검출 및 Gabor Filter 에 의한 영역 검증에 관한 연구

한 재성*, 이 경무
홍익대학교 전자전기공학부
E-mail : kmlee@wow.hongik.ac.kr

A Study on a Face Detection Using Color Information and Gabor Filter

Jae Sung Han *, Kyung Mu Lee
Dept. of Electronic & Electrical Engineering, Hong-Ik University

요약

본 논문에서는 물체의 고유 칼라 정보 복원을 통하여 조명의 영향을 받지 않는 칼라 기반 얼굴 검출 기법을 제안한다. 즉 주위 조명 영향으로부터 RGB 성분 계수를 파악하여 조명 성분에 영향을 받은 성분을 상쇄시키고, 색포화도와 밝기값 보상을 통해 고유 칼라를 복원(color recover)하는 실험을 하였고, 복원된 영상을 YCbCr 좌표계로 변환시킨 후, CbCr 각각에 대해 살색 성분이 나타내는 일정한 범위내의 부분을 검출하였다. 또한 이 진화 과정에서 생긴 잡음들을 형태학적인 모폴로지 필터를 통해 제거하였으며, 살색 후보 영역 중 같은 영역들은 레이블링하여 얼굴 후보 영역을 생성하였다. 그러나 칼라 정보만으로는 검출된 영역이 얼굴인지를 판단하기가 매우 어렵다. 그러므로 본 연구에서는 인간시각에 기반한 Gabor 필터를 사용하여, 검출된 살색 영역이 최종적으로 얼굴인지를 판별하는 효율적인 알고리즘을 제안한다.

1. 서론

최근 수 년 동안 컴퓨터 기술의 발전으로 컴퓨터 비전(computer vision), 디지털 영상처리(digital image processing), 자동화 시스템(automatic system), 생체 인식(biometrics) 등 컴퓨터 관련 분야가 급속도로 발전하고 있다. 특히 신체적 특징을 이용한 생체 인식 분야는 날로 세계화되어 가는 비즈니스 환경과 전자상거래의 부상, 가상 공동체의 확대 등으로 보다 강력하고 안전한 개인 인증(personal identification) 기술이 필요하게 되었고, 생체 인식 기술을 사용함으로써 보다 편리하게 사용자의 신원을 확실하게 파악할 수 있다는 장점을 가지고 있어 활발히 연구되어 지고 있다. 특히 생체 인식 중에 얼굴은 사용자의 불편함이 없고, 외부 환경

요인에 상관없이 쉽게 사용이 가능하다는 장점을 가지고 있어 현재 많은 연구가 진행되고 있다.

일반적으로 얼굴 인식 방법은 입력 영상으로부터 주된 대상인 얼굴 영역을 검출하는 것으로 시작된다. 얼굴 영역 검출은 얼굴 인식, 표정 인식 등의 얼굴 관련 연구에 대한 핵심 기초이며, 가장 중요하고 어려운 문제 중의 하나이다 [1-4].

최근에 와서는 칼라 정보를 이용하는 방법이 활발히 연구 중인데, 이 방법은 기울어진 얼굴, 얼굴의 크기, 영상의 화질에 관계없이 원하는 정보를 찾을 수 있는 장점이 있으나, 주위 조명에 의해 칼라 고유색이 변화되는 문제점을 가지고 있다 [5 6].

본 논문에서는 물체의 고유 칼라 정보 복원을 통하여 조명의 영향을 받지 않는 칼라 기반 얼굴 검출 기법을 제안하였다. 주위 조명 영향으로부터 RGB 성분 계수를 파악하여 조명 성분에 영향을 받은 성분을 상쇄시키고, 색포화도와 밝기값 보상을 통해 고유 칼라를 복원(color recover) 실험을 하였고, 복원된 영상을 YCbCr 좌표계로 변환시킨 후, CbCr 각각에 대해 살색 성분이 나타내는 일정한 범위내의 부분을 검출하였다 [4]. 또한 이진화 과정에서 생긴 잡음들을 형태학적인 모폴로지 필터를 통해 제거하였으며, 살색 후보 영역 중 같은 영역들은 레이블링하여 얼굴 후보 영역을 생성하였다. 그러나 칼라 정보만으로는 검출된 영역이 얼굴인지를 판단하기가 매우 어렵다. 그래서 인간 시각에 기반한 Gabor 필터를 사용하여 검출된 살색 영역이 최종적으로 얼굴인지를 판별하는 효율적인 알고리즘을 제시하고자 한다 [7]

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 얼굴 영역 검출에 관련된 알고리즘에 대하여 자세히 설명하며, 3 장에서는 검출된 얼굴 영역이 정확하게 검출이 되었는지를 Gabor 필터를 통해 확인 하고

자 한다. 4 장에서는 실험 결과 분석을 하였고, 마지막으로 5 장에서는 결론을 맺는다.

2. 얼굴 영역 검출

본 장에서는 칼라 정보를 이용하여 얼굴의 크기, 표정, 영상의 조명 변화에 무관한 얼굴영역 검출 알고리즘을 소개한다.

제안하는 알고리즘은 먼저 칼라 입력 영상을 YCbCr 로 변환한 후, 살색 성분을 추출하고 모폴로지 필터를 이용하여 노이즈를 제거한 다음, 일정한 임계값을 사용한 라벨링 과정을 거쳐 얼굴 후보영역을 검출한다. 그림 1 은 제안하는 알고리즘의 얼굴 영역 검출 흐름도를 나타낸다.

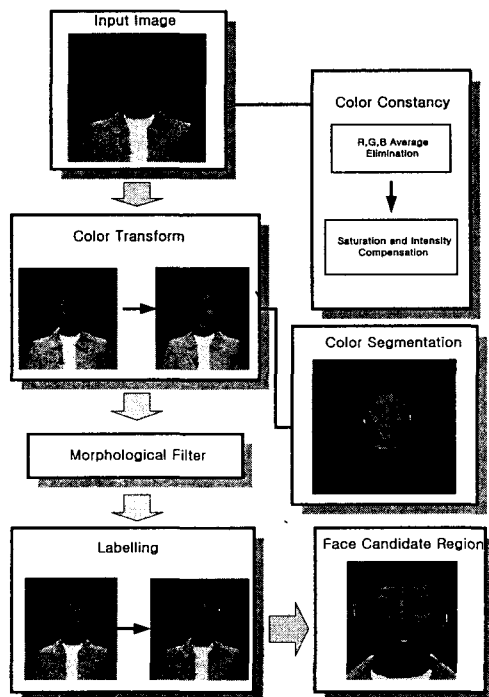


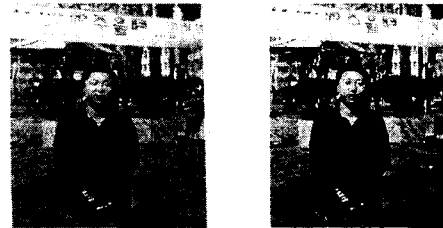
그림 1 얼굴 후보 영역 검출 시스템 흐름도

2.1 칼라 항상성(color constancy)

인간은 물체에서의 반사되는 빛 에너지에 기반을 두어 주위 광원의 효과를 상쇄시키고 물체의 고유색을 인지하는 데 비해, CCD 등의 감지기를 통해서 칼라가 가지고 있는 고유색을 정확하게 복원하지 못하는 문제를 가지고 있는데, 이것을 “칼라 항상성 문제”라 한다 [5, 6]

본 연구에서는 칼라 항상성을 해결하기 위해서

입력 영상에서 RGB 의 평균을 구하여 각각 1:1:1 의 형태가 되도록 channel scaling 을 하고 HIS 칼라 모델로 변환하였다. 또한 색포화도와 명도를 보상하여 주기 위해서 이들 값의 증가를 통한 영상 개선을 수행하였고, 개선된 영상을 얼굴 검출을 위한 시스템의 입력 영상으로 사용하였다. 그림 2 (a)는 조명의 변화에 영향을 받은 입력 영상이고, (b)는 칼라 복원이 된 결과를 나타내고 있다 [5, 6].



(a) 입력 영상 (b) 복원된 영상

그림 2 칼라 항상성 기법 실험 결과

2.2 얼굴 후보 영역 검출

얼굴 영역을 검출하는 과정은 칼라 항상성 복원된 입력 영상내에서 칼라공간상의 살색 정보를 이용하여 정확하게 얼굴 영역을 검출 하고자 한다. 얼굴 영역 검출 알고리즘은 다음과 같다 [4].

1. 입력 영상을 YCbCr 칼라 모델로 변환 후, CbCr 성분을 식 (1)을 이용하여 이진화 과정을 거친다. 이렇게 해서 나온 결과가 그림 3 의 (b)이다.

$$I(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } (133 < Cb < 73) \cap (77 < Cr < 127) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

2. 모폴로지 필터의 클로징 연산을 이용하여 이진화 노이즈를 제거한다. 결과 영상은 그림 3 의 (c)이다.

3. 같은 칼라 정보를 가진 영역을 묶어, 같은 연결 성분에 속하는 픽셀에 같은 레이블을 할당하여 얼굴 후보를 생성한다. 레이블링된 결과는 그림 3 의 (d)와 같다.

4. 생성된 얼굴 후보 영역 안에 CbCr 성분을 상하 좌우 스캔을 하여 일정한 임계값 처리를 하여 얼굴 영역만을 검출한다. 임계값 처리 결과 그림은 그림 3 의 (e)와 같다.

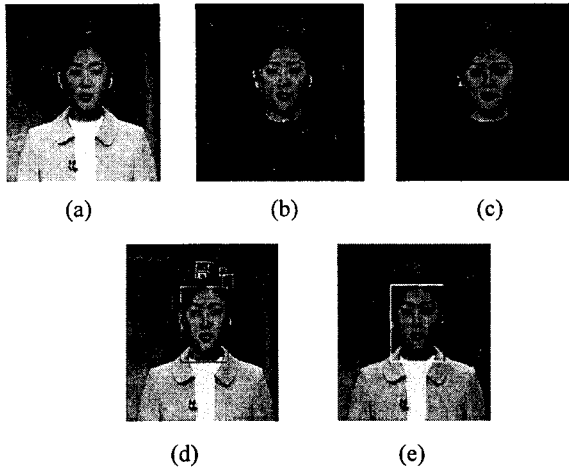


그림 3 (a) 칼라 입력 영상 (b) 이진화 영상
(c) 모폴로지 필터 결과 영상 (d) 레이블링 영상
(e) 임계값 처리 결과 영상

3. Gabor 에 의한 검증

얼굴 검출의 정확도가 전체 얼굴 인식 시스템의 성능에 미치는 영향이 매우 크다. 제안하는 알고리즘에서는 장에서는 사각형 격자 형태로 구성된 인간 시각과 같은 Gabor 필터를 이용하여 얼굴 후보영역들 중 실제 얼굴 영역을 정확하게 검증하고자 한다. 그림 4 는 Gabor 필터의 얼굴 검증 전체 흐름도이다.

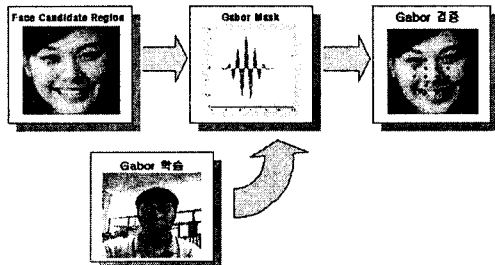


그림 4 Gabor 필터의 얼굴 검증 과정 흐름도

3.1 Gabor 필터의 특징

Gabor 필터는 원래 정보의 불확정성 원리의 개념에서 소개 되었다. Gabor 는 하나의 신호를 가우시안 포락선(gaussian envelope)를 가지는 사인파 형태로 존재하며, 공간 영역과 공간 주파수 영역 양쪽에서 최적으로 국소화(localization)되는 필터이기 때문에 영상 인식에서 사용되고 있다. 이진화된 영상으로부터 특징 좌표의 위치를 얻은 다음 256

명도값을 가지는 얼굴 영상에 대해 식 (2)를 이용하여 Gabor 변환을 수행한다 [7].

$$J_j(\bar{x}) = \int I(\bar{x}') \varphi_j(\bar{x} - \bar{x}') d^2 \bar{x}'$$

$$\varphi_j(\bar{x}) = \frac{k_j^2}{\sigma^2} \exp\left[-\frac{k_j^2 x^2}{2\sigma^2}\right] \exp\left[\exp(i k_j \bar{x}) \exp\left(-\frac{\sigma^2}{2}\right)\right]$$

$$\bar{k}_j = \begin{bmatrix} k_{jx} \\ k_{jy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_v \cos \varphi_\mu \\ k_v \sin \varphi_\mu \end{bmatrix} \quad k_v = 2^{\frac{v+2}{2}} \pi$$

$$\varphi_\mu = \mu \frac{\pi}{8} \quad (2)$$

본 논문에서 사용되어진 값은 $j = \mu + 8\nu$ 에서 $\nu = 0 \dots 4$ 와 $8 \mu = 0 \dots 7$ 인 불연속적인 5 개의 서로 다른 주파수를 사용하여 얼굴 후보 영상에 Gabor 필터를 적용하여 정확한 얼굴 영역을 찾고자 하였다.

3.2 Gabor 필터에 의한 얼굴 영역 학습 및 검증

Gabor 필터 검증 알고리즘을 사용하기 전에 먼저 얼굴 영역을 위한 사각 격자 모델을 그림 4 와 같은 형태로 구성한다. 그림 4 (a)와 같이 수동으로 두 눈과 입의 중심점을 landmark 한다. (b)와 같이 5×4 사각 격자를 구성한다. 즉 두 눈 사이의 거리를 3 등분하고 눈과 입 사이의 거리를 4 등분하여 그림과 같은 사각 격자를 구성한다. 얼굴 영역을 검증하기 위해서 3 개의 격자 모델을 입력 영상으로 하여 Gabor jets 과 비교하면서 탐색한다. 영역이 검출된 영상과 3 개의 격자 모델과 진폭의 유사도를 계산한다. 유사도 함수는 식 (3)과 같고 여기서 a 는 Gabor 계수를 의미 한다.



그림 4 (a) 학습 영상 (b) 5×5 격자 영상

$$S_a(J, J') = \frac{\sum_j a_j \cdot a'_j}{\sqrt{\sum_j a_j^2 \cdot \sum_j a'^2_j}} \quad (3)$$

4. 실험 결과

실험에 사용된 영상 데이터는 다양한 얼굴 크기, 정면 영상, 다양한 배경을 가진 영상, 조명에 의해 칼라가 손상된 영상을 입력으로 사용되었으며, 입력 영상의 크기에 상관없이 실험을 하였다. 영상을 획득 방법에 따라 3 개 영상 그룹으로 나누어 입력 영상으로 사용하였으며, A 영상 그룹은 잡지, 사진 영상 중에서 104 장을 획득하여 사용하였고, B 영상 그룹은 USB 카메라 영상 중 50 장을 사용하였고, C 영상 그룹은 TV 나 영화에서 획득한 영상 40 장을 이용하여 실험 영상으로 사용하였다.

표 1은 Gabor 필터를 적용하기 전, 얼굴 영역 검출 실험 결과를 나타낸 것이다.

	총 영상수	얼굴 영역 판단	얼굴 영역 오 판단	성공률 (%)
A 영상	104	85	19	81.7
B 영상	50	46	4	92
C 영상	40	33	7	82.5

표 1 얼굴 영역 검출 실험 결과

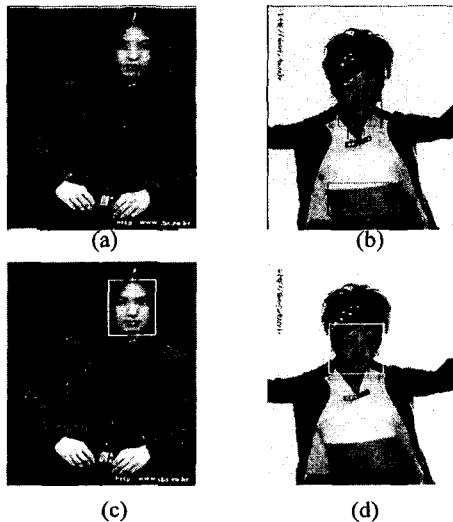


그림 5 (a), (b)는 얼굴 영역 오 판단 영상 (c), (d)는 Gabor 필터에 의하여 검출된 영상

그림 5 (a), (b)는 칼라 정보를 이용하여 얻은 얼굴 후보영역 결과를 나타낸다. 즉, 손, 배, 팔 등은 얼굴과 같은 칼라 정보를 가지고 있어 살색영역으로 판단하였다. 그림 (c), (d)는 Gabor 필터를 이용하여 찾아낸 최종 얼굴 영역을 보여 주고 있는데, 정확한 검출이 이루어 졌음을 확인할 수 있다. 표 2는 표 1의 실험영상에 대한 후보영역검출, Gabor 필터를 이용한 최종 얼굴검출률을 나타내고 있는

데, 복잡한 배경의 C 영상에 대해서도 92%이상의 우수한 검출결과를 보여주고 있다.

5. 결론

본 논문에서는 복잡한 배경 및 다양한 영상 정보를 가지고 있는 정지 영상에서 색상 정보를 이용하여 영역을 검출 및 Gabor 필터에 의한 검증하는 알고리즘을 제안하였다.

	총 영상수	얼굴 영역 판단	얼굴 영역 오 판단	성공률 (%)	Gabor 검증률 (%)
A 영상	104	85	19	81.7	93.75
B 영상	50	46	4	92	96
C 영상	40	33	7	82.5	92.5

표 2 Gabor 필터에 의한 실험 결과

또한 기존의 방법들이 대부분 Head-shoulder 영상에만 적용하여 얼굴 영역을 검출하였고, 전체 영상을 대상으로 할 경우 살색 성분이 같은 손, 다리 등 얼굴 후보 영역이 과다 검출되는 문제점을 가지고 있는 반면, 제안한 알고리즘은 조명 칼라 변화에 상관없고, 인간 시각에 기반한 Gabor 필터를 사용함으로써 복잡한 배경 하에서도 효과적으로 얼굴을 검출하는 새로운 알고리즘을 제시하고 그 성능의 우수함을 보였다.

참고 문헌

- [1] Q. B. Sun, W. M. Hung and J. K. Wu, "Face Detection Based on Color and Local Symmetry Information", International Conference Automatic Face and Gesture Recognition, pp 130-135, April 1998.
- [2] H. Wu, Q. Chen and M. Yachida, "Face Detection From Color Images Using a Fuzzy Pattern Matching Method", IEEE Trans. PAMI, Vol. 21, No. 6, pp. 557-563, June 1999.
- [3] Gauangzheng Yang and Thomas S. Huang, "Human Face Detection in A Complex Background", Pattern Recognition, Vol. 27, No.1, pp.53-63, 1994.
- [4] Douglas Chai and King N. Ngan, "Locating Facial Region of Head and Shoulders Color Images", International Conference Automatic Face and Gesture Recognition, pp. 124-130, April 1998.
- [5] R. Lenz and Peter M. "Color Image Normalization Through Illuminant Recovery", Proc. ICASSP-97, April, Munich, Germany, pp. 1-4, 1997.
- [6] I.K. Park and I.D. Yun and S. U. Lee, "A color normalization algorithm for image indexing", Proc. Third Asian Conference on Computer Vision, Vol. 1, pp. 96-103, Hong Kong, January 1998.
- [7] L. Wiskott, J. Marc, Fellous N. K. "Face Recognition by Elastic Bunch Graph Matching", IEEE Trans. PAMI, Vol.19, No. 7, pp. 775-779, July 1997.