

컬러 정보를 이용한 얼굴 정보의 자세불변 고속 검출

정의정, 김복만, 최홍문
경북대학교 전자공학과 대학원

전화 : 053-940-8613 / 핸드폰 : 019-612-7598

Fast Pose-Invariant Detection of Facial Informations Using Color Cues

Eui Jeong Jeong, Bok Mann Kim, and Heung-Moon Choi

Department of Electronics Engineering, Graduate School, Kyungpook National University

E-mail: ejjeong@pdplab.knu.ac.kr

Abstract

본 논문에서는 입력 영상의 컬러 정보를 이용함으로써 조명 변화나 얼굴의 자세 변화에 둔감하게 얼굴 정보를 고속 검출하는 알고리즘을 제안하였다. 계산복잡도가 작으면서도, 조명의 변화에 민감하지 않은 특성을 가진 NCC (normalized color component) 좌표계에서 정의한 살색에 기반하여 얼굴 후보 영역을 검출하고, 검출된 얼굴 후보 영역내에서의 눈의 검출에도 색상 분포 특성을 이용함으로써 얼굴의 숙임(nod), 들림(shake), 기울임(tilt) 등에 의한 자세 변화에 대해서도 둔감하게 두 눈의 위치를 고속으로 찾도록 하였다. 특히 집중자(concentrator)를 제안 적용하여 유동적인 눈썹의 영향을 줄이고 눈안의 중심 위치를 찾도록 가중치 눈지도(eye map)를 도입하였다. 제안된 알고리즘이 조명 변화나 얼굴의 다양한 자세 변화가 있는 영상에서 얼굴 후보 영역과 두 눈의 위치를 효과적으로 검출함을 실험을 통해 확인하였다.

I. 서론

얼굴 정보의 검출, 특히 얼굴 및 눈의 검출은 최근 컴퓨

터와 사용자간의 보다 직관적인 인터페이스 뿐만 아니라, 통계구역 출입 제어, 정보 보호를 위한 접근제어, 은행의 보안 시스템 구축등 영상감시 시스템에서 지능적이고 자동화된 얼굴 인식의 핵심적인 단계이다. 이러한 얼굴 인식의 자동화에 있어, 빠르고 정확한 눈의 검출은 시스템의 성능 향상을 위한 필수적인 전처리 과정으로 인식되고 있다.

지난 10여년간 얼굴 및 눈 검출 알고리즘의 개발이 활발히 진행되어 왔으나, 아직 얼굴의 자세 변화에 독립적이며 조명의 변화나 복잡한 배경에 강건한 검출은 매우 힘들다. 기존의 눈 검출 방법은 크게 두가지 방식으로 나눌 수 있다. 하나는 눈의 영역이 대략 주어지거나, 여러가지 제약 조건에 의해 쉽게 눈 영역을 찾을 수 있을 경우 쓰이는 방법으로서, 이 방법들은 눈 영역이 주어지면 뛰어난 성능을 보이지만, 현실세계에서 눈 영역은 찾기가 쉽지 않다. 또 다른 방법에서는 영상에서 먼저 얼굴영역을 검출하고 검출된 얼굴 영역에 대해서 눈 검출 알고리즘을 적용시키고 있다. 이러한 방법은 눈 검출의 정확성이 얼굴 검출 알고리즘의 정확성에 의해 결정된다 [1-2].

상기 두가지의 방법에서 내부적으로 사용하는 방법으로는 지식 기반법 (knowledge-based method)과 템플릿 정합법 (template matching method) 등이 있다. 지식 기반법은 전형적인 인간의 얼굴을 구성하는 요소들에 대

한 사전 지식에 기반한 규칙에 근거하여 눈의 위치를 검출하는 방법으로서, Zhang 등 [3]은 눈동자가 얼굴의 다른 부분보다 평균적으로 어둡다는 특징과 눈 영역이 타원의 형태이고 두 눈이 평행하게 위치한다는 정보를 가지고 눈을 검출하였다. 그러나 이 방법에서는 자세변화가 있는 얼굴에 대해서는 정확한 판별 규칙을 만들기 어렵다. Yuille 등 [4]이 제안한 템플릿 정합법은 눈의 특징들을 나타낼 수 있는 몇 개의 특정 패턴을 입력 영상과 비교하는 것으로 처리 시간이 길다는 단점이 있다.

한편, Kumar 등 [2]은 눈 영역에 대한 사전 정보나 얼굴 검출 알고리즘이 필요치 않은 경우의 눈 검출 알고리즘을 제안하였다. 이 방법은 인간의 살색 특성과 눈이 주변보다 낮은 명도를 가진다는 정보를 활용하였다. 그러나, 오직 정면의 확대된 이미지에 대해서만 적용가능하며, 얼굴의 돌림이나, 기울임에 강건하지 못하다는 결점이 있다. 따라서, 인식 및 감시 시스템 등 여러 응용분야에 걸쳐 널리 적용할 수 있도록 사전 정보나 조명 변화 등 여러가지 제약조건에 의존하지 않으며, 얼굴의 숙임과 돌림 및 기울임 등에도 강건한 고속의 얼굴 및 눈 검출 알고리즘에 대한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 일반영상에서 살색 정보를 바탕으로 얼굴 후보 영역을 먼저 검출하고, 검출된 얼굴 후보 영역내에서 눈이 가지는 색상 분포 특성을 활용하여 눈의 위치를 검출하는 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 입력된 영상에 대하여 조명에 강건하고, 계산 복잡도가 낮은 NCC (normalized color component)좌표계에서 살색을 정의하여 얼굴 후보 영역을 검출하고, 눈이 얼굴의 살색 영역과는 색상 분포가 다른 RGB특성을 갖는다는 사실을 이용하여 눈지도(eye map)를 생성시킨 다음, 집중자를 제안 적용하여 유동적인 눈썹의 영향을 배제하고 눈만의 중심위치를 찾을 수 있도록 가중치 눈지도를 구함으로써 눈의 정확한 위치를 검출 하였다. 제안한 알고리즘을 여러가지 실험영상에 적용한 결과 조명 변화나 얼굴 자세 변화에 둔감하게 정확하고도 빠른 눈 검출이 가능함을 확인하였다.

II. 얼굴 후보 영역 검출

제안한 방법의 전반적인 흐름은 그림 1에서와 같다. 입력영상에 대해 먼저 색좌표계 변환을 수행하여 살색을 추출하고 연결 요소 분석에 의해 얼굴 후보 영역을 검출하여 이에 대한 눈지도를 생성한 다음, 집중자를 적용한 가중치 눈지도로부터 두 눈의 위치를 정확하게 결정하였다.

2.1 살색 추출

컬러기반 얼굴 검출 및 추적 알고리즘은 살색 모델을 만드는 것에서 시작되며, 살색 추출을 위해서는 적당한 색 공간의 선택과 선택된 색공간에 부합되는 살색 범위의 정의가 요구된다 [5].

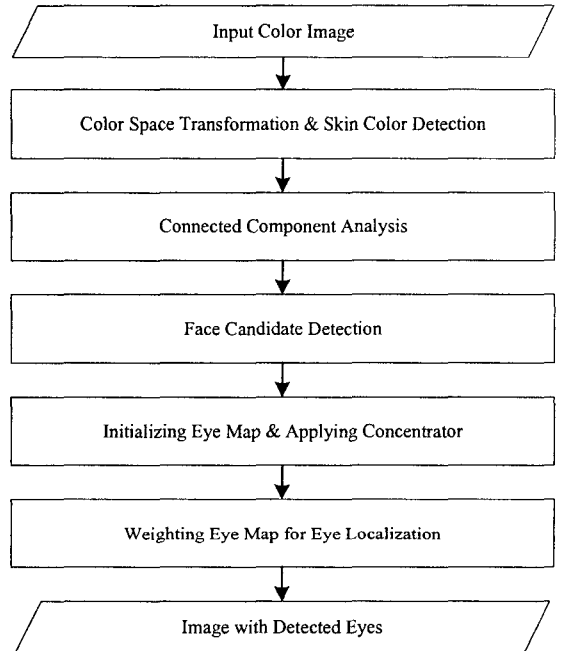


Fig. 1. Flowchart for the proposed facial information detection.

본 논문에서는 계산복잡도가 작으면서도, 조명의 변화에 민감하지 않은 NCC 좌표계를 이용하여 살색을 정의함으로써 Soriano 등 [6]이 밝혀낸 조명의 상관색온도의 변화시에 살색의 범위가 NCC 좌표계에서 완전 방사체적의 곡률을 따른다는 특성을 활용하여 조명에 좀더 강건한 살색모델을 쓸 수 있도록 하였다.

2.2 얼굴 후보 영역 검출

추출된 살색의 화소들의 그룹화를 위해 연결 요소 분석을 거친 후 얼굴크기, 가로세로비의 조건을 적용하여 눈 검출 알고리즘이 적용될 얼굴 후보 영역을 검출하였다.

III. 눈의 검출

눈의 검출을 위하여 먼저 검출된 얼굴 후보 영역 마스

크를 원영상에 적용하여 원영상에서의 얼굴 후보 영역을 한정짓고, 눈이 얼굴의 살색과는 다른 RGB 색상 분포를 가짐을 이용하여 눈지도를 작성한 후, 눈썹의 영향을 배제하고 눈의 중심을 두드러지게 하기 위해 집중자를 적용한 가중치 눈지도를 구하여 눈의 위치를 검출하였다.

3.1 눈지도

얼굴 후보 영역에서 눈의 RGB 색상 특성은 살색에 비해서 B 성분이 높고, R 성분이 낮게 분포하는 특성이 있다. 이를 이용하여 검출된 얼굴 후보 영역상의 화소 i 에 대하여 눈지도 EM 을

$$EM(i) = (\bar{R} - R)^2 \cdot (R - \bar{B})^2 \quad (1)$$

으로 정의하여 생성한다. 여기서, \bar{R} 는 얼굴 영역의 R 성분 평균, $\bar{B} = 255 - B$ 을 말한다.

3.2 집중자에 의한 눈의 위치 추출

눈지도 EM 에서 눈의 영역이 강조되기는 하지만, 눈썹 때문에 눈의 정보가 흩어져 있어 눈의 중심을 결정하기가 어렵다. 여기에

$$\Gamma(p) = \left\{ (i, j) \mid \frac{p_i - p_j}{2} = p \right\} \quad (2)$$

로 정의되는 대칭 화소 집합의 중심화소 p 에

$$C_\sigma(i, j) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left(-\frac{\|p_i - p_j\|}{2\sigma}\right) \quad (3)$$

로 정의되는 집중자의 연산 결과를 누적함으로써 가중치 눈지도 EM_w .

$$EM_w(p) = \sum_{(i,j) \in \Gamma(p)} M(i) \cdot M(j) \cdot C_\sigma(i, j) \quad (4)$$

을 생성시켰다. 여기서 σ 는 대칭변환할 영역의 크기이며, $M(i)$ 및 $M(j)$ 는 눈지도 EM 에서 대칭화소 i, j 의 크기이다. 이렇게 생성된 가중치 눈지도 EM_w 은 대칭되는 두 화소의 거리가 가까울수록, 눈의 색상 특성에 부합될수록 큰 값을 가지게된다. 이렇게 생성된 가중치 눈지도 EM_w 에 대하여 국부 최대치 검색을 통하여 눈의 위치를 결정하였다.

그림 2의 (a)와 같은 원영상에서 (b)와 같이 살색을 추출하여 연결 요소 분석을 거쳐 얼굴 후보 영역을 검출하

였고, (c)와 같이 눈지도 EM 을 구한 후 집중자를 적용함으로써 눈의 중심에 가중치가 부여된 (d)의 가중치 눈지도 EM_w 를 얻을 수 있었으며, 여기에 국부 최대치 검색을 통하여 (e)에서와 같이 눈의 정확한 위치를 결정하였다.

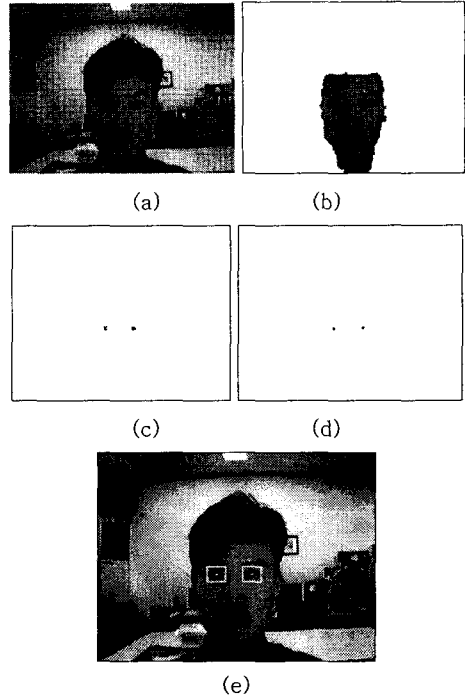


Fig. 2. Eye detection: (a) Original image, (b) detected face region, (c) eye map EM , (d) weighted eye map EM_w , and (e) detected eyes.

IV. 실험결과 및 분석

제안한 알고리즘이 얼굴의 위치 및 자세에 대한 사전 정보나 특정한 제약조건이 없이 영상내의 얼굴에서 속임, 돌림, 기울임 등에 의한 자세 변화가 있더라도 눈의 위치를 검출할 수 있는지를 평가하기 위해 그림 3에서 보는 바와 같이 정면 얼굴 영상이나 얼굴이 숙여진 상태이거나, 돌림과 기울임이 동시에 일어난 얼굴 등에 적용시킨 결과, 눈의 위치를 잘 검출할 수 있음을 확인할 수 있었다. 또한, 320×240의 영상에 대하여 인텔 펜티엄4 1.6Ghz의 PC에서 평균 0.11sec의 빠른 속도로 눈을 검출할 수 있음을 확인하였다.

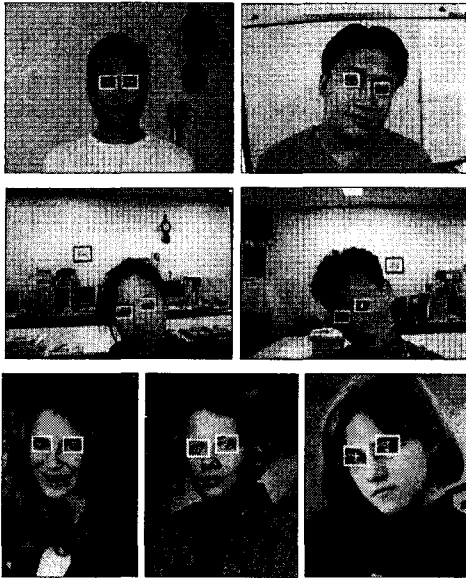


Fig. 3. Experimental results

V. 결론

본 논문에서는 입력 영상의 컬러 정보를 기반으로 조명 변화나 자세 변화에 둔감하게 얼굴 후보 영역과 눈의 위치를 고속 검출하는 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 입력 영상에 대해 얼굴의 위치나 자세에 대한 사전 정보나 제약조건 없이 사람 얼굴의 숙임, 돌림 및 기울임에 의한 자세 변화에 둔감하도록 살색정보에 기반하여 얼굴 후보 영역을 검출하였다. 또한 얼굴과 눈의 RGB 색상 분포 특성을 기초로 눈지도 및 가중치 눈지도를 작성함으로써 두 눈의 위치를 빠르게 검출할 수 있도록 하였다. 제안된 알고리즘은 자세 변화나 조명 변화에 둔감하고 고속이므로 출입 제어시스템이나 영상 감시 시스템을 위한 얼굴 인식 모듈의 자동화 및 고속화에 효과적으로 이용될 수 있을 것이다.

References

- [1] G. C. Feng and P. C. Yuen, "Multi-cues eye detection on gray intensity image," *Pattern Recognition*, vol. 34, pp. 1033-1046, 2001.
- [2] R. T. Kumar, S. K. Raja, and A.G. Ramakrishnan, "Eye detection using color cues and projection functions,"

Proceedings of Image Proc., vol. 3, pp. 337-340, New York, USA, September, 2002.

- [3] L. Zhang and P. Lenders, "Knowledge-Based Eye Detection for Human Face Recognition," *4th Int. Conf. on Knowledge-Based Intel. Engin. Sys. & Allied Tech.*, vol. 1, pp. 117-120, University of Brighton, UK, September, 2000.
- [4] A. L. Yuille, P. W. Hallinan, and D.S. Cohen, "Feature extraction from faces using deformable templates," *Int. J. Computer Vision*, vol. 8, no. 2, pp. 99-111, 1992.
- [5] R. L. Hsu, M. A. Mottaleb, and A. K. Jain, "Face Detection in Color Images," *IEEE Trans. on PAMI*, vol. 24, pp. 696-706, May, 2002.
- [6] M. Soriano, B. Marinkauppi, S. Huovinen, and M. Laaksonen, "Adaptive skin color modeling using the skin locus for selection training pixels," *Pattern Recognition*, vol. 36, pp. 681-690, 2003.