

논문 2009-5-31

빈도수를 고려한 눈동자색 분포맵에 기반한 조명 변화에 강건한 얼굴 검출 방법

Face Detection based on Pupil Color Distribution Maps with the Frequency under the Illumination Variance

조한수*

Han-Soo Cho

요 약 본 논문에서는 빈도수를 고려한 눈동자색 분포맵에 기반한 조명변화에 강건한 얼굴 검출 방법을 제안한다. 제안한 방법은 먼저, 피부색 분포맵을 이용하여 검출된 얼굴 후보영역에서 색상성분의 편차를 이용하여 얼굴 후보영역을 축소한다. 이 영역에서 눈 후보점을 탐색하기 위해 눈동자색 분포맵을 적용하여 눈 후보영역을 검출한다. 검출된 눈 후보영역은 조명 보정 기법과 분할 알고리즘에 따라 눈 후보영역을 반복적으로 분할함으로써 조명의 영향으로 얼굴 영역이 아주 어두운 경우에도 눈 검출 성능을 향상할 수 있다. 분할된 눈 후보영역에서 템플릿 정합방법으로 눈 후보점을 검출하고 두 눈 후보점 쌍과 입 평가치를 이용하여 얼굴을 검출하였다. 실험결과 제안된 방법은 좋은 성능을 보였다.

Abstract In this paper, a new face detection method based on pupil color distribution maps with the frequency under the illumination variance is proposed. Face-like regions are first extracted by applying skin color distribution maps to a color image and then, they are reduced by using the standard deviation of chrominance components. In order to search for eye candidates effectively, the proposed method extracts eye-like regions from face-like regions by using pupil color distribution maps. Furthermore, the proposed method is able to detect eyes very well by segmenting the eye-like regions, based on a lighting compensation technique and a segmentation algorithm even though face regions are changed into dark-tone due to varying illumination conditions. Eye candidates are then detected by means of template matching method. Finally, face regions are detected by using the evaluation values of two eye candidates and a mouth. Experimental results show that the proposed method can achieve a high performance.

Key Words : Face Detection, Pupil Color Distribution Maps, Lighting Compensation Technique, Segmentation Algorithm.

I. 서 론

컴퓨터를 이용하여 컬러영상에서 얼굴 영역을 자동으로 추출하는 방법은 오래 전부터 컴퓨터비전 관련 분야에서 많이 연구되어 온 중요한 기술로서, 얼굴 영상 정보

를 이용한 다양한 실제 분야에서 응용되고 있다. 그러나 얼굴 영역 검출은 인종, 표정, 조명상태, 방향 등 다양한 외부 환경적 요인으로 인해 컬러 영상에서 정확히 얼굴을 추출해 내는 데는 많은 어려움을 수반하고 있다^{[1][2]}. 얼굴 영역을 검출하는 방법에는 템플릿 매칭 방법^{[3][4]}, 신경망을 이용하는 방법^{[5][6]}, 피부색 정보를 이용하는 방법^{[7]-[9]} 등 여러 방법이 시도되어 왔다. 특히, 피부색을 이용

*정회원, 한중대학교 보건학부 의료정보전공
접수일자 2009.9.15, 수정일자 2009.10.9

하는 방법은 컬러공간에서 피부색이 영상의 다른 부분에 비해 비교적 좁은 영역에 한정되어 분포하고 있기 때문에 컬러 영상에서 얼굴 영역을 추출하는 첫 단계로 피부색 정보를 이용하여 탐색공간을 줄이는 방법이 많이 사용된다. 그러나 이러한 방법은 얼굴의 크기나 방향에도 쉽게 얼굴 영역을 추출할 수 있어 좋은 성능을 보이지만, 조명에 큰 영향을 받는다는 단점이 있다.

본 논문에서는 빈도수를 고려한 눈동자색 분포맵에 기반한 조명변화에 강건한 얼굴영역 검출 방법을 제안한다. 먼저 피부색 분포맵을 이용하여 얼굴 후보영역을 대략 검출한다. 검출된 얼굴 후보영역의 색상 성분 편차를 이용하여 얼굴 후보영역을 축소한다. 다음, 눈동자색 분포맵을 이용하여 눈이 위치할 가능성이 있는 눈 후보영역을 검출한다. 검출된 눈 후보영역은 조명의 영향이 거의 없는 일반적인 컬러영상에서는 아주 작은 영역으로 나타나나 조명의 영향으로 얼굴 전면에 어두운 그림자가 있는 경우에 눈 후보영역은 크게 검출된다. 왜냐하면 눈동자색상은 조명의 영향으로 나타나는 그림자영역과 같은 어두운 영역과 아주 유사한 색상을 띠고 있기 때문이다. 따라서 이러한 경우를 고려하여 제안한 방법은 먼저 검출된 눈 후보영역의 밝기 정도에 따라 적응적으로 조명을 보정함으로써 눈 후보영역에서 실제 눈 영역과 조명의 영향으로 생긴 어두운 영역에 대한 정합 정도를 향상시켜 눈 검출 성능을 높인다. 또한, k-means 알고리즘을 이용하여 눈동자색 분포맵을 빈도수가 낮은 그룹에서 빈도수가 높은 그룹으로 분류해 놓고 눈 후보영역의 면적에 따라 분류된 그룹을 적응적으로 이용하여 눈 후보영역을 반복적으로 분할하여 축소함으로써 다양한 조명변화에도 눈 검출 성능을 향상할 수 있다. 이렇게 구해진 눈 후보영역에서 눈 후보점을 검출하고 입의 유무를 판정하는 평가함수를 이용하여 최종적으로 얼굴 영역을 검출하였다.

본 논문의 구성은 2장에서 얼굴 검출 알고리즘에 대하여 설명하고, 3장에서는 실험 결과를, 4장에서는 본 논문의 결론 및 향후 연구 방향을 제시한다.

II. 얼굴 검출 알고리즘

1. 얼굴 후보 영역 검출

일반적으로 피부색 정보를 이용한 얼굴 검출 방법에

서는 조명의 영향을 줄이기 위해 RGB컬러공간을 밝기 성분과 색상성분을 분리할 수 있는 컬러공간으로 변환하고, 비교적 조명의 영향을 덜 받는 색상정보를 이용하여 참조맵(reference map)을 구성하여 입력영상의 화소가 참조맵에서 설정된 범위 내에 있으면 피부영역의 화소로, 그렇지 않으면 배경영역의 화소로 결정하는 방법을 많이 사용한다. 그러나 이러한 방법은 피부색이 조명변화에 영향을 받는다는 점을 고려하면 색상성분만을 이용한 피부색분포로서는 높은 성능을 기대하기 어렵다. 따라서 실제 응용을 고려한다면 조명변화에 따른 피부색이 변화하는 영역의 분포를 피부색 분포맵의 영역에 포함하여 구성할 필요가 있다. 이에 본 논문에서는 빛이나 조명변화가 다양한 영상에서 피부영역의 화소만 추출하여, 그림 1과 같이 휘도성분 Y값에 따른 색상성분 Cb와 Cr값의 영역을 나타내는 피부색 분포맵을 구성하여 입력영상 각 화소의 [Y, Cb]값과 [Y, Cr]값이 피부색 분포맵의 영역 내에 위치해 있으면 그 화소는 피부영역의 화소로 결정하였다. 이렇게 하여 얻어진 영역에 대해 모폴로지 연산으로 잡음을 제거하고 면적이 일정이하의 영역을 제외한 영역을 얼굴후보영역으로 결정하였다.

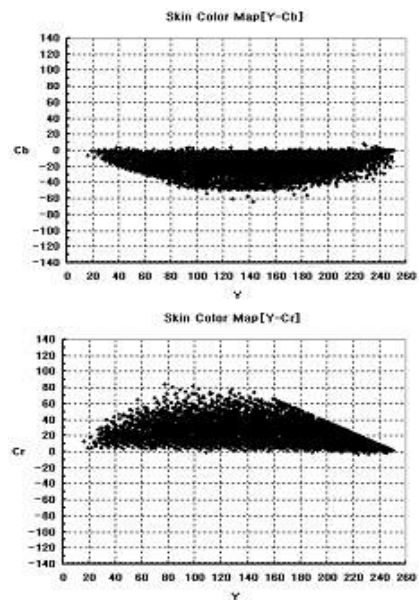


그림 1. Y-Cb/Cr 평면에서 피부색 분포맵
Fig. 1. Skin Color Distribution Maps in Y-Cb/Cr Plane

2. 색상성분의 표준편차를 이용한 얼굴 후보 영역 축소

본 논문에서 제안한 방법은 얼굴 후보영역에서 눈 후보영역을 추출하고 이 영역에서 눈을 탐색하여 얼굴 영역을 검출하는 구조이다. 따라서 얼굴 후보영역에서 실제 눈 영역을 제외한 순수 피부영역과 피부색과 유사한 배경영역을 이 단계에서 가능한 많이 제거함으로써 눈 후보영역 추출 성능을 높일 수 있다. 실제 눈 영역은 얼굴 피부영역에 비해 색상성분의 편차가 크다는 점에 착안하여 얼굴 후보영역을 일정 크기의 블록 윈도우를 스캐닝하면서 색상성분의 편차를 구하여 식 1을 이용하여 얼굴후보영역 중에서 색상성분의 편차가 작은 영역은 눈 영역이 포함되지 않은 순수 피부영역으로 판단하여 이러한 영역을 제거함으로써 얼굴 후보영역을 축소하여 눈 후보영역 검출의 정확성을 보다 향상시켰다.

$$R_{face}^- = \begin{cases} 1, & \text{if } [bW(\sigma_{Cb}) < 2.5] \cap [bW(\sigma_{Cr}) < 2.5] \\ 0, & \text{otherwise,} \end{cases} \quad (1)$$

여기서, R_{face}^- 은 얼굴 후보영역에서 제거된 영역이며, bW 는 얼굴 후보영역을 스캐닝 하는 일정크기의 블록 윈도우 영역을 의미한다.

3. 빈도수를 고려한 눈동자색 분포맵

본 논문에서는 눈을 검출하기 위하여 눈동자색 분포맵을 이용하여 얼굴 후보영역에서 눈이 위치할 가능성이 높은 눈 후보영역을 검출한다. 이 영역에서 탐색을 수행하여 눈 후보점을 검출하고 눈 후보점 쌍으로부터 얼굴 구성요소의 위치적 정보에 기반한 얼굴모델에 의하여 입 영역 위치를 설정하여 두 눈 후보점과 입 영역을 이루는 트라이앵글이 얼굴 영역인지를 판단한다.

눈 후보영역을 검출하기 위해 사용된 눈동자색 분포맵은 YCbCr 컬러공간에서 휘도성분 Y값에 따른 색상성분 Cb 및 Cr값의 분포를 나타내도록 구성하고 얼굴 후보 영역의 화소가 이 영역에 포함되면 눈 후보영역의 화소로 판정하도록 하였다.

눈 후보영역으로 검출된 영역에는 실제 눈 영역뿐만 아니라 얼굴 후보영역에서 눈동자와 비슷한 어두운 색상을 가진 영역 모두가 포함된다. 조명의 영향을 받지 않은 영상에서 눈동자색 분포맵을 적용하여 얻어진 눈 후보영역은 비교적 적은 면적으로 구해지며, 주로 눈동자 영역, 코 아래 어두운 영역, 입술 끝 영역과 같이 주로 명암이

어두운 영역이 검출된다. 그러나 조명의 영향으로 얼굴 영역이 어두운 색상을 띠는 경우, 눈 후보영역은 눈동자색과 그림자 색상이 유사한 분포를 하고 있기 때문에 실제보다 크게 검출되어 눈 후보점 탐색을 어렵게 한다. 이에 제안한 방법에서는 조명의 영향으로 얼굴 영역이 어두운 영상에서 눈을 효율적으로 검출하기 위해 눈동자색 분포맵에서 눈 후보영역으로 설정한 영역을 작은 블록으로 분할하여 그 영역에서 초기 맵을 구성할 때 사용된 샘플 화소의 빈도수에 따라 k-means 알고리즘을 이용하여 빈도수가 비슷한 영역을 군집화하여 빈도수가 낮은 클러스터에서 점점 빈도수가 높은 클러스터 (C_1, C_2, \dots, C_{32})로 분류한다. 빈도수에 의해 분류된 눈동자색 분포맵의 각 클러스터는 조명의 영향으로 크게 검출된 눈 후보영역에서 실제 눈 영역이 아닌 어두운 영역의 화소를 제거하는데 사용된다. 눈동자색 분포맵의 빈도수 정보를 이용한 눈 후보영역 분할 방법에 대해서는 뒤에서 설명한다.

그림 2는 YCbCr 컬러공간에서 눈동자색 분포맵을 나타낸 것으로 초기 맵을 구성하는 샘플 화소의 빈도수를 개념적으로 표시한 그림이다.

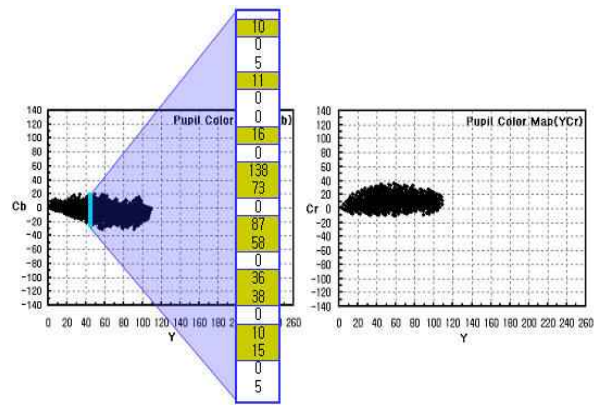


그림 2. 빈도수를 고려한 눈동자색 분포맵
Fig. 2. Pupil Color Distribution Maps with the frequency

4. 조명 보정

본 논문에서 눈 후보영역을 검출하기 위해 사용된 눈동자색 분포맵은 비교적 정상적인 조명에서 눈동자 샘플 화소를 이용하여 구축한 것이므로 조명의 영향으로 어두운 영역이 눈 후보영역으로 포함된 경우에 대하여 조명을 보정하는 절차를 거침으로서 보다 효율적으로 눈 후보영역을 분할하여 눈 검출 성능을 향상할 수 있다.

본 논문에서 사용한 조명 보정 방법은 크게 검출된 눈 후보영역의 모든 화소를 식 2의 최소-최대 정규화 방법을 이용하여 새롭게 정의된 범위로 선형적으로 화소값을 변경함으로써 심하게 어두운 화소를 보정하는 방법을 사용했다.

$$y' = \frac{y - \min_1}{\max_1 - \min_1} (\max_2 - \min_2) + \min_2 \quad (2)$$

여기서, \min_1 과 \max_1 은 입력영상의 최소, 최대값이며, \min_2 와 \max_2 는 새롭게 정의된 범위의 최소, 최대값을 의미한다. 본 논문에서는 \min_2 와 \max_2 값을 고정하지 않고 조명보정을 수행할 눈 후보영역의 휘도 성분의 정도에 따라 범위를 탄력적으로 설정함으로써 조명의 영향을 받은 눈 후보영역을 적응적으로 분할할 수 있다. 표 1에서와 같이 눈 후보영역의 평균밝기를 세 그룹으로 나누고 reference black pixel의 범위를 하위 9%(23), 11%(28), 13%(33)로 각각 설정하였다. 또한 실제로 눈 후보영역은 휘도 성분 Y값이 120이하인 화소이나, 최소-최대 정규화 과정을 거칠 때 변환되는 값이 비교적 완만하게 변환될 수 있도록 reference white pixel의 범위를 상위 7%(238)로 설정하였다.

표 1. 눈 후보영역의 밝기에 따른 조명보정 상한과 하한
Table 1. The ranges of lighting compensation by Y value

눈 후보영역 평균밝기	(\min_1, \max_1)	(\min_2, \max_2)
$25 \leq Y < 45$	(0, 255)	(33, 238)
$45 \leq Y < 65$	(0, 255)	(28, 238)
$65 \leq Y < 85$	(0, 255)	(23, 238)

5. 빈도수를 고려한 눈동자색 분포맵을 이용한 눈 후보영역 분할

얼굴 후보영역에 대하여 먼저 빈도수를 고려하지 않은 눈동자색 분포맵을 적용하여 일차적으로 눈 후보영역을 검출한다. 이 때 조명의 영향이 크지 않은 영상에 대해서는 눈 후보영역이 작은 면적으로 검출되나 조명의 영향이 심한 얼굴 영역은 눈 후보영역이 크게 검출된다. 이러한 영역에 대해서는 눈동자색 분포맵의 각 클러스터 빈도수 정보를 이용하여 조명의 영향으로 눈 후보영역에 포함된 어두운 영역의 화소를 제거함으로써 눈 후보영역을 분할 축소한다.

조명의 영향으로 얼굴 영역이 어두운 영상에서 검출된 눈 후보영역은 실제 눈 영역과 조명의 영향으로 색상이 왜곡된 어두운 영역이 존재한다. 이러한 어두운 영역의 화소는 그 화소가 소속되어 있는 눈동자색 분포맵의 클러스터가 실제 눈동자 영역 화소의 클러스터에 비해 샘플 빈도수가 현저히 낮다는 사실로부터 이러한 화소들을 점진적으로 제거함으로써 눈 후보영역을 분할 축소한다. 이를 위해 제안한 방법에서는 먼저, 실제 얼굴 영역에서 눈동자가 차지하는 영역의 비율을 고려하여 눈 후보영역의 임계면적을 설정한다. 눈 후보영역의 면적이 설정한 임계면적보다 크면 조명의 영향을 받은 것으로 판단하여 눈 후보영역의 화소들 중에서 눈동자색 분포맵에서 빈도수가 가장 낮은 클러스터에 속한 화소에서 시작하여 빈도수가 가장 높은 클러스터의 화소에 이르기까지 눈 후보영역의 임계면적을 만족할 때까지 순차적으로 제거하여 눈 후보영역을 분할 축소한다. 그림 3은 눈 후보영역 분할 알고리즘을 도식화한 것으로 다음과 같은 절차에 의하여 이루어진다.

[step1]: 빈도수를 고려하지 않은 눈동자색 분포맵(PCDM)을 얼굴 후보영역에 적용하여 눈 후보영역(ECR)을 검출한다.

[step2]: 검출된 눈 후보영역에서 아주 작은 영역들은 눈이 위치할 가능성이 높으므로 분할처리를 하지 않고, 임계면적보다 큰 영역이 존재하면 그 영역에 대해서만 분할 알고리즘을 적용하기 위해 step3을 진행한다. 만약 여기서 임계면적보다 큰 영역이 존재하지 않으면 구해진 눈 후보영역에서 눈 후보점 검출을 진행한다.

[step3]: 임계면적보다 큰 영역(ECR^j : j는 임계면적보다 큰 영역의 개수)들에 대하여 각 영역을 구성하는 화소들이 속하는 빈도수를 고려한 눈동자색 분포맵($PCDM^q$) 클러스터 중에서 빈도수가 가장 낮은 클러스터 C_p 와 가장 높은 클러스터 C_q ($1 \leq p \leq q \leq 32$)를 각각 구한다.

[step4]: ECR^j 에서 클러스터 C_p 의 빈도수를 가진 화소를 제거하고 step2에서와 동일하게 아주 작은 영역들은 눈 후보영역 최종 영역에 포함시키고 임계면적보다 큰 영역에 대해서는 p값을 증가($p \leftarrow p+1$)시킨 클러스터의 빈도수를 가진 화소들을 제거한다. 이러한 화소 제거 절차는 $p=q$ 이거나, 또는 임계면적보다 큰 영역이 존재하지 않을 때까지 반복적으로 수행한다.

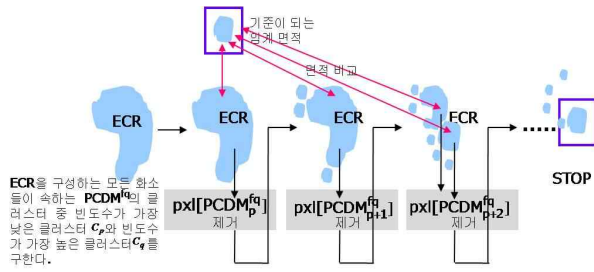


그림 3. 빈도수를 고려한 눈동자색 분포맵을 이용한 눈 후보영역 분할 개념도

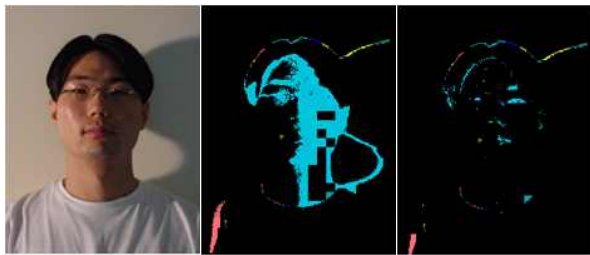
Fig. 3. Segmentation of eye-like regions using pupil color distribution maps with the frequency

패턴과 표준 패턴과의 Cb, Cr값의 상관정도를 계산하여 식 3을 만족하는 좌표를 눈 후보점의 위치로 결정하였다.

$$P_{EC}(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } [[P(x,y) \in Area^{lc}] \cap [r_{Cb}(x,y) + r_{Cr}(x,y) > 1.0] \cup [[P(x,y) \notin Area^{lc}] \cap [r_{Cb}(x,y) + r_{Cr}(x,y) > 0.8]]] \\ 0 & \text{otherwise,} \end{cases}$$

where $r_{Cb}(x,y) > 0, r_{Cr}(x,y) > 0.$

(3)



(a)입력영상 (b)눈 후보영역 (c)눈후보영역 분할

그림 4. 조명의 영향이 심한 영상에서 눈 후보영역 분할
Fig. 4. Segmentation results of eye-like regions in a dark image

[step5]: 분할 축소된 영역 모두를 최종 눈 후보영역으로 판단하여 이 영역에서 눈 후보점 검출을 위한 탐색을 진행한다.

본 논문에서 설정한 임계면적은 최초로 얻어진 눈 후보영역에서 실제 눈 영역의 화소가 가능한 제외되지 않도록 눈동자가 차지하는 비율을 약간 크게 설정하였다. 그림 4는 조명의 영향이 심한 영상에서 눈동자색 분포맵을 이용하여 검출된 눈 후보영역(b)과 이 영역에서 분할 알고리즘을 적용하여 축소된 눈 후보영역(c)을 보여주고 있다. (b)에서 눈 후보영역 내에서 사각형 형태의 홀은 얼굴 후보영역에서 블록 윈도우의 Cb와 Cr값의 표준편차를 이용하여 동질의 색상을 가진 얼굴 후보영역을 제거한 결과를 보여준다.

6. 눈 후보점 및 얼굴 영역 검출

눈 후보영역이 검출되고 나면 다음 단계는 구해진 눈 후보영역에서 눈 후보점을 검출하는 단계이다. 본 논문에서는 이를 위해 구해진 최종 눈 후보영역 각 화소에 직사각형의 탐색 윈도우의 중앙을 위치시켜 얻은 윈도우

여기서, 눈 후보점으로 결정되는 화소 $P_{EC}(x,y)$ 중에서 첫 번째로, 눈 후보영역에서 조명을 보정한 영역에 속하는 화소($\in Area^{lc}$)인 경우에는 그 화소의 Cb, Cr의 상관관계수 값이 양의 정수이면서 그 합이 1.0 이상인 화소를 눈 후보점 화소로 결정하였다. 이 때 표준패턴과 정합하는 영역은 직사각형 탐색 윈도우 패턴에서 타원형의 눈 영역만을 그 대상으로 하였다. 즉 직사각형 윈도우에서 타원형의 눈 영역을 제외한 직사각형 변에 인접한 영역은 비록 조명을 보정한 영역이라 하더라도 피부색을 띠지 않을 가능성이 높다. 이에 비해 표준패턴에서의 눈 템플릿은 정상적인 영상에서 추출한 것이므로 직사각형 변에 접하는 영역은 주로 피부색 계열이다. 따라서 이러한 영역은 정합에서 제외함으로써 눈동자의 정합정도를 높이는 방법을 사용했다. 눈 후보영역에서 조명보정 화소가 아닌 경우에는 표준패턴과 탐색 윈도우 패턴간의 Cb, Cr값에 대한 상관관계수의 합이 0.8 이상인 경우 탐색 윈도우 중심화소의 위치를 눈 후보점으로 결정하였다. 조명 보정을 한 경우에 비하여 눈 후보점 판정 기준치를 약간 낮게 설정한 이유는 조명 보정을 하지 않은 눈 후보영역은 비교적 작은 영역으로 검출되기 때문에 이 단계에서 실제 눈 위치가 제외되지 않도록 판정 기준을 조금 낮게 설정하였다.

눈 탐색 윈도우는 영상에서 눈의 크기가 다른 점을 고려해 28×10, 21×7, 14×5 크기의 세 개의 윈도우를 사용하여 눈 후보영역을 탐색하였다. 그 결과로 거의 연접한 좌표 위치에서 눈 후보점이 검출되는 경우가 많이 발생하였다. 이러한 눈 후보점에 대해서는 군집화를 수행하여 군집된 클러스터 중에서 가장 유사도가 높은 위치를 대표 눈 후보점으로 선택하였다.

눈 후보점이 검출되면 검출된 눈 후보점에 대하여 가

능한 모든 쌍을 만들고 이 쌍들을 얼굴 구성 요소들의 위치 정보를 이용하여 두 눈 후보점에 대응하는 입이 위치할 사각형 영역을 설정한다. 이 영역은 두 눈 후보점 사이의 거리 d_{eye} 를 기준으로 하여 가로, 세로를 각각 $0.75 \times d_{eye}$, $0.35 \times d_{eye}$ 로 설정하였다. 이 입 영역을 구성하는 모든 화소에 대하여 $(Cb + Cr)^4 / Y$ 값과 현재 입 영역에 대응하는 두 눈 후보점의 Cb, Cr에 대한 상관계수 값을 곱하여 최대가 되는 트라이앵글 영역을 최종 얼굴 영역으로 판단하였다. 입 영역 사각형에는 입술과 입술 주위의 피부영역을 포함하고 있다. 입술과 접한 피부영역에 비해 입술영역에서 Y값이 약하게 나타나므로 입술영역의 변별력을 높이기 위해 $(Cb + Cr)^4 / Y$ 값을 사용했다. 또한 두 눈 후보점의 상관계수 값은 얼굴 영역을 검출하는데 중요한 정보가 된다. 따라서 이 값들을 혼합하여 얼굴 영역을 판단하는데 사용하였다.

III. 실험 및 결과분석

본 논문에서 제안한 방법에 대한 실험을 위해 사용한 영상은 특별한 제한을 두지 않았다. 정면을 응시하는 얼굴이나 좌우상하를 응시하는 영상, 남녀, 배경 및 조명의 변화가 다양한 영상을 대상으로 실험을 하였다. 실험은 윈도우 환경에서 비주얼 C++로 개발하였다.

피부색 분포맵과 눈동자색 분포맵을 구성하기 위해 조명변화가 다양한 컬러영상 200장에서 화소를 추출하여 RGB 값을 YCbCr 값으로 변환하여 휘도성분에 따른 색상성분의 변화를 나타낼 수 있도록 참조맵을 구성하였다. 제안한 본 방법은 인종에 제한을 두고 있지 않기 때문에 눈동자색 분포맵을 구성할 때 다양한 인종의 눈동자에서 추출하였다.

피부영역을 검출하기 위해 사용된 피부색 분포맵은

휘도의 변화에 따른 색상의 분포를 고려하였기 때문에 아주 밝은 영상이나 어두운 영상에 대해서도 얼굴 후보영역이 잘 검출되었다. 조명의 변화가 다양한 100장의 컬러영상에서 검출한 얼굴 후보영역에서 실제 눈이나 입술과 같은 얼굴 구성요소가 제외된 경우는 발생하지 않았다. 그러나 얼굴 주위에 피부색과 유사한 색상이 있는 경우에는 실제 얼굴 영역보다 크게 얼굴 후보영역이 검출되었다. 얼굴 후보영역에서 눈동자색 분포맵을 적용하여 구한 눈 후보영역은 조명의 영향이 정상인 경우에는 눈동자 부분, 코 밑 부분, 입술 양끝과 같이 비교적 명암이 어두운 색상을 띠는 부분에서 작게 검출되었다. 조명의 영향으로 얼굴 영역의 많은 부분이 어두운 색상을 띠는 경우는 눈동자색과 조명의 영향으로 생긴 그림자영역의 색상이 유사한 분포를 하고 있기 때문에 눈 후보영역이 크게 검출되었다. 이러한 경우에 대해서 빈도수를 고려한 눈동자색 분포맵을 이용한 눈 후보영역 분할을 수행한 결과 조명의 영향이 정상일 때 검출되는 눈 후보영역의 면적과 비슷한 정도로 눈 후보영역을 축소할 수 있었다. 이 과정에서 실제 눈 영역을 이루는 화소 모두가 제외되어 눈 검출에 실패하는 경우는 발생하지 않았다. 단지 실제 눈 영역의 일부분의 화소가 제외되는 경우는 발생했으나 본 논문은 눈 후보영역을 분할하는 과정에서 실제 눈 영역을 구성하는 화소의 일부분이 검출된다하더라도 그 화소에 눈 후보점 검출을 위한 탐색 윈도우의 중앙을 위치시켜 윈도우 패턴과 눈 표준패턴과의 정합을 수행하므로 눈 검출에 성공할 수 있다.

눈 후보점 검출을 위하여 사용된 표준 눈 템플릿은 여러 영상에서 눈 영역에 외접하는 직사각형 모양을 추출하여 평균영상을 만들어서 사용했다.

실험은 조명의 변화가 없는 영상과 조명의 변화가 다양하여 얼굴영역이 어두운 색상을 띠는 영상 두 종류에 대하여 각각 단순한 배경과 복잡한 배경으로 구분하여 조명 보정만을 한 경우(TYPE-I), 조명보정을 하지 않

표 2. 실험 결과
Table 2. Experimental Results

영상 구분		실험 영상 (얼굴개수/영상개수)	TYPE-I		TYPE-II		TYPE-III	
			얼굴추출성공	검출률	얼굴추출성공	검출률	얼굴추출성공	검출률
조명 변화가 정상인 경우	단순한 배경	53/53	52	98.1%	52	98.1%	52	98.1%
	복잡한 배경	60/50	54	90.0%	55	91.7%	55	91.7%
조명 변화가 다양한 경우	단순한 배경	85/85	74	87.1%	77	90.6%	78	91.8%
	복잡한 배경	41/30	35	85.4%	36	87.8%	37	90.2%



그림 5. 얼굴 검출 결과
Fig 5. Face Detection Results

고 빈도수를 고려한 눈동자색 분포맵으로 눈 후보영역분할을 이용한 경우(TYPE-II), 이 두 가지 방법 모두를 이용한 제안한 방법(TYPE-III)에 대하여 비교실험을 수행하였다.

표 2는 실험결과를 보여준다. 조명 변화가 정상인 경우에는 이 세 가지 타입의 얼굴 검출률은 거의 비슷하게 나타나나, 조명 변화가 다양한 경우에는 조명 보정기법을 사용하고 눈 후보영역이 크게 검출되었을 때 빈도수를 고려한 눈동자색 분포맵으로 눈 후보영역을 분할한 본 논문에서 제안한 방법이 단순한 배경의 영상을 사용한 실험에서는 TYPE-I, TYPE-II에 비해 4.7%, 1.2%의 검출률 향상을 보이고 있으며, 복잡한 배경에 대해서는 4.8%, 2.4% 높게 검출되고 있음을 나타낸다. 이러한 결과

는 조명 변화가 다양하여 눈 후보영역이 크게 검출되는 경우 조명 보정 기법과 눈 후보영역 분할 방법을 이용하여 눈 후보영역을 축소한 결과라고 할 수 있다.

그림 5는 본 논문에서 제안한 방법으로 다양한 영상을 이용하여 얼굴을 검출한 결과이다. (a)~(e)는 조명의 영향으로 얼굴 영역이 아주 어두운 영상을 대상으로 얼굴을 검출한 결과이고, (f)와 (g)는 배경은 어두운 반면에 얼굴 영역에 강한 조명을 받아 얼굴영역의 색상 값이 지나치게 밝은 영상의 실험 결과이다. (f),(h),(i),(j)는 입 형태가 다양한 영상의 결과이며, (b)와 (i)는 다중얼굴에 대한 실험결과의 예를 보여준다. 또한 본 논문에서는 정면을 응시하는 영상뿐만 아니라 좌우를 응시하는 영상에서도 좋은 결과를 나타냈다. 본 실험에 사용된 영상의 크기

는 150×200~400×600 정도이며, 얼굴 영역의 크기는 약 30×40~240×280으로 다양한 크기에 대하여 실험을 수행하였다. 본 논문에서 제안한 방법을 적용하였을 때 발생하는 오류는 주로 여러 개의 얼굴이 연결해 있거나 얼굴과 얼굴 사이에 피부색과 유사한 색상이 있는 경우에 대해서는 얼굴 영역과 배경영역을 명확히 구분하지 못하여 두 개의 얼굴을 하나의 얼굴로 검출하는 오류가 발생하였다.

IV. 결 론

본 논문에서는 조명변화가 다양한 컬러영상에서 조명 보정 기법과 빈도수를 고려한 눈동자색 분포맵에 기반한 얼굴 검출 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 YCbCr 컬러공간에서 구축한 피부색 분포맵과 눈동자색 분포맵을 이용하여 얼굴 후보영역과 눈 후보영역을 찾고 조명 보정 기법과 검출된 눈 후보영역의 면적에 따라 빈도수에 의해 분류된 눈동자색 분포맵을 적용적으로 적용하여 눈 후보영역을 반복적으로 분할하여 눈 탐색을 함으로써 다양한 조명변화에도 눈 검출 성능을 향상할 수 있다. 제안한 방법을 검증하기 위하여 다양한 컬러영상을 이용하여 실험한 결과 정상적인 조명 아래의 영상뿐만 아니라 조명 변화로 인하여 얼굴 영역이 어두운 영상에 대해서도 좋은 성능을 보였다.

참 고 문 헌

[1] E. Hjelmås and B.K. Low, "Face detection: a survey," *Computer Vision and Image Understanding*, 83(3), 2001, pp. 236-274.

[2] M. H. Yang, D. Kriegman, and N. Ahuja, "Detecting Faces in Images: A survey," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 24, no. 1, pp. 34-58, Jan. 2001.

[3] V. Govindaraju, S.N. Srihari, and D.B. Sher, "A Computational Model for Face Location," *Proc. Third IEEE Int'l Conf. Computer Vision*, pp. 718-721, 1990.

[4] R. Brunelli and T. Poggio, "Face Recognition:

Features versus Templates," *IEEE Trans. PAMI*, Vol. 15, pp. 1042-1052, 1993.

[5] K. K. Sung and T. Poggio, "Example-based learning for view-based human face detection," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 20, no. 1, pp. 39-51, Jan. 1998.

[6] H. A. Rowley, S. Baluja, and T. Kanade, "Neural Network-based face detection," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 20, no. 1, pp. 23-38, Jan. 1998.

[7] Yanjiang Wang and Baozong Yuan, "A novel approach for human face detection from color images under complex background," *Pattern Recognition* vol. 34, pp. 1983-1992, 2001.

[8] D. Chai and K.N. Ngan, "Face segmentation using skin-color map in videophone applications," *IEEE Trans. Circuits System Video Technol.* vol. 9, no. 4, pp. 551-564, 1999.

[9] Rein-Lien Hsu, M.Abdel-Mottaleb, and A.K. Jain, "Face detection in color images," *IEEE Trans. Pattern Analysis Machine Intelligence*, vol. 24, no. 5, pp. 696-706, 2002.

저자 소개

조 한 수(정회원)



- 부산대학교 계산통계학과 학사
- 성균관대학교 정보처리학과 석사
- 法政(Hosei)대학 공학연구과 박사
- 1986년 ~ 1993년 : 한화정보통신 중앙연구소 주임연구원
- 2000년 ~ 현재 : 한중대학교 교수

<주관심분야 : 컴퓨터비전, 패턴인식, 멀티미디어 정보처리>