

색상기반 주목연산자를 이용한 정규화된 얼굴요소영역 추출

준회원 정의정*, 김종화**, 전준형***, 종신회원 최흥문**

Normalized Region Extraction of Facial Features by Using Hue-Based Attention Operator

Eui-Jung Jung*, Jong-Hwa Kim**, Joon-Hyung Jeon***, and Heung-Moon Choi**

요 약

색상(hue) 기반 주목연산자와 조합누적투영함수(combination integral projection function: CIPF)를 제안하여 조명변화에 강건하게 정규화된 얼굴요소영역을 추출하였다. 살색 필터를 도입하여 얼굴후보영역들을 추출하고, 거기에 색상과 대칭성에 기반한 주목연산자를 적용하여 조명변화에 강건하게 두 눈의 위치를 정확히 검출할 수 있도록 하였으며, 색상기반 눈 분산 필터로 눈을 검증하여 얼굴영역을 확인하였다. 또한, 색상과 밝기 성분을 조합한 조합누적투영함수를 사용하여 두 눈의 위치를 기준으로 조명변화나 수염의 존재유무에 둔감하게 눈썹 및 입의 수직위치를 구하고, 이를 바탕으로 정규화된 얼굴영역 및 그 요소영역을 추출하였다. AR 얼굴 데이터베이스[8]에 제안한 색상기반 주목연산자를 적용한 결과 기존 명도기반 주목연산자에 비해 약 39.3%의 눈 검출 성능향상을 보임으로써 조명방향 변화에 강건하게 정규화된 얼굴 및 그 요소영역을 일관성 있게 추출할 수 있음을 확인하였다.

Key Words : normalized facial region extraction; hue-based attention operator; CIPF

ABSTRACT

A hue-based attention operator and a combination integral projection function(CIPF) are proposed to extract the normalized regions of face and facial features robustly against illumination variation. The face candidate regions are efficiently detected by using skin color filter, and the eyes are located accurately and robustly against illumination variation by applying the proposed hue- and symmetry-based attention operator to the face candidate regions. And the faces are confirmed by verifying the eyes with the color-based eye variance filter. The proposed CIPF, which combines the weighted hue and intensity, is applied to detect the accurate vertical locations of the eyebrows and the mouth under illumination variations and the existence of mustache. The global face and its local feature regions are exactly located and normalized based on these accurate geometrical information. Experimental results on the AR face database[8] show that the proposed eye detection method yields better detection rate by about 39.3% than the conventional gray GST-based method. As a result, the normalized facial features can be extracted robustly and consistently based on the exact eye location under illumination variations.

I. 서론

얼굴 및 그 눈, 코, 입 등 얼굴 특징(facial

feature)의 추출은 최근 활발히 연구되고 있는 컴퓨터와 사용자간의 보다 직관적인 인터페이스에서 뿐만 아니라, 통제구역 출입 제어, 정보 보호를 위한

* LG전자 정보통신사업부 CDMA 단말기 연구소

** 경북대학교 전자공학과 병렬분산처리 및 인지과학연구실 (ejeiya07@hotmail.com, samsosa@pdp.knu.ac.kr, hmchoi@knu.ac.kr)

*** 두원공과대학교 컴퓨터과 (jhjeon@doowon.ac.kr)

논문번호 : 040100-0302, 접수일자 : 2004년 3월 2일

접근제어, 중요 건물에서의 보안 시스템 구축 등 여러 가지 영상감시 시스템에서 지능적인 얼굴 인식을 위한 핵심적 전처리 단계로서 널리 연구되고 있다. 비디오 추적(tracking) 이나 검색(retrieval)에서는 사람의 얼굴 확인을 통한 위치검출만으로 충분하지만 얼굴 인식(recognition) 시스템에서는 얼굴의 자세, 크기, 조명변화 및 머리모양(hair style)에 강건하게 정확한 얼굴요소의 위치를 검출하고 이를 기준으로 정규화된 얼굴요소특징을 인물별로 항상 일관성 있게 추출·저장하는 것이 성능의 관건이다[1].

기존의 얼굴 및 얼굴요소추출 방법으로는 지식 기반법(knowledge-based method), 템플릿 정합법(template matching method), 신경망 기반법(neural network based method) 및 특징 불변적 접근법(feature invariant method) 등이 있다[1].

Yang 등[2]은 피라미드 영상을 구성하여 상위 계층들에서는 얼굴요소들을 추출하고, 최하위층에서 에지정보를 이용하여 얼굴요소를 검증하는 지식 기반법을 제안하였다. 이 방법은 계층적인 과정을 통해 추출 시간은 단축시킬 수 있으나, 다양한 자세의 얼굴 지식을 일정한 규칙으로 만들기가 어렵다.

Sakai 등[3]은 미리 정의된 얼굴요소의 특징 패턴과 비교하여 얼굴을 검출하는 템플릿 정합법을 제안하였다. 이 방법은 구현이 쉬운 장점이 있으나 얼굴의 자세나 크기가 변화하면 이를 보정하기 위해 영상의 정확한 정렬이나 다수의 템플릿을 필요로 한다.

Rowley 등[4]은 피라미드 영상을 사용하여 여러 크기의 얼굴을 검출하는 신경망 기반법을 제안하였다. 이 방법은 여러 얼굴이 존재하는 경우나 크기가 다른 얼굴들에 대해서도 적응적이기는 하나, 다양한 자세나 조명조건에서의 얼굴요소들을 학습 데이터에 충분히 반영시키기가 어렵다.

한편, 특징 불변적 접근법은 전술한 방법들에서의 자세 및 바라보는 각도의 변화에 따른 문제점을 극복하기 위해 이들의 영향에 불변한 얼굴의 특징들을 가지고 얼굴을 검출해내는 방법이다. 이에는 피부색, 질감 등을 불변특징으로 이용하거나 얼굴요소들의 대칭성을 이용한 대칭성 기반 주목연산자(symmetry-based attention operator)를 사용하는 방법 등이 있다.

Hsu 등[5]은 다양한 조명조건을 가지는 복잡배경의 영상에서 조명보상기법 및 비선형 컬러 변환을 이용하여 얼굴 후보영역을 찾고, 여기에 눈, 입 및 얼굴 경계 지도(map)를 생성하여 얼굴임을 검증하는 피부색에 기반한 특징 불변적 접근법을 제안하였다.

그러나 정규화된 얼굴요소를 추출하기 위한 것이 아니라, 다수의 얼굴을 포함하는 복잡배경의 영상에서 사람의 얼굴을 검출해내는 데 초점을 맞추고 있다.

대칭성 기반 주목연산자 기법에서는 얼굴 및 눈, 코, 입 등 얼굴요소들은 대칭성이 강하다는 사실을 이용하여 얼굴 및 그 요소들의 위치를 검출한다. Reisfeld 등[6]은 입의 형태의 객체가 갖는 대칭성을 부각시켜 그 위치를 찾는 일반화 대칭 변환(generalized symmetry transform: GST)을 주목연산자로 제안하였다. 그러나, 명도변화 정보로부터 대칭성 크기만을 고려한 대칭 기여도를 누적하므로 객체 주위의 불규칙 잡음에 민감하게 영향을 받는다. 이에 Park 등[7]은 대칭성의 크기뿐만 아니라 그 수평 및 발산극성도 도입하여 잡음에 강건한 일반화 대칭 변환(noise-tolerant generalized symmetry transform: NTGST)을 주목연산자로 제안하였다. 이 주목연산자는 잡음 및 복잡 배경을 가진 영상에서도 다양한 객체를 효과적으로 검출할 수 있다. 그러나, 명도에 기반한 이들 GST 및 NTGST 등의 주목연산자에서는 명도변화의 크기에 따라 대칭 기여도가 많은 영향을 받으므로 조명변화가 있으면 눈, 코, 입, 눈썹들과 주위 피부와의 명도차가 크게 변하여 일관성 있는 검출이 어렵다. 뿐만 아니라, 조명의 방향 변화나 그림자가 강한 영상에서처럼 명도가 크게 변하는 부분적 조명변화의 영향으로 얼굴요소들을 잘 검출하지 못하거나 오검출이 유발되기 쉽다.

본 연구에서는 색상기반 주목연산자와 조합누적투영함수를 제안하여 조명변화에 강건하게 정규화된 얼굴요소영역을 일관성 있게 추출하는 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘에서는 먼저, 입력 영상에 대해 정규화된 살색 필터를 이용하여 조명변화에 둔감하게 얼굴후보영역을 추출하고, 이들 후보 영역을 HSI 색 공간으로 좌표 변환한 후에 색상기반 NTGST를 적용함으로써 얼굴요소들의 기준점이 되는 두 눈의 위치를 조명변화에 강건하게 정확히 검출하고 눈 분산 필터로 눈을 검증하였다. 그 다음, 색상과 밝기 성분을 동시에 활용하는 조합누적투영함수를 제안 적용하여 눈썹 및 입의 수직위치를 구하였다. 이들 수직위치와 두 눈 사이 거리의 기하학적 정보를 바탕으로 정규화된 얼굴영역 및 그 요소영역을 일관성 있게 추출하였다. 미국 Purdue 대학에서 조명변화를 주어 구축한 AR 얼굴 데이터베이스에 제안한 방법을 적용한 결과 조명변화에 강건하게 정확히 두 눈의 위치를 검출하고 그를 기반으로 정규화된 얼굴 및 그 요소들의 영역을 일관성 있게

추출할 수 있음을 확인하였다.

II. 조명변화에 강한 얼굴 및 눈의 검출

제안한 방법의 전반적인 흐름을 그림 1에 나타내었다. 먼저 정규화된 색 좌표계(normalized color coordinate: NCC)에서 살색 필터를 이용하여 얼굴후보영역을 추출하고 이 영역을 HSI 컬러좌표 공간으로 변환한 후, 색상기반의 NTGST를 적용하여 얻은 대칭도 맵에서 두 눈의 위치를 정확히 검출한다. 검출된 두 눈에 색상기반 눈 분산 필터를 적용하여 얼굴영역을 확정하였다. 정확한 두 눈의 위치를 바탕으로 얼굴후보영역에 제안한 조합누적투영합수를 적용하여 눈썹 및 입의 수직위치를 구한 후, 두 눈간 거리와 입의 수직위치의 기하적 정보를 바탕으로 정규화된 얼굴요소영역을 추출하였다.

2.1. 살색 필터를 이용한 얼굴후보영역 추출

컬러기반 얼굴 특징 및 추적 알고리즘은 살색 모델을 만드는 것에서 시작되며, 살색 추출을 위해서는 적당한 색 공간의 선택과 선택된 색 공간에 부합되는 살색 범위의 정의가 필요하다[5]. 본 논문에서는 조명변화에 둔감하도록 하기 위해 정규화된 rg 좌표계에서 정의된 살색 필터로 얼굴후보영역을 추출하였다. (r, g) 성분에 따른 얼굴 영역의 색상 분포 히스토그램은 좁은 영역에 집중하게 되며, 개인이나 환경에 상관없이 그 분포가 규칙적이다[9]. 본 논문에서는 다양한 조명변화에 적용적인 Soriano 등[10]의 살색 모델을 적용하여 살색 영역을 추출하였다. 이렇게 추출된 살색 영역의 예를 그림 2에 나타내었다.

2.2. 색상기반 NTGST와 이를 이용한 조명에 강한 눈의 검출

전술한 과정을 통해 추출된 얼굴후보영역에 대해 눈 주위의 색상 변화를 표현하기 위해 HSI 컬러 좌표를 도입하였다. HSI 컬러 좌표에서는 RGB 색 중 지배적인 색을 의미하는 색상(hue)과 색의 순수한 정도를 나타내는 채도(saturation), 그리고 색의 밝기를 의미하는 명도(intensity) 등 세 가지 요소로 색을 표현한다. 이러한 HSI 컬러 좌표계에서는 색상의 특성을 이용하여 조명변화에 강한 영상처리가 가능하며, 객체의 경계선을 추출하거나 분할하는데 있어서 보다 효과적이다[10].

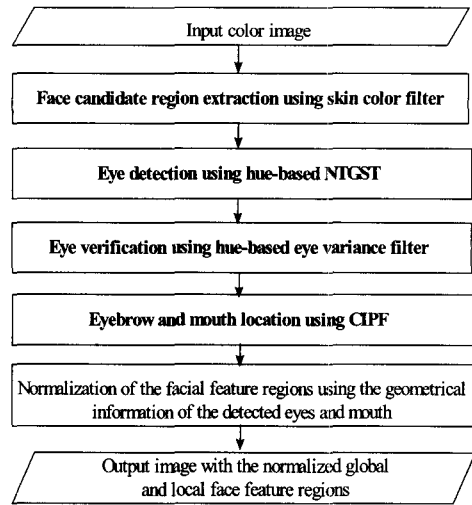


그림 1. 제안한 얼굴요소영역 추출 알고리즘 흐름도

Fig. 1. Flowchart for the proposed normalized region extraction of facial features.

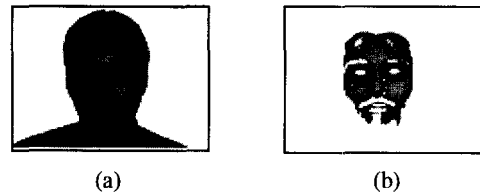


그림 2. 살색 영역 추출. (a) 입력 영상 및 (b) 추출된 살색 영역

Fig. 2. Skin region extraction: (a) Input image and (b) the extracted skin region.

본 논문에서 제안한 색상기반 NTGST는 다음과 같이 정의하였다. 먼저 HSI 컬러 좌표 변환을 수행한 얼굴후보영역의 화소 p 에서의 대칭 정도를 의미하는 대칭도 $M_o(p)$ 는 기존의 NTGST에서처럼

$$M_o(p) = \sum_{(i,j) \in \Gamma(p)} C(i,j) \quad (1)$$

와 같이 정의된다. 여기서 $C(i,j)$ 는 대칭 기여도이다. 대칭 화소쌍들의 집합 $\Gamma(p)$ 는

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

로 정의되며, 여기서 p_i, p_j 는 임의의 화소쌍으로서 p 는 두 화소의 중간 지점에 있는 화소이다. 이들 대칭화소쌍들에 의한 대칭 기여도 $C(i,j)$ 는

$$C(i, j) = D_o(i, j) P(i, j) c_i c_j \quad (3)$$

와 같이 정의된다. 여기서 $D_o(i, j)$ 는 거리 가중 함수(distance weight function), $P(i, j)$ 는 위상 가중 함수(phase weight function)이고, c_i 및 c_j 는 색상 변화 크기(magnitude of hue gradient)이다. 본 논문에서는 조명변화에 강건하게 얼굴색 및 얼굴 내에서의 눈과 입 등의 살색에 대한 대비를 강조하기 위하여 기존의 NTGST와는 달리 명도변화 대신 각 화소의 색상 변화 크기를 도입하여

$$c_k = \|\nabla h_k\| \quad (4)$$

로 정의하였다. 여기서, ∇h_k 는 화소의 색상 변화로서

$$\nabla h_k = \left(\frac{\partial h_k}{\partial x}, \frac{\partial h_k}{\partial y} \right) \quad (5)$$

로 정의된다.

대칭화소쌍에 대한 거리와 색상 변화의 방향에 따른 $D_o(i, j)$, $P(i, j)$ 는 각각,

$$D_o(i, j) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left(-\frac{\|p_i - p_j\|}{2\sigma}\right) \quad (6)$$

$$P(i, j) = \sin\left(\frac{\theta_i + \theta_j}{2} - \alpha_{ij}\right) \sin\left(\frac{\theta_i - \theta_j}{2}\right) \quad (7)$$

로 정의하였다. 여기서 θ_i, θ_j 는 화소쌍 각각의 색상 변화 방향, α_{ij} 는 대칭되는 두 화소사이를 연결하는 직선이 수평선과 이루는 각도, σ 는 대칭 변환할 영역의 크기를 나타낸다.

제안한 색상기반 NTGST와 기존의 명도기반 GST나 NTGST를 얼굴후보영역에 적용한 결과를 그림 3에서 비교하였다. 그림 3(c) 및 (d)에서 보는 바와 같이 기존의 명도기반 GST나 NTGST는 눈썹이나 수염에서 명도대비가 커서 대칭 기여도가 크게 누적되므로 정확하게 눈만의 위치를 결정하는데 문제가 있다. 그러나 제안한 색상기반 NTGST는 그림 3(e)에서 보는 바와 같이 눈이 갖는 특징적인 색상 값의 변화를 이용하므로 대칭도맵에서 양 눈의 위치에만 국한하여 누적되기 때문에 최종 위치 결정을 위한 국부 최대치 검색과정에서 얼굴에 대한 별도의 부가적인 기하적 제약 조건 없이도 정확하게 눈의 위치를 결정할 수 있는 강점을 갖는다. 이는 눈의 모습이 갖는 대칭성뿐만 아니라 눈 주위의 살색과 눈의

흰자위 및 눈동자 상호간의 색상대비 등 눈이 갖는 고유의 특징들을 색상기반 주목연산자에 반영하기 때문이다. 따라서 이와 같이 제안한 색상기반 주목연산자를 사용하면 조명변화가 존재하더라도 기존의 명도기반 눈검출 알고리즘들[6-7, 11-12]보다 효과적으로 눈동자의 위치를 찾아낼 수 있다.

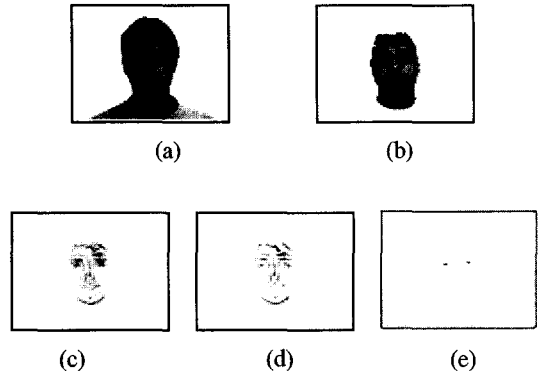


그림 3. 얼굴후보영역에 대한 GST, NTGST 및 색상기반 NTGST의 결과: (a) 입력영상, (b) 얼굴후보영역, (c) GST, (d) NTGST, (e) 제안한 색상기반 NTGST 각각의 대칭도맵

Fig. 3. Comparison of the GST, NTGST and hue-based NTGST: (a) Original image, (b) detected face candidate region, and the symmetry map of the (c) GST, (d) NTGST, and (e) proposed hue-based NTGST.

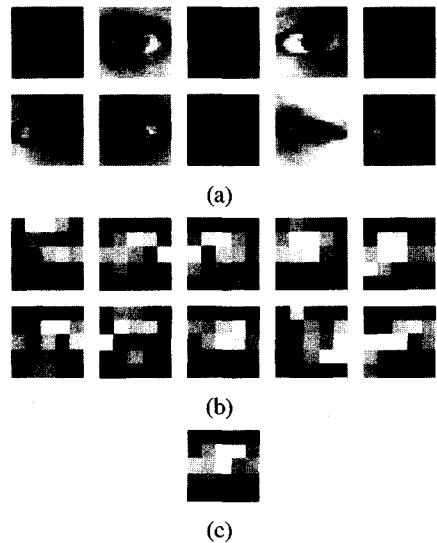


그림 4. 색상기반 눈 분산 필터의 생성: (a) 눈 영상, (b) (a)의 분산 영상, (c) 생성된 눈 분산 필터

Fig. 4. Construction of the hue-based eye variance filter: (a) Eye images, (b) variance images for (a), and (c) hue-based eye variance filter.

2.3. 색상기반 눈 분산 필터를 이용한 눈의 검증
전술한 바와 같이 추출된 얼굴후보영역에 색상기반 NTGST를 수행하여 얻은 대칭도맵에서 국부 최대점을 검출하여 두 눈의 위치를 정확히 찾을 수 있다. 본 논문에서는 조명변화에 강건하게 사람의 눈임을 검증하기 위해 Feng 등[11]이 제안한 눈 분산 필터를 색상기반으로 변형하여 검증하는 과정을 도입하였다. 먼저 색상기반 눈 분산 필터를 생성하기 위해 20×20 크기의 10개의 눈영상을 구성하였다. 사용된 각각의 눈영상은 눈썹을 포함하지 않고, 눈동자가 영상의 중앙에 위치하며 일반화시키기 위해 조명 상태를 각각 다르게 한 영상들이다. 찾은 두 눈을 연결하는 눈직선(eye line)을 이용해 회전에 대한 보상이 가능하므로 눈의 방향들을 거의 수평에 가깝도록 하였다.

눈에 대한 입력영상 I 가 주어졌을 때, 블록화 한 입력 영상내의 블록 Ω 에서 분산은

$$\sigma_{\Omega}^2 = \frac{1}{A_{\Omega}} \sum_{(x,y) \in \Omega} [I(x,y) - \bar{I}_{\Omega}]^2 \quad (8)$$

와 같이 정의된다. 여기서 A_{Ω} 는 블록의 넓이이며, $I(x,y)$ 는 입력영상 내 각 화소의 색상값, \bar{I}_{Ω} 은 각 블록에 대한 색상의 평균이다.

분산영상 I_{σ} 는

$$I_{\sigma}(i,j) = \sigma_{\Omega_{ij}}, \quad \Omega_{ij} = \left\{ \begin{array}{l} (i-1)l+1 \leq x < il, \\ (j-1)l+1 \leq y < jl \end{array} \right\} \quad (9)$$

와 같이 정의된다. 여기서 l 은 블록의 크기이다.

그림 4의 (a)는 색상기반 눈 분산 필터 생성을 위한 눈영상들이며, (b)는 (a)영상들에 대한 5×5 블록 크기의 분산 영상이고, (c)는 이렇게 생성된 색상기반 눈 분산 필터이다.

이와 같이, 색상기반 NTGST를 적용하여 얻은 대칭도맵에서 구한 눈의 위치에 색상기반 눈 분산 필터를 적용하여 눈을 검증함으로써 검출된 후보영역이 얼굴임을 확인하였다.

III. 조합누적투영함수를 이용한 눈썹과 입의 검출

얼굴요소들 중 눈썹과 입 등의 수직 위치를 예측하기 위해 예지 영상에서 얻어진 수평, 수직 투영함수의 결과를 사용할 수 있다[12]. 그러나, 밝기 정보

에만 의존한 예지 영상과 그에 대한 투영 함수의 결과는 조명의 변화에 민감하며, 특히 입 주위에 수염이 존재할 때는 정확한 검출이 더욱 어렵다. 따라서 본 논문에서는 얼굴후보영역에 대해 색상과 명도를 조합하여 조명변화나 수염의 존재 유무에 둔감하게 눈썹과 입의 위치를 검출할 수 있도록 조합누적투영함수를 제안하여 이용하였다.

먼저, 검출된 두 눈을 잇는 눈직선으로부터 얼굴 후보영역 내에서 눈썹과 입의 수직 위치를 조명의 변화에 둔감하게 추출하기 위해 수평방향의 조합누적투영함수 $CIPF_h(j)$ 를

$$CIPF_h(j) = \sum_{i=0}^{N-1} C_{HI}(i,j) \quad (10)$$

와 같이 정의하였다. 여기서 $C_{HI}(i,j)$ 는 얼굴후보영역 ($N \times M$)내 화소 (i,j) 의 명도와 색상의 조합으로서

$$C_{HI}(i,j) = \alpha(S_{i,j})H_{i,j} + (1 - \alpha(S_{i,j}))I_{i,j} \quad (11)$$

와 같이 정의하였다. 여기서 $H_{i,j}$ 와 $S_{i,j}$ 그리고 $I_{i,j}$ 는 각각 얼굴후보영역내의 화소 (i,j) 의 색상과 채도 그리고 명도를 의미하며, 이 색상과 명도를 효과적으로 조합하기 위하여 Wesolkowski 등[9]이 사용한 평탄 전달 함수(smooth transfer function)

$$\alpha(S) = \frac{1}{1 + e^{-slope(S - offset)}} \quad (12)$$

를 도입하였다. 여기서 $offset$ 은 S자형(sigmoid)함수의 변이중점, $slope$ 은 $offset$ 에서의 경사도, 그리고 S 는 채도를 의미한다. 이렇게 얼굴후보영역에서 색상과 명도의 비선형 조합만을 이용함으로써 예지 영상의 획득과 같은 부가적인 처리 없이 눈직선으로부터 눈썹과 입의 수직위치를 효과적으로 검출할 수 있다.

눈직선에 대해 수평방향으로 제안한 조합누적투영함수를 적용하면 그림 5에서 보는 바와 같이 얼굴후보영역 내 화소의 채도가 높을 때 색상의 순수성이 높으므로 색상 값을 더 크게 반영하고, 채도가 낮을 때는 색상보다 명도값을 크게 반영하여 누적하기 때문에 조명의 변화에 강건하게 눈썹 및 입의 수직 위치를 검출할 수 있다.

IV. 얼굴 및 얼굴요소 영역 설정

색상기반 NTGST를 적용하여 얻은 두 눈의 위치와 눈직선, 그리고 조합누적투영함수를 통해 구해진 눈썹과 입의 위치 정보를 바탕으로 얼굴 및 얼굴요소의 영역을 설정하였다. 전역적인 요소로서 전체 얼굴 영역에서 눈썹과 턱이 포함되도록 눈직선과 입간의 수직거리를 기준으로 세로길이를 설정하였다. 그리고, 가로는 눈썹의 양끝이 포함되도록 눈 사이의 거리를 기준으로 설정하였다. 이렇게 설정된 얼굴 영역 내에서 눈과 입의 위치를 기준으로 국부적인 눈과 입의 영역을 설정하였다. 얼굴요소 중 코는 수직으로는 눈과 입 사이, 수평으로는 두 눈 사이에 존재하므로 눈과 입의 위치를 기반으로 설정하였다. 얼굴 영역의 높이 H_f 와 너비 W_f 는 각각

$$H_f = a + d_{em} + \frac{2}{3} d_{em} \quad , \quad W_f = d_e + 2 * \beta \quad (13)$$

로 정의하였다.

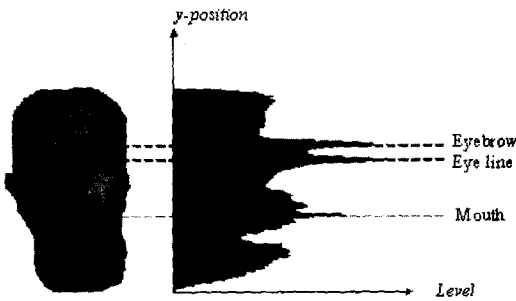


그림 5. 얼굴후보영역에 조합누적투영함수를 적용한 결과
Fig. 5. Result of the CIPF for the face candidate region.

여기서 d_e 는 두 눈 간의 눈직선 거리, d_{em} 은 두 눈을 잇는 눈 직선과 조합누적투영함수에 의해 구해진 입 직선과의 수직거리이고, a 는 눈과 얼굴영역 상단까지의 거리이며, β 는 눈과 얼굴영역 측면경계까지의 거리이다. 각각의 얼굴요소영역들도 이들 d_e 와 d_{em} 을 기준으로 정규화 하였다. a β 의 기본 값은 최소한 눈썹의 양끝과 턱이 포함되는 정도를 AR 얼굴 데이터베이스 내에서 통계적으로 구하여 각각 $1/3 d_{em}$, $2/3 d_{em}$ 로 설정하였다. 얼굴 영역은 현재 시기적으로 변화가 많은 머리모양을 배제하기 위해

이상과 같이 한정하였으나 이는 응용에 따라 여러 가지로 융통성 있게 가변시킬 수 있다. 예를 들어, 머리모양이나 이마가 갖는 중요한 정보를 포함시킬 필요가 있는 경우 a 값을 $1/3 d_{em}$ 에서 $3/2 d_{em}$ 으로 확장시킬 수 있으며, 단순 배경의 입력영상을 대상으로 할 경우 β 값을 $2/3 d_e$ 에서 d_e 로 확장시켜 귀의 정보가 포함되도록 할 수도 있다. 이와 같이 설정된 각각의 영역을 그림 6에 나타내었다.

여기서 점선은 머리모양이나 귀가 포함되도록 $a = 3/2 d_{em}$, $\beta = d_e$ 로 설정한 영역을 나타낸다.

이와 같이 색상기반 주목연산자에 의해 구해진 두 눈의 정확한 위치를 기준으로 조합누적투영함수를 얼굴후보영역에 적용하였다. 이를 통해 얻은 눈썹과 입의 수직 위치를 바탕으로 눈, 입 및 코의 영역을 일관성 있게 설정할 수 있었으며 눈 사이의 거리와 눈직선과 입 사이 거리를 기준으로 모든 영역을 정규화 할 수 있도록 하였다. 또한 검출된 두 눈을 연결하는 눈직선을 이용하면 회전에 대한 보상이 가능하므로 평면내에서 회전(on-the-plane rotation)된 얼굴에 대해서도 적용가능하다.

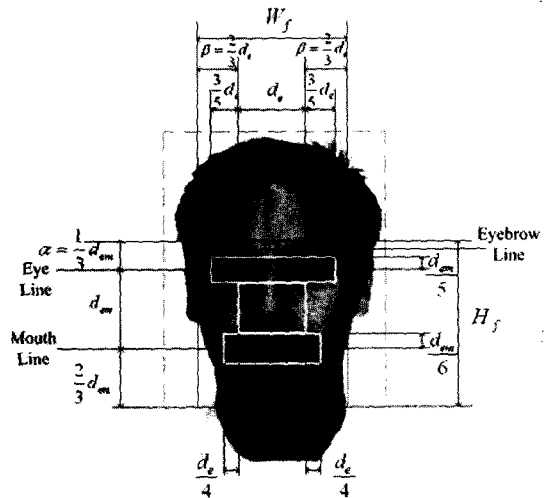


그림 6. 얼굴 및 얼굴 구성 요소 영역 설정
Fig. 6. Windows for face, eyes, nose, and mouth.

V. 실험 결과 및 고찰

동일한 인물에 대해 조명의 방향과 세기의 변화를 주어 제작된 AR 얼굴 영상 데이터베이스에 대하여 제안한 알고리즘을 적용하여 실험하였다. 얼굴과 얼

표 1. 조명변화에 대한 검출 결과

Table 1. The results of detection for illumination variation.

Face features \ Illumination	Neutral	One sided lighting	All sided lighting	Detection ratio		
				Ratio	% Ratio	Total
Eye (centered, decentered)	21/21	(40, 2)/42	(18, 3)/21	(79, 5)/84	(94.0, 6.0) %	100 %
Mouth (centered, decentered)	(20, 1)/21	(40, 2)/42	(20, 1)/21	(80, 4)/84	(95.2, 4.8) %	100 %

표 2. 조명변화 하에서 눈 검출 성능비교

Table 2. Comparison of the eye detection ratio for illumination variation.

Methods \ Illumination	Neutral	One sided lighting	All sided lighting	Detection ratio	
				Ratio	% Ratio
GST-based	19/21	18/42	14/21	51/84	60.7 %
Proposed	21/21	42/42	21/21	84/84	100 %

얼굴요소의 추출은 궁극적으로 얼굴인식을 위한 전처리 단계이다. 따라서, 얼굴이 잘 구분되는 정도의 해상도와 크기를 갖는 영상을 실제 예로 하여 실험하였다. 실험에 사용한 AR 얼굴 데이터베이스는 미국 Purdue 대학의 Aleix 등이 126명의 남, 여를 대상으로 얼굴 표정과 조명 조건 등을 달리하여 획득한 4000개의 컬러 영상으로 이루어져 있다. 본 논문에서는 조명변화에 대해 실험하기 위해서 AR 얼굴 데이터베이스 내에서 얼굴요소를 모두 구비한 21명의 인물에 대하여 각각 4가지 조명 조건아래 획득된 84개의 320 × 240 영상을 대상으로 하여 실험하였다.

그림 7은 AR 데이터베이스 내에서 동일한 인물에 대해 각기 다른 조명 조건아래 획득된 얼굴에서의 추출 예들이다. (a)는 정상적인(neutral) 조명 상태이고, (b)는 얼굴 왼쪽의 조명을 밝게, (c)는 얼굴 오른쪽의 조명을 밝게, (d)는 좌, 우의 조명을 모두 밝게 한 경우이다. 그림에서 보는 바와 같이 제안한 방법이 조명변화가 있는 다양한 얼굴 영상에서도 얼굴요소를 일관성 있게 추출함을 볼 수 있다. 다만, 실험 대상 21명 중에는 왼쪽 방향 조명을 좀 강하게 비추는 예가 2명(6%)이 있는데, 이 경우에는 그림 8에서 보는 바와 같이, 조명방향 쪽의 눈의 위치가 눈동자향으로 약 5~6화소 정도 치우치는(decentered) 를 벗어나지는 않지만 눈동자의 정중앙에서 조명방위치 검출 오차를 보였는데 이는 강한 명도대비의 영향으로 보인다.

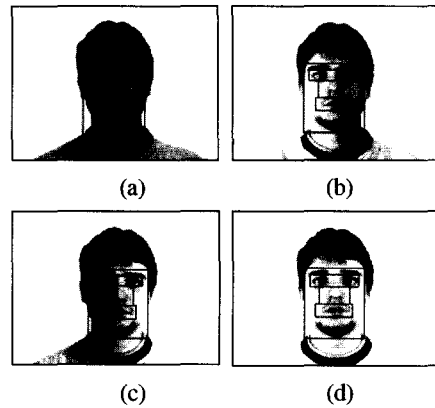


그림 7. 조명변화가 있는 영상에서의 얼굴요소추출 결과

Fig. 7. Experimental result for different illumination conditions: (a) Neutral condition, (b) left light on, (c) right light on, and (d) both lights on.



그림 8. 조명 방향쪽 눈의 약간 치우친 검출 예

Fig. 8. Eye detection examples slightly decentered to the illumination direction.

표 1에 실험결과를 정리하였다. 눈 검출의 경우 정확하게 눈동자 중심을 검출한 경우는 94%이고, 나머지 6%는 전술한 바와 같이 강한 측면조명에 의

해 눈동자 내에서 5~6화소 정도 편심된 위치를 검출한 경우이다. 입의 검출에 있어서 21명중 1명(4.8%)의 경우에는 검출오차가 크게 나왔는데, 이는 입을 벌려 치아가 드러난 경우이며, 이런 경우를 대비하여 조합누적투영함수 방법의 보완이 필요한 것으로 보인다. 표 2는 주목연산자로서 기존의 명도기반 GST를 사용한 경우와 제안한 색상기반 NTGST를 사용했을 때의 검출 결과를 비교한 것으로서 정상조명 상태일 경우 두 방법이 비슷한 성능을 보이지만, 조명의 변화가 있을 경우 상대적으로 조명의 영향을 덜 받는 제안한 색상기반 NTGST가 더 효과적임을 알 수 있다. 이러한 정확한 눈 검출을 바탕으로 제안한 알고리즘이 얼굴 및 얼굴요소영역의 정규화 관점에서도 효과적임을 확인할 수 있었다.

VI. 결 론

본 논문에서는 색상기반 주목연산자와 조합누적투영함수를 제안하여 조명변화에 강건하게 정규화된 얼굴요소를 추출하는 방법을 제안하였다. 먼저 컬러 영상에서 살색 필터로 얼굴후보영역을 추출한 다음, 추출된 얼굴후보영역 내에서 색상기반의 NTGST와 눈 분산 필터를 적용함으로써 두 눈의 위치를 정확하게 찾았다. 또한, 조합누적투영함수를 제안 적용하여 눈썹 및 입의 수직위치를 구하고, 이들과 눈의 위치를 근거로 정규화된 얼굴 및 얼굴요소영역을 추출하였다. 제안한 색상기반 주목연산자를 AR 얼굴 데이터베이스에 적용한 결과 명도기반 주목연산자에 비해 약 39.3%의 눈 검출 성능향상을 보였다. 이를 바탕으로 조명변화에 강건하게 정규화된 얼굴 및 그 요소영역을 일관성 있게 추출할 수 있음을 확인하였다. 제안한 방법에서는 눈직선이 추출되기 때문에 평면내 얼굴회전에도 불변하게 적용시킬 수가 있다.

현재 치아가 보일 때도 입의 수직 중심위치를 정확히 찾기 위해 조합누적투영함수에 대한 보완을 모색하고 있다.

참 고 문 헌

- [1] M. H. Yang, D. J. Kriegman, and N. Ahuja, "Detecting Faces in Images: A Survey," *IEEE Trans. on PAMI*, vol. 24, no. 1, pp. 34-58, Jan. 2002.
- [2] G. Yang and T. S. Huang, "Human Face Detection in Complex Background," *Pattern Recognition*, vol. 27, no. 1, pp. 53-63, 1994.
- [3] T. Sakai, M. Nagao, and S. Fujibayashi, "Line Extraction and Pattern Detection in a Photograph," *Pattern Recognition*, vol. 1, pp. 233-248, 1969.
- [4] H. A. Rowley, S. Baluja, and T. Kanade, "Neural Network-based Face Detection," *IEEE Trans. on PAMI*, vol. 20, no. 1, pp. 23-38 Jan. 1998.
- [5] R. L. Hsu, M. A. Mottaleb, and A. K. Jain, "Face Detection in Color Images," *IEEE Trans. on PAMI*, vol. 24, no. 5, pp. 696-706 May 2002.
- [6] D. Reisfeld, H. Wolfson, and Y. Yeshurun, "Context-free Attentional Operators: The Generalized Symmetry Transform," *IJCV*, vol. 14, pp. 119-130, Jan. 1995.
- [7] C. J. Park, S. H. Cho, and H. M. Choi, "An Implementation of Noise-Tolerant Context-free Attention Operator and its Application to Efficient Multi-Object Detection," *IEEK Trans. on Signal Processing*, vol. 38SP, no. 1, pp. 89-96, Jan. 2001.
- [8] A. M. Martinez and R. Benaventa, "The AR face database," *CVC Technical Reports*, no. 24, June 1998.
- [9] S. Wesolkowski and Ed Jernigan, "Color edge detection in RGB using jointly Euclidean distance and vector angle," *On-Line Proc. of Vision Interface, Trois-Rivie' res, Canada, May 1999.*
- [10] 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.
- [11] G. C. Feng and P. C. Yuen, "Multi-cues eye detection on gray intensity image," *Pattern Recognition*, vol. 34, pp. 1033-1046, 2001.
- [12] L. Zhang and P. Lenders, "Knowledge-Based Eye Detection for Human Face Recognition," *4th International Conf. on Knowledge-Based Intelligent Engineering Systems & Allied Technologies(KES'2000)*, vol. 1, pp. 117-120, University of Brighton, UK, September, 2000.

정 의 정 (Eui-Jung Jung)

준회원



2002년 2월 : 경북대학교 전자
전기공학부 졸업 (공학사)
2004년 2월 : 경북대학교
대학원전자공학과 졸업
(공학석사)
2004년 3월~현재 : LG전자 정
보통신사업부 CDMA단말기
연구소 연구원

<관심분야> 전자공학, 영상처리, 정보통신

최 흥 문 (Heung-Moon Choi)

중신회원



1966년 2월 : 인하대학교
전자공학과 졸업 (공학사)
1974년 2월 : 인하대학교
대학원전자공학과 졸업
(공학석사)
1987년 2월 : 인하대학교
대학원전자공학과 졸업
(공학박사)

1974년 11월~현재 : 경북대학교 전자전기컴퓨터학부
교수

<관심분야> 병렬분산처리, 신경회로망, 패턴인식

김 종 화 (Jong-Hwa Kim)

준회원



1999년2월 : 경북대학교
전자전기공학부 졸업
(공학사)
2001년 2월 : 경북대학교
대학원 전자공학과 졸업
(공학석사)
2001년 3월~현재 : 경북대학교
대학원 전자공학과 박사과정

<관심분야> 패턴인식, 컴퓨터비전, 영상처리

전 준 형 (Joon-Hyung Jeon)

준회원



1990년 2월 : 경북대학교 공과
대학 전자공학과 졸업 (공학
사)
1992년 2월 : 경북대학교 대학
원 전자공학과 졸업 (공학석
사)
1996년 2월 : 경북대학교 대학
원 전자공학과 박사수료

1997년~현재 : 두원공과대학 컴퓨터과 조교수

<관심분야> 컴퓨터공학, 패턴인식, 컴퓨터비전