

논문 2004-41SP-1-1

색열화 및 부분 은폐에 강인한 ID얼굴 검지

(ID Face Detection Robust to Color Degradation and Partial Veiling)

김 대 성*, 김 남 철*

(Dae Sung Kim and Nam Chul Kim)

요 약

본 논문에서는 색열화와 부분 은폐에 강인한 특성을 갖는 ID얼굴(identifiable face: 신원확인가능 얼굴) 검지방법을 제안한다. 이 방법은 후보영역 분할, 후보창 추출, 은폐여부 판단의 세 단계로 구성된다. 후보영역 분할에서는 입력영상으로부터 피부색영역과 색열화된 얼굴구성요소(눈, 코, 입 영역)를 함께 찾아 ID얼굴 후보영역을 분할한다. 후보창 추출에서는 후보영역내의 얼굴일 가능성이 있는 후보창들을 추출한다. 은폐여부 판단에서는 고유얼굴(eigenface)기법을 이용하여 고유얼굴들과 유사도가 가장 큰 후보창 하나가 결정되고, 이 후보창의 각 얼굴구성요소의 은폐되었는지 아닌지가 유사한 방법으로 결정된다. 실험결과, 제안한 검지방법은 색이 심하게 열화된 얼굴들과 은폐된 얼굴들을 포함하고 있는 얼굴 DB에서 색열화와 은폐를 고려하지 않은 얼굴검지방법에 비해 ID얼굴 검지율이 약 11.4% 향상됨을 확인하였다.

Abstract

In this paper, we present an identifiable face (ID face) detection method robust to color degradation and partial veiling. This method is composed of three parts: segmentation of face candidate regions, extraction of face candidate windows, and decision of veiling. In the segmentation of face candidate regions, face candidate regions are detected by finding skin color regions and facial components such as eyes, a nose and a mouth, which may have degraded colors, from an input image. In the extraction of face candidate windows, face candidate windows which have high potentials of faces are extracted in face candidate regions. In the decision of veiling, using an eigenface method, a face candidate window whose similarity with eigenfaces is maximum is determined and whether facial components of the face candidate window are veiled or not is determined in the similar way. Experimental results show that the proposed method yields better the detection rate by about 11.4% in test DB containing color-degraded faces and veiled ones than a conventional method without considering color degradation and partial veiling.

Keywords: Face detection, skin color, eigenface

I. 서 론

영상내에 사람의 얼굴이 존재하는지의 여부를 판단하고 그 위치를 찾는 얼굴검지는 얼굴인식, 모델기반 비디오 코딩, 내용기반 영상 검색 등의 다양한 영상처

리에서 필수적인 전처리 과정으로 지금까지 많은 연구가 수행되어 왔다^{1,2}. 그런데 때로는 얼굴의 존재 여부와 그 위치를 검지하는 것 외에도 추가적으로 그 사람이 누구인지 확인하는 데에 핵심적인 요소인 눈, 코, 입 등의 얼굴구성요소가 은폐되어 있는지 아닌지, 즉 그 얼굴이 ID얼굴(identifiable face: 신원확인가능 얼굴)인지 아닌지를 판단해야 하는 경우가 있다. 예를 들어 은행 ATM(automatic teller machine)으로부터 불법적으로 현금 인출을 시도하려는 사람이 자신의 신원을 감추고자 얼굴의 일부분을 선글라스나 마스크로 은폐

* 정회원, 경북대학교 전자공학과
(Department of Electronic Engineering, Kyungpook National University)

※ 본 논문은 지역전략산업 석박사 연구인력 양성사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

접수일자:2003년7월19일, 수정완료일:2004년1월6일

할 경우 비디오 영상으로부터 이를 검지하여 현금인출을 거부하도록 작동시키는 상황을 생각해 볼 수 있다. 이와 같은 ID얼굴검지는 기본적으로는 기존의 얼굴검지 기법들을 바탕으로 구성될 수 있으나, ID얼굴 여부를 판단하는 특유의 과정들이 보완될 필요가 있다.

기존의 얼굴검지 방법들은 크게 특징기반법(feature-based method), 외양기반법(appearance-based method), 그리고 이들을 혼합적으로 사용하는 혼합법(hybrid method)으로 나눌 수 있다^[1,2]. 특징기반법은 피부색^[3], 질감^[6], 에지 등과 같이 영상처리에서 사용되는 특징들을 이용하는 방법이다. 외양기반법은 예제기반훈련기법(example-based learning technique)^[6], 고유얼굴기법(eigenface technique)^[7], 신경망기법(neural network technique)^[8] 등과 같이 여러 사람의 얼굴의 외양으로 훈련시킨 패턴을 이용하는 방법이다. 특징기반법 중 하나인 피부색을 이용한 방법^[3]은 YCrCb칼라좌표계상의 피부색의 분포를 이용하여 얼굴을 검지하는 방법으로 적절한 밝기의 조명에서는 우수한 성능을 나타내지만 너무 어둡거나 밝은 조명에서는 제대로 피부색영역을 추출할 수 없는 단점이 있다^[1]. 또한 외양기반법 중 하나인 고유얼굴기법은 여러 얼굴영상에서 고유벡터를 추출하여 얼굴검지에 이용하는 기법으로 기존의 여러 연구에서 우수한 성능을 나타내고 있으나 눈, 코, 입을 부분적으로 은폐한 경우를 판단할 수 없는 특성이 있다^[9]. 또한 먼저 피부색영역을 분할한 후 고유얼굴기법을 적용하여 피부색영역이 얼굴임을 검증하는 복합기법^[10]이 있다. 이 기법은 피부색영역에 대해서만 고유얼굴기법을 적용함으로써 검지오류 발생을 줄이고 처리시간도 줄일 수 있는 장점이 있지만 피부색영역 분할기법의 너무 어둡거나 밝은 조명에 약한 단점과 고유얼굴기법의 부분 은폐에 약한 특성을 그대로 가지고 있다.

본 논문에서는 색열화와 부분 은폐에 강인하게 ID얼굴을 검지하는 방법을 제안한다. 이 방법은 후보영역 분할, 후보창 추출, 그리고 은폐여부 판단의 세단계로 구성된다. 후보영역 분할에서는 입력영상에서 일반적인 피부색영역과 그에 인접한 대칭성을 가지는 얼굴구성요소의 윤곽 화소들 및 이 윤곽 화소 주위의 색열화된 화소들을 함께 추출하여 얼굴후보영역을 분할한다. 후보창 추출에서는 ID얼굴 후보영역내의 사각형 모양의 후보창들을 추출한다. 은폐여부 판단에서는 후보창들에 대해 고유얼굴기법을 적용하여 유사도가 가장 큰 후보창을 찾은 후 부분 은폐에 강인하도록 이 후보창의 얼

굴구성요소와 고유얼굴들의 얼굴구성요소와의 유사도로 각 얼굴구성요소가 은폐되었는지를 검사한다. 이때 얼굴구성요소가 은폐되어 있다고 판단되면 거부하고 은폐되어 있지 않다고 판단되면 승인하여 검지된 ID얼굴을 출력한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 II장에서 얼굴검지를 위한 기존의 기법들인 일반화대칭변환, Chai의 피부색영역 추출기법, 고유얼굴기법에 대해 기술한다. III장에서는 후보영역 분할, 후보창 추출, 은폐여부 판단의 세단계로 구성되는 제안한 ID얼굴 검지방법을 기술한다. IV장에서는 얼굴검지를 위한 기존의 기법들을 사용하였을 때와 제안한 방법을 사용하였을 때의 실험결과를 비교, 검토한다. 그리고 마지막으로 V장에서 결론을 맺는다.

II. 얼굴검지를 위한 기존의 기법들

본 장에서는 기존의 얼굴 검지방법들에서 흔히 사용된 기법들 중에서 물체의 대칭성을 찾는 일반화 대칭변환기법(generalized symmetry transform)^[11], 얼굴의 피부색영역을 추출하는 Chai의 피부색영역 분할기법^[12], 그리고 임의의 영역이 기준얼굴패턴들과 유사한 모양을 가지고 있는지를 판단하는 고유얼굴기법(eigenface)^[7]에 관하여 설명한다.

1. 일반화 대칭변환기법

Reisfeld에 의해 제안된 일반화 대칭변환기법^[11]에서는 대상 화소를 중심으로 화소쌍을 이루는 화소들의 에지의 세기와 위상, 그리고 화소 간 거리 정보를 사용하여 그 대상화소의 대칭성 정도를 측정하는 기법이다. 이 기법은 대칭성을 가지는 물체를 찾는 데 자주 응용되고 있다^[13]. 일반화 대칭변환기법에서 화소들의 대칭성을 찾는 기법을 살펴 보자. 먼저 화소 $p=(x, y)$ 의 휘도성분 Y 에 대한 그래디언트(gradient)를 다음과 같이 구한다.

$$\nabla Y = \left(\frac{\partial}{\partial x} Y, \frac{\partial}{\partial y} Y \right) \quad (1)$$

그리고, 이 화소의 에지 세기와 방향은 ∇Y 로부터 각각 다음과 같이 구한다.

$$r = \log(1 + \|\nabla Y\|)$$

$$\theta = \arctan \left(\frac{\partial}{\partial y} Y / \frac{\partial}{\partial x} Y \right) \quad (2)$$

다음, 화소 p 를 중심으로 하는 하나의 화소쌍 (p_i, p_j) 을 생각하자(여기서 $p = (p_i + p_j)/2$). 이 화소쌍의 대상 화소 p 에 대한 대칭성 기여도 $S(i, j)$ 는 다음과 같이 주어진다.

$$S(i, j) = D(i, j)P(i, j)r_i r_j \quad (3)$$

여기서 r_i 및 r_j 는 화소 p_i 와 p_j 의 에지 세기를 나타내며, 이 화소쌍의 거리가중 함수 $D(i, j)$, 위상가중함수 $P(i, j)$ 는 각각 다음과 같이 정의된다.

$$D(i, j) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp - \frac{\|p_i - p_j\|}{2\sigma} \quad (4)$$

$$P(i, j) = (1 - \cos(\theta_i + \theta_j - 2\alpha_{ij}))(1 - \cos(\theta_i - \theta_j)) \quad (5)$$

여기서 σ 는 거리 가중함수에서의 가중 계수이다. 그리고 α_{ij} 는 p_i 와 p_j 를 잇는 직선과 수평선이 이루는 각도이다. $P(i, j)$ 는 p_i 와 p_j 의 에지의 방향이 서로 반대가 되면 커지도록 정의된 것으로, p_i 와 p_j 의 에지 방향 θ_i, θ_j 에서 각각 α_{ij} 를 뺀 값의 합이 π 나 $-\pi$ 에 가까울수록, 또는 두 방향의 값의 차이가 π 나 $-\pi$ 에 가까울수록 $P(i, j)$ 의 값이 커진다.

최종적으로 대상 화소 p 의 대칭성 크기 $M(p)$ 는 화소 p 를 중심으로 하는 모든 화소쌍들의 대칭성 기여도를 합하여 다음과 같이 구한다.

$$M(p) = \sum_{(i, j) \in \Gamma(p)} S(i, j) \quad (6)$$

여기서 $\Gamma(p)$ 는 다음과 같이 주어지는 화소쌍들의 집합을 나타낸다.

$$\Gamma(p) = \left\{ (i, j) \mid \frac{p_i + p_j}{2} = p \right\} \quad (7)$$

이와 같이 일반화 대칭변환기법에서는 대상화소의 주위화소들의 에지의 세기와 위상, 그리고 화소 간 거리 정보로 대상화소의 대칭성 정도를 측정하여 대칭성을 가지는 물체를 검지한다. 그러나 식 (1)은 잡음에 민감하다고 알려져 있어^[14] 이를 보완할 필요가 있다. 또한 특정 방향의 대칭성을 갖는 물체만을 찾고자 할 때에는 이것이 가능하도록 식 (5)를 수정할 필요가 있다.

2. Chai의 피부색영역 분할기법

이 피부색영역 분할기법의 기본적 원리는 인간의 피부색은 사람이나 인종에 따라 다양하게 나타나지만 이

러한 피부색의 차이는 채도보다는 주로 명도의 차이로 발생한다는 것이다^[12]. Chai는 이러한 피부색영역 분할 기법의 기본적 원리에 근거하여 피부색화소를 추출하고, 추출된 피부색화소가 얼굴영역에 속한 피부색화소일 확률을 피부색화소의 국부적인 공간 분포의 조밀성으로 나타낸 밀도맵을 이용하여 얼굴영역을 분할하였다. 이 기법은 그림 1과 같이 칼라 분할(color segmentation), 피부색 밀도맵 추출(skin color density map extraction), 밀도 조정(density regularization), 휘도 조정(luminance regularization) 및 기하학적 교정(geometric correction)으로 구성되며 입력 영상으로 YCrCb 4:1:1 칼라 영상을 사용한다. YCrCb 4:1:1 칼라 영상은 $M \times N$ 크기의 Y영상과 $M/2 \times N/2$ 크기의 Cr영상과 Cb영상으로 구성된다.

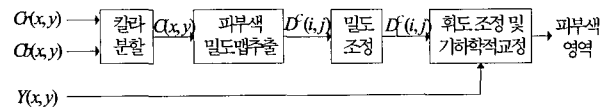


그림 1. Chai의 피부색영역 분할기법의 블록도
Fig. 1. Block diagram of Chai's segmentation of skin color regions.

먼저 첫 번째 단계인 칼라분할에서는 Cr 및 Cb영상에서의 화소 (x, y) 의 값들이 각각 사전에 정의된 YCrCb칼라좌표상에서 피부색영역을 나타내는 집합 $R_{Cr} = [133, 173]$, $R_{Cb} = [77, 127]$ 에 속하면 화소 (x, y) 를 피부색화소로 검출한다. 즉,

$$C(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{if } Cr(x, y) \in R_{Cr} \text{ and } Cb(x, y) \in R_{Cb} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (8)$$

여기서 (x, y) 는 Cr 및 Cb영상에서의 화소의 위치를 나타내며 $x = 0, \dots, M/2 - 1$ 이며, $y = 0, \dots, N/2 - 1$ 이다.

두 번째 단계인 피부색 밀도맵 추출에서는 먼저 피부색화소들이 공간적으로 얼마나 조밀하게 분포하는가를 나타내는 척도로 다음과 같이 Cr 및 Cb영상크기인 $M/2 \times N/2$ 영상내 피부색화소의 4×4 블록내의 개수, 즉 밀도를 구한다.

$$N^C(m, n) = \sum_{k=0}^3 \sum_{l=0}^3 C(4x+k, 4y+l) \quad (9)$$

여기서 (m, n) 은 4×4 블록의 위치를 나타내며 $m = 0, \dots, M/8 - 1$, $n = 0, \dots, N/8 - 1$ 이다. 다음, 각 블록을 식 (9)의 밀도에 따라 얼굴의 피부색영역에 속할 가

능성이 큰 만밀도(full density)블록, 얼굴구성요소에서의 블록이거나 불균일한 조명이나 잡음으로 인해 발생했을 가능성이 큰 중간밀도(intermediate density)블록, 배경영역에 속할 가능성이 큰 영밀도(zero density)블록으로 분류한다. 즉,

$$D^C(m, n) = \begin{cases} \text{zero,} & \text{if } N^C(m, n) = 0 \\ \text{intermediate,} & \text{if } 0 < N^C(m, n) < 16 \\ \text{full,} & \text{if } N^C(m, n) = 16 \end{cases} \quad (10)$$

세 번째 단계인 밀도 조정단계는 대상 블록의 상태 및 대상 블록 3×3창주위의 만밀도블록의 개수에 따라 대상 블록이 피부색영역의 블록인지 아닌지를 판단한다.

$$D^F(m, n) = \begin{cases} 1, & \text{if } D^C(m, n) \neq \text{full and } N_D^{\text{full}}(m, n) > 2 \\ 1, & \text{if } D^C(m, n) = \text{full and } N_D^{\text{full}}(m, n) \geq 5 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (11)$$

여기서 $N_D^{\text{full}}(m, n)$ 는 위치 (m, n) 를 중심으로 3×3창내의 만밀도블록의 개수를 나타낸다.

네 번째 단계인 휘도 조정단계 및 기하학적 교정 단계에서는 $D^F(m, n)=1$ 인 블록 중 해당 8×8의 Y블록의 분산이 역치보다 작으면 제거하고 $D^F(m, n)=1$ 인 블록들의 연속길이(runlength)를 각 행과 열별로 조사하여 사전에 정해 놓은 크기보다 작으면 이 블록들을 제거한다.

이처럼 Chai의 피부색영역 분할기법은 피부색과 상반신 영상에서의 얼굴의 피부색화소의 국부적인 공간적 조밀성을 나타내는 밀도맵을 이용하여 얼굴영역을 분할한다.

이 기법은 얼굴영역 피부색화소들의 국부적인 공간적 분포가 균일할 경우 우수한 성능을 낼 수 있다. 또한 피부색과 다른 색을 가진 물체로 얼굴을 가릴 경우 이러한 상태를 검지하는 장점이 있다. 그러나 강한 빛이 얼굴에 입사하여 카메라 센서가 표현할 수 있는 색의 범위를 넘게 되는 경우, 주변 조명이 너무 어두운 경우, 일정하지 않은 카메라 센서의 칼라 특성으로 영상의 색이 변질된 경우와 같이 색열화가 심한 경우 눈썹, 눈, 콧구멍, 입술사이와 같이 얼굴에서 피부색이 아

닌 부분 뿐만 아니라 그 주위도 그들이 지게 되어 이들 부분의 색이 열화되어 피부색과 많이 다르게 된다. 이때 얼굴구성요소 주위 영역의 화소들은 식 (8)을 만족하지 않아 피부색화소로 추출되지 않는다. 이런 경우 얼굴구성요소영역 주위에서는 식 (11)에서 정의한 영밀도블록이나 중간밀도블록이 발생하게 되어 결과적으로 얼굴구성요소가 얼굴영역에 포함되지 않는 경우가 발생하므로 이를 보완할 필요가 있다.

3. 고유얼굴기법

고유얼굴기법은 PCA(principle component analysis) 기법^[7]으로도 불리우며 먼저 여러 얼굴영상에서 고유벡터(eigenvector)들을 추출한다. 이 고유벡터들이 영상으로 다루어질 때에는 고유얼굴이라 불린다. 그리고 앞서 구한 고유얼굴들로 대상영상을 근사화한 후 대상영상과 근사화한 영상과의 거리로 대상영상이 얼굴영상인지 아닌지를 판단한다. 이 절에서는 여러 얼굴영상에서 고유얼굴들을 구하는 과정과 고유얼굴을 이용하여 대상영상이 얼굴영상인지 아닌지를 판단하는 과정으로 나누어 설명한다.

가. 고유얼굴들의 계산

이 단계에서는 먼저 훈련집합의 n 명의 얼굴벡터들 $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n$ 의 평균얼굴벡터를 다음과 같이 구한다.

$$\phi = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \gamma_i \quad (12)$$

다음, 각 얼굴벡터와 평균얼굴벡터의 차를 다음과 같이 구한다.

$$\phi_i = \gamma_i - \phi \quad (13)$$

다음, 얼굴벡터들의 고유벡터를 구하기 위해 다음과 같이 공분산 행렬을 구한다.

$$C = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \phi_i \phi_i^T \quad (14)$$

다음, 공분산 행렬 C 의 고유얼굴들 u_1, u_2, \dots, u_n 을 구한다^[7]. 그림 2는 20명의 얼굴 영상으로 구성된 훈련



그림 2. 고유얼굴들의 예
Fig. 2. Examples of eigenfaces.

집합으로부터 구한 고유얼굴들 중 고유치가 큰 순서대로 10장의 고유얼굴들을 나타낸 예이다.

나. 고유얼굴을 이용한 얼굴검지

이 단계에서는 먼저 대상영상 f 와 평균얼굴벡터 ϕ 와의 차를 다음과 같이 구한다.

$$g = f - \phi \tag{15}$$

정규화된 대상영상 g 를 앞서 구한 고유얼굴들 u_1, u_2, \dots, u_n 중 고유치가 큰 고유얼굴 u_1, u_2, \dots, u_n 에 다음과 같이 투영하여 투영 계수를 구한다.

$$\omega_j = u_j^T g \tag{16}$$

다음, 투영 계수와 고유얼굴로 g 를 근사화한 g_f 를 다음과 같이 구한다.

$$g_f = \sum_{j=1}^n \omega_j u_j \tag{17}$$

여기서 고유치가 큰 고유얼굴들로 g 를 근사화하기 위해 $n < n$ 이다.

$$\epsilon = \| g - g_f \|^2 \tag{18}$$

거리 ϵ 가 다음의 조건을 만족하면 f 를 얼굴로 판단한다.

$$\epsilon < Th_f \tag{19}$$

여기서 Th_f 는 후보얼굴을 얼굴로 판단하기 위한 역치이다.

이와 같이 고유얼굴기법은 여러 얼굴영상에서 고유얼굴들을 구한 다음 대상영상과 고유얼굴로 근사화한 영상과의 거리로 대상영상이 얼굴영상인지 아닌지를 판단하는 기법으로 대상영상의 얼굴판단에는 우수한 성능을 나타낸다. 그러나 대상영상이 피부색을 가지는 손과 같은 물체로 얼굴을 부분 은폐한 경우일 때에는 대상영상과 대상영상을 고유얼굴로 근사화한 영상과의 거리가 작아 은폐여부를 판단할 수 없으므로 이를 보완할 필요가 있다.

III. 제안한 ID얼굴 검지방법

제안한 ID얼굴 검지방법에서는 입력영상내에 불법적인 의도가 없어 자신의 신원을 확인받기를 바라는 한 사람의 얼굴이 대체로 화면의 중앙에 존재한다고 가정

한다. 또한, 얼굴의 시선은 정면을 향하며 그 크기는 어느 값 이상이라고 가정한다. 제안한 ID얼굴 검지방법은 그림 3과 같이 색얼화에 강인한 특성을 가지는 후보영역 분할, 후보영역내의 후보장들을 추출하는 후보장 추출, 부분 은폐에 강인한 특성을 가지는 은폐여부 판단의 세 단계로 구성된다.

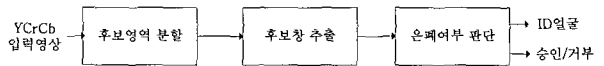


그림 3. ID얼굴 검지방법의 블록도

Fig. 3. Block diagram of the ID proposed face detection method.

1. 후보영역 분할단계

이 단계에서는 Chai 기법의 단점을 극복하기 위해 Chai가 사용한 밀도맵 개념을 얼굴구성요소의 윤곽 화소와 피부색화소에 동시에 적용하여 피부색영역과 그에 인접한 얼굴구성요소의 윤곽 화소와 윤곽 화소 주위의 색얼화된 화소들을 함께 추출하여 후보영역을 분할한다. 후보영역 분할단계는 그림 4와 같이 칼라 분할, 피부색 밀도맵 추출, 얼굴구성요소 윤곽화소 추출, 윤곽화소 밀도맵 추출, 두가지 밀도맵을 이용한 밀도 조정, 휘도 조정 및 기하학적 교정

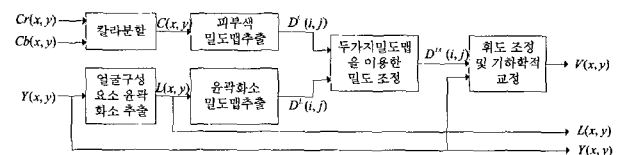


그림 4. 후보영역 분할단계의 블록도

Fig. 4. Block diagram of the segmentation of face candidate regions.

칼라 분할단계와 피부색 밀도맵 추출단계는 Chai 기법의 칼라분할과 피부색 밀도맵 추출단계와 동일하다. 먼저 입력영상인 YCrCb 영상 중 Cr과 Cb영상에 대해 식 (8)을 수행하여 $C(x, y)$ 을 구한 후 식 (9)와 식 (10)으로 밀도맵 $D^c(m, n)$ 을 구한다.

얼굴구성요소의 윤곽 화소추출에서는 먼저 일반화 대칭변환기법의 화소 p 의 에지 세기가 잡음에 덜 민감하도록 하기 위해 그래디언트를 바로 이진화하여 다음과 같이 구한다.

$$r = \begin{cases} 1 & \text{if } \|\nabla Y\| > Th_e \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{\partial}{\partial y} Y / \frac{\partial}{\partial x} Y\right) \quad (20)$$

여기서 에지의 방향은 일반화 대칭변환에서와 동일하게 구하며, Th_e 는 에지의 이진화에 효율적인 것으로 알려진 엔트로피 역치화(entropy thresholding)기법^[15]을 사용하였다. 다음으로 화소 p 를 중심으로 하는 하나의 화소쌍 (p_i, p_j) 에 대한 대칭성 기여도 $S(i, j)$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$S(i, j) = D'(i, j)P(i, j)r_i r_j \quad (21)$$

이 화소쌍의 거리가중합수 $D'(i, j)$, 위상가중합수 $P(i, j)$ 는 각각 다음과 같이 정의된다.

$$D'(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } \|p_i - p_j\| < \sigma \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (22)$$

여기서 $D'(i, j)$ 는 수평선을 기준으로 근거리의 화소쌍의 대칭성을 구하기 위해 일반화대칭변환기법의 거리가중합수에서 가중치 σ 에 따라 Gaussian 가중하는 대신 σ 만큼의 거리 범위안에 드는 화소들에 대해 국부 균등 가중한 것이다.

$$P(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } Th_{\theta 1} < \theta_i < Th_{\theta 2} \text{ and } -Th_{\theta 2} < \theta_j < -Th_{\theta 1} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (23)$$

여기서 $P(i, j)$ 는 화소쌍의 상하 대칭관계를 구하기 위해 일반화대칭변환기법의 위상가중합수에서 화소쌍의 모든 방향에 대한 에지 위상의 대칭성을 측정하는 대신 수평선을 기준으로 위쪽 화소의 에지 위상과 아래쪽 화소의 에지 위상의 대칭관계를 측정한 것이다. 이때 $Th_{\theta 1}$ 과 $Th_{\theta 2}$ 는 이를 위한 역치이다. 다음, 대상 화소 p 의 대칭성 크기 $M(p)$ 는 다음과 같이 화소 p 의 주위 화소쌍들 중 기여도를 합하여 다음과 같이 구한다.

$$M(p) = \sum_{(i, j) \in \Gamma(p)} S(i, j) \quad (24)$$

여기서 $\Gamma(p)$ 는 대상화소를 중심으로 상하에 존재하는 화소쌍에 적용하기 위해 다음과 같이 정의한다.

$$\Gamma(p) = \left\{ (i, j) \mid \frac{p_i + p_j}{2} = p, x_i = x_j = x, y_i > y_j \right\} \quad (25)$$

이것은 일반화대칭변환기법의 화소쌍 집합에서 대상화소를 중심으로 전방향의 화소쌍을 대상으로 하던 것

대신 대상화소를 중심으로 동일한 x 좌표를 가지는 상하 화소쌍에 적용하기 위한 것이다. 이렇게 구한 기여도를 이용하여 얼굴구성요소 윤곽화소 $L(p)$ 는 기여도의 크기가 1이상인 화소로 다음과 같이 구한다.

$$L(p) = \begin{cases} 1, & \text{if } M(p) \geq 1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (26)$$

윤곽화소 밀도맵 추출단계에서는 먼저 $M \times N$ 크기의 Y 영상에서 C_r 및 C_b 영상에서의 4×4 블록에 대응되는 8×8 블록에 대한 윤곽화소의 밀도를 구한다.

$$N^L(m, n) = \sum_{k=0}^7 \sum_{l=0}^7 L(7x+k, 7y+l) \quad (27)$$

여기서 $m=0, \dots, M/8-1$, $n=0, \dots, N/8-1$ 이다. 밀도에 따라 8×8 블록을 2가지 종류로 분류하여 밀도맵을 구한다.

$$D^L(m, n) = \begin{cases} \text{zero}, & \text{if } N^L(m, n) = 0 \\ \text{full}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (28)$$

두가지 밀도맵들을 이용한 밀도 조정단계에서는 대상 블록의 피부색 밀도맵에서의 상태 및 대상 블록 3×3 창주위의 피부색밀도맵에서의 만밀도블록의 개수와 윤곽화소 밀도맵의 만밀도블록의 개수에 따라 대상 블록이 얼굴영역의 블록인지 아닌지를 다음과 같이 판단한다.

$$D^{LC}(m, n) = \begin{cases} 1, & \text{if } D^C(m, n) = \text{full} \\ 1, & \text{if } D^C(m, n) \neq \text{full and } N_C^{\text{full}}(m, n) \geq 5 \\ 1, & \text{if } D^C(m, n) = \text{intermediate and } N_L^{\text{full}}(m, n) \geq 1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (29)$$

여기서 $N_C^{\text{full}}(m, n)$ 는 (m, n) 를 중심으로 3×3 창내의 피부색화소 밀도맵의 만밀도블록의 개수를 나타내고 $N_L^{\text{full}}(m, n)$ 는 (m, n) 를 중심으로 3×3 창내의 얼굴구성요소 윤곽화소 밀도맵의 만밀도블록의 개수를 나타낸다.

휘도 정규화와 기하학적 교정단계는 $D^{LC}(m, n)$ 에 대해 Chai의 기법과 동일하게 수행된다. 이렇게 수행한 결과는 밀도맵을 구하는 과정에서 Y 영상의 크기보다 8배 부표본화(subsampling)되었으므로 8배로 보간하여 후보영역 $V(x, y)$ 를 다음과 같이 구한다.

$$V(x, y) = D^{LC}(m, n), \quad m = \text{Inf}[x/8], n = \text{Inf}[y/8] \quad (30)$$

이 기법에서는 그림 5의 (a), (b)와 같이 색열화가 발생하여 피부색영역에서 얼굴구성요소영역과 그 주변 영역들이 미검출되더라도 그림 5의 (c), (d)와 같이 얼

굴구성요소 윤곽화소와 그 주변화소들을 피부색 영역과 동시에 추출함으로써 그림 5의 (e)와 같이 후보영역을 효율적으로 추출함을 알 수 있다.

이와 같이 후보영역 분할단계는 이렇게 ID얼굴 후보영역을 효율적으로 추출하지만 얼굴구성요소 윤곽화소와 비슷한 특징을 가지는 물체로 은폐된 경우 이를 함께 추출한다. 하지만 이러한 은폐된 경우는 마지막 단계인 은폐여부 판단단계에서 거부된다.

2. 후보창 추출단계

이 단계에서는 그림 6과 같이 ID얼굴 후보영역내의 후보창들을 추출한 후 기울어진 얼굴은 바로 잡고 후보창들을 동일한 크기로 만든다.

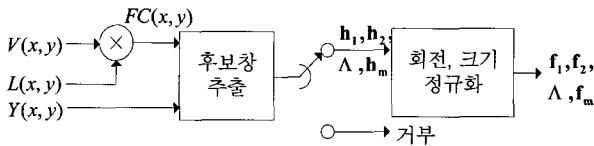


그림 6. 후보창 추출단계의 블록도
Fig. 6. Block diagram of the extraction of face candidate windows.

먼저 ID얼굴 후보영역내의 얼굴구성요소를 찾기 위해 다음과 같이 후보영역내의 얼굴구성요소 윤곽화소 $FC(x, y)$ 를 찾는다.

$$FC(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{if } L(x, y) = 1 \text{ and } V(x, y) = 1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (31)$$

그림 7의 (a)는 $FC(x, y)$ 의 예를 나타내고 있다. 다음, $FC(x, y)$ 에 대해 영역 레이블링(region labeling)을 수행한 후 $FC(x, y)$ 영역의 중심점 p_1, p_2, \dots, p_n 을 구한다. 다음, 얼굴구성요소들의 좀더 정확한 위치를 찾기 위해 일반적으로 눈동자, 입술사이의 주위보다 밝기가 어둡다는 점을 이용하여 중심점 p_i 주위 $a \times b$ 영역에서 Y 의 평균값이 가장 작은 $c \times d$ 크기의 블록을 찾아 p_i 를

그 블록의 중점 p'_i 로 이동시킨다. 다음, p'_i 들 중에서 양눈과 입의 위치 상관관계를 만족하는 m 개의 중심점 집합들 $\{p_j^{lefteye}, p_j^{righteye}, p_j^{mouth}\}$ 을 모두 찾는다. 이때 양눈과 입의 위치 상관관계는 얼굴의 기울어진 각도 β , 얼굴의 수평크기 l_w , 얼굴의 수평크기와 수직크기 l_h 의 비로 다음과 같이 나타낸다.

$$Th_{\beta}^1 < \beta < Th_{\beta}^2 \quad Th_w^1 < l_w < Th_w^2$$

$$Th_{h/w}^1 < l_h / l_w < Th_{h/w}^2 \quad (32)$$

여기서 β 는 $p_j^{lefteye}$ 와 $p_j^{righteye}$ 를 이은 직선과 영상의 y 축이 이루는 각도이며, l_w 는 $p_j^{lefteye}$ 의 x 좌표와 $p_j^{righteye}$ 의 x 좌표간의 거리이다. l_h 는 $p_j^{lefteye}$ 과 $p_j^{righteye}$ 의 중점의 y 좌표와 p_j^{mouth} 의 y 좌표간의 거리이다. 다음으로 모든 $p_j^{lefteye}$ 에서 x 축의 음의 방향으로 $\rho \times l_w$ 만큼, y 축의 음의 방향으로 $\rho \times l_w$ 만큼 이동한 점을 좌상점으로, $p_j^{lefteye}$ 에서 x 축의 양의 방향으로 $(\rho+1) \times l_w$ 만큼, y 축의 음의 방향으로 $\rho \times l_w$ 만큼 이동한 점을 우상점으로, $p_j^{lefteye}$ 에서 x 축의 음의 방향으로 $\rho \times l_w$ 만큼, y 축의 양의 방향으로 $(\rho+1) \times l_w$ 만큼 이동한 점을 좌하점으로, $p_j^{lefteye}$ 에서 x 축의 양의 방향으로 $(\rho+1) \times l_w$ 만큼, y 축의 양의 방향으로 $(\rho+1) \times l_w$ 만큼 이동한 점을 우하점으로 하는 사각형 창에 속한 Y 영상 영역들을 그림 7의 (b)와 같이 후보창 h_1, h_2, \dots, h_m 으로 추출한다. 다음, 두 점 $p_j^{lefteye}, p_j^{righteye}$ 와 각도 β 를 이용하여 affine 변환법을 수행하여 후보창들 중 기울어진 얼굴을 바로 잡는다. 다음, bilinear 보간법을 사용하여 후보창을 사전에 정해 놓은 크기로 만들어 정규화된 후보창 f_1, f_2, \dots, f_m 를 구한다. 그림 7의 (c)는 affine 변환과 bilinear 보간을 수행한 후보창을 나타낸 예이다.

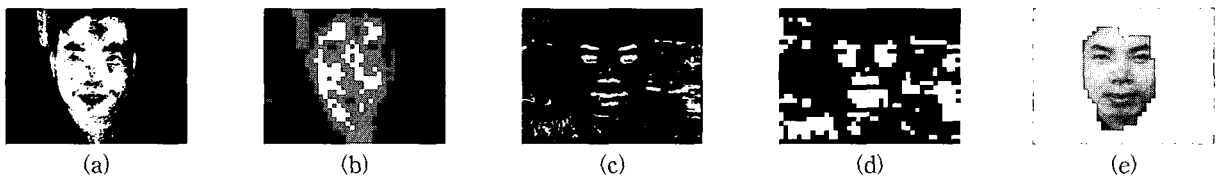


그림 5. (a) 피부색화소; (b) 피부색밀도맵; (c) 얼굴구성요소 윤곽화소; (d) 윤곽화소의 밀도맵; (e) 후보영역
Fig. 5. (a) Skin color pixels; (b) skin color density map; (c) contour pixels of facial components; (d) density map of contours pixels; (e) candidate regions.

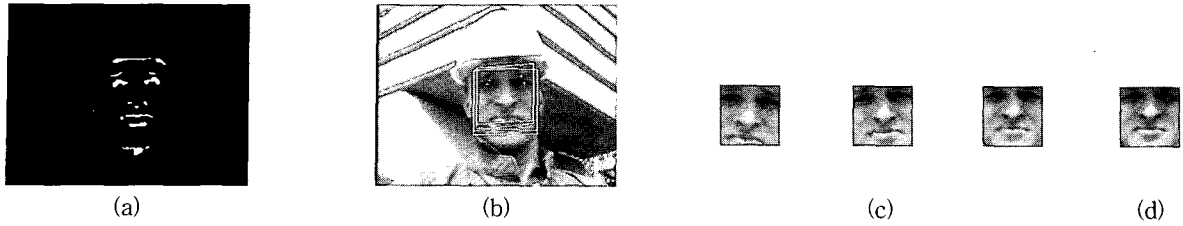


그림 7. (a) 후보영역내의 얼굴구성요소 윤곽화소; (b) 후보창들; (c)정규화된 후보창; (d) 최대유사 후보창
 Fig. 7. (a) Contour pixels in face candidate regions; (b) face candidate windows; (c) regularized face candidate windows; (d) face candidate window with minimum distance.

3. 은폐여부 판단단계

이 단계에서는 그림 8과 같이 후보창들에 대해 고유얼굴기법을 적용하여 고유얼굴들과 가장 유사한 후보창을 검출하고 최대유사 후보창의 부분 은폐를 판단한다.

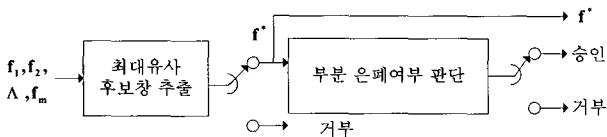


그림 8. 은폐여부 판단단계의 블록도
 Fig. 8. Block diagram of the decision of veiling.

먼저 이 단계에서 사용될 고유얼굴을 구하는 데 사용되는 훈련집합 n 명의 얼굴벡터들 $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n$ 의 밝기와 대비를 같게 하기 위해 평균이 0이고 분산이 1이 되도록 정규화한다.

$$\gamma'_i = \frac{1}{\sigma_i} (\gamma_i - m_i \mathbf{1}) \quad (33)$$

여기서 m_i 와 σ_i 는 각각 γ_i 의 평균과 표준편차를 나타내고 $\mathbf{1}$ 은 단위 벡터를 나타낸다. 다음, II장의 고유얼굴을 구하는 과정과 동일하게 수행하여 고유얼굴들을 구한다.

고유얼굴기법을 이용한 최대유사 후보창의 은폐여부 판단에서는 후보창들 중 고유얼굴과의 거리가 가장 작은 후보창이 얼굴영역인지 아닌지 판단하는 단계이다. 먼저 후보창들 f_1, f_2, \dots, f_m 을 식 (33)을 이용하여 평균이 0이고 분산이 1이 되도록 정규화한 후 식 (15)을 적용하여 평균얼굴벡터와의 차를 구한다. 다음, 식 (16)과 식 (17)을 이용하여 후보창을 고유얼굴들로 근사화한 영상을 구한다. 다음, 식 (18)을 이용하여 후보창들 중 고유얼굴들로 근사화한 영상과의 거리 ϵ 가 가

장 작은 최대유사 후보창 f^* 를 찾는다. 그림 7의 (d)는 검지된 최대 유사 후보창의 예이다. 다음으로 식 (19)를 이용하여 최대유사 후보창의 얼굴영역 여부를 판단하여 얼굴영역이 아니라고 판단되면 입력영상은 거부된다. 이 때 최대유사 후보창 중 얼굴의 대부분이 가려진 경우는 최대유사 후보창의 은폐여부 판단에서 거부되지만 얼굴의 일부분이 은폐된 경우에는 거부되지 않는다.

부분 은폐여부 판단에서는 최대유사 후보창에서 신원을 파악하는 데 중요한 얼굴구성요소가 은폐되었는지를 판단하는 단계이다. 이 단계에서는 그림 9에서와 같이 최대유사 후보창 f^* 의 좌측 눈영역인 R_1 , 우측 눈영역인 R_2 , 코영역 R_3 , 입영역인 R_4 에서의 화소들을 벡터로 표현한 $f_1^*, f_2^*, f_3^*, f_4^*$ 를 식 (33)을 이용하여 정규화한다. 이 때 사용되는 m_i 는 각 영역별 평균을 나타내고 σ_i 은 각 영역별 표준편차를 나타낸다.

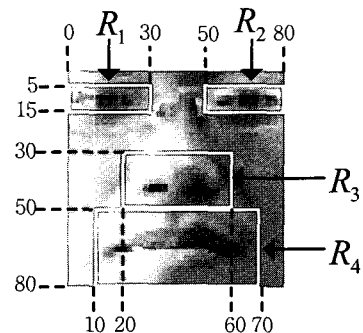


그림 9. 부분 은폐여부 판단을 위한 얼굴구성요소 영역
 Fig. 9. Facial component regions for the decision of partial veiling.

다음으로 정규화된 $f_1^*, f_2^*, f_3^*, f_4^*$ 에 식 (15)를 각 영역별로 적용하여 평균얼굴벡터에서의 각 영역의 화소들과의 차 $g_1^*, g_2^*, g_3^*, g_4^*$ 를 구한다. 다음으로 식

(16)과 식 (17)을 이용하여 g_1^* , g_2^* , g_3^* , g_4^* 와 최대 유사 후보창을 고유얼굴로 근사화한 g_f^* 의 R_1 , R_2 , R_3 , R_4 영역의 화소들간과 거리 ϵ_1 , ϵ_2 , ϵ_3 , ϵ_4 를 구한다. ϵ_1 , ϵ_2 , ϵ_3 , ϵ_4 가 다음을 만족하면 얼굴구성요소들이 노출된 것으로 판단하고 f^* 를 ID얼굴로 검지하고 아니면 입력영상을 거부한다.

$$\epsilon_p < Th_p, \quad p=1,2,3,4 \quad (34)$$

여기서 Th_p 는 부분 은폐를 판단하기 위한 거리의 역치이다.

이와 같이 은폐여부 판단단계에서는 고유얼굴기법으로 최대유사 후보창을 검출한 후 최대유사 후보창의 부분 은폐 여부를 판단한다.

IV. 실험결과 및 검토

제안한 방법들의 성능을 평가하기 위한 실험을 위해 DB를 구성하였다. 실험에 사용한 DB영상은 복잡한 배경, 다양한 조명에서 47명을 대상으로 디지털 카메라로 획득한 Y영상의 크기가 320×240 이고 Cr영상과 Cb영상의 크기가 160×120 인 YCrCb 4:1:1 칼라 영상 306장을 사용하였다. 또한 시선의 방향은 정면으로 제한하였고 안경 착용은 허용하였다. 또한 ID얼굴영상 153장과 은폐된 비ID얼굴영상 153장으로 구성하였다. 얼굴의 은폐는 실제 환경에서 많이 발생하는 선글라스, 손, 모자, 마스크로 얼굴을 가리거나 얼굴을 숙인 경우를 대상으로 하였다.

실험에 사용한 각 상수값을 살펴보면 먼저 얼굴구성요소 윤곽화소 추출에서 거리 가중함수의 σ 는 전체영상과 눈의 크기의 비를 고려하여 $\sigma = 14$ 를 사용하였으며 Th_{e1} 과 Th_{e2} 는 실험에서 우수한 성능을 가지는 값으로서 각각 $Th_{e1} = 60^\circ$ 와 $Th_{e2} = 120^\circ$ 를 사용하였다. 얼굴의 기울어짐을 30° 이내로 허용하기 위해 $Th_b^1 = -30^\circ$, $Th_b^2 = 30^\circ$ 를 사용하였고 얼굴의 수평크기의 역치는 $Th_w^1 = 30$, $Th_w^2 = 80$ 을 사용하였다. 얼굴의 가로와 세로 크기의 비에 대한 역치는 $Th_{h/w}^1 = 0.7$, $Th_{h/w}^2 = 1.3$ 을 사용하였다. 눈동자의 위치를 찾는 데 사용되는 $a \times b = 12 \times 6$, $c \times d = 6 \times 6$ 을 사용하였다. $\rho = 1.5$ 를 사용하여 검지하고자하는 얼굴의 크기를 45×45 에서 120×120 으로 제한하였다. 또한 고유얼굴들은 20명의 얼굴 영상을

사용하여 구하였으며 이중 고유치가 큰 값을 가지는 상위 10개의 고유얼굴들을 사용하였으며 그 크기는 80×80 으로 하였다. 그리고 후보창들을 고유얼굴에 투영하기 위해 고유얼굴과 동일한 크기인 80×80 으로 bilinear 보간하였다. 그리고 최대유사 후보창의 검출을 위한 역치 Th_f 는 0.67을 사용하였으며 부분 은폐여부를 판단하기 위한 역치 Th_1, Th_2, Th_3, Th_4 는 1.80, 1.80, 1.10, 1.00를 사용하였다.

제안한 방법의 성능을 평가하기 위해 기존의 얼굴기법들인 Chai의 기법과 고유얼굴기법을 이용한 얼굴검지 방법과 제안한 ID얼굴 검지방법에 대해 실험하였다. 이 때 후보창 추출과 평균이 0이고 분산이 1이 되도록 하는 정규화는 동일하게 수행하였다. 먼저 방법 1에서는 Chai의 기법으로 피부색영역을 분할한 다음 피부색영역 내의 후보창들에 대해 고유얼굴기법을 사용하여 얼굴을 검지하였다. 다음, 방법 2에서는 방법 1에서 Chai의 기법을 제안한 후보영역 분할기법으로 대체한 경우에 대해 실험하였고 방법 3에서는 방법 1에 부분 은폐여부 판단을 추가한 경우에 대해 실험을 수행하였다. 또한 전체적인 성능향상을 평가하기 위해 방법 4에서는 방법 1에서 Chai의 방법을 후보영역 분할단계로 대체하고 부분 은폐여부 판단을 추가한 ID얼굴검지 방법에 대해 실험하였다. 이 때 사용한 성능의 척도는 다음과 같이 정의되는 FRR(false rejection ratio), FAR(false acceptance ratio), ID얼굴 검지율을 사용하였다.

$$FRR = \frac{\text{ID얼굴영상을 비ID얼굴영상으로 판단한 영상의 수}}{\text{전체 영상의 수}}$$

$$FAR = \frac{\text{비ID얼굴영상을 ID얼굴영상으로 판단한 영상의 수}}{\text{전체 영상의 수}}$$

$$\text{ID얼굴검지율} = \frac{\text{비ID얼굴영상을 ID얼굴영상으로 판단한 영상의 수}}{\text{전체 영상의 수}} \quad (35)$$

표 1은 제안한 방법들의 적용여부에 따른 ID얼굴 검지결과이다. 방법 2)는 방법 1)보다 FRR이 6.87% 낮아졌으며 FAR은 2.94% 높아졌다. FRR이 낮아진 이유는 입력영상이 ID얼굴을 포함하고 색열화된 경우에 대해 Chai의 방법은 얼굴영역을 제대로 분할하지 못했지만 제안한 방법은 제대로 분할했기 때문이며 FAR이 높아진 이유는 입력영상이 얼굴구성요소 윤곽과 유사한 특징을 가지는 물체로 부분 은폐한 비ID얼굴을 포함한 경우 Chai의 방법에서는 은폐된 얼굴영역을 제대로 분할하지 못하여 부분 은폐한 얼굴을 포함한 후보창들이 검

출되지 않아 입력영상이 거부되었지만 제안한 방법은 이러한 후보창을 검출하여 거부되지 않았기 때문이다. 하지만 이런 경우는 부분 은폐여부판단에서 거부된다. 방법 3은 방법 1보다 FRR이 0.65% 높아졌으며 FAR은 5.56% 낮아졌다. FRR이 높아진 이유는 최대유사 후보창의 은폐여부를 제대로 판단하지 못한 경우가 발생했기 때문이며 FAR이 낮아진 이유는 부분 은폐된 경우를 효과적으로 판단했기 때문이다. 방법 4에서는 방법 1보다 FRR은 6.21% 낮아졌으며 FAR은 5.22% 낮아져 전체적으로 ID얼굴 검지율이 11.44% 향상되었다. 이것은 제안한 방법에서 색열화에 강인한 후보영역 분할단계와 부분 은폐여부 판단의 특성이 효율적으로 융합된 결과이다.

표 1. 제안한 기법들의 적용여부에 따른 ID얼굴 검지율 비교

Table 1. Comparison of ID face detection rates of various ID face detection methods.

| | 방법 1 | 방법 2 | 방법 3 | 방법 4 |
|--------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| FRR (%) | 9.5 (29/306) | 2.6 (8/306) | 10.1 (31/306) | 3.3 (10/306) |
| FAR (%) | 7.2 (22/306) | 10.1 (31/306) | 1.6 (5/306) | 2.0 (6/306) |
| ID얼굴 검지율 (%) | 83.3 (255/306) | 87.3 (267/306) | 88.2 (270/306) | 94.8 (290/306) |

방법 1: Chai 기법 및 고유얼굴기법

방법 2: 후보영역 분할단계 및 고유얼굴기법

방법 3: Chai 기법, 고유얼굴기법 및 부분 은폐여부 판단

방법 4: 후보영역 분할단계, 고유얼굴기법 및 부분 은폐여부 판단

그림 10은 Chai의 피부색분할기법과 제안한 후보영역 분할의 결과의 예를 비교한 것이다. 후보영역 분할 단계는 색열화가 심하지 않은 영상의 경우에는 Chai의 기법의 결과와 거의 동일하면서 색열화가 심한 경우에는 Chai의 방법보다 우수한 성능을 가짐을 알 수 있다. 그림 11은 ID얼굴로 검지된 결과의 예를 보여 주고 있다. 조명, 장소, 안경착용여부에 상관없이 ID얼굴을 효과적으로 검지하는 것을 알 수 있다. 그림 12는 은폐로 인하여 고유얼굴들로 근사화한 영상과의 거리가 커서 최대유사 후보창 검출에서 거부된 영상의 예를 보여 주고 있다. 그림 13은 부분 은폐여부 판단에서 거부된 얼굴의 예를 보여주고 있다. 이렇게 얼굴이 부분 은폐되어 최대유사 후보창 검출에서 거부되지 않은 영상들이 부분 은폐여부 판단에서 거부됨을 알 수 있다. 그림 14는 ID얼굴 검지에서 조명, 안경의 반사 등으로 인해

잘못 판단된 얼굴의 예들이다.

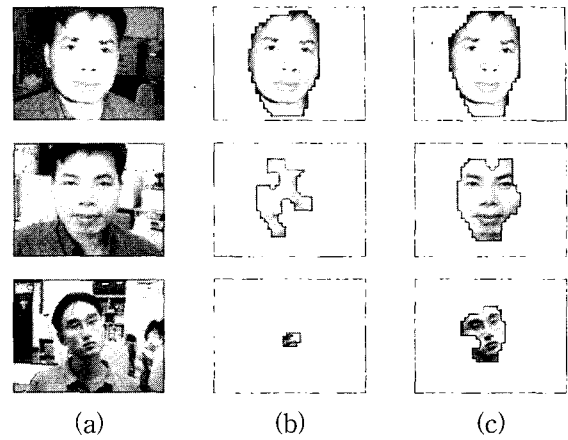


그림 10. (a) 입력영상; (b) Chai의 방법; (c) 후보영역 분할단계

Fig. 10. (a) Input image; (b) Chai's method; (c) the segmentation of face candidate regions.



그림 11. ID얼굴로 검지된 영상의 예

Fig. 11. Images accepted as an ID face.

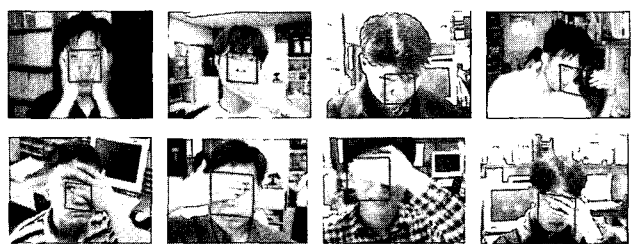


그림 12. 최대유사 후보창 검출에서 거부된 영상의 예

Fig. 12. Images rejected in the detection of a face candidate window with maximum similarity.

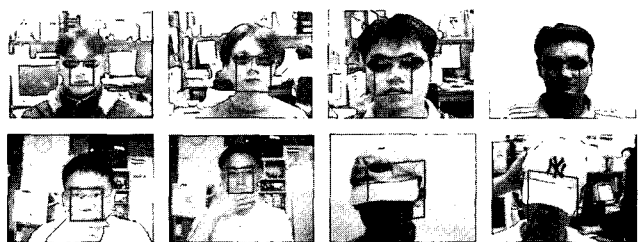


그림 13. 부분 은폐여부 판단단계에서 거부한 영상의 예

Fig. 13. Images rejected in the decision of partial veiling



그림 14. ID얼굴검지의 오류 예 : (a) 오거부의 예 ; (b) 오승인의 예

Fig. 14. Error cases.: (a) False rejected images; (b) False accepted images.

V. 결론

본 논문에서는 색열화와 부분 은폐에 강인한 특성을 갖는 ID얼굴 검지방법을 제안하였다. 제안된 방법은 기본적으로는 기존의 얼굴검지 기법들을 바탕으로 구성되었으며 ID얼굴 여부를 판단하는 특유의 과정들을 보완하였다. 먼저 여러 가지 요인에 의해 발생할 수 있는 색열화에 강인하도록 피부색영역과 얼굴구성요소 윤곽화소 및 윤곽화소의 주변화소를 함께 찾아 효율적으로 후보영역을 분할하는 방법을 제안하였다. 또한 고유얼굴기법으로 검출한 최대유사 후보창의 얼굴구성요소와 최대유사 후보창을 고유얼굴로 근사화한 영상의 얼굴구성요소와의 거리로 부분 은폐여부를 검사함으로써 제안한 ID얼굴 검지방법이 부분 은폐에 강인하도록 하였다. 실험결과, 제안한 검지방법은 색이 심하게 열화된 얼굴들도 잘 검지하였으며 부분 은폐된 얼굴들에 대해서는 효과적으로 은폐여부를 판단하여 색열화와 부분 은폐를 고려하지 않은 얼굴검지방법에 비해 ID얼굴 검지율이 약 11.4%정도 향상됨을 확인하였다. 앞으로 실제 환경에서 발생할 수 있는 은폐에 대한 더 많은 경우를 조사하여 이에 대처할 수 있는 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

참고 문헌

[1] E. Hielmas, "Face detection: A survey," *Computer Vision and Image Understanding*, vol. 83, pp. 236-274, Apr. 2001.

[2] M.-H. Yang, D. J. 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. 2002.

[3] R.-L. Hsu, M. Abdel-Mottaleb, and A. K. Jain, "Face detection in color images," *IEEE Trans.*

Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 24, no. 5, pp. 696-706, May 2002.

[4] C. Garcia and G. Tziritas, "Face detection using quantized skin color regions merging and wavelet packet analysis," *IEEE Trans. Multimedia*, vol. 1, no. 3, pp. 264-277, Sep. 1999.

[5] M. Rizon and T. Kawaguchi, "Automatic eye detection using intensity and edge information," *Proc. IEEE Tencon-2000*, vol 2, pp. 24-27 Sep. 2000.

[6] 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.

[7] M. Turk and A. Pentland, "Eigenfaces for recognition," *Journal of Cognitive Neuroscience*, vol. 17, pp. 575-581, 1999.

[8] J. Zang, Y. Yan, and M. Lades, "Face recognition: Eigenface, elastic matching, and neural nets," *Proc. IEEE*, vol. 85, no. 9, pp. 1423-1435, 1997.

[9] M. Turk and A. Pentland, "Face recognition using eigenfaces," *Proc. Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 586-591, June 1991.

[10] K. W. Wong, K. M. Lam, and W. C. Siu, "A robust scheme for live detection of human faces in color images," *Signal processing: Image communication*, vol. 18, no. 2, pp. 103-114, 2003.

[11] D. Reisfeld, H. Wolfson, and Y. Yeshurun, "Context free attentional operators: The generalized symmetry transform," *Int. Journal of Computer Vision*, vol. 14, no. 3, pp. 119-130, 1995.

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

[13] D. Reisfeld and Y. Yeshurun, "Robust detection of facial features by generalized symmetry," *Proc. 11th Int. Conf. on Pattern Recognition*, vol. 1, pp. 117-120, 1992.

[14] A. K. Jain, *Fundamentals of Digital Image Processing*, Prentice Hall, 1989.

- [15] J. Fan, D. K. Y. Yau, A. K. Elmagarmid, W. G. Aref, "Automatic image segmentation by integrating color-edge extraction and seeded

region growing," *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 10, pp. 1454 -1466, Oct. 2001.

저 자 소 개



김 대 성(정회원)

1998년 2월 경북대학교 전자공학과 (공학사), 2000년 2월 경북대학교 전자공학과 (공학석사), 2000년 3월 ~ 현재 경북대학교 전자 공

학과 대학원 박사과정 <주관심분야 : 영상신호처리, 영상분할, 영상압축, 컴퓨터 비전>



김 남 철(정회원)

1978년 2월 서울대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1980년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학석사). 1984년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학박사). 1984

년 3월~현재 : 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 교수. 1991년 8월~1992년 8월 미국 Syracuse 전기 및 전산학과 객원교수. 1990년 1월~1994년 12월 생산기술연구원 HDTV 신호처리분과위원. 1994년 1월~1996년 12월 한국통신학회 편집위원. 1994년 1월~1996년 12월 대한전자공학회 편집위원. 1996년 1월~현재 한국방송공학회 편집위원, 이사. 1996년 11월~현재 국방과학연구소 국방과학기술분류 및 수준 조사위. 1997년 1월~1998년 12월 한국통신학회 신호처리 연구회 위원장. <주관심분야 : 영상신호처리, 영상압축, 영상복원, 컴퓨터 비전>