

논문 2011-48SP-4-7

색 항등성과 기하학적 분석 기반 얼굴 검출 기법

(Face Detection Method Based on Color Constancy and Geometrical Analysis)

이 우 램*, 황 동 국*, 진 병 민**

(Woo-Ram Lee, Dong-Guk Hwang, and Byoung-Min Jun)

요 약

본 논문은 영상에서 장면 일루미넨트와 카메라의 위치에 따라 다양한 색과 형태로 나타나는 얼굴을 찾기 위해 색 항등성과 기하학적 분석 기반 검출 기법을 제안한다. 색 항등성 기법을 적용하여 영상에서 장면 일루미넨트의 영향을 제거하고, 기하학적 분석을 통해 다양한 형태로 나타나는 얼굴의 검출한다. 제안한 기법은 색 항등성 기법이 적용된 영상에서 얼굴과 헤어 후보영역을 추출하고, 다양한 기준을 이용하여 후보 영역을 분류한다. 그리고 각 얼굴 후보 영역을 대상으로 헤어 후보 영역과의 교차 영역을 계산하여 얼굴로 판단한다. Caltech Face DB내의 영상들을 이용하여 타 기법과의 성능을 비교하였고, 유색 조명 효과가 부가된 영상들을 대상으로 장면 일루미넨트에 대한 성능을 평가하였다. 실험 결과 제안한 기법은 다양한 입력 영상에서 얼굴 검출이 가능하였고 TP와 낮은 FN 수치로 나타났다.

Abstract

In this paper, we propose a face detection method based on color constancy and geometrical analysis. With the problem about the various colors of skin under scene illuminant, a color constancy method is applied to input images and geometrical analysis is used to detect face regions. At first, the candidates of face or hair are extracted from the image that a color constancy method is applied to, and are classified by some geometrical criterions. And then, face candidates which have some intersectional regions whose total is over a certain size, with hair candidates are selected as faces. Caltech Face DB was used to compare the performance of our method. Also, performance about scene illuminant was evaluated by images which have some illumination effects. The experiment results show that the proposed face detection method was applicable to various facial images because of high true-positive and low false-negative ration.

Keywords : Face Detection, Scene Illuminant, Color Constancy, Face, Hair.

I. 서 론

얼굴은 영상에 대한 많은 정보를 포함하고 있기 때문에 얼굴 검출은 컴퓨터 및 로봇 비전 분야에서 중요한

과정으로 사용된다. 현재까지 얼굴 검출을 위한 다양한 가정과 단서가 많은 연구자들에 의해 제안되었다. 그 중에서도 피부색과 헤어색 등에 관한 정보와 눈, 코 그리고 입과 같은 얼굴 특징점들의 기하학적 정보는 많은 연구자들에게 선택된 중요한 단서들이다^[1~3].

Sun Q. B. et al.은 색과 영역의 대칭 및 기하학적인 정보를 이용하는 얼굴 검출 기법^[4]을 제안하였으며, Ming-Jung Seow et. al.은 얼굴 검출을 위하여 신경망 기반의 피부색 모델을 이용하였다. Seow는 다양한 피부색 픽셀들을 오류 역전과 알고리즘의 학습데이터로 사용하여 얼굴을 검출하였다^[5]. 또한 Souhila Guerfi et.

* 정회원, ** 평생회원-교신저자, 충북대학교 컴퓨터 공학과

(Department of Computer Engineering, ChungBuk National University)

※ 이 논문 또는 저서는 2011년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2010082501)

접수일자: 2010년11월10일, 수정완료일: 2011년3월8일

al.은 HSI 컬러 공간에서 watershed 기법을 이용하여 얼굴을 추출하는 기법^[6]을 제안하였다.

이와 같은 얼굴 특징점 기반의 연구들에서 색 정보는 얼굴 후보영역을 선택하기 위한 ROI(Region Of Interest)를 설정하기 위하여 사용되었으며, 얼굴 특징점간의 기하학적 정보는 ROI 중 실제 얼굴 영역을 검출하기 위한 기준을 만들기 위하여 사용되었다.

하지만 동일 얼굴을 측정 한 색일지라도 장면 일루미넨트(scene illuminant)에 따라 영상에서 다르게 나타나는 현상이 발생한다. 또한 장면 내에서 카메라의 위치나 피사체의 포즈에 따라서 얼굴의 형태는 다르게 나타나기 때문에 얼굴 검출을 위해 얼굴 특징점간의 기하학 및 형태학적 기준을 사용할 때, 정면을 바라보고 있는 얼굴이 아닌 경우에는 적용이 불가능하다. 위에서 언급된 두 가지 문제점은 얼굴 검출 분야의 장애요인이며, 해결되어야 할 중요한 과제이다.

본 논문에서는 여러 장면 일루미넨트 하에서 다양한 색과 형태로 나타나는 얼굴을 검출하기 위한 기법을 제안한다. 제안한 기법은 장면 일루미넨트에 영향을 받지 않는 색을 계산하기 위하여 입력 영상에 색 항등성 기법을 적용한다. 또한 다양하게 나타날 수 있는 얼굴 영역에 적용 가능한 기하학적 분석 기반의 검출 기준을 사용한다. 제안한 기법은 첫 번째로 색 항등성 기법이

적용된 영상에서 색 정보를 이용하여 얼굴과 헤어 후보 영역을 추출한다. 이후 추출된 후보 영역들의 여러 형태학적 기준을 이용해 최종 얼굴과 헤어 후보영역을 결정한다. 마지막으로 두 후보 영역간의 기하학적 관계에 따른 기준을 이용하여 얼굴 영역을 검출한다.

II. 색 항등성 기법

영상에서 나타나는 색은 장면 일루미넨트, 조명 조건, 그리고 물체 표면의 반사계수(reflectance) 등의 요소들에 의해 결정된다. 그 중에서도 장면 일루미넨트는 측정된 물체의 색을 결정하는 중요한 요소이다. 그림 1의 (a)와 (b)는 다른 장면 일루미넨트를 가지는 동일 장면에 대한 영상들을 나타내며 (e)와 (f)는 이 영상들의 색 분포를 RGB 히스토그램 상에 도시한다. 히스토그램에서 나타나는 색은 해당위치의 RGB 값으로 표현된다. 그림 1을 통해 장면 일루미넨트에 따라 히스토그램의 데이터 분포가 상이함을 확인할 수 있다.

영상 획득 장치를 통해 얻은 채널별 물체의 색 $C_i(x,y)$ 는 식 1과 같이 장면의 기하학적 요소 $G(x,y)$, 물체 표면의 반사계수 $R_i(x,y)$, 그리고 장면을 비추는 조명성분 $L_i(x,y)$ 의 곱으로 표현된다^[7].

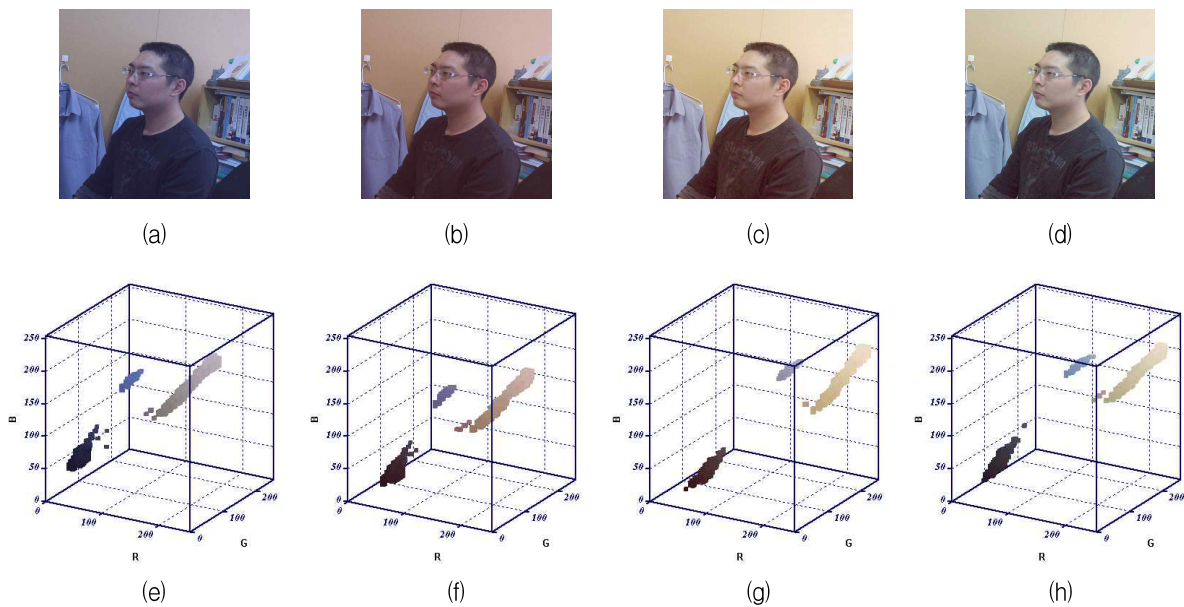


그림 1. (a),(b) 서로 다른 장면 일루미넨트에서 획득한 영상, (c),(d) Simplified Horn 기법 적용후의 영상, (e),(f),(g),(h) RGB 히스토그램 상에서의 (a),(b),(c),(d)의 분포
Fig. 1. (a),(b) Images acquired under different scene illuminants, (c),(d) Result images after Simplified Horn, (e),(f),(g),(h) distributions of (a),(b),(c),(d) on RGB histogram.

$$C_i(x,y) = G(x,y), R_i(x,y)L_i(x,y) \quad (1)$$

식 1에 따르면 동일한 물체를 다른 장면 일루미넨트 환경에서 측정했을 경우, 상이한 $L_i(x,y)$ 로 인해 물체의 색이 다르게 계산된다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 위해 영상에서 장면 일루미넨트의 영향을 받지 않는 색을 계산하는 색 항등성에 대한 많은 연구가 진행되었다. 색 항등성은 Polaroid 사의 창립자인 Edwin H. Land의 연구^[8]로부터 시작되었으며, 영상 획득 환경에 대한 다양한 가정을 기반으로 영상에서의 장면 일루미넨트 $L_i(x,y)$ 를 추정하고, 반사계수 $R_i(x,y)$ 을 계산하는 것을 목적으로 한다. 계산된 $R_i(x,y)$ 는 표준 조명(canonical illuminant)하에서 표현되는 물체의 특성이므로 장면 일루미넨트에 독립적인 물체의 고유한 색이 된다. 기존의 색 항등성 기법 중 본 논문에서는 영상 내의 $R_i(x,y)$ 를 계산하기 위하여 Simplified Horn(SH) 기법^[8]을 이용한다. SH 기법에서는 장면 일루미넨트가 장면 전체에 대해 일정하다고 가정하기 때문에 물체의 색은 장면 일루미넨트 성분 L_i 와 물체의 반사계수 $R_i(x,y)$ 의 곱으로 식 2와 같이 표현할 수 있다.

$$C_i(x,y) = R_i(x,y)L_i \quad (2)$$

곱셈 형태로 되어 있는 두 성분은 분리하기 위하여 식 2와 같이 양변에 로그 연산을 수행한다.

$$\ln(C_i(x,y)) = \ln(R_i(x,y)) + \ln(L_i) \quad (3)$$

이후 L_i 를 제거하기 위한 과정으로 우변에 정규화를 수행한다. 정규화는 영상 내 존재하는 백색 패치(white patch)를 최대값으로 간주하여 영상 내 픽셀들의 값을 보정한다. 로그화 된 조명 성분 $\ln(L_i)$ 는 영상에서 위치에 관계없이 영상 전체에 동일하게 더해지는 값이기 때문에 정규화 과정을 통해 1과 255 사이의 값으로 재설정되어 $\ln(L_i)$ 의 영향은 무시되고 $\ln(R_i(x,y))$ 만 남게 된다. 이후 지수함수를 이용하여 양변의 로그를 제거하면 반사계수 성분만이 남게 된다. 그림 1의 (c)와 (d)는 (a)와 (b)의 영상에 SH 기법을 적용한 결과이며, (g)와 (h)는 RGB 히스토그램상의 데이터의 분포를 나타낸다. 장면 일루미넨트의 영향으로 인해 다르게 나타나는 피부색의 범위는 SH 기법의 적용 후 RGB 히스토그램 공간상에서 유사하게 나타난다.

III. 기하학적 분석 기반 얼굴 검출 기법

다양한 형태와 색으로 나타나는 얼굴 영역을 검출하기 위해 제안한 기법은 장면 일루미넨트의 영향을 받지 않는 영상을 생성하는 과정으로부터 시작된다. 2장에서 설명한 Simplified Horn 기법 $Horn()$ 을 식 4와 같이 입력 영상 $I_i(x,y)$ 에 적용하여 조명 효과가 제거된 영상 $P_i(x,y)$ 를 생성한다.

$$P_i(x,y) = Horn[I_i(x,y)] \quad (4)$$

그림 2는 입력 영상 $I_i(x,y)$ 와 색 항등성 기법 적용 후의 $P_i(x,y)$ 를 보여준다. $P_i(x,y)$ 에서는 장면 일루미넨트의 영향이 감소되어 영상의 전체적인 밝기가 감소되었다. 이후 $P_i(x,y)$ 에서 피부색 픽셀과 헤어색 픽셀을 검출하는 과정이 수행된다. 일반적으로, RGB 데이터는 각 채널마다 장면 일루미넨트 성분을 포함하고 있기 때문에 물체 표면의 반사계수에 따른 고유한 색을 표현하는 것이 불가능하다. 따라서 RGB로 표현된 $P_i(x,y)$ 를 YCbCr 컬러 공간으로 변환하고, 표 1과 같은 Cb와 Cr의 범위를 이용하여 그림 2와 같이 피부색과 헤어색 픽셀을 검출한다. 표 1의 범위는 다양한 조명 환경에서 획득된 영상들에서 피부색 픽셀들을 선택해 Cb-Cr 공간에 누적 후 각 bin에 따른 확률을 계산하고, 낮은 확률을 가지는 bin을 제거하여 일정 이상의 확률을 가지는 범위를 선정하였다.

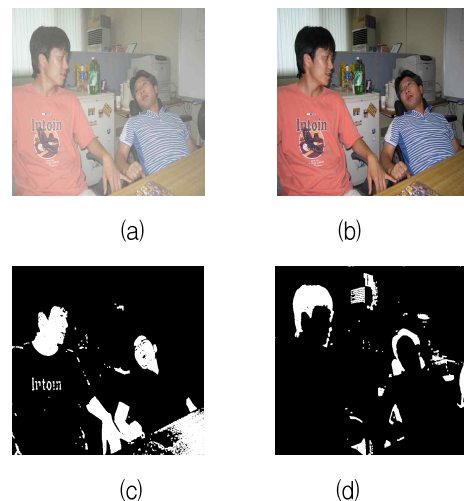


그림 2. (a) $I(x,y)$, (b) $P_i(x,y)$, (c),(d) 검출된 피부색 영역과 헤어색 영역
 Fig. 2. (a) $I(x,y)$, (b) $P_i(x,y)$, (c),(d) the detected regions with skin and hair colors.

표 1. R_S 와 R_H 검출을 위한 Cb,Cr의 범위Table 1. Range of Cb and Cr to detect R_S and R_H .

	Crominance blue(Cb)	Crominance Red(Cr)
$S(x,y)$	$100 < x < 125$	$138 < x < 160$
$H(x,y)$	$123 < x < 134$	$123 < x < 134$

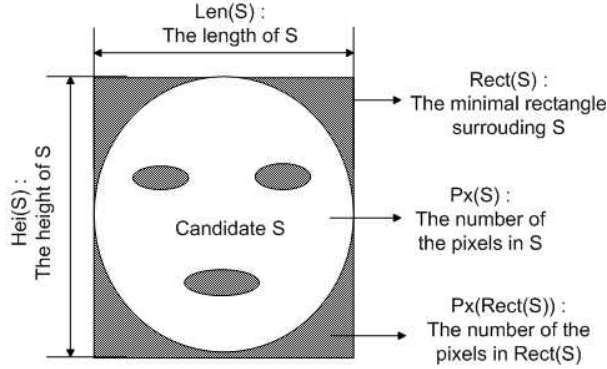


그림 3. 후보 영역 선별 기준들

Fig. 3. The criterions for candidate selection.

표 1의 범위를 통해 검출된 피부색과 헤어색 영역 중 고립되어 분포하는 작은 영역들은 헤어 및 얼굴 후보 영역으로 고려되지 않기 때문에 이러한 영역들을 제거하기 위하여 형태학적 연산 중 제거 연산(closing)을 반복 수행하는 과정이 수반된다. 일반적으로 검출된 피부색 영역에는 팔, 다리와 같은 신체부위와 피부색을 가지는 배경 영역과 같은 비 얼굴이 다수 포함되어 있기 때문에 제안한 기법에서는 이러한 영역들의 제거 기준을 세우기 위하여 그림 3과 같이 영역이 가지는 여러 형태학적 속성들을 이용한다.

이후 실제 얼굴을 검출하기 위한 얼굴 후보 영역의 집합 $F = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}$ 와 헤어 후보 영역의 집합 $H = \{h_1, h_2, \dots, h_m\}$ 를 생성한다. 두 집합의 각 원소들은 제거 연산 이후에 남아 있는 여러 피부색 및 헤어색 영역 중 본 논문에서 제안한 형태학적 기준을 모두 만족하는 영역으로 구성된다. 후보 영역 집합의 원소들이 만족해야할 첫 번째 기준은 영역을 구성하는 픽셀 개수에 대한 것으로 식 5와 같다. 임계치 T_1 은 영상의 크기에 독립적으로 적용하기 위하여 영상 크기에 따른 영역의 비율로 결정된다. 따라서 T_1 보다 적은 픽셀을 가지는 영역은 후보로 선택되지 않는다.

$$\forall f_i \in F : Px(f_i) \geq T_1 \quad (5)$$

영역의 픽셀 수에 따른 기준을 적용 하더라도 일정 이상의 크기를 가지는 비 얼굴 영역은 제거가 불가능하



그림 4. 영역의 최소 사각영역

Fig. 4. Minimal rectangle region of each area.

기 때문에 이를 F 의 모든 원소는 영역의 높이와 길이의 비율을 고려한 식 6의 기준을 만족해야 한다.

$$\forall f_i \in F : \quad (6)$$

$$\max \{Len(f_i), Hei(f_i)\} / \min \{Len(f_i), Hei(f_i)\} \geq T_2$$

일반적으로 영상에서 나타나는 얼굴의 형태는 대부분 타원형으로 나타나기 때문에 영역의 높이와 길이 중 큰 값과 작은 값의 비를 계산하여 임계치 T_2 이하이면 한쪽으로 치우친 형태로 판단하여 해당 영역은 후보 영역에 포함시키지 않는다.

$$\forall f_i \in F : Px(Rect(f_i)) / Px(f_i) \leq T_3 \quad (7)$$

마지막 기준은 식 7과 같이 영역내의 픽셀수와 해당 영역을 포함하는 최소 사각영역이 가지는 픽셀 수의 비율이다. 이러한 기준을 사용하는 이유는 앞의 두 기준에 부합하는 영역 즉, 전체적으로는 타원형인 영역 일지라도 영역의 내부가 충분하지 않은 경우와 그림 4의 마지막 영상처럼 비 얼굴 영역이 존재할 수 있기 때문이다. 따라서 계산된 비율이 임계치 T_3 보다 작은 영역은 후보 영역에 포함시키지 않는다.

영상에서 헤어 영역은 피사체나 포즈에 따라 다른 형태로 나타나기 때문에 형태에 관한 기준은 사용하지 않는다. 하지만 Cb,Cr의 범위를 이용해 검출된 헤어색 영역들 중에서 임계치 T_4 이상의 크기를 가지는 영역들만을 후보 영역 집합 H 으로 선택한다.

$$\forall h_i \in H : Px(h_i) \geq T_4 \quad (8)$$

이후 얼굴 후보 영역 집합 F 를 대상으로 H 와의 교차영역을 식 9와 같이 계산하고, 얼굴 영역으로 판단된 영역들을 집합 F_{face} 으로 구성한다.

$$F_{face} = \quad (9)$$

$$\{f_i \in F \mid \sum_{j=i}^m Px(Rect(f_i) \cap Rect(h_j)) \geq T_5\}$$

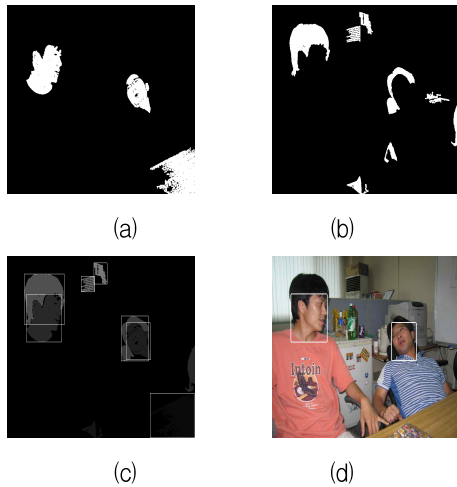


그림 5. (a) F . (b) H . (c) F 와 H 의 교차영역. (d) F_{face} .
 Fig. 5. (a) F . (b) H . (c) intersectional area between F and H . (d) F_{face} .

식 9는 F 에 포함되는 각 f_i 에 대한 최소 사각영역과 H 내의 모든 h_i 에 대한 최소 사각 영역을 대상으로 교차 영역을 계산하고 임계치 T_5 보다 많이 교차영역을 가지는 영역을 F_{face} 에 포함시킨다. 그림 5에는 얼굴과 헤어 후보 영역 집합인 F, H , 이 영역들 간의 교차영역, 그리고 최종적으로 검출된 얼굴영역 F_{face} 를 보여준다.

IV. 실험 및 성능 평가

본 논문에서는 성능평가를 위하여 세 가지 영상 set을 생성하였다. set 1과 3은 장면 일루미넨트의 밝기에 따른 성능을 평가하기 위하여 각각 밝은 장면 일루미넨트와 어두운 장면 일루미넨트의 영상들로 구성된다. set 2는 장면 일루미넨트의 색에 따른 성능을 평가하기 위하여 다양한 색 장면 일루미넨트의 영향을 받는 영상들로 구성된다. 실험 영상에는 정면 얼굴뿐만 아니라 옆얼굴이나 기울어진 얼굴들이 다수 포함되었으며 성능평가의 정확성을 위하여 각 set에는 50개 이상의 얼굴이 포함되었다. 제안한 얼굴 검출 기법의 과정별 임계값은 표 3과 같다. 본 논문의 성능 평가 요소로 표 2과

표 2. 성능 평가 요소

Table 2. Factors of performance evaluation.

평가 요소	대상 영역	검출 여부
TP(True Positive)	얼굴	검출
TN(True Negative)	비얼굴	검출
FP(False Positive)	얼굴	비검출

표 3. 제안한 기법의 수행을 위한 임계치

Table 3. Threshold values for proposed Method.

	타입	값
T_1	얼굴 후보 영역의 픽셀 수/ 영상의 크기	0.05
T_2	영역의 가로/세로 비율	0.35
T_3	영역의 픽셀 수/최소 사각형의 픽셀 수	0.3
T_4	헤어 후보 영역의 픽셀 수/ 영상의 크기	0.03
T_5	영역에 포함되는 교차영역 비율	0.1

표 4. 제안한 기법의 성능

Table 4. A performance for proposed algorithm.

평가 요소	Set 1	Set 2	Set 3
TP(%)	94%	92%	45%
TN(%)	4%	7%	22%
FP(%)	6%	8%	55%

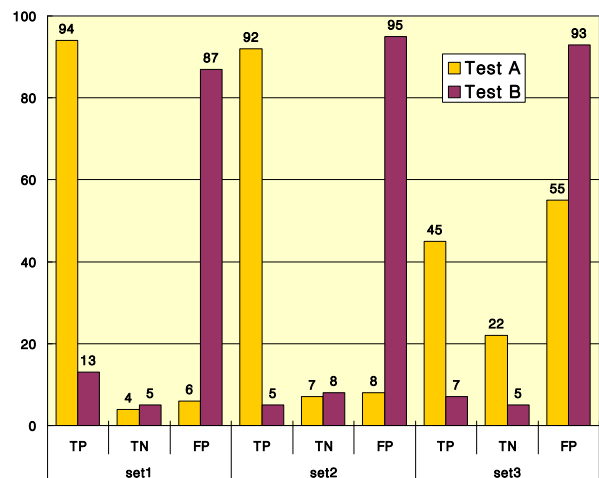


그림 6. 제안한 기법의 Set별 성능

Fig. 6. Performance of each image set.

같은 얼굴의 유무와 검출 결과에 기반한 TP와 TN, 그리고 FP를 사용한다.

각 set에 대한 제안한 기법의 성능이 그림 6의 Test A에, 결과 영상 중 일부가 그림 7에 나타난다. Set 1의 영상들은 밝은 장면 일루미넨트로 인해 대부분의 픽셀이 큰 RGB 값을 가지는 반면에, Set 2의 영상들은 피부 픽셀이 다양한 장면 일루미넨트로 인해 각각 상이한 RGB 값으로 나타나는 특성을 가진다. 이러한 장면 일루미넨트의 영향은 색 항등성 기법을 적용하여 감소시킬 수 있어 대부분의 영상에서 얼굴 검출이 가능하였다.

Set 3을 대상으로 한 실험 결과는 Set 1과 2 보다 낮은 TP를 보였다. Set 3의 영상안의 피부색 영역은 대부분 낮은 RGB 값을 가지기 때문에 정규화를 거치면 원 영상에 비해 상대적으로 크게 나타나는 픽셀이 생성되어 표 1의 범위를 이용하여 얼굴 후보영역을 결정할 수

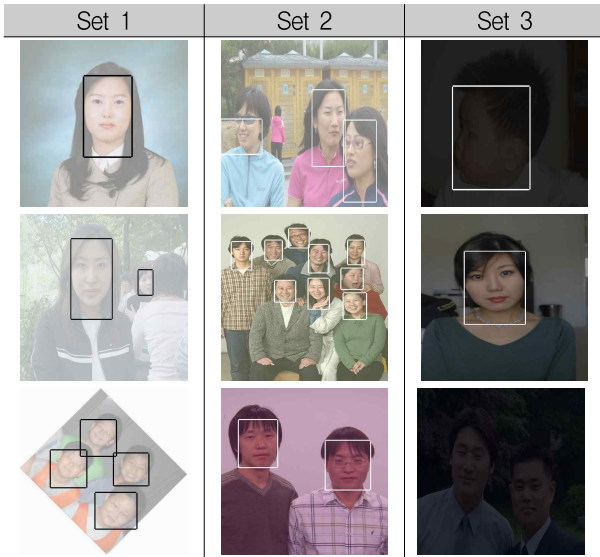


그림 7. 실험 Set별 결과의 일부
Fig. 7. Some examples of result for test image set.

없게 만들기 때문이다.

색 항등성 기법의 적용이 얼굴 검출에 미치는 영향을 분석하기 위하여 색 항등성을 고려하지 않은 우리의 이전 연구^[9]의 성능을 본 논문에서 사용한 실험 영상을 기반으로 계산하여 Test B에 도시하였다. 실험 결과 색 항등성 기법의 부재로 인해 다양하게 나타나는 얼굴색을 색 공간에서 일정 범위로 한정할 수 없었고, 얼굴 후보영역의 결정이 불가능하기 때문에 낮은 TP와 높은 FP를 나타냈다. Test A와 B를 통해 색 항등성 기법의 적용은 유색 일루미넨트 환경에서 얼굴 검출의 효율을 높일 수 있음을 보인다.

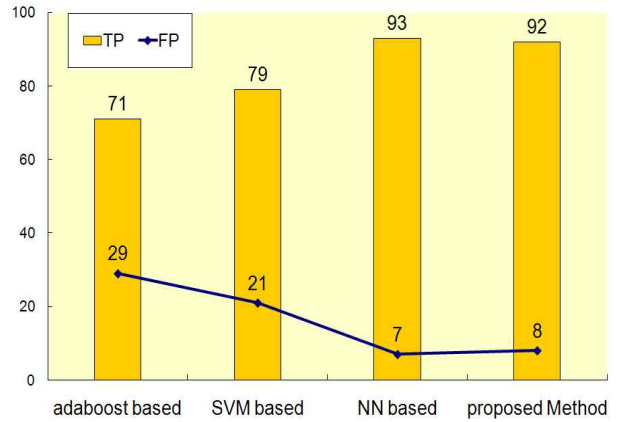


그림 9. Caltech Database를 이용한 성능 비교
Fig. 9. Performance comparison in Caltech Database.

본 논문에서는 제안한 기법의 성능 비교를 위하여 Caltech Face Database를 이용하였다. DB내의 영상중 제안한 기법의 가정에 부합되지 않는 영상을 제외한 193개의 영상을 선정하여 실험에 사용하였다. 제외된 영상들에는 헤어 영역이 거의 존재하지 않는 영상과 실제 얼굴이 아닌 그림으로 표현되어 색 정보를 이용해 후보영역을 검출할 수 없는 영상 등이 포함되었다.

그림 8에 결과 영상 중 일부가 나타나 있다. 그림 9는 Caltech Face Database를 이용하여 성능평가를 수행한 결과를 보여준다. 제안한 기법은 Haar-Like feature 기반의 adaboost 및 SVM을 이용한 얼굴 기법^[10]과 Neural Network 기반의 기법^[11]을 통해 성능을 비교하였다. 실험 결과에서 제안한 기법은 adaboost와 SVM 기법보다 높은 TP와 낮은 FP를 나타냈고 Neural

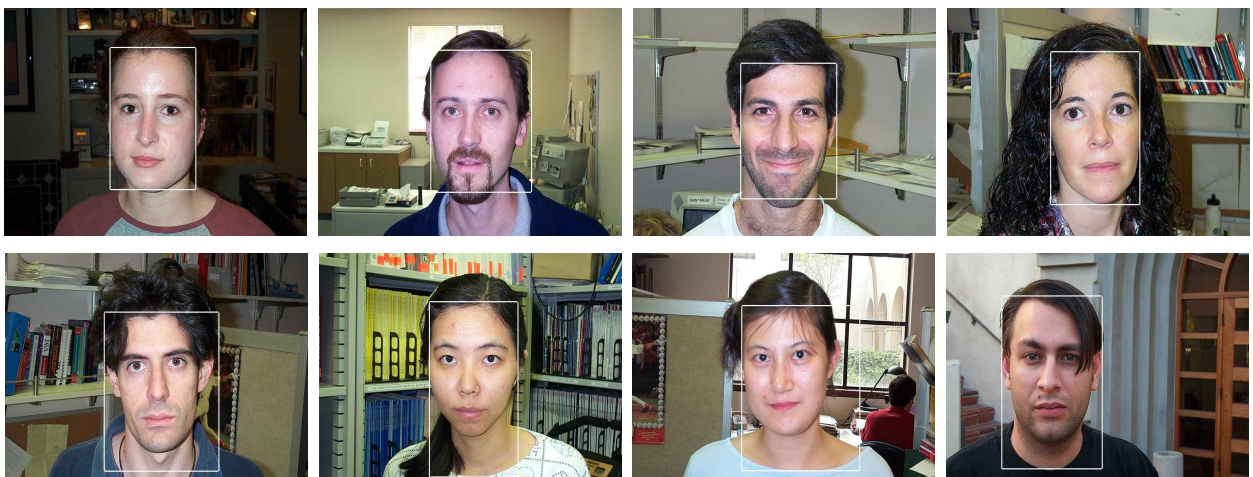


그림 8. Caltech Face Database에 대한 결과 중 일부
Fig. 8. Some examples of the results for Caltech Face Database.



그림 10. 얼굴을 검출하지 못한 영상들 중 일부
 Fig. 10. Some examples of result images in which the proposed method can't find faces.

Network 기반의 기법과 비슷한 수치를 나타냈다.

하지만 장면이 거울 반사(mirror reflection)나 그림 10의 상부에 나타난 하이라이트를 비롯한 비균일한 조명의 영향을 받는 경우에는 제안한 기법에서 얼굴 검출이 불가능한 경우가 발생했다. 이는 조명의 영향이 국부적으로 다른 경우에 채널별 데이터를 정규화 하는 방법으로는 위치별로 다르게 분포하는 L_i 를 제거할 수 없기 때문이다. 또한 그림 10의 하부의 영상들처럼 헤어 영역이 존재하지 않는 얼굴이 포함된 영상은 얼굴과의 교차 영역을 계산할 수 없고, 본 논문의 가정과 부합되지 않기 때문에 얼굴 검출이 불가능하다. 또한, 제안한 기법은 얼굴 특징점에 대한 분석을 수행 하지 않기 때문에 얼굴과 연결된 피부색 영역이 얼굴 영역의 일부로 검출되는 현상이 발생했다.

V. 결 론

본 논문에서는 색 항등성 기법과 기하학적 분석에 기반한 교차영역 정보를 이용하여 유색 장면 일루미넨트 환경에서 다양한 형태로 표현되는 얼굴을 검출하는 기법을 제안하였다. 장면 일루미넨트의 영향을 제거하기 위하여 Simplified Horn 기법을 적용하였고, 후보 영역들을 선정하기 위하여 여러 기준을 제안하였으며, 후보 영역간의 교차 영역을 이용하여 얼굴을 검출하였다. 실험 결과 다양한 얼굴을 포함한 실험 영상을 대상으로 제안한 기법은 높은 TP와 낮은 FP를 나타냈으며, 이전 연구와의 비교를 통해 색 항등성 기법이 장면 일루미넨트의 영향을 받은 영상들을 대상으로 얼굴 검출의 성능을 향상시킬 수 있음을 보였다.

얼굴 검출 결과에 포함된 피부색을 비얼굴 영역을 제거에 관한 향후 연구를 통해 얼굴 검출의 정확성 향상을 기대할 수 있다. 또한 비균일 조명 환경에서 색 항등성의 적용에 관한 향후 연구를 통하여 제안한 기법을 좀 더 폭넓은 범위의 영상에 적용할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] Delong P., Polikarpov B. and Krumnikl M., "Face Detection by DSP Using Directly Connected Camera," *Radioelektronika* 2007, pp. 1-3, Apr. 2007.
- [2] Berbar M. A., Kelash H. M. and Kandeel A. A., "Faces and Facial Features Detection in Color Images," *Geometric Modeling and Imaging--New Trends* 2006, pp. 209-214, Jul. 2006
- [3] Hadid A., Heikkila J. Y., Silven O. and Pietikainen M., "Face and Eye Detection for Person Authentication in Mobile Phones," *Distributed Smart Cameras* 2007, pp. 101-108, Sept. 2007.
- [4] Sun Q. B., Huang, W. M. and Wu, J. K., "Face detection based on color and local symmetry information," *Proceedings of the 3rd. International Conference on Face & Gesture Recognition*. pp. 130 - 135, Apr. 1998.
- [5] Ming-Jung Seow, Valaparla, D. and Asari, V. K., "Neural network based skin color model for face detection," *Applied Imagery Pattern Recognition Workshop*, Vol. 32, pp. 141 - 145, Oct. 2003.
- [6] Guerfi S., Gambotto J. P. and Lelandais S., "Implementation of the watershed method in the HSI color space for the face extraction," *Advanced Video and Signal Based Surveillance* 2005, pp. 282 - 286, Sept. 2005.
- [7] Marc Ebner, *Color Constancy*, Wiley, 2007.
- [8] Edwin H. Land and John J. McCann, "Lightness and Retinex Theory," *Journal of the Optical Society of America*, Vol. 61, Num. 1, pp. 1-11, Jan. 1971.
- [9] 이우람, 황동국, 이상주, 최동진, 박희정, 전병민, "헤어와 얼굴의 특징을 이용한 얼굴 검출," *한국콘텐츠학회논문지* 5권 2호, pp. 199 - 205, 2005.
- [10] Cuong Nguyen Khac, Ju H. Park, and Ho Youl Jung, "Face Detection using Variance based Haar-Like feature and SVM," *World Academy of Science, Engineering and Technology(WASET)* 60, pp 165 - 168, 2005.
- [11] Parham Aarabi, Jerry Chi Ling Lam and Arezou Keshavarz, "Face Detection using information fusion," *10th International Conference on Digital Object Identifier*, pp 1 - 8, 2007.

— 저 자 소 개 —



이 우 람(정회원)

2003년 충북대학교 컴퓨터공학과
학사

2005년 충북대학교 컴퓨터공학과
석사

2006년~현재 충북대학교 컴퓨터
공학과 박사과정

<주관심분야 : 컴퓨터 비전, 영상처리, 색 항등성,
얼굴 검출>



황 동 국(정회원)

1998년 충북대학교 컴퓨터공학과
학사

2000년 충북대학교 컴퓨터공학과
석사

2010년 충북대학교 컴퓨터공학과
박사

<주관심분야 : 컴퓨터 비전, 영상처리, 시각 시스
템, 객체 인식>



전 병 민(평생회원)-교신저자

1976년 한국항공대학교 전자공학
과 학사

1979년 연세대학교 전자공학과
석사

1988년 연세대학교 전자공학과
박사

1986년~현재 충북대학교 컴퓨터공학과 교수

1997년~현재 컴퓨터정보통신연구소 연구원

<주관심분야 : 디지털 신호처리, 영상처리, 컴퓨
터 비전>