

# 눈 주변영역의 명암분포를 이용한 얼굴탐지

황 대 동<sup>\*</sup> · 박 주 철<sup>\*\*</sup> · 김 계 영<sup>\*\*\*</sup>

## 요 약

본 논문에서는 눈 주변의 명암분포를 사용하여 영상에 존재하는 얼굴을 탐지하는 새로운 기술을 개발한다. 제안하는 얼굴탐지의 기본적인 절차는 얼굴구성요소 후보 추출, 눈과 입의 형태정보를 이용한 얼굴구성요소 후보 필터링, 눈 후보 주변영역의 에지와 명암분포를 인공신경망에 적용하여 좌/우안 분류, 눈-입 조합을 통한 얼굴후보 추출, 코 영역 에지의 존재 유무를 이용한 얼굴 검증 순이다. 본 논문에서 제안하는 방식은 눈의 주변영역 정보를 인공신경망에 적용하여 좌/우안 정보를 산출하여 얼굴을 탐지하는 것에 중점을 두고 있다. 이 방법은 피부색상을 이용하지 않으므로 다양한 조명환경과 복잡한 배경을 가지는 영상들에 존재하는 얼굴을 탐지할 수 있다. 탐지를 관점에서 기존의 주요 방법들보다 우수함을 실험을 통하여 보인다.

키워드 : 얼굴탐지, 얼굴구성요소

## Face Detection using Brightness Distribution in the Surrounding Area of Eye

Dae-Dong Hwang<sup>\*</sup> · Joo-Chul Park<sup>\*\*</sup> · Gye-Young Kim<sup>\*\*\*</sup>

## ABSTRACT

This paper develops a novel technique of face detection using brightness distribution in the surrounding area of eye. The proposed face detection consists of facial component candidate extraction, facial component candidate filtering through eye-lip combination, left/right eye classification using brightness distribution, face verification confirming edges in nose region. Because the proposed technique don't use any skin color, it can detect multiple faces in color images with complicated backgrounds and different illumination levels. The experimental results reveal that the proposed technique is better than the traditional techniques in terms of detection ratio.

Keywords : Face Detection, Face Component

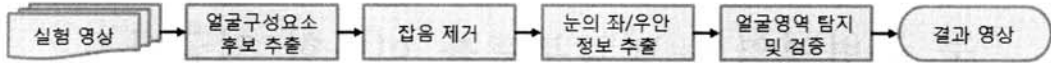
### 1. 서 론

영상에서 사람의 정보는 보안, 통계, 군사, 의료 등 수많은 분야에서 널리 사용되고 있다. 그중에서도 특히 사람의 얼굴은 영상에서 검출할 수 있는 여러 개 검출할 수 있는 여러 개체에서 사람을 탐지하고 검증하는 가장 강력하고 정확한 정보이다. 손과 발의 개수를 보고 단지 몇 명의 사람이 있다고 추측만 할 뿐, 정확한 인원을 알 수 없으며, 그밖에 인체의 다른 부분은 의복을 입기 때문에 특징이 천차만 별이고 팔, 다리 등의 움직이는 형태가 일정하지 않아 쉽게

추출할 수 없다. 하지만 얼굴은 마스크, 안경 등 몇몇 경우를 제한하면, 인식에 큰 영향을 미치는 물체가 없기 때문에 다른 신체부위와는 달리 특징이 쉽게 변하지 않는다. 그리고 신체에 유일하게 하나만 존재하며, 크기 및 형태도 비교적 일정하기 때문에 영상에서 사람의 위치, 인원 수 등의 정보를 얻어야 하는 방법과 추적, 인식 등의 전처리를 위해 얼굴탐지 기술을 응용할 수 있다.

현재까지 연구된 얼굴탐지 기술은 여러 가지 방법이 있으며 그중에서 Kawaguchi와 Rizon[1]은 영상의 명암도와 에지를 이용한 방법을 제안하였고, Song과 Liu[2]도 에지를 이용하여 얼굴탐지를 시도하였다. Brunelli와 Poggio[3]은 템플릿 매칭을 통하여 얼굴을 탐지하는 방법을 제안하였다. 하지만 이 방법들은 영상의 해상도, 대비, 밝기에 영향을 많이 받는다는 단점을 가지고 있다. Pentland[4]는 고유영역을 이용하여 탐지하는 방법을 제안하였으며, Viola와 Jones[5], Fröba와 Ernst[6]는 AdaBoost를 이용한 얼굴탐지 방법을

\* 이 논문은 2006년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구(KRF-2006-005-J03801)임.  
† 준 회 원 : 숭실대학교 컴퓨터학과 석사과정  
\*\* 준 회 원 : 배화여자대학교 컴퓨터정보과 겸임교수  
\*\*\* 종 신 회 원 : 숭실대학교 컴퓨터학과 부교수  
논문접수: 2009년 2월 4일  
수 정 일: 1차 2009년 7월 27일  
심사완료: 2009년 7월 28일



(그림 1) 시스템 절차도

제안하였다. 이 방법은 학습을 통한 탐지방식으로 패닝이나 스윙된 얼굴영상의 탐지에 적용하기 어렵다. 특히 AdaBoost를 이용한 방법은 빠른 속도와 높은 탐지율을 보여주지만, 명암값을 Haar-like 특징으로 추출하기 때문에 얼굴과 유사한 그림자, 무늬, 주름 등에서도 얼굴이라고 탐지되는 경우가 많이 발생한다는 단점이 있다.

Hsu와 Abdel-Mottaleb[7]은 얼굴구성요소인 눈과 입을 이용한 얼굴탐지 방법을 제안하였다. 이 방법은 눈과 입의 색차성분과 휘도성분을 이용하여 눈 후보와 입 후보를 검출한 후 후보들의 조합을 통해 얼굴을 탐지하는 방법으로 좌우, 상하로 회전된 얼굴에서 강건한 탐지결과를 보인다. 하지만 배경, 모발의 일부 등 얼굴구성요소가 아닌 특징들도 구성요소 후보로 검출되는 경우가 많이 발생하며, 오검출된 구성요소가 많을수록 연산속도가 상당히 느리진다는 단점이 있다. 따라서 Hsu는 피부색을 추출하여 얼굴영역을 지정한 후, 얼굴영역 내부의 구성요소만을 조합하는 방법으로 필요 없는 얼굴구성요소 후보들을 제거하였다. 피부색이 정확히 표현, 분류되어 피부영역이 강건하게 추출된다면 피부영역을 이용한 얼굴탐지는 매우 효과적인 방법이다. 하지만 현재까지 제안된 피부 검출기로는 인종별, 개인별 피부색의 차이, 조명의 색, 피부색과 유사한 색상의 배경, 색조 화장 및 분장, 광학기에 의한 색 왜곡 등 다양한 인자들에 민감하므로 좋은 피부영역 추출 결과를 얻기가 어렵다. 때문에 피부영역이 잘 검출되지 않는 영상에 적용하기 힘들다는 단점이 있다. 따라서 피부영역으로 잡음을 제거하는 방법의 문제점을 해결하기 위해 새로운 잡음 제거 방법과 이를 이용한 얼굴탐지 방법을 제안한다.

사람의 얼굴에는 두 개의 눈과 하나의 입이 존재한다. 얼굴구성요소를 이용한 얼굴탐지 방법은 두 눈과 하나의 입을 구조적으로 연결해 보고, 해당 구조가 얼굴의 구조와 일치하면 얼굴로 판단하는 방법이다. 구조적으로 연결하는 과정에서 눈, 입이 아닌 잡음이 연결되는 경우가 발생하며, 영상에 사람이 두 명 이상 존재할 경우 서로 다른 사람의 눈이 연결되는 경우도 발생한다. 이는 오검출율과 연산속도가 증가하는 문제로 이어지기 때문에 기존에는 얼굴영역을 산출하고 해당영역 안에 존재하는 눈과 입 후보만을 연결하는 방법을 사용하였다. 하지만 본 논문에서는 눈 주변의 명암 정보를 이용하여 해당 눈이 좌안인지 우안인지 파악하고 좌안은 우안과, 우안은 좌안과 연결하는 방법을 사용하여 얼굴영역을 산출하지 않아도 구조적으로 연결하는 과정이 빠르고 보다 정확하게 진행될 수 있도록 한다. 또한 눈 후보가 얼굴영역 안에 한정되지 않기 때문에 눈 후보의 형태정보를 이용하여 잡음을 제거하는 방법과 구조적으로 연결하는 과정을 개선하여 얼굴을 강건하게 탐지하는 방법을 제안한다.

본 논문은 전체 6장으로 구성되어 있다. 1장에서는 연구

배경 및 목적, 관련된 연구와 제안하는 방법에 대해 간략히 설명하고, 2장에서는 Hsu[7]가 제안한 EyeMap과 LipMap을 이용하여 얼굴구성요소를 추출하는 방법을 설명한다. 3장에서는 얼굴구성요소에서 잡음을 제거하는 방법에 대해 설명한다. 4장에서는 눈 후보 주변영역의 명암값을 이용하여 눈의 좌/우안 정보를 산출하는 방법에 대해 설명한다. 5장에서는 추출한 얼굴구성요소 후보를 좌/우안 정보를 사용하여 구조적으로 얼굴과 일치하는지 판단하는 검증과정에 대해 설명한다. 6장에서는 제안한 방법과 기존의 방법을 동일한 조건에서 각각 실험하여 우수성과 문제점에 대해 살펴보고, 마지막으로 7장에서는 실험을 토대로 연구에 대한 결론을 내리고 향후 연구방법에 대한 제시를 한다.

## 2. 얼굴구성요소 후보 추출

본 논문에서 사용하는 얼굴구성요소 후보로는 눈과 입, 코가 있으며 이 중 입과 눈을 기준으로 얼굴을 탐지하고 코를 이용하여 최종적으로 검증한다. 입과 눈을 검출하는 방법으로는 Hsu와 Abdel -Mottaleb[7]가 개발한 LipMap과 EyeMap을 사용한다. 입 후보 추출에 사용되는 LipMap은 YCbCr 색상 공간에서 추출한다. 이 방법은 입 영역에 속하는 화소들이 다른 영역에 비하여 Cr값이 높고, Cb값이 낮으며,  $(C_r/C_b)$  특징에 대해서는 낮은 반응을 나타내지만,  $C_r^2$  특징에 대해서는 높은 반응을 나타내는 관찰로 만들어 진다.

$$LipMap = C_r^2 \cdot (C_r^2 - \eta \cdot C_r / C_b)^2 \quad (1)$$

식 (1)은 LipMap을 추출하는 식이다.  $C_r^2$ 과  $(C_r / C_b)$ 는 모두 [0,255] 사이로 정규화 한다.  $\eta$ 는 얼굴영역에 속하는 화소들의  $C_r^2$ 과  $(C_r / C_b)$  평균의 비율이지만, 본 논문에서는 피부 색상을 사용하지 않으므로 학습을 통하여 미리 설정된 값  $\eta = 15665$ 를 사용한다.

EyeMap은 명암값의 대비를 이용한 EyeMapL과 색상값을 이용한 EyeMapC로 이루어져 있으며 LipMap과 마찬가지로 모두 YCbCr 색상 공간에서 산출한다.

$$EyeMapL = \frac{Y(x,y) \oplus g_\sigma(x,y)}{Y(x,y) \ominus g_\sigma(x,y) + 1} \quad (2)$$

식 (2)는 눈 영역의 휘도성분을 이용하여 EyeMapL을 추출하는 식이다.  $\oplus$ 와  $\ominus$ 는 각각 팽창과 침식 연산을 의미한다. 눈 영역에 속하는 화소들은 어두운 화소와 밝은 화소를 모두 포함하므로 영상의 명암값  $g$ 에 팽창과 침식을 적용하

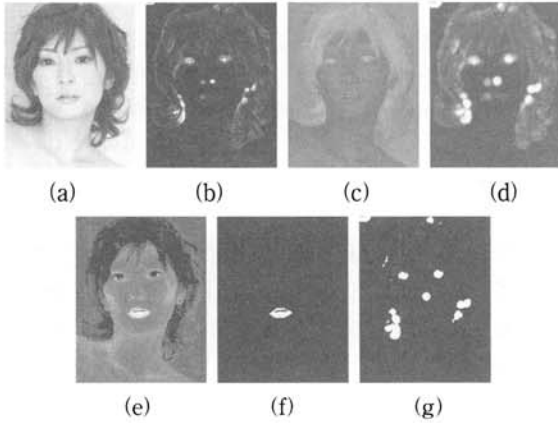
여 명암대비를 추출한다.

$$EyeMapC = \frac{1}{3} \{ (C_b^2) + (\tilde{C}_r)^2 + (C_b/C_r) \} \quad (3)$$

식 (3)은 색차정보를 이용하여 EyeMapC를 추출하는 식이다.  $C_b^2$ 과  $(\tilde{C}_r)^2$ ,  $(C_b/C_r)$  모두 [0,255] 사이로 정규화한다.  $C_b$ 와  $C_r$ 은 각각 YCbCr 공간의 Cb와 Cr값이며,  $\tilde{C}_r$ 은 역변환된 Cr 값(i.e.,  $255 - C_r$ )이다. 일반적으로 눈 주변의 화소들은 Cb값 높고, Cr값이 낮다는 관찰에 근거한 방식이다. 추출된 두 값을 식 (4)에 대입하여 Eye Map을 산출한다.

$$EyeMap = (EyeMapL) AND (EyeMapC) \quad (4)$$

구해진 EyeMap과 LipMap에 이진화를 수행한 후 레이블링 하여 얼굴구성요소 후보영역을 각각 개체로 만들어 얼굴탐지에 사용한다.



(그림 2) (a)원본영상, (b)EyeMapL, (c)EyeMapC, (d)EyeMap, (e)LipMap, (f)이진화한 LipMap, (g)이진화한 EyeMap

### 3. 얼굴구성요소 후보의 구조적 특징을 이용한 잡음제거

산출한 얼굴구성요소 후보에는 잡음이 상당수 포함되어 있다. 기존의 방법은 후보가 피부영역 안에 속해있지 않으면 제거하는 방법을 사용하여 문제를 해결하였다. 하지만 본 논문에서는 피부영역을 추출하지 않기 때문에 크기와 밀집도, 신장도를 이용하여 잡음을 제거하는 방법을 제안한다. 잡음을 제거하기 위해서는 얼굴구성요소 후보의 크기와 각도와 같은 정보가 요구된다. 얼굴구성요소 후보의 기울기는 식 (5)를 이용하여 산출한다.

$$\theta = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left[ \frac{2\mu_{1,1}}{\mu_{2,0} - \mu_{0,2}} \right] \quad (5)$$

$$\mu_{p,q} = \sum_{(x,y) \in R} (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q$$

$$x' = x \cos \theta + y \sin \theta, \quad y' = -x \sin \theta + y \cos \theta \quad (6)$$

식 (5)에서  $(\bar{x}, \bar{y})$ 은 영역의 무게중심이다. 산출된 후보영역의 기울기에, 식 (6)을 적용하여 최소한계사각형을 산출한다. 최종적으로 추출되는 후보영역의 정보는 최소한계사각형의 꼭지점( $B_{sx}$ ,  $B_{sy}$ ,  $B_{cx}$ ,  $B_{cy}$ )과 기울기( $\theta$ ), 물체의 화소 수( $N_{op}$ )이다. 추출한 정보를 [규칙 1]에 적용하여 얼굴구성요소로 사용하기에 적합하지 않은 후보를 제거한다.

[규칙 1] 잡음후보 제거를 위한 규칙

a. 영역의 크기( $R_{size}$ )

$|B_{cx} - B_{sx}| \times |B_{cy} - B_{sy}|$ , 설정된 임계값 이내

b. 영역의 밀집도

$(N_{op} / R_{size})$ , 학습된 임계값 이상

c. 영역의 신장도

$(L_{min} / L_{max})$ , 학습된 임계값 이내

$$\begin{aligned} IF & \quad |B_{cx} - B_{sx}| < |B_{cy} - B_{sy}|, \\ THEN & \quad L_{min} = |B_{cx} - B_{sx}|, \quad L_{max} = |B_{cy} - B_{sy}|, \\ ELSE & \quad L_{min} = |B_{cy} - B_{sy}|, \quad L_{max} = |B_{cx} - B_{sx}| \end{aligned}$$

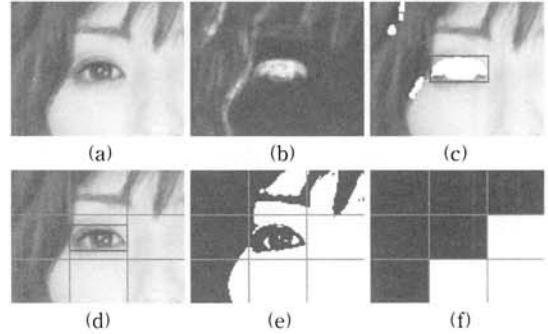
[규칙 1-a]는 후보영역의 크기를 이용하여 잡음여부를 판단하는 과정이다. 일반적으로 눈과 입의 최소한계사각형 크기는 얼굴 전체영역 넓이의 1/10 보다 작다. 이는 얼굴이 영상 전체를 이루고 있는 영상일지라도 눈과 입의 크기는 영상 전체 넓이의 1/10 보다 작다는 의미로 해석할 수 있으며, 따라서 임계범위를 설정한 후 해당 크기보다 크면 제거한다. 본 논문에서는 임계값을 영상크기의 1/10로 하였으며, 해당 임계값은 영상의 종류, 사용하는 목적 등에 따라 변경될 수 있다.

[규칙 1-b]는 후보영역의 밀집도를 이용하여 잡음여부를 판단하는 과정이다. 눈을 찾는데 사용하는 EyeMap의 경우 휘도성분을 이용하기 때문에 얼굴 윤곽이나 배경영역에서 내부가 비어있는 도넛 형태의 후보가 발생하는 경우가 생긴다. 눈에서는 이러한 경우가 발생하지 않기 때문에 후보를 이루는 화소의 개수를 최소한계사각형 넓이로 나눈 값이 임계범위보다 작은 경우 후보에서 제외한다. 본 논문에서는 해당 임계값을 0.4로 사용하였으며, 이는 얼굴구성요소 150개와 잡음 50개를 이용하여 측정한 값에 근거하였다.

[규칙 1-c]는 후보영역의 신장도를 이용하여 잡음여부를 판단하는 과정이다. 눈과 입은 개인차가 존재하지만 장축과 단축이 비교적 일정하다는 특징을 가지고 있다. 이러한 특징은 단축을 장축으로 나누어 장축과 단축의 비율을 파악하는 방법으로 추출할 수 있다. 장축이 단축에 비해 월등히 크거나, 단축이 장축에 비해 월등하게 작은 경우는 후보에서 제외한다. 본 논문에서는 눈의 신장도 임계값을 0.24와 0.71 사이, 입의 신장도 임계값을 0.19와 1.00 사이로 하였다. 이는 눈 100개와 입 50개를 이용하여 측정한 값에 근거하였다.

### 3. 눈 주변영역의 명암값을 이용한 좌/우안 분류

검출한 얼굴구성요소 후보를 이용하여 얼굴을 탐지하기 위해서는, 얼굴의 구조적 특징과 일치하는지 확인하기 위해 구성요소 후보들을 상호 연결하여 실제 얼굴의 눈과 입을 연결하였을 때 생성되는 삼각형과 유사한지 판단한다. 이때 눈의 후보가  $n$ 개 있다면 눈의 후보를 연결하여 삼각형 구조 정보를 추출하는데  $n(n-1)/2$ 의 연산이 필요하다. Eye Map의 특성상 잡음제거 후에도 눈 후보영역은 상당수 존재할 수 있으며, 이 개수가 많을수록 처리시간은 기하급수적으로 증가하게 된다. 때문에 Hsu는 피부색을 이용하여 얼굴 범위를 미리 설정한 후 검출하는 방식을 제안하였지만 본 논문에서는 피부색을 이용하지 않기 때문에 눈의 위치가 얼굴의 좌측인지, 우측인지 파악하여 연산량을 줄이는 방법을 사용하였다. 좌/우안 정보를 통해 눈의 위치를 알 수 있다면, 눈 후보영역들을 연결할 때, 모든 후보들을 연결할 필요 없이, 좌측 눈은 우측 눈, 우측 눈은 좌측 눈과 연결하면 연산량이 줄어들고, 보다 정확한 결과를 얻을 수 있다. 따라서 본 논문에서는 눈 주변영역의 명암으로 모발과 눈썹 및 배경 영역을 검출하여 눈의 위치를 알 수 있는 좌/우안 정보를 산출하는 방법을 제안한다. 좌/우안 정보를 산출하기 위해서는 각 눈 영역 후보의 무게 중심과 추출된 최소한계 사각형의 기울기를 기준으로 식 (7)을 적용하여 가로는 장축의 3배, 세로는 단축의 4.5배 크기의 눈 주변영역을 추출한다. 추출한 주변영역을 (그림 3)(d)와 같이  $3 \times 3$ 으로 9등분 하고, (그림 3)(e)처럼 눈 영역 후보를 포함한 확장 영역 화소값의 명암 평균  $\sum_{i=1}^n \frac{g_i}{n}$ 을 임계값으로 사용하여 이진화 한다.

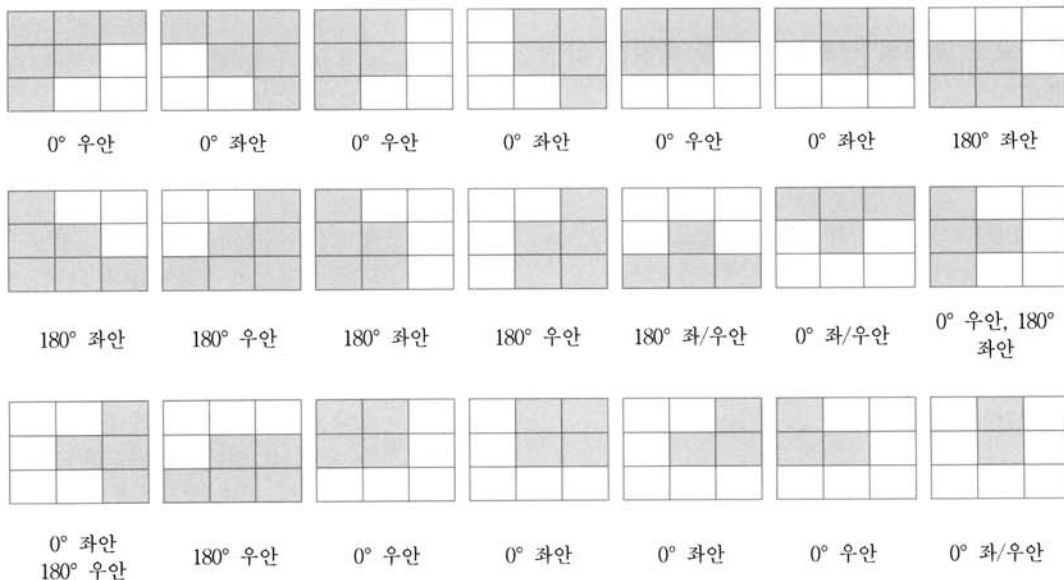


(그림 3) (a)원본 영상, (b)EyeMap 영상, (c)영상(b)를 (a)에 대입한 영상, (d)9등분한 눈 후보 주변영역, (e)영상(d)이진화, (f)생성된 BrightnessMap.

$$\begin{aligned}
 &IF \quad |B_{cx} - B_{sx}| > |B_{cy} - B_{sy}|, \\
 &\quad \quad \quad Width = L_{max} \times 3, Height = L_{min} \times 4.5, \\
 &ELSE \quad Width = L_{min} \times 4.5, Height = L_{max} \times 3
 \end{aligned} \tag{7}$$

9등분된 각 영역에서, 명암값이 0인 화소가 학습된 임계값 이상(본 논문에서는 30%로 적용)이면 눈썹 또는 모발로 판단, 영역 전체를 0으로 설정하여 (그림 3)(f)와 같은 BrightnessMap을 만든 후, (그림 4)와 같이 학습을 통해 만들어진 BrightnessMap과 대조하여 눈의 방향과 각도를 산출하며, 방향과 각도가 산출되지 않은 눈 영역 후보는 잡음으로 인식하고 제거한다.

BrightnessMap을 생성하면 해당 눈 후보영역에서 좌/우안 정보를 알 수 있다. 이렇게 생성된 좌/우안 정보는 구조적 특징을 이용한 얼굴탐지 시 좌안은 우안과, 우안은 좌안과 연결하기 위한 정보로 사용된다. 이는 기존의 방법과 같이 얼굴영역을 생성하는 과정을 거치지 않아도 구성요소 후보들이 한 얼굴 안에서 연결될 수 있도록 한다.



(그림 4) 학습을 통해 만들어진 BrightnessMap 예

### 4. 얼굴영역 탐지 및 검증

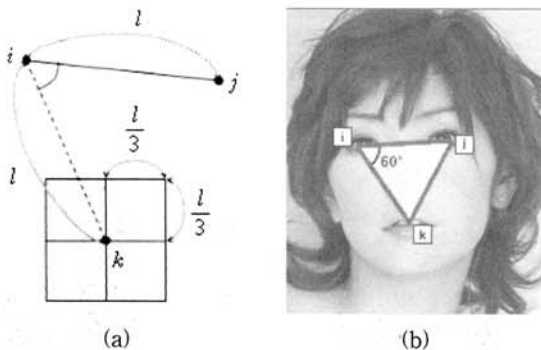
BrightnessMap을 통해 추출된 눈 후보의 각도(0°, 90°, 180°, 270°)와 좌/우안 정보를 이용하여,  $n$ 개의 눈 후보 중 각도가 일치하고 좌/우안 정보가 서로 다른 두 눈 후보의 무게중심  $i, j$ 를 일대일 대응하여 연결한다. 조합한 두 눈의 무게중심  $i, j$ 를 연결하는 직선  $l$ 과 정삼각형을 이루는 지점에  $\frac{l}{3}$ 의 편차를 고려해서 입 영역의 무게중심  $k$ 를 검출하고,  $i, j$ 와 연결하여 Lin [9]이 제안한 방법을 변형한 삼각형 구조를 만든다.

(그림 5)에서는 예측을 통한 탐색범위를 보여준다. 점  $i$ 가 우안의 무게중심인 경우 시계방향으로 60° 회전, 좌안의 무게중심인 경우 -60° 회전한 거리에 있는 점  $k$ 에서  $x, y$ 축으로 각각  $-\frac{l}{3}, +\frac{l}{3}$  범위 안에 있는 입 영역 후보의 무게중심을 검출한다. 이때 여러 후보가 검출될 수가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 [규칙 2]를 이용하여 하나의 후보만 선택하는 방법을 제안한다. 두 눈  $i, j$ 를 연결하는 직선과 눈과 입  $j, k$ 를 연결하는 직선 중 가장 큰 값에 0.25를 곱한 값이 가장 작은 후보  $k_{best}$ 를  $i, j$ 와 연결하여 얼굴영역 후보를 산출한다. 이 과정을 통해 가장 정삼각형에 근접한 삼각형 형태를 찾는다.

[규칙 2] 범위 안의 여러 입 후보 중  $k_{best}$ 를 선택  
 a.  $\min(0.25(\max(D(i, j), D(j, k))))$ 를 만족하는  $k = k_{best}$

$D(i, j)$ 와  $D(j, k)$ 는 각각 점  $i$ 와  $j$ ,  $j$ 와  $k$ 를 연결한 직선의 길이를 나타내며, 0.25는 정삼각형 조건에 25% 편차를 고려한 것이다.

얼굴 후보영역들이 얼굴이 확실한지 검증하기 위해, 얼굴의 구성요소 대응으로 산출한 삼각형의 입 후보영역  $k$ 와 가까운 1/2 영역의 에지를 추출하여 코의 존재 유무를 파악하고 코가 존재 하는 경우 얼굴임을 최종적으로 확정한다. 본 논문에서는 캐니 에지 연산을 이용하여 에지를 추출하였으며, 식 (8)를 적용하여 에지 수를 산출한 다음, 에지가 입



(그림 5) (a)두 눈 후보로 예측한 입 탐색 범위, (b)2개의 눈과 1개의 입이 이루는 삼각형



(그림 6) 에지 연산을 통한 코 추출의 예.

계값 이상 존재하는 경우 코 영역이 존재하는 것으로 결정한다.

$$N_{nose} = \sum_{x,y \in R_{eye/2}} E(x,y) \tag{8}$$

### 5. 실험 및 결과

본 실험에 사용한 컴퓨터는 Intel Pentium-4 2.0GHz CPU와 1GB RAM을 사용하였으며, 그래픽카드는 Nvidia GeForce FX 5950, 운영체제는 Windows XP SP2, 사용언어는 Microsoft Visual Studio C++ 6.0을 사용하였다. 실험에 사용한 영상은 인터넷을 이용해 수집한 인물영상 200장과 자체적으로 촬영한 영상 50개를 사용하였다. 총 250장의 영상 중 조명, 화장, 후보정 등으로 인해 피부가 잘 검출되지 않는 영상은 84개이다. 이는 Shin[12]가 제안한 피부검출 알고리즘을 이용해 얼굴의 피부영역을 검출하였을 때, 70% 이하의 검출율을 보인 영상을 의미한다.

본 논문은 피부영역이 잘 검출되지 않는 영상에서도 얼굴이 잘 탐지되는 방법을 제안하였다. 따라서 피부영역을 이용하여 검출하는 방식인 Hsu[7]와 Lee[13]의 실험 결과와 비교하였다. Hsu와 Lee 모두 얼굴구성요소를 이용한 얼굴탐지 방법이지만 피부검출알고리즘이 서로 다르기 때문에 두 방법 모두 사용하였다. 실험은 3단계로 나누어 진행하였다. 우선 250개의 영상을 이용하여 눈의 좌/우안 정보를 추출하여 피부영역을 추출하지 않고도 잡음이 얼마나 제거되는지를 보기 위한 실험을 수행하였다. 그리고 피부가 잘 검출되는 영상 166개과, 피부가 잘 검출되지 않는 영상 84개에 대

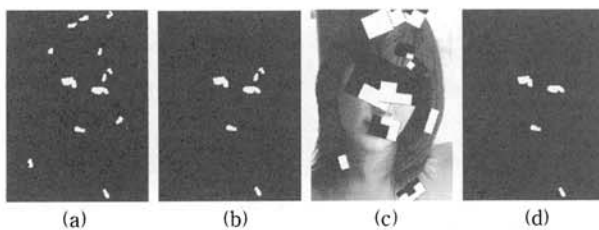
해 각각 실험하여 피부색의 왜곡이 기존의 방법과 제안한 방법에 미치는 영향을 측정하였다. 마지막으로 250개의 영상으로 한번 더 실험하여 전체 탐지율을 산출하였다.

<표 1>은 기존의 방법인 피부영역을 이용하여 잡음을 제거한 결과와 본 논문에서 제안한 방법으로 잡음을 제거한 결과를 보여준다. 탐지율은 눈을 제대로 탐지한 확률을, 오탐지율은 잡음을 탐지한 확률을 의미한다. 제안한 방법을 이용하면 구조적 특징을 이용하여 잡음을 제거하고, 좌/우안 정보가 추출되지 않는 개체 또한 잡음으로 판단하고 제거하므로, (그림 7)과 같이 피부영역을 이용하여 잡음을 제거하는 기존의 방법과 유사한 결과를 보인다. 오탐지율을 보면 오히려 피부영역을 이용하여 잡음을 제거하는 기존의 방법보다 더 우수한 성능을 보임을 알 수 있다. 하지만 BrightnessMap의 오작동으로 눈을 잡음으로 판단하고 제거한 경우가 일부 발생하였으며, 이 때문에 탐지율은 기존의 방법과 비슷하거나 보다 낮은 결과를 보였다.

<표 2>는 피부영역 검출율에 따른 얼굴탐지 결과를 보여준다. 실험은 피부영역이 70%이상 검출되는 영상 84개와 70%이하로 검출되는 영상 84개로 양분하여 실험하였다. 기존의 방법은 피부영역으로 잡음을 제거하기 때문에, (그림 8)(a)와 같이 눈 또는 입이 피부영역 내에 포함되지 않게 되면 제거해버리는 경우가 발생한다. 이 때문에 피부검출율이 80%~90%인 경우 90% 이상의 높은 얼굴탐지율을 보이지만, 피부검출율이 70%이하로 내려가면 탐지율은 급속하게 낮아진다. 반면에 제안한 방법은 피부를 검출할 필요가 없으며, (그림 8)(b)와 같이 피부검출율과 상관없이 눈 후보를 잘 탐지하므로 일정한 얼굴탐지율을 보인다. (그림 9)는 피부영역 검출율과 얼굴탐지 정확도와의 관계를 나타낸 그래프이다. 제안한 방법은 피부영역 검출율이 0%에서 100%까지 비교

<표 1> 기존의 방법과 제안한 방법의 눈 검출 결과

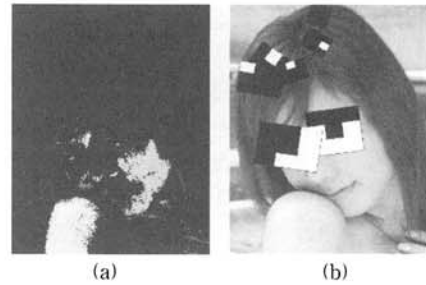
	Hsu 방법	Lee 방법	제안한 방법
탐지율(%)	91.46	93.42	91.58
오탐지(개/영상)	7.38	6.36	4.19



(그림 7) (a)EyeMap 결과영상, (b)기존의 방법으로 검출한 눈 후보, (c)BrightnessMap 적용 결과, (d)제안한 방법으로 검출한 눈 후보

<표 2> 피부영역 검출율에 따른 얼굴탐지 결과

영상의 피부검출율	Hsu 방법	Lee 방법	제안한 방법
70% 이상	82.81%	80.80%	88.93%
70% 이하	34.48%	29.27%	84.73%



(그림 8) (a)색왜곡이 있는 영상의 피부영역 추출 결과, (b)눈의 위치정보 검출

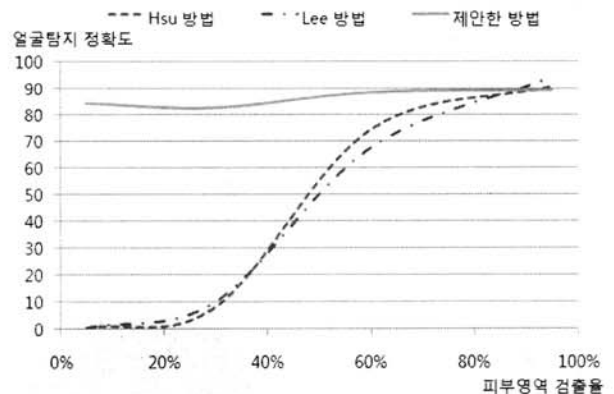
적 일정하게 나타나는 반면에, 기존의 방법은 모두 70% ~ 60%에서부터 급격하게 탐지율이 내려가는 것을 볼 수 있다.

<표 3>은 실험영상 250개를 모두 사용하여 실험한 얼굴탐지 결과이다. 피부영역 검출율이 낮은 영상으로 인해 기존의 방법의 탐지율이 낮게 나온 반면에 제안한 방법은 기존의 방법에 비해 높은 탐지율을 보인다.

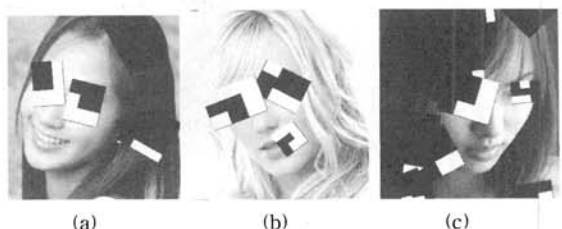
(그림 9)는 오작동 결과를 보여준다. (그림 10)(a)는 눈 후보영역의 각도가 제대로 추출되지 않아 BrightnessMap 적용이 제대로 적용되지 않은 영상이다. (그림 10)(b)는 모발 및 눈썹이 밝은 금발이어서 명암값이 제대로 추출되지 않아 오작동한 결과이다. (그림 10)(c)는 Eye Map에서 눈 후보영역의 크기가 실제 눈의 크기보다 작게 추출되어 BrightnessMap의 크기가 정확히 설정되지 않아 결과가 올바르게 산출되지 않았다. 이러한 문제점으로 인해 피부영역

<표 3> 얼굴탐지 결과

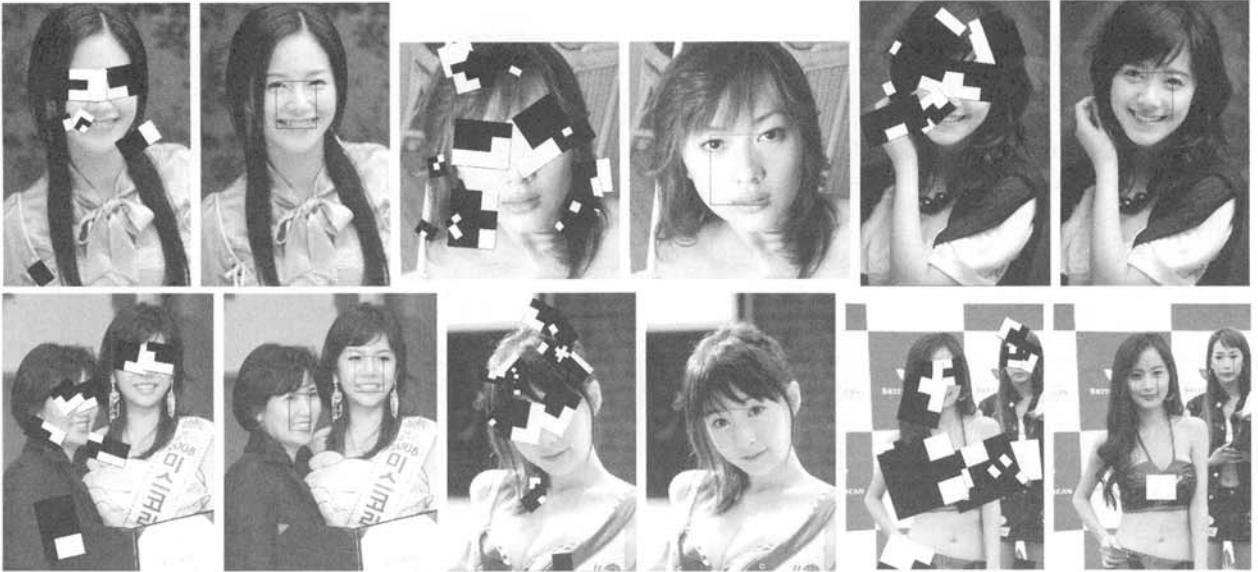
	Hsu 방법	Lee 방법	제안한 방법
얼굴탐지율	73.75%	71.51%	86.48%



(그림 9) 피부영역 검출율과 얼굴탐지 정확도와의 관계



(그림 10) 오작동 결과



(그림 11) 얼굴탐지 결과

이 90%이상 추출되는 영상에서는 오히려 기존의 방법보다 낮은 탐지율을 보이기도 하였다.

(그림 11)은 얼굴탐지 결과영상이다. 좌측의 영상은 BrightnessMap을 적용하여 눈의 좌/우안 정보를 추출한 영상이며, 우측 영상은 얼굴을 탐지한 영상이다. 탐지된 얼굴은 눈과 입 각각의 좌표를 이용하여 사각형으로 표시하였다.

### 6. 결론 및 향후 연구

구성요소기반 얼굴탐지는 다른 얼굴탐지 방법에 비해 회전된 얼굴을 강건하게 탐지하며, 얼굴탐지와 동시에 눈과 입 등 구성요소의 위치정보를 함께 추출하기 때문에, 눈과 입 정보가 요구되는 콘텐츠에 유용하게 쓰일 수 있는 방법이다. 하지만 기존의 피부색 추출을 기반으로 하는 얼굴탐지 방법은 (그림 8)(a)와 같이 피부영역이 잘 추출되지 않는 저해상도 영상 및 다양한 색의 조명에서 촬영한 영상에서는 좋은 결과를 얻기 힘들어 구성요소 기반 얼굴탐지 방법의 여러 장점에도 불구하고 다른 얼굴탐지 방법에 비해 콘텐츠에 적용되는 경우가 적었다. 본 연구는 피부영역에 종속되지 않는 구성요소 기반 얼굴탐지 방법을 목표로 하였으며, 따라서 기존의 피부영역을 이용하여 얼굴의 대략적인 위치를 탐지하는 방법 대신, (그림 8)(b)와 같이 눈을 이용하여 얼굴의 대략적인 위치를 추정하고 탐지의 기반으로 이용하는 방법을 제안하였다. 실험 결과 피부색을 추출하지 않고도 기존의 피부영역을 이용하여 얼굴을 탐지하는 방법과 흡사한 결과를 보여주었다. 특히 피부 영역이 제대로 검출되지 않는 영상에서 우수한 성능을 보임을 실험을 통해 증명하였다. 하지만 좌/우안 정보 검출 시, 주변영역에 의지해야 하기 때문에 눈 후보영역의 각도나 크기가 올바르게 나오지 않아 주변영역 정보를 제대로 추출하지 못한 경우 오작동하는 경우가 있었다. 특히 모발 및 눈썹이 금발 또는 백발

이거나 모발이 없는 영상, 조명에 의해 피부의 일부가 어둡게 나타나는 경우에서 검출하지 못하는 경우가 발생하였다. 때문에 피부 검출율이 높은 영상에 대해서는 오히려 기존의 방법에 비해 정확도가 떨어지는 결과가 나타났다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 주변영역의 명암 뿐만 아니라 다른 특징으로 탐지하는 연구가 지속되어야 하며, 눈 후보영역의 각도 및 크기를 올바르게 탐지하여야 하는 연구도 병행한다면, 좋은 결과가 있을 것이라 판단한다.

### 참고 문헌

- [1] T. Kawaguchi, and M. Rizon, "Iris detection using intensity and edge information," Pattern Recognition, Vol.36, No.22, pp.549-562, 2003.
- [2] J. Song, Z. Chi, and J. Liu, "A robust eye detection method using combined binary edge and intensity information," Pattern Recognition, Vol.39, No.6, pp.1110-1125, 2006.
- [3] R. Brunelli, and T. Poggio, "Face recognition: features versus templates," IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.15, No.10, pp.1042-1052, 1993.
- [4] A. Pentland, B. Moghaddam, and Thad Starner, "View-based and modular eigenspaces for face recognition," In Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp.84-91, 1994.
- [5] P. Viola, and M. Jones, "Rapid object detection using a boosted cascade of simple features," In Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp.511-518, 2001.
- [6] B. Fröba, and A. Ernst, "Face- Detection with the Modified Census Transform", In Proceedings of the IEEE Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, pp.91-96, 2004.

- [7] R.L. Hsu, M. Abdel-Mottaleb, "Face Detection in Color Images," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.24, No.5, pp.696-706, 2002.
- [8] P. T. Jackway, "Scale-Space Properties of the Multiscale Morphological Dilation-Erosion," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.18, No.1, pp.38-51, 1996.
- [9] C. Lin, K.C. Fan, "Triangle-based approach to the detection of human face," Pattern Recognition Society, Vol.34, pp. 1271-1284, 2001.
- [10] B. Heisele, T. Serre, M. Pontil, T. Poggio, "Component-based face detection," IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, Vol.1, pp.657-662, 2001.
- [11] M. Abdel-Mottaleb, A. Elgammal, "Face Detection in Complex Environments from Color Images," IEEE Conf. Image Processing. pp.622-626, 1999.
- [12] J. Shih, C. Lee, and C. Yang, "An Adult Image Identification System Employing Image Retrieval Technique," Pattern Recognition Letters, Vol.28, pp.2367-2374, 2007.
- [13] K. M. Lee, "Component-based detection and verification," Pattern Recognition Letters, Vol.29, pp.200-214, 2008.



### 황 대 동

e-mail : chabert1@nate.com  
 2007년 국립한경대학교 컴퓨터공학과 졸업  
 (공학사)  
 2007년~현 재 숭실대학교 컴퓨터학과 석사  
 과정  
 관심분야: 컴퓨터비전, 패턴인식, 생체인식



### 박 주 철

e-mail : jcpark2@naver.com  
 1987년 숭실대학교 전자계산학과(공학사)  
 1991년 숭실대학교 컴퓨터학과(공학석사)  
 1999년 숭실대학교 컴퓨터학과(박사과정  
 수료)  
 2003년~현 재 배화여자대학 컴퓨터정보과  
 겸임교수  
 관심분야: 컴퓨터비전, 영상처리, 얼굴인식



### 김 계 영

e-mail : gykim11@ssu.ac.kr  
 1990년 숭실대학교 전자계산학과(공학사)  
 1992년 숭실대학교 컴퓨터학과(공학석사)  
 1996년 숭실대학교 컴퓨터학과(공학박사)  
 2001년~현 재 숭실대학교 컴퓨터학과  
 부교수  
 관심분야: 컴퓨터비전, 형태인식, 생체인식, 증강현실, 영상처리