

복잡한 영상에서의 영역 분할을 이용한 얼굴 검출

이재원[†], 박선영^{**}, 강병두^{***}, 김종호^{****}, 권오화^{*****}, 성치영^{*****}, 김상균^{*****}

요 약

본 논문에서는 복잡한 배경, 심한 조명 변화 등의 다양한 환경 변화에서도 얼굴을 정확히 검출하기 위하여 영역 분할을 이용한 얼굴 검출을 제안한다. 입력된 영상에서 배경요소들로 인한 검출 오류를 줄이기 위하여 JSEG 방법을 사용하여 영상을 영역 단위로 분할한다. 분할된 각 영역에서 사전 정의된 피부색에 해당되는 픽셀들을 추출한다. 각 영역에서 추출된 픽셀들의 비율을 이용하여 얼굴 후보 영역을 결정한다. 그리고 결정된 얼굴 후보 영역에서 얼굴요소에 해당되는 눈과 눈썹이 위치 정보와 색상 정보를 이용하여 최종 얼굴 영역을 검출한다. 본 논문에서 제안한 방법을 이용하여 다양한 제약 조건을 지닌 영상들에 대하여 얼굴을 검출해본 결과, 배경이 복잡한 영상, 조명 변화가 심한 영상, 얼굴 크기가 다양한 영상, 얼굴이 다수 존재하는 영상들에서 좋은 검출 결과를 보여주었다.

Face Detection Using Region Segmentation on Complex Image

Jae-Won Lee[†], Sun-Young Park^{**}, Byoung-Doo Kang^{***}, Jong-Ho Kim^{****},
O-Hwa Kwon^{*****}, Chi-Young Seong^{*****}, Sang-Kyoon Kim^{*****}

ABSTRACT

In this paper, we propose a face detection method using region segmentation to deal with complex images that have various environmental changes such as mixed background and light changes. To reduce the detection error rate due to background elements of the images, we segment the images with the JSEG method. We choose candidate regions of face based on the ratio of skin pixels from the segmented regions. From the candidate regions we detect face regions by using location and color information of eyes and eyebrows. In the experiment, the proposed method works well with the images that have several faces and different face-size as well as mixed background and light changes.

Key words: Face Detection(얼굴 검출), Region Segmentation(영역 분할), Complex Images(복잡한 영상)

1. 서 론

얼굴 인식은 정보 보호, 보안을 위한 다양한 방법

※ 교신저자(Corresponding Author) : 이재원, 주소 : 경남 김해시 어방동 607번지(621-749), 전화 : 055)320-3269, FAX : 055)322-3107, E-mail : jwviolet@netian.com

접수일 : 2004년 12월 21일, 완료일 : 2005년 10월 31일

[†] 준회원, 인제대학교 전산학과 대학원

^{**} 준회원, 아바드(주) 개발부 연구원

(E-mail : sypark@avad.co.kr)

^{***} 준회원, 인제대학교 전산학과 대학원

(E-mail : deweyman@gmail.com)

^{****} 준회원, 인제대학교 전산학과 대학원

들 중에서 사용자의 협조나 시스템에 대한 사전 지식 이 없어도 효과적으로 개인을 식별할 수 있다. 이러한 장점을 가지고 있는 얼굴 인식은 무인 감시 시스템

(E-mail : lucky@cs.inje.ac.kr)

^{*****} 준회원, 인제대학교 전산학과 대학원

(E-mail : eujin13@cs.inje.ac.kr)

^{*****} 준회원, 인제대학교 전산학과 대학원

(E-mail : cyseong@cs.inje.ac.kr)

^{*****} 종신회원, 인제대학교 컴퓨터공학부 부교수

(E-mail : skkim@cs.inje.ac.kr)

※ 본 논문은 2004년도 인제연구장학재단 국외연수지원에 의한 연구결과임.

템, 출입 통제 시스템, 보안 시스템, 개인 식별 시스템 등 다양한 분야에서 활용되고 있으며, 이를 위한 연구가 활발히 진행 중이다.

효과적인 얼굴 인식을 위해서는 입력된 영상에서 얼굴만을 추출할 수 있는 정확한 얼굴 검출이 필요하다. 하지만 여러 가지 제약점들로 인하여 얼굴을 정확하게 검출하기 힘들다. 이러한 제약 사항에는 내적 요인과 외적 요인이 있다. 내적 요인에는 얼굴 자체의 특성에 의한 표정의 변화, 포즈의 변화 등이 있다. 외적 요인에는 조명의 변화, 복잡한 배경 등이 있다. 그래서 이러한 다양한 변화들을 수용할 수 있는 얼굴 검출 방법들이 활발히 연구되고 있다.

정확한 얼굴 검출을 위해서 다양한 방법들이 제안되었다. 대표적으로 얼굴요소(facial)의 계층적 지식을 이용하는 방법, 특징 기반(feature-based) 방법, 형판 정합(template matching) 방법, 신경망을 이용한 방법들이 있다[1-5]. 계층적 지식을 이용하는 방법은 얼굴 내의 눈, 코, 입 등의 얼굴요소들의 위치, 요소들간의 관계와 같은 얼굴에 대한 지식을 이용한 방법이다. 특징 기반 방법은 얼굴에서 불변하는 특징을 추출 및 비교하는 방법이다. 이 방법은 눈, 코, 입의 존재 여부, 피부색(skin-color) 비교 등, 여러 특징들을 이용하여 얼굴을 검출한다. 형판 정합 방법은 다양한 얼굴 영상을 수집하여 표준화된 얼굴 패턴을 얼굴 형판으로 생성하고, 이 형판과 입력 영상간의 유사도를 비교하는 방법이다. 마지막으로 신경망을 이용한 방법은 얼굴 영상 데이터와 얼굴이 아닌 영상 데이터를 각각 학습시켜 학습된 분류기로 얼굴을 검출하는 방법이다.

이와 같이 다양한 방법들이 연구되어왔으나, 모든 제약 사항을 해결하여 얼굴을 정확하게 검출하기에는 한계가 있다. 각 방법들의 단점을 보완하기 위해서 두 가지 이상의 방법들을 결합하여 사용한 방법들도 제안되었다[6-9]. 논문 [6]에서는 얼굴 후보 영역에서 눈의 밝기 정보를 이용하여 최종 얼굴 후보 영역을 검출한 후, 아이젠마스크(eigen mask)와 비교하여 최종 얼굴 영역을 검출한다. 이 방법은 조명 변화가 심한 영상에서도 얼굴을 검출할 수 있지만, 검출할 수 있는 얼굴 크기가 한정적이다. 논문 [7]에서는 얼굴 후보 영역 내에서 입술과 눈의 색상을 이용하여 각 얼굴요소들을 찾은 후, 두 얼굴요소의 거리 비율을 계산하여 최종 얼굴 영역을 검출한다. 이 방

법은 색상 정보를 이용함으로써 얼굴의 크기 변화에 덜 민감하다. 그러나 조명 변화가 심하거나, 배경이 복잡한 영상에서는 정확한 얼굴 검출이 어렵다. 논문 [8]에서는 피부색과 가로, 세로 비율을 이용하여 얼굴 후보 영역을 검출한다. 얼굴 후보 영역에 타원을 중첩하여 타원 내에서 얼굴요소들을 찾고, 검출된 얼굴요소들의 거리 비율을 이용하여 최종 얼굴 영역을 검출한다. 이 방법은 복잡한 배경에서도 얼굴을 잘 검출할 수 있다. 그러나 조명 변화가 심하면 정확한 얼굴 후보 영역이 검출되지 않으므로 타원 내에서 얼굴 요소들을 찾을 수 없다는 단점을 가지고 있다. 논문 [9]에서는 얼굴 후보 영역에서 잡음을 제거하기 위해 형태학적(morphological) 연산을 이용한 후, 골격(skeleton) 연산을 수행하여 얼굴의 가로 성분인 눈과 입, 세로 성분인 코를 검출하여 각 구성요소들의 거리와 대칭 비율을 계산하여 최종 얼굴 영역을 검출한다. 이 방법 또한 조명 변화가 심한 영상에서 얼굴을 검출할 수 있지만, 영상 내 얼굴이 하나일 때만 가능하고, 배경이 복잡하면 검출이 어렵다는 단점이 있다.

이 외에도 눈으로 간주할 수 있는 후보들의 두 점을 모두 검출하여 사각형을 그린 후, 입의 끝점과 코, 눈썹의 위치를 찾아 최종 얼굴을 검출하는 방법[10], 피부색 픽셀을 일정 간격으로 정한 후, 각 픽셀을 연결하여 생성된 영역들을 병합하는 과정을 통하여 얼굴 후보 영역을 정하고, 웨이블릿 변환을 이용하여 눈, 코, 입의 위치를 추정하여 얼굴을 검출하는 방법 [11] 등이 있다. 이러한 방법들도 공통적으로 조명 변화가 심하거나, 배경이 복잡한 영상에서는 얼굴을 정확히 검출하기 힘들다는 단점이 있다.

이와 같이 얼굴 영상은 다양한 제약 사항들을 지니며, 이를 일괄적으로 수용할 수 있는 방법론은 찾기 힘들다. 만약 입력 영상들에서 얼굴색이 일정한 색깔 분포로 존재하면, 얼굴색을 이용하거나, 얼굴 특유의 구조적 정보를 이용하여 얼굴을 검출할 수 있다. 그러나 심한 조명 변화, 얼굴의 구조적 변화가 발생할 경우 얼굴을 정확히 검출하기 어렵다.

본 논문에서는 많은 방법론들의 공통 문제점인 배경이 복잡한 영상, 조명 변화가 심한 영상, 얼굴이 다수 존재하는 영상, 영상 내 얼굴 크기가 다양한 영상에서도 얼굴을 정확히 검출할 수 있는 영역 분할(region segmentation)을 이용한 방법을 제안한다.

복잡한 배경요소들이 얼굴로 검출되는 오류를 줄이기 위하여, 우선적으로 입력된 영상을 색상과 질감의 공간 정보를 이용하여 영역 단위로 분할한다. 조명 변화에 영향을 적게 받는 YCbCr 색상모델을 이용하여 피부색을 정의하고, 분할된 각 영역별로 피부색에 속하는 픽셀의 구성 비율을 이용하여 얼굴 후보 영역을 검출한다. 검출된 후보 영역의 가로 길이를 기준으로 얼굴 크기를 정하여 얼굴 요소 중 눈과 눈썹의 위치와 색상 정보를 이용하여 영상내의 얼굴 크기에 상관없이 최종 얼굴 영역을 검출한다.

영상 처리 분야에서 관심 객체를 추출하기 위하여 다양한 분할(segmentation) 방법들을 사용한다. 본 논문에서는 영역 분할의 한 방법론인 JSEG를 사용한다. JSEG는 색과 질감의 공간 분포 정보를 이용하여 유사한 픽셀들을 영역 단위로 군집화해준다. 따라서 얼굴 표정 변화, 얼굴 크기 변화 등의 얼굴 특유의 구조적 정보에 의한 제약 사항들에 영향을 받지 않고, 영상 내 다수의 얼굴이 존재하는 경우에도 효과적으로 얼굴 영역을 검출할 수 있다. 그리고 분할된 영역들에서 간단한 몇 가지 규칙들을 추가 적용하여 복잡한 배경과 얼굴을 분리할 수 있다.

그리고 본 논문에서는 JSEG로 분할된 영역에서 피부색에 해당하는 픽셀의 비율을 얼굴 영역 결정의 중요한 정보로 사용한다. 기존의 관련 연구들도 피부색 정보를 이용하는 경우는 많다. 하지만 영역 분할된 결과에 이 정보를 사용함으로써 보다 정확히 얼굴을 검출할 수 있다. 얼굴 영상에는 얼굴뿐만 아니라 배경에서도 피부색에 해당하는 픽셀들이 다수 존재하는 경우가 많다. 배경에서의 피부색 픽셀들은 대부분 영상 전체에 분산되어 있다. JSEG에서는 큰 스케일 인자값을 사용하여 영역을 분할할 경우 지역적인 색상과 질감 특징의 공간적 분포의 유사성을 이용하여 큰 영역 단위로 분할된다. 따라서 작은 영역을 이루거나, 독립적인 영역을 구성하기 힘든 배경에서의 피부색 픽셀들은 쉽게 배경 영역으로 구분 가능하다.

2. 영역 분할을 이용한 얼굴 검출

본 논문에서 제안하는 얼굴 검출을 위한 전체 과정은 그림 1과 같다. 영역 분할 단계에서는 JSEG 방법을 이용하여 입력된 영상을 영역 단위로 분할한다. 후보 얼굴 영역 검출 단계에서는 분할된 영역 단위로

피부색에 해당하는 픽셀들을 추출하며, 각 영역에서 추출된 피부색 픽셀들의 비율을 이용하여 후보 얼굴 영역을 결정한다. 이 단계에서 추가로 후보 얼굴 영역이 될 수 없는 영역을 제거하여 최종 후보 얼굴 영역을 검출한다. 마지막 단계에서는 이전 단계에서 검출된 최종 후보 얼굴 영역에서 눈과 눈썹의 위치 정보를 이용하여 최종 얼굴 영역을 검출한다.

2.1 영역 분할

복잡한 배경요소들이 얼굴로서 검출되는 오류를 줄이기 위하여 입력된 영상을 색상과 질감의 공간 정보를 이용하여 영역 단위로 분할한다. 영역 분할 방법은 JSEG를 이용하였으며, 단계는 그림 2와 같다 [12, 13]. JSEG는 영상 내의 색상과, 색상의 공간적 분포와 질감 특징을 잘 반영하여 영역을 분할하는 방법이다. JSEG는 기존의 방법들보다 복잡한 배경에서도 개체들을 비교적 정확히 분할한다.

2.1.1 양자화

JSEG의 첫 단계는 영상의 색상 정보를 줄여 class-map을 생성하는 양자화(quantization) 과정이다. 양자화의 첫 단계로 하나의 초기 코드북(code book)을 생성한다. 초기 코드북은 영상의 모든 픽셀

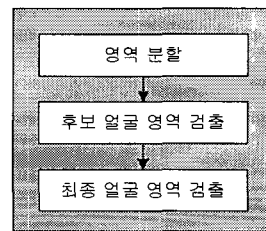


그림 1. 전체과정

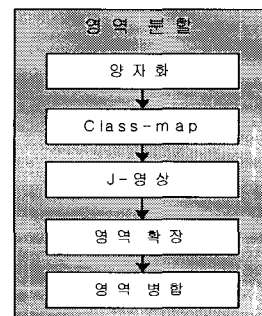


그림 2. 영역 분할

을 포함한다. 이 코드북을 확장시켜 나가면서 각 코드북에 해당하는 픽셀들을 구한다. 이때 각 코드북의 해당 픽셀은 코드북과 픽셀들의 차가 최소가 되는 코드북에 픽셀을 할당한다. 각 코드북에 할당된 해당 픽셀들의 평균을 계산하여 새로운 코드북 값으로 갱신한다. 이렇게 코드북 분할 과정을 반복 수행하여 전체 영상의 색상 수를 코드북 수만큼 조정해준다.

2.1.2 Class-map 생성

양자화된 색상 값들에 각 색상마다 특정 레이블을 붙여서 만든 영상을 그림 3과 같이 class-map으로 표현할 수 있다.

Class-map (a)에서는 같은 클래스는 서로 잘 응집되어 있고, 각각의 클래스간에는 잘 분리될 수 있다. 반면에 class-map (c)처럼 각 클래스간에 균일한 분포를 이룰 수도 있다.

2.1.3 J-영상

양자화 과정을 거친 색상 class-map을 입력하여 J-영상을 생성한다. J-영상은 class-map에서 클래스들의 응집된 정도를 수치화하여 값으로 표현한 J-값들로 이루어진 영상이다. J-값은 색상의 공간적 특성을 반영하며, J-값을 구하는 방법은 원형 윈도우를 씌워 식 (1)을 통해 구한다. 이때 원형 윈도우의 크기에 따라서 출력되는 J-영상의 특징이 달라지며, 윈도우 크기가 커질수록 영역의 경계와 중심부분 영역의 개수가 작아진다. 그림 4는 원형 윈도우의 예이다. 이때 '*'에 해당하는 픽셀로 J-값을 구한다. 본 논문에서는 9x9 원형 윈도우를 사용하여 J-값을 구하였다.

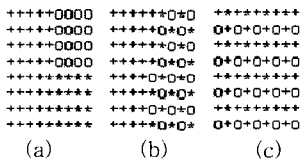


그림 3. Class-map의 예

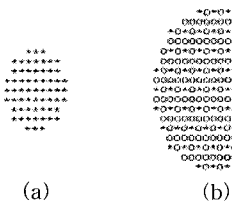


그림 4. 윈도우의 예 : (a) 9x9, (b) 17x17

J-값을 구하기 위한 식 (1)에서 사용한 변수들은 영역에 레이블의 총 개수를 N으로 두고, Z를 레이블들의 집합으로 둔다. z는 색상 class-map에서 각 레이블들의 좌표이다. 식 (2)는 각 z들의 위치 평균이다. 레이블들의 종류를 클래스라 하고, C개의 클래스는 $i = 1, \dots, C$ 로 표현한다. 식 (3)은 각 클래스마다의 위치 평균값이다. 식 (4)는 위치 평균에서 각 레이블간의 거리의 합이다. 식 (5)는 각 클래스별 ST값을 구해서 합한 값이다.

$$J = (S_T - S_W) / S_W \tag{1}$$

$$m = \frac{1}{N} \sum_{z \in Z} z \tag{2}$$

$$m_i = \frac{1}{N_i} \sum_{z \in Z_i} z_i \tag{3}$$

$$S_T = \sum_{z \in Z} \|z - m\|^2 \tag{4}$$

$$S_W = \sum_{i=1}^C S_i = \sum_{i=1}^C \sum_{z \in Z_i} \|z - m_i\|^2 \tag{5}$$

전체 영상의 각 픽셀에 대한 9x9 원형 윈도우를 한 픽셀씩 이동시켜가면서 J-값을 계산하여 J-영상을 생성한다. J-영상에서 영역의 경계는 높은 J-값으로 표현되고, 영역의 중심 부근에서는 낮은 J-값으로 표현된다. 그림 3의 class-map에서의 J-값은 (a)가 1.720으로 가장 큰 값을 가지고, (b)는 0.855로 중간 값을 가지며, (c)는 0으로 가장 작은 값을 가진다. 그림 5는 양자화된 영상에서 J-값을 계산하여 생성된 J-영상이다.

2.1.4 영역 확장

효과적인 영역 분할을 위해 J-영상에서 실제 영역으로 추정할 수 있는 후보 영역을 찾는다. 각 영역의 내부에서 가장 낮은 밝기값을 가지는 픽셀을 중심 픽셀로 결정한다(seed determination). 중심 픽셀에서



그림 5. J-영상 : (a) 양자화된 영상, (b) J-영상

이웃 픽셀로 한 픽셀씩 확장시키며, 이웃 영역과 만나게 되면 확장을 중지한다. 영역 확장(region growing)을 통해 각 영역의 정확한 경계를 결정한다.

2.1.5 영역 병합

후보 영역에서 최종 영역을 결정하기 위해 영역 병합(region merging) 과정을 거친다. 영역 병합은 색상 히스토그램 유사도를 이용하며, 유사도가 비슷한 영역들을 병합하여 최종 분할된 영상을 획득한다. 그림 6은 최종 분할된 영상이며, 색상과 질감 특징을 잘 반영하여 영역이 분할되었다.

2.2 후보 얼굴 영역 검출

분할된 영역 단위로 후보 얼굴 영역을 검출한다. 각 영역에서 피부색에 해당되는 픽셀들의 비율을 이용한다. 피부색 모델은 normalized RGB, HSV, YCbCr 모델 등이 있다[14-17]. 본 논문에서는 조명의 영향을 덜 받는 광도(Y), 푸른 정도(Cb), 붉은 정도(Cr)를 나타내는 YCbCr 모델을 사용하였다. 각 픽셀의 RGB 값을 식 (6)을 이용하여 YCbCr 값으로 변환한다.

$$\begin{aligned} Y &= 0.29900R + 0.58700G + 0.11400B \\ C_b &= -0.16874R - 0.33126G + 0.50000B \\ C_r &= 0.50000R - 0.41869G - 0.08131B \end{aligned} \quad (6)$$

얼굴 영상 데이터로 얻어진 YCbCr 모델은 3차원 가우시안 분포로 나타낼 수 있다. 가로축은 Cb성분, 세로축은 Cr성분으로 하는 2차원 그래프이다. 이 그래프에서 피부색 영역은 타원형으로 나타나게 되며, 식 (7), (8)과 같은 타원 방정식을 이용하여 피부색 영역을 지정할 수 있다[18].

$$\frac{(x - C_{bx}^2)}{a^2} + \frac{(y - C_{by}^2)}{b^2} = 1 \quad (7)$$

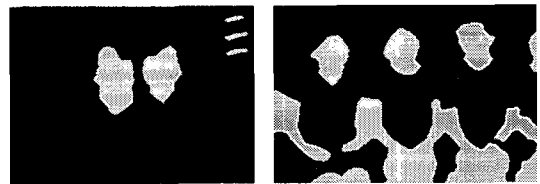
$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_b \\ C_r \end{bmatrix} \quad (8)$$

(Cbx, Cry)는 얼굴 영역 데이터로 구한 타원 그래프의 중심값이며, θ 는 타원의 기울기, (a, b)는 타원의 장축과 단축을 2로 나눈 값이다. 본 논문에서는 다양한 얼굴 영역 데이터를 수집 및 분석한 결과, 실험적으로 각 상수 값을 결정하였다. (Cbx, Cry)는 (117.017720, 79.102726)을 중심값으로 사용하였으며, θ 는 $-\pi/6$, (a, b)는 (34.7, 12.5)의 값을 사용하였다.

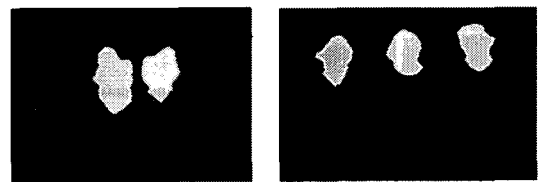
정의된 피부색을 이용하여, 각 영역별로 피부색에 해당하는 픽셀들의 비율 R을 구한다. R이 70% 이상이면 해당 영역을 후보 얼굴 영역으로 결정한다. 추가로 보다 정확한 얼굴 후보영역을 검출하기 위하여, 후보영역에서 얼굴이 될 가능성이 희박한 영역을 제거한다. 첫 번째 기준은 세로길이가 가로길이의 2배 이상이 되는 영역을 제거한다. 두 번째 기준은 가로길이가 세로길이보다 긴 영역을 제거하여 최종 얼굴 후보영역을 결정한다. 그림 7은 이러한 추가 조건들을 처리한 최종 얼굴 후보 영역의 예이다.



(a)



(b)



(c)

그림 7. 최종 얼굴 후보 영역: (a) 입력 영상, (b) 후보 영역, (c) 최종 얼굴 후보 영역



(a) (b)

그림 6. 영상 분할: (a) 입력 영상, (b) 영역 분할 결과

그림 8은 그림 5, 6의 영상에 대하여 검출된 최종 얼굴 후보 영역이다. 각 영역별로 픽셀을 비교하여 비율을 구한 후 얼굴 영역을 찾음으로써 얼굴 크기와 조명 변화에 상관없이 얼굴 영역을 검출할 수 있다.

2.3 최종 얼굴 영역 검출

이전의 얼굴 후보 영역 검출 단계에서 배경, 또는 사람의 다른 인체부위에서 얼굴 후보 영역이 검출될 수도 있다. 그래서 본 논문에서는 다음과 같은 조건을 이용하여 최종 얼굴 영역을 결정한다. 최종 얼굴 영역을 판별하기 위해서 얼굴요소를 이용한다. 다양한 얼굴요소 중에서 눈과 눈썹의 위치 정보와 색상 정보를 이용한다. 조건은 그림 9와 같이 표현 할 수 있다.

여기서 L은 얼굴 후보로 결정된 영역에 대한 최소 경계 사각형의 가로길이이며, L을 기준으로 비율을 계산한다. 얼굴 후보 영역에서 최상위 지점을 기준으로 가로, 세로의 비율을 그림 9와 같이 지정한 사각형을 중첩시킨다. 그림 10은 얼굴 후보 영역에서 피부 색을 찾아 그림 9의 조건을 만족하는 사각형을 중첩시킨 예이다.

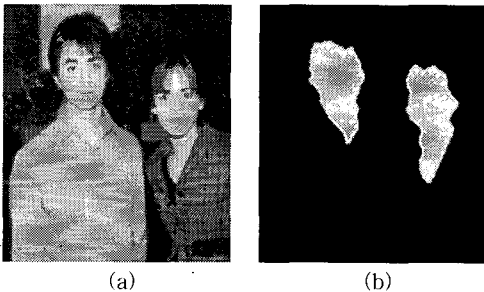


그림 8. 얼굴 후보 영역: (a) 입력 영상, (b) 추출된 후보 얼굴 영역

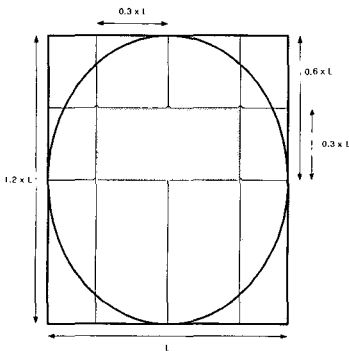


그림 9. 얼굴 구성요소 비율

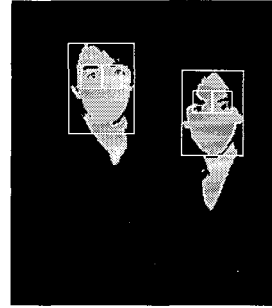


그림 10. 얼굴 요소 위치 확인

그림 10과 같이 중첩시킨 사각형 내에서 판별 조건을 만족하는 영역을 최종 얼굴 영역으로 결정한다. 판별 조건은 아래와 같다.

- (1) 가로:세로의 비율은 1:1.2이다.
- (2) 얼굴 요소(눈, 눈썹)는 좌우 각각 존재한다.
- (3) 눈의 위치는 가로 중심축을 기준으로 상위 $0.3 * L$ 내에 존재하고, 세로 중심축을 중심으로 좌우 각각 $0.3 * L$ 내에 존재한다.
- (4) 눈과 눈썹의 색상 정보는 식 (9)를 만족하며, 이때 만족하는 픽셀 수는 10픽셀 이상이다.

$$\frac{R+G+B}{3} < 150 \tag{9}$$

최종 얼굴 후보 영역에 판별조건 1을 만족하는 사각형을 그린다. 사각형 내에서 판별조건 2, 3, 4를 만족한다면 최종 얼굴 영역으로 결정한다. 결정된 얼굴 영역에 사각형과 조건 4를 만족하는 픽셀들의 최소 영역사각형을 눈과 눈썹 영역으로 표시한다. 그림 11은 최종 얼굴 영역의 예이다.

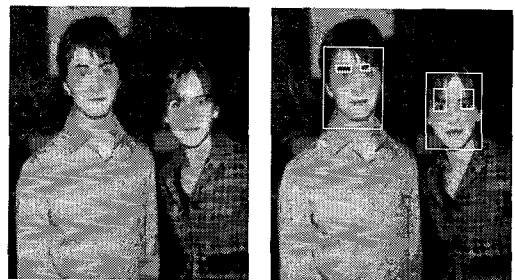


그림 11. 최종 얼굴 영역: (a) 입력 영상, (b) 최종 얼굴 영역

3. 실험 및 결과 분석

3.1 실험 및 결과

본 논문에서 제안한 방법을 실험하기 위해 사용한 영상은 남녀 구분 없고, 얼굴 영역의 크기와 위치에 제한이 없으며, 복잡하고 가변적인 배경 및 다양한 조명 변화를 지닌 영상을 디지털 캠코더, 디지털 카메라, 인터넷 등, 다양한 소스로부터 획득하여 실험하였다. 본 논문에서 제안한 방법으로 구성된 얼굴 검출 실험 시스템은 펜티엄IV PC, 윈도우 환경에서 비주얼 C++로 개발하였다.

실험에서 사용한 영상은 총 400장이며, 다양한 제약 조건에서의 얼굴 검출 성능을 평가하기 위하여 영상 내 1인의 얼굴이 존재하는 영상 100장, 2인 이상의 얼굴이 존재하는 영상 300장의 얼굴 영상을 실험에 사용하였다. 표 1은 얼굴 검출에 대한 실험 결과이다. 1인일 때가 2인 이상일 때 보다 정확한 검출을 할 수 있었으며, 전반적으로 검출 오류 발생의 가장

큰 원인은 배경영역이 얼굴영역과 병합되는 경우였다. 또 2인 이상일 때는 배경 영역과 병합되는 경우뿐만 아니라 가까운 위치의 얼굴 영역들이 병합되는 경우도 검출 오류가 발생하였다.

그림 12는 제안한 방법으로 다양한 얼굴 영상에 대하여 실험한 결과이다. 배경이 복잡한 영상, 배경이

표 1. 사람 수와 환경에 따른 얼굴 검출 결과

영상 종류		개수	정검출	검출율
1인	단순한 배경	50	50	100.0%
	복잡한 배경	30	26	86.6%
	조명 변화	20	18	90.0%
2인 이상	단순한 배경	100	94	94.0%
	복잡한 배경	100	85	85.0%
	조명 변화	50	44	88.0%
	얼굴 크기 다양	50	47	94.0%
총계		400	364	91.0%



그림 12. 다양한 얼굴 영역 검출 결과

단순한 영상, 조명 변화가 심한 영상, 조명 변화가 없는 영상, 얼굴 크기가 가변적인 영상, 약간 기울어진 얼굴, 다중 얼굴 등 다양한 제약 사항을 지닌 영상에서도 정확히 얼굴을 검출하였다.

그림 13은 얼굴 검출의 공통적인 문제점 중 얼굴 영역과 배경이 병합되는 현상을 본 논문에서 제시한 방법으로 해결한 결과이다. 그림에서처럼 기존의 피부색 픽셀 비교 방법은 복잡한 배경에서는 얼굴이 아닌 부분에서도 피부색이 많이 검출되고, 얼굴 영역 주변 배경이 피부색과 비슷하면 얼굴 영역과 배경이 병합되는 단점이 있다. 그에 반해 영상 분할을 한 후 피부색을 비교했을 때, 보다 정확하게 얼굴 영역을 검출할 수 있다.

그림 14는 본 논문에서 제안한 방법을 적용하였을 때 발생하는 오류들의 예이다. (a)와 같이 얼굴 영역이 머리카락이나 모자 등으로 가려졌을 때 정확한 얼굴요소를 검출할 수 없었다. (b)는 측면 얼굴의 경우 가로가 세로보다 큰 경우로 얼굴을 검출할 수 없었다. (c)는 영역 분할 시 인접한 얼굴 영역의 병합으로 인해 정확한 얼굴을 검출할 수 없었다.



(a)

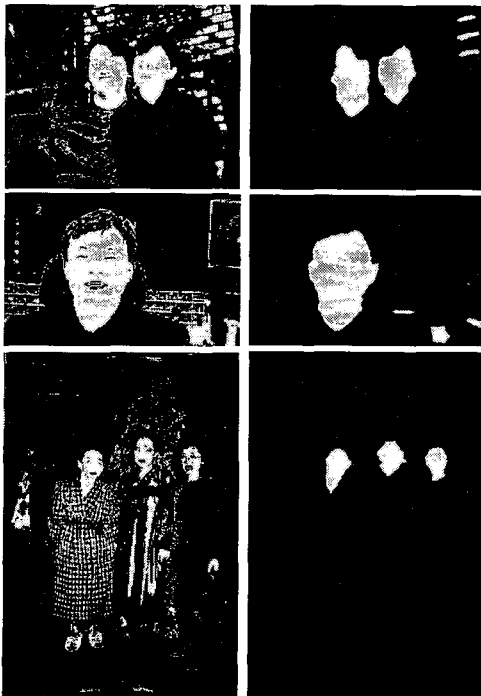


(b)



(c)

그림 14. 오류 영상 : (a) 얼굴이 가려졌을 경우, (b) 가로 비율이 큰 경우



(a)

(b)

그림 13. 피부색 검출 비교 : (a) 픽셀 비교 결과, (b) 영역 비교 결과

3.2 관련 연구와 비교 실험

본 논문과 관련 연구와의 비교를 위하여 다양한 얼굴 검출 방법론들 중에서 크게 두 가지 방법론과 비교 및 실험을 하였다.

첫 번째 방법론[8, 11, 14]는 얼굴 영상에서 피부색을 이용하여 영역을 분할 및 얼굴을 검출하는 방법이다. 이 방법은 다른 연구들에 비하여 비교적 간단한 방법으로 얼굴을 신속히 검출할 수 있다. 하지만 간단한 방법을 사용하므로 얼굴 검출 성능이 다른 방법론에 비하여 떨어지며, 복잡한 배경을 가진 영상에서는 배경에 인한 오류가 많이 발생한다는 단점을 가지고 있다.

두 번째 방법론[19-21]은 AdaBoost 알고리즘을 이용하여 영상에서 추출할 수 있는 모든 Haar-like 특징 값들을 추출하고, 이 중 우수한 특징들을 사용하여 cascade 방식으로 분류기를 학습 및 구성하여 얼굴영역과 배경영역을 분류 및 검출하는 방법이다. 이 방법은 다른 연구들에 비하여 얼굴을 비교적 신속히 검출하면서도 검출 성능 또한 우수하다. 하지만

분류기를 구성하고 학습하는데 많은 시간과 상당량의 사람의 수작업이 필요하며, 배경이 복잡한 영상에서는 어느 정도의 오류가 검출된다는 단점이 있다.

위의 두 가지 방법론과 본 논문과의 비교를 위하여 두 가지 방법론을 직접 구현하였으며, 구현된 프로그램을 이용하여 본 논문에서 실험한 얼굴 영상 데이터를 이용하여 검출 성능을 비교한 결과는 표 2와 같다. 표 2에서 얼굴 오류는 실험에 사용한 영상 데이터들에 존재하는 배경이 단순한 영상에서 총 314 얼굴, 배경이 복잡한 영상에서 총 252 얼굴 중에서 검출 못한 경우이며, 배경 오류는 배경이 단순한 영상 150장, 배경이 복잡한 영상 130장 중에서 배경 영역을 얼굴로 검출한 영상의 개수이다.

그림 15, 16은 위의 실험 결과들 중에서 배경이 복잡한 영상에 대하여 본 논문에서 제안한 방법이 가장 좋은 결과를 보여준 예이다. 그림 15, 16에서 (a)는 원영상, (b)는 방법론 1 피부색을 이용한 방법의 결과이며, (c)는 방법론 2 AdaBoost cascade 분류기를 이용한 방법의 결과, (d)는 본 논문에서 사용한 방법에 의한 결과이다.

4. 결 론

본 논문은 복잡한 영상, 조명 변화가 심한 영상, 얼굴이 다수 존재하는 영상, 영상 내 얼굴 크기가 다양한 영상, 영상 내 다수의 얼굴이 포함된 영상에서도 얼굴을 검출할 수 있는 방법론을 제안하였다.

표 2. 관련 연구와의 비교 실험 결과

배경이 단순한 영상		
방법론	얼굴 오류	배경 오류
방법론 1	51/314	59/150
방법론 2	64/314	27/150
본 연구 방법	80/314	25/150
배경이 복잡한 영상		
방법론	얼굴 오류	배경 오류
방법론 1	51/252	73/130
방법론 2	42/252	55/130
본 연구 방법	47/252	29/130



그림 15. 배경이 복잡한 영상에 대한 비교 결과

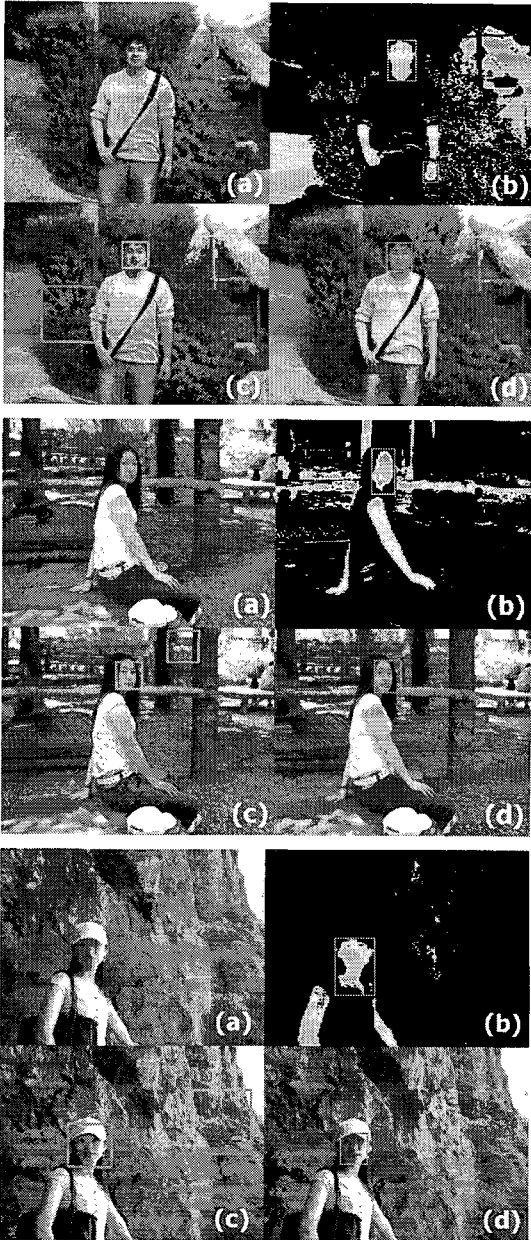


그림 16. 배경이 복잡한 영상에 대한 비교 결과

본 논문에서 제안한 방법은 영역 분할을 사용함으로써 복잡한 배경에서 얼굴 영역과 다른 영역의 병합을 최소화할 수 있고, 비교적 정확한 얼굴 후보 영역을 추출할 수 있었다. 분할된 영역별로 얼굴 비율을 고려함으로써 영상 내 다수의 얼굴과 다양한 크기의 얼굴을 검출할 수 있었다. 그리고 각 영역별 픽셀 비율을 이용하여 후보 영역을 찾음으로써 조명 변화

에 대한 얼굴 검출 오류를 줄일 수 있었다.

향후 과제는 실험에서 발견한 몇 가지 오류를 해결할 수 있도록 방법론을 개선하고, 정면 얼굴 영상에만 국한되지 않고, 다양한 각도로 변화가 심한 회전한 얼굴도 검출할 수 있는 방법론을 연구하고자 한다.

참 고 문 헌

- [1] Lin-Lin Huang, Akinobu Shimizu, Yoshihoro Hagihara, and Hidefumi Kobatake, "Gradient feature extraction for classification-based face," *Pattern Recognition*, Vol. 36, pp. 2501-2511, 2003.
- [2] Frank Y. Shih and Chao-Fa Chuang, "Automatic extraction of head and face boundaries and facial features," *Information Sciences*, Vol. 158, pp. 117-130, 2004.
- [3] C. Kotropoulos and I. Pitas, "Rule-based face detection in frontal views," *IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, Vol. 4, pp. 2537-2540, 1997.
- [4] G. Xu and T. Sugimoto, "Tits Eye: a software-based system for real-time face detection and tracking using pan-tilt-zoom controllable camera," *International Conference on Pattern Recognition*, Vol. 2, pp. 1194-1197, 1998.
- [5] Z. Liu and Y. Wang, "Face detection and tracking in video using dynamic programming," *International Conference on Image Processing*, Vol. 1, pp. 53-56, 2000.
- [6] Kwok-Wai Wong, Kin-man Lam, and Wan-Chi Siu, "A robust scheme for live detection of human faces in color images," *Signal Processing: Image Communication*, Vol. 18, pp. 103-114, 2003.
- [7] Cheng-Chin Chiang, Wen-Kai, Mau-Tsuens Yang, Yi-Ting Huang, and Chi-Janug Huange, "A novel method for detecting lips, eyes and faces in real time," *Real-Time*

- Imaging*, Vol. 9, pp. 227-287, 2003.
- [8] Ing-Sheen Hsieh, Kuo-Chin Fan, and Chiunhsiun Lin, "A statistic approach to the detection of human faces in color nature scene," *Pattern Recognition*, Vol. 35, pp. 1583-1596, 2002.
- [9] Jian-Gang Wang and Eric Sung, "Frontal-view face detection and facial feature extraction using color and morphological operations," *Pattern Recognition Letters*, Vol. 20, pp. 1053-1068, 1999.
- [10] Kwok-wai Wong, Kin-man Lam, and Wan-Chi Siu, "An efficient algorithm for human face detection and facial feature extraction under different conditions," *Pattern Recognition*, Vol. 34, pp. 1993-2004, 2001.
- [11] 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.
- [12] Y. Deng and B. S. Manjunath, "Unsupervised Segmentation of color-Texture Regions in images and Video," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 23, No. 8, 2001.
- [13] Y. Deng, C. Kenney, M. S. Moore, and B. S. Manjuath, "Peer Group Filtering and Perceptual Color Image Quantization," *Proc. IEEE Int'l Symp. Circuits and Systems*, Vol. 4, pp. 21-24, 1999.
- [14] D. Chai and K. N. Ngan, "Face segmentation using skin-color map in videophone applications," *IEEE Transactions on Circuits System Video Technology*, Vol. 9, No. 4, pp. 551-564, 1999.
- [15] Hualu Wang and Shih-Fu Chang, "A highly efficient system for automatic face region detection in MPEG video," *IEEE Transactions on Circuits Systems Video Technology*, Vol. 7, No. 4, pp. 651-628, 1997.
- [16] Rein-Lien Hsu, Mohamed Abdel-Mottaleb, and Anil K. Jain, "Face Detection in Color Images," *Appears in IEEE Transaction PAMI*, Vol. 24, No. 5, pp. 696-706, 2002.
- [17] 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.
- [18] Jie Zhou, Xiao guang Lu, David Zhang, and Chen-yu Wu, "Orientation analysis for rotated human face detection," *Image and Vision Computing*, Vol. 20, pp 257-264, 2002.
- [19] Paul Viola and Michael J. Jones, "Robust real-time face detection," *International Journal of Computer Vision*, Vol. 57, No. 2, pp. 137-154, 2004.
- [20] Henry Schneiderman and Takeo Kanade, "Object detection using the statistics of parts," *International Journal of Computer Vision*, Vol. 56, No. 3, pp. 151-177, 2004.
- [21] Lienhart, R. and Maydt, J., "An extended set of Haar-like features for rapid object detection," *International Conference on Image Processing*, Vol. 1, pp. 900-903, 2002.

이 재 원



2000년 인제대학교 전산학과 졸업(이학사)
 2002년 인제대학교 대학원 전산학과 졸업(전산학석사)
 2003년~현재 인제대학교 대학원 전산학과 박사과정

관심분야 : 패턴인식, 컴퓨터비전, 컴퓨터그래픽스

박 선 영



2002년 인제대학교 정보컴퓨터공학부 졸업(공학사)
 2005년 인제대학교 대학원 전산학과 졸업(전산학석사)
 2005년~현재 아바드(주) 개발팀 연구원

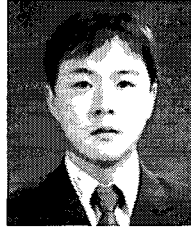
관심분야 : 패턴인식, 영상처리



강 병 두

2001년 인제대학교 정보컴퓨터학부 졸업(정보컴퓨터학사)
2003년 인제대학교 대학원 전산학과 졸업(전산학석사)
2003년~현재 인제대학교 대학원 전산학과 박사과정

관심분야: 정보검색, 정보보호, 패턴인식, 컴퓨터비전



성 치 영

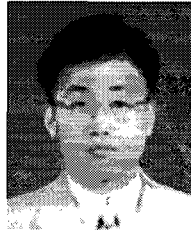
2005년 인제대학교 컴퓨터공학부 졸업(공학사)
2005년~현재 인제대학교 대학원 전산학과 석사과정
관심분야: 컴퓨터비전, 정보보호



김 중 호

2002년 인제대학교 정보컴퓨터학부 졸업(정보컴퓨터학사)
2004년 인제대학교 대학원 전산학과 졸업(전산학석사)
2004년~현재 인제대학교 대학원 전산학과 박사과정

관심분야: 정보검색, 패턴인식, 컴퓨터비전



김 상 군

1991년 경북대학교 통계학과 졸업(이학사)
1994년 경북대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학석사)
1996년 경북대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학박사)
1996년~현재 인제대학교 컴퓨터공학부 부교수

관심분야: 패턴인식, 정보검색, 정보보호



권 오 화

2004년 인제대학교 정보컴퓨터공학부 졸업(공학사)
2004년~현재 인제대학교 대학원 전산학과 석사과정
관심분야: 패턴인식, 영상처리