

다양한 조명 환경에 강인한 실시간 얼굴확인 기법

Robust Real-time Face Detection Scheme on Various Illumination Conditions

김수현 · 한영준 · 차형태 · 한현수

Soohyun Kim, Youngjoon Han, Hyungtai Cha, and Hernsoo Hahn

송실대학교 정보통신전자공학부

요 약

얼굴인식기술이 인증 및 보안을 위한 도구로 활용되고 있지만 입력영상의 상태, 즉 조명환경에 따라 적용할 수 있는 범위가 제약적일 수밖에 없다. 본 논문에서는 이러한 제약을 최소화하기 위해 측면과 후면조명 등의 불규칙한 조명환경에서 획득한 입력영상에서 얼굴의 특징을 구분하여 얼굴영상임을 확인하는 방법을 제안한다. 제안된 방법은 에지차영상을 얼굴특징이 두드러지도록 전처리한 후, X와 Y축의 프로파일을 이용하여 얼굴영역을 예측하고 영역 내의 밝기분포를 이용하여 눈, 코, 입 등의 얼굴특징이 놓일 수 있는 수평영역을 분리한다. 수평영역들은 눈, 코, 입을 포함할 수 있는 영역의 그룹으로 나누어지고 각 그룹에서 코와 입, 그리고 눈의 순서로 특징들을 검출한다. 얼굴여부는 검출된 특징들의 구조적인 관계를 검증하여 확인한다. 제안된 알고리즘은 배경색상이나 조명의 방향과 색상 등으로 인해 얼굴의 형태와 특징이 결여된 입력영상에서도 매우 안정적으로 적용됨을 실험을 통해 확인하였다.

Abstract

A face recognition has been used for verifying and authorizing valid users, but its applications have been restricted according to lighting conditions. In order to minimizing the restricted conditions, this paper proposes a new algorithm of detecting the face from the input image obtained under the irregular lighting condition. First, the proposed algorithm extracts an edge difference image from the input image where a skin color and a face contour are disappeared due to the background color or the lighting direction. In the next step, it extracts a face region using the histogram of the edge difference image and the intensity information. Using the intensity information, the face region is divided into the horizontal regions with feasible facial features. The each of horizontal regions is classified as three groups with the facial features(including eye, nose, and mouth) and the facial features are extracted using empirical properties of the facial features. Only when the facial features satisfy their topological rules, the face region is considered as a face. It has been proved by the experiments that the proposed algorithm can detect faces even when the large portion of face contour is lost due to the inadequate lighting condition or the image background color is similar to the skin color.

Key words : Face detection, Edge detection, Facial features, Various lighting conditions

1. 서 론

최근 정보통신기술의 발전으로 인해 네트워크를 이용한 정보교환이 보편화되면서 인증이나 보안을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 지금까지 인증과 보안 분야에서 홍채, 손등의 혈맥, 지문 등과 같이 신체의 특징을 검사하는 방법이 주류를 이루었으나 이들은 신체의 일부를 검사기에 접촉하거나 특정한 행동을 요구하는 조건으로 인하여 사용자들이 기피하는 문제가 있다. 이에 대한 대안으로 카메라를 이용하는 얼굴인식방법이 제안되고 있으나 비접촉으로 사용자가 의식하지 않는 상태에서 사용이 가능하고 보안 등의 목적으로 같이 활용할 수 있다는 장점이 있음에도 얼굴의 화장이나 부

착물, 특히 조명의 위치나 색상 등으로 인해 인식의 정확도가 저하되는 문제로 인해 폭넓게 활용되고 있지 못하다. 따라서 카메라를 이용한 얼굴인식기법이 보안과 인증분야에서 확실한 대안으로 활용되기 위해서는 조명의 영향을 최소화하는 문제가 선결되어야 한다[1].

본 논문에서는 얼굴의 인식을 위한 전단계로 얼굴의 특징인 눈과 코, 그리고 입을 추출하여 입력영상에서 얼굴을 찾아내는 문제를 다룬다. 얼굴을 찾아내는 기존의 연구는 크게 얼굴에 대한 서식을 생성하고 이를 이용하여 얼굴을 검출하는 서식정합방법(template matching), 피부색상이나 에지 등의 특징을 이용하여 얼굴을 검출하는 특징추출방법(feature extraction), 얼굴특징들 간의 관계 등에 대한 규칙을 이용하여 얼굴을 검출하는 지식기반방법(knowledge-based), 그리고 얼굴의 고유한 구조적인 특징(eigenface)이나 구성 화소들의 분포를 신경망 등을 이용하여 비교하는 겉모습기반방법(appearance-based) 등으로 구분할 수 있다. 이들 방법들의 장단점을 몇 가지 연구결과를 통해 비교할 수 있다. P. Sinha[2]의 서식정합방법은 얼굴을 작은 영역들로 구분하여

접수일자 : 2004년 6월 8일

완료일자 : 2004년 8월 6일

감사의 글 : 본 연구는 송실대학교 교내연구비 지원으로 연구되었습니다.

이 영역들 간의 위치 및 크기 관계를 얼굴의 서식(ratio template)으로 정하고 정합을 통해 얼굴을 검출하는 방법을 사용한다. 이 방법은 선정된 서식(predefined template)을 사용하여 구현이 비교적 간단하나 자세, 크기 등에 의해 많은 영향을 받는 문제가 있다. 이를 해결하기 위한 방법으로 변형서식정합(active shape model) 방법[3]이 사용되기도 하지만 적용 가능한 얼굴의 크기가 제한되며 많은 연산을 필요로 한다. 특징을 이용한 방법으로는 K. C. Yow[4]의 에지(edge)를 이용한 방법과 H. Rein-Lien[5]과 Kim[6]의 피부색상(skin color) 등을 이용하는 방법 등이 있다. Yow는 에지를 검출하고 이를 정의된 얼굴 특징을 기반으로 하여 결합하여 얼굴을 검출한다. 에지는 조명의 변화에도 강인한 특성을 가지나 복잡한 배경일 경우 많은 에지가 발생하기 때문에 많은 연산이 필요하다는 단점을 갖는다. 이와는 다르게 Rein-Lien과 Kim은 정의된 피부색상(skin color)을 이용하여 얼굴을 추출한다. 피부 색상은 크기, 자세 등의 문제에 큰 장점이 있으나 조명 환경에 의한 국지적인 반사 또는 색상왜곡이 발생하는 경우 이에 적응적이지 못하다. C. Kotropoulos[7]가 이용한 지식기반방법은 얼굴특징이 어두운 특성을 이용하여 정면 얼굴에 대한 수직 및 수평 프로파일(profile)로부터 얼굴을 검출함으로써 단순한 연산만으로 얼굴을 검출한다. 그러나 복잡한 배경이나 다른 사람이 존재하는 경우에는 성능이 저하된다. 겔모습 기반의 방식인 H. A. Rowley[8]의 방법은 sub-sampling을 통한 계층적 구조로 처리하여 일정 크기 단위의 영역에 대하여 색상 보정 및 밝기 균등화(histogram equalization)를 수행하여 변별력을 개선한 후 신경망을 이용하여 얼굴을 검출한다. 이와 같은 방식은 훈련 집합에 의한 학습이 선행되어 훈련 집합과 유사한 경우에는 높은 성능을 보인다. 그러나 다양한 조명 환경과 얼굴들이 상이성에 따른 훈련 집합의 구성 및 학습 시간이 문제가 있으며 많은 연산을 필요로 한다. 이와 같이 기존의 방법들은 다소간의 차이가 존재하나 공통적인 문제로서 조명의 방향이나 밝기 등에 의한 조명 환경의 변화에 민감하다는 문제를 갖고 있으며 이를 해결하기 위해 색상보정이나 움직임정보를 이용하는 방법들이 제시되고 있다[9].

본 논문은 다양한 조명 환경에 강인하고 실시간 처리가 가능한 방법을 제안한다. 이를 위하여 조명 환경의 변화에 강인한 에지 정보, 움직임 정보, 그리고 얼굴의 특징을 강조하는 그레이 변환을 결합하여 얼굴영역을 검출한다. 실시간 처리와 조명 환경에 적응적인 처리를 위해 얼굴영역을 특징(눈, 코, 입)의 존재 가능성에 따라 수평 및 수직으로 분할하여 처리하며 분할된 영역에서 얼굴특징의 위치를 추정한다. 얼굴 특징인 눈, 코, 그리고 입이 추출되면 이들이 얼굴 구조에 대한 규칙을 만족하는지를 검사하여 얼굴 여부를 판정한다. 그림 1은 제안한 방법의 흐름도를 보여준다.

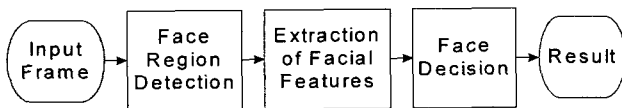


그림 1. 얼굴검출 과정의 흐름도.

Fig. 1. Flow of the Face Detection Process.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 다양한 조명에 강인한 얼굴의 위치와 크기를 검출하는 얼굴영역 검출기법을 설명한다. 3장에서는 검출된 얼굴영역을 얼굴의 특징이 존재 가능한 영역으로 수평 및 수직 분할하는 기법을 설명하고 4장에서는 각 분할영역에서 얼굴특징을 검출하고 얼굴 또는 비얼굴

여부를 판정하는 기법에 관해 설명한다. 그리고 5장에서는 제안한 방법의 성능 및 실시간성에 대한 실험결과를 설명한다.

2. 얼굴영역 검출기법

얼굴색상을 포함하는 복잡한 배경과 후면 및 측면조명을 포함하는 다양한 조명환경에서 획득한 입력 동영상에서 얼굴영역을 검출하기 위해 움직임 정보를 사용한다. 움직임 정보는 에지차영상을 이용하여 얻을 수 있다. 에지는 객체에 대한 윤곽 성분을 표현하며 고정된 배경에 대해 조명환경에 의해 발생하는 색상 변화 등의 문제에 강인한 특성을 가지므로 동작의 검출에 적절하다.

얼굴영역은 에지차영상에서 움직이는 사람의 영역을 결정하고 이 안을 검색하여 결정한다. 에지는 입력영상을 $YCbCr$ 색상 공간의 휘도 성분($Y = 0.2999R + 0.587G + 0.114B$)인 그레이 영상으로 변환하고 소벨(Sobel) 연산자를 이용하여 검출하는 방법을 적용한다. 이는 휘도 성분은 피부와 유사한 색상을 갖는 배경에서도 구분하기 쉽고 소벨 연산자는 잡음에 대해 우수한 성능을 갖는다는 점을 활용할 수 있기 때문이다[10]. 에지차영상은 연속적으로 입력되는 에지영상들의 빼기연산을 통해 얻어진다. 그림 2의 (a)와 (b)는 시간적 차이를 갖는 입력 영상의 에지 영상들이며 (c)는 이들을 이용한 에지차영상을 표시한다. 표시된 에지차영상에서 일정값 이상을 갖는 화소들이 검출되면 에지를 추출하고 이들을 연결하여 움직이는 사람의 영역을 검출한다. 차영상에서 검출된 에지는 동작이 겹치는 부분에서 불연속 현상이 발생하므로 연속되는 에지를 얻기 위해 형상학(morphology)적인 팽창(dilation) 연산을 적용한다. 그림 2(c)는 일반적인 에지차영상에서 나타나는 에지의 불연속 현상을 보여주며 그림 2(d)는 팽창연산을 적용하여 불연속현상을 해결한 결과를 보여준다. 입력영상을 얻는데 있어서 사람과 카메라의 거리가 충분히 가까워서 복수의 얼굴이 수직적으로 겹치는 경우는 발생하지 않는다고 가정하였다. 따라서 얼굴영역은 검출된 에지차영상에 포함되는 사람영역의 상단에 있게 되며 에지차영상에서 수직적으로 제일 높은 위치에 있는 화소들을 이용해서 얼굴영역을 추출할 수 있게 된다. 그림 2(e)는 에지차영상에 수직적으로 상단에 있는 화소들만을 표시한 영상이며 그림 2(f)는 그림 2(e)의 화소를 기준으로 수직적 하단에 존재하는 화소들을 모두 동일한 값으로 채운 후, 잡음의 영향을 감소시키기 위하여 상단 화소들의 수직 위치에 대해 연속된 5개의 평균을 이용한 저주파 필터의 적용한 결과를 보여준다.

이와 같은 움직이는 사람의 영역이 결정되면 이 중에서 얼굴이 존재하는 영역의 상하 및 좌우 경계선을 2단계를 거쳐 결정한다. 1단계에서는 잡음의 영향을 최소화하기 위해 화소별 기울기가 아닌 지역적인 기울기를 구하는 아래의 식 (1)과 같은 1차원 차분연산자를 이용한다.

$$DE(i) = |TE(i) - TE(i + Th_{SRW})|$$

$$BE = \left\{ k \mid DE(k) = \max_{j < R_i} \{ DE(j) \}, l = 1, \dots, n \right\} \quad (1)$$

식 (1)에서 i 는 입력영상에서 행(X축)의 순서를, Th_{SRW} 는 기울기를 구하는 영역의 범위를, $TE(\cdot)$ 는 최상단 화소들의 Y축 높이를 의미한다. 또한 $DE(\cdot)$ 는 i 번째 행의 기울기로 i 번째 행의 최상단 Y값과 $(i+Th_{SRW})$ 번째 최상단 Y값의 차이를 의미한다. 이와 같이 구한 기울기의 프로파일은 그림 2(g)이다. 얼굴 영역의 경계선은 이들 기울기의 프로파일에서 가

장 지역적으로 큰 값을 갖는 행으로 결정되며 그림 2(g)의 경우 프로파일들이 3개($n=3$)의 영역(R_i)으로 구분되어 각각의 영역에서 최대값을 갖는 위치에 놓이게 된다. 이와 같은 방법을 통해 얼굴주변에 나타날 수 있는 머리카락이나 기타 배경에 의한 잡음을 제거할 수 있다. 식 (1)에서 BE 는 경계점들의 집합을 의미한다.

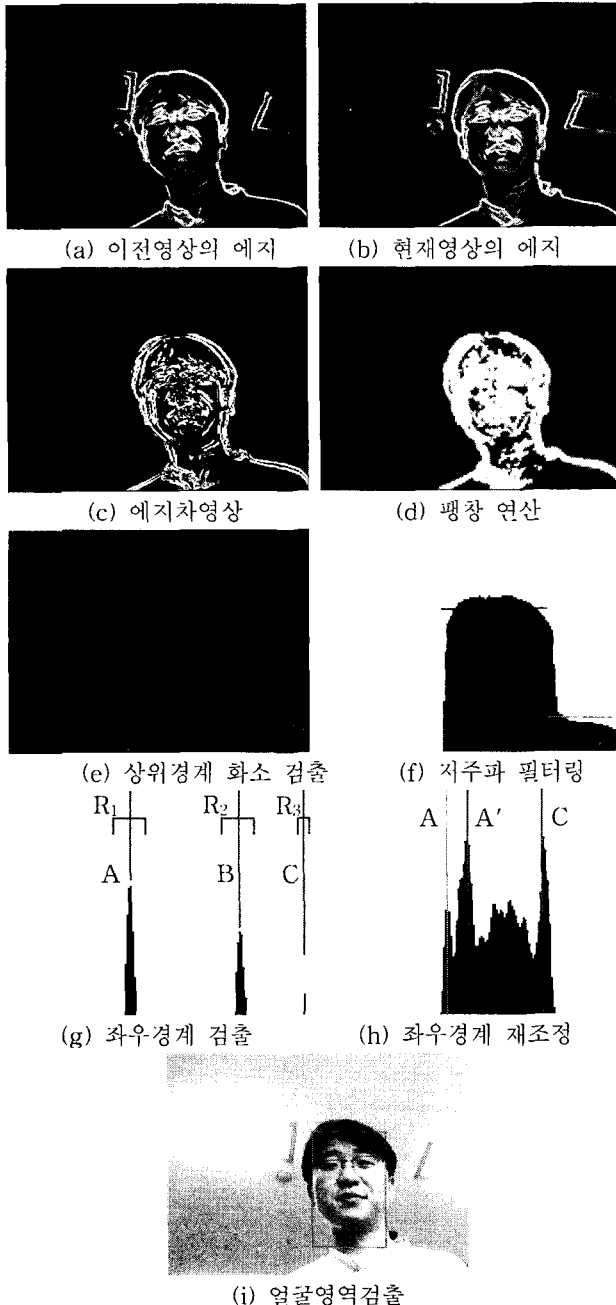


그림 2. 에지차영상을 이용한 얼굴 영역 검출 과정.

Fig. 2 The process of face region detection using an edge difference image: a) Edges in the previous image, b) Edges in the current image, c) Edge difference image, d) Results of dilation operation, e) Detection of top level edge pixels, f) Result of lowpass filtering, g) Detection of horizontal boundaries, h) Adjustment of horizontal boundaries, i) Detected face region.

검출된 경계점들은 얼굴의 좌우 경계를 표시하는 점으로 2개가 나타나는 것이 바람직하다. 2개 이상이 나타난 경우는 이웃하는 2개의 경계점 내에 일정 수 이상의 화소가 존재하면 이들은 좌우 경계점으로 선택된다. 좌우 경계점으로 결정되는 경계점 쌍이 이웃하는 경우는 각 영역의 평균높이가 일정비율 이내인 경우는 결합하여 양쪽 끝의 경계점들을 얼굴영역의 좌우 경계점으로 결정한다. 그림 2(g)는 경계점이 3개 존재하는 경우로 경계점 A와 B, B와 C가 이웃하고 A와 B 사이에만 에지화소의 수가 일정수 이상이므로 이들이 얼굴영역의 좌우 경계점으로 선택된다. 2단계에서는 1단계에서 구한 좌우경계점을 기준으로 수직에지 성분만으로 얻은 그림 2(h)와 같은 프로파일을 이용하여 좌우경계점을 조정한다. 1단계에서 구한 좌우 경계점의 안쪽에 이보다 큰 프로파일의 크기를 갖는 위치가 존재하는 경우 이들이 새로운 좌우경계점으로 결정된다. 그림 2(h)에서 우측경계점은 1단계에서 구한 것과 동일하나 좌측경계점(A)은 안쪽(A')으로 재조정됨을 알 수 있다.

얼굴영역의 상위경계점은 좌우경계점으로 한정되는 영역에 위치하는 그림 2(e)의 상위경계화소들의 평균높이(Y 축)값으로 결정되며 하위경계점은 상위경계점으로부터 좌우경계쪽의 1.6배 길이의 아래로 결정된다. 이는 얼굴의 폭과 높이의 평균비율인 1.3을 기준으로 얼굴이 위, 혹은 아래를 바라보는 경우 등을 고려하여 실험적으로 결정된 값이다. 이와 같은 방법으로 추정된 얼굴영역의 범위가 그림 2(i)에 상자로 표시되었다.

3. 얼굴영역의 수평분할기법

앞 절에서 추정된 얼굴영역이 실제로 얼굴을 포함하는지를 판단하기 위해서 본 논문은 얼굴의 구성요소인 눈, 코, 그리고 입술을 특징으로 정하고 선택된 영역이 이러한 특징들을 포함하는지를 확인하는 방법을 사용한다. 얼굴영역에서 에지들은 얼굴특징들이 존재하는 부분에서 두드러지게 존재한다. 즉, 눈과 코, 그리고 입술에서는 에지성분이 강하게 나타나고 그 외의 뺨이나 이마, 그리고 턱 같은 부분에서는 에지성분이 미약하게 나타난다. 따라서 이러한 얼굴영역에서의 에지특성을 이용하여 특징이 존재할 수 있는 영역을 예측하고 이들 영역들이 실제로 특징을 포함하는지를 확인하는 과정을 거쳐서 판단하는 방법을 제안한다.

얼굴특징 추출의 첫 번째 과정은 에지의 수평적 분포를 이용하여 얼굴영역을 수평 분할하는 것이다. 다양한 조명환경에서 얻어진 얼굴영상에서 에지가 발생하는 이유는 조명특정에 의한 것과 조명의 방향에 의해 발생한 것으로 구분할 수 있다. 단일영상에서 조명에 의해 발생한 에지를 얼굴특징에 의한 에지와 분리하는 것은 극히 어려운 일이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 얼굴영역에 대한 두 종류의 에지영상을 이용하고 적응적인 임계값 설정방법을 통해 보다 정확한 얼굴특징의 수평위치를 구분하는 방법을 사용한다. 사용된 두 종류의 에지영상은 1) 입력영상을 그레이 변환 및 평활화하여 소벨 연산자를 적용하여 구한 에지영상과 2) RGB 입력영상에 소벨 연산자를 적용하여 구한 것이다.

얼굴특징은 어두운 특성을 가지며 피부와 다른 색상을 가지고 있기 때문에 얼굴특징의 검출에 에지를 사용하는 것은 유용하다. 그러나 불규칙한 조명환경에서 유효한 에지성분과 잡음성분을 구분하는 것이 쉽지 않고 그림자가 발생하는 경우에 밝기 차이가 작게 되어 에지가 충분히 발생하지 않는

문제점을 갖는다. 이문제를 해결하기 위해 식 (2)와 같이 입력영상의 그레이 변환(Y)영상에 평활화하고 이에 소벨 연산자를 적용하여 구한 에지영상 $YE(i,j)$ 을 사용하여 많은 에지 성분을 추출한다.

$$YE(i, j) = \left| \sum_{k=-1}^1 \sum_{l=-1}^1 SG(i+k, j+l) \times M_H(k, l) \right| + \left| \sum_{k=-1}^1 \sum_{l=-1}^1 SG(i+k, j+l) \times M_V(k, l) \right| \quad (2)$$

식 (2)에서 i 와 j 는 영상의 행과 열을 나타내며 $SG(i,j)$ 는 입력영상을 그레이 변환한 영상의 밝기성분(Y)에 가우시안 평활화한 성분을 의미하고 $MH(k,l)$ 은 3×3 소벨 연산자의 수평방향 마스크를 $MV(k,l)$ 는 수직방향 마스크를 의미한다. 가우시안 평활화는 보다 많은 에지 성분을 검출하기 위해 사용한다. 그림 3(a)는 그림 2(i)에서 구한 얼굴영역에 대해 식 (2)를 적용하여 얻은 결과를 보여준다. 그림 3(b)는 $YE(i,j)$ 의 화소들에 대한 수평방향의 프로파일을 생성하여 정규화한 후, 정상(peak)과 계곡(valley)을 구분한 결과를 보여준다. 정상은 에지가 물려있는 부분으로 얼굴특징이 존재 가능한 수평위치를 말해주고 계곡은 얼굴특징의 분리위치를 알려준다. 그림 3(a)의 수평선분들은 그림 3(b)의 정상위치에 얼굴특징이 존재함을 보여준다. $YE(i,j)$ 의 수평방향 프로파일은 에지 정보의 연결성이 부족한 문제와 잡음문제를 고려하여 저주파 필터를 적용한 후에 구한다.

이와 같이 평활화한 소벨 에지연산자를 이용하는 경우는 역광 조명에서 얼굴특징 부위를 잘 검출하는 장점이 있으나 정상 조명일 경우 필요 이상의 특징영역이 많아지는 단점이 있다. 또한 얼굴 특징은 피부와 다른 색상이기 때문에 RGB 입력영상에 대해 다음의 식 (3)과 같이 각각의 RGB 영상에 소벨 연산자를 적용하고 이들의 평균으로 구한 에지영상 $HE(i,j)$ 을 추가적으로 사용한다.

$$HE(i, j) = \left\{ \begin{array}{l} \left| \sum_{k=-1}^1 \sum_{l=-1}^1 R(i+k, j+l) \times M_H(k, l) \right| \\ + \left| \sum_{k=-1}^1 \sum_{l=-1}^1 G(i+k, j+l) \times M_H(k, l) \right| \\ + \left| \sum_{k=-1}^1 \sum_{l=-1}^1 B(i+k, j+l) \times M_H(k, l) \right| \end{array} \right\} / 3 \quad (3)$$

식 (3)에서 $R(i,j)$, $G(i,j)$, $B(i,j)$ 는 각각 입력영상의 R, G, B 성분의 영상을 의미하며 이들에 대한 에지영상의 평균영상이 그림 3(c)에 주어졌다. 그림 3(d)는 그림 3(c)의 수평방향 프로파일을 보여주며 결과로 얻은 특징의 위치가 그림 3(c)에서 수평선분으로 표시되었다. 최종적인 얼굴특징의 위치는 두 가지의 에지 검출 기법에서 검출된 정상의 평균으로 결정한다.

위의 두 가지 에지영상을 이용하여 얼굴특징 영역을 분할하는 방법은 얼굴특징부분의 에지가 잘 나타나는 조명환경에서는 우수한 성능을 보인다. 그러나 고정된 임계값을 이용하여 에지를 검출하는 경우 조명의 방향이나 밝기에 의해 여러 가지 문제가 발생한다. 예를 들어 얼굴특징 부분의 에지가 조명의 영향으로 미약해지는 경우 대부분의 얼굴특징들에서 에지가 검출되지 않고, 반대로 에지가 너무 많이 발생하는 경우 얼굴특징을 선택하는 과정이 너무 복잡해지게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 에지검출을 위한 적응적인

임계값 설정방법이 필요하다. 임계값은 분할된 각 영역별로 구하는 수직적 에지프로파일에 존재하는 에지영역의 수를 이용하여 설정한다.

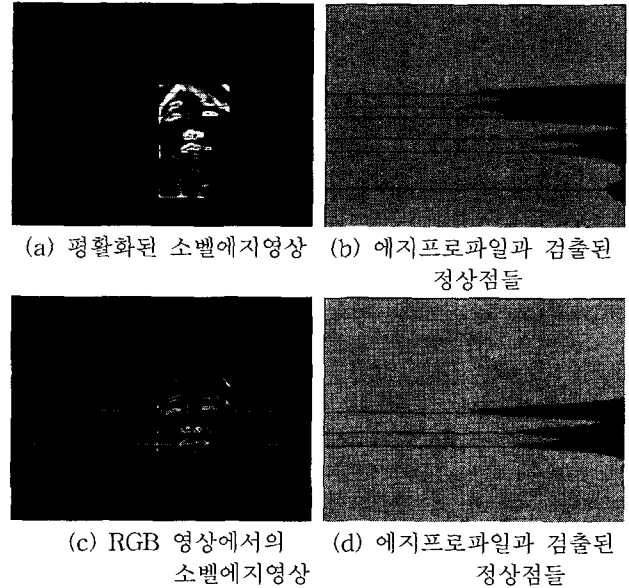


그림 3. 두 종류의 에지차영상을 이용한 얼굴특징위치 추정기법.

Fig. 3. Decision of facial feature positions using two types of edge difference images: a) Edges in the gray level image smoothed by a low pass filter, b) Horizontal edge profile of a) and its peaks, c) Edges in the RGB images, d) Horizontal edge profile of c) and its peaks.

그림 4(a)는 소벨 연산자(HE)를 사용한 에지의 수직적 프로파일이며 연속된 프로파일을 하나의 에지영역으로 고려한다. 그림 4에서 (b)는 조절된 임계값에 의한 에지의 수직적 프로파일을, (c)는 (b)의 에지영역에서 얼굴특징이 존재할 수 있는 영역을 보여 준다.

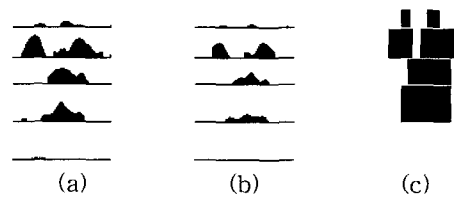


그림 4. 얼굴특징이 존재 가능한 영역분할: (a) 과다 검출된 에지영역, (b) 조절된 임계값에 의한 에지영역, (c) 얼굴특징 가능위치.

Fig. 4. Segmentation of face region into possible facial regions: (a) over-detected edge regions, (b) detected edge regions using adjusted threshold, (c) possible facial regions.

수직적 에지프로파일에서 에지영역은 얼굴특징이 존재할 수 있는 영역이고 코와 입에 해당하는 에지영역은 얼굴영역의 중앙축 부근에 위치함을 알 수 있다. 이러한 특징을 이용하여 임계값은 얼굴영역의 중앙축 부근에 존재하는 에지영역의 수를 기준으로 결정한다. 즉, 얼굴영역의 중앙축 부근에

존재하는 에지영역의 수가 최소 1개에서 3개까지 존재하도록 조절한다. 실제로는 코와 입에 해당하는 2개여야 하지만 기울어짐을 고려하여 이와 같은 범위를 선택하였다. 임계값의 조절횟수는 실시간성을 고려하여 제한한다.

4. 수평분할영역에서 얼굴특징의 추출기법

분할된 수평영역에서 검출된 에지영역들이 실제로 얼굴특징을 포함하는 지를 판단하기 위해서 얼굴특징들에 대한 크기와 위치, 그리고 형태와 색상정보를 이용하는 지식기반 방법을 적용한다. 눈의 가장 큰 특징은 얼굴영역 상단에 좌우한 쌍으로 2개가 얼굴영역의 좌우 2등분 영역의 중앙에 위치한다는 것이고 코와 입은 얼굴영역의 중단과 하단의 중앙에 위치하며 입술의 경우는 독특한 색상정보를 갖는 특징이 있다. 또한 이들 얼굴특징들은 상호간에 일정한 위상학적인 관계를 가지고 배열되므로 이러한 특징도 얼굴판단에 활용한다. 얼굴특징은 입, 코, 그리고 눈의 순서로 추출된다. 입이 에지영상에서 잡음의 영향을 가장 덜 받고 얼굴의 중앙축을 찾는데 효과적이므로 입을 먼저 찾고 유사한 이유로 코를 다음에 찾는다. 눈의 경우는 잡음에 가장 민감하고 주변에 특징으로 선택될 수 있는 유사한 영역이 많으므로 입과 코가 검출된 후에 이를 참고하여 최종적으로 추출한다.

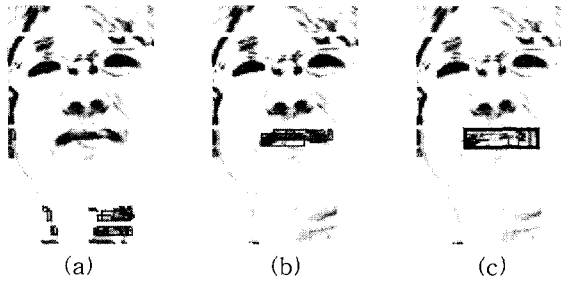


그림 5. 입 추출을 위한 에지화소 확장 및 결합 기법: (a) 씨앗이 잡음인 경우, (b) 영역이 분리된 경우, (c) 결합연산을 시행한 결과.

Fig. 5. Expansion and merging operation for extraction of mouth feature: (a) result of using noisy seed, (b) separated mouth region, (c) result of merging operation.

입은 얼굴영역에서 중간 이하에 위치한 수평분할영역들을 검색하여 찾는다. 검색대상인 각 수평분할영역에서 구한 에지의 수직프로파일을 보면 얼굴특징이 존재할 수 있는 가능 범위가 예측될 수 있다. 이 범위에서 에지값이 가장 큰 값을 갖는 화소를 씨앗(seed)으로 정하고 일정한 임계값 이상의 화소들을 동일한 영역에 포함시키면서 영역을 확장하여 특징영역으로 정의한다. 이 과정에서 두 가지 문제가 발생한다. 하나는 그림 5(a)에서처럼 가장 큰 에지값이 잡음에 의한 것일 수 있다는 것과 그림 5(b)에서처럼 조명환경에 의해 입이 하나의 영역으로 나타나지 않고 여러 개의 작은 영역으로 분리되어 나타날 수 있다는 것이다. 이러한 문제를 동시에 해결하기 위해 복수개의 씨앗을 선택하여 확장한 후 입술의 모양 및 크기 특성을 이용하여 결합하는 방법을 사용한다. 각각의 씨앗이 만드는 영역은 최소 크기보다 커야하고 결합된 영역의 크기와 모양은 입술의 특성을 만족해야한다는 조건으

로 결합하면 잡음에 의한 오류와 조명으로 인한 입술의 분리 현상을 해결할 수 있다. 그림 5(c)는 복수(이 경우 8개)의 씨앗을 이용하여 확장한 영역들을 보여준다.

각각의 씨앗으로 확장된 영역들은 씨앗의 크기 순서대로 라벨링된다. 다음의 식 (4)는 라벨링된 영역들을 겹치거나 포함하는 영역들의 한 쌍씩($m_i, m_j, i < j$)을 선정하여 이들이 결합가능한지를 판단하는 식을 나타낸다. 결합조건은 3개의 조건을 모두 만족하면 $GM(m_i, m_j)$ 가 1이 된다.

$$G_M(m_i, m_j) = \begin{cases} 1 & \text{if } \left\{ \begin{array}{l} \{WH(m_i, m_j) > Th_{WHGM}\} \\ \wedge \{WF(m_i, m_j) < Th_{WFGM}\} \\ \wedge \{DI(m_i, m_j) < Th_{DIGM}\} \end{array} \right. \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

$$DI(m_i, m_j) = |I(m_i) - I(m_j)| / \max\{I(m_i), I(m_j)\}$$

식 (4)에서 첫 번째 결합조건 $WH(\cdot)$ 는 영역 m_i 과 m_j 가 결합된 영역($m_i \cup m_j$)의 수평에 대한 수직 길이의 비율이며 두 번째인 $WF(\cdot)$ 는 결합된 영역과 얼굴영역(W_{FR})의 수평 길이 비율을 나타낸다. 이는 입은 수평적으로 길며 얼굴에 비해 일정 크기 이하의 길이를 갖는다는 특성에 대한 조건이다. 세 번째인 $DI(\cdot)$ 는 두 영역의 밝기 차이가 일정비율 이내로 유사한 경우에만 영역들을 결합하기 위해 사용된다. $I(\cdot)$ 는 각 영역의 평균 밝기를 산출한다.

결합대상이 아닌 영역들 중에서는 식 (4)의 조건 중에서 $WH(\cdot)$ 와 $WF(\cdot)$ 에 대한 조건을 만족하지 경우에 후보에서 제외한다. 수평분할영역에서 후보 영역의 수가 2개 이상인 경우는 다음의 식 (5)를 이용하여 입 영역을 선정한다.

$$D_M = \begin{cases} m_i & \text{if } \left\{ \begin{array}{l} \{PW_{cm} = 1\} \\ \vee \{CMN(m_i) = 1 | PW_{cm} = 0\} \end{array} \right. \\ cm & \text{if } \left\{ \begin{array}{l} \{PW_{cm} > 1\} \\ \vee \{CMN(m_i) > 1 | PW_{cm} = 0\} \end{array} \right. \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

$$cm = \begin{cases} m_i | \max\{Cr(m_i)\} & \text{if } \left\{ \begin{array}{l} \{Cb(m_N)\} \\ \times Cb(m_{N-1}) \end{array} \right\} \geq 0 \\ m_i | \max\{Cb(m_i)\} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

식 (5)에서 $CMN(\cdot)$ 는 영역의 총개수를 나타내며 PW_{cm} 는 얼굴 영역의 수평적 중심을 포함하는 요소의 총개수를 의미한다. 조건을 만족하는 영역이 1개일 경우에 해당 영역은 입으로 결정되며 2개 이상일 경우 식 (6)을 이용하여 입을 결정한다. 식 (6)에서 $Cr(\cdot)$ 과 $Cb(\cdot)$ 는 $YCbCr$ 색상공간에서의 평균 C_r 성분과 C_b 성분을 의미한다. 입은 주로 적색(Red) 성분을 가지고 있으나 조명환경과 카메라의 영향으로 피부가 입보다 적색성분을 매우 많이 가지게 되는 경우가 발생한다. 이 경우 두개의 쿼터명사이에 포함되는 피부의 영향으로 입보다 높은 적색성분을 가진다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해 C_b 성분을 이용한다. 영역의 색인은 얼굴 영역의 하위에서 상위 방향으로 부여되었으며 m_N 는 가장 상위의 영역을 나타낸다. 상위에 존재하는 두개의 영역(N 과 $N-1$)에 대한 C_b 성분의 부호가 일치하는가에 따라 양의

방향일 경우에는 최고의 평균 C_r 성분을 갖는 요소를 입으로 결정하며 그렇지 않은 경우에는 최고의 평균 C_b 성분을 갖는 요소를 입으로 결정한다.

코는 중앙의 60%에 해당하는 수평분할영역 중에서 입 위쪽에 있는 수평분할영역들에서 검색된다. 기본적으로 입술을 찾는 방법과 유사하나 그레이 변환된 영상을 이용한다는 점이 크게 다르다. 그레이 변환된 영상에서 콧구멍은 가장 어두운 값을 갖기 때문에 이를 반전시키면 가장 밝은 값으로 나타난다. 입을 찾는 것과 동일한 방법으로 복수의 씨앗을 중심으로 영역을 확장하며 확장된 영역은 씨앗의 밝기 순으로 라벨링된다. 확장되는 영역의 최소와 최대범위는 코의 형태와 크기를 기준으로 결정된다. 코의 경우 콧구멍이 2개이므로 2개의 작은 영역이 나타나지만 이들 근처의 그림자로 인해 두개가 연결되어 한 개의 영역으로 나타나는 경우가 많다. 이러한 점들을 고려하여 구성된 2개의 영역들($n_i, n_j, i < j$)에 대한 결합조건 $GN(n_i, n_j)$ 는 겹치는 경우와 포함하는 경우로 구분하여 조건을 적용한 식 (7)과 같이 만들어진다.

$$G_{\setminus}(n_i, n_j) = \begin{cases} 1 & \text{if } \left\{ \begin{array}{l} \{CGN_1(n_i, n_j) = 1 \mid CRN(n_i, n_j) = 0\} \\ \vee \{CGN_2(n_i, n_j) = 1 \mid CRN(n_i, n_j) = 1\} \end{array} \right. \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

$$CGN_1(n_i, n_j) = \begin{cases} 1 & \text{if } \left\{ \begin{array}{l} \{WF(n_i, n_j) < Th_{WFGN1}\} \\ \wedge \{DI(n_i, n_j) < Th_{IGN}\} \\ \wedge \{PW(n_i, n_j) = 1\} \end{array} \right. \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (8)$$

$$CGN_2(n_i, n_j) = \begin{cases} 1 & \text{if } \left[\begin{array}{l} \left\{ \begin{array}{l} \{WF(n_i, n_j) < Th_{WFGN2}\} \\ \wedge \{WH(n_i, n_j) > Th_{WHGN2}\} \end{array} \right\} \\ \vee \left\{ \begin{array}{l} \{Th_{WFGN2} < WF(n_i, n_j) < Th_{WFGN3}\} \\ \wedge \{WH(n_i, n_j) > Th_{WHGN3}\} \end{array} \right\} \end{array} \right] \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (9)$$

식 (7)은 두개의 영역($n_i, n_j, i < j$)이 부분적으로 겹치는 경우($CRN(\cdot) = 0$)와 서로 포함하는 경우($CRN(\cdot) = 1$)에 사용할 결합조건($CGN1$ 과 $CGN2$)을 정의한다. $CRN(\cdot) = 0$ 인 경우, 식 (8)에서처럼 3개의 조건을 평가하며 첫 번째와 두 번째 조건은 입의 검출에서 사용한 것과 동일한 특성을 비교하는 함수이고 세 번째의 $PW(\cdot)$ 는 결합된 영역이 얼굴영역에 대해 수평방향으로 중앙부분의 일정 범위 안에 존재하는지 여부를 나타낸다. $CRN(\cdot) = 1$ 인 경우, 식 (9)에서처럼 4개의 조건을 평가한다. 조건 $WF(\cdot)$ 와 $WH(\cdot)$ 는 식 (4)에서 정의한 것과 같다.

이와 같은 방법으로 각각의 수평분할 영역에서 2개씩의 코 후보를 선정하며 동일 수평영역에서 2개의 후보가 일정거리 이내에 위치하면 결합하여 하나의 후보로 만든 다음 코의 특징을 검사하는 식 (10)을 이용하여 최종적으로 코를 결정한다.

$$D_N = \begin{cases} n_i & \text{if } \min \{DNM(n_i)\} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{if } CD_N(j) = 1, j = 0, 1, 2, 3$$

$$CD_N(0) = \begin{cases} 1 & \text{if } CNP(n_i) > Th_{CNP} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$CD_N(1) = \begin{cases} 1 & \text{if } \left\{ \begin{array}{l} \{W_{\min}(D_M) < W_c(n_i) < W_{\max}(D_M)\} \\ \wedge \{W_{\min}(n_i) < W_c(D_M) < W_{\max}(n_i)\} \end{array} \right\} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$CD_N(2) = \begin{cases} 1 & \text{if } Th_{FRN1} < WF(n_i) < Th_{FRN2} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$CD_N(3) = \begin{cases} 1 & \text{if } RI(D_M) < RI(n_i) < RI(D_M + 2) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (10)$$

식 (10)은 코의 형태적, 위상학적 특징을 검사하는 4개의 조건($CD_N(j), j=0,1,2,3$)이 만족되는 경우 코 후보와 이미 검출된 입술과의 거리 $DNM(\cdot)$ 이 최소인 후보가 코로 선택됨을 보여준다. $CD_N(0)$ 은 코의 화소수 $CNP(\cdot)$ 가 일정한 수보다 커야한다는 조건을, $CD_N(1)$ 은 입의 좌우경계 사이에 코의 수평중심이 존재하고 역으로도 존재해야 한다는 조건을, $CD_N(2)$ 는 입의 검출에서 사용한 것과 동일한 특성의 조건을, $CD_N(3)$ 은 입보다 상위의 2개 이내의 수평분할 영역에 코가 위치한다는 조건을 의미한다. $RI(\cdot)$ 는 요소가 존재하는 수평분할 영역의 하위에서 상위방향 순으로 부여된 색인을 의미한다.

눈의 후보 영역은 코가 검출된 수평영역보다 상단에 위치한 수평영역에서 코를 검출하는 것과 동일한 방법으로 복수개의 씨앗을 이용하여 라벨링되며, 겹치거나 포함하는 각 쌍의 영역들($e_i, e_j, i < j$)에 대한 결합조건 $GE(e_i, e_j)$ 는 식 (11)과 같이 만들어진다.

$$G_E(e_i, e_j) = \begin{cases} 1 & \text{if } \left\{ \begin{array}{l} \{WF(e_i, e_j) > Th_{WFG_E}\} \\ \wedge \{WH(e_i, e_j) < Th_{WHGE}\} \\ \wedge \{CMPR(e_i, e_j) < Th_{PRGE}\} \end{array} \right\} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (11)$$

식 (11)에서 첫 번째와 두 번째 조건은 입의 검출에서 사용한 것과 동일한 특성을, 세 번째 조건 $CMPR(\cdot)$ 은 결합하는 요소에 대해 총화소수에 대한 사각영역의 크기의 비율로써 사각영역에 일정 비율 이상의 화소들이 존재해야 되는 특성을 의미한다.

결합조건을 만족하는 후보영역들을 각 수평영역에서 좌우 2개씩 선택한다. 이들 중에서 최종적인 선택은 다음의 몇 단계의 검사를 통해 이루어진다. 먼저 눈의 후보들은 검출된 코 및 입과의 관계, 눈의 후보가 존재 가능한 수평분할영역의 위치, 그리고 수평길이가 수직길이에 대한 눈의 특성들을 비교하는 식 (12)를 이용하여 좌측 또는 우측 눈의 후보로 분류된다.

$$\begin{aligned}
 CR_L(e_i) &= \{e_i \mid \{CDE(e_i)=1\} \wedge \{e_i \in \{S_D(y) \cap S_L(y) \cap S_C(y)\}\}\} \\
 CR_R(e_i) &= \{e_i \mid \{CDE(e_i)=1\} \wedge \{e_i \in \{S_D(y) \cap S_R(y) \cap S_C(y)\}\}\} \\
 CDE(e_i) &= \begin{cases} 1 & \text{if } \left\{ \begin{aligned} &RM(RI(D_i)) < \frac{H_{\max}(e_i) + H_{\min}(e_i)}{2} \\ &\wedge \{Th_{DE1} < WH(e_i, e_i) < Th_{DE2}\} \end{aligned} \right\} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (12)
 \end{aligned}$$

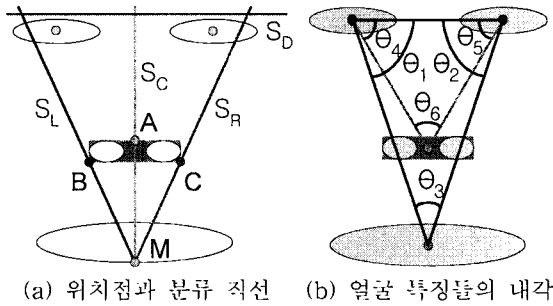


그림 6. 눈 후보의 분류와 내각 선정.

Fig. 6. Classifying eye candidates(a) and graphical definition calculation of inner angles(b).

식 (12)는 눈 후보가 코의 수평분할영역보다 상위에 존재하고 수평과 수직의 길이 비율(WH)이 일정 범위 이하인지를 확인하는 CDE(·)조건을 만족하는 경우에 있어서 좌측 눈 후보의 집합 CR_L과 우측 눈 후보의 집합 CR_R으로 분류한다. CR_L과 CR_R은 그림 6(a)의 직선 S_D(y), S_L(y), S_R(y)에 의한 폐영역 내부에 위치하는 후보들에 대해 직선 S_C(y)를 기준으로 좌측 또는 우측에 존재하는가에 따라 분류한다. RI(·)는 후보가 속한 수평분할영역의 색인이며 RM(·)은 수평분할영역의 색인에 대한 수직적 최대 위치를 의미한다. H_{max}와 H_{min}은 후보의 수직적 최고와 최소의 높이를 의미한다. 직선 S_C(y), S_L(y), S_R(y)들은 그림 6(a)의 코와 입의 위치점(A, B, C, M)을 지나는 직선이며, 눈이 존재할 수 있는 최대 수직 높이를 의미하는 직선 S_D(y)는 코 상위의 수평분할 영역의 최대 수직높이와 코에서부터 코-입사이의 수직거리의 3배 높이 중에 작은 높이를 지나는 X축에 평행한 직선이다.

분류된 눈의 집합들(CR_L, CR_R)에서 1개씩 선택하여 결정된 입과 코와의 가능한 모든 조합을 구성하여 그림 6(b)와 같은 위치에 대한 내각을 계산한다. 각 내각들과 일반적인 얼굴에서 산출한 기준각과의 분산을 구하여 해당 조합의 점수(SC)로 부여한다. 최종적으로 기준내각과 가장 유사한 내각을 갖는 조합의 눈 후보를 눈으로 식 (13)과 같이 결정한다.

$$D_k(\text{left, right}) = \begin{cases} (CR_L(e_i), CR_R(e_j)) & \text{if } \min\{SC(CR_L(e_i), CR_R(e_j))\} < Th_{\min E} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (13)$$

식 (13)에서 SC(·)는 조합의 점수를 의미하며 임계값(Th_{minE})은 정면(0°)을 기준으로 35°이내의 회전 범위에 대해 일반적인 얼굴에서 산출된 최대 오차 허용범위를 의미한다.

그림 7에는 최종 검출된 얼굴 특징들을 보여준다. 이와 같이 얼굴의 특징인 눈, 코, 그리고 입을 모두 검출하였을 경우

해당 얼굴 영역은 얼굴의 특징 요소들이 보유한 구조적 특성에 의하여 실제 얼굴인지 여부를 판정한다. 얼굴의 특성을 만족하는 특징인 눈, 코, 그리고 입 요소가 모두 검출되고 식 (14)를 만족하면 얼굴로 판정한다.

$$D_{Face} = \begin{cases} 1 & \text{if } DC(D_N, D_M) / W_{FR} < Th_{face1} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (14)$$

식 (14)는 얼굴 영역의 수평길이에 비해 코와 입술간의 거리가 일정한 크기 이내여야 하는 특성을 의미하며 DC(·)는 코와 입술의 중점간의 거리를, W_{FR}은 얼굴영역의 수평적 길이를 의미한다.

5. 실험

본 실험에서는 근거리에서 촬영된 얼굴 DB에 대해 제안한 방법을 적용하여 성능을 평가하기 위해 시행되었다. 얼굴 DB는 20~40대의 연령층의 남성과 여성으로 구성되어 있으며 안경과 마스크를 착용한 얼굴도 포함하고 있다. 근거리 촬영을 전제로 하여 DB를 구성하였으므로 DB는 모두 얼굴이 존재하는 영상만을 포함한다. 다양한 조명 환경을 실험하기 위하여 외부의 태양에 의한 자연광이 존재하는 경우와 존재하지 않는 환경을 포함하며 역광현상이 주로 발생하는 조명 환경 또한 포함하여 실제 환경과 같은 환경으로 구성하였다. 일반적으로 얼굴의 색상 왜곡과 반사 현상 그리고 역광 현상은 자연광에서 비하여 강한 실내조명 환경에서 발생하며 이러한 다양한 환경에서의 사람에 대한 총 402명의 얼굴 동영상을 촬영하여 얼굴 DB로 구성하였다. 얼굴 검출에 사용된 카메라는 일반적으로 쉽게 구할 수 있는 30만화소의 PC용 USB 카메라를 사용하였으며 이를 구동하기 위해 1.13GHz Pentium 3 CPU의 PC를 사용하였다. 얼굴 DB에 대한 얼굴 검출의 실험 결과를 표 1에 정리하였다.

표 1. 얼굴 DB의 구성 및 판정실험결과
Table 1. Composition of face DB and results of face decision

	정상 얼굴	비정상얼굴		총영상수 (대비비율)
		마스크	선글라스	
영상수	317	40	45	402
얼굴영역 추출성공	313	40	45	398(99%)
얼굴판정 성공영상	287	0	0	287
얼굴판정 실패영상	30	40	45	115

표 1에서 얼굴영역 추출의 성공여부는 추출된 얼굴영역에 그림 2(i)와 같이 눈, 코, 그리고 입술이 포함되어 있는 지와 영역 내에 배경요소가 포함되어 있지 않은지에 따라 결정된다. 표 1에 나열한 바와 같이 얼굴 영역 검출의 성공률은 99%이며 정상얼굴을 얼굴로 판정하는 성공률은 90.53%이다. 그리고 비정상얼굴은 모두 비얼굴로 판정하였다. 얼굴 색상(skin color)를 이용한 방법[6]은 동일한 얼굴 DB에 대해 76%의 성공률을 보임으로써 제안된 방법의 유효성을 입증할

수 있다.

그림 8에서 (a)는 눈을 감거나 얼굴에 측면 조명에 의한 반사가 발생하여 얼굴 색상 성분이 왜곡된 경우, (b)는 역광에 의해 그림자가 발생하는 경우, (c)는 급한 움직임에 의해 초점이 부정확해 지는 경우, (d)는 얼굴이 기울어진 경우, (e)는 입을 벌린 경우, (f)는 배경에 다른 얼굴이 존재하는 경우, 그리고 (g)는 머리카락에 의해 눈이 일부 가려진 경우에 얼굴 검출을 성공한 예를 보여주며 검출한 얼굴특징들을 상자로 표시하였다. 일반적으로 이런 경우에서의 얼굴 검출 성능은 감소하게 되나 실제 환경에서는 흔히 발생할 수 있는 환경이다. 제안 방법은 이러한 조명에서도 정확한 얼굴 영역 및 눈, 코, 그리고 입을 검출함으로써 다양한 조명 환경에 강한 얼굴 검출 방법을 보여준다.



그림 8. 다양한 조명 환경에서의 얼굴 검출 성공 예제.
Fig. 8 Examples of successful classification of facial features.

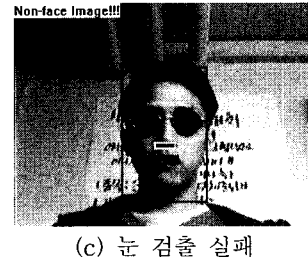
그림 9는 얼굴 판정 실패의 예제들로서 정확한 얼굴영역 또는 얼굴특징의 검출이 실패한 경우를 보여준다. 그림 9에서 (a)는 추출된 얼굴영역에 얼굴특징이 포함되었으나 배경도 함께 포함되어 있으므로 얼굴영역추출에 실패한 경우이며, (b)와 (c)는 얼굴영역은 성공적으로 검출하였으나 입술

또는 눈 요소를 검출하지 못해 비얼굴로 판정한 경우이다.

프레임에서 움직임 추출에 소요되는 시간은 평균적으로 0.041초가 소요되었으며 움직임이 검출된 후 얼굴을 판정하는데 소요되는 시간은 평균적으로 0.689초가 소요되었다. 제안된 방법은 움직이는 피사체가 있는 경우에만 얼굴검출을 수행하며 영상획득 간격(12 프레임/초)을 사용하였으며 지능형 감시등의 목적에 실시간 적용이 가능함을 알 수 있다.



(a) 얼굴 영역 검출 실패 (b) 입 검출 실패



(c) 눈 검출 실패

그림 9. 얼굴 검출 실패 예제.

Fig. 9 Examples of failed classification of facial features: (a) failed detection of face region, (b) failed extraction of mouth component, (c) failed extraction of eyes.

6. 결 론

본 논문에서는 다양한 조명 환경에서도 강인하며 실시간 처리 가능한 얼굴판정기법을 제시하였으며 실험을 통해 제안된 방법의 유효성을 입증하였다. 제안된 방법은 조명의 영향과 배경의 복잡성에 강한 에지차영상을 이용하여 사람의 영역을 검출하고 에지의 기울기 정보를 이용하여 얼굴영역의 상하, 좌우 경계점을 구하였다. 또한 다양한 에지영상의 수평, 수직 프로파일에 적용적인 임계값을 적용하여 얼굴특징이 존재할 수 있는 영역을 분할하였으며 얼굴특징의 색상 정보 및 특징간의 위상관계를 이용하여 최종적으로 얼굴여부를 판정하였다. 실험은 다양한 방향 및 밝기의 조명환경에서 획득한 동영상 DB를 이용하였으며 실험 결과 정상얼굴에 대한 얼굴판정의 성공률은 90.53%이며 비정상얼굴은 모두 비얼굴 판정하는 매우 우수한 결과를 얻었다. 또한 얼굴판정에 소요되는 평균이 0.689초로 실시간 환경에서 사용하는데 문제가 없음을 확인하였다. 실제 환경과 같은 환경에서 실험하였으며 얼굴특징인 눈, 코, 그리고 입이 모두 검출되는 경우에만 얼굴판정을 하므로 정확한 구분을 필요로 하는 인식, 보안, 그리고 감시 등의 용도에 매우 적합할 것이다.

참고 문헌

[1] P. Remagnino, G. A. Jones, N. Paragios and C. S. Regazzoni, Video-based Surveillance Systems Computer vision and Distributed Processing, Kluwer, 2002.

[2] P. Sinha, "Object recognition via image invariants: A case study," Investigative Ophthalmology and Visual Science, Vol. 35, pp. 1735-1740, May 1994.

[3] T. Yokoyama, Y. Yagi and M. Yachida, "Facial contour extraction model," IEEE Proc. of 3rd Int'l Conf. on Automatic Face and Gesture Recognition, 1998.

[4] K. C. Yow and R. Cipolla, "Feature-Based Human Face Detection," Technical Report CUED/INFENG/TR249, University of Cambridge, Aug. 1996.

[5] H. Rein-Lien, M. Abdel-Mottaleb, and A. K. Jain, "Face detection in Color Images," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 24, No. 5, pp. 696-706, May 2002.

[6] S. Kim, S. Lim, H. Cha and H. Hahn, "Block Based Face Detection Scheme Using Face Color and Motion Information," 퍼지 및 시스템 학회 논문지, 제 13권, 4호, pp. 461-468, 2003년 8월.

[7] C. Kotropoulos and I. Pitas, "Rule-based Face Detection in Frontal Views," Proc. IEEE Int'l Conf. on Acoustics, Speech and Signal Processing, Vol. 4, pp. 2537-2530, 1997.

[8] H. A. Rowley, S. Baluja, and T. Kanade, "Neural network-based face detection," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 20, No. 1, pp. 23-38, Jan. 1998.

[9] H. Zhao and Y. Huang, "Real-Time Multiple-Person Tracking System," Int'l Conf. on Pattern Recognition, Vol. 2, pp. 879-900, 2002.

[10] I. Pitas, Digital Image Processing Algorithms and Applications, Wiley-Interscience, 2000.

저자 소개



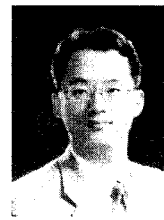
김수현(Soohyun Kim)
제 13권 4호(2003년 8월호) 참조



한영준(Youngjoon Han)
1996년 : 숭실대학교 전자공학과 졸업
1998년 : 동대학 석사졸업
2003년 : 동대학 박사졸업
2003년~현재 : 숭실대학교 정보통신
전자공학부 전임강사

관심분야 : 비주얼 서보잉, 이동로봇,
로봇센서, 영상처리

E-mail : young@ssu.ac.kr



차형태(Hyungtai Cha)
제 13권 4호(2003년 8월호) 참조



한현수(Herno Hahn)
제 13권 4호(2003년 8월호) 참조