

기하학적 특징에 기반한 순수 얼굴영역 검출기법 (Geometrical Feature-Based Detection of Pure Facial Regions)

이 대 호 [†] 박 영 태 ^{**}
(Daeho Lee) (Youngtae Park)

요 약 얼굴 영역의 정확한 위치를 정확히 찾는 것은 얼굴 인식을 위한 핵심적인 전처리 과정이다. 본 논문에서는 조명조건, 표정, 배경의 변화에 무관하게 얼굴의 구성요소를 검출할 수 있는 강력한 기법을 제안한다. 수평 방향의 상대적으로 어두운 화소값을 갖는 눈썹, 눈, 입 등과 같은 독립된 얼굴 요소를 검출하기 위해 형상 분해 국부 최적 임계치 기법을 적용하며 얼굴을 구성하는 간단한 기하학적 조건을 만족하는 얼굴 요소의 그룹을 검색함으로써 순수 얼굴영역을 검출한다. AR-face 데이터베이스의 영상에 적용한 결과, 두꺼운 안경테에 의해 눈썹이 가리워진 특수한 경우를 제외한 거의 모든 영상에 대해 정확한 얼굴 영역을 검출할 수 있었고, 얼굴의 대칭성을 이용해 회전과 이동 변화를 보상할 수 있으므로 강력한 얼굴 인식의 전처리 과정으로 사용할 수 있다.

키워드 : 얼굴인식, 얼굴요소검출, 얼굴영역, 형상분해 국부임계치

Abstract Locating exact position of facial components is a key preprocessing for realizing highly accurate and reliable face recognition schemes. In this paper, we propose a simple but powerful method for detecting isolated facial components such as eyebrows, eyes, and a mouth, which are horizontally oriented and have relatively dark gray levels. The method is based on *the shape-resolving locally optimum thresholding* that may guarantee isolated detection of each component. We show that pure facial regions can be determined by grouping facial features satisfying simple geometric constraints on unique facial structure. In the test for over 1000 images in the AR-face database, pure facial regions were detected correctly for each face image without wearing glasses. Very few errors occurred in the face images wearing glasses with a thick frame because of the occluded eyebrow-pairs. The proposed scheme may be best suited for the later stage of classification using either the mappings or a template matching, because of its capability of handling rotational and translational variations.

Key words : Face recognition, Facial components, Detection, Facial region, shape-resolving local thresholding

1. 서 론

얼굴 인식은 가장 자연스런 개인 인증기법으로서 많은 연구가 진행되어 왔지만 머리 방향, 얼굴 표정, 머리 모양, 배경 그리고 조명 조건에 의해 변화하는 얼굴 영상의 다양성으로 인해 강력한 얼굴 인식기법의 구현이 매우 어렵다. 대표적인 얼굴 인식기법으로는 1) 눈썹, 눈, 코, 입과 얼굴 윤곽 같은 얼굴 요소의 기하학적 특

징을 기초로 한 템플릿 정합[1,2]과 2) PCA 또는 LDA 매핑과 같이 차원을 감소시켜 순수한 얼굴 영역을 분류[3,4,5]하는 기법을 들 수 있다. 얼굴 요소들의 정확한 위치를 찾는 것은 정합과 매핑에 기반한 얼굴 인식 알고리즘들을 구현하기 위한 핵심 요소이다.

얼굴 요소들을 추출하기 위한 기법으로서 [1]에서는 수직 투영을 이용하여 눈썹, 눈, 입과 같은 수평 요소들을 검출하며 코를 검출하기 위해 수평 투영을 이용한다. 이 기법은 투영 영역의 초기 설정이 어려운 단점을 가진다. 얼굴 윤곽을 포함한 변형 템플릿의 사용이 [6, 7]에서 제안되었고 얼굴 윤곽을 찾기 위해 에지의 크기와 방향을 이용한 선 추적 기법도 제안되었다[8]. 또한 얼굴의 윤곽을 찾은 후에, 얼굴 요소들을 찾기 위한 다

· 본 논문은 2002년도 경희대학교 교내연구비에 의하여 연구되었음

† 정 회 원 : 경희대학교 전자공학과
nize@khu.ac.kr

** 비 회 원 : 경희대학교 전자정보학부 교수
ytpark@khu.ac.kr

논문접수 : 2002년 6월 24일

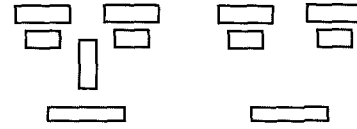
심사완료 : 2003년 4월 8일

양한 기법이 제안되었다[8,9,10]. 눈과 눈썹을 찾기 위해 [11]에서는 에지의 방향성 정보를 이용한 Hough 변환을 적용하였다. [12]에서는 얼굴의 대칭적인 특징을 이용하여 얼굴 요소의 후보들의 대칭점을 찾는다. 위에서 예로 든 방법들은 에지의 크기와 방향과 같은 국부적 정보를 기초로 하고 있기 때문에 얼굴 표정과 조명 조건의 변화가 심할 경우 얼굴 요소들의 강건한 검출을 보장하기 어렵다. 신경망을 이용한 기법[13]은 신뢰도가 높은 얼굴 영역의 검출에 사용될 수 있지만 학습을 위해 얼굴 영상뿐만 아니라 수 많은 비얼굴 영상을 필요로 한다. 또한 계산량이 많기 때문에 실용적 측면에서 적합하지 않다. 기하학적으로 관련된 요소들을 찾는 규칙에 기반한 접근 방법 [14]에서 제안되었지만 얼굴 구성요소가 정확히 검출된다는 가정 하에서 적용이 가능하다.

본 논문에서는 독립된 얼굴 요소들의 검출을 보장할 수 있는 강건한 검출기법과 순수한 얼굴 영역을 찾기 위한 규칙에 기반한 기법을 제안한다. 제안한 기법은 영상의 회전과 이동 변화를 보상할 수 있으므로 강건한 얼굴인식의 전처리 과정으로 사용할 수 있다. 독립적인 수평 증거 영역들을 검출하기 위한 기법으로서 형상 분해 국부 최적 임계치 기법을 2장에 기술하며 눈썹 쌍과 눈썹을 찾기 위한 규칙에 기반한 기법과 회전, 이동 변화에 대한 보상 기법을 3장에 제시한다. AR-face 영상 데이터베이스와 자연적인 얼굴영상에 대한 실험결과를 4장에 제시하며, 본 논문의 요약을 5장에 기술한다.

2. 얼굴 구성 요소의 검출

그림 1(a)에 보인 바와 같이 사람의 얼굴은 기하학적으로 연관된 눈썹 쌍, 눈 쌍, 코, 입과 같은 요소들로 구성된다. 코를 제외한 모든 요소들은 수평 성분이다. 또한 수평 요소들은 조명의 조건에 관계없이 사람의 자연 영상에서 일반적으로 주위 피부색보다 어둡다. 그러나 조명 방향에 의해 음영이 나타나므로 피부로부터 코를



(a) 코를 포함하는 경우 (b) 코를 포함하지 않는 경우

그림 1 얼굴 영상 모델

구별하는 것은 어렵다. 그림 2는 좌측으로부터 조명을 받는 전형적인 예이다. 눈썹 쌍, 눈 쌍과 입의 특징적인 기하학적 관계(그림 1(b))를 사람의 얼굴을 검출하는데 이용할 수 있다.

조명 조건의 변화를 보상하기 위해 DC-notch 필터[15]를 사용한다. f 를 입력 영상이라고 하면 DC-notch 필터를 수행한 출력 영상 g 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$g(x, y) = f(x, y) - \frac{1}{N} \sum_{x', y' \in W(x, y)} f(x', y') + 128 \quad (1)$$

여기서, N 은 현재 픽셀 $f(x, y)$ 를 중심으로 하는 윈도우 W 안에 있는 픽셀 수이다.

그림 2(b)에서 눈썹, 눈, 입과 같은 어두운 특징들을 검출하기 위해서 화소값이 반전되었다. 이러한 특징 영역을 검출하기 위해 엔트로피 이진화[16]와 같은 전역 최적 임계기법을 적용할 경우, 그림 2(c)의 예에서와 같이 인접한 영역과 연결될 수 있기 때문에 독립된 얼굴 요소의 검출이 어렵다. 이 예에서는 오른쪽 눈썹과 코의 음영이 연결되어 있음을 알 수 있다. 따라서 독립적인 얼굴 요소들을 검출하기 위해 국부적으로 최적의 임계치를 구하는 방법이 이용되어야 한다. [17]에서 제안한 국부 임계치 기법에서는 공간적으로 변화하는 배경과 조명에 적합한 가변적 임계치를 결정할 수 있는 임계 표면(threshold surface)을 찾는다. 분할될 형상을 고려하지 않고 국부 히스토그램 분포만을 이용하므로 겹쳐진 부분들을 분해하지는 못한다. 본 논문에서는 독립된 수평 성분들을 검출하기 위해 형상분해 국부 임계치(shape-resolving local thresholding)기법을 적용한다[18].



(a) 원영상

(b) DC-notch 필터를 적용한 영상

(c) 엔트로피 이진화

그림 2 전형적인 얼굴 영상

형상 분해 국부 최적 임계치 기법

Step 1 : 영상에서 가장 밝은 그레이 레벨을 임계치 T 로 초기화하고, $T = 128$ 로 한다.

Step 2 : T 를 사용해서 이진 영상을 구하고 labeling[19] 과정을 적용한다. 연결 영역에 대한 경계박스의 초기 좌표들을 $S_1 = \{R_1^l, R_2^l, \dots, R_n^l\}$ 에 저장한다. (Level $p = 1$)

Step 3 : Do {

$$T \leftarrow T - \eta, p \leftarrow p + 1$$

임계치 T 로 이진화 하고 labeling 과정을 수행하고 경계 박스 좌표들 $S_p = \{R_1^p, R_2^p, \dots, R_n^p\}$ 에 저장한다.

} while ($T > T_0$)

Step 4 : S_1, S_2, \dots, S_m 로부터 관심 영역(seed region)의 변화 목록 $G_i = \{R_{i1}, R_{i2}, \dots, R_{in}\}$, $i = 1, 2, \dots, n$ 을 작성한다. m 은 step 3에서 이진화 레벨의 수이다. R_{ij} 는 S_i 의 경계 박스 중에서 R_{ij} 을 포함하는 경계 박스이다. 따라서 R_{ij} 의 크기는 단조 증가한다.

Step 5 : 각 G_i 마다 α 와 β 를 계산한다. 한 개의 관심 영역에서 시작해서(예를 들어 R_{i1}) $\alpha > \tau_2$ 의 조건을 만족할 때 $\beta > \tau_1$ 를 찾는 첫 번째 임계치를 선택한다.

Step 6 : 만약 그러한 임계치가 존재한다면 해당하는 국부 영역의 국부 임계치로 저장한다.

Step 7 : 그렇지 않고 오직 $\alpha > \tau_2$ 를 만족한다면, $\alpha > \tau_2$ 를 만족하는 국부 임계치 중에서 최소값을 선택한다.

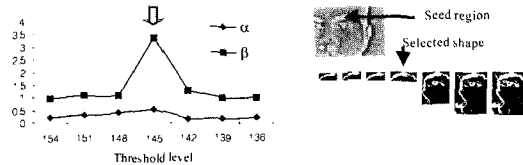
Step 8 : Step 6, 7에 해당되지 않는다면 최대 화소값 255를 저장한다.

국부적 조명 조건 때문에 얼굴 요소들의 명확한 증거를 나타내는 초기 영역들은 서로 다른 임계치 레벨에서 나타날 수도 있다. k 번째 요소의 초기 영역을 P_k 라고 하고 i 번째 임계치가 적용되었을 때의 연결 영역의 높이를 H_{ki} 라고 했을 때, 임계치 레벨의 증가에 따른 높이 변화율은 $\beta_{ki} = H_{ki+1} / H_{ki}$ 로 주어진다. β 값을 낮은 값으로 제한하는 것은 인접한 요소들 사이의 증거 영역들이 병합되는 것을 막기 위해서이다. 분할된 영역의 화소수를 N_{ik} , 분할된 영역을 감싸고 있는 경계 박스의 면적을 M_{ki} 라 하면 i 번째 임계치가 적용되었을 때의 응집도 α_{ki} 는 N_{ki} / M_{ki} 로 주어진다. 얼굴의 구성 요소가 아닌 영역의 α 값은 상대적으로 낮은 값을 가지므로 α 값을 제한함으로써 유령(ghost) 요소들이 검출되는 것을 방지한다. 따라서 국부적으로 최적의 임계치를 찾는

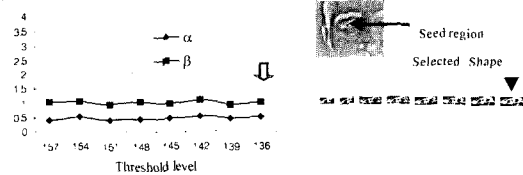
기준으로서 $\alpha > \tau_2$ 와 $\beta > \tau_1$ 의 조건을 설정한다.

인접한 요소들과의 겹침이 없는 수평 성분의 영역을 선택함으로써 눈썹, 눈, 입과 같은 구성 요소를 효과적으로 검출할 수 있다. 실험적으로 $\tau_1 = 2.5$ 의 고정된 값을 선택하였다. 검출 감도는 τ_2 에 의해 결정된다. τ_2 값이 낮을수록 검출 감도는 높아지지만 유령(ghost) 요소들이 검출될 가능성이 높아진다. 다양한 환경의 영상에서 실험한 결과 $\tau_2 = 0.3$ 의 값을 선택하였다. 그림 3(a)의 예에서 $\beta > \tau_1$ 과 $\alpha > \tau_2$ 를 만족하는 임계치는 145이다. 만약 그러한 임계치가 그림 3(b)에서처럼 찾을 수 없다면 $\alpha > \tau_2$ 를 만족하는 가장 낮은 임계치를 선택한다.

DC-notch 필터의 적용 후 히스토그램의 최대치는 화소값 128에서 나타난다. 따라서 임계치 선택은 step 3에서 $T > T_0$ 일 때만 수행한다. Step 3의 과정을 모든 임계치 레벨에서 수행할 필요는 없으며 처리 시간을 줄이기 위해 $\eta = 3$ 를 사용한다. 위의 과정에 의해 검출된 얼굴 구성 요소의 예를 그림 4에 보인다.



(a) $\beta > \tau_1$ 의 조건에서 $\alpha > \tau_2$ 를 만족하는 경우



(b) $\alpha > \tau_2$ 만 만족하는 경우

그림 3 얼굴 요소를 찾기 위한 형상 분해 국부 임계 기법의 예



그림 4 얼굴의 수평요소 검지의 예

3. 눈과 눈썹 쌍의 검출

얼굴 요소들을 추출한 후, 다음과 같은 간단한 기하학적 조건을 만족하는 얼굴 요소의 그룹을 검색함으로써 순수 얼굴영역을 검출한다

(1) 좌측 눈썹의 가장 오른쪽 x좌표와 우측 눈썹의 가장 왼쪽 x좌표(미간의 x좌표)는 입 영역의 x좌표 사이에 있다. 눈의 쌍도 비슷한 기하학적 조건을 가진다 (그림 5(a) 참조).

(2) 입은 눈썹 쌍 영역의 폭 길이로 만들어진 정사각형 안에 부분적으로 혹은 완전히 포함된다. 눈의 쌍도 비슷한 기하학적 조건을 가진다(그림 5(b), 5(c) 참조).

이러한 기하학적 조건을 만족하는 얼굴 영역을 검출하기 위한 과정을 다음과 같이 제한한다.

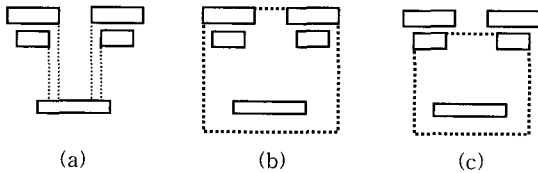


그림 5 얼굴 요소의 기하학적 조건

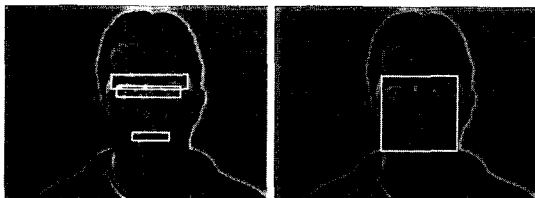


그림 6 눈썹쌍, 눈쌍, 입의 검출과 얼굴 요소의 검출 예

순수 얼굴 영역의 검출기법

Step 1 : 각 요소들과 관련된 누산기를 0으로 초기화한다.

Step 2 : 수평으로 인접한 요소들의 모든 쌍을 찾는다.

Step 3 : 각 쌍에 대해, 2가지 기하학적 조건을 만족하는 모든 가능한 입 요소들을 찾고 연관된 누산기를 하나씩 증가시킨다.

Step 4 : 0보다 큰 값을 가지는 누산기와 연관된 모든 요소는 입 영역의 후보이다.

Step 5 : 눈썹과 눈 영역의 경계 박스를 합병하고 합쳐진 박스의 아래 쪽 방향으로 폭의 길이를 가지는 정사각형의 얼굴 영역을 형성한다.

그림 6에 얼굴 영역 검출의 예를 보인다. 머리가 기울어진 영상에서 위의 규칙을 적용할 경우, 정확한 얼굴 영역의 검출이 이루어지지 않을 수 있다. 회전에 강건하게 얼굴 영역을 검출하기 위하여 입 영역을 수평의 양쪽 방향으로 약간의 여분을 가지도록 확장하여 첫번째 조건을 완화한다. 그림 7에서와 같이 기울어진 영상에서는 눈과 눈썹이 쌍을 이루어 검출될 수 있다. 이러한 회전을 보상하기 위해 대칭성에 기반한 간단한 보상 기법을 제시한다.

대칭성에 기반한 회전과 이동의 보상기법

눈썹과 눈 영역에서의 대칭성 η 를 다음과 같이 산출한다.

$$\eta(\theta, \delta) = \frac{1}{N_\theta} \sum_y \sum_{x=1}^{\delta} |I_\theta(x, y) - I_\theta(2\delta - x, y)| \quad (2)$$

여기서, I_θ 는 그림 8에서 보여진 것처럼 θ 만큼 회전된 영역이고, N_θ 는 유효 픽셀의 수이다. 가장 작은 값을



그림 7 기울어진 영상에서의 얼굴 요소의 검출 예

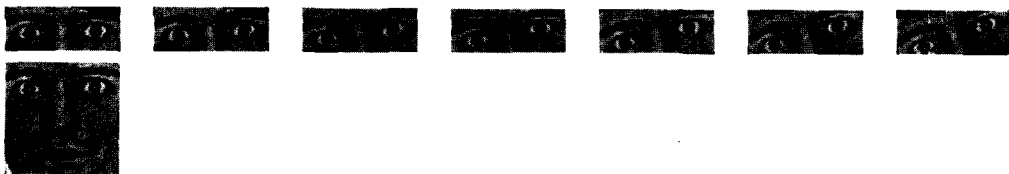


그림 8 회전과 이동의 보상 예



그림 9 보상된 얼굴 영역 검출의 다른 예

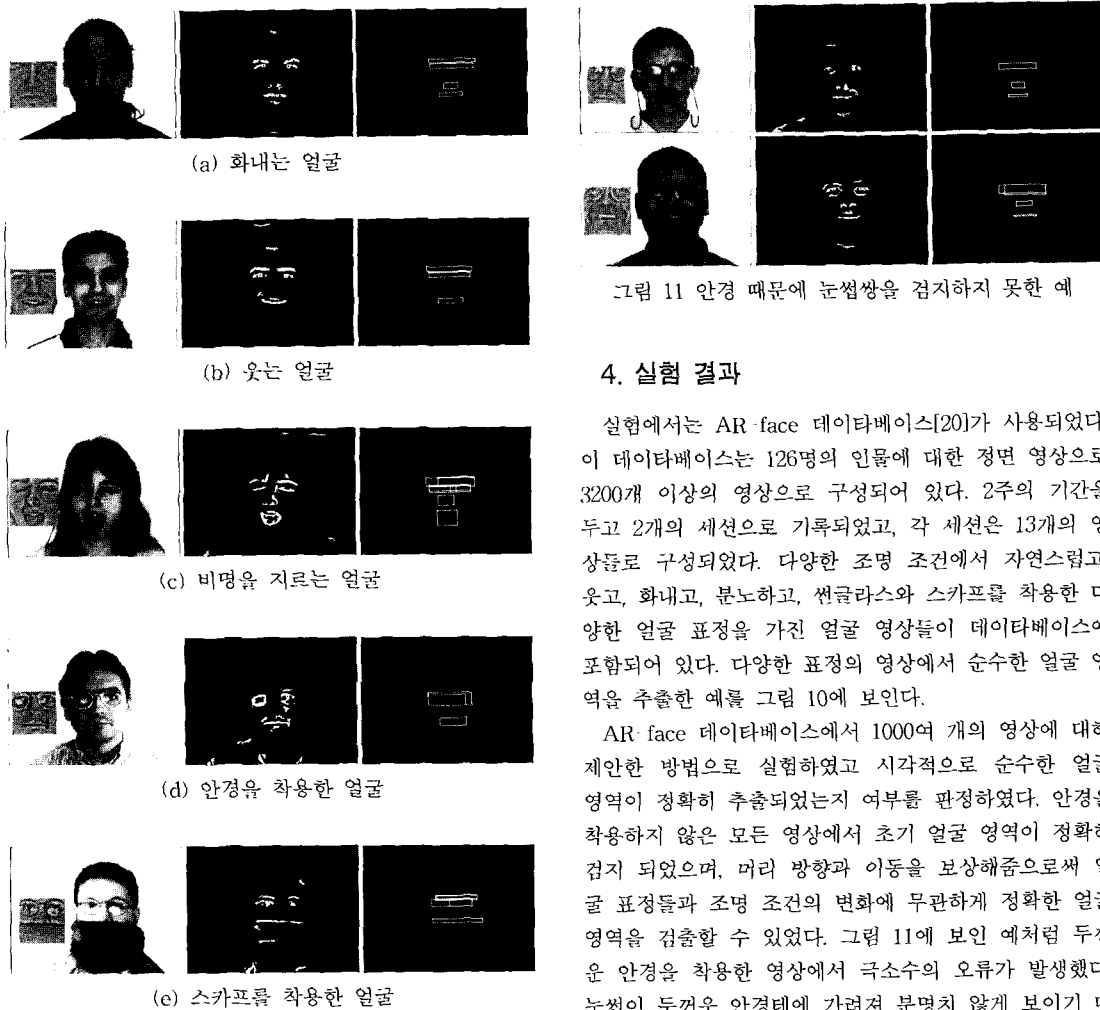


그림 10 여러 얼굴 표정에서의 순수 얼굴 영역 검출의 예

가지는 η 에 관련된 $\{ \theta, \delta \}$ 의 값을 검색함으로써 회전각도와 수평 이동 벡터를 구할 수 있다. 실험에서는 7개의 θ 값을 사용하였다(-9° 에서 $+9^\circ$ 까지 3° 의 간격으로).

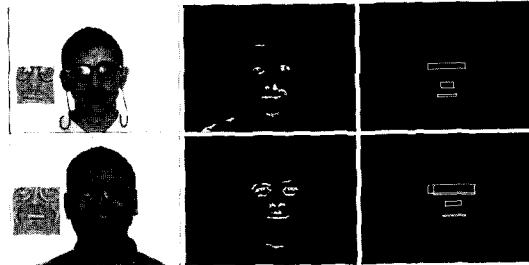


그림 11 안경 때문에 눈썹쌍을 검지하지 못한 예

4. 실험 결과

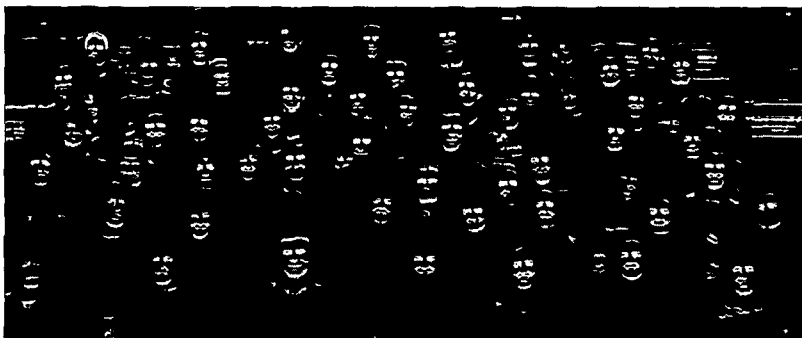
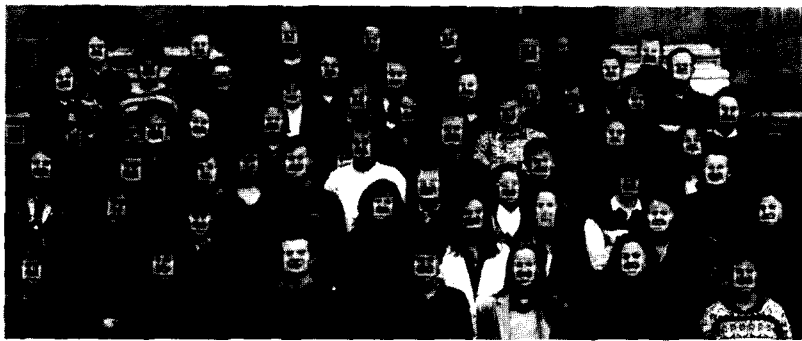
실험에서는 AR-face 데이터베이스[20]가 사용되었다. 이 데이터베이스는 126명의 인물에 대한 정면 영상으로 3200개 이상의 영상으로 구성되어 있다. 2주의 기간을 두고 2개의 세션으로 기록되었고, 각 세션은 13개의 영상들로 구성되었다. 다양한 조명 조건에서 자연스럽고, 웃고, 화내고, 분노하고, 썬글라스와 스카프를 착용한 다양한 얼굴 표정을 가진 얼굴 영상들이 데이터베이스에 포함되어 있다. 다양한 표정의 영상에서 순수한 얼굴 영역을 추출한 예를 그림 10에 보인다.

AR-face 데이터베이스에서 1000여 개의 영상에 대해 제안한 방법으로 실험하였고 시간적으로 순수한 얼굴 영역이 정확히 추출되었는지 여부를 판정하였다. 안경을 착용하지 않은 모든 영상에서 초기 얼굴 영역이 정확히 검지 되었으며, 머리 방향과 이동을 보상해줌으로써 얼굴 표정들과 조명 조건의 변화에 무관하게 정확한 얼굴 영역을 검출할 수 있었다. 그림 11에 보인 것처럼 두꺼운 안경을 착용한 영상에서 극소수의 오류가 발생했다. 눈썹이 두꺼운 안경테에 가려져 분명치 않게 보이기 때문이다.

그림 12(a)에 보인 바와 같이 다수의 얼굴을 포함한 자연적인 영상에서는 얼굴영역 외에 clutter 영역이 검출될 수 있다. 얼굴 영역은 대칭적인 특징을 가지므로 식 (2)에서 제시한 대칭성 η 를 사용하여 clutter 영역을



(a)



(b)

그림 12 배경이 균일하지 않은 영상에서 순수 얼굴 영역의 검지 예

제거할 수 있다. 그림 12(a)의 오른쪽 영상에서 나타난 바와 같이 clutter 영역의 경우는 대부분 높은 η 값을 가진다. 우연의 일치로 η 값이 낮은 clutter 영역의 경우는 얼굴 인식의 분류 단계에서 제거 옵션(rejection option)을 도입함으로써 제거할 수 있다. η 값에 의해 clutter 영역을 제거한 얼굴영역의 검출 결과를 좌측 영상에 보인다. 그림 12(b)와 같은 저 해상도 영상에서도 눈과 눈썹이 가리워진 경우를 제외하면 얼굴 영역의 대부분을 정확하게 검출할 수 있었다. 이는 얼굴 요소 영역을 검출함에 있어 형상분해 국부 임계치 기법의 유효성을 보인다. 신경회로망을 사용한 검출 결과[13]와 비교하면 검출 성능은 떨어지지만 얼굴영상과 비 얼굴

영상에 관한 대규모의 학습 영상을 필요로 하지 않으며 실행속도가 월등히 빠른 장점을 가진다.

고 해상도 영상에서 얼굴 영역 검출을 실패할 확률은 거의 0에 가까우며 회전과 이동 변화를 보상하고, 조명의 변화에 무관한 순수 얼굴 영역을 추출할 수 있으므로 고 정확도의 인식률을 필요로 하는 개인 인증과 같은 분야에 직접 적용될 수 있다. 얼굴 인식의 후처리 과정으로서 PCA, LDA 등과 같은 매핑 기법과 템플릿 정합을 적용한 인식 성능은 [21]에 소개되었다.

5. 결론

얼굴 인식을 위한 2가지 주요 기법으로서 1) 기하학

적인 특징에 기반한 템플릿 정합, 2) PCA나 LDA 매핑과 같은 차원 감소에 의한 순수한 얼굴 영역 분류 등을 들 수 있다. 매핑이나 템플릿 정합 모두 영상의 회전, 이동, 및 크기 변화에 매우 민감한 특성을 가진다. 따라서 신뢰도가 높은 얼굴인식 기법의 구현을 위해선 순수한 얼굴 요소의 위치를 정확히 추출하는 전처리 과정이 필수적으로 요구된다. 본 논문에서 제안한 형상 분해 국부 최적 임계치 기법은 얼굴의 구성 요소를 강건하게 검출할 수 있으며, AR face의 데이터베이스에 적용한 결과 얼굴 표정과 조명 조건의 변화에 관계없이 순수 얼굴 영역의 정확한 검출이 가능하였다. 따라서 고 정확도의 인식 능력이 요구되는 개인 인증을 위한 얼굴 인식 기법의 전처리 과정으로 활용될 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] R. Brunelli, T. Poggio, "Face recognition: Features versus templates," *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 15, pp. 1042-1052, 1983.
- [2] R. Brunelli, T. Poggio, "Face recognition through geometrical features," *Computer Vision, ECCV '92, Lecture Notes in Computer Science*, pp. 792-800, 1992.
- [3] M. A. Turk, A. P. Pentland, "Face recognition using eigenfaces," *Int. Conf. on Pattern Recognition*, pp. 586-591, 1991.
- [4] M. Kirby, L. Sirovich, "Application of the Karhunen Loeve procedure for the characterization of human faces," *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 12, pp. 103-108, 1990.
- [5] A. M. Martinez, A. C. Kak, "PCA versus LDA," *IEEE Transaction. IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 23, pp. 228-233, 2001.
- [6] V. Govindaraju, S. N. Srihari, and D. B. Sher, "A computational model for face location," *Proc. 3rd Int. Conf. on Computer Vision*, pp. 718-721, 1990.
- [7] A. Yuille, D. Cohen, P. Hallinan, "Feature extraction from faces using deformable templates," *Proc., IEEE Computer Soc. Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 104-109, 1989.
- [8] I. Craw, H. Ellis, J. Lishman, "Automatic extraction of face features," *Pattern Recognition Letters*, Vol. 5, pp. 183-187, 1987.
- [9] I. Craw, D. Tock, A. Bennett, "Finding face features," *Proc. 2nd Europe. Conf. on Computer Vision*, pp. 92-96, 1992.
- [10] P. W. Hallinan, "Recognizing human eyes," *SPIE Proc., Geometric Methods in Computer Vision*, Vol. 1570, pp. 214-226, 1991.
- [11] M. Nixon, "Eye spacing measurement for facial recognition," *SPIE Proc.*, Vol. 575, pp. 279-285, 1985.
- [12] D. Reissfeld, Y. Yeshuran, "Robust detection of facial features by generalized symmetry," *Proc., 11th Int. Conf. on Pattern Recognition*, pp. 117-120, 1992.
- [13] H. Rowley, S. Baluja, T. Kanade, "Neural Network Based Face Detection," *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 20, pp. 23-38, 1998.
- [14] M. J. Conlin, "A ruled based high level vision system," *SPIE proc., Intell. Robots and computer Vision*, Vol. 726, pp. 314-320, 1986.
- [15] K. C. Kwok, M. K. Chan, "Parallel DC notch filter," *Applications of Digital Image Processing XIV, SPIE Proceedings Vol. 1567*, pp.709-719, 1991.
- [16] X.J. Wu, Y.J. Jhang, L.Z. Xia, "A fast recurring two dimensional entropy thresholding algorithm," *Pattern Recognition* 32, pp.-2055-2210, 1999.
- [17] S. Yanowitz S, A. Bruckstein, "A new method for image segmentation," *Computer Vision Graphics and Image Processing* 46, pp. 82-95, 1989.
- [18] Y. Park, "Shape Resolving Local Thresholding for Object Detection," *Pattern Recognition Letters*, Vol. 22/8, pp. 883-890, 2001.
- [19] T. Pavlidis, "Algorithms for Graphics and Image Processing," *Computer Science Press*, 1982.
- [20] A.M. Martinez, R. Benavente, "The AR Face Database," *CVC Technical Report #24*, June, 1998.
- [21] 박세제, 박영태, "얼굴인식을 위한 PCA, LDA, 및 정합기법의 비교", *한국정보과학회 논문집 소프트웨어 응용*, Vol. 30, No. 4, 2003.



이 대 호

1998년 2월 경희대학교 전자공학과(학사). 2001년 2월 경희대학교 전자공학과 석사. 2001년 3월~경희대학교 전자공학과 박사 과정. 관심분야는 컴퓨터 비전, ITS, 신호처리 등

박 영 태

정보과학회논문지 : 소프트웨어 및 응용 제 30 권 제 4 호 참조