

얼굴의 특성을 반영하는 휴리스틱 평가함수를 이용한 얼굴 특징 검출

장 경 식[†]

요 약

이 논문은 눈의 형태에 대한 정보를 이용하여 눈동자를 효과적으로 찾는 방법과 얼굴 특성을 반영하는 평가함수를 이용하여 눈동자, 입의 위치와 같은 얼굴 특징들을 인식하는 방법을 제안하였다. 색 정보를 이용하여 입술과 얼굴 영역을 추출하고 눈동자와 흰자위간의 명도 차를 이용하는 함수를 사용하여 눈동자를 인식하였다. 마지막으로 얼굴 특성을 반영하는 평가함수를 정의하고 이를 이용하여 최종적인 얼굴과 눈, 입을 인식하였다. 제안한 방법을 사용하여 여러 영상들에 대해 실험하여 좋은 결과를 얻었다.

Facial Features Detection Using Heuristic Cost Function

Kyung-Shik Jang[†]

ABSTRACT

This paper proposes a efficient method for detecting pupils and recognizing facial features, such as location of eyes and mouth. Pupils are detected using features based on the eye's shape and facial features are recognized using a cost function based on the property of face. Supervised pixel-based classifications are employed to mark all pixels that are within predefined distances of skin color and lip color respectively. A pupil is detected using a function based on the difference of gray levels between pupil and sclera. Finally, a cost function is introduced to search eyes and mouse. The experiments have been performed for many images, and show very encouraging result.

키워드 : 얼굴인식(Face recognition), 눈동자 인식(Iris recognition), 평가함수(Heuristic cost function), 얼굴 모델(Face model)

1. 서 론

사람과 컴퓨터간의 인터페이스 방법은 특정 입출력 장치가 의존하였으나 영상인식 기술과 그래픽스(graphics) 기술이 급격히 발달함에 따라 사용이 편리하고 지능적인 사용자 인터페이스(interface)의 개발에 대한 요구가 증대하고 있다. 이에 따라 휴먼-컴퓨터 인터페이스(human computer interface)를 개발하기 위한 한 분야로서 얼굴 인식 기술에 대한 연구가 많이 진행되고 있다[1, 2].

영상 인식의 첫 단계로서 얼굴 영역 및 얼굴 특징을 추출하는 방법으로는 색 정보를 이용하는 방법[3-6], 주성분 분석법(Principal Component Analysis)에 의한 고유 얼굴(eigenface)을 이용하는 방법[7, 8], 색 정보와 동영상을 이용하는 방법[9], 신경망을 이용하는 방법[10] 등 여러 방법이 있으며, 이 논문에서는 색 정보를 기반으로 얼굴 영역을 추출하는 방법을 사용하였다. 이 방법은 영상의 밝기 변화

에 민감하기 쉽다는 문제점이 있으나 사무실 환경에서의 입력 영상들에 대해서는 이러한 문제점이 상대적으로 적으며, 얼굴 특징들간의 관계 등을 이용하여 보완할 수 있기 때문에 많은 연구들이 이 방법을 사용하고 있다.

Karin Sobottka[4]는 컬러의 HSV 모델을 사용하여 H, S 값이 정해진 범위 안에 있는 화소들을 찾고 그 영역에 적합한 타원을 구함으로써 얼굴을 인식하고 눈, 코, 입들은 투영(projection)을 이용하여 인식하였다. Eli Saber[5, 11]는 컬러의 YIQ 모델을 사용한 얼굴 색에 대한 확률 밀도 함수를 이용하여 얼굴 영역을 추출하고 얼굴 영역 안의 구멍(hole)들 쌍을 찾은 후 두 눈의 대칭성, 눈의 위치를 반영하는 평가함수를 적용하여 눈을 인식하였으며, Chang[12]은 눈과 콧구멍, 입에는 얼굴의 피부색과는 달리 붉은 색과 파란색이 많이 들어간 점에 착안하여 각 영역마다 적절한 임계값을 지정하여 특징들을 추출하였다. Sofia[13]는 색 정보와 영역의 크기, 폭과 넓이 비 등을 이용하여 얼굴 영역을 찾고 투영을 이용하여 대략적인 눈의 위치를 찾은 후, 눈동자와 흰자위 사이의 명도 분포를 반영하는 마스크(mask)를

[†] 정 회 원 : 동의대학교 멀티미디어공학과 교수
논문접수 : 2000년 11월 27일, 심사완료 : 2001년 4월 18일

적용하여 눈의 위치를 찾았다.

Weimin Huang[14]은 가우시안 필터(Gaussian filter)를 사용하여 저해상도 영상을 만든 후, 눈과 눈썹에 해당하는 검은 막대(dark bar)부분과 코, 입에 해당하는 흰 막대(white bar) 부분을 찾았다. 눈과 주변 영역간의 화소 값에 대한 분산 차, 두 눈의 방향 등과 같은 특징과 눈 부분에서 수평 방향의 화소 값 변화를 이용하여 눈을 인식하였다. Jie Yang[15]은 색 정보를 이용하여 얼굴 영역을 찾고 정해진 제약조건을 만족하는 눈동자 한 쌍이 찾아질 때까지 문턱치(threshold)를 변화하며 이진화를 반복 수행함으로써 눈을 찾았으며, 입은 눈의 위치 정보를 이용하여 찾았다. 이 연구들에서 눈을 찾는 방법은 일반적으로 눈동자의 특징을 주요 정보로 사용하기 때문에 검은 테 안경을 착용하거나 조명이 어두운 경우에 오류의 가능성이 많고, 매개변수를 사용하는 방법은 상황에 따라 매개변수 값을 변화시켜야 하는 문제점이 있다. 또한 평가함수를 이용하여 얼굴 특징들을 찾는 기존의 연구들은 얼굴에서 눈의 위치와 대칭성을 중요 정보로 사용하기 때문에 눈 주변에 눈이 아닌 부분이 눈으로 찾아지는 경우에는 오류가 발생할 수 있다.

본 논문에서는 눈동자와 흰자위로 구성되는 눈의 형태에 대한 정보를 이용하여 눈동자를 효과적으로 찾는 방법과 얼굴에서 눈과 입의 위치 정보를 반영하는 평가함수를 이용하여 눈동자와 입을 효과적으로 인식하는 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 얼굴에서 가장 어두운 부분 중의 하나인 눈동자와 밝은 부분인 흰자위로 구성되는 눈의 형태적인 특징을 이용하였기 때문에 여러 상황에서도 좋은 결과를 얻을 수 있다. 또한, 얼굴과 입, 눈들 사이의 상대적 위치 및 대칭성과 얼굴 영역에서 눈의 위치를 세밀하게 고려하는 평가함수를 정의하고 이를 가장 잘 반영하는 눈과 입의 쌍을 찾음으로써 눈과 입을 인식하였다. 실내에서 얻은 여러 영상들에 대해 실험하여 좋은 결과를 얻었다.

2. 얼굴 영역 분석

2.1 전체 인식 과정

색 정보를 이용하여 입술과 얼굴 영역을 추출하고 입술 영역을 포함하는 영역만을 얼굴 영역으로 인정하였으며, 얼굴 영역 내에 존재하며 피부색을 갖지 않는 부분은 눈 영역으로 정하였다. 이후 정해진 조건에 따라 하나의 입 영역과 두 눈 영역을 한 쌍으로 묶고 눈동자와 흰자위 사이의 명도차를 반영하는 함수를 이용하여 각 쌍의 눈 영역에서 눈동자의 위치를 찾았다. 피부색 정보를 이용하여 얻은 얼굴 영역은 부정확한 경우가 발생하기 때문에 추출된 두 눈동자와 입으로 구성되는 각 쌍에 대한 얼굴 영역을 다시 정하고 제안한 평가함수를 각 쌍에 적용하여 이를 가장 잘 반영하는 눈과 입의 쌍을 찾음으로써 눈과 입을 인식하였다.

2.2 피부색 정보를 이용한 영역 추출

얼굴 인식에 대한 많은 연구들은 얼굴의 피부색 특성을 분석하여 얼굴의 피부색 모델을 설정하고 이를 이용하여 얼굴 영역을 추출한다. 일반적으로 사용하는 컬러의 RGB 모델은 영상의 밝기 변화에 민감하다는 단점이 있기 때문에 기존 연구들은 RGB 모델을 YIQ 모델, HSV 모델 등으로 변환하여 밝기 변화에 대한 영향을 감소시키려 한다[3, 4]. 이 논문에서는 RGB 컬러 모델로 표현된 영상을 HSI 컬러 모델로 바꾸고 색채 요소(H와 S)를 이용하여 얼굴 영역을 추출하였다.

$$p(x) = \frac{1}{(2\pi)^{|C|} |C|^{\frac{1}{2}}} \exp \left[-\frac{1}{2} (x-m)' C^{-1} (x-m) \right]$$

$$\text{where, } x = [H, S], m = E[x], C = E[(x-m)(x-m)'] \quad (1)$$

$$x \in \text{FACE} \quad \text{if } r_{\text{face}} < \delta_1$$

$$x \notin \text{FACE} \quad \text{otherwise}$$

$$\text{where, } r_{\text{face}} = \sqrt{(x-m_{\text{face}})' C_{\text{face}}^{-1} (x-m_{\text{face}})}$$

$$x \in \text{LIP} \quad \text{if } r_{\text{lip}} < \delta_2 \quad x \in \text{LIP} \quad \text{if } r_{\text{lip}} < \delta_2$$

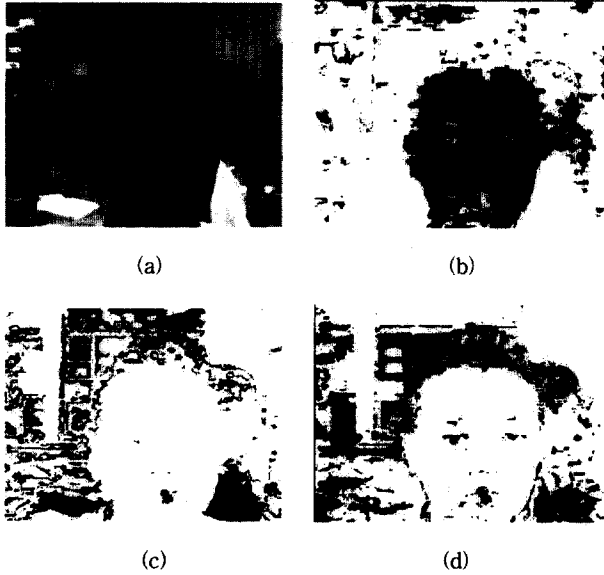
$$x \notin \text{LIP} \quad \text{otherwise}$$

$$\text{where, } r_{\text{lip}} = \sqrt{(x-m_{\text{lip}})' C_{\text{lip}}^{-1} (x-m_{\text{lip}})} \quad (2)$$

H, S 값을 사용하여 영상내의 위치 (i, j)에 해당하는 한 화소(pixel)는 H, S의 두 변수로 구성되는 특징 벡터(feature vector) $x_{ij} = [H_{ij}, S_{ij}]$ 로 표현할 수 있으며, 얼굴의 피부영역을 구성하는 화소들에 대한 특징 벡터 x 가 정규분포를 이룬다고 가정하면 식 (1)과 같은 2차원 정규분포 함수를 얻을 수 있다. 식 (1)에서 m 과 C 는 얼굴 색의 모델정보이다. $|C|$ 는 C 의 행렬식이며 C^{-1} 은 C 의 역행렬, $(x-m)'$ 은 $(x-m)$ 의 전치행렬이다. 동일한 방법으로 입술 영역의 색에 대한 모델 정보를 얻는다. 이 논문에서는 한 화소가 얼굴이나 입술에 속하는지를 판정하기 위하여 식 (2)의 마할라노비스(Mahalanobis) 거리 척도를 이용하였다. H와 S로 구성되는 한 화소의 특징 벡터 x 와 얼굴 색 모델 및 입술 색 모델과의 마할라노비스 거리가 임계치 이하인 경우에 얼굴 영역 및 입술 영역으로 판정하였다. 식 (2)에서 $m_{\text{face}}, C_{\text{face}}$ 는 각각 얼굴 피부색에 대한 특징 벡터의 평균과 공분산 행렬(covariance matrix)이며, $m_{\text{lip}}, C_{\text{lip}}$ 은 각각 입술 색에 대한 특징 벡터의 평균과 공분산 행렬로서 이들은 얼굴 색과 입술 색의 모델 정보이다.

눈 영역은 얼굴색 모델을 사용하고 임계치를 조정된 후의 결과를 반전시킨 후 얻었다. (그림 1)의 (b), (c), (d)는 (그림 1)의 (a) 영상에서 얼굴 영역과 입술 영역 및 눈 영역을 추출한 결과이다. (그림 1)의 (b)의 결과는 중앙에 있는 사람의 얼굴과 옆 사람의 얼굴이 인접하였기 때문에 얼굴 영역이 넓게 추출되었다. 피부색과 유사한 물체가 얼굴 영역으로 나타나는 것을 방지하기 위하여 얼굴 영역들 중에서 하단에 입술 영역을 포함하는 것만을 얼굴 영역으로 인정하였으며, 이 후

의 과정에서는 이들 얼굴 영역 안에 있는 입술 영역과 눈 영역들만을 대상으로 얼굴 특징들을 찾는다.



(그림 1) 색 정보를 이용한 얼굴 영역 분석

두 눈 영역과 하나의 입 영역이 식 (3)을 만족하는 경우에 하나의 쌍으로 묶는다. 이 식에서 $(x_{lefteye}, y_{lefteye}), (x_{righteye}, y_{righteye}), (x_{lip}, y_{lip})$ 은 각각 왼쪽 눈, 오른쪽 눈 영역과 입 영역의 중심 좌표이며 D 는 두 눈 영역 중심 사이의 거리이고 W 는 눈 영역과 입 영역 중심 사이의 거리이다. k_1 은 상수이다. (그림 2)의 (a)는 한 얼굴 영역 안에 있는 입과 눈의 쌍들을 나타낸 것이다.

$$\begin{aligned}
 y_{lip} &< \frac{(y_{lefteye} + y_{righteye})}{2} \\
 x_{lefteye} &< x_{lip} < x_{righteye} \\
 |y_{lefteye} - y_{righteye}| &< \frac{\text{얼굴 영역 높이}}{k_1} \\
 0.7W &< D < 1.5W
 \end{aligned} \tag{3}$$

3. 얼굴 특징 인식

3.1 눈동자 위치 추출

일반적으로 눈을 찾는 방법들은 눈동자에 대한 특징을 주요 정보로 이용하기 때문에 검은 테 안경을 착용하거나 조명이 어두운 경우에 오류의 가능성이 많다[3,14]. 이 논문에서는 눈동자를 정확하게 찾는 효과적인 방법을 제안하였다. 즉, 눈은 두 흰자위 사이에 검은 눈동자가 존재하고 눈동자는 얼굴 영역 안에서 가장 어두운 부분 중의 하나이며 눈동자와 흰자위 사이에는 밝기 차가 크다는 형태적인 특징을 이용하였다.

$$I_1(x, y) = \frac{1}{\frac{1}{2} r_1^2 (\frac{\pi}{2})^2} \left[\int_0^{r_1} \int_{-\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{4}} I(x + r \cos \theta, y + r \sin \theta) r d\theta dr \right]$$

$$+ \int_0^{r_1} \int_{\frac{3\pi}{4}}^{\frac{5\pi}{4}} I(x + r \cos \theta, y + r \sin \theta) r d\theta dr \tag{4}$$

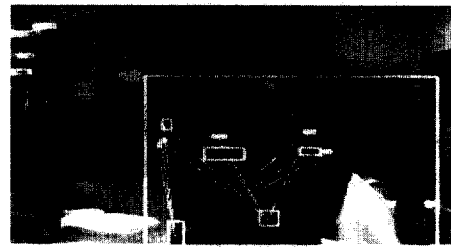
$$I_2(x, y) = \frac{1}{\frac{1}{2} (r_2^2 - r_1^2) (\frac{\pi}{2})^2} \int_{r_1}^{r_2} \int_{-\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{4}} I(x + r \cos \theta, y + r \sin \theta) r d\theta dr \tag{5}$$

$$I_3(x, y) = \frac{1}{\frac{1}{2} (r_2^2 - r_1^2) (\frac{\pi}{2})^2} \int_{r_1}^{r_2} \int_{\frac{3\pi}{4}}^{\frac{5\pi}{4}} I(x + r \cos \theta, y + r \sin \theta) r d\theta dr \tag{6}$$

$r_1 = k_2 W$ where, k_2 는 상수이며 W 는 눈과 입의 y 좌표값 차이 (7)

$r_2 = r_1 * k_3$ where, k_3 은 상수 (8)

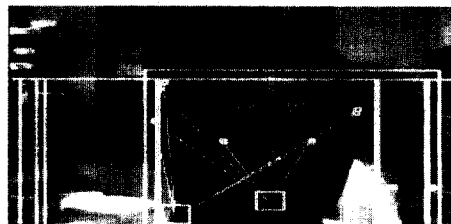
눈동자는 원의 형태를 가지고 있으므로 눈동자의 중심 (x, y) 을 기준으로 식 (4)를 적용하면 눈동자 안에 있는 화소값들의 평균을 얻을 수 있으며, 눈동자의 오른쪽과 왼쪽의 흰자위 부분에 속하는 영역의 화소값 평균은 각각 식 (5)와 식 (6)을 적용하면 얻을 수 있다. 식 (4)에서 눈동자는 원 형태이지만 눈동자의 윗 부분과 아래 부분은 눈꺼풀에 의하여 가려지는 경우가 발생하기 때문에 눈동자 중심을 기준으로 좌우 양쪽에서 90° 되는 영역만을 고려하였다. 이들 식에서 $I(x, y)$ 는 좌표 (x, y) 에서의 화소값을 나타내고 r_1 은 눈동자의 반경으로 식 (7)에 의하여, r_2 는 식 (8)에 의하여 구한다.



(a)



(b)



(c)

(그림 2) 얼굴과 눈, 입 영역들

$$(x_{eye}, y_{eye}) = \arg \min_{(x, y) \in S} I_1(x, y)$$

where, $S = \{(x, y) | (x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 \leq R^2, x, y \text{는 정수}\}$

$$I_1(x_{eye}, y_{eye}) < I_2(x_{eye}, y_{eye})$$

$$I_1(x_{eye}, y_{eye}) < I_3(x_{eye}, y_{eye}) \quad (9)$$

$R = k_4 W$ where, k_4 는 상수이며 W 는 눈과 입의 y 좌표값 차이 (10)

입과 눈의 쌍에 속하는 두 개의 눈 영역 각각에서 식 (9)를 만족하는 점 (x_{eye}, y_{eye}) 를 눈동자의 중심으로 인식하였다. 한 쌍에 속한 두 개의 눈 영역 각각에서 눈동자를 찾지 못하면 그 쌍은 제거된다. 식 (9)에서 (x_0, y_0) 는 피부색 정보를 이용하여 구한 눈 영역의 중심좌표이며, R 은 식 (10)에 의하여 구한다. (그림 2)의 (b)는 입과 눈의 한 쌍에 대해 찾은 눈동자이다.

3.2 얼굴 영역 보정

피부색 정보를 이용하여 분류한 얼굴 영역은 부정확할 수 있기 때문에 입과 눈의 쌍들 각각에 대한 새로운 얼굴 영역을 식 (11)을 이용하여 정하였다. 이 식에서 $(x_{min}, y_{min}), (x_{max}, y_{max})$ 는 새로운 얼굴 영역의 최소포함 사각형의 좌표이며 $x_{lefteye}, x_{righteye}$ 는 두 눈동자의 중심 x 좌표, y'_{max} 는 색 정보를 이용하여 찾은 얼굴 영역의 최대 y 좌표이다. 또한 W, H 는 새 얼굴 영역의 폭과 길이를 나타낸다. 이에 따라 눈, 입의 각 쌍에는 하나씩의 얼굴 영역이 대응된다. (그림 2)의 (c)는 눈동자를 찾은 후에 입과 눈의 각 쌍과 이에 대응되는 얼굴 영역들을 나타낸 것이다.

$$x_{max} = \frac{(x_{lefteye} + x_{righteye})}{2} + \frac{W}{2}, x_{min} = \frac{(x_{lefteye} + x_{righteye})}{2} - \frac{W}{2}$$

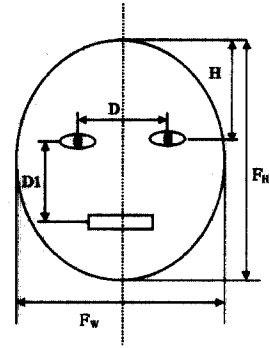
$$y_{max} = y'_{max}, y_{min} = y_{max} - H$$

where, $H = 1.2W, W = 2.5D, D$ 는 두 눈 사이 거리 (11)

3.3 평가함수를 이용한 얼굴 특징 추출

평가함수를 이용하는 기존의 연구들은 대부분 얼굴 내에서 눈의 위치와 두 눈의 상대적 위치 및 대칭성에 기반하여 얼굴 특징들을 인식한다[5, 11]. 이 논문에서는 이러한 정보뿐만 아니라 얼굴 내에서 눈과 입의 상대적 위치관계 및 얼굴에서 눈의 위치를 세밀하게 반영하는 평가함수를 도입하였다. 평가함수는 다음과 같은 얼굴 특징들간의 관계를 반영한다(그림 3).

1. 눈과 입 사이의 y 거리($D1$)는 두 눈 사이의 거리(D)의 약 1.2 배이다.
2. 입의 중심을 지나며 입술에 수직인 직선에 대해 두 눈은 대칭이다.
3. 얼굴 영역의 높이(F_H)는 얼굴 영역 폭(F_W)의 약 1.2 배이다.
4. 두 눈간의 거리(D)는 이마 부분의 길이(H)와 비슷하다.



(그림 3) 얼굴 모델

첫 번째 특성에 대한 평가함수는 식 (12)와 같이 표현된다. 식 (12)에서 D 는 두 눈 사이의 거리이며 W_{LEFT} 은 왼쪽 눈의 중심점 y 좌표와 입의 중심점 y 좌표간의 차이, W_{RIGHT} 는 오른쪽 눈의 중심점 y 좌표와 입의 중심점 y 좌표간의 차이이다. 두 번째 특성은 식 (13)과 같이 표현된다. 식 (13)에서 N_{LEFT} 는 왼쪽 눈의 중심점 x 좌표와 입의 중심점 x 좌표간의 거리이고 N_{RIGHT} 는 오른쪽 눈의 중심점 x 좌표와 입의 중심점 x 좌표간의 거리이다. 세 번째 특성은 식 (14)와 같이 나타내며, F_W 는 얼굴 영역의 폭이고 F_H 는 얼굴 영역의 길이이다. 네 번째 특성은 식 (15)와 같이 나타내며, H 는 얼굴 영역의 가장 큰 y 좌표와 눈의 중심점 y 좌표간의 차이이고 D 는 두 눈 사이의 거리이다.

이들을 모두 반영하는 전체 평가함수는 식 (16)과 같고 w_i 는 가중치이다. 이 논문에서는 입력 영상 내에 한 사람만이 존재한다고 가정하기 때문에 얼굴영역과 두 눈, 입으로 구성되는 쌍들 모두에 평가함수를 적용하고 가장 작은 평가함수의 값을 갖는 쌍의 눈, 입, 얼굴을 최종 인식 결과로 설정하였다.

$$C_k^1 = Abs \left[1 - \max \left(\frac{W_{LEFT}}{1.2D}, \frac{W_{RIGHT}}{1.2D} \right) \right] \quad (12)$$

$$C_k^2 = Abs \left[1 - \frac{\min(N_{LEFT}, N_{RIGHT})}{\max(N_{LEFT}, N_{RIGHT})} \right] \quad (13)$$

$$C_k^3 = Abs \left[1 - \frac{1.2F_W}{F_H} \right] \quad (14)$$

$$C_k^4 = Abs \left[1 - \frac{H}{D} \right] \quad (15)$$

$$C_k = \sum_{i=1}^4 w_i C_k^i \quad \text{where, } \sum_{i=1}^4 w_i = 1.0 \quad (16)$$

4. 실험 및 고찰

이 논문에서는 정면을 응시하는 얼굴이나 약간 좌우를 응시하는 영상들을 기본 대상으로 하였으며, 다양한 얼굴 형태를 갖는 15명의 얼굴 영상 225개에 대해 실험하였다. 안경을 쓰지 않은 것, 은테 안경과 검은 테 안경을 쓴 것, 정면을 응시하는 것, 좌우를 응시하는 상태의 영상들을 사

용하였다. 이들 영상은 여러 장소의 실내에서 일반적인 조명 및 역광 상황을 설정하여 얻은 것이며, 영상 크기는 320*240 이다.

<표 1> 각 단계에서의 수행 시간

단 계	색 정보 이용 영역 추출	눈동자 추출 및 평가함수 적용	전 체
수행시간	0.57초	0.49초	1.06초

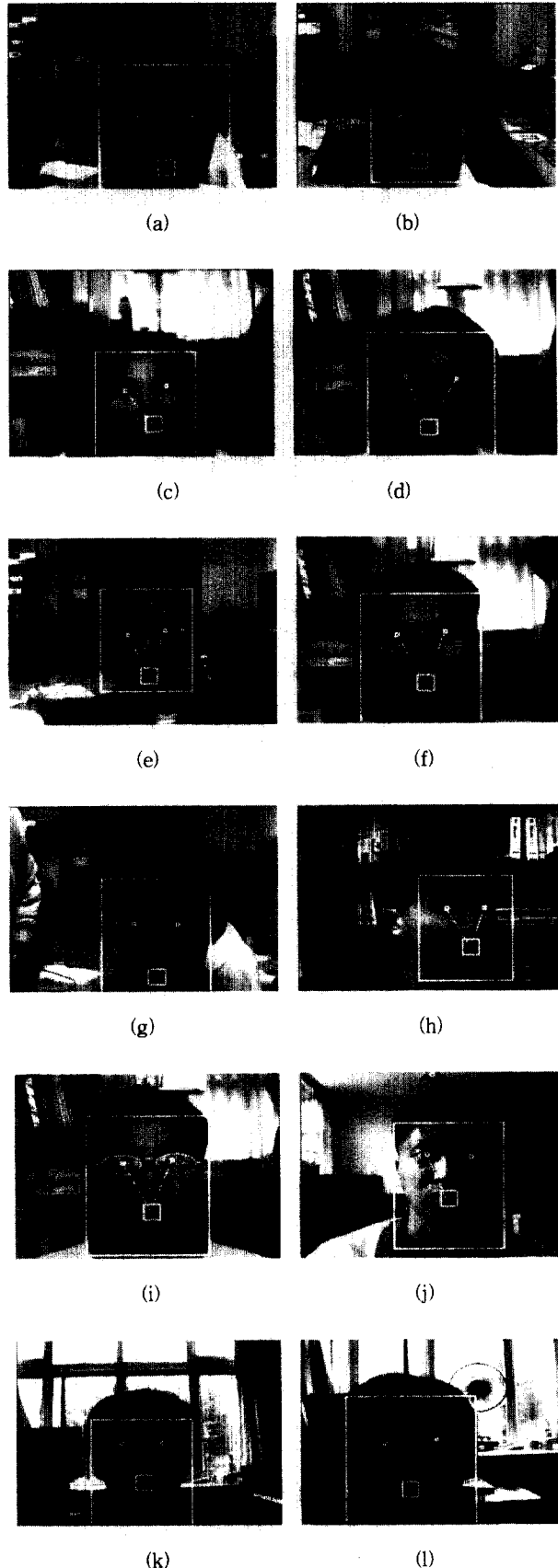
<표 1>은 얼굴의 특징을 인식하는 각 단계에서의 수행 시간이다. 펜티엄(Pentium) II PC에서 수행 결과 약 1초 정도의 시간이 소요되었다. <표 2>는 실험 결과이며 인식 실패의 대부분은 색 정보를 이용하여 입, 눈 영역을 추출하는 과정에서 발생하였으며 눈 위치 검출과정과 평가함수 적용에서의 오류는 극히 적었다. 특히, 입을 찾는 과정에서 오류가 많이 발생하였으며 이는 입술 색의 분포가 얼굴 색의 분포보다 다양하기 때문이다.

<표 2> 실험 결과

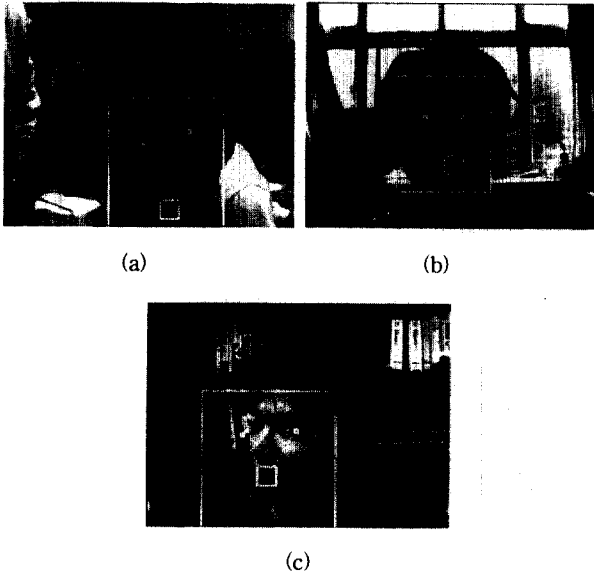
	눈, 입 인식 성공	인 식 실패		전체
		눈 인식 실패	색 정보 이용 영역 분류 오류	
영상 개수	211	3	11	225
%	93.8%	1.3%	4.9%	100%

(그림 4)는 인식결과의 예이다. (b)의 경우 얼굴 왼쪽에 얼굴 색과 유사한 색을 갖는 물체가 있는 경우이다. 이 물체를 포함하는 영역이 초기에 얼굴 영역으로 설정되었으나 얼굴 영역과 눈, 입을 정확하게 인식하였다. (c)는 (a)와 비교하면 얼굴이 작은 경우의 결과이다. (d)는 검은 데 안경을 착용한 경우의 결과이다. (g)와 (h)는 얼굴을 약간 옆으로 돌린 영상의 결과이다. 이와 같이 얼굴이 약간 옆으로 돌아간 경우는 인식결과가 올바르게 나왔으나 얼굴을 옆으로 많이 돌린 경우에는 평가함수에서 사용한 얼굴 특징들의 대칭성에 위배되는 상황이 발생할 수 있기 때문에 얼굴 특징들을 잘못 인식하게 될 가능성이 많아진다.

(i)는 안경에 빛이 반사되어 눈 부분이 밝아진 경우이나 눈동자를 정확하게 찾았으며, (j)는 빛이 한쪽에서 비추어 얼굴의 한쪽은 밝고 다른 쪽은 어두운 영상의 결과이다. (그림 4)의 (k)와 (l)은 역광 상황에 대한 결과이다. 얼굴이 전체적으로 매우 어두운 경우이지만 눈과 입을 정확하게 추출하였다. 피부색을 이용하여 찾은 눈 영역이 실제 눈동자와 많이 떨어져 있어서 눈동자를 찾는 범위 밖에 눈동자가 존재하면 눈동자를 인식하지 못하는 경우가 있었으나 찾은 눈 영역이 실제 눈 근처에 있는 경우에는 대부분 눈동자를 정확하게 인식하였다.



(그림 4) 인식 결과



(그림 5) 오 인식 결과

(그림 5)의 (a)는 눈썹 부분을 눈동자로 인식한 경우이다. 이 경우는 눈동자보다 눈썹 부분이 이 논문에서 사용한 조건을 더 만족하기 때문에 발생하였으며 눈동자를 찾는 조건을 보다 강화하면 해결될 수 있을 것이라 생각된다. (b)의 경우, 눈은 올바르게 찾았으나 피부색 정보를 이용하여 찾은 입의 위치가 잘못된 경우이며, (c)는 (그림 4)의 (h)와 비교하면 얼굴이 옆으로 많이 돌아간 상황으로 한 쪽 눈을 인식하지 못하였다. 이는 대칭성을 이용하여 얼굴 특징을 인식하기 때문에 발생한 것이다.

5. 결 론

본 논문에서는 눈동자와 흰자위로 구성되는 눈의 형태에 대한 정보를 이용하여 눈동자를 효과적으로 찾는 방법과 얼굴에서 눈과 입의 상대적 위치 및 눈의 대칭성을 반영하는 평가함수를 이용하여 눈과 입을 인식하는 방법을 제안하였다. 색 정보를 이용하여 입, 얼굴, 눈 영역을 각각 추출한 후 조건에 따라 하나의 입과 두 눈을 하나의 쌍으로 묶고 눈동자와 흰자위 사이의 명도 차를 반영하는 함수를 이용하여 눈동자의 위치를 찾았다. 이후 얼굴, 입, 눈들 사이의 상대적 위치 및 대칭성을 반영하는 평가함수를 이용하여 최종적인 눈과 입을 인식하였다. 여러 영상에 대한 실험 결과 좋은 결과를 얻었으나 피부 색 정보를 이용하여 영역을 추출하는 과정의 문제점 개선과 입 영역의 정확한 위치 추출에 대한 보다 많은 연구가 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] L. C. Jain, U. Halici, L. Hayashi, S. B. Lee and S. Tsutsui, "Intelligent Biometric Techniques in fingerprint and Face Recognition," CRC Press, 1999.

[2] Robert Brunelli and Tomaso Poggio, "Face Recognition : Feature versus Templates," PAMI, Vol.15, No.10, October, pp.1042-1052, 1993.

[3] Demas Sanger, Yoichi Miyake, et al., "Algorithm for Face Extraction Based on Lip Detection," Journal of Imaging Science and Technology, Vol.41, No.1, Jan./Feb., 1997.

[4] Karin Sobottka, Ioannis Pitas, "Extraction of Facial Regions and Features Using Color and Shape Information," Proceedings of the International Conference on Pattern Recognition, pp.421-425, 1996.

[5] Eli Saber, A. Murat Tekalp, "Frontal-view Face Detection and Facial Feature Extraction Using Color, Shape and Symmetry Based Cost Function," Pattern Recognition Letters 19, pp.669-680, 1998.

[6] Nuria Oliver, Alex Pentland and F. Berard, "LAFTER : Lips and Face Real Time Tracker," International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR '97), pp. 123-129, 1997.

[7] Baback Moghaddam and Alex Pentland, "Probabilistic Visual Learning for Object Detection," ICCV 1995.

[8] Baback Moghaddam, Wasiuddin Wahid and Alex Pentland, "Beyond Eigen Faces : Probabilistic Matching for Face Recognition," IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, 1998.

[9] Stan Birchfield, "Elliptical Head Tracking Using Intensity Gradients and Color Histogram," CVPR, 1998.

[10] Henry A. Rowley, Shumeet Baluja and Takeo Kanade, "Huamn Face Detection in Visual Scenes," IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 1998.

[11] Eli Saber, A. Murat Tekalp, "Face Detection and Facial Feature Extraction Using Color, Shape and Symmetry-Based Cost Function," Proceedings of the International Conference on Pattern Recognition, pp.654-658, 1996.

[12] Thomas C. Chang, Thomas S. Huang, "Facial feature Extraction from Color Images," Proceedings of the International Conference on Pattern Recognition, Vol.2, pp.39-43, 1994.

[13] Sofia Teskeridou and Ionnis Pitas, "Facial Feature extraction in frontal views using biometric analogies," IX European Signal Processing Conference, Vol.I, pp.315-318, 1998.

[14] Weimin Huang, Qibin Sun, Chian-Prong Lam and Jian-Kang Wu, "A Robust Approach to Face and eyes Detection From Images With Cluttered Background," Proceedings of the International Conference on Pattern Recognition, pp.110-113, 1998.

[15] Jie Yang, Rainer Stiefelhamen, Uwe Meier, Alex Waibel, "Real-time Face and facial feature tracking and application," Proceedings of Auditory-Visual Speech Processing, pp.79-84, 1998.



장 경 식

e-mail : ksjang@hyomin.donggeui.ac.kr

1989년 연세대학교 전자공학과 졸업(학사)

1991년 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학석사)

1996년 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학박사)

1994년~1998년 대우전자 전라기술 제 1 연구소 선임연구원

1998년~현재 동의대학교 멀티미디어공학과 조교수

관심분야 : 컴퓨터 비전, 패턴 인식, 인공지능, 대화형 멀티미디어 시스템 등