

## 얼굴의 크기에 무관하게 적용 가능한 얼굴 인식 시스템

조현희<sup>o</sup> 정민교 박지숙  
 서울여자대학교 정보미디어대학 미디어학부  
 {lilly<sup>o</sup>, mchung, jspark}@swu.ac.kr

## Scale-invariant Face Recognition System

Hyun Hee Jo<sup>o</sup> Min Gyo Chung Jisook Park

College of Information & Media, Seoul Women's University

## 요 약

본 논문은 얼굴의 크기에 무관하게 적용 가능한 효율적인 얼굴 검출 및 얼굴 인식 시스템을 제안한다. 제안된 시스템에서는 먼저 스킨필터(skin filter)를 이용하여 눈, 코, 입을 포함한 얼굴 영역을 검출하며, 검출된 얼굴 영역을 로그-극좌표(log-polar) 이미지로 변환한다. 변환된 로그-극좌표 이미지에서 자동상관관계(autocorrelation) 기법을 이용하여 얼굴의 특징을 추출한 후, 고유얼굴(eigenface) 인식 기법으로 얼굴을 인식한다. 실험을 통하여 제안된 시스템이 평균 97.83%의 인식률을 보여주었다.

## 1. 서 론

얼굴을 처리하는 연구에는 주로 얼굴의 특징 추출, 자동 얼굴 인식, 얼굴 표정 분석과 같은 분야가 있다. 이중 자동 얼굴 인식은 출입통제, 사용자 인증, 범죄자 식별, 비전 시스템 등 많은 응용 분야에서 사용 되어지고 있다.

얼굴을 기반으로 하는 얼굴 인식 방법에는 통계적 해석에 의한 방법, 얼굴 특징들 간의 구조적 관계에 의한 방법, 신경망 이론에 의한 방법들이 있다. 이중 가장 신뢰할 만한 얼굴 인식 알고리즘은 얼굴 영상을 2차원으로 줄여 다루기 쉽게 한 주성분 분석(Principal Component Analysis) 방법이다. 주성분 분석 방법은 얼굴을 효과적으로 표현하는 데는 유용하게 사용 되지만, 인식률이 얼굴의 크기, 회전, 조명 등 여러 가지 요인들의 영향을 받는 단점을 가지고 있다[1,2]. 이러한 요인들의 영향을 최소화하기 위해 로그-극좌표 이미지 및 자동상관관계 특징을 이용한 얼굴 인식 시스템에 대한 연구도 진행되어져왔다[3].

본 논문에서는 컬러이미지에 효과적으로 적용 가능한 스킨필터 방식을 이용하여 얼굴 영역을 검출하고, 로그-극좌표 이미지로 변환한 후, 자동상관관계 특징을 추출하여 얼굴의 크기에 무관한 얼굴 인식 시스템을 제안한다.

2장에서는 얼굴 인식에 대한 연구 배경을 설명하고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 얼굴 인식 시스템과 실험 결과를 설명하며 4장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

## 2. 연구 배경

얼굴 인식은 크게 얼굴 검출과 얼굴 인식의 두 영역으로 나뉘어 진다. 얼굴 검출이란 눈, 코, 입을 포함한 얼굴 영역을 추출하는 것이고, 얼굴 인식이란 입력 이미지에서 추출된 얼굴 영역을 가지고 데이터베이스 안의 이미지 중 같은 얼굴을 찾아내는 것이다. 본 장에서는 본 논문과 관련된 얼굴 검출 및 얼굴 인식에 대한 배경 연

구에 대해 설명한다.

## 2.1 얼굴 검출

얼굴 영역 검출을 위한 첫 과정은 입력 이미지로부터 얼굴이 존재하는 영역과 기타 배경 영역을 분리하는 작업이다. 본 논문에서는 Fleck의 스킨필터[4,5]를 사용하여 입력 이미지로부터 얼굴 영역을 검출한다. 이 방법은 먼저 식 (1)을 사용하여 영상의  $R, G, B$ 값을 로그-보색 칼라 표현(log-opponent color representation) 값인  $I, Rg, By$ 로 변환시킨다.

$$L(x) = 105 * \log_{10}(x + 1 + n) \quad (1)$$

$$I = L(G), Rg = L(R) - L(G), By = L(B) - \frac{L(R) + L(G)}{2}$$

위의 식 (1)에서  $n$ 값은  $[0,1]$  사이에 존재하는 난잡음(random noise)을 나타낸다. 이렇게  $I, Rg, By$ 값을 얻게 되면, 식 (2)를 사용하여 색상(hue)과 채도(saturation) 값도 얻을 수 있게 된다.

$$Hue = \tan^{-1}(Rg/By), Saturation = \sqrt{Rg^2 + By^2} \quad (2)$$

이제, 사람의 피부 색깔에 해당하는 색상과 채도 값이, a) 색상=[110, 150], 채도=[20, 60] 이거나, b) 색상=[130, 170], 채도=[30, 130]이라는 사실을 이용하여, 위 조건을 만족하는 모든 화소 값을 마킹(marking)함으로써 입력 이미지로부터 얼굴에 해당하는 영역만을 검출할 수 있게 된다.

## 2.2 로그-극좌표 변환

로그-극좌표 변환은 식 (3)과 같은 변환식을 통해 그림 1 (a)의 절대좌표  $(x, y)$  값을 그림 1 (b)의 로그-극좌표  $(z, h)$ 로 변환시킨다.

$$z = \sqrt{(x^2 + y^2)}, h = \arctan\left(\frac{y}{x}\right) \quad (3)$$

이 변환 방법은 몇 가지 특징을 가지고 있다. 첫째, 중심점을 기준으로 중심 부분에는 중요한 정보가 조밀하게 분포하고, 주변 부분에는 중요하지 않은 정보가 분포한다. 둘

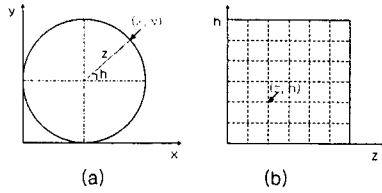


그림 1 (a) 절대좌표, (b) 로그-극좌표

때, 로그-극좌표에서  $z$  축은 원의 반경을  $h$  축은 회전 각도를 나타내는데, 이미지 크기에 변화가 생기면  $z$  축의 값이 수평으로 이동하는 현상이 관찰된다.

### 2.3 자동상관관계 특징

자동상관관계  $\rho(s)$ 는 로그-극좌표의 각 행별로 아래 식 (4)와 (5)를 이용하여 얻는다. 로그-극좌표 이미지의 한 행이  $N$ 개의 성분을 가지고 있는  $x(t)$ 일 때, 식 (4)에 의해 먼저  $R(s)$ (여기서  $s$ 는 행 번호를 나타낸다. 즉,  $s = 1, \dots, N$  값을 갖게 된다.)를 구한다.

$$R(s) = \frac{1}{N} \sum_{t=0}^{N-1} (x(t) - \bar{x})(x(t+s) - \bar{x}) \quad (4)$$

$R(s)$ 는  $s=0$ 일 때 가장 큰 값을 갖게 되는데,  $\rho(s)$ 는  $R(0)$  값을 이용하여 식 (5)와 같이 정의한다.

$$-1 \leq \rho(s) = \frac{R(s)}{R(0)} \leq 1 \quad (5)$$

### 2.4 얼굴 인식

고유얼굴은 주성분 분석을 통해 얻은 고유벡터들로 표현된 얼굴을 의미한다. 주성분 분석은 고차원의 데이터를 저차원으로 줄여 데이터를 쉽게 처리하기 위한 통계적 방법으로, 고유벡터를 구하기 위해서 우선 훈련 집합(training-set)이 필요하다[2].

$\Gamma_n$ 는 훈련 집합에 속하는 임의의 얼굴 이미지이고, 크기는  $N \times N$ 이며 얼굴 영상의 개수는  $n = 1, \dots, M$ 개이다. 그러면 훈련 집합의 평균 얼굴( $\Psi$ )을 식 (6)을 통해 구할 수 있다.

$$\Psi = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M \Gamma_k \quad (6)$$

원 영상에서 구한 평균 얼굴을 뺀  $\phi_i (= \Gamma_i - \Psi)$  벡터를 구한 후, 공분산 행렬(covariance matrix)을 식 (7)을 통해 구한다.

$$C = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M \phi_k \phi_k^T \quad (7)$$

공분산 행렬은  $N^2 \times N^2$ 의 크기를 갖게 되고, 데이터의 분포를 가장 잘 표현하는 상위  $M'$ 개 이미지의 고유벡터(eigenvectors)  $u_k$ 와 고유값(eigenvalues)  $\lambda_k$ 을 구하는데 사용된다. 고유값은 값의 유용성에 따라 크기가 큰 순으로 정렬되고, 이렇게 얻어진 고유벡터를  $N \times N$ 으로 재배열하면 실제 얼굴과 비슷한 이미지가 되는데 이를 고유얼굴이라 한다.

고유벡터는 식 (8)에 의해  $k = 1, \dots, M'$ 인 가중치  $w_k$

를 구하는데 사용되고, 각 고유벡터 속에서 구해진 가중치는 벡터  $\Omega^T = [\omega_1 \omega_2 \dots \omega_k]$ 로 표현할 수 있다.

$$\omega_k = v_k^T (T - \Psi) \quad (8)$$

입력 이미지가 들어오게 되면 위와 같은 과정으로 입력 이미지의  $\Omega$ 를 구하고 유클리디안 거리,  $E_k = \|(\Omega - \Omega_k)\|$ 가 최소가 되는 얼굴 이미지를 입력 이미지와 가장 흡사한 얼굴로 인식한다. 단, 구해진  $E_k$ 가 정해진 임계값보다 큰 경우에는 데이터베이스에 없는 새로운 얼굴로 인식한다.

### 3. 얼굴 인식 시스템 구현

본 장에서는 구현된 얼굴 인식 시스템과 실험 결과를 설명한다.

#### 3.1 얼굴 인식 시스템 구현

정면 얼굴 이미지를 스킨필터를 통해 얼굴 영역을 검출하고 검출된 영역을 로그-극좌표 이미지로 변환하여, 변환된 이미지를 사용하여 자동상관관계 특징을 추출한다. 입력 얼굴 이미지가 입력되면 고유얼굴을 이용한 얼굴 인식 기법으로 기존 데이터베이스 이미지들과의 유사도를 측정하여 얼굴을 인식한다. 그림 2는 제안된 얼굴 검출 및 인식 시스템의 전체 구성도를 나타내고 있다.

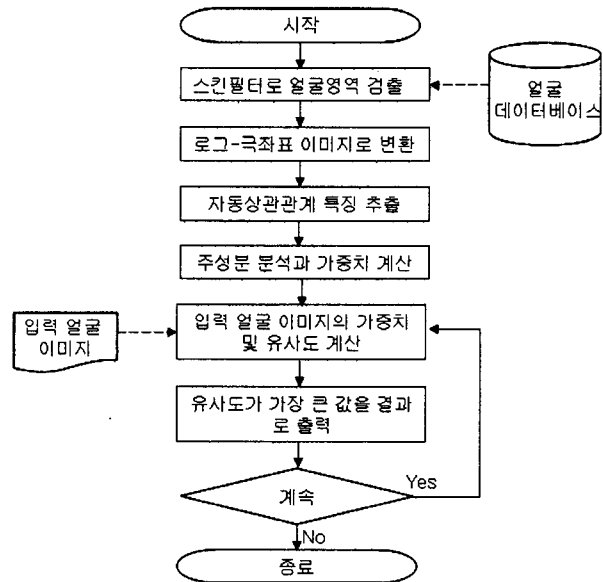


그림 2 제안된 얼굴 검출 및 인식 시스템 구성도

그림 3의 (a)는 원 영상을 나타내고, (b)는 스킨필터를 적용하여 얻어진 얼굴 영역을 나타내며, (c)는 (b)에서 정해진 얼굴 영역에 대하여 로그-극좌표 변환한 이미지를 나타내고, (d)는 로그-극좌표 이미지에서 추출한 자동상관관계 특징 이미지를 나타낸다. 시스템은 (d) 이미지에 주성분 분석 방법을 적용하여 가중치 값을 계산하게 된다. 그래서 입력 영상이 들어오면 입력 영상의 가

중치 값과 데이터베이스에 있는 얼굴 이미지의 가중치 값을 비교하여 유클리디안 거리가 가장 작은 이미지를 유사한 이미지로 인식한다.

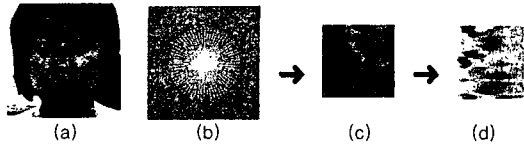


그림 3 (a) 원 영상, (b) 로그-극좌표 매핑 영역, (c) 로그-극좌표 변환 이미지, (d) 특징추출 이미지

### 3.2 실험 결과

실험에서는 Canon PowerShot A95 카메라로 50명의 실험자 얼굴을 캡처하였다. 각 실험자마다 얼굴 크기가 다른 2장씩의 이미지를 촬영하였고, 각 이미지는 200×200의 크기로 일반화 시켰다. 일반화된 컬러 이미지는 스킨필터를 통해 얼굴 영역을 검출한 후, 픽셀의 명도 값만을 가지고 실험하였다. 그림 4의 (a)는 얼굴 데이터베이스에 저장되어 있는 이미지들의 일부이고, (b)는 입력으로 사용한 얼굴 이미지들의 일부이다.

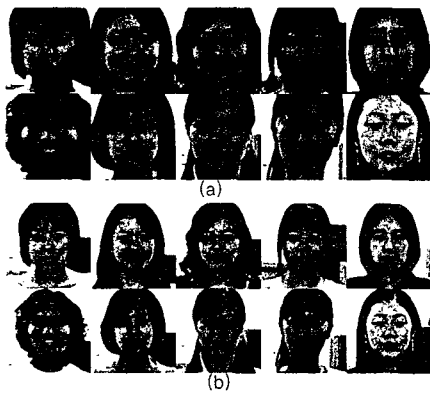


그림 4 (a) 얼굴 데이터베이스 이미지, (b) 입력 얼굴 이미지

모든 전처리 과정 및 얼굴 인식은 Visual C++ MFC로 구현하였다. 얼굴 데이터베이스 이미지는 스킨필터를 통해 얼굴 영역을 검출하여 로그-극좌표로 변환한 후, 64×64 크기의 자동상관관계 특징 이미지를 추출하였다. 그림 4의 (a)는 얼굴 데이터베이스의 자동상관관계 이미지이고, (b)는 입력 얼굴의 자동상관관계 이미지이다.

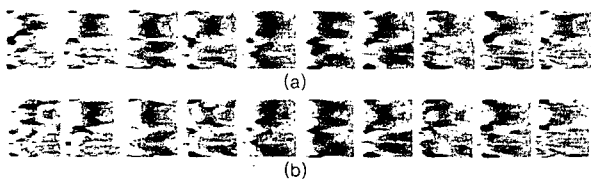


그림 4 (a) 얼굴 데이터베이스의 자동상관관계 이미지 (b) 입력 얼굴의 자동상관관계 이미지

이미지가 입력되면 주성분 분석 방법을 통해 가중치를

구하고, 얼굴 데이터베이스 이미지들의 가중치 값과 유사도를 측정하여 얼굴을 인식한다. 그림 5는 얼굴 데이터베이스 이미지 수에 대한 평균 얼굴 인식률을 나타내는 그래프이다. 본 논문에서 제안한 얼굴 인식 시스템은 평균 97.83%의 얼굴 인식률을 보여 주고 있다. 이 결과는 자동상관관계 특징을 이용한 기존 연구[3]에 비해 평균 0.49% 향상된 인식률이다.

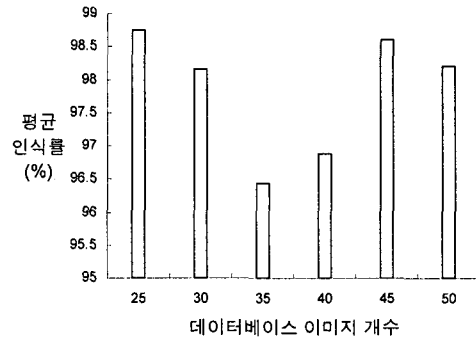


그림 5 실험 결과

### 4. 결론

얼굴 인식률은 얼굴의 크기, 조명, 회전 등 여러 요소에 영향을 받는다. 본 논문에서는 이 요소 중 얼굴의 크기에 무관하게 적용 가능한 얼굴 검출 및 얼굴 인식 기법을 구현하였다. 제안된 시스템에서는 스킨필터를 이용하여 얼굴 영역을 검출 하였으며, 로그-극좌표 이미지의 행의 특징과 고유 얼굴을 이용하여 얼굴 인식을 하였다. 실험에 의하면 본 논문에서 제안한 얼굴 인식 시스템은 평균 97.83%의 얼굴 인식률을 보여 주었다.

향후에는 보다 많은 얼굴 데이터베이스 이미지를 토대로 실험을 실시할 계획이며, 행과 열의 자동상관관계 특징을 이용하여 회전, 크기, 이동에 무관한 얼굴 인식 기법을 연구할 예정이다.

### 참고문헌

- [1] D.Valentin, h. Abdi, A.J. O'Toole and G.W. Cottrell, "Connectionist models of face processing: A Survey," Pattern Recognition, Vol.27, pp.1209-1230, 1994.
- [2] Matthew Turk and Alex Pentland, "Eigenfaces for Recognition," Journal of Cognitive Neuroscience, Vol.3, No.1, pp.71-86, 1991.
- [3] Kazuhiro HOTTA, Taketoshi MISHIMA and Takio KURITA "Scale Invariant Face Detection and Classification Method Using Shift Invariant Features Extracted from Log-Polar Image," IEICE TRNAS. INF. & SYST., Vol.E84-D, No.7, pp.867-878, 2001.
- [4] Margaret Fleck, David Forsyth, and Chris Bregler, "Finding naked people," European Conference on Computer Vision, Vol.2, pp.593-602, 1996.
- [5] David Forsyth and Margaret Fleck, "Automatic detection of human nudes," International Journal of Computer Vision, Vol.32, No.1, pp.63-77, 1999.