

실시간 얼굴인식을 위한 빠른 Gabor 특징 추출

조경식*

*강원관광대학

Fast Gabor Feature Extraction for Real Time Face Recognition

Kyoung-sik Cho*

*KangWon Tourism College

E-mail : cho@kt.ac.kr

요 약

얼굴은 개인의 신원확인을 위하여 중요한 생체부분이다. 하지만 얼굴인식은 고차원적인 패턴인식의 문제이다. 저해상도 얼굴영상 조차도 대단히 큰 특징공간을 생성한다. 고유공간기반 얼굴인식은 고차원적인 패턴인식의 문제를 보다 낮은 차원으로 줄여서 얼굴인식을 하는 방법이다.

본 연구의 목적은 실시간 얼굴인식을 위하여 빠른 특징 추출방법을 제공하는 것이다. 먼저, 입력된 얼굴 영상에서 주성분분석을 수행하여 고유벡터와 고유값을 생성하고, 생성된 고유벡터의 특이점에 Gabor 필터를 적용하여 특징벡터를 구성한 후에 앞에서 구해진 고유값을 곱하여 특징을 추출하는 방법을 제안한다. 본 연구에서는 ORL 데이터베이스를 이용하여 실험하였다.

Abstract

Face is considered to be one of the biometrics in person identification. But Face recognition is a high dimensional pattern recognition problem. Even low-resolution face images generate huge dimensional feature space.

The aim of this paper is to present a fast feature extraction method for real time human face recognition. first, It compute eigen-vector and eigen-value by Principle component analysis on inputed human face image, and propose method of feature extraction that make feature vector by apply gabor filter to computed eigen-vector. And it compute feature value which multiply by made eigen-value. This study simulations performed using the ORL Database.

키워드(PCA, Gabor wavelet, 얼굴인식)

1. 서 론

세계 곳곳에서 발생하는 테러를 비롯한 각종 위협과 신분 위조에 의해 발생하는 각종 범죄에 대비하여 보안 및 신분 검증의 필요성이 날로 증가하고 있다. 보안 및 신분검증을 위하여 사람의 신체를 이용한 생체인식 기법은 지문, 홍채, 얼굴 및 정맥 등을 이용한 많은 기법들이 연구되고 있지만 근접 및 접촉에 의한 거부감 없이 비교적 먼 거리에서 자연스럽게 동작될 수 있고 인식의 속도가 빠른 얼굴인식에 대한 필요성이 증대되었다.[1,2]

얼굴인식의 응용분야는 개인의 신분증명을 위한 시스템이나 각종 보안 시스템, 범죄자 검색 시스템, 보안 구역의 접근 제어, 공공기관에서의 보안 시스템, 미아검색 등의 분야에서 널리 이용되는 기술이다. 또한 컴퓨터의 대중화로 인하여 보

다 친숙한 사용자 인터페이스의 필요로 인하여 얼굴인식을 사용자 인터페이스에 도입하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다.

기존의 얼굴인식의 방법은 크게 네 가지로 나눌 수 있다. 개개인 인간의 얼굴이 가지고 있는 특징을 이용하는 지식기반방법(Knowledge-base methods), 얼굴에서 불변하는 특징들을 이용하는 특징기반방법(Featute-based methods), 얼굴의 형판을 만들어 정합하는 형판정합방법(Template-matching methods) 그리고 얼굴 그자체의 특징을 이용하는 외형기반방법(Appearance-base methods)으로 나눌 수 있다.[3,4,5,6]

또한 얼굴의 움직임 각도와 크기변화 및 다양한 얼굴표정과 헤어스타일의 변화, 조명 등의 요소들이 복잡하게 작용하여 인식을 어렵게 하고, 얼굴인식에 필요한 과도한 계산량은 실시간 활용

을 어렵게 하고 있다.

본 논문에서는 입력된 얼굴 영상에서 주성분분석을 수행하여 고유벡터와 고유값을 생성하고 생성된 고유벡터에 Gabor 필터를 적용하여 특징벡터를 구성한 후에 앞에서 구해진 고유값을 곱하여 특징을 추출하는 방법을 제안한다. 원래의 얼굴영상에 가버필터를 적용할 경우와 유사한 인식율임에도 불구하고 계산량은 현저하게 줄어 실시간 인식을 위한 기반을 마련하였다.

II. 고유얼굴을 이용한 Gabor 특징 추출

제안한 특징 추출 방법은 PCA단계와 Gabor Wavelet 적용의 두단계로 구성된다. 테스트 얼굴영상이 입력되면 PCA를 이용하여 해당 영상의 고유벡터(eigenvector)와 고유값(eigenvalue)을 구하여 고유벡터에 Gabor Wavelet을 적용하여 특징벡터를 구성한 후에 앞에서 구해진 고유값을 곱하여 Gabor특징벡터를 완성한다. 얼굴인식을 위한 분류에는 Maximum Likelihood를 이용하였다.[7]

2.1 주성분 분석

호텔링 변환(Hotelling transform)이나 이산 KL 변환(discrete Karhunen-Loeve transform)이라고도 불리는 주성분분석(Principal Component Analysis)은 다차원의 특징 벡터로부터 정보를 유지하면서 차원을 축소하도록 되어있어 평균자승오차(Mean Square Error) 측면에서 최적의 선형 변환이라 할 수 있다. 특히 영상과 같은 다차원의 정보로부터 특정 객체를 탐색하는 경우에 그 성능이 뛰어나 얼굴탐색이나 인식과 같은 특징 탐색 분야에 널리 사용되고 있다.

특징벡터의 차원을 형성하는 특징의 개수는 인식율에 결정적인 영향을 미친다. 그러나 많은 특징을 사용할 경우 잡음에 민감해 지고 학습집합의 크기가 커져서 인식속도가 저하된다. 그러므로 적절한 수의 특징 벡터를 선택적으로 사용하는 것이 인식율이나 비용면에서 효율을 기할 수 있다.

주성분분석의 목적은 영상의 특징 차원을 축소하는 것이다. 그러므로 정보량이 없거나 아주 작은 정보량을 가지는 성분들을 제거하여 N보다 현저하게 적은 K값을 선택하여 차원을 줄일 수 있다.

모든 성분의 특징을 포함해야만 영상을 표현할 수 있음에도 불구하고 주성분분석에서 특징 분류를 위한 기여율이 높은 소수의 특징만을 사용하여 구해진 K개의 고유값을 이용하여 복원한 영상도 원래의 영상에 충분히 가깝게 된다. K가 너무 적으면 계산시간은 빠르지만 인식율이 저하되

고 K가 N에 접근할수록 계산량은 많아지고 잡음에 민감하게 된다. 최적의 K값을 구하는 방법은 통계학에서 다음과 같은 방법을 사용한다.

입력영상에 대하여 크기순으로 정렬된 고유값 중에서 I번째 주성분이 전체 영상의 특징에 기여하는 기여율은 (식1)과 같다.

$$\frac{\lambda_i}{\lambda_1 + \dots + \lambda_N} \tag{식1}$$

고유값들 중에서 처음 k개의 기여율이 (식2)을 만족할 때 처음 k개의 값을 선택한다. 고유값들은 지수함수처럼 급속히 감소하므로 충분히 작은 k 값을 찾을 수 있다.

$$\frac{\lambda_1 + \dots + \lambda_k}{\lambda_1 + \dots + \lambda_N} > \text{기대비율} \cong 0.8 \sim 0.9 \tag{식2}$$

2.2 Gabor 웨이브릿 변환

방향성 웨이브릿(anisotropy wavelets)은 (x,y) 공간에서 방향에 관계없이 일정한 형상을 갖는 등방성 웨이브릿(Isotropy wavelets)과 달리 x-y 방향으로 방향성을 형성하고 스케일 성분을 검출하므로 이미지의 특정한 부분에 대한 분석목적으로 이용된다.

(그림1)은 가버 필터의 임펄스 응답을 보여준다.

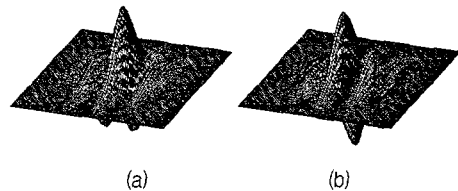


그림 1. 가버필터의 실수부(a)와 허수부(b)

가버(Gabor) 웨이브릿은 대표적인 방향성 웨이브릿이다. 일반적으로 가버 웨이브릿은 가우스 함수가 포함된 고유주파수 항을 지닌 복소수 웨이브릿을 지칭하며 하나의 신호를 가우시안 포락선(Gaussian envelop)을 가지는 사인과 형태로 공간 영역과 주파수영역 양쪽에서 최적으로 국소화(localization)되는 필터이므로 영상인식에서 많이 이용되고 있다. 특히 이 함수는 얼굴영상의 표정 변화와 조명변화에 강인하게 특징을 추출한다.

Gabor filter는 2차원 형태로 일반화되어, computer vision 응용들에서 광범위하게 사용되고 있다. 방향성(orientation)이 적용된 model을 위하여 2차원 Gabor function으로 일반화하면 (식 3)과 같다.[8,9]

$$\psi_i(\vec{x}) = \frac{\|k_i\|^2}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{\|k_i\|^2}{2\sigma^2} \|\vec{x}_i\|^2\right)$$

$$(\exp(j\vec{k}_i x) - \exp(-\frac{\sigma^2}{2})) \quad (식3)$$

각 Ψ_i 는 가우시안 함수에 의해 포락된 벡터 \vec{x}_i 에 의해 특성을 갖는 평면파(plane wave)이고, σ 는 가우시안 포락선의 표준편차이다. (식3)의 괄호안의 첫 번째 표현은 커널의 진동 부분을 결정하고, 두 번째 표현은 커널의 DC값을 보정한다. DC response를 제외함으로써 Gabor wavelet은 조명의 변화에 강인하게 된다.

i 번째 필터의 중심 주파수는 (식4)와 같이 (k_ν, θ_μ) 에서 주어진 크기(scale)와 방위(orientation)를 가지는 특성과 벡터(characteristic wave vector)로써 주어진다.

$$\vec{k}_i = \begin{pmatrix} k_{ix} \\ k_{iy} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k_\nu \cos \theta_\mu \\ k_\nu \sin \theta_\mu \end{pmatrix} \quad (식4)$$

여기서 ν 와 μ 는 Gabor kernel의 크기와 방위로 정의한다. $k_\nu = k_{max} / f^\nu$ 이고, $\theta_\mu = \pi\mu/8$ 이다. 그리고 f 는 frequency domain에서 kernel사이의 spacing factor이다.

서로 다른 5가지 크기와 8가지 방향을 가지는 40가지의 가버 필터가 있을 때 입력 영상 $I(x,y)$ 에 각각의 필터를 적용하여 (식5)와 같은 특징을 추출한다.

$$O_{\mu,\nu}(x,y) = | I(x,y) * \Psi_{\mu,\nu}(x,y) | \quad (식5)$$

40개의 가버 필터를 모두 적용하여 (식6)과 같은 가버 특징 집합을 구성한다.

$$S = \{ O_{\mu,\nu}(x,y) : \mu \in \{0,1,2,3,4\}, \nu \in \{0,1, \dots, 7\} \} \quad (식6)$$

한 줄로 연결된 $O_{\nu,\nu}(x,y)$ 를 $O_{\nu,\nu}$ 라 하면 가버 특징벡터는 (식7)과 같다.

$$S = \{ O_{0,0}, \dots, O_{4,7} \} \quad (식7)$$

이미지 $I(\vec{x})$ 에서 주어진 특징점 $\vec{x}=(x,y)$ 의 위치에 다중해상 다중방위의 Gabor kernel을 convolution한 것을 이미지의 Wavelet transform이라 하고 (식8)과 같이 구할 수 있다.

$$R(\vec{x}) = \int I(\vec{x}') \Psi_i(\vec{x} - \vec{x}') d\vec{x}' \quad (식8)$$

가버 웨이브릿(Gabor Wavelet)을 사용할 때 추출할 대상에 따라 특징의 방향이나 크기가 달라질 수 있다. 영상의 모든 픽셀에 대해 필터를 적

용할 경우 완벽한 정보를 얻을 수 있겠지만 광범위한 계산의 부하와 정보의 중복이 매우 커지고 잡음에 민감하기 때문에 보통 적정 간격을 지닌 사각격자나 특징 점에 제한하여 필터를 적용한다.

III. 실험 및 결과

본 논문에서 제시한 방법의 실험은 펜티엄IV 2.6GHz의 CPU와 512MB의 RAM이 장착된 컴퓨터에서 실행되었다. 얼굴영상은 ORL(Olivetti Research Laboratory)의 얼굴 데이터베이스에서 추출된 40개의 영상을 위치와 크기 및 빛의 효과를 정규화하여 사용하였다. 광학적 정규화는 각 영상마다 조명된 빛의 양이 다르므로 조명효과를 제거하는 방법인 Homomorphic 필터링[10]을 사용하였다. 사용된 필터링은 입력된 영상을 주파수 공간으로 변환하여 조명의 효과로 발생하는 낮은 주파수를 제거하는 방법으로 대개변수 γ_L 과 γ_H 를 사용하며 여기에서는 $\gamma_L = 0.6$, $\gamma_H = 1.2$ 를 사용하였다.

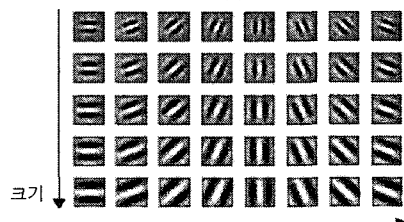
먼저 PCA에서의 학습용으로 20개의 얼굴영상을 사용하여 평균얼굴을 구하고, 평균얼굴과 각각의 얼굴영상과의 차이 값에 의한 공분산을 구하여 공분산으로부터 고유벡터와 고유값을 구하여 고유얼굴을 생성하였다.

고유얼굴에서 얼굴의 구분특징을 많이 포함하는 특이점은 이미 추출 되었다고 가정하고 각 특이점에 대하여 $\sigma = 2\pi$, $k_{max} = \pi/2$, $f = \sqrt{2}$ 를 따르는 5가지 크기 $\nu = \{0, \dots, 4\}$ 와 8가지 방향 $\mu = \{0, \dots, 7\}$ 을 가지는 Gabor 필터를 컨볼루션하여 (그림2)와 같이 Gabor 특징벡터를 추출하였다

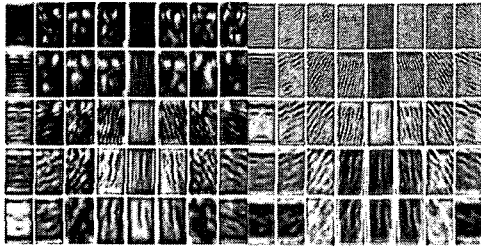
(그림2)의 (a)는 입력 얼굴영상이고 (b)는 5개의 크기와 8개 방향의 가버 필터뱅크이며 (c)는 (a)영상에 (b)의 가버 필터를 적용하여 얻어진 영상이다.



(a)



(b)



(c)

그림2. Gabor 필터와 적용 후 얼굴영상

구해진 특징벡터의 분류에는 Maximum Likelihood를 이용하여 유사도를 비교하였다.

제안한 방법으로 전체 영상에 대해 PCA 계수를 구하고, 구해진 계수로 가버 웨이브릿을 계산하여 (표1)과 같은 인식율을 얻었다.

표 1. 기여율이 큰 k에 따른 인식율과 계산횟수

기여율이 큰 k(수)	인식율(%)
10	62
20	75.5
30	82
40	85
50	85

IV. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 실시간 얼굴인식을 위한 빠른 Gabor 특징 추출 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 학습을 통하여 얻어진 고유얼굴에서 가버 특징을 추출한 후에 해당 얼굴영상의 고유값 계수를 곱하는 방법을 사용하였다. 실제 얼굴 영상 데이터에 적용하여 실험한 결과 기존의 가버 특징 추출 방법과 비교하여 비슷한 인식율을 보임에도 불구하고 인식에 소요되는 계산량을 현저히 줄이도록 개선하여 실시간 얼굴인식을 위한 기반을 마련하였다. 제안한 특징 추출방법은 빠른 응답을 요구하는 실시간 얼굴인식 시스템에서 응용분야가 다양할 것으로 기대된다.

참고문헌

[1] M. Eichsel. "Strategies of Robust Objects Recognition for Automatic Identification of Human Laboratory", Massachusetts Institute of Technology, 1993.

[2] J.Weng and D.L.Swets, "Face recognition in Biometrics: Personal Identification in Networked Society", pp. 67~86, Boston, MA, Kluwer Academic, 1999

[3] R. Brunelli and T. Poggio. "Face Recognition: Features bersus Templates". IEEE Trans. PAMI, vol.15(10) : 1042 - 1052, 1993.

[4] K.K.Sung and T. Poggio, "Example-based learning for view-based human face detection", IEEE Trans. in PAMI, vol.20(1), pp. 39~51, 1998

[5] Ming-Hsuan Yang, David J. Kriegman, Narendra Ahuja, "Detecting Faces in Images: a survey" IEEE trans. PAMI. vol.24(1), jan., 2002

[6] S.A. Sirohey, "Human Face Segmentation and identification", technical Report CS-TR-3176, Univ. of maryland, 1993

[7] Baback Moghaddam and Alex Pentland, "A Subspace Method for Maximum Likelihood Target Detection," MIT Media Lab., FCST Report No. 335

[8] T. S. Lee, "Image representation using 2-d Gabor wavelets", IEEE Trans. PAMI, vol.18(10), Oct., 1996

[9] Lyons, S. Akamatsu, M. Kamachi and J. Gyoba, "Coding facial expressions with Gabor wavelets", Processings of the third international conference on automatic Face and Gesture Recognition, pp. 200-205, 1998

[10] Rafeal G. gonzalez, Richard E. Woods, Digital Image Processing, Addison-Wesley Publishing Company, 1993