

# 가버 웨이블릿 기반의 개인 고유의 얼굴 특징 추출 기법

변원민\*, 전문구\*<sup>o</sup>

## Person-specific Face Feature Extraction based on Gabor Wavelet Transform

Wonmin Byeon\* and Moongu Jeon\*<sup>o</sup>

### 요 약

본 논문에서는 개인정보를 신뢰성 있게 추출하기 위하여 가버 웨이블릿 변환(Gabor Wavelet Transform: GWT)을 이용한 얼굴 인식 기법을 제안하고자 한다. 제안 기법은 다양한 조건하에서 정확한 특징 추출을 위하여 가버 웨이블릿 기법을 이용하여 표정 변화, 가려짐 그리고 조명 변화 등에 강인한 지역적 특징 벡터를 구성함과 동시에 개인 특징 벡터들의 차이를 제거함으로써 각 개인이 가진 고유한 특징 점을 추출한다. 제안된 특징 추출 기법은 기존에 제안 기법들보다 간단하면서도 인위적인 주요 특징 영역의 선택 없이 특징 점을 추출할 수 있다는 장점이 있다. 그리고 기존 특징 추출 기법들과 제안 기법의 인식률을 비교함으로써 성능의 우수성을 확인할 수 있다.

### Abstract

In this paper, we propose face recognition method for extracting reliable personal information using Gabor Wavelet Transform. First, We construct the local feature vector which is robust to facial expression, occlusion, and the various illumination using Gabor Wavelet for exact discrimination in manifold situations. Then, the differences among individual feature vectors are removed for extracting person-specific feature points. The proposed feature extraction method is simpler than existing algorithms and automatically extracts the feature points without any artificial selection of essential feature region. Experimental results show that the proposed method outperforms other well-known feature extraction methods

### Key words

Face Recognition, Face Feature Extraction, Automatic Feature Extraction, Gabor Wavelet Transform, Person-specific feature

### I. 서 론

현대 사회에서는 개인정보의 가치가 급등하면서

생체 인식을 이용한 개인 인증 연구가 활발히 진행되고 있는 실정이다. 이를 위하여 지문, 홍채, 동공, 장문, 음성 그리고 얼굴 인식 등 많은 부분들이 이

---

\* 광주과학기술원 정보통신학과

<sup>o</sup> 교신저자 (Corresponding Author)

용되고 있지만 그 중 얼굴 인식의 경우 타 생체 인식 방법에 비하여 사용자 접근성이 용이, 고가의 카메라가 불필요 그리고 인증 대상자의 자발적인 동의 없이 인식 검사 가능 등의 많은 장점이 있어 얼굴 인식 기술의 필요성이 증대되어 오고 있다 [1].

얼굴 인식 분야는 1970년대 이후부터 지속적으로 연구가 진행 되었지만 조명이나 카메라와의 거리 등의 환경 요인에 따라 인식을 저하, 얼굴의 자세와 표정 그리고 나이에 의해 얼굴에 변화가 생긴다는 점, 안경 착용 및 화장이나 성형 등으로 인해 외관의 변형이 생긴다는 점 등으로 인하여 정적인 환경 상에서는 높은 인식률을 보이지만, 실제 환경에서의 인식률에 대한 신뢰성은 타 생체 인식에 비해 현저히 떨어진다. 이를 극복하기 위하여 정적인 환경이 아닌 동적 환경 상에서 높은 인식률을 보장하는 얼굴 인식 시스템이 요구된다.

얼굴 인식을 이용한 신원 확인과정은 얼굴 영역 검출 단계와 검출된 얼굴 식별의 두 단계로 나눌 수 있다. 전자 단계에서는 명암 근사 그리고 얼굴 포즈 등을 이용한 전처리 연구와 컬러나 모션 등의 정보를 이용한 기법 등의 연구가 주로 진행 중에 있다. 후자 단계인 검출된 얼굴 식별 단계에서는 얼굴 이미지 정보를 이용하는 이미지 기반 방법과 얼굴 이미지에서 특징을 추출하여 이를 이용하는 특징 기반 방법 등으로 분류할 수 있다. 여기서 대표적인 이미지 기반 방법으로는 주성분 분석(Principal Component Analysis: PCA), 선형 판별 분석(Linear Discriminant Analysis: LDA), 독립 성분 분석(Independent Component Analysis: ICA), 인공 신경망(Artificial Neural Network: ANN), 템플릿 기반 방법이 있다 [2-6]. 첫번째 기법인 주성분 분석법은 얼굴 패턴의 차원을 감소시켜 얼굴 공간으로 변환 후 이를 인식에 이용한다. 이 기법은 실시간 구현이 가능하고 높은 인식 성능을 보이는 반면 배경 영상에 민감하고 처리시간이 많이 걸린다는 단점이 있다. 특히 이미지 기반 얼굴 인식 방법은 보통 이미지의 전체 픽셀 정보를 이용하기 때문에 조명, 자세나 표정 등의 조그만 변화에도 많은 영향을 받는다.

특징 기반 방법은 특징 추출을 위하여 정면 얼굴

영역 영상의 텍스처(Texture) 정보, 얼굴 요소의 구조적 특징 등 다양한 정보를 사용하고 있다. 특징 추출을 위한 특징 벡터 기반 방법의 대표적인 방법에는 가버 웨이블릿 변환을 이용한 탄력적 그래프 정합법 (Elastic Bunch Graph Matching) 그리고 형태와 구조 정보를 이용한 동적 외모 모델(Active Appearance Model)이 있다 [7-8]. 특징 기반의 얼굴 인식 방법의 경우 조명, 자세 그리고 표정 변화를 고려한 모델을 구성함으로써 인식 시 여러 조건에 의한 영향을 최소화할 수 있다. 모델 구성에 이용되는 가버 특징 벡터는 조명, 자세 그리고 표정 변화에 대한 높은 신뢰성 때문에 여러 얼굴 인식 분야에 이용되고 있다.

본 논문에서는 얼굴 인식에 있어 가버 웨이블릿 기법을 이용하여 중요한 고려 문제인 환경 그리고 표정 변화에 강인하며 고차원의 얼굴영상의 차원 축소와 더불어 빠르고 정확한 식별력을 가지는 특징 추출 기법을 제안 한다 [9].

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 얼굴 주요 성분을 추출하는 기법에 대하여 기술한다. 그리고 III장에서는 제안 기법과 기존 제안 방법과 성능을 실험을 통하여 비교 분석하며 실험 결과를 바탕으로 하여 IV장에서 본 논문의 결론을 도출하고자 한다.

## II. 제안 얼굴의 주요 성분 추출 기법

제안된 얼굴 주요 성분 추출 기법은 학습을 위한 얼굴 영상 데이터를 수집하는 과정, 가버 웨이블릿 변환을 통하여 가버 특징 벡터를 생성하는 과정 (2.1) 그리고 이전 과정에서 생성된 특징 벡터의 주요 성분들을 특징 점으로 이용하여 개인을 식별하는 과정으로 구성된다 (2.2-2.3). 제안 기법의 전체 구성도는 그림 1과 같다.

### 2.1 가버 웨이블릿 변환

얼굴의 주요 성분 추출을 위해서 얼굴의 텍스처 정보를 사용하는 가버 특징 벡터를 이용하여 얼굴의 특징 점을 효율적으로 추출할 수 있다. 여기서

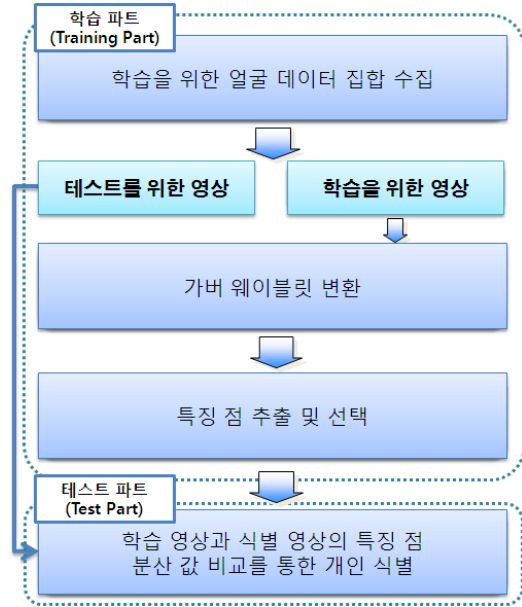


그림 1. 제안 기법의 전체 구성도

가버 특징 벡터는 얼굴 영상과 가버 웨이블릿 필터(filter)를 컨볼루션(convolution)하여 얻어진 계수로 정의되어진다.

가버 특징 벡터를 이용한 가버 웨이블릿 변환은 이차원 형태의 다중해상도와 다중 방향으로 이루어진 필터를 통하여 영상에 대한 다양한 주파수를 가진 특징들을 검출한다. 이 필터는 공간 영역과 주파수 영역 양쪽에서 최적으로 국소화(localization)되므로 공간적인 특징을 반영한다는 장점을 이용하여 잡음이나 조명 변화에 강인한 특징 추출이 필요한 영상 인식에서 많이 사용되고 있다. 이를 위한 이차원 가버 웨이블릿 함수는 다음과 같이 정의된다 [9-11].

$$\Psi_{u,v}(z) = \frac{\|k_{u,v}\|^2}{\sigma^2} e^{-\|k_{u,v}\|^2 \|z\|^2 / 2\sigma^2} \left[ e^{ik_{u,v}z} - e^{-\sigma^2/2} \right] \quad (1)$$

여기서  $\|\cdot\|$ 는 놈(norm) 연산자,  $\sigma$ 는 가우시안 분포의 표준편차이다. 그리고  $k_{u,v}$ 는  $(k_v, \phi_u)$ 에서 주어진 크기(scale)와 방위(orientation)를 가지는 특성과 벡터(characteristic wave vector)로서 다음과

같다.

$$k_{u,v} = k_v e^{i\phi_u} \quad (2)$$

여기서  $u$ 와  $v$ 는 가버 커널의 크기와 방위이며, 각각의 범위는 일반적으로 다음과 같이  $u \in \{0, \dots, 7\}$ ,  $v \in \{0, \dots, 4\}$ 로 정의되어진다. 또한  $k_v = k_{\max} / f^v$ 이고  $\phi_u = \pi u / 8$ 로 정의된다. 이 때  $k_{\max}$ 는 최대 주파수(maximum frequency)를 의미한다 [12].

식 (1)의 중괄호 전자 부분은 커널의 진동을 결정하고 후자는 커널의 DC값을 보정한다.

가버 웨이블릿은 가우시안 윈도우의 폭을 조절하기 위하여 변수  $\sigma$ 를 사용한다. 이 변수 값을 크게 하면 DC 영역이 제외되는 특징을 이용하여 잡음 및 조명 변화에 강인한 특징을 추출 가능하게 한다.

## 2.2 가버 특징의 표현

제안 기법에서는 얼굴의 주요 요소 성분을 추출을 위하여 가버 웨이블릿 필터의 실수 영역인 코사인 위상(Cosine Phase : Even part) 부분을 영상에 적용한다. 적용해 본 결과, -5에서 5사이의 다양한 실수 값  $x_n$ 을 가진다. 그러나 이 중에서 0보다 작은 값이 얼굴의 주요 성분을 잘 표현하므로 이를 이용하면 식 (3)과 같이 이진 값을 이용하여 특징 성분을 표현할 수 있다.

$$x_n = \begin{cases} 0, & x_n < 0, \\ 1, & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (3)$$

## 2.3 특징 점 선택

가버 특징을 통해 추출된 점들은 얼굴의 주요 요소 성분이 되며, 이를 얼굴 인식을 위한 특징으로 이용한다. 그러나 한 사람으로부터 추출된 특징 점들은 높은 상관 관계와 중복성이 나타난다. 그러므로 개인이 가진 독립적인 특징 점을 추출하기 위하

여 각 개인이 가진 대표 화소 점을 선택하는 단계가 요구된다 [13]. 본 단계에서는 다양한 환경에서 한 사람의 얼굴 특징들을 비교함으로써 이들 간의 공통된 성분을 개인이 가진 주요 특징을 개인 고유의 특징으로 선택한다. 이렇게 상이한 환경의 한 사람에 대한 영상 데이터  $i$  와  $j$ 의 픽셀 값  $(x_i, x_j)$ 를 비교하여 선택된 개인의 특징은 식 (4)와 같이 표현한다. 이 후 선택된 점들의 분포의 차를 이용하면 개인의 얼굴을 식별 할 수 있다.

$$x_n = \begin{cases} 0, & x_i = x_j, \\ 1, & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (4)$$

### III. 실험 및 결과 분석

#### 3.1 영상 데이터 집합

제안 기법의 성능 검증을 위하여 60×70 컬러 정지 영상을 사용하였다. 그리고 제안 기법의 학습 과정에서 필요한 위한 영상 데이터는 AR Face Database를 통하여 추출하였다 [14]. 본 영상 데이터는 그림 2와 같이 표정변화, 조명 변화 및 가려짐을 적용한 얼굴의 영상으로 구분되어진다. 표정 변화 영상 (참조. 그림 2-1)은 무표정, 웃는 얼굴 그리고 일그러진 얼굴을 구성되고, 조명 변화 및 가려짐 영상은 일반적인 얼굴의 조명 변화 및 선글라스, 머플러에 의해 가려진 얼굴의 조명 변화를 추출하여 (참조. 그림 2-2) 개인당 9장의 영상을 포함한다. 따



그림 2. 한 사람의 영상 데이터 집합

표 1. 가버 커널 조건 (식 (1) 참고)

크기 $\nu$ (5개)	0, 1, 2, 3, 4
방위 $u$ (8개)	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
표준편차 $\sigma$	$2\pi$
최대 주파수 $k_{\max}$	$\pi/2$
Spacing Factor $f$	$\sqrt{2}$

라서 각 개인별 표정, 조명 변화 그리고 가려진 얼굴 영상에서도 높은 수율 성능을 보이기 위하여 100장의 영상 데이터 집합을 생성하였다 [14].

#### 3.2 가버 특징 추출 및 특징 점 선택

영상 데이터는 표 1의 조건에 따라 각각 다른 5가지의 가버 커널 크기와 8개의 가버 커널 방향을 사용하여 컨볼루션 된다. 이 과정을 통하여 영상으로부터 40가지의 지역적 특성을 가지는 결과를 도출 할 수 있으며 이를 바탕으로 한 얼굴 요소 추출 및 개인의 독립적 특징 점을 선택한 결과는 그림 3 그리고 그림 4에서 보여준다.

#### 3.3 실험 결과 분석

본 논문에서는 제안 기법의 성능을 비교 분석하기 위하여 얼굴 인식 분야에서 가장 대표적인 이미

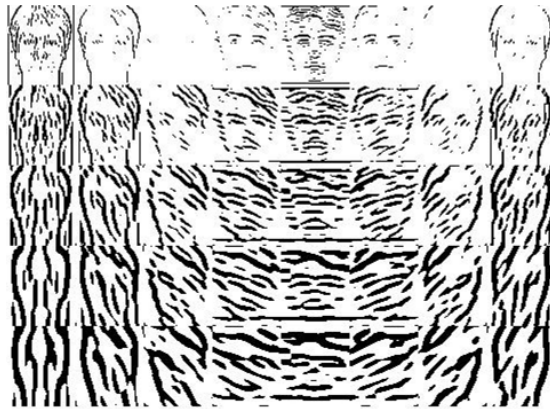


그림 3. 한 영상의 가버 특징 추출 결과

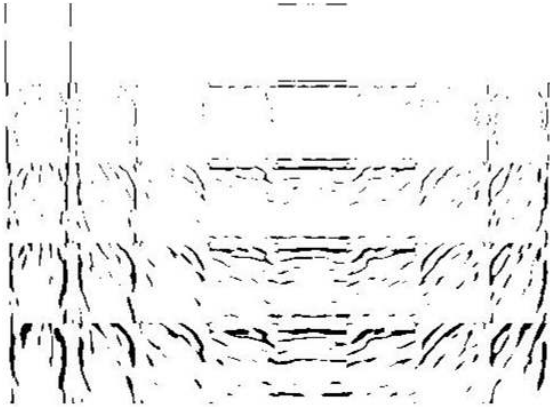


그림 4 그림 3의 특징 추출 결과를 통한 독립적인 특징 점 선택 결과

지 기반의 기법인 PCA 그리고 LDA와 특징 기반의 가버 웨이블릿 변환과 이미지 기반 기법을 혼합한 Gabor+PCA: GPCA, Gabor+LDA: GLDA 알고리즘을 이용하였다 [15].

공정한 성능 검증을 위하여 기존 제안된 방법들과 동일한 영상 데이터를 이용하여 제안 기법의 성능을 비교한 결과는 그림 5에서 보여준다. 그리고 제안 기법의 가려짐 여부들: 가려짐 있는 경우(A) 그리고 가려짐 없는 경우(B)에 따른 인식률을 비교한 결과를 그림 6을 통하여 확인할 수 있다.

본 결과를 통하여 제안된 특징 추출 기법이 다른 제안 기법보다 높은 인식률을 보이면서 또한 얼굴 일부분의 가려짐이 있는 경우에도 높은 성능을 보이는 것을 알 수 있다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 가버 웨이블릿 변환 결과를 재구성하여 각 개인의 독립적인 특징을 선택하는 기법을 제안하였다. 제안 기법을 이용한 특징 점 추출은 얼굴의 특징 점 좌표를 직접 선택하거나 인위적인 그래프 생성 없이 자동으로 개인의 특징 점 추출이 가능하고 특징의 분포도를 비교하는 간단한 연산을 통하여 개인의 식별이 가능하다.

본 연구를 실제 환경에 적용하기 위해서는 다양한 얼굴 크기와 기울어짐이 있는 경우, 시간의 변화가 일어난 후의 얼굴에서도 개인 고유의 특징 추출이 가능해야 한다. 이를 위해서는 크기 및 기울

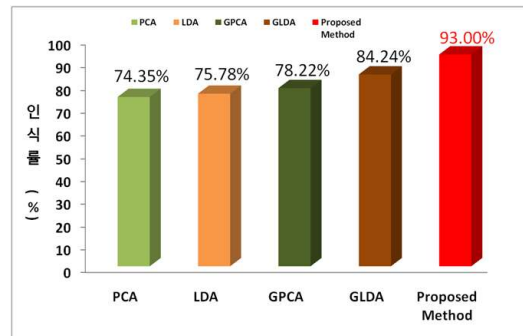


그림 5. 알고리즘 별 인식률 비교

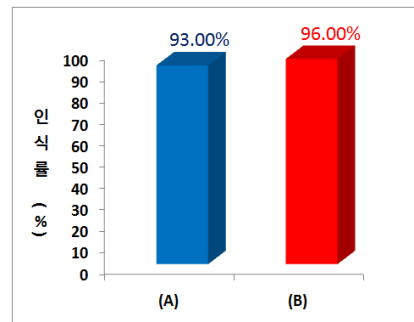


그림 6. 가려짐 여부에 따른 인식률 비교

어짐을 자동으로 감지 및 보정 가능하고, 시간의 변화에도 강인한 특징 점을 추출하는 연구가 요구된다. 이러한 점을 고려한다면 보다 강인한 얼굴 인식을 위한 특징 점을 추출할 수 있을 것이다.

#### 감 사 의 글

본 연구는 광주과학기술원 분산센서 네트워크 연구소와 2009년도 광주과학기술원의 재원인 시스템 생물학인프라구축사업의 지원으로 수행되었습니다. 관계부처에 감사드립니다.

#### 참 고 문 헌

- [1] Anil Jain et al, "Introduction to biometrics", Biometrics-Personal Identification in Networked Society, Kluwer Academic Publishers, pp.1-41, 1999.
- [2] M. Turk and A. Pentland, "Eigenfaces for

- Recognition," J. Cognitive Neuroscience, vol. 3, no. 1, pp. 71-86, 1991.
- [3] A.M. Martinez and A.C. Kak, "PCA versus LDA," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 19, no. 7, pp. 711-720, 1997.
- [4] Bartlett, M. S., H. M. Lades, et al. "Independent component representations for face recognition", In SPIE Symposium on Electronic Imaging: Science and Technology; Conference on Human Vision and Electronic Imaging III, San Jose, CA, 1998.
- [5] S. Lawrence, C.L. Giles, A.C. Tsoi, A.D. Back, "Face Recognition: A Conventional Neural Network Approach," IEEE Trans. Neural Networks, Special Issue on Neural Networks and Pattern Recognition, vol. 8, no. 1, pp. 98-113, 1997.
- [6] R. Brunelli and T. Poggio, "Face Recognition : Feature versus Templates," IEEE Trans. Pattern Anal. and Machine Int., vol. 15, no. 10, October 1993.
- [7] L. Wiskott, J.M. Fellous, N. Kruger, C.V.D Malsburg, "Face Recognition by Elastic Bunch Graph Matching", IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 19, No. 7, pp. 775-779. July 1997.
- [8] G. Edwards, C. J. Tylor, and T. F. Cootes, "Interpreting face images using active appearance models," in Proc. IEEE Int. Conf. Automatic Face and Gesture Recognition, pp. 300-305, 1998.
- [9] T. S. Lee, "Image representation using 2D Gabor wavelets," IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., vol. 18, pp. 959-971, Oct. 1996.
- [10] R.M. Mutelo, W.L. Woo, S.S. Dlay, "Discriminant analysis of the two-dimensional Gabor features for face recognition" Published in IET Computer Vision, Vol. 2, No. 2, pp. 37-49, 2008.
- [11] L. Shen and L. Bai, "A review on Gabor wavelets for face recognition", Pattern Analysis and Applications 9 (2), pp. 273-292, 2006.
- [12] DONATO G., BARTLETT M.S., HAGER J.C., EKMAN P., SEJNOWSKI T.J., "Classifying facial actions", IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., 21, pp. 974-989, 1999.
- [13] K Krishna, J Black, S Panchanathan, "Using Genetic Algorithms to Find Person-Specific Gabor Feature Detectors for Face Indexing and Recognition" Advances in Biometrics, Proceedings Lecture Notes in Computer Science. Vol 3832. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, pp: 182-191.
- [14] A.M. Martinez and R. Benavente. The AR Face Database. CVC Technical Report #24, June 1998.
- [15] Y. Pang, Y. Yuan and X. Li, "Gabor based region covariance matrices for face recognition", IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology 18 (7) pp. 989-993, 2008.