

# Gabor Wavelet 과 신경망의 영역별 적용을 통한 얼굴 인식

최용준, 이상현\*, 정중률, 최병욱\*\*

한양대학교 전자통신전파공학과

\*한양대학교 정보통신대학원

\*\* 한양대학교 정보통신학부

## Face Recognition using Regional Gabor Wavelet and Neural Networks

Yongjoon Choi, Sangheon Lee\*, Jongleul Chung, Byunguk Choi\*\*

Dept. of Div. Of Electrical and Computer Engineering, Hanyang University

\*Dept. of Information and Communication, Hanyang University

\*\*Div. of Information and Communications, Hanyang University

E-mail : choi\_yong\_joon@hotmail.com

### ABSTRACT

In this paper, our proposed system uses the regional Gabor wavelet and Neural Network to implement face recognition similar to human face recognition system, because the Gabor wavelet expresses visual recognition system of human mathematically and the regional Neural Network is robust to white noise and partial illumination. This system consists of two stages of building database and recognizing face. One is composed by using the supervised learning of Neural Network. At this time, the Neural Network is applied to the upper and the lower part of face images respectively. The Backpropagation algorithm is used to learn Neural Network. Another consists of calibration of slope of face image, measurement of illumination variant using deviation with average face image and similarity comparison using Euclidean distance measure.

### I. 서론

현재 생체인식분야에는 지문, 음성, 홍채, 정맥인식 등 여러 분야가 있으나, 비접촉 인식 방법으로써 편리

성과 활용성이 뛰어난 얼굴인식 기술이 세계적으로 중요한 생체인식 기술로서 부각되고 있다. 일반적인 얼굴 인식 기술에는 주성분 분석(PCA), 독립성분 분석(ICA), Elastic Bunch Graph Matching, SVM(Support Vector Machines) 등을 이용한 방법이 있다. 이러한 방법들은 조명변화, 얼굴의 각도변화, 백색잡음에 따른 강인성에 장단점을 가지고 있다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위한 얼굴 인식기술에 관한 추가적 연구는 필수적이라 할 수 있겠다.

본 논문에서는 위에서 언급한 제약조건 중 조명변화와 백색잡음에 대한 얼굴 인식률을 높이는 알고리즘을 Gabor wavelet 과 신경망의 영역별 적용을 통하여 제안하고자 한다.

### II. Database 구성

본 절에서는 Gabor wavelet 변환을 통한 신경망의 목표 영상의 구현과 얼굴 영상의 상단과 하단에 신경망을 적용하여 Database 를 구성하는 방법에 대하여 설명한다.

#### 2.1 Gabor wavelet 변환

대뇌 시각 영역에는 여러 종류의 신경 세포들이 있으며, 이 신경 세포들에 의해서 계층적 정보처리가 이루어

어진다. 인간의 시각적 인식 체계를 가장 잘 표현하고 있으며 각각의 신경 세포들의 기능을 한꺼번에 표현할 수 있는 함수가 Gabor wavelet 이다. Gabor wavelet 은 scale 과 orientation 을 가지는데, scale 이 클 때는 영상 전체의 정보를 잘 나타내며 백색잡음에 비교적 덜 민감한 반응을 보이고, scale 이 작을 때는 이미지의 지역적인 정보를 잘 나타내며 백색잡음에 더 민감한 반응을 보인다. 따라서 본 논문에서는 백색잡음에 덜 민감한 큰 scale 을 사용한다. 다음 식 2.1 과 식 2.2 는 시간 영역과 주파수 영역에 대한 Gabor 함수를 나타내고 있다.

$$G(x, y) = \exp(-\pi[(x-x_0)^2\alpha^2 + (y-y_0)^2\beta^2]) \cdot \exp(-2\pi j[u_0(x-x_0) + v_0(y-y_0)])$$

(식 2.1)

$$F(u, v) = \exp(-\pi[\frac{(u-u_0)^2}{\alpha^2} + \frac{(v-v_0)^2}{\beta^2}]) \cdot \exp(-2\pi j[x_0(u-u_0) + y_0(v-v_0)])$$

(식 2.2)

위 식에서  $(\alpha, \beta)$  는 scale 매개변수이며,  $(x_0, y_0)$  는 위치(position) 매개변수이다. 여기서 Gabor wavelet 변환은 Gabor 필터들의 콘볼루션으로 정의된다. 즉, 원 영상과 Gabor 필터(G)의 콘볼루션이다. 위의 콘볼루션을 거친 변환 영상은 신경망을 이용한 감독자 학습을 할 때 목표 값으로 주어지게 된다.

## 2.2 신경망의 구조

인공신경망(artificial neural network)이란 사람의 두뇌를 모델로 하며 여러 정보를 처리하는데 있어서 두뇌와 비슷한 방식으로 처리하기 위한 알고리즘이라 할 수 있다. 본 논문에서는 입력 층, 은닉 층, 출력 층으로 구분되는 3 층 신경망을 구성하였고, 역전파 알고리즘(Backpropagation Algorithm)을 사용하여 학습하였다. 또 입력 층의 노드는 300 개, 은닉 층의 노드는 100 개, 출력 층의 노드는 300 개로 구성되었으며, 노드들 사이는 완전 결합한 형태를 가진다. 그리고 조명의 변화에 대한 유연한 대처를 위하여 입력 영상의 상단과 하단에 대하여 개별적으로 신경망을 적용하였다. 다음 그림 2.1

은 본 논문에서 구현된 신경망의 구조를 나타내고 있다.

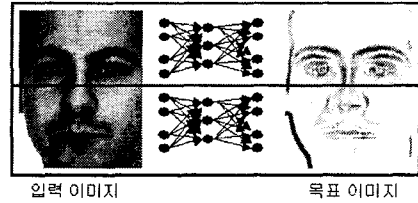


그림 2.1 신경망의 구조도

백색잡음이 들어간 얼굴 영상이 학습된 신경망을 통과할 때 신경망은 백색잡음을 감소시켜주는 필터 역할을 하게 된다. 따라서 신경망을 사용하면 얼굴 영상을 인식하고자 할 때 백색잡음에 보다 강인한 시스템을 구현할 수 있게 된다. 그리고 신경망을 영상의 상단과 하단 영역에 대하여 따로 구현함으로써, 부분적인 조명변화가 생긴 실험 얼굴 영상에 대하여 조명의 변화가 심한 영역은 제외할 수 있다. 그리고 변화가 적은 부분을 이용하여 얼굴을 인식함으로써 부분적인 조명변화에 강인한 시스템을 구현할 수 있게 된다. 다음 그림 2.2 는 Gabor wavelet 과 신경망을 이용하여 Database 를 구성하는 구조도이다.

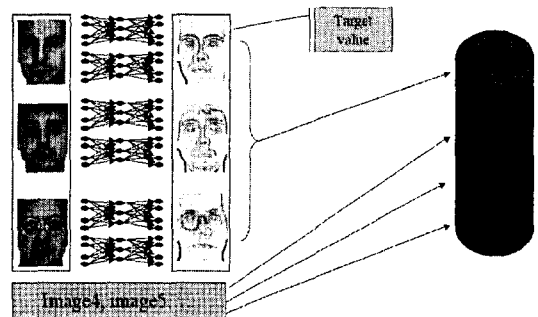


그림 2.2 Database 구성도

## III. 얼굴 인식 시스템 구성

얼굴 인식 시스템은 크게 3 단계로 구성된다. 첫 번째는 두 눈을 연결하는 직선을 이용하여 기울기를 보정하는 단계이며, 두 번째는 평균 얼굴과 실험 영상의 밝기의 차를 이용하여 실험 영상의 부분적인 조명변화를 측정하는 단계이며, 세 번째 단계는 유사도를 비교하는 단계로써 유클리디언 거리 측정 방법을 이용하여 거리

차를 계산하여 인식하는 단계이다.

#### IV. 실험 영상 및 결과

##### 3.1 기울기 보정 및 조명변화 측정

두 눈을 연결하는 직선의 기울기를 이용하여 얼굴 영상이 기울어진 정도를 측정하고, 두 눈이 평행하도록 얼굴 영상의 기울어진 정도를 보정한다. 여기서 두 눈의 좌표 값은 사용자가 입력한다.

조명변화의 측정을 위해서 먼저 Database 를 구성하는데 사용된 학습 얼굴 영상의 평균 얼굴 영상을 구한다. 그리고 이 평균 얼굴 영상의 상단부와 하단부에 대하여 개별적으로 평균 밝기를 구한다. 이 평균 밝기들은 얼굴 인식을 할 때 실험 영상의 상단과 하단에 대하여 조명 변화를 판단하기 위한 문턱치 값을 제공하게 된다. 실험 영상의 평균 밝기가 문턱치 값보다 크면 조명의 변화가 있는 것으로 판별하게 되고 작으면 조명 변화가 없는 것으로 판별한다. 다음 식 3.1 은 평균 얼굴 밝기를 구하는 식을 나타내고 있다.

$$\Psi = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M \Gamma_n$$

(식 3.1)

##### 3.2 얼굴 인식

3.1 절에서 기울기가 보정되고 조명변화가 측정된 실험 영상을 사용하여 유사도 비교에 사용한다. 이때, 실험 영상에서 조명의 변화가 있는 부분은 삭제하며 유사도 비교 시에는 사용을 하지 않는다. 따라서 조명의 변화에 강인한 인식을 할 수 있다. 다음 그림 3.1 은 얼굴 인식 시스템의 전체적인 구조를 나타내고 있다.

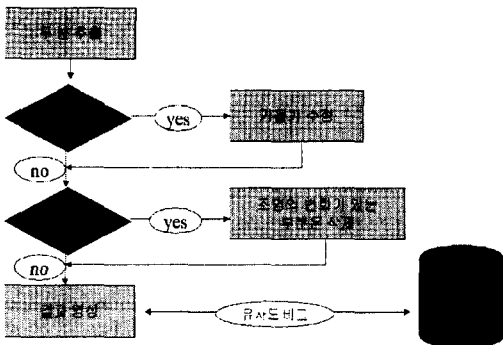


그림 3.1 얼굴 인식 시스템

실험 영상은 크게 학습에 사용된 영상과 인식에 사용된 영상으로 구분된다. 학습에 사용된 영상은 4.1 절에 나타내고 있으며, 인식을 테스트에 사용된 영상은 4.2 절에 나타내고 있다.

##### 4.1 신경망 학습에 사용된 얼굴 영상

신경망 학습에 사용된 학습 영상은 얼굴 영상 30 장과 얼굴 영상의 Gabor wavelet 변환된 얼굴 영상 30 장으로 구성된다. 이들 중 얼굴 영상 30 장은 신경망의 입력 얼굴 영상으로 사용되었고, Gabor wavelet 변환된 얼굴 영상 30 장은 신경망의 목표 얼굴 영상으로 사용되었다. 다음 그림 4.1 과 4.2 는 각각 입력 얼굴 영상과 목표 얼굴 영상의 예를 10 장씩 나타내고 있다.

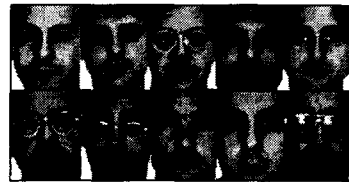


그림 4.1 학습에 사용된 입력 얼굴 영상



그림 4.2 학습에 사용된 목표 얼굴 영상

##### 4.2 얼굴 인식 실험에 사용된 얼굴 영상

얼굴 인식 실험에 사용된 얼굴 영상은 백색잡음이 첨가된 얼굴 영상 30 장, 상단에 조명의 변화가 주어진 얼굴 영상 30 장과 하단에 조명의 변화가 주어진 얼굴 영상 30 장으로 구성된다. 다음 그림 4.3, 4.4 와 4.5 는 각각 백색잡음이 첨가된 얼굴 영상과 상단과 하단에 조명의 변화가 주어진 실험 얼굴 영상의 예를 10 장씩 나타내고 있다.



그림 4.3 백색 잡음이 첨가된 얼굴 영상

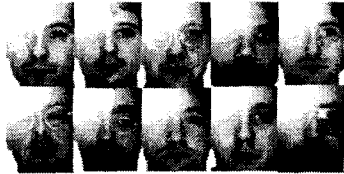


그림 4.4 상단에 조명변화가 생긴 얼굴 영상

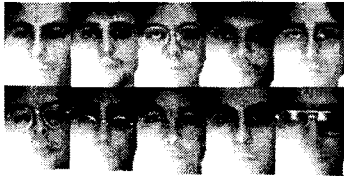


그림 4.5 하단에 조명변화가 주어진 얼굴 영상

### 4.3 얼굴 인식 실험 결과

얼굴 인식 실험에는 총 90 장의 얼굴 영상이 사용되었다. 90 장의 얼굴 영상은 백색잡음이 첨가된 얼굴 영상 30 장과 상단에 조명변화가 주어진 얼굴 영상 30 장과 하단에 조명변화가 주어진 얼굴 영상 30 장으로 구성된다. 각각의 잡음에 대한 인식률과 전체 인식률은 다음 표 4.1에 나타내고 있다.

	백색잡음	상단조명	하단조명	전체
인식률	100%	100%	90%	96.7%

표 4.1 인식률

위의 표 4.1을 분석해 보면, 본 논문에서 구현한 얼굴 인식 시스템은 백색잡음과 상단조명변화에 대해서 강한 성능을 보이고 있다. 하지만, 하단조명변화에는 약간의 오인식률을 보이고 있다. 그 이유로는 얼굴 영상의 유사도를 비교할 때 눈, 코 등 각종 중요한 특징 값들이 하단보다는 상단에 많이 분포해 있기 때문인 것으로

판단된다. 보통 사람이 얼굴을 인식할 때에도 입만 보고는 얼굴을 인식하기는 어려움을 느끼지만 눈과 코를 보고는 얼굴을 잘 인식하는 것과 같은 원리라고 할 수 있을 것이다. 전체적인 인식률을 고려해 볼 때, 본 얼굴 인식 시스템은 백색잡음과 조명의 변화에 강한 면을 보이고 있는 것을 알 수 있다.

## V. 결론

본 논문은 Gabor wavelet과 영역별로 적용된 신경망을 이용하여 인간의 얼굴 인식 체계와 유사한 얼굴 인식 시스템을 구현하였다. 신경망을 이용하여 백색잡음에 보다 강인한 시스템을 구현하였으며, 영역별로 신경망을 적용함으로써 얼굴 인식에 있어서 큰 어려움으로 나타나고 있는 부분적인 조명변화를 극복할 수 있었다.

향후 과제로는 신경망을 상단과 하단뿐만 아니라 좌측과 우측으로도 나누어서 구현함으로써 좌측과 우측으로 들어온 부분조명에 대해서도 강한 시스템을 구현해야 할 것이다. 그리고 3D 정보 등을 추가로 사용하여 얼굴의 회전에 대해서도 강인한 시스템을 구현해야 할 것이다.

## 참고문헌

- [1] Tai Sing Lee, "Image representation Using 2D Gabor Wavelets", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, VOL. 18, NO. 10, October 1996
- [2] John G. Daugman, "Complete Discrete 2-D Gabor transforms by Neural Networks for Image Analysis and Compression", IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, VOL. 36, NO. 7, July 1988
- [3] Volker Kruger and Gerald Sommer, "Gabor Wavelet Networks for Object Representation and Face Recognition", 2000
- [4] 윤보령, "Adaptive Skin Color Filter, Gabor Wavelet 그리고 DCT를 이용한 얼굴 추출 및 얼굴 인식", Dec, 2002
- [5] Tom M. Mitchell, "Machine Learning", pp. 81-126, The McGraw-Hill Companies, Inc, 1997