

# 주성분 분석과 가보 제트를 이용한 얼굴 인증 시스템 구현

이승영<sup>0</sup> 박준우<sup>1</sup> 이정훈<sup>2</sup> 이필규<sup>3</sup>  
인하대학교 멀티미디어공학과<sup>0,2</sup>  
인하대학교 전자계산공학과<sup>1,3</sup>  
(ibelsy<sup>0</sup>, romanza<sup>1</sup>, huble<sup>2</sup> @ im.inha.ac.kr, pkrhee<sup>3</sup>@inha.ac.kr)

## The Implementation of Face Verification System Using Principal Component Analysis and Gabor jet

Seung-Young Lee<sup>0</sup> Jun-Woo Park Jung-Hun Yi Phill-Kyu Rhee  
Dept. of Multi-media Engineering, Inha University<sup>0,2</sup>  
Dept. of Computer Science and Engineering, Inha University<sup>1,3</sup>

### 요 약

컴퓨터의 보편화와 멀티미디어의 발전으로 많은 인공지능의 분야들이 실생활에 응용되고 있다. 이 중에서 얼굴 인식은 최근에 연구가 활발한 분야 중의 하나이며 인터넷 또는 멀티미디어를 통한 보안 시스템 등에서 많은 응용이 기대되고 있다. 이러한 이유로 향후 얼굴인식이 차지하는 비중은 더욱 커질 것으로 예상된다.

본 논문에서는 조명에 대한 환경 변화에 덜 민감한 시스템을 구현하기 위하여 주성분 분석(PCA; Principal Component Analysis)과 가보 제트(Gabor jet)에 환경 파라미터를 추가하여 병렬적으로 수행하는 얼굴 인증시스템을 구현 하였다. 실험을 통하여 기존의 주성분 분석이나 가보 제트 만을 이용한 얼굴인식 알고리즘 보다 환경 변화에 덜 민감하고 오 인증률이 저하된 결과를 나타낸 것을 알 수 있다

### 1. 서론

컴퓨터의 보편화와 멀티미디어의 발전으로 많은 인공지능의 분야들이 실생활에 응용되고 있다. 이 중에서 얼굴 인식은 최근에 연구가 활발한 분야 중의 하나이며 인터넷 또는 멀티미디어를 통한 보안 시스템 등에서 많은 응용이 기대되고 있다.

얼굴인증은 지문인증[1], 홍채인증[2], 정맥인증[3] 등과 달리 여러 장점을 가지고 있다. 기계 장치에 신체의 일부를 접촉시키지 않고도 설치된 카메라를 통해 사람을 구분 및 확인할 수 있다. 사람들은 얼마 전까지도 지문이 신체 중 사람을 구별해 내는 가장 정확한 정보를 가지고 있다고 믿고 있다. 하지만 얼굴은 지문보다도 많은 정보를 가지고 있다. 따라서 사람을 구분해 나가는 기능도 훨씬 뛰어나다. 이러한 이유로 향후 신체를 통해 자신을 확인해 가는 산업에서 얼굴인증이 차지하는 비중은 더욱 커질 것으로 예상된다.

기존의 연구는 뉴럴 네트워크(neural network), 템플릿 매칭(Templat matching), 주성분 분석(PCA) 및 최근 들어서는 가보 웨이블렛의 이르기 까지 많은 연구가 진행되어 왔다. 그러나 이러한 얼굴인증 알고리즘들은 대부분이 환경 변화에 민감하며, 뉴럴 네트워크의 경우에는

학습을 하는데 있어서 많은 노력 및 시간이 들어가는 등 여러가지 문제점들이 나타나 있다.

본 논문에서는 입력 영상으로부터 조명변화에 따른 환경변화를 조사하여 파라미터를 인증 단계로 전달하여 각각의 환경 변화에 주성분 분석 및 가보제트의 결과에 가중치 값을 부여 하여 유사도를 계산한다. 따라서 환경변화에 둔감하고, 학습 시 시간이 적게 걸리는 얼굴인증 시스템을 구현하였다.

논문의 구성은 2장에서 얼굴인증 시스템의 구성에 대해서 기술하였고 3장에서는 주성분 분석과 가보 제트를 이용한 인증 방법을 기술하였다. 4장에서는 인증에 대해서 기술한다. 5장에서는 구현된 알고리즘을 실험을 통해 검증하였고, 6장에서는 시스템의 결론 및 향후연구방향에 대해서 기술하였다.

### 2. 시스템 구성

시스템은 입력과 출력을 제외한 총 6단계로 나눌 수 있다. 첫번째 단계는 입력된 영상을 다음 단계의 처리를 쉽게 하기 위한 전처리가 수행되어 진다. 두번째 단계는 뉴럴 네트워크를 이용하여 얼굴 찾기가 수행되어 지고, 수행되어진 부분에 대해서 검증이 이루어 진다.

세 번째 단계는 인식엔전에 입력 사 에러를 줄이기 위하여 눈의 위치를 찾아 얼굴의 기울어짐 정도나 영상의 크기를 보정하여 준다. 네 번째 단계는 크기를 보정, 전달된 영상에 대하여 영상을 2등분하여 각각 영역의 평균 그레이 값을 구한다. 이 값들의 상호 차를 이용하여 빛의 편향 정도를 알아낸다. 다섯 번째 단계에서는 두 개의 인식 알고리즘에 각각 영상을 입력 시킨다. 여섯 번째는 계산된 유사도에 대해 환경 파라미터를 전달 받아 가중치 부여하고 최종의 유사도를 계산하여 사용자의 인증을 수행한다. 구성도는 다음과 같다.

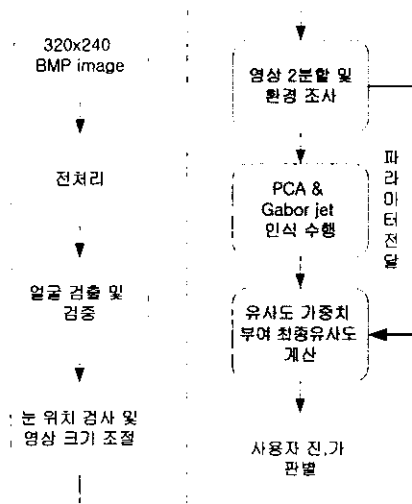


그림 1 시스템 구성도

3. 주성분 분석과 가보 제트

3.1 주성분 분석

여러 변수가 서로 상관관계를 가지고 있을 때 이들을 설명할 수 있는 구조를 찾아내는 방법이다. 요인분석(Factor Analysis)에서와 마찬가지로 요인이라 할 수 있는 변수들을 찾는다. 각 변수들은 종속변수와 독립변수로 분류되지 않는다. 이 분석에서는 서로 상관관계를 가지고 있는 변수들을 이용해서 상관관계를 갖지 않는 새로운 변수들을 찾아내는데 있다. 이러한 변수들을 주성분(Principal Component)[4]이라고 한다. 각 주성분은 기존의 변수들의 선형결합으로 구성된다. 요인분석에서와 마찬가지로 설명력이 가장 높은 식이 주성분 식 1로 추출이 되며, 주성분 식의 번호가 높아짐에 따라 점차적으로 설명력이 낮아진다. 주성분 식은 요인분석과 마찬가지로 설명력이 높은 서로 상관관계가 없는 주성분 식을 몇 개 찾아서 분석을 하는데 사용할 수도 있다.

수식적으로 보게 되면 공분산 행렬을 생성하는 부분은

$\sum_x = X * X^T$  다음과 같이 나타 내어 지고, X는 한 개의 이미지를 행렬의 열에 배열하고, 각각의 행은 이미지의 1차원 배열이 된다

3.2 가보 제트

가보 함수는 G. H. Granlund[5]에 의해 화상 처리에 소개되 었으며 J. G. Daugman[6]에 의해 분석되었 다. 2차원 가보 필터는 공간과 주파수의 양 영역에서 최적으로 지역화된 방향과 주파수에 민감한 밴드 통과 필터이다. 그러므로 가능한 작은 영역에서부터 방향에 의존한 주파수 내용, 즉 예지와 같은 특징을 추출하기 위하여 적당하다.

가보 커널의 형태는 가우시안 윈도우에 의해 지역화된 공간적인 사인 함수이다. 이것은 공간적 영역에서 디지털 화상에 바로 적용된다. 지역 특징을 찾아 주는 필터들은 가보 웨이브릿의 변형에 기반하고 있다. 가보 웨이브릿은 가우시안 엔벨롭 함수(Gaussian envelope function)에 의해 제한된 평면파의 모양에서 생물학적으로 동기화된 컨벌루션 커널이다. 그러므로 가보 함수는 가우시안 함수가 가지고 있는 특징을 보유하고 있다. 한 화상 픽셀의 다른 방향과 주파수의 커널을 위한 컨벌루션 계수의 집합을 제트(jet)이라고 부른다. 제트의 표현은  $\{J_j\}$ 와 같고 수식적으로는 식(1)과 같다.

$$J_j(\bar{x}) = \int I(\bar{x}') \psi_j(\bar{x} - \bar{x}') d^2 \bar{x}' \quad (1)$$

X벡터는 화소의 위치 및 그 위치에서의 그레이 레벨값을 나타낸다. 커널의 표현은 식(2)와 같다.

$$\psi_j(\bar{x}) = \frac{k_j^2}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{k_j^2 x^2}{2\sigma^2}\right) \left[ \exp(i\bar{k}_j \cdot \bar{x}) - \exp\left(-\frac{\sigma^2}{2}\right) \right] \quad (2)$$

$$\bar{k}_j = \begin{pmatrix} k_{jx} \\ k_{jy} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k_v \cos\varphi_\mu \\ k_v \sin\varphi_\mu \end{pmatrix}, \quad k_v = 2^{\frac{v+2}{2}} \pi, \quad \varphi_\mu = \mu \frac{\pi}{8}$$

with index  $j = \mu + 8v$

4. 환경 조사 및 유사도 가중치 부여

배경을 포함한 320x240의 입력 이미지로부터 사이즈 및 얼굴의 기울어짐 정도를 눈의 위치로부터 보정하여 64x64크기의 얼굴 영역만 추출해 낸다. 추출된 영역에 대해서 양 눈의 중점 위치를 기준으로 얼굴을 두 부분으로 나눈다. 얼굴은 대칭적이라는 가정하면 일정한 조명이 들어오면 두 부분의 그레이 값이 같아야 한다. 따라서 조명변화에 대한 환경요인의 조사는 두 영역의 평균 그레이 값의 차에 의해 구해 진다.

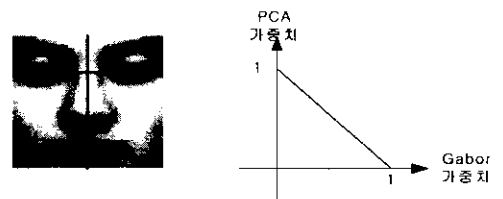


그림2 환경조사, 가중치 함수

따라서 가중치 파라미터는 두 영역의 평균 그레이값의 차를 50으로 나눈 값이 환경 파라미터로 전달 된다. 그 값이 0이면 주성분 분석의 가중치가 1이 되고 50이상이 되면 가보 제트쪽의 가중치가 1이 된다. 수식적용 표현하면 다음과 같다.

$$P + G = 1 \quad (P: \text{PCA}, G: \text{Gabor jet})$$

평균 그레이 값의 차가 0이면 P=1, G=0 이고 차가 50 이면 P=0.5, G=0.5이 된다. 또 차가 50이 넘을 경우에는 P=0, G=1이 된다.

4. 인증

주성분 분석의 인증 시 유사도 측정 방법은 식(3) 에서와 같이 유클리디안 차를 의해서 계산되어 진다.

$$f_i = E^T * E * f_i$$

$$\epsilon_p = |f_i - f_i'| \quad (\text{Euclidean distance}) \quad (3)$$

$f_i$ : input face  
 $f_i'$ : Reconstructed face  
 E: Eigenface matrix

가보 제트의 인증 시 유사도 측정 방법은 제트를 이용하여 이루어 진다. 제트는 식(4) 와 같이 표현되고 유사도는 식(5)에 의해 계산되어진다.

$$J_j = a_j \exp(i\phi_j) \quad (4)$$

$$S_s(J, J') = \frac{\sum_j a_j a_j'}{\sqrt{\sum_j a_j^2 \sum_j a_j'^2}} \quad (5)$$

각각에 가중치를 부여하여 임계치를 기준으로 가.부를 판별하여 인증을 수행 하고 식(6)과 같다.

$$T = P \cdot \epsilon_p + G \cdot S_s(J, J') (\leq \text{or} \geq) \text{Threshold\_value} \quad (6)$$

5. 실험 결과

실험은 주성분 분석만 이용한 경우와, 가보 제트를 이용한 경우, 주성분 분석과 가보제트 이용한 경우 세가지에 대해서 수행하였다. 각각은 환경 변화에 따른 인증률을 나타낸다.

입력된 영상은 배경을 포함한 영상은 320x240의 사이즈를 가지고 얼굴을 추출한 부분의 크기는 64x64 이다.



(a) 배경을 포함한 영상 (b) 얼굴영역만 추출된 영상

그림3 입력 얼굴 영상

11명의 각각 환경변화를 가지는 10개 총 110개의 이미지를 사용하여 수행하였다. 결과는 표1과 같다. 결과에서 볼 수 있듯이 주성분 분석의 경우에는 인증 속도에는 유리한 반면 환경변화에 민감한 성질을 보이고,

가보 제트의 경우에는 특징점 (Fiducial point)에 민감한 성질을 보인다. 따라서 본 논문에서 주성분 분석과 가보제트에 환경 파라미터를 추가하여 사용함에 인식률이 향상됨을 볼 수 있다

	실험data 수	성공	실패	성공률 (%)
PCA	90	75	15	83.3
Gabor jet	110	101	9	92
PCA & Gabor jet	110	104	6	94.6

표1 알고리즘에 대한 실험결과

6. 결론 및 향후 연구방향

본 논문에서는 주성분 분석과 가보제트에 환경 파라미터를 추가하여 얼굴인증 시스템을 구현하였다. 실험 결과, 환경이 변화하는 상황에서 각각 주성분 분석 및 가보제트를 환경 파라미터 없이 수행하였을 경우 인증률 83.3% 및 92%의 성능을 보였으며, 두 가지 알고리즘을 병렬적으로 수행하고 환경 파라미터를 추가 시켰을 경우에는 인증률 94.6 %의 성능을 보였다.

현재 시스템의 수행 속도는 영상의 입력 부분은 실시간으로 수행이 되나 인증부분에는 두개의 알고리즘 병렬적 처리로 인하여 느려지게 된다. 따라서 수행시간에 대한 개선이 필요하고, 환경변화에 둔감한 특징을 이용하는 것이 필요할 것이다.

7. 참고 문헌

[1] L.C.Jain, U.Hatici, I.Hayshi, S.B.Lee. "Intelligent Biometric Techniques in Fingerprint and Face Recognition", chater 1 pp3~pp34, CRC press 1999.  
 [3] Williams G.O. "Iris recognition technology" IEEE Aerospace and Electronics Systems Magazine, Volume 12, Issue 4, Page(s): 23 -29, April 1997  
 [4] Byung-Gyu Kim and Dong-Jo Park, "A New Approach for Hand Vein Verification in the Frequence Domain," The 7-th International Conference on Neural Information Processing, ICONIP-2000, November 2000.  
 [5] Sami Romdhani, "Face Recognition Using Principal Component Analysis", Mater Thesis, <http://www.elec.gal.ac.uk/~romdhani>.  
 [6] G. H. Granlund, "In Search of A General Picture Processing Operator," Computer Graphics and Image Processing, Vol. 8, pp.155-173, 1978.  
 [7] J. G. Daugman, "Complete Discrete 2D Gabor Transforms by Neural Networks for Image Analysis and Compression," IEEE Transaction of Acoustics Speech and Signal Processing, Vol.36, pp.1148-1161, 1988.