

# 얼굴요소의 자연적 특징과 PCA 를 결합한 얼굴인식 연구

주원국, 문승빈  
세종대학교 컴퓨터공학과  
e-mail : [sbmoon@sejong.ac.kr](mailto:sbmoon@sejong.ac.kr)

## A Study on Face Recognition using Natural Features of Face Component and PCA

Wonkook Choo and Seungbin Moon  
Dept. of Computer Engineering, Sejong University

### 요 약

본 논문에서는 얼굴 요소의 자연적 특징과 PCA(Principal Component Analysis)를 융합한 얼굴인식 알고리즘을 소개한다. 지금까지 PCA 를 비롯한 다양한 얼굴인식 알고리즘이 소개되었지만, 얼굴 영상을 하나의 '신호' 혹은 '벡터'로 간주하여 이를 수학적 접근법으로 풀이하는 방법이 대부분이었다. 이에 본 논문에서는 템플릿 정합 기법을 이용하여 눈썹, 눈, 턱 등을 형태에 따라 분류하는 특징 분류기를 통하여 그룹을 나누고, 각 그룹별로 PCA 분류를 진행하는 2 단계 알고리즘을 구현하였다. 이를 CMU-PIE 데이터베이스를 이용해 검증하고, 실험 결과를 논의하였다.

### 1. 서론

얼굴 인식 연구는 영상 처리의 초창기부터 현재까지도 활발히 연구되고 있는 분야이다.[1, 2, 3] 이는 사용자의 생체 인식 정보를 활용하고, 저렴한 하드웨어 구축 비용을 통해 HCI(Human Computer Interaction)와 HRI(Human Robots Interaction)를 구현하는데 유용하다. 현재는 스마트폰이나 랩탑과 같은 모바일 기기 등에서 엔터테인먼트 및 보안 분야에서 활용되고 있다.

얼굴 인식은 크게 전역(Holistic)방식과 지역(Local)방식으로 구분되며, 전역 방식은 얼굴 영상 자체를 하나의 벡터로 취급하여 이를 활용하는 방법으로 PCA[4, 5], LDA(Linear Discriminant Analysis)[6], ICA(Independent Component Analysis)[7]등이 대표적이다. 반면에 지역 방식은 얼굴의 특정 부분을 이용하는 방법으로 다양한 기법이 연구되고 있다.

최근에는 지역 방식과 전역 방식을 결합한 하이브리드 방식의 연구도 활발하다.[8, 9, 10] 이는 상대적으로 환경에 강인한 지역적 특징을 전반적인 성능이 뛰어난 전역방식에 접목하는 형태로 이루어져 있다.

그러나 이러한 방법들은 인식에 사용되는 영상을 하나의 벡터로 취급하여 이를 수학적 기법으로 풀이하는 방법이 대부분이다. 인간과 유사하게 눈, 눈썹, 얼굴의 형태 등의 세밀한 지역적 특징을 이용한 인식 방법에 대한 연구는 아직 미미한 수준이다.[1, 11, 12]

이는 영상이 외부 환경(자세, 조명 등) 변화에(자세, 조명 등)에 민감하여 의미 있고 불변성이 강한 특징

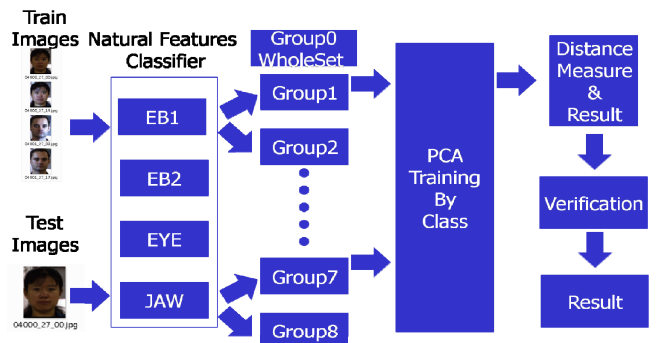
추출이 상당한 어렵기 때문이다.

이에 본 논문에서는 얼굴의 대표적 구성 요소인 눈썹, 눈, 턱의 특징을 구분하는 특징 분류기(Natural Feature Classifier)를 구성하여 각 특징에 따라 얼굴 그룹을 분류하고, 각 분류된 그룹에 PCA 를 적용하여 2 단계 알고리즘을 완성하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2 장에서는 제안된 알고리즘의 각 단계별 구성을 설명하고, 3 장에서는 CMU-PIE 데이터베이스를 이용한 실험 및 분석을 정리하였다. 마지막 4 장은 결론으로 구성하였다.

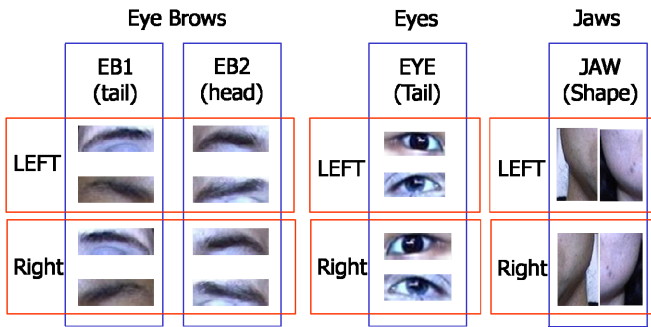
### 2. 제안된 알고리즘

본 논문에서 제안하는 알고리즘의 순서도는 그림 1 과 같다. 학습 영상들은 특징 분류기에 의해 그룹핑되고, 각 그룹은 PCA 를 통해 하위 공간을 생성하여, 학습 영상을 투영함으로써 전체 학습을 완료한다.



(그림 1) 시스템 흐름도

시험 영상도 마찬가지로, 특징 분류기를 통해 얼굴 특징을 구분하고, 구분되는 경우 해당되는 그룹으로 투영되어 학습 영상들과의 유사도를 판별한다. 단, 하나의 특징도 판별이 불가능한 경우에는 전체 학습 영상에 대한 PCA 를 진행하여 최종 결과로 이용한다. 이 때, 구별되는 특징의 개수에 따른 검증 과정을 추가하였다.



(그림 2) 각 특징 분류기에 사용된 템플릿

그림 2 는 특징 분류기를 구성하는 각 얼굴 요소들에 사용된 템플릿을 나타내고 있다. 특징 분류기는 사람 얼굴이 일반적으로 대칭된다는 사실에 의거하여 좌/우측의 결과가 동일하고, 임계 값( $T_0$ ) 이상인 경우에만 특징이 분류되도록 진행하였다. 임계 값은 인식된 학습 영상들의 절대값 차의 평균을 이용하였다. 특징 분류기는 각 특징에 따라 2 개의 그룹으로 나누어지며, 독립적인 관계로, 전체 영상 그룹을 합하여 총 9 개로 그룹이 구성된다.

특징 분류기는 모호한 경우가 발생하게 된다. 이 때문에, 각 그룹은 구분되는 영상으로만 구성되는 것이 아니라, 모호한 경우도 포함하여 그룹을 구성하도록 하였다.

이렇게 구성된 각 그룹과 전체 학습 영상에 대하여 PCA 기법을 통해 고유 공간을 생성하고 영상들을 투영하여 학습 작업을 완료한다.

시험 영상의 경우에도 특징 분류기를 통해 구분하고, 단 하나의 특징도 구분이 불가능한 경우에는 전체 영상 그룹으로 다음과정이 진행되도록 하였다.

검증 과정에서는 구분된 특징의 개수에 따라 분기하여 검증하도록 진행하였다.

단 하나의 특징도 구분되지 않거나, 하나만 구분될 때에는 인식 결과와 모양의 유사도를 따져 임계 값( $T_1$ ) 이하의 경우 접속을 거부하도록 결과를 나타내었다.

여러 개의 특징이 구분되는 경우, 각 특징별 인식 결과에 대한 투표를 진행하였으며, 최다 득표가 1 인 경우에는 전체 영상에 대한 인식 결과를 받아 재투표하도록 구성하였다.

재투표 결과에 따라, 전원 일치하는 경우 혹은 최다 득표영상의 특징 유사도가 임계 값( $T_2$ ) 이상인 경우에만 인식하도록 하였다.

### 3. 실험 및 분석

제안된 알고리즘의 검증을 위해 CMU 의 PIE 데이터베이스[13]를 이용하여 실험을 진행하였다. PIE 는 68 명에 대해 자세(Pose), 조명(Illumination) 및 표정(Expression)에 따른 얼굴 인식 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 유용한 데이터베이스이다.

실험에 사용하기 위해 데이터베이스에서 조명 변화 영상만 사용하였으며, 안경을 쓰거나 머리카락에 의해 눈썹이 보이지 않는 인물을 제외한 28 명의 682 장의 영상을 사용하였다.

본 알고리즘의 주 목적은, 얼굴 요소의 자연적 특징을 통한 얼굴 인식 가능 여부와, 각 특징이 얼굴 인식에 미치는 영향을 간접 확인하는데 있으므로 얼굴의 각 요소들은 핸드 마킹(Hand Marking)으로 추출하였으며, 추출된 영상들은 가장 큰 영상에 맞추어 정규화 하였다.

인물 당 24 장으로 구성되어 있으며, 학습 영상은 조명이 가장 좋은 한 장의 사진만을 사용하고, 나머지는 시험 영상으로 활용하였다.

먼저 특징 분류기 성능을 표 1 과 표 2 에 나타내었다.

<표 1> 특징 분류기에 의해 특징이 구분된 영상의 수

	EB1 Shape1	EB2 Shape2	Eye Shape	Jaw Shape
Unknown	509	466	580	438
Shape1	42	151	30	125
Shape2	93	27	34	81
Rate	21%	28%	10%	32%

<표 2> 인물 별 특징 분류기에 의해 구분된 얼굴 특징 분석 예

ID		EB1 result	EB2 result	Eye result	Jaw result	
01	Train	Ambiguous	Shape2	Shape1	Ambiguous	
	Test	5	13	20	21	Ambiguous
		18	10		2	Shape2
ID		Eb1 result	Eb2 result	Eye result	Jaw result	
02	Train	Ambiguous	Shape1	Ambiguous	Ambiguous	
	Test	23	1	22	23	Ambiguous
				22	1	
						Shape2
ID		Eb1 result	Eb2 result	Eye result	Jaw result	
03	Train	Shape1	Shape1	Ambiguous	Ambiguous	
	Test	4	2	22	23	Ambiguous
		19	21	1		
						Shape2

특징 분류기의 경우, 비록 분류 성능은 낮지만, 동일 인물의 영상에 대한 특징 추출 결과들이 충돌하는 경우가 없으므로, 인식 결과에 대한 신뢰성은 높다고 할 수 있다.

본 실험을 통해서 알고자 한 것은, 특징 분류기에 의해 그룹으로 나누어진 학습 영상들이 비슷한 얼굴 특징 형태에 따라 새로운 고유 값과 고유 공간을 생성할 것으로 기대되므로, 이에 따른 인식률 향상을 조사하는데 목적이 있다.

실험 결과, 전체 인식률은 PCA 에 비해 3 장만 증가한 반면, 하나의 특징이라도 구분된 경우에는 각 그룹별 인식 결과과 최소 2%이상의 인식률 향상을 기록하였다.

각 그룹별 인식 결과가 뛰어난에도 전체 인식률이 낮은 이유는 크게 2 가지로 분석 할 수 있다.

첫 째, 대부분의 시험영상이 하나의 특징도 분류되지 않는 특징을 보인다는 것이다. 654 장의 시험영상 중에 246 장이 하나의 특징도 구별되지 않아 제안된 알고리즘의 효과를 확인하기에는 부족하였다.

둘 째, 각 분류된 특징들에 대한 조합 방법에 따른 연구가 더 필요하다. 예를 들어, EB1 Set 에서는 인식 결과가 올바른 인물로 나오지만, Jaw Set 과 Eye Set 에서는 다른 인물로 나와 최종 인식결과가 틀리는 경우가 발생하게 된다. 즉, 분류되는 특징에 따른 가중치 부여 방안이나, 조합방법에 대한 연구가 더 진행 되어야 한다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 얼굴 요소의 특징들을 분류하여 그룹핑 하는 특징분류기와 전역 방식의 PCA 를 융합한 알고리즘을 제안하고, 실험을 통해 얼굴의 자연적 특징이 인식에 충분히 활용 될 수 있음을 보였다.

이를 근거로 더 많은 자연적 특징들을 사용할 경우, 충분히 얼굴 인식 알고리즘에 유용할 것으로 기대되거나 사용되는 특징들에 대한 가중치나 조합 방법에 대해서는 더 깊이 있는 연구가 필요하다.

#### 참고문헌

- [1] Chellappa, R. Wilson, C.L. and Sirohey, S. "Human and machine recognition of faces: a survey", Proceedings of the IEEE , Vol. 83 No:5, pp. 705-741, 1995.
- [2] Xuan Zou, Kittler, J. and Messer, K., "Invariant Face Recognition: A Survey," Proceeding of Biometrics: Theory, Applications, and Systems, pp.1-8, 27-29, 2007.
- [3] Barrett, W.A., "A survey of face recognition algorithms and testing results," Proceeding of Signals, Systems & Computers, vol.1, pp.301-305, 1997.
- [4] Hyeonjoon M., P. Jonathon Phillips, "Computational and performance aspects of PCA-based face-recognition algorithms", Perception, Vol.30, pp 303-321, 2001.
- [5] 조현중, 강민구, 문승빈, "PCA 를 이용한 얼굴인식

기법의 신뢰도에 관한 분석", 대한전자공학회논문지:CI, 제 46 권, 제 2 호, pp. 19-26, 2009.

- [6] P. Belhumeur, J. Hespanha, and D. Kriegman. "Eigenfaces vs fisherfaces Recognition using class specific linear projection". IEEE Trans. PAMI, pp. 711-720, 1997.
- [7] Rohban, M.H.; Rabiee, H.R.; Khansari, M.; , "Face virtual pose generation using multi resolution subspaces," Proceeding of International Symposium on Telecommunications, 2008, pp.629-633, 2008.
- [8] 조현중, 문승빈, "PCA 와 Gabor Wavelet 이용한 조명변화에 강인한 혼합형 얼굴인식 시스템", 세종대학교 일반대학원 석사학위논문, 2010.
- [9] Cunjian Chen; , "Decision level fusion of hybrid local features for face recognition", Proceeding of International Conference on Neural Networks and Signal Processing 2008, pp.199-204, 7-11 June 2008.
- [10] Yuheng Wang, Anderson, P.G. and Gaborski, R.S., "Face recognition using a hybrid model", Proceeding of Applied Imagery Pattern Recognition Workshop (AIPRW) 2009 IEEE, pp.1-8, 14-16, 2009.
- [11] P. Sinha, B. Balas, Y. Ostrovsky, R. Russell, "Face recognition by humans: 20 results all computer vision researchers should know about", Proceedings of the IEEE, 2006.
- [12] Brunelli, R., Poggio, T., "Face recognition: features versus templates," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.15, no.10, pp.1042-1052, 1993.
- [13] Sim, T., Baker, S. and Bsat, M., "The CMU Pose, Illumination, and Expression (PIE) database," Proceeding of Automatic Face and Gesture Recognition, 2002.,