
조명 변화에 강건한 얼굴 인식의 전처리 기법; 얼굴의 대칭성

Pre-processing Method for Face Recognition Robust to Lightness Variation; Facial Symmetry

권혁봉*, 송영준**, 김영길***, 장언동***
김포대학 전자정보계열*, (주)프리즘테크**, 충북대학교 정보통신공학과***

Heak-Bong Kwon(hbkwon@kimpo.ac.kr)*, Young-Jun Song(songyjorg@dreamwiz.com)**,
Young-Gil Kim(mmlover@dreamwiz.com)***, Un-Dong Chang(udchang@naver.com)***

요약

본 논문은 전면 얼굴의 대칭성을 이용하여 음영이 있는 얼굴에 대한 효율적인 전처리 기법을 제안한다. 기존의 PCA를 이용하여 얼굴 인식을 할 경우, 조명의 변화에 따라 음영이 생긴 얼굴 영상에 대해 인식률이 저하되는 특성을 가지고 있다. 본 논문에서는 얼굴이 좌우 대칭이라는 특성을 이용하여 성능 향상을 이루고자 한다. 즉, 얼굴의 좌우 음영차를 구하여 임계값 이상의 차이가 있을 경우, 밝은 쪽의 좌(우) 영상을 대칭하여 경상 영상을 생성하는 전처리 과정을 수행한다. 얼굴 인식에서 제안하는 방법의 성능 평가를 위해, 조명의 변화가 많은 Yale 얼굴 데이터베이스를 가지고 실험하였다. 실험 방법은 기존의 PCA, 고유 얼굴 3개를 제외한 PCA, 히스토그램 평활화 방법과 제안 방법으로 나누어 실험하였다. 실험 결과, 제안 방법이 98.889%의 높은 인식률을 보여 상당히 우수함을 보였다.

■ 중심어 : | 얼굴 인식 | 주성분분석 | 대칭성 | 조명 |

Abstract

In this paper, we propose a shaded recognition method using symmetric feature. When the existing PCA is applied to shaded face images, the recognition rate is decreased. To improve the recognition rate, we use facial symmetry. If the difference of light and shade is greater than a threshold value, we make a mirror image by replacing the dark side with the bright side symmetrically. Then the mirror image is compared with a query image. We compare the performance of the proposed algorithm with the existing algorithms such as PCA, PCA without three eigenfaces and histogram equalization methods. The recognition rate of our method shows 98.889% with the excellent result.

■ keyword : | Face recognition | PCA | Symmetric | Lighting |

1. 서론

얼굴 인식은 생체 인식분야의 최종 인증 분야로 연구

되어 오고 있다. 특히 보안 시스템에서의 얼굴 인식은 범죄 예방 및 사용자 인증의 핵심 기술이라 할 수 있다. 또한, 컴퓨터와 카메라의 고급화 및 저가화는 이러한 얼

* 본 논문은 2004학년도 김포대학의 연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

접수번호 : #041030-001

접수일자 : 2004년 10월 30일

심사완료일 : 2004년 11월 24일

교신저자 : 송영준, e-mail : songyjorg@dreamwiz.com

굴 인식 시스템의 대중화를 앞당기고 있다.

기존의 얼굴 인식 방법 중, PCA 방법은 전체 훈련 영상의 분산을 이용하여 고유값과 고유벡터를 구하고, 얼굴 영상을 고유값들의 크기 순으로 나열하고 이에 해당하는 고유벡터들의 좌표로서 특징화한다[1][2][3]. 인식 시에는 데이터베이스에 저장된 훈련 영상의 특징 벡터와 질의 영상의 특징벡터를 비교하는 과정을 갖는다. 그러나 조명 변화가 심할 경우, 얼굴 영상들로부터 얻어진 특징 벡터들로서, 클래스간의 분리가 용이하지 않는다. 이는 조명의 변화가 고유값의 비교시 가장 많은 정보를 갖고 있는 3개의 고유 얼굴에 집중되어 있기 때문이다. 따라서 이 3개의 고유얼굴을 제외하면, 특징 벡터들의 클래스 분리가 좀 용이해진다[2]. 또한 조명의 영향을 극복하기 위한 방법으로, 양희성 등[4]이 제안한 가장 큰 고유 얼굴에 해당하는 특징 벡터만을 제외시킨 SKKUface 방법이 있고, 또한 박현남 등[5]은 지역적 밝기 차이를 이용한 필터와 가로 방향 조명의 불균형을 보정하는 가중치 함수를 사용한 얼굴인식 방법이 연구되었다.

본 논문에서는 조명에 따른 음영이 있는 전면 얼굴에 대하여 얼굴의 좌우 밝기차로서 경상 영상(mirror image)을 만들어 PCA 방법의 얼굴 인식률을 높이고자 한다. 제안된 방법의 인식 성능을 평가하기 위하여 PCA, 고유얼굴 3개를 제외한 PCA, 히스토그램 평활화 방법, 그리고 제안 방법을 Yale 얼굴 데이터베이스를 이용하여 인식 성능을 비교 평가하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 PCA 방법과 히스토그램 평활화 방법에 대하여 설명하고, 3장에서는 대칭성을 이용하는 제안 방법에 대하여 설명한다. 4장에서는 실험에 사용된 얼굴 데이터베이스와 실험 방법 및 실험 결과에 대해 설명하고 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

1. PCA(Principle Component Analysis)

PCA 방법은 차원 축소를 통하여 저차원상에서 변수

들의 관계를 규명하는 다변량 자료 분석 기법에 기반을 둔다. 이 기법은 Pearson과 Hotelling이 기하적 관점과 대수적 관점에서 소개한 것이 시초가 되었다. Turk 등 [6]은 주성분 분석으로 물체 간에 상관 관계가 없는 특징들을 추출하여 최근접 이웃 알고리즘으로 분류하는 방법을 얼굴 인식에 적용하였고, Swet 등[7]은 주성분의 변별 성능을 높이기 위하여 주성분을 분석한 후 선형 변별하는 해석 방법을 제안하고 이를 적용하였다.

PCA의 적용 과정은 2차원의 학습 영상을 1차원의 벡터로 변환하는 것으로서, $m \cdot n$ 크기의 영상 벡터 x_i 는 p 차원의 y_i 로 식 (1)에 의해 재구성되어진다.

$$y_i = W_{PCA}^T x_i \quad (1)$$

결국 주성분 분석은 데이터 샘플이 표현하고 있던 분산이 최대가 되도록 새로운 축을 만들고, 이러한 축들은 서로 직교하게 됨으로서 상위 몇 개의 축에 의해서 표현되는 값은 입력 벡터가 담고 있는 대부분의 정보를 담게 된다.

조명의 영향을 줄이기 위해 고유값의 크기순으로 재배열된 p 차원의 고유 벡터에서 상위 3개의 벡터를 제외시키고 유사도를 계산한다[2]. 그림 1은 Yale 얼굴 데이터베이스의 얼굴 영상으로부터 구해진 처음 네 개의 고유얼굴을 보여준다. 이는 얼굴의 주성분으로서, 음영의 영향이 부분적으로 있음을 보여 주고 있다.



(a) 1차 (b) 2차 (c) 3차 (d) 4차
그림 1. 고유값의 크기에 따른 얼굴의 고유얼굴

2. 히스토그램 평활화

히스토그램 평활화 기법은 명암값의 분포가 고르게 되어 있지 않을 경우 이를 인위적으로 밝기 값을 조정하여 분포를 일정하게 할 수 있는 방법이다. 만약 원 영상의 밝기 값 g 를 함수 T 로 변환하여 새로운 밝기 값 f 를 만들었다고 하면 식 (2)와 같이 표현된다.

$$f(x, y) = T[g(x, y)] \quad (2)$$

새로운 밝기 값 f들의 히스토그램 h(f)는 확률 이론에 따라 식 (3)과 같은 관계가 있다.

$$H(f) = H(g) \mid_{g=T^{-1}(f)} \quad (3)$$

여기서 H(·)는 누적 히스토그램으로 출현 히스토그램과는 식 (4)와 같은 관계가 있다.

$$H(g) = \sum_{k=0}^g h(k) \quad (4)$$

따라서 새로운 밝기 값의 히스토그램 h(f)가 균일한 분포를 가진다면 h(f)=a로 표현할 수 있고, 식 (4)에 의해 누적 히스토그램은 H(f)=af로 계산된다. 이렇게 하여 구한 함수 T-1의 역함수를 구하면 변환 함수 T를 구할 수 있다. 그림 2는 원영상에 대한 히스토그램 평활화 적용 후의 영상을 보여준다. 얼굴의 좌측 부분의 어두운 음영이 히스토그램 평활화에 의해 많이 밝아졌음을 알 수 있다.

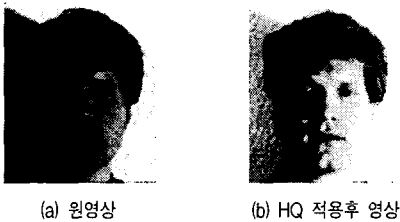


그림 2. 히스토그램 평활화(HQ) 적용

III. 제안 방법

1. 시스템 구성

본 논문에서 제안하는 인식 방법은 조명에 의한 음영이 발생한 얼굴 영상의 오인식을 개선하는데 목적이 있다. 조명의 영향을 줄이기 위해, 얼굴 인식의 전처리로서 음영이 있는 질의 영상에 대해 경사 영상을 생성한다. 즉, 질의 영상 얼굴의 중심을 기준으로 하여, 좌우 얼굴 영상에 대한 밝기차를 구하고, 밝은쪽 부분을

mirror 시켜 경사 영상(mirror image)을 생성한다. 전처리로 생성된 경사 영상은 기존의 PCA 방법을 적용한 얼굴 인식 시스템의 입력 영상으로 사용된다.

본 논문에서 제안하고 있는 전처리 기법이 포함된 얼굴 인식 시스템의 전체 구성도는 그림 3과 같다.

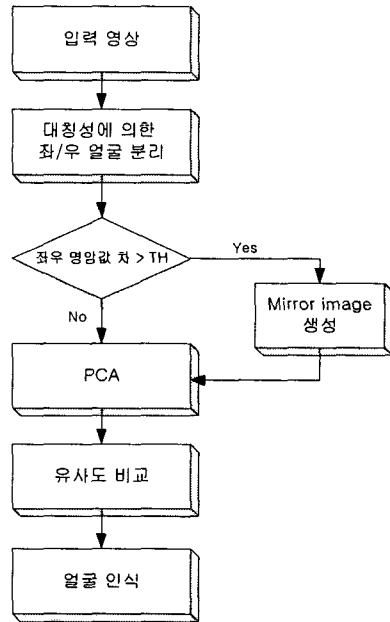


그림 3. 시스템 구성도

먼저, 입력 영상에 대하여 전면 얼굴은 대칭이라는 가정 아래, 입력 영상의 가로축의 중앙을 중심으로 좌측 얼굴과 우측 얼굴로 구분하여 준다. 조명에 따른 음영의 변화를 알기 위해 좌측 얼굴과 우측 얼굴의 블록 명암값 차이를 구하여 그 개수가 임계값(실험값 = 100)보다 크지 않으면 기존의 PCA 방법으로 얼굴인식을 적용하고, 크면 경사 영상을 생성하여 PCA 방법을 적용시킨다. 또한 유클리디안 거리를 사용하여 유사도를 비교하여 유사도가 가장 큰 얼굴을 같은 사람의 얼굴로 인식하게 된다.

2. 좌우 명암값 비교

얼굴은 포즈의 변화가 거의 없을 경우, 좌우가 대칭성을 가지고 있다. 따라서, 조명이 얼굴 전면에 일정하게

적용되면, 얼굴의 코를 중심으로 좌측 부분과 우측 부분이 거의 동일한 명암값을 갖게 된다. 그러나, 약간의 포즈 변화가 있을 경우 눈과 입과 같이 특정 부분의 명암값의 차이가 전체 얼굴의 명암값 차이로 인식될 수 있는 오류를 범할 수 있다. 약간의 포즈 변화를 극복할 수 있는 방법으로서, 일정 블록(3화소×3화소)의 명암 평균값으로 좌우 얼굴의 명암값을 비교한다. 즉, 표 1과 같이 (x_n, y_n) 의 한 화소를 중심으로 주변 8방향의 명암값을 포함하여 9개 화소를 평균내어 얼굴의 좌측과 우측의 블록 평균값으로 좌우 명암값을 구한다.

표 1. 3×3 블록

(x_{n-1}, y_{n-1})	(x_n, y_{n-1})	(x_{n+1}, y_{n-1})
(x_{n-1}, y_n)	(x_n, y_n)	(x_{n+1}, y_n)
(x_{n-1}, y_{n+1})	(x_n, y_{n+1})	(x_{n+1}, y_{n+1})

그림 4는 얼굴의 좌우 구분과 명암값 비교를 위한 좌우 블록의 예를 보여준다. 얼굴의 좌측 부분 (I_L)과 우측 부분 (I_R)의 명암값을 비교하여 블록 평균값의 차이가 30(실험값) 이상일 때 큰쪽에 1을, 작은쪽에 0을 주어 새로 구성되는 이진 얼굴 영상 (I_B)을 식 (5)에 의해 재구성한다.

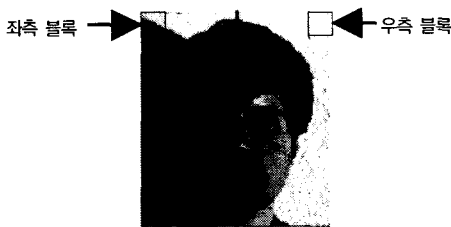


그림 4. 얼굴의 좌우 구분

$$\begin{cases} I_B = 1, & |I_L - I_R| \geq 30 \\ I_B = 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

재구성된 얼굴의 좌측 부분과 우측 부분 중 3×3 블록으로 재구성된 영상(약 38×31)의 1의 개수가 100 이상일 경우, 얼굴 영상의 좌우 명암 차이가 큰 영상으로 간주한다. 이는 조명에 의한 음영이 얼굴 전체에서 약 10% 이상이 발생한 경우를 의미한다. 즉, 112×92의 크기로 정규화된 Yale 얼굴 데이터베이스 실험 영상을 3×3 블록으로 재구성하여 38 × 31 크기의 음영 비교 영상을 만든다. 1,178 화소로 재구성된 음영 비교 영상은 0과 1의 값으로 구성되고, 0은 좌측과 우측의 음영차가 거의 없음을 의미하고, 1은 좌우 음영차가 있음을 의미한다. 1의 개수는 좌우 음영차가 어느 정도 발생하는지를 알 수 있는 척도로서, 1,178화소의 약 10%인 100을 경상 영상을 생성하는 임계값으로 사용하였다.

3. Mirror image 생성

얼굴의 좌측과 우측이 명암차가 크면, PCA를 사용하여 얼굴 인식을 할 경우 인식 성능이 떨어진다. 이를 얼굴의 대칭성을 이용하여, 밝은쪽 얼굴 부위를 어두운쪽 얼굴 부위에 경상(mirror)하여 음영의 영향을 보상한 새로운 얼굴 영상을 생성한다.

그림 5 (a)의 경우에는 포즈의 변화가 전혀 없는 경우이다. 이는 얼굴이 완전 대칭이라는 것을 의미한다. 그림 5 (b)는 좌우 명암값 비교를 통해 좌측 영상이 우측 영상에 비해 밝은 것으로 판명되어, 영상의 중앙 부분을 기준으로 우측 영상을 미러하여 음영이 있는 우측 영상을 변환한 경상 영상이다. 결과적으로 좌우 대칭으로 생성한 경상 영상은 원영상에서 음영을 제거한 영상으로 인식된다. 그림 5 (c) 영상의 경우에는 얼굴이 배경으로부터 약간 오른쪽으로 이동해 있음으로, 대칭에 의한 mirror 영상인 그림 5 (d) 영상에서는 얼굴 주변의 음영은 제거되었지만, 코의 중심축이 두 개가 나옴을 볼 수 있다. 그러나, 이를 PCA에 적용한 결과 원영상을 적용한 것에 비해 인식을 성능이 좋음을 알 수 있다. 이는 얼굴 영상의 미세한 형태 변형은 같은 클래스로 인식하는 PCA 특성을 따르는 것이다.

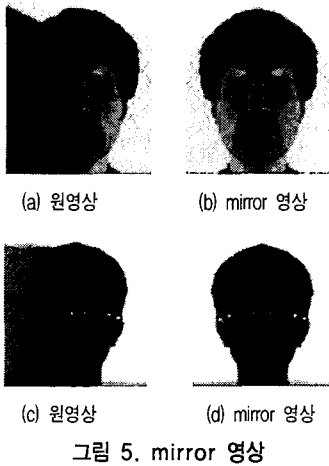


그림 5. mirror 영상

IV. 실험 결과 및 분석

본 논문에서는 음영의 차이가 많이 있는 Yale 얼굴 데이터베이스를 112×92의 크기로 정규화된 그레이 영상으로 만들어 사용하였고, hold-and-out 방식으로 훈련 영상과 질의 영상을 구분하였다.

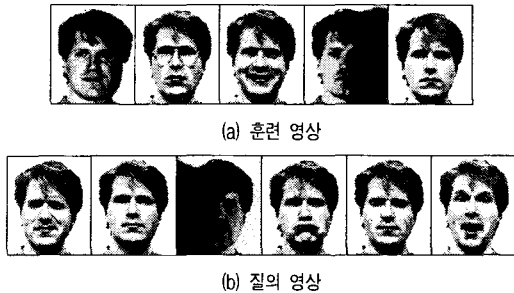


그림 6. 훈련 영상 & 질의 영상(실험 영상)

즉, 한 사람 당 11 장의 얼굴 영상 중에서, 그림 6 (a)와 같이 5개는 훈련 영상으로 사용하고, 그림 6 (b)와 같이 나머지 6개는 질의 영상으로 사용하였다.

질의 영상에 대한 훈련 영상의 인식 여부는 유클리드 언 거리를 이용하여 특징 벡터들 간의 유사도를 측정하였다. 또한 인식 정도는 질의 영상에 대해 해당 클래스의 얼굴 중 하나를 인식할 경우 인식된 것으로 평가하고, 다른 클래스의 얼굴을 인식하게 될 경우 오인식으로

간주하였다.

시뮬레이션은 PCA와 상위 주성분 제거 기법인 고유 얼굴 3개를 제외한 PCA, 히스토그램 평활화 방법과 제안 방법에 대하여 실험하였다. 그림 7에서는 각각의 방법에 대해 PCA 차원이 증가함에 따른 인식률의 변화를 보여주고 있다.

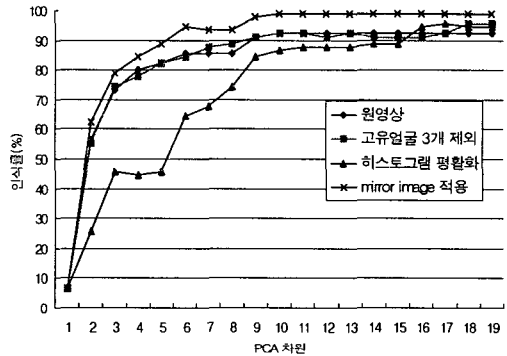


그림 7. PCA 차원에 따른 시뮬레이션 결과

원영상에 대한 PCA 결과는 10차원에서 92.22%를 유지하고 있고, 고유 얼굴 3개를 제외하고 PCA 적용한 결과는 18차원에서 95.55%의 높은 인식률을 보인다. 또한 히스토그램 평활화를 한 후 PCA를 적용한 결과, 17차원에서 95.55%를 보여 고유 얼굴 3개를 제외한 결과와 비슷한 결과를 보여주고 있다. 하지만, 차원이 10 차원 이하에서는 성능이 좋지 않음을 보여주고 있다. 제안 방법인 명암도 차에 따른 mirror image로 재구성한 질의 영상에 대한 PCA 실험 결과는 10차원에서부터 98.88%의 높은 인식률을 유지하고 있다. 또한 10차원 이하에서도 다른 방법에 비하여 높은 인식률을 보였다.

V. 결론

본 논문은 전면 얼굴의 대칭성을 이용하여 음영이 있는 얼굴에 대한 효율적인 전처리 방법을 제안하였다. 조명의 영향을 줄이기 위해, 질의 영상을 대상으로 하여 얼굴의 중심을 기준으로 좌우 얼굴 영상의 밝기차를 이

용하였다. 이를 이용해 음영의 유무를 판단하고 음영의 차이가 많이 나는 경우, 경상영상(mirror image)을 생성하여 PCA를 적용하였다.

좌우 조명의 영향에 의해 음영이 심한 경우 제안 방법의 성능이 매우 효과적이었고, 기존의 PCA나 상위 주 성분 제거 기법, 히스토그램 평활화 기법에 비해 약 4% 이상의 높은 성능 향상을 보이고 있으며, 10차원에서부터 98.88%의 높은 인식률을 유지하였다.

향후 연구과제는 제안한 방법을 이용하여 포즈 변화가 있는 영상에 대하여 적용할 경우 어느 정도의 변화량을 극복할 수 있는가에 대한 연구와 다양한 각도의 조명이 영향을 미친 다른 데이터베이스에 적용하여 부분 음영에 대한 연구가 있어야겠다.

참고 문헌

[1] A. M. Martinez, A. C. Kak, "PCA versus LDA," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.29, pp. 228-233, 2001.

[2] A. Pentland, B. Moghaddam, T. Starner, and M. Turk, "View-Based and Modular Eigenspaces for Face Recognition," Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 84-91, 1994.

[3] 송영준, 김영길, "웨이브릿 영역에서 기하학적 특징과 PCA/LDA를 사용한 얼굴 인식 방법", 한국콘텐츠학회논문지, 제4권, 제3호, pp. 107-113, 2004.

[4] 양희성, 김유호, 이준호, "SKKUfaces : 조명 변화, 얼굴 표정 변화에 강인한 얼굴 인식 방법", 한국정보과학회논문지 : 소프트웨어 및 응용, 제28권, 제2호, pp.192-200, 2001.

[5] 박현남, 조형제, "조명의 영향을 최소화하기 위한 전처리 기법이 적용된 얼굴 인식", 한국정보처리학회논문지, 제7권, 제3호, 2000.

[6] M. Turk, A. Pentland, "Eigenfaces for

Recognition," J. of Cognitive Neuroscience, Vol.3, pp. 72-86, 1991.

[7] D. L. Swets, J. Weng, "Using Discriminant Eigenfeatures for Image Retrieval," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.18, pp. 831-836, 1996.

저자 소개

권혁봉(Heak-bong Kwon)

정회원



- 1992년 2월 : 호서대학교 정보통신공학과(공학석사)
- 2001년 8월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학박사)
- 1997년 3월~현재 : 김포대학 전자정보계열 조교수

<관심분야> : 영상신호처리, 컴퓨터 비전, 디지털 신호처리

송영준(Young-Jun Song)

정회원



- 1996년 8월 : 충북대학교 정보통신공학과 (공학석사)
- 2004년 8월 : 충북대학교 정보통신공학과 (공학박사)
- 2003년 3월~현재 : 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 겸임 강사

• 2004년 9월~현재 : (주) 프리즘테크 선임연구원
<관심분야> : 영상 인식, 영상 처리, 얼굴 인식

김영길(Young-Gil Kim)

정회원



- 2001년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과 (공학석사)
 - 2002년 3월~현재 : 충북대학교 정보통신공학과 박사과정
- <관심분야> : 얼굴 인식, 컴퓨터 비전

장 언 동(Un-Dong Chang)

정회원



- 2002년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과 (공학석사)
 - 2002년 3월~현재 : 충북대학교 정보통신공학과 박사과정
- <관심분야> : 영상신호처리, 컴퓨터 비전