

감정이 있는 얼굴영상과 퍼지 Fisherface를 이용한 얼굴인식

Face Recognition using Emotional Face Images and Fuzzy Fisherface

고 현 주*, 전 명 근, K. K. Paliwal

(Hyun Joo Koh, Myung Geun Chun, and K. K. Paliwal)

Abstract : In this paper, we deal with a face recognition method for the emotional face images. Since the face recognition is one of the most natural and straightforward biometric methods, there have been various research works. However, most of them are focused on the expressionless face images and have had a very difficult problem if we consider the facial expression. In real situations, however, it is required to consider the emotional face images. Here, three basic human emotions such as happiness, sadness, and anger are investigated for the face recognition. And, this situation requires a robust face recognition algorithm then we use a fuzzy Fisher's Linear Discriminant (FLD) algorithm with the wavelet transform. The fuzzy Fisherface is a statistical method that maximizes the ratio of between-scatter matrix and within-scatter matrix and also handles the fuzzy class information. The experimental results obtained for the CBNU face databases reveal that the approach presented in this paper yields better recognition performance in comparison with the results obtained by other recognition methods.

Keywords : biometric, emotion recognition, face recognition, fuzzy fisherface, wavelet transform

I. 서론

인간 친화적인 컴퓨터 인터페이스에 관한 연구가 활발히 진행되고 있는 가운데, 생체인식 방법 중 얼굴인식은 대상자와 가장 자연스러우면서도 거부감이 적은 방법으로 컴퓨터비전, 패턴인식, 영상처리와 같은 다양한 분야에서도 연구되어지고 있다. 이에, 동일인에 대해 취득된 생체데이터라 하더라도 등록할 당시 개인의 템플릿을 만들기 위해 사용한 데이터와 동일인으로부터 검증을 위해 취득한 데이터 사이에는 부정적 영향의 변동이 존재하게 된다. 이는 대상자가 입력장치와의 접촉에 있어 상대적인 움직임이나, 등록 과정에 사용 했던 입력장치와 검증에 사용하는 장치의 종류나 특성이 다른 경우에도 발생할 수 있다. 얼굴인식의 경우 조명의 방향, 얼굴의 포즈, 인위적인 얼굴 가림과 같은 변동에 어려운 문제점을 가지고 있으며, 특히, 카메라와의 위치 변화에 따른 얼굴 각도나 감정 변화에 의한 다양한

표정, 나이 변화에 따른 얼굴 변형과 같은 문제점을 예로 들 수 있다[1-3].

다양한 환경에서 강인한 얼굴인식 시스템을 구현하기 위한 특징벡터 추출방법은 eigenface와 fisherface 방법이 대표적으로 사용되고 있다. Eigenface 방법은 주성분 분석기법(principal component analysis)에 의해 변환된 특징벡터를 이용하는 것으로, 얼굴영상 공간을 저차원의 특징공간으로 선형적으로 투영하는 것을 기초로 하고 있다[4]. 얼굴인식을 위한 eigenface 방법은 차원축소에는 최적의 방법이지만 중요한 문제점으로 조명이나 얼굴에 포함된 감정등으로 인한 원하지 않는 변동 사항을 보유하기 때문에 분류에 있어서는 오인식을 범하는 경우가 많다. 한편, fisherface 방법은 주성분 분석 기법과 선형판별 분석법(linear discriminant analysis)을 이용하여 조명 방향이나 얼굴 포즈와 같은 변화에도 크게 민감하지 않은 장점을 가지고 있다[5]. 그러나 위와 같은 방법은 변이가 있는 얼굴영상을 입력 벡터의 한 클래스에 소속정도 0 또는 1로 나타내 짐으로 얼굴영상들이 감정에 의해 변형이 생기는 곳에서 성능의 한계를 가져올 수 있다. 이와 관련하여, 다양한 환경에 의한 얼굴영상의 변이와 감정에 의한 변이를 고려한 얼굴인식 방법으로 신경회로망, 유전 알고리즘, HMM (Hidden Markov Model)에 근거한 연구가 진행되고 있다[6-8].

본 연구에서는 감정이 있는 다양한 얼굴표정 영상에 대하여 감정을 노이즈로 간주할 때 감정이 있는 얼굴표정을 제외한 일반적인 얼굴영상을 스케일링함수에 의해 얻어진 영역으로 판단하였다. 그리고 다해상도 해석능력이 있는 웨이블릿 기법에 의해 얼굴을 대역별로 분해한 후, 저주파 대역에 존재하는 얼굴영상만을 이용하여 특징벡터를 추출하는 방법을 적용하였다. 특징벡터를 추출하기 위한 방법으로 퍼지 집합의 이론과 선형판별 분석법을 결합한 퍼지 fisherface 방법을 적용하여 다양한 감정이 있는 얼굴영상에서도 우수한 성능을 갖는 강인한 얼굴인식 시스템을 구현

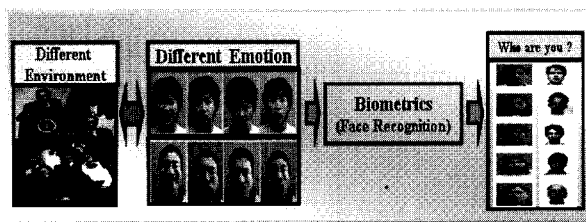


그림 1. 다양한 환경에서의 얼굴인식.

Fig. 1. Face Recognition for the different environment.

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2008. 6. 23., 채택확정 : 2008. 8. 26.

고현주, 전명근 : 충북대학교 제어계측공학과

(ghjswy@chungbuk.ac.kr/mgchun@chungbuk.ac.kr)

K. K. Paliwal : Faculty of Engineering and Information Technology, Griffith University, Australia(K.Paliwal@griffith.edu.au)

※ 본 논문은 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임.(KRF-2007-357-D00192)

하고자 한다. 또한, 시스템 구현을 위한 등록영상은 무표정한 얼굴영상을 사용하고, 검증영상은 감정이 없는 무표정한 얼굴영상과 감정이 있는 얼굴영상, 즉 기쁨, 슬픔, 화남 감정을 나타내는 얼굴영상을 사용하여 다양한 환경에서도 우수한 성능을 갖는 시스템을 구현하였다.

본 논문의 구성은 웨이블릿 변환을 이용한 감정 노이즈를 제거하는 방법과 퍼지 fisherface를 이용한 특징벡터 추출방법을 II 장에서 설명하였으며, 감정변화가 없는 검증영상에 대한 얼굴인식 시스템과 감정이 있는 검증영상에 대한 얼굴인식 시스템에 대한 실험 및 결과를 III 장에서 설명하고 마지막으로 IV 장에서 결론을 논한다.

II. 감정이 있는 얼굴영상에 대한 얼굴인식

1. 웨이블릿 변환을 이용한 얼굴영상 노이즈 제거

웨이블릿 변환(wavelet transform)은 비 주기적인 신호분리가 가능한 기저함수를 사용하여 신호를 해석하는 것으로 신호를 형성하고 있는 주파수가 다른 두 개의 사인함수와 하나의 델타함수를 “시간-스케일” 공간에 정확하게 분리해낸다. 2차원의 경우 웨이블릿은 아주 작은 비트 율로 정보를 표현함에도 불구하고 영상의 전체적인 정보뿐만 아니라 에지와 같은 미세한 정보도 스케일 계수로 모두 유지시킬 수 있다. 따라서 계수들이 변환 전 영상의 위치정보를 포함하기 때문에 사용자가 원하는 영상정보를 변환 후에도 유지시킬 수 있다. 그리고 DWT를 영상신호에 적용하는 것은 영상을 공간상의 x 축과 y 축 방향으로 저대역 통과필터(LPF)와 고대역 통과 필터(HPF)를 사용하여 신호를 추출하는 것을 의미하는 것으로, DWT를 거친 신호는 총 네 개로 분리될 수 있다.

그림 2에서 Z_{LL} 영역은 영상에 저대역 통과 필터를 적용한 것으로, 영상에서 고주파 성분이 배제된 계수들로 이루어져 있다. 또한, Z_{HH} 영역은 영상에 고대역 통과 필터를 사용한 것으로 Z_{LL} 과는 반대의 고주파 성분만 나타나게 된다. 따라서 Z_{LL} 영역의 주파수 대역은 $0 < \omega < \pi/2$ 이고, Z_{HH} 영역의 주파수 대역은 반대로 $\pi/2 < \omega < \pi$ 이다. 또한, Z_{HL} 영역과 Z_{LH} 영역의 주파수 대역은 공간상에서 x 축과 y 축 방향으로 서로 다른 필터를 사용했기 때문에 공간적인 방향에 따라 달라질 수 있다. 이와 같은 웨이블릿 변환은 얼굴인식 뿐만 아니라 다양한 패턴인식에서도 사용되어지고 있다[9,10].

또한, 그림 2의 입력영상은 감정이 있는 얼굴영상으로

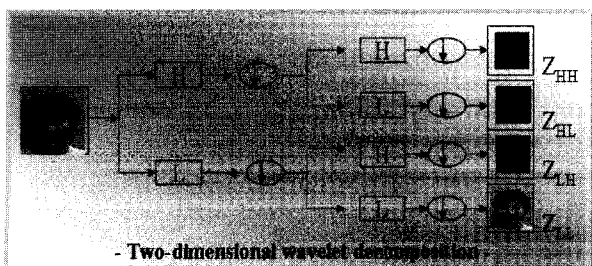


그림 2. 웨이블릿 변환에 의해 분리된 4개영역 영상.
Fig. 2. A separated image by four band applying wavelet transform.

스케일링함수에 의해 원 영상의 모습을 그대로 표현하고 있는 한 개의 영역과, 웨이블릿 함수에 의해 사영되어진, 수직, 수평, 대각선의 방향성을 가진 세 개의 영역으로 구성되어 있음을 확인할 수 있다. 원 영상의 모습을 그대로 표현하고 있는 Z_{LL} 영역은 영상에 저대역 통과 필터를 적용한 것으로, 영상에서 고주파 성분이 배제된 계수들로 이루어진 것이다. 이때, 감정이 있는 다양한 얼굴표정 영상에 대하여 감정을 노이즈로 간주할 때 감정이 있는 얼굴표정을 제외한 일반적인 얼굴영상을 스케일링함수에 의해 얻어진 영역으로 판단할 수 있다. 또한, 감정이 있는 얼굴표정 영상에 대하여 웨이블릿 변환은 아주 작은 비트 율로 정보를 표현함에도 불구하고 영상의 전체적인 정보뿐만 아니라 얼굴의 윤곽과 같은 미세한 정보도 스케일 계수로 모두 유지시킬 수 있는 방법이라 판단된다. 그리고 영상 계수들이 변환 전 영상의 위치정보를 포함하기 때문에 사용자가 원하는 영상정보를 변환 후에도 유지시킬 수 있는 방법으로, 감정이 있는 얼굴영상에 대해서 다해상도 해석능력이 있는 웨이블릿 기법에 의해 얼굴을 대역별로 분해한 후, 저주파 대역에 존재하는 얼굴영상만을 퍼지 Fisherface를 이용한 특징벡터 추출방법을 적용하였다.

2. 퍼지 fisherface를 이용한 특징벡터 추출

Fisherface 방법은 주성분 분석 기법과 선형판별 분석법을 이용하여 조명 방향이나 얼굴 포즈와 같은 큰 변화에 효과적으로 사용될 수 있는 방법으로 다양한 얼굴인식에 많이 적용되고 있다. 그러나 입력 벡터가 한 클래스에 할당되어질 때 그 클래스에서 소속의 정도를 0 또는 1로서 나타내게 됨으로, 감정이나 나이의 흐름과 같은 얼굴변형이 생기는 곳에서 인식의 어려움을 보이고 있다. 본 연구는 퍼지 집합의 이론과 결합되어진 퍼지 fisherface 방법을 적용하여 감정이 있는 얼굴영상에서도 강인한 얼굴인식 시스템을 구현하고자 한다.

그림 3은 제안된 fuzzy-fisherface를 이용한 얼굴인식 알고리즘을 나타낸 것으로 학습단계에서는 학습 얼굴영상에 대해 주성분분석기법 (PCA)을 이용하여 차원축소를 하고, 퍼지 k-NN 초기화과정에서 특징벡터에 대한 퍼지 소속도를 계산한 후, 선형판별분석법에 의해 얼굴의 특징벡터를 추출한다. 검증단계에서는 검증 얼굴영상에 대해 주성분분석기법을 이용하여 학습단계와 같이 차원축소를 하고 선형판별 분석법에 의해 특징점을 추출한 후, 기준 데이터와의 유클리디안 거리를 측정하여 얼굴을 인식하는 구조로 되어 있

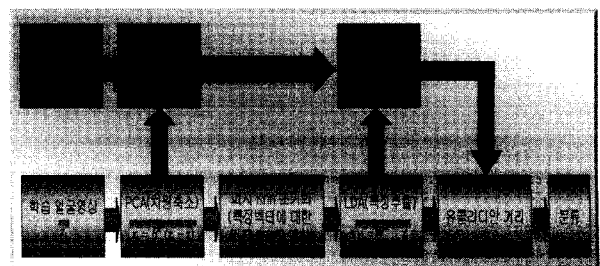


그림 3. 퍼지 Fisherface를 이용한 얼굴인식.
Fig. 3. Face Recognition using the fuzzy-Fisherface method.

다. 이때, 퍼지 k -NN 초기화를 계산함에 있어 최적의 k 값은 각 실험을 통해 가장 좋은 인식율을 나타내는 값에 의해 결정된다[11].

기존의 fisherface 방법을 이용한 특징 벡터는 입력 벡터가 한 클래스에 할당되어질 때 그 클래스에서 소속의 정도를 0 또는 1로서 나타낸다. 이에 퍼지 집합은 소속함수 $\mu: U \rightarrow [0,1]$ 에 대한 특성함수의 개념을 일반화함으로써 유도되어진다. 주성분분석기법에 의해 변환된 특징벡터의 집합 $X = (\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_N)$ 이 주어질 때 이 벡터들의 퍼지 분할행렬은 c 클래스에서 각 벡터의 소속도로서 특성화되며, $c \times N$ 의 행렬 U 로 표현한다. 여기서 $\mu_{ij} = \mu_i(\mathbf{x}_j)$, $i = 1, 2, \dots, c, j = 1, 2, \dots, N$ 는 클래스 i 에서 \mathbf{x}_j 의 소속도이다. 퍼지 분할행렬 U 는 다음과 같은 식들을 만족해야 한다.

$$\sum_{i=1}^c \mu_{ij} = 1 \tag{1}$$

$$0 < \sum_{j=1}^N \mu_{ij} < N \tag{2}$$

$$\mu_{ij} \in [0,1] \tag{3}$$

c 클래스에서 특징 벡터의 퍼지 소속도의 합은 항상 1이어야하며, 두 개의 클래스의 경우를 예로 들면 0.5 근처의 소속도는 두 클래스에서 높은 소속도를 가짐을 의미한다. 이는 다음과 같이 다시 설명되어 질 수 있다. 첫 번째, 학습 집합의 특징벡터들 사이의 유클리디안 거리행렬을 구하고, 두 번째, $i = j$ 경우에 영의 값을 가지기 때문에 거리행렬에서 대각요소의 값을 무한대(큰 값)로 정한다. 세 번째, 거리값이 작은 순서로 거리행렬을 나열하고 고려하는 특징 벡터에서 가장 가까운 이웃에 위치한 특징벡터의 c 클래스 중에서 하나의 레벨을 선택한다. 즉, 1에서 k 번째로 가까운 특징벡터에 해당되는 클래스를 구한다. 마지막으로 네 번째 j 번째 특징벡터에 대한 i 번째 클래스의 퍼지 소속도를 계산하기 위해 식 (4)를 이용할 수 있다.

$$\mu_{ij}(x) = \begin{cases} 0.6 + 0.4(n_{ij}/k) & \text{if } i = j \\ 0.4(n_{ij}/k) & \text{if } i \neq j \end{cases} \tag{4}$$

여기서 n_{ij} 는 k -NN중에서 w_i 에 속하는 특징벡터의 수이다. 본 논문에서 제안하는 퍼지 fisherface 알고리즘을 위한 각 클래스 $\hat{\mathbf{m}}_i$ 의 평균값은 다음 식과 같이 특징벡터와 퍼지 소속도를 이용함으로써 정의된다.

$$\hat{\mathbf{m}}_i = \frac{\sum_{j=1}^N \mu_{ij} \mathbf{x}_j}{\sum_{j=1}^N \mu_{ij}} \tag{5}$$

여기서 μ_{ij} 는 j 번째 레벨된 샘플 집합의 i 번째 클래스의 소속도이다[12].

III. 얼굴인식 시스템 구현 및 실험

1. 감정변화가 없는 얼굴인식 시스템 구현 및 실험

사용된 얼굴 영상은 충북대학교 대학원생 (CBNU)으로



그림 4. 얼굴인식에 사용된 무표정 얼굴 영상.

Fig. 4. Samples of face image with neutral emotion.

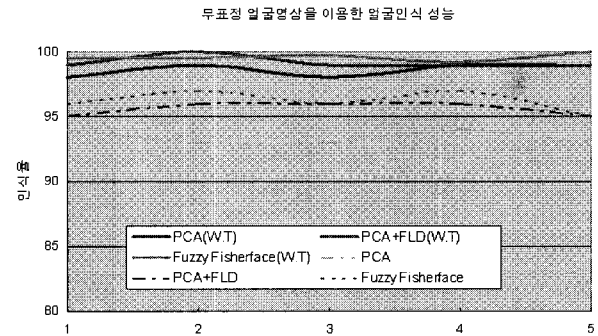


그림 5. 무표정한 얼굴영상을 이용한 얼굴인식 성능 비교.

Fig. 5. Comparison for recognition rates for face image with neutral emotion.

구성된 여자 10명과 남자10명에 대하여 영상을 취득하였다. 취득한 입력영상의 크기는 640X480의 해상도를 갖는다. 취득한 데이터 중에서 등록영상을 위해 감정이 없는 5장의 얼굴영상과 감정별로 5장의 얼굴영상을 취득하였다. 즉, 기쁨에 대해서 5장, 슬픔에 대해서 5장, 화남에 대해서 5장의 얼굴영상을 취득하였다. 따라서 감정이 없는 100장의 등록 영상과 감정이 있는 300장의 검증영상을 위하여 제안된 방법의 성능을 평가하였으며, 그림 4는 사용된 등록영상과 검증영상의 일부를 나타냈다[13].

첫 번째 실험은 무표정한 얼굴 입력 영상에 대하여 웨이블릿 변환으로 다해상도 분해를 하고 퍼지 fisherface를 이용하여 특징벡터를 획득한 후, 등록과정의 영상 특징벡터와 검증과정의 영상 특징벡터로 사용했을 때의 얼굴인식 결과를 비교하였다. 또한 웨이블릿 변환을 적용하였을 때와 적용하지 않았을 때의 차이를 나타내기 위해 웨이블릿 변환 적용 유(W.T), 무에 대한 성능을 나타내었다. 그리고 얼굴 인식에서 넓이 사용되어지고 있는 PCA와 FLD를 이용한 방법에 대하여도 동일한 설정으로 시스템을 구현하고 실험하였다. 이때, 웨이블릿을 적용했을 때가 그렇지 않은 경우보다 약 5% 향상된 결과를 얻을 수 있었으며, 퍼지 fisherface를 이용한 방법은 PCA와, FLD보다 약 2~3% 향상된 결과를 얻을 수 있음을 확인하였다. 즉, 퍼지 fisherface와 웨이블릿을 적용한 감정 변화가 없는 얼굴영상에 대한 얼굴인식 실험결과는 99%이상의 우수한 성능을 얻을 수 있었으며, 이와 같은 결과를 그림 5에 나타내었다.

2. 감정변화가 있는 얼굴 영상에 대한 얼굴인식 시스템 구현 및 실험

두 번째 실험에서는 무표정한 얼굴영상을 등록영상으로



(a) Samples of face image with happiness emotion.



(b) Samples of face image with sadness emotion.



(c) Samples of face image with anger emotion

그림 6. 검증영상으로 사용된 다양한 감정을 가진 얼굴영상.

Fig. 6. Samples of emotional face image for test image.

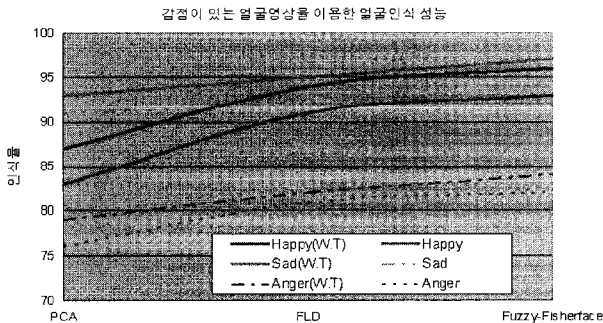


그림 7. 감정이 있는 얼굴영상을 이용한 얼굴인식 성능비교.

Fig. 7. Comparison for recognition rates for face image with different emotion.

사용하고 감정(기쁨, 슬픔, 화남)이 있는 얼굴영상을 검증영상으로 사용했을 때에 대하여 제안된 퍼지 fisherface 방법과 웨이블릿을 적용했을 때의 성능을 비교하였다. 이와 같은 설정은 일반적으로 얼굴인식 시스템을 구현할 경우 등록 과정과 검증하는 과정에 무표정한 얼굴영상을 사용하고 실험하고 있으나 실제 다양한 공간에서 설치된 시스템은 검증하는 과정에서는 다양한 얼굴표정을 가지고 있는 영상을 사용해야 함으로 이와 같은 설정을 전제하였으며, 그림 6은 검증영상으로 사용된 다양한 감정을 가진 얼굴영상을 보이고 있다.

그림 7은 무표정한 얼굴영상을 등록영상으로 사용하고 감정이 있는 얼굴표정을 검증영상으로 사용했을 때의 얼굴인식 결과를 보이고 있다. 감정이 있는 얼굴은 기쁨 감정, 슬픔 감정, 화남 감정을 사용하였으며, 웨이블릿 변환을 적용하였을 때와 적용하지 않았을 때의 인식율을 비교하였다. 실험결과 첫 번째 실험, 무표정한 얼굴영상을 검증영상으로

사용했을 때보다 전체적으로 저조한 인식성능을 보이고 있는 것으로 이는 감정이 있는 얼굴영상은 무표정한 얼굴 영상 보다 감정에 따른 변화가 존재함으로 감정이 있는 다양한 얼굴표정 영상에 대하여는 감정을 노이즈로 간주하기 때문이다. 이에, 스케일링함수에 의해 감정이 있는 얼굴표정을 제외하고 일반적인 얼굴영상을 얼굴의 윤곽과 같은 미세한 정보와 함께 유지시키면서 고유 얼굴영상에 대한 특징만 추출할 필요가 있다.

이때, 웨이블릿을 적용했을 때가 그렇지 않은 경우 보다 약 3-4% 향상된 결과를 얻을 수 있었으며, 퍼지 fisherface를 이용한 방법은 PCA와, FLD보다 최고 10% 향상된 결과를 얻을 수 있음을 확인하였다. 또한, 감정에 따른 성능 결과로 화남 감정을 가지고 있을 때 가장 저조한 인식 성능을 보였으며 기쁨 감정을 가지고 있을 때 가장 큰 성능 향상을 얻었으며, 슬픔 감정에 대해 제안한 퍼지 fisherface와 웨이블릿을 적용했을 때 가장 높은 성능을 보임을 알 수 있었다.

그림 8은 특징벡터 추출방법에 따른 인식 결과를 비교한 것으로, 그림 8(a)는 학습영상으로 무표정한 얼굴영상을, 검증영상으로 기쁜 감정이 있는 얼굴영상을 사용하고 특징벡터를 추출하기 위해 PCA를 이용하였을 경우 오인식하는 결과를 보이고 있다. 또한, 그림 8(b)는 그림 8(a)와 동일한 설정으로 특징벡터를 얻기 위해 FLD를 이용한 경우 오인식 하는 결과를 보이고 있다. 마지막으로 그림 8(c)는 그림 8(a)와 동일한 설정으로 특징벡터를 추출하는 방법으로 퍼지 fisherface를 이용한 경우 정확히 인식하는 결과를 보이고 있는 것으로 기존에 많이 사용되고 있는 방법보다 우수한 성능을 나타냄을 실험을 통해 확인할 수 있었다.

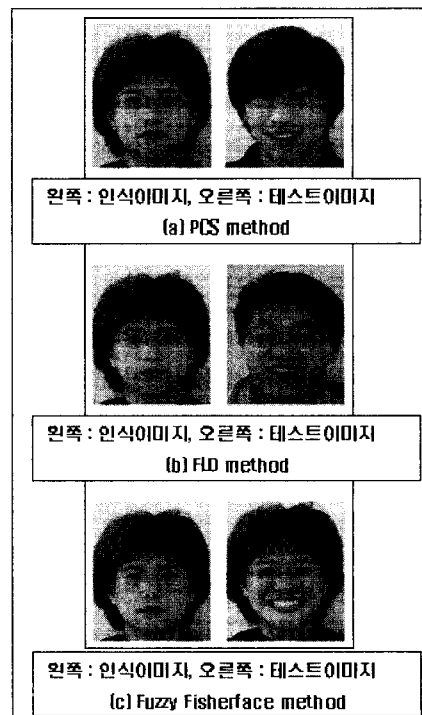


그림 8. 감정이 있는 얼굴영상에 대한 인식결과 비교.

Fig. 8. Comparison of results for face recognition method.

IV. 결론

사회가 발달함에 따라 다양한 환경에서 감정이 있는 얼굴영상이 얼굴인식 시스템에 접근할 것을 가정하여 감정이 있는 영상도 우수한 성능일 보일 수 있는 시스템을 제안하였다. 이 시스템은 무표정한 얼굴영상을 등록영상으로 사용하고 검증영상에 대하여는 감정이 없는 무표정한 얼굴영상과 감정이 있는 얼굴영상, 즉 기쁨 감정을 나타내는 얼굴영상과, 슬픔 감정을 나타내는 얼굴영상, 화남 감정을 나타내는 얼굴영상을 사용하였다. 감정이 있는 얼굴영상에 대하여도 강인한 시스템을 구현하기 위해 웨이블릿 변환을 사용하여 영상을 다해상도로 분해하고 퍼지 fisherface를 이용하여 특징벡터를 추출하였다. 또한, 웨이블릿 변환을 적용하였을 때와 적용하지 않았을 때의 실험 비교로 웨이블릿 변환을 적용하였을 때에 대한 우수한 성능을 확인하였다. 또한, 실험을 통해 제안한 특징벡터 추출 방법 퍼지 fisherface가 기존의 PCA, FLD 보다 우수한 성능을 보임을 확인 하였다.

참고문헌

- [1] 고현주, 우나영, 신용녀, 김재성, 김학일, 전명근, “균등화 및 분류기에 따른 다중 생체 인식 시스템의 성능 평가” 정보과학회논문지, 소프트웨어 및 응용, vol. 34, no. 4, pp. 377-388, 2007.
- [2] 전명근, 생체인식 (Biometric) 총론, 한국정보통신교육원, 2004.
- [3] H. J. Go, Y. T. Kim, and M. G. Chun, “A Multimodal Emotion Recognition Using the Facial Image and Speech Signal,” *International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, vol. 5, no. 1, March 2005.
- [4] M. Turk and A. Pentland, “Eigenfaces for recognition,” *Journal of Cognitive Neuroscience*, vol. 3, no. 1, pp. 71-86, 1991.
- [5] X. Y. Jing, D. Zhang, and Y. Y. Tang, “An Improved LDA Approach,” *IEEE Trans on Systems, Man and*

- Cybernetics*, vol. 34, no. 5, pp. 1942-1951, Oct. 2004.
- [6] M. Yeasin, B. Bulot, and R. Sharma, “Recognition of facial expressions and measurement of levels of interest from video” *Multimedia, IEEE Transactions on*, vol. 8, Issue 3, pp. 500-508, June 2006.
- [7] Guodong Guo and C. R. Dyer, “Learning from examples in the small sample case : face expression recognition” *Systems, Man and Cybernetics*, vol. 35, issue 3, pp. 477-488, June 2005.
- [8] Z. Zhang, M. Lyons, M. Schuster, and S. Akamatsu, “Comparison between geometry based and Gabor-wavelets-based facial expression recognition using multi-layer perceptron,” *Third IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition*, pp. 454-459, 1998.
- [9] 박영일, 김석태, “선형계수확장 기반의 새로운 웨이블릿 워터마킹” 한국통신학회논문지, 제32권 제1호, pp. 16-22, 2007.
- [10] 고현주, 이대중, 박장환, 전명근, “웨이블릿 변환을 이용한 음성에서의 감정 추출 및 인식 기법,” 퍼지 및 지능시스템학회 논문지, vol. 14, no. 2, pp. 150-155, 2004.
- [11] K. C. Kwak, W. Pedrycz, H. J. Go, and M. G. Chun, “Fuzzy Aggregation Method Using Fisherface and Wavelet Decomposition for Face Recognition,” *Journal of Advanced computational Intelligence and Intelligent Informatics*, vol. 8, no. 4, 2004.
- [12] 광근창, 고현주, 전명근, “퍼지 소속도를 갖는 Fisherface 방법을 이용한 얼굴인식,” 한국정보과학회, 정보과학논문지, vol. 31, no. 6, pp. 784-791, 2004.
- [13] 고현주, 이대중, 전명근, “얼굴표정과 음성을 이용한 감정인식,” 한국정보과학회, 정보과학논문지, vol. 31, no. 6, pp. 799-807, June 2004.



고 현 주

1999년 2월 한밭대학교제어계측공학과(학사), 2002년 2월 충북대학교제어계측공학과(공학석사), 2007년 2월 충북대학교제어계측공학과(공학박사), 2008년 1월~현재 Faculty of Engineering and Information Technology, Griffith

University, Post-doc, 관심분야 Biometrics, Computer vision, 지능시스템.



전 명 근

1987년 부산대학교 전자공학과(학사), 1989년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학석사), 1993년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학박사), 1993년~1996년 삼성전자 자동화연구소 선임연구원, 2000년~2001년 University of Alberta 방문교수, 1996년~현재 충북대학교 전기전자 컴퓨터공학부 교수, 관심분야 : Biometrics, 감정인식, 지능시스템.

of Alberta 방문교수, 1996년~현재 충북대학교 전기전자 컴퓨터공학부 교수, 관심분야 : Biometrics, 감정인식, 지능시스템.



Prof. Kuldip K. Paliwal

Professor of Faculty of Engineering and Information Technology, Griffith University, Brisbane.