

# 얼굴 표정을 이용한 감정인식 및 표현 기법

## Emotion Recognition and Expression using Facial Expression

주종태 · 박경진 · 고광은 · 양현창 · 심귀보

중앙대학교 전자전기공학부  
kbsim@cau.ac.kr

### 요 약

본 논문에서는 사람의 얼굴표정을 통해 4개의 기본감정(기쁨, 슬픔, 화남, 놀람)에 대한 특징을 추출하고 인식하여 그 결과를 이용하여 감정표현 시스템을 구현한다. 먼저 주성분 분석(Principal Component Analysis)법을 이용하여 고차원의 영상 특징 데이터를 저차원 특징 데이터로 변환한 후 이를 선형 판별 분석(Linear Discriminant Analysis)법에 적용시켜 좀 더 효율적인 특징벡터를 추출한 다음 감정을 인식하고, 인식된 결과를 얼굴 표현 시스템에 적용시켜 감정을 표현한다.

**Key Words** : 감정인식, 감정표현, 주성분 분석(PCA), 선형 판별 분석(LDA)

## 1. 서 론

현재 IT 연구의 전체적인 방향이 PC 중심에서 고객중심으로 변하고 있다. 이런 고객중심의 서비스를 제공하기 위해서는 감정인식 및 표현 기법에 관한 연구는 필수적이라 할 수 있다. 감정을 인식하는 방법에는 크게 음성을 이용하는 방법과 얼굴 표정 영상을 이용하는 방법으로 나눌 수 있다[1]. 본 논문에서는 얼굴 표정 영상을 가지고 감정을 인식하고 표현하는 방법에 대한 것이다.

일반적으로 얼굴 표정 인식 방법에는 신경망을 이용한 학습에 의한 인식 방법[2], 얼굴의 국부적인 특징 점들을 찾아서 특징 부분의 변화와 비교하여 인식하는 국부적인 표현(local representation) 방법[3], 표정의 변화에 따른 얼굴 근육 움직임 정보를 이용하여 인식하는 광학적 흐름 분석(optical flow analysis) 방법[4], 그리고 본 논문에서 사용하는 얼굴전체에 대한 분석으로 얼굴 영상들을 통계적으로 학습시켜 사용하는 홀리스틱 분석(holistic analysis) 방법[5]으로 나눌 수 있다.

본 연구에서는 얼굴 영상의 고차원 공간을 저차원 특징 공간으로 변환하는 PCA(Principal Component Analysis)[6]를 이용하여 특징 벡터를 추출한 후, 클래스간의 특징 벡터들을 비교적 정확하게 분류하는 LDA(Linear

Discriminant Analysis) 방법[7]을 통해서 얼굴 표정을 인식한다.

한편 표정 인식된 결과 값을 감정 표현 시스템에 적용하게 되는데 본 논문에서 사용된 감정 표현은 본 연구실에서 개발한 감정 표현 방법을 이용하였으며, 그 방법은 대략 다음과 같다[8].

이 방법은 감정 인식 결과 얻어지는 감정 요소의 가중치들의 조합과 학습에 의해 축적된 감정 표현 빈도수를 이용하여 감정 공간의 좌표축을 변화시키고, 각 감정 영역에 속하는 비율로서 얼굴 특징 파라미터들을 변화시켜 자연스러운 표정을 표현하는 동적 감정 공간을 이용한 감정 표현 방법이다.

## 2. PCA와 LDA를 이용한 얼굴표정 감정인식 기법

다차원 특징 벡터로 이루어진 데이터를 높은 차원의 정보를 유지하면서 낮은 차원으로 축소시키는데 널리 쓰이는 것이 PCA 방법이며, 클래스간 분산과 클래스내 분산의 비율을 최대화하여 특징 벡터의 차원을 축소시키는 방법을 LDA 라고 한다.

얼굴 인식 분야에서는 이미 PCA와 LDA에 대해서 많은 연구가 진행되고 있으며 그 결과 PCA 방법이나 LDA 방법 중 어느 한 방법만 사용하는 경우보다 PCA 방법을 통해 생성된 주성분을 LDA 방법을 통해 변환하는 것이 훨씬 더 좋은 결과를 얻을 수 있다는 것을 알 수

감사의 글 : 본 연구는 2006년도 중앙대학교 산학연공동기 술개발 컨소시엄사업(중기청, 서울시, (주)알피에이네트웍스)에 의해 수행되었습니다. 연구비 지원에 감사드립니다.

있었다[9].

본 연구에서는 이를 얼굴 표정을 통한 감정을 인식하는데 이용하였다. 즉, 일정한 크기의 얼굴 영상 벡터  $x_i$ 는 PCA 방법을 통해  $p$ 차원의 벡터로 투영되고, 다시 LDA 방법에 의해  $q$ 차원의 새로운 벡터  $z_i$ 로 다음 식에 의해 재구성된다[10].

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

이와 같은 방법을 통해 감정별 특징 벡터 분포도에 따라 감정을 분류할 수 있다.

### 3. 감정 표현 기법

#### 3.1 감정표현 시스템

본 연구에서는 동적으로 변화하는 2차원 감정 공간 모델을 적용하여 인간의 감정 표현 시스템과 유사한 감정 표현 알고리즘을 사용하였다[8].

이와 같은 표정변화 시스템 알고리즘은 먼저 입력으로부터 각 감정의 가중치를 입력 받게 되는데 본 연구에서는 5개의 감정에 대해 LDA 방법을 통해 분류되어진 값들을 감정별로 클래스화를 시킨 후, 특정한 감정 결과 값이 감정별 클래스에 속한 정도를 구한다. 이 값은 감정별로 0과 1사이로 표현되며, 표현되어진 값은 감정 표현 시스템의 입력 값으로 사용되어지게 된다.

이것을 이용하여 감정 공간을 구성하게 되는데 neutral 중심점으로부터 축적된 경험에 의해 그 길이와 사이각을 결정하게 된다. 이렇게 좌표축의 모양이 결정되면 입력된 5가지 감정의 가중치를 이용하여 해당하는 감정의 좌표축에 나타내고 그림 1과 같이 사각형 모양으로 형성한다. 각각의 감정을 나타내는 두 직선사이를 이등분하는 직선을 구분하고, 각 감정에 속하는 영역의 크기로서 감정을 분류하게 된다. 본 논문에서는 이와 같은 영역의 크기를 다음과 같은 헤론의 공식을 통해 구했다.

$$s = \frac{a+b+c}{2}$$

$$S = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)} \quad (2)$$

식에서  $a, b, c$ 는 삼각형 세 변의 길이,  $S$ 는 삼각형의 넓이를 각각 나타낸다.

이렇게 구해진 영역의 크기를 이용하여 얼굴 표정을 표현하기 위해서는 얼굴의 각 특징 요소에 대한 파라미터를 설정하여 감성 영역의

크기를 가중치로 하여 조절함으로써 자연스럽게 표정 변화 시스템을 구현할 수 있었다. 이에 관해서는 다음 절에서 자세히 설명한다. 마지막으로 이렇게 구해진 파라미터 값들을 가지고 얼굴 특성 요소인 눈, 눈썹, 입, 턱 등의 파라미터를 조정하여 최종적인 얼굴 표정을 표현한다.

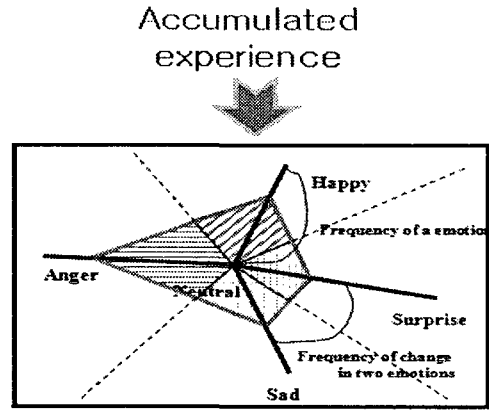


그림 1. 동적 감정 공간 모델

#### 3.2 감정표현을 위한 파라미터 설정

감정을 표현하기 위한 파라미터로 눈썹 3개 ( $p_0, p_1, p_2$ ), 눈 3개 ( $p_0, p_1, h$ ), 입 3개 ( $w, h, arc$ ) 총 9개의 파라미터를 정의하였다. 여기서  $p_n$ 는 수평점,  $h$ 는 수직 높이,  $w$ 는 수평 넓이,  $arc$ 는 휘 방향 및 정도를 각각 나타낸다.

이렇게 9개의 파라미터에 대해 각 감정이 나타내는 최대치에 영역의 크기 비율을 곱하여 감정을 표현하도록 하였으며, 각 감정이 속하는 영역의 크기를 다음과 같이 표현하면,

$$ar_{Happy}, ar_{Anger}, ar_{Sad}, ar_{Surprise}$$

$$ar_{Total} = ar_{Happy} + ar_{Anger} + ar_{Sad} + ar_{Surprise}$$

각 감정이 속하는 영역의 비율은 식 (3)와 같이 된다.

$$w_{Happy} = \frac{ar_{happy}}{ar_{Total}}, \quad w_{Anger} = \frac{ar_{Anger}}{ar_{Total}}$$

$$w_{Sad} = \frac{ar_{Sad}}{ar_{Total}}, \quad w_{Surprise} = \frac{ar_{surprise}}{ar_{Total}} \quad (3)$$

따라서 감정 표현 파라미터는

$$P_i = A_i w_{Happy} + B_i w_{Anger} + C_i w_{Sad} + D_i w_{Surprise}$$

가 된다.

여기서  $A_i$ 는 행복,  $B_i$ 는 화남,  $C_i$ 는 슬픔,  $D_i$ 는 놀람만 나타날 때의 초기 설정 값이고 실험적으로 결정된다. 그리고  $P_i$ 는 각각의 파라미터,  $i$ 는 각각의 파라미터 번호를 나타내므로,  $i = 1, 2, \dots, 9$ 가 되어 감성 표현 파라미터를 조절함으로써, 얼굴 표정이 변화하게 된다.

### 4. 실험 및 결과

#### 4.1 사람들의 감정인식 실험

본 실험을 위해 5명의 남성(25세-31세의 다양한 지역 출신의 대학원생)으로부터 5가지 표정(무표정, 화, 웃음, 슬픔, 놀람)을 연기하도록 하고 사진으로 찍었다. 이렇게 수집된 25장의 사진(그림 2)을 50명의 사람들에게 보여주고 사진 속의 사람이 어떤 감정을 갖고 있는지를 물어보았다. 50명의 설문 대상자들에게 25개의 사진과 사진의 사람들이 의도한 5가지 감정과 애매함을 포함하여 6가지 문항으로 이루어진 설문지를 배포한 후 20초 안에 답을 하도록 하였다. 이는 너무 오랜 시간동안 표정을 보는 것보다 짧은 시간만 보는 것이 감정 인식에서 더욱 의미가 있기 때문이다.



무표정 기쁨 화 놀람 슬픔  
그림 2. 실험에 사용된 감정별 얼굴사진

이 실험 결과는 그림 3에서 보이는 바와 같이, 웃음과 무표정에 대한 사람들의 인식률은 거의 70% 정도로 정확한 반면, 슬픔과 놀람은 약 30%로 매우 저조한 인식률을 보였다. 이는 슬픔과 놀람의 경우 눈의 모양을 통한 인식 의존도가 매우 높음을 역설하는 것이다. 한편 화나 는 표정의 경우는 약 53%의 인식률을 보였는데 이 또한 높은 인식률이라고 할 수 없다.

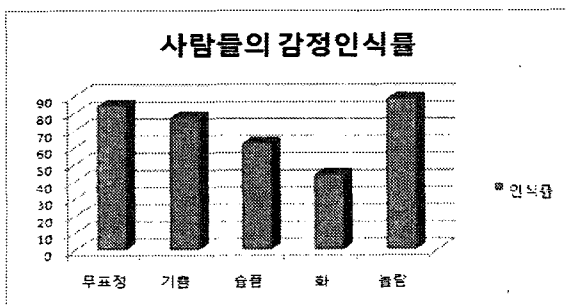


그림 3. 감정별 사람들의 인식률

#### 4.2 PCA와 LDA를 이용한 감정인식 실험

본 실험은 PCA와 LDA를 이용하여 얼굴표정에 대해 감정인식을 하고, PCA만 사용하여 인식하는 경우와 인식률을 비교해 보았다. 본 실험은 그림 2의 영상들을 학습 영상으로 사용하였으며, 각 영상의 크기는 320x240으로 표현하였다. 검증 영상은 그림 4의 사진을 사용하였으며 영상의 크기는 학습영상과 동일하다.

영상들은 고차원 형태로 이루어져 있기 때문에 이는 차원의 저주의 문제가 발생할 수 있다. 이를 해결하기 위해 저차원으로 축소해주는 PCA 방법을 사용하였으며 고유 벡터의 수는 임의로 100개로 지정해 주어 실험한 결과 그림 4와 같은 고유 얼굴들이 나타났다.

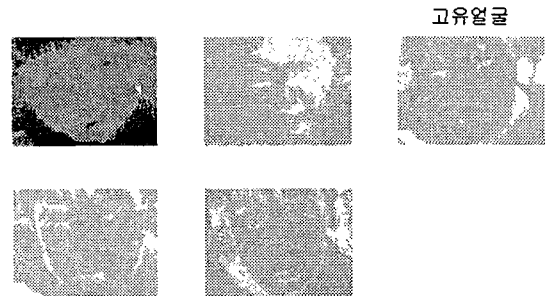


그림 4. PCA에 의해 얻어진 고유 얼굴들

위와 같이 학습을 마치고 검증 영상 중 하나의 얼굴 영상이 입력되면 고유 얼굴에 대한 사영을 취하여 성분값을 구한다. 이 값이 구해지면 후보 얼굴영상들의 고유얼굴에서의 가중치와 유클리디안 거리를 비교하여 그 거리가 최소가 되는 표정이 입력과 가장 유사한 표정이므로 이 후보를 인식 결과로 결정하게 되며 그 결과는 그림 5와 같다.

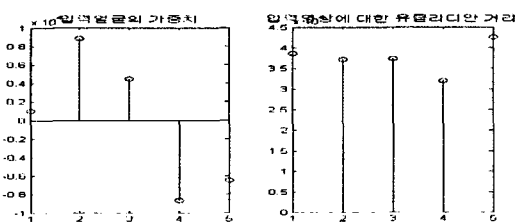


그림 5. PCA 결과 화면

위 실험과 같이 PCA를 통해 차원이 축소된 벡터들을 식(1)을 이용하여 새로운 특징 벡터로 재구성한다. LDA를 통해 재구성된 특징 벡터 값들과 각 감정별 클래스들의 평균값들의 거리를 nearest neighbor를 사용하여 측정한 후 그 거리가 최소가 되는 클래스를 선택하여 감정을 분류한다. LDA를 통해 재구성된 특징 벡터들의 분포도를 보여주고 있으며 그림 6은 실험을 통해 얻은 5개의 fisherfaces를 보여주고 있다.

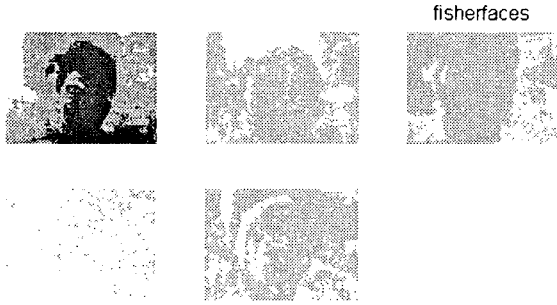


그림 6. LDA에 의해 얻어진 fisherfaces

위와 같은 방법들을 이용해 감정을 인식한 결과는 그림 7과 같다.

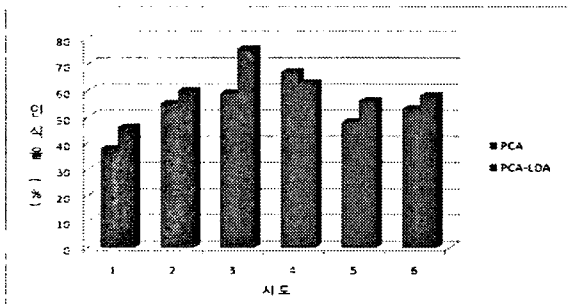


그림 7. 실험 결과 그래프

4.2 동적 감정 공간에서 감정표현 실험

앞서 3절에서 제안한 방법으로 감정표현 시스템을 개발하여 이 시스템의 입력 값으로 PCA-LDA 방법으로 얻어진 패턴 분류 결과는 앞서 설명한 바와 같이 nearest neighbor을 통해 거리 값들로 나타난다. 이 거리 값들 백분율로 나타낸 뒤 역변환을 시키면 최소 거리에 있었던 클래스가 최대치를 갖게 되며 이 값들을 다시 0과 1사이로 나타낸 후 감정 표현 시스템의 입력 값으로 적용하여 감정을 표현하게 되며 이 시스템은 얼굴 표정을 이용한 감정 인식 결과를 이용하지 않고 그림 8(a)와 같이 감정값들을 사용자가 자유롭게 조절 할 수도 있게 구성되었다.

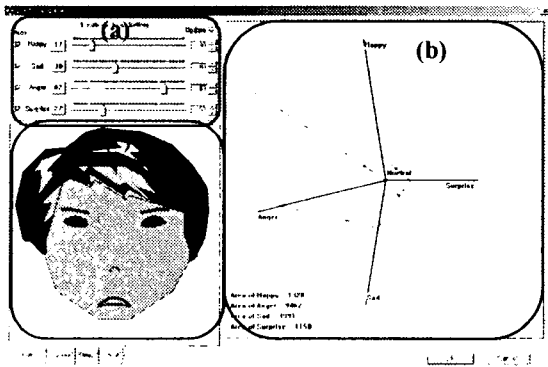


그림 8. 감정 표현 시스템

5. 결론

본 논문에서는 5가지 감정(무표정, 화, 기쁨, 놀람, 슬픔)에 대하여 PCA 방법 및 PCA-LDA 방법을 이용하여 감정을 인식 하였으며 그 결과 PCA 방법보다 PCA-LDA 방법이 인식율이 더 우수함을 알 수 있었으며, 사람들의 인식률과도 크게 차이 나지 않았다. 또한 감정 인식된 결과를 이용하여 동적 감정 공간에서 감정을 표현 하는 시스템을 구현하였다.

참고 문헌

- [1] 박창현, 심귀보, "음성신호를 이용한 감정인식에서의 패턴인식 방법," *제어자동화시스템공학회 논문지*, 제12권 제3호, 2006. 3.
- [2] H. A Rowley, S. Baluja, T. Kanade, "Rotational Invariant Neural Network Based Face Detection," *Proc. of IEEE Conference on Computer Vision Pattern Recognition*, pp. 38-44, 1998.
- [3] C. Padgett, G. Cottrell, "Representing face images for emotion classification," *Advances in Neural Information Processing Systems*. Vol. 9, MIT Press. 1997.
- [4] J. Lien, T. Kanade, C. Li, "Detection, tracking, and classification of action units in facial expression," *Journal of Robotics and Autonomous Systems*, Vol. 31, No. 3, pp. 131-146, 2000.
- [5] 한수정, 광근창, 고현주, 김승석, 전명근, "ICA-factorial 표현법을 이용한 얼굴감정인식," *한국퍼지 및 지능시스템학회 논문지*, 제13권, 제3호, pp. 371-376, 2003.
- [6] B. Menser, F. Muller, "Face detection in color Image using principal component analysis," *Image Processing and Its Applications, 1999 Seventh International Conference on (Conf. Publ. No. 465)*, Vol. 2, pp. 620-624, 13-15 July 1999.
- [7] A. M. Martinez, A. C. Kak, "PCA versus LDA," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 23, No. 2, pp. 228-233, Feb. 2001.
- [8] 심귀보, 변광섭, 박창현, "동적 감정 공간에 기반한 감정 표현 시스템," *한국퍼지 및 지능시스템학회 논문지*, 제15권, 제1호, pp. 18-23, 2005.
- [9] W. Zhao, R. Chellappa, "Discriminant Analysis of Principal Components for Face Recognition," *Proc. of Third IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition*, 1998.
- [10] 박세제, 박영태 "얼굴 인식을 위한 PCA, LDA 및 정합기법의 비교," *정보과학회 논문지*, 제30권, 제4호, 2003.