

## 중립표정에 무관한 얼굴표정 인식

신영숙  
조선대학교  
ysshin@chosun.ac.kr

### Facial Expression Recognition without Neutral Expressions

Youngsuk Shin  
Chosun University

#### 요 약

본 논문은 중립 표정과 같은 표정 측정의 기준이 되는 단서 없이 다양한 내적상태 안에서 얼굴표정을 인식할 수 있는 개선된 시스템을 제안한다. 표정정보를 추출하기 위한 전처리작업으로, 백색화(whitening) 단계가 적용되었다. 백색화 단계는 영상데이터들의 평균값이 0이며, 단위분산값으로 균일한 분포를 갖도록 하여 조명 변화에 대한 민감도를 줄인다. 백색화 단계 수행 후 제 1 주성분이 제외된 나머지 주성분들로 이루어진 PCA표상을 표정정보로 사용함으로써 중립 표정에 대한 단서 없이 얼굴표정의 특징추출을 가능하게 하였다. 본 실험 결과는 83개의 내적상태와 일치되는 다양한 얼굴표정들에서 임의로 선택된 표정영상들의 얼굴표정 인식을 수행함으로써 다양하고 자연스런 얼굴 표정인식을 가능하게 하였다.

#### 1. 서 론

인간과 컴퓨터간의 지능적인 상호작용을 위한 얼굴표정 인식 연구는 1990년대에 와서 활발한 연구가 시작되었다. 얼굴표정을 인식하기 위한 모델은 전통적으로 연속적인 비디오 프레임상에서 얼굴표정 영상들이 획득되었다. 즉, 각각의 얼굴표정들은 중립 표정을 기준으로 한 후 행복한 혹은 슬픈 표정들이 측정된다. 지금까지의 표정연구들은 중립 표정에 대한 기준 단서를 기반으로 얼굴표정의 강도를 측정하는 연구들이 수행되어왔다 [1,2,3,4]. Mase[1], Essa와 Pentland[2], Lien과 그의 동료들[3]은 광류흐름 평가를 통해 얼굴 움직임을 해석하였다. 그들의 연구에 의하면 중립 표정 상태를 기반으로 각 표정별 얼굴움직임 차이가 측정되었다. Cohen과 그의 동료들[4]의 연구에서는 연속적인 비디오 프레임상에서 메쉬프레임 모델을 적용하여 12개의 얼굴움직임에 대한 특징을 추출한다. 이때 얼굴의 중립 표정 프레임이 얼굴 움직임 측정을 위한 기준으로 사용되고 있다.

중립 표정은 얼굴표정의 정도를 측정하는 중요한 단서가 될 수 있다. 그러나 실생활에서 타인의 표정을 순간적으로 인식하는 과정에서 중립 표정이 항상 사전에 측정될 수 있으리라는 것은 보장할 수 없다. 본 연구에서는 중립 표정에 대한 사전 단서 없이 표정의 강도를 측정할 수 있는 개선된 시스템을 제안한다.

본 논문의 전체적인 구성으로 1단계에서는 조명에 강인한 영상을 얻기 위해 얼굴표정 영상에 백색화(whitening) 단계를 수행하며, 2단계에서는 중립 표정의 단서 없이 얼굴표정의 특징들을 추출하기 위해 제 1 주성분을 제외한 나머지 주성분들로 이루어진 특징들이 추출된다. 3단계에서는, 전단계에서 추출된 PCA표상을 기반으로 한 신경망 모델을 이용하여 다양한 내적상태 안에서 얼굴표정 인식을 수행한다. 마지막으로 인간의 평정과 신경망을 이용한 표정인식 결과에 대한 결론으로 이루어진다.

#### 2. 특징 추출

중립얼굴에 대한 단서 없이 타인의 표정을 인식하기 위한 시스템을 구현하기 위해서는 먼저 얼굴표정의 특징이 추출되어야 한다. 본 연구에서는 다양한 내적상태 안에서 얼굴 표정 인식이 이루어질 수 있는 차원모형 기반 얼굴표정 데이터베이스[5]를 기반으로 다음 단계를 수행하여 얼굴표정의 특징을 추출하였다.

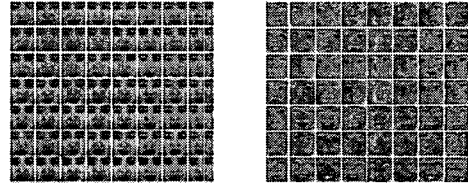
본 연구를 위해 사용된 얼굴표정 데이터베이스는 640x480 해상도를 가진 566개의 정면영상을 사용하였다. 각 표정은 내적 상태를 기술하는 정서관련 어휘분석을 통한 내적 상태 차원 연구[6]에 의하여 두가지 차원으로 구별되어진다. 각각의 표정들은 두가지 차원인 쾌-불쾌 차원, 각성-수면차원으로 하나의 표정을 표현한다. 두 차

원들은 9점 척도상에서 표정데이터를 평정하도록 나타내진다. <표 1>은 두 차원상에서 9점 척도로 인간에 의해 평정된 임의의 한 사람의 표정데이터 값들을 나타낸다.

<표 1> 두 차원상에서 9점 척도로 인간에 의해 평정된 표정데이터

사진 번호	내적감성 상태	패-불폐차원	각성-수면차원
2	경멸	7.50	7.07
4	공허	5.87	4.17
11	기쁨	2.27	4.57
15	놀람	5.27	7.97
38	슬픔	6.07	5.37
49	의로움	6.07	4.83
58	졸리움	5.00	1.80
64	짜증	7.80	6.30
69	피곤함	6.17	4.30

얼굴표정의 특징을 추출하는 과정에서 PCA의 제 1 주 성분들은 얼굴표정 영상에서 표정의 미묘한 변화를 반영하지 않는다. 즉, 중립 표정만을 표상한다. (그림 1)의 (a)는 제 1 주 성분만을 포함하는 PCA 표상을 나타낸다. 이에 반해, PCA의 제 1 주 성분들이 배제된 주 성분들을 선택하였을 경우에는 얼굴표정의 미묘한 움직임들이 잘 반영된 표상을 얻을 수 있다. (그림 1(b)).



(그림 1) (a) 제 1 주 성분만을 포함한 PCA 표상 (b) 제 1 주 성분이 제외된 200개의 주 성분값으로 이루어진 PCA 표상.

### 2.1 백색화 필터

연구에 사용된 모든 표정 영상들은 영상처리에 사용되기 전에 눈과 입의 좌표위치를 영상 중앙에 오도록 보정한 후 얼굴영역에 대한 최소 인접 사각형이 획득되었다. 획득된 영상들은 20x20 해상도로 축소된다. 조명에 대한 변화는 두 단계로 정규화되었다. 첫단계에서 이차원 영상들은 1x400 차원의 1차원 벡터로 변환되며, 변환된 영상들의 집합  $X$ 를 생성한다. 생성된  $X$ 로부터 각 행의 평균값들이 제거된 후, 백색화 단계,  $V = E\{XX^T\}^{-\frac{1}{2}}$ 를 수행한다. 백색화 단계를 통해 영상 데이터들은 평균값이 0이며, 단위 분산값으로 균일한 분포를 갖게 된  $W = XV$ 를 얻게 된다. 백색화 단계를 통하여 조명 변화에 의한 민감도를 줄일 수 있다.

### 2.2 중립표정의 단서없이 추출된 얼굴표정의 표상

얼굴인식에 성공적으로 적용된 PCA 표상에 대한 대부분의 알고리즘들을 살펴보면 “고유 얼굴(eigen face)” [7]과 “완전체(holons)”[8]가 존재한다. 이 방법들은 얼굴 영상들 안에서 존재하는 화소들간의 상관성에 대한 학습방법에 기저를 두고 있다. 즉, 입력영상들의 상관관계를 분석하여 차원이 감소된 코드를 생성한다. PCA는 최고의 변량을 갖는 방향과 일치하는 축에 의해 입력된 데이터들 간의 이차적인 통계적 의존성을 부호화하는 방법이다.

따라서 중립 표정의 단서 없이 얼굴표정의 정보를 추출하기 위해서, 본 연구에서는 얼굴 표정 인식에 가장 높은 성능을 보인 PCA의 제 1 주 성분이 제거된 200 PCA 계수값들,  $P_n$ 이 적용되었다.  $P_n$ 을 이용하여 투영된 2.1절의  $W$ 에 대한 주 성분 표상은  $Y_n = W * P_n$ 으로 정의될 수 있다.  $W$ 에 대한 복원값은  $\hat{W}$ 로 얻어질 수 있다.

$$\hat{W} = Y_n * P_n^T \quad (1)$$

$\hat{W}$ 의 열들은 훈련데이터 영상들을 위한 표상코드들을 포함한다. 따라서 테스트 데이터 영상들을 위한 표상코드들은  $\hat{W}_{test} = Y_{test} * P_n^T$ 로 생성될 수 있다.

### 3. 표정인식

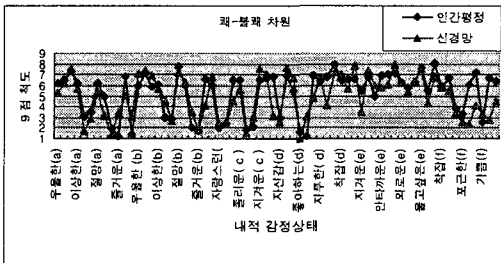
얼굴표정 인식을 위한 시스템은 세 개의 층으로 이루어진 다층퍼셉트론이 적용되었다. 식(1)에서 생성된 표상코드들이 다층퍼셉트론의 입력층의 노드로 사용되었으며, 은닉층은 30개의 노드로, 출력층은 2개의 노드로 이루어졌다. 출력노드의 수는 차원 모형을 기반으로 한 패-불폐차원과 각성-수면차원을 반영한다.

다층퍼셉트론의 학습방법은 오류 역전파 알고리즘을 사용하였다. 이 학습방법은 훈련되어 출력되는 값과 목표 값과의 오류를 은닉층에 역전파하여 수행하는 것으로 이 과정에서 연결 가중치를 조정한다. 이러한 연결 가중치 조절은 일반화된 델타 학습 규칙에 의해 수행된다.

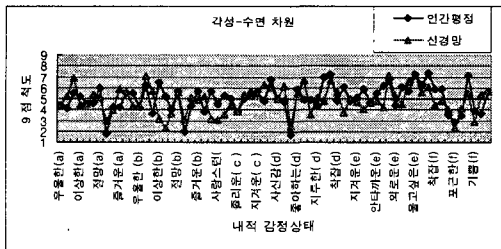
은닉층의 활성화 함수(activation function)로 시그모이드 함수(sigmoid function)가 사용되었다.

다층퍼셉트론 학습을 위하여 500개의 얼굴표정이 사용되었으며, 학습에 사용되지 않은 66개의 얼굴표정이 인식을 위하여 테스트되었다. 테스트 데이터 집합은 6 사람 각각에 대한 11개의 얼굴표정 영상들이 포함되었다. 11개의 얼굴표정 영상들은 83개의 내적상태의 표정영상에서 임의적으로 추출된 11개의 표정영상들이다. 적용된 신경망의 객관성을 검증하기 위하여 우선 신경망 학습에 사용되었던 500개의 표정데이터를 인식 실험 데이터로 사용하여 인간의 평정 결과와 신경망의 학습 결과는 100%에 가까운 학습률을 보였다.

두차원에서 인간평정과 신경망 표정인식에 대한 유사도는 Pearson 상관계수를 이용하여 비교되었다. (그림 2)와 (그림 3)은 제 1 주성분이 제외된 표정인식 실험 결과에 대한 두차원 각각에서 인간평정과 신경망 결과에 대한 상관관계를 그래프로 나타낸 것이다. Pearson 상관계수를 통한 각 차원의 표정인식에서 쾌-불쾌차원은 1% 유의수준에서 0.77를 각성수면차원은 0.51의 높은 정적 상관관계를 보였다.



(그림 2) 쾌-불쾌차원에서 표정인식 결과



(그림 3) 각성-수면차원에서 표정인식 결과

#### 4. 결론

본 연구에서는 중립 표정에 대한 사전 단서 없이 표정의 강도를 측정할 수 있는 개선된 시스템을 제안한다.

정서의 이차원구조를 기반으로 인간평정과 신경망의 표정인식을 수행하는 본 연구의 결과로부터 얼굴 표정 인식에서 제 1 주성분이 제거된 PCA 표상은 정서의 이차원구조에서 다양한 내적상태의 얼굴 표정식별을 성공적으로 수행할 수 있음을 보였다. 이는 Pearson 상관분석을 통한 각 차원의 표정인식에서 1% 유의수준에서 쾌-불쾌차원은 0.77, 각성수면차원은 0.51수준에서 높은 정적 상관관계로부터 알 수 있다.

본 연구가 향후 좀 더 일반화된 범용적인 표정인식 시스템이 되기 위해서는 기울어진 영상 및 타인에 대한 인식 가능한 시스템으로 확장되어야 할 것이다.

#### 5. 참고문헌

- [1] Mase, K.(1991), Recognition of facial expression from optical flow. *IEICE Transactions*, E 74, 10 3473-3483
- [2] Essa, I., Pentland, A.(1997), Coding, analysis, interpretation, and recognition of facial expressions. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 19(7), 757-763
- [3] Lien, J., Kanade, T., J.F., C., Li, C.(2000), Detection, tracking, and classification of action units in facial expression. *Journal of Robotics and Autonomous Systems*, 31(3) 131-146
- [4] Cohen, I., Sebe, N., Garg, A., Chen, L. S., Huang, T. S.(2002), Facial expression recognition from video sequence. *Proc. Int'l Conf. Multimedia and Exp(ICME)*, 121-124
- [5] 반세범, 한재현, 정찬섭(1997), 표정-내적상태 상관모형을 위한 얼굴 DB 구축, '97 한국 감성과학회 연차학술대회 논문집, 215-219
- [6] 김영아, 김진관, 박수경, 오경자(1997), 정서관련 어휘분석을 통한 내적상태의 차원연구, '97 한국 감성과학회 연차학술대회 논문집, 209-214
- [7] Turk, M, Pentland, A.(1991), Eigenfaces for recognition. *Journal of Cognitive Neuroscience* 3(1) 71-86
- [8] Cottrell, G., Metcalfe, J.(1991), Face, gender and emotion recognition using holons. In Touretzky, D., editor, *Advances in Neural information processing systems* (3) San Maleo, CA. Morgan aufmann, 564-571