

얼굴 영상 기반 감정 인식 시스템 개발

Development of Facial Image Based Emotion Recognition System

*김문환, **주영훈, *박진배

*연세대학교 전기전자공학과, **군산대학교 전자정보공학부

M. H. Kim, Y. H. Joo, J. B. Park

*Department of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University

**School of Electronic and Information Engineering, Kunsan National University

요 약

감정 인식 기술은 사회의 여러 분야에서 요구되고 있는 필요한 기술임에 불구하고 인식 과정의 어려움으로 인해 풀리지 않는 문제로 남아있다. 특히 얼굴 영상을 이용한 감정 인식 기술은 많은 응용이 가능하기 때문에 개발의 필요성이 증대되고 있다. 얼굴 영상을 이용하여 감정을 인식하는 시스템은 매우 다양한 기법들이 사용되는 복잡한 시스템이다. 따라서 이를 설계하기 위해서는 얼굴 영상 분석, 특징 벡터 추출 및 패턴 인식 등 다양한 기법의 연구가 필요하다. 본 논문에서는 이전에 연구된 얼굴 영상 기법들을 기반으로 새로운 감정 인식 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 감정 분석에 적합한 퍼지 이론 기반 퍼지 분류기를 이용하여 감정을 인식한다. 제안된 시스템의 성능을 평가하기 위해 평가데이터 베이스가 구축되었으며, 이를 통해 제안된 시스템을 성능을 평가하였다.

1. 서론

인간의 감정을 인식하는 기술은 그 응용분야가 대단함에도 불구하고 감정 인식의 어려움으로 인해 쉽게 해결되지 않는 문제로 남아 있다. 인간의 감정은 크게 영상과 음성을 이용하여 인식이 가능하다. 감정 인식 기술은 영상을 기반으로 하는 방법과 음성을 이용하는 방법 그리고 두 가지를 모두 이용하는 방법으로 연구가 진행 중이다. 이 중 특히 인간의 감정이 가장 많이 표현되는 얼굴 영상을 이용한 감정 인식 기법에 대한 연구가 활발히 진행 중이다 [3-6]. 얼굴 영상을 이용한 감정 인식은 그 인식 기법에 따라 기하학적 인식 기법, 고유공간을 이용한 인식 기법, 기타 변환을 이용한 인식 기법으로 나뉘인다 [2], [7], [8]. 이 중 보다 일반적인 얼굴에 대한 감정 인식을 수행하기 위해 얼굴의 구성 요소를 분석하여 인식을 수행하는 기법이 연구되고 있다. 하지만 얼굴 구성 요소를 이용한 감정 인식은 이를 위해 다양한 선행 기술이 수정 및 개발되어야 하는 어려움이 있다. 이를 해결하기 위해 영상 분석에 대한 선행 기술들이 연구되었다 [1], [2].

본 논문에서는 기 개발된 선행 기술을 바탕으로 감정 인식시스템을 위한 특징 벡터 추출 기법과 퍼지 분류기를 이용한 감정 인식 기법을 제안한다. 특징 벡터 추출 기법은 선행 연구된 기법들로 얻어진 얼굴 구성 요소에 정보를 바탕으로 감정 분류의 성능을 높이기 위한 특징 벡터를 생성하는 방법이다. 또한, 이렇게 생성된 특징 벡터를 이용한 퍼지 분류기 기반 감정 인식 기법이 제안되었다. 퍼지 분류기는 애매모호한 값을 가지는 감정 상태를 분류하는데 적합한 분류기 중에

하나로 선형행렬부등식 최적화 기법을 사용하여 동정된다.

2. 감정 인식 알고리즘

2-1. 특징 벡터 추출

얼굴 영상이 분석된 후 분석된 결과 중에서 감정 인식에 사용될 특징 벡터를 추출하는 과정이 필요하다. 감정 인식을 위한 특징 벡터는 최대한 감정이 많이 표현되며 감정별 편차가 큰 특징을 추출하는 것이 바람직하다. 이를 위해 본 논문에서는 감정 변화에 따라서 변화하는 얼굴 구성 요소를 눈 영역, 입술 영역 그리고 보조 영역으로 나뉘어서 특징 벡터를 생성하는 방법을 제안한다. 그리고, 정확한 특징 벡터 추출을 위해 기하학적 정보 및 형태적 정보를 모두 사용하는 방법을 사용한다. 표 1-3은 각 영역별 특징 벡터 추출 내역을 나타낸다. 그림 1-5 는 각 영역별 특징 벡터를 도식화하였다.

특징 벡터	설명	크기
X_eyebrow	양 눈썹 사이 간격	1×1
X_eyee eyebrow	눈썹과 눈 사이의 거리	1×1
X_eyenose_1, X_eyenose_2	코와 눈과의 거리	2×1
Shape_eye	눈 모양 템플릿과 에러	4×1

표 1 눈 영역 특징 벡터

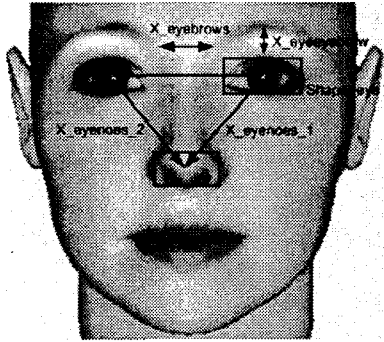


그림 1 눈 영역 특징 벡터

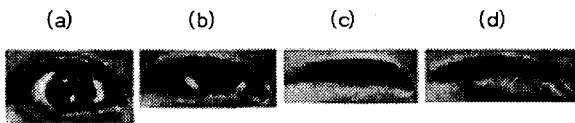


그림 2 눈 모양 템플릿

특징 벡터	설명	크기
X_mouth_width/ X_mouth_height	입 크기 비율	1×1
X_nosemouth	코와 입술의 거리	1×1
Shape_mouth	입의 모양 템플릿과 에러	6×1

표 2 입 영역 특징 벡터

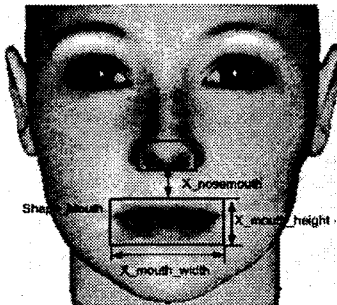


그림 3 입 영역 특징 벡터

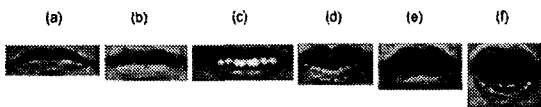


그림 4 입 모양 템플릿

특징 벡터	설명	크기
Shape_wrinkleseye	양미간 주름 모양	1×1
Shape_wrinklecheek1, Shape_wrinklecheek2	볼 주름 모양	2×1

표 3 보조 영역 특징 벡터

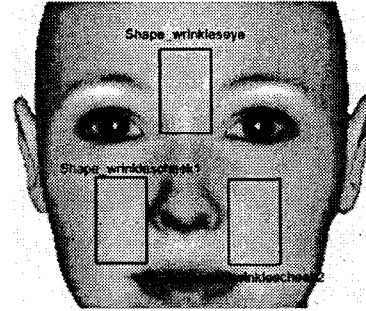


그림 5 보조 영역 특징 벡터

추출된 특징 벡터는 그 영상의 크기와 개개인의 얼굴 크기가 다른 관계로 정규화가 필요하다. 본 연구에서는 추출된 얼굴 영역 중 가장 확실한 추출이 가능한 눈가로 길이 $D1$ 을 이용하여 모든 특징 벡터 값을 정규화 한다. 템플릿 변형을 통한 비교는 변형에 많은 시간을 필요로 하기 때문에 본 연구에서는 다음과 같은 방법을 통해 유사도를 산출한다.

$$similarity = |e_{width}| + |e_{height}| + |e_{ratio}| + |e_{pixel}$$

여기서, $|e_{width}|$ 는 템플릿의 가로길이 오차, $|e_{height}|$ 는 새로 길이 오차, $|e_{ratio}|$ 는 가로 세로 비 오차 그리고 $|e_{pixel}|$ 는 내부 픽셀 수 오차는 나타낸다. 표 4와 표 5는 본 논문에서 사용된 템플릿 세부 값들을 나타낸다. 따라서 최종적으로 19×1 크기를 가진 특징 벡터가 생성된다.

템플릿	가로길이	세로길이	가로세로 비	픽셀 수
(a)	0.2229	0.3147	0.6565	13.0924
(b)	0.2309	0.2404	0.4648	9.6083
(c)	0.2325	0.2500	0.4921	10.4971
(d)	0.2327	0.2536	0.4886	11.4341

표 4 눈 영역 템플릿 세부 특징 값

템플릿	가로길이	세로길이	가로세로 비	픽셀 수
(a)	1.7926	0.3663	0.4032	20.1237
(b)	1.8350	0.3445	0.3568	20.1059
(c)	1.5527	0.4950	0.6186	18.8859
(d)	1.8165	0.5424	0.6341	20.5100
(d)	1.7637	0.3442	0.3892	15.9762
(f)	2.1465	0.4117	0.3722	28.0465

표 5 입 영역의 세부 특징 값

2-2. 퍼지 분류기 기반 감정 인식 시스템

인간의 감정은 매우 애매모호한 성격을 가지며 이를 수학적 방법으로 다루기가 매우 힘들다. 이러한 어려움을 해결하기 위해, 본 논문에서는 퍼지 이론을 이용한 감정 인식 시스템을 설계하기 위해 퍼지 분류기를 제안한다. 퍼지 분류기는 퍼지 모델 기반 분류기로 다음과 같은 규칙으로 구성된다.

R_i : If x_1 is M_{a1} and ... and x_m is M_{im}

$$\text{Then } y_i(x) = a_{i1}x_1 + \dots + a_{im}x_m + b_i$$

여기서, $x = [x_1 \dots x_m]$ 입력 벡터이고 x_j 는 j 번째

특정 입력이다. M_{11}, \dots, M_{im} 는 조건부 퍼지 집합이며, a_{ij} 와 b_i 는 결론부 파라미터를 나타낸다. 소속 함수는 식 (2)와 같은 가우시안 소속 함수를 사용한다. 퍼지 분류기의 최종 출력은 다음과 같이 계산된다.

$$Y(x) = \frac{\sum_{j=1}^m h_j(x) (\sum_{i=1}^n a_{ij} x_i + b_j)}{\sum_{j=1}^m h_j(x)} \quad (6)$$

데이터의 최종 클래스 값은 최종 출력과의 최소 에러를 갖는 클래스 값으로 선택된다. 최종 출력 (5)는 다음과 같은 행렬식으로 나타낼 수 있다.

$$Y(x) = H^T(Ax + B) \quad (7)$$

여기서,

$$H = \begin{bmatrix} h_1(x) \\ \vdots \\ h_i(x) \\ \vdots \\ h_l(x) \end{bmatrix}, A = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1m} \\ \vdots & & \vdots \\ a_{i1} & \dots & a_{im} \\ \vdots & & \vdots \\ a_{l1} & \dots & a_{lm} \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} b_1 \\ \vdots \\ b_i \\ \vdots \\ b_l \end{bmatrix}$$

제안된 감정 인식을 위한 퍼지 분류기는 입력이 19개이며 규칙수가 복수인 매우 복잡한 형태를 가진다. 따라서 이를 동정하기가 쉽지 않다. 기존에 많이 사용된 유전 알고리즘의 경우 변수의 자유도가 너무 많이 적절한 해를 찾기 매우 힘들다. 따라서 본 논문에서는 선형 행렬 부등식을 이용한 최적화 방법을 사용하여 퍼지 분류기를 동정한다. 선형 행렬 부등식을 이용한 동정 방법은 조건부와 결론부를 모두 동정 할 수 있을 뿐만 아니라, 분류기의 입력의 수가 많아도 좋은 성능을 가지는 분류기를 동정 할 수 있다는 장점을 가졌다. 선형 행렬 부등식을 이용한 퍼지 분류기 동정은 조건부 소속함수 동정과 결론부 파라미터 동정 부분으로 나누어 살펴 볼 수 있다. 조건부 소속 함수 동정은 다음과 같은 식을 만족시키는 V_i 와 c_i 를 찾는 문제로 정리될 수 있다.

$$(x - c_i)^T V_i^T V_i (x - c_i) = 0, \forall x \quad (8)$$

식 (8)을 만족시키는 V_i 와 c_i 를 찾는 연구가 선형 연구에서 수행되었다 [2]. 본 논문에서는 [2]에 제안된 정리 1을 이용하여 조건부의 소속함수를 동정하였다.

조건부의 소속함수가 결정되면 이를 이용하여 결론부의 파라미터를 동정 할 수 있다. 데이터 x 가 주어졌을 때, 퍼지 분류기의 목표값을 Y_d 라 하면 최적의 분류기는 다음 등식을 만족하여야 한다.

$$Y_d = H^T(Ax + B) \quad (9)$$

식 (9)을 만족시키는 A 와 B 를 찾는 연구 또한 선형 연구에서 수행되었다. 본 논문에서는 [1]의 정리 1을 이용하여 결론부 파라미터를 동정하였다. Y_d 는 감정 인덱스 값으로 각 감정을 나타내는 고유값이다. 일반적으로 정수 범위에서 적절한 값을 선택한다. 최종적으로 최종 출력 $Y(x)$ 과 각 감정의 인덱스 값 Y_d 의 차이가 가장 작은 감정이 인식된 감정으로 선택된다.

3. 실험 및 결과 고찰

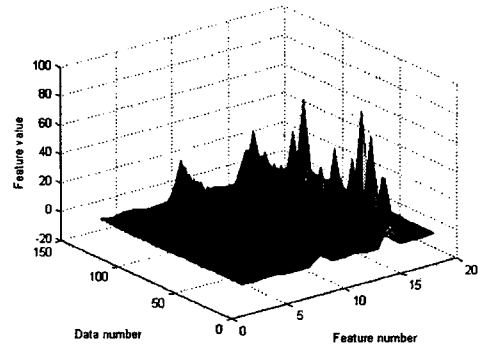


그림 6 얼굴 영역 데이터 베이스

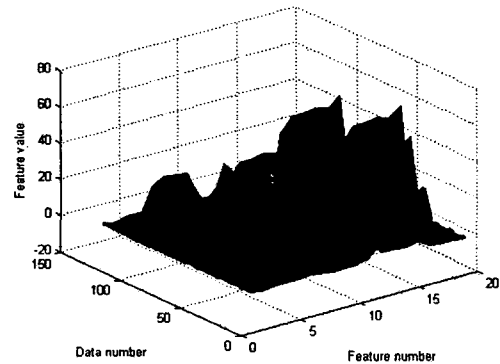


그림 7 추출된 특징 벡터

제안된 시스템의 성능을 평가하기 위해 남성 20명과 여성 10명의 정면 얼굴 사진으로 구성된 데이터베이스를 구축하였다. 평가에 사용된 감정은 총 5가지이며 특징 벡터 추출과 추출된 특징 벡터를 바탕으로 퍼지 분류기를 이용한 감정 인식률로 성능을 평가한다. 특징 벡터 추출을 위한 각 영역 데이터베이스는 선형 연구에서 제안된 얼굴 영역 추출 방법과 가상 얼굴 모형을 이용한 얼굴 구성요소 추출 방법을 사용하였다 [2]. 그림 6은 얻어진 150개의 얼굴 영역 데이터베이스를 나타낸다. 그림 7은 제안된 특징벡터 추출 기법으로 얻어진 특징 벡터들을 나타낸다. 총 150의 영상을 바탕으로 얻어진 데이터베이스를 이용하여 퍼지 분류기가 동정되었다. 최종적으로 얻어진 퍼지 분류기는 총 5개의 규칙을 가지며 19개의 입력을 받아 한 개의 인식된 감정을 출력한다. 동정된 전부분 소속함수와 결론부 파라미터는 지면상 생략하였다. 동정된 퍼지 분류기를 바탕으로 최종적으로 감정 인식 프로그램이 개발되었다. 개발된 감정 인식 프로그램은 그림 11과 같다. 개발된 프로그램은 얼굴 영상이 주어졌을 때, 제안한 얼굴 영상 분석 기법들을 걸쳐 얼굴 구성 요소를 분석하여, 이를 이용해 특징 벡터를 생성한다. 그리고 최종적으로 퍼지 분류기를 통해 최종 감정을 판별한다. 그림 8은 개발된 퍼지 색상 필터를 사용해서 얼굴 후보 영역을 찾아낸 그림이다. 그림 9는 가상 얼굴 모형 및 특징 벡터 추출 기법을 사용하여 얼굴 구성 요소를 분석하고 특징 벡터를 추출한 결과를 나타낸다.

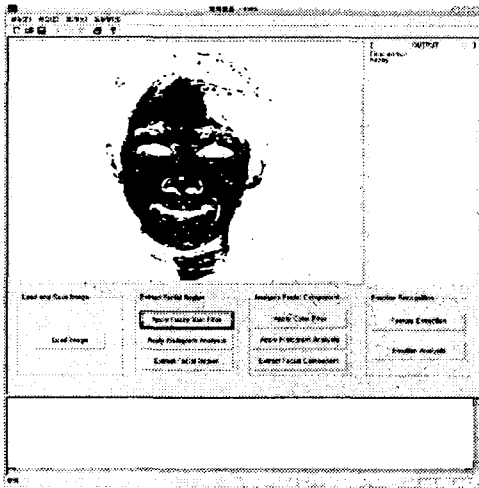


그림 8 퍼지 색상 필터를 적용 후 영상

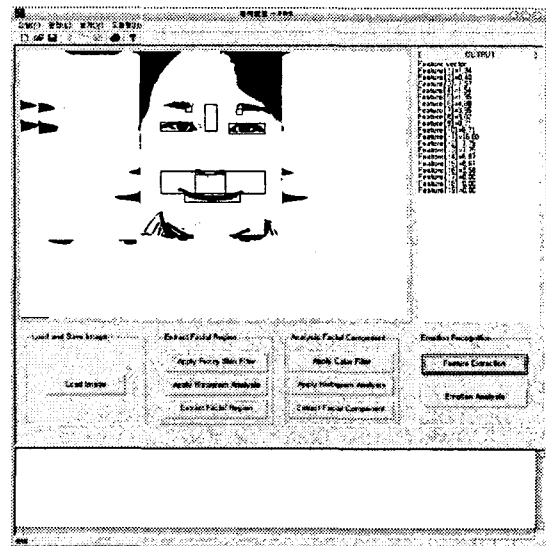


그림 9 특징 벡터 추출

전체 감정 인식율	77.33%
각 감정 별 감정 인식율	
행복	78.67%
슬픔	75.06%
화남	78.67%
놀람	75.54%
역겨움	78.67%

표 6 감정 인식 실험 결과

최종적으로 150 개의 영상에 대하여 개발된 프로그램을 사용해 실험을 수행하였다. 표 6은 실험 결과를 나타낸다. 결과를 살펴보면 전체 인식률이 77.33%로 매우 높음을 알 수가 있다. 이를 통해 제안된 특징 벡터 추출기법과 퍼지 분류기의 성능이 매우 좋음을 확인할 수 있다. 또한 각 감정별 성능을 살펴보면 슬픔과 놀람의 인식률이 타 감정보다 낮음을 확인할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 얼굴 영상 분석에 관한 선행 연구에 이어 이를 이용한 특징 벡터 생성 기법 및 퍼지 분류기를 이용한 감정 인식 기법을 제안하였다. 특징 벡터는 인식 성능을 높이기 위해 감정 변화에 따른 변화가 많은 구성 요소를 중심으로 생성되었다. 또한, 애매 모호한 감정을 다루기 위해 퍼지 분류기를 사용하였으며 선행 행렬 부등식 최적화 기법으로 이를 동정하였다. 최종적으로 150 개의 얼굴 영상을 이용하여 제안된 인식 기법의 성능을 평가하였다. 평가 결과 제안된 특징벡터 추출 기법 및 퍼지 분류기의 성능이 매우 높음을 확인할 수 있었다.

추후 연구 과제로 생성된 특징 벡터의 차원을 낮추는 방법이 연구되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 김문환, 주영훈, 박진배, "선형 행렬 부등식을 이용한 TS 퍼지 분류기 설계," *퍼지 및 지능시스템학회*, vol. 14, no. 1, pp. 46-51, 2004.
- [2] 주영훈, 정근호, 김문환, 박진배, 이재연, 조용조, "감정 인식을 위한 얼굴 영상 분석 알고리즘," *퍼지 및 지능시스템 학회* vol 14, no. 7, pp. 801-806, 2004.
- [3] 정근호, 오재홍, 주 영훈, "퍼지 추론을 기반으로 한 칼라 영상에서의 감성 인식", 2003년도 대한전기 학회학계 학술회의 논문집, pp. 2100-2102, 2003, 7.
- [4] 주영훈, 오재홍, "형판 벡터와 신경회로망을 이용한 감성인식", 한국 퍼지 및 지능시스템학회 논문지, Vol. 13, No.6, pp. 710-715, 2003. 12
- [5] J.J. Lien, T. Kanade, J.F. Cohn, C.C. Li, Automated facial expression recognition based on FACS action units, in: *Third IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition*, pp.390-395, 1998.
- [6] S. Morishima, H. Harashima, Emotion space for analysis and synthesis of facial expression, in: *IEEE International Workshop on Robot and Human Communication*, pp. 188-193, 1993.
- [7] J. Zhao, G. Kearney, Classifying facial emotions by back propagation neural networks with fuzzy inputs, in: *International Conference on Neural Information Processing*, vol. 1, pp. 454-457, 1996.
- [8] S. Morishima, F. Kawakami, H. Yamada, H. Harashima, A Modelling of Facial Expression and Emotion for Recognition and Synthesis, *Symbiosis of Human and Artifact*, Elsevier, Amsterdam, pp. 251-256, 1995.