

향상된 얼굴 인식 기술을 이용한 퍼지 모델 기반의 감성인식

유대일, 김광배, 주영훈
 부산대학교 전자정보 공학부

Fuzzy-Model-based Emotion Recognition Using Advanced Face Detection

Tae Il Yoo, Kwang Bae Kim, and Young Hoon Joo

School of Electronic & Information Eng. Kunsan National Univ. Kunsan, Korea

Abstract - 본 논문에서는 조명에 변화에 강인하고 기존의 퍼지 색상 필터보다 정확하고 빠른 얼굴 감지 알고리즘 이용하여 얼굴을 인식하고 얼굴로부터 특징점(눈, 눈썹, 입)들을 추출하고 추출된 특징점을 이용하여 감성을 판별하는 방법을 제안한다. 향상된 얼굴 인식 기술이란 퍼지 색상 필터의 단점이 영상의 크기와 성능에 따라 처리속도가 느려지는 것을 보완하기 위하여 최소한의 규칙을 사용하여 얼굴 후보 영역을 선별 적용하여 얼굴영역을 추출하는 기법을 말한다. 이렇게 추출된 얼굴영역에서 감정이 변화 할 때 가장 두드러지게 변화를 나타내는 눈, 눈썹 그리고 입의 특징점을 이용하여 감성을 분류한다.

상위 퍼지 색상 필터가 임계값을 넘는 경우 입력 픽셀의 후보영역으로 선택 되고 하위 퍼지 색상 필터에 의해 조사된다. 하위 퍼지 색상 필터의 최종 출력식은 식(2)와 같다.

$$Y(x) = \sum_{j=1}^l h_j(x)b_j / \sum_{j=1}^l h_j(x) \quad (2)$$

다음 과정으로 임계값을 동정함으로써 빠른 수행 속도를 가지면서도 성능이 좋은 퍼지 색상 필터를 설계할 수 있다.

2.2 얼굴 영역 검출과 정규화

본 논문에서는 추출된 사용된 색상 필터는 영상을 한 픽셀 단위로 분석하여 피부색영역을 그레이 값으로 반환한다. 픽셀 값은 0이나 1의 값을 가지며 이 자료를 바탕으로 하여 히스토그램 분석을 통하여 얼굴 영역을 추출한다. 1값을 일 때는 살색영역 즉 얼굴 영역이며 0의 값을 가지는 픽셀 부분은 얼굴 이외의 영역으로 판단한다. 퍼지 색상 필터가 적용된 그레이 영상을 $C_g \subset R^{m \times n}$ 이라할 때 가로 i 번째 세로 j 번째 픽셀을 $x_{ij} \in I_g$ 라고 할때, 우리는 다음과 같은 수평 히스토그램 벡터 $o = [o_1, \dots, o_n]$ 와 수직 히스토그램 벡터 $p = [p_1, \dots, p_m]$ 을 얻을 수 있다. 얼굴 영역을 분리해 내기 위해 다음과 같은 edge 윈도우 함수를 식 (3)-(4)와 같이 정의한다.

$$e^1 = \begin{cases} 0, -l, \dots, -1, \\ d, 0, \dots, l \end{cases} \quad (3) \quad e^2 = \begin{cases} 0, -l, \dots, -1, \\ d, 0, \dots, l \end{cases} \quad (4)$$

여기서, l 은 윈도우 폭을 나타내고 d 는 윈도우 임계값을 나타낸다. 이 값들을 조정함으로써 퍼지 색상 필터링으로부터 얻어진 얼굴 영역에 대한 강인성을 조절할 수 있다. 커널 방법을 사용한 히스토그램은 다음과 같은 새로운 히스토그램을 생성할 수 있다.

$$\hat{o} = [\hat{o}_1, \dots, \hat{o}_n], \quad \hat{p} = [\hat{p}_1, \dots, \hat{p}_m]$$

얼굴영역은 \hat{p} 와 \hat{o} 의 영역을 분석함으로써 알아 낼수 있다. 얼굴영역이 시작되는 좌표를 1 끝나는 좌표를 -1을 가지고 얼굴영역을 결정하여 연구에서 사용하는 얼굴 영역을 결정 할 수 있다. 연구에서 사용된 입력이미지의 크기는 320X240으로 고정되어 있지만 그 안에 들어있는 대상의 얼굴영역의 크기는 일정한 크기로 입력되어 지는 것이 아니다. 그렇기 때문에 정확한 특징 영역을 추출하기 위하여 얼굴 영역을 일정한 크기로 확대시키지 않으면 안 된다. 이미지의 크기가 변화할 때는 여러가지 보간법을 사용하여 이미지의 불필요한 데이터의 추가나 손실을 최소화해야 한다. b-spline, 양선형 보간법등 여러 가지 보간법들이 있지만 본 실험에서는 구현이 용이하고, 성능 또한 뛰어난 양선형 보간 법을 사용한다. 양선형 보간법에서 새롭게 생성된 화소는 네 개의 가장 가까운 화소들에 가중치를 곱한 값들의 합이다. 가중치는 선형적으로 결정된다. 각각의 가중치는 각각의 존재하는 화소로부터 거리에 정비례한다. 양선형 보간 법은 세 개의 일차 보간들을 요구한다. 입력이미지로부터 히스토그램기법으로 얼굴영역을 추출하고 추출된 얼굴영역을 정규화한 부분은 그림 1과 같이 나타난다.



<그림 1> 히스토그램기법에 의해 추출된 얼굴 영역 과 정규화

2.3 감성인식을 위한 특징점 추출

얼굴을 이용하여 사람의 감정을 식별해 내기 위해서는 감정 변화 시 가장 두드러지게 나타나는 특징적인 부분을 찾아서 그것을 기준으로 사람의 감정을 분류 하여야한다. 본 논문에서는 사용한 영역은 가장 큰 변화를 보이는 눈썹, 눈 그리고 입을 사용하여 감정을 분류하였다. 눈썹은 피부 영역과 맞닿는 부분의 차이가 뚜렷하게 나타나지 않기 때문에 정확한 특징점 추출이 난해하다. 이를 보완하기 위

1. 서 론

인간의 얼굴 감지는 다양한 응용 프로그램에서 널리 사용되는 중요한 기술 중에 한 가지이다. 하지만 인간의 얼굴감지는 조명 및 다양한 환경 변화에서 추출하기가 쉽지 않다. 일반적인 얼굴 영역 추출 방법에 대한 접근은 얼굴색을 이용하는 방법이다. 기본적인 얼굴색을 이용한 접근 방법은 통계적인 방법을 이용하여 얼굴색 구역을 얻고 이를 이용하여 얼굴 영역을 찾는 방법이다. 하지만 이러한 방법은 얼굴색의 변화에 매우 민감하다는 단점을 가지고 있기 때문에 다른 지능적인 방법들이 연구 되고 있다[1-4]. 그 중 퍼지 모델을 이용한 조명 변화 및 환경 변화에 따른 얼굴색 감지에 우수한 성능을 가지는 색상필터가 제안되었다. 퍼지 색상 필터는 얼굴색이 가지는 다양한 범위를 퍼지 모델화함으로써 환경 변화에 강인한 특성을 가지게 된다. 하지만 퍼지 색상 필터를 이용한 얼굴 영역 추출은 퍼지 색상 필터의 규칙이 증가함에 따라 속도가 느려진다는 단점을 가지게 된다. 따라서, 본 논문에서는 이를 보완하기에 2-단계 퍼지색상 필터라는 기존의 퍼지 색상 필터보다 향상된 퍼지 색상 필터를 이용하여 얼굴영역을 검출하였다. 향상된 퍼지색상 필터는 대략적인 얼굴 후보 영역을 선별된 얼굴 후보 영역에 대해 정확한 필터링을 적용함으로써 보다 빠르게 정확한 얼굴 후보 영역을 추출할 수 있다. 얼굴 영역 감지를 위해 히스토그램 기법을 이용한 다중 얼굴 감지 알고리즘을 적용 하였다. 그 다음으로 사람의 감정(놀람, 화남, 슬픔, 즐거움)을 식별하기위한 특징점을 추출하기 위하여 검출된 얼굴영역에서 감정 변화 시 가장 큰 변화를 보이는 부위인 눈, 눈썹, 입을 추출하였다. 특징 부위를 추출하는 방법으로는 추출된 얼굴을 검출하였다. 인간의 감정은 매우 애매모호한 성격을 가지며 이를 수학적인 방법으로 다루기가 매우 힘들다. 이러한 어려움을 해결하기 위해 본 논문에서는 감정 인식 시스템을 설계하기 위해 퍼지 분류기 사용을 제안한다.

2. 퍼지모델 기반 감정 인식

2.1 퍼지 색상 필터

색상 필터링에 사용된 색상 모델은 HSV(Hue Saturation Value)색상 모델을 사용하였다. 퍼지 색상 필터의 구조는 상위색상 필터와 하위 색상 필터 두가지의 색상 필터로 나뉜다. 상위 색상 필터는 피부색의 유무 하위 색상 필터는 입력 색상에 대한 정확한 피부색 유무를 판단한다.

각각의 색상 필터의 퍼지 규칙은 다음과 같다.

R_1^1 : If x_1 is μ_{11}^1 and ... and x_3 is μ_{13}^1 : 상위 색상 필터
 Then $y_1^1(x) = a$

R_1^2 : If x_1 is μ_{11}^2 and ... and x_3 is μ_{13}^2 : 하위 색상 필터
 and y^1 is μ_{14}^2 Then $y_1^2(x) = b, i = 1, \dots, l$

여기서, $x = [x_1 \dots x_l]$ 는 입력 벡터이고 x_j 는 j 번째 특징 입력이다. $\mu_{11}^1, \dots, \mu_{1m}^1$ 상위 색상필터의 전반부 퍼지 집합 $\mu_{11}^2, \dots, \mu_{1m}^2$ 는 후반부 색상 필터의 전반부 퍼지 집합이다. a, b 는 상위, 하위 색상 필터의 후반부 파라미터를 나타낸다. 소속 함수는 식(1)과 같은 가우시안 소속 함수를 사용하였다.

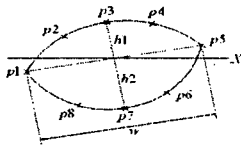
$$\mu_{1j}(x_j) = e - \frac{(x - c_j^1)^2}{2v_j^1} \quad (1)$$

해서 눈썹의 위치정보를 가지고, 눈썹 영역을 확대시킨 후 그 영역에서 다시 컬러 공간의 변화를 이용하여 좀 더 정확한 눈썹 영역을 추출 하였다. 이렇게 추출된 영역에서 우리가 원하고 하는 눈썹의 특징점을 얻을 수 있었다. 눈은 입과 함께 사람의 감정 상태를 나타내는데 상당히 중요한 역할을 하는 요소이다. 대부분의 연구에서는 이러한 눈의 특징점을 추출함에 있어서 눈을 감고 있을 때와 뜨고 있을 때의 특징점을 각각 다른 방식을 사용하여 추출하였다 그러나 본 실험에서는 두 가지 방식을 적용하지 않고 하나의 방법만을 사용하였다. 사용된 방법은 Chain code를 사용하여 검출 하였다. 경계선을 따라 시계반대 방향으로 이동하며 처음 픽셀의 위치를 기억하고 있다가 처음 위치에 되돌아오면 경계선 추적을 끝내고 이에 의해 면적을 계산하게 된다. 이렇게 검출된 데이터를 가지고 각 Point 마다 가지고 있는 위치정보와 상관관계를 조합해 눈의 특징점을 추출할 수 있다. 그림 2는 Chain code를 이용하여 눈의 특징점을 추출하는 것을 보여준다.



〈그림 2〉 눈의 특징점 추출의 예

위에서 언급한 바와 같이 입 또한 인간의 감정을 판단하는데 중요한 요소 중 하나이다. 본 연구에서는 그림 3과 같은 방법을 이용하여 입의 특징점을 찾아내었다.



〈그림 3〉 입의 특징점

총 8개의 점이 입에서 추출되는 구성 요소들이다. 각각의 특징 점들은 감정의 변화에 따라서 그 값들이 서로 다르게 된다. 다른 사람들의 연구에서는 열린 입의 모양과 닫힌 입의 모양 그리고 꼭 닫힌 입의 모양 등 여러 가지 입의 상황에 따라 서로 다른 형상을 추출하지만, 본 실험에서는 입의 위와 아래 사이의 거리를 사용하여 이를 대체한다. 그림 4는 입의 특징점 추출법을 사용하여 적용한 결과를 보여주고 있다.



〈그림 4〉 입모양의 특징점 추출의 예

2.4 감성분류를 위한 퍼지모델

본 논문에서는 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.

$$R_i: \text{If } x_1 \text{ is } \mu_{i1} \text{ and } \dots \text{ and } x_m \text{ is } \mu_{im} \\ \text{Then } y_i(x) = a_{i1}x_1 + \dots + a_{im}x_m + b_i;$$

여기서, $x = [x_1 \dots x_m]$ 는 입력 벡터이고 x_j 는 j 번째 특징 입력이다. $\mu_{i1}, \dots, \mu_{im}$ 는 조건부 퍼지 집합이며, a_{ij} 와 b_i 는 후반부 파라미터를 나타낸다. 가우시안 소속 함수를 사용한다. 퍼지 분류기의 최종 출력은 다음과 같이 계산된다.

$$Y(x) = \frac{\sum_{j=1}^l h_j(x) (\sum_{i=1}^m a_{ij}x_i + b_j)}{\sum_{j=1}^l h_j(x)} \quad (5)$$

데이터의 최종 클래스 값은 최종 출력과의 최소 에러를 갖는 클래스 값으로 선택된다. 최종 출력은 다음과 같은 행렬식으로 나타낼 수 있다.

$$Y(x) = H^T(Ax + B) \quad (6)$$

제안된 감정 인식을 위한 퍼지 분류기는 입력이 22개이며 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 후반부를 모두 동정 할 수 있을 뿐만 아니라, 분류기의 입력의 수가 많아도 좋은 성능을 가지는 분류기를 동정할 수 있다는 장점을 가졌다. 선형 행렬 부등식을 이용한 퍼지 분류기 동

정은 조건부 소속 함수 동정과 후반부 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.

$$(x - c_i)^T V_i^T V_i (x - c_i) = 0, \forall x \quad (7)$$

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

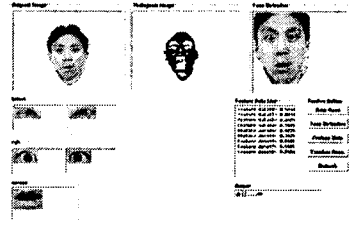
조건부의 소속함수가 결정되면 이를 이용하여 결론부의 파라미터를 동정 할 수 있다. 데이터 x 가 주어졌을 때, 퍼지 분류기의 목표값을 Y_d 라 하면 최적의 분류기는 다음 등식을 만족 하여야 한다.

$$Y_d = H^T(Ax + B) \quad (8)$$

식 (9)을 만족 시키는 A 와 B 를 찾는 연구 또한 선행 연구에서 수행되었다. Y_d 는 감정 인덱스 값으로 각 감정을 나타내는 고유 값이다. 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

본 논문에서 제안된 내용들을 적용하여 프로그램을 작성하여 입력이미지로 부터 최종 감정 식별까지의 과정을 적용한 결과는 그림 5와 같다.



〈그림 5〉 실험 예

3사람을 대상으로 실험을 하였으며 실험 대상들의 4가지 감정(놀람, 슬픔, 기쁨, 분노)에 대하여 240개의 컬러 영상을 사용하였다. 표 1은 본 논문에서 제안한 감정 인식 시스템의 인식률을 나타낸 것이다.

표 1. 실험에 의한 감정 인식률

	놀 람	슬 픔	기 뻐	분 노	평 균
ID 01	95%(19/20)	70%(14/20)	75%(15/20)	85%(16/20)	81.25%
ID 02	85%(17/20)	70%(14/20)	70%(14/20)	85%(16/20)	77.5%
ID 03	90%(18/20)	75%(15/20)	70%(14/20)	80%(16/20)	78.75%
평 균	91.7%	71.7%	71.7%	83.3%	79.17%

4. 결 론

본 논문은 인간을 식별하고 감정 상태를 인식하는 시스템 개발의 일환으로, 영상인식 시스템에 의해 획득한 영상에 대한 얼굴 및 감정 인식을 수행하는 보조 시스템의 개발을 제안하였다. 본 연구에서는 향상된 얼굴 검출 기법 즉 2단계 퍼지 색상 필터를 사용하여 조명에 변화에 강인하고 기존의 퍼지 색상필터보다 정확하고 빠른 새로운 얼굴을 추출하는 것이 확인 하였고 검출된 이미지로써 이용하여 감정을 식별하기 위한 데이터인 얼굴을 특징점을 찾아내어 그것을 퍼지분류기를 통하여 감정을 식별하는 방법을 사용하는 방법에 대하여 확인해보았다.

감사의 글: 이 논문은 2005년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (KRF-2005-042-D00268)

[참 고 문 헌]

- [1] G. yang and TS. Huang, Human face detection in a complex background," Pattern Recognition, Vol 27, No 1, pp 53-63, 1994
- [2] 주영훈, 정근호, 김문환, 박진배, 이재연, 조용조, "감정 인식을 위한 얼굴 영상 분석 알고리즘," 퍼지 및 지능시스템 학회, vol 14, no. 7, pp. 80 1-806, 2004.
- [3] Lantis, C. J. Taylor, and T. F. Cootes, "An automatic face identification system using flexible appearance models," Image and Vision Computing, Vol 13, No 4, pp.393-400, 1995
- [4] 주영훈, 오재홍, "형판 벡터와 신경회로망을 이용한 감정인식," 한국 퍼지 및 지능시스템학회 논문지, Vol. 13, No.6, pp. 710-715, 2003. 12