

감정 인식을 위한 얼굴 영상 분석 알고리즘

Facial Image Analysis Algorithm for Emotion Recognition

주영훈*, 정근호*, 김문환**, 박진배**, 이재연***, 조영조***

Y. H. Joo, K. H. Jeong, M. H. Kim, J. B. Park, J. LEE, Y. J. CHO

*군산대학교 전자정보공학부, **연세대학교 전기전자공학과, ***ETRI 지능형로봇연구단

요 약

감정 인식 기술은 사회의 여러 분야에서 요구되고 있는 필요한 기술이지만, 인식 과정의 어려움으로 인해 풀리지 않는 문제로 남아있다. 특히 얼굴 영상을 이용한 감정 인식 기술에서 얼굴 영상을 분석하는 기술 개발이 필요하다. 하지만 얼굴 분석을 어려움으로 인해 많은 연구가 진행 중이다. 본 논문에서는 감정 인식을 위한 얼굴 영상 분석 알고리즘을 제안한다. 제안된 얼굴 영상 분석 알고리즘은 얼굴 영역 추출 알고리즘과 얼굴 구성 요소 추출 알고리즘으로 구성된다. 얼굴 영역 추출 알고리즘은 다양한 조명 조건에서도 강인하게 얼굴 영역을 추출할 수 있는 퍼지 색상 필터를 사용한 방법을 제안하였다. 또한 얼굴 구성 요소 추출 알고리즘에서는 가상 얼굴 모형을 이용함으로써 보다 정확하고 빠른 얼굴 구성 요소 추출이 가능하게 하였다. 최종적으로 모의실험을 통해 각 알고리즘들의 수행 과정을 살펴보았으며 그 성능을 평가 하였다.

Abstract

Although the technology for emotion recognition is important one which demanded in various fields, it still remains as the unsolved problem. Especially, it needs to develop the algorithm based on human facial image. In this paper, we propose the facial image analysis algorithm for emotion recognition. The proposed algorithm is composed as the facial image extraction algorithm and the facial component extraction algorithm. In order to have robust performance under various illumination conditions, the fuzzy color filter is proposed in facial image extraction algorithm. In facial component extraction algorithm, the virtual face model is used to give information for high accuracy analysis. Finally, the simulations are given in order to check and evaluate the performance.

Key words : 감정인식, 얼굴영상, 퍼지 색상 필터, 얼굴영역 추출 알고리즘, 얼굴 구성요소 추출 알고리즘

1. 서 론

인간의 감정을 인식하는 기술은 그 응용분야가 대단함에도 불구하고 감정 분석의 어려움으로 인해 쉽게 해결되지 않는 문제로 남아 있다. 인간의 감정 인식은 크게 영상을 이용한 방법과 음성을 이용한 방법으로 나뉘어진다. 이 중 특히 인간의 감정이 얼굴로 많이 표현되기 때문에 얼굴 영상을 이용한 감정 인식이 많이 연구되고 있다. 영상을 이용한 감정 인식을 위해서는 얼굴 영상을 분석하여 특징을 찾아내는 알고리즘 개발이 필수적이다. 얼굴 영상 분석은 크게 얼굴 영역 추출과 얼굴 구성 요소 추출로 이루어진다. 얼굴 영역 추출 기법은 그 다양한 응용분야로 인해 많은 연구가 이루어지고 있다 [1-3].

조명의 변화가 많은 일반적인 환경에서는 얼굴 영역 추출이 쉽지 않다. 얼굴 구성 요소 추출 또한 많은 연구가 이루어지고 있다 [4-8]. 일반적인 방법은 템플릿 매칭 기법을 사용하는 것이다. 그러나, 영상의 크기에 따라 정합의 크기가 달라져야 하는 단점이 있고, 계산 시간이 매우 오래 걸리기 때문에 실제 시스템에 응용하기가 힘들다. 또한, 히스토그램을 사용하는 방법은 환경에 따라 히스토그램의 정보가 변하기

때문에 얻어진 히스토그램 정보를 분석하기가 쉽지 않다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 보다 일반적이고 빠른 수행 시간을 가진 얼굴 분석 알고리즘을 제안한다. 이를 위해 얼굴 영역 추출 기법은 퍼지 색상 필터를 이용한 얼굴 영역 추출 알고리즘을, 얼굴 구성 요소 추출 기법은 가상 얼굴 모형을 이용한 얼굴 영상 분석 알고리즘을 제안한다. 퍼지 색상 필터는 얼굴 영역 검출에 있어서 색상 기반 얼굴 검출 알고리즘이 가지는 환경에 의존적인 단점을 해결하기 위해 제안된 색상 필터이다. 이는 퍼지 모델 기반으로 피부색을 퍼지 이론을 이용해 모델화 함으로써 다양한 조명 조건과 환경 변화에서도 얼굴 영역 추출이 가능한 장점을 갖는다. 퍼지 색상 필터를 이용하여 얻어진 얼굴 영역을 가상 얼굴 모형과 히스토그램 기법을 사용하여 분석함으로써 얼굴 구성 요소를 추출해 낼 수 있다. 가상 얼굴 모형은 얼굴의 기하학적 정보를 담은 얼굴 모형으로 각 얼굴 구성 요소의 상호간의 기하학적 정보를 가지고 있다. 가상 얼굴 모형을 이용한 방법은 기존의 템플릿 매칭 기법과 달리 빠른 시간 내에 정확한 얼굴 구성 요소를 찾아낼 수 있으며, 사용자의 얼굴 구성 요소의 모양에 크게 구애받지 않는 장점을 가진다.

접수일자 : 2004년 10월 18일

완료일자 : 2004년 12월 05일

감사의 글 : 본 연구는 정보통신부에서 지원하는 URC (Ubiquitous Robotic Companion) 과제의 지원을 받아 수행되었습니다.

2. 퍼지 색상 필터를 이용한 얼굴 영역검출

사람의 피부색은 환경의 조도 변화에 매우 민감하며 사람들 마다 피부색이 모두 조금씩 다르기 때문에 주어진 얼굴

영상에서 피부색을 인식하는 일은 매우 힘든 일이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 퍼지 모델 색상 필터를 제안한다.

2.1 퍼지 색상 필터

퍼지 색상 필터는 다양한 조도 조건과 다양한 사람들로 부터 얻어진 피부색 정보를 퍼지 모델화하고, 이를 바탕으로 색상 필터를 구성하는 방법이다. 퍼지 색상 필터는 다음과 퍼지 규칙으로 구성된다.

$$R_i: \text{ IF } x_1 \text{ is } M_{a1} \text{ and } x_2 \text{ is } M_{a2} \text{ and } x_3 \text{ is } M_{a3} \quad (1) \\ \text{ THEN } y_i(x) = a_i$$

여기서, x_1, x_2, x_3 은 얼굴 색상 정보이며 각각 색상의 색상, 채도, 명도 값을 갖는다. M_{a1}, \dots, M_{a3} 는 전건부 퍼지 집합이며, $y_i(x)$ 는 i 번째 규칙의 후건부 출력이며, a_i 는 후건부 변수를 나타내며, $x = [x_1, x_2, x_3]^T$ 는 입력 벡터를 나타낸다. 본 논문에서는 전건부 멤버십 함수만을 사용하여 퍼지 모델링을 하였으며, 후건부 변수는 1로 고정하여 사용하였다. 멤버십 함수는 다음과 같은 가우시안 멤버십 함수를 사용한다.

$$\mu_{M_{aj}} = e^{-\frac{(c_j^i - x_j)^2}{v_j^i}} \quad (2)$$

여기서, c_j^i 와 v_j^i 는 i 번째 규칙의 j 번째 입력의 중심 값과 분산을 나타낸다. 전건부 점화식 값 $h_i(x)$ 는 다음과 같이 계산된다.

$$h_i(x) = \prod_{j=1}^3 \mu_{M_{aj}}(x_j) \\ = e^{-\frac{(c_1^i - x_1)^2}{v_1^i}} \times e^{-\frac{(c_2^i - x_2)^2}{v_2^i}} \times e^{-\frac{(c_3^i - x_3)^2}{v_3^i}} \\ = e^{-\sum_{j=1}^3 \frac{(c_j^i - x_j)^2}{v_j^i}} \\ = e^{-(x-c_i)^T V_i^T V_i (x-c_i)} \quad (3)$$

여기서, $V_i = \text{diag}(1/\sqrt{v_1^i}, 1/\sqrt{v_2^i}, 1/\sqrt{v_3^i})$ 와 $c_i = [c_1^i \ c_2^i \ c_3^i]$ 와는 i 번째 규칙 가우시안 멤버십 함수의 분산과 중심값을 나타내는 대각행렬이다. 최종 퍼지 규칙의 최종 출력 $Y(x)$ 은 다음과 같다.

$$Y(x) = \frac{\sum_{i=1}^l h_i(x) a_i}{\sum_{i=1}^l h_i(x)} \quad (4)$$

여기서, l 은 퍼지 규칙의 수이다. 색상 필터링에 소모되는 시간을 단축시키기 위해 퍼지 규칙 수는 적을수록 좋다. 최종적으로 색상 필터를 적용시킨 이미지는 다음과 같이 계산된다.

$$\mathcal{Y}(x) = u(Y(x) - Y_{\min}) \quad (5)$$

여기서, $\mathcal{Y}(x)$ 는 입력 픽셀이 x 일 때 색상 필터가 적용된 픽셀이며, a 는 그레이 색상 값을 나타내며, $u(t)$ 는 단위 계단함수이다. Y_{\min} 는 퍼지 색상 필터가 가지는 임계값을 나타내며, 이 값을 조절함으로써 필터의 강인성을 조절 할 수 있다.

본 논문에서는 퍼지 색상 필터 (1)을 동정하기 위해 선형

행렬 부등식(linear matrix inequality)을 이용한 최적화 방법을 사용한다. 퍼지 색상 필터에 조도 및 환경에 대한 강인성을 주기 위해서는 다양한 환경과 다양한 사람으로부터 얻어진 피부색 정보가 필요하다. 얻어진 k 번째 피부색 정보를 $s^k = [s_1^k \ s_2^k \ s_3^k] \in S$ 라고 할 때, 최적의 퍼지 색상 필터를 얻기 위해서는 V_i 와 c_i 가 다음과 같은 식을 만족해야 한다.

$$(s^k - c_i)^T V_i^T V_i (s^k - c_i) = 0, \forall s^k \in S \quad (6)$$

식 (6)을 만족시키는 c_i 와 V_i 를 찾기 위해 다음의 정리를 개발한다.

정리 1. (γ -최적 멤버십 함수 동정): 색상 정보 s 가 주어졌을 때, 퍼지 색상 필터의 i 번째 규칙의 가우시안 멤버십 함수의 중심과 분산값 c_i 와 V_i 은 다음과 같은 일반고유값문제를 해결함으로써 결정된다.

$$\begin{aligned} & \text{minimize } a_i, \gamma \\ & \text{subject to} \\ & \gamma > V_i > 0 \\ & \begin{bmatrix} \gamma & \star \\ V_i s - a_i & \gamma \end{bmatrix} > 0, \forall s \in S \end{aligned}$$

여기서, $a_i = V_i c_i$ 이고 \star 는 대칭된 행렬요소를 나타낸다.

증명: 식 (6)은 다음과 같은 γ 최소화 문제로 바꾸어 생각할 수 있다.

$$\begin{aligned} & \text{Minimize } \gamma \\ & V_i > 0 \end{aligned} \quad (7)$$

$$(s - c_i)^T V_i^T V_i (s - c_i) < \gamma \quad (8)$$

식 (8)은 다음과 같은 과정으로 선형행렬부등식 형태로 변환할 수 있다.

$$\begin{aligned} & (s - c_i)^T V_i^T V_i (s - c_i) < \gamma \\ & (s - c_i)^T V_i^T V_i (s - c_i) - \gamma < 0 \\ & \begin{bmatrix} \gamma & \star \\ V_i s - a_i & \gamma \end{bmatrix} > 0. \end{aligned} \quad (9)$$

따라서, 식 (6)을 만족시키는 행렬 c_i 와 V_i 는 조건 (7)과 조건 (9)를 갖는 일반 고유값 문제로 변환 가능하다. 추가적으로 멤버십 함수의 분산값을 줄이기 위해 다음과 같은 분산에 대한 조건이 추가된다.

$$\gamma > V_i \quad (10)$$

최종적으로 식 (6)을 해결하는 문제는 조건 (7), (8), 그리고 (10)을 만족시키며 γ 가 최소값을 가질 때 c_i 와 V_i 를 찾는 문제로 변화 가능하다.

2.2 히스토그램을 이용한 얼굴 영역 추출

색상 필터는 영상의 한 픽셀의 정보를 분석하여 피부색의 여부를 한 픽셀의 그레이 영상 정보로 반환한다. 필터가 적용된 픽셀은 a 혹은 0 값을 가지게 되며, 이를 바탕으로 히스토그램 분석을 통해 얼굴 영역을 추출한다. 여기서 a 값을 가진 픽셀은 피부색을 가지는 픽셀이며, 0을 가진 픽셀은 피부색이 아닌 픽셀을 나타낸다. 퍼지 색상 필터가 적용된 그레이 영상이라고 $I_g \subset \mathbb{R}^{m \times n}$ 하고 이때 가로 i 번째 세로 j

번째 픽셀을 $x_{ij} \in I_k$ 라고 할 때, 우리는 다음과 같은 수평 히스토그램 벡터 $o = [o_1, \dots, o_n]$ 와 수직 히스토그램 벡터 $p = [p_1, \dots, p_m]$ 를 얻을 수 있다.

$$o_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} \quad (11)$$

$$p_i = \sum_{j=1}^m x_{ij} \quad (12)$$

커널 방법을 사용하여 얼굴 영역을 분리해 내기 위해 다음과 같은 edge 윈도우 함수를 정의 한다.

$$e^1 = \begin{pmatrix} 0 & \dots & -l & \dots & -1, \\ d & & 0, & \dots & l \end{pmatrix} \quad (13)$$

$$e^2 = \begin{pmatrix} d & \dots & -l & \dots & -1, \\ 0 & & 0, & \dots & l \end{pmatrix} \quad (14)$$

여기서, l 은 윈도우 폭을 의미하고 d 는 윈도우 임계값을 나타낸다. 이 두 값을 조정함으로써 퍼지 색상 필터링으로부터 얻어진 얼굴 영역에 강인성을 조절할 수 있다. 커널 방법을 사용해 히스토그램은 다음과 같이 새 히스토그램을 생성할 수 있다.

$$\begin{aligned} \hat{p} &= [\hat{p}_1, \dots, \hat{p}_m] \\ \hat{o} &= [\hat{o}_1, \dots, \hat{o}_n] \end{aligned}$$

여기서,

$$\begin{aligned} \hat{p}_i &= \prod_{k=-l}^{-1} \delta(p_{i+k} - e_{i+k+1}^1) \prod_{k=1}^l u(p_{i+k} - e_{i+k+1}^1) \\ &\quad - \prod_{k=-l}^{-1} u(p_{i+k} - e_{i+k+1}^2) \prod_{k=1}^l \delta(p_{i+k} - e_{i+k+1}^2) \\ \hat{o}_i &= \prod_{k=-l}^{-1} \delta(o_{i+k} - e_{i+k+1}^1) \prod_{k=1}^l u(o_{i+k} - e_{i+k+1}^1) \\ &\quad - \prod_{k=-l}^{-1} u(o_{i+k} - e_{i+k+1}^2) \prod_{k=1}^l \delta(o_{i+k} - e_{i+k+1}^2). \end{aligned}$$

따라서, 얼굴영역은 \hat{p} 와 \hat{o} 를 분석함으로써 알아낼 수 있다. \hat{p} 와 \hat{o} 는 얼굴 영역이 시작되는 좌표에서 1 값을 얼굴 영역이 끝나는 좌표에서 -1을 가지고 이외의 영역에서는 모두 0을 가지게 된다. 예를 들어 \hat{p} 가 다음과 같은 값을 갖는다고 하자.

$$\hat{p} = [0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ -1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ -1 \ 0]$$

그러면, 첫 번째 얼굴 후보 영역은 (3,14) 사이 영역이며 두 번째 얼굴 후보 영역은 (17,19)가 된다. 1개 이상의 후보 영역이 존재할 경우는 크기가 가장 큰 영역을 선택하면 되므로 최종 얼굴 영역은 (3,14)가 된다. 추가적으로 수직 방향의 얼굴 후보 영역의 경우 목이 영상에 존재하는 경우 이 부분까지 모두 후보 영역으로 포함되는 문제가 생긴다. 이를 해결하기 위해 최종 얻어진 수평 수직 얼굴 후보 영역에 대해 그 비율을 계산하여 비율이 1.2 이상인 경우는 수직 후보 영역의 밑 부분의 축소를 방법을 사용한다. 퍼지 색상 필터는 먼저 얼굴 색상 데이터를 바탕으로 오프라인 동정 후 온라인 얼굴영역 추출과정에서 사용된다.

3. 가상 얼굴모형을 이용한 얼굴 영상 분석

3.1 가상 얼굴 모형

가상 얼굴 모형은 얼굴 구성 요소에 대한 기하학적 상호관계를 표현한 얼굴 모형이다. 가상 얼굴 모형의 일반성을 위해 30명의 얼굴 형태를 분석하고 통계적인 기하학적 수치를 선택하였다. 그림 1은 가상 얼굴 모형이 가지는 얼굴 구성 요소의 기하학적 거리를 나타낸다. 표 1은 통계적인 방법으로 산출된 각 기하학적 거리를 나타낸다. 얼굴 크기에 따라서 각 거리가 달라지기 때문에 얼굴 넓이를 기준으로 비율을 계산하여 사용한다.

표 1. 가상 얼굴 모형의 얼굴 구성간의 기하학적 거리비
Table 1. Geometric distance ratio between features of virtual face

Label	거리 비율 (D#/D1)	비고
D1	1	얼굴 가로 길이
D2	0.26	눈 사이 간격
D3	0.27	눈과 코 사이 간격
D4	0.12	코와 입술 사이 간격
D5	0.13	눈밑과 눈썹 위까지 길이
D6	0.18	눈 가로 크기
D7	0.37	입술 가로 크기

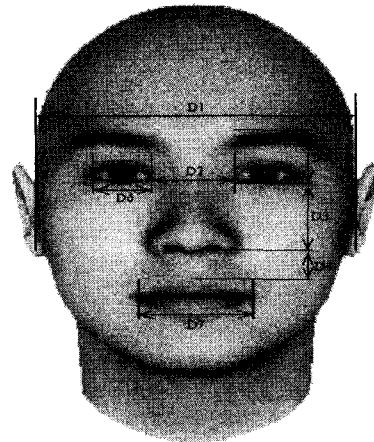


그림 1. 가상 얼굴 모형

Fig. 1. Model of virtual face

3.2 히스토그램 분석을 이용한 얼굴 구성 요소 추출

히스토그램 분석을 이용한 얼굴 구성 요소 추출하기 위해서는 가상 얼굴 모형을 이용해 다음과 탐색 공간 설정이 필수적이다. 그림 2는 3가지의 탐색 공간을 나타낸다. 탐색 공간 R1은 코와 입의 위치를 찾기 위해 사용되는 탐색 공간이며, R2와 R3은 눈과 눈썹의 위치를 찾기 위해 탐색 공간이다. 탐색 공간의 폭과 길이는 추출된 얼굴 가로 길이와 가상 얼굴 모형의 정보를 바탕으로 결정된다. 표 2는 각 탐색 공간의 폭과 위치 정보를 나타낸다. 여기서, Δ 값들은 조정 가능한 상수 값으로 이 값들을 조정함으로써 보다 정확한 탐색 공간을 얻을 수 있다. Δ 값들은 정해진 범위 안에서 적절히 선택된다. 히스토그램 분석을 위해서는 먼저 얻어진 얼굴 영역에 대해 눈, 눈썹, 코, 입의 정보를 추출하기 위해 다음과

같은 명도 정보를 바탕으로 간단한 필터링이 필요하다,

$$\hat{x} = \begin{cases} 0 & , x_2 < I_{th} \\ 255 & , x_2 > I_{th} \end{cases} \quad (15)$$

여기서, x_2 는 입력 벡터의 명도 값을 나타내며, \hat{x} 는 변환된 그레이 영상을 나타낸다. I_{th} 는 명도 임계값을 나타내며 보통 30 근처의 값을 사용한다. 필터링을 통해 그레이 영상이 얻어지면, 각 탐색 공간에 대해 히스토그램 분석을 수행한다. 먼저 수직 히스토그램을 분석하여 각 구성요소의 수직 정보를 분석하고 이후 수직 정보를 바탕으로 각각 구성 요소의 수평 히스토그램을 분석한다. 다음은 각 구성 요소의 추출 방법이다.

1) 코 정보 추출: 탐색 공간 R1에 대해 히스토그램을 작성 후 앞장에서 설명한 커널 방법을 사용해 코 후보 영역에 대한 정보를 얻는다. 최종적인 코 영역은 전체 얼굴 길이의 가장 가까이 있는 후보영역을 선택한다.

2) 눈 및 눈썹 정보 추출: 코 정보가 추출되면, 이를 x 축 기준을 삼아 R2와 R3에 대한 영역에 히스토그램을 작성 후 후보영역을 찾는다. 각 탐색공간에서 아래쪽에 위치한 후보 영역이 눈이 되며 위쪽에 위치가 탐색 영역이 눈썹이 된다. 만일 눈썹 영역 탐색에 실패할 경우, 탐색 영역 R1의 Δ_{R1}^w 가 $-D6/2$ 값을 가지게 하고 이를 바탕으로 히스토그램 분석 후 눈썹 영역을 찾는다.

3) 입술 영역 탐색: 탐색 영역 R1에서 코 밑에 후보지 히스토그램 분석방법에 의해 얻고 이를 바탕으로 입술 정보를 획득한다.

표 2. 얼굴 탐색 공간 속성

Table. 2 Attributes for searching the space of face

탐색 공간	속성	값	Δ 범위
R ₁	width	$D2 - \Delta_{R1}^w$	$0 < \Delta_{R1}^w < D2$
	height	$D2 + \Delta_{R1}^h$	$0 < \Delta_{R1}^h < D2/2$
	R1_y	$D4 + \Delta_{R1}^y$	$0 < \Delta_{R1}^y < D2$
R ₂	width	D6	
	height	$D3 + D5 - \Delta_{R2}^h$	$0 < \Delta_{R2}^h < D3$
	R2_x	$D2 + \Delta_{R2}^x$	$0 < \Delta_{R2}^x < D6$
	R2_y	$D3 - \Delta_{R2}^y$	$0 < \Delta_{R2}^y < D3$
R ₃	width	D6	
	height	$D3 + D5 - \Delta_{R3}^h$	$0 < \Delta_{R3}^h < D3$
	R3_x	$D2 + \Delta_{R3}^x$	$0 < \Delta_{R3}^x < D6$
	R3_y	$D3 - \Delta_{R3}^y$	$0 < \Delta_{R3}^y < D3$

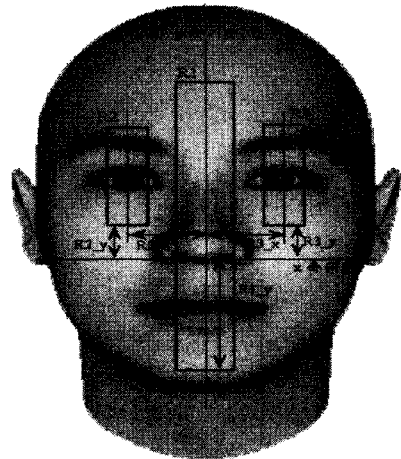


그림 2. 얼굴 탐색 공간

Fig. 2 Space for searching the face

4. 모의 실험

제안된 얼굴 분석 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 모의 실험을 수행하였다. 모의실험은 크게 제안된 퍼지 색상필터의 성능 평가와 얼굴 구성 요소 추출 알고리즘의 성능 평가로 나누어 수행되었다. 실험에 사용된 얼굴 영상은 CCD 카메라로부터 얻은 320x240 크기의 24bit의 컬러 영상이 사용되었다.

4.1 얼굴 영역 추출 알고리즘 모의실험

얼굴 영역 추출은 알고리즘은 퍼지 색상 필터 동정과 동정된 퍼지 색상 필터를 사용한 얼굴 영역 추출로 나뉘어 살펴볼 수 있다. 그림 3은 퍼지 색상 필터 동정에 사용된 피부색 패턴을 나타낸다. 이 피부색 패턴을 이용하여 퍼지 색상 필터가 동정된다. 동정된 피부색 패턴을 얼굴 영상에 적용한 예는 그림 4에 나타나 있다. 그림 4에서 좌측과 하단에 표시된 그림은 얻어진 그레이 영상의 히스토그램을 나타낸다. 커널 방법을 이용해 얻어진 최종 히스토그램 값은 다음과 같다.

$$\hat{o} = \begin{cases} 1 & , i = 137 \\ -1 & , i = 228 \\ 0 & , otherwise \end{cases}, \hat{p} = \begin{cases} 1 & , i = 7 \\ -1 & , i = 161 \\ 0 & , otherwise \end{cases}$$

수직 수평 비율을 살펴보면 1.69로 1.2보다 크므로 수직 후보 영역을 (7,126)으로 재 조절한다.



그림 3. 퍼지 색상필터 동정에 사용된 피부색 패턴

Fig. 3 Skin color patterns used for identifying fuzzy color filter

퍼지 색상 필터는 환경의 변화에 강인한 특징을 가지고 있다. 이를 평가하기 위해 다양한 조명 조건에서 얻어진 얼굴 영상을 바탕으로 모의실험을 하였다. 그림 5는 조명 조건을 총 4가지로 달리하면서 얻은 영상에 얼굴 영역 추출 알고리

즘을 적용한 결과이다. 일반적인 밝은 조명과 일반 조명에서는 얼굴 영역 추출이 용이한 편이다. 그러나, 어두운 조명 조건에 매우 취약한 경우가 많다. 실험 결과를 살펴보면 매우 어두운 조명에서 얼굴 영역을 잘 찾아내고 있음을 확인할 수 있다. 이를 통해 제안된 퍼지 색상 필터의 조명 조건에 대한 강인성을 확인할 수 있다.



그림 4. 퍼지 색상 필터가 적용된 영상 및 히스토그램 값
Fig. 4 Image for fuzzy color filter and its value of histogram



그림 5. 다양한 조명 조건하의 얼굴 영역 추출 결과
Fig. 5 Results for extracting the face spaces under the various illuminations

4.2 얼굴 구성요소 알고리즘 모의실험

얼굴 구성 요소 모의실험은 얼굴 가상 얼굴 모형을 바탕으로 한 히스토그램 분석 방법의 성능을 평가하였다. 그림 6은 실험에 사용된 추출된 얼굴 영상을 나타낸다. 그림 6은 각 구성 요소의 정보를 추출하기 위해 식 (15)를 이용하여 필터링을 수행한다. 이때, I_{th} 값은 30을 사용하였다. 그림 7은 필터링 된 그레이 얼굴 영상을 나타낸다.



그림 6. 얼굴 영상
Fig. 6 Facila Image



그림 7. 필터된 영상
Fig. 7 Filtered Image

이를 바탕으로 탐색 공간 R1, R2, R3의 히스토그램은 계산하면 그림 8과 같다. 이 영상을 이용하여 눈, 코, 눈썹의 수직 위치를 파악 할 수 있다. 즉, 수직 위치가 파악되면 수직 범위 내에서 히스토그램을 분석을 통해 수평 크기를 쉽게 알아 낼 수 있다. 최종적으로 추출된 얼굴 구성 요소는 그림 9와 같다.

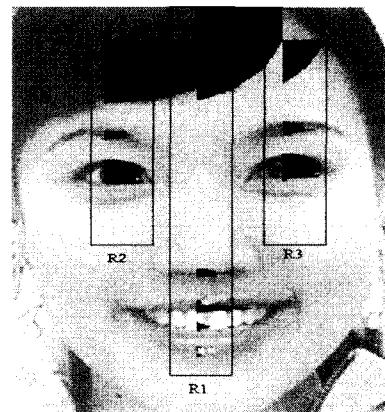


그림 8. 탐색 영역의 히스토그램
Fig. 8 Histogram of searching space



그림 9. 추출된 얼굴 구성 요소
Fig. 9 Extracted face features

5. 결 론

저 자 소 개

감정 인식은 많은 분야에서 각광받는 기술 중에 하나이다. 특히 시스템의 지능화가 가속화되면서 감정 인식 기술에 필요성이 커지고 있다. 이런 시점에서 얼굴 영상을 이용한 감정 인식 기술 개발은 매우 중요한 일이다. 이러한 얼굴 영상을 이용한 감정 인식의 선행 연구로서 이를 위한 얼굴 분석 알고리즘을 본 논문에서는 제안하였다. 제안된 알고리즘은 얼굴 영역 추출 알고리즘과 얼굴 구성 요소 추출 알고리즘으로 구성된다. 얼굴 영역 추출 알고리즘은 퍼지 색상 필터를 사용 보다 강인한 환경에서 좋은 성능을 갖도록 피하였으며 얼굴 구성 요소 추출 알고리즘은 가상 얼굴 모형을 이용 보다 정확한 구성 요소 추출을 가능케 했다. 최종적으로 모의실험을 통해 전체 알고리즘 수행과정을 살펴보았으며, 알고리즘이 잘 동작함을 확인하였다.

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] 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

[3] T. Leung, M. Burl and P. Perona, "Finding faces in clustered scenes using labelled random graph matching," Proc. 5th Inter. Conf. on Computer Vision, pp 637-644, MIT, boston, 1995.

[4] K. C. Yow and R. Cipolla, "Detection of human face under scale, orientation and viewpoint variation," Proceedings 2nd Inter. Conf. on Automatic Face and Gesture Recognition, pp. 295-300, 1996.

[5] Y. Dai and Y. Nakano, "Face-texture model-based on SGLD and its application in face detection in a color scene," Pattern Recognition, Vol 29, No. 6, pp. 1007-1017, 1996.

[6] R. M. Harahck, "Texture feature for image classification," IEEE Trans. on System, Man and Cybern., Vol. 3, No. 6, pp. 610-621, 1973.

[7] K. K. Sung and T. Poggno, "Example-based learning for view-based human face detection," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 20, No. 1, pp. 39-51.

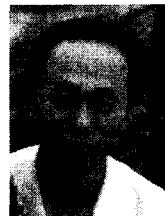
[8] H. A. Rowlev, S. Baluja and T. Kanade, "Human face detection in visual scenes," Technical Report CMU-CS-95-158, CMU, July, 1995.

주영훈(Young Hoon Joo)
2004년 제 14권 제 6호 참조

정근호(Keun Ho Jeong)
2004년 제 14권 제 3호 참조

김문환(Moon Hwan Kim)
2004년 제 14권 제 4호 참조

박진배(Jin Bae Park)
2004년 제 14권 제 6호 참조



이재연(Jaeyeon Lee)
1984년 : 서울대학교 제어계측공학과 졸업.
1986년 : KAIST 전기 및 전자공학과 졸업 (석사)
1996년 : 일본 東海(Tokai) 대학교 광공학과 졸업(공학박사)
1986년~현재 : 한국전자통신연구원 지능형 로봇연구단 책임 연구원

관심분야 : 로봇시스템, 로봇비전, 영상처리, 패턴인식
Phone : 042-860-5507
Fax : 042-860-6790
E-mail : leeje@etri.re.kr



조영조(Young-Jo Cho)
1983년 2월 : 서울대학교 제어계측공학과 졸업 (학사)
1985년 2월 : 한국과학기술원 전기및전자 공학과 졸업(석사)
1989년 8월 : 한국과학기술원 전기및전자 공학과 졸업 (공학박사)
1989년 9월~2001년 2월: 한국과학기술연구원 지능제어연구센터 선임 /책임연구원

1997년 6월~1997년 9월 : 미국 메사추세츠 대학(Amherst) 초빙연구원
2001년 3월~2004년 1월 : (주)아이콘트롤스 기술연구소장/상무
2004년 2월~현재 : 한국전자통신연구원 지능형로봇연구단장

관심분야 : 지능형 로봇 제어구조, 네트워크 기반 지능형 서비스 로봇, 소프트웨어 로봇
Phone : 042-860-1500
Fax : 042-860-6790
E-mail : youngjo@etri.re.kr