

2-단계 퍼지 색상 필터를 이용한 빠른 얼굴 감지 알고리즘

김문환\* · 주영훈\*\* · 박진배\*

\*연세대학교 전기전자공학과, \*\*군산대학교 전자정보공학부

Fast Face Detection Algorithm Using two-stage fuzzy color filter

Moon Hwan Kim\* · Young Hoon Joo\*\* · Jin Bae Park\*  
 \*Yonsei Univ., \*\*Kunsan Univ.

**Abstract** - 본 논문에서는 조명에 변화에 강인하고 기존의 퍼지 색상 필터보다 정확하고 빠른 새로운 얼굴 감지 알고리즘을 제안한다. 퍼지 색상 필터는 조명 변화 및 주변 환경 이미지에 강인한 반면 영상의 크기가 커지고 성능을 향상에 따라 그 처리 속도가 현저하게 느려지는 단점이 있다. 이를 극복하기 위해 본 논문에서는 2-단계 퍼지 색상 필터를 제안하였다. 제안된 2-단계 퍼지 색상 필터는 최소한의 규칙을 사용하여 대략적인 얼굴 후보 영역을 선별하고 선별된 얼굴 후보 영역에 대해 정확한 필터링을 적용함으로써 보다 빠르게 정확한 얼굴 후보 영역을 추출할 수 있다. 최종적으로 다양한 얼굴 영상을 이용하여 제안된 알고리즘의 성능을 평가하였다.

감지 알고리즘은 색상 필터로 얻어진 얼굴 후보 영역에 대해 머리색을 이용한 히스토그램 분석을 함으로써 여러 얼굴을 보다 정확하고 빠르게 탐지할 수 있다. 최종적으로 다양한 얼굴 영상을 이용하여 제안된 알고리즘의 성능을 평가하였다.

2. 2-단계 퍼지 색상 필터 설계

2.1 2-단계 퍼지 색상 필터 구조

제안된 2-단계 퍼지 색상 필터는 두 가지 색상 필터로 구성된다. 첫 번째는 상위 색상 필터는 단일 규칙으로 이루어져 있으며 주어진 입력 색상의 피부색에 대한 유무를 대략적으로 알려준다. 두 번째 하위 색상 필터는 다중 규칙으로 이루어져 있으며 입력 색상에 대한 정확한 피부색 유무를 판단하게 된다. 그림 1 은 두 색상 필터의 구조를 나타낸다.

1. 서 론

인간의 얼굴 감지는 다양한 응용 프로그램에서 널리 사용되는 중요한 기술 중에 하나이다. 하지만 인간의 얼굴 감지는 조명 및 다양한 환경 변화에서 추출하기가 쉽지 않다. 가장 일반적인 얼굴 영역 추출 방법에 대한 접근은 얼굴색을 이용하는 방법이다. 가장 기본적인 얼굴색을 이용한 접근 방법은 통계적인 방법을 이용하여 얼굴 색 구역을 얻고 이를 이용하여 얼굴 영역을 찾는 방법이다. 하지만 이러한 방법은 얼굴색의 변화에 매우 민감하다는 단점을 가지고 있기 때문에 다른 지능적인 방법들이 연구되고 있다[1-4]. 그 중 퍼지 모델을 이용한 조명 변화 및 환경 변화에 따른 얼굴색 감지에 우수한 성능을 가지는 색상 필터가 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. 얼굴 영역 추출은 실시간으로 많이 사용되는 기법이기 때문에 수행 시간이 중요한 의미를 가진다. 따라서 보다 빠른 속도를 가지며 정확도를 높일 수 있는 퍼지 색상 기법의 개발이 필요하다.

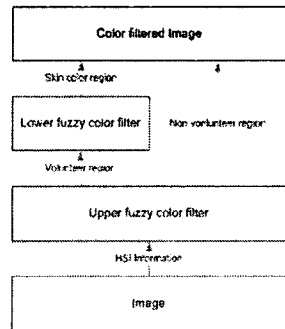


그림 1 2-단계 퍼지 색상 필터 구조

본 논문에서는 조명에 변화에 강인하고 기존의 퍼지 색상 필터보다 정확하고 빠른 새로운 얼굴 감지 알고리즘을 제안한다. 제안된 새로운 얼굴 감지 알고리즘은 새로운 색상 필터링 알고리즘과 히스토그램 분석 알고리즘으로 구성된다. 퍼지 색상 필터는 조명 변화 및 주변 환경 이미지에 강인한 반면 영상의 크기가 커지고 성능을 향상에 따라 그 처리 속도가 현저하게 느려지는 단점이 있다. 이를 극복하기 위해 본 논문에서는 2-단계 퍼지 색상 필터를 제안하였다. 제안된 2-단계 퍼지 색상 필터는 최소한의 규칙을 사용하여 대략적인 얼굴 후보 영역을 선별하고 선별된 얼굴 후보 영역에 대해 정확한 필터링을 적용함으로써 보다 빠르게 정확한 얼굴 후보 영역을 추출할 수 있다. 추출된 얼굴 후보 영역에 대해 정확한 얼굴 영역 감지를 위해 히스토그램 분석 기법을 이용한 다중 얼굴 감지 알고리즘이 적용되었다. 다중

색상 필터링에 사용된 색상 모델은 HSV (Hue Saturation Value) 색상 모델이다. HSV 색상 모델은 다른 여러 색상 필터 관련 연구에서 많이 사용되는 색상 모델이다. 상위 색상 필터와 하위 색상 필터는 각각 다음과 같은 퍼지 규칙으로 구성된다.

상위 색상 필터:

$$R_1^1: \text{If } x_1 \text{ is } M_{a1}^1 \text{ and } \dots \text{ and } x_3 \text{ is } M_{b3}^1 \\ \text{Then } y_1^1(x) = a$$

하위 색상 필터:

$$R_1^2: \text{If } x_1 \text{ is } M_{a1}^2 \text{ and } \dots \text{ and } x_3 \text{ is } M_{b3}^2 \text{ and } y^1 \text{ is}$$

$M_{i1}^l$  Then  $y_i^j(x) = b_i, i=1, \dots, l$

여기서,  $x = [x_1 \dots x_m]$ 는 입력 벡터이고  $x_j$ 는  $j$ 번째 특징 입력이다.  $M_{i1}^l, \dots, M_{im}^l$ 는 상위 색상 필터의 조건부 퍼지 집합이며,  $M_{i1}^l, \dots, M_{im}^l$ 는 하위 색상 필터의 조건부 퍼지 집합이다.  $a$ 는 상위 색상 필터의 결론부 파라미터이며  $b_i$ 는 하위 색상 필터의 결론부 파라미터를 나타낸다. 소속 함수는 다음과 같은 가우시안 소속 함수를 사용한다.

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

$y^l(x)$ 은 상위 퍼지 색상 필터의 최종 출력으로 다음과 같이 계산된다.

$$y^l(x) = a \prod_{j=1}^m \mu_{M_j^l}(x_j) \quad (2)$$

상위 퍼지 색상 필터가 임계값  $\alpha$ 를 넘는 경우 입력 픽셀이 후보 영역으로 선택 되고 하위 퍼지 색상 필터에 의해 세밀하게 조사된다. 하위 퍼지 색상 필터의 최종 출력은 다음과 같다.

$$Y(x) = \frac{\sum_{i=1}^l h_i(x)b_i}{\sum_{i=1}^l h_i(x)} \quad (3)$$

$$h_i(x) = \mu_{M_i^l}(y^l) \prod_{j=1}^m \mu_{M_j^l}(x_j)$$

여기서  $h_i(x)$ 는  $j$ 번째 규칙의 집합식 값이다. 최종적으로 하위 색상 필터의 출력이  $\beta$ 를 초과하면 입력 픽셀을 얼굴 영역으로 인식한다. 최종적으로 상위 하위 색상 모델의 설계 변수와 임계값  $\alpha$ 와  $\beta$ 를 동정함으로써 우리는 빠른 수행 속도를 가지면서도 성능이 좋은 퍼지 색상 필터를 설계 할 수 있다.

## 2.2 유전 알고리즘을 이용한 색상 필터 동정

본 논문에서는 2-단계 퍼지 색상 필터의 파라미터들을 동정하기 위해 유전 알고리즘을 사용하였다.

유전 알고리즘은 자연의 진화과정을 컴퓨터상에서 모의 실험하여 주어진 문제에 대한 원하는 해를 탐색하는 방법이다.

보다 신뢰성 있는 유전 알고리즘 사용을 위해 본 논문에서는 MATLAB의 유전알고리즘 Toolbox를 사용하여 퍼지 색상 필터의 파라미터를 동정하였다. 실수 코딩 유전 알고리즘이 사용되었으며 탐색체는 다음과 같이 설계되었다.

상위 퍼지 색상 필터 파라미터	하위 퍼지 색상 필터 파라미터	$\alpha$	$\beta$
------------------	------------------	----------	---------

그림 2 탐색체 구조

상위 및 하위 퍼지 색상 필터 파라미터는 전건부 변수 파라미터가 먼저 조건부 변수 파라미터가 나중에 열거되는 형식으로 탐색체로 코딩된다.

각 개체의 적합도(fitness)를 평가하는 적합도 함수는 보통 풀고자 하는 최적화 문제의 목적 함수나 다른 주관적 평가 함수에 기본하여 결정된다. 일반적으로 퍼지 제어기의 최적화는 목적 함수값을 최소화시키는 퍼지 제어기의 구성요소를 찾아내는 것이다. 따라서, 본 논문에서는 식 (4)과 같은 목적함수를 이용한 식 (5)를 적합도 함수로 정한다. 여기서  $y_d$ 는 요 출력값으로  $x$ 가 얼굴 색일 경우는 1의 값을 이외일 경우는 0의 값을 갖는다.

$$e = \sum y_d - Y(x) \quad (4)$$

$$f_{fitness}(x) = 100e \quad (5)$$

## 3. 히스토그램 분석 기법을 이용한 얼굴 영역 감지

색상 필터는 영상의 한 픽셀의 정보를 분석하여 피부색의 여부를 한 픽셀의 그레이 영상 정보로 반환한다. 필터가 적용된 픽셀은 1 혹은 0 값을 가지게 되며, 이를 바탕으로 히스토그램 분석을 통해 얼굴 영역을 추출한다. 여기서 1 값을 가진 픽셀은 피부색을 가지는 픽셀이며, 0을 가진 픽셀은 피부색이 아닌 픽셀을 나타낸다. 퍼지 색상 필터가 적용된 그레이 영상이라고  $I_g \subset \mathbb{R}^{m \times n}$ 라고 하고 이때 가로  $i$ 번째 세로  $j$ 번째 픽셀을  $x_{ij} \in I_g$ 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.

$$o_i = \sum_{j=1}^m x_{ij} \quad (6)$$

$$p_i = \sum_{j=1}^m x_{ij} \quad (7)$$

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

$$e^{1'} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & \dots & -1 \\ d & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$e^{2'} = \begin{bmatrix} d & -1 & \dots & -1 \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (9)$$

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

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

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

여기서,

$$\hat{p}_i = \prod_{k=1}^{l-1} \delta(p_{i+k} - e^{1}_{i+k+1}) \prod_{k=1}^{l-1} u(p_{i+k} - e^{1}_{i+k+1}) - \prod_{k=1}^{l-1} u(p_{i+k} - e^{2}_{i+k+1}) \prod_{k=1}^{l-1} \delta(p_{i+k} - e^{2}_{i+k+1})$$

$$\hat{o}_i = \prod_{k=1}^{l-1} \delta(o_{i+k} - e^{1}_{i+k+1}) \prod_{k=1}^{l-1} u(o_{i+k} - e^{1}_{i+k+1}) - \prod_{k=1}^{l-1} u(o_{i+k} - e^{2}_{i+k+1}) \prod_{k=1}^{l-1} \delta(o_{i+k} - e^{2}_{i+k+1}).$$

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 이와의 영역에서는 모두 0을 가지게 된다. 예를 들어  $\hat{p}$ 가 다음과 같은 값을 갖는다고 하자.

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

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 축소하는 방법을 사용한다.

## 4. 실험 및 분석

본 논문에서 제안된 기법의 우수성을 입증하기 위해  $320 \times 240$  크기를 가지는 24 비트 컬러 영상을 이용하여 제안된 기법의 성능 평가를 수행하였다. 모든 실험은 MATLAB 기반으로 이루어졌기 때문에 전체적인 영상 처리 속도가 다소 늦었다. 그림 4는 평가에 사용된 초기 영상을 나타낸다.



그림 4 얼굴 영역 추출을 위한 초기 영상

초기 영상으로부터 얼굴 영역 색을 추출한 후 이를 바탕으로 유전 알고리즘을 사용하여 제안된 퍼지 색상 필터를 동정하였다. 사용된 유전 알고리즘의 개체수는

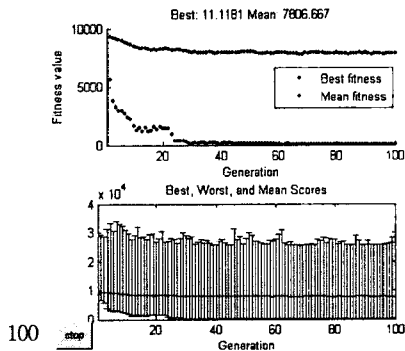


그림 5 세대에 따른 적합도 변화

이며 세대수는 100이다. 유전 방법은 ga toolbox 의 기본 설정을 사용하였다. 그림 5는 사용된 유전 알고리즘의 세대에 따른 적합도 변화 그래프를 나타낸다. 유전 알고리즘에 의해 동정된 상위 퍼지 필터의 조건부 소속함수는 그림 6과 같다. 또한 임계값  $\alpha$ 는 0.45 이다. 최종적으로 동정된 하위 필터는 5개의 규칙을 가지며 각 규칙 조건부의 소속함수는 그림 7과 같다. 또한 동정된 결론부 파라미터는 다음과 같다.

$$b = [1.00 \ 0.52 \ 0.01 \ 0.06 \ 1.00]$$

또한 동정된 임계값  $\beta$  값은 0.51 이다. 동정된 퍼지 색상 필터를 사용하여 초기 영상에 얼굴 영역을 찾아낸 결과는 그림 8과 같다. 또한 2단계 퍼지 색상 필터를 모두 적용한 결과는 그림 9와 같다. 그림에서도 보듯이 2단계 필터를 적용한 결과가 더 좋음을 확인 할 수 있다. 또한 기존의 5개 규칙만을 사용했을 시 계산에 사용되는 시간이 46.01 초인 반면에 제안된 기법을 사용했을 시에는 20.72초로 2배 정도 속도가 증가함을 확인 할 수 있다.

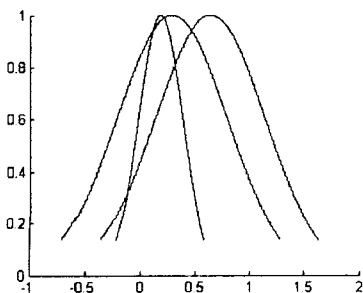


그림 6 상위 퍼지 색상 필터 소속함수

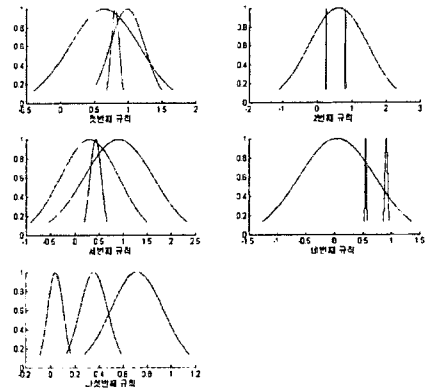


그림 7 하위 퍼지 색상 필터의 소속 함수



그림 8 상위 퍼지 색상 필터만 적용한 결과      그림 9 2단계 퍼지 색상 필터를 모두 적용한 결과

## 5. 결 론

논문에서는 조명에 변화에 강인하고 기존의 퍼지 색상 필터보다 정확하고 빠른 새로운 얼굴 감지 알고리즘을 제안하였다. 퍼지 색상 필터는 조명 변화 및 주변 환경 이미지에 강인한 반면 영상의 크기가 커지고 성능을 향상에 따라 그 처리 속도가 현저하게 느려지는 단점이 있다. 이를 극복하기 위해 2 단계 퍼지 색상 필터가 제안되었다. 실험을 통해 제안된 기법의 우수성을 확인 하였다.

## 감사의 글

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

## [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," In Proceedings 5th International Conference 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 2<sup>nd</sup> International Conference 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.