

論文2002-39SP-2-8

Fuzzy Color Classifier와 Convex-hull을 사용한 얼굴 검출

(Face detection using fuzzy color classifier and convex-hull)

朴民植*, 朴昶禹*, 金元河**, 朴玫用*

(Chang-Woo Park, Minsick Park, Won-Ha Kim, and Mignon Park)

요약

본 논문에서는 복잡한 배경에서의 얼굴 추출 방법을 제안한다. 제안된 알고리즘은 적응 퍼지 색 분할 기법을 사용하여 얼굴색과 머리색을 분할시킨다. 얼굴색 분포는 Y,Cb,Cr 색 공간내에서 유도되어지고, 조명 값에 적응적인 퍼지 시스템을 사용하여 얼굴색을 구분해낸다. 머리색은 RGB 색 공간내에서 구분되어진다. 전처리 과정을 거쳐 추출되어진 얼굴색과 머리색 영역에 컨벡스 헐을 적용하여 그들의 관계를 통해 최종적인 얼굴 영역이 추출되어진다. 제안된 방법은 기존의 패턴 매칭 방법에 비해 효율적인 성능을 나타낸다. 제안된 알고리즘의 유효성을 실험을 통해 증명하며, 색 영역에서의 제한 조건 없이 성공적으로 얼굴 영역을 추출해 낼 수 있다.

Abstract

This paper addresses a method to automatically detect out a person's face from a given image that consists of a hair and face view of the person and a complex background scene. Our method involves an effective detection algorithm that exploits the spatial distribution characteristics of human skin color via an adaptive fuzzy color classifier (AFCC). The universal skin-color map is derived on the chrominance component of human skin color in Cb, Cr and their corresponding luminance. The desired fuzzy system is applied to decide the skin color regions and those that are not. We use RGB model for extracting the hair color regions because the hair regions often show low brightness and chromaticity estimation of low brightness color is not stable. After some preprocessing, we apply convex-hull to each region. Consequent face detection is made from the relationship between a face's convex-hull and a head's convex-hull. The algorithm using the convex-hull shows better performance than the algorithm using pattern method.

The performance of the proposed algorithm is shown by experiment. Experimental results show that the proposed algorithm successfully and efficiently detects the faces without constrained input conditions in color images.

Key Word : Face detection, convex-hull, fuzzy system, color classifier

* 正會員, 延世大學校 電氣電子工學科

(ICS Lab, Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University)

** 正會員, 明知大學校 情報通信工學科

(Devision of Electrical and Electronic Engineering, Myongji University, Korea)

接受日字:2001年9月21日, 수정완료일:2001年11月20日

I. 서론

인간 얼굴을 검출하는 것은 1990년대 휴먼 인터페이스의 발전에 의해 많은 연구를 하여 왔고 이에 따르는 많은 응용분야가 나오게 되었다. 얼굴 검출은 템플릿을 이용한 방법^[1] 그리고 눈, 입, 코, 얼굴의 형태와 같은

인간의 형태정보를 이용한 방법^[2]들이 연구되어 왔다. 얼굴을 검출하기 위한 초기의 얼굴영역 분리방법은 주로 에지를 이용한 방법을 사용하였다. Sakai는 입력 영상에서 추출된 에지 지도에 타원형의 템플릿을 이용하여 대략적인 얼굴영역을 설정하고, 설정된 얼굴 영역 내에서 눈, 입의 에지 영상을 검색함으로써 최종적인 얼굴 영역을 검출하는 방법을 제시하였다.^[2] 템플릿을 사용하여 얼굴을 검출하는 방법에는 크게 2가지로 나눌 수 있다. 정합필터와 같이 목표 패턴과 후보 패턴과의 차이를 특징하여 그 값으로 얼굴의 유무를 판단하는 상관 템플릿(Correlation template)방법^[1]과 또 이와 비슷하지만 얼굴 세부 특징의 비강직성에 초점을 맞춰 곡선과 표면을 파라미터화한 변형 가능한 템플릿(Deformable template)을 이용하는 방법이다. Eigen-function과 신경망은 얼굴의 위치를 검출하는데 많이 사용되는 방법 중 하나이다. 그러나 이들은 시각의 변화와 얼굴 형태의 변화가 있는 영상에 적용할 때 그 성능의 한계를 드러낸다. 신경망은 정지 영상에서 얼굴을 분리하거나 검출하는데 좋은 성능을 발휘하나 인간 얼굴의 크기가 변화하는 경우나 회전되는 경우 얼굴을 검출하는데 한계를 보이게 되어 얼굴 검출 시 많은 제약이 존재 하였다. 최근 들어 이러한 제약점들을 극복하기 위하여 색을 이용한 연구가 많이 이루어 지고 있다.^[3-5] 이러한 연구들의 피부 컬러색은 상당히 균일하여서 얼굴 영역의 컬러정보는 좁은 범위 내에 분포되어 있기 때문에 그 결과는 상당히 좋다.

인간의 피부색을 정의하는 방법은 수동으로 인간의 눈에 피부색이라 정의되어지는 부분을 취득하여 정의하는 방법과 지능 알고리즘을 사용하여 인간의 피부색을 정의하는 두 가지 방법이 있다.

이 두 가지 방법 중에서 첫 번째 방법은 더 정밀한 영역 분리 성능을 보여준다. 하지만 여기에서 미리 정의된 맵이 있거나 사람이 수동으로 맵을 정의해 주어야 한다는 제약이 있고 조명에 따라서 민감한 단점을 가지고 있다. 따라서 두 번째 접근 방법이 더욱 실제적이다. 그러나 많은 데이터로 인하여 계산량이 복잡하고 만들어진 하나의 기준 맵을 가지고 모든 사람을 고려한다는 것은 매우 어려운 일이므로 컬러맵은 여러 밝기에 강인한 효과를 보여야 하며 많은 연구자들은 다음과 같은 알고리즘을 연구하였다.

그 예로 Swain과 Ballard는 많은 데이터베이스로부터 색의 유사도에 따라 색의 목록을 만드는 방법을 제

안하였고^[3], Funt와 Finlayson^[4]는 이웃한 색의 비율에 따른 색의 목록으로 색의 목록을 확장하여 나가는 방법을 제안하였다. Wang과 Healey는 Zernike의 moment matrix를 이용한 상관 함수와 이미지의 조명의 변화에 따른 관계를 설계하였다^[6].

최근 얼굴의 분리 방법으로 색 검출 알고리즘을 얼굴영역 분리알고리즘과 결합하여 접근하는 연구가 많이 나오고 있다. Chai는 YCbCr 컬러 모델에서 피부 컬러 맵을 설정한 다음, 이를 이용하여 얼굴 영역과 비 얼굴 영역을 구분 하고 잡음을 제거하여 얼굴 영역만을 검출하는 몇가지 과정을 성공적으로 제안하였다^[7]. H. Wu^[9]는 얼굴의 색과 머리의 색을 이용하여 얻어진 영역 중 퍼지패턴을 이용하여 얼굴을 검출하는 방법을 제시하였다.

하지만^[7]은 색의 영역을 하나의 값으로 정규화 작업을 거쳐 색을 정의해야 한다는 제약이 존재하고^[9]와 같이 퍼지패턴을 이용하는 경우 동일한 얼굴 사이즈의 두 사람을 검출하는 것은 불가능하며 만약 파라미터에 존재하지 않는 기울어진 얼굴이 존재한다면 얼굴을 검출하지 못하는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 어떻게 다양한 밝기에 강인한 피부색 영역을 정의할 것인가 라는 관점과 효율적으로 간단하게 얼굴을 어떻게 검출할 것인가에 대한 두 가지의 관점에 대한 해결점을 제시한다. 먼저 본 논문은 수학적으로 그 성능이 검증되어진 유전자 알고리즘으로부터 퍼지시스템의 소속함수의 파라미터를 학습하고 퍼지시스템의 추론능력을 기반으로 빛에 따른 피부색 영역을 검출한다. 또, 정의 되어진 색 좌표계의 색 영역에 따라 피부색 영역과 머리카락색 영역을 구하고 피부색 영역과 머리카락색 영역에 Convex-hull을 취하여 그들의 공통 영역을 조사하는 얼굴 검출 알고리즘을 제시한다.

본 논문의 2장에서는 색 검출을 위한 알고리즘에 대하여 설명하고 3장에서는 Convex-hull을 이용한 얼굴 영역을 검출방법을 제시하며 4장에서는 실험결과와 고찰을 보이고 마지막으로 5장에서는 결론에 대하여 설명한다.

II. 색 검출을 위한 알고리즘

인간의 피부색과 머리카락의 색은 인간이 눈을 통하여 인간임을 인식하는 중요한 개념이다. 인간이 눈으로 인식하는 효과를 비슷하게 얻기 위하여 컬러의 값은

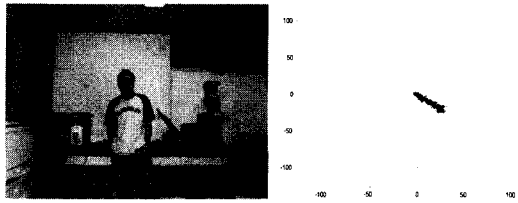
얼굴 검출 시스템에 한 특징으로 이용되어지고 있다.

일반적인 색 좌표계는 RGB색 공간에서 정의 되어지나 실제적으로 영상을 표현하는 데 효과적이지 못하다. 왜냐하면 세가지 색 요소를 나타내기 위해서는 각 요소들이 모두 같은 대역폭을 가져야 하기 때문이다. 같은 대역폭을 갖는다는 것은 색 요소들의 화소 깊이와 해상도가 같아야 한다는 것을 뜻한다. 이에 휘도 신호와 색도 신호를 함께 사용한다. 이 같은 형태는 YIQ, YUV, YCbCr, SMPTE 240M 등이 있다.

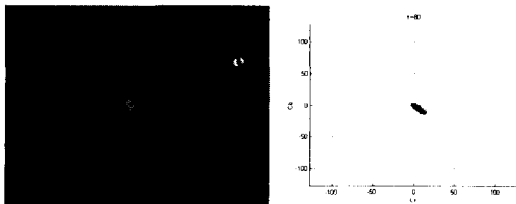
본 장에서는 영상의 평균 밝기에 따라 변화되어지는 피부색을 정의하기 위하여 YCbCr색좌표계에서의 피부색을 Adaptive Fuzzy Color Classifier(AFCC)를 통하여 정의하고 RGB영역내의 머리카락색 영역을 정의하여 얼굴 검출 알고리즘을 제안한다.

1. 얼굴색 검출을 위한 퍼지로지

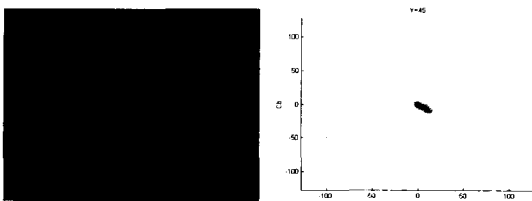
본 논문에서는 효율적인 얼굴을 검출하기 위해 YCbCr 컬러공간 내 피부색 분포를 AFCC를 사용하여 추정하고 이를 기반으로 영상의 피부색 영역을 추정한다.



(a) 밝은 영상에서의 샘플과 Cb, Cr에서의 피부색 분포



(b) 중간 밝기에서의 샘플과 Cb, Cr에서의 피부색 분포



(c) 어두운 밝기에서의 샘플과 Cb, Cr에서의 피부색 분포

그림 1. 샘플영상의 피부 컬러 분포

Fig. 1. Skin color distribution in sample images.

다. <그림1>은 퍼지의 소속함수를 이루는 파라미터를 선정하는 유전자 알고리즘의 학습 데이터를 만들기 위하여 YCbCr의 색도 영역 중 어두운 밝기 영상(Y=45), 중간 밝기의 영상(Y=80), 그리고 밝은 밝기의 영상(Y=120)으로 구성되는 샘플영상과 빛에 따른 Cb, Cr영역 내 피부 컬러 분포를 나타낸 것이다.

본 논문에서는 Cb와 Cr을 입력으로 하는 3종류의 fuzzy rule base를 만든다. 이때 fuzzy rule을 구성하는 파라미터는 유전자 알고리즘^[12]을 이용하여 최적화 된다. 최종 fuzzy rule base는 Cb와 Cr을 입력으로 하고 сал색 신뢰도를 출력으로 하는 2입력 1출력 형태로 <식 1>과 같이 구성되며 <그림2>는 샘플이미지를 이용하여 추정되어진 퍼지시스템 FCC와 3개의 FCC의 출력 함수와 Y값으로 색을 추정하는 AFCC 두 가지의 퍼지 시스템의 구성도를 나타낸다.

*l*th Rule :

IF Cb is A'_{li} and Cr is A'_{2i} Then f_i is B'_i

($i = 1, 2, 3; l = 1, 2, \dots, 9$)

<식1>

A'_{li}, A'_{2i} 은 Cb_i, Cr_i 의 퍼지집합이며 i 의 1,2,3은 Y값이 45, 80, 120인 영상의 변수이다. B'_i 은 입력 값에 대한 피부색 신뢰도이다. 전건부 변수에 대해서는 삼각형 소속함수를 이루고 후건부 변수는 싱글톤 형태의 소속함수로 이루어진다.

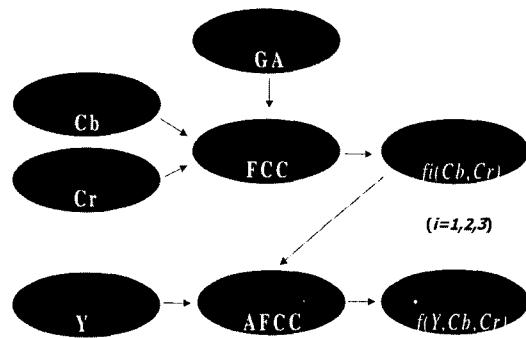


그림 2. 퍼지 시스템의 구조

Fig. 2. The structure of fuzzy system.

유전자 알고리즘 학습과정은 다음과 같다.

STEP 1 : 초기 모집단의 생성

STEP 2 : 소속함수를 구성하는 파라미터(전건부 삼각

형 소속함수의 중간 값, 폭 값, 그리고 후진 부 소속함수의 중앙값)들의 연색체 표현

STEP 3 : 적합도함수를 최대화하는 유전자 알고리즘의 연산(reproduction, crossover, mutation)의 수행

$$Fitness\ function = \frac{1}{\sum_{i=1}^{N_H} (1 - F_i^H)^2 + \sum_{i=1}^{N_N} (F_i^N)^2} \quad <식2>$$

- N_H : 피부색 학습 데이터 개수
- N_N : 비 피부색 학습 데이터 개수
- F_i^H : i th 피부색 데이터 추론 결과
- F_i^N : i th 비 피부색 데이터 추론 결과

STEP 4 : 위 과정을 정해진 generation수만큼 반복

유전자 알고리즘을 이용한 학습과정에서 사용된 유전자 알고리즘 연산은 <표1>과 같다.

표 1. 유전자 알고리즘 연산
Table 1. Genetic algorithm configuration.

Crossover Probability	0.7
Mutation Probability	0.1
Population size	50
Maximum No. of Generation	50

학습 데이터를 기반으로 유전자 알고리즘을 통해 구해진 퍼지 시스템은 다음과 같으며 퍼지의 defuzzifier는 <식3>과 같고 <그림3>는 소속함수를 표현한 것이다.

$$f_i(x_1, x_2) = \frac{\sum_{l=1}^9 y^l (\prod_{c=1}^2 \mu_{A_c^l}(x_c))}{\sum_{l=1}^9 (\prod_{c=1}^2 \mu_{A_c^l}(x_c))} \quad (i=1, 2, 3) \quad <식3>$$

$\prod_{c=1}^2 \mu_{A_c^l}(x_c)$ 는 규칙의 적합도를 나타내며 (x_1, x_2) 은 Cb, Cr의 값을 나타내며, $f_i(x_1, x_2)$ 는 Y값이 45(i=1), 80(i=2), 120(i=3)에서의 살색 신뢰도의 값을 의미한다. y^l 는 <표2>와 같은 형태를 가지는 B_i^l 의 중앙값이다.

<그림4>는 FCC의 추론 결과를 바탕으로 추정되어진 그래프이다. x축은 Cb의 값을 나타내며 y축은 Cr의

표 2. B_i^l 의 중앙값

Table 2. The centers of B_i^l .

Cr \ Cb	$A_{li}^1, A_{li}^4, A_{li}^7$	$A_{li}^2, A_{li}^5, A_{li}^8$	$A_{li}^3, A_{li}^6, A_{li}^9$
$A_{2i}^1, A_{2i}^2, A_{2i}^3$	0	δ	0
$A_{2i}^4, A_{2i}^5, A_{2i}^6$	δ	1	δ
$A_{2i}^7, A_{2i}^8, A_{2i}^9$	0	δ	0

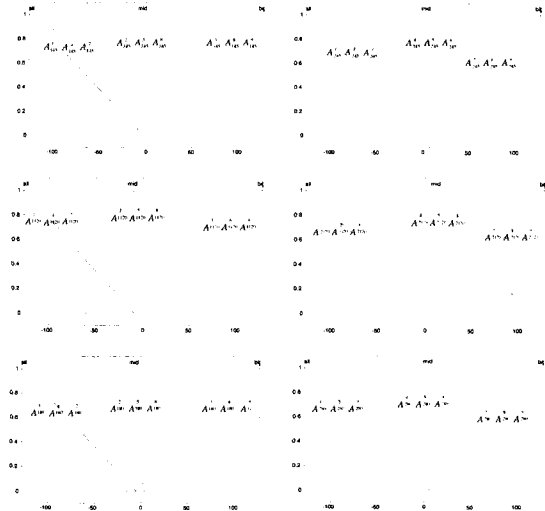
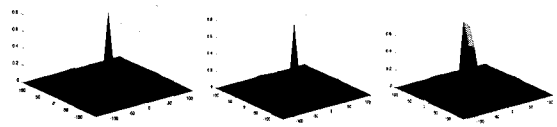


그림 3. 샘플영상의 입력 소속함수
Fig. 3. Input membership functions in smaple images.



(a) Y=45인 경우 (b) Y=80인 경우 (c) Y=120인 경우

그림 4. 소속함수를 사용하여 추정되어진 영상
Fig. 4. Inferred images using membership functions.

값, 그리고 z축은 피부색 신뢰도의 값을 나타낸다.

<그림4>와 같이 추정되어진 영상에 피부색과 비피부색을 결정짓는 임계값을 적용하기 위하여 다음과 같은 식을 사용한다.

$$R_H = \frac{C_H}{N_H} \times 100 \quad : \text{피부색 영역을 결정하는 임계값}$$

$$R_N = \frac{C_N}{N_N} \times 100 \quad : \text{비 피부색 영역을 결정하는 임계값}$$

C_H : 유전자 알고리즘을 통하여 검출 되어진 피부색 영역의 수

C_N : 유전자 알고리즘을 통하여 검출 되어진 비 피부 색 영역의 수

본 논문은 을 이용하여 임계값을 조절한다.

그러나, FCC의 소속함수는 샘플영상과 같은 Y값의 영상에서만 적용이 가능하며 다른 밝기 값이 적용되는 영상에 강인한 결과를 보이지 못하는 단점을 가진다. 본 논문은 위에서 사용하였던 3개의 FCC의 추론 결과와 Y값을 변수의 형태로 하는 Adaptive Fuzzy Color Classifier(AFCC)를 이용하여 다양한 밝기에서 강인하게 피부 색 영역을 추정하도록 설계하였다. AFCC의 Fuzzy rule base는 <식4>와 같으며 <식5>은 AFCC의 출력함수를 나타낸다.

lth Rule :

IF Y is A^l Then f is f_i(x₁, x₂)

(i = 1, 2, 3; l = 1, 2, 3) <식4>

$$f(Y, x_1, x_2) = \frac{\sum_{l=1}^3 f_i(x_1, x_2)(\mu_{A^l}(Y))}{\sum_{l=1}^3 (\mu_{A^l}(Y))} \quad \text{<식5>}$$

<그림5>는 의 퍼지 함수를 이용하여 Y값에 따라 추정하는 퍼지함수의 입력 소속함수이며 <그림6>은 샘플 영상의 평균 Y값 이외의 밝기를 가지는 임의의 Y값에 대하여 추정한 결과이다.

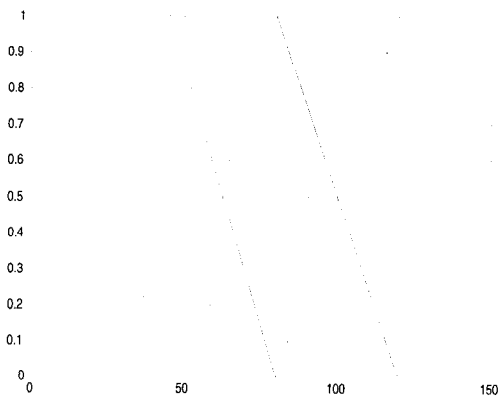
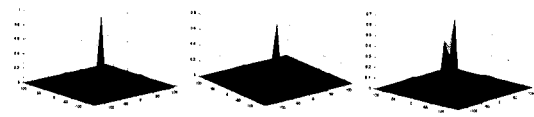


그림 5. Y값에 따라 추정하는 퍼지시스템의 입력 소속 함수

Fig. 5. Input membership functions to Y.



(a) Y= 60인 경우 (b) Y= 90인 경우 (c) Y= 100인 경우

그림 6. Y값에 따라 추정되어진 결과 값

Fig. 6. Inferred results to Y.

2. 머리카락색 검출을 위한 컬러맵

본 논문은 일반적인 동양인의 검은 머리카락색을 기반으로 한다. 머리카락 색의 검출은 얼굴과 다르게 밝기에 민감한 반응을 보이지 않으며 밝기로 인한 머리카락모양의 손실은 Convex-hull로부터 보상되므로 RGB 컬러모델에서 실험을 통하여 얻어진 머리카락의 색 영역만으로 색 검출을 시도하였다. 본 논문에서는 (0,0,0)의 포인트로부터 (30,30,30) 포인트까지의 영역에 포함되는 픽셀들을 머리카락 색으로 정의한다. <그림 7>은 RGB 컬러 공간에서의 검은색 영역과 머리카락색 검출 영역을 나타낸 것이다.



(a) RGB 영역 (b) 원 영상 (c)머리카락색 영역

그림 7. RGB 컬러공간에서의 검은색 영역 검출

Fig. 7. Segmentation of black region in RGB color space.

III. Convex-hull을 사용한 얼굴 검출

일반적으로 영상은 많은 포인트들을 가지고 있다. 그러나 이러한 포인트들은 성질이 같은 부분이 하나의 그룹으로 모여 있어 우리는 이러한 동일한 성질을 가진 포인트의 경계선을 추출하기 위하여 많은 알고리즘을 개발하였다. 이러한 알고리즘 중 Convex-hull은 성질이 같은 포인트들의 집합의 외곽정보를 구하는데 탁월한 성능을 보였다. Convex-hull은 <그림8>과 같이 입력은 점들의 집합으로 이루어 지고 출력은 이들의 점을 모두 포함하는 다각형의 형태를 이룬다.

본 논문에서는 피부색 영역들의 Convex-hull(SCH), 머리색 영역들의 Convex-hull(HCH)의 교집합의 관계에 의한 2종류의 Convex-hull을 사용한다.

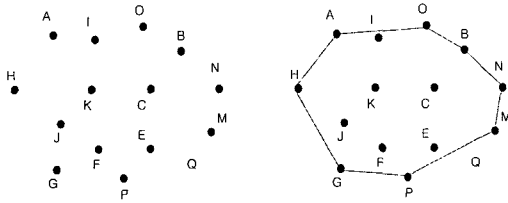


그림 8. Convex-hull의 입력과 출력
Fig. 8. Input and output of convex-hull.

1. 전처리 과정

컬러맵을 이용하여 얻어진 피부색 영역과 머리카락 색 영역에 Convex-hull을 적용하기에는 많은 잡음이 포함되어 있다. 우리가 원하는 영역만을 Convex-hull하기 위하여 전처리 과정이 필요하다. 잡음을 제거하기 위하여 피부색 영역과 머리카락색 영역에 모폴로지 기법 중 제거 연산을 사용한다. <그림9>은 전처리 과정을 통하여 얻어진 피부색 영역과 머리카락색 영역을 나타낸다.

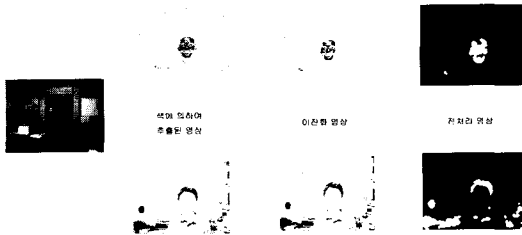


그림 9. 전처리 과정
Fig. 9. Preprocessing.

2. Convex-hull 영역들을 이용한 얼굴 후보 검출

전처리 과정 후 남겨진 영역들에 대하여 각각 고유 번호를 부여하고 Convex-hull을 적용하여 SCH영역들과 HCH영역들을 만든다. 인간의 머리 중 얼굴의 영역과 머리카락의 영역에 Convex-hull을 적용하는 경우 항상 공통영역이 존재한다는 특징을 이용하여 <식6>을 적용하고 얼굴 영역을 검출한다.

$$I_{ij}(x, y) = F_i(x, y) \cap H_j(x, y)$$

$$F_i(x, y), H_j(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } n[I_{ij}(x, y)] > \tau \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$(i = 1 \sim m, j = 1 \sim n)$ <식6>

$F_i(x, y)$ 는 SCH영역이며, $H_j(x, y)$ 는 HCH영역을 정

의하고 $I_{ij}(x, y)$ 은 SCH 영역과 HCH 영역의 공통된 영역으로 정의한다. <그림10>은 <그림9>에서 사용된 입력 영상을 기준으로 추출되어진 $F_i(x, y)$, $H_j(x, y)$, 그리고 $I_{ij}(x, y)$ 영역이다.

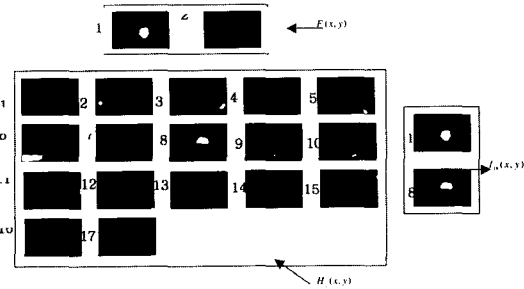


그림 10. HCH 영역들과 SCH 영역들
Fig. 10. HCH and SCH regions.

<그림 11>은 $I_{ij}(x, y)$ 의 영역으로 검출되어진 결과 영상으로 얼굴영역을 로 정의한다

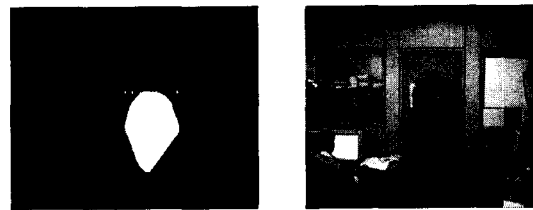


그림 11. 결과 영상
Fig. 11. Result images.

IV. 실험 결과

본 논문에서는 CCD 카메라와 디지털 카메라를 통해 샘플 영상 30개와 실험 영상 90개를 얻었다. 샘플 영상은 어두운 밝기 영상(Y=45) 10개, 중간 밝기의 영상(Y=80) 10개, 그리고 밝은 밝기를 가진 영상(Y=120) 10개로 구성되어 있다. 이 CCD 카메라와 디지털 카메라는 여러 가지 해상도의 디지털 영상을 제공한다.

실험 장비 중 전체 시스템을 관리하는 컴퓨터로는 IBM PC호환 기종 펜티엄 III 700MHz를 사용하고 샘플 영상으로부터 만들어진 색 좌표계의 얼굴 색 정보와 머리카락 색 정보를 이용하여 실험 영상의 피부 색 영역과 머리카락 색 영역을 분리하고 이들의 Convex-hull을 이용하여 얼굴을 검출한다.

1. 실험

다음 표의 파라미터를 이용하여 얼굴 색 영역을 검출하고 RGB 컬러모델을 이용하여 영상 내 머리카락색 영역을 검출한다. 다음 표는 유전자 알고리즘을 통하여 얻어진 5개의 파라미터 결과 값이다.

표 3. 유전자 알고리즘을 통하여 얻어진 파라미터의 결과 값

Table 3. Parameters obtained from Genetic algorithm.

	소속함수의 중앙값		소속함수의 폭값		δ
	Cb	Cr	Cb	Cr	
Y = 45	-3.5	4.5	-10	- 3	0.014
Y = 80	- 5	6	-13	- 3	0.017
Y = 120	-10	13.5	-23	- 3	0.018

본 실험에서 보여주고 있는 첫 번째 영상은 AFCC를 이용하여 얻어진 살색영역이며 두 번째 영상은 RGB영역 내 확장기법을 이용하여 얻어진 머리카락 색 영역이다. 세 번째 영상은 최종적으로 검출되어진 얼굴 영상이다.

본 실험은 4가지의 다른 조건 하에서 실험을 하였으며 단일 얼굴에서의 얼굴 검출, 다중 얼굴 영상에서의 검출, 기울어진 얼굴 영상에서의 검출, 그리고 다양한 밝기에서의 얼굴 검출을 보인다.

- 실험 1 : 단일 얼굴 검출

입력 영상에 단일 얼굴이 있을 때의 검출에 대하여 실험한 결과를 보여준다.

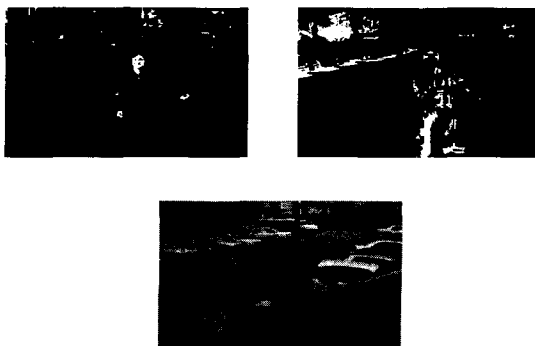


그림 12. 단일 얼굴 검출
Fig. 12. Single face detection.

- 실험 2 : 다중 얼굴 검출

본 알고리즘은 단일 얼굴 검출 이외에 한 영상 내 많은 얼굴이 존재하는 경우 기존의 단점을 보완하고 좋은 성능을 발휘한다. Haiyuan Wu^[9]의 논문과 같이 특별한 크기의 패턴을 정하고 얼굴을 검출하는 경우 같은 다중의 얼굴에서 같은 비율의 얼굴이 존재하는 경우 얼굴후보로 정의 되어진 사각형의 크기가 큰 것만을 얼굴로 정의하고 나머지는 얼굴로 정의하지 못하는 단점을 가지고 있었다. 하지만 본 알고리즘은 다중 얼굴 검출 시 Convex-hull의 다각형의 정보만을 이용하므로 얼굴의 크기에 관계없이 얼굴을 잘 검출 함으로서 퍼지패턴 이 가지고 있는 제약점을 보완하였다.

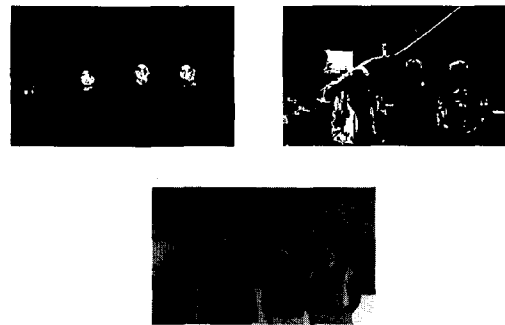


그림 13. 다중 얼굴 검출
Fig. 13. Multiple face detection.

- 실험 3 : 기울어진 얼굴 검출

[9]와 같이 퍼지를 이용하여 얼굴을 검출하는 퍼지패턴 방식은 5가지 얼굴의 패턴을 사용하므로 ~90 degree~90 degree로 회전되어진 얼굴은 검출이 가능하나 기울어진 영상에서의 얼굴 검출은 검출이 불가능하다는 제약점을 가지고 있다. 이와 같이 퍼지나 신경망을 사용한 얼굴 검출은 패턴의 형태가 다양하게 존재하지 않는 경우는 얼굴검출이 불가능 할뿐 아니라 다양한 패턴으로 검출할 시 계산량이 많아진다는 단점이 있다.

본 알고리즘은 이러한 단점을 Convex-hull의 머리카락영역의 Convex-hull과 피부색 영역의 Convex-hull의 교집합관계로 인해 모든 문제를 해결하였다. 또 본 알고리즘은 Convex-hull의 다각형 정보만을 이용하므로 간단하면서도 정확한 검출이 가능하다.

<그림 14>는 90 degree 정도로 고개를 돌린 상태에

서의 얼굴검출이며 <그림 15>는 45 degree 기울어진 영상에서의 얼굴 검출이다.

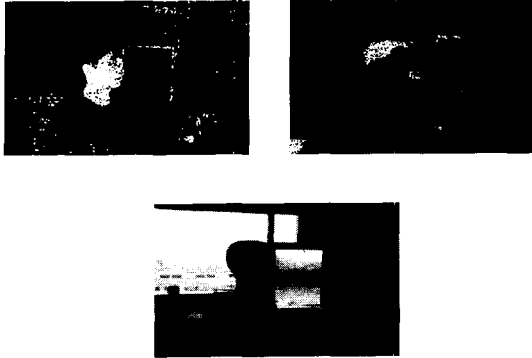


그림 14. 옆모습의 얼굴 검출
Fig. 14. Detection of turned faces.



그림 15. 기울어진 영상의 얼굴 검출
Fig. 15. Detection of rotating faces.

- 실험 4 : 다양한 밝기의 얼굴 검출

이번 장에서는 다양한 밝기에서 검출되어진 실험 결

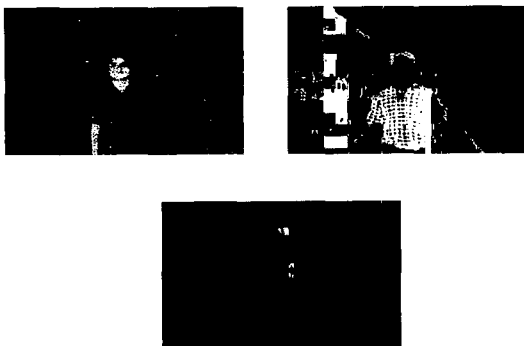


그림 16. 어두운 영상에서의 얼굴 검출
Fig. 16. Face detection in dark images.

과를 보여준다. 본 알고리즘은 Y값이 45~120의 영상 평균값을 이용하여 AFCC를 만들었으므로 영상의 다양한 밝기에 강인한 결과를 보여준다. <그림 16>은 어두운 영상에서의 얼굴 검출이다.

2. 결과 고찰 및 추후 과제

실험 1-4에서는 본 논문이 제시된 알고리즘을 토대로 입력 영상에 대하여 얼굴을 검출하는 결과를 보여주었다. 본 알고리즘이 얼굴을 검출하는데 걸리는 시간은 영상의 크기와 영상의 배경에 따라 의존하지만 320×240크기를 기준으로 하였을 때 전처리 과정을 포함하여 5~8초 정도의 처리 시간이 걸린다. 본 논문에서는 Convex-hull을 사용하여 퍼지나 신경망의 패턴을 이용하고 있는 기존의 얼굴 검출 방법과 비교하여 많은 장점을 가진다.

1) 밝기에 강인한 결과: 본 논문이 이용한 컬러는 AFCC에 의하여 추정되어진 컬러를 이용하므로 빛에 따라 다른 컬러의 범위를 적용하게 만들어 준다. 따라서 영상의 밝기에 강인한 결과가 나오게 된다.

2) 다양한 각도의 얼굴 검출: 본 논문은 convex hull을 이용하여 얼굴의 외각의 다각형을 찾게 되므로 퍼지나 신경망을 이용한 패턴방식에 비하여 알고리즘이 간단하면서 다양한 각도의 얼굴을 빠른 시간에 검출한다.

3) 다수의 얼굴 검출: 퍼지나 신경망을 이용한 패턴 방식은 한 영상 내에 같은 패턴을 가진 얼굴이 존재하는 경우 얼굴의 검출이 불가능하였지만 본 알고리즘은 다양한 패턴의 다수의 얼굴을 빠른 시간에 검출이 가능하며 얼굴의 크기에 관계없이 얼굴 검출이 가능하다는 장점을 가진다.

본 알고리즘의 추후 과제는 본 알고리즘을 사용하여 실시간으로 얼굴을 검출하는 알고리즘의 개발과 동양 인이외에 다른 인종의 데이터베이스를 통한 다양한 인종의 얼굴 검출이 과제로 남아 있다.

V. 결 론

본 논문은 지금까지의 얼굴 검색 알고리즘과 달리 Convex-hull과 다양한 영상의 밝기에 따라 강인하게 반응하는 색 데이터 영역을 퍼지의 추론함수를 이용한다. 퍼지의 색 추론 함수로부터 얼굴영역검출을 적용하므로 기울어진 얼굴영역이나 ~90 degree~90 degree 이하로 돌린 얼굴을 빠른 시간에 검출 가능하게 하고

Convex-hull을 적용함으로써 인하여 비슷한 색들이 몰려 있는 부분을 감싸는 다각형 포인트만을 검출하여 얼굴을 검출하기 때문에 퍼지나 신경망의 패턴을 이용한 얼굴 검출 방법에 비하여 빠르고 안정적인 검출이 가능하다. 또 타원과 같은 얼굴 형태를 이용한 얼굴 검출이 가지는 단점을 머리카락색의 영역과 피부색의 영역을 이용한 두 종류의 Convex-hull을 이용하므로 얼굴의 옆 모습도 검출이 가능하게 하였다. 본 알고리즘은 90개중 93%(84개)의 성공률을 보였으며 얼굴 검출에 실패한 7%(6개)는 다음과 같은 이유를 가진다.

1) 얼굴과 비슷한 옷을 입고 있는 경우: 만일 사람이 피부 색과 똑 같은 옷을 입는 경우와 피부색의 물체가 얼굴근처에 붙어서 존재하는 경우 얼굴의 범위 이외의 범위가 존재하게 된다.

2) 머리카락이 없는 경우: 본 알고리즘은 머리카락색 영역과 피부색 영역을 기반으로 하므로 만일 머리카락이 존재하지 않는 사람은 검출이 불가능하다.

하지만 위의 단점은 본 알고리즘이 단지 색의 영역만으로 얼굴을 검출함으로써 인하여 나오는 문제이기 때문에 얼굴의 눈이나 코와 같은 인간 얼굴의 세부적인 특징을 알고리즘에 부여 한다면 위의 문제점을 보완할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] A. Pentland, B. Moghaddam, and T. Starner, "View-based and Modular Eigenspaces for Face recognition," Proceedings IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, pp 84~91, June, 1994.
- [2] T. Sakai, M. Nagao, S. Fujibayashi, "Line Extraction and Pattern Recognition in a Photograph," Pattern Recognition, pp. 233~248, 1969, vol. 1.
- [3] M. Swain and D. Ballard, "Color indexing," Int. J. Computer. Vision., vol. 7, no. 1, pp. 11~32, Nov, 1991.
- [4] B. V. Funt and G. D. Finlayson, "Color constant color index," IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., vol. 17, pp. 522~529, May 1995.
- [5] G. Healy and D. Slater, "Global color constancy: Recognition of objects by use of illumination-invariant properties of color distributions." J.Opt. Soc. Amer. A, Opt Image Sci., vol. A11, no. 11, pp. 3003~3006, Nov. 1994.
- [6] L. Wang and G. Healey, "Illumination and geometry invariants recognition of texture in color image," in Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition, San Francisco, CA, pp. 419~424, June 1996.
- [7] D. Chai and K. N. Ngan, "Face Segmentation Using Skin-Color Map in Videophone Applications," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 9, No.4, pp. 551~564, JUNE 1999.
- [8] V. Ronda, M. H. Er., and W. Ser, "Face Detection, Tracking and Recognition-A Study," International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision, pp. 50~55, 1998.
- [9] H. Wu, Q. Chen, and M. Yachida, "Face Detection From Color Images Using a Fuzzy Pattern Matching Method", IEEE Trans. PAMI, vol 21, No 6, pp. 557~563, JUNE 1999.
- [10] G. Wuszecki and W.S.Stiles, Color Science. New York: John Wiley & Sons, Inc, 1967.
- [11] L. X. Wang, "A course in fuzzy systems and control", Prentice-Hall, Inc, MA, 1997.
- [12] D. E. Goldberg, Genetic algorithm in research, optimization and machine learning, Addison-Wesley, MA, 1997.
- [13] C. Garcia and G. Tziritas, "Face Detection Quantized Skin Color Regions Merging and Wavelet Packet Analysis", IEEE Trans on Multimedia, vol 1, No 3, pp. 264~277, SEP 1999.

저 자 소 개



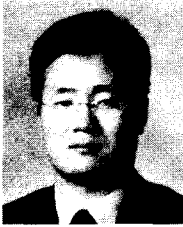
朴民植(正會員)

1999년 : 단국 대학교 전기공학과 졸업. 1999년~현재 : 연세대학교 대학원 전기전자공학과 석사과정. <관심분야 : 컴퓨터 비전, 지능 알 고리즘, 퍼지 및 신경망>



朴 昶 禹(正會員)

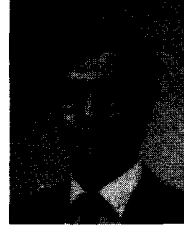
1997년 : 고려대학교 전자공학과 졸업. 1999년 : 연세대학교 대학원 전기컴퓨터공학과 졸업(석사). 1999년~현재 : 연세대학교 대학원 전기 전자공학과 박사과정. <관심분야 : 퍼지시스템, 로봇 비전, 지능제어>



金元河(正會員)

1985년 2월 : 연세대학교 전자공학과 학사 졸업. 1988년 5월 : 미 University of Wisconsin-Madison 전기공학 석사. 1997년 5월 : 미 University of Wisconsin-Madison 전기공학 박사. 현재 : 명지대학교

전자정보통신공학부 조교수로 근무. <관심분야 : Wavelet 변환 응용, 멀티미디어 신호처리 및 통신, Multi-Carrier 변조시스템>



朴 玟 用(正會員)

1973년 : 연세대학교 전자공학과 졸업. 1977년 : 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사). 1982년 : 일본 동경대학교 전자공학과 졸업(박사). 현재 : 연세대학교 공과대학 전기전자공학과 교수로 근무.

<관심분야 : 퍼지이론, 로보틱스, 의용전자>