

칼라 영상에서 유클리디안 거리를 이용한 얼굴영역 검출 알고리즘

정행섭*, 이주신**

Face Region Detection Algorithm using Euclidean Distance of Color-Image

Haing-sup Jung*, Joo-shin Lee**

요 약

본 논문은 피부색 요소의 유클리디안 거리를 계산 얼굴영역을 추출하고 얼굴의 특징요소를 추출하는 방법을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 조명보정과 얼굴 검출 과정으로 구성되었다. 조명보정 과정에서는 조명변화에 대한 보정기능을 수행한다. 얼굴 검출 과정은 20개의 피부색 표본영상에서 색상과 채도를 특징벡터로 사용, 입력영상과의 유클리디안 거리를 구하여 피부색 영역을 추출하였다. 추출된 얼굴 후보영역에서 CMY칼라 모델 C공간에서 눈을 검출하였고, YIQ 칼라 모델 Q공간에서 입을 검출하였다. 추출된 얼굴 후보영역에서 일반적인 얼굴에 대한 지식을 기반으로 얼굴 영역을 검출하였다. 입력받은 40개의 정면 칼라 영상으로 실험한 결과 100%의 얼굴 검출율을 보였다.

ABSTRACT

This study proposed a method of detecting the facial area by calculating Euclidian distances among skin color elements and extracting the characteristics of the face. The proposed algorithm is composed of light calibration and face detection. The light calibration process performs calibration for the change of light. The face detection process extracts the area of skin color by calculating Euclidian distances to the input images using as characteristic vectors color and chroma in 20 skin color sample images. From the extracted facial area candidate, the eyes were detected in space C of color model CMY, and the mouth was detected in space Q of color model YIQ. From the extracted facial area candidate, the facial area was detected based on the knowledge of an ordinary face. When an experiment was conducted with 40 color images of face as input images, the method showed a face detection rate of 100%.

Key Word

Color-Image, Face Detection, Euclidean distance, HSI, CMY, YIQ

* 청주대학교 대학원 박사과정(haingsup@naver.com)

** 청주대학교 정보전자공학부 교수(jmr77@mju.ac.kr)

#논문번호 : KIIECT2009-03-03

#접수일자 : 2009.07.06

#최종논문접수일자 : 2009.07.29

I. 서 론

정지영상이나 동영상으로부터 얼굴을 자동으로 인식 판별하는 영상처리 기술은 패턴인식, 컴퓨터 비전, 신경망 같은 여러 분야에서 활발히 연구되고 있으며 다양한 응용 분야를 가지고 있다.[1]

얼굴인식 알고리즘은 입력영상에서 얼굴영역을 찾아내는 검출기술과, 검출되어진 얼굴 영역에서 특징 등을 인식하는 인식기술로 구분된다. 얼굴영역을 검출하는 방법은 크게 네 가지로 구분된다.

사람의 눈, 코, 입 간의 위치와 거리 등을 사용한 지식 기반 방법[2][3], 자세나 조명등의 변화에도 얼굴검출에 용이한 구조적 특징을 찾는 특징기반 방법[4][5], 몇몇 얼굴의 기본 형태를 통해 일정 수준 이상의 상관관계를 가질 경우 얼굴로 판단하는 템플릿 정합 방법[6][7], 학습을 통해 얼굴을 모델링하는 외형기반 방법 등이 있다[8][9].

본 논문에서는 칼라영상에서 피부색 요소의 유클리디안 거리를 이용한 얼굴영역 검출 알고리즘을 제안하고자 한다. 제안된 알고리즘은 조명 보정과 얼굴 영역 검출로 구성하였다.

조명변화에 대한 보정기능을 처리한 다음, 20개의 피부색 모델에서 색상과 채도를 특징벡터로 하는 입력영상과의 유클리디안 거리를 구하여 입력된 영상에서 피부색 영역을 추출하였다. 추출된 피부색 영역에서 얼굴에 대한 일반적인 구조를 기반으로 CMY 칼라모델 C 공간에서 눈을 추출하고, YIQ 칼라모델 Q 공간에

서 입을 추출한 후, 최종 얼굴영역을 검출하였다.

II. 본 론

2.1 조명보정

칼라영상에서 피부색은 조명 변화에 매우 민감하게 나타난다. 얼굴 영역을 검출하기 위한 색상정보 사용의 전처리 단계로, 조명에 의해 영향을 받고 있는 영역을 처리하는 “Reference White”기법의 조명보정 과정을 수행한다.

$$R_{ratio} = \frac{255}{R_m}, \quad G_{ratio} = \frac{255}{G_m}, \quad B_{ratio} = \frac{255}{B_m} \quad (1)$$

식 (1)에서 R_m , G_m , B_m 은 RGB 각 성분의 평균값을 나타내며, 255는 RGB 성분의 최대값이다. 계산된 각각의 비율을 원영상 화소의 RGB값에 곱하여 새로운 RGB값을 계산하는 것으로 조명보정을 처리한다. 그림 1은 원영상과 조명보정 처리된 영상을 나타낸 것이다.



(a) 원영상



(b) 조명보정 영상

그림 1. 원영상과 조명보정 영상

Fig. 1. Original image and lighting compensation image

2.2 얼굴검출

입력된 칼라 영상에서 피부색을 추출하기 위해, 피부색에 해당되는 20×20크기의 표본영상 20개를 이용한다. 그림 2는 표본영상을 나타낸 것이다.



그림 2. 표본 영상
Fig. 2. Sample image

피부색 영역을 추출하기 위하여 RGB 칼라 모델을 HSI 칼라 공간으로 변환하였다. 변환된 칼라 공간에서 정의된 피부색 색상(H)과 채도(S)를 이용하여 얼굴영역을 추출하였다. 식 (2)는 영상의 화소(x, y)에 H와 S의 값으로 구성되는 특징 벡터를 나타낸 것이다.

$$F_v(x, y) = [H(x, y), S(x, y)] \quad (2)$$

영상에서 피부색을 추출하기 위한 임계값은 표본영상에서 얻어진 색상과 채도의 평균과 표준편차를 이용하였다. 식 (3), 식 (4)는 색상에 대한 평균과 표준편차를 나타낸 것이고, 식 (5), 식 (6)은 채도에 대한 평균과 표준편차를 나타낸 것이다.

$$H_{avg} = \frac{\sum_{T=0}^{19} \left(\sum_{y=0}^{M-1} \left(\sum_{x=0}^{N-1} H(x, y) \right) \right)}{T \times M \times N} \quad (3)$$

$$H_{std} = \sqrt{\frac{1}{T \times M \times N} \sum_T \sum_y \sum_x (H_{avg} - H(x, y))^2} \quad (4)$$

$$S_{avg} = \frac{\sum_{T=0}^{19} \left(\sum_{y=0}^{M-1} \left(\sum_{x=0}^{N-1} S(x, y) \right) \right)}{T \times M \times N} \quad (5)$$

$$S_{std} = \sqrt{\frac{1}{T \times M \times N} \sum_T \sum_y \sum_x (S_{avg} - S(x, y))^2} \quad (6)$$

식 (3), 식 (5)에서 $M \times N$ 은 표본영상의 크기를 나타내며, 식 (4), 식(6)에서 T는 표본영상을 나타내는 것으로 임계값 결정을 위해 평균과 표준편차를 사용한다. 계산된 평균값의 기준에서, 표준편차를 이용하여 분포되어진 정도를 가지고 유클리디안(Euclidean) 거리를 이용하여 입력영상의 각 화소에서 피부색을 추출하였으며 식 (7)과 같이 정의한다.

$$E_d = \sqrt{|F_v - S|^2 + |F_v - H|^2} \quad (7)$$

식 (7)에서 F_v 는 특징벡터를 나타내며, S와 H는 입력영상의 색상과 채도를 나타낸 것이다. 식 (8)은 피부색으로 추출되는 화소의 임계값을 정의한 것이다.

$$EX_{face}(x, y) = \begin{cases} 1, & E_d < \alpha \\ 0, & E_d \geq \alpha \end{cases} \quad (8)$$

식 (8)에서 입력영상에서 얼굴영역으로

추출되는 임계값 E_d 의 범위를 α 로 놓았다. 그림 3은 추출된 피부색 영역과 얼굴 영역을 나타낸 것이다.



(a) 피부색 영역추출 (b) 얼굴영역 추출

그림 3. 얼굴영역 추출

Fig. 3. The extraction of face region

추출되어진 얼굴영역에서 눈을 검출하기 위해 RGB 칼라 모델을 CMY 칼라모델로 변환하였으며 식 (9)와 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} C &= 1-R \\ M &= 1-G \\ Y &= 1-B \end{aligned} \quad (9)$$

얼굴은 좌우대칭이라는 특성을 이용해 검출된 눈 영상을 식 (10)을 이용하여 최고점 T_p 와 최저점 B_p 로 영역을 분할한다. 그림 4는 분할된 영역으로 L, R 영역에서 눈의 후보를 찾는다.

$$T_p = \frac{(x_{\min} + x_{\max})}{2}, \quad B_p = \frac{(y_{\min} + y_{\max})}{2} \quad (10)$$

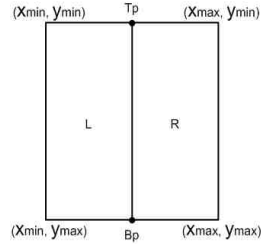


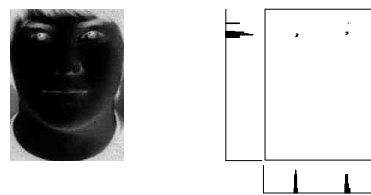
그림 4. 얼굴영역의 분할

Fig. 4. Segmentation of face region

변환된 칼라모델의 C 공간에서 눈 영역은 가장 큰 값을 갖는다. 이러한 색상 특성을 이용해서 눈 영역을 검출하였다. 식 (11)은 변환된 칼라공간 C 영역에서 눈 영역을 검출하기 위한 것이다.

$$eye_{bin}(x,y) = \begin{cases} 1, & C(x,y) < k_1 \\ 0, & C(x,y) \geq k_1 \end{cases} \quad (11)$$

식 (11)에서 눈 영역을 검출하기 위한 임계값을 k_1 으로 놓았다. 그림 5는 추출된 얼굴영역에서 칼라공간 C 영역으로 변환된 영상과 검출된 눈을 나타낸 것이다.



(a) 칼라공간 C (b) 눈 검출 영상

그림 5. 눈 영역 검출

Fig. 5. The detection of eye region

검출된 눈 영상의 중심 값을 선택하여 L과 R의 영역에서 검출된 양쪽 눈의 거

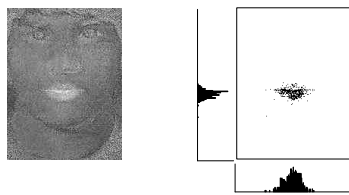
리를 측정한다. 입술 영역은 검출된 눈을 기반으로 얼굴 성분요소들의 위치 관계를 이용하여 눈의 거리×0.75의 아래 영역에서 입을 검출한다. 입을 검출하기 위해 RGB 칼라 모델을 YIQ 칼라모델로 변환하였으며 식 (12)와 같이 정의된다.

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.275 & -0.321 \\ 0.212 & -0.523 & 0.311 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (12)$$

변환된 칼라모델의 Q 공간에서 입 영역은 가장 큰 값을 갖는다. 이러한 색상 특성을 이용해서 입 영역을 검출하였다. 식 (13)은 변환된 칼라공간 Q 영역에서 입 영역을 검출하기 위한 것이다.

$$mouse_{bin}(x,y) = \begin{cases} 1, & Q(x,y) < k_2 \\ 0, & Q(x,y) \geq k_2 \end{cases} \quad (13)$$

식 (13)에서 입 영역을 검출하기 위한 임계값을 k_2 으로 놓았다. 그림 6은 추출된 얼굴영역에서 칼라공간 Q 영역으로 변환된 영상과 검출된 입을 나타낸 것이다.



(a) 칼라공간 Q (b) 입 검출 영상
그림 6. 입 영역 검출

Fig. 6. The detection of mouse region

얼굴영상에서 눈과 입의 위치관계를 고

려해 검출된 입 영상의 중심 값을 선택하여 얼굴을 검출하였다.

III. 실험 및 고찰

제안한 알고리즘의 타당성을 검증하기 위하여 조명변화에 대한 보정기능을 처리한 후, 20명을 대상으로 피부색 표본 영상 20장을 입력받아 색채 학습을 수행하였다. 35개의 정면 칼라 영상을 입력받아 피부색 영역에 대하여 유클리디안 거리를 계산하여 피부 영역을 추출하였다. 그림 7은 실험에 사용한 얼굴영상을 나타낸 것이다.

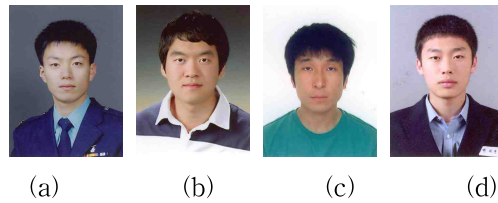
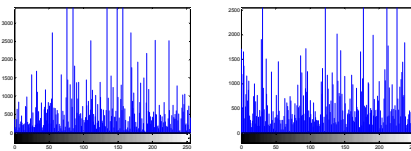


그림 7. 실험영상의 예

Fig. 7. Example of Edge image

그림 8은 실험영상의 히스토그램을 나타낸 것이다.



(a) (b)

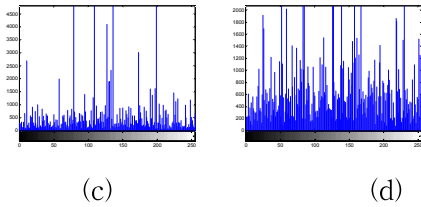


그림 9. 조명보정 영상 히스토그램

Fig. 9. Histogram of lighting compensation image

조명보정 처리된 영상에 대하여 α 의 값을 실험을 통하여 0.6으로 놓았다. 그림 10은 본 연구에서 제안한 방법으로 검출된, 얼굴 영역 추출 영상을 나타낸 것이다.

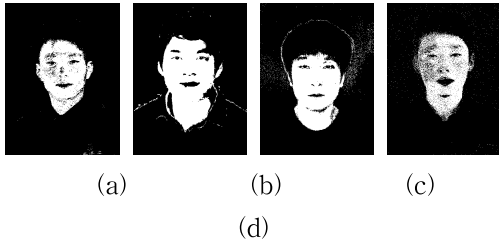


그림 10. 얼굴영역 추출 결과

Fig. 10. Result of face region extraction

그림 11은 변환된 CMY칼라 모델에서 표현된 C공간을 나타낸 것이다.

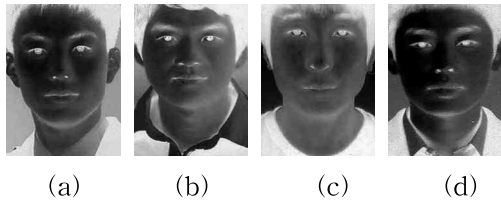


그림 11. CMY 칼라모델 중 C 공간

Fig. 11. C space of CMY color model

그림 12는 변환된 칼라공간 C 영역에서 $k_1=182$ 로 검출된 눈 영역을 나타낸 것이다.

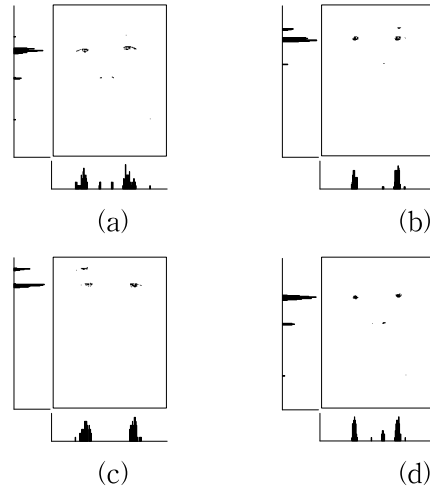


그림 12. 눈 영역 검출

Fig. 12. The detection of eye region

그림 13은 변환된 YIQ 칼라 모델에서 표현된 Q공간을 나타낸 것이다.

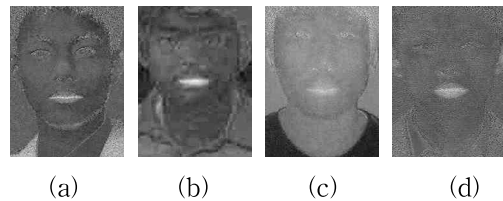


그림 13. YIQ 칼라모델 중 Q 공간

Fig. 13. Q space of YIQ color model

그림 14는 변환된 칼라공간 Q 영역에서 $k_2=175$ 로 검출된 입 영역을 나타낸 것이다.

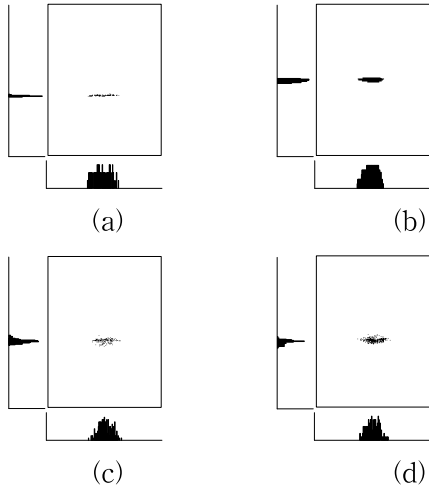


그림 14. YIQ 칼라모델 중 Q 공간
Fig. 14. Q space of YIQ color model

그림 15는 검출된 얼굴 영역을 나타낸 것이다.

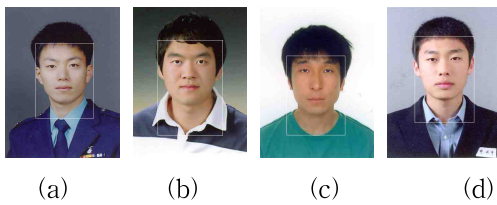


그림 15. 얼굴영역 검출 결과
Fig. 15. Result of face region detection

표 1. 추출된 데이터 비교

Table 1. Comparison of extracted data

인식율(%)	인 식 율 (정인식 얼굴 수/인식 대상 얼굴 수)	
	추출된 얼굴 수	검출된 얼굴 수
패턴수(인)		
40/40	40/43(93.0%)	40/40(100%)

IV. 결론

본 논문에서는 얼굴에 대한 정면 칼라 영상을 입력받아 유클리디안 거리를 통하여 얼굴 영역을 검출하는 알고리즘을 제안하였다. 실험은 피부색 표본 영상 20장에서 얻어진 색상과 채도를 특징 파라미터로 사용, 40개의 영상을 입력받아 유클리디안 거리를 계산, 피부색 영역을 추출한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 원영상의 히스토그램과 조명 보정 처리된 영상의 히스토그램에서 원영상의 히스토그램에 비하여 조명보정 처리된 영상의 히스토그램 값이 고르게 분포되었다.

2. 40개의 패턴에 대한 40인의 피부색 영역을 추출한 결과 43개의 영역이 추출되어 93.0%의 인식율을 나타내었다.

3. 추출된 얼굴 영역에 눈과 입의 특징이 존재하는지 여부로 얼굴을 검출한 결과, 40개에 대한 얼굴을 검출하여 100%의 인식율을 나타내었다.

향후 연구과제로 동영상에서 얼굴영역을 검출하기 위한 알고리즘의 연구가 계속되어야 하겠다.

참고문헌

[1] R. Chellappa, C. L. Wilson, and S. Sirohey, "Human and Machine recognition of faces: A survey", Proc, IEEE, Vol. 83, pp. 705-740, 1995.
[2] Mohamed A. Berbar, Hamdy M.

Kelash, "Face and facial features detection in color images", Proceeding of GMAI 2006.

[3] M. H. Yang, D. J. Kriegman, and N. Ahuja, "Edtecting face in images: a survey", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 24, no. 1, pp. 34-58, 2002.

[4] Rein-Lien Hsu, Mohamed Abdel-Mottaleb, Anil K Jain, "Face detection in color images", IEEE Transaction on Pattern analysis and machine intelligence, Vol. 24, No.5 May 2002

[5] G. Yang and T. S. Huang, "Human face detection on a complex background", Pattern Recognition, vol. 27, no. 1, pp. 53-63, 1994.

[6] Z. Liu, Y. Wang, "Face detection and tracking in video using dynamic programming", International Conference on Image Processing, vol. 1, pp. 53-56, 2000.

[7] I. Craw, D. Tock, and A. Bennett, "Finding face features", In proc. ECCV, pp. 92-96. 1992.

[8] R. Brunelli and T. Poggio, "Face recognition: Features versus templates", IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 15 pp. 1042-1052, 1993.

[9] R. Brunelli and T. Poggio, "Face recognition: Features versus templates", IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 15, pp. 1042-1052, 1993.

저자약력

정행섭(Haing-sup Jung)

청주대학교 대학원 박사과정 재학

이주신(Ju-Shin Lee)



1986년 명지대학교
전자공학부(공학박사)
현 재 청주대학교
전자정보공학부 교수

<관심분야> 전자회로 및 시스템, 영상신호처리