

복잡한 배경 화면에서 피부색과 얼굴 부분영역을 이용한 얼굴 추출

이옥경*, 김혜경, 박연출오해석
송실대학교 정보과학대학

Detection of Human Faces in Complex Scene by Use of a Skin Color and of a Part of Face

Ok-Kyung Lee, Hye-Kyung Lee, Yeon-Chool Park, Hae-seok Oh
The Graduate School Soongsil University

요 약

복잡한 이미지에서 얼굴 추출은 얼굴 영상 처리 분야에서 기본적으로면서도 배경이 복잡함으로 인해 많은 어려움이 따른다. 이 논문에서는 복잡한 화면 이미지에서 얼굴을 추출하기 위해 여러 가지 과정을 거친다. 다양한 피부색을 가진 얼굴에 대해 즉, 흑인과 황인, 백인, 등을 모두 추출하기 위해 피부색 모델을 이용한다. 다양한 피부색에 대한 임계값(threshold)을 이용하여 피부색과 다른 영역을 구분하여 얼굴의 후보 데이터로 추출한다. 그 추출된 후보 데이터를 지역적 임계값(local threshold)을 이용하여 얼굴과 눈, 코, 입 과 같은 세부사항에 분류한다. 분류된 부분이 즉 얼굴 내에서 얼굴이 아닌 부분(눈, 코, 입 등)의 크기가 정규화 되어진 최소 크기보다 작을 경우 그 후보 데이터를 버리고, 그렇지 않을 경우, 즉 얼굴이 아닌 부분의 크기가 정해진 크기보다 크거나 같을 경우 그 후보 데이터를 검출한다. 이 논문에 결과는 복잡한 배경에서도 피부색과 얼굴의 부분 영역을 이용하여 얼굴을 검출할 수 있다는 것을 보인다.

1. 서 론

오래 전부터 얼굴 영상 처리에 대한 연구가 활발하게 이루어졌고, 매우 다양한 응용분야에서 활용되고 있다. 복잡한 배경 화면에 이미지에서 얼굴의 자동 검출은 최근 연구되어지고 있지만 아직 미흡하고, 어려운 문제이다. 연구에 가장 주된 것은 고차원에 얼굴 인식 문제로 연구되어져 가고 있고, 개인적 특징과 성/인종 결정 그리고 얼굴의 표정 인식과 더 나아가서는 얼굴처리 기술을 통해 의학, 법률, 교육 등의 다양한 분야에 활용되어질 것으로 기대되고 있다.

복잡한 배경화면에서 얼굴 추출을 위한 기존 연구 방법으로는 에지 검출, 대칭성 symmetry-based cost function[1], multiresolution 처리후 그레이 레벨에서 깊이 정보 이용[2]등이 있으나 기존 연구의 대부분이 얼굴 검출 뿐만 아니라, 피부색과 동일한 색을 가진 다른 물체(object)를 검출하거나, 신체 부분이 노출되어 있는 이미지에서는 얼굴을 제대로 검출하지 못하는 점과 부분적으로 표현된 것을 보상하지 않는다. 본 논문에서 우리는 얼굴에 추출에서 생기는 여러 가지 문제점 중에서 피부색으로 추출할 경우에 발생하는 백인, 흑인, 황인과 같은 다양한 피부색의 수용을 위한 문제와 얼굴이 아닌 다른 신체부위나 얼굴과 같은 사물의 색을 얼굴로 인식하는 것을 막기 위해 세부사항, 즉 눈, 코, 입과 같은 것을 검출하므로 얼굴 후보자 영역을 얼굴과 얼굴이 아닌 다른

신체와의 구분을 명확히 하여 얼굴 추출에 좀 더 나은 결과를 가져온다는 것을 보인다. 얼굴 영상 처리에서 피부색이 가장 기본적인 신호이고, 그 신호는 얼굴을 검출하는 첫 단계로 이용한다. 다음의 제 2장은 각 다양한 피부색의 색차 분포를 간단히 분석하고, 피부 색채 space를 정의하고, 임계값을 이용하여 얼굴을 추출한다. 제 3장에서는 지역내 임계값(local threshold)을 이용하여 얼굴 이미지내에서 눈과 코, 입과 같은 세부사항에 대한 유무를 확인하므로 다른 피부과 얼굴을 시별하여 얼굴만을 인식하게 해 준다. 제 4장에서는 실험 결과 그리고, 제 5장에서 결론 및 향후 연구 과제로 맺는다.

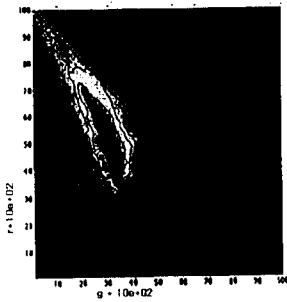
2. 색 분할(Color Segmentation)

인체 측정학적 색차 스케일을 통계적인 값으로 표현하고, 그를 이용하여 피부색을 설명한다. 다양한 피부색분포의 민감도를 줄이기 위해 HSV가 아닌 색 공간을 이용하여 피부색 분할을 실행한다.[3] [그림1]은 300개의 피부 샘플을 기반으로 R-G에 누적 분포도이고, [그림2]은 H-S 공간에 샘플 이미지를 기반으로한 누적분포이다. [그림1]에서 보여지는 것과같이 R-G 공간에 분포는 제한 되어 있고, [그림2]와 같이 H-S 공간에 분포는 S의 모든 범위를 덮고 있고, S의 값이 작은 곳에서는 H의 크기가 상당히 넓게 분포되어 있다. 일반적인 이론상 색차는 RGB나 XYZ에 어떤 동일한 변화에 연관성이 없지만 명암 변화에 상대적으로 강하다고 본다.

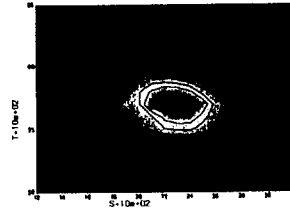
R+G+B 에 의한 R, G, B 값의 일반화한 것을 r, g, b로 표현한다.

$$X(i, j) = [T(i, j)S(i, j)]^T \quad \text{식(2)}$$

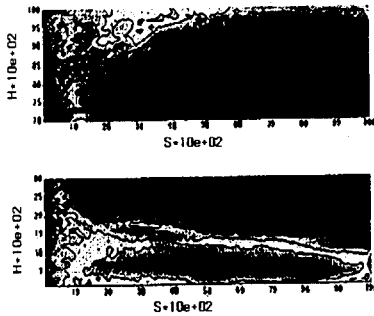
$$pdf[X(i, j)/Ws] = (2\pi)^{-1} |Cs|^{-\frac{1}{2}} \exp - [ls(i, j)]^2/2$$



[그림1] 300 피부색 샘플에 R-G 의 누적분포도



[그림3] T-S에서 다양한 피부색의 누적분포도



[그림2] 300 피부색 샘플의 H-S 누적분포도

여기서 Cs는 피부색에 대한 공분산을 의미하고 Ws는 피부부를 의미하는 클래스이다.

$$Cs = \begin{bmatrix} \sigma^2 Ts & \sigma TsSs \\ \sigma TsSs & \sigma^2 Ss \end{bmatrix} \quad \text{식(3)}$$

2.1 임계값(threshold)을 이용한 얼굴 추출

얼굴 영역만을 추출하기 위해 임계값 $\lambda(i, j)$ 을 [그림2]와 같은 범위를 구하면 임계값 $\lambda_s(i, j)^2$ 는 중심값 $m=[mTs, mSs]$ 에서 $X(i, j)$ 까지를 마할라노비스 거리공식에 의해 표현하면 다음과 같다.

$$[\lambda_s(i, j)]^2 = [X(i, j) - m]^T Cs^{-1} [X(i, j) - m] \quad \text{식(4)}$$

$\lambda_s(i, j)^2$ 을 임계값으로 정하여 입력된 이미지가 $\lambda_s(i, j)^2$ 보다 크거나 같을 경우는 1로, 작을 경우는 0으로 변환하여 피부색으로 인식되어 지는 부분을 얼굴에 후보 데이터로 추출한다.

2.2 불변 모멘트를 이용한 상 분석

각 클러스터의 상을 특징화 하기 위해 불변 모멘트를 이용한다. 그 불변 모멘트는 처음에 Hu에 의해 발전되었고, 최근에는 Li에 의해 일반화 되었다. Hu의 모멘트가 완전한 변형과 크기 그리고 회전 에 불변하기 때문에 상 분석에 주로 이용된다.

$$\eta_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{\mu_r} \quad \text{식(5)}$$

이 식에서 $p+q=s$, 여기서 S는 모멘트에 차수를 의미한다. 식(6)은 7개의 불변 모멘트 값을 나타낸 것이다.

$$S = [9/5(r'^2 + g'^2)]^{\frac{1}{2}}$$

$$T = \begin{cases} \arctan(r'/g')/2\pi + \frac{1}{4}, & g' > 0 \\ \arctan(r'/g')/2\pi + \frac{3}{4}, & g' < 0 \\ 0, & g' = 0 \end{cases} \quad \text{식(1)}$$

$$V = (R + G + B)/3$$

여기서 $r'=(r-1/3)$ 이고, $g'=(g-1/3)$ 을 의미한다. S, T 그리고, V의 범위는 [0 ;1.0] 사이의 값을 갖는다. 이를 이용해 누적분포도를 그리면 [그림3]와 같이된다.

[그림3]는 다양한 피부색을 S-T로 나타내므로 표현범위가 적어졌음을 보여 주고 있다. 이를 이용하여 다음과 같은 식(2)를 얻을 수 있다.

식(6)

$$\begin{aligned} \phi_1 &= \eta_{20} + \eta_{02} \\ \phi_2 &= (\eta_{30} - \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2 \\ \phi_3 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (3\eta_{21} - \eta_{03})^2 \\ \phi_4 &= (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{21} + \eta_{03})^2 \\ \phi_5 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\ &\quad + (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\ \phi_6 &= (\eta_{20} - \eta_{02})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\ &\quad + 4\eta_{11}(\eta_{30} + \eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03}) \\ \phi_7 &= (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\ &\quad + (3\eta_{12} - \eta_{30})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \end{aligned}$$

3. 지역적 임계값 (local threshold)

후보 데이터 내에서 부분적인 임계값(threshold)을 적용하여 이진화한다. 이진화된 이미지에서 그 값이 너무 작은 값은 버리고, 남은 값을 이용하여 얼굴의 부분영역인 눈, 코, 입 등을 검출한다. 검출된 부후보데이터(sub-face candidate data)에 합을 계산한다. 얼굴에서 부분적인 눈, 코, 입 등은 얼굴에 최소 5%를 차지하므로 얼굴에 비해 5%를 임계값으로 정하여 5% 보다 적은 값에 부분적인 데이터의 값을 가질 경우 이를 얼굴이 아닌 다른 신체 부위나, 피부색과 같은 객체를 의미한다고 인식하여 그 후보 데이터를 버린다.

4. 실험 결과

실험 환경은 펜티엄II 350MHz PC 기종과 윈도우 98 운영체제에서 프로그래밍 되었으며, Visual C++ 6.0에 의해 구현되었다.

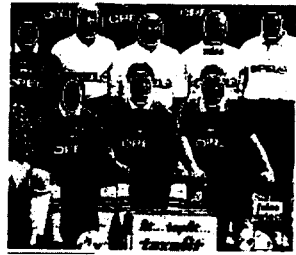
본 논문에서 입력된 영상을 이용하여 Visual C++ 6.0으로 알고리즘을 실험한 결과 [그림4]와 같이 복잡한 화면에서 다양한 피부색을 가진 얼굴을 검출할수 있었다. 보통 얼굴은 98%의 추출률을 보였다.

5. 결론 및 향후 연구 과제

실험 결과 얼굴 추출엔 별 문제가 없었으나 얼굴과 접한 부분, 피부색이 고, 잡음이 크게 생겨 그 크기가 얼굴에 5%이상인 경우 그 객체를 얼굴로 인식해 검출하였고, 얼굴에 세부 사항 검출시 잡음을 명확히 배제 할 수 없었다. local

threshold값을 5%로 주었는데 옆모습이면서, 목선이 많이 드러나는 경우 5%보다 적은 경우가 드물게 보였다.

향후 연구 과제는 복잡한 화면에서 얼굴을 검출하고, 뚜렷이 나타나지 않은 부분이나, 얼굴에서 부분 영역이 한쪽만 나타나는 경우, 표현된 한쪽을 이용하여 다른 한쪽을 추측하고, 정면 이미지 처럼 표현해 주는 이미지 확장을 할 필요가 있다.



[그림4] 얼굴 추출 결과

[참고 문헌]

- [1] Eli Saber, A.Murat Tekalp, "Face Detection and Facial Feature Extraction Using Color Shape and Symmetry-Based Cost Function", ICPR'96, sSSION C8E, 1996.
- [2] Geroncio Galicia, Avidesh Zakhor, "Depth Based Recovery of Human Facial Feature From Video Sequences", ICIP'95, 1995.
- [3] Jean-Christophe Terrillon, Martin David and Shigeru Akamatsu "Detection of Human Faces in Complex Scene Images by Use of a Skin Color Model and of Invariant Fourier-Mellin Moment." IEEE Trans 1998.
- [3] Christophe Garcia and Georgios Tziritas, "Face Detection Using Quantized Skin Color Regions Merging and Wavelet Packet Analysis " IEEE Transactions on Multimedia ,V.1 N.3, 1999.
- [4] J Cai, A.goshtasby, "Detecting Human Faces in color images" Image & Vision Computing ,V.18 N.1 ,1999.