

살색을 이용한 고속 얼굴검출 알고리즘의 개발

한 영 신, 박 동 식, 이 칠 기
성균관대학교 정보통신공학부
전화 : 031-290-7235

High Speed Face Detection Using Skin Color

Young Shin Han, Dong-Sik Park, Chil-Gee, Lee

School of Electrical and Computer Engineering Sungkyunkwan University
E-mail : yshan@ece.skku.ac.kr

Abstract

This paper describes an implementation of fast face detection algorithm. This algorithm can robustly detect human faces with unknown sizes and positions in complex backgrounds. This paper provides a powerful face detection algorithm using skin color segmenting. Skin Color is modeled by a Gaussian distribution in the HSI color space among different persons within the same race, Oriental. The main feature of the Algorithm is achieved face detection robust to illumination changes and a simple adaptive thresholding technique for skin color segmentation is employed to achieve robust face detection. .

I. 서론

생체인증 분야중에서도 사람의 얼굴을 기계가 판별하는 얼굴인식 시스템은 사용자 편의성 면에서 생체인식 시스템 중 가장 탁월한 시스템이라 할 수 있다. 패스워드나 비밀번호를 입력하는 절차가 필요 없고 사용자는 단지 카메라를 바라보기만 하면 되므로 신체적 접촉을 요구하지 않는다는 점에서 사용자들의 거부감이 없다. 본 논문에서는 RGB 색공간의 입력영상을

HSI 공간으로 변환한다. RGB성분을 사용하는 경우 피부영역의 검출단계에서 빛의 영향을 심하게 받게 되므로 조명의 밝기와 음영의 영향을 주로 받는 휘도(luminance) 성분 Y를 피부영역의 검출에서 제외시킨다. 그 후 Smoothing Filter를 사용하여 잡음과 날카로운 에지 성분을 제거한다. 검출을 위해서 이미지마다 군집화 한 다음 군집의 면적과 최대 길이를 구한 후, 이 군집의 면적을 이용하여 타겟 얼굴을 골라내게 된다. 이 때 두 사람이 붙어있을 경우가 있으므로 에지 정보 중 세로 에지를 강조하는 기법을 사용하여 한 사람만을 추출하게 된다.

II. 살색을 이용한 얼굴검출 알고리즘

2.1 Face Detection Module

얼굴 후보영역을 결정하는 단계를 살펴보면 그림 1에서와 같이 우선 얼굴 인식 전처리 과정에 속하면서 인식률과 전체 프로세싱 속도에 많은 영향을 미친다는 점에서 설계과정부터 중요시되는 부분이다. 첫 단계로 입력 영상을 축소하게 되는데, 이는 이미지 프로세싱이 픽셀 단위로 처리되는 점을 고려하여 처리속도의 향상과 메모리 공간 확보를 위한 것이다. 칼라 이미지를 24bit 체제로 표현하면 $640*480*3 = 921600\text{bytes}$ (약 1MByte) 이므로 이미지 프로세싱을 하기에는 힘겨운 크기이다. 따라서 여기서는 $320*240(1/4 \text{ Size})$ 로 축소

하는 과정을 거치게 했는데, 이는 나중에 설명하겠지만 처리 속도 향상에 많은 기여를 했다. 축소된 영상은 다시 색상 정보를 이용하여 살색 영역과 배경 영역으로 구분되는데 여기서는 HSI모형을 이용하여 처리하였다.

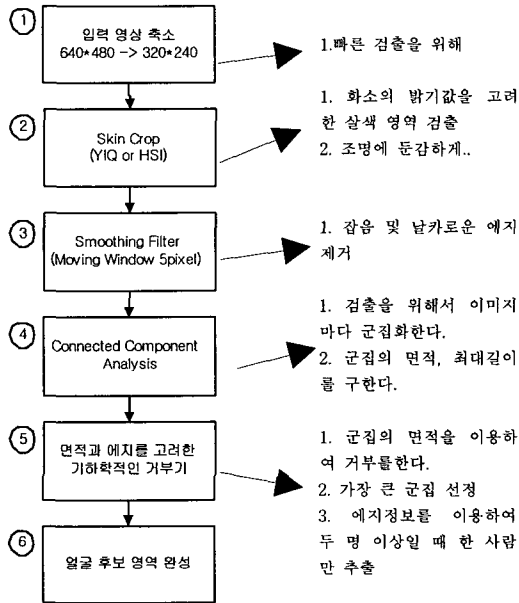


그림 1. 후보영역 결정 모듈 Flowchart

2.2 Skin Color Segmentation

2.2.1 Skin / Non-skin Color Classification

본 연구에서 HSI Color Model을 사용한 이유는 Luminance의 변화에 따른 Chrominance 변위를 줄이기 위해서이고, 또한 계산 과정이 빠르기 때문이다. 이러한 색상 공간에서 입력 영상의 살색을 구분하기 위해서 우선 그 색상 공간에서 살색이 가지는 영역을 파악해야 하는데 흔히 이것을 Skin Color Modeling 또는 Classification이라 한다. Pixel-based Color Classification 과정은 결국 Color Space에서 특정 공간의 Threshold를 찾는 작업이기도 한데, 여기서는 2가지 실험 모델을 제시하였다. 첫째는 조명성분을 무시한 Chrominance 2차원 공간에서 살색 영역이 Gaussian Distribution을 갖는 성질을 이용해서 살색영역을 타원으로 근사화 시키는 방법이고, 둘째는 RGB 공간에서 조명 성분을 제거하기 위해서 R-Y, G-Y, B-Y의 basis로 이루어지는 새로운 Color Space에서 살색 영역을 찾아내는 것이다. 후자의 방법은 전자에 비해 많은 양의 실험을 요구하기 때문에 비교적 정교한 Threshold를 찾지 못하는 단점이 있다.

2.2.2 피부색의 변화를 고려한 Skin Color

Classification

HSI공간에서 살색의 분포를 보면 그림 2에서 알 수 있듯이 여러 사람의 얼굴을 대상으로 Classification을 수행하여도 일정한 범위를 벗어나지 못한다는 사실을 알 수 있다. 여기서 우리는 한 가지 가정을 세울 수 있다. 동양인을 대상으로 얼굴 피부색을 HSI 공간에서 나타내어 보면 일정한 Gaussian 분포를 가지고 있다는 것이다. 그림 2를 확대하고 각 사람의 얼굴을 나타내는 타원을 그려놓은 것이 그림 3이다. 각 사람들의 타원 분포를 보면 Random 하지만 뭉쳐있고 이 모든 타원을 대표하는 하나의 기준 패턴을 만들어 낼 수 있다.

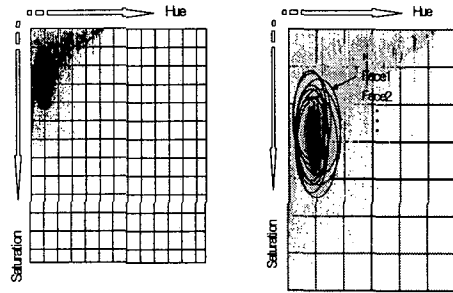


그림 2. HSI공간에서 피부색의 변화
그림 3. 피부색의 변화에 의한 살색 영역

2.2.3 조명의 변화를 고려한 Skin Color Classification

색상 정보를 이용하여 Image Segmentation을 수행할 때 가장 어려운 점이 바로 조명의 변화라 하겠다. 이에 본 연구에서는 조명의 변화에 둔감한 살색 검출 알고리즘을 개발하고자 다음과 같은 실험을 하였다. HSI 공간에서 살색의 영역이 조명의 변화에 어떻게 반응하는지 알아보기 위해서 피부색의 변화를 제한하고 즉, 한사람의 얼굴을 대상으로 여러 조명을 비추어 그때의 얼굴 색을 HS 공간상에 도시한 결과 그림 3과 같은 분포를 볼 수 있었다. 이를 자세히 확대해 보면 그림 4가 되는데 조명의 변화에 S영역, Saturation이 변하는 것을 알 수 있을 것이다. 이것을 수치화해서 그래프를 그려보면 그림 5에 나타난 바와 같다.

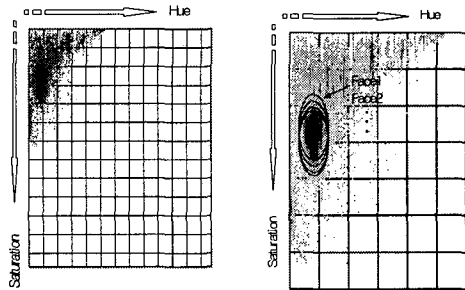


그림 3. HSI 공간에서 조명 변화
그림 4. 조명 변화에 의한 살색 영역

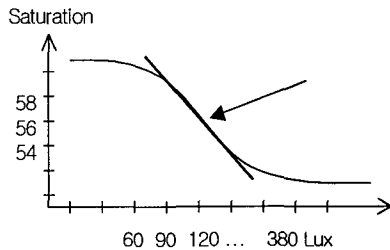


그림 5. 조명 변화에 의한 살색 영역 Saturation 변화

2.3 Smoothing Filter

Skin Color Segmentation 모듈과 Connected Component Analysis 모듈 사이에 실행되어야 하는 것으로써 영상의 Sharp한 부분을 부드럽게 해주는 필터링 역할을 한다. Smoothing Filter 알고리즘은 실제로는 5*5 윈도우를 사용하여 필터링을 하였다. 여기서 '현재 픽셀을 원래의 입력 이미지로 복귀'한다는 것은 살색 영역이 유효하다는 것을 의미하고, '현재 픽셀을 지운다'는 것은 잡음으로 간주하겠다는 의미이다. 살색과 검은 색으로 이원화되어 있는 것을 볼 수 있다.

2.4 Connected Component Analysis

연결 성분 분석은 입력 영상을 Scan하면서 연결된 성분들을 찾아내어 검출에 사용하는 모듈로써, 위에서 아래로 좌에서 우로 Scan을 한다. 연결 성분 분석을 하게 되면 각 군집마다 사이즈와 위치를 분석할 수 있게 되며 이는 후보영역 결정에 중요한 정보로 사용된다. 그림 6 을 보면 입력영상에서 Skin Color만을 추출

하여 연결 성분 분석을 거친 결과이다. 자세히 보면 얼굴 이미지가 가장 크며 나머지 잡음들과 조금씩 크고 작은 비얼굴 이미지가 섞여 있다. 이러한 이미지들은 다음에 나오는 거부기에서 필터링 되며 얼굴 검출에 아무런 장애가 아니다.



그림 6. 연결 성분 분석 예제

연결 성분 분석이 끝나면 그림 7 과 같이 각 군집마다 가로 세로 최대 길이를 구하게 되는데 이때 주의할 것은 최외각 픽셀을 기준으로 최대길이를 구하게 되면 그림 7의 오른쪽 그림과 같은 오류를 범하게 된다. 따라서 연결성분의 끊어지지 않은 경로를 탐색해서 최대 최소길이를 구해야 한다.

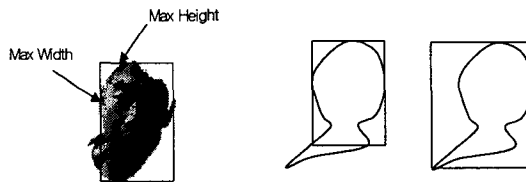


그림 7. 연결 성분의 최대 최소

2.5 얼굴 후보영역 결정

본 연구에서는 이 대목에서 중요한 방향을 선정하게 되는데 그 내용은 다음과 같다. 우선 인식기가 수행되기 위해서는 입력 영상에서 나타나는 얼굴은 눈 코 입이 손상되지 않은 완전한 영상임을 가정한다. 그리고 여러 사람일 경우 가장 가까이 있는 사람을 우선적으로 검출한다. 또한 살색 정보를 이용한 검출이기 때문에 두 사람의 얼굴이 붙어 있다면 이 경우는 하나의 군집 즉, 두 얼굴이 하나의 커다란 얼굴로 인식 될 수 있는 오류가 원천적으로 있기 때문에 반드시 이러한 경우 한 사람의 얼굴만을 올려내는 기술이 필요하게 된다. 이러한 기능을 가지는 모듈을 여기서는 분리기라고 하겠다. 인식기가 받는 이미지는 한 사람의 얼굴만 들어 있어야 하므로 눈 검출 역시 후보영역에 한 사람의 얼굴만 들어 있다는 가정을 전제로 한다. 따라서 여기서는 얼굴 후보영역을 어떻게 결정내리는지에

대하여 논하기로 한다.

2.5.1 Non-Face 거부기

연결 성분 분석을 거치게 되면 군집의 면적과 기하학적인 정보를 얻게 되는데 이는 얼굴과 비얼굴을 1차적으로 가려내는 중요한 정보가 된다. 그림 8에서 보면 얼굴과 팔 그리고 작은 점이 있다. 그림 9는 이러한 비얼굴 이미지들이 거부되고 얼굴을 정확히 검출한 결과를 보여주고 있다. 면적과 가로 세로 비율을 일정한 임계값으로 거부할 수 있는 이유는 이러한 얼굴 인식 시스템이 사용되는 실제 환경에서는 카메라와 설치 환경에 따라서 사람과 카메라의 거리에 제한을 둘 수 있으며 더 나아가 인식을 하기 위한 최소 거리를 유지하기 때문에 작은 군집과 팔 또는 그 어떤 비얼굴 이미지들을 거부할 수 있는 것이다. 반대로 가장 사이즈가 큰 군집만을 선택할 경우 이는 곧 카메라와 가장 가까이 있는 사람의 얼굴일 가능성이 매우 크기 때문에 아무런 문제가 되지 않는다.



그림 8



그림 9

2.5.2. 분리기를 이용한 얼굴 후보영역 결정

분리기는 우선적으로 연결 성분들의 사이즈를 비교한다. 만약 두 사람이 카메라에 서 있는 경우 분리를 거치게 된다면, 항상 가까이 있는 사람이 선별될 것이다. 왜냐하면 연결 성분 분석에서 이미 카운트된 사이즈는 거리 정보로 보기에 아무런 오류가 없기 때문이다. 이는 출입문 통제의 경우 불가피한 제한조건이 되는데, 그 이유는 대부분의 얼굴 인식은 보안상의 정도에 따라 패스워드나 카드방식과 연동해서 사용하게 되는데 사용자가 카드를 내밀 때는 상당히 카메라와 가까워지는 이점을 이용할 수 있기 때문이다.

분리기는 두 명 이상의 얼굴도 분리하지만 우리가 흔히 연출할 수 있는 손과 팔 또는 다른 살색 배경과의 분리도 수행하게 되는데, 이러한 기능은 에지 이미지를 이용하여 처리한다. 색상 정보를 이용하는 것은 Segmentation의 수월함을 겨냥한 것이지만, 대부분의 얼굴 이미지는 동적인 성질을 가지고 있고 배경영상의 다양함을 고려할 때는 에지 이미지를 이용하여 후보 영

역을 최종 결정하는 것이 상당한 효과를 거두게 된다.



그림 10



그림 11



그림 12



그림 13

III. 결론 및 향후과제

본 논문에서 구현한 얼굴 검출 알고리즘은 고속으로 얼굴인식을 하기 위한 시스템의 일부로써 개발하였다. 고속으로 빠르게 연산을 하기 위해서 살색만으로 피부 영역을 검출하고 연결성분 분석과 에지 분석등으로 여러명의 사람도 구별하여 얼굴을 검출한 결과에서 꽤 만족할 만한 성능을 보여주었다.

본 논문에서 제안된 얼굴 검출 알고리즘의 장단점과 이에 연관된 향후 계획된 연구 방향은 다음과 같다. 우선 얼굴 검출에 소요되는 시간은 기존 방법에 비해서 크게 감소하여 고속 검출에 유리한 반면 얼굴 검출의 결과는 기존에 비해 떨어졌다. 이는 기존의 연구방법에 비해 알고리즘을 간단히 함으로써 속도를 빠르게 한 결과이다. 본 연구의 최종 목표는 서론에서도 언급되었듯이, 고속으로 얼굴을 검출하면서도 정확한 얼굴 검출을 통해서 얼굴인식 시스템을 구축하는 것이다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구 (R01-2000-00250) 지원으로 수행되었음.

참고문헌

[1] V. Govindaraju, "Locating human faces in photographs," International Journal of Computer Vision, vol. 19, no. 2, pp.129-146, 1996

[2] C. Kotropoulos and I. Pitas, "Face authentication based on topological grid matching," Proceeding on IEEE Conference on Image Processing, Santa Barbara California vol. 1, pp. 105-108, Oct. 1997