

색상 정보를 이용한 실시간 얼굴 추적 시스템 구현

김영운, 이형지, 정재호
인하대학교 전자공학과

Real Time Implementation of Face Tracking System Using Color Information

Young-Oun Kim, Hyung-Ji Lee, Jae-Ho Chung
Dept of Electronic Engineering, Inha University

E-mail : YoungOun@shinbiro.com, g1991177@inhavision.inha.ac.kr, jhjung@inhavision.inha.ac.kr

Abstract

본 논문의 목적은 범용 USB 카메라 입력 영상으로부터 실시간으로 얼굴을 추적하는 시스템을 구현하는 데 있다. 먼저 USB 카메라로부터 영상을 입력받은 후 2차원 RGB 컬러 모델링으로 추출한 탐색 영역을 찾고 가로, 세로 프로젝션 정보를 이용하여 얼굴을 찾는다. 기존의 RGB 컬러 모델을 개선하여 빛에 강인한 모델링을 하였으며, 프로젝션 정보를 이용할 때 일어나는 에러를 최소화하기 위하여 누적 히스토그램 영역 결합 알고리즘을 제안하였다. 구현한 시스템은 움직임이 많은 영상에도 빠른 속도를 보였으며, 특히 영상의 움직임이 적은 경우 카메라에서 영상을 보여 주는 것과 동시에 얼굴을 찾아내어, 연속적인 프레임을 처리할 수 있는 성능을 보였다.

1. 서론

현재 세계는 엄청난 정보의 홍수 속에 있다고 해도 과언이 아니다. 이러한 엄청난 양의 정보를 처리하기 위하여 디지털 신호처리 분야의 급속한 발전이 이루어 졌다. 특히 각종 멀티미디어의 발전에 따라 영상 정보 처리가 더욱 중요한 연구 분야로 발전하게 되었다. 영상, 즉 컴퓨터 비전 그룹에서 인간의 얼굴은 얼굴 인식, 표정 분석, 보안 시스템 등에서 이용할 수 있는 다양한 정보를 제공함으로써, 중요한 연구 과제 중 하나로 자리 잡았다.

최근에 연구되고 있는 얼굴 추출 알고리즘에 대하여 간략하게 정리해 보면, 신경망을 기반으로 하는 방법 [1], eigenspace를 기반으로 하는 방법 [2], 특징점을 이

용한 방법 등이 있다. 그러나, 위에서 소개한 얼굴을 찾는 기법들은 대부분 그레이 영상에 적용할 수 있으며, 연산량이 많아 실시간으로 구현하기에는 거의 불가능하다.

본 논문에서는 실시간으로 얼굴을 찾는 시스템을 구현하기 위하여 영상의 컬러 정보를 이용하고자 한다. 컬러 정보는 물체 인식이나 영상 분석에 유용한 정보를 제공한다. 또한 얼굴 추적 시스템을 구현하기 위하여 USB 카메라를 사용하였다. USB 카메라의 특징은 다른 입력 장치와는 달리 영상 획득 보드가 따로 필요하지 않아 설치 및 사용이 편리하며, 경제적인 부담도 덜하다. 따라서 본 논문에서 구현한 시스템은 PC와 USB 카메라로 구현되므로, 일반 사용인들도 쉽게 사용할 수 있으며, 출입 통제나 얼굴 인증 시스템 같은 응용분야에도 쉽게 적용될 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 RGB 영역에서의 2차원 피부색 모델링과 얼굴 검출 기법에 대한 소개 및 알고리즘에 추가된 부분에 관하여 소개하며, 3절에서는 실시간 얼굴 추적 시스템에 관한 소개, 4절에서는 실험 및 결과, 5절에서는 결론 및 향후 연구 방향에 관하여 소개할 것이다.

2. 얼굴 영역의 검출

2.1 2차원 RGB 컬러 모델

살색은 3차원 HSI, HLS, YCbCr, RGB 공간에서 분포가 균집화 되어 있다. 우리는 피부색을 추출함에 있어 계산을 간편하게 하기 위하여 직선 근사화된 2차원 RGB 컬러 모델을 이용한다.[3]

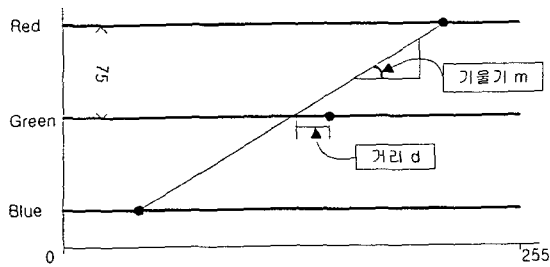


그림 2-1. 2차원 RGB space

그림 2-1의 2차원 RGB 공간은 살색 영역에서 R, G, B의 세 요소가 직선을 이룬다는 점을 착안하여 제안되었다. 그림에서 보는 바와 같이 영상의 각 픽셀은 기울기와 거리의 두가지 요소만을 가지게 된다. 우리는 빛의 영향에 강인한 살색 모델링을 위하여 각 기울기별로 거리를 조사하였으며 그 결과 기울기와 거리의 비율 새로운 모델 파라미터로 이용하였다.

2.2 살색 모델의 구성

살색 모델을 구성하기 위하여 일반 정지 영상과 USB 카메라 입력 영상에서 320×240 크기로 재구성한 영상으로부터 얼굴을 추출하였다. 얼굴 영역을 추출하는 과정에서 얼굴 영역 내의 빛의 영향을 받아 색이 변화된 부분도 첨가하여 모델링 과정에서 빛의 영향에 강인하도록 모델을 구성하였다.

그림 2-2는 한 사람에 대한 얼굴 영역에서의 기울기(m)와 거리(d)와의 관계를 보여주고 있다. 그림을 보면 기울기가 커짐에 따라 거리가 작아짐을 알 수 있다. 기울기가 커진다는 뜻은 빛의 영향을 받아 점점 살색이 점점 어두워지거나 밝아짐을 의미한다. 즉, 빛의 영향을 받은 살색 영역을 모델링에 포함하려면 기존의 모델링에서 제외된 기울기가 큰 부분도 모델에 포함시켜야 한다. 그렇다고 모든 거리를 다 포함시키면 모델링 영역이 너무 커지게 되어 살색이 아닌 부분도 포함하게 되므로 각 기울기 별 거리를 조사하였다. 전체 기울기를 종합해 보면 1-4 사이에 전체 훈련 픽셀의 84.2%를 차지하였고, 나머지 기울기에서 16.8%를 차지하였다. 우리는 기울기가 4보다 큰 값에 대해서 전체에서 차지하는 비율 만큼인 16.8%의 상위 거리 값을 채택하여 모델링 하였다.

그림 2-2에서 직선으로 둘러싸인 영역이 제안한 살색 영역이다. 이 영역은 빛의 영향을 받은 영역을 모델링에 포함시켰지만 최대 거리를 축소시켰고, R값을 제한하여 기존의 모델보다 영역이 감소되었다. 이는 배경에 살색과 유사한 색이 존재할 경우 살색으로 인식되는 경우를 제안하였지만, 얼굴 영역도 축소되므로, 축소된 얼

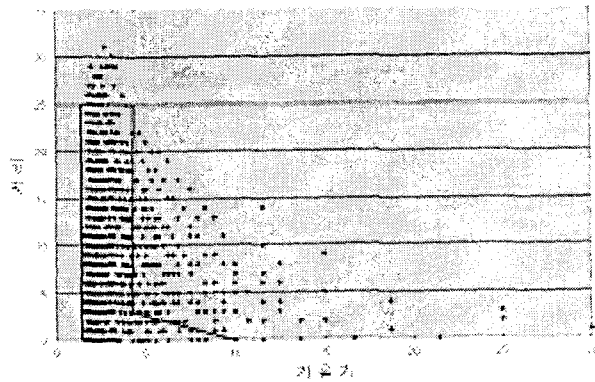


그림 2-2 살색 정보의 기울기 대 거리 분포(샘플)

굴 영역은 가로 방향 프로젝션 정보를 이용할 때 영역 결합 알고리즘을 이용하여 보강하였다.

2.3 얼굴 영역 결정

살색 영역을 추정된 이진화 영상에서 얼굴을 찾아내는 방법으로 주로 얼굴 모양 정보를 이용한 타원 매칭을 사용한다. 그러나 이 방법은 타원 크기를 계속 변화시켜가며 전체 영상을 스캔하여 얼굴을 찾으므로 연산량이 많을 수밖에 없다. 따라서 실시간 얼굴 추적 알고리즘을 구현하기 위하여 역 프로젝션(back projection)[4] 기법을 이용하였다.

2.3.1 세로 방향 프로젝션 (Vertical Projection)

먼저 살색 영역을 추출한 이진화 영상을 세로 방향으로 프로젝션을 하여 세로 방향으로 살색의 개수를 나타내는 누적 히스토그램을 구한다. 계산된 누적 히스토그램에 저주파 통과 필터를 취하여 좁은 골곡을 제거하였다. 히스토그램의 평균 높이를 계산하여 히스토그램과 만나는 점이 얼굴의 세로 폭으로 추정하게 된다. 히스토그램과 평균 높이와의 교차점은 항상 짝수개가 되며 이를 k_1, k_2, \dots, k_{2n} 라 하면 n개의 얼굴 영상을 추정하게 된다. 이후 홀수 교차점 k_{2p} 과 k_{2p+1} ($p = 1, 2, \dots, n$)의 거리가 영상 가로 폭의 1% 미만일 경우 하나의 영역으로 합쳐 하나의 얼굴을 2개로 찾거나 얼굴이 아닌 경우인데 얼굴로 찾는 에러를 줄였다.

2.3.2 가로 방향 프로젝션 (Horizontal Projection)

일단 세로 방향 프로젝션으로 찾은 교차점을 기준으로 가로 방향 프로젝션을 하게 된다. 교차점의 홀수 번째 근을 기준선으로 해서 다음 근과의 사이에 있는 살색 영역을 프로젝션한 후 평균 높이를 구하여 교차점을 구하게 된다. 세로 방향 교차점 내부에 얼굴 영역이나 아니면 살색의 물체가 있다고 가정 할 수 있다. 그러나,

조명의 영향이나 다른 잡음에 의해서 영상이 왜곡된 경우, 가로 방향 프로젝션에 얼굴이 있는데 찾지 못하는 경우가 있다. 이를 개선하기 위하여 다음과 같은 영역 결합 알고리즘을 추가하였다.

$$\text{if } ((y_{2q+1} - y_{2q}) < (x_{2p-1} - x_{2p}) \text{ and } \bigvee P_y \neq 0) \\ \text{then } M_{2q} \oplus M_{2q+2} \Rightarrow M_{2q} \quad (1)$$

where p : 세로 방향 교차점

q : 가로 방향 교차점(세로 방향 교차점이 p 일때)

y : $2q < y < 2q+1$

M_{2q} : $2q$ 와 $2q+1$ 사이의 영역

\oplus : 영역 결합

위 알고리즘은 가로 방향 교차점(얼굴의 상하 폭)으로 찾은 영역의 거리가 세로 방향 교차점(얼굴의 좌우 폭)보다 작고, 그 사이에 살색 영역이 포함되어 있다면 두 영역을 합쳐 얼굴을 찾아내게 된다.

3. 실시간 얼굴 추적 시스템

2절에서 소개한 살색을 이용한 얼굴 영역 검출 알고리즘을 가지고 실시간 얼굴 추적 시스템을 구현하였다. 실시간 얼굴 추적기는 USB 카메라에서 영상을 획득해서 영상을 연속적으로 디스플레이 하면서, 중간에 한 프레임씩 캡처하여 얼굴 검출 알고리즘을 수행한다. 얼굴이 검출되고 나면 이전 프레임의 살색 영상과 비교하여 변화율이 10% 이하면 이전에 검출한 얼굴 영역의 변화가 없다고 판단하여 얼굴을 추적한다. 그림 3-1은 실시간 얼굴 추적 시스템을 수행했을 때의 모습이며, 그림 3-2는 실시간 얼굴 추적 시스템의 알고리즘 계통도를 보여주고 있다.

4. 실험 및 결과

실험은 범용 USB 카메라를 장착한 팬티엄 II 350MHz 메모리 120MB를 가진 PC에서 수행하였으며, 프로그램은 Visual C++ 사용하여 구현하였다. 살색 모델의 영역은 학습된 결과에 따라 R 값이 명도 120과 240 사이에 존재해야 하며 기울기 m 이 1과 4사이 일 때는 거리 d 가 25이하, 기울기가 4와 10 사이일 때는 직선의 식 $d = (-1/3)m + 10/3$ 아래에 존재해야 한다. 그림 4-1은 샘플 영상에 대한 살색 영역과 세로, 가로 방향 누적 히스토그램을 보여주고 있다.

또한 USB 카메라를 초당 15 프레임씩 영상을 획득하도록 초기화하여 실시간 얼굴 추적 시스템의 성능을 실험 해 보았다. 표 4-1에서 보는 바와 같이 얼굴이

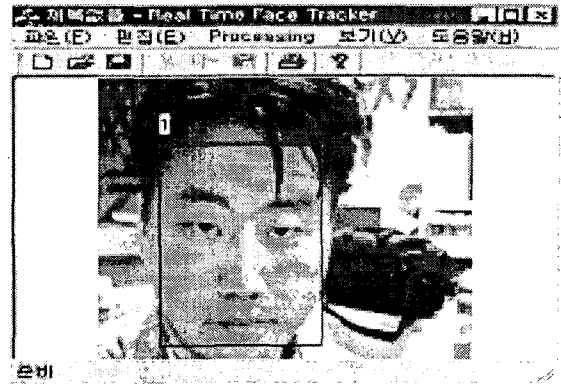


그림 3-1 실시간 얼굴 추적 시스템(데모)

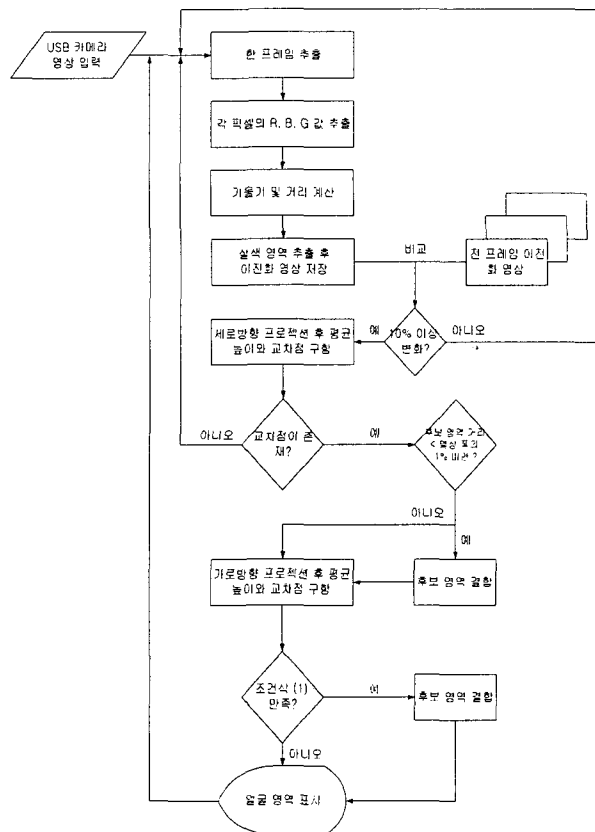


그림 3-2 실시간 얼굴 추적 알고리즘 계통도



4-1 살색 영역과 누적 히스토그램

있는 경우는 초당 평균 10프레임씩 연산하였다. 특히 얼굴의 움직임이 적은 경우가 얼굴이 없는 경우보다 연산 속도가 빠르다. 이는 한번 얼굴을 찾으면 다음 프레

표 4-1 실시간 얼굴 추적 시스템 속도

	프레임 / 초
얼굴이 없는 경우	8
얼굴의 움직임이 많은 경우	6
얼굴의 움직임이 적은 경우	14

입과 살색 영역을 추출한 이진 영상과 비교하여 변화율이 10%이면 그 이하의 연산을 하지 않아 USB카메라 입력 속도와 거의 같은 속도로 연산을 하기 때문이다. 그림 4-2는 실시간 추적 시스템의 예를 보여준다. 천천히 움직이는 영상(a), 빠르게 움직이는 영상(b)에서 얼굴을 제대로 추적하는 모습을 보여주고 있고, (c)는 여러명을 동시에 찾는 경우를, (d)는 영상에서 얼굴이 위아래로 겹쳐 있어 찾지 못하는 경우를 보여주고 있다.

5. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 컬러 정보를 이용한 실시간 얼굴 추적 시스템을 제안하였다. 본 시스템은 성능이 뛰어나지 않는 일반 PC에서 끊어짐이 없을 정도의 빠른 속도를 가지고 얼굴을 추적하고 있다. 그러나 단지 영상의 컬러 정보만을 이용하기 때문에 배경에 살색 영역이 많이 포함되거나 얼굴이 아래, 위로 겹쳐서 나타날 경우 얼굴을 잘 찾지 못하는 경우가 발생하였다. 향후 실시간으로 얼굴을 인식하는 시스템을 구현하기 위해서는 특징 기준점을 바탕으로 항상 같은 위치의 얼굴을 찾아 내어야 하며, 이를 위하여 얼굴 형태 정보를 이용한 알고리즘을 사용하고자 한다.

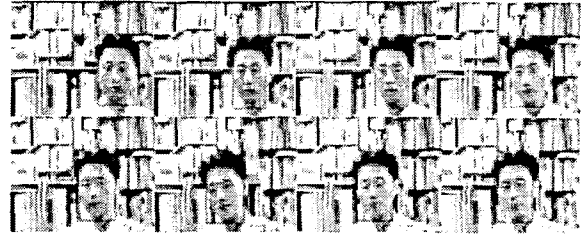
6. 참고문헌

[1] S.H. Lin, S.Y. Kung, and L. Lin, "Face Recognition and Detection by Probabilistic Decision-Based Neural Network", IEEE Trans. Neural Networks and Pattern Recognition, vol. 8, no. 1, Jan. 1997

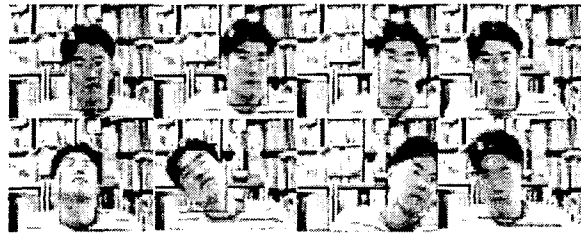
[2] K.K. Sung and T. Poggio, "Example-Based Learning for View-Based Human Face Detection", IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 20, no. 1, Jan. 1998

[3] 정원석, 이형지, 정재호, "새로운 RGB 영역 변환을 이용한 효과적인 얼굴 검출에 관한 연구", 신호처리 합동합술 대회 제13권, 1호 pp 453-456, 2000

[4] Johnson I Agbinya, David Rees, "Multi-Object Tracking in Video", Real-Time Imaging, No 5, 295-304, 1999



(a) 얼굴이 천천히 움직이는 경우



(b) 얼굴이 빠르게 움직이는 경우



(c) 여러명이 존재하는 경우



(d) 얼굴을 못 찾는 경우

그림 4-2 실시간 얼굴 추적 시스템 영상