

다채널 피부색 모델에 기반한 얼굴 영역 검출

김영권⁰ 고재필 변혜란
연세대학교 컴퓨터과학과
(xanadu, nonezero, hrbyun)@aipiri.yonsei.ac.kr

Face Detection based on Multi-Channel Skin-Color Model

Young-Kwon Kim⁰ Jae-Phil Ko Hye-Ran Byun
Dept. of Computer Science, Yonsei University

요 약

얼굴 인식분야에서 실시간 얼굴검출에 대한 관심이 높아짐에 따라 피부색필러 모델을 통한 얼굴영역검출에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나, 기존의 피부색 모델은 밝기정보를 제거한 단일 채널의 색상모델이 대부분이다. 이에 본 논문에서는 얼굴피부색을 보다 효과적으로 모델링하기 위하여, 피부색 특성을 고려하여, 밝기 성분을 제거한 RGB 필러를 모두 사용하는 H, Cb, Cg의 다채널 피부색 모델을 제시한다. 또한, 색상 정보에서 사용하지 않은 밝기 정보는 영상 분할을 통해 사용한다. 제안하는 피부색 모델을 통한 얼굴영역 추출 과정을 보인다.

1. 서 론

인간의 얼굴 정보는 사용자 인터페이스 분야 뿐 아니라, 얼굴 움직임 및 표정 인식을 통한 심리 분석 분야, 여권, 운전 면허증 등 제한된 형태의 정지 영상을 이용한 인식 분야를 비롯하여 공공 기관에서의 보안 시스템, 출입 통제 시스템 등의 실시간 인식에 이르기까지 그 적용 범위가 다양하며, 최근 멀티미디어 기술의 발달로 인해 여러 가지 응용 분야에서 얼굴을 자동으로 인식하는 연구가 지속적으로 진행되어 오고 있다[1] [2].

이러한 영상 인식 기술은 크게 얼굴 영역 검출, 얼굴 특징점 추출, 얼굴 인식으로 구성되는데 [1], 얼굴 인식 기술의 전단계라 할 수 있는 얼굴 영역 검출과 얼굴 특징점 추출은 배경과 영상에서 얼굴이 차지하는 크기나 방향 등에 대한 제약을 가지고 있으므로, 얼굴에 대한 인식율을 높이기 위해서는 무엇보다도 첫번째 과정인 얼굴 검출이 효과적으로 이루어져야 한다 [2].

특히, 최근 들어 실시간 인식에 대한 요구로, 처리 시간이 빠르면서 정확한 얼굴 검출을 위해 영상 처리에서 가장 쉽게 쓰이는 일반적인 특징으로 값의 범위가 정규화 되어 분석이 용이한 칼라 정보를 이용하고 있다 [3] [4] [5] [6]. 특히, 피부색의 경우 인공적인 물체와 대체적으로 구분이 되는 것으로, 칼라 모델링을 통한 물체 검출 분야에 적합하다. 그러나, 칼라 정보는 빛의 세기와 방향에 매우 민감하고, 얼굴색과 비슷한 색이 있을 경우, 제대로 검출하지 못하는 한계때문에, 얼굴 검출을 위한 적절한 칼라 모델을 선택하는 문제는 무엇보다도 중요하다.

본 논문에서는 얼굴 검출시 다양한 칼라 모델을 적용하여 얼굴을 검출할 수 있도록 빛의 세기에 덜 민감하며, 비슷한 색상도 효과적으로 검출할 수 있는 칼라 모델을 제안하며, 또한 명암 정보를 이용, 영상을 영역 정보로 나누어 얼굴 검출의 정확도를 향상시킬 수 있는 방법을 적용한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에 기존에 칼라 모델을 사용한 연구에 대해 언급하고, 3장에서 여러 칼라 모델을 분석하여 얼굴 피부색의 특징에 기반한 칼라 모델을 설계하며, 4장에서는 설계된 칼라 모델을 영역으로 나눈 얼굴 영상에 적용하여

얼굴 추출을 하며, 5장에서는 적용한 결과와 향후 연구 과정에 대하여 논한다.

2. 기존 연구

칼라를 이용한 기존의 얼굴 검출에 대한 연구는 여러 칼라 모델에서 적용되어져 왔다.

Terrillon 등 [3]은 RGB 칼라 모델을 STV 칼라 모델로 변환하여 S와 T에 기반한 피부색에 대한 히스토그램을 작성하여 얼굴 영역을 추출하고, 불변 모멘트를 이용한 지역적 임계값 설정을 통해 눈, 코, 입 등을 검출하였다.

Dai 등 [4]은 기존에 그레이 영상에 적용했던 SGLD matrix에 근거한 얼굴-텍스처 모델을 칼라 영상에 적용하기 위해 YIQ 칼라 공간에서 I값을 설정하고 I값 범위에 따른 이진 영상을 만들어 얼굴 영역을 추출하였다.

Yang 등 [5]은 실시간에서 얼굴 추출을 하기 위해 칼라 정보를 이용했으며, 사람의 피부색이 거의 같다는 점에 착안하여 RGB에서 RG값을 이용하여 Skin-Color 모델을 만들고, 다양한 조명 환경에서 적용성을 기르도록 하기 위해 시간이 지남에 따라 변하는 색채 분포도를 통계적인 가중치로 계산한 적응 모델을 개발하였다.

Shiga 등 [6]은 동영상에서 얼굴 표정 인식을 위해 얼굴 영역과 얼굴 표정에 관련하는 효율적인 특성 정보를 추출하기 위해 피부색과 움직임 정보를 이용하였으며, 얼굴색 칼라 정보는 H의 특징 벡터값을 이용하여 Qc chroma라고 하는 실내 환경에 맞는 칼라 모델을 제안하여, 낮은 색채값을 보정해주었다.

3. 칼라 모델 설계

칼라는 밝기 변화에 매우 민감하다. 따라서, 피부색 모델은 밝기 변화를 제거하기 위해 RGB 칼라로부터 색상 정보와 밝기 정보를 분리하여, 피부색에 해당하는 색상 정보만을 가

지고 모델링한다. 기존에 사용되었던 피부색 모델들은 밝기 정보만을 제거한 단일 채널을 이용한 것이 대부분이다.

따라서, 본 장에서는 색상 정보와 밝기 정보를 분리하여, 피부색의 특성에 따른 RGB 성분을 적극적으로 활용하는 다채널 피부색 모델을 조합하는 방법을 설명한다.

3.1 얼굴 칼라 공간의 특징

칼라를 이용한 얼굴 검출은 대체적으로 얼굴에 적색 성분이 많다는 특성을 활용하여 피부색에 해당되는 칼라 범위를 많은 사람들의 얼굴 영상 샘플로부터 구한 후 입력 영상에서 각 화소들이 범위에 해당하는지의 여부를 판단하여 얼굴을 검출한다.

그림 1은 원영상으로부터 여러 칼라 모델의 적색 성분을 나타내는 채널에 대해 보인 것이다.

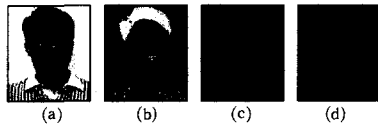


그림 1. 칼라 성분 영상
(a) 원영상 (b) H영상 (c) I영상 (d) Cr영상

그러나, 영상 내에 얼굴색과 비슷한 색이 있을 경우, 적색 성분의 범위만으로 구분하기는 어렵다. 따라서, 대략적으로 적색 영역을 구하고, 얼굴 내에 청색 및 녹색 계열이 상대적으로 적다는 특성을 이용하여 피부색을 구분하는데 활용한다. 즉, 얼굴이 차지하는 청색, 녹색 영역의 범위를 선택해 줌으로써 피부색을 쉽게 구분할 수 있다.

3.2 각 채널 성분의 모델링

3.2.1 Red 채널 성분의 모델링

제한한 칼라 모델의 Red 칼라 채널 공간은 HSI[7] 칼라 시스템에서 명도 정보를 효율적으로 제거할 수 있는 H성분을 쓴다(1). H성분은 영상에서 적색을 전체적으로 표현할 수 있으며, 적색 계열이 차지하는 부분은 0° ~ 120°로 표현된다[10]. 따라서, 영상 내에서 대략적으로 적색 성분을 찾음으로써 피부색의 1차 후보 영역을 결정한다(그림 2).

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{(R-G)+(R-B)}{2\sqrt{(R-G)^2 + (R-B)(G-B)}} \right\} \quad (1)$$



그림 2. 원영상(좌)과 H채널을 적용한 영상(우)

3.2.2 Blue 채널 성분의 모델링

Blue 성분은 YCbCr 칼라 시스템에서 Blue 정보를 나타내는 Cb 성분을 이용하였다(2). Cb 성분은 -128 ~ 128까지의 값을 가지며, 얼굴 칼라 분포에 있어서 다른 부분보다 좁은 범위를 나타내어, 얼굴 검출시 다른 부분과의 구분에 있어서 효과적으로 구분할 수 있다(그림 3).

$$Cb = -0.1688R - 0.3312G + 0.5000B \quad (2)$$



그림 3. Cb성분 영상(좌)과 Cb채널을 적용한 영상(우)

3.2.3 Green 채널 성분의 모델링

Green 칼라 공간은 YCbCr 칼라 시스템에서 Cg 성분을 601-1 권고안[8]에 따른 Green 계수를 바탕으로 (3)과 같이 계산하였다. Cg 성분도 역시 -128 ~ 128까지의 값을 가지며, 얼굴색과 비슷한 황색 계열의 색들은 Cg 성분의 조절을 통해 쉽게 구분할 수 있다(그림 4).

$$Cg = -0.3615R + 0.5000G - 0.1385B \quad (3)$$

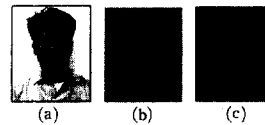


그림 4. 원영상(a)과 Cg성분 영상(b), Cg채널을 적용한 영상(c)

4. 얼굴 영역 추출

영상에서 얼굴 영역의 검출은 영상을 일정한 크기 또는 분할 정보 등의 영역 정보를 이용하여 정확도를 향상시켰다.

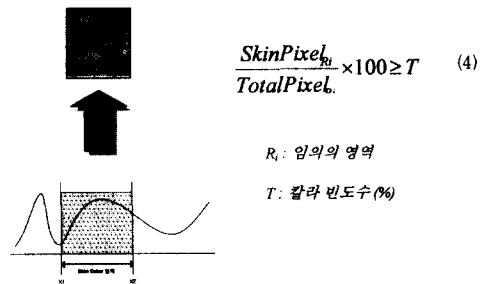
4.1 고정 영역 기반 얼굴 영역 추출

주어진 얼굴 영상을 픽셀 집합인 고정된 크기의 영역으로 나눈다(그림 5).



그림 5. 고정 영역 분할

분할된 각각의 블록은 임의의 칼라 임계값의 크기에 따라 영역 내 픽셀의 개수가 세어지며, 일정 개수 이상일 경우 얼굴 영역으로 판정된다(그림 6)(4).



$$\frac{SkinPixel_{R_i}}{TotalPixel} \times 100 \geq T \quad (4)$$

R_i : 임의의 영역

T : 칼라 빈도수(%)

그림 6. 영역 칼라 임계 분포값의 적용

4.2 Region-Grow 기법 기반 얼굴 영역 추출

고정 영역 기반 얼굴 영역 추출은 간단하고, 빠른 처리의

장점이 있으나, (그림 7)과 같이 Blocking 현상이 발생할 수 있는 문제점이 있다. 따라서, Blocking 현상을 최소화하고 각 영역을 효과적으로 분리해 내기 위해 영상 분할 기법 중에 하나인 Region-Grow[9] 기법을 적용한다.



그림 7. Blocking 현상

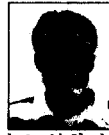


그림 8. 분할된 영상 정보

3차원 물체를 2차원 영상 평면에 투영했을 때, 비록 물체의 깊이 정보는 상실하지만, 물체의 모양 정보는 밝기값으로 보존된다. 따라서, 영상의 밝기 값에 기반하는 영상 분할 기법을 적용함으로써 분리한 밝기 성분을 사용하여 분할한다(그림 8).

각 분할된 영역에 대하여 고정 영역 분할과 마찬가지로 (4)를 적용하여 칼라 임계값의 분포도를 계산한다. 분할 기법은 모양에 기반하여 분할을 하므로 물체의 모양정보는 유지할 수 있으나 분할 기법의 성능에 매우 의존적이다.

4.3 칼라 임계값 설정 및 처리 과정

실험을 하기 위한 설정된 칼라 모델에서의 임계값은 180개의 샘플로부터 피부색이 갖는 히스토그램의 분포를 구하여 칼라 값이 집중되는 구간으로 설정하였다.

모델링된 칼라 공간에서 각 성분의 칼라 임계값은 다음과 같이며, 0 ~ 255로 정규화 하였다(표 1).

표 1. 칼라 성분의 임계값 (괄호()는 비정규화값)

칼라성분	최소값	최대값
H	0 (0°)	85 (120°)
Cb	102 (-26)	117 (-11)
Cg	92 (-36)	107 (-21)

얼굴 영상을 추출하기 위한 전체적인 과정은 그림 9와 같다. 얼굴 영상의 색상은 Red 성분, Green 성분, Blue성분으로 구성되어 있는데, 1차적으로 얼굴 내에 Red 칼라 채널 성분을 추출하기 위해 H 범위의 값을 적용하여 영상 내에 있는 전체적인 적색 정보만을 남기었다. 그리고, 2차로 얼굴 내에 Blue 칼라 채널 성분을 추출하기 위해 Cb의 범위값을 적용한다. 2차까지 적용된 상태에서 얼굴색과 비슷한 황색 계열의 색상은 쉽게 구분이 되질 않는다. 이에 따라, 3차로 얼굴 칼라 내에 Green 칼라 채널 성분을 추출하는 Cg의 범위값을 적용한다.

마지막으로, 3차까지 적용된 얼굴 영상은 추출시 발생된 얼굴 내의 비추출 영역의 Holi를 채우기 위해 Morphology 기법의 Dilation[10]을 활용하여 후처리를 해준다.

5. 결론 및 향후 과제

총 180개의 영상을 가지고 테스트 해 본 결과 대부분 그림 10과 같이 얼굴 추출이 잘 되었다. 또한, 단일 채널 임계값을 써서 얼굴을 추출한 방법보다 얼굴 칼라 특징에 기반한 다채널 피부색 조합 방법을 제안함으로써 밝기 성분을 제거한 색상 정보를 충분히 활용하였다. 또한, 제거된 밝기 성분은 영상 분할 기법으로 활용하여 활용도를 높였다.

향후 연구 과제로는 빛의 밝기에 더욱 무관한 피부색 모델링에 대해 연구하여 추출 효율을 향상시켜야 하겠다.

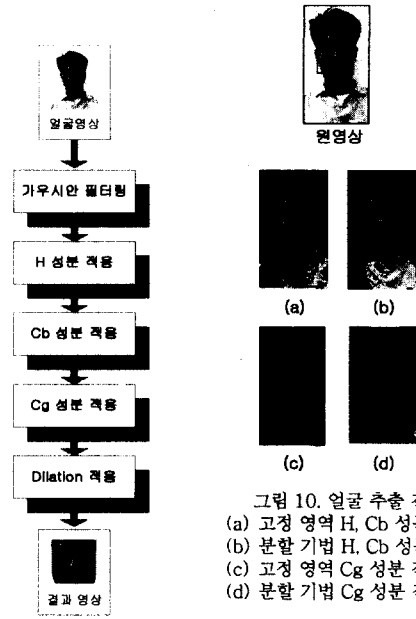


그림 10. 얼굴 추출 결과
(a) 고정 영역 H, Cb 성분 적용
(b) 분할 기법 H, Cb 성분 적용
(c) 고정 영역 Cg 성분 적용
(d) 분할 기법 Cg 성분 적용

그림 9. 얼굴 영역 추출 과정

6. 참고 문헌

[1] J. Weng, D. L. Swets, "Face Recognition," in Biometrics: Personal Identification in Networked Society (A. Jain, R. Bolle, and S. Pankanti, Eds.), pp.67-86, Boston, MA: Kluwer Academic, 1999.
 [2] M.-H. Yang, N. Ahuja, D. Kriegman, "A survey on face detection methods", Working paper, available at <http://vision.ai.uiuc.edu/mhyang/papers/survey.ps.gz>, 1999.
 [3] J.-C. Terrillon, M. David, S. Akamatsu, "Automatic detection of human faces in natural scene images by use of a skin color model and of invariant moments", In Proc. the 3rd IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, pp.112-117, 1998.
 [4] Y. Dai, Y. Nakano, "Face-texture model-based on SGLD and its application in face detection in a color scene", Pattern Recognition, Vol.29 No.6, pp.1007-1017, 1996.
 [5] J. Yang, W. Lu, A. Waibel, "Skin-color modeling and adaptation", Technical Report CMU-CS-97-146, School of Computer Science, Carnegie Mellon University, 1997.
 [6] Y. Shiga, H. Ebine, M. Ikeda, O. Nakamura, "Human face extraction based on color and moving information and the recognition of expressions", In Proc. IEEE the 2000 Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, Vol. 2 , pp.1100-1108, 2000.
 [7] E. Welch, R. Moorhead, J. K. Ows, "Image processing using the HSI color space", In Proc. IEEE Conference Southeastcon '91, Vol.2, pp.722 - 725, 1991.
 [8] D. Bourgin, "David Bourgin's Color Space FAQ", http://scarse.org/docs/color_faq.html
 [9] L. Salgado, N. Garcia, J. M. Menéndez, E. Rendón, "Efficient image segmentation for region-based motion estimation and compensation", IEEE Trans. On Circuits and Systems for Video Technology, Vol.10, No.7, pp.1029 - 1039, Oct. 2000.
 [10] R. G. Gonzalez, R. E. Woods, "Digital image processing", Addison Wesley Publish, Chapter. 8, pp.518 - 528, 1992.