

단일 영상에서 영상 피드백을 이용한 적응적 피부색 모델 생성

정인준, 우균
 부산대학교 컴퓨터공학과
 e-mail:spd1335@nate.com

Generating Adaptive Skin Color Model in a Single Image Using Image Feedback

Jung In-Joon, Woo Gyun
 Dept of Computer Science and Engineering, Pusan National University

요 약

피부 영역 검출 기술은 생체 인식 기술의 하나로서 얼굴 자동 인식 혹은 손 모양 자동 인식 등을 위해 사용되고 있다. 일반적으로 색상을 이용하여 피부 영역을 검출하기 위해서는 다양한 피부색 샘플을 이용해 구해진 피부색 모델을 이용한다. 하지만 피부색은 사람마다 다르고, 조명과 같은 주변 환경의 영향도 받기 때문에 다양한 영상에 하나의 고정된 피부색 모델을 적용하여 피부 영역을 검출하기에는 한계가 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 영상 피드백 방법을 이용하여 영상에 적응적인 피부색 모델을 구한 뒤 이를 적용하여 피부 영역을 추출하는 방법을 제안한다.

1. 서론

피부색이나 얼굴 등을 인식하는 생체인식 기술은 다양한 방법으로 연구가 진행되고 있다[1]. 일반적으로 색상을 이용하여 피부 영역을 검출하기 위해서는 피부색 모델에 포함되는 영역을 피부라고 간주한다. 그리고 피부색 모델은 미리 획득한 여러 개의 샘플 영상에서 피부색 영역에 해당하는 픽셀 정보들을 분석하여 생성한다.

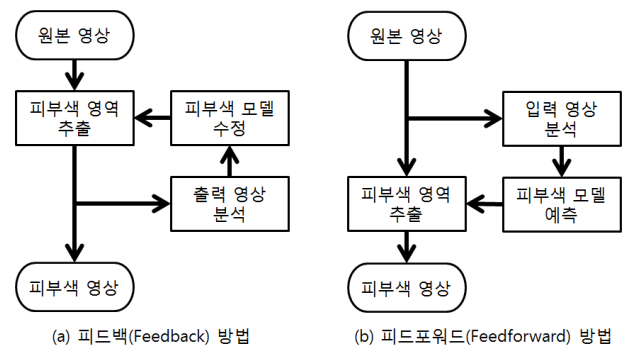
하지만 영상에서 물체의 색은 촬영 시 사용된 조명과 물체 본연의 색이라는 두 가지 변수에 의해 결정된다. 물체 본연의 색인 피부색은 사람마다 다르다. 그리고 조명 또한 영상의 촬영 환경에 따라 다를 수 밖에 없다. 이와 같이 영상마다 다른 피부색을 일관되게 검출하기 위해서는 영상의 컬러정보를 보정하거나[2], 영상에 따라 다른 피부색 모델을 정의해서 사용할 필요가 있다[4]. 하지만 Grey-World[3]와 같은 영상의 조명 정보를 보정하기 위한 알고리즘은 영상의 조명환경은 보정 할 수 있지만, 사람마다 다른 피부색은 극복이 불가능 하다. 그리고 단일 영상에서 영상에 따른 피부색 분포를 달리하여 검출하는 Stoerring[8]의 방법은 높은 정확도의 피부 영역 검출은 가능하지만 입력 영상의 조명 조건과 피 실험자의 인종이라는 부가적인 정보의 입력을 필요로 하는 문제점이 있다.

본 논문에서는 이러한 영상에서의 색상을 이용한 피부 영역 검출의 낮은 정확도를 개선하기 위해 단일 영상에서 피드백 방법을 통하여 피부색 정보를 분석한 뒤 적응적 피부색 모델을 생성하는 방법을 제안한다.

2. 영상 피드백 기법

영상에서 원하는 부분을 검출할 경우 검출의 정확도를 측정할 때 쓰이는 기준으로 검출율과 긍정오류율이 있다. 색을 이용한 피부 영역 추출에서 검출율은 피부 영역을 알맞게 검출한 비율이다. 그리고 긍정오류율은 피부가 아닌 영역을 피부로 잘못 검출한 비율이다. 즉, 이상적인 피부 영역 검출 기술은 검출율이 높고 긍정오류율이 낮은 기술이다.

영상이 가지고 있는 다양한 변수들의 영향을 최소화하여 검출율을 높이고 긍정오류율을 낮추기 위해선 영상에 알맞은 적응적인 피부색 모델을 사용하는 것이 필요하다. 영상을 분석하여 적응적인 색상 모델을 구하기 위해서는 그림 1과 같이 피드포워드 방법과 피드백 방법을 사용할 수 있다[4].



(그림 1) 적응적 피부색 모델을 만들기 위한 접근방법

피드포워드 방법은 입력 영상을 분석하여 환경 조건을 예측하여 생성된 피부색 모델을 이용하는 방법이다. 그리고 피드백 방법은 검출된 결과를 분석하여 이를 바탕으로 피부색 모델을 수정하는 방법이다.

본 논문에서는 피드백 개념을 이용하여 영상에 따른 적응적 피부색 모델을 추출하여 피부색을 검출하는 방법을 제안한다.

3. 제안한 방법

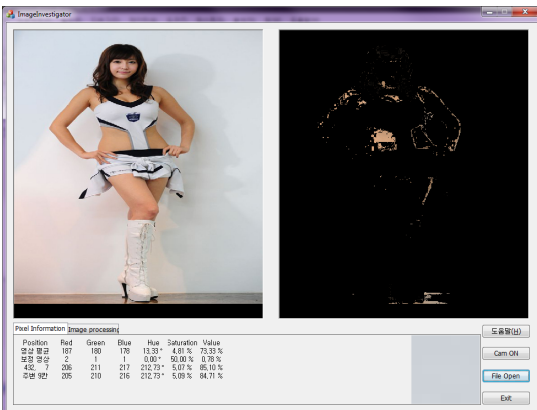
본 논문에서는 제안하는 방법은 다음과 같다. 피드백 방법을 이용하여 우선, 초기 영상에서 여러 샘플 영상을 분석하여 구해진 피부색 모델을 이용하여 영상의 피부 영역을 검출해 낸다. 그리고 검출된 정보를 분석하여 기존 피부색 모델을 수정한다. 마지막으로 수정된 피부색 모델을 이용하여 피부 영역을 다시 검출한다.

3.1 영상의 피부색 검출

본 논문에서는 피부 영역을 구하기 위해 RGB 색 공간을 가지는 영상을 HSV 색 공간으로 변환하여 이용하였다. HSV 색 공간이란 색을 표현하는 방법 중 한가지로, 색상(Hue), 채도(Saturation), 명도(Value)의 좌표를 써서 특정한 색을 나타내는 방식이다. 색상의 범위는 0~360°이고, 채도와 명도의 범위는 0~100%이다. RGB 색 공간의 영상을 HSV 색 공간으로 변환하여 특정 색상을 추출하는데 이용할 경우 명도에 관계없이 같은 색상과 채도의 색을 추출할 수 있다. 그러므로 영상에서 색상을 검출할 때 영상에서 조명의 밝기와 같은 환경 때문에 생기는 명도의 변화를 무시하고 색상을 구할 수 있다[7].

영상의 피부색 영역을 구하기 위해 우선 여러 피부색 샘플들을 이용하여 수식 1과 같은 피부색 모델을 구한다. H_0 와 S_0 는 원본영상 픽셀의 색상값과 채도값이다. 추출되는 픽셀은 원본 영상 픽셀 중 H_s 와 S_s 를 모두 만족시키는 픽셀이다.

$$\begin{cases} a) H_s = 17 < H_0 < 31 \\ b) S_s = 20 < S_0 < 45 \end{cases} \quad (1)$$



(그림 2) 피부색 모델 수정을 위한 피부색 검출

수식 1을 원본 영상에 적용을 하면, 그림 2와 같이 피부 픽셀의 비율이 높은 영상이 검출된다. 수식 1에서 H_s 와 S_s 의 범위는 여러 이미지의 피부색을 분석하여 공통되는 부분을 임의로 정한 수치이다. 이 과정에서 중요한 것은 정확한 피부색의 추출이다. 그러므로 값의 범위는 최대한 좁게 설정하여 검출율이 낮더라도 긍정오류율이 낮은 결과가 추출되도록 정하였다.

그림2의 좌측에는 원본 영상이, 우측에는 엄격한 피부색 모델을 이용하여 검출된 피부 영역을 추출한 영상이다. 피부가 아닌 부분은 거의 제외되고 영상에서 피부 영역이 높은 비율로 검출된 것을 확인할 수 있다.

3.2 피부색 모델 수정

영상에서 검출된 픽셀들을 분석하여 피부색 모델을 수정한다. 영상 마다 피부색은 명도나 채도, 색상이 조금씩 다른 특성을 가진다. 그러므로 수식 2와 같이 영상에서 구해진 피부색의 평균을 이용하여 구한다. 이런 과정을 통해 여러 영상 샘플을 통해 구해진 일반적으로 쓰이는 피부색 모델보다 추출하려는 영상에 보다 적합한 적응적인 피부색 모델을 구할 수가 있다.

$$\begin{cases} a) H_a = (\overline{H_s} - 21) < H_0 < (\overline{H_s} + 21) \\ b) S_a = (\overline{S_s} - 18) < S_0 < (\overline{S_s} + 25) \end{cases} \quad (2)$$

수식 2는 적응적인 피부색 모델의 피부색의 범위를 나타낸다. 적응적인 피부색 모델은 수식 2의 a)와 b)를 모두 만족하는 픽셀을 피부 픽셀로 간주한다. 수식 2의 H_s 와 S_s 는 앞에서 구해진 피부색의 색상과 채도를 나타낸다. $\overline{H_s}$ 는 H_s 의 평균을 나타낸다. 즉, 적응적 색 모델의 색상 범위인 H_a 는 H_s 의 평균의 ± 21 이 된다. 그리고 적응적 피부색 모델의 채도 범위인 S_a 는 S_s 의 평균을 이용해 구해진다. 수식 2의 21과 18, 25와 같은 상수는 여러 영상을 이용한 반복 실험을 통해 최적의 결과가 나오는 수를 임의로 사용하였다.



(그림 3) 적응적 피부색 모델을 이용한 피부 영역 추출

피부색 모델을 적응적 피부색 모델로 수정을 한 뒤 수정된 피부색 모델을 이용하여 피부 영역을 추출한다. 그러면 그림 3과 같이 피부 영역을 추출할 수 있다.

그림 3의 좌측은 원본 영상이고, 우측은 피부 영역을 추출한 영상이다. 피부 영역 추출에는 제안한 방식을 이용하였다.

4. 실험 및 결과

실험은 Intel사의 Core2Duo T9400 CPU와 6GB의 DDR3 RAM, 320GB의 S-ATA II방식의 HDD를 가진 랩톱 컴퓨터에서 이루어 졌다. 실험에 사용된 시스템의 운영체제는 Microsoft사의 Windows 7을 이용하였다. Microsoft사의 Visual Studio 2008 SP1 개발 툴을 사용하여, Visual C++ 프로그래밍 언어를 사용하여 실험을 위한 프로그램을 구현하였다. 프로그램은 MFC기반에 OpenCV 라이브러리[5]를 사용하여 구현하였다.

기존의 방법인 고정적 피부색 모델 방법은 수식 3을 피부색범위로 사용하였다. 수식 3은 여러 샘플 영상에서 피부색 영역의 색을 검출하여 구하였다.

$$\begin{cases} a) H= 3 < H_o < 45 \\ b) S= 12 < S_o < 54 \end{cases} \quad (3)$$

수식3에서는 HSV 색공간에서 픽셀의 색이 색상이 3도에서 45도 사이에 있으며, 채도가 12%에서 54%사이에 있는 픽셀을 피부색 픽셀이라 가정하였다.

4.1 주관적 비교

그림4는 기존의 방법과 제안한 방법으로 각각 피부 영역을 검출한 결과이다. 그림4(a)의 세 영상이 원본 영상이다. 그리고 그림4(b)는 영상은 수식 3의 고정 피부색 모델을 이용하여 추출한 피부 영역이다. 그림4(c)은 제안한 방법을 이용하여 피부 영역을 추출한 결과이며, 그림4(d)는 주요부분을 비교한 영상이다.

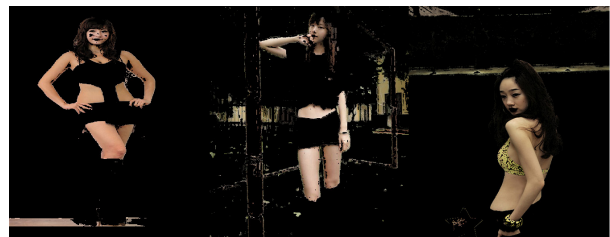
그림 4(d)의 주요 부분 비교영상에서 첫 샘플 영상을 보면 피부색이 일반적인 피부색과 차이를 보일 경우 제안한 방법이 기존의 방법보다 높은 검출율을 보이는 것을 확인할 수 있다. 그리고 첫 샘플 영상과 두 번째 샘플 영상에서와 같이 배경이 피부색과 유사한 색일 경우 제안한 방법이 기존의 방법과 비교하여 긍정 오류율이 낮은 것을 확인할 수 있다. 하지만 세 번째 샘플영상과 같이 피부색이 일반적인 색과 유사하고 배경색과 피부색의 차이가 확연 할 경우는 제안한 방법과 기존의 방법이 큰 차이를 보이지 못하였다.



(a) 원본 영상



(b) 기존 방법 적용 영상



(c) 제안 방법 적용 영상

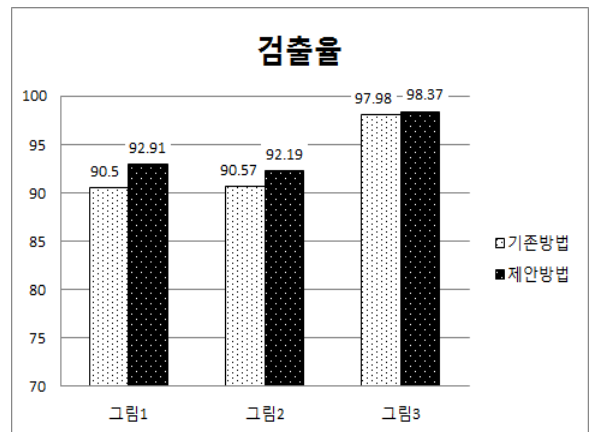


(d) 주요부분 비교

(그림 4) 실험 결과 기존 방법과 주관적 비교 영상

4.2 객관적 비교

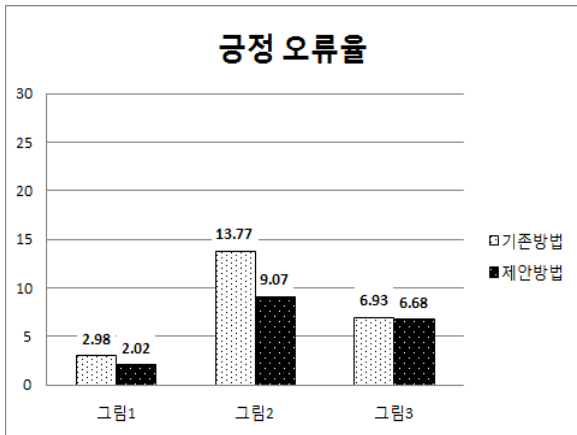
그림 5와 6은 기존의 방법과 제안한 방법으로 샘플 영상 1, 2, 3의 피부 영역을 검출한 결과를 객관적으로 비교한 결과이다. 그림 5와 6의 수치는 샘플 영상상의 살색 영역과 아닌 영역을 구별한 뒤 픽셀 수를 세어서 검출된 영상의 픽셀수와 비교하여 계산하였다.



(그림 5) 기존방법과 제안방법의 검출율 비교

참고문헌

그림 5에서 보듯이 영상에 따라 많게는 2.41%에서 적게는 0.4%의 검출율이 증가 되었다. 검출율 증가는 샘플1에서와 같이 명암이 뚜렷한 피부색에서 크다. 그림4(d)의 샘플1 비교 영상을 보면 피부의 그림자가 진 부분에서 검출율에서 차이가 나는 것을 주관적으로 확인 할 수 있다. 반면 샘플3과 같이 피부색이 명확한 영상은 기존의 방법으로도 높은 검출율을 보여주며, 제안한 방법으로도 검출율이 크게 증가하지 못하였다.



(그림 6) 기존방법과 제안방법의 긍정 오류율 비교

그림 6에서 보듯 긍정 오류율은 영상에 따라 많게는 4.7%에서 적게는 0.3%의 감소하였다. 긍정 오류율의 감소는 샘플2에서와 같이 피부색과 유사하지만 영상의 피부색과는 다른 물체가 배경에 있을 경우 크다. 그림4(d)의 샘플2 비교 영상을 보면 배경의 갈색 기둥에서 기존의 방법은 피부로 검출한 반면 제안한 방법으로는 검출하지 않은 것을 확인 할 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 다양한 영상에서 적응적 피부색 모델을 사용하여 다양한 환경에서 강건한 피부 영역 검출기법을 제안하였다. 먼저 영상에 적응적인 피부색 모델을 구하기 위하여 피드백 방법을 이용하였고, 피드백 방법으로 구해진 피부 역영을 통해 피부색 모델을 영상에 맞도록 수정하여 피부 영역을 추출하여 피부 영역 추출 정확도를 높였다. 실험 결과 제안한 방법은 고정된 피부색 모델을 사용하였을 경우와 비교하였을 때 검출율이 높아 졌고, 긍정 오류율은 낮아진 것을 확인 할 수 있었다. 본 논문에서 제안한 방법을 사용한다면 다양한 조명의 환경이나 여러 피부색의 환경에서 보다 정확한 피부 영역 추출이 가능할 것이라 생각된다.

- [1] Yang, D. Kriegman, and N. Ahuja, "Detecting Faces in Images: A Survey", *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 24, No. 1, pp. 34-59, 2002.
- [2] Dong-Chan Cho, Hyun-Cheol Kim, Jin-Aeon Lee, Whoi-Yul Kim, "An Auto White Balance Restricting a Target Region of Grey World Method", 제20회 신호처리학술대회논문집, 제20권 1호, pp. 147-151, 2007.
- [3] Sung-Wook Park, Jong-Kwan Park and Jong-Wook Park, "Skin Region Extraction Using Color Information and Skin-Color Model", *전자공학회 논문지*, 제45권 IE편 제4호, pp. 60-67, 2008.
- [4] Jun-Hyeong Do, Keun-Ho Kim and Jong-Yeol Kim, "Adaptive Skin Color Segmentation in a Single Image using Image Feedback", *전자공학회 논문지*, 제46권 제3호, pp. 348-354, 2009.
- [5] Young-Eun An, Jong-An Park, "Image Intrieval using JSEG image segmentation", *한국정보기술학회 하계 학술대회 논문집*, pp. 748-752, 2009.
- [6] Gary Rost Bradski and Adrian Kaehler, *Learning OpenCV*, O'REILLY, 2008.
- [7] Young-Il Kim, "A Study on Clustering and Color Difference Evaluation of Color Image using HSV Color Space", *전자공학회 논문지*, 제35권 T편 제2호, pp. 20-27, 1998.
- [8] M. Stoerring, T. Kocka, H. J. Andersen, and E. Graum, "Tracking regions of human skin through illumination changes", *Pattern Recognition Letters*, Vol.24, pp. 1715-1723, 2003.