

---

## 단일 영상에서 효과적인 피부색 검출을 위한 2단계 적응적 피부색 모델

### 2-Stage Adaptive Skin Color Model for Effective Skin Color Segmentation in a Single Image

도준형, Jun-Hyeong Do\*, 김근호, Keun Ho Kim\*\*, 김종열, Jong Yeol Kim\*\*\*

---

**요약** 단일 영상에서 피부색 영역을 추출하기 위해서 기존의 많은 방법들이 하나의 고정된 피부색 모델을 사용한다. 그러나 영상에 특성에 따라 영상에 포함된 피부색의 분포가 다양하기 때문에 이러한 방법을 이용하여 피부색을 검출할 경우 낮은 검출율이나 높은 긍정 오류율이 발생할 수 있다. 따라서 영상의 특징에 따라 적응적으로 피부색 영역을 추출할 수 있는 방법이 필요하다. 이에 본 논문에서는 영상의 특징에 따라 2단계의 과정을 거쳐 피부색 모델을 수정하는 방법으로, 다양한 조명과 환경 조건에서 높은 검출율과 낮은 긍정 오류율을 동시에 가지는 알고리즘을 제안한다.

**Abstract** Most of studies adopt a fixed skin color model to segment skin color region in a single image. The methods, however, result in low detection rates or high false positive error rates since the distribution of skin color is varies depending on the characteristics of input image. For the effective skin color segmentation, therefore, we need a adaptive skin color model which changes the model depending on the color distribution of input image. In this paper, we propose a novel adaptive skin color segmentation algorithm consisting of 2 stages which results in both high detection rate and low false positive error rate.

**Keywords:** Adaptive model, skin color, segmentation, single image.

**핵심어:** 적응 모델, 피부색, 검출, 단일 영상

---

본 연구는 지식경제부 차세대기술개발사업 중 지능형 한방컨텐츠 개발(10028438)의 지원에 의해 이루어진 것임

\*주저자: 한국한의학연구원 체질의학연구본부 체질생물학·의공학연구센터 선임연구원 e-mail: [jhdo@kiom.re.kr](mailto:jhdo@kiom.re.kr)

\*\* : 한국한의학연구원 체질의학연구본부 체질생물학·의공학연구센터 선임연구원 e-mail: [rkim70@kiom.re.kr](mailto:rkim70@kiom.re.kr)

\*\*\*교신저자: 한국한의학연구원 체질의학연구본부 책임연구원 e-mail: [ssmed@kiom.re.kr](mailto:ssmed@kiom.re.kr)

## 1. 서론

단일 영상에서 피부색 영역의 검출은 안면 진단, 얼굴 검출, 손 영역 검출 등의 목적으로 많이 활용되고 있다 [1, 2, 3]. 일반적으로 피부색 영역의 검출은 먼저 피부색 영역을 포함하는 영상들을 모은 뒤, 피부색 영역으로 사용되는 컬러 값의 정보를 파악하고 이를 바탕으로 생성된 피부색 모델을 이용하여 이루어진다. 하지만 이렇게 생성된 모델은, 모델 생성을 위해 사용된 영상의 피부색 분포에 따라 다르고, 피부색을 검출하고자 하는 다양한 입력 영상의 피부색 분포와 항상 일치하지 않기 때문에, 모든 입력 영상에 대해 높은 피부색 검출율과 낮은 긍정 오류율을 가지지 못한다.

따라서 다양한 입력 영상 각각에 대해서 높은 피부색 검출율과 낮은 긍정 오류율을 가질 수 있도록 각 입력 영상에 맞는 피부색 모델의 변형이 필요하다.

피부색 모델을 변형시키는 방법으로 피부색 검출 결과에서 물체와 잡음 영역의 분석 과정의 반복을 통한 가변 피부색 모델이 제안 되었으나[4] 그림 1과 같이 입력 영상의 대부분이 피부색과 유사한 색상을 띠는 경우 피부색 모델의 수정이 이루어지지 않는 문제점을 보여주었다. 이에 본 논문에서는 이를 보완하여, 2단계의 피부색 모델 수정 과정을 거쳐 보다 다양한 조건의 영상에서 효과적으로 피부색 영역을 추출할 수 있는 방법을 제안한다.



그림 1. 피부색과 유사한 배경을 가지는 영상

## 2. 2단계 적응적 피부색 모델의 전체 구조

제안된 2단계 적응적 피부색 모델은 기본적으로 그림 2와 같이 피부색 모델을 이용한 피부색 영역 추출, 추출된 피부색 영역의 분석, 피부색 추출 기준의 수정 과정들의 반복을 통하여 생성된다. 이때, 추출된 피부색 영역의 분석과 피부색 추출 기준의 수정 방법에 따라 그림 3과 같이 1단계와 2단계로 나누어진다.

우선 초기 피부색 영역 선택 기준과 피부색 확률 모델은 가능한 피부색으로 간주될 수 있는 모든 영역이 검출될 수 있도록 생성한다. 즉 높은 긍정 오류율이 발생하더라도 높은 검출율을 가지도록 피부색 모델을 초기화 한 다음, 1단계와 2단계의 수정과정을 통하여 긍정 오류를 발생시키는 영역만을 제거 한다.

1단계에서는 그림 1과 같이 영상의 대부분이 피부색과 유사한 분포를 가질 경우 피부색 확률 모델로부터 피부색 영역으로 선택하기 위한 기준을 강화하여 피부색과 유사한 배경 영역을 제거한다.

2단계에서는 1단계에서 추출된 피부색 영상을 분석한 뒤 각 블립(blob)의 크기에 따라 사물 영역과 잡음 영역으로 나누어 잡음 영역에 해당하는 색상 영역을 피부색 모델에서 제거하는 과정을 반복적으로 수행한다.

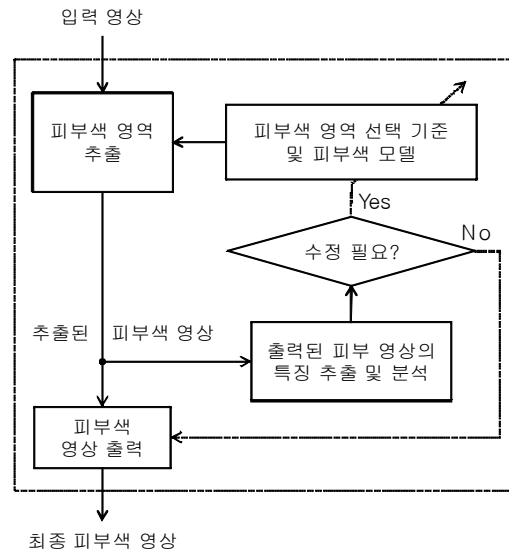


그림 2. 2단계 적응적 피부색 모델의 개념도

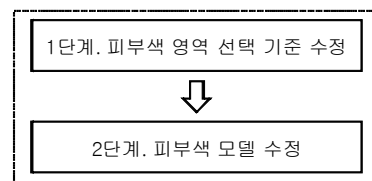


그림 3. 2단계 적응적 피부색 모델 생성 과정

## 3. 피부색 모델의 초기화 및 수정

### 3.1 피부색 모델의 초기화

피부색 모델은 조명의 변화에 영향을 받지 않기 위해 3차원 YUV 색상 공간에서 Y 성분을 제외한 2차원 UV 공간에서 모델링을 하고, 정확한 피부색 영역을 표현하고 수정하기 위해 히스토그램을 이용한 확률 모델을 사용한다.

먼저 Jones와 Rehg [5]가 획득한 '피부색이 포함된 영상 DB' 와 '피부색이 아닌 영상 DB' 를 이용하여, UV공간에서 피

부색 히스토그램과 비-피부색 히스토그램을 생성하고, 베이즈 룰(Bayes rule)을 이용하여 식 (1)과 같이  $uv$  색상값에 대한 피부색 확률 모델을 만든다.

$$P(\text{skin}|uv) = \frac{P(uv|\text{skin})P(\text{skin})}{P(uv|\text{skin})P(\text{skin}) + P(uv|\neg\text{skin})} \quad (1)$$

$$= \frac{s[uv]}{s[uv] + n[uv]}$$

이때, 피부색 히스토그램의  $s[uv]$ 는 피부색 영역에서  $uv$  색상 값을 가지는 픽셀의 개수이고 비-피부색 히스토그램의  $n[uv]$ 는 피부색이 아닌 영역에서  $uv$  색상 값을 가지는 픽셀의 개수이다.

식 (1)에 의해 피부색 모델이 만들어지면, 입력 영상의 픽셀 위치  $(x, y)$ 에서의 피부색 추출 여부는 식 (2)와 같이 픽셀의 색상값  $uv$ 가 피부색일 확률 값과 임계값  $\alpha$  와의 크기 비교를 통하여 결정된다. 즉 주어진 색상값  $uv$  가 피부색일 확률이  $\alpha$  값 보다 클 경우에만 피부색 영역으로 간주한다.

$$\text{skin}(x, y) = \begin{cases} 1 & P(\text{skin}|uv(x, y)) > \alpha \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

이때  $\alpha$  값은 높은 피부색 검출율을 가지도록 0 으로 설정하였다.

### 3.2 1단계: 피부색 영역 선택 기준 수정

일반적으로 입력영상에서 피부색과 유사한 배경 영역이 있을 경우 배경 영역의 색상값( $uv_b$ )이 피부색일 확률( $P(\text{skin}|uv_b)$ )은 실제 피부색 영역의 색상값( $uv_r$ )이 피부색일 확률( $P(\text{skin}|uv_r)$ )값보다 낮다. 또한 배경영역이 피부색 영역으로 간주되는 경우 전체 영상에서 피부색으로 검출되는 영역의 비율이 매우 높다. 따라서 피부색 영역 선택 기준인  $\alpha$  값의 수정은 입력 영상 크기에 대한 추출된 피부색 영역의 비율의 분석을 통해 이루어진다. 즉 추출된 피부색 영역의 크기가 입력 영상의 크기의  $\beta$  % 이하가 될 때까지  $\alpha$  값을 반복적으로 증가시킨다.

### 3.3 2단계: 피부색 모델 수정

2단계에서는 매번의 피부색 모델 수정 과정 마다, 1단계에서 결정된 ‘피부색 영역 선택 기준’ 으로 추출된 피부색 영역에서 식 (3)과 같이 잡음으로 나타나는 확률이 높은 색상을 피부색 모델에서 제외한다.

$$P_k(\text{skin}|uv(x, y)) = \begin{cases} P_{k-1}(\text{skin}|uv(x, y)) & \text{otherwise} \\ 0 & \text{if } P_{k-1}(\text{noise}|(\text{skin}|uv(x, y))) > \theta \end{cases} \quad (4)$$

여기서  $P_k(\text{skin}|uv(x, y))$  는  $k$  번째 피부색 모델 수정과정에서의 피부색 확률 모델이고,  $\theta$  는 피부색 모델에서 잡음영역에 해당하는 색상 값을 제거시키기 위한 임계값이다.  $P(\text{noise}|(\text{skin}|uv))$ 는 잡음영역에 해당하는 색상 값을 찾기 위해 생성된 ‘잡음 영역에 대한 확률 모델’ 이며 베이즈 룰에 의해 식 (4)과 같이 계산된다.

$$P(\text{noise}|(\text{skin}|uv)) = \frac{P((\text{skin}|uv)|\text{noise})P(\text{noise})}{P((\text{skin}|uv)|\text{noise})P(\text{noise}) + P((\text{skin}|uv)|\text{object})P(\text{object})}$$

$$= \frac{ns[uv]}{ns[uv] + os[uv]} \quad (3)$$

이때,  $ns[uv]$ 는 검출된 피부색 영역 중 잡음 영역에서  $uv$  값을 가지는 픽셀의 개수,  $os[uv]$ 는 물체 영역에서  $uv$  값을 가지는 픽셀의 개수이다.

잡음 영역이 제거 되고 나면 수정과정의 반복에도 사물영역으로 간주되는 영역의 개수는 일정 수준을 유지하기 시작한다. 따라서 사물 영역의 개수의 변화와 피부색 확률 모델의 수정 회수를 고려하여 모델 수정 과정의 반복을 중단할 것인지 판단한다. 구체적으로는 피부색 모델 수정의 반복과정에 따른 사물 영역 개수의 변화를 관찰하여, 첫 번째 지역 최소값(local minimum)을 가지는 지점에서의 피부색 확률 모델을 최종 모델로 선택하고, 피부색 확률 모델의 반복 수정과정을 중지 한다.

## 4. 실험 결과

제안된 피부색 모델을 적용한 결과를 고정된 피부색 모델을 적용한 경우, [4]에서 제안한 가변 피부색 모델을 적용한 경우와 비교하였다.

고정된 피부색 모델을 사용하는 경우(방법1) 그림 4-(b)의 경우 만족할 만한 결과를 보였으나 그림 4-(a)의 경우 낮은 검출율을, 그림 4-(c)의 경우 높은 긍정 오류율을 보여 주었다. 피부색 선택 영역 조건을 최대한 완화한 상태에서 [4]에서 제안한 가변 피부색 모델을 적용할 경우(방법2), 그림 4-(a)의 경우에는 만족할 만한 결과가 나왔으나, 그림

4-(b), (c)와 같이 피부색과 유사한 배경이 존재할 경우 배경 영역이 자동적으로 제거가 되지 않았다. 반면 제안된 피부색 모델은 다양한 배경 영상에 대해 높은 검출율과 낮은 긍정 오류율을 보여 주었으며, 특히 그림 4-(b)와 (c) 처럼 피부색과 유사한 배경을 가지는 영상에서도 뛰어난 성능을 보여 주었다.

입력 영상			
	(a)	(b)	(c)
방법 1			
	$\alpha = 0,192, k = 0$		
방법 2			
	$\alpha = 0,0$		
	$k = 2$	$k = 1$	$k = 0$
방법 3			
	$\alpha = 0,0$	$\alpha = 0,0078$	$\alpha = 0,2157$
	$k = 2$	$k = 2$	$k = 1$

그림 4. 피부색 영역 추출 결과 비교

방법 1: 고정된 피부색 모델을 적용한 경우  
(피부색 선택 영역 조건 및 피부색 모델 고정)

방법 2: 가변 피부색 모델을 적용한 경우 [4]  
(피부색 선택 영역 조건 고정)

방법 3: 제안된 모델을 적용한 경우

## 5. 결론

본 논문에서는 2단계 적응적 피부색 모델 생성 과정을 통하여 다양한 입력 영상에 대해 높은 검출율과 낮은 긍정 오류율을 동시에 만족하는 피부색 검출 방법을 제안하였다. 특히 배경영상이 피부색과 유사한 환경에서도 높은 피부색 검출율을 유지하면서 배경영역을 효과적으로 제거하여 낮은 긍정 오류율을 보여 주었다. 제안된 방법은 얼굴 검출, 손 검출을 통한 안면 진단, 인간 로봇 상호 작용 등 다양한 배경영상을 입력으로 하면서 효과적인 피부색 검출을 필요로 하는 응용분야에 널리 활용될 것으로 기대한다.

## 참고문헌

- [1] 임양근, "망진 (진단학 아틀라스 1)," 정담, 2003.
- [2] M. H. Yang, D. J. Kriegman, and N. Ahuja, "Detecting faces in images: a survey," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 24, no. 1, pp. 34-58, 2002.
- [3] P. Kakumanu, S. Makrogiannis, and N. Bourbakis, "A Survey of skin-color modeling and detection methods," Pattern Recognition, Vol. 40, pp. 1106-1122, 2007.
- [4] 도준형, 김근호, 이해정, 김종열, "가변 피부색 모델을 이용한 피부색 물체 영역 검출," 한국지능시스템학회 추계학술대회, pp. 49-51, 2008.
- [5] M. Jones and J. Rehg, "Statistical color models with application to skin detection," Compaq Cambridge Res. Lab. Tech. Rep. CRL98/11, 1998.