3차원 거리와 색상 특징을 결합한 피부영역 추출

장석우°, 박영재*, 김계영*, 이숙윤**
°안양대학교 디지털미디어학과
*숭실대학교 컴퓨터학부
**메트로비전
e-mail: swjang@anyang.ac.kr, webmaster@kuly.org, gykim11@ssu.ac.kr, uni7@gmail.com

Skin Region Extraction Combining 3D Depth and Color Features

Seok-Woo Jang°, Young-Jae Park*, Gye-Young Kim*, Suk-Yun Lee**
°Dept. of Digital Media, Anyang University
*School of Computing, Soongsil University
**MetroVision

● 요 약 ●

본 논문에서는 입력되는 스테레오 영상으로부터 3차원의 깊이 특징과 색상 특징을 결합하여 피부색상 영역을 보다 정확하게 검출하는 방법을 제안한다. 본 논문에서 제안된 방법은 우선 스테레오 정합 기법을 이용하여 좌우 영상으로부터 3차원의 깊이 특징을 추출한다. 그런 다음, 유사한 깊이 특징을 가지는 영역을 그룹화하고, 그룹화된 영역 중에서 피부색상을 나타내는 영역을 실제 피부영역이라고 판단한다. 실험에서는 2차원 위주의 기존의 피부영역 추출 방법과 제안된 방법의 성능을 정확도 측면에서 평가하였다. 결과적으로 제안된 방법은 3차원의 깊이 정보와 색상 정보를 효과적으로 결합함으로써 배경 영역에서 부정확하게 검출되는 피부영역 추출 오류를 상당수 제거하는 효과를 가진다.

키워드: 피부 영역(skin region), 3차원(three dimension), 색상 특징(color feature), 깊이(depth)

I. 서론

정지영상 또는 동영상으로부터 인간의 피부색상(skin color) 영역을 추출하는 것은 입력영상에서 사람을 검출할 수 있는 의미있는 단서를 제공하므로 매우 중요하다. 그리고 피부색상 추출은 여러 응용분야, 예를 들어 이동 물체의 추적, 제스처 인식, 얼굴 인식, 내용기반 영상 검색 등의 응용 분야에서 유용하게 사용된다[1].

관련문헌에서 2차원 위주의 피부색상 영역을 추출하는 여러 방법들을 확인할 수 있다. Lee는 YCbCr 공간에서 특별한 조명 효과에 기인한 색상 치우침을 견딜 수 있는 피부 색상 모델들을 이용해 피부 색상을 분할했다[2]. 그런 다음, 여러 가지 특징들을 이용해 분할된 피부 영역의 진위 여부를 파악했다. Cho는 HSV 칼라공간을 이용하여 어떤 정해진 임계값을 기준으로 영상 전체의 색상 및 밝기에 따라 임계값을 적응적으로 이동시켜 얼굴 영역을 찾는 방법을 제안하였다[3]. 이 방법은 한 인종(황인종)만의 피부색상 영역 검출을 시도하였으므로, 다른 인종(백인 또는 흑인)의 피부색상이 존재할 경우에는 문제가 발생하였다. Hsu는 EyeMap과 MouthMap을 이용하여 얼굴을 검출하는 새로운 방법을 제안하였다[4]. 이 방법에서 얼굴 구성요소는 피부색상 모델로부터 유도된 특징맵을 사용하여 검출하였으며, 검출된 얼굴 구성요소들의 기하학적인 특징을 기반으로 서로의 관계가 정의되었다. 그러나 이 방법은 간단한 기하학적인 관계만을 사용하였기 때문에 유연성에 여러 가지 제한이 있다.

이런 기존의 알고리즘들은 피부 색상 영역 추출에 여전히 많은 문제를 가지고 있다. 즉, 인간의 피부 색상은 개인 간의 차이나 인종(race)의 차이 등으로 인해 피부 색상이 기본적으로 동일하지 않다. 뿐만 아니라, 화장, 사용된 카메라, 조명의 변화 등의 여러 가지 다른 환경조건으로 인해 촬영된 영상 내에 존재하는 피부 색상은 조금씩 다르다. 특히, 색상, 모양, 그리고 기하학적인 관계 등의 2차원적인 특징만을 사용하여 피부색상을 추출하는 것은 많은 제한점이 존재할 수 밖에 없다.

따라서 본 논문에서는 2차원적인 색상 특징과 3차원적인 거리 정보를 결합하여 보다 정확하게 피부색상 영역을 검출하는 방법을 소개한다. 제안된 방법은 먼저 스테레오 정합 기법을 이용하여 좌우 영상으로부터 3차원의 깊이 특징을 추출한다. 그런 다음, 유사한 깊이 특징을 가지는 영역을 그룹화하고, 그룹화된 영역 중에서 피부색상을 나타내는 영역을 실제 피부영역이라고 판단한다.

아래의 그림 1은 본 논문에서 제안된 피부색상 영역 추출 방법의 전체적인 개요도를 블록 다이어그램의 형태로 보여준다.

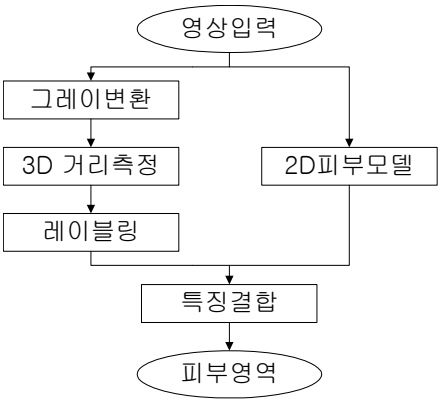
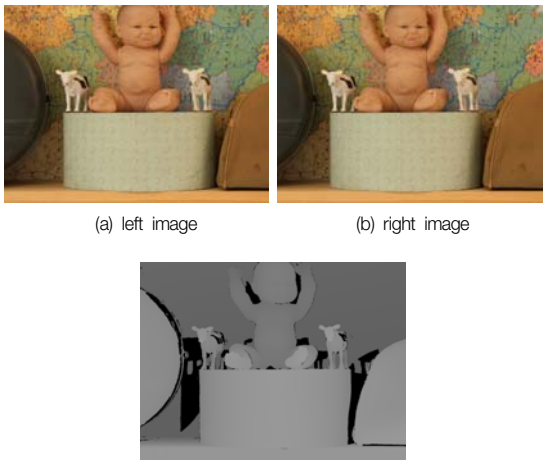


그림 1. 전체 개요도
Fig. 1. Overall Flow



(a) left image (b) right image

(c) depth image

그림 2. 깊이정보 추출
Fig. 2. Extracting Depth Information

II. 3차원 거리정보 획득

3차원의 깊이 정보 추출을 위한 영상정합은 스테레오 비전의 중요한 과제로서 3차원 공간 상의 한 점이 좌우 두 영상에 투영되는 점의 대응성(correspondence)을 찾아내는 과정이다[4,5]. 스테레오 비전에서 이런 과정을 스테레오 정합이라 부르며, 두 영상에서 선택된 점들이 대응점을 가지는 지를 판단하고, 그 점에서의 깊이 정보의 지표가 되는 변이(disparity)를 계산하는 것이 핵심이다.

본 논문에서는 먼저 식 (1)을 이용하여 입력된 스테레오 칼라 영상을 그레이 영상으로 변환한다. 식 (1)에서 r, g, b는 입력영상의 r, g, b 값을 의미하고, gray는 흑백으로 변환시킨 화소값을 나타낸다.

$$gray = R \times 0.299 + G \times 0.587 + B \times 0.114 \quad (1)$$

입력 영상을 그레이 영상으로 변환한 후에는 좌우 영상 간의 정합을 통해 깊이정보를 추출한다. 예를 들어, P는 실세계의 한 점, xl과 xr은 P가 좌우 영상에 맺힌 x좌표, f는 카메라의 초점거리, T는 카메라의 baseline, 그리고 Z는 추출하고자 하는 깊이 값이라고 하자. 그러면 두 개의 삼각형 (pl,P,pr)과 (Ol,P,Or)은 닮은 형태이므로 식 (2)가 성립하고, 식 (2)를 Z에 대해 전개하면 식 (3)과 같이 정리가 되어, 깊이 정보인 Z를 추출할 수 있게 된다.

$$\frac{T + x_l - x_r}{Z - f} = \frac{T}{Z} \quad (2)$$

$$Z = f \times \frac{T}{d} \quad (3)$$

본 논문에서는 깊이 정보를 추출한 후에 깊이 값이 유사한 화소들을 레이블링하여 영역 단위로 분할한다. 그림 2는 스테레오 영상으로부터 깊이를 추출한 예를 보여준다. 그림 2의 (a)와 (b)는 스테레오 영상의 좌, 우측 영상을 나타내고, (c)는 좌우 입력영상으로부터 스테레오 정합 알고리즘을 적용하여 깊이 정보를 추출한 결과를 보여준다.

스테레오 정합을 통한 3차원의 깊이 정보 추출은 입력영상에서 칼라 특징이 균일하지 않거나 텍스처 특징이 풍부할 경우에는 두 영상 사이의 정합의 정확도가 증가하므로 거리 정보가 보다 신뢰성 있게 추출되지만, 정합에 필요한 특징이 부족한 영역, 예를 들어 색상이나 텍스처가 균일한 영역에서는 거리 정보가 부정확하게 추출되기 싶다.

III. 피부영역 추출

본 논문에서는 색상값을 이용하여 2차원 영상으로부터 피부색상 영역을 획득한 후, 추출된 깊이정보와 결합하여 최종적인 피부색상 영역을 추출한다.

2차원적인 피부색상 영역을 추출하기 위해 입력영상을 YCbCr 공간으로 변환한다. 그런 다음, 사전에 정의된 피부색상 모델을 이용하여 영상에서 피부영역을 분할한다. 피부 색상을 모델링하는 것은 적합한 칼라 공간과 이 공간에서 피부 색상과 관련된 클러스터를 확인하는 작업이다. 일반적으로, CbCr 공간에서 피부색상 샘플의 분포는 그림 3과 같은 타원의 형태를 취한다. 제안된 방법에서 사용하는 피부색상 모델은 사전에 선택된 피부 샘플들을 사용하여 생성되며, 타원형 클러스터의 중심, 그리고 얼마나 넓게 분포하는지가 지정된다.

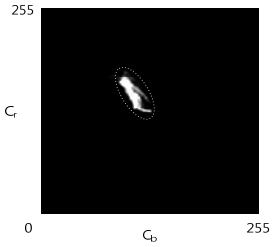


그림 3. 피부색상의 분포
Fig. 3. Distribution of Skin Samples

본 논문에서 사용하는 타원형 피부 색상 분포 모델은 식 (4)와 같이 정의된다.

$$\frac{(x-ec_x)^2}{a^2}+\frac{(y-ec_y)^2}{b^2}=1 \tag{4}$$

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_b - C_b' \\ C_r - C_r' \end{bmatrix}$$

$$C_b' = \frac{1}{K}\sum_{t=0}^{K-1} C_b(t)$$

$$C_r' = \frac{1}{K}\sum_{t=0}^{K-1} C_r(t)$$

식 (4)에서 (Cb,Cr)은 테스트 영상의 Cb와 Cr 값을 나타내고, θ는 타원의 회전각을 나타낸다. 그리고 (a,b)는 타원의 장축과 단축을 의미하고, (ecx,ecy)는 타원의 회전 에러를 보상하는 값이다. (Cb',Cr')은 피부 모델의 중심을 표시한다. t는 각 피부 샘플을 표시하는 인덱스이며, K는 선택된 피부 색상의 개수를 의미하는 인수이다.

이와 같이, 피부 색상 분포에 대한 타원 모델을 생성한 후에는 이 모델을 이용해 2차원 입력영상에 대한 피부 분할을 수행한다.

본 논문에서는 2장에서 기술한 레이블링된 거리 영상과 3장에서 기술한 분할된 2차원의 피부색상 영역을 결합하여 최종적인 피부색상 영역을 검출한다.

Ⅳ. 실험결과

본 논문의 실험을 위하여 사용한 컴퓨터는 인텔 Pentium Core 2 Duo의 2.66GHz CPU와 4GB의 메모리를 사용하였고, 운영체제는 마이크로소프트사의 Windows XP Professional을 사용하였다. 그리고 응용 소프트웨어의 구현을 위한 컴파일러로는 마이크로소프트 Visual C++ 2003을 이용하여 제안된 피부색상 영역 추출 알고리즘을 구현하였다. 또한, 실험에 사용할 영상 데이터베이스 구축을 위해 특정한 제약조건이 주어지지 않은 일반적인 환경에서 촬영한 다양한 영상을 수집하여 활용하였다.

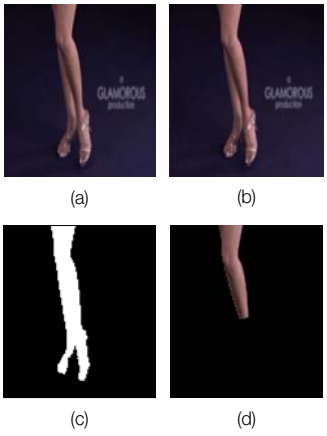


그림 4. 피부영역 추출
Fig. 4. Extracting Skin Regions

그림 4에서 (a)와 (b)는 왼쪽과 오른쪽 입력영상을 나타내고, (c)는 2차원 영상에서 추출한 피부색상을 이진화한 결과를 나타내고, (d)는 깊이 정보와 색상 정보를 결합하여 최종적으로 추출한 피부영역을 나타낸다. 그림 4에서는 신발 부분에서 깊이 정보 추출이 부정확하게 획득되어, 색상과 깊이 정보를 결합할 때 약간의 오류가 발생하였다.

본 논문에서는 다양한 종류의 스테레오 입력영상에 대해서 실험을 수행한 결과 제안된 피부영역 추출 방법의 정성적인 특징을 표 1과 같이 정리할 수 있다.

표 1. 정성적인 분석
Table 1. Qualitative Analysis

장점	단점
- 깊이 정보를 결합하여 보다 정확하게 객체 분리 - 배경영역에서의 피부색상 오검출을 줄임 - 상대적으로 알고리즘이 간단함	- 조명이 강하게 존재하는 객체의 분리가 어려움 - 피부영역이 다른 물체에 의해 조각나질 경우 정확도가 감소함 - 중첩된 객체의 분리가 용이하지 않음

Ⅴ. 결론

본 논문에서는 3차원의 깊이 특징과 색상 특징을 결합하여 입력영상으로부터 피부영역을 보다 정확하게 검출하는 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 우선 스테레오 정합 기법을 이용하여 좌우 영상으로부터 3차원의 깊이 특징을 추출하였다. 그런 다음, 유사한 깊이 특징을 가지는 영역을 그룹화하고, 그룹화된 영역 중에서 피부색상을 나타내는 영역을 실제 피부영역이라고 판단하였다.

향후에는 보다 다양한 실험영상을 가지고 실험할 할 예정이며, 3차원의 깊이 정보를 추출하는 알고리즘에 대한 성능을 최대한 향상시킬 예정이다. 또한, 칼라 이외의 특징들을 좀 더 추가하여 피부색상 추출의 정확도를 보다 향상시킬 계획이다.

Acknowledgements

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No.2011-0021984)

참고문헌

[1] P. Kakumanu, S. Makrogiannis, and N. Bourbakis, “A Survey of Skin-Color Modeling and Detection Methods,” Pattern Recognition, Vol. 40, No. 3, pp. 1106-1122, 2007.

[2] J.-S. Lee, Y.-M. Kuo, P.-C. Chung, and E.-L. Chen, “Naked Image Detection based on Adaptive and Extensible Skin Color Model,” Pattern Recognition, Vol. 40, No. 8, pp. 2261-2270, 2007.

[3] K.-M. Cho, J.-H. Jang, and K.-S. Hong, “Adaptive Skin-Color Filter,” Pattern Recognition, Vol. 34, No. 5, pp. 1067-1073, 2001.

[4] R.-L. Hsu, M. Abdel-Mottaleb, and A. K. Jain, “Face Detection in Color Images,” IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 24, No. 5, pp. 696-706, 2002.

[5] I. Gallo, E. Binaghi, and M. Raspanti, “Neural Disparity Computation for Dense Two-Frame Stereo Correspond-dence,” Pattern Recognition Letters, Vol. 29, No. 5, pp. 673-687, 2008.

[6] Y.-M. Paik, H.-J. Choi, Y.-H. Seo, D.-W. Kim, “A Study on the Outlier Improvement Method Using Cost Function,” In Proc. of the Fall Conf. of the Korean Society of Broadcasting Engineers, pp. 269-272, 2009.