

논문 2010-47SP-1-1

다양한 환경 조건에서의 얼굴 윤곽선 영역 검출을 위한 분할 영역 히스토그램 분석

(Histogram Analysis in Separated Region for Face Contour Extraction
under Various Environmental Condition)

도 준 형*, 김 근 호*, 김 종 열*

(Jun-Hyeong Do, Keun Ho Kim, and Jong Yeol Kim)

요 약

얼굴의 윤곽선을 검출하기 위해서는 일반적으로 입력 영상에 직접 동적 윤곽선 모델(Active Contour Model)을 적용하는 방법을 많이 사용한다. 그러나 동적 윤곽선 모델은 초기의 위치 설정과 사용되는 에너지 함수의 계수 값에 따라 성능에 영향을 받기 때문에, 다양한 조명조건과 환경조건에 따라 최적화된 파라미터들을 설정해야 하는 번거로움이 있다. 또한 섬세한 윤곽선의 검출을 위해서는 모델에서 사용되는 정점의 수를 증가시켜야 하는 단점이 있다. 이러한 단점들을 해결하기 위해, 본 논문에서는 입력영상의 분할된 영역에서의 히스토그램 분석을 통하여, 얼굴 영역과 배경 영역의 픽셀 값을 구분할 수 있는 임계값을 자동으로 찾아, 얼굴의 윤곽선 영역을 검출하는 접근 방법을 제안한다. 제안된 방법은 입력 영상의 분석을 통하여 얼굴의 윤곽선 영역을 검출하기 때문에 다양한 조명과 배경 조건하에서도 높은 성능으로 얼굴의 윤곽선 영역을 검출하였다.

Abstract

Some methods employing the Active Contour Model have been widely used to extract face contour. Their performance, however, depends on the initial position of the model and the coefficients of the energy function which should be reconsidered whenever illumination and environmental condition of an input image is changed. Additionally, the number of points in the contour model should increase drastically in order to extract a fine contour. In this paper, we thus propose a novel approach which extracts face contour by segmenting the face region with threshold values obtained by a histogram analysis technique in the separated region of input image. The proposed method shows good performance under various illumination and environmental condition since it extracts face contour by considering the characteristics of the input image.

Keywords: face contour, histogram analysis, illumination condition, environmental condition

I. 서 론

안면 정보는 체질 및 건강 진단, 인간과 로봇과의 상호작용 등 다양한 분야에서 활용되어 왔다^[1~2]. 그 가운데 얼굴의 윤곽선 정보는 보다 개인화된 정보 획득을

위해 대상자 얼굴의 크기, 모양, 비율 정보등을 획득하거나 얼굴 윤곽선에 존재하는 특징점들을 검출하는데 사용되고 있다^[3~5].

얼굴이 포함된 입력 영상으로부터 얼굴의 윤곽선 정보를 얻기 위한 방법으로는 입력 영상에 직접 동적 윤곽선 모델(Active Contour Model)^[6~7]을 적용하는 방법이 대표적이다. 그러나 동적 윤곽선 모델을 이용한 윤곽선 검출 결과의 성능은 입력 영상에서 초기 모델의 위치와 사용되는 에너지 함수의 계수 값에 따라 영향을 받기 때문에, 다양한 조명조건과 환경조건에 따라 최적화된 파라미터들을 설정해야 하는 번거로움이 있다. 또

* 정회원, 한국한의학연구원 체질생물학·의공학 연구센터
(Constitutional Biology and Medical Engineering
Research Center, KIOM)

※ 본 연구는 지식경제부 차세대기술개발사업 중 오감형 한방 진단/치료 콘텐츠 개발(10028438)의 지원에 의해 이루어진 것임.

접수일자: 2009년9월3일, 수정완료일: 2009년12월29일

한 섬세한 윤곽선의 검출을 위해서는 모델에서 사용되는 정점의 수를 증가시켜야 하는 단점이 있다. 이처럼 입력 영상에서 직접 윤곽선을 찾는 방법의 경우 입력 영상의 조명조건과 환경 조건, 얼굴의 경계 부근에 있는 배경 영상의 특징, 영상의 해상도, 검출하고자 하는 윤곽선의 섬세한 정도가 달라질 경우, 검출 성능이 급격하게 떨어 질 수 있다.

본 논문에서는 이러한 단점들을 극복하기 위해, 입력 영상에서 직접 윤곽선을 찾지 않고 관심영역의 히스토그램 분석을 통하여 얼굴 영역과 얼굴이 아닌 영역을 분리할 수 있는 임계값을 찾는 방법으로 윤곽선을 검출하는 접근 방법을 제안한다. 입력 영상의 히스토그램 분석을 통하여 자동으로 임계값을 찾고, 계산된 임계값에 따라 얼굴 영역과 얼굴이 아닌 영역을 분리할 경우, 입력 영상의 특징들의 변화에도 강인하게 얼굴의 윤곽선 영역을 검출할 수 있다.

이때, 히스토그램에서 자동으로 임계값을 찾는 방법에는 Isodata 알고리즘^[8], Otsu 방법^[9], Max-contrast 알고리즘^[10], EM 알고리즘^[11] 등이 있으나, 얼굴 주위의 배경 영상의 밝기와 색상 분포의 변화에 따라 전체 히

스토그램의 분포 형태가 변화하므로 정형화된 임계값을 찾는 방법의 적용보다는 입력 영상에서 얼굴영역의 밝기와 색상 분포의 특징을 고려하여 임계값을 찾는 접근 방법이 필요하다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 제안한 방법의 전체 구조를 설명하고 III장에서는 밝기 성분과 색상 성분 영상에서 각각 얼굴 후보 영역을 검출하여 얼굴 윤곽선 영역을 검출하는 방법을 제안한다. IV장에서는 다양한 입력 영상에 대해 제안한 알고리즘을 적용한 결과를 보여주고 V장에서 결론을 맺는다.

II. 전체 구성도

입력 영상에서 분할 영역의 히스토그램 분석을 통하여 얼굴의 윤곽선 영역을 검출하는 과정은 그림 1과 같다.

먼저 입력 영상에서 Adaboost 알고리즘^[12]을 이용하여 얼굴영역을 검출한 후, 그림 2와 같이 검출된 영역보다 가로로 20%, 세로로 40% 확대된 영역을 관심영역(ROI, Region of Interest)으로 설정한다. 설정된 영역을

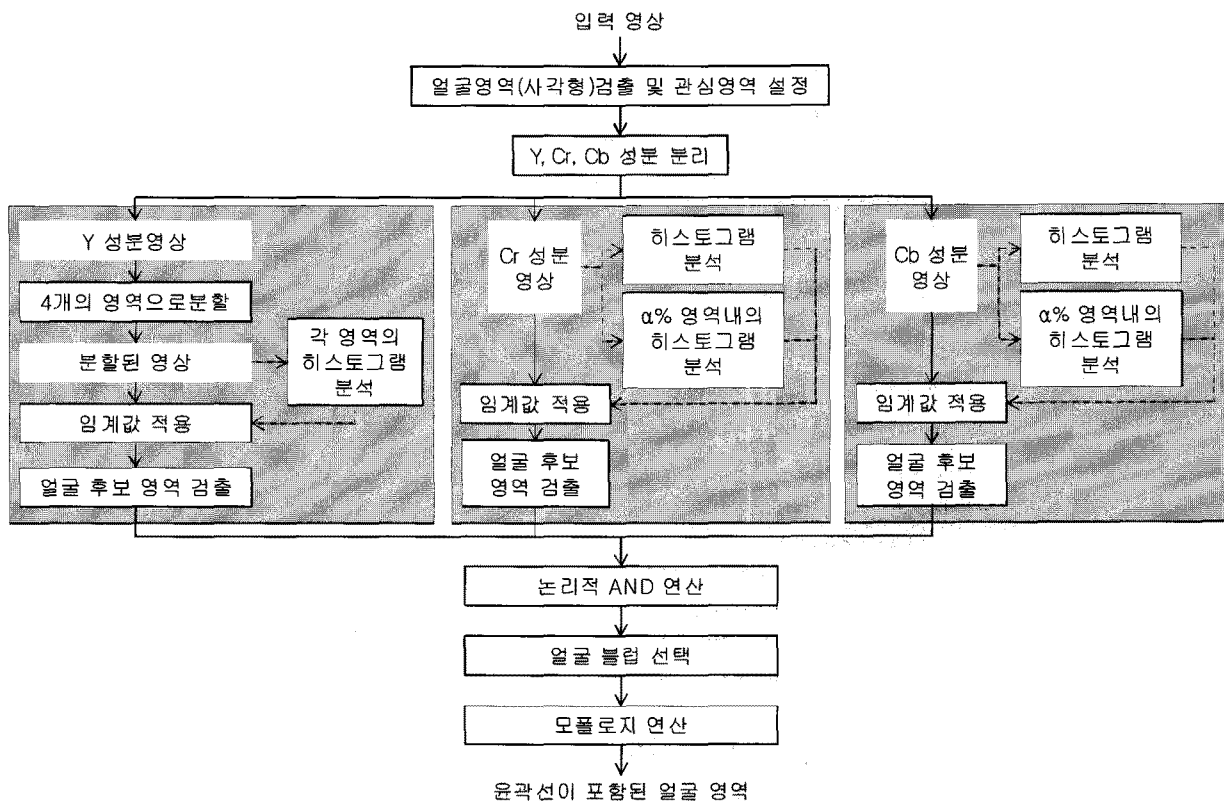
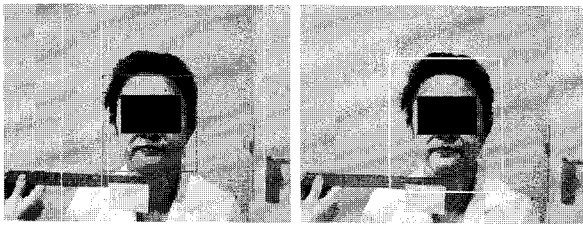


그림 1. 얼굴 윤곽선 영역 검출 과정
Fig. 1. Procedure of face contour extraction.



(a) Adaboost 알고리즘을 이용한 얼굴 검출 결과 (b) 관심 영역

그림 2. 얼굴 윤곽선 검출을 위한 관심 영역 설정
Fig. 2. ROI for the face contour extraction.

밝기 성분인 Y 성분 영상과 색상 성분인 Cr, Cb 성분 영상으로 분리하고 각각의 영상에 대해 히스토그램을 분석하여 얼굴 후보 영역을 검출하기 위한 임계값을 찾는다. 마지막으로 각 성분 영상에서 검출된 얼굴 후보 영역에 대해 논리적 AND 연산과 얼굴 블럽(blob) 선택, 모폴로지(morphology) 연산을 통해 최종적으로 얼굴 윤곽선이 포함된 얼굴 영역을 획득한다.

III. 얼굴 윤곽선을 포함한 영역 검출

1. Y영상에서의 얼굴 후보 영역 검출

관심영역 내의 밝기 성분을 나타내는 Y영상에서는 머리카락 영역이 어두운 영역의 대부분을 차지한다. 이에 Y영상에서의 후보 영역 검출은 Y영상의 히스토그램 분석을 통해 머리카락 영역을 제거하는 네거티브(negative) 방법을 적용한다.

밝기 성분의 픽셀값의 경우 조명의 변화뿐만 아니라 조명 각도에 따라서도 민감하게 변화하기 때문에 머리카락 영역의 위치에 따라 밝기 분포가 다를 수 있다. 따라서 보다 정확한 머리카락 영역의 제거를 위해 그림 3과 같이 관심영역을 4등분하여 각각의 영역에 대한 정규화된 히스토그램을 얻는다.

각 영역에서 얻은 히스토그램을 h_{Yn} ($n=1, 2, 3, 4$)라 정의하면, 각각의 히스토그램의 최대값을 기준으로 정규화한 히스토그램 H_{Yn} 은 식 (1)과 같다.

$$H_{Yn} = \frac{h_{Yn}[i]}{\max(\{h_{Yn}[i] | i=0, \dots, m\})} \quad (1)$$

이때, m 은 히스토그램 bin의 개수이며 여기서는 255로 설정하였다.

그림 3과 같이 Y 영상에서의 정규화된 분할 영역 히스토그램은, 머리카락 영역이 있을 경우 밝기가 어두운

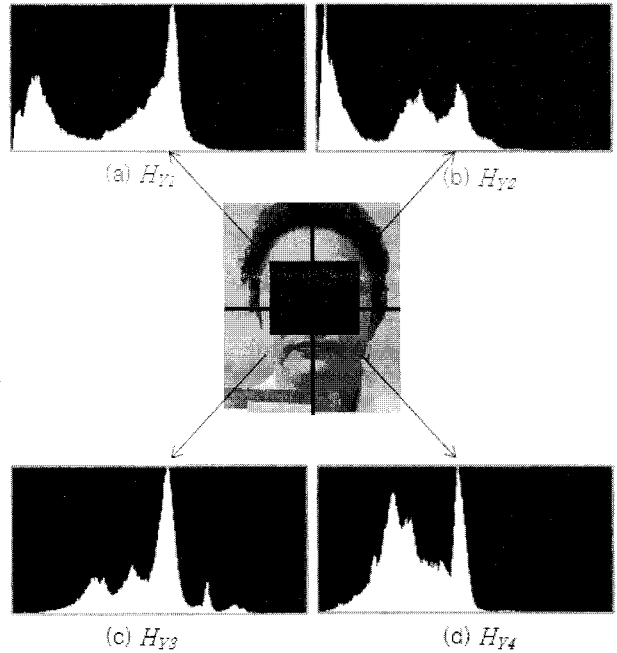


그림 3. Y 영상의 관심영역에서의 정규화된 분할 영역 히스토그램

Fig. 3. Normalized histogram in the separated region of ROI in Y image.

영역에서 가우시안 형태와 유사한 분포를 보인다. 따라서 머리카락 영역에 해당하는 가우시안 영역을 검출하기 위해, 히스토그램의 첫 번째 지역 최대값(local maximum)을 가지는 bin값, α_{1n} 을 찾고, α_{1n} 에서부터 오른쪽으로 첫 번째 지역 최소값(local minimum)을 가지는 bin값, α_{2n} 을 찾는다. 이때 지역 최대, 지역 최소값을 찾기 위한 탐색 범위는 5개의 bin으로 설정하였다.

단, 그림 3 (c)와 같이 머리카락 영역이 없는 경우 α_{1n}, α_{2n} 가 큰 값으로 결정되어 얼굴에 해당하는 영역이 제거될 수 있기 때문에, 최종적으로 머리카락 영역을 얼굴 후보 영역에서 제거하기 위한 임계값 α_{Tn} 은 식 2와 같이 α_{1n} 가 지정된 상수(α_3)보다 작을 경우 α_{2n} 으로 설정하고 그렇지 않은 경우 α_3 보다 작은 값으로 설정한다.

$$\alpha_{Tn} = \begin{cases} \alpha_{2n} & \text{if } \alpha_{1n} < \alpha_3 \\ \alpha_3 - \alpha_4 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

여기서 $\alpha_3 = 40, \alpha_4 = 5$ 로 설정하였다.

최종적으로 Y영상에서의 얼굴 후보 영역은 설정된 임계값 α_{Tn} 값 보다 큰 값을 가지는 픽셀들이 선택된다.

그림 4는 그림 3의 영상에서 제안된 방법으로 결정된 임계값이며, 그림 5는 설정된 임계값을 이용하여 검출된 얼굴 후보 영역이다.

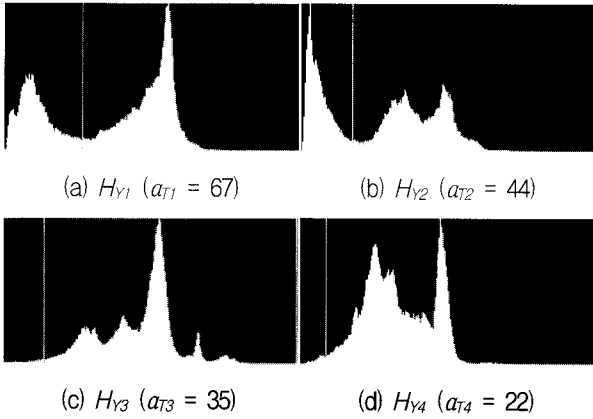


그림 4. 제안된 방법에 의해 Y영상에서 결정된 히스토그램 임계값
 Fig. 4. Histogram threshold values determined by the proposed method in Y image.

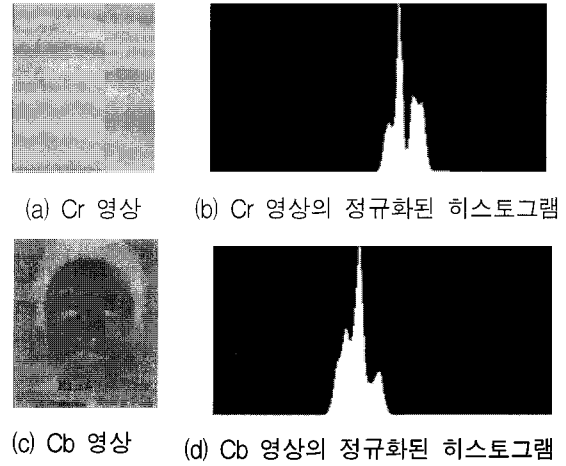


그림 6. 관심영역내의 Cr, Cb 영상에서의 정규화된 히스토그램
 Fig. 6. Normalized histograms of Cr and Cb images in ROI.

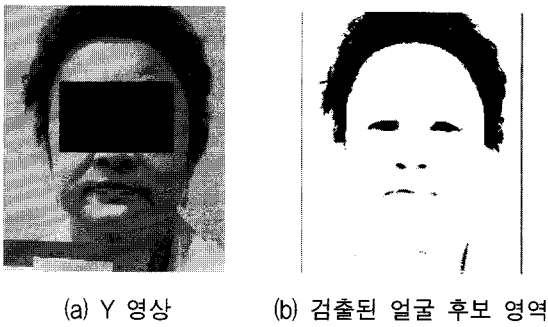


그림 5. Y영상에서 검출된 얼굴 후보 영역
 Fig. 5. Face candidate region segmented in Y image.

2. Cr, Cb 영상에서의 얼굴 후보 영역 검출

관심영역 내의 색상 정보를 나타내는 Cr, Cb 영상에서는 얼굴의 피부색 영역만을 추출하는 방법을 적용한다.

Cr, Cb 영상의 경우, 조명의 변화나 각도에 민감하지 않으므로, Y영상의 경우와 달리 관심영역을 분할하지 않고 관심영역 전체에 대한 정규화된 히스토그램을 분석한다. 그림 6과 같이 Cr, Cb 영상의 정규화된 히스토그램의 경우 몇 개의 가우시안 함수로 구성된 형태를 띄는데, 이는 영상에서 대부분의 영역을 차지하고 있는 피부색, 배경색, 머리카락 색의 색상 분포에 가장 큰 영향을 받는다.

얼굴의 피부색 분포는 개인에 따라 다르며, 그림 2와 같이 배경색이 피부색과 유사할 경우, 그림 6 (b), (d)의 히스토그램에서 얼굴의 피부색 분포에 해당하는 영역을 찾기 어렵다. 따라서 먼저 입력 영상에서 대략적인 얼굴의 피부색 분포를 파악하기 위해, 그림 7과 같이 관

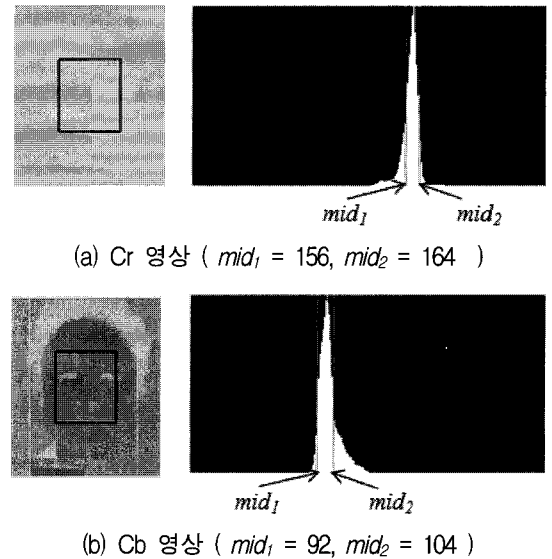


그림 7. 관심영역내의 Cr, Cb 영상에서 서브 영역의 히스토그램
 Fig. 7. Histograms of the sub-regions of Cr and Cb images in ROI.

심영역의 중심점을 기준으로 $a\%$ 서브 영역내의 히스토그램을 얻고, 히스토그램에서 최대값을 가지는 bin(bin)을 기준으로 좌우로 최대값의 $\beta\%$ 를 가지는 bin(bin)값 mid_1, mid_2 을 찾는다. 여기서 $a = 16, \beta = 50$ 으로 설정하였다.

서브영역의 히스토그램으로부터 획득한 mid_1, mid_2 값을 기준으로 관심영역내의 Cr, Cb 영상의 히스토그램에서 얼굴의 피부색 영역을 추출하기 위한 임계값 min, max 값을 찾는다. 이때, min 값은 mid_1 값을 시작점으로 왼쪽으로 첫 번째 지역 최소값을 가지는 bin값이며 max 값은 mid_2 값을 시작점으로 오른쪽으로 첫 번째

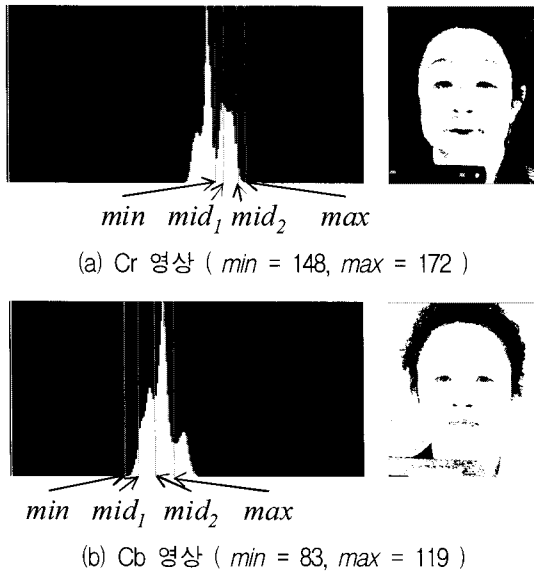


그림 8. 히스토그램에서의 임계값 계산과 검출된 얼굴 후보 영역

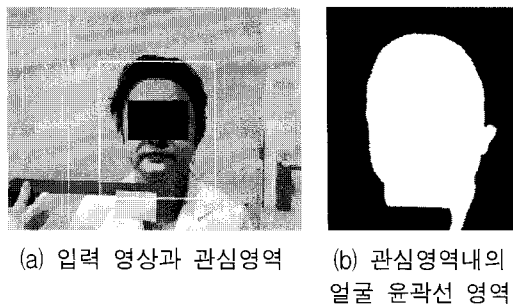
Fig. 8. Calculation of the threshold values in the Histograms and segmented face candidate blob.

지역 최소값을 가지는 bin값이다.

Cr, Cb 영상에서의 얼굴 후보 영역으로는 각각의 영상에서 *min* 값 보다 크고 *max* 값보다 작은 값을 가지는 픽셀만이 선택된다. 그림 8은 그림 6의 히스토그램에서 찾은 *min* 값과 *max* 값과 이들을 가지고 검출된 얼굴 후보 영역을 보여준다.

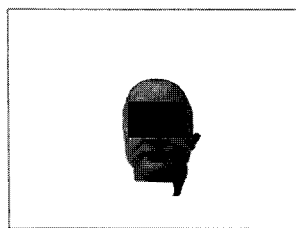
3. 최종 얼굴 윤곽선 영역 검출

최종 얼굴 윤곽선 영역을 검출하기 위해 Y, Cr, Cb



(a) 입력 영상과 관심영역

(b) 관심영역내의 얼굴 윤곽선 영역



(c) 입력 영상에서의 얼굴 윤곽선 영역

그림 9. 검출된 얼굴 윤곽선 영역

Fig. 9. The extracted face contour interiors.

영상으로부터 각각 검출된 얼굴 후보 영역들에 대해 논리적 AND 연산을 취하여 검출된 블럽(blob)들 중 가장 큰 블럽을 선택하고, closing 연산과 opening 연산을 순서대로 적용하여 잡음 영역을 제거한다. 이때 closing 연산은 귀 영역, 머리카락과 얼굴 영역이 만나는 부분 등의 윤곽선 영역을 부드럽게 연결 시켜 주는 역할을 하며 opening 연산은 주위의 잡음을 제거해 주는 역할을 한다. 마지막으로 그림 9와 같이 선택한 블럽의 윤곽선을 둘러싼 영역을 최종 얼굴 윤곽선 영역으로 표현한다.

IV. 실험 결과

제안된 방법의 성능을 확인하기 위해 그림 10과 같이 다양한 장소에서 안면 영상을 촬영한 사진에 대해 제안된 알고리즘을 적용하였으며, 기존에 잘 알려진 snake 알고리즘^[6, 13]을 적용한 결과와 비교하였다. 이때 snake 알고리즘의 경우, 초기 정점의 위치는 그림 2-(b)의 사각형 관심영역과 접하는 타원 상에 존재하도록 하였으며, 그림 10-(a) 영상에의 윤곽선 추출에 최적화된 파라미터 값을 찾아 이를 다른 영상에 적용하였다.

실험 결과 snake 알고리즘을 적용한 경우, 10-(b) ~ 10-(f) 영상에서는 윤곽선 영역을 제대로 검출하지 못하였다. 이는 각각의 영상에서 윤곽을 추출하기 위한 최적의 파라미터가 각각 다르며, 별도로 이들을 찾기 위한 과정이 필요함을 알 수 있다. 또한 그림 10-(a) 영상에서 추출된 윤곽선 영역도 제안된 알고리즘을 적용한 결과에 비해 윤곽선이 세밀하게 추출되지 못하였다.

반면, 제안한 알고리즘을 적용한 경우 단순한 배경 영상(그림 10-(b)) 뿐만 아니라 피부색과 유사한 배경 영상(그림 10-(a),(d),(f))이나 조명이 어두운 배경 영상(그림 10-(c)), 일부 피부색과 유사하면서 에지 성분이 강한 배경 영상(그림 10-(e),(f))에 대해서도 얼굴 윤곽선 영역을 성공적으로 추출함을 보여 주었다.

V. 결론

본 논문에서는 에지 성분을 이용하여 영상에서 직접 얼굴 윤곽선을 검출하는 방법들의 단점들을 보완하기 위해, 관심 영역내에서의 분할된 히스토그램 분석 결과를 이용하여 윤곽선 영역을 획득하는 방법을 제안하였다.

실제 실험 결과, 기존의 snake 알고리즘은 윤곽선을

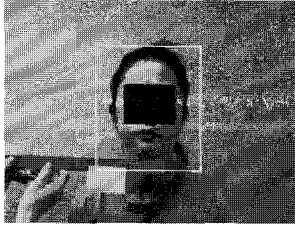
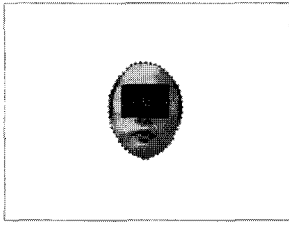
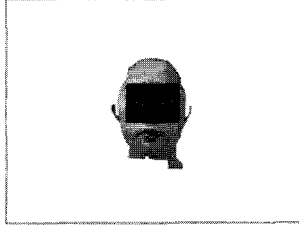
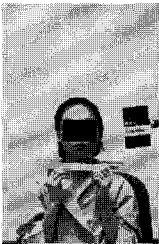
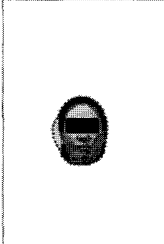
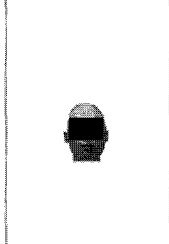

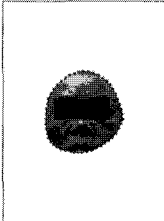
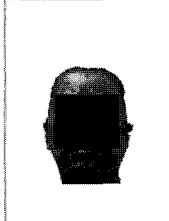
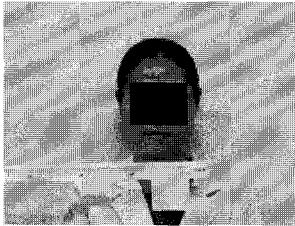
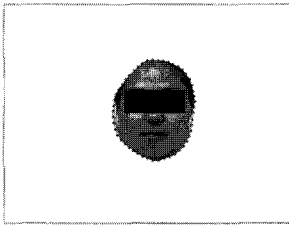
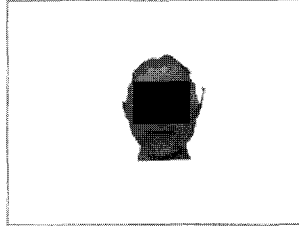
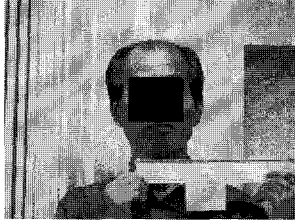
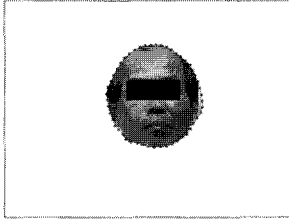
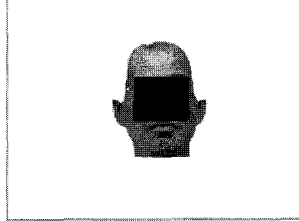
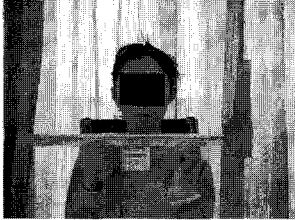
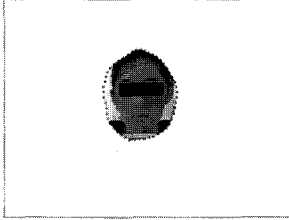
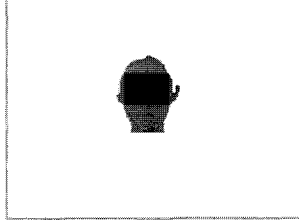
	입력 사진	Snake 알고리즘 적용 결과 (No. of points: 50, Weight of continuity energy: 8 Weight of curvature energy: 200 Weight of image energy: 55)	제안한 방법으로 검출한 얼굴 윤곽선 영역
(a)			
(b)			
(c)			
(d)			
(e)			
(f)			

그림 10. 얼굴 윤곽선 검출 결과

Fig. 10. Result of face contour extraction.

검출하기 위한 최적의 파라미터를 찾는 과정이 필요하며, 윤곽선 영역을 세밀하게 추출하지 못하였다. 반면 제안한 방법은 관심영역의 히스토그램에서 나타나는 가

우시안형태의 분포들을 분석하여, 밝기 성분과 색상 성분의 영상에서 얼굴 영역과 배경 영역을 구분할 수 있는 임계값을 자동으로 찾음으로써, 다양한 조명과 환경

조건을 가지는 입력영상에 대해서도 성공적으로 얼굴 윤곽선 영역을 세밀하게 추출할 수 있었다.

제안된 방법은 다양한 장소에서 촬영된 안면 영상에서 얼굴의 크기 정보, 얼굴 윤곽선을 따라 존재하는 특징점들을 자동으로 획득하는데 활용될 수 있으며 환경에 제약을 받지 않으므로 실시간으로 얼굴 윤곽선 영역을 검출하는데 사용될 수 있을 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

- [1] 이세환, 김봉현, 조동욱, “한방 찰색 구현을 위한 디지털 색체계의 피부색 분석에의 적용,” *한국통신학회논문지*, 제33권, 제2호, 184-191쪽, 2008년 2월
- [2] J.-H. Do and Z. Bien, “Effective Cue Integration for Fast and Robust Face Detection in Videos,” *in Proc. of IEEE Conf. on Information Reuse and Integration*, pp. 354-359, 2007.
- [3] 이재철, 김경중, 임채욱, 박규태, “능동 윤곽선을 이용한 안면 특징점 추출,” *전자공학회 논문지*, 제 18권, 제1호, 929-932쪽, 1995년 7월
- [4] 최성진, 배현, 김성신, 우광방, “로컬 와핑 및 윤곽선 추출을 이용한 캐리커처 제작,” *퍼지 및 지능시스템학회 논문지*, 제13권, 제4호, 403-408쪽, 2003년 8월
- [5] D. Decarlo and D. Metaxas, “The integration of optical flow and deformable models with applications to human face shape and motion estimation,” *in Proc. of IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 231-238, 1996.
- [6] M. Kass, A. Witkin, and D. Terzopoulos, “Snakes: Active Contour Models,” *Int. Journal of Computer Vision*, vol. 1, pp. 321-331, 1988.
- [7] 김영원, 전병환, “DCM 마스크와 스네이크의 초기 곡선 보간에 의한 동영상에서의 얼굴 윤곽선 추출,” *전자공학회 논문지*, 제43권, CI편 제4호, 58-66쪽, 2006년 7월
- [8] T. W. Ridler and S. Calvard, “Picture thresholding using an iterative selection method,” *IEEE Trans. Syst, Man, Cybern.*, vol. SMC-8, pp. 630-633, 1978.
- [9] N. Otsu, “A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms,” *IEEE Trans. Syst. Man, Cybern.*, Vol. 9, no. 1, pp. 62-66, 1979.
- [10] R. M. Haralick and L. G. Shapiro, “*Computer and Robot Vision*,” Vol. 1, Reading, MA: Addison-Wesley, pp. 14-23, 1992.
- [11] Y. Bazi, L. Bruzzone, and F. Melgani, “Image thresholding based on the EM algorithm and the generalized Gaussian distribution,” *Pattern Recognition*, Vol. 40, no. 2, pp. 619-634, 2007.
- [12] P. Viola, and M. Jones, “Robust real-time face detection,” *Int. Journal of Computer Vision*, vol. 57, no. 2, pp. 137-154, 2004.
- [13] Intel Open Source Vision Library, 1.0, <http://www.sourceforge.net/projects/opencvlibrary>, 2006.

저 자 소 개



도 준 형(정회원)

1999년 KAIST 전자전산학과
학사 졸업.

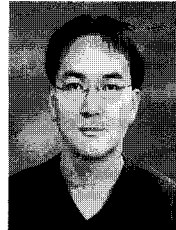
2001년 KAIST 전자전산학과
석사 졸업.

2008년 KAIST 전자전산학과
박사 졸업.

2008년 KAIST 정보전자연구소 연수연구원.

2008년~현재 한국한의학연구원 선임연구원.

<주관심분야 : 컴퓨터비전, 패턴인식, 지능시스템,
한방의료기기, 인간-로봇 상호작용>



김 근 호(정회원)

1994년 KAIST 전기및전자공학과
학사 졸업.

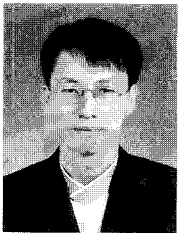
2001년 KAIST 전자전산학과
박사 졸업.

2001년~2002년 미네소타
주립대학 CMRR 연구원.

2002년~2007년 삼성종합기술원 전문연구원.

2007년~현재 한국한의학연구원 선임연구원.

<주관심분야 : 영상처리, 생체신호처리, 한방의료
기기 개발, 3차원 영상 렌더링 및 모델링>



김 종 열(정회원)-교신저자

1983년 서울대학교 건축학과
학사 졸업.

1985년 KAIST 토목공학과
석사 졸업.

1996년 경희대학교 한의학과
학사 졸업.

1998년 원광대학교 한의학과 석사 졸업.

2001년 원광대학교 한의학과 박사 졸업.

1996년~2004년 재단법인 익산원광한의원 원장.

2004년~현재 한국한의학연구원 책임연구원.

<주관심분야 : 한방의료기기 개발, 데이터 마이
닝, u-헬스 의료기기>