깊이정보 기반 Watershed 알고리즘을 이용한 얼굴영역 분할

김 장 원*

Facial Region Segmentation using Watershed Algorithm based on Depth Information

Jang-Won Kim*

요 약

본 논문에서는 깊이정보에 기반한 watershed와 영역병합 알고리즘을 이용한 얼굴영역 분할 방법을 제안하였다. 얼굴영역 검출은 영역 분할 단계, 초기 화소 영역 검출 단계, 영역 병합의 세 단계로 구성된다. 입력된 컬러 영상은 제안된 알고리즘에 의해 균일한 작은 영역들로 분할된다. 색도정보와 에지 구속 조건을 사용하여 균일한 영역들을 결합함으로써 얼굴영역을 검출한다. 제안한 알고리즘은 색도정보나 에지정보만을 사용하는 기존 방법에서의 문제점을 해결하였다. 제안한 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 컴퓨터 시뮬레이션을 하였으며 정확한 얼굴 영역을 분할할 수 있었다.

ABSTRACT

In this paper, we propose the segmentation method for detecting the facial region by using watershed based on depth information and merge algorithm. The method consists of three steps: watershed segmentation, seed region detection, and merge. The input color image is segmented into the small uniform regions by watershed. The facial region can be detected by merging the uniform regions with chromaticity and edge constraints. The problem in the existing method using only chromaticity or edge can solved by the proposed method. The computer simulation is performed to evaluate the performance of the proposed method. The simulation results shows that the proposed method is superior to segmentation facial region.

Keywords : Face, Segmentation, Watershed, Color image detection, Depth information

Ⅰ. 서 론

그레이레벨 영상에서의 얼굴영역 검출[1]은 빛의 밝기에 민감하여 올바르게 검출되지 못하는 경우가 있으며, 칼라영상에서의 얼굴영역 검출[2, 3]은 실험적으로 추출한 칼라정보의 범위를 찾아내어 얼굴영역을 알아낼 수 있다. 그러나 RGB 모델

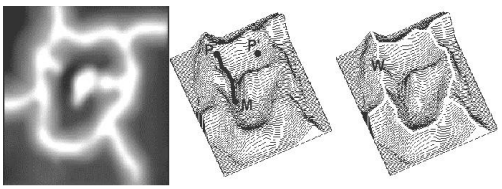
* 경원대학교 에너지IT학과 교수 (jwkimm@kyungwon.ac.kr)
접수일자 : 2011년 09월 10일, 수정일자 : 2011년 11월 15일, 심사완료일자 : 2011년 12월 03일

도 그레이레벨 영상 처리와 마찬가지로 밝기 레벨에 영향을 받는다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로는 RGB 모델을 사용하지 않고 HVC모델을 이용하여 RGB를 색도와 휘도로 전환하고 이 중에서 색도 정보만을 사용한다. 그러나 정규화된 색도 정보가 얼굴영역 색도를 인식하지 못해서 검출되지 못하거나, 유사 색도가 있는 영역을 얼굴로 잘못 검출하는 경우가 있다.[4] 본 논문에서는 앞에서 문제로 제기되는 부분을 해결하기 위하여 watershed를 사용하여 깊이정보가 동일한 균일한 색상정보를 가지고 있는 작은 영역들로 분할한다. 분할된 작은 영역들은 얼굴과 그렇지 않은 영역들로 나뉘어 있으며, HC 색도 정보를 이용해 초기 화소(seed) 영역을 정하고, 이를 이용한 에지정보를 경계조건으로 하여 영역 병합을 수행한다.[5] 이와 같이 깊이 정보를 이용한 watershed 알고리즘을 제안하여 얼굴영역으로 판단되는 작은 영역들을 영역병합 하는 알고리즘을 제안하였다. 영역병합된 얼굴은 경계와 밝기 변화 등에 의해 작은 오차를 포함할 수 있으나, 이를 처리하기 위하여 watershed에서 팽창과 침식을 사용하여 얼굴영역의 오차를 최소화 하였다.

II. 얼굴 영역의 검출

1. Watershed를 이용한 영역분할

Watershed 방법[5, 6, 7]은 배수로(drainage)를 따라 나누어지는 영역의 모든 점들을 깊이정보를 이용하여 분석하는 것이다.

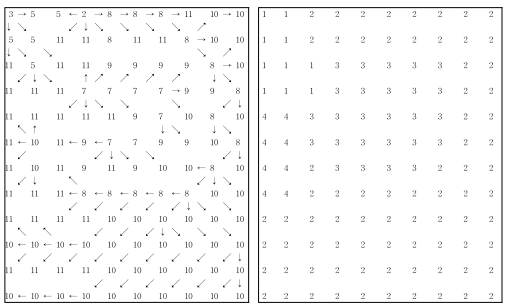


(a) (b) c)

그림 1 watershed line과 배수로

Fig. 1 watershed line and drainage

그림 1(a)는 임의 영상의 기울기이며, 경계는 픽셀의 밝기가 급격히 변하는 부분으로 흰선으로 나타냈고, (b)는 깊이정보가 아래로 흐르는 것을 보여준다. 만일 P점에 빗방울이 떨어졌다면 가장 급격한 경사면을 따라 지역적 낮은 고도까지 흘러내려가게 되고, P' 점에서 빗방울이 떨어져도 같은 점 M까지 흘러갈 것이다. 이 때 이 두 점 P와 P'는 같은 watershed에 속하게 된다. (c)는 watershed line을 보여준다. 인접한 watershed에서 양쪽으로 흐를 수 있는 길을 따라 영역이 나누어진다. 이 길을 watershed line이라 하고, 영상의 높은 고도점을 따라 나타난다. 본 논문에서는 watershed를 이용하여 칼라영상을 각 색에 해당하는 균일한 영역들로 영역분할하기 위해 RGB 각 영상에 watershed[8]를 적용하여 영역분할을 한다. watershed를 이용한 영역분할에서는 먼저 최저점을 찾아야하며, 최저점을 기준으로 영역분할을 한다. 영역분할 방법은 우선 순위 큐(priority queue)[9]를 사용하며 다음과 같은 순서로 수행된다. 1단계는 원영상으로부터 고도를 가진 기울기 영상(graident image)으로 변환한다. 2단계는 기울기영상으로부터 지역적으로 낮은 고도(local minima)를 가진 픽셀들을 추출한다. 3단계는 지역적으로 낮은 고도로부터 높은 고도로 범람과정(flooding)을 수행하여 유사영역을 분할한다. 마지막 4단계에서는 깊이정보를 이용하여 유사영역에 대한 영역 병합(region merging)을 수행한다. 이와 같이 수행되었을 때 나오는 결과를 그림 2에 표현하였다.



(a) flooding image (b) labeling image

그림 2 Watershed 분할

Fig. 2 Watershed segmentation.

이러한 방법으로 RGB 각 영상에 대해 watershed방법에 의해 분할된 결과를 이용하여 최종적인 칼라영상의 분할은 같은 RGB 값을 갖

는 화소들로 분할하여줌으로써 수행할 수 있다. 즉 (r_1, g_1, b_1)값을 갖는 이웃 화소들을 합하여 한 영역으로 만들고 (r_2, g_2, b_2)값을 갖는 이웃 화소들을 합하여 또 다른 영역으로 만듦으로 균일한 색을 갖는 영역들로 분할할 수 있다.

2. 초기화소 영역 결정

watershed에 의해 분할되어 깊이가 같은 색상으로만 구성된 영역들 중 얼굴에 해당하는 영역만을 검출하기 위해 영역병합(region merging) 기법을 적용한다. 먼저 영역병합을 시작하기 위한 초기화소(seed) 영역을 결정하고, 이 영역을 기준으로 얼굴영역에 해당하는 영역들을 병합한다. 이때 seed 영역을 결정할 조건과 병합조건으로 본 논문에서는 RGB 칼라모델을 HVC 칼라모델로 변환하여 사용한다. 그중 밝기값을 뺀 색도값, 즉 H와 C값만을 이용하여 원하는 색을 가지고 있는 영역을 찾을 수 있다. 이와 같은 특징을 이용하여 본 논문에서는 사람의 피부색만을 검출하기 위해 색도 성분만을 사용하였다. 취득된 RGB 성분의 칼라 영상으로부터 HVC 성분으로 변환하기 위해서는 다음과 같은 변환과정을 거쳐야 한다.

먼저 RGB 성분을 CIE가 제정한 XYZ로 변환한다. XYZ 모델의 주요 장점은 Y 하나만으로 직접 휘도 신호가 제공되며, 칼라 영상으로부터 밝기에 민감한 그레이레벨 영상을 제공한다. XYZ는 RGB 값들로부터 식(1)과 같은 선형변환(linear transformation)식에 의해 구해진다.

$$X = 0.504R + 0.338G + 0.139B \quad (1\text{-a})$$
$$Y = 0.278R + 0.663G + 0.058B \quad (1\text{-b})$$
$$Z = 0.020R + 0.115G + 0.728B \quad (1\text{-c})$$

X_n, Y_n, Z_n은 각각 XYZ의 밝기값(illuminant value)으로 흰색에 해당하는 RGB값을 가질 때의 XYZ가 X/X_n, Y/Y_n, Z/Z_n이 모두 0.01보다 클 경우 식(2)의 변환식에 의해 L^*, a^*, b^* 모델로 변환된다.

$$L^* = 116\left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{\frac{1}{3}} - 16 \quad (2\text{-a})$$
$$a^* = 500\left[\left(\frac{X}{X_n}\right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{\frac{1}{3}}\right] \quad (2\text{-b})$$
$$b^* = 200\left[\left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{Z}{Z_n}\right)^{\frac{1}{3}}\right] \quad (2\text{-c})$$

L^*, a^*, b^*값으로부터 최종적으로 H, V, C값을 식(3)에 의해 구할 수 있다.

$$H = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (3\text{-a})$$
$$V = L^* \quad (3\text{-b})$$
$$C = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (3\text{-c})$$

여기서 색도 성분인 HC값은 seed 영역을 결정하기 위한 특징값과 병합시 seed 영역과 이웃영역을 결합하기 위해 상관관계를 알아내는 특징값으로 사용한다. 이 영역을 찾기 위해 본 논문에서는 여러 사람의 얼굴영상을 취득한 후 얼굴부분만 검출되도록 H와 C값의 범위를 구하였다. 모든 영상들에서 얼굴에 해당되는 공통범위는 식(4)과 같이 설정하였다.

$$0.7 \le hue \le 1.1 \;\&\&\; chroma \ge 7.0 \quad (4)$$

seed 영역은 식(4)를 만족하는 영역들 중에서 구할 수 있으나 영상에 따라 얼굴영역의 색도 특성이 변하므로 위의 범위를 적응적으로 조정시킬 필요가 있다. 따라서 입력영상의 화소 중 색상과 크로마가 식(4)의 범위를 만족하는 화소들의 평균 색상을 H_{av}이라고 할 때, seed 영역에 해당하는 색상 범위의 최소값과 최대값은 식(5)와 같이 구한다.

$$H_{\min} = H_{av} - \sigma, \quad H_{\max} = H_{av} + \sigma \quad (5)$$

여기서 H_{min}과 H_{max}는 seed 영역에 해당 가능한 색상의 범위중 각각 최대값과 최소값을 나타내고, σ는 식(6)과 같이 구한다.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^{N}(H(k)-H_{av})^2}{N}} \quad (6)$$

여기서 N은 화소의 개수이고 H(k)는 k번째 화소의 색상값을 나타낸다. 색상의 범위가 결정되면 seed 영역을 찾기 위해 다음과 같이 수행한다. watershed에 의해 분할된 각 영역들에 대해, 그 영역에 속한 모든 화소들이 식(6)의 H_{min}과 H_{max} 사이의 범위에 속하면 후보 seed 영역으로 간주한다. 모든 영역에 대해 조사가 끝나면 이웃한 후보 seed 영역들은 한 영역으로 결합한다. 이렇게 결합된 영역들 중 그 크기가 가장 큰 영역을 seed 영역으로 결정한다.

3. 영역 병합

결정된 seed 영역을 기준으로 주위에 어떤 영역들이 이웃해 있는가를 조사하여 이웃영역이 결정되면 HC 색도정보와 에지정보를 조건으로 영역병합을 수행한다. HC 색도정보만을 조건으로 사용하면 얼굴색과 비슷한 배경영역까지도 검출될 수 있으며, 에지만을 조건으로 사용하면 구해진 에지가 끊어진 형태거나 얼굴부분의 빛의 밝기차가 작아 에지가 검출되지 않는 경우가 발생한다. 따라서 끊어진 에지를 이어주는 복잡한 알고리즘이 필요하거나 에지가 검출되지 않는 경우 얼굴부분을 인식해내지 못하는 결과를 얻게 된다. 따라서 분할된 영역들이 얼굴에 해당하는 seed 영역을 중심으로 영역 병합될 때, 얼굴 이외의 영역들이 합쳐지는 것을 방지하기 위해 HC 색도정보와 함께 에지정보를 영역병합 조건중의 하나로 사용하였다. 에지는 영상에서 빛의 밝기, 칼라, 질감 등의 특성이 급격히 변화를 나타내는 부분을 의미하며 각 물체의 경계에 해당한다. 본 논문에서는 에지를 검출하기 위해 각 R,G,B 영상에 대해 Canny 에지 연산자를 적용하여 기울기 값 g_r, g_g, g_b을 구하고, 식(7)에서와 같이 이들 값 중 최대치를 구하여 최종적인 기울기 값 g를 구한다.

$$g = \max(g_r, g_g, g_b) \quad (7)$$

각 화소점에서의 g값이 정해진 임계치보다 크면 그 점은 에지점으로 간주하여 에지영상을 구한다. 앞서 구한 HC 색도정보와 에지정보를 사용하여 seed영역을 중심으로 이웃한 영역들을 영역병합하기 위해 다음과 같은 조건을 만적해야 한다. 첫째, seed 영역과 그 이웃한 영역의 평균 색상값을 구하고 식(8)을 만족하는 경우 그 이웃한 영역은 seed 영역과 영역병합 할 후보영역으로 정한다.

$$S_H_{av} - N_H_{av} < TH_h \quad (8)$$

이때 S_H_{av}와 N_H_{av}는 각각 seed 영역과 이웃역영의 평균 색상값이며 TH_h는 실험적으로 정한 임계값이다. 둘째, 영역병함 할 후보영역 중 그 후보영역에 에지점이 존재하지 않은 경우에만 그 영역을 seed 영역과 영역병합한다. 셋째, 이렇게 영역병합된 영역을 다시 seed영역으로 간주하여 이 과정을 더 이상 영역병합할 조건을 만족하는 영역이 없을 때까지 반복한다.

Ⅲ. 실험 및 고찰

본 논문에서는 512×480, 480×512, 256×256 크기의 정면 얼굴, 기울어진 얼굴, 회전된 얼굴 등 여러 형태의 칼라영상들을 입력영상으로 사용하였으며 그 중 2개 영상을 그림 3에 나타내었다.

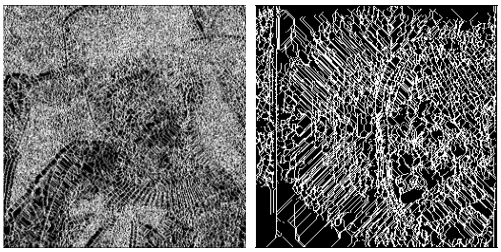
(a) girl image (b) ttl image
그림 3 원 칼라 영상
Fig. 3 The original color images

입력 칼라영상의 RGB 각각에 대해 watershed를 적용하여 분할한 후, 균일한 색도 영역으로 결합한 최종분할 결과를 그림 4에 나타내었다.

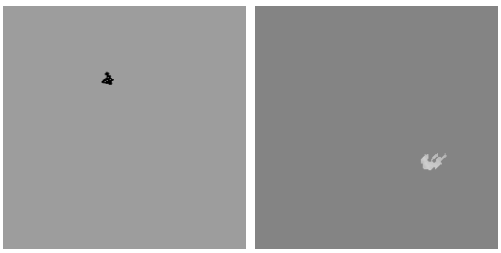
분할된 영역들 중에서 seed 영역에 해당하는 영

역을 찾기 위해 RGB 영상을 HVC칼라모델로 변환하고, H와 C만을 사용하여 자동적으로 seed 영역을 구하였다. seed 영역이 찾아진 결과를 그림 5에 나타내었다.

영역병합 과정은 에지정보와 색상평균값의 차를 이용한 두 가지 조건을 사용하였다. 첫 번째 조건인 에지를 검출하기 위해 Canny 연산자를 적용하였으며 이때 분산값은 0.5로 하였다. 검출된 에지 영상을 그림 6에 나타내었다.



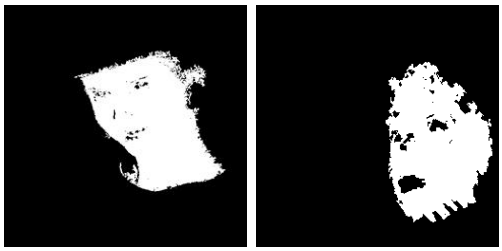
(a) girl image (b) ttl image
그림 4 영역 분할 영상들
Fig. 4 The segmented images



(a) girl image (b) ttl image
그림 5 seed 영상들
Fig. 5 The seed images

(a) girl image (b) ttl image
그림 6 에지 영상들
Fig. 6 The edge images

그림에서 볼 수 있듯이 끊어지거나 검출되지 못한 에지들 때문에 단순히 에지만에 의존하여 얼굴영역을 검출하기는 어려우며 따라서 에지정보를 경계조건으로만 사용하여 얼굴영역 밖으로 병합되는 것을 방지하였다. 두 번째 조건인 색상값을 사용하여 병합할 때 병합될 두 후보영역의 평균색상값 차가 임계치보다 작은 경우 병합하였다. 이때 평균색상값 차의 임계치 TH_h는 0.2으로 설정하였다. 영역병합된 결과 영상을 그림 7에 나타내었다.



(a) girl image (d) ttl image
그림 7 merge된 얼굴 영상들
Fig. 7 The merged face images

일부 영상에서는 TH_h를 0.2로 하였을 경우에도 얼굴에 해당하지만 조명에 의해 얼굴이 흰색에 가까운 영역들은 병합하지 못하였다. 이러한 잡음처럼 발생한 오류 영역들을 제거하기 위해 깊이정보를 이용한 팽창과 침식을 수행하였으며 3×3 mask를 사용하여 팽창과 침식을 각각 세 번씩 적용함으로써 최종적으로 결과를 개선키고 그림 8에 나타내었다.

(a) girl image (d) ttl image
그림 8 검출된 얼굴 영상들
Fig. 8 The detected face images

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 깊이정보에 기반한 watershed와 영역 병합 알고리즘을 이용한 얼굴영역 분할 알고

리즘을 제안하였다. 기존의 방법에서 에지만을 사용하는 경우 구해진 에지가 잡음에 의하여 원하지 않는 영역으로 인식이 되어 원하는 얼굴 영역의 분할이 잘 이루어지지 않는 경우가 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 복잡한 영역 추정 알고리즘들이 사용되어야 하며, 밝기 정보만으로 검출하였으므로 원하는 얼굴영역을 여전히 분할하지 못하는 경우 또는 얼굴영역이 아닌 부분을 얼굴 영역으로 분할하는 경우가 발생한다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해 본 논문에서는 픽셀의 기울기 변화인 깊이정보에 기반한 watershed를 적용하여 균일한 색상의 작은 영역들로 나누고, 적응적으로 색도정보의 범위를 조정하여 seed 영역을 검출하고, 이를 기준으로 얼굴영역에 해당하는 영역들을 영역병합 함으로써 원하는 영역을 검출하는 알고리즘을 제안하였다. 여러 가지 칼라 얼굴영상에 대해 실험한 결과 얼굴영역을 정확히 분할할 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] T. W. Kim, Y. S. Kang, "Active Facial Tracking for Fatigue Detection", *한국정보전자통신기술학회지*, 2권, 3호, pp.53-60, 2009.

[2] L. Lucchese and S. K. Mitra, "Colour segmentation based on separate anisotropic difussion of chromatic and achromatic channels", *IEE Proc-Vis. Image signal Process.*, vol.148, no.3, pp.141-150, June, 2001.

[3] H. S. Jung, J. S. Lee, "Face Region Detection Algorithm using Euclidean Distance of Color-Image", *한국정보전자통신기술학회지*, 2권, 3호, pp.79-86, 2009.

[4] Tae-Woo Kim, "Real Time Discrimination of 3 Dimensional Face Pose", *한국정보전자통신기술학회지*, 3권, 1호, pp.47-52, 2010.

[5] Stanislav L. Stoev and Wolfgang Straber, "Extracting Regions of Interest Applying a Local Watershed Transformation", *Visualization 2000.* Proceedings, pp.21-28, 8-13 Oct., 2000.

[6] Shao-Yi Chien, Yu-Wen Huang and Liang-Gee Chen, "Predictive Watershed : A Fast Watershed Algorithm", *IEEE Trans Citcuits Syst*, vol.13, no.5, pp.453-461, May, 2003.

[7] J. B. Roerdink and A. Meijster, "The watershed transform : definition, algorithms and parallelization atrategies", *Fundamental Information*, Vol41, No.1-2, pp.187-228, 2001.

[8] Y. Tsaig and A. Averbuch, "Automatic segmentation of moving objects in video sequences : A region labeling approach", *IEEE Trans. on Circuits and Syst. for Video Tech.*, vol.12, no.7, pp.597-612. 2002.

[9] Jisu Kim, Jonghwan Zhu, and Hyuk-Jae Lee, "Block-Level Processing of a Video Object Segmentation Algorithm for Real-Time Systems", *IEEE International Conference on Multimedia and Expo(ICME)*, July, 2007.

저자약력

김 장 원(Jang-Won Kim) **종신회원**

1993~현재 : 경원대학교 IT대학 에너지IT학과 교수

2000년 명지대학교 전자공학과 공학박사

<관심분야> 영상신호처리 및 이해, 영상통신, 임베디드 시스템,