

히스토그램을 이용한 여러 Threshold 결정 기법

이 영렬 박 래홍

서강 대학교 전자 공학과

MULTI THRESHOLD SELECTION TECHNIQUE USING HISTOGRAM

Yung Lyul Lee Rae-Hong Park

Dept. of Electronic Eng., Sogang University

ABSTRACT

This paper presented the multi threshold selection technique using the transformed histogram. When forming the transformed histogram based on the edge information, we applied the histogram transform technique only to the high edge values. And the multi thresholds were selected by choosing the peak values of the transformed histogram.

1. 서론

최근들어 medical images과 imaging device들의 급속한 증가는 영상처리분야의 연구에 박차를 가하고 있기 때문에 본 논문에서는 이 분야중 영상 thresholding과 scene segmentation에 관한 연구를 하였다. Threshold를 선택하기 위한 방법으로 현재까지 여러 방법들이 제안되어 왔으며 이상적인 경우, 영상이 물체와 배경으로 구성된 경우 영상의 histogram은 상대적으로 물체와 배경을 나타내는 2개의 peak사이에 깊고 날카로운 valley를 갖으므로 threshold는 이러한 valley의 bottom에서 선택될 수 있다. 그러나 실제 영상에 대해서, 특히 valley가 평평하고 넓은 경우나, valley 부근에 noise가 많이 낀 경우나, 2개의 peak값의 높이가 상당히 다를 때 valley의 bottom을 구하는 것은 상당히 어렵다. 본 논문에서는 transformed histogram을 이용한 multi threshold 선택을 다루었는데 histogram을 이용한 영상 segmentation은 다음과 같은 것들이 있다. 첫번째는 transformed histogram을 이용하는 방법으로서 histogram의 valley를 더 깊게 하거나 valley를 peak으로 변환함으로써 threshold를 선택하는 방법이다. 두번째 부류는 histogram을 gaussian sum으로 근사화하고 통계학적 결

정절차를 적용하는 방법이 있다. 또 다른 방법으로는 discriminant analysis의 견해로부터 Otsu에 의하여 제안된 between class difference(BCD)를 계산하여 BCD가 최대로 되는 threshold를 best threshold로서 선택하는 방법이다. 또한 Kittler등은 valley check 조건을 BCD와 더불어 사용함으로써 적당한 threshold를 선택하는 Otsu의 방법을 향상시킨 방법을 제시하였다. 이 밖에도 concavity analysis를 이용하는 방법, quadtree를 이용하는 방법등이 있다. 본 논문에서는 첫번째 부류중에서 histogram의 valley를 peak으로 변환하여 그 peak을 threshold로 잡아 thresholding을 해주는 방법을 다룬다. 그 이유는 다른 여러방법보다 threshold값 level의 수가 커져도 단지 edge detection된 영상에 대하여 계산하므로 계산량이 일정하다는 점과 multi threshold를 다루기 용이하기 때문이다.

2. Transformed Histogram

Transformed histogram에 관한 제안된 방법들을 살펴보면 영상이 단지 물체와 배경으로 이루어 졌다면 물체와 배경 내부의 점들은 낮은 edge value를 갖게되며 경계영역은 큰 edge value를 갖게될 것이다. 이러한 경우 gray level histogram상에서 큰 edge value를 갖는 부분에 대응하는 gray level을 histogram상에서 suppress함으로써 valley를 깊게하여 threshold를 선택하기 편하게 하는 방법이 Rosenfeld등의 의해 제안되었다. 또한 |a|를 주어진 점에서의 edge value라 할때 histogram상에 1/(1+|a|)의 weight를 줌으로써 histogram상의 valley를 깊게 함으로써 threshold 선택을 편하게 하는 방법이 Mason등의 의하여 제안되었다. 또한 큰 edge value를 갖는 점들이 낮은 edge value를 갖는 점들보다 크게 count 되는 방법이 있는데

를 돌면 각 점에 weight로서 edge value $|a|$ 를 줌으로써 큰 edge value를 갖는 histogram valley를 peak으로 변환 (5) 시킴으로써 이 peak값에서 threshold를 선택해주는 방법이 Watanabe등에 의하여 제안되었다. 또한 Watanabe등에 의하여 제안된 transformed histogram을 원래 gray level histogram으로 나누어 줌으로써 threshold를 찾는 방법도 Weszka등에 의하여 제안되었다. [1]

3. Preprocessing

본 논문에서는 transformed histogram을 형성하기 전에 spurious noise와 blurring을 제거하기 위하여 median filtering과 E5 filtering을 하였다. Edge preserving filter인 E5 filter는 다음과 같다. 영상을 그림 1과 같은 3*3 mask로 scanning 해 가면서 8개의 이웃 화소중 중심화소 E의 gray level과 가장 유사한 5개의 이웃 화소를 택하여 그것들의 평균 gray level을 중심 화소에 넣어 주는 방법을 의미한다. 또한 median filter란 위의 3*3 mask에서 중앙값인 화소를 택하여 중앙 화소(E)에 넣어 주는 방법을 의미한다.

4. 본론

본 논문에서는 edge operator로서 sobel operator와 busyness measure를 측정하는 maximum absolute difference (MAD)와 median absolute difference (MEAD)를 사용했다.

본 논문에서 사용된 edge operator의 특성은

A	B	C	1. MAXIMUM ABSOLUTE DIFFERENCE (MAD)
D	E	F	
			2. MEDIAN ABSOLUTE DIFFERENCE (MEAD)
G	H	I	
			3. SOBEL OPERATOR

그림 1. 사용된 operator
Fig.1. The operators

다음과 같다. (그림 1) MAD란 $\max(|A-B|, |B-C|, |D-E|, |E-F|, |G-H|, |H-I|, |A-D|, |D-G|, |B-E|, |E-H|, |C-F|, |F-I|)$ 인 operator를 의미하며 MEAD란 $\text{median}(|A-B|, |B-C|, |D-E|, |E-F|, |G-H|, |H-I|, |A-D|, |D-G|, |B-E|, |E-H|, |C-F|, |F-I|)$ 인 operator. SOBEL operator는 0도, 90도, 45도, 135도의 edge를 검출하는 operator이다. [2]

Weszka등에 의하여 제안된 방법과(그림 2) 본 논문에서 제안된 방법은 그림 3과 같이 도식화 될 수 있으며 여기서 $H(g)$ 는 원래 영상의 histogram, $T_w(g)$ 는 모든 edge value에 대한 transformed histogram, $H_1(g)$ 는 preprocessing

된 영상의 histogram, $T(g)$ 는 high edge value의 transformed histogram이다. 또한 image에 위의 edge operator를 적용하여 나온 high edge value의 값만을 취하여 original image에 곱해주고 이것을 다시 original histogram으로 나누어 줌으로써 transformed histogram $T_f(g)$ 를 얻게된다. 여기서는 대략 전체 화소 갯수의 6.1-8.8% 정도만 취하여 각각의 경우에 따른 transformed histogram을 관찰하였다. 여기서 high edge value를 취한 이유는 Weszka등이 binary thresholding에서 제안한 것처럼 모든 edge value에 대한 transformed histogram을 사용한 경우 transformed histogram에서(original histogram상의 valley를 peak으로 변환시킨 modified histogram) object나 background에 대응되는 edge value들이 강조되는 일이 없도록 해주기 위해서다.

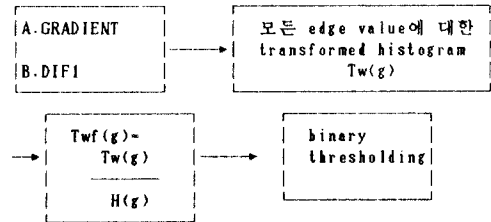


그림 2. Weszka등에 의한 binary thresholding
Fig.2. Binary thresholding by Weszka et al.

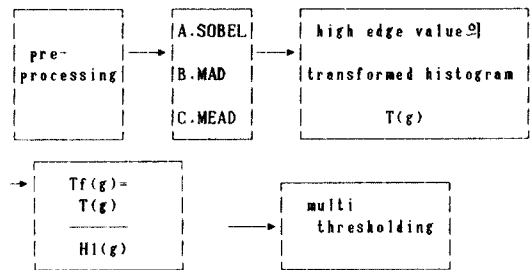


그림 3. 제안된 방법
Fig.3. The proposed method

5. 실험 및 결과

이 논문은 multi thresholding을 다루기 때문에 Weszka등의 binary thresholding을 multi thresholding으로 확장하여 실험도 하였다. 또한 Weszka는 edge detection operator로서 GRADIENT operator, DIF1 operator를 사용하여 모든 edge value에 대하여 transformed histogram을 구하였지만 본 논문에서(그림 3 참조)는 이러한 operator 대신 SOBEL operator, MAD, MEAD를 사용하였으며, edge detection을 하기 전에 spurious noise 제거, blurring 제거를 위하여

preprocessing을 적용하였으며 모든 edge value에 대해서 processing 하는 것이 아니라 영상의 경계영역주위의 high edge value에 대해서만 processing을 하였다.



그림 4. 원래 영상과 histogram
Fig.4. The original image and its histogram

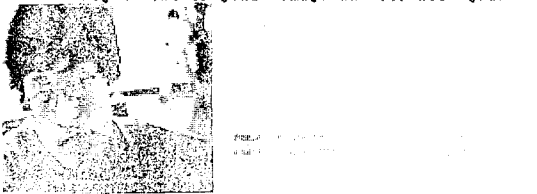


그림 5. threshold된 영상과 transformed histogram
Fig.5. The thresholded image and transformed histogram

여기서 영상의 크기는 200*200을 사용하였으며 영상은 256개의 gray level을 갖을 수 있다. 영상의 histogram의 valley와 peak이 확실한 영상에 대한 multi thresholding의 결과를 보면(bimodal, trimodal) transformed histogram들은 Weszka가 제안한 방법을 multi로 확장하였을 때의 결과(threshold 후보점 추출)와 본 논문에서 제안한 방법의 결과는 유사하였다. 실험으로부터 알 수 있는 사실은 밝은 물체의 경계부근의 blurring으로 인하여 어두운 물체의 gray level이 좀 밝은 물체의 경계부근에 나타나게 되는 결과가 항상 발생한다. 그러나 여기에 본 논문(그림 3 참조)에서 제안한 preprocessing 방법을 적용한 결과 median filtering과 E5 filtering에 기인하여 이러한 blurring을 어느정도 제거할 수 있었다.

그림 4의 복잡한 영상에 대한 multi thresholding(segmentation)의 결과를 그림 5에 나타냈다. 단 여기서는 4 level로 thresholding된(5 region)결과이다. Weszka 등의 방법을 multi thresholding으로 바꾸어 준 경우는 이때의 transformed histogram의 특성이 좋지 않았기 때문에 threshold 후보점들을 찾기 곤란하였으며, 본론에서 제안한 방법(그림 3)의 결과는 그림 5의 transformed histogram에서 볼 수 있듯이 peak 들을 구별하기 용이하였다. 이에 대한 가장 큰 요인은 high edge value(6.1-0.8% 이상), 즉 edge 성분에 대해서만 processing을 해주었기 때문이라고 생각된다. 또한 transformed histogram을 구할

때 고려하는 high edge value의 수를 전체 화상 총수의 6.1-0.8%까지 변형시키면서 실험을 한 결과 edge value가 큰 것에 대해서 transformed histogram의 특성이 더욱 날카로와 지는 것을 알 수 있었다. 그림 5의 영상은 4개의 threshold 후보점을 추출하여 5개의 region으로 segmentation 된 결과를 보여준다. 참고로 지나치게 큰 edge value(0.8%)에 대하여만 processing을 할 경우 강조되어야 할 peak 값들이 사라지는 현상이 발생하였다. 또한 Weszka 등이 제안한 방법에 본 논문에서 제안한 전체화소의 6.1-0.8% 이상의 high edge value에 대하여 실험도 하였는데 결과는 유사했다.

6. 결론

영상의 histogram 분포가 ideal한 경우(bimodal, trimodal) Weszka의 방법은 multi로 확장시킨 방법이나 본 논문에서 제안한 방법이 별 차이가 없었으나 복잡한 실제 영상의 경우는 - histogram이 unimodal(대부분의 real image) - 본 논문에서 제안한 방법이 peak들과 valley들을 확실하게 산출하였다. 가장 주된 이유는 high edge값(6.1-0.8%)에 대하여만 계산을 하였기 때문이라고 생각한다.

참고문헌

- [1] Joan S.Weszka and Azriel Rosenfeld, "Histogram modification for threshold selection," IEEE Trans. Syst., Man, Cybern., vol. SMC-9, no. 1, pp. 38-52, January 1979.
- [2] Azriel Rosenfeld and A.C.Kak, Digital Picture Processing, New York: Academic Press, 1976.
- [3] Nobuyuki Otsu, "A threshold selection method from gray level histograms," IEEE Trans. Syst., Man, Cybern., vol. SMC-9, no. 1, pp. 62-66, January 1979.
- [4] J.Kittler and J.Illingworth, "On threshold selection using clustering criteria," IEEE Trans. Syst., Man, Cybern., vol. SMC-15, no. 5, pp. 652-655, September/October 1985.
- [5] S.Watanabe and the CYBEST group, "An automated apparatus for cancer prescreening: CYBEST," Comput. Graphics Image Proc., 3, pp. 350-358, 1974.