

히스토그램의 다중분할을 이용한 물체추출에 관한 연구

오이형찬 오삼록* 알해원

한양대학교 전기공학과, * KAIST 전기 및 전자공학과

A Study on Object Extraction Using
Multi-thresholding of Histogram

ABSTRACT

In this paper, a heuristic multi-thresholding algorithm is proposed to extract objects from background. Specifically the proposed algorithm finds out multi valleys from gray level histogram automatically and non-recursively. Some experimental results for various types of images are presented, to show the effectiveness of the proposed algorithm.

1. 서론

주어진 영상을 의미있는 부분영역들로 나누는 화상분할은 물체인식을 위한 기본적인 중요한 처리과정이다. 배경으로부터 대상으로하는 물체를 추출해내는 방법에는 물체의 edge를 찾아 분리해내는 방법[1]과 화상의 명암도 분포를 나타내는 히스토그램을 이용하여 특징값 이상은 물체로, 이하는 배경으로 간주하여 물체를 분리해 내는 thresholding 방법[2]이 있다. 그러나 주어진 영상을 화상처리 하는 데 있어서 실시간 처리가 절실히 요구되는 robot vision 및 industrial vision에서는 계산 시간이 빠른 thresholding 방법이 흔히 이용되고 있다.

명암도로 이루어진 영상내에서 물체를 추출하기 위한 threshold selection 방법은 명암도 분포를 나타내는 히스토그램에서 valley 부분을 찾는 문제로 생각할 수 있다. 즉 물체와 배경의 명암도가 분명히 구분되는 이상적인 경우의 뒤편분포도는 물체와 배경을 나타내는 두개의 봉우리(peak) 사이에서 깊고 좁은 valley 부분을 가지므로 이 valley 부분의 가장 낮은 곳에 해당하는 값을 threshold 값으로 정하여 물체를 추출해 낼 수 있다. 그러나 물체와 배경의 명암도 차이가 분명치 않아 두 봉우리의 크기에 있어서 차가 매우 큰 경우나, valley 부분이 봉우리 크기와 비슷한 경우 등에서는 valley 부분을 구별하기가 어려운 경우로 종종 있다.

이러한 난점을 효과적으로 해결하기 위한 방법은 valley를 확실하게 나타내도록 하기 위해 edge 부분의 히스토그램을 이용하는 방법[3]과, 히스토그램을 합성된 분포로 보고 각군의 분리도(separability)를 최대로 하는 level을 갖는 방법들이 있다[4]. 그러나 [8]에서 제안한 방법은 대상물체와 배경의 면적비가 매우 크기 때문에 edge 부분만의 히스토그램을 이용하여 valley 부분을 정확하게 나타내지만, edge를 찾기 위하여 많은 시간이 걸린다. 또한 [4]에서 제안한 방법은 알고리즘이 간단하고, 정규화 된 평가기준을 증명하였지만, 2개 이상의 threshold를 결정하기에는 많은 시간과 노력이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 여러개의 물체들과 겹쳐진 물체들이 있는 좀 더 복잡한 영상인 경우에도 빠른 시간내에 효과적으로 물체를 추출해 낼 수 있는 multi-thresholding 방법을 제안하기로 한다.

2. Multi-thresholding Algorithm

2.1 개요

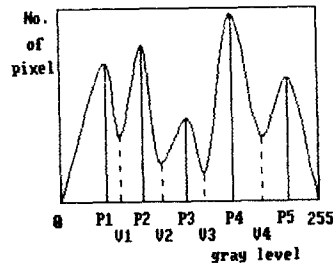


그림 1. 여러개의 peak와 valley를 포함하는 히스토그램
Fig. 1. An example of histogram including several peaks and valleys

히스토그램을 이용하여 물체 추출을 하기 위한 임계값설정 방법은 궁극적으로 valley를 찾는 문제로 볼 수 있다. 한 예로서 여러개의 valley와 peak를 갖는 경우의 히스토그램을 그림 1에 보였다. 이와같은 경우에는 한 화면내에 명암도가 서로 다른 여러개의 물체가 있는 경우여 흔히 볼 수 있다. 그림 1과 같이 히스토그램이 주어졌을 때 여러개의 물체를 분리해내기 위해서는 다중 thresholding을 해야 하는데 이를 위하여 적당한 조건을 만족하는 여러개의 valley부분을 찾아 그 값을 임계값으로 하는 다중 thresholding 알고리즘을 개발하는 것이 본 논문의 목표이다. 다음 절에서는 이러한 valley부분을 찾는 기준치 설정에 대하여 설명하기로 한다.

2.2 Multi-thresholding Algorithm

그림 2에서 보듯이 두 개의 valley u1, u2 가 있는 경우 어느 곳을 임계값으로 결정해야 하는가를 평가해야 한다. 이 때의 평가기준으로는 valley의 면적과 거리를 선택하였으며, 이를 동시에 만족하여야만 임계값으로 결정하였다. 이를 쉽게 설명하기 위하여 그림 3와 같은 히스토그램을 갖는 경우 binary thresholding을 하기 위한 방법을 예를 들어 설명하기로 한다. 그림 3에서 보는 바와 같이 히스토그램의 최대값인 점 5의 level에서부터 0까지 6 step으로 나누어 scanning해 나간다고 가정하자. 먼저 점 5를 만나게 된다. 점 5를 기준으로 하여 좌측과 우측으로 이미 봉우리로 등록된 점이 있는가를 찾게 된다. 그림에서 보듯이 아직 어떤 점도 봉우리로 등록되어있지 않으므로 점 5는 최초로 등록되는 봉우리가 되어 1번 봉우리로 등록되게 된다.

다음 scan line에는 점 4와 점 6이 판단의 대상이 된다. 점 4를 기준으로 좌,우를 살펴보면 우측에는 거리가 1인 등쪽된 점이 있고 좌측에는 아무것도 없다. 점 4와 점 5의 거리가 기준치보다 작으므로 (거리의 기준치를 2 라고 하자) 점 4는 점 5에 병합된다. 마찬가지로 점 6도 5에 병합될 것이다. 이렇게 점 3과 점 7도 점 5에 병합되어 점 3부터 점 7까지의 모든 점들은 1번 봉우리로 등록되게 된다. 네번째 scan line 을 자세히 보자. 점 2는 무난히 점 3에 병합된다. 점 8의 경우 좌로 살펴본 거리는 1. 우측으로는 아무것도 없다. 점 12는 아직 등록되지 않은 점이라는 것이 유의하여야 할 것이다. 그러므로 점 8도 점 7에 병합되어 1번봉우리의 일부가 된다. 점 12의 경우에는 좌측으로 점 7이 있고 우측에는 아무것도 없다. 그런데 점 7과의 거리가 기준치 2보다 큰 5이므로 면적을 살펴봐야 한다. 2번 scan line 에서 점 7,8,9,10,11,12 로 이루어진 곡선을 뺀 면적을 계산해보고 그 면적이 면적의 기준값보다 크면 (이 경우 크다고 가정하자) 점 12는 어느 곳으로도 병합되지 않고 새로운 봉우리로 등록되게 된다. 그래서 점 12는 2번봉우리의 시작점이 된다. 계속해서 점 1은 점 2에 병합되고 점 9도 점 8에 병합된다. 점 11과 13은 새로 생긴 2번 봉우리인 점 12에 병합되게 된다. 마지막 scan line 을 보자. 점 0는 점 1에 병합되고 점 14는 점 13에 병합이 된다. 그런데 점 10의 경우 점 9(1번 봉우리)와의 거리도 1이고 점 11 (2번 봉우리)과의 거리도 1이 되어 양쪽이 모두 병합될 수지가 있다. 이 때는 좌측으로 병합되도록 정하였다. 그래서 결과적으로 점 0부터 10까지는 1번 봉우리가 되고 점 11부터 14까지는 2번 봉우리가 된다. 임계값은 봉우리번호가 변하는 곳이므로 점 10이 임계값이 된다. 이와 같이 하여 임계값을 정한 후 thresholding 을 하면 주어진 영상에 대한 2진 화상을 얻을 수 있다.

일반적으로 명암도가 다른 여러개의 물체가 있는 경우는 그림 1과 같이 여러개의 peak 및 valley 를 갖는다. 이 경우에도 위에서 설명한 방법을 그대로 적용하면 여러개의 임계값을 쉽게 찾을 수 있다.

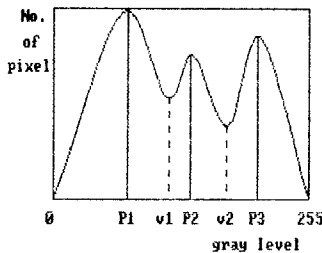


그림 2. 임계값을 결정하기 위한 히스토그램
Fig. 2. Histogram for threshold selection

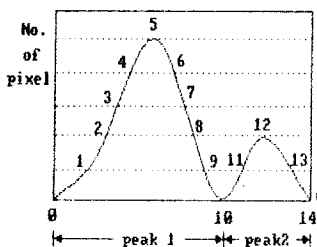
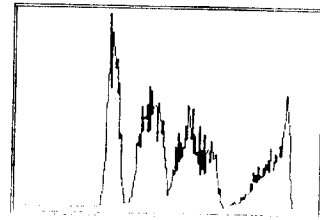


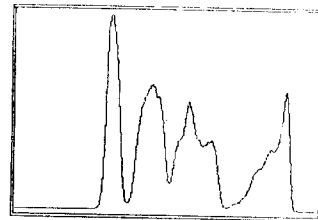
그림 3. 알고리즘 설명을 위한 히스토그램
Fig. 3. An example of histogram for binary thresholding

2.3 Smoothing 및 Modification

실제 상황에서 화상의 명암도분포를 나타내는 히스토그램은 조명 및 표면의 불균형등으로 인하여 그림 4(a)와 같이 배경으로부터 3개의 물체를 대상으로 하는 물체의 경우에도 수십개의 peak 와 valley 가 섞여 있는 것처럼 보일 수 있다. 이와 같은 경우 전술한 알고리즘을 보다 효과적으로 적용하기 위하여 본 논문에서는 유효정보를 유지하면서 불필요한 계산을 줄이도록 평균값을 이용한 smoothing 을 통하여 단순화 하였다. 그 결과 그림 4(a)의 히스토그램은 그림 4(b)와 같이 단순화되었다. 또한 smoothing 된 히스토그램은 알고리즘상의 기준값이 어떤 모양의 히스토그램에서든지 잘 적용되도록 하기 위하여 농도변환 및 면적의 normalize 하였다. 그 결과 변형된 히스토그램을 그림 5에 보았다.



(a)



(b)

그림 4. (a) smoothing 하기 전의 히스토그램
Fig. 4. (a) Original histogram before smoothing
(b) Modified histogram after smoothing

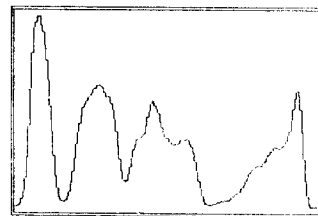


그림 5. 농도변환으로 normalize 된 히스토그램
Fig. 5. Modified histogram after depth change and normalization.

3. 실험 및 결과

실험에 사용된 장비는 IBM-PC/XT를 주 컴퓨터로 사용하는 PCVISION plus 이며, CCTV로 촬영한 영상은 256 gray level 과 512x480의 해상도를 갖는다. 본 실험에서는 256x240의 해상도로 하였다. 본 논문에서는 그림 6(a) 와 같은 3개의 공구를 대상으로 만든 영상과 그림 6(b) 와 같은 4개의 사각형이 겹쳐진 영상을 실험하였다. 3개의 공구를 대상으로 한 영상에 대하여 1개의 임계값을 갖는 Otsu의 방법과 본 논문에서 제안한 방법의 결과를 그림 7에 비교하여 보았다. 그림 8은 그림 7에 대한 히스토그램 분석이다. 또한 4개의 물체가 있는 영상으로부터 물체를 분리해 내는 경우에는 그림 9에서 보듯이 본 논문에서 제안한 알고리즘이 Otsu의 방법보다 non-recursive한 방법으로 빠르게 물체들을 다중분할 할 수 있음을 알 수 있다. 그림 10은 그림 9에 대한 히스토그램 분석이다.



그림 6. (a) 원래의 화상 (공구)
(b) 원래의 화상 (사각형)
Fig. 6. (a) Original image (tool)
(b) Original image (square)

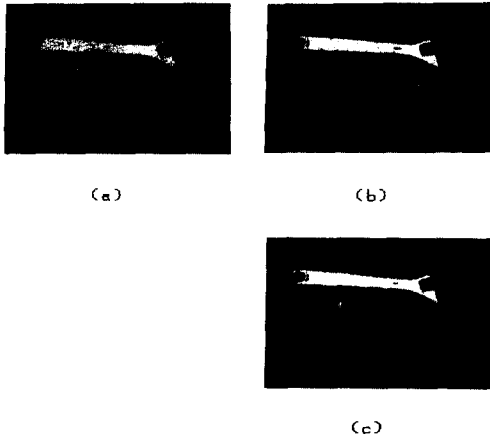


그림 7. (a) Otsu의 방법
(b) 제안한 방법의 결과 th 1 개
(c) 제안한 방법의 결과 th 2 개



그림 8. (a) Otsu 방법의 히스토그램
(b) 제안한 방법의 히스토그램



그림 9. (a) 원래의 화상을 modify한 화상
(b) 제안한 방법의 결과

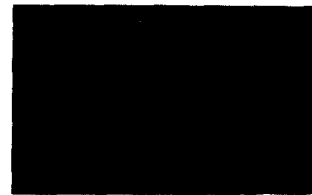


그림 10. 히스토그램 분석

4. 결론

본 논문에서는 robot vision 이나 industrial vision에 실제 응용 가능한 실시간 물체추출 알고리즘을 제안 하였다. 구체적으로, 여러개의 물체들을 배경으로부터 각각 분리해낼 수 있도록 히스토그램을 이용하여 여러 임계값을 non-recursive하게 자동적으로 분할할 수 있는 알고리즘을 제안하였다. 실험결과 본 논문에서 제안한 방법은 명암도 분포를 나타내는 히스토그램 상에서 여러 개의 valley 부분을 빠른 시간내에 non-recursive 한 방법으로 여러 임계값을 자동적으로 결정한다는 점에서 Otsu의 방법 보다 우수함을 보였다. 그러나 본 논문에서 제시한 알고리즘은 heuristic 한 방법으로서 이에 대한 수학적 분석 및 증명에 앞으로 계속 연구 되어야 한다고 사료된다.

5. 참고 문헌

- [1] A. Rosenfeld & A. C. Kak : Digital Picture Processing, Academic Press, vol. 2, pp 84 - 112, 1982.
- [2] A. Rosenfeld, " Histogram concavity analysis as an aid in threshold selection", IEEE Trans., syst., Man, and cibern., vol. SMC - 13, pp. 231 - 235, 1983.
- [3] J. S. Weezka, R. N. Nagel, and A. Rosenfeld, " A threshold selection technique.", IEEE Trans., Computer, vol. c-23, pp.1322 - 1326, 1974.
- [4] N. Otsu, " A threshold selection method from gray-level histogram, " IEEE Trans., syst., man., and cybern., vol. SMC-9, pp. 62-66 1979.
- [5] 이 한, 박 래홍, " 자동적인 여러 임계값 결정 기법," 전기. 전자공학 학술대회 논문집 (II), pp. 1371 - 1374, 1987.
- [6] 정 기혁, " 화상처리 시스템의 기초와 설계. 제작," pp. 120 - 123, 도서출판 세운, 1980.
- [7] IMAGING Tech., PCVISIONplus FRAME GRABBER Manual, 1986.