

적응성 평활화 필터를 이용한 기존 지도에서의 영역 추출

김도형* · 우창현* · 김수용*

Map Segmentation Using Adaptive Smoothing Filter

D. H. Kim · C. H. Woo · S. Y. Kim

요 약

적응성 평활화 필터(Adaptive smoothing filter)는 화상 처리용 필터의 하나로 화소들간의 밝기(intensity) 차이가 많이 나는 곳은 그대로 보존시켜주고 차이가 많이 나지 않는 곳은 평균을 내주는 필터이다. 일반적으로 도시지역 지도에서의 영역구분은 한정된 갯수의 색깔로 구분되어있기때문에 컴퓨터로 기존의 지도를 입력하여 전자지도를 구성할 경우 필요한 색은 몇 가지로 제한된다. 인간이 기존의 인쇄된 지도를 인식할 때는 어느 한 영역의 색이 한 가지로 같다고 느끼지만 자세히 그 지도를 들여다 보면 한 가지 영역도 한가지 색이 아니라 요동하고 있음을 알 수 있다. 컴퓨터가 지도를 인식할 때는 하나의 영역이라도 이러한 미묘한 색의 차이를 인식하기 때문에 인간처럼 한 가지 색으로 인식하지 못하고 색의 요동이 있는 것으로 인식한다. 이 때 적응성 평활화 필터를 통과시켜주면 같은 영역내에서의 요동을 감소시켜 같은 색으로 만들어 줄 수 있다. 본 논문에서는 기존의 도시지역 지도를 컴퓨터로 입력한 화상을 색분해한 뒤 적응성 평활화 필터를 적용하여 지도상의 도로, 주거 지역등의 정보 추출을 단색깔로 구분해 내기가 수월해짐을 고찰하였으며, 이러한 방법은 앞으로 GIS의 도시지역 데이터 베이스 구축에 그 활용성이 기대된다.

ABSTRACT : Adaptive smoothing filter is a filter that averages out the intensities around the pixels of similar intensities while conserving the discontinuities. When human eyes recognize a map, the brain can easily assign one color for each element such as road or building while computer distinguishes all the minute color differences even for one element. We can approach to the solution by using the adaptive smoothing filter so that the

* 한국과학기술원 물리학과(Korea Advanced Institute of Science and Technology, 373-1, Kusung Dong, Yusong Ku, Taejon, Korea, Tel. (042) 869-2569)

machine can assign one color for each element as much as we want, and it is found to be a very essential tool for map segmentation of urban areas. The filter is applied to a scanned map, and it is used to extract roads and residential areas.

서론

GIS용 전자 지도를 만드는 방법에는 크게 두 가지가 있는데 측량을 다시하여 (예를 들면 GPS를 이용하여) 지도를 만드는 방법과 이미 만들어져 있는 기존의 지도나 또는 항공 사진등을 컴퓨터에 입력하여 전자 지도를 프로그램상으로 구축하는 방법이 있다. 이미 만들어져 있는 지도는 오랜기간 동안의 정밀한 측량을 바탕으로 하고 있기 때문에 이를 이용할 수만 있다면 새로 측량을 하는 것 보다 훨씬 더 경제적인 것이다. 도시지역의 지도를 전자지도화할 때 도로나 주거지역등의 정보 추출이 필수적이다. 지도를 컴퓨터로 입력해서 한 영역(예를 들면 도로)을 찾으려고 그 영역의 밝기에 해당하는 수치의 화소들만 출력해 내면 그 영역을 잘 추출해 낼 수 없음을 알 수 있다. 컴퓨터로 입력받은 그림은 어떤 영역이라든 그 영역이 다 같은 색깔로 되어있지 않고 요동이 있기 때문이다. 이 문제를 해결하기 위해 화상처리용 필터의 하나인 적응성 평활화 필터를 쓰면 필터의 특성상 밝기의 요동이 있는 곳은 평균을 내어주고, 밝기의 차이가 많이 나는 곳은 그대로 놔 두는 역할을 하기 때문에 영역을 추출해 내기가 쉬워진다. 본 논문에서는 적응성 평활화 필터를 통과시켜 지도상에서 도로와 주거지역을 추출해 보려고 한다.

적응성 평활화 필터 (Adaptive Smoothing Filter)

화상 처리 방법 중 smoothing은 근본적으로 어느 화소의 밝기를 주위의 화소의 밝기값들과 평균을 취하는 방법이다. 간단한 예로 1차원 화소들을 생각해 보자.

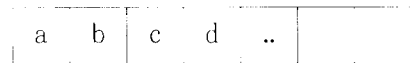


Fig. 1 (a) An example of 1-D pixels



Fig. 1 (b) An example of a mask

Smoothing을 시키면 화소 b 자리에는 화소 a, b, c의 밝기들의 산술 평균값을 가지게 된다. 이를 조금 다르게 표현하면 화소 a, b, c들의 값에 각각 가중치(weighting factor)를 1씩 곱해서 평균을 취했다고 말할 수 있다. Fig.1 (b)처럼 화소에 곱해주는 가중치들을 마스크(mask)라고 하는데 이 마스크의 모양, 안의 가중치들에 따라 smoothing이 달라진다. 대표적인 smoothing 필터로 가우시안(Gaussian filter)를 들 수 있는데 가우시안 필터는 마스크의 가중치들이 가우시안 분포를 이루고 있다. 적응성 평활화 필터는 마스크 안의 가중

치들이 화소들 사이의 밝기의 차이와 관계가 있는 필터이다. 1차원 영상에서 적응성 평활화 필터의 공식은 다음과 같이 간단하게 표현할 수 있다.

$I^{(t)}(x)$ 를 x 번째 화소를 t 번 필터를 통과시킨 밝기라하고, $w^{(t)}(x)$ 는 x 번째 화소와 $x+1$ 번째 화소 사이의 밝기에 의해 정의되는 가중치라 하면,

$$I^{(t)}(x) = \frac{1}{N^{(t)}(x)} (I^{(t)}(x+1)w^{(t)}(x) + I^{(t)}(x) + I^{(t)}(x-1)w^{(t)}(x-1)),$$

$$w^{(t)}(x) = f(I^{(t)}(x)) = \exp\left(-\frac{|I^{(t)}(x+1) - I^{(t)}(x)|^2}{2k^2}\right),$$

$$N^{(t)}(x) = w^{(t)}(x) + 1 + w^{(t)}(x-1).$$

앞의 Fig.1 (b)와 같이 마스크의 크기는 3이고 마스크의 가운데 가중치의 값은 항상 1이고 왼쪽과 오른쪽의 가중치는 각각 화소 a와 b, 화소 b와 c의 intensity 차이가 클 수록 0에 가까워지고 차이가 작을수록 1에 가까워지는 마스크이다. 밝기 차이가 어느 정도 이상나는 부분을 가장자리(edge)라고 하면 적응성 평활화 필터는 가장자리는 살리고 가장자리가 아닌 부분은 smoothing 시켜준다. 이 때 어느 정도까지를 가장자리로 볼 것인가를 결정하는 매개변수가 k 이다. k 값이 클 수록 필터를 통과시키면 가장자리의 밝기 차이가 줄어들고, k 값이 작을 수록 가장자리 차이를 보존한다.

Fig.2 (b)는 Fig.2 (a)의 화상에서 1행을 골라서 각 화소당의 밝기를 도표로 나타낸 것이다. 여기에 1차원상에서 적응성 평활화 필터

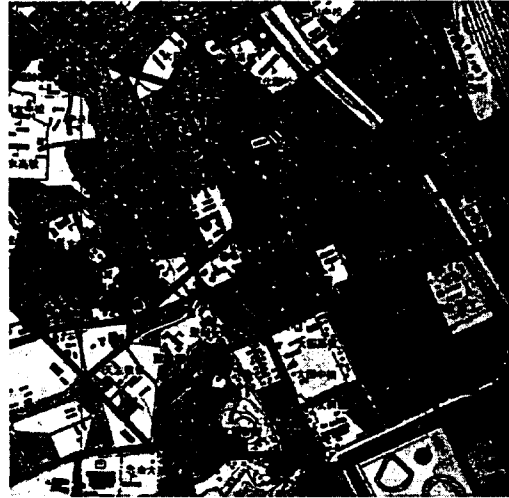


Fig. 2 (a) Original 2-D image

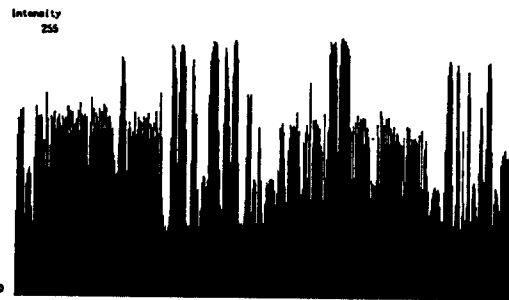


Fig. 2 (b) 1-D Intensity graph

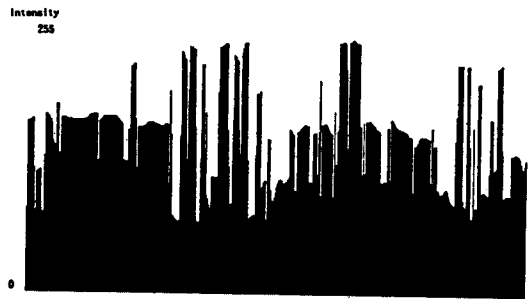


Fig. 2 (c) Adaptive smoothing (iterated 10 times, with $k=10$) of (b)

를 10번 통과시키면 Fig.2 (c)와 같이 가장자리는 살리고 밝기의 요동(fluctuation)은 없앨 수 있다. 2차원 적응성 평활화 필터도 1차원과

같은 원리로 구현할 수 있다. 2차원 마스크의 모양을 3 x 3의 십자모양(+)으로 잡으면,

$$I^{(t+1)}(x,y) = \frac{1}{N^{(t)}_x} (I^{(t)}(x,y-1)w_{y^{(t)}}(x,y-1) + I^{(t)}(x-1,y)w_{x^{(t)}}(x-1,y) + I^{(t)}(x,y) + I^{(t)}(x+1,y)w_{x^{(t)}}(x,y) + I^{(t)}(x,y+1)w_{y^{(t)}}(x,y)),$$

$$N^{(t)}_x = w_{y^{(t)}}(x,y-1) + w_{x^{(t)}}(x-1,y) + 1 + w_{x^{(t)}}(x,y) + w_{y^{(t)}}(x,y),$$

$$w_{x^{(t)}}(x,y) =$$

$$\exp\left(-\frac{|I^{(t)}(x+1,y) - I^{(t)}(x,y)|^2}{2k^2}\right),$$

$$w_{y^{(t)}}(x,y) =$$

$$\exp\left(-\frac{|I^{(t)}(x,y+1) - I^{(t)}(x,y)|^2}{2k^2}\right).$$

적응성 평활화 필터의 적용과 영역 추출

지도를 컴퓨터상에서 다루기 위해 컬러 지도를 컴퓨터로 입력한 뒤 먼저 빨강, 초록, 파랑의 RGB(Red, Green, Blue) 색평면으로 색분해를 한다. 단색갈 평면에서만도 밝기의 차이로 영역을 충분히 구분할 수 있기 때문에 컬러 그림을 다 쓰지 않고 색분해해서 쓴다. 빨간색 평면에서 2차원 적응성 평활화 필터를 통과시킨 뒤 확대한 그림(Fig.3 (b))을 원래

그림(Fig.3 (a))과 비교해 보면 적응성 평활화 필터의 효용을 금방 알 수 있다. Fig.3의 그림들은 Fig.2 (a)의 그림에서 '대흥동'이라고 한자로 찍여진 곳의 위 부분이다.



Fig. 3 (a) Magnified original image

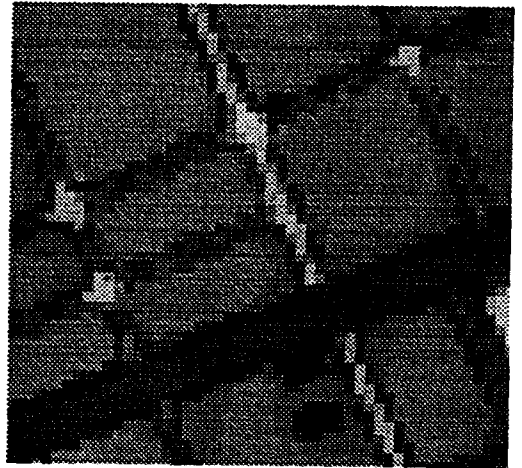


Fig. 3 (b) Magnified adaptive smoothing filtered image(iterated 30 times with $k=10$)

같은 영역이어야 할 부분은 같은 색깔로 smoothing 되었고, 구분이 되어야 할 부분은

smoothing이 되지 않았다. 도시 지역 지도는 약속에 따라 영역별로 다른 색깔로 구분이 지어진다. 도로는 빨강, 주거지역은 연한 빨강 등으로 구분이 된다. 컬러 그림을 색분해하는 방법에는 여러가지가 있는데 많이 쓰이는 색분해 방법이 색상, 채도, 명도의 HSV(Hue, Saturation, Value) 평면으로 나누는 방법이다. 이 때 채도 평면은 각 화소마다 색이 얼마나 진한가를 결정하는 평면이다. 지도의 경우 Fig.4 (a)에서 볼 수 있는 것처럼 RGB 평면보다(Fig.2 (a)의 R-plane과 비교) HSV 평면으로 변환시켜 채도 평면에서 영역을 구분하는 것이 더 쉽기 때문에 앞으로는 채도 평면(S-plane)을 쓰기로 한다.

한 영역을 추출해 내는 방법은 그 영역의 밝기를 찾아내서 모든 밝기들을 조사한 막대 그래프(Fig.4 (c), (d)) 상에서 그 영역에 해당하는 밝기의 상한계값과 하한계값을 사람이 정해주어 그 안에 들어오는 밝기를 가진 화소들만 출력하게 만드는 방법을 썼다. 눈으로는

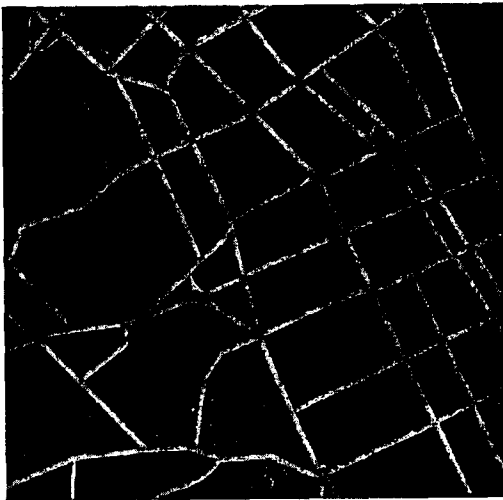


Fig. 4 (a) Original image in S-plane

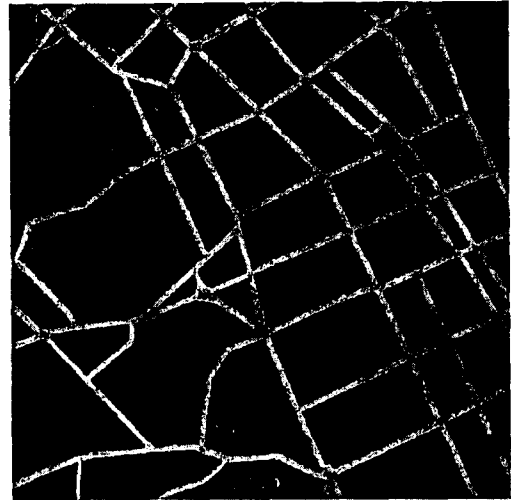


Fig. 4 (b) Adaptive smoothed image of (a), smoothed 30 times with $k=10$

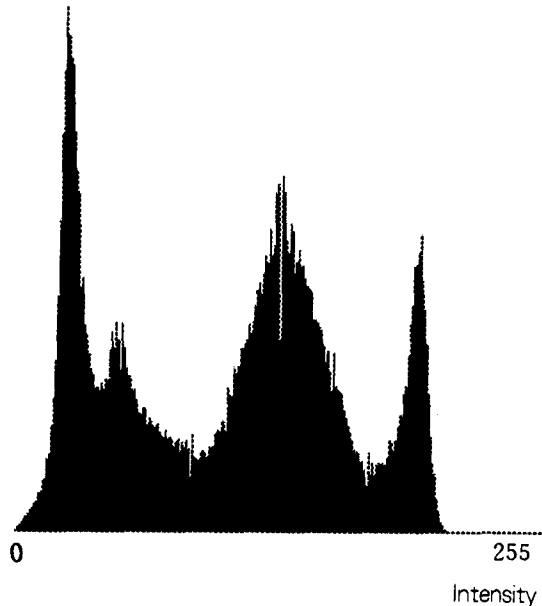


Fig. 4 (c) Intensity histogram of (a)

채도 평면만 봐도 영역들이 밝기가 다르기 때문에 구분하기가 쉽다. 그러나 컴퓨터로는 한 영역을 한 색깔로 정의하기가 쉽지 않다. 그

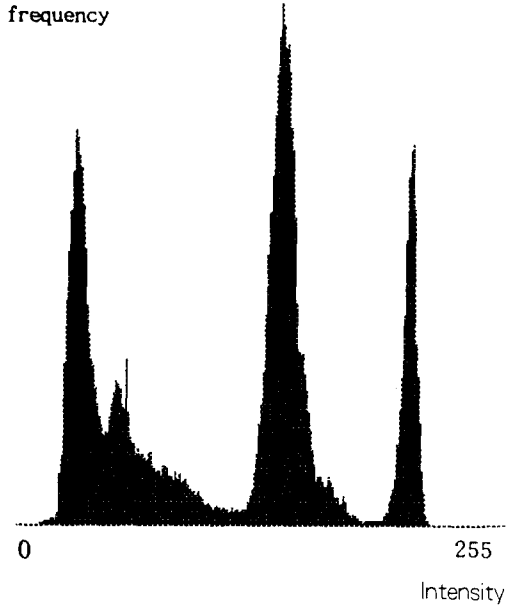


Fig. 4 (d) Intensity histogram of (b)

이유는 Fig.3 (a)에서도 볼 수 있듯이 한 영역이라도 밝기가 고르지 않고 요동이 있기 때문이다. Fig.5는 원래의 그림에서 도로만을 찾

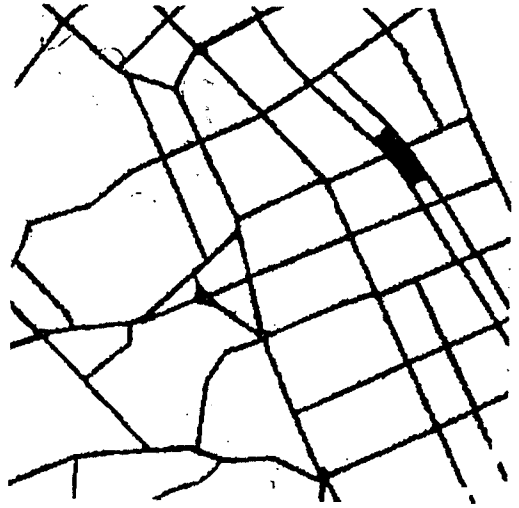


Fig. 5 (b) Road extracted from the adaptive smoothed image

은 그림과 적응성 평활화 필터를 거친 그림으로부터 도로를 추출한 그림이다. Fig.6에서는 주거 지역을 추출한 결과를 비교하고 있다.

Fig.5에서 도로를 추출한 결과를 비교해 보면 적응성 평활화 필터를 거친 쪽이 더 깨끗이

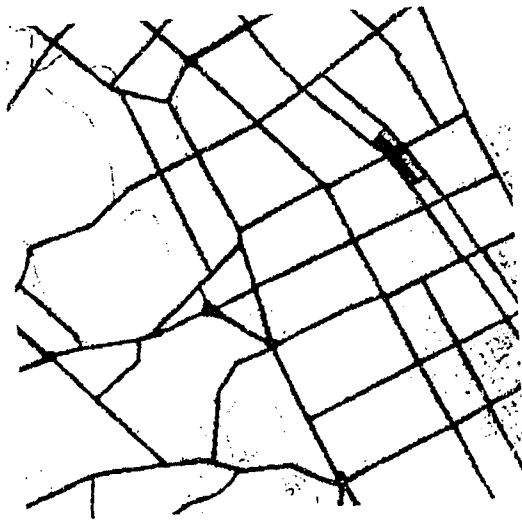


Fig. 5 (a) Road extracted from the original image



Fig. 6 (a) Residential area extracted from the original image



Fig. 6 (b) Residential area extracted from the adaptive smoothed image

추출되었음을 알 수 있다. Fig.6에서 주거 지역을 추출한 결과는 다른 부분은 별로 차이가 없어 보이지만 오른쪽 밑 부분을 보면 금방 차이를 알 수 있다. 필터를 거치지 않은 그림은 주거지역의 밝기가 고르지 않게 나타나지만 필터를 거친 그림은 밝기가 고르게 나타났다.

결 론

앞에서와 같이 우리는 적응성 평활화 필터를 이용하여 기존의 지도를 컴퓨터에 입력시켜 도로추출, 주거지역 추출을 시도해 보았다. 적응성 평활화 필터를 이용할 때의 장점은 원래 그림의 가장자리의 위치를 거의 보존하면서 smoothing을 해 주어서 밝기 별로 영역을 구분하기가 쉬워진다는 점이다. 이 때, 적응성 평활화 필터의 매개 변수 k 값을 바꿔가면서 영역 추출에 있어 최적의 k 를 찾아내는 연구도 이루어져야 할 것이다. 그러나 적응성 평활

화 필터의 특성상 화상에 고립된 노이즈나 점이 있을 경우 적응성 평활화 필터는 이를 제거하는 것이 아니라 오히려 더 보존해 주는 성질이 있기 때문에 (Fig.6 (b)참조) 이를 제거하기 위한 연구도 이루어져야 할 것이다. 또한 본 연구에서는 채도 평면에서 추출을 해 보았는데, 바로 붙어 있는 영역이 색깔이 달라도 채도가 비슷하면 밝기가 비슷하게 나오기 때문에 가장자리로 구분해 내기가 힘들다. 다른 방법으로 색분해한 평면에서의 필터링도 연구가 이루어져야 할 것이다.

감사의 글

이 연구는 한국과학재단 목적기초 연구, SERI 과학기술처 연구 및 한국과학기술원 교통산업연구센터의 연구비 지원을 받아 수행하였습니다.

참 고 문 헌

- Burt, J. P., 1983, Fast algorithms for estimating local image properties, *Compt. Graphics Image Processing*, vol. 21, pp. 368-382.
- Canny, J. F., 1986, A computational approach to edge detection, *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, vol. PAMI-8, no. 6, pp. 679-698.
- Perona, P. and Malik, J., 1987, Scale space and edge detection using anisotropic diffusion, *Proc. IEEE Workshop Computer Vision*, pp. 16-22.

Pratt, W. K., 1991, Digital Image Processing (2nd ed.)
Saint-Marc, P., Chen, J. S. and Medioni,
G., 1991, Adaptive Smoothing : A

General Tool for Early Vision, IEEE
Trans. Pattern Anal. Machine Intell.,
vol. 13, pp. 514-529.