

# 비등방성 확산 필터와 에지맵을 이용한 역하프토닝

고기영\*, 주동현\*, 염동훈\*, 김두영\*  
 동아대학교 전기전자컴퓨터공학부

## Inverse halftoning Using Anisotropic diffusion and Edge map

Gi-Young Go\*, Dong-Hyun Ju\*, Dong-Hun Yum\*, Doo-Young Kim\*  
 School of Electrical, Electronics and Computer Eng., Dong-A Univ.  
 E-mail : g9773065@hanmail.net

### Abstract

Digital Halftoning convert a continuous-tone images to a binary images. Inverse halftoning addresses the problem of recovering a continuous image from a halftoned binary image. Simple low pass filtering can remove the high frequency noise but it also removes the edge information. Thus the edge information should be separated from the halftoning noise. As a result, the edge of result image is blurring. This paper present that we obtain continuous-tone-image which using Anisotropic diffusion filter. To reduce noise without blurring the edges of reconstructed image use edge map. The experimental results show that proposed method gives a higher PSNR and better subjective quality than conventional methods. As a result, the edge information of reconstructed image reduce blurring.

### 1. 서론

디지털 하프토닝(halftoning)[1]이란 연속계조 영상(Continuous tone image)을 이진영상으로 생성하는 처리로서, 일정한 거리에서 관측시 유사하게 보이도록하는 기법이다. 이진화되어 표현된 영상은 인간의 시각적인 공간 융합(spatial integration)특성으로 인해 연속성을 가지는 영

상으로 보여지게 된다. 즉 매우 작은 영역을 충분히 먼거리에서 보면, 사람의 눈은 작은 영역내의 세세한 것을 평균화하고 전반적인 밝기만 보게 된다.

하프톤 영상에 대해서는 기존의 영상 처리 방법을 적용하기 곤란하며, 원영상이 가지고 있던 정보를 상당 부분 잃어버린 상태이므로 하프톤된 영상을 통하여 완전히 동일한 원영상으로 복원하는 것은 불가능하다. 그러므로 인간의 시각적인 특성을 고려하여, 최대한 원 영상에 가깝게 느낄 수 있는 영상을 만들어 내는 변환기법이 필요하다. 따라서, 하프토닝된 영상(이진 영상)을 활용하기 위해서는 연속계조영상으로 변환하는 것이 필요하며 이러한 과정을 역하프토닝(inverse halftoning)이라한다. 역하프토닝은 디지털화된 인쇄영상을 응용하여 다루는 분야에서 활용가능하다.

역하프토닝의 기본 원리는 저주파 필터링(low pass filtering)을 사용하는 것이다. 저주파 필터링 방법에서는 먼저 정확한 절단(cutoff) 주파수의 예측 및 설정 문제가 발생하며, 고주파 성분의 제거로 인해 에지 영역을 블러링(blurring)시키는 단점이 있다. 이러한 단점을 극복하기 위해 에지를 잘 표현해 주도록 하는 방법들이 제안되어 왔다.[2][3][4][5]

본 논문에서는 이진영상에 가우시안 필터링후, 비등방성 필터링을 통하여 하프톤 셀과 잡음을 제거한 연속계조 영상을 얻었다. 이 영상에 에지맵을 사용하여 블러링된 에지의 부분을 강조하는 방법을 연구 검토하였다. 실험 결과, 기존의 가우시안 필터를 이용한 경우보다 에지부분은 잘 보존되었으며 시각적으로도 우수한 영상

을 얻을 수 있었다.

## 2. 디지털 하프토닝 방법

### 2.1 순차적 하프토닝(Ordered dither)

순차적 하프토닝이란 고정된 임계치를 갖는 임계행렬을 반복적으로 사용하는 기법이다. 순차적 하프토닝 방법은 clustered-dot과 dispersed-dot 방법으로 분류할 수 있다. 이러한, 순차적 하프토닝 방법을 사용하면 아주 빠르게 디더링을 할 수는 있지만 디더패턴이 연속적으로 발생하는 것을 막을 수는 없다.

### 2.2 오차 확산 하프토닝(Error diffusion)

오차 확산 방법은 실제 밝기 값을 나타내지 못하는 출력 장치에서 예리한 하프톤 영상을 만들어 내기 위해서 사용하는 방법이다. Floyd등에 의해 제안된 이 방법은 현재 화소에서 오차를 다음 화소들에 넘겨주어서 전체적으로 오차를 보상해 주는 방법을 취한다. 오류확산 방법에 대한 블록도는 Fig. 1과 같다.

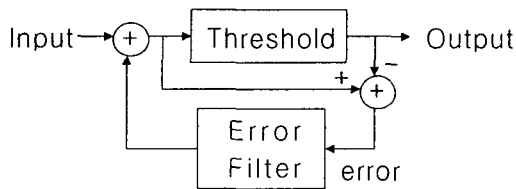


Fig. 1. Block diagram of Error diffusion

## 3. 제안된 역하프토닝 방법

본 논문에서는 Fig. 2와 같은 과정에 의해서 하프톤된 영상을 재구성한다.

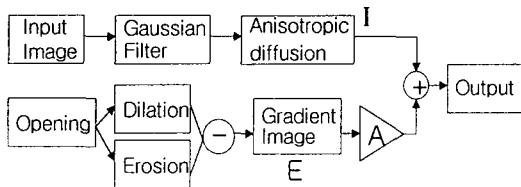


Fig. 2. Block diagram of inverse halftoning

### 3.1 비등방성 확산

본 논문에서는 실험적으로 구한 가우시안 필

터(clustered-dot dither :  $\sigma^2=8$ , dispersed-dot dither :  $\sigma^2=2.5$ , error diffusion :  $\sigma^2=1.4$ )후에 디더패턴들을 제거하기 위해 비등방성 확산 필터링을 수행한다.

비등방성 확산법은 영상의 밝기 변화가 크게 일어나는 에지 부분에서는 확산을 아주 적게 하거나 전혀 하지 않음으로서 에지 부분을 보존하고 밝기 변화가 아주 적은 영역의 내부에서는 확산을 많이 함으로서 잡음치리는 물론 에지 부분의 흐림 현상도 방지하는 처리를 할 수 있는 방식이다. 영상에 대한 비등방성 확산 방정식은 식 (1)과 같다[6].

$$\frac{\partial I(x, y, t)}{\partial t} = \text{div}(c(x, y, t) \nabla I) = c(x, y, t) \Delta I + \nabla c \cdot \nabla I \quad (1)$$

식 (1)에서  $I(x, y, t)$ 는 공간상의 각 점에서 영상의 밝기 값을 나타내며, 확산 함수  $c$ 를 식 (2)와 같이 영상 밝기 값의 그라디언 크기에 따라 값을 달리하는 함수로 사용한다.

$$c(x, y, t) = g(\|\nabla G * I(x, y, t)\|) \quad (2)$$

$G * I$ 는 원 영상  $I$ 를 가우시안 필터링한 것을 의미하며, 식 (3)와 같은 함수를 이용하였다.

$$g(\|\nabla I\|) = \frac{1}{1 + \left(\frac{\|\nabla I\|}{K}\right)^2} \quad (3)$$

$K$ 는 그라디언 크기의 어느 값을 중심으로 확산을 많이 또는 적게 하는가를 결정하는 기준 상수 값이다. 식 (1)에 대한 이산식을 구하기 위한 한 화소에 이웃하는 네 화소에 대하여 식 (4)와 같은 유한 미분법을 적용한다.

$$I_{i,j}^{(t+1)} = I_{i,j}^{(t)} + \lambda [c_N \cdot \nabla_N I + c_S \cdot \nabla_S I + c_E \cdot \nabla_E I + c_W \cdot \nabla_W I] \quad (4)$$

여기서  $I_{i,j}^{(t)}$ 는 확산이 진행중인 가운데 임의의 시점에서의 현재의 변화된 영상 밝기 값을 나타내며,  $\lambda$ 는 영상을 반복하여 확산시켜 나갈 때 확산 정도를 제어하는 가중치로서  $0 \leq \lambda \leq 1/4$ 의 값을 가진다. 여기서  $\nabla$  기호는 가장 가까운 이웃 화소와의 차를 의미한다.

$$\nabla_N I_{i,j} = I_{i-1,j} - I_{i,j}, \quad \nabla_S I_{i,j} = I_{i+1,j} - I_{i,j}$$

$$\nabla_E I_{i,j} = I_{i,j+1} - I_{i,j}, \quad \nabla_W I_{i,j} = I_{i,j-1} - I_{i,j}$$

### 3.2 에지맵의 구성

에지맵의 구성은 Fig. 2에서 비등방성 확산 필터링하여 연속계조 영상을 열림(Opening)한 후, 팽창(Dilation)과 침식(Erosion)을 통과한 두 영상사이의 차이값으로서 형태학적 그라디언트(morphological gradient)를 구성하고 임계값(Threshold)를 적용하여 이진 에지맵(0과 1로 구성됨) 영상을 얻는다. 이 영상에 이득(Gain)을 곱하여 얻은 영상과 비등방성 확산 필터링 후 얻은 영상을 더하여 새로운 복원된 그레이 영상을 얻는다.

### 4. 실험 및 고찰

본 실험에 사용된 영상 데이터는 512×512 크기의 그레이 레벨을 가진 Lenna 영상에 Fig. 3과 같은 하프토닝 영상을 사용하여 실험하였다.



(a) Clustered-dot



(b) Dispersed-dot



(c) Error diffusion

Fig. 3. halftone images

Table 1은 제안한 방법의 성능 비교를 위하여 PSNR비로 나타내었으며, 가우시안 필터(7×7,  $\sigma=2.0$ )와 미디언 필터에 대하여 성능 비교를 해보았다.

Table 1. PSNR Comparison of inverse halftone ( 단위 : dB )

Halftone	Median filter	Gussian filter	Proposed
clustered	8.507	26.359	26.496
dispersed	8.667	26.705	27.864
error diffusion	8.687	27.810	30.128

Fig. 4는 Fig.3과 같은 하프톤 영상들에 대하여 제안한 방법을 적용시킨 결과이다.



(a) Original image



(b) clustered-dot



(c) dispersed-dot



(d) error diffusion

Fig. 4. Inverse halftones obtained from halftone images

## 5. 결론

본 논문은 하프톤영상(이진영상)을 입력으로 하여 원영상에 가까운 복원영상(연속계조영상)을 구하는 역하프톤 방법을 제안하였다. 제안한

방법은 비등방성 확산 필터링된 영상에 에지맵을 구성하여 획득한 역하프톤 영상은 하프톤이후 생기는 디터 패턴들을 효과적으로 제거하였을뿐 아니라, 에지의 정보들도 잘 보존하였다.

실험 결과 가우시안 필터링이나 미디언 필터링보다 본 논문에서 제안한 방법을 사용하여 구한 영상들의 PSNR이 더 높게 나타났으며 에지부분이 블러링되는 단점을 극복하고 에지를 잘 표현했다.

## 참고문헌

- [1] R. Ulichney, "Digital Halftoning", MIT Press, Cambridge, Mass, 1987.
- [2] 고기영, 신문걸, 김두영, "LMS 적응 필터링 알고리즘과 에지맵을 이용한 역하프톤", 부산. 경남지부 추계합동학술발표회 논문집, Vol. 1, No. 2, pp. 96~101, 1998
- [3] Yeong-Taeg Kim, Gonzalo R. Arce, Nikolai Grabowski, "Inverse Halftoning Using Binary Permutation Filters", IEEE Trans. Image Processing, Vol. 4, pp. 1296~1311, 1995.
- [4] Z. Xiong, Michael T. Orchard, Kannan Ramchandran, "Inverse Halftoning Using Wavelets", Proceedings. ICIP, Vol. 1, pp. 569~572, 1996
- [5] Niranjana Damera-Venkata, Thomas D.Kite, Mahalakshmi Venkataraman, and Brian L. Evans, "Fast Blind Inverse Halftoning", Proceedings ICIP, Vol. 2 of 3, pp. 64~68, 1998.
- [6] P. Perona and J. Malik, "Scale-Space and Edge Detection Using Anisotropic Diffusion", IEEE PAMI, Vol. 12, No. 7, pp. 629~639, July 1990
- [7] P. Soille, "Morphological Image Analysis", Springer, 1999
- [8] 김하형, 김성곤, 김두영, "양방향 곡선 전개를 이용한 형태추출", Vol. 1, No. 1, pp. 225-228