

웨이브렛 변환과 에지맵을 이용한 역하프토닝

정회원 고기영*, 박철우**, 김두영*

Inverse halftoning Using Wavelet transform and Edge map

Gi-Young Go*, Cheol-Woo Park**, Doo-Young Kim* *Regular Members*

요 약

디지털 하프토닝이란 연속 계조 영상을 이진 출력장치에 나타내기 위하여 이진 영상으로 변환하는 기법이다. 하프톤된 영상(이진 영상)을 원영상에 가까운 영상으로 변환하는 기법을 역하프토닝이라한다. 이진 영상을 연속 계조 영상으로 변환하는 가장 간단한 방법은 저주파 대역 필터를 통과시켜 이진 패턴을 없애주는 것이다. 그러나 저주파 대역 필터를 처리할 경우, 원영상이 가지고 있던 에지영역을 블러팅시키는 단점이 있다. 본 논문에서는 하프톤 영상을 웨이브렛 변환을 통해서 잡음제거를 한 후, 얻은 영상에 대해서 에지맵을 구성하여 블러팅된 에지부분을 강조하는 방법을 제안하였다. 실험 결과 제안된 방법을 적용하였을 경우, 기존의 방법보다 PSNR이나 주관적인 화질면에서 우수한 복원 영상을 얻을 수 있었다. 또한 에지부분이 블러팅되는 단점을 극복할 수 있었다.

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 Wavelet transform. This image reduce the noise from wavelet domain. 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.

I. 서 론

디지털 하프토닝(halftoning)^{[1][2]}이란 두가지색으로만 이루어진 출력기에서 연속계조영상(Continuous tone image)을 출력하기 위해서 이진영상(binary image)으로 변환하는 기법이다.

이진 영상은 시각적으로 원 영상에 비해 질이 떨어지며, 원 영상이 가지고 있던 정보를 상당 부분 잃어버린 상태이므로 이진영상을 정확하게 원 영상으로 변환하는 것은 매우 어렵다. 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.

역하프토닝하는 가장 간단한 방법은 저주파 필터링(low pass filtering)을 사용하는 것이다. 그러나 고주파 성분의 제거로 인해 에지 영역을 블러팅

* 동아대학교 전자공학과

** 동부산대학 정보통신과(cwpark@sb.dpc.ac.kr)

논문번호 : 00015-0309, 접수일자 : 2000년 3월 9일

(blurring)시키는 단점이 있다. 이러한 단점을 극복하기 위해 에지를 잘 표현해 주도록 하는 방법들이 제안되어 왔다.^{[4][5][6]}

본 논문에서는 이진영상에 가우시안 필터링을 하여 이진패턴을 제거한후, 웨이브렛 변환을 통하여 잡음을 제거한 연속계조 영상을 얻었다. 이 영상에 에지맵을 사용하여 블러링된 에지의 부분을 강조하는 방법을 연구 검토하였다. 실험 결과, 기존의 가우시안 필터링 이용한 경우보다 에지부분의 블러링이 덜 나타나고 시각적으로도 우수한 영상을 얻을 수 있었다.

II. 디지털 하프토닝 방법

디지털 하프토닝이란 신문의 사진을 보면 잘 알 수 있으며, 매우 작은 영역을 충분히 먼거리에서 보게 되면 사람의 눈은 작은 영역내의 세세한 것을 평균화하고 영역의 전반적인 밝기만 보게 된다.

2.1 순차적 하프토닝(Ordered dither)

순차적 하프토닝이란 고정된 임계치를 갖는 임계행렬을 반복적으로 사용하는 기법이다. 4×4, 또는 8×8 dot 마스크를 임계값으로 하여 2진 코드를 발생한다.

순차적 하프토닝 방법은 clustered-dot과 dispersed-dot 방법으로 분류할 수 있다. Clustered-dot 방법은 계산 방법이 간단하여 속도가 빠른 장점이 있으며, 고밀된 픽셀을 생성하기 어려운 인쇄장치에서 주로 사용된다. 이 방법은 타 방법에 비하여 질이 떨어지지만, 비교적 저렴한 비용으로 대량 인쇄가 가능하기 때문에 현재 신문, 잡지 인쇄에 널리 사용된다. Dispersed-dot 방법은 경계와 텍스처를 잘 보존하는 특성이 있으나, 종이에선 고밀 픽셀의 형태를 유지하기가 어렵기 때문에 인쇄에는 거의 사용하지 않고 단색 출력장치에 때때로 사용된다.

본 논문에서 사용된 8×8 디더링 마스크와 4×4 디더링 마스크는 Table 1.에 보여주고 있다.

2.2 오차 확산 하프토닝(Error diffusion)

순차적 하프토닝(ordered)방법을 사용하면 아주 빠르게 디더링을 할 수는 있지만 디더패턴이 연속적으로 발생하는 것을 막을 수는 없다. 이러한 단점을 보완할 수 있는 방법이 오차 확산 방법이다. 오차 확산 방법은 실제 밝기 값을 나타내지 못하는 출력장치에서 예리한 하프톤 영상을 만들어 내기 위해

Table 1. dither mask

0	128	32	160	8	136	40	168
192	64	224	96	200	72	232	104
48	176	16	144	56	184	24	152
240	112	208	80	248	120	216	88
12	140	44	172	4	132	36	164
204	76	236	108	196	68	228	100
60	188	28	156	52	180	20	148
252	124	220	92	244	116	212	84

(a) dispersed dither mask

4	44	76	140	136	56	24	12
20	84	116	196	168	104	88	36
52	100	180	228	216	184	120	68
132	164	212	244	248	232	200	148
144	204	236	252	240	208	160	128
64	124	188	220	224	176	96	48
32	92	108	172	192	112	80	16
8	28	60	156	152	72	40	0

(b) clustered dither mask

24	184	104	56	8	136	40	168
88	216	248	152	200	72	232	104
136	232	200	72	56	184	24	152
40	120	168	8	248	120	216	88

(c) 4×4 clustered and dispersed dither mask

서 사용하는 방법이다. 이 방법은 특히 칼라 디더링에 있어서는 순차 하프토닝에 비해 아주 좋은 이미지를 생성한다. Floyd 등에 의해 제안된 이 방법은 현재 화소에서 오차를 다음 화소들에 넘겨주면서 전체적으로 오차를 보상해 주는 방법을 취한다.

Table 2. error diffusion filter

	*	$a_{i+1,j}$			*	7	
$a_{i-1,j+1}$	$a_{i,j+1}$	$a_{i+1,j+1}$			3	5	1

× 1/16

* : 현재 화소

III. 제안된 역하프토닝 방법

본 논문에서는 가우시안 필터링을 하고 웨이브렛 변환을 사용하여 대역별로 잡음을 제거한 연속계조 영상을 얻은 후, 에지맵을 통하여 에지부분이 블러링 되는 것을 줄이려하였다.

Fig. 1과 같은 과정에 의해서 하프톤된 영상을 재구성한다.

3.1 웨이블릿 변환

최근 웨이블릿 변환을 이용한 영상의 잡음 제거에 관한 많은 연구가 진행되어 왔다. 이러한 경향은 영상신호에서의 웨이블릿 해석이 시간과 주파수 분석에 의해 다해상도 해석을 하여 원래의 신호 공간에서 보다 웨이블릿 영역에서 원 신호를 더욱 효율적으로 추정가능케 할 수 있기 때문이다.

본 논문에서는 영상에 하프톤에 의한 이진패턴이 존재하는 경우, 웨이블릿 영역에서 제거하여 영상을 향상시키려 한다.

실험적으로 구한 가우시안 필터(clustered-dot dither : $\sigma^2=8$, dispersed-dot dither : $\sigma^2=2.5$, error diffusion : $\sigma^2=1.4$) 후에 디터패턴들을 제거하기 위해 Donoho와 Johnstone^[11]가 제안한 방법인, 각 웨이블릿 영역의 표준편차를 추정하여 얻은 $\sigma\sqrt{2\log(n)}$ 의 임계값(Threshold)를 사용하여 대역별로 적용하였으며, 일정 편차를 벗어나면 잡음으로 간주하여 제거한다.

3.2 에지맵의 구성

에지맵은 [6]을 참고로 하여 구성하였다. Fig. 1에서 웨이블릿 변환하여 연속계조 영상을 얻은 후, 가우시안 필터1(Y2)과 가우시안 필터2를 통과한 두 영상사이의 차이값에 임계값 T(Threshold)를 적용하여 이진 에지맵(0과 1로 구성됨) 영상 Z2를 얻는다. (임계값 T는 0, 1, 2, 3이다.) 그러나, 영상 Z2에서는 독립적으로 존재하는 픽셀들을 제거하기 위해 5x5 이진 미디언 필터링 처리한 후 얻은 영상과 이진 에지맵을 통하여 얻은 영상을 비교하여 모두가 1인 경우만 에지로 판단하고, 아닌 경우는 제거하여 새로운 에지맵을 갖는 영상 E를 구한다. 이 영상 E에 이득(Gain)을 곱하여 얻은 영상과 미디언 필터링

후 얻은 영상 Y1을 더하여 새로운 복원된 그레이 영상을 얻는다. 영상 E가 1인 경우에만(즉, 에지라고 판단되는 경우) 이득 G가 영상 E에 곱해지고 웨이블릿 변환 후 얻은 영상 Y1을 더하여 역하프톤 영상 Y를 구한다.

$$Y(i, j) = Y1(i, j) + GE(i, j) \quad (1)$$

$$V(i, j) \text{ s.t. } E(i, j) = 1$$

여기서, 이득(Gain)은 1, 2, 3, 4, 5, 6이며 에지 부분의 강조정도를 결정할 수 있다. 본 논문의 경우, T와 G값을 조절하여 최적의 영상을 얻도록 하였다. 가우시안 필터 1의 $\sigma=1$ 이고 가우시안 필터 2의 $\sigma=\frac{1}{\sqrt{2}}$ 이다.

IV. 실험 및 고찰

본 실험에 사용된 영상 데이터는 512x512 크기의 그레이 레벨을 가진 Lenna 영상에 clustered-dot, dispersed-dot, error diffusion 방법을 적용하여 획득한 Fig. 2와 같은 하프톤 영상 데이터들을 사용하였다. (본 논문에서 clustered-dot는 4x4 디터 마스크, dispersed-dot는 8x8 디터 마스크를 이용.)

Fig. 3은 에지만을 추출한 영상들이다.

Fig. 3에서 가우시안 필터링한 영상의 에지를 추출한 영상은 에지부분이 많이 블러링 되어있음을 알 수 있으며, 제안한 방법의 에지 추출결과는 원영상에 가깝게 복원되었다.

Table 3은 본 논문에서 역하프톤을 통해서 구한 영상의 성능 평가를 위하여 PSNR비로 나타낸다. 여기서 가우시안 필터의 마스크는 7x7이며 $\sigma=2.0$ 을 사용하였으며, 잡음 제거에 주로 쓰는 미디언 필터에 대하여도 성능 평가를 해보았다.

Table 3. PSNR Comparison of inverse halftone (단위: dB)

Halftone	Median filter	Gussian filter	Proposed
clustered	8.507	26.359	27.135
dispersed	8.667	26.705	27.762
error diffusion	8.687	27.810	29.784

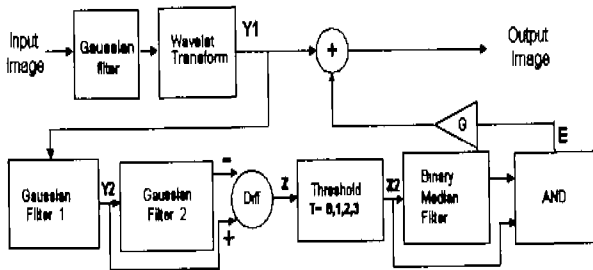
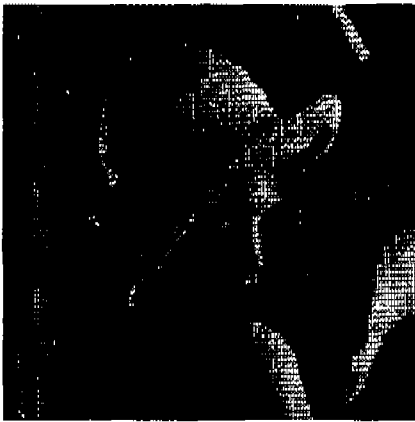


Fig 1. Block diagram of inverse halftoning



(a) Clustered-dot



(b) Dispersed-dot



(c) Error diffusion

Fig 2. halftone images



(a) Original Image



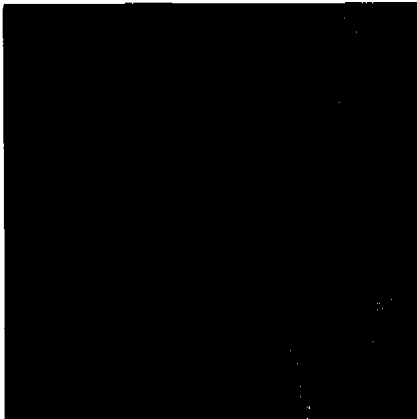
(b) Gaussian filter



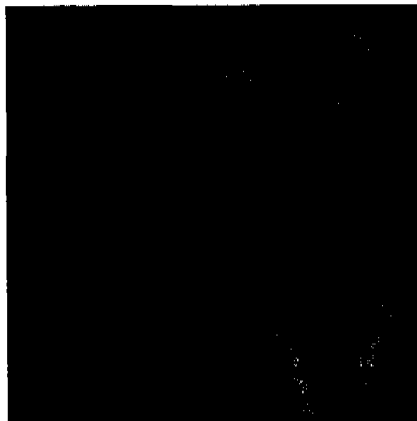
(c) Proposed method

Fig 3. Edge Comparison of proposed method and gaussian filtering

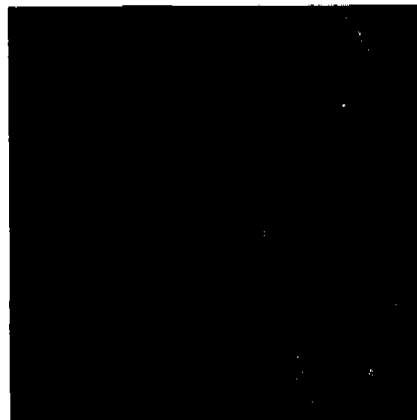
Fig. 4은 Fig.2와 같은 하프톤 영상들에 본 논문에서 제안한 방법을 적용하여 얻은 결과이다.



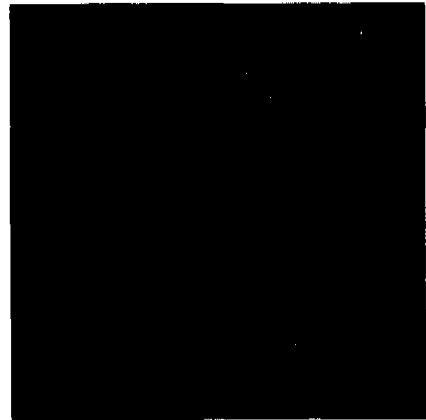
(a) Original image



(b) clustered-dot



(c) dispersed-dot



(d) error diffusion

Fig 4. Inverse halftones obtained from halftone images

V. 결론

본 논문은 하프톤영상(이진영상)을 입력으로 하여 원영상에 가까운 복원영상(연속계조영상)을 구하는 역하프톤 방법을 제안하였다. 실험 결과 가우시안 필터링이나 미디언 필터링보다 본 논문에서 제안한 방법을 사용하여 구한 영상들의 PSNR이 더 높게 나타났으며 에지부분이 블러링되는 단점을 극복하고 에지물 잘 표현했다.

참고 문헌

- [1] R. Ulichney, "Digital Halftoning", MIT Press, Cambridge, Mass, 1987.
- [2] 남주훈, 김석철, 안석출, 김두영, "신경망을 이용한 비선형 색 좌표계 변환과 질라 하프토닝", 대한전자공학회 합동학술발표회 논문집, pp. 161~165, 1996
- [3] Ping Wah Wong, "Inverse Halftoning and Kernel Estimation for Error Diffusion", IEEE Trans. Image Processing, vol. 4, pp. 486~498, 1995.
- [4] Yeong-Taeg Kim, Gonzalo R. Arce, Nikolai Grabowski, "Inverse Halftoning Using Binary Permutation Filters", IEEE Trans. Image Processing, vol. 4, pp. 1296~1311, 1995.
- [5] Z. Xiong, Michael T. Orchard, Kannan Ramchandran, "Inverse Halftoning Using

Wavelets”, Proceedings. ICIP, vol. 1, pp. 569 ~572, 1996

- [6] Niranjan Damera-Venkata, Thomas D.Kite, Mahalakshmi Venkataraman, and Brian L. Evans, “Fast Blind Inverse Half-toning”, Proceedings ICIP, vol. 2 of 3, pp. 64 ~68, 1998.
- [7] S. G. Chang, M. Vetterli, “Spatial adaptive wavelet thresholding for image denoising”, Proceedings ICIP, vol. 2 of 3, pp. 374 ~377, 1997.

고 기 영(Gi-Young Go) 정회원



1997년 : 동서대학교 전자공학과 (공학사)
 1999년 : 동아대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 2000년 3월 ~현재 : 동아대학교 대학원 전자공학과 박사과정

<주관심 분야> Image Processing, Computer Vision

박 철 우(Cheol-Woo Park) 정회원

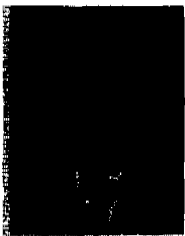


1982년 : 동아대학교 전자공학과 (공학사)
 1986년 : 동아대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 1996년 : 동아대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

1989년 3월 ~현재 : 동부산대학 정보통신과 부교수

<주관심 분야> Image Processing, Computer Vision. 신경망

김 두 영(Doo-Young Kim) 정회원



1972년 : 부산대학교 전자공학과 (공학사)
 1975년 : 부산대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
 1983년 : 경북대학교 대학원 전자공학과 박사수료

1977년 3월 ~현재 동아대학교 전자공학과 교수

<주관심 분야> Image Processing, Computer Vision, Digital Signal Processin