2001年度 第14回 信號處理合同學術大會 論文集 第14卷 1號

가변적인 필터 마스크를 가진 방향성 Wiener filter에 의한 잡음 제거

우동헌, 안태경, 김유신, 김재호
부산 대학교 전자공학과

Noise Reduction using directional Wiener filter with adaptive filter mask

Dong Hun Woo, Tae Kyung Ahn, Yoo Shin Kim, Jae Ho Kim
Department of Electronics Pusan National University
E-mail : dhwoo@hyowon.cc.pusan.ac.kr

요 약

잡음에 의해 훼손된 영상 신호를 복원할 때 쓰이는 Wiener filter는 국부영역의 잡음 분산과 신호 분산을 가지고 적응적으로 필터의 파라미터를 조절한다. 그러나 기존의 Wiener filter는 고정된 필터 마스크를 사용함으로써, 평탄 영역의 잡음을 크게 제거하면, 에지 부분의 잡음이 살고, 에지 부분의 잡음을 제거하면, 평탄 영역의 잡음이 사는 특성이 있다.

본 논문은 Kirsh mask로 에지와 그 방향성을 판별한 후, 에지 부분의 잡음을 제거하면서 평탄 영역의 잡음도 동시에 제거하기 위해 가변적인 필터 마스크를 사용했으며, 잡음에 의해 훼손된 방향성 정보를 살려 주기 위해 필터 마스크와 훼손된 영상 이미지에 방향성 정보를 추가했다. 제안된 방법으로 실험한 결과 주관적 비교에서 에지 부분의 잡음을 제거하고 방향성을 살렸으며, PSNR을 이용한 객관적 비교에서도 기존알고리즘보다 개선된 성능을 보였다.

1. 서 론

잡음제거에서의 중요한 문제는 어떻게 에지를 보존하면서 잡음을 제거할 것인가하는 것이다. 이 문제는 오랜 기간 동안 많은 사람들에 의해 연구되어 왔으며, 최근에는 이 중 한 가지 방법으로 Wiener filter를 이용한 방법들이 제안되고 있다.[1] Wiener filter를 이용한 방법은 통계적으로 최적의 값을 찾는다는 장점이 있다. 그러나 실제의 이미지에 적용할 때는 수식의 복잡함을 고려한 지나친 가정과 정확한 신호 및 잡음의 분산의 추정의 어려움들이 있다.

이러한 어려움들을 해결하기 위해 최근에는 여러 분야에 응용되고 있는 wavelet space 에서 Wiener filter를 적용하는 여러 논문들이 제시되었다. [2-5]

본 논문에서는 wavelet space가 아닌 일반 이미지에서 Wiener filter를 적용했으며, 필터의 특징을 분석하여 다음과 같은 개선된 알고리즘을 제안한다. 첫째로 에지 영역에서 필터 마스크의 크기를 평탄 영역에서와 다르게 해주어 Wiener filter의 단점인 에지 영역의 잡음을 줄여주는 동시에 평탄 영역의 잡음도 제거한다. 둘째로 에지 영역에서 필터의 고주파 처리부분의 손상

된 이미지에 방향성을 가진 필터를 적용하고 필터 마스크 자체에도 방향성 가중치를 줌으로써 에지 영역에서 잡음을 제거하고 에지의 방향성을 살려 주었다.

본 논문의 2장에서는 기존의 Wiener filter에 대한 설명과 문제점을 언급하고, 3장에는 제안된 가변적인 필터 마스크를 가지는 Wiener filter에 대해 설명하며, 4장에서는 그 Wiener filter에 방향성을 적용하는 방법을, 5장에서는 시뮬레이션 결과를 보여주고, 6장에서 결론을 낸다.

2. 기존의 wiener filter를 이용한 잡음제거

각 pixel이 서로 independent 하다는 가정하에서 wiener filter의 식은 다음과 같다. (first-order)

$$x(i,j) = m_x(i,j) + \frac{\sigma^2{}_x(i,j)}{\sigma^2{}_x(i,j)+\sigma_n^2} \times [y(i,j) - m_x(i,j)] \qquad (1)$$

여기서 $m_x(i,j)$ 는 픽셀 (i,j) 에서의 국부 평균이고, $\sigma_x^2(i,j), \sigma_n^2(i,j)$ 는 각각 픽셀 (i,j) 에서의 국부 신호 분산과 잡음 분산이며, y(i,j)는 손상된 신호이다. 필터는 평탄 영역에서는 $\sigma_n^2(i,j) >> \sigma_x^2(i,j)$ 이므로 필터링의 결과가 국부 영역의 평균이 된다. 그리고 에지 영역에서는 $\sigma_n^2(i,j) << \sigma_x^2(i,j)$ 이므로, 필터링 결과가 원래의 입력신호와 거의 같게된다. 이렇게 해서 wiener filter는 에지 영역을 살리면서도 잡음을 제거할 수 있게 된다.

그러나 실제의 시뮬레이션 결과는 평탄 영역에서 잡음이 잘 제거되는 대신, 에지 영역의 잡음이 그대로 남아 눈에 거슬린다든지, 아니면 에지 부분의 잡음이 어느정도 제거되는 대신 평탄 영역의 잡음이 상당히 남아 있는 결과가 나온다.

3. 가변적인 필터 마스크를 갖는 Wiener filter

위에서 언급한 기존의 Wiener filter의 약점은 신호의 분산 σ_x^2 과 평균 $m_x(i,j)$ 을 측정할 때, 이미지의 전 영역에 걸쳐 동일한 크기의 필터 마스크를 사용함으로써 발생한다. 최적의 성능을 위해서는 평탄 영역에서는 큰 사이즈의 마스크를 사용하는 것이 잡음을 제거하는데 좋고, 에지의 영역에서는 상대적으로 작은 크기의 필터 마스크를 쓰는 것이 좋다. 이를 위해서 본 논문에서는 에지 영역과 평탄 영역에 서로 다른 크기의 필터 마스크를 사용한다.

이를 통해 평탄 영역에서는 충분하게 잡음을 제거해 주고, 에지 영역에서는 에지를 어느 정도 살려 주면서도 에지 부분의 잡음도 상당 부분 제거해 줄 수 있다.

본 논문에서는 에지 영역과 평탄 영역을 판별해주기 위해서 국부 영역에서의 표준 편차를 이용하였다.

$$\begin{cases} smooth\ region & \sigma_x(i,j) > T \\ Edge\ region & \sigma_x(i,j) < T \end{cases} \qquad (2)$$

4. 방향성 Wiener filter

기존의 Wiener filter 의 식(1)에서 손상된 신호 $y(i,j)$ 는 잡음이 첨가된 신호이므로, 에지 영역 같이 고주파 부분을 그대로 통과 시키는 경우에는 잡음도 그대로 남아있게 된다. 이를 방지하기 위해서, 본 논문에서는 식(1)의 앞에 방향성을 가진 Gaussian mask를 씌어 주었다. 그림 1은 0°, 45°, 90°, 135° 네 방향을 가진 Gaussian mask를 보여준다.

방향성을 적용하는 방법은 먼저, 앞의 가변적인 필터 마스크를 적용하기 위해 구해준 에지 영역의 픽셀들에 대해서 그림 (2)에 있는 Kirsh mask를 사용해서 방향성을 판별한다. 그 후에 에지 영역의 각 픽셀에 대해 주어진 방향성을 가진 Gaussian mask를 씌어준다.

1	1	1
5	20	5
1	1	1

(a) 0°

1	5	1
1	20	1
1	5	1

(b) 90°

1	1	5
1	20	1
5	1	1

(c) 45°

5	1	1
1	20	1
1	1	5

(d) 135°

그림 1 방향성을 가진 Gaussian mask

$$\hat{x}(i,j)=\hat{m}_k(i,j)+\frac{\hat{\sigma}^2{}_k(i,j)}{\hat{\sigma}^2{}_k(i,j)+\sigma_n^2}\times[\hat{y}(i,j)-\hat{m}_k(i,j)] \quad (3)$$

$$\hat{y}(i,j)=\sum_{m=-(W-1)/2}^{(W-1)/2}\sum_{n=-(W-1)/2}^{(W-1)/2} mask_k(i+m,j+n)\times y(i+m,j+n) \quad (4)$$

여기서, $mask_k(i,j)$ 는 방향성을 가진 Gaussian mask이고, W는 그것의 크기이다.

그리고 $\hat{\sigma}_x^2(i,j),\hat{m}(i,j)$ 는 각각 특정한 픽셀(i,j)에 대해 국부 영역에서 측정된 신호의 분산과 평균이며, 평균과 분산을 측정할 때 에 지의 방향성을 고려해 주기 위해, 이미 판별된 에지 픽셀의 방향성에 따라, 그림 2와 같은 마스크를 씌운 상태에서 측정했다.

0	0	0	0	0
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
0	0	0	0	0

(a) 0°

0	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	1	1	1	0

(b) 90°

0	0	0	1	1
0	0	1	1	1
0	1	1	1	0
1	1	1	0	0
1	1	0	0	0

(c) 45°

1	1	0	0	0
1	1	1	0	0
0	1	1	1	0
0	0	1	1	1
0	0	0	1	1

(d) 135°

그림 2 방향성을 가진 필터 마스크

$$\hat{m}_x(i,j)=\frac{1}{M}\sum_{m=-(W-1)/2}^{(W-1)/2}\sum_{n=-(W-1)/2}^{(W-1)/2} mask_k(i+m,j+n)\times y(i+m,j+n) \quad (5)$$

$$\hat{\sigma}_y(i,j)=\frac{1}{M}\sum_{m=-(W-1)/2}^{(W-1)/2}\sum_{n=-(W-1)/2}^{(W-1)/2}(mask_k(i+m,j+n)\times y(i+m,j+n)-\hat{m}_k(i,j))^2 \quad (6)$$

$$\hat{\sigma}_x^2(i,j)=\max\{\hat{\sigma}_y^2(i,j)-\sigma_n^2\} \quad (7)$$

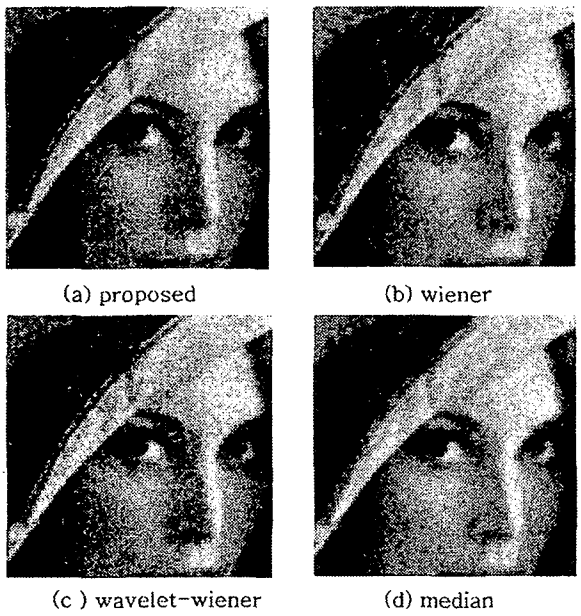
여기서 W 은 (4)식에서의 마스크의 크기이고 M 은 그림(2)에서의 방향 마스크에서의 weight가 1인 원소의 개수이며 $mask_k(i,j)$ 은 그림2에서의 방향 마스크이다. 그리고 $\sigma_y^2(i,j)$는 손상된 신호의 국부 분산 값이다.

5. Simulation 결과

본 논문에서는 제안한 알고리즘의 객관적 성능을 평가하기 위해 PSNR 값을 사용했다. 실험을 위해서 512*512 Lena image가 사용되었으며, 7dB의 additive Gaussian noise가 첨가 되었다. 그리고 다른 알고리즘들과의 성능을 비교하기 위해 median, 기존의 Wiener filter, wavelet Wiener filter 등이 사용되었다.

표 1. SNR 7dB에서 AWGN인 Lena image에 대한 simulation 결과

filter	Median	Wiener	Wavelet-wiener	Proposed algorithm
PSNR	28.51	29.05	30.15	30.50



(a) proposed (b) wiener

(c) wavelet-wiener (d) median

그림 3 'Lena' 영상에 대한 제안된 알고리즘과 다른 알고리즘들과의 비교

표1 에서의 PSNR 비교를 볼 때, 제안한 알고리즘은 wavelet-Wiener filter보다 약 0.35dB 정도의 성능 향상이 있음을 알 수 있다. 그리고 그림 3에서의 주관적인 비교를 살펴볼 때도, 제안한 알고리즘은 기존의 Wiener filter에 비해 평탄 영역에서 더 평탄화를 시켜주었으며, 에지 영역의 잡음도 상당히 감소된 것을 볼 수 있다. 그리고 wavelet-Wiener filter와 비교해 볼 때도 wavelet-filter의 문제인 에지 주변의 ringing 효과가 거의 나타나지 않는다.

6. 결 론

본 논문은 기존의 Wiener filter에 에지 영역과 평탄 영역에 대해 가변적인 필터 마스크를 사용하여, 각 영역에 특성에 맞게 필터링 되도록 해주었고, 필터의 마스크와 손상된 신호에 방향성 마스크를 가해 줌으로서 잡음에 의해 손상된 에지를 효과적으로 복원하도록 하였다. 그리고 제안한 알고리즘은 PSNR을 이용한 객관적인 비교와 Lena image에 대한 주관적인 비교에서 다른 알고리즘에 비해 개선된 성능을 보였다.

참 고 문 헌

[1] A. R. Weeks, *Fundamentals of electronic image processing*. IEEE Press 1996

[2] I. H. Jang and N. C. Kim, " Locally adaptive wiener filtering in wavelet domain for image restoration", *Proc. IEEE TECON'97*, Dec. 1997

[3] X. Huang and G.A. Woolsey "Image denoising using wiener filtering and wavelet thresholding" *IEEE international conference on multimedia and expo 2000*' page 1759-1762 vol. 3

[4] M. Kivanc Mihcak et. al. " Spatially adaptive statistical modeling of wavelet image coefficient and its application to denoising", ICASSP 1999

[5] Huipin Zhang et. al, " Image denoising via wavelet-domain spatially adaptive fir wiener filtering", ICASSP 2000