

## 웨이블렛 변환을 이용한 잡음 제거에 관한 연구

박 성 제(朴 晟 濟), 강 동 욱(姜 東 郁)

국민대학교 전자공학부

전화 : (02)910-4641 / 팩스 : (02)910-4641

### A Study on noise reduction using wavelet transform

Sung Jae Park, Dong Wook Kang

School of Electrical Engineering Kookmin University

E-mail : psjfu21@hanmail.net, dwkang@kmu.kookmin.ac.kr

#### Abstract

A number of theoretical researches have been done in recent years on the restoration of images and a variety of algorithms have been developed to implement noise reduction methods. However, the blurring effect has not been perfectly overcome in the process of noise reduction. In this paper, we propose a new approach to image restoration that the blurring effect is significantly decreased and the performance of the noise reduction improves by eliminating the noise in the wavelet transform domain in comparison with the conventional noise reduction methods.

The proposed algorithm performs much better than the conventional in the subjective image quality and PSNR performance. It is verified through computer simulations.

#### I. 서론

영상을 디지털화 하거나 처리, 전송, 저장하는 과정에서 여러 가지 요인에 의해서 열화가 발생하게 된다. 영상에서 열화가 발생하면 영상 자체의 인지도를 떨어뜨릴 뿐만 아니라 여러 가지 영상 처리 응용분야에서 급격한 성능 저하가 발생하게 된다. 따라서 영상처리와 영상 인식 분야에 있어서 열화를 제거하는 일은 매

우 중요하다. 영상복원(Image Restoration)은 이러한 열화를 제거하거나 재구성하고 복원하기 위하여 디지털 신호 처리 알고리즘을 이용하여 주어진 영상신호를 개선하는 과정이다[1-3]. 영상 신호에 가산되는 잡음은 주어진 상황에 따라 감지기 및 전자회로에서 발생하는 가우스 잡음, 데이터 획득 과정 등에서 일어날 수 있는 임펄스(impulse)잡음등 여러 가지가 존재한다. 그중 가우스 잡음에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 이러한 잡음을 제거하기 위해서는 가우스(Gaussian) 필터, 이동 평균(Moving average)필터, 메디안(Median)필터, 비너(Wiener)필터등 선형 필터를 이용하여[1-3] 비선형 필터로는 시그마(Sigma)필터[3-4], Morphological 필터등이 이용된다. 가우스 잡음은 선형 필터로 처리하는 것이 좋은 성능을 보이며 비선형 필터들은 임펄스 잡음에 대하여 우수하나 가우스 잡음에 대해서는 선형 필터에 비해 성능이 떨어지게 된다. 그러나 선형 필터들은 잡음 제거의 성능 면에서는 우수하나 영상내의 선, 윤곽이 번져서 나타나는 블러링 현상의 단점을 갖고 있다[3]. 이러한 문제점을 해결하기 위한 연구로서 웨이블렛이 갖고 있는 장점인 원래의 영상 신호와 잡음을 잘 분리하는 특징을 이용하여 에지 성분을 보존하면서 필터링을 수행하는 영상 향상 기법들이 제안되어왔다. David Donoho는 웨이블렛 해석을 잡음제거기법에 적용하여 잡음을 분리해내는데 우수한 결과를 얻을 수 있었으며[7] 유지상은 웨이블렛을 이용하여 Lipschitz Regularity라는 개념을 이용하여 Spatial Correlation을 해석적으로 자세히 분석하여 성능이 우수한 잡음제거기술을 개발하였다[8].

본 논문에서는 가산 백색 가우스 잡음에 의해 손상된 영상을 향상시키기 위한 기법으로 웨이블렛 변환을 이용하여 시각적인 잡음 레벨을 줄이고 에지 성분을 최대한 보존할 수 있도록 하였다. 전처리 기법으로는 잡음제거에 효과적이면서 블러링 현상에 강한 시그마 필터링을 사용하여 더욱 성능을 개선 할 수 있었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다.

서론에 이어 2장에서는 제안된 잡음 제거 기법의 세부적인 내용과 전체적인 알고리즘을 제시한다. 3장에서는 컴퓨터를 이용한 모의 실험 과정과 결과를 제시하고 4장에서는 결론을 맺고 향후 연구 과제에 대해서 논한다.

## II. 제안된 알고리즘

### II-1. 시그마 필터에 의한 전처리

선형필터인 평균 필터는 매우 수행이 간단하고 가우스 잡음을 비교적 잘 제거하지만, 영상의 에지를 흐리게 하는 단점이 있다.

이러한 단점을 개선하고자 J.S.Lee에 의해서 평균필터를 비선형적으로 약간 변형하여 만든 시그마 필터를 제안하였다. 그런데 이 시그마 필터는 에지를 잘 보존하고 가우스 잡음에 대해서는 성능이 우수하지만, 평균 필터와 마찬가지로 임펄스성 잡음에는 열등한 단점을 갖고 있다[3-4].

그림 1의 제안된 알고리즘의 블록도를 살펴보면 다음과 같다. 가우스 잡음으로 열화된 영상을 시그마 필터링을 수행하여 1차적으로 잡음이 제거된 영상 SI를 얻는다.

시그마 필터는 평균 필터의 경계부분 블러링 현상을 해결하기 위한 비선형 필터로서 기본 원리는 일정한 창(window)내에 있는 화소들 중에서 중심화소에 대하여 각 화소의 값이 적절한 임계값 밖에 있는 화소들을 다른 부류로 판단하여 평균하는 대상에서 제외시키는 것이다.

따라서 시그마 필터는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$x'(i, j) = \frac{\sum_{k=i-m}^{i+m} \sum_{l=j-n}^{j+n} \delta_{k,l} y(k, l)}{\sum_{k=i-m}^{i+m} \sum_{l=j-n}^{j+n} \delta_{k,l}} \quad (1)$$

$$\delta_{k,l} = \begin{cases} 1; & |y(k, l) - y(i, j)| \leq \Delta \\ 0; & |y(k, l) - y(i, j)| > \Delta \end{cases}$$

여기서 시그마 범위  $\Delta$ 는 고정된 값이다.

여기서  $\Delta$ 의 값은 일반적으로 계산상의 편의를 위하여 신호의 표준편차에 비례하는  $\Delta = 2\sigma_x$ 로 정한다.

전처리된 영상 SI에 의해 블러링 현상의 감소와 잡음 제거라는 두가지 효과를 얻을 수 있었다.

### II-2. 웨이블렛 변환과 변환 영역에서의 대역별 잡음 제거

웨이브렛 변환은 푸리에 변환과 같이 기저함수들의 집합으로 신호를 분해하는 하나의 방법으로서 임의의 함수를 시간-주파수 영역에서 동시에 국부성(localization)을 갖는 웨이블렛 기저함수의 선형 결합으로 표현하는 것이다. 웨이블렛 변환은 FFT(Fast Fourier Transform)와 달리 각기 다른 주파수 해상도로 저주파와 고주파 신호 모두를 동시에 추출해 낼 수 있으며, 주어진 시간 함수의 신호를 각각 다른 분해능에서 해석 할 수 있는 변환이다[5-6]. 본 논문에서는 웨이블렛의 분해를 통해서 연계되는 서로 다른 변환 영역에서 각각의 변환 영역별로 잡음을 제거하게 된다.

시그마 필터에 의해 전처리된 영상 SI와 원래의 잡음 영상 NI를 동시에 DWT(Discrete Wavelet Transform)를 1레벨 수행하게 되면 영역의 특성별로 4가지씩 8개의 영역(a,b,c,d,e,f,g,h)을 얻을 수 있다. 1레벨만 수행한 이유는 레벨이 증가할수록 spatial correlation이 현저히 감소하기 때문에 본 논문에서는 1레벨만 수행하였다. 8개의 영역 중에서 우선 가장 중요한 영상의 에너지가 집중되어 있는 두 영역 c와 g중 DWT만을 수행한 영역 c보다는 시그마필터링에 의해 잡음이 제거된 후 DWT를 수행하여 잡음이 더욱 효과적으로 제거된 g 영역을 사용한다.

다음으로 나머지 영역(a,b,d,e,f,h)들은 같은 대역의 계수들을 서로 곱하게 된다. 웨이블렛의 저역 통과 필터에 의해서 고주파 대역에서의 에지 이외의 영역은 에지 영역의 계수에 비해서 작아지기 때문에 각각의 대역에서의 에지 성분의 계수들은 곱에 의해서 계수값이 훨씬 커질 것이며 그렇지 않은 평탄영역에서는 작은 값이거나 0에 가까운 값이 될 것이다. 다음 그 결과값들의 크기 분포가 0~255를 만족하도록 Normalization을 한 후 여기에 임계값(threshold)을 적용하여 각 성분의 에지라 판단되는 위치는 기억하고 잡음이라 판단되는 성분은 제거한다. 그림에서 보는 바와 같이 TH, TD, TV를 얻게 된다.

에지라 판단되는 위치에는 DWT만을 수행한 영역 a,b,d보다 잡음이 효과적으로 제거된 e,f,h의 영역의 계수값을 적용하게 된다.

II-3. 웨이블릿 합성

에지라 판단된 세 가지 영역 e,f,h와 저주파 영역 g에 IDWT(Inverse Wavelet Transform)를 수행하여 복원 영상 NRI를 얻는다.

복원 영상 NRI는 잡음 제거 측면에서 우수할 뿐 아니라 에지의 보존성에 있어서도 효과적이다.

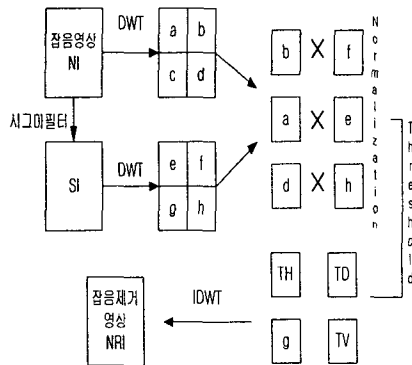


그림 1. 제안된 알고리즘의 블록도

III. 실험 결과

본 논문에서 제시한 알고리즘은 도비치(Daubechies)6 웨이블릿 필터를 사용하였다. 실험에 사용한 영상은 영상 인식 연구에서 많이 사용하는 512×512 크기의 Lena, Pepper를 사용하였다. 이 영상들에 각각 3.3% (표준편차 8.4), 4.5%(표준편차 11.5), 7%(표준편차 18), 9.5%(표준편차 23.5)만큼의 Additive White Gaussian 잡음을 삽입하여 새로운 잡음 영상들을 생성하였다. 본 논문에서 제안한 방법과 기존의 잡음 제거용 알고리즘과 비교하기 위해서 가우스 필터, 이동평균 필터, 메디안 필터, 시그마 필터를 사용하여 PSNR을 구하여 비교 평가하여 그 결과를 표1에 나타내었다.

MSE와 PSNR은 다음과 같이 정의한다.

$$PSNR = 10 \times \log_{10} \frac{255^2}{MSE} \text{ dB} \quad (2)$$

$$MSE = \frac{1}{H \times V} \sum_{i=0}^{H-1} \sum_{j=0}^{V-1} \{x(i, j) - x'(i, j)\}^2 \quad (3)$$

여기서,  $x(i, j)$ 는 원 영상,  $x'(i, j)$ 는 변환후 영상, 그리고  $H$ 와  $V$ 는 원 영상의 수평과 수직 크기이다.

PSNR비교시 낮은 잡음 수준에서 성능이 더 우수함을 볼 수 있었으며 잡음 수준이 높아질수록 차이는 줄

어지게 되었다. 실험에 사용된 필터중 시그마 필터의 성능이 가장 우수한 것으로 나타났으며 본 논문에서 제안한 알고리즘은 시그마 필터에 비해 좀더 개선된 성능을 보이고 있다.

표1. 필터의 종류에 따른 잡음제거 성능 PSNR 비교 (단위 : dB)

PSNR 추정	잡음 영상	제안한 알고리즘	가우스 필터	이동평균 필터	메디안 필터	시그마 필터
lena 3.3%	24.95	31.43	27.74	29.78	23.84	30.75
lena 4.5%	22.13	29.97	27.58	28.81	22.05	29.40
lena 7%	18.68	27.63	26.59	26.71	19.15	27.09
lena 9.5%	16.43	25.64	25.13	24.68	17.10	25.10
pepper 3.3%	25.01	31.19	27.69	29.45	24.04	30.55
pepper 4.5%	22.20	29.79	27.49	28.53	22.25	29.33
pepper 7%	18.93	27.58	26.51	26.58	19.47	27.05
pepper 9.5%	16.50	25.72	25.50	24.91	17.25	25.15

제안된 방법의 실험 결과를 그림 2,3,4에 나타내었다. 실험에 사용된 각기 다른 필터 수행에 비해서 블러링 현상이 효과적으로 개선되었으며 잡음도 우수하게 제거됨을 시각적인 측면에서 볼 수 있다.

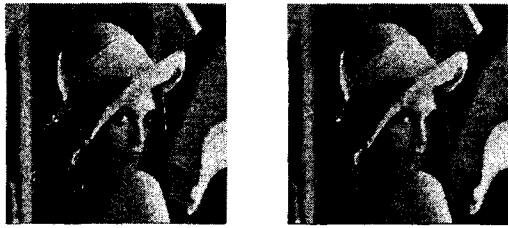


그림 2. original lena, pepper 영상



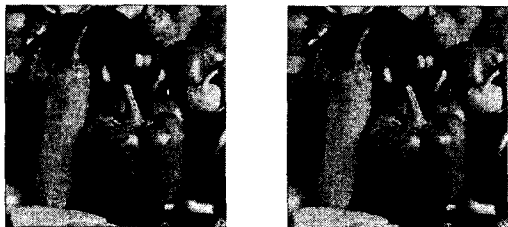
(c)

(d)

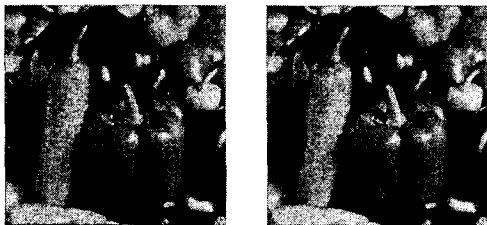


(e) (f)

그림 3. 잡음 3.3%, 9.5% lena 결과 영상 비교  
 (c) 제안된 알고리즘 적용(3.3%)  
 (d) 시그마 필터 적용(3.3%)  
 (e) 제안된 알고리즘 적용(9.5%)  
 (f) 가우시안 필터 적용(9.5%)



(g) (h)



(i) (j)

그림 4. 잡음 3.3%, 9.5% pepper 결과 영상 비교  
 (c) 제안된 알고리즘 적용(3.3%)  
 (d) 시그마 필터 적용(3.3%)  
 (e) 제안된 알고리즘 적용(9.5%)  
 (f) 가우시안 필터 적용(9.5%)

그림 3과 4는 제안된 알고리즘 수행후의 영상과 실험에 사용된 필터중 성능이 가장 좋은 필터의 수행후 영상을 비교한 것이다.

그림 c와 e 그리고 그림 d와 f의 왼쪽 기둥부분과 오른쪽 기둥 부분 그리고 머리카락부분을 비교해보면 c와 e가 더 선명하며 잡음도 효과적으로 제거됨을 볼 수 있다.

lena영상에 비해 평탄 영역과 에지 영역의 구분이 뚜

렷한 pepper영상에서도 물체의 윤곽중 고추 부분을 살펴보면 h와 j는 퍼짐을 볼 수 있으나 g와 i는 퍼짐현상이 거의 일어나지 않음을 볼 수 있다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 시그마 필터와 웨이블렛 변환의 각각 다른 대역에서의 잡음 및 에지에 대한 계수들의 국부성을 이용하여 가산 백색 잡음을 제거하는 새로운 알고리즘을 제안하였다. 다양한 잡음으로 손상된 영상의 실험 결과, 영상의 에지를 잘 보존하고 평탄한 영역에서 잡음을 효과적으로 제거하는 우수한 성능을 보였다. 시각적으로도 실험에 사용된 잡음제거 필터에 비해 블러링 현상이 현저히 줄어들었음을 볼 수 있었다.

향후 과제로는 잡음 수준이 큰 영상에서 성능이 저하되는 현상을 극복하기 위한 방법에 대해 연구를 진행할 예정이다.

#### 참고문헌

- [1] Jae S. Lim, *Two-Dimensional Signal and Image Processing*, Prentice-Hall, 1990.
- [2] Rapael C. Gonzales, Richard E. Woods, "*Digital Image Processing*", Addison Wesley, 1992.
- [3] 김남철, 정성환, "각종 잡음에 대한 영상복원 필터들의 성능 비교", 대한전자공학회논문지 제24권 3편 제20호, pp. 124~131, 1986년 7월.
- [4] Chung-Hui Kuo and Ahmed H. Tewfik, "Multiscale Sigma Filter and Active Contour for Image Segmentation", *International Conference on Image Processing*, vol. 1, pp 353-357, Oct. 1999.
- [5] I. Daubechies, "Othonormal basis of compactly supported wavelets", *Comm. Pure Applied Math*, vol. 41, no. 7, pp 909-996, 1988.
- [6] S. G. Mallat, "A theory for multiresolution signal decomposition: the wavelet representation", *IEEE Trans. Pattern Analysis, Machine Intelligence*, vol. 11, no. 7, pp 674-693, July 1989.
- [7] David L. Donoho and Iain M. Johnstone, "Adapting to Unknown Smoothness via Wavelet Shrinkage", *American Statistical Association* December 1995, Voi. 90, No. 432, Theory and Methods.
- [8] "웨이브릿 기반 영상처리 시스템 설계", 반도체 설계 교육센터, 1999년 3월.