

웨이블릿 패킷과 노이즈 분산에 의한 영상의 복원에 관한 연구

박윤옥* · 이승용* · 류광렬*

*목원대학교 IT공학부

A Study on the Image Restoration with Wavelet Packet and Noise Variance

Yun-ok Park · Seung-young Lee · Kwang-ryol Ryu · Mokwon University

E-mail : ryol@mokwon.ac.kr

요 약

본 논문은 웨이블릿 패킷과 노이즈 분산에 의한 영상의 복원에 관한 연구이다. 영상을 노이즈제거 하기 위해 웨이블릿 패킷변환하고 임계값 설정은 노이즈의 분산에 기반한 절대평균값을 적용하였다. 실험결과 단순 웨이블릿 변환을 적용한 영상복원 결과보다 10%, 웨이블릿 패킷 기반의 노이즈 제거 기법보다 5% 이상 개선되었다.

ABSTRACT

The denoising for image restoration with wavelet packet and noise variance is presented. The image denoising has the threshold value used absolute average value of noise variance and the translated wavelet packet. The results on the experiment improved over 10% and 5% than the denoising based on wavelet transform and wavelet packet respectively.

I. 서 론

영상 신호의 노이즈는 영상 자체의 인지도를 떨어뜨릴 뿐 아니라, 패턴 인식과 같은 영상 처리 응용에서 급격한 성능의 저하를 가져오는 요인이 된다. 이를 해결하기 위한 노이즈 제거 기법의 개발은 영상처리 분야 및 컴퓨터 비전 분야에서 매우 중요한 연구 대상이다. 노이즈에는 여러 가지 종류의 노이즈들이 있으나 가산 백색 가우시안 노이즈(AWGN: Additive White Gaussian Noise)가 일반적으로 연구되는 노이즈이다[1-4]. 노이즈 제거에 관한 많은 알고리즘들은 신호와 노이즈를 구별하기 위해 다해상도 분석의 특성을 이용한다. Ronald Coifman에 의해 제안된 웨이블릿 패킷 알고리즘은 웨이블릿의 다해상도 분해를 일반화한 것으로 의료 영상이나 지문, 인공위성 전송 사진 등 고주파 영역의 정보가 매우 중요한 영상의 처리에 있어서 웨이블릿 분석보다 개선된 알고리즘을 제시하고 있다[5-9].

본 논문에서는 영상의 노이즈 제거를 위해 웨이블릿 패킷 기반으로 노이즈 분산을 고려하여 절대평균 임계값을 적용한 노이즈 제거 기법을 제안한다. 전개 과정은 노이즈가 첨가된 영상을 웨이블릿 패킷 변환하여 웨이블릿 계수추출 후 절대평균 임계값으로 영상 계수값의 노이즈 분산을 추정하고 역 웨이블릿 패킷 변환하여 노이즈가 제거된 영상을 추출한다. 제안된 화질개선 기

법의 성능을 평가하기 위해 기존의 표준편차 추정 임계값을 적용한 웨이블릿 변환기법과 웨이블릿 패킷기법, 웨이블릿 패킷기반의 절대평균기법에 대해 노이즈 분산값을 변화시키고 각각을 적용하여 비교 분석한다.

II. 영상복원 기법

1. 웨이블릿 패킷 변환

웨이블릿 변환이 단순히 저대역 부분만 분석하는 것과 달리, 웨이블릿 패킷 변환은 다해상도 분석을 더욱 일반화시킨 방법으로서 높은 분해능을 갖는다. 영상을 1레벨 웨이블릿 패킷으로 분해하면 웨이블릿 변환과 같은 4개의 서브밴드(subband)를 얻게 된다. 그러나 2레벨 이상으로 분해하면 고주파 영역에서도 서브밴드들이 생성된다. 최적의 기저 함수를 찾아내기 위해 생성된 서브밴드들을 바탕으로 트리 구조를 만들어 최적 웨이블릿 기저 함수를 찾게 된다. 그림1은 입력영상을 다운 샘플링하여 웨이블릿 패킷 분해하는 필터 뱅크를 나타낸 것으로 오른쪽 최종단은 최하위 서브밴드로 구성된다.

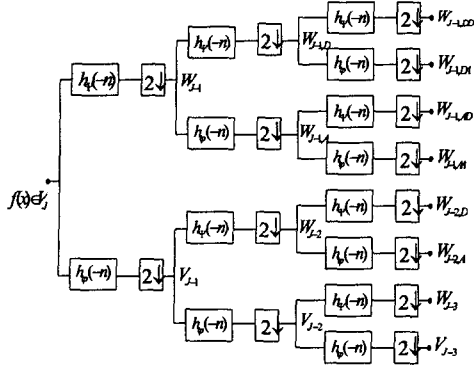


그림 1. 풀 웨이블릿 패킷 분석 트리의 필터 뱅크

최적 웨이블릿 기저를 찾기 위하여 비용함수와 베스트 트리 알고리즘을 사용하는데 우선 가장 간단한 비용 함수로서 임의의 임계값(ϵ)을 정하고 식(1)에 의해 계수의 절대값이 임의의 임계값을 초과하는 개수를 세어 파라미터로 사용한다.

$$\mu(w) = \begin{cases} |w|, & \text{if } |w| \geq \epsilon \\ 0, & \text{if } |w| < \epsilon \end{cases} \quad (1)$$

이 알고리즘은 최적 기저 선택을 위하여 어느 정도 깊이(depth)까지 풀 웨이블릿 패킷 서브밴드 트리를 성장시키는 것으로 시작된다. 트리의 각 노드는 조합된 서브밴드에서 비용함수(cost function)에 의해 계산된 비용값(cost value)을 할당받은 후, 트리의 가장 하위 노드부터 시작하여 루트(root) 노드까지 잘라내기가 수행된다. 잘라내기 작업은 각 노드에 대하여 다음과 같이 진행된다.

J는 비용값을 표시하며, $J=D+\lambda R$ (D: distortion, λ : Language multiplier, R:rate)에 의해 계산된다.

- 1) 부모노드(parents node)의 비용값 (J_{par})과 자노드(children node)들의 비용값 (J_{children})의 합($J_{\text{children1}} + J_{\text{children2}}$)을 비교한다.
- 2) 비교 결과 $J_{\text{par}} > J_{\text{children}}$ 이면 자노드의 비용값은 부모노드의 비용값으로 대체된다($J_{\text{par}}=J_{\text{children}}$).
- 3) 그 외의 경우($J_{\text{par}} \leq J_{\text{children}}$)에는 자노드들을 잘라낸다.

최적 웨이블릿 패킷 기저의 WPT 계수들은 잘라내기 후, 남겨진 서브트리(subtree)에 의하여 획득된다. 그림2는 잘라내기 과정이 수행된 후 선택된 최적 기저들을 표시한다.

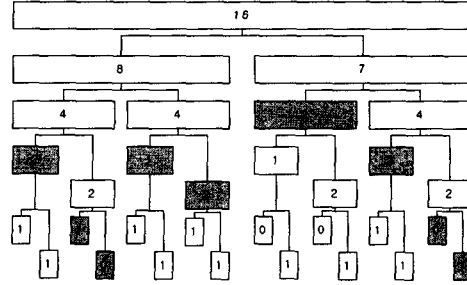


그림 2. 선택된 최적 기저

최적 기저를 도출하면 그 블록 안에 있는 계수들은 다른 블록에 있는 계수들에 비해 특정 계수들로 큰 값들이 모여진다. 이것은 신호가 압축된다는 것을 의미하며, 백색 가우시안 노이즈의 경우 웨이블릿 패킷 변환을 해도 특정 계수들로 에너지가 모이지 않고 다시 백색 가우시안 노이즈의 형태를 가지기 때문에 특정 임계값을 설정하여 노이즈 제거를 한다.

2. 임계값 설정 및 노이즈 제거

2-1. 임계값 설정

웨이블릿 패킷에서 노이즈 레벨 추정에 있어 가장 좋은 통계적 특성을 갖는 서브밴드 분해 대역(subband decomposition band)의 고주파 성분을 포함한 노드로부터 σ 를 추정한다. 표준편차 σ 의 추정으로 $median(|d^1|)/0.6745$ 가 사용되며, 식(2)와 같다.

$$\delta = \frac{\rho \times median(|d^1|)}{0.6745} \quad (2)$$

위 식에서 d^1 은 입력 영상의 웨이블릿 패킷 분해의 첫 번째 노드에서 계수들의 집합이다.

백색 가우시안 노이즈는 웨이블릿 패킷 변환 후에도 각 레벨에서 다시 백색 가우시안 노이즈로 남아 있다. 각 해상도 레벨에서의 웨이블릿 계수들의 대부분은 노이즈와 MAD(Median Absolute Deviation)가 전형적인 노이즈의 크기를 반영한다는 가정에 의해 노이즈의 분산을 추정한다. 식(2)에 의해 추정된 임계값을 적용하면 노이즈는 더 많이 제거할 수 있으나 노이즈 속에 내재되어 있는 유용한 영상 정보도 제거되어 복원 영상의 원 영상에 대한 충실도 역시 감소한다. 백색 가우시안 노이즈는 웨이블릿 패킷 변환을 해도 특정 계수들로 모이지 않고 다시 백색 가우시안 노이즈의 형태를 갖게 된다. 따라서 더 많은 노이즈를 제거하면서도 복원 영상의 질을 향상시키기 위해 임계값을 결정하는 기준으로 웨이블릿 패킷 분해된 노이즈의 절대평균값을 사용하며 절

대평균값은 식(3)으로 구한다.

$$M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |s_i| \quad (3)$$

2-2. 노이즈 제거

노이즈 제거는 웨이블릿수축(Wavelet shrink) 방법이 사용되며 임계화는 하드 임계화 기법을 개선하여 임계값 이상의 웨이블릿 계수들을 노이즈의 영향만큼 축소 시켜 관심 영역의 왜곡을 지양하는 소프트 임계화를 적용한다. 그림 3은 하드 임계화 기법(a)과 소프트 임계화 기법(b)을 나타낸 것으로 (b)그림의 소프트 임계화 기법은 임계값 'δ'보다 작은 절대값을 가지는 계수들은 "0"으로 설정하고, 임계값보다 큰 절대값을 갖는 계수들은 임계값과의 차이만큼 수축한다. 이 기법은 결과적으로 영상의 중요한 성분은 보존하면서 최적의 노이즈 제거를 한다.

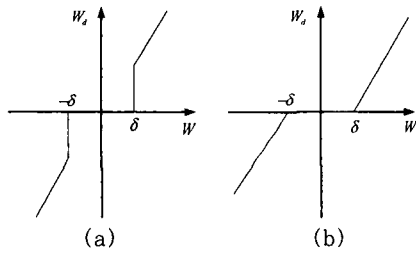


그림 3. 웨이블릿 수축 노이즈 제거

일반적인 알고리즘은 다음과 같은 단계로 전개된다.

[1단계] 노이즈 신호에 대하여 이산 웨이블릿 변환을 수행한다.

$$Y = X(\text{원신호}) + V(\text{노이즈신호}) \quad (4)$$

$$DWT(Y) = W_y \quad (5)$$

[2단계] 변환 영역에서 식(6)과 같이 소프트 임계화 기법으로 계수들을 수축한다.

• 소프트 임계화 기법(Soft thresholding : SoT)

$$c'_i = \begin{cases} 0, & \text{If } |c_i| < \delta \\ \sin(c_i)(|c_i| - \delta), & \text{If } |c_i| \geq \delta \end{cases} \quad (6)$$

(c_i : 웨이블릿 계수, δ : 임계값)

[3단계] 임계화된 계수들을 역 변환한다.

$$IDWT(\bar{x}) = W^{-1}(\bar{X}) \quad (7)$$

(\bar{x} : 임계화된 계수)

III. 실험 및 고찰

실험에 사용된 영상은 256×256 크기의 그레이 영상인 리나(Lena), 카메라맨(cameraman), 배분(baboon) 영상이며, 노이즈 영상은 분산(σ^2)의 크기가 각각 5, 7, 10인 백색 가우시안 노이즈를 생성하여 삽입하였다. 노이즈 분산이 각각 5, 7, 10이 삽입된 노이즈 영상에 대하여 표준편차 추정 임계값을 적용한 웨이블릿 변환기법(WT), 웨이블릿 패킷 기반 노이즈 제거기법(WPT) 그리고 웨이블릿 패킷 기반에서 절대평균 임계값을 적용한 노이즈 제거기법(PWPT)으로 노이즈를 제거하였다.

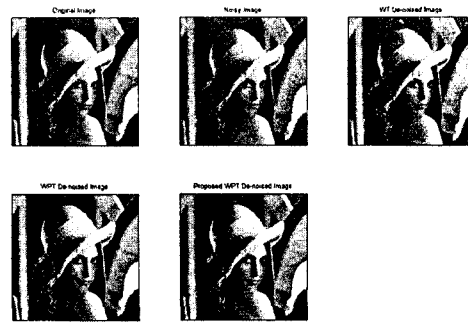


그림 4. 노이즈 분산 5(리나)

그림 4, 5, 6은 분산 5의 노이즈를 삽입한 리나, 카메라맨, 배분 영상에 대해 각각의 기법으로 노이즈를 제거한 영상이며 기법들의 객관적인 평가를 위해 노이즈가 제거된 영상의 PSNR을 비교한 결과 노이즈 분산이 5인 경우 표1과 같이 기존의 WT방식보다는 PWPT으로 노이즈 제거를 실시한 영상에서 PSNR이 평균 3.98dB 향상되었고, 기존의 WPT방식과 비교하여 평균 2.04dB 향상되었다. 노이즈 분산이 7인 경우는 표2와 같으며 WT 방식보다 평균 3.97dB, WPT방식보다는 1.84dB 향상되었고, 노이즈 분산이 10인 경우에는 표3에서 평균 3.85dB, 1.88dB 향상되었다.

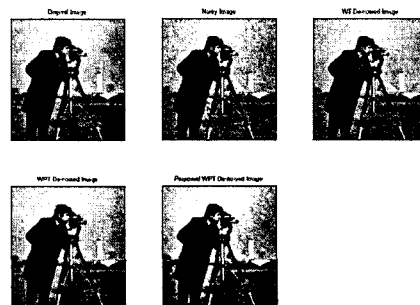


그림 5. 노이즈 분산 5(카메라맨)

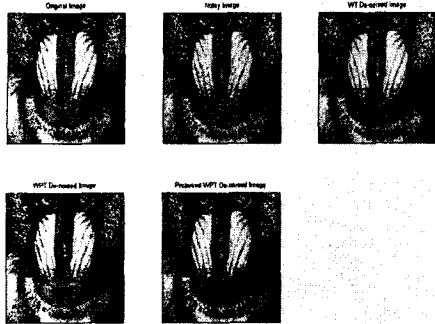
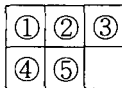


그림 6. 노이즈 분산 5(배분)



- ① 원 영상 ② 노이즈 영상
- ③ 웨이블릿 변환 노이즈 제거 영상
- ④ 웨이블릿 패킷 기반 노이즈 제거 영상
- ⑤ 웨이블릿 패킷 기반 절대평균임계값 노이즈 제거 영상

표 1. 노이즈 분산 5, 영상의 PSNR 비교

실험영상	임계값 결정 기법	표준편차 추정 기법		절대평균 기법
		웨이블릿 변환	웨이블릿 패킷	웨이블릿 패킷
리나		32.82	34.24	36.65
카메라맨		31.36	33.53	35.16
배분		31.14	33.94	35.41

표 2. 노이즈 분산 7, 영상의 PSNR 비교

실험영상	임계값 결정 기법	표준편차 추정 기법		절대평균 기법
		웨이블릿 변환	웨이블릿 패킷	웨이블릿 패킷
리나		34.25	36.17	38.48
카메라맨		33.72	35.59	37.34
배분		33.13	35.18	37.22

IV. 결 론

본 논문은 웨이블릿 패킷 기반의 절대평균 임계값을 적용하여 영상의 노이즈를 제거하여 복원하였다. 영상이 백색 가우시안 노이즈에 의해 손상되었다는 가정에서 이를 제거하기 위하여 웨이

블릿 패킷 변환한 후 절대평균 임계값으로 영상 계수값의 노이즈 분산을 추정하고 역 웨이블릿 패킷변환하여 노이즈가 제거된 영상을 검출하였다.

절대평균임계값 설정은 노이즈분산 5, 7, 10으로 가변하여 삽입된 영상에 적용한 결과 노이즈를 효과적으로 제거하고 영상의 중요 정보를 보존하여 표준편차 추정 임계값을 적용한 기존의 웨이블릿 변환 노이즈 제거 방식보다 PSNR이 평균 4dB 향상되었고, 웨이블릿 패킷 기반 노이즈 제거 방식보다는 평균 2dB 향상된 영상을 얻었다. 따라서 고주파 영역의 정보를 중요하게 다루는 의료 영상 분야 등에 적용 가능하다.

향후 웨이블릿 패킷기반의 알고리즘 구현시 웨이블릿 패킷의 특성에 처리 시간을 최소화하는 연구가 요구된다.

참고문헌

- [1] J. S. Lim, "Two-Dimensional Signal and Image Processing", Prentice Hall, 1990.
- [2] R. C. Gonzales, R. E. Woods, "Digital Image Processing", Prentice Hall, 2002.
- [3] J. R. Parker, "Algorithm for Image Processing and Computer Vision", Wi Computer Publishing, 1997.
- [4] M. Sonka, V. Hlavac, R. Boyle, "Image Processing, Analysis, and Machine Vision", ITP, 1999.
- [5] D. L. Donoho, and I. Johnstone, "Adapting to Unknown Smoothness via Wavelet Shrinkage", Journal of the American Statistical Association, vol. 90, no. 432, Dec. 1995.
- [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] C. S. Burrus, R. A. Gopinath, H. Gou, "Introduction to Wavelets and Wavelet Transforms", Prentice Hall, 1998.
- [8] R. M. Rao, A. S. Bopardikar, "Wavelet Transforms ; Introduction to Theory and Applications", Addison-Wesley, 1998
- [9] IEEE Signal Processing Magazine, IEEE, Vol. 14, No. 2, 1997. 3.