

EZW를 이용한 잡음 영상의 부호화

김 형 준, 김 재 필, 김 향 진, 김 영 애, 임 재 윤
제주대학교 통신공학과
전화 : (064) 754-3635 팩스 : (064) 755-3610

Noise additived image encoding By EZW algorithm

Hyung Joon Kim, Jae Pil Kim, Hyang Jin Kim, Young Ae Kim, Jea Yun Lim
Dept. of Telecommunication Engineering Cheju National University
E-mail : lael98@cheju.cheju.ac.kr

In this paper, we propose new method for denoising in processing the image compression. Usually, to compress the noise image, we must have the denoising step before encoding. But this method has a embedded character, so need not an additional noise eliminator.

In SAQ step, an embedded signal is quantized more detail and the other side is suppressed. Comparing with the conventional method, we can get the enhanced image quality.

I. 서론

최근 웨이브릿(Wavelet)이라는 개념이 수학적인 모델에서 공학분야의 연구로 널리 응용되고 있다. 웨이브릿 기술은 디지털 통신, 생물의학, 의학영상 및 수치 해석과 같은 폭 넓은 분야에서 독립적으로 발전해 왔으며 특히 영상처리 분야에서 두드러진 발전을 하였다 [1]. 웨이브릿은 신호를 다해상도로 표현하고 있으며 이것은 기존의 FT(Fourier Transform)나 STFT(Short Time Fourier Transform)보다 국부적 스펙트럼(local spectrum)에 더 유용하다. 푸리에 변환은 신호의 통계적 성질이 일정한 정상신호의 해석에는 적합하지만, 한 시점에서 갑자기 변하는 비정상 신호에서는 스펙트

럼이 넓게 퍼지는 단점이 있어 적합치 않다. 이러한 점을 보완하기 위해 STFT가 제안되었다. 그러나, STFT는 신호의 변화에 관계없이 고정된 창함수를 사용하기 때문에 시간 해상도와 주파수 해상도를 동시에 좋게 할 수 없고, 시간 해상도가 개선되면 주파수 해상도는 저하되게 된다. 이와는 달리 웨이브릿 변환은 고주파 대역에서는 폭이 좁은 창을, 저주파 대역에서는 폭이 넓은 창을 사용하므로 주파수 특성에 따라 창함수의 길이를 조절할 수 있다[1][2][3].

웨이브릿을 이용하여 다해상도로 분해된 신호들은 양자화 과정을 거치게 된다. Shapiro는 웨이브릿 변환된 영상의 임베디드한 특성을 이용하여 계층적인 구조(hierarchical structure)를 갖는 연속 근사 양자화(SAQ : Successive Approximation Quantization)를 소개했다. 이 기법은 비트 스트림이 어떠한 위치에서 끊기더라도 복원이 가능하며 원하는 비트율을 제어할 수 있다[4].

잡음 영상을 압축하고 전송하기 위해서는 우선 잡음 제거 기법을 사용하여 잡음을 제거한 다음 압축을 수행한다[5][6].

본 논문에서는 잡음이 첨가된 영상을 부호화할 때 임베디드한 특성을 이용하여 임베디드한 영역에서는 EZW(Embedded Zerotree Wavelet) 과정을 따르고, 그렇지 않은 신호에 대하여는 억압하는 방법을 이용하여 잡음을 최소한으로 줄이는 기법을 제안하였다.

II. 웨이브릿 변환과 EZW

웨이브릿 변환의 기본 개념은 임의의 함수 $f(x)$ 를 시간-주파수 공간에서 동시에 국부성을 갖는 웨이브릿 기저함수(basis function)의 선형결합(superposition)으로 표현하는 것이다. 웨이브릿은 원형 웨이브릿(prototype wavelet) ψ 를 신축 또는 이동하여 구한다.

$$\psi_{a,b}(x) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{x-b}{a}\right) \quad (1)$$

$$a \in R^+, b \in R$$

여기서 a 는 스케일(scale) 변수이고, b 는 이동(translation) 변수이다. 식(1)을 변형하여 이산신호의 다해상도 분해식으로 나타내면,

$$c_j(n) = \sum_{k=0}^{N-1} h(k-2n) c_{j+1}(k) \quad (2-1)$$

$$d_j(n) = \sum_{k=0}^{N-1} g(k-2n) c_{j+1}(k) \quad (2-2)$$

이다. 여기서 식(2)를 반복 수행하여 다해상도 분해를 하면, c_j 와 d_j 는 서로 직교영역이 된다. 식(2)에 의해 분해된 웨이브릿 계수들은 식(3)과 같이 합성된다.

$$c_{j+1} = \sum_k h(n-2k) c_j(k) + \sum_k g(n-2k) d_j(k) \quad (3)$$

2차원 영상의 웨이브릿 변환은 그림 1의 대역 분할에서 나타난 것과 같이 필터 뱅크 구조를 구성하여 수평 방향과 수직 방향으로 1차원 이산 웨이브릿 변환을 반복적으로 수행하여 얻는다.

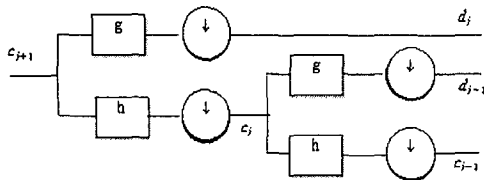


그림 1. 2-레벨 웨이브릿 분해

그림 1과 같은 과정에 의해 구해진 웨이브릿 계수들은 그림 2와 같이 부대역으로 분할된다. 그림 2는 부대역으로 분할된 웨이브릿 계수들의 대역간 상관관계를 나타내고 있다. 그림 2에서 L과 H는 수평 또는 수

직 방향으로 저주파 필터(h)와 고주파 필터(g)를 이용하여 필터링 합을 의미한다.

EZW를 이용한 영상압축은 웨이브릿 변환된 영상의 계수 값이 동일한 방향을 갖는 대역 사이에서 상관 관계를 갖는다는 특징을 이용한다. EZW 알고리즘에서는 웨이브릿 변환된 영상의 계수들을 대역 스케일과 방향성에 따라 중요도(significant map)를 구성하고 대역간 계수들을 중요성 여부에 따라 zerotree 부호화한다.

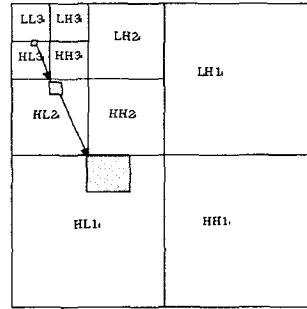


그림 2. 대역간 웨이브릿 계수들의 상관관계

그림 2와 같이 부대역으로 분할된 계수들은 EZW를 이용한 연속 근사 양자화를 거쳐 부호화하게 된다.

웨이브릿 필터를 사용하여 변환된 계층적 구성의 계수들에 대해 임의의 계수 w_i 가 임계치 T_i 보다 크면 중요도가 높기 때문에 부호화를 하고 POS(positive significant) 또는 NEG(negative significant) 심볼로 나타낸다. 만약 계수 w_i 가 임계치 T_i 보다 작으면 w_i 와 같은 공간적인 위치를 가지는 하위 레벨 계수를 탐색해서 중요도가 높은 계수가 있으면 IZ(isolated zero), 없으면 ZTR(zerotree root)로 나타낸다. 그 다음으로 연속 근사 양자화가 이루어지는데, 이때 두 가지 단계(pass)가 적용된다. 하나는 dominant pass이고, 다른 하나는 subordinate pass이다. dominant pass는 임의의 임계치에 대한 중요도 판별에서 T_i 보다 계수의 절대값이 작은 계수(insignificant coefficient)들의 위치 정보를 가지게 된다. 따라서 이전의 임계치(T_{i-1})보다 작은 T_i 를 가지고 중요도 판별을 하는 경우 이전에 부호화되지 않은 계수들의 위치 정보를 이 단계에서 찾아 판별함으로써 부호화 과정을 간략화 할 수 있다. subordinate pass는 T_{i-1} 에 의해 부호화된 심볼 중에서 심볼이 POS와 NEG인 경우 계수의 절대치와 비교하여 크면 T_i 의 반을 더하거나 빼주어 부호를 할당한다. 이 과정은 T_i 를 반으로 줄여가면서 원하는 비트율로 부호화할 때까지 반복한다.

III. EZW를 이용한 잡음영상의 부호화

잡음이 첨가된 영상을 부호화하기 위해서는 우선 잡음을 제거한 다음 벡터 양자화 또는 앞 절에서 소개한 SAQ 과정을 통하여 부호화 한다. 잡음이 포함된 신호의 웨이브릿 영역에서 잡음이 포함된 신호는 식(3)과 같다.

$$w_{i,j} = s_{i,j} + e_{i,j} \quad (3)$$

여기서 $s_{i,j}$ 는 원 신호의 웨이브릿 계수, $e_{i,j}$ 는 잡음 신호의 웨이브릿 계수이고, $w_{i,j}$ 는 잡음이 첨가된 신호의 웨이브릿 계수이다. 잡음이 포함된 영상은 soft thresholding 또는 hard thresholding에 의한 기법으로 잡음이 제거되며 식(4)와 식(5)와 같이 표현된다.

$$\hat{s}_{i,j} = \begin{cases} \text{sign}(w_{i,j}) \cdot (|w_{i,j}| - \lambda), & \text{if } |w_{i,j}| \geq \lambda \\ 0 & \text{if } |w_{i,j}| < \lambda \end{cases} \quad (4)$$

$$\hat{s}_{i,j} = \begin{cases} w_{i,j} & \text{if } |w_{i,j}| \geq \lambda \\ 0 & \text{if } |w_{i,j}| < \lambda \end{cases} \quad (5)$$

잡음을 효과적으로 제거하기 위해서는 잡음 임계치 λ 를 적절히 선택하여야 한다. Donoho와 Johnstone은 universal threshold을 식(6)과 같이 정의하였다.

$$\lambda = \sigma \sqrt{2 \log(n)} \quad (6)$$

이전의 부호화 과정에서는 모든 영역에 대하여 양자화 과정을 거쳐왔다. 이 과정에서 불필요한 잡음까지 부호화하기 때문에 비트수가 증가하게 된다.

본 논문에서 제안한 기법은, 임베디드 특성을 갖는 EZW로 양자화하는 과정에서 잡음이 첨가된 영상을 부호화할 때 임베디드한 영역에서는 신호를 키우고, 그렇지 않은 영역에서는 억제하는 방법을 이용하여 잡음을 최소화하였다.

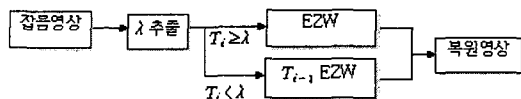


그림 3. 잡음영상 부호화 단계 블록도

그림 3은 본 논문에서 제시한 EZW를 이용한 잡음 영상의 부호화 단계를 간략하게 블록화한 것이다.

$T_i < \lambda$ 일 때, T_i 를 반으로 나누어 부호화를 실행하는 과정에서, $w_{i,j}$ 의 대부분의 계수들은 잡음계수가 T_i 보다 높은 계수가 상당히 존재한다. 이러한 신호 중에서 부호화를 해야하는 신호를 추정하기 위해 이전의 T_{i-1} 에 의해 부호화된 신호와 그 상관관계가 있는 부대역의 신호를 우선 부호화 한다.

T_i 를 반으로 줄이면서 양자화하는 과정에서 $T_i < \lambda$ 가 되면 T_{i-1} 에 의해 부호화된 공간적 영역을 임베디드한 영역으로 간주하여 부호화하고, 그 외의 공간적 영역에 대하여서는 부호화를 하지 않는다. 양자화하는 과정은 앞에서 소개한 EZW와 동일하며, 잡음의 크기가 신호보다 큰 LH4, HL4, HH4 부대역에서도 임베디드한 특성을 복원할 수 있다.

IV. 실험결과

본 논문에서는 영상처리의 표준이 되는 512×512 Lena 영상으로 실험하였고, 다해상도 분해를 위한 웨이브릿 필터는 Villasenor 함수를 사용하였다.

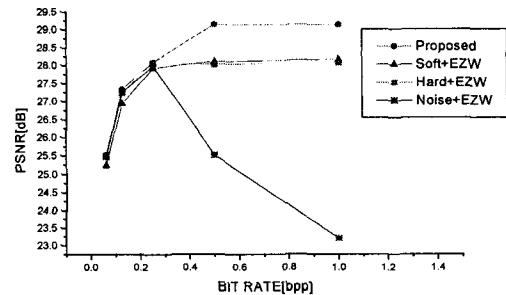


그림 4. 비트율에 따른 PSNR 비교

그림 4는 PSNR이 18.6dB인 잡음 영상을 부호화하는 과정에서 비트율(bit rate)에 따른 복원 영상의 PSNR을 나타낸 그림이다. 그림 4에서 네 가지 기법 모두가 0.2 bpp(bit per pixel)일 때 잡음 영상 보다 6dB 정도 향상을 보였다. 저압축으로 갈수록 잡음 영상의 EZW는 잡음성분을 부호화하게 되므로 PSNR이 낮아지고 있으며, 제안하는 EZW 부호화는 저압축으로 갈수록 영상의 개선이 보임을 확인할 수 있다.

V. 결론

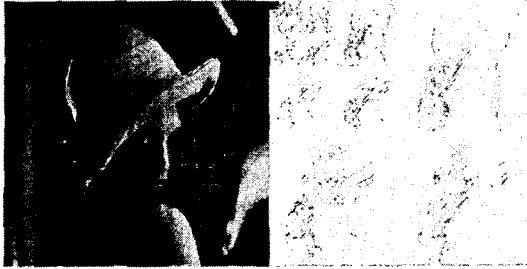


그림 5. (a)원 영상 (b)웨이브릿 변환



그림 6. (a)잡음 영상 (b) 웨이브릿 변환



그림 7. (a) 복원된 영상 (b) 웨이브릿 변환

그림 5,6,7의 (a)는 각각 원 영상, 잡음이 첨가된 영상과 제안한 기법에 의하여 복원된 영상을 나타낸다. (b)는 각 영상의 웨이브릿에 의해 다해상도로 분해된 영상을 보여주고 있다. 그림 7의 복원된 영상은 대부분의 랜덤한 잡음이 제거되었음을 그림 7. (b)에서 확인할 수 있다. 복원된 영상은 잡음 영상에 비해 약 7~10dB 향상되었으며 전체적으로 제안한 기법이 우수함을 확인할 수 있다.

본 논문에서는 웨이브릿을 이용하여 신호를 다해상도 분해하였고, 잡음이 첨가된 영상에 대하여 임베디드한 특성을 갖는 신호에 대하여는 EZW를 이용하여 부호화하였다. 잡음이라고 간주되는 공간적 영역에 대해서는 부호화를 하지 않았다. PSNR이 18dB인 영상에서 제안한 기법에 의하여 bit rate가 0.25bpp 일 때 28dB로 10dB 영상 이득을 얻었다. 더 좋은 잡음제거 효과를 거두기 위해서는 고주파 레벨에서 신호보다 더 큰 잡음에 대하여 효과적인 임베디드 영역 검출 알고리즘이 요구된다.

참고문헌

- [1] C. Sidney Burrus and Ramesh A. Gopinath and Haitao Guo, 1998, "Wavelet and Transforms", PRENTICE HALL, 222pp.
- [2] M. Antonini, et al, "Image coding using vector quantization in the wavelet transform domain", IEEE Pro. on ICASSP, pp.2297-2300, 1990.
- [3] S. G. Mallat, "A theory for multiresolution signal decomposition the wavelet representation", IEEE Tr. Patt Analy. Mach. Intell., Vol.11, pp.674-693, July, 1989.
- [4] R. A. Devore, et al, "Image compression through wavelet transform coding", IEEE Tr. on information theory, pp.719-746, Mar. 1992.
- [5] J. M. Shapiro, "Embedded image coding using zerotree of wavelet coefficients", IEEE Transactions on Signal Processing, Vol.41, No.12, pp.3445-3463, Dec. 1993.
- [6] D. L. Donoho and I. M. Johnstone, "Adapting to unknown smoothness via wavelet shrinkage", Journal of the American Statistical Association, 90, 1200-1224, 1995.
- [7] Hamid Krim, Dewey Tucker, Stephane Mallat, "On Denoising and Best Signal Representation", IEEE Transaction On Information Theory, VOL.45, NO.7, Nov. 1999