

# 다중 임계값을 이용한 임베디드 제로트리 웨이블릿 (EZW) 영상압축

방민기, 조창호, 이상효, 박종우\*, 이종용  
광운대학교 정보제어공학과, 재능대학 정보통신계열\*  
전화 : 02-940-5153 / 팩스 : 02-909-3255

## Embedded Zero-tree Wavelet (EZW) Image Compression Using Multi-Threshold

Min-Gi Bang, Chang-Ho Cho, Sang-Hyo Lee, Jong-Woo Park\*, Jong-Young Lee  
Department of Information & Control Engineering, Kwangwoon National Univ.  
Department of Information & Communication, Jaeneung College.\*  
E-mail : bbang3024@hanmail.net

### Abstract

In this paper, the embedded zero-tree wavelet image compression method using multi-threshold is proposed, which can reduce the scanning and symbol redundancy of the existing embedded zero-tree wavelet (EZW) method and enable more efficient coding.

In the proposed scheme, a multi-threshold is constructed with the maximum absolute values from each subband decomposed by the wavelet transforms of the input image data. The multi-threshold values are compared with the threshold value  $T$ ; in each pass in Successive Approximation Quantization (SAQ) to select the significant subbands, which are only used for the subsequent coding processes, therefore, can reduce the coding redundancy in the existing EZW.

By the experimental results, it is verified that the proposed multi-threshold EZW method shows superior performances to the existing EZW method.

### I. 서론

최근 디지털 멀티미디어가 급속하게 발전하면서 영상,

음성 정보 처리에 관한 많은 연구가 진행되어 왔다. 그 중 멀티미디어 핵심 기술 중 하나인 영상 압축은 대용량의 영상 정보를 전송하거나 저장하는데 다른 어떤 기술보다도 중요성이 크다할 수 있다. 특히, 웨이블릿 변환 기반의 영상 압축 기법은 시간과 주파수 영역에서 동시에 정확한 위치 정보와 주파수 정보를 표현함으로써 영상압축을 위한 편리한 영상의 계층적 구조를 제공하기 때문에 최근 많이 사용되고 있다[2][3].

웨이블릿을 이용한 영상 압축 기법 중에서 연속 근사 양자화, 제로트리 구조(Zero-tree Structure), 임베디드 부호화(Embedded Coding)라는 특성에 기반한 Shapiro 가 제안한 EZW 기법[1]은 상당히 단순하면서도 효과적인 기법이다. 그러나 EZW 압축 기법은 SAQ 과정 동안 현재 임계값에 관하여 각 부분대역내 모든 웨이블릿 계수들을 스캐닝하여 부호화하기 때문에 잉여성이 존재한다.

본 논문에서는 고주파 대역의 반복적인 스캐닝 때문에 발생하는 잉여성을 줄임으로써 같은 비트율에서 우수한 성능을 보이는 영상 압축 기법을 제안한다.

EZW 기법과 달리, 제안한 방법은 각 부분대역내에서 가장 큰 크기를 갖는 웨이블릿 계수들의 집합으로 구성된 다중 임계값을 이용하여 중요 웨이블릿 계수들이 존재하는 중요 부분대역을 결정하여, 단지 중요 부분대역들만 스캐닝하여 부호화하기 때문에 기존 EZW 보다 적은 심벌수와 비트수를 사용한다.

## II. 임베디드 제로트리 웨이블렛 (EZW)

EZW 압축 기법은 웨이블렛 분해된 영상을 효율적으로 압축할 수 있는 방법으로 웨이블렛 특성인 대역간 자기 상관성(self-similarity)에 기초한 연속 근사 양자화를 이용하는 제로트리 부호화 방법이다[1].

자기 상관성을 이용하는 제로트리(zero-tree) 부호화는 웨이블렛 계수들간의 부모-자식(parent-child) 관계를 이용한다. 대역간 웨이블렛 계수들간의 상관관계는 그림 1 과 같다. 그림 1 에서 보는 것과 같이 주파수가 낮은 부분대역(HH3)내에 있는 웨이블렛 계수들을 부모 계수라 하고, 이보다 높은 주파수 부분대역(HH2, HH1)내의 같은 방향, 같은 위치에 있는 계수들을 자식 계수라 한다. 이러한 제로트리 부호화는 부모계수가 중요할 경우 자식 계수도 중요할 확률이 높다는 웨이블렛 변환계수의 통계적 패턴을 전제로 한다[1],[7].

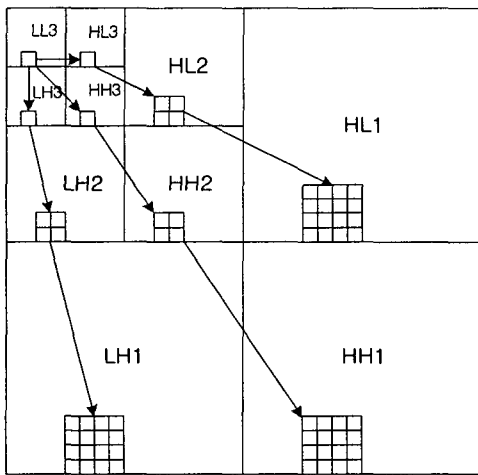


그림 1. 웨이블렛 계수의 상관관계

EZW 는 부분대역을 스캐닝하면서 웨이블렛 계수들의 크기를 임계값과 비교하면서 계수들의 중요성을 판별한다. 초기 임계값  $T_0$  는 웨이블렛 변환 계수를  $x_i$  라 할 때 식(1)과 같이 정의한다.

$$T_0 = 2^{\lfloor \log_2(\max |x_i|) \rfloor} \quad (1)$$

여기서,  $x_i$  는 웨이블렛 계수의 최대값이다.

초기 임계값  $T_0$  설정 이후,  $T_i = T_{i-1} / 2$  로 임계값을 반으로 줄여가며  $T_1, \dots, T_{N-1}$  들을 각 웨이블렛 값에 반복적으로 적용하여 양자화 과정과 심벌화 과정이 하나

의 단위를 이루며 연속 근사 양자화를 수행한다.

EZW 는 크게 주부호화 과정(dominant pass)과 종속부호화 과정(subordinate pass)으로 나뉜다. 주부호화 과정에서는 POS(Positive Significant), NEG(Negative Significant), IZ(Isolated Zero), ZTR(Zero tree Root)심벌을 통해 계수의 중요성을 판별하고, 종속부호화 과정에서는 (1,0)의 2 개의 심벌을 사용하여 주부호화 과정에서 판단된 계수들을 세밀화한다. 심벌의 판단은 웨이블렛 계수들을 저주파 대역에서 고주파 대역으로 계층적 순서에 따라 스캐닝하면서 임계값  $T_i$  와 각 계수의 크기를 비교하고, 계수의 절대값이 임계값보다 크고 양수이면 POS, 계수가 음수이면 NEG, 계수의 절대값이 임계값보다 작으나 후손 계수들 중 임계값보다 큰 계수가 존재할 경우 IZ, 모든 후손 계수들이 임계값보다 작을 경우는 ZTR 심벌을 할당한다. 이와 같은 과정에서 생성된 심벌들은 엔트로피 부호화인 적응 산술 부호화[4]를 통하여 무손실 부호화 된다.

## III. 제안한 영상 부호화 기법

연속 근사 양자화 과정 동안 각 부분대역에서 모든 웨이블렛 계수값이 스캐닝되기 때문에 고주파 대역에서 잉여성을 발생시키는 EZW 방법과 달리 이 잉여성을 감소시켜 효과적으로 부호화할 수 있는 다중 임계값을 이용한 EZW 영상 압축에 대하여 다음과 같이 제안하고자 한다.

영상을 N-레벨 웨이블렛 분해를 수행하면,  $HH_1, LH_1, HL_1, \dots, HH_N, LH_N, HL_N, LL_N$  의  $3N+1$  개의 부분대역으로 분해된다. 분해된 각 부분대역내에서 웨이블렛 계수들 중 크기가 가장 큰 계수의 절대값 집합으로 구성되는 다중 임계값은 식(2)와 같이 구성된다.

$$M = \{m_k : k=1,2, \dots, 3N+1\} \quad (2)$$

여기서,  $m_k$  는 각 부분대역내의 계수들 중 가장 큰 크기를 갖는 웨이블렛 계수들의 절대값이다.

그림 2 는 입력 영상을 3-레벨 웨이블렛 분해 했을 때, 각 부분대역에 대한 다중 임계값을 보여주고 있고, 각 부분대역 내에서 가장 큰 크기를 갖는 웨이블렛 계수들의 집합인  $M = \{118, 58, 60, \dots, 5\}$  처럼 구성된다.

다중 임계값  $M$  을 구성한 후, 연속 근사 양자화 과정의  $i$  번 반복에서, 부분대역의 중요성 판단은 간단히 각 다중 임계값  $M$  의 원소들  $m_k$  와 연속 근사화를 위한 임계값  $T_i$  를 비교하여 식(3)과 같이 구성할 수 있다.

$$\begin{cases} \text{SS(Significant Subband)} , & \text{if } m_k \geq T_1 \\ \text{IS(Insignificant Subband)} , & \text{if } m_k < T_1 \end{cases} \quad (3)$$

MS(Marginally Subband), SS에서 IS와 인접해 있는 부대역

그림 2 에서, 음영으로 표시된 부분대역이 임계값  $T_1=32$  관해서 SS 이며, SS 중에서도 굵은선으로 둘러싸인 부분대역이 MS 를 나타낸다. 그리고 MS 영역에서 S 와 IS 영역에서 C 는 각각 중요 계수(significant coefficient)와 그 중요 계수의 후손 계수를 나타낸다.

기존의 EZW 방법에서는 각 웨이블릿 계수들에 대하여 POS, NEG, IZ, ZTR 중 하나의 심벌을 부여하는데, 모든 대역내의 중요 계수(POS, NEG)는 계수의 중요성(significance)을 나타내는 1 비트와 부호를 나타내는 1 비트가 필요하므로 각각 11, 10 을 할당하고, 현재의 중요 계수 (IZ, ZTR)는 후손 계수에 중요 계수가 존재하는지 나타내기 위해 각각 01 과 00 을 할당한다. 따라서 EZW 기법에서 POS, NEG, IZ, ZTR 은 11, 10, 01, 00 으로 나타낼 수 있다.

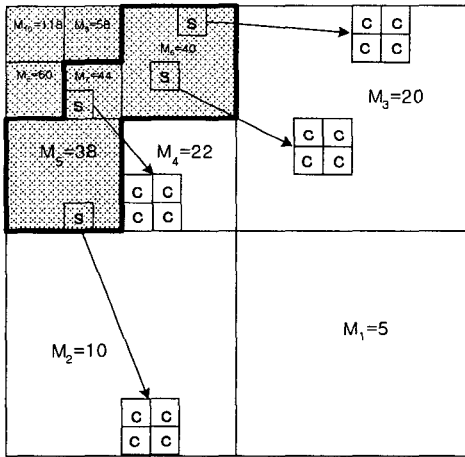


그림 2. MS 부분대역의 중요 계수와 자식 계수

그림 2 를 통해 살펴보면, 제안한 기법에서는 EZW 와 다르게 MS 내의 모든 계수에 대한 후손들이 모두 IS 에 속해있기 때문에 계수에 할당되는 비트를 줄일 수 있어서 높은 부호화 효율을 얻을 수 있다. EZW 에서는 S 가 중요 계수이므로 S 의 후손 계수인 C 를 부호화 해야하지만, 제안한 방법은 IS 내의 계수들 모두 비중요 (insignificant) 하므로 부호화 할 필요가 없다. 또한, EZW 에서는 비중요 계수(Insignificant coefficient : IZ, ZTR)에 대해서 2 비트가 사용되지만,

제안한 방법에서는 MS 내의 계수들은 후손 계수가 모두 비중요 하다는 것을 알고 있으므로 중요 후손 계수가 존재하는지를 나타내는 추가 1 비트가 필요하지 않다. 결국, MS 내의 중요 계수들은 1 비트로 할당된 ZTR(0)만 존재하므로 비트수를 감소시킬 수 있다.

#### IV. 실험 및 결과

본 논문의 실험에서는 디지털 영상처리 표준인 512x512 크기의 LENA 영상에 Daubechies 9/7 탭 biorthogonal 선형 위상 필터[2]를 이용하여 6 단계 웨이블릿 변환을 수행하였고, 엔트로피 부호화기로는 적응 산술 부호화기를 사용하였다. 실험 결과는 상대적인 화질 개선에 대한 비교로 많이 사용되는 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)을 이용하여 제안한 방법과 EZW 방법의 성능을 비교하였다.

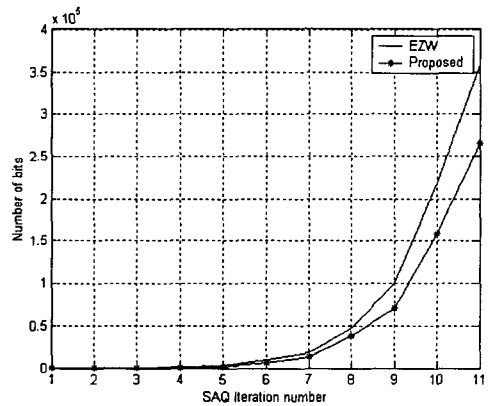


그림 3. 제안한 방법과 EZW 방법의 사용 비트수 비교

그림 3 은 제안한 방법과 기존의 EZW 방법에 의해 SAQ 과정의  $i^{th}$  반복동안 사용된 비트수를 비교한 그래프인데, 제안한 방법이 전체적으로 적은 비트량을 사용하고 있다. 이는 III 절의 제안한 방법에서 MS 내의 모든 비중요 계수들이 ZTR(0)이므로 그림 1 과 같은 결과를 얻을 수 있는 것이다. 그리고 표 1 과 그림 4 의 그래프에서 보는 바와 같이 LENA 영상에 대한 PSNR 결과가 전체적으로 동일한 비트율에서 1.0[dB]이상 증가됐음을 볼 수 있고, 이는 제안한 방법에 의한 복원 영상(a)과 EZW 방법에 의한 복원 영상(b)의 성능 비교를 보여주고 있는 그림 5 에서도 역시 영상 화질의 시각적인 면에서도 향상됐음을 확인할 수 있다.

표 1. LENA 영상에 대한 PSNR 결과 비교

압축률	PSNR[dB]	
	제안한 방법	EZW
8:1	40.69	39.55
16:1	37.56	36.28
32:1	34.30	33.17
64:1	31.30	30.23
128:1	28.75	27.54
256:1	26.67	25.38

### V. 결론

본 논문에서는 웨이블릿 기반의 정지영상 압축에 있어서 Shapiro 가 제안한 EZW 방법을 사용함에 따라 연속 근사 양자화 과정에서 발생하는 잉여성을 줄여 비트수를 감소시킬 수 있는 효율적 부호화가 가능한 다중 임계값을 이용한 EZW 영상압축 방법을 제안한다.

제안한 방법을 통한 실험결과, 심벌에 할당되는 비트수를 줄일 수 있었으며, 전체적으로 동일한 비트율에서 PSNR이 약 1.0[dB]이상 증가하는 성능 향상의 결과를 얻을 수 있었다.

결론적으로, 실험 결과를 통해 볼 때 제안한 방법이 기존의 EZW 부호화 방법보다 우수한 성능을 보임을 확인할 수 있다.

### 참고문헌

- [1] J. M. Shapiro, "Embedded image coding zero-trees of wavelet coefficients", IEEE Trans. Signal Processing, vol. 41, no.12, pp. 3445-3462, Dec. 1993.
- [2] M. Antonini, M. Barluad, P. Mathieu and I Daubechies, "Image coding using wavelet transform", IEEE Trans. Image Processing, vol. 5, pp. 4-15, Jan. 1996.
- [3] C. Sidney Burrus, R A. Gopinath and H. Guo, Introduction to wavelets and wavelet transform, Simon & Schuster, NJ, Prentice Hall, 1998.
- [4] I. Witten, R. Neil, J. Cleary, "Arithmetic coding for data compression", Communications of the ACM, 30 (6), pp. 520-540, Jun. 1987.
- [5] E. S. Kang, T. H. Tanaka, T. H. Lee, and s. J. Ko, " A multi-threshold embedded zero-tree wavelet coder", in Proc. ITC-CSCC, pp. 117-120, 1998.
- [6] E. S. Kang, T. H. Tanaka, T. H. Lee, and s. J. Ko, "Improved embedded zero-tree wavelet coder", IEE, vol. 35, No. 9, April. 1999.
- [7] A. Said and W. A. Pearlman, "A new, fast, and efficient image codec based on set partitioning is hierarchical trees", IEEE Trans. Circuits Syst. Video Tech., vol. 6, pp. 243-250, June. 1996.

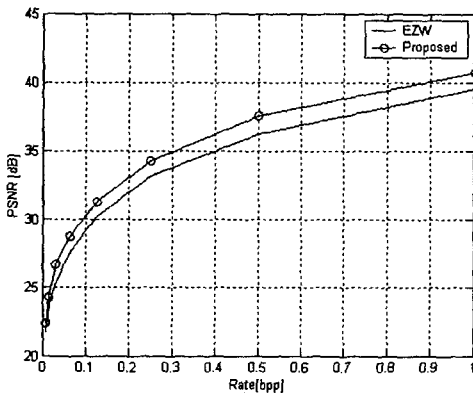


그림 4. LENA 영상에 대한 EZW 부호화 방법과 제안한 부호화 방법과의 성능비교

그림 5는 복원된 LENA 영상의 일부를 잘라낸 것인데 복원된 LENA 영상을 살펴보면 눈, 입, 턱선 부분에서 제안한 방법이 기존 EZW 방법의 영상보다 선명도가 높음을 볼 수 있다. 이런 모든 실험 결과를 종합해 볼 때 제안한 방법이 EZW 방법보다 성능이 우수함을 알 수 있다.



(a) Proposed Method 압축률=64:1 PSNR=31.30[dB]  
 (b) EZW Method 압축률=64:1 PSNR=30.23[dB]

그림 5. LENA 영상의 제안한 방법과 EZW 방법의 영상 화질 비교