

# Threshold 에 기반한 EZW 영상 부호기의 설계와 구현

채희중 , 이호석  
호서대학교 컴퓨터 공학과

## A design and implementation of threshold-adjusted EZW image encoder

Hui Joong Chae , Ho Suk Lee  
Dept. of Computer Engineering, Hoseo University  
hjchae77@mmlab.hoseo.ac.kr , hslee@office.hoseo.ac.kr

### 요 약

본 논문은 threshold 에 기반한 (threshold-adjusted) EZW(Embedded Zerotree Wavelet) 부호화 모듈의 설계와 구현에 대하여 소개한다. EZW 부호화는 먼저 입력된 정지 영상에 대하여 Haar 웨이브릿 변환을 수행한다. Haar 웨이브릿 변환된 영상은 dominant 와 subordinate 의 2-pass 과정을 거쳐 zerotree 를 구성함으로써 EZW 부호화 과정을 수행한다. Threshold 에 기반한 EZW 는 부호화 과정에서 인간의 시각 체계를 고려하여 threshold 값을 적절히 조절함으로써 효율적인 출력 영상을 얻을 수 있도록 구현하였다.

### I. 서 론

JPEG 과 같은 DCT(Discrete Cosine Transform)를 이용하는 정지 영상 부호화에서는 4x4, 8x8 등의 블록으로 영상을 나눈 후 그 블록에 대해 각각 부호화를 한다[6]. 이러한 블록 기반 부호화는 각각의 블록들을 독립적으로 처리하기 때문에 부호화률이 높아 질수록 인접 블록간의 연속성이 깨어지므로 블록 경계 현상이 나타나게 된다[3]. 하지만, 차세대 영상 부호화 표준인 JPEG2000 과 같이 웨이브

릿 변환을 사용하는 부호화 방법은 부호화된 영상의 품질을 현저히 저하시키는 블록 경계 현상이 발생하지 않는 뿐만 아니라 부호화 효율도 우수하다. 이러한 웨이브릿을 이용한 부호화 방법이 많이 소개되어 있는데, Jerome M. Shapiro 에 의해 소개된 EZW(Embedded Zerotree Wavelet) 부호화[2], Said & Pearlman 의 SPIHT(Set Partitioning In Hierarchical Trees) 부호화[1] 방법 등이 있다.

웨이브릿 변환된 입력 영상은 주파수 대역별로 밀접한 자기 상관 관계를 갖는 다해상도의 영상으로 분할된다[3][4]. EZW 는 이러한 분할 영상에서의 대역간 자기 상관성에 zerotree 부호화 방법을 적용한 간단하면서도 효율적인 영상 부호화 방법이다[2]. 이 방법은 임의의 threshold 에 대하여 특정 주파수 대역에 존재하는 계수가 중요하지 않다면, 이 대역에 대응 관계를 갖는 상위 대역에 존재하는 계수 역시 중요하지 않음을 확률이 높다는 개념에서 출발한다. 즉, 낮은 주파수 대역으로부터 높은 주파수 대역까지 임의의 threshold 보다 작은 계수를 zerotree 로 구성함으로써 전송해야 하는 위치 정보의 수를 효과적으로 감소시킬 수 있다. 또한 zerotree 부호화 방법은 원하는 비트수를 만족시킬 수 있으며, 영상에서 지배적인 에너지를 갖는

정보부터 순차적으로 전송하기 때문에 점진적인 전송에 매우 유리한 장점을 지니고 있다.

본 논문에서는 웨이브릿 변환을 이용한 영상의 부대역 변환과 zerotree 를 이용한 EZW 부호화 과정을 소개한다. 그리고, EZW 부호화의 threshold 를 결정하는 과정에서 원래의 threshold 를 적절히 조절하여 새로운 threshold 를 생성하고, 그것을 입력 영상에 적용하는 방법을 소개한다.

## II. 본 론

### 2.1 DWT(Discrete Wavelet Transform)

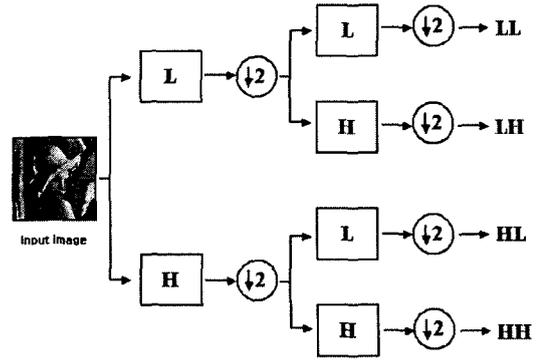
EZW 부호화는 우선 웨이브릿 변환을 수행한다. 웨이브릿 변환은 시간 및 주파수에 대하여 지역성을 갖는 신호로 표현할 수 있기 때문에 정지 영상을 해석하는데도 장점을 가지고 있다.

2 차원인 영상에 웨이브릿을 적용하기 위해서는 1 차원 웨이브릿을 2 차원으로 확장이 필요한데 Mallat 이 제안한 웨이브릿 분해 방법을 주로 사용한다[5]. [그림 1]은 입력 영상이 웨이브릿 변환을 위한 QMF(Quadrature Mirror Filter)를 통해 영상이 분해되는 과정을 나타낸다. [그림 1]에서 L 은 저대역의 필터이며, H 는 고대역의 필터를 나타낸다. QMF 는 입력 영상에 대해 수직과 수평의 방향으로 L 과 H 필터를 각각 한 번씩 적용하며 필터를 통과한 계수들은 2:1 로 서브샘플링 된다. 그 결과로서 세 가지의 방향 선택적인 고주파 부대역인 LH, HL, HH 대역과 저주파 부대역인 LL 대역으로 분해된다. 이러한 과정은 LL 대역에 반복적으로 적용함으로써 다음 계층의 대역을 얻을 수 있다[3]. [그림 2]는 Haar 웨이브릿 변환을 통해 각 대역별로 분해된 영상을 나타낸다.

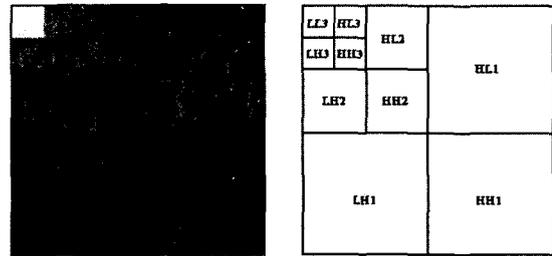
웨이브릿 변환을 통해 분해된 영상은 인간의 시각과 유사한 주파수 대역을 가지며 자기 유사성 (self-similarity)을 가지고 있다. 분해된 웨이브릿 영상의 계수를 각 대역별로 tree 로 구성하여 tree 내의 웨이브릿 계수간의 상관 관계를 이용하면 영상을 효율적으로 부호화할 수 있고 점진적인 영상의 전송이 가능하게 된다

### 2.2 EZW(Embedded Zerotree Wavelet)

EZW 부호화는 tree 를 이용한 부호화 방법이다.

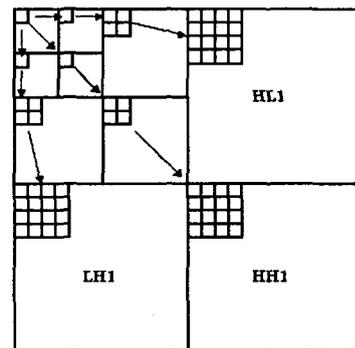


[그림 1] 웨이브릿 변환에 의한 영상의 분해 과정



[그림 2] Haar 웨이브릿 변환 영상과 분할 대역

이 방법은 웨이브릿 변환된 영상이 가지고 있는 계수의 특징을 잘 활용한 알고리즘으로서 웨이브릿 변환된 영상의 계수 값을 자기 상관성을 갖는 부모-자식 관계의 quad-tree 구조로 파악하여 동일한 방향을 갖는 대역간에서 서로 상관성을 갖는 특징을 이용한다[2]. EZW 는 웨이브릿 변환된 계수의 상관 관계를 zerotree 형태로 구성하여 각각의 대역에서 0 이 아닌 계수의 위치를 효율적으로 부호화한다. [그림 3]은 부모-자식 관계를 갖는 quad-tree 구조를 나타낸다[2][4].



[그림 3] 부모-자식 관계의 quad-tree 구조

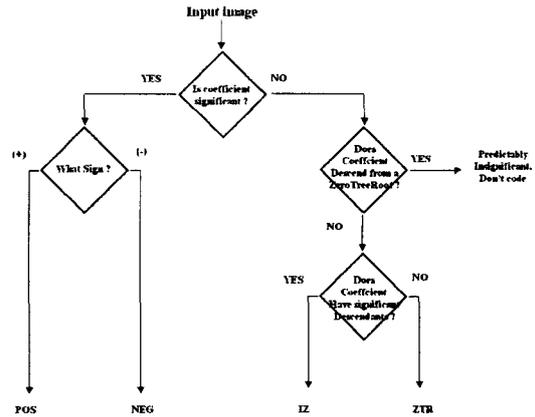
Zerotree 를 구성하는 계수 중 상위 계층에 존재하는 계수를 parent, 그 parent 와 동일한 위치와 방

향의 하위 계층에 존재하는 계수를 상위 계층의 parent 에 대한 child 라 한다[2]. 즉, [그림 3]에서 보는 바와 같이 최상위의 저주파 대역을 제외한 세계의 최상위 대역에 존재하는 parents 는 각각 다음 계층의 4 개 계수를 children 으로 갖는다. EZW 부호화는, 1)dominant pass 2)subordinate pass 의 2-pass 를 거쳐 계수를 부호화한다. 1)에서는 입력 영상 전체에서 지배적인 값을 갖는 계수에 대해 부호화하는데 POS, NEG, IZ, ZTR 의 4-symbol 이 사용된다 [2]. 여기에서 지배적인 값을 갖는 계수라 함은 계수의 절대값이 임의의 정해진 threshold  $T_0$  보다 큰 값을 갖는 계수를 의미한다. 초기의 threshold

$T_0 = 2^{\lceil \log_2(\text{MAX}(|\gamma(x,y)|)) \rceil}$  이며,  $\text{MAX}(|\gamma(x,y)|)$  는 입력 영상 내의 최고 계수 값을 의미한다. 1)에서 부호화되는 계수의 절대값이 threshold  $T_0$  보다 크며, 양의 계수일 경우에 POS(POSitive) symbol 로 부호화되며, 계수의 절대값이 threshold  $T_0$  보다 작은 크지만 음의 계수일 경우에는 NEG(NEGative) symbol 로 부호화된다. IZ(Isolated Zero)와 ZTR(ZeroTreeRoot)은 하위 대역의 children 에 지배적인 값을 갖는 계수의 존재 유무에 따라 symbol 이 부여되는데 IZ 는 부호화되는 현재의 계수는 threshold  $T_0$  보다 작아 영상에서 지배적인 값을 갖는 계수는 아니지만 그 하위의 children 에 지배적인 값을 갖는 계수가 존재할 경우에 부호화된다. 반면에 현재의 계수는 물론 그 하위의 children 에도 지배적인 값을 갖는 계수가 존재하지 않을 경우에는 ZTR 로 부호화된다. [그림 4]는 1)에 대한 흐름도를 나타낸다[2]. 2)에서는 1)에서 POS 나 NEG 로 부호화된 계수들에 대하여 Upper/Lower 의 구역을 정하여 1 혹은 0 로 부호화하여 비트 수를 최소화한다. EZW 부호화는 SAQ (Successive Approximation Quantization)를 사용한다. 즉, 계수가 영상에서 차지하는 중요도를 파악하기 위해서 threshold  $T_0$  를 1/2 씩 줄여가면서 1)과 2)를 반복 수행하여 계수를 부호화한다.

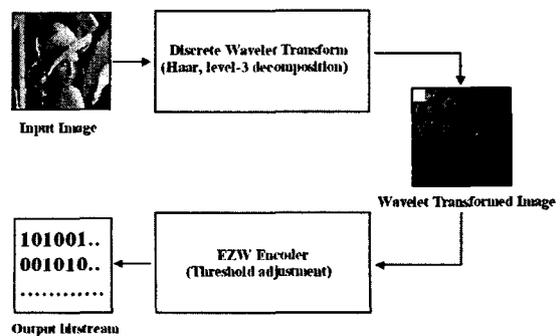
### 2.3 Threshold-adjusted EZW

Threshold 에 기반한 EZW 부호화는 threshold  $T_0$  값을 조절함으로써 구현할 수 있다. 첫 번째 dominant pass 의 부호화를 수행하기 전에 초기의 threshold  $T_0$  를 결정함에 있어서 원래의 threshold



[그림 4] Dominant pass 에 대한 흐름도

를 적용하는 대신 출력 영상의 적절한 품질을 보장하기 위하여  $T_0$  에 0.1~0.9 의 값을 곱한 새로운 threshold  $T_0'$ 를 생성한다. 생성된  $T_0'$ 는 EZW 부호화 전 과정에 적용되어 원래의 EZW 부호화와 동일한 기능을 하며 각 pass 마다 SAQ 를 수행하고 결과를 zerotree 형태로 구성한다. 원래의 EZW 부호화 알고리즘은 2-pass 를 수행하면서 모든 계수에 대해 threshold  $T_0$  를 적용한다. 그러나 이로 인해 입력 영상에서 값이 그다지 크지 않은 모든 계수들에 대하여도 부호화를 수행한다. 그리고 이로 인해 수행 시간이 많이 소요되는 단점을 지닌다. 이러한 단점을 보완하고 영상의 품질도 적당히 유지하기 위하여 새로운 threshold  $T_0'$ 를 적용하여 zerotree 내의 10% 이하의 계수에 대하여는 그 값을 0 으로 하여 EZW 부호화를 함으로서, 전체적으로 소요되는 시간을 획기적으로 단축시킬 수 있다. [그림 5]는 구현된 threshold 에 기반한 EZW 부호화의 전체 구조이다.



[그림 5] Threshold-adjusted EZW 부호화 구조

### III. 결 론

본 논문에서는 입력 영상을 웨이브릿 변환하여 인간의 시각적 특성이 잘 반영된 분해 영상을 생성하고 이를 이용하여 EZW 부호화하는 과정을 소개하였다. 그리고 EZW 부호화의 시간적인 과부하를 줄이기 위한 방법으로 2-pass 의 EZW 부호화 과정에 적용되는 threshold  $T_0$  값을 영상의 품질을 고려하여 적절하게 조절한 새로운 threshold  $T_0'$ 를 적용하는 threshold 에 기반한 EZW 부호화를 구현하였다.

향후 연구 과제로서 EZW 복호화 과정을 구현하고 JPEG 부호화 및 원래의 EZW 부호화에서 얻어진 출력 영상과의 품질 비교가 이루어져야 할 것이다.

### 참고 문헌

- [1] Amir Said & William A. Pearlman, "A New Fast and Efficient Image Codec Based on Set Partitioning in Hierarchical Trees," *IEEE Trans. On Circuit and Systems for Video Technology*, Vol.6, June 1996.
- [2] Jerome M. Shapiro, "Embedded Image Coding Using Zerotree of Wavelet Coefficients," *IEEE Trans. On Signal Processing*, Vol.41, No.12, pp3445-3462, 1993.
- [3] Martin Vetterli and Jelena Kovacevic, Wavelets and Subband Coding, *Prentice Hall*, 1995.
- [4] Raghuvveer M. Rao and Ajit S. Bopardikar, Wavelet Transforms -Introduction to Theory and Applications, *Addison-Wesley*, 1998.
- [5] Stephan Mallat, "A theory for multiresolution signal decomposition: The wavelet presentation," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, Vol.11, pp674-693, 1989.
- [6] William B. Pennebaker and Joan L. Mitchell, JPEG Still Image Data Compression Standard, *Van Nostrand Reinhold*, 1993.