

# 웨이브렛을 이용한 제로트리 양자화 이미지 코딩기법 연구

이양원

호남대학교 정보통신공학과 (ywlee@honam.ac.kr), 광주광역시 광산구 서봉동 59-1

## Zerotree Quantized Image Coding using Wavelet

Yang-Weon Lee

Dept. of Information and Communication Eng. Honam University, ywlee@honama.c.kr

### ABSTRACT

Recently efficient image coding using zerotree have been proposed. In these methods, the locations of nonzero wavelet coefficient are encoded with a tree structure, called zerotree, which can exploit the self-similarity of the wavelet pyramid decomposition across different scales. These are very especially in low bit rate image coding. In this paper, two zerotree image coding algorithm, EZW and SPHIT are briefly introduced, and a new zerotree searching scheme is proposed to emphasize the significance of a wavelet coefficient by its orientation as well as its scale.

### 1. 서론

이미지 코딩에서 추구하는 근본적인 문제는 주어진 rate 범위내에서 어떻게 평균왜율을 최소가 되게 하는 것이다. 그림 1은 이미지의 3단계 wavelet 분해형태의 예를 보인 것으로서 공간지향 tree 형태를 나타내고 있다. 각각의 부모 노드는 4개의 자식 노드를 갖게 되는데 이들 노드들은 같은 공간영역에서 더 높은 주파수 밴드를 가지고 있다. 이 같은 트리구조 형태의 방법은 공간과 주파수영역에서 wavelet 계수를 이용하는 유용한 방법이 된다.

일반적으로 zerotree 기반 wavelet coder는 zerotree와 전지된 subtree에 대하여 왜율과 rate라는 두 가지 요소를 모두 고려해야된다. 이 두 가지 요소를 최적화 시키기 위해서 wavelet의 중요한 성질중의 하나인 공간과 주파수의 위치를 찾아주는 능력을 이용하려는 연구가 많이 시도되고 있다. 그러나 일반적인 wavelet 기반의 이미지 코더들이 갖고 있는 근본적인 문제는 이 같은 공간-주파수 특성을 wavelet 이미지 표현에서 정확하게 포착하는 것이 어렵다는 것이다. 따라서 지금까지의 연구는 단편적인 것으로서 Said와 Pearlman<sup>[1]</sup>의 임계값  $T$ 를 이용한 zerotree를 구성한 기법과 좀더 발전된 것으로서 Xiong<sup>[2]</sup>의 Lagrangian cost를 이용하는 방법인 SFQ(space frequency quantization)가 있다. 그러나 이 방법도 zerotree pruning이 pruned subtree의 통계값과 quantizer에 의존되므로서 quantizer가 바뀔 때마다 Lagrangian cost가 달라지기 때문에 zerotree pruning을 다시 수행해야 하는 문제와 공간과 주파수영역에서 수시로 변하는 통계값을 반영하지 못하는 single scalar

quantizer를 사용하는 단점이 있다.

이 같은 문제점을 해결하기 위하여 SFQ 코딩 scheme의 단점을 보완하는 기법으로서 context 기반 적응모델을 사용하여 각각의 wavelet 계수를 위한 최적 quantizer를 구성하는 알고리즘을 개발할 필요가 있다.

현재 많은 인기를 모으고 있는 멀티미디어 통신 환경에서 영상신호의 효율적인 처리 및 전송은 중요한 현안중의 하나이다. 그러나 영상 데이터는 큰 저장 공간과 넓은 전송 대역폭을 필요로 하기 때문에, 영상 데이터들의 효율적인 압축은 멀티미디어 시스템을 구축하는데 매우 중요한 역할을 한다. 현재 낮은 비트율에서 향상된 화질의 영상을 제공하기 위한 목표로서 ISO(international standard experts group) 산하의 JPEG(joint photographic experts group)과 MPEG(moving picture experts group)에서는 정지영상과 동영상의 압축 표준화가 진행되고 있다.

그러나 현재 JPEG과 MPEG 표준에서 사용하고 있는 DCT를 기반으로 하는 블록단위의 변환에서는 낮은 비트율에서 블록간의 경계가 현저하게 나타나는 블록경계 현상(blocking effect)이 발생한다. 이에 비하여 웨이브렛(wavelet) 변환에서는 공간 및 주파수의 해상도를 가변적으로 나타낼 수 있으므로 평탄하게 변하는 부분과 윤곽선 정보와 같이 급격하게 변하는 부분을 동시에 효과적으로 다룰 수 있으므로 낮은 비트율 압축에서 blocking effect를 일으키지 않는다. 따라서 낮은 비트율 압축을 위해서는 wavelet 변환을 영요하는 것이 효과적이다.

wavelet을 기반으로 하는 초기의 영상압축 방법들은 각 대역내 계수들간의 상관관계를 이용하여다. 대역간의 의존성을 이용한 wavelet 계수의 압축방법은 Lewis와 Knowles에 의해 제안되었으며, Shapiro의 EZW(embedded zerotree wavelet coder) 알고리즘은 이러한 대역간의 상관관계를 zerotree 부호화 방법에 적용한 효율적이고 비교적 간단한 영상 압축 방식이다.

A. Said와 W.A. Pearlman에 의한 SPIHT(set partitioning in hierarchical trees) 알고리즘은 EZW의 부호화 방법을 개선하여 압축 효율을 향상시켰다.

본 논문에서는 wavelet 필터를 이용한 영상의 부대역 변환과 zerotree를 이용한 wavelet 계수의 부호화 과정을 소개하고, 낮은 비트율 전송을 위한 좀 더 효율적인 zerotree 부호화 방법을 제시하고자 한다.

## II. Wavelet 변화과 Zerotree 양자화의 특성

### 1. 웨이브렛 변환

Wavelet은  $\psi$ 함수를 팽창과 전이함으로서 얻어지는 함수이다.

$$\psi_{s,u}(x) = \frac{1}{\sqrt{s}} \psi\left(\frac{x-\mu}{s}\right) \quad (1)$$

웨이브렛 변환은 어떤 임의의 함수  $f$ 을 wavelet의 중첩으로 표현하는 것이다.

$$f(x) = \sum_{s,u \in Z} \omega_{s,u} \psi_{s,u}(x) \quad (2)$$

$$\text{단, } \omega_{s,u} = \int \psi_{s,u}(x) f(x) dx$$

### 2. Zerotree 양자화의 개념

zerotree 양자화의 개념은 만일 트리가 zerotree 라면 트리내의 모든 요소들은 zero로 양자화되며, 오직 하나의 심볼만이 zerotree를 나타내기 위해서 필요로한다. 만일 트리가 zerotree가 아니라면 트리는 분해된다. 결과적으로 subtree는 zerotree 전지를 계속하게 될 것이다. 전지된 subtree는 어떤 방식이든 양자화 될 수 있다. zerotree 기반 wavelet은 그림 2에 나타냈고 이경우에 문제는 zerotree를 어떻게 결정하고, 나머지 계수들을 어떻게 양자화 하는 것이다.

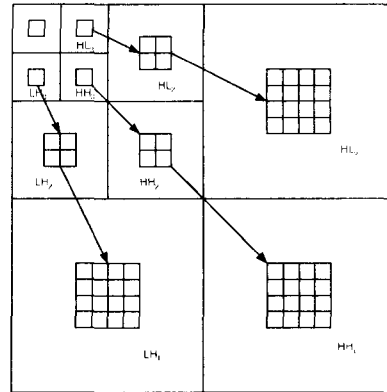


그림 1. 공간 지향 트리 형태

## III. 새로운 zerotree 탐색방법

본 논문에서는 오직 잔류 트리 구조는 zerotree의 기하학적 구조로서 가정하였고, 시스템의 단순화를 위하여 잔류 트리를 사용하였다. 잔류트리는 반복적으로 다음과 같이 정의하였다.

$$U_i = C_i + U_{j \in C_i} U_j \quad (3)$$

단,  $C_i$ 는 루트  $i$ 의 직계 자손 집합이다. 이럴 경우 가장 높은 밴드의  $U_i$ 는 빈 공간이 된다.

모든 노드  $i$ 에 대해서, 최적 zerotree 전지는 결정되기를 왜율의 값에 의미에서 결정된다. 식(3)에서  $C_i$ 에서 가장 적합한 잔류 zerotree는 다음과 같이 표현 될 수 있다.

$$J_{U_i}^{keeping} = \sum_{j \in C_i} (J_j + J_{U_j}) \quad (4)$$

$$\text{단, } J_j = D_j + \lambda R_j = (\omega_j - \hat{\omega}_j)^2 - \lambda \log_2 p_j \quad (5)$$

그리고  $p_j$ 는  $\hat{\omega}_j$ 의 발생빈도 확률이다.

$$J_{U_i}^{pruning} = \sum_{j \in C_i} \omega_j^2 \quad (6)$$

따라서 최적 zerotree 전지는 다음과 같다.

if

$$J_{U_i}^{pruning} < J_{U_i}^{keeping}$$

then

$$z_i = 0$$

$$J_{U_i}^* = J_{U_i}^{pruning}$$

else

$$z_i = 1$$

$$J_{U_i}^* = J_{U_i}^{keeping}$$

높은 주파수 밴드에서 잔류 트리의  $f_{U_i} = 0$ 이므로 zerotree 전지는 미세 스케일에서부터 거친 스케일까지 최적화 될 수 있다.

위의 과정을 음미해보면, zerotree 전지의 최적화의 열쇠는  $\lambda$ 값이 주어질 때 Lagrangian cost인 식(5)의 값을 정확하게 추정하는데 있음을 알 수 있다. 이 것이 wavelet 계수  $w_i$ 의 최적 양자화를 설계하는데 주요한 문제이다.

본 논문에서는 wavelet 계수는 독립 라플라시안 분포계로부터 이끌어냈고, 각 노드  $i$ 에서 해당하는 라플라시안 확률밀도함수 PDF  $f_i(x)$ 는 다음과 같다.

$$f_i(x) = \frac{1}{2} u_i e^{-u_i |x|} \quad (7)$$

$$u_i = \frac{\sqrt{2}}{\delta_i}$$

여기서  $\delta_i^2$ 은 노드  $i$ 에서 분산값이다.

이같은 가정을 바탕으로 각 wavelet에 대한 최적 양자화기는 다음과 같은 조건을 만족해야된다.

$$\frac{\partial D_i}{\partial R_i} = -\lambda \quad (8)$$

단,  $D_i$ 와  $R_i$ 는 wavelet 계수  $w_i$ 에 대한 각각 왜곡과 엔트로피의 값이다.

그림 3에 본 논문에서 제안한 알고리즘에 대한 구조를 보였다. 이것은 크게 4가지의 주요 부분으로 구성된다. 첫째로 엔트로피 제한 최적제어 부분과, 둘째로 context 기반 양자화로서 이 것은 모멘 추정, 최적 양자화기 설계, 양자화 실행 등으로 구성된다. 셋째로 zerotree 전지와 전지된 subtree 양자화 과정이다. 여기서는 context 기반 양자화의 결과를 이용하여 최적화 과정을 수행한다. 마지막으로 zerotree 맵과 전지된 subtree에 대한 엔트로피 코딩과정이다.

#### IV. 제안 코딩 알고리즘

본 논문에서 제안한 알고리즘의 계산 과정은 다음과 같다.

- 단계 1:  $\lambda$ 값의 초기화
- 단계 2: 전체 공간 지향 트리  $T$ 에서 context 기반 양자화
- 단계 3: 양자화 오차와 엔트로피에 근거한 zerotree 전지
- 단계 4: 전지된 subtree  $S$ 에 대한 context 기반 양자화
- 단계 5: zerotree 맵과 전지된 subtree의 엔트로피 코딩
- 단계 6: 단계6,7에서 계산된 전체 레이트와 왜율의 계산을 통하여  $\lambda$ 값의 조정
- 단계 7: 값이 수렴될때까지 단계 2에서부터 반복

#### V. 실험 및 결과

모의 실험을 통하여 제안된 방법의 성능을 JPEG 및 EZW 방법과 비교하였다. 본 실험에서는 512 x 512, 8 bpp 모노크롬 영상으로서 Lena, Barbara와 Goldhill을 사용하였다. 실험을 위하여 5 단계 wavelet 분해를 사용하였다. 간단한 결과는 그림 4, 5에 보였다.



그림 4 원래의 Barbara 이미지      그림 5 Bitrate=0.5ppp

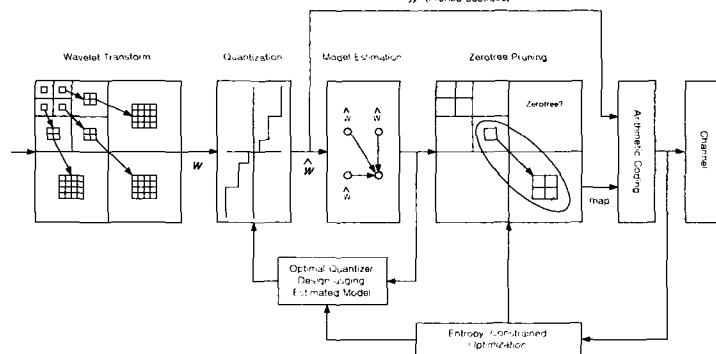


그림 3 코딩 시스템 구조

## VI. 결 론

블록단위 변환을 이용한 영상압축 방법에서는 낮은 비트율에서 블록경계 효과가 강하게 나타난다. 그러나 웨이블릿 변환을 임의의 영상 압축에서는 저 비트율에서도 우수한 품질의 영상을 복원할 수 있다. 본 논문에서는 주어진 왜율내에서 반복적인 zerotree 탐색과정에서 많은 비트의 부호화가 필요한 것을 줄이는 방법을 제한하였고, 부분적인 실험을 통하여 그 성능을 확인하였으나 앞으로 세부적인 실험이 요구되는 단계이다.

## 참고문헌

- [1] A. Said and W.A. Perlman, "A new, fast, and efficient image codec based on set partitioning in hierarchical trees," *IEEE Trans. Circuits & Syst. for video Technology*, vol.6, pp243-250, June 1996
- [2] Xiong, K. Ramchandran, and M.T. Orchard, "space-frequency quantization for wavelet image coding," *IEEE Trans. Image Proc.*, vol.6, pp677-693, May 1997.