

# 문턱값 분리를 이용한 다중 기술 엠베디드 제로트리 웨이블릿 압축

엄 일 규(嚴日奎)

밀양대학교 정보통신공학과

전화 : (0527) 350-5464 / 팩스 : (0527) 350-5460

## Multiple Description Embedded Zerotree Wavelet Coding Using Threshold Separation

Il Kyu Eom

Dept. of Information and Communications Engineering Miryang National University

E-mail : ikeom@arang.miryang.ac.kr

### Abstract

In this paper, we present a new multiple description embedded zerotree wavelet coding method using the two splitted thresholds. We first model a half EZW coder and then we present multiple description coder which has two coding channels using wide threshold EZW(WTEZW) coders. To evaluate the performance of the proposed coder, we provide an image coding applications with two descriptions and compare MDC image coding results reported to date.

### I. 서론

다중 기술 압축(Multiple Description Coding:MDC) 방법은 다양한 채널의 통하여 신호가 전송 또는 저장될 때, 일부분의 채널이 유실되더라도 전송된 신호를 최대한 복구하고자 하는 새로운 기법이다.[1-6] 이를 위해서는 전송하고자 하는 신호에 부가 정보를 포함해야 하며, 결과적으로 비트율의 상승을 유발하게 된다. 그러나 추가적인 비트를 할당함으로써 채널의 일부가 유실되더라도 적절한 신호를 복구할 수 있는 것이 훨씬 유리하다고 볼 수 있다.

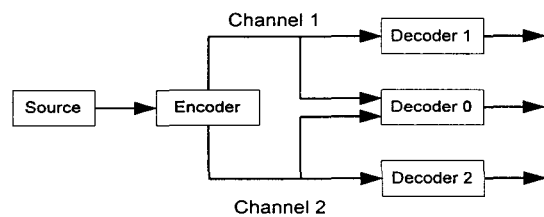


그림 1. 두 개의 채널과 세 개의 수신단을 가지는 MDC 시스템.

Fig. 1. A MDC system with two channels and three receivers.

최근 인터넷 사용의 급격한 증가로 인하여 MDC 방법의 중요성과 활용도가 높아지고 있으며, 대용량 데이터베이스를 위한 RAID 형태의 저장 매체에 대한 저장 방법으로 MDC 방법이 효율적으로 사용될 수 있다.

그림 1은 두 개의 채널과 세 개의 수신단을 가지는 전형적인 MDC 시스템을 나타낸다. 부호기는 입력 신호를 받아서 각 채널로 전송할 신호에 대하여 일반적으로 상이한 부호화를 수행하고, 이를 각 채널을 통하여 전송한다. 두 채널을 통하여 부호화된 신호를 모두 받았을 경우에는 중앙 복호기(decoder 0)가 두 신호를 조합하여, 최소의 오차를 가지는 신호를 복원한다. 한편 하나의 채널이 유실되고, 하나의 채널만 동작할 경

우에는 부호기 1(부호기 2)가 동작하여, 전송된 신호를 복구한다.

MDC 방법은 스칼라 양자화를 이용한 방법[1,2], 변환을 이용한 방법[3,4], polyphase 변환을 사용한 방법[5] 등으로 크게 나눌 수 있다. 스칼라 양자화를 이용한 방법은 인덱스를 할당하는 방법이 중요하고, 변환을 이용한 방법은 비상관 변환된 계수에 대하여 상관 변환을 수행할 적절한 변환이 필요하게 된다. 위의 방법들은 시스템의 복잡도가 높고, 인덱스 할당과, 비상관 계수에 대하여 다시 한 번 상관 변환을 수행해야 하는 제약이 따른다. Polyphase 변환을 이용한 방법은 입력 신호를 polyphase 변환으로 나누고, 나누어진 두 개의 입력 신호에 대하여 낮은 비트율과 높은 비트율을 할당하여, MDC를 수행하는 방법이다. 이 방법은 낮은 복잡도로 높은 성능을 실현할 수 있는 장점이 있다.

본 논문에서는 문턱값의 변화 간격이 기존의 EZW 방법[6]의 2배가 되도록 하는 WTEZW를 도입하고, 이를 이용하여 MDC를 수행하는 방법을 제안한다. 제안된 방법을 이용하면, 간단한 구조를 가지고 우수한 성능의 MDC를 구현할 수 있다.

## II. WTEZW

EZW 부호화 방법[6]은 각 웨이블릿 계수에 대하여 문턱값과 비교하여 POS(positive significance), NEG(negative significance), IZ(isolated zero), ZTR(zerotree root)라는 네 가지의 표본치를 생성한다. 표본치를 생성하기 위한 문턱값은 일반적으로 최초의 문턱값은 2의 승수배가 되도록 결정한다. 전체 계수에 대한 표본치의 생성이 끝나면 문턱값을 다음과 같이 반으로 낮추고 같은 방법을 계속한다. 즉,

$$T_i = T_{i-1}/2 (i=1, 2, \dots) \quad (1)$$

EZW 부호화 방법은 이러한 과정을 정해진 비트수를 만족시킬 때까지 계속한다.

EZW 부호화의 전체 과정은 주과정(dominant pass)와 부과정(subordinate pass)의 두 단계로 나누어진다. 주 과정에서 위에서 언급한 네 개의 표본치를 만들어내고, 부 과정에서는 POS 및 NEG 표본치에 대하여 값의 정밀도를 한 번 더 높인다. 이와 같이 만들어진 모든 표본치는 산술 부호화되고 정해진 비트수가 만족될 때까지 부호화 과정을 반복한다.

주어진 문턱값이  $T_i$ 이면, 이전의 문턱값과 다음의 문턱값은 각각  $2T_i$ ,  $T_i/2$ 이다. 이 문턱값에 심볼 할당

이 완료되었다고 가정했을 때, 주과정과 부과정에 대한 최대 양자화 오차는 다음과 같다.

$$QE_{T_i, D(\max)} = \frac{1}{2} |T_i| \quad (2)$$

$$QE_{T_i, S(\max)} = \frac{1}{4} |T_i| \quad (3)$$

WTEZW는 주어진 문턱값  $T_i$ 에 대하여 다음과 같은 문턱값의 변화를 사용한다. 즉,

$$T_{W,i} = T_{W,i-1}/4 (i=1, 2, \dots) \quad (4)$$

그림 2는 위와 같이 문턱값의 변화를 설정할 경우 복원값을 나타내고 있다.

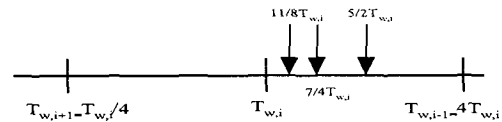


그림 2. WTEZW에서 문턱값과 복원값의 관계.

Fig. 2. The relationship between the threshold and the decoding value in WTEZW.

문턱값  $T_{W,i}$ 에 대하여 이전의 문턱값과 다음의 문턱값은 각각  $4T_{W,i}$ ,  $T_{W,i}/4$ 이다. 이 때 복원값은  $5/2 |T_{W,i}|$ 이고, 최대 양자화 오차는 다음과 같다. 즉,

$$QE_{T_{W,i}, D(\max)} = \frac{3}{2} |T_{W,i}| \quad (5)$$

식 (5)에서 볼 수 있듯이, WTEZW의 주과정의 양자화 오차는 EZW 부호화 방법보다 3배 크게 나타난다. 이러한 오차는 두 번의 부과정을 도입하여 줄일 수 있다. 두 번의 부과정을 실시한 후의 양자화 오차는 다음과 같다. 즉,

$$QE_{T_{W,i}, S(\max)} = \frac{3}{8} |T_{W,i}| \quad (6)$$

EZW와 비교하여, 주어진 문턱값에 대하여, 모든 웨이블릿 계수에 대한 표본치 할당이 끝났을 경우, WTEZW 부호화 방법의 최대양자화 오차는 EZW 부호화 방법의 최대 양자화 오차보다 1.5배 만큼 크다는 것을 알 수 있다. 이와 같이 양자화 오차가 커지는 이유는 문턱값의 범위를 넓게 잡은 결과에 기인하며, 이

리한 성질이 본 논문에서 제안하는 MDC에 유용하게 사용된다.

### III. WTEZW를 이용한 MD 영상 압축

본 논문에서는 2개의 WTEZW 부호기를 사용한 MD 영상 압축 방법을 제안한다. 그림 3은 WTEZW를 이용한 MD 영상 압축 부호기를 나타낸다. 그림에서 보는 바와 같이 웨이블릿 계수는 WTEZW1, WTEZW2에 의해서 각각 부호화되고, 산술부호화를 거친 후, 채널 1과 채널 2로 각각 전송된다.

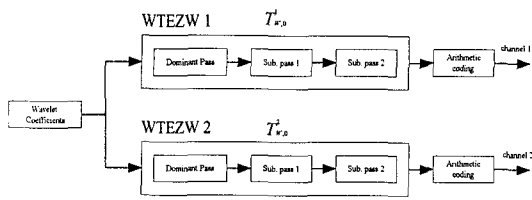


그림 3. WTEZW를 이용한 MD 영상 압축 부호기.  
Fig. 3. Multiple description image coder using WTEZW.

EZW에서 최초의 문턱값은 웨이블릿 계수의 최대값보다 커면서 가장 가까운 2의 승수로 결정된다. 이 문턱값을  $T_0$ 라고 하면, 각 WTEZW의 최초의 문턱값들은 다음과 같이 결정된다. 즉,

$$T_{W,0}^1 = T_0 \quad (7)$$

$$T_{W,0}^2 = 2T_0 \quad (8)$$

또한 EZW에서 다음의 문턱값을  $T_i (i=1, 2, \dots)$ 라고 하면, WTEZW 1의 경우는 문턱값이  $T_0 \rightarrow T_2 \rightarrow T_4 \rightarrow \dots$ 의 형태로 변화하고, WTEZW 2의 경우는 문턱값이  $2T_0 \rightarrow T_1 \rightarrow T_3 \rightarrow \dots$ 의 형태로 변화한다. 그러므로 그림 4에서 보는 바와 같이 기존의 EZW의 방법에서 홀수 번째의 문턱값을 차례로 사용한 것이 WTEZW 1, 짝수 번째의 문턱값을 사용한 것이 WTEZW 2가 되고, 문턱값의 변화는 식 (4)과 같이 각각 결정된다.

MDC 방법에서는 채널이 유실될 경우, 신호를 복원하기 위한 추가적인 정보를 결정하고, 이를 각 채널을 통하여 신호 정보화 함께 보내 주어야 한다. 본 논문의 방법은 그림 4에서 볼 수 있듯이, 부호화의 과정에서 부호화될 웨이블릿 계수는 EZW와 비교하여 반의 해상도로 항상 두 개의 기술에 포함되게 된다. 즉, WTEZW 1, 2는 항상 상관관계를 가지며, 이 상관관계

를 이용하여, 두 개의 채널이 모두 동작할 경우, 적절한 영상 신호를 복원할 수 있게 된다.

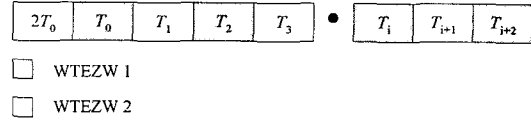


그림 4. 문턱값의 결정 방법.  
Fig. 4. The determination of the threshold.

채널을 통하여 전송된 신호에 대하여, 다음과 같은 네 가지의 복원 조건이 존재한다. 이 때, 수신단에서는 어느 채널이 유실되었는지 알 수 있다고 가정한다.

- 1) 채널 1과 채널 2 모두 유실될 경우 : 정보가 하나도 없기 때문에 영상 신호를 복원할 수 없다.
- 2) 채널 1로 전송된 신호는 도착하고, 채널 2는 유실된 경우 : WTEZW 1을 이용하여 채널 1로 전송된 신호로 영상을 복원한다.
- 3) 채널 1은 유실되고, 채널 2로 전송된 신호는 도착할 경우 : WTEZW 2를 이용하여 채널 2로 전송된 신호로 영상을 복원한다.

1), 2)의 경우와 같이 하나의 채널만 유실될 경우는 EZW와 같이 영상을 복원할 수 없지만, 두 번의 부과정을 이용하여 식 (6)과 같이 양자화 오차를 최대한으로 줄일 수 있다.

채널 1과 채널 2 모두 동작할 경우에는 WTEZW 1과 WTEZW 2에 의해 복원된 값을 평균하여, 최대의 화질을 가지는 영상 신호를 복원할 수 있다. 즉, 주어진 전체 비트율에 대하여, 각 기술에 대하여 복원될 마지막 문턱값이 각각  $T^1, T^2$  이고, EZW 방법에 의한 문턱값이  $T^{EZW}$  이면, 다음과 같은 관계를 설정할 수 있다. 즉,

$$T^{EZW} = T^2 = 2T^1 \quad (9)$$

각 기술에 대한 최대 양자화(양의 값) 오차를 평균하면, 다음과 같다. 즉,

$$QE_{max, cent} = \frac{9}{32} T^2 = \frac{8}{32} T^{EZW} + \frac{1}{32} T^{EZW} \quad (10)$$

식 (10)에서 볼 수 있는 바와 같이, 모든 웨이블릿 계수에 대하여, 표본치가 할당되었을 경우, WTEZW 1, 2에 의해 복원된 계수를 평균하면, EZW 방법과 비교하여 최대 양자화 오차가  $\frac{1}{32} T^{EZW}$  만큼 커지기 때문

에 MD 영상 부호화를 하기 위한 적절한 방법이라는 것을 알 수 있다.

#### IV. 모의 실험 및 결과

제안된 다중 기술 영상 압축 방법을 이용하여 표준 영상(Lena 512×512, 8bpp)에 대하여 쌍직교 9/7 탭 웨이블릿 필터를 사용하여 모의 실험을 하였다. 표 1은 채널 1과 채널 2에 같은 비트율을 할당했을 경우의 결과이다. 이 경우는 표 1에서 볼 수 있는 것처럼 각 채널에 대한 마지막 문턱값의 차이가 항상 2배 이상이므로 PSNR의 차이가 많이 생기는 단점이 있다. 표 2는 각 기술에 대하여 PSNR이 균형을 이루도록 했을 때의 결과이다. 이 경우는 현재까지 보고된 MDC 방법 중 가장 우수한 결과를 나타내는 방법[5]과 비교하여 보다 나은 결과를 보여 주고 있다.

표 1. 같은 비트율을 적용했을 때의 결과.  
Table 1. The results of the same bitrate.

Lena		Total Bit Rate(bpp)		
		0.25	0.5	1.0
PSNR(dB)	all received	31.28	34.20	37.00
	description 1	30.00	32.33	36.24
	description 2	29.52	33.03	34.77

표 2. 균형 잡힌 SNR을 적용했을 때의 결과.  
Table 2. The results of the balanced SNR.

Lena		Total Bit Rate(bpp)		
		0.25	0.5	1.0
PSNR(dB)	all received	31.48	34.73	37.79
	description 1	29.88	32.74	35.64
	description 2	29.68	32.73	35.62

그림 5는 참고문헌 [5]의 결과와 비교한 경우이다. 그림에서 볼 수 있듯이 부가 비트율이 30%일 경우에는 모든 경우에 대하여 우수하며, 부가 비트율이 20%인 경우에는 채널이 유실되었을 경우에는 우수한 결과를 두 채널 모두 동작할 경우에는 낮은 PSNR을 보이고 있다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 WTEZW를 도입하고, 이를 이용하여 다중 기술 웨이블릿 영상 압축 방법을 제안하였다. 제안된 압축 방법은 인덱스 할당 또는 웨이블릿 계수에 대한 비상관 변환의 도입 없이 간단하게 구현될 수 있

는 장점을 가지고 있으며, 결과 또한 특정 부분 즉, 적절한 부가 비트율과 PSNR이 균형을 이룬 상태에서 우수한 결과를 보여 주었다.

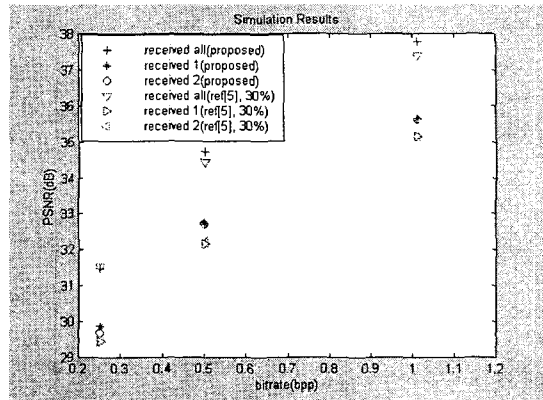


그림 5. 참고문헌[5]와 제안방법의 비교 결과.  
Fig. 5. The comparison results between the proposed method and the method of ref.[5].

#### 참고문헌

- [1] V.A. Vaishampayan, "Design of Multiple Description Scalar Quantizers," IEEE Trans. Info. Theroy, vol. 39, no. 3, pp. 821-834, 1993.
- [2] S.D. Servetto, K. Ramchandran, V.A. Vaishampayan, and K. Nahrstedt, "Multiple Description Wavelet Based Image Coding," Proc. IEEE Int. Conf. Image Proc. 1998.
- [3] Y. Wang, M. Orchard, and A.R. Reibman, "Multiple Description Image Coding for Noisy Channels by Paring Transform Coefficients," Proc. IEEE First Workshop on Multimedia Signal Processing, pp.419-424, 1997.
- [4] V.K. Goyal, and J. Kovacevic, "Optimal Multiple Description Transform Coding of Gaussian Vectors." Proc. IEEE DCC, pp.388-397, 1998.
- [5] W. Jiang, and A. Ortega. "Multiple Description Codng via Polyphase Transform and Selective Quantization." Proc. VCIP, pp.998-1008, 1999.
- [6] J. M. Shapiro, "Embedded Image Coding Using Zerotrees of Wavelet Coefficients," IEEE Trans. on Signal Processing, vol.41, no.12, pp.3445-3462, 1993.