

## 수정 블록 제로트리를 이용한 영상 부호화

정회원 권진수\*, 유지상\*\*

## Image coding Using Modified Block Zerotree

Jinsoo Kwon\*, Jisang Yoo\*\* *Regular Members*

## 요약

웨이블릿 변환은 영상을 위치정보와 주파수 정보를 가지고 표현함으로써 다른 변환 방식과는 큰 차이를 보여준다. 웨이블릿 변환된 2-D 영상은 인간의 시각 체계(Human Visual System)에 적절한 양자화 및 부호화를 위한 계층적 구조를 제공한다. 인간의 시각이 민감하게 감지하는 성분은 정확하게 부호화하고 다른 성분은 적절한 정보의 손실을 허용하는 원리를 이상적으로 적용할 수 있다. 이런 웨이블릿 변환의 통계적 특성을 이용한 제로트리(zerotree) 부호화 기법은 영상 전체에서 의미 있는 계수를 선별하여 약속된 우선 순서대로 부호화함으로써 매입 파일(embedded file)을 생성한다. 본 논문에서는 Shapiro 가 제안한 EZW(embedded zerotree wavelets) 알고리즘을 개선하여 화소 단위가 아닌 블록 단위로 부호화 함으로써 좀 더 나은 성능을 가진 알고리즘을 제안하였다.

## ABSTRACT

Wavelet transformation reveals images to simultaneously time domain(position information) and frequency domain(frequency information) better than other transformation methods. Wavelet transformed 2-D image provides us with hierarchical structure for suitable quantization and symbolization of human visual system. It ideally adapted to principles that the element which human visual system can sensitively recognize is symbolized exactly and other elements permit suitable information loss. Zerotree symbolized technique creates an embedded file by symbolizing significant coefficients collected in order of statistical priorities after wavelet transformation. It is proved that the algorithm suggested in this paper shows better performance than EZW(Embedded Zerotree Wavelets) algorithm by symbolizing coefficients in block unit, not in pixel unit.

## 1. 서론

사회가 고도로 정보화 됨에 따라 초고속 정보 통신망, 인터넷을 비롯한 여러 종류의 채널이나 매체를 통해 다양한 멀티미디어 정보 서비스가 제공되고 있다. 멀티미디어 정보는 영상과 음향을 중심으로 문자, 도형, 음성 등이 결합된 다중 정보로서, 이 정보의 단순 PCM(pulse code modulation) 데이터의 양은 방대하여 고속 통신망으로도 감당하기 어렵게 된다. 특히, 멀티미디어 정보 중 영상 데이터는 대용량으로 한정된 대역폭을 통하여 전송하거나

저장하기 위해서는 압축을 필요로 한다.

영상압축 기술은 고화질, 고 압축으로 인한 빠른 전송을 가능하게 할뿐만 아니라 저장 미디어로써의 중요성도 동시에 지니고 있다. 기존의 영상 압축 기법에서 주로 사용 되어온 DCT(discrete cosine transform) 변환은 영상을 일정한 크기의 블록으로 잘라 변환하기 때문에 압축율이 높아지게 되면 블록화 현상을 보이게 되고 영상의 질이 현저하게 저하되는 문제점을 가지고 있다.

웨이블릿 변환을 기반으로 하는 영상 압축 기법은 시간과 주파수 영역에서 동시에 정확한 위치 정

\* (주)팬택(sunandsu@pantech.co.kr)

\*\* 광운대학교 전자공학과(jsyoo@daisy.kwangwoon.ac.kr)

논문번호 : 00437-1115, 접수일자 : 2000년 11월 15일

\* 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(98-0701-02-01-3)지원으로 수행되었음.

보와 주파수 정보를 표현함으로써 영상 압축을 위한 편리한 영상의 계층적 구조를 제공한다<sup>1,2)</sup>. 웨이블릿 변환은 영상 분석을 위한 유용한 도구로 사용되고 있으며, JPEG-2000 에서 웨이블릿 변환을 기반으로 한 압축 기법이 새로운 국제 표준으로 채택될 전망이다. 미국 NASA에서는 우주탐사 계획의 일환으로 위성으로부터 전송되는 영상을 보급, 관리하기 위하여 영상의 효율적인 전송과 복원 시간의 단축을 목표로 웨이블릿 기반의 영상 압축 프로젝트를 수행하였고, 미국 FBI(Federal Bureau of Investigation)와 NIST(National Institute for Standards and Technology)의 공동연구로 디지털화된 지문 영상을 웨이블릿을 사용하여 압축하기 위한 표준을 개발하였다<sup>3)</sup>.

웨이블릿 기반 영상 압축 기법들 중에서 다양하고 복잡한 영상 부호화 알고리즘들은 블록간의 연관성 모델에 기반하여 제시되어 왔다. 대표적인 예로 EZW<sup>4)</sup>와, EZW를 개선한 SPIHT(set partitioning in hierarchical tree)<sup>5)</sup>는 빠르고 간단하면서도 압축 효율이 좋다. 두 방법 모두, 중요 비트를 먼저 보내는 방법으로 임베디드 비트 열을 만들어 내고 웨이블릿 변환된 영상에서 부 대역간의 유사성을 이용한 제로트리 부호화로 압축을 수행한다. 또 한 예인 EBCOT(Embedded Block Coding with Optimized Truncation)<sup>6)</sup>는 각각의 부 대역(subband)을 더 작은 단위의 블록으로 나누고 각 블록을 독립적으로 부호화 하거나 rate-distortion 측면에서 최적으로 구성된 층(layer)별로 부호화 한다.

특히 Shapiro가 제안한 제로트리 부호화(EZW)는 스케일에 따른 중요 계수(significant coefficient)의 부재를 예측할 수 있는 알고리즘이다<sup>4)</sup>. 제로트리는 웨이블릿 변환된 2-D 영상 계수들의 통계적 특성을 고려하여 고안해낸 방법으로 기존의 다른 기법들에 비해서 좋은 수행 결과를 보였다. 제로 트리 기법의 특징은 예측 가능한 계수들을 한꺼번에 구조적 심블로 부호화 함으로써 함축적 부호화가 가능하다는 것이다. 또한 매입 화일을 생성함으로써 압축 비율 조절이 용이하다는 큰 강점이다.

본 논문에서는 EZW 알고리즘에서 데이터를 심볼화 할 때 주변의 부호화 되는 심볼들이 같은 종류의 심볼인 경우에도 각각 별개로 부호화를 해서 많은 비트를 소모하는데 비하여 이러한 부분들을 블록으로 분할하여 대표 심볼만을 전송하는 알고리즘을 제안하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서 제로트

리 부호화에 대해서 살펴보고 III장에서는 제안한 수정 블록 제로 트리 알고리즘을 설명하고, IV장에서 실험 결과를 제시하고 분석하였다.

## II. 제로 트리 부호화 알고리즘

제로 트리 부호화를 위한 가장 중요한 전제 조건은 웨이블릿 변환 영상 계수들의 통계적 패턴으로부터 비롯된다<sup>4,7)</sup>. 저주파수 부분으로 갈수록 웨이블릿 계수들의 크기는 커지고 계수들간의 변화폭(dynamic range)도 크다. 반면, 수직 수평 고주파수 부분으로 갈수록 웨이블릿 계수들의 크기가 작아지고 변화폭도 0 을 중심으로 작아진다. 저주파수 부분을 coarser 스케일이라 하고, 고주파수 부분을 finer 스케일이라 한다. 제로 트리 부호화는 이런 통계적 특성을 기반으로 한다. 즉 coarser 스케일에서 계수가 어떤 임계치에 대하여 중요한 의미를 갖지 않으면 finer 스케일의 같은 방향, 같은 위치의 모든 계수들도 같은 임계치에 대하여 중요한 의미를 갖지 않는다.

제로 트리는 Parent-Children 관계로 구성되어 있는데 여기서의 정의는 다음과 같다.

- Parent : Coarser 스케일의 계수
- Children : 다음 finer 스케일에서 같은 방향, 같은 위치에 해당하는 모든 계수들

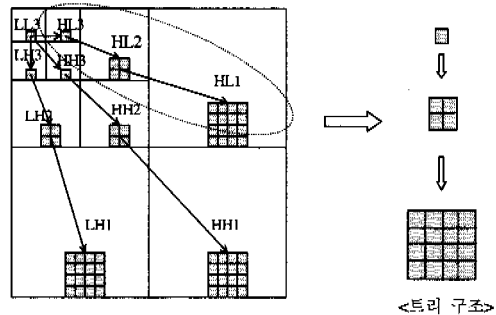


그림 1. 웨이블릿 변환된 영상에서의 트리 구조

그림 1은 3 단계 레벨로 분할한 영상에서 Parent-Children 관계를 나타낸 그림이다. 작은 박스가 하나의 화소라고 할때 finer 스케일로 내려 갈수록 데이터의 수가 4 배씩 증가하는 것을 알 수있다. 점선 안의 연결된 구조를 트리 구조라 하고 Parent 노드에서 트리 구조의 루트를 발견하게 되면 그에 해당하는 Children 노드들을 구조적으로 예측이 가능하

게 된다.

Parent 노드에 관한 정보를 먼저 알고 있어야 하기 때문에 영상을 스캐닝하는 순서가 중요하다. 반드시 Parent에서 Children으로, 저주파수에서 고주파수로, coarser 스케일에서 finer 스케일로 읽는다. 그림 2는 밴드별로 영상을 스캐닝하는 순서를 나타낸다.

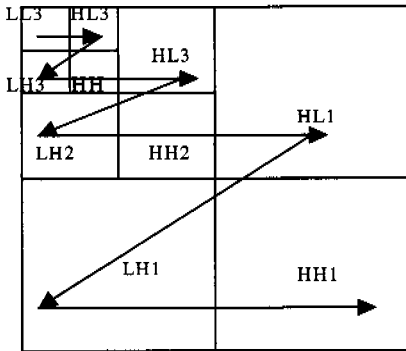


그림 2. 부호화를 위한 스캐닝 순서

부호화는 크게 두 단계를 거친다. 첫 번째는 임계값을 기준으로 중요한 계수(significant coefficient)를 가려내는 Dominant Pass 단계이고 두 번째는 계수의 크기에 따른 중요도 순서로 정렬하는 Subordinate Pass 단계이다. 실제 부호화를 위해서는 미리 약속된 영상의 심볼들이 필요하다. 부호화 방식에 따라 차이가 있을 수 있으나 Shapiro가 제안한 방법에서 사용된 심볼은 표 1과 같다. 각 계수들에 대해 심볼의 할당 작업은 Dominant Pass에서 수행된다. 이 과정을 그림 3에 나타내었다.

표 1. 부호화 심볼의 종류

심볼	심볼의 의미
POS	Positive Coefficient
NEG	Negative Coefficient
IZT	Isolated Zerotree
ZTR	Zerotree Root
ZTC	Zerotree Coefficient

Subordinate Pass에서는 Dominant Pass에서 찾은 중요 계수들을 정렬 및 양자화하는 작업이 수행된다. Subordinate Pass 과정에서 양자화를 수행할 때 양자화 되는 값들의 구간을 불확실 구간(uncertainty interval)이라 하는데 불확실 구간의 설정은

Subordinate Pass에서 계수 정렬 시에 복원 값을 계산해 주기 위하여 불확실 구간이 계산된다. Dominant Pass에서 반복의 수가 적을 경우에는 불확실 구간이 넓으므로 원래의 계수 값과 불확실 구간에서 얻어진 복원 값의 차이도 크다. 따라서 원 영상과 화질 차이가 많이 발생한다. 한편, 반복의 수가 많아지는 경우에는 불확실 구간이 줄어들고 복원 값의 정확도가 높아진다. 양자화는 순차근사 양자화(SAQ : successive approximation quantization)를 사용하여 수행한다. 알고리즘을 요약하면 다음과 같다<sup>[4]</sup>.

1) 임계값 설정 :

$$T = 2^n$$

여기서  $n = \log_2[\max(|M(i, j)|)]$

$M(i, j)$  :  $(i, j)$  위치의 웨이블릿 변환 계수 값

$\log_2[\ ]$  : 정수 값만 취함

2) 계수 값과 임계값 비교 : 심볼 출력

3) 중요 계수들을 조정 : 값을 세밀하게 조정(불확실 구간)

4)  $T = T/2$ , Go to step (2)

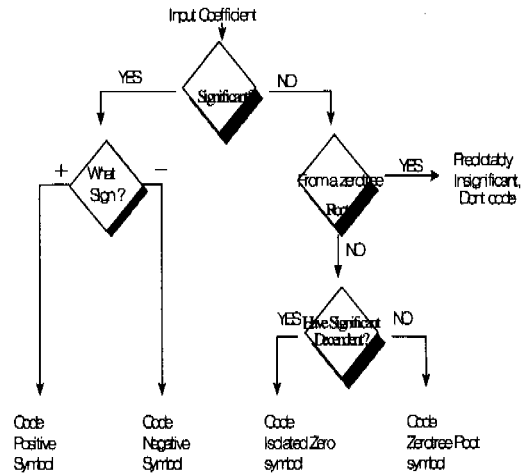


그림 3. Dominant Pass 부호화 순서도

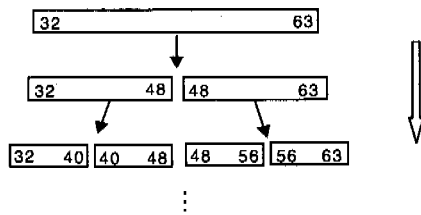


그림 4. Subordinate Pass 과정의 계수값 조정



또, 그림 6의 (a)에서 화소 (4, 4)의 계수 값은 현재 임계값(32) 보다 작으므로 ZTC(Zerotree coefficient)로 판별이 되나, 공간적으로 같은 위치인 하위밴드 (8, 8), (9, 8), (8, 9), (9, 9)의 웨이블릿 변환된 계수 값 중에 화소 (8, 8)의 계수 값이 현재 임계값(32) 보다 크므로 IZ(Isolated Zerotree) 심볼로 부호화된다.

이렇게 샘플 데이터들을 약속된 부호 심볼로 변환한 내용을 그림 6의 (b)에 나타내었다. 변환된 부호 심볼 구조를 자세히 살펴보면 많은 부호 심볼들이 임의의 화소를 기준으로 그 주변에 분포하는 경향을 볼 수 있다. 샘플 데이터를 예로 들면, 그림 6의 (b)에서 화소 (4, 0), (5, 0), (4, 1), (5, 1)의 부호 심볼은 모두 ZTR(Zerotree Root)이다. 기존의 EZW 알고리즘의 스캔방식에 의해서 이 4개의 ZTR 부호 심볼은 모두 디코더에 전송이 되게 되어 있다. 그런데 이것을 대표하는 하나의 부호 심볼로 만들어서 전송하게 되면 인코더에서 전송하는 많은 비트를 줄일 수 있게 되고, 그리고, 디코더에서도 동일한 임계값을 기준으로 원래의 값을 복원할 수 있다는 것을 알 수 있다.

3.2 수정 블록 제로트리 부호화 알고리즘

본 논문에서는 EZW 알고리즘을 이용하여 부호화를 할 때 임의의 화소 주변에 같은 부호 심볼들이 상당수 많이 존재한다는 사실을 실험적으로 파악하여 이러한 화소들을 묶어서 대표 심볼 부호만을 전송하는 방식을 제안하였다. 이 이론에 대한 자세한 내용을 그림 7에 나타내었다.

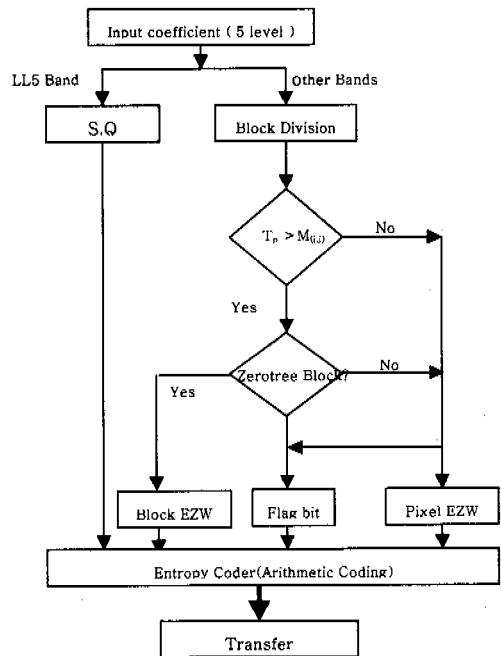
입력 영상을 다섯 단계로 웨이블릿 변환을 한 후에 최상위 밴드인 LL5 밴드와 그의 나머지 밴드로 나누어서 따로 처리한다. 최상위 밴드인 LL5 밴드는 웨이블릿 변환된 계수 값들 중에서 가장 큰 계수 값들이 존재하는 밴드로서 가장 최소의 비트를 할당하면서 가장 큰 효율을 얻을 수 있는 여러 가지 알고리즘들이 있으나 본 논문에서는 EZW 알고리즘을 실행할 때에 가장 시간이 많이 걸리는 제로트리 검색과정을 고려하여 가장 간단한 스칼라 양자화 방법을 적용하였다. 최저주파수 밴드인 LL5 밴드를 다음 식과 같이 양자화 하여 전송한다.

$$T_{(i,j)} = M_{(i,j)} \div M_{\text{ean}} \times 100 \tag{1}$$

디코더에서의 복원을 하는 방법은 다음 식과 같다.

$$R_{(i,j)} = T_{(i,j)} \times 100 \div M_{\text{ean}} + 1 \tag{2}$$

여기서  $M_{(i,j)}$ 는 LL5 밴드내의 (i, j) 화소의 웨이블릿 변환된 계수 값이고  $M_{\text{ean}}$ 은 LL5 밴드내의 전체 계수 값들의 평균값이다. 그리고  $T_{(i,j)}$ 는 디코더에 전송되는 양자화된 정수 값이다. 그리고  $R_{(i,j)}$ 는 디코더에서 복원된 계수 값들이다. 식(1)에서 양자화된 계수 값들인  $T_{(i,j)}$ 의 크기는 0 부터 255 사이의 값을 가지게 되도록 하기 위하여  $T_{(i,j)}$  값이 255를 넘어가는 경우에는 255로  $T_{(i,j)}$ 이 0 이하가 되는 경우에는 0으로 결정하였다. 그리고 식(2)에서 복원된 계수 값들인  $R_{(i,j)}$ 를 원래 양자화하기 전의 계수 값들과 비교를 하면 오차가 발생하는데, 이 오차를 실험적으로 고찰하여 오차 정정 값인 1을 더하여 복원된 계수 값과 원래 값 사이의 오차를 줄이였다.



S.Q : Scalar Quantization  
 $T_p$  : 현재 임계값  
 $M_{0.5}$  : (i,j)위치의 계수값

그림 7. 제안한 알고리즘 흐름도

최저주파수 영역인 LL5를 제외한 나머지 밴드들에 대하여서는 그림 7의 오른쪽과 같이 LH5, HL5, HH5 밴드들을 2x2 화소 블록으로 분할을 한다. 이렇게 하는 이유는 각 블록내의 네 개 화소의 웨이블릿 변환 계수 값들이 모두 같은 임계값에 대하여

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0					Z	Z	P	N	Z	Z	Z	Z
1					Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
2									Z	Z	Z	Z
3									Z	Z	Z	Z
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												

(a)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0					Z		P	N	Z	Z	Z	Z
1							Z	Z	Z	Z	Z	Z
2									Z	Z	Z	Z
3									Z	Z	Z	Z
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												

(b)

그림 8. 제안 알고리즘의 부호 심볼 구조( Threshold = 32 )

같은 심볼로 부호화 될 때 네 개의 화소에 대한 부호 심볼을 전송하는 것보다 대표 심볼을 하나 정하여 전송하면 압축 효율을 높일 수가 있기 때문이다. 우선 임계값을 LH<sub>5</sub>, HL<sub>5</sub>, HH<sub>5</sub> 밴드내의 계수 값들 중에서 가장 큰 값을 초기 임계값으로 정하고, LH<sub>5</sub>, HL<sub>5</sub>, HH<sub>5</sub> 밴드들을 각각 2×2 블록으로 분할한 후에 블록 내의 계수 값에 대하여 임계값보다 큰 값인지 작은 값인지 조사한다. 그리고 제로트리 형태로 하위 밴드에 대하여 공간적으로 같은 위치에 있는 화소의 웨이블릿 변환 계수 값들에 대하여 현재의 임계값보다 큰 값이 있는지 검색한다. 검색 결과 각 블록내의 네 개의 화소들의 계수 값이 모두 현재 임계값보다 작으면서 ZTR 심볼로 부호화 되는 블록들을 선별한다. 이러한 블록들은 불럭 EZW라 하고 4개 화소의 심볼 대신에 한 개의 대표 심볼로 부호화해서 전송한다. 그러나 위의 두 가지 조건 중에 한가지라도 만족하지 않는 블록들은 기존의 EZW 알고리즘을 이용하여 블록내의 화소 계수 값을 심볼로 부호화하여 전송한다. 이때 인코더에서는 플래그 비트 1 비트를 할당하여 디코더에서 심볼들을 복원을 할 때 불럭 EZW 알고리즘으로 인코딩된 것인지 아니면 기존의 EZW 알고리즘으로 인코딩된 것인지를 구별할 수 있도록 해준다. 그림 8은 그림 6의 샘플 데이터에 대하여 본 논문에서 제안한 불럭 EZW 알고리즘을 적용한 예를 나타낸 것이다.

그림 8. (a)는 기존의 EZW 알고리즘으로 생성되는 각각의 화소의 계수 값들에 대한 부호 심볼들이고 (b)는 불럭 EZW 알고리즘을 적용하였을 때 생성되는 부호 심볼들이다. 기존의 EZW 알고리즘과의 다른 점은 그림 8의 (a)에서 화소 (4, 0), (5, 0),

(4, 1), (5, 1)의 2×2 블록안의 모든 심볼들이 Z(Zerotree Root)이기 때문에 불럭 EZW 알고리즘에서는 그림 8의 (b)와 같이 화소 (4, 0), (5, 0), (4, 1), (5, 1)의 부호 심볼이 한 개의 심볼 Z로 할당이 되어 있다는 것이다. 그러나 화소 (4, 4), (5, 4), (4, 5), (5, 5)의 심볼들은 모두 주어진 현재의 임계값보다 작으나 제로트리 형태로 하위밴드를 검색한 결과 화소 (8, 8)의 심볼이 P(POS)로 할당이 되어 있어서 불럭 EZW 알고리즘을 적용하기 위한 두 가지 조건중 한가지 조건을 만족하지 못한다. 따라서 그림 8의 (b)와 같이 화소 (4, 4), (5, 4), (4, 5), (5, 5)의 심볼들은 기존의 EZW 알고리즘으로 부호화되는 것을 알 수 있다.

### 3.3 웨이블릿 변환 레벨 및 웨이블릿 변환 필터의 선택

본 논문에서는 웨이블릿 변환을 다섯 단계까지 수행하였는데 변환 레벨을 선택하는 문제는 각각의 웨이블릿 변환 필터들의 특성에 따라 달라질 수 있다. 따라서 웨이블릿 필터나 변환 레벨의 선택은 여러 가지 테스트 데이터의 결과를 분석하여 결정하였다<sup>10)</sup>. 또 여러 웨이블릿 필터들 중에서 가장 저주파 밴드에 값을 집중하여 압축하는데 효율이 상당히 좋은 것으로 알려진 Antonini(9, 7) 필터를 사용하였다. 표 4는 본 논문에서 사용한 웨이블릿 Antonini(9, 7) 필터를 나타내었다.

## IV. 실험 결과 및 분석

본 논문에서는 512×512 크기의 Lenna, Barbara, Goldhill 등의 영상을 가지고 테스트를 하였고, 웨

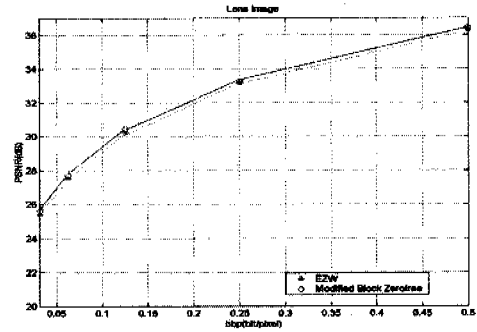
표 4. Antonini (9, 7) 웨이블릿 변환 필터 계수값

Index	Forward filter		Inverse filter	
	Low pass	High pass	Low pass	High pass
4	0.037828			-0.037828
3	-0.023849	-0.064539	-0.064539	-0.023849
2	-0.110624	0.040689	-0.040689	0.110624
1	0.377403	0.418092	0.418092	0.377403
0	0.852699	-0.788486	0.788486	-0.852699
1	0.377403	0.418092	0.418092	0.377403
2	-0.110624	0.040689	-0.040689	0.110624
3	-0.023849	-0.064539	-0.064539	-0.023849
4	0.037828			-0.037828

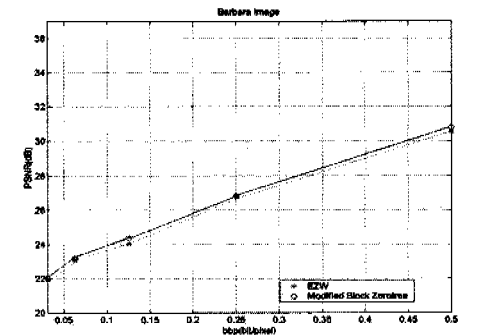
이블릿 변환은 다섯 단계 레벨로 변환을 하였으며, 웨이블릿 필터는 Antonini(9,7) 필터를 사용하였다.

그림 9에 Lenna 영상, Barbara 영상, 그리고 Goldhill 영상에 대하여 EZW와 제안한 알고리즘과의 PSNR을 비교하여 각각 나타내었다. 전반적으로 동질의 영역이 많이 존재하는 영상에 대해서는 2x2 블록으로 나누었을 때 웨이블릿 변환 계수 값들이 비슷한 블록들이 많이 존재하므로 본 논문에서 제안한 알고리즘의 성능이 좋은 결과를 보여준다. 그리고 복잡한 영상의 경우는 블록으로 분할했을 시에 각각의 블록 내의 웨이블릿 변환 계수 값들이 다른 경우가 많아서 성능 향상이 미미하게 됨을 알 수 있다. 전체적으로 본 논문에서 제안한 알고리즘의 성능이 약 0.2dB ~ 0.5dB(PSNR) 정도 기존의 EZW 알고리즘 보다 개선되었음을 알 수 있다. 그림 10에는 256:1, 128:1, 64:1의 압축비로 압축 복원한 영상들을 보였다.

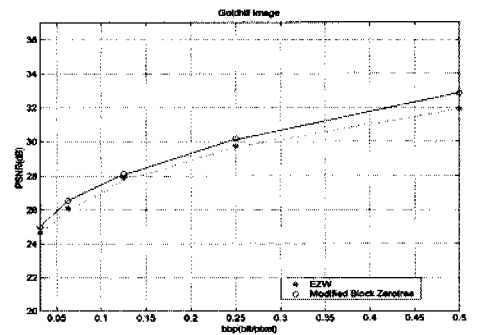
LL<sub>5</sub> 밴드의 계수 값들을 이용하여 하위 밴드의 중요성을 예측하여 본 논문의 알고리즘에서 발생하는 플래그 비트를 줄일 수 있는 방법을 찾는 것과 중요 계수로 결정된 심볼들이 주변에 존재하면 이를 하나의 대표 심볼로 부호화는 방법을 찾는 연구 등이 앞으로 수행될 수 있다고 본다. 또한 부호화된 비트스트림 중에서 엔트로피 부호화를 하기 이전에 같은 동일한 부호화 심볼이 4개 혹은 2개 단위로 반복되는 현상을 볼 수 있는데, 이런 부호화 심볼을 하나의 대표 심볼로 부호화하여 전송하면 전송되는 비트의 수를 줄이면서도 좋은 성능을 얻을 수 있으며, 알고리즘의 계산량을 줄일 수 있는 최적의 알고리즘을 개발하는 것이 가능하다고 본다.



(a)



(b)



(c)

그림 9. 테스트 영상의 PSNR비교  
(a) Lenna 영상 (b) Barbara 영상  
(c) Goldhill 영상

참고 문헌

[1] M. Antonini, M. Barlaud, P. Mathieu and I. Daubechies, "Image coding using wavelet transform," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 1, no. 2, pp. 205-220, Apr. 1992

[2] Amir Averbuch, Danny Lazar, and Moshe Israeli, "Image Compression Using Wavelet

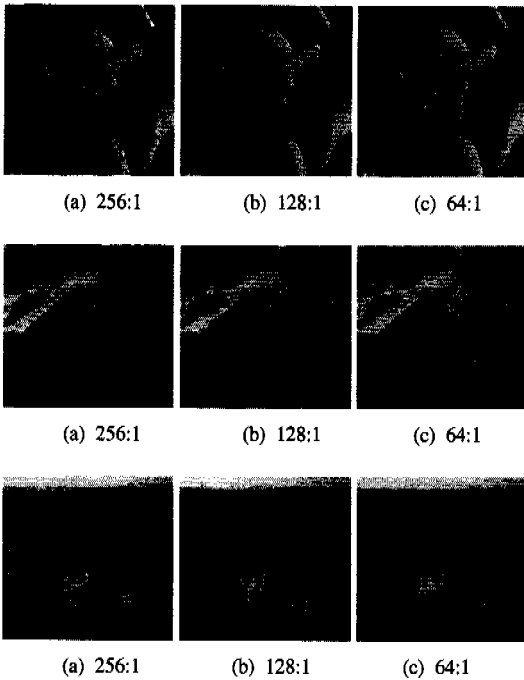


그림 10. 256:1, 128:1, 64:1의 압축비로 압축 복원한 Lenna, Barbara, Goldhill 영상

Transform and Multiresolution Decomposition," *IEEE Trans. Image Processing*, vol.5, pp.4-15, Jan.1996

[3] Bradley, J. N. Brislawn, C.M. "The wavelet/scalar quantization compression standard for digital fingerprint images," *IEEE International Symposium on Circuits and Systems*, Vol.3, pp.205-208, 1994

[4] J. M. Shapiro, "Embedded image coding using zerotrees of wavelet coefficients," *IEEE Trans. Signal Processing*, vol. 41, no. 12, pp. 3445-3463, Dec. 1993

[5] A. Said and W. A. Pearlman, "A new, fast, and efficient image codec based on set partitioning in hierarchical trees," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol.6, pp.243-250, Jun. 1996.

[6] Zixiang Xiong, Kannan Ramchandran, and Michael T. Orchard, "Space-Frequency Quantization for Wavelet Image Coding," *IEEE Trans. Image Processing*, vol.6, pp.677-693, May. 1997.

[7] 지연숙, 유지상, 변혜란, "제로트리를 이용한 웨

이블릿 영상 부호화 설계," *한국 정보과학회 추계 학술대회*, 1998년 10월

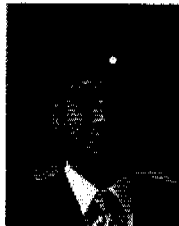
[8] 윤정필, 손광훈, 허영, "웨이블릿 변환을 이용한 블록 기반 영상 압축 기법," *한국 통신학회 논문지*, 제 24권 제 4B호, pp. 734-740, 1999년 4월

[9] 박인성, 김난주, 안재형, "웨이블릿 변환 대역의 특성을 이용한 영상 압축," *충북 대학교 산업과 학술 연구소 논문집*, 11권 1호, pp. 195-203, 1997년

[10] J. D. Villasenor, B. Bellzer, and J. Liao, "Wavelet filter evaluation for image compression," *IEEE Trans. on Image Processing.*, vol. 4, no. 8, pp. 1053-1060, Aug. 1995

권진수(Jin-Su Kwon)

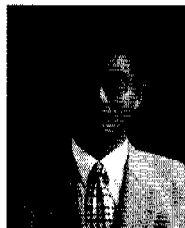
정회원



1998년 2월 : 광운대학교  
전자공학과 졸업(학사)  
1998년 1월~8월 : 삼성전자  
정보통신 연구소 연구원  
2001년 2월 : 광운대학교 대학원  
전자공학과 졸업(석사)  
2001년 1월~현재 (주)팬택 근무  
<주관심 분야> 영상인식, 컴퓨터 비전

유지상(Jisang Yoo)

정회원



1985년 2월 : 서울대학교  
전자공학과 졸업(공학사)  
1987년 2월 : 서울대학교 대학원  
전자공학과 졸업  
(공학석사)  
1993년 5월 : Purdue대학교  
전기공학과 졸업(Ph.D.)  
1993년 5월~1994년 8월 : 현대전자산업(주) 산전연  
구소 선임연구원  
1994년 9월~1997년 8월 : 한림대학교 전자공학과  
조교수  
1997년 9월~현재 : 광운대학교 전자공학과 조교수  
<주관심 분야> 웨이블릿 기반 영상처리, 영상압축,  
영상인식, 비선형 신호처리