

## 쌍직교 웨이브렛 변환과 가변 블록 윤곽선 추출에 의한 영상 데이터 압축

正會員 金 基 沃\* 正會員 金 在 功\*\*

### Image Data Compression Using Biorthogonal Wavelet Transform and Variable Block Size Edges Extraction

Ki Ok Kim\*, Jae Kong Kim\*\* *Regular Members*

#### 要 約

본 논문에서는 쌍직교 웨이브렛 변환으로 영상을 다해상도 분해하고 중간 및 고주파 대역을 가변 블록 분할하여 벡터 양자화하는 방법을 제안한다. 먼저 원 영상을 쌍직교 웨이브렛 변환하고 중간 주파수 대역을 쿼드트리 구조로 분할하여 윤곽선을 형성하고 있는 웨이브렛 계수를 추출한다. 중간 주파수 대역의 윤곽선은 고주파 대역의 상대되는 위치에 존재한다는 특성으로부터 중간 주파수 대역에서 완성된 쿼드트리 구조를 고주파 대역에 그대로 적용한다. 따라서 고주파 대역의 쿼드트리 분할에 필요한 부가 정보를 줄인다. 이같이 분할된 부분적인 각 스케일과 방향에서 설계된 코드북으로 벡터 양자화한다. 시뮬레이션 결과로부터 제안된 방법은 중간 및 고주파 대역을 일정 크기로 나누어 벡터 양자화하는 방법 보다 약 20(%)의 비트 감축이 가능하였고 복원 영상의 블럭 효과 및 에지 열화의 감소를 나타내었다.

#### ABSTRACT

This paper proposes a variable block size vector quantization based on a biorthogonal wavelet transform for image compression. An image is first decomposed with the biorthogonal wavelet transform into multiresolution image and the wavelet coefficients of the middle frequency bands are segmented using the quadtree structure to extract the perceptually important regions in the middle frequency bands. A sedges of middle frequency bands exist the corresponding position of high frequency bands, the complicated quadtree structure of middle frequency bands is equally applied to the high frequency bands. Therefore the overhead information of the quadtree codes

\*韓國通信

Korea Telecom.

\*\*東國大學校 電子工學科

Dept. of Electronic Eng., Dong Guk University

論文番號 : 93205

接受日字 : 1993年 11月 1日

needed to segment the high frequency bands can be reduced. The segmented subblocks are encoded with the codebook designed at the each scales and directions. The simulation results showed that the proposed methods could reproduce higher quality images with bit rate reduced about 20(%) than that of the preceding VQ method and sufficiently reduce the block effect and the edge degradation.

## 1. 서 론

신호가 한 시점에서 갑작스런 변화를 포함하면 스펙트럼이 넓게 퍼지므로 후리에 변환(FT)은 신호의 국부적 주파수 특성 해석에 적합하지 않다. 이러한 FT의 단점을 보완하기 위해 STFT 및 웨이브렛 변환(Wavelet Transform: WT)이 비정상 신호 해석에 이용되고 있다. STFT는 신호의 변화에 관계없이 일정 크기의 창함수를 사용하므로 시간 및 주파수 해상도가 일정하다. 그 이유는 시간 해상도와 주파수 해상도를 동시에 좋게 할 수 없고 시간 해상도가 개선되면 주파수 해상도가 저하되는 불확실성 원리(uncertainty principle) 때문이다. 그러나 WT는 신호의 변화가 심한 곳에서는 창함수를 작게하여 시간 해상도를 개선하고, 완만한 곳에서는 큰 창함수를 사용하여 주파수 해상도를 높일 수 있다.

웨이브렛 이론은 신호 처리, 컴퓨터 비전, 응용수학 분야에서 독립적으로 발전되어 왔고, 이산 웨이브렛 변환(DWT)는 신호의 다해상도(multiresolution) 표현[1] 및 대역 분할 부호화(SBC)[2]를 하나로 통합하는 이론으로 최근 영상 처리 분야에서 관심을 끌고 있다[3]. DWT를 영상 데이터 압축에 응용하는 방법은 신호를 몇 개의 대역으로 분할하고 각 대역을 독립적으로 부호화하는 SBC와 유사하며, 라플라시안 피라미드 부호화(Laplacian pyramid coding) 시 샘플수가 증가되는 단점을 제거한 방법이다. Daubechies [4]는 신호를 다해상도 분해하기 위해 유한 차수의 완만한 정규 직교 기저(orthonormal basis)를 설계했지만 대칭성을 만족시킬 수 없었다. 이러한 비대칭 구조의 정규 직교 기저는 대칭 구조의 유한 차수 필터를 필요로 하는 영상 처리에 부적합하다. 따라서 최근에는 쌍직교 기저(biorthogonal basis)[5]를 사용하는 쌍직교 웨이브렛 변환(BWT)이 이용되고 있다[6, 7].

이러한 BWT를 이용하여 Antonini[6]는 영상을 다해상도 분해하고 고주파 대역을 일정 크기로 분할하여 벡터 양자화(VQ) 하였다. 이같이 분할된 블럭

은 영상의 비정상적인 특성으로 인하여 복잡 정도가 다르기 때문에 평탄 블럭(low detail)과 복잡블럭(high detail)으로 분리할 수 있고, 복잡 블럭은 평탄 블럭에 비해 많은 정보를 포함한다. 복잡 정도가 다른 블럭을 같은 크기의 코드북으로 VQ하면 평탄 블럭은 복잡 블럭에 비해 압축율이 우수하므로 블럭 간의 불연속적인 왜곡인 블럭 효과(block effect)가 발생한다. 또한 정보가 적은 블럭과 많은 블럭에 상관없이 비트가 같게 할당되므로 비트의 낭비를 초래한다. 그러나 평탄 블럭은 크게 복잡 블럭은 작게 분할하고, 같은 크기의 코드북으로 VQ하면 평탄 블럭보다 복잡 블럭에 비트가 많이 할당된다. 따라서 고정된 크기의 블럭과 코드북으로 VQ 할 때 보다 복원 영상의 왜곡이 균일하게 분포되어 시각 특성에 민감한 국부 왜곡을 감소시킬 수 있다.

본 논문에서는 BWT로 영상을 다해상도 분해하고 중간 및 고주파 대역을 쿼드트리구조(quadtree structure)[8]를 이용하여 크기가 다른 부분블럭(subblock)으로 분할한 다음 VQ 하는 방법을 제안한다. 이 방법은 고주파 대역의 에지만을 추출하여 부호화 할 수 있고, 부분블럭의 정보량에 따라 비트 할당이 달라지므로 비트 손실을 줄일 수 있을 것이다. 논문은 V 장으로 구성된다. II 장에서는 웨이브렛과 BWT를 이용한 신호의 다해상도 표현을 먼저 요약한다. III 장에서는 쿼드트리 구조를 이용한 다해상도 분해된 영상의 부호화 방법을 제안하고 IV 장에서는 시뮬레이션 결과를 기존의 방법과 비교하며 결론을 V 장에 남긴다.

## II. 쌍직교 웨이브렛 변환

웨이브렛(wavelets)은 원형 웨이브렛(prototype wavelet)  $\psi(x)$ 를 이동(translation) 및 신축(dilation/contraction)하여 구한다.

$$\psi_{a,b}(x) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{x-b}{a}\right) \quad (1)$$

여기서  $a \in R^+$ ,  $b \in R$ 는 스케일 및 이동 변수이다.  $\psi_{a,b}$  ( $x$ )는 admissibility 조건(진동하고, 진폭이 급히 '영'으로 수렴하며, 적분했을때 '영')을 만족하는 함수이고,  $a < 1$ 이면 폭이 작은 고주파 웨이브렛으로 신호의 고주파 성분 분해에 사용되고,  $a > 1$ 이면 폭이 큰 저주파 웨이브렛으로 신호의 저주파 성분의 분해에 사용된다. DWT을 얻기 위해 스케일 및 이동 변수를 다음과 같이 이산화하면

$$\psi_{m,n}(x) = \psi_{a_o^m, nb_o}(x) = a_o^{-m/2} \psi(a_o^{-m}x - nb_o) \quad (2)$$

$$m, n \in Z, a_o > 1, b_o > 0$$

여기서  $a = a_o^m$ ,  $b = na_o^m b_o$ 이며,  $a_o = 2$ ,  $b_o = 1$ 일 때  $\psi_{m,n}(x)$ 는 정규 직교 기저가 된다. DWT의 기본 개념은 다음 식과 같이  $f(x)$ 를 웨이브렛의 선형 결합으로 분해하는 것이다.

$$f = \sum C_{m,n}(f) \psi_{m,n} \quad (3)$$

따라서 DWT는 다음 식과 같다.

$$C_{m,n}(f) = \langle \psi_{m,n}, f \rangle = \int dx \psi_{m,n}(x) f(x) \quad (4)$$

이러한 DWT를 이용한 신호를 다해상도로 근사화할 때  $\psi_{m,n}(x)$  및 스케일 함수  $\phi(x)$ 을 신축/이동한  $\phi_{m,n}(x) = 2^{-m/2} \phi(2^{-m}x - n)$ 가 필요하다.  $V_m$ 는  $\phi_{m,n}(x)$ 의 해 확장된 벡터 공간  $\cdot V_2 \subset V_1 \subset V_0 \subset V_{-1} \subset V_{-2} \subset \cdot$ 이고,  $\psi_{m,n}(x)$ 의 해 확장된  $V_m$ 의 직교 보수 공간을  $W_m$ 이라 하자.  $V_m$ 에 함수  $f(x)$ 를 직교 투영하면 해상도  $2^m$ 에서  $f(x)$ 의 근사화 신호를 얻을 수 있으며, 웨이브렛 계수  $C_{m,n}$ 는 해상도  $2^{m-1}$ 에서 낮은 해상도  $2^m$ 로 근사화할 때 손실된 정보를 나타낸다. 이러한 근사화 신호는 반복 피라미드 변환으로 다음 식과 같이 구할 수 있다[9-11].

$$C_{m,n}(f) = \sum_k g_{2n-k} a_{m-1,k}(f) \quad (5)$$

$$a_{m,n}(f) = \sum_k h_{2n-k} a_{m-1,k}(f) \quad (6)$$

$$a_{m-1,l}(f) = \sum_n [h_{2n-l} a_{m,n}(f) + g_{2n-l} C_{m,n}(f)] \quad (7)$$

여기서  $h_n$ 은 저역 통과 필터,  $g_n$ 은 고역 통과 필터이며,

식(5)과 식(6)은 분해 식이고 식(7)은 합성 식이다.

$$h_n = 2^{1/2} \int dx \phi(x-n)\phi(2x)$$

$$g_l = (-1)^n h_{-n+1}$$

따라서 DWT는 대역폭이 대수 눈금이 constant  $Q$  대역 통과 필터에 의한 시퀀스를 샘플 간격이 다른 같은 부 시퀀스로 연속 분해하는 피라미드 알고리즘의 다해상도 분해와 같고, 웨이브렛 기저는 QMF banks 건지에서 볼 때 분해/합성 필터뱅크에 해당한다[13].

DWT의 필터  $h, g$ 에 해당하는 정규직교 웨이브렛 기저는 비대칭 구조의 필터 특성을 갖기 때문에 영상 처리 시 위상왜곡을 일으킨다. 따라서 문헌[5, 12]는 대칭구조의 선형 위상 특성을 갖는 유한차수의 쌍직교 웨이브렛 기저 설계 방법을 제시하였다. 즉 DWT는 분해 및 합성에 동일한 기저를 사용하나, BWT는 기저가 서로 다른 쌍직교 웨이브렛 기저를 사용한다. 그림 1은 반복적으로 신호를 분해함으로써 BWT가 구현됨을 설명한다.

$$\tilde{\psi}(t) = \psi(t) \Rightarrow \text{정규 직교 웨이브렛 기저}$$

$$\tilde{\psi}(t) \neq \psi(t) \Rightarrow \text{쌍직교 웨이브렛 기저}$$

따라서 BWT의 합성식은 다음과 같다.

$$a_{m-1,l}(f) = \sum_n [\tilde{h}_{2n-l} a_{m,n}(f) + \tilde{g}_{2n-l} C_{m,n}(f)] \quad (8)$$

여기서

$$\tilde{g}_n = (-1)^n h_{-n+1}, \tilde{h}_n = (-1)^n h_{-n+1}$$

$$\sum_n h_n \tilde{h}_{n+2k} = \delta_{k,0}$$

### III. BWT 영상의 부호화

대역분할 부호화에서 대부분의 비트감축은 상위주파수 대역의 효과적인 부호화로 이루어진다. BWT 영상의 상위주파수 대역은 에너지가 적지만 시각적으로 중요하며, 흐릿한 저주파 대역의 에지를 포함하고 있다. 저주파 대역의 영상의 변화는 상위주파수

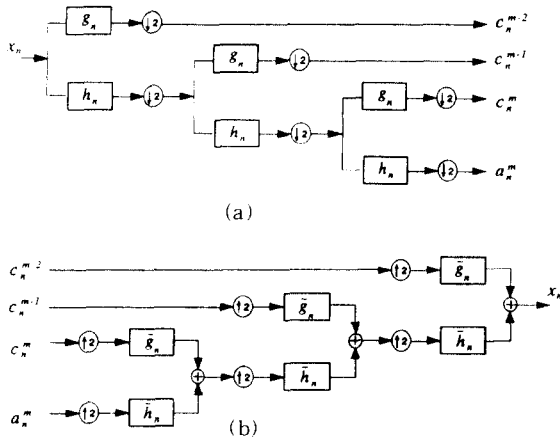


그림 1. 신호의 반복적 분해에 의한 BWT의 구현  
(a) 분해 (b) 합성  
Fig 1. Iterated implementation of the BWT  
(a) Decomposition (b) Reconstruction

대역의 상대되는 위치에 필연적으로 에지를 형성시키므로써 대역 간의 상관성이 존재한다[17]. 이러한 에지를 추출하기 위하여 화소 단위로 블럭 분할하는 Region Growing 방법[14]은 블럭은 형태와 위치 판별에 많은 양의 비트가 소요되며, 결국 부호화시 과도한 부가정보를 필요로 하게된다. 그러나 퀴드트리 는 2차원 영역을 표현하는 계층적 데이터 구조로 영상을 통계적 성질에 따라 영역 분할하는데 적절한 방법으로 알려져 있다[8]. 또한 퀴드트리 구조를 이용하여 영역을 분할하여 부호화할 때 블럭의 형태와 위

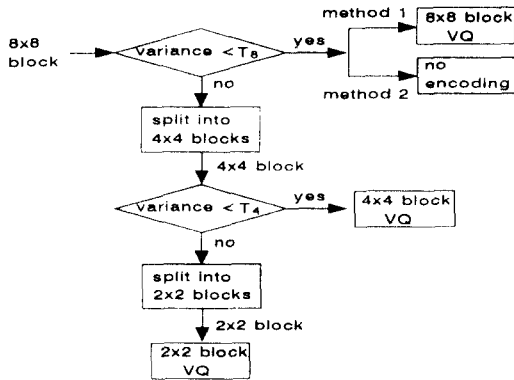


그림 2. 중간 주파수 대역의 블럭 분할의 흐름도  
Fig 2. Block partition flow graph of the middle frequency bands

치 판별에 소요되는 부가정보 비트는 가변길이 퀴드 트리 부호를 사용함으로써 줄일 수 있다[15, 16]. 따라서 퀴드트리를 이용하여 에지를 포함하는 블럭을 가려내기 위하여 BWT 영상의 중간대역을 일정크기의 초기 블럭으로 나누고, 부블럭은 에너지의 크기에 따라 작은 부블럭으로 다시 나눈다. 완성된 중간대역의 퀴드트리 구조를 고주파대역에 그대로 적용하여 고주파 대역의 블럭분할에 필요한 부가정보를 줄인다. 나누어진 부블럭은 각기 다른 해상도와 방향에서 설계된 코드북을 사용하여 VQ한다.

제한하는 방법의 흐름도는 그림 2같고, 중간 대역의 8x8 크기를 초기 블럭으로 택하여 분할한다. 여기서 분할 기준은 정보량의 판단에 주로 쓰이는 분산을 사용하였으며 미리 정한 임계치 보다 크면 블럭을 분할한다. 그림 3은 BWT 영상의 중간 및 고주파 대역을 퀴드트리 구조로 분할한 다음 부호화하는 전체 시스템을 나타낸다.

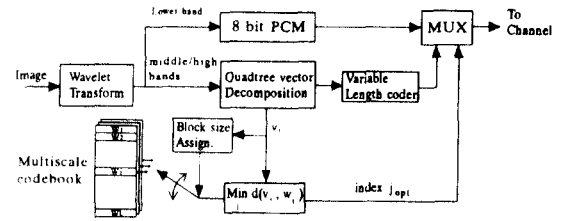


그림 3. BWT 영상의 부호화 시스템  
Fig 3. Full encoding system of the BWT image

#### IV. 시뮬레이션 결과 및 분석

BWT로 512x512 LENA 영상을 7개 대역으로 다 해상도 분해한다. BWT할 때 필터링 방법으로는 영상의 대역 분할에 주로 쓰이는 순환 콘보루션을 사용하였으며 분해 및 합성 필터는 문헌[6]의 57 차수의 쌍직교 웨이브렛 기저를 사용하였다. 그림 4는 다 해상도 분해된 LENA 영상이다.

방법 1의 그림 9(a)를 보면 중간대역은 2x2, 4x4, 8x8블럭으로, 고주파 대역은 4x4, 8x8, 16x16블럭으로 구성되어 있으며 에지부근에서 블럭은 더 작은 블럭으로 나누어짐을 알 수 있다. 작은 블럭일수록 에너지를 많이 포함하기 때문에 각 블럭의 화소당 비트할당을 달리해야 되며 작은 블럭의 화소에

많은 비트가 할당되어야 한다. 따라서 중간 및 고주파 대역의 각 블록을 VQ할 때 각 부코드북의 대표벡터 수를 일정하게 256으로 하여 에너지가 많이 포함하지 않은 블록의 화소에는 적은 비트가 할당되게 하였다. 방법 2의 그림 10(a)에서 알 수 있듯이 중간대역의 8×8블럭과 고주파 대역의 16×16블럭은 에지를 포함하지 않고 잡음에 가까운 성분을 포함하고 있음을 알 수 있다. 이러한 성분을 무시해도 주관적 화질에는 거의 영향을 미치지 않기 때문에 이 블럭에 대한 비트율을 감소시키므로써 전체 화질을 향상시킬 수 있다. 표 1은 VQ되는 각 블럭의 화소에 할당된 비트율을 나타낸다.



그림 4. BWT로 다해상도 분해된 LENA 영상  
Fig 4. Multiresolution LENA image decomposed by BWT

또한 중간 대역에서 완성된 쿼드트리 구조를 그 방향의 고주파 대역에 그대로 적용할 때, 중간 대역에서 8×8 블럭의 VQ는 고주파 대역의 16×16 블럭

VQ에 해당된다. 실제적으로 16×16 크기의 VQ는 계산량의 과다로 실현 불가능하다. 따라서 방법 1에서는 중간 대역의 8×8 블럭에 해당되는 고주파 대역의 16×16 블럭을 2:1로 간축하여 8×8 크기로 VQ 하고, 방법 2에서는 중간 대역의 8×8 블럭과 고주파 대역의 16×16 블럭은 분산이 적기 때문에 VQ 하지 않았다.

사용된 부호책은 512×512 크기의 GIRL, BLONDE, LENA 영상을 각각 BWT로 7대역 분해하고 각 방향에 따라 중간대역은 3개씩 9개, 고주파 대역은 2개씩 6개로 전체 15개의 부코드북으로 구성하였으며, 각 코드북은 LBG 알고리즘을 사용하여 설계하였다. 이 코드북은 방법 1에서 15개가 사용되고 방법 2에서는 12개가 사용된다. 성능 평가방법으로 PSNR을 사용하였다.

$$PSNR = 10 \log_{10}$$

$$\frac{1}{M \times M} \times \frac{255^2}{\sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{M-1} (x_{ij} - \hat{x}_{ij})^2} \quad [dB] \quad (9)$$

#### 4.1 시뮬레이션 방법 1

그림 2의 임계치  $T_8$  및  $T_4$ 를 결정하기 위하여 저주파 대역을 8비트로 부호화하고, 제안된 방법 1에 의한 시뮬레이션 결과는 그림 5와 같다. 그림 5.a는  $T_8$ 의 증가에 따른 평균 전송율과 PSNR을 나타내며, 그림 5.b는 저주파 영역을 제외한 중간 대역에서 8×8 및 4×4 블럭, 고주파 대역은 16×16 및 8×8 블럭의 백분율 표시이다. 여기서 임계치  $T_4$ 는 250으로 고정하였다. 그림 5.a를 보면  $T_8$ 이 증가하면 평균 전송율과 PSNR이 감소함을 알 수 있다. 그 이유는  $T_8$ 이 증가함에 따라 8×8 블럭은 증가하고 4×4 블럭은 감소되면서 VQ 되기 때문이다. 또한  $T_8$ 이 0~4 범위일 때 PSNR에 비해 평균 전송율이 급격히 떨어지는 것은 그림 5.b에서 알 수 있듯이, BWT LENA

표 1. 각 블럭 화소에 할당된 비트율(단위 : bpp)

Table 1. Bit rate allocated to the each block pixel

		2×2 블럭	4×4 블럭	8×8 블럭	16×16 블럭
방법 1	중간 대역	2.0	0.5	0.125	0.0
	고주파 대역	0.0	0.5	0.125	0.031
방법 2	중간 대역	2.0	0.5	0.0	0.0
	고주파 대역	0.0	0.5	0.125	0.0

영상의 전체 세부 신호 영역의 약 50(%)가 8×8 및 16×16블럭으로 VQ되어 비트율이 급히 감소하는 반면, 8×8 블럭은 에너지가 적고 예지 정보를 포함하지 않기 때문이다.

또한  $T_8 > 4$ 에서 전송율 및 PSNR 곡선의 경사가 완만한 것은 나머지 반 정도에 해당되는 중간대역의 8×8 블럭 분산이 4~100에서 일정하게 분포되어,  $T_8$ 이 증가함에 따라 점차적으로 8×8 블럭으로 VQ 되기 때문이다. 따라서 중요한 예지 정보를 포함하지 않는 중간대역 8×8 및 고주파대역 16×16블럭을 VQ 하기 위해서  $T_8=4$ 로 정하였다.  $T_1=250$ 로 고정한 것은 중간대역의 4×4 블럭 분산이 250 이상인 영역은 약 1(%) 이므로,  $T_8$ 를 결정하기 위해 최소 블럭 크기를 4×4로 고정하기에는 적당한 값이다.

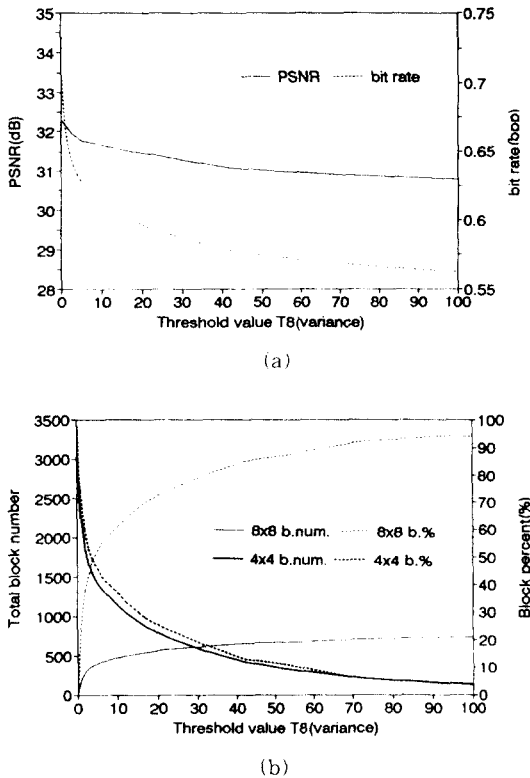


그림 5. 임계치  $T_8$ 의 증가에 따른 방법 1의 성능

(a) 평균 전송율과 PSNR

(b) 전송 블럭수와 백분율

Fig 5. Method 1 performance as to increasing  $T_8$

(a) Average bit rate and PSNR

(b) Transmitted block number and percentage

#### 4.2 시뮬레이션 방법 2

방법 1에서 분산이 4 이하인 중간대역 8×8 및 고주파 대역 16×16블럭의 웨이브렛 계수는 예지를 형성하지 않고 불규칙하게 분포됨을 알 수 있었다. 이러한 웨이브렛 계수를 무시하면 고주파 대역에서 비트를 더 감축시킬 수 있다. 또한 이같은 계수는 시각적으로 중요한 예지 성분이 아니기 때문에 주관적 화질에도 거의 영향을 주지 않을 것이다.

그림 6은 방법 2로 임계치  $T_8$ 를 증가시킬 때 평균 전송율과 PSNR을 나타내며, 그림 7는 방법1과 방법 2의 성능비교이다. 그림 7를 보면  $T_8 > 4$ 에서 전송율이 완만함에 비해 PSNR의 기울기가 방법 1보다 방법 2가 큰 것은 전체 세부신호 영역의 약 50(%)에 해당되고 예지 정보를 포함하지 않는 중간대역 8×8 및 고주파 대역 16×16블럭이 방법 2에서 전송되지 않기 때문이다. 따라서 BWT LENA 영상은 중간 및 고주파 신호 영역의 약 50(%)가 예지 영역임을 알 수 있다.

$T_4$ 를 결정하기 위해  $T_8=4$ 로 놓고  $T_4$ 를 증가시키면 그림 8과 같다. 그림 8.a는  $T_4=4$ 로 고정하고  $T_4$ 를 증가시킬 때의 평균 전송율과 PSNR을 나타내고, 그림 8.b는 저주파 영역과 중간대역 8×8 및 고주파 대역 16×16 블럭에 해당하는 영역을 제외한 나머지 중간대역에 대한 4×4과 2×2 블럭(고주파 대역은 8×8, 4×4)의 백분율 표시이다. 그림 8.a에서  $T_4$ 가 증가함에 따라 두 곡선의 폭이 최대가 될 때 최적  $T_4$ 가 될 것이다. 따라서  $T_4=20$ 일 때 4×4 블럭은 약 28(%)이고 2×2 블럭은 약 22(%)이다. 그림 9과 그림 10은  $T_8=4$ ,  $T_4=20$ 일 때의 방법 1과 방법 2로 각각 중간 및 고주파 신호 영역을 쿼드트리 구조로 분할한 것이며 흰 부분은 부호화하지 않는 영역이다.

이상의 시뮬레이션으로부터 가장 적은 비트율로 화질을 최대화시킬 수 있게  $T_8$  및  $T_4$ 의 임계치를 결정하였다. 임계치를 시뮬레이션으로 결정할 때 위해 대표적으로 LENA 영상을 사용하였으나, LENA같은 얼굴-어깨(face-shoulder) 영상에 이 임계치를 적용하여 쿼드트리 분할해 보았을 때 얼굴 및 어깨의 윤곽선을 추출하기에 적당하였다. 반면 표 3에서 알 수 있듯이 BABOON 영상의 짐승 털같은 부분을 부호화할 때 위의 임계치는 적당하지 않았다. 이것은 위의 임계치로 BABOON 영상을 쿼드트리 분할할 때 정보가 많이 포함하지만 낮은 비트율로 부호화해도 시각적 왜곡에 민감하지 않은 부분이 작은 블럭으로 VQ 되어 비트율을 증가시키기 때문이다.

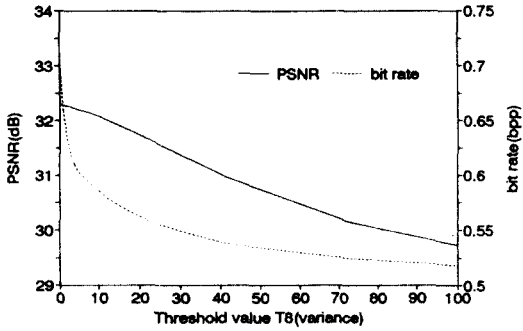


그림 6. 임계치  $T_8$ 의 증가에 따른 방법 2의 성능  
Fig 6. Method 2 performance as to increasing  $T_4$

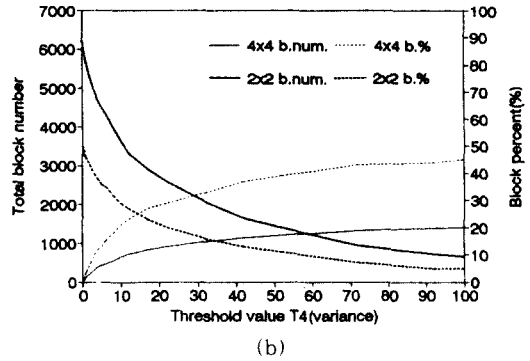


그림 8. 임계치  $T_4$ 의 증가에 따른 방법 2의 성능  
(a) 평균 전송율과 PSNR  
(b) 전송되는 블록 수와 백분율

Fig 8. Method 1 performance as to increasing  $T_8$   
(a) Average bit rate and PSNR  
(b) Transmitted block number and percentage

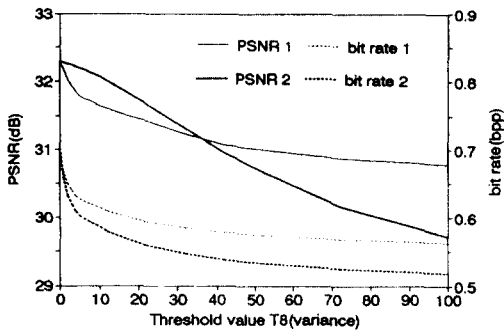
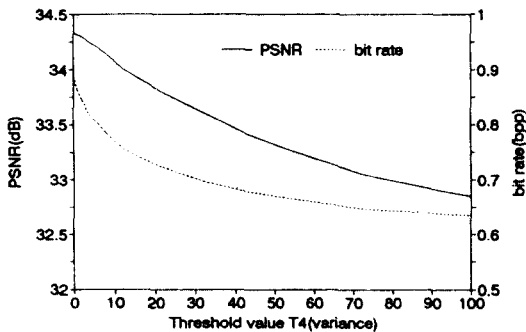


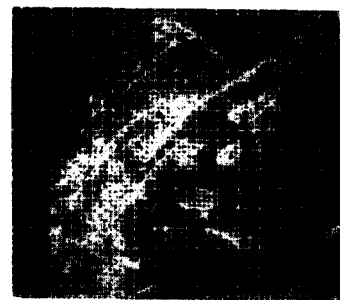
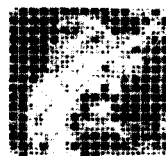
그림 7. 임계치  $T_8$ 의 증가에 따른 방법 1과 방법 2의 성능 비교  
Fig 7. Method 1 and method 2 comparison as to increasing  $T_8$



(a)



(a)



(b)

그림 9. 방법 1에 의한 쿼드트리 구조로 분할된 영상  
(a) 전체 영상 (b) 수평 방향 고주파 성분의 확대  
Fig 9. Quadtree structure partitioned image of method 1  
(a) Full image  
(b) Enlarged image of horizontal direction component

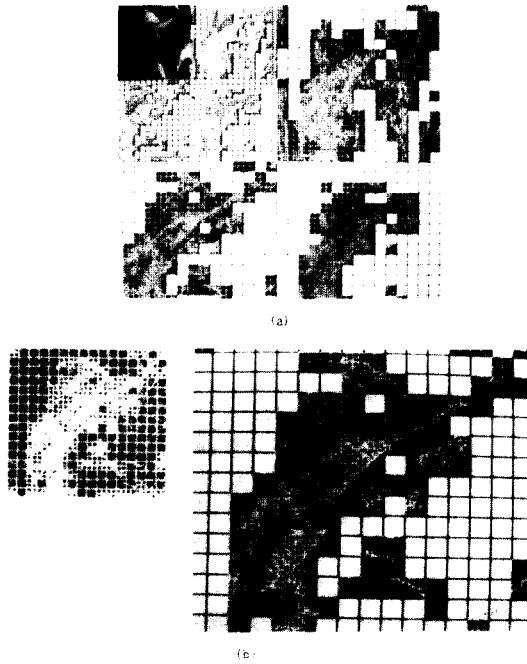


그림 10. 방법 2에 의한 쿼드트리 구조로 분할된 영상  
 (a) 전체 영상 (b)수평 방향 고주파 성분의 확대  
 Fig 10. Quadtree structured partitioned image of method 2  
 (a) Full image  
 (b) Enlarged image of horizontal direction component

지금까지의 시뮬레이션 결과에서 방법 2가 방법 1보다 성능이 우수함을 알 수 있었다. Antonini[6]는 BWT LENA 영상의 저주파 영역을 화소당 8비트로 전송하고 중간 및 고주파 신호 영역을 그림 11과 같이 일정 크기로 VQ 하였다. 그림 11의 블럭크기를 볼

2와 같이 변화시켜 VQ하고 제안된 방법과 시뮬레이션 비교하면 표 3과 같다. 따라서 제안된 방법 2는 기존의 방법 보다 비슷한 화질에 약 20(%)의 비트율이 감축됨을 알 수 있으며, 낮은 전송율에서도 주관적 화질이 우수하고 에지의 열화와 블럭 효과가 적음을 알 수 있었다.



그림 11. Antonini의 일정 크기 VQ 방법[6]  
 Fig 11. Fixed block size VQ method of Antonini[6]

표 2. Antonini 방법의 VQ 블럭 크기의 변화  
 Table 2. Block size variation of Antonini VQ method

	중간 주파수 대역		고주파 대역
	수평/수직 방향	대각선 방향	수평/수직 방향
블럭 크기	2×2	4×4	4×4
	4×4	8×8	8×8
	8×8	8×8	16×16(*)

\* 2:1로 간축한 후에 8×8 VQ 함.

표 3. 제안된 방법과 Antonini 방법의 성능 비교  
 Table 3. Performance of proposed and Antonini method

	Proposed 1		Proposed 2		Antonini method[6]					
	BIT RATE	PSNR	BIT RATE	PSNR	BIT RATE	PSNR	BIT RATE	PSNR	BIT RATE	PSNR
LENA	0.66	32.43	0.81	34.26	1.03	34.21	0.63	32.16	0.54	30.97
GIRL	0.69	33.94	0.82	35.35	1.03	35.39	0.63	33.35	0.54	31.83
BABOON	0.98	24.25	0.94	24.86	1.03	24.08	0.63	22.30	0.54	21.53



## V. 결 론

BWT으로 영상을 다해상도 분해하고 중간 및 고주파 대역의 에지를 효율적으로 추출 전송하기 위하여 블럭을 쿼드트리 구조로 나누어 VQ하는 방법을 제안하였다. 시뮬레이션 결과로부터 제안된 방법은 중간 및 고주파 대역을 일정 크기로 VQ하는 방법보다 약 20(%)의 비트율을 더 감축시킬 수 있었고, 에지 부분에 많은 비트가 할당되므로 블럭 부호화 시 발생하는 블럭화 현상과 에지 불연속 문제를 해결할 수 있었다. 쿼드트리 구조 분할에 많은 계산량이 필요하고 코드북 작성에 많은 메모리가 필요하지만 이 문제는 VLSI의 발전으로 해결될 것으로 믿는다. 앞으로 SBC, 라플라시안 피라미드 및 동화상 부호화에 이 방법을 적용할 수 있으리라 믿으며, 연구되어져야 할 사항이라고 본다.

## 참 고 문 헌

1. P.J. Burt and E. H. Adelson, "The Laplacian pyramid as a compact image code," IEEE Trans. on Comm., Vol. COM-31, pp. 532-540, April 1983.
2. J. W. Woods and S.D. O'Neil, "Subband coding of images," IEEE Trans. on ASSP, Vol. ASSP-34, No. 5, Oct. 1986.
3. Olivier Rioul and Martin Vetterli, "Wavelets and Signal Processing," IEEE SP Magazine, Oct. 1991.
4. I. Daubechies, "Orthonormal bases of compactly supported wavelets," Comm. on Pure and Applied Math., Vol. XL7, No. 7, pp. 909-996, 1988.
5. A. Cohen, I. Daubechies and J.C. Fauvean, "Biorthogonal bases of compactly supported Wavelets," Comm. on Pure and Applied Math., Vol. XLV, pp. 485-560, 1992.
6. M. Antonini, M. Barlaud, P. Mathieu and I. Daubechies "Image coding using Wavelet transform," IEEE Trans. on Image Processing, Vol. 1, NO. 2, Apr. 1992.
7. 김기옥, 박기송, 김재공, "웨이브렛 계수의 가변블럭 벡터 양자화를 이용한 영상 부호화," 1993년도 대한전자공학회 하계종합학술대회 논문집, Vol. 16, No. 1, pp. 403-406, 1993.
8. K.S. Fu and J. K. Mui, "A survey on image segmentation," Patt. Recognition, Vol. 13, pp. 3-16, 1981.
9. S.G. Mallat, "A theory for multiresolution signal decomposition: The wavelet representation," IEEE Trans. on PAMI Vol. 11, No. 7, pp. 674-693, July 1989.
10. S.G. Mallat, "Multiresolution approximations and wavelet orthonormal bases of  $L^2(\mathbb{R})$ ," Trans. Amer. Math. Soc., Vol. 315, No. 1, pp. 69-87, Sep. 1989.
11. S.G. Mallat, Multifrequency channel decompositions of images and wavelet models," IEEE Trans. on ASSP, Vol. 37, No. 12, pp. 2091-2110, Dec. 1989.
12. M. Vetterli, "Wavelets and Filter Banks: Theory and Design," IEEE Trans. on SP, Vol. 40, No. 9, Sep. 1992.
13. P.P Vaidyanathan, "Multirate systems and filter banks," Prentice Hall, 1993.
14. M. Kunt et.al., "Second generation image coding techniques," Proc. IEEE, Vol. 73, No. 4, PP. 549-574, Apr. 1985.
15. J. Vaisey and A. Gersho, "Image compression with variable block size segmentation," IEEE Trans. on SP, Vol. 40, No. 8, Aug. 1992.
16. Jaes.Lim, "Two-dimensional signal and image processing," Prentice Hall, 1990.



金基沃(Ki Ok Kim)      정회원  
1963년 4월 20일생  
1990년 2월 : 동국대학교 전기공학과  
졸업(공학사)  
1993년 8월 : 동국대학교 대학원 전  
자공학과 졸업(공학석  
사)  
1993년 11월 ~ 현재 : 한국통신 전임  
연구원

金在功(Jae Kong Kim)      정회원  
15권 11호 참조  
현재 : 동국대학교 전자공학과 교수

정회원