

EZW 구조의 멀티웨이브릿 필터뱅크를 이용한 영상압축

권기창[†] · 권기룡^{**} · 권영담^{***}

요 약

본 논문에서는 멀티웨이브릿 필터뱅크를 이용한 임베디드 제로 트리구조의 영상압축 기법을 제안한다. 멀티웨이브릿은 두 채널의 필터 뱅크를 갖는 새로운 방법의 DGHM 스케일링 함수와 웨이브릿 함수를 사용한다. 임베디드 제로 트리 코딩은 영상압축을 위하여 사용한다. 각 스케일링 및 웨이브릿 함수는 두 개의 필터뱅크를 사용한다. DGHM 멀티웨이브릿의 중요한 특성은 직교성과 근사화 차수이다. 본 논문에서 사용한 DGHM 멀티웨이브릿은 근사화 차수가 2인 높은 에너지 압축성과 완전복원을 가진다. DGHM 멀티웨이브릿을 사용한 영상압축은 단일 Daubechies 웨이브릿(D4), 쌍직교 웨이브릿, 및 GHM 멀티웨이브릿 보다 압축율에 대한 우수한 PSNR을 가진다.

Image Compression using the Multiwavelet Filter Bank of EZW Structure

Ki-Chang Kwon[†], Ki-Ryong Kwon^{**} and Young-Dam Kwon^{***}

ABSTRACT

In this paper, an image compression of embedded zerotree structure using multiwavelet filter banks is proposed. Multiwavelet is used DGHM(Donovan, Geronimo, Hardin, and Massopust) scaling functions and wavelet functions of a new method with two channel filter banks. The important properties of the DGHM multiwavelet are orthogonality and approximation order. The DGHM multiwavelet using the this paper preserves the approximation order=2 for better energy compaction and perfect reconstruction. Image compression using the proposed DGHM multiwavelet is better PSNR for compression ratio than single Daubechies wavelet(D4), Biorthogonal wavelet, and GHM(Geronimo, Hardin, and Massopust) multi-wavelet.

Key words: 멀티웨이브릿, EZW 구조, 스케일링 함수, 웨이브릿 함수, 근사화 차수

1. 서 론

정상상태의 신호에 대한 분석은 푸리에 변환을 통해서 이루어지고 있다. 이것은 신호의 불규칙한 정도는 알 수 있지만, 전 공간영역 상에서 적분을 하므로

공간적으로 국부적인 특성을 만족하지 않는다. 따라서 신호가 고주파일 때는 푸리에 변환에서 커널(kernel)에 해당하는 주파수 성분이 심한 발진으로 신호의 강약에 상관없이 주파수 스펙트럼은 0으로 접근해서 원하는 스펙트럼 정보를 얻지 못하는 단점이 있다[1].

이런 단점을 보완하기 위하여 1946년 Gabor는 시간 분해능을 원활하게 하는 윈도우 함수를 이용한 윈도우 푸리에 변환을 제시하였다. 또한 Ackroyd[2]은 STFT(short time Fourier transform) 기법을 이

접수일 : 2002년 8월 24일, 완료일 : 2002년 10월 15일
이 논문은 2003년도 Brain Busan 21사업에 의하여 지원되었음.

[†] 정희원, 경도대학 컴퓨터정보학과

^{**} 종신회원, 부산외국어대학교 컴퓨터전자공학부

^{***} 정희원, 영남대학교 수학과통계학부

용하여 신호를 분석 및 합성하는 방법을 제안하였다. 이와 같은 STFT 기법은 시간해상도가 주파수에 상관없이 항상 일정한 시간대에 옮겨지므로 보다 정교한 신호분석이나 비정상상태의 신호를 해석하는데는 적절하지 못하다. Daubechies[3]는 간결한 서포트(compactly support)의 스케일링 및 웨이브릿 함수를 발생시킬 수 있는 Daubechies 웨이브릿을 제안하였고, Mallat[4]은 다해상도 이론을 발표하여 웨이브릿 변환 이론은 크게 발전 및 응용되어지고 있다. 그러나 이러한 단일 웨이브릿은 많은 응용에 바람직한 성질들 가운데 하나인 대칭성을 갖고 있지 않기 때문에 영상분석에 있어서 주로 경계부분에 오류들을 야기시키는 한계점을 갖고 있다.

완벽한 웨이브릿의 특성을 갖기 위해서는 스케일링 및 웨이브릿 함수가 대칭성(symmetry), 간결한 서포트, 직교성(orthogonal) 및 연속성을 만족해야 한다. 그러나 단일 웨이브릿으로는 이러한 성질들을 동시에 만족하는 스케일링 및 웨이브릿 함수는 존재하지 않는다는 결론에 따라 최근 이러한 문제를 해결하기 위한 돌파구로 멀티웨이브릿에 대한 연구가 진행되고 있다. 그 결과 단일 웨이브릿이 갖지 못하는 특성을 갖는 멀티웨이브릿 필터들을 개발하여 신호 및 영상처리에 적용한 결과 그 우수성을 입증하고 있다.

최근 단일 웨이브릿이 갖는 단점을 보완하기 위하여 2개 이상의 스케일링 및 웨이브릿 함수로 신호를 표현하고자 하는 새로운 멀티웨이브릿에 대한 연구가 많이 진행되고 있다[5-9]. 기존의 단일웨이브릿은 Mallat[4]의 피라미드 알고리즘을 이용하여 직접 처리하는 방식이나 멀티웨이브릿은 먼저 입력신호가 벡터화 되어야 하는 과정을 거치는데, 이러한 과정을 멀티웨이브릿의 초기화 혹은 전처리필터링이라 한다. 이러한 전처리필터의 구성에 관한 연구가 Xia 등[8]의 학자들에 의하여 계속되고 있다. Strela 등[7]은 GHM 멀티웨이브릿을 이용하여 2차원 신호의 필터링을 위한 제약조건을 가진 멀티웨이브릿을 구성하여 영상잡음제거와 영상압축에 적용하였다. 이러한 연구결과들이 기존의 단일 웨이브릿보다 멀티웨이브릿을 적용하는 것이 신호 및 영상처리 특히 영상압축, 영상잡음제거에 보다 효과가 큰 것으로 입증되었고, 이를 근거로 멀티웨이브릿 이론, 필터의 구성 및 설계, 적용방법 등에 관한 연구가 더욱 활발히 진행

되고 있다.

본 논문에서는 임베디드 제로 트리 구조(embedded zero tree structure)[10,11]의 멀티웨이브릿 필터뱅크를 이용한 영상 압축 방법을 제안한다. 멀티웨이브릿은 직교성, 대칭성, 간결한 서포트, 소멸 모멘트를 동시에 만족한다. 따라서 본 논문에서 사용한 멀티웨이브릿 함수는 우수한 에너지 압축 효과를 내기 위하여 수학적으로 정립이 된 근사화 차수가 2인 새로운 방법의 DGHM 멀티웨이브릿을 사용하였으며, 영상을 부호화하기 위하여 임베디드 제로 트리 구조의 코딩기법을 사용한다. 또한 기존의 멀티웨이브릿 필터들보다 높은 성능을 갖는 DGHM 멀티스케일링 및 멀티웨이브릿 필터를 구성하여 영상을 완전복원이 되도록 한다. 임베디드 제로 트리 구조의 영상부호화 방법은 웨이브릿 변환 영상이 가지고 있는 제로 트리 구조와 연속근사 양자화 방법을 이용하여 비트 스트림이 어떠한 위치에서 끊기더라도 복원할 수 있는 방법이다. 이 방법은 웨이브릿 변환 계수들의 대역간 자기유사성을 고려한 트리구조를 이용하여 영상을 압축한다. 제안한 DGHM 멀티웨이브릿 방법으로 영상압축을 수행한 결과 단일 웨이브릿 기법인 D4 및 (3,5) 쌍직교 웨이브릿 보다도 PSNR이 우수하며, 근사화 차수가 2인 기존의 GHM 멀티웨이브릿 방법보다도 우수함을 알 수 있었다.

2. DGHM 방법의 멀티웨이브릿 필터뱅크

Daubechies가 간결한 서포트를 갖는 정규직교 단일 웨이브릿을 제안한 것을 시작으로 웨이브릿 변환에 대한 이론이 신호 및 영상처리 등 다양한 분야에 의 응용되고 있다. 신호의 완전복원 및 영상처리의 적용은 스케일링 및 웨이브릿 함수가 대칭성, 간결한 서포트, 직교성 및 연속성을 만족해야 한다. 그러나 단일 웨이브릿으로는 이러한 성질들을 동시에 만족하는 스케일링 및 웨이브릿 함수는 존재하지 않는다는 결론에 따라 멀티웨이브릿에 대한 연구가 진행되고 있다. 멀티웨이브릿의 필터뱅크는 그림 1로 표현할 수 있다. 여기서 $H_0(Z)$, $G_0(Z)$ 는 저역통과필터이고, $H_1(Z)$, $G_1(Z)$ 은 고역통과필터이다. 또한 $P(z)$ 는 전처리필터이고, $P^{-1}(z)$ 는 후처리필터이며, Q 는 양자화기이다.

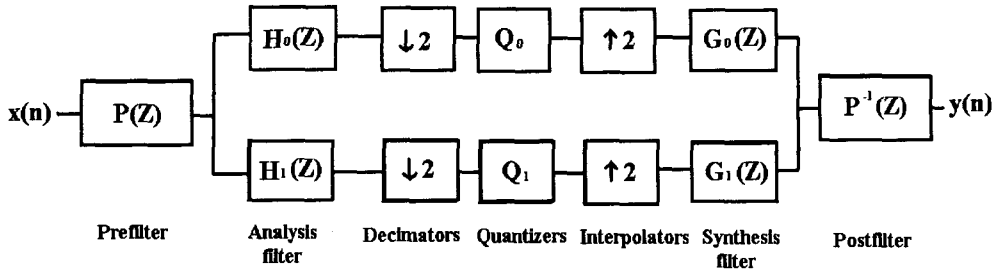


그림 1. 멀티웨이브릿의 필터뱅크

2.1 멀티스케일링 및 멀티웨이브릿 함수

멀티웨이브릿은 여러 개의 스케일링 함수를 갖는 여러 개의 웨이브릿 함수로 구성되어 있다. 멀티웨이브릿은 직교성, 대칭성, 간결한 서포트, 소멸 모멘트를 동시에 만족한다. 즉 멀티웨이브릿은 길이를 보존하며, 경계영역에서 좋은 성능을 가지며, 고차수의 근사화를 가져서 완전복원을 한다. 그러나 단일 웨이브릿에서는 이러한 특성을 동시에 만족할 수 없다.

멀티스케일링 함수는 벡터함수 $\phi = [\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_n]^T$ 이며, $L^2(R)^n, n \in N$ 에 속해 있다. 이는 스케일링 공간

$$V_m = span[2^{m/2} \phi_i(2^m t - k): 1 \leq i \leq n, k \in Z] \quad (1)$$

으로서 다해상도 이론으로 구성된다. 멀티웨이브릿 W_m 은 스케일링 공간 V_{m+1} 내에서 V_m 과 직교 보수 공간이다. 이의 벡터함수는 $\phi = [\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_n]^T$ 이며, 공간

$$W_m = span[2^{m/2} \phi_i(2^m t - k): 1 \leq i \leq n, k \in Z] \quad (2)$$

으로서 구성된다.

멀티웨이브릿에 대한 다해상도 이론에서 V_0 에 대한 기저함수는 N 스케일링 함수 $\phi_1(t-k), \phi_2(t-k), \dots, \phi_n(t-k)$ 의 천이에 의해서 발생한다.

벡터 $\phi(t) = [\phi_1(t), \dots, \phi_n(t)]^T$ 는 다음과 같은 행렬 스케일링(matrix scaling) 방정식을 만족한다.

$$\phi(t) = \sum_k C[k] \phi(2t - k). \quad (3)$$

여기서 계수 $C[k]$ 는 스칼라 대신 $N \times N$ 행렬이다. 이 스케일링 함수는 N 웨이브릿 $\phi_1(t), \dots, \phi_n(t)$

와 관련되며 다음과 같은 행렬 웨이브릿(matrix wavelet) 방정식을 만족한다.

$$\phi(t) = \sum_k D[k] \phi(2t - k). \quad (4)$$

여기서 $\phi(t) = [\phi_1(t), \dots, \phi_n(t)]^T$ 는 벡터이고, 계수 $D[k]$ 는 $N \times N$ 행렬이다.

$$\begin{aligned} \phi(t) &= \begin{pmatrix} \phi_1(t) \\ \phi_2(t) \end{pmatrix} \\ &= C[0] \phi(2t) + C[1] \phi(2t-1) + C[2] \phi(2t-2) + C[3] \phi(2t-3) \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \phi(t) &= \begin{pmatrix} \phi_1(t) \\ \phi_2(t) \end{pmatrix} \\ &= D[0] \phi(2t) + D[1] \phi(2t-1) + D[2] \phi(2t-2) + D[3] \phi(2t-3) \end{aligned} \quad (6)$$

그러므로 DGHM 멀티스케일링 함수의 특성은 다음과 같다.

- 간결한 서포트를 갖는 $\phi_1(t), \phi_2(t)$ 다.(구간은 $[0, 1], [0, 2]$)
- 스케일링함수는 대칭의 쌍을 이루고, 웨이브릿 함수는 대칭/비대칭의 쌍을 갖는다.
- 스케일링함수의 모든 정수천이는 직교이다.
- 시스템은 2차 근사화를 갖는다.

DGHM의 멀티 스케일링 및 웨이브릿 행렬 계수 $C(k)$ 및 $D(k)$ 는 표 1과 같다.

각 멀티웨이브릿 시스템은 행렬형태의 멀티레이트 필터뱅크이다. 멀티웨이브릿 필터뱅크는 $N \times N$ 행렬의 탭을 가진다. 2-채널 멀티웨이브릿 시스템은 그림 2에서와 같이 2×2 행렬의 필터뱅크 구조로서

표 1. DGHM 멀티웨이브릿에 대한 멀티 스케일링과 웨이브릿 방정식 계수

k	$C(k)$	$D(k)$
-2	$\frac{1}{20} \begin{pmatrix} 0 & -1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$	$\frac{1}{20} \begin{pmatrix} 0 & -\sqrt{2} \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$
-1	$\frac{1}{20} \begin{pmatrix} -3\sqrt{2} & 9 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$	$\frac{1}{20} \begin{pmatrix} -6 & 9\sqrt{2} \\ -3\sqrt{2} & 9 \end{pmatrix}$
0	$\frac{1}{20} \begin{pmatrix} 10\sqrt{2} & 9 \\ 0 & 6\sqrt{2} \end{pmatrix}$	$\frac{1}{20} \begin{pmatrix} 0 & -9\sqrt{2} \\ -10\sqrt{2} & 9 \end{pmatrix}$
1	$\frac{1}{20} \begin{pmatrix} -3\sqrt{2} & -1 \\ 16 & 6\sqrt{2} \end{pmatrix}$	$\frac{1}{20} \begin{pmatrix} 6 & \sqrt{2} \\ -3\sqrt{2} & 9 \end{pmatrix}$

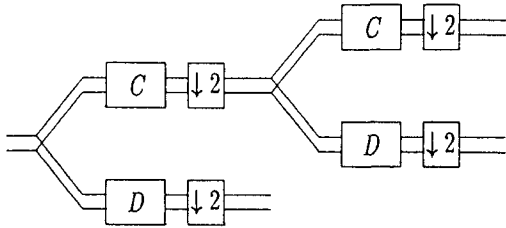


그림 2. 멀티웨이브릿 필터뱅크의 구조

2 입력 데이터 구조와 필터링 후 4 출력 구조로 동작한다.

2×2 행렬의 필터뱅크에서 첫 번째 저역 멀티웨이브릿 필터는 첫 번째 입력구조 $c_{0,0}[k]$ 로 동작하며, $c_{0,1}[k]$ 로 두 번째 입력구조로 동작한다. 행렬 필터 계수는 다음과 같은 직교조건을 만족한다.

$$\sum_{k=0}^{N-1} C[k] C[k-2l]^T = 2\delta_{0,l} I. \quad (7)$$

시간영역에서 다운샘플링에 의한 필터링은 2씩 천이하는 무한 저역 행렬에 의해서 표현된다.

$$L = \begin{pmatrix} \dots & \alpha[3] & \alpha[2] & \alpha[1] & \alpha[0] & 0 & 0 \\ & 0 & 0 & \alpha[3] & \alpha[2] & \alpha[1] & \alpha[0] \\ & & & & & & \dots \end{pmatrix}$$

여기서 각 필터 템 $C[k]$ 는 $n \times n$ 행렬이다. 이 행렬 L 의 고유값이 웨이브릿에 결정적인 영향을 준다.

다해상도의 벡터공간 V_0 내에 있는 시간 연속함수 $f(t)$ 는 다음과 같이 일차 선형결합으로 표시할 수 있다.

$$f(t) = \sum_n v_{1,n}^{(0)} \phi_1(t-n) + v_{2,n}^{(0)} \phi_2(t-n). \quad (8)$$

여기서 윗 첨자(0)는 '레벨 0에서의 스케일'을 나타내고, 함수 $f(t)$ 는 이러한 계수수열들 $\{v_{1,n}^{(0)}\}, \dots, \{v_{2,n}^{(0)}\}$ 에 의하여 완전히 결정된다. 따라서 이 계수수열들을 위의 필터뱅크의 저역필터와 다운샘플링의 행렬인 L 로서 이진단계의 공간 V_{-1} 의 근사함수의 계수를 다음의 행렬계산에 의하여 구할 수 있다.

$$\begin{pmatrix} \vdots \\ v_{1,n}^{(-1)} \\ v_{2,n}^{(-1)} \\ \vdots \\ v_{1,n+1}^{(-1)} \\ v_{2,n+1}^{(-1)} \\ \vdots \end{pmatrix} = L \begin{pmatrix} \vdots \\ v_{1,n}^{(0)} \\ v_{2,n}^{(0)} \\ \vdots \\ v_{1,n+1}^{(0)} \\ v_{2,n+1}^{(0)} \\ \vdots \end{pmatrix} \quad (9)$$

멀티필터 $C[k]$ 가 FIR(finite impulse response) 필터이면 위의 식에서의 행렬 곱이 잘 정의될 수 있다. 또한 W_{-1} 영역내의 디테일(detail) 성분 $w_{1,n}^{(-1)}$, $w_{2,n}^{(-1)}$ 은 고역성분 $D[k]$ 로서 계산되어진다.

2.2 전처리 및 후처리 필터의 구성

단일 웨이브릿에 있어서는 전처리 및 후처리가 필요치 않으나 멀티웨이브릿에서는 이 과정을 필요로 한다. 따라서 스케일링과 웨이브릿 필터를 구하고 난 뒤 이 함수들에 알맞는 전처리 과정을 설계해야 한다. 또한 후처리 과정은 전처리 과정의 역을 계산함으로써 얻을 수 있으나 여기에도 항상 고려해야 할 문제가 있다. 즉 IIR(infinite impulse response) 필터는 응용하는데 에러를 유발시키므로 FIR 필터를 구성해야 한다.

저역통과 필터와 고역통과 필터는 스케일링 함수와 웨이브릿 함수에서 얻어지는 계수들로 구성된다. 그러나 멀티웨이브릿에서는 이 계수들이 $n \times n$ 행렬로 나타난다. 그리고 컨벌루션을 하는 동안에 스칼라 대신 행렬 곱으로 계산된다. 이것은 멀티 필터뱅크가 n 입력 행을 필요로 한다는 것을 의미한다. 이러한 행들을 생각하는데는 여러 가지 방법을 생각할 수

있다. 즉 $n=2$ 인 경우를 생각해 보면, 1 차원인 경우 홀수번째 입력 데이터와 짝수번째 입력데이터로 분리하며, 2 차원인 경우 인접한 두개의 행을 사용한다. 또한 입력데이터를 반복하여 사용하고, 신축(dilation) 함수를 근거로 한 두 개의 길이 $N/2$ 인 데이터로 근사화하고, 다시 길이 N 인 데이터로 변환 등으로 적용해 볼 수 있다. DGHM 스케일링 함수들의 천이 함수들에 의하여 생성된 공간 V_0 에 속하는 연속함수 $f(t)$ 를 가정하면 다음과 같은 식으로 표시된다.

$$f(t) = \sum_n v_{1,n}^{(0)} \phi_1(t-n) + v_{2,n}^{(0)} \phi_2(t-n). \quad (10)$$

DGHM 인터플레이션 전처리필터에 대한 계수는

$$q(0) = \sqrt{2} \begin{pmatrix} \frac{\sqrt{3}}{3} & 0 \\ \frac{\sqrt{6}}{16} & \frac{5\sqrt{6}}{24} \end{pmatrix} \quad q(-1) = \sqrt{2} \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ \frac{\sqrt{6}}{16} & 0 \end{pmatrix}$$

이다. 이 전처리필터는 근사화 차수가 2를 갖지만 직교성이 아니다.

3. 실험 결과 및 고찰

본 논문에서는 멀티웨이브릿 필터뱅크를 이용한 임베디드 제로트리 구조의 영상 압축방법을 제안하였다. 실험영상으로는 512×512 크기와 256 밝기의 영상을 사용하였다. Lena 영상은 가장 많이 사용하는 실험영상으로서 평탄한 저주파 부분과 고주파 부분이 함께 존재하는 영상이다. Boats 영상은 특히 부호화한 후 복원시 뒹대 부분과 줄 부분의 복원 확률이 많이 하는 표준영상이다.

본 논문의 실험에 사용한 웨이브릿 기법은

- D4 단일 웨이브릿
- (3,5) Biorthogonal 웨이브릿
- GHM 멀티웨이브릿
- DGHM 멀티웨이브릿

을 사용하여 실험을 하였다.

정확한 비교를 위하여 실험에서 사용한 단일 웨이브릿은 Daubechies D4 및 (3,5) Biorthogonal 웨이브릿이다. 멀티웨이브릿은 전처리필터를 처리하여 직교 근사화를 갖는 GHM 과 DGHM 기법을 사용하였다. 부호화 방법으로는 임베디드 제로 트리 구조

부호화를 사용하였다. 이것은 계수들간의 무상관 특성을 이용하여 영상을 변환하며 영상 데이터를 고속 전송할 수 있는 구조를 가지고 있다. 또한 여러 가지 웨이브릿 변환 기법에 대해서 압축률을 변화시켜 실험을 수행하였다. 압축률은 4:1, 8:1, 16:1, 32:1, 64:1, 100:1 및 128:1의 고압축률로 변화시켜, 각각의 bpp (bit per pixel)에 대하여 실험을 하여 초저전송률에서 화질 비교를 하였다.

영상의 화질 평가는 PSNR(peak signal to noise ratio)로 측정하였으며 PSNR은 다음과 같다.

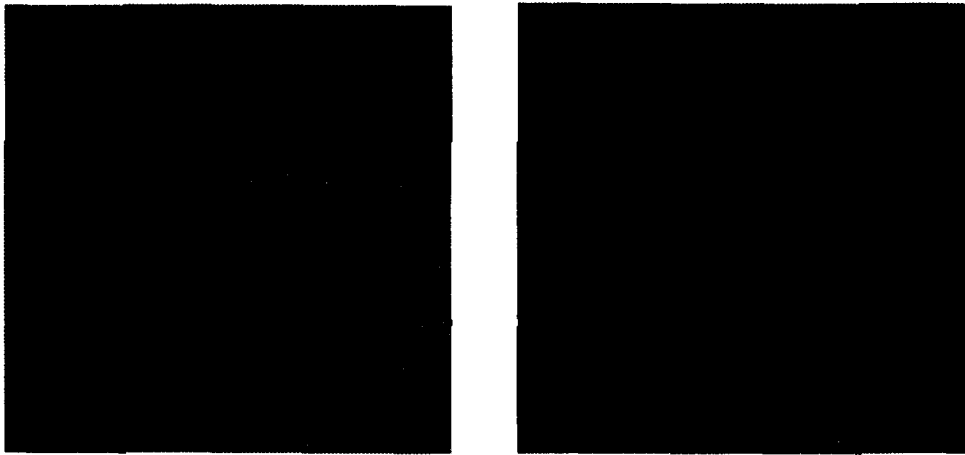
$$PSNR = 20 \log_{10}(255 / RMSE) \quad (11)$$

여기서 RMSE(root mean square error)는 원영상과 복원영상의 오차성분을 나타낸다.

그림 3(a)는 본 논문에서 사용한 DGHM 멀티웨이브릿 방법으로 8:1 영상압축을 실행한 결과로서 분해필터뱅크의 영역에서 전처리필터를 거치고 나온 결과의 영상이다. 전처리필터를 거친 출력영상은 격자형의 모양임을 알 수 있다. 그림 3(b)는 영상을 합성필터뱅크에서 후처리필터를 거치고 난 결과의 영상이다. 이는 분해필터뱅크의 전처리필터를 거치고 나온 결과의 영상과 비슷함을 알 수 있다. 영상을 합성필터뱅크에서 후처리필터를 거치고 나서야 완전복원이 된다.

영상을 입력한 다음 DGHM 멀티웨이브릿 필터계수의 값을 이용하여 전처리 필터링을 한 다음 전송시 정보량을 작게 하기 위하여 웨이브릿 변환된 영상을 7레벨로 분할하고, 분할된 데이터를 이용하여 EZW(embedded zero wavelet)의 부호화를 수행한다. 여기에서 comp_ratio는 압축률을 나타낸다. 전송후 수신단에서 복호화한 후 분할된 영상을 합성하고, 후처리 필터링을 한 후 원영상을 복원한다.

DGHM 멀티웨이브릿은 임베디드 제로 트리 구조의 부호화 기법을 사용하여 영상을 압축하였다. 압축률은 4:1, 8:1, 16:1, 32:1, 64:1, 100:1 및 128:1로 변화시켜 bpp가 초저전송률이 되도록 실험을 하였다. 그림 4 및 5는 Boats 영상을 DGHM 멀티웨이브릿 방법으로 실험한 결과 영상이다. 그림 4(a)는 Boats 영상의 원영상이고, 4(b)는 영상을 4:1로 압축하여 2bpp가 되게 하여 복원한 것이며, 4(c)는 영상을 8:1로 압축하여 1bpp가 되게 하여 복원한 것이며, 4(d)는 16:1로 압축하여 0.5bpp가 되게 하여 복원한 것이다. 또한



(a) 전처리 필터링한 영상. (b) 후처리 필터링한 영상

그림 3. (a) 전처리 필터링한 영상. (b) 후처리 필터링한 영상

그림 4(e)는 32:1로 압축하여 0.25bpp가 되게 하여 복원한 것이며, 그림 4(f)는 64:1로 압축하여 0.125 bpp가 되게 하여 복원한 것이며, 그림 4(g)는 100:1로 압축하여 0.080bpp가 되게 하여 복원한 것이며, 그림 4(h)는 128:1로 압축하여 0.0625bpp가 되도록 복원한 것이다. 그림에서 보면 영상이 64:1 압축에서부터 열화가 심하게 됨을 알 수 있다. 그림에서 보면 Boats 영상은 32:1에서부터 화질의 열화가 생기며 특히 돛

대의 줄이 보이지 않음을 확인할 수 있었다. 표 2는 Boats 영상의 압축률에 대한 PSNR을 구한 것으로서 제안한 DGHM 방법이 기존의 방법보다 우수함을 알 수 있었고, (3,5) Biorthogonal 방법도 좋은 결과가 됨을 알 수 있었다.

그림 6 및 7은 Baboon 영상에 대하여 DGHM 멀티웨이브릿 방법으로 실험한 결과이다. Baboon 영상은 압축율이 16:1에서 코 부분이 열화가 있고, 32:1에서

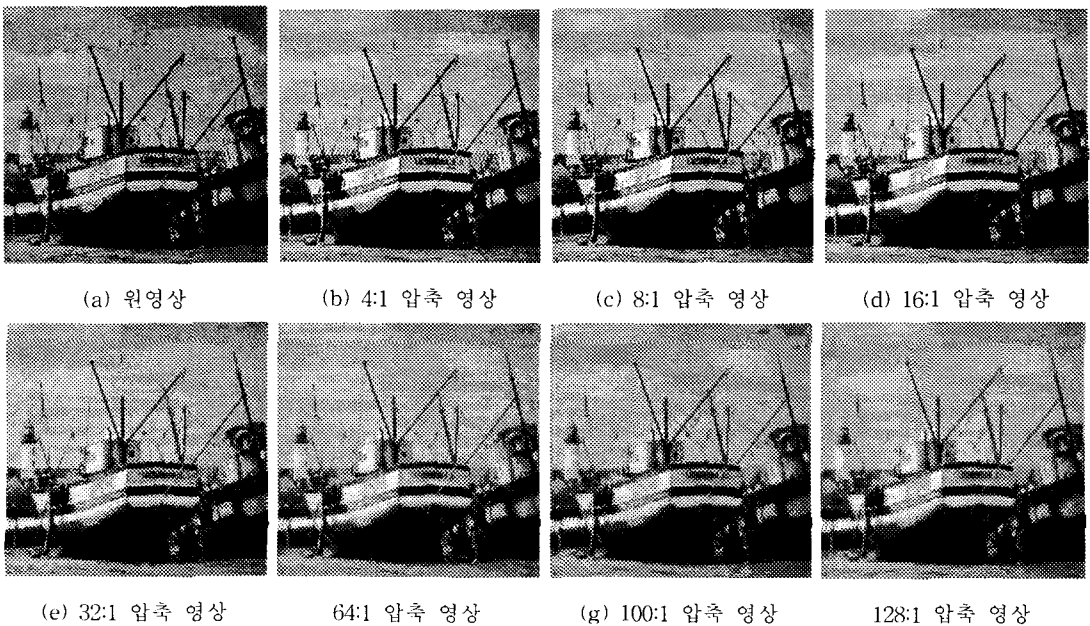


그림 4. Boats 영상의 각 압축률에 대한 제안한 방법의 복원영상

표 2. Boats 영상에 대한 PSNR(dB)

Image	Boats(512×512) PSNR[dB]				
	압축률	bpp	D4	Biorth(3/5)	GHM(Orth)
4:1	2	41.43	42.26	41.95	43.82
8:1	1	37.49	38.16	37.75	39.03
16:1	0.5	32.81	33.27	33.02	33.39
32:1	0.25	29.34	29.67	29.33	29.85
64:1	0.125	26.84	27.03	26.71	27.16
100:1	0.08	25.31	25.84	25.28	25.91
128:1	0.0625	24.72	25.11	24.70	25.36

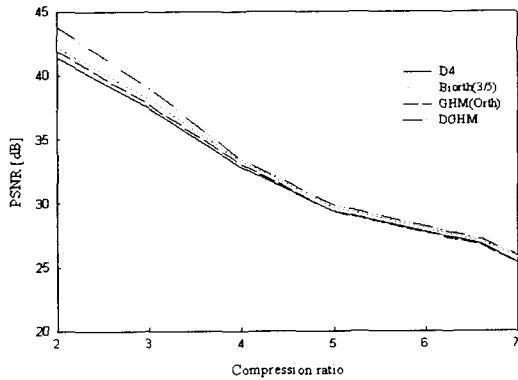


그림 5. Boats 영상에 대한 PSNR(dB)

부터 털 부분도 열화가 발생함을 알 수 있다. 웨이브릿은 고주파에 대해서는 짧은 서포트(short support)를 갖고, 저주파에서는 긴 서포트(long support)를 갖는 함수로 구성된다. 따라서 영상의 디테일 영역과 같은 큰 고주파 영역에서는 매우 낮은 비트로 할당할 수 있다. 멀티웨이브릿 분할은 직교성, 짧은 서포트, 대칭성 뿐만 아니라 단일 웨이브릿이 갖는 모든 특성을 갖는다. 표 3은 Baboon 영상의 압축률에 대한 PSNR을 구한 것으로서 제안한 DGHM 방법이 기존의 방법과 비교했을 때 거의 비슷하나 GHM 멀티웨이브릿 기법이 다소 우수함을 알 수 있었다.

표 3. Baboon 영상에 대한 PSNR(dB)

Image	Baboon(512×512) PSNR[dB]				
	압축률	bpp	D4	Biorth(3/5)	GHM(Orth)
	1	31.58	31.95	32.32	31.94
8:1	1	27.59	27.42	27.98	27.40
16:1	0.5	24.29	24.10	24.64	24.35
32:1	0.25	22.52	22.40	22.71	22.39
64:1	0.125	21.09	21.20	21.22	21.14
100:1	0.08	20.46	20.58	20.60	20.58
128:1	0.0625	20.19	20.28	20.33	20.21

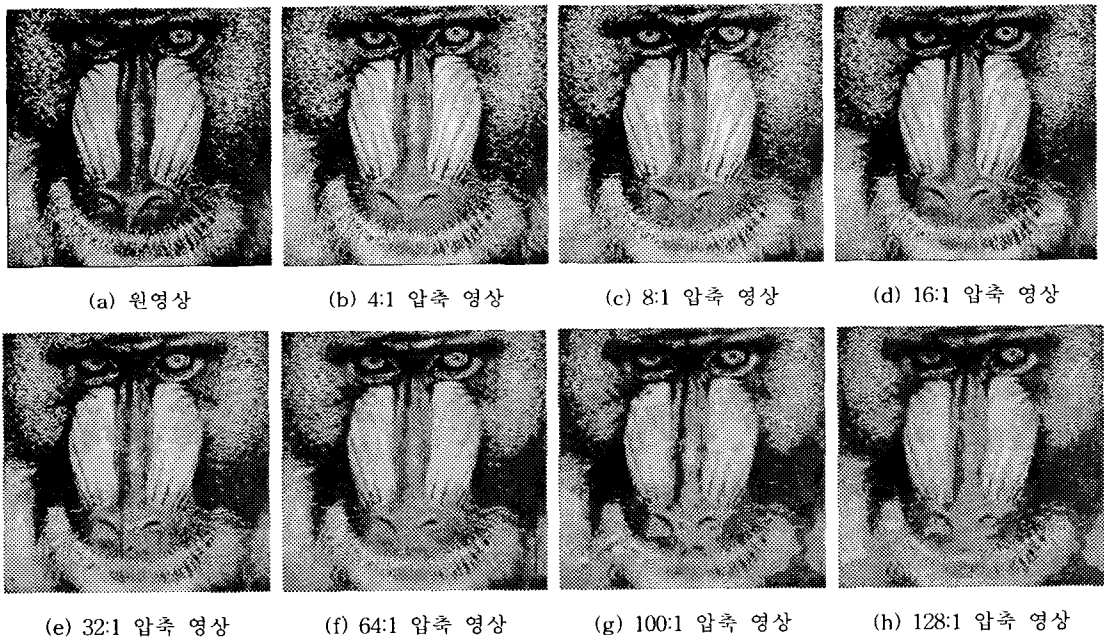


그림 6. Baboon 영상의 각 압축률에 대한 제안한 방법의 복원영상

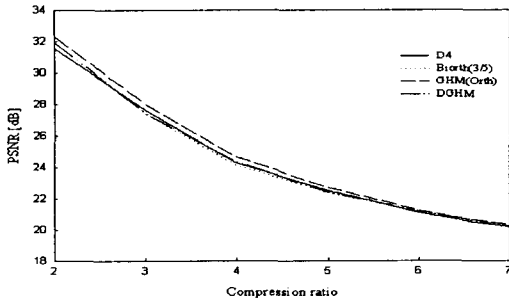


그림 7. Baboon 영상에 대한 PSNR(dB)

4. 결 론

본 논문에서는 멀티웨이브릿 필터뱅크를 이용한 임베디드 제로트리 구조의 영상 압축 방법을 제안하였다. 멀티웨이브릿 함수는 근사화 차수가 2인 새로운 방법의 DGHM 멀티웨이브릿을 사용하였으며, 부호화 방법으로는 임베디드 제로 트리 구조의 코딩기법을 사용하였다. 높은 근사화 차수를 갖는 멀티웨이브릿 필터는 보다 우수한 에너지 압축 효과를 가지므로, 우수한 에너지 압축 효과를 내기 위하여 수학적으로 정립이 된 근사화 차수가 2인 DGHM 멀티웨이브릿을 영상압축에 사용하였다. 따라서 본 논문에서는 멀티웨이브릿을 수리적인 관점에서 대칭성, 간결한 서포트, 연속성 및 정규 직교성을 모두 만족하는 미분가능 함수로 구성된 새로운 형태의 멀티스케일링 및 멀티웨이브릿 벡터함수를 사용하여 영상의 고압축에서도 화질을 개선하였다. 새로운 멀티웨이브릿을 처리하기 위하여 전처리 및 후처리 필터는 멀티스케일링 및 멀티웨이브릿에 맞는 근사화 차수가 2인 DGHM 필터를 설계하여 영상이 완전복원 되도록 하였다. 또한 영상을 부호화하는 기법은 웨이브릿 변환을 이용한 부호화 기법에 가장 적당한 임베디드 제로 트리 구조의 부호화 기법을 사용하였다. 제안한 DGHM 멀티웨이브릿 방법으로 영상압축을 수행한 결과 단일 웨이브릿 기법인 D4 및 (3/5) 쌍직교 웨이브릿 보다도 PSNR이 우수하며, 근사화 차수가 2인 기존의 GHM 멀티웨이브릿 방법보다도 우수함을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] M. Antonini, M. Baraud, P. Mathieu, and I. Daubechies, "Image coding using wavelet

transform," *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 1, no. 2, pp. 205-220, Apr. 1992.

[2] M. H. Ackroyd, "Short-time spectra and time-frequency energydistributions," *Jour. of Acous. Soc. of America*, vol. 50, no. 5, pp. 1229-1231, July 1970.

[3] I. Daubechies, "Orthonormal basis of compactly supported wavelets," *Comm. Applied Math.*, vol. 41, no. 7, pp. 909-996, 1988.

[4] S. G. Mallat, "A theory for multiresolution signal decomposition : the wavelets representation," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence.* vol. 11, no. 7, pp. 674-693, July 1989.

[5] C. K. Chui and J. A. Lian, "A study of orthonormal multiwavelets," *J. appl. Numer. Math.*, vol. 20, pp. 272-298, 1996.

[6] G. C. Donovan, J. S. Geronimo, and D. P. Hardin, "Interwining multiresolution analyses and the construction of piecewise polynomial wavelets," *SIAM J. Math. Anal.*, vol. 27, pp. 1791-1815, Nov. 1996.

[7] V. Strela and P. N. Heller, G. Strang, P. Topiwala, and C. Heil, "The Application of Multiwavelet Filter Banks to Image Processing," *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 8, no. 4, pp. 548-563, Apl. 1999.

[8] X. G. Xia, J. S. Geronimo, D. P. Hardin, and B. W. Suter, "Design of Prefilters for Discrete Multiwavelet Transforms," *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 44, no. 1, pp. 25-35, Jan. 1996.

[9] M. Cotronei, L. B. Montefusco, and L.Puccio, "Multiwavelet Analysis and Signal Processing," *IEEE Trans. on Circuits Syst.-II*, vol. 45, no. 8, pp. 970-987, Aug. 1998.

[10] J. M. Shapiro, "Embedded image coding using zerotrees of wavelet coefficients," *IEEE Trans. on Signal Processing*, vol. 41, no. 12, pp. 3445-3462, Dec. 1993.

[11] Y. Shoham and A. Gersho, "Efficient bit allocation for an arbitrary set of quantizers," *IEEE Trans. on Acoust., Speech, Signal Processing*, vol.36, pp. 1445-1453, 1988.



권 기 창

1985년 안동대학교 행정학과 행정학사
1993년 대구대학교 대학원 전자정보처리학과 경영학석사
2000년 영남대학교 대학원 통계학과 이학박사
1987~1992년 안동대학교 전자계

산소

1993~1997년 안동과학대학 사무자동화과 교수
1998~현재 경도대학 컴퓨터정보과학과 교수
관심분야 : 멀티미디어 전자상거래 행정정보화



권 기 룡

1986년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1990년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
1994년 8월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

2000년 7월 ~ 2001년 8월 Univ. of Minnesota,

Post-Doc. 과정

1996년 3월 ~ 현재 부산외국어대학교 컴퓨터전자공학부 부교수

2002년 ~ 현재 한국멀티미디어학회 총무이사

관심분야 : 멀티미디어 정보보호, 멀티미디어 통신, 웨이브릿 변환



권 영 담

1975년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1985년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
1995년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1987년 9월 ~ 현재 영남대학교 수확통계학부 교수
관심분야 : 통계 데이터베이스, 통계계산, 멀티미디어 정보처리

교신저자

권 기 룡 (608-738) 부산광역시 남구 우암동 산 55-1번지
부산외국어대학교 전자컴퓨터공학부