

모폴로지에 의한 중요 클러스터 추출과 적응양자화를 이용한 웨이브릿 영상부호화

Wavelet Image Coding Using the Significant Cluster Extraction by Morphology and the Adaptive Quantization

류 태 경*, 강 경 원**, 권 기 룡*, 김 문 수*, 문 광 석*

Tae-Kyung Ryu*, Kyung-Won Kang**, Ki-Ryong Kwon*, Moon-Soo Kim*, Kwang-Seok Moon*

요 약

본 논문에서는 모폴로지에 의한 중요 클러스터 추출과 적응양자화를 이용한 웨이브릿 영상부호화 방법을 제안한다. 제안한 방법은 기존의 MRWD방법에서의 클러스터 전송시의 부가정보의 비중이 전체 데이터 비트에서 큰 것을 고려하여 모폴로지를 적용하여 중요클러스터를 추출하여 코딩의 효율을 개선하였고 MRWD 양자화기에서 생기는 불필요한 비교연산수를 줄이기 위해 적응 양자화기를 제안하여 양자화 시 발생하는 불필요한 비교연산을 줄일 수 있었다. 본 논문은 양질의 PSNR을 유지하면서 정보량을 줄일 수 있었다.

Abstract

This paper proposes the wavelet image coding using the significant cluster extraction by morphology and the adaptive quantization. In the conventional MRWD method, the additional seed data takes large portion of the total data bits. The proposed method extracts the significant cluster using morphology to improve the coding efficiency. In addition, the adaptive quantization is proposed to reduce the number of redundant comparative operations which are indispensably occurred in the MRWD quantization. The experimental result shows that the proposed algorithm has the improved coding efficiency and computational cost while preserving superior PSNR

Key words : significant cluster, adaptive quantization, image coding, morphology, subband, wavelet

I. 서론

영상정보는 인간이 인식하는 정보의 많은 부분을 차지함으로써 영상정보의 중요성은 커지게 되었다. 그러나 영상정보는 많은 데이터량을 가지기 때문에 제한된 대역폭에서 실시간으로 전송하기 위해서는 효과적인 압축이 필수적이다. 영상압축 방법 가운데 선형변환(linear transform)은 신호의 상관성을 제거하고 에너지를 집중시키는 성질을 가지고 있으므로 여러 가지 압축방법에 사용되고 있다. 그 중에서 DCT는 정지영상에 대한 표준

인 JPEG(joint photographic experts group)과 동영상에 대한 표준인 MPEG(moving picture experts group) 등에 이용되고 있으나 블록 기반 압축이기 때문에 블록간 상관도가 손실되어 블록킹 현상이 발생하는 단점이 있다. 최근에는 블록제한이 없고 계산량이 적은 웨이브릿 변환을 이용한 영상압축에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

웨이브릿 영상압축은 주로 데이터의 조직과 표현의 중요성의 인식에 바탕을 두고 있다. 그리고 이러한 것을 바탕으로 하는 EZW(embedded zerotree wavelet), SPIHT(set partitioning in hierarchical trees)등의 코딩방법들이 연구되어 왔다. 그러나 이러한 코딩방법들은 무효계수들의 밴드들간의 의존성을 이용하여 영상압축에 이용하였다^[1-2].

Servetto는 유효계수들을 효율적으로 모으기 위해서 MRWD(Morphological Representation of Wavelet data)를 제안하였다^[3]. 그러나 이 방법은 양자화 과정과 모폴로지를 이용한 클러스터링 효율의 개선이 필요하다.

*부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부

**위덕대학교 멀티미디어공학과

접수 일자 : 2003. 10. 03 수정 완료 : 2004. 2. 10

논문 번호 : 2003-4-18

※이 논문은 2002년 부경대학교 기성희 학술 연구 사업 결과의 일부입니다.

본 논문에서는 모폴로지에 의한 중요 클러스터 추출과 적응양자화를 이용한 웨이브릿 영상부호화를 제안한다. 제안한 방법은 고주파대역에서 중요 클러스터를 추출하여 부가정보의 데이터량을 줄이고 고주파대역에서 찾아진 최대 절대값을 기준으로 양자화 하여 양자화 된 계수들에 모폴로지를 적용하여 유효계수를 추출한다. 따라서 제안한 방법은 고주파 대역에서의 적응양자화를 적용하여 양자화과정 발생하는 많은 비교연산을 줄일 수 있으며 중요 클러스터를 전송함으로써 화질을 개선한다.

II. 웨이브릿 변환 계수의 특성

1. 영상의 웨이브릿 분해 및 합성

웨이브릿 변환된 영상은 그림 1(a)과 같이 영상의 중요한 정보를 포함하는 저주파대역과 에지성분을 갖는 고주파대역으로 분할된다. 고주파대역은 수직성분, 수평성분, 대각성분으로 구분된다. 웨이브릿 변환의 분해과정은 그림 1(a)에 나타나는 바와 같이 영상 $f(x, y)$ 에 수평방향으로 저주파 분해필터인 H_0 와 고주파 분해필터인 H_1 을 적용하여 저주파 성분인 $f_L(x, y)$ 와 고주파 성분인 $f_H(x, y)$ 로 분할하여 다운샘플링(down sampling)을 수행한 후 수직방향으로 저주파 및 고주파 분해필터와 다운샘플링을 적용하여 저주파 성분인 $f_{LL}(x, y)$, 수평성분이 강조된 $f_{HL}(x, y)$, 수직성분이 강조된 $f_{LH}(x, y)$ 및 대각성분이 강조된 $f_{HH}(x, y)$ 의 부대역 영상을 얻는 과정이다. 웨이브릿 변환의 합성과정은 그림 1(b)와 같이 분해영상에 업샘플링(up sampling)을 수행한 후, 저주파 합성필터인 G_0 와 고주파 합성필터인 G_1 을 적용하여 원영상을 복원하는 과정이다.

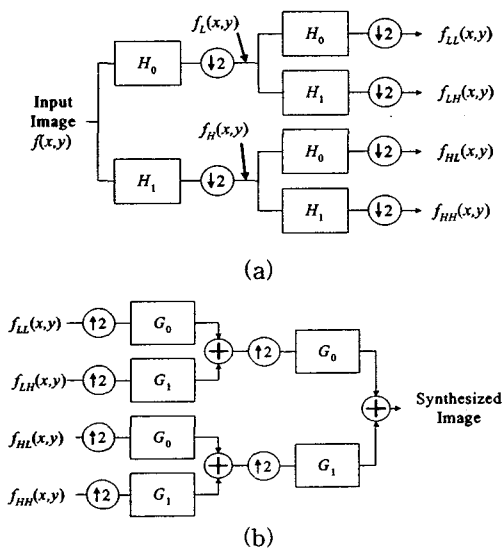


그림 1. 영상의 웨이브릿 변환 (a)분해 (b)합성
Fig. 1. Wavelet (a) decomposition of image (b) reconstruction of image.

2. 웨이브릿 계수의 특성

웨이브릿 계수는 계수들간의 지역적인 특성과 부대역간의 상호 의존적 특성을 갖는다. 계수들간의 지역적인 특성은 중요한 정보를 갖는 유효계수는 다른 유효계수들과 공간적으로 인접한 위치에 존재 할 확률이 높다는 것을 의미한다. 즉 고주파대역에서 유효계수들은 원 영상의 에지 부근에 집중적으로 분포하는 특성이 있다. 또한 계수 값이 작은 무효계수의 경우도 이와 같은 통계적 특성을 갖는다^[4]. 그림 2에 나타난 바와 같이 부대역간 의존 특성은 상위 레벨 대역의 계수 값이 크면 하위 레벨 대역의 상대적 위치의 계수 값도 크게 나타날 확률이 높다는 것을 의미한다. 이러한 특성을 이용하여 색상 특징 벡터는 최저주파대역에서 추출하고, 텍스처 특징 벡터는 고주파대역에서 추출함으로써 유사도 비교에 필요한 특징 벡터의 수를 줄일 수 있다. 특징 벡터의 수가 감소하여도 웨이브릿 계수의 특징에 따라 검색효율에는 영향을 미치지 않는다.

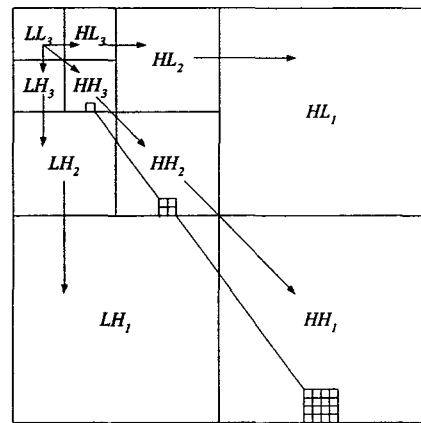


그림 2. 웨이브릿 계수의 특성

Fig. 2. The characteristic of wavelet coefficients

3. 모폴로지

인간의 시각은 자연계의 물체를 기하학적으로 인식하기 때문에 영상 신호처리에서는 물체의 대수적 구조보다 기하학적 구조를 강조하는 표현이 필요하다. 모폴로지는 영상의 기하학적 표현을 제공해 주는 도구로서 사용되고 있다. 또한 모폴로지는 보존해야 할 영상의 특성을 잘 보존하고 잡음과 같은 제거해야 할 데이터를 효과적으로 제거할 수 있는 방법이다. 영상처리에 사용되는 선형필터는 윤곽선을 선명하게 하지 못하고 효과적으로 임펄스성 잡음을 제거하지 못하는 데 반하여 비선형 모폴로지 필터는 윤곽선을 잘 보존하고 잡음을 제거한다. 따라서 모폴로지 연산은 영상을 단순하게 하며, 필수적인 영상의 형태 정보를 보존하고 불필요한 요소들을 제거할 수 있다. 이것은 집합이론에 근거를 두고 있기 때문이다.

모폴로지 연산 가운데 확장연산은 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다. 이진 또는 그레이 스케일 영상인 집합 S와

형태소(structuring element) B 에 확장연산을 적용하여 $S \oplus B$ 로 나타내면,

$$S \oplus B = \{c \in E^2: c = a + b, \text{ for some } a \in S, b \in B\} = \left\{ \bigcup_{a \in S} B_a \right\} \quad (1)$$

E 는 유클리디안 평면을 나타내고, B_a 는 B 를 a 만큼 평행이동 한 것이다.

그림 3은 확장연산을 나타내며, 확장연산 $S \oplus B$ 는 집합 S 를 형태소 B 만큼 이동시켜 가면서 각 원소들 간의 합집합을 구한 것이다. 차 연산은 \setminus 로 나타낸다. 형태소 B 의 원점은 중심에 위치하며 $S \oplus B$ 는 $S \cup (S \oplus B \setminus S)$ 와 같다. 여기서 $S \oplus B \setminus S$ 는 확장연산으로 얻어진 점들의 집합 가운데 집합 S 를 제외한 부분이다.

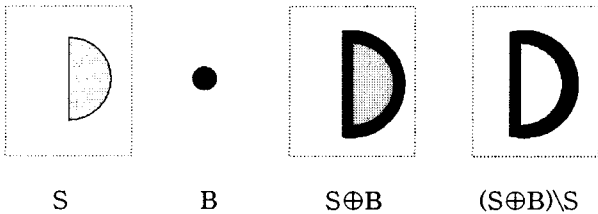


그림 3. 모폴로지의 확장연산
Fig. 3. Morphological dilation operation

III. 제안한 웨이브릿 영상부호화

1. 모폴로지를 이용한 웨이브릿 영상 부호화

기존의 MRWD방법은 웨이브릿 변환하여 영상을 부대역들로 분해한 후 생성된 웨이브릿 계수들을 식 (2)와 같이 Taubman^[5]의 임베디드(embedded) 양자화기 $\{Q_0 \dots Q_{n-1}\}$ 를 통해 양자화 한다.

$$Q_i(x) = \begin{cases} z & |x| < T/2^{i+1} \\ p & T/2^{i+1} \leq x < T/2^i \\ n & -T/2^{i+1} < x \leq -T/2^i \end{cases} \quad (2)$$

$i = 0, \dots, n-1$ 이며 양자화 레벨을 나타낸다. T 는 웨이브릿 변환된 전체 대역들에서 부호화 되어지는 계수 가운데 절대값이 가장 큰 계수값이다. 이 양자화기를 각 웨이브릿 계수에 연속적으로 적용하게 되면 원래 영상으로 수렴한다. 그림 4는 양자화가 진행되는 과정을 나타낸다. 이 양자화기는 전체 웨이브릿 계수들 가운데 절대값이 가장 큰 값(T)을 고려하여 i 에 따라 각 Q_i 에 z (zero), p (positive)와 n (negative)을 생성한다. z 는 무효

계수이며 부호로 2를 생성하고, p 와 n 은 유효계수이며 0, 1을 각각 생성한다. 각 양자화 단계에서 유효계수인 p 와 n 에 모폴로지의 확장연산을 적용하여 클러스터 형태로 추출함으로써 부가정보의 양을 줄이고 부호화시의 발생하는 복잡성을 줄일 수 있다.

기존의 MRWD방법은 양자화 된 계수들에 대해서 부호화 되어지는 양자화 레벨 가운데 임의의 한 부분에서 생성된 양자화 계수들의 집합의 임의의 계수들에 대해 클러스터 형태로 유효계수를 추출하기 위해 3x3의 형태소 임의의 점에서부터 적용하여 유효계수가 형태소 내에 존재하면 클러스터를 계속 확장하는 형태로 클러스터를 부호화 한다. 모폴로지를 적용하여 코드화 되어진 계수들은 적응 산술부호화(adaptive arithmetic coding)를 적용하여 무손실 부호화 한다^[6].

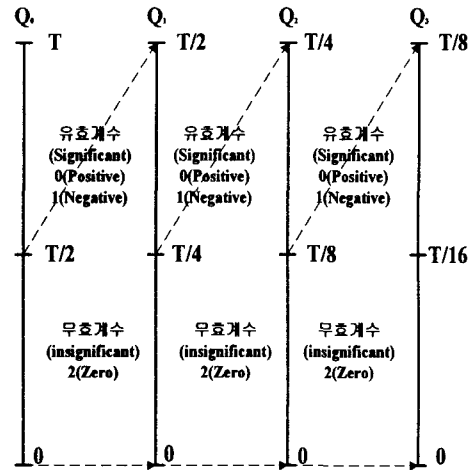


그림 4. 양자화 과정
Fig. 4. Quantization step

2. 제안한 영상부호화 알고리즘

2.1 중요 클러스터 추출

MRWD에서는 유효계수를 클러스터의 형태로 전송하게 된다. 하지만 이러한 클러스터는 seed를 나타내는 부가정보가 필요하다. 클러스터의 개수가 많아지면 seed를 나타내는 부가정보가 많아지게 된다. 고압축시에는 우리가 필요로 하는 정보보다 부가적인 정보의 전송으로 인해 전체 데이터 가운데 많은 비중을 차지하게 된다. 이러한 seed정보를 줄이기 위해 모폴로지를 통해 작은 클러스터를 제거함으로써 중요 클러스터를 우선적으로 전송하게 되므로 화질의 향상을 이룩할 수 있다. 그림 5의 (a)는 기존의 방법에서의 클러스터링을 적용할 웨이브릿 계수들을 나타낸다. 계수들 가운데 작은 형태의 클러스터들이 존재하는 것을 볼 수 있다. (b)는 제안한 방법의 클러스터링을 적용할 웨이브릿 계수들을 나타낸다. 제안한 방법은 작은 형태의 클러스터를 제거함으로써 중요 클러

스터를 우선적으로 전송함으로써 화질의 향상을 이룩할 수 있다.

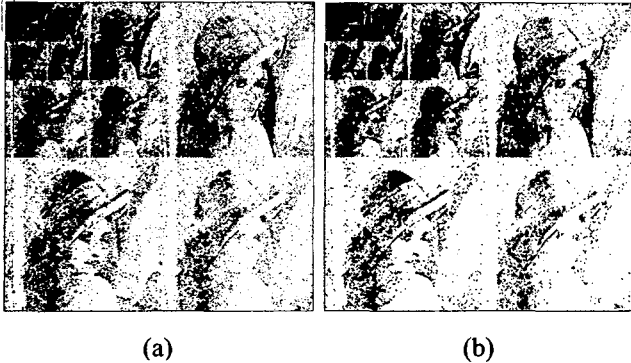


그림 5. 모폴로지를 통한 중요 클러스터 추출
(a) 기존의 방법 (b) 제안한 방법

Fig. 5. Significant cluster extraction by morphology
(a) conventional method (b) proposed method

2.2 적응양자화

웨이브릿 변환된 계수들의 크기는 저주파대역과 고주파대역에서 크기값의 분포가 다르게 나타난다. 기존의 MRWD 방법은 웨이브릿 계수의 양자화 과정에서 전체 대역의 최대 절대값을 기준으로 양자화하기 때문에 양자화 레벨(Quantization Level) 0, 양자화 레벨 1에서는 고주파대역 전체가 무효계수를 가지게 되므로 고주파대역에서 양자화의 비효율이 존재한다.

제안한 방법은 웨이브릿 계수들이 저주파와 고주파에서 분포하는 계수값의 차이를 이용하여 양자화 한다. 제안한 방법의 저주파대역은 그 대역의 계수들 중에 최대 절대값을 갖는 계수를 기준으로 양자화 하고, 나머지 고주파 대역은 고주파 대역의 최대 절대값을 기준으로 적응양자화 한다. 제안한 양자화 방법은 고주파에서 많은 비교연산을 줄일 수 있다. 제안한 적응양자화는 식(3)과 같이 나타낸다.

$$hQ_j(x) = \begin{cases} z & |x| < T_h/2^{j+1} \\ p & T_h/2^{j+1} \leq x < T_h/2^j \\ n & -T_h/2^{j+1} < x \leq -T_h/2^j \end{cases} \quad (3)$$

$j = 0 \dots n-1$ 이며 양자화 레벨을 나타낸다. T_h 는 고주파대역에서 부호화 되어지는 웨이브릿 계수들 가운데 절대값이 가장 큰 값이다. 적응양자화기를 각 웨이브릿 계수에 연속적으로 적용하게 되면 원래 영상으로 수렴하고 고주파대역의 웨이브릿 계수들 가운데 T_h 를 고려하여 j 에 따라 각 hQ_j 에 z , p 와 n 을 생성한다.

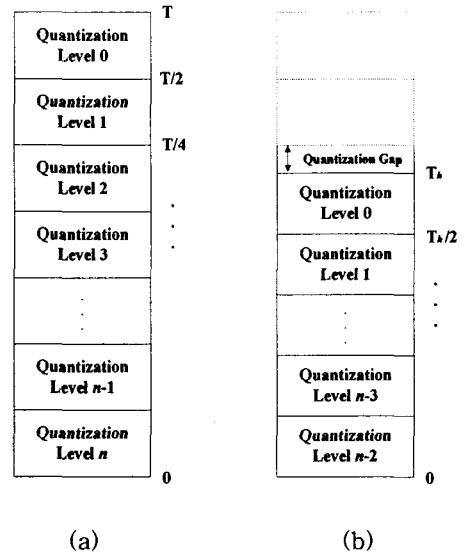


그림 6. 기존의 방법과 제안한 방법의 양자화 방법 비교
(a) 기존의 방법 (b) 제안한 방법

Fig. 6. Quantization Method between conventional method and proposed method.
(a) conventional method (b) proposed method

그림 6은 기존의 양자화 과정과 제안한 방법의 양자화 과정의 차이를 나타낸다. 그림 6(a)에서의 양자화 레벨 0 과 양자화 레벨 1을 제안한 방법에 적용하면 임계값보다 큰 고주파 대역의 계수들이 존재하지 않기 때문에 고주파 대역 전체에서 무효계수만 발생하는 불필요한 과정이 존재하고, 양자화의 불필요한 과정은 영상을 부호화하고 복호화 하는데 있어 비효율적이다. 그림 6(b)는 적응양자화기를 나타내고 점선으로 표시된 부분은 기존의 양자화에서 발생하는 불필요한 과정을 적응양자화를 통해 제거한 부분이다. 기존의 방법에서의 임계값과 제안한 방법의 임계값의 차이로 양자화 레벨간의 폭의 차이(Quantization Gap)가 발생한다. 이것은 기존의 방법보다 전체 양자화 되는 폭이 줄어들기 때문에 양자화 시 생기는 오차범위의 한계를 줄일 수 있다.

IV. 실험결과 및 고찰

본 논문에서는 512x512 크기의 Lena영상과 Boat영상에 대해서 Visual C++를 이용하여 부호화 성능을 실험하였다. 실험에는 9/7 쌍직교 필터를 사용하여 5단으로 영상을 웨이브릿 분해하였다. 헤더정보는 사용된 필터, 웨이브릿 스케일, 저주파와 고주파에서의 초기임계값 등을 포함하여 9바이트가 소요되었다. 화질을 평가하는 객관적인 척도인 PSNR은 식 (4)와 같다. 식 (4)에서 $f(x, y)$ 및 $\hat{f}(x, y)$ 는 각각 원 영상의 화소 및 복원 영상의 화소를 나타내며, N 은 각각의 영상 내의 총 화소 수이다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \left[\frac{255^2}{MSE} \right] \quad (4)$$

$$MSE = \frac{1}{N^2} \sum_{y=1}^N \sum_{x=1}^N [\mathcal{F}(x, y) - \hat{\mathcal{F}}(x, y)]^2.$$

표. 1 양자화 시 발생하는 비교연산의 회수

Table 1. The computational complexity in quantization steps

| | MRWD | 제안한 방법 | 감소율(%) |
|------------|---------|---------|--------|
| 1bpp | 2621440 | 2097664 | 19.99 |
| 0.5bpp | 2359296 | 1835520 | 22.20 |
| 0.25bpp | 2097152 | 1573376 | 24.98 |
| 0.125bpp | 1835008 | 1311232 | 28.54 |
| 0.03125bpp | 1572864 | 1049088 | 33.30 |

제안한 방법은 기존의 MRWD방법의 양자화 시 발생하는 불필요한 비교연산을 줄일 수 있다. 표 1은 기존의 MRWD방법과 제안한 방법의 양자화 시 발생하는 비교연산의 수를 비교하였다. 1bpp의 경우 19.99%, 0.03125bpp의 경우 33.30% 비교연산 감소효과가 발생하였다. 양자화에서 발생하는 불필요한 비교연산을 제거함으로써 무효계수만 존재하는 양자화 레벨 평면이 제거되고 여기에 따르는 불필요한 비교 연산을 제거하여 더욱 빠른 부호화를 구현하였다.

표 2. 기존의 방법과 제안한 방법의 PSNR비교(dB)

Table 2. PSNR comparisons between conventional method and proposed method(dB)

| RATE | Lena | | Boat | |
|-------------------|-------|----------|-------|----------|
| | MRWD | Proposed | MRWD | Proposed |
| 1bpp(8:1) | 40.20 | 40.39 | 38.31 | 38.55 |
| 0.5bpp(16:1) | 37.01 | 37.23 | 34.00 | 34.03 |
| 0.25bpp(32:1) | 33.90 | 34.17 | 30.58 | 30.73 |
| 0.125bpp(64:1) | 30.87 | 31.19 | 28.05 | 28.19 |
| 0.03125bpp(256:1) | 25.76 | 25.79 | 23.85 | 23.91 |

표 2는 두 표준영상에 대한 비트율-왜곡 결과이다. 각 기법에 대한 비교 방법은 1bpp에서 0.03125bpp까지 모든 비트율에서 MRWD와 비교하였다. 제안한 방법은 모든 비트율에서 MRWD 보다 화질이 우수함을 알 수 있다. 그림 7은 Lena 영상에 대한 주관적인 평가를 위해 두 영상에 대한 원 영상과 복원된 영상을 나타내었다. (a)는 원영상을 나타내고 (b)~(f)는 1.0bpp에서 0.03125bpp까지의 비트율-왜곡에서 복원된 영상이다.

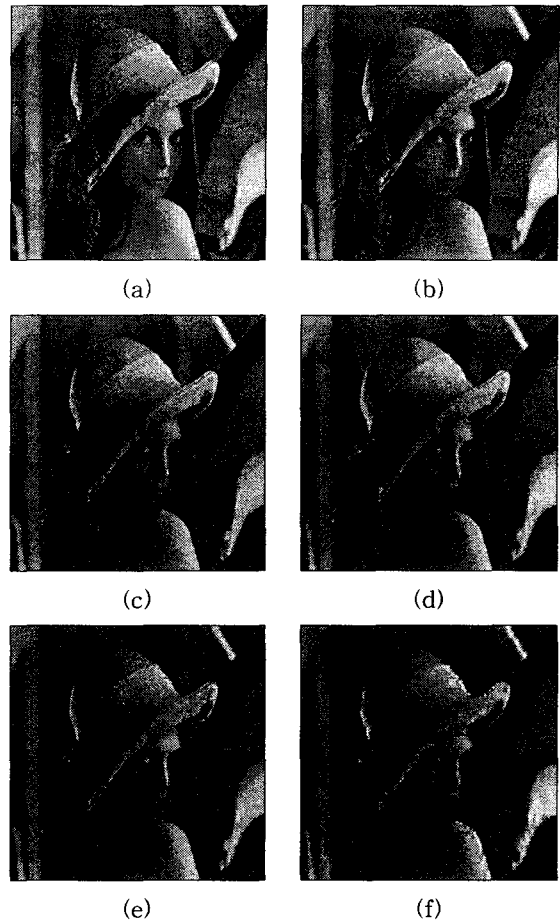


그림 7. 제안한 방법에 의해 복원된 영상
 (a) 원 영상(Lena 512×512) (b) 복원된 영상(1.0bpp)
 (c) 복원된 영상(0.5bpp) (d) 복원된 영상(0.25bpp)
 (e) 복원된 영상(0.125bpp) (f) 복원된 영상(0.03125bpp)

Fig. 7. Reconstruction for proposed method
 (a) original image(Lena 512×512) (b) reconstructed image(1.0bpp)
 (c) reconstructed image(0.5bpp) (d) reconstructed image(0.25bpp)
 (e) reconstructed image(0.125bpp) (f) reconstructed image
 (0.03125bpp)

V. 결론

본 논문에서는 모폴로지를 통한 중요 클러스터 추출을 이용한 웨이브릿 영상부호화 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 기존의 MRWD방법에서의 클러스터 전송시의 부가정보의 비중이 전체 데이터 비트에서 큰 것을 고려하여 모폴로지를 적용하여 중요 클러스터를 추출하여 코딩의 효율을 개선하였고 MRWD 양자화기에서 생기는 불필요한 비교연산수를 줄이기 위해 적응 양자화기를 제안하여 양자화 시 발생하는 비교연산이 1bpp에서 20% 감소하고 0.03125 bpp에서 33% 감소하여 불필요한 비교연산을 줄일 수 있었다. 본 논문은 MRWD방법보다 우수한 PSNR을 유지하면서 정보량을 줄일 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] J. Shapiro, "Embedded Image Coding Using Zerotree of Wavelet Coefficients," *IEEE Trans. on Signal Processing*, vol. 41, No. 1, pp. 3445-3462, Dec. 1993.

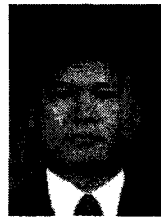
[2] A. Said and W. Pearlman, "A New, Fast, and Efficient Image Codec Based on Set Partitioning in Hierarchical Trees," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 6, No. 3, pp. 243-250, June. 1996.

[3] S. Servetto, K. Ramchandran and M. Orchard, "Image Coding Based on Morphological Representation of Wavelet Data," *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 8, No. 9, pp. 1161-1174, Sep. 1999.

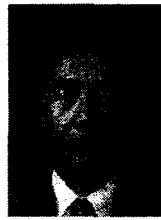
[4] K. Ramchandran and M. Orchard, "An Investigation of Wavelet-Based Image Coding Using an Entropy-Constrained Quantization Framework," *IEEE Trans. on Signal Processing*, vol. 46, No. 2, pp. 342-353, Feb. 1998.

[5] D. Taubman and A. Zakhor, "Multirate 3-D Subband Coding of Video," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 3, no. 5, pp. 572-588, Sep. 1994.

[6] I. H. Witten, R. M. Neal, and J. G. Cleary. "Arithmetic Coding for Data Compression," *Commun. ACM*, vol. 30, pp. 520-540, June 1987.



권 기 룡(Ki Ryong Kwon)
 1986년 2월 경북대학교 전자공학1996년
 과 졸업(공학사)
 1990년 2월 경북대학교 대학원 전자공학
 과 졸업(공학석사)
 1994년 2월 경북대학교 대학원 전자공학
 과 졸업(공학박사)
 1996년 3월~ 현재 부산외국어대학교 전자·컴퓨터 공
 학과 조교수
 관심분야: 웨이브릿 변환, 적응신호처리, 능동잡음제거,
 멀티미디어 통신 등



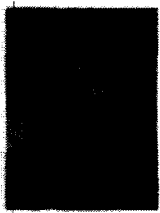
김 문 수(Moon Soo Kim)
 1963년 2월 전남대학교 공과대학1996년
 졸업(공학사)
 1981년 2월 동아대학교 대학원 전자공학
 과 졸업(공학석사)
 1987년 2월 동아대학교 대학원 전자공학
 과 졸업(공학박사)
 현재 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 교수
 관심분야: 신호처리, 회로 및 통신 시스템 등



문 광 석(Kwang Seok Moon)
 1979년 2월 경북대학교 전자공학1996년
 과 졸업(공학사)
 1981년 2월 경북대학교 대학원 전자공학
 과 졸업(공학석사)
 1989년 2월 경북대학교 대학원 전자공학
 과 졸업(공학박사)
 1988년 1월~12월 일본 동경대학교 공학부 연구원
 1997년 8월~1998년 7월 미국 Jackson State
 University 객원 교수
 1990년 3월 ~현재 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학
 부 교수
 관심분야: 영상신호처리, 적응신호처리, 멀티미디어통신



류 태 경(Tae Kyung Ryu)
 1997년 8월 부경대학교 전자공학 과 졸업
 (공학사)
 2000년 2월 부경대학교 대학원 전자공학
 과 졸업(공학석사)
 2000년 3월~현재 부경대학교 대학원 전
 자공학과 박사과정 재학
 관심분야: 영상처리, 멀티미디어 통신 등



강 경 원(Kyung Won Kang)
 1996년 2월 부경대학교 전자공학1996년
 과 졸업(공학사)
 1998년 2월 부경대학교 대학원 전자공학
 과 졸업(공학석사)
 2002년 2월 부경대학교 대학원 전자공학
 과 졸업(공학박사)
 1998년 3월~1999년 8월 미국 Jackson State University
 연구원
 2002년 3월~현재 위덕대학교 멀티미디어공학과 강의전
 담교수
 관심분야 : 영상처리, 인터넷 방송, 멀티미디어 통신 등