

論文99-36S-8-6

중요 웨이블릿 계수 검출에 의한 임베디드 영상 부호화 기법

(An Embedded Image Coding Scheme by Detecting Significant Wavelet Coefficients)

朴正鎬*, 崔在虎*, 郭勳星*

(Jeong-Ho Park, Jae-Ho Choi, and Hoon-Sung Kwak)

요 약

본 논문에서는 웨이블릿 영역에서 임베디드 영상 부호화를 위한 새로운 알고리즘을 제안하였다. 이 방식은 Shapiro가 제안한 알고리즘을 에지 검출, 계층적 트리 및 분류벡터 양자화 기법등과 결합하여 이를 확장한 형태이다. 일반적으로 영상에서의 에지는 시각적으로 중요한 요소이며, 기존의 많은 문헌에서 이러한 에지 정보가 웨이블릿 변환 영역에서의 중요계수와 관련이 있음을 보여주었다. 본 논문에서는 이러한 특성을 이용하여 웨이블릿 트리에서 그의 하위 계층을 조사하지 않고도 중요계수를 쉽게 검출하는 알고리즘을 제안하였다. 이러한 중요계수에 대하여 계층적 트리를 구성하였고 트리의 부호화를 위하여 분류벡터 양자화가 적용되었다. 실험결과 제안한 부호화기는 기존의 방식에 비하여 특히 낮은 비트율에서도 좋은 결과를 나타냄을 확인하였으며 점진적 전송이 요구되는 분야에 응용될 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract

A new method for wavelet embedded image coding is presented extending the bases of the Shapiro's algorithm by incorporating edge detection, zerotree scheme, and classified VQ(CVQ). Generally edges in the image are regarded as visually important components and the previous literatures have proved that significant coefficients in wavelet transform domain correspond to the edges in spatial domain. Hence, by identifying the edge elements, the significant coefficients can be easily detected in wavelet domain without investigating descendant coefficients across layer. Hierarchical trees for the significant components are organized, and then CVQ method is applied to these trees. Since the significant information has higher priority in transmission, the simulation shows that our coder provides a superior performance over the conventional method and can be successfully applied to the application areas that require of progressive transmission.

I. 서 론

현재까지 제안된 대부분의 영상 부호화 방식이 추구하는 목적은 매우 낮은 비트율에서도 적은 왜곡을 갖도록 하는 것이다. 이러한 영상 부호화기들은 영상의

중복성을 줄이거나 제거하기 위해 설계되었으며 효율적인 영상 부호화 방식을 개발하는데 중점을 두고 있다. 이들 방식 가운데 웨이블릿 변환에 기반을 두고 있는 영상 부호화기는 이러한 목적을 달성할 수 있는 효율적인 기법을 제공한다. 한 영상의 웨이블릿 변환은 그 영상의 다해상도 표현을 의미한다. 다시 말하면 주어진 영상을 서로 다른 특성을 갖는 많은 부 대역으로 분할이 가능할 뿐 아니라 영상 부호화를 위한 최적의 상태를 제공한다는 것이다.

웨이블릿 계수를 부호화 하는 가장 대표적이고 효율

* 正會員, 全北大學校 工科大学 컴퓨터工學科
(College of Eng., Dept. of Computer Engineering,
Chonbuk National University)

接受日字:1999年1月14日, 수정완료일:1999年7月8日

적인 방식은 Shapiro에 의해서 제안된 EZW (Embedded zerotree wavelet) 영상 부호화 알고리즘이다^[1]. 이 방식은 웨이브렛 변환대역에서 중요계수 트리를 구성하기 위하여 문턱치 값을 낮추어 가면서 알고리즘을 반복적으로 적용하며, 생성된 중요계수 트리를 부호화 하게 된다. 그러나, 이 기법은 중요계수의 선정을 단지 문턱치 값에만 의존하며 중요계수를 찾고 이를 부호화 하기 위하여 반복적인 계산을 필요로 하기 때문에 중요계수 선정 및 이를 부호화 하는데 많은 시간을 요구하게 된다. 이러한 EZW가 갖는 문제점을 개선하여 제안된 방식이 Pearlman의 SPIHT (Set partitioning in hierarchical trees)^[2]이 있다. 이 기법은 웨이브렛 대역의 계수 가운데 가장 중요한 계수를 우선적으로 선별하고 이들을 비트 플레인(Bit Plane)으로 분해한 후, 상위 비트부터 순차적으로 전송하여 점진적 전송을 가능하게 만든 방식으로서, EZW방식에 비하여 계산적으로 매우 단순하고 효율적인 기법으로 알려져 있다.

본 논문에서 제안한 임베디드 영상 부호화(Embedded image coding) 방식은 Shapiro의 알고리즘을 기반으로 웨이브렛 변환, 에지 검출, 중요계수 트리 구성, 분류벡터 양자화 방식이 적용되어 생성된 것이다. 이 방식은 기존의 방식에 비하여 시스템이 다소 복잡하다는 문제점이 있지만 제한된 비트율에서 매우 효율적인 전송을 보장할 수 있는 장점을 가지고 있다. 실험 결과 EZW 방식에 비하여 같은 비트율에서 우수한 복원 화질을 나타냈으며 특히 비트율이 낮아질수록 성능이 매우 뛰어난 모습을 보여주었으며, SPIHT 방식과 비교하여 거의 유사한 결과를 얻을 수 있음을 보였다.

II. 임베디드 부호화와 기본 이론

임베디드 영상 부호화는 원 영상의 신호를 점진적으로 근사해 나가는 방식이다. 따라서 부호화가 진행됨에 따라 영상 복원에 중요한 정보가 먼저 전송되어 영상 화질이 조금씩 향상되는 방식이다. 이러한 부호화의 진행은 응용분야에 따라 상이하지만 일반적으로 수신측이 요구하는 화질을 만족시킬 때까지 계속된다^[1, 2]. 웨이브렛 변환에서 임베디드 부호화의 가장 대표적인 방식은 Shapiro가 제안한 EZW 방식이다. 이 방식은 계속해서 감소되는 문턱치(Threshold)의 집합 즉, $T_0 > T_1 > T_2 > \dots > T_{N-1}$ 를 사용하였고 웨이브렛 계

수들을 이 문턱치와 비교함으로써 중요계수의 여부를 결정하였다. 따라서 웨이브렛 계수의 크기가 문턱치보다 작다면 이 계수는 비 중요계수 또는 문턱치 관점에서 '0', 그렇지 않다면 중요계수 혹은 '1'이라고 표시하였다.

이 방식은 매우 낮은 비트율에서 대부분의 서브트리(subtree)의 노드들이 0값을 갖는다는 사실을 이용하였으며, 이때 이러한 트리를 제로트리(zerotree)라 하였다. 그림 1은 이러한 특성을 나타낸 것이다. EZW 방식은 중요 웨이브렛 계수의 위치를 부호화 하는데 매우 효율적이며 한 영상의 웨이브렛 변환에 의해서 얻어진 에너지 집중 현상을 효과적으로 이용한 알고리즘이다.

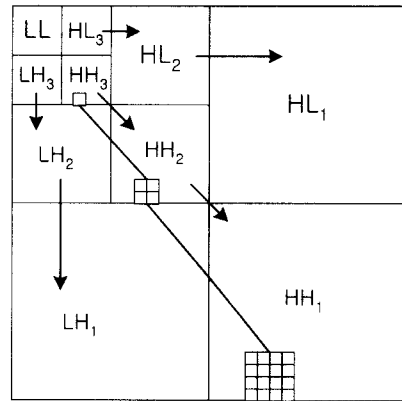


그림 1. EZW에서 서브밴드의 부모-자식 종속성
Fig. 1. Parent-Child dependencies of subbands in EZW.

EZW 부호화는 현재까지 제안된 영상 압축 가운데 매우 효율적이며 다양한 응용 분야에서 만족할만한 특성을 제공하는 알고리즘이다. 그러나 이 방식에서 각 계수의 상태 즉, POS(POSitive), NEG(NEGative), ZTR(ZeroTee Root), IZ(Isolated Zero) 또는 Z(Zero)를 결정하기 위해서 반복적인 계산을 수행해야 하므로 빠른 전송과 응답이 요구되는 분야에서는 알고리즘의 특성상 좋은 효과를 기대하기 어렵다는 단점이 있다.

웨이브렛 변환에 의하여 영상이 다 차원 시-공간 주파수 대역으로 분할될 때, 각 대역내의 계수들간의 상관성은 원 영상에 비하여 커지게 된다. 이러한 이유로 웨이브렛 기반의 영상 부호화는 편리성, 효율성, 그리고 적응성 측면에서 많은 장점을 갖게된다. 이와 함께 기존의 많은 문헌에서는 웨이브렛 대역내 계수들은 일

반화된 가우시안 분포(Generalized Gaussian distribution)를 갖는다는 사실을 보여 주었다^[3,7]. 이는 대부분의 대역 특히 하위 계층의 고주파 대역일수록 중요계수가 많지 않으며 매우 넓은 동질 영역을 형성한다는 것을 의미한다. 이때, 기존의 문헌에서는 중요 계수를 주어진 문턱치보다 큰 계수의 의미로 사용되었지만 실제로는 영상 복원에 큰 영향을 미치는 계수로서 정의하는 것이 바람직하다. 단순히 값의 크기만으로 중요계수를 결정할 경우, 원 영상의 잡음(Noise) 성분도 웨이브렛 변환 대역에서는 중요계수로 판정될 확률이 커지기 때문이다. 본 논문에서 제안한 알고리즘은 이러한 특성을 충분히 고려하였고 웨이브렛 변환 대역에서의 중요계수는 원 영상에서의 에지성분과 밀접한 연관이 있다는 사실에 근거를 두고 있다^[3]. 에지 정보는 영상의 의미있는 정보를 제공할 뿐 아니라 시각적으로도 매우 중요한 역할을 한다. 웨이브렛 변환 후, 이러한 에지들은 중요계수로 검출되며 이러한 특성은 웨이브렛 트리의 하위대역에서도 명확하게 나타나게 된다.

III. 제안한 임베디드 부호화 시스템

본 절에서는 임베디드 부호화를 위한 새로운 알고리즘을 기술하였다. 알고리즘을 기술하기 이전에 전체적인 시스템 구성도를 살펴보기로 한다.

1. 시스템 개요

본 논문에서 제안한 시스템을 그림 2에 보였다. 먼저 주어진 영상을 일정한 계층으로 분할 한 후, 에지 검출 알고리즘을 LL 대역이라 불리는 최 상위 저주파 대역(The lowest frequency band)에 적용한다. 일반적으로 에지 검출 방식은 영상내에서 변화 정도가 일정 크기 이상인 화소점 또는 대역에서 에지를 찾아내며, 이러한 에지는 실제로 웨이브렛 대역에서 큰 계수값을 갖게된다. 이 알고리즘에 의해 얻어진 에지 영상(Edge image)과 최 상위 고주파 대역 - 그림 1에서 HL₃, LH₃, HH₃ -을 이용하여 중요계수를 판별한다. 즉, 최 상위 고주파 대역에서의 웨이브렛 계수가 주어진 문턱치 이상이고 에지 영상에서 같은 위치에 놓여진 성분이 에지점(Edge point) 이라면, 그 웨이브렛 계수를 중요계수로 정의한다. 이때, 이 계수를 뿌리노드(Root node)로 하는 계층적 트리를 구성하고 이 트리를 분류 벡터 양자화에 의해 부호화 하게 된다.

이때, 최상위 계층의 LL 대역은 영상 복원에 큰 영향을 미치기 때문에 무손실 압축 부호화방식인 비트플레인 런LENGTH 부호화(Bit-plane Run Length Coding)^[8] 방식을 적용하였다. 이 방식은 먼저 웨이브렛 대역의 계수들을 8개의 1 비트 평면으로 분할 한 후, 각 계수를 나타내는 이진 코드를 그레이 코드(Gray code)로 분할 하여 런의 길이를 보다 더 길게 나타낸다. 이러한 런은 서로 다른 길이의 '0'의 런에 알맞게 설계된 가변길이 부호책(Variable Length code Table: VLCT)을 이용하여 부호화 되며, 이 VLCT는 부호화 기나 복호화기에 저장될 필요가 없고 단지 복호화 될 때 참조만 된다. 길이가 N인 런값을 가진 VLCT는 $(2^{N-1} + N - 1)$ 과 $(2^N + N - 1)$ 사이의 런을 부호화 하는데 사용된다. 이러한 방법을 이용할 경우 임의 길이의 비트 평면에 사용가능하고 여러 가지 조건에서 엔트로피를 적절하게 조절할 수 있게 된다.

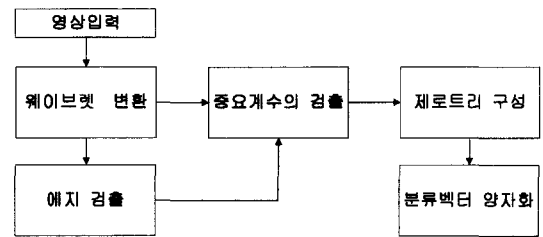


그림 2. 제안한 시스템 구성도
Fig. 2. The proposed system.

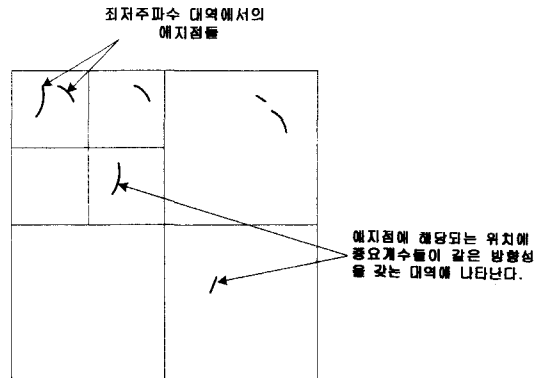


그림 3. 에지점과 중요계수와의 관계성
Fig. 3. The relationship between edge points and significant coefficients.

제안한 방식이 가능한 이유는 최 상위 고주파 대역에서의 중요계수의 좌표는 공간 영역에서 에지점의 좌표와 동일하다는 사실이 모의 실험과 기존의 문헌으로

부터 밝혀졌으며 또한 위에서 언급한 바와 같이 공간 영역에서의 에지는 웨이브렛 변환 후, 중요계수로 검출될 뿐 아니라 이 계수들은 같은 방향(수직, 수평, 대각)을 따라 나타난다는 사실에 기반을 두고 있다. 그림 3은 이러한 내용을 시각적으로 도식화 한 것이다.

기존의 방식인 EZW와 제안한 방식과의 가장 큰 차이점은 EZW에서는 중요계수가 아닌 노드에 대하여 계층 트리를 구성하는 반면 본 논문에서는 중요계수에 대한 트리를 구성한다는 것이다. 따라서 EZW는 중요 계수를 개별적인 전송이 이루어지며 제안한 알고리즘은 벡터 방식이 수행된다.

2. 제안한 알고리즘

알고리즘 기술에 필요한 몇 가지 파라미터를 정의하기로 한다. 계층 L의 서브밴드 D에서의 웨이브렛 계수를 $W_{L,D}(x,y)$, 리스트의 포인터를 t라 할 때, 중요 계수의 리스트를 $S_{L,D}(t)$, 잡음 또는 비 중요계수의 리스트를 $N_{L,D}(x,y)$ 그리고 최 저주파수 대역에서 얻은 에지 영상을 $E(x,y)$, 마지막으로 B_R 은 전송된 비트율, T_R 은 목적 비트율로 각각 정의한다. 제안한 알고리즘은 다음과 같다.

① Initialize the variables:

Set L to the highest layer
 Set n to an enough large value(> 5)
 Define T_R
 $D = \{HL, LH, HH\}$

② Significant coefficients extraction:

$t_1 = t_2 = 0$
 for all $W_{L,D}(x,y)$
 if $2^n \leq W_{L,D}(x,y) < 2^{n+1}$
 if $E(x,y)=edge_pixel$
 $S_{L,D}(t_1) = W_{L,D}(x,y)$
 // The list of Significant coefficients
 else
 $N_{L,D}(t_2) = W_{L,D}(x,y)$ // The list of
 Noise or non-significant coefficients
 end-if
 end-if
 end-for

③ Coding of significant coefficients:

Sort $S_{L,D}(t)$ by decreasing order
 $t_1 = t_2 = 0$
 for all $S_{L,D}(t_1)$
 Hierarchical_Tree_Construction
 CodeBook_Matching

Entropy_Coding // It can be skipped
 Transmit the result to the receiver
 Calculate B_R
 end-for

(주의) 모든 $S_{L,D}(t_1)$ 를 처리한 후, $N_{L,D}(t_2)$ 에 대해서도 ③을 반복 적용할 수 있다. 이에 대한 판단은 처리 시간 및 영상 복원 화질과 연관이 있다. 따라서 보다 빠른 시스템 구성과 낮은 비트율을 목적으로 한다면 이를 무시하는 것이 바람직하다.

④ Error compensation:

n n - 1
 if $B_R \geq T_R \parallel n < 0$ stop
 else goto ②

위의 알고리즘을 살펴보면 중요계수로서의 판별은 주어진 문턱치 보다 큰 계수 가운데 에지점과 일치하는 경우이다. 또한 n 값이 감소할수록 대부분의 계수들은 $N_{L,D}(t)$ 리스트에 더해지는 것을 알 수 있다. 이러한 이유는 공간 영역에서의 에지는 웨이브렛 변환 영역에서 큰 값을 갖는 중요계수로만 나타나기 때문이다. 최 상위 계층의 모든 중요계수에 대하여 계층적 트리(그림 4 참조)가 구성되어 분류벡터 양자화가 적용된다. 이에 대해서는 다음절에서 논의하기로 한다.

3. 계층적 트리구성과 분류벡터 양자화

일반적으로 분류벡터 양자화는 적용 대상이 되는 데이터들 사이에 분명한 차이점을 가지고 있을 때 좋은 결과를 나타낸다^[5]. 웨이브렛 계수들은 계층에 따라서 서로 다른 특성을 나타내는 바, 높은 계층일수록 보다 큰 분산값을 갖게된다. 본 논문에서는 이러한 특성을 고려하여 그림 4에 나타난 것과 같은 계층적 트리 및 부호책을 구성하였다.

전반적으로 시스템의 성능을 높이기 위해서는 중요 계수의 특성에 가장 적합한 부호책을 선택하여 정합이 수행되어야 할 것이다. 예를 들어, 그림 4의 계층 2에서 부호책 'A'가 계층 2의 2x2 블록 가운데 변화가 큰 블록을 이용하여 생성되었고 'B'는 변화가 작은 블록을 대상으로 생성되었을 때, 만일 어떤 블록의 분산 값이 상당히 크고 중요한 계수를 포함하고 있다면 부호책 정합은 부호책 'A'를 통해서 이루어지고 그렇지 않다면 부호책 'B'가 선택되어진다. 이러한 방식을 통해서 매우 적은 비트만으로도 많은 중요계수를 포함하고 있는 트리 전체를 전송하는 것이 가능하다. 보다

성능을 높이고자 한다면 엔트로피 부호화가 부호책의 정합 결과에 적용될 수 있다^[6]. 하지만 시스템의 처리 속도는 보다 지연될 것이다.

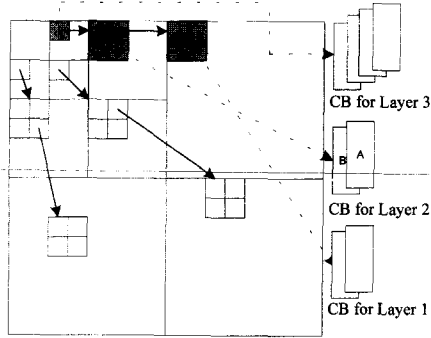


그림 4. 계층적 트리의 구성과 부호책 정합
Fig. 4. Construction of hierarchical tree and codebook matching.

본 논문에서는 최 상위 계층인 계층 3에 대하여 4개의 부호책을 준비하였고, 계층 2에 대해서는 2개, 계층 1에 대해서는 1개 혹은 2개를 이용하여 실험에 이용하였다. 계층이 높을수록 부호책의 수가 많은 이유는 높은 계층일수록 분산값이 커지며 계수간의 상관도가 낮아진다는 실험 결과에 따른 것이다. 따라서 같은 계층에 포함된 부호책이라 할지라도 이들은 서로 다른 통계적 특성을 갖게된다.

IV. 실험 결과 및 고찰



그림 5. 웨이브렛 분할된 Lenna영상에서의 중요계수
Fig. 5. The significant coefficients of wavelet decomposed Lenna image.

모의 실험은 256×256 해상도와 256 그레이 레벨을 갖는 Lenna 와 Cronkite 및 Barbara 영상을 대상으로 수행되었다. 특별히 Girl, Couple, 그리고

Pepper 영상이 부호책 생성을 위해 사용되었으며, 모든 영상은 Adelson의 5 tap QMF filter^[4]를 이용하여 3계층으로 분할되었다. 그림 5는 문턱치 32.0 보다 큰 값을 갖는 중요계수로 생각되는 웨이브렛 계수를 보인 것이다. 문턱치 값을 이와 같이 결정한 이유는 대부분의 영상이 32.0 이상의 큰 계수값은 전체의 1%미만(Lenna영상은 0.7%, Cronkite 영상은 0.3%)의 아주 적은 부분을 차지할 뿐 아니라 이러한 계수만을 이용하여 영상을 복원하여도 영상의 전체적인 특징을 복원할 수 있다는 실험 결과에 따른 것이다. 이 실험 결과는 그림 7에 나타내었다.

이미 언급한 바와 같이 같은 형태를 갖는 계수들이 같은 방향을 따라 반복적으로 나타나며, 이들의 대부분이 원 영상의 에지 형태를 나타냄을 알 수 있다. 이를 좀 더 실험적으로 증명하기 위하여 그림 6에서와 같이 최 상위 계층 3의 내용과 최 저주파수 대역에서 얻은 에지 영상을 비교하였다. 이를 통해서 중요계수는 영상의 에지와 상당 부분 일치하고 있다는 것을 파악할 수 있다.

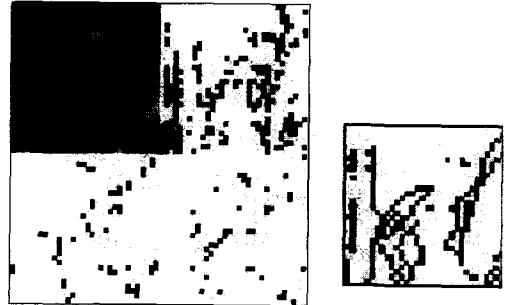


그림 6. (왼쪽) 최 상위 계층에서의 중요계수 (오른쪽) 최 저주파수 대역에서 얻은 에지 영상
Fig. 6. (Left) Significant coefficients at the highest layer (Right) Edge image generated from the lowest frequency subband.



그림 7. 중요계수만을 이용하여 복원된 영상
Fig. 7. The reconstructed images using only significant coefficients (Left) Lenna 0.038 bpp, PSNR 23.3dB (Right) Cronkite 0.016bpp, PSNR 28.4dB.

그림 7은 중요계수가 영상복원에 미치는 영향을 보여준다. 복원된 영상은 위 그림 6을 기반으로 에지점과 일치하면서 크기가 32 이상인 계수만을 이용한 것이다. 물론 복원된 영상은 상당한 왜곡 현상을 포함하고 있지만 영상의 전체적인 특성을 파악하는 데는 무리가 없으며 매우 낮은 비트율임을 감안할 때, 만족할 만한 결과이다.

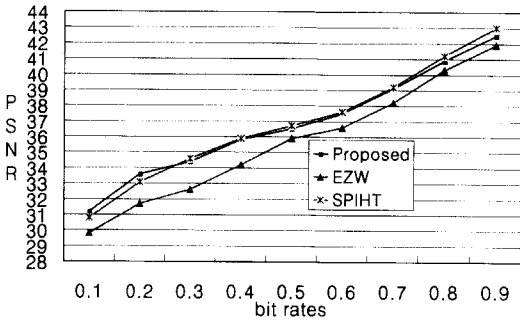


그림 8. Lenna 영상에 대하여 제안한 시스템과 기존 시스템의 비교

Fig. 8. The comparison of our system and conventional system with Lenna image.

그림 8에 제시한 것처럼 제안한 방법에 의한 실험 결과가 EZW와 같은 기존의 임베디드 방식에 비하여 우수하면서도 효율적임을 보였다. 이러한 이유는 제안한 알고리즘은 실제 영상 복원에 큰 영향을 미치는 중요계수만을 선별하여 벡터 방식에 의해서 적은 비트만으로도 이들을 많이 전송할 수 있기 때문이다.

실제적으로 21개의 계수를 포함하고 있는 하나의 계층적 트리를 전송하는데는 3개의 부호책 인덱스만을 필요로 하기 때문에 매우 낮은 비트율에서도 시각적으로 무리가 없는 복원 영상을 얻을 수 있다. 특히 주목할 만한 특징은 0.5 bpp 이하의 낮은 비트율에서 EZW 방식에 비하여 보다 두드러진 결과를 보여준다는 데 있다. 이러한 현상은 EZW 방식처럼 문턱치보다 큰 계수를 항상 중요계수로 간주하고 이를 스칼라 방식으로 전송할 경우 잡음 성분도 이에 포함될 수 있는 반면, 본 논문에서 제안한 방식은 문턱치 이상이면서 실제 영상 복원에 큰 영향을 미치는 계수만을 선별하여 전송할 뿐 아니라 이를 벡터 방식으로 전송하기 때문이다. 특히, 현재까지 제안된 방식 가운데 가장 우수한 방식으로 알려진 SPIHT와 비교하여 0.5 이하의 낮은 비트율에서 약간의 성능 향상을 보였지만, 0.5 이상에서는 좋은 결과를 얻을 수 없었다. 이러한 현상은

제한한 방식이 낮은 비트율에서 SPIHT 방식과 비교하여 영상 복원에 많은 영향을 미치는 웨이브렛 계수를 보다 많이 전송하는 반면, 비트율이 높아질수록 이러한 현상이 두드러지지 않기 때문인 것으로 해석된다.

그림 9는 다양한 비트율에서 복원된 Lenna, Cronkite, Barbara 영상을 나타낸 것이다. 0.1 bpp 정도의 낮은 비트율에서도 영상의 에지 부분이 비교적 명확히 복원되어 있음을 확인할 수 있으며, 이는 영상 내에서 에지 부분에 해당하는 중요계수를 먼저 전송하여 복원함으로써 얻어진 결과로 생각된다.

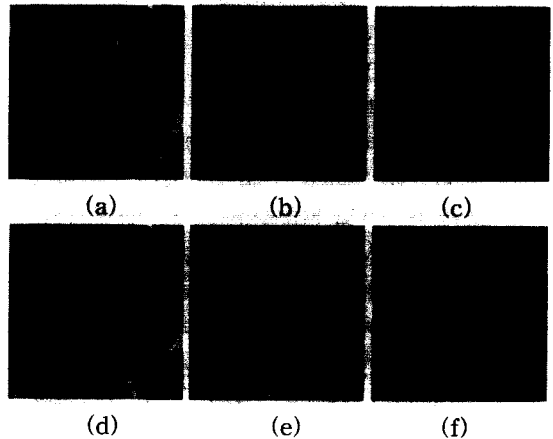


그림 9. 복원된 영상

Fig. 9. The reconstructed images (a)(d) Lenna 0.1bpp 31.2dB, 0.5bpp 36.5dB (b)(e) Cronkite 0.1bpp 33.4dB, 0.5bpp 42.3 dB (c)(f) Barbara 0.1bpp 28.5dB, 0.5bpp 33.4 dB.

V. 결론

본 논문에서는 웨이브렛 변환 대역에서 임베디드 부호화를 위한 새로운 알고리즘을 제안하였다. 이 기법은 공간 영역에서 영상의 중요한 특성을 제공하는 에지 정보가 웨이브렛 변환 영역에서 중요 계수로 나타난다는 기본 개념에 기반을 두고 있다. 제안한 방식은 알고리즘이 단순할 뿐 아니라 기존의 방식에 비하여 효율적인 결과를 얻을 수 있다는 장점을 가지고 있다. 이러한 장점에도 불구하고 고려해야 할 몇 가지 요소가 있는바, 에지 검출에 소요되는 시간과 부호책 생성에 따른 시스템의 복잡도이다. 이 가운데 에지 검출은 최 저주파수 대역의 크기가 매우 작을 뿐 아니라 전처리(pre-processing) 과정에서 처리되기 때문에 큰 문제가 되지 않는다. 하지만 벡터 부호화 방식이 갖는

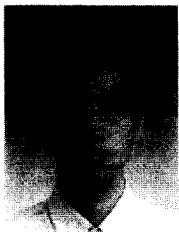
최대 단점인 부호채 생성에 걸리는 시간적인 요소에
 이에 따른 시스템의 복잡성이 문제시 된다. 이러한 문
 제는 향후 좀 더 보완되어야 할 것으로 생각된다. 제
 안한 시스템은 영상의 전체적인 특성을 나타내는 에지
 를 이용한다는 측면에서 영상 데이터베이스 분야와 같
 이 영상 정보를 이용하는 분야에 효율적인 적용이 가
 능할 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

[1] J.M. Shapiro, "Embedded image coding using zerotree of wavelet coefficients," IEEE Trans. Signal Processing, vol. 41, no. 12, pp.3445-3462, Dec., 1993.
 [2] Amir Said, W.A. Pearlman, "A new fast and efficient image codec based on set partitioning in hierarchical trees," IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Tech., vol. 6, June 1996.
 [3] B.Zhu, A.H. Tewfik, O.N.Gerek, "Image coding with mixed representations and visual masking", ICASSP95, pp. 2327-

2330, 1995.
 [4] E.H. Adelson, "Orthogonal pyramid transform for image coding," In Proc. SPIE, vol. 845, pp.50-58, Cambridge, MA, October 1987.
 [5] B.Ramamurthi and A.Gersho, "Classified vector quantization of images," IEEE Trans. on Comm., vol. COM-34, no. 11, pp.1105-1115, Nov., 1986.
 [6] P.A. Chou, T. Lookabaugh, and R.M. Gray, "Entropy-constrained vector quantization," IEEE Trans. on ASSP., vol.37, no.1, pp.31-42, 1989.
 [7] T.W. Ryan, L.D. Sanders, H.D. Fisher, and A.E. Iverson, "Image Compression by Texture Modeling in the Wavelet Domain," IEEE Trans. on Image Processing, vol.5, no.1, Jan., 1996.
 [8] Kwong H. Goh, John J. Sorghan and Tariq S. Durrani, "Multi-resolution Based Algorithm for Low Bit-Rate Image Coding," Proc. of IEEE ICIP 94, pp. 285-289, 1994.

저 자 소 개



朴正鎬(正會員)

1988년 3월 ~ 1991년 8월 전북대학교 컴퓨터공학과 학사. 1992년 3월 ~ 1994년 2월 전북대학교 컴퓨터공학과 석사. 1994년 3월 ~ 1996년 2월 전북대학교 컴퓨터공학과 박사수료. 1994년 3월 ~ 현재 대한전

자공학과 정회원. 1997년 4월 ~ 현재 전북대학교 전자계산소 연구조교

郭勳星(正會員)

1968년 3월 ~ 1971년 2월 전북대학교 전자공학과 학사. 1972년 3월 ~ 1975년 2월 전북대학교 전자공학과 석사. 1976년 3월 ~ 1980년 2월 전북대학교 전자공학과 박사. 1989년 1월 ~ 1990년 12월 대한전자공학회 전북지부장. 1991년 1월 ~ 1993년 5월 미국 텍사스 대학교 교환교수. 1993년 10월 ~ 1994년 10월 전북대학교 전자계산소 소장. 1996년 10월 ~ 1998년 11월 전북대학교 영상특성화 사업단 단장. 1978년 4월 ~ 현재 전북대학교 전자정보공학과 교수

崔在虎(正會員)

1985년 미 노스캐롤라이나 주립대학교(NCSU) 전자공학 공학학사. 1988년 미 노스캐롤라이나 주립대학교(NCSU) 전자공학 공학석사. 1993년 미 노스캐롤라이나 주립대학교(NCSU) 컴퓨터공학 공학박사. 1990년 ~ 1993년 미 리서치 트라이앵글 연구소 시스템공학 연구센터 연구원. 1997년 ~ 1998년 한국 전자통신연구소 전송연구실 초빙연구교수. 1994년 ~ 현재 전북대학교 전자정보공학과 조교수