

웨이브렛 계수 특성을 이용한 점진적 영상 부호화 (A Progressive Image Coding by Wavelet Coefficient Property)

장 윤 업*
(Yoon-Up Jang)

요 약

본 논문에서는 DWT기반의 점진적 영상부호화를 위한 알고리즘 기법을 제안해보고자 한다. DWT와 에지부분을 추출하고 확장된 EZW 알고리즘을 이용하여 기존의 Embedded Coding 보다 효과적인 부호화 방법을 설계해 보았다. 일반적으로 에지 부분은 원 영상을 복원하는데 있어 매우 중요한 역할을 하게 된다. 영상에 대해 DWT를 거치게 되면 계수들은 중요계수와 비중요계수 두가지의 그룹으로 분류할 수 있다. 본 논문에서는 에지 부분이 영상에서는 중요계수처럼 나타난다는 것을 이용하였다. 특히 DWT 영상에서는 방향성에 의해서 고주파 부대역에서 이러한 특성이 그대로 나타난다는 것을 확인할 수 있다. 또한 Embedded Coding에서 중요계수처럼 영상을 복원하는데 중요한 정보들은 전송순서에서 보다 우선순위를 가지게 된다. 따라서 본 논문에서 제안하려는 시스템은 영상의 점진적 전송이 요구되는 응용분야에 효과적으로 이용될 수 있을것으로 기대할 수 있을 것이다.

ABSTRACT

The algorithm method for progressive image coding based on discrete wavelet transform presented in a paper. After discrete wavelet transform and extract edge information through edge detection, and then designed efficient coding method more then established embedded coding algorithm using expanded EZW algorithm. Generally, edges have a relatively higher influence on image reconstruction. Occurred DWT on image, and can classify significant coefficients and non-significant coefficients. Using property that edge part has appeared significant coefficient in the paper. Especially, we confirmed that higher frequency sub region on DWT image present homogenous direction property. And on embedded coding, which are effective and well-directed information have higher priority to image reconstruction on transmission. Therefore, our technique algorithm system perform better than that of the conventional method such as progressive image coding application.

* 정회원 : 인천교육대학교 정보화지원센터 전임강사

1. 서론

최근 멀티미디어 정보의 활용이 높아지면서 사진, 동영상 등의 영상정보의 활용도가 크게 증가하고 있다. 이들 정보중에서 영상정보는 비중이 매우 높기 때문에 자료를 전송하거나 저장할 때 이를 효과적으로 처리하기 위한 기법의 연구들이 활발하게 진행되고 있다.

일반적으로 영상정보는 특성상 중복성을 지니고 있다. 그래서 이 특성을 이용하면 보다 적은 정보를 가지고도 영상을 효과적으로 표현할 수 있게 된다 [1]. 고전적으로 이용되어 왔던 영상 압축 알고리즘은 주파수대역으로 변환하여 양자화 등을 통하여 압축효과를 얻는 알고리즘들이 많이 개발되어 왔다. 현재 가장 널리 쓰이고 있는 변환 방식은 DCT기반과 DWT기반의 방식들이다. 그동안 DCT기반의 영상압축이 표준안으로 제정되어 왔지만 이것은 블록단위의 압축 방법이기 때문에 블록화 현상을 일으키게 된다[2]. 그래서 최근 들어 신호처리분야에서 각광을 받고 있는 것이 DWT 기반의 응용분야들이다. 특히 DWT는 영상을 다해상도로 표현하여 복잡한 영상 등 다양한 영상들에 적용할 수 있는 적응적인 특성이 강하여 많은 연구가 진행되어 오고 있으며 [3][4], DWT를 이용하면 주파수 영역과 공간 영역 모두에서 에너지를 압축할 수 있고 DWT 영상에서 에지부분은 시각적으로 매우 중요하지만 계수값은 비중은 매우 적게 차지하고 있다[5].

DWT에 의한 효과적인 영상압축 방법중 대표적인 것이 Shapiro가 제안했던 EZW 방법이다. 이 방법은 에지의 위치를 효과적으로 부호화할 수 있고, 웨이블릿 중요 트리형태로 Threshold 값을 감소시키는 열을 제공하는 것을 반복하는 형태로 코딩을 하게 된다. 그러나 코딩을 하는데 있어 계산량이 많기 때문에 시간이 많이 걸리는 단점을 가지고 있다[6].

본 논문에서 제안하고자 하려는 알고리즘은 EZW 알고리즘의 원리를 확장한 것이라 할 수 있으며, 개발된 시스템이 종래의 알고리즘보다 효과가 있음을 알아보고 실제적으로 적용할 수 있는지의 가능성을 고찰해보고자 한다.

이러한 DWT기반의 영상압축 기법은 다양한 멀티미디어 정보를 다루는 표준인 MPEG 등, 차세대 영상압축의 핵심기술로써 이용될 가능성이 점점 높아

지고 있는 추세이다[7].

2. 배경 및 원리

점진적 영상 부호화라는 것은 연속적으로 정보량을 점차적으로 증가시켜가면서 원영상에 접근해 가는 방법이다. 부호화가 계속 진행되면서 영상은 더욱 정밀한 해상도에 이르게 되는 것으로 흔히 Embedded Coding에서 찾아 볼 수 있다.

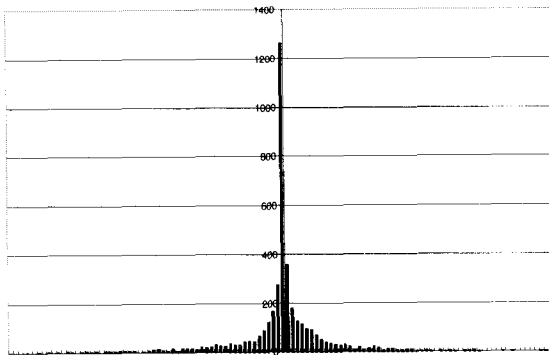
DWT 영상에서 가장 많이 사용되는 Embedded Coding 방법은 EZW이다. 이것은 Threshold 값을 연속적으로 감소시키는 방법을 사용하게 된다. 그리고 그 값을 각 픽셀값과 비교한다. 만약에 픽셀값의 크기가 Threshold 값보다 크다면 중요계수라 부르고 그렇지 않은 경우에는 비중요계수라고 부른다. EZW는 매우 낮은 비트율의 영상부호화에 주로 이용되는데 대부분의 서브트리의 값이 zero가 되는 성질을 가지고 있다. 이러한 원리는 영상을 압축하는데 있어 효과를 촉진시키는 역할을 하게 된다. EZW의 경우에는 아주 빠른 전송이나 응답을 요구하는 분야를 제외한다면 영상 압축 분야에서 많이 응용할 수 있다는 특징을 가지고 있다.

웨이블릿 변환 영상은 계층적인 트리구조로써 최고주파 영역의 영상은 상대적으로 변화가 없는 영역이기 때문에 통계적으로 보면 원영상을 복원하는데 미치는 영향이 극히 낮다고 볼 수 있다. 최저주파 영역의 영상은 복원을 하는데 있어 매우 중요한 정보들이 포함되어 있는 영역으로 웨이블릿 영상의 특성상 하위대역에 적용할 수 있는 방향성을 지니고 있다[8]. 따라서 이러한 특성들을 잘 고려하면 효과적으로 영상을 압축할 수 있게 된다.

DWT를 통하여 영상을 다해상으로 분해하게 되면 변환대역의 계수를 사이의 상관도는 원영상에서보다 작아지게 된다. DWT 대역의 특성에 대해 살펴보면, 영상을 DWT를 통하여 다해상으로 분해하게 되면 각 대역은 원영상에 비하여 분산값이 현저하게 줄어들게 된다. 이것은 변환대역에서 계수들 사이의 상관도가 원영상에서보다 작아졌다는 것을 의미하기도 한다. 이러한 특성을 이용하면 소량의 정보만으로도 높은 압축효과를 얻을 수 있으며, 코딩을 하기에 매우 능률적이고 적용하기가 쉬워지게 된다[9].

또한 계수들의 분포를 살펴보면 가우시안 분포를 이루고 있는데, 이것은 최저주파 대역에서는 높은 계수치들의 수가 적지 않다는 것과 최고주파 대역에서는 동질영역이 많이 분포되어 있다는 것을 나타낸다. 이러한 특성을 알아보기 위해서 <그림 1>과 같이 DWT 영상에 대하여 계수분포를 알아 보았다. 그림에서 보는바와 같이 웨이브렛 계수들의 분포는 평균값이 거의 0에 가까운 일반적인 가우시안 분포를 이루고 있다는 것을 쉽게 알 수 있다.

여기에서 계수값이 큰 것들은 중요계수로써 어떠한 Threshold 값보다 큰 것들이다. 그 값들은 영상에서 에지부분과 매우 관련성이 많으며, 영상의 특징적인 의미를 가지고 있다. DWT를 통해서 중요계수와 함께 에지부분을 검출하여 이를 명확하게 표현할 수 있게 된다.

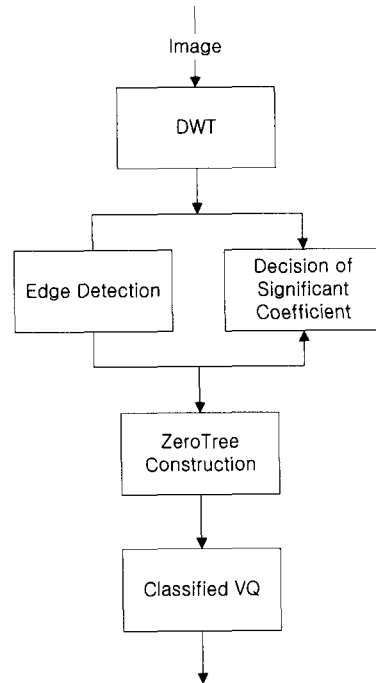


[그림 1] DWT 영상의 계수분포(Lenna)
[Fig. 1] Distribution of the DWT Image(Lenna)

3. 부호화 시스템 설계

3.1 시스템 개요

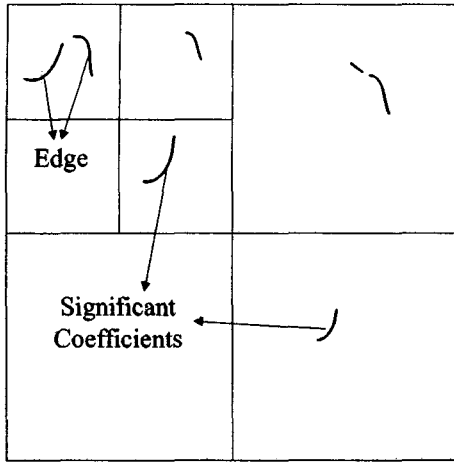
본 논문에서 제안하려는 부호화 시스템의 구성도를 [그림 2]에 나타내 보았다.



[그림 2] 부호화 시스템 구성도
[Fig. 2] Diagram of the System

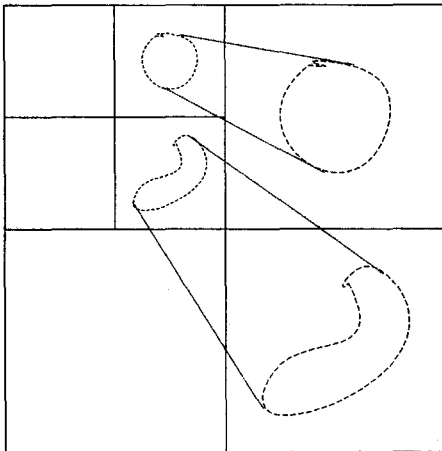
먼저 입력된 영상을 DWT를 통해서 분해한다. 그 다음 LL대역이라 불리는 저주파 대역에서 에지를 검출해 낸다. 이와 함께 저주파 대역을 제외한 나머지 고주파 대역에서는 저주파 대역에서 검출된 에지 영상을 가지고 중요계수들을 검출하게 된다. 이때 root노드는 중요계수로 구성되며, 이 트리는 Classified Vector Quantizer에 의해서 코딩을 하게 된다.

여기에서 고주파대역의 중요계수는 저주파 대역의 에지점과 매우 유사하다는 것을 발견할 수 있다. 기존의 연구 등을 살펴보면 영상에서 에지는 중요계수처럼 검출된다는 것을 알 수 있다. 이러한 특성을 [그림 3]에서 잘 파악할 수 있을 것이다.



[그림 3] 에지와 중요계수와의 관계
 [Fig. 3] Relations between Edge and Significant Coefficients

이러한 것은 DWT 영상의 특성상 최저주파대역에서 최고주파대역으로 반복되는 방향성 때문에 이러한 특성을 매우 뚜렷하게 나타낸다. <그림 4>에서 이러한 특성을 보여주고 있다.



[그림 4] DWT 영상의 방향성
 [Fig. 4] Direction of the DWT Image

3.2 알고리즘

다음의 처리과정은 본 논문에서 제안하고자 하는

시스템에 대한 알고리즘의 각 단계를 나타내 본 것이다.

① 초기화

L ← the highest layer
 n ← an enough large value
 D = {HL, LH, HH}

② 중요계수 추출

$t_s = 0$
 $t_n = 0$
 for all $W_{L,D}(x,y)$
 if $2^n \leq W_{L,D}(x,y) < 2^{n+1}$
 if $E(x,y) = \text{edge}$
 $S_{L,D}(t_s) = W_{L,D}(x,y)$
 else
 $N_{L,D}(t_n) = W_{L,D}(x,y)$

③ 중요계수 부호화

Sort $S_{L,D}(x,y)$ by decreasing order
 $t_s = 0$
 $t_n = 0$
 for all $S_{L,D}(t_s)$
 Hierarchical Tree Construction
 Code Book Matching
 Entropy Coding
 Transmit the Result
 for all $N_{L,D}(t_n)$
 Hierarchical Tree Construction
 Code Book Matching
 Entropy Coding
 Transmit the Result

④ 에러 보정

$n = n + 1$
 if $B_R \geq T_R$ or $n < 0$ stop
 else goto ②

여기에서 $W_{L,D}(x,y)$ 와 함께 L계층에서 부대역 D의 계수들에 대해 비교한 다음 중요계수의 경우에는 $S_{L,D}(x,y)$ 에, 비중요계수의 경우에는 $N_{L,D}(x,y)$ 에 각각 순서를 지정하였다. 여기에서 $E(x,y)$ 는 저주파 부대

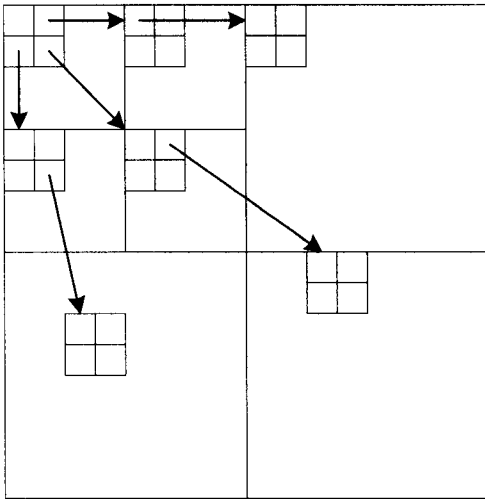
역의 에지영상은 표시한 것이다. B_R 은 전송된 비트율을 나타내고, T_R 은 목표 비트율을 나타낸 것이다. 에지영상의 경우 저주파 부대역에서 얻을 수 있으며, 부호책은 전처리과정을 통해서 얻을 수 있게 된다.

위 알고리즘에서 처리시간을 단축시키고자 한다면 ③ 부분을 생략하고 건너뛸 수도 있다. 그렇지만 보다 좋은 복원 화질을 얻기 위해서는 위의 과정을 거쳐야 한다. $N_{L,b}(t)$ 의 경우에는 $S_{L,b}(t)$ 에서 처럼 정렬 과정을 필요로 하지 않는다.

이 알고리즘에서는 에지와 일치하고 있는 계수들을 중요계수와 같이 고려해 주어야 한다. 변수 n 을 감소시키면 계수에는 잡음이 부가되는데, 이러한 것은 에지영역이 DWT 영상에서는 중요계수로 나타나기 때문이다.

3.3 계층적 트리와 양자화

일반적으로 CVQ(Classified Vector Quantization)은 DWT 영상의 계수들은 계층에 따라 아주 다른 특성을 가지게 된다. 저주파 대역일수록 중요계수의 비중이 더욱 높게 차지하며 각 대역들의 분산값은 서로 다르게 나타난다. 이러한 특성을 고려하여 코드를 설계할 수 있으며, [그림 5]를 통하여 이러한 특성을 나타내어 보았다.



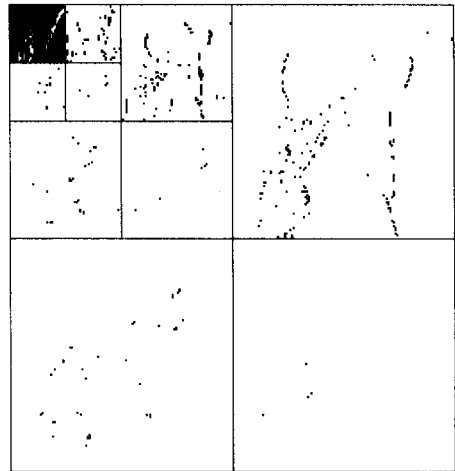
[그림 5] 계층트리의 구성

[Fig. 5] Hierarchical Tree Construction

여기에서 중요계수의 특성에 따라 코드북을 만들어야 될 것이다. 예를 들어 2계층에서 2×2 블럭에 중요계수가 포함되어 있고 큰 분산값을 갖는다면 대략 어느 코드북에 맞출 수 있을것인가를 알 수 있을 것이다. 이러한 방법은 적은 비트로 많은 중요계수들을 포함하고 있는 트리들을 전송할 수 있다. 엔트로피 부호화에서는 코드북에서 얻어진 인덱스 값을 적용할 수도 있는데, 이 경우에는 비트전송율을 감소시킬 수 는 있겠지만 시스템의 속도가 저하될 것이다.

4. 시뮬레이션

본 논문에서 제안하고자 하는 시스템의 성능을 알아보기 위해서 시뮬레이션을 실시해 보았다. 시뮬레이션 영상으로는 8bit gray level을 가지는 표준 Lenna 영상을 사용하였다. 그리고 코드북을 제작하는데에는 Gril, Couple, Pepper 영상을 사용하였다. 시뮬레이션 영상에 대한 DWT를 위해서 Adeson의 5 Tap QMF 필터를 사용하였다[10].



[그림 6] DWT 영상에서 중요계수들의 위치

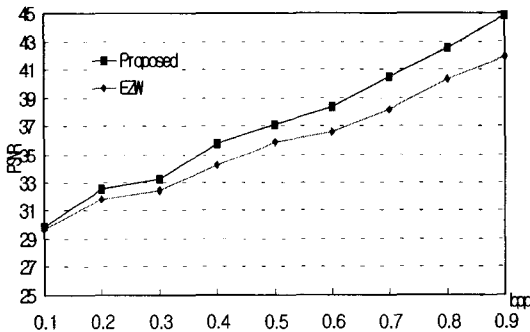
[Fig. 6] Position of Significant Coefficients in the DWT Image

[그림 6]은 Lenna 영상에 대해 Threshold 값을 16이상으로 하여 그보다 큰 중요계수들을 포함하고 있는 DWT 영상이다.

우리가 예상했던 것처럼 모든 대역에 걸쳐 같은 특성이 나타나고 있다는 것을 알 수 있으며, 대부분의 계수들이 원영상의 모양과 유사하다. 여기에서 에지부분과 일치하지 않는 중요계수의 경우에는 잡음 영상이거나 영상의 복원에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 간주하도록 하였다.

시뮬레이션 결과 제안하고자 하는 시스템이 기존의 EZW 같은 Embedded Coding 방법보다 뛰어나다는 것을 알 수 있다. 그러므로 제안된 알고리즘을 이용하면 보다 적은 비트를 가지고도 더 많은 정보를 보낼 수 있다는 것이다.

[그림 7]에 나타난 결과는 Lenna 영상을 가지고 시뮬레이션을 한 결과를 EZW와 비교한 것이다.



[그림 7] EZW와의 결과 비교

[Fig. 7] Compare to EZW

이 결과는 원영상의 크기나 DWT 필터 등의 요인에 따라서 변할 수도 있게 된다. 그러나 제안한 알고리즘이 기존의 Embedded 시스템과 마찬가지로 적용가능성이 있다는 것을 나타내 주고 있다.

[그림 8]은 제안된 알고리즘을 통하여 얻어진 복원 영상으로써, 비트율은 0.1bpp이고 화질은 29.9dB 이고, [그림 9]는 0.5bpp의 비트율에 37.1dB의 화질을 갖는다.



[그림 8] 복원 영상

[Fig. 8] Reconstruction Image

(0.1bpp, 29.9dB)



[그림 9] 복원 영상

[Fig. 9] Reconstruction Image

(0.5bpp, 37.1dB)

여기에서 복원된 영상의 평가기준에는 일반적으로 널리 쓰이고 있는 평균 지승 오차에 의한 객관적 영상 화질 평가방법인 PSNR[11]을 이용하였다.

5. 결론

본 논문에서는 DWT를 통한 변환대역의 특성을 이용하여 새로운 Embedded Coding 방법을 제안해 보았으며, 원영상에서의 에지부분은 DWT 변환 영상에서는 중요계수로 나타나게 된다는 원리를 이용한 것이다.

여기에서 제안하고자 했던 알고리즘은 무척 간단하지만 기존의 Embedded 시스템과 비교하였을 때 성능이 매우 우수하다는 가능성을 확인하였다. 그러나 이러한 장점에도 불구하고 이 시스템을 실시간 응답을 필요로 하는 분야에 적용하는 것은 다소 장애요인이 있을 수도 있다. 왜냐하면 제안 알고리즘에서는 저주파 부대역에서 에지부분을 찾아내야 하고 코드북을 생성하는 과정을 거쳐야 하기 때문이다. 그렇지만 코드북의 경우에는 전처리과정을 거치게 되면 만들어 낼 수 있기 때문에 큰 문제가 되지 않을 것으로 예상된다. 또한 에지를 검출하는 데는 해상도가 낮은 부대역에서 이루어지기 때문에 충분히 극복할 수 있을 것으로 여겨진다.

※ 참고 문헌

- [1] M. Rabbani, P. W. Jones, Digital Image Compression Techniques. SPIE Press., Bellingham, Wash, 1991.
- [2] G. K. Wallace, The JPEG still picture compression standard. Comm. of ACM, vol 34, no. 4, pp. 30-44, 1991.
- [3] S. Mallat, Multiresolution approximations wavelet orthonormal bases of $L_2(\mathbb{R})$, Trans. Amer. Math. Soc., vol. 315, pp. 69-87, Sep, 1989.
- [4] I. Daubechies, The wavelet transform, time-frequency localization and signal analysis. IEEE Trans. Inform Th., vol. 36, no. 5, pp. 961-1005, Sep, 1990.
- [5] B. Zhu, A. H. Tewfik, O. N. Gerek, Image Coding with Mixed Representations and Visual Masking, ICASSP '95, pp. 2327-2330, 1995.
- [6] J. M. Shapiro, Embedded Image Coding using Zerotree of Wavelet Coefficients, IEEE Trans. Signal Processing, vol. 41, no. 12, pp. 3445-3462, Dec, 1993.
- [7] Committee Draft for MPEG-4. Swiss, 1997.
- [8] A. Said, W. A. Pearlman, A new fast and efficient image codec based on set partitioning in hierarchical trees, IEEE Trans. Circuit and Systems for Video Tech, vol. 6, pp. 243-250, June, 1996.
- [9] J. H. Park, B. H. Hwang, J. H. Choi and H. S. Kwak, Image Compression by Texture Modeling of Wavelet Coefficients. Proc. of ICSPAT '97, vol. 2, pp. 1208-1212, Sep, 1997.
- [10] E. H. Adelson, Orthogonal Pyramid Transform for Image Coding, In Proc. SPIE, vol. 845, pp. 50-58, Cambridge, MA, Oct, 1987.
- [11] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, Digital Image Processing, Mass., Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1992.

장 윤 업



1997년 2월 : 호원대학교 공과

대학 컴퓨터공학과 학사졸업

1999년 2월 : 전북대학교 대학

원 컴퓨터공학과 석사졸업

2000년 8월 - 현재 : 연세대학

교 대학원 전기전자공학과

박사수료

1999년 5월 - 2000년 12월 : 한

국보건산업진흥원 산업정보

단 연구원