

제로트리를 이용한 웨이블릿 기반 영상 부호화 설계

지연숙[°], 변혜란, 유지상*
 연세대학교 컴퓨터과학과, 광운대학교 전자공학과*

Wavelet Based Image Coding Design Using Zerotree

Yeonsook Chi[°], Hyeran Byun, Jisang Yoo*

Dept. of Computer Science, Yonsei Univ., Dept. of Electrical Engineering, Kwanwoon Univ.*

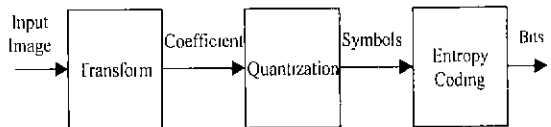
요 약

웨이블릿 변환을 사용한 영상은 인간의 시각체계(HVS)에 적절한 양자와 및 부호화를 위한 계층적 구조를 제공한다. 인간의 시각이 민감하게 감지하는 부분을 더 정확하게 부호화 하고, 그렇지 못한 부분에서는 적절한 정보의 손실을 허용하는 원리를 이상적으로 적용할 수 있다. 이런 웨이블릿 변환영상의 통계적 특성을 이용한 제로트리 부호화 기법은 중요한 영상계수를 선별하여 영상전체에서 의미있는 계수를 순서대로 부호화 함으로써 메인 파일(Embedded File)을 생성한다. 본 연구에서는 제로트리 부호화 과정에서 불확실 구간(Uncertainty Interval)에서 발생하는 오차(Error)를 줄이기 위하여 LBG(Linde Bute Gray) 알고리즘을 도입하여 최적의 오차 코드북을 생성한 후 복원시 사용함으로써 결과의 향상을 보였다. 오차교정(Error Correction)은 EZW(Embedded Zerotree Wavelet) 부호화 과정에서 손실되기 쉬운 고주파수 밴드에 적용하여 복원시 영상의 사세인(detail) 성분을 살리는데 효과적이었다. JPEG과 같은 DCT 기반 영상압축 결과에 비하여 화질에서 더 좋은 성능을 보였으며, DCT 특유의 블록화 현상도 제거되었다.

1. 서론

멀티미디어 시대의 핵심 기술중 하나인 영상 압축은 고화질, 고압축으로 인한 빠른 전송을 가능하게 할 뿐 아니라 저장 미디어로서의 중요성도 동시에 가지고 있다. 기존의 영상압축기법에서 주로 사용되어온 DCT 변환은 영상을 일정한 크기의 블록으로 잘라 변환하기 때문에 압축율이 높아지게 되면 블록화 현상을 보이게 되고 영상의 질이 현저하게 저하되는 결과를 가져온다. DCT 변환을 기반으로 사용하는 JPEG은 변형 자체가 가지는 결점을 가지고 있다. 웨이블릿 변환은 시간과 주파수 영역에서 동시에 정확한 위치 정보와 주파수 정보를 표현함으로써, 영상 압축을 위한 편리한 영상의 계층적 구조를 제공한다. 웨이블릿 변환은 이미 영상 분석을 위한 유용한 도구로 사용되고 있으며 JPEG-2000 에서도 웨이블릿 변환을 기반으로 하는 인코더 활발히 진행되고 있다. 최근 2-D 정지영상에서, 웨이블릿 영상 계수를 효과적으로 부호화 하기 위한 제로트리(Zerotree) 기법은 상당히 좋은 결과를 보여주었다[4]. 본 논문에서는 Shapiro가 제안한 제로트리 기법과 배티 양자화기법(LBG Algorithm)을 분할된 영상의 특성에 따라 기가 적용함으로써 결과가 향상되었다.

영상 정보 압축을 위한 효과적인 구조를 제공한다. 변환후의 영상 정보는 무손실이며 양자화 과정에서 모든 중요하지 않은 영상 정보를 가능한 줄여 마지막 단계인 엔트로피 부호화 과정에서 무손실로 부호화 하는 과정으로 크게 분류된다. 엔트로피 과정은 전체 영상 압축율에 크게 기여하지 못하는 반면, 양자화 과정은 고압축을 위한 중요한 과정이다[3][5]. 본 연구에서는 두 가지의 양자화 기법을 도입하여 고압축율에서 고화질의 영상을 복원하였다.



2. 이산 웨이블릿 변환

$L^2(R)$ 에서 모든 신호는 다음과 같은 형태의 급수로 표현될 수 있다.

$$f(t) = \sum_{j,k} a_{j,k} \Psi_{j,k}(t) \quad (1)$$

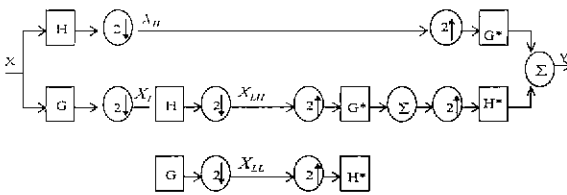
일반적으로 영상압축은 3단계로 거쳐 압축된 형태의 파일을 생성한다. 첫단계로써, 웨이블릿 변환은 샘플간의 상관관계를 제거함으로써

여기서 $\Psi_{j,k}(t)$ 는 wavelet expansion 함수이고, 2-D 계수들의 집합 $a_{j,k}$ 를 $f(t)$ 의 discrete wavelet transform (DWT) 이라 한다 $f(t)$ 는 DWT의 역함수이다 계수 $a_{j,k}$ 는 내적을 사용하여 계산할 수 있다[2][6].

$$f(t) = \sum_{j,k} \langle \Psi_{j,k}(t), f(t) \rangle \Psi_{j,k}(t) \quad (2)$$

입력 신호 x 는 저주파수, 고주파수 분식 필터인 G 와 H 사용하여 영상을 분해할 수 있는데, 첫 번째 레벨에서 x_L 와 x_H 의 신호로 분해되며, 저주파수를 다시 같은 방식으로 반복하여 분해한다. 분해된 신호는 저주파수, 고주파수 합성필터 G^* 와 H^* 를 사용하여 완벽하게 복원해낼 수 있고, 입력신호 x 와 출력신호 y 가 같게된다[2][6]

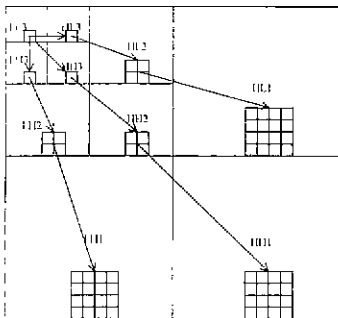
$$x = y \quad (3)$$



[그림 2] 신호의 분해 및 합성

3. 제로트리 코딩

웨이브렛 변환된 영상은 압축하기에 편리한 계층적 구조를 갖는다. 높은 레벨에는 저주파수 성분이 그리고 낮은 레벨에서는 고주파수 성분이 나타난다. 분해된 영상중 HL 밴드는 영상의 세로 성분이 LH 밴드는 영상의 가로성분, HH 밴드는 대각선성분으로 나뉘어진다. 이런 변환된 영상에서는 웨이브렛 변환만이 가진 계수들의 통계적 특성을 갖는다[4][5] 저주파수 밴드에서 어떤 계수가 임계값 보다 작으면 전체영상에서 중요한 의미를 갖지 않고, 분해영상에서 같은 방향, 같은 위치에 해당하는 계수들도 함께 중요한 의미를 갖지 않는다 [1][4] 이런 특성을 대간계로 다음과 같은 형태의 제로트리를 구성할 수 있다



[그림 3] 웨이브렛 변환후 제로트리 구조

제로트리 구조는 중요한 의미를 갖지 않는 계수를 한꺼번에 구조적으로 부호화 할 수 있는 효율적인 기법으로 Shapiro 에 의해서 제안되었다. 제로트리의 구조는 'Parent-Children' 관계를 갖으며, 부호화 과정은 Dominant Pass 와 Subordinate Pass 로 나뉜다 Dominant Pass 에서는 중요한 계수를 각 임계값을 기준으로 가려내고, Subordinate Pass 에서는 계수의 크기(Magnitude)에 따른 중요도 순서로 계수를 정렬하여 매입 파일(Embedded File)을 생성한다 Dominant Pass 에서 사용된 영상 심볼은 5 종류 1) Positive(POS), 2) Negative(NEG) 3), Isolated Zero Tree(IZT) 4), Zero Tree Root(ZTR), 5) Zero Tree Coefficient(ZTC)로 표현할 수 있으며 이중 1) 과 2) 심볼만 의미있는 심볼로 간주하여 Subordinate Pass 에서 정렬된다

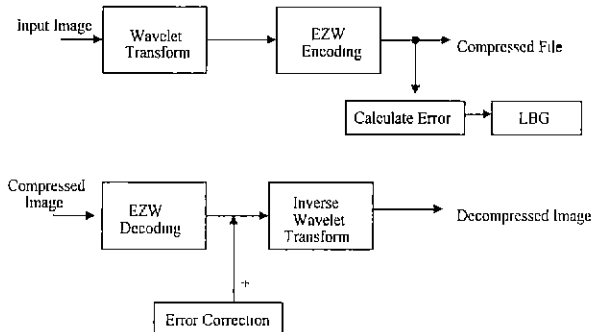
4. LBG(Linde Bute Gray) Algorithm

주로 벡터 양자화에서 일반적으로 사용되는 알고리즘으로 최적의 코드북을 생성함으로써 영상을 최상의 상태로 복원하기 위하여 사용된다. 벡터 양자화는 압축, 복원하기 위하여 압축된 파일과 코드북이라는 또 다른형태의 정보가 필요하다 이런 벡터 양자화는 최적의 코드북 생성시 상당히 좋은 결과를 보여주고 주로 같은 패턴이 많이 있는 영상에서 효과적이다

5. 제안 방법

본 연구에서는 EZW(Embedded Zerotree Wavelet)의 효과적인 양자화 기법 적용후 LBG 알고리즘을 이용한 오차 교정(Error Correction)으로 EZW에서의 불확실 구간으로 인한 차이를 줄임으로써 복원 영상의 화질을 높였다 EZW 부호화 과정은 각 반복마다 임계치를 반씩 줄임으로써 불확실 구간을 임계치간의 넓이 만큼 줄일 수 있다[4] 그러나 어느 정도로 임계치가 낮아지면 부호화 해야하는 웨이브렛 계수가 많아지기 때문에 일정한 값이하에서는 부적절한 경우가 발생된다 EZW 적용후 불확실 구간에서의 오차를 측정하여 LBG 알고리즘으로 벡터 양자화 한다. 이때 오차값들은 일정 범위를 넘지않거나 마지막 임계치 이하의 값들로만 구성되어있기 때문에 크기가 작은 코드북으로도 오차를 복원하는데 충분하다

따라서 제안방법으로는 EZW 적용후 LBG를 이용하여 오차들의 코드북을 생성하고, 영상 복원시에는 EZW를 역부호화 한후 생성된 최적의 오차 코드북을 이용하여 오차를 교정한다.



[그림 4] 제안 방법의 흐름도

이 때 분해된 영상중에서 가장 낮은 주파수 성분이 모이는 밴드는 복원 영상의 화질에 큰영향을 미치기 때문에 웨이브렛 계수를 그대로 보존하기 위하여 양자화를 실시하지 않는다. 나머지 밴드에는 EZW 부호화를 적용한다. EZW의 불확실 구간의 양자화 오차를 계산한후 LBG를 사용하여 오차교정(Error Correction)을 한다. 웨이브렛 변환영성은 단계가 높아질수록 계수의 크기가 커지므로 그만큼 복원 영상에서 중요한 계수로 긴주된다. 따라서 본 연구에서는 단계 1에서 1x4의 크기로 오차를 벡터 양자화 하고, 단계 2에서는 보다 중요한 의미를 갖는 오치이므로 2x2의 작은 크기로 벡터 양자화를 실시한다. 단, 단계 1의 대각선 성분은 오차교정을 하지않는다.



(26:1) 오차 교정(X)



(26:1) 오차 교정(O)

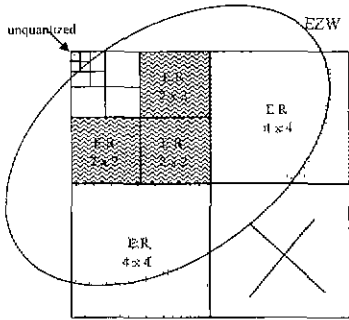
7. 결론 및 향후 연구계획

EZW의 가장 큰 장점중의 하나는 메임(Embedded) 파일을 생성하여 별도의 최적 비트 할당(Bit Allocation) 없이도 목표 압축율을 만족하는 최적의 영상 계수만을 부호화 한다는 것이다[1][4]. 이런 특성은 점진적(Progressive) 전송에 효과적이다. 본 연구에서는 EZW의 이런 장점과 함께, 원 영상과의 오차만을 벡터 양자화 하여 최적으로 학습된 코드북을 가지고 영상의 PSNR을 높였다. 서로 다른 두 종류의 양자화 기법을 영상의 통계적 특성에 따라 적용하였다.

그러나, 오차벡터의 크기결정이나 코드북의 길이를 최적화 하여 좋은 화질에서 최대한 작은 크기의 코드북을 찾을 수 있다면 더 좋은 결과를 가져오리라 본다. 또한, EZW가 정지영상에서 양자화 하는 기법으로 탁월한 성능을 보이는 것이 사실이지만 웨이브렛 변환과 EZW 특성이 가져다주는 영상의 고주파수 성분을 손실함으로써 메로는 인간의 시각 체제(HVS)에 중요하게 감지되는 에지 부분이 많이 손상됨을 보인다. 이런 에지(Edge)들을 적절히 강조한다면 시각적 향상을 볼 수 있으리라 예상된다.

8. 참고 문헌

- [1] A. Said and W A Pearlman. "A new, fast, and efficient image coder based on set partitioning in hierarchical trees." IEEE Trans Circuits Syst Video Technol, vol 6, pp 243-250, June 1996.
- [2] C. Sidney Burrus, R A Gopinath and H. Guo, Introduction to Wavelets and Wavelet Transforms, Printice Hall, 1998
- [3] I. H Witten, R Neal, and J G. Cleary, "Arithmetic coding for data compression," Comm. ACM, vol 30, pp 520-540, June 1987
- [4] J. Shapiro, "Embed Image Coding Using Zerotrees of Wavelet Coefficients", IEEE Trans. Signal Processing, vol 4, pp3445-3462, Dec. 1993.
- [5] M. Antonini, M. Barlaud, P. Mathieu and I Daubechies, "Image Coding Using Wavelet Transform". IEEE Trans Image Processing, vol 1, pp 205-220, Apr. 1992
- [6] M Vetterl and J Kovacevic, Wavelets and subband coding, Prntice Hall, 1995



[그림 5] 분할영상에서의 제안방법 적용

6. 실험 환경 및 결과

시스템은 Pentium 150 MHz, RAM 용량 32Mb, LINUX에서 C 코드로 구현하였다. 영상분할은 5단계로 하였으며, 웨이브렛 필터 계수로는 Daubechies 필터를 사용하였다. PSNR 과 압축율은 Shapiro의 결과에 비해 시각적으로 향상된 결과를 보였고, 영상에 따라서는 PSNR 과 시각적효과 둘다 향상된 경우도 있었다. 최적의 오차 코드북을 사용한 오차 교정(Error Correction)은 영상의 특성마다 약간의 차이가 있으나 평균적으로 0.4-0.5 dB 정도가 향상됨을 보였. 다음은 lena 256 x 256 영상에서 수행결과이다.



26:1 오차 교정(X)



26:1 오차 교정(O)

기법	오차 교정(X)	오차 교정(O)	JPEG(26:1)
추정	(26:1)	(26:1)	
PSNR	29.05 dB	30.48 dB	25.20 dB