

웨이블릿 영역에서의 에지 정보를 이용한 임베디드 영상 부호화¹⁾

Embedded Wavelet Coding by Using the Information of Edge Directions

정정훈, 우헌배, 백준기

중앙대학교 공과대학 전자공학과 디지털영상처리연구소

Jung Hoon Jung, Hun Bae Woo, and Joon Ki Paik

Dept. of Electronic Engineering, Chung-Ang University

요약

본 논문에서는 새로운 예측 방법을 사용한 웨이블릿 영상 압축 방식을 제안한다. 에지는 시각적으로 매우 중요한 성분이며 밴드간에도 높은 상관도를 가지고 있다. 또한 에지는 각 밴드의 성질에 맞는 일정한 방향을 가지고 있다. 본 논문에서는 자식 계수들의 배열이 밴드 방향에 따라 방향성을 가진다는 것을 예측에 이용하여 새로운 트리를 통해 영상을 압축하였다.

I. 서론

웨이블릿(wavelet)을 이용한 부호화는 시간과 주파수 영역에서 국부적(local) 해석을 가능하게 하므로 비정제(non-stationary) 신호를 해석하기가 용이하며 DCT(이산 코사인 변환) 방식의 가장 큰 결점인 블록 왜곡 등의 현상을 제거할 수 있으므로 영상 압축 부호화에 있어서 DCT보다 상당히 나은 성능을 가진다. 또한, 웨이블릿 변환은 영상을 여러 공간-주파수(spatio-temporal) 해상도로 분해함으로써 영상의 공간적인 중복성을 저주파 대역으로 집중시킨다. 따라서, 여타 다른 영상 변환 방식에 비해 뛰어난 압축률을 이끌어 낼 수 있다 [1].

현재 대부분의 웨이블릿 기반 영상 부호화기는 EZW에 기본을 두고 있으며 그 장점은 다음과 같다 [2]. 첫째, 정확한 비트율 제어가 가능하다. 둘째, 영상 검색에 유용하다. 셋째, 여러 단계의 정확도를 가진 순차적인 영상 복원이 가능하다. EZW는 최대 절대값을 갖는 계수를 찾아 그것을 임계치로 사용하여 전체 계수 맵을 스캔하는 방식으로 각 양자화 단계마다 이전 임계치의 절반에 해당하는 값을 임계치로

사용하여 정확도를 두 배로 높인다. 또한, 그림 1의 웨이블릿 계수의 트리 구조에서 알 수 있듯이 상위 밴드에 속한 계수가 임계치 이하일 때 그 하위 밴드의 같은 위치에 있는 계수들도 임계치 이하일 확률이 1에 가깝다는 가정을 사용하여 제로트리를 만듦으로써 부호화의 효율을 증가시킨다.

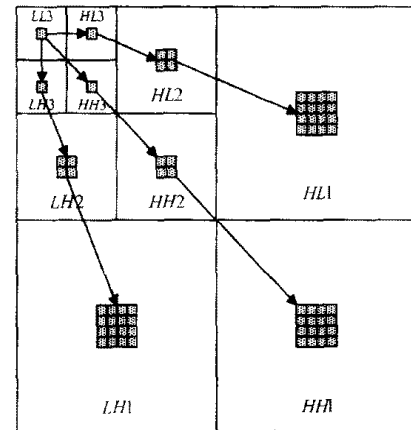


그림 1. 웨이블릿 계수의 트리 구조

또한, 제로트리 외에도 루트만이 중요 계수인 트리(타입 A)와 루트와 바로 아래 노드에 속한 네 개의 계수들만이 중요 계수인 트리(타입 B)를 도입함으로써 좀 더 나은 압축 효율을 가져왔다 [3], [4].

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 본 논문에서 제안한 방식의 기본이 되는 제로트리 기반 부호화를 살펴본 다음, III장에서는 예측 기법을 살펴보고 더 나은 예측 기법을 모색한다. IV장에서는 에지의 방향성을 이용한 자식 계수의 예측 방식을 제안한다. V장에서는 제안한 방식을 구체적인 알고리즘으로 보여주며, VI장에서 실험 결과를 제시한다. 마지막으로 VII장에서 결론을 맺는다.

1) 본 연구는 한국과학재단 주관의 특정기초연구과제(96-0102-14-01-3) 연구비 지원에 의해서 수행되었습니다.

II. 제로트리 기반 부호화

제로트리 방식은 그림 1에서와 같이 밴드들간의 계층적인 상관 관계를 이용한다.

영상이 웨이블릿 계수로 변환되면 거의 모든 에너지가 저대역 밴드로 몰리기 때문에 고대역 밴드의 많은 계수들은 매우 작은 값을 가지게 된다. 이 계수들은 무시할 수 있을 만큼의 작은 오차를 발생시키므로 0으로 양자화할 수 있다. 이때, 이 계수들에 대해서는 0의 열을 보내는 것보다 고주파 밴드 내 0이 아닌 계수의 위치 정보를 알리는 것이 더 효율적이다. 이런 방법들 중 가장 간단한 것은 모든 밴드에 대한 0이 아닌 계수의 맵(map)을 전송하는 것이다.

여기서는 웨이블릿 계수 맵을 압축하기 위해서 트리 구조를 사용한다. 기본적인 개념은 계수를 중요 계수 맵으로 부호화한다는 것이다. 그러기 위해서는 계수를 등비적으로 감소하는 임계값과 비교하여 중요성의 여부를 판별한다. 그 다음 그 임계값에 대응하는 각 밴드 분할 단계에서 중요 계수 맵을 부호화한다.

그림 1에서 화살표 방향은 부모-자식 관계를 나타낸다. 영상 분해시 가장 낮은 주파수 밴드는 루트 노드를 나타낸다. 트리의 루트를 제외한 각 부모 노드는 다운샘플링의 결과로써 더 높은 대역에 4개의 자식을 가지게 됨을 알 수 있다. '제로트리' 기호는 트리 이하의 모든 노드들이 0임을 말하므로 그들에 대한 어느 정보도 전송되지 않는다.

내포된 비트열(embedded bitstream)은 제로트리 부호기로써 쉽게 얻을 수 있다. 즉, 중요한 계수의 정보를 먼저 보냄으로써 최소의 비트 수를 가지고 최대의 해상도를 낼 수 있다. 또한, 부호기는 정해진 파라미터(예를 들면, 비트 수)를 감지하는데 이것이 일치하면 부호 과정이 중지된다. 이와 비슷하게 복호기(decoder)도 어느 시점에서 복호 동작을 그만둘 수 있다.

기존의 EZW 방식에서 사용한 제로트리 외에도 중요 계수를 루트 혹은 루트와 그 자식으로 사용하는 트리를 도입하면 압축효율이 증가된다. 전자를 타입 A, 후자를 타입 B 트리라 한다. 타입 A 트리의 경우, 중요 계수 한 개와 제로 트리 네 개를 한 기호로 나타낼 수 있으며, 타입 B의 경우 한 개의 중요 계수와 네 개의 타입 A 트리를 한 기호로 나타낼 수 있다.

다른 부호화 방법과 마찬가지로 제로트리 코더는 엔트로피(entropy) 부호화법 사용하여 그 성능이 향상될 수 있다.

III. 예측 부호화

부모-자식 계수간의 계층적 상관 관계는 중요한 예측 정보로 사용된다. 특히, 예지 성분은 스케일이 다른 밴드간에 높은 상관도를 가지며, 시각적으로 매우 중요한 의미를 갖는다. 예지 성분은 또한 수직, 수평 및 대각선 밴드간에도 유사성을 가지고 있다.

가장 기본적인 예측 원리는 부모 계수가 중요 계수일 때 자식 계수가 중요 계수일 확률이 높다는 것이다. 반대로, 부모 계수가 비중요 계수일 때 자식 계수가 중요 계수가 아닐 확률이 높다. 후자의 경우 웨이블릿 영역에서의 에너지 밀집(energy compaction)과 맞물려 거의 1에 가까운 확률을 보인다. 그것을 이용한 것이 [2]의 방법이다.

밴드간의 상관 관계를 더 많이 이용하기 위해서는 중요 계수에 대해서도 효과적인 예측이 이루어져야 하며 가장 기본적인 방법은 [5]에서 제안되었다. 이것의 가장 기본적인 개념은 중요 계수의 정보를 먼저 부호화 및 전송하는 것과 아울러 그 자식 계수의 정보도 우선 부호화하는 것이다. 즉, 값에 의한 예측이 이루어진다.

IV. 예지의 방향을 이용한 자식 계수의 예측

저대역의 한 계수는 인접 고대역에서 자식 계수에 해당하는 네 개의 계수를 갖는다. 또한, 각 밴드에서 계수들의 중요도가 나타나는 배열은 그 밴드가 수직, 수평 혹은 대각선 밴드 중 어느 것에 속하느냐에 따라 다르다. 예를 들어, 수평 밴드인 경우 네 개의 자식 계수들은 수평 방향의 배열로 중요 계수가 될 확률이 높다.

그림 2는 수평 방향 밴드에 있어서 자식 계수 배열의 예를 보여주고 있으며, 짙은 색의 계수는 중요 계수를 의미한다. 경우 1 및 2는 수평 방향 밴드에서 가장 높은 확률을 가진 배열의 경우이다. 이와 비슷하게 수직 방향의 밴드 및 대각선 방향의 밴드에서 자식 계수들의 배열을 결정할 수 있다.

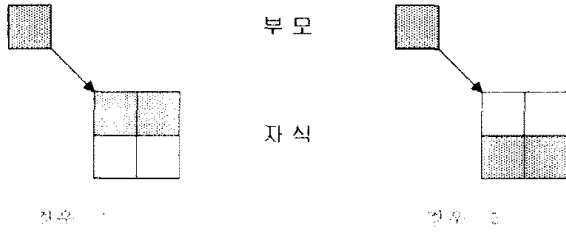


그림 2. 자식 계수 배열의 예 (수평 밴드)

그림 3은 각 밴드 방향에 따른 배열을 보여준다.

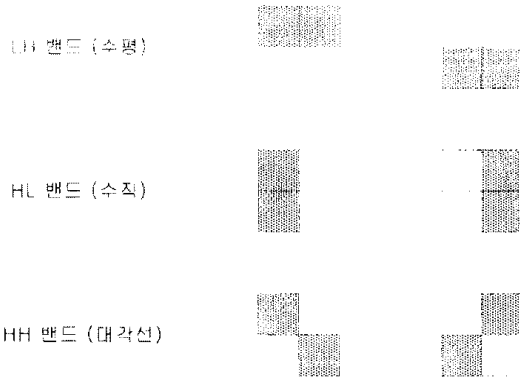


그림 3. 밴드 방향에 따른 계수 배열의 종류

각 계수 배열은 중요 계수인 부모와 함께 모든 후손 계수들이 0인 트리 형태로 부호화된다. 또한, 이때 자식 계수들의 부호를 나타내는 한 개의 비트가 트리에 추가된다.

V. 제안한 방식의 알고리즘

이 장에서는 본 논문에서 제안한 방식을 구체적인 알고리즘으로 살펴본다. 이 알고리즘은 기본적으로 [2], [3] 및 [4]의 내용에 기본을 두고 있다. 하지만, 타입 B 트리 대신 본 논문에서는 각 밴드마다 방향성을 고려한 두 가지 종류의 트리를 사용하였다.

우선 전체 계수 중에서 최대값을 갖는 계수를 찾아 초기 양자화 문턱치를 결정한다. 양자화 문턱치는 전체 계수를 새롭게 스캔할 때마다 반으로 줄어들어 정확도를 높인다.

계수 스캔 과정에서 중요 계수 및 각 트리 형태를 판별하고 부호화하는 절차는 다음과 같다.

1) 입력된 계수 $a(i,j)$ 의 절대값을 양자화 문턱치와 비교.

경우 1: $a(i,j)$ 의 절대값이 문턱치보다 작은 경우

- $a(i,j)$ 의 모든 후손들의 절대값이 문턱치보다 작

고 제로트리에 포함되지 않은 경우 $a(i,j)$ 는 제로트리 루트(zero-tree root)

- $a(i,j)$ 의 후손들 중 문턱치보다 큰 절대값을 갖는 계수가 존재하면 $a(i,j)$ 는 고립된 제로(isolated zero)

경우 2: $a(i,j)$ 의 절대값이 문턱치보다 큰 경우

- $a(i,j)$ 가 이전에 중요 계수로 판별된 적이 있으면 현재 문턱치의 정확도에 해당하는 교정비트(0 또는 1)를 추가한 다음 3)으로 이동

- $a(i,j)$ 의 모든 후손들이 문턱치보다 작은 절대값을 가지면 $a(i,j)$ 는 타입 A 트리의 루트

- $a(i,j)$ 의 자식들 중 중요 계수들이 밴드 방향에 따라 규칙적인 배열을 하고 있다면 $a(i,j)$ 는 타입 B1 혹은 타입 B2 트리의 루트

- 부호가 양인 경우 $a(i,j)$ 는 POS(Positive Significant)

- 부호가 음인 경우 $a(i,j)$ 는 NEG(Negative Significant)

2) 경우 2에서 처리된 $a(i,j)$ 는 다음 양자화 단계부터 비중요 계수로 간주

3) 문턱치를 반으로 낮춘 다음 1)로 이동

POS나 NEG보다 제로트리가 더 많이 존재해야 압축률이 향상되며, 더 나아가 타입 A나 타입 B1, B2 트리가 많이 존재할수록 압축률은 급격히 향상된다.

VI. 실험 결과

본 실험에서는 512×512 lena 영상을 사용하였다. 웨이블릿 변환시 모두 6번 분할한 영상을 실험에 이용하였다. 본 실험의 결과는 [3]의 결과와 비교를 하였다.

그림 4와 5는 각각 0.2bpp와 0.5bpp에서의 결과이다. 표 1은 0.2bpp부터 0.5bpp까지의 결과를 [3]의 결과와 비교를 하였다.

VII. 결론

본 논문에서 제안한 방법은 밴드 방향에 따라 중요 계수 발생 형태를 예측에 이용함으로써 압축 효율을 향상시킨다. 이 방법은 알고리즘을 구현하기 쉬울

뿐만 아니라, 프로그래시브 전송에 적합한 임베딩(embeddence)의 원리에 입각하여 최소한의 데이터로 최대의 해상도를 나타낼 수 있다. 즉, 인터넷이나 멀티미디어 또는 영상 인식 등 많은 응용 분야에 폭넓게 적용될 수 있을 것이다.



그림 4. 0.2bpp, PSNR = 33.36dB



그림 5. 0.5bpp, PSNR = 37.52dB

bpp	Said and Pearlman [3]	제안된 방식
0.2	33.1 dB	33.4 dB
0.3	34.9 dB	35.1 dB
0.4	36.2 dB	36.5 dB
0.5	37.2 dB	37.5 dB

표 1. 제안한 방식과 [3]의 결과 비교

참고문헌

- [1] M. Vetterli and J. Kovacevic, "Wavelets and Subbands Coding," Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1995.
- [2] Jerome M. Shapiro, "Embedded Image Coding Using Zerotrees of Wavelet Coefficients", *IEEE Trans. on Signal Processing*, vol. 41, No. 12, December 1993.
- [3] Amir Said and William A. 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, June 1996.
- [4] Michael Miloslavski, "A Study on Zerotree Wavelet Coding of Images", Thesis for Master's Degree, Department of Information & Communications Kwangju Institute of Science and Technology, May 8, 1998.
- [5] S. N. Efstratiadis, D. Tzovaras, and M. G. Strintzis, "Hierarchical Partition Priority Wavelet Image Compression," *IEEE Trans. on Image Processing*, Vol. 5, No. 7, July 1996.