

SPIHT를 이용한 다해상도 영상 압축

정용택^o, 허 영*, 하 판 봉*
창원대학교 전기전자제어공학과

Multiresolutional Image Compression Using SPIHT

Young-Teak Jung^o, Young Huh*, Pan-Bong Ha*

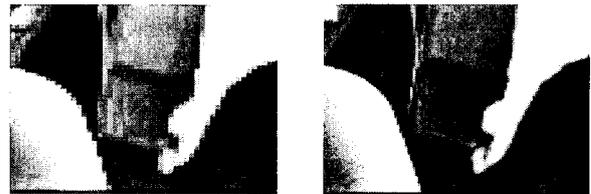
Department of Electrical, Electronic, Control Engineering, Changwon National University
cub99@dsplab.changwon.ac.kr, yhuh@keri.re.kr, pha@dsplab.changwon.ac.kr

요 약

점진적 영상 전송과 저해상도에서도 높은 PSNR를 나타내는 방법으로 EZW(Embedded Zerotree Wavelet)과 SPIHT(set partitioning in hierarchical tree)를 사용한 보다 향상된 영상 압축방법이 제안되었다. 특히 SPIHT는 적응 산술부호화(adaptive arithmetic coding)를 사용하지 않고도 EZW보다 뛰어난 압축률과 효과를 얻을 수 있다. 하지만 부대역(subband)간의 유사성(similarity)을 이용한 제로트리 부호화에서 계층을 나누는 일은 계수 사이의 연결관계를 짚 수 있기 때문에 간단한 일은 아니다. 본 논문에서는 SPIHT의 비트열을 여러개의 계층으로 나누고 각각의 해상도로 복원하는 새로운 정렬 방법을 제안하고, 계층간의 비트열을 균일하게 나눔으로써 보다 효율적으로 전송 할 수 있는 방법을 제안하였다. 또한 복호시에 낮은 해상도일수록 복원시간의 이득을 볼 수 있는 향상된 방법을 제안한다.

에서는 정지 영상과 동영상의 압축 표준화가 진행되고 있다. 새로운 표준안인 JPEG2000의 중요한 목표 중의 하나는 낮은 비트율에서 현재의 표준보다 향상된 화질의 영상을 제공하는 것이다.

현재 JPEG 표준에서 사용하고 있는 이산여현변환(DCT)을 기반으로 하는 블록 단위의 변환에서는 낮은 비트율에서 블록간의 경계 부분에 블록화 현상(blocking effect)이 발생한다. 이에 비하여 웨이블릿 변환에서는 공간 주파수의 해상도를 가변적으로 나타낼 수 있으므로 예지 부근에서의 급격한 변화에도 효과적으로 나타낼 수 있으며 저 해상도에서도 블록화 현상이 일어나지 않는다.



JPEG 복원영상

wavelet 복원영상

I. 서론

영상 정보는 음성 정보나 문자 정보등에 비하여 정보량이 많기 때문에 기존의 협대역 전송로를 통하여 전송할 경우 전송 시간이 길어 질뿐 아니라 영상의 화질도 떨어지게 된다. 그래서 최근 영상 신호의 처리 및 전송은 중요한 현안 중 하나이며 영상 데이터의 저장과 전송을 위해서 효율적인 압축은 멀티미디어 시스템을 구축하는데 매우 중요한 역할을 한다. 현재 ISO(International Standards Organization) 산하의 JPEG(Joint Photographic Experts Group)과 MPEG(Moving Picture Experts Group)

그림 1. JPEG vs. wavelet의 복원영상

웨이블릿을 기반으로 하는 초기의 영상 압축 방법들은 각 대역내 계수들간의 상관 관계를 이용하였다[1]. 대역간의 의존성을 이용한 웨이블릿 계수의 압축 방법은 Lewis 와 Knowles에 의해 제안되었으며[2], Shapiro의 EZW(Embedded Zerotree Wavelet coder) 알고리즘은 이러한 대역간의 상관 관계를 zerotree를 이용하여 효율적인 압축 방법을 제안하였다[3]. A. Said 와 W. A. Pe

arlman에 의한 SPIHT(Set Partitioning in Hierarchical Trees) 알고리즘[4]은 정렬패스(sort pass)와 세밀패스(refinement pass)에 의해 EZW보다 효율적이고 비교적 간단한 영상 압축방법을 제안하였다.

본 논문에서는 SPIHT를 이용해서 더욱 효율적으로 영상을 계층형 부호화하고 다른 해상도로 복원할 수 있는 방법을 제안한다. 임베디드 비트열에서 해상도 정보를 여러 개의 비트열로 나눠 놓고, 원하는 계층만으로도 다중 해상도 복원할 수 있도록 한다.

먼저 II장에서 웨이블릿에 대해 간단히 설명하고 III장에서 SPIHT를 설명하고, IV장에서 SPIHT를 이용한 다중 해상도 부호화 복호화를 설명한 후, IV장에서 실험 결과를 보이고 V장에서 결론을 맺는다.

II. 웨이블릿 변환

웨이블릿은 하나의 함수의 스케일링과 천이를 통해서 만들어지는 함수라고 할 수 있다. 다음식은

$$\phi_{m, n(t)} = |\phi(\frac{t-n}{m})|^{-1/2} \phi(\frac{t-n}{m})$$

웨이브렛의 기본 개념을 나타내며, m은 스케일링을 결정하는 값이고, n은 함수를 얼마나 이동시킬 것인가를 결정하는 값이다. 웨이블릿 변환은 QMF(quadra ture mirror filter)를 통해 구현될 수 있으며, L은 저대역 필터, H는 고대역 필터를 각각 나타낸다. 영상의 변환을 위한 1차원 웨이블릿을 2차원으로 확장하는 다양한 방법들이 제시되었으나 주로 Mallat가 제안한 웨이블릿 분해 방법을 사용한다[1]. 입력 영상에 대해 수직과 수평 방향으로 L과 H필터를 각각 한 번씩 적용하고, 필터를 통과한 계수들은 2:1로 데시메이션(decimation)된다. 그 결과 세 가지의 방향 선택적인 고주파 부대역 HH, HL, LH와 저주파 부대역 LL을 얻는다. 이러한 과정은 LL대역에서 반복적으로 적용하여 다음 계위의 대역 얻을 수 있다. 그림 2는 3레벨 웨이블릿 분해에 의해 얻어진 10개의 대역들을 보여주고 있다. 이 그림에서 알 수 있는 바와 같이, 고주파 대역의 계수들은 영상의 경계 값을 나타내고 있다. 본 논문에서는 Daubechies 9/7 biorthogonal 필터를 사용하였다.

III. SPIHT

제로트리 부호화는 이차원 웨이블릿 변환된 영상에서 부대역간의 유사성을 이용하여 압축 부호화를 한다. 즉,

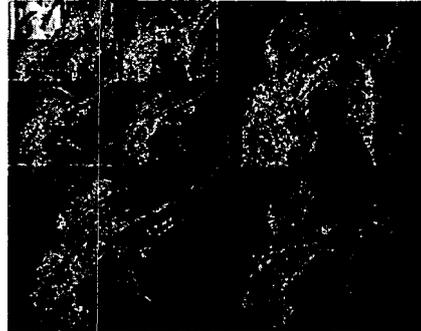


그림 2. 3 레벨 웨이블릿

웨이브렛 피라미드 단계에서 상위 단계의 계수 값이 임계값보다 작다면 하위 단계의 계수 값도 작을 가능성이 높다는 사실을 이용하여 효율을 높인다. 본 논문에서는 제로 트리 부호화의 압축률을 더욱 높인 SPIHT를 기초로 하는데, 이는 가장 큰 계수가 가장 큰 정보량을 가지고 있다는 사실을 이용하여 큰 계수를 먼저 보냄으로써 임베디드 비트열을 만들어 낸다. SPIHT 알고리즘에는 두 개의 주된 단계가 있다. 정렬 패스(sorting pass)와 세분 패스(refinement pass)이다. 정렬 패스에서는 계수들을 특정 임계값과 비교해서 중요도(significant or insignificant)를 알아내고 세분 패스에서는 정렬 패스에서 구한 중요한 계수 값을 세밀화 한다. 그림 3은 웨이블릿 변환된 영상의 공간적 유사성을 나타낸다. 알고리즘을 간단하게 설명하기 위해 다음을 정의한다.

- T : 특정 임계값
- $O(i, j)$: (i, j) 의 offspring의 집합
- $D(i, j)$: (i, j) 의 descendants의 집합
- H : 가장 상위에 있는 점들의 집합
 - $L(i, j) = D(i, j) - O(i, j)$

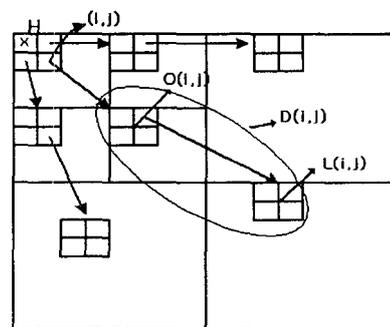


그림 3. 웨이블릿 영상의 부대역간 유사성.

SPIHT 알고리즘은 *LSP*(list of significant pixel), *LIP*(list of insignificant pixel), *LIS*(list of insignificant set)라는 세 개의 리스트를 사용해서 계수들의 좌표를 관리한다. 처음에는 *LSP*를 비워두고 *H*에 속한 계수들을 *LIP*에 넣고, *LIP*의 계수들 중에서 descendants를 *LIS*에 넣는다. 정렬 패스에서 *LIP*를 차례대로 조사해 가면서 *T*보다 큰 값은 *LSP*에 넣고 *T*보다 작은 값은 *LIP*에 추가시킨다. Descendants에 관한 정보는 $D(i, j)$ 에 대해서 A형으로, $L(i, j)$ 에 대해서 B형으로 *LIS*에 넣는다. 세분 패스에서 *LSP*를 차례대로 세분하는 정보를 만든 후, 정렬 패스와 세분 패스를 원하는 비트율에 도달할 때까지 반복한다. 이 세 리스트는 중요한 계수 좌표를 관리하고 알고리즘의 패스를 만들기 때문에 상당히 중요하다.

III. 다중 해상도 부호 및 복호

SPIHT를 이용한 다중 해상도 부호 및 복원 방법이 Xiong 등에 의해 제안되었지만 [], 여러 비효율적인 면이 있었다. 먼저 다중 부호화의 경우, 정확한 복호를 위해서는 부호기에서 만들어진 패스를 복호기에서도 따라야 한다고 가정하기 때문에 언제나 이용하는 가장 낮은 해상도 비트열은 패스와 관계되는 모든 정보를 가져야만 한다. 따라서 저해상도 비트열이 전체의 대부분을 차지하였다. 게다가 복호의 경우는 하나의 임베디드 비트열에서 다중 해상도 정보를 얻기 때문에 해상도가 다르더라도 복호시간은 변함없다. 단지 해상도가 작을수록 역 웨이블릿 변환에서 계산량이 줄어들게 된다.

본 논문에서는 이러한 비효율성을 개선한 알고리즘을 제안하고, 복호의 효율성을 극대화하기 위해 알고리즘을 수정하였다. 먼저 다중 해상도 부호를 위해 균형 있게 비트를 각 계층에 할당한다. 각각의 해상도에 기여하는 정보는 해당 계층에 정확히 나누어져야하며, 이것은 일반적으로 N 계층이 존재하고, L_n 을 n 번째 계층이라고 할 때, L_n 은 $1/2^{(N-n)}$ 의 해상도 정보만 갖는다. 그림 4에는 $N=4$ 인 경우의 예를 보였다.

SPIHT 부호기에서 생성된 임베디드 비트열에는 각각의 해상도 정보들이 섞여있게 된다. 하지만 SPIHT 알고리즘은 부대역별로 제로트리 부호화하기 때문에 정확히 같은 해상도 정보만을 모아 네 개의 계층으로 재배열할 수 있다. 부호화 하는 계수의 위치로 해상도 정보를 판단하고 해당 계층으로 재배열하는 것이다. 재배열 때문에 전체적으로는 임베디드 성질이 깨지게 되지만 L_1

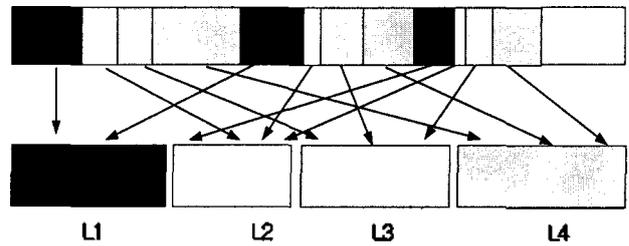


그림 4. $N = 4$ 일 때 다중 해상도 부호화.

은 여전히 임베디드 비트열이고 부호화와 대응되는 복호 알고리즘으로 다중해상도 복원이 가능하게 된다.

IV. 실험 결과

실험영상으로 512×512 크기의 *Lena* 영상을 사용하였으며 1.0 bpp 로 부호해서 네 계층으로 나눴다. 그림 5에서 Xiong의 방법과 비교하여 계층별 비트열의 크기를 나타내었다. 본 논문의 방법은, 부대역 별로 제로트리 부호화하면서 네 계층에 정확히 해상도 정보를 나누기 때문에 부대역 크기에 따라 비트열의 길이가 생성될 수 있다. L_1 부터 L_3 까지 비율이 증가한 것은 이런 이유이고 L_4 에서 비율이 감소가 일어난 것은, 부호할 필요 없는 제로트리에 속한 계수들이 많았고 마지막 부대역이기 때문에 다음 대역에 대한 부가 정보가 필요 없기 때문이다.

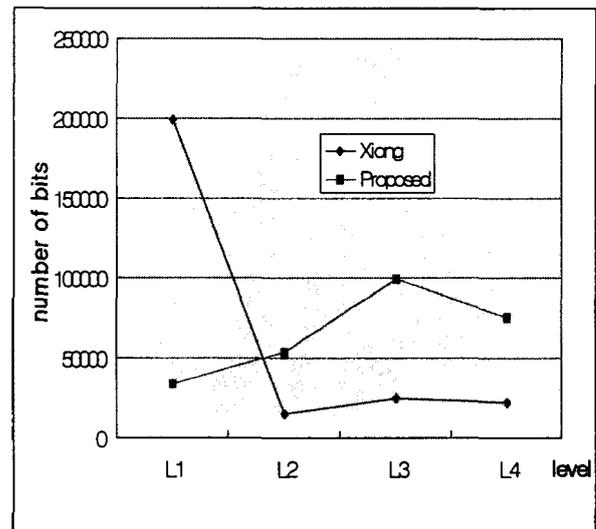


그림 5. 계층별 비트열 길이

표 1은 lena 영상에 대한 PSNR 비교한 것이다.

표 1. lena(512x512)에 대한 PSNR

bpp	JPEG	Daub	EZW	Proposed
1	37.93	38.59	39.55	40.4
0.5	34.76	36.21	36.28	37.2
0.25	30.81	32.98	33.17	34.1
0.125	23.65	25.98	30.75	31.9
0.0625	21.15	23.25	27.54	28.37

제안된 방법이 JPEG 과 EZW보다 훨씬 나은 성능을 보이고 있음을 알 수 있다. 또한 SPIHT와 EZW는 어느 비트율에서 끊어져도 부호화 복호화가 가능하다. 특히 본 논문에서 제안한 방법은 복원시에 더욱 빠르게 복원이 가능하기 때문에 영상 인덱싱이나 브라우저에 적용이 유용하다는 장점을 가지고 있다.

V. 결론

SPIHT 부호화 알고리즘은 크기에 따른 부분 정렬, 옥타브하게(octavely) 감소하는 임계치에 대해 크기의 유의여부에 의한 집합 분할, 정렬된 비트-플레인 전송 및 영상의 웨이블릿 변환에서 다른 스케일간 자기 유사성의 원리를 이용한다. 또한 전송 우선 순위를 바꿈으로써 하나의 임베디드 파일에 대해 모든 부호율에서 최적의 성능을 얻어내는 것이 가능하다. 부호화 알고리즘은 어떠한 압축 파일 크기에서도 중단되도록 하고 거의 무손실에 가까운 영상을 표현하는 수준까지 압축하도록 할 수 있는 이점을 가지고 있다. 이러한 이점을 가지고 있는 SPIHT를 이용하여 본 논문에서는 수정된 SPIHT를 사용함으로써 영상을 여러 개의 계층으로 효율적으로 나누고 다른 해상도로 복원할 수 있는 방법을 제안하였다. 웨이블릿의 필터로는 완전한 복원을 할수 있는 다비취의 쌍직교 9-7 필터를 사용하였다. 그 결과, 언제나 받게될 첫 번째 계층은 짧은 비트를 할당할 수 있었고, 버려지기 쉬운 높은 해상도 비트열은 길게 할당되었다. 이렇게 함으로써 각각의 해상도 정보를 정확하게 각각의 계층으로 나눌 수 있었기 때문이다. 부호화에서 효율적인 계층비율을 얻었기 때문에 복호에서도 받은 계층개수별로 복원시간의 이득을 얻을 수 있고, 영상을 검색할 때의 검색 시간도 단축할 수 있는 이점을 보았다. 따

라서 본 결과는 이중의 수신단이 존재하는 네트워크 통신에서 영상이 확장성을 갖도록 전송하는데 적용 가능하다.



그림 6. 다비취 웨이블릿과 제안된 방법의 비교(0.125 bpp)

참고 문헌

- [1] M. Antonini, M. Barlaud, P.Mathieu, and I. Daubechies "Image coding using wavelet transform." IEEE Trans. Image. Proc. vol. 1, pp. 205-220, 1992.
- [2] A. S. Lewis and G. Knowles, "Image compression using the 2-D wavelet transforms," IEEE Trans. on Image Proc. vol. 1, no. 2, pp. 244-250, April, 1992.
- [3] J. M. Shapiro, "Embedded image coding using zerotree of wavelet coefficient." IEEE Trans. on Signal Processing, vol. 41, no. 12. pp. 3445-3462. Dec. 1993.
- [4] A. Said. W. A. Pearlman. "A new, fast, and efficient image codec based on set partitioning in hierarchical trees." IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Tech. vol. 6, no. 3, pp. 243-250. June 1996.