

대역 분할 부호화를 이용한 영상 신호의 블록 기반 계층 부호화

김정권, 이상욱, 이충웅
서울대학교 뉴미디어통신공동연구소

(Block-based Layered Coding of Images Using Subband Coding)

Jeong-Kwon Kim, Sang Uk Lee, Choong Woong Lee
The Institute of New Media and Communication, Seoul Nat'l Univ.

요약

기존의 블록 단위 DCT 부호화는 계층에 관계없이 일단 부호화한 후, 부호화된 신호의 중요도에 따라 저역 성분과 고역 성분으로 계층을 나눈다. 하지만, 웨이블릿과 같은 대역 분할 부호화의 경우는 대역별로 비슷한 통계를 가지므로, 이를 이용하여 계층 부호화를 하면 좀 더 큰 부호화 이득을 가질 수 있다. 따라서, 본 논문에서는 기존의 블록 단위 부호화기 형태를 유지하면서 대역 분할 부호화를 이용한 영상 신호의 계층적 부호화를 제안하였다. 제안된 방법은 먼저 영상을 웨이블릿을 이용하여 대역 분할한 후, 각 대역별로 기존의 JPEG과 같이 블록 단위 DCT-변환 부호화를 수행한다.

1. 서론

영상 신호의 계층 부호화는, 데이터의 중요도에 따라 데이터를 몇 개의 단계로 나누어 부호화하는 것을 말한다. 영상 신호의 계층 부호화는 다양한 화질 수준을 제공하고, 또한 전송할 때 데이터 신호를 몇 개의 전송 중요 순위로 나눌 수 있다. 예를 들어, JPEG에서 제공하는 계층 부호화는 DCT 계수를 단순히 저역 성분과 고역 성분으로 구분한다 [1]. 그러나, 이 방법은 단순히 계층을 나눌 뿐, 각 계층의 통계적 특성을 활용하지 못한다. 한편, 대역 분할 부호화는 대역을 주파수 영역별로 분할하여 영상을 부호화하는 것을 말한다. 이 방법은 영상 신호를 저역 성분과 고역 성분으로 미리 분할하기 때문에, 부호화할 때 각 대역 별로 가지는 비슷한 통계적 특성을 이용하여 부호화할 수

있을 뿐 아니라, 각 대역이 지니는 중요도에 따라 계층을 나눌 수도 있다.

하지만, 현재 JPEG, MPEG과 같은 정지·동영상 부호화 표준안들은 블록 기반으로 영상 신호를 처리한다. 블록 기반으로 영상을 처리하면, 전체 영상을 고려하여 부호화하는 것에 비해 블록 단위로 부호화하기 때문에, 하드웨어의 비교적 간단해지고 주기억장치에서 처리해야 하는 데이터 량이 작을 뿐 아니라 작은 블록 안에서는 신호들이 비교적 stationary하기 때문에 부호화하기 쉽다. 따라서, 두 부호화기의 장점을 모두 살리기 위하여 대역 분할 부호화와 기존의 블록 단위 변환 부호화를 결합한 새로운 부호화 방법을 제안하였다.

제안된 방법은 두 가지 구조가 가능하다. 그림 1.(a)와 같이 먼저 블록을 구획하고 블록 내에서 대역 분할을 하는 경우와 그림 1. (b)와 같이 대역 분할을 하고 블록을 구획하는 경우로 나누어진다. 실험에 의해 후자 쪽이 우수한 성능을 보였다. 제안한 방법에 의해 구획된 블록은 JPEG과 같이 DCT-변환 부호화한 후 zig-zag 주사를 하여 줄길이 부호화하였다. 분할된 대역별로 각각의 통계적 특성을 가지기 때문에 대역에 따른 주사방법을 선택하여 좀 더 낮은 비트율을 얻을 수 있었다. 또한, 영상을 복원할 때 IDCT한 신호를 웨이블릿 필터를 통과시키기 때문에 블록 경계 효과가 감소된다.

2. 대역 분할 부호화

대역 분할 방법은 그 자체가 점근적 근사 방식

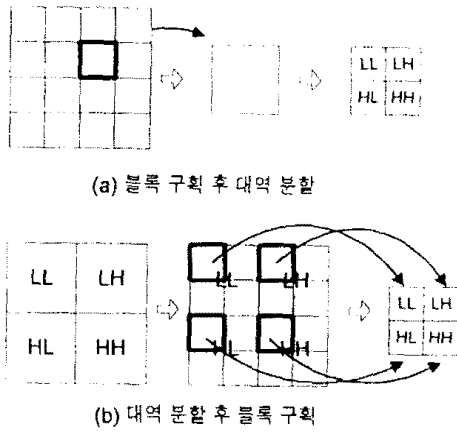


그림 1 대역 분할 블록 기반 영상 부호화의 구조

이기 때문에 계층 부호화의 응용에 많이 사용이 된다. 요즈음에는 공간적으로 완만도(regularity)를 가지는 필터를 이용한 대역 분할 필터가 웨이블릿이라는 이름으로 제안이 되고 있다. 웨이블릿 필터는 필터 बैं크 사이의 직교성에 따라 두 가지 종류로 나눌 수 있다.

첫째로 직교 웨이블릿(orthogonal wavelet)이 있다. 직교 웨이블릿은 분석 필터 बैं크와 합성 필터 बैं크가 똑같은 웨이블릿 함수로부터 유도된 것으로서, 각 대역의 충격 응답 사이에는 (1)와 같은 관계식이 만족된다 [2]. 직교 웨이블릿은 선형 위상인 경우는 Haar 기저와 같은 한가지 경우밖에 없고, 대부분이 IIR 필터이다. 선형 위상을 포기하고 FIR 필터로 구현되는 직교 웨이블릿은 Daubechies [3]에 의하여 구하여 졌다.

Daubechies에 의해 구하여진 필터는 선형 위상이 아니므로 대칭적인 충격 응답을 가질 수 없으므로, 필터링을 할 때는 그림 2. (a)와 같이 순환 필터링(circular filtering)을 하여야 한다.

$$\langle h_i(n-2l), h_j(n-2k) \rangle = \delta_{ij} \delta_{kl} \quad k, l \in Z \quad (1)$$

순환 필터링은 영상 신호가 주기적으로 반복된다고 가정하고 필터링의 경계에서의 신호를 연장한다. 따라서, 필터링의 경계에서 급격한 불연속성을 가지기 때문에 고역 성분이 증가하게 되어 부호화 효율을 떨어뜨린다. 뿐만 아니라, 대부분의 부호화가 고역 성분을 조약하게 양자화하기 때문에 고역 성분을 많이 포함한 필터링의 경계에서 오류가 크게 발생하여 블록 경계 오류 현상이 일

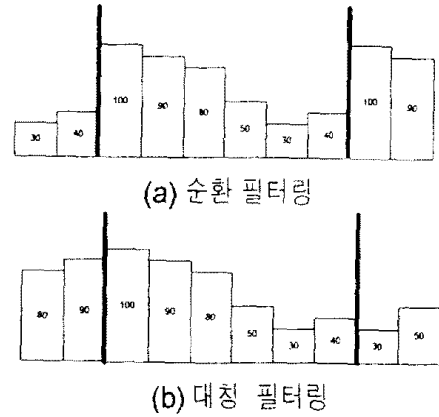


그림 2 순환 필터링과 대칭 필터링

어난다.

두 번째로 쌍직교 웨이블릿(biorthogonal wavelet)은 분석 필터 बैं크와 합성 필터 बैं크가 각각 다른 웨이블릿 함수로부터 유도된 경우로, 각 대역간의 직교성이 성립하지 않고 분석 필터와 합성 필터 사이에 직교성이 성립한다. 따라서, 쌍직교 웨이블릿의 충격 응답은 (2)와 같은 관계를 가진다.

$$\langle h_i(n-2l), g_j(n-2k) \rangle = \delta_{ij} \delta_{kl} \quad k, l \in Z \quad (2)$$

쌍직교 웨이블릿의 경우는 임의의 길이를 가지는 선형 위상 필터를 만들 수 있기 때문에, 대부분의 영상 부호화기에서는 쌍직교 웨이블릿을 사용하고 있고, 많은 논문들이 쌍직교 웨이블릿 필터를 설계하여 그 값들을 제시하고 있다 [2], [4]. 뿐만 아니라, 쌍직교 웨이블릿인 경우는 충격 응답이 대칭인 선형 위상의 필터를 설계할 수 있기 때문에, [5]에서 제시한 바와 같이 그림 2. (b)와 같이 대칭 필터링(reflection filtering)을 이용할 수 있다. 필터가 대칭이어야만 분석된 신호에서도 대칭성이 보존이 되기 때문이다. 대칭 필터링의 경우는 필터링의 경계에서 불연속이 아니기 때문에 부호화 성능이 향상된다. 하지만, 쌍직교 웨이블릿은 분석 필터 बैं크와 합성 필터 बैं크 사이의 직교성만 가지기 때문에, 에너지가 보존이 되지 않는다. 따라서, 각 대역에서의 왜곡의 합이 합성된 전체 영상의 왜곡과 다르게 되어 양자화기 등을 설계하는 것이 힘들다.

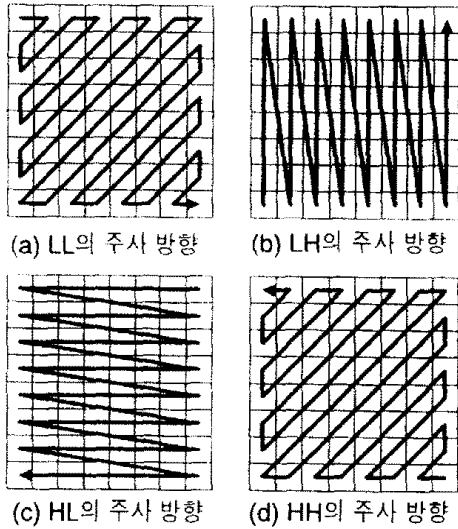


그림 3 대역에 따른 주사 방법

3. 블록 단위의 영상 부호화

본 논문에서는 블록 단위의 부호화와 대역 분할 부호화를 결합하여 기존의 표준안과 호환성을 지니는 새로운 부호화기를 제안하였다. 대역 분할 부호화를 이용한 블록 단위 부호화기에는 그림 1과 같이 두 가지의 구조가 가능하다. 첫째로 그림 1. (a)와 같이 먼저 블록을 나누고 각 블록 별로 대역 분할을 하여 영상을 부호화하는 방법이 있다. 이 방법의 경우 작은 블록에 대하여 대역 분할 필터링을 하기 때문에 높은 차수의 필터를 사용할 수 없다. 또한 원 영상에서는 테두리에만 존재하던 필터링의 경계가 각 블록마다 존재하므로 순환 필터링을 이용하는 것보다는 필터링의 경계에서 불연속이지 않은 대칭 필터링을 이용하여야 한다. 따라서, 이와 같은 방법에서는 쌍직교 웨이블릿을 쓰는 것이 합당하다. 쌍직교 웨이블릿의 경우 언급한 바와 같이 각 대역의 왜곡의 합이 전체 복원 영상의 왜곡과 같지 않기 때문에 최적화된 양자화기를 설계하기가 힘들다. 또한, 블록 단위의 처리 이후 후처리 과정이 없기 때문에 기존의 블록 단위의 부호화기가 지니는 블록 경계 왜곡 현상을 그대로 가진다.

둘째로 그림 2. (b)와 같이 먼저 대역 분할을 하고 블록을 구획하여 부호화하는 구조이다. 이 방법의 경우는 필터링의 경계가 원 영상의 테두리에만 존재하기 때문에 직교 웨이블릿과 쌍직교 웨이블릿의 성능 차이는 경계에서의 필터링의 성능보다

는 완만도(regularity)와 같은 실제 필터의 성능에 달려 있다. 또한 이와 같은 구조에서 영상을 합성하는 경우, 블록 단위의 처리가 끝난 후 합성 필터뱅크를 통과하기 때문에 인접한 블록 사이에 무관하게 부호화되어서 생기는 블록 경계 오류가 감소하게 된다. 만약, 첫 번째 구조와 두 번째 구조가 비슷한 PSNR을 가진다면, 두 번째 구조가 블록 경계 오류가 작기 때문에 주관적으로 더 우수하게 보일 것이다.

4. 양자화

이제 블록으로 구획된 블록은 수평·수직 저역 성분인 LL, 수평 저역 수직 고역 성분인 LH, 수평 고역 수직 저역 성분인 HL, 수평·수직 고역 성분인 HH 네 가지 종류로 나누어진다.

LL은 원 영상의 축소된 근사값이므로 기존의 JPEG으로 부호화하였다. 즉, 8×8 단위로 DCT한 후 주어진 양자화 행렬로 양자화 하여 정수 양자화 값을 얻는다. 양자화 값은 zig-zag 주사(그림 3. (a))를 거쳐 줄-길이 부호화한다.

다른 대역의 신호는 고정된 양자화 간격으로 양자화한다. 양자화 값들은 대역에 따라 변환 영역에서의 에너지가 달라지기 때문에 각 대역별로 다른 주사 방법을 이용하여야 한다. LH의 경우는 수평 방향 신호의 상관계수가 크기 때문에 그림 3. (b)와 같이 주사하고, HL의 경우는 수직 방향 신호의 상관계수가 크기 때문에 그림 3. (c)와 같이 주사하고, HH는 고역부터 zig-zag 주사를 한다.

5. 실험 결과

본 논문에서는 Daubechies [3]의 필터 길이 8의 직교 웨이블릿 필터와 Antonini [4] 필터 길이 8의 쌍직교 웨이블릿 필터를 이용한다. 각각의 필터를 그림 1의 (a)와 (b)의 구조에 적용을 하여 네 가지 방법으로 영상을 부호화하였다.

줄-길이 부호화를 한 신호는 허프만 부호화를 수행하는데 현재는 JPEG의 기본 구조에서 제안하는 허프만 테이블을 사용하였고, 각각의 대역별로 최적화된 허프만 테이블을 사용하면 상당히 비트율을 낮출 수 있다. 많은 영상 데이터를 이용하여 제안한 부호기에 적합한 허프만 테이블을 찾으면

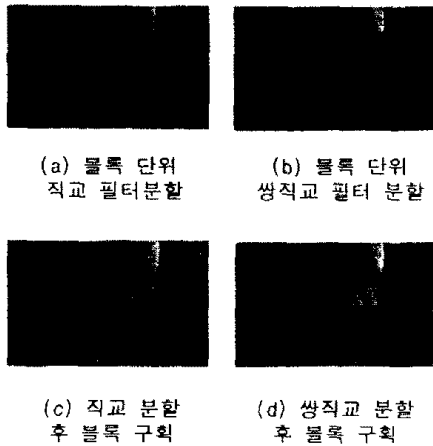


그림 4 대역 분할 블록 기반 영상 부호화에 의해 복원된 영상

비교적 엔트로피에 근접한 비트율을 얻을 수 있다. 실험 결과에서는 엔트로피만을 제시하였다.

표 1은 복원된 영상의 PSNR과 JPEG이 제안한 허프만 테이블을 쓴 경우 비트율을 나타내었다. 블록을 먼저 구획하는 경우는 필터링 경계에서 많은 고역 성분이 많이 나오기 때문에, 고역 성분을 많이 부호화하는 높은 비트율에서는 비트율이 상당히 많이 올라가게 된다. 쌍직교 필터를 사용하는 것이 경계에서의 불연속성을 방지할 수 있기 때문에, PSNR이나 비트율 면에서 제일 우수한 성능을 보인다.

낮은 비트율의 경우는 비트율의 차이는 현저하지 않지만, 조악한 양자화 때문에 DC 값들의 오류가 커 블록 경계 오류가 발생한다. 하지만, 대역 분할을 먼저 하는 경우는 블록 단위의 처리가 끝난 후 전체 영상에 대해 합성 필터 बैं크를 거치기 때문에 블록 경계 오류가 줄어든다.

6. 결론

본 논문에서는 블록 단위의 변환 부호화기와 대역 분할 부호화기를 결합한 부호화기를 제안하였다. 두 구조의 결합 구조에는 그림 1과 같이 두 가지의 형태가 가능하나, 대역 분할을 먼저 하는 것이 필터링에 의한 블록 경계 오류가 감소되어 보다 좋은 성능을 보였다. 또한, 쌍직교 웨이블릿을 쓰는 경우 반사 필터링을 하기 때문에 필터링의 경계에서 불연속을 피할 수 있기 때문에 보다 좋

표 1. 부호기의 구조와 필터 종류에 따른 성능

	높은 비트율			낮은 비트율		
	비트율 (bpp)	엔트로피 (bpp)	PSNR (dB)	비트율 (bpp)	엔트로피 (bpp)	PSNR (dB)
블록 단위 직교 분할	0.930	0.890	33.9	0.161	0.106	25.9
블록 단위 쌍직교 필터	0.712	0.681	35.1	0.148	0.094	28.1
직교 분할 블록 구획	0.713	0.673	35.2	0.156	0.101	28.2
쌍직교 분할 블록 구획	0.659	0.616	35.3	0.148	0.094	28.4

은 성능을 보였다.

본 논문에서 제안된 부호화기를 이용하면, 전체 영상을 고역과 저역으로 나누어 각각의 대역별로 부호화할 수 있다. 따라서, 자동적으로 신호의 계층이 나누어 질 뿐 아니라, 통계적으로 비슷한 성질을 보이는 각각의 계층 별로 부호화하기 때문에 부호화에도 상당한 이익을 얻을 수 있다.

참고문헌

- [1] W. B. Pennebaker, J. L. Mitchell. *JPEG Still Image Data Compression Standard*. VNR, New York, 1993.
- [2] M. Vetterli, C. Herley. "Wavelets and filter banks: theory and design," *IEEE Trans. Signal Proc.*, vol. 40, pp. 2207-2232, Sep. 1992.
- [3] I. Daubechies, "Orthonormal bases of compactly supported wavelets," *Commun. Pure and Appl. Math.*, vol. XLI, pp. 909-996, 1988.
- [4] M. Antonini, M. Barlaud, P. Mathieu, and I. Daubechies. "Image coding using wavelet transform," *IEEE Trans. Image Proc.*, vol. 1, pp. 205-220, Apr. 1992.
- [5] S. Mallat. "A theory for multiresolution signal decomposition: the wavelet representation," *IEEE Trans. Patt. Recog. and Mach. Intell.*, vol. 11, pp. 674-693, Jul. 1993.