

웨이블릿변환을 이용한 무손실에 가까운 의료영상압축

윤기병, 안창범

광운대학교 공과대학 전기공학과

Near Lossless Medical Image Compression using Wavelet Transform

Ki Byung Yoon, Chang Beom Ahn

Dept. of Electrical Eng. Kwangwoon Univ.

Abstract

Medical image compression using the wavelet transform has been tried. Due to the flexibility in representing nonstationary image signal in both time and frequency domains and its ability to adapt human visual characteristics, wavelet transform has unique advantage in images compression. In the proposed wavelet compression original image is decomposed into multi-scale bands. Different scale factors are employed in the quantization of wavelet decomposed images in different bands. For the lowest band, a predictor is designed and error signal is entropy coded. For high scale bands, runlength coding for zero run is used with Huffman coding. From simulation with magnetic resonance images(256x256 size, 256 graylevels) the proposed algorithm is superior to the JPEG by more than 2.5 dB in near lossless compression (CR = 8 - 10).

서론

의료영상의 압축은 영상의 특성상 압축손실을 작게하는 데 역점을 두어야한다. 지금까지의 영상압축 표준인 JPEG은 압축비에 비해서 손실이 큰 반면 DPCM 은 손실은 없으나 압축비가 크지 않은 단점이 있었다. 영상신호의 중복성을 효과적으로 제거하면서 가능한 많은 양을 압축하고 복구시에 손실을 최소로 줄이기 위한 압축 알고리즘이 끊임없이 연구되어졌고 이것이 PACS 및 원격의료진단의 핵심기술중의 하나로 부각되어왔다. 본 논문은 의료영상을 압축하기 위하여 웨이블릿변환을 사용하였고 JPEG 과의 비교에 초점을 맞추었다. 웨이블릿변환은 영상전체의 중복성을 제거 하면서 계층적인 주파수와 위치따른 영상특성을 동시에 나타낼 수 있으므로 일반적으로 저주파성분이 많은 영상신호를 효과적으로 코딩할 수 있다. 본 논문에서는 Daubechies등이 설계한 7-9탭 Wavelet필터[1]를 사용하여 영상을 대역분할하였으며 양자기는 주파수에 따라 서로 다른 가중치를 사용하였다.

부호화시에 영(zero)값이 많이 나오는 것을 이용해서 영의 길이와 그 다음 영이 아닌 값을 하나로 묶어서 허프만 부호(Huffman code)화 하였다. 그 결과 웨이블릿에 의한 영상압축방법이 낮은 비트율에서 뿐만 아니라 높은 비트율에서도 JPEG보다 2.5dB정도 더 우수한 것으로 나타났고 시각적으로도 사람의 눈에 더 적합한 영상임을 확인하였다.

2. Wavelet 필터의 특징

원형웨이블릿함수(mother wavelet function)는 신호를 저대역과 고대역으로 분석하기 위하여 신호의 직교성분과 일치하는 모든 기저함수(basis function)를 포함하고 있다. 그러므로 어떤 임의의 신호를 분석하기위해서 웨이블릿원형함수를 확장과 수축을 반복하면서 시간축을 따라 이동하면서 convolution을 취해주면 임의의 신호와 웨이블릿원형함수가 직교조건을 만족하는 곳에서 해당되는 주파수성분을 검출할 수 있다. 원형웨이블릿함수는 주기성을 가지고 있고 그 주기성은 시간축을 따라 이동하면서 영(zero)으로 감소되는 성질을 가지고 있어야한다.[2] 영상압축을 위하여 사용되는 두가지 필터는 저대역통과 필터와 고대역통과 필터로 나누어 지게되는 데 h_n 이 저역 통과 g_n 이 고역 통과 분해필터가 되고 \hat{h}_n , \hat{g}_n 두개가 복원필터로 작용한다.[3] 두필터는 다음과 같은 조건을 만족해야 완전복원이 가능하다.

$$\hat{g}_n = (-1)^n h_{-n+1}$$

$$g_n = (-1)^n \hat{h}_{-n+1}$$

아래의 표는 본논문에서 사용한 Wavelet필터계수를 나타낸 것이다.

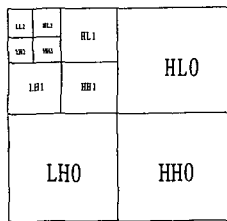
표 1. 웨이블릿 필터 계수

n	0	±1	±2	±3	±4
h_n	0.602949	0.266864	-0.078223	-0.016864	0.026749
\tilde{h}_n	0.557543	0.295636	-0.028772	-0.045636	0

3. Wavelet 코딩

2차원영상에서 가로방향과 세로방향으로 저대역필터와 고대역필터를 반복적으로 통과시켜서 그림 1과 같이 10개의 대역분할된 영상을 얻을 수 있다. 각각의 대역분할 영상은 각 주파수에 대한 위치성분을 나타낸 것이다. 그림 1의 대역 LL2는 대역분할 부호화(subband coding)에서는 가장 낮은 저역통과필터를 통과한 대역이고 웨이블릿변환측면에서는 가장 큰 스케일함수의 대역이다. 이 외의 나머지대역은 고역통과필터를 통과한 부분으로 영상의 각 방향성에 대한 정보를 포함하고 있다. 즉 HL영역은 수평축의 경계성분, LH영역은 수직축의 경계성분을 잘 나타내고, HH영역은 대각방향의 경계성분을 효과적으로 나타낸다.[4] 웨이블릿은 각각의 대역을 통과할 때 영상의 중복성을 효과적으로 없애주기 때문에 각 대역의 성분은 영상의 각 주파수성분을 중복성없이 가장 효과적으로 잘 나타내고 있다고 할 수 있다. 대역분할한 후 그대로 복구했을 경우 완전복구가 가능하므로 PSNR은 무한대가 나오게 된다. 그러므로 이것을 효과적으로 부호화할 경우 부호화의 성능을 높일 수 있다. 아래의 그림 2는 시퀀레이션에서 사용한 핵자기공명영상을 대역분할하여 나타낸것이다. 여기서 고대역신호를 잘 관찰할 수 있도록 3배 증폭하여 보였다.

LL2영역은 전체 대역중에서 에너지를 가장 많이 함유하고 있고 또한 재구성시에 복원영상의 화질에 많은 영향을 미치기 때문에 양자화를 최소로 하였다. LL2영역의 부호화는 그림 3으로 주어지는 예측기를 사용하여 오차신호를 만들어 Huffman coding을 하였다.



대역별 특성

HLm : 수평대역 LHm : 수직대역

HHm : 대각대역 m : 대역성분

그림 1. 웨이블릿 대역 분할

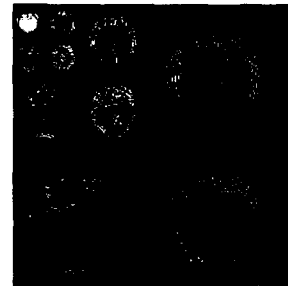


그림 2. 웨이블릿 변환으로 대역분할한 핵자기공명영상

가장낮은대역(LL2)을 제외한 나머지 고역분할신호는 대역분할영상의 98%를 차지하기 때문에 이 부분을 효과적으로 압축하는 것이 중요하다. 원 영상의 값의 분포는 전대역에 걸친 분포를 보이지만 고역분할대역은 라플라시안분포(Laplacian distribution)를 갖는다.(그림 4)

고역분할대역에서의 양자화는 대역기에 따라 에너지의 분포값의 차이가 많고 대역에 따른 사람의 눈의 특성도 다르기 때문에 대역에 따라 양자화기 가중치를 조절하여야한다. 사람의 눈의 특성 및 압축비, PSNR 등을 고려하여 실험적으로 구한 양자기 최적가중치는 표 2와 같다.

양자화된 신호는 지그재그 스캔을 거쳐 1 차원 신호로 재배치된다. 이때 HL과 LH영역이 수평 및 수직 경계특성을 잘 나타내는 점을 고려하여 지그재그스캔의 방향을 그림 5와 같이 하였다. 1차원으로 재배치된 양자화 신호는 배열의 값의 분포가 대부분이 영인 것에 착안하여 영의 갯수의 길이와 그 다음에 나타나는 영

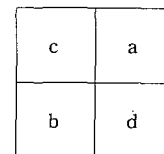
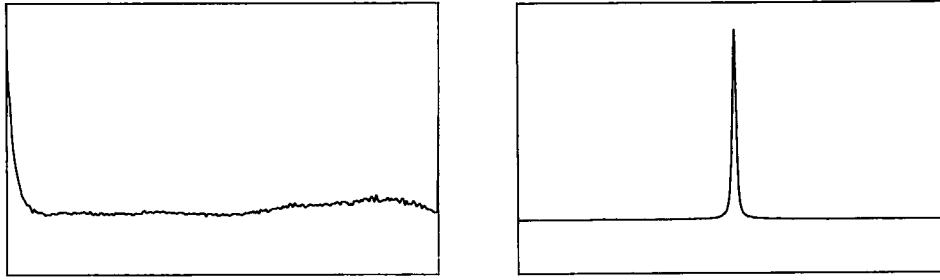


그림 3. 예측기 구성

$$\hat{d} = a + b - c$$

Wavelet 변환을 이용한 무손실 에 가까운 의료영상 압축



원영상의 Histogram

대역분할영상의 Histogram

그림 4.

표 2. 대역에 따른 양자화의 가중치

대역	HLO	HL1	HL2
	LHO	LH1	LH2
	HHO	HH1	HH2
가중치	1.0	0.4	0.2

이 아닌 값(break number)을 하나의 쌍으로하여 Huffman coding을 하였다. 이때 영이 아닌 값(break number)은 크기에 따라 먼저 분류(category)를 한후 이 분류에 대하여 Huffman coding을 적용하였고 분류안에서의 크기는 고정크기의 이진부호를 사용하였다.[5] 본 논문에서 제안한 wavelet 변환코딩의 성능을 조사하기 위하여 256 gray level을 갖는 256x256 크기의 핵자기 공명 영상을 near lossless(PSNR > 35 dB)조건에서 압축하여 재구성한 영상과 원영상과의 차이를 그림 6과 7에 나타내었으며 비교를 위하여 동일한 bit rate에서 JPEG으로 압축하여 재구성한 영상을 오차영상과 함께 보였다.[6] 또한 정량적인 비교를 위하여 최대신호 대 잡음비 및 압축비를 표 3에 보였다.[6] 그림 6, 7 및 표 3에서 보듯이 wavelet변환에 의한 영상이 동일한 비트율에서 JPEG 보다 2.5 dB이상 우수함을 알 수 있고 또한 재구성한 영상의 화질도 뛰어남을 알 수 있다.

Reference

1. M. Antonini, Michelarlaud, Pierre Mathieu, and Ingrid Daubechies. "Image coding using wavelet transform" IEEE Trans. Imag. Proc. Vol 1, pp.205 - 220, 1992.
2. O. Rioul and Martin Vetterli, "Wavelets and Signal Processing" IEEE Signal Processing Magazine, pp.14 - 38, 1991.
3. P. P. Validyanathan, "Quadrature mirror filter banks, M-band extensions and perfect-reconstruction techiques", IEEE ASSP Magazine, 4(3), pp. 4 - 20, 1987.
4. 김진수, 김재균, "웨이블릿변환의 대역별 통계적 특성을 이용한 정지 영상 부호화", 한국 통신학회논문지, 제 20 권 제 2 호, pp.487 - 501, 1995.
5. Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods. Digital Image Processing. Addison Wesley, New York, 1992.
6. 안창범, 한상우, 김일연, "확장 JPEG 표준을 이용한 점진적 의료영상압축." 대한 의용생체공학회 제 15권, pp. 175 - 182. 1994.

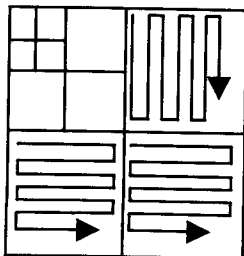
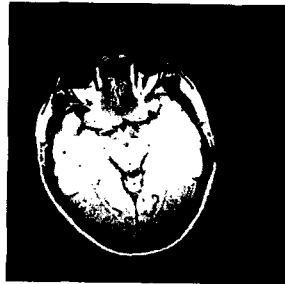


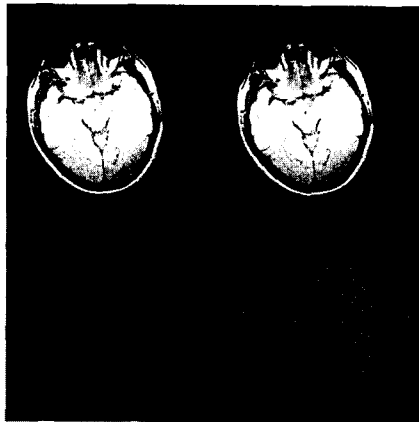
그림 5. 지그재그 스캔

표 3. Wavelet 변환과 JPEG 압축을 이용한 near lossless 조건에서의 최대신호대잡음비

비트율 (bpp)	압축율	Wavelet 부호화기	JPEG 부호화기
0.8 bpp	10	35.63 dB	33.16 dB
1.0 bpp	8	37.43 dB	34.63 dB



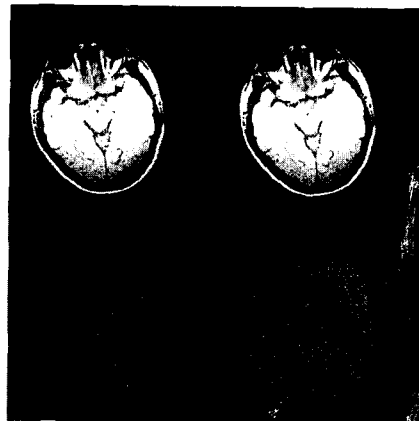
원영상



Wavelet

JPEG

그림 6. 1.0 bpp에서의 재구성한 영상과 원영상과의 오차영상



Wavelet

JPEG

그림 7. 0.8 bpp에서의 재구성한 영상과 원영상과의 오차영상