

웨이브릿변환과 선택적 벡터 양자화를 이용한 영상 부호화에 관한 연구

準會員 韓 政 勳* 正會員 金 長 福*

A Study on the Image Coding Using Wavelet Transform & Selective Vector Quantization

Jung Hoon Han* Chang Bock Kim* *Regular Members*

要 約

본 논문에서는 웨이브릿 변환과 선택적 벡터 양자화를 이용한 방법이 제안되었다. 인간 시각특성중 방향성 감지능력을 고려하여 제일 감지능력이 떨어지는 대각선 방향성분을 비중요 부분으로 처리하였고, 웨이브릿 변환을 이용한 영상의 각분할 대역에 대해 재구성 기여도를 평가하고, 각 분할된 대역에 대해서는 각각 블럭을 검사한 후 벡터양자화를 적용하였다. 모의실험 결과 제안한 방식은 단순히 벡터양자화를 행한 방식보다 1.4dB 성능향상을 가져왔다.

ABSTRACT

In this paper, wavelet transform and selective vector quantization methods are proposed to code still image effectively. And the experiment was done under the consideration of human visual system.

Oriental sensitivity is considered most among the human visual system characteristics. Hence the diagonal orientation component which has the poor sensitivity role to human is ignored. The image processed with wavelet transform is evaluated by the contribution of reconstruction. And each block is tested before vector quantization.

Proposed coding method improved 1.4dB than simply wavelet transform with vector quantization.

이 논문은 홍익대학교 교내 학술연구조성비에 의하여 수행되었음.

* 弘益大學校 電子工學科

Dept. of Electronic Engineering, Hong-Ik Univ.

論文番號 : 9470

接受日字 : 1994年 3月 7日

I. 서 론

영상과 같은 데이터량이 많은 정보를 전송하거나 처리할 경우에는 데이터의 방대함으로 인하여 이를 효율적으로 이용하기 위해 압축이 요구된다. 압축은 손실 압축과 비손실 압축으로 나눌 수 있으며 비손실 압축으로는 1949년 베논-라노 부호화가 나온후 허프만 부호화, 산술 부호화, DBC(Dictionary Based Coding) 등이 개발되었다. 영상이나 음성신호를 처리하는 경우 사용되는 데이터량이 방대하므로 손실 압축이 사용되고 있다. 이런 영상 압축기법에 사용되는 부호화 방식으로는 실제 구현이 비교적 간단하나 전송 오차가 누적되는 예측 부호화(Predictive Coding), 우수한 압축율을 가지나 실제구현이 복잡하고 실시간 처리가 비교적 어려운 변환 부호화(Transform coding), 두가지 장점을 혼합한 혼합 부호화(Hybrid Coding) 방식으로 대별할 수 있다. 예측 부호화 방식으로는 DM, DPCM, ADPCM 등이 있고 변환 부호화 방식으로는 KLT(Karhunen-Loeve Transform), DCT(Discrete Cosine Transform) 등이 있으며 최근에는 웨이브릿(Wavelet), 프랙탈(Fractal)등을 이용한 부호화 방법들이 연구되고 있다[6][12]. 이와같은 주어진 영상의 충실도(fidelity)를 가능한 보존하고, 영상신호에 존재하는 중복성(recundancy)를 제거하여, 데이터를 감축시키기위한 여러 부호화 방식들중 본 논문에서는 기존의 블럭처리 변환 부호화 방식에서 문제가 되어온 블럭효과(block effect)를 개선하고 인간의 시각특성(Human Visual System)중 방향성 감지능력을 고려한 부호화를 행할 수 있으며 또한 점진적 전송(progressive transmission)[1]에 있어서도 매우 적합한 웨이브릿 변환을 이용한 부호화 방식[2]를 사용하여 각 대역별 재구성 기여도(reconstructive contribution)를 고려하고 블럭을 검사한후 벡터양자화를 행하는 선택적 벡터 양자화(Selective Vector Quantization) 방식을 이용하여 실험을 행하였다.

II. 웨이브릿 변환

웨이브릿 변환은 처리하고자 하는 신호를 서로 관계

있는 요소들로 분석함으로 표현하는 것을 의미하며 웨이브릿의 재구성 과정은 분해된 웨이브릿 조각들을 다시 복구시키는 것을 말한다.[3]. 웨이브릿 변환은 크기함수(scaling function)와 웨이브릿함수(wavelet function)의 천이(translation)와 확장(dilation)에 의해 표현될 수 있다[2][4]. 그림1과 그림2를 예로 보면 크기함수에 의해 해상도 1을 갖는 신호 A_1f 를 2^{-1} 라는 해상도로 근사화 시킬 수 있고 웨이브릿 함수에 의해 이 함수의 세부신호(detail signal) $D_2^{-1}f$ 를 얻을 수 있다. 즉 해상도 1을 갖는 하나의 신호를 보다 낮은 해상도 2^{-1} 를 갖는 신호와 이의 세부신호로 분해할 수 있고 이를 원래 신호로 합성할 수 있다. S. Mallat와 Y. Meyer는 웨이브릿은 다해상도 분석이라는 것으로 구성될 수 있음을 보였고[2], Daubechies 등에 의해 특정조건을 만족하는 웨이브릿 필터가 연구되어졌다[5][6].

웨이브릿 변환의 기본적인 구성은 그림1 및 그림2와 같다.

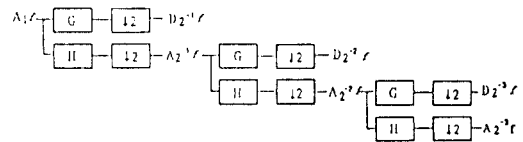


그림 1. 분해도

Fig 1. Decomposition

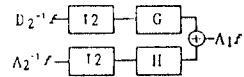


그림 2. 합성도

Fig 1. Reconstruction

$$\begin{aligned}
 A_1f &= A_2^{-1}f + D_2^{-1}f \\
 A_2^{-1}f &= A_2^{-2}f + D_2^{-2}f \\
 A_2^{-2}f &= A_2^{-3}f + D_2^{-3}f
 \end{aligned}$$

A_1f : 원신호(original signal)

G, H : 고역, 저역 여파기

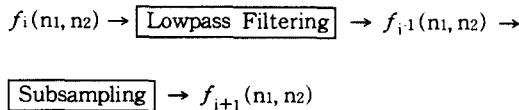
$D_2^{-1}f$: 이산 세부신호(discrete detail signal)

$A_2^{-1}f$: 근사화된 신호

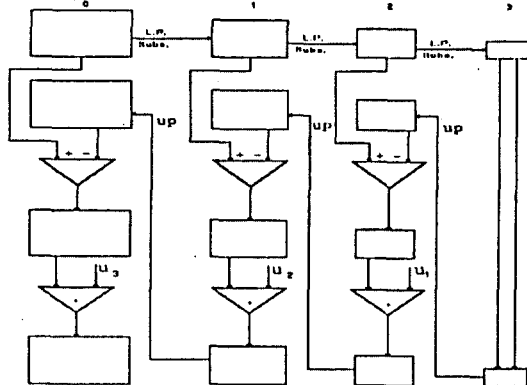
↑ 2 : upsampling
 ↓ 2 : subsampling

1. 피라미드 변환

피라미드 표현은 하나의 원영상과 연속적인 보다 낮은 해상도의 이미지로 나타낼수 있는데 $f_i(n_1, n_2)$ 를 원영상이라 하고 이를 저역여파와 부표본화를 시키면 원영상보다 해상도가 떨어지는 다음 단계의 영상($f_{i+1}(n_1, n_2)$)을 얻을 수 있다[7][8].



k번째를 피라미드의 제일 상위 단계라 하면(그림3에서는 k=3), 영상은 상위 단계로 갈수록 작아지고 해상도는 낮아지게 된다. 결과적으로 영상 $f_i(n_1, n_2)$, $0 \leq i \leq k$,는 다해상도 영상으로 볼 수 있고, 피라미드 구조를 형성한다. 이와 같은 피라미드 변환 방식의 개념은 웨이브릿 변환에서도 포함되고 있는데 이로 인하여 웨이브릿 변환된 영상은 다해상도 분석 및 점진적으로 전송이 가능하다. 점진적 전송은 간단한 예로 그



LP : Lowpass filtering
 Subs : subsampling
 up : Upsampling
 u_1, u_2, u_3 : 전 단계에서 upsampling된 data

그림 3. 피라미드 변환의 구성도
 Fig. 3. Structure of Pyramid

림3에서 먼저 제일 상위 단계인 3의 영상을 전송하고 그다음 3과 2 영상의 차영상을 전송하는 식으로 수신측에서 받는 영상의 화질이 점진적으로 좋아지게 되며 화질이 정해놓은 기준치에 도달하게 되면 영상 전송을 멈추게 하는 방식으로 고품질의 화질을 요하지 않는 경우에 유리하며 영상데이터 전체를 모두 전송하지 않아도 된다는 장점이 있다.

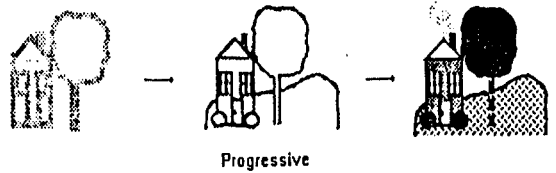


그림 4. 점진적 전송의 예
 Fig. 4. An example of progressive transmission

2. 인간의 시각 특성

Campbell과 Kulikowski가 실험결과 밝혀낸 시각의 방향성 감지능력에 관한 특성을 웨이브릿 분해된 영상에서 고려할 수 있다[2]. 웨이브릿 변환을 한 영상은 각 방향별로 분할이 되는데, 이중 인간 시각은 대각선 방향성분에 제일 감지능력이 떨어지는 성질을 이용하여, 영상처리에 있어 인간의 시각 특성을 적용할 수 있다.

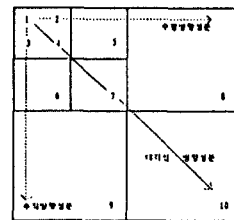


그림 5. 분할된 영상의 방향성 성분
 Fig. 5. Orientational character

웨이브릿 변환에서는 그림5와 같이 대역별로 방향성 성분을 갖게 되므로 인간의 시각 특성을 고려하여 대각선 성분을 부호화에서 제외하거나 적은 비트를 할당하여 부호화를 행할 수 있다.

III. 신호의 확장

분할된 영상 신호를 처리함에 있어서 신호의 유한성 (finite signal) 때문에 신호를 확장하는 것이 요구된다. 적절하게 필요로 되는 신호확장을 하지 않게 되면 재구성시 신호는 많은 왜곡을 갖게 된다[9][10].

신호 확장에 대한 방법은 다음과 같다.

- 1) Pad with zeroes : $x(n)=0$ for $-\frac{1}{2}N+1 \leq n < 0$,

$$M \leq n \leq M + \frac{1}{2}N - 2$$

- 2) Circular extension : $x(n) = x((n+M) \bmod M)$

$$\text{for } -\frac{1}{2}N+1 \leq n < 0$$

$$x(n) = x(n \bmod M) \text{ for}$$

$$M \leq n \leq M + \frac{1}{2}N - 2$$

- 3) Replication of boundary values :

$$x(n) = x(0) \text{ for } -\frac{1}{2}N+1 \leq n < 0$$

$$x(n) = x(M-1) \text{ for } M \leq n \leq M + \frac{1}{2}N - 2$$

- 4) Symmetric extension :

$$x(n) = x(-n-1) \text{ for } -\frac{1}{2}N+1 \leq n < 0$$

$$x(n) = x(2M-1-n) \text{ for } M \leq n \leq M + \frac{1}{2}N - 2$$

- 5) Doubly symmetric extension :

$$x(n) = 2x(0) - x(-n) \text{ for } -\frac{1}{2}N+1 \leq n < 0$$

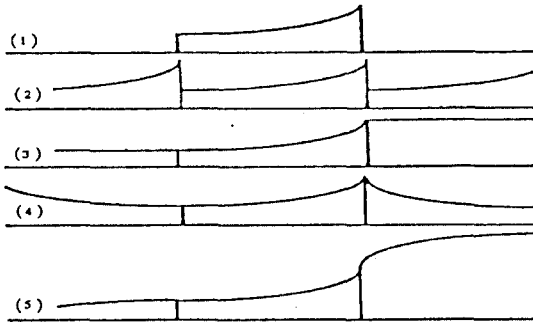


그림 6. 확장 방법
Fig. 6. Signal extension

$$x(n) = 2x(M-1) - x(2M-1-n) \text{ for}$$

$$M \leq n \leq M + \frac{1}{2}N - 2$$

N : 여파기의 임펄스 응답 길이

M : 신호 길이

본 논문에서는 확장의 5가지 방식을 각각 실험한 결과 제일 적합하다고 나타난 Symmetric Extension 방법을 평가 실험에서 사용하여 신호를 확장하였다.

IV. 모의 실험 및 평가

본 실험에서는 분해된 영상의 각 대역별 재구성 기여도를 평가하고, 각 대역에 있어 VQ(Vector Quantization)를 행하기 전에 각 블록을 검사하여 VQ여부를 결정하는 선택적 VQ(Selective VQ)방식을 도입하여 실험을 하였다. 평가에 사용한 영상은 512×512 lena 영상이며 평가방법은 최대 신호대 잡음비(PSNR : Peak Signal to Noise Ratio)을 사용하였으며 실험은 SPARC station 2로 행하였다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE} \text{ [dB]}$$

$$\text{여기서}(MSE = \frac{1}{N^2} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} [f(i, j) - f'(i, j)]^2)$$

1. VQ평가 실험

VQ평가를 위한 실험에서 분할된 대역에 대해 8×8, 4×4, 2×2 블록을 사용하였다. (D4, D5, D6)대역을 8×8로 저주파에서 다시 변환된 대역에 대해서는 4×4와 2×2 블록을 적용하고, 256부호어(codeword)를 사용하였고, Linde, Buzo, Gray가 제안한 방식[11]을 이용하여 부호책(codebook)을 설계하였다.(부호책은 각 대역별로 각각 설계한 다중 부호책(multicodeword) 방식으로 하였다.) 실험결과 표1에서 나타난 바와같이 선택적 벡터 양자화(SVQ)를 행한 것이 PSNR이 향상됨을 보였다.

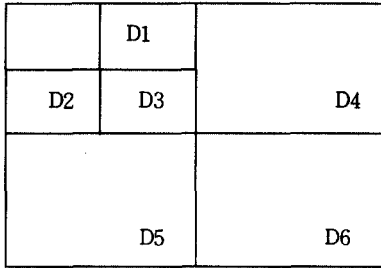


그림 7. VQ를 위한 영상 분할도
Fig. 7. Dcomposition for VQ

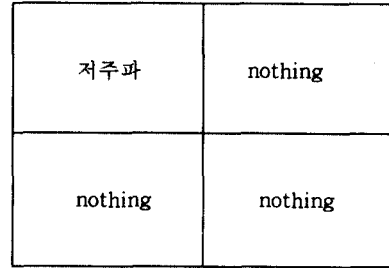


그림 8. 저주파만을 고려한 영상분할도
Fig 8. Decomposition of Image(only low frequency)

2. 저주파만을 고려한 영상의 재구성 실험

재구성시 기여도를 평가하기 위한 실험의 하나로 고주파성분을 제외하고 저주파만을 고려하여 분할영상을 재구성한 결과이다.

3. 재구성 기여도 평가

인간의 시각 특성중 방향성 감지능력이 대각선 방향 성분에서 제일 떨어지는 것으로 나타났는데 실제로 각

표 1. VQ를 위한 영상 분할도

Table 1. PSNR of reconstruction

(512×512 lena)

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	PSNR
블럭	4×4	2×2	2×2	8×8	8×8	8×8	30.008dB
블럭	4×4	2×2	2×2	8×8	S8×8	S8×8	30.391dB
블럭	4×4	2×2	2×2	S8×8	S8×8	S8×8	30.409dB

S: Selective VQ

표 2. VQ를 위한 영상 분할도

Table 2. PSNR of reconstruction (only low frequency)

영 상	4 band	7 band	10 band	13 band
lena	35.27 dB	29.58 dB	25.57 dB	22.55 dB
cablecar	40.72 dB	32.51 dB	26.93 dB	23.71 dB

분할대역의 재구성 기여도를 평가하여도 대각선 성분이 제일 중요도가 낮게 나타났다. 영상을 처리할때 각 방향성 성분을 강하게 갖는 영상일 경우에는 방향성분을 이용하여 부호화를 더 효율적으로 할 수가 있다. 즉 어느 영상이 수직방향 성분을 많이 포함하고 있다고 나타나면 수직방향에 대해서는 더 많이 비트를 할

당하여 부호화를 행하는 방법등을 사용할 수가 있고 수평방향이 강하게 나타났으면 수평방향성분을 중요대역으로 간주하여 부호화를 행할 수 있다.

다음은 각 대역별로 재구성의 기여도를 평가한 실험 결과이다.

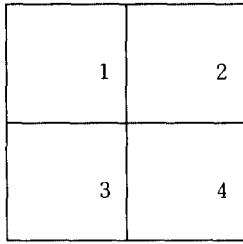


그림 9. 영상 분할도
Fig. 9. Decomposition of Image

표 3. 대역별 재구성 기여도(PSNR)

Table 3. PSNR of each band

(512×512 lena)

4대역 0 bit	3대역 0 bit	2대역 0 bit	1대역 0 bit
43.97 dB	41.33 dB	37.29 dB	5.76 dB

실험결과 4대역에서 재구성 기여도가 가장 낮음을 알 수 있었다. 재구성 기여도를 바탕으로 부호화시 압축비등을 고려하여 기여도가 낮은 대역에 대해서는 그 대역을 비중요 대역으로 처리(부호화를 행하지 않거나 적은 비트를 할당)하여 실험을 행하였다.

4. 평가 결과 및 전체 구성도

표 4. 평가 결과

Table 4. Results of estimation

(512×512 lena)

	Chen DCT (16×16)	Wavelet Transform[6] (9-7 tap)	제한한 방식 (9-7 tap)
I) bpp [bpp]	0.25	0.21	0.21
PSNR [dB]	30.42	29.11	30.537
II) bpp [bpp]	0.5	0.37	0.5
PSNR [bpp]	33.38	30.85	33.622

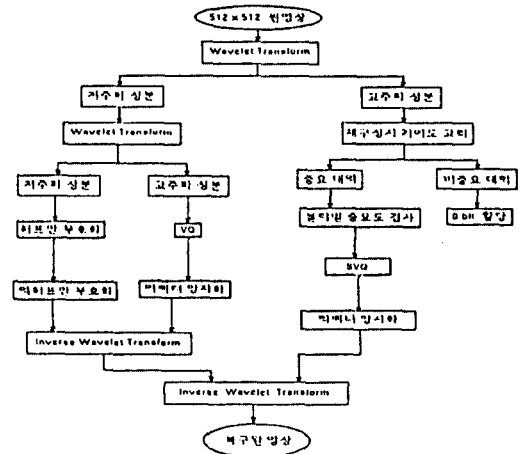


그림 10. 전체 구성도

Fig. 10. Encoding and Decoding Process



그림 11. lena 원영상

Fig. 11. Original Image



그림 12. 0.5bpp에서의 재구성 영상

Fig. 12. Reconstructed Image at 0.5bpp



그림 13. 0.21 bpp에서의 재구성 영상
Fig. 13. Reconstructed Image at 0.21bpp



그림 14. 저주파만 살린 영상
Fig. 14. Low frequency Image



그림 15. 웨이브릿변환에 의한 분할 영상
Fig. 15. Processed Image by wavelet transform

V. 결 론

본 논문에서는 기존의 블록단위 변환 방식에서의 블럭 효과의 개선 및 다해상도 개념을 가지고 점진적 전송을 할 수 있으며, 인간 시각의 특성을 이용할 수 있는 웨이브릿 변환을 가지고 실험을 행하였다. 분할된 영상의 각 대역별 재구성 기여도를 평가하여 부호화 여부를 결정하였으며 이는 또한 인간의 방향성 감지능력과도 같은 결과를 얻을 수 있었다. 그리고 고주파 부분에서 재구성 기여도가 높게 나타난 대역에 대해 VQ를 행할때 실험결과 적절하다고 나타난 임계치 값과 블럭의 분산을 비교하여 VQ여부를 결정하는 SVQ 방식을 사용하였다. 모의 실험결과 단순히 다중 코드를 사용한 VQ방식에 비해 성능(PSNR)향상을 보였다. 인간의 시각특성 및 점진적 전송등 많은 장점을 갖고 있는 웨이브릿 변환을 이용한 영상 부호화에서 각 방향성으로의 부호화의 연구 및 전송을 위한 보다 효율적인 부호화 방식의 연구가 필요하다고 기대된다.

참 고 문 헌

1. William B. Pennebaker, Joan L. M., "JPEG", Van Nostrand Reinhold 1993.
2. Mallat, "A theory for Multiresolution Signal Decomposition : The wavelet Representation," IEEE Trans on ASSP July 1989.
3. "Wavelets and its application", KAP 1993.
4. Mallat, "Multifrequency Channel Decomposition of Image and wavelet Models," IEEE Trans of ASSP DEC 1989.
5. Daubechies "Orthonormal Bases of Compactly supported Wavelets," Comm Pure. and Appl. Math. 1988.
6. M. Antonini, M. Barland P. Mathieu and Daubechies, "Image coding using the wavelet transform", IEEE Trans. on Image Processing, April 1992.
7. Burt, Adelson, "The Laplacian Pyramid as a compact Image Code", IEEE Trans on comm

- April 1983.
8. JAE S. LIM, "Two-Dimensional signal and image processing," Prectice-Hall Int. Editions. pp. 632-641.
 9. Martucci, "Signal extension and noncausal filtering for subband coding of image", SPIE vol 1605 visual comm. and Image processing 1991.
 10. Karlsson, Vetterli, "Extension of Finite Length signals for sub-band coding", SP. June 1989.
 11. Gray, "Vector Quantization", IEEE ASSP mag. April 1984.
 12. 권상근, "중복 웨이브릿변환(OWT)," 한국통신학회논문지, 1992년 6월.

韓政勳(Jung-Hoon, Han)

1991년 2월 : 호서대학교 정보통신공학과(공학사)

1992년 3월 ~ 1994년 2월 : 홍익대학교 대학원 전자공학과(공학석사)

1994년 3월 ~ 현재 : 군북무중

金長福(Chang Bock, Kim)

1974 : 연세대학교 전자공학과(공학사)

1976년 : 연세대학교 대학원 전자공학과(공학석사)

1983년 : 연세대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

1987년 ~ 1988년 : 독일 Braunschweig 공과대학 박사후과정

1979년 ~ 현재 : 홍익대학교 전자공학과 교수

※ 주관심분야 : 디지털 신호처리 및 데이터 통신망 분야