

論文96-33B-9-8

## 웨이브릿 계수들의 投影을 이용한 映像壓縮 알고리즘

## (Image compression through projection of wavelet coefficients)

金哲佑\*, 李承駿\*, 李忠雄\*

(Kim Chul-Woo, Lee Seung Jun, and Lee Choong Woong)

## 요 약

본 論文에서는 映像信號의 웨이브릿 領域에서의 投影을 이용한 映像壓縮 알고리즘을 제안한다. 웨이브릿 變換된 映像信號는, 8 방향으로 投影된 계수들의 집합중 원래의 映像을 가장 잘 近似하는 하나의 元素에 의해 符號化된다. 이 投影 데이터들은 웨이브릿 變換 계층과 오리엔테이션에 따라 適應的으로 벡터양자화된다. 컴퓨터 模擬實驗을 통하여, 제안된 알고리즘이 PSNR 측면에서 뛰어난 性能을 보일 뿐만 아니라, 主觀的畫質도 優秀함을 알 수 있었다.

## Abstract

This paper proposes an image compression algorithm that adopts projection scheme on wavelet transform domain of image signal. Wavelet decomposed image is encoded by the result of projection along one direction out of eight which approximates the coefficients most closely to the originally transformed coefficients. These projection data are vector quantized using separate codebooks depending on the decomposition level and orientation of decomposed of image. Experimental result reveals that proposed scheme shows excellent performance in PSNR manner and also shows good subjective quality.

## I. 서 론

映像信號處理分野, 특히 映像壓縮分野에서는 이산코사인 變換(Discrete Cosine Transform)과 웨이브릿 變換(Wavelet Transform)등과 같은 技法들이 널리 사용된다. 이와 같은 變換의 목적은 映像信號를 變換基底들을 이용하여 壓縮이 용이하도록 信號의 에너지 分布를 조절하고, 信號간의 相關關係를 떨어뜨리는 것이다. 이 중 웨이브릿 變換은 映像 분석 및 壓縮을 포함한 여타 應用 분야에서 근래들어 뛰어난 性能을 보이는 技法으로 각광받고 있다. Meyer와 Mollet에 의해

서 처음으로 소개된 이후에 Stephen G. Mallat는 映像信號처리 분야에서의 웨이브릿 變換이 가지는 커다란 가능성을 제시했다<sup>[1,2]</sup>. 웨이브릿이 가지는 여러가지의 특성중에서도 多解像度分解 능력과 映像信號의 방향성 분석은 映像信號 처리 분야에 있어서 매우 바람직한 특성으로 꼽히고 있다. 映像信號의 저주파 부분은 信號가 가지는 에너지의 많은 부분을 차지하고 있고, 映像의 윤곽선 부분은 사람의 눈에 커다란 정보를 전달하기 때문에 웨이브릿의 이러한 특성은 더욱 더 중요히 여겨지고 있다. 웨이브릿이 가지는 우수한 映像 분석 특성을 이용하려는 노력은 최근에도 계속되고 있다. 물론 이산 코사인 變換領域에서 變換계수들을 방향성 分解하여 映像信號가 가지는 엔트로피를 낮추고자 하는 노력도 있었다<sup>[3]</sup>. 하지만, 웨이브릿 變換은 이산 코사인 變換과는 달리 원래 映像信號의 윤곽선 정보(edge of boundary)가 變換계수領域에서도 그대로 보

\* 正會員, 서울大學校 電氣工學部

(Professor School of Electrical Engineering Seoul National University)

接受日字:1995年10月25日, 수정완료일:1996年8月12日

존된다는 장점을 가지고 있다. 또한 웨이브릿 變換은 多解像度分解 기법의 하나이기 때문에 순차적 전송에도 적합하다는 장점을 가지고 있다. 多解像度分解 기법의 하나로서 웨이브릿이 가지는 또다른 장점들 중의 하나는 映像符號化/復號化에 적용되었을 때 區劃化現象(blocking artifacts)이 나타나지 않는다는 점이다. 이것은 웨이브릿 變換에서 처리된 映像信號는 區劃 단위의 처리가 아니라 여러개의 주파수 대역으로 나뉘어져 처리되기 때문이다.

본 論文에서는 이러한 웨이브릿의 특성, 즉, 變換係數들이 원래 映像의 가장 자리에 걸쳐서 분포되어 있다는 사실을 이용하여, 變換領域에서 投影 기법을 적용하여 映像을 효율적으로 壓縮하는 알고리즘을 제시한다. 映像信號에 유한한 횡수의 投影을 적용하여 符號化/復號化 하는 방법은 이미 제시된 바 있다<sup>[4]</sup>. 본 論文에서는 投影技法을 원래의 映像信號에 적용하는 것이 아니라, 웨이브릿 變換領域에 적용하여 효율적인 壓縮을 도모한다. 映像信號는 먼저 웨이브릿 變換되어 近似信號와 細部信號로 나뉜다. 近似信號는 DPCM된 후 가변 길이 符號化된다. 細部信號는 웨이브릿 變換 계층과 變換 방향에 따라 서로 다른 크기를 가지는 區劃들로 나뉘어 진 후, 각 區劃들은 區劃내의 係數들이 가지는 에너지의 크기에 따라 문턱치처리된다. 문턱치처리 여부에 따라 符號化 될 區劃들은 投影되어 投影된 데이터들이 變換係數들을 대신하게 된다. 이 投影 데이터들은 웨이브릿 變換 계층과 오리엔테이션에 따라 서로 다른 부호책을 가지는 벡터 양자기를 통하여 양자화된다. 각 區劃의 符號化 여부 및 投影방향을 나타내는 부가 정보들은 따로 符號化되어 전송된다.

본 論文의 구성은 다음과 같다 : 먼저 2장에서 웨이브릿 變換理論에 대해 간략하게 정리한 후, 3장에서는 投影에 의한 映像壓縮 및 復原 알고리즘을 설명한다. 이어서 본 論文에서 제안하고자 하는 웨이브릿 係數의 投影 벡터양자화 알고리즘이 4장에서 자세히 설명되어 있다. 5장과 6장에는 각각 컴퓨터 模擬實驗에 의한 결과 및 결론을 실었다.

## II. 웨이브릿 變換

信號의 多解像度分解는 映像分析에 있어서 효율적인 도구로 이용되어 왔다. 웨이브릿 變換은 이러한 多解像

度分解를 위한 강력한 도구들중의 하나로 많은 주목을 받아왔다. 웨이브릿 이론에 의하면, 信號  $f(x) \in L^2(R)$ 는 母웨이브릿(mother wavelet)  $\phi(x)$ 의 이동과 신축(translations and dilations)으로 이루어진 기저들로 나타내어 질 수 있다. 따라서 解像度  $j$ 에서의 近似信號와 細部信號는 각각 스케일링 함수(scaling function) 및 웨이브릿으로 표현되는  $\sqrt{2^{-j}}\phi(x-2^{-j}n)$ 와  $\sqrt{2^{-2j}}\phi(x-2^{-j}n)$ 들로 나타내어 질 수 있다. 여기서  $\phi_j$ 와  $\phi_{2^j}(x)$ 는 다음 (1)식과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} \phi_{2^j}(x) &= 2^j \phi(2^j x) \\ \phi_{2^j}(x) &= 2^j \phi(2^j x) \end{aligned} \tag{1}$$

위 (1)식에서,  $\sqrt{2^{-j}}\phi(x-2^{-j}n)$ 와  $\sqrt{2^{-2j}}\phi(x-2^{-j}n)$ 는 각각 解像度  $j$ 인 벡터 공간  $V_{2^j} \subset L^2(R)$ 와 그의 직교공간  $W_{2^j}$ 에서의 정규직교기저(Orthonormal basis)를 형성한다. 또한 이들 벡터공간사이에는  $\forall j \in Z, V_{2^j} \subset V_{2^{j+1}}$ 인 관계를 이루며  $V_{2^j} \oplus W_{2^j} = V_{2^{j+1}}$ 의 관계가 성립한다<sup>[9]</sup>.

이들 각 벡터공간은 2차원 영상신호를 가정할때 다중해상도 공간을 의미하게 되며, 이들 공간으로의 투영은 각각의 해상도에서의 영상신호의 표현을 의미한다. 또한 각각의 다중해상도 공간으로의 투영은 벡터공간의 기저와의 내적을 구하는 것으로 나타나며, 이러한 변환 과정에서 Mallat는 웨이브릿을 이용한 變換이 다음 (2)식에서 보이는 것과 같은 성질을 갖는  $h(n) = \langle \phi_{2^j}(u), \phi(u-n) \rangle$ 의 係數를 가지는 필터링 과정으로 數式化 될 수 있음을 보였다<sup>[11]</sup>.

$$\begin{aligned} |H(0)| &= 1 \text{ and } h(n) = O(n^{-2}) \text{ as } n \rightarrow \infty \\ |H(\omega)|^2 + |H(\omega + \pi)|^2 &= 1 \\ H(\omega) &= \sum_{n=-\infty}^{\infty} h(n)e^{-i\omega n} \text{ 그리고 } g(n) = (-1)^{1-n}h(1-n) \end{aligned} \tag{2}$$

따라서 영상신호를 (2)식과 같은 조건을 만족시키는 필터를 이용한 필터링을 통하여 다중해상도 공간에서 분해할 수 있다.

Mallat는 그의 논문에서 (2)식의 조건을 만족시키는 웨이브릿을 제안하기도 하였다<sup>[11]</sup>. 또한 위의 필터 係數들은 Smith와 Barnwell이 제안한 完全復原條件(perfect reconstruction conditions)들을 만족한다는 것이 알려져 있다<sup>[15]</sup>.

### III. 投影 벡터 양자화 (Projection VQ)

#### 1. 信號 區劃의 投影

$N$ 개의 크기를 가지는 디지털 信號의 區劃  $F$ 를 가정하고, 區劃내의 화소값들을  $f(i, j)$  ( $i=1, 2 \dots N, j=1, 2 \dots N$ )라고 하자. 이 때 수평선에 대해  $\theta$ 의 각도로 投影한 데이터 벡터를  $P_\theta = [p_{\theta,1}, p_{\theta,2} \dots p_{\theta,k_s}]$ 라고 한다 ( $K_\theta$ 는 投影 각도에 따라 다르다). 이 때 投影 데이터 벡터의 각 元素들은 (3)식과 같이 표시된다.

$$p_{\theta,n} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N f(i, j) w_{\theta,n}(i, j) \quad (3)$$

$W_{\theta,n} = [w_{\theta,n}(i, j)]$ 는 각 元素가 0 혹은 1로 이루어진  $N \times N$  행렬이다. 또한 행렬  $A = [a(i, j)]$ ,  $B = [b(i, j)]$ 와  $C = [c(i, j)]$   $i, j=0, 1, \dots, N$ 이 있다고 할 때, 연산자는 (4)식과 같이 정의된다.

$$C = A \otimes B \Leftrightarrow c(i, j) = a(i, j)b(i, j) \quad i, j=0, 1, \dots, N \quad (4)$$

행렬  $W_{\theta,n}$ 의 각 元素  $w_{\theta,n}(i, j)$ 들은  $F \otimes W_{\theta,n}$ 가 信號 區劃  $F$ 를 각도  $\theta$ 로 投影한 데이터 벡터의  $n$ 번째 元素가 되도록 정의된다. 이렇게 되기 위해서는  $W_{\theta,n} = [w(i, j)]$ 는 (5)와 같이 정의된다.

$$w(i, j) = \begin{cases} 1 & f(i, j) \text{가 } p_{\theta,n} \text{의 투영선상에 존재할 때} \\ 0 & \text{그 외의 경우} \end{cases} \quad (5)$$

(5)식에 의해 (6)식과 같은 결과가 도래된다.

$$\sum_{n=1}^{K_\theta} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w(i, j) = N \times N \quad (6)$$

따라서  $P_\theta$ 는 信號區劃의 각도  $\theta$ 를 따라 投影된 데이터들의 벡터를 形成한다.

#### 2. 投影데이터들에 의한 信號 區劃의 復原

信號 區劃의 復原은 投影 데이터들을 이용한 單一角 復原(Single Angle Reconstruction, SAR)을 反復的으로 행함으로써 이루어질 수 있다<sup>16)</sup>.

1) 單一角 復原(Single Angle Reconstruction, SAR)  
信號 區劃의 投影 데이터  $P_\theta$ 를 얻게되면, 이를 통하여 信號區劃의 復原을 실시할 수 있다. 復原된 信號 區劃  $F'$ 는 (7)식과 같이 구해질 수 있다.

$$F' = \frac{1}{\sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N w_{\theta,n}(k, l)} \sum_{n=1}^{K_\theta} p_{\theta,n} W_{\theta,n} \quad (7)$$

위 식(7)의 單一角의 投影에 의한 復原 과정을 單一角 復原이라고 한다.

2) 單一角 復原의 반복적인 실행을 통한 信號의 復原

單一角 復原에 의한 信號의 復原을 행할 때, 첫번째 復原된 信號를  $[F']^{(1)}$ 라고 하면  $[F']^{(1)}$ 는 (8)식과 같이 나타난다.

$$[F']^{(1)} = \frac{1}{\sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N w_{\theta,n}(k, l)} \sum_{n=1}^{K_\theta} [p_{\theta,n}]^{(1)} W_{\theta,n} \quad (8)$$

이 때 하나의 區劃의 復原에 한 번 이상의 投影이 필요할 경우에,  $n$ 번째로 投影될 데이터는 (9)식에서와 같이 원래 信號區劃과 復原된 信號의 차이로 대체된다.

$$[D]^{(n)} = F - [F']^{(n)} \quad (9)$$

또한  $[D]^{(n)}$ 는  $(n+1)$ 번째 投影을 위한 데이터가 된다. 따라서  $n$ 번째의 單一角 復原에 의하여 信號는 (10)식과 같이 復原된다.

$$[F']^{(n)} = [F']^{(n-1)} + T^{-1}(T [D]^{(n-1)}) \quad (10)$$

여기서  $T$ 는 信號 區劃  $F$ 를 投影 데이터로 매핑하는 연산자이며,  $T^{-1}$ 는 單一角 復原을 뜻한다. 즉,

$$T: F \rightarrow P_\theta \quad (11)$$

라고 하면  $T$ 는 信號를 각도  $\theta$ 로 投影하여 投影 데이터로 變換하는 역할을 하는 과정을 나타내게 된다.

### IV. 웨이브릿 係數의 投影 벡터양자화

제안된 알고리즘에서는 映像이 웨이브릿 變換을 통하여 多解度度分解된 후에 投影 벡터양자화를 통하여 符號化된다. 벡터양자화의 區劃 크기는 각 分解 계층과 오리엔테이션에 따라 결정되며 이는 벡터양자화의 부호화의 크기가 일정할 경우 각 附映像(subimage)에 비트를 효율적으로 할당하는 역할을 한다. 이렇게 결정된 區劃들의 에너지는 미리 정해진 문턱값(threshold values)과 비교되어, 정해진 문턱값보다 더 큰 에너지를 가지는 區劃들은 投影 벡터양자화 알고리즘을 이용하여 符號化된다. 제안된 알고리즘을 자세히 설명하면 아래와 같다.

1. 웨이브릿 變換을 이용한 映像의 多解像度 分解

웨이브릿 變換을 이용하여 分解된 映像의 구조는 그림 1에 나타난 바와 같다. 映像의 分解된 방향은 오리엔테이션을 결정하며, 그림에서 보듯이 웨이브릿 變換을 이용하여 分解된 映像에는 수평, 수직 그리고 대각선 방향의 3가지의 오리엔테이션이 존재한다. 같은 分解 계층과 같은 오리엔테이션을 가지는 웨이브릿係數들을 하나의 附映像(subimage)으로 정의한다. 映像이 3단계로 分解될 경우, 1개의 近似信號 附映像과 9개의 細部信號 附映像등 모두 10개의 附映像이 존재하게 된다.

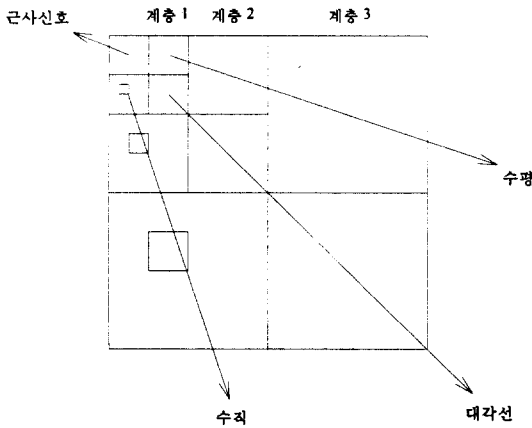


그림 1. 웨이브릿 領域의 映像分析階層 및 오리엔테이션

Fig. 1. Docomposition level and orientation in wavelet domain.

2. 近似信號의 符號化

映像의 웨이브릿 變換을 통해 얻은 近似信號는, 많은 웨이브릿 變換을 통한 映像壓縮방법에서와 같이, 8 비트로 스칼라 양자화된후 DPCM 구조를 통하여 가변길이 符號化 방법으로 무손실 符號化된다<sup>[7]</sup>.

3. 에너지에 따른 區劃의 문턱치처리

信號 區劃의 에너지는 區劃내의 係數들의 供給합을 區劃의 크기로 나눈값으로 정의한다. 따라서 區劃 F의 에너지 E(F)는 (12)와 같이 정의된다.

$$E(F) = \frac{1}{N_x \times N_y} \sum_{i=1}^{N_x} \sum_{j=1}^{N_y} f^2(i, j) \quad (12)$$

이 때  $N_x$  와  $N_y$ 는 信號 區劃의 각각 수평과 수직크기를 나타낸다. 區劃의 에너지 E(F)는 각 分解단계와 오리엔테이션에 따라 결정되는 문턱치와 비교된다. 이 때

區劃의 에너지 E(F)가 문턱치  $E_{th}$ 보다 작을 경우, 그 區劃은 符號化되지 않는다. 즉, 그러한 區劃의 係數들은 모두 0으로 대치된다. 문턱치들은 고주파성분의 區劃들보다 저주파성분의 區劃들이 더 많이 符號化되도록 결정된다.

4. 細部信號의 投影 벡터양자화

문턱치처리의 결과에 따라 符號化되는 區劃들은 投影을 통하여 벡터양자화된다. 投影을 통한 映像壓縮에서는, 投影의 횟수, 投影각등의 投影 과정의 변수들을 적절히 결정하는 것이 중요하다. 제안된 알고리즘에서는 8방향의 投影이 제안되었다. 이것은 投影각의 전송 계획에 쉽게 맞도록 하기 위하여 2의 승수(power)에 해당하는 개수의 投影각도를 선택했기 때문이다. 이 8방향은 수직(90°), 수평(0°), 두 對角線方向(45°와 135°), 그리고 수평, 수직과 두개의 對角線方向의 조합을 二分하는 4방향의 각도(22.5°, 67.5°, 112.5° 그리고 157.5°)로 이루어진다 (그림 2참고). 이 投影 데이터들 표 1에서와 같이 p1부터 p8 까지로 정의한다.

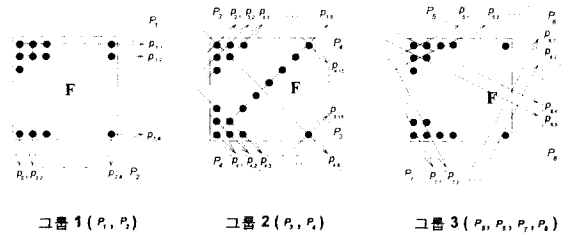


그림 2. 각 投影 벡터들의 表現

Fig. 2. Representation of projection vectors.

표 1. 投影 데이터들의 投影각도

Table 1. Projection angles of projection data.

投影 벡터	投影 각도
p1	0°
p2	90°
p3	45°
p4	135°
p5	22.5°
p6	67.5°
p7	112.5°
p8	157.5°

信號區劃이 圓形이 아니라 四角形이기 때문에, 投影벡

터는 投影각도에 따라 서로 다른 벡터 차원 특성을 가진다. 따라서 8\*8의 크기를 가지는 區劃의 경우, 그림 2에서 보는 바와 같이 8개의 投影 데이터벡터를 벡터 차원과 投影과정의 특성에 따라 3가지의 그룹으로 分類할 수 있다. 각각의 그룹은 표2에서와 같이 그룹 1, 2, 와 3으로 설명된다. 자세한 分類의 과정은 표2에 나타나 있다.

표 2. 投影 벡터들의 分流  
Table 2. Classification of projection vectors.

그룹	投影 벡터	벡터 차원(8 × 8區劃)
그룹 1	p1, p2	8
그룹 2	p3, p4	15
그룹 3	p5, p6, p7, p8	11

그룹1의 投影 데이터, 즉, 投影 벡터 p1과 p2는 2차원 信號 區劃에서의 특성이 비슷하고 投影 벡터의 차원이 같기 때문에 하나의 벡터양자화 부호책을 共有한다. 마찬가지로 해서 p3, p4도 부호책을 共有하며, 그룹 3에 속하는 p4에서 p8까지의 벡터들도 부호책을 共有한다. 각각의 投影벡터들은 投影되는 區劃이 속하는 附映像에 따라서 서로 다른 부호책을 의하여 벡터 양자화된다.

이렇게 양자화된 8개의 投影벡터들을 이용하여 각각을 單一角復原하게 되면, 원래 信號를 近似하는 8가지의 復原 區劃들이 형성된다. 이렇게 復原된 8개의 區劃들중에서, 원래의 웨이브릿 領域에서 變換 係數들의 區劃을 가장 잘 近似하는 復原 區劃에 해당하는 投影벡터를 符號化 벡터로 선택한다. 앞서 3장에서 설명한 바 있는 투영의 반복을 이용한 영상구획의 압축과정에서 n 번째의 投影/單一角復原 과정후의 결과로 얻을 수 있는 평균제곱오차 MSE<sup>(n)</sup> 가 다음과 같이 정의될 때,

$$MSE^{(n)} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N d_n^2(i, j), [D]^{(n)} = [d_n(i, j)]$$

$$i = 1, 2 \wedge N \text{ 이고 } j = 1, 2 \wedge N$$

다음 (i)과 (ii)의 경우에 그 區劃의 復原을 위한 投影/單一角復原 과정을 멈추고 다음 區劃의 符號化로 넘어가게된다.

- (i) MSE<sup>(n)</sup> Thr<sub>mse</sub>
- (ii) (MSE<sup>(n)</sup> - MSE<sup>(n-1)</sup>)/MSE<sup>(n-1)</sup> < Thr<sub>ratio</sub>

이 때 Thr<sub>mse</sub> 와 Thr<sub>ratio</sub> 는 미리 결정된 문턱치들이다.

첫번째 조건은 餘分の 비트들이 다른 區劃의 復原에 좀 더 효과적으로 사용될 수 있음에도 불구하고, 현재 區劃의 復原에 계속하여 사용되는 것은 방지한다. 이것은 최적화된 상황에서는 모든 區劃들이 映像의 復原에 똑같은 정도의 중요도를 가져야 하기 때문이다<sup>[10]</sup>. 두 번째 조건에서는 더 이상의 投影/單一角復原으로 인한 MSE의 감소량이 크지 않을 경우에, 더 이상의 필요없는 投影을 방지한다.

위에서 定義된 과정에 따라 문턱치 테스트를 통과한 모든 區劃들은 投影과정후 벡터양자화를 통하여 符號化된다. 전체적인 시스템 블록도는 그림 3에 나타나 있다.

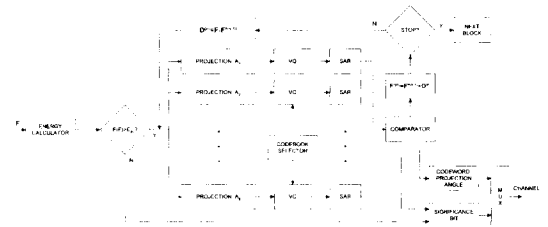


그림 3. 提案 알고리즘의 全體的인 블록도  
Fig. 3. Overall system block diagram.

5. 부가 데이터

投影 데이터 벡터를 나타내기 위한 부호어를 符號化 하기 위한 비트를 '주데이터'라고 할 때, 부가 데이터는 投影각을 나타내기 위한 정보, 현재의 區劃의 壓縮을 위한 더 이상의 投影이 필요한가의 여부를 나타내는 정보, 그리고 區劃의 符號化 여부를 나타내는 정보로 이루어진다. 전송될 附加 데이터들은 다음과 같다:

- 모든 區劃에 적용되는 附加 데이터
  - 區劃의 符號化 여부를 나타내는 정보(significance bit) : 1 비트
- 각 投影에 필요한 附加 데이터
  - 投影각을 나타내기 위한 정보 : 3 비트 (8방향을 가질할 때)
  - 더 이상의 投影이 필요한가를 표시하는 정보 : 1 비트

따라서 벡터양자화에서의 부호어를 위한 비트외에, 매번의 投影마다 4비트가 필요하며, 모든 區劃에 대해 區劃의 符號化 여부를 나타내는 1 비트가 필요하다. 區劃

의 符號化 여부를 나타내는 비트들의 집합인 비트평면 들은 각 附映像 단위로 모아져서 符號化된다. 이들은 각 附映像의 오리엔테이션 방향으로 주사(scanning)되어 0의 최대 길이는 32, 최대 크기는 7이 되도록 줄길 이 符號化(run-length coding)된다.

### V. 모의 실험 결과

512×512 크기의 LENA 映像과 BABOON 映像이 實驗에 사용되었다. 두 映像은 [1]에서 제안된 필터 係數들을 이용하여 3 단계로 웨이브릿 分解되었다. 따라서 近似信號附映像의 크기는 64×64가 되며, 分解 단계에 따라 投影되는 區劃의 크기는 서로 다르다. 각 區劃의 크기는 표 3에 나타나있다.

표 3. 分解階層에 따른 投影 區劃의 크기  
Table 3. Projection block size depending on decomposition level.

映像分解階層	區劃 크기
1	2×2
2	4×4
3	8×8

모든 부호책의 크기는 256으로 固定되어 있다. 3가지의 서로 다른 부호책이 각 그룹에 대해서 필요하며, 차이 區劃을 符號化하기 위해서 또 다른 3가지의 부호책이 필요하다. 따라서 하나의 附映像을 符號化하기 위해서는 모두 6개의 서로 다른 부호책이 필요하다. 실험에서는 문턱치들을 10에서 30까지의 값을 변화시켜가며 얻어질 수 있는 여러 가지의 비트율과 PSNR에 대해서 기록하였다.

부호책 생성과정에서는 LENA 映像과 BABOON 映像을 제외한 23개의 512×512의 크기를 가지는 靜止映像들이 사용되었다. 부호책은 LBG 알고리즘을 사용하여 설계되었다<sup>[11]</sup>. 실험결과는 그림 4와 5에 나타난 바와 같다. 제안된 알고리즘 (WT-PVQ : Wavelet Transform - Projection VQ)은 映像領域에서의 投影방법 (C-PVQ : Conventional Projection VQ)<sup>[6]</sup> 및 최적화된 JPEG 符號化 방법의 결과와 비교되었다.

그림 4와 5에서 보듯이 제안된 WT-PVQ는 PSNR 측면에서 기존 방법들의 성능을 능가한다. WT-PVQ는 C-PVQ에 비해서 약 1~3 dB의 성능 향상을 보이며,

최적화된 JPEG 符號化 방법과 비교해서도 1~2 dB의 향상을 보인다. 제안 방법에서는 그림 6에서 보듯이 區劃화 現象이 기존의 방법에 비해 현저하게 감소되어, 主觀的畫質 역시 우수함을 알 수 있다.

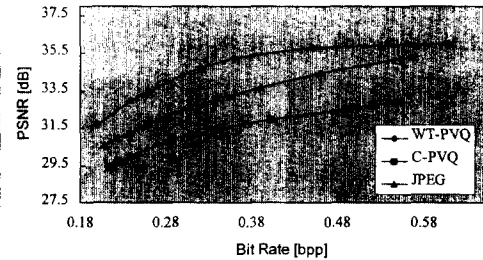


그림 4. 投影한 알고리즘과 既存 알고리즘과의 PSNR 性能比較 (BABOON)

Fig. 4. Comparison of PSNR performance between the proposed algorithm and existing ones. (BABOON)

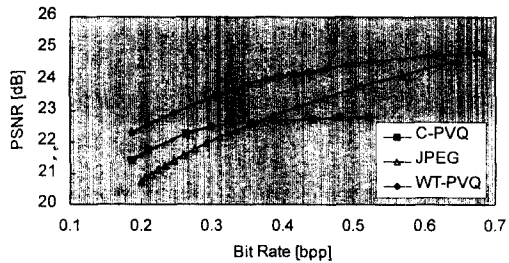


그림 5. 投影한 알고리즘과 既存 알고리즘과의 PSNR 性能比較 (BABOON)

Fig. 5. Comparison of PSNR performance between the proposed algorithm and existing ones. (BABOON)

또한 WT-PVQ는 多解像度分解方法인 웨이브릿 領域에서 投影을 행하기 때문에, 원래 映像 領域에서 投影을 행하는 C-PVQ 및 원래 映像을 區劃단위로 나누어 DCT를 적용하는 JPEG에 비해서 순차적전송(progressive transmission)에 더 적합하여 채널 상태의 악화에 따른 graceful degradation을 期待할 수 있다.

### VI. 결론

본 論文에서는 웨이브릿 變換領域에서 投影기법을 도입하여 映像을 효율적으로 壓縮/復原하는 기법을 제안

하였다. 제안하는 기법에서는 웨이브릿 變換을 이용하여 映像이 多解像度分解된 후, 近似信號는 스칼라 양자화 후에 DPCM 구조를 통하여 無損失符號化 되고, 細部信號는 分解단계에 따라 서로 다른 크기를 가지는 區劃으로 나뉘어져 投影/復原된 후 선택된 投影 데이터가 벡터양자화된다. 벡터 양자화시에 부호책은 分解 단계 및 오리엔테이션에 따라 달라진다.

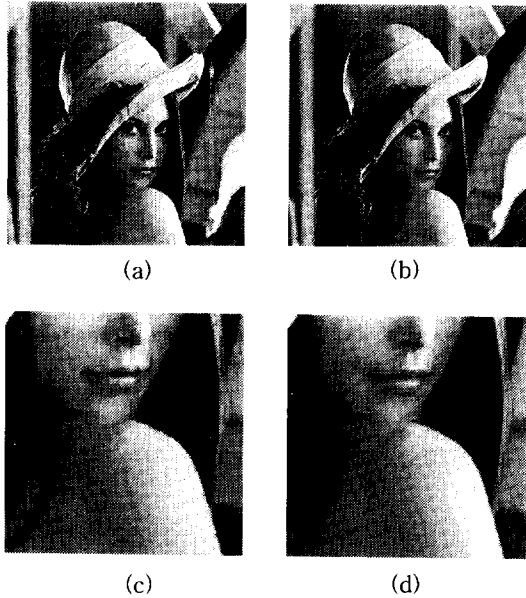


그림 6. WT-PVQ와 C-PVQ의 PSNR 性能比較.  
 (a) C-PVQ (0.238 bpp에서 30.04 dB),  
 (b) WT-PVQ (0.240 bpp에서 33.00 dB),  
 (c) 部分的으로 擴大된 (a), (d) 部分的으로 擴大된 (b)

Fig. 6. PSNR Performance of WT-PVQ algorithm compared with C-PVQ :  
 (a) C-PVQ (30.04 dB at 0.238 bpp),  
 (b) WT-PVQ (33.00 dB at 0.240 bpp),  
 (c) magnified version of (a), (d) magnified version of (b).

實驗結果로 얻어진 결과에서 제안된 알고리즘의 性能은 LENA 映像과 BABOON 映像에서 일정 비트율을 넘어가면서 포화되어 그 이상의 비트율에서도 性能의 개선이 이루어지지 않는 점을 볼 수 있다. 이러한 현상은 實驗에 사용한 벡터 양자화 부호책에 엔트로피 制限 개념이 들어가지 않은 상태에서 제작된 것이기 때문에 나타나는 현상으로 풀이될 수 있다. 따라서 이러한 점을 개선하기 위해서는 龐大한 크기의 부호책을 形成하거나, 부호책 生成시에 엔트로피 制限 방법을 도

입하여야 할 것이다.

제안된 알고리즘은 기존의 投影 알고리즘에 비해 PSNR 성능에서 1~4 dB가량 우수한 성능을 나타내었다. 또한 區劃化現象을 효과적으로 除去함에 따라 主觀的畫質 또한 상당히 개선되었다. 보다 효율적인 附加 데이터의 符號化 방법 및 문턱치들의 最適化 그리고 進술한 바와 같이 엔트로피 制限(entropy-constrained) 방법의 導入등은 앞으로의 研究課題라 할 수 있다.

### 참 고 문 헌

- [1] Stephen G. Mallat, A theory for multiresolution signal decomposition : The wavelet representation, *IEEE Trans. on PAMI*, pp. 674-693, vol. 11, No. 7, Jul. 1989.
- [2] Stephen G. Mallat, Multifrequency Channel decompositions of images and wavelet models, *IEEE Trans. on ASSP*, pp. 2091-2110, vol. 37, No. 12, Dec. 1989.
- [3] Dong Wook Kang, Jun Seok Song, Hee Bok Park, and Choong Woong Lee, Sequential vector quantization of directionally decomposed DCT coefficients, *IEEE Int'l Symposium on Image Processing*, Austin, Texas, pp. 114-118, Nov. 1994
- [4] P. R. Smith, T. M. Peters and R. H. T. Bates, Image reconstruction from finite numbers of projections, *Journal of Phys. and Math. Nuclear Gen.*, pp. 361-382, vol. 6, Mar. 1973.
- [5] Mark J. T. Smith and Thomas Barnwell, Exact reconstruction technique for tree structured subband coders, *IEEE Trans. on ASSP*, pp. 434-441, vol. ASSP-34, No. 3, Jun. 1986.
- [6] Hee Bok Park and Choong Woong Lee, Vector quantization on projection data of image, *Processing : Image Communication*, pp. 209-217, May 1993.
- [7] K.H. Yang, C.W. Kim, and C.W. Lee, Selective ECVQ of images on the wavelet transform domain, *Proc. ISAPCS*, Seoul,

pp. 139-143, Oct. 1994.

- [8] Erwin Kreyszig, *Introductory Functional Analysis with Applications*, Wiley, New York, NY, 1978.
- [9] Ingrid Daubechies, Orthonormal basis of compactly supported wavelets, *Communications on Pure and Applied Mathematics*, vol. XLI, pp. 909-996, 1988.

- [10] Y. Shoham and A. Gersho, Efficient bit allocation for an arbitrary set of quantizers, *IEEE Trans. on ASSP*, pp. 1445-1453, vol. 36, Sep. 1988.
- [11] Y. Linde, Andres Buzo and R. M. Gray, An algorithm for vector quantizer design, *IEEE Trans. on Comm.*, pp. 84-95, vol. COM-28, Jan. 1980.

---

저 자 소 개

---



金 哲 佑(正會員)

1968년 8월 19일생. 1991년 2월 서울대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1993년 2월 서울대학교 대학원 졸업(공학석사). 1993년 3월 ~ 현재 서울대학교 전자공학과 박사과정. 주관심분야는 영상

압축 및 HDTV 신호처리 및 디지털방송시스템등이며 현재 웨이브릿을 이용한 영상압축분야에 노력을 기울이고 있음



李 承 駿(正會員)

1969년 9월 17일생. 1991년 2월 서울대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1993년 2월 서울대학교 대학원 졸업(공학석사). 1993년 3월 ~ 현재 서울대학교 전자공학과 박사과정. 주관심분야는 영상압축 및 HDTV 신호

처리 및 디지털 방송시스템등임



李 忠 雄(正會員)

1935년 5월 3일생. 1958년 3월 서울대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학사). 1960년 9월 서울대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 1972년 7월 일본 동경대학교에서 공학박사 학위 취

득. 1964년 3월 ~ 현재 서울대학교 전자공학과 교수. 1989년 1월 ~ 1989년 12월 대한전자공학회 회장 역임. 1989년 1월 ~ 현재 IEEE Fellow. 1991년 6월 ~ 현재 서울대학교 부설 뉴미디어통신공동연구소 소장. 주관분야는 통신방식, 화상공학, TV 방송시스템, 초고주파공학, 의용공학, 미래통신등임