

## 에너지 분포로 분류한 벡터 양자화를 이용한 영상의 분할 대역 부호화

正會員 朴 成 鍊\* 正會員 鄭 昊 烈\* 正會員 吳 胄 煥\*\* 正會員 崔 太 永\*\*

### Subband Coding of Images Using Vector Quantization Classified by Energy Distributions

Sung Ryeon Park\*, Ho Youl Jung\*, Ju Hwan Oh\*\*, Tae Young Choi\* *Regular Members*

#### 要 約

1차원 대역 부호화 방식에서 신호를 두개의 주파수 대역으로 나누고 다시 복원하기 위해서 송수신단에 서 쌍으로된 QMF를 사용한다. 본 논문에서는 대역 부호화 방식을 위한 또다른 1차원 복원 여파기를 소개 하고, 에너지 분포를 고려한 분류 양자화 기법을 사용한 16대역 영상의 부호화 방법을 기술하였다. 컴퓨터 시뮬레이션 결과 이 방법은 기존의 벡터 양자화 방법과 비교할때 비슷한 주관적 화질에서 20~30% 정도의 데이터 압축율을 얻을수 있음을 보였다.

#### ABSTRACT

In 1-D subband coding system, a quadrature mirror filter(QMF) pair can be used to split a signal into two subbands and to reconstruct the original signal. In this paper, a pair of 1-D reconstruction filter for the subband coding system is introduced and a coding technique with classified vector quantization, based on energy distributions, for 16 subband images is presented. As computer simulation results show that the method can give similar perceptual quality with bit rate reduced by 20~30% of that of ordinary vector quantization.

#### I. 서 론

최근 종합정보통신망의 발전과 더불어 영상통신의 필요성이 증대되면서 영상 그 자체가 갖고있는 방대한 데이터의 압축에 대한 많은 연구가 수행되어져 왔

다<sup>[1,2]</sup>. 영상 데이터의 압축을 위하여 종래의 예측 부호화 방법과 변환 부호화 방법<sup>[3,4]</sup>은 영상의 통계적 특성을 이용하여 부호화하였고, 최근에 방향성 여파기, 라플라시안 피라미드, 영상 영역화등을 이용하는 방법<sup>[2,3,5]</sup>은 인간의 시각특성을 이용하여, 시각적으로 민감한 성분을 중요시하여 부호화하는 방법으로 데이터의 압축효과가 큰 편이다.

한편, 음성인식 분야에 적용되어오던 개념을 2차원

\*亞洲大學校 電子工學科

Dept. of Electronics Eng., Ajou Univ.

\*\*大邱專門大學 電算科

Dept. of Computer Science, Daegu Junior College

論文番號 : 92-93 (接受1992. 1. 20)

으로 확장한 subband 부호화 방법<sup>4,6,7</sup>은 입력영상을 주파수 대역별로 분할하여 각 대역별로 부호화하는 방법으로 해당 주파수 대역의 통계적 특성과 인간의 시각특성을 고려하여 제각각 독립적으로 부호화할 수 있어 주관적으로 우수한 화질의 영상을 얻을 수 있다. 이 subband 부호화 방법에서 각 대역별 영상을 부호화하는 기존의 방법으로는 DPCM/PCM(Differential Pulse Code Modulation/Pulse Code Modulation)<sup>11,16,17</sup>과 벡터 양자화(Vector Quantization)<sup>10, 12,18</sup>를 이용하는 방법등이 이용되고 있다. 이들 중 DPCM/PCM을 이용하는 방법은 최저주파 대역에는 DPCM을, 나머지 대역에는 PCM을 이용하여 부호화하는 방법이이다<sup>11</sup>. 특히, 인간시각 시스템(Human Visual System)을 적용하여 대역별로 비트 할당을 달리함으로써 향상된 화질을 얻을 수 있는 연구결과도 발표되었다<sup>16,17</sup>. 벡터 양자화를 이용하는 방법은 벡터를 선택하는 방법에 따라 크게 두가지 정도로 나눌 수 있다. 즉, 해당 대역영상내에서 벡터를 선택하는 방법과 각 대역별 영상에서 동일한 위치의 값으로 벡터를 선정하는 방법<sup>12</sup>이 있다. 원 영상에서 직접 벡터 양자화를 이용하여 부호화할 경우에는 일반적으로 블리화 현상 및 에지원화 현상이 발생된다. 그러나, 각 대역별 영상의 부호화에 벡터 양자화를 적용할 경우에는 양자화시 발생한 오차가 해당 공간 주파수 대역에 국한되어 나타나므로 복원시 이러한 현상을 줄일 수 있어 벡터 양자화 방법이 대역별 영상 부호화에 적합하다고 알려지고 있다. 최근, 최저주파 대역영상에는 ADCT(Adaptive Discrete Cosine Transform)를, 나머지 대역에는 벡터 양자화를 이용하여 부호화하는 연구결과가 발표되었는데<sup>18</sup>, 이는 최저주파 대역영상의 상관성이 높다는 점을 고려한 것으로 바람직한 현상이라 하겠다. 하지만, 벡터 양자화를 이용하여 분할 대역영상을 부호화할때 인간의 시각에 민감한 윤곽영역과 그렇지 않은 배경영역을 구분하지않고 모든 블리들을 같은 정보량으로 부호화하기 때문에 비효율적이다.

본 논문에서는, 각 대역별 영상을 부호화할때 교류 에너지 분포를 이용하여 윤곽영역과 배경영역으로 분리하여 부호화하는 분류 벡터 양자화 기법을 이용한 부호화 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 II 장에서는 대역 영상의 분리 및 복원 시스템에 대하여, III 장에서는 대역영상의 통계적 특성의 분석과 이에 근거한 부호화 방법에 대하

여, IV 장에서는 실험 방법 및 실험 결과에 대하여, 그리고 마지막 결론순으로 되어 있다.

## II. Subband 영상의 발생

우선, 2차원 영상신호의 주파수 대역별 분할방법을 설명하기 전에 1차원 신호의 주파수 대역별 분할 방법에 대해서 구체적으로 알아보기로 하겠다.

### II -1. 1차원 subband 부호화 방법

우선 1차원 신호의 주파수 대역을 저주파와 고주파의 두가지 대역으로 나누어 부호화하는 시스템에 대하여 알아보자.

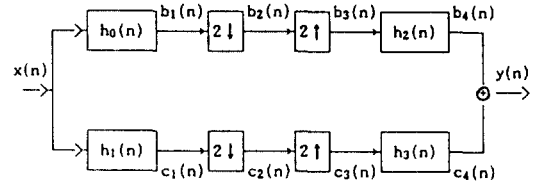


그림. 1. 1차원 subband 부호화 시스템의 블럭 구성도.  
Fig. 1. Block diagram of 1 dimensional subband coding system

그림. 1에서  $h_0(n)$ 과  $h_1(n)$ 은 각각 저주파 여파기와 고주파 여파기의 총격응답 함수이다. 그리고  $2\downarrow$ 는 down-sampling(decimation)기를 나타낸 것으로 입출력 신호의 관계식은 식(1)과 같고,  $2\uparrow$ 는 up-sampling(interpolation)기를 나타낸 것으로 입출력 신호의 관계식은 식(2)와 같으며, 이를 종합한 down-sampling기의 입력 신호와 up sampling기의 출력신호의 관계는 식(1)과 식(2)에서 식(3)과 같이 됨을 알 수 있다.

$$b_2(n) = b_1(2n) \tag{1}$$

$$b_3(n) = \begin{cases} b_2(n/2), & n = \text{even} \\ 0, & n = \text{odd} \end{cases} \\ = \frac{1}{2} \{ 1 + (-1)^n \} b_2\left(\frac{n}{2}\right) \tag{2}$$

$$b_3(n) = \frac{1}{2} \{ 1 + (-1)^n \} b_1(n) \tag{3}$$

윗 식 (1),(2),(3)의 결과를 이용하여 출력신호 y

(n)을 구하면 식(4)와 같이 됨을 알 수 있다. 여기서  $Y(z)$ 는  $y(n)$ 의,  $H_i(z)$ 는  $h_i(n)$  ( $i=0,1,2,3$ )의 Z-변환이고,  $(-1)^n x(n)$ 의 Z-변환은  $X(-z)$ 임을 이용한 것이다.

$$Y(z) = \frac{1}{2} X(z) \{H_0(z)H_2(z) + H_1(z)H_3(z)\} + \frac{1}{2} X(-z) \{H_0(-z)H_2(z) + H_1(-z)H_3(z)\} \quad (4)$$

이상과 같이 subband 부호화 방법은 원신호를 저주파, 고주파 대역으로 분리하고 각각을 down-sampling하여 송신함으로써 원칙적으로 전체적인 송신 데이터수는 원신호를 그대로 송신하는 것과 같다. 또한 수신단에서 궁극적으로 완벽하게 원신호를 재생하여야하므로 즉,  $y(n)$ 과  $x(n)$ 이 동일하기 위해서는 식(4)의 우항이  $X(z)$ 가 되도록 수신단의 여파기  $H_2(z)$ ,  $H_3(z)$ 를 송신단의 여파기  $H_0(z)$ ,  $H_1(z)$ 에 따라 선택하여야 한다. 이러한 4가지 여파기  $H_i(z)$  ( $i=0,1,2,3$ )의 구성요건에 대해서 알아보기로 하자.

①이상적인 여파기를 사용하는 경우

이상적인 저주파 또는 고주파 여파기는 causality 조건에 위배됨으로 메모리를 사용하지 않는 경우에는 실현불가능할 뿐만아니라 충격응답의 길이가 무한대인 IIR(Infinite Impulse Response)여파기이다. 메모리(computer)를 사용하는 경우라고 생각하고 앞의 그림. 1에서  $H_0(z)$ 와  $H_1(z)$ 가 식(5), (6)을 만족하는 일종의 QMF(quadrature mirror filter)<sup>[14,15]</sup>로서 이상적인 저주파 및 고주파 여파기의 전달 함수라고 가정하자.

$$\left. \begin{aligned} H_1(z) &= H_0(-z) \\ H_1(\omega) &= H_0(\omega + \pi) \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

$$H_0(\omega) = \begin{cases} 1, & |\omega - 2k\pi| < \pi/2 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

여기서,  $H_0(\omega)$ 와  $h_0(n)$ 은 Fourier 변환 쌍(pair)으로 다음과 같이 정의되고  $k$ 는 정수이다.

$$H_0(\omega) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} h(n)e^{-j\omega n} = H_0(z) \Big|_{z=e^{j\omega}}$$

$$h_0(n) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} H_0(\omega)e^{j\omega n} d\omega$$

식(5)와 같은 이상적인 여파기를 사용하는 경우에 식(4)를 주파수 응답함수로 고치면 ( $z=e^{j\omega}$ ) 식(7)과 같다.

$$Y(\omega) = \frac{1}{2} X(\omega) \{H_0(\omega)H_2(\omega) + H_1(\omega)H_3(\omega)\} + \frac{1}{2} X(\omega + \pi) \{H_1(\omega)H_2(\omega) + H_0(\omega)H_3(\omega)\} \quad (7)$$

위 식(7)의 우항의 두번째항에서  $H_1(\omega)$ 와  $H_2(\omega)$ ,  $H_0(\omega)$ 와  $H_3(\omega)$ 가 각각 주파수영역에서 서로 겹치는 영역이 없다면 우항의 두번째항이 "0"이 된다. 이 경우에 식(7)의 우항의 첫번째항의 값이  $X(\omega)$ 가 될려면 수신단의 여파기의 전달함수가 식(8)을 만족해야 함을 알 수 있다(식(5),(6)참조).

$$\left. \begin{aligned} H_2(z) &= 2H_0(z) \\ H_3(z) &= 2H_1(z) \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

이러한 이상적인 여파기를 사용하는 경우에는 종래에 취급하지 않은 경우로 다음에 나오는 식(9)와는 틀린다는 데에 유의해야 한다.

②FIR(Finite Impulse Response)여파기를 사용하는 경우

이상적인 여파기와는 달리 FIR여파기의 진폭특성이 구형파처럼 될 수가 없는 것은 당연하지만, 그림. 1에서의 송신단의 저주파 및 고주파 여파기가 식(5)를 만족하는 경우에, 수신단의 여파기( $H_2(z)$ ,  $H_3(z)$ )가 식(9)를 만족한다면 식(4)로 부터 식(10)의 결과를 얻을 수 있다.

$$\left. \begin{aligned} H_2(z) &= 2H_0(z) \\ H_3(z) &= -2H_1(z) \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

$$Y(\omega) = X(\omega) \{H_0^2(\omega) - H_1^2(\omega)\} \quad (10)$$

따라서, 식(10)의 {}항이 식(11)의 조건을 만족해야만  $Y(\omega) = X(\omega)$ 가 됨을 알 수 있다.

$$H_0^2(\omega) - H_1^2(\omega) = 1 \quad (11)$$

위 식(9), (11)을 만족하는 QMF는 종래의 sub-band 부호화 시스템의 수신단에서 사용해오던 것으로 잘알려져 있다. 그러나, 이 기존의 수신 여파기와 다른 경우에도 복원이 가능함을 다음 설명에서 알 수 있다. 즉, 송신단의 저주파 및 고주파 여파기가 위와 마찬가지로 식(5)를 만족 할때에, 수신단의 여파기가 식(12)을 만족한다면 식(4)로부터 식(13)의 결과를 얻을 수 있다.

$$\left. \begin{aligned} H_2(z) &= -2H_1(z) \\ H_3(z) &= 2H_0(z) \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

$$Y(\omega) = X(\omega + \pi) \{ H_0^2(\omega) - H_1^2(\omega) \} \quad (13)$$

이 경우에도 조건식(11)을 만족하는 여파기라면 식(13)에서  $Y(\omega) = X(\omega + \pi)$  (즉:  $y(n) = (-1)^n x(n)$ ) 가 되어 원신호  $x(n)$ 을 재생할 수 있음을 알 수 있다. 이러한 결과는 이상적인 여파기를 사용할 때에 가능함을 쉽게 알 수 있다. 즉, 식(7)의 유형의 첫채형이 제기되는 경우에  $Y(\omega) = X(\omega + \pi)$ 가 됨을 알 수 있다(식(8)의 수식이 바뀌어진 결과와 같다:  $H_2(Z) = 2H_1(Z)$ ,  $H_3(Z) = 2H_0(Z)$ ).

### II -2. 2차원 subband부호화 방법

2차원 영상신호를 대역별로 분리하기 위하여 비분리형 여파기(non-separable filter)를 사용할 수 있으나, 본 논문에서는 취급이 용이한 분리형 여파기(separable filter)에 대해서만 다루겠다.

이 경우에 앞에서 본한 1차원신호의 시스템을 그림. 2와 같이 2차원 영상신호에 대한 시스템으로 확장할 수 있음을 알 수 있다. 이것은 2차원 신호를 먼저 수평방향(n축방향)으로 저주파와 고주파 대역으로 분리한후 down sampling과정을 거친다음 다시 이 두개의 신호를 수직방향(m축방향)으로 저주파, 고주파 대역으로 분리후 down sampling과정을 거침으로써 그림. 3과 같이 공간 주파수 영역에서 동일한 대역폭을 갖는 4개의 대역(0,1,2,3대역)으로 분리됨을 알 수 있다.

그림. 3에서  $\alpha$ 와  $\omega$ 는 공간 주파수축 좌표를 나타내는 것이다(예를 들어:  $x(m,n) \rightarrow X(\alpha,\omega)$ ).

또한, 송신과정과는 반대로 행과 열방향순으로 up-sampling과정과 재생여파기를 거친 신호들의 합으로써 완벽하게 재생된 신호들을 얻을 수 있음을 알

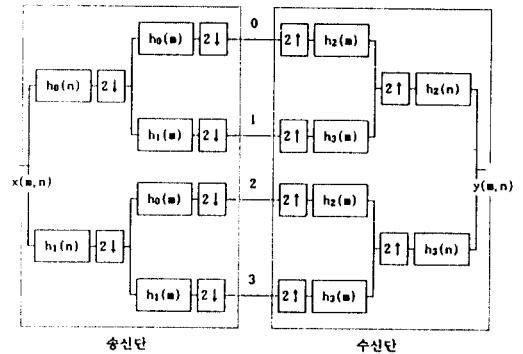


그림. 2. 4대역으로 분리한 2차원 subband 부호화 시스템의 블럭 구성도.

Fig. 2. Block diagram of 2 dimensional subband coding system with 4-subbands.

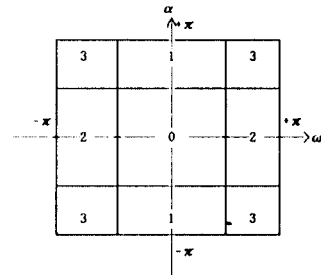


그림. 3. 주파수( $\alpha, \omega$ ) 영역의 4대역 분할.

Fig. 3. 4 band partitions in frequency domain. ( $\alpha, \omega$ )

수 있다( $y(m,n) = x(m,n)$ ). 또한, 그림. 3처럼 4가지 대역으로 분리한것을 그림. 4처럼 위의 과정을 반복하는 구조를 이용하여 그림. 5와 같이 16가지의 주파수대역으로 분리할 수 있음을 알 수 있다. 그리고, 이 경우에도 수신단에서는 그림. 4의 송신단의 반대의 과정으로 원신호를 정확히 재생할 수 있음을 알 수 있다.

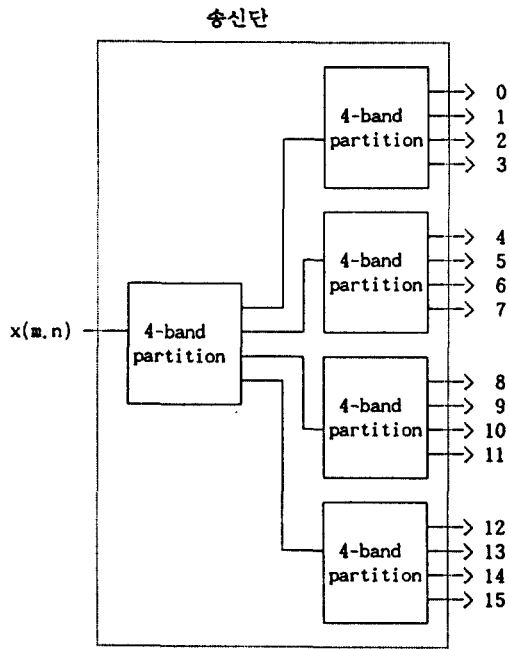


그림. 4. 16대역 분할 시스템 블록 구성도  
Fig. 4. Block diagram of 16-band partitioning.

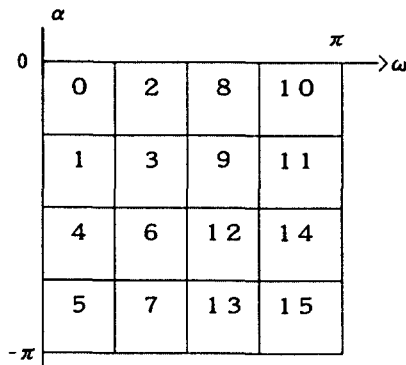


그림. 5. 공간 주파수 영역에서 16-대역 분할.  
Fig. 5. 16-band partitions in spatial frequency domain.

### III. Subband영상의 특성과 부호화

#### III-1. 대역별 교류에너지 분포

Subband 영상을 부호화하기 위한 전 단계로 각 대역별영상의 통계적특성을 알아보았다. 256가지 밝기 차를 갖는 256×256 영상 8개(Cronkite, Miss Amer-

ica, Bridge, Liberty, Grand, Pepper, Couples, Man)를 표본영상으로 택하고 이를 그림. 5처럼 16대역으로 분리하여 각 대역별 평균적인 평균, 분산(표. 1) 및 히스토그램(그림. 6)을 구하여 보았다.

표. 1에서 최저주파 대역의 교류전력(에너지)과 그 나머지 대역의 교류전력(에너지)의 비는 92:8로, 최저주파 대역이 매우 중요함을 알 수 있다. 그러나 인간시각에 크게 영향을 미치는 "edge"같은 성분은 고주파영역에 걸쳐있으므로, 비록 최저주파 대역을 제외한 기타 대역의 교류전력(에너지)은 작으나 그 영역이 화질에 미치는 영향은 무시할 수 없다. 또한, 표. 1에서 수직·수평성분에 해당하는 주파수 대역(0, 1, 4, 5, 2, 8, 10)에 에너지(교류전력)가 집중함을 알 수 있다.

그림. 6은 최저주파 대역을 제외한 나머지 대역별 히스토그램을 나타낸 것이다. 여기서 각 히스토그램은 "0"을 기준으로 거의 대칭분포를 갖는다는 것을 볼 수 있으며, 따라서 각 대역의 평균은 "0"에 근접할 것이라는 것을 알 수 있다(표.1참조).

표. 1. 8개 실험 영상으로 구한 각 대역별 평균적인 평균값과 분산값.

Table. 1. Average values of means and variances for each band with 8 experimental images.

A:	0	2	8	10
B:	107.25	-0.1	0.0	-0.1
C:	2433.25	66.46	20.05	9.01
	1	3	9	11
	-0.1	0.0	0.0	0.0
	48.74	10.94	5.94	3.08
	4	6	12	14
	0.0	0.0	0.0	0.0
	18.13	4.31	2.96	1.70
	5	7	13	15
	0.0	0.0	0.0	0.0
	9.34	2.36	1.85	1.31

A: number of band, B: mean, C: variance

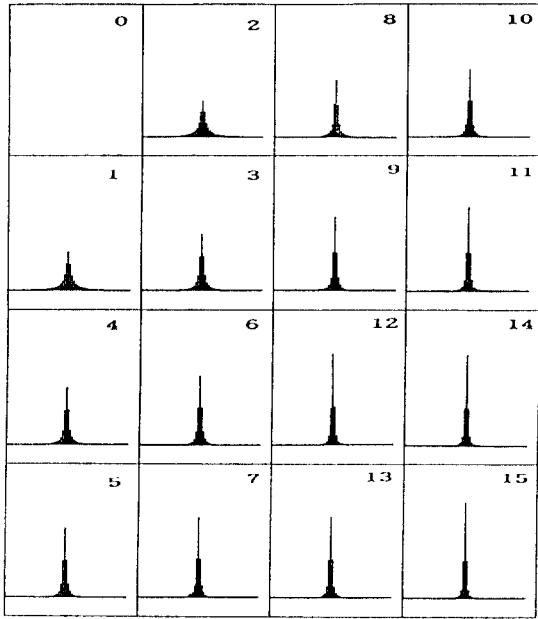


그림. 6. 각 대역별 히스토그램.  
Fig. 6. Histograms of each subband.

### III-2. 블럭별 교류 에너지 분포

앞 절에서 살펴본 바와 같이 최저주파 대역을 제외한 나머지 15대역별 평균은 거의 0이기 때문에 최저주파 대역을 제외한 각 대역의 부블럭(크기:  $N=P \times Q$ )별 2차 모멘트값은 식(14)와 같이 그 부블럭의 분산값(교류전력)으로 볼 수 있다.

$$M = \frac{1}{N} \sum_{m=0}^{P-1} \sum_{n=0}^{Q-1} b(m,n)^2 \quad (14)$$

여기서,  $b(m,n)$ 은 각 대역의 어느 한 블럭의 원소이다. 이 2차 모멘트  $M$ 의 분포를 표. 2에 나타내었다(Lenna영상  $N=16, P=Q=4$ ). 여기서 평균적으로 약 60%의 부블럭들이 2.5 이하의  $M$ 값을 갖는 다는 것이 특이하다. 이  $M$ 값이 작은 블럭들은 비교적 밝기 변화가 적은 평탄 영역이라고 볼 수 있고, 이들은 인간시각에 큰 영향을 미치지 못할 것이다. 반면에  $M$ 값이 큰 블럭들은 그 수는 적지만, "edge"같은 영역을 나타내므로 인간시각에 큰 영향을 미칠 것이다. 한편, 부블럭의  $M$ 값이 주어진 문턱값(th)보다 작으면 해당 부블럭의 원소들을 모두 0으로 하고 크면 원

표. 2. 각 대역별 벡터의 2차 모멘트 분포.

Table. 2. Second moment distributions of each subband for Lenna image.

대역 번호	2차 모멘트(M) (블럭수 / 256개 블럭에 대한 %)			
	0.0 ~ 2.5	2.5 ~ 10.0	10.0 ~ 20.0	20.0 ~
1	89 / 35%	79 / 27%	26 / 10%	71 / 28%
2	45 / 18%	42 / 16%	30 / 12%	139 / 54%
3	110 / 43%	59 / 23%	17 / 7%	70 / 27%
4	168 / 66%	43 / 17%	24 / 9%	21 / 8%
5	198 / 77%	42 / 17%	13 / 5%	3 / 1%
6	165 / 64%	43 / 17%	23 / 9%	25 / 10%
7	202 / 79%	48 / 19%	3 / 1%	3 / 1%
8	114 / 45%	47 / 18%	24 / 9%	71 / 28%
9	156 / 61%	43 / 17%	22 / 8%	35 / 14%
10	140 / 55%	52 / 20%	28 / 11%	36 / 14%
11	173 / 68%	43 / 17%	19 / 7%	21 / 8%
12	176 / 69%	44 / 17%	19 / 7%	17 / 7%
13	188 / 73%	57 / 22%	10 / 4%	1 / 1%
14	182 / 71%	47 / 18%	17 / 7%	10 / 4%
15	190 / 74%	48 / 19%	16 / 6%	2 / 1%
평균	153 / 60%	49 / 19%	19 / 7%	35 / 14%

래값으로 하여 재생하였을 경우 미치는 영향을 살펴 보기 위해 그림. 7처럼 문턱값(th)을 가변시키면서 재생영상 y(m,n)의 PSNR(식(15))을 구하여 보았다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \left[ \frac{255^2 \times 256^2}{\sum_{m,n=0}^{255} \{y(m,n) - x(m,n)\}^2} \right] \quad (15)$$

그림. 7은 th가 약 2.5정도인 경우에(즉, M값이 2.5 이하인 약 60%의 부블럭을 무시할 경우) 재생된 Miss America나 Lenna 영상의 PSNR이 모두 35dB 이상임을 보여준다.

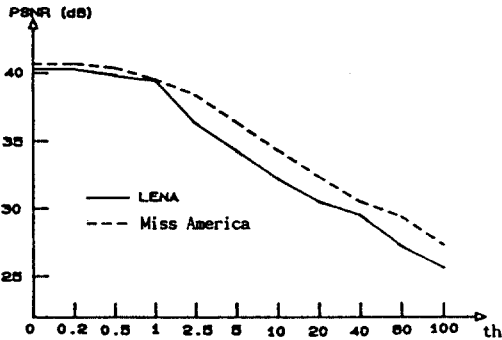


그림. 7. 문턱치에 따른 Miss America와 Lenna 재생영상의 PSNR.

Fig. 7. PSNR of reconstructed images according to threshold value(th) for Miss America and Lenna.

### III-3. 대역영상의 부호화

앞 절에서 살펴 보았듯이 2차 모멘트 M의 값이 작은 블럭들은 재생 영상의 화질에 큰 영향을 주지 못하는 반면, 많은 영역을 차지하기 때문에 기존의 방법처럼 모든 블럭들을 같은 정보량으로 부호화하는 것이 비효율적이다. 그러므로, 각 블럭의 M의 값에 따라 그 블럭들을 부호화하는데 소요되는 정보량을 달리함으로써 이와 같은 단점을 보완할 수 있을 것이다.

한편, 벡터 양자화는 영상을 작은 블럭으로 나누어서 해당 블럭을 부호책(codebook)에 있는 대표 벡터들 중 가장 오차가 작은 대표 벡터의 인덱스로 부호화하는 방식<sup>[13]</sup>인데, 대표 벡터의 수가 클 수록 양자

화 오차가 최적치에 근접하는 특성을 지니고 있으나 시스템 구성의 복잡도나 전송해야될 데이터가 지수함수적으로 증가하게 된다. 또한 벡터 양자화를 원 영상에 직접 적용할 경우 양자화 오차에 의해 블럭화 현상 및 에지 열화 현상이 발생하게 된다. 하지만, 각 대역별 영상의 부호화에 벡터 양자화를 적용할 경우에는 양자화시 발생한 오차가 해당 공간 주파수 대역에 국한되어 나타나므로 복원시 이러한 현상을 줄일 수 있어 벡터 양자화 방법이 대역별 영상 부호화에 적합하다<sup>[10~12,18]</sup>.

본 논문에서는 이러한 점을 고려하여 각 블럭을 벡터 양자화 하는데 M의 크기에 따라 벡터의 수를 가변하는, 일종의 분류 벡터 양자화기법을 사용하였다. 다시 말하면, M의 값의 범위에 따라 S등분하여 그 구간에 해당하는 블럭들의 대표 벡터의 수(V(M))를 식(16)처럼 B(i)로 하여 벡터 양자화하였다. 여기서  $m_0=0$ ,  $m_s=\infty$ 이고, B(i)는 해당구간(M의 값에 따라 S개의 구간으로 등분하였을 경우 i번째 구간)의 대표벡터수를 뜻하는 것으로 i에 대한 함수로 나타낸 것이다.

$$V(M) = B(i), m_i < M < m_{i+1}, i=0,1,\dots,S-1 \quad (16)$$

한편, M의 값의 범위(S등분)에 따라 각 대역별 대표벡터를 선정하는 것은 그만큼 메모리량이 많아진다는 단점이 있으나, 재생 영상의 화질은 크게 개선될 것이다. 따라서, 본 논문에서는 M의 값에 따라서 벡터의 수를 달리하고 각 대역별로 대표벡터를 선정하도록 하는 방법을 사용하였다. 그리고, 최 저주파 대역은 에너지의 대다수가 집중되어 있으므로 더 이상 부호화하지 않고 그대로 8bpp로 할당하였다. 이렇게 함으로써 비교적 많은 에너지를 포함한 윤곽 영역 벡터의 전송에 보다 안정된 대표벡터를 얻을 수 있어 윤곽부분 재생에 효율적이고, 비교적 적은 에너지를 갖고있는 평탄 영역벡터의 대표벡터 검색시간을 줄임으로써 전체 알고리즘의 수행시간을 줄일 수 있을 뿐 아니라, 많은 영역을 포함하는 평탄 영역 벡터들에 할당되는 정보량을 줄임으로써 고압축율을 얻을 수 있다.

## IV. 실험 및 결과 고찰

### IV-1. 실험

실험 시스템의 블록 다이어그램은 그림. 4와 같이 16대역으로 분리하는 Subband 부호화 시스템을 사용하였다. 그러면, 송신단의 대역 분리 여파기의 특성부터 살펴보면 다음과 같다.

(1)대역분리및 복원여파기

송신단의 주파수 대역분리 여파기는 32tap QMF [15]을 사용하였다. 이 QMF의 저역 통과 여파기의 충격응답 함수  $h_0(n)$ 과 주파수응답 함수  $H_0(\omega)$ 는 그림. 8과 같다. 그리고, 복원 여파기로는 식(9)를 이용하였다.

(2)부호화 방법

우선, 벡터의 크기를 16차원(식(14)에서  $P=Q=4$ ,  $N=4 \times 4$ )으로 하였고,  $M$ 의 범위를 2등분( $S=2$ )하였다. 식(6)에서  $m_1=0$ ,  $m_2=\infty$ 로 고정되어 있고 분

리분리문턱치  $m_1$ 은 0, 0.5, 1, 2.5, 10, 20의 6가지로 변화시키면서 두 구간에 해당하는 벡터의 수를 다음 식(17)처럼 하였다(식(16)에서  $B(0)=0$ ,  $B(1)=2^m$ 인 경우와 같다.). 말하자면, 2차 모멘트  $M$ 의 값이  $m_1$  이하인 블록인 경우에는 전혀 부호화하지 않고 그 외의 블록은 8bits 벡터 양자화기를 사용하였다.

$$V(M) = \begin{bmatrix} 0 & , & 0 < M < m_1 \\ 256 & , & m_1 < M < \infty \end{bmatrix} \quad (17)$$

한편, 식(17)에 벡터 양자화하는 영역( $m_1 < M < \infty$ )과 그렇지 않는 영역( $0 < M < m_1$ )을 구별하는데 1bit가 추가로 필요함을 알 수 있다. 이것을 모든분리 bit라 하자.

대표벡터 발생은 III-1절에서 언급한(영상크기:  $256 \times 256$ , gray level수 256) 8개의 학습 영상 각각을

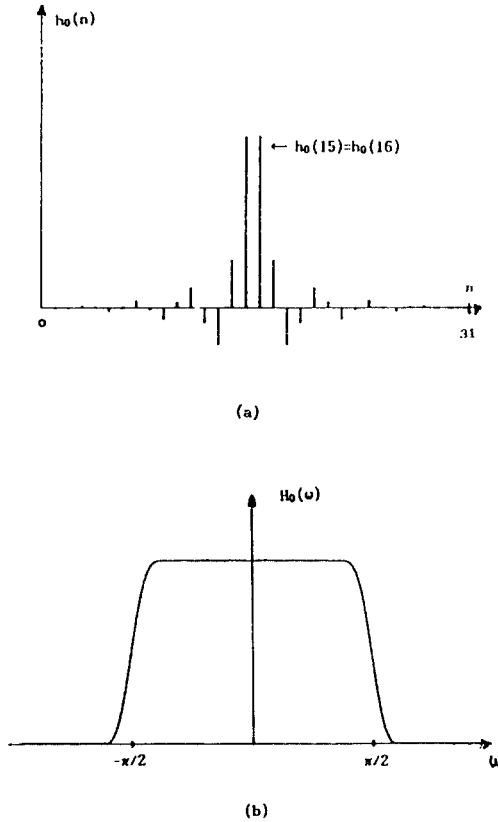


그림. 8.  $h_0(n)$ 과  $H_0(\omega)$ 의 그래프. (a) $h_0(n)$ , (b) $H_0(\omega)$   
Fig. 8. Graphes of  $h_0(n)$  and  $H_0(\omega)$ . (a) $h_0(n)$ , (b) $H_0(\omega)$

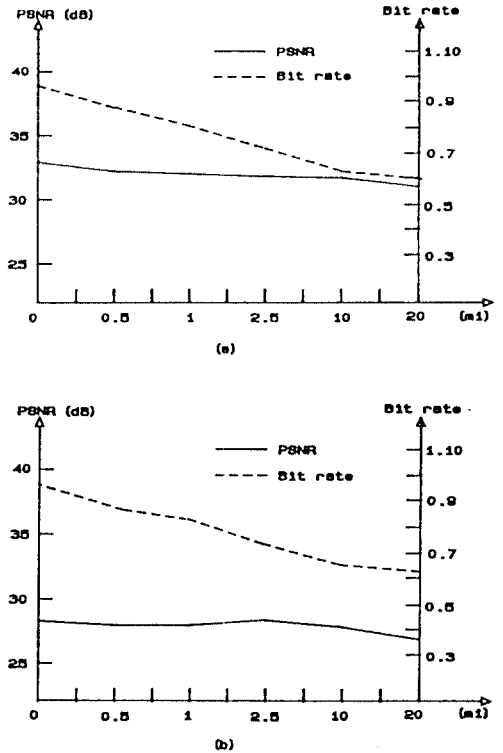


그림. 9. 분리분할문턱치 ( $m_1$ )의 값에 따른 실험 성능.  
(a)Miss America, (b)Lenna  
Fig. 9. Performances via block splitting threshold value  $m_1$ .  
(a)Miss America, (b)Lenna





(a)



(a)



(b)



(b)



(c)



(c)

그림. 10. Miss America 영상의 실험 결과 (a) 원영상  
(b) 기존 방법(0.96bpp,  $m_1=0$ )  
(c) 제안된 방법(0.73bpp,  $m_1=2.5$ )

그림. 11. LENA 영상의 실험 결과. (a) 원영상  
(b) 기존 방법(0.96bpp,  $m_1=0$ )  
(c) 제안된 방법(0.76bpp,  $m_1=2.5$ )

Fig. 10. Experimental results for Miss America image.  
(a)original image  
(b)conventional method(0.96bpp,  $m_1=0$ )  
(c)proposed method(0.73bpp,  $m_1=2.5$ )

Fig. 11. Experimental results for LENA image.  
(a)original image  
(b)conventional method(0.96bpp,  $m_1=0$ )  
(c)proposed method(0.76bpp,  $m_1=2.5$ )

16 대역으로 분리하여 LBG알고리즘<sup>[13]</sup>을 이용하여 각 대역별로 대표벡터를 발생시켰다.

이상의 (1), (2)방법으로 수행한 실험결과는 그림. 9~11과 같다. 그림. 9는 블록분리문턱치  $m_1$ 의 값에 따른 학습영상에 포함된 Miss America영상과 그렇지 않은 Lenna영상의 PSNR(식(15))과 Bit rate를 나타낸 것이다. 여기서 Bit rate는 다음의 3가지 Bit rate를 합쳐서 산출한 것이다.

- 모드분리 Bit rate :  $0.06\text{bpp}$
- $15(\text{대역}) \times 256(\text{블럭}/\text{대역}) \times 1(\text{bit}/\text{블럭}) / 256^2$
- 최 저주파 대역 :  $0.5\text{bpp}$
- $64^2 \times 8\text{bpp} / 256^2$
- 벡터 양자화 bit rate :
- $8\text{bpp} \times Q_N / 256^2$

여기서  $Q_N$ 은 양자화 하는 총 블럭 수이다.

그림. 10과 11은 Miss America와 Lenna영상을 블럭 분리 문턱치  $m_1=0$ 과 2.5인 경우에 실험한 결과영상이다.

#### IV-2. 실험결과 고찰

표. 2에서 언급한 바와같이  $m_1=2.5$ 이고  $S=2$ 인 경우에 인간시각에 민감한 "edge"영역(8-bit 양자화 블럭 영역)의 넓이가 인간시각에 둔감한 평탄영역(0-bit 양자화블럭영역)에 비하여 작음으로 고압축율을 얻을 수 있다.

그림. 9의 (a)에서  $m_1=2.5$ 일때 PSNR은 약 32dB이다. 이 값은 그림. 7의 문턱치  $th$ 가 2.5일때의 PSNR값 38dB에 비하여 6dB 정도 열화현상을 보이는데, 이것은 바로 벡터 양자화오차에 기인한 것이다. 또한, 그림. 9의 (a)에서  $m_1$ 값이 0인 경우에(모든 블럭을 8bit 벡터양자화) PSNR이 약 33dB인데, 그림. 7( $th=0$ 인 경우에 41dB)에 비하여 약 8dB 만큼의 벡터 양자화오차가 있음을 알 수 있다. 그런데, 그림. 7에서  $th$ 값의 증가에 따른 PSNR감소율에 비하여 그림. 9의 경우에는  $m_1$ 의 증가에 따른 PSNR 감소율이 매우 적다. 이는  $m_1$ 의 값이 증가함에 따라 부호화하지 않는(0으로 하는) 영역이 넓어져 그 영역의 영상만큼 오차량이 커지게 되지만, 2차 모멘트값이  $m_1$ 이상인 벡터 양자화 영역에서는 동일한 8bit 벡터 양자화기를 사용함으로써  $m_1$ 이 증가할수록 벡터 양자

화 오차는 적어지게 된다. 따라서,  $m_1$ 이 증가함에 따라  $M$ 이  $m_1$ 이하에서 발생하는 오차량의 증가율이  $M$ 이  $m_1$ 이상인 영역의 양자화 오차량의 감소율과 거의 대등하기 때문에 그림. 9의 (a), (b)에서 PSNR의  $m_1$ 의 값에 따른 감소율이 매우 적다고 볼 수 있다. 한편,  $m_1$ 의 값이 점점 더 커져서, 예를 들어 20이상이면 대부분의 대역성분이 제거 됨으로써 주관적인 화질이 매우 좋지않아 객관적인 PSNR값은 의미가 없어진다.

그림. 10은 학습영상에 포함된 Miss America영상을  $m_1$ 이 0과 2.5인 두가지 경우에 Subband 부호화한 실험 결과사진이다. 그림. 10의 (b)는  $m_1=0$ 인 경우(모든 블럭을 8bit 벡터 양자화)로 기존의 벡터 양자화 방법을 이용한 것이다. 그리고, 그림. 10의 (c)는  $m_1=2.5$ 로  $m_1$ 이 0인 경우에 비해서 주관적인 화질이 거의 대등하면서도 bit rate는 약 25% 감소함을 알 수 있다. 또한, 그림. 11은 위와 마찬가지로 얻은 학습영상에 포함하지 않은 Lenna영상의 경우이다. 이 경우에도 대등한 화질에서 약 20% bit rate가 감소됨을 알 수 있다. Miss America 영상이 Lenna 영상보다 약 4dB 정도로 화질이 우수한데 이는 Miss America 영상이 대표벡터 발생시 학습영상에 포함되었을뿐만 아니라 저주파 대역에 에너지가 더 몰려 있기 때문이다.

이상의 실험결과에서 블럭 분할 문턱치  $m_1$ 의 적절한 선택에 따라 주관적인 화질은 유지하면서 고압축율을 얻을 수 있음을 알 수 있다. 하지만, 본 논문에서처럼 간단하게 모든대역을 동일한 블럭 분할 문턱치를 사용하지 않고 각 대역의 에너지 집중정도에 따라(표. 1~2 참조)  $M$ 의 범위를 2등분 이상( $S \geq 2$ )으로 분리하여 식(16)처럼 분류 벡터 양자화 하는 것이 화질면에서 유리할 것이다.

#### V. 결 론

본 논문에서는 동일한 대역폭을 갖는 16개의 대역영상을 분류 벡터 양자화기를 이용하여 부호화하는 Subband 영상부호화 방법을 제안하였다.

이 방법은 각 대역영상의 통계적 특성(에너지분포) 분석결과에 근거하여 에너지 분포의 정도에 따라 대표벡터의 수를 달리 할당함으로써 주관적 화질은 어느정도 유지하면서 정보량을 크게 감축할 수 있었다.

기존의 벡터 양자화 방법과 비교하여 비슷한 화질에서 20~30%의 압축율을 얻을 수 있었다.

최저주파 대역을 세분화하고 각 대역마다 인간시각 특성을 고려하여 2차 모멘트의 범위를 더욱 세분화하여 대표 벡터수를 선정한다면 보다 우수한 결과를 얻을 수 있을 것이다. 또한, Subband 영상과 비슷한 특성을 갖는 Laplacian 피라미드 영상, 동화상의 차신호 부호화에도 이 방법을 응용할 수 있으리라 본다.

### 참 고 문 헌

1. A.K.Jain, "Image Data Compression : A Review," IEEE Proc., vol.69, No.3, pp.349-389, March 1981.
2. P.J.Burt, E.H.Andelson, "The Laplacian Pyramid as a Compact Image Code," IEEE Trans. Commun., vol.COM-31, No.4, pp.532-540, Apr. 1983.
3. M.Kunt, A.Ikonomopoloulos, "Second-Generation Image-Coding Technique," IEEE Proc., vol.73, No.4, pp.549-574, Apr. 1985.
4. J.W.Wood, S.D.O'Neil, "Subband Coding of Image," IEEE Trans. Acoust., Speech, and Signal Process., vol.ASSP-34, No.5, pp.1278-1288, 1986.
5. M.Kunt, M.Benard, R.Leonardi, "Recent Results in High-Compression Image Coding," IEEE Trans. Circuit and Systems, vol.CAS-34, No. 11, Nov. 1987.
6. R.E.Crochiere, S.A.Webber, J.L.Flanagan, "Digital coding of speech in subbands," Bell. Syst. Tech. Journal, vol.55, No.8, pp.1069-1085, 1976.
7. M.Vetterli, "Multi-dimensional Subband Coding: Theory and Algorithm," Signal Processing, vol.6, pp.97-112, Apr. 1984.
8. A.K.Jain, "A sinusoidal family of unitary transform," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.PAMI-1, No.4, pp.356-365, 1979.
9. W.H.Chen, C.N.Smith, "Adaptive coding of monochrome and color images," IEEE Trans. Commun., vol.COM-256, No.11, pp.1285-1292, 1977.
10. P.H. Westerink, J.Biemon, D.E.Boekee, "Subband Coding of Images Using Predictive Vector Quantization," IEEE Proc. ICASSP., vol. 4, pp.1378-1381, 1987
11. A. Tran, K.M.Lui, "An Efficient Pyramid Image Coding System," IEEE Proc. ICASSP., vol.4, pp.744-747, 1987.
12. P.H.Westerink, D.E. Boekee, J.Biemon, J. W.Wood, "Subband Coding of Image Using Vector Quantization," IEEE Trans.Commun., Vol.COM-36, No.6, pp.713-719, June 1988.
13. Y.Linde, A.Buzo, R.M.Gray, "An Algorithm for Vector Quantizer Design," IEEE Trans. Commun., vol.COM-28, No.1, pp.84-95, Jan. 1980.
14. D.Esteban, C.Galand, "Application of quadrature mirror filters to split band voice coding schemes," IEEE Proc. ICASSP., vol.4, pp. 191-195, 1977.
15. J.D.Jonston, "A filter family designed for use in quadrature mirror filter bank," IEEE Proc. ICASSP., Denver, vol.4, pp.291-294, 1980.
16. 김용관, 박섭형, 이상욱, "인간의 시각 특성을 고려한 Subband 부호화에서 MTF 비교에 관한 연구," 전자공학회논문지, 제27권5호, pp.140-148, 1990.5.
17. 박용철, 김은숙, 차일환, 윤대회, "시각 시스템 모델을 이용한 Subband 코딩," 전자공학회논문지, 제27권6호, pp.122-128, 1990.6.
18. 최진수, 현기호, 김순사, 하영호, "계층적 구조의 Subband 부호화를 이용한 영상 압축," 제4회 신호처리 합동 학술발표대회 논문집, 제4권1호, 379-383, 1991.



朴 成 鍊(Sung Ryeon Park) 정회원  
 1966년 5월 24일생  
 1990년 2월 : 아주대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 1992년 2월 : 아주대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)  
 1992년 3월 ~ 現在 : (주)태광산업 전자연구소 연구원 근무

※주관심분야 : 영상압축, 화상통신

鄭 吳 烈(Ho Youl Jung)

정회원

1966년 2월 2일생

第 17 卷 第 3 號 參照

現在 : 아주대학교 대학원 전자공학과 박사과정 中

吳 崑 煥(Ju Hwan Oh) 정회원

1959년 11월 15일생

1983년 2월 : 영남대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1985년 8월 : 영남대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1987년 3월 ~ 現在 : 대구전문대학교 전자계산과 조교수

1989년 8월 ~ 現在 : 아주대학교 대학원 전자공학과 박사과정 재학中

※주관심분야 : 映像압축, 신경회로망, 패턴인식

崔 太 永(Tae Young Choi)

정회원

1950년 10월 24일생

第 17 卷 第 3 號 參照

現在 : 아주대학교 전자공학과 교수